

# 微生物生态学

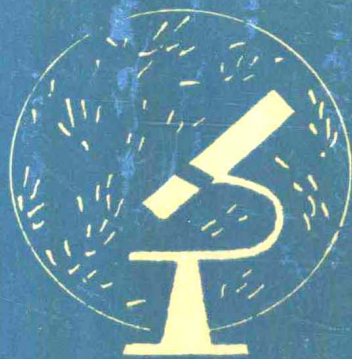
WEISHENGWUSHENGTAIXUE



许光辉 编著  
李振高

东南大学出版社

封面设计 侯小明 陈 欢



ISBN7—81023—498—6

R·30 定价：7.40元



# 微生物生态学

主编 许光辉 李振高

编著 许光辉 李振高 黄隆广  
孙文筠 马晓航 章亭洲

东南大学出版社

## 【苏】新登字第012号

### 内容简介

本书是一本学术专著,同时又是一本内容非常丰富的教学参考书,主要介绍微生物生态学的基本知识及其有关的理论和应用研究的成果。全书分十二章,包括绪论;微生物生态学的基本原理;环境中碳、氮和其它元素的微生物转化;土壤、水体和空气中微生物群落的结构和功能;微生物与植物、动物的相互关系;环境污染和微生物;微生物生态学的应用及其研究方法等。书后附有拉汉名称和英汉名词对照。

本书可供工、农、林、医以及环保、轻工、食品等有关微生物和发酵等专业的科技人员和高等院校师生参考。

### 微生物生态学

许光辉 李振高 主编

---

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 南京京新印刷厂印刷

开本 850×1168毫米 1/32 印张13.875 字数348千

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数: 1—2000册

---

ISBN 7—81023—498—6

---

R·30 定价: 7.40元

责任编辑 常风阁

责任校对 刘娟娟

## 前 言

在地球上，生物有机体与其所居住环境之间，生物与生物之间，都是相互联系，相互依存，相互制约，而形成为一个不可分割的统一体，即生态系统。

生态系统有大有小。生物圈是最大的生态系统。在地球的表面存在着海洋生态系统、淡水生态系统和陆地生态系统。而陆地生态系统中又有森林生态系统、草原生态系统和农田生态系统等，它们占据着陆地面积的大部分。人工控制的生物反应器，是一个比较小的生态系统。

一个完整的生态系统包括非生物成分和生物成分。非生物成分指生物有机体生存的环境，其中包括阳光、热、水分、大气和土壤等。生物成分中有绿色植物、动物和微生物。绿色植物是生产者，借助于叶绿素把太阳能转化为化学能贮藏起来，成为一切生物赖以生存的物质基础，即能量的基本来源。动物是消费者，其中包括草食动物、肉食动物和杂食动物；微生物主要靠分解动植物残体取得能量。没有微生物的分解活动，动植物遗体就可能把地球表面堆积得满满的，一切生物都将无立锥之地。因此，微生物是分解者。但是，微生物又可由无机物合成为有机物，并转化有机物，因而它同时又是生产者。

人类是生态系统组成中的一个成员，又是生态系统中的干预者和调节者，是一个举足轻重的因素。人类在历史发展的过程中，由于对自然规律，特别是对生态学方面的自然规律认识的局限性，在对生态系统的索取方面，也经常错误地运用自己的才能，甚至不择手段地掠夺自然，造成许多严重的生态失调现象，

甚至导致生态系统的崩溃，产生不可挽回的生态灾难。

生态系统内部，生物与环境之间以及生物与生物之间的联系，是通过能量流动和物质循环来实现的。而能量流动和物质循环是通过食物链和食物网的形式表现出来，是营养关系。

随着社会的进步和生产的发展，世界性的人口过剩、能源耗竭和环境污染的危机正在不断加剧，因此，研究全球性生态系统物质转移和能量流动的规律，便成为世人瞩目的课题。微生物作为物质循环和能量流动的主要参与者之一，在生态系统中占有特别重要的地位。微生物在生态系统中具有供能、贮能和把能由一种生物传递到另一种生物的功能。在生态系统的食物链中，微生物是不可忽视的重要环节。

微生物生态学是由生态学和微生物学相结合所产生的一门边缘学科。它与许多学科有着密切的联系，是一门综合性很强的学科，涉及到自然科学的广泛领域。作为应用科学的污染微生物生态学，更是与社会科学有着广泛的联系。它包括了由各学科相互渗透所产生的许多新学科，例如，农业微生物生态学、工业微生物生态学、医学微生物生态学、兽医微生物生态学和环境微生物生态学等等。

微生物生态学是一门基础学科，同时又是一门应用学科，它的任务是掌握自然规律，更好地发展生产，保护环境，造福于人类。

本书是一本学术专著，同时又是一本教学参考书。主要是介绍微生物生态学的基本知识及其有关的理论研究和应用研究的成果。全书共分十二章。

书中大量应用了实际调查的资料，其中包括编著者自己的研究成果，

在附录中有主要参考书和拉汉、英汉对照检索表，便于读者查阅参考。

参加本书编著的有：许光辉（浙江省微生物研究所）、李振高（中国科学院南京土壤研究所）、黄隆广（江苏省农业科学院土壤肥料研究所），孙文筠、马晓航、章亭洲（浙江省微生物研究所）。

本书适用于综合性大学生物系、农、林院校土化系、植保系、农学系、兽医系、环保系等有关微生物专业，轻工、食品等发酵专业和医学院校微生物专业的学生和研究生学习和进修，同时，也可供大专院校微生物专业教师和从事与微生物生态有关专业的科技人员在教学和研究工作中作参考。

我国著名微生物学家，南京农业大学樊庆笙教授为本文作序。全文插图和照片由中国科学院南京土壤研究所绘图室清绘和崔荣浩同志拍摄，在此一并致谢。

近年来，微生物生态学蓬勃发展，研究方法和技术上都有较大的突破，特别是生物技术的广泛应用，使微生物生态学的应用更为广泛，国内外研究资料十分丰富。限于篇幅和时间，疏漏之处实难避免，盼专家学者和读者不吝指正。

**编著者**

1988. 12. 28.



# 序

微生物和植物、动物一样是生物圈内的物质循环和能量流转的主要当事者。在各个生态系统中，微生物虽然处在分解者的地位，但也起着部分生产者的作用。微生物生态知识的重要意义已得到普遍重视，微生物生态学也就发展成为微生物作用于生态系的一门基础理论学科，也为调控其生态活动，发展工农业，保护健康和环境的一门应用学科。

国外已有微生物生态学的专著和教材出版，国内因这门学科发展较迟，至今尚未见到完整的专著。许光辉研究员和李振高副研究员等以多年从事微生物生态研究的成果，并选取了国内外有关研究的资料，合力编著了此书。书中提供了微生物生态学方面的许多新的知识和明确的概念，并以农业、工业、医学和环境保护中的实例，论证了微生物生态学与各行各业的广泛联系，因此本书具有较高的理论水平和实用价值。是当前国内的一本结构完整，内容系统的微生物生态学专著。相信本书的出版将对推动我国微生物生态学的发展产生积极作用。

南京农业大学

樊庆笙

1989. 1.

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
第一节 微生物生态学发展简史.....	(2)
第二节 微生物生态学研究内容.....	(5)
第三节 微生物生态学与其它学科的关系.....	(8)
第四节 微生物生态学的任务.....	(10)
<b>第二章 微生物生态学的基本原理</b> .....	(12)
第一节 环境的概念.....	(12)
第二节 生物圈和生态系统.....	(14)
第三节 能量流、食物链和营养级.....	(21)
第四节 种群、群落和种间关系.....	(30)
第五节 生物地球化学循环.....	(38)
<b>第三章 环境中碳素的微生物转化</b> .....	(41)
第一节 碳素的生物地球化学循环.....	(41)
第二节 土壤中碳素循环.....	(45)
第三节 水域中的碳素循环.....	(47)
第四节 碳素循环的平衡.....	(51)
第五节 特殊类型碳素化合物的分解.....	(54)
第六节 生物杀伤剂和碳素循环.....	(59)
第七节 人类对碳素循环的影响.....	(62)
<b>第四章 环境中氮素的微生物转化</b> .....	(65)
第一节 生物圈内氮素的分布和生物地球化学循环.....	(65)
一、水域中的氮.....	(67)
二、土壤中的氮.....	(68)

第二节	氮素循环的微生物学	(68)
一、	硝化作用	(70)
二、	硝酸还原作用和反硝化作用	(72)
三、	固氮作用	(74)
第三节	环境和农业活动对氮素循环的影响	(79)
<b>第五章</b>	<b>环境中其它元素的微生物转化</b>	<b>(85)</b>
第一节	硫的转化	(85)
第二节	磷素循环	(94)
第三节	铁、锰和其它金属元素的转化	(97)
第四节	硅的循环	(98)
<b>第六章</b>	<b>土壤中微生物群落的结构和功能</b>	<b>(100)</b>
第一节	土壤化学、结构和环境	(100)
第二节	土壤中微生物的生态分布	(104)
第三节	土壤中常见的微生物类群	(111)
第四节	土壤中微生物间的相互关系	(125)
第五节	根际微生物	(133)
第六节	土传病原微生物的生物学控制	(141)
第七节	人类活动对土壤微生物的影响	(144)
<b>第七章</b>	<b>水体中微生物群落的结构和功能</b>	<b>(149)</b>
第一节	微生物生活环境中水的特性	(149)
一、	温度和水的密度	(149)
二、	溶解性气体和pH	(151)
三、	盐度	(153)
四、	阳光	(154)
五、	水流	(155)
六、	营养	(155)
七、	压力	(156)
第二节	水体中微生物群落的结构	(156)

一、浮游生物	(158)
二、漂游生物	(169)
三、石面微生物及其相关的群落	(170)
四、沙面微生物及其相关的群落	(173)
五、泥面微生物及其相关的群落	(175)
六、植物表面微生物	(184)
七、动物表面微生物	(187)
第三节 水生环境的群落关系和食物网	(188)
第四节 富营养化和污染	(189)
<b>第八章 空气中微生物群落的结构和功能</b>	(195)
第一节 大气中微生物的生态分布	(196)
第二节 气生植物表面的微生物	(201)
第三节 室内空气中的微生物	(208)
第四节 微生物与空气污染	(212)
<b>第九章 微生物之间及其与植物和动物的相互关系</b>	(214)
第一节 微生物之间的相互关系	(215)
第二节 微生物与植物之间的相互关系	(222)
一、植物表面附生微生物	(222)
二、植物与微生物的共生体	(224)
三、植物的寄生微生物	(234)
第三节 微生物与动物之间的相互关系	(236)
一、动物与微生物的捕食关系	(236)
二、藻类与动物的共生	(237)
三、真菌与无脊椎动物的共生	(238)
四、海洋生物和发光细菌	(239)
五、蚯蚓肠道内的微生物	(239)
六、低等白蚁消化道内的微生物	(240)
七、培养真菌的蚂蚁	(242)

八、食草哺乳动物消化系统中的微生物 .....	(244)
九、微生物与人体的关系 .....	(248)
十、微生物在动物体内的寄生 .....	(251)
十一、动物致病的某些生态学问题 .....	(252)
<b>第十章 环境污染和微生物</b> .....	(254)
<b>第一节 微生物形成的污染物</b> .....	(255)
一、微生物产生的毒性物质 .....	(255)
二、水体的富营养化 .....	(257)
三、重金属的甲基化 .....	(259)
四、酸性矿水的形成 .....	(262)
<b>第二节 环境污染物的微生物降解</b> .....	(265)
一、有机污染物的微生物降解 .....	(265)
二、无机污染物的微生物转化 .....	(274)
<b>第三节 污水的微生物处理</b> .....	(276)
一、天然水体的自净现象 .....	(277)
二、污水生物处理的作用机理 .....	(278)
三、污水生物处理的类型 .....	(280)
<b>第四节 选育高效菌株来处理特定废水</b> .....	(287)
一、氰(睛)化合物的分解菌 .....	(287)
二、分解酚的微生物 .....	(288)
三、高抗汞菌 .....	(288)
四、光合细菌 .....	(289)
<b>第十一章 微生物生态学的应用</b> .....	(291)
<b>第一节 生态工程的概念</b> .....	(291)
一、物质能量的多层分级利用 .....	(292)
二、物质的转化与再生 .....	(292)
三、无污染工艺 .....	(292)
四、多功能系统的完全代谢过程 .....	(293)

第二节	微生物生态学在农业中的应用	(293)
一、	在菌根真菌研究中的应用	(294)
二、	植物土传病原菌的生态防治	(295)
三、	在土壤肥料方面的应用	(296)
✓ 四、	在畜牧业和饲养业上的应用	(297)
第三节	微生物生态学在工业中的应用	(298)
一、	在酿酒业中的应用	(298)
二、	沼气发酵的微生物生态学	(301)
三、	在有机酸发酵上的应用	(302)
✓ 第四节	微生物生态学在人和兽医中的应用	(303)
一、	营养调整	(304)
二、	抗菌调整	(304)
三、	活菌制剂	(304)
第五节	微生物生态学在环保中的应用	(305)
一、	活性污泥微生物生态学及其应用	(305)
二、	利用光合细菌处理高浓度有机废水	(306)
<b>第十二章</b>	<b>微生物生态学的研究方法</b>	<b>(309)</b>
第一节	研究样品的采集	(310)
一、	土壤样品	(310)
二、	污泥样品	(311)
三、	水样品	(313)
四、	空气样品	(314)
第二节	微生物的直接观察法	(314)
一、	埋片法	(315)
二、	毛细管法	(317)
第三节	微生物的计数法	(318)
一、	平板计数法	(318)
二、	液体计数法	(319)

第四节 微生物的生物量.....	(324)
一、ATP测定法.....	(324)
二、靛仿熏蒸法.....	(326)
第五节 微生物生化活性的测定.....	(328)
一、氨化作用.....	(328)
二、固氮作用.....	(330)
三、纤维素分解作用.....	(333)
四、酶活测定.....	(335)
五、呼吸作用.....	(342)
第六节 BOD, COD的测定.....	(348)
一 BOD的测定.....	(348)
二、COD的测定.....	(350)
第七节 厌氧培养技术.....	(356)
一、焦性没食子酸吸氧法.....	(356)
二、充氮除氧培养法.....	(357)
三、亨盖特氏转管法.....	(358)
第八节 微生物的鉴定.....	(359)
一、鉴定微生物的常用方法.....	(360)
二 各类微生物的检索表.....	(361)
<b>附录:</b>	
一、拉汉对照名称.....	(389)
二、英汉对照名词.....	(415)
<b>主要参考文献.....</b>	<b>(427)</b>

# 第一章 绪 论

生态学是生物科学的一个重要分支，是研究生物与环境之间相互关系的科学。

现存地球上的一切生物都是在极其复杂的自然条件下，经历了漫长的地质变迁，气候变化，冰川的袭击，生物之间的竞争等无数次考验而幸存下来的。它们的形态、生理、行为的特点都是与它们生存的特定制环境相适应的。它们同周围的环境相互联系，相互依存，相互协调，通过繁衍后代，得以生存和发展。

生态学 (Ecology) 一词，是由希腊文的“oikos”和“logos”两个词的词根所组成。前者意为居住地或住所，后者是指研究或讨论。最早使用这个词的是德国生物学家赫克尔(E. Haeckel, 1869)。他所下的定义是：“生态学是动物对有机和无机环境的全部关系”。此后，许多学者对生态学作过各种不同的解释。而至今为大家所采用的定义是：“生态学是研究生物与其周围环境之间相互关系的科学”。

(在这里，所指的周围环境包括无机因素和有机因素两个方面。无机因素是指温度、光、水分、空气、土壤等环境的物理和化学因素。有机因素则包括生物群落内的所有成员。这就是说，生物的生存、活动不仅受环境中无机因素的制约，而且和环境中的其它生物有着密切的联系。它既是环境的组成部分，又是环境的利用者。在生物之间彼此互为环境条件。生物与环境之间的相互关系不仅表现生物受环境的影响，而且生物通过自己的生命活动，可以影响甚至改变周围环境。)

(环境中的一切因素都不是孤立地存在的。光、热、水、气、



矿质养料等重要环境因素都是共同存在，而且又相互依赖，相互制约，相互影响，相互协调。环境也不是静止的，各个因素的变量配合和其间的相互补偿和调节，形成了千差万别的和大小不同的生态环境。各种生物，包括人类在内，按其演化定型的遗传特性和对环境的适应能力，协调地生活在特定的和相适应的环境之中，达到相对动态的生态平衡。)

任何科学概念的提出都反映人们观察了无数客观事实后的总结和提高。生态学概念的确立标志着人类对自然生态规律的认识发展到一个新的阶段。然而，生态学的现象和知识却是生物有史以来就存在的。它反映自然界生物生存、发展、演化的必然规律，表现为生物与环境之间协同进化的过程。

## 第一节 微生物生态学发展简史

人类对自然的认识总是随着生产的发展而逐步加深的。在人类诞生以前，自然选择是推动生物进化的主要动力。而在人类诞生以后，特别是随着生产的发展和社会的进步，人具有影响环境和改造自然的巨大智慧和力量，对生物的进化和兴衰产生着深刻的影响。随着生产进一步的发展，必然对科学提出了更高的要求。早在16世纪，已有许多学者对一些自然现象，生物的形态和习性以及生物之间的关系进行观察和记载，并有一些关于生态学的著作问世。这些都为19世纪60年代生态学概念的提出和学科的发展打下了基础。到了20世纪，生态学已经成为一门独立的科学。这些年来，随着困扰人类的人口、粮食、资源和环境四大问题的日益突出，生态学受到普遍的重视，并得到迅速的发展。

(生物学也和其它学科一样，研究工作向着微观和宏观两个方面发展。它们二者是相辅相成和互相促进的。在微观方面，主要是对从个体到器官、组织、细胞的研究，并深入到分子生物学的水平。