

目 录

出版说明

第一章 生物的遗传与变异	(1)
第一节 遗传与变异的基本概念	(1)
第二节 减数分裂及其与遗传的关系	(2)
第三节 遗传的基本规律	(5)
第四节 细胞质遗传	(12)
第五节 基因突变	(13)
第六节 染色体变异	(14)
第二章 选择育种	(16)
第一节 选择育种的概念和意义	(16)
第二节 优良类型的选择	(17)
第三节 优树选择	(18)
第四节 种源选择	(30)
第五节 芽变选择	(33)
第三章 树木引种	(35)
第一节 引种的概念和意义	(35)
第二节 影响引种的因子	(36)
第三节 引种的方法和步骤	(41)
第四章 杂交育种	(45)
第一节 杂交育种的概念和意义	(45)
第二节 杂交育种目标的制定	(47)
第三节 杂交方式的确定	(48)
第四节 杂交组合和亲本的选择	(50)

第五节	杂交前的准备	(52)
第六节	杂交技术	(54)
第七节	杂种苗的培育与选择	(59)
第八节	造林对比试验	(60)
第九节	区域栽培试验及杂种优势的利用	(61)
第五章	母树林	(62)
第一节	母树林的概念和意义	(62)
第二节	建立母树林的条件	(62)
第三节	母树林的规划和设计	(66)
第四节	母树林的经营管理	(69)
第六章	种子园	(74)
第一节	种子园的概念和意义	(74)
第二节	种子园的规划和设计	(75)
第三节	无性系种子园的建立	(79)
第四节	实生种子园的建立	(86)
第五节	种子园的经营管理	(87)
第七章	采穗圃	(93)
第一节	采穗圃的概念和意义	(93)
第二节	接穗采穗圃的建立	(94)
第三节	条、根采穗圃的建立	(96)
第八章	林木结实规律	(103)
第一节	林木的发育阶段	(103)
第二节	林木结实的年龄	(104)
第三节	林木结实的周期性	(105)
第四节	影响林木结实的因素	(106)
第五节	种子产量预测	(110)
第九章	林木种子的成熟和采集	(115)
第一节	种子的成熟	(115)
第二节	采种时期	(118)

第三节	采种方法	(120)
第四节	采种工作的组织	(124)
第五节	种子登记	(131)
第十章	种实的调制	(133)
第一节	种实的脱粒	(133)
第二节	种子的干燥	(139)
第三节	净种及种子分级	(140)
第十一章	种子的贮运和调拨	(142)
第一节	种子的寿命和贮藏原理	(142)
第二节	影响种子生命力的因素	(144)
第三节	种子贮藏方法	(147)
第四节	种子的调拨和包装运输	(150)
第十二章	林木种子检验	(153)
第一节	林木种子检验的概念和意义	(153)
第二节	抽样	(153)
第三节	种子品质的测定	(158)

第一章 生物的遗传与变异

第一节 遗传与变异的基本概念

生物界有一个非常有趣的现象，子女生下来很象他的父母，核桃种到地里，生根发芽，几年后开花结实，最后结的果实还是核桃。人们把这种亲代与子代相似的现象叫遗传。

用同一株核桃树上的种子分别种下去，长大以后，每株树虽然都结的是核桃，但又不完全一样，有的核桃圆一点，有的扁一点，有的皮薄一点，有的皮厚一点，而且它们与原来母树上的核桃也不完全一样。这说明生物的亲代与子代和子代个体之间，既有相似的一面，又有差异的一面，正如俗话说的“一娘生九子，九子各有别”。这种亲、子之间，子代个体之间存在的差异现象，人们把它叫做变异。

生物发生的变异又分两种情况：有的变异能世代代遗传下去，如中国林业科学研究院五十年代用美杨与青杨杂交育成的北京杨，无论形态特征、生理特性与原来的美杨或青杨都有明显的差异，同时北京杨又总是北京杨，它的性状能一代代稳定地遗传下去，象这种能够遗传的变异，一般称为遗传的变异。

有的变异是不能遗传的，譬如春天把北京杨扦插在瘠薄的苗圃地里，不认真抚育管理，到了秋季苗木就会变得茎秆瘦

弱，叶片细小，表现得不象一个良种的样子。第二年春天，如果再把这种苗木剪成插穗，扦插到肥沃的苗圃地里，精心地施肥、灌溉、松土、除草，它又会茁壮生长，枝粗叶茂。我们所看到的茎秆变得瘦弱，叶片变得细小，仅仅是由于环境条件的改变而产生的变异，显然是不能够遗传的，人们把这种变异称做不遗传的变异。

遗传学所说的变异都是指的遗传的变异，人们需要研究的也正是这种变异，因为一个新的生物种类和类型都是在这种变异基础上形成的。

这种变异是怎样产生的，这是一个很复杂的问题。我们知道生物的许多性状如形态特征、生理特性等，都是世代相传的，如果是有性繁殖，很明显是通过生殖细胞传递的；如果是无性繁殖，则是通过细胞分裂传递的。现代遗传学的研究已经证实在细胞核里的染色体上的脱氧核糖核酸（DNA）是控制性状发育的主要遗传物质。这种遗传物质具有相对的稳定性，能够自我复制，使前后代的遗传性状保持一定的连续性，并能产生可遗传的变异。DNA是一个大分子，其中某一个片段就可以是一个遗传的独立单位——基因。基因决定蛋白质的合成和性状的表现。遗传物质改变了，相应地所控制的性状也会产生新的变异。由于遗传物质是相对稳定的，因此，它的改变所引起的变异也就能相对地稳定下去。

第二节 减数分裂及其与遗传的关系

减数分裂是在植物性细胞成熟时一种特殊的有丝分裂形式。例如杉木在配子形成时，经过减数分裂以后形成的花粉

粒和卵细胞都只含原来染色体数目 ($2n = 22$) 的一半 ($n = 11$)。

减数分裂有两个重要特点：一是各对同源染色体* 在细

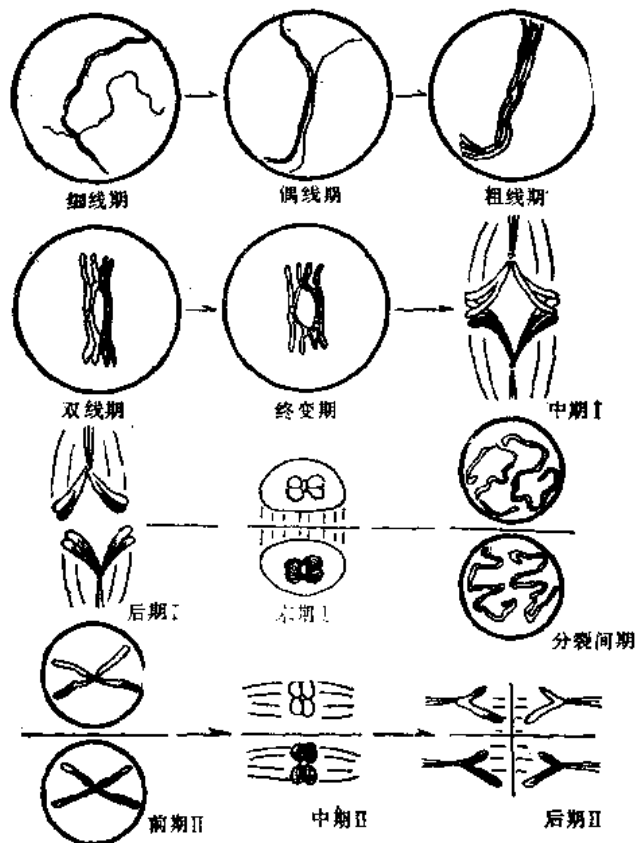


图 1—1 减数分裂模式图

* 同源染色体即高等生物同一物种体细胞中形状、大小、作用相同的每一对染色体。其中一条来自上一代的精细胞，另一条来自母细胞。不同对的染色体叫非同源染色体。

胞分裂的前期出现配对现象，这叫做联会，二是整个减数分裂过程中，细胞连续进行两次分裂，而染色体只复制一次，因此，第一次细胞分裂染色体减数，第二次等数。

减数分裂的全过程可细分为下列各个时期（图1—1）。

第一次分裂

前期Ⅰ 又可细分为五个时期：

细线期 核内出现细长如线、数目成双的染色体。

偶线期 各同源染色体分别配对，出现联会现象。 $2n$ 个染色体联会后成为 n 对染色体，这样联会成对的染色体称为二价体。

粗线期 二价体逐渐缩短变粗。由于染色体已经过复制，所以这时每个染色体已含有两条染色单体，它们互称为姊妹染色单体。实际上这时的二价体已含有四条染色单体，故又称为四合体。

双线期 四合体继续变粗变短，各对同源染色体开始分开，相邻的非姊妹染色单体之间相互扭曲，出现交叉，某些片段发生交换。

终变期 染色体变得更粗短，这时二价体分散在整个核内，可以一一区分开来。

中期Ⅰ 核仁和核膜消失，出现的纺锤丝与各染色体上的着丝点相连接。着丝点整齐地排列在赤道板上。

后期Ⅰ 由于纺锤丝的牵引，每个二价体相互分开，分别向两极移动。每极只有一组同源染色体（ n ），实现了数目减半。这时每个染色体含有两条染色单体，只是着丝点没有分裂。

末期Ⅰ 染色体变细并移至两极，形成两个子核。同时细胞质分裂为两部分，形成两个子细胞。第一次分裂完成。

第二次分裂

前期Ⅱ 纺锤丝出现，每个染色体有由着丝点连接在一起的两条染色单体。

中期Ⅱ 每个染色体的着丝点在各个分裂细胞的赤道板上。

后期Ⅱ 着丝点分裂为二，姊妹染色单体由纺锤丝分别拉向两极。

末期Ⅱ 拉到两极的染色体形成新的子核，同时细胞质又分裂为两部。第二次分裂完成。

整个的减数分裂过程，细胞经过两次分裂，形成四个子细胞，称为四分体，或称四分孢子。这时各细胞核里只有最初母细胞的半数染色体，即从 $2n$ 减为 n 。

高等植物在有性繁殖的生活周期中，减数分裂是配子形成过程中的必要阶段。它在遗传学上的重要意义是：①减数分裂后，四个子细胞中的染色体均减半，最后发育成精子和卵细胞，也只具有半数染色体 (n)，以后精、卵细胞结合（受精）形成合子，又恢复到某一物种本身的染色体数目，使物种保持遗传的相对稳定性；②减数分裂过程中同源染色体向两极分开，各个非同源染色体之间可以自由组合在一个配子里，而且同源染色体的非姊妹染色单体之间还可能发生片断的交换，形成各种不同染色体组成的配子，这就为生物的变异提供了重要的物质基础，有利于生物的进化和人工选择。

第三节 遗传的基本规律

遗传的基本规律包括分离规律、自由组合规律、连锁互换规律。

一、分离规律

分离规律指的是一对相对性状的遗传现象，即杂种第一代的任何一对基因，随着减数分裂而发生分离，分别进入不同的配子，雌雄配子结合的概率相等。完全显性时，杂种第二代个体的表现型按3:1分离。

奥地利遗传学家孟德尔曾用自花授粉的豌豆作杂交试验，发现7对不同性状的杂交组合的共同结果是：①不论正交或反交，杂种的遗传动态都是相同的；②杂种第一代所有植株的表现都是一致的，都只表现相对性状中的一个性状。一般把杂种第一代表现出来的性状叫显性性状，没有表现出来的性状叫隐性性状；③杂种第二代的性状出现了分离现象，显性和隐性植株出现的比例约为3:1。

试验的步骤和结果如下：

P (亲本)	♀ (母本) 红花 × ♂ (父本) 白花
	↓
F ₁ (杂种第一代)	红花 ⊗ (自交)
F ₂ (杂种第二代)	红花 白花
	705株 224株
比例	3.15 : 1

这种现象在遗传理论上的解释是：相对性状由相对基因所控制。用来杂交开红花和开白花的豌豆，是由一对基因决定的，是纯合体*，决定豌豆开红花的基因是显性，用符号AA表示，决定豌豆开白花的基因是隐性，用符号aa表示。

* 纯合体——同源染色体相应位点上的基因相同，产生后代的纯合基因型。如同源染色体相应位点上的基因是相对的，后代出现性状分离的基因型则叫杂合体。

这一对基因，当有A存在时，a所决定的开白花的性状便无法表现出来。因此，凡是有AA或Aa基因的豌豆都表现为开红花，只具有aa基因的豌豆才表现开白花。

基因在染色体上呈直线排列，一对控制相对性状的基因在一对同源染色体的相对位置上叫等位基因。等位基因一个来自母本，一个来自父本。在雌雄配子形成时，由于减数分裂，同源染色体分配到不同配子中去，等位基因也彼此分离，因而配子只含有等位基因中的一个，如图1—2所示。以红花

P		AA(红花) × aa(白花)	
		↓	
F ₁		Aa⊗	
雌配子 ♀	雄配子 ♂	A	a
A		AA(红花)	Aa(红花)
a		Aa(红花)	aa(白花)
F ₂		3红花	1白花

图 1—2 豌豆一对性状的遗传

豌豆（体细胞基因为AA）与白花豌豆（体细胞基因为aa）杂交，红花豌豆的配子里只可能有一个A基因，白花豌豆的配子里只可能有一个a基因。通过受精A和a结合到一个受精卵内，得到的杂种一代，其基因型*都是Aa，因此，它们都表现为开红花。

基因是相当稳定的，杂种体内的等位基因是互不融合和

* 基因型——生物体全部遗传因子（基因）的总和。通常是指所研究的性状的有关基因。在特定的环境条件下，具有一定基因型的个体所表现的性状总和，则称表现型或表型。

混杂的，具有相对的独立性。上述的 F_1 都具有Aa基因，它们在产生配子时，等位基因Aa随着同源染色体分离到不同的配子中去，因而产生A和a的两种雌性配子和两种雄性配子。由于杂种产生的这些不同类型的配子，在数目上是相等的，雌雄配子受精结合的机会也是相等的，因此，上述两种雌雄配子互相结合，结果在 F_2 便有三种基因结合AA、Aa、aa。其比例为1:2:1，在性状表现上红花与白花就出现了大约3:1的分离比例。

这里要指出的是，显性的作用不是绝对的，有的等位基因所控制的相对性状可以在后代中同时表现出来，不分显、隐性，在这种情况下，杂种二代就不可能出现3:1的分离比例。

分离规律说明，杂种后代会产生性状分离，同时导致基因的纯合，对指导杂交育种有着重要的意义。在树木育种中，往往是选出优良的植株后，即采用无性繁殖的方法，稳定优良的遗传性状，使后代不再发生分离。

二、自由组合规律

自由组合规律也叫独立分配规律。具有两对以上相对性状的亲本进行杂交以后， F_1 形成配子时，不同的等位基因各自独立地分配到配子中去，一对等位基因与另一对等位基因在配子里的组合又是自由的，互不干扰的。

孟德尔研究了两对和两对以上性状之间的遗传关系。他以黄色子叶圆形种子的豌豆作母本，绿色子叶皱形种子的豌豆作父本进行杂交，黄色及圆形是显性性状，绿色及皱形是隐性性状，因此， F_1 所有的种子都是黄色圆形，由 F_1 长成的15个植株全部自交，得到 F_2 分离的556粒种子，其中黄色

圆形 315 粒、黄色皱形 101 粒、绿色圆形 108 粒、绿色皱形 32 粒，其比例约为 9 : 3 : 3 : 1。杂交时配子的基因随机组合及表现性状如图 1—3。

P		AABB × aabb			
		(黄圆)	(绿皱)		
		↓			
F ₁		AaBb (黄圆)			
雌配子	雄配子	AB	Ab	aB	ab
AB	AB	AABB 黄圆	AA Bb 黄圆	Aa BB 黄圆	Aa Bb 黄圆
Ab	Ab	AABb 黄圆	AA bb 黄皱	Aa Bb 黄圆	Aa bb 黄皱
aB	aB	AaBB 黄圆	Aa Bb 黄圆	aa BB 绿圆	aa Bb 绿圆
ab	ab	AaBb 黄圆	Aa bb 黄皱	aa Bb 绿圆	aa bb 绿皱
F ₂		9黄圆 : 3黄皱 : 3绿圆 : 1绿皱			

图 1—3 豌豆四种类型配子的随机组合

生产实践中所遇到的往往不是两对而是多对性状的遗传现象。这种遗传现象尽管复杂，但仍可以遵照分离和自由组合规律加以说明。

自由组合规律在理论和实践方面都有着重大意义。自然界生物体的多样性，以及同一种生物没有相同的个体，这都是遗传变异的结果。引起变异的一个重要原因即是基因的不同组合。因为高等生物的基因是很多的，基因的组合不同，会产生多种多样的后代。通过杂交，使基因重新组合，就会产生不同于亲本的变异类型，有利于新的品种的选育。

三、连锁互换规律

细胞进行减数分裂时，处在同一条染色体上的非等位基因保持固有的结合状态，它随同所在染色体进入同一配子，这叫连锁。与此同时，处在同一条染色体上的非等位基因作为一个独立活动单位，随着所在姊妹染色单体的断裂而彼此交换，使染色体上的基因产生新的组合，从而产生基因重新组合的配子时，这叫互换。这个规律是美国遗传学家摩尔根（1866—1946年）所发现的。

为了阐明这一规律，以玉米杂交试验为例：

玉米籽粒顶部的饱满和皱缩是一对相对性状，饱满是显性，用S表示；皱缩是隐性，用s表示。有色和无色是一对相对性状，有色是显性，用C表示；无色是隐性，用c表示。它们分别位于两条同源染色体上，如图1—4。

将有色饱满的品种 (CS/CS)* 与无色皱缩的品种 (cs/cs) 杂交，F₁ 都是有色饱满的 (CS/cs)。根据分离和自由组合规律，它们必然产生 CS、Cs、cS、cs 四种比数相同的配子，将双隐性的亲本 (cs/cs) 与 F₁ 回交时，得到的后代应该有四种表现型出现，在这四种表现型中 2/4 的个体应为亲本性状，另外 2/4 的个体中应是有色皱缩和无色饱满的，各占一半。

但是实验的结果却是出现亲本性状的个体为94.4%，比预期的 2/4 要多得多，出现新性状的组合是3.6%，又比预期的 2/4 要少得多。这告诉我们，存在于一条染色体上的基因，

• CS/CS 或 $\frac{CS}{CS}$ 表示连锁。

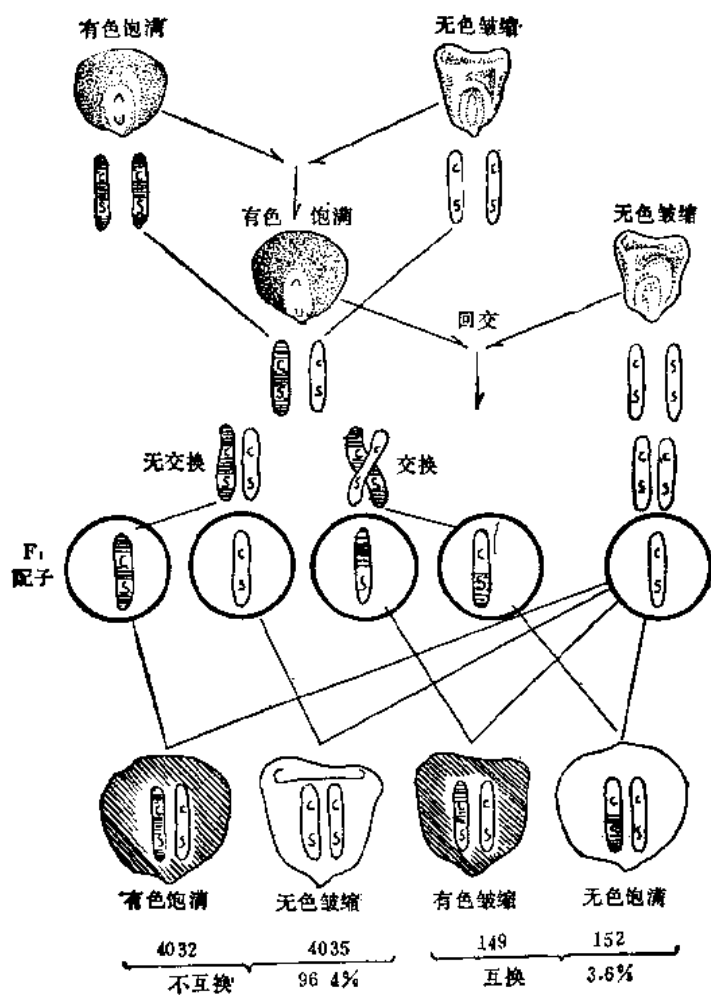


图 1-4 玉米的基因连锁与互换图解

是连锁在一起的，基因与染色体的遗传行为一致。但为什么会出现一些杂合体呢？这是因为减数分裂的前期，同源染色体相互交换了片断，也就是部分基因进行了交换，使染色体的基因组成发生了变化，最后影响到 F_2 的基因型和表现型，这就是出现了 3.6% 的 Cs/cs 和 cS/cs 个体的原因。

互换对生物进化有着重要的意义，因为通过同源染色体基因的互换，可以引起后代性状的重新组合，从而出现新类型。有连锁遗传的性状，一般都具有相关性，这样我们在育种、选种时，往往可以根据一个性状来推知另一个性状。

第四节 细胞质遗传

凡是控制性状的遗传物质通过细胞质而遗传给子代的叫做细胞质遗传。近代遗传学的研究证明，不仅细胞核里存在着遗传物质，同时细胞质的某些细胞器（如叶绿体、线粒体等）也同样存在着遗传物质。

细胞质遗传不符合遗传的三大规律，不论正交或反交，总是表现母本的性状（叫母系遗传），因为卵细胞除细胞核外，还有大量的细胞质及其所含的各种细胞器，精细胞除细胞核外，没有或极少有细胞质及各种细胞器，所以在受精过程中，卵细胞不仅为子代提供核基因，也为子代提供质基因，而精细胞则仅能为子代提供核基因，不能或很少为子代提供质基因，其结果是一切受质基因所决定的性状，只能通过卵细胞遗传给子代，而不能通过精细胞遗传给子代。这就是说，如果是受细胞质中细胞器基因所控制的性状，则性状只有表现在母本时才能遗传给子代。

细胞质遗传的发现，扩大了核遗传的观念。事实表明，

细胞核与细胞质是相互依存，相互影响的统一整体，许多生物的遗传性状往往是核、质基因共同作用的结果。

第五节 基因突变

基因突变是指染色体上一定位点的基因分子结构和功能的改变。突变是在一定的外界环境条件或生物内部因素的作用下所产生的。基因突变在自然界中广泛存在。如苹果中的矮生芽变、毛桃中的无毛突变、刺槐中的无刺突变都属于自发突变。但是在自然情况下，生物发生的突变率是很低的。一般来说，高等生物的基因突变率平均为 10^{-5} — 10^{-8} ，细菌的突变率平均为 10^{-4} — 10^{-11} 。人工诱发出出现的突变率要高得多。生物所发生的突变对本身来说，往往是有害的。例如玉米自交的后代常出现少量的白化苗，这些白化苗由于缺乏制造叶绿素的能力，出现3—4片真叶时就死亡。控制白化苗性状的是隐性致死因子，它的遗传行为是：

绿色正常玉米 Ww



$1WW:2Ww:1ww$ (白化苗)

对生物有害的突变，有的是对人类有利的，如有的植物的雄性不育特性，可以作为利用杂交优势的一种良好材料，省去人工去雄的工作。

人工诱变是创造生物新类型的重要方法。目前常用的方法是用各种射线（X射线、 γ 射线、紫外线等）以及激光照射，或用化学药剂（如秋水仙碱、硫酸二乙酯、乙烯亚胺等）处理来诱发基因突变。

第六节 染色体变异

任何一种生物所具有的染色体数目都是相对稳定的，这是物种的主要特征。例如刺槐的体细胞含有20个染色体，它的配子中含有10个染色体，叫一个染色体组（用 x 表示），一个染色体组所包含的染色体数目叫染色体基数。在这里，刺槐的染色体基数是10（ $x=10$ ）。一般来说，生物体细胞中都含有两个染色体组，所以叫二倍体（ $2x$ ）。但是，在自然和人为因素的影响下，无论染色体的数目和结构都可能发生变化，如二倍体中缺少或增加1—2个染色体，染色体缺失或重复某一区段等。所有这些都能导致生物性状产生变异。但最主要的染色体变异是染色体倍数的变化，包括多倍体和单倍体。

凡是细胞中含有三个以上染色体组的个体叫多倍体。具有3组染色体的个体为三倍体，具有4组染色体的个体为四倍体等等。多倍体由于染色体的倍增，植物的组织器官、形态、生理以及经济性状等往往发生很大的变化，一般表现为茎秆粗壮、叶片、果实都比较大，细胞内的有用成分增多，但是发育延迟，结实量降低。树木中可供利用的多倍体很多，如世界上著名的观赏树木红花七叶树是二倍体欧洲七叶树与二倍体美国七叶树杂交加倍后产生的四倍体。自然三倍体欧洲山杨干形高大、速生、抗心腐病。

多倍体有天然存在的，也可以人工诱导。

细胞中含有正常体细胞（染色体数以 $2n$ 表示）的一半染色体数的个体，叫单倍体（ $1n$ ），单倍体多用花粉粒培育而成。单倍体植物生长发育较弱，植株矮小、叶片薄、花器