

CLASSIC WORKS OF
NATURAL SCIENCE

自然科学经典译丛

微生物 与 人类

Microbes and Man

约翰·波斯特盖特 John Postgate / 著
周启玲 周育 毕群 / 译 程光胜 / 校

 中国青年出版社

CLASSIC WORKS OF
NATURAL SCIENCE

自然科学经典译丛

微生物 与 人类

Microbes and Man

约翰·波斯特盖特 John Postgate / 著
周启玲 周育 毕群 / 译 程光胜 / 校

 中国青年出版社

(京)新登字 083 号

图书在版编目(CIP)数据

微生物与人类/(英)波斯特盖特著;周启玲,周育,毕群译. —北京:中国青年出版社,2007

书名原文: Microbes and Man

ISBN 978-7-5006-7222-7

I. 微... II. ①波... ②周... ③周... ④毕... III. 微生物学—普及读物 IV. Q93-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 127025 号

Cambridge University Press 2000

This book is in copyright. Subject to statutory exception
and to the provisions of relevant collective licensing agreements,
no reproduction of any part may take place without
the written permission of Cambridge University Press.

Fourth edition 2000

Reprinted 2001, 2003

北京市版权局著作权合同登记章

图字: 01—2004—4282 号

责任编辑: 彭岩 徐泳

Email: pengyan@cyp.com.cn

*

中国青年出版社出版 发行

社址: 北京东四 12 条 21 号 邮政编码: 100708

网址: www.cyp.com.cn

编辑部电话: (010) 64034350 营销中心电话: (010) 64065904

三河市华润印刷有限公司印刷 新华书店经销

*

635×965 1/16 25 印张 1 插页 240 千字

2007 年 1 月北京第 1 版 2007 年 1 月河北第 1 次印刷

印数: 1—6000 册 定价: 22.00 元

本书如有印装质量问题, 请凭购书发票与质检部联系调换

联系电话: (010)84047104

目录

第四版序言

中译本序

第一章 人和微生物

..... 1

第二章 微生物学

..... 15

第三章 微生物与社会

..... 51

第四章 插曲:如何进行微生物操作

..... 107

第五章 微生物与营养

..... 127

第六章 微生物与生产

第一节 微生物与原料 165

第二节 微生物与工业 183

第三节 微生物遗传学 200

第四节 生物工程 214

| | |
|-------------------|-----|
| 第七章 变质、腐败和污染 | 231 |
| 第八章 废物的处理和清除 | 257 |
| 第九章 第二插曲:微生物学家与人类 | 277 |
| 第十章 微生物与进化 | 295 |
| 第十一章 微生物与未来 | 321 |
| 补充读物 | 343 |
| 名词解释 | 347 |
| 索引 | 353 |

第四版序言

近三十年前,我写了《微生物与人类》的第一版,试图把微生物世界介绍给受过教育的读者(不一定是科学家),并概述这些成员对人类社会和经济的影响。此书颇为成功,我高兴地看到,它被译成几种文字出版,而且,由于微生物的研究在一些迷人的方向上继续取得进展,又对其进行了第三次较大的修订。

微生物对人们的生活确实影响巨大:它们清洁环境并使土壤肥沃;它们在食品工艺学中起着十分重要的作用;它们在我们的身体里制造维生素。它们能够在体内外与我们和平共处,其中一些甚至还保护我们免受别的有害微生物的侵犯。然而,只有当某种微生物引起的灾害(如疫症爆发、食物腐败或某些珍贵物品受到腐蚀甚至毁坏)发生时,大多数人才意识到它们的存在。正因为大多数人只有在那时才想得起微生物,所以微生物被广泛地视为令人恐惧和怨恨的隐形敌人这点就不足为奇了。

我希望通过本书来改变微生物在公众中的不幸形象。自然,某些微生物,特别是某些细菌和病毒确会引起疾病,同样,也确实存在着使食物腐败和侵袭非生命物质(甚至出现似不大可能的诸如混凝土和铁管这类物品遭受损坏的情况)的微生物,但大多数微生物是有益的。它们在食品、化工和制药业方面的价值但愿学生们众所周知,或许,随着遗传工程的兴起,少数门外汉也会清楚这点。但是,在非专业工作者中却没多少人能意识到微生物在如污水和废物处理这些方面所起的决定性重要作用。总之,不涉及污水处理工作的

人谁愿意去了解污水?而污水处理对我们的社会福祉来说却是至关重要的。在净化污秽的湖泊、河流、海滩,或分解植物材料、动物尸体和排泄物以恢复土壤肥力中微生物所起的作用具有全球性的重要意义。它们通过对植物和动物分解产物的处理,不断提供氧、二氧化碳、硝酸盐甚至水分,这些成分对于我们这个行星上的所有生命都是必不可少的。微生物是包括我们自己在内的所有高等有机体生命的伙伴和重要部分。

上述要点一直是本书的主要议题。自此书第一版问世以来,我觉察到微生物意识在公众中已逐渐普及,或许该书起了一点作用。但是,意识到不一定表明你真正了解。当今世界有识之士对人口爆炸正给我们星球环境带来的激烈影响取得了共识;我希望他们也能及时地认识到,微生物常能为生态和环境提供补救的基础,并籍以在人类延缓人口繁衍之时使生态灾难受到抑制。

我带给大家的信息除了有经济和社会方面的以外,还有智力方面的。对微生物世界的探索之所以使人们着迷其根本原因在于,这些似乎原始的家伙却囊括了活细胞所具有的全部过程。它们的生化和生理功能范围远宽于我们在高等有机体中所见到的。在另一本书——《生命的外延(The Outer Reaches of Life)》中,我对此论题作了扩展:一组学者对地球生命的边界下了定义,并暗示,某些生命曾经如何在地球上存在过,而它们目前又可能怎样安然地生活于宇宙的某处。最后,和前面三个版本一样,我要感谢所有那些给本书指出过瑕疵和印刷错误的人,我切望这次不再有差误出现。我要特别感激我的妻子,她仔细阅读了全部修订稿,并使文稿表达繁冗之处变得简单明了。

约翰·波斯特盖特
于英国路易斯

中译本序

——一本有趣而益智的科普著作

比起搏击长空的雄鹰和遨游大海的鲸鱼来，微生物对大多数人来说是比较陌生的，除了生病的时候，平常很难想起它们。实际上，微生物和人类的关系决不比高等的大生物疏远，甚至更加密切。要问为什么，这本篇幅不大的科普著作，将会给您一个简要而容易理解的答复。至于这个答复是否令您满意，那就要读者诸君自己评判了。

本书作者是英国皇家协会会员，类似我国的院士，他在固氮微生物学和硫酸盐还原菌的研究中取得过举世公认的重要成果。以著名科学家的身份撰写通俗的科普著作。本书在长达 30 多年的时间中 4 次修订，10 多次重印，至少翻译成 7 种文字，没有对读者相当的吸引力是很难做到的。的确，这本经过几次修订的畅销书即使到了 21 世纪的今天，也没有过时。作者从日常生活频繁接触的事物中让我们体察到微生物作用的无所不在，从人类面临的各种挑战中突出了微生物学的重要作用，正如作者在另一本微生物学科普作品的前言所说：“我试图告诉非科技人员，我们对于在很大程度上还是不可捉摸的微生物世界的了解正在改变我们对生命本身的认识。”我想，具有初中以上文化水平的广大读者，通过阅读这类科普著作来学习微生物学的基

本知识,不失为一条好途径。认识将影响行动,知识就是力量,正确和鲜活的知识无疑将增添我们迎接挑战的实力。

本书原文文字流畅,语言生动,推理恰当,并且不时发表个人的看法。难怪国外有的读者说,作者不仅是科学家,而且是位优秀的作家。汉语译文是多位科技人员合作完成的,由于高水平的校订,看不出明显的拼接痕迹,而且在很大程度上再现了作者的风趣和幽默。为了让读者不至于为某些专业名词所困扰,书后附有简明的小词典,这是国内科普著作中少见的。

我第一次通读它时,是在几天之内像看小说一样完成的。作为一个多年从事专业工作的微生物学工作者,我的感受,和阅读一部文学名著一样,既增长了知识,又获得了欣赏艺术作品般的享受。开卷有益,那些希望获取更多科学知识的大中学生和一般读者不妨翻翻它,先浏览一下再决定是否值得精读;至于微生物学专业工作者,既然读起来不会有隔山之感,抽点时间认真读读,肯定会有获益。我还建议那些资深的科学家在为大众撰写科普著作时,参考参考这本小册子,您写出的作品肯定会更受欢迎。

我们正面临一个前所未有的波澜壮阔的生命科学新世纪。我们相信,新中国最早系统出版科普著作的中国青年出版社,将会发扬光荣传统,出版更多像本书一样的现代生物学的科普书籍,像她曾经影响过几代年轻人那样,继续担负起光荣使命。

程光胜

2006年8月于中关村

第一章

人和微生物

这本书讲的是细菌的故事，科学家把它们叫做微生物。它们大多数是看不见的，不仅生活在地球上大型生物的每一个角落，甚至在其他生物无法长久呆下去的环境中也能存活。事实上，只要有地球生物存在的地方就会有微生物。相反，如我们所知，微生物能够忍受的最极端的生活条件就是生命存在的极限。

生物学家们把地球上表面一层有生命的地方命名为生物圈。大多数陆地生物仅仅占据着大气层与陆地的交界部分；鸟类的空间可以延伸到大气层中几百英尺的高处；蚯蚓和线虫等无脊椎动物通常可以钻入土壤中达到几米深，近来只是由于人类的侵扰，它们才继续往深处进发。鱼类世界更加宽阔，从海平面下至几千米深处都栖息着各式各样的生物，有的还发光。细菌和真菌的孢子被对流层形成的风吹至高达 1000 米的大气层中。早在 1936 年所进行的平流层气球探测结果显示，霉菌和细菌可以到达更高的空间。就在最近，美国宇航局在 32000 米的高空探测到了细菌和霉菌，不过数量已减少了。在这个高度，每 55 立方米的空間只有一个微生物，与 300 ~ 12000 米（喷气机通常所达）高度每立方米 1700 ~ 2000 个微生物相比，可以说是很稀少

了,而且它们绝大多数都处于休眠状态。与此相反,太平洋深沟底部却活跃着各种海洋微生物,有时深达11000米,它们显然都不是休眠状态的。在深达750米邻近海底的沉积物中以及在陆地表面向下500米处的沉积岩里,找到了活的微生物。它们富含在相当于石油形成的深处,而且在更深的地方(像北海海底下3000米深含油岩层的热碲化物水样中)还发现了高度特化的细菌种类。生活在南非金矿下3500米处(那里的温度约为65℃)的某些耐热细菌,创下了本星球内微生物生存温度的最新记录。因此,如果不考虑宇航员的探测活动,我们可以说,生物圈的最大厚度为大约4万米,而生命过程活跃的范围仅仅为1万米左右。在海洋、陆地和大气底层,大多数生物生活在约30米的区域中。如果我们把地球缩小为一个橙子,那么生物圈的范围最多也就算得上是它的橙色外皮。

在地球这一狭小的区域,我们称之为生命的东西却在进行着大量的化学和生物学活动。生物之间在相互作用、相互依赖,并且相互竞争着。这种现象自有历史记载以来就一直激发着我们的好奇心。生物之间存在着一种平衡,一种常常被我们认为是理当存在着的平衡。现实就是这样的,而且只能是这样。生命以其错综复杂和精巧细腻一直吸引着科学家们的兴趣。自然界的这种平衡,尤其是在它被破坏时更能让我们深切感受到。而且它能无声无息地在原地重新调整而达到一个新的平衡。生态学是研究生物与环境的相互作用的科学,它以维持自然界平衡的各个细节为研究对象,正在不断地发展着。

生物在最宏观的水平上以一种相互依存的方式生

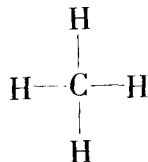
活着。人和动物依靠植物来维持生命。食肉动物也是如此，它们以食草动物为食，归根到底它们也是离不开植物的。而植物又是靠阳光而生，所以地球上生命的动力是太阳，这一点恐怕连每个小学生都知道了。然而，第三种生物却是植物和动物都要依靠的，那就是微生物。在下一章我们正式介绍这些微生物之前，我认为先就它在地球经济中的重要性作一个简略介绍，这将对我在以后章节深入探讨他们对人类生活的深刻影响会有所帮助，此外，还能充分展示微生物对高等生物的根本性影响。

微生物是指在显微镜下观察到的生物。它包括病毒、细菌、低等真菌(霉菌和酵母)和低等藻类。与其他生物相比，微生物种类极其丰富。

每克可耕土壤中有大约 1 亿个活细菌，平均大小为 1 或 2 微米(1 微米等于 1/1000 毫米；打个比方，将 1000 个细菌首尾相接才可以覆盖一个针尖)。下面的比喻可能让你印象更加深刻：每亩肥沃的可耕土壤中含有 100 ~ 250 磅的细菌。从整个地球来算，微生物的总重量之大几乎无法计算，据估计是包括海洋和陆地的动物总重量的 5 ~ 25 倍，接近于植物的总重量。地球上植物、动物或微生物的准确重量很难判断，因为按比例从取样区域计算来进行合理猜测还算容易，无疑这也正是为何估计数如此不精确的因由。不过近似地认为，动物(包括我们自己在内)重量的总和在地球的生物总量中所占份额(约为千分之一)却是无足轻重的。1998 年，美国乔治亚大学的一组科学家曾对微生物某一大纲细菌的数量作了稍微精确一点的估计：它们是 $4 \sim 6 \times 10^{30}$ (即 4 到 6 后面紧跟 30 个零!)个细胞。这是

一个不可思议的巨大数目。虽然每个活细胞的重量是如此地微小(仅约一万亿分之一克,即 10^{-12} 克;其中水分占 $3/4$),但全世界的细菌成员加在一起其活体总量却重达 5 万亿吨(或 5×10^{18} 克)左右。这一天文数字据认为实际上相当于构成全世界植物的有机物质的总和。如我将在下一章中要谈到的,有许多微生物不是细菌,因此全球微生物的活体质量或许会超过生物圈中植物和动物的总量。当食物和温度适宜时,微生物能够快速繁殖。有一种细菌在 11 分钟内会从一个变成两个,其他多数细菌在 20~30 分钟数目就会翻一番,繁殖慢的则需要 2 小时到 24 小时。与大多数生物相比,这样的繁殖速度简直是惊人的。当有足够的营养供给,1 个大肠杆菌细胞在 3 天之内就可以繁殖得超过地球重量。由于微生物构成了地球上约 90% 的生物,并且在营养充足时能以最快速度繁殖,因此,地球上各种生命活动的化学变化大多数都与微生物有关。

现在我必须离题片刻,介绍一些化学知识,因为从化学的角度更能理解微生物的大多数经济行为。我保证只介绍最简单的化学知识,但读者起码应该熟悉某些化学符号,如 N 代表氮原子,Na 代表钠原子;氮气以分子形式存在,包含两个氮原子,分子式为 N_2 ;甲烷的化学式 CH_4 代表该分子包含一个碳原子和四个氢原子。如果甲烷用下列结构式表示:

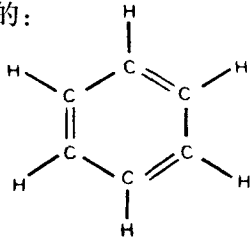


则说明氢原子独立与碳原子相连并且呈对称排列。

我还要用一些有机化学家的缩写符号：



它代表六个碳原子连成一个环，如果写全的话，这个化合物（苯）是这样的：



很久以前，化学家们就意识到写这些“C”和“H”纯粹是浪费时间。

我还要引入一些概念，即盐溶解后分解为离子。如硝酸钠、硝酸钾和硝酸钙在水中都产生硝酸根离子，因此当植物从肥料中吸收硝酸根离子时，这些离子是从哪种硝酸盐而来则是完全无关紧要的了。所以，在许多场合，尽管我们不可能拿到一瓶硫酸根离子，但我们仍不妨可以以“硝酸根离子、硫酸根离子”等来称呼之。

记住了这些化学规则，当出现更复杂的化学概念时，我就可以多解释一些了。

在短暂的离题之后，我们再回到微生物对地球化学的重要性问题上来。说到这些事，我不禁想到，地球上所发生的化学变化几乎都是由生物造成的。无生命过程的确仍然存在，例如火山喷发引起周围的岩石和大气的变化；闪电使氮的氧化物和臭氧形成；紫外线也有类似的作用并在大气上层形成一圈臭氧层，保护我们不受某些杀伤力更强的紫外线照射；暴风雨和海洋

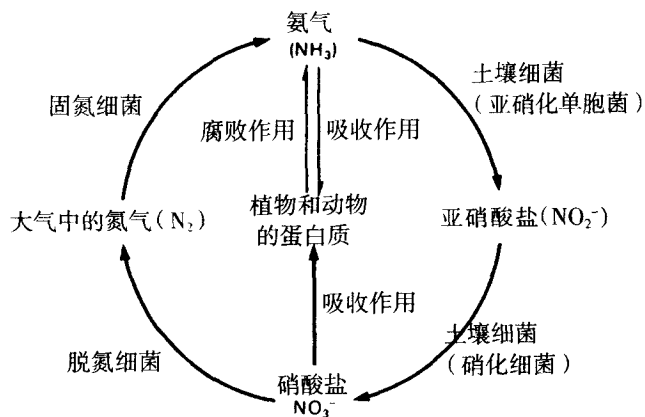
侵蚀造成暴露的岩石和矿物逐渐发生化学变化；放射性矿物质诱发周围岩石起各种各样的化学反应并维持着地球内部的高温状态等等。与地球形成初期的化学反应相比，今天地球表面的纯化学变化是微不足道的，也就是说，现在地球自身的化学过程已稳定在一个相当静止的状态了。而现在最显而易见的化学变化则是由植物携同动物这个次级因素来完成的，而这些化学转化的能量则来自太阳。所以说，生物圈是由生物元素消耗太阳能进行化学反应的一个动态系统。

我将在第十章中讲到生命的出现如何使地球表面的化学组成在数百万年前发生了巨大的变化。大气、土壤和岩石的组成经历了几千万年的逐渐变化才成为我们今天所知的这个生物圈。这种变化无疑还在慢慢地进行着，但从过去大约 100 万年来看，生物圈的平均组成已基本恒定不变了。换句话说，地球上由任何一种生命活动所引起的最初变化都会被其他活动所逆转。当我们考察地球上化学转化中的各元素时，就会发现它们实际上是在循环往复地变化着，即从生物合成（有机合成）到非生物合成（无机合成）然后再从非生物合成回到生物合成。

说到元素氮，氮气的游离分子之多约占大气的 4/5。化学家称氮气为双原子氮。它通常是很不活泼的，对生物无害，既不燃烧也不助燃，它一般不愿进入自发的化学结合。然而，所有的生物都含有蛋白质，肌肉、神经、骨骼和头发以及制造这些和其他所有物质并为生长和运动等提供能量的酶，都含有蛋白质分子。每个蛋白质分子含大约 10~15% 的氮原子，这些氮原子与其他原子相结合，如碳、氢和氧，某些时候还有硫。与氮气

分子相比,蛋白质分子有上万个原子,它的庞大和复杂性决定了蛋白质是构成大多数生命的主要部分。因此我们有把握说大多数生物含有 8~16%的氮,动物为 16%,而植物则为 8%。主要的例外是那些有石灰质或硅质外壳的生物,它们的氮含量似乎很低,但当我们在计算时将它们的外壳作为非生命附属物而扣除,则它们也显示出正常的化学比例了。

生物体的生长离不开氮,当它们死后,腐坏、分解,氮又回到自然为其他生物所用。腐烂和分解过程多数是由微生物完成的。当然,微生物死后也会自然烂掉或被原虫、线虫等消化掉。氮也渐渐被植物、虫子、鸟等更大的生物所吸收并成为它们的一部分(正如一首丧歌中所唱:“随后鸭子就会吃掉你……”)。因此生物学家把氮原子被结合而进入一个持续的转化过程称之为“氮循环”。在这个循环中,某种微生物将氮以氮气的形式返回大气(脱氮细菌),另一些细菌则将氮以有机化合物的形式结合回来,这些细菌叫固氮细菌。生物氮循环可以用下面示意图表示。



从这张示意图可以看到，土壤中的硝酸盐被植物用于生长，并变成动植物的蛋白质组成成分。随后微生物的分解作用又将氨释放出来。植物本身可以完成这一循环，但它更喜欢硝酸盐，因此需要两类土壤细菌经亚硝酸盐将氨重新转化为硝酸盐。土壤、堆肥等里面的脱氮细菌可以将氮以游离形式释放出来，而这部分重返大气层的生物氮的损失是由固氮细菌来弥补的。某些固氮细菌以与植物的根和叶相结合的形式存在，而另一些则游离存在于水和土壤中。这方面内容将在第五章进一步讨论。重要的是土壤中结合氮（氨和硝酸盐）的数量将决定这块土地的农作物收获量。因此，一块土地能够养活多少人和动物，将取决于氮循环运行的速度以及固氮细菌工作的活力状态。

当然，氮循环还有某些旁路。应用工业手段将大气中的氮转化为人造氮肥，可以提高土壤的产量。暴风雨、阳光中的紫外线能在大气中生成氮的氧化物并经雨水冲入土壤中成为硝酸盐。尽管土壤中 1/3 的新固定氮是由上述过程产生的，但它们仍被排除在氮循环系统之外，因为在全球范围看来，地球上种植的农作物产量，也就是人和动物的食物量，仍主要依赖于固氮细菌的活动。一年里有大约 30 亿吨的氮在循环中通过，其中近 10% 是以氮气形式释放到大气层的，氮损失又通过固氮作用回到生物圈的氮循环中。德尔维什（Delwiche）曾计算过，大气中每个氮原子平均在 100 万年里有一次进入有机氮结合状态的机会。很显然，这些微生物对地球经济是至关重要的。

固氮细菌在氮循环中占据着重要地位，而其他微生物的作用也是不可忽视的。那些引起腐败的微生物将蛋