

微生物资源开发学

DEVELOPMENT STUDIES ON MICROBIAL RESOURCES

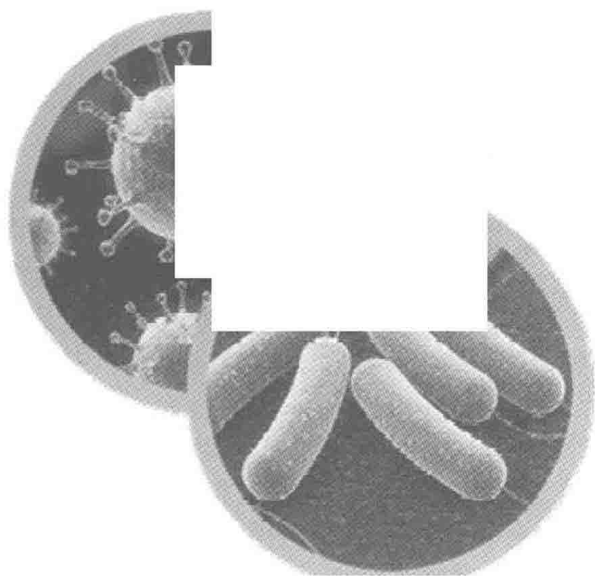
韩晗◎编著

普通高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材

微生物资源开发学

Weishengwu Ziyuan Kaifaxue

韩 晗 © 编著



西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目(CIP)数据

微生物资源开发学 / 韩晗编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2018.3

普通高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-6102-0

I. ①微… II. ①韩… III. ①微生物-生物资源-资源开发-高等学校-教材 IV. ①Q938

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第046284号

普通高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材

微生物资源开发学

韩晗 编著

责任编辑 牛君

封面设计 严春艳

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段111号
西南交通大学创新大厦21楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

官网 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 23

字数 602千

版次 2018年3月第1版

印次 2018年3月第1次

定价 49.80元

书号 ISBN 978-7-5643-6102-0

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

生物资源蕴藏着巨大的价值，是大自然馈赠给人类的一笔宝贵财富。如今，人类社会正面临着粮食危机、能源短缺、资源耗竭、生态恶化和人口剧增等一系列生存危机。要应对这些前所未有的挑战，人类不得不从利用有限矿物资源的旧时代，转向利用无限生物资源的新时代；不得不从对生物资源半开发、低效利用的现状，转向全面开发、高效利用的未来；不得不从高污染、高能耗的物理、化学反应型生产，转向绿色环保、低能耗的生物反应型生产。因此，不断深入研究和大力开发生物资源，并将其价值与优势充分应用于生产实践，具有重大意义。

我国地大物博、生物资源丰富，但目前仍有大量资源未被有效利用，故从事生物资源的开发与应用，前景十分光明。尤其对于像贵州省等目前发展相对落后，又不适合发展传统规模化农业、集约化工业，但生物资源十分丰富的省份，开辟一条以生物资源开发利用为核心、以绿色环保与资源可持续利用为发展要义、全面带动各产业发展的新道路，具有重要的现实意义。

然而，我国生物资源的开发与利用真正兴起不过几十年，目前在相关学科建设、人才培养和实践经验等方面仍较为落后，亟待进一步发展。为更好地促进生物资源开发利用相关学科和产业的发展、培养相关科研与实践型人才，我校（贵州师范学院）于2011年和2015年分别开办了生物资源科学和应用生物科学专业，并获批成立了“贵州省生物资源开发利用特色重点实验室”，开始开展一系列相关研究与实践工作，以及相应的人才培养工作。在此期间，获得了“教育部第一批专业综合改革试点”“贵州省重点支持学科建设”“中央双一流专业建设补助资金”“贵州省一流师资团队建设”等项目的资助，并计划编写一系列生物资源开发利用相关教材或专著，以进一步促进相关教学和科研工作。

本书正是在上述背景下完成创作的。

相比于其他生物，微生物是奇妙而又独特的。它们拥有不同于其他生物的五大生物学特性，并因此而具有诸多应用优势。特别是在农业、工业、食品、医药和环保等领域，微生物目前已展现出巨大的应用价值。

微生物资源种类丰富、应用价值高，但至今，人类对微生物资源的认识与利用仍不足1%，挖掘潜力还很大。因此，不断深入研究和大力开发微生物资源，前景十分光明。并且，由于微生物具有：培养周期短、生产效率高；生产空间小、不易受气候影响；产品种类丰富、附加值高；原料来源广、可“变废为宝”；绿色环保、能治理污染与修复生态；易于改良、改造等诸多应用优势，开发和应用微生物资源，必将有助于解决粮食危机、能源短缺、资源耗竭、生态恶化和人口剧增等问题。

然而，尽管微生物资源应用潜力很大，微生物资源的开发与利用，真正兴起和发展的历史还非常短暂，目前还未形成一门专门的学问，亟需进一步发展。而已出版的、以“微生物资源”为主题，较为系统性地概述“如何开发和利用微生物资源”的书籍，也较为少见。因此，为进

一步促进微生物资源开发利用相关教学、科研与实践的发展，亦为日后微生物资源开发利用理论体系的建立提供学术资料，本书在总结大量文献资料与科研、实践经验的基础上，归纳微生物资源开发与利用的基础知识、程序和方法，方便读者在学习相关课程和从事相关工作时，获取最必要与实用的知识，获得工作灵感与思路，以及方便同行做学术探讨之言论基础。

总之，本书是一部较为系统地概述微生物资源及其开发利用的教材，适合初次接触微生物学或拟从事微生物资源开发利用相关工作的读者，作为兴趣启蒙、学习、学术交流和工作经验交流之用。本书分为上、下两篇。上篇选取较为重要的微生物学基础知识为主要内容，向读者介绍微生物学基本理论；下篇可分为概论和各论两大部分，先向读者介绍微生物资源的应用概况、开发利用的一般程序和关键技术方法，再选择农业、工业、食品、医药和环保五大领域为切入口，分别有针对性地向读者介绍相关微生物资源的开发利用基本知识。

本书的编写得到“贵州省教育厅青年科技人才成长项目”（黔教合 KY 字〔2017〕211）、贵州省 2017 年一流大学重点建设项目师资团队建设子项目（黔高教发〔2017〕158 号）资助。在此感谢我的同事张婷婷、廖兴刚、周丹、曹剑锋和姜金仲等老师的大力支持，他们对本书的编写提供了许多宝贵的意见；感谢我的学生李雪敏、王小青、郑爽、张春霞、邹言言、邹娇娇、唐慧玲等的热心帮助；感谢我的导师王恬教授、师兄周岩民教授和师姐王冉研究员长期以来的关怀和教导。本书在编写过程中，从许多学界前辈，如周德庆、王镜岩、沈萍、黄秀梨、陈集双、易美华、姜成林、李颖、刘爱民、杨生玉等老师的著作中获得了大量灵感与重要参考，在此向他们的工作成果表示由衷的敬佩，并向这些学界前辈致以最崇高的敬意。最后，感谢西南交通大学出版社为本书出版付出的辛勤劳动。

本书由作者独立完成，迫于任务之繁重和艰巨，作者能力和经验有限，加之微生物学科仍处于飞速发展中，特别是目前微生物资源的开发利用尚未形成一门专门的学问和未建立成熟的理论体系，可供参考的系统性资料较少，因此，书中难免存在未能紧跟学科发展前沿之处，亦可能存在疏漏和错误之处，真诚希望读者批评指正，并提出宝贵建议，以便日后不断完善，通过再版给予修正。

韩 晗

2017 年 9 月于贵州师范学院

目 录

上 篇 微生物学基本理论

绪 论	002
第一节 微生物是什么	002
一、无处不在的微生物	002
二、微生物的概念	003
三、微生物的三大类群	004
四、微生物的五大生物学特性	004
第二节 微生物资源及其应用	006
一、什么是微生物资源	006
二、微生物用于生产实践的六大优势	006
三、微生物资源的分类与应用	009
四、微生物资源的开发利用	014
第一章 微生物的形态与结构	015
第一节 微生物的形态及大小	015
一、三大类群微生物的概念及种类	015
二、三大类群微生物的形态及大小	016
第二节 微生物的结构及功能	024
一、原核生物的细胞构造及功能	024
二、真核微生物的细胞构造及功能	031
三、病毒粒子的构造及功能	035
第三节 微生物的群体形态	037
一、固体形态和液体形态	037
二、微生物在固体培养基上的群体形态	038
三、微生物在液体培养基中的群体形态	040
第四节 其他微生物简介	040
一、蓝细菌	041

二、“三体”	042
三、古生菌	044
四、蕈菌	046
五、亚病毒	047
第二章 微生物的营养与代谢	049
第一节 微生物的营养	049
一、微生物的六大营养要素	049
二、微生物的营养类型	055
三、微生物吸收营养素的方式	057
四、微生物的培养基	059
第二节 微生物的代谢	063
一、能量代谢	063
二、物质代谢	082
三、代谢之间的联系	095
四、微生物自身的代谢调节	097
第三章 微生物的生长繁殖	102
第一节 微生物的个体生长繁殖	102
一、原核生物	102
二、真核微生物	104
三、病毒	107
第二节 微生物的群体生长	110
一、单细胞非丝状微生物	111
二、丝状微生物	118
三、病毒	119
四、微生物的生长繁殖与营养代谢的内在联系	121
第三节 影响微生物生长的四大环境因素	121
一、营养物浓度	121
二、温度	123
三、pH 值	125
四、氧气	128
第四节 微生物生长的控制	129
一、有益微生物生长的控制	129
二、有害微生物生长的控制	132
第四章 微生物的其他生物学	137
第一节 微生物的遗传变异	137

一、遗传变异的物质基础·····	137
二、基因突变·····	140
三、基因重组·····	142
四、菌种的衰退和复壮·····	145
第二节 微生物的生态特性·····	146
一、微生物的生态分布·····	146
二、微生物与其他生物的关系·····	152
三、微生物的地球化学作用·····	154
第三节 微生物的致病特性·····	155
一、感染与传染病·····	156
二、感染的结局及其影响因素·····	156
第四节 微生物的分类学·····	162
一、微生物的分类·····	163
二、微生物的命名·····	165
三、微生物的鉴定·····	167

下 篇 微生物资源开发利用

第五章 微生物资源的开发利用概论·····	172
第一节 微生物资源开发利用的一般程序·····	173
一、微生物产品的类型·····	173
二、微生物资源开发的一般程序·····	175
三、微生物资源利用的一般程序·····	192
第二节 微生物资源开发利用的关键技术方法·····	210
一、无菌操作·····	210
二、消毒与灭菌·····	211
三、菌种培养·····	213
四、显微观察·····	219
五、其他重要技术方法·····	223
第六章 农业微生物资源的开发利用·····	231
第一节 微生物肥料·····	231
一、微生物肥料概述·····	232

二、微生物肥料的应用及开发	235
第二节 微生物堆肥	242
一、微生物堆肥的概念	242
二、堆肥的微生物发酵原理和过程	243
三、微生物堆肥开发	244
第三节 微生物农药	245
一、微生物杀虫剂	246
二、农用抗生素	252
第四节 微生物饲料	253
一、微生物饲料及其种类	253
二、微生物饲料的开发利用	255
第七章 工业微生物资源的开发利用	258
第一节 工业微生物资源与发酵生产	259
一、发酵生产中的基本概念	259
二、发酵生产的一般过程	262
第二节 微生物发酵的应用	262
一、乙醇发酵	263
二、有机酸发酵	264
三、氨基酸发酵	265
四、酶制剂发酵	266
五、微生物多糖	266
六、其他重要发酵	267
第三节 工业微生物资源的开发利用	268
一、微生物酶制剂	268
二、酶制剂生产菌的开发利用	269
第八章 食品微生物资源的开发利用	271
第一节 发酵食品	271
一、发酵食品概述	272
二、发酵食品微生物资源的开发与发酵食品的生产	277
第二节 食用菌	285
一、食用菌概述	285
二、食用菌资源的开发与利用	287
第九章 医药微生物资源的开发利用	295
第一节 医药微生物资源与微生物制药	296
一、微生物制药与微生物医药制品	296
二、各类微生物医药制品概述	298

第二节 医药微生物资源的开发·····	306
一、抗生素的开发与生产·····	306
二、医用噬菌体资源的开发利用·····	311
第十章 环境微生物资源的开发利用·····	317
第一节 环境微生物资源与污染治理·····	317
一、微生物在污染治理中的优势·····	318
二、可用于污染治理的微生物类群·····	319
三、污染治理的微生物法及其作用机制·····	320
四、微生物对各种污染物的处理·····	324
五、微生物对环境污染的监控·····	329
第二节 环境微生物资源的开发利用·····	330
一、环境微生物资源的开发·····	330
二、环境微生物资源的利用·····	333
参考文献·····	340
附录 本书中出现的微生物的“中文-拉丁文”或“中-英文”名称·····	345

上 篇



微生物学基本理论

绪 论

第一章 微生物的形态与结构

第二章 微生物的营养与代谢

第三章 微生物的生长繁殖

第四章 微生物的其他生物学

绪 论

重点：微生物、微生物资源的概念；微生物的三大类群；微生物的五大生物学特性；微生物用于生产实践的六大优势；微生物资源的类别；微生物在各个领域的应用概况。

第一节 微生物是什么

一、无处不在的微生物

微生物无处不在。

尽管微生物经常被我们习惯性地“忽视”，但它们却生机勃勃地存在于这个世界：从土壤圈、水圈、大气圈至岩石圈，到处都有它们的踪迹；地球上的任何缝隙，都有它们的身影。

有时候，我们真是“身在菌中不知菌”。实际上，从一些不起眼的生活小事中，就能轻易找到微生物存在的影子。

民以食为天，我们先从美食开始吧：酸奶、泡菜，当然还有美味的“酸汤鱼”，这些食品之所以酸爽味美，你知道为什么吗？这正是无数的、小小的乳酸菌的功劳。又比如面包和馒头，这些松软香甜的食物，可少不了酵母菌的功劳。还有火腿、奶酪、臭豆腐、酒酿、腐乳、豆豉……关于微生物与美食的例子不胜枚举。

再来看看我们人类自己吧。可以说，相比于植物和动物，微生物与我们更加亲密。无论在人体的体表还是体内，都栖息着大量的微生物，其数量极为惊人，总数可达1 000 000亿左右，几乎是人体总细胞数的10倍。实际上，这些小家伙从我们呱呱坠地的瞬间，就已经与我们相伴了。无须担忧它们会威胁我们的健康，反而，我们应该感谢它们，正是它们使我们更健康。

很多时候，我们也总是忘记了感恩来自微生物的奉献：当你因患重感冒而卧床不起时，白衣护士为你注射抗生素，你可曾想到，正是“微生物”治愈了你的疾病？你又可曾想到，正是这些微生物使人类平均寿命提高了近10年。而随着经济的高速发展，环境污染越来越严重之时，你可曾想到，正是微生物将这些污染物统统“消化掉”，还大自然以最初的美丽？当食品农药残留量越来越高之时，你可曾想到，正是微生物的应用，让这一切有可能成为历史？当石油能源正日益枯竭之时，你可曾想过，常被我们焚烧或废弃处理的秸秆，却可以凭借微生物的力量“变废为宝”，成为我们的新能源？而在土地资源越发稀缺、人畜争粮越发严重的今天，你可曾想到，也许某一天在我们的餐桌前，摆放的全是一道道以微生物为原料而制成的美味？当温室效应造

成气候变暖，我们儿时冬日里与小伙伴们堆雪人、打雪仗的欢乐时光一去不复返时，你可曾想到，正是冰核细菌的人工降雪让我们又重温了那段美梦？

也许，在地球村里，微生物的确不那么“抢眼”，它们看不见、也摸不着，但它们却与我们的生活息息相关。如今，很难找出与微生物不相关的事和物了。就连在人类潜意识里许多离生物界很遥远的事或物，如牛仔裤、感光材料、白纸、冶金、石油勘探、文物修复等，它们竟然也与微生物有关！在近代，微生物可谓对人类发展贡献最大的一种生物。我们的生活无法离开微生物，微生物将始终与人类相伴。

二、微生物的概念

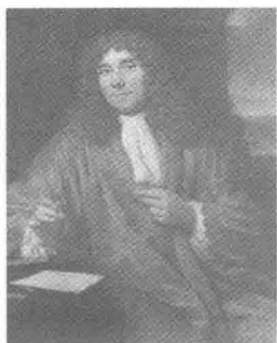
微生物 (Microorganism)，是一切个体微小、结构简单、进化地位低等的生物的总称。简而言之，它们就是一类“小、简、低”的生物。

微生物在生物界中占有重要地位。根据我国学者陈世骧等 (1979 年) 建议的六界系统 (病毒界、原核生物界、原生生物界、真菌界、动物界和植物界)，微生物占有其中四界。而在 C. R. Woese 等 (1977 年) 提出的、已被广泛接受的三域学说 (Three domains theory) 中，微生物在三个域中均有分布 (古生菌域、细菌域和真核生物域)。这充分显示了微生物在生物界中的重要地位。

尽管微生物地位重要，但大多数微生物很难用肉眼观察，必须借助显微镜。人类对于微生物世界的认知，绝非一帆风顺。在早期，尽管人类无法观察到微生物，但极富智慧的先祖们很早便已感知微生物的存在，如我国古人早在 4000 多年前就已开始酿酒，而同时期的古埃及人也已学会烘焙面包。到了 16 世纪，古罗马医生 G. Fracastoro 也明确提出传染病是由极其微小的生物所导致。

真正观察并描述微生物的第一人，是 17 世纪荷兰的“业余科学家” A. V. Leeuwenhoek (图 0-1)。他利用自制的简易显微镜，发现了微生物的世界。这也标志着一个崭新的时代——微生物时代即将来临。

转眼间已至 19 世纪中期，以 L. Pasteur 和 R. Koch (图 0-1) 等为代表的科学家将微生物从形态学研究推进到生理学研究阶段，他们一系列严谨而极富创造力的工作，正式奠定了微生物学科。这也为 20 世纪微生物学井喷式的发展夯实了基础。20 世纪可谓微生物学的“黄金时代”：DNA 是遗传物质的论证、抗生素的发现及应用、DNA 双螺旋结构的揭示、中心法则的提出、基因工程和发酵工程的创立、三域学说的建立、朊病毒的发现以及第一株细菌基因组的测序完成，都是“微生物”结出的丰硕成果。



A. V. Leeuwenhoek



L. Pasteur



R. Koch

图 0-1 微生物时代的三位领军人物

而我们有理由相信，在前人奠定的雄厚基础上，在微生物学科的飞速发展下，21 世纪的微生物学将是一幅更加绚丽多彩的立体画卷。在这幅画卷上，必将出现许多人类目前难以预想的闪光点。

三、微生物的三大类群

微生物的种类很多，为便于初学者认识和实际应用，可将微生物划分为三个类群，如下：

- 原核生物（包括：细菌、放线菌、蓝细菌和古生菌等）
- 真核微生物（包括：酵母菌、霉菌和蕈菌等）
- 病毒（包括：病毒和亚病毒）

其中，原核生物和真核微生物都具有细胞结构，属于细胞型生物；而病毒无细胞结构，属于非细胞型生物。

实际上，原生动物和显微藻类，也可归类为微生物，并且可分属于真核微生物。但它们在“经典微生物学”中，通常不作为重点论述，而是放在动物学或植物学中进行研究。此外，本书将着重介绍目前与生活、生产实践密切相关的几类常见微生物——细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、蕈菌和噬菌体，其他则不进行详细讲述。

四、微生物的五大生物学特性

微生物是奇妙而又独特的，明显不同于植物或动物。微生物的独特之处在于以下五方面。

1. 体积小，面积大

微生物个体极其微小，如病毒的大小通常为纳米级别，而细菌、酵母菌和霉菌不过微米级别。

除个体微小外，微生物的结构也非常简单。如病毒，通常仅由一个蛋白外壳和其内的核酸组成。而马铃薯纺锤形块茎病毒（一种类病毒）仅由 359 个核苷酸组成。

值得注意的是，微生物尽管小，但比面值巨大。某一物体单位体积所占有的表面积，称为比面值（Surface to volume ratio）。一般而言，物体的体积越小，其比面值就越大。如一个体重^①约 90 kg 的人，其比面值约为 0.3；一粒豌豆，约为 6；而一个球菌细胞，可达 60 000！微生物体积非常微小，因此，它们具有巨大的比面值。而巨大的比面值，也赋予了微生物余下的四个特性。

2. 吸收多，转化快

微生物没有“嘴巴”，但可以想象，整个微生物表面就是一张“大嘴”。微生物巨大的比面值，使其具有强大的营养物质吸收能力。例如，大肠杆菌每小时可吸收自身重量 10 000 倍的乳糖，而人类每小时仅能吸收自身体重 0.004 倍的乳糖。

注：① 实为质量，包括后文的重量、增重、干重等。由于现阶段在我国农林畜牧等行业的生产和科研实践中一直沿用，为方便学生了解、熟悉行业实际情况，本书予以保留。——编者注

不仅“吃得多”，微生物的转化能力也同样惊人！在相同重量下，产朊假丝酵母 24 h 内可生物转化而产生 50 000 kg 蛋白质，而豆科作物仅为 500 kg，乳牛仅为 0.5 kg。

这一特性为微生物高速的生长和合成大量代谢产物奠定了生物学基础，并使微生物获得了“有生命的超小型化工厂”称号。这对于人类生产实践而言，具有重要应用价值。

3. 生长旺，繁殖快

超强的吸收和转化能力，使微生物具有惊人的生长繁殖速度。如大肠杆菌，其在适宜的生长条件下，能以 2^n 的指数形式增殖。若按平均 20 min 增殖 1 次计，则 1 h 可增殖 3 次，1 d 就可增殖 72 次。即 1 个大肠杆菌在培养 1 d 之后，可变为 2^{72} 个。那么 1.835 天后呢？就变为 $2^{72 \times 1.835} = 2^{131.12}$ 个。这个数字有多大呢？ 5.2×10^{39} 个！多么惊人！如果每个大肠杆菌重量为 10^{-12} g，那么，这些细菌的总重量可达 5.2×10^{27} g。这有多重呢？相当于 1 个地球的重量（ 5.9×10^{27} g）！所以说，只要条件适宜，1 个大肠杆菌经过约 1.8 天的培养后，重量可相当于 1 个地球（图 0-2）！

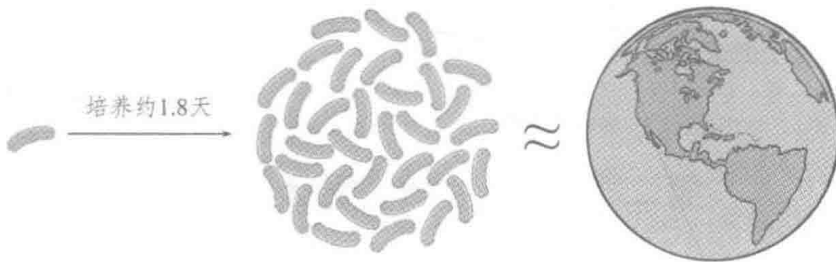


图 0-2 微生物惊人的生长繁殖能力

一般而言，微生物的生长速度约是植物的 500 倍，动物的 2 000 倍。

微生物的这一特性，在发酵生产中具有重要的应用价值，这主要体现在生产效率高、发酵周期短。例如，酿酒酵母在单批次发酵时，每 12 h 可“收获”1 次，每年可“收获”数百次，这是其他任何农作物都不可能达到的收获次数。此外，微生物对缓解当前全球面临的人口剧增与粮食匮乏也有重大的现实意义。据报道，若干酵母细胞的蛋白质含量按 45% 计，那么，一个年产 10 万吨酵母菌的小型工厂，其一年的蛋白产量，相当于 562 500 亩（1 亩 = 666.7 m²）农田上种植的大豆的蛋白总产量。

微生物生长旺、繁殖快的特性，若应用于生命科学研究，也有着明显的优越性。它使科学研究周期大为缩短、空间减小、经费降低、效率提高。当然，对于一些致病菌或导致霉腐的有害微生物而言，生长繁殖速度快这一特性，则可能给人类带来极大的损失或灾难，这在实践中应引起高度重视。

4. 易变异，适应强

变异，即基因变异，一般发生在繁殖时。由于微生物具有极强的繁殖能力，因此，其较容易发生变异。对我们人类来说，这有利有弊。有利的一面，如可提高发酵生产效率，据统计，正是人类不断利用微生物易变异的特点，使得青霉素生产菌株——产黄青霉菌生产青霉素的能力由 1943 年的 20 IU/mL 提升至 1983 年的 100 000 IU/mL。

从另一方面说，生物之所以能适应不断变化的环境，正是变异的功劳。微生物易变异，因此，它们能轻易适应各种环境及其变化。其极强的适应能力，尤其表现在“极端环境”下的生存能力。热泉、火山口、冰川、高盐碱之地、高辐射之地等极端环境下，都有微生物的存在，

堪称生物界之最。

5. 分布广，种类多

微生物因其体积小、重量轻和繁殖快等特点，传播、扩散能力强，甚至达到“无孔不入”的地步。只要条件合适，它们就可“随遇而安”。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。可以认为，微生物永远是生物圈上、下限的开拓者，以及各项生存纪录的保持者。不论在动植物体内外，还是在土壤、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、酸性矿水和岩层等处，都有大量与之相适应的微生物存在。

而这些分布在地球各处的微生物，种类非常之多。据估计，微生物有 50 万~600 万种，其中人类已记载过的仅约 20 万种，包括原核生物 3 500 种、病毒 4 000 种、真菌 9 万种。而实际上，受限于当前技术水平，99%的微生物目前还不可培养，这对开发它们造成极大障碍。人类对微生物的认识还不到 1%，这也反映出微生物的数量和种类是多么惊人！无穷无尽的微生物资源宝藏，正待有识之士前来挖掘。

第二节 微生物资源及其应用

一、什么是微生物资源

凡对人类具有实际或潜在用途的微生物，统称为微生物资源（Microbial resources）。

微生物资源，包括了微生物的生物物质资源（Biomass resources）、生物遗传资源（Biogenetic resources）以及生物信息资源（Bioinformation resources）等。这些资源，均是国家战略性资源之一，是农业、林业、工业、食品、医学和环境等领域微生物学、生物技术研究以及相关微生物产业持续发展的重要物质基础，是支撑微生物科技进步与创新的重要科技基础条件，与国民食品、健康、生存环境及国家安全密切相关。

目前，我国已建设了国家微生物资源平台（National Infrastructure of Microbial Resources, NIMR），平台以 9 个国家级微生物资源保藏机构为核心，整合了我国农业、林业、医学、药学、工业、兽医、海洋、基础研究和教学实验等 9 大领域的微生物资源。截止到 2015 年年底，平台库藏资源达到 206 795 株，已整合微生物资源约占国内资源总数的 41.4%，占全世界微生物资源保存总量的 8.13%。

按用途，微生物资源可分为农业微生物资源、工业微生物资源、食品微生物资源、医药微生物资源和环境微生物资源等。

二、微生物用于生产实践的六大优势

生物体，可被利用于生产人类所需的各种产品。从应用生物学的角度看，人类将各种生物体作为一种生物转化器（Biotransformer），把低价值的劣质资源生物转化（Bioconversion）为高价值的优质资源。

例如，可将土壤肥料通过豆科作物转化为优质的植物蛋白；“牛吃的是草，挤的是奶”；还可将常被焚烧处理的秸秆通过微生物转化为优质的氨基酸。这些皆可算作“生物生产”——“植物生产”“动物生产”和“微生物生产”（图 0-3）。



图 0-3 生物生产示意图

人类很早就懂得利用植物和动物进行生产了，并发展了种植业和养殖业。历史上，人类对微生物的利用似乎要“逊色”于动植物。其实不然，通过本书的学习，你会发现，微生物在农业、工业、食品、医药和环境保护等领域有着极为重要的应用。并且，微生物凭借其他生物所无法比拟的五大生物学特性，在生产实践中具有六大优势。

1. 生产周期短，生产效率高

如前所述，微生物生长繁殖能力极强。这意味着，微生物的培养周期非常短。而微生物的生长速度一般约是植物的 500 倍、动物的 2000 倍，利用微生物进行生产，不像利用植物或动物生产那样需要长达数月或数年的漫长生产周期，一般微生物发酵仅需数十小时或数天就可完成。

此外，微生物惊人的生物转化能力，是其他生物难以企及的。在相同重量下，产朊假丝酵母 24 h 可产 50 000 kg 蛋白质，而豆科作物仅为 500 kg，乳牛仅为 0.5 kg。一个年产 10 万吨的酵母菌发酵工厂，其蛋白质年产量相当于 56 万亩豆科作物的产量。

2. 生产空间小，不受气节影响

栽培植物，需要大量耕地；饲养动物，亦需要占地面积较大的养殖场。而微生物体积小，培养它们仅仅需要小小的发酵罐就可以了。如今，耕地面积少、地租价格高，在土地资源如此稀缺的现在和未来，微生物的这一优势将愈发明显。

此外，利用微生物进行发酵生产，由于可在相对封闭的环境下进行，不仅不易受气候、天气的影响，还可人工控制环境条件，使生产永远处于最适的环境下。这些均是进行农作物种植、动物饲养时难以实现的。

3. 产品种类丰富，附加值高

微生物可以为人类生产肥料、饲料、农药、食品、化工原料、能源、医药品、保健品、污染清除剂等各类形形色色的产品。在整个生物圈中，微生物可谓“劳模”，其所产生的代谢产物不仅种类丰富（表 0-1），而且相关产品附加值很高（图 0-4）。