

科·学·版·研·究·生·教·学·丛·书

# 现代微生物 生态学

◎ 池振明 主编



科学出版社  
www.sciencep.com

科学版研究生教学丛书

# 现代微生物生态学

## Modern Microbial Ecology

池振明 主编

本书获得中国海洋大学教材建设基金资助

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

现代微生物生态学研究的内容包括:①研究微生物生态学所用的传统和现代分子生物学方法;②在正常自然环境中的微生物种类、分布及其随着不同的环境条件变化而发生的变化规律;③在极端自然环境中的微生物种类和它们所起的作用,在极端环境中微生物的生命机理;④在自然界中微生物之间的相互关系,微生物与动植物之间的相互关系,这些相互关系对自然界的影响和环境因素对这些相互关系的影响;⑤在正常自然环境中,微生物代谢活动对自然界的影响,环境条件的变化对这些代谢活动的影响;⑥污染环境中的微生物学;⑦利用实验模型和数学模型,并借助计算机来研究和描述各种生物因素和非生物因素的相互作用。

本书适合微生物学、生态学、环境学等相关专业研究生及教师学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代微生物生态学/池振明主编. —北京:科学出版社,2005

(科学版研究生教学丛书)

ISBN 7-03-015051-1

I. 现… II. 池… III. 微生物生态学—研究生—教材 IV. Q938.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第012810号

责任编辑:单春东 李久进 魏楠 / 责任校对:陈丽珠

责任印制:安春生 / 封面设计:陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年8月第一次印刷 印张:28 1/2

印数:1—3 000 字数:540 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(路通))

## 前 言

现代微生物生态学是研究微生物与周围生物和非生物环境之间相互关系的一门科学,研究在自然环境中微生物和基因的资源多样性、微生物在自然环境中的作用和环境因素对微生物的影响。由于微生物生态学与微生物学、生态学、环境科学、生物资源学、发酵工艺学、生物工程学、海洋科学、化学、药理学、环境医学和水产养殖学有非常密切的关系,所以越来越受到重视。目前微生物生态学研究的热点仍是极端环境的微生物学、污染环境的微生物学和海洋环境的微生物学。

自然极端环境,如低温、高温、强酸、强碱、高盐、高压、高辐射和寡营养是所有动物、植物和人类无法生存的环境,但是在这些极端环境中却生长着许多具有非常独特生理功能的微生物,并发现这些微生物可以产生各种各样的特殊酶类和代谢产物,这些酶类和代谢产物具有非常特殊的实际用途。这些微生物的基因和它们的表达调控方式也非常特殊,所以这些微生物和它们的基因是非常重要的资源,而且是研究生命如何适应极端环境的良好材料。

环境污染问题是当今世界面临的重大问题之一,从严格的定义来说,受到严重污染的环境是极端环境,也是动物、植物和人类无法生存的环境。但是最近几年研究发现某些微生物却可以在这些环境中发挥重要的作用,特别是对于污染环境中有毒和难降解污染物的转化、降解和净化起着十分重要的作用,并可以利用这些作用解决日趋严重的环境污染问题,这比其他污染物处理方法更有优点。最近还发现许多污染物的转化和降解与微生物细胞中染色体基因和质粒有密切关系,并且许多与污染物转化和降解有关的基因可以通过多种遗传机制进行进化和传递,这对于通过分子微生物学方法加快污染物的生物处理和净化提供了很好的基础。

21世纪是海洋科学的世纪,微生物在海洋环境中对于物质循环和生态平衡起着非常重要的作用。海洋微生物和它们的基因是非常重要的生物资源,海洋微生物与海水养殖、海洋药物和国防建设有着非常密切的关系。所以,最近几年海洋环境的微生物学也受到广泛的重视。

1999年,笔者在山东大学微生物技术国家重点实验室工作期间编写了《微生物生态学》,并由山东大学出版社出版。该书出版后受到各大学和研究机构有关人员的欢迎,并作为国内多所大学和研究机构的本科生和研究生的教材。该书出版已经5年了,在这期间,微生物生态学的研究取得了许多新进展,我深感有必要更新和补充这些最新的研究成果和进展,使读者能及时了解这门科学的最新知识,所以编写了本书。本书中的重点内容是介绍微生物生态学研究的分子生物学方法、海洋环境的微生物、自然极端环境中的微生物和污染环境中的微生物。

本书由池振明任主编,具体编写分工是:梁丽琨参与第一章绪论的编写,王祥红负责第四章海洋环境中的微生物的编写,杜宗军参与第六章生物群体的相互作用的编写,卢伟东参与第八章微生物与化学污染物之间的相互关系的编写,池振明负责其他章节的编写和全书统稿工作。在编写本书过程中,武汉大学生命科学学院的沈萍教授和山东大学微生物技术国家重点实验室的张长铠教授对本书的内容提出了许多宝贵意见。本书的出版得到了中国海洋大学教材建设基金项目的资助。在此一并深表谢意。

微生物生态学发展非常迅速,新知识、新技术和新方法不断出现,所涉及的内容存在多学科交叉的问题,由于我们知识和水平所限,本书内容难免还有许多不足之处,敬请有关专家和广大读者提出批评和指正。

池振明  
2005年2月

# 目 录

## 前言

## 第一章 绪论

第一节 微生物生态学的研究范围和目的	1
一、什么是生态学	1
二、什么是微生物生态学	1
第二节 微生物生态学的发展历程	3
第三节 研究微生物生态学的意义	6
思考题	8
参考文献	8

## 第二章 微生物生态学研究的基本方法

第一节 微生物生态学研究的传统方法	9
一、直接测定	9
二、培养方法	9
三、代谢活力的测定	10
四、数学方法	11
第二节 研究微生物生态学的分子生物学方法	11
一、rRNA 和 rRNA 基因序列的测定	12
二、利用核酸探针和杂交技术研究微生物的多样性	15
三、全细胞杂交法的改进	20
四、其他方法	22
五、rRNA 方法的应用	27
思考题	30
参考文献	31

## 第三章 自然环境中微生物群落的组成及其变化规律

第一节 基本概念	32
一、生境	32
二、土著微生物	32
三、外来微生物	32
四、群体	32
五、群落	33
六、生态系统	33

第二节 土壤中微生物群落的组成及其变化规律 .....	33
一、土壤中微生物分布 .....	33
二、土壤中的微生物群落 .....	34
三、影响土壤微生物分布的因素 .....	36
第三节 水体中微生物群落的结构及其变化规律 .....	37
一、淡水中的微生物群落组成和代谢活力 .....	37
二、环境条件对水体中微生物群落结构的影响 .....	39
第四节 空气中微生物群落及其变化规律 .....	40
一、空气是微生物生长和生存的不良环境 .....	40
二、空气是传播微生物的介质 .....	41
三、室外空气中的微生物 .....	41
四、室内空气中的微生物 .....	42
五、空气中的微生物对生态的效应 .....	43
思考题 .....	43
参考文献 .....	43
<b>第四章 海洋环境中的微生物</b> .....	44
第一节 海洋环境中的主要微生物类群 .....	44
一、古菌 .....	44
二、真细菌 .....	45
三、真核微生物 .....	48
四、细菌在海水中的分布 .....	50
第二节 海水养殖环境中的致病菌 .....	53
一、养殖鱼类病原菌 .....	53
二、养殖对虾病原菌 .....	57
三、养殖贝类病原菌 .....	58
第三节 海水养殖环境中的有益微生物 .....	59
一、有益微生物的概念 .....	59
二、有益微生物的种类和来源 .....	59
三、有益微生物的作用机理 .....	61
第四节 深海地热环境中的微生物 .....	63
一、共生生物 .....	63
二、非共生的嗜高温微生物 .....	64
三、嗜热微生物和超嗜热微生物 .....	65
四、深海嗜热微生物的应用潜力 .....	65
第五节 海洋微生物的活性物质 .....	65
思考题 .....	73

参考文献 .....	73
<b>第五章 极端自然环境中的微生物 .....</b>	<b>75</b>
<b>第一节 低温环境中的微生物 .....</b>	<b>75</b>
一、低温环境中的微生物 .....	76
二、高温对嗜冷菌的影响 .....	78
三、微生物适应低温的分子机理 .....	80
四、嗜冷菌的应用 .....	82
<b>第二节 高温环境中的微生物 .....</b>	<b>84</b>
一、高温环境中的微生物 .....	84
二、超嗜热微生物的多样性 .....	87
三、高温环境中微生物生命的分子机理 .....	94
四、嗜热菌的耐高温遗传基础 .....	99
五、嗜热菌产物的多样性及其应用 .....	103
<b>第三节 强酸环境中的微生物 .....</b>	<b>118</b>
一、强酸环境中的微生物 .....	119
二、在极端酸性环境中微生物之间的相互作用 .....	122
三、微生物抗酸的分子机理 .....	124
四、嗜酸菌的应用 .....	125
<b>第四节 在碱性环境中的微生物 .....</b>	<b>127</b>
一、嗜碱菌的分布和分离 .....	128
二、嗜碱微生物的特殊生理特征 .....	131
三、嗜碱芽孢杆菌染色体 DNA 的物理图谱 .....	134
四、嗜碱菌的基因克隆 .....	135
五、嗜碱菌产生的酶 .....	136
六、嗜碱菌产生的代谢产物 .....	142
<b>第五节 在高盐环境中的微生物 .....</b>	<b>143</b>
一、嗜盐微生物的类型 .....	144
二、嗜盐菌的生态分布 .....	144
三、嗜盐微生物抗高盐的分子机理 .....	146
四、嗜盐菌耐盐机理的遗传基础 .....	153
五、嗜盐微生物的产物多样性及其应用 .....	156
<b>第六节 寡营养环境中的微生物 .....</b>	<b>159</b>
一、寡营养环境中的微生物 .....	159
二、寡营养环境中的微生物生命机理 .....	160
三、寡营养型微生物的应用 .....	160
<b>第七节 高压环境中的微生物 .....</b>	<b>161</b>



一、深海微生物的多样性 .....	161
二、深海沟的微生物多样性 .....	161
三、高压和低温环境中的细菌 .....	162
四、嗜压微生物的分子生物学 .....	163
五、高压下的酶活性和热稳定性 .....	163
六、嗜压菌的潜在应用 .....	164
第八节 高辐射环境中的微生物 .....	166
一、抗辐射微生物 .....	167
二、微生物抗辐射的分子机理 .....	168
三、抗辐射微生物的应用 .....	173
思考题 .....	174
参考文献 .....	174
<b>第六章 生物群体的相互作用</b> .....	176
第一节 微生物群体之间的相互作用 .....	176
一、一种微生物群体中不同个体之间的相互作用 .....	176
二、不同微生物群体之间的相互作用 .....	179
第二节 环境中细菌之间遗传物质的相互交换 .....	187
一、转化 .....	188
二、转导 .....	189
三、接合 .....	190
第三节 微生物与植物之间的相互关系 .....	199
一、微生物与植物根之间的相互作用 .....	199
二、植物内生微生物 .....	203
三、微生物与植物其他部分之间的相互作用 .....	204
四、病原微生物与植物之间的关系 .....	205
第四节 微生物与动物之间的相互关系 .....	207
一、微生物作为某些水生动物的食物 .....	207
二、微生物对于动物消化食物和获取营养所起的作用 .....	207
三、动物与光合微生物之间的共生关系 .....	211
四、动物与发光细菌之间的关系 .....	211
五、微生物与节肢动物之间的共生关系 .....	211
六、病原微生物与动物之间的相互关系 .....	212
第五节 微生物与人体的相互作用 .....	213
一、皮肤表面的微生物与人体的关系 .....	213
二、口腔中微生物与人体的关系 .....	214
三、胃肠道中的微生物与人体的关系 .....	215

思考题	215
参考文献	216
<b>第七章 微生物在生物地球化学循环中的作用</b>	217
第一节 基本概念	217
一、生物圈	217
二、能量流	217
三、营养水平	218
四、生物地球化学循环	219
第二节 碳循环	220
一、通过食物网进行碳的转移	220
二、微生物在碳循环中所起的特殊作用	222
三、环境因素和人类活动对碳循环的影响	223
第三节 氢循环	224
第四节 氧循环	225
第五节 氮循环	225
一、 $N_2$ 的固定	226
二、氨化作用	229
三、硝化作用	229
四、硝酸还原和反硝化作用	231
五、环境因素和人类活动对氮循环的影响	232
第六节 硫循环	232
一、硫和硫化物的氧化	233
二、还原性硫的转化	234
三、硫循环的实际意义	237
第七节 磷的循环	237
第八节 其他元素的循环	238
一、铁循环	239
二、锰循环	240
三、钙循环	240
四、硅循环	240
五、各种元素循环之间的相互关系	241
六、某些重金属元素的循环	242
思考题	242
参考文献	242
<b>第八章 微生物与化学污染物之间的相互关系</b>	243
第一节 自然界中化学污染物的种类、来源及其危害	244

一、自然界中化学性污染物的来源和种类	244
二、几种主要污染物的危害	246
第二节 化学性污染物对微生物的毒性	247
一、重金属污染物对微生物的毒性效应	247
二、有机污染物对微生物的毒性	249
第三节 微生物对重金属的抗性	252
一、微生物抗重金属的机制	253
二、重金属抗性的遗传基础	259
三、抗重金属菌株的应用	261
第四节 微生物适应生物难降解污染物的分子机制	261
一、遗传适应机制	263
二、研究自然环境中遗传适应的分子生物学方法	269
第五节 微生物对汞化合物的解毒机理	271
一、自然界中的抗汞微生物	271
二、微生物对无机汞化合物和有机汞化合物的抗性范围	272
三、微生物对汞和有机汞化合物毒的机理	273
第六节 微生物对其他重金属的解毒作用	279
一、铬( $\text{Cr}^{6+}$ )的微生物解毒作用	279
二、钒( $\text{V}^{5+}$ )的还原	281
三、钯( $\text{Pd}^{2+}$ )的还原	281
四、金( $\text{Au}^{3+}$ )和银( $\text{Ag}^+$ )的还原	282
五、砷( $\text{As}^{5+}$ )的还原	282
六、硒( $\text{Se}^{6+}$ 和 $\text{Se}^{4+}$ )的还原	284
第七节 放射性元素的微生物还原	285
一、放射性物质生物转化的机制	285
二、铀( $\text{U}^{6+}$ )的还原	290
三、 $\text{Pu}^{5+}$ 和 $\text{Pu}^{4+}$ 的还原	290
四、 $\text{Tc}^{7+}$ 的还原	291
第八节 苯环类污染物的降解	292
一、苯环类污染物降解的共同途径	292
二、与降解苯环类污染物有关的微生物	294
第九节 多环芳烃的微生物降解	295
一、萘的微生物降解	295
二、菲和蒽的微生物降解	296
三、苯( $\alpha$ )并芘的微生物降解	297
第十节 与苯环污染物代谢有关的酶和基因	297

一、间位裂解途径的基因 .....	297
二、外二醇二加氧酶 .....	298
三、邻位裂解途径的基因 .....	299
四、修饰过的邻位裂解途径基因 .....	300
五、内二醇二加氧酶 .....	301
六、周质空间酶的基因 .....	301
七、单加氧酶 .....	302
八、脱卤化酶 .....	303
九、调节基因 .....	303
第十一节 三硝基甲苯(TNT)的微生物降解 .....	304
一、由细菌引起的 TNT 有氧降解 .....	304
二、细菌对 TNT 的无氧降解 .....	307
三、真菌的 TNT 代谢 .....	310
第十二节 石油中碳氢化合物的微生物降解 .....	311
一、各类碳氢化合物的降解 .....	312
二、石油混合物中碳氢化合物的降解 .....	314
三、能利用碳氢化合物的微生物 .....	314
四、石油碳氢化合物分解菌的分布 .....	315
五、环境因素对石油碳氢化合物降解的影响 .....	316
第十三节 有机氯农药的微生物降解 .....	318
一、降解有机氯农药的主要反应 .....	318
二、几种代表性有机氯农药的微生物降解 .....	320
第十四节 有机磷农药的微生物降解 .....	323
一、降解有机磷农药的主要反应 .....	324
二、几种代表性有机磷农药的微生物降解 .....	325
第十五节 合成洗涤剂的微生物降解 .....	327
一、烷基苯磺酸盐的微生物降解 .....	327
二、烷基磺酸盐的微生物降解 .....	328
第十六节 偶氮染料的微生物降解 .....	330
一、环境中能使偶氮染料脱色的微生物 .....	330
二、偶氮染料的降解途径 .....	330
第十七节 尼龙寡聚体的微生物降解 .....	331
一、降解尼龙寡聚物的酶 .....	332
二、编码尼龙寡聚体降解酶的质粒 .....	333
三、尼龙寡聚体降解酶工程 .....	333
四、在假单胞菌中尼龙寡聚体的生物降解 .....	333

五、尼龙寡聚体降解的代谢工程 .....	334
第十八节 石油和煤中的生物脱硫作用 .....	335
一、特异性生物脱硫途径 .....	335
二、硫底物特异性 .....	338
三、石油原油的脱硫作用 .....	338
四、生物脱硫的分子遗传学 .....	339
五、通过基因工程方法改良脱硫酶 .....	339
第十九节 氰(腈)化合物的微生物降解 .....	340
一、游离氰(腈)化合物的生物降解 .....	340
二、金属氰复合物的生物降解 .....	342
三、氰化合物的生物处理技术 .....	342
第二十节 PCB <sub>s</sub> 微生物降解 .....	343
第二十一节 苯环污染物的厌氧降解 .....	344
一、厌氧微生物 .....	345
二、中心活性苯环中间产物的形成 .....	345
三、苯环的还原和水化作用 .....	346
四、厌氧和好氧代谢途径的比较 .....	347
第二十二节 参与环境污染物降解的可转移遗传元件 .....	347
一、质粒与质粒的基本特性 .....	348
二、降解质粒 .....	349
三、参与污染物分解的转座子和其他 MGEs .....	353
四、污染环境 中细菌质粒分布的规律 .....	354
思考题 .....	355
参考文献 .....	356
第九章 污染物处理过程中的微生物生态学 .....	357
第一节 基本概念 .....	358
一、BOD .....	358
二、甲烯蓝稳定性试验 .....	359
三、COD .....	359
四、TOD .....	360
五、NOD .....	360
六、SS .....	360
七、生物修复作用 .....	360
第二节 废气的微生物处理 .....	360
一、生物涤气器 .....	361
二、滴滤池 .....	362

三、生物滤池 .....	363
四、与废气处理有关的微生物 .....	364
五、含硫化氢气体的微生物处理 .....	365
<b>第三节 废水的微生物处理</b> .....	366
一、废水微生物处理的基本过程 .....	366
二、活性污泥法 .....	367
三、生物滤池法 .....	374
四、生物转盘法 .....	378
五、生物接触氧化法 .....	379
六、厌氧发酵法 .....	380
七、氧化塘法 .....	383
八、光合细菌处理法 .....	385
九、现代生物工程处理法 .....	386
<b>第四节 重金属污染物的微生物处理</b> .....	391
一、生物吸附 .....	391
二、利用固定化细胞吸附重金属 .....	395
三、重金属沉淀法 .....	396
四、利用微生物的转化作用去除重金属 .....	398
五、原位生物修复方法 .....	399
六、用于处理重金属污染物的常用工艺 .....	401
<b>第五节 固体废物的微生物处理</b> .....	401
<b>第六节 煤脱硫的微生物方法</b> .....	402
一、煤中的含硫化合物 .....	402
二、煤脱硫过程中所用的微生物 .....	403
三、微生物法煤脱硫之机理 .....	404
四、影响煤脱硫的环境条件 .....	405
五、煤脱硫的方法 .....	405
六、将来的方向 .....	407
<b>思考题</b> .....	407
<b>参考文献</b> .....	407
<b>第十章 微生物代谢产物对环境的污染</b> .....	409
<b>第一节 富营养化作用及其控制方法</b> .....	409
一、引起富营养化的原因 .....	409
二、引起富营养化的藻类 .....	409
三、富营养化作用的危害 .....	410
四、富营养化作用的人工控制 .....	410

第二节 重金属的甲基化作用对环境的污染	413
一、汞的甲基化作用	413
二、其他重金属的甲基化	415
第三节 含氮化合物的微生物代谢对环境的污染	417
一、 $\text{NH}_3$	417
二、 $\text{NO}_3^-$	417
三、 $\text{NO}_2^-$	417
四、羟胺	418
五、亚硝酸胺	418
第四节 含硫化合物的微生物代谢对环境的污染	419
一、二氧化硫	419
二、酸矿水	419
第五节 微生物产生的毒素对环境的污染	421
一、细菌毒素	421
二、藻类毒素	423
三、真菌毒素	425
四、微生物产生毒素对生态的效应	426
五、微生物毒素的用途	427
思考题	428
参考文献	428
<b>第十一章 微生物生态模型</b>	429
第一节 实验模型	429
一、分批培养系统	430
二、流过培养系统	430
三、微世界	433
第二节 数学模型	434
一、群体生长方程式	434
二、竞争方程式	436
三、共生方程式	437
四、捕食方程式	438
五、生物群落的数学模型	439
六、组建数学模型常用的方法	441
思考题	441
参考文献	441

# 第一章 绪 论

## 第一节 微生物生态学的研究范围和目的

### 一、什么是生态学

生态学(ecology)这个名词是由德国生物学家 Ernest Haeckel 于 1869 年首先提出来的,他当时认为生态学是动物与有机环境和无机环境的全部关系。从现代科学观点来看,较为全面和科学的生态学定义应该是研究生物与其周围生物环境和非生物环境之间相互关系的一门科学。非生物环境(abiotic environment)包括非生命物质,如土壤、岩石、水、空气、温度、湿度、光和 pH 等。生物环境(biotic environment)包括微生物、动物和植物,这些生物之间存在着生物种内和种间关系。也有人把生态学称为环境生物学(environmental biology)。

分子生态学是分子生物学理论和技术向生态学领域不断渗透,逐步发展起来的一个新的交叉研究领域。1992 年,《分子生态学》(*Molecular Ecology*)创刊时,对分子生态学概念的定义是:分子生态学的目的在于,在分子生物学与生态学之间提供一个交汇点,利用分子生物学理论为生态学和种群生物学等方面提供新理论和新见解;主要探讨用分子生物学技术解决有关自然和人为引入的种群与其所处环境之间的相互关系,以及基因修饰生命体(genetic modified organism, GMO)释放的生态风险问题。

近几年,与生态学有密切关系的生物多样性受到了人们的关注。那么,什么是生物多样性呢?生物多样性是指生物的复杂性和变异性的总和,它包括数以百万、千万计的植物、动物、微生物和它们所拥有的无限的基因、它们的生存环境以及各种复杂的生态系统。马克平等根据《生物多样性公约》认为,“生物多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和”,它包括遗传(基因)多样性、物种多样性和生态系统多样性。

### 二、什么是微生物生态学

微生物生态学(microbial ecology)是研究微生物与其周围生物和非生物环境之间相互关系的一门科学。人们仅在 20 世纪 60 年代初期才开始使用微生物生态学这个名词,因此这是一门新兴学科。

微生物生态学研究的内容包括:①微生物生态学研究的传统的和现代分子生物学方法;②在正常自然环境中的微生物种类、分布及其随着不同的环境条件变化而发生的变化规律;③在极端自然环境中的微生物种类和它们所起的作用,在



极端环境中微生物的生命机理;④在自然界中微生物之间的相互关系,微生物与动植物之间的相互关系,这些相互关系对自然界的影响和环境因素对这些相互关系的影响;⑤在正常自然环境中,微生物代谢活动对自然界的影响,环境条件的变化对这些代谢活动的影响;⑥污染环境中的微生物学;目前环境污染日趋严重,对人类健康、工农业生产和生态平衡构成了重大的威胁。微生物在净化污染环境方面起着非常重要的作用,在这种情况下,微生物生态学应重点研究污染环境中的微生物学,主要包括污染物对某些微生物的毒性、微生物对污染物的抗性和抗性机理、微生物对污染物的降解作用、污染物的微生物降解与遗传基因的相互关系、环境条件的变化对污染物降解的影响、自然微生物群落和实验室遗传构建的特殊污染物降解菌在净化废气、废水、固体废物和其他污染物的应用、自然环境中某些微生物本身以及某些微生物的代谢产物对环境的污染等;⑦由于微生物生态学是研究自然环境中的微生物学,各种生物因素和非生物因素的相互作用十分复杂,所以必须用一些实验模型和数学模型,并借助计算机来研究和描述这些相互作用,这一部分也是微生物生态学的重点内容。

微生物生态学包含的研究领域包括:自我生态学(autoecology);遗传相关的群体生态学(ecology of genetically related population);特殊生态系统的生态学(ecology of specific ecosystem),如湖泊或瘤胃中的微生物生态学,Robert Hungate 在研究反刍动物瘤胃中微生物后发现微生物群体之间存在非常复杂的相互关系;生物地质化学生态学(biogeochemical ecology),包括研究生物地质化学循环;有关小生物和大生物之间关系的生态学(ecology of relationship)和应用微生物生态学(applied microbial ecology)。

分子微生物生态学是利用分子生物学技术手段研究自然界微生物与生物(biotic)环境及非生物(abiotic)环境之间相互关系及其相互作用规律的科学,主要研究微生物区系组成、结构、功能、适应性进化及其分子机制等微生物生态学基础理论问题。

分子微生物生态学在传统微生物生态学的基础上,其研究领域有了部分扩展和深入,包括利用分子生物学技术和研究策略,揭示自然界各种环境中(尤其是极端环境)微生物多样性的真实水平及其物种组成;遗传改良和分子修饰过的微生物工程菌(genetic modified microorganism, GMM)及其抗性分子标记在环境中的转移和生态安全问题;自然环境中不同种群间基因水平转移规律及其在微生物进化和分子适应方面的研究;环境基因组学(metagenome)研究;微生物与植物共生现象(有益共生及有害共生)等。

生态学可称为环境生物学,那么微生物生态学也可以称为环境微生物学(environmental microbiology),但是在内容的重点和所包括的范围方面它们是有区别的。微生物生态学包括研究非污染环境 and 污染环境中的微生物学;而环境微生物学讨论的重点是污染环境中的微生物学,主要包括污染物对微生物活动的影响,