

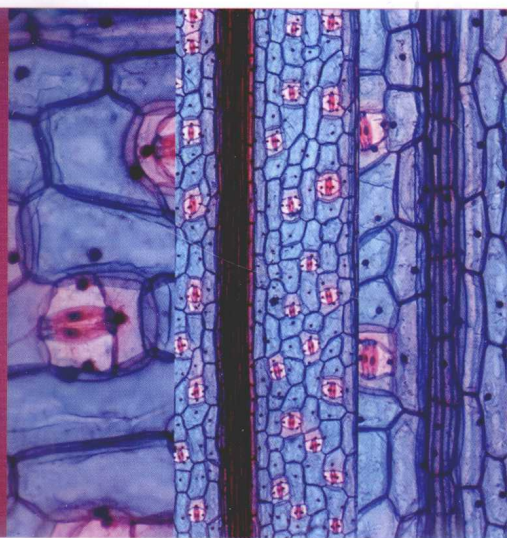


高等学校重点规划教材
生物与化学系列

微生物生态学

WEISHENGTAI XUE

主编◎张鸿雁 李 敏 孙冬梅



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



高等学校重点规划教材
生物与化学系列

微生物生态学

主 编◎张鸿雁 李 敏 孙冬梅
副主编◎李建英 浦子钢 赵冰熔

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书介绍了微生态学的基本原理及系统微生态学。原理部分的内容包括绪论、微生态空间与组织、微生态动力学、微生物间相互关系、正常微生物群的生理代谢、正常微生物群的生理功能、微生态平衡与失调、微生态防治及微生态学方法学。系统微生态学的内容包括动植物微生态学、土壤微生态学及人类口腔、胃肠道、呼吸道、泌尿生殖道、皮肤微生态学等。

本书适合理、工、农、林、医等高等院校与生物有关的本科生、研究生作为教材或参考资料,也可供教师或其他生物科技人员查阅参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生态学/张鸿雁,李敏,孙冬梅主编.—哈尔滨:哈尔滨
工程大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-81133-850-8

I. ①微… II. ①张… ②李… ③孙… III. ①微生物
生态学 IV. ①Q938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 140178 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 15.75
字 数 380 千字
版 次 2010 年 8 月第 1 版
印 次 2010 年 8 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn



前言

Preface

自 20 世纪 70 年代德国汉堡成立第一所微生态学研究所起,微生态学逐渐发展成为一门新兴学科,并令人瞩目。微生态学是生命科学的分支,是一门研究生物体正常微生物群与其宿主相互依赖、相互制约规律的科学,它涉及生物体与其内环境(包括微生物、生物化学和生物物理环境)相适应的问题,与人类健康密切相关。

抗生素的应用为人类作出了重要贡献,但是其引发的负面效应也早已成为人们关注的焦点。一方面,使用抗生素易使动物产生耐药性;另一方面,抗生素的使用使机体抵抗力下降,易发生各种细菌性及病毒性疾病;再者超量使用抗生素,生物体内的抗生素残留水平居高不下,会对人类健康构成威胁。因此,人们急于寻找一种抗生素的替代品,这就是微生态制剂。微生态制剂可以通过维持微生态平衡、生物夺氧、生物拮抗、增强机体免疫功能和合成各种酶和营养物质等促进内环境的稳定,控制某些感染性、菌群生态失调、菌群定位转移所相关的多种疾病。目前微生态防治在动物、植物和人类临床等方面都得到了快速的发展,但有关微生态学的教材和参考书却非常少。

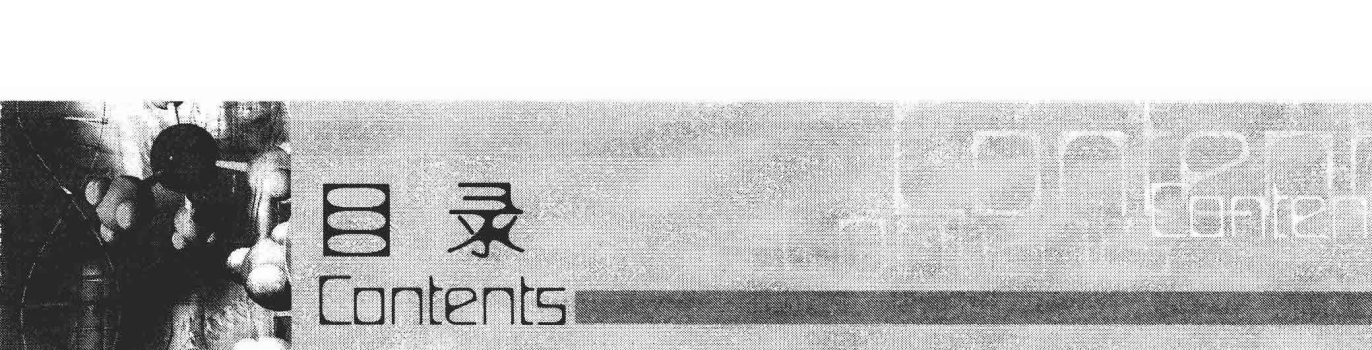
本书介绍了微生态学基本原理及系统微生态学。原理部分内容包括绪论、微生态空间与组织、微生态动力学、微生物间相互关系、正常微生物群的生理代谢、正常微生物群的生理功能、微生态平衡与失调、微生态防治及微生态方法学。系统微生态学内容包括动植物微生态学、土壤微生态学及人类口腔、胃肠道、呼吸道、泌尿生殖道、皮肤微生态学等。

全书共分 18 章,由黑龙江八一农垦大学、黑龙江省农业科学院及黑龙江省完达山乳业股份有限公司等长期从事生物学的教学和科研、具有较丰富的教学科研实践经验的教师和工作人员合作编写而成。其中黑龙江八一农垦大学张鸿雁编写第 1,2,3,6,7,13,16 章,东华理工大学李敏编写第 8,14,15 章,黑龙江八一农垦大学孙冬梅编写第 4,17,18 章和第 10 章第 4 节,黑龙江省农业科学院大庆分院李建英编写第 11 章的 3,4,5,6 节和第 12 章,黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院浦子钢编写第 10 章 1,2,3,5 节和第 11 章的第 1,2 节,黑龙江省完达山乳业股份有限公司赵冰熔编写了第 5,9 章。张鸿雁对全书进行统稿并校对。在本书编写过程中得到了黑龙江八一农垦大学荆瑞勇、黄玉兰、洪艳华老师的支持与帮助,同时参考了国内一些学者和专家的著述,在此一并表示深深谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大师生、同行和读者批评指正。

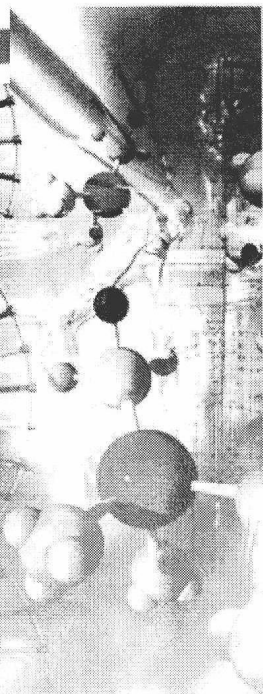
编者

2010 年 5 月



Contents

第一章 绪论	1
第一节 微生物学的概念	1
第二节 微生物学的发展史	2
第三节 微生物学与其他学科的关系	6
第四节 微生物学的用途	7
第二章 微生物生态空间与组织	10
第一节 微生物生态空间的概念及其层次	10
第二节 微生物生态组织概念及其层次	11
第三节 微观生态组织与生态空间的统一性	12
第三章 微生物生态动力学	15
第一节 微生物生态演替	15
第二节 宿主转换	17
第三节 定位转移	20
第四章 微生物与微生物的相互关系	24
第一节 微生物种群个体间的相互关系	24
第二节 不同微生物种群间的相互关系	25
第五章 正常微生物群的生理代谢	34
第一节 分解代谢与 ATP 的产生	34
第二节 合成代谢	41
第三节 酶的合成与调节	45
第六章 正常微生物群的生理功能	47
第一节 营养作用	47
第二节 免疫	50
第三节 生物拮抗	53
第七章 微生物生态平衡	55
第一节 微生物生态平衡的概念	55
第二节 微生物生态平衡的指标	56
第八章 微生物生态失调	60
第一节 微生物生态失调的概念	60
第二节 微生物生态失调的分类	60
第三节 感染与微生物生态失调	62
第四节 生态失调的影响因素	66



Contents

第九章 微生态防治	70
第一节 调控微观生态环境	70
第二节 增强宿主适应性	71
第三节 合理使用抗生素	72
第四节 开发利用微生态调节剂	73
第五节 提高定植抗力与选择性脱污染	74
第十章 微生态方法学	77
第一节 直接观察	77
第二节 生物量的测定	81
第三节 培养方法	86
第四节 基因工程技术	91
第五节 悉生动物	94
第十一章 植物微生态学	102
第一节 微生物与植物的共生关系	102
第二节 微生物与植物的互生关系	110
第三节 植物叶围与叶面微生物	114
第四节 植物其他部位微生物	118
第五节 微生物与植物的寄生关系	124
第六节 植物微生态制剂——益微	125
第十二章 土壤微生态学	133
第一节 土壤中微生物的种类和分布	133
第二节 微生物与物质转化	135
第三节 微生物在生物成矿中的作用	143
第四节 土壤污染治理	143
第十三章 动物微生态学	147
第一节 正常动物肠道菌群及对动物疾病的防御作用	147
第二节 动物微生态工程	156
第三节 反刍动物微生态学	159
第四节 单胃动物微生态学	166
第五节 家禽动物微生态学	170
第六节 鱼类动物微生态学	174
第十四章 人类口腔微生态学	178
第一节 口腔微生物演替	178
第二节 口腔生态系	179
第三节 口腔微生物的相互关系	183
第四节 口腔微生物与宿主的关系	185
第五节 口腔微生态系的动力学	186

第十五章 人类胃肠道微生物生态学	193
第一节 生态空间	193
第二节 生态演替	195
第三节 胃菌群	196
第四节 肠道菌群	197
第五节 生态平衡	199
第六节 生态失调	203
第七节 微生态防治	206
第十六章 人类呼吸道微生物生态学	209
第一节 呼吸道生态空间与微生态特点	209
第二节 呼吸道微生物学研究方法	213
第三节 呼吸道微生态系	215
第四节 呼吸道微生态平衡与失调	219
第十七章 人类泌尿生殖道微生物生态学	222
第一节 生态空间	222
第二节 阴道微生态系	223
第三节 宫颈微生态系	228
第四节 生态演替、平衡与失调	229
第十八章 人类皮肤的微生物生态学	233
第一节 皮肤的微生态空间	233
第二节 皮肤的微生态演替	236
第三节 皮肤的微生态特点	237
第四节 微生态失调与皮肤疾病	243
参考文献	244



第一章 绪 论

自德国的 Ernst Haeckel 于 1866 年提出生态学(ecology)以来,生态学已发展成为一个庞大的学科群,拥有 100 多个分科,表明生态学在生命科学中占有极为重要的位置。微生物生态学(microecology)属于生态学的范畴。生态学按不同分类标准有不同分类。

- (1)按生物类型的分类:如动物生态学、植物生态学、昆虫生态学、微生物生态学等。
- (2)按生境(栖息地)的分类:如淡水生态学、咸水生态学、湖泊生态学。
- (3)按功能的分类:如生理生态学、免疫生态学、种群生态学、群落生态学、生态系生态学等。
- (4)按学科交叉的分类:如社会生态学、经济生态学、地理生态学、化学生态学等。
- (5)按方法学的分类:如理论生态学、数学生态学、控制论生态学和系统生态学等。
- (6)按物质运动的分类:如能源流动生态学、物质流动生态学、基因流动生态学、遗传生态学等。

上述分科说明生态学是一门庞大的学科群,而不是一门独立的学科。各分科彼此有联系,但各自又有独立的理论和方法。

不管生态学分科多么庞杂,在微生物生态学没有创立前,基本上都可以属于宏观生态学范畴。然而客观事物是由不同层次组成的,作为反映客观事物的科学应该有不同层次。微生物生态学就是人们从宏观生态学向微观层次进行研究而发展起来的。而宏观生态规律通过微观生态规律对生物体(人、动物与植物)产生影响。一切生态学研究,包括动物与植物的研究,归根结底都是为人类健康服务的,从这个意义上讲,对微观生态学的研究非但必要,而且是必须的。

第一节 微生物生态学的概念

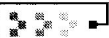
一、宏观生态学的定义

Ecology 一词来源于希腊文,由 oikos 与 logos 两词组成,oikos 指居住之地,logos 则指论述之意,两者相加便成为“ecology”,即生态学。1866 年,Haeckel 提出这个术语时,曾定义为“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”。

中国生态学者马世骏于 1979 年提出了一个比较全面的定义:“生态学是一门多学科性的生态科学,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”。

二、微观生态学的定义

微生物生态学是一门新兴科学。1977 年,德国的 Volker Rush 博士首先提出微生物生态学



(microecology)这个词,并在赫尔本(Herborn)建立起第一个微生物生态研究所。该所的主要研究工作是关于活菌制剂(生理性细菌),如大肠杆菌、双歧杆菌、乳杆菌等如何在生态防治方面进行应用。因为是从正常微生物的生态规律出发,因而自然就形成了一个微观生态的概念。1985年 Voker Rush 提出一个新的定义,“微生物生态学就是细胞水平或分子水平的生态学”,即微生物生态学的微观层次。上述定义太笼统,微生物生态学定义应为“研究正常微生物群与其宿主相互关系的生命科学分支”。

三、正常微生物群的定义

正常微生物群(normal microbiota)是微生物与其宿主在共同的历史进化过程中形成的生态系统(ecosystem),这个生态系统是由微生物与宏观生物共同组成的生态系统。

从这个定义出发,微生物生态学的定义也可以认为是“研究正常微生物群的结构、功能以及其宿主相互关系的学科”。

正常微生物群对其宿主,非但无害,而且有益,不仅有益而且是必需的。正常微生物群包括微植物区系(microflora)、微动物系(microfauna)与病毒区系(viraf flora)。总之,正常微生物群应包括生物宿主(人、动物、植物及微生物)体表与体内的一切微生物。这些微生物的“菌际关系”,与其宿主的关系,以及与宿主构成的统一生态系统对外环境的(生理的、化学的及生物的)关系,都是微生物生态学研究范畴。

第二节 微生物生态学的发展史

微生物生态学作为一门独立学科的历史并不长,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(gnotobiology)、微生物学、生物化学及其他学科都涉及过这方面的内容。

作为以正常微生物群为主要研究对象的微生物生态学,在其学科名称出现之前,已具有悠久历史。它的起源与微生物(细菌学)是同时期的,甚至早于微生物学。可将微生物生态发展史分为启蒙时期、停滞时期、复兴时期和发展时期四个阶段。

一、启蒙时期(1676—1910)

这个历史时期人们认识了细菌与其他微生物,并进行了启蒙的研究。

远在4 000多年以前的龙山文化时期,我国劳动人民就会利用微生物酿酒。《吕氏春秋》记载:“仪狄作酒,禹饮而甘之”。公元5世纪,北魏贾思勰著的《齐民要术》更是详细地叙述了制曲和酿酒技术。除酒之外,我国劳动人民还最早利用有益微生物生产酱油、食醋和腐乳等发酵调味品。在医学方面我国很早就应用茯苓、猪苓、灵芝等真菌治病。由于当时科技条件的限制,人们未能看到微生物的个体,直至细菌的发现。

1. 细菌的发现

细菌是荷兰人 Antony van Leeuwenhoek(1632—1723)在1676年发现的。Leeuwenhoek 用自制的世界上第一台显微镜,以扩大300倍直接或在暗视野下观察自然生境中的微生物的形态、运动和分布情况。他观察的标本包括人和动物的大便、痰、牙液和唾液、污水及其他外环境物体,甚至还有植物种子胡椒。因此, Leeuwenhoek 是世界上第一个以直接制片法(悬滴)



观察人、动物及植物标本的正常微生物群的人。他不仅发现了微生物形态,而且发现了微生物生态,即微生物在自然生境内的种类、数量、分布及相互关系。因此可以认为微生物生态学的创始人就是 Leeuwenhoek。

2. 混合培养

自 Leeuwenhoek 报告细菌的形态与生态以来,许多学者除了继续观察球菌、杆菌、螺菌、丝状体、螺旋体及支原体外,还对其进行了培养。在当时只能在液体内进行混合培养。混合培养不能建立起种的概念,但是混合培养对生态学研究却是必要的,因为在自然条件下微生物本来就是混合的,并不是单独存在的。许多微生物只有在混合培养时才能生长,而在纯培养条件下不能生长,这是受生态规律支配的。

在 1880 年以前,纯培养技术尚未出现,法国的 Louis Pasteur(1822—1895)就以液体混合培养解决了法国酿酒业的酸败问题,同时也解决了乳酸、乙酸及丁酸发酵问题。这些发酵技术和理论,实际上就是根据初步的微生物生态学知识进行的。

3. 纯培养技术的创建

纯培养技术的创建是微生物学发展的里程碑。纯培养技术的核心是德国细菌学家 Robert Koch(1843—1910)发明了固体培养基,以琼脂为基础制作固体培养基迄今已延续 100 多年。有了纯培养技术,才能进行科学的微生物学与分类学的研究,把微生物学推向新的高度,也能解决微生物生态学中微群落、微种群的定性、定量与定位的研究问题。

但是,从生态学观点出发,有了纯培养技术也不能忽视微生物在自然生境中是混合存在的客观事实,例如某些梭杆菌与螺旋体迄今仍无法单独分离培养,还有许多共栖和互生的微生物也都是比较难单独培养的。

4. 对正常微生物群的初步认识

1676 至 1900 年期间,人们根据直接制片、混合培养及纯培养技术所获得的信息,对正常微生物群已有了初步的认识。不同科学家从不同角度对正常菌群提出新的证据以证明自己的看法。

(1) Pasteur 的观点

Pasteur 从他从事的发酵工业所取得的知识出发,认为正常的菌群是有益的。人或动物必须具有正常菌群,人或动物在消化食物时,需要通过细菌和真菌的发酵将淀粉、多糖降解为单糖才能将其利用。Pasteur 在当时是一个卓越的细菌学家,而且也是一个卓越的化学家。他的理论很受一些人支持,但也有反对者。

(2) Мечников И. И(1845—1916)的观点

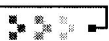
他认为肠道菌群,特别是大肠杆菌,具有腐败作用。一个人每天随粪便排出的细菌大约占粪便总成分的 1/3。通过这些细菌使未消化的食物分解产生大量腐败产物,如氨基酸、硫化氢、胺类等。这些物质可使机体慢性中毒,引起动脉硬化,促进衰老。这就是他的正常菌群有害说的根据。

二、停滞时期(1910—1945)

在这段时间内,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,并为新的发展准备了技术、理论和知识,停滞的原因具体如下。

1. 烈性传染病的大流行

进入 20 世纪,由于世界各地的人们交往频繁,从而促进了传染病的大流行。霍乱、鼠



疫、天花、流感、肠伤寒、斑疹伤寒、回归热等都发生过大流行,并大部分席卷了全球,夺去了亿万人民的生命。严酷的现实,迫使人们不得不把视线集中在病原微生物方面。

2. 认识的片面性

从 19 世纪末到 20 世纪初,在 Pasteur 和 Koch 的光辉业绩指导下,国际上形成一股追逐病原菌的热潮,大部分传染病的病原体都被发现了,因而形成一种观念:“微生物主要是有害的”。把微生物的本质看做是有害的观点是片面的,微生物对其宿主(植物、动物和人类)在本质上更多是有益的。

观念上的错误,在很大程度上也阻碍了对正常菌群的研究。病原微生物学与生理微生物学在理论、方法和指导思想方面不同,因而在病原微生物学兴旺的时期,自然会对 20 世纪刚刚露面的生理微生物学,当时称为“生理细菌学(Physiological Bacteriology)”,有所冲击。直到今天,还有很多人依然用病原微生物的观点来看待正常微生物群、微生物生态学和微生态学,这对微生态学的发展无疑是个阻力。

3. 方法学的缺陷

自 Leeuwenhoek 以来,人们已发现人的大便内存在着大量的微生物,大便的 1/3 是细菌。这些细菌,以往一直被认为是死的,只有少数能培养出来。但是,德国自由大学的 Haenel 在 1957 年利用现代化的厌氧培养法的联合培养发现,这些菌 90% 以上都是活的,革兰氏阳性无芽孢杆菌和球菌、革兰氏阴性无芽孢厌氧杆菌和球菌都占绝对优势,过去认为厌氧菌主要是芽孢的观点是错误的。不论成人还是婴儿,大便内的厌氧菌占绝对优势,占总数的 95% 以上,而需氧菌和兼性厌氧菌如大肠杆菌、肠球菌、葡萄球菌、绿脓杆菌、变形杆菌、酵母菌等总和不超过 5%。这一发现说明,在 20 世纪 50 年代以前,人们对正常菌群的知识是贫乏的,贫乏的原因是方法学上的缺陷。

三、复兴时期(1945—1970)

在这段时间内,对微生态学的研究中有三件大事对微生态学的发展起到了重大促进作用。

1. 抗生素的问世

1929 年英国的 Fleming(1888—1955)发现了抗生素,1945 年在美国投入工业生产,从此开创了抗生素工业。除了青霉素以外,现在已生产数以千计的抗生素。抗生素的问世,挽救了亿万人民的生命,在与传染病的斗争中抗生素起了不可磨灭的作用。

抗生素虽好,但本身也有不足之处,其弊端之一就是引起菌群失调,破坏正常微生物群的生态平衡,出现二重感染或定位转移;弊端之二是耐药菌增多,在抗生素的“压力”下,细菌极易产生耐药性质粒,耐药性质粒(R 因子)可在数小时之内从耐药性菌株传递给敏感菌株,这种传递可在细菌种内、种间甚至属内进行,使临床治疗更加棘手;弊端之三引起动物发病或死亡,据试验健康无病的马口服土霉素后出现下痢和急性死亡;牛、羊和骆驼在其瘤胃存在大量的分解纤维素微生物,牛体需要能量的 70% 以上来自微生物分解纤维素,但给牛羊服氯霉素等抗生素后分解纤维素的微生物被抑制或杀灭,引起菌群失调(dysbacteriosis),牛、羊出现瘤胃积食、胀气或急性死亡,其主要原因是扰乱正常微生物群,引起菌群失调;弊端之四可使家禽的细胞免疫功能下降,导致体液免疫受挫。

2. 无菌动物的饲养成功

无菌动物(germ free)的饲养,需要一系列现代化技术的配合,从 19 世纪末到 20 世纪 40 年代,经过 50 年的探索,人们终于获得了成功。真正稳定的饲养和传代是在美国印第安纳



州圣母院大学(Notre Dame University)洛邦实验室完成的,该项工作是以 J A Reynier 博士为首的科技人员于 1943 年至 1945 年完成的。现在几乎所有动物(大鼠、小鼠、兔、鸡、豚鼠、马、牛及羊等)均可培养成无菌动物。

无菌动物,对正常微生物群的生理、营养、生物拮抗及其与宿主的关系的研究,都是一个不可缺少的实验模型。之后又研制成了悉生动物(gnotobiotics),把无菌动物与一种、两种、三种或更多微生物相联系,分析单一的或联合的微生物作用。这项技术,实际上属于微生物生态学的重要方法学(methodology)之一。

3. 厌氧培养技术的发展

过去只能在光镜或电镜下看见,但不能培养出来厌氧菌,由于厌氧培养技术的进步,问题得以解决,这将有力促进微生物生态学的发展。

四、发展时期(1970 至今)

微生物学自 1970 年以来已进入现代化时期,知识量剧增。由于其具有重大理论意义和实际意义,特别是在生命奥秘的探索、健康长寿的研究方面受到生命科学界的极大关注。微生物学的现代化特征有以下几个方面。

1. 与现代生命科学分支的融合

微生物学与细胞学、分子生物学、基因工程学、免疫学、系统论、信息科学、自动控制(计算机)等学科互相渗透,互为基础,互为联系。

2. 电镜技术

利用电镜技术可原位观察微生物与宿主细胞、组织或器官上(内)的分布状态及更微细的结构。如在电镜下可看到肠上皮细胞的微绒毛与微生物之间密切联系;如能量转移、物质交换和基因传递等重要微观现象。病毒与细胞或亚细胞结构也可由电镜观察到。

3. 悉生生物学

悉生生物学是 1945 年 J A Reynier 博士为了概括无菌动物的研究而提出的一个替代性术语,其内容主要是对无菌技术和由无菌技术取得的科学信息的概括。

国际悉生生物学会每隔三年开会一次,会议交流的内容主要是研究正常微生物群与其宿主在细胞水平或分子水平上相互关系的微生物生态学。悉生生物学作为一门方法学引入微生物生态学。

4. 微生物分类学的新发展

现代分类技术包括原核细胞分类、数值分类、核酸分类、遗传学分类,以及血清学与化学分类,这些分类法为微生物分类提供了前所未有的条件。只有明确植物、动物与人类分别固有的微生物种类,才能进一步研究和发展微生物生态学。1995 年在武汉由我国著名病毒学专家向近敏教授主持召开了首届分子微生物生态学研讨会,出版了《分子微生物生态学》专著,标志着我国分子微生物生态学方面的研究进入了一个新阶段。

5. 用微生物生态学观点解释微生物、宿主、环境间的诸多现象

美国哈佛大学 R J Dubos 等发现小鼠肠黏膜内有大量的革兰氏阳性杆菌,但不能培养出来,后来经证实是厌氧的双歧杆菌(*Bifidobacterium*)。据此,Dubos 等提出一个假说:“正常微生物群在固有生境内是不致病的,只有转移到外生境才能致病”。前者叫原籍菌群(autochthonous flora),后者叫外籍菌群(allochthonous flora),从微生物学来说是同一种菌,但因生境改变,一种菌变成两类菌,这种情况只能用微生物生态学观点来解释。因此,Dubos 等人把大量的生态学观点和术语引入了正常微生物群研究领域。



第三节 微生物学与其他学科的关系

从微生物发现到现在(1676—2010)近 300 多年的科学史中,有关微生态的信息大部分分散在其近缘学科内,如细菌学、免疫学、微生物学、生态学、病毒学、悉生生物学、生物化学、营养学、土壤学、植物学、动物学、昆虫学等学科。但是微生态学毕竟有其自身的理论、方法和研究领域。因此,微生态学不仅有其近缘学科,而且有其基础学科。

一、微生态学与其近缘学科的关系

1. 与宏观生态学的关系

宏观生态学是研究生物圈与地球本身的相互关系的生物科学,具体来说,是研究生物与环境(有生命和无生命的)的相互关系的学科。客观事物是由不同层次组成的,不同层次有总体的共同规律,也有层次特有的特殊规律。宏观生态学与微观生态学共性大于特性,认为它们是一个学科;当特性大于共性,必然分化为两个学科。由于生态层次不同,研究对象也不同,其理论和方法也必然存在差异,因而从生态学分化出微观生态学和超微观生态学(分子生态学)是必然的发展规律。

图 1-1 显示,不同生态层次,其研究对象不同,理论与方法也必然有差异,因而从宏观生态学分化出微观生态学或超微观生态学是必然规律。

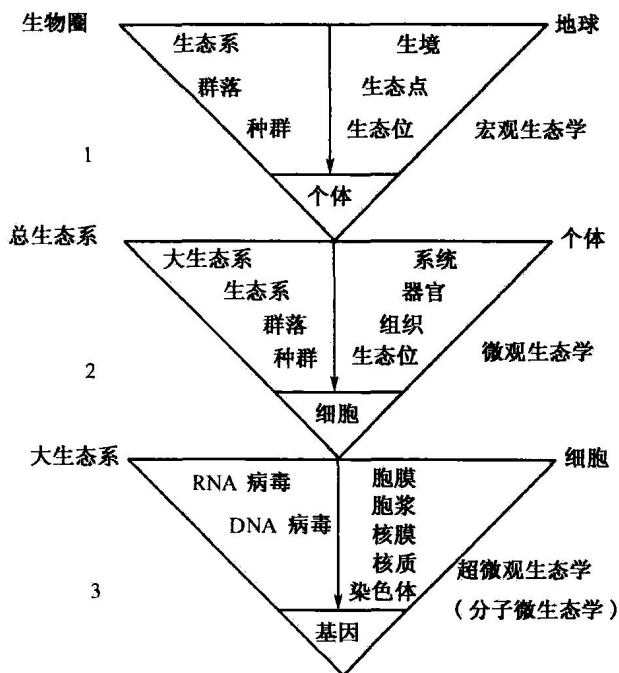


图 1-1 生态层次分化示意图

2. 与微生物生态学的关系

微生物生态学是生态学按生物类型分出的生态学分支,属各论性质,而微生态学与(宏



观)生态学是不同层次的等位分工,是属于总论性质的;微生物生态学研究的对象是微生物与外环境(生命的和非生命的)的关系,而特别着重于与非生命环境如大气、水和土壤等的关系,而微生物生态学的对象则主要是有生命的宿主;微生物生态学侧重于微生物,而微生物生态学则侧重于生物环境——宏生物(植物、动物及人类宿主)。一个是微生物的微生物生态学,另一个是宿主的微生物生态学。

3. 与悉生生物学的关系

悉生生物学(Gnotobiology)是通过无菌隔离技术培养或饲养的悉生生物(包括无菌生物、单菌生物和多菌生物)研究独立生活的生物,或与微生物共同生活而无他种生物参加生活的一门学科。悉生生物学除了技术方面的知识外,其本身并不具备固有的(如生态学的)理论体系和完整的方法,只作为方法学引入微生物生态学。

4. 与微生物学的关系

微生物学是生物学,研究微生物的分离、培养、鉴定和对人、动物、植物的毒力、致病性及其防治等。微生物生态学是生态学,研究宿主体内微生物群落、种群、组成对宿主的正常的或生理的作用,生态平衡,生态失调和生态防治。微生物学是微生物生态学的基础,两者不能互相取代,也不能互相吞并。

二、微生物生态学与其他现代生命科学的关系

微生物生态学与(宏观)生态学一样,都是生命科学的一个分科,它与生理学、生物化学、分子生物学、组织胚胎学、遗传学等都是生物学的基础分科,这些学科所研究的对象都是生命现象,因此各学科之间有着横向联系。在另一方面,各分类学科又从纵向与横向构成交叉联系,互为密切关系。

第四节 微生物生态学的用途

微生物生态学不仅是一门理论科学,而且也是一门应用科学。近年来,这门科学愈来愈显示出其重要地位与作用。

一、认识生命的本质

生命不是孤立的,是与其环境的统一体。生命不仅与外环境是统一体,与内环境也是统一体。宏观生态的无生命环境(如大气、水、食物、土壤等)和有生命环境(如动物、植物及微生物等)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,而且宏观影响必将通过微观影响起作用。

一个成年人大约有 10^{13} 个细胞,而其体表与体内所携带的正常微生物竟有 10^{14} 个之多。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。据估计,微生物的酶大约 35% 可为宿主利用。正常微生物群对宿主具有营养、免疫、生长刺激、生物拮抗等作用。这些事实说明,微生物生态学的研究,必将与其他现代生命科学相配合,在揭示生命的奥秘方面作出重大贡献。



二、认识疾病的本质

一切干扰宿主因素,都会引起微生态失调;一切疾病,都存在着正常微生物群的紊乱,是原因,也是结果,或者互为因果。某种异常状态(包括手术、外伤、感染、情绪激动、肿瘤及外环境变化)均可引起菌群失调或生态失调。

以腹泻病为例,人体能分离出的病原体有痢疾杆菌、沙门氏菌属、耶氏菌、弯曲菌、致病性大肠杆菌、产毒大肠杆菌、霍乱弧菌、螺旋体、支原体、轮状病毒及原虫,等等。病人有,健康人也有,只是分离率有高低、菌量有多少之分。究竟哪个是病原,很难确定。如果从微生物生态学出发,这些问题就可能得到很好解决。

对微生物从定性、定量和定位来检查,就会发现许多微生物由于量上的差别、宿主转换、定位转移就可从不致病转为致病,从生物种属来看是一样的,只是生态条件变了。

正常微生物群因定位转移或易位(translocation)和宿主转换(transversion)就可能致病。在动物是正常菌群,转移到人类就可能致病。对这种动物是正常菌群转移到另一种动物就是致病菌。这样的实例,在自然感染中或人工感染中都可能遇到。

上述事实证明,传统的感染论,单一的、孤立的、绝对的或纯种的感染机制,在微生物生态学的研究进程中必将予以修正。

三、生理学监测

从生态学观点出发,正常微生物群是动、植物及人类个体重要的生理学组成部分,任何个体反应都可能在正常微生物群的定性、定量及定位方面表现出来。因此,正常微生物群、正常微生物群的代谢产物,以及正常微生物群与其宿主相互作用的反应,都可作为植物、动物及人类个体生理功能的检测指标。

1. 植物生理的监测

植物根瘤及叶瘤的共生关系,植物的菌根(mycorrhiza)、根际微生物生态系(rhizosphere microecosystem)和植物的附生微生物,甚至植物种子的内外正常微生物群,都是植物生理的主要组成部分。

如果植物生长发育条件有所改变,这个植物生态系就会发生改变,就会从生态平衡转为生态失调。例如在农药(除草剂和杀虫剂)和化肥应用中,这个生态究竟有何作用,这种变化有何意义,都是重要的研究课题。国外有人以悉生植物为模型研究杀虫剂在土壤中的变化。在我国,北京农大曾从各种植物分离出有益菌,制成微生物制剂喷洒于植物上,获得40余种作物增产10%~101%的好成绩。这些都与植物的生理学和微生物生态学有关。

2. 动物生理学监测

任何动物都与正常微生物群有关。无菌动物、无特异病原动物(specific pathogenic free)、悉生动物(gnotobionte)和普通动物(conventional)在生理学(营养、免疫、消化、吸收、胚胎等)上都表现出彼此的差异。因此,对正常微生物群的检测,将是对其宿主的生理学特征监测的重要侧面和指标。

在畜牧兽医方面,对微生物生态学的研究可提高畜产品的质量和卫生标准,使动物保持一个微生态平衡状态,可以防治许多潜在的传染病。因此,正常微生物的监测,可以作为家畜和家禽的生理性的或健康指标。

在抗生素等化疗广泛应用的情况下,动物存在微生态失调是经常的。抗生素有时不但



不能解决感染问题,反而增加了肉、蛋、奶等畜产品的抗生素含量,并进而在人类消费者中蓄积,造成重大的公共卫生问题。因此,在畜牧业生产中,也要运用这个生理学或病理学指标,目前提倡“无抗牛奶”就是最好的例子。

3. 人类的医学监测和研究

现代医疗措施如诊断、治疗和预防,对机体产生一定的影响,破坏微生态平衡。因此,除了对人体本身的生理性或病理性指标的检测外,还必须监测各系统正常微生物群的指标,亦即现代的医学监测应当包括这两个方面的内容。在当前亟须开展监测的有以下几方面:

(1) 抗生素应用 抗生素应用很容易引起微生态失调。如果在应用后不进行监测,不采取生态调整疗法,势必治甲病引起乙病,即通常所说的菌群失调。

(2) 外科手术 各种手术,特别是胃肠手术,常常引起严重的微生态失调,许多手术后的后遗症如盲祥综合症(blind loop syndrome)、憩室综合症、空肠细菌过生长综合症(bacterial overgrowth syndrome)等都是生态失调的表现,对这些不仅要监测,而且要从微生态学规律出发予以处置。

(3) 放射 不论诊断还是治疗,只要暴露于放射线下,就会破坏微生态平衡。

(4) 各种药物 任何一种药物都具有一定效应,都可能引起微生态失调,正常微生物群的结构与功能就会表现出来。因此,各种药物应用后,都应考虑其对微生态平衡的影响。

(5) 疾病 各种急慢性疾病,特别是慢性疾病如肿瘤、老年病、慢性呼吸道与肠道感染等,除了其他原因外,正常微生物群的变化一直存在,有的是原因,有的是结果,或是因果关系的相互转化。

(6) 保健措施 各种保健措施,如体育锻炼、太极拳、气功、刷牙、生活习惯等对微生态平衡都可起到良性或恶性影响。从微生态学角度对这些保健措施进行监测,将提高其科学根据。

(7) 中医中药 舌象检查证明,不同舌象有不同菌群结果。通过中医、中药疗法可改变舌象,菌群结构也同步改变。这说明中医、中药的科学研究,特别是一些名方、验方的研究,完全可借助于微生态学的研究。

(8) 抗衰老 国内外都有对长寿老人菌群的研究。现在已发现这些老年人肠道内的双歧杆菌较对照组明显增高。

(9) 宇航员及极地人员健康监测 已经证明宇航员及极地人员的肠菌群有定性 & 定量的变化。在环境极端变化时,人体的微生态平衡必将发生变化。对这种变化如何看待,又如何处置,是今后的重要研究课题。

和基因工程一样,微生态工程也是现代生命科学的重要组成部分。在动、植物及人类的生态防治中,国内外已出现一批为调整微观生态平衡而设计和研制的活菌制剂和其生长促进物质,并且已取得较好效果。如何使不同对象(老人、小儿、成人、宇航员、极地人员等)保持最佳微生态平衡,是微生态工程的重要任务之一。



第二章 微生态空间与组织

第一节 微生态空间的概念及其层次

一、微生态空间的概念

从微生物学出发,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,这些部位组成生态系统。这个环境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的特性、营养、水分、气体、pH 及 Eh 等条件。各种生命因子和无生命因子构成了生物体内正常微生物群的外环境。各种因子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。

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;而微生物学则是以个体以下,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。

二、微生态空间层次

生态空间层次与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必被一定层次的生物体占据。生物体与生态空间是长期历史进化过程中形成的统一联合体,是不可分割的。例如大肠杆菌在人胃肠道内生存良好,但落在外环境内或侵入生物体宿主其他部位(如呼吸道及皮肤)则很快就会消亡。微生态空间可分为以下五个层次。

1. 宿主个体(host individual)

宿主个体是微生物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,称为总生态系。在宿主个体这个生态空间中包括许多亚结构,如皮肤、黏膜、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,只能看做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,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,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