



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

高中生物学一轮复习

31. 基因的自由组合定律

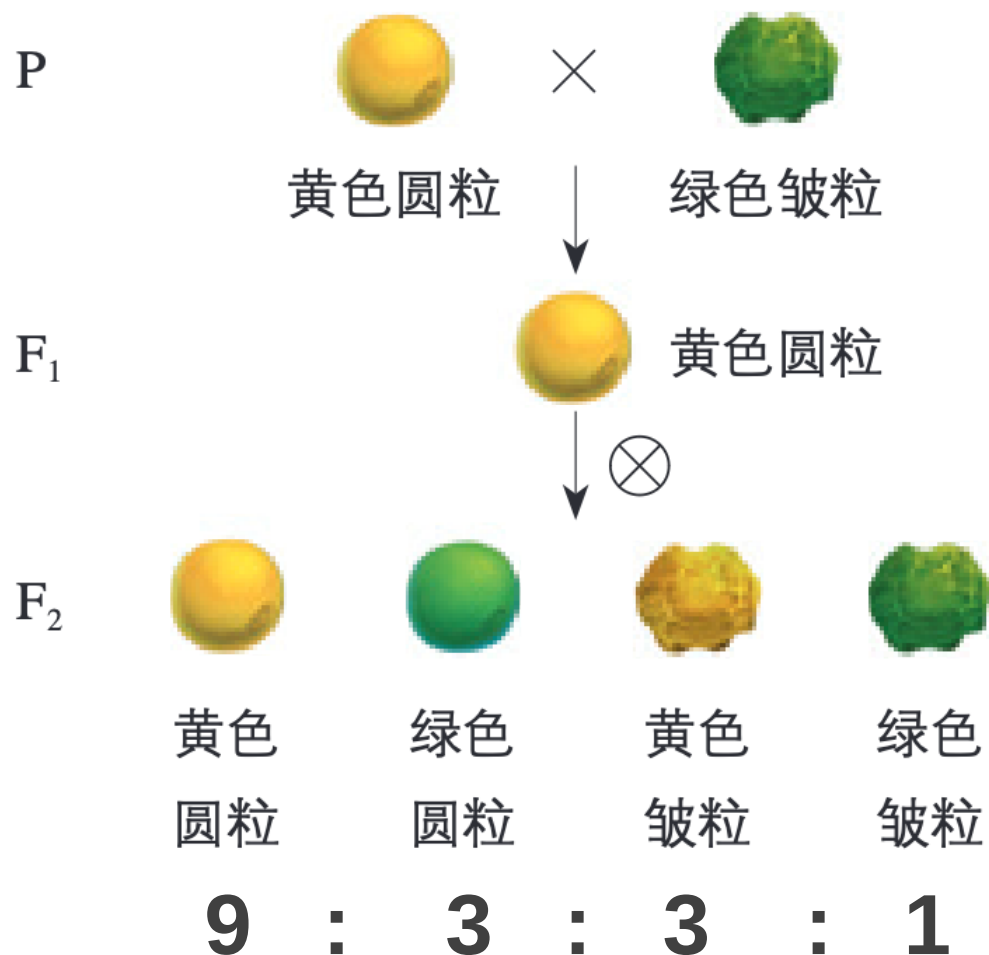
广州市玉岩中学 谭宇晴

两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

观察现象



➤ 对每一对相对性状单独进行分析，符合分离定律吗？

子叶颜色



种子形状



每一对相对性状的遗传都遵循分离定律，两对相对性状的遗传互不干扰。

两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析

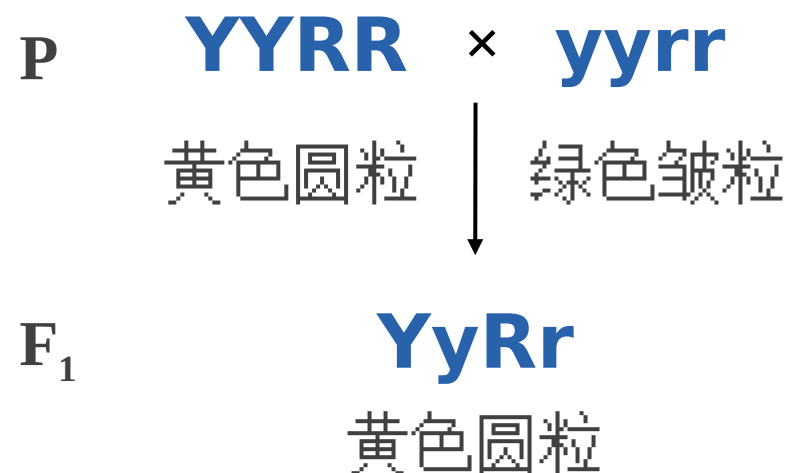
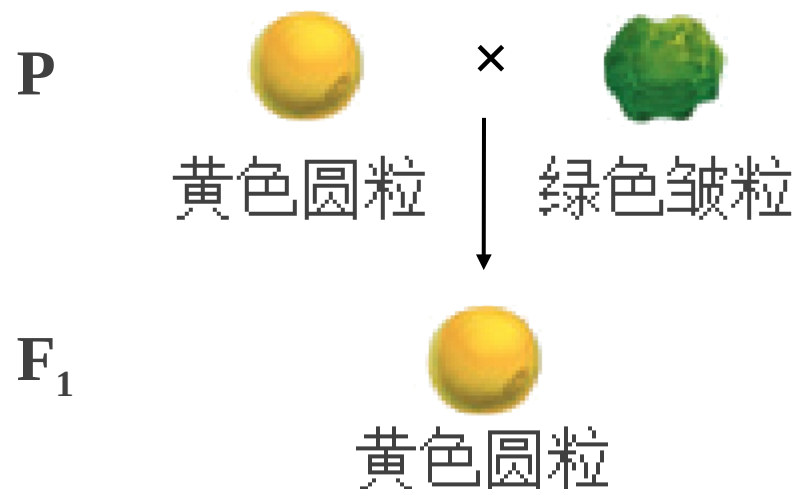


黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

□ 提出问题

- F_2 中为什么会出现新的性状组合？ F_2 中不同性状的比 (9:3:3:1) 与一对相对性状杂交实验中 F_2 的 3:1 的数量比有联系吗？

□ 提出假说 ① 两对相对性状分别由两对遗传因子控制



两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析



□ 提出假说

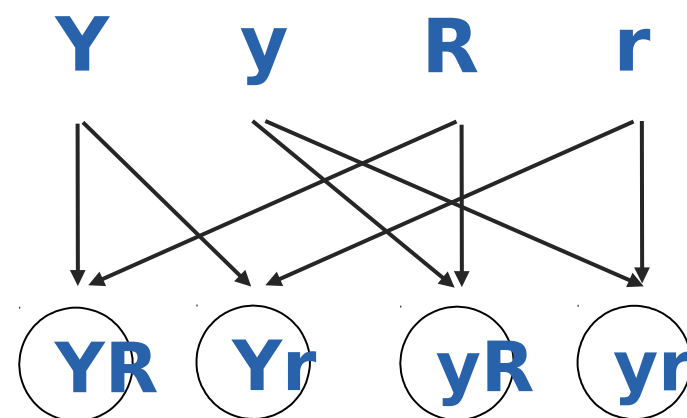
② F_1 在产生配子时，每对遗传因子彼此分离，不同对的遗传因子可以自由组合

③ F_1 产生的雌配子和雄配子各有 4 种：
 YR 、 Yr 、 yR 、 yr ，且数量比为
 $1:1:1:1$

F_1

黄色圆粒
 $YyRr$

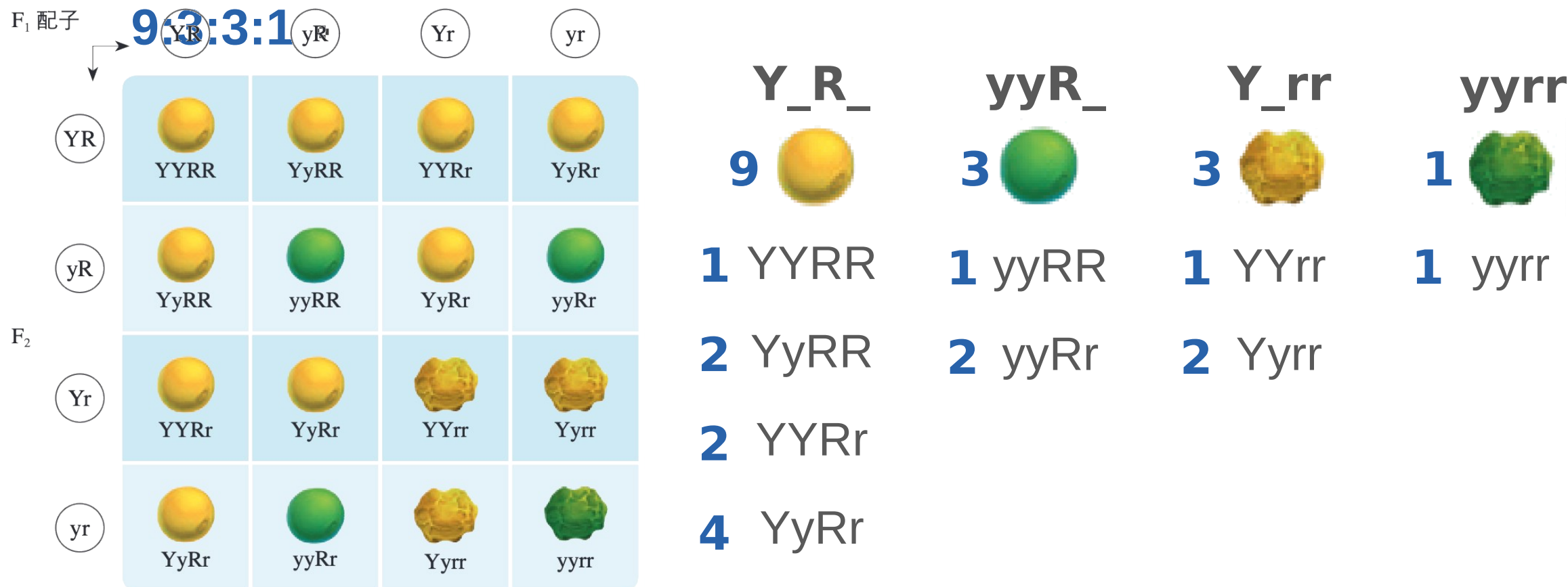
配子



两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析

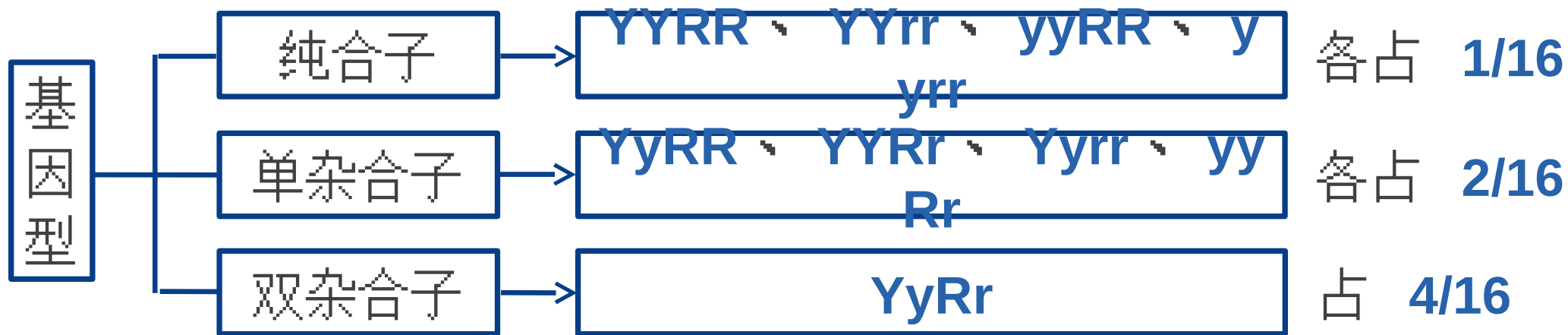
提出假说

④ 受精时，雌雄配子的结合是随机的。雌雄配子的结合方式有 **16 种**，基因型有 **9 种**，表型有 **4 种**，且比例为



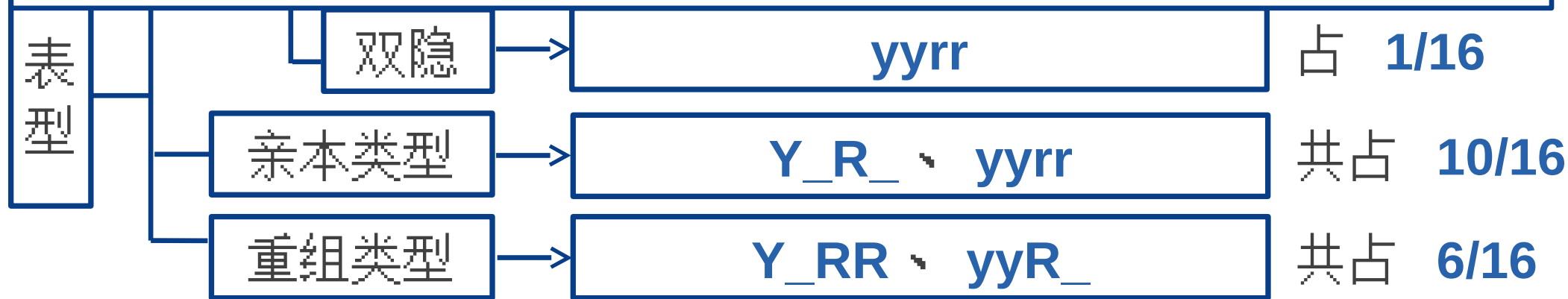


两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析



双显	$Y_R_$	占 $9/16$
----	----------	----------

【易错提示】：含两对相对性状的纯合亲本杂交，F₂ 中重组类型所占比例一定是 $6/16$ 吗？



两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

(多选) 在孟德尔两对相对性状的杂交实验中， F_1 黄色圆粒豌豆 ($YyRr$) 自交产生 F_2 。下列表述正确的是

CDE

- A. F_1 产生 4 个配子，比例为 1:1:1:1
- B. F_1 产生基因型为 YR 的卵细胞和基因型为 YR 的精子的数量之比为 1:1
- C. F_1 产生的精子中，基因型为 YR 和基因型为 yr 的比例为 1:1
- D. F_1 自交得 F_2 中，两对基因均杂合的概率为 1/4
- E. F_1 自交得 F_2 中，重组类型个体所占比例为 3/8

【易错提示】：个数≠种类数；雌配子数≠雄配子数。4 种雌配子比例相同，4 种雄配子比例相同，但雄配子数一般远多于雌配子数。

配子的随机结合（受精作用） ≠ 基因的自由组合（减数第一次分裂）

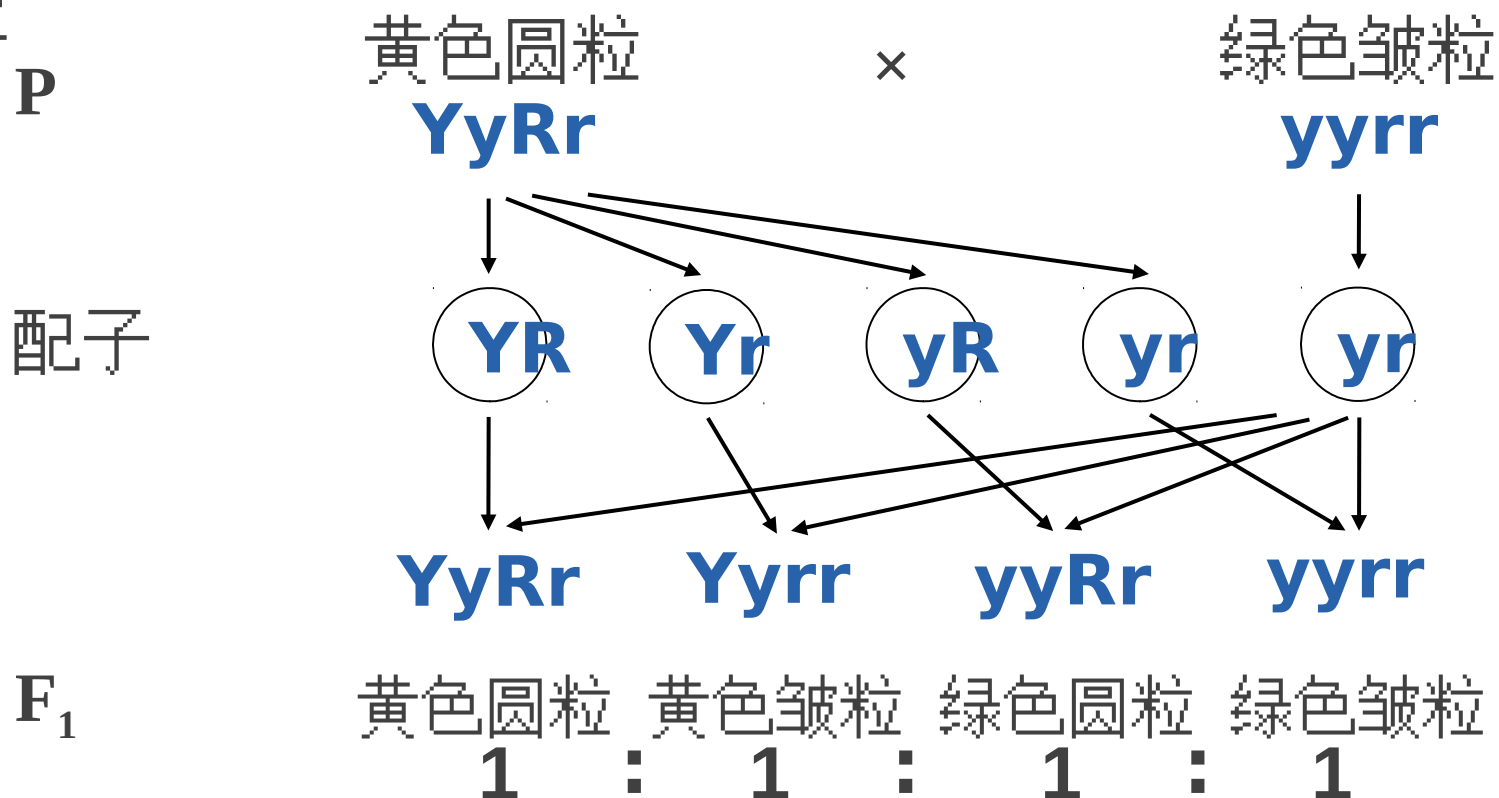
两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

演绎推理

测交实验：让杂种子一代（**YyRr**）与隐性纯合子（**yyrr**）杂交



两对相对性状的杂交实验的“假说 - 演绎”分析



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

□ 实验验证

孟德尔所做的测交实验，无论是以 F_1 作母本还是作父本，结果（如表）都符合预期的设想。

性状组合		黄圆	黄皱	绿圆	绿皱
实际籽粒数	F_1 作母本	31	27	26	26
	F_1 作父本	24	22	25	26

□ 得出结论

实验结果与演绎结果相符，假说成立。



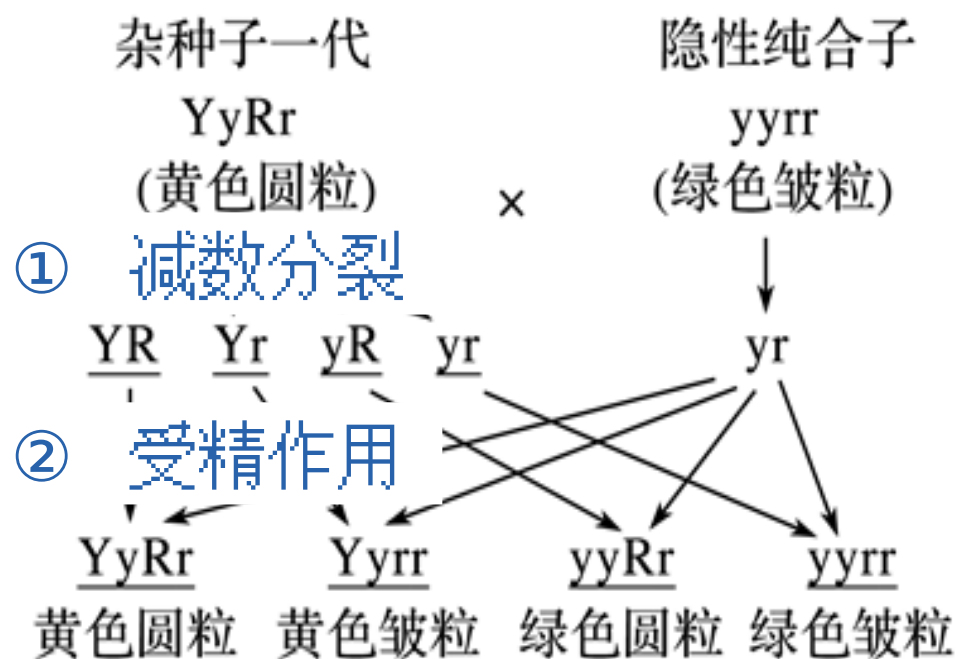
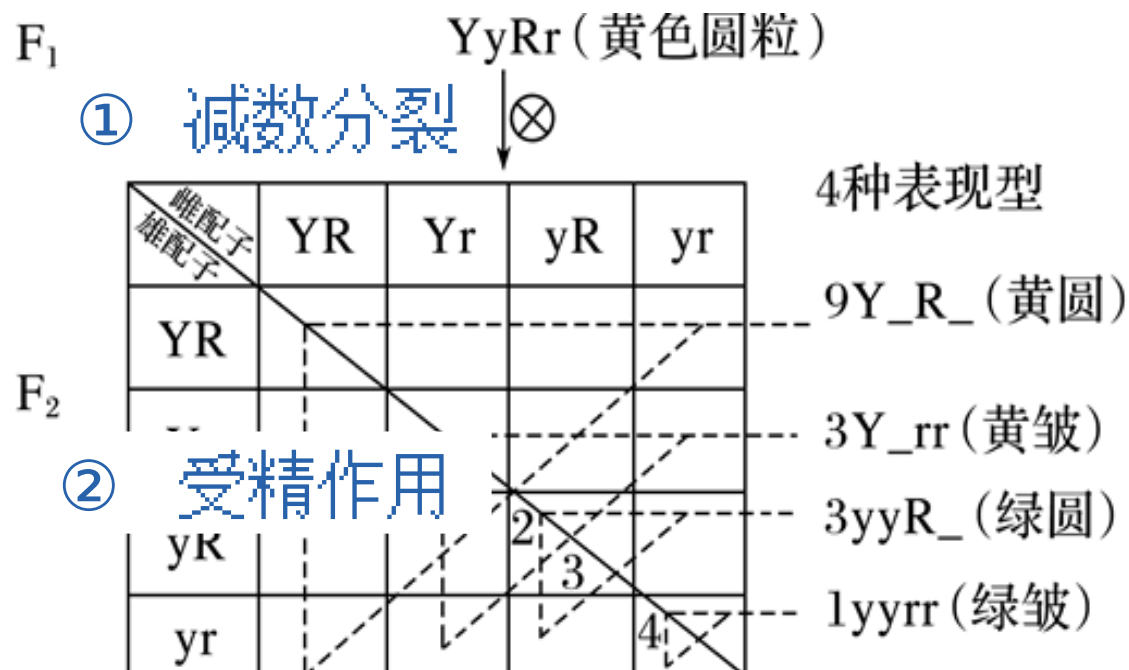
基因的自由组合定律分析



黄浦教研
HUANGPUJIAOYAN

内容解读

实质	非同源染色体上的非等位基因自由组合
发生时间	减数分裂I后期
适用范围	进行有性生殖的真核生物的细胞核遗传



基因的自由组合定律分析

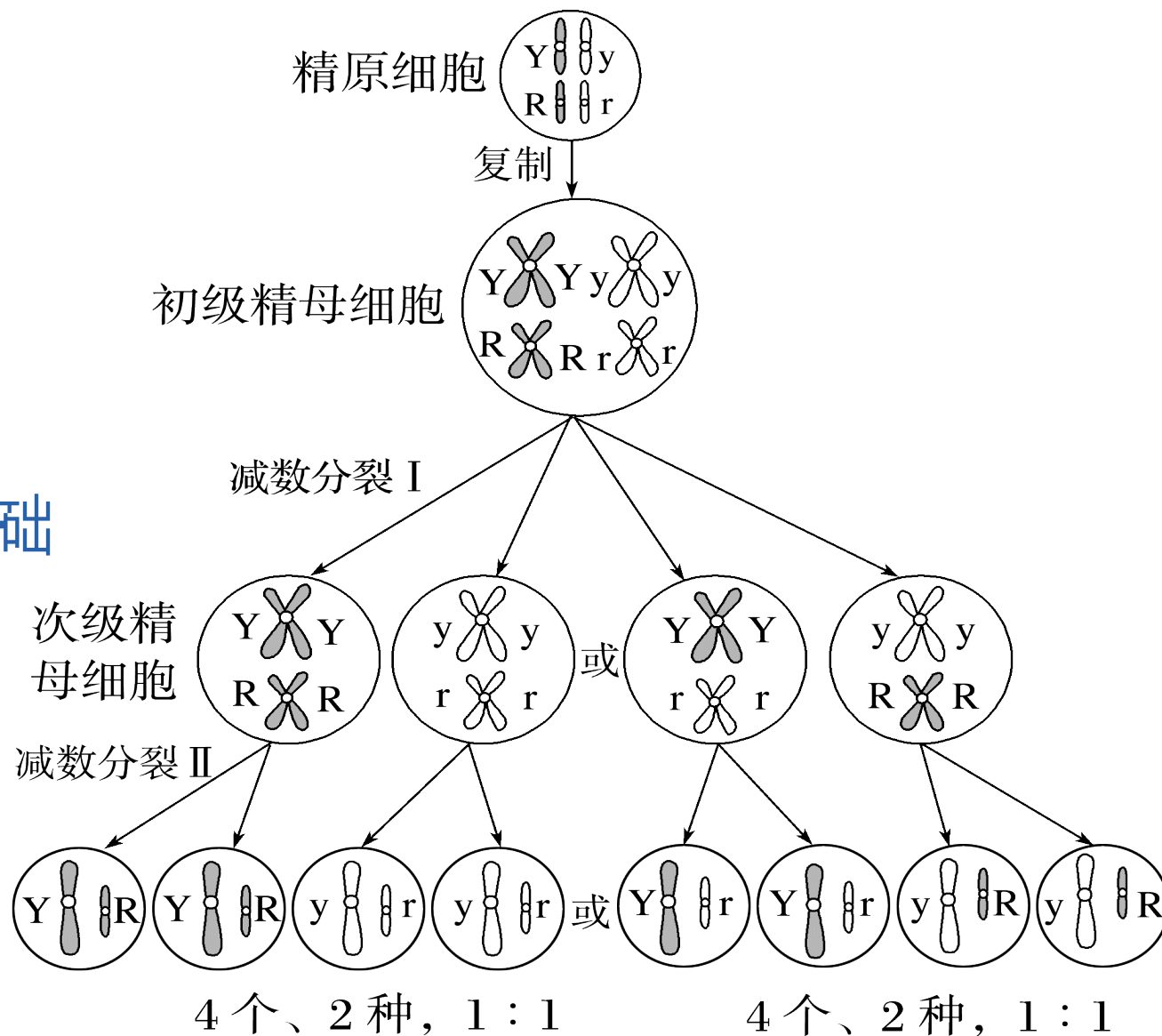


黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

细胞学基础

减数分裂过程中，同源染色体上的等位基因彼此分离的同时，非同源染色体上的非等位基因自由组合。

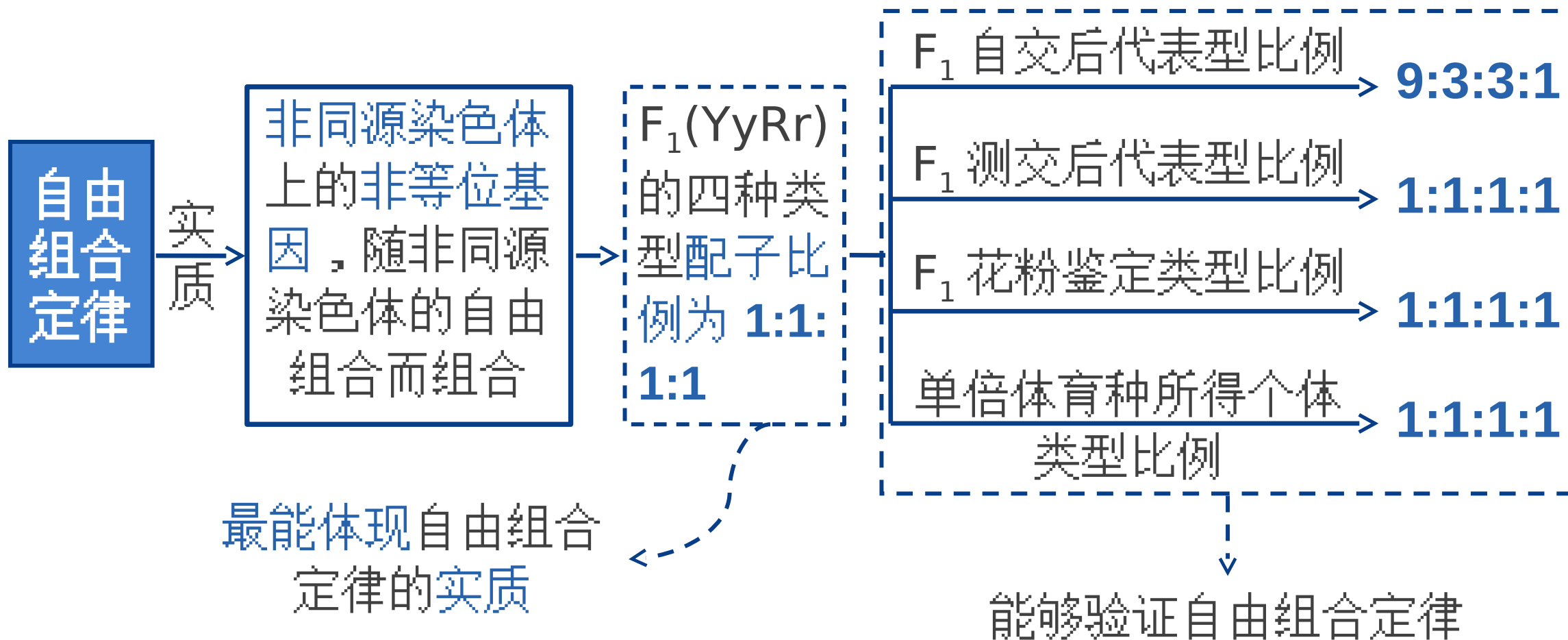
分离定律是自由组合定律的基础





基因的自由组合定律分析

自由组合定律的验证

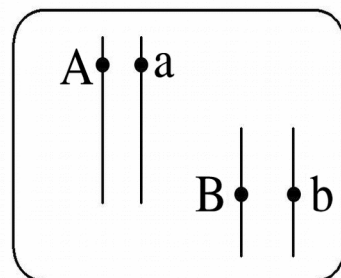


探究不同对基因在常染色体上的位置

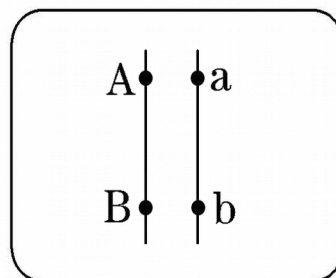


黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

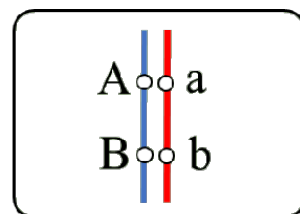
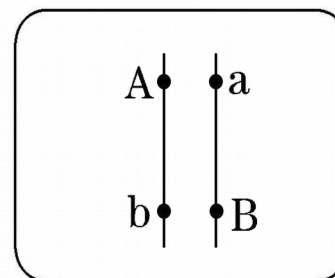
第一种类型



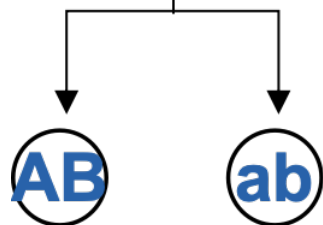
第二种类型



第三种类型

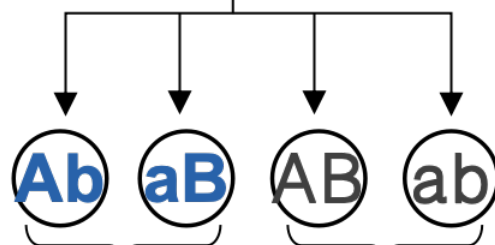


完全
连锁

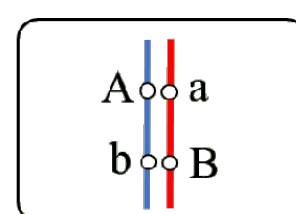


1 : 1

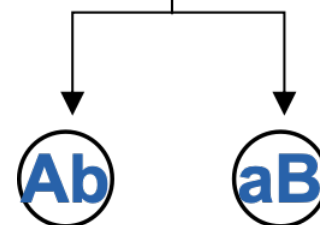
不完全
连锁



多 少

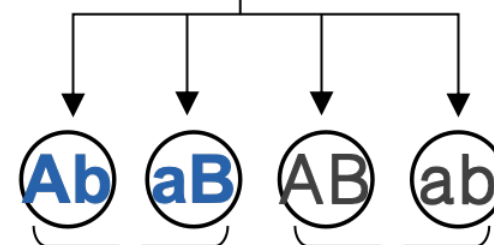


完全
连锁



1 : 1

不完全
连锁



多 少

探究不同对基因在常染色体上的位置



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

1. 测交法（以 A 与 B 连锁为例）

P AaBb × aabb

↓

双显性 A_B_ aabb 双隐性

1 = 1

说明 A 与 B 连锁（位于一条染色体上），a 与 b 连锁（位于一条染色体上），且两对基因之间没有发生交换。

P AaBb × aabb

↓

双显性 双隐性 单显性 1 单显性 2

A_B_ aabb A_bb aaB_

40% 40% 10% 10%

说明 A 与 B 连锁（位于一条染色体上），a 与 b 连锁（位于一条染色体上），且两对基因之间发生了交换

探究不同对基因在常染色体上的位置



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

2. 自交法（以 A 与 B 连锁为例）

P AaBb × AaBb

↓

双显性 A_B_ aabb 双隐性

3 = 1

说明 A 与 B 连锁（位于一条染色体上），
a 与 b 连锁（位于一条染色体上），且两对基因之间没有发生交换。

P AaBb × AaBb

↓

双显性 双隐性 单显性 1 单显性 2

A_B_ aabb A_bb aaB_

66% 16% 9% 9%

说明 A 与 B 连锁（位于一条染色体上），
a 与 b 连锁（位于一条染色体上），且两对基因之间发生了交换。

探究不同对基因在常染色体上的位置



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

2. 自交法（以 A 与 B 连锁为例）

P	AaBb	×	AaBb
双显性	双隐性	单显性 1	单显性 2
A_B_	aabb	A_bb	aaB_
66%	16%	9%	9%

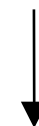
说明 A 与 B 连锁（位于一条染色体上），

a 与 b 连锁（位于一条染色体上），且两对基因之间发生了交换。

aabb 16%



ab=40% → AB=40%



Ab=aB=(1 - 80%)÷2=10%

AB=ab=40%

Ab=aB=10%

多

少

A 与 B 连锁，a 与 b 连锁

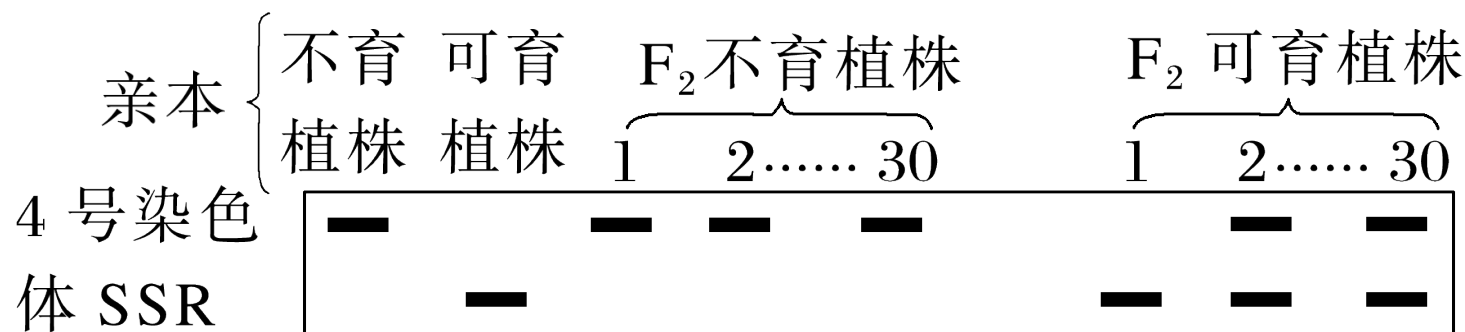


探究不同对基因在常染色体上的位置

3. 利用已知基因定位（SSR 基因电泳法）

利用 SSR 技术可以进行基因在染色体上的定位。SSR 是 DNA 中的简单重复序列，不同染色体的 SSR 差异很大，可利用电泳技术将其分开，用于基因的定位。请分析回答下列问题：

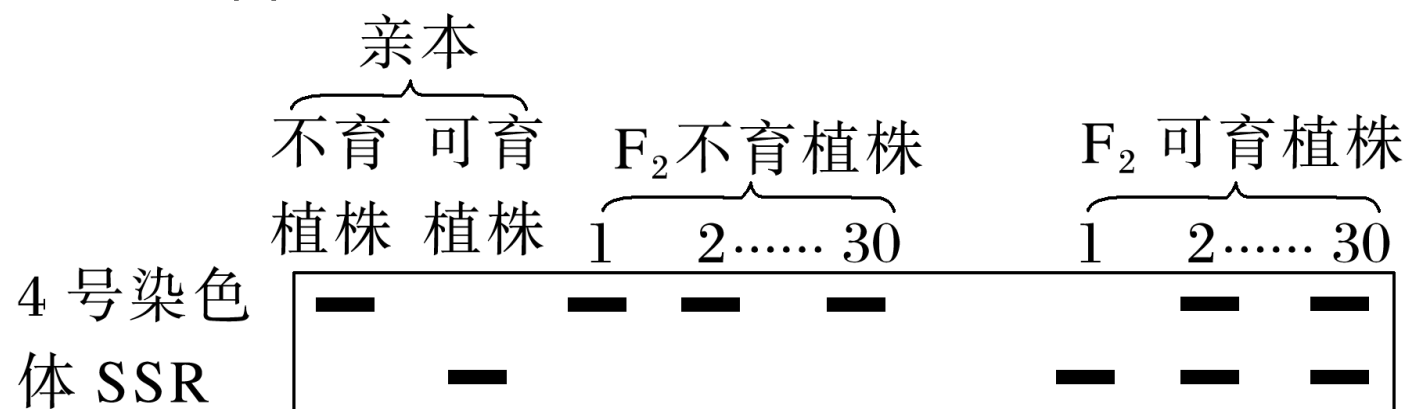
小麦雄性育性性状由等位基因 R、r 控制。为确定基因 R、r 是否位于 4 号染色体上，研究者提取亲本及 F₂ 中雄性不育植株和可育植株 4 号染色体的 DNA，检测 4 号染色体上特异的 SSR 部分结果如图所示：





探究不同对基因在常染色体上的位置

3. 利用已知基因定位 (SSR 基因电泳法)



据此判断，雄性不育基因为 隐性 (填“显性”或“隐性”) 基因，且 位于 (填“位于”或“不位于”) 4 号染色体上，判断依据是 F₂ 中不育植株电泳带与亲本不育植株相同，而可育植株存在杂合现象。F₂ 可育植株中电泳结果与个体 1 相同的个体占 1/3。

□ 拆分组合法

根据亲代基因型推测子代

思路：将多对等位基因的自由组合分解为若干分离定律分别分析，再运用乘法原理进行组合。

子代表型及比例	子代表型及比例
$YyRr$ (黄圆) $\times YyRr$ (黄圆)	黄圆:绿圆:黄皱:绿皱 = 9:3:3:1
$YyRr$ (黄圆) $\times yyrr$ (绿皱)	黄圆:绿圆:黄皱:绿皱 = 1:1:1:1
$yyRr$ (绿圆) $\times Yyrr$ (黄皱)	黄圆:绿圆:黄皱:绿皱 = 1:1:1:1
$YyRr$ (黄圆) $\times Yyrr$ (黄皱)	黄圆:绿圆:黄皱:绿皱 = 3:1:3:1

自由组合定律重点题型突破



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

□ 拆分组合法

根据亲代基因型推测子代

思路：将多对等位基因的自由组合分解为若干分离定律分别分析，再运用乘法原理进行组合。

某植物个体的基因型为 Aa (高茎) Bb (红花) Cc (灰种皮) dd (小花瓣)，4对基因独立遗传，其自交所得子代的基因型有 $3 \times 3 \times 3 \times 1$ 种，其中 $AABbccdd$ 所占比例为 $\frac{1}{32}$ ；其自交所得子代的表型有 $2 \times 2 \times 2 \times 1$ 种，其中高茎红花灰种皮小花瓣个体所占比例为 $\frac{27}{64}$ 。

□ 拆分组合法

根据子代表型推测亲代

思路：将多对等位基因的自由组合分解为若干分离定律分别分析，再运用乘法原理进行组合。

$$(1) \text{子代: } 9:3:3:1=(3:1)(3:1) \Rightarrow AaBb \times AaBb$$

$$(2) \text{子代: } 1:1:1:1=(1:1)(1:1) \Rightarrow \begin{cases} AaBb \times aabb \\ Aabb \times aaBb \end{cases}$$

$$(3) \text{子代: } 3:1:3:1=(3:1)(1:1) \Rightarrow \begin{cases} Aabb \times AaBb \\ AaBb \times aaBb \end{cases}$$

$$(4) \text{子代: } 3:1=(3:1) \times 1 \Rightarrow \begin{cases} AaBB \times AaBB & AABb \times AABb \\ AaBb \times AaBB & AABb \times AaBb \\ Aabb \times AaBB & AABb \times aaBb \\ Aabb \times Aabb & aaBb \times aaBb \end{cases}$$

自由组合定律重点题型突破



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

配子棋盘法

群体自交与自由交配

● 自交

遗传因子组成相同的个体交配。

● 自由交配

群体中不同的个体随机交配。

若某群体中有遗传因子组成为 AA、Aa 和 aa 的个体

AA X AA

Aa X Aa

aa X aa

AA X AA

Aa X Aa

aa X aa

AA X Aa

AA X aa

Aa X aa

Aa X AA

aa X AA

aa X Aa

思路：群体自由交配时先将各种类型配子的比例算出来后再列棋盘。

自由组合定律重点题型突破



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

特殊分离比

9:3:3:1 的变式

F_1 (AaBb) 自交后代比例	原因分析	F_1 (AaBb) 测交后代比例
9 : 6 : 1	存在一种显性基因 (A 或 B) 时表现为同一种性状	1 : 2 : 1
9 : 7	显性基因 A 和 B 同时存在时表现为同一种性状	1 : 3
15 : 1	只要显性基因 (A 或 B) 存在时表现为同一种性状	3 : 1
9 : 3 : 4	隐性基因 a(或 b) 成对存在时表现为同一种性状	1 : 1 : 2
13 : 3	显性基因 A 抑制显性基因 B 的表达	3 : 1
... ..		

□ 特殊分离比

基因累加效应

基本模型：A 与 B 的作用效果相同，且显性基因越多，作用效果越强

F_1 (AaBb) 自交后代比例 **1 : 4 : 6 : 4 : 1**

$\vdots$
 F_1 (AaBb) 测交后代比例 **1 : 2 : 1**

$\vdots$



自由组合定律重点题型突破



特殊分离比

配子或胚胎致死

致死情况分析		F ₁ (AaBb) 自交后代比例	F ₁ (AaBb) 测交后代比例
显性纯合致死	AA 或 BB 致死	6 : 2 : 3 : 1	1 : 1 : 1 : 1
	AA 和 BB 均致死	4 : 2 : 2 : 1	1 : 1 : 1 : 1
隐性纯合致死	aa 或 bb 致死	9 : 3	1 : 1
	aabb 合子致死	9 : 3 : 3	1 : 1 : 1
配子致死	AB 雌或雄配子致死	5 : 3 : 3 : 1	
	Ab/aB 雌或雄配子致死	7 : 3 : 1 : 1	
	ab 雌或雄配子致死	8 : 2 : 2	



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

