



# 普通生物学 (第2版)

GENERAL BIOLOGY (SECOND EDITION)

主编 魏道智

# 普通生物学

(第2版)

GENERAL BIOLOGY (SECOND EDITION)

主 编 魏道智 福建农林大学

副主编 关雪莲 北京农学院

张焱茹 内蒙古农业大学

解新明 华南农业大学

编写人员 (以姓氏笔画为序)

仇雪梅 华南农业大学

孙 权 沈阳农业大学

关雪莲 北京农学院

张焱如 内蒙古农业大学

陈铁山 西北农林科技大学

侯义龙 大连大学

侯建华 河北农业大学

彭 玲 武汉生物工程学院

解新明 华南农业大学

魏道智 福建农林大学

PUTONG SHENGWUXUE

## 内容简介

本教材以知识的系统性、简明性和条理性为显著特色,努力在知识的广度和深度上有所突破,旨在为普通高校和高等农林院校生物类和非生物类专业的普通生物学课程提供一本实用并适用的教学用书。全书共9章,从生物体结构层次与功能,生物营养与代谢、繁殖与发育,生物多样性和生物环境,遗传、变异与进化,生命科学的热点问题等方面,力争从微观上系统介绍和认知生命的基本现象、基本规律和原理,从宏观上把握和阐明生命进化趋势与环境间的相互关系,帮助学生获取生命科学的基础理论与生物学基础知识,为后续专业学习奠定专业知识基础,拓展知识空间。

为方便和促进教学,教材精心制作了配套教学课件与电子资源,供教学人员教学参考。本书既可作为生命科学类专业本科生教材,也可供对生物学感兴趣者阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

普通生物学 / 魏道智主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2012.2

ISBN 978-7-04-033067-0

I. ①普… II. ①魏… 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(2012)第000121号

策划编辑 潘超 责任编辑 王超然 特约编辑 佟丽 封面设计 张楠  
版式设计 余杨 责任校对 胡美萍 责任印制 张福涛

---

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京七色印务有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2007年8月第1版
印 张	27.75		2012年2月第2版
字 数	720千字	印 次	2012年2月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	45.00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 33067-00

普通生物学作为生物类专业的一门基础必修课程和非生物类专业的通识性选修课程，在许多高校开设。普通生物学这门课程有助于学生从宏观上认知生命科学，获取生命科学的整体概念和形象，对于后续的生命科学知识的学习和基础的拓展具有重要的积极意义。

教材是一门课程建设的重要物质依托，是知识宝库的入口。知识的系统性、简明性和条理性应成为教材的显著特点，这有利于学生的学习和对知识的把握。鉴于目前大学的一些生物学知识已经下放到中学生物课程中间，原有的知识范围不再适应现在的大学生物学教学，因此要求教材在知识的广度和深度上有所突破。本教材的组织和编写正是基于上述思想，旨在为高等农林院校的普通生物学课程提供一本实用且适用的教学用书。

本教材的编委均为国内各个高校长期工作在普通生物学课程教学一线的教师；他们学有专长，研有特色。张焱茹编写第一章“细胞”，以及第四章“生物的繁殖与发育”中的动物繁殖部分；关雪莲负责第二章“组织、器官和系统”中植物学部分，第四章“生物的繁殖与发育”中的植物学部分；解新明负责第三章“生物营养与代谢”，第五章“生物类群”中的动物类群部分；仇雪梅负责第七章“遗传与变异”，第二章“组织、器官和系统”中动物学部分；陈铁山负责第五章“生物类群”中植物类群部分；侯建华负责第六章“生物与环境”；孙权负责第八章“生物的起源与进化”；侯义龙负责第九章“生物科学研究的热点问题”；彭玲负责第五章“生物类群”中原生生物和原核生物部分的编写。教材在编写过程中得到了高等教育出版社生命科学与医学出版事业部吴雪梅编审、潘超副编审、王超然编辑和各高校相关部门领导的大力支持；叶江红老师为附录的整理和课件的规范化付出了辛勤劳动；本书的出版得到福建农林大学出版基金的资助，在此表示深深的感谢。

教材是知识的载体，编者是知识的积极传播者。普通生物学所凝聚的是众多生命科学工作者的长期研究成果和辛劳，在此向从事生命科学工作的科研人员和学者表示深深的敬意和感谢。

由于我们的知识水平和经历所限，教材在内容和编排上难免会有很多不妥之处，希望各位生物学前辈、同行和同学提出宝贵建议，以期修订时更正。

编者

2011年10月

## 第1版前言

21世纪是科学的时代，是科学间综合、统一，相互渗透、融合的互动发展时代。生物学作为自然科学中发展最快的学科之一，将成为自然科学的主导科学，21世纪也将成为生物学优势发展的世纪。生物学的主题是生命的科学，生物学同时也是生命科学的基础，生物的多样性赋予了生命的多样性和多层次性，我们认知生物学的每一步，都是对于生命现象更趋合理的诠释和对生命本质探索的进一步逼近。随着对于生命科学研究的步步深入，我们不仅需要先进的生物技术作为技术支撑，更需要深厚的生物学基础作为我们理论和科学实践的基石。普通生物学作为一门非生物专业的重要基础学科，正是适应“宽基础、淡专业、宽口径”的高等教育培养模式而设立，旨在为非生物专业的学生提供一个完整、系统的生物学概念，在专业学习的伊始，打下一个良好的生物学基础。

本教材共分十一章，从生物体的结构层次与功能，生物的营养、代谢与繁殖，生物的多样性和生物的环境，遗传、变异与进化四大板块来系统介绍生物科学的基本规律、基础知识和基本原理，最后特意增加一篇来反映现代生物科学的热点研究领域、生物技术成就和发展动向，寄希望于我们的同学能够站在生物学的基础之上，直接触摸到生物科学的前沿，为后续从事生物科学工作提供一个方向性指导。

在农业部和中国农业出版社的关心指导下，我们联合了数位长期从事生物学教学和专业研究的博士编写了这本以农林院校所需生物学为基础背景的普通生物学，各章节编写分工为：绪论和第九章由魏道智编写；第一章和第八章由张焱如编写；第三章由解新明编写；第二章第一节、第四章第一节和第二节、第五章第六节由关雪莲编写；第二章第二节和第四章第三节由仇雪梅编写；第五章第一节、第三节和第七节由王慧编写；第五章第二节和第五节由王丽娟编写；第五章第四节和第六章由侯建华编写；第七章由张学文编写；第十章由陈万光编写。

在本书的编写过程中，我们得到了中国农业出版社以及各编者所在学校各级领导的大力支持，在此表示衷心的感谢。本书是在参考国内外同类教材和大量科学文献的基础上编写而成，尽管书后附录了主要参考文献，限于篇幅，一些文献难于全部列入或有所遗漏，希望作者见谅，并在此向本书参考书目及文献的编者、作者表示衷心的感谢和敬意。

随着现代生物技术的迅速发展，生物科学的知识领域和知识结构不断拓展，许多概念与内容不断更新，新的学科和技术不断涌现，我们深感自己的知识和能力的有限，尽管全体编写人员付出了很大努力，书中难免存在着许多的不足和缺憾，我们衷心地期待各位专家、同仁和同学指正。

编者  
2007年7月

绪论 .....	1	六、细胞连接 .....	47
一、生物学的内涵、任务及生命的概念 .....	1	七、物质的跨膜运输 .....	48
二、生物学的发展概况 .....	3	八、细胞通讯 .....	52
三、生物学涵盖的学科及其分支 .....	12	<b>第四节 细胞增殖与分化</b> .....	54
四、生物学的研究方法 .....	13	一、细胞周期 .....	54
五、学习生物学的目的和方法 .....	14	二、细胞分裂 .....	56
本章小结 .....	15	三、细胞分化 .....	59
复习思考题 .....	15	四、细胞的衰老与死亡 .....	61
主要参考文献 .....	15	五、癌细胞 .....	62
<b>第一章 细胞</b> .....	16	本章小结 .....	63
<b>第一节 细胞的发现和细胞学说的创立</b> .....	16	复习思考题 .....	64
一、细胞的发现 .....	16	主要参考文献 .....	65
二、细胞学说的创立 .....	16	<b>第二章 组织、器官和系统</b> .....	66
<b>第二节 细胞的生命物质</b> .....	17	<b>第一节 植物的组织、器官和系统</b> .....	66
一、细胞的元素组成 .....	17	一、植物的组织 .....	66
二、细胞的分子组成 .....	18	二、植物器官的结构与功能 .....	74
<b>第三节 细胞的形态、结构和功能</b> .....	31	<b>第二节 动物的组织、器官和系统</b> .....	108
一、细胞的形态和大小 .....	31	一、动物组织的基本特征与功能 .....	108
二、原核细胞与真核细胞 .....	32	二、动物器官系统的形态结构与功能 .....	117
三、细胞外被与质膜 .....	34	本章小结 .....	152
四、细胞器 .....	36	复习思考题 .....	152
五、细胞骨架系统 .....	44	主要参考文献 .....	153

<b>第三章 生物营养与代谢</b> .....	154	<b>第五章 生物的种类</b> .....	216
<b>第一节 生物的营养类型</b> .....	154	<b>第一节 生物分类概述</b> .....	216
一、自养 .....	154	一、生物分类的意义 .....	216
二、异养 .....	158	二、生物分类的依据 .....	217
<b>第二节 生物催化剂——酶</b> .....	161	三、生物的分界 .....	219
一、酶的概念 .....	161	四、生物分类的等级 .....	221
二、酶的分类 .....	161	五、生物的命名 .....	222
三、酶的作用特点与 机制 .....	162	<b>第二节 病毒</b> .....	223
<b>第三节 能量代谢</b> .....	163	一、病毒的生物学特征及 类别 .....	223
一、光合作用 .....	164	二、亚病毒 .....	226
二、生物氧化 .....	168	三、病毒与人类生活的关系 .....	226
<b>第四节 物质代谢</b> .....	174	<b>第三节 原核生物界</b> .....	227
一、初生代谢 .....	174	一、细菌 .....	227
二、次生代谢 .....	176	二、蓝藻 .....	229
<b>第五节 生命活动的调控</b> .....	178	三、古细菌 .....	229
一、植物生命活动的调控 ——植物激素 .....	178	四、其他原核生物 .....	231
二、动物生命活动的调控 .....	179	<b>第四节 原生生物界</b> .....	232
本章小结 .....	182	一、原生物的主要特征 .....	232
复习思考题 .....	183	二、原生物的主要类群 .....	232
主要参考文献 .....	184	三、原生生物与人类的 关系 .....	237
<b>第四章 生物的繁殖与发育</b> .....	185	<b>第五节 真菌界</b> .....	237
<b>第一节 生物繁殖的基本类型</b> .....	185	一、真菌门 .....	237
一、无性繁殖 .....	185	二、地衣门 .....	240
二、有性生殖 .....	186	<b>第六节 植物界</b> .....	242
三、单性生殖 .....	186	一、多细胞的藻类植物 .....	242
<b>第二节 植物的有性生殖</b> .....	186	二、苔藓植物 .....	247
一、植物的有性生殖 .....	187	三、蕨类植物 .....	250
二、植物的生活史 .....	198	四、裸子植物 .....	251
<b>第三节 动物的繁殖与发育</b> .....	199	五、被子植物 .....	256
一、动物繁殖的意义 .....	199	六、植物界进化的基本规律 .....	269
二、动物的繁殖方式 .....	199	<b>第七节 动物界</b> .....	270
三、个体发育 .....	201	一、海绵动物 .....	270
四、人类的生殖与发育 .....	210	二、腔肠动物 .....	271
本章小结 .....	213	三、扁形动物 .....	273
复习思考题 .....	214	四、原体腔动物 .....	275
主要参考文献 .....	215	五、环节动物 .....	277
		六、软体动物 .....	279
		七、节肢动物 .....	280

八、棘皮动物 .....	282	二、人类发展对环境的 影响 .....	322
九、半索动物 .....	283	三、人与环境的协调发展 .....	323
十、脊索动物 .....	284	本章小结 .....	324
本章小结 .....	293	复习思考题 .....	324
复习思考题 .....	294	主要参考文献 .....	325
主要参考文献 .....	295		
<b>第六章 生物与环境</b> .....	<b>297</b>	<b>第七章 遗传与变异</b> .....	<b>326</b>
<b>第一节 环境因素及其对生物的         影响</b> .....	<b>297</b>	<b>第一节 孟德尔遗传定律</b> .....	<b>326</b>
一、生物圈 .....	297	一、孟德尔及其豌豆杂交实验 .....	326
二、生态因子及其对生物的 影响 .....	298	二、分离定律 .....	327
<b>第二节 生物与环境间关系的         基本特征</b> .....	<b>304</b>	三、自由组合定律 .....	329
一、最小因子定律 .....	304	<b>第二节 孟德尔定律的补充和         发展</b> .....	<b>331</b>
二、耐受性定律 .....	304	一、显隐关系的相对性 .....	331
三、多种生态因子耐受性 之间的关系 .....	305	二、复等位基因 .....	332
<b>第三节 种群生态</b> .....	<b>305</b>	三、非等位基因间的相互作用 .....	333
一、种群的概念 .....	305	四、多因一效和一因多效 .....	336
二、种群的基本特征 .....	306	<b>第三节 遗传的染色体基础</b> .....	<b>336</b>
三、种群的年龄结构 .....	307	一、染色体与遗传 .....	336
四、种群的性别比例 .....	308	二、基因与染色体 .....	338
五、种群的存活曲线 .....	308	三、连锁交换定律 .....	339
<b>第四节 生物群落</b> .....	<b>308</b>	四、性别决定与伴性遗传 .....	342
一、生物群落的概念 .....	308	五、基因定位与连锁遗传图 .....	344
二、生物群落的基本特征 .....	309	<b>第四节 遗传的分子基础</b> .....	<b>347</b>
三、群落的组成与结构 .....	309	一、DNA 是主要的遗传物质 .....	347
四、生物群落的演替 .....	312	二、DNA 的复制 .....	349
五、生物群落的类型和 分布 .....	313	<b>第五节 基因对性状的控制</b> .....	<b>353</b>
<b>第五节 生态系统</b> .....	<b>314</b>	一、基因与 DNA .....	353
一、生态系统的概念 .....	314	二、基因的表达过程 .....	355
二、生态系统的组成 .....	315	<b>第六节 染色体的变异</b> .....	<b>363</b>
三、生态系统的功能 .....	315	一、染色体数目变异与染色体 畸变 .....	363
四、生态系统的平衡 .....	320	二、基因突变 .....	367
<b>第六节 人与环境</b> .....	<b>321</b>	本章小结 .....	371
一、自然环境对人类的 影响 .....	321	复习思考题 .....	372
		主要参考文献 .....	373



<b>第八章 生物的起源与进化</b> .....	374		
<b>第一节 生命的起源</b> .....	374	一、基因突变 .....	400
一、对生命起源的认识 .....	374	二、基因流动 .....	400
二、生命起源的条件 .....	375	三、遗传漂变 .....	400
三、生命起源的主要阶段 .....	376	四、非随机交配和选择 .....	400
<b>第二节 生物进化的主要历程</b> .....	378	五、自然选择 .....	401
一、从原核细胞到真核细胞 .....	378	<b>第七节 人类起源与人类进化</b> .....	401
二、从单细胞生物到多细胞生物 .....	380	一、人类的起源 .....	401
<b>第三节 生物进化的证据</b> .....	386	二、现代人的进化 .....	404
一、古生物学证据 .....	386	三、人类未来的进化 .....	406
二、比较解剖学证据 .....	387	本章小结 .....	406
三、胚胎学证据 .....	387	复习思考题 .....	407
四、动物地理学证据 .....	388	主要参考文献 .....	408
五、免疫学证据 .....	388		
六、分子生物学证据 .....	389	<b>第九章 生命科学研究的热点问题</b> .....	409
七、遗传学证据 .....	389	一、功能基因组学 .....	409
<b>第四节 生物进化的理论</b> .....	389	二、蛋白质组学 .....	411
一、早期进化论 .....	390	三、代谢组学 .....	415
二、达尔文进化论 .....	391	四、仿生学 .....	417
三、现代综合进化论 .....	392	五、进化生物学 .....	420
四、分子进化中性论 .....	392	六、干细胞 .....	421
五、间断平衡论 .....	394	七、生物信息学 .....	423
<b>第五节 物种的形成</b> .....	394	八、系统生物学 .....	425
一、物种 .....	395	九、合成生物学 .....	426
二、物种形成的条件与方式 .....	396	十、结构生物学 .....	429
三、物种形成在生物进化中的 .....		十一、神经生物学 .....	430
意义 .....	399	本章小结 .....	432
<b>第六节 影响生物种群进化的 .....</b>		复习思考题 .....	432
因素 .....	399	主要参考文献 .....	433

# 绪 论

我们正处在一个生物学的黄金时代，我们拥有史上最好的设备和现代科学武装起来的众多科学家；我们开始研究并解决千万年来曾想认识、解决而无法揭示的生物学秘密；我们试图进一步理解一个单细胞生物如何演化为多细胞植物或动物，植物如何吸收太阳能并把能量储存在食物内，生物群体间如何构成一张张生物网络，如森林、珊瑚礁，复杂多样的大千世界如何来自最初的微生物进化。自从有了历史，人类探索自然的脚步就一刻也没有停息过，让我们沿着细胞、组织、器官的曲径，从微观走到宏观，透过个体，望尽群落和系统，一同走进生命科学的世界。

## 一、生物学的内涵、任务及生命的概念

生物学是研究生物各个层次的种类、结构、功能、行为、发育和起源进化，以及生物与周围环境之间关系的科学。生物学的任务是研究和揭示生命体的生命活动的现象、规律及其本质，了解生物间、生物与环境间的复杂联系。

生命是什么？生命是一种现象，是一种具有基本征象的系统。

### （一）生命的基本特征

#### 1. 统一的化学构成

生物体中的无机元素构成几乎囊括了地球上存在的所有元素，其中 C、H、O、N、S、P、K、Ca、Mg 和 Na 等是占有较大比例的大量元素，虽然它们在不同生物中的相对含量不一样，但是具有较大的共有性。它们也是构成生物大分子的基础。

#### 2. 严整有序性

无论是从大的组织、器官构成，还是细胞、亚细胞的结构；从胚胎发育到外部形态的建成，从细胞代谢到核酸、蛋白质等大分子的合成，生命的组织和活动都表现出了规律的有序性，组织结构具有严整的精细性，代谢活动按照严格的顺序进行。生物界是一个多层次的有序结构，其结构层次和顺序表现为：分子 - 细胞 - 组织 - 器官 - 系统 - 生命个体 - 种群 - 群落 - 生态系统 - 生物圈。原被认为无结构的细胞质和核基质，现代细胞生物学技术也已经揭示，细胞中不仅存在细胞骨架系统也存在细胞核骨架，骨架系统是有效支持亚细胞结构的稳定和物质代谢、信息交流的顺畅，保障细胞区域化的重要物质基础。生物进化带来的生物体功能和结构的复杂，不得不令我们惊叹，一个简单的核孔中竟然有一百多种蛋白质分子发挥作用，控制核内外的物质、信息的交换和交流。结构的严整和活动的有序，使得生命系统保持稳定性和规律。

#### 3. 稳态

稳态最初由法国的贝尔纳（C. Bernard）提出，后由美国坎农（W. B. Cannon）根据大量的

实验结果，正式提出了“homeostasis”（稳态）一词。稳态是指动物在外部环境因素变化的条件下，运用内部调节机制，消除外部因素变化所施加的影响，维持内部环境如温度、pH、水分、离子浓度等的稳定。生物体内稳态的失衡，则是机能和代谢障碍的起始。现在稳态的概念已经外延并扩大了其适用范围，它不仅适用于一个细胞、一个生物体，也适用于一个群体、一个群落，甚至一个生态系统。

#### 4. 代谢

代谢是生物体内所发生的用于维持生命的一系列有序的化学反应的总称。这些反应进程使得生物体能够获得其生长、繁殖、保持结构以及对外界环境做出反应的能量和物质基础。代谢通常分为分解代谢和合成代谢两类。分解代谢可以通过对生物大分子的分解获得所需能量（如呼吸）；合成代谢则是利用物质分子和能量来合成细胞中的各个组分，如蛋白质和核酸等。代谢是生命物质产生的基础，是生命活动得以进行的动力源。

#### 5. 生长和发育

生物体具有生长和发育的特性，能够利用代谢产生的能量和物质，增加和扩大自己的生命体。细胞自形成的那一刻起，通过不断的分裂和分化，从幼稚细胞长大成为成熟细胞，并经过分化成为特化的组织和器官。细胞在数量上的增加表现了生物体的生长，分化则促成了质的发育。多细胞生物表现了比单细胞生物更复杂的生长发育模式。

#### 6. 繁殖和遗传

生命具有周期性，一个生物体不可能长久生存，要把生命延续下去，必须通过繁殖，将其生物学特性传给下一代。这种子承父代、秉承亲代各种生物特性的现象称为遗传。但是子代并不是亲代的简单复制，二者间存在一定的差异，这便是变异。遗传和变异是生物种群稳定发展和不断进化的基础。

#### 7. 互动与适应性

生物存在于一定的生态环境之中，与环境相互作用并共同构成了生物圈（biosphere）。在长期的互动中，生物在其形态结构和生理功能（性状）上都表现出了对其所在环境的高度适应性，并产生了有利于自身生存的变异，经过自然选择，通过遗传逐代积累而保留下来。如鸟类的翅膀、骨骼适于飞翔，猛兽的利爪和利齿适于捕捉和撕食猎物，北极熊的白色体毛适于极地环境，水稻茎中的气腔利于向下传送空气，鱼身体的流线型，竹节虫的形状、体表颜色酷似竹节等，这些都是生物对环境适应的结果。

#### 8. 应激性

应激性（irritability）是指生物对外界刺激所产生的反应，是生命的基本特征之一。应激性是生理学上的概念，指生物体受到外界刺激时，通过相应的结构和生理变化，以一定的形式完成一种趋利避害的行为。一切生物体都具有应激性，包括原生动物、原核生物（如细菌和蓝藻）、病毒等，应激性可以使其消减外界施加的影响，适应这种刺激。应激性是一种动态反应，在较短的时间内完成，但是经常性的作用会导致其形态结构、生理功能、行为习性的改变，则就变成一种适应性，结果作为一种变异，具有遗传性的适应。

#### 9. 进化

纵观生物学发展，从原始的单细胞生物到多细胞生物的形成，从无脊椎动物到脊椎动物，从简单到复杂，从水生到陆生，物种的不断演替，都表现了生命是一种不可逆转的物质运动现象，生命发展的历史本身就是一个不断进化的过程。变异是生物进化的内在因素，遗传使有利的变异在后代得到积累和加强；生存斗争是推动生物进化的脚步，它是生物进化的外动力；自

然和定向选择决定了生物进化的方向。

## （二）生命的定义

生命现象是多层次的，但是生命的本质是统一的。一些分子生物学家根据生命大分子的特点给生命下了一个定义，即生命是由核酸和蛋白质特别是酶的相互作用而产生的可以不断繁殖的物质反馈循环系统。但是生命仅有核酸和蛋白质还是远远不够的，只有当这些分子和其他的有机物和无机物结合，生命才表现为完整。

## 二、生物学的发展概况

生物学的发展经历了萌芽期、古代生物学时期、近代生物学时期和现代生物学时期。

生物学发展的萌芽时期是指从人类产生（约300万年前）到阶级社会出现（约4000年前）之间的一段时期。这个时期人类处于石器时代，原始人开始了栽培植物、饲养动物，逐步积累了关于动、植物的知识；在抵御恶劣环境条件、防治瘟疫疾病的过程中也积累了相关的医药知识。这一切为生物学的发展奠定了基础。

到了奴隶社会（约4000年前开始）和封建社会后期，人类进入了铁器时代。随着生产的发展，出现了原始的农业、牧业和医药业，有了生物知识的积累，但植物学、动物学和解剖学还停留在搜集、初步整理事实的阶段，这一阶段被后人叫做古代生物学时期。

古代的生物在欧洲以古希腊为中心，当时的生物学是自然哲学的一个主要组成部分。约公元前600年，希腊哲学家相信万事必有原因，而且特定的原因产生特定的效果。这些哲学家还设想存在一种统治宇宙的“自然法则”，并认为这种自然法则通过人们的观察和推论是可以理解的。这种因果关系和理性思想的概念对以后的科学研究有深刻的影响。

著名的学者亚里士多德（Aristotle，公元前384—公元前322年）抛弃了老师柏拉图的许多唯心论观点，带领助手周游各地，搜集标本，对500多种不同的动、植物进行了分类，对几十种动物做了解剖和胚胎发育的观察，正确地指出了鲸鱼是胎生的，并描述了反刍动物的胃、鸡胎的发育、头足纲动物的再生现象等。他有著作170多部，涉及天文学、动物学、胚胎学、地理学、地层构造学、物理学、解剖学和生理学等学科，构成当时古希腊的科学知识百科全书。其中，《动物志》、《动物的结构》、《动物的繁殖》和《论灵魂》是最早的动物学研究成果。

盖伦（Claudius Galen，129—199），古希腊著名医生、自然科学家，创立了医学知识和生物学知识体系，发展了机体的解剖结构和器官生理学的概念，为西方医学中解剖学、生理学和诊断学的发展奠定了初步基础。他著有《解剖纲要》16卷及《人体各部分的功能》等。由于他解剖猴体以代替人体，得出了不少错误的结论。盖伦崇拜亚里士多德的目的论哲学，认为身体的构造和一切生理过程都有一定的目的性，并把机体内所进行的各种过程在无法解释时均归结为非物质力量的作用，用有神论的观点解释他的实验和观察，带有浓厚的宗教色彩。由于在学术上的成就和教会的支持，盖伦的学说在公元2—16世纪统治医学界长达1000多年之久，其错误的观点对医学和生物学的发展曾起到了阻碍作用。

中国的古代生物学则侧重于医药学和农学的认知、研究。我国第一部诗歌总集《诗经》记载了3200多种药物；春秋战国时期的《山海经》是一部史地类古书，书中记载药物353种之多，包括动、植物和矿物等类药材，且对药物的产地、形状、特点及效用等内容有所描述，是我国最早记述药物功效的文献，对后来药学的发展有一定影响，被称为我国本草著作开先河之作。出现于战国（公元前476—公元前222年）晚期的《黄帝内经》由《素问》和《灵枢》两部分组成，该书论述了人和自然、阴阳、五行、脉象、经络、病因、病机、诊法、治则、预

防和养生等多方面的内容，较系统地反映了秦汉以前我国医学的成就，特别是以朴素的辩证法为指导思想，综括了医学的基础理论和临床经验，素为历代医家所重视，是我国第一部医书；东汉末年（25—200）问世的《神农本草经》是我国现存最早的一部药学专著，全书记载药物365种，其中植物药252种、动物药67种、矿物药46种。它充分反映了我国古代人民对于植物、动物和矿物的性质、特点及功能的认识 and 运用程度。

公元533—544年，我国北魏农学家贾思勰所著《齐民要术》全面地总结了秦汉以来中国黄河中下游的农业生产经验，其中包含了丰富的生物学知识和农作物栽培、耕作技术。如粟的品种和分类，作物与环境的某些关系，一些作物的遗传性和变异性，一些作物的性别以及人工选择的某些成就等。

近代生物学从15世纪下半叶开始到19世纪末。15世纪下半叶到18世纪末是其第一阶段——实验生物学阶段，以细胞学和进化论为代表的19世纪自然科学的全面迅速成长期是其第二阶段，20世纪则是生物学快速发展的现代生物学阶段。从三个阶段的层递关系上，反映了人类对生命科学认识的逐步深入。

### （一）实验生物学时期

文艺复兴最早发生于14—15世纪的意大利，科学的进步思潮在欧洲风行。开始是对古典文献和古典思想的再发现，继而冲破宗教与神学的思想束缚，许多学者抛弃了对权威的盲从，树立起独立思考和批判的精神，有力地促进了学术研究。在生物学上，生物学家一改过去单纯进行形态观察的方法，努力采取物理和化学的手段对动物的结构和功能进行实验研究，结果发展了实验生物学。

著名画家达·芬奇（Leonardo da Vinci, 1452—1519）由于艺术创作的需要，摆脱了神学偏见，研究了人体解剖、肌肉活动、心脏跳动、眼睛的结构与成像以及鸟类的飞翔机制等。他绘制了前所未有的精确的解剖图，提出人体运动是骨骼和肌肉的作用，并首次提出一切血管均起始于心脏。他比较了动物与人体的结构，指出了二者的同源现象。

比利时解剖学家维萨里（A. Vesalius, 1514—1564）通过大量的人体解剖实验，发现了关于人体解剖描述的不少错误。1543年，他出版了解剖学巨著《人体构造》，震惊了整个科学界和宗教界。他摒弃了盖仑的有关血液运行的观点，提出并通过实验证明了肺循环的存在。他被称为“近代解剖学之父”。

文艺复兴时期生物学上最重要的成就是英国医生、生理学家哈维（W. William Harvey, 1578—1657）建立的血液循环学说。哈维根据他对几十种动物所做的实验与观察，首次认识到血液在体内通过动脉流向各种组织，再经静脉流回心脏的闭路循环。1628年，他出版了《动物心血运动的研究》一书，阐明血液在体内不断循环的新概念。哈维首次把物理学的概念和数学方法引入生物学中，并坚持用观察和实验的方法代替主观的推测，这使他被公认为近代实验生物学的创始人。

解剖和显微结构的研究，都得益于显微镜的发明和改进。伽利略（Galileo, 1564—1642）于1609年根据望远镜倒视有放大物体的效应，制成一台复合显微镜，并对昆虫进行了观察。英国物理学家胡克（R. Hooke, 1635—1703）于1665年用自制的复合显微镜观察软木薄片，发现了许多蜂窝状小空室，并称其为细胞（cell）。这个名词一直沿用至今。荷兰显微镜学家列文虎克（A. van Leeuwenhoek, 1632—1723）自制了许多性能优良的显微镜，最高的放大倍数达270倍。他发现了由种种活着的“小动物”组成的微生物世界，并发现了人的精子，把人们带入了神奇的微观世界。

意大利解剖学家马尔皮基 (Malpighi, 1628—1694) 开创了动物与植物的显微解剖工作。1660年, 他通过向蛙肺动脉注水的方法, 发现了连接动脉与静脉的毛细血管, 证实了哈维未能观察到的由毛细血管连接动、静脉的血液循环。他描述了肝的微细结构、舌的乳头突、大脑皮层(质), 以及肾小体和皮肤等微细结构。

瑞典植物学家林奈 (Carolus Linnaeus, 1707—1778) 于1753年发表的《植物种志》和1758年发表的《自然系统》, 初步建立了“双名命名制”, 即二名法, 把过去紊乱的植物名称归于统一, 此后与分类学进展相并行的实验植物学也相继展开。

荷兰的凡·海尔蒙特 (Van Helmont, 1577—1644) 通过著名的插栽柳枝实验证明了植物从水中获得物质。1742年, 英国的海尔斯 (Stephen Hales, 1677—1761) 研究了植物的蒸腾作用、失水和气体交换。1774年, 英国的普利斯特利 (J. Priestley, 1733—1804) 观察到阳光下植物的放氧现象。荷兰的印根浩兹 (J. Ingenhousz, 1730—1799) 于1779年, 瑞典的索苏尔 (N. T. de Saussure, 1767—1845) 于1804年进一步验证了气体营养和植物之间的关系, 奠定了植物生理学发展的基础。

马尔皮基对不同的植物进行了比较研究, 系统地描述了植物各部分的结构, 指出单子叶植物与双子叶植物间的区别。

英国植物学家格鲁 (N. Grew, 1641—1712) 在显微镜下发现植物叶面的气孔及其功能, 并揭示了植物体的花器构造, 指出雌蕊、雄蕊和花粉分别相当于雌、雄性器官, 而且植物一般是雌雄同体的。他的著作《植物解剖》一书, 作为植物学的解剖经典, 流传了100多年。与此同时, 植物解剖学、植物生理学、植物胚胎学、植物营养学等植物相关学科相继诞生和成长起来。

对生物体的实验研究起源于生理学, 然而实验生物学的真正兴起, 并逐渐发展成为生物学的主流, 却是在人们对于发育过程的不断认识、探索中形成的, 这在实验胚胎学的形成和发展中表现得非常典型。

在胚胎学的发展过程中, 先成论和渐成论两种发育观交替统治着人们的思想, 使得这门学科经历了少见的曲折道路。这是因为胚胎学史上对个体发育的研究是首先形成有关的概念, 然后才发展出证实或否定该概念的技术。而概念的形成又紧密结合了当时的时代背景, 总是受到当时比较流行思潮的影响。

胚胎研究最早从亚里士多德开始, 他对于发育曾设想: “整个动物是以尚不清楚的方式存在于精子之中, 在精子中仅是可能性的, 在成体中才变成现实性的。”后人认为这意味着是从比较简单的构造产生出复杂的构造, 认为他是主张渐成论的。但亚里士多德又说过: “卵子也许被误认为是简单的; 一切在成体动物中能够辨别的部分, 在卵子这个最小的空间里已经相当紧密地折叠起来, 是可以想象的。新个体的形成丝毫不意味着新结构的产生, 而仅是由于已经存在的部分的展现。”这个设想又被后人称为先成论, 这是关于胚胎发育的先成论与后成论的最早起源。

在之后的1000多年间, 对胚胎发育的认识没有什么进步。尽管在17、18世纪, 有许多事实支持渐成论, 但是这个学说几乎被遗忘了, 先成论的影响越来越大, 占据统治性的地位。17世纪的生物学家马尔皮基、列文虎克、哈尔措克 (N. Hartsoeke) 等都是先成论的坚信者, 直到18世纪先成论仍占统治地位, 如瑞士著名解剖生理学家哈勒 (A. Von Haller, 1708—1777) 等都坚持先成论的看法。18世纪后叶德国胚胎学家沃尔夫 (C. F. Wolff, 1734—1794) 有关动、植物的胚胎实验, 19世纪早期俄国胚胎学家潘德尔 (Heinrich Christian Pander, 1794—1865)

的鸡胚发育实验都阐述了胚胎器官的逐渐形成过程。随后，俄国胚胎学家贝尔（K. E. vonBaer, 1792—1876）肯定了沃尔夫和潘德尔的观点，进一步提出动物胚胎发育过程中出现3个胚层以后形成各种器官，彻底否定了先成论的观点。贝尔被公认为近代胚胎学的奠基人。

实验胚胎学的发展或是从唯心论出发，或是从机械唯物论出发，都是使胚胎发育去迎合哲学观点，严重地阻碍了胚胎学的发展。但是有贝尔和W. 鲁这样的胚胎学家，提倡从胚胎学的事实和现象出发，而不是从概念出发，用精确的实验方法去研究问题，并将理论分析与实验分析相结合，揭示发育的真正原因。虽然当时未能很好地沿着这个方向发展，但是在方法学上还是完成了从观察的描述分析到实验的因果分析的转变。施培曼（H. Spemann, 1869—1941）发现了“组织者”（Organizer）现象，对实验胚胎学的发展有很大的影响。动物的发育过程被看做是胚胎各部分之间一连串诱导作用的结果。实验胚胎学采用实验的方法分析发育过程所取得的成功，鼓舞了生物学其他领域的研究和应用，从而促进了实验细胞学、实验组织学、实验动物学等学科的相继出现，盛极一时，形成了对生物体、组织和细胞的结构与功能进行深入地实验分析的时期，这大大加深了对各种生命现象内在因果关系的了解。

生理学是实验生物学中的一个最古老的学科，以实验为特征的近代生理学始于17世纪。1628年，哈维发表了有关血液循环的《动物心血运动的研究》一书，直至1661年意大利组织学家马尔皮基应用简单的显微镜发现了毛细血管之后，血液循环的全部路径才搞清楚，并确立了循环生理的基本规律。

瑞士生理学家哈勒（Albrecht von Haller, 1708—1777）通过实验并应用动力学原理，将解剖学和生理学相结合，研究各种器官及器官系统的形态和功能，特别是肌肉的“应激性”和神经的“感受性”。他的百科全书式的《生理学纲要》（1757—1766）体现了这门学科的近代精神。德国生理学家弥勒（Johannes Peter Müller, 1801—1858）克服了当时盛行的自然哲学的影响，开创了德国生理学实验研究的新时代。他发现了刺激神经的反应，还研究并确定了不同类型的神经。此外，对颜色感觉的解释、对内耳的阐述、对发声器官结构与功能的阐述都是近代生理学的重要起点。弥勒所著的《人体生理学手册》（1833—1840）是哈维以来的生理学巨著。

法国化学家拉瓦锡（A. L. Lavoisier, 1743—1794）首先发现氧气和燃烧的原理，指出呼吸过程同燃烧一样，都要消耗氧气和产生二氧化碳，从而为机体新陈代谢的研究奠定了基础。1791年，意大利解剖学家伽瓦尼（L. Galvani, 1737—1798）证明了用静电刺激神经能引起与其连接的肌肉收缩，首次发现了神经传导现象。

19世纪，生理学开始进入全盛时期。法国著名的生理学家贝尔纳（C. Bernard, 1813—1878）在生理学的多个领域进行了广泛的实验研究并做出卓越贡献，特别是他提出的内环境的概念已成为生理学中的一个指导性理论。1849—1859年，贝尔纳发现并验证了肝内的糖原生成作用、血管舒缩神经、胰液消化作用、箭毒与一氧化碳及其他毒物的作用性质，提出“内环境稳定”概念，他写的《实验医学研究导论》（1865）奠定了现代实验生理学的方法论基础。

17世纪初至19世纪末，是植物生理学的迅速发展阶段，从尔蒙特的柳树桶栽实验开始。1771年，英国化学家普里斯特利（J. Priestley, 1733—1804）通过实验证明，绿色植物可恢复因蜡烛燃烧而“损坏了”的空气；1773年，荷兰医生因根豪斯（J. Ingenhousz, 1730—1799）证明了只有植物的绿色部分在光照下才能起到使空气变“好”的作用；1782年，瑞士学者塞内比尔（J. Senebier, 1742—1809）证明了光合作用需要二氧化碳；1804年，瑞士化学家索苏尔（N. T. Saussure, 1767—1845）指出光合作用是绿色植物以阳光为能量，利用二氧化碳和水为原料，形成有机物和放出氧的过程；1843年，德国化学家李比希（J. F. vonLiebig, 1803—

1873) 出版了《化学在农业和生理学上的应用》，创立了植物的矿质营养学说；1862—1865年，德国植物学家萨克斯 (J. von Sachs, 1832—1897) 发现光下叶片淀粉的合成，并于1865年出版了《植物实验生理学手册》，对植物生理学的发展有重要影响，至此，植物生理学的主要框架构建完成。

随着代表着这一时期的生物化学成就的维生素、激素和酶的发现，以及肌肉收缩和呼吸过程的能量和物质代谢途径的阐明，生物化学从早期对生物体的化学组成的静态分析进入到对代谢过程的动态分析，然后又和细胞形态结构的研究结合起来，形成了细胞化学、组织化学等新学科分支。这一时期的实验方法在生物学各领域的普遍应用，促成了一大批新学科的形成和相对独立地蓬勃发展。

## (二) 迅速成长时期

对生命源流的探索是件困难的事情。从生命的出现到今天的生物世界，时空跨越了几十亿年，远古所发生的很多事情既不被人们所知也不可能再现，要解开生命源流之谜，是对人类智慧的一种挑战。自然科学萌发以前，人们凭借对世界的臆想和认识来解释生命，便出现了神，一种超自然力量的超人，人类对神顶礼膜拜并把其作为供奉的对象，这样便形成了宗教。由于神具有超自然力量，整个自然界都在神的意愿与作用下，完全处于神的掌控之中，从而，自然界中的任何自然现象、自然之谜都可以通过神而得到解释。上帝创造了万物，即神创论。

神创论是人类文化发展过程中的一种必然产物，并通过宗教的形式得以广为传播。宗教拥有强大的势力，它不允许除了宗教教义以外的对于自然世界的解释。但是，即使在这种情况下，仍然有一部分人不满足于这样一种解释生命世界的神学学说，他们努力寻求一种对世界更为深刻的认识，于是只能在不违反宗教教义的前提下，对自然界进行详尽细致的客观描述，从而产生了宗教与科学的暂时统一体——自然神学。自然神学认为研究自然界的和谐及其多样性就是认识与接近上帝的最好方式。以对生物世界进行观察为职业的博物学家的早期活动促进了自然神学的发展，但是，宗教是不变的，而科学是发展的，这就造成了宗教与科学最终的分道扬镳，并使二者之间产生了越来越大的矛盾。

化石是古生物学的主要研究对象。19世纪初，法国动物学家居维叶 (G. Cuvier, 1769—1832) 根据深浅地层中化石的不同，以及与现代人类骨骼的差异及其相似性演变，提出了灾变说，认为地球上的一系列激变事件造成了无数生物灭绝，其中一些就成为地层中的化石。居维叶的这个发现是奠定了古生物学基础的重大发现。英国地质学家赖尔 (Charles Lyell, 1797—1875) 通过对欧洲各地的地层进行深入细致的考察，在19世纪30年代初发表了《地质学原理》这一著作，以详尽的事实论证了地球的变化以及地层的形成和变迁并不是由激变引起的，而是由可观察到的自然因素长期作用的结果，即地层的形成及变化是逐渐的、有规律和有成因的，提出了与灾变论相对立的均变论，为我们描绘了一幅地球演化史的清晰画面。赖尔的地球均变理论不仅为现代地质学奠定了基础，而且还为古生物学的研究开辟了新的途径，这是构成他地质进化论思想的基石。但是赖尔并没有把地球渐变的观点扩展到生物界，在他一生的大部分时间内，他不相信地球上的生物是会变化的。

居维叶和赖尔在地质学以及古生物学上的重大发现，给后来的探索者很大的启示，促进了人们对生物演变和进化问题的深入思考。

18世纪，法国博物学家布丰 (G. L. L. Comte de Buffon, 1707—1788) 是最早对“神创论”提出质疑的科学家之一。他曾试图把生物世界的历史和地球的历史联系起来，认为生物可能会随着环境的变化而改变其形态和功能。在他的《博物学》中提出了上述观点，论述了很多与进



化有关的问题。他认为物种是可变的，生物变异的原因在于环境的变化，而且这些变异会遗传给后代（获得性遗传），他不赞成“先成论”而支持“渐成论”。他指出地球的历史应比《圣经》上说的几千年要长得多。这些思想与宗教教义相违背，在宗教势力的干预下，布丰后来不得不公开放弃这些观点。布丰之后出现了另一位伟大的博物学家，他就是拉马克（J. B. de Lamarck, 1744—1829），他对博物学特别是植物学十分感兴趣，靠自学写成并出版了四卷本的《法国植物志》，因此他得到了布丰的赏识，并举荐他在自然历史博物馆任植物部助理员，这使得拉马克在植物学这个领域进行了很多研究。后来他把研究领域转移到动物学，研究低等动物，并给它们起了一个新的名字，叫做无脊椎动物，此概念一直沿用至今。在进行现代无脊椎动物分类的同时，拉马克还研究了许多无脊椎动物的化石，一改生物不变的观点，提出了生物进化的概念。1809年，他出版了《动物学哲学》一书，系统地论述了对生物进化的见解，在生物学史上第一次比较完整地提出了进化理论。对于生物进化的动力和机制，拉马克认为，生物具有一种不断地增加结构复杂性和完美性的天生趋势，另外，生物还具有对环境变化的反应能力。当环境不变时，生物进化就是一种完美化的发展；如果环境改变，生物就产生适应环境需要的行为和习性并引起有关的适应性进化。拉马克把“用进废退”和“获得性遗传”两个观点用于阐述他的进化理论，并成功解释了长颈鹿的进化。拉马克的思想是进化论的第一次突破，他提出了由自然产生的最简单生物可发展到最复杂生物的进化思想。拉马克以后，有不少学者也曾以多种不同的方式提出过他们的进化理论，但同样不能战胜神创论。

查尔斯·达尔文（C. R. Darwin, 1809—1882）出生在拉马克发表《动物学哲学》的1809年。儿童和少年时代的喜好，使他阅读了一些博物学方面的书籍，也接触了很多博物学的知识。大学期间达尔文结识了不少地质学家、植物学家、昆虫学家和动物学家，并从他们那里得到了更为丰富的博物学知识，掌握了不少观察、记录与采集的技能，为他将来的事业做了很好的准备。他参加了英国皇家军舰“贝格尔”号的环球航行，在世界各地观察到大量以前未见过的自然现象和生物类型。通过阅读赖尔的《地质学原理》，他接受了赖尔认为地球是逐渐变化的观点。另外，南美大草原地层中发现的巨大化石动物；从南美大陆自北向南，一种生物逐渐被另一种十分相似但不同的生物所代替；生长在加拉帕戈斯群岛的绝大多数生物都与南美大陆的有关生物具有高度的相似性，而且群岛中不同岛屿的同种生物的性状也彼此略有差异、各具特点。这些现象给达尔文留下深刻的印象，并使他对生物不变的信念产生了疑问，觉得很难用上帝创造生物的观点来解释。通过进一步整理、分析航行考察中的笔记资料和收集到的生物标本，1837年夏天，他终于认识到生物是在不断演变的，从而成为了一个进化论者。这种转变使他对所有事物都产生了新的看法，并接受了生物源于共同祖先的观点。

1838年，达尔文接触到了马尔萨斯的《人口论》，马尔萨斯的生存竞争的观点启发和催生了自然选择学说。1859年11月，达尔文出版了《物种起源》，使进化论得到了越来越多人的接受和支持，生物进化论终于战胜了神创论。

这一时期支持和发展进化论的有两位重要的生物学家，一位是德国学者赫克尔（E. H. Haeckel, 1834—1919）；一位是德国动物学家魏斯曼（A. Weismann, 1834—1914），新达尔文主义的创始人。赫克尔解释了人类的进化来源，魏斯曼则将发育、细胞遗传和进化联系在一起，提出了“种质”论，影响和推动了进化论向前发展。

赫克尔是达尔文主义和唯物主义的捍卫者和宣传者，他总结了古生物学、比较解剖学和比较胚胎学的研究资料，建立了种系发生学，提出了生物进化的系谱树，形象地描述了生物种系发展的历史，并提出了生物学的一个重要定律——生物发生律，即“个体的发生是种系发生的