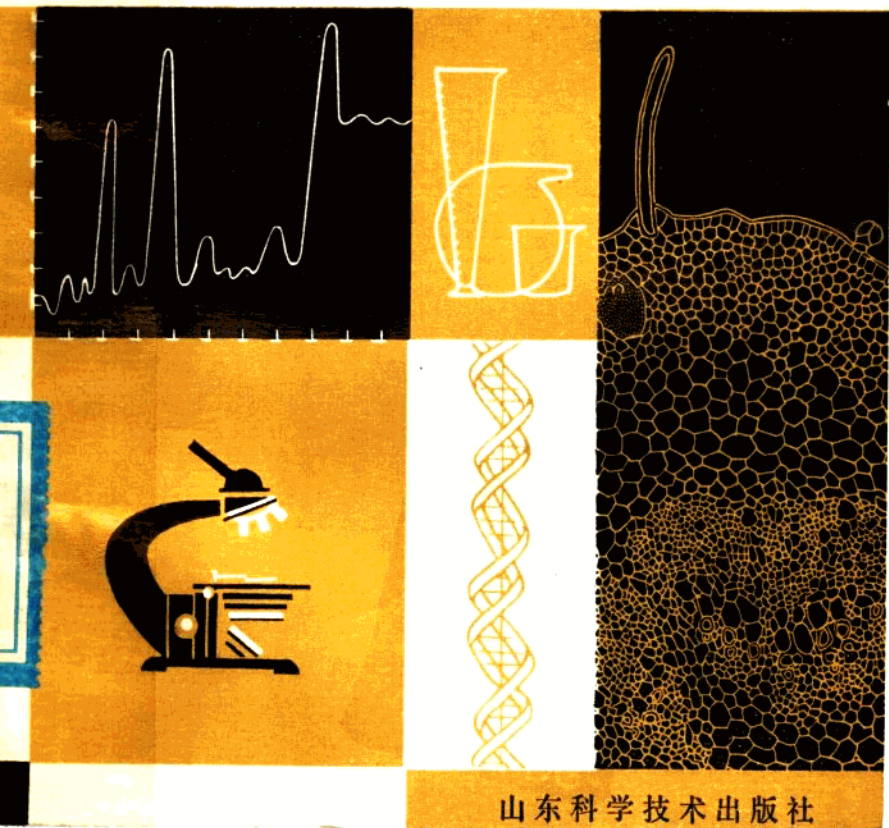


农林科学实验丛书

作物遗传与育种

李元慧 宋邦钧



山东科学技术出版社

引 言

良种是重要的农业生产资料

毛主席早在1942年就明确指出：“推广优良品种。有了优良品种，即不增加劳动力、肥料，也可获得较多的收成。”各地经验证明，农业要大上，作物要高产，必须认真贯彻农业八字宪法，大搞以改土、治水为中心的农田基本建设，彻底改变生产条件，为农作物的增产提供良好的基础；但良好的生产条件必须通过优良品种这一内在因素，才能充分发挥增产作用。

解放以后，我省小麦等作物进行了四次大规模良种更换，每次更换都明显地促进了产量的提高。例如，五十年代以碧蚂一号、四号小麦品种更替了生产上原有的小麦品种后，解决了当时的锈病及品种杂乱等问题，使小麦单产提高了一、二成以上。六十年代初又选出和推广了产量水平较高、抗锈能力较好的济南二号、八号、九号、四号等品种，又促进了小麦产量的进一步提高；七十年代初，一些单位种植了“蚰包”等抗倒耐肥品种之后，使小麦突破了千斤关，与此同时，全省各地大量种植丰产、抗病、适应性强，并能经济用肥的泰山一号，对促进我省农业生产的发展做出了贡

献。

无数事实说明，不断选育适于不同生产条件的优良品种，认真做好良种繁育工作，切实提高种子的质量，逐步实现品种良种化，是高速发展农业的要求，是实现我国农业现代化和农业科学技术现代化的重要内容之一。

实现良种化，要求我们必须在研究植物遗传规律的基础上，有目的地培育和推广农作物的优良品种，不断提高良种水平，使农作物良种保持高产、稳产、早熟、多抗、优质、适应性广的优良种性。为此，我们既要采取多种育种途径，培育新的良种，又要搞好良种繁育，保持良种纯度；同时，还应建立健全种子工作体系，做好品种资源的收集、整理、保存、品种选育、区域试验、品种鉴定、种子检验和推广等工作，逐步实现种子加工机械化，质量标准化。

遗传学是育种的理论基础

它是研究生物的遗传和变异规律的科学，也是一门紧密联系生产实际的基础科学。遗传学是植物、动物和微生物育种工作的理论基础，对于医学和人民卫生保健工作等，也有密切的关系。因此，不论在理论研究上或者生产实践上，都日益显示出学习和研究遗传学的重要作用。

很早以来，人们就注意到生物遗传和变异的现象。人们常说：“种瓜得瓜，种豆得豆”；“一母生九子，九子不一样”。这里说的就是生物的遗传和变异的现象。这些现象给我们提出了这样的一些问题：首先，遗传现象有没有规律？其次，

生物的亲代传了些什么东西给后代？也就是说，遗传的物质基础是什么？

人们经过了长时期的试验、探索、思考，也提出一些假说，直到十九世纪中叶，孟德尔（1822—1884原籍奥地利人）从八年的豌豆杂交试验中，得出了性状分离和独立分配（或叫自由组合）两个遗传基本规律。这两个规律，以后被多次实验证明，在植物界、动物界都广泛适用，也适用于人类。二十世纪初叶，由于细胞学的进展，为孟德尔提出的遗传规律提供了科学基础。摩尔根（1866—1945美国生物学家）和一些遗传学家们，通过了一系列的科学实验，又进一步证实细胞中的染色体就是遗传物质的载体（遗传物质就在染色体上），并发现了基因（控制生物性状的遗传单位）在染色体上呈直线排列的规律。1940年以后，由于化学和物理学的进展，特别是最近一、二十年来，由于近代物理、化学等方面的新成就与新技术在遗传试验研究方面的应用，使人们对于基因有了进一步的了解，对生物的遗传变异的实质，有了进一步的认识，成立了遗传学一门新的分科——分子遗传学。由于这种新兴科学的建立，开辟了研究遗传和变异的新途径。

大家知道，遗传学与发展农业生产有着极为密切的关系。为了更有效地控制生物的遗传和变异，更多更快地选育新品种，就必须运用正确的遗传学理论指导育种的实践，在这方面，已经取得了丰硕成果。例如，通过杂交育种，育出了大量的有价值的新品种，在生产上显示出增产作用。我国在农

作物杂种优势利用上取得了可喜的成绩，特别是杂交玉米、杂交水稻、杂交高粱的推广应用，增产尤为显著。在育种方法上，应用辐射育种、远缘杂交和多倍体育种方面，也取得了一定的成就，如异源八倍体小黑麦、四倍体橡胶草、三倍体甜菜和无籽西瓜等，都起了一定的推动作用。作物育种学是研究如何认识、选育和利用作物优良品种的科学。现在，作物育种学可以说是一门生物人工进化的科学，即利用生物进化的自然规律，人工创造变异，加速稳定变异，经过培育和选择，育成新的优良品种，以代替原有的优良品种，使作物的产量、品质不断提高，从而满足人类的需要。

作物优良品种，是在一定的经济、自然、栽培综合条件下的作物优良群体的生态类型。要正确地、深刻地认识品种，多快好省地选育品种，有效地利用品种，必须具备一些有关植物学、植物生理学、进化论、遗传学和生态学等方面的基础知识。

这本书将从十九世纪伟大的自然科学家孟德尔的科学实验和他发现的两个遗传基本规律开始，系统地、简要地介绍遗传学的基础知识，为开展选育新品种工作和进行遗传学方面的研究打下基础；介绍选育新品种的主要方法和良种繁育技术。目的在于普及作物遗传育种基础知识，为搞好育种和良种繁育工作，促进农业生产，加速实现农业现代化做出贡献。

目 录

引 言

第一章 遗传学的基本概念.....	1
一、遗传和变异	1
二、遗传、变异和环境	3
第二章 遗传的细胞学基础.....	7
一、自然科学的一大发现	7
二、细胞的构造	8
三、细胞分裂	16
四、授粉、受精和种子的形成	24
五、高等植物的世代交替	27
第三章 遗传的物质基础.....	29
一、遗传物质的发现	29
二、核酸	30
三、基因的基本概念	34
第四章 遗传的基本规律.....	35
一、分离规律	35
二、独立分配（或自由组合）规律	51
三、连锁和交换规律	68
第五章 数量性状的遗传.....	77
一、数量性状	77

二、多基因学说	79
三、超亲遗传	86
四、数量性状的遗传和育种	87
第六章 近亲繁殖和杂种优势	89
一、两种育种方式	89
二、杂交、自交、回交的遗传学意义	90
三、杂种优势	100
第七章 细胞质遗传和雄性不育	104
一、胞质遗传的特征	104
二、胞质基因	108
三、核、质基因相互作用	108
四、作物的雄性不育性	109
五、雄性不育的类型	110
六、三系的遗传基础	111
第八章 遗传物质的变异	115
一、基因突变	115
二、染色体结构的变异	120
三、染色体数目的变异	124
第九章 分子遗传学和遗传工程简介	131
一、什么是分子遗传学	131
二、核酸在蛋白质合成中的作用	136
三、遗传工程	143
第十章 育种目标及品种资源	150
一、育种目标	150

二、农作物的品种资源	154
第十一章 引种及选择育种	162
一、引种	162
二、选择育种	165
第十二章 杂交育种	173
一、亲本选配	174
二、杂交方式	175
三、杂交应注意的事项	178
四、杂交技术	179
五、杂交后代的选育	191
第十三章 杂种优势利用	196
一、杂种优势的利用方式	196
二、杂种优势利用举例——玉米杂交种 的选育和繁殖制种	199
三、雄性不育系的选育和应用	219
第十四章 辐射育种	228
一、辐射育种的优缺点	228
二、辐射育种的方法	230
第十五章 远缘杂交和多倍体育种	236
一、远缘杂交育种	236
二、多倍体育种	242
第十六章 其他育种新途径	250
一、单倍体育种	250
二、高光效育种	262

三、植物的体细胞杂交	269
第十七章 良种繁育和应用	274
一、良种繁育体制	274
二、品种混杂退化及提纯复壮	277
三、良种繁育技术	283
四、种子检验	284
五、良种的合理应用	288

第一章 遗传学的基本概念

一、遗传和变异

(一) 遗传和变异的基本概念 地球上的一切生物（包括动物、植物、微生物）在繁殖后代、绵延种族的过程中，上一代和下一代之间，同一亲本的子代的不同个体之间（譬如亲兄弟姊妹之间），总有许多性状彼此相象，也总有一些性状彼此不相象。它们又相似，但又不完全相同。这种彼此相似的是遗传现象，彼此不相同的是变异现象。每个生物体所具有的性状的总体，是遗传现象和变异现象纵横交织的结果。

遗传和变异是生物体在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，变异是绝对的。生物如果没有遗传，就不可能保持物种和品种的相对稳定性，农业生产上就没法利用优良品种来提高生产；同样，如果生物没有变异，就不会产生新的性状，物种的进化和新品种的选育也就不可能了。实际上，由于生物的遗传和变异的不断地运动，经过自然选择，形成了形形色色的物种；同时，在人类进行农业生产过程中，通过人工选择和培育，育成了适合人们需要的各种品种。所以说，遗传、变异和选择是生物进化和选育新品种的三个因素。

（二）遗传的变异和不遗传的变异 生物性状的变异是多种多样的。概括起来，大致可分为遗传的变异和不遗传的变异两大类：遗传的变异，是指变异发生之后，能够遗传下去，例如，小麦的有芒变成无芒，顶芒变成长芒，红糠变成白糠；玉米的胚乳，黄色变成白色，非糯性变成为糯性，等等。这些性状的变异，从上一代遗传给下一代，能够继续在后一代出现，我们叫它可遗传的变异。

不遗传的变异，是指生物在环境条件影响下表现出来的暂时的变异，这种变异一般只表现于当代，下一代就不一定表现，例如，我们在一块小麦地的水渠旁边或者粪底盘上，选择一棵穗大、粒多、粒饱的麦穗作种子，第二年种在一般旱薄地上，就长不出上一年那样穗大、粒多、粒饱了。这是因为它上年长在水肥充足，营养条件优越，同时又没有其他不利因素的影响，使个体得到了充分的发育，表现出穗大、粒多、粒饱的性状，但是这没有触及遗传物质，所以不能遗传。

上面所讲的两类变异的划分是相对的，不能绝对化，因为在一定的环境条件下，通过长期的影响，使变异由量变的积累可以转化为质变，使生物的遗传物质发生某种改变，特别是异常的环境条件的影响，可以促使遗传物质的改变，这样，即使不遗传的变异，也有可能形成遗传的变异了。

总之，在生物界通过繁殖而代代相传的过程中，既存在着相似性的遗传，也存在着相异性的变异。当生物的遗传物质基础发生变化而产生新的变异后，又通过繁殖而遗传下

来。这样，变异了遗传下来，又变异又遗传，使生物界不断发展和进化。人类在认识、掌握这种规律后，使生物在“不变”中变；在变中“不变”。在这个过程中，发挥人的主观能动作用，在发生了变异的群体中经过人工选择，使作物优良品种不断丰富，使农业生产水平逐步提高。

二、遗传、变异和环境

（一）生物和非生物 地球是由无生命和有生命两大类物质构成的。无生命物质，又叫非生物，包括水、声、光、热、电和各种矿物质、无机物质和有机物质（动植物和微生物的尸体）等等。有生命的物质，又叫生物。生物的范围极广，除人类以外，还有其它动物、植物和微生物。恩格斯指出：“生命是蛋白体的存在方式，这个存在方式的重要因素是在于与其周围的外部自然界不断的新陈代谢，而且这种新陈代谢如果停止，生命也就随之停止，结果便是蛋白质的解体。”这就是生物和非生物跟环境关系上的本质区别。非生物与环境相接触，就要逐渐被破坏，如象岩石被风化，逐渐失去原来的样子。如果我们将岩石与环境隔离开来，把它放在一个真空的容器内，则可以长期地、完整地保存下来。而生物恰恰相反，如果把生物从环境条件中孤立出来，譬如说也把它放在一个真空的容器内，那么，生物很快就死亡了。生物不能离开环境条件而生存。离开了环境条件就不是生物而成为死物了。这是因为生物要进行生命活动，而生命现象的

最重要特征就是与外界环境条件进行新陈代谢，“而且这种新陈代谢如果停止，生命就随之停止，……”。非生物在与周围条件接触时也会发生物质和能量的交换，但其结果却是破坏了它自己，如铁氧化后变成氧化铁。生物体和周围环境条件进行新陈代谢，却是它生存的必要条件。生物体只有生活于环境条件之中，与周围外界不断地进行物质和能量的交换，才能不断地自我更新发展自己，保存自己。

（二）遗传与环境 生物的特点，一是它们能够繁殖后代，绵延种族，在这个过程中表现出遗传和变异现象来；二是任何生物都不能脱离环境条件而生活，每时每刻都必须在自然环境条件之中，吸收利用各自所需要的物质，如水分、阳光、温度、空气、养料等等，同时排出一些不需要的物质，如二氧化碳等。我们把这种过程叫做新陈代谢。毛主席说：“新陈代谢是宇宙间普遍的永远不可抵抗的规律。”各种生物都各自按照一定的新陈代谢方式来进行生命活动，生长和发育。如果这种新陈代谢一停止，生命就随之结束。所以，任何生物都不能一分一秒地脱离周围环境条件而生活。反过来说，任何环境条件的变化，都能程度不同地影响到生物体的新陈代谢，影响到生物的生长和发育。例如，没有日光的照射，绿色植物就不能进行光合作用，也就不能制造有机物质；如果环境中缺少氧，植物就不能进行正常的呼吸，也就不能很好地分解体内的有机物质，放出生长发育所必须的能量来；如果土壤中缺乏氮素，庄稼体内含氮物质的代谢就会受到影响，这种情况持续时间长了，叶子就会变黄，表现出

缺氮的特征来。生物体与它周围环境条件有着不可分割的关系。生物与环境的统一，是生物科学的基本原则。任何生物都必须从环境中摄取一定的生活条件，通过新陈代谢进行生长发育和繁殖，表现出性状的遗传和变异。所以，生物各种性状的表现，都是遗传和环境相互作用的结果。

（三）基因型和表现型 生物性状的遗传基础和生物所表现的性状是两个不同的概念。为了便于分析研究，人们用基因型（也可以叫做遗传型）和表现型来表示。

什么是基因型呢？基因型是生物性状遗传的基础，是性状发育的内在因素，是肉眼看不到的一种潜在能力。近代遗传学研究表明，亲代传给子代的不是一个个体的缩影，而是一整套遗传物质。一个个体从其亲代获得的全部遗传物质结构，称为遗传基础或者叫做基因型。基因型，也可以理解为生物体遗传和发育的一种可能性和内因。

什么是表现型呢？简单来讲，一个生物在生长发育过程中所表现出来的性状，叫做表现型。也可以说，表现型是基因型和外界环境条件相互作用下的最终表现。表现型是可以观察到的具体性状。

基因型和表现型的关系又怎样呢？基因型是性状表现的内在因素，是表现型的内在依据。基因型通过外界环境条件而发挥作用；有了一定的环境条件，基因型才能发展成为表现型。它们两者的关系可以表示为：基因型 + 环境 $\rightarrow$ 表现型。

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，是表现型形成的依据。基因型和环境条件共同作用才能发展成为表现型。而外界环境条件，则是基因型变为表现型的必要条件。环境条件对于遗传所起的作用必须通过基因型而实现。表现型经常因环境条件变化而变化，但往往并不影响基因型。例如，不同的小麦品种对于某种锈病的抵抗能力不同，是由于不同的基因型所决定的。但抗病或感病的反应，只有当不同的小麦品种共同处于病菌发生的环境中才能鉴别出来。可见病菌的存在是抗病或感病性状表现的主要条件。换一个无病的环境就无法鉴定，但不能因此而改变某个品种对病菌反应的遗传力，因为在下一代再遇到病菌发生时，抗病品种仍能重新表现出抗病的性状来。虽然基因型是遗传的，但不能用肉眼观察到，我们只能通过表现型的表现来进行鉴别，通过鉴别进行选择，因此，鉴定和选择就是我们在选育新品种时所需要做的大量工作。

我们在田间所观察到的优良变异单株（或单穗），是这个个体的基因型和它所遇到的环境条件经过复杂的相互作用的结果。不同的基因型，在相对相同的环境条件下，固然可以发育成为不同的表现型，但相同的基因型（例如自交作物的同一品种）也会因环境条件的差异而发育成为不同的表现型。所以，我们在田间观察作物的变异，从事选育新品种工作时，就要善于区分基因型或表现型的变异，把表现型看作是选育优良品种的向导，用田间试验技术和科学分析方法，鉴定和选择出具有优良基因型的变异个体来，从而培育成新的优良品种。

第二章 遗传的细胞学基础

一、自然科学的一大发现

生物体是由什么构成的？这个问题在显微镜发明以前，没有能够解决。1665年英国物理学家胡克，用自己制造的显微镜观察软木塞的薄片，发现软木塞是由很多象蜂窝状的“小室”构成的。他给这些“小室”起了个名字叫细胞。实际上他只看到细胞的细胞壁。胡克认识到软木塞的细胞是死的，在植物叶片中看到的活细胞含有汁液。

胡克的研究引起了人们对生物显微结构的兴趣。科学家们一方面努力于细胞内部结构的研究；另一方面广泛地观察了各种动植物机体的显微构造。到了十九世纪，显微镜的构造有了重大的改进，对细胞的认识也随之发展了，1840年前后，已经认识到细胞是由细胞核和细胞质构成，核内还有核仁。在植物细胞内含有叶绿体。在对各种动植物进行观察的基础上，逐渐形成了一切生物是由细胞组成的概念。

十九世纪三十年代，德国科学家施旺和施莱登分别对植物和动物做了大量的细致地研究工作以后，共同提出了细胞学说。这个学说的中心思想是一切有机体，除最低级的以外，都是从细胞的繁殖和分化中产生和成长起来的。细胞学说的建立，在生物学发展史上具有重要意义。伟大的革命导

师恩格斯对此曾给予很高的评价，他把细胞学说、能量守恒和转化规律以及生物进化学说叫做十九世纪自然科学的三大发现。为什么把自然科学上的这三个发现提得这样高呢？因为这些发现在哲学上证明了世界只是统一的物质世界；自然界各个领域内的发展过程之间是相互联系、发展和变化的；自然界的一切运动是由一种形式到另一种形式的不断转化的过程。

二、细胞的构造

在地球上形形色色的植物中，跟我们生活关系最密切的是绿色的开花植物。所以我们就着重以绿色开花的高等植物为例，来讨论细胞的构造与功能。

细胞由两个主要部分组成：细胞质和细胞核。细胞质外面包着细胞质膜。植物细胞的最外层是一层透明的壁，叫细胞壁。无数实验证明，没有细胞核的细胞质或没有细胞质的细胞核都不能较长时间地独立生存，所以，细胞的两个主要组成部分是一个不可分割的统一体。但也有极少数细胞不是两者俱全的，譬如高等植物韧皮部的筛管细胞就没有细胞核，但它在刚刚产生出来的时候也是有细胞核的，它的细胞核是在发育后期才逐渐消失的。

（一）细胞质 细胞壁里面紧跟着是一层极薄的、不易看清的膜，叫细胞质膜（简称胞膜）。胞膜里包含着无色透明的、粘稠的物质，叫细胞质。细胞质由原生质和细胞器组