遗 传 学 实 验 ——果 蝇 实 验

上海复旦大学生物系

(四)果蝇的二对因子试验

实验原理和目的

本实验通过对果蝇二对相对性状的杂交试验,验证孟德尔第二定律——自由组合定律(独立分配定律)。采用的材料是长翅黑檀体果蝇和残翅灰体果蝇。通过对杂交后代翅膀和体色这二个性状的观察,经过数据处理,验证是否符合杂种第二代的分离比数 9:3:3:1 比率。已经知道长翅和残翅是一对相对性状,由位于第二染色体上的基因 +/vg 决定,灰体和黑檀体是另一对相对性状,由位于第三染色体上的基因 +/e 决定,所以都属常染色体遗传。 把长翅黑檀体雌蝇(++ee)与残翅灰体(vgvg++)的雄蝇杂交,或它们的反交,F,代全部是长翅灰体。F,代雌雄蝇互交,F,代产生性状分离,出现了四种表型,图示如下:

图 4-1 果蝇两对性状的杂交试验

预期结果,应为9:3:3:1的比率。表型相同,基因型不一定相同。长翅灰体的一群包括四种不同基因型,这四种基因型单从表型上是分不出的。这个实验验证了"不同染色体上的基因在形成配子时是自由组合的"。

实验准备

1.用具: 麻醉瓶,白瓷板,海绵板、放大镜,毛笔, 镊子,盛有饲料的培养瓶4只。

2.药品: 酒精棉,乙醚。

实验步骤

- 1. 选残翅灰体和长翅黑檀体果蝇作亲本,正交或 反交都可以,但雌蝇一定要选处女蝇。处女蝇在实验 前 2—3 天陆续收集,备用。
- 2.进行杂交。正交,反交各一瓶。即: 残翅灰体 $(?) \times 长翅黑檀体(\alpha)$; 残翅灰体 $(\alpha) \times 长翅黑檀体$



(9)。a. 把残翅灰体处女蝇倒出麻醉,挑出5-6只,移到杂交瓶;b. 其次把长翅黑檀体果蝇倒出麻醉,在白瓷板上放大镜下,仔细挑出5-6只雄蝇,移到上述杂交瓶中;c. 贴好标签:反交与正交方法一样。杂交瓶放到温箱中培养。

(正交) v₂v_g++×++e^c (♀) (♂) ×月×日 姓名:

- 3.7—8 天后,可见到有 F₁ 幼虫出现,**倒去亲本果** 蝇。
- 4.再过 4—5 天后, F₁ 成蝇出现。观察 F₁ 翅形和体色,连续检查 2—3 天。不管是正交还是反交, F₁ 应该都是长翅,灰体。若出现其他表型的果蝇,表明已发生了差错,不能再做下去。发生错差的原因很多,如:亲本雌果蝇不是处女蝇; F₁ 幼虫出现后亲本没有倒完;杂交亲本的雄蝇筛选有误,以及亲本原种本身不纯等,都会造成试验失败。
- 5.在一个新鲜培养瓶内,放5—6 对 F、果蝇,这时 雌蝇无须处女蝇,在23℃温箱中培养(反交同样做一瓶)。
 - 6.7-8天后, F, 代幼虫出现, 移去 F, 代亲本。
- 7. 再过 4—5 天后, F, 代成蝇出现, 开始观察。统计四种表型, 每隔 2—3 天统计一次, 连续统计 7—8 天。被统计过的果蝇放到死蝇盛留器中。

实验结果 填写下列表格

 交配 方式
 长、黑(♀)×残、灰(♂)
 长、黑(♂)×残、灰(♀)

 統计 日期
 长、灰数
 其它表型 的数目
 长、灰数
 其它表型 的数目

Qiao Shouyi et al.: An Experiment in Genetics

F₂(正反与反交合并统计)

交配 方式	-	各 类 果	蝇数目	
统计 日期	长,灰数	长,黑数	残,灰数	残,黑数
			j	
				<u> </u>
合 计	<u> </u>			

实验结果用卡平方来测定好适度(实际数与理论 比的符合程度),公式见表

X2 测验

	长灰	长黑	残灰	残黑	合计		
实验观察数		-					
预期数 (9:3:3:1) (C)							
偏差 (0 - C)							
$\frac{(0-C)^2}{C}$					_		
	$V^2 = \nabla (0 - C)^2 = P = 0$						

计算出 χ^2 值后,查 χ^2 表,得到 P 值。若 P > 0.05,结论:差异不显著。可以认为这二对性状分别由二对基因控制,遗传方式符合自由组合定律;若 P < 0.05,结论:差异显者。可以认为所研究的二对性状的遗传不能用自由组合定律解释(见附录: χ^2 表)。

附录:

 χ^2 表,表内数字是各种 χ^2 值, n 是自由度, P 是在一定自由度下 χ^2 大于表中数值的概率

P	0.99	0.95	0.50	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.00016	0.0039	0.45	2.71	3.84	5.41	6.64
	0.0201						
3	0.115	0.35	2.37	6.25	7.82	9.84	11.35

图 5-1 白眼雄蝇与纯种红眼雌蝇杂交, 子代不论雌,雄都是红眼。

(五) 果蝇的伴性遗传

实验原理和目的

性染色体上的基因所控制的性状在遗传方式上与 常染色体上基因有所不同。性染色体上基因随性染色 体而传递,所以它们决定的性状与性别相联系,这种遗 传方式称为伴性遗传。

本实验用红眼果蝇和白眼果蝇为材料,通过对杂交后代眼色的观察,了解伴性遗传与常染色体遗传的区别。红眼与白眼是一对相对性状,分别由 X 染色体上的基因 + (或 + w)与 W 决定,十对 W 是显性。因为雌蝇的性染色体组成是 XX,雄蝇的性染色体组成是 XY,而且 Y 染色体上没有与 X 染色体上相对应的基因,所以红眼果蝇与白眼果蝇杂交时,正交与反交的结果不同,如图 5-1,5-2 所示。

由图解得知,在杂交组合中,如以显性纯合体为母本,F,代表型与常染色体遗传方式相同,全部表现出显性性状。但若以隐性个体作母本时,F,代中的雄性表现母本性状,雌性表现父本性状,呈交叉遗传,这是伴性遗传的特征。因为在同一杂交组合中,F,代的分离比随正反交而不同,所以F,代雌雄个体互交时,F,的分离比也随之而异(图5~3,图5~4)。

对 F. 代的观察,不仅可以更好地了解伴性遗传的本质,同时也可以直接检验你所做的 F. 代结果是否正确,若 F. 代中出现了错差, F. 就得不到上述的结果。

实验准备

- 1.用具: 放大镜,麻醉瓶,白瓷板,海绵,毛笔,镊子,盛有饲料的培养瓶8个。
 - 2. 药品:乙醚,酒精棉。

实验步骤

- 1.以红眼和白眼果蝇作亲本,正反交都做。实验 前要分别收集它们的处女蝇各 10—15 只。
- 2. 进行杂交。 正交: 红眼♀×白眼♂。a. 红眼 处女蝇分作二瓶,这两瓶作为杂交瓶; b. 从白眼果蝇培养瓶中分出 10—15 只雄蝇,分成二份,放入上述杂交瓶中; c. 贴上标签。 反交: 白眼♀×红眼♂也做

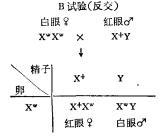


图 5-2 白眼雌蝇与红眼雄蝇杂交,子代雌蝇是红眼,雄蝇是白眼。

C 试验 F_i: X+X* × X+Y 红眼♀↓红眼♂

F ₂ :	精子	X+	Y
	X+	X+X+	X+Y
		红眼♀	红眼♂
	X₩	X+Xw	X^wY
		红眼♀	白眼♂

图 5-3 子一代红眼雌蝇与红眼雄蝇交配, 子二代雌蝇全为红眼,而雄蝇中,红眼和白眼各占一半。

二瓶,方法同上。杂交瓶放 23℃ 温箱培养。

X+	X+	×	XwY
	(IE	交))
	月	日	
	姓	名	i

- 3.7-8 天后, 倒去亲本果蝇。
- 4. 再过 4—5 天后, F_i 成蝇出现,开始观察 F_i 代 银色。
- 5. 把 F₁ 雌雄果蝇互交,正、反交仍各做二瓶。这时雌蝇可以不是处女蝇。置 23℃ 温箱培养。
 - 6. 7-8 天后, 倒去 F, 代果蝇。
- 7. 再过 4—5 天后, F, 代成蝇出现, 麻醉后倒在白瓷板上观察眼色,鉴别雌雄。
 - 8. 再隔 2--3 天,再统计一次。

实验结果

Fi: A 试验(正交): 红眼 ? × 白眼 ♂

观察结果	各类果蜴	量的数目
统计日期	红眼♀	红眼♂
合 计		
百分比		

F₂: C试验

观察结果		各类果蝇的数	1
统计日期	红眼♀	红眼♂	白眼♂
合计		<u> </u>	
百分比			

D 试验 X+X** × X**¥ 红眼♀↓白眼♂

精子 卵	Xw	Y
X+	X+Xw	X +Y
	红眼♀	红眼♂
Xw	X ^w X ^w	X ^w Y
	白眼♀	白眼♂

图 5-4 白眼雄蝇与子一代红眼雌蝇交配时, 子二代雌蝇和雄蝇中,红眼和白眼各占一半。

F₁: B试验(反交): 白眼♀×红眼♂

	观察结果	各类果蝎	 蝇的数目
统计日期 		红眼♀	白眼♂
合	<u></u> 计		
百分)比		

F₂: D试验

	观察结果		各类果蚊	属的数目	
统计日期		红眼♀	白眼♀	红眼矿	白眼♂
				1	
台	ìt				
百分	比				

(六) 果蝇的三点试验

实验原理和目的

本实验通过对同一染色体上三个非等位基因的交换行为,来验证基因是在染色体上呈直线排列的。 先把野生型果蝇与三隐性果蝇杂交,作成三因子杂种(a b c/+++),再用三隐性个体进行测交。在测交后代中,因交换可得到各种类型的组合,与两个亲本表型不同的称为重组合。每个重组值去掉%后,就作为基因间的图距。这是相对距离。三点测交试验也是绘制

遗传学图的基本方法。

三隐性个体的表型是小翅(miniature),白眼 (white eye), 焦刚毛 (singed),由位于 X 染色体上的三个隐性基因 m, w 和 sn^3 决定。野生型个体是长翅、红眼和直刚毛,决定这些性状的相应基因是 $+^m+^m$ 和 $+^{sn^3}$ 或 +++。现在把三隐性个体与野生型杂交,取 F_1 代雌蝇,用三隐性个体测交,得测交后代,如图 6-1 所示。

图 6-1 三点测交试验中得到测交后代的交配程序

在解剖镜下白瓷板上鉴定表型,统计数字,并按下 列顺序填表和计算。

I. 先写出应有的 8 种表型。 填上观察数, 计算总数。

表 6-1 三点测交试验中观察的记录和重组值的计算 (举例说明)

	测交后代	观察数	基团	国间是否重	组			
	表型	/光奈奴	m-sn³	m-w	w-sn³			
1	sn³ w m	372		-	-			
1	+ + +	285	-	-	-			
j	+ w +	95	-	+	+			
1	sn³ + m	97	_	+	+			
[sn3 + +	4	+	-	+			
1	+ w m	4	+	-	+			
1	+ + m	91	+	+	-			
{	sn³w +	52	+	+	_			
	总计	1000	151	335	200			
	重组值	ī	15.1%	33.5%	20.0%			

- 2. 填写"基因是否重组一栏"。因为测交亲本是三 稳性,所以如基因间有交换,便可在表型上显示出来。 因而从测交后代的表型便可推知某二个基因间是否重 组。
 - 3.计算基因间的重组值:

m—sn³ 间的重组值 =
$$\frac{151}{1000} \times 100\% = 15.1\%$$
;

m-w 间的重组值 =
$$\frac{335}{1000} \times 100\% = 33.5\%$$
;

w-sn³ 间的重组值 =
$$\frac{200}{1000} \times 100\% = 20.0\%$$
。

4. 画遗传学图:

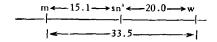
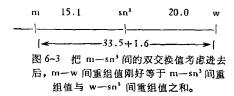


图 6-2 m-w 间重组值小于 m-sn³间和 sn³-w 间重组值之和,这是什么原因?

5.计算双交换值: m—w 间重组值小于 m—sn³间 重组值与 w—sn³间重组值之和,这是因为在 1000 只 果蝇中,有 8 只果蝇在 m—w 间发生了双交换,即同 时出现了两个单交换,而在计算 m—w 间重组值时没 有计算进去,如果在计算 m—sn³间重组值时,再加上 两倍的双交换值:

$$\frac{8\times2}{1000}\times100\%=1.6\%$$
,

则 m-sa3 间的重组值=33.5+1.6=35.1。



6.计算并发率和干涉:如果两个基因间的单交换并不影响邻近两个基因的单交换,那么预期的双交换频率应等于两个单交换频率的乘积。但实际上观察到的双交换频率往往低于预期值。因为每发生一次单交换,它邻近也发生一次交换的机会就减少一些,这叫做干涉。一般用并发率来表示干涉的大小。

在上例中:

并发率=
$$\frac{8}{1000} \times 100\%$$

 $15.1\% \times 20.0\%$ = 0.26
干涉=1-0.26=0.74

实验准备

- 1.用具: 双筒解剖镜或显微镜,麻醉瓶,瓷板,海 绵板,毛笔,镊子,毛边纸,盛有饲料的牛奶瓶1个,指 管2个。
 - 2. 药品: 乙醚,酒精。

实验步骤

- 1.用三隐性个体(小翅,白眼,焦刚毛)和野生型作 实验材料。以三隐性为母本,在实验前收集处女蝇,培 养于指管中。
- 2. 把野生型雄蝇挑出,放到盛有处女蝇的指管中进行杂交。

$$\frac{\text{m} \quad \sin^3 \quad w}{\text{m} \quad \sin^3 \quad w} \quad \times \quad \frac{+ \quad + \quad +}{\text{(9)}}$$

贴好标签,在 22-23℃ 中培养。

3.7-8天后,倒去亲本。

4.再 4—5 天后,子一代成蝇出现,进行观察,F,雌 蝇全部是野生型,雄蝇全部都是三隐性。

5.从 F₁代中选 20—30 对果蝇,放到牛奶瓶中,在 23℃ 培养。 这里雌蝇不一定要是处女蝇(为什么?)。 若用反交:

$$\frac{+ + + +}{+ + +} \times \frac{\text{m sn}^3 \text{ w}}{(\sigma^7)}$$

- F, 雌蝇一定选处女蝇(为什么?)。
- 6.7-8 天后倒去亲本。
- 7. 再 4—5 天后, F₂ 代成蝇出现,开始观测。果蝇倒出麻醉,放在白瓷板上,用解剖镜检查眼色、翅形、刚毛,各类果蝇分别计数。统计过的果蝇倒掉。过 2 天后再检查第二批,连续检查 7—8 天,即 3—4 次。再迟

时 F, 代出现了。要求至少统计 250 只果蝇。 因为群体越大, 重组值越精确。 当然也可以把几个人的数字相加, 用来计算重组值。

实验结果

填于表格内,并绘出遗传学图和计算并发率,干涉。

测交后代	观察数	基	因间是否重:	组	
的表型	790375 900	m-sn³	m-sn³ m-w		
,					
		:			
总 计					
重组	值			<u> </u>	

(乔守怡 江绍慧)

小方法

玉米切穗授粉

在玉米自交系选育过程中,人们常常利用玉米的 双穗性状同时进行授粉、以期在一株玉米上同时得到 自交种和测交种。下一年就可以通过测交种的产量比 较,选留相应的品系。这样不仅可以加快自交系选育, 又可减少工作量。但是采用这种选择办法,选择材料 必须是双穗型的。那么单穗型的材料是否可以采用这种选择法呢? 我们曾进行了如下试验:

在花丝吐露的前 1—2 天,用锋锐的刀片将玉米穗连同包叶纵向切割,一直切到穗柄,把一个果穗变成两个半穗,果穗切完后,立即各套上一个羊皮纸袋。待花丝吐露时,再分别进行授粉。一半果穗先授粉,授完粉,套好袋,用橡皮筋扎好,再给另外一半果穗授粉。授粉时注意不要将花粉授到另外一半上,以防混杂。

实践证明,这种人为地将一个幼穗切成"双穗",授 粉结实效果良好。切后的穗轴有些弯曲,但籽粒发育 饱满,发芽能力正常。

(孙远达)

(上接第18页)

参考文献

[1] 华北农业大学,西北农学院编写组:1978. 《作物育种学》, 计署育种,28-39页。

- [2] 张必泰: 1978。江苏农业科技,(4): 22-27。
- [3] 山东省烟台地区农业科学研究所: 1978。遗传与育种、(4): 21—22。
- [4] 板井健吉等: 1965。农业译丛,(12): 18-19。
- [5] 阿福雷德·琼斯: 1979。四川农业科技,(1); 90-94。