

农业干部培训自学读本

植物遗传学基础知识

许启凤 程经有 编

农业出版社

农业干部培训自学读本
植物遗传学基础知识
许启凤 程经有 编

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 2.25 印张 46 千字
1981 年 5 月第 1 版 1982 年 3 月北京第 3 次印刷
印数 177,001 - 214,000 册

统一书号 16144·2380 定价 0.20 元

出版者的话

为适应农业干部学习农业基础知识的需要，我们请农业干部培训班北京农业大学班的教师，选择一些基本学科，在培训讲义的基础上加以修改补充，组成一套《农业干部培训自学读本》，先出版九册，书名如下：

化学基础知识

植物学基础知识

植物生理基础知识

植物遗传学基础知识

作物育种基础知识

土壤和肥料基础知识

植物保护基础知识

耕作学基础知识

农业气象基础知识

这套读本的特点是：内容少而精，联系实际，讲求实效，深入浅出，通俗易懂。适合具有初中文化程度的各级农业行政领导、管理干部和社队干部作农业科学基础知识培训的参考，也可供自学用。

各地由于情况不同，培训时间有长有短，讲课时可结合具体要求对此增补内容。

目 录

一、绪言	1
二、遗传的基本规律	3
(一) 遗传的细胞学基础	3
(二) 分离规律	12
(三) 独立分配规律	22
(四) 连锁遗传规律	28
三、数量性状遗传和杂种优势	35
(一) 数量性状的特点和遗传基础	35
(二) 杂种优势的遗传基础	39
(三) 雄性不育的遗传理论与应用	41
四、变异的基本规律	46
(一) 基因突变	47
(二) 染色体数量变异	50
五、遗传的化学基础与遗传工程	56
(一) 遗传的化学基础	56
(二) 遗传工程	59
附录 遗传学名词解释	63

一、绪 言

遗传学是生物科学中的基础理论学科。它直接涉及到生命的起源和生物的进化，同时又紧密联系生产实际。是指导动物、植物和微生物育种的理论基础，而且对于医疗卫生，人民健康都有密切的关系。遗传学究竟是研究什么的？简单地说，遗传学是研究生物遗传和变异规律的科学。遗传是指上下代之间的相似现象。俗话说：“种瓜得瓜，种豆得豆”。牛生的总是牛，马生的总是马。这种类生类的说法，就是朴素的遗传概念。再缩小到某些具体性状来看，有芒小麦下代还是有芒，各种品种都有它稳定的特性。通常我们把这种上下代之间的相似现象叫做遗传。

变异，是指上下代之间或个体之间不相似的现象。子女不会完全像他的父母，同胞兄妹也不会完全一样。同品种的植株也总会有所差异。这种上下代之间和个体之间的差异就是变异。

遗传和变异是生命的普遍现象，两者总是同时出现。同一亲本的后代，既像它的亲本，又不完全一样，总的情况是大同小异。大同是遗传的一面，小异是变异的一面。生物有了遗传的一面 各种类型就能稳定地延续下去，有了变异的一面，生物就能不断变化，向前发展。所以说遗传是稳定的

一面，变异是变化的一面，两者缺一不可。

但是，生物究竟怎么变？往那个方向变？这是由环境决定的。生物发生了变异，如果不能适应环境，就要被自然选择（或人工选择）所淘汰。而适应的变异，就会被选留，并逐代遗传下去，生物就逐步向前发展。这就是达尔文的著名的进化学说：“适者生存，不适者淘汰”。目前世界上现有的110多万种动物，39万多种植物，就是在又变又不变，又像又不像的矛盾运动中，加上选择的作用，逐渐演变来的。所以说遗传、变异和选择是生物进化的三要素。遗传、变异是基础，而环境则是必要的条件。

遗传、变异有没有规律？它的物质基础是什么？了解了它的特点规律，又有什么用处？这就是本课程所要解答的内容。

思 考 题

1. 什么叫遗传？什么叫变异？你能举出一些常见的例子吗？
2. 生物是怎样进化来的？

二、遗传的基本规律

(一) 遗传的细胞学基础

现代遗传学确定了三个遗传基本规律：分离规律、独立分配规律和连锁遗传规律。

细胞学的发展，证明了遗传变异的规律与细胞核内的染色体在有丝分裂和减数分裂过程中的行为有密切关系；证明了染色体是主要的遗传物质基础。所以在了解遗传规律之前，应该先了解一下染色体的基本知识，有丝分裂和减数分裂过程，及其在遗传上的意义，以及高等植物的世代交替。

1. 染色体

什么是染色体？染色体是细胞核内可以用碱性染料染上颜色的细胞器，所以叫做染色体。细胞分裂以前，染色体在细胞核内成为细丝状，因为它太细了，只有在电子显微镜下才能看到。随着细胞的分裂，染色体开始浓缩，可以在光学显微镜下观察到一条条线状的染色体（图1）。

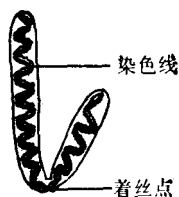


图1 染色体模式图

各种生物的染色体数目在一般情况下是恒定的，各有一

定的染色体数。比如小麦有 42 条，玉米、高粱、大麻、蓖麻各 20 条；大麦、黑麦、豌豆各 14 条；谷子、糖用甜菜各 18 条，人有 46 条染色体等等。

上面讲的染色体数是指体细胞中的。研究表明，体细胞中共有两套同样的染色体，一套来自雄性生殖细胞（即雄配子），另一套来自雌性生殖细胞（即雌配子）。配子只带有一套染色体。习惯上用 n 表示一套染色体数， $2n$ 代表相同的两套染色体。如玉米 $2n = 20$ ， $n = 10$ ；小麦 $2n = 42$ ， $n = 21$ 。

表 1 列举常见生物的染色体数。

表 1 常见生物的染色体数

生 物 名 称	体细胞染色体数 ($2n$)	配子染色体数 (n)	同源染色体对数
豌豆	14	7	7
黑麦			
大麦			
玉米	20	10	10
高粱			
大麻			
谷子	18	9	9
甜菜			
水稻	24	12	12
番茄			
人	46	23	23
猕猴	42	21	21
黄牛	60	30	30
马	64	32	32
驴	62	31	31
蚊	6	3	3
兔	44	22	22

在一套染色体内各个成员之间，由于它们大小不等，着丝点在染色体上的位置不同，以及在结构上的某些差异，可以把它们相互区别开来。

图 2 表示玉米的 10 条染色体 ($n=10$) 所具有的形态特征 (图 2)。

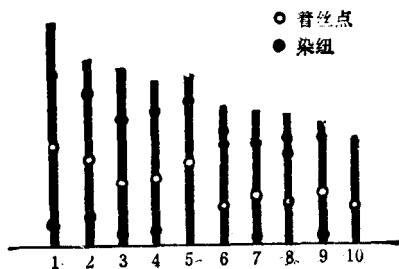


图 2 玉米的 10 条染色体模式图

上面已经提到体细胞中具有相同的两套染色体，所以我们不难理解体细胞中的染色体都是成对的，也就是说各种染色体都有相同的两条。比如玉米体细胞中的染色体，有两条第 1 号染色体，两条第 2 号染色体等等。由于各对染色体的两个成员之间，它们的形态大小相同、遗传的性质相同，所以在遗传学上称它们为同源染色体。不同对染色体之间称为非同源染色体。

2. 有丝分裂

高等生物的生长，主要是依靠细胞分裂，增加细胞的数目来实现的。这种细胞分裂叫做有丝分裂。它的特点是不论经过多少次的细胞分裂，核内的染色体数目始终保持不变。一个成年人大约有 250 万亿个细胞，这么多的细胞都是由当初一个合子细胞（受精卵）逐步分裂而来的，它们都具有合子细胞一样的 46 条染色体。

有丝分裂的整个过程，可以分为连续的四个时期：前

期、中期、后期和末期（图3）。现将分裂各期的要点简述如下：

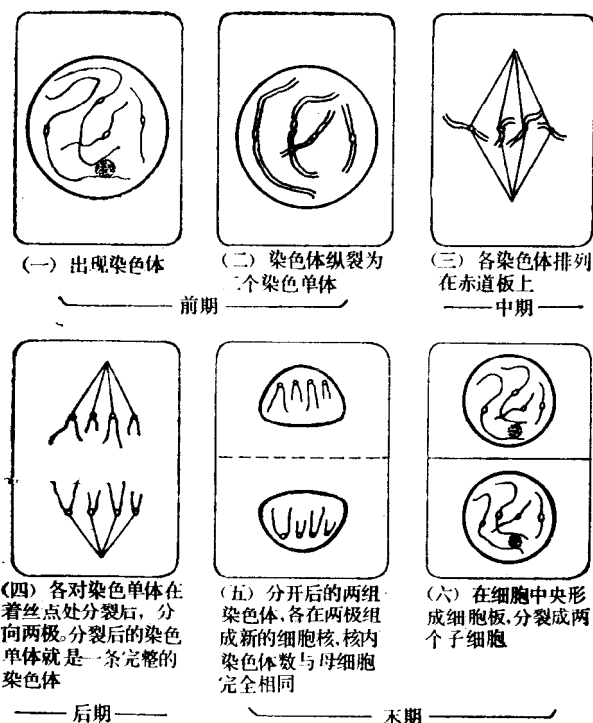


图3 细胞有丝分裂各个时期

前期 核内出现染色体，由细长逐渐缩短变粗。在晚前期可以见到各条染色体已分成两个染色单体，只是在着丝点处仍连结在一起（着丝点是染色体上一个固定的不着色的部分，是在细胞分裂中期附着纺锤丝的部位。每条染色体都有一个着丝点）。核仁和核膜逐渐消失。

中期 全部染色体排列在细胞中央的平面上（这个面叫赤道板）。从两极伸出纺锤丝，每个染色体的着丝点附着一根纺锤丝。

后期 各染色体的两个染色单体在着丝点处分开，由于纺锤丝的牵动而分向两极移动。分离后的染色单体就是一条完整的染色体。这时两极都有一组完整的染色体，其数目与分裂前的染色体数目一样。

末期 分开后的两组染色体，在两极各组成新的细胞核。在细胞中央形成细胞板，使细胞分成两个子细胞。

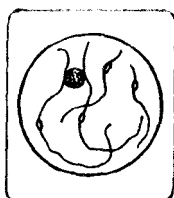
从细胞的有丝分裂的过程中看到，细胞分裂一次，染色体也分裂一次，并且均匀地分配到两个子细胞中去。我们要知道，染色体的分裂并不是简单地纵向一分为二，而是以原有的染色体为模板，复制了一条，因而它们之间在形态上和遗传性质上完全相同。由此可见，经过有丝分裂形成的两个子细胞间以及和原来的母细胞之间，无论在染色体的数量上或是质量上都是完全一样的，体现了遗传上的稳定性。

3. 减数分裂

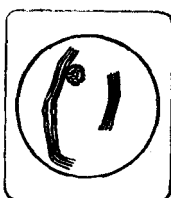
有性生殖的高等生物，除了进行有丝分裂外，在形成性细胞以前还要进行一次特殊的细胞分裂，即减数分裂。在高等植物中，减数分裂是在孢母细胞形成孢子的过程中发生的。孢母细胞经过减数分裂形成的孢子，其核内的染色体数目减少一半，由 $2n$ 减半为 n 。减数分裂包括前后两次细胞分裂。现将减数分裂的过程简要叙述如下（图4）：

第一次分裂

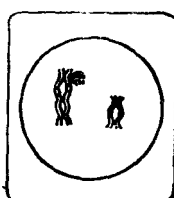
前期 I（表示第一次分裂的前期） 核内出现染色体，



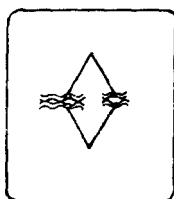
出现染色体



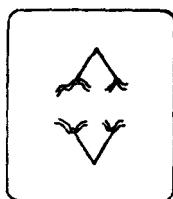
同源染色体配对，
每一染色体纵裂为
二个染色单体



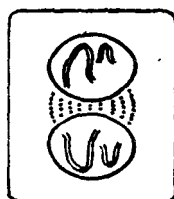
染色体进一步浓缩，
并出现交叉



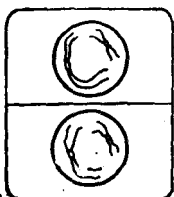
中期 I



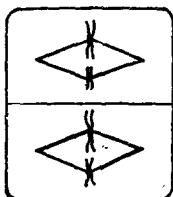
后期 I



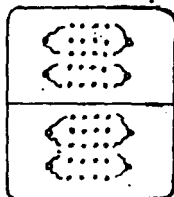
末期 I



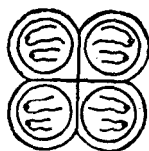
前期 II



中期 II



后期 II



末期 II

} 四分子

图 4 减数分裂各个时期

紧接着同源染色体开始两两配对，称为联会，这是减数分裂所特有的现象。此时，每个染色体已纵裂为两个染色单体。随后染色体愈加缩短变粗，并且同源染色体之间开始相互排斥，可以见到交叉现象。到前期快终了时，各对染色体分散在细胞核中，此时最易计数。

中期Ⅰ 核膜和核仁消失，各对染色体排列在赤道板上，着丝点面向两极。出现纺锤丝，每一着丝点都附着一根纺锤丝。

后期Ⅰ 由于纺锤丝的牵动，同源染色体彼此分离走向两极，每一极具有 n 个染色体，完成染色体数的减半过程。

末期Ⅰ 在两极形成二个子核，细胞分裂为二。此时期很短，紧接着进行第二次细胞分裂。

第二次分裂

前期Ⅱ 可以见到每个染色体都由两个染色单体组成，着丝点仍为一个。

中期Ⅱ 染色体排列在赤道板上，出现纺锤丝。

后期Ⅱ 每个染色体的两个染色单体在着丝点处分裂，并向两极移动。

末期Ⅱ 染色体到达两极后形成新的细胞。

综上所述，减数分裂的特点在于细胞连续分裂两次，染色体只分裂一次。在第一次分裂时，同源染色体先行联会然后分开到不同子细胞中去，完成染色体数目的减半作用。第二次分裂是各条染色体的两条染色单体分开的过程。最后形成 4 个孢子，都具有 n 条染色体。

减数分裂在遗传上的意义为：

(1) 减数分裂的结果,使配子的染色体数目减少一半,由 $2n \rightarrow n$,雌、雄配子结合,染色体数又恢复成 2 倍性,这样就可以维持上下代之间染色体数目的恒定性。

(2) 同源染色体在减数分裂中的联会和分离关系到染色体之间遗传物质的交换和重新分配,这是杂种后代出现多样性分离的物质基础。这方面的问题将在有关章节中详细论述。

4. 高等植物的世代交替

许多有性生殖的植物在它的生活周期中,都有一个有性世代(配子体时代)和无性世代(孢子体世代)的交替,简称世代交替。用高等植物为例,它在生活周期中的某个时期要经过减数分裂产生性细胞——配子,染色体数由 $2n \rightarrow n$,也就是说由无性世代转入有性世代,再由雌雄配子受精形成种子,又转入孢子体世代,染色体数由 n 恢复成 $2n$ 。

下面以玉米为例,说明世代交替的过程。

(1) **孢子体时期** 由受精后的合子发育成一株玉米就是玉米的孢子体,它的体细胞染色体数是 20,通常称为二倍体 ($2n$)。在它的雌花内生有子房,雄花内有花药。

(2) **小孢子和雄配子的发生** 雄穗花药(小孢子囊)内孢原细胞膨大为小孢子母细胞(即花粉母细胞 $2n$),经减数分裂形成四个小孢子,各有 n 个染色体,小孢子以后即发育成花粉粒。其过程是小孢子核经过一次有丝分裂,形成生殖核和管核(营养核)。其中生殖核再经过一次分裂,形成两个雄配子,即为精核。管核和精核都包含在花粉粒中成为雄配子体。从减数分裂后所产生的孢子、配子都是单倍体

(n)，是玉米的有性世代，它时间短而且寄生在孢子体上。

(3) **大孢子和雌配子的发生** 雌穗子房（大孢子囊）内珠心层的下表皮细胞分化成为大孢子母细胞($2n$)，经过减数分裂形成四个大孢子，每个大孢子具有 n 个染色体。以后三个大孢子退化，只剩下一个大孢子(以后成为胚囊)，这个细胞连续进行三次有丝分裂，形成 8 个单倍体核，就成为雌配子体。靠近珠孔的一端形成卵细胞及两个助细胞；另一端形成三个反足细胞（玉米是几十个），中间为两个极核。

(4) **雌雄配子结合（受精）** 授粉后花粉粒在花柱上萌发成花粉管，两个精核（雄配子）从花粉管进入胚囊，其

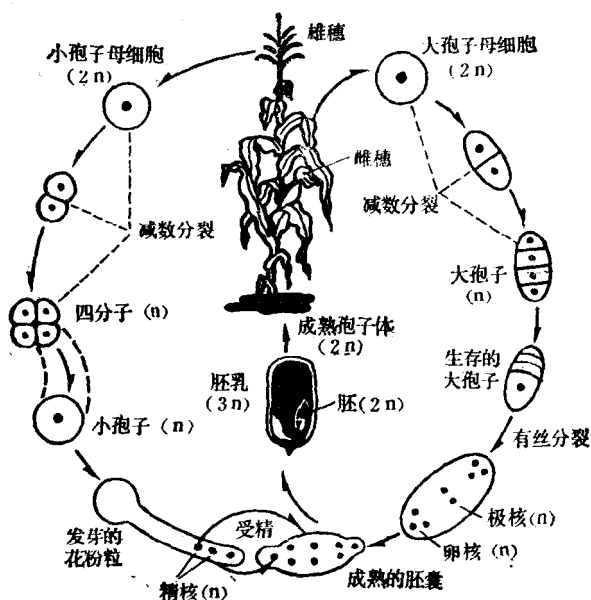


图 5 玉米的生活周期

中一个精核与卵细胞结合形成受精卵，产生二倍体核，发育成胚。其染色体数目由 n 恢复为 $2n$ ；另一个精核与两个极核结合，产生三倍体核，发育成胚乳。其染色体数目为 $(n + n + n) = 3n$ 。珠被则形成种皮。胚和胚乳、珠被一起构成种子。这种由两个精核分别与卵和极核受精，并由此而产生胚及胚乳的现象，称为双受精。双受精是被子植物特有的特性。

玉米的生活周期——世代交替的情况如图 5。

（二）分离规律

要研究生物的遗传规律，通常要做大量的杂交试验，将有性状差别的个体杂交，观察这些性状在杂交后代中的表现，并且统计许多数据。所以我们在介绍遗传规律时，需要从有关的杂交试验谈起。

1. 豌豆的杂交试验

豌豆是严格的自花授粉作物，在自然条件下很难发生天然杂交。有一种红花品种，它的后代全开红花；另有一种白花品种，它的后代全开白花（图 6、图 7）。以红花品种作母本，白花品种作父本，进行杂交（杂交前应将母本仔细去雄，然后授上父本的花粉）。见图 8，杂种一代（ F_1 ）开红花，它的颜色和亲本完全一样。为了研究杂种一代花色的表现是否与母本有关，又做了另一个杂交。将白花做母本，授上红花品种的花粉，结果杂种一代仍然开红花（图 9）。可见杂种一代开什么颜色的花，与哪一个品种作母本关系不大。这是什么原因呢？是不是由于杂交而使白花这一性状消失了

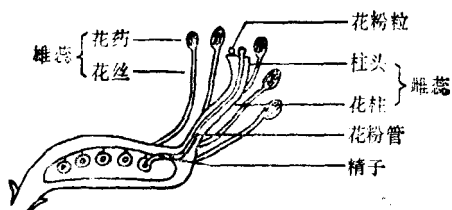


图6 豌豆的雌蕊和雄蕊的构造
图中还表示花粉粒在柱头上发芽伸出花粉管，带着精子到达卵子的情况

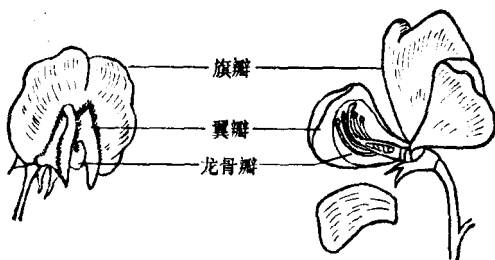


图7 豌豆的花

红花作母本，人工去雄

白花作父本，取花粉

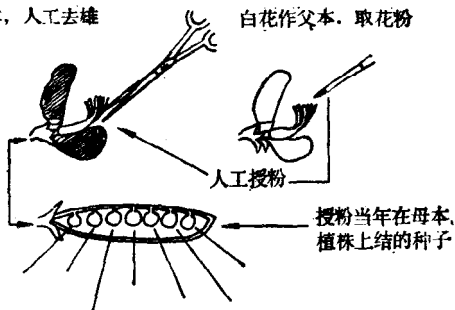


图8 红花豌豆×白花豌豆，F₁开红花，示意图