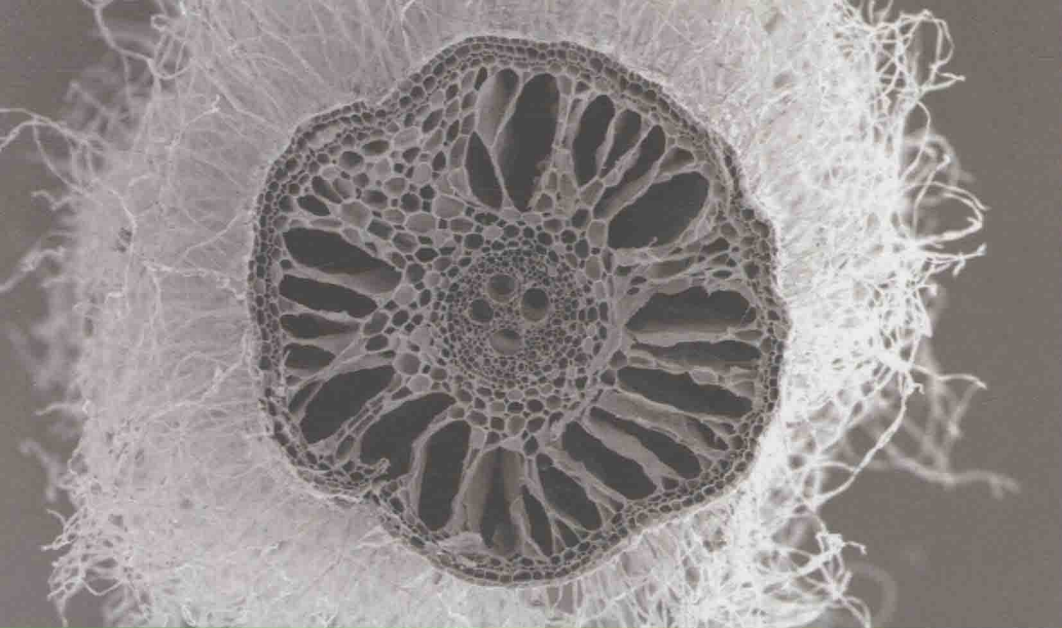
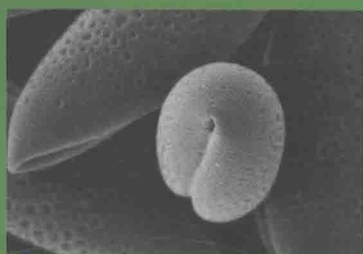




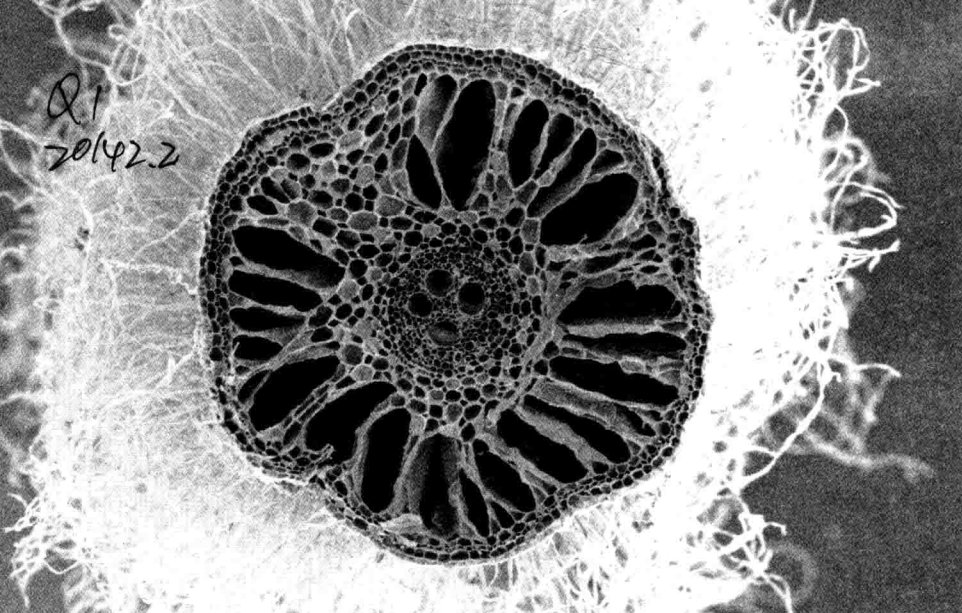
普通生物学

(第2版)

主编 胡金良 王庆亚



GENERAL BIOLOGY



P u t o n g S h e n g w u x u e

普通生物学

(第2版)

主编

胡金良(南京农业大学)

王庆亚(南京农业大学)

参编

何金铃(安徽农业大学)

褚建君(上海交通大学)

章崇玲(华南农业大学)

高国富(南京农业大学)

季祥彪(贵州大学)

主审

顾德兴(南京农业大学)

图片处理与制作

成丹(南京农业大学)



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本教材是在顾德兴主编的“面向21世纪课程教材”《普通生物学》的基础上修订而成。全书共有11章，主要内容有：生命的物质基础，细胞、组织、器官和系统，生物的能量和物质代谢，生物的防卫体系和对生命活动的调节，生物的生殖与发育，遗传与变异，生物多样性和分类，生命起源和生物进化，生物与环境，生命科学发展前景和面临的问题。第2版内容全面而精练，体系清晰新颖，并使用了大量的实物照片，在每章的后面还附有本章小结。第2版新增生物的防卫体系和对生命活动的调节、生命科学发展前景和面临的问题等内容，较全面地反映了当代生命科学的新进展和热点问题，以期对提高学生的生物学素质、拓宽知识面有所裨益。

本教材顺应教学改革趋势，同时为了方便广大教师的教学和学生自学，专门设计了配套的数字课程，主要包括与纸质教材密切关联的教学课件，检验学习效果的课后习题，相关内容的延伸阅读以及大量与教材内容相关的彩色照片等参考资料。

本教材着眼于为学生搭建生命科学的知识框架，适合作为高等院校大生物类各专业的教材，也可用作非生物类专业的参考书和生物学爱好者的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

普通生物学/胡金良,王庆平主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2014.1
ISBN 978-7-04-037223-6



I. ①普… II. ①胡… ②王… III. ①普通生物学—高等学校—教材 IV. ①Q1

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第164563号

策划编辑 潘超 责任编辑 潘超 李融 特约编辑 于丽丽 封面设计 张楠
版式设计 王莹 责任校对 陈旭颖 责任印制 田甜

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京铭传印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	850mm×1168mm 1/16	版 次	2000年7月第1版
印 张	22		2014年1月第2版
字 数	600千字	印 次	2014年1月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	37.50元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。
版权所有 侵权必究
物 料 号 37223-00

数字课程（基础版）

普通生物学

（第2版）

登录以获取更多学习资源！

登录方法：

1. 访问 <http://res.hep.com.cn/37223>
2. 输入数字课程账号（见封底明码）、密码
3. 点击“LOGIN”
4. 进入学习中心，选择课程

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。
使用本账号如有任何问题，
请发邮件至：lifescience@pub.hep.cn

普通生物学(第2版)

主编 胡金良 王庆业

内容介绍 | 纸质教材 | 相关资源 | 版权信息 | 联系方式

4a 学习中心

欢迎登录

账号

密码

LOGIN

■ 内容简介

本数字课程是一个开放的网络平台，与《普通生物学》（第2版）配套使用，是纸质教材的扩展和补充。主要包括与纸质教材密切关联的教学课件，检验学习效果的课后习题，相关内容的延伸阅读，以及大量与教材内容相关的彩色照片等参考资料，以方便广大教师教学和学生自学。

高等教育出版社版权所有 2013

<http://res.hep.com.cn/37223>

请在具有 IE 内核的浏览器下访问该网站。其他浏览器访问，可能造成课程资源无法正常显示。

前 言

生物学也称为生命科学，是研究生物的生命现象、本质及其规律的科学。随着科学的发展，生物科学无论是在基础理论还是在工农业生产、医疗卫生等领域的应用上都取得了重大的进展。近几十年来，分子生物学、生物工程等方面的突破对人类社会的方方面面都产生了深刻的影响，生态文明建设被确定为基本国策，生物多样性保护、食品添加剂对人体健康的影响、转基因生物的安全、外来生物入侵和非典型性肺炎等传染病爆发等成为各界人士的热门话题。可见，生物学已与百姓的日常生活密切相关。

经过几十年的发展，我国高等教育已经从精英教育过渡到了大众教育，在校学生规模成倍增长，学科的设置更加全面，但专业划分过细、学生知识面窄、综合素质和能力较差、毕业生适应性不强等问题依然存在。生命科学和以互联网为特征的信息科学是当今发展最快的学科，它们已经影响到人类社会的各个方面。随着教学改革的深入，为了解决上述问题，培养知识面宽广、综合素质强、能跟上时代发展步伐的人才，在高等院校中开设普通生物学课程很有必要。

教材是教学的基础条件之一，编写出一本既符合中国国情，包容生物学基础知识，又能反映当前生物学热点并与国际接轨的生物学教材是一项艰难的工作。南京农业大学一贯重视生物类教材的建设，一些教材在全国产生了重要影响，其中就有顾德兴教授 2000 年主编的《普通生物学》。

本教材是在顾德兴教授主编的《普通生物学》的基础上修订而成，修订的宗旨是在保持原教材注重生命科学基础理论、简明易懂等特色的基础上，力求使教材的条理更清楚，并能反映生命科学的新进展、新思想、新技术和新热点。本教材除绪论外共分为 11 章，其中第二章“细胞”，第三章“组织、器官和系统”，第四章“生物的能量和物质代谢”，第六章“生物的生殖与发育”，第七章“遗传与变异”，第八章“生物多样性和分类”，第九章“生命起源和生物进化”，第十章“生物与环境”是在原教材相关章节的基础上，结合学科发展的新动向重新编写而成，新增加了“生命的物质基础”（第一章），“生物的防卫体系和对生命活动的调节”（第五章），“生命科学发展前景和面临的问题”（第十一章）三章，使本教材的体系更完整，教材内容更能反映生命科学的新进展和新热点。

生物学内容浩瀚，受教学学时数限制，本教材选取的为生命科学最基本的内容，并力求做到条理清楚、文字简练，以适应高等院校课程门类不断增加，每门课程课时数不断减少的发展趋势。

顾德兴教授对本次修订工作一直给予热心鼓励、指导和帮助并承担了本教材的主审工作。复旦大学蒯本科教授和南京林业大学丁雨龙教授也对本教材的修订提出了很好的意见和建议。成丹老师承担了全部图片的处理工作，刘琳莉老师和南京农业大学生命科学实验中心电镜室提

II 前 言

供了部分照片。在编写过程中还得到了高等教育出版社生命科学与医学出版事业部生命科学分社潘超和有关编审人员、南京农业大学各级领导及生命科学学院同仁的大力支持，在此对上述人员和第1版教材的编写人员表示衷心感谢。

由于时间紧迫，再加上受编者水平的限制，教材难免会有缺点和错误，恳请广大读者和专家不吝指教。

胡金良 王庆亚

2013年11月

目 录

绪论	1
一、生物和生物学	1
二、生物对人类的重要性	2
三、生物学的建立和发展	4
四、生物学的内容和分科	6
五、研究和学习生物学的方法	7
第一章 生命的物质基础	9
第一节 构成生命的元素	9
第二节 原生质的分子组成	10
一、水和无机盐	10
二、有机物	13
第三节 生物大分子的结合物	25
一、糖蛋白	25
二、核蛋白	25
三、糖脂	25
四、脂蛋白	25
本章小结	26
第二章 细胞	27
第一节 细胞的形状、大小和数量	27
第二节 细胞的基本结构	28
一、细胞膜和细胞壁	29
二、细胞质和细胞器	34
三、细胞核	42
第三节 细胞的类型和细胞连接	46
一、细胞的类型	46
二、细胞连接	47
第四节 细胞周期和细胞分裂	48

II 目 录

一、细胞周期	49
二、有丝分裂	51
三、无丝分裂	53
四、减数分裂	54
第五节 细胞的生长、分化、衰老和死亡	56
一、细胞的生长	56
二、细胞的分化	57
三、细胞的衰老和死亡	57
四、细胞的全能性	58
本章小结	59
第三章 组织、器官和系统	61
第一节 组织	61
一、植物组织的基本类型、特征和功能	61
二、动物组织的基本类型、特征和功能	66
第二节 被子植物的器官、系统	71
一、根	72
二、茎	75
三、叶	78
四、花	80
五、种子	82
六、果实	83
第三节 哺乳动物的器官系统	84
一、皮肤系统	85
二、运动系统	87
三、消化系统	88
四、循环系统	92
五、呼吸系统	96
六、泌尿系统	98
七、神经系统	100
八、生殖系统	102
九、内分泌系统	104
本章小结	105
第四章 生物的能量和物质代谢	108
第一节 生物代谢的类型	108
第二节 生物催化剂——酶	109

一、酶促反应的特点	110
二、酶的化学本质	110
三、酶的作用机制	110
四、同工酶	111
五、影响酶作用的因素	111
第三节 生物的无机营养	112
一、植物的水分代谢	112
二、植物的矿质营养	114
第四节 生物体内能量和有机物质的最初来源——光合作用	116
一、光合作用研究简史和光合作用的重要意义	116
二、光合色素和光反应系统	117
三、光合作用的过程	118
四、光呼吸	124
五、影响光合作用的因素	124
第五节 物质的分解和能量的释放——呼吸作用	124
一、糖的分解	125
二、其他营养物质的氧化分解	131
三、能量的利用	132
第六节 生物体内有机物质的形成	133
一、糖的合成	133
二、蛋白质的合成	134
三、核酸的合成	136
四、脂肪的合成	136
第七节 细胞中有机物质代谢的主要阶段和相互关系	137
一、分解代谢和合成代谢的主要阶段	137
二、细胞中各种物质代谢的相互关系	139
本章小结	140
第五章 生物的防卫体系和对生命活动的调节	141
第一节 生物的防卫系统	141
一、生物对取食或捕食的防卫	141
二、生物对病原菌的防卫	142
三、疾病预防与人体健康	149
第二节 生命活动的调节	151
一、动物生命活动的调节	151
二、植物生命活动的调控	157
本章小结	161

第六章 生物的生殖与发育 163

第一节 生殖的基本类型 163

 一、无性生殖 163

 二、有性生殖 164

第二节 个体发育的类型和胚胎发育模式 165

 一、个体发育类型 165

 二、胚胎发育模式 166

第三节 被子植物的有性生殖 168

 一、植物花器官的分化 168

 二、配子体与配子的形成 169

 三、开花、传粉和受精 171

 四、胚胎的发育及种子与果实的形成 173

 五、种子的萌发与幼苗的形成 174

 六、被子植物的生活史 176

第四节 动物的生殖与发育 178

 一、生殖细胞的发生 178

 二、受精 180

 三、胚胎发育 181

 四、胚后发育 185

 五、衰老和死亡 186

本章小结 187

第七章 遗传与变异..... 190

第一节 孟德尔的豌豆杂交试验 190

 一、分离定律 191

 二、独立分配定律 193

第二节 细胞核、染色体与遗传基因 195

 一、细胞核与遗传 195

 二、染色体与遗传因子 196

第三节 连锁遗传 199

 一、连锁遗传现象 199

 二、连锁遗传的细胞学基础 200

 三、重组率与遗传图 201

第四节 性别决定与伴性遗传 203

 一、性别决定 203

 二、伴性遗传 204

第五节 遗传物质	206
一、遗传物质的发现	206
二、DNA 和 RNA 的分子结构	207
三、DNA 的复制	209
第六节 基因的表达	211
一、遗传密码	211
二、转录	213
三、翻译	216
第七节 基因表达的调控	218
一、原核生物的基因表达调控	218
二、真核生物基因表达的调控	219
第八节 生物的变异	221
一、基因突变	221
二、染色体畸变	223
本章小结	227
 第八章 生物多样性和分类	 229
第一节 生物多样性	229
一、物种多样性	229
二、遗传多样性	229
三、生态系统多样性	230
第二节 生物分类基础	230
一、生物分类的方法	230
二、生物分类的依据	231
三、生物分类的等级	231
四、生物的分界	233
五、生物的命名法则	234
第三节 生物的基本类群和分类	236
一、病毒	236
二、真细菌界	237
三、古细菌界	239
四、原生生物界	239
五、真菌界	240
六、植物界	242
七、动物界	246
本章小结	256

第九章 生命起源和生物进化	258
第一节 生命起源和生物进化的学说	258
一、生命起源的学说	258
二、生物进化学说	259
第二节 生物进化的证据	262
一、古生物学证据	262
二、比较解剖学证据	263
三、胚胎学证据	264
四、细胞遗传学证据	265
五、分子生物学证据	266
第三节 生命起源的主要阶段	266
一、由无机小分子生成有机小分子	267
二、由有机小分子生成生物大分子	268
三、多分子体系的形成	268
四、原始细胞生命的形成	269
第四节 生物进化的基本历程	270
一、真核生物的兴起	270
二、从单细胞生物到多细胞生物	272
三、多细胞植物的进化	272
四、多细胞动物的进化	273
第五节 物种的形成	276
一、物种的概述	276
二、物种形成的方式	277
三、物种形成与生物进化	277
第六节 影响生物进化的主要因素	278
一、变异	278
二、选择	278
三、隔离	279
四、灭绝	281
本章小结	282
第十章 生物与环境	283
第一节 生态因子对生物的影响	283
一、生物与无机环境	283
二、生物与有机环境	290
三、生态因子作用的特点	291

第二节 种群	291
一、种群的概念	291
二、种群的基本特征	292
三、种群数量的动态及其调节	294
第三节 生物群落	295
一、生物群落概述	295
二、生物群落的基本特征	296
三、生物群落的类型和分布	299
第四节 生态系统	301
一、生态系统的概念	301
二、生态系统的组成成分	301
三、生态系统的功能	302
四、生态系统的平衡	307
第五节 人与环境	307
一、自然环境对人类的影响	308
二、人类发展对环境的影响	309
三、人与环境的协调发展	311
本章小结	312
 第十一章 生命科学发展前景和面临的问题	 314
第一节 20 世纪以来生命科学发展的成就	314
一、中心法则的确立	314
二、生物大分子和细胞结构方面的成就	314
三、生物新陈代谢方面的成就	315
四、医药卫生方面的成就	315
五、生态学方面的成就	315
第二节 生物技术的建立和发展	316
一、基因工程	316
二、蛋白质工程	317
三、发酵工程	317
四、细胞工程	318
第三节 现代生命科学发展的特点	318
一、分子生物学占主导地位	318
二、分析与综合相统一	319
三、多学科交叉与融合	319
四、研究模式的变化	321
五、基础研究与应用研究相统一	321

·第四节 生命科学发展的热点领域	324
一、基因组学	324
二、蛋白质组学	324
三、分子生物学	325
四、发育生物学	325
五、生物技术	326
六、生物信息学	327
第五节 生命科学的发展前景	327
一、揭示生命本质	327
二、改善人类健康	328
三、深入研究脑科学和行为科学	328
四、推动人类社会的发展	329
第六节 生命科学面临的问题与挑战	329
一、人口和生物多样性保护	329
二、转基因技术的安全	331
三、克隆人的伦理与人的尊严	331
四、个人基因信息的隐私保护	332
五、基因治疗的应用范围	332
六、生命科学面临的其他问题	333
本章小结	333
 主要参考文献	 335

绪 论

在浩瀚的宇宙中有各种不同的物质和数不清的星球,但就目前所知,只有地球上存在着生命。生命是物质世界的最高形式,生命运动是最高级的运动,揭示生命的奥秘和本质,预测生物的演化趋势和规律与人类的生存和发展息息相关。随着科学技术的发展,人类改造自然和生物的能力得到了极大地提高,但也带来了许多严重的问题,如人口膨胀、环境污染、生态平衡被破坏、生物多样性减少、食品短缺和食品安全(包括转基因食品)及重大疾病危害等。为了解决上述问题,促进国民经济可持续发展,提高国民素质,维持人类和其他生物在地球上的生存和繁衍,开展生命科学研究是十分必要的。

一、生物和生物学

物质世界是由生物和非生物两部分组成的。生物是具有生命的物体,包括植物、动物、微生物和人类等。非生物是指生物之外的全部无生命的物体,如空气、水分、阳光和岩石等。地球上的生物种类繁多,迄今为止科学家在地球上发现并命名的生物约有 200 万种,并且每年还不断有新的物种发现。据估计,科学家最多仅对地球上 1/10 的物种进行了命名,也就是说还有数以千万计的物种等待我们去探索和认识。

(一) 生物的基本特征

什么样的物体具有生命,这是一个难以回答的问题,但生物与非生物之间还是有着本质差别的。多数科学家认为生命体具有以下几个方面的基本特征:

1. 生物都是由细胞组成的

虽然地球上的生物种类繁多,它们在形态结构、生理功能、生活方式等方面也不完全相同,但它们都有严整有序的结构。生命的基本结构和功能单位是细胞,组成细胞的化学成分具有相似性,主要都是蛋白质、核酸、脂质、糖类、维生素、水和一些无机物。

2. 新陈代谢

生物体在生活期间,不断与外界环境之间进行物质交换和能量交流,即生物体一方面不断从外界摄入物质,经过一系列转化与合成过程,将其转变为自身的组成物质,并储存能量,称为同化作用(assimilation);与此同时,生物体也会将自身的组成物质加以分解,释放其中所储存的能量,并把分解所产生的废物排出体外,也就是异化作用(dissimilation)。这两个过程在生物体内同时进行,相互依存。经过同化与异化作用,生物体得到更新,完成新陈代谢(metabolism)。

3. 生长、发育和繁殖

生物都有生长(growth)、发育(development)和繁殖(reproduction)过程。生长通常是指生物

体从小到大的过程。发育是生物体在进行生活史的过程中,其构造和机能经过从简单到复杂的变化,建成个体各部分的结构,然后衰老死亡的过程,也就是我们常说的个体发育(ontogeny)。繁殖是生物有机体生长发育到一定大小和一定程度的时候,产生后代,使个体数目增多,种族得以延续的现象。

4. 遗传、变异和进化

生物繁殖所产生的后代,通常都与亲代相似,这种现象称为遗传(heredity),但后代与亲代之间也会有一定的差异,这一现象叫做变异(variation)。遗传保持了生物物种的稳定性,变异产生了新的性状,这些新的性状经自然选择的长期作用,适应环境的性状又由遗传保留了下来,这样导致了整个生物界产生由低等到高等、由简单到复杂的进化(evolution),我们常将这一过程称为系统发育(phylogeny)。

5. 应激性和运动

生物能感受外界刺激并对刺激做出反应,叫做应激性(irritability)。在大多数情况下,生物体都是以某种形式的运动来对刺激做出反应的,反应的结果是使生物趋利避害。因此,应激性对生物适应环境有重要意义。

上述特征为生物所特有,而非生物一般是没有这些特点的。如非生物的组成多种多样,土壤、水分、空气、各种金属各不相同;非生物也不能进行繁殖,不能说把大石头打碎成若干小的石头是繁殖,因为生物繁殖的后代经过一定的时间后会恢复到亲本的大小。

(二) 生物学

生物学(biology)就是研究生物的生命现象、本质和生命活动规律的科学。生物学又称为生命科学(life science),是自然科学的基础学科之一,研究范围主要包括生物的形态结构和功能、发育规律、生物的物质与能量代谢、遗传变异和进化,生物的多样性、分布规律及其与环境的相互关系等。

二、生物对人类的重要性

(一) 生物资源是人类赖以生存的物质资源和天然基因宝库

生物不仅对自然界有重大作用,而且人类的衣、食、住、行等方面都离不开生物。棉、麻类、羊毛、蚕丝和皮革是服装的重要原料,人们日常生活所需要的蛋、禽、肉、粮食、水果、蔬菜和油料都来源于生物。在住的方面,木材可做建筑材料和装饰材料,许多观赏植物可用来美化人类居住环境。人类的出行也离不开植物,橡胶可用来制作汽车轮胎,乘坐交通工具需要化石能源如煤炭、石油和天然气,而这些能源是由不同地质年代地球古植物光合产物经地质矿化而形成的。许多工业也离不开生物,如食品工业、油脂工业、制糖工业、建筑业、纺织工业、造纸工业、油漆工业、酿造工业和化妆品工业,甚至冶金工业、煤炭工业和石油工业都需要生物作为原料或参与作用。随着石油、煤炭这些不可再生能源的逐步减少,人们探索利用植物作为可再生能源,如利用植物提炼石油或生产乙醇作为汽车动力,已经受到普遍重视。

在生物长期的进化过程中,形成了无数类型的遗传性状,这些遗传性状保存在整个生物界的不同物种中。数百万种生物,犹如一个庞大的天然基因库,蕴藏着丰富的种质资源,是自然界赋

予人类的最珍贵的财富。生物种质资源的良好保存和合理开发利用,对生物的引种驯化、品种改良和抗性育种等方面发挥了巨大的作用。

(二) 生物学与农业和医学的关系

生物学是农业、林业、园艺、医学的基础。生物学每次新的突破,都极大地促进了农业和医学的发展。

在农业上,应用辐射和化学诱变、原生质分离与融合技术、组织和花粉培养、细胞杂交等生物技术培育大量的农作物新品种,对农业的持续发展发挥了巨大的作用。如在遗传学原理指导下的“绿色革命”,促使水稻、小麦、玉米等主要粮食作物产量激增,粮食产量超过了人口增长率。近年来,基因工程和克隆技术的应用,为动、植物育种开创了新的途径。

在医学上,20世纪40年代至50年代迅速发展的抗生素和疫苗产业,使细菌性疾病(肺结核、伤寒、鼠疫等)、病毒性疾病(小儿麻痹症、乙型脑炎等)得到控制,1980年世界卫生组织宣布在全球消灭了天花。由于基本消除了传染病对生命的危害,全球人均寿命大大提高。

(三) 促进物质循环,维持生态平衡

自然界的物质经常处于不断运动状态,一方面,通过各种生物的呼吸、残体腐烂以及现代工业迅速发展依赖于对化石燃料的大量燃烧,使复杂的有机物分解成 CO_2 等简单的无机物,同时消耗大量的 O_2 ;另一方面,绿色植物进行光合作用时,需要吸收大量的 CO_2 作为合成有机物的原料,同时释放出 O_2 。长期以来,能维持空气中的 CO_2 在0.03%和 O_2 在20%左右相对稳定的水平,显然与植物的合成和分解作用的相对平衡密切相关。营造更多的森林植被,可以吸收过量排放的 CO_2 ,对于避免温室效应具有十分重要的意义。

茂盛的植被可以保持水土,植被被破坏将导致水土流失,土地沙漠化或荒漠化。利用植物修复技术,重建和恢复被污染、森林被砍伐而遭破坏的生境和植物群落,是恢复生态学的主要研究领域,也是今后科学和人类社会的重要发展方向。在长城北面,有一道和长城同一走向的“绿色长城”——“三北”防护林,其东起黑龙江宾县,西至新疆维吾尔自治区的乌孜别里山口,东西长4480 km,涵盖了13个省、市和自治区,被联合国环保官员称为“世界生态之最”,有效地控制了中国北部沙化的扩展速度。

随着经济的发展,人类对自然资源的需求不断增加,导致了对自然资源无节制地索取,环境遭受前所未有的破坏。当今人类社会面临着一系列重大的问题,主要包括人口膨胀、粮食短缺、全球变暖、臭氧层破坏、各种严重疾病的危害、能源和水等资源匮乏、环境污染、生态平衡被破坏和生物物种的大量消失等。上述这些问题的解决,在很大程度上依赖生命科学的发展。生物科学和生物工程技术彻底改变了人类利用自然资源的方式,从依赖对野生动、植物数量资源的开发和利用到主要依赖野生动、植物的遗传多样性资源,通过对野生动、植物的人工栽培,实现了对动、植物资源的可持续利用。人工栽培和人工饲养的标准化生产不仅可保护野生动、植物,还能保证动、植物产品的质量。在这方面我国已进行了有益的尝试,如中医药业改变了长期依赖采挖天然中草药和获取野生动物的状况,代之以标准化人工栽培中药材、人工驯化和饲养具有药用价值的动物。

此外,在工程技术上仿效某些生物奇妙结构、能量转换、信息传递等种种优异特性,进行仿生学研究,必将引起整个工程技术系统重大变革,为人类带来巨大的利益。