

YISHENGJUN JICHU YU YINGYONG

郭兴华 主编

# 益生菌

基础与应用



北京科学技术出版社

# 益生菌基础与应用

郭兴华 主 编

北京科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

益生菌基础与应用/郭兴华主编. —北京:北京科学技术出版社,2002.10

ISBN 7-5304-2688-5

I. 益... II. 郭... III. 乳酸细菌-基本知识  
IV. Q939.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 065737 号

### 益生菌基础与应用

---

主 编:郭兴华

责任编辑:施 超

责任校对:王 华

责任印制:臧桂芬

封面设计:李 辉

出 版 人:张敬德

出版发行:北京科学技术出版社

社 址:北京西直门南大街 16 号

邮政编码:100035

电话传真:0086-10-66161951(总编室)

0086-10-66113227 0086-10-66161952(发行部)

电子信箱:bkjpress@95777.com

经 销:新华书店

印 刷:保定市印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:599 千

印 张:23.75

插 页:1

版 次:2002 年 10 月第一版

印 次:2002 年 10 月第一次印刷

印 数:1—3000

ISBN 7-5304-2688-5/Q·001

---

定 价:56.00 元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。

京科版图书, 印装差错, 负责退换。

主 编 郭兴华

副主编 杨洁彬

编 委 (按拼音顺序)

蔡辉益 曹郁生 高恩明 郭红霞

郭兴华 李雪东 凌代文 马延和

梅汝鸿 王 琦 魏明峰 吴妙宗

杨洁彬 张 麓 张象麟 张志刚

## 内 容 简 介

本书是一本系统介绍人与动物及植物益生菌的专著。在世界范围内已证明益生菌具有防治疾病、促进生长发育、增强体质、提高产量、延缓衰老和延长寿命的生理功能。人们应用益生菌获得了良好的医疗效果、保健效果,取得了经济效益、社会效益和生态效益。益生菌受到了科学家的关注,得到了消费者的青睐,引起了企业家的极大兴趣。本书简介了这个领域过去的实践和发展经验,重点叙述了现代重大进展,展示了未来前景,提出了亟待解决的问题。本书图文并茂,文献丰富,内容广泛,不仅有理论基础,还有科研、生产、应用、质检、安全性评价和审批程序等内容。本书对从事微生物学、微生物生态学、临床医学、营养学、老年学、动物营养学、植物病理学、免疫学、遗传学、生物技术的科研、教学人员及益生菌工业、乳品工业、食品工业和医药工业的技术人员、学生和其他有关人员具有重要的参考价值。广大消费者也可从中获得与日常生活密切相关的知识。

# 前 言

借鉴过去的实践和发展经验,着眼于现代重大进展,预测未来的发展趋势,提出亟待解决的问题,是本书的宗旨。

早在公元前 200 年,印度、埃及和古希腊就用有益于人体的乳酸菌制作发酵食品。因为乳酸菌在自然界广泛分布,所以当时用自然发酵奶制造游牧民族的上等食品。过了 1200 多年,即公元 1008 年,德国建立了世界上第一个酸奶作坊。到 16 世纪中叶,发酵乳酪渐渐成了一些民族的传统食品。我国制作酸奶的历史也很悠久。后魏贾思勰著的《齐民要术》记载了酸奶的做法,“牛羊皆得作,煎乳四五沸便止,以绢袋滤入瓦罐中,其酪暖如人体,熟乳一升用香酪半匙,痛搅令散泻,明旦酪成”。古人虽可制出酸乳制品,但并不认识细菌,只是靠感观和经验制作。

1677 年,列文虎克(Leeuwenhoek)发明了显微镜,第一次看到了微生物。1857 年巴斯德(Pasteur)描述了乳酸菌,1899 年蒂歇尔(Tissier)报道双歧杆菌,1900 年毛洛(Moro)鉴定了嗜酸乳杆菌。1905 年梅奇尼科夫出版了《长寿》(The prolongation of life)一书,论述了酸奶能使人长寿,这是第一次有关乳酸菌的生理功能的报道。

20 世纪 50 年代,德国人鲁希(Rusch)以及我国临床医务工作者用健康人体内的混合菌群治疗肠道疾病获得了成功,这是利用人体内正常生理菌群治疗疾病的开始。在 60~80 年代,日本学者光冈对肠道菌群做了全面的分析,实验动物学家把单一菌和多种菌引进无菌动物和悉生生物体内,对它们的生理功能以及菌与菌和菌与宿主之间关系做了一系列的研究。这些都为生态学的建立和益生菌的开发提供了理论根据。1974 年,Parker 开始把益生菌(probiotics)用于饲料添加剂,随后,益生菌制品在市场上日益增多。

20 世纪 80 年代,我国微生物学家康白、刘秉阳、陈延熙、梅汝鸿、何明清等率先在我国研制出了人用益生菌制品、植物用益生菌制品(增产菌)和动物用益生菌制品。之后,这种新兴生物制品工业取得了很大的发展。

随着益生菌研究应用的发展,寻找促进益生菌生长繁殖的物质也引起了科学家的兴趣。一时间,双歧因子、功能性食品应运而生。这类物质有很多优点,对机体作用的结果也与益生菌有很多相同与相似之处。为了把二者在科学术语上加以有机的联系,1995 年 Gibson 把能在大肠中调整菌群的食物称之为益生元(prebiotics)。和益生菌一样,益生元在日本的研究也非常火爆。我国紧跟其后,相继开发了不少产品。其中胡宏、张箴、金其荣、马延和丁骅孙等做出了开拓性贡献。

益生菌真正建立在现代科学基础上的研究只有二十几年的历史,但是由于它充满生命活力,所以发展异常迅猛。从国内外发展演变来看,有以下几大类型。

单菌制品,包括孢子乳酸杆菌、乳酸杆菌、双歧杆菌、肠球菌、酪酸菌(丁酸梭状芽孢杆菌)、丙酸菌和大肠杆菌等。

多菌制品,为上述两种以上菌的组合。

益生元制品,即促进益生菌(主要是双歧杆菌)生长繁殖的大肠食品,如非消化性寡糖、蛋白酶抑制剂、耗尽营养成分的培养基上清液、活性生长促进因子和天然食药兼用的物质等。

益生菌加益生元制品,即合生元(synbiotics),为单个或多个益生菌加促生长因子,如双歧杆菌加寡糖等。

益生菌加生理活性物质,即益生菌加抗氧化剂、益生菌加抗组胺物质、益生菌加复合免疫球蛋白、益生菌加天然保健食品等。

特异性生理功能制品,如降血脂的益生菌、具有草酸修饰活性的益生菌、防治阴道感染的益生菌等。

现已有足够的证据表明,益生菌及其制品具有“五效”作用,即医疗效果、保健效果、经济效益、社会效益和生态效益。因此,它在世界范围内受到了科学家的关注,引起了企业家的兴趣,得到了消费者的青睐。

随着益生菌中食品级分子克隆体系的建立、基因在机体内表达的控制和黏膜免疫深入的研究,不久的将来,会在以下几方面取得成功:

- ① 遗传修饰的益生菌在发酵食品、饲料添加剂和微生物肥料中的应用;
- ② 携带外源防病和治病基因的益生菌在人和动植物中的应用;
- ③ 改良品质和具有增产基因的益生菌在动植物中的应用。

我们应该清楚地认识到,我们对微生物和高等生物之间的相互作用还知之甚少,须知,人和动植物的一切正常的生理生化参数和病理参数都是微生物和宿主二者之间相互作用的结果,它们是一个有机的不可分割的整体。如果我们对机体的生长、发育、衰老和病死过程中微生物和宿主二者相应的变化规律、对宿主体内所有生理性物质的时空表达和微生物的关系、对微生物和宿主之间的信息交流、对微生物和宿主二者遗传物质的修饰、交换和表达、对内源性抗微生物肽和防御素的表达调控以及共生菌群与宿主功能网络体的免疫调控等逐渐有所了解,就会研制出更高效的益生菌及其制品。未来光辉灿烂的前景在等待着我们。

本书是在科研、教学和生产的基础上参阅国内外最新资料编著而成的,内容包括:菌种的分离鉴定;益生菌的生物学特性;对益生菌的定性、定量、定位和定主的分析;益生菌在机体内不同环境中的变化;益生菌的生理功能;益生菌发挥生理功能的物质基础和机制;选育适于生理所需的益生菌;生产合格的益生菌制品;促进益生菌在体内生长繁殖的措施;探讨益生菌在体内与宿主细胞以及与各种生理活性物质的相互作用等。

本书力求做到:①材料新:绝大部分是近几年的资料;②水平较高:反映了国内外最新成果、最新动态;③内容广泛:不仅有人用益生菌,也有动物和植物益生菌;④系统性好:从理论阐述到应用举例,从菌种选育到生产出合格产品;⑤图文并茂:除了文字叙述还有图表解释;⑥有一定的权威性:作者都是从事这个领域工作的知名专家和科技人员。

本书对从事微生物学、微生物生态学、免疫学、临床医学、营养学、老年学、动物学、兽医学、动物营养、农学、植物病理学、遗传学、生物技术的科研、教学人员以及益生菌工业、乳品工业、食品工业和医药工业的技术工作者和学生具有重要的参考价值,广大消费者也可从中获得与日常生活密切相关的知识。

本书共分14章,分别由郭兴华、郭红霞(第1、2、13章和第5、14章的一部分)、凌代文(第3章)、曹郁生(第4章和第5章的大部分)、李雪东(第6章)、张簾(第7章)、张志钢、马延和(第8章和第14章的一部分)、杨洁彬(第9章)、高恩明、张象麟、魏明峰(第10章)、蔡辉益、吴妙宗(第11章和第14章的一部分)、王琦、梅汝鸿(第12章和第14章的一部分)撰写。

为了活跃学术气氛,引起学术争鸣,促进科学技术的发展和进步,我们真诚盼望和欢迎读者给予批评、指正。

郭兴华

中国科学院微生物研究所

2002年1月

# 目 录

## 第一章 绪 论

第一节 从微生态学角度看疾病	(1)
一、感染性疾病发生的过程	(1)
二、从微生态学角度看疾病	(3)
三、从微生态学角度防治感染	(3)
第二节 人类面临严重感染的威胁	(4)
一、当今难以控制的病原体	(4)
二、防治严重感染的措施	(5)
第三节 感染因子与非感染性疾病	(6)
一、一种感染因子可引起多种疾病	(6)
二、感染因子的防治	(7)
第四节 国际公认益生菌具有重要的生理功能	(7)
一、一个多世纪的经验证明益生菌具有重要的生理功能	(8)
二、益生菌研究开发迅速发展的时代背景	(8)
三、益生菌研究开发的理论基础	(8)
四、益生菌有发挥生理功能的物质基础	(9)
五、益生菌的临床功效	(10)
第五节 遗传修饰的益生菌	(11)
一、正在对人用益生菌进行遗传修饰的	(11)
二、正在对动物益生菌进行遗传修饰的	(11)
三、正在对植物益生菌进行遗传修饰的	(12)
主要参考文献	(12)

## 第二章 人和动植物的正常菌群

第一节 与肠道微生物有关的肠道生理组织	(14)
一、小肠的组织结构与生理功能	(16)
二、大肠的组织结构和生理功能	(21)
第二节 人和动植物的正常菌群	(22)
一、人和动物体的正常菌群	(23)
二、植物的内生菌	(24)
第三节 人和动植物的主要益生菌	(27)



一、双歧杆菌 .....	(27)
二、乳杆菌 .....	(30)
三、芽孢杆菌 .....	(32)
四、丁酸梭菌 .....	(34)
<b>第四节 肠道菌群的黏附与定植 .....</b>	<b>(36)</b>
一、益生菌在肠道定植的生理意义 .....	(36)
二、黏附的生理特性 .....	(36)
三、黏附的机制 .....	(37)
四、体外筛选具有黏附力的乳酸菌 .....	(39)
五、从黏附到定植 .....	(40)
<b>第五节 肠道菌群的平衡与失衡 .....</b>	<b>(40)</b>
一、肠道菌群的微生态平衡 .....	(40)
二、影响微生态平衡的因素 .....	(41)
三、微生态失衡与感染 .....	(42)
主要参考文献 .....	(42)

### 第三章 肠道正常菌群的鉴定方法

<b>第一节 肠道正常菌群的分析及检测 .....</b>	<b>(45)</b>
一、肠道正常菌群的分析及其中主要的益生菌 .....	(45)
二、肠道正常菌群的宏观检测 .....	(47)
<b>第二节 肠道正常菌群的分离和培养方法 .....</b>	<b>(48)</b>
一、分离和培养是认识肠道菌群的基本手段 .....	(48)
二、厌氧分离培养技术 .....	(48)
三、培养基的组分及非选择性和选择性培养基 .....	(49)
<b>第三节 研究肠道正常菌群的分类鉴定技术 .....</b>	<b>(51)</b>
一、细菌分类鉴定技术的进展对肠道菌群深入研究的促进 .....	(51)
二、用于肠道菌群的分类鉴定特征及类别 .....	(52)
三、肠道菌群分类鉴定技术的进展 .....	(52)
<b>第四节 应用于肠道正常菌群分类鉴定的现代技术 .....</b>	<b>(53)</b>
一、16S rRNA 寡核苷酸序列分析法 .....	(53)
二、细菌的核酸探针鉴定技术 .....	(56)
三、用于肠道菌群鉴定的其他分子鉴定技术 .....	(60)
四、应用分子生物学技术有关方法学的问题 .....	(65)
<b>附录 培养基 .....</b>	<b>(65)</b>
一、用于肠道正常菌群分离计数的非选择性培养基 .....	(65)
二、选择性的从粪便分离乳杆菌培养基 .....	(66)
三、双歧杆菌的非选择和选择性培养基 .....	(67)
四、肠球菌的选择性培养基 .....	(69)
五、拟杆菌的选择性培养基 .....	(69)

六、梭菌的选择性分离培养基 .....	(70)
主要参考文献 .....	(70)

## 第四章 人肠道正常菌群的代谢

<b>第一节 人结肠中碳水化物的代谢</b> .....	(73)
一、概述 .....	(73)
二、内源性碳水化物的代谢 .....	(75)
三、外源性碳水化物的代谢 .....	(76)
<b>第二节 蛋白质酶解和氨基酸发酵</b> .....	(79)
一、概述 .....	(79)
二、蛋白质分解 .....	(80)
三、氨基酸发酵 .....	(84)
<b>第三节 脂类代谢</b> .....	(87)
一、概述 .....	(87)
二、胆汁酸和胆红素代谢 .....	(87)
三、胆固醇代谢 .....	(88)
<b>第四节 短链脂肪酸</b> .....	(89)
一、概述 .....	(89)
二、细胞代谢和生长 .....	(90)
三、短链脂肪酸的代谢 .....	(91)
<b>第五节 大肠的气体代谢</b> .....	(91)
一、概述 .....	(91)
二、大肠气体的产生和代谢 .....	(92)
三、气体代谢的临床应用 .....	(93)
<b>第六节 结肠中毒性物质的形成及去除</b> .....	(95)
一、毒性物质的形成 .....	(95)
二、毒性物质的去除 .....	(97)
主要参考文献 .....	(99)

## 第五章 微生物与微生物、微生物与宿主之间的相互作用

<b>第一节 细胞间的信息传导和作用</b> .....	(101)
一、概述 .....	(101)
二、共生和致病的分子基础 .....	(102)
<b>第二节 微生物与植物细胞的相互作用</b> .....	(105)
一、共生关系 .....	(105)
二、致病作用 .....	(107)
<b>第三节 微生物与动物细胞之间的相互作用</b> .....	(109)
一、共生关系 .....	(109)

二、致病作用	(111)
<b>第四节 细菌之间的信号传导作用</b>	(113)
一、信号引起的集体行为	(113)
二、乳酸菌细胞间的信号交流	(114)
<b>第五节 细菌、细胞因子、一氧化氮和宿主细胞之间的关系</b>	(116)
一、基本概念	(116)
二、细菌对细胞因子网络的调控	(117)
三、细胞因子与肠道淋巴细胞的关系	(119)
四、细菌对一氧化氮的调控	(119)
五、细胞因子和一氧化氮之间的相互调控作用	(121)
主要参考文献	(122)

## 第六章 人用益生菌及其制品的作用

<b>第一节 概述</b>	(125)
<b>第二节 防治胃肠道疾病</b>	(125)
一、防治婴幼儿腹泻	(125)
二、防治抗生素相关腹泻	(127)
三、改善乳糖不耐症	(129)
四、防治旅游者腹泻	(130)
五、防治幽门螺杆菌感染	(130)
六、治疗肠易激综合征	(130)
七、缓解便秘	(131)
八、对 Crohn 病的作用	(132)
九、治疗腹泻	(132)
<b>第三节 防治肝脏疾病</b>	(133)
一、防治肝性脑病	(133)
二、降低肠源性内毒素和血氨	(134)
三、对肝炎和肝硬化的治疗作用	(136)
<b>第四节 调节血脂</b>	(137)
一、动物实验	(137)
二、体外试验	(138)
三、人群使用	(138)
<b>第五节 免疫赋活作用</b>	(139)
<b>第六节 抑制肿瘤</b>	(140)
一、具有治疗肿瘤作用的细菌类生物反应调节剂	(140)
二、口服益生菌制品的抗肿瘤活性	(142)
三、腹腔注射益生菌制品的抗肿瘤活性	(143)
四、静脉注射益生菌制品的抗肿瘤活性	(145)
五、肿瘤内注射益生菌制品的抗肿瘤活性	(145)

第七节 治疗阴道炎症和泌尿系感染	(146)
一、治疗阴道炎症	(146)
二、治疗慢性尿道感染	(147)
第八节 益生菌对黄曲霉素的作用	(147)
第九节 抗辐射作用	(150)
第十节 延缓衰老	(151)
一、清除自由基	(151)
二、正常菌群的生态作用	(151)
第十一节 其他	(151)
一、预防糖尿病	(151)
二、降血压作用	(152)
三、乳酸菌与牙齿健康	(152)
四、治疗耳、鼻、咽喉疾病	(152)
五、治疗烧伤	(153)
六、防治复发性口疮	(153)
七、治疗皮肤疾患	(153)
八、治疗母乳性黄疸	(153)
九、对 PHN(Passive Heymann Nephritis)的保护作用	(153)
主要参考文献	(154)

## 第七章 人用益生菌制品的生产工艺

第一节 种子(菌种)培养	(158)
一、人用益生菌菌种的选择	(158)
二、种子培养基	(159)
三、种子的培养工艺	(161)
四、种子质量指标及其控制	(162)
五、生产菌种保存	(162)
第二节 益生菌的生产培养	(164)
一、以双歧杆菌为代表的厌氧培养	(164)
二、其他乳酸菌的培养	(165)
三、固态培养	(165)
四、益生菌乳制品生产工艺	(166)
第三节 菌体的收集和干燥	(169)
一、菌体的收集	(169)
二、菌体的干燥	(170)
第四节 主要的人用益生菌制品的制备	(171)
一、胶囊剂	(172)
二、益生菌片剂	(172)
三、益生菌冲剂	(174)

四、益生菌口服液类产品 .....	(174)
五、益生菌发酵果蔬汁 .....	(175)
六、益生菌微胶囊制剂 .....	(176)
主要参考文献 .....	(178)

## 第八章 益生元

<b>第一节 概述</b> .....	(181)
一、益生元及其选择标准 .....	(181)
二、益生元的功能检测 .....	(183)
三、益生元的化学本质 .....	(183)
四、益生元的分离、提取和结构分析 .....	(184)
五、益生元的理化特性 .....	(184)
六、益生元的安全性 .....	(184)
<b>第二节 益生元的生理功能</b> .....	(184)
一、益生元的生理功能研究 .....	(185)
二、益生元的作用机制 .....	(190)
<b>第三节 益生元的来源和制备方法</b> .....	(191)
一、天然来源的益生元及其提取方法 .....	(192)
二、化学合成的益生元 .....	(192)
三、微生物酶法合成的益生元 .....	(193)
四、酶法水解天然多糖制备的益生元 .....	(195)
<b>第四节 非消化性寡糖益生元及其应用</b> .....	(196)
一、果寡糖益生元的制造、功能和应用 .....	(196)
二、其他重要的非消化性寡糖益生元 .....	(203)
三、益生元的市场发展 .....	(206)
主要参考文献 .....	(208)

## 第九章 人用益生菌制品的安全性评价

<b>第一节 食品安全性的内涵</b> .....	(210)
一、什么是食品安全性 .....	(210)
二、食品安全性的现状和问题 .....	(210)
三、食品安全性的监督控制 .....	(211)
<b>第二节 乳酸菌的感染与产生生物胺的问题</b> .....	(212)
一、病原菌感染是食品风险评价的重要指标 .....	(212)
二、乳酸菌的感染问题 .....	(213)
三、乳酸菌产生生物胺的问题 .....	(217)
<b>第三节 微生物对抗生素的耐药性</b> .....	(219)
一、耐药性病原菌的来源 .....	(219)

二、细菌耐药性的发展态势	(221)
三、耐药性因子的水平转移	(224)
四、病原菌耐药性的严重性	(225)
五、耐药性应作为益生菌活菌制剂的质量指标	(226)
六、应该合理地、限量地应用抗生素	(227)
<b>第四节 人用遗传修饰益生菌制品的优点及安全性评价</b>	(227)
一、应用遗传修饰益生菌的优点	(228)
二、在食品中应用遗传修饰益生菌的安全性评价	(230)
三、肠道中的基因转移	(234)
四、应用遗传修饰微生物需要解决的一些问题	(236)
<b>第五节 生物技术与生物安全</b>	(237)
一、什么是生物安全	(237)
二、生物技术与生物危害	(237)
三、国内外生物安全政策法规简介	(239)
四、生物安全的趋势	(240)
主要参考文献	(240)

## 第十章 人用益生菌制品的质量控制与审批程序

<b>第一节 药用益生菌制品的质量控制</b>	(243)
一、基本要求	(243)
二、生产菌种的质量控制	(243)
三、生产过程中的质量控制	(244)
四、半成品检定	(244)
五、成品检定	(245)
<b>第二节 药用益生菌制品的审批</b>	(249)
一、新药审批	(249)
二、仿制药品审批	(252)
<b>第三节 功能食品益生菌制品的审批程序</b>	(253)
一、检验	(253)
二、初审	(253)
三、申报与受理	(253)
四、评审	(254)
五、报批和批准	(254)
六、评审规定	(254)
主要参考文献	(255)

## 第十一章 动物益生菌及其制品

<b>第一节 概述</b>	(256)
---------------	-------

一、动物微生态与动物微生物学	(256)
二、饲用抗生素的局限性和负面效应	(256)
三、动物益生菌概述	(257)
<b>第二节 动物益生菌及其制品的种类</b>	(258)
一、乳酸菌制剂	(259)
二、芽孢杆菌制剂	(260)
三、双歧杆菌制剂	(261)
四、光合细菌( <i>Photosynthetic, PSB</i> )制剂	(261)
五、酵母复合制剂	(261)
<b>第三节 动物益生菌制品的生产工艺</b>	(263)
一、动物益生菌的菌种选育标准	(263)
二、益生菌制品的生产工艺流程	(264)
三、益生菌制品的加工处理技术	(264)
<b>第四节 动物益生菌制品防病促生长机制</b>	(264)
一、动物消化道微生态环境分析	(265)
二、益生菌对动物消化道微生态的调节	(266)
三、为动物机体提供营养、促进生长	(267)
四、增强动物免疫系统功能	(269)
五、其他机制	(270)
<b>第五节 动物益生菌制品的应用效果</b>	(270)
一、益生菌制品在养禽业中的应用效果	(270)
二、益生菌制品在养猪业中的应用效果	(272)
三、益生菌制品在水产养殖中的应用效果	(273)
四、益生菌制品在养牛业中的应用效果	(274)
五、影响益生菌使用效果的因素	(274)
六、益生菌的应用技术及其注意事项	(275)
主要参考文献	(276)

## 第十二章 植物益生菌

<b>第一节 植物益生菌概述</b>	(280)
一、植物益微概况	(281)
二、植物微生物学定义	(282)
三、植物微生态调控概念	(283)
四、植物微生态制剂范畴	(284)
<b>第二节 植物益生菌的种类和菌株选育</b>	(285)
一、内生共生菌是选育植物益生菌首选目标菌株	(285)
二、植物益微菌种选育	(286)
三、益微菌株选育措施的特点	(289)
四、主要益微菌株的性状	(290)

<b>第三节 植物益生菌对作物生长发育和代谢的影响</b> .....	(291)
一、作物体内微生态系统.....	(291)
二、益微对作物生长发育的影响.....	(293)
<b>第四节 植物益生菌的增产原理</b> .....	(300)
一、益微作用的基本原理.....	(300)
二、益微应用后在植物体的定植和消长.....	(302)
三、益微对植物体相关的有害微生物的影响.....	(304)
四、激素作用.....	(306)
五、营养作用.....	(308)
六、抗性生理.....	(308)
<b>第五节 植物益生菌的生产</b> .....	(309)
一、益微的生产工艺流程.....	(309)
二、益微的制剂剂型.....	(312)
<b>第六节 植物益生菌质量控制和安全评价</b> .....	(313)
一、益微质量控制.....	(313)
二、安全评价.....	(318)
<b>第七节 植物益生菌的应用效果</b> .....	(319)
一、益微应用效果概况.....	(319)
二、益微在稻、麦、棉上的应用效果.....	(323)
主要参考文献.....	(327)

## 第十三章 黏膜免疫

<b>第一节 黏膜免疫的重要性</b> .....	(328)
一、机体对致病菌的防御系统.....	(328)
二、免疫学是生命科学的重要组成部分.....	(328)
三、黏膜免疫的重要性.....	(329)
<b>第二节 黏膜免疫系统</b> .....	(331)
一、肠道黏膜免疫系统及其免疫应答.....	(331)
二、其他黏膜免疫系统及其免疫应答.....	(333)
<b>第三节 益生菌的免疫调节</b> .....	(335)
一、肠道细菌作为免疫调节剂组分的结构及其功能.....	(335)
二、肠道黏膜组织结构与益生菌的免疫作用.....	(337)
三、益生菌在感染和自身免疫中的作用.....	(339)
四、益生菌防治过敏反应.....	(340)
五、小结.....	(342)
主要参考文献.....	(343)



## 第十四章 益生菌和益生元的前景展望

第一节 益生菌和益生元——现有产品应大众化、普及化和多样化	(345)
第二节 益生菌——维持与重建肠道黏膜屏障的主要成员	(346)
一、肠道黏膜屏障的损伤	(346)
二、肠道黏膜屏障损伤的防治	(346)
第三节 益生菌——功能性绿色饲料添加剂的制造者	(348)
一、生理功能	(348)
二、发展趋势	(348)
第四节 益生菌——功能性绿色环保药肥的主要生产者	(349)
一、绿色环保药肥	(350)
二、四维药肥	(350)
第五节 益生菌细菌素——重要的抗菌剂	(351)
一、细菌素的种类	(351)
二、细菌素的作用	(351)
第六节 肠道菌群——为开发中草药做贡献	(351)
一、中草药加工	(352)
二、中草药的作用方式	(352)
三、用微生物发酵中草药	(352)
第七节 益生菌——种类繁多的植物内生共生菌	(353)
一、内生共生芽孢杆菌——植物益生菌首选菌株	(353)
二、内生固氮菌——植物体内的氮肥厂	(353)
三、内生真菌——重要的药物资源	(353)
四、植物促生根围菌——重要的益生菌资源	(354)
五、AM 菌根真菌——促进植物生根的得力助手	(354)
六、发掘更多的植物内生共生菌	(354)
七、内生菌需要解决的理论和技术问题	(355)
第八节 益生元——内源性益生菌的营养素	(355)
一、益生元的主要作用是扶植益生菌生长繁殖	(355)
二、益生元的发展趋势	(355)
第九节 益生菌——理想的食品级克隆体系	(357)
一、理想的食品级克隆体系	(357)
二、把外源蛋白基因锚定在益生菌细胞表面	(357)
第十节 用新理论及高技术研究益生菌和宿主之间的关系	(359)
一、用高新技术研究宿主与微生物之间的共生关系	(359)
二、益生菌需用悉生生物阐明其机制	(362)
主要参考文献	(364)