



# 山东农业大学微生物学课程



# 微生物学教程

(第二版)

周德庆

 高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

# 山东农业大学生命科学学院



# 第八章

# 微生物的生态





**微生物生态学：** 研究微生物群体与其周围生物和非生物环境条件间相互作用规律的科学。

微生物是生态系统的重要成员，特别是作为分解者分解系统中的有机物，对生态系统乃至整个生物圈的能量流动、物质循环发挥着独特的、不可替代的作用。





# 第一节 微生物在自然界中的分布 与菌种资源开发





# 一、微生物在自然界的分布

- ❑ 空气中的微生物
- ❑ 水体中的微生物
- ❑ 土壤中的微生物
- ❑ 农业产品上的微生物
- ❑ 极端环境下的微生物
- ❑ 不可培养的微生物





## (一) 土壤中的微生物

陆生生境的主要载体是土壤。土壤具备了各种微生物生长发育所需要的营养、水分、空气、酸碱度、渗透压和温度等条件。

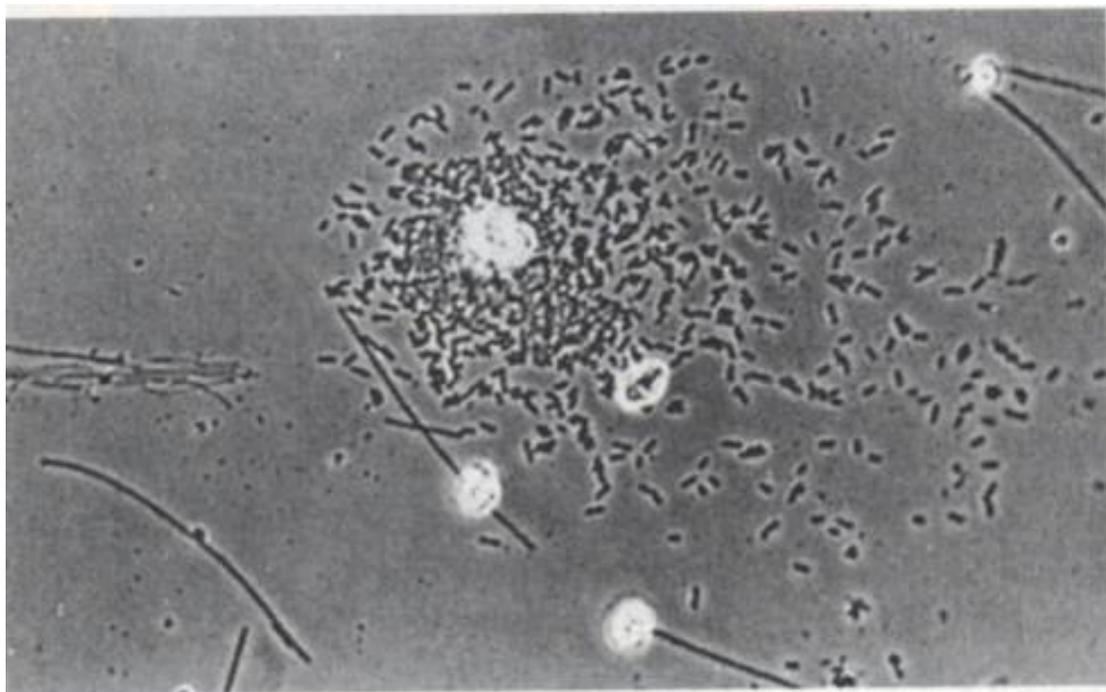
每克表层土壤的微生物数大约 $10^7$ ~ $10^9$ 个。

细菌 ( $10^8$ ) > 放线菌 ( $10^7$ ) > 霉菌 ( $10^6$ ) > 酵母菌 ( $10^5$ ) > 藻类 ( $10^4$ ) > 原生动物 ( $10^3$ )





## (二) 水体中的微生物



**Figure 14.3** Bacterial microcolonies developing on a microscope slide immersed in a small river. The bright particles are mineral matter. The short, rod-shaped cells are about  $3\ \mu\text{m}$  long.

水生生境主要包括湖泊、池塘、溪流、河流、港湾和海洋。





# 1.不同水体中的微生物种类

主要受营养水平、温度、光照、溶解氧、盐分等因素的影响。

水中的病原微生物主要来源于人和动物的传染性排泄物。





## (1) 淡水型水生微生物

**A. 清水型水生微生物：**如硫细菌、铁细菌及含光合色素的蓝细菌、绿硫细菌、紫硫细菌等化能自养类型。

**B. 腐败型的水生微生物：**是造成水体污染、传播疾病的重要原因。主要是革兰氏阴性杆菌、变形杆菌、大肠杆菌、产气杆菌以及各种芽孢杆菌、弧菌和螺菌。

## (2) 海水型水生微生物

海洋微生物与淡水中的微生物在耐渗透压能力方面有很大的差别。此外，在深海中的微生物还能耐很高的静水压。例如，少数微生物可以在**600**个大气压下生长。



## 2.水体的自净作用

原因是多方面的，虽有物理性的稀释作用和化学性的氧化作用，但更重要的却是各种生物学和生物化学作用，例如好氧菌对有机物的分解作用，原生动物对细菌等的吞噬作用，噬菌体对宿主的裂解作用，以及微生物产生的凝胶物质对污染物的吸附、沉降作用等，这就是“**流水不腐**”的重要原因。

## 3.饮用水的微生物学标准

饮用水标准，细菌总数不可超过**100个 / ml**  
(**37°C**，培养**24小时**)，**E. coli**数不能超过**3个 / L**。



### (三) 空气中的微生物

空气中的微生物的分布、数量随季节、高度、地区、人口居住密度、风速等有明显差异。

地区	1m <sup>3</sup> 空气中所含菌数 (个)
畜舍	1000000~2000000
宿舍	20000
城市街道	5000
市区公园	200
海洋上	1~2
北极 (北纬73°)	1
北极 (北纬80°)	0





## （四）工农业产品上的微生物

人类赖以生存的食品以及其他许多生活、生产资料都是微生物生长的潜在基质，可以不同程度上为微生物所利用。在大多数情况下，微生物对这些物质的作用导致酸败、腐烂及霉腐，消除微生物或抑制有害微生物的代谢活动，特别是应用微生物生态学原理抑制有害微生物的活动是防止食品、材料腐败变质的重要方法。





控制微生物，防止生物霉腐的方法概括起来有三种，这些方法可单独使用或结合使用。

- ① 用物理或化学方法杀死或去除物品上的一切微生物，再用物理方法防止微生物的再污染。
- ② 把食品和其他材料保存于微生物不能进行代谢活动或代谢水平极低的环境条件下，
- ③ 通过加工或加入对人无害的添加剂来抑制微生物的活动或降低食品和材料的微生物可利用性。



## （五）极端环境下的微生物

凡依赖于极端环境才能正常生长繁殖的微生物，称为极端微生物或嗜极菌。

极端环境下微生物的研究有三个方面的重要意义：

- ① 开发利用新的微生物资源，包括特异性的基因资源；
- ② 为微生物生理、遗传和分类乃至生命科学及相关学科许多领域，如功能基因组学、生物电子器材等的研究提供新的课题和材料；
- ③ 为生物进化、生命起源的研究提供新的材料。





# 1. 嗜热微生物

细菌是嗜热微生物中最耐热的。

- ❖ 耐热菌：最高生长温度：**45~55**，低于**30**也能生长。
- ❖ 兼性嗜热菌：最高：**50~65**，也能在低于**30**条件下生长。
- ❖ 专性嗜热菌：最适：**65~70**，低于**40~42**不能生长。
- ❖ 极端嗜热菌：最适：高于**65**，最低高于**40**
- ❖ 超嗜热菌：最适：**80~110**，最低**55**。大部分超嗜热菌是古生菌。



## 2. 嗜冷微生物

嗜冷微生物能在较低的温度下生长，可以分为专性和兼性两类。前者最高生长温度不超过**20**，可以在**0**或低于**0**条件下生长；后者可在低温下生长，但也可以在**20**以上生长。

嗜冷微生物的研究远没有嗜热微生物那样深入，而且主要限于细菌。

嗜冷微生物的主要生境有极地、深海、寒冷水体、冷冻土壤、阴冷洞穴、保藏食品的低温环境，从这些生境中分离到的主要嗜冷微生物有针丝藻、粘球藻、假单胞菌等。从深海中分离出来的细菌既嗜冷、也耐高压。



### 3. 嗜酸微生物

生长最适pH在3~4以下，中性条件不能生长的微生物称为嗜酸微生物；能在高酸条件下生长，但最适pH接近中性的微生物称为耐酸微生物。

温和的酸性（3~3.5）自然环境较为普遍，如某些湖泊、泥炭土和酸性的沼泽。极端的酸性环境包括各种酸矿水、酸热泉、火山湖、地热泉等。

从这些生境中分离出来的嗜酸微生物，其优势菌是无机化能营养的硫氧化菌、硫杆菌。嗜酸菌被广泛用于微生物冶金、生物脱硫。



## 4. 嗜碱微生物

极端碱性湖是地球上最稳定的碱性环境，**pH**在**10.5~11**。我国的碱性环境是青海湖等。人为碱性环境是石灰水、碱性污水。

嗜碱微生物有两个主要的生理类群：嗜盐碱微生物和非盐嗜碱微生物。代表性种属有外硫红螺菌、甲烷嗜盐菌、嗜盐碱杆菌、嗜盐碱球菌等。





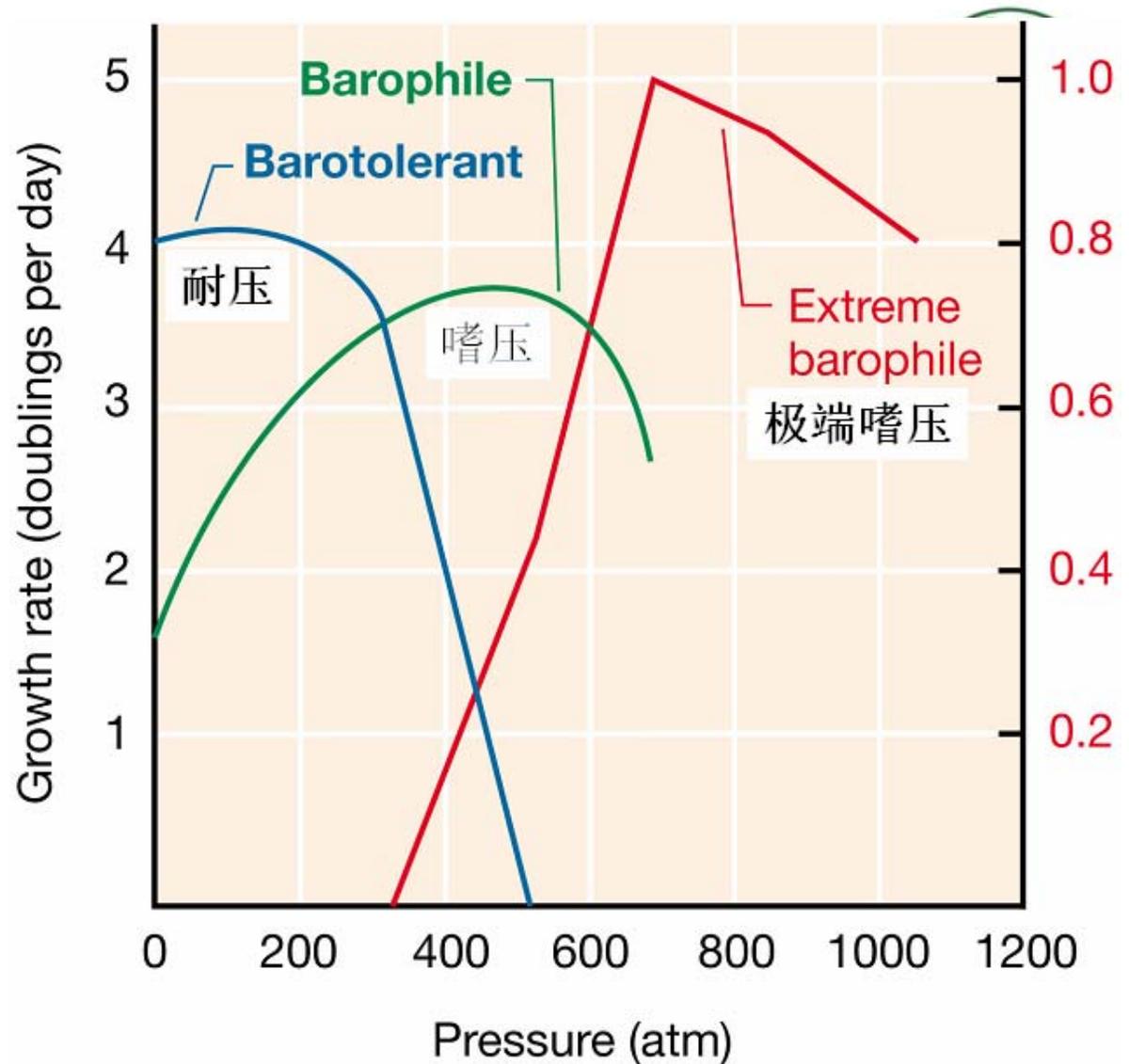
## 5. 嗜盐微生物

含有高浓度盐的自然环境是盐湖，此外还有盐场、盐矿和用盐腌制的食品。海水中含有约**3.5%**的氯化钠。

根据对盐的不同需要，嗜盐微生物可分为弱嗜盐微生物（**0.2~0.5mol/L**）、中度嗜盐微生物(**0.5~2.5mol/L**)、极端嗜盐微生物(**2.5~5.2mol/L**)。大多数海洋微生物属于弱嗜盐微生物，在极端高盐的环境中，已经分离出来的主要有：藻类、细菌（盐杆菌、盐球菌等）。

## 6. 嗜压微生物

需要高压才能良好生长的微生物称为嗜压微生物。最适生长压力为正常压力，但能耐受高压的微生物被称为耐压微生物。





## 7. 抗辐射的微生物

表现出抗性或耐受性，不能说成嗜好。





## (六) 生物体内外的正常菌群

### 1. 人体的正常菌群

生活在健康动物各部位、数量大、种类较稳定、一般能发挥有益作用的微生物菌群，称为正常菌群。

正常菌群与人体保持着十分和谐的平衡状态，在菌群内部各微生物间也相互作用，维持稳定、有序的相互关系，即**微生态平衡**。

正常菌群失调 —— 条件致病菌 —— 内源感染



## 微生物制剂：

依据微生物学理论而制成的含有有益菌的活性制剂，其功能在于维持宿主的微生态平衡、调整宿主的微生态失调并兼有其他保健功能。





## 2. 无菌动物与悉生动物

凡在体内外不存在任何正常菌群的动物，称为**无菌动物**。

凡已人为地接种上某种或某些已知纯种微生物的**无菌动物或植物**，称为**悉生生物**。





### 3. 根际微生物和附生微生物

生活在根系邻近土壤，依赖根系的分泌物、外渗物和脱落细胞而生长，一般对植物发挥有益作用的正常菌群，称为根际微生物。

生活在植物地上部分表面，主要借助植物外渗物质或分泌物为营养的微生物，称为附生微生物。





## (七) 活的非可培养状态

(**viable but nonculturable state , VBNC state**)

**VBNC现象是我国青岛海洋研究所的徐怀恕和美国University of Maryland的R R Colwell等于1982年首次提出的，近年来已成为微生物学研究的一个热点。**





细菌处于不良环境条件下产生的一种特殊的生存方式或休眠状态，在常规培养条件下培养时不能生长繁殖，但仍然是具有代谢活性的活菌。

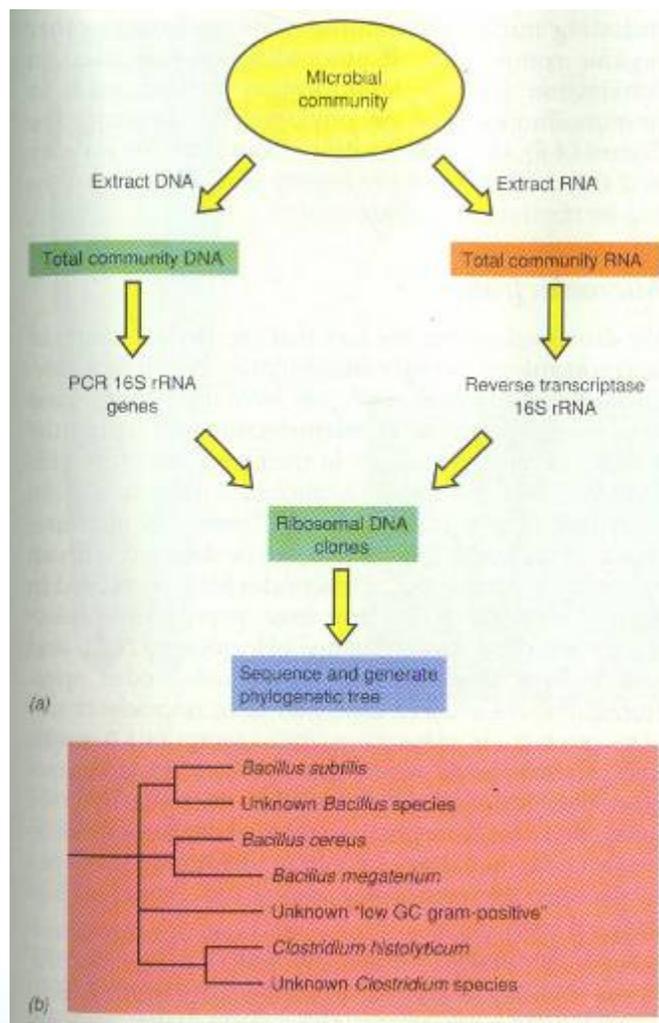
一般表现为细胞保持完整，胞内酶维持活性，染色体及质粒DNA均保持稳定，而用显微镜观察，其细胞会表现为缩小成球状，细胞表面产生皱折等。

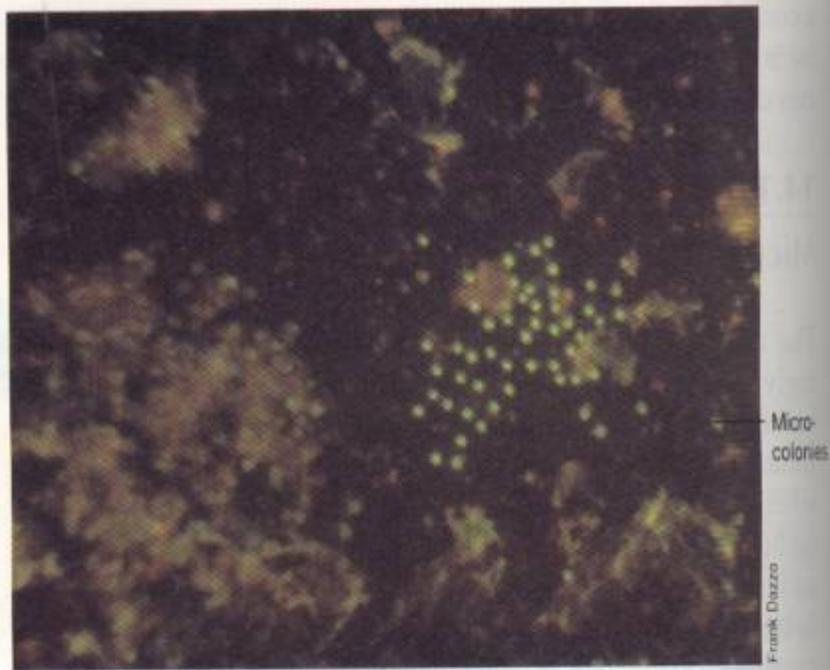




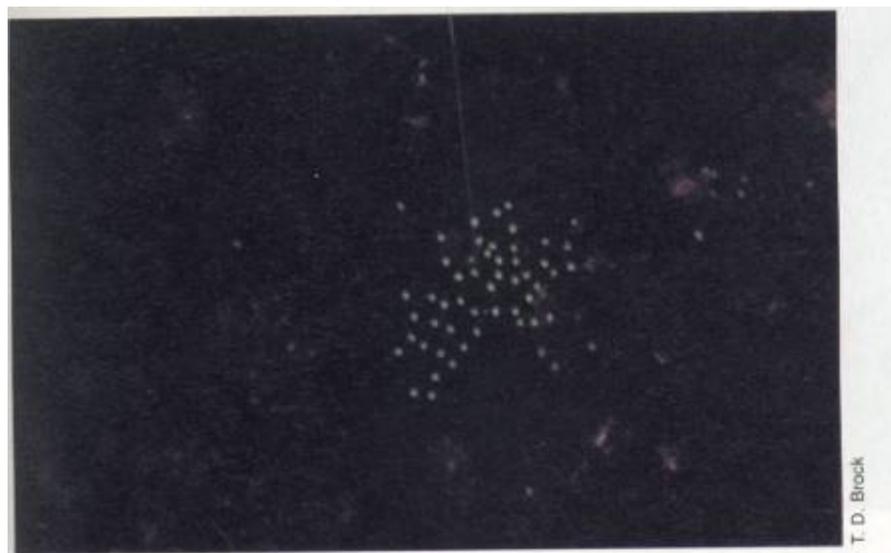
# 不可培养微生物 (uncultured microorganisms)

利用从环境中直接分离并克隆**rRNA**并分析其序列和在分子进化树上的位置等方法而发现的。目前尚不能在人工条件下获得培养的微生物。



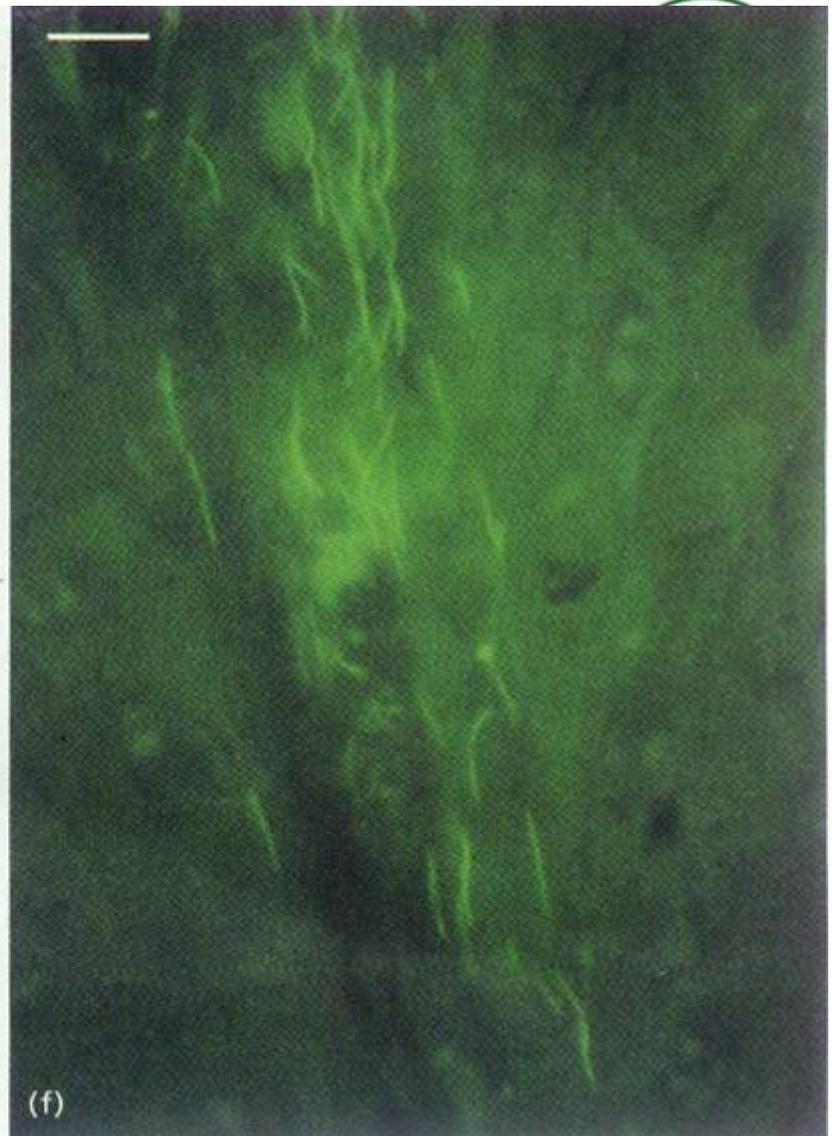
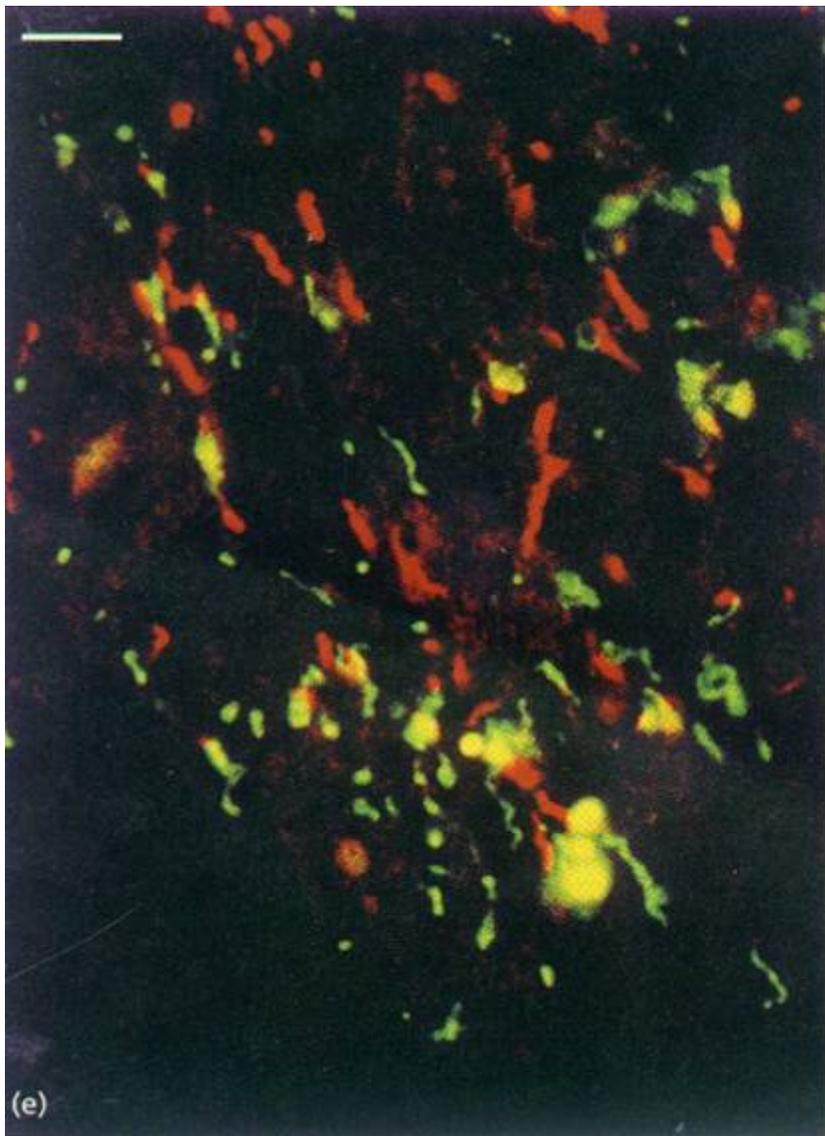


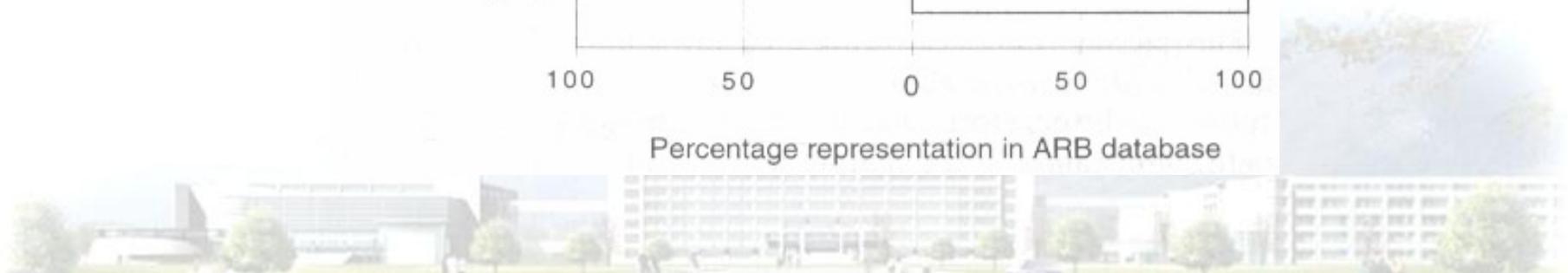
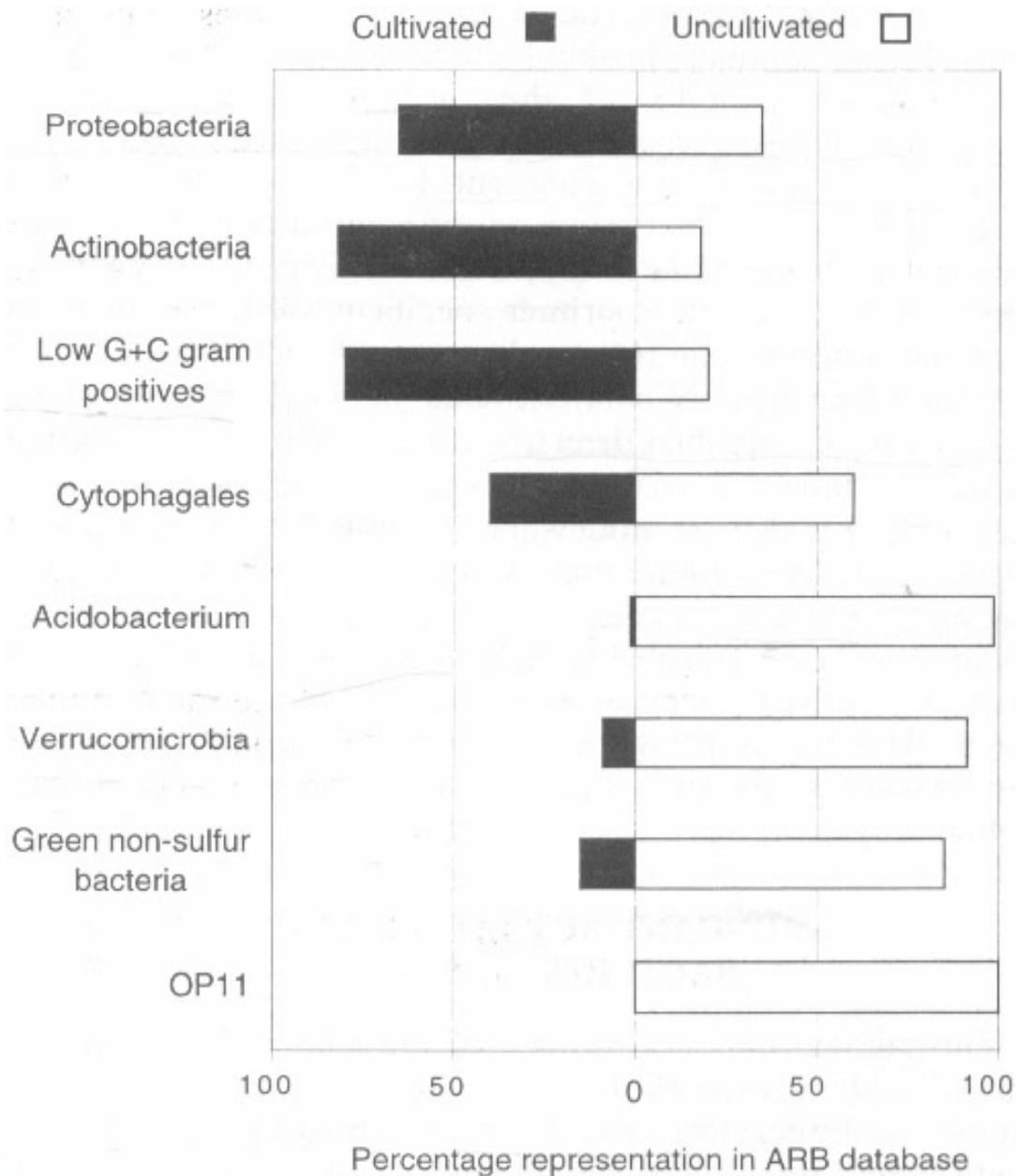
**Figure 14.4** Fluorescence photomicrograph of a natural microbial community colonizing plant roots in soil. Note microcolony development. The preparation has been stained with acridine orange.



**Figure 14.7** Visualization of bacterial microcolonies (bacterial cells appear as greenish-yellow dots) on the surface of soil particles by use of the fluorescent antibody technique. Cells are about 1  $\mu\text{m}$  in diameter.







# 研究不可培养的微生物的意义：



- ★ 生物多样性和系统发生的多样性  
(**Biodiversity and Phylogenetic diversity**)
- ★ 微生物生态学的研究提出新的要求
- ★ 寻找新的致病微生物
- ★ 从不可培养微生物中寻找新的基因、新的蛋白

据报道，美国 recombinant biocatalysis Inc 公司目前已从不可培养微生物中获得了约300个与工业生产相关的新蛋白。



## 二、菌种资源的开发

### 1. 采集土样

采土时应考虑的问题：

- ① 土壤中有有机物的含量
- ② 采土的深度
- ③ 植被情况
- ④ 采土的季节
- ⑤ 采土的方法

### 2. 富集培养

又称增殖培养，在所采集的样品中加入某些特殊培养物，并创造一些有利于待分离对象生长的条件，使样品中少数能分解利用这类营养物的微生物大量繁殖，从而有利于分离。

### 3. 纯种分离

### 4. 性能测定





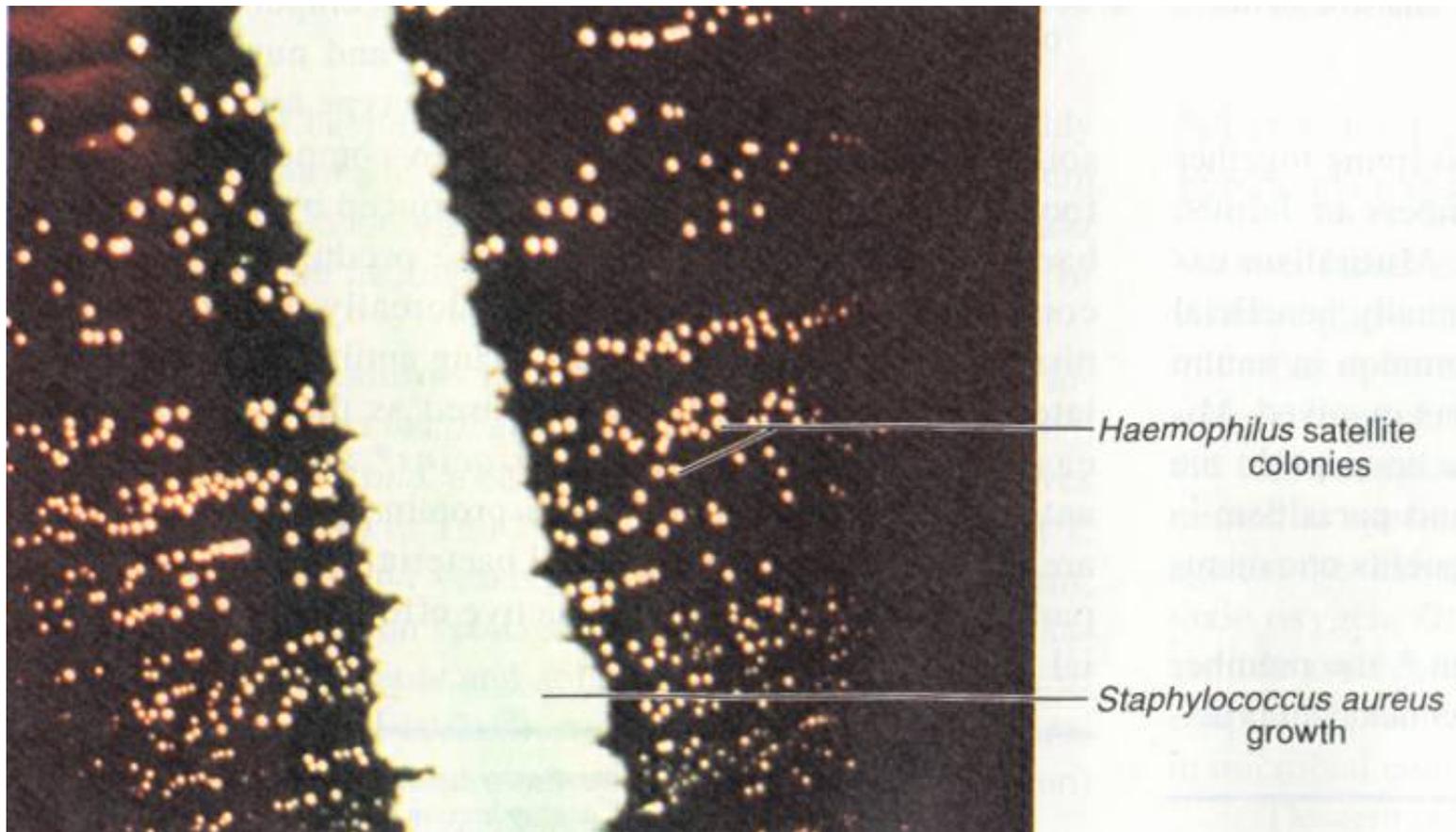
## 第二节 微生物与生物环境间的关系





# 一、互生

相互作用的两种种群相互有利，是一种非专性的松散结合。

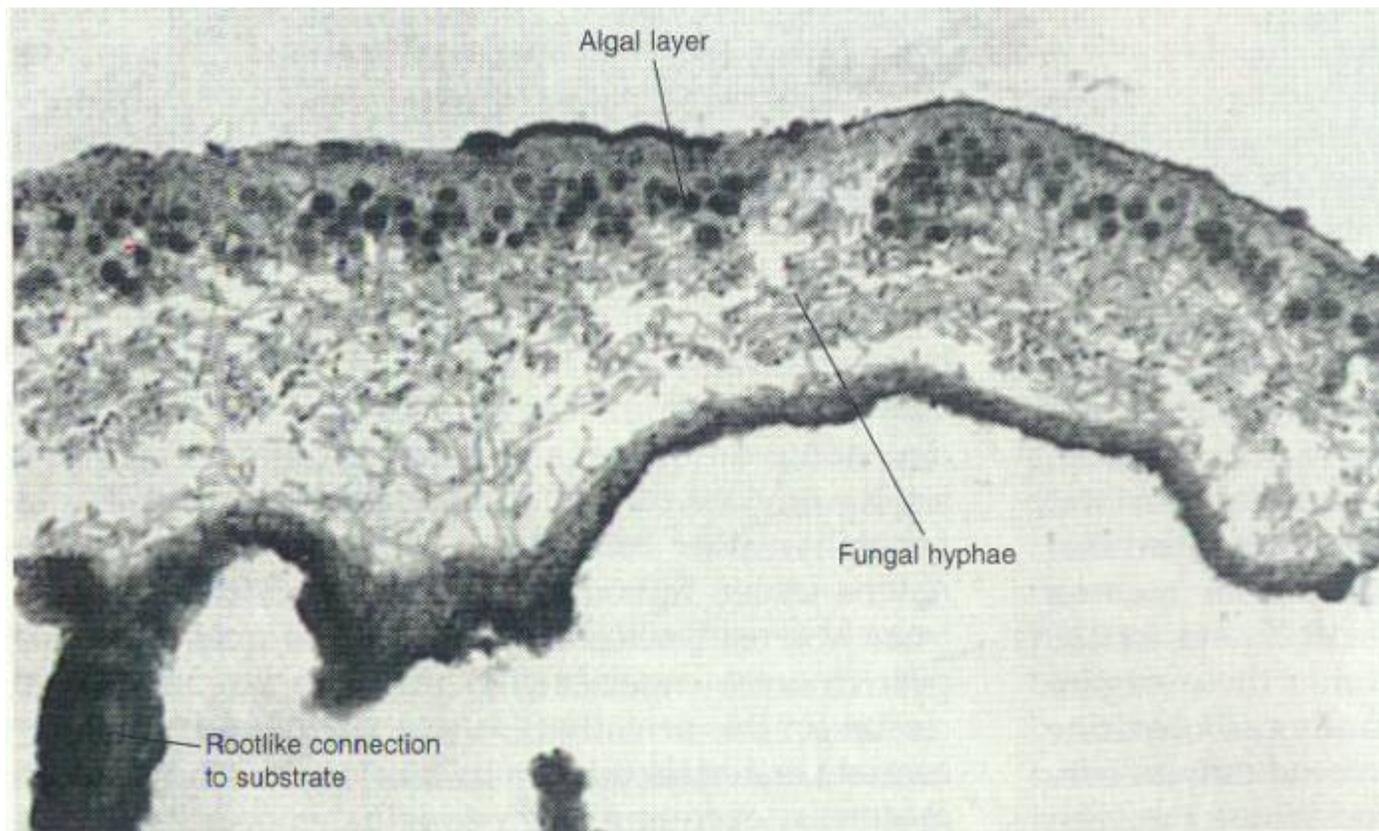


金黄色葡萄球菌的生长为本来在平板上不能生长的嗜血流感菌提供生长因子，后者在其菌苔周围形成**卫星菌落**。



## 二、共生

相互作用的两个种群相互有利，两者之间是一种专性的和紧密的结合，是协同作用的进一步延伸。



地衣-----藻类和真菌的共生体



# 1. 微生物间的共生

## 生理上的共生：

共生菌从基质中吸收水分和无机养料；

共生藻进行光合作用，合成有机物。

## 结构上的共生：

形成有固定形态的叶状结构：真菌无规则地缠绕藻类细胞，或二者组成一定的层次排列。

地衣繁殖时，在表面上生出球状粉芽，粉芽中含有少量的藻类细胞和真菌菌丝，粉芽脱离母体散布到适宜的环境中，发育成新的地衣。



M. T. Madigan

(b)

岩石表面的地衣





## 2. 微生物与植物间的共生

### (1) 菌根菌与植物

一些真菌和植物根以互惠关系建立起来的共生体称为菌根。

菌根可分为**外生菌根**和**内生菌根**。外生菌根的真菌在根外形成致密的鞘套，少量菌丝进入根皮层细胞的间隙中；内生菌根的菌丝体主要存在于根的皮层中，在根外较少。



外生菌根



内生菌根



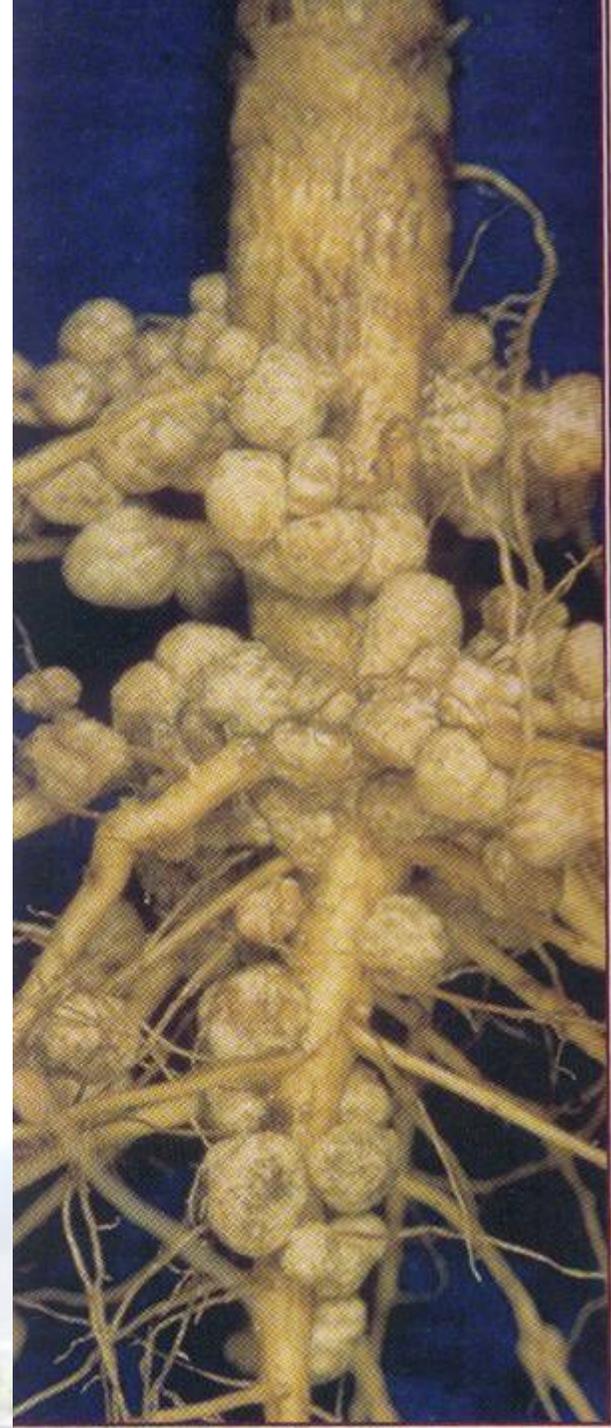
图 11-4 外生菌根和内生菌根(泡囊-丛枝菌根)示意图

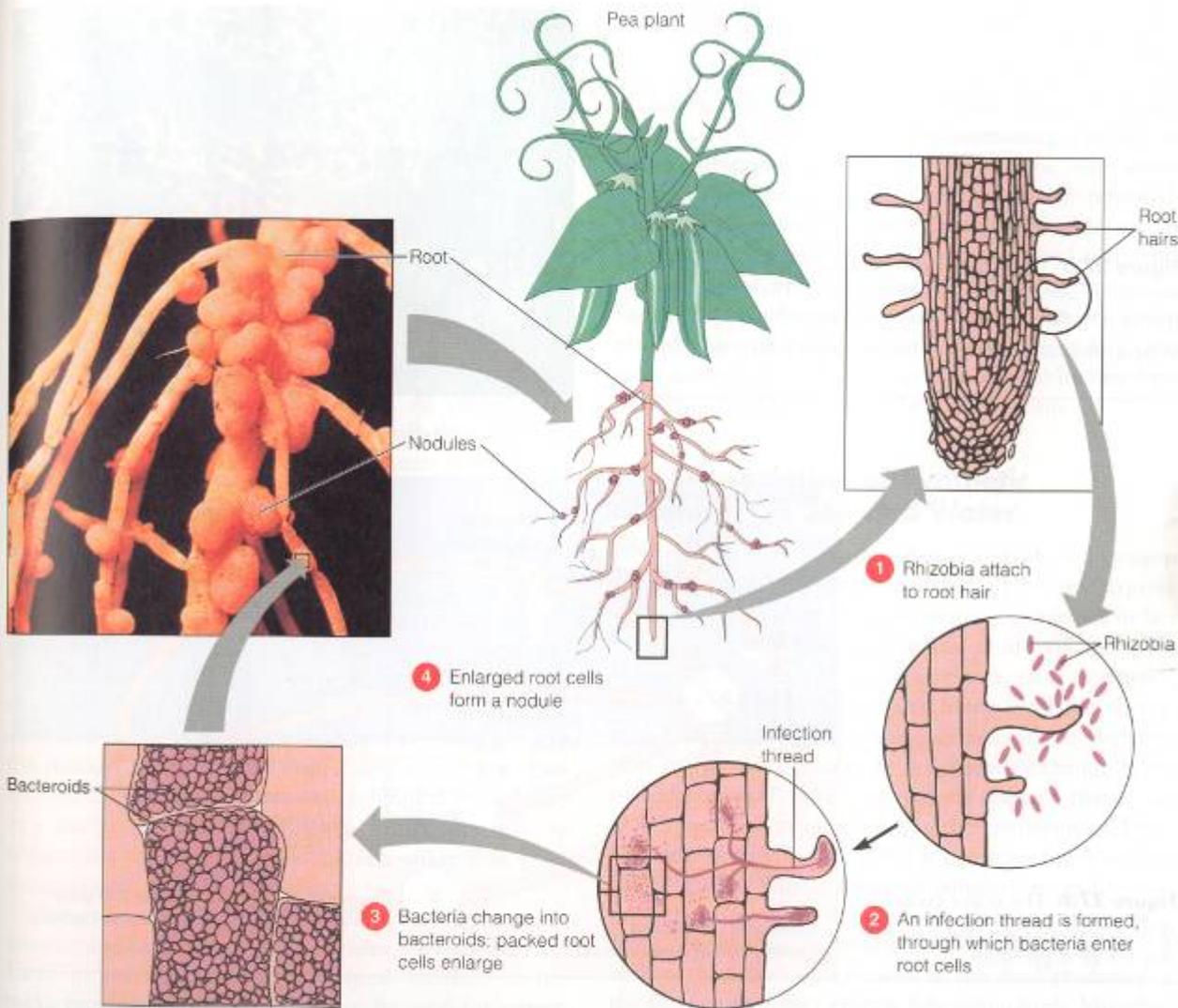


## (2) 根瘤菌与豆科植物间的共生

### 根瘤共生体

- ▲ 根瘤菌固定大气中的气态氮为植物提供氮素养料；
- ▲ 豆科植物的根的分分泌物能刺激根瘤菌的生长，同时，还为根瘤菌提供保护和稳定的生长条件。





**Figure 27.4** The formation of a root nodule. Members of the nitrogen-fixing genera *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* form these nodules on legumes. This mutualistic association is beneficial to both the plant and the bacteria.

*Symbiotic bacteria fix nitrogen in the roots of legumes.*



### 3. 微生物与动物间的共生

#### (1) 瘤胃微生物与反刍动物间的共生

瘤胃是一个独特的不同于其他生态环境的生态系统，其温度（**38~41**）、**pH（5.5~7.3）**、渗透压相应稳定的还原性环境，同时有相应频繁和高水平营养物供应。瘤胃微生物种类繁多，数量庞大。大多数细菌是专性厌氧菌，但也有兼性厌氧菌和好氧菌。

纤维素、蛋白质、半纤维素等多聚物可被瘤胃微生物分解转化，产生的小相对分子质量的脂肪酸、维生素以及形成的菌体蛋白（含原生动物）可提供给反刍动物。而反刍动物则为微生物提供了丰富的营养物和良好的生境。



## (2) 微生物和昆虫的共生

① 微生物具有昆虫所不具有的代谢能力，昆虫利用微生物的代谢能力得以存活于营养贫乏或营养不均衡的食料环境中；

② 昆虫和微生物双方都需要联合，不形成共生体的昆虫生长缓慢，繁殖少而不产生幼体，而许多共生微生物未在昆虫外的生境中发现，有些是不能培养的；

③ 许多共生体可以在昆虫之间转移，一般是从亲代到子代，相互和交叉转移也存在。

白蚁消化道中的共生具有典型性，共生体的微生物是细菌和原生动物，两者均能分解纤维素，转化昆虫氮素废物尿酸和固氮，这些过程的代谢产物都可以被昆虫同化。



# 三、寄生

一种生物侵入另一种生物体内吸取自己所需要的营养物质进行生长繁殖，在一定的条件下对后者造成损害或死亡的现象叫寄生。

冬虫夏草





# 1. 微生物间的寄生关系

细菌间寄生：一种细菌可以寄生在另一种细菌体内，如食菌蛭弧菌能寄生在大肠杆菌等许多G-菌体内。

真菌间寄生：一种真菌寄生在另一种真菌间较普遍。





# 真菌间的寄生

- ◆ 寄生物先分泌毒素，引起寄主活力衰退，然后再缠绕致死。
- ◆ 有些寄生真菌不分泌毒素，由菌丝将寄主的菌丝紧紧地缠绕起来，再由接触部位侵入寄主菌丝内吸收营养使之死亡。
- ◆ 还有些寄生真菌将菌丝或吸器伸到寄主真菌丝内或寄生菌丝与寄主菌丝接触，溶解寄主细胞膜，吸取其营养物质进行生长繁殖。



## 2. 微生物对植物的寄生

能引起植物病害的微生物称为植物**病原微生物**。

植物或染病微生物发病后，出现变色，组织坏死，萎蔫和畸形等症状。

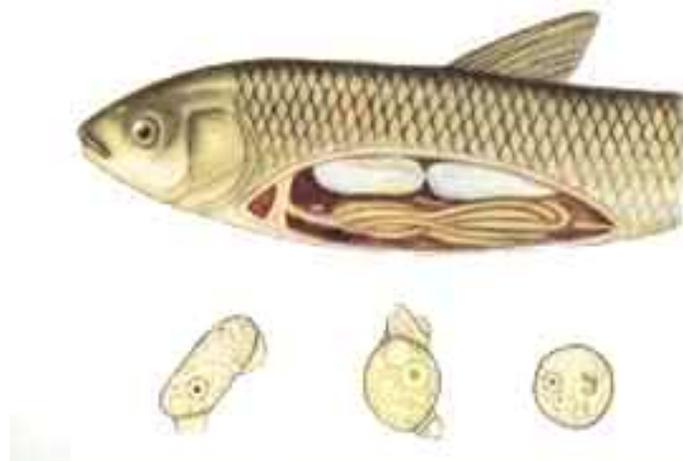
微生物对植物的寄生很普遍，这是植物发生病害的重要原因。能引起植物病害的有真菌、细菌、病毒等。植物病害以真菌病害为主，占95%。细菌性植物病害占3%。





### 3. 微生物对动物的寄生

微生物在人体和动物体内寄生引起人与动物的传染病。  
常见的畜禽传染：炭疽病，口蹄疫，猪瘟，鸡瘟病等。



病原微生物寄生在有益的动植物体内会给人们造成经济损失，  
寄生有害在动物体内，则对人类是有益的，可以加以利用。





## 四、拮抗

某种生物所产生的代谢产物可抑制他种生物生长发育甚至被杀死的一种相互关系。

抗生素

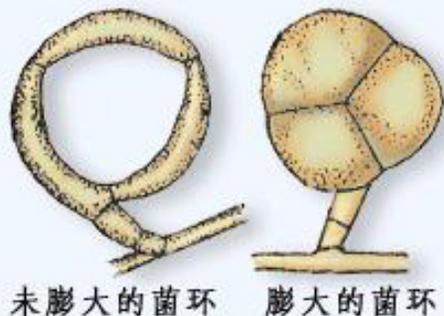
## 五、捕食

一种种群被另一种种群完全吞食，捕食者种群从被食者种群得到营养，而对被食者种群产生不利影响。

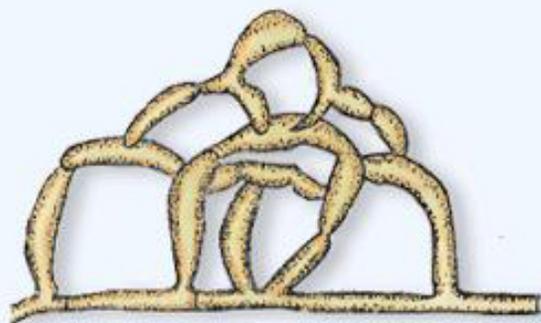
真菌对线虫



## 菌环和菌网



未膨大的菌环      膨大的菌环



菌网



捉住线虫的膨大的菌环

捕虫真菌由菌丝分枝形成圈环结构，用于捕捉线虫。

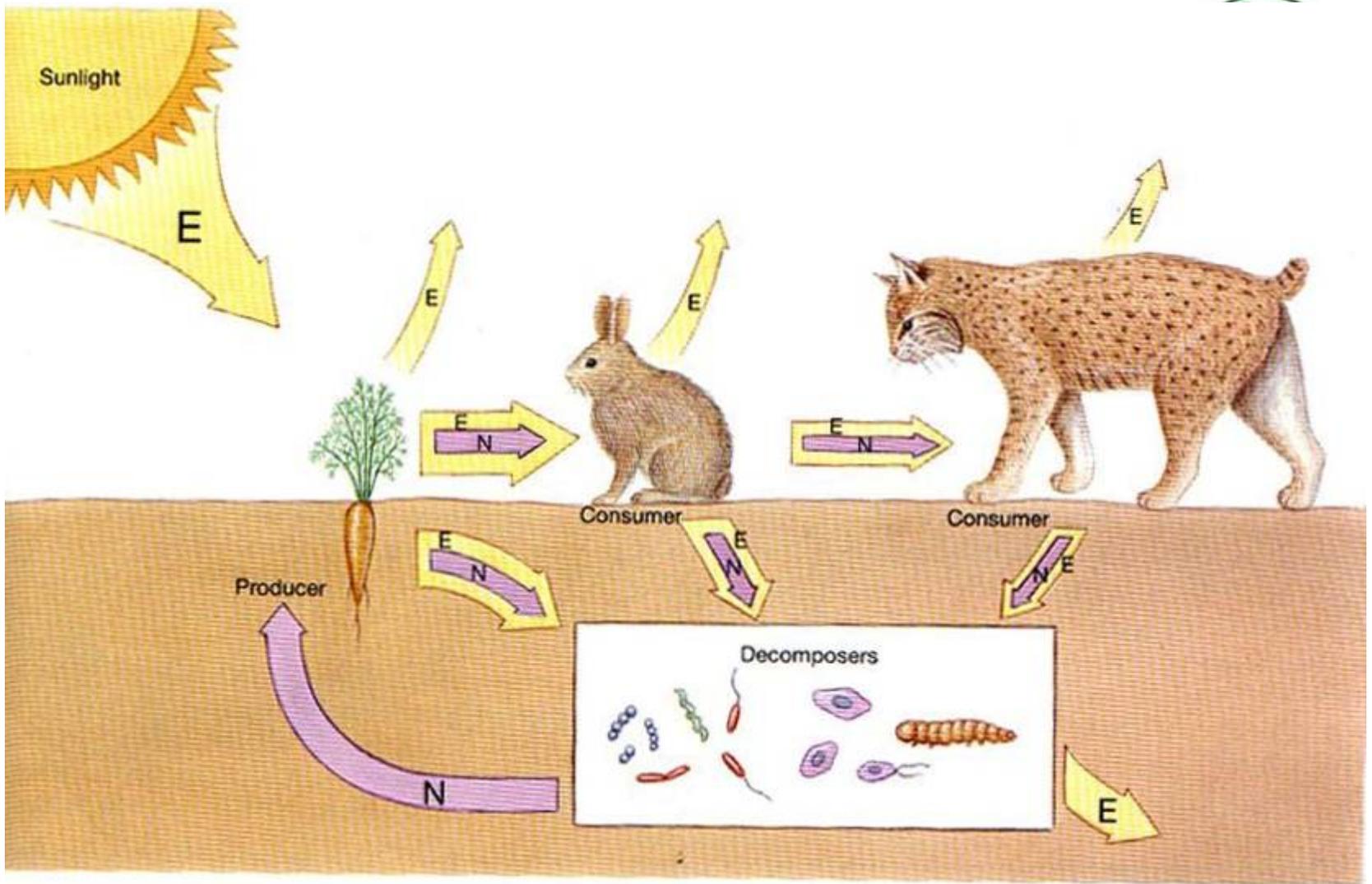
由菌环构成的网状组织叫做菌网。

捕虫菌目（**Zoopagales**）在长期的自然进化中形成的特化结构，特化菌丝构成巧妙的网，可以捕捉小型原生动物或无脊椎动物，捕获物死后，菌丝伸入体内吸收营养。



## 第三节 微生物与自然界物质循环





微生物可以在多个方面但主要作为分解者而在生态系统中起重要作用



# 一、碳素循环

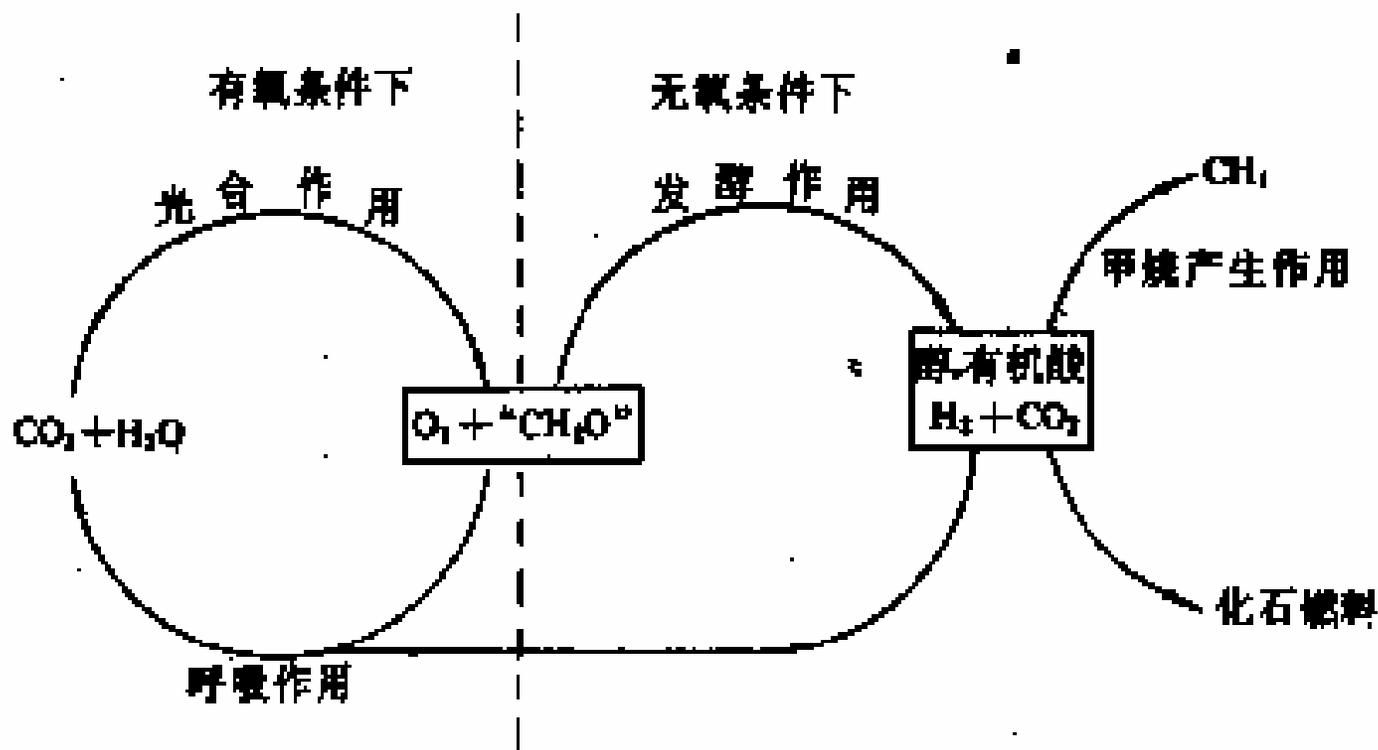


图 9-5 碳、氢、氧元素在自然界中的循环



## 二、氮素循环

氮是生物有机体的主要组成元素，氮循环是重要的生物地球化学循环。

固氮作用、氨化作用、硝化作用、反硝化作用及硝酸盐还原作用组成。大多实际上是氧化还原反应。



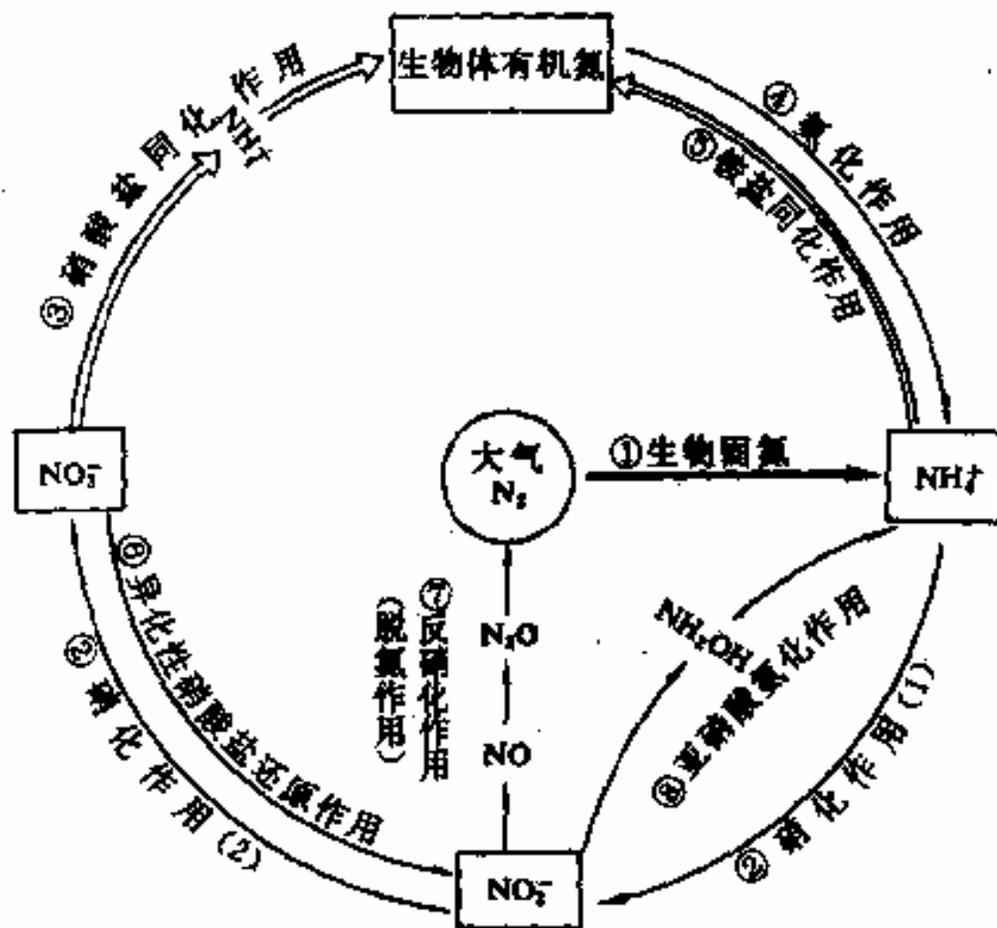


图 9-6 自然界中的氮素循环

(单线所示为微生物特有的过程, 双线所示为微生物和植物共有的过程;  
粗线表示生物固氮循环中的重要环节)



# 三、硫素循环与细菌沥滤

## 1. 硫素循环

硫是生命有机体的重要组成部分。

生物圈中含有丰富的硫，一般不会成为限制性营养。



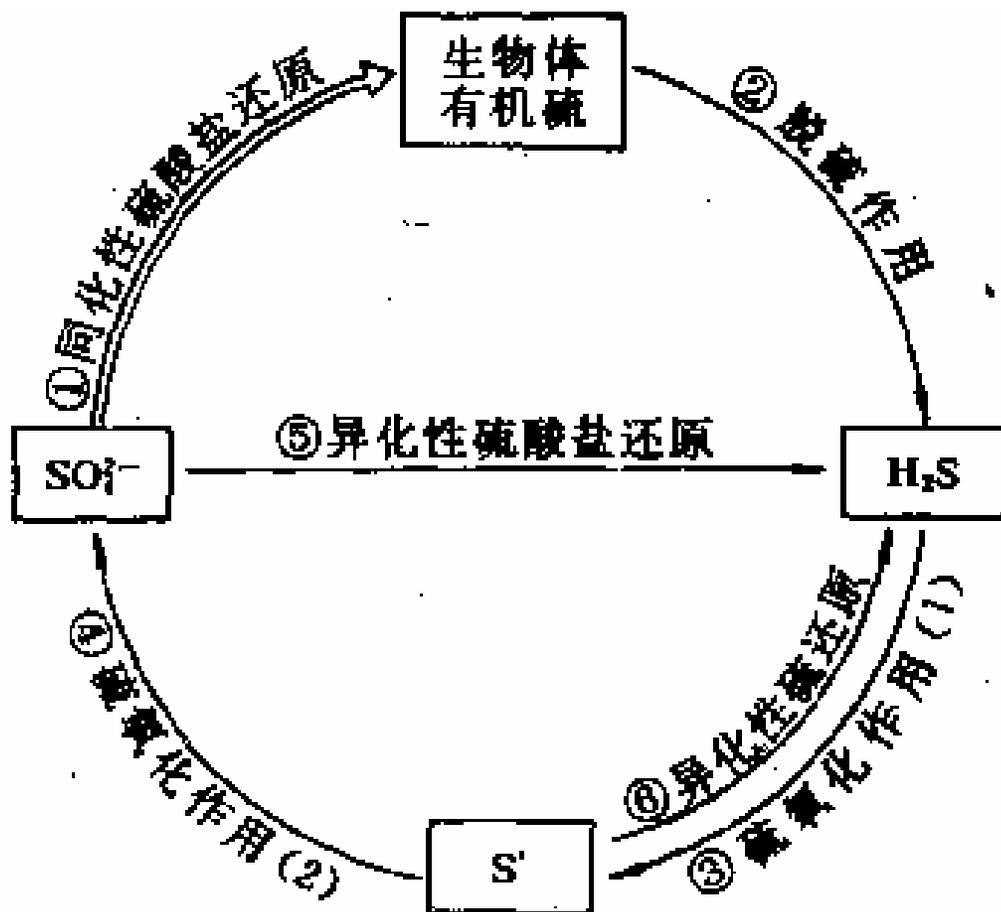


图 9-7 自然界中的硫素循环

(双线表示植物与微生物共同进行的反应，  
单线表示仅由微生物进行的反应)



## 2. 细菌沥滤

利用化能自养细菌对矿物中的硫或硫化物进行氧化，不断生产和再生酸性浸矿剂，并让低品位矿石中的铜等金属以硫酸铜等形式不断溶解出来，然后再采用电动序较低的铁等金属粉末进行置换，以此获取铜等有色金属或稀有金属。



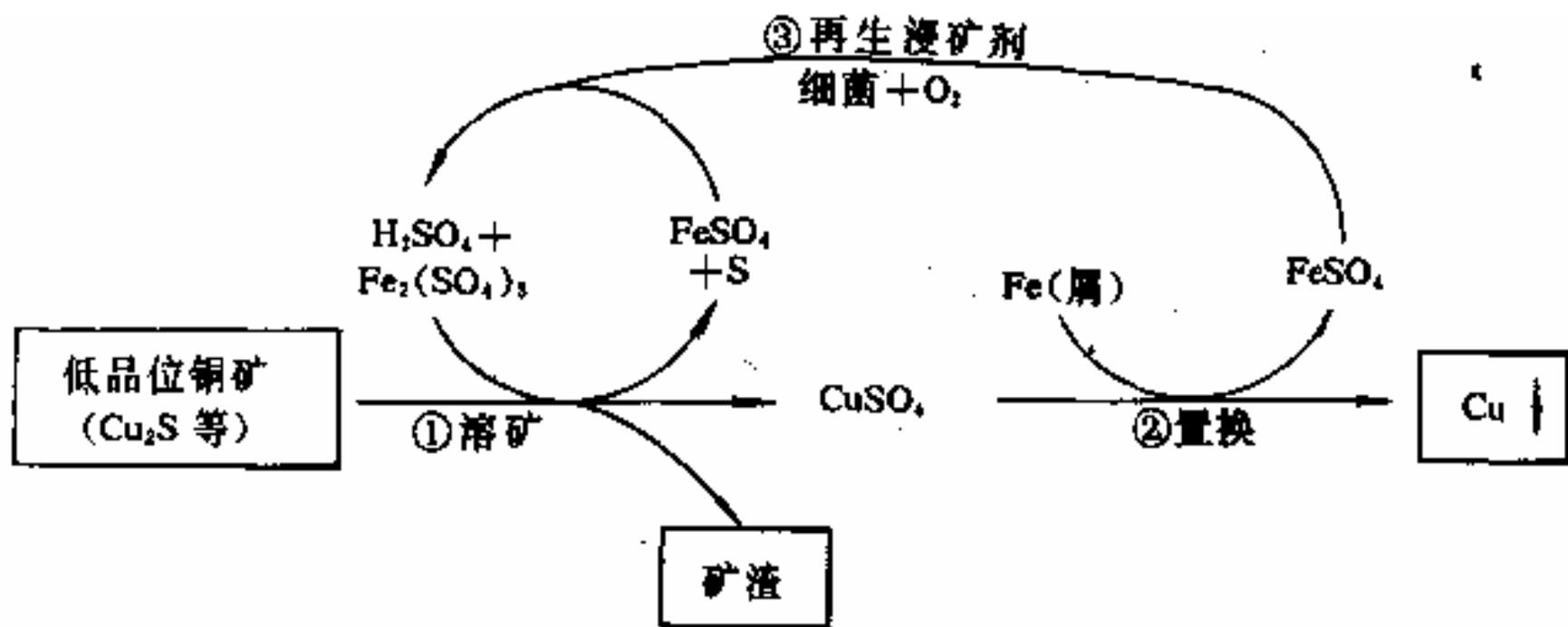
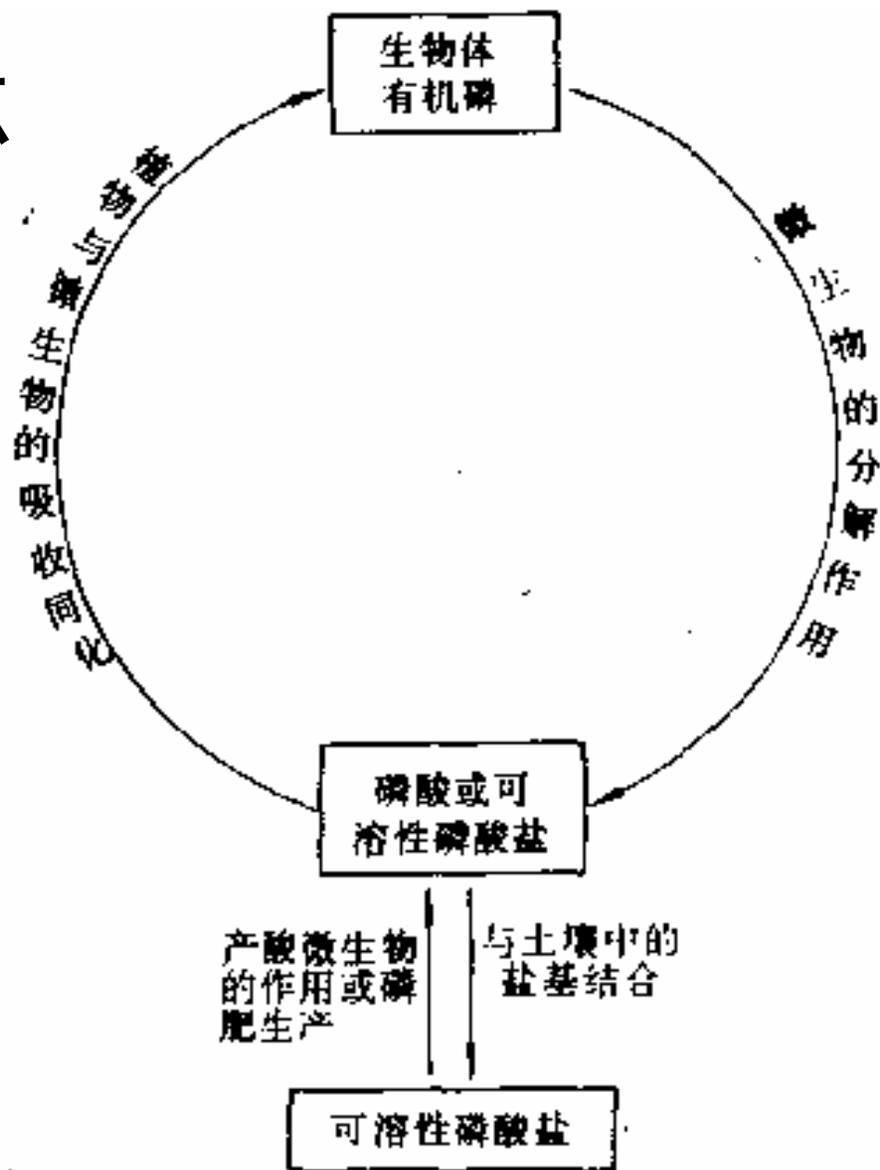


图 9-8 铜矿的细菌沥滤原理





# 四、磷素循环



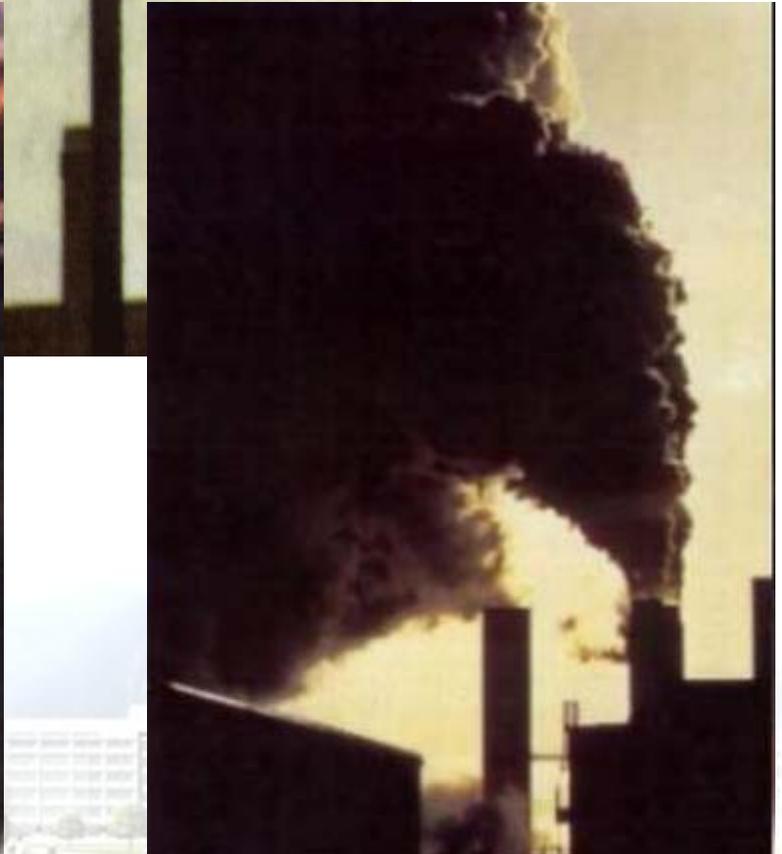


# 第四节 微生物与环境保护





# 大气污染





! 1973年莫斯科一工业区严重污染水资源，致使90名像这样的新生儿缺胳膊少腿!



# 土地沙漠化





生活垃圾污染





## 污染环境生物修复

- ◆ **生物修复**：是微生物催化降解有机污染物，转化其他污染物从而消除污染的一个受控或自发进行的过程。
- ◆ 生物修复基础是发生在生态环境中微生物对有机污染物的降解作用。
- ◆ 生物修复的本质是**生物降解**。





# 一、微生物对污染物的降解与转化

## 1. 生物降解

生物降解是微生物（也包括其他生物）对物质（特别是环境污染物）的分解作用。生物降解是生态系统物质循环过程中的重要一环。研究难降解污染物的降解是当前生物降解的主要课题。

## 2. 降解性质粒

细菌中的降解性质粒和分离的细菌所处环境污染程度密切相关，从污染地分离到的细菌**50%**以上含有降解性质粒。

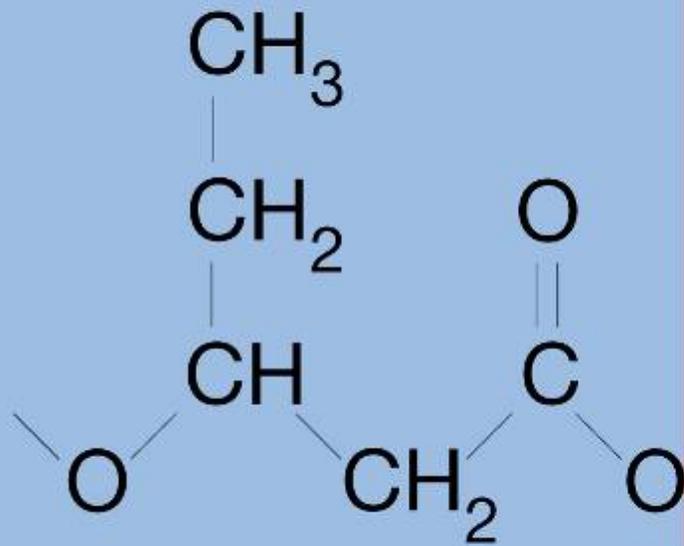
## 3. 降解反应和生物降解性





# 细菌塑料

**PHV**

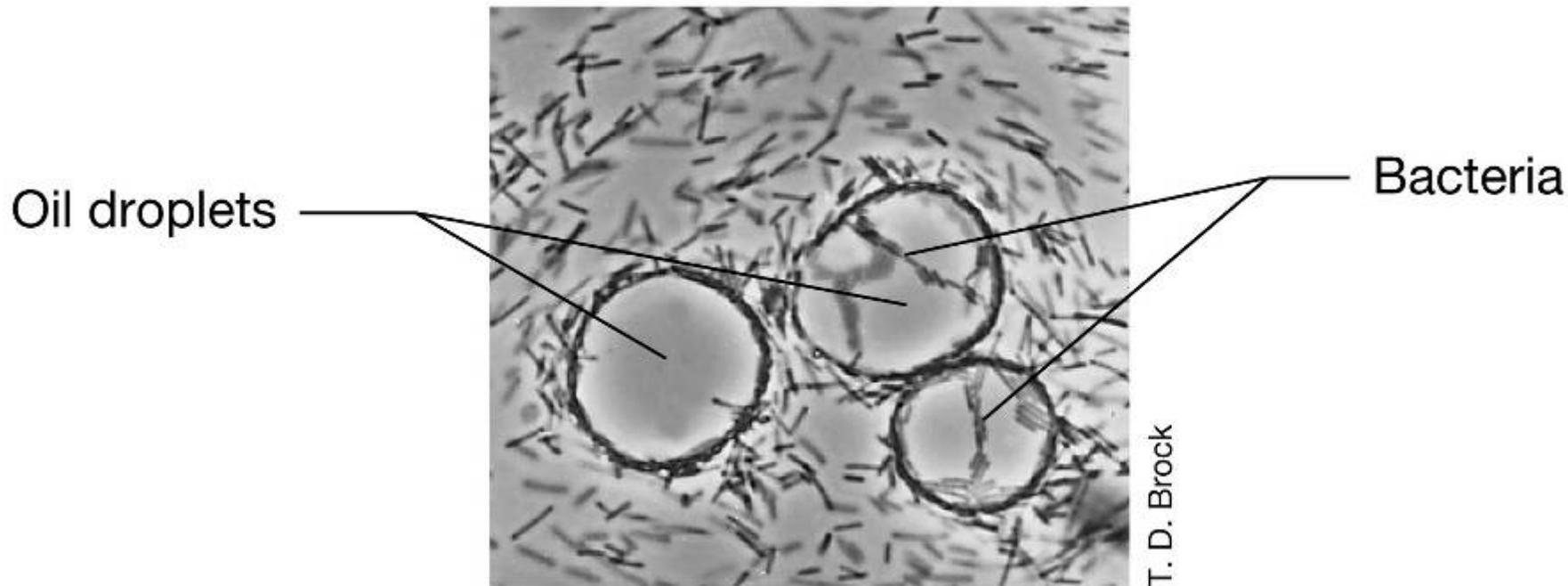


**PHB**





# 烃分解作用





2002.11.19巴哈马油轮“威望号”在西班牙发生断裂沉没导致燃料油泄漏。这艘船共装有7.7万吨燃料油。

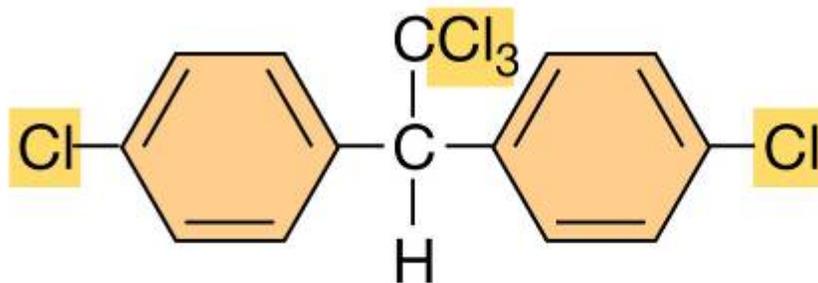




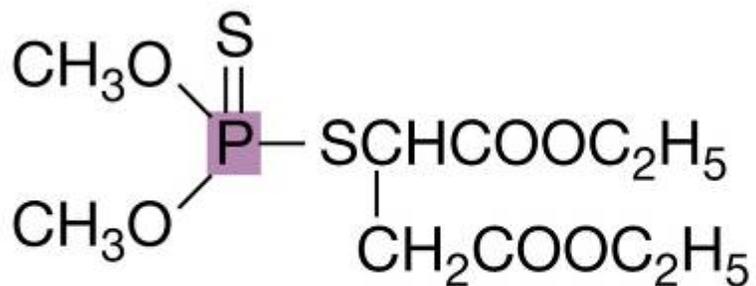
动物保护者在为鸟清洗身上的油污



# 农药的生物降解



**DDT**; dichlorodiphenyltrichloroethane  
(an organochlorine)



**Malathion**; mercaptosuccinic acid diethyl ester  
(an organophosphate)





## 走出化学农药污染的围城

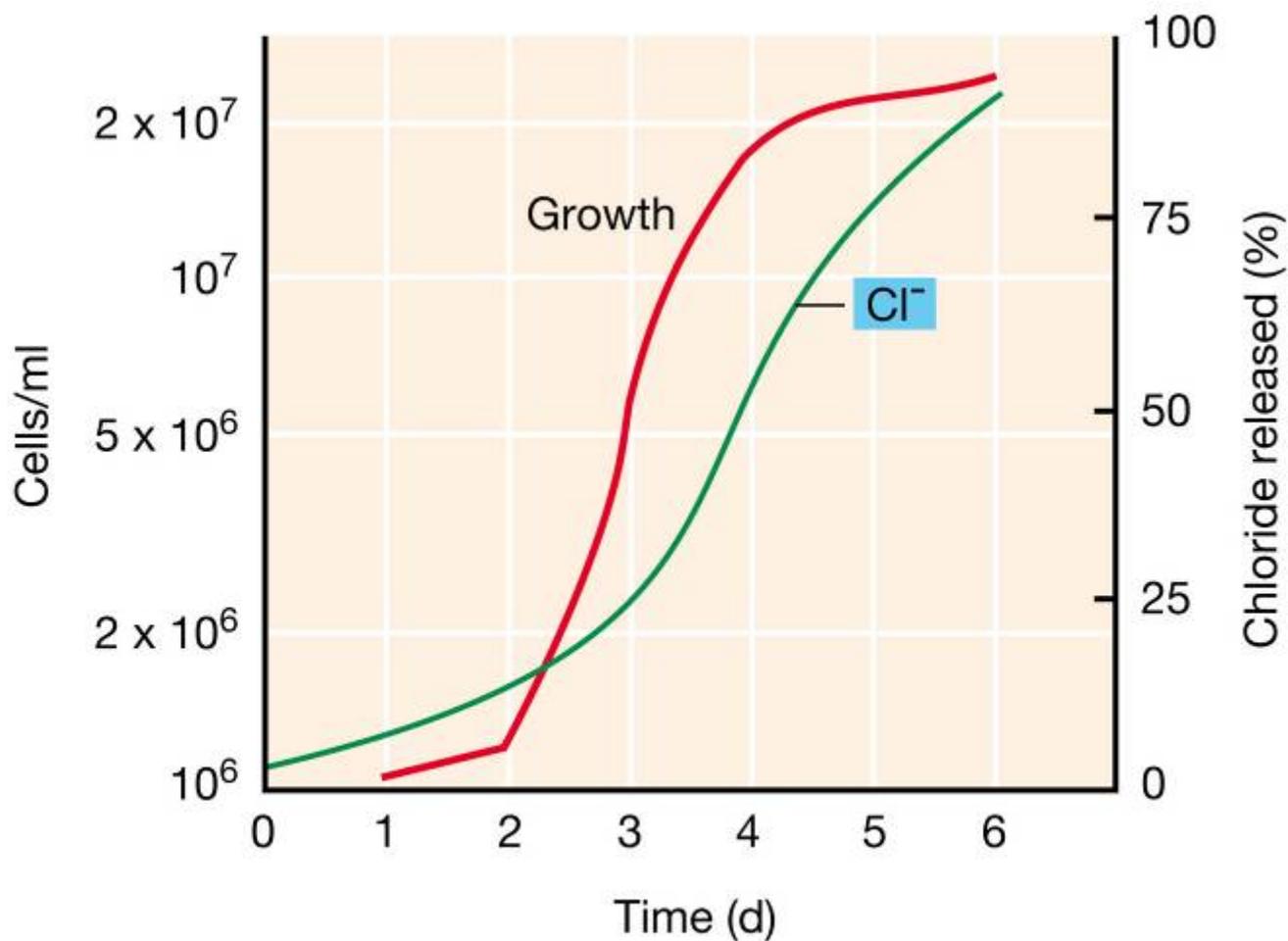
瑞士化学家默勒1939年发明 DDT（二氯二苯三氯乙烷）并用作杀虫剂，开创了以 **DDT** 为代表的有机氯农药新时代。

在第二次世界大战期间及以后，DDT 被广泛用于防治疟疾、脑炎、斑疹伤寒等传染病，挽救了数百万人的生命。印度在1952年疟疾的发病率达7500万病例，使用DDT控制后，到1964年减少到10万。DDT把人类从传染病的围城中解救出来，由此默勒获得1948年度的诺贝尔奖金。此后DDT被广泛使用，据估算全世界使用了500万吨。

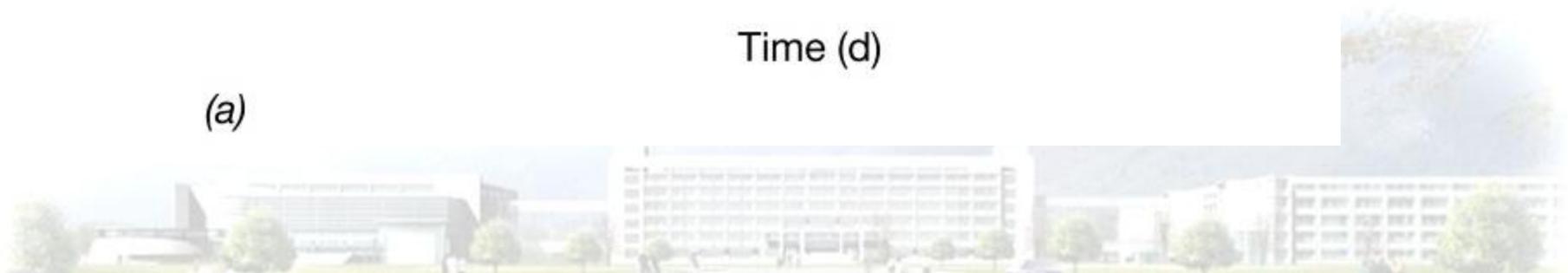
DDT具有脂溶性、致癌性和难于被降解的特点，DDT对益虫的杀害以及沿食物链富集造成不良的生态效应，鱼类、蛙类、鸟类及其它高营养级生物繁殖能力下降以至灭绝，对人类健康也构成严重威胁。美国从1973年起，我国从1983年起禁用DDT，其它有机氯农药也相继退出历史舞台。



# 除草剂的生物降解



(a)





## 重金属的转化

- ◆ 环境污染中所说的重金属一般指汞、镉、铬、铅、砷、银、硒、锡等。
- ◆ 微生物可以改变重金属在环境中的存在状态引起严重环境问题，也可以去除环境中的重金属，改善环境。





## 二、污水处理

### 1. 微生物处理污水的原理

微生物处理污水过程的本质是微生物代谢污水中的有机物，作为营养物取得能量生长繁殖的过程，这和一般的微生物培养过程是相同的。





## BOD<sub>5</sub>

即“五日生化需氧量”。它是一种表示水中有机物含量的间接指标，一般指在20°C下，1 L污水中所含有的有机物，在进行微生物氧化时，5日所消耗的分子氧的毫克数。

## COD

使用强氧化剂使1 L污水中的有机物质迅速进行化学氧化时所消耗氧的毫克数，称COD或化学需氧量。





## 2. 污水处理的方法和装置

### (1) 节能型污水处理装置

① 氧化塘法：是近年来一种利用自然生态系统净化污水并肯有良好节能效果的方法。在氧化塘中存在着三种作用：

A. 有机物的好氧性分解和厌氧消化；

B. 光合作用；

C. 藻类细胞的消除。

氧化塘的优点是投资少、设备简、操作容易，缺点是它所占据的土地面积大。

② 洒水滤床法：在生物膜的小环境中，表面为好氧层，内层为厌氧层，中层则生长大量的兼性厌氧菌，主要是原生动物，它们可吞食有机物和细菌，在污水处理中发挥关重要的作用。



## (2) 耗能型污水处理装置

- ① 活性污泥法：该法一直是污水处理中的主要方法。所谓活性污泥，是指由菌胶团形成菌、原生动物和其他微生物群体组成的絮状体，有很强的吸附、氧化分解污水中的悬浮有机物或毒物的能力。

完全混合曝气法

- ② 生物膜法：

生物转盘法

塔式滤池法：优点：占地面积小、易设计、造价低、利通风和效率高。缺点：污水滞留的时间较短，对大分子有机物的氧化较困难。



氧化塘法

滨洲污水处理厂 8万方/日





# 三、沼气发酵与环境保护

## 1、沼气及沼气发酵

## 2、沼气发酵的三个阶段：

水解阶段：水解性细菌和发酵性细菌，

多糖、蛋白质、脂肪等  $\longrightarrow$  有机酸

产酸阶段：产氢产乙酸细菌群，

有机酸、醇类  $\longrightarrow$  乙酸、氢、二氧化碳

产气阶段：严格厌氧的产甲烷菌群

一碳化合物、乙酸、氢气  $\longrightarrow$  甲烷



## 四、用微生物监测环境污染

- ◆ 粪便污染指示菌
- ◆ 致突变物的微生物检测
- ◆ 发光细菌检测法
- ◆ 硝化细菌的相对代谢率试验





# 1. 粪便污染指示菌

大肠菌群是最基本的粪便污染指示菌，是水质检测指标之一。

**大肠菌群**是指一大群与大肠杆菌相似的好氧及兼性厌氧的革兰氏阴性无芽孢杆菌，它们能在48h内发酵乳糖产酸产气，包括埃希氏菌属、柠檬酸杆菌属、肠杆菌属、克雷伯氏菌属等。

常用的大肠菌群测定方法有**发酵法**和**滤膜法**。大肠菌群数量的表示法有两种，一是“大肠菌群数”；二是“大肠菌群值”（检出1个大肠菌群数的最小水样体积）。

我国饮用水标准：1mL自来水中细菌总数不可超过100个；而1000mL自来水中大肠菌群数则不能超过3个，即大肠菌群值不得小于333 mL。



## 2. 致突变物与致癌物的微生物检测

环境污染物的遗传学效应主要表现在污染物的致突变作用，微生物监测被公认是对致突变物最好的初步检测方法。

**Ames试验**：其原理是利用鼠伤寒沙门氏菌的组氨酸营养缺陷型菌株在致突变物的作用下发生回复突变的特性，来检测物质的致突变性。Ames试验准确性较高、周期短、方法简便，可反应多种污染物联合作用的总效应。此法是一种良好的潜在致突变物与致癌物的初筛报警手段。



### 3. 发光细菌检测法

发光细菌发光是菌体生理代谢正常的一种表现，这类菌在生长对数期发光能力极强。当环境条件不良或有毒物质存在时，发光能力受到影响而减弱，其减弱程度与毒物的毒性大小和浓度成一定的比例关系。

通过灵敏的光电测定装置，检查在毒物作用下发光菌的发光强度变化可以评价待测物的毒性。其中研究和应用最多的为明亮发光杆菌。



## 复习思考题：

1. 名词解释：微生物生态学、正常菌群、极端微生物、互生、共生、寄生、拮抗、捕食、生物降解、活性污泥、 $BOD_5$ 、COD
2. 为什么说土壤是微生物的“大本营”？
3. 我国卫生部门对饮用水的细菌总数和大肠菌群量有何规定？
4. 举例说明微生物之间的 5 种类型的相互关系
5. 什么是极端条件下的微生物？举例说明。
6. 工农业产品为何会发生霉腐和变质？举例说明如何预防。
7. 试述微生物在环境保护中的作用和地位。
8. 什么是活性污泥？活性污泥包括哪些部分？活性污泥法净化污水的原理是什么？
9. 微生物在环境监测中有何作用？
10. 试提出一个用微生物处理废水或废弃物，变废为可利用资源的方案。

