

第九章 微生物生态学

研究生命系统与环境系统间的相互关系的科学称为生态学

第一节 微生物在自然界的分布

微生物种类多，繁殖快，营养类型多，适应力强，能产生多种特殊的结构抵抗不良环境，可借风和水传播，因此广泛分布于自然界，在陆地、水域、空气、动植物以及人体均有微生物的存在。

一、土壤中的微生物

在自然界，土壤具有微生物生长繁殖所需要的营养物质(包括碳源、氮源、矿质元素、生长因子等)，并具备微生物生命活动的条件(如酸碱度、水分环境、渗透压、空气环境、温度环境等)，因此，土壤中微生物数量最大、类型最多，是人类最丰富的“菌种资源库”。在土壤中，细菌最多，约占土壤微生物总量的70%~90%，放线菌、真菌次之，藻类和原生动物等较少。虽然细菌小，但由于其数量大，生物量(biomass)也高。

二、水体中的微生物

水体是微生物广泛分布的第二个天然环境。由于水体中溶解或浮着各种有机物质，虽然其营养不及土壤，但基本上可满足微生物的需要，在各种水体中存在着大量的微生物。

天然水体可大致分为淡水和海水两大类型。淡水区域的自然环境多靠近陆地，因此，淡水中的微生物主要来源于土壤、空气、污水或死亡腐败的动植物尸体等。海水由于有机质的含量低，盐分较高，大部分海水温度较低，而且在深海处有很高的静水压等影响，使能在其中发展的微生物受到一定的限制。但海水内仍有一定种类和数量的微生物存在，如嗜盐菌等。

三、空气中的微生物

空气中没有微生物生长繁殖所需要的营养物质和充足的水分，还有日光中有害紫外线的照射，因此，空气不是微生物良好的生存场所，但空气中却飘浮着许多微生物。土壤、水体以及人和动植物上的微生物都可随气流的运动被携带到空气中。

空气中的微生物主要有各种球菌、芽孢杆菌、产色素细菌以及对干燥和射线有抵抗力的真菌孢子等，也有病原菌，如结核分枝杆菌等。

四、工农业产品中的微生物

微生物不但广泛地分布在土壤、水体、空气中，而且也存在于工农业产品上。

(一) 农产品上的微生物

各种农产品上均有微生物生存，粮食尤为突出。据统计，全世界每年因霉变而损失的粮食就占总产量的2%左右。以曲霉为害最大，青霉次之。有些真菌可产生真菌毒素，有的真菌毒素是致癌物，其中以部分黄曲霉 (*Aspergillus flavus*) 菌株产生的黄曲霉毒素 (*Aflatoxin*) 最为常见。黄曲霉毒素是一种强烈的致肝癌毒物，对热稳定，对人、家畜、家禽的健康危害极大。黄曲霉毒素最多的食品是花生及花生制品、玉米等。

(二) 食品上的微生物

食品是用营养丰富的动植物原料经过人工加工后制成的，由于在食品的加工、包装、运输和贮藏等过程中，都不可能进行严格的无菌操作，因此经常遭到细菌、霉菌、酵母菌等的污染，在适宜的温、湿度下，它们又会迅速繁殖。其中有的是病原微生物，有的能产生细菌毒素或真菌毒素，从而引起食品中毒或其他严重疾病的发生，所以食品的卫生工作就显得格外重要。

要有效地防止食品的霉腐变质，除在加工制作过程中必须注意清洁卫生外，还要控制保藏条件，尤其要采用低温、干燥、密封等措施，此外，也可在食品中添加少量无毒的化学防腐剂。

(三) 引起工业产品霉腐的微生物

许多工业产品是部分或全部由有机物组成，因此易受微生物的侵蚀，引起生霉、腐烂、腐蚀、老化、变形与破坏，即使是无机物如金属、玻璃也可因微生物活动而产生腐蚀与变质。

霉腐微生物通过产生各种酶系来分解多种产品中的相应组分，从而产生危害，微生物还可通过菌体的大量繁殖和代谢产物对工业产品产生危害；霉腐微生物的菌体和代谢产物属于电解质，对电讯、电机器材来说会危及其电学性能；有些霉菌分泌的有机酸会腐蚀玻璃，以致严重降低显微镜、望远镜等光学仪器的性能。

第二节 微生物的生物环境

在自然界中，各种微生物极少单独地存在，而总是较多种群聚集在一起。当微生物的不同种类，或微生物与其他生物出现在一个限定的空间内，它们之间可能发生相互作用，并由此构成微生物间以及微生物与其他生物复杂而多样关系。它们之间相互联系、相互依赖、相互制约、相互影响的关系，促进了整个生物界的发展和进化。

一般将生物间的相互关系归纳成三种可能性：第一，一种生物的生长和代谢对另一种生物的生长产生有利的影响，或者相互有利，形成有利关系，如生物间的共生和互生；第二，一种生物对另一种生物的生长产生有害的影响，或者相互有害，形成有害关系，如生物间的拮抗、竞争、寄生和捕食；第三，两种生物生活在一起，两者之间发生无关紧要的、没有意义的相互影响。于是表现出彼此对生长和代谢无明显的有利或有害影响，形成中性关系，如种间共处。

一、互生

所谓互生，是指两种可以单独生活的生物，当它们生活在一起时，通过各自的代谢活动而有利于对方，或偏利于一方的一种生活方式。因此，这是一种“可分可合，合比分好”的相互关系。如，在土壤中，纤维素分解菌与好氧性自生固氮菌生活在一起时，后者可将固定的有机氮化物供前者需要，而前者因分解纤维素而产生的有机物可作为后者的碳素和能源物质，两者相互为对方创造了有利条件，促进了各自的增殖和扩展。

根际微生物与高等植物之间也存在着互生关系。人体肠道菌群与宿主间的关系，主要是互生关系。

二、共生

所谓共生，是指两种生物共居在一起，相互分工协作、甚至达到难分难解、合二为一的一种相互关系。一旦彼此分离两者就不能很好地生活。地衣是微生物间共生的典型例子，它是真菌和藻类的共生体。地衣中的真菌一般属于子囊菌，而藻类则为绿藻或蓝细菌。藻类（或蓝细菌）进行光合作用，为真菌提供有机营养，而真菌则以其产生的有机酸去分解岩石中的某些成分，为藻类或蓝细菌提供所必需的矿质元素。

根瘤菌与豆科植物共生形成根瘤共生体，这是一种典型的互惠共生关系。根瘤菌固定大气中的氮气，为植物提供氮素养料，而豆科植物根的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。

有些真菌能在一些植物根上发育，菌丝体包围在根面或侵入根内形成了两者的共生体——菌根。微生物与动物共生的例子也很多，牛、羊、鹿、骆驼和长颈鹿等反刍动物与瘤胃微生物共生就是其中的一个例子。

三、颉颃

颉颃关系是指一种微生物在其生命活动过程中，产生某种代谢产物或改变环境条件，从而抑制其他微生物的生长繁殖，甚至杀死其他微生物的现象。根据颉颃作用的选择性，可将微生物间的颉颃关系分为非特异性颉颃关系和特异性颉颃关系两类。

在制造泡菜、青贮饲料的过程中，乳酸杆菌能产生大量乳酸导致环境的pH下降，从而抑制了其他微生物的生长发育，这是一种非特异性颉颃关系。许多微生物在生命活动过程中，能产生某种抗生素，具有选择性抑制或杀死别种微生物的作用，这是一种特异性颉颃关系。如青霉菌产生的青霉素抑制革兰氏阳性菌，链霉菌产生的制霉菌素抑制酵母菌和霉菌等。

四、寄生

所谓寄生，一般是指一种小型生物生活在另一种大型生物的体内或体表，从中取得营养和进行生长繁殖，同时使后者蒙受损害甚至被杀死的现象。前者称为寄生物，后者称为寄主。有些寄生物一旦离开寄主就不能生长繁殖，这类寄生物称为专性寄生物。有些寄生物在脱离寄主以后营腐生生活，这些寄生物称为兼性寄生物。

在微生物中，噬菌体寄生于细菌是常见的寄生现象。此外，细菌与真菌，真菌与真菌之间也存在着寄生关系。微生物寄生植物中，常引起植物病害。能在人体或动物体内寄生的微生物很多，主要是细菌、真菌和病毒。这些微生物常能引起寄主致病或死亡。如果它们寄生于人和有益动物体内，则对人类不利；如果寄生于有害动物体内，则对人类有利，并可加以利用。目前利用昆虫病原微生物防治农业害虫，已成为生物防治的一个重要方面。

五、竞争

竞争关系是生活在一起的两种微生物，为了生长争夺有限的同一营养或其他共同需要的养料，其中最能适应特殊环境的那些种类将占优势。但由于在竞争中，两者都要消耗有限的同一养料，结果使两种微生物的生长都受限制。如将两种微生物分别用液体培养基在恒化器内进行纯培养和混合培养，最后进行计数，结果，较强竞争者在纯培养和混合培养中的繁殖速度相差不大，仅在混合培养中的菌数稍低一点；而较弱竞争者在两种培养情况中的最后菌数相差很大，混合培养比纯培养的菌数少得多，最后终因得不到养料而死亡。这种为生存进行竞争的关系，在自然界普遍存在，是推动微生物发展和进化的动力。

六、捕食

捕食关系是一种微生物直接吞食另一种微生物。在自然界中，捕食关系是微生物中的一个引人注目的现象。主要的细菌捕食者是原生动物，它们吞食数以万计的细菌，明显影响细菌种群的数量。另外，黏细菌和黏菌也直接吞食细菌，并且，黏细菌也常侵袭藻类、霉菌和酵母菌。

捕食关系在控制种群密度，组成生态系食物链中，具有重要的意义。

七、种间共处

种间共处是两种微生物相互无影响地生活在一起，在共处中两者之间不表现出明显的有利或有害关系。如将乳杆菌（*Lactobacillus* sp.）和链球菌（*Streptococcus* sp.）分别在恒化器内进行纯化培养和混合培养，最后进行计数，结果在纯培养和混合培养内的种群密度几乎是相同的。

第三节 微生物与环境保护

随着工业高度发展、人口急剧增长，在人类生活的环境中，大量的生活废弃物（粪便、垃圾和废水），工业生产形成的三废（废气、废渣和废水）及农业上使用化肥、农药的残留物等，特别是生活污水和工业废水，不经处理，大量排入环境，给人类生存环境造成严重污染。环境污染 对人畜健康、工业、农业、水产业等都有很大危害。

环境保护除保护自然环境外，就是防治污染和其他公害。水源的污染危害最大、污染范围最广、种类最多。污水的生物处理较有效、最常用的是微生物处理法。微生物不但处理污染物，还可用于环境监测。所以微生物在环境保护方面起重要作用。

一、微生物与污水处理

污水处理的方法有物理法、化学法和生物法。各种方法都有其特点，可以相互配合、相互补充。目前应用最广是生物学方法，其优点是效率高、费用低、简单方便。



活性污泥法的基本工艺流程

污水生物处理，主要是微生物的作用。根据微生物呼吸类型不同，把污水的生物处理主要划分为好氧生物处理和厌氧生物处理。

(一) 好氧生物处理

微生物在有氧条件下，吸附环境中的有机物，并将有机物氧化分解成无机物，使污水得到净化，同时合成细胞物质。微生物在污水净化过程，以活性污泥和生物膜的主要成分等形式存在。

1. 活性污泥法 (activated sludge process)

又称曝气法。是利用含有好氧微生物的活性污泥，在通气条件下，使污水净化的生物方法。该法已成为处理有机废水的最主要的方法。

2. 生物膜法

生物膜法是以生物膜为净化主体的生物处理法。



(二) 厌氧生物处理

厌氧生物处理 (anaerobic treatment) 是在缺氧条件下, 利用厌氧性微生物 (包括兼性厌氧微生物) 分解污水中有机物污染物的方法。又称厌氧消化或厌氧发酵法。因为发酵产物产生甲烷, 又称甲烷发酵。此法既能消除环境污染, 又能开发生物能源, 所以备受人们重视。污水厌氧发酵是一个极为复杂的生态系统, 它涉及多种交替作用的菌群, 各要求不同的基质和条件, 形成复杂的生态体系。

二、微生物对污染物的降解与转化

由于微生物代谢类型多样，所以自然界所有的有机物几乎都能被微生物降解与转化。

(一) 环境中的主要污染物

所谓污染物，是人类在生产生活中，排入大气、水体或土壤内的能引起环境污染，并对人和环境有不利影响的物质的总称。

(二) 微生物对有毒污染物的降解

1. 农药
2. 烃类化合物
3. 其他有机化合物的微生物降解与转化

(三) 微生物对重金属的转化

自然界存在多种重金属，例如，汞、砷、铅、镉、铬等，这些重金属并非生物生活所必需，但达到一定浓度时，会对生物产生抑制和致死作用。微生物虽不能降解重金属，但能通过改变其存在状态，从而改变其毒性。

三、微生物与环境监测

环境监测 包括环境分析、物理测定和生物监测。所谓生物监测就是利用生物对环境污染所发生的各种信息作为判断环境污染状况的一种手段。生物长期生活在自然界中，不仅可反映出多种因子污染的综合效应，而且也能反映环境污染的历史状况。故生物监测可以弥补物理、化学分析测试的不足，特别是微生物，与环境关系极为密切，因此微生物学方法在环境监测中占有特殊的地位。

(一) 粪便污染指示菌

粪便污染指示菌的存在，是水体受过粪便污染的指标。根据对正常人粪便中微生物的分析测定结果，采用大肠菌群作为指标较为合适。

大肠菌群 (coliform group, 简称coliform) 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48小时内发酵乳糖产酸产气。

大肠菌群数量的表示方法有两种，其一是“大肠菌群数”，亦称“大肠菌群指数”，即1L水中含有的大肠菌群数量。其二是“大肠菌群值”，指水样中可检出一个大肠菌群数的最小水样体积（mL）。

$$\text{大肠菌群值} = \frac{1000}{\text{大肠菌群指数}}$$

我国生活饮用水卫生标准规定，1L水中总大肠菌群数不得超过3个，即大肠菌群值不得小于333mL。

(二) 水体污染指示生物带

一般的生物多适宜于清洁的水体中生活，但是有的生物则适宜于某种程度污染的水体中生活。在各种不同污染程度的水体中，各有其一定的生物种类和组成。根据水域中的动、植物和微生物区系，可推断该水域的污染状况，污水生物带便是通过以上检测而确定的。通常把水体划分为多污带、中污带和寡污带。

(三) 致突变物与致癌物的微生物检测

人们在生活过程中不断地与环境中的各种化学物质相接触，这些物质对人类影响与危害怎样，特别是致癌效应如何，是人们普遍关心的问题。

据了解，80%~90%的人类癌症是由环境因素引起的，其中主要是化学因素。目前世界上常用的化学物质有7万多种上，其中致癌性研究较充分的仅占1/10，而每年又至少新增千余种新的化合物。采用传统的动物实验法和流行病学调查法已远远不能满足需要，至今世界上已发展了上百种快速测试法，其中以致突变试验应用最广，测试结果不仅可反映化学物质的致突变性，而且可推测它的潜在致癌性。应用于致突变的微生物有鼠伤寒沙门氏菌、大肠埃希氏菌、枯草杆菌等。目前以沙门氏菌致突变试验应用最广。

Ames试验，全称沙门氏菌/哺乳动物微粒体试验，亦称沙门氏菌/Ames试验，是美国Ames教授于1975年研究与发表的致突变试验法。

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。人们称此法是一种良好的潜在致突变与致癌物的初筛报警手段。

（四）发光细菌检测法

发光细菌是一种非致病的革兰氏阴性兼性厌氧细菌。在适宜条件下培养会发射出蓝绿色的可见光。当发光细菌接触有毒污染物时，细菌新陈代谢则受到影响，发光强度减弱或熄灭，发光细菌发光强度变化可用发光检测仪测定。在一定浓度范围内，有毒物浓度大小与发光细菌光强度变化成一定比例关系。因此可通过发光细菌来监测环境中的有毒污染物。



谢谢!