必修二. CH1.1 孟德尔的豌豆杂交实验(一)

融合遗传 v.s. 颗粒遗传

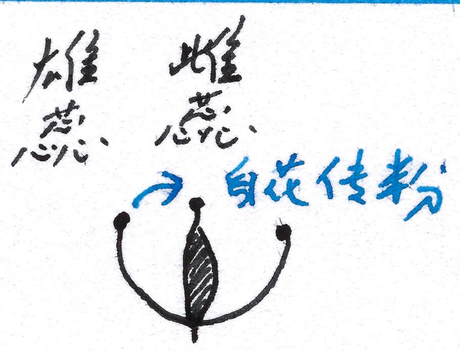
孟德尔[奥地利], 1822-1884, 家贫

1843年(21岁), 中学毕业, 圣托马斯修道院做修道士.

1851-1853(29-31), 维也纳大学进修自然科学、数学.

1856-1863(34-41), 豌豆杂交实验, 前后种植约2.8万株

豌豆用作遗传实验材料优点



① 闭花受粉, 自花传粉(自交), 纯种

② 易于区分的性状 e.g., 茎的高度, 种子形状, 子叶颜色

一种生物同一性状的不同表现类型

相对性状 e.g., 高茎 / 矮茎; 圆滑 / 皱缩; 黄色 / 绿色

③ 花朵大, 易操作

母本(♀) 未成熟花去雄 → 套袋 → 成熟雌蕊 → 套袋 → 豆荚

父本(♂) 花粉 —人工异花传粉→ 成熟雌蕊

④ 生长周期短(一年一季), 后代数目多, 统计误差小

一对相对性状的杂交实验

正交	♀	♂	反交	♂	♀
亲本（P）	纯高 ×	纯矮	亲本（P）	纯高 ×	纯矮
	显（杂交）隐			（杂交）	
	↓			↓	
子一代（F_1）	高茎 Q1		子一代（F_1）	高茎	
	（自交）↓ ⊗			（自交）↓ ⊗	
子二代（F_2）	高茎，矮茎 Q2		子二代（F_2）	高茎，矮茎，	
	性状分离				

性状分离比：高茎$_1$ + 高茎$_2$: 矮茎$_1$ + 矮茎$_2$ = 787 : 277 ≈ 3 : 1 Q3

对分离现象的解释（颗粒遗传假说）

① 遗传因子像颗粒，显性大写 e.g., D；隐性小写 e.g., d (dwarf)

② 来细胞中合一起

zygote 合子 { 纯合子 { 显性纯合子 DD / 隐性纯合子 dd
杂合子 Dd

③ 形成配子时分离 (gamete)

Dd → D 配子 / → d 配子　　分离定律实质

④ 雌雄结合时随机

	高茎		矮茎
P	DD	×	dd
配子	↓ D		↓ d
F_1	Dd		
	高茎		

	高茎		高茎
F_1	Dd	×	Dd
配子	D d		D d
F_2	DD	Dd	Dd	dd
	高茎	高茎	高茎	矮茎

1 : 2 : 1

对分离现象解释的验证

测交：（待测个体）与隐性纯合子杂交

正交	♀		♂
P	Dd	×	dd
		↓	
F_1	Dd		dd
	1	:	1
	高		矮

反交	♂		♀
P	Dd	×	dd
		↓	
F_1	Dd		dd
	1	:	1
	高		矮

高1+高2 : 矮1+矮2 = 87:79 ≈ 1:1，符合预期.

假说-演绎法

step 1 提出问题 Q1，Q2，Q3

step 2 假说解释 Dd → D / d

step 3 演绎推理 测交后代 1:1

step 4 实验验证 实际测交实验接近 1:1

step 5 总结规律 分离定律

分离定律 普遍性

实质：Dd → D / d

e.g.1 小麦高秆矮秆

e.g.2 家鸡羽腿无腿

e.g.3 两只白羊生出黑羊

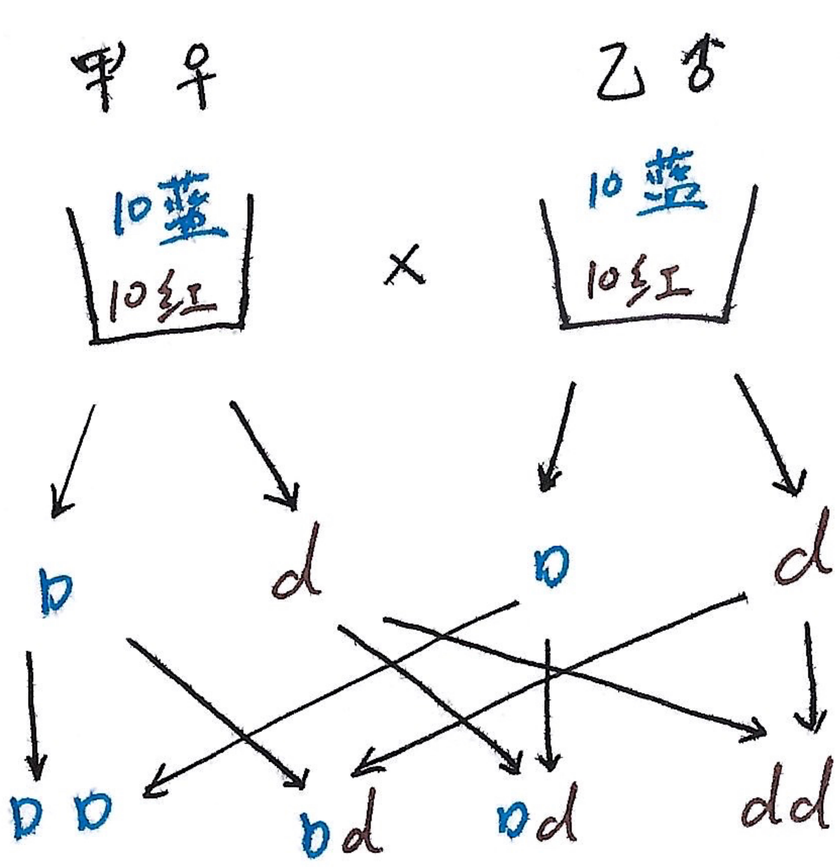
e.g.4 正常夫妻生出白化子女

} 判断是隐性.

必修二 CH1 孟德尔的豌豆杂交实验（二）课时Ⅰ.Ⅱ.

性状分离比的模拟实验

原理：



模拟

雌、雄生殖器官

配子形成过程（分离定律）

雌雄配子

雌雄配子随机结合

操作：

step 1. ：甲罐（10蓝+10红）/桶　　乙罐（10蓝+10红）/桶

step 2. ：摇桶，混匀

step 3. ：抓球，组合，记录

step 4. ：球放回桶

step 5. ：（step 3 + step 4）*30次

Q：乙桶中可放20蓝20红？

自然界中雌、雄配子，哪种更多？

Q：每个小组所得结果一定接近 DD:Dd:dd = 1:2:1 吗？

全班汇总结果是否接近 DD:Dd:dd = 1:2:1？

题型一. 显隐性判断及遗传因子推断（A/a）

e.g.,1

麻瓜 × 巫师 隐

↓

麻瓜

AA × aa

↓

Aa

e.g.,2

麻瓜 × 麻瓜

↓

麻瓜 巫师 隐

Aa × Aa 無性有

↓ 有爲隐性

AA, Aa } A_ aa

e.g.,3

麻瓜 × 巫师

↓

麻瓜 巫师

麻 巫

Aa × aa

↓

Aa aa

麻 巫

麻 巫

aa × Aa

↓

aa Aa

麻 巫

测交模式无法显隐

e.g.,4

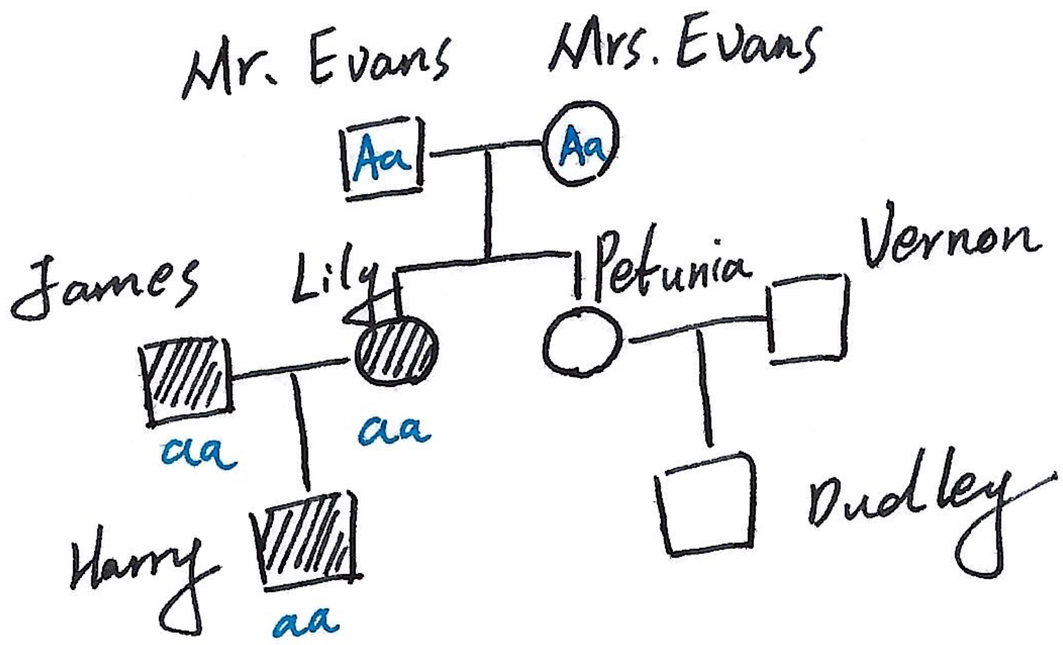
巫师 × 巫师

↓

巫师

無法判断.

题型二、系谱图推断与概率计算



图例：

□ 麻瓜男

○ 麻瓜女

▨ 巫师男

◐ 巫师女

Q0：显隐性判断（A/a表示）

A0：麻瓜夫妇（Mr. Evans & Mrs. Evans）生出巫师

後代，符合"無中生有，有为隐性"，巫师爲隐性

Q1：Petunia携带魔法遗传因子(a)的概率？

A1：$Aa \times Aa$

$\downarrow$

$1AA \quad 2Aa \quad \cancel{1aa}$

已知Petunia是麻瓜，排除aa

因此Petunia遗传因子記爲 $A\frac{1}{3}\frac{2}{3}a$

$P(Aa) = \frac{2}{3}$

Q2：如果Vernon是纯麻瓜(AA)，Dudley携带魔法遗传因子的概率？

A2：$\frac{1}{3}AA \times AA$

$\downarrow$

$\frac{1}{3}AA$

$\frac{2}{3}Aa \times AA$

$\downarrow$

$\frac{2}{3}(\frac{1}{2}AA \quad \frac{1}{2}Aa)$

综上，Dudley $P(Aa) = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$

题型三、性状分离比变体

e.g.1 不完全显性　　Q：问 F_2 性状分离比？

	红花		白花
P	AA	×	aa
		↓	
F_1		Aa	粉花

Aa
↓
1AA　2Aa　1aa
红　粉　白

F_2 中，
红：粉：白 = 1:2:1

---

e.g.2 配子育性问题，情境接上题

Q1：如果 F_1 (Aa) 产生的 a 配子有一半全死掉，
问 F_2 性状分离比？

A1：

♀ \ ♂	2A	1a
2A	4 AA	2 Aa
1a	2 Aa	1aa

F_2 中，
红：粉：白 = 4:4:1

Q2：如果 F_1 (Aa) 产生的 a 雄配子有一半全死掉，
问 F_2 性状分离比？

A2：

♀ \ ♂	2A	1a
1A	2AA	1Aa
1a	2Aa	1aa

F_2 中，
红：粉：白 = 2:3:1

P9.3 纯合致死问题

已知一群小鼠，無论雌雄，毛色均有黄、灰二色。开展以下两组杂交实验，就对结果进行解释

P：黄 × 灰　　Aa × aa　　P：黄 × 黄　　Aa × Aa

↓　　↓　　↓　　↓

F_1：黄　灰　　Aa　aa　　F_1：黄 : 灰　　1AA　2Aa　1aa

1 : 1　　1 : 1　　2 : 1　显性纯合致死

推断：鼠群中黄色小鼠均为Aa，没有AA（胎死腹中）

题型四：自由交配问题

沿用上题情境。已知初始状态下，鼠群中黄:灰=2:1

问 鼠群自由交配一代後，下一代黄灰比例？

配子法解决此类问题.

♀中，$P(Aa)=\frac{2}{3}$，$P(aa)=\frac{1}{3}$，$P(A)=\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{2}=\frac{1}{3}$，$P(a)=\frac{2}{3}$

♂中，$P(Aa)=\frac{2}{3}$，$P(aa)=\frac{1}{3}$，$P(A)=\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{2}=\frac{1}{3}$，$P(a)=\frac{2}{3}$

♀ \ ♂	$\frac{1}{3}A$	$\frac{2}{3}a$
$\frac{1}{3}A$	致死 $\cancel{\frac{1}{9}AA}$	$\frac{2}{9}Aa$
$\frac{2}{3}a$	$\frac{2}{9}Aa$	$\frac{4}{9}aa$

自由交配一代後，下代黄:灰=1:1

题型五、如何验证分离定律？

直接证据：直接观察到两种配子（花粉鉴定法）

间接证据：测交法，自交法，单倍体育种法。

题型六、杂合子连续自交问题

Q1：Aa 连续自交，问 F_n 中，$P(AA)$ $P(Aa)$ $P(aa)$

$$
\begin{array}{lcccc}
P & & Aa & & \\
 & & \downarrow \otimes & & \\
F_1 & \frac{1}{4}AA & \frac{1}{2}Aa & \frac{1}{4}aa \\
 & \downarrow \otimes & \downarrow \otimes & \downarrow \otimes \\
F_2 & \frac{1}{4}AA & \frac{1}{2}(\frac{1}{4}AA\ \frac{1}{2}Aa\ \frac{1}{4}aa) & \frac{1}{4}aa
\end{array}
$$

依次类推，F_n 中，$P(Aa) = (\frac{1}{2})^n$

$$P(AA) = P(aa) = \frac{1-(\frac{1}{2})^n}{2} = \frac{1}{2} - (\frac{1}{2})^{n+1}$$

Q2：Aa 连续自交，且每代的 aa 都淘汰掉，问 F_n 中 $P'(AA)$ $P'(Aa)$

这样思考：无论是否淘汰 aa，都不影响 AA、Aa 相对比例

如果不淘汰 aa，可沿用上一题中的 $P(Aa)$、$P(AA)$，那么，

$$P(AA) + P(Aa) = \frac{1}{2} - (\frac{1}{2})^{n+1} + (\frac{1}{2})^n = \frac{1}{2} + (\frac{1}{2})^{n+1}$$

$$\frac{P(AA)}{P(AA)+P(Aa)} = \frac{\frac{1}{2} - (\frac{1}{2})^{n+1}}{\frac{1}{2} + (\frac{1}{2})^{n+1}} = \frac{2^n - 1}{2^n + 1}$$

注意，即使淘汰每代的 aa，并不影响 $\frac{P(AA)}{P(AA)+P(Aa)}$

在淘汰 aa 的情况下，

$$\underbrace{P'(AA)}_{\text{指的是淘汰aa情况下}} = \frac{P(AA)}{\underbrace{P(AA)+P(Aa)}_{\text{指的是不淘汰aa的情况下}}} = \frac{2^n-1}{2^n+1}, \quad P'(Aa) = \frac{2}{2^n+1}$$

$$P'(AA) + P'(Aa) = 1$$