

21

高等教育自学考试指定教材

农业微生物 应用技术



四川大学出版社



封面设计：邹小工

ISBN 7-5614-2237-7



9 787561 422373 >

ISBN 7-5614-2237-7/S·27

定价：32.80元

农业微生物应用技术

主 编 李登煜 梁如玉
副主编 张小平
主 审 黄怀琼 陈文宽

四川大学出版社
2001年9月

责任编辑:孙康江
责任校对:成杰
封面设计:邹小工
责任印制:李平

中国农业出版社

农业微生物应用技术

图书在版编目(CIP)数据

农业微生物应用技术 / 李登煜, 梁如玉主编. — 成都:
四川大学出版社, 2001.11
ISBN 7-5614-2237-7

I. 农... II. ①李...②梁... III. 农业科学:微生物学 IV. S182

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 077727 号

书名 农业微生物应用技术

作者 李登煜 梁如玉
出版 四川大学出版社
地址 成都市一环路南一段24号 (610065)
印刷 成都宏明印刷厂
发行 四川大学出版社
开本 787 mm×1 092 mm 1/16
印张 17
字数 429 千字
版次 2001 年 11 月第 1 版
印次 2004 年 7 月第 2 次印刷
印数 5 001~7000 册
定价 32.80 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址:www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

ISBN 7-5614-2237-7

序

21世纪是生命科学的世纪。微生物学科的发展对生命科学的贡献决定了微生物学在生命科学中的重要地位。

为适应当前高等农业院校成人教育发展需要，根据微生物学是有一套独特技术学科的特点和要求，本书在加强微生物学基础理论的同时，突出微生物学的应用技术，密切理论联系实际，以激发读者学习兴趣，启发学生独立思考，培养学生独立工作和动手能力，为21世纪的微生物学教学提供新教材。

本书内容丰富，选材新颖，观点明确，阐述清楚，汇聚了编者多年来从事微生物学教学、研究及开发应用所积累的新知识、新技术、新成果，反映了微生物学科现代发展水平，适合高等农业院校成人教育农业高新技术与管理专业、生物工程专业和农学类其他专业作为教材之用，也可供农业科技人员参考。

黄怀琼

2001年7月

前 言

随着我国社会主义市场经济体制的不断完善，终身教育已是社会发展的必然需求。经四川省教育厅、四川省高等教育自学考试委员会批准，我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试和成人高等教育的教材，以满足四川省农科类自考和成教需要。《农业微生物应用技术》是为“农业高新技术与管理”等专业组编的教材之一种。这本教材是根据教学计划和考试大纲，从培养农业产业化人才的需要出发，按照本科（专升本）人才规格的要求，结合终身教育的特点，组织我校专家学者集体编写而成的。

《农业微生物应用技术》各章编撰人员为：第一章由李登煜、张小平教授编写；第二章由梁如玉副教授编写；第三章由张小平教授编写；第四章由陈强副教授编写；第五章、第六章由梁如玉副教授编写；第七章由李勇讲师编写；第八章由李登煜教授编写。全书由李登煜教授、张小平教授、梁如玉副教授统稿，并由黄怀琼教授主审，参加审稿的还有陈文宽副教授，在此一并表示感谢！

《农业微生物应用技术》是供学生自学、教师辅导和国家考试使用的教材。经专家审定并由四川大学出版社出版发行。我们相信，随着高等教育自学考试和成人高等教育教材的陆续出版，必将对四川省高等教育事业的发展以及教学质量的提高起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试和成人高等教育教材是我们新的尝试，希望能得到社会各方面的关怀和支持，使它在使用中不断提高和日臻完善。由于编者水平有限和编写时间的仓促，书中存在不足甚至错误在所难免，敬请读者指正。

本书引用了一些著作者的插图和资料，在此谨表谢意。

四川农业大学自学考试委员会

2001年7月

目 录

第一章 微生物学基础

第一节 绪 论	(1)
一、微生物	(1)
二、微生物学及其分科	(1)
三、微生物与人类的关系	(2)
第二节 微生物的形态与结构	(2)
一、原核微生物	(2)
二、真核微生物	(13)
三、病毒	(17)
第三节 微生物的营养	(20)
一、微生物需要的营养物质	(20)
二、微生物的营养类型	(21)
三、培养基	(22)
第四节 微生物的生长与环境条件	(23)
一、纯培养微生物的群体生长	(23)
二、环境条件对微生物生长的影响	(29)
三、微生物间及微生物与其他生物间的相互关系	(37)

第二章 微生物发酵

第一节 概 述	(41)
一、发酵工程	(41)
二、微生物发酵生产的方式	(42)
三、微生物发酵产物类型	(44)
四、发酵生产中培养微生物的设备	(45)
第二节 发酵工业的工艺过程	(47)
一、发酵原料的选择及预处理	(47)
二、微生物菌种的选育及扩大培养	(47)
三、发酵设备的选择及发酵条件的控制	(47)
四、发酵产物的分离提取	(50)
五、发酵废弃物的回收利用	(50)
第三节 种子扩大培养	(50)
一、种子培养基和培养条件	(51)
二、种子制备工艺	(51)
三、种子质量的控制措施	(54)
第四节 发酵培养基及其灭菌	(55)

一、发酵培养基	(55)
二、发酵培养基的灭菌	(55)
第五节 空气除菌	(57)
一、空气除菌的方法	(57)
二、过滤除菌的流程与设备	(58)
第六节 菌种退化及其防治	(60)
一、菌种退化的原因和处理	(60)
二、防止菌种退化的措施	(62)
第七节 杂菌与噬菌体的防治	(63)
一、杂菌污染的原因及其防治	(63)
二、噬菌体的防治	(65)
第三章 微生物肥料	
第一节 根瘤菌肥料	(66)
一、根瘤菌的形态及生理特征	(66)
二、根瘤菌与豆科植物的共生关系	(67)
三、根瘤菌和木本植物的共生关系	(68)
四、根瘤菌肥料的生产	(68)
五、根瘤菌肥料的施用方法及注意事项	(71)
第二节 固氮菌肥料	(71)
一、固氮菌的形态及生理特征	(71)
二、固氮菌肥料的生产工艺	(72)
三、固氮菌肥料的施用方法及注意事项	(73)
第三节 钾细菌肥料	(74)
一、硅酸盐细菌的特征	(74)
二、硅酸盐细菌的解钾解磷机理	(75)
三、钾细菌肥料的生产工艺	(75)
四、钾细菌肥料的施用技术及注意事项	(75)
第四节 磷细菌肥料	(77)
一、磷细菌肥料的作用和意义	(77)
二、磷细菌肥料的生产工艺	(78)
三、磷细菌肥料的施用方法和注意事项	(80)
第五节 菌根菌肥料	(80)
一、菌根的类型和作用	(80)
二、菌根菌肥料的生产	(81)
第六节 复合微生物肥料	(82)
第四章 微生物农药	
第一节 概述	(83)
一、微生物农药的概念	(83)

二、微生物农药的种类	(83)
三、微生物农药的特点	(84)
第二节 苏云金芽孢杆菌制剂	(85)
一、苏云金芽孢杆菌的形态、生理	(85)
二、苏云金芽孢杆菌的分离和保藏	(87)
三、苏云金芽孢杆菌制剂的生产	(88)
四、苏云金芽孢杆菌半固体发酵物的后处理	(93)
五、苏云金杆菌在害虫防治上的应用	(94)
第三节 白僵菌制剂	(94)
一、白僵菌生物学特性	(94)
二、白僵菌的分离与复壮	(95)
三、白僵菌的生产	(95)
四、白僵菌的致病机理	(96)
五、白僵菌的应用	(97)
第四节 农用抗生素的生产	(98)
一、农用抗生素的筛选法	(98)
二、庆丰霉素制剂	(98)
第五节 “鲁保一号”除草剂	(101)
一、“鲁保一号”菌种的生物学特性	(101)
二、“鲁保一号”菌剂的土法生产	(101)
三、“鲁保一号”的使用	(103)
第六节 病毒杀虫剂	(103)
一、病毒杀虫剂作用机理和特性	(103)
二、病毒杀虫剂的生产	(103)
三、利用遗传工程技术改进病毒杀虫剂	(105)
四、应用	(106)
第五章 微生物饲料	
第一节 单细胞蛋白 (SCP) 饲料	(107)
一、SCP 饲料的概念和优点	(107)
二、生产单细胞蛋白的原料	(107)
三、生产单细胞蛋白的微生物	(108)
四、单细胞蛋白的用途	(108)
五、单细胞蛋白饲料的生产	(109)
第二节 发酵饲料	(111)
一、参与生产发酵饲料的微生物	(111)
二、发酵饲料的制作	(111)
第三节 青贮饲料	(115)
一、青贮料中的微生物	(115)
二、青贮的原理	(116)

三、青贮发酵的过程	(117)
四、饲料青贮时微生物作用的控制	(117)
五、青贮饲料的调制技术	(118)
六、青贮饲料品质的鉴定	(121)
七、青贮饲料的使用和管理	(122)
第四节 饲料添加剂	(122)
一、概述	(123)
二、新型饲料添加剂应用技术	(125)
第六章 发酵食品	
第一节 酱油生产	(131)
一、原料	(131)
二、制曲	(132)
三、发酵	(135)
四、浸出	(137)
五、加热及配制	(138)
六、其他几种酱油酿造工艺的特点	(139)
七、酱油生产新技术	(140)
第二节 腐乳生产	(141)
一、原料	(141)
二、菌种	(142)
三、豆腐坯制造	(142)
四、豆腐乳发酵	(144)
第三节 白酒生产	(146)
一、概述	(147)
二、固态发酵法白酒生产	(148)
三、液态法白酒生产	(158)
四、白酒的卫生质量指标	(161)
五、浓香型酒质量指标	(161)
第四节 啤酒生产	(162)
一、原辅料和生产用水	(162)
二、生产工艺	(163)
三、新型发酵啤酒	(167)
第五节 葡萄酒生产	(168)
一、概述	(168)
二、葡萄酒酵母	(169)
三、红葡萄酒的生产	(170)
第六节 酸奶的生产	(173)
一、酸奶的保健作用	(173)
二、发酵剂	(174)

三、乳酸发酵过程中的物质变化	(176)
四、酸奶的生产	(177)
五、酸奶生产的注意事项	(180)
六、酸奶质量标准 (GB2746-1999)	(180)
第七章 食(药)用菌栽培	
第一节 食用菌的形态与生活史	(182)
一、菌丝与菌丝体	(183)
二、子实体	(186)
第二节 食用菌的营养生理	(186)
一、食用菌的营养	(186)
二、食用菌营养物质的代谢	(188)
第三节 食用菌生长发育的环境条件	(188)
一、温度	(188)
二、湿度	(190)
三、酸碱度 (pH 值)	(190)
四、空气 (O ₂ 与 CO ₂)	(191)
五、光照	(191)
第四节 食用菌制种技术	(192)
一、菌种的分级和生产流程	(192)
二、菌种场的布局	(193)
三、培养基的配制与灭菌	(193)
四、接种	(195)
五、培养	(196)
六、菌种的质量鉴定	(196)
第五节 食用菌栽培技术	(197)
一、平菇熟料袋栽技术	(197)
二、小平菇 (姬菇) 栽培技术	(199)
三、金顶蘑墙式覆土立体栽培技术	(202)
四、杏鲍菇高产栽培技术	(203)
五、茶薪菇栽培技术	(205)
六、蘑菇露地栽培技术	(208)
七、鸡腿蘑栽培技术	(212)
八、灵芝栽培技术	(216)
九、猴头菌栽培技术	(218)
十、大球盖菇生料栽培技术	(223)
第六节 食用菌大生产病虫害防治	(225)
一、食用菌大生产中病害预防	(225)
二、食用菌菌蛆类害虫防治	(227)
三、其他主要害虫与防治	(228)

第八章 微生物与环境保护	
第一节 有机固体废物的微生物处理	(232)
一、概述	(232)
二、有机固体废物的生物处理	(233)
第二节 污水的生物处理	(239)
一、活性污泥法	(240)
二、生物膜法	(242)
三、氧化塘与污水灌溉	(242)
第三节 废气的生物处理	(245)
一、废气生物处理的原理	(245)
二、微生物处理废气的方法	(245)
第四节 农药的微生物降解	(246)
一、微生物对农药的降解性	(246)
二、微生物降解农药的途径	(246)
三、微生物转化农药的生化反应	(247)
四、微生物降解转化农药的可能结果	(247)
五、农药微生物降解举例	(248)
第五节 土壤污染的生物修复	(249)
一、生物修复的概念和原理	(249)
二、土壤生物修复的类型	(249)
三、土壤污染微生物修复的技术措施	(249)
四、用于生物修复的其他生物及其作用	(250)
第六节 绿色环保产品的开发和应用	(251)
一、微生物农药	(251)
二、生物肥料	(251)
三、可生物降解塑料	(252)
四、丙烯酰胺	(252)
五、微生物絮凝剂	(252)
第七节 环境样品的微生物学检测	(253)
一、细菌总数的检测	(253)
二、大肠菌群的检测	(255)
三、空气微生物的检测	(257)
主要参考文献	(259)

第一章 微生物学基础

第一节 绪 论

微生物是微生物学的研究对象，而微生物学是本书的理论基础，因此，有必要首先简要介绍微生物和微生物学及微生物与人类的关系。

一、微生物

微生物是所有个体微小、结构简单甚至无细胞结构的一类低等生物的总称。微生物具有十分丰富的类群和物种多样性。当代流行的观点是将所有细胞生物划分为三个原界 (*Erkingdom*)，即细菌 (*Bacteria*)、古菌 (*Archaea*) 和真核生物 (*Eukarya*)。前二者因不具备真核生物所具有的完整细胞核，所以都属于原核生物。真核生物包括部分微生物、高等动物和植物。在三个原界中，微生物涵括了细菌、古菌和真核生物中的真菌、单细胞藻类和原生动物以及非细胞生物——病毒。

微生物具有与其他生物同样的生命特征，但他们又具有区别于其他生物的共同特点：①个体微小，肉眼看不见，需用显微镜观察，细胞大小用微米 (μm) 和纳米 (nm) 计量；②生长繁殖快，如在合适的生长条件下，大肠杆菌 12.5 分钟~20.0 分钟就可以繁殖一代；③代谢类型多，活性强。其营养类型、呼吸类型多种多样，对自然界的各种有机物和无机物有很强的分解转化能力；④种类多，数量大，分布广，他跨越了大分子生物病毒、古菌、细菌和真核生物，仅真菌而言，自然界就有 150 万种以上，被人们研究或记述过的有 7 万种，他们在各类生态环境包括高等动植物不能生活的极端环境都有分布，而且在一些环境中数量大，如 1 克土壤中就有几千万到数亿个；⑤相对于高等生物而言，较易发生变异，变异后也易于检测出来。

二、微生物学及其分科

微生物学是研究微生物生命活动规律的学科。自 17 世纪中叶荷兰人吕文虎克用自制的简单显微镜观察到微生物以后的 200 年间，微生物学的研究仍停留在微生物形态学的初级阶段。19 世纪中叶开始的工业革命，促进了微生物学的发展，到 20 世纪上半叶，已经在基础微生物学和应用微生物学等方面取得了很大进展。目前，微生物学已形成了许多成熟的分支学科。从研究内容看，有形态学、生理学、生态学、遗传学、分类学等；从研究对象看，有细菌学、真菌学、病毒学等；从应用方面看，有工业、农业、医学微生物等；从研究水平看，有分子微生物学、分子微生物遗传学、分子微生物生态学等。

三、微生物与人类的关系

微生物与人类的关系十分密切。人类对微生物的利用，在推动人类社会生产力发展中起着重要作用。正因为如此，微生物生产已经成为与动物生产和植物生产并列的三大生物产业之一。微生物对农业的贡献大，范围广，包括从土壤的形成和土壤肥力发展，生物固氮，土壤养分的转化，到农业微生物产业中的微生物肥料、微生物饲料、微生物农药和基因工程在育种上的应用等方面。微生物在发酵工业、酿造工业、食品工业、医药工业、环境保护、科学研究等方面，都被广泛应用。特别是在新兴的生物技术产业中，微生物的作用更是不可替代。作为基因工程的外源 DNA 载体，不是噬菌体，就是微生物细胞中的质粒；用于切割与拼接基因的工具酶，绝大多数来自微生物。由于微生物生长繁殖快，容易人工培养，所以当今大量基因工程产品主要以微生物作为受体来生产。借助微生物发酵法，人们已能生产外源蛋白质药物（如人胰岛素、干扰素等）。由于微生物生理代谢类型的多样性，使他们成为最丰富的外源基因供体。随着资源微生物学的不断发展，人类对微生物资源包括极端环境微生物资源的研究和应用将更加深入和广泛。

有的微生物是人或动植物的病原物，有的会污染食品，产生毒素，腐蚀金属管道，产生有害影响，甚至给人类造成巨大的损失。尽可能地发挥微生物的有益作用，防治其有害影响，使之更好地服务于人类，是微生物学的重要任务。

第二节 微生物的形态与结构

一、原核微生物

原核微生物 (*Prokaryomicrobe*) 的细胞核没有核膜包被。其遗传物质 DNA 链高度折叠形成一个核区，又称拟核。其细胞内没有细胞器，只有由细胞质膜内陷形成的内折结构，如间体、光合片层（如蓝细菌的内囊片、紫螺菌的载色体），不进行有丝分裂。细菌（包括放线菌、蓝细菌、立克次氏体、支原体、衣原体等）和古菌属于原核微生物。

(一) 细菌

1. 细菌的个体形态与大小

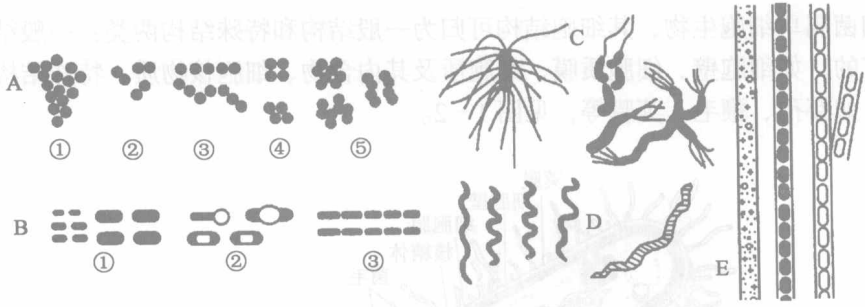
细菌 (*Bacteria*) 的细胞形态有球状、杆状、螺旋状和丝状，分别称其为球菌、杆菌、螺旋菌、丝状菌。

1) 球菌

按细胞排列状态分，球菌 (图 1-1A) 有单球菌 (如脲微球菌 *Micrococcus ureae*)、双球菌 (如肺炎双球菌 *Diplococcus pneumoniae*)、链球菌 (如乳链球菌 *Streptococcus lactis*)、四联球菌 (如四联小球菌 *Micrococcus tetragenus*)、八叠球菌 (如尿素八叠球菌 *Sarcina ureae*) 和排列不规则的葡萄球菌 (如金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus*)。球菌的大小以直径表示，多数在 $0.5\mu\text{m}\sim 2.0\mu\text{m}$ 的范围内。

2) 杆菌

杆菌 (图 1-1B) 的细胞呈杆状或圆柱形，按细胞排列状况，有单杆菌、双杆菌、链杆菌之分；按细胞长短，有长杆菌、短杆菌之分。杆菌的大小以宽 \times 长表示，一般为 $(0.5\sim 1.0)\mu\text{m}\times (1.0\sim 5.0)\mu\text{m}$ 。



A. 球菌 B. 杆菌 C. 螺旋菌 D. 螺旋体 E. 丝状的铁细菌等
图 1-1A-E 细菌的各种形态

3) 螺旋菌

螺旋菌的细胞呈弯曲杆状。螺纹不满一圈的称为弧菌，如脱硫弧菌 (*Vibrio desulfuricans*) (见图 1-1 C)；螺纹超过一圈者称为螺旋菌，如迂迴刚螺菌 (*Spirillum volutans*) (见图 1-1 D)。螺旋菌的大小以其宽度和长度表示，一般为 $(0.25 \sim 1.70) \mu\text{m} \times (2 \sim 60) \mu\text{m}$ 。

4) 丝状菌

丝状菌有两种情况，一类是假丝状，如铁细菌属 (*Crenothrix*)、纤发菌属 (*Leptothrix*) 及发硫菌属 (*Thiothrix*) 等 (见图 1-1E)，他们在细胞分裂时，链状细胞为一层胶质鞘套包被，形成丝状，这一类丝状菌的大小与杆状菌相似；另一类是分支丝状的放线菌。

放线菌菌体为分支丝状，由不断分支的菌丝组成菌丝体。按菌丝的位置和功能将菌丝分为三种类型 (图 1-1F)：①营养 (基内) 菌丝：生长在固体培养基内，菌丝宽度 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$ ，通常不超过 $1.4 \mu\text{m}$ ，长度可达 $50 \mu\text{m} \sim 600 \mu\text{m}$ ，有无色的，也有产生各种水溶性或脂溶性色素的，其功能是吸收营养和水分；②气生菌丝：由营养菌丝长出培养基外的菌丝，比营养菌丝粗，宽 $1.0 \mu\text{m} \sim 1.4 \mu\text{m}$ ，有弯曲状、直丝状或螺旋状，有的产生色素；③孢子丝 (繁殖菌丝)：由气生菌丝分化而成，其形态多样，有直立形、波浪形、螺旋形、丛生或轮生等。孢子丝发育到一定阶段，其顶端形成分生孢子。孢子形态有圆形、椭圆形、圆柱形等，颜色也多种多样。

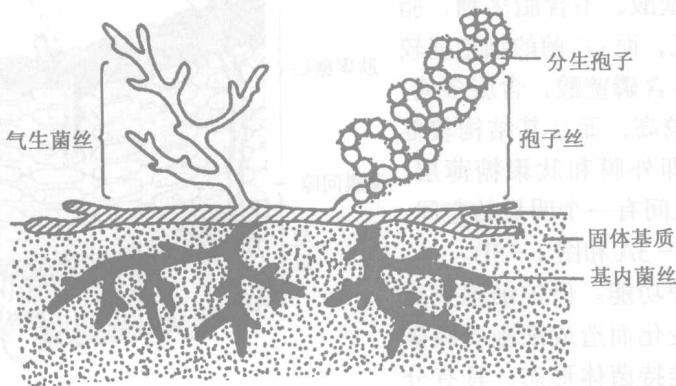


图 1-1F 链霉菌的一般形成和构造 (模式图)

2. 细菌的细胞结构

细菌属单细胞生物，其细胞结构可归为一般结构和特殊结构两类：一般结构是多数细菌都具有的，如细胞壁、细胞质膜、细胞质及其内含物、细胞核物质。特殊结构只有部分细菌具有，如芽孢、鞭毛、荚膜等，见图 1-2。

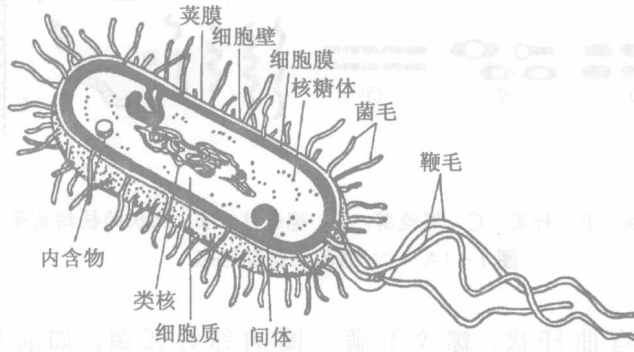


图 1-2 细菌细胞结构示意图

1) 细胞壁

细胞壁是包围在细菌体表的坚韧而富有弹性的壁套，他约占菌体干重的 10%~25%。

(1) 细胞壁的化学组成和结构。所有的细菌经一种特殊的染色法——革兰氏染色法染色后，呈现两种反应：革兰氏染色阳性反应和革兰氏染色阴性反应。微生物学把这两种不同反应的细菌称为革兰氏染色阳性菌 (G^+) 和阴性菌 (G^-)。这一结果，反映了 G^+ 和 G^- 细菌的细胞壁化学组成和结构的明显区别，见表 1-1。

表 1-1 G^+ 和 G^- 细胞壁化学组成的比较

细菌	壁厚度 nm	肽聚糖%	磷壁酸	脂多糖	蛋白质%	脂肪%
革兰氏阳性菌	20~80	40~90	+	-	约 20	1~4
革兰氏阴性菌	10	10	-	+	约 60	11~22

由表 1-1 可见， G^+ 菌的细胞壁较厚，肽聚糖含量高，含磷壁酸，不含脂多糖，脂肪和蛋白质的含量较低，而 G^- 菌的细胞壁较薄，肽聚糖含量低，不含磷壁酸，含脂多糖，脂肪和蛋白质的含量较高，而且其结构较复杂，可区分为两层，即外膜和肽聚糖薄层。在细胞壁和细胞质膜之间有一个明显的空间，称为壁膜间隙，见图 1-3A 和图 1-3B。

(2) 细胞壁的生理功能。保护细胞免受机械损伤和因渗透压变化而造成细胞质膜破裂或原生质体收缩；维持菌体形态；具有分子筛的作用，可以阻止某些物质进入细胞；

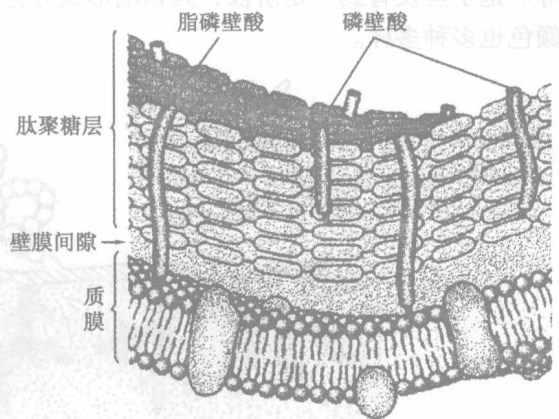


图 1-3A G^+ 细菌细胞壁结构

作为鞭毛运动的力学支点。

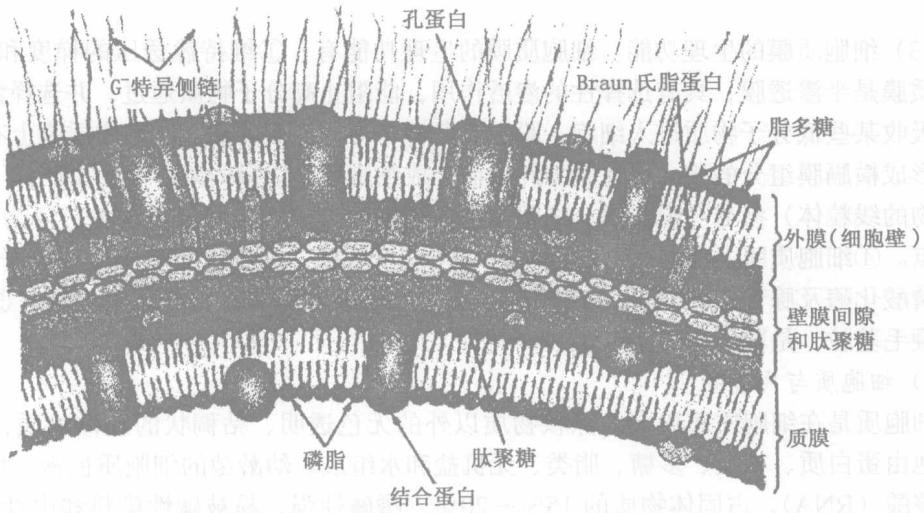


图 1-3B G⁻细菌细胞壁结构*

2) 细胞质膜

(1) 细胞质膜及其化学组成。细胞质膜（简称质膜）是紧贴在细胞的内侧包围细胞质的一层柔软而富有弹性的薄膜。他是半渗透膜，其重量占菌体的 10%。他主要由磷脂和蛋白质组成，其中蛋白质占 60%~70%，脂类占 30%~40%，多糖约占 2%。蛋白质含量与膜的透性及酶的活性有关。

(2) 细胞质膜的结构。如图 1-4，他由上、下两层致密的极性磷脂双分子层组成，是两性分子。亲水基朝着膜的内、外表面的水相；疏水基（由脂肪酰基团组成）在不着色区域，相对排列在内。这种具有磷脂双分子层质膜特性的膜结构，称为单位膜。质膜很薄，约 5nm~10nm，蛋白质主要结合在膜的表面，有的位于均匀的双层磷脂中，疏水键占优势。有的蛋白质由外侧伸入膜的中部，有的穿透两层磷脂分子，膜表面的蛋白质还带有多糖。有

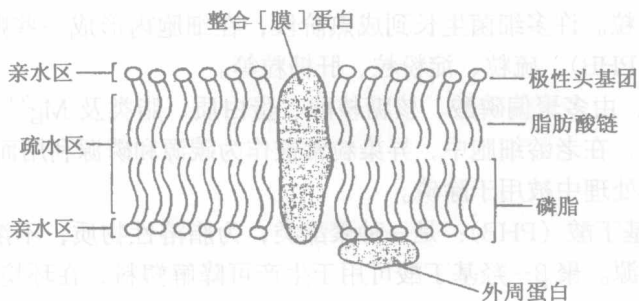


图 1-4 细胞质膜结构模式图**

* 李阜棣等，《微生物学》，第五版，2000

** J. Nicklin, et al. Instant Notes in Microbiology, 1999