



遗传工程浅说

方宗熙 江乃尊

遗传工程浅说

方宗熙 江乃萼

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092毫米32开本 4.125印张 80千字

1979年7月第1版 1979年7月第1次印刷

印数：1—36,500

书号 13195·6 定价 0.30 元

目 录

一	生物新品种是怎样创造出来的·····	1
二	细胞——生命的基本单位·····	8
三	基因——遗传的基本单位·····	19
四	基因的分子基础·····	32
五	遗传物质的复制作用·····	39
六	遗传物质对代谢的控制·····	47
七	遗传物质的变化·····	58
八	基因的分离·····	68
九	遗传工程是怎样进行的·····	74
十	如何取得人所需要的基因·····	79
十一	内切酶的利用·····	83
十二	逆转录酶的利用·····	88
十三	人工合成基因的利用·····	96
十四	作为基因运载体的病毒·····	103
十五	作为基因运载体的质粒·····	111
十六	遗传工程的前景·····	117
后记	·····	128

一 生物新品种是怎样 创造出来的

天体运行，岁月流逝，山海起伏，气候变换。物质世界，无不遵循着大自然的规律而运动。在生命的世界里，亿万物种都不断在为生存而斗争。它们经受着大自然的严格选择。在这历史的进程中，成千上万的物种衰亡灭迹了，由生命力强的“勇士”起而代之。许多生物经受了山崩地裂，野火秋风的锻炼。竞争得胜者，不断把好的结构和好的功能，通过遗传，保留下来，又在变化的环境中继续发展。到今天，有很多物种达到了多才多艺、神奇莫测的程度。生物的自然进化，耗去了漫长的岁月。据估计，一个新物种的诞生经常需要百万年的时间。遗传学的诞生，为较快地创造新的生物类型提供了理论根据。而近年来遗传工程的兴起，为人们创造新品种的工作又开辟了新的技术。从此，人们将有可能加快步伐，进入更有效地创造新生命的崭新时代。

我们人类，在地球上生活已有四百万年左右的历史。而现代人也有十多万年的历史。在形态万千的生物界里，人类是依靠其他生物来生活的。人们从近万年的生产实践中知道，要使其他生物——包括许多植物、动物和微生物——更好地为人类服务，使人类生活得更加美好，就必须创造出许许多

多的优良品种。

生物的优良品种，具有某些比较优良的遗传性，有更大的生产潜力。在同样的条件下，它们能够优质高产，适合人们的需要。

历史的回顾——选择育种

生物的优良品种是怎样创造出来的呢？是根据什么科学原理创造出来的呢？

过去，人们创造新品种，主要是依靠经验。从远古开始，人们就累积下许多有关动物和植物的感性知识。认识到有些动物和植物比较容易驯化。于是，逐渐地就把某些野生的动物和植物驯化成为饲养动物和栽培植物。家畜和家禽是主要的饲养动物。粮食作物、油料作物等是主要的栽培植物。

在跟饲养动物和栽培植物的接触中，人们就认识到同一种生物之间的不同个体，虽然来自同一亲本，经常表现不同的差异。同是鸡，有的鸡下蛋多些。同是谷子，有的谷子质量好些。这是个体差异，也就是生物学上所说的变异。

变异是遗传的对立面。种瓜得瓜，种豆得豆，这是遗传现象。

遗传和变异是普遍的生命现象。那里有生物，那里就有遗传和变异。

在生产实践中，人们越来越认识到选择的力量。从经验知道，要挑选较好的个体来传种，效果会好些。人们利用生

物的变异，通过长期的选择，就在不知不觉之间，创造出许多新品种来。

但是，在社会生产力还不高、科学还不发达的时代，人们创造新品种的速度是很缓慢的。

杂 交 育 种

随着社会的进步，科学的发展，人们变得愈来愈聪明了。于是，人们逐渐地总结出杂交育种的新技术。到了本世纪初建立了遗传学以后，情况有了改变。遗传学，是研究遗传和变异的科学，是育种的科学基础。有了遗传学，育种工作就有了比较扎实的理论指导。

由于遗传学的发展，又有了可靠的遗传规律作育种的指导，从此，育种工作就更有预见性了。

于是杂交育种成为基本的育种方法。

杂交育种的基本精神，就是把两个或几个不同品种的优良性状，通过杂交和选择，综合在一起，成为新的优良品种。

在小麦中，有些品种是高产的，这显然是一个优良性状，但是，它们不抗病，例如，不抗锈病。有些小麦品种并不高产，甚至产量比较低。但是，它们很抗病，例如，很抗锈病。这显然是一个优良的性状。怎样把双方的优良性状结合在一起，而把双方的缺点去掉呢？

一个有效的方法就是杂交育种。基本的方法大抵如图 1 所示。

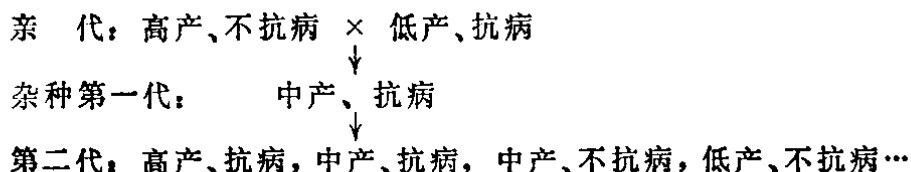


图 1 杂交育种的大意

如果在第二代中出现上述图 1 的情况，那么可以把高产、抗病和中产、抗病的个体所产生的种子分别采收，留下来做种。明年再分别播种，让它们分别产生后代。再从后代中挑选出符合高产抗病的植株，留下来作种。如此经过几代的汰劣留良的选择过程，就可以得到新的优良品种了。

现在，在小麦和水稻中，大量推广的高产矮秆品种，也是通过杂交育种的方法，选育出来的。这已经在许多地区见效。

新的育种技术——诱变育种

最近几十年来，人们又利用科学的新成就来为育种服务。于是，出现了多倍体^①育种。例如，小麦和黑麦杂交所产生的小黑麦是多倍体。还有单倍体育种。例如，花粉培养。诱变育种也是有效的育种新方法，也取得了许多成绩。

这里着重提一下诱变育种的事。诱变育种是引用某些强烈的理化条件，例如 X 光、中子、芥子气等来刺激植物的种

^① 细胞里有染色体，这是主要的遗传基础。普通细胞含有两组染色体，叫做二倍体。生殖细胞只含有一组染色体，叫做单倍体。如果一个细胞里含有三组以上的染色体，就叫做多倍体。

子，使其发生突变。然后利用突变所产生的变异做选择的对象，来创造新品种。

什么是突变呢？它跟变异有什么样的关系呢？

在生物学上，突变指的是生物遗传性或遗传物质（即遗传基础）的偶然变化。这变化发生在生物体内，是在外部看不见的。这是细胞里的某些遗传物质的变化。

变异指的是可以观察得到的变化。例如，个体大小的不同、颜色的差异、抗病力的大小等等，都是变异。

但是，生物体上可以观察得到的变异，在很大程度上是来自突变的。突变所引起的变异一般都是方向不定的变异，叫做不定变异。它们是遗传变异。人们利用这种不定变异就可以选育出优良品种。

育种的基本原理

上面所提到的这些育种技术，到现在都还是行之有效的育种方法。这些育种方法所依据的基本原理，可以归结到两点：一是遗传的变异，一是系统的选择，两者缺一不可。杂交也好，引起突变也好，多倍体或单倍体也好，这些不同的手段都在于取得能够遗传的变异。

这些变异，绝大部分都是不定变异，都起源于遗传物质中所含有的遗传信息的差异。

什么是遗传信息？遗传信息讲的是能遗传的变异在遗传物质中的信号或信息。鸡是一种完整的生物体，它有两条腿，

有一对翅膀，可是在鸡的卵子里或精子里或其他细胞里根本找不到鸡的影子，也找不到腿和翅膀等性状。但是，能够长出鸡，长出腿和翅膀等的遗传信息却是存在于细胞里的。没有它们，就不会长出鸡，不会长出腿和翅膀来。其他生物和其他性状也是如此。

另一方面，用一定的环境条件来引起生物体朝一定方向发展，这样发生的变异是定向变异，也叫做后天获得性或简称获得性。这是不能遗传给后代的变异，这叫做不遗传的变异。

可是过去有相当多的人（现在还有少数人）相信后天获得性可以直接遗传给后代。并且企图以获得性遗传理论作为指导，来定向地创造出新品种。这是毫无效果的。

定向引变的可能性——遗传工程

上面谈到的行之有效的育种方法，有一个共同的缺点：就是人们不能随心所欲地定向改变遗传性，使遗传物质里出现人们所需要的遗传信息。

人们要问：是不是人们永远不会研究出定向改造生物遗传性的办法呢？

现在，情况开始有所改变了。由于分子遗传学的迅速发展，遗传信息的分子基础也搞清楚了。于是从 70 年代初期在科学上就出现了一种崭新的技术、崭新的领域，叫做遗传工程。

所谓遗传工程，就是把某种遗传信息的分子基础，用人工方法巧妙地取出来。然后又用人工方法巧妙地把它介绍进另一种生物的细胞里。使那细胞发生定向的变化，使它能够做人们所需要它做的工作。

一句话，就是在某些大分子(遗传物质)的水平上，用比较巧妙的人工方法（这就是称为工程的原因），来创造出生物新品种，使生物能够更好地为人类服务。

什么是遗传信息的分子基础呢？或者说，什么是遗传物质呢？怎样在分子水平上使创造新品种的工作工程化呢？换句话说，怎样实现遗传工程呢？这得从头讲起。

首先要从细胞讲起。因为遗传信息就在细胞里，遗传信息的分子基础也一定存在于细胞里。

下面我们就来介绍细胞学说和有关的知识。

二 细胞——生命的基本单位

现代科学告诉我们，生命来到世界，已经经历了 30 多亿个寒暑。它开始时，肉眼看不到，微弱得很，但是以后就逐渐生机蓬勃，繁殖延续，由简入繁了。生命的如此发展是跟细胞分不开的。细胞组织了形形色色的生物界，也组织了精致复杂的人体。有了人类，才有了现在灿烂的文化、科学和伟大的思想。生命的力量这样伟大，细胞的功能如此神奇，曾强烈地吸引着人们去探索、研究、设想、试验，揭示它的奥秘所在。历史上曾经有多少科学家，一代一代地辛勤努力，一步一步地揭示生命的秘密。于是终于了解细胞是生命的基本单位，从而阐明了细胞活动的规律。这样，人们就从必然王国逐渐进入自由王国了。

生命来源于细胞

现代生物学告诉我们，不管那一种生物有机体^①，它要表现出生命现象，进行生命活动，其物质基础都是细胞。

什么是细胞？

^① 生物有机体也叫做有机体，也就是生物体的意思。由于构成生物体的主要物质，是有机物，所以叫有机体。

一个细菌的身体就是一个细胞(图 2)。所以细菌是单细胞生物。

一只变形虫的身体也是一个细胞(图 2)。所以变形虫也是一种单细胞生物。

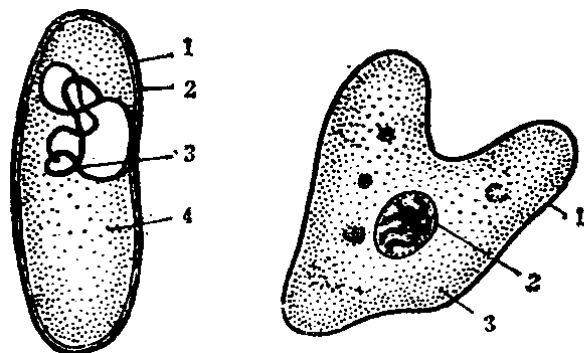


图 2 两种单细胞的生物

左图是一个细菌的细胞。 1 细胞壁； 2 细胞膜；
3 染色体,没有形成细胞核,所以细菌是原核生物； 4 细胞质
右图是一只变形虫,是一种真核生物,其染色体在细胞核内。 1 细胞膜； 2 细胞核； 3 细胞质

水稻和小麦等绿色植物都是多细胞的生物(图 3)。它们的身体构造很复杂,含有上亿个细胞。而且不同部位的细胞有不同的结构和功能。

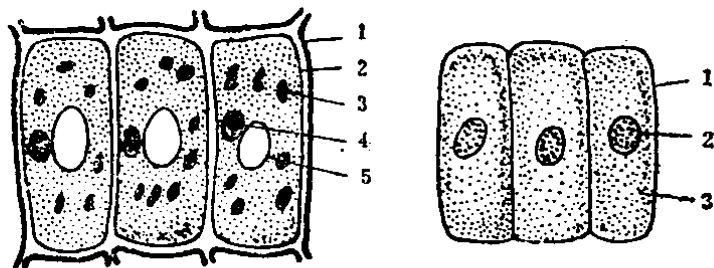


图 3 多细胞生物的一小部分细胞

左图：植物细胞。 1 细胞壁； 2 细胞膜； 3 叶绿体,里面有叶绿素； 4 细胞核； 5 液泡,里面有水分和细胞排泄物
右图：动物细胞。 1 细胞膜； 2 细胞核； 3 细胞质
(多细胞生物体是由许多不同形态和不同功能的细胞构成的,这里没有表示同一个体的细胞的多样性)

猪、牛、羊和人的身体构造更加复杂，细胞的数量更大（图3）。据估计，一个成人的身体大约含有400万亿个细胞，即 10^{14} 个细胞。人和绝大多数动物当然都是多细胞生物。

细胞一般都很小，要用显微镜才能看到。

主张细胞是生物的结构单位的理论叫做细胞学说。以后知道，细胞也是生物的功能单位。这是说，一切生命过程，归根到底，都跟细胞发生关系。可以说，生命都来源于细胞^①。

细胞学说，是19世纪30年代自然科学发展中的一个重大的发现。这个发现很重要，它说明一切生物，尽管形态万千，但是它们有共同的结构单位——细胞。这说明，生物界是统一的，统一于细胞。所以说细胞是生命的基本单位。

恩格斯把细胞学说的建立看作是19世纪自然科学的三大发现之一。19世纪另外两个重大发现就是达尔文进化论和能量守恒定律。恩格斯指出：“发现细胞是这样一种单位，整个植物体和动物体都是从它的繁殖和分化中发育起来的。由于这一发现，我们不仅知道一切高等有机体都是按照一个共同规律发育和生长的，而且通过细胞的变异能力指出了使有机体能改变自己的物种，从而能实现一个比个体发育更高的发育的道路。”（《马克思恩格斯全集》第二十一卷第339页）。

恩格斯在这里提到的“细胞的变异能力”，说的是细胞在历史过程中，会发生变化，使一个物种演变成另一个或另一些物种。这是说，生命会变，会发展。变是生物的一个基本

^① 至于最早的细胞是怎样来的，这是有关生命起源的问题，是进化论的问题。这里就不讨论了。

特点。不变和变的辩证关系相当复杂是遗传学和进化论的一个重要课题。

细胞的组成和构造

细胞是由什么物质组成的呢？它的构造如何呢？这得从生活物质讲起。

生命的物质基础，是生活物质，就是能够进行生命过程的物质。这在生物学上叫做原生质。什么是原生质？原生质由许多物质所组成，它是由一些复杂有机物为主要成分所构成的一种特殊的物质系统。这里所说的复杂有机物主要是蛋白质和核酸。

一个细胞就是一小块生活物质或原生质。这块生活物质经常可以分为两个部分：一是细胞质，一是细胞核^①。

细胞核经常呈球状，常位于细胞靠近中央的位置。特别是动物细胞大半是如此。它的周围是细胞质。细胞就是细胞核和细胞质所组成的统一体。细胞质的周围有一层薄膜包裹着，这层薄膜叫做细胞膜。

细胞膜把细胞里的生活物质跟周围环境隔开。周围物质一般不能随便进入细胞。细胞里的物质特别是有机物，一般不能随便跑出细胞。

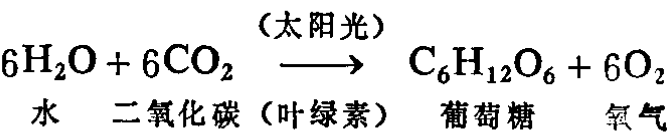
^① 细菌和兰藻的细胞，比较低级，还没有真正的细胞核，这种细胞叫做原核细胞。变形虫、酵母菌和绝大部分生物的细胞都具有真正的细胞核，叫做真核细胞。

一句话，细胞是一种具有相对独立系统的生命单位。它对环境，有相对的独立性。

细胞的新陈代谢

任何一个活细胞，在一般情况下都在进行一系列的化学作用。这些化学作用大体上可以分为两种不同的内容：一是同化作用。一是异化作用。

同化作用的基本特点，是把较小的分子合成为较大的分子。在这过程中，在较大的分子里贮存了较多的能量。光合作用就是一种同化作用，其特点是植物细胞所特有的叶绿素，能够利用太阳能，把水和二氧化碳合成为有机物。例如葡萄糖的反应过程如下：



葡萄糖的分子是碳（C）的化合物，它含有大量的能。所以它是重要的碳源^①和能源。

换句话说，在光合作用的过程中，六个分子的水和六个分子的二氧化碳被转化成一个分子的葡萄糖和六个分子的氧气。这个过程相当复杂，其中含有许多中间步骤。

叶绿素是一种复杂的有机物，只有绿色植物的细胞才有它。它的特殊功能就在于把太阳的光能转化成化学能，贮存

① 一切有机物例如蛋白质等都是碳的化合物。

在有机物（例如葡萄糖）里。同时也把无机的碳，例如二氧化碳（CO₂）转化为有机的碳。例如葡萄糖、淀粉等。

葡萄糖是一种基本的有机物。在细胞里它又可以跟其他物质发生作用，产生出其他有机物。例如：氨基酸、核苷酸等等。这也是同化作用。

在细胞里，不同的氨基酸又可以彼此连接起来，成为一种大分子——蛋白质分子。不同的核苷酸也可以彼此连接起来，成为另一种大分子——核酸。这都是同化作用。如图 4。

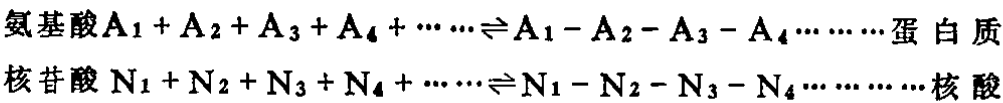


图 4 表示蛋白质和核酸两种大分子的同化作用和异化作用

上图是蛋白质 A 代表氨基酸

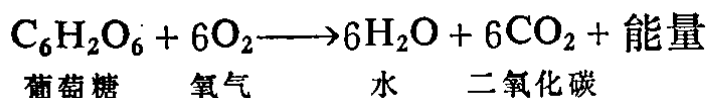
下图是核酸 N 代表核苷酸

葡萄糖、蛋白质、核酸以及脂肪、维生素等，都是细胞里的成分。归根到底，所谓同化作用，就是非生活物质的成分，转化成生活物质的成分，就是在细胞里把较小的分子合成为较大的分子。

异化作用则另有特点。它是把生活物质的成分逐步分解为非生活物质的成分。把较大的分子分解为较小的分子。在这过程中会释放出一定的能量，以提供同化作用和其他生命过程的需要，同时也产生出一些废物。

我们经常谈到的异化作用，就是呼吸作用，这是有机物跟氧气结合，释放能量的过程。就葡萄糖的异化作用讲，那

里也包括一系列的中间步骤。就结果讲，就是它被分解成为水分和二氧化碳，同时释放出能量。大意如下：



上述过程中所释放的能量一般贮存在另一种有机物中。这种有机物叫做三磷酸腺苷或腺三磷，简称 ATP。水和二氧化碳在这过程中算是废物，但是可以重新利用。

ATP 已经成为一种重要的药品。在治疗心脏病和其他一些急需能量的病人中，经常需要它。

同化作用和异化作用是相互联系相互补充的。它们在性质上，方向相反，可是缺少一方面的作用，生命就不能长久存在。所以说，生命就建立在这种对立统一之中。也可以这样说，没有这种矛盾，就没有生命。

同化作用和异化作用的综合叫做新陈代谢。这是生物体内，细胞内所特有的一种新陈代谢。

酶 的 重 要 性

葡萄糖和其他有机物在生物体外，都可以由人工加热到一定程度而发生变化。它们在高温条件下就会跟氧气结合而燃烧起来，释放出能量。这释放出来的能量是大量的，而且是一下子就可以把它们所贮存的能量全部释放出来。上面谈到的呼吸作用，从化学观点讲，也是一种燃烧作用。可是细胞里的“燃烧作用”包括许多步骤，每一个步骤都只释放出