

遗传学基础 和育种原理

钱德杞 边立琪 陈昌颐 编



遗传学基础和育种原理

钱德杞
边立琪 编
陈昌颐

农业出版社

1773

6.1.11

遗传学基础和育种原理

钱德杞
边立琪 编
陈昌颐

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 13印张 267千字
1982年6月第1版 1982年6月北京第1次印刷
印数 1—11,000册

统一书号 16144·2373 定价 1.35元

前 言

本书是为县社农业推广人员自学农业基础知识编写的，也可供一般农业技术人员学习参考。

优良品种在促进农业生产力的发展上有重大作用。而育种学又是综合运用现代遗传学及其他有关自然科学的理论和科学技术来控制 and 改造作物的遗传性以创造适合现代化生产的新品种。单凭生产经验也有可能培育出新品种，但必须指出掌握现代科学技术特别是遗传原理，可以在育种工作中避免盲目性，增加预见性，使育种工作更富有成效。为此，我们编写了这本书，目的在于向读者介绍一些有关遗传和育种原理的基本知识及其应用途径。全书包括三部分，遗传基本规律及其应用，改变遗传性的途径及遗传的物质基础。着重于基本原理的阐述，育种程序和方法叙述较少。由于在这一领域中还有许多没有解决的问题和不同的学术观点，希望读者提出不同的看法和意见。

本书插图大多数来自各种参考文献，不能一一注明出处，尚请插图作者鉴谅，并向作者表示谢意。

本书第一、二、三、四、六、十章由钱德杞编写；第五、七章由边立琪编写；第八、九章由陈昌颐编写；插图由陈昌颐绘制。全书由钱德杞统一校订。

一九八〇年十月

目 录

第一章 遗传、变异、环境	1
一、生物的遗传和变异	2
二、遗传的变异和不遗传的变异	3
三、遗传和环境	5
第二章 遗传的细胞学基础	8
一、植物细胞的基本结构与功能	8
二、植物染色体	12
三、细胞的分裂	15
四、花粉的形成与发育	23
五、胚囊的形成与发育	25
六、受精作用	27
七、胚胎发育与种子形成	31
八、无融合生殖与多胚现象	34
第三章 遗传的基本规律	36
一、遗传因子的分离规律	36
二、遗传因子的自由组合规律	47
三、连锁与交换	60
四、数量性状的遗传	70
五、非染色体遗传	79
第四章 基因重组在作物育种中的应用	90
一、随机交配群体的遗传特点	90
二、基因重组与杂交育种	104
三、自交的作用	115

第五章 遗传物质的分子基础	126
一、DNA是遗传的物质基础	126
二、核酸的化学组成和分子结构	137
三、遗传信息的贮存、复制和传递	145
四、蛋白质的生物合成	157
五、基因的概念和基因作用的调控	181
六、遗传工程及其应用前景	191
第六章 基因突变与诱变	207
一、自然突变与诱发突变	207
二、基因突变的特征	209
三、突变发生与显现规律	216
四、基因突变的分子机理	221
五、诱变因素与作用机制	227
六、诱变在作物育种应用上的几个问题	241
第七章 染色体变异与育种	256
一、染色体结构变异及其应用	256
二、染色体数量变异及其应用	267
第八章 远缘杂交	300
一、远缘杂交的意义和成就	300
二、远缘杂交的不可交配性及其克服方法	306
三、远缘杂种的夭亡和不实及其克服办法	317
四、远缘杂种后代的分离和选择	324
五、关于远缘杂交的几个理论问题	327
第九章 杂种优势与雄性不育	334
一、杂种优势	334
二、雄性不育	361
第十章 无性杂交	389
一、无性杂交是一种创造遗传变异的方法	391
二、无性杂交的方法	393
三、关于无性杂交的理论	397
四、无性杂交后代的表现	405

第一章 遗传、变异、环境

遗传学顾名思义是研究生物遗传规律的科学，由于遗传与变异是生物同一特性的两个方面，因此遗传学是研究生物遗传和变异的规律的科学。而决定亲代和子代间的相互关系是遗传学研究的内容，这些相互关系包括亲代性状如何传递给子代，又如何产生变异，在后代中性状又如何能够发育。

遗传学的研究方法不是在于分析亲代与子代的相似，而是在分析亲代与子代之间的差异。从细胞水平来说，这一方法主要是把性状有差异的亲本进行交配，并分析亲代的差异在子代中发生分离的规律。根据这些规律，使人们认识细胞中存在着遗传物质即称为遗传因子或基因。基因是遗传的单位，遗传学所研究的正是基因的性质。

遗传学是近代发展起来的科学，遗传学一发展就成为生物科学中一个活跃的分支。近代生物科学由于遗传学的发展而产生根本性的改变。自从十九世纪孟德尔的植物杂交试验研究为遗传学打下了基础并开始探索生物遗传变异现象的实质以来，二十世纪初摩尔根等人，根据果蝇及其它动植物的大量试验，结合细胞学上的证据，证明作为遗传物质的基因位于染色体上，而且呈直线排列，使染色体遗传理论成为一个完整的体系。

近二、三十年来，由于近代物理、化学方面理论和技术的新成就，使人们对遗传物质有了进一步的了解。1944年阿委瑞（Avery）通过对肺炎双球菌遗传转化的研究，证实了脱氧核糖核酸（DNA）是遗传的物质基础。1953年华特生和克里克（Watson 和 Crick）提出了DNA分子的双螺旋结构模式，把遗传现象的研究提到分子水平。六十年代科学发展到基本上搞清了蛋白质的合成及代谢控制的一些基本规律和机制。近年来，随着核酸和蛋白质细微结构与功能的研究，对基因结构及其功能有了比较深入的了解，基因的分离已经初步成功。遗传工程研究工作的发展，已开始有目的地改变微生物的遗传结构，提高酶及一些主要代谢产物如氨基酸和核苷酸的生成。同时希望把细菌的固氮基因转入高等植物，使农作物自己供应氮肥以提高产量。也有希望把高等动物和植物的基因转入某些细菌内，以便大量生产重要的生物制剂如胰岛素等。目前的发展已显示出在这方面的前景。

自然界的生物形形色色，种类繁多，然而从最简单的有生命的物质到最高等的人类，都具有共同的属性，就是遗传和变异。所以在探讨遗传和变异的规律以前，先要了解什么是遗传，什么是变异。

一、生物的遗传和变异

遗传和变异是生物界的普遍现象。在农业生产实践中更是每时每刻都在运用着遗传和变异的规律。作物为什么有这么多的品种？高粱的后代为什么总是高粱？三尺三品种的后

代是三尺三，晋杂 5 号的后代为什么就变了？水稻为什么一定要种在水田里而小麦就要种在旱地？这些都是同遗传变异有关，所以作物栽培离不开遗传和变异，育种工作更是要知道遗传和变异的规律。

什么是遗传？遗传就是保持上下代的相似性。即在一定条件下，亲代的一切性状能遗传给后代，子代的一切性状基本上和亲代相似。“种瓜得瓜，种豆得豆”是遗传现象最简单的说明。生物正因为有这种特性，所以一个优良品种的后代仍是优良品种，否则生产上就不可能有品种，因此遗传性是一个比较稳定的属性。

什么是变异？亲代与子代之间或同一亲本后代个体之间的差异，称为变异。虽然同一对亲本的后代基本上类似于亲本，但仔细区分，个体间仍有差异。同一高粱穗的后代，其植株有高有矮，子粒有大有小，这就是变异。变异是普遍存在的，自然界没有两个完全相同的生物，即使同型双生子也是如此。正是因为有变异，才形成了生物的多样性。

遗传和变异是相互联系的。生物有遗传，所以物种能保持相对稳定；有变异，才能适应各种环境的变化。生物通过变异和遗传，才能从简单到复杂、从低级到高级的发展，形成形形色色的生物。生产上新品种的选育也是通过变异、遗传，再经过选择而得到的。

二、遗传的变异和不遗传的变异

是不是所有的变异都能遗传？变异有的能遗传，有的不

能遗传。同一品种的玉米，栽培在同一块地里，地头边行植株长得粗壮些，穗也大些，这是不遗传的变异；同一品种的大豆给予不同肥料，子粒有的大些，有的小些，这也是不遗传的变异。这就是说由环境条件引起的变异一般是不能遗传给后代的。这种变异又叫做徬徨变异。

遗传的变异是指这类变异一旦发生以后，就能通过有性繁殖而传递给后代。例如大豆的紫花变成白花，小麦的有芒变成无芒，水稻的高株变为矮株。这类变异一旦发生，就能继续从后代中出现。通常我们用来区别一个变种或品种的性状就是通过遗传的变异。例如高粱 3197A 芽鞘是绿色的，高粱三尺三品种的芽鞘是红色的，这是遗传的变异。不同品种的玉米在同样条件下，成熟期不同，这类变异也是遗传的变异。由于生物体中存在控制性状的遗传物质——基因，所以凡是由于基因或基因型的改变而引起的变异都是遗传的变异。因此杂交后代的变异是遗传的变异，因为它们的基因重新组合过了。经过辐射处理的后代也能产生遗传的变异，也由于基因发生了突变。

在自然界这两类变异是同时存在的，有时可以表现在同一性状上。例如一株矮生豌豆，可能是由于亲本是矮生的所引起，也可能是由于土壤肥料不足所造成。如是前者则为遗传的变异，如是后者则为不遗传的变异，它的后代在良好的栽培条件下仍可长成高大的植株。遗传学所研究的主要是遗传的变异及其规律，不遗传的变异没有什么意义，而在作物栽培上研究的主要是不遗传的变异，以使良好的遗传性状能得到充分的发展。

正确区分遗传的变异与不遗传的变异在理论上和实践上都有很大意义。只有正确区分这两类变异才能得出可靠的遗传规律，在选择中才能得到预定的效果，在品种试验中才能正确鉴定品种的优劣。

三、遗传和环境

生物的任何性状并不是以现成的方式从上代传递到下代，所有性状都是在个体发育过程中重新形成起来的。亲代通过遗传物质的传递，使子代具有和亲代相似的遗传基础，在一定的环境条件中表现出某种特定的性状。遗传学上把一个个体或某一性状的遗传基础称基因型，表现出来的性状称表现型。基因型是个体内部的遗传结构，肉眼是看不到的，表现型是外部表现的性状，是可以见到的。

基因型是个体发育的根据。生物性状的发育，首先决定于该个体是否具有形成该性状的遗传基础，即基因型。但基因型只是发育的可能性，由可能性变为现实性，还需一定的条件。例如，把分蘖力很强的水稻品种在肥沃的条件下种植，能形成很多分蘖，如果播种在非常瘠薄的土壤中，则很少分蘖或不分蘖。这是因为不具备分蘖的条件，尽管种子具有高分蘖能力的遗传基础，而分蘖强的性状仍不能表现出来。如果把分蘖力很弱的水稻品种，在肥沃的条件下种植，也不能发生很多分蘖，显然这是不具备分蘖力强的遗传基础。又如，把玉米种子播种在暗处，长成的幼苗是白色或淡黄色的。把这些幼苗移到阳光下，经过一定时间，幼苗就转变为绿色，

表明玉米有形成叶绿素的能力。这一情况说明玉米叶绿素这个表现型的形成，一方面要有必要的遗传基础，另一方面要有适宜的环境条件。

由此可以知道，基因型 + 环境 $\xrightarrow{\text{发育}}$ 表现型。基因型是性状发育的内因，环境是外因。表现型是基因型和环境相互作用的产物。基因型变了，可以引起表现型的改变，环境变化也可能使表现型发生变化。

不同生物对环境的反应是不一样的，同一生物对环境的反应也是不一样的。有的表现型比较稳定，不易受环境条件的影响；有的表现型易随环境条件的改变而改变。例如一种植物报春 (*Primula sinensis*) 有许多品种，有的品种在 20℃ 时开红花，在 30℃ 时开白花，而另一些品种则在这两种温度下都开白花。又如有一种喜马拉雅白化兔，在不同条件下也有不同的表现型：在 30℃ 以上温度成长起来的个体，全身白色；在 25℃ 温度下长成的个体，身体的末端（四肢、尾、耳、鼻尖）部分是黑色，其余部分白色。如果把它身上白色部分的毛拔去一部分，并使其在 25℃ 以下温度时，则这部分新长出的毛是黑色的。反之，使其在 30℃ 以上时则这部分的毛仍为白色的。高粱 3197A 的叶片数因栽培条件而不同，在北京是 18—19 片，在海南岛则为 13 片左右。而北郊品种的叶片数无论在北京或海南岛都变化不大，均在 20 片左右。

可见表现型对不同环境的反应是由于它们的遗传基础不同，基因型决定了生物对于不同的环境条件会发生什么反应。遗传学上把一个基因型在不同环境条件下的可能反应叫

做反应规范，也就是基因型反应的可能幅度。要知道一个基因型的反应规范，只有把这个体放在各种可能的环境条件下才能知道，而这在多数情况下是做不到的。对作物基因型的反应规范知道得越清楚，就越能控制性状的发育。例如棉花一般在播种层温度稳定在 12°C 以上时进行播种，但不同品种对发芽温度的反应范围可能是不同的。如果发现有在 $5-8^{\circ}\text{C}$ 下也能发芽的品种，即这个品种对发芽温度有较大的反应范围，就可配合其它条件的运用，进行提前播种，达到早出苗的目的。

现在要问：环境条件能否引起基因型的改变？强烈的环境条件，如各种辐射线、秋水仙碱等等可以引起基因型的改变，从而引起表现型的改变，这是已被公认的了。问题在于一般生活条件的改变（非强烈因素的作用）能否引起遗传基础的变化。这里有两种情况，一种是生活条件的改变没有超出该个体原来遗传基础的反应范围，那末遗传基础就不会变化。如小麦种子在 5°C 、 10°C 、 15°C 都能正常发芽，我们给以 5°C 的和 15°C 的发芽温度，都不能改变小麦发芽的温度范围。另一种情况是环境条件的变化超出了反应范围，但还不足以致死。在这种情况下，首先必然是生理过程发生变化。是否能影响到遗传基础，则还需更多的试验证据，现在还是争论中的问题。

第二章 遗传的细胞学基础

除病毒外，细胞是生物体的基本结构单位，是生物生命活动和遗传变异的基础。生物的新陈代谢是以细胞为单位进行的，生物的生殖也是以细胞分裂来实现的。所以，细胞是生物体的结构单位、功能单位和繁殖单位。

一、植物细胞的基本结构与功能

高等植物的结构和功能是十分复杂的，但高等植物的各部分都是由细胞组成的。不同的组织和器官功能不同，细胞的形状、大小也不一样，有的呈方形，有的柱形，有的球形等等。从大小来看，一般植物细胞的直径约为几十微米，但棉花种子表皮毛细胞可长达 40 毫米，某些麻类作物的纤维细胞可长达 200 毫米。尽管如此，绝大多数的细胞都有基本相同的结构和功能。

一个成熟的植物细胞，包含三大部分，外面是一层薄而具一定硬度和弹性的细胞壁，中间有一个或多个大液泡。细胞壁和液泡之间有一层透明不均一的胶体物质，称为原生质，包含有细胞核、细胞质和各种细胞器，如线粒体、质体、内质网等等，分别执行各种代谢功能（图 2—1）。

1. 细胞壁 在细胞的最外层，主要由纤维素组成。

2. 细胞膜 细胞内原生质表面有一层膜包围，原生质内的各种细胞器都具有自己的膜，以与其它部分隔开。细胞中的膜结构一般称生物膜，在细胞生命活动中有着重要的作用。所有的膜其基本化学成分是相似的，均由类脂、磷酸盐与蛋白质组成。细

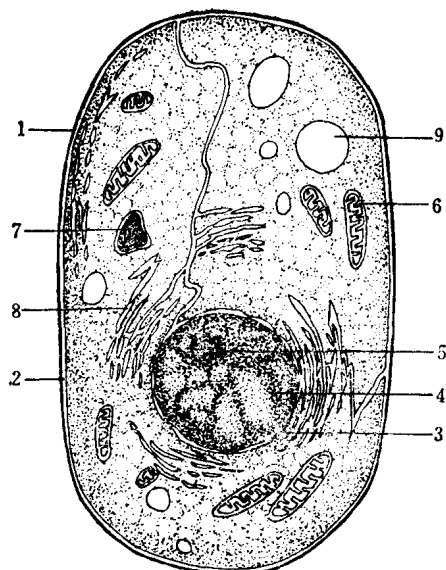


图 2—1 细胞结构模式图

(引自沈阳农学院教材, 1973)

1. 细胞壁 2. 细胞膜 3. 细胞核 4. 染色质 5. 核仁 6. 线粒体 7. 溶酶体 8. 内质网 9. 液泡

胞中的膜结构是相互联系的，由细胞膜到核膜构成一个连续性的膜系统。

细胞中的膜结构一般有这样几种功能：

①细胞通过细胞膜有选择的通透作用。从周围环境中摄取养分，并把自己的代谢产物排出体外，膜控制着细胞内外物质交流，保证细胞内物质成分有一定的稳定性。一般溶液中的物质总是由高浓度一边渗入低浓度一边，即所谓的渗透作用。而在细胞中，由于膜的作用（主要是酶）能使细胞内

外的特定物质逆浓度梯度而移动,使细胞能主动和有选择性的吸收营养物质和排出废物,其速度可与细胞代谢速度相适应,而不需依靠细胞外的物质浓度。这样就保证了细胞内外正常的物质交换,有效地防止有益物质的外流和有害物质的侵入,提高了细胞生活能力的主动性。

②细胞膜状结构可以增加细胞内部的表面积,能使沿着膜表面进行的各种生物化学反应效率达到较高水平。

③细胞的膜状结构还可作为生物体的换能器,如线粒体将氧化过程中释放的能转化为化学能,叶绿体将光能转化为化学能等。

3. 线粒体 线粒体为细胞质中的小颗粒,在光学显微镜下呈微小的粒状、丝状或棒状,通常分散在细胞中或集中在某一部分,如小麦叶肉细胞线粒体常围绕在叶绿体周围。电子显微镜下的线粒体为双层膜结构——外膜与内膜。内膜向内方突起褶皱叠成许多内隔称为脊膜(图2—2)。线粒体主要由蛋白质和类脂化合物组成,并含有许多酶,特别是与呼吸作用有关的酶和与能量代谢有关的三磷酸腺苷(ATP),此外还有少量的脱氧核糖核酸(DNA)、和核糖核酸(RNA)、维生

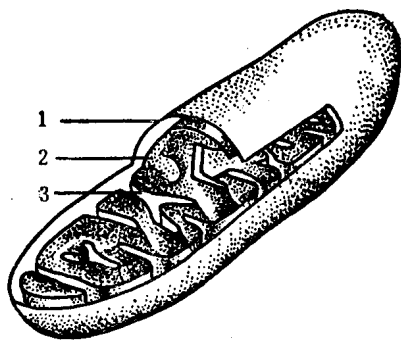


图2—2 线粒体的亚微结构

(引自卡特, 1970)

1. 外膜 2. 内膜 3. 脊膜

素、辅酶等。因此线粒体是细胞内能量代谢的中心，是一个很重要的细胞器。线粒体在遗传上有一定程度的自主性，但由于所含的信息量很少，自身合成的产物不足以组装成新的完整线粒体。有人认为作物的细胞质雄性不育可能与线粒体有关。

4. 内质网 内质网是由双层膜结构的囊泡和细管排列成网状，在细胞质内蜿蜒曲折，连接到核膜，并延伸到细胞的边缘。相邻细胞的内质网之间也有连接。内质网上分布着核糖核蛋白颗粒，蛋白质的合成在此进行，而内质网则作为蛋白质合成的原料和最终产物的通道。生长活跃的细胞比静止的细胞往往有较多的内质网。

5. 质体 质体有三种：叶绿体、白色体、有色体。这三种质体之间可以互相转化。如萝卜根埋在地下部分是白色，露在地面部分是绿色，表明在光照条件下产生叶绿素，白色体转变为叶绿体。辣椒、番茄等果实成熟过程中颜色的变化就是这三种质体转化的结果。

叶绿体是三种质体中最重要的一种，是绿色植物特有的细胞器，叶绿体在高等植物中多呈扁圆或卵状的颗粒，是细胞中进行光合作用能量反应和暂时合成淀粉的场所。除了有叶绿素和其它色素外，还含有蛋白质 RNA 和 DNA。

最近发现叶绿体具有遗传基因，并可把它看成是一种和细菌一样的独立生物。从植物细胞中分离出来的叶绿体，人工培养一个时期后仍处于生活状态，并能分裂增殖，因而认为叶绿体曾有可能是一种独立的生物，它和植物的关系是互相依存的共生关系。