分离定律

一、豌豆用作遗传实验材料的优点

1、豌豆的特点及优势

（1）两性花，自花传粉，闭花受粉：避免了外来花粉的干扰，自然状态下一般都是纯种，用豌豆做人工杂交实验，结果既可靠又容易分析

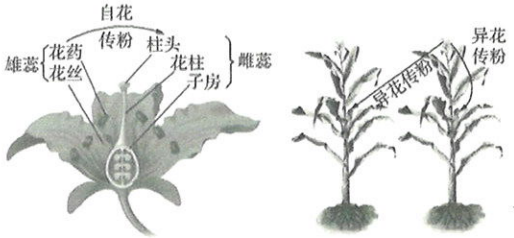
（2）具有易于区分的相对性状：实验结果易观察和分析

（3）花较大：豌豆花的雄蕊和雌蕊较大，易于人工去雄和传粉

（4）生长周期短，易于栽培：实验周期短，实验更容易进行

（5）籽粒较多：利于用数学统计方法分析实验结果

2、实验中的相关概念



自花传粉　　异花传粉

（1）两性花：同一朵花中既有雄蕊又有雌蕊。如桃花、豌豆花

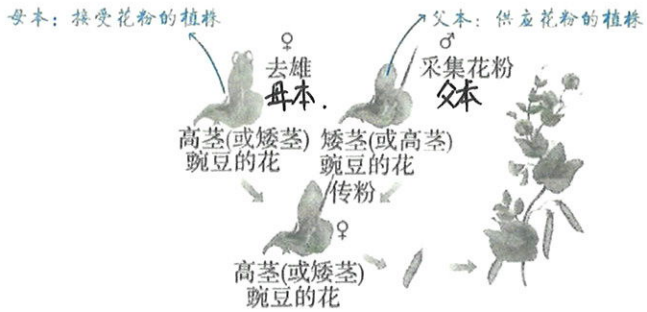
（2）单性花：同一朵花中只有雄蕊（称为雄花）或只有雌蕊（称为雌花）。单性花可分为雌雄同株异花（雌花、雄花在同一植株上，如玉米和黄瓜的花）和雌雄异株异花（雌株上的花为雌花，雄株上的花为雄花，如杨、柳的花）

（3）自花传粉：两性花的花粉落到同一朵花的雌蕊柱头上的过程。如小麦、水稻、豌豆等。

（4）异花传粉：两朵花之间的传粉过程。如玉米、向日葵、苹果等。

3、豌豆人工异花传粉（杂交）的操作步骤

（1）人工异花传粉过程：



注：①花粉成熟前去雄；
②雌蕊成熟时传粉

① 去雄：花粉未成熟时（花蕾期），除去母本未成熟花的全部雄蕊

② 套袋：去雄后，立即用纸袋对去雄花进行套袋处理。【目的：防止外来花粉干扰】

③ 传粉：去雄花的雌蕊成熟时，采集父本成熟的花粉，涂（撒）在去雄花的雌蕊柱头上

④ 套袋：完成传粉后，再次套袋，保证杂交得到的种子是人工异花传粉而来，并挂上标签以方便识别。【目的：防止外来花粉干扰】

二、基本概念

1、遗传学常用符号及含义

符号	P	F_1	F_2	⊗	×	♀	♂
含义	亲本	子一代	子二代	自交	杂交	雌性	雄性

2、遗传学的基本概念

（1）性状：生物的形态、结构和生理生化等特征的总称。【豌豆的花色、果蝇的翅型、人类的血型血】

（2）相对性状：一种生物的同一种性状的不同表现类型。【豌豆的高茎与矮茎、果蝇的长翅与残翅、人的单眼皮和双眼皮】

（3）显性性状：具有相对性状的两个纯种亲本杂交，F1中显现出来的形状。

（4）隐性性状：具有相对性状的两个纯种亲本杂交，F1中未显现出来的形状。

【纯种高茎豌豆和纯种矮茎豌豆杂交，F1只有高茎豌豆，则高茎对矮茎为显性，矮茎对高境为隐性】

（5）性状分离：表现显性性状的亲本（亲本均为杂合子）自交，后代中显性性状和隐性性状同时出现的现象。

【F1高茎豌豆(Dd)自交，F2中既有高茎又有矮茎】

注意：①相对性状不一定是一种性状的两种表现类型，也可能是一种性状的多种表现类型，如人的ABO血型，A型、B型、AB型和O型为一种性状的四种表现类型，也属于相对性状。判断是不是相对性状类似于找"反义词"，如狗的"长毛"和"卷毛"不属于相对性状，可联系"长"的反义词是"短"，所以"长毛"和"短毛"是一对相对性状。

②子代表现不同性状不一定是性状分离，只有亲本性状相同，子代出现"另类"（不同于亲本的）性状时方可称性状分离，如：红花×红花一红花和白花。

（6）显性遗传因子：决定显性性状的遗传因子，常用大写字母表示，如D

（7）隐性遗传因子：决定隐性性状的遗传因子，常用小写字母表示，如d

（8）纯合子：体细胞中遗传因子组成相同的个体，如DD和dd。【能稳定遗传，自交后代不发生性状分离】

（9）杂合子：体细胞中遗传因子组成不同的个体，如Dd。

（10）杂交：通常是指遗传因子组成不同的两个个体之间交配的过程（有时除自交外的其他交配方式统称杂交）

（11）自交：遗传因子组成相同的个体之间交配的过程。【如豌豆自花传粉或玉米同株异花传粉】【如DD×Dd、DD×dd】

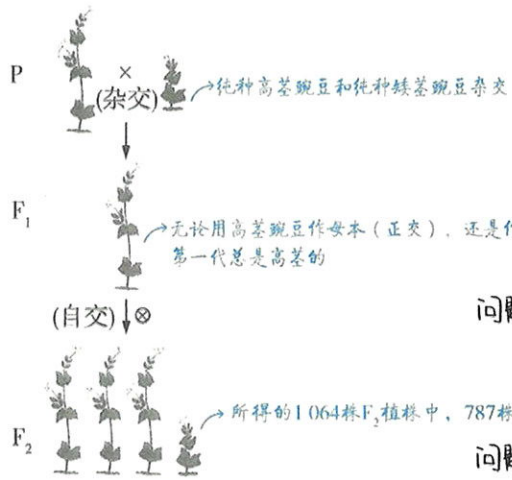
（12）正交和反交：在做杂交实验时，父本和母本相互交换，这在遗传学上称为互交，其中一个杂交组合称为正交，另一个杂交组合则称为反交。【如将纯种紫花豌豆（♀）×纯种白花豌豆（♂）的组合定义正交，则纯种白花豌豆（♀）×纯种紫花豌豆（♂）的组合反交】

（13）自由交配：同种生物不同个体间的随机交配，个体遗传因子组成既可以相同也可以不同，即包括自交玉米和杂交。【自然条件下养殖果蝇、种植植物】

（14）测交：待测个体与隐性纯合子进行杂交。【将杂种子一代（F1）与亲本中的隐性纯合子杂交】

三、一对相对性状的杂交实验

1、提出问题 ——→ 豌豆的杂交实验



性状	F2的表现				
	显性		隐性		显性：隐性
茎的高度	高茎	787	矮茎	277	2.84 ： 1
种子形状	圆粒	5 474	皱粒	1 850	2.96 ： 1
子叶颜色	黄色	6 022	绿色	2 001	3.01 ： 1
花的颜色	红色	705	白色	224	3.15 ： 1
豆荚形状	饱满	882	不饱满	299	2.95 ： 1
豆荚颜色（未成熟）	绿色	428	黄色	152	2.82 ： 1
花的位置	腋生	651	顶生	207	3.14 ： 1

问题一：无论正交还是反交，F1均为高茎。那为什么F1都是高茎没有矮茎？

问题二：F2中既有高茎，也有矮茎。那为什么F2又出现了矮茎？

问题三：F2中高茎：矮茎≈3:1。F2中出现3:1是偶然的吗？

2、提出假说 ——→ 对分离现象的解释

（1）假说内容：①生物的性状是由遗传因子决定的。

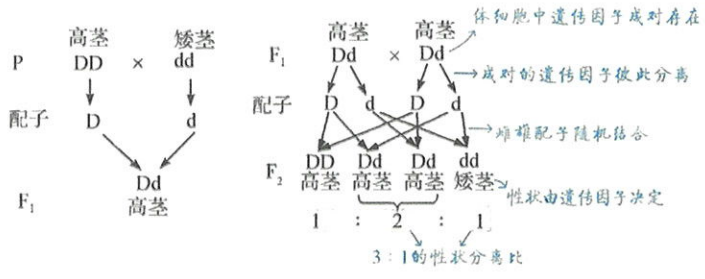
②在体细胞中遗传因子是成对存在的。

③生物体在形成生殖细胞（即配子）时，成对的遗传因子彼此分离分别进入不同的配子中。

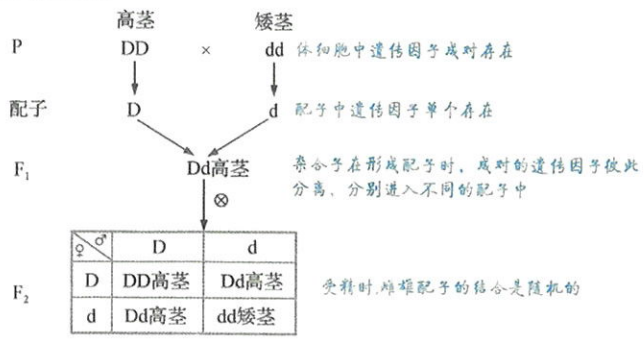
④受精时，雌雄配子随机结合。

（2）假说图解：

①相交线法



②棋盘法



（3）规范的遗传图解

①左侧标注。一般在遗传图解的左侧写上明确的标识，代表这一行表示的内容，起到引领作用。如P、配子、F_1、F_2等，其中P、F_1、F_2也可以用文字表示。

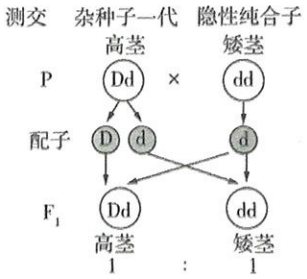
②写出P、F_1、F_2，等各代的性状表现类型和遗传因子组成，以及除最后一代外，各代产生配子的情况。由亲本产生的配子可以得出子代的遗传因子组成，再由遗传因子组成确定其性状表现类型。

③用自交符号（⊗）、杂交符号（×）表示交配类型，用箭头表示遗传因子在前后代之间的传递关系，用相交线或棋盘的形式表示配子结合的情况。

④写出后一代的相关比例。

3、演绎推理 ——→ 对分离现象的验证

方法：设计测交实验，即将杂种子一代高茎豌豆（Dd）与隐性纯合子矮茎豌豆（dd）杂交



测交后代中高茎与矮茎植株的数量比应为1:1

4、实验验证 ——→ 对分离现象的验证实验

杂种子一代（高茎）×隐性纯合子（矮茎）⟶ 87高茎:79矮茎≈ 1:1

5、得出结论 ——→ 分离定律

（1）分离定律的内容：在生物的体细胞中，控制同一性状的遗传因子成对存在，不相融合；在形成配子时，成对的遗传因子发生分离，分离后的遗传因子分别进入不同的配子中，随配子遗传给后代。

（2）分离定律的发生时间：有性生殖的真核生物在产生配子(精子或卵细胞)时。

（3）分离定律的适用范围：

①真核生物的性状遗传（原核生物及病毒的遗传均不符合）。

②有性生殖生物的性状遗传（分离定律发生的时间是有性生殖的生物形成配子时，进行无性生殖的生物不符合）。

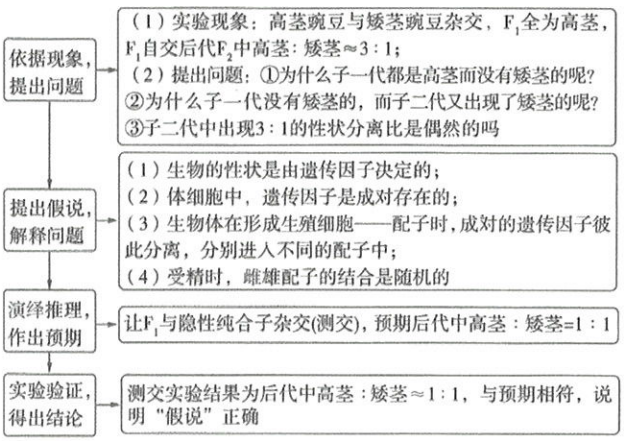
③细胞核遗传（细胞质中的遗传因子不符合）。

④一对相对性状的遗传

四、假说－演绎法

1、概念：假说－演绎法是指在观察和分析基础上提出问题以后，通过推理和想象提出解释问题的假说，根据假说进行演绎推理，推出预测的结果，再通过实验来检验。如果实验结果与预测相符，就可以认为假说是正确的，反之，则可以认为假说是错误的。

2、过程



五、性状分离比的模拟实验

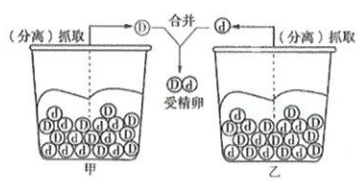
1、原理：依据孟德尔的假说

2、模拟内容

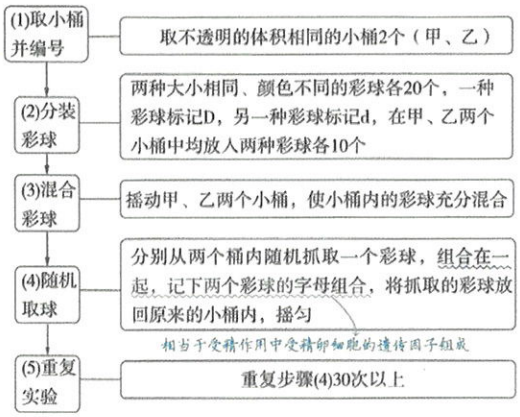
（1）用甲乙两个小桶分别代表雌、雄生殖器官

（2）甲乙两小桶内的彩球分别代表雌、雄配子

（3）不同彩球的随机结合代表生物在生殖过程中雌雄配子的随机结合



3、操作步骤



4、结果与结论：统计彩球组合分别为DD、Dd和dd的数量。计算彩球组合DD、Dd和dd之间的数量比（不同遗传因子组成的比例），以及含有彩球D的组合与dd组合的数量比（显性性状与隐性性状的比例）。

5、实验中注意的问题：

（1）彩球的规格、质地要统一，手感相同，避免人为误差。

（2）每次抓取时要闭上眼睛，左手随机抓取甲桶内彩球，同时右手随机抓取乙桶内彩球，避免从一个小桶内同时抓取两个彩球。

（3）做完一次模拟实验后，将彩球放回原桶（切记不能将两个桶中的彩球相混），必须充分摇匀彩球，再做下一次模拟实验。

（4）认真观察每次的组合情况，记录、统计要如实、准确。

（5）多次重复进行实验，这样统计结果才接近理论值。

六、常规题型

1、显隐判断

（1）杂交法：具有一对相对性状的两个纯合亲本杂交，后代只表现一种性状，该性状为显性性状。

设A、B为一对相对性状。

若A×B⟶A，则A为显性性状，B为隐性性状。

若A×B⟶B，则B为显性性状，A为隐性性状。

若A×B⟶既有A，又有B，则无法判断显隐性关系。

方法(1)适用于纯种，方法(2)适用于杂种，若不知是否纯合，可综合两种方法来判断。

（2）根据性状分离现象判断（自交法）

若A $\xrightarrow{\otimes}$ A，则A为纯合子，判断不出显隐性关系。

若A $\xrightarrow{\otimes}$ 既有A，又有B，则A为显性性状，B为隐性性状。

测交不能用于判断性状的显隐性关系，因为测交实验是在已知显隐性的基础上进行的验证性实验。

2、遗传因子组成和性状表现的推导

（1）正推法：根据亲代信息推断子代信息

亲本组合		子代遗传因子组成及比例	子代性状表现
纯合子×纯合子	AA×AA	AA	全为显性
	AA×aa	Aa	全为显性
	aa×aa	aa	全为隐性
杂合子×杂合子	Aa×Aa	AA∶Aa∶aa=1∶2∶1	显性∶隐性=3∶1
纯合子×杂合子	AA×Aa	AA∶Aa=1∶1	全为显性
	aa×Aa	Aa∶aa=1∶1	显性∶隐性=1∶1

（2）逆推法：根据子代信息推断亲代信息。

①根据子代性状规律性比值来直接判断结合上表，根据相关性状比，推测亲本遗传因子组成

子代显隐性关系	双亲类型	组合方式
显性∶隐性=3∶1	都是杂合子	Aa×Aa
显性∶隐性=1∶1	一方为杂合子，另一方为隐性纯合子（测交类型）	Aa×aa
只有显性性状（显性∶隐性=1∶0）	至少一方为显性纯合子	AA×AA 或 AA×Aa 或 AA×aa
只有隐性性状（显性∶隐性=0∶1）	都是隐性纯合子	aa×aa

②隐性纯合突破法：如果子代中有隐性个体存在，这是逆推法的突破口，因为隐性个体一定为纯合子（aa），一个a来自母本，一个a来自父本，再结合亲本性状确定亲代遗传因子组成。

3、纯合子和杂合子的判断

（1）测交法（在已确定显隐性性状的条件下）

待测个体 × 隐性纯合子 ⟶ 子代 {若子代中只出现一种性状，则待测个体为纯合子；若子代中出现两种性状，则待测个体（为杂合子

（2）自交法（主要适用于植物，且是最简便的方法）

待测个体 ⊗⟶ 子代 {若子代无性状分离，则待测个体为纯合子；若子代有性状分离，则待测个体为杂合子

（3）花粉鉴定法

此法只适用于一些特殊的植物。如非糯性与糯性水稻的花粉遇碘液呈现不同颜色。非糯性花粉中所含的淀粉为直链淀粉，遇碘变蓝黑色，而糯性花粉中所含的是支链淀粉，遇碘变橙红色。借助显微镜观察：如果鉴定结果有两种颜色，且比例为1:1，则被鉴定的亲本为杂合子；如果鉴定结果只有一种颜色，则被鉴定的亲本为纯合子。

4、分离定律的实验验证

（1）自交法

具有相对性状的纯合亲本杂交 ⟶ F1杂合子自交 ⟶ F2性状分离比为3:1 ⟶ 符合分离定律

（2）测交法【已知显隐关系】

杂合子 × 隐性纯合子 ⟶ 子代性状比为1:1 ⟶ 符合分离定律

（3）花粉鉴定法【只适用于花粉的性状】

取杂合子的花粉染色或直接镜检 ⟶ 看到两种花粉且比例为1:1 ⟶ 符合分离定律

5、自交与自由交配

（1）两种交配方式的辨析

①概念【以遗传因子组成为AA、Aa群体为例】

自交：遗传因子组成相同的个体交配，一般适用于自花传粉和雌雄同株的植物。对于动物和雌雄异株的植物来说，遗传因子组成相同的雌雄个体交配相当于自交。

自由交配：同种生物个体间的随机交配，个体遗传因子组成既可以相同也可以不同，即包括自交和杂交。

②关键词

自花传粉植物：a.自然状态下一定是自交
b.题中有套代处理，但没有去雄等其他人为操作，一定为自交

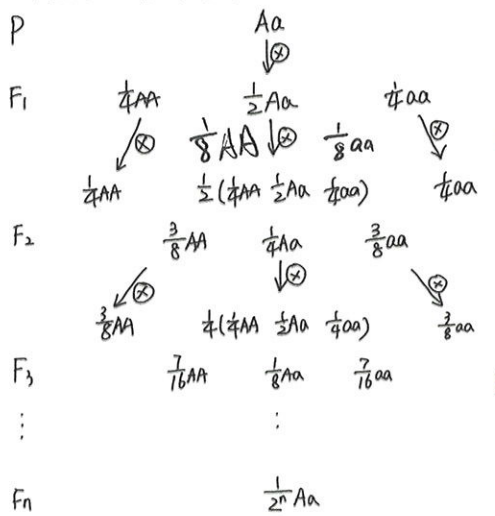
雌雄异花植物：a.自然状态下一定是自由交配。
b.题中有"随机交配"等词，一定是自由交配

③确定交配的遗传因子组成

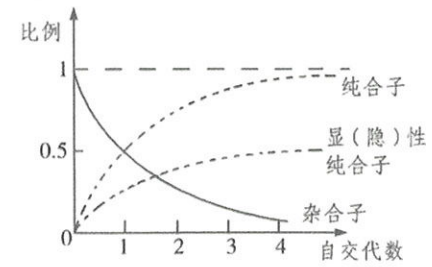
遗传因子组成为AA、Aa、aa的群体 {自交类型有：AA × AA，Aa × Aa，aa × aa；自由交配类型有：AA × AA，Aa × Aa，aa × aa，AA × Aa，Aa × aa，AA × aa

（2）自交后代的概率计算

①杂合子Aa连续自交

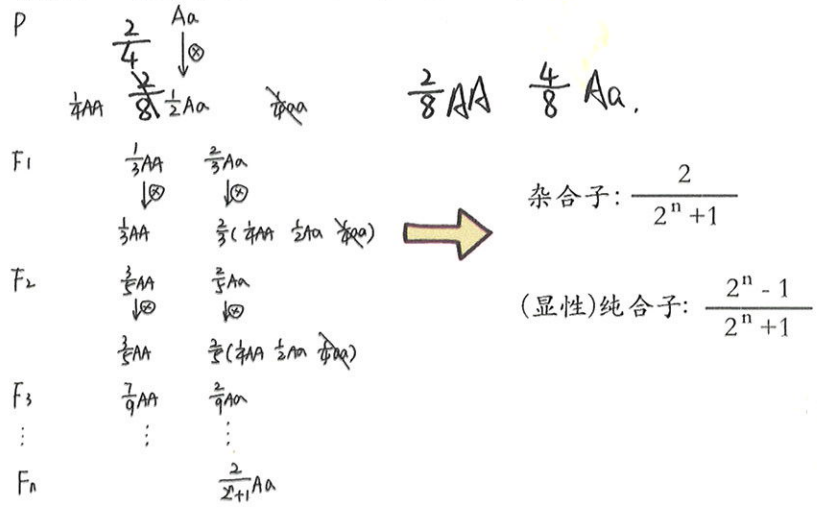


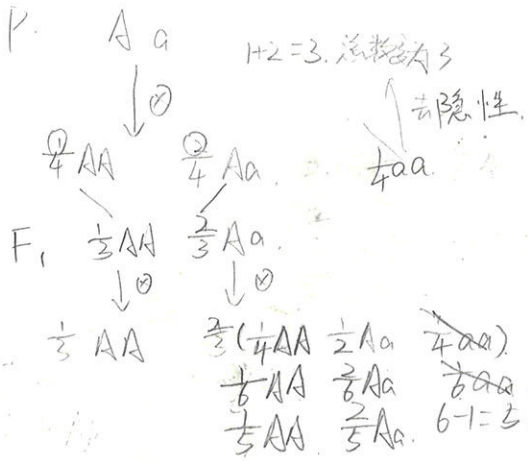
类型	所占比例	类型	所占比例
杂合子	$\frac{1}{2^n}$	隐性纯合子	$\frac{1}{2}(1-\frac{1}{2^n})$
纯合子	$1-\frac{1}{2^n}$	显性性状个体	$\frac{1}{2}(1+\frac{1}{2^n})$
显性纯合子	$\frac{1}{2}(1-\frac{1}{2^n})$	隐性性状个体	$\frac{1}{2}(1-\frac{1}{2^n})$



杂合子连续自交，后代中纯合子比例随自交代数的增加而增大，最终接近1，且显性纯合子和隐性纯合子各占一半。后代中杂合子比例随自交代数的增加而减小，每代减少约50%，最终接近0。

② 杂合子Aa连续自交，且逐代淘汰隐性个体





（2）自由交配过程中后代的概率计算

配子法！！！

例：某群体中遗传因子组成为AA的个体占1/3，遗传因子组成为 Aa 的个体占2/3

由题可知：A 的雄配子所占比例为1/3+2/3×1/2=2/3，含a的雄配子所占比例为1-2/3=1/3

♀ \ ♂	2/3 A	1/3 a
2/3 A	4/9 AA	2/9 Aa
1/3 a	2/9 Aa	1/9 aa

6、"患病男孩"和"男孩患病"

（1）患病男孩：性状 + 性别 ⟶ 患病概率 × 1/2

（2）男孩患病：性别 + 性状 ⟶ 患病概率

七、分离定律中的特殊分离比

1、不完全显性、共显性和镶嵌显性（杂合子自交，子代的性状分离比均为1:2:1）

（1）不完全显性：具有一对相对性状的两个纯合亲本杂交，子一代的性状表现介于显性性状和隐性性状之间。

【eg.某种植物的花色遗传：纯合红花植株(RR)与白花植株(rr)杂交，F1是杂合子(Rr)开粉红花.】

（2）共显性：具有一对相对性状的两个纯合亲本杂交，两个亲本的性状同时在子一代的同一个体上显现出来。

【eg.马的毛色遗传：红毛马(RR)与白毛马(r)杂交，子一代是两种颜色的毛掺杂在一起的混花毛马】

（3）镶嵌显性：双亲的性状在子一代同一个体的不同部位表现出来，形成镶嵌图式。

【eg. 异色瓢虫鞘翅的不同色斑类型（黑缘型、均色型、镶嵌型】

2、复等位基因

（1）概念：同源染色体同一位置上控制某类性状的基因有两种以上。复等位基因在群体中尽管有多个，但其在每个个体的体细胞中仍然是成对存在的，而且彼此之间具有显性关系遗传时遵循基因分离定律。

（2）实例：人类ABO血型

A型血：I^AI^A、I^Ai

B型血：I^BI^B、I^Bi

AB型血：I^AI^B

O型血：ii

注：人类的血型除了ABO血型外，还有其他血型系统。Rh血型也是常见的人类血型系统之一。

3、从性遗传

指遗传因子组成相同的个体，在雌雄个体中的性状表现不同。如遗传因子组成为Ff的个体在公牛中表现为有角，而在母牛中表现为无角。

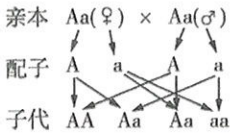
4、母性效应

指子代某一性状的表现类型由母体的细胞核遗传因子组成决定，而不受本身遗传因子的支配。

5、致死现象

①合子致死：致死遗传因子在胚胎时期或幼体阶段发挥作用，从而不能形成活的胚胎或幼体的现象。

以亲本遗传因子组成为Aa为例进行分析，可能会出现AA、aa两种致死情况：



若AA致死，子代 Aa: aa=2:1；

若 aa致死，子代AA和Aa全为显性性状。

②配子致死：致死遗传因子在配子时期发挥作用，从而不能形成含有某种遗传因子的配子。配子致死可以是雄配子致死，也可以是雌配子致死。较常见的是雄配子致死。【配子致死一般使用配子法进行计算】