

9 375

林业微生物学

林业微生物学

黄健屏 朱桃英 编著

林 业 微 生 物 学

黄健屏 朱桃英 编著

责任编辑：戴光炎 彭少富

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路3号)

湖南省环保印刷厂 印刷

1990年8月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：22 字数：547,000

印数 1—4,000

ISBN 7—5357—0826—9

Q·20 定价：8.20元

前 言

微生物学是生物科学中的一门重要学科。自然科学的相互渗透，一方面促进了微生物学的纵向发展，使它进入了分子水平，另一方面又促进了微生物学的横向发展，使它渗透到许多学科各个领域，导出了微生物学许多的派生学科，如农业微生物学、土壤微生物学、医用微生物学、海洋微生物学、工业微生物学、食品微生物学等等。目前，又渗透到冶金和太空领域，正孕育着冶金微生物学和太空微生物学。森林是地球上一个特大的生物群，它的生长和演替过程，都与微生物有着直接的关系，因此，要科技兴林，必须掌握林业微生物学。为了教学、科研和生产的需要，我们特意篆刻了这本书。

本书内容较广泛，通过它，你可以了解到微生物学的基础知识，明白微生物与林木的关系、微生物在自然界物质循环中的作用，熟悉害虫微生物防治的各种方法，掌握主要食用菌和药用菌的栽培技术。因此，它不仅可以作为林业院校许多专业的教材，也适宜科研和生产人员使用。

书中的插图多数由彭重华同志绘制；高丙利、周德明和周国英等同志参与校对；本书的问世，还得到了赵建国、叶德生同志的大力支持，同行好友慧赠照片，在此一并表示谢意！

随着科学技术的不断发展，微生物学的内容日趋浩瀚，由于作者水平有限，书中内容肯定存在着许多不足和错误之处，敬请读者提出宝贵意见，我们表示衷心的感谢。

编著者 1990.8.

目 录

第一章	绪论	(1)
第一节	微生物的一般概念	(2)
第二节	微生物在林业和农业上的应用	(3)
第三节	微生物学的发展简史	(4)
第二章	微生物的主要类群	(8)
第一节	病毒	(8)
第二节	细菌	(23)
第三节	放线菌	(45)
第四节	真菌	(52)
一、	霉菌	(53)
二、	酵母	(67)
第五节	立克次氏体	(70)
第六节	藻类	(71)
第七节	原生动物	(77)
第八节	线虫	(80)
第三章	微生物的生理	(81)
第一节	微生物的营养	(81)
第二节	微生物的代谢	(94)
第三节	微生物的呼吸	(123)
第四节	微生物与外界环境的关系	(127)
第四章	微生物的遗传变异与育种	(139)
第一节	微生物的遗传与变异	(139)
第二节	遗传变异的基础物质	(141)
第三节	基因突变和诱变育种	(144)
第四节	微生物的基因工程	(160)

第五章	微生物和森林植物的关系	(162)
第一节	微生物和森林植物的共生关系	(162)
第二节	微生物和森林植物的附生关系	(176)
第三节	根际微生物的生态系统	(177)
第六章	昆虫病原微生物	(182)
第一节	昆虫病害主要类群的诊断	(182)
第二节	主要的昆虫病原细菌	(189)
一、	苏云金杆菌	(189)
二、	乳状病芽孢杆菌	(203)
三、	幼虫芽孢杆菌和蜂房芽孢杆菌	(206)
第三节	主要的昆虫病原真菌	(208)
一、	白僵菌	(208)
二、	绿僵菌	(221)
三、	拟青霉菌	(229)
四、	虫草菌	(225)
第四节	昆虫病原病毒	(226)
第五节	昆虫病原原生动物	(242)
第六节	昆虫病原线虫	(245)
第七节	昆虫病害的消与长	(248)
第七章	食用菌和药用菌的栽培	(255)
第一节	食用菌和药用菌的生长繁殖条件和制种技术	(255)
第二节	食用菌的栽培	(269)
一、	香菇	(269)
二、	黑木耳	(286)
三、	银耳	(299)
四、	草菇	(308)
五、	竹荪	(314)
第三节	药用菌的栽培	(321)
一、	灵芝	(321)
二、	茯苓	(327)
三、	天麻	(333)
主要参考文献		(341)

第一章 绪 论

第一节 微生物的一般概念

微生物是各种细小生物的总称。它包括病毒、衣原体、立克次氏体、枝原体、细菌、放线菌、真菌（包括粘菌、霉菌和酵母）、藻类、原生动物和线虫等生物群。现在一些文献中报道的类病毒和类菌质体，都是上述微生物类群中的一些中间类群。微生物各群之间不但在地理学、分类学、形态学、生理学和遗传学上有它相似之处，而且在生物进化史上、在培养和研究方法上，也都可以找到它们共同之处。

微生物与大生物相比，也有它们的相同处：绝大多数的微生物都是由细胞组成，要进行新陈代谢活动，有遗传和变异，有同化外界环境条件的能力，有生与死；微生物与大生物相比还有它的特殊性：个体小，作用大，种类多，分布广，繁殖快，易变异。

一、个体小，作用大

微生物的个体小，是它的主要特征之一。其中有许多类群的个体是不能用肉眼看见的。例如，绝大多数细菌和立克次氏体的个体，其大小只有 $0.1\sim 10$ 微米^①，必须用显微镜把它们放大几十倍、几百倍或上千倍才能看到；病毒这类微生物的个体更小，象日本乙型脑炎病毒只有18毫微米^②，必须借助高倍电子显微镜把它们放大几万倍或几十万倍才能看到。但是，它们的作用则非常大，而且与我们的日常生活紧密相关。人类的许多可怕疾病都是由它们引起的，如天花、麻疹、肝炎、脑炎和狂犬病等都是由病毒引起的；肺结核、伤寒、麻风、破伤风和许多炎症等都是由细菌引起的；甲癣（俗称灰指甲）、脚癣、头癣、皮肤癣等都是由真菌引起的，许多食物发臭和腐烂，纤维制品的霉坏，毛料变脆，也是微生物作用的结果；农业上的肥料腐熟，植物的病害，也是微生物作用的结果；微生物还参与了自然界各种物质的循环，其结果不仅保证了地球上生命的永无止境，而且使地球上无休止地增加的生物尸体得以乌化无影。

二、种类多，分布广

微生物有多少种？现在无法统计，也无人统计，据猜测性的估计，有数十万种。有人分析过，在1克良好的土壤中，细菌约有10亿个，真菌有100万余个，藻类有 $50\sim 100$ 万个，放线菌有 $1\sim 2$ 万个，原生动物有几千个，线虫最少，只有 $10\sim 50$ 个。这些微生物分布在地球的各个角落，极冷的南极洲、北冰洋和温度高达 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 的温泉，有它存在；高山顶和高空，海洋和深土层中，有它存在；植物、动物和人体内同样也有它存在。

① 1微米= 10^{-3} 毫米；

② 1毫微米=1纳米= 10^{-9} 微米。

三、繁殖快，变异大

微生物的繁殖速度是惊人的。例如，生产丙酮丁醇的梭状芽孢杆菌在适宜的环境条件下，每20分钟左右可由1个细胞分裂成2个细胞，一昼夜就可以繁殖72代。1986年，苏联微生物学家还培育出5分钟繁殖一代的细菌，即一昼夜可繁殖288代。有人推算，一个细菌在适宜的环境条件下，几天之后，其后代就可以覆盖整个海洋。还有人试验推算，酒精发酵生产的液体曲，从一个试管里的黑曲霉（*Aspergillus niger*）孢子开始，到制成3.2万立升的液体曲，花时不过4天，这些液体曲霉菌能使500吨山芋干制造出200吨酒精。微生物在繁殖时，其个体数目的变化是呈几何级数增加的。因为它繁殖快，合成的营养物质也就大极了，一昼夜合成的物质重量，相当于自身重量的30~40万倍。这样的合成能力，是任何生物所不能相比拟的。因此，微生物合成工业已成为目前世界上最新兴的工业之一。在改变了的培养条件（温度、湿度、酸碱度、营养物质等）和诱变剂的作用下，微生物容易在形态、生理生化 and 遗传特性上发生变异。这种变异是无定向的，有时表现出对人类有利，有时表现出对人类无益，甚至有害。但是，这种变异是我们获得新菌株的生物学基础，也是获得性遗传学的基础。

微生物这些基本特性掌握的好坏，对林、农和工业生产起着十分重要的作用，只要我們了解微生物的活动规律，就可以更好地利用它为人类作出较大的贡献。

第二节 微生物在林业和农业上的应用

微生物与林业和农业的关系极为密切，有它有益或有害的两个方面。有害的方面是引起成林、苗木和农作物病害，造成严重的损失。在林业方面，苗木立枯病可以使苗木存床数锐减，严重时，个别苗床上的苗木可以在10天左右全部死光，油茶炭疽病可以引起油茶大量落花落果，使第二年的茶籽失收20~40%，产油量减少30~50%；在农业方面，稻瘟病发生时，可使一个地区的稻谷减产20~50%，最严重的时候，可以使小面积的稻谷完全失收。对林、农业有益的方面是它可以腐熟和增加肥料，改良土壤结构，防治林、农虫害和病害，刺激植物生长，在发展食用菌和药用菌生产等方面起着十分重要的作用。

一、腐熟和增加肥料

（一）堆肥和沤廋

堆肥和沤廋是我国农民几千年来视为农活的一个重要环节，而且收到了较好的效果。许多动、植物残体和人粪尿是不容易被植物直接吸收的，必须把动、植物残体和人粪尿按比例加入一定量的石灰、过磷酸钙等做成堆或放在廋内，通过好气性真菌、放线菌、细菌和厌氧性细菌的作用，转变成能被植物吸收的简单的有机化合物和无机化合物。

（二）生产抗生素

实践证明“5406”是一种较好的抗生素肥制造者，它不但可以转化土壤中的氮、磷和刺激植物生长，而且可以分泌一定的抗菌素，抑制一些植物病原菌生长，起到了防病的作用。

（三）固定空气中氮素

氮气约占空气体积的78%，是取之不尽，用之不竭的，但是，空气中的氮呈分子状态，不能直接被非固氮型植物利用，如果它通过自生固氮菌（*Azotobacter* spp.）、根瘤菌

(*Rhizopus* spp.) 和固氮蓝藻等固氮微生物的作用，就能转变成能被植物吸收的氮了。有人试验统计，一亩豆科植物的根瘤菌，一年可以固定氮素6.5~7.5公斤。所以，凡能形成根瘤的植物，在氮素瘠薄的土壤中，也能较好地生长。在林业方面，象南洋楹(*Albizia falcata*) 号称“植物赛跑家”，可以长到高达100余米，直径10余米；槐树(*Sophora japonica*) 也可以长到高几十米，直径近十米，这都与该树能形成大量的固氮根瘤菌有密切的关系。

二、利用菌根菌增强植物的抗旱能力和对营养物质的吸收

目前，在我国主要造林树种中，最耐土壤肥力瘠薄，最具抗旱能力的树种要首推马尾松(*Pinus massoniana*)了，它被称为“造林的先锋树”，主要原因是在于其根部有大量的菌根菌存在，菌根菌能帮助它从土壤中吸收各种有机营养物质、无机盐类和水分。

三、防治林农病虫害

化学农药不仅使昆虫产生抗药性，杀害昆虫天敌，而且严重地污染环境，伤害人畜，但利用微生物防治害虫，基本上消除了上述弊病，因此，它得到各国政府和生物防治工作者的密切注意，而且已成为防治害虫的方向。我国目前使用得最多的昆虫病原微生物是白僵菌(*Beauveria bassiana*) 和苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*)，它们多数用在防治鳞翅目(*Lepidoptera*)中的一些林农害虫，如马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus*)、三化螟虫(*Tryporyza incertulas*)、玉米螟(*Ostrinia unibilalis*)、油茶毒蛾(*Euproctis pseudoconspersa*)等；其次是多角体病毒和颗粒体病毒，它们也多数在防治鳞翅目目的一些农林害虫，如赤松毛虫(*Dendrolimus spectabilis*)、油桐尺蠖(*Buzura suppressaria*)和棉铃虫(*Heliothis armigera*)、菜粉蝶(*Pieris rapae*)。除此之外，还有利用一些抗菌素防治植物病害也收到了一定的效果，如用春雷霉素、灭瘟素防治稻瘟病(*Piricularia oryzae*)，用链霉素防治细菌性青枯病(*Pseudomonas solanacearum*)都有良好的效果。

四、发酵粗饲料

许多植物的根、茎、叶等因为太粗糙，无味，牲畜不喜欢吃，但将它们通过微生物发酵之后，其中的糖、维生素、蛋白质和脂肪等都有所增加，提高了营养价值。由于发酵过程中产生了一些具有芳香气味的物质，刺激了牲畜的胃口，使它成了牲畜喜食的饲料。

五、产生植物生长的刺激素

许多微生物在生长过程中，能产生一种植物激素，刺激植物生长。目前，生产上应用最广、效果最显著的是由赤霉菌(*Gibberella fujikuroi*)菌丝分泌的赤霉素。实践证明，它不仅对许多林木幼苗的生长、果实的数量和重量都有增效作用，而且对动物的伤口愈合、细胞的增殖都有良好的效果。

六、作为食用菌和药用菌

利用稻草培养的草菇，利用木屑培养的香菇、木耳、银耳，利用不能制材的木头培养的茯苓和天麻……等，都是微生物中的真菌菌丝变态和集结而成的，它们不仅营养丰富，美味可口，有的还可以治病防疾，非常受人喜爱，是一种值得开发的菌类资源。

第三节 微生物学的发展简史

微生物学的发展，经过了蒙昧时期、形态学时期、生理学时期以及现代微生物学的分子生物学和遗传工程学时期。

一、微生物学发展的蒙昧时期

恩格斯说：“科学的发生和发展，从开始起便是由生产所决定的”，微生物学的诞生和发展，从开始起也是由生产所决定的。微生物正式被发现，虽然只有 300 余年的历史，但远在数千年，我们的祖先就在与自然斗争过程中，在工农业生产和防治疾病方面，在日常生活中，早已将微生物应用于实践。例如，制造牛乳酒与拟乳酒的秘诀，便在西欧许多民族中世代地传授了几千年。古希腊遗留下来的纪念碑上，就雕刻着酿酒的全部技术过程，因此，可以说人类很早便学会了利用某种微生物的作用来为自己服务。在我国，从殷商时期墟窖里挖掘出来的文物中，就有贮酒、饮酒的器皿。甲骨文字和钟鼎文字中都有和现代汉字形体相似的“𩚑”字，而且发现了当时酿酒场的遗址。这些都无可辩驳地说明了最晚在三千年前的殷商时期，酿酒技术就达到了一定的水平，酿酒事业相当发达。从记叙殷商的历史书籍中，更明确的载明酿酒术的诀窍：“若作酒醴，尔惟曲蘖。”说明当时酿酒是采用了长有微生物的谷物（曲）和发了芽的谷物（蘖）的“复式发酵法”（糖化与酒精发酵两个过程连续而又交叉地进行）。在周代的《礼记·月令仲冬篇》中，对酿酒还有过详细的记载，提出了酿酒六要素。魏末贾思勰著的《齐民要术》中，则更详细地叙述了酿酒、制曲的整套方法，而且对酿酒的微生物，米曲的培养、利用和作用，都有一定深度的研究。书中还记载有“黄衣”（麦粉制成的曲）、“黄蒸”（面粉制成的曲）和“蘖”（发芽的谷物）放在一起发酵，具有今天制“酶”的朦胧意识。关于豆类植物的根瘤菌能增加土壤中氮肥的论述，也是在这本书中阐明的。

尽管前人在微生物学方面作了许多贡献，但仍只局限于对微生物的应用，至于微生物发生，微生物的形态学和生理学等领域还未涉及到。

二、微生物学发展的“自然发生论时期”

“自然发生论”者认为，自然界的动物，微生物是自然发生的，而不是由母代繁殖而来。物体由干变湿，由湿变干，就产生了动物。从这一概念出发，羊群可以由牧草产生，黄鼠可以由尼罗河的淤泥产生等等。1745 年英国牧师 Needham（1713~1781）将肉及肉汁放在有塞的瓶中，煮沸，以杀灭其中的“卵”，但静置一段时间之后，内容物仍腐败了。他并不明白内容物煮沸后虽杀死了“卵”，但空气中的微生物可以通过塞子（非棉花塞）边的缝隙进入瓶内，从而使肉及肉汁腐

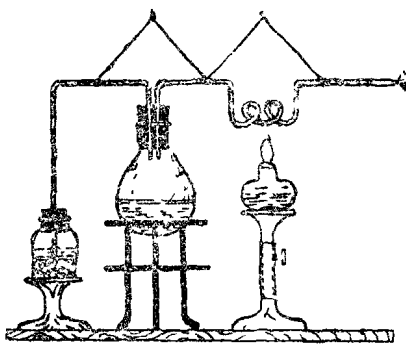


图 1-1 Schwann 反对“自然发生论”的装置。
空气经过火焰强烈加热灭菌后在烧瓶中冷却而进入培养瓶。
（仿 M. J. Pelcar et al - Microbiology, 1958）

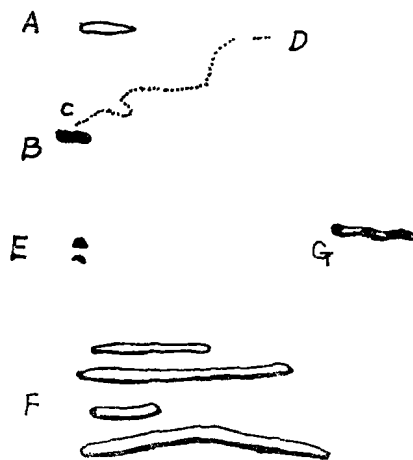
败。Schwann (1810~1882) 为了反驳“自然发生论”，他巧妙地设计了一套装置(图1—1)。空气经过火焰灭菌后，通过中间烧瓶冷却，再进入煮沸灭菌的肉汁中，肉汁不腐败，有力地反击了“自然发生论”者。接着 Pasteur 仍以肉汁及肉为培养基，放在球形发酵瓶内，瓶口为一细长、狭小成毛细管状，并且弯曲呈“S”形(图1—2)，全部进行加热灭菌，结果，因空气中的微生物沉积在“S”形的毛细管中，使发酵瓶中的肉及肉汁不腐败，1864年5月7日在巴黎发表了他的试验结果，终结了一段统治很长时期的生物“自然发生论”时期。



图1—2 Pasteur 氏反对“自然发生论”用的瓶口引伸成毛细管状的球形瓶。
(仿M. J. Pelczar et al, Microbiology, 1958)

三、微生物学发展的形态学时期

从微生物学的自然发生论时期发展到微生物学的形态学时期，首先应归功于荷兰的微生物学先驱工作者安东尼·雷文虎克(Anthony Leeuwenhoek, 1632~1723)。他利用自制的能放大250倍的显微镜，仔细地观察了牙垢，污水、雨水和粪便等，从中发现了许多肉眼看不见的“小动物”。对这些“小动物”，他顽强地作了记录。经过整理，1695年他发表了《雷文虎克发现的自然秘密》一书，首次记载和描绘了细菌的形态有：球状、杆状和螺旋状(图1—3)。从此，微生物学进入了形态学时期。



安东尼·雷文虎克的显微镜问世之后，欧洲各国的微生物学者模仿他，做了各式各样的显微镜，各自对许多微生物进行了描述，使微生物学的形态学发展到全盛时期，这一时期一直延续到19世纪初。

图1—3 安东尼·雷文虎克描绘的口腔中细菌图形(1683)

四、微生物学发展的生理学时期

19世纪初，伴随着资本主义工业和科学技术的大发展，微生物学也得到了相应的发展。这一发展集中地表现在微生物学的创始人之一，法国著名的自然科学工作者路易斯·巴斯德(Louis Pasteur, 1822~1895)的创造性的划时代的学术贡献中。巴斯德的工作直接深入到了微生物学科各个领域。在酿酒学方面：他阐述了酒的酿成是酵母菌发酵的结果，在嫌气条件下，许多有机物质酸化，是醋酸菌和乳酸菌作用的结果，他的研究成果奠定了微生物的呼吸——有氧呼吸和无氧呼吸——的理论基础，对整个酿造工业起了无可估量的革新作用，在免疫学方面：他首先研究了家蚕的各种病害，并发现了家蚕的微粒体病，提出了各种防治方法，后来他又转而研究人、畜病害，认定人、畜的病害也是微生物作用的结果，也提出了各种防治的措施，为病原微生物学和免疫学的发展奠定了理论基础；在生命起源方面：他用大量的无可辩驳的实验推翻了世袭的生物“自然发生论”。他证明了任何一种生物，哪怕是最简单的生物，也一定要由和自己相似的母体产生，不能由别的其他任何物质自然产

生。当然应当指出，由于当时的科学技术水平和历史条件，巴斯德不可能象今天一样认识到“生命是蛋白质存在的形式”。蛋白质起源于无机物。巴斯德的一生给人类的生活带来了史无前例的影响。

在微生物学发展的生理学时期，卓越的德国微生物学家罗伯特·柯赫(Robert Koch, 1853~1910)创造了消毒的方法，发明了胶质固体培养基；英国学者琴纳(Edward Jenner, 1749~1823)对天花等疫苗作出了杰出的贡献；苏联学者梅契尼可夫(Мечников, 1845~1916)、伊万诺夫斯基(Ивановский, 1864~1920)对细胞免疫学和病毒学作出了巨大的贡献。

五、现代微生物学的发展方向

微生物学和其他任何学科一样，发展是绝对的，无止境的。在它经历了蒙昧时期、“自然发生论”时期、形态学时期和生理学时期以后，进入到现代微生物学的发展时期。在知识爆炸的今天，微生物学的发展也是突飞猛进的，它不仅表现在本门学科的进展上，而且还成为其他学科，象生命起源学、遗传学、分子生物学和宇宙生物学等发展的基础和动力。今后，微生物学向什么方向发展呢？

(一) 向分子生物学和遗传工程学方向发展

分子生物学和遗传工程学两门学科是互相渗透、互相提携的，它们都是以遗传学家孟德尔(G. J. Mendel, 1822—1884)、摩尔根(T. H. Morgan, 1866—1945)的基因论为基础，从生物分子学和基因的转移并重组来研究生物的性质和变化。在微生物固氮菌方面，首先成功的是实现了固氮基因在自生固氮菌和非自生固氮菌之间传递和重组。肺炎克氏杆菌(*Klebsiella pneumoniae*)的固氮基因接合传递给没有固氮能力的大肠杆菌(*Escherichia coli*)，从而使大肠杆菌获得了固氮能力。目前，摆在遗传工程面前的一个重要而现实的任务，是如何把固氮菌的固氮基因转移并重组到一些禾本科植物体内，从而使一些禾本科植物也能直接固氮。例如，把着生在大豆上的根瘤菌移植并固定在高粱、玉米、小麦……体内，即将大豆的基因植入高粱、玉米、小麦……体内，使高粱、玉米、小麦……体内能着生根瘤菌，而且，着生的根瘤菌和大豆上着生的根瘤菌一样，能固定空气中的氮。遗传工程在农业开发和粮食增产方面被认为比增加现有化肥一倍还更有希望。随着科学技术的发展，在离体的条件下，通过植物组织培养，在不远的将来是完全可以 将根瘤菌 Nif (豆科植物根瘤菌的有效基因)引入到一些禾本科植物体内。但是，必须有较高的科学水平，好的研究手段和方法，短捷的研究途径，充沛的研究时间和坚强的毅力。

(二) 向废物要粮

由于微生物细胞中蛋白质含量很高，一般可达45~65%，最高可达72%，而且这种蛋白质中的氨基酸是促使牲畜骨骼和组织迅速发展的主要激素。氨基酸分为一般氨基酸和必要氨基酸两种，一般氨基酸可由动物体内自行合成，而必要氨基酸则必须由外来食物供给。酵母菌细胞中所含的赖氨酸，就是一种必要的氨基酸。在饲料中加入0.2%的这种氨基酸，可以取代10倍的蛋白质，并提高饲料中蛋白质的吸收率和利用率，促进牲畜的迅速生长，降低成本。目前，国外发酵工业的学科和生产着眼点，是利用废物(废石油、石蜡、废水和垃圾等)生产酵母，从中提取蛋白质，解决人类的粮食和牲畜饲料问题。利用微生物从废物中夺取蛋白质的特点是：(1)所需的发酵场地面积小，合成同样重量的蛋白质，微生物发酵所占的场地面积不到作物所占场地面积的百分之一；(2)微生物合成蛋白质，一年四季、白

天黑夜都可以进行，不象动物合成蛋白质时要受立地条件严格限制；（3）合成蛋白质的速度要比动、植物合成的速度快1,000~2,500倍。如一头500公斤的健壮牛，24小时合成蛋白质约为0.5公斤，但500公斤的微生物菌种连续发酵24小时，可产蛋白质1,250公斤。现在，国外年产数十万吨蛋白质的微生物工厂比比皆是。利用的微生物主要是酵母菌。

（三）利用微生物冶炼、探矿

微生物冶炼是目前微生物学上的一个新的应用领域，许多国家都在从事这方面的研究，而且取得了一定的实际效应。微生物提取金属的作用，实际上就是利用嗜酸性细菌获得其代谢能量的还原过程。因为微生物冶炼成本低，对于不能用常规方法进行冶炼的低品位矿物，微生物冶炼能析出纯净的物质，是冶炼业上值得重视的一种方法。

微生物的生长发育，是在一定的相适应的基质上进行，什么样的基质生长什么样的微生物类群。盐碱地、石灰岩土壤上生长发育的主要为嗜碱性微生物；在酸性红壤上生长发育的主要为嗜酸性微生物。事实上，在铁矿上生长发育的微生物主要为氧化铁细菌，如嘉利翁氏菌属（*Gallionella*）的小嘉利翁氏菌（*G. minor*）、大嘉利翁氏菌（*G. major*）、锈色嘉利翁氏菌（*G. ferruginea*）……和鞘铁细菌属（*Siderocapsa*）的大形鞘铁细菌（*S. major*）、楚伯氏鞘铁细菌（*S. treubii*）……等；在硫磺矿上生长发育的微生物主要为氧化硫化氢细菌，如无色硫细菌属（*Achromatium*）的草酸无色硫细菌（*A. oxaliferum*）、巨大无色硫细菌（*A. gigas*）……，泡硫细菌属（*Thiophysa*）的巨泡泡硫菌（*T. macrophysa*）、最小辨硫菌（*T. minima*）……和球硫小菌属（*Thiosphaerella*）的淀粉球硫小菌（*T. amyliifera*）……；在铀矿分布地带可以找到大量的硫杆菌属（*Thiobacillus*）的氧化亚铁硫杆菌（*T. ferrooxidans*）和新型硫杆菌（*T. novellus*）……，亚铁杆菌属（*Ferrobacillus*）的氧化硫亚铁杆菌（*F. sulfooxidans*）和氧化亚铁杆菌（*F. ferrooxidans*）……以及和氧化亚铁菌、氧化硫亚铁杆菌相似的本日本NO11Fe菌株。……等；在石油矿区可以找到分解石油的大量酵母、少量细菌和放线菌，如假丝酵母属（*Candida*）的石油假丝酵母（*C. petronhilum*）解脂假丝酵母（*C. lipolytica*）……，假单胞杆菌属（*Pseudomonas*）的荧光假单胞杆菌（*P. fluorescens*）、铜绿色假单胞杆菌（*P. aeruginosa*）……和诺卡氏菌属（*Nocardia*）的不透明诺卡氏菌（*N. opaca*）、红色诺卡氏菌（*N. rubra*）。……等。不同矿床上发现的不同类群的微生物举不胜举。相反，不同类群的能分解某种矿物的微生物大量存在，也就反映了某种矿物在地底下存在，因此，能分解矿物的微生物就成了矿床的指示微生物。微生物探矿就是利用矿物指示微生物类群的大量存在情况，来确定矿物存在的情况。

第二章 微生物的主要类群

生物分为六个界：即病毒界（非细胞生物）、原核生物界（包括细菌、放线菌和蓝藻）、真核原生生物界（包括大多数藻类和原生动物）、真菌界（包括霉菌与酵母）、植物界和动物界。微生物总括前面四个界，所以，微生物类群庞杂，种类繁多，有细胞型的，也有非细胞型的。按其细胞结构，细胞型又分原核生物和真核生物两类。非细胞生物包括病毒和类病毒；原核生物包括细菌、放线菌、蓝细菌及其相近的微生物，如枝原体、立克次氏体、衣原体、螺旋体、粘细菌、鞘细菌和蛭弧菌等；真核生物包括真菌界中的霉菌和酵母。本章只重点地讲述微生物的主要类群病毒、细菌、放线菌和真菌。因立克次氏体、原生动物和线虫能使昆虫致病，所以也在后面作了极简单的介绍。

第一节 病 毒

病毒是一类极小、极简单的，在进化过程中，目前认为是最原始的非细胞结构的蛋白质分子生物。最近，又发现了一种比病毒更小的能使动物致病的纯蛋白质物质，称之为“普利安”（prion），“prion”是取蛋白质“protein”的词首“pr”和感染“infection”的词尾“ion”组成。不过，大家仍把它归缩在病毒的范畴之内。

一、病毒的基本特征

病毒的个体极小（图2—1），大多数病毒在10毫微米到300毫微米之间，口蹄疫病毒只有10~20毫微米，而牛痘病毒大到210×260毫微米。因为它极小，并能通过细菌过滤器，所以有人也把它称做过滤性病毒，还因为它不能在辨析距离的极限为0.2微米的光学显微镜下识别，而只能在电子显微镜下看到，所以，又有人把它称做超光学显微镜生物。

因为病毒没有独立的酶系统，只有一种或少数几种酶存在，所以，它不能单独地进行新陈代谢作用，不能单独地生长和繁殖，只有在侵入其他生物体以后，向寄主细胞提供遗传信息，通过寄主细胞的合成作用复制其本身。这就是说，只有在活的寄主细胞内，才能表现出生命现象。这种现象就是病毒的绝对寄生现象。

病毒不仅具有绝对寄生现象，而且它的寄生具有一定的专一性，即一种病毒，一般只能寄生在一种微生物、一种植物或一种动物体内。少数病毒也具有能寄生在两种以上的生物体内，这种现象称做病毒的交互感染或交叉感染现象。

病毒不像其他生物一样，有细胞壁、细胞膜、细胞质和细胞核的分化。包涵体病毒只是由蛋白质的外壳和核酸的内心组成，非包涵体病毒连蛋白质的外壳也没有，只是由核衣壳包裹的核酸组成。而且病毒的核酸只有一类，不是核糖核酸（RNA）就是脱氧核糖核酸（DNA）。绝大多数植物病毒的核酸是RNA，只有极少数是DNA。动物病毒和噬菌体的核酸，有些是DNA，有些是RNA。DNA和RNA有单链的（由一条核酸大分子组成），也有双链的（由两条核酸大分子组成）。RNA多为单链，DNA多为双链。病毒的核酸分子量很大，一般在

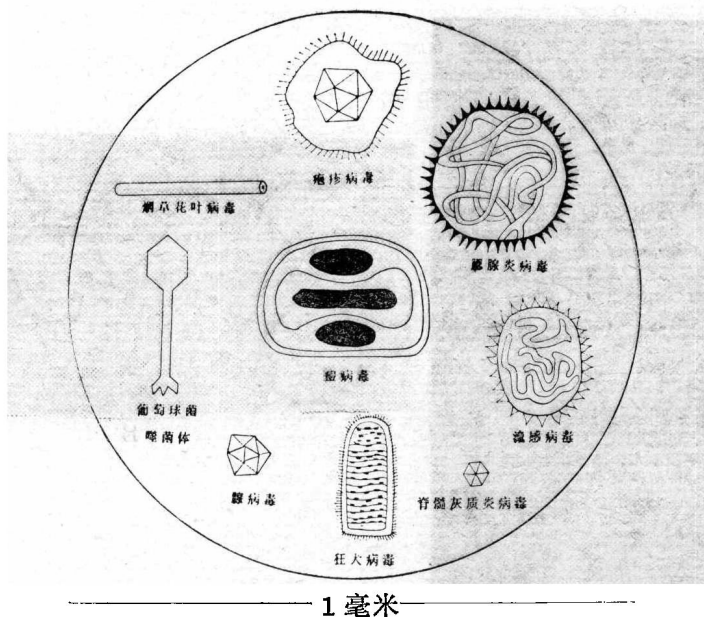


图 2—1 病毒形态和大小比较图

大的圆圈表示一般球菌的相对大小。

(仿武汉大学、复旦大学：微生物学，1979)

$2 \times 10^6 \sim 2 \times 10^8$ 道尔顿之间。类病毒是一类没有蛋白质包埋的 RNA。

病毒无细胞结构，即病毒的构造无细胞壁、细胞膜、细胞质和细胞核之分。

病毒具有一切生物所共有的新陈代谢作用，遗传变异现象，生长繁殖能力，使动植物及微生物致病的功能和同化外界环境条件的能力，因此，可以说具有生命物质的特征。但病毒离开寄主之后，就没有任何的生命现象，而且有些病毒具有无机物的结晶状态，因此，也可以说它具有非生命物质的特征。

二、病毒的形态和构造

(一) 病毒的形态

病毒的形态很多，不同的寄主，其病毒的形态不同，动物病毒多呈球形、多边形或砖形等；昆虫病毒有呈多角形的（图 2—2），叫多角体病毒；有呈卵圆形或椭圆形的，叫颗粒体病毒；有呈巨大圆球形或纺锤形的，叫痘状病毒……；植物病毒多呈杆状或线状（图 2—3 A），少数呈方块状（图 2—3 B）；噬菌体多呈蝌蚪状（图 2—4）。

(二) 病毒的构造

病毒的构造较特殊，概括起来可以分为四个类型，即无囊膜型、囊膜型、包涵体型和蝌蚪型。

1. 无囊膜型 这类病毒体是由衣壳和核

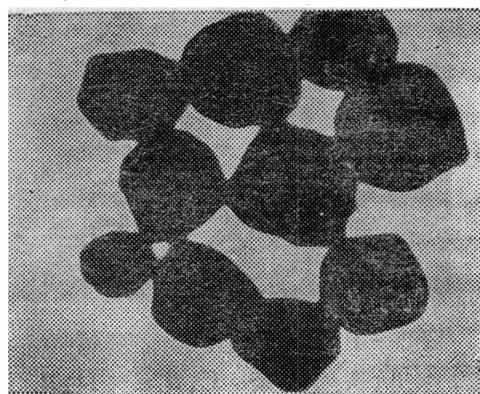
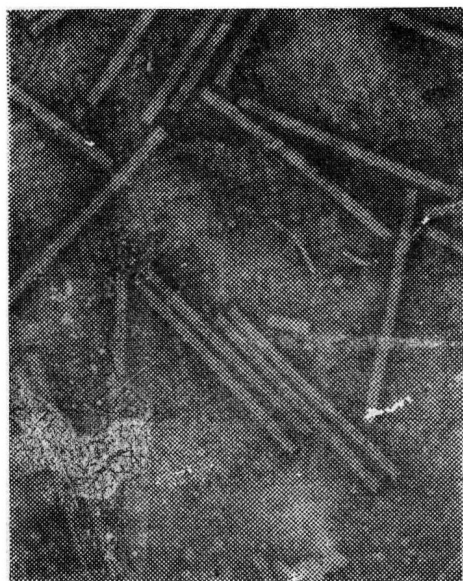
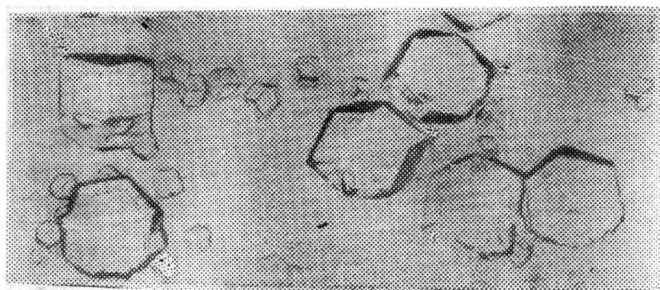


图 2—2 呈多角形的昆虫病毒

(引自武汉大学病毒研究所等：昆虫病毒图谱，1986)



A



B

图 2—3 植物病毒的形态

A. 呈长杆状的烟草花叶病病毒；

B. 番茄丛矮病病毒质粒晶体。

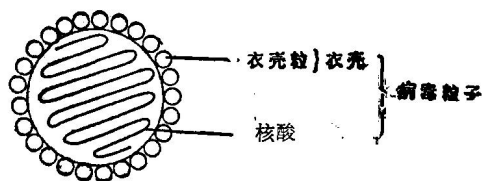
(引自A. J. Gibbes: Plant Virology, 1976)



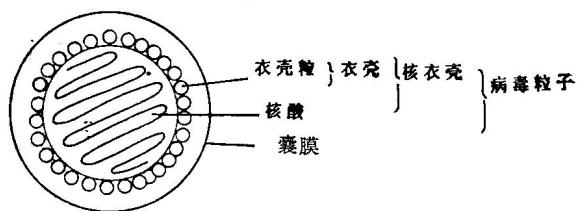
图 2—4 T系噬菌体电子显微镜照相

A. 头 B. 颈 C. 尾丝 D. 尾

(引自T. F. Anderson: The Bact., 1960)



A



B

图 2—5 病毒粒子构造

A. 无囊膜病毒；

B. 有囊膜病毒

(仿武汉大学等: 微生物学, 1979)

酸两部分组成(图2—5A)。衣壳又称为壳体,是由衣壳粒组成,由衣壳粒组成的衣壳有20面体(图2—6)、球形、杆状和其他形状。衣壳粒是一种蛋白质性质的物质。病毒体裸露。

2. 囊膜型 这类病毒体是由无囊膜病毒体和包裹它的囊膜组成(图2—5B)。囊膜又

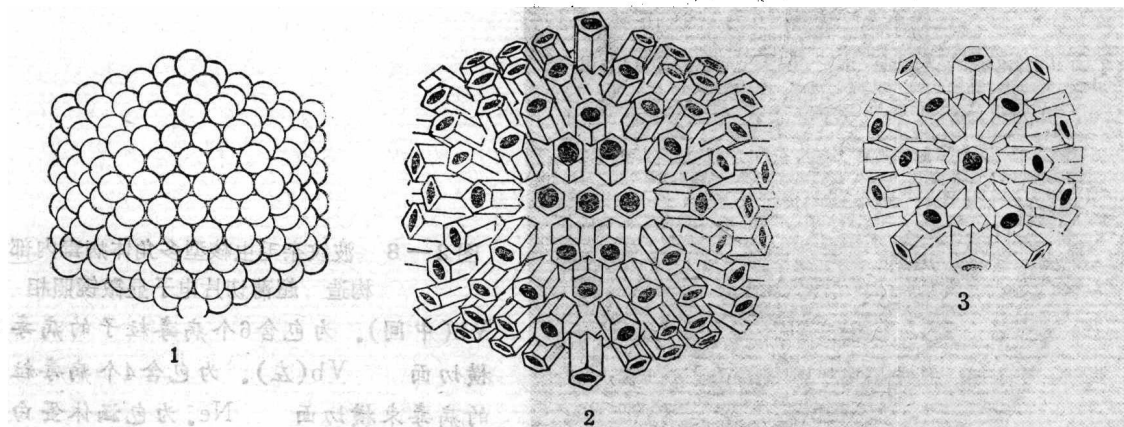


图2—6 20面体对称病毒衣壳粒排列图

1.腺病毒粒子,示252个衣壳粒如何排列成20面对称体,有12个衣壳粒位于角上,240个衣壳粒位于面上; 2.疱疹病毒粒子,示162个衣壳粒排列成20面对称体 3.多瘤病毒,示24个衣壳粒排列成20面对称体。

(仿武汉大学等:微生物学,1979)

叫封套、被膜或外膜等。它是由脂类和多糖类物质组成。它对囊膜内的衣壳和衣壳内的核酸起保护作用。囊膜又分内膜和外膜两层。

由衣壳和核酸组成的部分称为病毒粒子(图2—6)。病毒粒子有杆状、球状或不定形状。对于囊膜型病毒体来说,病毒粒子不仅包括衣壳和核酸,还包括有囊膜。囊膜病毒,以“出芽”方式逐步形成。

3. 包涵体型 这类病毒体较无囊膜型和囊膜型病毒体复杂,它是在囊膜型病毒体外面再包裹一层较厚的有一定晶格型的蛋白质性质的包涵体(图2—7)。包涵体可以是砖块形、四边形、五边形、多角形、圆形、椭圆形、杆状……等。包涵体内的病毒粒子是不定位地被包埋在中间,包涵体内的病毒粒子有的只有一个,称为单粒包埋。有的包涵体内的病毒粒子有数个,而且几个在一起被一膜包裹着,形成病毒束,这种包涵体病毒称为多粒包埋(图2—8)。包涵体内病毒粒子数的多少,是病毒鉴别的重要特征之一。病毒束亦为杆状,但比病毒粒子大,包裹在包涵体内的数量不等(图2—9)。

4. 蝌蚪型 这类病毒体与上述三类形态全然不同,它有头、有尾、有颈、有基板、刺突



图2—7 颗粒体病毒的构造

Ge.颗粒体病毒外膜(被层)

P.颗粒体病毒包涵体的蛋白质晶体

V.病毒粒子 E.囊膜 N.核酸(NDA)

(引自刘翠年等:武汉大学学报,1981)