

遗 传 学

褚 圻 编著

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 12.125 插页 4 字数 299,000

1980 年 8 月第 1 版 1980 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—18,000 本

统一书号: 7150·2214 定价: 1.30 元

前 言

科学技术的发展，基础在教育。中学生物教师要培养学生爱科学、学科学、用科学，不但要掌握课内的基础知识，也要扩展课外的知识眼界。不断提高教师的业务水平和科学眼界，既刻不容缓，又是长期的任务。

遗传学是现代生物学的中心和带头学科。本书是根据作者对中学教师讲授遗传学的讲稿编写的，目的是供给没有系统学习过遗传学课程的中学生物教师自学进修之用，并供高中生物学有关部分教学的参考，也可以作为师范院校生物系学生学习遗传学的参考用书。内容的重点放在中学生物教师所必须掌握的细胞遗传学和分子遗传学基本理论和基础知识方面。在编排顺序上，从分子水平论述遗传物质开始，并以此为基础了解遗传传递和变异的基本规律，最后略述发育中基因的调节。这样可便于读者从现代遗传学的观点理解上述基本理论和基础知识。在取材上，以中学教学所需要的高等动植物和人类遗传的典型实例为主，便于生物教师在教学中使学生学习遗传知识时看到理论和实践的明显联系。本书除注意选用学习遗传理论所必要的经典例证外，概括介绍一般性材料，以免知识面过于狭窄。重点材料均附有图解式的插图，以帮助理解。在有些章节中，扼要地叙述了一些遗传知识在育种上的应用。每章都附有数量不多的习题，供复习、练习和检查学习效果。

现代遗传学在近三十年中有了飞速的发展，除了细胞遗传学

和分子遗传学外,在微生物遗传学、人类和医学遗传学、发育遗传学、数量遗传学、生态遗传学、进化遗传学、免疫遗传学、行为遗传学等方面,都已发展为独立的分支学科,读者如有需要,可参阅其他有关专著。

本书初稿承许由恩同志审校,并作了许多重要的修改,特此一并致谢。由于作者专业水平限制,恐仍有错误不当之处,希读者提出宝贵意见,供再版时修改。

褚 圻

1980年5月

目 录

1. 绪论——遗传和遗传学	1
遗传和变异现象.....	1
遗传和遗传物质.....	2
遗传、发育和环境.....	6
变异.....	8
遗传学的基本任务及其发展.....	10
复习题	
2. 生命的物质基础——蛋白质和核酸	13
蛋白质的结构和功能.....	14
核酸的种类和构造.....	26
复习题	
3. 遗传物质——DNA	37
细菌的转化.....	38
噬菌体的侵染和繁殖.....	43
细菌的转导.....	46
RNA 病毒的重建	53
转化、转导和基因工程.....	56
复习题	
4. DNA 的复制和转录	60
DNA 的半保留复制	61
DNA 的单链转录	71
病毒 RNA 的复制和反向转录	78
复习题	
5. 转译——RNA 和蛋白质合成	82
信使 RNA 和遗传密码	83

核糖体是合成蛋白质的场所	88
tRNA 和氨基酸的转运	93
蛋白质合成	97

复习题

6. 真核生物遗传物质的载体——染色体	103
真核细胞的染色体和染色体组	104
染色体从细胞到细胞的传递	115
染色体从个体到个体的传递	120

复习题

7. 最早发现的遗传规律——分离和自由组合	129
分离规律	130
自由组合规律	138
孟德尔理论适合性的检验	142
孟德尔理论与育种实践	145

复习题

8. 基因的效应和相互作用	149
基因的多效性	150
等位基因的相对效应	154
复等位基因	162
基因的相互作用	166

复习题

9. 性染色体和伴性遗传	174
性染色体和性别决定	174
性别的发育和环境	178
人类的性别畸型	179
性染色质和它的应用	182
伴性遗传	186

复习题

10. 连锁遗传和基因重组	194
连锁和交换	195
连锁和交换的普遍性	200
连锁群和基因在染色体上的排列	208
连锁遗传和基因重组的实际应用	216
复习题	
11. 重组的分子基础	219
重组的几种学说	220
重组的极性子杂合 DNA 模型	222
基因内重组	231
复习题	
12. 数量性状遗传和杂种优势	240
数量性状的遗传方式	241
分析数量性状的基本统计学方法	247
数量性状遗传的应用	251
杂种优势	253
复习题	
13. 多倍体和单倍体	259
多倍体的自然产生和人工诱导	260
多倍体的一般特征	265
植物多倍体的实践应用	268
单倍体	271
体细胞杂交	276
复习题	
14. 非整倍体	279
非整倍体的产生和特点	280
非整倍体在遗传分析和育种中的应用	286
非整倍体和人类遗传性疾病	294

复习题

15. 染色体的结构变化	297
染色体结构变化的细胞遗传学	298
染色体结构变化在物种分化中的意义	308
染色体结构变化在实践中的应用	310

复习题

16. 基因突变	320
基因突变的发生	321
突变的一般特性	323
突变和进化	327
突变和育种	331
突变和癌	334

复习题

17. 细胞质遗传	338
母性影响	338
细胞质遗传	342
细胞质和核基因共同控制的遗传	347
植物雄性不育的遗传和利用	351
细胞质遗传和细胞工程	356

复习题

18. 基因在发育中的调节	359
差别基因活性	360
原核生物中基因调节的操纵子模式	363
真核生物中基因活性的转录调节	367
真核生物的差别复制和转译控制	376

复习题

Ⅰ.

—— 绪论 —— 遗传和遗传学 ——

遗传和变异是生物界普遍存在的极其复杂的生命现象，两者相反相成，构成生物世代延续中一对特有的矛盾。研究遗传、变异的本质和规律，是了解自然、克服自然和改造自然、从自然里得到自由的一种武装。在这一章里，将概括地介绍遗传和遗传学，作为本书的绪论。

遗传和变异现象

遗传现象，一般体现为生物前后代的相似，也就是子代按照亲代所历经的同一过程和方式，把从环境中摄取的物质组织起来，产生类似其亲代复本的一种自身繁殖的过程。不论哪一种生物，从最简单的原核生物象病毒和细菌等，到真核生物象各种低等的和高等的动植物，借助于遗传，才能“物生其类”，保持物种的相对稳定。在农业实践上，任何优良的栽培植物和家畜、家禽品种，借助于遗传，也才能继续发挥其稳产高产的作用。

变异现象，一般体现为生物前后代之间和后代不同个体之间的差异。跟一切运动发展中的事物一样，遗传的稳定性也是相对

的。任何生物的遗传物质在自我复制过程中都有可能发生变化，任何生物的新陈代谢过程无不受到环境的制约，在变化复杂的内外条件的影响下，生物的性状发育就会有差异。自然界生物借助于变异的存在，才能适应变化的环境，才能“适者生存”。如果新的变异能够遗传，并为自然选择所保留，就能产生新的类型、新的亚种、新的物种。在农业实践上，借助于变异和变异的遗传，才有可能人工创造新品种。

由此看来，遗传和变异的矛盾运动和其相互转化，乃是生命自然界生生不息、世代留传和更新发展、不断进化的根源。

遗传和遗传物质

遗传和变异是通过具体性状而被人们认识的。性状的遗传或变异是表现出来的现象，从这些现象的联系中就可分析遗传传递和发育的规律，就可探索遗传物质的本质和功能。

性状和遗传

通常总是从分析性状来研究遗传规律的。任何生物不同个体间的许多性状，包括形态构造特征和生理生化特性等等，都是相对不同的，称为相对性状。例如，同是一种细菌，有的有毒性能致病，有的没有毒性不能致病。同是家蚕，有的结黄茧，有的结白茧。同是水稻，有的是粳性，有的是糯性。同是玉米，有的有花青素，茎秆表现紫色，有的没有花青素，茎秆表现绿色。同是人，有的A血型，有的B血型。通过观察试验或统计分析，比较前后代之间和后代个体之间相对性状的相同和相异，就可了解遗传和变异现象，考查遗传和变异的规律。

通常，我们说生物的某一性状是遗传的，例如细菌的致病性、蚕的茧色、水稻的米质、玉米的茎色、人的血型是遗传的，就是说上一代的这种性状能够在下一代得到表现。实际上，上一代性状在

下一代得到表现要通过遗传传递和性状发育的复杂代谢过程，性状的本身是不能直接传递的。很显然，在原核生物以及许多单细胞生物中，它们大多是通过细胞分裂而增殖的，在细胞内部必然具有全部性状发育的遗传物质基础，通过准确复制而传递。进行有性生殖的多细胞动植物，它们的生殖细胞是前后代之间唯一的物质联系，我们在生殖细胞里找不到蚕的白茧、玉米的紫茎等性状，但是也必然具有保证全部性状发育的遗传物质基础，才能保证一切遗传可能性的传递和实现。

遗传的基因学说

什么是遗传的物质基础呢？这一问题的解决是随着遗传学的发展而逐步深化的，并且历经了曲折的认识过程。

十九世纪著名的进化论者达尔文，联系进化问题广泛地研究了遗传和变异。他搜集了大量有关遗传和变异的材料，《动物和植物在家养下的变异》一书就是他多年考察劳动人民选种实践的总结。他提出了一定变异和不定变异的分类，并以“泛生论”来说明遗传的物质机制。“泛生论”认为生物体各部分的构造都按照它的实际情况产生出代表性的微粒，这些微粒随着血液循环汇集到生殖器官里，形成生殖细胞。所以生殖细胞含有代表身体各部分性质的微粒，在发育成多细胞生物体时，各种微粒就到各有关部位发生作用，性状的发育就跟上一代的一样。达尔文用“泛生论”说明遗传传递和性状发育的物质基础，提出了颗粒遗传的最初概念。但是，细胞学的研究并不支持“泛生论”，血液里也找不到这种微粒。

1866年，奥国神父、中学自然学教师孟德尔发表了他的遗传学论文《植物杂交试验》，第一次在生物学历史上发现了遗传的基本规律。他用豌豆作为实验材料，研究了几种典型的相对性状的遗传，详细记录和统计分析了杂种性状的表现，第一次提出了遗传因子的概念，并用来解释他所发现的分离和自由组合规律。他认

为,性状由遗传因子决定,并通过因子传递。他根据实验资料论证了因子在合子中成对存在,在形成配子时因子分离,每个配子中只含成对因子中的一个成员。不同对因子还可以自由组合,从而使不同的相对性状在杂种第二代中形成有规律的分离比例。

孟德尔的科学实验结果当时并未引起重视,直到 1900 年,才同时为不同国家的不同学者分别发现,推动了遗传学的创立和发展。孟德尔所称的遗传因子后来被改称为“基因”,孟德尔发现的遗传规律后来在不同生物中得到重新证实和进一步丰富。由于细胞学的发展,人们看到细胞核中染色体的行为跟孟德尔所说的遗传因子即基因行为的一致性。染色体在身体细胞中成对存在,在形成生殖细胞时经减数分裂而分离,每个配子中只含有成对染色体中的一个成员,而且不同对染色体之间也是自由组合的。这样,遗传学的研究便和细胞学的研究结合起来,抽象的基因概念便和具体的物质基础染色体挂起钩来,出现了遗传学的基本理论——染色体基因理论。认为基因是遗传的功能单位,是直线排列在染色体上的遗传物质,是高度稳定并能随着染色体而自我复制的。基因通过代谢控制着性状的发育,性状也通过基因而得以传递,性状遗传的规律乃是染色体基因行为的一种反映。

与此同时,还发现了连锁遗传和基因重组规律。基因分布在染色体上,如果控制不同性状发育的基因分布在同一染色体上,那么它们在遗传传递时必然联合行动,除非发生了染色体的交换。这就是连锁遗传和基因重组规律。此外,还发现了许多具有性别分化的生物,特别在高等动物中,性别也是染色体决定的。决定性别的染色体称为性染色体,如果基因分布在性染色体上,这就出现了伴性遗传现象。例如著名的人类红绿色盲的遗传,在男人中出现较多,在女人中则较为罕见,就是性染色体上的基因决定的。这些遗传学和细胞学的研究,都从不同方面进一步确证了染色体基因学说。

DNA——主要的遗传物质

孟德尔的遗传因子只是一种用来说明遗传规律的抽象概念。染色体基因学说把染色体作为主要的遗传物质基础，作为基因的携带者，使基因的抽象概念落实到染色体这样的具体物质上，这是很大的进展。到了本世纪的五十年代以后，随着细胞核化学、生化遗传学、微生物遗传学等方面研究的进展，愈来愈多的事实说明核酸在遗传上的重要性。核酸有两种，一种是脱氧核糖核酸，简称DNA，一种是核糖核酸，简称RNA。染色体的化学成分主要是由DNA和蛋白质组成的，而在遗传中起重要作用的正是染色体中的DNA。DNA是由四种核苷酸组成的双链大分子，每个染色体包含着一个巨大的DNA分子。DNA分子的两条链象拉链中的两条链一样以固定的核苷酸配对，当它们解开时每一条老链都能以这种固定的核苷酸配对方式产生一条新链，从而复制出两条一模一样的DNA分子。DNA的这种准确地自我复制，保证了遗传的稳定性和连续性，保证了遗传的传递。同时它又能通过RNA控制细胞中蛋白质的合成，这些蛋白质或者是结构蛋白质，或者是酶蛋白，因而控制着新陈代谢过程，控制着性状的发育。

现在已经知道，DNA巨大分子中亿万个核苷酸对千变万化的排列顺序，就象密码一样蕴藏着遗传信息。一个基因就是包括几百个到一、两千个核苷酸对的DNA分子的一个片段。例如大肠杆菌合成色氨酸的合成酶是由A、B两种蛋白质亚基构成的，控制A蛋白质的基因是包含800多个核苷酸对的DNA片段。人的血红蛋白A也是由 α 和 β 两种多肽组成的，控制它们合成的两个基因都是包含着400多个核苷酸对的DNA片段。玉米的每个细胞有10对染色体，估计全部DNA包含大约 30×10^9 核苷酸对，如果平均每个基因包括1500个核苷酸对，那么染色体中的DNA含量是足可保证其全部遗传性状的遗传传递和控制调节的。

遗传、发育和环境

遗传的传递过程，就是遗传物质通过亲代的生殖细胞传递到后代的过程。但是，一切遗传性状的表现还要经过或长或短的个体发育过程。在这过程中，生物必须从外界环境中不断吸取其需要的物质，通过一系列代谢过程，才能表现出各种特殊的性状。这就是遗传、发育跟环境的关系。我们可以说，任何性状都是基因在发育中跟环境相互作用的结果。

基因型和表现型

生物个体发育中的代谢方式受到遗传物质——基因的严密控制。多细胞生物从一个受精卵开始，经过一系列细胞分裂和分化，形成不同的组织和器官，表现出特定的性状，总是随着亲代相似的途径进行的。因此，由玉米受精卵发育起来的是玉米而不是别的生物。同样，玉米的紫茎品系，在茎秆、叶鞘、叶、果皮等部分能在酶促反应下形成花青素，而青茎品系则不能。在遗传学上，通常把生物遗传物质基础的总和称为基因型，而把生物表现出来的全部性状总和称为表现型。基因型是全部遗传物质所决定的，表现型则是基因型在发育过程中跟外界环境条件相互作用的结果。

基因型和表现型既有联系，又有区别。基因型是性状发育的内因，是表现型形成的根据，环境对遗传所起的作用必须通过基因型才能实现。表现型是遗传跟环境相互作用的结果，外界环境是基因型转变为表现型的必要条件。条件变化时表现型往往随着发生变化，但并不因此影响基因型。仍以玉米紫茎为例，如果没有紫茎的基因型，就不能把花青素原的前体在酶促反应下形成花青素原并进一步形成花青素，而没有日光的条件也不能最终产生紫茎的表现型。没有日光的条件不能显出紫茎的色泽，但它们的基因型并没有发生改变，一旦暴露在日光下，花青素的色泽就又可表现

出来了。

反应规范

同一基因型在不同环境下可以产生不同的表现型，这里就有一个性状表现的可能范围问题。在遗传学上，通常把不同条件下性状表现的可能范围，称为反应规范。

喜马拉雅白化家兔(或称俄罗斯兔)的毛色就是一种能受温度影响而发生不同反应的性状。这种兔的毛被大部分为白色，只有耳、鼻、尾和四肢末端体温较低的部分为黑色或褐色。这种毛色是由一个毛色的白化基因所控制的，它所产生的分解色氨酸形成黑色素的酶是失活的，只有在较低温度下才有部分活性。在30℃以上生长的喜马拉雅白化家兔，全身长出白毛。如果剃去它躯体一部分白毛，放在25℃以下的条件下生长，则长出黑色或褐色的毛。

玉米的细胞质雄性不育性状，其反应规范因类型而不同。有一种南美洲原产的T型雄性不育类型反应范围很小，在不同栽培条件下，雄性不育的性状是稳定的。另一种中亚原产的M型雄性不育类型反应范围较大，在不同栽培条件下，可以出现某种程度的能育花粉。

以上是有关质量性状的例子，在不同条件下同一个基因型可以看到表现型明显的差别。其实，在一些数量性状上，如植物植株的高度、结实的多寡、动物身体的大小、家禽产卵量的高低等等，则更是常见的例子。遗传一致的品种，在不同栽培饲养条件下，性状的表现可以有很大范围的差异。在这方面发展了遗传学的一个分枝，称为生统遗传学。应用生物统计学方法，可以区别数量性状表现型中的环境效应和遗传效应，从而计算出不同性状的反应规范和遗传力的大小。

研究性状的反应规范有很大的实践意义。有些性状反应范围很小，在不同条件下能够表现相同的表现型。如水稻的糯性、大麦的光芒、豌豆的硬荚、家蚕的茧色等，一般不受或很少受环境条

件的影响而改变,能在后代中一再重复表现,保持表现型在遗传上的稳定性。在选种实践中通常就是以这类性状为标记判断品种的纯度,以便采取相应的措施去杂保纯,进行良种繁育。此外还要广泛地收集各种原始品种,把它们在不同地区条件下饲养栽培,有时还要创造专门的人为条件如光照、温度等,以便多方面地认识它们对不同条件的反应。由于这种研究,不同品种不同性状对不同地区不同条件的反应规范就表现出来了,从而为引种、育种、调种提供了宝贵的资料。

变 异

同一种基因型在发育过程中处于不同的外界条件下,性状的表现可以有不同的反应范围。这里,实际上已经接触到变异问题。在生物前后代连续的过程中,变异和遗传几乎同样普遍存在。

不遗传的变异

在遗传学上通常把变异分为两类,即不遗传的变异和遗传的变异。生物遇到的发育条件不会完全一样,即使相邻生长的植物,由于日光、水分、矿质营养和多种条件的偶然综合,性状的表现就有差异。但这种变异通常只是反应规范的表现,只是表现型发生的变异,不会引起基因型的改变。因此,这种变异一般不能传递给后代,是不遗传的变异。不遗传的变异一般都有一定的方向,在相似的条件表现的变异也相似。例如动物从南方移到北方,毛被在气温变冷的条件下会更长、更密;植物在良好的栽培条件下,植株高度、分蘖数、结实率、种子的大小和重量等都有所提高。所以,不遗传的变异大都属于一定的变异。

遗传的变异

遗传的变异是由基因型的改变引起的。例如通过杂交改变了杂种的基因组成,不仅各种具体性状会出现多种多样新的组合方

式，而且基因间相互作用的改变也会出现新的性状表现。这种新的性状表现是可以遗传的，在实践上有重要意义，使人们感到兴趣，因此在早期遗传研究中有关杂交变异所积累的资料较多。

随着紫外线、X射线、放射性元素和各种电离辐射以及各种化学诱变剂的发现和应用，人们逐步认识到在物理诱变因素或化学诱变剂的作用下，可以引起染色体数量的增加或减少，可以引起染色体的断裂、融合和其中DNA的重排，可以引起DNA中核苷酸对的缺失、增添或代换，从而改变基因的结构、改变遗传信息，由此而产生的变异也是遗传的。在这类可遗传的变异中，染色体的数量变化和结构变化，可引起基因的剂量、位置关系和相互作用的改变，因而变异类型的性状表现也跟原始亲本不同，但归根到底基因本身并没有改变。而遗传变异最根本的来源则是基因结构的改变，DNA中核苷酸序列即遗传信息的改变。这种变异，在相同的引变条件下变异的发生和表现可以有很大的不同，变异的方向则是不定的，因此通称为突变。例如在X射线处理下的大麦，可以产生叶绿素缺陷、茎秆坚硬性、早熟程度、芒的有无或长短和其他性状完全不同的基因突变类型。

把变异及其性质作如上的分类，在一定程度上反映了生物界的客观实际和当前科学发展对变异的认识水平。毫无疑问，自然界各种相互联系的现象总是在一定条件下转化的，把变异分为遗传的变异和不遗传的变异，或一定变异和不定变异，决不是绝对的。用秋水仙素诱导植物多倍体，同一种条件总是会导致染色体成倍增加，而且在植物的性状表现上也有许多共同的特征。在这里，遗传的变异表现了定向性。即使象基因突变，现在也已经知道某些化学诱变剂会导致DNA中核苷酸的增添或缺失，另一些化学诱变剂则会导致DNA中核苷酸的代换。而且在DNA的巨大分子中，某些核苷酸对特别容易改变，被称为“热点”，另一些核苷酸对则极少改变，看来所谓不定变异也不完全是随机的。