

動物 微生物生态学

何明清 主编

中国农业出版社

内 容 提 要

该书分总论和各论，总论部分论述动物微生物生态学的基本理论，包括10章，即绪论、动物微生态空间及组织、动物微生态动力学、微生物与微生物关系、胃肠菌群与动物营养关系、正常微生物群对动物疾病防御作用、动物微生态平衡与失调、动物微生态工程、微生态方法学等。各论部分论述动物微生物生态学的基本技术及应用，反映了当代最新高新技术成果。包括10章，主要介绍不同动物微生物生态学及常见正常微生物群等即反刍动物、单胃动物、家禽、水生动物、珍贵动物、经济动物和实验动物微生物生态学以及动物常见正常菌群、常见真菌、边缘微生物群、正常病毒群和原生动物。

主 编	何明清	四川农业大学
副主编	甘孟侯	北京农业大学
编著者	(按姓氏笔画为序)	
	卫 军	中国科学院微生物所
	文心田	四川农业大学
	王子彦	四川农业大学
	王世荣	山东农业科学院
	王兴龙	解放军农牧大学
	王红宁	四川农业大学
	王良娟	新疆石河子农学院
	江 萍	贵州农学院
	刘玉斌	解放军农牧大学
	李树春	北京农业大学
	何昭阳	吉林农业大学
	余广海	四川畜牧兽医学院
	余克伦	广西农业大学
	余志东	华南农业大学
	陈福勇	北京农业大学
	陈德威	北京农业大学
	廖延荣	广西农业大学
	吴忠良	上海复旦大学
	洪黎民	上海复旦大学
	郭兴华	中国科学院微生物所
	黄引贤	华南农业大学
	薛恒平	南京农业大学
主 审	沈正达	甘肃农业大学
审 稿	王子彦	四川农业大学
	刘玉斌	解放军农牧大学
	黄引贤	华南农业大学
	洪黎民	上海复旦大学
	薛恒平	南京农业大学

序 言

动物微生态学 (animal microecology) 是我国近10年发展起来的一门新兴学科, 是多学科发展扩散, 相互交叉渗透形成的并以微生态平衡、失调和调理等理论为核心的边缘学科。动物微生态学是研究正常微生物与其动物 (包括陆上动物和水生动物) 内环境相互依赖和相互制约的微生态学。该学科在发展过程中赢得了国内外学者充分肯定及国家有关部、委、企业等的关注、支持和欢迎。如1981年在日本东京召开的第七届国际微生物学 (gnotobiology) 讨论会上, 许多国际上知名的微生物学家如美国的 M. Pollard, 瑞典的 B. E. G. Ustafsson, 荷兰 Van dar Waaij, 联邦德国 V. Rusch, 日本小泽敦及光冈知足和我国的魏曦教授等, 卓有见识的认为, 微生态学与遗传工程学, 将共同成为21世纪两支生命科学的劲旅, 将为人类作出不可估量的贡献。

1989年在巴黎召开的第九届国际微生物学学术研讨会主要交流微生物、普通动物与微生物间关系 (我国由徐振国、何明清等组成代表团出席)。1990年日本光冈知足主编了肠内细菌学, 该书从生态学观点以大量的篇幅阐述了肠内菌群的组成、分布、演替及其代谢作用、抗病作用等。同年巴黎法国国立农艺研究所研究员 Par R. Ducluzeau 博士出版了消化道微生态学, 该书阐述了人类及所有恒温动物的生长、发育和死亡都是在消化道中存在着大量活的细菌细胞情况下进行的, 一个成年人的消化道中蕴藏有约 10^{14} 个活细菌细胞, 而人体不过仅由 10^{13} 个组织细胞组成。表明人体内的正常微生物发挥着极大的生理作用。1993年英国剑桥大学出版了 R. Fuller 主编的 Probiotics 一书。主要叙述不同的活菌制剂应用于不同动物的有关理论等问题。

在国家教委的支持下根据有关院校教授和基层单位专家的建议和要求, 于1989年筹备编写动物微生态学并拟定了编写大纲, 1991年在全国微生态学会和全国家畜传染病防治研究会期间, 对编写大纲分别进行了充分讨论并推荐何明清教授为该书的主编, 甘孟侯教授为副主编。中国畜牧兽医学会动物微生态学分会组织国内11个院校和两个研究单位共25位专家、教授撰写了我国第一部《动物微生态学》, 1992年6月召开会议进行了审定。经修改, 于同年11月由王子彦、甘孟侯、何明清三位教授完成定稿。

1993年初我国畜牧、兽医、水产、农业等共96个院校和研究单位423位教授、副教授、研究员、副研究员等建议国家教委设置微生态工程专业时, 还提出将动物微生态学作为我国高等农业院校微生态工程、动物医学、动物养殖、动物营养、实验动物、水产等专业的专业基础课。我们在编写过程中注意到系统性、科学性、实用性和先进性, 尽力反映国内外有关的最新科技成果, 力求使之能适应现代化建设的要求。该书理论新颖、内容简洁明了、重点突出, 除适于高等农业院校有关的专业使用, 也可供普通大学及师范院校生物系的师生与医学、农业等有关专业及专业科技人员参考。

本书在编写过程中四川农业大学教材科给予了大力支持, 电教室叶可佳同志利用休息

之余帮助绘图，微生态工程实验室柳萍同志帮助校对和打印外文字，在此一并表示衷心感谢。

由于我们的水平有限，编写的又是当代第一本《动物微生态学》教材，实属缺乏经验，书中缺点错误一定还有不少，诚恳希望院校师生和广大读者批评指正。再版时再行修正。

何明清

1993年3月

目 录

总 论

第一章 绪论	1
第一节 动物微生态学概念	1
第二节 正常微生物群概念	2
第三节 动物微生态学发展简史	2
第四节 与其它学科的关系	6
第五节 动物微生态学用途	7
第二章 动物微生态空间及组织	9
第一节 动物微生态空间的概念	9
第二节 动物微生态空间层次	9
第三节 动物微生态组织层次	12
第四节 微生态组织与微生态空间统一性	15
第三章 动物微生态动力学	15
第一节 微生态演替	15
第二节 宿主转换	19
第三节 定位转移	22
第四章 微生物与微生物的关系	26
第一节 微生物种群内个体间的相互关系	26
第二节 微生物种群间相互关系	27
第五章 胃肠菌群与动物营养关系	31
第一节 各种动物胃肠菌群构成	31
第二节 胃肠菌群生理代谢	34
第六章 正常微生物群对动物疾病的防御作用	40
第一节 动物对正常微生物群的免疫应答	41
第二节 正常菌群对动物肠道结构与功能的影响	45
第三节 原籍菌群的抗感染作用	47
第七章 动物微生态平衡	50
第一节 微生态平衡的概念	51
第二节 微生态平衡的指标	52
第三节 微生态平衡影响因素	54
第八章 动物微生态失调	57
第一节 动物微生态失调的概念	57
第二节 动物微生态失调的分类	58
第三节 感染与微生态失调	59

第四节	抗生素疗法与微生态失调	63
第五节	肠炎、便秘与微生态失调	64
第六节	霉中毒与微生态失调	65
第九章	动物微生态工程	66
第一节	动物微生态工程概念	66
第二节	动物微生态制剂	67
第三节	提高动物体正常菌群对外来菌定植抗力	69
第十章	微生态方法学	71
第一节	光镜和电镜观察	72
第二节	生物量的测定	74
第三节	培养方法	79
第四节	基因工程技术	88
第五节	悉生动物	95

各 论

第十一章	反刍动物微生态学	107
第一节	微生态空间及微生态组织	107
第二节	胃肠菌群构成及功能	109
第三节	瘤胃中的纤毛虫	114
第四节	瘤胃微生态平衡与失调	117
第五节	微生态制剂的应用	121
第十二章	单胃动物微生态学	122
第一节	微生态空间及组织	122
第二节	微生态演替	125
第三节	正常微生物群生理作用	126
第四节	微生态平衡与失调	128
第五节	动物微生态制剂应用	130
第十三章	家禽微生态学	131
第一节	微生态空间	131
第二节	微生态组织与演替	133
第三节	微生态平衡与失调	135
第四节	微生态制剂应用	136
第十四章	水生动物微生态学	137
第一节	鱼类微生态学	137
第二节	鳃鲮微生态学	139
第三节	对虾微生态学	142
第十五章	珍贵动物、经济动物和实验动物微生态学	146
第一节	珍贵动物微生态学	146
第二节	经济动物微生态学	146
第三节	实验动物微生态学	146

第十六章	动物常见的正常菌群.....	147
第一节	乳酸菌	147
第二节	拟杆菌	154
第三节	梭菌	157
第四节	肠杆菌科	164
第五节	肠球菌	172
第六节	葡萄球菌	175
第七节	芽胞杆菌	179
第八节	假单胞菌属	189
第十七章	动物的常见真菌	191
第一节	概论	191
第二节	真菌的分类与命名	192
第三节	生物学特性与生态学特性	194
第四节	应用	197
第十八章	动物边缘微生物群	200
第一节	螺旋体	200
第二节	衣原体	206
第三节	立克次氏体	209
第四节	支原体	214
第十九章	动物正常病毒群	217
第一节	病毒的性质	218
第二节	典型病毒致病作用的相对性	220
第三节	内源性病毒	221
第四节	正常病毒	224
第二十章	原生动物.....	225
第一节	原生动物的分类	225
第二节	原生动物生物学性状	227
第三节	原生动物微生态学	229

总 论

第一章 绪 论

第一节 动物微生物生态学概念

一、微生物生态学概念

微生物生态学 (Microecology) 是我国近10年发展起来的一门新兴学科,是多学科发展扩散,相互交叉、渗透形成的并以微生态平衡、失调和调理为核心的边缘学科。它属于生态学 (ecology) 范畴。1866年德国海克尔 (Erst Haeckel) 提出生态学以来,历经 120 余年已发展成为一个庞大的学科群,拥有100多个分科,说明生态学在生物学科中占有极为重要的位置。然而生态学具有不同层次,微生物生态学就是人们从宏观生态层次向微观生态层次进行研究而发展起来的,因此,微生物生态学是生态学的微观层次。而且宏观生态规律必须通过微观生态规律对生物体 (动物、人类和植物) 产生影响,所以,哪个层次都不能忽视。一切生态学研究,包括动物、植物和人类的研究,归根结底都是为人类健康服务,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。

微生物生态学这个词,于1977年联邦德国鲁西 (Voeker Rusch) 最先提出并在德国黑博恩 (Herborn) 建立起第一个微生物生态研究所。该所的主要研究作为活菌制剂 (生理性细菌制剂),如大肠杆菌、双歧杆菌、乳杆菌等制成的活菌制剂,用作生态调整或生态疗法。由于研究的对象是正常微生物群的生态规律,很自然就形成了一个微观生态的概念。到1985年鲁西提出了一个新的定义,“微生物生态学是细胞水平或分子水平的生态学”。

这个定义一般认为太笼统,近年大连医学院康白教授提出了微生态的定义即为:“研究正常微生物与其宿主相互关系的生命科学分支”,或者“研究正常微生物结构和功能,以及与其宿主相互关系的学科”。但是这个定义未能引入生态学观点。我国生态学家马世骏于1979年提出了生态学的定义为“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”或者“研究生物与生物、生物与环境的相互依赖和相互制约的科学”。而微生物生态学是生态学的一个层次,研究的内容离不开环境,此处讲的不是宏观环境而是微观环境,研究的生物不是宏生物而是微生物。因此,四川农业大学何明清教授又提出了微生物生态学定义应为“研究正常微生物与其宿主内环境相互依赖和相互制约的细胞水平和分子水平生态科学”。

随着科学的进步和微生物生态学的发展,微生物生态学和其它学科一样逐渐形成许多分支。按研究领域和应用目的不同微生物生态学可分为人类微生物生态学、动物微生物生态学和植物微生物生态学。各分支学科间的相互配合,相互促进使整个微生物生态学全面的向纵深发展。本书则是论述动物微生物生态学的基本理论、基本方法和应用的重要意义。

二、动物微生物生态学概念

动物微生物学是研究正常微生物与其动物（包括陆上动物、水生动物、特种动物和实验动物）内环境相互依赖和相互制约的细胞水平和分子水平微生物科学。具有独特的理论体系和方法学。

本书共分总论和各论。总论介绍微生物生态学基础知识，正常微生物群相互关系及其演化，胃肠菌群与动物营养相互关系，在正常微生物群对动物疾病防御作用，微生态平衡，微生态失调，微生态工程及微生态方法学；各论介绍反刍动物微生物生态学，单胃动物微生物生态学，家禽微生物生态学，水生动物微生物生态学，特种动物及实验动物微生物生态学 和 常见的正常菌群等。

第二节 正常微生物群概念

在动物、人类和植物的内环境（包括体内和体表）常常有一层微生物或微生物层（microbial zone）存在，在正常情况下即动物处于健康状态时，并未出现异常或致病现象，这一微生物层就是正常微生物群（normal microbiota），或称固有菌群或称原籍菌群。它对动物体非但无害，而且有益，不仅有益，而且是必要的、不可缺少的。

正常微生物群，在动物体内定居，不是轻而易举、任其居住的，而是在长期历史进化过程中，微生物通过适应和自然选择的结果，在微生物与微生物之间，微生物与动物体之间，微生物、动物体、外界环境三者之间形成一个相互依赖，相互制约的呈动态平衡的微生态系。因此，在正常状态下，正常微生物群对动物体不表现致病作用。以猪为例，在健猪的皮肤上可找到金黄色葡萄球菌，在消化道可找到大肠杆菌、沙门氏菌、轮状病毒，在呼吸道可找到多杀巴氏杆菌，在生殖道可找到螺旋体、大肠杆菌、抗酸性细菌，只有当猪的健康受损，免疫功能低下，正常微生物群的结构遭到破坏，出现生态失调时，才有可能表现致病作用。

动物体内有哪些正常微生物定居，据研究有细菌、真菌、病毒、衣原体、螺旋体和原生动物等。这些正常微生物群在不同动物的演化、组成及其生理作用在第三、五、六章分别详细叙述。

第三节 动物微生物生态学发展简史

动物微生物学是一门独立的学科，作为微生物学的一个分支。而微生物学形成的历史并不长，一般认为是近10年的事。但是有关微生物生态学的理论与实践却早见于文献或其它学科。如微生物生态学（microbialecolology），悉生生物学（gnotobiology），微生物学，传染病学，生物化学，动物营养学及其它学科都曾涉及过这方面的内容。在了解动物微生物学的发展史时，应了解微生物生态学发展史。

一、微生物发展史

微生物的研究内容主要是正常微生物群与其宿主内环境相互关系,在其学科名称出现之前,它已具有悠久的历史,它的起源与微生物学是同时期的,甚至早于微生物学,现将这段历史作如下的评述。

(一) 启蒙时期 从公元前17世纪至公元1910年,人们认识了细菌和其它微生物,并进行了启蒙的研究。从出土文物中发现,我国在公元前17世纪(殷商时期)就有酒、醴(甜酒)等的记载。这说明远在三千多年前我国早已将正常微生物群的知识应用于生产实践中,并选育出许多质量优良的酒曲、酱曲和醋曲等。祖国医学把人体看成一个以脏腑经络为核心的有机整体,把人和自然界一切事物都看成是阴阳对立统一的两个方面。认为疾病的发生发展是阴阳失调、邪正斗争的过程,重视机体的内因。有“邪之所凑,其气必虚”、“正气存内,邪不可干”的理论。所以治病就是调整阴阳,扶正祛邪。表明祖国医学的整体观念和辨证论治的朴素的唯物辩证法,符合现代微生物学认识规律。

1. 直接观察 荷兰人列文虎克(Antony van Leeuwenhoek)(1632—1723)在1676年发现了细菌。列文虎克用他自己研制的世界上第一台显微镜,首先以直接制片法(悬滴)观察动物、植物和人类标本的正常微生物群。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,可以认为微生物学的创造人是列文虎克。

2. 混合培养 自列文虎克报告细菌的形态与生态以来,许多学者除了观察外,还进行了培养。当时只能在液体内进行混合培养,虽然不能建立细菌种的概念,但对微生物生态学的研究却是必要的,因为在自然条件下微生物本来就是混合生长,并不是单独存在的。1880年以前,法国的巴斯德(Louis Pasteur)(1822—1895)就以混合培养法解决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,实际上就是初步的微生物生态学知识。

3. 纯培养 德国细菌学家柯赫(Robert Koch)(1843—1910)发明了固体培养基,进行纯培养。此后,对微生物才能进行科学的分离、鉴定等生物学特性及分类学研究,也才能把微生物学研究推向新的高度。今天微生物书籍上所记载的细菌、真菌、病毒、噬菌体、立克次体、衣原体、霉形体等不同的微生物及不同的科、属、种、型与有了固体培养基,才能进行纯培养息息相关。但纯培养技术却忽视了微生物在自然生境中是混合存在的客观事实。经过200余年时间,人们从直接观察,混合培养至纯培养技术所取得的信息,不同科学家从不同角度对微生物的认识出现了两种不同的观点:

(1) 巴斯德观点 巴斯德(Pasteur)从他从事的发酵工业所取得的知识出发,他认为微生物是有益的。在他看来,动物或人必须具有正常菌群,动物或人在消化食物时,需要通过细菌和真菌的发酵作用,将淀粉、多糖降解为单糖后再被利用。巴斯德在当时不仅是一个卓越的细菌学家,而且是一个卓越的化学家。他的理论,很受一些人支持。

(2) 梅奇尼柯夫观点 梅奇尼柯夫(Mechnikov)观点(1845—1916),他认为肠道菌群,特别是大肠杆菌具有腐败作用,因而有害的。他的根据,一个人每天随大便排出的细菌约占粪便总成分的三分之一。肠内定居的这些细菌,可使未消化的食物分解,并

产生大量腐败产物如胺基质、硫化氢、胺类等，这些可使机体慢性中毒，引起动脉硬化，促进衰老等。

从现代观点来看，正常微生物群，在正常条件下，与宿主保持生态平衡。生态平衡（eubiosis）就意味着对宿主是有益的，或者对宿主和微生物都是有益的。但是，如果发生了生态失调（dysbiosis）则可能变成对微生物与宿主都是有害的。

（二）停滞时期（1900—1940） 这段时间由于烈性传染病的大流行等原因，故对微生物生态学的研究处于停滞状态，但又酝酿着新的发展。停滞的原因主要有三：①烈性传染病大流行：进入20世纪，由于交通频繁，从而促进了传染病的大流行。如霍乱、鼠疫、天花、流感、炭疽、牛瘟等曾席卷了大部分陆地，夺去了亿万动物和人的生命。严酷的事实，迫使人们不得不把视线集中在病原微生物研究方面。②认识的片面性：从19世纪末叶到20世纪初，大部分传染病的病原体都被发现了，因而形成一种观念：“微生物是有害的”。把微生物的本质看作是有害的观点是片面的。由于观念上的错误，在很大程度上也阻碍了对正常菌群的研究。直到今天还有人依然从病原微生物学的观点来看待正常微生物群。事实上，微生物对其动物或人类在本质上或在主要方面是有益的。③方法学的缺陷：20世纪50年代以前，人们对正常菌群的知识是贫乏的，贫乏的原因是厌氧培养技术方法的缺陷。因此，认为厌氧菌主要是厌氧芽孢杆菌的观点是片面的。近年通过专性厌氧培养，证明畜、禽肠内的无芽孢厌氧菌占绝对优势，占总数的95%以上，而传统的和人们熟悉的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、酵母菌等总的数量也不超过1%—5%。

（三）复兴时期（1945—1970） 这个时期，对微生物生态学的研究有三件大事值得重视，因其对微生物生态学发展起了重大促进作用。

1. 抗生素的问世 1929年英国的Fleming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。除了青霉素外，现在生产了数以千计的抗生素。抗生素问世，挽救了亿万动物和人的生命，在与某些传染病斗争中起了不可磨灭的作用。但是任何好的事情，都难免有不足之处。使用抗生素的弊端之一引起菌群失调，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）可在数小时内从耐药株传递给敏感株，这种传递可在细菌的种内、种间甚至属间进行，使临床上治疗疾病更加棘手。

使用抗生素的弊端之三，引起动物发病或死亡。据试验健康无病的马，人工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性微生物，据测定牛体需要的能量，70%以上靠这些微生物分解纤维素后提供。但给牛、羊口服氯霉素等抗生素后将分解纤维素的微生物抑制或杀灭后，出现瘤胃积食、胀气或急性死亡。据报道，在英国1981年以来将抗生素、激素和羊子下水制成一种三合一的针剂，给菜牛注射，增重特别明显，故称“超级”牛。几年后英国的菜牛发生一种叫做“牛疯病”的传染病，并传播到欧洲大陆，造成严重经济损失。1988年英国禁止使用“三合一”针剂，但也悔之晚矣。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. 无菌动物饲养成功 无菌动物（germ free）饲养，需要一系列现代化技术的配合。19世纪末到20世纪40年代，经过50多年的探索，终于获得了饲养成功。现在几乎所有动物

(大鼠、小鼠、兔、鸡、豚鼠、马、牛和羊等)均可培养成无菌动物。无菌动物的出现,对正常微生物群的生理、营养、生物拮抗及与宿主关系的研究,都是一个不可缺少的实验模型。这项技术,实际上是微生物生态学重要的方法学(methodology)之一。

3. 现代技术的发展 现代技术的发展,使微生物生态学的研究有了重要手段,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、悉生工程、生物工程及电镜技术都是微生物生态研究的必备条件。微生物生态学是细胞水平和分子水平的生态科学,不利用上述各种高新技术是无法进行研究的。

(四) 发展时期(1970—1992) 自1970年以来,微生物生态学已进入发展时期,由于具有重大理论意义和实际意义,特别是对生命奥秘的探索,防治动物疾病研究,微生物饲料及微生物饲料添加剂研究等,受到生命科学界的关注。微生物生态学的发展特征有以下几个方面:

1. 与现代生命科学分支的融合

2. 电镜技术应用

3. 悉生生物学作为方法学引入微生物生态学

4. 微生物分类学发展 现代分类技术包括原核细胞分类、数据分类、核酸分类、遗传学分类、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。只有明确动物、植物和人类分别固有有哪些微生物,才能进一步研究和发展微生物生态学。

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 如美国哈佛大学R. Dubos等发现小鼠小肠粘膜内有大量的革兰氏阳性杆菌,但不能培养出来。后来经证实是一种双歧杆菌。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,后者叫外籍菌群。因此,从微生物学角度来说是同一种菌,但因生境变了,一种菌变成两种菌。这种情况只能从微生物生态学观点才能解释。用动物微生物生态制剂饲喂临产前的怀孕母猪,能预防仔猪下痢,这种情况也只能从微生物生态学观点才能解释。

二、动物微生物生态学发展史

动物微生物生态学是微生物生态学的一个分支,其发展史与微生物生态学息息相关。现就动物微生物生态学发展简史作扼要叙述:

动物微生物生态学在我国起始于70年代后期,当时四川农学院致力于畜禽下痢的研究,针对畜禽服用抗生素导致菌群失调,耐药菌增多等弊端,用筛选出的无病原性大肠杆菌SY-30菌株,制成大肠杆菌活菌剂预防仔猪黄痢收到良好效果,与此同时,江苏农学院研制的NY-10制剂预防仔猪黄痢亦收到良好效果。80年代初何明清等根据对下痢仔猪与健康仔猪12种肠道菌群的定量结果分析,提出了仔猪下痢的原因,主要为肠内菌群比例失调的新理论,为研究和应用微生物生态制剂提出了新的理论根据,尔后许多国家和国内许多研究单位相继发表类似的、大量的研究文章。在该理论指导下许多研究者成功地研制了有助于保护畜禽肠道生态平衡和恢复正常菌群的微生物生态制剂,如调痢生、乳孕生、乳杆菌制剂等,在畜牧兽医生产上应用取得了显著效益。

随着动物微生物生态研究和应用的发展,尤其在应用中产生了显著的经济效益,因而受

到赞扬和支持。在国内兽医行业中已有十余个厂家生产调痢生等生态制剂,把它用于防治动物的肠道疾病和阴道疾病,产生了明显效益。目前已将生态制剂用于家畜、家禽和鱼、虾等的增产,提高饲料利用率和抵抗腹泻等方面研究,以下从三个方面扼要叙述动物微生物生态学发展概况:

(一) 科学研究方面

1. 研究行业 and 单位迅速增加 由于动物微生物生态学的研究内容除涉及兽医微生物、传染病、生理学、畜牧微生物等相关学科外,还涉及饲料、动物营养、水生动物、悉生动物、生物工程以及兽医生物药品厂、兽药厂、饲料厂等学科和企业。因此,影响面宽。目前,我国30个省、市的有关单位都进行了研究、开发或生产。

2. 研究内容涉及面广 研究内容包括基础微生物生态学(如动物微生态空间和组织,微生物生态学、微生态平衡与失调等)、反刍动物微生物生态学、单胃动物微生物生态学、水生动物微生物生态学、特种动物和实验动物微生物生态学、微生态工程、微生态调整等。

3. 研究课题的层次不断升高 “六五”和“七五”期间有关单位都在部门或省、市立题研究,并取得丰硕成果。“八五”期间我国一些研究单位根据微观生态平衡和生态失调理论承担《饲用微生物添加剂研究》课题,受到有关行业部门的重视,已列为国家科技攻关计划。动物微生态制剂调痢生等的生产、推广、应用已列为国家火炬计划。

(二) 培养高层次人才方面 随着动物微生物生态学科学研究的发展,促进了培养高层次人才以适应该项学科的发展。如江苏农学院、北京农业大学和四川农业大学等先后招收了动物微生物学硕士研究生。四川农大等院校从80年代后期起向本科大学生新开了动物微生物生态学课程。1991年在佳木斯第五届全国微生物学术讨论会上,动物方面的代表就编写《动物微生物学》的编写大纲进行了认真详尽的讨论并确定了该书的主编。

自1981年在大连召开第一届全国微生物学术讨论会至1991年在佳木斯召开第五届全国微生物学术讨论会中,畜牧、兽医和有关院校(普通大学生物系)的代表人数发展很快。1990年11月在四川农业大学召开第一次全国人兽共患病会议期间,成立了动物微生物生态学学组。1992年11月学组根据畜牧、兽医、水产和生物等方面的院校、科研机构和基层单位的67位专家、教授要求,经中国畜牧兽医学学会批准,在四川雅安召开了全国畜牧兽医学学会动物微生物生态学会成立大会并一致通过挂靠单位定在四川农业大学。我们深信我国动物微生物生态学的崛起,将为我国生命科学的发展作出不可估量的贡献。

第四节 与其它学科的关系

从发现微生物到现在(1676—1992)300多年的科学史中,有关微生态的信息大部分分散在近缘学科内,如细菌学、微生物学、悉生生物学、生态学、生物化学、动物营养学、饲料学、传染病学、植物学等。但是微生物生态学毕竟有其自身的理论、方法和研究领域。因此,微生物生态学不仅与近缘学科,而且与基础学科有着密切的关系。

一、动物微生物生态学与其近缘学科的关系

(一) 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相互关系的生物学

科。具体说，是研究生物与环境（有生命和无生命）相互关系的学科，由于生态层次不同，研究对象也不同，其理论和方法也必然有所差异。因而从生态学分化出微观生态学或超微观微生物生态学（也叫分子微生物生态学）是必然的发展规律。

（二）与微生物生态学的关系 微生物生态学是按生物类型分出的生态学分支，研究的对象是微生物与外环境（生命和非生命的）的关系，特别注意非生命环境如大气、水和土壤的关系。而微生物生态学的对象则主要是有生命的动物与正常微生物的关系。

（三）与悉生生物学的关系 悉生生物学系通过无菌隔离技术饲养的悉生动物（包括无菌动物、单菌动物和多菌动物）研究独立生活的生物，或与微生物共同生活而无它种生物参加生活的一门学科，该学科作为方法学引入微生物生态学。

（四）与兽医微生物、医学微生物、植物病原微生物的关系 医学、兽医、植病及鱼类微生物学主要研究病原微生物的分离、培养、鉴定和对人、动物、植物的毒力、致病性及其防治等。而微生物生态学侧重于生态，主要研究宏生物及其体内正常微生物群的群落、种群、组成、栖生地以及对宏生物的生理作用等。

（五）与工业微生物、土壤微生物、环境微生物等应用微生物关系 应用微生物是将有益微生物应用于各个不同的方面，如工业微生物用于冶金、食品、酿造、医药、酶制品等的生产，环境微生物利用有益微生物使农药降解、处理污水、净化环境，土壤微生物利用有益微生物加速有机肥的分解等。

微生物生态学虽然也要研究有益微生物，但又不同于应用微生物学。应用微生物学的着重点是应用，即利用微生物某一方面的有益作用，并不研究微生物与宿主的直接关系。而微生物生态学以宿主为核心，一是研究体内微生物对宿主的生理作用，如免疫、营养、生物拮抗、生长刺激等；二是研究宏生物与体内微生物之间，体内微生物之间的微生态平衡、微生态失调、微生态调整及保健等。

（七）与生理学关系 微生物生态学与生理学都是研究生物正常健康状态时的生理功能，所不同的，宏生物生理学仅研究宏生物体自身的生理功能。微生物生态学除研究宏生物体内正常微生物群对宿主的生理作用如生物拮抗、营养、免疫、生长刺激等外，侧重研究宏生物与微生物之间的生理功能上的关系。如正常微生物群对宏生物产生免疫作用离不开宏生物的免疫器官如胸腺、盲肠、法氏囊等，正常微生物群在宏生物体内生长繁殖需要营养，离不开与宏生物组织细胞进行能量交换与物质交换。人工栽培天麻离不开蜜环菌的栖居等。

二、动物微生物生态学与其它现代生命科学的关系

动物微生物生态学具有独特的理论和方法。既是一门应用学科，更是一门理论性强的学科。因此，它与现代的生物化学、分子生物学、遗传学、生物工程学等生命科学有着极为密切的关系。

第五节 动物微生物生态学用途

动物微生物生态学除具有独特理论外，在应用上另具特色。近年来这门新兴学科刚刚露面，正在我国崛起，就显示出它在兽医、畜牧、水产和农业等经济领域中的重要作用和强大生

命力。

一、对疾病原因的认识

动物体疾病的发生常受许多因素如物理的、化学的和生物的因素影响。其中疾病不同，影响因素也不同。如动物传染病，按传统的观念，一种传染病只由一种病原体引起。这种单一的、绝对的感染机制、很难对疾病的病因作出全面的科学的分析和正确判断。

以仔猪黄、白痢为例，其病原自1885年埃希氏从腹泻病例分离出大肠杆菌直到现在，有关的专著或教科书所记载的，把仔猪黄、白痢列为仔猪大肠杆菌病。然而用其病原性大肠杆菌制成疫苗免疫母猪或仔猪未能取得圆满成功，这是因为从仔猪黄、白痢分离出的病原体除大肠杆菌外还有肠球菌、耶氏菌、螺旋体、轮状病毒、冠状病毒及类冠状病毒和原虫等。这些微生物在下痢仔猪有，健康仔猪也有，只是分离率有高低，菌量多少有差别。究竟哪个是病原，很难确定。

80年代初一些研究者通过定性、定量和定位的方法，测定了下痢仔猪与对照的健康仔猪的12种肠道菌群，经统计学处理，大肠杆菌和肠球菌显著增加，双歧杆菌、乳酸杆菌等显著减少。根据试验结果得出了仔猪发生黄、白痢的原因主要是肠内菌群比例失调的结论，按此理论研制的调痢生、乳杆菌制剂等微生态制剂，饲喂母猪或病仔猪能预防或治疗仔猪黄、白痢。证明将微生态学观点引入疾病病因的研究有着非常重要的意义。

二、动物生理学监测

从微生态学观点出发，正常微生物群是动物体重要的生理学组成部分。任何动物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，正常微生物群的代谢产物，以及正常微生物群与其动物体相互作用的反应，都可作为动物个体生理功能检测指标。

任何动物都与正常微生物群有关。无菌动物 (germ free)、无特异病原动物 (specific pathogenic free)、悉生动物 (gnotobiot) 和普通动物 (conventional) 在生理学 (营养、免疫、消化、胚胎发育等) 都表现出彼此的差异。因此，对正常微生物群的检测，可作为健康家畜、家禽、鱼、虾及特种动物、实验动物的生理性指标。如像健康猪只的体温，其生理性指标为38—40℃一样。

抗生素、化学药物等广泛应用的情况下，动物体通常表现出微生态失调。不但解决感染的难度大，出现二重感染、定位转移，还常常在肉、蛋、奶中增加了耐药菌及抗生素含量，进而在人类消耗者体内蓄积，造成一个重大的公共卫生问题。因此，在兽医、畜牧、水产、农业等生产领域中，必须运用正常微生物群作为生理性检测指标。

三、动物微生态工程的建立

动物微生态工程与遗传工程一样是现代生命科学的重要组成部分。中国微生物学家魏曦教授曾预言：在21世纪生物科学中，微生态工程和遗传工程作为两朵鲜花或两支劲旅屹立于世界。而动物微生态工程的重要任务，一则设计和研制出不同的微生态制剂，适于不同动物的不同疾病，用以调整失去平衡的菌群，达到防病治病目的

另外,将有益微生物制成的微生态制剂,用以改造健康动物(包括陆上动物、水生动物、特种动物及实验动物等)的内环境,在新的情况下达到新的平衡,以达抗病、高产即大幅度提高肉、蛋、奶产量和降低生产成本的目的。

四川农业大学 何明清

思 考 题

1. 微生态学、动物微生态学及正常微生物群的定义?
2. 近代动物微生态学发展迅速的主要原因?
3. 动物微生态学与哪些学科相关?有何异同点?
4. 动物微生态学是一门新兴学科,举例说明该学科有哪些新的概念和新的理论?
5. 学习本门学科的目的和意义?

第二章 动物微生态空间及组织

第一节 动物微生态空间的概念

动物微生态学的生态空间概念与宏观生态学生态空间概念有所不同。微观生态从个体以下,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为环境。而宏观生态从地球以下,个体以上的各个层次为对象,其生态空间为空气、水、岩层及地理、地质、地貌等为环境。

从动物微生态学观点出发,正常微生物群的生态空间只能是动物体的个体、系统、器官、组织和细胞,并以这些部位为生态环境。在这个环境里包括有生命因子和无生命因子。有生命因子包括细菌、真菌、病毒、衣原体、螺旋体、原虫及原生动物等。无生命因子包括微生物与其动物体的代谢产物和细胞崩解物以及微小环境的温度,生物化学与生物物理学特性、营养、水份、气体、pH及Eh等条件。这些生命因子和无生命因子在动物体内构成正常微生物群的外环境,各种因子间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。

动物体所处的宏观因素为外环境,而正常微生物群又以动物体为环境,因此,宏观因素对正常微生物群的影响是间接的,要通过动物体这个层次发生作用。表明正常微生物群以动物体为直接环境,而动物体所处的外环境为间接环境,这说明微生态空间较宏观生态空间更复杂。

第二节 动物微生态空间层次

微生态空间层次与动物体的生态层次是相联系的。一定动物体的生态层次有一定生态空间,反之,一定微生态空间也有一定层次的动物体占据。动物体与微生态空间是长期历