

遗传学基础

季道藩 编著

科学出版社

内 容 简 介

本书简明扼要地阐明了遗传学的基本原理和应用,以及近代遗传学的发展。主要包括遗传的细胞学基础、分离定律、独立分配定律、连锁遗传、数量性状遗传、近亲繁殖和杂种优势、性别决定和伴性遗传、细胞质遗传和雄性不育、基因突变、染色体结构及数目的变异、遗传物质的分子基础、遗传工程等内容。附有图 32 张。是一本通俗易懂的科普读物,可供对遗传学有兴趣的广大读者阅读。

遗 传 学 基 础

季道藩 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1981 年 4 月第一次印刷 印张: 5 1/4

印数: 0001—20,000 字数: 99,000

统一书号: 13031·1524

本社书号: 2089·13—10

定 价: 0.56 元



前 言

遗传学的研究任务主要是：在理论上阐明生物遗传和变异的规律，探索遗传和变异的物质基础，进一步说明生物的进化。在实践上应用这些规律和原理，有计划地从事植物、动物和微生物的育种工作，发展农业和工业生产；有预见地防治遗传性疾病的发生，提高医学水平；为人类谋取福利。所以，遗传学既是生物科学中一门重要的理论科学，又是一门密切联系生产和实际的应用基础科学。为了加速我国社会主义建设，早日实现四个现代化的宏伟目标，使遗传学在科学发展和生产建设上发挥巨大的作用，积极开展遗传学的学习和研究，现已成为一项十分广泛而迫切的要求。

为了适应向科学技术进军的需要，本书编写的目的在于简要地介绍遗传学的基础知识。全文曾分十二讲于1976—1978年在《遗传与育种》杂志上作过连载。在这次汇编成为本书时，作了一些补充和修改。现把全书扩展为十四章，主要增添了“遗传的细胞学基础”一章，比较系统地介绍细胞的构造、功能和分裂方式，以及生物繁殖与遗传的关系，以期帮助读者了解细胞的基本结构及其生命活动的内在机理，便于深入理解后面几章所介绍的遗传和变异的规律。此外，为了适应遗传学飞跃发展的现状，把原来作为一节的“遗传工程”单独地

列为最后一章,对于原有的内容作了改写和补充。

由于专业工作的局限性,全书引述的试验例证大多数是植物的资料,更多的是作物的资料。为了联系育种实践,在各章介绍遗传理论以后,尽可能地讨论一些应用上的原则问题,希望有助于育种工作的开展。

限于业务水平,在本书的编写内容上一定存在许多缺点和错误,敬希读者批评和指正!

编 著 者

1978 年 11 月

目 录

前言	i
第一章 有关遗传学的几个概念	1
一、遗传和变异的普遍性	2
二、遗传、变异与环境的关系	3
三、遗传研究的方法	6
第二章 遗传的细胞学基础	8
一、细胞的结构	8
二、染色体的形态、结构和数目	12
三、细胞的有丝分裂	14
四、细胞的减数分裂	17
五、植物的配子形成和生活周期	20
第三章 分离定律	25
一、一对性状的遗传试验	25
二、分离定律的解释和验证	26
三、分离和显性的相对性	29
四、分离定律的应用	30
第四章 独立分配定律	32
一、两对性状的遗传试验	32
二、独立分配定律的解释和验证	33
三、多对基因的杂种遗传表现	35
四、基因的互作和多效性	36
五、独立分配定律的应用	39

第五章 连锁遗传	41
一、性状连锁遗传的现象	41
二、连锁和交换的遗传机理	43
三、基因交换值的测定	45
四、基因定位和连锁群	46
五、连锁遗传的应用	49
第六章 数量性状的遗传	51
一、数量性状的特征	51
二、数量性状遗传的多基因假说	52
三、研究数量性状遗传的统计方法	56
四、遗传力及其估算的方法	59
五、遗传力在育种上的应用	62
第七章 近亲繁殖和杂种优势	64
一、近亲繁殖及其遗传效应	64
二、回交及其遗传效应	69
三、杂种优势及其遗传解释	71
四、杂种优势的利用	74
第八章 性别决定和伴性遗传	76
一、性别的决定	76
二、环境对性别分化的作用	79
三、伴性遗传及其解释	80
四、性别控制和伴性遗传在育种上的应用	83
第九章 细胞质遗传和雄性不育	85
一、细胞质遗传的特征和表现	85
二、细胞质遗传的理论解释	88
三、植物雄性不育的类型及其遗传机理	90
四、雄性不育在作物育种上的利用	93

第十章 基因突变.....	96
一、基因突变的概念和原因	96
二、基因突变的频率和时期	97
三、基因突变的一般特性	99
四、基因突变的性状表现	101
五、诱变及其在育种上的应用	103
第十一章 染色体结构的变异.....	108
一、染色体结构变异的类别及其遗传效应	108
二、染色体结构变异的机理	114
三、染色体结构变异在育种上的利用	116
第十二章 染色体数目的变异.....	119
一、染色体数目的分析及其变异类型	119
二、整倍体的变异类型及其遗传表现	121
三、非整倍体的变异类型及其遗传表现	125
四、染色体数目变异在育种上的利用	127
第十三章 遗传物质的分子基础.....	132
一、遗传物质的分析	132
二、核酸的化学组成和分子结构	136
三、遗传信息的贮存、复制和传递.....	138
四、基因的概念及其作用	143
第十四章 遗传工程.....	147
一、遗传工程的概念	147
二、遗传工程的理论基础	148
三、遗传工程的操作	149
四、遗传工程的发展前景	156

第一章 有关遗传学的 几个概念

遗传学是研究生物遗传和变异规律的科学。它是生物科学中一门重要的理论科学，直接涉及到生命起源和生物进化的机理。同时，它也是一门紧密联系生产实际的基础科学，是指导植物、动物和微生物育种工作的理论基础；而且对于医学和人民保健方面有着密切的关系。因此，不论在理论研究上或者在生产实践上，遗传学都日益显示出重要的作用。

遗传学最初导源于育种实践。人类通过长期的生产斗争和科学实验，早已认识到生物遗传和变异的现象，并且作了一些遗传理论的探索。但是，遗传学正式建立为一门生物科学，还是在1900年重新发现孟德尔在《植物杂交试验》（1866年）论文中所提出的遗传规律以后，才开始发展起来的。所以说，遗传学是一门年轻的科学。近八十年来，遗传学的发展不论在深度和广度上都是极快的。它的研究已从细胞水平发展到分子水平，而且正在由表及里地深入研究遗传物质的结构和功能。从而进一步有效地指导育种实践，提高医学水平，为人类谋取更美好的生活！

为了系统地介绍遗传学的基础知识，本章先从遗传学中一些基本概念谈起。

一、遗传和变异的普遍性

遗传和变异的概念

遗传和变异是生物界普遍存在的现象。劳动人民在农业生产实践活动中，早就认识到遗传和变异的现象及其相互关系。俗语说：“种瓜得瓜，种豆得豆。”水稻种下去总是长成水稻，优良品种可以获得较多的收成。这种亲代与子代相似的表现，就是遗传。但是，遗传并不意味着亲代与子代的完全相象。事实上，亲代与子代之间，子代的个体之间，总有着不同程度的差异。它们又相同，又不完全相同，即使在同一个稻穗上的种子，长成的植株在性状上也有或多或少的差异；甚至一卵双生的兄弟也不可能完全一模一样，这种差异的表现，就是变异。

遗传和变异是生命运动中的一对矛盾。这对矛盾既对立又统一，遗传是相对的、保守的；而变异是绝对的、发展的。没有遗传，不可能保持物种和品种的相对稳定性；没有变异，不会产生新的性状，也就不可能有物种进化和新品种的选育。由于遗传和变异这对矛盾不断的运动，经过自然选择，才形成形形色色的物种；同时经过人工选择，才育成适合生产需要的各种品种。所以说，遗传、变异和选择是生物进化和新品种选育的三大依据。

遗传的变异和不遗传的变异

生物的性状变异是多种多样的，概括起来，大致可分为遗

传的变异和不遗传的变异两大类别。遗传的变异是指变异发生后，能够遗传下去。例如，水稻的有芒变成为无芒、玉米的非糯性变成为糯性，这类变异能继续在后代重新出现。这主要是由于有机体内在的遗传基础发生了变化所引起的。在育种工作中要特别重视这类变异，因为它们是新品种选育和原有品种退化的根源。

不遗传的变异是指生物在不同环境条件下产生的变异，一般只表现于当代，不能遗传下去。因为它仅影响到个体发育，没有影响有机体内在的遗传基础，故不能遗传。例如，一个棉花品种，由于播种期、密度和施肥等情况的不同，在植株的外形和产量等性状上会出现明显的差异，不过这类差异通常是不会改变品种的遗传基础的。

同时，也必须指出，上述两类变异的划分是相对的，不能把它们绝对化起来。因为在一定环境条件下通过长期定向的影响和选择，由量变的积累可以转化为质变，就有可能形成为遗传的变异。

二、遗传、变异与环境的关系

遗传与环境

生物与环境的统一，这已是生物科学中公认的基本原则。因为任何生物都不能脱离环境，它必须从环境中摄取营养，通过新陈代谢进行生长发育和繁殖，才能表现出性状的遗传和变异。所以，生物任何性状的表现，都是遗传与环境相互作用

的结果。

例如,晚稻品种需要一定的短日照条件,才能抽穗。如果环境不能满足这一条件,尽管水、肥和温度等条件很充分,也不会抽穗。这一事实表明晚稻品种对短日照的要求是受其遗传基础所决定的,而短日照正是它抽穗所必要的外界环境条件。二者是内因与外因的关系。内因是依据,而外因需要通过内因才能起作用。因此,生物的遗传基础与其外界环境条件相比较,遗传基础是第一位的,环境条件是第二位的。但二者是统一的,任何一方缺少,遗传性状都不可能表现出来的。所以,在研究生物的遗传和变异时,必须密切联系其生活的环境。

基因型和表现型

性状的遗传基础和它所表现的状态是两个不同的概念。为了便于分析,在遗传学中是用基因型(也可称为遗传型)和表现型两个名词来表示的。基因型是生物体的遗传基础,是性状发育的内在因素,是肉眼看不见的一种潜在能力。表现型是生物体的性状表现,是基因型与外界环境相互作用下最终的表现,是可以观测到的具体性状。基因型是性状表现的内因,是表现型的依据。基因型通过外界环境条件而起作用,才能发展为表现型。两者的关系可以表示为:

$$\text{基因型} + \text{环境} \xrightarrow{\text{(发育)}} \text{表现型}$$

例如,玉米的茎秆、叶鞘等部分有表现为日光红和非日光红(即绿色)两种类型,已知它们是受不同基因型控制的。但

是，日光红的类型必须在阳光的直接照射下才表现为淡红色；而非日光红的类型不论是否直接在阳光照射下都是绿色。不过日光红性状即使连续几代因缺乏阳光而没有表现出来；可是一旦暴露在阳光条件下，淡红色便立即会表现出来。又例如，鸡的腿有黄色和白色两种类型，也已知它们是受不同基因型控制的。但黄腿鸡一定要用黄色玉米或含胡萝卜素等食料喂养才能表现为黄色，白腿鸡不论用什么玉米喂养都是白色。但是黄腿鸡如仅用白色玉米喂养，也会表现为白色；而且这样连续喂养几代总是白色。可是，如果改用黄色玉米或含胡萝卜素等食料喂养，黄色腿立即又表现出来了。由此可见，一般的环境条件能够影响表现型，但不能影响到基因型的本身，这也就是有些变异不能遗传的缘故。

基因型的识别是不容易的，一般只有通过精密的遗传实验，对于个体的祖先或者它的后代在性状上所出现的表现型进行分析以后，才能作出识别和论断。至于如何根据试验分析的方法来识别性状的基因型，以后各章将作介绍。

性状的反应规范

性状的表现既受基因型的控制，也受环境的影响。不同基因型的个体生活在不同的环境条件下，它们的性状会表现出不同的反应。但是，一群基因型相同的个体生活在不同的环境条件下，各性状也同样会有不同的反应。这种同一基因型在不同环境条件下表现型所表现的变化范围，叫做反应规范。各性状的反应规范是不同的。例如，在不同栽培条件

下,同一水稻品种的芒、谷壳色、米色等性状的反应规范很小,一般不受或很少受环境影响。另一些性状有变化,但反应规范不太大,如粒重、生育期等。还有一些性状的反应规范较大,如分蘖多少、叶色深浅、穗形大小等。

基因型的不同反应规范是在进化过程中形成的,它具有一定的适应意义。在遗传学中不仅需要研究控制性状的基因型,而且需要分析不同环境条件下性状所表现的反应规范。所以,在农业生产上,应根据品种的特性,了解各性状的反应规范,采取相应的栽培措施,做到良种结合等方法,使各种经济性状能在有利的条件下得到充分的表现,从而才能夺取高产。

三、遗传研究的方法

遗传性状的分析

遗传研究的对象或育种选择的对象,都是以生物的遗传性状的分析为依据的,因为不同的遗传性状能够反映出不同的遗传基础。所谓遗传性状,就是指凡是能从亲代遗传给子代的一切形态特征和生理特性。例如,棉花的红叶鸡脚棉和岱字棉 15 号这两个品种,它们在叶色和叶形上所表现的明显差异,都是能够遗传给子代的性状,故统称为遗传性状。而这种性状间的差异也就具体反映了它们在遗传基础上的差异。

生物体是一个整体,各性状的发育都是相互联系和相互制约的。但是,为了研究的方便,经常把各个遗传性状分别作

为一个单位,即所谓的单位性状,来进行研究分析。例如,水稻的株高、叶色、粒形、棉花的叶形、花色、铃重等,都分别是不同的单位性状。而在同一单位性状上又普遍表现有不同程度的差异。例如,水稻植株的高和矮,小麦颖壳的有毛和无毛,大豆花朵的紫色和白色等,这种同一单位性状的相对差异,叫做相对性状。

研究性状遗传的方法

相对性状对于研究单位性状的遗传具有重要的意义。可以设想,如果所有小麦品种的芒都是一样的,没有顶芒、有芒和无芒等相对的差异,则将无法分析和判断麦芒这一性状的遗传。有比较才能鉴别,只有出现了相对的差异,通过比较分析,才能了解其遗传的差异及其原因。

大多数生物都是进行有性繁殖的。父本和母本的一切遗传物质一定要通过雌雄性细胞的受精结合才能遗传给后代。所以,只有把具有相对性状的生物个体进行杂交,使不同的遗传基础分别通过雌雄性细胞的受精结合,成为一个新的杂种个体。然后从杂种及其后代性状的表现上,可以了解到它们的遗传基础的相对差异和作用及其内在的运动形式,从而才能分析研究其性状的遗传规律。所以说,杂交是研究遗传动态的一种必要方法。同时,对于遗传研究的数据资料,采用统计学的方法进行整理和分析,帮助说明研究的结果也是十分必要的。

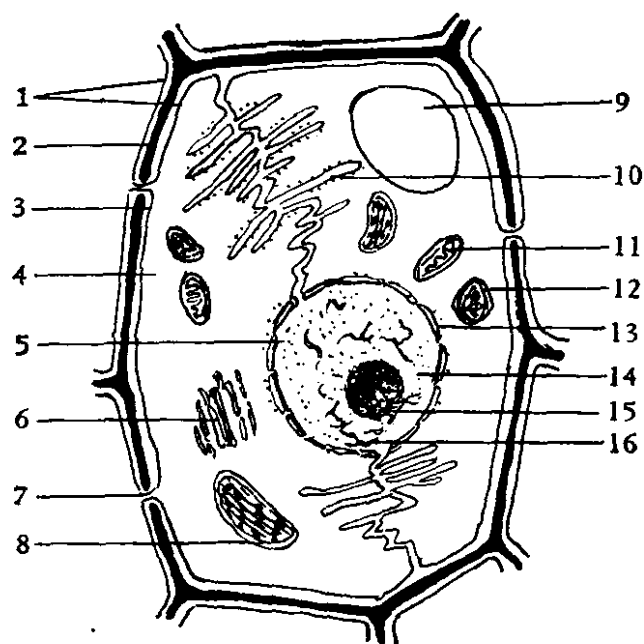
第二章 遗传的细胞学基础

自然界一切运动都是有物质基础的。遗传和变异是生命运动的现象,当然也有它的物质基础。事实证明,遗传的物质基础一定存在于细胞里。因为除了病毒和噬菌体这类最简单的生物以外,不论低等的和高等的动物和植物都是由细胞构成的;它是生物体的结构和生命活动的基本单位。在生物的生命活动中,自我繁殖后代是一个重要的基本特征。正因为这样,生命才具有连续性,才能世代相传,表现出遗传和变异的现象。而生物的繁殖必须通过一系列的细胞分裂,才能把遗传的物质基础传递给后代。因此,为了便于理解生物的遗传和变异与细胞构造及其内在机理的关系,有必要简要介绍细胞的结构和细胞的分裂方式,从而认识遗传的细胞学基础。

一、细胞的结构

细胞膜

细胞是由细胞膜、细胞质和细胞核三部分所组成(图2-1)。细胞膜是细胞质外围的一层薄膜,简称质膜。植物细胞不同于动物细胞,在质膜外围还有一层由纤维素和果胶等构成的细胞壁。这是由细胞质分泌出来的物质,对植物细胞和



- | | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| 1.细胞壁 | 2.胞间质 | 3.细胞膜 | 4.细胞质 |
| 5.细胞核 | 6.高尔基体 | 7.胞间连丝 | 8.叶绿体 |
| 9.液泡 | 10.内质网 | 11.线粒体 | 12.溶酶体 |
| 13.核膜 | 14.核液 | 15.核仁 | 16.染色质 |

图 2-1 植物细胞模式图

体躯起着保护和支架的作用。

在细胞质内存在有许多管道状的内质网，还有许多线粒体和叶绿体等，它们也都象质膜一样具有膜的结构。大量试验证明，膜不是一种静止的结构，它对细胞的生命活动具有重要的作用。

细胞质

细胞质是在质膜内环绕着细胞核外围的原生质，其中包含着各种细胞器。细胞器是指细胞质内除了核以外的一些具有一定形态、结构和功能的物质。它们包括：线粒体、质体、核

糖体、内质网、高尔基体、中心体、溶酶体和液泡等。其中有些细胞器只是某类生物所特有的。例如,中心体只是动物有,低等植物和一些蕨类及裸子植物中有;质体(叶绿体等)和液泡只是绿色植物有。细胞器的生命活动与性状的遗传表现常有着密切的关系。现已肯定,线粒体、叶绿体、核糖体和内质网等都具有重要的遗传功能。

线粒体是动植物细胞质中普遍存在的细胞器。它含有多种氧化酶,是细胞里氧化作用和呼吸作用的中心,能产生出许多含有高能键的三磷酸腺苷(ATP)。所以说,它是细胞的动力车间。质体有叶绿体、有色体和白色体三种,其中最重要的是叶绿体。它是绿色植物所特有的一种细胞器,其主要功能是光合作用。它必须在有光能的条件下,才能发生作用。但是,线粒体在黑暗条件下,也能进行作用。

核糖体是极微小的细胞器,在细胞质中数量很多,几乎占整个细胞重量的五分之一。在线粒体和叶绿体中也都含有核糖体。已知它是合成蛋白质的主要场所。内质网在细胞质中广泛分布,它常与核膜相连接;它的形状和数量因细胞的类型和环境条件的不同而有变化。有些内质网上常有核糖体附着。内质网主要是转运蛋白质合成的原料和最终合成产物的通道。

细胞核

除了细菌和蓝藻等低等生物以外,其余生物均具有一定形态结构的细胞核。因为前一类生物的细胞只含有核物质,而