

全国高职高专规划教材

# 环境微生物学 (第二版)

HUANJING WEISHENGWUXUE

苏锡南 主编

中国环境出版社

全国高职高专规划教材

# 环境微生物学

(第二版)

苏锡南 主编

姚 珺 盛凤美 副主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境微生物学 / 苏锡南主编. —北京: 中国环境出版社, 2015.3  
全国高职高专规划教材  
ISBN 978-7-5111-2260-5

I. ①环… II. ①苏… III. ①环境微生物学—高等职业教育—  
教材 IV. ①X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 037326 号

出版人 王新程  
责任编辑 黄晓燕  
责任校对 尹芳  
封面设计 宋瑞

---

出版发行 中国环境出版社  
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
电子邮箱: [bjgl@cesp.com.cn](mailto:bjgl@cesp.com.cn)  
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)  
010-67112735 (环评与监察图书分社)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2006 年 2 月第 1 版 2015 年 3 月第 2 版  
印 次 2015 年 3 月第 1 次印刷  
开 本 787×960 1/16  
印 张 19.75  
字 数 396 千字  
定 价 26.00 元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】  
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

## 第二版前言

环境微生物学 2006 年第一版至今已使用多年, 为广大高职高专环境保护类专业学生的学习提供了帮助, 同时得到了同行和中国环境科学出版社的大力支持。为更好满足高等专科学校和高等职业技术学院环境保护类专业学生后续专业课程学习的需要, 本次编写了该书的第二版。结合几年来本书的使用情况, 并充分考虑到环境微生物学在高职高专环境保护类专业教学中的地位 and 作用, 第二版依然坚持“理论教学够用为度”及“实际、实用、实践”的原则, 全书共分为 10 章, 在内容和结构上与第一版保持一致, 在此基础上对部分章节的内容进行调整和梳理。其中, 第三章微生物生理部分补充了微生物分解代谢的途径, 对第四章微生物的生长和遗传变异部分作了局部内容的补充和删减, 更新修改第五章微生物生态部分的内容, 对第八章有机污染治理中微生物的作用部分进行压缩和删减, 实验部分增加了耐热大肠菌群的测定, 并对部分内容进行修改、删除。

本书第二版的编写, 得到中国环境出版社、王焕校教授、王宜明教授、高红武教授以及多位使用该书教师的支持和协助, 在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限, 书中不妥或错漏之处难以避免, 恳请广大同仁、读者批评指正。

编者

2015 年 1 月

# 前 言

在微生物学领域里，由于分子生物学、分子遗传学以及生态学的发展，促进了环境微生物学的发展，许多微生物应用技术渗透到环境保护工作中，为改善人类的生存环境和消除环境污染起到了重要作用。微生物是自然生态系统中的基本成分，物质循环和能量流动与之紧密相连，它通过分解环境中的各种有机物，其中包括人类活动产生的各类废弃物和有机污染物，在维持自身生长繁殖的同时，也维持了自然生态系统的相对平衡，帮助人类“清洁”环境。

环境微生物学是环境保护类专业的专业基础课，它为学生学习水污染控制工程、大气污染控制工程、环境监测、固体废弃物处理与利用等专业课程提供了必需的微生物基本理论和实验技能。高职高专培养的是适应生产、服务、管理第一线需要的高技能应用型人才，以此为目标，本教材的编写按照“理论教学够用为度”及“实际、实用、实践”的原则，比较系统地介绍了微生物形态、构造、营养、代谢、生长繁殖及遗传变异等基础知识，在满足后续课程需要的基础上，对部分内容作了调整和删减，例如：微生物代谢部分只介绍了产能代谢。在微生物的实际应用方面，介绍了微生物对环境产生的影响，微生物在自然界物质循环中的作用，微生物技术在环境治理中的应用等内容。实验部分包括微生物的基本技能和操作方法，水中、空气中微生物的检测，污染物高效降解菌株的分离、筛选、培养等实验。

本书是高等专科学校和高等职业技术学院环境类专业的基础教材，其内容比较全面，图文并茂，叙述简明，有一定的广度和深度，并增加了现代生物技术的环境保护应用中的新方法、新技术。全书共分为十章，由苏锡南担任主编，并编写第一章、第三章的第二节、第五章、第七章的第六节，姚琨担任副主编，并编写第七章、第八章，盛凤美担任副主编，并编写第六、九章。第二章、第三章第一节由经剑颖编写，第三章的第三节和第四章由赵野编写，实验部分由葛晓燕编写。全书由云南大学生命科学院王焕校教授审稿，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中不妥或错漏之处难以避免，恳请广大同仁、读者批评指正。

编 者

2005年5月

# 目 录

第一章 绪 论.....	1
第一节 生态环境中微生物的作用.....	1
一、环境问题.....	1
二、微生物在生态环境中的作用.....	2
第二节 微生物概述.....	3
一、微生物的分类与命名.....	3
二、微生物的特点.....	4
三、微生物对人类的影响.....	7
第三节 环境微生物学研究的内容和任务.....	8
复习与思考题.....	9
第二章 微生物的主要类群.....	10
第一节 原核微生物.....	10
一、细菌.....	10
二、放线菌.....	24
三、蓝细菌.....	26
四、其他原核微生物.....	28
第二节 真核微生物.....	29
一、原生动物.....	30
二、微型后生动物.....	35
三、藻类.....	38
四、真菌.....	41
第三节 非细胞型微生物——病毒.....	48
一、病毒的定义和特点.....	48
二、病毒的形态和构造.....	48
三、病毒的增殖.....	51
复习与思考题.....	56

第三章 微生物生理.....	57
第一节 微生物酶.....	57
一、酶的定义和组成.....	57
二、酶蛋白的结构.....	58
三、酶的活性中心.....	61
四、酶的分类与命名.....	62
五、酶的催化特性.....	63
六、影响酶促反应速度的因素.....	65
第二节 微生物的营养.....	71
一、微生物的营养物质及其功能.....	71
二、微生物的营养类型.....	73
三、培养基.....	75
四、物质进出微生物细胞.....	79
第三节 微生物的产能代谢.....	83
一、发酵.....	83
二、有氧呼吸.....	89
三、无氧呼吸.....	92
四、能量转换.....	95
复习与思考题.....	96
第四章 微生物的生长和遗传变异.....	98
第一节 微生物的生长及其控制.....	98
一、微生物的生长.....	98
二、环境因素对微生物生长的影响.....	106
三、微生物生长的控制.....	112
第二节 微生物的遗传变异.....	117
一、微生物的遗传.....	117
二、微生物的变异.....	129
三、微生物遗传变异的应用.....	133
第三节 菌种的衰退、复壮和保藏.....	136
一、菌种的衰退和复壮.....	136
二、菌种的保藏.....	138
复习与思考题.....	139

<b>第五章 微生物生态</b> .....	140
<b>第一节 土壤微生物生态</b> .....	140
一、土壤的生态条件.....	140
二、土壤中微生物的种类、数量和分布.....	141
三、土壤自净作用和污水灌溉.....	142
<b>第二节 水体微生物生态</b> .....	143
一、水体的生态条件.....	143
二、水体中微生物的种类、数量和分布.....	143
三、水体的自净作用.....	146
四、污染水体生物系统.....	147
五、水的卫生细菌学检验.....	148
六、水中微生物的控制.....	154
<b>第三节 空气微生物生态</b> .....	155
一、空气中微生物的来源.....	155
二、空气中微生物的种类、数量和分布.....	155
三、空气中微生物的卫生标准.....	156
四、空气中微生物的检验.....	157
<b>第四节 微生物的生物环境</b> .....	158
一、互生.....	158
二、共生.....	159
三、拮抗.....	160
四、寄生.....	161
<b>复习与思考题</b> .....	161
<b>第六章 微生物对环境的污染和危害</b> .....	163
<b>第一节 水体富营养化</b> .....	163
一、富营养化形成的条件.....	163
二、富营养化的危害.....	165
三、富营养化的防治.....	166
<b>第二节 微生物代谢产物对环境的污染</b> .....	166
一、微生物毒素.....	167
二、含氮化合物.....	170
三、气味代谢物.....	171
四、酸性矿水.....	172
<b>第三节 病原微生物</b> .....	173



一、空气中的微生物污染 .....	173
二、水中的微生物污染 .....	174
三、土壤中的病原微生物 .....	175
复习与思考题 .....	176
<b>第七章 微生物在自然界物质循环中的作用 .....</b>	<b>177</b>
<b>第一节 碳循环 .....</b>	<b>178</b>
一、微生物分解有机质的一般途径 .....	178
二、淀粉的转化 .....	179
三、纤维素的转化 .....	181
四、半纤维素的转化 .....	183
五、果胶质的转化 .....	183
六、脂肪的转化 .....	184
七、木质素的转化 .....	187
八、烃类物质的转化 .....	188
<b>第二节 氮循环 .....</b>	<b>190</b>
一、蛋白质的转化 .....	191
二、尿素的转化 .....	193
三、硝化作用 .....	193
四、反硝化作用 .....	194
五、固氮作用 .....	195
<b>第三节 硫循环 .....</b>	<b>196</b>
一、含硫有机物的转化 .....	197
二、无机硫化物的转化 .....	197
<b>第四节 磷循环 .....</b>	<b>199</b>
一、含磷有机物的转化 .....	200
二、无机磷化合物的转化 .....	200
<b>第五节 金属的转化 .....</b>	<b>201</b>
一、汞的转化 .....	201
二、砷的转化 .....	203
三、硒 .....	205
四、铁、锰的转化 .....	206
五、其他金属的转化 .....	207
<b>第六节 人工合成有机物的降解和转化 .....</b>	<b>208</b>
一、农药的微生物降解 .....	208

二、多氯联苯.....	211
三、二噁英的微生物降解.....	212
复习与思考题.....	213
<b>第八章 有机污染治理中微生物的作用.....</b>	<b>214</b>
第一节 水体中有机污染的微生物处理.....	214
一、好氧微生物处理.....	215
二、厌氧生物处理.....	224
三、微生物的生态处理.....	227
四、废水的生物脱氮除磷.....	230
第二节 固体和气体有机废物的微生物处理.....	233
一、固体有机废物的微生物处理.....	233
二、气体有机废物的微生物处理.....	236
复习与思考题.....	239
<b>第九章 微生物技术在环境保护中的作用.....</b>	<b>241</b>
第一节 细胞工程与环境保护.....	241
一、基本概念.....	242
二、细胞工程的应用.....	242
第二节 酶工程与环境保护.....	244
一、基本概念.....	244
二、酶工程的应用.....	245
第三节 发酵工程与环境保护.....	247
一、基本概念.....	248
二、固体发酵.....	248
三、有机废物生产饲料.....	248
第四节 微生物修复技术.....	249
一、微生物修复的基本原理.....	249
二、污染环境微生物修复技术的应用.....	251
第五节 微生物与可持续发展.....	254
一、微生物与清洁生产.....	255
二、微生物与废物资源化.....	258
复习与思考题.....	259

第十章 实验.....	260
实验一 显微镜的使用及细菌、放线菌和蓝细菌个体形态的观察.....	260
实验二 霉菌、酵母菌、藻类及原生动物形态的观察.....	266
实验三 微生物细胞的计数.....	267
实验四 微生物的染色.....	269
实验五 培养基的制备和灭菌.....	272
实验六 细菌纯种分离、培养和接种技术.....	277
实验七 细菌菌落总数 (CFU) 的测定.....	281
实验八 总大肠菌群的测定.....	284
实验九 耐热大肠菌 (粪大肠菌群) 的测定.....	288
实验十 空气微生物的检测.....	290
实验十一 酚降解菌的驯化、分离与筛选.....	292
附录.....	294
附录 1 教学用染色液的配制.....	294
附录 2 几种常用染色方法.....	296
附录 3 教学用培养基.....	297
附录 4 显微镜的保养.....	298
附录 5 总大肠菌群 MPN 检索表.....	299
参考文献.....	303

# 第一章 绪论

## 第一节 生态环境中微生物的作用

### 一、环境问题

人类是环境发展到一定阶段的产物，环境是人类生存的物质基础。因此，人类的生活、生产和一切活动都和环境分不开，与生态系统的结构和功能状况密切相关。今天，即使是在严冬酷暑时节，人们仍然可以在温暖如春的办公室里自由自在地工作，而女性们则为了追求曲线美不惜代价地减肥。然而，人们舒适、富裕的生活是建立在消耗资源和能源，同时排出大量废弃物的基础上的。

工业革命使人类的生产能力得到了巨大的发展，大大提高了人类利用和改造环境的能力，同时也带来新的环境问题。工业生产过程中排放的废水、废气和废渣，在环境中难以降解和转化造成了严重的环境污染。与大工业相伴而来的都市化、交通运输以及农业的发展，使人类生存的环境进一步恶化。从 1930 年代比利时马斯河谷的大气污染事件开始，震惊世界的环境公害不断发生，大气、水体、土壤及农药、噪声和核辐射等环境污染对人类生存安全构成了严重威胁。1962 年美国女作家蕾切尔·卡逊的著作《寂静的春天》出版。当时，以 DDT 为中心的有机氯杀虫剂，因对人畜有害的昆虫具有决定性的杀灭力，被看成是“人类的救世主”。作者在书中大胆地提出警告，指出残留毒性很强的 DDT 无限制地喷洒，将严重污染生态环境以致使野生生物死亡和灭绝，春天到来时，连鸟叫声都听不到的寂静的世界将要来临。该书在美国引起激烈争论，由此美国制定了限制使用 DDT 等持续性农药的法律。1972 年在瑞典的斯德哥尔摩召开了联合国的一次人类环境会议，通过了人类环境宣言，这本书对推动各国政府和人民为维护 and 改善人类环境，造福全体人民和后代而共同努力发挥了重要作用。

目前对人类生存和发展产生严重威胁的环境问题，一类是因人类活动所排放的废弃物而引起的环境污染，如温室效应与气候变暖、臭氧层破坏、酸雨、有毒有害物质污染等；另一类是生态环境的破坏。环境污染产生的原因主要是资源的不合理使用，造成有用的资源过多地变为废物进入到环境中引起危害。生态破坏则是由于

人类对自然资源的不合理开发利用而引起的生态系统破坏,造成生态平衡失调,生物多样性锐减和生产量下降,如植被破坏、水土流失、土壤侵蚀、土地荒漠化等。两类环境问题不是相互孤立的,而常常是相互作用、相互影响。

综上所述可看出,环境问题的实质是由于人类活动超出了环境的承受能力,对其生存所依赖的自然生态系统的结构和功能产生了破坏作用,导致人类与其生存环境的不协调。

## 二、微生物在生态环境中的作用

生态系统包括非生物环境、生产者、消费者和分解者组成成分,它是由生产者、消费者和分解者三个亚系统的生物成员与非生物环境成分间通过能流和物流而形成的高层次生物组织,是一个物种间、生物与环境间协调共生,能维持持续生存和相对稳定的系统(图 1-1)。生态系统是地球上生物与环境、生物与生物长期共同进化的结果。

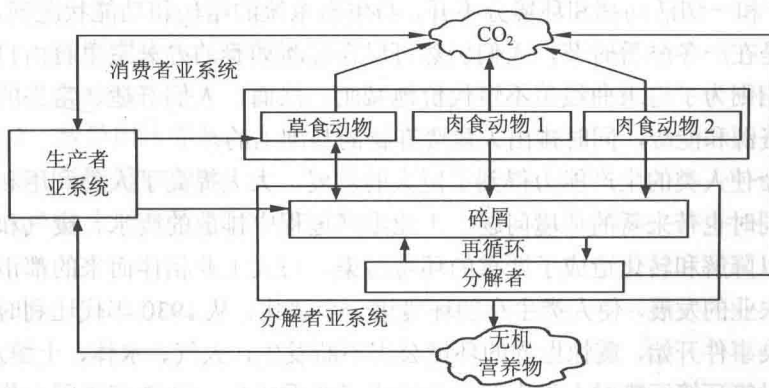


图 1-1 生态系统结构的一般性模型 (李博 2000)

微生物是生态系统中的重要成员。广泛存在于自然界的异养微生物不仅是生态系统中的消费者,更为重要的是它们是自然界有机物质的积极分解者。在各种微生物的联合作用下,环境中存在的形形色色有机物可被逐步降解与转化,最终形成简单的  $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $NH_3$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $PO_4^{3-}$  等而归还于环境,从而完成自然界生态系统中的物质循环。

当污染物大量进入自然环境后,必然引起自然界微生物群落的变动,一些不适应污染环境的微生物种类从环境中消失,原有自然环境中的微生物种群将被新的适应污染环境的微生物种群所取代,种群的组成、数量和结构随之发生变化。同时,进入环境的污染物可以诱导微生物发生变异,从而产生对污染物具有更强的耐受能力和分解能力的微生物新物种或变异菌株。因此,微生物在环境保护和环境治理中,在保持生态平衡等方面,起着举足轻重的作用。随着工业的发展和人口的增加,排

放进入环境的各种污染物不断增多,且污染物的性质变化多样,而微生物的种类也可随之相应增多,显现出更加多样性。这使微生物的作用在环境污染治理和环境保护中具有重要意义。

## 第二节 微生物概述

微生物不是分类学上的名词。人们把那些形体微小( $<0.1\text{ mm}$ ),结构简单,肉眼难以看到,必须借助光学显微镜或电子显微镜才能看清的低等微小生物统称为微生物。根据其有无细胞结构和细胞核结构的差异将之区分为病毒、原核微生物和真核微生物。它们中大多数为单细胞,少数为多细胞,病毒则为无细胞结构。

### 一、微生物的分类与命名

#### 1. 微生物的分类

微生物的类群十分庞杂,它们形态各异,大小不同,生物特性差异极大,为了识别和研究微生物,将各种微生物按其客观存在的生物属性(如个体形态及大小、染色反应、菌落特征、细胞结构、生理生化反应、与氧的关系、血清学反应等)及它们的亲缘关系,有次序地分门别类排列成一个系统,从大到小,按界、门、纲、目、科、属、种等分类。“种”是分类的最小单位,微生物的种是一个基本分类单元,它是表型特征高度相似、亲缘关系极其接近,与同属的其他物种有着明显差异的一群菌株的总称。在种内微生物之间的差别很小,有时为了区分细小差别可用“株”表示,但“株”不是分类单位。

各类群微生物有各自的分类系统,如细菌分类系统、酵母分类系统、霉菌分类系统。其中以国际学术界的权威学者不间断地集体修订为特色的《伯杰氏系统细菌学手册》被公认为经典佳作,是国际上最为流行的实用版本。该手册最早成书于1923年,第一版名为《伯杰氏鉴定细菌学手册》,到现在它已先后修订出版了11个版本。

#### 2. 微生物在生物界中的地位

在历史上人们只把生物区分为两界,即植物界和动物界,把一些具有细胞壁不能运动的类群如藻类、真菌等归属于植物界,另一些不具细胞壁而能运动的类群如原生动物归属于动物界。但自然界中有许多生物,将它们归属于植物界或动物界均不适宜,因此,1969年魏塔克(Whittaker)首先提出了生物的五界系统,把自然界中有细胞结构的生物分为五界。我国学者王大相等提出将无细胞结构的病毒看作一界,这样便构成了生物的六界系统(表1-1)。

从表1-1中可以看出,微生物包括病毒、细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体、立克次氏体、单细胞藻类、原生动物、酵母菌、霉菌等类群,它们中既有原

核生物，又有真核生物，还有非细胞结构的生物，在六界系统中占有四界。在环境微生物学中还将微型后生动物也划入研究范畴内。由此可见微生物在自然界中的重要地位。

表 1-1 生物六界系统和微生物

生物界名称	主要结构特征	微生物类群名称
病毒界	无细胞结构，大小为纳米级	病毒、类病毒等
原核生物界	细胞核为原核，无核膜和核仁的分化，大小为微米级	细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体、立克次氏体等
原生生物界	细胞核具有核膜和核仁的分化，为小型真核生物	单细胞藻类、原生动物等
真菌界	单细胞或多细胞，具有核膜和核仁，为小型真核生物	酵母菌、霉菌、蕈菌
动物界	细胞核具有核膜和核仁的分化，为大型能运动真核生物	
植物界	细胞核具有核膜和核仁的分化，为大型非运动真核生物	

(黄秀梨 2003)

### 3. 微生物的命名

每一种微生物都有一个自己的专用名称。名称分两类，一类是地区性的俗名，具有大众化和简明化等特点，但往往含义不够确切，易重复，如结核杆菌是结核分枝杆菌 (*Mycobacterium tuberculosis*) 的俗名；二类是学名，它是某一微生物的科学名称，是按“国际命名法规”命名并受国际学术界公认的正式名称。学名是用拉丁词或拉丁化的词组成的，命名通常采用生物学中的二名法命名，即由属名和种名组成，属名和种名用斜体字表达，属名在前，第一个字母大写，种名在后，第一个字母小写，学名后还要附上命名者的名字和命名的年份，但这些都用工体字表达。如大肠埃希氏杆菌的名称是 *Escherichia coli* Castellani et Chalmers 1919，枯草芽孢杆菌的名称是 *Bacillus subtilis* Cohn 1872。不过在一般情况下使用，后面的正体字部分可以省略。

如果只将细菌鉴定到属，没鉴定到种，则该细菌的名称只有属名，没有种名。如：芽孢杆菌属的名称是 *Bacillus*，梭状芽孢杆菌属的名称是 *Clostridium*。如果微生物是一个亚种或变种时，学名则需在最后加亚种 (*subsp*) 或变种 (*var*) 及加词，如酿酒酵母椭圆变种 [*Saccharomyces cerevisiae* (*var*) *ellipsoideus*]。

## 二、微生物的特点

微生物由于其体形都极其微小，因而导致了一系列与之密切相关的五个重要共性，即体积小，比表面积大；吸收多，转化快；生长旺，繁殖快；适应强，易变异；

分布广，种类多。这五大共性不论在理论上还是实践上都极其重要。

### 1. 比表面积大

任何固定体积的物体，如对其进行切割，则切割的次数越多，其所产生的颗粒数就越多，每个颗粒的体积也就越小。如果把所有小颗粒的面积相加，其总数将及其可观。物体的表面积和体积之比称为比表面积。微生物的比表面积非常大，如乳酸杆菌 (*Lactobacillus lactis*) 的比表面积为 12 万，鸡蛋为 1.5，而 90 kg 体重的人只有 0.3。

由于微生物突出的小体积，大面积系统，从而赋予它们具有不同于其他生物的特性。认识到这一点，我们就比较容易理解微生物的许多特性了。

### 2. 吸收多，转化快

微生物由于其比表面积大得惊人，所以与外界环境必然有一个巨大的营养物质吸收面、代谢废物的排泄面和环境信息的交换面，这非常有利于微生物的生长代谢。在适宜条件下，微生物 24 h 所合成的细胞物质相当于原来细胞重量的 30~40 倍；而一头体重 500 kg 的乳牛，一昼夜只能合成蛋白质 0.5 kg。

利用微生物的这个特性，可以使大量有机质在短时间内转化为有用的化工、医疗产品或食品，使有害转化为无害，将不能利用的变为可利用的。

### 3. 生长繁殖快

微生物具有极高的生长繁殖速度，例如，大肠杆菌在合适的生长条件下，细胞分裂 1 次仅需 12.5~20 min。若按平均 20 min 分裂 1 次计，则 1 h 可分裂 3 次，每昼夜可分裂 72 次，这时，原初的一个细菌已产生了  $4.7 \times 10^{21}$  个后代。

事实上，由于营养、空间和代谢产物等条件的限制，微生物的几何级数分裂速度充其量只能维持数小时而已。因而在液体培养中，细菌细胞的浓度一般仅达  $10^8 \sim 10^9$  个/ml。微生物的这一特性在发酵工业中具有重要的实践意义，主要体现在它的生产效率高、发酵周期短上。例如，用作发面剂的酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 其繁殖速率虽为 2 h 分裂 1 次，但在单罐发酵时，仍可为 12 h “收获” 1 次，每年可“收获”数百次，这是其他任何农作物所不可能达到的。

微生物生长繁殖快的特点对生物学基本理论的研究也具有极大的优越性，它使科学研究的周期缩短、空间减少、效率提高、经费降低。然而这一特性对危害人、畜和农作物的病原微生物或会使物品霉腐变质的有害微生物而言，会给人类带来很大的损失或祸害。

### 4. 适应性强，易变异

微生物具有极其灵活的适应性和代谢调节机制，这是任何高等动、植物所无法比拟的。其主要原因也是因为它们体积小，面积大的特点。微生物对环境条件尤其是地球上那些恶劣的“极端环境”，例如：高温、高酸、高盐、高辐射、高压、低温、高碱、高毒等的惊人适应力，堪称生物界之最。



微生物的个体一般都是单细胞，简单多细胞甚至是非细胞的，它们通常都是单倍体，加之具有繁殖快，数量多以及与外界环境直接接触等特点，因此即使其变异频率十分低（一般  $10^{-5} \sim 10^{-10}$ ），也可在短时间内产生出大量变异的后代。正是由于这个特性，有益的变异可为人类创造巨大的经济和社会效益，如产青霉素的菌种 *Penicillium chrysogenum*（产黄青霉），1943 年时每毫升发酵液仅分泌约 20 单位的青霉素，至今已早已超过 5 万单位。

### 5. 分布广，种类多

微生物因其体积小，重量轻和数量多等原因，可以到处传播以致达到“无孔不入”的地步，只要条件合适，它们就可很好的生长发育。地球上除了火山的中心区域等少数地方外，从土壤圈、水圈、大气圈至岩石圈，到处都有它们的踪迹。因此，微生物被认为是生物圈上下限的开拓者和各项生存记录的保持者。不论在动、植物体内外，还是土壤、河流、空气、平原、高山、深海、污水、垃圾、海底淤泥、冰川、盐湖、沙漠，甚至油井、酸性矿水和岩层下都有大量与其相适应的各类微生物存在着。

微生物的种类多主要体现在以下几个方面：

(1) 物种的多样性 迄今为止，人类已描述过的生物总数约 200 万种，据估计，微生物的总数在 50 万~600 万种，其中已记载过的仅约 20 万种（1995 年），包括原核生物 3 500 种，病毒 4 000 种，真菌 9 万种，原生动物和藻类 10 万种，且这些数字还在急剧增长，例如，在微生物中较易培养和观察的真菌，至今每年还可发现约 1 500 个新种。

(2) 生理代谢类型的多样性 微生物的生理代谢类型之多，是动、植物所不及的。它们可分解利用地球上的各种天然有机物，甚至有毒物质。另外，微生物有着最多样的产能方式，诸如细菌的光合作用，自养细菌的化能合成作用以及各种厌氧产能途径等。

(3) 代谢产物的多样性 微生物究竟能产生多少种代谢产物，1980 年末曾有人统计为 7 890 种，后来（1992 年）又有人报道仅微生物产生的次生代谢产物就有 16 500 种，且每年还在以 500 种新化合物的数目增长着。

(4) 遗传基因的多样性 从基因水平看微生物的多样性，内容更为丰富，这是近年来分子微生物学家正在积极探索的热点领域。在全球性的“人类基因组计划”（HGP）的有力推动下，微生物基因组测序工作正在迅速开展，并取得了巨大的成就。

(5) 生态类型的多样性 微生物广泛分布于地球表层的生物圈（包括土壤圈、水圈、大气圈、岩石圈和冰雪圈）；对于那些极端微生物而言，则更易生活在极热、极冷、极酸、极碱、极盐、极压和极早等的极端环境中；此外，微生物与微生物或与其他生物间还存在着众多的相互依存关系，如互生、共生寄生、抗生和捕食等，如此众多的生态系统类型就会产生出各种相应生态型的微生物。