



工业和信息化部“十二五”规划教材

核工业生物学

胡凯光 主编 ●

NUCLEAR INDUSTRY BIOLOGY

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



工业和信息化部“十二五”规划教材

核工业生物学

胡凯光 主编
李会娟 王永东 参编

NUCLEAR INDUSTRY BIOLOGY



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

核工业生物学 / 胡凯光主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-5682-0179-7

I. ①核… II. ①胡… III. ①放射生物学-高等学校-教材
IV. ①Q691

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 008422 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 18.75

字 数 / 433 千字

版 次 / 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 王美丽

核工业生物学是原子核科学技术与生物科学相互渗透和结合,逐步发展成的一门综合性新兴交叉学科。核技术在生物学上的广泛应用,对生物的生产和生物科学技术的发展产生了深刻的影响,同时生物技术应用核工业相关领域也促进了核技术的发展,核技术与生物科学的有机结合加速了新技术革命的进程。核工业生物学不仅涉及内容广泛,而且还是一个发展中的概念,随着核科学技术与生物学技术的发展,核工业生物学将会不断地丰富、充实和完善。

核工业生物学从核工业生产、科研需要出发来研究生物的生命、代谢途径及其选育,以及遗传变异的规律性;研究核素示踪技术及其在动植物等方面的应用;研究核辐射技术在辐射诱变与作物改良、防虫治虫、辐射加工与保鲜等方面的应用;研究生物地球化学勘探核资源;研究微生物采铀;研究生物技术治理放射性核素环境污染,研究生物指示剂监测放射性环境污染等。科学技术发展日新月异,生物在国防工业中应用将日益广泛。

我国对核技术应用于生物和生物技术应用核工业开展了一系列研究,并取得了不同程度的进展。但比起生物技术在其他工业方面的应用有很大不足。

作者在核工业科研所从事微生物浸铀和铀废水、尾矿处理多年,随后进入大学从事相关教学科研工作。在多年的教学科研实践和对相关院校的了解中,深深地感到缺少一本把核技术与生物学结合起来的教材。作者于2009年出版了国防科工委“十一五”规划教材《核工业微生物学》,经过几年的教学实践,收到了较好的效果,但在教学过程中也发现了一些不完善和不全面的地方。《核工业生物学》是工业与信息化部“十二五”规划教材,编写本书的目的是为采矿、环境、地质、核技术等专业学生提供一本生物学与核技术相结合的教材,同时也为相关研究的科研人员提供一本参考书。本书内容分为三大部分:

- (1) 生物学基础;
- (2) 核技术应用于生物学;
- (3) 生物技术在核技术中的应用。

生物学基础(第1~4章),主要介绍生物学的基本理论和方法,包括

绪论、微生物、植物、动物等章节。核技术应用于生物学（第5~6章）介绍核技术应用于动植物，包括放射生物学基础及其放射性测量、核素示踪技术及其在动植物等方面的应用、核辐射技术在辐射诱变与作物改良、防虫治虫、辐射加工与保鲜等方面的应用。生物技术在核技术中的应用（第7~10章）介绍核工业生物学的具体应用，包括微生物浸矿、生物地球化学成矿和探矿、放射性污染的生物监测、铀污染的生物治理等。

在本书的编写过程中，我们一方面注重保持学科的系统性和完整性，另一方面强调了核工业生物学的特殊性，遵循了理论联系实际的原则。在内容的选择上，力求基本理论可靠、论述准确、信息量大、尽可能包括核工业生物学的最新进展和研究成果。在不影响完整性的前提下，对与其他学科重复的内容做了简化。

本书共计10章，第1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9章由胡凯光编写；第4章由李会娟编写；第10章由王永东编写。在编写本书过程中，为了反映近年来核技术应用于生物和生物技术应用于核工业的研究成果和更好地说明其基本原理和技术，参考了国内外各类教科书以及近期研究成果。在此对这些为该领域的发展做出了重要贡献的学者表示真诚的感谢。引用文献著作力求一一注明，但难免挂一漏万，在此向被引用文献的原作者表示歉意和感谢。

本书可以作为下列专业大学本科或研究生的教科书或教学参考书：生物工程、生物技术、微生物学、采矿、环境、地质、环境科学、环境工程等。本书对从事这些领域的生产、管理、研究和开发的科技人员也有一定的参考价值。

由于作者的水平有限，书中的缺点和错误在所难免，我们衷心地欢迎读者批评指正。

胡凯光

2014. 10. 8

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	001
1.1 生物分类	001
1.2 生物学发展简史	003
1.2.1 生物学诞生前期	003
1.2.2 古典生物学时期	003
1.2.3 实验生物学时期	004
1.2.4 分子生物学时期	007
1.3 核工业	008
1.3.1 核工业简介	008
1.3.2 中国的核工业	009
1.3.3 核工业的特点与应用	010
1.4 核工业生物学及其研究的对象和任务	010
1.4.1 核工业生物学及其研究内容	010
1.4.2 我国核工业生物学的研究概况	012
1.4.3 现代核工业生物学的发展趋势	013
复习思考题	014
第 2 章 微生物	015
2.1 细菌	015
2.1.1 细菌的个体形态与大小	015
2.1.2 细菌细胞的结构	018
2.1.3 细菌的繁殖与培养特征	022
2.2 放线菌	024
2.2.1 放线菌的形态构造	025
2.2.2 放线菌的繁殖	025
2.2.3 放线菌菌落形态	026

2.2.4 放线菌的生活史	026
2.2.5 放线菌生理	026
2.3 蓝细菌	027
2.3.1 蓝细菌的特点	027
2.3.2 蓝细菌的分类	028
2.3.3 蓝细菌的分布与生态	028
2.3.4 蓝细菌的应用	029
2.4 古细菌	029
2.4.1 古细菌的特点	029
2.4.2 古细菌的分类	030
2.4.3 古细菌在生物界的特殊地位	033
2.5 原生动物	033
2.5.1 原生动物的一般特征	033
2.5.2 原生动物的分类及各纲简介	034
2.5.3 原生动物在废水生物处理中的作用	036
2.6 微型后生动物	036
2.6.1 轮虫	036
2.6.2 线虫	036
2.6.3 寡毛类	037
2.6.4 浮游甲壳动物	037
2.7 真核藻类	037
2.7.1 真核藻类的一般特征	037
2.7.2 藻类的分类及各门特征简介	037
2.7.3 藻类与环境保护	040
2.8 真菌	040
2.8.1 真菌的一般特点	040
2.8.2 酵母菌	041
2.8.3 霉菌	043
2.9 微生物的营养和生长	046
2.9.1 微生物的营养类型	046
2.9.2 微生物的营养要素及功能	047
2.9.3 微生物的培养基	049
2.9.4 微生物生长量的测定	051
2.9.5 微生物培养方法	053
复习思考题	055

第3章 植物	057
3.1 概述	057
3.2 植物的细胞、组织与器官	058

3.2.1 植物细胞	059
3.2.2 植物组织	060
3.2.3 植物器官	062
3.3 植物的繁殖	067
3.3.1 植物繁殖的类型	067
3.3.2 花	068
3.3.3 种子和果实	069
3.4 高等植物的多样性	071
3.4.1 苔藓植物门	071
3.4.2 蕨类植物门	072
3.4.3 裸子植物	074
3.4.4 被子植物	075
3.5 植物的演化历程	080
3.6 植物与环境	082
3.6.1 植物的环境	082
3.6.2 几种主要生态因子与植物的关系	083
复习思考题	086
第4章 动物	087
4.1 概述	087
4.2 动物的分类	087
4.2.1 动物分类的依据	087
4.2.2 动物分类等级	087
4.2.3 动物的命名	089
4.2.4 动物的分门	089
4.3 动物的组织与器官	090
4.3.1 组织	090
4.3.2 器官和系统	090
4.4 动物的血液	090
4.4.1 血液是动物进化的产物	090
4.4.2 血液的组成和血量	091
4.4.3 动物的血型及应用	092
4.4.4 动物的血液循环	093
4.5 动物的呼吸器官及呼吸方式的进化	094
4.6 动物的消化与吸收	095
4.6.1 动物消化系统的进化	095
4.6.2 动物的摄食方式、摄食习性及其调节	095
4.6.3 动物消化功能的整体性	096
4.7 动物的生殖方式和生殖器官	097

4.8 动物的分布	098
4.8.1 陆地的动物分布	098
4.8.2 水域的动物分布	098
4.9 动物生态因子	100
4.9.1 非生物因子	101
4.9.2 生物因子	102
复习思考题	102
第5章 辐射生物学及其应用	103
5.1 辐射生物学的物理和化学基础	104
5.1.1 辐射的分类	104
5.1.2 电离辐射与物质的相互作用	106
5.1.3 辐射作用的时间进程	108
5.2 自由基和辐射损伤	109
5.2.1 自由基	109
5.2.2 辐射过程中自由基的产生和作用	110
5.3 辐射防护	111
5.3.1 辐射剂量单位	111
5.3.2 作用于人体的辐射源	113
5.3.3 辐射损伤的基本生物学过程	115
5.3.4 电离辐射生物学效应的分类	117
5.3.5 电离辐射生物学效应的基本特点	118
5.3.6 影响电离辐射生物效应的主要因素	118
5.3.7 辐射防护标准	120
5.3.8 外照射和内照射的防护	121
5.4 核医学简介	122
5.4.1 实验核医学	122
5.4.2 临床核医学	123
5.4.3 核药学	124
5.5 辐射育种	126
5.5.1 辐射育种技术的起源与发展	126
5.5.2 辐射诱变的作用机理	127
5.5.3 辐射育种的基本特点	127
5.5.4 辐射处理剂量和方法	128
5.5.5 提高辐射诱变效率的途径	129
5.5.6 辐射后代的生理损伤与突变体的形成	129
5.6 辐照保藏食品	130
5.6.1 辐照保藏食品的原理	130
5.6.2 辐照保藏食品的发展历史及现状	130

5.6.3 辐照保藏食品技术的特点	131
5.6.4 辐照保藏食品技术的安全性	132
5.6.5 辐照保藏食品常用剂量	133
5.6.6 辐照保藏食品的效果	135
5.7 辐射不育防治害虫	135
5.7.1 辐射不育防治害虫的原理	135
5.7.2 辐射不育防治害虫技术的特点	136
5.7.3 辐射不育防治害虫技术的几个步骤	136
5.8 低剂量辐射对生物的作用	137
5.8.1 低剂量电离辐射的概述	137
5.8.2 低剂量辐射对生物作用的研究进展	137
5.9 辐射在环境保护中的应用	138
5.9.1 辐射技术处理环境污染物的特点	138
5.9.2 废水辐射处理	138
5.9.3 辐射技术净化烟气的现状与前景	139
5.9.4 辐射技术处理污水淤渣	140
5.9.5 固体废物辐射处理	140
复习思考题	142
第6章 放射性核素生物示踪技术	143
6.1 放射性核素生物示踪技术的基本原理和特点	143
6.1.1 放射性核素生物示踪技术的基本原理	143
6.1.2 放射性核素生物示踪技术的特点	144
6.2 放射性示踪剂标记技术	145
6.2.1 示踪原子的选择	145
6.2.2 示踪剂	146
6.2.3 放射性核素标记基本技术	148
6.3 放射性核素示踪实验设计	149
6.3.1 示踪制剂的选择和准备	150
6.3.2 示踪剂的引入	151
6.3.3 样品的采集、制备和测量	152
6.3.4 物质转化的示踪方法	155
6.4 示踪动力学	156
6.4.1 示踪动力学概述	156
6.4.2 示踪动力学分析的一般程序	157
6.4.3 药物动力学示踪技术	158
6.5 放射分析技术	159
6.5.1 同位素稀释法	159
6.5.2 活化分析法	161

6.5.3 放射性自显影	161
6.6 放射性核素生物示踪应用实例	162
6.6.1 植物矿物营养的吸收、运转和分配研究	162
6.6.2 植物中物质代谢的研究	163
6.6.3 植物病理研究与病原诊断	163
6.6.4 核素示踪技术在哺乳动物研究中的应用	166
6.6.5 核素示踪技术在水生动物研究中的应用	166
6.6.6 核素示踪技术在昆虫学研究中的应用	167
复习思考题	169
第7章 微生物浸矿	170
7.1 浸矿微生物的种类、特性及选育	171
7.1.1 中温菌	171
7.1.2 中等嗜热菌	172
7.1.3 极嗜热类微生物	172
7.1.4 浸矿微生物的选育	173
7.2 微生物浸矿基本原理	177
7.2.1 微生物浸矿机理	177
7.2.2 微生物浸出的电化学模型	179
7.2.3 微生物浸出过程热力学与动力学	179
7.3 微生物浸出影响因素	180
7.3.1 矿石性质的影响	181
7.3.2 微生物的影响	182
7.3.3 环境条件的影响	184
7.3.4 通气量的影响	186
7.3.5 金属盐类的影响	186
7.3.6 铁离子的影响	187
7.3.7 表面活性剂的影响	188
7.4 微生物浸矿工艺实验方法	188
7.4.1 搅拌(摇瓶)实验	188
7.4.2 柱浸(渗滤)浸出实验	189
7.4.3 扩大实验	189
7.5 细菌浸铀	192
7.5.1 细菌浸铀原理	192
7.5.2 细菌浸出与铀矿石矿物学	192
7.5.3 细菌浸铀应用	195
7.6 微生物浸出其他金属	202
7.6.1 铜矿石的细菌浸出	202
7.6.2 难处理金矿的细菌氧化预处理	203

7.7 微生物浸出的评价方法	205
7.7.1 矿石和矿物组成的研究方法	205
7.7.2 氧化亚铁硫杆菌生物量的制备	208
7.7.3 实验结果的统计学处理方法	211
7.7.4 用数学模型研究微生物浸矿工艺过程	214
7.8 微生物湿法冶金的前景展望	217
7.8.1 浸矿微生物菌种培育及基础生物学研究	217
7.8.2 微生物与矿物的作用过程研究	218
7.8.3 微生物浸出设备的研制	218
思考题	219
第8章 生物地球化学成矿和探矿	221
8.1 生物的成矿作用	221
8.1.1 生物—有机质—有机流体成矿	222
8.1.2 生物成矿作用方式	223
8.1.3 生物成矿作用的研究	225
8.2 铀的生物成矿研究	227
8.2.1 铀矿微生物成矿研究	227
8.2.2 铀矿生物残存有机质成矿研究	237
8.3 生物探矿	237
8.3.1 微生物探矿	238
8.3.2 植物探矿	239
思考题	242
第9章 放射性污染的生物监测	243
9.1 生态系统	243
9.2 生物监测的基本类别	244
9.2.1 大气污染的生物监测	244
9.2.2 水体污染的生物监测	247
9.2.3 土壤污染的生物监测	249
9.3 现代生物监测技术	250
9.3.1 生物传感器	250
9.3.2 DNA 生物传感器	252
9.4 生物标志法	253
9.4.1 生物标志物	253
9.4.2 生物标志物的分类和各种类型的生物标志物	253
9.4.3 生物标志物的特征	254
9.4.4 生物标记法在环境污染监测中的应用	254
9.5 放射性污染的生物监测	255

9.5.1 放射生态学基础	255
9.5.2 放射性污染的指示生物	256
9.5.3 放射性污染的生物监测方法	257
9.5.4 裂变产物对生态环境的影响	258
9.5.5 核电站排放核素对生态环境的影响	260
9.5.6 工业污染物对生态环境的影响	261
思考题	265
第10章 铀污染的生物治理	266
10.1 概述	266
10.2 铀污染来源及危害	267
10.2.1 铀矿开发利用带来的铀污染	267
10.2.2 核燃料元件加工带来的铀污染	268
10.2.3 军事活动带来的铀污染	268
10.2.4 铀污染的危害	268
10.3 传统铀污染治理方法	269
10.3.1 含铀地下水治理	269
10.3.2 铀矿山溢出水治理	270
10.3.3 铀尾矿库治理	270
10.4 生物修复技术原理	271
10.4.1 植物修复技术原理	271
10.4.2 植物修复效率的影响因素	273
10.4.3 微生物修复技术原理	273
10.5 铀污染土壤和水体的生物修复实例	277
10.5.1 美国能源部田纳西橡树岭铀污染原位微生物修复	277
10.5.2 放射性元素污染土壤的原地生物治理	281
复习思考题	283
参考文献	284

第 1 章

绪 论

生物学也称生命科学、生物科学，它是一门由经验主义出发，广泛地研究生命的所有方面的自然科学，内容包括生命起源、演化、构造、发育、功能、行为、与环境的互动关系等。

地球诞生至今已有 46 亿多年，生物在地球历史中也有 40 亿年左右的发展进化历程。生物种类繁多，数量庞大，生命现象错综复杂，但它们均具有一些基本的特征：不同生物分子体系中的元素组成是一样的，其中，C、H、O、N、P、S 等元素占了绝大部分，生物体都含有生物大分子，如核酸、蛋白质等；生物体在形态和分子层次上的结构具有高度的有序性；生物体在生命活动过程中都与外界环境进行物质、能量和信息的交换，使生命得以自我更新；每种生物的生长和发育按照一定的模式和稳定的程序自动进行；任何一个生物体都是不能长存的，它们必须通过繁殖后代而使生命得以延续；生物体能通过自己特定的机制来保持体内稳定，能随环境变化的刺激产生相应的反应，能在逆境中提高自己的生存能力。总之，生命的特征体现了生物与环境的统一、结构与功能的统一、宏观结构与微观结构的统一、遗传与进化的统一。

自然界中生物种类繁多，截至目前，地球上记载的生物达 200 多万种，这些生物个体大小相差悬殊，小到几个纳米，大到数十米。

1.1 生物分类

生物分类就是遵循分类学原理和方法，对生物的各种类群进行命名和等级划分。在人类发现微生物之前，科学家将一切生物分成两个界线分明的界——动物界和植物界。

1886 年，海克尔（Haeckel）提出三界系统，即原生生物界、植物界和动物界。他把那些兼有动物和植物属性的生物（如裸藻、甲藻，它们既含叶绿素，能自养，同时又有眼点能感光，有鞭毛能游动）独立称为原生生物界（包括菌类、低等藻类和海绵）。1959 年，魏塔克（R. H. Whittaker）根据有机体的细胞结构和组织水平，提出了四界系统，即原生生物界、真菌界、植物界和动物界。1969 年，魏塔克根据营养方式的不同在《Science》上提出五界学说，把生物重新划分为五界，即原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界，见图 1.1，它以纵向显示从原核生物到真核单细胞生物再到真核多细胞生物的三大进化过程，而以横向显示吸收式营养（absorption）、光合营养（photosynthesis）和摄取式营养（ingestion）这三大进化方向。五界系统包括动物界（Animalia）、植物界（Plantae）、原生

生物界 (Protista, 包括原生动物、单细胞藻类、黏细菌等)、真菌界 (Fungi, 包括酵母菌、霉菌和担子菌等) 和原核生物界 (Monera, 包括细菌、放线菌和蓝细菌等)。五界系统影响较大, 流传较广。我国学者王大耜曾在 1977 年提出在魏塔克五界系统基础上增设一个病毒界 (Vira) 成为六界系统。但是, 病毒在生物界级分类上的位置仍然是个学术难题。若依照六界系统分类, 微生物涉及四个界: 原核生物界、真菌界、原生生物界和病毒界。

20 世纪 70 年代以后, 由于对各类生物进行了深入的分子生物学研究并积累了大量的研究资料, 尤其是 Woese (1977) 对它们的 16SrRNA 核苷酸顺序的同源性进行测试后, 终于在 1978 年由魏塔克和 L. Margulis 提出三原界 (Urkingdom) 学说, 见图 1.2。如图所示, 在生物进化早期, 存在着一类各生物的共同祖先 (universal ancestor), 由它分三条进化路线, 形成了三个原界:

- (1) 古细菌 (Archaeobacteria) 原界, 包括产甲烷菌、极端嗜盐菌和嗜热嗜酸菌;
- (2) 真细菌 (Eubacteria) 原界, 包括蓝细菌和各种除古细菌以外的其他原核生物;
- (3) 真核生物 (Eucaryotes) 原界, 包括原生生物、真菌、动物和植物。

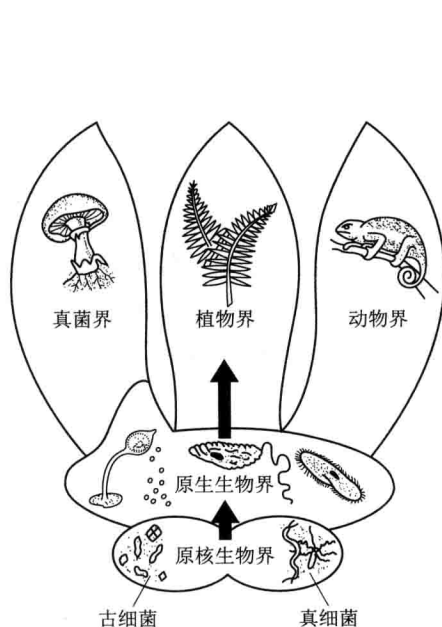


图 1.1 魏塔克的五界系统示意图

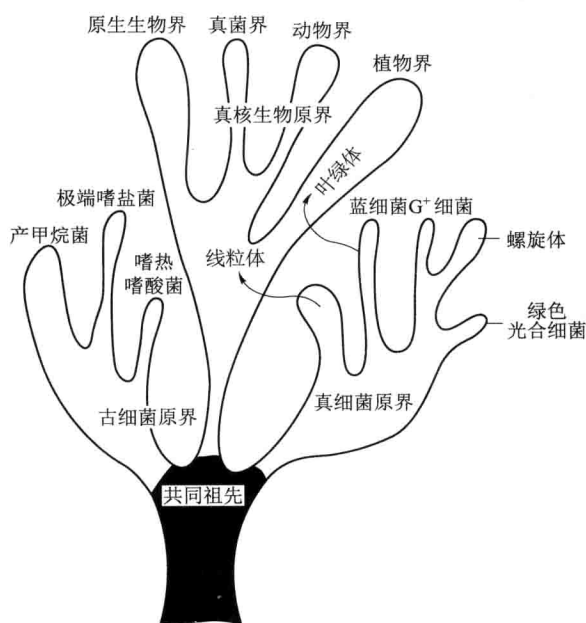


图 1.2 三原界系统图示

三原界学说还吸收了关于真核生物起源于原核生物的内共生即“内共生学说”的精髓, 使其内容更加完善。

生物类群繁多, 生物早期的分类以物种不变论为指导思想, 根据某几个鉴别特征来划分门类, 习惯上称为人为分类。现代的分类是以进化论为指导思想, 根据物种在进化上的亲疏远近进行分类, 通称自然分类。现代分类学不仅进行形态结构的比较, 而且吸收生物化学及分子生物学的成就, 进行分子层次的比较, 从而更深刻揭示生物在进化中的相互关系。

生物的分类单位依次为界 (Kingdom)、门 (Phylum)、纲 (Class)、目 (Order)、科 (Family)、属 (Genus) 和种 (Species)。在各分类单位之间有时也可增设次要分类单位, 如: 亚门、亚纲、亚目, 在科和属之间可加“族”。上述分类单位中以“种”概念的界定最

为关键。

生物学本身不断快速发展,与其他学科的关联整合也越来越多。

生物学中有很多分支学科是按照生命运动所具有的属性、特征或者生命过程来划分的。

1.2 生物学发展简史

生物科学是在人类的生产实践活动中产生的,并且随着社会生产力和整个科学技术的发展而发展。按照历史进程,生物学大体可分为生物学诞生前期(人类诞生至16世纪以前)、古典生物学时期(17世纪至19世纪中期)、实验生物学时期(19世纪中期至20世纪中期)和分子生物学时期(20世纪中期始)四个阶段。

1.2.1 生物学诞生前期

生物学诞生前期的一段时期,人们开始了栽培植物、饲养动物并有了原始的医术,这一切为生物学发展奠定了基础。

早在5000年前,我国先民就已大力开展了与人类生活密切相关的植物与动物的栽培、养殖与利用;新石器时代,我们的祖先已开始造酒。我国先民在长期的农、林、牧、副、渔和医、药(本草)等研究实践中,积累了大量有关植物、微生物、动物、人体的结构和功能等方面的知识,这些知识是中国历史文化宝库中的重要组成部分。中国生物学知识萌芽于原始社会,到了战国秦汉时期,已积累了不少形态、分类和生物起源及其演化等方面的知识,虽然还局限于直观的描述和思辨性的臆测,但却为后世的发展打下了基础。隋唐以后,由于农业和手工业经济的日益商品化,推动了科学技术的进步,尤其在农艺、医药和酿造等实践中得到了新的发展,例如李时珍所著的《本草纲目》对医药学和动植物分类学的研究作出了巨大贡献,此时也出现了大量生物形态图和人体形态解剖图。

1.2.2 古典生物学时期

古典生物学时期的代表性成果有林奈分类法、细胞学说、达尔文进化论。

1. 林奈分类法

瑞典人林奈(K. Linne, 1707—1778)在他1735年出版的《自然系统》一书中创立了一种对动植物分类的双名制的命名法,简称“双名法”。这个双名法给每种生物起两个名称,一个是属名,要求用名词,一个是种名,要求用形容词,连起来就是物种的学名,统一用拉丁文表达。例如,银杏树学名为 *Ginkgo biloba* L., *Ginkgo* 是属名,是名词; *biloba* 是种名,是形容词;第三个字母,则是定名者姓氏的缩写, L. 为林奈(Linne)的缩写。双名法的生物学部分为斜体字;命名者姓名部分为正体。根据双名法的规则,出现在分类学文献中的学名,后面往往还应该加上首次定名人(用括号注)、现名定名人和现名定名年份,以避免发生同物异名或同名异物。但在一般使用时,这几个部分总是省略的。从此,世界上成千上万种生物都能够统一命名,并加上新种发现者姓氏的英文缩写字母。林奈把前人的动植物分类知识系统化了,并以生殖器官作为分类物种的特性标准,抓住了生物遗传学与变异性的主要表现特征。林奈的工作基本完成了生物的人为分类,结束了过去在物种命名上的混乱局面,也使后人有可能进一步研究各种物种之间的关系和物种的演化。

林奈的最大功绩是把前人的全部动植物知识系统化,摒弃了人为的按时间顺序的分类法,选择了自然分类方法。

2. 细胞学说

19 世纪生物学的最重大成就是细胞学说和进化论的创立。

从 1665 年英国物理学家罗伯特·胡克 (Robert Hooke) 发现细胞到 1839 年细胞学说的建立,经过了 170 多年。在这一时期内,科学家对动、植物的细胞及其内容物进行了广泛的研究,积累了大量资料。1759 年 C·F·沃尔夫在《发生论》一书中清楚地描述了组成动、植物胚胎的“小球”和“小泡”,但还不了解其意义和起源的方式。1805 年德国生物学家 L·奥肯也提出过类似的概念。1833 年英国植物学家 R·布朗在植物细胞内发现了细胞核;接着又有人在动物细胞内发现了核仁。

到 19 世纪 30 年代,已有人注意到植物界和动物界在结构上存在某种一致性,它们都是由细胞组成的,并且对单细胞生物的构造和生活也有了相当多的认识。在这一基础上,施莱登在 1838 年提出了细胞学说的主要论点,1939 年施旺提出“所有动物也是由细胞组成的”,对施莱登提出的“所有的植物都是由细胞组成的”的观点进行了补充。这就是《细胞学说》(Cell theory)的基础。20 年后另一位德国科学家魏尔肖作出了另一个重要的论断:所有的细胞都必定来自已存在的活细胞。以上三位科学家的研究成果加上许多其他科学家的发现,共同形成了比较完备的细胞学说。

细胞学说论证了整个生物界在结构上的统一性,以及在进化上的共同起源。细胞学说揭示了细胞为什么能产生新细胞。这一学说的建立推动了生物学的发展,并为辩证唯物论提供了重要的自然科学依据。革命导师恩格斯曾把细胞学说与能量守恒和转换定律、达尔文的自然选择学说等并誉为 19 世纪最重大的自然科学发现之一。

3. 达尔文进化论

达尔文以博物学家的身份,参加了英国派遣的环球航行,做了五年的科学考察。他在动植物和地质方面进行了大量的观察和采集,经过综合探讨,专心攻读有关书籍,整理研究所收集的资料,也参加有关科学讨论,并以饲养家鸡为对象,进行了变异与选择的观察,历经 23 年之久。1859 年出版了震动当时学术界的《物种起源》。书中用大量资料证明了形形色色的生物都不是上帝创造的,而是在遗传、变异、生存斗争和自然选择中,由简单到复杂、由低等到高等,不断发展变化的,提出了生物进化论学说。

达尔文进化论的核心内容包括:

- (1) 自然界的物种从低等向高等发生逐步演化;
- (2) 物种演化动力是物竞天择,即生存斗争,适者生存,不适者淘汰;
- (3) 遗传与变异的相关性,遗传是物种的稳定性所在,而变异则是发生演化的源泉。

达尔文的渐变论中不排斥突变因素。进化论对人类社会产生了巨大影响,但是,生物进化涉及问题很大,达尔文的进化论尚不完善,需要后人补充与论证。

1.2.3 实验生物学时期

实验生物学时期科学家在遗传学、微生物学、呼吸代谢、光合作用等领域的研究取得重大成果。