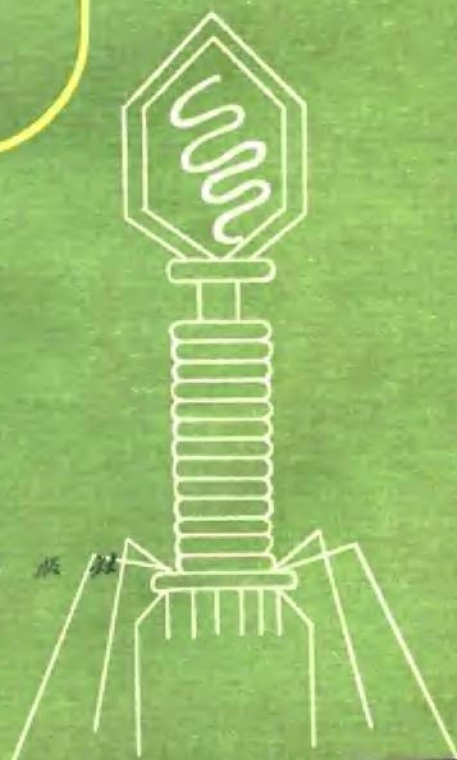


遗传工程及其应用前景



贵州人民出版社

遗传工程及其应用前景

刘振业 编著

贵州人民出版社出版

(贵阳市延安中路5号)

贵州新华印刷厂印刷 贵州省新华书店发行

787×1092毫米 32开本 5印张插页2 107千字

印数 1—1,400

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

书号: 13115·23 定价: 0.80 元

前 言

遗传工程或遗传工程学，是七十年代初期才发展起来的一个新的科学领域。它主要是在分子生物学，分子遗传学和微生物学基础理论的研究上发展起来的。遗传工程，是目前国内外最活跃的科学研究项目之一，它几乎已经成为整个生物科学的中心或“生长点”。根据目前的估计，遗传工程的研究，对于人类的未来将具有十分重要的意义。

华国锋总理在五届人大的《政府工作报告》中号召我们：“重视遗传工程的研究”。这就为遗传工程的研究指明了方向。在《一九七八至一九八五年全国科学技术发展规划纲要（草案）》中，已明确将遗传工程列为八个影响全局的综合性科学技术领域、重大新兴技术领域和带头学科之一，放在突出的地位。要求集中力量，做出显著成绩，以推动整个科学技术和国民经济的高速度发展。方毅副总理在全国科学大会上的报告指出：“在分子生物学发展的基础上形成的遗传工程，有可能按人类的需要在分子水平上加工和转移遗传物质，创造生物的新物种。它为细胞分化、生长发育、肿瘤发生等有关高等生物的基础研究，提供了有效的实验手段，并可能为农业、工业和医药等某些生产领域的重大变革，开拓新的途径。”

“遗传工程是七十年代出现的一个新领域。它发展快，探索性强，涉及的学科和技术面广，而我国在这方面的基础

又相当薄弱。因此，三年内必须加强组织协调，加快步伐，建立和加强有关的实验室，开展遗传工程的基础研究。八年内，要同分子生物学、分子遗传学、细胞生物学的研究相结合，取得较大进展。要研究在医药工业中利用遗传工程的新技术，并为防治某些疑难疾病、创造自身固氮高产作物的新品种等，探索新的可能途径。”这就说明了遗传工程研究的重要意义，以及研究的方针、任务和具体内容与道路。

目前，世界各国对遗传工程都较为重视，正在不断地投入力量，加强研究并取得进展。例如，美国已在1977年和1978年相继取得了用大肠杆菌生产出人脑激素—生长激素释放的抑制因子（Somatostatin）和胰岛素的重大突破。这一成就曾轰动了科学界，为举世所瞩目。美国科学院院长汉德勒认为，这是“科学上头等重大的胜利。”这一成就为遗传工程在实际上的应用展示了广阔的前景。遗传工程研究目前已取得的初步成就，正日益充分地显示这门新兴的科学领域必将为人类创造出巨大的财富，推动工、农、医等生产部门的发展。

遗传工程研究的进展十分迅速，但由于它是一门刚刚诞生的科学分支，历史很短，如果从体外成功地合成重组脱氧核糖核酸分子算起，只有不足六年的历史。很多问题尚待研究和探索，有的问题甚至暂时还处于设想阶段。所以，不可能作全面系统地介绍。这里只能就遗传工程的形成和概念，遗传工程的一般技术过程，以及目前研究的概况、成就和应用前景等，作一个简要的概括。

作者因水平有限，书中错误在所难免，请读者批评指正。

编著者 一九七九年八月

目 录

前 言

一、遗传学及其发展简史.....	(1)
(一) 遗传学研究的对象和任务.....	(1)
(二) 遗传学发展简史.....	(2)
二、生物的繁殖、遗传和变异.....	(8)
(一) 生物的繁殖.....	(8)
(二) 生物的遗传和变异.....	(23)
三、什么是遗传工程.....	(29)
(一) 从我们自己说起.....	(29)
(二) DNA的分子结构和复制.....	(52)
(三) RNA的分子结构和复制.....	(58)
(四) 蛋白质的合成.....	(59)
(五) 遗传密码和遗传信息的传递.....	(61)
(六) 遗传工程的概念.....	(69)
四、遗传工程的具体技术.....	(72)
(一) 要有符合需要的目的基因.....	(74)
(二) 基因的载体.....	(81)
(三) 工具酶.....	(89)
(四) DNA的体外重组.....	(106)
(五) 转化及无性繁殖.....	(108)
五、遗传工程的应用前景.....	(112)

(一) 在农业上的应用和设想.....	(112)
(二) 在工业上的应用和设想.....	(119)
(三) 在医药上的应用和设想.....	(121)
六、关于遗传工程的“潜在危险性”和安全	
防护	(133)
(一) 遗传工程的“潜在危险性”.....	(133)
(二) 遗传工程的安全防护.....	(135)
结束语.....	(139)
附 注：书中有关名词解释.....	(141)

一、遗传学及其发展简史

遗传工程的出现并不是偶然的，它是整个遗传科学不断发展的合乎逻辑的必然结果。为了更好地了解遗传工程，首先应当简要地了解一下遗传学的发展简史，遗传学研究的对象和任务。

（一）遗传学研究的对象和任务

遗传学是研究生物遗传和变异规律的科学。一切生物，包括动物、植物、微生物和人类均为其研究对象。遗传学是生物科学的重要基础理论学科。遗传学的研究任务主要是深入探讨生物遗传和变异的原因与机制，揭示其内在的规律与联系，为动物、植物、微生物的育种工作提供理论基础和指导原则；探讨生命的本质和有意识地改造生物的遗传物质，为人类有目的有计划地改造生物或创造新的物种提供具体的手段与方法。同时，对生物遗传和变异规律的研究，也极有助于解决生命的起源，细胞的起源和生物进化的机制等这样一些重大的基本问题。所以，遗传学的研究对于人类认识自然和改造自然具有十分重要的意义，并且为辩证唯物主义的自然观提供了自然科学的证据。在实践上，遗传学的研究对于农业、工业、医药卫生、环境保护等方面，正在显示其日益强大的促进作用。

近代物理学、化学等方面的新技术与新成就的应用，使

遗传学有了更加迅速地发展，使它在生物学中的地位 and 重要性，愈来愈显得突出。

(二) 遗传学发展简史

1906年，英国的贝特生 (Bateson) 建议采用遗传学一词来表示研究遗传和变异现象的生物学中的一个分支。遗传学这个词是从希腊语 “genea” 而来，意思是“发生”。但是，从很古的时候起，遗传和变异的现象就引起了人们的浓厚兴趣和注意。所谓“种豆得豆，种瓜得瓜”，讲的就是遗传现象；“一母生九子，九子各别”，讲的就是变异现象。现代农业生产上的动物和植物，起源于史前时代。早在石器时代人们就已经开始了驯养野生动物和栽培野生植物。以后，随着人类社会的发展，植物栽培和动物饲养业也不断地发展起来，人们在实践中累积了愈来愈多的有关生物遗传和变异的知识。正如恩格斯所指出：“科学的发生和发展从开始起便是由生产所决定的。”遗传学的产生和发展也是这样。

对生物遗传和变异的系统研究是从十九世纪开始的。但作为科学的遗传学的建立，则是在1900年以后。法国的杰出学者拉马克 (Lamarck, 1744—1829) 根据自己对自然界的观察，总结了人类的农业实践，研究了生物的遗传和变异，从推理上建立了进化论。他于1809年发表了《动物学的哲学》一书，提出用进废退和获得性遗传两个法则。他认为环境条件的改变是引起动植物遗传性发生变异的根本原因；生物体在生活过程中因外界条件的影响而获得的性状变异可以遗传给后代；人们利用这种获得性的遗传可以创造出新的动植物品种；自然界中的生物也可以因此而进化。限于当时

的生产水平和科学水平，拉马克的这些论点还缺乏充分的事实根据，有时甚至全凭臆测，正如恩格斯在评价拉马克的工作时所指出：“……我们不应该忽视，在拉马克时代，科学还远没有掌握充分的材料，以便能够对物种起源问题作出并非预测的即所谓预言式的答案。”^①

生物进化的思想终于在十九世纪五十年代，随着达尔文（Darwin, 1809—1882）的《物种起源》于1859年的问世而取得了胜利，从此将“神创论”最后赶出了生物界。达尔文在《物种起源》、《动植物在驯化状态下的变异》、《人类起源》等著作中，创立了自然选择的理论，最早用唯物主义的观点解释了现代动物、植物和人类起源与进化问题，对生物的进化作了系统的、科学的解释，完成了一次生物学上的革命。

达尔文搜集了大量材料，广泛地研究生物的遗传和变异。他提出了一定变异和不定变异的分类，描述了相关变异。认为自然界中广泛存在着微小的不定变异，人类通过人工选择可以累积有益的变异，创造出动植物的新品种；在自然界中，通过生物的生存斗争和自然选择，可以形成新的物种。整个生物界就是这样发展和进化的。

为了说明获得性遗传的机制，达尔文提出了泛生论假说（hypothesis of pangenesis）。大意是，生物体各部分，都能产生一些微粒或胚芽，以代表各部分器官的实际情况，如果发生变异了，就代表变异的情况。这些微粒随着血液循环，最后汇集在生殖器官里，形成生殖细胞。所以，生殖细

^① 恩格斯：《反杜林论》，人民出版社，1970年版，71页。

胞就含有身体各部分的性状。以后从这种生殖细胞形成的受精卵，发育成新的个体时，其各种性状便和上一代生物体一模一样。这就既说明了上下代之间的遗传现象，也说明了获得性遗传。但细胞学的研究表明，血液里根本不存在这种微粒。

1892年魏斯曼(Weismann, 1834—1914)提出“种质连续论”，否定获得性遗传。他把生物体分为种质和体质两种。认为种质是独立的、连续的，能够产生后代的种质和体质，而体质不能产生种质。认为遗传性的变异起源于种质的变异，环境只能影响体质的变异，不能影响种质的变异，所以获得性不能遗传。魏斯曼的种质学说得到当时生物学界的广泛支持，后来成为颗粒遗传学派的理论基础。他认为生殖细胞里的染色体就是种质。这种把种质和体质，生殖细胞和体细胞机械地绝对割裂开来的论点，从现代遗传学的观点来分析，显然是不正确的。因为一切细胞里的染色体都是种质，在适宜的条件下（如细胞培养）体细胞同样可以产生后代。这就是细胞的“全能性”。

在遗传学的建立和早期的发展中，奥国人孟德尔(Mendel, 1822—1884)作出了重大的贡献。于1866年发表了著名的《植物的杂交试验》论文，提出了遗传学的两个基本规律，即分离定律和独立分配定律。认为遗传性状在细胞中有它的物质基础，即遗传因子。但孟德尔的研究在当时并没有引起人们的注意，直到1900年才被重新发现。即德国的柯伦斯(Correns)，荷兰的德伏里斯(De vries)和奥国的契马克(Tshermak)，他们同时取得了与孟德尔相同的试验结果。于是在生物学界广泛地开展了遗传学研究。

在遗传学的发展中，作出卓越成绩的有：英国的贝特生（Bateson）等提出了“基因型”和“表现型”的概念；荷兰的德伏里斯（DeVries）提出了“突变学说”；丹麦的约翰逊（Johannsen）提出了“纯系学说”；美国的摩尔根（Morgan）根据在果蝇方面的大量研究，进一步证实了孟德尔遗传定律，把孟德尔假设的决定植物性状的遗传因子（Factor），具体落实到细胞核内的染色体上，而称之为“基因”（gene），建立了“基因学说”，发现了“连锁遗传”定律，与孟德尔发现的两个定律，合称为遗传学的三大基本定律；并且结合细胞学的成就创立了细胞遗传学。从而大大发展了遗传学，使遗传学建立了众多分支和完整体系。

近二、三十年来，由于充分利用了现代物理学、现代化学的最新理论和技术成就，使关于遗传物质的研究获得了迅速地进展。五十年代之后又诞生了分子遗传学，使遗传学的研究由细胞水平又深入到分子水平，从而达到了一个崭新的高度。

总之，现代遗传学现已发展成为生物科学的带头学科。一切生物科学，诸如动物学、植物学、微生物学、医学、细胞学、胚胎学、生理学、生态学、生物化学、分类学、酶学、昆虫学、病理学、免疫学、畜牧学、林学、栽培学、育种学等等，无一不与遗传学有着密切的联系，并且受到其不断发展的影响。

现代遗传学的发展，早已冲破了它本身的界限，而走上了广泛利用现代自然科学的成果，并与很多学科相互交叉渗透。这就使现代遗传学具有两个明显的特点。第一，使遗传

学迅速形成众多的分支领域。如动物遗传学、植物遗传学、微生物遗传学、人类遗传学、医学遗传学、病毒遗传学、数理遗传学、生化遗传学、生理遗传学、生态遗传学、发生遗传学、进化遗传学、群体遗传学、辐射遗传学、细胞遗传学、染色体遗传学、非染色体遗传学、分子遗传和遗传工程学。第二，发展步伐非常迅速。如果说遗传学作为一门严密的科学是从1865年孟德尔发表著名的《植物杂交试验》算起，经过1900年孟德尔定律的再发现，到1910年摩尔根建立了“基因学说”，使遗传学很快从整体水平进入了细胞水平，1953年沃森和克里克(Watson和Crick)通过X射线衍射法，提出了脱氧核糖核酸分子双螺旋空间结构的新见解，建立了“遗传密码”和“模板学说”，揭开了分子遗传学的序幕，使遗传学又跃进到分子水平。随着分子遗传学的进展，在人工分离纯净基因和人工合成基因取得成功的基础上，特别是自1973年大肠杆菌抗药性遗传工程技术首次成功以来，又导致了现代遗传学中一个新的分支的出现，即遗传工程学。

遗传学从整体水平，到细胞水平，进而跃进到分子水平，仅仅经历了八十多年的时间，其进展的速度，不能否认是十分惊人的。遗传学本身具有的十分重大的理论和实践意义，是它取得迅速进展的根本原因。由于世界各国的重视，遗传学的研究机构较多，队伍很大。以1973年8月在美国加利福尼亚大学柏克利分校召开的第十三届国际遗传学会为例，到会的各国遗传学家近三千人，发表了论文八百八十一篇之多。而1978年8月在苏联莫斯科召开的第十四届国际遗传学会，出席人数超过四千人，会上宣读的论文和报告约一千七百多篇。但有五十多名美国科学家采取了抵制行动，拒绝出

席会议，其中包括著名的遗传学家，诺贝尔奖金获得者赫尔希 (Hereshey) 和梯敏 (Temin) 等。

遗传工程学的理论和技术，已广泛地涉及到很多学科领域，特别是和分子生物学，分子遗传学的发展密切相关。分子生物学是研究脱氧核糖核酸（即DNA），核糖核酸（即RNA）和蛋白质等这些大分子物质的结构和功能的科学。分子遗传学是研究这些大分子——遗传物质在生物遗传和变异中所起作用的科学。

遗传工程学的飞速发展，正在将整个遗传学推向一个更加精密，预见性更强的新阶段，它必将为人类的未来作出重大的贡献。

二、生物的繁殖、遗传和变异

为了更好地了解遗传工程，还必须了解生物是怎样繁殖——传种接代的，生物的遗传和变异是怎样发生和表现的。

放眼世界，仔细观察，会使你发现生物界的许多奇异现象：种类繁多，绚丽多采，姿态万千，生活各异。据估计，地球上的植物约有30多万种，动物约有100多万种。此外，还有许多种类的微生物，包括各种病毒和细菌等。从生物体的大小来看，最大的动物是鲸鱼，体长达35米，而较小的动物是一种寄生的单细胞生物，叫微粒子，其直径只有3微米（1微米等于千分之一毫米），两者的大小相差达一千万倍。但最大的植物要比鲸鱼大得多，如北美洲的巨杉（*Sequoiadendron gigantea*），又名红木或世界爷。它生长在4200—7200米的山坡上，最大的树龄有1500年，高96米，粗10.5米，需要十几个成年人携手才能围抱过来。而小儿麻痹症的病毒，其直径仅为30毫微米（1毫微米等于千分之一微米）。但是，尽管五光十色，不同种类之间的生物差别如此悬殊，而它们却都有着共同的基本特性，即繁殖、遗传和变异。

（一）生物的繁殖

一切生物体都具有自我生殖或繁殖的能力，否则生物就要从地球上灭绝。细胞是构成动植物体的基本单位，生物体的繁殖，首先在于细胞的分裂。从单细胞的变形虫到万物之

灵的人类，从低等的藻类到高等的植物，它们繁殖的方法都有共同的基础，即细胞分裂。细胞的分裂是按一个分裂成两个，两个裂分成四个的方式进行的。即按几何级数 2、4、8、16、32等，也就是按 2^1 ， 2^2 ， 2^3 ， 2^4 …… 2^n 这样的级数进行的。

细胞的生活史或繁殖周期可分为两个阶段，一为生长阶段；一为分裂阶段。前者经历的时间远长于后者。大多数动植物细胞的繁殖周期可在20—24小时内完成，而其中分裂阶段的过程仅需1小时左右。酵母和原生动物的细胞繁殖周期，只需150—180分钟。而细菌等，只要十几分钟。

1. 细胞的结构

地球上大约有150万种生物，它们都是由细胞构成的。根据细胞结构的复杂程度，可将生物分为原核生物和真核生物两大类。

(1) 原核细胞的结构 原核细胞生物是世界上最古老的生物，大约在32亿年前就已经出现。只进行无性生殖，进化十分缓慢，结构简单，全身只有一个细胞。这类生物很少，在150万种生物中，大约仅有五千种。

原核细胞生物主要包括细菌和蓝藻两大类，没有细胞核（或无明显的细胞核）和细胞器，即细胞质内没有多大的分化。体积很小，球状细菌的直径不超过1微米，杆状细菌的长度最大也只有2微米。遗传工程常用的大肠杆菌，大约是 0.5×2.0 微米，500—2500亿个大肠杆菌合起来约有1克重。

原核细胞如细菌（图1），外层有菌荚包裹着，菌荚有防护作用。菌荚的里层是细胞壁，再往里是质膜，质膜包着

细胞质。内有很多颗粒和囊泡，有的上面附着叶绿素，可进行光合作用。用特殊染色方法，可以看见细胞中央有一种纤细的丝状物，这就是遗传物质，即脱氧核糖核酸（DNA），

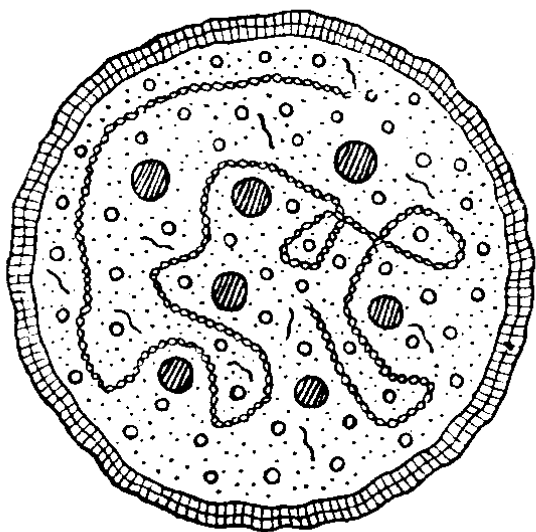


图 1 原核细胞模式图

注：双股螺旋线是 DNA，大球体是核糖核蛋白体，短单股线是可溶性核糖核酸（RNA）、小空心球是可溶性蛋白质，外被是磷脂·蛋白质的双分子层。

它缠绕成团，长度可达 1 毫米，约为细胞长度的 500 倍。这个团状物相当于真核细胞的细胞核，但因没有膜包围着，故叫做核区。

（2）真核细胞的结构 真核细胞生物是由原核细胞生物进化而来的。真核细胞生物有的只由一个细胞组成，有的则多到千万亿个细胞，直至人类。真核细胞的结构比较复杂，遗传物质一般在细胞中集结形成细胞核，细胞质也分化出很多具有各种功能的小体，叫细胞器。

但是，究竟什么时候才出现有真核生物呢？这是在世界范围内长期没有解决和争论的问题。有人认为在九亿年前就有了真核生物，有人则断言，九亿年前不存在有真核生物。1978 年我国天津地质矿产研究所，在中国科学院等单位的协助下，在相当于 12—14 亿年前的雾迷山组黑色燧石里，经过

大量切片研究，发现了外形保存较好，微细结构较清楚的真核生物化石。这是一种具有多个真核的多核体型藻类，属于绿藻纲管藻目多毛藻科的真核生物，命名为震旦塔藻。在我国震旦亚界这样古老的岩层里发现的真核生物化石说明，早在12—14亿年前地球上就出现了真核生物。即在原核生物出现之后约20亿年，才出现了真核生物。真核生物的出现，标志着地球的发展和生物的演化又进入了一个新的阶段。我国这一发现，对研究地球上生命的起源和演化提供了重要的资料。

真核细胞的种类繁多，有单细胞生物，也有象高等动物和植物这样的多细胞生物。但每一个细胞都具有大体相同的结构，即细胞膜、细胞质和细胞核（见图2和图3）。

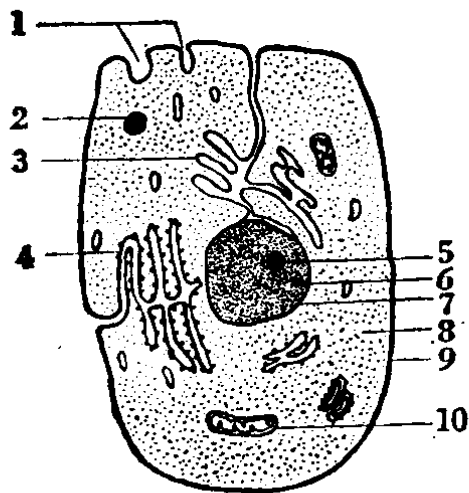


图2 动物细胞模式图

- 1.胞饮泡 2.溶酶体 3.高尔基体
- 4.内质网，上边附有核糖核蛋白体
- 5.核仁 6.细胞核 7.核膜 8.细胞质
- 9.细胞膜 10.线粒体。

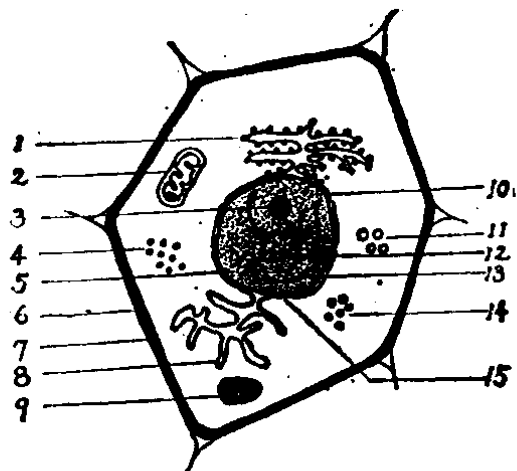


图3 植物细胞模式图

- 1.内质网（粗糙型），上边附有核糖核蛋白体 2.线粒体 3.核仁
- 4.游离核糖核蛋白体 5.细胞核
- 6.细胞壁 7.质膜 8.内质网（平滑型） 9.质体 10.核膜 11.脂滴
- 12.着丝点 13.染色体 14.淀粉粒 15.核膜孔。