

高等农业院校交流讲义

# 动物遗传学

北京农业大学动物遗传教研组吴仲贤主编

畜牧专业用

农业出版社

高等农业院校交流讲义

# 动物遗传学

北京农业大学动物遗传教研组吴仲贤主编

畜牧专业用

农业出版社



高等农业院校交流讲义

动物遗传学

北京农业大学动物遗传教研组吴仲贤

农业出版社出版

北京东晓门一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第108号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店

东单印刷厂印刷装订

统一书号 13144.115

1961年9月北京初版

开本 267×169

1961年9月初版

十六分之一

1961年11月北京第二次印刷

字数 145千字

印数 2,601—5,100册

印张 七

定价 (9) 五角

# 目 录

第一章 緒論	1
一、遺傳学的定义、范围及与其他科学的关系	1
二、遺傳学在理論和畜牧生产上的意义	2
三、遺傳学中的“百家爭鳴”和党在家畜育种上的方針政策	3
四、我国在动物遺傳、育种工作中的成就	3
第二章 遺傳与环境	5
一、生殖、遺傳与变異	5
二、遺傳物質	6
(一) 遺傳物質概念的發展	6
(二) 去氧核糖核酸(DNA) 的構造及其特性	7
三、遺傳物質与环境的互动	10
(一) 核、質关系	10
(二) 胞質遺傳	11
(三) 环境的影响	11
四、获得性状遺傳的問題	12
五、人类控制生物遺傳性的展望	14
第三章 遺傳的基本規律及其应用	16
一、遺傳的基本規律	16
(一) 分离定律	16
(二) 自由組合定律	20
(三) 鏈鎖定律	23
二、遺傳基本規律的發展	27
(一) 复等位基因	27
(二) 致死基因	28
(三) 上下位和互补	28
第四章 遺傳的染色体基础及其变異	30
一、細胞的有絲分裂和减数分裂	36
(一) 有絲分裂	36
(二) 减数分裂	32
二、遺傳三大定律与染色体的平行关系	32
三、遺傳物質的变化	33
(一) 突变(或称基因突变)	33

(二) 染色体畸变 .....	36
四、性别决定和性别控制 .....	40
第五章 数量遗传与测定生产水平的方法 .....	42
一、数量遗传 .....	42
(一) 复基因假说 .....	42
(二) 连续变异的基础, 修饰基因, 显隐性的形成和改变 .....	43
二、测定生产水平的方法 .....	44
(一) 平均数 .....	44
(二) 变量和标准差 .....	45
(三) 相关变量 .....	48
(四) 畜群的基本情况 .....	50
(五) 农畜繁殖速率的计算 .....	51
第六章 对于种畜的控制: 选择或选种 .....	56
一、选择的理论根据: 自然选择与人工选择 .....	56
二、前进选择的原料 .....	58
三、遗传与环境效果的分解 .....	59
四、遗传力与选择差 .....	61
五、世代间隔 .....	64
六、选择的创造性 .....	65
七、选择的方法 .....	67
(一) 个体选择 .....	67
(二) 家系选择 .....	68
(三) 家系内选择 .....	68
(四) 合并选择 .....	68
八、多种性状的选择 .....	73
(一) 单个性状依次改进 .....	73
(二) 个别性状的单个淘汰 .....	73
(三) 各种性状综合评价 .....	74
九、我国在选种方面成就的范例 .....	74
第七章 对交配制度的控制: 选配 .....	77
一、随机交配 .....	77
(一) 随机交配的概念 .....	77
(二) 随机群体的特性 .....	77
二、近亲繁殖 .....	79
(一) 近亲繁殖产生的原因 .....	79
(二) 近亲繁殖常见的后果——近交退化 .....	79
(三) 近亲繁殖的理论和近交系数的计算 .....	80
(四) 克服近交退化的方法 .....	84
(五) 近亲繁殖的用途 .....	84

三、杂交繁殖.....	85
(一) 杂种优势的理論.....	85
(二) 杂交繁殖的应用.....	86
四、选型交配.....	92
(一) 选同交配(又称同質选配).....	92
(二) 选異交配(又称異質选配).....	93
<b>第八章 远緣杂交</b> .....	<b>94</b>
一、种的概 念.....	94
二、种的形成.....	95
三、种間差異的性質.....	96
四、隔离机制.....	97
五、远緣杂交工作中的成就.....	99
(一) 种間杂交.....	99
(二) 屬間杂交.....	100
六、关于远緣杂交中几个問題的討論.....	101
(一) 远緣杂交的可能性与不孕性.....	101
(二) 远緣杂种的不育性.....	103
(三) 远緣杂交的杂种优势.....	104
七、远緣杂交的意义.....	105
(一) 远緣杂交对畜牧业实践的意义.....	105
(二) 远緣杂交对生物学的貢獻.....	105

## 第一章 緒 論

### 一、遺傳學的定义、範圍及与其他科學的关系

遺傳學是一門新興的生物科學。遺傳學是研究生物的遺傳與變異的科學，也就是說，是研究有血統关系的生物个体之間的相同点和不同点的科學，因而它的任务是探討遺傳與變異的原因，它們的相互关系，并揭發它們的內在規律，从而去控制和改造生物体。

遺傳與變異有着辯證的关系！譬如，在父母双方可以有極不相同的地方，它們在子代可以表现为类似于父方的或表现为类似于母方的，在某些情况下子代性狀又可以处于父母二者之間。兩者由相同至不同，可以是連續的，也可以是間斷的，这里有量變和質變，或是由量變到質變的关系。总之生物的遺傳和變異的問題，必須从唯物辯證的观点来研究，才能得到一个完整的概念。

遺傳與變異規律的研究必然会歸結到這些規律的物質基礎問題，因而遺傳學家非常重視生物体内對這些現象具体負責的構成部分的問題，也就是遺傳物質的問題。這首先發現是核物質，即在生物的生殖細胞中起主要遺傳作用的是細胞核，接着又發現細胞核內有可染色的粒狀、棒狀或V字形的物質，這些物質在遺傳中是起主導作用的，它們稱為染色體。進一步研究說明染色體的各部分攜帶有不同的核蛋白分子，它們是決定遺傳性的主要物質——基因。近年的研究證明構成核蛋白主要部分的物質是去氧核糖核酸，簡稱DNA，它是染色體中決定遺傳性的基因的物質基礎。此外細胞質中也有決定遺傳性的物質，其中有大部分是由核糖核酸和小部分RNA、DNA組成的。

在遺傳學的領域中，研究遺傳與變異規律的部分稱為基本遺傳學，而研究細胞中染色體行為結構的部分稱為細胞遺傳學。研究DNA和RNA化學構造部分的則是最新的部門，它与生物化學和物理學已經聯系起來，与基因的化學作用一道構成現在發展日益迅速的重要部門——生化遺傳學。

由遺傳物質或基因到性狀，除化學作用以外，還有一個發育過程，研究這一部分的稱為生理遺傳學。再者，細胞个体或是羣體的遺傳物質都不能脫離其與環境的关系，尤其是它常常要受到環境的影响，特別是輻射能的影响。自從原子能被大量利用之後，空氣中的輻射線都有所增加，它們的生物效果，尤其是对遺傳物質的效果，就必須加以研究，因而就產生了如何利用輻射來產生有利的變種性狀以及防範其有害效果的輻射遺傳學。此外，生物的羣體或物種與環境的关系，生物的適應性与物種進化問題，也是遺傳學研究中的一個重要部門，它稱為羣體遺傳學。



遺傳学与其他許多科学有密切的关系,而遺傳学却是一門極其基本的生物科学,几乎沒有一門生物科学不与它發生联系。其中最重要的如分类学、解剖学、細胞学、組織学、胚胎学、生理学、生态学、进化論,都有許多問題要从遺傳学的方面来解决,同时在研究遺傳学的問題时也要用这些科学中的知識作基础,才能导致这些問題的解决。此外遺傳学又和許多自然科学發生联系,如化学和物理学,还有羣体遺傳学中所大量应用的数学、統計学以及一些新的数学部門,如信息論和控制論等都被用来探討遺傳学上的重大問題。

由此可見,虽然遺傳学的历史不久(从1900年孟德尔的論文重新發現算起,它也不过60几年),它已經發展成为一門內容極其丰富而联系又極為广泛的生物科学。因此,可以断言,这門生物科学不仅在理論上而且在农业生产实践上对我国的社会主义建設会有極大的意义;同时可以深信,遺傳学在党的百花齐放、百家爭鳴方針指导下,今后在我国將会以更快的速度向前發展。

## 二、遺傳学在理論和畜牧生产上的意义

遺傳学在理論上的最重要意义是补充进化論。我們知道达尔文进化論的中心要义是:“物竞天擇,适者生存”。所謂“物竞”就是生存竞争,“天擇”就是自然选择。由于生物产下的后代很多,而能够生存下去的总是比生出的要少,必然有一部分要受到淘汰,这些受到淘汰的就是对环境不能适应或适应性較差的部分,而能于适应或适应性較强的部分就得以保存下来。根据遺傳学的观点这种說法是不完整的。問題在于,仅仅保存下来还不够,还要能繁殖,并将它們的适应性特点傳給后代。因而不能遺傳的特性是不能影响进化的。在長期的进化过程中,某些有較多能遺傳的适应性特点必然能留下較多的后代。因而为了全面地說明进化的問題,必須区别那些特性是能够遺傳的,哪些不能遺傳;并且在一些能遺傳的特性中,遺傳的方式怎样。在知道这些方式以后,还要能說明某些具有这些特点的个体,是否平均能比不具有这些特点的个体留下較多的后代。如果能这样做,对进化論才有一个全面的看法,否則只限于适者能生存是远远不够的。

由于进化論是生物科学中主要的理論,遺傳学对它的补充就使遺傳学处于一种更重要的地位。此外由于DNA的研究中牽涉了各种遺傳密碼如何引起和保存的問題,这些問題的解决必然会导致一种对生命起源問題更深入的看法,而这則是生命科学各種問題中最基本的。因而遺傳学的进一步發展必然会使它逐渐进入愈来愈中心的地位。

当然,这只是一些远景的描繪,在目前,我們研究遺傳学的意义要现实得多,那就是它給我們提供一些控制遺傳性的办法。根据这些办法我們能在一定程度上控制农作物和家畜的生产性能。所謂“單位性狀”就是由一些个别主要基因所决定的性狀,我們可以利用杂交的方法合成我們所需要的基因組合;而对于数量性狀,在知道了品种或畜羣过去的繁殖历史、它的分配制度和性狀的遺傳力之后,就可以預見某种选择的后果。此外,利用近亲繁殖、选种和杂交的方法,还可造成一些双交系的植物或动物用来提高产量,另外还可利用射綫产生



突变或用远緣杂交来产生新的物种或远緣杂种。总之，我們有許多方法可以人工地产生一些以前所沒有的，适合人类需要的动植物品种和物种；問題在于我們如何进一步發展和应用这些規律、方法到农牧業生产中去。

在畜牧業中，由于主要的經濟性狀多屬于数量性狀，因而所利用的主要是一些生統遺傳的方法。利用这些方法我們可以比較快地育成一些高产的乳牛品种，早熟的猪，高产鷄和各种高产的細毛羊品种。在遺傳学沒有發展起来以前，育成这一类的品种往往需要好几十年，而且效率不一定高，如工業革命以后所育成的一些乳牛品种(如荷蘭牛等)。但是当二十世紀遺傳学迅速發展以后，育种工作的速度和效率都大大地提高了，往往在几代之后就可以看出很明显的效果。这些都是由于对各种交配制度的理論有了比較系統理解的緣故。

### 三、遺傳学中的“百家爭鳴”和党在家畜育种上的方針政策

党在推动科学文化艺术發展上的方針是“百家爭鳴、百花齐放”的方針。根据这个方針，在自然科学中各种学說，只要它能促进社会生产力的發展，都可以自由地展开爭論，并通过实践来得到考驗。在1956年8月，在青島召开了遺傳学座談会，这次会上孟德尔-摩尔根遺傳学派和米丘林遺傳学派展开了爭論，各提出了自己的事实和申述了自己的論点。随后我国遺傳学就进入蓬勃發展的时期，各派学者都展开了自己的研究，也有不少的成绩。目前两个学派在“百家爭鳴”的方針指导下互相學習，取長补短，積極地开展自由爭論，批判地繼承科学遺產，为我国遺傳学的向前推进而努力。

目前在遺傳学的領域中某些問題上有分歧的見解，这种分歧只有通过細致的实验研究，在自由爭論中抱着科学的态度和坚持真理修正錯誤的精神才能解决。

此外在家畜(禽)的育种工作上，党根据总路綫的精神和各阶段社会主义建設的需要，还制定了一系列的方針和政策。例如，在1959年11月全国家畜家禽育种会議上，就提出“本品种选育和杂交改良并举”，全面展开羣众性的家畜(禽)的育种工作，并要在最短時間內，以最快的速度把我国原有的家畜家禽品种的生产性能大大提高一步：要求培育出大量产品率高，适应性强，遺傳性穩定的各种畜禽新品种，以适应我国畜牧業高速度發展的需要。同时还提出，要适应国民經济發展需要，适应当地的自然条件，保留原有畜禽优良特性的育种方向。这大大地促进和提高了我国的育种工作。

### 四、我国在动物遺傳、育种工作中的成就

动物遺傳学方面，从本世紀30年代里我国一些科学工作者在对于金魚、果蝇的研究，蚕的嵌合体，和在蛙的人工孤雌生殖上的成就来看(使未受精的蛙卵發育成成年的雌蛙，从而产卵)，就进一步說明了染色体学說的正确性。在育种方面，由于党和政府的大力領導和提倡，各地科学机关和农民羣众的育种工作也得到迅速發展，先后育成了一些优良的新品

种,如新金猪、新疆細毛羊和三河馬等(至于我国旧有的优良品种,如金华猪、北京鴨、狼山鷄等都是劳动人民長期选育的結果)。特别是1958年大躍进以来,育种工作更引起了群众的重視,广泛地展开了远緣杂交工作。投入这类工作的不但有学校、机关和科学工作者,还有广大的城乡人民公社社員,在短短的几年內就进行了許多工作,并且取得一定成績。不少远緣杂交的組合都获得了成功,这些工作不但給生物科学提出了一些新的問題,如分类学的問題、种屬和其他范疇間的隔离机制問題等等,而且在某些情况下已經得到生产上的应用,如黃、水牛的杂种拉力比水牛还大,比較持久耐热,抗病力强,而且耕作灵敏,易于調教。这一类的工作还在繼續开展中。不难看出,它在我国今后的育种工作中將会起着很大的推进作用。

此外各国营农場、人民公社都在进行一些种內和品种內的选育工作,以及种內品种間的杂交工作,这些对于發展我国的畜牧业,提高生产力和推进社会主义建設都將是極有利的。

## 第二章 遺傳与环境

### 一、生殖、遺傳与变異

生物的一种重要特性就是能生殖，也就是說，产生后代。無論什么生物，总是要延續它自己，一代代地傳下去，这种生殖的能力是在生命起源的过程中环境作用于某些化学物質的結果，因而这些物質获得了某种程度的复杂結構，它能够执行自我复制。由于这是很早以前的事，而地球在現在情况下生命的起源并不在重演着，我們难于探究其所經過的詳細变化过程；但是一經有了生命之后，这些物質(生物体)所表現的特性我們都可加以研究；而生殖，或說是繁殖，也就是說，产生比自己数目要多的后代，無疑就是这些特性中最重要的一种。此外，生物的另一重要特性就是，它所产生的后代基本上总是与自己相似，譬如，变形虫由分裂所产生的后代总是变形虫，青霉菌总是产生青霉菌；到了較高等的生物，我們还可看出，不仅鷄生鷄、兔生兔，而且有某种毛色的家畜生某种毛色的家畜等等。这种性質，即子代所借以类似于父母的，称为遺傳。虽然遺傳总是伴随着生殖或繁殖的，但是它有着不同的意义，因为繁殖是保証生物体数量的保持或增長的，而遺傳則保証質的穩定，即保証所产生的后代在品質上类似于父母。生物的第三种重要特性，与遺傳有同样重要而且發生范围很广泛的，就是变異，那就是說，虽然一般說来，生物总是类似于其父母或亲本，但另一方面，在某种程度上或某些方面，又屢屢与父母不同，这在生物界可以大量观察到，即除了一般所說的物种与物种、个体与个体之間的差異外，在同一对父母所产生的不同子女个体之間也可以观察到大量的差異。这些差異有的是生来就有的，通常說先天的，或由遺傳造成的；有些是原来沒有，由于环境影响才逐漸产生的，通常称后天的，或由于环境影响造成的。有些变異一經产生之后，即按照新的方式遺傳，这就是称它为突变，有些是暫時性的，即表現这些变种性狀的个体所产生的后代仍然和原有的亲本一样，新的变異并不能傳給后代，这称为飾变。变異对于生物的意义在于它保証在已有的遺傳基础上，生物又可以有質的变化，無論这些变化是原有基础在不同內、外环境条件下的不同表現，或是产生了新的因素；是暫時性的，仅限于个体当代的变化，或是永久性的(直到下一次产生突变时)，可以傳給后代的变化。

根据生物进化的学說，即地球上現在所有的生物物种都是通过自然选择由同一的物种演变进化而来，这一切就都获得了意义。在进化的过程中，为了保障种的繁衍，生物可以牺牲个体的生存和某些重要器官，如消化器官，但不能丧失繁殖的能力；在这个基础上，遺傳保証着父母的品質在后代巩固，也就是說，通过遺傳，生物可以把它在进化中所获得的特性巩固下来，傳給后代。另一方面，通过变異，生物又可以产生一些新的特性，这些特性，經自然

选择作用之后,有些又可保存下来,作为生物群体的优点,赋予具有这些优点的个体或群体以较高度适应环境的能力,从而导向较高物种的产生和较高度独力于环境的特性。这样一代代地就造成了进化。因此,生殖、遗传和变异必须从进化的角度来理解;而理解了不同方式的生殖、遗传和变异的含义之后,我们又可利用其各种不同的后果来为社会主义生产建设服务。

## 二、遗传物质

(一) 遗传物质概念的发展 遗传是在生殖的基础上建立起来的。因而生殖方式的不同,必然引起遗传上的相应变化。对于低等生物,譬如,草履虫来说,生殖一般是以无性的方式进行的,即由一个亲体分裂为二,这时亲体就不存在,同时还形成了子代的两个个体。这里可以明白地看出,亲代和子代之间有直接的联系,而所有亲体中所含有的物质也都通过分裂传给了子体。但是在高等生物里,联系并不明显,而人类通过了好几百年的观察和试验才弄清了这方面的情况。所谓遗传物质的概念,就是由这些观察和试验的活动中所总结出来的。

首先,对于高等动物,例如哺乳类,人类的早期概念是:1)只有通过两性的交配才能产生后代;2)什么样的父母生什么样的后代,牛生牛、猪生猪等等。

然后,由于显微镜的发明,人类才发现了哺乳动物的精虫,并在不同前后的时期发现了卵巢上的滤泡和卵。在1827年,俄国胚胎学家冯贝尔发现了受精作用,并证明哺乳动物的个体是由受精卵发育出来的。

1840年左右细胞学说开始形成。它的要点为:1)所有的生物都是由细胞组成的;2)细胞只能来自以前存在的细胞;3)在有性繁殖中,遗传是通过生殖细胞,如动物中的精虫和卵与植物中花粉和胚珠结合进行的。

这方面的成就是,在高等生物中,亲代和子代之间的联系只是一个精虫(或一粒花粉)与一个卵(或胚珠)。无论父母所传给孩子的是什么,它都将包括在这个精虫(或花粉)和卵(或胚珠)里。

次一发展是染色体学说的形成。由于细胞学的兴起,人们观察到细胞里还有细胞质与细胞核之分,而核里还有一些可染色的物体,粒状、棒状、V字形的,它们在细胞分裂时往往均匀地分配到子细胞中去。这后来被称为染色体,而魏斯曼在1887年就提出遗传的染色体学说,认为染色体是决定生物体的遗传性能的机构。由1887—1902年,波弗里进行了一系列的试验,证明这种意见是有道理的。

**孤雌生殖** 海胆的卵被摇碎后,碎片旋即变成一些小圆球。波弗里发现只有含有细胞核的小圆球可以发育成完整的幼虫,虽然它比正常的卵所发育成的幼虫要小些。这时它具有母体的性状。

**孤雄生殖** 不含有核的小卵球,如果为另一个种的精虫所受精,所产的幼虫总是表现父



本的性狀。

**双亲本遺傳** 当具有核的小卵球受精时，譬如在海胆杂交 *Sphaerechinus granularis* ♀ × *Strongylocentrotus lividus* ♂ 中，幼虫的形狀一般处于两个亲本之間，但在反交，即 *Str. lividus* ♀ × *Sph. granularis* ♂ 中，幼虫总是表現母体的性狀。波弗里發現，在前一例(*Sph.* ♀ × *Str.* ♂)中，双方的染色体都参与發育，但在后一例(*Str.* ♀ × *Sph.* ♂)中，父本的染色体在头兩次細胞分裂中就大部或全部被排出卵外。

**双受精** 將卵放入精虫濃度很高的精液中时，有时一个卵为两个精虫所受精。这时就形成一个三極的細胞分裂圖，即卵的染色体試圖与两个精虫的染色体同时結合。当分裂进行时，有时只有一个分裂球能得到一整套染色体。如这时將無鈣海水处理受精卵，分裂球就分开；而只有帶有全套染色体的分裂球可以發育成較小的正常幼虫，其余的分裂球將不能發育或發育畸形。

这些試驗說明：1)細胞核决定幼虫的性狀，細胞質的影响很小；2)染色体对于遺傳有特殊的关系，如果它們的数目或分布被打乱，幼虫的正常發育將受到阻碍。这不仅把生物体内負責遺傳的物質归屬到細胞核内，而且归屬到染色体上了。

**基因学說的發展和形成。**这首先是由于孟德尔豌豆杂交論文的重新發現，引起了人們对于他所提出的因子要求寻找其物質根据，因而發現染色体与假想的因子的一系列平行行为。其次是鏈鎖的發現使摩尔根得以把因子以直綫排列定位在染色体上——把因子具体化为基因，組成染色体一部分的核蛋白分子。最后發現这种粒子性的物質(基因)不但存在于染色体上，也存在于細胞質内，形成所謂胞質基因的，这样近代的基因学說大体上就完成了。

进一步的分析証明，組成核蛋白分子主要部分的物質是去氧核糖核酸，简称 DNA；它具有遺傳物質所要求的特性，即自我复制和决定遺傳性的能力。因而从初期牛生牛、猪生猪的概念起始，人类一步步把負責遺傳的机构追溯到生殖細胞(精虫和卵，或花粉和胚珠)、細胞核、染色体、基因(染色体基因和胞質基因)，而最后到 DNA 上，这是整个遺傳物質概念的發展。

**(二) 去氧核糖核酸 (DNA) 的構造及其特性** DNA 是一种高分子的化合物，由若干个核苷酸單位組成，它在染色体上与蛋白質一起形成長鏈。一个單核苷酸的分子包括一个磷酸根分子和一个六碳糖(構成螺旋形的骨架)及一个碱基。一个 DNA 的分子含有四种不同的碱基(二种嘌呤碱——腺嘌呤、鳥尿嘌呤，二种嘧啶碱——胸腺嘧啶、胞嘧啶)。

根据瓦特遜(Watson)和庫里克(Crick)提出的 DNA 結構模型，它是一个包括二个螺旋形的磷酸糖鏈，圍繞着同一个軸，并通过氫鏈把它們的碱基連在一起，形成螺旋的形式，碱基的排列具有一定的順序，即腺嘌呤与胸腺嘧啶、鳥尿嘌呤与胞核嘧啶用氫鏈連接。見下列簡單的分子結

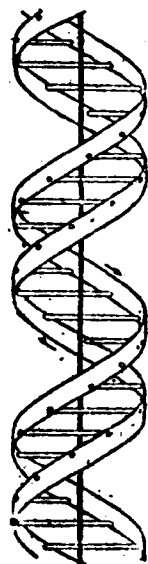
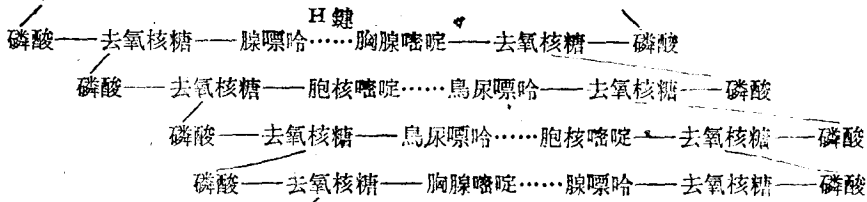


圖 1 DNA 分子結構模型

Watson 和 Crick 設計的 DNA 分子模型，二条帶表示磷酸糖鏈，橫棒表示連接二条鏈的碱基对

構与螺旋結構模式圖。



根据 DNA 分子量的測定和 X 射綫衍射分析的結果，DNA 長鏈中上下碱基的距离为  $3.4\text{A}^\circ$ ，一个 DNA 分子有不少于 100 个碱基，共長約  $20-25\text{A}^\circ$ ，分子量总数在 1.2 亿左右。由于碱基有四种，所以它們不同的排列位置就有  $4^{100}$ （超过太陽系的原子数），这便形成了 DNA 分子的多样性，因此具有遺傳性差異的意义，并初步認為遺傳性的差異，基因的多样性，有机体类型的多样性是与它的結構变化的多样性有直接关系的。

不仅如此，DNA 分子具有自我复制的模板作用的特性，也就是說它能够按照自己的双螺旋結構用自我繁殖的方式一代代重复着。在复制过程中，首先嘌呤与嘧啶在氢鍵的地方从中軸縱裂为兩条單鏈，一条帶有單独的嘌呤，另一条帶有單独的嘧啶。每半个分子都能从細胞核的物質中重新組成它們相对应的嘧啶与嘌呤碱基，以及五碳糖和磷酸分子。这种自我复制的特性說明 DNA 分子具有遺傳的特異性。

去氧核糖核酸与蛋白質結合成核蛋白構成了生命的基本物質。在原始的生命体中——濾过性病毒与噬菌体内除了核蛋白外沒有或很少有其他物質（T 型大腸杆菌的噬菌体里 40% 是 DNA，60% 蛋白質的外套，而且 DNA 集中在它的头部），最近越来越多的事实証明核酸中的去氧核糖核酸(DNA)比核糖核酸(RNA)对遺傳性具有更重要的意义。首先根据細胞学与生物化学的研究有下列事实証明：

(1) 除了病毒、噬菌体和細胞中染色体以外，細胞的其他組成成分中沒有或很少有 DNA 这样的物質。

(2) 在同一种或屬的不同組織的細胞核中 DNA 的含量大致恆定(相对于 RNA 而言)，体細胞核內的 DNA 是常数，精細胞中只有其一半，与染色体的数目一致，而且它的合成与細胞分裂有关，細胞分裂前細胞核中 DNA 含量增加一倍，分裂后子細胞中各占一半。相反在不同种和屬的組織中細胞核 DNA 平均含量变化很大。

(3)  $AS^{32}$ ， $N^{14}$  同位素物質进入細胞后，很快进入蛋白質和 RNA 中，而同时同位素物質在 DNA 分子中并未發現，只是在細胞分裂前期才开始进入 DNA 分子中，这說明 DNA 在細胞代謝中占主要地位(分裂时比靜止时代謝变化旺盛)，而它的变化速度慢于 RNA。說明它在代謝中的相对稳定性。相反，其他各类蛋白質在細胞中的分布和变化沒有这种規律性的特征，因此这种稳定性足以說明 DNA 在維持物种的遺傳稳定性上有很大意义。

根据目前的研究看来，DNA 在某种情况下的变化还是很大的，正在进一步探討。

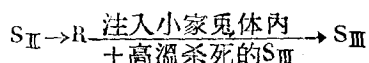
此外，从 DNA 分子本身來說它的結構一般比較稳定，这就可能反应出它在物質运动中

的保守性,这种結構的稳定性也与物种的遺傳稳定性有关。

在这个基础上,进一步証明 DNA 是主要的遺傳物質的工作有下列几方面:

(1) DNA 是細菌遺傳性的轉化因素: 在这方面的研究主要是用在肺炎球菌遺傳性的轉化方面:

大多数的肺炎球菌(*Pneumococcus*)有二种类型: 一种是無荚膜無毒性的菌落粗糙的 R 型,另一种是有荚膜有毒性的菌落光滑的 S 型。S 型的荚膜是由多糖类構成具有專一的血清特異性,它可以按血清特異性分为一般种血清系型,如 S—II 型、S—III 型……等等,它們的血清系型是一种能遺傳的性狀。1928 年格里費斯(Griffith)把 S—型的死細胞和 R 型的活細胞一起注入老鼠体内,結果把無毒性的 R—II 型改变为有毒性的 S—III 型。



不久道生(Dawson)和西亞(Sia)(1931 年)又將 R—II 的細胞培养在含有已被高溫杀死的 S—III 的細胞的培养基上,也可以使 R—II  $\rightarrow$  S—III。

在 1944 年埃弗里(Avery)、麦克劳(McLeod)和麦克阿蒂(McCarty)研究分离出这种轉化因素是 DNA 它促使細菌的遺傳性發生轉化。

以后还确定了从不同品系中所提取的 DNA 有特異作用,从某种 S 型提取的 DNA 可使 R 型轉化为相应的 S 型。不仅如此在大腸杆菌中也曾發現类似的轉化現象。

(2) 噬菌体的侵染性傳遞: 噬菌体在沒有侵入細菌以前是一个核醣蛋白質的顆粒(主要是 DNA 和少量的其他物質),外面是包圍着的蛋白質膜。当它侵入細菌时,进入細菌体内的只是 DNA 物質,而蛋白質膜則留在細菌体外。

赫爾謝(Hershey)和索斯(Chose)1952 年用  $P^{32}$  标记 DNA,  $S^{35}$  标记蛋白質双重示踪原子的噬菌体侵染大腸杆菌,發現只有核酸侵入寄主体内(在細胞中只發現有  $P^{32}$ )而蛋白質部分則留在細胞外面,而且他們进一步观察到侵入寄主的核酸能繁殖噬菌体。

(3) 細菌的轉导: 第三个值得注意的實驗是細菌的轉导作用。已知伤寒杆菌的种类依缺少不同种类的氨基酸的情况,从它們对培养基的需要上可以分为 22A 型(缺色氨酸)与 2A 型(正常型——原养型)。22A 型帶有对 2A 型能侵染的噬菌体,它可在 2A 中复制自己,并把 2A 的遺傳特性,帶到 22A 中去。因此可使原来 22A 的色氨酸缺陷型(它必須在含有色氨酸的培养基中才能繁殖),經過轉导变为原养型。(在不加色氨酸或最少量的色氨酸的培养基中繁殖。),后来証明这种起轉导作用的物質是噬菌体内的 DNA。

(4) 突变的产生也与 DNA 的变化有关——利用不同波長的紫外綫处理真菌,發現誘發突变最有效的波長是与 DNA 吸收最强烈的波長相等都为 2,600 Å。

以上这些事实都說明 DNA 与代謝、繁殖、遺傳的密切关系,虽然在上述研究中有不同的看法和結論: 如在轉化因素的作用問題上有人認為不是所有細菌和它們的所有的性狀都能轉化; 而且也發現不是所有同品种的个体都能轉化(肺炎球菌中 3.5%—0.2% 能被轉化)。

轉化因素并不限于 DNA, 因为其他因素也能引起同样的效果。但是目前我們認為上述事实至少能够帮助了解 DNA 的确在遺傳上具有特殊的意义。

此外在烟草鑲嵌病毒里用酚处理的方法去掉蛋白質, 保留 RNA (即核糖核酸此病毒本身只含 RNA, 沒有 DNA) 同样可以引起感染作用, 說明 RNA 也有遺傳傳遞特性, 研究証明細胞質中的遺傳物質主要是 RNA。

因此我們不只看到 DNA 在遺傳性的傳遞中的特殊作用, 而忽視了它与其他物質的相互联系 (如与蛋白質等的联系), 或把它看成为決定遺傳特性的唯一物質, 但不能否認, DNA 在遺傳性的傳遞中是一种主要的物質。

### 三、遺傳物質与环境的互作

上面所說的遺傳物質有決定遺傳性的能力, 只是一种極不完全的說法; 它的意义只是在把極复杂的現象作一个簡單的描述。事实上, 沒有遺傳物質会存在于真空中, 也沒有一个基因能够脱离它所存在的环境起作用。因而对于性狀來說, 它总是某种或某些基因和某种具体环境相作用所产生的后果; 而当环境起了变化的时候, 即使同一或同一些基因也会产生不同的后果。因而基因所决定的乃是一种潜在的能力; 这种能力是否得以实现, 还要看具体的对它起影响作用的环境因素。

比較准确的說法是, 一个基因或基因型 (由某一些一定基因所組成的結構) 所决定的乃是一种反应范围, 它包括个体对于不同环境的反应。所謂环境可以是外界环境, 如日光、溫度、湿度等, 或內在环境, 即个体內部的激素活动, 核外的細胞質 (这在不同組織中可以因分化而有所不同), 或甚至是核內的其他基因。由于这些因素的不同, 一个基因的效果都可以有所不同, 因而在性狀的具体表現中, 起作用的不單是基因或遺傳物質, 环境也有相应的或大或小的作用。

(一) 核、質关系 遺傳物質与环境相互作用, 首先要通过細胞質来进行, 因而細胞質可以說是遺傳物質与核外环境間的橋樑。此外, 控制發育中的決定和分化的重要生化作用都在这里进行, 所以細胞質又是調节發育的主要樞紐。因而对于了解个体發育來說, 細胞質有根本的重要性。

海摩令斯 (Hämmerlings) 在 1947—1953 用生長在地中海中的單細胞植物傘藻研究了細胞核与細胞質在遺傳性狀中的相互作用。傘藻“根”部有細胞核, 上面是傘狀的孢子体, 中部是長約 7 厘米的長柄叫做“莖”, 把“根”和傘上下連接起来。海摩令斯用它做了再生的实验: 把一种名叫 *A. mediterranean* 的傘藻部去掉后, 从上到下切成三段, 来看它們能否再生和再生的情况。实验結果証明: ①具有細胞核的根部無論切掉多少都能再生成一个整体的傘藻。②上段 (去掉傘部后的上面一段) 常常能把傘和“莖”、“根”部再生出来, 但無細胞核。③中段虽保留的部分很長但很少能进行再生。后来他又用一种“基”部比較短, 而細傘部比較簡單的傘藻 (*A. wettsteinii*) 的帶有細胞核的“根”部嫁接在 *A. mediterranean* 的“莖”的上面来观察



在不同种类的細胞核的影响下能否再生出一个傘部。实验結果成功了，再生出来的傘狀孢子体的形态是 *A wettsteine* 的类型，由此可以得出：①一切支配再生的物質都来自細胞核，它的存在与否对于性狀的發育显然具有决定性的意义。②不同种类的細胞核产生不同的物質来支配具有本种形态的器官的發生的狀況。③这种支配器官發生的物質，在細胞質里表现了不同的分布，頂端的濃，越向下越淡，因此頂端的一段虽沒有細胞核也能再生出無核的整体植物(第一个实验証明)。从而証明：支配遺傳性狀發育的物質最終是来自細胞核，而它們之所以能够起作用必須在細胞質中有着不同的局部分布。

(二) 胞質遺傳 胞質遺傳的問題，首先决定于胞質基因。胞質基因的种类很多，例如，植物中帶有叶綠素的質体，高等动物中的高基体、綫粒体、纖毛虫的基粒、卡巴粒、动物細胞中的中心体等等，它們都可以認為是胞質基因或帶有胞質基因。此外，仅仅能活动于細胞中的某些过滤性病毒和癌腫中的某些散發性物質也可以認為是胞質基因的前身，或者是胞質基因突变的产物。由于它們存在于細胞質內，而在發育中細胞質的分布是不均匀的，因而胞質遺傳常表現不很規則的現象。一种發現胞質遺傳的方法就是正、反交結果之不同，例如：

設 A 品种有决定“高”的基因，B 品种有决定“矮”的基因，在它們的杂交实验中可看到：

$$\begin{array}{ccc}
 \text{(正交)} & A \text{♀} \times B \text{♂} & \text{(反交)} & A \text{♂} \times B \text{♀} \\
 & \text{“高” “矮”} & & \text{“高” “矮”} \\
 & \downarrow & & \downarrow \\
 & F_1 \text{ “高”} & & F_1 \text{ “矮”}
 \end{array}$$

在上例中， $F_1$  的性狀决定于母体所帶的遺傳性狀，若是細胞核遺傳的話則由于在兩種交配中，核所貢獻的部分都相同，兩種交配的結果都应当产生相同的子代。而事实却相反。这說明这种結果，可能是由于卵子的作用比精子的作用要大，因为細胞質的含量在卵子比精子要多。若在細胞質中也含有遺傳物質的話，就能够解釋这种事实。

草履虫 (*Kappa*) 顆粒的遺傳——草履虫有 2 个变种，一个是在細胞質中含有名叫“*Kappa*”微粒的“杀他”品种，另一种不含这种微粒叫做“敏感”品种。“杀他”品种是有毒性的，对“敏感”品种有杀害作用。若將这二个品种的草履虫培养在同一培养液中，“敏感”品种就被杀死。进一步研究証明：“杀他”型与“敏感”型的差異在于一个 *K* 与 *k* 的基因差異，“杀他”型含有 *K* 的基因，“敏感”型含有 *k* 基因，若用高溫处理“杀他”型，則“*Kappa*”顆粒在比草履虫分裂慢的情况下，到一个时期可出現一些不含“*Kappa*”微粒的个体，这时即使此个体含有 *K* 基因，它也变成了敏感型了。这說明：①細胞質內存在有决定遺傳性的基因。②胞質基因也受环境的改变而引起遺傳性的改变。

胞質遺傳的事实清楚地闡明了細胞核和細胞質在控制遺傳性狀中的相互联系相互影响的关系，但是这并不否認核遺傳的原理，相反地还促进了我們对于遺傳物質的更全面理解。

(三) 环境的影响 在鷄中，有 *Hamburgh* 品种，表現为雄体二型，即在雄鷄中，表現有雌羽和雄羽两种类型，雄鷄皆为雌羽。如果將表現为雌羽的雄鷄去勢，在換毛后就長出雄羽，同样如把雌鷄的卵巢摘除，再度長出的也是雄羽。經研究發現，这是由“显性雌羽基因”*H*