



人与生物系列 66



认识微生物

章志彪 张金方 主编

中国建材工业出版社

世界科技全景百卷书



· 人与生物系列 ·

认识微生物

编写 郑男

中国建材工业出版社

目 录

微生物家族

微小世界的主角	(1)
地位难定的病毒	(5)
说说真菌	(11)
酵母菌的年龄与死活	(14)

微生物生活趣闻

酵母菌的怪脾气	(16)
奇妙的噬菌体	(17)
细菌的生活	(18)
细菌也能传宗接代	(20)
小小生命大胃口	(21)
细菌无口却能“吃”	(22)
细菌喜欢“浓妆艳抹”	(23)
无氧也能生存的微生物	(24)
菌根	(26)
菌捕虫和虫捕菌	(27)
微生物的斗争	(27)
微生物之间谁也离不开谁	(28)
昏睡 2000 年的微生物	(30)
微生物的生存绝招	(31)

微生物与食品

酒的酿造	(33)
色美味佳的葡萄酒	(35)
用纤维素来制造酒精	(36)
啤酒的由来	(37)
酱、酱油和豆豉	(40)
豆腐乳和甜酒酿	(43)
醋	(45)
味精	(47)
山珍猴头	(49)
茯苓	(50)
人间仙草灵芝	(52)
冬虫夏草	(53)
蜜环菌	(55)
猪苓	(56)
益智食品金针菇	(58)
香菇	(59)
制做面包	(61)

充当人类的好帮手

细菌农药——苏云金杆菌	(62)
真菌农药——白僵菌	(63)
病毒杀虫剂	(65)
细菌肥料	(66)
细菌饲料	(70)
赤霉菌与洋白菜	(72)
松毛虫的克星	(73)

沼气与沼气发酵	(74)
净化废水	(76)
大自然的清洁工	(79)
在工厂里种粮食	(81)
微生物发电	(82)
微生物产生氢气	(83)
用微生物提取黄金	(84)
为找石油立大功	(84)

微生物与人类健康

乳酸菌与人类健康	(86)
神奇的红茶菌	(89)
被称作小型制药厂的大肠杆菌	(92)
抗生素的生产	(96)
遗传工程的明星：噬菌体与大肠杆菌	(98)
相依为命，情深意长	(100)
抗生素的其他用途	(102)
抗生素的危机	(103)

微生物家族

微小世界的主角

提起细菌人们首先想到的是导致疾病、残害人命的病原菌，事实上病原菌只是细菌的一部分，大多数细菌能给我们带来很大的好处，生产味精、积累氮肥、净化环境都离不开细菌。

细菌是一类构造简单的单细胞生物，个体极小，必须用显微镜才能观察得到。它没有成型的细胞核，只有一些核质分散在原生质中，或以颗粒状态存在。所以，科学家们称它们是原核生物。

细菌的种类繁多，而且分布极广，地球上从1.7万米的高空，到深度达1.07万米的海洋中到处都有细菌的踪影。

凡是与空气接触的物品就会带菌，而细菌遇到有充足养料之处就能很快地生长繁殖。通常动物在出生或孵化前，体内是无菌状态的，然而在出生过程或孵化时很快地污染了母体或卵壳上的细菌，因而在极短的时间内，细菌就会布满其全身。这些细菌绝大多数是有益的，比如人和动物肠道中的细菌能协助分解某些食物。动物体内的组织通常是无菌的，除非病时被病原菌侵入。

细菌不仅种类繁多，它们的长相也各有不同，通常我们

把细菌依它们的外形区分为4个类群：球状的细菌称为球菌，长圆柱形的称为杆菌，细胞略呈弯曲或弓形的称为弧菌，呈螺旋状的称为螺旋菌。

在球菌中，有的独身只影，称为单球菌，如尿素小球菌；有的成双成对，称为双球菌，如肺炎双球菌；有的四个菌体连在一起，称为四联球菌，如四联小球菌；有的八个菌体迭在一起，似“叠罗汉”，称为八叠球菌，如藤黄八叠球菌；有的像一串串链珠，称为链球菌，如乳酸链球菌；也有的菌体不规则的聚集在一起，像一串串葡萄，称为葡萄球菌，如金黄色葡萄球菌等。

杆菌，又分为长杆菌，如乳酸杆菌；短杆菌，如谷氨酸生产菌 A. S1299；中型杆菌——介于长杆菌和短杆菌之间，如大肠杆菌等。有的杆状菌体能连在一起，称为链杆菌，如炭疽杆菌；还有的杆菌体能长出侧枝，称为分枝杆菌，如结核杆菌。

在弧菌中，最有代表性的就是霍乱弧菌。在螺旋菌中，常见的是口腔齿垢中的口腔螺旋体。除了这4类菌外，还有一类丝状细菌，其杆状菌体连成长链，外面围有共同的粘质衣鞘，形成丝状或毛发状，叫鞘衣细菌，这类菌常见于下水道或其他有机质丰富的水中。

如果我们把细菌切开来观察，细菌的最外层是结实的保护层，称为细胞壁，它包裹着整个菌体使细胞有固定的形状。其主要成分是肽聚糖。细胞壁的里面是一层薄而柔软的富有弹性的半透膜——细胞膜，它是细胞内外的交换站，控制着细胞内外的物质交换。细胞膜是由脂类、蛋白质和糖类组成的。细胞膜包裹着细菌的所有生命物质——细胞质，这是由

一团粘稠的胶状物质组成，内含各种酶系统，是生化反应的场所，也是贮藏代谢产物的“仓库”。其化学组成主要是水、蛋白质、核酸和脂类等。在细胞质内，细菌具有一个核区，不过，这种“核”和高等生物不同，它没有核膜围绕，只是由遗传物质卷曲缠绕而成，其化学组成主要是核酸。

有些细菌除具有一般结构外，还具有特殊的结构：荚膜、芽孢、鞭毛。

某些细菌的细胞壁外，有一层粘液状、像果冻般的荚膜，具有保护细菌的功能，以阻抗细菌周围的化学物质的侵害。因此有荚膜的细菌不易用药物杀死。荚膜的成份因细菌而异，大多数是多糖或多肽。

某些细菌在其生长的一定阶段，于营养细胞内形成一个圆形或卵圆形的内生孢子，称为芽孢。芽孢是细菌的休眠体。其含水量低，壁厚而致密，对热、干燥、化学药剂的抵抗能力很强。因此，在食品、医药、卫生、工业部门都以杀死芽孢为标准来衡量灭菌是否彻底。芽孢能脱离细胞独立存在，在干燥情况下能活10年之久，当条件适宜时，芽孢就发芽长成新的菌体。但是，芽孢并不是细菌繁殖后代的方式，因为一个菌体只能产生一个芽孢。细菌繁殖后代并不像动物那样是由老子生儿子。它们极为简单，是由一个菌体直接平分就变成两个，两个继续平分就变成四个。因此，很难分清楚它们谁是老子，谁是儿子。在应用中，把它们的菌体细胞分裂一次叫做繁殖一代。

细菌的繁殖速度一般来说相当快，据科学家计算，按每20分钟细菌分裂一次，1小时后一个细菌可变成8个，2小时就可以变成64个，24小时内可以繁殖72代，即40多万亿亿

个细菌。如果按一个细菌重 1×10^{-13} 克计算，那么，24 小时内一个细菌所形成的菌体重量将是 4000 多吨。当然，这种繁殖速度是我们人为计算出来的。实际上，微生物即便在人工提供的最理想的条件下，也很难维持很长时间。因为随着微生物数量的急聚增加，营养物质很快就会被消耗掉，出现“饥饿”现象。同时，在微生物新陈代谢的过程中，也产生了大量的代谢产物和废物。这些代谢产物和废物达到一定浓度后，就会抑制微生物的生长和繁殖。限于当前的技术条件，我们还不能完全做到及时地供给微生物所需要的营养，也不能及时地把微生物的代谢产物取出来。

在大自然里，微生物生长繁殖的速度就更慢了。因为外界环境条件复杂，因素多变，微生物往往由于营养缺乏，温度不适，氧气不足，过酸过碱等，使生长繁殖停止，甚至死亡。即使这样，微生物生长繁殖的速度在生物界里还是绝对冠军。我们把微生物繁殖速度快的这一特性用于生产中，为人类创造了不少的财富。

例如，在酒精生产中，人们利用黑曲霉把淀粉糖化，再利用酵母菌把糖变成酒精。一支小小的试管斜面上的黑曲霉，经过 4 天扩大培养后，可得到液体曲 30 吨。利用这 30 吨液体曲能糖化 500 吨淀粉，再利用酵母菌经过不到 3 天（67 小时）的发酵，就可得到 200 吨酒精。

有些杆菌和弧菌，在菌体上还能长出很细很长的丝状物，它能帮助菌体运动，我们称它为鞭毛。如果你用牙签挑一点自己的牙垢，在载玻片的一滴水中，涂抹一下，放在显微镜下观察，你可以看到许多运动着的细菌，它们不停地向各个方向挤、推、碰，在整个视野中乱串，很是热闹。只有长鞭

毛的细菌才能运动，鞭毛菌运动的速度相当快，每秒钟可达200米，相当于菌体长度的50~100倍。

鞭毛是深植于细胞质中的运动器官，由于鞭毛的旋转，可使细菌迅速运动。一般的鞭毛菌，主要在幼龄时可以活跃运动，衰老的细菌，鞭毛易脱落，因而失去运动能力。鞭毛的长度可超过菌体若干倍，而其直径却只有细胞直径的 $1/20$ ，因此，不经特殊染色，在普通光学显微镜下难以看到。

通常球菌没有鞭毛，杆菌中有的有鞭毛，有的没有鞭毛，有的生长的某一阶段有鞭毛。弧菌和螺菌都有鞭毛。有的细菌不借助于鞭毛运动，如螺旋菌就是借助于细胞中有弹性的轴丝体伸缩而使菌体运动的。

地位难定的病毒

生物界是包罗万象、类型多样的有生命的世界。从千姿百态的虫、鱼、鸟、兽，到五彩缤纷的菌、藻、草、木，它们以地球为家，水生土养陆栖空游，生生不息，洋洋大观。这个有生命的世界是如何演变的？有多少物种？各种物种之间存在着何种联系？这个问题历来受到人们的普遍关注。

关于生物界的系统联系与分界有多种提法。古希腊的亚里士多德，将生物界化为动物和植物两大类。以后德国学者海克尔从进化的观点出发，在动、植物之外推演出原生生物界，以包括低等的单细胞生物，这是三界分法。本世纪以来，随着微生物学研究的逐渐开展，按照生物发生史和生物学原理，细菌与植物合为一界已很不合理。1969年魏泰克首先提出了五界系统。

“五界分类系统”同沿用近两个世纪的“两界分类系统”相比，无疑是一项巨大的、革命的进展。但由于仍未摆脱以有细胞形态的生物为分类对象的传统观念，致使一些非细胞形态的生物在该系统中没有得到应有的地位和反映。因此，在1969年以后曾有人提出应成立“病毒界”的建议，以便能更好地反映出生物界的全貌。

1979年，我国陈世骧提出了他拟定的“六界分类系统”。他的“六界分类系统”是在界的前面设立总界，即：真核总界、原核总界和非细胞总界，而把“病毒界”置于非细胞总界中。但这一合理建议似未受到人们的重视。

病毒这一类非细胞形态的生命物质与我们的生命活动及工农业生产密切相关，对于病毒的研究已成为一门独立的学科。

病毒是一类个体极其微小的个体，通常用纳米作为测量其大小的单位。某些最小的病毒，其直径只有20纳米左右，比最小的细菌还要小100多倍，不用说我们用肉眼看不到它们，就是放在普通光学显微镜下也很难看到，只有在放大到几万倍到几十万倍的电子显微镜下，人们才能看清它们的真面目。

然而，在用电子显微镜最后看到病毒以前的几十年前，人们就已猜测有病毒的存在了。巴斯德在研究狂犬病的时候，在人体内没有发现可能引起这种病的生物。但是，巴斯德并不认为他关于疾病由病菌引起的学说不正确，而认为一定是这种病的病菌太小，所以没法看到。他的推测是正确的。

1892年，俄国的细菌学家伊凡诺夫斯基曾研究过一种使烟叶生斑点的“烟草花叶病”。他发现，把感染了的叶子的液

汁滴在健康的烟叶上，就能使后者传染上这种病。为了抓到这种病的病菌，他用孔隙细小到连最小的细菌也通不过的陶过滤器来过滤液汁。可是过滤后的液汁仍然具感染力，伊凡诺夫斯基当时认为，他的过滤器一定出了毛病，使得病菌通过了。

1897年，荷兰的细菌学家贝杰林克，重复了这个实验，得到了同样的结果。于是，他断定病原菌很小，小到能通过过滤器。他把病原菌称为“滤过性病毒”。直到1935年，美国的生物化学家斯坦利从烟草的提取液汁中获得了病毒的结晶，证实了病毒的存在。

本世纪30年代末，电子显微镜的发明，使人们看清了病毒的模样。

原来，病毒的结构非常简单，它们无细胞结构，主要是由核酸和蛋白质组成的。核酸只有一种类型(DNA或RNA)，这是它与其他微生物的区别。核酸位于病毒颗粒中心，构成核酸蕊子，外面则由蛋白质构成衣壳。有些病毒的衣壳外，还有一层包膜包裹，称为被膜，被膜上有刺突。核酸是病毒遗传变异和具有感染性的物质基础。

由于病毒的构造过于简单，甚至连生活中需要的最起码的酶系统都不完备，又不含水分，所以病毒缺少独立生活的本领，只有钻到别的生物的活细胞内，依赖于宿主细胞进行复制、繁殖。脱离宿主细胞便不能进行任何形式的代谢，在体外不具备任何生命特征。

病毒的种类很多，一定种类的病毒只能寄生在某种特定的细胞中才能生活。在生物界中，不论是动物、植物、还是细菌、放线菌，都可作为病毒的寄主。根据寄主的不同，可

把病毒分成 3 种：

寄生在动物细胞里的病毒，称为动物病毒。如人的天花、麻疹、流行性感病毒，以及马的传染性贫血病，鸡的瘟疫等等。

寄生在植物细胞里的病毒，称为植物病毒。如大豆花叶病、烟草花叶病、水稻矮缩病等。

寄生在细菌和放线菌细胞内的病毒，称为噬菌体。

噬菌体是在 1915 年被发现的，它们像其他病毒一样能够通过细菌过滤器。许多噬菌体都具有像蝌蚪一样的形状，有一个圆形或多角形的头部以及管状的尾部，末梢还有 6 枚尾丝。

噬菌体在侵染细菌细胞时，尾丝先吸附在细菌的细胞壁上，分泌一种酶把细菌的细胞壁溶解成一个洞，然后尾鞘穿到细胞中，像注射器一样的动作将头部的核酸注入到菌体中。这些噬菌体的核酸进入细菌的细胞后，便“夺了权”，由它们发号施令，指挥细菌细胞停止原来物质的合成，而制造噬菌体后代所需要的蛋白质和核酸，然后噬菌体的蛋白质和核酸装配成新的噬菌体，当噬菌体的数量增殖到一定程度后，细菌就会发生膨胀、破裂，进而死亡。这时大量的噬菌体“破壳”而出，蜂拥着四处游离，另寻其他细菌寄主。这个过程，包括从吸附到释放，一般只需要 20 分钟的时间，在一个菌体的细胞内就能复制出约 150 个噬菌体。

噬菌体虽然是吞食细菌的能手，但它们的吞噬技艺并非样样精通。一种噬菌体只能吞噬相应的一种细菌，例如，伤寒杆菌的噬菌体只能侵袭伤寒杆菌，对其他的细菌则无能为力。利用噬菌体溶菌力强、专性寄生的特性，可以对病人进

行细菌学诊断。在临床医学上，口服或外敷噬菌体制剂，可治疗或预防细菌感染。如用绿脓杆菌的噬菌体来预防某些疾病。例如，在医治烧伤病人时，最耽心的是绿脓杆菌感染烧伤面，就可以防患于未然。

除了噬菌体的应用给人类带来益处外，利用一些动物病毒（如脊髓灰质炎病毒、麻疹病毒等），经过人工处理后制成的疫苗，用于预防接种，为人类带来了巨大的好处。另外，在农业上，利用病毒制剂防治农业和林业的病虫害，不仅安全有效，而且减少了污染，有利于环境的保护。有些病毒还可用来提高植物的经济价值。例如，菊花中的“绿菊”、牡丹中的“绿牡丹”、黄杨中的“金心黄杨”，它们都是遭受病毒侵害的花和树，通过无性繁殖可以保持它们各自的颜色特点，增加它们的观赏价值，因为这些遭受病毒侵染的植物，它们的生长发育并不受到严重的影响。由此可见，在花卉园艺中，利用某种植物病毒去创造新的、美丽的、有观赏价值的植物“变种”，还是一个有希望的发展途径。

然而，多数病毒是重要的致病因子，人和动物的传染病约有 60% 是由病毒侵染而引起的。例如，人的天花、麻疹、流感、脊髓灰质炎、乙型脑炎以及各种各样的癌和绝症（如艾滋病等）。它们通过水、空气、飞沫、微尘，直接或间接地进行传染。

被病毒侵染的植物不能正常地生长发育。当它发生在农作物和其他经济作物上时，轻则降低质量和减少产量，重则可以使一种作物绝产。例如，我国长江两岸主要的油料作物油菜上的花叶病，除造成油菜的大量死亡外，一般病株种子的干粒重仅及健株的 $\frac{1}{3}$ （即 0.9 克与 2.81 克之比），脂肪减

少 10%；闽粤两省的柑桔黄龙病，使百万株柑桔减产或造成停止生产，从而影响了柑桔的出口和内销；分布在我国苹果产区的苹果锈果病及花脸，不仅使产量和品质大降，而且不适于销售及出口；大田作物上的小麦红矮病、小米红叶病及南疆的玉米“条纹”病等，每年都在经济上给农业造成重大的损失。

病毒只能在活的宿主细胞内繁殖，而不能在培养基上繁殖，这是病毒与细菌的不同之处。我们可以用化学方法得到病毒的结晶体，它像一般的化学药品一样，可以放置任何长短时间，丝毫不表现生命。但是，一旦进入到活细胞里，它们马上就显示出生命的特征，它可以极高的速度繁殖，造成对宿主细胞的危害。无怪乎有一时期，人们把病毒视为奇物，它们也许是处在生物界和非生物界之间的边缘。对病毒的研究不仅在我们的生产、生活中有重大的意义，在遗传学的研究中，也是遗传学家们手中非常宝贵的工具。

病毒是最小的生物吗？最好是先不要急于下结论。本世纪 70 年代，发现了一种比病毒更小、结构更简单的生物，叫类病毒。类病毒比已知的最小病毒还小 80 倍，它的身体中连最重要的蛋白质也没有，只是由一个非常短的没有任何类型或性质的保护壳的 RNA 线组成。类病毒中 RNA 由不超过 150 个核苷酸组成，整个身体的分子量已经相当于没有生命的、大的有机分子。已知类病毒同几种植物病害有联系，包括马铃薯细长块茎病及菊花的一种矮化病。最近，有一种致病物甚至比已经发现的类病毒更小，暂时把它叫做 Prion。这种“生物”似乎只是含有一种蛋白质。它被认为可以导致羊的一种神经病——擦伤病，人的阿尔齐梅氏失调病也可能是

由它引起的。新近的证据表明，Prion 可携带遗传信息，还可能激发不正常的细胞反应。

如果说类病毒是 20 世纪 70 年代在生物学领域中的一个新的重要发现，那么，Prion 应该算是 20 世纪 80 年代更近更新的重要发现。

说 说 真 菌

在微生物家族中，真菌是最为庞杂的一支。它们种类多、数量大、繁殖快、分布广，与人类的关系极为密切。小型的真菌，只有在显微镜下才能一睹它们的芳容；较大型的真菌，如灵芝、香菇、木耳之类，已经大到人人可见。不过即使是真菌家族中最小的成员——酵母菌和霉菌，它们与细菌、放线菌相比，也要大几倍至几十倍。

真菌的细胞核不像细菌和放线菌那样没有核膜，而是具有典型的核膜，也就是说真菌已经是真核生物了。

目前，在自然界中已经发现的真菌不下六七万种，因此，真菌在经济上所蕴藏的潜在价值是巨大而多样的。作为食品，蘑菇、木耳、银耳、酵母等真菌营养丰富，益于健康，被喻为“上帝的食品”；作为药物，灵芝、猴头、多孔菌、虫草等真菌是名贵的中药和重要的抗癌药物资源。在工业生产上，真菌的代谢产物如酒精、有机酸、核苷酸、酶、脂肪和维生素等广泛地应用于食品加工、制药行业等部门。有的真菌甚至能制造橡胶，合成高能量的发光化合物。在作物保护方面，真菌也有广阔的前景。当然，真菌也有其有害的一面，许多真菌能使大量的有机物、农副产品、甚至光学仪器和电器设备

腐败、发霉，使人畜得病、作物减产。因此，深入地对真菌进行研究，用其利、避其害，这是微生物学的重要任务之一。

在日常生活和工农业生产中与我们人类接触最多的真菌主要有酵母菌、霉菌和担子菌。

酵母菌是我国古代劳动人民应用较早的一类微生物。在大自然中几乎到处都有酵母菌，已发现的酵母菌达数百种之多。

酵母细胞的样子很不规则，有的圆形、有的椭圆形、有的圆柱形。它们的整个菌体也是只有一个细胞，通常要比细菌的细胞大 5 到 30 倍。有的种类单个细胞能互相连接在一起形成假菌丝体，也有极个别的种类能形成真菌丝体。酵母菌的菌落颜色比较单调，常为乳白色，外观与细菌的菌落相似但要大得多。

绝大多数酵母菌都是人类的好朋友，特别是在酒类酿造方面，已经有 4000 多年的光荣历史。直到今天，我国传统酿造的名白酒还以“酒质优美，浓郁芳香，入口甘冽，回味悠长”而扬名天下。制酱油、做醋、发面包和做馒头等也都离不开酵母菌。酵母菌中含有丰富的蛋白质、维生素等营养物质，因此可利用酵母菌的菌体提取辅酶 A、细胞色素 C、凝血质、卵磷脂和多种核苷酸等贵重药物。近几年，酵母菌在石油脱蜡、酶制剂和发酵饲料等方面的应用也有了新的进展。

霉菌也是真菌中一类重要的微生物。它们喜欢潮湿（最适湿度为 85%~95%）和较高的温度（最适温度为 25~30℃）。所以，夏天霉菌很容易在一些有机物质上生长繁殖，形成五颜六色的“绒毛”，这就是俗称的发霉现象。

我国古代劳动人民早在几千年前，就利用发霉现象酿酒、