

目 录

前言	1
第一章 植物界的各大类	1
第一节 植物分类的方法	1
第二节 进化学说与分类	2
第三节 植物的化石	3
第四节 植物的分门	5
第五节 其他分类的方法	7
第二章 细菌门及蓝藻门	8
第一节 细菌门(Bacteria)	8
第二节 蓝藻门(Cyanophyta)	20
第三章 绿藻门(Chlorophyta)	29
第一节 绿藻门通论	29
第二节 团藻目(Volvocales)	30
第三节 丝藻目(Ulotrichales)	41
第四节 刚毛藻目(Cladophorales)	50
第五节 鞘藻目(Oedogoniales)	51
第六节 接合藻目(Conjugales)	53
第七节 绿球藻目(Chlorococcales)	59
第八节 管藻目(Siphonales)	64
第九节 轮藻目(Charales)	68
第十节 绿藻门小结	71
第四章 眼虫藻门、金藻门及甲藻门	76
第一节 眼虫藻门(Euglenophyta)	76
第二节 金藻门(Chrysophyta)	78
第三节 甲藻门(Pyrrophyta)	93
第四节 小结	95
第五章 褐藻门及红藻门	97
第一节 褐藻门(Phaeophyta)	97
第二节 红藻门(Rhodophyta)	108
第三节 小结	116

第六章 粘菌门(Myxomycophyta).....	120
第七章 真菌门及地衣门.....	123
第一节 真菌门(Fumycophyta)通论	123
第二节 藻菌纲(Phycomycetae)	124
第三节 子囊菌纲(Ascomycetae)	137
第四节 担子菌纲(Basidiomycetae).....	152
第五节 半知菌纲(Fungi Imperfecti, 又名 Deuteromycetae)	171
第六节 真菌门小结	172
第七节 地衣门(Lichenes)	177
第八章 苔藓植物门(Bryophyta)	180
第一节 苔藓植物门通论	180
第二节 苔纲(Hepaticae)	182
第三节 藓纲(Musci)	193
第四节 苔藓植物的起源	201
第九章 维管植物门(Tracheophyta)	203
第一节 维管植物门通论	203
第二节 裸蕨亚门(Psilopsida)	205
第三节 石松亚门(Lycopsida)	214
第四节 楔叶亚门(Sphenopsida)	228
第五节 羽叶亚门(Pteropsida)引言	232
第六节 蕨类纲(Filicinae)	234
第七节 裸子植物纲(Gymnospermae)	252
第八节 被子植物纲(Angiospermae)	303
第九节 维管植物门小结	309
第十章 植物系统学总结	316

第一章 植物界的各大类

第一节 植物分类的方法

我们研究任何庞杂的现象,或数目甚多而不一致的事物,第一步一定要将它们作一个有系统的分类。将性质相同的归为一组,在一组内又将同点更多的各分成若干小组,用此方法继续分下去,直分到不易再分的小群或个体为止。植物界的各大类群,称为门(Phylum),门中又分纲(Class),纲中又分目(Order),再往细处分,分为科(Family),属(Genus),种(Species)。种通常是生物分类的终点。同种的植物基本上是无差别的。植物的学名就是它的属名及种名的合称,例如水稻的学名是 *Oryza sativa*, 前者是属名,后者是种名。

已经知道的植物近四十万种。给它们进行分类的工作,几千年前即有人试作。分类的方法大致可分为两种:一种是人为的系统(artificial system);一种是自然的系统(natural system)。人为分类的系统是人们就自己的方便选事物里一个或几个特点作为分类的标准。自然分类是设法将关系较密切的事物归为一类。例如,中国字的分类,我们可以用笔画的多少作为分类标准,则“天”“木”“手”“止”为一类的字,因它们都是四画。我们又可以按部首来分类,如将“江”“河”“湖”“海”归为一类,因它们同属“水”部。前者分类的方法显然是人为的,同类的字在意义上彼此毫无关系,后者就自然得多了。

分类学的大师林奈(Linné,又作Linnaeus)所用的植物分类系统即是人为的。例如在有花植物分类里,他所用的一个标准是雄蕊的数目,分为一雄蕊类,二雄蕊类……等。这个分类方法是近乎

用笔画的多少将中国字分类。自然的分类是根据植物亲疏的程度。判断亲疏的程度是看种类同点的多寡。例如桃与梅，我们可以寻出许多相同之点，认为它们彼此甚亲；梅与竹相同的地方就少得多，所以我们说它们的关系较疏远。梅与竹只是同纲——被子植物纲(Angiospermae)，桃与梅却是同科——蔷薇科(Rosaceae)。

植物体中各特点都可用作分类的标准，例如细胞的构造、细胞的内含物、细胞的排列、营养器官、生殖器官，都被用作分类的标准。分类的标准随着各类植物的发展水平而异，例如在藻类植物中首要的分类标准是细胞中含有的色素、贮藏的食物及鞭毛着生情况；而在种子植物的分类中生殖器官(花、果实、种子)则最为重要。

第二节 进化学说与分类

自从达尔文(Darwin)的进化学说成立后，分类学受很大的影响，而自然系统的“自然”二字获得更真切的意义。复杂的生物既是由简单的演变而来，则世界上一切生物大致是同源的，而物种亲疏的关系真是血统上亲缘的关系，不仅是表面上相似的程度的差别。桃、梅相亲，是因为它们在较近代有一个共同的祖先，而桃、梅与竹只是同远祖。德国分类学家梅兹(Karl Mez)用植物对于血清的反应来断定它们的亲疏，这种方法更能表现这样的信念：植物的亲疏有内在的基础，亲缘相近的植物的蛋白质有同样的反应。

进化的学说对于分类还有一个影响，即是我们根据此学说可以将植物各类分出等级来。进化既是由简单进至复杂，我们似乎可以将所有的植物排在一条直线上，最简单的我们认为是最原始的，将它们排在直线的基部，最复杂的我们认为是最高级的，将它们放在直线的最高点，其余的可以按照它们复杂的程度分配在直线的各部。但是用一条直线来代表植物的进化是不适宜的。因为

进化的趋势不是在一个方向而是多方向的,进化愈到后来,分枝愈多。所以有人用一个树形来表示进化的途径。将原始的植物排列在树形的主干基部,较高等的则分别排列在树的各枝。现在更多的人认为用从基部即分枝的灌木形来表示植物的进化,较用单干的乔木形更接近事实,因为就我们的知识来推断,植物界的进化,从开始即是分歧的。(参看第 320 页,植物界的系统树)

虽然现在完全依照自然系统进行分类,但是这个系统是不完备的,而各人所用的系统也颇有出入之处,各人的意见很不一致。这种不完全与不一致是因为有实际的困难。重要的困难有下列几种:(1)进化的知识不完全;有些植物群的来源及与其他植物群的关系我们不知道,所以对于它们的地位只能揣测。(2)植物的各种性状在进化的步骤上不一致,有速有迟,因此甲种植物可以有几点与乙种相同,但其他各点则与丙种相同。甲究竟与乙较亲还是与丙较亲?就可能有不同的意见了。(3)进化既然是多歧的,则在分歧的开始就可以有“四不象”——至少是“两不象”——的植物产生。这种植物的自然地位是在两枝之间,我们若将它们归到甲枝或乙枝,都是不“自然”的。(4)进化的总趋势虽然是由简单至复杂,但复杂的种类有时也简单化——通常称为退化。所以一个简单的植物是原始的,还是由高等的退化而成的?此点往往不容易断定。虽然有些退化的部分有时留下残迹足供考证,但有时连残迹也寻不出。分类学者自然期望能够有一个完美无疵的分类系统。新的发现可以促使分类学者改正现行系统的错误,使它逐渐趋于完善。

第三节 植物的化石

进化的学说认为植物是在不断地演变。然而年复一年我们并

不看见四周的植物有何变化。即使我们取百年前古人对于各种植物的记载与现在的比较,也看不出何种变化,桃仍是桃,柳仍是柳,我们的印象似是物种永恒不变。现在知道,进化的步骤在自然环境中是极慢的。植物生存在地球上已十分悠久,不是千年万年,而是多少万万年了。在这个极长的时期中,地球上已有过许多的地质变迁。每经过一度沧桑,地上的生物也换了面目。有些族系繁盛了,以前繁盛的族系衰退了;老的种类灭亡了,新的种类产生了,进化学说确有事实的根据。这些事实我们可由化石(fossils)里寻出。

植物界进化的年表

地质代	纪	植物化石的记录	各代的年数
新生代 (Cenozoic)	第四纪 (Quaternary) 第三纪 (Tertiary)	被子植物繁盛	约七千万年
中生代 (Mesozoic)	白垩纪 (Cretaceous)	裸子植物仍盛, 被子植物兴起	约一万五千五百万年
	侏罗纪 (Jurassic) 三迭纪 (Triassic)	裸子植物繁盛	
古生代 (Paleozoic)	二迭纪 (Permian) 石炭纪 (Carboniferous)	蕨类植物及种子蕨繁盛	约三万七千五百万年
	泥盆纪 (Devonian)	蕨类植物兴起, 苔藓植物及裸子植物发现	
	志留纪 (Silurian)	最早蕨类植物发现	
	奥陶纪 (Ordovician) 寒武纪 (Cambrian)	藻类植物繁盛	
原古代 (Proterozoic)		细菌及蓝藻	约十九万万
太古代 (Archeozoic)			约二十一万万

植物的化石主要的有两型。第一型是印象化石(impressions),枝叶或其他部分埋在泥里留下印象;本体虽然朽坏,等到泥变为石,印象却在石中永存。从印象化石中我们虽无从知道植物内部的结构,但可以看出外部的形态。第二型的化石是矿质化石(petrifications),植物的细胞壁完全硅化或钙化,内部结构可以完全保存。

从化石里我们不但知道植物在地球上很早就出现,并且知道简单的植物先出现,较复杂的出现较晚。从上表(第4页)中可以看出植物在各地质年代中发展的大致情形。

第四节 植物的分门

以往的植物学者通常将植物界分成下列四门:(1)藻菌植物门(Thallophyta), (2)苔藓植物门(Bryophyta), (3)蕨类植物门(Pteridophyta), (4)种子植物门(Spermatophyta)。

种子植物最重要的特征是有种子(seed)。蕨类植物有根茎叶及维管系统,与种子植物同,但无种子,重要的繁殖方法是以孢子(spore)繁殖。苔藓植物包括苔与藓,植物无维管系统,但其雌性生殖器官与蕨类植物相同。

藻菌植物包括藻、菌及地衣,这些植物又称叶状体植物,因其植物体无真正的根茎叶之分,叫它叶状体(thallus)。但此点并不能将藻菌植物与上面的三门完全分开,因在其他各门中也有叶状体:苔类之植物体许多是叶状体,蕨类植物生活史中一个时期也产生叶状体,甚至种子植物的营养体也有只是叶状体的,无根苹属(*Wolffia*)即是一例;并且在藻菌植物里,有些种类的身体也具高度的分化,例如在绿藻、红藻及褐藻中即有具类似根茎叶的植物体。藻菌植物与较高等植物的重要不同是在生殖方面。苔藓以上

的植物受精卵在母体中即行发育，形成多细胞的胚；藻类的受精卵或合子脱离母体，然后发育。若用动物学上的名词来说，藻是卵生，苔藓以上的植物是胎生。多数菌的有性生殖比较复杂，但也沒有胚。

藻菌植物虽然可以与其他植物完全分开，但这并不是说藻菌植物就应当成为一门，与其他三门居于相同等级。晚近的研究使植物学者感觉藻菌植物包括很庞大而复杂的一群，这一群植物不能成为单一的门，而应分为好多门。支持这一个意见的有下列的理由：(1) 藻菌植物——尤其是藻——可以分为很清楚的几脉，各脉之间并看不出血统的关系，大约各脉只是在辽远的古代共祖而分歧很久了。(2) 进化的步骤是起初较慢，后来加快。所以低级生物里一个细微的差别相当于高级生物间的一个很大的差别。例如，蓝藻与绿藻中间的差别，实在比蕨类植物与种子植物中间的差别更为基本。所以以前归在藻菌植物中的类群，应当升级为门。依照现代的分类，蕨类植物和种子植物有合为一门的趋势，而藻菌植物则被分为若干门。藻类(algae)或菌类(fungi)不过是一个方便的名词，在分类上并非纯一的类群。

根据现代的知识，认为以前将植物界分为四门实有修改的必要。但植物界究应分为多少门？如何分法？尚无一致的意见。作者依据比较流行的意见，将植物界分为十三门如下：

1. 细菌门(Bacteria)
2. 蓝藻门(Cyanophyta)
3. 绿藻门(Chlorophyta)
4. 眼虫藻门(Euglenophyta)
5. 金藻门(Chrysophyta)
6. 甲藻门(Pyrrophyta)
7. 褐藻门(Phaeophyta)

8. 红藻门(Rhodophyta)
9. 粘菌门(Myxomycophyta)
10. 真菌门(Eumycophyta)
11. 地衣门(Lichenes)
12. 苔藓植物门(Bryophyta)
13. 维管植物门(Tracheophyta)

第五节 其他分类的方法

种子植物与其他植物的一个最显著的不同是种子植物开花。一个老的分类方法是將植物界分成显花植物(Phanerogamae)及隐花植物(Cryptogamae), 显花植物即种子植物, 隐花植物包括蕨类以下的各门。与上面两个名词相等的又有一对名词, 即种子植物(seed plants)及孢子植物(spore plants)。

维管系统(vascular system), 蕨类植物与种子植物全有, 其他植物全无。故植物界又可就这一点分成两类: 维管植物(vascular plants)及无维管植物(non-vascular plants)。

前节已说过, 苔藓植物、蕨类植物和种子植物的受精卵在母体内发育成胚。故有人將此三门并为一门, 称之为有胚植物门(Embryophyta)。

通常还将植物界分为高等植物(higher plants)及低等植物(lower plants)两大类。二者之间的界线曾一再变更。原来的高等植物只包括种子植物; 后来將蕨类植物也包括在内; 现代理解的高等植物包括种子植物、蕨类植物和苔藓植物, 而低等植物则为各门藻类、菌类及地衣门的总称。从植物体及细胞的结构、营养方式、生殖和生活史类型等基本性状来看, 高等植物具有显著的一致性, 而低等植物则极为多样化。

第二章 细菌门及蓝藻门

第一节 细菌门(Bacteria)

形态与结构 除极少例外,细菌是无叶绿素、单细胞的生物。在形态上普通分为三型:(1)球菌(*Coccus*),(2)杆菌(*Bacillus*),(3)螺旋菌(*Spirillum*)(图 2-1)。细菌有时连合成群,更普通的连合成一系列细胞的丝(图 2-2),丝有时且分叉。有极少数的细菌细胞作分枝状(图 2-3)。

细菌虽然都是极小,而身体大小也甚不一致。球菌的直径可以从 0.5 微米至 2 微米(一微米等于一毫米的千分之一),普通直径 0.5 至 0.6 微米。多数的杆菌是从 1.5 到十微米长,最普通的大约是二微米长,半微米粗。

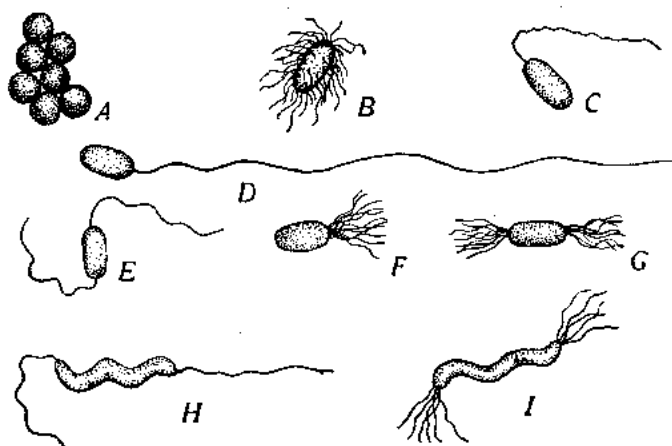


图 2-1. 常见的三型细菌:

A. 球菌; B—G. 杆菌; H、I. 螺旋菌。(临 Brown)

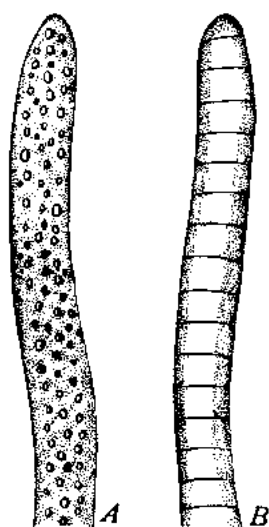


图 2-2. 白硫菌属
(*Beggiatoa*);

A. 不分枝的丝状体, 细胞内
充满硫的颗粒; B. 硫被利
用之后, 显出细胞的横壁。
(据 Гордеева 等)

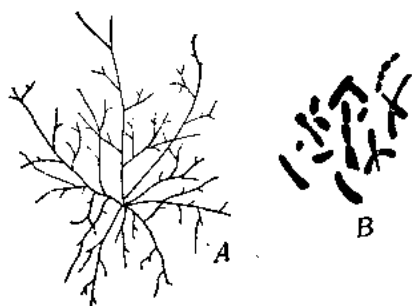


图 2-3. 牛型放线菌
(*Actinomyces bovis*);

A. 生活在培养基上的分枝丝状
体; B. 丝状体断裂后的情况。
(据 Wolf 及 Wolf)

细菌的结构异常简单, 无真正的细胞核 (nucleus) 但含有核酸, 其化学性质与高等生物的核酸相似; 核酸成许多小粒分散细胞内, 或成一形状不规则的颗粒, 并有人看见细胞分裂时, 此粒亦分裂 (图 2-4)。关于细菌有无细胞核的争论尚未解决: 有人认为细菌无细胞核, 有人认为它们具有与高等生物相似的细胞核, 还有人认为细菌的细胞核就是染色体 (chromosome)。从生理、生化的角度看, 细菌的“细胞核”无疑地与高等生物的细胞核具有类似的性能; 但从形态的角度看, 它们的分化还不够明显, 没有核膜, 仍处在比较原始的阶段, 因此有人称之为原始细胞核 (primitive nucleus) 或染色质体 (chromatin bodies) 以资区别。此种处理方式目前似

较恰当。

细菌的原生质中含有微小的液泡(vacuoles)、食物颗粒(糖、脂肪、蛋白质等)及其他内含物。细胞外有极薄的细胞壁,寻常不易见,但如设法使原生质收缩,则此壁可见。细胞壁通常无纤维素,而含有氨基酸、氨基糖、糖、拟脂等。多数细菌的细胞壁外尚有一层胶质的荚膜(capsule),细菌连成一串时,胶质往往成为外鞘(sheath)。

许多细菌在生活史中一个时期生出鞭毛(flagella)能游泳。游动虽易见,但鞭毛异常微细,非用特别方法染色不易见。鞭毛的多寡与位置在各种类中各不相同:有的许多鞭毛环生于体上,有的一端有鞭毛一根,或两端各有一根,有的一端或两端有鞭毛丛生。具鞭毛的细菌多为杆状或螺旋状,球菌很少有具鞭毛的(图 2-1)。

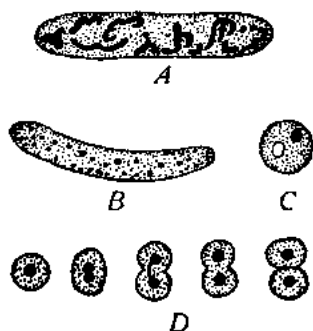


图 2-4. 细菌的结构:

A—C. 细菌中的染色质体;
D. 染色质体的分裂。(自
Brown 临 Dobell)

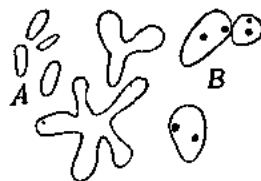


图 2-5. 根瘤细菌属:

A. 正常的细胞; B. 变形的细胞。
(临 Buchanan)

细菌的形态可因发育阶段及生活环境的不同而改变,例如根瘤细菌属(*Rhizobium*)可以由杆状变成椭圆状,游泳进入豆科植物的根中后,又可变成 X、Y、V 等字形(图 2-5)。

生殖 有性生殖在细菌中尚未肯定见过。普通生殖的方法是

一个细胞分裂为二，故细菌又称裂殖菌(Schizomycetes)。一个普通分裂方法是细胞的中部凹入，原生质被向内生长的新壁分为二部，分裂后，两子细胞生长至母细胞的原大。杆状与螺旋状的细菌都是在横断面分裂，分裂后，细胞若不立即离开，即长成一条丝。球菌有的只限于一平面分裂，有的是从两平面或三平面分裂。在一平面分裂的可以连成一串，在两个平面分裂的可成一方板，如在三平面分裂而连在一起，则成一立方体(图 2-6)。球状细菌分裂后有的两个连在一起，每个约成半圆形，双球菌属(*Diplococcus*)即是如此(图 2-8, F)。

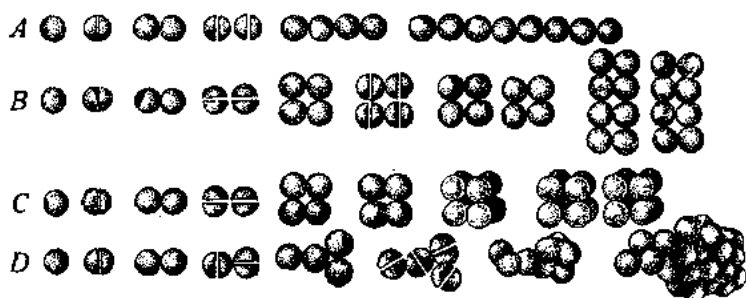


图 2-6. 球菌的分裂面(图解):

- A. 一分裂面; B. 相互垂直的二分裂面; C. 相互垂直的三分裂面;
D. 分裂面不相互垂直, 形成不规则形状的群体。(临 Buchanan)

细菌分裂的速度因种类及环境而异，在最适宜的环境中有的细菌生长至三十分钟，甚至二十分钟即成熟分裂。若以每三十分钟分裂一次计算，则一个细菌在一小时后成为四个，四小时后成为二百五十六个，二十四小时后大约成为二百八十一万四千七百五十亿个！自然，实际上不会达到这样惊人的数目，因为食物消耗很快，其他环境也跟着转变而不利于高速度的生殖。但这个数目字能使我们深切地理解到细菌生殖的速度。有些传染病菌的危险性也正是因为如此。

芽孢 有些种类在不利的环境下产生芽孢(gemma)。生芽孢时,原生质集聚到细胞的中间或一端,在胞壁内另生新壁,故细菌的芽孢又名内孢子(endospore)。芽孢成熟时,原有的细胞壁多溶解消失。待环境适宜时,芽孢萌发,芽孢壁破裂或溶解,原生质体复长成一个寻常细菌。故产生芽孢在细菌中不是一个生殖的方法,但可使细菌渡过不良环境,因为芽孢具有极大的生活力与抵抗性。破伤风杆菌(*Clostridium tetani*)的芽孢十一年后,炭疽杆菌(*Bacillus anthracis*)的芽孢十七年后,都仍然萌发。有些芽孢能忍受液体氢的温度(约 -253°C .)以及在沸水中耐到三十小时之久。我们饮用开水以及用巴斯德消毒法(在 60°C 热达二十分钟)

是因为肠病菌不生芽孢;细菌的营养细胞虽能抵抗很高的干热,但在水中热到 60°C 则多被杀死。

生活史 细菌生活史可用枯草杆菌(*Bacillus subtilis*)为例。若将煮过枯草之汁置杯中,枯草杆菌的芽孢萌发,产生出周生鞭毛的杆菌,在水中游泳并分裂。在水面上,细菌变为无鞭毛不动的小杆,分裂成长链,各链复在水面连成一片,待汁中食物

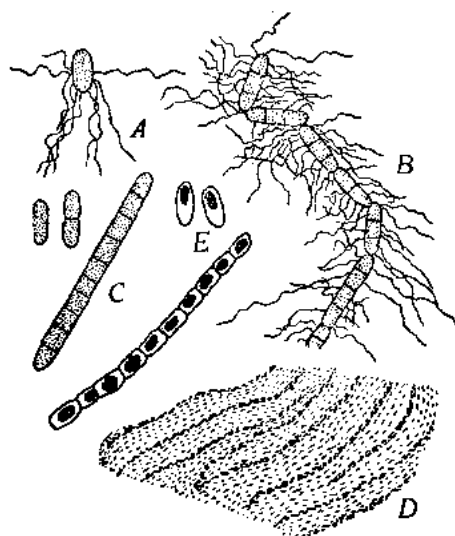


图 2-7. 枯草杆菌的生活史:

A, B. 具鞭毛的细胞及群体; C. 失去鞭毛的情况; D. 无鞭毛的群体在水面上连成片状的菌胶团; E. 芽孢的形成。(自 Strasburger 临 Fischer)

耗尽时,芽孢产生(图 2-7)。

分布 细菌的个数极多。地球上几乎无处不有，土壤中，水中，高空中，一切物体的外面，生活动植物与死动植物的体外与体内皆有。一克田间的土壤中，含有五千万至一亿细菌。人的消化道中大约有三百亿细菌。细菌之如此普遍及繁多，有四个主要原因：(1)迅速的生殖，(2)微小的身体，(3)芽孢的抵抗力，(4)多方面的营养及生活方式。

营养 生物的各种营养方式，细菌几乎都占全了。多数是异养 (heterotrophic)，而异养又分寄生与腐生。其他是自养 (autotrophic)，自养的方式又可分为化能合成作用与光合作用。

异养 细菌不能用无机的含碳物质自制有机物，而必须从体外取得有机的含碳物(简称有机碳)者叫做异养细菌(heterotrophic bacteria)。异养细菌有的是从活的动植物吸取有机碳，此类叫做寄生细菌(parasitic bacteria)，其他是从已死的动植物的遗体或动物的排泄物取得有机碳，此类叫做腐生细菌(saprophytic bacteria)。寄生与腐生中间的界限并不太严，多数寄生的细菌可在寄主以外生活繁殖，所以我们能在人工培养基上培养寄生细菌。

寄生细菌除能致人畜的疾病外，有些能使植物生病(图 2-8)。植物病害的细菌多为不产芽孢的杆菌，多由伤口进入寄主，也有的从气孔或其他缺乏保护的地方侵入。

常见的根癌病[根顶瘿病(crown gall)]是由于根癌病土壤杆菌(*Agrobacterium tumefaciens*)所致，菌由伤口侵入。果树嫁接必有伤口，故此病在果园中甚烈，细菌侵入，细胞剧烈增加，故被害之处生长成瘤。瘤大的可到九十斤重，在植物的枝干及根上皆可生，最常见的地方是土面根茎相接处，故称根顶瘿病。在菜园里，软腐病(soft rot)很常见。致病的细菌是胡萝卜软腐病欧氏杆菌(*Erwinia carotovora*)(图 2-8, I)及其相近之种。病菌从伤口或虫咬处进入，侵蚀寄主细胞间的中层(middle lamella)使受病组织的

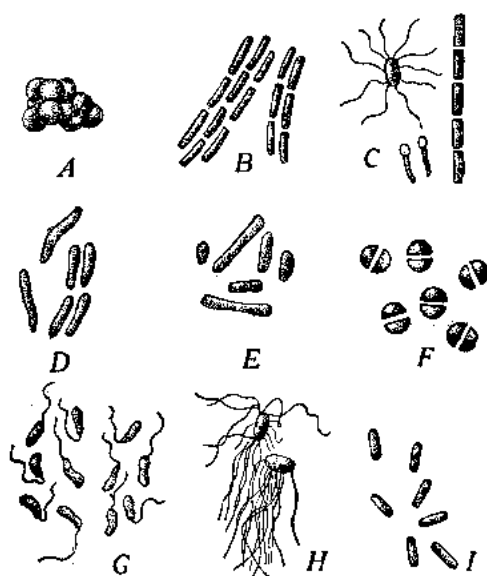


图 2-8. 各种致病细菌:

- A. 葡萄球菌; B. 炭疽杆菌; C. 破伤风杆菌;
 D. 结核杆菌; E. 痢疾杆菌; F. 淋病双球菌;
 G. 霍乱弧菌; H. 伤寒沙门氏菌; I. 胡萝卜软
 腐病欧氏杆菌。(据 Brown 等)

细胞分离腐烂, 颜色变暗, 且往往作恶臭。多种蔬菜, 如胡萝卜、各种白菜、萝卜、芹菜、茄子等等皆可受病。以上两种细菌病在园圃中都可以为害甚大。其他细菌所致的植物疾病尚不少, 在此不能一一列举。

腐生细菌分布最广, 各处都有, 不但生于富含有机物的土壤及污水中, 人及动物消化道中的细菌几乎都属于此类。动植物的遗体自身不能腐

烂, 使它们腐烂的是细菌或其他生物。食物是极易腐烂的, 然若将食物制成罐头, 使细菌不能侵入, 盐腌或冷藏, 使细菌不易生长, 则食物可以经久不腐。自从巴斯德(Pasteur)的精细研究以后, 我们知道腐烂是完全由于生物; 真菌及少数其他生物虽然也可致腐, 而重要的是细菌。致腐细菌(decay bacteria)对于食物虽然为害, 然从大处看去, 致腐细菌对于生物在世界上继续的生存实不可缺少。自然界有机物的来源是靠绿色植物, 而绿色植物用以制造有机物的原料却是简单的无机物, 对于复杂的有机物它们一般地不能利用, 必先经过腐烂使其化为无机物, 方能为绿色植物所吸取。倘若有机物不经过腐烂, 则生物所必需的氮与碳势必堆积于动植