



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

主 编

林宏辉

兰利琼

普通生物学



BIOLOGY

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通生物学

PUTONG SHENGWUXUE

主 编 林宏辉 兰利琼

编 者 （以姓氏笔画为序）

王茂林 兰利琼
李 虹 李 静
林宏辉 曾宗永



内容提要

全书共分七章,涉及生命的物质基础、细胞、遗传与变异、植物的形态结构与功能、动物的形态结构与功能、生物类群与多样性、生态学等内容。

本书兼顾系统性与趣味性,在全面介绍生物学的基础知识、基本理论和基本技能的同时,设置“知识窗”、“研究热点”、“延伸阅读”等栏目,以期激发读者兴趣,开拓读者视野。

本书具有较好的系统性和可读性,可作为生物科学类专业本、专科学生的专业基础课教材,也可作为生命科学导论类文化素质选修课教材,还可作为中学生物学教师及相关人员的参考书目。

图书在版编目(CIP)数据

普通生物学/林宏辉,兰利琼主编.--北京:高等教育出版社,2011.6(2013.5重印)

ISBN 978-7-04-033052-6

I. ①普… II. ①林…②兰… 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(2011)第260499号

策划编辑 吴雪梅 高新景 责任编辑 高新景 封面设计 张志奇 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	三河市春园印刷有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	23	版 次	2011年6月第1版
字 数	560千字	印 次	2013年5月第2次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	39.00元

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 33052-00

前 言

普通生物学是一门涵盖生命科学领域各个方面的专业基础课，其涉及的内容非常广泛。从生物类群上看，简单的朊病毒、类病毒、病毒、细菌一直到复杂的种子植物、哺乳动物，都是其讨论的对象；从分析的层次来看，微观至分子、宏观至生物圈，都在其视野之中；从研究的技术上看，从传统形态解剖学的客观描述到创新性地基于基因组学、蛋白质组学和生物信息学而发展起来的合成生物学在揭示生命的奥秘之后对掌控生命的尝试也都在其关注之下。因此，普通生物学成为希望在生命科学世界里猎奇的人的入门秘笈。

然而，但凡教授过这门课程的老师都有体会，这门看似简单的入门课程要想讲授好还真不简单。且不考虑上面所提到的因内容的全方位覆盖，需要时时紧跟生命科学高速发展的步伐，随时更新调整所带来的备课、教学计划安排上的困难，仅从授课对象的状态上就构成对教学成效的考验。因为目前的中学生物教学几乎涉及了植物学、动物学、人体生理学、遗传学、分子生物学及生态学的多个方面，学生似乎什么都学了，但由于学习的目的、方法摆脱不了高考的制约，所以大多数学生学习的效果并不理想。然而，当他们进入大学面对我们的普通生物学这一首门专业基础课程的时候，却因为中学的学习经历而丧失了新鲜感，甚至丧失了兴趣。所以，四川大学普通生物学课程在多年的教学中，首先强调的是有效调动学生的学习积极性；其次，我们强调的是科学的方法，生物科学的知识不是靠死记硬背来积累的，而是靠观察、思考、实验、比较、分析、总结等获得的。通过多年的教学经验积累、教学内容方法改革，我们的普通生物学课程建设成为了国家精品课程。以此为基础，我们编写了本教材。在教材的编写上，我们也注意以多种方式调动读者浓厚的学习兴趣、帮助他们建立科学的学习方法，比如：开设知识窗等小板块，提供思考题和延伸阅读材料等。

教材总的框架是按照生命的基本层次进行的，从生物元素、小分子、大分子这些物质基础入手，到细胞的结构、新陈代谢、遗传变异，再到由组织、器官、系统所构成的个体，以及个体所构成的生物多样性，最后是生物与环境所构成的生态系统。多年的教学让我们相信，这样的结构符合学生的认知规律，有利于学生更好地理解 and 掌握相关知识，形成科学的生物学思想。

教材编写集中了老、中、青三代人的集体智慧，老师们总结自己的教学经验，从中提炼出精髓，怀着奉献的激情，精雕细琢追求完美。衷心感谢蒋妍为本书绘

■ 前 言

制大量图片，感谢徐飞、朱峰博士等为本书所付出的辛勤劳动，感谢高等教育出版社生命科学与医学出版事业部吴雪梅编审、高新景编辑在本书的编写和出版过程中给予的热情帮助和支持。

生命科学的发展日新月异，我们在教学过程中虽然会时时跟踪学科的发展，但一旦成书，就必有遗漏。且由于编者的水平存在局限，书中出现谬误在所难免，敬请广大师生及同行予以批评指正，再版时我们定当加以更正，不胜感激！

编 者

2011年5月于成都

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第一章 生命与生物学	1	四、基因的表达调控	91
第二章 生命的基本单位——细胞	9	五、基因重组	97
第一节 细胞的分子基础	9	第三节 遗传变异与修复	99
一、细胞的小分子物质	9	一、染色体畸变	99
二、细胞的大分子物质	15	二、基因突变	103
第二节 细胞的形态结构与功能	22	三、修复机制	107
一、细胞的大小、形态和数目	22	四、人类基因组与遗传疾病及其 诊断、治疗	109
二、细胞的共性	23	第四节 基因工程	115
三、原核细胞与真核细胞	23	一、基因工程的原理	116
四、细胞的超微结构	24	二、基因工程的基本内容	116
第三节 细胞的增殖	38	三、基因工程的应用	124
一、细胞增殖的方式	38	第四章 精彩纷呈的生命世界	134
二、细胞周期与调控	43	第一节 分类学基础	134
第四节 细胞的分化、衰老和死亡	44	一、分类学的缘起	134
一、细胞分化	44	二、生物的分界	135
二、细胞衰老	51	三、生物命名法	136
三、细胞死亡	53	第二节 病毒与细菌	137
第三章 生命的延续——遗传	57	一、病毒	137
第一节 染色体遗传学	57	二、细菌	141
一、遗传学第一定律	58	三、放线菌	143
二、遗传学第二定律	61	四、衣原体	144
三、孟德尔遗传的延伸	63	五、立克次体	144
四、遗传学第三定律	66	六、支原体	144
五、性别决定	71	七、古细菌	144
六、性相关遗传	73	第三节 真菌	145
第二节 分子遗传学	75	一、酵母	145
一、基因的概念及其发展	75	二、霉菌	146
二、基因的本质	78	第四节 植物万象	148
三、基因的复制、转录和表达	83	一、藻类	148

二、地衣	150	作用	234
三、苔藓	150	二、骨骼的支持与运动功能	235
四、蕨类植物	151	三、肌肉与运动	238
五、裸子植物	151	第三节 血液与循环	240
六、被子植物	153	一、哺乳动物的血液	240
第五节 动物多样性	155	二、人类的血型与输血	243
一、什么是动物	155	三、哺乳动物的心血管系统	244
二、动物的分类依据	156	第四节 淋巴系统与免疫	248
三、动物的多样性	158	一、淋巴系统及其功能	248
第六节 生物多样性与演化	179	二、人体的免疫	250
一、生命的起源	179	第五节 呼吸	255
二、原核生物多样性的演化	181	一、呼吸系统的结构与功能	255
三、真核生物的发生和演化	182	二、气体交换与气体运输	259
第五章 植物的结构与功能	188	第六节 消化与人类营养	260
第一节 植物的作用	188	一、人类的消化系统	260
第二节 种子植物的一般特征	190	二、营养物质的吸收	264
一、木本植物	190	三、营养成分与机体代谢	265
二、草本植物	191	四、机体的能量代谢	267
三、植物的组织	191	第七节 内环境的控制	268
四、植物的组织系统	202	一、排泄器官的渗透调节及 排泄功能	268
第三节 种子植物的器官	202	二、人体的泌尿系统	269
一、根	203	三、动物的体温调节	272
二、茎	207	第八节 神经系统	274
三、叶	208	一、神经元	274
四、花	215	二、神经系统的整合与调控	279
五、种子与果实	221	第九节 动物的感觉器官	284
第四节 植物发育及其他生理 活动	222	一、视觉	285
一、种子萌发——生命的开始	222	二、听觉	288
二、植物激素——调节植物生长 发育	225	第十节 动物的体液调节与内分泌 系统	289
第六章 动物的结构与功能	229	一、激素的类型及其作用机制	289
第一节 动物的结构与功能	229	二、人体的内分泌系统	291
一、动物的结构	229	第十一节 动物的繁殖与发育	295
二、内环境的稳态及其调节	231	一、动物的繁殖方式	295
第二节 动物身体的保护、支持和 运动	234	二、人类的生殖系统	295
一、皮肤及其衍生物的保护		三、受精与早期胚胎发育	300
		第七章 生态学基础	304
		第一节 概论	304

一、什么是生态学	304	二、影响群落结构的非生物因素	327
二、生态学的研究途径	305	三、影响群落结构的生物因素	327
三、生态学的研究方法	305	四、影响群落结构的因素——中度干扰假说	331
四、生态学的时间尺度	307	五、群落动态	332
第二节 生物与非生物环境	307	六、群落生态学的局域性	335
一、非生物环境	307	第五节 生态系统	337
二、光	308	一、生态系统的结构	337
三、温度	309	二、生态系统的功能 I——能量流动	338
四、水	310	三、生态系统的功能 II——物质循环	342
第三节 种群生态	311	四、生态系统的功能 III——产品和服务	344
一、种群	311	五、生物多样性对生态系统功能的效应	345
二、种群的数量	312	主要参考文献	352
三、种群的空间分布	312	索引	353
四、种群统计学	313		
五、种内竞争	317		
六、种群的增长	318		
七、种群数量的周期性变化	321		
八、种群的生活史对策	321		
九、meta 种群	323		
第四节 群落生态	324		
一、什么是群落	324		



惟妙惟肖、形态逼真的智能机器人的出现，让我们再次面临这样的问题：什么是生命？左图为仿真智能机器人照片，Helge Ritter 博士（右）和 Gert Rickheit 博士（左）与他们研制的名叫 Barthoc 的机器人在一起，Barthoc 的面部表情极为丰富逼真。

什么是生命？乍一看，答案似乎很显然，但事实上要完整而合乎逻辑地回答这一问题却相当困难。

如果说生命就是能够成长、能够运动的东西，这恐怕并不贴切。喜马拉雅山在长高；石钟乳在生长；毫无生命的水或其他液体能够流动，或者说运动；这些显然不足以用来定义生命。

有人说，所有的生命都消耗能量。然而，从除草机到计算机，从汽车到宇宙飞船，所有的这些机器也都消耗能量。比较确切的定义或许是：生命拥有控制能量的能力。不过一些高级的机器，特别是近几年来运用模糊逻辑设计的某些先进的机器也具有了这样的能力。

最能获得广泛认同的应该是基于“繁殖”这一特性所得出的“生命”的定义了，“繁殖”即产生下一代，而且是与自身相同或相似的下一代。对于生命，也许我们得出的最准确的说法是：所有的生命，从最简单的细菌到人类，都进行繁殖并把它们的遗传物质或特征传递给后代，而这些物质和特征在传递过程中又经历了变异。换句话说，它们经历了自然选择的过程，而不是简单地产生与自身完全相同的拷贝。

可见，“生命”这一概念的内涵并非可以用简单的一句话加以归纳总结的。但是，生命的确拥有一些共同的基本特征，使其与非生命物质区别开来，生命科学研究的重要内容是生命的基本特征。

1. 生命的基本特征

(1) 生命有着共同的物质基础。无论是在元素水平还是小分子、大分子水平上，生命都有着共同的化学本质。自然界的 108 种化学元素中，有 25 种元素为生物所共有，被称为生物元素 (bioelements)，它们被生物体主动摄入，构成生物活性物质的组分并参与生命过程中的某一环节（一个或一组反应）；由生物元素构成的生物小分子——单糖、核苷酸、氨基酸以及由它们聚合成的多糖、核酸和蛋白质等生物大分子，在所有生物体中执行

着相同的重要生理功能：多糖提供能量，核酸为遗传的基础，蛋白质是生物性状表现的基础。

(2) 生物体表现出高水平的组织结构性，细胞是生物体结构和功能的基本单位。在生物的物质基础上，生命表现出严整有序的结构：生物元素→生物小分子→生物大分子→亚细胞结构→细胞→组织→器官→系统→种群→群落→生态系统，生命科学就在这从微观到宏观的不同层面上探究生命世界的奥秘。在这些结构层次中，能够体现生命特征的是细胞，细胞是生命结构和功能的基本单位。一些特殊的生命，如病毒、类病毒和朊病毒，由于不具备细胞形态，也就不能独立生活，必须寄生于有细胞结构的宿主体内，借助宿主的细胞结构实现生命活动，表现生命特征。

(3) 生命以其开放性维持其有序性，具体表现为通过新陈代谢与外界环境保持物质和能量的交换，从而实现生长、发育、繁殖及生命的延续。地球因其上所承载的生命而充满活力，生命力量的源泉是绿色植物所获取的太阳能，转化成有机化合物的形式，伴随物质交换，为生物体所利用，一部分用于满足生长、发育、繁殖和生命延续的需要，一部分用于抵消生命活动所产生的熵（无序性），维持生命世界的秩序。

(4) 生物体能感知外部环境并做出反应，维持其内稳态。小至一个细胞，大至一头鲸、一棵巨杉，都能够通过一系列的机制侦测到外界环境的变化，并作出有针对性的反应，以保证生命世界在各层面上的相对的稳定、动态的稳定。

(5) 遗传与变异是生命的另一重要特征。生命之脉代代相传，期间的纽带为遗传——相同的性状在世代之间的延续，然而，这种延续并非一成不变地拷贝，而是在亲代与子代之间及子代个体之间存在着差异，这就是变异，变异为演化提供了可能性。

(6) 以遗传与变异为基础的生物体具有多样性，而自然作用于具有多样性的生命世界，必然导致选择，选择压力的最终结果是产生了演化。几十亿年的生命发生发展史，也就是一部关于演化的鸿篇巨著。

生命基本特征的每一个方面都以其神奇的魅力吸引着无数学者探询的目光，由此形成博大精深又充满活力的生命科学。

2. 生命科学发展史

人类自诞生以来，显示出超乎其他生命的对生存环境强烈的好奇以及探索未知世界的欲望和能力。社会学家认为，人与其他生物的本质差别在于人能够主动地认识自然；并正确运用自然规律来改造自然和利用自然，这就包括了对生命世界的认识，对生命活动规律的掌握。虽然“生物学”（biology）这个词本身，直到19世纪初才被创造出来，但这门涵盖诸如医术、农业、畜牧业等方面知识的学科之根源可追溯到远古时代。人类对生物界的认识，是一个长期积累的过程。大约在文艺复兴后，形态学、分类学、解剖学、生理学等生物学分支学科才逐步确立起来。19世纪，由于细胞学说和达尔文进化论的创立，生物学才成为真正的科学，形成自己相对完整的体系。到了现代，分子水平的研究成果推动生物学进入了一个新的飞速发展的时期。

我们可以把生命科学的发展历史分为四个主要的阶段：生物学知识的萌芽时期、古典生物学时期、实验生物学时期和分子生物学时期。

(1) 生物学知识的萌芽时期

从人类诞生至公元16世纪以前，都属于前生物学时期即生物学知识的萌芽时期。大约在四万年前，当最初的“野人”或“赤身露体的类人猿”向“具有社会心理的人”过

渡时，生物学开始萌芽了。在那时，神话、迷信、宗教、手工技术以及无目的地进行实验和形成理论的经验主义等，都是一些与自然打交道的方法。当涉及生命物体的知识中神秘莫测的部分与经验的部分慢慢地分离时，生命科学就开始逐渐演化。人类学家利瓦伊·斯特劳斯（C. Levi-Strauss）发现原始人对他们周围的事物都能进行某种相当细致的分类和顺序安排，例如，按生和熟、湿与干、可食与不可食进行分类等。原始人也从经验中懂得，一系列的制备程序能使事物从一个类别转化成为另一类别，例如，木薯既可做成食物，也可制成毒品。古代文明发展程度较高的国家，如中国、希腊、埃及、古罗马等国，很早就开展了与人类生活密切相关的植物与动物的栽培、养殖和利用。新石器时代后期，我们中华民族的祖先已开始酿酒；据考古学家对陕西半坡村人类新石器遗址中出土的白菜籽的考证，我国栽培白菜的历史已有7000多年；公元前5000多年，先人已经懂得栽种水稻；公元前3000多年已经开始驯养家猪；公元前2700年种桑养蚕、织布做衣在长江流域已广为流传；在公元前500年的战国时代写成的《吕氏春秋》和《上农》等著作中，我国先哲已经就农业生产中的十大问题展开讨论；公元前221年，我国人民已懂得制酱、酿醋、做豆腐。除了食物以外，我们的祖先必须面对的另一项严酷挑战就是与疾病做斗争。由于人类当时认识自然、与自然抗争的能力十分低下，因此，尝试用身边的植物或动物进行治疗也就顺理成章。记录有从西周初年到春秋中期的305首诗歌的《诗经》中，记载有植物药50多种，有些至今还是常用药，如枸杞子、泽泻、益母草、菟丝子等。汉朝《神农本草经》又将药物增至300多种；公元10世纪，我国已发明预防天花的“疫苗”。

在西方，苏美尔人和巴比伦人于公元前6000年学会了啤酒发酵；埃及人于公元前4000年开始制作面包。古希腊自然哲学家用自然发生说解释生命的起源，阿那克西曼德（Anaximenes，约公元前588—公元前525）认为：太阳晒暖了泥土，泥土中产生出了原始的生物，并伴随有泡沫的发生；最初产生的是水生生物，之后一部分水生生物逐渐适应了陆地生活；人类也是起源于某种类似于鱼的动物，所以婴儿在母腹内是生活在水中的。恩培多克勒（Empedocles，约公元前500—公元前430）认为：世界本来是由水、火、气、土四种元素组成，它们靠“爱”的力量结合，生成具体事物；靠“恨”的力量排斥，使具体事物分解毁灭。恩培多克勒还认为，鸟类体内含有较多的火元素和气元素，因而能够飞翔；鱼类体内含有较多的水元素，所以离不开水；植物没有两性分化，它们尚处于生物演化的较低阶段。而特别值得纪念的是把生物学问题的哲学思辨引向生物学研究，为以后生物学发展奠定基础的亚里士多德（Aristotle，公元前384—公元前322）。亚里士多德通过具体研究大量的生物而得到了比较系统的知识，他研究了500多种生物，并亲自解剖过50多种动物。亚里士多德并没有明确地创立一个分类学体系，但他已经相当仔细地探讨过了这个问题，他运用了“属”（genus）和“种”（species）作为分类的范畴，可以说他是系统分类学的伟大先驱。他的有关生物的主要著作有《动物自然史》、《动物的组成部分》、《动物的繁殖》等。

总之，从原始人类口口相传的生活经验到包括在农书、医书以及自然哲学和博物学著作中涉及的生物及其习性的基本概念、基本知识，都仅是对事实的搜集、对经验的积累，还没有上升为真正的生物学，其方法主要是从整体上进行笼统的观察和初步的总结，但这种基础的、描述的科学方法（包括观察、分类、归纳、演绎等）与知识的原始积累，对生物学的发展奠定了坚实的基础，有着极其重要的意义。

(2) 古典生物学时期

从 15 世纪下半叶到 18 世纪末，是真正意义上的生物学发展的第一阶段。在这个时期我国最杰出的代表作当推明朝末年（1593 年）的《本草纲目》。在这部不朽的科学巨著中，李时珍对 1 892 种植物、动物及其他天然成分分门别类地进行了详细的形态描述及药性探讨，为后人留下了极其宝贵的寻药看病的经验与智慧结晶。

在这一时期的初期，欧洲逐渐出现了资本主义的生产方式。18 世纪，英国发生了工业革命，法国爆发了大革命。革命使欧洲的社会面貌发生了极大的变化。为了发展资本主义，资产阶级需要科学，生物学出现了前所未有的进步。地理上的大发现，气象学、动植物学、人体生理学等领域大量资料的积累，中国古代四大发明传入欧洲各国，以及分门别类的研究，显微镜的利用和实验方法的运用，使自然科学进入了近代。一门门新的学科不断出现，结束了自然哲学、博物学的时代。

这一时期，生物学研究中的主要内容是维萨里等人的解剖学、哈维的生理学、林奈的分类学以及从 18 世纪末持续到 19 世纪初的拉马克等人的进化学说。1543 年出版的《人体的结构》是比利时人维萨里（Vesalius, 1514—1564）在极其困难的条件下，大量地进行解剖与观察的结果。作者以当时最正确、最新的解剖学知识为基础，分别论述了骨骼、肌肉、脉管和动脉系统、神经系统、腹部内脏和生殖器官、胸部的内脏器官、脑和脑垂体以及眼睛等部分，最后还谈到动物的活体解剖。除此之外，该书还列举了知识的来源，标明了解剖的数目，也介绍了解剖的工具，并用图画展示了解剖的概况和细节。因此，该书堪称近代解剖学的经典著作。

哈维（Harvey, 1578—1657）在还没有显微镜帮助的情况下，通过两个巧妙的实验“证明”了血液循环：一是通过结扎手臂的实验，证明静脉血是单向向心流动的；二是用动物实验显示心脏半小时泵出的血量就远远超出这个动物全身的血量。只有用血液循环才能解释这些实验事实。因此，在 1628 年出版的《心血运动论》一书中，哈维完整地阐述了血液循环理论。哈维不只是提出了一项重要发现，而且，更为重要的是，他把定量实验的方法用于生理学研究，而没有提出任何超出实验结果和解剖事实的概念和假设，生理学从此进入新的时代，人们称他为“近代生理学之父”。而遗憾的是，中国古代的相关研究始终没有迈出定量实验这一步。

分类学是这一时期的最高成就，也是这一时期生物学中的带头学科。瑞典人林奈（Karl von Linné, 1707—1778）是这一领域的杰出人物。与他同时代的人说，上帝创造了世界，林奈则对世界做了整理和分类。他出版了一系列著作，包括《植物系统》、《植物学书目》、《植物学基础》、《植物属志》、《瑞典北部植物志》、《植物学评论》、《性别分类法》、《克里福特植物园》、《植物的纲》等。当然，最伟大的著作当推 1735 年出版的《自然系统》，在这部生物系统分类领域的经典著作中，集中体现了林奈在分类学上的特殊贡献：

(1) 创立了统一的生物命名法——双命名法（binomial nomenclature），双命名法因其科学性和合理性一直沿用至今。

(2) 建立了统一的生物分类系统。林奈根据生物的形态、习性、大小差异将它们排列成一个有规律的系统。在植物、动物和矿物这三界中，每界又按从属关系分为纲、目、属、种。

林奈所概括的生物命名法和分类系统，使自然界中已发现的千百万种植物和动物，排列成有规律可循的完整系统，从而使分类学成为科学。在 18 世纪，生物学领域内的主要

成就表现在植物学和动物学上，而这些成就则主要源于林奈的贡献。

(3) 实验生物学时期

从 19 世纪到 20 世纪中叶大约 150 年的时间里，随着数学、物理、化学等学科与生命科学的相互交叉渗透，生命科学取得了一系列引人注目的成就。

早在 17 世纪，显微镜的使用已经开拓出“显微镜下的生物学”这一独特的研究领域。而 19 世纪对显微镜的进一步改进以及解剖学的长期发展，则催生了细胞的发现和细胞生物学的创立。出生于德国汉堡的施莱登于 1838 年发表了“植物发生论”，认为细胞是构成植物体的单位；出生于诺伊斯的德国人施旺则于 1839 年发表了“关于动植物的结构和生长一致性的显微研究”，明确指出动物和植物都是由细胞所组成，细胞学说由此建立。细胞学说是现代生物学的一个基础部分，它既是机体结构、遗传机制、受精、发育与分化、简单有机体与复杂有机体的统一以及进化学说等概念的前提，又包含在这些概念之内。细胞是生命基本单位的说法，统一了对生命共性的认识，为生物学的发展奠定了坚实的基础。之后，随着生物学的进步，细胞学说也得到了不断的修正、丰富和充实，最后发展成为一门独立的分支学科——细胞学。同时，在细胞学说的指引下，人们开展了多方面的探索，在生物学研究上开辟了一个个新的研究领域。

同样借助于显微镜的神奇，在 19 世纪中叶，人们对细菌等微生物的形态、生活方式、营养类型、活动情况、生长发育、分裂繁殖等方面进行了认真的研究。而有着深厚的化学及物理学知识背景的法国科学家巴斯德更是成为现代微生物学的奠基者。他的《关于乳酸发酵的记录》一文，因揭示出“发酵的本质就是微生物的代谢活动”而成为微生物学界公认的经典论文。德国学者科赫提出的“疾病的病菌学说”以及他在结核病和现代细菌学上的成就、俄国动物学家梅契尼科夫对白细胞、吞噬细胞的免疫功能的发现、德国科学家贝林提出的血清疗法、德国科学家埃尔利希倡导的化学疗法、以美国人斯坦利为代表的一批杰出科学家对病毒的发现和认识以及俄国微生物学家维诺格拉德斯基和荷兰微生物学家贝杰林克对土壤微生物学的创立等，为 19 世纪的微生物学发展史写下了不朽的篇章。

此外，植物生理学的创立、古生物学的创立，尤其是达尔文的进化论、孟德尔和摩尔根的遗传学经典理论，更是成为这一时期生物学的标志性成果，并为下一个世纪生物科学的迅猛发展奠定了坚实的基础。这一时期的主要特点是生物学家们已经超越了以观察、描述性的手段研究生物体和生命现象的传统框架，通过一系列的实验设计与操作，开始了探索生命规律之本质的全新旅程。

(4) 分子生物学时期

获得 1954 年诺贝尔化学奖的美国科学家鲍林用 X - 射线衍射方法研究了蛋白质的分子结构，发现由氨基酸构成的肽链在一定条件下可以形成螺旋结构。1953 年，美国科学家沃森和克里克通过对脱氧核糖核酸（DNA）的 X - 射线衍射照片进行分析和计算，提出了 DNA 的双螺旋结构模型，并提出了遗传信息就是以核苷酸排列的顺序储存于 DNA 分子之中。以此为突破口，诞生了分子生物学。随后科学家们又破译了全部遗传密码，指出蛋白质分子中的氨基酸排列顺序是以 DNA 分子中核苷酸排列为模板翻译的，每三种核苷酸为一种氨基酸密码。不久克里克提出了遗传的中心法则：遗传信息的表达，是以 DNA 为模板转录为 mRNA，再以 mRNA 为模板，按遗传密码翻译为蛋白质。这样，构成生命的两大类生物大分子——蛋白质和核酸在生命过程中的相互作用这一基本规律被揭示出来，人类

就能够从本质上解释生命现象了。

随着技术的不断改进和知识的日积月累，发展到今天，现代生命科学不仅有不同于传统生物学的许多特点，而且深刻影响着现代科学的各个领域。具体表现为：① 从量子水平、原子和分子水平、亚细胞和细胞水平、组织器官水平、个体水平、种群和群落、生态系统、生物圈等不同层次上研究生命现象及其相互关系，与其相应，出现了量子生物学、分子生物学、细胞生物学、组织学和生理学、微生物学和动植物学、群体生物学、生态学等学科。这些学科从微观到宏观在不同水平上，对生命科学的内在规律进行精细的研究。② 多学科相互渗透，使生物学出现了一系列的分支学科和边缘学科。如研究基因及其表达的分子遗传学，研究生物大分子的结构与功能、生物体内化学变化的生物化学，以及生物物理学、生物数学、生物力学、生物光学、生物医学、农业生物学、环境生物学等。③ 应用生物学的形成。20 世纪末，现代生物技术（生物工程）已经直接影响到人们的经济生活和社会生活，如基因工程，它利用 DNA 的重组技术，将人们所需要的基因或基因片段组合在一起，从而创造出人们所希望的生物大分子物质，甚至新的物种。又如利用发酵工程，可以大规模生产干扰素（一种抗病毒的活性蛋白质）。医学遗传学和分子生物学的研究，使人们能够从遗传的物质基础 DNA 的改变上找出某些疾病的原因。现已发现了十多种癌基因，以及这些癌基因表达的机制。人类最终攻克癌这一“不治之症”已为期不远了。人造器官的植入使得一些生命垂危的人又获得了生机。此外，现代生物技术在农村、医药、食品、能源环境保护等领域中，正发挥着重要作用。生命科学的研究，还为电子计算机、人工智能、工程控制论等的研究，提供了许多新的启示。

我国政府认为，生命科学与生物技术的发展已经为中国民众带来了巨大的利益和福祉，将成为中国未来科技发展的战略重点。在已经发布的国家中长期科学技术发展规划纲要中，生命科学与生物技术已经成为最优先、最重要的研究领域之一，且必将为提高民众的医疗与健康水平、实现农业的高产和优质、开发可再生的清洁能源、治理环境污染等做出应有的贡献。

3. 新世纪生物学的新发展

回顾几百年来生物学的发展，经历了由表及里、由宏观到微观的历程，人们对生物体的认识也逐步由表型深入到了分子层次。20 世纪分子生物学的迅猛发展，积累了关于生物学的大量分子数据，特别是 1990 年启动的人类基因组计划更是带来了海量的生物基因信息数据。随后，生物学进一步发展，进入后基因组学时代，转录组学（transcriptomics）、蛋白质组学（proteomics）逐渐兴起并蓬勃发展，DNA、RNA、蛋白质等数据和信息呈现爆炸性增长。然而，生物体不是基因、蛋白质等的简单集合，基因组和功能基因组的信息堆砌在一起并不能阐明生命及其规律的本质。由于构成生物体的各种分子、细胞、器官、组织间存在广泛、复杂的协调和联系，必须对系统水平的协同行为加以深入具体的研究，弄清其系统协同行为的变化怎样导致人类的疾病和其他相关的生命现象，例如，人类的发育和思维等，因此如何基于传统的生物学研究成果构建整个生物系统关系图并了解它们怎样组装成一个系统，进而了解该系统的特性和变化，催生了 21 世纪的新兴学科——系统生物学（systems biology）。

系统生物学是研究一个生物系统中所有组成成分（基因、mRNA、蛋白质等）的构成以及在特定条件下这些组分间的相互关系，分析生物系统在一定时间内的动力学过程，并通过计算生物学来定量阐明和预测生物功能、表型和行为的新兴学科。系统生物学有三大

特点：整合、信息、干涉。“整合”是系统生物学的灵魂。系统生物学与基因组学、转录组学、蛋白质组学、代谢组学等各种“组学”(omics)的不同之处在于，它是一种整合型大科学。首先，它要把系统内不同性质的构成要素(基因、mRNA、蛋白质、生物小分子等)整合在一起进行研究；其次，对于多细胞生物而言，系统生物学要实现从基因到细胞、组织、个体的各个层次的整合；第三，系统生物学还特别注重研究思路和方法的整合。要把各种组学的水平型研究与经典分子生物学的垂直型研究整合起来，成为一种“三维”的研究。此外，系统生物学还是典型的多学科交叉研究，它需要生命科学、信息科学、数学、计算机科学等各种学科的共同参与。“信息”是系统生物学的基础。因为基因组、转录组和蛋白质组都是数字化的，基因表达的调控网络在本质上也是数字化的，而且，生物信息按照“DNA→mRNA→蛋白质→蛋白质相互作用网络→细胞→器官→个体→群体”的方向流动，所以，系统生物学从根本上讲就是一门信息科学。“干涉”是系统生物学研究的钥匙。系统生物学一方面要了解生物系统的结构组成，另一方面是要揭示系统的行为方式，要在人为控制的状态下，揭示出特定的生命系统在不同的条件下和不同的时间里具有什么样的动力学特征。

系统生物学的基本研究方法是：首先对选定的某一生物系统的所有组分进行测定和确定，描绘出该系统的结构，包括各组分之间的相互作用，构造出一个初步的系统模型。充分获取来自不同层次的信息，包括基因、蛋白质、细胞、组织、器官、个体甚至群体和生态学的结构、功能及其相互作用等，并进行全面、精确的测量，在此基础上构造出一个初步的系统模型。然后系统地改变模型内部组成成分或外部生长条件，观测在这些情况下系统组分或结构所发生的相应变化，并把得到的有关信息进行整合，同时将试验数据与根据模型预测的情况作比较，进一步修订初始模型，如此重复，最终得到一个能够反映出生物系统真实性的模型，以进行生物学现象的预测。因此，系统生物学将不仅使我们全面地了解复杂生命系统中所有组分以及它们之间的动态关系，还可以预测如果这个系统一旦受到了刺激和外界的干扰，系统未来的行为是什么。虽然系统生物学还处于起步阶段，但它对科学发现和未来医学的重要性无疑使得该领域成为未来生物学中的重要发展方向。

跨入新世纪以后，在基因组学、生物信息学，尤其是系统生物学等学科基础之上兴起了另一新兴学科——合成生物学(synthetic biology)。这是人类在揭示生命秘密的同时，更希望掌控生命的一种尝试。

2010年5月20日，美国克雷格·文特尔研究所(John Craig Venter Institute)宣布，他们利用人工合成的基因组，首次合成由化学合成基因控制的细菌，取名为“辛西娅”(Synthia)。文特尔领导的研究团队在实验室中重塑“丝状支原体丝状亚种”的DNA并将其植入去除了遗传物质的山羊支原体，在培养皿中，这种合成的细菌像天然细菌一样分裂、生活。媒体将其宣传为“首次合成的人工生命”。这一新闻事件，将合成生物学推向大众视野。合成生物学的研究方法是从最基本的要素开始一步步地制成零部件直至人工生命系统，它包括两个方面，一是设计和构建新的生物零件、组件和系统；二是对现有的、天然存在的生物系统进行重新设计和改造，以造福人类社会。通过设计和构建自然界中不存在的人工生物系统，来解决能源、材料、健康和环保等问题。由此可见，合成生物学与系统生物学密不可分，二者的协同发展，将为人类未来创造无限可能。

知识窗

生物学研究史上出现过许多“假说”和“学说”，这两者有什么区别和联系？

假说 (hypothesis) 是人们对所观察到的现象提出的解释。在生物学研究上，生物学家往往对那些不能以现有的生物学理论解释的现象提出假说，一个好的“假说”必须与已经获得的资料相一致，能够对这些资料进行合理的解释；一个好的假说必须能够通过其预测结果证明假说的真伪，也就是说，人们可以依据假说的内容而对其是否正确进行验证。假说被提出之后，将经过严格的检验。如果假说与新的发现相矛盾，它们将被新的假说所取代。通常，假说的大部分内容得到证明，同时也因为一些新的事实的出现而得到修改、完善。如果得到修正、完善的假说长时间地被一个又一个的研究所证实，那么，该假说将被上升为“学说”。

学说 (scientific theory) 是得到科学验证的、已经构成系统的主张。它包括一系列的概念、概念之间的相互关系、从现象中抽象出来的法则等，其内容与能够观察到的现象相吻合并能够解释这些现象。比如“细胞学说”，从最初罗伯特·虎克 (Robert Hooke, 1635—1703) 于 1665 年在原始的显微镜下观察到软木薄片上的小室 (cell)；到荷兰、意大利、英国等国家的学者分别对植物细胞、原生动物、细菌、红细胞等进行观察和描述；最后到 1838—1839 年，德国植物学家施莱登 (Matthias Jakob Schleiden, 1804—1881) 和解剖学家、生理学家施旺 (Theodor Schwann, 1810—1882) 通过各自的研究工作，指出细胞是动植物的基本结构和生命单位，这一理论性的概括，阐明了植物界和动物界在生命本质上的统一性，成为人们认识生物界的一次重大飞跃，“细胞学说”由此建立并得到后继生物学的证实。

生物科学领域尚有大量未能解释的现象、未能解答的难题等待着你的探索，也许，你就是下一位提出假说进而创立科学学说的生物学家！

延伸阅读

1. 李难. 生物学史. 北京: 海洋出版社, 1990
2. (美) 玛格纳. 生命科学史. 3 版. 刘学礼译. 上海: 上海人民出版社, 2009
3. 蒋太交, 薛艳红, 徐涛. 系统生物学——生命科学的新领域. 生物化学与生物物理进展, 2004: 31 (11)
4. 石磊. 合成生物学走过的十年. 世界科学, 2010: 12 (3)