昆虫病理学

南开大学生物系昆虫教研室编

需要全本请访问 www.ertongbook.com

昆 虫 病 理 学

南开大学生物系昆虫教研室编

高 等 教 育 出 版 社

内 容 提 要

本书包括昆虫病原类群(细菌、真菌、病毒、立克次氏体、原生动物和线虫)，昆虫的流行病学，昆虫病原的应用和昆虫病原的应用现状和展望四个部分。可供综合性大学生物系昆虫专业、农林院校植保专业教学和有关人员参考。

本书原由人民教育出版社出版。1983年3月9日，上级同意恢复"高等教育出版社"；本书今后改用高等教育出版社名义继续印行。

昆 虫 病 理 学

南开大学生物系昆虫教研室编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 6 插页 1 字数 156,000

1979年5月第1版 1984年8月第5次印刷

印数 14,701—19,700

书号：14010·030 定价：0.56元

前　言

昆虫与很多生产部门，特别与农林牧渔等业的发展有着极为密切的关系。过去在防治害虫上由于长期单一使用化学农药，结果严重地破坏了自然界生物间相互制约的动态平衡关系，由此给发展农业生产和保证人民的健康带来了若干新的需要解决的问题。近年来国内外对综合防治的治虫对策都十分重视，在利用昆虫病原微生物治虫方面也有了较大的进展并取得了可喜的成果。为了适应教学的需要，我们将本校昆虫专业几年来的昆虫病理学讲义进行了整理、补充，编写成此书。内容的安排和叙述是从教材的角度出发，侧重于基础理论，同时对技术应用也简要作了些介绍。可供教学、科研和生产上有关人员参考。

本书由程振衡同志主编。参加编写的有：蔡保灵同志（绪论及第一章的第1节）；朱呈智同志（第一章的2、4、5、6节及第三章）；程振衡同志（第一章的第3节及第二、四章）。蔡保灵同志负责绘制了全部插图。

由于我们政治思想水平和业务水平有限，内容一定有不妥之处，缺点和错误在所难免，敬希读者批评指正。

编者　1979.5.

绪　论

昆虫病理学是劳动人民长期与昆虫发生利害关系的过程中，通过实践积累和总结出的有关昆虫与病原生物之间各种生物学关系的一门学科。它的任务是研究昆虫疾病的各种病原生物，昆虫疾病的流行和免疫，病原物使宿主昆虫致病的机制及昆虫因疾病所引起构造和机能的变化等。其目的是在益虫利用方面起指导和治疗虫病的作用，以保障益虫健康；在害虫防治方面，为抑制和消灭害虫提供理论依据，以保证农林作物的正常生长和保障人畜的安全。

昆虫种类繁多，它与自然界的其他生物类群存在着相互的密切联系，并受着外界环境因素的制约，因此昆虫发病的原因很多，包括由于营养及环境条件不适宜或因物理、化学因素而引起的非传染性病害和由各种病原生物引起的传染性病害。昆虫的传染性病原主要有细菌、真菌、病毒、立克次氏体、原生动物和线虫等。在自然界合适的环境条件下某些昆虫往往发生着某种病原的流行病。各种病原的生物学规律对于防治害虫有着密切关系，因此掌握各类病原生物的基本知识是十分必要的。

昆虫病理学与昆虫分类学、形态学、生理学和生态学等同样重要，它也是昆虫学的一个分支学科，同时昆虫病理学与细菌学、真菌学、病毒学、原生动物学和免疫学等各学科也有着密切关联。昆虫病理学来源于实践，应用于实践，它在害虫的生物防治中占有一定的地位，“以菌治虫”就是昆虫病理学最重要的应用方面。近年来，利用病原微生物或其产物防治害虫日逐广泛，从而使昆虫病理学在生产中得到了越来越迅速的发展。

对于昆虫疾病的认识最早始于养蜂业和养蚕业。人们为了获取有用的产物，在养蜂育蚕过程中发现了各种影响产量的病虫，而且采取措施防止损失。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

养蚕始于我国，早在3,000多年前就记载了用石灰和卤水消毒蚕种。这种蚕种消毒和蚕室蚕具消毒，至今也还是养蚕业中预防蚕病的有效方法。家蚕因患病而受损失的事实在公元前已有记载，但是对于微生物或原生动物寄生所引起的某些疾病，是在一百年前才认识到的。1845年，蚕微粒子病在法国大流行，并很快遍及欧洲、亚洲许多国家，直至1865年疫病仍然非常严重。此后巴斯德 (Louis Pasteur) 经过5年的积极研究，在1870年发表了"蚕病的研究"一文，说明了这种严重的流行病是由原生动物引起的"蚕微粒子病"(Pebrine, Microsporidiosis of the silkworm)，也说明了由细菌引起的软化病 (Flacherie)。他还提出了检验和消灭病卵的方法，从而使养蚕业不复遭受严重的蚕病威胁。从此人们才开始注意研究昆虫的疾病。

1879年梅契尼可夫 (Metchnikoff) 用绿僵菌 (*Metarrhizium anisopliae*) 防治一种金龟子收到了良好效果。这也是"以菌治虫"最早的科学试验。此后利用微生物防治害虫的方法就逐渐在世界各地开展了试验研究和应用。

昆虫病理学就是在实践过程中不断发展起来的。史泰奥斯 (Edward A.Steinhaus) 积累了大量有关昆虫病理学各方面的研究文献和生物防治的实例，归纳总结了前人的工作，于1949年出版了"昆虫病理学原理"(Principles of Insect Pathology)一书，这是全面系统地研究昆虫病理最早的一部著作。1963年又出版了"昆虫病理学进展" (Insect pathology, An advanced treatise)。

由于长期单一使用化学农药所引起的环境和农产品污染及杀伤害虫天敌造成的不良后果，使人们越来越重视生物防治的效用，现在"综合防治"害虫的理论进一步得到了发展，因而利用昆虫病原生物进行的试验越来越多，规模也越来越大，事实表明，充分利用昆虫病理学的有关基础知识，将为人类主动控制害虫开拓广阔的前景。

目　录

前　言

绪　论 …… 1

第一章　昆虫病原物的类群 …… 1

第一节　细菌 …… 1

一、细菌的基本特征 …… 1

(一)细菌概述 …… 1

(二)细菌的细胞结构 …… 2

(三)细菌的物理性质 …… 7

(四)细菌的营养和生长 …… 8

(五)细菌的酶 …… 10

(六)细菌的呼吸代谢 …… 11

(七)细菌的繁殖 …… 11

(八)细菌分类鉴定 …… 12

二、昆虫病原细菌 …… 13

(一)昆虫病原细菌的种类 …… 13

(二)重要的昆虫病原细菌 …… 14

1.乳状病芽孢杆菌 …… 14

2.苏云金杆菌 …… 20

3.幼虫芽孢杆菌和蜂房芽孢杆菌 …… 29

4.蜡状芽孢杆菌 …… 32

5.*Bacillus moritai* …… 33

6.产气杆菌 …… 33

7.粘质赛氏菌 …… 35

8.绿脓杆菌 …… 35

9.其他昆虫病原细菌 …… 36

第二节　真菌 …… 39

一、真菌的基本特征 …… 40

(一)真菌的概述 …… 40

(二)真菌的细胞结构 …… 40

(三)真菌的生长和发育 …… 41

(四)真菌的繁殖 ……42
(五)真菌的生活史 ……45
(六)真菌的分类和命名 ……45
二、昆虫病原真菌 ……46
(一)藻状菌纲 ……46
1.虫霉目 ……47
(1)虫霉属 ……47
①蝇霉 ……50
②蝗霉 ……51
③球形虫霉 ……53
④蚜霉 ……53
⑤“γ夜蛾霉” ……56
⑥弗雷生虫霉 ……56
(2)耳霉属 ……59
(3)团孢霉属 ……60
(4)斯-魏氏属 ……61
2.芽枝菌目 ……63
3.链壶菌目 ……64
(二)子囊菌纲 ……64
1.虫囊菌目 ……65
2.球壳目 ……65
(三)担子菌纲 ……66
(四)半知菌类 ……66
1.白僵菌属 ……67
2.绿僵菌属 ……69
3.多毛菌属 ……71
4.拟青霉属 ……72
5.*Nomuraea* 属 ……73
6.赤座霉属 ……73
7.轮枝孢属 ……74
第三节 病毒 ……75
一、病毒的一般特征 ……76
二、昆虫病毒 ……78
(一)昆虫病毒的分类和命名 ……78
(二)昆虫病毒各属的主要特征 ……80

1.杆状病毒属 …… 80
2.虹彩病毒属 …… 80
3.痘病毒属 …… 81
4.微型病毒属 …… 81
5.弹状病毒属 …… 81
6.肠道病毒属 …… 81
7.质多角体病毒组 …… 82
(三)昆虫主要病毒介绍 …… 82
1.核多角体病毒 …… 82
2.颗粒体病毒 …… 85
3.虹彩病毒 …… 88
4.虫痘病毒 …… 88
5.质多角体病毒 …… 92
第四节 立克次氏体 …… 93
一、立克次氏体的基本特征 …… 93
二、寄生于昆虫的立克次氏体 …… 95
1.鳃角金龟子立克次氏体 …… 95
2.丽金龟立克次氏体 …… 95
3.寄生于医学昆虫的立克次氏体 …… 95
第五节 原生动物 …… 96
一、原生动物概述 …… 96
二、昆虫的原生动物病原 …… 98
(一)寄生于昆虫的鞭毛虫 …… 98
(二)寄生于昆虫的变形虫 …… 100
(三)寄生于昆虫的孢子虫 …… 101
1.簇虫 …… 102
2.球虫 …… 107
(四)寄生于昆虫的微孢子虫 …… 107
1.蚕微粒子虫 …… 109
2.螟蛾格鲁孢虫 …… 110
3.鳃角金龟微粒子虫 …… 110
4.辛孢虫 …… 111
5.泰罗汉孢虫 …… 111
第六节 线虫 …… 112
一、昆虫病原线虫概述 …… 112

二、重要的昆虫病原线虫 ……114
(一)新线虫科 ……114
1.格氏线虫 ……114
2.克氏线虫 ……116
3.DD-136 线虫 ……116
(二)索科 ……117
1.寄生于蝗虫的索线虫 ……118
2.寄生于蚊子幼虫的索线虫 ……118
(三)圆线虫科 ……119
1.异垫刃属 ……119
2.圆线虫属 ……119
第二章 昆虫的流行病学 ……120
第一节 病原 ……120
一、病原的毒性和感染力 ……120
二、病原的生存能力 ……122
三、病原的扩散能力 ……124
第二节 寄主 ……126
一、种群性状和昆虫流行病的关系 ……126
二、个体昆虫对疾病的抵抗力 ……127
三、昆虫对病原的传播方法 ……130
第三节 环境因素 ……131
一、各种环境因素的作用 ……131
二、病原、寄生天敌和捕食天敌之间的相互关系 ……133
三、疾病与寄主密度的关系 ……134
第三章 昆虫病原的应用 ……136
第一节 昆虫病原物的鉴定 ……136
第二节 昆虫病原的人工生产 ……141
一、大量生产的途径 ……141
二、病原微生物的生长规律在大量生产上的应用 ……141
三、大量生产的营养要求和培养条件 ……142
四、大量生产举例 ……143
1.白僵菌的固体培养 ……143
2.苏云金杆菌的深层发酵培养 ……145
3.病毒的活体培养 ……149

4.原生动物的活体繁殖 ……150
五、大量生产中存在的问题 ……151
第三节　昆虫病原菌的选育途径 ……153
第四节　昆虫病原物的使用 ……155
一、生物杀虫剂的特点 ……155
二、使用方法 ……156
第五节　昆虫病原物对脊椎动物的安全性 ……158
一、安全性研究的实验类型 ……158
二、目前对昆虫病原物安全性研究的结果 ……159
第六节　微生物毒素 ……164
一、几种杀虫活性物质 ……164
二、提取毒素方法 ……169
第四章　昆虫病原应用的现状和展望 ……173

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章　昆虫病原物的类群

自然界中许多昆虫由于感染病原生物而死亡。传染性病原生物包括细菌、真菌、病毒、立克次氏体、原生动物和线虫。本章将分别介绍这几种类型的病原。

第一节　细　　菌

在利用病原微生物防治害虫中，以病原细菌治虫的研究最多，其中苏云金杆菌是当前用量最大的细菌杀虫剂。我国各地生产和使用的杀螟杆菌、青虫菌都属于苏云金杆菌类。在介绍昆虫的细菌病原之前，我们先介绍一些有关的细菌基本知识。

一、细菌的基本特征

(一)细菌概述

细菌是个体微小的单细胞生物，结构简单，必须用光学显微镜放大几百倍才能看到。

由于细菌的繁殖方式主要是最简单的细胞裂殖法，因此在分类上所有的细菌都归为裂殖菌纲 (Schizomycetes)。已经记录的细菌有 3,000 多种。菌体有的能运动，有的不能运动。从外形上看可将细菌分为球状菌、杆状菌及螺旋菌三种基本形态。

球状菌：呈球形，有单独存在的单球菌，有成对排列的双球菌，有链状排列的链球菌，有呈葡萄状排列的葡萄球菌等。杆状菌：呈杆状，长短不一，有些杆菌很长，呈圆柱状为长杆菌，有些较短而粗为短杆菌。大多数杆菌互相分散存在，但也有互相联接成链状的。螺旋菌：细胞呈弯曲状的细菌通称为螺旋菌。根据其弯曲的程度和螺旋的次数将它们分为弧状菌和螺旋状菌。有些种类的细菌能产生色素，也有的与高等植物的叶绿素相似，具有

进行光合作用的能力。有些种类能形成芽孢（图1）。

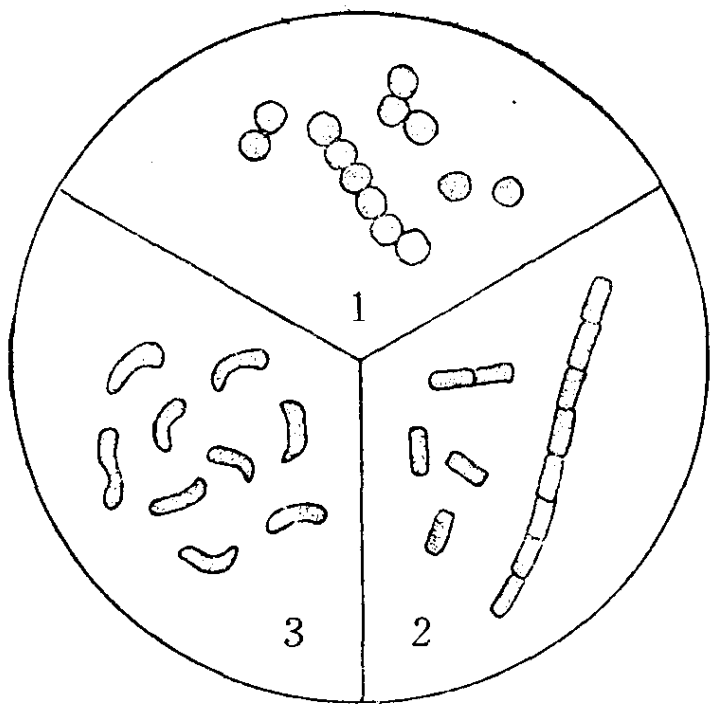


图1　细菌的几种形态：
1.球状菌；2.杆状菌；3.弧状菌。

细菌是一个庞大的类群，分布很广，可以生存于土壤、水、空气中以及动植物和人体内部或体表，甚至在高山，海底和高层空气中也发现了细菌，其中以土壤中数量最大、种类最多。不同种类的细菌分别营自生、腐生、寄生等不同方式的生活。细菌在工农业及卫生事业上与人类关系密切。在农业生产上应用菌肥、菌药可以提高产量；在工业上由于细菌的代谢作用可以生产乳酸、醋酸、丙酮丁醇、抗菌素、酶制剂等；在医学上，一部分细菌对人是有害的，如破伤风杆菌、白喉杆菌等。细菌的代谢活动可以影响外界环境，在物质循环上和提高土壤肥力上(如固氮菌、根瘤菌)起着重要作用。参与水净化的细菌种类也很多，因此在解决环境污染问题上，细菌的研究和应用也是一个方面。

(二)细菌的细胞结构

细菌个体微小，其大小常以微米（μ）表示（1微米等于1/1,000毫米）。一般球状菌平均直径在0.5—1.0微米，杆状菌长为1—8微米，宽0.5—1.0微米。

细菌的细胞结构主要包括细胞壁、细胞质和质膜、核质、鞭毛、荚膜、芽孢及内含物等（图2）。

1.细胞壁：系包于细菌表面的外壁。其功能纯属保护性的和机械性的，在通透性或代谢方面它显然不起什么作用，如果外壁

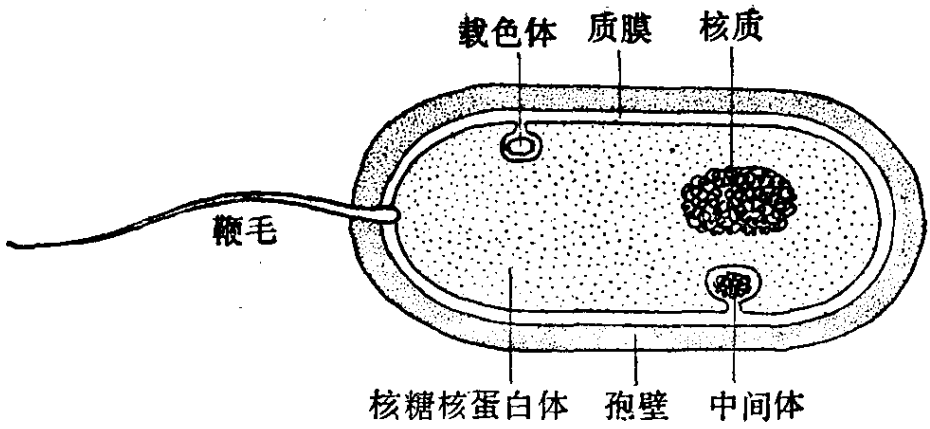


图2　真细菌的模式图。

被去除或受到损伤，就会产生溶菌现象。一切细菌的外壁均含有两种单糖和三种或四种氨基酸组成的几丁质大分子化合物，这些大分子形成基本结构或粘性复合物，使得外壁具有结构上的坚硬性。这两种糖是N-乙酰葡萄糖胺和N-乙酰胞壁酸。氨基酸有谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸，有时还有赖氨酸。

革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌的细胞壁化学组成是有差别的，主要表现为：在革兰氏阳性细菌中有大量上述的粘性复合物，而革兰氏阴性细菌中却少得多，但有大量的蛋白质、脂类和多糖。革兰氏阳性细菌的外壁厚度为150—200埃(Å)，似乎到处都与膜质相附着；然而革兰氏阴性细菌的外壁比较薄，厚度为75—120埃，而且只是断断续续地与质膜接触。

由于革兰氏阴性细菌的细胞壁含脂量高（含量约为20%），所以经过热固定的细菌涂片，用碱性染料如结晶紫以及用碘来染色，然后用有机溶剂处理，脂类物质易于被有机溶剂溶解，有机溶剂能够进入细胞并且溶掉染料故呈红色；而革兰氏阳性细菌的细胞壁则形成一道屏障阻止溶剂的进入，所以呈蓝紫色。

细菌的菌体抗原称O抗原，产生于外壁，而且外壁组成在质和量上的差异对决定其抗原特异性方面起主要的作用，这点可作为细菌分类的依据之一。

2.细胞质和质膜：细胞质是细菌的基础物质，充满在细胞壁所造成的空间内，外面系一层质膜，细菌细胞质的各化学成分变化

很大，基本成分为：水、蛋白质、核酸和脂类，也含有少量的糖和盐类。细菌细胞质与其他生物的细胞质在化学成分上的区别是细菌细胞质中核糖核酸的含量较高，可达固形物的15—20%。在迅速分裂的细菌细胞质里，于电子显微镜下可鉴别出含有很多呈细微颗粒状结构的核糖核蛋白体。

在细菌细胞质里存在有维持特殊营养需要的细胞内酶系。此外尚含有各种贮备物质，主要有三类：第一类是有机多聚物，它们或是作为碳的贮备，如多聚-β-羟基乙酸；或是作为能的贮备，如葡萄糖多聚物；第二类是许多细菌含有大量的无机磷贮备；第三类是元素硫，这种物质仅在某些硫化菌中出现。

在细菌的细胞质里还有呈膜层结构的中间体，它与一般生物细胞结构中的线粒体相似，所以有时称为拟线粒体，内含细胞色素和琥珀酸脱氢酶，它是细菌呼吸活动中电子传递系统的中心。在革兰氏阳性细菌中，中间体形成明晰的结构，但在革兰氏阴性细菌中则模糊不清。在行光合作用的细菌中，细胞质内还有另一类型的膜结构——载色体。载色体是行光合作用的场所，主要成分是蛋白质、脂类和叶绿素等。

细胞的质膜一般由脂蛋白构成，在细菌生活中起很重要的作用，它具有渗透性，可调节细菌与外界环境间的物质交换。

3.核质：关于细菌有没有细胞核的问题，长期以来有许多不同看法。近年来由于染色技术的进步，以及同位素及电子显微镜的应用，已经在大肠杆菌、结核杆菌、芽孢杆菌、葡萄球菌等许多细菌中发现有核质存在。目前已经了解，核质是由单一的含有纤细细丝的密集结构所组成的区域，没有核膜，这些区域的实际形状和大小随细菌的不同而有差异，但均含有脱氧核糖核酸(DNA)。核质是生长、繁殖所必须的，细菌分裂时核质直接分成两份，核质中的核酸与遗传和变异有密切关系。

4.鞭毛：许多细菌如杆状菌、螺旋菌具有鞭毛。除去鞭毛后对细菌的活力没有影响，说明它不是细菌生活所必须的器官。鞭毛在菌体上的部位和数目因细菌种类而不同，按鞭毛的位置和数

目可将具有鞭毛的细菌分为三类：①单毛菌：在菌体一端生一根或两端各生一根鞭毛；②丛毛菌：在菌体一端或两端生一丛或两丛鞭毛；③周毛菌：在菌体周围生有很多鞭毛。细菌生长鞭毛的能力与培养基成分和培养条件有关系。在人工培养基上培养较久的细菌常失去鞭毛。鞭毛一般不易着色，所以在普通涂片上不易看到，需经特殊的鞭毛染色才能看到。鞭毛的化学成分主要是蛋白质，只有微量的糖和脂肪，鞭毛蛋白内含有多种氨基酸。鞭毛具有抗原特异性，一般称为H抗原。每一种细菌，甚至有时是同一种细菌的不同株系都有其各自的抗原特异性。细菌失去鞭毛时，H抗原也消失，不能再被H抗体所凝集。

一般认为鞭毛是细菌的运动器官，因为鞭毛的排列常决定运动的特点，一端生鞭毛的细菌常呈直线运动，有时仅呈轻微摆动，而周毛菌则常呈不规则的运动，且伴随活跃的滚动。

5.荚膜：有些细菌在一定条件下，细胞壁的外面被覆一层粘性物质，它不是细菌的主要结构，而是细菌向细胞壁外分泌的糖类衍生物，或是与多肽所聚集而成。因细菌种类和环境条件不同荚膜的厚度也不同，有的很薄也有的很厚。其硬度和弹性都比细胞壁小得多。荚膜与染料的结合力很弱，折光度也较低，所以一般较难观察。荚膜含水分在90%以上，有时可高达98%。固形成分主要是糖类，因细菌的种类而不同，同一种细菌荚膜多糖的组成又因菌株而不同。有些细菌的荚膜除糖外还有其他物质如多肽、脂类或脂类蛋白质复合体等。

细菌产生荚膜与环境有关，致病性细菌在动物体内容易产生荚膜，而培养于人工培养基时，产生荚膜的程度与培养基中动物蛋白质成分有很大关系。

细菌的荚膜大多与细菌的毒力和抗原性有关，具有荚膜的细菌一般是有毒力的，当这些菌失去荚膜时，同时也失去致病性。如果用Ⅲ型肺炎球菌和同型特异性多糖水解酶同时给与动物，则动物不发生感染，如不给与水解酶，则动物发生感染，这说明荚膜在动物体内具有保护细菌的作用，使细菌不易被白血球所吞噬。

荚膜还具有贮藏作用，可以充当碳和能量的来源，尤其是在营养缺乏时，细菌可以直接利用荚膜多糖，或将其改变成可以利用的形式。

6.芽孢：芽孢是某些细菌在其生活的一定阶段在营养细胞内形成的内生孢子。产生孢子的细胞称为孢子囊，芽孢实际上是细菌生活史中的一个休眠体。能产生芽孢的种类主要包括在芽孢杆菌科内。芽孢呈圆形或椭圆形，有比较厚的壁和高度的折光性。各种细菌的芽孢在孢子囊内的位置是一定的，可位于细胞的中央，也可位于顶端或中央与顶端之间。芽孢的宽度可以大于菌体的宽度，也可小于菌体的宽度，若是大于细胞直径的芽孢位于中央时，则孢子囊呈梭状，位于顶端时呈鼓槌状，小于细胞直径的不变形。芽孢形成后其位置、大小和孢子囊的形状可做为种类鉴定的标准。芽孢成熟后母细胞则裂解，然后释出游离的芽孢。由于一个营养体只能形成一个芽孢，所以芽孢的生成不是细菌的繁殖方式。并非所有的细菌都能产生芽孢，而且能够产生芽孢的种类在生长不利的条件下也不一定形成芽孢。细菌细胞在形成芽孢前贮备大量营养物质，在芽孢形成过程中这些物质供给能量而逐渐被消耗。在营养体生长的培养基中必须有足够的葡萄糖和氮源，否则芽孢形成的能力即降低。芽孢的形成需要较严格的条件，而这些条件又随菌种而不同，如破伤风杆菌只有在完全无氧的情况下才能产生芽孢。芽孢的含水量较营养体少，一般约为60%，而结合水的含量则比营养体高，因而对热和干燥的抵抗力强。固形物中主要成分为蛋白质，而脂类的含量比营养体高，此外还含有糖和盐类。芽孢的结构：中间为芯子或称孢子原生质体，外周有质膜和芯子外壁，围绕芯子外壁有厚的皮质层，其主要成分为多糖和多肽的粘性复合物，皮质层外是多层的蛋白质外壳，它含有富二硫键的蛋白质。有些芽孢最外方还具有疏散的薄层，称为孢子外壁或芽孢外壁（图3）。

芽孢具有代谢活性，但代谢率极低。芽孢在适宜条件下萌发成为营养体，首先逐渐膨大，水分增加，折光性减低，对外界的

需要全本请访问 www.ertongbook.com