

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中小學生農村教育知識文庫

微生物与人类



微生物与人类

神奇的生命体——微生物

据说，在太空中眺望地球，地球是呈蔚蓝色的，如同大海一样。它充满神奇，孕育着生命。

早在 60、70 年代，美国就发射了两颗太空探测器。这两颗探测器正飞离太阳系向茫茫的宇宙进发，它们肩负的最大的使命，就是搜寻宇宙中除地球之外的其他可能存在的生命体。然而，到目前为止，收获还是空的。宇宙中除了强烈的宇宙射线，烈焰腾腾的太空大爆炸之外，太空中一片寂静，各星球都在既定的轨道上周而复始地运转着，其上茫荒一片。看不到有任何生命活动的迹象。而唯独地球，这个宇宙的骄子在其诞生后的不久远的年代便就有了生命，生命赋予我们这个星球以无限的生机和无穷的魅力。

虽然，微生物在地球上已经存在了几十亿年，地球几经沧桑，然而，这些神奇的生物群落却能繁衍至今。生命对人来说是一个难解的迷，而微生物作为一群特殊的生命体更是让人感到不可思议。

在春暖花开的季节里，如果到田野里走一走，触目可见花红柳绿，碧草如茵；莺歌燕舞，鸡犬相随。到处都是春色盎然，生机一片。这一切多么让人感到赏心悦目，多么让人感到激越勃发！而所有这一切都是因为地球上生命有机体存在的结果。如果没有这些生命有机体，地球将回到即浑沌又死寂的洪荒年代。正是这些值得骄傲，最富神奇魅力的东西，才使这个原本死寂的地球熙攘起来。这些生命有机体是什么呢？它们就是我们平常所说的生物。提起生物，大家一定可以如数家珍般地说出许许多多的生物。各种花草树木，各种爬虫鸟兽是生物，就连我们人也是生物的一种。这些东西就在我们身边，看得见，摸得着。很多我们都很熟悉，因而，一提起生物我们自然就想到它们。也许，许多人会认为自然界生物也就是这些了。其实不然，上面提到的生物我们肉眼可看到它们，我们可以叫它们为宏观生物。它们只占地球上生物种类和数量的很少一部分。事实上，地球上种类最多，数量最大还是那些肉眼所看不到的，手摸不着的生物，这些生物我们叫它们为微生物。

24 小时可以制造 10 头牛

微生物个体很小，小到只能用显微镜把它们放大几千倍，乃至几十万倍才能看清它们。它们结构都很简单，往往都是单细胞的，即一个细胞就是一个独立的生命个体了；有的，如病毒连一个细胞也不是，但它却也是一个生命体。可别小看这些不起眼的小生命体，可以毫不夸张地说，地球上的真正主人不是其它生物，也不是人类，而是这些小东西呢！为什么这么说呢？首先，从起源上看，地球上有了生命体首先是从某些微生物开始衍化的，由此，其他的生物物种才慢慢地演化产生出来。地球诞生距今约 45 亿年，而 35 亿年之前地球上便有了像蓝细菌之类的微生物在活动了。此后，在距今 17 亿年才出现海绵，腕足类和节肢类动物，约距今 6~4 亿年有了无脊椎动物，距今 3 亿年才有了脊椎的鱼类，距今 2 亿年出现两栖类、爬行类动物，哺乳动物出现在近 8000 万年，而人类出现则是近 200 万到 300 万年的事了；而植物中最高等的被子植物也出现于距今 1 亿年。如果我们要给地球上的生物排排家谱的话，那么微生物该是最早的祖先了。其二，从数量上看，微生物数量惊人。有人测算过，每克沃土含细菌的量就达 25 亿之多；平时，看似洁净的人体正常带微生物量竟可达 100 万亿个。可以说任何一个角落都存在数量惊人的微生物。第三，从分布看，微生物无所不在。高至几十公里远的高空，深至 1 万多米的太平洋海沟底部，都可找到微生物的踪影。无论我们从空气中、

土壤里、水中还是在动植物的体表和体腔中都能分离到微生物。土壤中有丰富的营养，充足的水分和氧气，它是微生物的家园和温床；而空气和水则是某些微生物生命历程中的驿站；动植物体也是微生物的栖息地，甚至是它们的乐园。另外，微生物可以说也最能耐饥苦的了，就是营养极为贫乏的岩石里，在黑暗的矿石堆中，在不毛的干旱的沙漠里都有许许多多的微生物固守着；在冰天雪地的高寒地带，在热气腾腾温度可达 90 摄氏度以上的温泉中照样存在微生物。人们甚至发现有耐 232 高温的细菌，这是任何其他生物所无法比拟的。第四，微生物的代谢能力和繁殖速度也让其他生物望而生叹。由于微生物具有极大的表面积与体积的比值，所以它们能够迅速地与周围环境进行物质交换。此外，微生物体中富含各种代谢活动所需的酶。因而，微生物较其他生物有更强的合成和分解能力。我们常看到，一堆几千公斤的粮食，开始只有少量霉，在温度、湿度适宜时，只需几天功夫霉菌等微生物便可充斥其中，短时间就可以让这堆粮食霉烂消耗殆尽。而若以同等重量的动物来消耗这堆粮食恐怕需要几个月，甚至几年时间。再如，腐败性细菌只要在几小时内就可使一头几百公斤重的牛尸体变成一滩肉水和一堆白骨；而造就这一个体却需要几年时间啊！有人统计过，一头 500 公斤重的牛，每天能增加的蛋白质只有 0.4 千克，而 500 公斤的酵母菌 24 小时却至少可形成 5000 千克的蛋白质。微生物的代谢速度真可让我们叹为观止。我们利用微生物这种强大的代谢能力可以生产许多我们所需要的东西。

微生物的生长繁殖速度也是惊人的。我们知道，高等生物完成一个世代交替的周期要几年甚至几十年，而微生物一代只需要几分钟。拿大肠杆菌来说，细菌增殖的方式是二分裂法，即以 2^n 递增，大肠杆菌在适宜温度时 20 分钟即形成一代，24 小时则繁殖 72 代，其形成的大肠杆菌数为 2^{72} 即有 4722×10^9 万个细菌。若能提供足够的养分和保持适当的条件，培养 4 到 5 天，其所形成的大肠杆菌的总重量将与地球重量相仿。当然，这是不可能的，因为地球上任何生物都要受到物质条件及其他相关条件的制约，然而，也确实由于许多致病的微生物惊人的繁殖速度使得我们的医疗手段在它们面前无能为力。细菌如此，其它微生物也无不如此。更有甚者是病毒，它们增殖的方法是复制，就像我们翻录磁带一样。病毒在它们所寄生的细胞中，只需按照自己的模样，利用细胞中的各种原料和酶无休止地复制后代个体，直到被寄生的细胞变成空壳为止。至此，它们从这细胞中破壳而出，一次出来就上亿个！然后再分别去感染临近的其他细胞，复制新一代的个体。如此，在极短的时间内就可产生数量极多的后代，这也是高等生物所自叹弗如的。正是微生物有这样神奇的本领，才得以在地球漫长的进行过程中保存下来，而许多较高等的生物却只能在地球上走过短短的进化年代便消声匿迹了。

此外，微生物也极具多变性。因为微生物受环境条件制约很大，环境的改变也极易导致微生物的改变，而这许多变异又往往能以稳定形式遗传下去，这样就产生了新的微生物种类。而这些新种类的微生物恰能适应新的环境要求。通过这种方式，微生物在自然界中变得游刃有余了，而不致被动挨打，等待遭受灭顶之灾的命运了。

由上述种种看来，微生物有许许多多其他高等生物所难以比拟的优点。也正是这些优点，在生物界激烈的生存斗争中，微生物常占据有利条件而得以幸存。所以说微生物是地球的主人并不过分。也许有一天，微生物不高兴起来，想让地球上某些物种消失，那这些物种也就难逃厄运，所以，我们应

该保护好地球的环境，维持生态平衡，让地球上各种生物间相互制约，保持力量均衡，这样才能彼此相安无事。

有了显微镜才看清它

虽然地球微生物存在已有几十亿年的历史，然而人类认识微生物的年代却很晚。虽然，古人早就知道享受美酒佳肴，也知道“若作酒醴，尔惟曲蘖”的道理，但谁也没看到是某些微生物在酿酒中起作用的。几千年来人们只根据经验，以葫芦画瓢而已，谁也不知追求其中的奥秘。直到1665年一个荷兰人叫吕文·虎克，这个出身贫寒，没有受过多少正规教育的人，从小到青年时期就在一家杂货铺当伙计，后来他自己经营一个布店，21岁那年，受雇到市政府当管理员和看门人。可是，他有一个爱好，喜欢磨制各种透镜，喜欢搬弄一些镜片玩玩，很偶然，他把几块透镜组合在一起时，发现经过这东西可以把物体放大几百倍，用这组透镜，吕文·虎克观察了雨水、河水、污水、腐败肉汁等物质，看到了球状、杆状和螺旋状的细菌以及原生动物等各种微小生物，并绘了图，但限于当时人们的认识，吕文·虎克也好像是拿着西洋镜在看里面的木偶戏一样，只是满足了一种好奇，而决没有去重视这些小小的生物存在的意义和它们的本质问题。虽然如此，也正是吕文·虎克的发明才拓宽了人类的视野，从此，人类的眼睛里既有了宏观的世界，也有微观的世界，从此开始知道地球上还有微生物的存在。

自从有了显微镜这一有力的工具，许多人开始了探索、研究微生物的工作，其中不乏成绩斐然者，这当中有法国的巴斯德和德国的科赫，他们为微生物学的产生和发展奠定了基础。

巴斯德和微生物

巴斯德出生于法国东部的阿尔布瓦，早年就读于巴黎高等师范学校，在校期间曾醉迷于化学，并在学生时代就取得了重大成绩。由于偶然的机，促使巴斯德的兴趣转移到研究微生物上来。1855年，他正研究分子的不对称性，所用于实验的酒石酸盐溶液常常长霉。本来这是很平常的事，对很多人来说这种变坏的制剂就应该扔掉了，但巴斯德不这样，他仔细研究了不同构形的酒石酸盐对霉菌的易染性，结果他发现霉菌只利用D型酒石酸盐。由此他发明了一种利用生物法分离酒石酸异构体的简单而巧妙的方法。同时在这过程中，奇妙的微生物世界引起了极大的兴趣。他在里尔大学任教期间，为了解决酒变质等问题，正式开始与微生物打交道，并从此与微生物结下了不解之缘。

19世纪中后期，法国的酿酒和蚕丝业十分发达，但突然遇到了酒的变质和蚕的微粒病的问题，这些严重地威胁着法国的经济发展。

1856年夏天，巴斯德应一些酒厂主的请求，帮助解决酒发酸的问题。在显微镜下，巴斯德发现，好的酒中有一种球形的胖胖的细胞，即酵母菌，这些酵母使糖发酵成酒精；而变质的酒中的细胞是杆状的，这些即乳酸菌和醋酸菌等杂菌，而这些杂菌使酒精氧化变酸。由此，他得出结论，发酵是由微生物引起的而不是单纯的化学变化。不同种的微生物引起不同类型的发酵（这是人类第一次认识到微生物的作用及其引起的现象的本质）。巴斯德认为，要防止酒变质的最好办法是清除酒中的杂菌，于是他发明了低温（60~70℃）下缓慢加热灭菌的方法，这种方法成功地解决了当时法国长期无法解决的酒变酸变质的问题，而他发明的低温灭菌法（巴氏消毒法），今天主要用于鲜奶等食品饮料的灭菌处理。因为这样消毒既可杀灭食品饮料中的致病杂菌又

能保持食品饮料风味不变。

1865 年，巴斯德开始研究欧洲正流行的蚕病——微粒子病。在显微镜下，他发现了这种病的病原微生物。巴斯德认为，防止该病的方法只有抛弃所有被感染的蚕及污染的桑叶，然后从头开始。这种措施拯救了当时濒临崩溃的丝绸工业。

巴斯德在对蚕的微粒子病的深入研究的同时还研究了鸡霍乱，牛、羊炭疽病，人的狂犬病，发现这些传染病都是由病原微生物所引起的。后来他发现，鸡霍乱的病原菌放置一段时间后，毒力会大大的减弱，而将减毒的鸡霍乱的病原菌注射到健康的动物体内后，不但不引起发病，反而可以抵抗强力致病的鸡霍乱菌的侵害，由此，他发明了接种减毒菌苗的方法。借助这一原理，在 1885 年，巴斯德第一次用他制成的狂犬病减毒疫苗挽救了一个被疯狗严重咬伤的男孩。而在此时之前，人被疯狗咬伤只能等死而已。现在我们预防狂犬病同样得益于这一方法。

普法战争期间，他为法国的野战医院的悲惨景象所震惊。根据他的经验，他告诫医生们，把做手术用的工具煮沸，将绷带熏蒸，以杀灭微生物来防止传染。医院采用后，马上使手术的死亡率一下从 90% 下降到 15%，挽救了大批士兵的生命。

此外，巴斯德还以简单而巧妙的实验否定了微生物的自然发生说（认为微生物是由食品、溶液中的无生命物质自然产生的，而不是已经存在于空气、土壤中，并能引起受其污染的物品变质），为人们对引起食品腐败的微生物来源的认识扫清了思想上的障碍。

巴斯德一生致力于微生物的研究，为人类认识微生物及清除微生物带来的危害做出了巨大的贡献，他是公认的工业微生物和医学微生物的奠基人和历史上生物学方面最伟大的科学家之一。

科赫的贡献

在历史上，许多传染病给人和家畜带来了灾难，像炭疽、结核病、霍乱、鼠疫等曾夺去了千百万的生灵。人类为了征服自然，战胜疾病，进行了卓有成效的斗争，在这当中涌现出许多杰出的人物，其中罗伯特·科赫就是最杰出的科学家之一。

1843 年 12 月 11 日，科赫出生在德国汉诺威的一个普通家庭，1866 年毕业于戈丁根大学医学系。普法战争期间，他曾任随军外科医生。战后，定居于布雷斯劳，并作了一名乡村医生，他一边给村民看病，一边废寝忘食的研究细菌。当时炭疽病在欧洲大陆风行，大批的牛羊倒地死亡，人也由于接触患病动物而感染上，许多人死于非命。科赫所在的布雷劳斯地区炭疽病也很流行，为了战胜这个疾病，他开始了炭疽病的研究。他把因患炭疽病而死的牛羊的血涂在玻片上，在显微镜下观察，结果发现除圆饼状的血细胞外，还有一小条一小条像小火柴棒一样的小虫在动，而他检查健康牛羊的血却从未发现过这东西，他把带有这小棒一样东西的牛羊血注射到健康的牛羊身上，不久健康牛羊也得了炭疽病死掉了，他再去检查这些死掉的牛羊的血，结果发现，这些牛羊的血中也有了这种小虫。原来牛羊炭疽病是由于这种杆状的小虫子在作怪！之后，他又在小白鼠身上作试验，得出同样结果。科赫进一步把这小棒状的细菌放在体外营养液中培养，并转移多次，再接入到动物体内，同样也能引起相同的疾病。这样，他发现并分离了这种致病菌。这也是人类第一次证明：特定的疾病是由特定的微生物所引起的。

1880 年他转到柏林帝国医院工作。在工作中他一直未放弃过对细菌的研究。在这过程中他发明了两种研究细菌的方法，一种是用固体培养基来分离纯化细菌。因为用液体培养基培养细菌，几种细菌混和生长，很难把他们分开，而在固体培养基表面，一个孤立的细菌固定在培养基上的某一点上生长繁殖，形成一个菌落，这菌落来源于同一种细菌，故而是纯的。然后，我们可以很方便地把这些菌落移植到其它培养基上，从而纯化细菌。另一种是科赫对细菌用苯胺进行染色，使本来在显微镜下透光只能模糊看到的细菌，变得清楚可见。通过一系列的研究，科赫提出了一个确定病原菌的重要准则，即科赫定理：

首先一种病原微生物必定存在于患病动物中。

其次这种病原微生物必能从寄生主体分离到，并能获得纯培养。

还有分离到的纯培养物接种到敏感动物身上，必然出现特有的疾病症状。

另外以人工接种致病的动物体，必定能再分离出与原来相同的微生物，并能培养出纯培养物。

利用这些定理和技术，科赫分离了许多种疾病的致病菌。1882 年，他成功地分离出引起可怕的结核病的致病菌——分枝结核杆菌，并论证了它的致病机理。1890 年，他培养出结核杆菌素，并用来诊断和治疗结核病。为此，他获得了 1905 年的诺贝尔生理学及医学奖。哪里有疾病的流行，哪里就有科赫的身影。1883 年，他率领医药专家深入埃及和印度灾区，研究鼠疫和霍乱，在那里，他发现了致病的霍乱弧菌，提出了预防霍乱流行的方法，为此，他得到了德国政府给予的十万马克的奖励，并在 1885 年被聘为柏林大学的卫生学教授。1897 年到 1906 年，他通过一系列的工作指出，传播鼠疫的是一种寄生在鼠身上的虱子，而昏睡病的传播媒介是采采蝇。根据这项发现及结合其他科学家关于疟疾传播的形式，他提出了控制疟疾的新方法，即消灭携带致病微生物的传播媒介——吸血昆虫。

科赫一生都致力于致病微生物的研究，为人类的健康事业立下了不朽的功勋。不仅如此，他创造性地建立了一套研究微生物的技术方法（分离、培养、接种、染色等）及对病原微生物的确立提出了严格的准则，这些一直沿用至今。

微生物学的发展与完善

在巴斯德和科赫等人的基础上，微生物学发展迅速。然而在 1887 年之前，微生物学这门学科，无论是观点上或方法上都受巴斯德和科赫两个学派统治，他们研究细菌，目光只局限在能分解有机质的一类菌上，而忽略了细菌的另一半，即能通过氧化无机物或简单有机物获得能量或直接吸收光能，进行光合作用合成有机物的一类细菌——自养菌，象固氮菌、硝化菌、硫化菌、甲烷菌、蓝细菌等，都是这类菌。而贝杰林克和诺维格拉德斯基研究了豆科植物的根瘤菌及土壤中的固氮菌和硝化细菌后，提出了土壤细菌及自养微生物的研究方法。这进一步拓宽了人们对微生物认识的范围，完善了微生物学的知识体系。之后，伊凡诺夫斯基于 1892 年在烟草花叶病的研究中，观察到花叶病烟草所具有的感染性的抽提液经过细菌过滤器（一种能让细菌等较大的颗粒留在上面的孔径极小的过滤器）以后仍有感染性，从而发现了非细胞的生命形式——病毒，这种微生物于 1935 年被美国科学家斯坦利第一次提纯并结晶出来，1939 年柯施在电子显微镜下面看到了它，从而生物家族又

多了这一特殊的生命形式。

在巴斯德、科赫之后的短短几十年中，通过许多的努力，人们又陆续找到了其他形式的微生物，如放线菌、立克次氏体、螺旋体、霉形体、衣原体等，从而微生物家族中的各个成员都一一暴露在人们的面前。当然，微生物世界广大而深远，人们的探索脚步不会就此停止。

微生物家族

在自然界中微生物种类很多。根据生物学家系统的分类方法，我们一般可把微生物分为细菌（包括自养型菌和异养型菌），真菌，螺旋体、霉形体、立克次氏体、衣原体和病毒八大类。

细菌

细菌是自然界中分布最广、数量最多、与人和自然关系最为密切的一类微生物，这类微生物都是以单个细胞形式存在，无细胞核。

细菌很小，衡量它的单位是微米（千分之一毫米）。一个细菌一般只有一微米那么大，所以我们必须用显微镜把它们放大几千倍甚至几万倍才能看到它们。

细菌形态多样，但基本的形态有三种，即球状、杆状与螺旋状，因而我们可把细菌分为球菌、杆菌和螺旋菌三种。根据球菌分裂后排列成的形状情况，又可分为双球菌、链球菌、回联球菌、八叠球菌和葡萄球菌等。很多球菌存在于空气和人畜体内，多数为不致病菌，但也有一些可致病，如引起人肺炎的双球菌，引起人畜化脓炎症的链球菌和金黄色葡萄球菌等。

杆菌又可分为长直大杆菌、短杆菌、球杆菌、棒状杆菌和梭菌等，其中梭菌是因为杆菌的菌体内形成一个比菌体直径大的芽胞，因而形成外形如织网的梭状。自然界中细菌多数是杆菌，杆菌中有许多是致病的，象炭疽杆菌、结核杆菌、坏死杆菌、沙门氏杆菌、丹毒杆菌、布氏杆菌、巴氏杆菌等，它们可引起烈性传染病，严重地危害人畜；还有的如梭菌，则能产生强烈的外毒素，可引起人畜中毒，如破伤风梭菌能产生神经痉挛毒，引起人畜强直症；又如肉毒梭菌产生的肉毒素，是现已知的毒物中最毒的一种，1毫克毒素能致死 10^9 只小白鼠，也可使几十万人死亡。

螺旋菌又可分为弧菌和螺菌，弧菌是菌体只有一个弯曲度的一类细菌，这类细菌中，我们熟悉的如霍乱弧菌就是。螺菌是数次旋转呈螺旋形的，如人畜中的一种致病菌——空肠结肠弯杆菌即是。

细菌的结构有基本结构和特殊结构两种。基本结构包含细胞壁、细胞膜和细胞质及少量的细胞器，没有细胞核，核内的遗传物质均分散在细胞浆中。

有些细菌有特殊结构，如黄膜、鞭毛、菌毛和芽胞。黄膜是细菌胞壁外的一层滑液样物质，在白细胞捕捉细菌的时候，细菌依靠黄膜逃逸。鞭毛是细菌长出的长长的尾巴或长毛，它可以摆动，细菌借此可以运动。菌毛是细菌周生长的一层细的绒毛，通过这些菌毛可以粘附在寄生物表面。芽胞是有的细菌在条件恶劣的情况下，菌体发生浓缩、外壳变厚所形成的一种小体，它可以帮助细菌躲过难关，并在条件适宜时重新长成菌体。

细菌的生命活动：细菌作为一个独立的生命体，它时刻进行着新陈代谢，与周围环境进行物质交换，合成菌体组成成分，分解一些物质，获得能量；在新陈代谢的同时，细菌也进行着生长和繁殖。这些都是些生物化学反应的过程。在这些过程中，需要各种酶（生物化学反应的催化剂，是一种蛋白质）参与，不同的细菌有不同的酶系统，因此鉴别细菌就靠鉴别其所含有的

酶。

细菌与外界环境间的物质交换很迅速，生长很快。一般细菌只要十几分钟到几分钟就可完成一个世代，它们繁殖的方式是二分裂法，即一个变二个、二个变四个、四个变八个，如此，一个细菌在合适的条件下培养 24 小时后，可以达到万亿亿个（ 10^{20} ）细菌。从一个细菌起，在这短短的 24 小时所进行的物质交换可达 10^{17} 千克以上。可见细菌的代谢和繁殖是多么的神速。

细菌的营养类型：自然界中细菌种类很多。我们一般认为细菌这种微生物在生态系统中起分解作用，即分解有机物，使有机物还原为矿物态的无机物，供植物利用。事实上，所有的腐生性细菌和寄生性细菌都是这样的。它们分解动植物的尸体、分泌物和排泄物，分解食物残渣，甚至分解活的机体，让有机物质变成无机物质，使地球上有限的物质资源能周而复始循环运转着，而不致枯竭。这类起分解作用的细菌我们叫它们为异养菌。但除异养菌外在自然界中还存在种类和数量繁多的自养菌，这些细菌有的能氧化无机物，象硝化细菌、硫化细菌和氢细菌，它们通过氧化无机物质获得能量，利用这些能量再同化 CO_2 ，合成菌体所需的成分。有些细菌菌体中具有光合色素，它们能象绿色植物一样直接利用光进行光合作用，合成有机物。如绿硫细菌、紫色细菌和蓝细菌等。这些类型的细菌，很多在其生长过程中不需要有机物，有机物存在反而会抑制它们生长。

自然界中存在的细菌多数是对我们有利的，它们在自然界的物质转化中起着不可缺少的作用。由于这些细菌的存在，使自然界的 N、C、S 等许多元素及其所组成的物质处于循环往复的转化中，同时由于这些细菌的存在改善了土壤的成分和结构。这对我们来说是很有意义的，因为动植物都直接或间接地从土壤中汲取养分。当然，在自然界中还存在着一小部分致病性细菌，它们能引起各种动植物病害，有的甚至造成灾难，所以说细菌既是人类的朋友，也是人类的敌人。

真菌

其实真菌与其他的微生物有很大的差别。首先它跟高等生物一样，是真核型的，即有完整的细胞核及细胞中有各种各样的细胞器。其次许多真菌我们肉眼可见，如梅雨天，许多东西长霉，可看到毛绒绒的菌丝；我们平常吃的磨菇、香菇、药用的灵芝、冬虫夏草等；还有的蕈类子实体直径可达 1 米左右，它们也都属于真菌，这些都是我们可用肉眼看见。把它们当作微生物似乎不妥，但它们在生物特性上与高等生物存在很大差别，它们又确属于微生物。

真菌在自然界中分布很广，种类繁多，现已发现的真菌有十万多种。它们包括单细胞真菌——酵母菌、丝状真菌——霉菌和大型真菌。

酵母菌我们较熟悉，做馒头、面包、酿造啤酒等都利用它发酵。酵母菌是分属不同种群的单细胞真菌的一个总称。

酵母菌多数是单细胞的，形状因种而异，但基本形状为球形、卵圆形和圆柱形。有些酵母在无性繁殖过程中子细胞与母细胞不分离而连成丝状，如热带假丝酵母。酵母菌细胞大小，由于种类不同，差别很大，一般长 2~3 微米，有些则长达 50 微米，宽度通常在 1~10 微米。酵母菌在培养基上生长情况与细菌相似。酵母菌的结构与高等生物的细胞相似，含有细胞壁、细胞膜、细胞质和细胞核及各种细胞器，如线粒体、肉质网、核糖体等。

酵母的繁殖方式有有性繁殖和无性繁殖两种，而以无性繁殖为主。无性

繁殖又分芽殖和裂殖，前者在母细胞表面，向外突出形成一个小芽，最后芽体脱落，形成新个体，多数酵母以这种形式产生子代。而后者象细菌一样，母细胞一分为二，形成二个新个体。

丝状真菌：多数真菌都是由菌丝组成的，菌丝有分枝，纵横交错的菌丝组成菌丝体，而有的在此基础上再形成各种形状的子实体。菌丝分为无隔菌丝和有隔菌丝两类。无隔菌丝中间没有横隔膜，整条菌丝也就是一个单细胞，这个细胞是多核的。在菌丝生长过程中只有细胞核在分裂和原生质在增长，而没有细胞数目的增加。有隔菌丝是菌丝中有横隔膜隔开的，每一隔为一个细胞，因而，有隔菌丝为一个多细胞体，在菌丝生长过程中，每个细胞也随之分裂，因而细胞数在增加。

丝状真菌菌丝细胞是由细胞壁、细胞质、细胞膜和细胞核及细胞器所组成的。菌丝的直径在 3~10 微米左右。丝状真菌的菌丝体，虽不像植物一样有根、茎、叶的分化，但其菌丝还是有功能分化的。生长在固体基质中的菌丝，可以摄取营养，故叫营养菌丝；菌丝向上生长，伸展在空气中的叫气生菌丝；气生菌丝生长到一定阶段，顶部的菌丝成熟分化成繁殖器官，这段菌丝叫繁殖菌丝，在其顶端可产生孢子。

丝状真菌分为霉菌和大型真菌。

霉菌是在基质上长成绒毛状、棉絮状或蜘蛛网状的丝状真菌的总称。我们平常看到东西发霉，都是由这类微生物引起的。霉菌的繁殖方式有有性和无性繁殖两种，它们多数都以产生孢子的形式进行繁殖。

霉菌的种类很多，常见的霉菌有：根霉、毛霉、脉孢菌、曲霉和青霉。

根霉在自然界中分布很广，常出现在淀粉食品上，引起食品霉变。酿酒工业常用根霉作为糖化菌。工业上也常用根霉生产各种有机酸。

毛霉存在于土壤、堆肥、蔬菜、水果及各种富含淀粉的食品上。其分解蛋白能力很强，常用于制作豆腐乳。工业上用毛霉生产淀粉酶和柠檬酸等。

脉孢菌又称链孢菌，是研究遗传和生化的良好材料，有些会造成食品腐败。但由于脉孢菌含有丰富的蛋白质和维生素，常用于工业发酵及饲料制作。

曲霉广泛存在于空气、土壤、谷物及各种粮食作物下脚料和废料中，在发酵工业、食品工业、医药工业上常用曲霉来酿酒、制醋、生产有机酸和酶制剂。而有的曲霉，在代谢过程中会产生毒素，引起动植物致病，如产生黄曲霉毒素——一种可引起肝癌及急性中毒致死的强毒素。

青霉菌在自然界中分布极广，种类多，在工业上有很高的经济价值，利用它们可以产生有机酸及生产青霉素等抗生素。还有许多青霉菌，分解能力很强，可以导致植物病害及引起水果腐烂。

大型真菌个体很大，它们包括食用菌和药用菌。这些真菌除形成菌丝体外，在一定条件下，还能形成子实体。我们看到的香菇、磨菇及灵芝像伞状、蛋状或云朵状的这些都是子实体。食用菌大多含有较多的蛋白质和氨基酸及许多维生素，是我们很好的食物资源和保健用品。药用菌，含有一些多糖类物质，可以用来抗癌等。

放线菌

放线菌是一类介于细菌和真菌之间的原核型微生物，它们广泛分布于土壤、堆肥、河底、湖底的淤泥之中。它们以孢子或菌丝的形式存在于大自然中，每克土中含有数万至数百万个放线菌孢子，在中性和偏碱性的沃土中含量更高，土壤特有的土腥味就是由放线菌代谢产物所造成的。

放线菌的菌体由菌丝组成，许多菌丝组成菌丝体。其菌丝很细，直径一般在 0.5~1 微米之间，与细菌直径相仿，多数菌丝没有中隔；放线菌菌丝结构也由细胞壁、细胞膜和细胞质构成，有核质却无核膜。放线菌的繁殖多因菌丝断裂而生出新个体，但主要仍靠产生孢子来繁殖后代。孢子在适宜的条件下膨大，长出数根芽管，由此长出菌丝。在固体培养基上，菌丝生长以后，形成营养菌丝、气生菌丝和繁殖菌丝。放线菌大多数为腐生菌，少数能寄生于动植物体而致病，此外放线菌能使水和食物变味，有的能使棉毛、纸张等霉坏。放线菌在工业上，主要用来生产各种抗生素，目前世界上已发现的抗生素达 2000 多种，而其中有近 60% 是放线菌产生的。

螺旋体

螺旋体是一类柔软弯曲的单细胞原核型微生物。它虽没有细菌的鞭毛，但能像原生动物那样，进行屈曲和自由的运动，因而，它是介于细菌和原虫之间的一类微生物。其实，螺旋体在吕文·虎克发明显微镜时已被发现，并绘了图。但直到 1835 年，Ehrenberg 在水中发现具有特殊运动的这类微生物时才正式被命名为螺旋体。

螺旋体在自然界水生环境中广泛存在，也有些分布在人和动植物体内。大部分螺旋体是营腐化性生活的，少部分营寄生生活而致人畜发病，如梅毒密螺旋体、钩端螺旋体、猪痢疾密螺旋体，都是常见的致病性螺旋体。

螺旋体呈螺旋状或波浪状，其大小长度极为悬殊，长可为 3~500 微米，宽为 0.03~3 微米，因而有些螺旋体可通过细菌滤器。

螺旋体的细胞结构为：中心为一段原生质柱，外有一根或多根轴丝，沿原生质柱的长轴缠绕。原生质柱具有细胞膜，膜外尚有由细胞壁和粘液层所构成的外鞘，轴丝亦被外鞘和细胞膜所包裹。轴丝起源于附着盘，其数目与轴丝相等分别位于原生质的两端。轴丝起于一端而延长到细胞长度约三分之二处，因此起源于细胞两极的轴丝，可于细胞中部相互重迭，轴丝对于螺旋体的运动起一定作用，轴丝伸缩而导致螺旋体活泼运动。螺旋体不具有定形的核，无芽胞；核酸有 RNA 和 DNA 两种，以二等分横分裂法繁殖。

霉形体

霉形体曾译为支原体。是目前已知能独立生活的单细胞原核型的最小微生物，它们广泛存在于自然界的污水、土壤、矿石、植物、昆虫、人畜体内外。有些是腐生性的，但许多是人畜和植物的病原体。

霉形体没有细胞壁，因而形态多种多样，有球形的、丝状的和分枝状的。它们体积很小，如球状的直径只有 0.2~0.3 微米，比细菌要小。由于没有细胞壁，形体柔软、能变细，故能通过细菌滤器。此外，它对青霉素具有抵抗力，故一度被认为是病毒，但它不仅能在活的组织细胞体内繁殖，也能在无细胞的人工培养基上繁殖，体内含有两种核酸，以二分裂法或芽生方式进行繁殖，对其它抗生素敏感，故又有别于病毒。

对霉形体的研究最初是从探讨传染性胸膜肺炎的病原开始的。早在 1700 年就发现牛的传染性胸膜肺炎的病原不能在人工培养基上生长，而且能通过细菌滤器，因此，长期以来，一直被认为是病毒。直到 1898 年，才由 Nocard 等人用无细胞的人工培养基分离成功，因其生物性状较为特殊，称胸膜肺炎微生物。其后许多学者又从广泛的宿主如人类、羊、猪、犬、狗、家禽、昆虫及污水、土、植物中分离到相似的微生物，它们有的虽不引起胸膜肺炎病变，但在形态、培养特性等方面与其相似，乃统称为类胸膜肺炎微生物。直

到 1956 年爱德伍德 (Edvard) 和弗兰德 (Freundt) 提出霉形体这一命名和新的分类体系，从而取代了类胸膜肺炎微生物，而得到了国际细菌学命名委员会批准，才正式确定。

霉形体营寄生生活，部分营腐生生活。营寄生生活的致病性较弱，若是单纯性感染时常常症状轻微或无临床表现，当其受到某些病原微生物（如细菌或病毒等）的继发性感染或受到外界因素的不良作用下，就发挥致病作用，引起疾病，其所引起的疾病特点是潜伏期长，常常呈慢性经过和地方流行。病原性霉形体常定居于各种动物的呼吸道、泌尿道、乳腺、消化道、眼等结粘膜表面，并对胸腺、腹膜、关节滑液囊的间质及中枢神经系统的亲和力强。致病性霉形体所感染的宿主范围极窄，多具有种的特异性。

立克次氏体

立克次氏体是由美国病理学家立克次发现的。关于它的发现还有一段故事呢！

历史上由立克次氏体引起的斑疹伤寒曾给人类带来了灾难，它被认为是仅次于疟疾和鼠疫的人类的瘟疫。例如，第一次世界大战期间的塞尔维亚战役，斑疹伤寒的流行就曾决定了整个战局的进行。

立克次早年就对病理学和微生物学有研究，他看到了斑疹伤寒的危害性，就决定攻克它。在对这病的研究过程中，他又碰到另一种奇怪的病——落矶山斑点热，该病患者浑身发黑，皮肤出现红色出血斑点，眼结膜充血，持续高热，几天便死亡，跟斑疹伤寒很相像。于是，他决定从这个病先开始。

在研究中，他了解到了一个重要信息：落矶山斑点热死者都曾被当地一个峡谷里的木壁虱叮咬过。于是，立克次冒着生命危险，亲自到风景宜人却凶险可怖的峡谷里。为了寻找自然界中存在的可能受到感染的木壁虱，他耐心地梳理各种东西，仔细地收集这些虱子，然后把收集到的虱子小心地放在实验用的豚鼠裸露的皮肤上。结果豚鼠被咬后一个个患上斑点热而死去。这样，他找到了传播这病的媒介物——木壁虱。1906 年，他从木壁虱体内分离出致病因子——一种极不寻常的微生物，它不能在人工配制的培养基上生长，只能在活细胞内寄生。

立克次接着就着手开始研究斑疹伤寒。通过研究，他证明，该病也是由于这种微生物的感染而引起的。1911 年，正当他对这种微生物进行更深入地研究时，不幸在墨西哥城染上了斑疹伤寒而死去。他的去世震动了整个科学界，人们深深地为他献身科学的精神所感动，为此，墨西哥城为他举行了为期三天的悼念活动。

在立克次逝世五周年的纪念日，即 1916 年，人们把斑疹伤寒和落矶山斑点热的病原微生物命名为立克次氏体，以缅怀他为人类所作的贡献。

立克次氏体是介于细菌和病毒之间的一类单细胞原核型微生物。其有些特性像病毒，有些特征像细菌，除少数（如五日热病原体等）能在无生活细胞的人工培养基上生长外，绝大多数均为严格的活细胞内寄生性微生物。它比细菌小，多在 0.3~0.5 微米，可以在光学显微镜下观察到，一般不能通过细菌过滤器，同时含有 DNA 和 RNA 两种核酸，有典型细胞结构，以二分裂法繁殖，对某些抗生素敏感。立克次氏体呈多形性，有球状、球杆状和杆状。

立克次氏体通常存在于一些节肢动物（虱蚤、虫阜、螨等）体内，但不会引起节肢动物发病，而人被这些节肢动物叮咬后，感染致病性立克次氏体就可得病。事实上，由立克次氏体引起的病通常都是由节肢动物来传播的。

由立克次氏体引起的病很多，通常都是热病，如斑疹伤寒、Q 热、恙虫病、战壕热等等都是。

衣原体

提起沙眼，大家一定很熟悉。患者老是眨眼、流泪，很痛苦，时间长了还能导致失明。而引起这个病的罪魁祸首就是衣原体——沙眼衣原体，这种微生物在 1956 年由我国科学工作者汤飞凡等通过鸡胚培养而分离到。

衣原体与立克次氏体很相似，是介于细菌和病毒之间的另一类单细胞原核型微生物。衣原体营严格的细胞内寄生，在人工培养基上不能生长；因所处发育阶段不同，大小也不同。在普通光学显微镜下可观察到，形状如球形，同时含有 DNA 和 RNA 两种核酸，有细胞结构，具有细胞壁。

衣原体在生活史中存在两种形态：一种叫小细胞或原生小体，另一种叫大细胞或始体。小细胞体积小，直径为 0.2~0.4 微米，细胞壁厚，对外界不良环境抵抗力强，并具有感染性；小细胞侵入到宿主细胞后发育为大细胞。大细胞无感染性，直径约 1~1.5 微米，细胞壁薄，壁中结构松散；大细胞以二分裂进行繁殖，产生小细胞。当寄主细胞解体后，这些小细胞能被释放出来，再去侵染另一些寄主的细胞。

衣原体在脊椎动物中可致各种疾病，象沙眼、鹦鹉热（一种人畜共患的鸟类的烈性致死性的传染病）并引起各种动物流产。但它不像立克次氏体那样需要经节肢动物作媒介来传播。

病毒

讲到病毒，我们自然会联想到病毒所引起的许多疾病。如人类的超级癌症——艾滋病、白色瘟疫——乙型肝炎、流行性感冒、天花、小儿麻痹症、狂犬病及现在在扎伊尔流行的新病——埃博拉等，都是由病毒所引起的。病毒这种连一个细胞也不是的小小生物，给人类带来了多少的灾难，向人类提出了多少的挑战！而人类发现病毒确也经历过了很长的一段历史。

我国早期的历史文献《左传》就有载，春秋襄公 17 年（公元前 566 年）“十一月，甲午，国人逐瘕狗……”。很明显，人们已经知道，疯狗咬人后要致病，所以驱瘕狗以防狂犬病。早在宋真宗年代，我国民间就有人用天花的痘痂接种未生天花的人以预防天花，这种方法后经土耳其传到欧洲。后来，琴纳受到启发，发明了以种牛痘来预防天花而获得成功，从而人类找到了战胜天花的法宝。同时，巴斯德也找到了预防狂犬病的疫苗。人类在与病毒作斗争中发现，病毒病很难治疗，多数都要靠预防，预防各种病毒病的疫苗也就应运而生了。由此，人类在与病毒病的斗争中打了一个又一个的胜仗。但对这些病的根源的认识，却很肤浅也很晚，而且，发现病毒这种微生物是在植物病害中引出的。

19 世纪，烟草是俄国的重要经济作物，农民大面积地种植。可是一段时期成片的烟草得病，烟草叶上出现典型的花叶斑纹，继而烟草枯死掉。这给俄国经济带来了巨大的损失。1886 年就有人把具有斑纹的叶片摘下，捣碎成汁液，然后涂到健康的植株上面，结果，健康植株也患上了花叶病。这表明烟草花叶病具有传染性。

1892 年，俄国植物学家伊凡诺夫斯基把一些花叶病病叶研碎榨汁，然后让他们通过细菌过滤器进行过滤除菌，然后他把滤液涂到健康植株上，结果健康的植株也得了花叶病。他由此得出了一个结论：滤液具有传染性，是由于里面存在的某些比细菌还要小的致病微生物在起作用。这样，他其实已发

现了病毒这一类特殊的微生物。但遗憾的是，伊凡诺夫斯基对此研究没有深入继续下去。三年后，荷兰生物学家贝杰·林克也从病叶上挤出汁液，通过实验进一步地证明了伊凡诺夫斯基的结果，他在培养基上培养液汁，结果在培养基上培养不出任何东西。他把这些汁液用一个可以滤去已知最小细菌的过滤器过滤一遍后，发现滤液仍有感染性。而且它也不可能是化学类的毒物，因为从受感染的植株中得到的汁液能重新感染另一株健康植株，健康植株也可得同样病，并且连续不断地做下去，也可得到同样的结果。因此，这种有感染性的因子必定是能生长繁殖的生物。1898年，贝杰·林克宣布：引起烟草花叶病的感染物不是细菌，而是另外一种比细菌小，有感染力的有生命物质。他把这东西叫病毒（Virus），即拉丁语“毒”的意思。此后，其他一些可通过细菌滤器的致病因子，包括致动植物病害的致病因子被发现，人们便称它们为“滤过性病毒”。后来，“病毒”这个概念便被普遍接受下来。

虽然19世纪末就已发现了病毒，但对病毒的本质认识却还是本世纪中叶的事。1935年美国科学家斯坦利用成百吨的花叶病叶榨汁提纯了杆状的烟草花叶病毒的结晶。1939年柯施在电子显微镜下看到了呈棒杆状的烟草花叶病毒。后来人们又知道烟草花叶病毒只有核酸和蛋白质两种成分，其中核酸具有感染性和复制能力。至此，人们才算真正认识了病毒。

病毒是一种特殊的微生物，它跟我们已讲到的微生物都不一样。

病毒没有细胞结构，而其他微生物都是由一个细胞或多个细胞构成。病毒只含有一种核酸：DNA或RNA。而其他微生物两种核酸都存在。

病毒是营严格的活细胞内寄生的微生物，它没有细胞的结构和组分，没有完成代谢所需要的酶系统，所以无法进行独立的生长和繁殖。病毒不能长大，不经分裂。其增殖是靠以其核酸为模板进行复制或生物合成，在寄主细胞中获得组分，进行装配而产生子代。

病毒对一般抗生素和作用于微生物代谢途径的药物均不敏感。绝大多数病毒在不同程度上对因感染或受刺激的细胞所产生的干扰素敏感。

有些病毒的核酸能整合到宿主细胞的DNA或RNA上去，从而诱发潜伏性感染。

病毒粒子在电子显微镜下一般呈球状、棒杆状、蝌蚪状和丝状等多种形态。人、动物和真菌的病毒大多呈球状，少数呈子弹状或砖状，植物和昆虫病毒多数呈棒状或杆状。而寄生于微生物体内的病毒——噬菌体，部分呈蝌蚪状，部分为丝状或球状。

病毒粒子体积很微小，常用纳米（nm）表示，1纳米为千分之一微米。一般病毒粒子直径只有几十个纳米，在普通光学显微镜下看不到它们的个体，只有在电子显微镜下把它们放大几万倍甚至几百万倍才能看清。

病毒结构很简单，主要由核酸和衣壳两部分组成。核酸和衣壳统称为核衣壳，有些病毒在核衣壳外还有一层外套称囊膜，囊膜是病毒粒子成熟时由寄主细胞膜包裹而成的。

病毒的核酸分为DNA或RNA两类，但没有两者同时存在。病毒的核酸贮存病毒的全部遗传信息，如把核酸注入活细胞内即能引起感染，并能在此细胞中复制产生完整的病毒子。这在噬菌体和某些植物病毒获得证明。

病毒的衣壳包在核酸外面，多数是一层，少数是二层。它能保护核酸免遭外界理化因素的破坏，也与病毒吸附于易感细胞有关。它的化学成分为蛋白质，由许多蛋白质单体或原体的被称为衣壳粒的亚单位所组成，这些衣壳

粒在衣壳中呈规则排列。衣壳的结构有三种形态：螺旋对称，这类病毒的衣壳是由衣壳粒一个挨一个地呈螺旋对称排列成螺旋状实心筒，核酸存在于衣壳内侧的螺旋状沟内。20面体对称，这种衣壳是由20个等边三角形所组成。复对称，此类病毒的衣壳是由两种结构组成的，既含有螺旋对称，又含有20面体对称的部分。

病毒很小，在光学显微镜下看不到，但有时有的病毒感染细胞后却能在细胞中出现光镜下可见的小体，这种小体叫包涵体。包涵体产生的原因是复杂的，既可能是许多病毒子的堆集，也可能是许多病毒子未装配的部分，也可能是细胞对病毒产生反应的应答产物。包涵体的出现可为诊断病毒病提供很大的方便。

病毒的增殖是一个极为复杂的过程。它不象有细胞的微生物那样靠分裂或产生孢子来增殖，而是靠复制来增殖。当病毒感染一个细胞时，它首先吸附到被感染的细胞表面去，这种吸附是有种的特异性的，然后，病毒有感染作用的成分被注入到细胞体中去。在细胞中，病毒的核酸依照中心法则被翻板复制出来，同时病毒的核酸也操纵着有关蛋白质的合成，之后，新形成的核酸和蛋白质按原病毒的组合形式装配起来，这样就形成一个新的病毒粒子。这些粒子以一定方式从细胞中释放出来，再去感染另外的细胞。另外，有些病毒在释放时也忘不了带一块细胞的膜覆盖在自己的身上形成囊膜。当然，有些病毒不释放而是把自己的核酸片段整合到寄主细胞的核酸中去，与寄主细胞融为一体，像许多寄生于细菌或真菌体内的噬菌体就是这样。

病毒作为一种需要严格的活细胞内寄生的微生物，许多都可引起动植物的病害。其致病的机理可能有如下两个方面的原因：

1．细胞的损伤作用：杀死细胞的病毒通过它的特异性产物影响细胞本身或其调节功能，导致细胞的致死性损伤。病毒的早期蛋白质常会抑制宿主细胞的蛋白质和RNA的合成，从而危及细胞的生命；病毒的某些大分子，如衣壳蛋白对细胞也有毒害作用；病毒感染细胞后，在细胞体内所形成的包涵体对细胞的生理功能产生了妨碍，细胞溶酶体遭到破坏后，泄出来的酶会导致细胞自溶。这些因素单个或联合起来导致细胞的死亡。

2．细胞转化作用：有些DNA病毒或反录病毒（由RNA复制DNA的一类病毒）在感染不太易感的细胞时，它们的DNA整合到被感染的细胞的染色体中去，而并不生产完整的病毒子，仅能转录一部分信使RNA，后者又转译出一二种蛋白质，破坏细胞正常生长的控制机理及导致胞膜的结构和功能上发生巨大变化。这类转化的细胞具有下列这些特征：多以在体内外无限制地分裂生长。正常细胞生长到与相邻细胞接触时就会自我限制，不再分裂，而转化细胞丧失了接触抑制作用而重叠生长。在细胞表面出现有病毒特征的抗原。许多肿瘤细胞即是这种转化细胞。

对付病毒引起的病害，科学家已找到了很多办法，干扰素和许多中药可以用来治疗病毒病；当然，预防病毒病的有效办法还是通过疫苗的免疫接种，激发机体的免疫功能来达到防范和消灭病毒病的目的。

无所不在的微生物

土壤微生物

土壤是微生物生活的最好的场所。土壤具有微生物生长所需要的各种条件。首先，土壤中有丰富的有机质，能为微生物提供碳源、氮源和能量；同时也有丰富的无机矿物质，为微生物的生长提供矿物养料。土壤的良好持水

性，保证了微生物生长繁殖所需要的水分。土壤的多孔性贮留了许多空气，能满足好气性微生物的需求。另外，土壤的酸碱度接近中性，渗透压在 3~6 大气压之间，与微生物生长繁殖所要求的相似。土壤中，温度相对稳定。这些，都能满足微生物生长繁殖的要求。因而土壤事实上是“微生物天然的培养基”。在这里微生物的种类最多，数量也最大，据估测，通常一克肥土含有几亿至几十亿个微生物。贫瘠的土壤每克所含的微生物量也在几百万至几千万之多。其中既有非细胞形态的微生物，也有细胞形态的微生物及藻类和原生动物。

土壤微生物，以细菌为最多，通常占土壤微生物总数量的 70%~90%，主要是腐生性菌，少数是自养性的。细菌虽小，但由于数量多，所以生物量也高，所谓生物量，是指单位体积中，活细胞的重量。据估计，土壤中细菌的生物量，若以每亩半尺深耕作层的土壤重 30 万斤计，则每亩土壤的这一深度内细菌的活重为 180~460 斤。以土壤有机质含量为 3% 计算，则所含细菌的干重约为土壤有机质的 1% 左右，而占土壤重量的万分之三左右。由于它们个体小，数量大，与土壤接触的表面积特别大，成为土壤中最大的生命活动面，也是最活跃的生活因素，时刻不停地进行着与周围环境的物质交换。

土壤类型不同，土层深度不同，季节的不同，降水量的多寡，土壤反应，耕作制度等都对细菌的分布和活动产生影响。一般来说，富含有机质的黑钙土比有机质缺乏的灰化土含有的细菌要多。表层土中的数目和种类也都比深层土中多。特别是硝化细菌、纤维分解菌和非共生固氮菌等更是随土层深度的增加而急剧减少。土壤中有机质的矿化以春秋两季最甚，因而菌数也会相应增加。土壤中含有的空气和水分是对立的，降雨量过多，碍及通气，好氧性细菌的数量会减少。土壤过酸或过碱对很多细菌的生长都是很不利。耕作可以改善土壤中空气和水的状况，促进好氧性菌的活动，有利于有机质的分解。

土壤中放线菌的数量也很大，仅次于细菌，每克土壤含有几百万到几千万的菌体和孢子，约占土壤中微生物总数的 5%~30%。它们多喜欢碱性富含有机质的温暖的土壤。放线菌数量虽比细菌少，但由于体积大，比细菌大几十倍到几百倍，所以，在土壤中的生物量并不低于细菌。放线菌耐干燥能力较细菌要强，能存在于干燥的土壤乃至沙漠中，它们随土壤深度的增加而减少的速度比细菌慢，因此，深层土壤中放线菌往往比其他微生物要多。

真菌主要分布在土壤的表层，由于它们喜酸性，因此，在酸性森林土壤中更多。真菌在数量上要比细菌和放线菌要少，每克土壤只含几万至几十万个，但由于其菌丝很粗，个体体积较细菌和放线菌大，所以它们的生物量也不少。土壤中真菌含有霉菌、酵母菌和担子菌等。这些真菌往往具有很强的分解能力，有不少真菌能分解许多微生物所不能分解的纤维素、木质素等物质，从而有助于改善土壤的结构，提高土壤肥力。

此外，土壤中还含有藻类和原生动物。藻类具有光合色素，能通过光合作用，增加土壤中的有机物。原生动物是土壤中异养的小动物，它们吞食各种有机物、藻类和菌类，它们对土壤中的物质转化和在藻类、菌类数量调节方面起着很大的作用。

由上述可见，土壤中微生物的数量是极为庞大的，其数量和种类远远超过任何高等生物量。那么这许许多多名不见经传，极不起眼又极不平常的小生物到底有什么用呢？

事实上，微生物是极为有用的，它们在土壤的形成，自然界中的物质转化，以及对动植物的生长都有巨大的作用。

地球的表面最初也是由各种岩石所组成的，这表层的岩石经风吹、日晒、雨淋等自然力的作用下逐渐风化，形成岩石碎粒。而在这同时，表层土壤也有了一些原始的微生物，这些微生物有许多是自养型的固氮微生物，它们能利用岩石碎粒中的无机盐来提供能量，进行生长繁殖，并能把空气中游离的处于稳定状态的 N_2 固定下来，使原始的土壤中有了能供植物利用的氮源。这样，各种植物开始在土壤中生长，植物的生长又进一步改善土壤的结构和物质的组成。而植物的生长又引来了许多动物的定居。植物的枯枝败叶，动物的排泄物、分泌物、尸体最终落到土壤中，而土壤中另一些微生物把这些富含有机物的动植物残体和废物进行分解，由此，产生了构成土壤最重要的一层成分——腐殖质，这是一层黑色的，具有粘性的，有活力的土壤有机成分。有了它，土壤才具有良好的团粒性和能保持持久的肥力，所以成熟的土壤是由来自岩石的矿物质、水、空气，来自动植物的有机物和微生物所组成的混和体。腐殖质则是有机物和微生物的混和物，是土壤最重要的组成成分。

土壤中所含的各种微生物在自然界物质转化中起着极为重要和不可替代的作用。

植物生长需要各种养分，其中氮是植物所需的最重要的养分之一。空气中富含 N_2 ，但植物不能直接利用 N_2 ，必须把 N_2 转化成矿物态的 N_2 才能供植物利用，现在，农田里广泛施用化肥——化工厂里人工合成的氮肥。但人工合成氮肥是有限的，全世界所有的合成氮工厂的年生产能力也只有 0.4 亿吨左右。这满足不了日益增长的对氮肥的需求。现在，全世界每年大约需要 1.75 亿吨氮肥。而土壤中含有许多微生物具有固氮作用，如甲烷菌、根瘤菌、光合固氮菌和蓝细菌等，它们每年能直接从空气中固氮 1 亿多吨供自身及植物利用。微生物固氮，不会像人工固氮需要投入大量资金建工厂，消耗许多能源和产生许多污染物，它们固氮只需在常温常压下就能进行。

矿物态的氮素，连同其他成分如磷、钾、硫等被植物吸收后，植物开始生长和进行生命活动，在这些过程中，植物利用光能进行光合作用，固定 CO_2 ，合成葡萄糖、淀粉、纤维素等。同时，也利用含氮物质合成含氮有机物。这些碳水化合物、含氮有机物通过生态系统的食物链一级级地传递，使碳水化合物、含氮有机物等进入到食草、食肉动物体内，也进入到我们人类的体内，供我们进行生命活动需要。

植物枯死后的枯枝败叶，动物生命活动过程中排出的各种排泄、分泌物以及动物死后的残体又进入到土壤。而这些东西是由有机物所组成的，它们不能直接作为养分供给植物利用，此时，又需要微生物来大显身手了。

土壤中和动植物体上都含有各种腐生性的微生物，这些微生物开始残食动植物的尸首和废物了。

对于淀粉、纤维素类多糖，微生物利用它们机体所含的各种水解酶先把它们降解成葡萄糖，然后，葡萄糖又在各种酶的作用下被分解为有机酸（如乳酸、乙酸等）、醇类（如酒精、甲醇等）、甲烷、 H_2 等。此后，这些中间产物再进一步被氧化变成 CO_2 和水。从而把它们释放回大气和土壤中。

对于含氮有机物（主要是蛋白质），则在蛋白水解酶的作用下被降解变成肽类、氨基酸等，氨基酸可通过脱氨基和脱羧基作用被分解为胺、碳水化

合物及氨气等，这些可再进一步分解，变成硝酸、 CO_2 和水等。而土壤中另有一些细菌，如硝化细菌和反硝化细菌，能把土壤中的硝酸盐进行转化，有的被还原成 N_2 回到大气中去，实现物质的循环转运。

土壤中的微生物除了能对上述碳素和氮素进行转化之外，对硫、磷、铁、铜等元素也能进行转化，实现物质的循环。

正是由于自然界中存在的微生物的转化作用，才使得地球这个物质资源有限的星球能周而复始地进行一代代的生命体的循环，使地球物质资源不会枯竭，使地球上的生命体代代相续。

不仅如此，存于土壤中的微生物及后来转移到动植物体上的微生物对动植物的生长发育也产生极为重要的作用，具体作用将在以后的章节再谈。

水体微生物

严格意义上讲的水应该是不含有微生物的。因为，单纯的水不能养活微生物。但是，在自然界中，江、河、湖、海，城市的下水道，田野中的水沟、水塘都有很多微生物，甚至温泉中也能找到微生物，水中微生物主要来自土壤、空气、动植物体、工厂和生活污水等，其次，在泉水与海洋中因有特殊的条件，也有固有微生物的存在。

水中微生物的分布根据水的理化条件和进入水中的微生物数量的不同而有很大差异。在静水池中微生物数量较多，流水中较少；池水和湖水微生物的数量，决定于水中有机质的含量，有机质越多，微生物量越大；地下水、井水和泉水因为经过很厚土层的过滤，含有营养物质少，因而微生物数量也少。但不同地层的地下水所含的微生物种类数量也不同，在含石油的地下水中含大量能分解碳氢化合物的细菌；在泉水中若含铁，则常发现有铁细菌，含硫则可能发现硫细菌。海水由于其特殊的盐分、低温、高压等情况，不利微生物存在，故海水中微生物的量较淡水少。但海底由于有机沉积物多而含有许多微生物。

湖泊、塘沟、河流等水中的微生物大部分来自土壤和生活污水，尤其是生活污水，如通过大城市的河流，汇集了许多污水，其含微生物量极高，而远离城市的河流则洁净澄澈，含微生物量较少。所以，在很大程度上，这些水中微生物类群和数量直接反映了陆地上的情况。因而，我们可以通过检测水中含有的微生物数量和品种来判断水质的污染程度及污染来源。水中常含有许多致病菌，如霍乱、伤寒、痢疾、炭疽、丹毒等的病原菌，这些往往都是由于传染源污染的结果。而由污染的水源传染的传染病造成的危害也是巨大的，特别是一些肠道传染病，如霍乱、伤寒、流行性肝炎等。

水中污染的微生物除了传播一些疾病外还能影响水质，破坏供水设备。如铁细菌可产生粘液，使水变色，并产生不良的气味和味道，同时铁细菌能将不溶性的物质沉积下来，这往往引起管道生物垢的形成而影响流速。而某些硫细菌具有产酸的作用，能将硫氧化成硫酸而引起管道的腐蚀。

虽然水中有些微生物给人类带来了一些麻烦，但绝大多数是水体中物质的自然生物循环的一个链。藻类、水生植物利用光合作用把无机物合成为有机物，鱼类以藻类、水生动物和水生植物为食物，而鱼类又被水鸟、食鱼兽、人等食用。在这些动物的活动中，产生了许多含有机物的废物，这些被排到水体后，又被水中的微生物所分解，变成为无机物，又可供植物和藻类利用，如此循环往复。

空气中的微生物

由于空气中缺乏营养，缺乏微生物生存的条件，因而，空气中存在的微生物是暂时的。虽然如此，空气中却含有相当数量的微生物。空气中微生物主要来自土壤飞扬的灰尘、水面吹起的小液滴及人和动物体表的干燥的脱落物和呼吸所带出的排泄物等。这些有微生物吸附的尘埃和小液滴随气流在空气中传播。

空气中微生物的数量直接取决于空气中尘埃和地面微生物的多少。大工业城市上空微生物最多，乡村次之，森林、草地、田野上空比较清洁，海洋、高山以及冰雪覆盖的地面上空，微生物量就更稀少了。

空气中的微生物的垂直分布也随着高度而改变，离地面越高，空气越洁净，含微生物量越少。

室内空气的微生物量一般比室外要多，特别是公共场所，如电影院、学校等每立方米空气常含有二万个以上细菌。宿舍空气中的含微生物量比一般房间要高。

空气中含有的微生物种类主要为真菌的孢子、细菌的芽孢和某些耐干燥的球菌，如葡萄球菌。空气一般不含病原微生物，但在病人、病畜附近，传染源排出的病原体也散布在空气中，特别是一些呼吸道传染病。例如，某地正流行流行性感，则该地空气中就含有许多流感病毒，通过空气飞沫传播，该病可以很快在易感的人群中流行开来。此外，还有许多能耐干燥的病原菌，它们随着病人病畜的分泌物、排泄物而排出体外，当这些排出物干燥后，病菌也随尘土飞扬起来，散布在空气中。当然，许多病原菌在空气中逗留的时间是短暂的，它们可以很快被日光所杀死，但在阴暗角落，有些耐干燥病菌可以长久存在。如结核杆菌在尘埃上，9个月还有感染力。像这样的病菌就比较危险，因此，如有条件，要经常开窗通气，并经常消毒以保持空气的新鲜和洁净。

植物体与微生物

高等植物是土壤中有机物的主要来源，而对主要靠分解有机质为生的微生物来说，植物是它们最主要的营养源，土壤微生物分解有机质供高等植物吸收利用。植物产生的有机质则直接或间接供微生物分解获得能量而维持生命。植物和微生物间产生了巧妙和谐的互利关系。因此，微生物和植物间的关系是极为密切的。

植物体微生物的分布主要有这几种情况：根际微生物；附生微生物；植物与微生物的共生体；植物的寄生微生物。

根际是微生物生活特别旺盛的环境，在根际范围的土壤中的微生物量比根外土壤中微生物的量要高出几倍到几十倍。根际之所以有这么多微生物分布，主要是与根系的生命活动中，不断地改变周围土壤环境，丰富了土壤有机质密切相关的。首先，植物在生长发育过程中所产生的一些代谢产物由根分泌到土壤中，成为根际内微生物的有机营养物质。这些营养物质包括氨基酸、维生素、糖类、有机酸、生物碱、磷脂及其他成分。这些物质有的对根际微生物生长有促进作用，有的则可能有选择地产生抑制作用。其次，根系也向土壤分泌多种酶，如蔗糖酶、淀粉酶、蛋白酶等，这些酶，可促进土壤中有机物的转变，从而更有利于根际微生物的吸收和利用。第三，根系的发育产生了许多死亡的根毛和表皮细胞，这些细菌破裂所释放的物质可供根系微生物饱餐一顿。由于这种种的原因，根际吸引了一大批的微生物在此安家落户，生儿育女。而这些在根际落户的微生物吸收了根所供给的各种养分

后，也不忘恩而适时报答给植物。在生态平衡时，根际微生物具有下列生理作用：
生物固氮作用：如固氮螺菌和其他固氮细菌为植物提供了很多的氮素。
促进植物对各种养分的吸收：通过根际微生物的转化作用使许多物质变成植物可吸收的养分。
生长刺激作用：根系微生物能产生许多影响植物根系发育的有机化合物，如小麦根际的细菌能合成吲乙酸，吲乙酸是一种促进植物生长的植物生长激素。而有的微生物能合成赤霉素类化合物，能提高种子发芽率和根毛的发育。
他毒作用：根际微生物可以分泌一些抗菌素类的物质，所有这些物质能抑制其他微生物生长；另外，也有一些微生物可产生一些对其他植物有毒害作用的物质，所有这些保护了宿主植物和根系自身的微生物群落，以便让这些生物有更生活空间。

植物在地上部分的器官上也分布着许多微生物，包括多种细菌、酵母菌和少数丝状真菌，此外还有微生物的孢子，附生于植物表面的微生物主要靠植物所分泌出的有机物，如蜡质、糖汁等为生。

还有一种植物与微生物的共生体：这种共生体的典型例子就是根瘤菌和豆科植物所形成的共生体——根瘤。根瘤菌作为异养菌可以自由生活在土壤中，但自由生活的根瘤菌无固氮作用。而在适宜的条件下，它侵入根须，与植物的根组织共同形成根瘤。根瘤菌在根瘤内从植物根部获得营养而生长繁殖，同时进行固氮作用，而产生的氮素则通过植物的根吸收，可供植物生长发育所用，这样，根瘤菌和植物间互利互惠，成为生理上的一个共生联合体系。除豆科植物与根瘤菌能形成这种关系外，放线菌的内生菌也能与某些木本植物如杨梅、沙棘等的一些品种形成根瘤。

红萍和固氮蓝细菌也能形成共生体。红萍鳞叶腹腔中共生着一种鱼腥藻，后者是蓝细菌的一种，其有旺盛的固氮能力。红萍从这种固氮蓝细菌的代谢产物中得到氮素养料，而鱼腥藻则在红萍体内得到各种营养物质。这也是典型的一种植物的共生关系。

植物与微生物共生体的第三种形式是形成菌根。所谓菌根是某些真菌在一些植物根部发育，菌丝体包围在根表面或侵入根内同根组织共同发育，从而建立了共生关系的一种共生体。植物根部发生菌根是一个较普遍的现象，现已发现有 2000 多种植物有真菌共生形成菌根。根据形态结构，菌根可分为外生菌根和内生菌根两个类型。菌根的形成可以促进植物的生长，因为共生根上的真菌可以分解土壤中的有机物，同时促进根对各种营养的吸收。菌根对有些植物影响极大，如兰科植物的种子若没有菌根共生就不能发芽，杜鹃花的幼苗需有菌根共生才能存活。

植物上除共生或附生着许多微生物外还寄生着各种微生物，包括细菌、放线菌、真菌和病毒等。这当中有许多是植物病害的病原菌。寄生性的微生物需要从植物体内摄取养料，所以往往造成植物的伤害。

植物上的寄生微生物有的是严格寄生的，有的是兼性寄生的。严格寄生的微生物，一般只能在特定的一种活的植物体内生长繁殖，一旦离开植物体就不能生长，如致植物病害的各种病毒。而兼性寄生微生物则既能在被寄生的植株上生长繁殖，也能在土壤等外界环境中生长，而且这类微生物致病也往往是有条件的，故可称为条件致病菌。如引起水稻纹枯病的病原菌——薄膜霉，引起棉花枯萎病的病原菌——镰刀菌等都属于这一类。

人和动物体上的微生物

正常的人和动物体上都存在着许多微生物。有人估测过，正常的成年人

体内含有的微生物量可达 10^{14} 个。而有的动物体内含微生物量就更多，如反刍动物的瘤胃液中每毫升含有的微生物数量就达 10^{13} 个之多。这些微生物广泛分布于动物的体表、消化道、呼吸道和泌尿生殖道的管腔中。

正常的胎儿体内是不含有任何微生物的，而当胎儿从母体产出数小时后就可在体表和与外界相通的体腔中分离到微生物。这说明，人和动物体上最初的微生物是婴儿在产生过程和产后与周围环境接触以后才由母体的阴道和周围环境污染而带上的。

由于人和动物的体表及与外界相通的管腔连通外界环境，而外界环境中都有许多微生物的分布。因此，环境中的微生物不可避免地要转移到人及动物体上来。但是微生物要在人和动物体上定植下来，却需要有动物体与微生物间的相互适应过程及微生物种间相互适应的过程。

由于人和动物体作为一个完整独立的个体，无论在其生理结构和生理功能上都有排斥异物，排斥外来入侵者的机制。拿人体来说，人有一整套的免疫系统，既有非特异性的免疫功能也有特异性的免疫功能。人的皮肤和粘膜结构紧密，间质少不利微生物的侵入，此外，人的皮肤、粘膜上还有一些特殊结构，如细胞衣、纤毛和微绒毛等，这些可以阻止微生物的粘附。同时人的皮肤和粘膜组织正常还分泌许多抗菌的物质，如唾液中的溶菌酶，表皮分泌的乳酸，皮脂腺分泌的皮脂，胃分泌的胃酸，肝脏分泌的胆汁等等，这些东西在很大程度上都对微生物有杀灭和清除作用，对微生物附植定居都极为不利。而上述这些只是人体最初级的防御功能，事实上，在人体中还有专门的免疫系统。骨髓，是产生各类细胞包括各种淋巴细胞的大本营；胸腺是某些淋巴细胞成熟的根据地；而淋巴结、扁桃体等则是淋巴细胞的定居地及免疫反应的场所。淋巴细胞具有吞噬外来侵略者的作用，此外，淋巴细胞还能分泌许多物质，如抗体、白介素、干扰素等去清除杀灭入侵的微生物，人有这种机制，动物体也有这样的机制。

按理说，由于人和动物体有这么许多排斥异物的机制存在，微生物要在人和动物体上定植是不可能的。但是，与事实相反，不仅有微生物定植，而且，人及动物体与定植的微生物间形成了一种相互依赖，互利互惠的共生关系。人和动物离开这些微生物反而生长不良，或患病不断，这在无菌动物的培育中得到证明。

事实上，人和动物与微生物间相互适应形成共生关系是长期自然选择的结果。

微生物要定植到人和动物体上它必须有能牢牢地吸附在动物细胞上的本领，这就要求，微生物表面与动物细胞表面的结构上有相吻合之处，即存在着受体。只有两方存在相对应的受体，彼此间才有亲和力，才能形成吸附。因而，一定部位的细胞只能接受一定的微生物，如肠道适宜大肠杆菌的定植；此外，一定种的细胞也只能吸附特定的一些微生物。

不仅如此，我们刚才讲到动物机体相应的部位还能产生许多杀菌抑菌的物质，但许多微生物能适应这些物质。如胃中有胃酸，这对许多微生物都有杀灭作用，但胃中存在着的酵母菌，它能抵抗胃酸的腐蚀；胆汁分泌到肠道，使肠道变成一个碱性环境，而胆汁对绝大多数革兰氏阳性菌有强力抑制作用，但生活在肠道的多数革兰氏阴性菌却安然无恙。又如皮肤分泌的乳酸对许多微生物生长都极为不利，但乳酸菌却能在此大量繁殖。凡此种种，都是微生物与动物体长期的相互适应所产生的结果。适者生存，不适者被淘汰。

人和动物体一开始可能对这些“讨厌的入侵者”表现出极大的排斥性，但这些微生物能牢牢叮在动物机体上，并以惊人的繁殖力迅速占领这块地盘，而在生长繁殖过程中，这些微生物产生的许多物质对人和动物的生命活动是有利的。这样，人和动物体就开始默许这些微生物存在了，而且，在以后较长的时间里，人和动物与定居的微生物间形成了和谐的互利的关系。这就完成了动物与微生物相互适应的过程。

在微生物侵入动物机体的时候，往往不是只有一种或两种微生物，而是许多种微生物同时入侵，哪几种微生物最终能定居到动物体的某个部位，则完全要看微生物能否适应动物体及该微生物在生存竞争中是否有优势。因此，在入侵的微生物种间也存在着激烈的生存斗争，我们现在用来治病的各种抗生素，其实就是微生物为了争取到更大的生存空间和得到更多食物来源而产生的抑制其他微生物生长的物质。在微生物生活的微生态系统中，我们可以看到许多有趣的种间拮抗或联合的现象。如在肠道中，厌氧菌可以产生过氧化氢，这对无过氧化氢酶的细菌可产生极大的毒害作用，厌氧菌分解含硫氨基酸产生的 H_2S 能抑制大肠杆菌的生长；大肠杆菌产生的菌素，能影响与它们近缘的种合成核酸，使它们近缘的种不能在肠道生长；但大肠杆菌产生叶酸却可供肠球菌利用。这只是微生态中微生物间相互作用的一个侧面。事实上，微生物间的相互关系是复杂的，它们既有生物拮抗的一面，也有相互共生的一面，当它们间达到生态平衡后，正常的微生物群落也就建立起来了。

当然，人和动物体上正常的微生物种群不是一成不变的，而是随年龄、饮食结构的改变，机体状况及环境条件的改变而经常变化。可以说，人及动物体上的正常菌群处于一个动态平衡之中。有时，由于各种原因这种平衡被打破，则动物可表现出病理状况。如人患霍乱时肠道中正常的厌气性菌急剧下降，而霍乱弧菌数却同步增加；又如仔猪白痢可发现正常肠道中的细菌——粪链球菌和乳酸杆菌数大量减少，而致病性的肠杆菌大量增多。这些都表明，正常菌群建立的动态平衡对动物机体的健康起着多么重要的作用。

微生物在人体和动物体上不同部位分布的情况是不同的。

人和动物的口腔中栖息着各种细菌、酵母、真菌霉形体、螺旋体、原虫和病毒。正常成年人唾液中可培养的菌总数可达 $6 \times 10^9 / mL$ 。口腔链球菌是优势菌群，可占到菌总数 50%，此外还包括韦荣氏球菌、奈瑟氏球菌、乳杆菌、梭杆菌、类杆菌、酵母菌和原虫等。这些微生物的存在主要是维持口腔的微生态平衡，拮抗致病性微生物的生长。同时有些微生物可以合成一些生长因子供人类和相关的微生物应用。

人和动物的胃肠道正常情况下就有庞大的微生物群落。有人研究证明，如按重量讲，人体携带微生物总重约为 1.271 千克，其中肠道就占 1 千克，肺占 20 克，皮肤占 200 克，口腔占 20 克，鼻眼占 11 克，阴道占 20 克。胃肠的微生物量占人体总微生物量的 78.67%，其中粪便重量的 $1/3 \sim 2/5$ 是微生物。胃中由于有胃酸的存在，因而，数量较少，但还能检出有乳杆菌和酵母菌。小肠上段有胆汁，可以抑制革兰氏阳性菌生长，所以含菌少，但越往后，细菌总数越多，其中，多数为厌气性菌，在电镜下，可以看到小肠粘膜的上皮细胞上有大量的分节的丝状原核细胞粘附，但这些微生物还无法分离和鉴定。大肠段微生物总量是胃肠道系统中最大的，每克粪便所占的菌数可达 10^{11} 个，可占到粪便重量的 40%，而且 90% 以上是活的。大肠中

分布的微生物多数是厌气性的，少量是兼性厌气的。其中类杆菌、优杆菌、消化球菌和双歧杆菌占多数，而粪链球菌、大肠杆菌和乳杆菌相比要少得多，此外大肠中还有少量的韦荣球菌和韦氏梭菌等产芽胞菌。

此外，人和动物的呼吸道、泌尿生殖道和皮肤表面也有大量微生物的存在。这些微生物的存在除了建立起正常的微生态平衡外，它对宿主的作用也是明显的。由于微生物的存在改变了宿主的一些组织结构和功能，如小肠粘膜，无细菌附植时，肠壁很薄，肠绒毛变尖变小，这不利于肠的吸收功能。

营养作用：由于有正常微生物的存在，特别是胃肠道，某些微生物可以合成一些动物机体所必须的养分，如肠道细菌可向宿主提供 B 族维生素和维生素 K。肠道细菌含有许多酶，有些是动物机体所不含的，这些细菌可以将一些复杂的有机物分解，产物供给宿主利用，这利于宿主的生长。**刺激人和动物体的免疫系统，建立抗感染免疫：**正常微生物对动物机体的刺激可以使各种免疫器发育成熟，功能更完善，产生更多的免疫活性细胞，为抵抗病原性微生物的侵入作好准备。正常微生物对动物机体免疫功能的建立的作用在无菌动物中得到证明，由于无菌动物缺少微生物的刺激，因而，各个免疫器官都不发达，免疫活性细胞也很少。因而，无菌动物很娇弱，它只能在封闭隔离的无菌空间中生活，一旦放到开放的空间中饲养，则很快就会死掉。

生物拮抗作用：正常微生物群落在人及动物体上的分布可有效阻止病原性微生物的侵害，正常微生物占据着有效的空间，病原微生物无法插足；此外，正常微生物在代谢过程中可以产生许多具有排他作用的物质，这些物质也可以有效地抑制和杀灭病原微生物。

不仅如此，有些微生物群落在某些动物上的分布对动物维持正常生命起着不可缺少的作用。

反刍动物的瘤胃，马属动物、啮齿动物的盲肠，对这些动物是不可缺少的。但在这些器官中真正起作用的则是其中的微生物。由于高等动物不能分解纤维素、半纤维素等复杂的有机物，而反刍动物、马属动物和啮齿动物是食草的，草当中主要是纤维素，这些动物要从草当中得到营养和能量就必须分解纤维素。感谢造物主，给牛羊造就了一个瘤胃，给马属动物和啮齿动物造就了一个特别发达的盲肠。

在瘤胃中和盲肠中，含有各种微生物和原虫，其中细菌最多，原虫也不少。细菌中多数为无芽胞的厌氧菌。这些细菌主要有：**纤维素分解菌：**这类细菌有纤维素酶，能降解纤维素。这类细菌分解纤维素需要多种细菌共生时才能发挥高效率。**半纤维素分解菌：**它们能利用半纤维素。**淀粉分解菌：**它们含有淀粉酶能将淀粉分解形成麦芽糖、葡萄糖，这些糖类对其他的菌如纤维分解菌的生长有利。**蛋白分解菌：**这类菌占的比例较大，可以把蛋白质分解，供其他微生物合成菌体。**脂肪分解菌。****产甲烷菌：**能在瘤胃中产生甲烷。

原虫在反刍动物的瘤胃中有很大的数量，每毫升瘤胃液可含有 $10^5 \sim 10^6$ 个，主要是纤毛虫，纤毛虫是严格厌氧的。它们可以发酵植物饲料并利用发酵的分解产物作为能源。

由此可见，瘤胃也是一个有多种微生物分布的混合发酵体。这其中的微生物，相互为对方提供一些养分，而它们共同的作用则是把植物的一些很难分解的成分分解，供动物体利用，同时它们自身合成许多蛋白质，这些蛋白质最终可被动物消化吸收。

微生物对人类可以说一手拿着橄榄枝，一手托着潘多拉魔盒，既可以把和平带给人类，也可以把灾祸降给人间。这全看人类如何与它相处了。

微生物与人类

微生物带给人类的灾难

在自然界生态系统中，各种生物间在长期的生物进化中已形成了相互依赖，和睦与共的伙伴关系。虽然有生存斗争，但更多的是相互依存。这种关系为各物种更好地繁衍后代，更好地在残酷的自然力面前求得生存提供了有利的保障，可以说，现在地球上，任何一种物种都不可能脱离其他的物种而独立存在着。这种关系，堪称为生命界中的奇观。然而，和平是有条件的，正如人类作为侵略者去占有野生动物甚至同类的生栖地，去掠杀其他生物物种甚至同类一样，微生物也不甘安贫守旧，经常也会以凶神恶煞的面孔出现在自然界其他生物面前，给植物带来灾难，给动物带来灾祸，给人类带来麻烦！

历史上许多由微生物引起的传染病曾把人类带到绝灭的边缘。天花、结核、伤寒、霍乱、鼠疫曾在人群中肆虐，人死如圻堵。

当人类刚刚走出由这些疾病带来的阴影时，又被癌症这个顽疾死死纠缠，而正当人在癌症的泥淖中苦苦挣扎的时候，瘟神又一次把人类推向更可怕的梦魇之中——被称为超级癌症的艾滋病出现了！

1981年6月，美国洛杉矶的加州大学医学院的医生碰到了1例患卡氏肺囊虫（霉菌的一种）性肺炎的同性恋患者，不久，他们又碰到4例相同的这样的病例。与此同时，纽约的几家医院，则碰到5例肛门周围有严重疱疹的病人，伴有免疫系统严重抑制；而纽约的另外几家医院还发现一些患卡波氏肉瘤的年轻病人，伴有严重免疫抑制，他们都是年轻的性混乱者，有些还是往静脉中注毒品的吸毒者。这些病本来不可能在正常健康的，特别是年轻人中发生。这是一种不正常的现象！它马上引起美国疾病控制中心（CDC）的注意。CDC调查发现，在1980~1981年，纽约共发现40起相似的患者，他们有的被白色念珠菌感染，有的被巨细胞病毒感染，有的则被卡氏肺囊虫感染，并有发热、无力、体重减轻、淋巴结肿大等症状；另外，过去少见的一些机会性感染，如禽型胞内分枝结核杆菌、隐球菌感染及隐孢子虫病的报告在1981年前后增长很快，到1982年CDC就断定：一种新的传染病发生了！它主要是侵害年轻的同性恋者，病人有严重的免疫功能缺陷，T细胞显著减少。进一步对患者的性伴侣进行追踪观察，发现该病可通过性接触而感染。由此CDC于1982年9月正式将该病命名为获得性免疫综合症（Acquired Immunodeficiency Syndrome，简称AIDS）。

1983年5月，法国巴士德研究所的Montagnier等报告了从1名淋巴结肿大综合症（LAS）的病人的T细胞培养物中分离到一种反录病毒，鉴定了其抗原性的蛋白质P₂₅，并在LAS和AIDS病人的血清中检测到抗该蛋白的抗体，因此确认该病毒是LAS和AIDS的病原体。1984年5月美国国立癌症研究所的Gallo等也报告了从AIDS病人中多次分离到一种反录病毒，因为它亲T细胞，故命名为人亲T淋巴细胞病毒（HTLV—）。后来经许多研究者研究表明LAV与HTLV—实属同一病毒。1986年国际病毒分类委员会统一命名该病毒为人免疫缺陷病毒（HIV）。

AIDS自1981年首次报告以来，在短短十几年的功夫，就以惊人的传播速度，以蔓延之势传播到地球的各个角落。

据世界卫生组织（WHO）统计，1986 年全球有 75 个国家共发生 34448 例 AIDS，1987 年底已有 120 个国家 75392 例 AIDS，1988 年 6 月底有 139 个国家和地区报告了 100401 例，年底增至 144830 例，1989 年 4 月 1 日全世界有 148 个国家向 WHO 报告 146569 例 AIDS，同年 6 月 1 日达 157191 例，截止 1990 年 1 月 1 日止有 152 个国家报告了 203599 例，其实还有许多数字未上报。据 WHO 全球艾滋病防治规划处估计，实际患病人数已达 60 万，感染者在 500 ~ 1000 万之间，而感染者有 10% ~ 30% 的人在 5 年内发展为艾滋病。预计到 2000 年，全球艾滋病感染人数将达到 2000 万。

AIDS 像瘟疫一样正在吞噬人类的生命，据 WHO 估计，自 1981 年以来，全球至少有 30 万人死于该病，在美国，约有 100 万人感染此病，自 1981 年以来，美已有 13.6 万人患病，其中 8.3 万人已经死亡，这比美国在越战和朝鲜战争中美军死亡的总人数还要多。AIDS 不仅在吞噬着这一代轻壮年的生命，而且在威胁人类的下一代。目前，全球感染 AIDS 有 600 万人，其中 200 万是正处于育龄阶段的妇女，全球新生儿受艾滋病感染的人数已达到 20 万。

我国于 1985 年首次报告了 1 名美国旅游者患 AIDS。从 1985 年到 1990 年，全国对 34 万重点人群进行血清检查共发现 446 例 HIV 抗体阳性，其中 5 例确诊为 AIDS；446 例中有 68 例为外籍人，其余 378 例为中国公民，其中云南省占 368 例。这说明，AIDS 已传入我国！

AIDS 已不再只威胁哪个国家，哪种人，它已威胁到地球上的每一个人了！它不能不让每一个人所关注！

1988 年 1 月底，在英国伦敦召开的世界艾滋病最高首脑会上，148 个国家的代表以 144 个国家的压倒多数支持 WHO 建立世界艾滋病日，会议结束时，WHO 总干事马勒博士宣布，1988 年 12 月 1 日为第 1 个世界艾滋病日。

世界艾滋病日的建立，将唤起人类对艾滋病的忧患意识，为在全球范围内防范和消灭艾滋病，每一个人都要尽一份自己的责任。

与艾滋病如此残害人类一样，翻开历史，我们将看到有多少微生物带来的传染病，一次次地把人类推向灾难的深渊。

结核病，古代叫癆病，两千多年前的《内经》中已提到的“虚劳之症”，在病菌被发现以前是人类死亡率最高的一种病。人称之为“白色瘟疫”，有“十癆九死”之说，过去一直被认为是不治之症。事实上，结核病存在已有 5000 年历史了，有人证明，石器时代的人骨化石上就有脊柱结核。这许多年以来，结核病一直在困扰着人类。据世界卫生组织统计，全球 53 亿人口中，有 17 亿人已受结核病感染，每年新增 800 万，其中 95% 分布在发展中国家。

在我国，解放前 4.5 亿人口中有 600 ~ 800 万人患肺结核，患病率达 4%，死亡人数在 90 ~ 100 万。而目前，我国仍有 523 万人患活动性肺结核，每年死于结核病的人多达 30 万以上。

近年来，虽然结核病已得到控制，但由于艾滋病对结核病的发展有影响，结核病有增加的趋势。

霍乱，《皇帝内经》记“乱广胃肠则为霍乱”，过去曾称为“虎狼病”、“虎烈拉”。到目前为止，已有七次世界大流行，前六次均发源于印度恒河三角洲地带，第七次发源于印度尼西亚的苏拉威西岛。

第一次从 1817 年起于印度，由于当时英殖民主义的入侵把该病带去之后传到东非和东欧，同时该病于 1820 年即传入我国。这次流行直到 1823 年才逐渐停止。

第二次大流行起于 1826 年，它横扫了整个亚洲之后，传入非洲、欧洲、美洲和澳洲，造成成百上千万人死亡，该流行于 1837 年止。

第三次从 1846 年起到 1862 年止，波及亚、非、欧、美各洲，死亡不计其数。

第四次起于 1863 年，当时有许多印度香客至麦加城去朝圣，一次集会即使 9 万人感染，该病在阿拉伯世界传播开来后又传到亚洲、非洲、欧洲和美洲，到 1875 年终止。这次流行，死亡人数极多，如俄罗斯彼得堡在 1866 年死 9 万人，1870 年俄国欧洲部分和西伯利亚地区死 33 万人。在欧洲，奥匈帝国正在征战，捷克南部 8 万人死于霍乱，匈牙利也死了万人，德国北部 1866 年死 11.5 万人，1871~1872 年又死 3.3 万人。巴黎 1865 年死 10 万人。而在我国，据史料记载，1863 年 6 月中旬至 7 月 15 日，上海因霍乱，全市每天售出的棺材达 700~1200 具。7 月 14 日一天即死 1500 人。

第五次大流行（1881~1896）也是由于印度的穆斯林朝圣者把这个病带到埃及，结果引起开罗的亚历山大港爆发，病死 5.85 万人。朝圣者回来又使尼罗河沿岸，非洲及中东地区流行该病。由于商贸往来，商人们又把该病从印度带到阿富汗传入我国和俄罗斯，再由俄罗斯传入东欧。结果，彼得堡死 80 万人，汉堡两个月内死 1 万多人。

第六次大流行（1899~1923），这是流行时间最长，最严重的一次，它遍及整个亚洲、非洲、欧洲和美洲及澳大利亚。这次，印度于 1904~1909 年因该病共死 252 万人，1918~1919 年又死去 112 万人；埃及 1902 年三个月内就死掉 3.4 万人；我国 1902~1913 年，共死 16.7 万人，1920 年，上海、福州、哈尔滨流行，引起 30 万人死亡，1922 年流行城市已达 306 个。

在欧洲，1913 年巴尔干战争中霍乱在军队中流行，死亡不计其数；在美洲，1911 年 7~8 月间，几乎全部从欧洲到纽约的船上均爆发霍乱。

第七次大流行呈发病率低、死亡率高的特点。首先于 1911 年从印尼开始，至今还在流行。

霍乱曾夺去了千百万人的生命，但与鼠疫相比，则又算不了什么。

鼠疫，我国古代称为恶核，这是一种古老的病，远在两千多年之前即有记载。许多学者认为，公元前 1320 年的腓力斯人的瘟疫就是腺鼠疫的流行的首次记载。元世以来到 20 世纪 40 年代，起源于埃及，后波及土耳其、欧洲。当时在罗马帝国流行猖獗，曾使罗马帝国人口过半死亡。在君士坦丁堡一天内便有近万人死亡，这次流行全球有近 1 亿以上人死于该病。

第二次流行在 14 世纪，当时称黑死病，源于小亚细亚，最先传到非洲，以后蔓延到亚洲和欧洲。结果欧洲死亡 2500 万人，占欧洲总人口四分之一。在东方，仅中国因此而死的达 1300 万。

第三次流行首先发生于欧洲，从 15 世纪开始到 18 世纪结束，死亡人数，难以估量。如在我国，1793 年云南赵州发生鼠疫，州人师道南有《死鼠行》记载：“东死鼠，西死鼠，人见死鼠如见虎，鼠死不几日，人死如圻堵……三人行未十步多，忽死二人横载路。人死满地人烟倒，人骨渐被风吹老，田禾无人收……”

第四次发生在 19 世纪到 20 世纪上半叶，主要在东亚和南亚国家传播。1896~1911 年，印度一国即发现 1140 万，死 984 万，1907~1909 年印度又因此死 435 万人。

当然，鼠疫流行已成为过去，而病毒性肝炎和流感的流行则是常见的。

病毒性肝炎现已有甲、乙、丙、丁、戊几种类型，而以乙肝最为严重。目前，全球 50 多亿人口中有 20 多亿人已感染乙肝病毒，其中因肝内存在病毒而成为持续携带者至少有 8 亿人。1983 年 2 月世界卫生组织指出，80% 肝癌的病因是由于乙肝病毒所引起的，每年有近 200 万慢性携带者死于乙肝病毒引起的肝硬化或原发性肝癌。在我国，12 亿人口中有 1.2 亿人乙肝表面抗原呈阳性的，即带有乙肝病毒。每年因乙肝病毒所引起的肝病而死亡的人数达 30 万人，其中多数为肝癌；尤为严重的是，携带乙肝病毒的母亲，其中约 40% 可直接通过母婴途径传给婴儿，新生儿感染者约 80 ~ 90% 可成为慢性的乙肝病毒携带者。

由此看来，乙肝已成为危及人类的又一个白色瘟疫了。

流行性感，大家最熟悉，每年都有一段时间流行。这种病最早发现于 1173 年，迄今在世界上流行已有数百次了。而有详细记载的世界大流行就有 4 次，每次都有上亿人感染，死几千万。如第二次大流行（1918 ~ 1919）传遍世界各地，发病人数估计有 5 亿人，死亡达 2000 万。

而类似的疾病还有很多很多。

微生物对人类如此残暴，对动物、植物也不仁慈。事实上，人的传染病相对动植物而言还是很少很少的，并且许多已得到有效控制。而在动植物中传染病正在肆虐。

鸡新城疫，大家较熟悉，即俗称的鸡瘟，每年都在中华大地上风行。有的地方，整个村庄鸡死绝，由此病每年死掉的鸡上亿，经济损失可达几十亿元。

口蹄疫，即五号病，这几年在我国也可谓狼烟四起。由此引起的经济损失难以估量。因为口蹄疫是一种传播极快，传染性极强的传染病，人们为了防范它往往采取一些非常措施，如对发病及可疑家畜一律捕杀，发病地区实行封锁，并进行彻底消毒。由此，一个点带来的经济损失动辄就是上百万。

动物中类似新城疫、口蹄疫之类的病比比皆是，什么猪瘟、鸭瘟、牛瘟、马瘟、兔瘟，什么蓝舌病、粘膜病、非洲猪瘟、禽流感等等都曾经或正在或将要危害到家禽家畜，由此带来的经济损失十分巨大。如欧洲各国在十八世纪由于牛瘟的流行，仅德国 1713 ~ 1746 年就死亡 1100 万头牛。十九世纪末在南美一次牛瘟大流行后，九百万头牛仅剩几百头。而我国在 1938 ~ 1941 年西北诸省的一次牛瘟大流行即死牛一百万头之多，给人民造成了极度贫困和饥荒。

传染病对动物如此，在植物中，由微生物引起的传染病同样严重。

1845 年，欧洲大陆发生了马铃薯晚疫病大流行。爱尔兰岛几乎全部的马铃薯遭受绝灭，使该岛靠马铃薯为生的 800 多万居民中，有上百万人由于饥饿及由此引来的疾病而死亡，一百多万人背井离乡投奔他地谋生。

1943 年，孟加拉地区由于水稻发生胡麻斑病的危害而欠收，导致了严重的饥荒，结果，有二百多万人被饿死。

1970 年美国由于大面积推广含 T 型雄性细胞不孕系的玉米杂交种，因遭受小斑病的危害，当年粮食损失达一百六十万吨，造成粮食供应的紧张。

在我国，抗战时期，每年由主要病害而造成的粮食减产达 120 亿多斤，棉花损失达 1 千万斤以上。1950 年，由于小麦条锈病的大流行，全国减产小麦达 100 多亿斤。

有人估计，由于植物病害带来的直接影响，可造成作物减产在 10% 以

上，另外加上人力投入，物资、设备的消耗而带来的间接经济损失不计其数。

微生物引起的传染病带给人类的灾难是惨烈的。每次传染病（无论在动物上还是植物中的传染病）过后，满目疮痍，呈现千村薜荔人遗矢，万户萧条鬼唱歌的惨景，带给人类的伤痛让人久久难忘。

灵丹妙药——抗生素与干扰素

微生物把灾祸带给了人类，人类虽在痛苦中挣扎，但从来没有向这些病魔屈服，而是顽强地与这些病魔作斗争。最终，人类往往都能战胜病魔。

人类不愧是万物之灵，通过运用自己的聪明才智而度过了一个又一个的难关。

微生物带给人以疾病；然而，微生物又能治疗疾病。人类在研究了这种矛盾而又玄妙的关系后，终于找到了对付微生物引起的病害的方法。

早在三千多年前，我国劳动人民就已经知道用长霉的豆腐来处理化脓的伤口和溃疡，用霉来控制脚部的感染。虽然，很多生物学家早就指出生物间存在着相互拮抗现象。然而，人类发现第一种抗生素——青霉素，实属偶然。

1928年9月，英国伦敦的一所医学院的微生物实验室里，细菌学家弗来明（P. Fleming）正在研究能引起化脓性炎症的金黄色葡萄球菌。他把金黄色葡萄球菌涂布在装在培养皿里的固体培养基上进行培养，并打算观察其生长情况。第二天，他把培养皿一一拿起来观察，多数培养基上的金黄色葡萄球菌生长良好，这是他所指望的。但他也发现有一个培养皿的培养基有霉菌污染——霉菌在其上毛茸茸的长了一大块。培养基被污染这是常有的事，而污染的培养基一般也就该扔掉了。但弗来明是个细心人，他把这污染的培养有金黄色葡萄球菌的培养皿也看了看。奇怪！怎么在霉菌生长的地方的周围有一圈空白，而在空白之外才有葡萄球菌的生长？弗来明马上意识到这污染上来的霉菌能产生抑制金黄色葡萄球菌生长的物质。他把这霉菌的一部分移到一个发酵罐中进行纯培养，然后用这培养物的滤液再滴到涂有金黄色葡萄球菌的培养基上。培养结果，凡滴到这种滤液的地方，葡萄球菌均不能在长而留下一块透明斑。这证明了弗来明的想法是正确的，即这种霉菌确实能产生抑制金黄色葡萄球菌的物质。随后，他浓缩了培养液。他用这培养液对致病的链球菌、炭疽杆菌和白喉杆菌进行试验，结果表明，这培养液对上述这些致病菌均有很强的杀灭能力。即使稀释许多倍也有作用。随后，他鉴定了霉菌为点青霉，命名其产生的具有抑菌作用的产物为青霉素（Penicillin）。

1929年2月，他把他的发现及研究的结果整理成论文在伦敦医学俱乐部宣读，并指出青霉素使用的安全性和应用的前景。但遗憾的是，人们眼睛只盯着一些抗微生物的化学药物，而对青霉素的应用价值视而不见。这样弗来明的研究成果被束之高阁。

十年过去了，这期间诞生的磺胺药的抗菌作用曾让世人振奋不已，它挽救了许多患严重细菌感染的病人的生命。然而，随之而来的细菌对磺胺药产生严重的耐药作用让医生们感到头痛。这迫使人们再去寻找杀菌的新药。

1938年，英国牛津大学的生物化学家钱恩和病理学家佛罗来从《英国实验病理学杂志》上看到了弗来明以前的文章，青霉菌的作用引起了他们的注意，于是，青霉素终于被二次“发现”了。钱恩等人提纯了青霉素，分析其化学结构，并进一步进行动物试验。临床试验表明，青霉素对细菌感染的治疗有神奇的作用。于是，他们开始试生产。1941年，第二次世界大战正酣，英国遭纳粹德国的飞机狂轰滥炸。青霉素生产无法进行。1943年，他们远渡

重洋，在美国开始大量生产青霉素。而青霉素的神奇功效在战争中也马上显露出来，正是由于它的使用，才使无数的伤病员摆脱死亡的威胁。因此，它同原子弹、雷达一起被认为是第二次世界大战的伟大产物。

青霉素的发现为人类开辟了一条抵抗感染，防治传染病的新路，也促使了许多人去寻找更多的新抗生素。至目前为止，抗生素已有两千多种，在治疗除病毒病外的所有微生物引起的感染中大显身手。

抗生素的抗菌作用主要有阻碍细胞壁的合成；影响细胞膜的通透性；干扰蛋白质和核酸的合成。由此可以使细菌在生长中不能形成细胞壁而大大降低生活力，或使细菌的细胞膜受损，胞内重要物质流失而使细菌死亡，或使细菌的重要的蛋白质和核酸不能合成而使细菌不能生长。

人类自从有了抗生素这一法宝，不再在细菌感染、败血症面前束手无策了，由此，大大降低了人的死亡率，大大提高了人的平均寿命。

不仅如此，抗生素还有促进动植物生长，有的还能起治疗寄生虫病的作用。

如果说抗生素在治疗细菌性疾病方面有神奇功效的话，那么干扰素则在病毒病和癌症方面有超凡的作用。

1957年，英国的两位病毒专家艾萨克斯和林登曼在研究中发现，细胞受病毒感染后会产生抗病毒的物质。

事情是这样的，一次，他们把受流感病毒感染的鸡胚细胞放在培养液中培养以期获得更多的流感病毒，培养几天后，他们又用这种已培养过受病毒感染的细胞的培养液去培养新的鸡胚细胞，然后把新培养的鸡胚细胞进行流感病毒的接种，几天后，发现细胞生长良好，根本没有病毒产生出来，这说明培养液中存在着什么物质能妨碍病毒的复制。他们换了许多其他动物的细胞重复这一试验，结果，每次都得到同样的结果。显然，培养液中确实存在抑制病毒的物质。那这种物质是什么呢，怎样产生的？他们通过仔细研究和分析，发现这种物质是由活细胞受病毒感染后所产生的一种低分子糖蛋白。

艾萨克斯和林登曼把上述结果写成论文，发表在英国伦敦皇家协会学报上。在论文中，他们称这种物质为干扰素，因为它能干扰病毒的复制。

后来，经许多学者对干扰素的研究表明，干扰素具有广泛的，非特异的抗病毒作用。并且，除病毒外，细菌、寄生虫及某些化学物质也能诱导细胞产生干扰素。

干扰素的发现，为人类降伏病毒病带来了希望的曙光。临床试验表明，干扰素对许多病毒病如流感、病毒性肝炎、水痘、麻疹等以及成骨肉瘤、淋巴瘤和肺癌等都有神奇的疗效。由于它是细胞的产物，它对人及动物体细胞无毒副作用，可谓是人类未来治疗病毒病和一些癌症的灵丹妙药。

然而，干扰素得来极不容易。四千万五千 CC 的人血中，才能提取零点四克的干扰素。据估计，提取一克纯干扰素至少要花五千万美元，如此昂贵的东西，绝非一般人可以用得起。因为治疗一位感冒病人的开支就得花几万美元。

值得庆幸的是，科学家已初步查明干扰素的控制基因及其氨基酸的组成，通过提取干扰素的控制基因，把此基因整合到大肠杆菌的核酸中去，这样大肠杆菌就会成为制造干扰素的工厂。许多科学工作者正在努力，而且已有人成功地培养了含有干扰素基因的大肠杆菌，并获得了细菌产生的干扰素。

相信，不远的将来，干扰素也会象现在的青霉素、链霉素一样普通，价廉。而人类降伏许多疑难顽症的时代也将不会遥远了。

食品工业中的能手——食品微生物

人们的生活水平在不断地提高，餐桌上的食品品种、数量不断在增加，而许多食品饮料的制造过程都少不了微生物的一份功劳。

大家都吃过馒头、面包和蛋糕。这些食品松柔可口，倍受人们喜爱。而这些食品的制作过程都有微生物发酵的过程。

制造馒头、面包和蛋糕所用的微生物主要是酵母。把酵母混到面团中去，在一定的温度下面，酵母开始在面团中发酵，在这过程中产生许多二氧化碳，二氧化碳使面团疏松多孔，在蒸或烘烤中产生了海绵状组织。同时，在发酵中也产生少量乙醇和有机酸，这两种物质可以发生酯化反应，产生具有芳香味的物质，这样，我们吃到的馒头、面包、蛋糕等既松软又有独特风味了。

每逢新春佳节，朋友聚会或喜庆的日子一定少不了酒，酒给人带来欢乐的气氛，酒增进了人与人之间的感情和友谊。那么，酒是怎样来的呢？它们也是微生物的产物。

我国的酒文化可以说源远流长，据考古研究，公元前 6000 年的新石器时代的“裴李岗文化”中就显示古人已知制曲酿酒了，而已发掘出的四千多年前的“龙山文化”中有许多盛酒的器皿如罐、盃。而挖掘出的之后的年代中的酒器数量和种类就更多了。酒文化一直延续到今天，几千年盛而不衰。可见酒在我们的文化中，在我们的生活中占据了多么重要的地位！

酒可以分成酿造酒、蒸馏酒和配制酒三种。酿造酒是以酒母（即酒精发酵所需的微生物）进行酒精发酵后所得的发酵液，可以直接饮用或经过滤后饮用。如我们平常喝的啤酒、葡萄酒及绍兴老酒等都属这一类。蒸馏酒是原料经发酵后用加热蒸馏法制成酒精饮料，如高粱酒、老白干、茅台酒、白兰地等。配制酒是用白酒或食用酒精与一定比例的着色料、香味、甜味料、药材或其他调味料混合制成，如虎骨酒、五加皮等。

不管酒是一类什么样的酒，其生产过程中的中心环节就是微生物发酵产生酒精。

酒生产中所用的微生物主要是酵母，除此之外，还有各种霉菌和细菌，它们能以粮食为原料，分解其中的糖类，最后产生酒精。

我们烧制各种菜肴都少不了调味剂，象味精、酱油、醋等，这些东西也是微生物的杰作。

味精是 L—谷氨酸的钠盐，又称谷氨酸钠、味素等。它具有强烈的鲜味，是人们日常生活中常用的调味品。早在 1866 年德国人立好生就用硫酸水解小麦面筋，最早分离出了谷氨酸。1908 年日本人池田菊苗和铃木等人从海带汁中提取了谷氨酸，并于同年第一次把味精推向市场，但由于当时生产的成本高，因而味精价格也高，它只是少数人餐桌上的奢侈品。1956 年日本协和公司的木下等人分离到了一种能产谷氨酸的细菌——谷氨酸棒状杆菌，同年 9 月发酵法生产谷氨酸在日本问世，从此味精的生产飞速发展，产量大增。目前，全世界味精年产量已达到 50 万吨以上，从而使昔日皇家堂前燕飞入了寻常百姓家。

味精生产先是从谷氨酸发酵开始的。葡萄糖、蔗糖、果糖及醋酸、酒精、石蜡油等可以作为谷氨酸生产菌的原料，加入一定的氮源、无机盐和生长因子，在一定的温度、PH 值等条件下，谷氨酸生产菌开始合成谷氨酸。发酵之

后，我们再以一定的方法如等片点法、渗透膜法等把谷氨酸从发酵液中分离出来，然后，谷氨酸与适量的碱进行中和而得到谷氨酸钠，再经除铁、脱色、过滤、浓缩结晶、分离结晶、干燥而成成品。

制酱油则是以豆类粮食在米曲霉的分解作用下得到酱醅，然后从酱醅提油所得。

醋生产主要是利用曲霉将淀粉糖化，然后在酵母的作用下变成酒精，酒精被醋酸杆菌氧化变成醋酸，整个过程都是微生物发酵的过程。

除上述之外，豆腐乳、酸奶、泡菜、火腿等等许多的食品都是微生物发酵所形成的具有独特风味的席上珍品。

单细胞蛋白

现在，地球上人口已增至 53 亿之多，而且，还以每分钟 150 人每天 22 万的速度在增长。人口剧增带来的粮食危机已日益困扰着人类，迫使人类去寻找新的食源。而微生物以其含蛋白量高，生长繁殖快的特点而日益为人类所重视，人们已开始在这方面作了有益的尝试。

单细胞蛋白也叫微生物蛋白，它是用许多工农业废料及石油废料人工培养的微生物菌体。因而，单细胞蛋白不是一种纯蛋白质，而是由蛋白质、脂肪、碳水化合物、核酸及不是蛋白质的含氮化合物、维生素和无机化合物等混合物组成的细胞质团。

由于世界人口暴增，同时动物饲养量也在大增，每年，全人类食物及动物饲料之所需的蛋白质总量将是几十亿到几百亿吨，传统的农业生产根本满足不了人和动物对蛋白的需求。目前，全世界就人而言有 10 多亿人缺乏蛋白质营养，所以，开发新的蛋白来源势在必行。而微生物作为一种蛋白来源已日见其优势：首先，微生物生长速度比任何高等动植物都要快得多。据估计，利用微生物合成同等量的蛋白质比利用植物来生产要快五百倍，比动物快两千倍。其次，微生物所含的营养价值高，菌体中 50% 以上是蛋白质，含量远高于一般植物所含的蛋白，甚至超过鱼粉含量，如一种丝状螺旋蓝细菌，蛋白质含量高达 65% ~ 70%，白地霉的蛋白含量也在 60% 左右。而且，菌体蛋白的氨基酸种类齐全，有些人和动物所必需的氨基酸比例高，如氢细菌含有人体所必需的氨基酸（赖氨酸、色氨酸）比牛肉、鸡蛋中所含的量还要多，此外，菌体还含有各种维生素和矿物元素，如酵母富含 B 族维生素，这些都是人体、动物体所不可缺少的营养。再次，可以利用多种廉价原料进行生产，用于生产 SCP 的微生物营养要求都不高，有些还是自养型的微生物，它们可以利用许多废料，如淀粉厂废水，豆制品厂废水，酒精蒸馏废液，味精废料，榨糖厂的下脚料及农副产品下脚料，造纸厂纸浆废液及石油炼制后的废液、废气（甲醇、乙醇、甲烷、天然气等）及工厂排放的废气（CO₂、CO）等，这些东西排放到自然中往往会造成污染环境，但我们用它们来生产 SCP 却可以变废为宝，为我们解决粮食危机。

单细胞蛋白，在世界上一些经济发达的国家已有一定生产规模。80 年代初，欧洲、美国和日本的一些企业主要采用石油烃类原料，以酵母菌来生产 SCP。如德国赫希斯特医药集团，1982 年生产了 1000 吨 SCP，1983 年英国帝国化学工业有限公司一座年产 5 ~ 15 万吨单细胞蛋白，全电脑控制的连续发酵塔正式投入生产，产品销往 10 多个国家。美国菲利浦石油公司利用自己的专利菌种，每年生产 75 吨含 60% 蛋白的 SCP，销往中东地区作为饲料。到 80 年代中期，全世界年产 SCP 已达 200 万吨，被广泛用于食品加工和饲料。

仅欧洲每年营销酵母蛋白就达 100 万吨。在美国，用微生物蛋白生产的“肉”食品已有 60 多种，这些食品含蛋白高，含脂肪低，不含胆固醇，在市场上很受欢迎，现在世界上许多国家都相继投资建厂生产 SCP。

在我国，自 1922 年上海建立了第一家酵母厂起，至今已有酵母厂几十家，产量数吨，大部分用于医药和面包生产，而用于饲料很少。但事实上，我国蛋白饲料年需要量在 500 万吨以上，因此，单细胞蛋白在我国将有极为广阔的发展前景。

用于单细胞蛋白生产的微生物种类很多，有小球藻、栅列藻等蓝细菌，霉菌、酵母等真菌和细菌，如氢细菌、光合细菌等。随着人们对微生物的认识的深入和扩展，可用于生产单细胞蛋白的微生物资源开发将越来越广泛。

微生物与农业生产

虽然，单细胞蛋白可以为我们解决一些蛋白质的不足，但地球要养活 50 多亿人口和几百几千亿的畜禽主要还要依靠农业生产。怎样提高粮食单产，怎样防治粮食病害的问题，早已摆在人们面前，多年来人们作过各种尝试，走过许多弯路，回过头来还是把目光投到了微生物这个神通广大的生命家族上来。

前面我们已谈到微生物在土壤物质转化中的作用及微生物与植物间存在着的极为密切的关系。事实上，微生物与农业生产密不可分。

任何植物都必须依土壤为基地，从土壤中汲取养分。而土壤形成的本身，及土壤熟化的过程都主要是微生物的作用。微生物分解土壤中植物所不能直接利用的有机质，形成腐殖质，改善了土壤结构，增加了植物可吸收利用的养分。同时，土壤中一些固氮的微生物把大气中游离态的 N_2 固定到菌体中或土壤里供植物利用，这样大大改善土壤肥力。另外，土壤中的微生物由于存在着拮抗作用，而产生了許多抗生物质，这些物质可以抑制和杀灭有害微生物，从而使作物生长的更好，使产量大大提高。

积肥、沤粪、翻土压青等有意识地创造有机肥料腐熟条件是人在农业生产中控制微生物的生命活动的规律的生产技术，这些技术很早就被古代劳动人民所接受，公元前一世纪的《汜胜之书》中就指出，肥田要熟粪；同时，该书也提出了瓜与小豆间作，即与豆类作物间作，利用豆科植物的共生性固氮作用来改善植物营养条件，可见古人也已知共生固氮的作用了。而公元五世纪，贾思勰所著的《齐民要术》更反复强调了相类似的观点。

微生物在农业生产上的应用主要有这几个方面：有机肥的腐熟；生物固氮作用；土壤中难溶的矿物态磷、硫的转化作用；生物农药等。

人粪尿、厩肥等都是很好的有机肥，这些肥料在施用之前都必须经堆积腐熟后才可使用，否则，会因为有机肥发酵发热而烧坏作物。有机肥腐熟过程就是微生物分解有机物，同时产热的一个过程。有机肥在堆制之初，由于富含有机养料而导致大量微生物生长，在微生物生长的同时，有机物被分解，这时产生了大量的热，导致堆积的有机肥温度上升，在高温和一些耐热的微生物共同作用下，堆积肥中的一些难分解的有机物如纤维素、半纤维素和果胶质等也开始分解，并在堆肥中形成了腐殖质，之后，堆积的肥料开始降温，在这过程中继续有许多有机质被分解，新的腐殖质被形成，最后，堆积的有机肥完全腐熟，而成主要以腐殖质为主的稍加降解就能为植物直接利用的有机肥了。

生物固氮，这在土壤中的许多微生物中都有这种功能。在农业生产中我

们可以有意识地选用固氮能力强的菌种接种到植物上或施用到大田中去，即所谓的菌肥或增产菌。

寄生于豆科植物根部的根瘤菌就是一种很好的固氮菌。这种细菌在土壤中自由生活并不能固氮，但当它侵入到豆科植物的根部结瘤后即具有从大气中固氮的能力。

把根瘤菌接种到植物根部，结瘤后，植物即能依此而固氮，从而节约了化肥，提高了作物的产量，这种方法已得到大面积应用。

我国在建国初期，即在华北地区推广应用花生根瘤菌接种剂，接着又在东北地区推广应用大豆根瘤菌剂，在长江流域使用紫云英、苜蓿和苕子等的根瘤菌剂。目前根瘤菌接种剂已在全国各地广泛使用，成为栽培豆科植物中一项重要的农业技术。

不仅如此，我国山东大学的聂延富等人还用植物生长剂“2,4—D”将根瘤菌导入小麦根系，并形成根瘤，从而使小麦也可以固氮。

在国外，许多科学家利用细胞融合技术或基因技术，使一些树木或作物获得固氮机制。如在新西兰，科学家将自养固氮菌融合到松树的外生菌根原生质体中，培养200天后使松树具有固氮作用，日本科学家用重组基因技术改造水稻固氮菌，他们利用基因重组技术，改变细菌的染色体，破坏阻碍固氮的基因，并促使固氮基因充分发挥作用，从而提高水稻固氮菌的固氮能力。

除根瘤菌有固氮作用外，光合细菌中的红螺菌和蓝细菌也能进行固氮。其中固氮的蓝细菌是提供氮肥来源的一类重要的生物，目前，已在许多国家水稻中试养蓝细菌，促进水稻增产获得成功。在印度，曾有广泛的田间试验，结果表明，在完全不施化肥的情况下，使用蓝细菌后，可使每公顷土壤增加氮素约20~30公斤，稻谷增产10%~15%。近年来，在我国湖北省也大面积放养蓝细菌获得成功。

地球的岩石中含磷量很高，但多数磷都以难溶性的磷酸盐形式存在，这些不能为植物所利用。而土壤中含有的一些细菌如氧化硫杆菌、磷细菌等可以通过产酸或直接转化磷盐存在的形式而成为植物可利用的成分。因而在农业生产上，我们可以培养这类细菌，然而把它们放养到缺磷肥的土壤中去，通过这类微生物的转化，即可使该土壤成为富含磷肥的地块而使作物高产。

人们为了防治病虫害，获得粮食高产而广泛使用农药，据统计，目前世界上生产和使用农药的多达1300多种，其中主要是化学农药。过去化学农药在植保工作中一直占主导地位。但是，由于化学农药对所有生物都有毒害作用，有些化学农药在土壤中很难降解，如DDT、六六六、艾氏剂等通过食物链的富集，现在已成为一种公害。因此，寻找高效、低毒、低残留的农药已成为当务之急，而生物农药的出现恰解决了这一难题。

生物农药统属于所谓的“第三代农药”。第三代农药包括杀灭剂、绝育剂、性诱剂、拒食剂、激素等，这些多数是生物代谢的产物。

生物农药根据其作用可分为杀虫剂、农用抗生素、除草剂和植物生长激素等。

生物杀虫剂包括细菌、真菌和病毒等，用作细菌杀虫剂的目前主要是苏方金杆菌和日本金龟子芽胞杆菌。这类细菌对人畜无害，而当昆虫吃下这类细菌即可发病而死亡。真菌杀虫剂种类很多，目前最常用的是白僵菌，它主要可以用来防治玉米螟、松毛虫、甘薯象虫、大豆食心虫、苹果食心虫和栎褐天蛾等许多农林害虫。昆虫病毒是近年来开始使用的生物杀虫剂，如美国

的棉铃虫病毒，日本的赤松毛虫病毒，我国的桑毛虫核型多角体病毒在防治一定的病虫害上均有良好效果。

农用抗生素是由多种微生物，特别是放线菌所产生的一类抑制有害微生物生长的生物制剂，目前在农业生产中使用的抗生素很多，象医用的链霉素、氯霉素、土霉素等在防治瓜果、蔬菜的一些细菌性病害中同样有效。有许多则是农业上专用的，如防治稻瘟病的杀稻瘟素—S和春雷霉素；防治麦类及瓜类百粉病和稻瘟病的庆丰霉素；防水稻纹枯病的井岗霉素和“5102”等，有些抗生素除了防治病害外，还有促植物生长作用，如“5406”等。抗生素在农业生产中的应用，对作物高产稳产提供了有力的保障。

生物除草剂，是利用某些微生物对有害杂草有致病作用的原理而培养的制剂，如我国曾使用“保鲁一号菌”用来防治危害大豆的菟丝子取得良好效果。

农业上使用植物生长激素比较多，其中大家比较熟悉的就是“九二〇”，也叫赤霉素，它是水稻恶苗病菌的一种代谢产物。它对植物有很强的生理活性，一般在很低的浓度（几十万分之一）就能促使植物细胞迅速长大，茎秆伸长，叶面增大；也可以使作物提前抽苔、抽穗和开花，缩短发育周期，提高成熟；也能打破种子、块根、块茎的休眠，催芽发苗；还能刺激果实生长，增加结果率。甚至对动物中的“僵猪”都有催长作用。因而“九二〇”广泛用于催芽、催熟和促生长上。

微生物与环境保护

微生物及其产物不仅在农业生产中大显身手，在环境保护方面，微生物同样功不可灭。

人类的活动，特别是近代的所谓的工业文明给地球生态系统带来了严重的环境污染。人们往往只知道一味地去追求财富，掠夺资源，不惜以牺牲环境作为代价去满足那无穷的物欲，其结果是环境日益恶化，终于到了危及人类自身生存的地步，这时才惊呼：大气层的臭氧层开洞了！全球气温在变暖！地球上生物物种在急剧消失！全球沙漠化日益严重！水资源在日见匮乏！……警钟长鸣，人类震惊了！环境污染真的到了如此严重的地步了？！

的确，我们生存的环境已到了非治理不可的地步了。科学家估计，人类创造的财富将不抵环境治理所需的开销，而且，有些生态的破坏已不可复原，人类在征服自然方面显然是打了一个败仗，人类的发展同环境的保护应该是统一的，这应该是全人类的共识。然而，很遗憾，许多人根本没有意识到这一点。人类老是在先污染后治理的这样一个怪圈中反复着。

环境污染，生态遭破坏由来已久，可以说自有人类的活动开始，就有环境污染和生态破坏的问题了，只是到了近代资本主义发展而带来掠夺式的资源开发，才使得环境恶化日趋严重，环境问题才逐渐摆到人们的面前。

污染事件带来的危害让人记忆犹新。

本世纪40年代初期，美国洛杉矶市由于250多万辆汽车大量排放尾气，尾气在日光作用下形成以臭氧为主的光化学烟雾，致使成千上万人出现胸闷、头痛、呼吸困难，许多人死去。这就是著名的洛杉矶光化学烟雾事件。

1952年12月英国伦敦上空烟雾迷漫，4000多人在烟雾中患心脏病和呼吸道炎而死亡。这就是伦敦烟雾事件。

1953年，日本熊本县水俣市，因一甲酸厂排放甲基汞等有毒物质，这些物质在鱼类中富集，结果人吃鱼而中毒。到1979年为止，日本水俣市发生水

候病 2000 多人，死 400 多人，造成水俣病事件。

1968 年 3 月，日本九州、爱知县一带，人禽食用污染有多氯联苯的米糠油而使 13000 人中毒，90 万只鸡死亡而发生米糠油事件。

1986 年 4 月 28 日，前苏联切尔诺贝利核电站发生爆炸，20 公里之外的人能听到爆炸声，火光冲天，当场造成几百名工人和消防人员死亡。爆炸之后，带有放射性的铯的烟尘随风飘散而波及到附近的瑞典、丹麦、芬兰、挪威以及亚洲和北美的一些地方，结果使 424300 的原苏联人和 526700 的欧洲、亚洲和北美人生活在核辐射中而随时有患癌病死亡的威胁。由于放射性的铯 137 半衰期有 30 年，要让这种物质自然衰减到安全量范围，则需要几百年时间。这就意味着，受污染严重的地区几百年里都有可怕的病魔潜伏着。

1987 年美国在印度的一家化工厂发生爆炸，有毒的氨漏泄出来，使几十万人受害。

1991 年，伊拉克入侵科威特，在科威特南部，炸掉了许多油井和储油罐。造成原油泄漏。据估计 1991 年海湾战争中漂流的原油可能有 700 万到 1100 万桶，在海湾地区形成了方圆几百公里的污染带，据估计，要完全消除这次浮油污染，需花费 50 亿美元经 10 年时间。石油污染是严重的，因为石油在水面上形成一层油膜可以阻止溶氧的补充；而另一方面，由于石油不含氧原子，因而氧比 1 分子石油消耗的氧气要比其他含氧的有机物要高，据计算，每分解氧化 1kg 石油要耗用 40 万升海水中的氧，即相当于面积 1m^2 深 400m 的水柱的氧量。由此可见，石油污染可造成海水严重缺氧，从而给海洋生物带来灾难。

灾难是惨痛的，灾难之后更多的是引起人们的思索。怎样去防止灾难的再次发生，如何合理有效地去开发利用有限的资源？如何在发展经济的同时保护好我们人类及地球上所有生物赖以生活的地球环境？

所谓环境污染主要是人类活动所引起的环境质量下降而有害于人类及其他生物的正常生存和发展的现象。

环境污染的产生往往经历一个由量变到质变的过程，即当污染物的浓度积累到超过环境自净能力的时候就会产生危及人类和其他生物的作用。

环境污染的本质主要是人类在活动中限于技术的原因造成资源的浪费和不合理使用，使原本在自然界中有用的资源变为废物，甚至有害物而进入到生态系统从而造成环境破坏和生态失衡。

环境污染根据其产生的原因可分为生活污染和生产污染。生产污染又可分为工业污染、农业污染和交通运输业污染等。

生活污染在工业革命之前是环境污染的主要形式。它主要是由于人口的增加及动物数量的增多，人及动物的大量的排泄物、分泌物排放到自然环境中，造成环境变化。

生产污染则在产业革命之后成为环境污染的主要形式。由于生产中产生许多的废气、废水、废渣的排放，及工业产品进入消费后产生的生活垃圾；另外农业生产使用的各种化肥、农药等等。这些东西进入到环境，有些可以很快被降解；而有些却降解很慢，甚至根本不能被降解。这样，在生态系统中通过食物链的富集作用，最终危及人类。

日本的水俣病就是这样一个典型的例子，最初工厂排放的有机汞只有零点零零几个 PPM，而通过植物、小鱼、大鱼的富集，最终在大鱼体内可增加到 20~30PPM，当人吃了这种鱼后，即可中毒。

过去，曾在世界范围内的农业生产中使用 DDT 和六六六等，这些农药很难降解，一般需要 8 年至 80 年才能降解，结果，通过食物链的富集也可以达到危及人类及其他生物的程度。据科学家研究发现，南极企鹅体内有残留的 DDT，而南极是远离人类活动的独立大陆，其上面生活的企鹅体中有 DDT，说明 DDT 危害是全球性的。

污染物排放到环境中，降解过程虽然有物理、化学方面的作用，但主要还是靠微生物来降解。

生活污染物主要是一些有机物质，这些物质进入环境可以为微生物提供很好的碳源和氮源，通过微生物分解后，这些物质最终变成土壤的组成部分。

生产带来的污染物比较复杂，既有有机的物质，也有无机的矿物盐和金属离子，甚至有放射性物质，这些东西的降解和转化也主要靠微生物。

工厂排放出的废水可以通过微生物来处理。日本建设省从 1985 年至 1990 年，用了整整 5 年时间，在世界上首次利用生物工程技术开发排水处理系统。他们建立起同排水处理有关的微生物库，贮存了 26 种细菌的资料，建立了“脏水处理反应堆”、“好气性反应堆”、“厌气性反应堆”、“除氮反应堆”、“污泥处理反应堆”等一系列微生物处理污水系统，极大地提高了治理污水的效率。

科学家发现，降解石油也主要是微生物在起作用。现在，科学家们将能降解石油的几种细菌的基因，结合转移到一株假单孢菌中，构建成“超级微生物”，这种微生物能降解多种原油组分。在油田、炼油厂、油轮和被石油污染的海洋、陆地都可以用这种“超级微生物”去清除油污。

而美国的一家生化公司的科技人员则利用转基因技术构建一些新的用以清除工业废弃物的“超级细菌”，他们用这些“超级细菌”可以清除多氯联苯。

化学农药的降解也是微生物的功劳。有人发现，放草隆在未经消毒灭菌的土壤中降解的速度比被灭菌处理过的土壤要快许多倍。

土壤中降解化学农药的微生物种类很多，主要为细菌和真菌类。通过这些微生物的降解，有机部分为微生物提供了碳源和氮源，无机部分被处理后回到土壤。

就是放射性物质，微生物也能对它们进行处理。科学家发现，在核试验场附近仍有几种微生物生活着，它们可以在辐射强度很高的射线中缓慢地对核放射性废料加以处理，从而加速放射性物质的衰减。

事实上，在自然界中所有的污染物都可以被微生物所降解或转化。只是降解或转化的速度有快有慢。因此，微生物在维护自然生态平衡方面，可以说功德无量，它们在自然界的各个角落里默默地奉献着，无怨无悔。

微生物与石油、化工和采矿业

石油，是重要的能源和化工工业的原料，它在工农业生产中起着举足轻重的作用。然而，由于长期的开采，贮量下降，许多矿井用常规技术已不能开采而被废弃。但事实上，地下油层 60% 为粘滞性强的油，常规开采对这部分油束手无策，只有白白地任其报废。

过去，原油开采，在原石油气压下，一次采油只能采出存油的 10% ~ 20%，二次采油是加水或蒸汽加压后进行的，也只能采出 30%，而还有近 60% 的贮油不能采出。如何才能把这部分油采掘出来呢？科学家们想尽了办法，最后他们把注意力集中到微生物上来，因为许多微生物能把长链烃降解

为短链烃，使石油粘滞性减小，气压增加，从而可以提高出油率。因此，利用微生物可以第三次采油。

美国在得克萨斯州一口 40 年井龄的油井中，加入糖蜜和微生物，然后密封。经微生物发酵后，井内气压上升，结果出油率比原来提高 4 倍，澳大利亚科研人员经过 10 年努力也开始利用细菌采油，使油井产油量增加 50%，英国人也作了这方面的尝试。使用微生物采石油可以使油井产量明显提高。1981 年美国利用微生物技术多生产 2000 万桶的原油，价值达 6 亿美元。1989 年原苏联《能源》杂志介绍了他们开发的利用微生物采油的新方法，这种方法是在钻井过程中，给油层注入细菌，改善水的排油性能，从而提高原油的流动性，使出油率提高。

微生物在石油开采中的应用范围是比较小的，但微生物在化工工业中应用却极为广泛。

我们知道，酒精这种重要的工业原料和溶剂过去一直是用微生物发酵法来生产的。本世纪 50 年代由于石油工业的发展，用石油裂解法制造酒精简便而低廉，因而很快取代了发酵法。但由于近几年来，石油资源枯竭日紧，油价上涨，又导致人们把兴趣转移到发酵上来。现在，就我国而言，年产酒精 120 万吨，其中 90% 是发酵法所产生的。

不仅酒精可以用微生物发酵来生产，其他许多的化工产品都可以用微生物来生产。如甲醇、丙酮、醋酸、环氧乙烷、环氧丙烷、甾体甘油、脂肪酸、柠檬酸、乳酸、氨基酸以及某些高聚合物如聚羟基丁酸酯、生物塑料等等，可以说，微生物发酵产生化工产品大有取代现在的石油化工工业之势。而且，微生物发酵的产物对环境不会造成污染，而现在的许多石油化工产品已产生了公害。典型的例子就是塑料和合成橡胶，这些化工产品很难降解，而微生物产品则不同。现在许多国家的科学家都在寻找塑料和合成橡胶的微生物替代品。生物塑料便是这类替代品。

生物塑料是微生物及有些植物产生的一种高分子物质。用这种高分子物质所制成的塑料具有与现在广泛使用的塑料一样的强度和韧性，但它们能溶于水，也容易被微生物所降解，不会造成污染。现在，世界上许多国家，如美国、英国、意大利、日本及我国的台湾地区都在竞相开发这种产品。

不仅如此，其他的许多化学工业如造纸、工业酶，甚至化妆品都可以用微生物来参与生产。

微生物在采矿业的作用也越来越被人们所重视。

由于人们大量的开采，许多富矿都被开采殆尽，留下不少贫矿和尾矿，这些矿品位很低，采用一般的火法冶炼在经济上是不合算的。虽然这些贫矿、尾矿品位低，但它们总量极大，各种金属储量远超过已开采的高品位矿。因此，开发前景还是很大的，但是，如何来利用这些矿呢？科学家发现，自然界中生活的一些细菌可以浸出许多种金属，如氧化硫硫杆菌、氧化硫铁杆菌等，它们能将铜、钴、镍、锰从矿石中浸出，甚至能将黄金、铀从矿石中“挖”出来。

现在，美国用细菌浸矿所得的铜已占全美产量的 10%，加拿大和美国用细菌浸矿法提炼的黄金占到 10%，而澳大利亚则占到 20%。加拿大用生物工程菌浸泡含铀的矿石得铀已达 230 吨。我国从 1965 年也开始了对铜、铀等金属的细菌浸出法试验，取得了一定成效。

用细菌浸出法提炼金属，具有成本低，设备简单，投资省，工艺简单，

不污染环境，回收率高等特点，因而倍受人们欢迎。

可怕的生物武器

微生物可以造福于人类，也可以带灾难给人类。战争的目的就是要最大限度地杀伤对方，从而取得胜利。鉴于微生物可以大规模引起人们发病，造成巨大伤亡的特点，历来有许多病原微生物就被战争狂人所青睐。

1940年10月27日，几架日本飞机在浙江宁波上空盘旋了几圈，不是扔下炸弹，而是扔下了一些麦粒、破布及各种杂物，之后就飞走了。地面上的人感到纳闷——小鬼子搞什么名堂？几天后，灾难发生了。许多人传染上了致死的鼠疫，几天之内102人死亡。原来，日本飞机带来了感染有鼠疫杆菌的跳蚤，这些跳蚤空投到地面后很快叮到人体上去，从而引发了可怕的鼠疫。在这前后，日本飞机曾多次在浙江的金华、衢州和湖南常德地区大量空投这种带有鼠疫菌的跳蚤，结果造成这些地方鼠疫大流行。1943年，日军准备撤离华中地区时，石井四郎又派遣“731”远征队和驻南京的“荣字1646部队”相配合，大规模地散布细菌武器，使华中地区的水源、战略物资和粮食遭污染。此外，日军还将俘虏、平民作为病菌感染致病的活材料，并任意剖杀观察病变。日军细菌部队“731”在中华大地上犯下的罪行罄竹难书。

1952年5月16日夜，美军飞机在朝鲜大同郡境内投下四包装蛤蚧的草包，企图投入当地一个蓄水池中，由于风大而落在一个山坡上。一家夫妇拾到这四个草包带回家误食，结果，晚上这对夫妇即上吐下泻，当晚便含恨而亡。事后检验发现是美军投下了带霍乱弧菌的蛤蚧。除此之外，美军还在朝鲜另外一些地方和我国的东北地区空投过带鼠疫杆菌、炭疽杆菌、伤寒杆菌和脑炎病毒的苍蝇、田鼠等东西。造成传染病的流行。

上述的是日军和美军在侵华和朝鲜战争中的暴行。但这决不是日军或是美军的独创。

早在1346年鞑靼人围攻热那亚人的卡发城及1763年英殖民主义征服北美洲的印第安人和意大利人征服非洲的埃塞俄比亚人时，就开始用传染病的方法了。

1346年，鞑靼人围攻热那亚人固守的卡发城，攻了3年也没有把这座小城攻下。后来，鞑靼人想到了鼠疫，他们把患鼠疫而死的人的尸体扔进城中，结果使全城鼠疫大暴发，卡发城不战自破。

1763年6月，英殖民主义者大军侵入加拿大时遭到印第安人顽强的抵抗。于是，英军驻北美的总司令阿姆斯特丹变换了战术。他派人给印第安人的两名首领送去了“厚礼”——被子和手帕。面对如此精美华丽的礼物，两位印第安人爱不释手。但是不久，灾难就来临了，许多印第安人开始患一种病，发高烧，皮肤上出红点长水疱，不久许多人悲惨死去。原来，英国人送去的“礼物”中有天花病毒。由此，英国人兵不血刃就占据了北美。

第一次世界大战期间，德国也曾用过各种细菌和病毒来杀伤对方的战斗力。如用马鼻疽杆菌感染英法用于运送弹药的骡子，在罗马尼亚空投带细菌的食物。

生物武器在人类战争史上曾给人类带来了巨大的灾难，其杀伤力及危害性不亚于任何一种现代武器。因此，它遭到世界上广大爱好和平的人民的强烈反对。1925年40个国家共同签署了禁止使用化学和生物武器的《日内瓦公约》。1972年又签署了《生物和毒素武器条约》，许多国家都参与签署，其中包括美国和前苏联。但是，和平远没有因为这两个公约或条约的签署而

到来。相反，有些国家反而投入巨额经费加紧研制生物武器。因为生物武器有其他武器所难具有的优点：首先，生产生物武器快速、简单、方便，只要保存少量菌种，有一套发酵系统，在所需之时，在极短时间（十几个小时）就可以得到足以杀灭全球人口的微生物或毒素量；施放容易，只要将这些生物武器投放到任何一处可以感染人的东西上，通过传染，短时间就可以在大批人群中传开，而无需消耗人力、物力去搬运投放笨重的其他武器；杀伤力大，传染病一旦传开即可使成千上万人失去战斗力，并且，每一个病人都将成为传染源，可以不断将病原传开出去，从而达到危及整个军队的目的。如此，生物武器让每一个战争贩子都情有独钟。

现在，美国、俄罗斯等国还保藏有许多致病微生物。据 1977 年美军生物战剂贮存的应急计划透露，美军在狄特里克堡特殊作战处保存的生物战剂样品就有 10 种，其中炭疽菌 100 克、野兔热杆菌 20 克、委内瑞拉马脑炎病毒 20 克、粗球孢子菌 20 克、希氏杆菌 3 克、结核杆菌 5 克、伤寒杆菌 10 克、天花病毒 50 克等，此外，还有毒素。如 A 型肉毒梭菌肉毒素 5 克、葡萄球菌肠毒素 10 克、银环蛇毒素 2 克等等，每年用于保存和研制生物武器的经费高达 7500 万美元。而前苏联也一直在秘密研制生物武器，如 1979 年 10 月 26 日在苏联乌拉尔山以东的斯维尔德洛夫斯克的南郊，一座生产炭疽杆菌的工厂发生杆菌外流而导致数千人患肺炭疽，数百人丧生的事件。

据美国一位专家估计，美国和前苏联均贮存着大约 42000 吨的生物武器。光这些贮存量，就可以使全人类灭亡，这不能不引起世界爱好和平的人士的关注。

不仅如此，某些国家还运用现代生物技术对传统生物武器加以改进和提高，使它们具有更强的杀伤力和更难以预防和治疗；同时，他们也在积极寻找新的病原体用以开发新型生物武器，甚至有人在研制更可怕的基因武器。

未来的世界并不太平，天灾人祸随时可能降临到人类这个既好强也脆弱的种群中。人啊，可要警惕些！

微生物与 21 世纪

虽然在地球上存在着种类繁多，数量庞大的微生物资源，然而，由于人们对微生物的认识还比较肤浅，技术手段还不够先进，因而，现在开发利用的微生物种类还不到微生物总量的百万分之一。但是，微生物应用的前景却是十分诱人的。

品尝微生物

科学家预言，21 世纪将是生物技术的时代。生物技术包括基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程。发酵工程即微生物工程，而基因工程、细胞工程和酶工程也往往以微生物为载体。因为微生物种类多，易变异，繁殖快，它们可以在生物技术的各个领域中大显身手。

可以预料，随着微生物这门学科本身的发展，以及其他相关学科和相应技术的进步，微生物的应用价值将日益突出，它将显示出神奇的魅力。21 世纪的人们将不再把微生物只是当作病魔来看待，不再谈微生物而色变，而是把它们当作人类的朋友。

21 世纪，由于人口的剧增，产业化的高度发展，由此而带来的粮食危机、环境恶化、水资源的缺乏等一系列的问题将困扰着人类，人类如何才能解决这些危机将摆到人们的议事日程上来。

微生物作为地球上最大的生物资源，开发前景很大，而且，一旦微生物

得到合理的开发将最终帮助人类度过难关。

现在，地球上人口已达到 53 亿多，并且还以惊人的速度在增加，到 21 世纪初，全球人口将超过 60 亿。地球将如何养活这日益增长的人口？粮食问题将首先摆到人们面前。传统的农业将无法回答这个问题，不管人们如何改良品种，如何想办法提高作物单产。因为作物依靠的是光合作用、固定光能，而这最终是有极限的。但是，事实上地球可供利用的资源却是很大的。放眼望去，满山遍野杂草丛生，木林芊芊，这些植物每年自生自灭。而这些植物每年所固定的太阳能却是巨大的，这些太阳能都贮存在纤维素、木质素等不能直接为人所利用的物质中。自然界存在许多的微生物，它们可以分解纤维素、木质素等，分解的中间产物是糖类、醇及有机酸等，这些却可以被人所利用。如果我们分离到这类微生物，加以控制，则我们可以让草、木头转化成为葡萄糖或者蛋白质，从而为我们提供食物来源。而植物资源是可以再生的，只要我们利用得当便不会枯竭。

就微生物本身而言，也是人类未来的一种好食源。前面我们已介绍过单细胞蛋白。单细胞蛋白有我们人体所必需的各种成分。而且，可供培养单细胞蛋白的条件很充分，广阔的海洋可以供自养的蓝细菌生长；工厂的有机废料、废水，生活的垃圾、污水可供培养许多微生物，这些微生物只要品种选择得当，不仅不会产生有毒的物质，反而可以为我们提供佳肴。说不定，21 世纪你到别人家作客，主人款待你的将是：清炖螺旋蓝细菌、炒假丝酵母、油炸白地霉呢。由于微生物惊人的繁殖速度，它们在很短时间就可以产生极大量的食物，所以，预计未来的人们将不再过分依赖传统的农业生产。

微生物工厂

也许 21 世纪，你到地球的各个地方走走，你将见不到林立的烟囱了（因为，农田大量施用各种菌肥，人类不再需要合成氨工厂，不再有石油化工厂了），到处碧草青青，而人们的屋前或房后都有一个巨大的发酵罐，粮食就从这个发酵罐中来。

21 世纪，人们也不再需要煤和石油了，所有污染环境的烟囱被拆除。因为，这时候人们用上了便宜的太阳能，及由微生物转化的化学能了。人们只要往发酵罐里扔稻草、木屑，灌入污水、垃圾等，发酵罐中的微生物便把贮存有太阳能的各种物质进行降解，而产生甲烷、乙醇、 H_2 等，然而人们以一定办法把这些产物收集起来，供工厂的发动机以及汽车、飞机的发动机使用。

在 21 世纪，传统的石油化工工业将被微生物发酵所取代了。在工业区，人们将看到各种各样，大大小小的发酵罐。这些发酵罐中的微生物利用廉价的草、木头及生活污水进行发酵，产生了我们现在所有化工产品的原料，如甲烷、乙烷、甲醇、乙醇、甲酸、乙酸、丙酮、甘油等等，用这些原料再合成我们所需的产品。

21 世纪的汽车，不再是一种屁股后面排出有毒气体的污染源了，它可能还是一个小型的垃圾处理机呢。在汽车的某一部分是一个小发酵罐，里面的微生物是以转基因工程技术处理过的，它能很快发酵发酵罐中贮有的有机质，而产生甲烷、乙醇等，这些分解产物通入气缸中，产生的热量推动汽车运动。公路边不再是加油站，而是垃圾供应站和发酵余液的贮存站。这些发酵余液最后可洒到草地上，作为草的有机肥。

由于不用烧煤，烧石油，工业废气大大减少了，不再有酸雨，不再有光化学污染。同时，由于生活的污水、粪便和垃圾产生后马上就进入发酵罐中

处理，生活来源的污染物减少了。河流、湖泊，甚至海洋开始变得清澈起来，水质大大改善了，甚至无需经过处理，水便可以直接饮用。

不仅如此，微生物在 21 世纪还被广泛用于工业的各个行业中，而且，微生物的生产性能也大大提高了，因为人们利用转基因技术对微生物进行了改造，从而使微生物成为人意志的表达者。

无所不能的微生物

各种酶制剂被微生物源源不断地生产出来，而这些酶又被广泛用于化工、轻工、纺织、造纸、食品等行业。由于这些酶的使用，使生产在常温常压下面就可以进行，减少了能源消耗，设备投资。而且，生产效率也大大地提高了。

由于采用微生物新技术，各种生化药品竞相得到开发，现在危害人类的几种病，如病毒性肝炎、癌症和艾滋病等的诊断制剂被开发出来。预防这些疾病的疫苗也被广泛使用。

通过转基因技术，各种激素、生物活性物质、干扰素等都可以由微生物来生产，如生长激素、胰岛素、缓激肽、前列腺素、强啡肽、各种性激素。白细胞介素等等通过转基因手段可以在大肠杆菌或其他类微生物上表达出来。这些微生物在生长繁殖过程中就能不断把这些物质生产出来。

同时，抗微生物的药物也被广泛地开发，抗生素的功能得到加强，产量提高了。而动物性和植物性的抗微生物药物也广泛得到使用。

在冶金方面，传统的火冶炼法被抛弃，因为这种方法耗能大，产生污染严重，金属获得率低。取而代之的是微生物的浸出法。到 21 世纪，各种金属的浸出菌种被发现出来，并且，对一些与生产有关的基因进行人工改造，使微生物在金属冶炼中大显身手。

在电子通讯工业中，生物传感器、生物计算机、生物芯片等将广泛采用。

因为未来的工业将由微生物发酵或微生物产生的酶来调控进行生产所取代，因而，未来的工业产品在生产过程中的监测将由生物传感器来完成。生物传感器是各种酶所组成的，它的另一端连接电信号发生装置，中间是一个能将酶与底物间反应的化学信号转化为电信号的换能器。通过生物传感器可以快速、准确地把产品的类型、含量等指标准确无误地显示出来。

现在的电子计算机都采用半导体集成电路，电子元件集成程度很高。目前电子计算机采用的超大集成电路，在大拇指头大小的半导体上可集成 10 万个电子元件，运算速度达每秒钟亿次。然而，21 世纪使用的生物计算机采用的分子超大规模集成电路元件的密集度，将是现在半导体集成电路的 10 万倍，而其体积只有 100 埃。分子逻辑元件的开关速度比目前硅逻辑元件开关的速度要快 1000 倍，而分子超大规模集成电路所用的蛋白质就是细菌的一种感光蛋白质。目前美国科学家已在一种嗜盐细菌体中找到这种蛋白，它受到光照射时，其化学结构会发生变化，并释放出少量电荷。因此，这种蛋白能靠光触发“开关”作用，可记录数字化信息。

总之，21 世纪作为生物技术的时代，微生物将是起主导作用的，微生物的明天不再默默无闻，它将是灿烂辉煌的。

