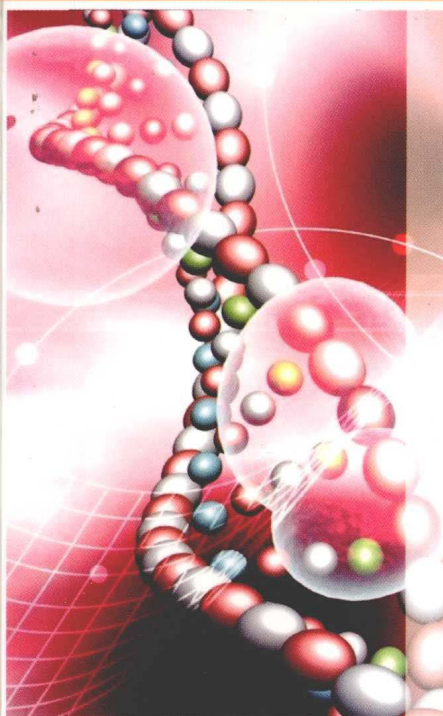


ZOUJIN SHENGMING



KEXUE CONGSHU



life sciences
走进生命科学丛书

本书编写组◎编

SHENGZHI YU YICHUAN

生殖与遗传

本书广泛介绍了生命科学领域中各方面的基础知识,通过趣味性、知识性、实用性良好结合的具体实例,帮助学生提高综合素质、领悟生命科学的奥秘,了解 21 世纪生命科学和相关技术可能对人类未来的影响。



中国出版集团
世界图书出版公司

ZOUJIN SHENGMING



KEXUE CONGSHU



life sciences
走进生命科学丛书

本书编写组◎编

SHENGZHI YU YICHUAN

生殖与遗传

本书广泛介绍了生命科学领域中各方面的基础知识,通过趣味性、知识性、实用性良好结合的具体实例,帮助学生提高综合素质、领悟生命科学的奥秘。本书还介绍了21世纪生命科学和相关技术可能对人类未来的影响。



世界图书出版公司
广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

生殖与遗传 / 《生殖与遗传》编写组编. —广州:
广东世界图书出版公司, 2010. 3
ISBN 978 - 7 - 5100 - 1620 - 2

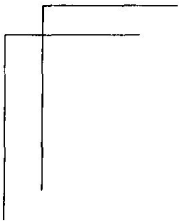
I. ①生… II. ①生… III. ①生殖 - 青少年读物②遗传学 - 青少年读物 IV. ①Q418 - 49②Q3 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 043624 号

生殖与遗传

责任编辑: 康琬娟
责任技编: 刘上锦 余坤泽
出版发行: 广东世界图书出版公司
(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)
电 话: (020) 84451969 84453623
http: //www. gdst. com. cn
E - mail: pub@ gdst. com. cn, edksy@ sina. com
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京燕旭开拓印务有限公司
(北京市昌平马池口镇 邮编: 102200)
版 次: 2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
开 本: 787mm × 1092mm 1/16
印 张: 13
书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 1620 - 2/Q · 0038
定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



前 言

大自然的鬼斧神工为我们创造了一个丰富多彩的生物世界。当我们仰视参天的树木，俯视微小的蝼蚁，当我们聆听着鸟语，陶醉于花香之中时，我们不禁为造物主的神奇而深深折服。世上的生物之所以如此多姿多彩，离不开奇妙的生命活动——生殖与遗传。不管是飞禽走兽，草木虫鱼，低级如病毒，高级如人类，莫不如此。

自古以来，人类一直在探索自身的奥秘，人的生、老、病、死，意识和行为等都是人们希望明白的奥秘。20 世纪 50 年代以来，分子生物学及生物技术的飞速发展，特别是随着人类基因组研究计划的顺利完成以及后基因组计划的开始，展示人类生命活动的智力、行为、身体素质等现象都能从基因这个层面上找到答案，人类自身的奥秘不断被揭示出来，人们对优生的认识达到空前的高度，从而也引起了更多的对生殖与遗传的关注和兴趣。

生殖是指生物产生后代和繁衍种族的过程，是生物界普遍存在的一种生命现象。生物如不能生殖，种族就会绝灭，生物界也就不会继续存在。即人们常说的“种瓜得瓜，种豆得豆”。遗传是生物亲代与子代之间、子代个体之间相似的现象。但在遗传学上，指遗传物质从上代传给后代的现象。遗传反映生物进化中的继承和连续性，即其相对静止、相对稳定的方面。如果没有“遗传”，也就没有生物“种”的相对稳定性，这样生物界将是杂乱无章、变幻无常，即使再优良的品种，也不过是“昙花一现”，而不能遗



传给后代。“遗传学”是研究生物遗传变异规律的科学，它是人们认识生物改造生物的有力武器，是生物学的主要基础理论之一，也是一切生物科学的共同语言和不可缺少的基本知识，对农业、工业、医疗卫生和国防事业的发展均有重要作用。

科学技术的日新月异，创造了无数生命史上的奇迹。克隆技术、基因工程的产生和发展，打破了生殖与遗传的自然规律，克隆技术、基因工程在医疗、工农业等方面的应用，减轻了疾病给人类带来的痛苦，便捷了我们的生活，使我们的生活更加绚丽多彩。

本书介绍了生命的物质基础、生物的生殖方式（重点介绍了人类的生殖）、生物的遗传规律，以及生殖与遗传学的发展和应用，特别是克隆技术和基因工程，同时介绍了人类基因组及基因组计划。

科学知识是动态的，不是一学即就的。任何看起来很成熟的知识，都不是终极的知识，它的进一步完善和发展都是永无止境的。希望本书能帮助广大青少年了解更多的生殖与遗传知识，培养对科学的严谨态度，激发对科学探索的兴趣。

目 录

Contents

认识生命		性别与遗传	123
生命的起源	1	遗传与疾病	125
生命的进化	6	遗传工程	137
细 胞	9	克隆技术	
染色体	29	什么是克隆技术	142
DNA	33	克隆技术的发展史	143
基 因	41	“多莉”的诞生历程	147
生 殖		克隆人:生命伦理禁区	150
无性生殖	49	克隆技术的应用	155
克 隆	61	基因工程	
有性生殖	64	什么是基因工程	174
人类的生殖	74	基因工程的诞生	175
遗 传		怎样进行基因工程	177
遗传学的发展史	82	转基因技术	178
遗传的规律	88	基因工程的前景	195
伴性遗传	110	基因工程的弊端	199
遗传与环境	116		



认识生命

生命的起源

在我们这个星球，居住着无数的“居民”。有的翱翔于云端之上，有的扎根于土壤之间，有的寄身于洞穴之内，有的潜游于湖海之中。有的小到比芥豆还微，比尘埃还细，有的却身高百米，体重万斤。有的朝生暮死，有的长寿千年。尽管它们千差万别、多种多样，但都有一个共同的特征，即有生命。这些“居民”可以分为3类：动物、植物、微生物。它们共同组成生物界。根据科学记载，动物有100多万种，植物有30多万种，微生物也有好几万种。但实际上生物的种类远不止这些，因为有很多种生物还未发现，科学家们还在寻找之中。人类本身也是生物界中的一类，只因为人会劳动、会思想，与众不同，所以卓然自立、雄视万类，被誉为“万物之灵”，成为这个星球的主宰。

生物有着各种各样的生命活动。最常见的是任何生物都有生、有长、有老、有死。一粒种子在有空气、水分、营养物质存在及一定的温度条件下，从发芽、生长、开花、结果，到最后死亡；一个初生婴儿，经哺乳期、幼年、少年、青年、壮年直到衰老去世……这些都是生物体进行生长发育的生命现象。所谓生长发育，就是生物体摄取外界物质建造自己身体的一系列量变和质变的复杂过程。在生长发育过程中，生物体要不断地进行新陈代谢。新陈代谢是生物体最基本的生命活动，也是生物和非生物的主要

区别。

另外，还有一种生命活动，这就是生物的繁殖后代——“生儿育女”。繁殖亦称生殖，是生物体生长发育的必然结果。凡是生物都具有繁殖后代的本能。生物如不能繁殖，种族就会绝灭，生物界也就不会继续存在。

环顾广阔的自然界，我们到处都可以发现生命的踪迹，察觉到生命的活动。具有生命的有机体尽管多种多样，千差万别，但它们都有生、有死，都能在成熟之后，采取一定的方式繁殖后代。地球上的各种生物都是“远亲近戚”，都是从一些最简单、最原始的生命类型逐渐演变而来的。那么，地球上最初的生命又是怎样诞生的呢？

2 对于生命起源的问题，从古代到17世纪一直盛行着“自然发生”的观点。这一观点根据简单的观察，认为生命是从非生命物质中快速而直接地产生出来的，如从汗水中产生虱子，从腐肉中生出蛆，从潮湿的土壤中长出蛙等。直到17世纪初，范·赫耳蒙特还开出了制造老鼠的处方：把小麦和被汗水污湿的衬衣都放进容器进行发酵，经过21天就会长出活的老鼠。到了17世纪中叶，人们开始用实验的方法探讨生命起源的问题。1669年，意大利医生弗朗西斯科·雷第首先用实验证明肉本身并不会生出蛆，只有当蝇卵落在肉上才会长出蛆来，否定了“腐肉生蛆”的观点。

19世纪，巴斯德做了一个经典的实验：将肉汤煮沸后不封闭管口，使空气通过一段由水蒸汽凝结成水液的曲颈而进入烧瓶，空气中的微生物则不能进入烧瓶，这种烧瓶中的肉汤过了几个月仍然很新鲜，而在没有曲颈的烧瓶内，肉汤在几小时内就腐败了。实验表明：液体的腐败是由于微生物的活动而引起的，如果有有机浸液未被环境中的微生物所污染，就不会生出任何生命来。

那么，生命是从何而来的呢？

传说，在宇宙天地尚未形成之前，黑暗笼罩着无边无际的空虚混沌，上帝那孕育着生命的灵运行其中，投入其中，施造化之工，展成就之初，使世界确立，使万物齐备。

传说上帝用7天创造了天地方物。这创造的奇妙与神秘非形之笔墨所能

写尽，非诉诸言语所能话透。

第一日，上帝说：“要有光！”便有了光。上帝将光与暗分开，称光为昼，称暗为夜。于是有了晚上，有了早晨。

第二日，上帝说：“诸水之间要有空气隔开。”上帝便造了空气，称它为天。

第三日，上帝说：“普天之下的水要聚在一处，使旱地露出来。”于是，水和旱地便分开。上帝称旱地为大陆，称众水聚积之处为海洋。上帝又吩咐，地上要长出青草和各种各样的开花结籽的蔬菜及结果子的树，果子都包着核。世界便照上帝的话成就了。

第四日，上帝说：“天上要有光体，可以分管昼夜，作记号，定节令、日子、年岁，并要发光普照全地。”于是上帝造就了两个光体，给它们分工，让大的那个管理昼，小的那个管理夜。上帝又造就了无数的星斗，把它们嵌列在天幕之中。

第五日，上帝说：“水要多多滋生有生命之物，要有雀鸟在地面天空中飞翔。”上帝就造出大鱼和各种水中的生命，使它们各从其类；上帝又造出各样的飞鸟，使它们各从其类。上帝看到自己的造物，非常喜悦，就赐福这一切，使它们滋生繁衍，普及江海湖泊、平原空谷。

第六日，上帝说：“地要生出活物来；牲畜、昆虫、野兽各从其类。”于是，上帝造出了这些生灵，使它们各从其类。上帝看到万物并作，生灭有继，就说：“我要照着我的形象，按着我的样式造人，派他们管理海里的鱼、空中的鸟、地上的牲畜和地上爬行的一切昆虫。”上帝就照着自己的形象创造了人。上帝本意让人成为万物之灵，就赐福给他们，对他们说：“要生养众多，遍满地面，治理地上的一切，也要管理海里的鱼、空中的鸟和地上各样活物。”按《圣经》的说法，人类是这个世界的管理者和支配者。

第七日，天地万物都造齐了，上帝完成了创世之功。在这一天里，他歇息了，并赐福给第六天，圣化那一天为特别的日子，因为他在那一天完成了创造，歇工休息。就这样星期日也成为人类休息的日子。

“造化钟神秀，阴阳割分晓。”上帝就是这样开辟鸿蒙，创造宇宙万

物的。

天、地、万物，乃至生命，真是由上帝在短短的6天里造就的吗？

天文学、地球化学、地球物理学、地质学、宇宙考察等方面的资料告诉我们：我们现在的太阳系——太阳、地球以及太阳系的其他行星都是由同一个宇宙尘埃云，同样一些物质形成的。地球诞生的年代大约是距今46亿年前。当时，固体尘埃聚集结合成为地球的内核，外面围绕着大量的气体，绝大部分是氢和氦。此后，由于物质集合收缩及内部放射性物质产生的大量热能，使地球的温度不断升高，大气中气体分子运动速度增大，一些分子量较小的气体终于摆脱地球的引力，不断地逸到宇宙中去。同时，强烈的太阳风也把地球外围的气体分子（如氢、氦）吹开而消失到宇宙深处。因此，在地球的历史上，虽然最初有很多的大气，但此后有一段时期，其大气层几乎完全消失了。直到地球表面温度逐渐下降以后，才重新产生大气层。

地球内部的高温使物质分解产生大量的气体，冲破地表释放出来。据推测，其中有二氧化碳、甲烷、水蒸气、硫化氢，氨、氰化氢等。这些新产生的气体离开地表以后，很快冷却，保留在地球的外围逐渐形成一个新的大气层。这是地球第二次形成的大气层，是还原性的。另外，在强烈的紫外线作用下，有少量水蒸气分子被分解为氢和氧分子。氢分子因质量小而浮到大气层最高处，大部分逐渐消失到宇宙空间；氧分子则跟地面一些岩石结合为氧化物。因此，当时的大气层中不存在游离的氧，这跟以后地球上产生生命，有很大的关系。

当地球表面温度下降的同时，由于内部温度仍然很高，所以，火山活动仍然很频繁，火山爆发喷出大量的气体（包括水蒸气）。另一方面，由于地壳不断发生变动，有些地方隆起成高原或山峰；有些地方收缩下降而成低地和山谷。大气层中的水蒸气很快达到饱和，冷却而成为雨水降落到地面上来，凝集在一些低凹的地方，逐渐积累形成湖泊、河流，最后汇集在地面上最低的区域，形成最初的海洋——原始海洋。

没有游离氧存在的、具有还原性的原始大气和原始海洋为原始生命的形成和发展提供了条件。1876年恩格斯提出了“化学起源说”，指出：生命



的起源必然是通过化学的途径实现的。实际上，当雨水把大气中的一些生成物降到原始海洋后，原始海洋就成了生命化学演化的中心。

生命起源的化学进化过程经历了十几亿年的时间，直到约 32 亿年前才出现了最古老的微生物。这一进化过程经历了如下 4 个主要阶段：

一、由无机物生成有机小分子

在原始地球的条件下，当时地球原始大气中的小分子无机物（如 NH_3 、 H_2O 、 H_2S 、 H_2 等）由于地球引力而逐渐增加密度，在自然界中的宇宙射线、紫外线、闪电等的作用下，就可能自然合成出氨基酸、核苷酸、单糖等一系列比较简单的有机小分子物质，完成了化学进化的第一阶段。这些有机小分子通过雨水的作用，流经湖泊和河流，最终汇集到原始海洋中。

二、由有机小分子物质形成有机高分子物质

氨基酸、核苷酸的出现为有机高分子物质的产生奠定了基础。在当时的条件下，多种因素共同作用，使许多氨基酸单体脱水缩合而成蛋白质长链，许多核苷酸单体脱水缩合而成核酸长链。蛋白质、核酸是生命体不可缺少的基本成份。因此，有机高分子物质的出现标志着化学进化过程中的一次重大飞跃。

三、由有机高分子物质组成多分子体系

在这一阶段，蛋白质、核酸、多糖、类脂等有机高分子物质在原始海洋中不断积累，浓度不断升高。通过水分的蒸发，黏土的吸附作用等过程，这些有机高分子物质逐渐浓缩而分离出来，它们相互作用，凝聚成小滴。这些小滴漂浮在原始海洋中，外面包有原始的界膜，与周围的原始海洋环境分隔开，构成一个独立的体系——多分子体系。这种体系能够与外界环境进行原始的物质交换活力，显示出某些生命现象。因此，多分子体系是原始生命的萌芽。

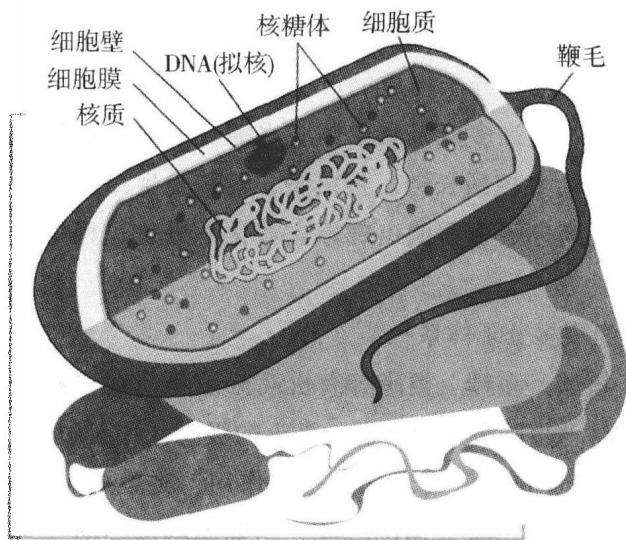
四、由多分子体系发展为原始生命

从多分子体系演变为原始生命，这是生命起源过程中最复杂、最有决定意义的阶段。有些多分子体系经过长期的演变，特别是由于蛋白质和核酸这两大类物质的相互作用，终于形成具有原始新陈代谢作用和能够进行繁殖的原始生命。

最初的原始生命是在极其漫长的时间内，由非生命物质经过极其复杂的化学过程，逐步演变而成的。原始生命形成以后，就进入了生物进化阶段。应该强调的是：蛋白质和核酸是生命体内最基本、最重要的物质。没有蛋白质和核酸，就没有生命。

生命的进化

从最古老的单细胞到有着复杂生命结构与思维的人类，在漫长的生命行进征程中，形形色色的生物从出生到灭亡，从低等到高等，究竟是何种神奇的力量推动着生物的进化发展呢？



原核生物

最初的原始细胞，叫原核生物，至今仍以细菌的方式存在。它们都没有一些较高级细胞那样的细胞核、其他许多亚细胞结构和细胞器。这些细胞不能获得自身的养料；而将排出的有机物分子溶解在自己生活的海洋中。这种营养方式（摄入现成的养料）被称为异养型。

细胞也不能利用氧气破坏食物分子以获得能量。由摄入养料而放能的过程叫呼吸；无氧的呼吸称为厌氧呼吸。最初的生命实际上是厌氧型的，由于大气中没有自由氧或单体氧。

厌氧呼吸的效率极为低下，它需要很多养料来产生很少的能量。但是，在充满大量有机物的海洋中，海洋所含养料不能持续很长时间。生命体消耗养料的速度比通过化学过程补充养料的速度快得多。没有养料，生命不可能生存。难道远在最低级的软体虫爬行到陆地上之前，生命就因为饥饿



而灭绝了吗？

要不是有一种叫作叶绿素的奇妙分子，答案也许会是肯定的。25 亿 ~ 30 亿年前，经演变生成的叶绿素大大改变了进化的过程。它提供了一种从阳光中获得能量，并转变成可存储的化学能量，或养料的方法。因此，生命体不再依赖通过厌氧过程聚集起来但不断减少的营养素。它们只需在太阳下就能获得养料。生命体从基本原材料中获得自身的养料叫自养。利用日光完成上述工作被称为光合作用。光合作用还向大气中释放自由氧。对岩石的化学分析表明我们的大气层在 20 亿年前就有氧气存在。

自由氧出现后不久就逐渐形成有氧生命。细胞利用氧气从营养素中获得的能量为没有氧气时的近 20 倍。养料持续时间延长，进化出较复杂的有机物。简单的原核细胞有机化，形成第一个有自己的膜包核子的真核细胞。这种变化大约在 14 亿年前出现。不久，真核细胞开始聚集成多细胞有机物。最古老的多细胞动物化石在大约 10 亿年前出现。现在，所有的动物和生物由原核细胞组成。

在氧气进入大气层之后，生命开始进入陆地。如果没有自由氧，实际上不可能演变出陆地上的生命。原因在于：生命在海洋中通过化学合成进化，这是一个艰难的过程。刚刚形成的有机物分子结构复杂且脆弱。强烈的太阳光，特别是紫外线，袭击地球，有机物分子刚形成时很容易被毁掉。在这种条件下即使最简单的细胞都没有机会进化。但是，如果这些分子形成后沉入水中，可能仅仅在水面下几英寸或一英尺，基本上也能躲避射线，化学合成可以进行得很顺利。然而，陆地上的生命不断受到紫外线的伤害。

我们来看看氧气。紫外线和闪电放电将上层大气层中的氧气转变成臭氧。

臭氧的独特能力是吸收紫外线。因此，随着建立臭氧保护层（现在仍然存在，但环境学家认为它正在逐步消失），生命有可能迁移到陆地上（事实上已迁移到陆地上），经过数十亿年的进化而成为蛞蝓、臭虫、青蛙、蛇、鸟、蕨类、花、黄瓜和人类。没有臭氧保护层，绝对不可能有这些进化。

就目前我们所知，在太阳系的其他地方不存在生命。对火星和月球泥土所做的直接检验表明那儿没有生命存在。金星上的温度过高。水星上的温度要么过高，要么过低，辐射也太多。在木星、土星、天王星和海王星等大行星中没有合适的物质，表面温度也太低。冥王星是一片冰冻的荒地。在 60 多个卫星中，也许只有几颗卫星上存在一些简单的微生物，但这一点尚无法确定。生命的进化需要合适的物质、能量和温度，这是让人极为珍惜的条件。生命日益复杂和多样化，要求客观条件在关键方面发生改变，从而异养型生物才能变成自养型生物，厌氧微生物才能进化成需氧微生物，水生动物才能离开海洋走上陆地。智能生命才能逐步形成，再去考虑自身的起源。

19 世纪英国伟大的博物学家达尔文建立了无可争议的完整体系，第一次科学系统地揭示了生物界发展的规律。到了 1859 年达尔文的《物种起源》出版后，生物普遍进化的思想以及物竞天择、适者生存的进化机制已成为学术界、思想界的公论。由此，达尔文的生物进化论被称为 19 世纪自然科学的三大发现之一。

查尔斯·达尔文，1809 年 2 月生于英国希罗普郡。幼年时代，他并没有表现出什么特别的天赋。只是到了青年时代，迷恋大自然的天性才给他带来了创造奇迹的机遇。1828 年 8 月，达尔文搭乘美国海军的海洋考察船贝格尔号环航世界，探索贸易路线，开始了改变他一生命运的事业之旅。达尔文在贝格尔号上生活了将近 8 年，实地考察了南美洲与太平洋群岛的海洋和岛屿。每航行到一个地方，他都广泛收集地质学、动物学、地理学、胚胎学等各方面的证据，并坚持采集各种岩石、植物和动物的标本，同时还记下了许多珍贵的笔记。1836 年回到英国后，他已成为一个经验和知识都很丰富的博物学家。

在这次环球考察后，达尔文经过深入思考得出了一个重要的结论：某个物种只要条件比其他物种优越，哪怕是略见优越，也会有很好的机会生存下来并且繁殖后代。这就是著名的自然选择理论，它是达尔文生物进化论的主要组成部分之一，而适者生存正是自然选择理论的精髓。达尔文曾对马德拉岛的昆虫进行研究。马德拉岛位于大西洋，经常遭到风暴的猛烈

侵袭。他发现在该岛居住的几百种甲虫中，有两种甲虫的翅膀弱到了不能飞翔的程度。这是为什么呢？原来经过无数次的风暴洗礼，善飞的昆虫都被风暴吹到了海里，只有这些翅膀发育很弱的昆虫类型得以存留。正是由于它们的存留，才产生了现在马德拉岛上的甲虫群。这是适者生存的一个经典案例。

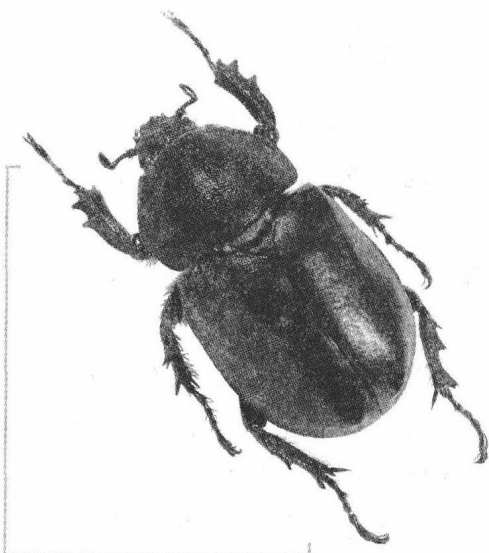
后来，在举世闻名的《物种起源》中，达尔文提出了一个又一个令人震惊的论断：生命只有一个祖先，因为生命都起源于一个原始细

胞的开端；生物是从简单到复杂、从低级到高级逐步发展而来的；生物在进化中不断地进行着生存斗争，进行着自然选择；人类的悠久家史并不比动物高贵多少，人类也起源于某些原始细胞，经过逐渐进化，变成了鱼、两栖动物、哺乳动物，再经过进化才变成了类人猿和今天的人类。达尔文的《物种起源》成了生物学史上的经典著作。如今，《物种起源》所提及的许多观点已成为人尽皆知的常识。

细 胞

我们知道，生命的基本单位是细胞。所有的生命形式，基本上都是以细胞为基础的。生命要延续，不管是有性生殖，还是无性生殖，归根结底，都是小小的细胞在不停地“吃喝拉撒”，在不停地复制自己。

一个小小的细胞，从出生、成长发育、繁殖、分裂，使得育种和杂交成为可能，成千上万个细胞构成的生物组织“军团”，使得栽培和嫁接成为可能。归根结底，还是因为细胞本身就包含了生命的全部复制功能。那么，细胞是如何发现的？它的神秘之处又是什么呢？



甲 虫

细胞的发现

生命始于细胞，所有的生命活动只有在细胞结构中才能实现。细胞的发现也经历了一个漫长的过程。

17 世纪，英国显微学家罗伯特·胡克使用自制的显微镜，观察到软木薄片上有许多像蜂窝一样的小格子，并将其命名为细胞，即小室的意思。但由于他还没有用高度的理论思维来估计这一伟大发现在生物学和世界观上的革命意义，因此，细胞的发现在当时并没有引起人们应有的重视。

直到 19 世纪 30 年代，第一台改良的显微镜出现了，才陆续有几个科学家不断发现细胞里的内涵物：细胞壁、细胞质和细胞核等。

1838 年，德国科学家、德国耶拿大学植物学教授施莱登总结上述发现指出，所有的植物体都是由细胞组成的。施莱登原来学的是法律，但后来在柏林研究植物学。他提出，植物是由细胞组成的，细胞壁是细胞的主要成分，一株植株是一个整体，是一个细胞集团。施莱登认为，细胞是一个独立自主的单位，并且因此而有两个生命：一个生命是它自己的，这是首要的；另一个生命是属于行组织植物结构的部分，这是次要的。两个生命过程都是“形成力量”的表现，这种力量构成了有机的细胞，并组织这些细胞成为合成的活的生物。施莱登还提出一个新细胞起源于一个老细胞核，最初形成老细胞球体的一个裂片，然后分离出来，自成一个完整的细胞。

1839 年，另一个德国动物学家施旺在动物中证实了施莱登的论点，他发现蝌蚪的脊索、鸡的胚层以及猪的胚胎组织都是由细胞所构成的。施旺是德国卢万大学的解剖学教授，他把细胞学说扩展到动物界。他以这样一句话概述了这个学说的内容：“有机体的基本部分不管怎样不同，总有一个普遍的发育原则，这个原则便是细胞的形成。”施旺认为，一切动物的受精卵是单个细胞，不管这些细胞是大如鸡蛋或者小如哺乳类的卵，都是一样。因此，一切有机体都以单一细胞开始生命，并以其他细胞的形成而发育着。施旺和施莱登一样，也提出动物受精卵中的新细胞在老细胞之内发育，他主张在动物发育的后期，从细胞中形成新的细胞。

施旺在他的细胞学说的基础上提出了动物细胞的分类。他指出：“第一



种组织是独立和分离的细胞，例如血液细胞；第二种组织是独立而紧挨在一起的细胞，如皮肤细胞包；第三种组织是骨和牙的细胞，具有发育得很好的连接在一起的坚固的壁；第四种是被拉长纤维的细胞，如韧带和腱；第五种是神经和肌肉那样的细胞，这里面的细胞壁和腔都已经连接起来了。”施莱登关于植物细胞的见解和施旺关于动物细胞的见解，都发表于1839年，它们共同构成了细胞学说的基础。这个学说简明地声明了，一切生命物质，从最简单的单细胞生物体到非常复杂的高等植物和动物，都是由细胞组成的，并且每个细胞，不但能够独立地起作用，而且也作为整个生物体的总体部分行使功能。

细胞学说表明了所有的生物都是统一的，都有着共同的特征和共同的起源。细胞理论的确立，打破了人们长期以来那种僵死的传统看法，即认为植物界和动物界是两个完全不同的、互不联系的、互相独立的生物世界。细胞理论证明，细胞是动植物共同的基本单位，动植物之间是相通的，两者有着共同的起源，而不是互相绝对隔绝的。细胞理论同显微技术的结合，才真正地把近代生物学发展到了细胞水平。恩格斯曾把细胞学说誉为19世纪自然科学的三大发现之一。

不过，施莱登和施旺都没有正确地提出新细胞是如何从老细胞中分化出来，即新细胞如何形成的问题。这一点由植物学家冯·莫尔耐格里以及动物学家克里克尔等人补充，他们指出，在生长期细胞自身进行复制，一个母细胞产生两个子细胞。这个过程称之为细胞分裂。

细胞是怎样分裂的？它的发现得益于生物试验手段的发展。19世纪科学技术的发展不断地推动着细胞学的发展，一些科学家改善了显微镜的光透系统，使它的分辨率和放大倍数大大提高了。这时化学家也加入到细胞学研究的队伍，采用无机染料用于显微镜观察样品的制作，而且还研制出来了天然的和人工合成的有机染色剂，如苯胺染色剂就是当时发明的。同时，显微镜样品的切片已经可能制作得很薄了。所有这些技术都为细胞学的研究开拓了许多新的领域。

1831年，曾经发现过物理学上分子运动的科学家布朗发现，细胞里有一个较为致密的小球，约为细胞体积的 $\frac{1}{9}$ ，布朗给它起名为细胞核。