

农业微生物学

广东农林学院

微生物教研组编

一九七五年六月

前 言

“人民群众有无限的创造力。”我国广大工农兵群众和科学技术人员，在毛主席无产阶级革命路线指引下，发扬敢想敢干和自力更生的精神，广泛开展应用微生物的科学实验活动，在工农业生产和医药卫生事业上取得了可喜的成果。无产阶级文化大革命以前，在反革命修正主义路线的干扰下，农业微生物学旧教材是按照苏联的教学大纲编写，而苏联的教学大纲基本上是承袭资本主义的一套，旧教材在许多地方渗透了封、资、修的毒素，严重存在着“洋奴哲学”、“爬行主义”、“三脱离”等现象。在科学研究工作上搞科学神秘化，冷冷清清，几乎走上脱离无产阶级政治、脱离群众、脱离实际的歧途。这些东西必须彻底破除；无产阶级文化大革命中，革命的大批判使农业微生物学从修正主义的桎梏下解放出来，成为群众掌握的科学。为了适应教育革命发展的需要，我们本着立足实际，根据科学技术和生产发展的需要和方向来编写这本教材，力求反映近年来生产实践中的新成果，更好地联系生产实际，为工农兵服务，为工农业生产服务。但对照“教材要彻底改革”的要求，差距还很大。加上我们水平有限，这本教材还存在不少错误和缺点。殷切希望同志们给予批评和指正，以便再作修改补充，使之符合教育革命发展的需要。

这里，我们深切感谢中国人民解放军军医学院印刷所全体同志的大力协助，使本书的制版排印得以顺利进行并及时出版。

广东农林学院微生物学教研组

一九七五年六月于广州

主要参考书

- 俞大绂等：微生物学 科学出版社 1965.
- 北京大学制药厂：微生物学和酶学基本知识 科学出版社 1971.
- 中国科学院微生物研究所：常见与常用真菌 科学出版社 1973.
- 中国科学院微生物研究所：微生物诱变育种 科学出版社 1973.
- 张宽厚：细菌生理学 人民卫生出版社 1962.
- 上海市轻工业局 复旦大学：工业微生物学 上海人民出版社 1971.
- 天津酶制剂厂，南开大学生物系：微生物酶制剂 天津人民出版社 1971.
- 陈华癸等：微生物学（修订第二版）农业出版社 1962.
- 南京农学院等：微生物学 农业出版社 1965.
- 中国科学院微生物研究所：农用微生物生产技术 科学出版社 1974.
- 山东农学院：农业微生物学（试用教材） 1973.

目 录

(139)	.....	要原本基及去衣产主菌品啤啤主菌	章六第
(139)	.....	菌主啤一菌产主啤主菌	章一第
(141)	.....	菌主啤品啤啤主菌	章二第
(144)	.....	菌主啤杀要主产主啤主菌	章三第
(147)	.....	菌主啤主菌及菌主啤主菌	章四第
(148)	.....	菌主啤主菌	章十第
(120)	.....	菌主啤杀	章一第
(163)	.....	菌主啤白	章二第
(170)	.....	菌主啤青	章三第
(181)	.....	菌主啤共	章四第
X	第一章 微生物的形态		(5)
	第一节 细菌.....		(6)
	第二节 放线菌.....		(12)
	第三节 真菌.....		(16)
	第四节 病毒.....		(23)
	第五节 菌质体和类病毒.....		(27)
X	第二章 微生物的生理		(30)
	第一节 微生物的酶.....		(30)
	第二节 微生物的营养.....		(36)
	第三节 培养基.....		(46)
	第四节 微生物的代谢.....		(50)
X	第三章 微生物的生长与环境条件		(65)
	第一节 影响微生物生长的环境条件.....		(65)
	第二节 微生物的生长.....		(73)
	第三节 消毒与灭菌.....		(77)
	第四章 微生物的菌种选育与保藏		(85)
	第一节 微生物的菌种选育.....		(85)
	第二节 微生物菌种的衰退、复壮与保藏.....		(92)
	第五章 微生物与农业生产		(99)
	第一节 微生物在自然界中的分布.....		(99)
	第二节 微生物与土壤肥力.....		(100)
	第三节 微生物与植物营养.....		(125)
	第四节 微生物与植物保护.....		(131)

第二篇 农用微生物的生产和应用

第六章 微生物制品的生产方法及基本原理	(139)
第一节 微生物生产的一般过程	(139)
第二节 微生物制品的生产方法	(141)
第三节 微生物生产主要条件的控制	(144)
第四节 微生物生产过程的检验及质量检定	(147)
第七章 微生物农药	(148)
第一节 杀螟杆菌	(150)
第二节 白僵菌	(163)
第三节 春雷霉素	(170)
第四节 井冈霉素	(184)
第八章 微生物肥料	(190)
第一节 根瘤菌肥料	(191)
第二节 固氮菌肥料	(201)
第三节 “5406” 抗生素肥料	(204)
第九章 植物刺激素——赤霉素 (920)	(219)
第十章 食用真菌	(234)
第一节 蘑菇	(234)
第二节 草菇	(238)
第十一章 发酵饲料	(242)
(81)	(242)
(82)	(242)
(83)	(242)
(84)	(242)
(85)	(242)
(86)	(242)
(87)	(242)
(88)	(242)
(89)	(242)
(90)	(242)
(91)	(242)
(92)	(242)
(93)	(242)
(94)	(242)
(95)	(242)
(96)	(242)
(97)	(242)
(98)	(242)
(99)	(242)
(100)	(242)
(101)	(242)
(102)	(242)
(103)	(242)
(104)	(242)

緒 言

毛主席教导我们：“自然科学是人們爭取自由的一种武装。人們为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人們为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然界里得到自由。”我们学习微生物学，就是要充分利用、控制和改造微生物，把微生物的应用、生产和研究，推向更高和更新的水平，为社会主义革命和社会主义建设服务。

一、微生物的一般概念

微生物是无数肉眼看不见的生物，个体很小，结构简单，大部分是单细胞的，单个微生物要在显微镜或电子显微镜下才能看见。微生物包括细菌、放线菌、真菌（霉菌和酵母菌）、粘菌、立克次氏体、单细胞藻类、原生动物以及非细胞形态的病毒（噬菌体）和类病毒等。

微生物在自然界广泛分布。空气、水、土壤、动植物体和它们的消化道、排泄物以及植物的表面，都是微生物居住的环境。地球上几乎到处都有微生物的生存与活动，大多数的微生物对人和动植物是有益的；也有一部分微生物对人和动植物是有害的。微生物所以能广泛的被人们利用，是由于它们具有一些不同于动植物的特点：

1. 种类多、数量大、分布广。微生物种类繁多，对环境的适应能力特别强，几乎地球上任何环境都能找到微生物，特别是土壤，一克土壤中就有数亿个微生物。
2. 繁殖速度快。微生物繁殖速度非常快，就大部分细菌来讲，在适宜条件下，每二十分钟就能繁殖一代，一昼夜就是七十二代。为工业生产和科学研究，提供了有利条件。
3. 代谢能力强、以及代谢类型的多样性。微生物的代谢能力是十分强的，这也是微生物繁殖速度快的基本原因。据推算，微生物在适当条件下，一昼夜合成的营养物质可相当自身原来重量的三十倍至四十倍。这是动植物达不到的。另外微生物种类繁多，代谢类型也多种多样，有自养类型又有异养类型，通过微生物的生命活动，能分解任何的有机或无机物。能产生许多复杂的代谢产物和酶，还能合成或分解成许多有用的物质。
4. 较易发生变异。这个特点，对人类利用微生物来说，既是优点，又是缺点。对人类致病菌，人们利用此种易变异特点来预防疾病。在某些微生物生产应用方面，由于易变异，常会影响生产及产品质量。但是，人们又可利用此特点进行人工诱变育种，选出更优良的菌种。

人们为了利用有益微生物，防治有害微生物，对微生物的各个方面进行了广泛的研究，形成了许多学科。在应用微生物学方面建立了医学微生物学、农业微生物学、工业微生物学、海洋微生物学以及免疫学等。在普通微生物学方面建立了真菌学、细菌学、病毒学、微生物生物化学、微生物遗传学等。除了探讨微生物本身有关问题外，微生物也是研究生物学中的重大问题，如蛋白质、核酸、氨基酸、酶等的生物合成，代谢的调节与控制，遗传变异的分子基础等最好的研究对象和材料。

二、我国微生物应用的基本情况

1. 微生物在农业上的应用

在农业方面，作为病原菌的微生物，虽给家畜和农作物带来许多灾害，但是，另一方面微生物在农产品加工、饲料、肥料以及提高土壤肥力和改善植物营养等方面起着重要作用。

(1) 细菌肥料 根据各地实践证明，“5406”抗生素可转化土壤中氮、磷，并能刺激作物生长，还有一定抑制病菌的作用。自生固氮菌、根瘤菌和固氮蓝藻制剂是能增加土壤中氮素的一种生物肥料，根据试验计算，一亩豆科植物的根瘤，每年可固定的氮素，相当于60—70斤硫酸铵的含量。磷细菌肥料是可将土壤中作物不能吸收的磷，转化为作物可以吸收的磷，以利于作物的发育和结实。除上述已在生产上应用的少数菌之外，土壤中还存在着大量的对作物生长发育有益的微生物，对腐殖质的形成、土壤的结构、保水、保热等性能，均起重要作用，这些资源尚待进一步的发掘及应用。

(2) 微生物农药 微生物农药是利用菌体或它产生的抗菌素，来防治农林病虫害的制剂。目前，我国应用和推广的微生物农药如防治水稻稻瘟病的春雷霉素、灭瘟素等，防治纹枯病的井冈霉素，防治黑穗病的内疗素等等。细菌杀虫剂有能杀死多种鳞翅目害虫的青虫菌（或称杀螟杆菌），真菌杀虫剂有白僵菌以及作为除草剂的“鲁保一号”。

(3) 发酵饲料 许多植物的叶、茎、藤、根等，经过微生物的发酵作用，提高了营养价值，并成为家畜喜爱食用的饲料，因而大大开辟了饲料来源。发酵饲料中的微生物活动的复杂过程以及发酵过程中微生物之间的相互关系，都是实践和理论研究的新课题。

(4) 生长刺激物质 如由赤霉菌所产生的赤霉素是一种对植物生长起刺激作用的物质。经过几年试验证明，对某些水果蔬菜和农作物能起一定的增产和保护作用。

此外，利用微生物的作用，对一些农副产品进行发酵加工，可提高农副产品的品质和利用价值如制酱、腌菜等。沼气发酵是利用植物秸秆等有机物质及粪便作原料，经微生物分解纤维素，而甲烷细菌利用纤维素的分解产物，可产生大量甲烷的气体，能解决烧柴不足的问题，发酵后的肥料质量也有所提高。

2. 微生物在工业上的应用

微生物在工业上被广泛应用于食品工业，如制酒、制醋、味精、柠檬酸等，在皮革

工业方面，目前采用微生物所产生的蛋白酶制革，提高产品质量，降低了成本。在纺织工业方面，利用微生物产生的淀粉酶脱浆，利用微生物进行黄麻、亚麻的脱胶。蛋白酶用于蚕丝脱胶等，均能降低成本，提高产品质量。

目前，在石油化学工业上也广泛应用微生物，例如利用石油微生物脱蜡方法生产低凝固点航空汽油和高级柴油、变压器油等多种机油。利用微生物的作用也能提高原油采收率。以石油为原料，采用微生物发酵方法可制取有机酸类、氨基酸类、核苷酸类、维生素类、糖类、抗菌素及固氮菌肥等。

在冶金方面，采用微生物炼铜、提铀等方法已初步应用于生产，其原理就是应用一种氧化铁硫杆菌将硫酸亚铁转化为高铁，用于浸出矿石中的铜和铀。

随着工业生产的发展，工业废水也相应增加，某些行业的废水不经处理直接排出，严重地污染河流，危害农业渔业及居民健康。目前，利用微生物方法处理废水，可达到废水净化的目的。

3. 微生物在医药卫生上的应用

微生物在医药卫生上的应用，已有悠久的历史。众所周知的免疫学即是应用微生物预防疾病。近几年来这方面的工作更是取得显著成效。例如我国抗菌素工业，已经跨入世界最先进的行列。目前我国已试制、生产的品种六十多个，常用的有三十多种。争光霉素、光辉霉素、自力霉素、创新霉素以及正定霉素等抗癌抗菌素的生产，标志着我国抗菌素工业发展到一个新的水平。此外，我国还利用酵母提取核苷酸、细胞色素丙、辅酶甲、ATP、麦角固醇等。

随着应用微生物研究的深入开展，微生物及其代谢产物在医疗卫生方面的应用，为保障人民健康将作出更大的贡献。

三、微生物学的发展概况

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。”微生物的发现，虽只有三百多年历史，但远在数千年前，我们的祖先就在与自然斗争过程中，在日常生活、工农业生产和防治疾病方面，早已将微生物用于实践。早在四千年前，我们的祖先就利用微生物来酿酒。二千五百年前，春秋战国时代就知道制醋、制酱。一千五百年前，劳动人民就知道种过豆科植物的土壤特别肥沃。北魏（公元五世纪）已经利用了根瘤菌，并且用积肥、沤粪、翻土、压青、轮作等方法来控制微生物的活动。

在生产实践中，人们为了防止食物变质和腐烂，采用盐渍、糖饴、烟熏、干燥、醋化等措施以杀死或抑制有害微生物的生存或生长。八百年前，我们的祖先就知道种牛痘预防天花的免疫方法。细菌冶金技术，据古书记载，九百年前，胆水浸铜法，已正式应用于生产。古代微生物学知识的积累，是劳动人民在生产斗争、科学实验的结晶，是历史发展的产物。在历史发展的一定阶段，当生产的发展和阶级斗争提出了需要，而客观上又具备了一定的条件，使科学的发现和创造有可能产生。

十七世纪末，正是资本主义开始发展的时代，由于新兴资产阶级要向海外扩张和掠夺，航海事业的发展，推动了光学器械的研究。荷兰人吕文虎克发明了显微镜，用它（270—300倍）观察了自然界中许多生物的微细结构，并看到许多微生物，这种发现受到当时资产阶级科学家的怀疑和蔑视。

吕文虎克之后约一百年，微生物的研究停留在形态描述阶段，对于微生物的生活规律以及和人类的密切关系，全然不知。十九世纪六十年代，欧洲资本主义工业大发展，特别是农产品加工业如葡萄酒生产、蚕丝业的巨大发展，迫切的推动了微生物学的发展，使微生物学从形态学的阶段进入了生理学阶段。

在微生物学的发展历史中，法国的巴斯德，曾作出一定贡献。巴氏论证了各种发酵过程和酒变质的原因，采用加热处理（60—65°C/20—30分钟）装瓶的酒可保持酒不致变质。这种加热灭菌，称巴氏消毒法，至今仍在应用。还指出了微生物的发酵作用就在于它们的嫌气性呼吸，不同类型微生物引起不同类型的发酵。巴氏的工作最终否定了当时占统治地位的“自然发生说”并且建立了病原学说。此外他还确立了免疫学说，采用了预防接种法防治了不少人畜的传染性疾。微生物生理学阶段的发展，雄辩地说明了当社会生产的发展需要掌握微生物生命活动规律的时候，这种需要就能把科学技术推向前进。在巴斯德以后，微生物学因生产斗争的需要又有新的发展。由于外科手术中消毒防腐的需要，推动了对病原微生物的消毒、灭菌原理和技术的研究；由于寻找各种致病细菌病原体的需要，就发明了纯培养技术；由于对植物病害的观察及分析，就找到了新的病原微生物——病毒和类病毒。

总之，微生物学正是在生产斗争中产生的。新中国成立以来，特别是在无产阶级文化大革命的推动下，广大工农兵，革命干部和科学技术人员，以毛主席的光辉哲学思想为武器，紧密结合三大革命斗争的实践，大搞群众性的科学实验活动，使微生物的生产、应用、研究得到迅速发展。当前，一个研究利用微生物资源来发展工农业和医药卫生事业的群众性的科学实验活动正在我国各地蓬勃发展。因此，我们必须学好微生物学，要以马列主义、毛泽东思想为指导，为革命而努力学习，坚持理论与实践统一的原则。努力培养自己分析问题和解决问题的能力，为无产阶级政治服务和为生产服务，为超过国际水平而作出贡献。

第一章 微生物的形态

菌 藻 菌 一 类

自由是对必然的认识和对客观世界的改造。要想充分利用微生物，必须首先认识微生物。由于微生物种类多，形态、构造和性状也多种多样。根据什么来认识各类微生物呢？毛主席教导我们：“任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾，就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。这就是世界上诸种事物所以有千差万别的内在的原因，或者叫做根据。”目前我们认识各类微生物的主要根据是：

- ✓ (1) 微生物的个体形态与构造：包括细胞形态、大小、构造、菌体特点等。
- ✓ (2) 微生物的菌落特征（群体形态）：微生物的单个细胞，肉眼看不见，当它在固体培养基上，经过一定时间的培养、生长繁殖，很多细胞长在一起，形成一定形状肉眼能看见的微生物群体，称为菌落。微生物在一定条件下具有一定的菌落特征。因此，菌落是识别各类微生物的重要方面。

(3) 微生物的生理特性：不同的微生物其生长条件及特殊的生理生化特性等各有不同。微生物包括细菌、放线菌、真菌、粘菌、蓝藻、原生动物以及病毒等。它们在分类学上是属于不同类群的生物。



本章主要阐述细菌、放线菌、真菌与病毒的形态、构造及其功能。研究微生物的形

态和构造可以帮助了解微生物的生理功能，也可以为微生物的分类提供依据。此外也可了解外界条件影响微生物的形态与构造对遗传变异的关系。主要的目的是为了帮助我们掌握规律，更好地将微生物应用于工农业生产。

第一章 微生物的形态与构造

第一节 细菌

细菌是单细胞的微生物，每个细胞就是一个独立的生活单位。许多细菌细胞往往聚集在一起成为群体，群体中的每一个细胞仍然进行各自的生命活动。从进化上来说，细菌是比较原始的，细胞结构中没有分化明显、结构完整的细胞核，是属于原核生物。主要靠分裂进行繁殖。

一、细菌的个体形状

细菌在不同条件下，形状常有所变化，但在一定条件下，每一种细菌都能保持一定的形状。细菌的基本形状可分为球状、杆状、弧状三种类型，并分别称球菌、杆菌、弧菌（或螺旋菌）。

1. 球菌

菌体圆球形，单独存在时呈正圆形，叫单球菌；几个球菌联合在一起，其接触面常呈扁平状态，并因其分裂方向不同及分裂后的聚集排列状态不同，分别称双球菌、四联球菌、链球菌、八叠球菌、葡萄球菌等。（图1）。

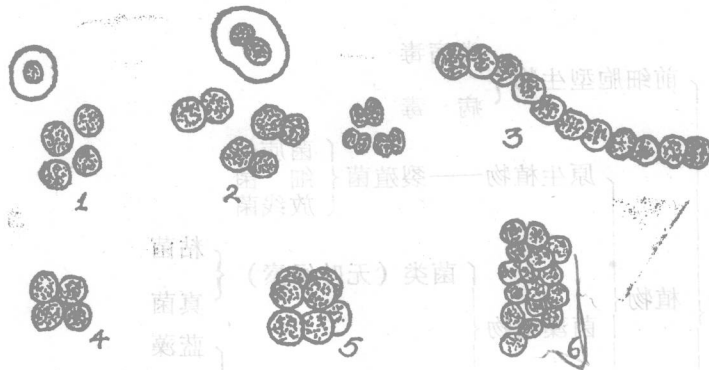


图1 各种形状的球菌

1. 单球菌 2. 双球菌 3. 链球菌 4. 四联球菌 5. 八叠球菌 6. 葡萄球菌

球菌的大小随种类不同而异，并以细胞直径来表示。一般细菌的菌体很小，常以微米(μ)作为测量其大小的单位。(1厘米=10毫米=10000微米)。一般球菌的直径是0.5—1.0微米。

世界风景线 会计 会计 会计 会计 会计 会计 会计 会计

2. 杆菌 ^{杆菌 杆菌 杆菌} ~~杆菌~~ ~~杆菌~~ ~~杆菌~~ ~~杆菌~~ ~~杆菌~~

菌体圆柱形，两端通常钝圆，也有些种类两端平截状或略尖的。杆菌按菌体的排列方式分为：单杆菌；成双排列的双杆菌；排列成长或短的链杆菌（图2）。根据杆菌细胞内能否形成一种特殊结构——芽孢，则分为芽孢杆菌和无芽孢杆菌。

杆菌的大小以宽×长来表示。常见的杆菌宽0.5~1微米，长1~4微米，写作0.5~1×1~4微米(μ)来表示之。不同种类的杆菌在长与宽比例上有明显的差异，有些杆菌长而细呈柱状称长杆菌；有些则短而粗称短杆菌；还有些杆菌长宽差不多，很易与球菌相混淆。杆菌是自然界中种类最多的细菌。



图2 各种形状的杆菌
1.单杆菌 2.双杆菌 3.链杆菌

3. 弧菌、螺旋菌

细胞呈弯曲状。细胞弯曲成弓形者称弧菌；细胞作螺旋状弯曲者称螺旋菌（图3）。螺旋菌分裂后，大都随即分散，单个存在。

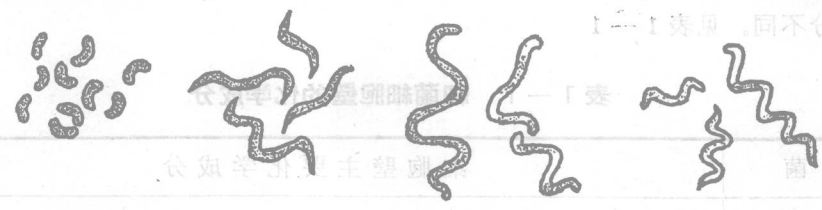


图3 弧菌和螺旋菌的形状
1.弧菌 2.3.4.螺旋菌

螺旋菌的大小亦以宽×长来表示，宽一般为0.5—2微米，长度则因种类不同而有较大差异。

细菌的形状和大小与环境因子有关，如温度、营养条件、菌龄等。各种细菌在幼稚时期和适宜的环境条件下，表现正常的状态。当培养条件改变、菌体衰老时，常会出现变形体。因此，在细菌生长初期如产生变形菌体时，即说明某些环境因子是对其不利的。

二、細菌細胞的構造

微生物細胞的構造是區別各類微生物的重要根據之一。細菌雖小，但其細胞構造的複雜性並不亞於高等生物的細胞。細菌細胞是由細胞壁、細胞質膜、細胞質及細胞核等組成(圖4)，有些細菌還有莢膜、鞭毛和芽孢等特殊構造。

1. 細菌細胞的基本構造

(一) 細胞壁

在細胞的最外層，無色透明，較堅硬而賦有彈性，使細菌保持固有的形態，但又能伸長或彎曲。若把細胞的原生質部分除去，在電子顯微鏡下觀察大多數的細菌細胞壁由內外二層或三層組成，厚度一般在10—50毫微米之間。如大腸桿菌的細胞壁有三層，外層有脂蛋白層和脂多糖層，為可塑性的，內層由粘肽類聚合成致密結實的結構。細胞壁的不同層次吸附噬菌體不同。

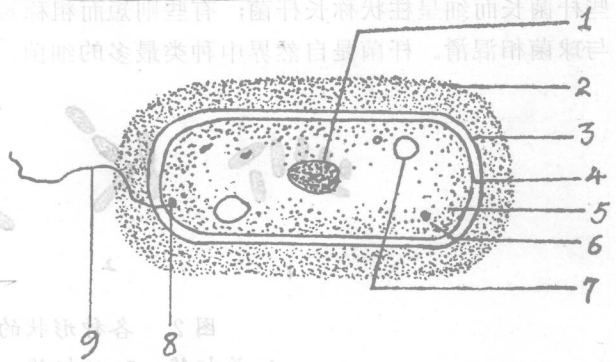


圖4 細菌細胞構造示意圖

1. 細胞核 2. 粘液層 3. 細胞壁 4. 細胞質膜
5. 細胞質 6. 顆粒 7. 液泡 8. 生毛體 9. 鞭毛

細胞壁的化學成分主要為粘質複合物。革蘭氏陽性細菌及革蘭氏陰性細菌的細胞壁的化學成分不同。見表1—1

表1—1 細菌細胞壁的化學成分

細菌	細胞壁主要化學成分
革蘭氏陽性細菌	(1) 粘質複合物——N-乙酰氨基葡萄糖，N-乙酰羧乙基氨基葡萄糖，3、4或5個氨基酸 (2) 粘多糖——氨基己糖，單糖 (3) 壁酸——多聚磷酸核醇或多聚磷酸甘油，氨基葡萄糖，丙氨酸。 不同細菌細胞壁的成分不同，可分為(1)，(1)+(2)，(1)+(3)，(1)+(2)+(3)
革蘭氏陰性細菌	粘質複合物——同上，未發現有壁酸 蛋白質 類脂物質 } 三類物質可能形成複合體 多糖

细菌细胞壁含有植物细胞壁所没有的粘质酸(N-乙酰羧乙基氨基葡萄糖)和二氨基庚二酸(简称DAP),这两种物质组成粘肽。此外还有壁酸为多聚磷酸核醇等组成。

用物理化学方法证明细胞壁对外界pH值和离子浓度改变的反应象多电解凝胶有伸展和收缩的功能;另一功能犹如分子筛的作用,可控制分子通过细胞壁;并且细胞壁具有弱离子交换树脂的作用。

(二) 细胞质膜(细胞膜)

细胞质膜是紧贴细胞壁里面,但不与壁相连的一层薄而柔软、有弹性的、具有选择性吸收的半透性膜。这层膜的厚度为5—8毫微米。细胞质膜的化学成分主要为蛋白质(52%)和脂类(45%)。

超薄切片的电子显微镜观察,大多数细菌的细胞质膜有3—5层结构。革兰氏阳性细菌膜的形式及结构较复杂,并在细胞质膜内发现存在有许多种酶,尤其在细胞质膜的内层,有关氧化磷酸化作用、分解代谢与合成代谢作用以及蛋白质的合成过程均与内膜存在的酶类有关,因此认为内膜是细胞渗透作用的关口。

(三) 细胞质(或称原生质体、细胞浆)

细胞膜内所包含的部分称为细胞质。细胞质是一种粘稠的胶体物质,主要成分是水、蛋白质、核糖核酸、类脂物质、多糖类和少量无机盐类等。在细胞质内有类似核的结构、多种酶体系、中体(Mesosome)、核糖体(Ribosome)以及内含物等。

(1) 核:细菌细胞质内含有主要由脱氧核糖核酸(DNA)组成的染色质体,与高等生物的具有完整结构的细胞核不相同。细菌的染色质体是非常简单的,它几乎就是由两个极性相反的多核苷酸链象蕨花一样彼此缠绕而成的DNA。在细菌细胞里DNA的量大约是细胞干重的4%。例如自大肠杆菌提出了完整的DNA,其长度约为1,000—1,400微米,比细胞长1000倍以上,因此DNA在细胞质内必须高度集聚,卷曲折叠。

细菌细胞的DNA形成环状线圈,与细胞质内核糖体联系并连在细胞膜内面,为遗传变异的主要场所。

(2) 中体(Mesosome):在革兰氏阳性细菌中发现由细胞质膜的内膜向内翻形成囊状的、管状的、板状的或小泡状的结构,称为中体。一般大小为300—1000A。中体的功能有人认为是相当于线粒体的作用,特别是进行氧化还原作用的酶体系与中体有关。

(3) 核糖体(又称核蛋白体):是核糖核蛋白质的颗粒。细菌细胞质内的核糖体自由悬浮于细胞质中或与染色质体DNA连接。它们的作用非常重要,是蛋白质合成的场所。

(4) 内含物:内含物不是所有细菌都具有,而是只有一定的菌种才具有的,并且即使是具有的菌种,内含物也会因培养条件不同而发生变化。内含物有贮藏物质和代谢产物两种。前者如淀粉粒、脂肪滴、肝糖粒等;后者如硫磺粒、草酸钙结晶、伴孢晶体等。

此外,在细胞质内还有充满水分和盐分的液泡,其功能是调节渗透压。有些细菌的细胞质内含有异染粒,其化学成分为多聚偏磷酸盐,可能与能量代谢有关。

2. 细菌细胞的特殊构造

细菌细胞除上述结构外,有些细菌在一定条件或生长到某一阶段时,还会产生荚

膜、鞭毛和芽孢等特殊结构，它们可作为识别这些细菌的重要特征。

(一) 荚膜:

有些细菌在生活过程中，常向细胞壁外围分泌粘液状物质，称荚膜。荚膜能使培养液具粘性，又可使固体培养基的菌落呈闪烁湿润的表面。具有荚膜的细菌，经特殊染色法处理后在显微镜下可清晰视见(图5)。有时荚膜不仅围绕一个单独的细菌细胞，且围绕着许多细菌细胞，称为菌胶团。

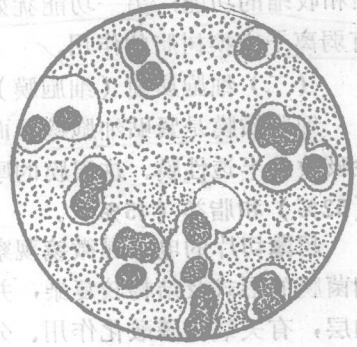


图5 圆褐固氮菌的荚膜和菌胶团 (三)

荚膜中含有大量的水分，约占90%以上。其成分因细菌种类而不同。主要由多糖和果胶类物质构成，但也有少数细菌的荚膜的主要成分是含氮化合物，如多肽等。当细菌营养缺乏时，可将糖、肽类物质利用，故具有贮藏作用。荚膜对细菌细胞具有一定的保护作用。如是病原菌，则可加强其致病力，在机体内能抗白血球对它的吞噬作用，在机体外能抵抗干燥。

荚膜的形成与培养基中营养条件有关。如圆褐固氮菌 (*Azotobacter chroococcum*) 和硅酸盐细菌 (*Bacillus mucilaginosus*) 在碳素营养丰富的培养基中容易形成较厚的荚膜。

此外，绝大多数细菌在其细胞壁外，常有一层很薄的较荚膜疏松的胶粘物质，称为粘液层。粘液层类似荚膜，但易溶解。

(二) 鞭毛:

细菌中的某些杆菌、弧菌和少数球菌在幼龄菌体上长有纤细的丝状物，称鞭毛。鞭毛非常细，直径只有0.02—0.05微米，其长度可超过细菌若干倍，在普通显微镜下必须用特殊染色法扩大鞭毛的直径才能看见。用电子显微镜可观察到鞭毛起源自细胞质膜下细胞质内的直径约100毫微米的颗粒状小体，称为生毛体。鞭毛自生毛体穿过细胞质膜及细胞壁伸到细胞外部。一般认为鞭毛是细菌的运动器官，细菌形成鞭毛的能力直接与培养基成分和培养条件有关。在人工培养基上培养较久的细菌常失去鞭毛。鞭毛的成分

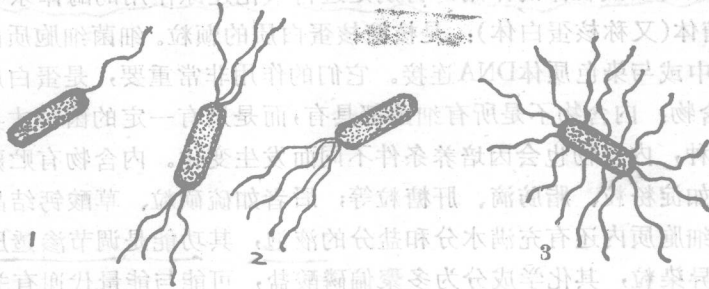
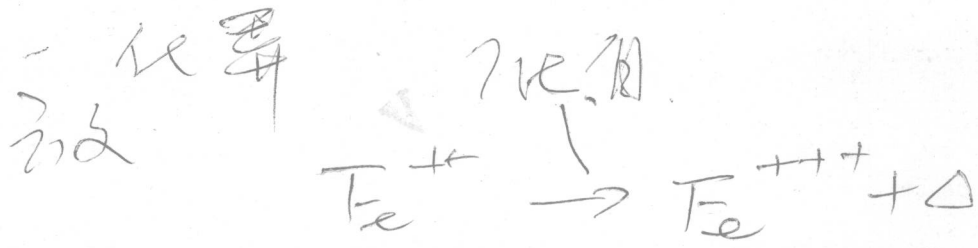


图6 细菌的鞭毛

1. 单生鞭毛 2. 丛生鞭毛 3. 周生鞭毛



是蛋白质——纤维蛋白。不同种类的细菌其鞭毛的数目和着生的部位不同(图6)。可分为三个类型。这也是鉴别细菌种类的依据。

单生鞭毛：在菌体的一端或两端，只生一根鞭毛。

丛生鞭毛：在菌体的一端或两端着生一丛鞭毛。

周生鞭毛：在菌体的周围生有几根或很多鞭毛。

(三) 芽孢：某些细菌的营养体发育达到一定阶段，在某些特定条件下，原生质浓缩开始在细胞内形成内生孢子，称为芽孢。芽孢的形成过程可分为六个阶段：第一阶段至第三阶段，细胞内原生质浓缩，染色体产生复杂的生物化学过程，形成芽孢原生质体，最后形成可见的完整的芽孢，这一阶段大约需要四小时左右。第四阶段：此时期呈现芽孢折光性的特点，以及开始形成耐热性的特征，这一阶段一般大约在细胞开始形成芽孢后的六小时完成。第五、六阶段芽孢成熟，完整的芽孢已形成，在某些细菌，由于酶的溶解作用，孢子囊破裂，芽孢游离。

形成芽孢后，细菌就丧失繁殖能力，成为一个休眠器官。芽孢能保存几十年而不丧失其生活力。芽孢对高温、干燥、化学药剂等有较强的抵抗力，这是由于芽孢壁厚，含水量少，化学药物不易渗透，同时它们的代谢活动力低。芽孢内含有吡啶2,6-二羧酸(简称DPA)与芽孢的耐热性有关。细菌的营养细胞一般在80℃即将死亡，而芽孢能耐高温，如枯草杆菌的芽孢在100℃沸水内一小时仍可存活，而肉毒杆菌的芽孢甚至能在180℃下存活10分钟。根据芽孢耐热的特点，在灭菌消毒时必须十分注意。

不同种类的细菌，其芽孢在菌体内的位置、形状均有不同。一般芽孢呈圆形、椭圆形或短圆筒形。(图7)它们可能位于细胞的中央、顶端或中央和顶端之间。有的芽孢的直径比细胞的直径大，呈梭状。根据芽孢在菌体内的位置、形状、大小可作为分类的依据。

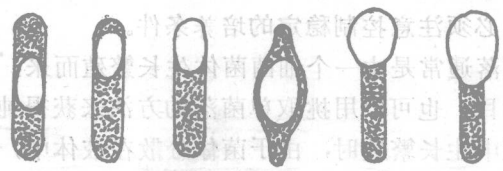


图7 细菌各种芽孢的形状

芽孢在适合的条件下萌发。芽孢在萌发时开始吸收水分及某些营养物质，体积增大，芽孢内酶的活动力增强和呼吸活性提高，有时可看到核的分化，此时的芽孢失去耐热力和折光度，增加染色性，放出DPA钙盐及其他可溶性物质，约30分钟到一小时左右，芽孢外壁破裂，生出新细胞。实验证明加热到70℃—80℃处理几分钟能促进芽孢萌发。芽孢出芽的方式可在芽孢顶端、腰部或斜上方部位进行。

芽孢不是一个繁殖器官，一个营养体只能形成一个芽孢，一个芽孢萌发也只能产生一个营养细胞。

某些细菌能形成另一种休眠细胞称为孢囊。如好气性固氮菌属的某些种，在形成孢

囊时，细胞开始缩短变成球状，表面形成一层厚的胞壁，也有抵抗不良环境条件的能力。

三、细菌的繁殖和培养特征

细菌的繁殖，普遍以一个细胞分裂成两个细胞的方式进行无性繁殖，简称裂殖，分类学上属裂殖菌。一个细菌细胞分裂繁殖成两个子细胞后，若立即分开，则成单个细胞存在的菌体。不立即分开，则成各种形状的排列。如一个球菌分裂成双球菌、链球菌等。

在适宜的环境中，细菌繁殖的速度很快，多数细菌约每隔20—30分钟即可分裂一次，因此在较短的时间内就可以大量增殖菌体，这是一般动植物所不能比拟的。

一个细菌细胞在合适的固体培养基上进行大量生长繁殖后，则形成了菌落。连成一片的，则称为菌苔。每种细菌的菌落具有一定的形状、大小、颜色、光泽以及表面状况、边缘状况、隆起度、透光性、质地、是否分泌色素等各方面的特征，成为鉴别各种细菌的依据之一。

细菌在固体培养基上的菌落多数是表面光滑，湿润或干燥，半透明或不透明，乳白色或其他颜色，菌落边缘整齐或不整齐(呈缺裂状)。菌体与培养基结合不紧，用针很容易将菌挑起。如青虫菌菌落在牛肉膏蛋白胨琼脂培养基上生长时，菌落呈灰白色，无光泽，有时边缘呈锯齿状；花生根瘤菌的菌落圆形，边缘完整，乳白色，半透明，粘质状；圆褐固氮菌的菌落圆形，边缘整齐，粘稠隆起，表面光滑或有皱纹，初为乳白色，后期渐变黄褐色至黑褐色。

但是菌落的性状常因培养条件如培养基成分、培养温度等的影响而有一定变化。例如一些有鞭毛的芽孢杆菌，在氮素营养丰富的琼脂培养基表面发育时易形成铺展开的扩散型菌落；当氮素营养减少，琼脂表面较干燥时，发育的菌落则多为圆形。又如灵杆菌在20—25℃发育的菌落呈鲜玫瑰红色，但在35℃左右发育的菌落几乎无色。因此，为了观察典型菌落的特征，必须注意控制稳定的培养条件。

一个单独的细菌菌落通常是由一个细菌菌体生长繁殖而来，因此，可以通过菌落计数的方法测定细菌的数目，也可以用挑取单菌落的方法来获得纯种。

细菌在液体培养基中生长繁殖时，由于菌体分散在液体中，可使培养液变浑浊；有些种类则可在液体表面结成一层菌膜，或沿容器壁形成一圈菌环；也有些种类聚集成絮状物沉淀在液体底部。这些都反映了不同细菌在液体培养中的不同生长习性，也是作为鉴别细菌种类的依据之一。

第二节 放 线 菌

放线菌是由纤细菌丝所形成的单细胞微生物，其菌丝交织成网状。从进化观点来讲，放线菌是细菌类中比较高级类型，但仍属于原核生物。它是介于细菌与霉菌之间的一类