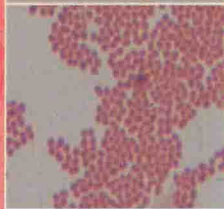
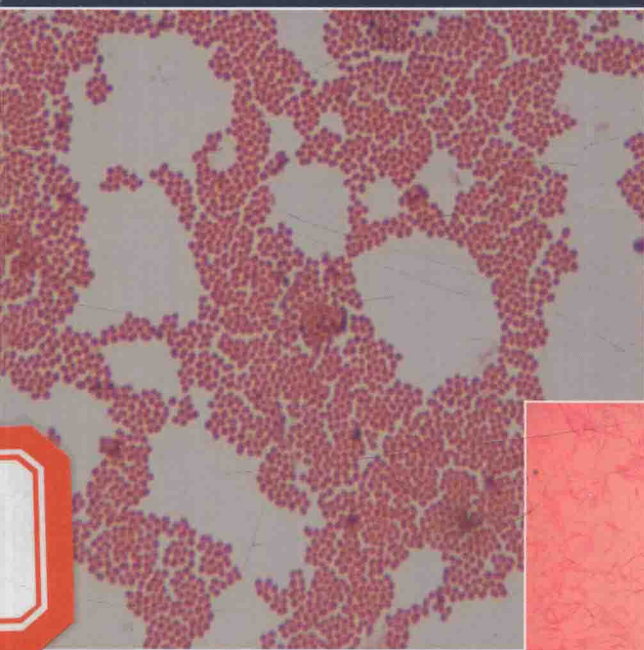


微生物生态制剂技术与应用

王秋菊 崔一喆 编著



化学工业出版社

微生物制剂技术与应用

王秋菊 崔一喆 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在简要介绍微生态种类、发展现状、存在问题及发展措施等内容的基础上,重点阐述了微生态制剂在无污染畜牧业上的应用,微生态制剂菌类(乳酸菌、酵母菌、芽孢杆菌、EM菌等)特性、应用以及微生态制剂的发酵、干燥、保持活性等相关制备技术。

本书可供微生态制剂研究工作者、饲料企业研发工作人员,广大畜禽、水产养殖户、农作物种植者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

微生态制剂技术与应用/王秋菊,崔一喆编著. —北京:
化学工业出版社, 2018. 3
ISBN 978-7-122-31506-9

I. ①微… II. ①王…②崔… III. ①生物药剂学-应
用-研究 IV. ①R37②R945

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 025975 号

责任编辑: 张 艳 刘 军
责任校对: 边 涛

文字编辑: 陈 雨
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京京华铭诚工贸有限公司
装 订: 北京瑞隆泰达装订有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 13½ 字数 262 千字 2018 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

微生态制剂技术属于功能性饲料添加剂范畴,是国家鼓励与支持的替代抗生素产品的开发技术之一。近10年来,世界各国不同程度地限制抗生素在饲料中的使用,人们迫切需要一种能够替代抗生素且安全、高效的饲料添加剂。于是动物微生态制剂产品的研制和发展驶入快车道。饲用微生态制剂因具有抑制病原菌、改善肠道环境、提高饲料转化效率、提高动物免疫力等多种功能,已成为最具发展潜力的抗生素替代品之一。目前,不仅各种微生态制剂产品层出不穷,微生态制剂制备技术与相关理论也得到了迅猛发展。

本书力求理论联系实际,以微生态制剂开发技术为核心,从其作用原理出发,从微生态及微生态制剂的基础概念、微生态制剂的种类、微生态制剂的特性、制剂菌类特点以及微生态制剂制备技术、制剂的应用等方面来全面阐述微生态制剂技术,以期为该项技术的正确推广与健康发展提供技术参考。

本书共分四章,汇集了近年来微生态制剂研究领域的技术和应用成果,分别从基础理论、研究应用以及制备方法等方面,对微生态制剂种类、属性、制备技术、应用效果等进行全面阐述,为微生态制剂的开发与利用提供全面的技术方面的信息。第一章介绍了微生态制剂相关的基础概念、微生态制剂的种类及发展现状,以及微生态制剂存在问题及发展措施;第二章介绍了微生态制剂在无污染畜牧业上的应用,包括动物微生态制剂、微生态制剂的作用机理及其在畜禽生产和渔业生产上的应用和对饲养环境改善方面的应用研究;第三章介绍了微生态制剂菌的主要代表菌类制剂的研究与应用;第四章介绍了微生态制剂的一般制备技术与应用。

第一章、第三章由黑龙江八一农垦大学王秋菊编著(13万字);第二章与第四章为黑龙江八一农垦大学崔一喆编著(13万字)。本书在撰写过程中,黑龙江八一农垦大学研究生周亚强和李悦做了很多编辑校对工作,在此表示感谢。

本书可供微生态制剂研究工作者、饲料企业研发工作人员,广大畜禽养殖、水产养殖户以及农作物种植者参考阅读。

由于笔者水平所限,书中难免会有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正!

王秋菊

2018年2月

目录

CONTENTS

第一章 绪论

第一节 基本概念 / 1

一、生态学、微生物学与微生态工程 / 1

二、微生态平衡与微生态失调 / 4

三、微生态制剂 / 6

第二节 微生物知识简介 / 9

一、微生物的定义 / 9

二、微生物的主要类群 / 9

三、微生物的主要特点 / 10

四、微生物的生物作用 / 10

五、益生菌的介绍 / 12

第三节 微生态制剂的种类及发展现状 / 17

一、微生态制剂的分类体系 / 17

二、微生态制剂发展现状 / 20

三、动物微生态制剂 / 23

四、植物微生态制剂 / 30

第四节 微生态制剂存在的问题及发展措施 / 32

一、限制微生态制剂发展的因素 / 32

二、微生态制剂在开发应用中存在的问题 / 33

三、影响微生态制剂应用效果的因素 / 35

四、使用微生态制剂的注意事项 / 39

五、微生态制剂发展措施 / 40

六、微生态制剂的发展趋势 / 41

参考文献 / 42

第二章 微生态制剂在无污染畜牧业上的应用

第一节 无污染畜牧业生产所面临的问题 / 44

- 一、饲料资源不足 / 44
- 二、抗生素等药物滥用 / 45
- 三、集约化养殖场环境污染严重 / 45
- 四、畜禽产品品质下降 / 46

第二节 动物微生态制剂的研究进展 / 46

- 一、动物微生态制剂的定义 / 46
- 二、动物微生态制剂的组成 / 46
- 三、国内外动物微生态制剂的研究进展 / 47
- 四、动物微生态制剂的研究热点 / 53
- 五、动物微生态制剂的研究方向 / 54

第三节 微生态制剂的研究理论与应用 / 55

- 一、微生态制剂的理论依据 / 55
- 二、微生态制剂的作用机理 / 57
- 三、微生态制剂的使用方法 / 60
- 四、微生态制剂的应用 / 60

第四节 微生态制剂在畜禽养殖上的作用 / 66

- 一、微生态制剂促进畜禽生产性能的提高 / 67
- 二、微生态制剂能提高畜禽的免疫性和抗病能力 / 75
- 三、微生态制剂能去除畜禽粪便恶臭,改善生态环境 / 81
- 四、微生态制剂能提高畜禽产品品质 / 83

第五节 渔用微生态制剂的作用与应用 / 84

- 一、渔用微生态制剂的定义 / 84
- 二、渔用微生态制剂需具备的条件 / 85
- 三、渔用微生态制剂的作用 / 85
- 四、渔用微生态制剂的一般应用 / 87
- 五、渔用微生态制剂在应用中所存在的问题 / 93
- 六、渔用微生态制剂的发展对策 / 96

七、渔用微生态制剂的发展趋势和展望 /	97
第六节 微生态制剂在改善养殖环境上的应用 /	98
一、畜禽养殖环境存在的问题及改善措施 /	98
二、微生态制剂在改善畜禽养殖环境中的作用 /	99
三、微生态制剂在改善禽舍环境中的应用 /	100
四、微生态制剂在改善猪舍环境中的应用 /	101
五、微生态制剂在改善水产养殖环境中的应用 /	102
参考文献 /	106

第三章 微生态制剂菌类概述

第一节 乳酸菌类概述 /	118
一、乳酸菌的一般概念 /	118
二、乳酸菌的一般特性 /	118
三、乳酸菌的一般功能与作用 /	119
四、乳酸菌的作用机理 /	120
五、乳酸菌制剂的研究技术 /	122
六、乳酸菌基因组学的研究热点 /	123
七、乳酸菌发酵食品的研究 /	124
八、乳酸菌制剂在畜牧生产中的应用 /	127
第二节 酵母菌类概述 /	128
一、酵母菌的一般特性 /	128
二、酵母菌的益生作用 /	129
三、酿酒酵母菌制剂在畜牧业中的应用进展 /	130
四、干酵母饲喂的研究进展 /	131
第三节 芽孢杆菌类概述 /	136
一、芽孢杆菌的一般特性 /	136
二、芽孢杆菌的作用及机理 /	137
三、乳酸芽孢杆菌概述 /	139
四、枯草芽孢杆菌在动物生产上的应用效果 /	142

第四节	EM 菌类概述	/	143
一、	EM 生物技术概念	/	144
二、	EM 组成菌群	/	144
三、	EM 各领域的通常用法	/	145
四、	EM 使用注意事项	/	146
五、	EM 在动物养殖生产上的应用现状	/	146
六、	EM 菌在种植方面的应用	/	150
七、	EM 菌在环境保护方面的应用	/	151
八、	EM 菌制剂的国内外研究进展	/	152
第五节	其他微生态制剂菌类概述	/	154
一、	双歧杆菌类	/	154
二、	拟杆菌类	/	156
三、	丁酸梭菌类	/	157
四、	光合细菌类	/	160
五、	硝化细菌和反硝化细菌	/	161
六、	蛭弧菌类	/	167
	参考文献	/	167

第四章 微生态制剂的制备技术与应用

第一节	微生态制剂一般制备技术	/	176
一、	微生态制剂液体发酵工艺流程	/	177
二、	微生态制剂固体发酵工艺流程	/	178
三、	微生物共培养	/	179
四、	微生态制剂发酵后处理技术	/	180
五、	动物微生态应用配套技术	/	181
六、	高效浓缩型益生菌制剂制备的关键技术	/	181
第二节	微生态制剂的干燥制备技术	/	184
一、	干燥技术简介	/	184
二、	干燥过程原理	/	184

三、微生态制剂的干燥方法 / 185

四、微生态制剂冷冻干燥保护剂的制备技术 / 191

第三节 保持微生态制剂活性的技术方法 / 193

一、利用基因工程对益生菌进行改造 / 194

二、改善培养条件 / 194

三、下游加工 / 195

四、储存条件 / 198

五、微生态制剂耐受性检测 / 198

六、微生态制剂对制粒工艺耐受性评价 / 200

参考文献 / 202

第一章 绪论

Chapter 01

第一节 基本概念

一、生态学、微生物学与微生态工程

1. 生态学

(1) 生态学的起源与发展 生态学(ecology)是德国生物学家恩斯特·海克尔于1866年定义的一个概念:生态学是研究生物体与其周围环境(包括非生物环境和生物环境)相互关系的科学。目前已经发展为“研究生物与其环境之间相互关系的科学”,是一门有自己的研究对象、任务和方法的比较完整和独立的学科,它的研究方法包括描述—实验—物质定量三个过程。系统论、控制论、信息论的概念和方法的引入促进了生态学理论的发展。

(2) 生态学的定义 生态学是研究生物与环境之间相互关系及其作用机理的科学。生物的生存、活动、繁殖需要一定的空间、物质与能量。生物在长期进化过程中,逐渐形成对周围环境某些物理条件和化学成分如空气、光照、水分、热量和无机盐类等的特殊需要。各种生物所需要的物质、能量以及它们所适应的理化条件是不同的,这种特性称为物种的生态特性。应当指出,由于人口的快速增长和人类活动干扰对环境与资源造成的极大压力,人类迫切需要掌握生态学理论来调整人与自然、资源以及环境的关系,协调社会经济发展和生态环境的关系,促进可持续发展。任何生物的生存都不是孤立的:同种个体之间有互助有竞争;植物、动物、微生物之间也存在复杂的相生相克关系。人类为满足自身的需要不断改造环境,环境反过来又影响人类。随着人类活动范围的扩大与多样化,人类与环境的关系问题越来越突出。因此,近代生态学研究的范围除生物个体、种群和生物群落外,已扩大到包括人类社会在内的多种类型生态系统的复合系统。人类面临的人口、资源、环境等几大问题都是生态学的研究内容。

(3) 生态学的分类 生态学按所研究的生物类别分,有微生物生态学、植物生态学、动物生态学、人类生态学等。

按生物系统的结构层次分,有个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学等。

按生物栖居的环境类别分,有陆地生态学和水域生态学;前者又可分为森林生态学、草原生态学、荒漠生态学、土壤生态学等,后者可分为海洋生态学、湖泊生态学、流域生态学等;还有更细的划分,如:植物根际生态学、肠道生态学等。

生态学与非生命科学相结合的有数学生态学、化学生态学、物理生态学、地理生态学、经济生态学、生态经济学、森林生态学等;与生命科学其他分支相结合的有生理生态学、行为生态学、遗传生态学、进化生态学、古生态学等。

应用性分支学科有农业生态学、医学生态学、工业资源生态学、环境保护生态学、环境生态学、生态保育学、生态信息学、城市生态学、生态系统服务学、景观生态学等。

2. 微生态学

(1) 微生态学的起源与发展 微生态简而言之就是指微观系统的生态环境和关系,包括分子生态、动植物微观生态(细胞、肠道等中的微观因素及其相互关系)、遗传尺度上的微观生态(包括DNA之间的关系及其存在的环境、细胞中各组分之间的环境及相互关系等),还有宇宙学中,相对于偌大的宇宙来说,地球、太阳系等无非就是沧海一粟,在宇宙尺度上来说那也是一种微观生态。总而言之,微观生态既有相对性也有绝对性。微生态学是研究人体内正常微生物的结构、功能以及与其宿主相互关系的学科,是生命学的重要组成部分。最早在1977年德国VolkerRush提出了微生态学,并在德国汉堡成立第一家微生态学研究所以起,经过50年的发展,微生态学研究逐渐发展成为一门新兴学科而令人瞩目。微生态学是生命科学的分支,作为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。人类医学经历了治疗医学和预防医学,正在向保健医学迈进,微生态学则是保健医学的理论和实际应用的基础学科。

(2) 微生态学的组成 在生物进化过程中,微生物与其宿主(人、动物、植物及微生物)以及它们的生活环境之间,由于长期相互适应,生物宿主的体表与体内分布着一定种类和数量的形成一个生态系并保持生态平衡的特定微生物群,称之为正常菌群(normal flora),为微生态学的主要研究组成。正常菌群分布于人体体表以及与外界相通的腔道,分布部位有皮肤、呼吸道、外耳道、消化道(口腔、胃、空肠、回肠、结肠)、鼻腔、泌尿生殖道等,其中以肠道最多。这些微生物在长期的进化过程中和人形成共生关系。许多微生物对人不仅无害,而且有益。正常菌群中以肠道菌群最具有代表性,研究最有成效。肠道细菌总数可达到 1×10^{14} 个,为人体细胞总数的10~20倍,其中至少包括14个菌属(类杆菌、双歧杆

菌、乳杆菌消化球菌、消化链球菌、肠球菌、肠杆菌等), 共 400~500 种细菌, 90%~99.9% 是厌氧菌 (双歧杆菌、乳杆菌等), 肠杆菌、肠球菌等需氧菌数量极少。

正常菌群有许多重要的生理功能: ①菌群之间生物的拮抗作用, 正常菌群在人体某一特定部位黏附、定植和繁殖, 形成一层菌膜屏障, 通过拮抗作用, 抑制并排斥过路菌群的入侵和群集, 调整人体与微生物之间的平衡状态; ②免疫作用, 正常菌群能刺激宿主产生免疫及清除功能; ③排毒作用, 如双歧杆菌能使肠道内过多的革兰氏阴性杆菌下降到正常水平, 减少内毒素的吸收; ④抗肿瘤作用, 能降解、清除体内的致癌因子, 激活体内的抗肿瘤细胞因子等; ⑤抗衰老作用等。肠道菌群除了上述功能之外, 对人体还有营养作用, 人体肠道的正常微生物如双歧杆菌、乳酸杆菌等能合成多种人体生长发育必需的维生素, 如 B 族维生素 (维生素 B₁、维生素 B₂、烟酸、泛酸、维生素 B₆、维生素 B₁₂)、维生素 K 等, 还能利用蛋白质残渣合成非必需氨基酸, 如天冬氨酸、丙氨酸、缬氨酸和苏氨酸等, 并参与糖类和蛋白质的代谢, 同时还能促进铁、镁、锌等矿物元素的吸收。

3. 生态工程

生态工程是指应用生态系统中的物质循环原理, 结合系统工程的最优化方法设计的分层多级利用物质的生产工艺系统, 其目的是将生物群落内不同物种共生、物质与能量多级利用、环境自净和物质循环再生等原理与系统工程的优化方法相结合, 达到资源多层次和循环利用的目的。如利用多层结构的森林生态系统增大吸收光能的面积、利用植物吸附和富集某些微量重金属以及利用余热繁殖水生生物等。

环境微生物菌剂应用于生态工程领域的基本原理是利用微生物本身及其代谢产物将环境中的污染物分解, 这是一种由一系列物理、化学和生物反应所组成的极其复杂的过程。从相关研究来看, 微生物菌剂在环境保护方面的作用机理可能是以下 3 个方面。

①微生物通过代谢反应将污染物氧化分解为 CO₂ 和 H₂O 等终产物或转化为微生物的营养物质, 促进自身的生长繁殖, 如光合细菌和芽孢杆菌等能将 H₂S 转化成自身生长所需要的硫元素。

②微生物的比表面积大并含有多糖类黏性物质, 可以吸附环境中的一些污染物。

③在环境中投加微生物菌剂后, 这些微生物成为了环境中的优势菌, 它们能有效抑制一些病原菌和腐败菌的生长, 如乳酸菌等成为优势菌后就能抑制体系中大肠杆菌等的生长, 从而减少氨气及臭味的产生。

4. 微生态工程

微生物生态工程是生态工程中的一个重要分支, 其在国民经济各个领域的应用和发展, 特别是微生物蛋白开发利用上的纵深发展, 微生物直接饲喂畜禽的研

究和利用，使微生物工程和农牧业生产系统的各个环节有机地结合起来，组成新的综合农业生态工程系统，对我国畜牧业生产的持续、稳定发展有着重要意义。采用微生态工程设计和微生态技术，为解决我国生态畜牧业生产存在的高蛋白饲料资源不足、抗生素使用过多和畜禽粪便污染环境等问题提供了一个较理想的途径，有着广阔的前途。

和物理的、化学的方法相比，微生态工程技术的优点是：能源消耗少、所需设备简单，经过一定的培训即能掌握操作技术；整个生产过程基本无废物产生，尤其是各类农牧业生产过程中的下脚料、废弃物等作为资源都得到了充分有效的利用；不产生任何有害物质，有利于保护和改善环境。

二、微生态平衡与微生态失调

1. 微生态平衡

微生态平衡是指正常微生物群与其宿主生态环境在长期进化过程中形成生理性组合的动态过程，这种动态过程不会引起疾病，故被称为微生态平衡。生态平衡是指生态系统内两个方面的稳定：一方面是生物种类（即生物、植物、微生物）的组成和数量比例相对稳定；另一方面是非生物环境（包括空气、阳光、水、土壤等）保持相对稳定。生态平衡是一种动态平衡，比如生物个体会不断发生更替，但总体上看系统保持稳定，生物数量没有剧烈变化。

一个微生态系统由三部分组成：一是被称作宿主的大生物；二是生活在宿主特定生态空间、数量庞大的正常菌群；三是对以上双方都有影响的环境条件。在合适的条件下，微生态系统中的微生物与微生物、微生物与宿主以及微生物与环境间，存在着各种错综复杂的依存和制约关系。例如，生物间“互帮互助”的互生关系，难分难解甚至合二为一的共生关系，以强凌弱的拮抗关系，以小克大的寄生关系以及弱肉强食的猎食关系等。在这些关系网中，最佳状态是有益菌占据优势，于是就表现出种群丰富、结构合理、功能协调，使整个微生态系统处于稳定、有效的平衡状态，这就是微生态平衡。这时，宿主也表现出各生理功能协调、身体健康、行动敏捷、精力充沛。从微观角度来看，微生态平衡是一种动态的平衡，在各种特定条件下有着具体的内容，它会随不同的宿主种类或同一宿主的不同生态部位、不同年龄阶段、不同营养水平或不同的健康状况而变化。

生态系统一旦失去平衡，会发生非常严重的连锁性后果。例如，20世纪50年代，我国曾发起把麻雀作为“四害”来消灭的运动。可是在大量捕杀了麻雀之后的几年里，却出现了严重的虫灾，使农业生产受到巨大的损失。后来科学家们发现，麻雀是吃害虫的好手。消灭了麻雀，害虫没有了天敌，就大肆繁殖起来，导致了虫灾发生、农田绝收等一系列惨痛的后果。生态系统的平衡往往是大自然经过了很长时间才建立起来的动态平衡。一旦受到破坏，有些平衡就无法重建

了,带来的恶果可能是人类的努力无法弥补的。因此人类要尊重生态平衡,帮助维护这个平衡,而绝不要轻易去破坏它。

微生态平衡是正常微生物群与宿主在长期的历史进化过程中形成的在不同发育阶段的动态的生理性平衡。宿主与微生物、微生物与微生物之间相互依存、相互制约。不同的动物、不同的年龄、不同的发育阶段、不同部位,微生态平衡各具特征,甚至差异巨大。

影响微生态平衡的主要因素可归纳为环境、宿主与微生物三个方面。空气污染、气候突变、饲料与饮水变质、污染等外部因素均可导致宿主的机能失调和代谢紊乱,使微生物菌群失调和定植状态异变,如环境温度降低可使肠道内双歧杆菌减少。抗生素是引发微生态失调的重要因素,严重破坏微生态平衡,导致宿主失去菌群屏障、失去生物拮抗作用。宿主的免疫机能是抵御外细菌侵袭和增强宿主防卫能力的重要因素,也是清除内毒素的重要系统,免疫减弱或免疫抑制时导致微生态失调。宿主的生理机能如胃酸分泌、胆汁分泌、肠蠕动异常等,也可导致微生态失调。

2. 微生态失调

微生态失调是微生态平衡的反义词,是指微生态系统处于不良条件下时所出现的微生物种类、生理功能和各种相互关系的紊乱。例如,当宿主患病、免疫力下降、长期接受化学治疗或放射治疗时,原来的条件致病菌或外来致病菌(梭菌、葡萄球菌、白假丝酵母菌、铜绿假单胞菌、变形杆菌等)占据优势并乘机肆虐,从而使宿主出现亚健康或轻重不等的病理状态。所幸在多数情况下,这类微生态失调是暂时的,在消除不良环境因素、调整饮食结构和有针对性地补充生态制剂后,微生态失调现象是可以消除和逆转的。

微生态失调是指正常微生物群之间及其与宿主之间的微生态平衡,在外环境影响下,由生理性组合转变为病理性组合的状态。它包括两个方面的内容:一方面是正常微生物群的种类、数量和定位的变化;另一方面是宿主表现出患病,这两方面互为因果。

微生态失调可以分为以下四类情形:

① 菌群失调 一度失调是正常菌群在组成和数量上的变化,没有临床表现,可以自然恢复。二度失调是由生理波动转为病理波动,在临床上有慢性病表现,是不可逆的。三度失调,临床上表现为急性症状,引发二重感染。

② 定位转移 病原微生物开始出现定位转移。

③ 血行感染 是原籍菌易位传播的一种途径,也是一种易位感染。血行感染分为菌血症和脓毒败血症。

④ 易位病灶 正常微生物因其他诱因而在远隔肠道组织的其他脏器或组织上形成病灶,如脑、肝、肾、腹腔、盆腔等的脓肿。

三、微生态制剂

1. 微生态制剂的起源与发展

微生态制剂在临床上的广泛应用是微生态学发展的重要成果之一。微生态制剂又称为益生菌，是利用正常微生物或促微生物生长的物质所制备的制剂，它通过调整或维持微生态平衡，达到防治疾病、增进健康的目的。

微生态制剂是指通过有益的活菌制剂或相应的有机物质，帮助宿主建立起新的肠道微生物群系，以达到预防疾病、促进生长的饲料添加剂微生态制剂又称有益微生物、益生菌、微生态调节剂、益生菌、利生菌、活菌制剂等，具有防治疾病、提高免疫力、促进生长、改善饲料利用率的作用，并且无污染、无残留、不产生耐药性。人类对微生态制剂的使用历史悠久。使用活菌作饲料（或食物）添加物的历史可追溯到几千年前。直到今天，人们仍有以不同方式食用发酵乳的习惯，这实际上就是一种简单的微生态制剂雏形。微生态制剂最初由欧洲国家提出并应用于畜牧生产，从1947年发现到现在，科学界积累了大量的资料和经验，证明这是一个具有发展前景的高新技术领域。

（1）发现阶段 1947年，Mollgard首先发现使用乳酸杆菌饲喂猪崽可有效地增加仔猪的体重并改善仔猪的身体健康水平。

（2）停滞阶段 20世纪50~60年代正是研究抗生素的黄金时期，微生态制剂的研究进入低潮期。

（3）发展阶段 美国从20世纪70年代开始使用饲用微生物。20世纪80年代中期，世界各国尤其是欧洲各国及日本等发达国家纷纷采取官方强硬的措施，对饲用抗生素的种类、使用方法、剂量和配伍等方面加以限制，同时大力开展研究药物饲料添加剂代用品的可能性，积极鼓励和倡导绿色安全饲料添加剂的研究和推广，使微生态制剂再一次受到世人的瞩目。1989年全球微生态制剂总销售额达到7500万美元，1993年达1.22亿美元。近十年来发展更为迅速，每年销售额达到5亿美元。

我国微生态制剂的研究始于20世纪80年代，但应用则是近十几年的事。目前，国内虽然已经有许多生产厂家研究生产出饲用微生态制剂产品，且其表现出一定的作用与效果，但绝大多数还处于试验研究阶段。1998年，国内市场上能找到的微生态制剂产品只有寥寥几种；到了1999年，则一下子多出了十几家产品；2000年则达到1998年的5倍以上，这在很大程度上反映出微生态制剂市场前景的广阔。但毕竟我国的微生态制剂市场起步较晚，研究和开发尚待深入，许多问题尚未完全弄清楚，加之微生态制剂本身的不稳定性，国内从上到下还没有对其形成一个完善的管理机制，尤其是尚没有一个统一的质量标准；同时，广大用户思想认识水平有限，更有投机市场者存在，因而导致了当前国内微生态制剂市场较混乱的局面。我国微生态制剂的研究起步晚，但起点较

高。何明清在 1980 年阐述了不产生肠毒素但产生大肠毒素的埃希氏菌 SY30 菌株是有益微生物。同年,方定一采用大肠杆菌 NY10 预防仔猪黄痢取得了显著效果。吴天德等在 1984 年用乳酪乳酸杆菌制成乳酪奶治疗仔猪下痢,效果明显。詹志春等报道,益生素可使肉鸡增重提高 14.1%,料肉比下降 7.6%。阎凤兰等在 1996 年报道,在肉仔鸡饲料中添加枯草芽孢杆菌,可使鸡肠道中乳酸杆菌数量增加,沙门氏菌减少,饲料转化率提高。我国最早投入使用的微生态制剂是乳酶生,用于治疗肠道疾患。自 20 世纪 80 年代初大连医科大学康白教授首先研制成功促菌生——蜡样芽孢杆菌以来,各种活菌微生态制剂相继研制成功,并已有大量产品投放市场,受到了社会的普遍关注。近十余年来,随着微生物学理论的发展,运用微生物学知识为人类健康服务已逐渐被国人认识和接受,微生态制剂发展迅速,至今已研制开发出百余种产品,主要是以双歧杆菌、乳杆菌制成的益生菌制剂,也有一些低聚寡糖类益生元制剂。但绝大部分产品作为保健品,约 10% 的微生态制剂作为临床治疗用生物制品。

2. 微生态制剂的定义

(1) 微生态制剂的中英文定义 微生态制剂 (microbial eco-logical agent) 又称为微生态调节剂 (microecological modulator)、益生素 (probiotic)、micro-ecologic preparations、microecological preparation 等,是应用微生物学原理,从自然界或动物体内筛选出功能性强、共生性好、互补拮抗的有益微生物,经过培养、发酵、干燥等特殊的工艺,制成能广泛用于植物、养殖、环境保护和人体健康以及保持微生态平衡的生物制剂或活菌制剂。微生态制剂通过维持肠道内微生态平衡而发挥作用,具有防治疾病、提高免疫力、促进生长、改善饲料利用率的作用,它以其独特的作用机理和无不良反应、无残留、无抗药性等特点越来越受到世人的关注。

(2) 微生态制剂定义的其他不同解释 对于微生态制剂这个名称曾有种种提法, Parker 在 1974 年将“probiotic”定义为:“有助于肠道微生物向饲养目的平衡发展的有机物质。”而 Fuller 在 1982 年则定义为:“为此目的的活的微生物饲料添加剂或活的微生物培养物。”前者定义不够准确,而后者则涵盖前者。有人将两者统称为“微生态制剂”,泛指“通过有益的活菌制剂或相应的有机物质帮助宿主建立起新的肠道微生物群系,以达到预防疾病、促进生长的饲料添加剂”。

① 动物微生态制剂是在微生物学理论指导下,采用已知的有益微生物 (PM),经培养、发酵、干燥、加工等特殊工艺制成含有活菌的制剂。从动物体或自然界分离、鉴定的有益生物制成不同类型的动物微生物生态制剂,用于防治疾病、增强免疫功能、促进生长、提高饲料利用率、净化环境、发酵饲料、脱毒、解毒和提高饲料的营养成分等。

② 微生态制剂又名促生素、利生素、活菌制剂、益生素 (probiotic), 是 Parker 在 1974 年提出的与“抗生素”相对的新概念, 指可以直接饲喂动物并通过调节动物肠道微生态平衡, 达到预防疾病、促进动物生长和提高饲料利用率的活性微生物或其培养物。用于动物的称为动物微生态制剂, 目前通称为饲用微生物添加剂, 是近几年发展起来的高科技产品, 主要包括芽孢杆菌类、乳酸菌类和酵母类三大类。其中芽孢杆菌类性能稳定, 饲用效果较好。

③ 动物微生态制剂是指运用微生态原理研制的含有大量有益微生物的活菌制剂。其具有在动物体内无残留、无污染、无不良反应以及可以提高宿主健康水平和免疫力的特性, 因此又称“促生素”和“益生素”。在新的时期, 动物微生态制剂有望成为抗生素最有潜力的替代品。

④ “益生素”一词首先被 Lilley 和 Stillweu 在 1965 年使用, 并将其定义为由一种微生物分泌刺激另一种微生物生长的物质。而 Susard 在 1990 年将益生素定义为摄入动物体内参与肠内微生物群落的阻碍作用, 或者通过增强非特异性免疫功能来预防疾病而间接地起到促进生长作用和提高饲料效率的活的微生物培养物。

⑤ 微生态制剂是指摄入动物体内参与肠道微生物平衡的具有直接通过增强动物对肠内有害微生物群落的抑制作用, 或通过增强非特异性免疫功能来预防疾病从而间接起到促进动物生产和提高饲料转化率的活性微生物培养物。

⑥ 微生态制剂是指根据微生态理论, 将从动物体内外分离的对动物有益的微生物, 经过特殊的加工工艺制成的包含有益微生物及其代谢产物的活菌制剂。它添加于动物饲料中, 可以调节动物机体的微生态平衡, 从而达到提高饲料利用率、促进动物生长、改善畜产品品质的目的。

⑦ 微生态制剂 (micro-ecological agent) 又称益生素、活菌剂、生菌剂、促生素等, 是由许多经严格筛选的有益微生物及其代谢产物构成的一类活性成分添加剂, 能有效促进动物体调节肠道微生态平衡的能力, 增强机体免疫功能, 促进营养物质的消化吸收, 提高饲料转化率, 具有防病、治病、改善生产性能等作用, 且安全性较好。

3. 微生态制剂的菌种

1989 年美国 FDA 和美国饲料控制官员协会公布了被认为是安全的可以直接饲喂的微生物菌种名单, 共 42 种。1999 年我国农业部第 105 号公告公布了可以直接饲喂动物的饲料级微生物添加剂菌种有 12 种, 即干酪乳杆菌、植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、粪链球菌、乳链球菌、枯草芽孢杆菌、纳豆芽孢杆菌、乳酸片球菌、沼泽红假单胞菌、啤酒酵母、产朊假丝酵母、曲霉。目前, 国内外反刍动物普遍使用的饲用微生态制剂有乳酸菌类 (乳酸杆菌、双歧杆菌等)、芽孢杆菌类 (枯草芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌等) 等细菌类及曲霉类 (黑曲霉、米曲霉) 和酵母类 (啤酒酵母、石油酵母及其培养物) 等真菌类单一菌制剂及复合菌制剂。