

修订版

基础科学与高新技术科普丛书

生物圈里 的 隐身人

——微生物学与高新技术

湖北省科普作家协会组编

栗陶生 主编

SHENGWUQUAN LI DE YINSHENREN

湖北科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

生物圈里的隐身人：微生物学与高新技术/栗陶生主编，
湖北省科普作家协会 组编. —武汉：湖北科学技术出版社
， 2012. 3

【丛书名】基础科学与高新技术科普丛书（修订版）

ISBN 9787535221001

《基础科学与高新技术科普丛书》(修订版)

编辑委员会

顾 问 曲 颖

主 任 夏 航

副 主 任 栗陶生 邓宗琦 蔡华东 刘洪峰
刘健飞

编 委 (按姓氏笔画排列)

龙 敏 刘 虹 刘声远 李小虎

李合生 李慎谦 余永东 陈 炜

张端明 周有恒 高布锡 景才瑞

执行主编 李小虎 李慎谦

《生物圈里的隐身人》编写人员

主 编 栗陶生

副 主 编 周春莲

编写人员 (按姓氏笔画排列)

毛绍麟 王汉中 运珞珈 张珈敏

张晓东 周春莲 郑岳臣 胡远扬

郭海涛 栗陶生 梁 莉 彭 方

彭珍荣

出版说明

当今世界，社会高速发展，生活瞬息万变。人们正在从各种途径汲取营养，丰富自己，以求得多元的知识结构。世界科学技术突飞猛进，一个国家、一个民族在科学技术上不断进取，就可能实现社会经济跨越式发展。国人，尤其是背负着时代赋予重大责任的青年人，已清醒地意识到，科学技术知识蕴含着恰能开发他们担负起这种责任的巨大潜能，基础科学和高新技术知识便成为他们涉猎的热点。

正是为了满足人们对基础科学和高新技术的这种迫切需要，十多年前湖北省科普作家协会即组织数十位专家、教授，撰写了一套《基础科学与高新技术科普丛书》，并获得了湖北省科普创作一等奖；在其影响下，有的在管理岗位上健康发展，有的则成为科研之栋梁。随着时间的推移和科学技术的高速发展，广大读者迫切期望看到一套更及时更全面介绍新科学、新技术、新知识的丛书。深入实施《全民科学素质行动计划纲要》的需要及使命感，特别是在读者的感召下，我们重新修订、出版了这套《基础科学与高新技术科普丛书》（修订版）。

《丛书》(修订版)力图从科学发展观的高度把握当代科学的最新成就和特点,通过精选、咀嚼、消化了的高新科技知识,使读者在了解新知识的同时,认识世界科技发展的趋势,激发全民的科技热情,以及对祖国、对民族的热爱和使命感。还特别注重于科学精神、科学思想和科学方法的介绍,企望以此引导人们改变传统的、陈旧的思想观念,确立新的科学理念,运用科学方法,启迪科学思维,激发创新活力。

全书文字表述力求通俗易懂、生动活泼,插图力求准确逼真,这一切都基本保持来了原书科学性、通俗性、趣味性的传统风格。

《丛书》(修订版)即将付梓印刷,我们倍感欣慰。与此同时,我们对在《丛书》策划、编写、修订、出版过程中,给予关心和支持的湖北省科学技术协会、湖北省财政厅和湖北省科普作家协会的领导深表敬意;对应邀担任《丛书》(修订版)编辑委员会顾问和委员的各位领导、专家表示深深的谢意;对付出辛勤劳动和智慧的各位作者表示衷心的感谢;对承担该书编辑、出版工作的出版社领导和编、印、发人员致以真切的慰问。

《基础科学与高新技术科普丛书》(修订版)编辑委员会

2011年12月18日

目 录

一、微生物——看不见的小生命.....	1
1. “小人国”里冠军多	1
2. “小人国”与大世界	4
3. “小人国”里五家族	5
二、微生物与工业.....	11
1. 发端于微生物发酵的工业	11
2. 微生物工业创造的奇迹	14
3. 优势、问题与潜力	19
三、微生物与农业.....	22
1. 微型化肥厂——根瘤菌	23
2. 有机菌肥潜能大	25
3. 乳酸杆菌与饲料	26
4. 以毒攻毒——生物农药	27
5. 环境的清道夫	28
6. 未来人类的食物	30
7. 农业与现代生物技术	30
四、微生物与畜牧业.....	32
1. 奇妙的微生态平衡	32
2. 化腐朽为神奇	34
3. 可怕凶残的杀手	35
4. 魔高一尺，道高一丈	38

五、微生物与林业.....	41
1. 植物怎么会生病	41
2. 植物最凶残的敌人	45
3. 植物最难防的杀手	46
4. 树木最阴险狡猾的杀手	49
5. 植物中的分子杀手	51
六、微生物与食品工业.....	52
1. 可爱的多面手	52
2. 可怕的幽灵	57
3. 防患于未然	60
七、微生物与环保.....	64
1. 桀骜不驯的小不点	64
2. 环境监测的排头兵	66
3. 环境的清洁工	69
4. 治理污染逞英豪	72
八、微生物家族的“集团军”——真菌.....	75
1. 食疗滋补总相宜	76
2. 驱除病魔显真功	78
3. 亦敌亦友真奇妙	82
九、微生物家族的特殊成员——病毒.....	87
1. 病毒的特殊性	88
2. 病毒的多样性	94
3. 病毒与人类的关系	97
4. 病毒的起源和进化	102
5. 认识我们身边的病毒	104
十、21 世纪的生物技术	107
1. 并非上帝的馈赠	107
2. 打开生命的黑匣子	110
3. 半是天使，半是魔鬼	114
4. 群雄逐鹿	117
5. 世纪魔方	120

一、微生物——看不见的小生命

微生物是指那些人类用肉眼看不清楚或根本看不见，必须借助光学显微镜或电子显微镜放大数百倍甚至几万倍才能看见的微小生物。这些生物个体微小，结构简单，进化地位低，在生物圈里只能算是“隐身人”或“小人国”，但这些“小人国”成员在生物界却占有很重要的位置。

1 “小人国”里冠军多

微生物个体最小，表面积最大。微生物的测量单位仅为微米(10^{-6} 米)，以至用纳米(10^{-9} 米)，如大肠杆菌平均长约2微米，宽约0.5微米，其个体虽小，表面积却很大。

微生物形态类型最少，结构最简单。微生物的个体一般由单细胞、简单多细胞以及无细胞结构的生物大分子组成，因此形态类型最少。如细菌约有3万种，其基本形态却只有3种：球状、杆状和螺旋状。我们知道，构成人体的基本单位是细胞。人体有多少个细胞呢？大约有6亿个，而且每天约有5000万个细胞死去，同时又有5000万个细胞诞生。它们组成了人体的五脏六腑，形

成了各种组织器官系统。微生物呢？它所具有的，仅仅是细胞本身的结构，极少以至没有组织、器官、系统。

微生物数量最大，种类最多。据有关资料报道，微生物种类仅次于昆虫，是生命世界的第二大类群；而已知的微生物约 10 万种，可能还不足自然界里实际存在的微生物数量的 1/10。

微生物分布最广，繁殖最快。微生物无处不在，四海为家，并以惊人的速度“生儿育女”。如在适宜条件下，大肠杆菌 12.5~20 分钟便可繁殖 1 代。有的细菌一昼夜可繁殖 72 代，其子代数目高达 4.7×10^{22} 个（重约 4 722 吨），它比高等动、植物的繁殖速度快千万倍。

微生物运动最快。大多数能运动的细菌都长有一至数根鞭毛，作为自己的运动器官。当今百米赛跑的世界纪录为 9.8 秒，速度相当于每秒跑 10.2 米，这个距离仅为运动员自身长度的 6 倍左右，而逗号弧菌能以 200 微米/秒的速度运动，相当于自身长度的 40 倍；陀螺菌的鞭毛每秒可以旋转 40 圈，并且可带动菌体旋转 14 圈。大多数微生物都能在常温常压下培养，它们吸收多种物质作为营养。这些物质包括农副产品、简单的有机物或无机物，甚至一些工厂的废渣。

微生物食性最广，食量惊人。凡是动植物能利用的营养，微生物都能利用；大量的动植物不能利用的物质，微生物照样可以视为美味佳肴。如纤维素、角蛋白、几丁质、碳氢化合物，还有致盲溶剂甲醇、剧毒物质氰化物、引起矿井爆炸的甲烷等，微生物全能利用，而且食量大得惊人。大肠杆菌每小时可以消耗相当于自身重量 2 000 倍的糖。

微生物代谢活力强，抗逆能力强。主要表现为吸收多、转化快。从单位重量看，微生物的代谢强度比高等动植物大几千倍乃至几万倍。大肠杆菌活跃生长时，每小时可以分解相当于自身重量 1 000~10 000 倍的乳糖，并转化为其他物质，而人体则需要 40 年之久。有人认为，微生物很可能成为人类多快好省地获得各种

产品的“活的化工厂”。有些微生物极度耐高温，有些则特别抗寒，在 90℃ 的温泉和 105℃ 的恒化器中可以找到微生物，个别高温菌，在特殊条件下，300℃ 时还能生长。在 -60℃ 环境中可以分离到嗜冷细菌。有的微生物耐高压，在 1 400 个大气压下仍能正常生长。有的微生物嗜盐，能生活在盐浓度达 23%~25% 的环境中。有的微生物嗜酸或嗜碱，在 pH 值为 0.5 的条件下可以生长，pH 值为 13 时仍能生存。

微生物容易变异。由于个体微小，大多为单细胞，微生物与外界接触充分，反应敏感。当环境条件剧烈变化时，多数个体死亡，极少数变异，变异后的性状通过细胞分裂短时间就能够在后代中表现出来。利用这一特性，人们常常进行诱变育种，以提高产品产量，改善产品质量或者获得新物种。

微生物休眠期最长。据报道，有人曾昏睡 37 年零 111 天。如果真有其事，也只是一种病态。可是微生物却能形成某种特殊的休眠结构，在不良条件下很快进入休眠状态，以度过险恶环境。如炭疽病的病原体——炭疽芽孢杆菌的芽孢，在自然条件下可存活 10~24 年。根据微生物这一特性，人们常通过干燥、低温、缺氧、避光、营养缺乏或加入某种保护剂等措施，促使微生物长期休眠以保存菌种。

微生物“出生”最早，“相识”最晚。地球诞生至今已有 46 亿多年，细菌 35 亿年前就已出现在地球上，而人类出现在地球上却只有几百万年的历史，人类认识微生物更是只有短短的几百年。世界上第一个看见细菌的人，是荷兰学者吕文虎克，他于 1676 年用放大 160~200 倍的自制显微镜观察到细菌，这为证明微生物的存在提供了直接的证据。

此外，微生物在自然分布、营养类型、抗辐射、耐缺氧、耐毒物等方面，都稳坐生物界“冠军”的宝座。

2 “小人国”与大世界

物种多样性是生物多样性中最基本的问题。微生物的种类仅次于昆虫，是生命世界的第二大类群，但其已知种占估计种的比例却很小。例如，植物的已知种占估计种的 78%，动物的已知种占估计种的 51%，而微生物的已知种仅占估计种的 10% 甚至更低。

抗逆能力的多样性与生态环境的多样性。某些微生物特别耐高温、严寒、强酸、强碱、高渗透压，还能耐受高辐射、剧毒、干燥、缺氧……正是这些奇妙生理功能的多样性，致使微生物“无孔不入”地分布于自然界。即使是冰川极地、高山冻原，微生物也扮演着生物因子的主角。

繁殖速度的多样性。有的微生物繁殖速度快得惊人，以至 1 小时内便可“六世同堂”，但有的又慢得出奇，如地衣，每年只长几毫米，它虽然生长缓慢，但对大气污染极为敏感，已成为衡量大气质量的重要指示生物之一。

营养类型的多样性。人和动物属化能异养型，绿色植物为光能自养型，但微生物，既有化能异养型，又有化能自养型；既有光能自养型，又有光能异养型，同时还有一些中间类型、甲基营养型等。尤其是化能自养型的微生物，能在完全无机和无光的环境中进行生命活动，这是一切其他生物中所没有的生命活动类型。

呼吸类型的多样性。没有呼吸作用就没有生命。氧是生命的“燃料”，一个人 5 分钟不呼吸就会死亡。微生物的呼吸是多样的，在有氧环境中生长进行有氧呼吸的微生物为好氧微生物；在无氧条件下生长的微生物为厌氧微生物；在有氧与无氧条件下均可生长的微生物为兼性厌氧微生物。

代谢产物的多样性。不同的微生物有着不同的代谢方式、营养要求，它们分解利用不同的物质后均可积累或产生不同的代谢

产物。但微生物究竟能产生多少种类代谢产物,至今尚无全面的统计。研究表明:1个微球菌细胞可容纳1万个蛋白质分子,1个比微球菌稍大的大肠杆菌细胞,可产生2 000~3 000种不同的蛋白质。这为开发利用微生物资源提供了更多的机遇和途径。

生态环境的多样性。微生物与生态环境的关系,可概括为互惠与拮抗两大类。互惠关系又包括共栖现象(和平共处,一方受益)、原始合作(和平共处,平等互利)和共生现象(相依为命,结成整体)等;拮抗关系包括敌对、相克,如抗生素、毒素等。土壤真菌包括与植物的根形成的共生体——菌根,是植物与微生物共生中的普遍现象。据统计,地球上开花植物中仅有3%未发现菌根。没有菌根,许多植物就不能发芽,以致不能存活。菌根在自然植被、人工造林等方面具有重要意义,是微生物多样性及其保护研究中必不可少的内容。

遗传基因的多样性。前面所述的微生物的各种奇特生理功能、特性、共性,无疑都是由遗传基因决定的。可以说,一个物种就是一个基因库。由于微生物物种的多样性,必然伴随着遗传基因的多样性。例如某些真菌,一个种的基因便可达1万个。

3 “小人国”里五大家族

微生物种类繁多,人们研究得最多也较深入的主要有五大类群,即细菌、放线菌、霉菌、酵母菌和病毒。有人形象地称之为微生物的“五大家族”。

(1) 细菌

细菌是一类单细胞的原核微生物,细胞短而细,结构简单,细胞壁坚韧,以裂殖方式繁殖。

细菌是微生物家族中的主力军。在温暖、潮湿和有机物丰富的地方,人们常常可嗅到一种特殊的臭味或酸败味;在营养丰富的固体食物的表面,有时会看到水珠状、糍糊状、鼻涕状、颜色多

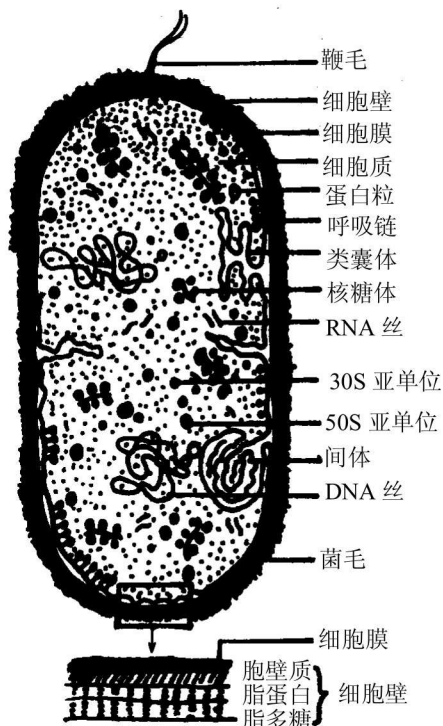
样的菌苔或菌落,若用小棒试挑一下,还会拉出丝状物来;一些液体会出现浑浊、沉淀或漂浮着一片片小“白花”,并伴有大量气泡冒出。这些现象都是细菌大量生长繁殖聚集的结果。

球菌、杆菌和螺旋菌是细菌的三种最基本形态。各种形态甚至同种形态的细菌排列方式并不一样。比如球菌,有的单个存在,叫单球菌;有的成双成对,叫双球菌;有的4个联在一起,叫四联球菌;有的每8个呈一定规律垒在一起呈魔方状,叫八叠球菌;有的排列不规则,犹如一串葡萄,叫葡萄球菌;有的排成链状,叫链球菌。这主要是根据它们分裂后细胞排列方式不同而命名的。杆菌可以分为单杆菌、双杆菌、链杆菌等,而螺旋菌一般都单个存在。

细菌究竟有多大呢?球菌的大小以直径表示,一般为 $0.2 \sim 1.25$ 微米;杆菌的大小以长 $\times$ 宽表示,一般为 $(0.2 \sim 1.25)$ 微米 $\times$ $(0.5 \sim 5)$ 微米;螺旋菌一般为 $(0.3 \sim 0.5)$ 微米 $\times$ $(1 \sim 5)$ 微米以上。

细菌细胞的基本结构为细胞壁、细胞膜、拟核、核糖体和细胞质,特殊结构为鞭毛、荚膜、芽孢、伴孢晶体等。每种结构都有其一定的成分和生理功能。

细胞壁是位于细胞



细菌细胞结构模式图

表面、内侧紧贴细胞膜的一层坚韧而略具弹性的结构，主要由肽聚糖组成。其生理功能为固定细胞外形，保护细胞免受外力损伤，阻拦有害物质进入细胞，而且与细菌的抗原性、致病性、对噬菌体的敏感性和运动性也有关系。采用革兰染色方法，可将具壁的细菌分为革兰阳性菌(G^+ 菌)和革兰阴性菌(G^- 菌)两大类，它在菌种分类鉴定和科研实践中具有重要价值。

细胞膜又称原生质膜或质膜，是外侧紧贴细胞壁、内侧包围细胞质的一层柔软且富于弹性的半渗透性薄膜。它有着极其重要的生理功能。细胞膜上含有多种酶类，对于细菌的呼吸、能量的产生、生物合成、内外物质的交换运送均有重大作用，对维持细胞内正常渗透压以及对鞭毛的着生和运动也有重要作用。此外，有的细菌细胞内还具有某种内膜系统，如间体、载色体、羧酶体、类囊片等，各自有一定的生理功能。

拟核又名核区、核质体、核基因组。它位于细胞质中，是一种没有核膜、没有核仁、没有固定形态、结构也较简单的原始形态的核。这是原核生物与真核生物的重大区别之一。它是一条大型环状的双链 DNA 分子，是负载细菌遗传信息的物质基础。此外，许多细菌还具有核外遗传物质——质粒，分布于染色体以外或附加于染色体上。质粒已成为基因工程中重要的运载工具之一。

核糖体是分散于细菌细胞质中的一种核糖核蛋白的颗粒状结构，是蛋白质的合成车间或装配车间。细菌的快速生长与多聚核糖体数目有关。

细胞质是由细胞膜包围着的，除细胞核以外一切透明、胶状、颗粒状的物质的总称。其生理功能是维持细胞内环境的平衡和保持稳定的渗透压。

鞭毛是大多数运动性微生物细菌表面着生的一至数根由细胞内伸出的细长、波曲、毛发状的丝状体结构。是细菌的运动“器官”。有的细菌可借助鞭毛对光或者化学物质进行趋向或回避运动。

有的细菌在表面着生有多根比鞭毛更细、更短且硬而直的丝状体结构,叫菌毛。它无运动性,但与吸附或性结合有关。如大多数病原菌引起的传染,都开始于细菌对呼吸道、消化道或泌尿生殖道黏膜上皮细胞的黏附作用,这种作用就与菌毛或丝状体等有关。

荚膜是某些细菌生活在一定营养条件下,向细胞壁表面分泌的松散透明、厚度不定的胶质状物质。它犹如穿在菌体表面的一件外套,具有抗干燥、抗吞噬和附着作用。

芽孢是某些细菌在其生长的一定阶段,细胞内形成的圆形、椭圆形或圆柱形的休眠体结构,又称内生孢子。能产生芽孢的多为杆菌,芽孢在菌体内的位置大小、形状也因种而异。

细菌与人类关系密切,有些种对人类有害,如伤寒杆菌、结核杆菌、霍乱弧菌、肺炎双球菌等致病菌;也有不少有益的菌,如产生谷氨酸的棒状杆菌,产生蛋白酶、淀粉酶的枯草杆菌等,都是工业生产上有用的菌种。因此,控制细菌的有害效应,利用细菌的有益效应,是我们研究微生物的最终目的。

(2)放线菌

放线菌是一类呈丝状生长、主要以无性孢子繁殖且陆生性较强的原核微生物。因其菌落多呈放射状而得名。可以认为,放线菌就是一类呈丝状生长,以无性孢子繁殖的革兰阳性细菌。

放线菌菌体丝状,显著分支并发育为菌丝体,但仍属于单细胞。根据菌丝形态和功能的不同,菌丝体又可分为基内菌丝、气生菌丝和繁殖菌丝。基内菌丝匍匐生长于培养基内,相当于植物长在土壤中的根,用于吸收营养和水分;气生菌丝是基内菌丝长出培养基表面并伸向空间的部分;繁殖菌丝是气生菌丝继续发育分化而形成的具有繁殖能力的菌丝,其形态因种而异。

放线菌主要通过繁殖菌丝形成横隔孢子或孢囊孢子进行繁殖,但进行液体培养时则以菌丝断裂的方式繁殖,例如工业化发酵生产链霉素、土霉素时,主要通过这种方式不断增加菌

丝量。

放线菌与人类关系非常密切。常用的抗生素除青霉素、灰黄霉素和头孢霉素外,绝大多数均由放线菌产生。如金霉素、四环素、卡那霉素,以及农用的井冈霉素、庆丰霉素等。有些放线菌还用于生产维生素、酶制剂,在石油脱蜡、烃类发酵、污水处理等方面也有着广泛应用价值。但寄生型放线菌可引起人类的皮肤病、脑膜炎和马铃薯、甜菜的疮痂病。对于它们的有害效应,应加以注意和控制。

(3) 酵母菌

很难给酵母菌下一个确切的定义,因为它是一个通俗的名称,指真菌中的一大类的群。

与细菌一样,酵母菌也是单细胞微生物,但个体比细菌大得多,大约为(1~5)微米 $\times$ (5~30)微米。酵母菌具有典型的细胞结构,有细胞壁、细胞膜、细胞核、细胞质、液泡、线粒体等,有的还具有微体。大多数细胞呈卵圆形、圆形、腊肠形、柠檬形或藕节形。其细胞核由多孔膜包围,具一定形态和核仁,故称为真核微生物。

酵母菌主要以出芽方式繁殖,有的可以裂殖或通过产生无性孢子进行繁殖,还可通过产生子囊孢子进行有性繁殖。有人将进行无性繁殖的酵母菌称作“假酵母”。

酵母菌喜欢在偏酸且含糖较多的环境中生长,一般多分布于水果、花蜜、蔬菜及叶子表面。从酵母菌菌体中可提取多种名贵生化药物。

(4) 霉菌

霉菌是丝状真菌的通俗名称,即发霉的真菌。它们往往能形成分支繁茂的菌丝体,但又不像蘑菇那样产生大量的子实体。在潮湿温暖的地方,很多物品上长出一些肉眼可见的绒毛状、絮状、蜘蛛网状的菌落,那就是霉菌。

霉菌的个体形态不同于酵母菌。在光学显微镜下,霉菌的菌

丝呈狭长管状，细胞直径与酵母菌相近，比放线菌约粗 10 倍，肉眼看上去则像细丝，故称丝状真菌。当分支繁茂的菌丝相交连接、交错纠集于一起时则称为菌丝体。

霉菌的菌丝细胞有单细胞、多细胞两种。如根霉、毛霉等的菌丝细胞无横隔，为单细胞；有的则产生了横隔，使菌丝呈竹节状，如青霉、曲霉等，为多细胞。

霉菌的繁殖方式较其他微生物复杂，主要靠形成各种有性孢子和无性孢子繁殖，也可通过菌丝体断裂繁殖。

青霉菌产生的青霉素开创了抗生素的新纪元，现在又发现了许多霉菌产生的有用药物，如头孢霉素、赤霉素等。作为工业生产资源，真菌的代谢产物有酒精、甘油、促生长素等化合物；在农业上，它能将作物不能吸收利用的动、植物残体转化成肥料等等。

(5) 病毒

有关病毒的知识，我们将在“微生物家族中的特殊成员”里专门予以介绍。