

第一篇 微生态学基础

第一章 微生态学概述

第一节 微生态学概念和历史

一、微生态学的概念

(一) 生态学的概念

生态学 (ecology) 作为生命科学的一个分支,1866年由德国的 **Erst Haeckel** 提出,至今已发展成为拥有 100 多个分学科的庞大的学科群,并在生命科学中占有极为重要的地位。

生态学 (ecology) 一词来源于希腊语,由 *oikos* (指居住之地) 和 *logos* (指论述之意) 组成。从不同角度而言,生态学有以下几种定义:1866年 **Erst Haeckel** 定义为“活的有机体生活的内务”;1907年 **Shelford** 定义为:“有机体的生活要求与家务的习性”;1961年 **Odum** 定义为“种群和群落的生物学”;1972年 **Krebs** 定义为“决定生物分布和数量相互作用的科学研究”;1979年我国生态学家马世骏的定义“生态学是一门多学科性的科学,它是研究生命系统与环境系统之间的相互作用规律及其机理的科学”。综上所述,也就是说生态学是一门研究生物与生物、生物与环境的相互依赖和相互制约的学科。

(二) 微生态学的概念

在生态学的发展过程中,生态学发展为宏观层次和微观层次两个有区别又相互紧密联系的层次。

微生态学是近年来崛起的一门生态学分支。1977年德国的 **Volker Rush** 博士首次明确提出微生态学 (microecology) 一词,并在

德国的赫尔本建立了世界第一个微生态研究所。于 1985 年 Volk-er Rush 提出一个新的定义, 即“微生态学是细胞水平或分子水平的生态学”, 也就是说微生态学是生态学的微观层次。在微生物生态学的实际研究中, 学者们的焦点主要在研究正常微生物群与人、动物、植物的相互关系上。因此, 我国的学者康白提出“微生态学是研究正常微生物群与其宿主相互关系的生命科学分支”。迄今为止, 国内学术界广泛接受了该定义。

二、微生态学的发展历史

微生态学是从无菌动物学、悉生生物学以及微生物生态学逐渐发展而来。微生态学一词是在 1977 年才首次提出, 但有关微生物生态学的理论与实践却早见于文献或其他学科。如微生物生态学、悉生生物学、微生物学生物化学等。微生态学起步虽晚, 但却发展迅速, 如今在现代生命科学中已是活跃的前沿学科之一。对正常微生物群的研究是微生态学的核心, 对正常微生物群研究的历史发展情况见图 1-1。

对正常微生物群的研究过程也就是微生态学发展的过程, 微生态学的发展经历了启蒙时期、稳定时期、发展时期和现代化时期四个阶段, 现简单介绍如下。

(一) 启蒙时期 (1676 ~ 1910 年)

在这一期间以荷兰的 Antony van Leeuwenhoek 在 1676 年发明世界第一台显微镜开始 通过直接涂片 发现了微生物生态 之后经历了混合培养向纯培养 由德国的细菌学家 Robert Koch 提出的飞跃, 使得人类发现了大部分的病原菌并对正常微生物群有了初步的认识; 在此期间, 人类还了解了发酵过程中的微生物因素以及物质循环等问题。这些发现均为微生态学的发展奠定了良好的基础。

(二) 稳定时期 (20 世纪初到 20 世纪 40 年代中期)

此时期内 对正常微生物群的研究, 一方面处于停滞时期 另一方面又酝酿着新的发展。停滞的原因在于烈性传染病的大流行 (霍乱、天花、流感、伤寒、回归热等) 使得人们对微生物研究的聚

集在病原微生物方面；同时由于大部分病原体的发现，促使人们形成了片面的观点：“微生物主要是有害的”。此外，由于方法学的缺陷（厌氧菌培养技术尚未形成），人体肠道中占据绝对优势的厌氧菌未能检测出，也妨碍了人类对正常微生物群的正确认识。

在此同时，由于微生物学研究的深入（由主要以细菌学为主发展为包含细菌、真菌、螺旋体、支原体、衣原体、立克次体、病毒、原虫或原生动物的学科），免疫学的发展（从微生物分化出来，形成研究生理、病理生理和病理学现象的新学科）以及现代技术的发展（包括免疫技术、示踪原子、生物化学技术、荧光技术、气液相色谱、基因工程、悉生生物工程以及电镜技术等）为微生物学的发展做了充足的准备。

（三）发展时期（1945 ~ 1970年）

在这段时间内，由于抗生素的问世和无菌动物的饲养成功，对微生物学的发展起到了重大的促进作用。

抗生素的问世，结束了感染性疾病无特效药的历史，它为人们有效防治感染性疾病作出了巨大的贡献。但是随着它的广泛应用甚至滥用，其所导致的耐药菌株不断增加、抗菌药物本身的不良反应和其导致的菌群失调症，唤醒了人们对正常微生物群的生态平衡和生态失调的认识。

无菌动物的饲养成功，对正常微生物群的研究产生了重要的影响，无菌动物作为一个有效的实验模型，使人们对正常微生物群的生理作用、营养作用、生物拮抗作用及其与宿主的相互关系有了较深的认识。

（四）现代化时期（1970年至今）

自1970年，微生物学进入现代化时期。因其对生命奥秘的揭示及健康长寿的作用，而受到生命科学界的广泛关注，对其的研究具有重要的理论意义和实际意义。由于电镜技术、悉生生物技术和厌氧培养技术的发展，微生物学与现代生命科学分支（细胞学、分子生物学、基因工程学、免疫学系统学、信息科学、自动控制等）的融合以及将生态学的大量观点和术语引入对正常微生物群的研

究，使微生态学具有现代化的特征。简单介绍如下。

1. 电镜技术 借助该技术可在原位 *in situ* 观察到微生物与宿主细胞、组织或器官上的分布状态，如在电镜下可观察到肠上皮细胞的微绒毛与微生物之间的密切联系（能量交换、物质交换和基因传递等重要微观现象）。

2. 悉生生物技术 利用悉生动物模型，可研究宿主对正常微生物群的演替、定植、相互关系、定位和组成等的影响，正常微生物群的菌际关系以及正常微生物群对宿主的生理作用等。

3. 厌氧菌培养技术 该技术的进步，使得在正常微生物群中占重要作用的厌氧菌能很好地培养出来，进而能对其进行进一步研究。

4. 生态学观点的引入 20 世纪 60 年代以后，美国哈佛大学的 R J Dubos 等开始将生态学观点引入对正常微生物群的研究，这使宿主体内正常微生物群的分类更为科学合理。

5. 与现代生命科学分支的融合 微生态学与细胞学、分子生物学、基因工程学、免疫学系统学、信息科学、自动控制等学科相互渗透，互为基础，互为联系，从而使微生态学进入现代化行列。

三、微生态学与其他学科的关系

（一）与其近缘学科的关系

1. 与微生物生态学的关系 微生物生态学的理论、方法和科学资料是微生态学重要的信息来源，但两者又有区别。主要表现在：

（1）两者的分类标准不同 微生物生态学是按生物类型分出的生态学分支，属各论性质，而微生态学属宏观生态学，是不同层次的等位分工，是属于总论性质的。

（2）两者的研究对象不同 微生物生态学的研究对象是研究微生物与外环境（生命和非生命的）关系，而特别着重与非生命环境如大气、水和土壤等的关系。而微生态学的研究对象则主要是有生命的宿主。

（3）两者对微生物与环境的侧重点不同 微生物生态学侧重

于微生物 而微生态学侧重于生物环境(动物、植物和人类宿主)

2. 与悉生生物学的关系 悉生生物学为微生态学的建立积累了大量而又极为重要的有关正常微生物群与其宿主相互关系方面的科学资料,但悉生生物学不能替代微生态学,因为这是一种方法学 并不具备固有的(如生态学)理论体系和完整的方法。

3. 与微生物学的关系 微生物学侧重于生物学,研究微生物的分类、分离、培养、鉴定和致病作用等 而微生态学则侧重于生态学,它研究的是微生物对宿主的正常或生理的作用、生态平衡、生态失调和生物防治。微生物学是微生态学的基础,两者不能互相取代 也不能互相吞并。

(二) 微生态学与其他现代生命科学的关系

微生态学是生命科学的一个分支 它与生理学、生化学、分子生物学、组织胚胎学、遗传学、悉生生物学等都是生物学的基础学科,它们的研究对象都是生命现象,因此各学科间有着横向联系,同时各分类学科又从纵向与横向构成交叉联系。

四、微生态学中常用的重要术语介绍

(一) 正常微生物群 (normal microbiota)

正常微生物群是指微生物与宿主在共同的历史进化过程中形成的生态系 (ecosystem)。这个生态系是由微生物与宏生物组成的生态系。

正常微生物群对其宿主,不但无害,而且是有益的和必需的。正常微生物群包括微植物区系 (microflora)、微动物区系 (microfauna) 和病毒区系 (viralfloa)。总之,正常微生物群应包括生物宿主(人、动物、植物和微生物)体表与体内的一切微生物。对这些微生物的“菌际关系”、微生物与其宿主的关系以及这些微生物与宿主构成的统一生态系对外环境(生理、化学及生物)的关系 都属于微生态学研究的范畴。

(二) 微生态空间

微生态学基础与宏观生态学基础 基本是一致的 其所用术语

也基本相同。但由于层次和内容的不同，侧重点与重心的差异，微生态学基础具有特殊性，即微生态学的生态空间和生态层次，不是在外界，而是在有机体（个体）内部。宏观生态学认为生物是生物与环境的统一体。环境一般可认为是空间的同义词。环境中影响一种或几种有机体生命的任何部分或条件称为生态因子。生态因子分为无生命因子（abiotic factors）与生命因子（biotic factors）。无生命因子又称为自然因子，如物理的、化学的因素；生命因子包括环境中的植物、动物及微生物。

1. 微生态空间的概念 从微生态学出发，正常微生物群的空间只能是生物体（宿主）的个体、系统、器官、组织和细胞，并以这些部位为生态系统。这个环境，也有生命因子和无生命因子。生命因子包括细菌、真菌、病毒、原虫以及原生动物等，无生命因子包括微生物与其宿主的代谢产物和细胞崩解物，还有微小环境的温度，生物化学与生物物理学特性、营养、水分、气体、pH及 Eh等条件。

对正常微生物群来说，在体内的各种生命因子和无生命因子都是其外环境。各种因子彼此相互联系和相互影响与各个相应层次的正常微生物综合地构成一个生物与环境统一的联合体。正常微生物群以生物体宿主为环境，而生物体宿主又以其个体所处的宏观因素为外环境。宏观因素与正常微生物群的相互影响是间接的，主要通过生物体宿主这个层次发生作用。因此，正常微生物以生物体宿主为直接环境，而以生物体宿主的外环境为间接环境。由此可见，微生态空间较宏观生态空间更加复杂。

宏观生态空间和微生态空间两者在概念上的差异，在于宏观生态以地球以下、个体以上的各个层次为对象，其生态空间是气、水、岩层等地理、地貌及地理景观的环境；而微生态学则是以个体以下、细胞以上为对象，其生态空间是生物体的个体、系统、器官、组织和细胞的各个层次环境。

2. 微生态空间层次 生态空间层次和生物体的生态层次是相联系的。一定生物体生态层次有一定生态空间，反之一定生态空间也有一定层次的物体占据。生物体与生态空间是长期进化过

程中形成的统一联合体，是不可分割的。对微生态而言，这种联合体更加紧密，如大肠杆菌在人、兽肠道内生存良好，而在外环境或侵入生物体宿主其他部位如呼吸道及皮肤，则很快消亡。微生态空间可分为宿主个体、生态区、生境、生态点和生态位等五个层次。

(1) 宿主个体 **host individual**) 宿主个体是微生态学中最大的生态空间，在这个生态空间，该宿主个体与其所携带的正常微生物群构成微生态中一个最大的生态系，可称之为总生态系。在宿主个体这个生态空间中，包括许多亚结构，如皮肤、粘膜、消化系统、呼吸系统等。虽然这些亚结构，在生态学上存在着很大的差异，但总体都构成一个统一体的生态空间。这些差异，在个体这个生态层次来说，只能看作是统一的生态空间的内部结构。

(2) 生态区 **biotic area**) 生态区是微生态空间中的第二个层次，它的上面层次是宿主个体，下面层次是生境。在宿主体内，在许多区域的地理环境相近，并存在许多性质相异的亚结构系统或器官，被称为生态区。人或动物的各系统如呼吸系统、消化系统、泌尿系统、皮肤系统、口腔及阴道部位 从整体上具有统一性 但每个系统均为一个相对独立的生态区，每个系统都有复杂的内部结构，并且在这些内部结构中定居的微生物种类和数量均不同。从解剖结构来看，生态区是一个含有许多不同性质的微生物定居的生态空间，生态区定居的正常微生物是由许多生态系构成的综合生态系。

生态区是相对的，其范围取决于解剖结构、生物物理与生物化学性质及正常微生物群的生态特点。以人或动物的消化道为例，若将整个消化道看作是一个生态区，则其亚结构就可分为口腔、胃、十二指肠、空肠、回肠、回盲部和结肠。但这些亚结构仍有其亚结构 如口腔就含有舌、牙、龈、颊等亚结构。由此可见 根据不同的标准，生态区的范围是不同的。

(3) 生境 **habitat**) 生境又可称为栖境、栖息地、产地。与生态空间相似，它也是一个相对的概念。宏观生态学认为，生境是生物在进化过程中一定生态空间层次与环境相互适应、相互影响的

统一体的空间侧面。生境的内容包括物理的、化学的和生物的各项。就微生物学而言，则需要更微细的生态空间分类。

微生境有特异性，对一些微生物是原籍生境（*autochthonous habitat*），对另一些微生物就是外籍生境 *allochthonous habitat*）。如口腔对唾液链球菌是原籍生境，而对大肠杆菌则为外籍生境，反之，肠道是大肠杆菌的原籍生境，对唾液链球菌而言，则为外籍生境。各级生态组织都有其原籍生态空间和外籍生态空间。生境的特异性是在生物进化的过程中形成的。

(4) 生态点 (*biotopes*) 是微生态空间的第四个单位，是狭义生境的亚结构。如回肠肠粘膜是一个生境，而回肠上、回肠下及回肠末，即使同一肠段的粘膜峭部与粘膜皱褶底部都是不同的生态点。在电镜下，粘膜上的 *Lieberkuhn* 隐窝底部与肠绒毛顶部的微生物都有特异的分布状态和定位 (*specific location*)。在异常情况下（如感染时），这种局面才遭到破坏。因此，生态点可以是宏观的也可是微观的。

(5) 生态位 (*niche*) 又被称为小生境、生态灶，是微生物学中的第五个空间层次，是生物与环境统一体的一个层次。生态位是一种有机体的功能和作用在时间和空间上的位置。根据 *Gause* 占有权原则 (*possession principle*) 该原则又可称为竞争排除原理) 在生态位内，相异物种可共存，相似物种产生竞争，因此完全相近的异种物种，不能共存于一个生态位内。该种情况在微生物学中比较普遍。

生态位最早是由 *Ginnell* 于 1917 年提出，用来表示对生境再划分的亚空间结构。1927 年 *Elton* 将其定义为“物种在生物群中的地位和作用”。

根据生态位内对物种的决定因素的多少，将其分为一维生态位 (决定因素为一个) 二维生态位 (决定因素为两个) 三维生态位 (决定因素为三个) 和 多维生态位 (决定因素为多个) 在微生物学中主要是多维生态位。因此，微生物学中的生态位是非常复杂的。例如在口腔粘膜上的菌群 表层是需氧菌 (如卡他球菌等) 中间层

是兼性厌氧菌（如链球菌等），而底层则为专性厌氧菌（如类杆菌等）生态位具有极为复杂的生物物理学、生物化学及生态学结构，特别是多种物种构成的生态位更为复杂。

1948年，Hutchinson根据生物群落中某一物种所占据的生态位的大小，将生态位分为基础生态位（fundamental niche 即能够成为某一物种所栖息的最大空间）、实际生态位（realized niche 即有竞争者时，某一物种实际占有的生态位，竞争种类越多，每个种类实际占有的生态位越小）、营养生态位（trophic niche）、空间生态位（space niche）和功能生态位（function niche）等。或将各种内容都汇合在一起称为超体积生态位（hypervolume niche）。

在现阶段，主要是根据直视（光镜或电镜）结果来判断或评价生态位的意义。

（三）微生态组织

生态组织是由不同层次组成的，可分为宏观生态组织与微观生态组织。此处仅讨论微观生态组织。微观生态组织分为总微生态系（whole microecosystem）、大微生态系（integrated microecosystem）、微生态系（micro-ecosystem）、微群落（microcommunity）和微种群（microcopulation）五个层次。

1. 微观生态组织和生态空间的统一性 不同生态组织层次，必须与相应的生态空间层次相结合。微生态组织与微生态空间的统一性见表 1-1。

表1-1 微生态组织与微生态空间的统一性

| 生态空间层次 | 微 观 生 态 组 织 层 次 | | | | |
|--------|-----------------|------|-----|----|----|
| | 总生态系 | 大生态系 | 生态系 | 群落 | 种群 |
| 个 体 | + | + | | | |
| 生态区 | ± | + | + | | |
| 生 境 | | ± | + | + | |
| 生态点 | | | ± | + | ± |
| 生态位 | | | | ± | + |

注：“+”代表必然联系；“±”代表偶然联系

2. 微生态系 微生态系是指人、动物与植物个体与其所携带的全部正常微生物群部分及过路的外环境微生物群的统一体。在一定结构的空间内正常微生物群，以其宿主人类、动物、植物组织和细胞及其代谢产物为环境，在长期进化过程中形成能独立进行物质、能量及基因相互交流的统一的生物系统（biosystem）。

在微生物生态学中，对一定解剖部位的病理生理、病理解剖、感染、免疫及疾病的防治，都必须考虑该部位生态系的功能与结构。许多口腔、呼吸道、消化道、泌尿道的炎症与感染都存在着不同程度的生态系的生态失调或菌群失调。

根据生态系统的覆盖面，可将微生态系统分为以下三个层次。

(1) 总微生态系统 指整个宿主（人、动物和植物）个体所包含的正常微生物群及少数过路的由外环境或其他宿主来的微生物共同组成的总微生态系，总微生态系相当于地球上的生物圈或全球生物系。

(2) 大微生态系 又称为综合微生态系，包含许多个微生态系。如口腔大微生态系就包含舌、颊、齿、龈及上下腭等微生态系。

(3) 微生态系 是大微生态系的亚结构，是理论上的单一微生态系。如口腔内的舌、颊、齿等就是单一的微生态系。

3. 微群落

(1) 微群落的定义 在微生物生态学中，微群落是隶属于人、动物或植物宿主特定生态系的亚结构，它具有特异的空间位置（生境），特殊的结构和功能，与其他生态系统首先有联系，但一般不受侵犯，能保持其独立性。例如肠道内的空肠、回肠、回盲部及结肠生态系的正常微生物群，在正常情况下，尽管经常发生密切联系，但彼此都保持着各自的独立性和特点。

微群落间的相似性，与环境梯度或环境连续性有同步性，环境愈接近，其微群落愈接近；环境愈远，愈不接近。这是在进化过程中形成的地理隔离所造成的。牙齿的微群落与舌的微群落差距较远，但牙齿和舌本身的各个部位的微群落就近似，但不同等，不

组织间有差异，细胞间也有差异，酵母菌与小鼠胃分泌区的壁细胞有亲和性，而乳杆菌却与非分泌区的鳞状上皮细胞有亲和性，而不是相反。微群落与生态空间的关系是受生态遗传学的规律控制的。

微群落具有结构和功能上的特点。

(2) 微群落的结构

1) 微群落的定性 (quality) 群落的定性又称为群落丰度 (abundance 或 richness)，指在该群落中含有种群的数量。种群是微群落的亚单位。种群的多少，决定微群落的稳定性 (stability)。种群的多样性 (diversity) 与微群落的稳定性成正比，多样性愈高，稳定性愈高。多样性是微群落丰度的表现，丰度是指微群落中所含的种群数量 数量愈多 丰度愈大 丰度愈大 多样性愈高 微群落的稳定性愈大。

微群落的稳定性是指微群落在一段时间内维持种群间数量的正常关系的能力，维持受扰乱情况下恢复到原来平衡状态的能力，以及维护微群落结构、功能及时间过程的稳定性及抗变能力。这些能力来源于多样性。在多样性高的微群落内，由于含有较多的微生物种群和个体，因而对环境的变化和来自微群落内部种群变化的波动就有一个较强大的反馈系统，而能得到较大的缓冲。从微群落的能源学观点看，多样性高就意味能源和物源的流动途径多。如果一条途径受到干扰，另一条途径就可给予补充。如在人和动物肠道内 有需氧菌、兼性厌氧菌和厌氧菌 在发酵过程中 兼性厌氧菌起到很大的缓冲作用。在有氧和无氧时均可起作用。

2) 微群落的定量 (quantity) 包括总菌数测定与活菌数测定两方面。总菌数 (total count) 是指在一定生境内 (重量或面积) 所见到的菌体的数量。该数值一方面可反映生物量 (biomass) 和粗的定量结果，另一方面可作为核实活菌数测定的参数。如果活菌数超过总菌数则可能表示测定方法有误，而与总菌数差异过大，则说明所用活菌测定方法不准确。活菌数 (living organism count) 是代表微群落各种群的数量指标，该数值在定性的同时就可测出。

各种群的数量指标，是长期历史进化过程中形成的生态学结构，在正常情况下，不同种属、同种属不同解剖部位均有其独特的自身结构。数量指标是生态平衡与生态失调的重要指标。

3) 微群落分布 (distribution) 总体而言，每个微群落都占据一定面积、体积的生境，但具体每个种群又各有其特定的生态位。除了生境与生态位的分布外，正常微生物群还有层片分布状态，即纵向分布。如在肠道和呼吸道，常常上层是需氧菌，中层是兼性厌氧菌，下层是专性厌氧菌，这样的分布有利于正常微生物群的互助与相互制约，也有利于保持生态平衡。

4) 微群落的功能 包括“三流”运转、生物拮抗和免疫刺激。

①“三流”运转 即能源流、物质流和基因流的运转。能源运转是指正常微生物群内部与其宿主保持着能量交换和运转的关系。植物、动物和人与正常微生物之间，或正常微生物之间均存在着能源的交换。物质交换是指正常微生物群的能源和物质都依赖于宿主，正常微生物群与宿主通过降解与合成进行物质交换。宿主裂解的细胞与细胞外酶可为微生物利用，而微生物产生的酶、维生素、刺激素，以及微生物的细胞成分也可被宿主细胞利用。基因交换是指在正常微生物之间存在广泛的基因交换，如耐性因子 (R 因子) 产毒因子、菌毛等都可在正常微生物之间通过物质的传递进行交换。②生物拮抗 (antagonism) 在正常微生物之间存在的拮抗作用与互助是微群落的重要自稳机制。此外生物拮抗可防止外袭菌对宿主的入侵。 免疫刺激：正常微生物群可使宿主产生广泛的免疫屏障，正常动物的血清对许多微生物较无菌动物具有较高的免疫水平。大量资料证实宿主的抗肿瘤免疫与其正常菌群有密切关系。

4. 微种群 (population) 是指在一定空间内同种个体数量的集合体。种群的下一层次是个体，但种群不是个体的简单相加，而是有机的组合。

在微生态学中，微种群是一定同种微生物个体与其所占据的二维空间或多维空间生态位构成的统一体。从个体到群体是质的

飞跃，具有独立的统一体特性，也具有种群内部的组成。生物体不仅以非生命空间为环境，而且以其密切接触的其他生物体为环境。种群数量受到极其复杂因素的控制。

微种群是一个综合概念，不是分类学上的种，它近似于分类学上的科 (family)，如肠杆菌种群实际上就是肠杆菌科。微种群内部还可细分为种 (species)、型 (type)、亚型 (subtype) 等。

正常菌群的调查就是微种群的调查。该项调查是测量菌群失调的重要指标之一。

(四) 生态平衡

1. 微生态平衡的概念

(1) 狭义概念 1962 年由 Haenel 提出：“一个健康的器官，平衡的，可以再度组成的，能够自然发生的微生物群落的状态，叫做(微)生态平衡(eubiosis)。”该定义仅强调了微生物群落的状态，即判断是否是生态平衡主要是看微生物群落的表现，对宿主的表现未提及，因而该定义是片面的。

(2) 广义概念“微生态平衡”是在长期历史进化过程中形成的，正常微生物群与其宿主在不同发育阶段的动态生理性组合。这个组合是指在共同的宏观环境条件影响下，正常微生物群各级生态组织结构与其宿主(人类、动物与植物)体内、体表相应的生态空间结构，正常相互作用的生理性的统一体。这个统一体的内部结构和存在状态就是微生态平衡。

微生态平衡的广义概念是从微生物与其宿主统一体的生态平衡出发，来考察与研究微生物与微生物、微生物与宿主以及微生物和宿主与环境的生态平衡问题。生态平衡是具体的，不同年龄，不同发育阶段，不同种属，不同生态空间都有其特定的生态平衡。生态平衡是生物的生理性过程。这个过程是以宏观环境(物理的、化学的和生物的)为条件，微生物与宿主相互作用的结果。任何平衡都不是孤立的，都与总微生态系、大生态系或生态系有相应联系。局部生态平衡，受总体生态平衡影响，整个生态平衡必将影响局部生态平衡。因此，确定任何一个微生态平衡都应综合地、全面地、

相互联系地进行分析与判断。

2. 微生态平衡的标准

(1) 概念 微生态平衡是指正常微生物群与其宿主的动态的平衡状态，是指各级生态组织与其相应的生态空间的相互制约、相互依赖的动态的生理性平衡状态。

微生态平衡标准应包括微生物与宿主两个方面，仅考虑其中一个方面都是片面的，应两者结合综合考虑。

(2) 标准的分类 微生态平衡的标准分为微生物方面和宿主方面两个标准。

1) 微生物方面 微生态平衡在微生物方面的标准，应包括定位、定性和定量三方面。 定位标准 (location standard) 是指生态空间。对正常微生物的检查，首先要确定检查的位置。同一种种群，在原位是原籍菌，在异位就是外籍菌。原籍菌和外籍菌在生物学上是相同的，但在生态学上是不同的，原籍菌在原籍是有益的，转移到外籍，变成了外籍菌，就可能是有害的。定位标准虽然很重要，但实际上很难获得可靠的定位标准信息。 定性标准 (quality standard)：是指对微生物群落中各种群的分离与鉴定，即确定种群的种类。定性检查应包括微生物群落中的所有成员，如原虫、细菌、真菌、支原体、衣原体、立克次体、螺旋体和病毒等。由于新分类法如核酸分类、气相色谱技术及数据分类法等现代技术的发展，为微生态平衡的定性标准的精确确定创造了有利的条件。 ③定量标准 (quantity standard)：是指对生境内的总菌数和各种群的活菌数定量检查。该项检查是微生物学的关键技术，确定某一细菌是原籍菌，还是外籍菌的重要方法之一。

2) 宿主方面 微生态平衡的标准必须与宿主的不同发育阶段和生理功能相应。这就是微生态平衡的生理波动。 年龄波动：人类、动物与植物都存在年龄的生理性波动，因此确定标准时必须考虑年龄的特点。如人肠道的微生物在婴儿、青少年、壮年和老年都存在着有规律的动态变化。动物也同样如此。此外，植物的种子发芽、生长、成熟、开花与结果 都伴随着正常微生物群的有

规律的变化。故人类、动物和植物宿主的年龄因素是微生态平衡标准的重要参数。 生理功能：宿主的一定生理功能都伴随着微生态平衡的变化。如在人的哺乳、断乳、出牙、换牙、妊娠或分娩都伴随正常微生物群的变化。

3) 对微生态平衡标准的评价 对微生态平衡标准的评价应综合考虑，不能只靠某些参数。评价已取得的标准应考虑以下几个方面 ①对正常值的评价：任何正常值都有许多限制条件。正常值的限制因素包括：宿主因素主要指宿主的发育阶段与生理功能；微生物因素主要指对微生物的初级演替、次级演替、易位与易主等。要仔细分析，确定哪些是生理性波动，哪些是病理性波动，微生物的定性、定量与定位指标都是动态的平衡，生理性波动与病理性波动是交叉的，在分析所取得的指标时，要从宿主、外环境与微生物三者的相互作用中通盘考虑；方法因素：目前正常微生物群的检查方法还不理想、不稳定，因此常常引起正常值的很大波动，故实际工作中有人建议对正常个体与异常个体同步进行严格的对照检查，以核实方法学上的误差。 对宿主因素的评价：宿主的年龄、生理状态、病理状态，以及宿主对外环境的适应性，都应考虑在微生态平衡的标准条件内。在实践中，常常发现完全健康的个体，对其进行菌群检查时，出现生态失调的结果；而对于患病个体，进行菌群检查结果的却是正常的。对于该现象，应以发展的眼光看待。

3. 影响微生态平衡的因素 影响微生态平衡的主要因素是环境、宿主与微生物三个方面。这三个因素综合地起作用，并相互联系。

（五）微生态失调

微生态失调也是微生态学中的一个重要概念。在本书第一篇第四章有详细介绍，此处略去。

五、微生态学的用途

微生态学是一门具有重要作用与用途的应用科学。其作用在

于认识生命的本质、认识疾病的本质和生理学监测等方面。

(一) 认识生命的本质

生命与外环境是统一体，和内环境也是统一体。宏观生态的无生命环境如大气、食物、土壤等及有生命环境如动物、植物和宏观生物等，都会对人类的生存有影响，而微观生态的正常微生物群对宿主也有影响，而且宏观生态必将通过微观影响而起作用。

一个成年人大约有 10^{13} 个细胞，而其体表和体内所携带的正常微生物可达 10^{14} 个，从这个意义上讲，人自身细胞仅占 10% 而 90% 的是微生物细胞。这些微生物大部分与细胞密切接触，交换能量、物质，甚至互相传递遗传信息。正常微生物群对宿主具有消化、吸收、营养、免疫、生长刺激、生物拮抗等生理作用。由此可见，微生物生态学的研究，必然与现代生命科学相配合，并对生命奥秘的揭示作出重大的贡献。

(二) 认识疾病的本质

一切干扰宿主的因素 不论是物理的、化学的 还是生物的都 会引起微生态失调；一切疾病，都存在着正常微生物菌群的紊乱，因此疾病与微生态失调，不是原因，就是结果或互为因果。

许多正常菌群成员 可能每隔 15 ~ 20min，就可繁殖一代。某种异常状态 包括手术、感染、情绪波动、肿瘤及外环境变化 都可引起菌群失调或生态失调。以腹泻为例，能分离到的病原体有痢疾杆菌、沙门菌、耶尔森菌、致病性大肠杆菌、产毒大肠杆菌、弯曲菌、支原体、衣原体、霍乱弧菌等等。这些菌在患者体内有 在健康人体内也有，只是在菌体的分离率高低、菌量的多少有差异。但究竟哪种菌是病原菌，则很难确定。如果从微生态学出发，这些问题就可能得到圆满的解决。

在对微生物进行定性、定量和定位的检查中发现 许多微生物由于数量上的差异，宿主转移，定位转移就可从不致病转化为致病。同一生物种属，在生态条件改变时，就可引起致病。

正常微生物群因定位转移或易位 (translocation) 和宿主转换或易主 (transversion)，就可能致病。有的微生物，在动物是正常菌