



生物芯片发展及寡核苷酸 基因芯片应用研究

高志勇 著



科学出版社

生物芯片发展及寡核苷酸基因芯片 应用研究

高志勇 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书首先介绍了生物芯片的基本含义,之后对主要的几类生物芯片——基因芯片、蛋白质芯片、细胞芯片、组织芯片和糖芯片等,就其发展历史、分类、主要特点、制备方法及应用领域进行了系统地讲解和探讨。通过应用实例,介绍了寡核苷酸基因芯片的应用。本书注重理论联系实际,力求文字简练、通俗易懂。

本书适合生物学、农学、医学等领域的科研人员阅读,同时也可供相关专业高年级本科生、研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物芯片发展及寡核苷酸基因芯片应用研究 / 高志勇著. —北京:科学出版社, 2017.7

ISBN 978-7-03-054078-2

I. ①生… II. ①高… III. ①生物-芯片-研究②寡核苷酸-基因-芯片-研究 IV. ①Q78

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第177824号

责任编辑: 亢列梅 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年7月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2017年7月第一次印刷 印张: 12

字数: 242 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

生物芯片技术是根据分子间特异性相互作用的原理,通过缩微技术,将生命科学领域中不连续的分析过程,集成于硅芯片或玻璃芯片表面的微型生物化学分析系统,以实现基因、蛋白质、细胞及其他生物组分的准确、快速、大信息量的检测。按照芯片上固化的生物材料的不同,可以将生物芯片划分为基因芯片、蛋白质芯片、细胞芯片、组织芯片和糖芯片等。生物芯片用途广泛,涉及生命科学研究及实践、医学科研及临床、药物设计、环境保护、农业、军事等各个领域,无疑将产生巨大的社会效益和经济效益。生物芯片的深入研究,将大力推进生物产业与经济的发展。

本书介绍了生物芯片的基本含义,同时就各类生物芯片的发展历史、分类、主要特点、制备方法及应用领域进行了探讨,并通过应用实例,对基因芯片的应用进行了介绍。本书注意学科的系统性、先进性和时代特征,注重理论联系实际,力求文字简练、通俗易懂。本书既可作为广大生物芯片工作者和爱好者的学习和参考用书,也可作为生物学、农学、医学等专业学生教材。

本书得以出版,要感谢关心、支持和为本书做出贡献的师长、同事和同行朋友;感谢陕西省教育厅2016年重点科学研究计划项目(16JS031)、渭南师范学院理工类人才基金项目(2015ZRRC02)的资助。在本书的写作过程中,参考了国内外有关著作、论文等资料,在此表示感谢。作者希望本书能够为学习和研究生物芯片的读者带来新理念和方法,为生物芯片技术的发展做出应有的贡献。

限于作者水平,书中不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

作 者

2017年4月于渭南师范学院

目 录

前言

| | |
|------------------|----|
| 第1章 生物芯片 | 1 |
| 1.1 生物 | 1 |
| 1.1.1 非生物与生物 | 1 |
| 1.1.2 生物的分界 | 1 |
| 1.1.3 生物的分类阶元 | 3 |
| 1.1.4 生物的命名 | 3 |
| 1.1.5 生物的起源与进化 | 4 |
| 1.1.6 生物的基本结构 | 6 |
| 1.1.7 生命的物质基础 | 7 |
| 1.1.8 生物的遗传变异 | 8 |
| 1.1.9 生物学及其分支学科 | 10 |
| 1.2 芯片 | 10 |
| 1.3 生物芯片的发展 | 11 |
| 1.3.1 生物芯片的概念 | 11 |
| 1.3.2 生物芯片的研究现状 | 12 |
| 1.3.3 生物芯片的分类 | 15 |
| 1.3.4 生物芯片的特征 | 17 |
| 1.3.5 生物芯片的制备 | 17 |
| 1.3.6 生物芯片的应用领域 | 18 |
| 第2章 基因芯片 | 21 |
| 2.1 核酸 | 21 |
| 2.1.1 核酸的研究历史 | 21 |
| 2.1.2 核酸的化学成分 | 23 |
| 2.1.3 核酸的分子结构及作用 | 25 |
| 2.1.4 核酸的主要性质 | 31 |
| 2.2 基因芯片的发展 | 34 |
| 2.2.1 基因芯片概述 | 34 |
| 2.2.2 基因芯片的原理 | 35 |
| 2.2.3 基因芯片的分类 | 36 |

| | | |
|------------------|---------------|-----------|
| 2.2.4 | 基因芯片的制备 | 37 |
| 2.2.5 | 基因芯片的应用 | 41 |
| 2.2.6 | 基因芯片研究展望 | 44 |
| 第3章 蛋白质芯片 | | 45 |
| 3.1 | 蛋白质 | 45 |
| 3.1.1 | 蛋白质的含义 | 45 |
| 3.1.2 | 蛋白质的元素组成及特征 | 46 |
| 3.1.3 | 蛋白质的结构 | 46 |
| 3.1.4 | 蛋白质的性质 | 47 |
| 3.1.5 | 蛋白质的生理功能 | 49 |
| 3.1.6 | 蛋白质的分类 | 50 |
| 3.1.7 | 蛋白质的活性 | 51 |
| 3.1.8 | 蛋白质的研究历史 | 52 |
| 3.1.9 | 蛋白质的体内和体外研究方法 | 52 |
| 3.1.10 | 蛋白质组学研究 | 53 |
| 3.2 | 蛋白质芯片的发展 | 54 |
| 3.2.1 | 蛋白质芯片的原理 | 55 |
| 3.2.2 | 蛋白质芯片的制备 | 55 |
| 3.2.3 | 蛋白质芯片的分类 | 56 |
| 3.2.4 | 蛋白质芯片的应用 | 57 |
| 3.2.5 | 蛋白质芯片的优点 | 58 |
| 3.2.6 | 蛋白质芯片研究展望 | 59 |
| 第4章 细胞芯片 | | 60 |
| 4.1 | 细胞 | 60 |
| 4.1.1 | 细胞的研究历史 | 60 |
| 4.1.2 | 细胞的结构 | 61 |
| 4.1.3 | 细胞的大小与特征 | 65 |
| 4.1.4 | 细胞的种类 | 65 |
| 4.1.5 | 细胞的活动进程 | 67 |
| 4.1.6 | 细胞的分裂方式 | 68 |
| 4.1.7 | 细胞的组成成分 | 70 |
| 4.2 | 细胞芯片的发展 | 72 |
| 4.2.1 | 细胞芯片的含义 | 72 |
| 4.2.2 | 细胞芯片的特征 | 72 |
| 4.2.3 | 细胞芯片的分类 | 73 |
| 4.2.4 | 细胞芯片研究展望 | 76 |

| | |
|------------------|-----|
| 第 5 章 组织芯片 | 77 |
| 5.1 植物组织 | 77 |
| 5.1.1 植物组织的进化 | 77 |
| 5.1.2 成熟组织 | 78 |
| 5.1.3 分生组织 | 86 |
| 5.1.4 植物组织的相互联系 | 88 |
| 5.2 动物组织 | 89 |
| 5.2.1 上皮组织 | 89 |
| 5.2.2 结缔组织 | 89 |
| 5.2.3 肌肉组织 | 89 |
| 5.2.4 神经组织 | 90 |
| 5.3 组织芯片的发展 | 90 |
| 5.3.1 组织芯片的概念和特点 | 90 |
| 5.3.2 组织芯片的分类 | 91 |
| 5.3.3 组织芯片的优点 | 91 |
| 5.3.4 组织芯片的制备 | 92 |
| 5.3.5 组织芯片的应用 | 93 |
| 5.3.6 组织芯片研究展望 | 93 |
| 第 6 章 糖芯片 | 96 |
| 6.1 糖 | 96 |
| 6.1.1 糖类的概念和分类 | 96 |
| 6.1.2 单糖 | 97 |
| 6.1.3 低聚糖 | 99 |
| 6.1.4 多糖 | 101 |
| 6.1.5 糖复合物 | 105 |
| 6.1.6 糖的生物学功能 | 105 |
| 6.1.7 糖类的鉴定 | 105 |
| 6.2 糖芯片的发展 | 106 |
| 6.2.1 糖芯片的产生 | 106 |
| 6.2.2 糖芯片的原理 | 107 |
| 6.2.3 糖芯片的分类 | 107 |
| 6.2.4 糖芯片的应用 | 109 |
| 6.2.5 糖芯片研究展望 | 112 |
| 第 7 章 芯片实验室 | 113 |
| 7.1 芯片实验室的研究历史 | 113 |

| | | |
|---|-----------------|-----|
| 7.2 | 芯片实验室的研究现状 | 114 |
| 7.3 | 芯片实验室的组成 | 114 |
| 7.4 | 芯片实验室的优点 | 115 |
| 7.5 | 芯片实验室的应用 | 116 |
| 7.6 | 芯片实验室研究展望 | 118 |
| 第 8 章 生物传感器 | | 120 |
| 8.1 | 传感器 | 120 |
| 8.1.1 | 传感器的主要功能 | 121 |
| 8.1.2 | 传感器的常见种类 | 121 |
| 8.1.3 | 传感器的分类 | 130 |
| 8.1.4 | 传感器的特性 | 131 |
| 8.1.5 | 传感器的选型原则 | 133 |
| 8.1.6 | 传感器领域的常用术语 | 135 |
| 8.1.7 | 环境对传感器的影响 | 136 |
| 8.1.8 | 传感器技术产业特点 | 137 |
| 8.2 | 生物传感器的发展 | 138 |
| 8.2.1 | 生物传感器的结构 | 138 |
| 8.2.2 | 生物传感器的原理 | 138 |
| 8.2.3 | 生物传感器的发展历史 | 138 |
| 8.2.4 | 生物传感器的优点 | 139 |
| 8.2.5 | 生物传感器的分类 | 139 |
| 8.2.6 | 生物传感器的应用 | 141 |
| 8.2.7 | 生物传感器研究展望 | 145 |
| 第 9 章 应用寡核苷酸基因芯片检测水稻孕穗期不同器官的基因表达 | | 147 |
| 9.1 | 引言 | 147 |
| 9.1.1 | 目的和意义 | 147 |
| 9.1.2 | 国内外研究现状 | 148 |
| 9.2 | 材料和方法 | 149 |
| 9.2.1 | 实验材料 | 149 |
| 9.2.2 | 技术路线 | 150 |
| 9.2.3 | 实验方法 | 150 |
| 9.3 | 实验结果 | 153 |
| 9.3.1 | 总 RNA 的提取与鉴定 | 153 |
| 9.3.2 | 总 RNA 反转录出 cDNA | 153 |
| 9.3.3 | cDNA 与芯片的杂交结果 | 154 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 9.4 讨论 | 160 |
| 9.4.1 水稻不同器官总 RNA 的提取 | 160 |
| 9.4.2 总 RNA 反转录出 Cy3-dUTP 标记的 cDNA | 160 |
| 9.4.3 影响基因芯片与标记 cDNA 杂交的因素 | 161 |
| 9.4.4 水稻孕穗期不同器官中的基因表达 | 162 |
| 参考文献 | 165 |

第1章 生物芯片

生物是自然界最重要的组成部分之一，而芯片最初是电子学中的概念。自然科学的发展，促使了生物芯片的诞生，并使其发挥着越来越重要的作用。

1.1 生物

生物是具有动能的生命体。生物与非生物相对，具有与非生物相异的特征。生物能对外界的刺激做出相应反应，并与外界环境相互依赖、相互促进。

1.1.1 非生物与生物

自然界包括非生物和生物，它们有着各自的特征。

非生物的范畴非常广泛，如光、温度、水等。通过生物的特征，可以区别生物与非生物。归纳起来说，生物与非生物的本质区别就是有无生命，凡是不具备生命特征的物体都属于非生物。

生物，又称生命体、有机体，是有生命的个体。其主要具有七大基本生命特征：具有严整有序的结构，能进行新陈代谢，能生长，具有应激性，能生殖和发育，具有遗传和变异的特性，能在一定程度上适应环境并影响环境。

1.1.2 生物的分界

传统的生物分类以界为最高级的分类单位。自然界研究过的生物种类有200余万种。生物分界是把地球上的所有生物按照形态、结构、生理功能、分布、生态等特点，划分成一个个比较接近的各种生物类型集体的过程。生物分界是一项不断进行的工作，随着科学的发展而不断深化。历史上提出的主要生物分界系统如下。

1. 林奈的两界系统

提出者：瑞典博物学家林奈（Linnaeus，1707—1778）。

两界：植物界（kingdom plantae）、动物界（kingdom animalia）。

1735年，林奈出版了《自然系统》（*Systema Naturae*）一书。书中他以生物能否运动为标准，提出两界系统，即植物界和动物界，将细菌、真菌等都归入植物界。按此两界系统，植物界中约有50万种植物，动物界中约有150万种动物。至

今,许多植物学和动物学教科书仍沿用该两界系统。

2. 海克尔的三界系统

提出者:德国生物学家海克尔(Haeckel, 1834—1919)。

三界:原生生物界(kingdom protista)、植物界、动物界。

19世纪前后,由于显微镜的发明和使用,人们发现许多单细胞生物是有动、植物两种属性的中间类型的生物,如裸藻、甲藻等,既可自养,也可异养生活。1866年,海克尔提出成立一个原生生物界,他把原核生物、原生动物、硅藻、黏菌和海绵等,分别从植物界和动物界中分出,共同归入原生生物界。原生生物界和植物界、动物界组成三界系统。

3. 魏泰克的四界系统

提出者:魏泰克(Whittaker, 1924—1980)。

四界:原生生物界、真菌界(kingdom fungi)、植物界、动物界。

1959年,魏泰克提出四界分界系统,将不含叶绿素的真核菌类从植物界中分出,建立了一个真菌界,真菌界和植物界一起并列于原生生物界之上。

4. 魏泰克的五界系统

提出者:魏泰克(Whittaker, 1924—1980)。

五界:原核生物界(kingdom monera)、原生生物界、真菌界、植物界、动物界。

随着电子显微镜技术的发展,生物学家发现,细菌、蓝藻细胞结构中无核膜、核仁及膜结构形成的细胞器,从而与其他真核细胞生物有显著区别,应该另立为界。于是,1969年,魏泰克在其四界系统的基础上,根据细胞结构的复杂程度及营养方式的不同,将细菌和蓝藻从原生生物界中分出,建立了一个原核细胞结构的原核生物界,从而组成了一个五界系统。

5. 王大耜的六界系统

提出者:王大耜(1923—2002)。

六界:原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界、动物界、病毒界(archetista)。

六界系统由我国学者王大耜于1977年提出。在魏泰克五界系统之下加了一个病毒界,即原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界、动物界,再加病毒界的六界系统。

6. 三总界六界系统

20世纪70年代,我国学者陈世骧及国外一些学者提出,把生物分为原核生物

总界（内含细菌界和蓝藻界）、真核生物总界（内含植物界、真菌界和动物界）和非细胞生物总界（内含病毒界）。陈世骧等认为，原五界分类系统把原生生物界列为一个中间阶段，削弱了原核与真核两个基本阶段的对比性；在原核生物界和原生生物界内，也没有考虑生态关系，故提出更为完善的三总界六界系统。

7. 三原界系统

20世纪70年代末以来，分子生物学的发展对上述分界系统提出了挑战，特别是rRNA和rDNA的序列分析，为整个生物界系统发育的研究提供了大量的数据。分子系统发育学表明，整个生物界可以分为三个独立起源的大类群，传统的魏泰克五界系统并不完全代表生物五个进化谱系。伍斯（Woese）和伍夫（Wolfe）提出，原核生物在进化上有两个重要分支，应将原核生物分为古细菌原界和真细菌原界，真核生物归为一原界，遂提出了三原界系统，即把生物分为古细菌原界（内含古细菌界，包括产甲烷细菌、极端嗜热细菌和极端嗜盐细菌）、真细菌原界（内含真细菌界，包括细菌和蓝藻）和真核生物原界（内含原生生物界、真菌界、植物界和动物界）。

1.1.3 生物的分类阶元

分类阶元（taxonomic category）是生物分类学确定共性范围的等级。现代生物分类采用的有界（kingdom）、门（division, phylum）、纲（class）、目（order）、科（family）、属（genus）、种（species）等7个必要的阶元。近缘的种归并为属，近缘的属归并为科，科隶属于目，目隶属于纲，纲隶属于门，门隶属于界。随着研究的深入，生物分类层次不断增加，单元上下可以附加次生单元，如总纲（超纲）、亚纲、次纲、总目（超目）、亚目、次目、总科（超科）、亚科等。此外，还可增设新的单元，如股、群、族、组等，其中最常设的是族，介于亚科和属之间。

1.1.4 生物的名称

生物的名称中存在同物异名和同名异物现象，需要一个统一的命名方法。按国际命名法规，生物各级分类等级的学名，采用拉丁文字或拉丁化文字。属和属以上的名称采用单名，即用一个拉丁词命名，第一个字母大写。种的名称采用林奈创立的双名法（binomial nomenclature），即生物种的命名用两个拉丁词或拉丁化形式的词构成的方法。第一个词为物种所在属的属名，用名词，如果用其他文字或专有名词，则必须使其拉丁化，即将其词尾转化成拉丁文语法上的单数，第一格（主格），书写时属名的第一个字母要大写；第二个词为种加词，大多为形容词，少数为名词的所有格或同位名词，书写时均为小写，如用两个或多个词组成的种加词，则必须连写或用连字符号连接。此外，还要求在种加词之后写上该生物命

名人姓氏的缩写,书写时第一个字母也必须大写。例如,小球藻的名称为 *Chlorella vulgaris* Beij., 第一个拉丁词 *Chlorella* 为属名(小球藻属),第二个拉丁词 *vulgaris* 为种加词,Beij.是命名人 Beijerinck 的缩写,第一个字母也要大写,在缩写名后要加一个圆点“.”。以前由林奈定名的生物,他的名字均缩写为字母 L.,如水稻 *Oryza sativa* L.,但其他人名则不得缩写为 1 个字母。中国命名人一律用汉语拼音名缩写。每种生物只有 1 个合法的名称,即用双名法命的名,也称学名(scientific name)。需要注意的是,中文名不能称学名,它是由《中国植物志》或《孢子植物志》等权威著作根据拉丁名称的含义确定的相对应的中文名称。由于双名法比较科学,得到了各国植物学者的赞同,后经国际植物学大会讨论通过,并制定了统一的《国际植物命名规则》(*International Code of Botanical Nomenclature*),每次国际植物学大会都对规则进行修改和完善。

对于植物的亚种或变种则要用 3 个拉丁词来命名,即属名+种加词+变种加词。书写时,要求在变种加词之前写上英文字变种 variety 的缩写, var.是 variety 的缩写。同样,在变种加词的后面写上变种的命名人缩写。例如,白丁香是紫丁香的一个变种,其拉丁名称为 *Cyringa oblate* Lindl. var. *alba* Rehd.,其中 Lindl. 为紫丁香的命名人缩写的缩写,Rehd.为变种命名人缩写的缩写。这种用 3 个拉丁词给植物命名的方法称为三名法。

双名法对植物学的发展具有极大的意义,它不仅可以消除植物命名中的混乱现象,还可大大推动国际交流。同时,双名法也为查知所写的植物在植物分类系统中的位置提供了方便。

属和属以下名称,在印刷和书写时,需用斜体字,属以上名称用正体字。为了便于查阅,在各级名称之后,用正体字注以命名者的姓氏(应为拉丁字母拼缀)和命名时的公历年号,两者间以逗点分隔。若命名者不止一人,人名间用拉丁连接词 et(和)连接。物种既是生物分类的基本单位,也是生物进化的基本单位。生物进化的实质,就是物种的起源和演变。从生物学角度来讲,物种的基本结构是居群,而不是个体。

1.1.5 生物的起源与进化

1. 生物的起源与进化理论

关于生命的起源,历史上曾经有过种种假说:如“神创说”(认为生命是由上帝或神创造的)、“自然发生说”(认为生命,尤其是简单生命是由无生命物质自然发生的)等。这些假说多出于臆测,已被人们所否定。从近年召开的国际生命起源学术会议的研究论文看,当代关于生命起源的假说可归结为两大类:一类是“化学进化说”,另一类是“宇宙胚种说”。化学进化说主张,生命起源于原始地球条

件下从无机到有机、由简单到复杂的一系列化学进化过程；宇宙胚种说则认为，地球上最初的生命来自地球以外的宇宙空间，只是后来才在地球上发展了起来。

(1) 化学进化说。核酸和蛋白质等生物分子是生命的物质基础，生命起源的关键就在于这些生命物质的起源，即在没有生命的原始地球上，由于自然的原因，非生命物质通过化学作用，产生出多种有机物和生物分子。可以说，生命起源问题首先是原始有机物的起源与早期演化。化学进化的作用是造就一类化学材料，这些化学材料构成氨基酸、核苷酸等通用的“结构单元”，蛋白质和核酸等生命物质就来自这些“结构单元”的组合。1922年，生物化学家奥巴林第一个提出了一种可以验证的假说：原始地球上的某些无机物，在闪电、太阳光等能量的作用下，变成了第一批有机分子。时隔31年之后的1953年，美国化学家米勒首次通过实验验证了奥巴林的这一假说。他模拟原始地球上的大气成分，用氢、甲烷、氨和水蒸气等，通过加热和火花放电，合成了有机分子氨基酸。继米勒之后，许多模拟原始地球条件的实验，又合成出了其他组成生命体的重要生物分子，如嘌呤、嘧啶、核糖、脱氧核糖、核苷、核苷酸、脂肪酸、卟啉和脂质等。1965年和1981年，我国在世界上首次人工合成胰岛素和酵母丙氨酸转移核糖核酸。蛋白质和核酸的形成是由无生命到有生命的转折点。上述两种生物分子人工合成的成功，开创了通过人工合成生命物质去研究生命起源的新时代。一般说来，生命的化学进化过程包括四个阶段：从无机小分子生成有机小分子，从有机小分子形成有机大分子，从有机大分子组成能自我维持稳定和发展的多分子体系，从多分子体系演变为原始生命。

(2) 宇宙胚种说。过去和现在，已经提出了许多关于宇宙胚种说的假说。例如，在1993年7月第十次生命起源国际会议上，有学者提出，“造成化学反应并导致生命产生的有机物，毫无疑问是与地球碰撞的彗星带来的”，还有人推断，同地球碰撞的其中一颗彗星带着一个“生命的胚胎”，穿过宇宙，将其留在了刚刚诞生的地球之上，从而有了地球生命。曾经有一位空间物理学家和一位天体物理学家也把地球生命的起源解释为：地球生命之源可能来自40亿年前坠入海洋的一颗或数颗彗星，他们也认为是彗星提供了地球生命诞生需要的原材料（他们将之谓“类生命生物”）。尽管有科学家对此类假说持强烈的反对意见（他们认为：“彗星是带来了某些物质，但它们不是决定性的，生命所必需的物质在地球上已经存在”）。尽管诸如此类的观点仍需进一步证明，但通过对陨石、彗星、星际尘云以及其他行星上有机分子的探索与研究，了解那些有机分子形成与发展的规律，并将其与地球上的有机分子进行比较，都将为地球上生命起源的研究提供更多的资料。

2. 生物进化的进步性特征

生物界的历史发展表明，生物进化是从水生到陆生、从简单到复杂、从低等

到高等的过程，从中呈现出一种进步性发展的趋势。

一般说来，生物进化的进步性表现在：①在生物界的前进运动中，可以看到不同层次的形态结构的逐步复杂化和完善化；与此相应，生理功能也愈专门化，效能亦逐步增高。②从总体上看，遗传信息量随着生物的进化而逐步增加。③内环境调控的不断完善及对环境分析能力和反应方式的发展，加强了机体对外界环境的自主性，扩大了活动范围。

生物进化的道路是曲折的，表现出种种特殊的复杂情况。除进步性发展外，生物界中还存在特化和退化现象。特化不同于全面的生物学的完善化，它是生物对某种环境条件的特异性适应。这种进化方向有利于一个方面的发展却减少了其他方面的适应性，如马由多趾演变为适于奔跑的单蹄。当环境条件变化时，高度特化的生物类型往往由于不能适应而灭绝，如爱尔兰鹿，由于过分发达的角对生存弊多利少，以至于灭绝。对寄生或固着生活方式的适应，也可使机体某些器官和生理功能趋向退化。有一种深海寄生鱼，雄体寄生在雌体上，雄体消化器官退化，唯有精巢特别膨大，以保证种族繁衍。

有些研究者对进化的进步性表示怀疑，认为进步性不是进化的基本特征，也不是进化的本质。科学研究证明，进化不全部引起进步，进化过程中也有退化，但从有机界总的进化过程看，进步性发展是进化的主流和本质。

3. 研究生命起源与进化的意义

研究生命起源与进化是要弄清几十亿年生命诞生与发展的历史，然而其意义远不止追根溯源，还在于可以了解生命与环境、整体与部分、结构与功能、微观与宏观、个体发育与系统发育以及物质和能量与信息之间的辩证关系，可以进一步阐明遗传变异、生长分化、复制繁殖、新陈代谢、运动感应和调节控制等生命活动的机制，从而认识和阐明生命的本质，以实现人类控制和改造生命的目标^[1, 2]。

1.1.6 生物的基本结构

除病毒外，细胞是生物体结构和功能的基本单位。细胞是生命系统结构层次的基石，离开细胞，就没有神奇的生命乐章，更没有地球上那瑰丽的生命画卷。从生物圈到细胞，生命系统层层相依，又有各自特定的组成、结构和功能。

1. 细胞的分类

按细胞核有无核膜包被，可将细胞分为两类，即原核细胞与真核细胞。由原核细胞构成的生物称为原核生物，由真核细胞构成的生物称为真核生物。新近的研究又将古细菌从原核生物中分出，归为第三类生物。

原核细胞：是没有以核膜为边界的成形细胞核的细胞。其细胞核为拟核或质

粒，其 DNA 不与蛋白质结合，在细胞里盘曲折叠。细胞器仅含有核糖体。一般以裂殖方式增殖。主要生物有细菌、蓝藻、放线菌、支原体和衣原体等。

真核细胞：是有成形细胞核的细胞。其染色体数目在一个以上，能进行有丝分裂，还能进行原生质流动和变形运动。而光合作用和呼吸作用则分别在叶绿体和线粒体中进行。主要生物有动物、大部分植物、原生生物、真菌等。

古细菌：有时也称为“第三类生物”，原来曾归入原核生物的细菌域，现今已经分出，往往生存在其他两域生物无法生存的极端环境中。古细菌具有原核生物的某些特征，如无核膜及内膜系统；也有真核生物的特征，如以甲硫氨酸为起始密码子的蛋白质的合成、核糖体对氯霉素不敏感、RNA 聚合酶和真核细胞相似、DNA 具有内含子并结合组蛋白；此外古细菌还具有既不同于原核细胞也不同于真核细胞的特征。

2. 细胞的结构

显微结构：指在光学显微镜下就能看到的结构，如细胞膜、细胞核、细胞质、叶绿体、线粒体、液泡、细胞壁。

超微结构：指在电子显微镜下看到的细胞结构，如叶绿体、内质网、高尔基复合体、溶酶体、核糖体、中心体、过氧化物酶体等细胞器和细胞核的具体结构及各种生物膜。它们有共同的起源，功能上相互联系，并可彼此转化。

无论是动物细胞，还是植物细胞，都有细胞膜、细胞核、细胞质这三种结构。

(1) 细胞膜是细胞的边界保卫。细胞作为一个基本的生命系统，它的边界就是细胞膜。

(2) 细胞质包括细胞器和胞基质。细胞器是细胞质中功能特化的结构。原核细胞仅含有一种细胞器，即核糖体；而真核细胞则含有多种细胞器，如核糖体、内质网、高尔基体（在动物细胞中与细胞分泌物有关，在植物细胞中主要与细胞壁形成有关）、线粒体、叶绿体、溶酶体、质体（包括叶绿体、有色体、白色体）、微体、液泡、细胞骨架（微管、微丝、肌动蛋白丝）及中心体（只存在于低级植物细胞和动物细胞中，与细胞的有丝分裂有关）。胞基质（cytosol, cytoplasmic matrix）是除去能分辨的细胞器和颗粒以外的细胞质中胶态的基底物质。胞基质由水、无机盐、脂质、糖类、氨基酸、核苷酸等组成，也称作细胞溶胶。

(3) 细胞核是细胞的调控中心。细胞核是遗传信息库，是细胞新陈代谢和遗传的控制中心。真核细胞具有成形的细胞核，而原核细胞没有成形的细胞核，一般为裸露的 DNA 分子，称为拟核或质粒。

1.1.7 生命的物质基础

不同生物在物质及元素组成上大体相同。

元素分为大量元素和微量元素，其中大量元素有 C、H、O、N、P、S、K、

Ca、Mg 等，它们在生命活动中有很大作用；微量元素有 Fe、Mn、Zn、Cu、B、Mo 等，具有量小、作用大的特点。

化合物包括无机物和有机物。(1) 无机物。组成生物体的无机物包括水和无机盐。①水：水是生命之源，生物需要依赖水才能得以生存。②无机盐：无机盐是维持生物体正常生命活动和生理功能不可或缺的成分。其生理功能有：构成细胞内某些复杂的化合物；参与并维持生物体的代谢活动；维持生物体内的平衡（渗透压平衡、酸碱平衡、离子平衡）。例如：兴奋的传递就需要神经元上的内外钾、钠离子浓度的改变，从而产生动作电位。(2) 有机物。有机物主要有糖类、脂类、蛋白质、核酸、维生素，它们都是生命活动中重要的有机物质。①糖类：糖类是生物体主要的能源物质。②脂类：脂质中的脂肪是主要储能物质。③蛋白质：蛋白质是生命活动的主要承担者。④核酸：核酸是遗传信息的携带者（朊病毒的遗传物质是蛋白质）。⑤维生素：维生素是维持身体健康所必需的一类有机化合物。这类物质在体内既不是构成身体组织的原料，也不是能量的来源，而是一类调节物质，在物质代谢中起重要作用。维生素可分为水溶性维生素和脂溶性维生素。

1.1.8 生物的遗传变异

遗传是指生物的亲代与子代之间，在形态、结构和功能上常常相似的现象。从来源上，遗传分为细胞核遗传和细胞质遗传。细胞核遗传指由细胞核中的遗传物质控制的遗传现象；而细胞质遗传是由细胞质（线粒体和叶绿体）中的遗传物质控制的遗传现象。细胞核遗传遵循孟德尔遗传定律，细胞质遗传则不遵循。两者的遗传物质都是 DNA。变异是指生物的亲代与子代之间，子代的不同个体之间，总是或多或少地存在差异的现象。遗传是相对的，变异是绝对的，遗传和变异在生物的进化中同等重要。

遗传学中有以下一些常用的概念：

性状：生物体在形态、结构、生理等方面所具有的区别性特征。

DNA 的复制：指以亲代 DNA 分子为模板来合成子代 DNA 的过程。

半保留复制：指 DNA 的复制过程中，子代 DNA 分子都保留亲代 DNA 分子中的一条链。

基因：是控制生物性状的遗传物质的功能单位和结构单位，是有遗传效应的 DNA 片段。基因在染色体上呈线性排列，每个基因中可以含有成百上千个脱氧核糖核苷酸。

遗传信息：基因的脱氧核糖核苷酸排列顺序就代表遗传信息。

转录：指在细胞核中，以 DNA 的一条链为模板，按照碱基互补配对原则，合成 RNA 的过程。

翻译：指在细胞质中的核糖体上，以信使 RNA 为模板，以转运 RNA 为运载