中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯
高中組

生物科

科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：趨光性的色光差異及遺傳關係

關鍵詞：趨光性、色光差異、遺傳

編號：040716

學校名稱：

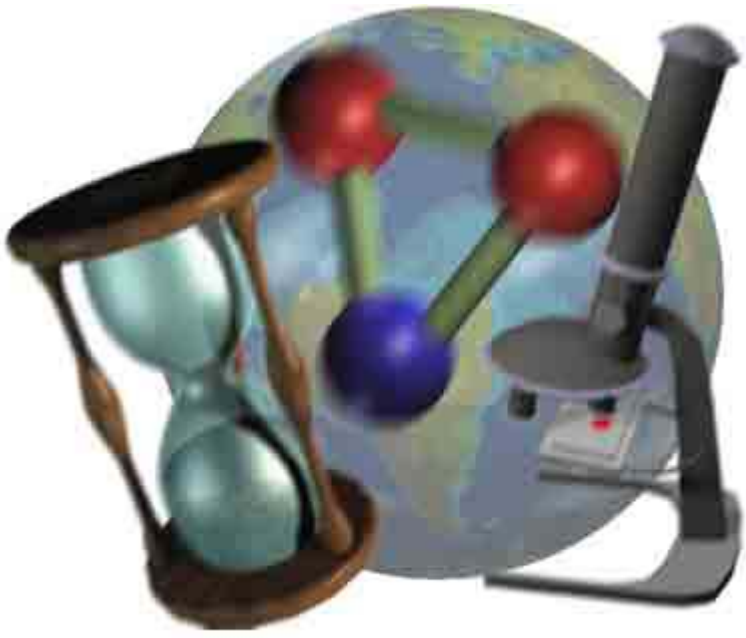
國立台中第一高級中學

作者姓名：

王政堯、蘇軒

指導老師：

呂宗信、林文端



摘要

這項研究，主要是在探討果蠅的趨光性的色光差異和遺傳的關係。很多種昆蟲都具備趨光性，我們之所以以果蠅作實驗，主要是因為其生活週期短，大約兩週，且易於培養。實驗內容是以「迷宮器材」來鑑別果蠅對某一特殊色光的偏好，將該群果蠅分離出來培養，令其繁衍後代，觀察其後代對此一色光偏好的比率，我們所用的果蠅大致上對綠色光較敏感，而其子代的敏感度較親代高。因此，我們推論趨光性會遺傳，且受光影響，但並非全由光影響，故這可能是實驗中的誤差成因。雖然此實驗是以果蠅為對象，但亦可假設其它具趨光性的昆蟲，也可能是因遺傳而導致其子代有趨光性，而我們可利用其趨光的一些特性，減少農作物因害蟲類的果蠅而損失，並且希望可以得知,在人造光源還未出現在世上時，夜行性昆蟲是否有差異。

壹、動機

晚上看書時，常常會有許多小昆蟲在檯燈前飛來飛去 ，對於昆蟲的趨光性，感到十分有趣，但光有好幾種，而這些昆蟲又是對哪些色光較敏感呢？國中時我們都只學到一些基礎的知識，對於昆蟲的趨光性都還不是很了解，想藉這次的實驗找到更多的知識，並試想在人類出現以前，在晚上並沒有明顯的光源，只有微弱的星光和月光，那麼趨光性到底對昆蟲有什麼意義呢？是為了在晚上定位？還是為了逃避敵害？抑或是人類發明光後才演化出來的呢？於是便想探討昆蟲的趨光性並試著去推測趨光性可能的成因。趨光性會遺傳嗎？生理週期及行為和光有關係嗎？比如：羽化位置，產卵位置……於是我們決定研究這項有趣的主題。

貳、目的

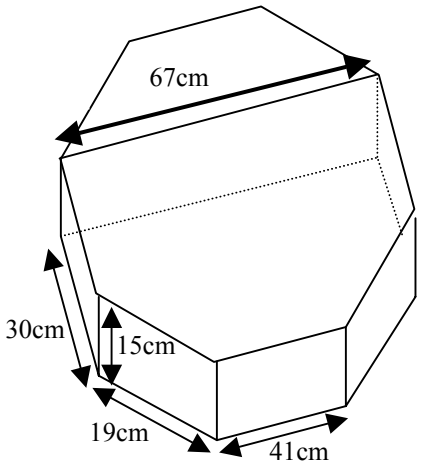
一、研究不同色光對趨光行為的影響。
二、是否對某種顏色的光特別敏感？
三、此一現象是否會遺傳？
四、代與代之間是否會有變異？
五、族群壓力對果蠅遷移的影響。

參、實驗對象

純系果蠅(*Drosophila melanogaster*)

肆、研究材料及設備

一、六邊形有蓋木箱 1 個



二、 ⅄ 型迷宮器具(maze, apparatus)
三、純系果蠅(*Drosophila melanogaster*) 三個品系〈紅眼、白眼、缺陷眼〉
四、40W 燈泡　　由東海大學生物系提供
五、紅，藍，綠色玻璃紙數張
六、培養果蠅的基本材料，器具
七、光度計

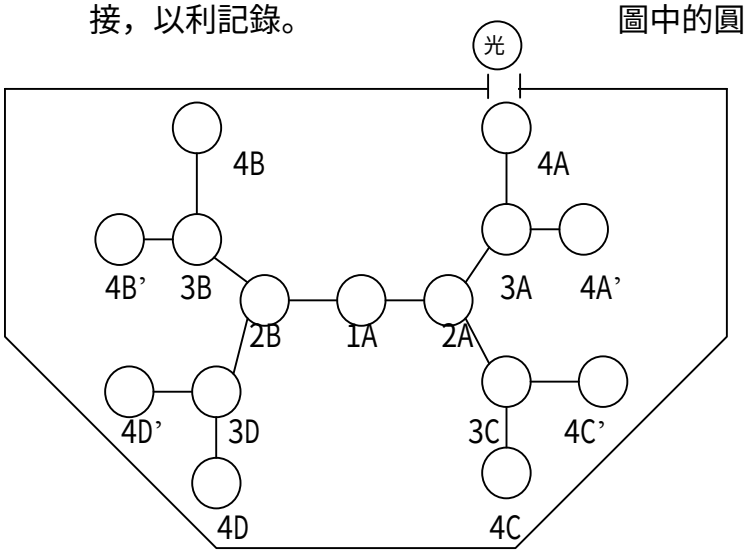
伍、研究方法及過程

一、 趨光性的驗証

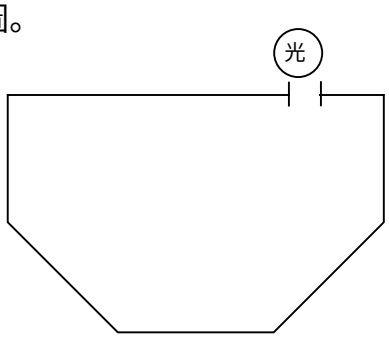
■ 實驗：

1. 方法 ：為了驗証果蠅是否有趨光性，及不同種果蠅間的趨光性是否有差異，選擇三種純系果蠅（即白眼、紅眼及缺陷眼）觀察，是否對光的反應有差異。我們採用迷宮器材（maze，apparatus）來實驗探討。
2. 過程 ：

(1) 將器材排列位置，如下圖，並標以編號，瓶與瓶之間以軟塑膠細管連接，以利記錄。　　圖中的圓圈　　圖中的直線



(2) 選擇單一光源孔，設定最接近光源的瓶子為 4A，光源孔採用直徑 6㎜ 大小，如下圖。



(3) 選取 60 隻純系紅眼果蠅，放入編號 1 的瓶子內，並蓋上實驗器材的蓋子，使光源更清晰，置放 12 小時

(4) 觀察果蠅的遷移情形，記錄下果蠅在各個瓶子內之數目。

(5) 重覆此實驗 5 次

(6) 步驟如上，在同一實驗方法之下，選取純系白眼及缺陷眼果蠅觀察其遷移情形，並記錄實驗結果。

3.實驗記錄：

果蠅實驗記錄表 不同眼睛對光線反應〈 I 〉						
實驗方式	缺眼白光					
單位（隻）	60（每次）		時間		每次置放 12 小時	
蠅種 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	22	32	38	34	25	151
2A		4	8	2	7	21
2B		4	2	4	3	13
3A	6	4	2	5	2	19
3B			2		2	4
3C						
3D	1			2		3
4A	26	3	2	3	3	37
4A’	3	3	3	1	1	11
4B						
4B’			2	3	5	10
4C		4			1	5
4C’		3	1	2	5	11
4D	1	3			6	10
4D’	1			4		5
總計						300

果蠅實驗記錄表

不同眼睛對光線反應〈II〉

實驗方式	白眼白光			
單位（隻）	60（每次）	時間	每次置放 12 小時	

蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	4	27	16	18	16	81
2A	4	7	2	12	8	33
2B		3	1	5		9
3A	15	7	5	5	9	41
3B						
3C	2		1			3
3D						
4A	30	13	36	17	24	120
4A’	5			2	1	8
4B		3			2	5
4B’						
4C						
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

不同眼睛對光線反應〈III〉

實驗方式	紅眼白光					
單位（隻）	60（每次）		時間		每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	32	16	40	21	34	143
2A	2	8	12	7	2	31
2B						
3A	2	8	1	10	2	23
3B						
3C	1		1	2	1	5
3D						
4A	20	26	5	19	20	91
4A’	2	1	1	1	1	6
4B						
4B’						
4C		1				1
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

4.結果 ：

表一　卡方考驗 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

品　種				
	紅眼	白眼	缺陷眼	Total
瓶子 4A	91(83)	120(83)	37(83)	248
非 4A	209(217)	180(217)	263(217)	652
Total	300	300	300	900

虛無假設為三種果蠅對光的反應是一致的，亦即 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

1. 由實驗數據知，在瓶子 B 組及 D 組，C 組等離光源較遠的瓶子皆幾乎沒有果蠅，因此証實果蠅確實具趨光性。
2. 最佳估計值為 248/900 = 0.275

$$X^2=\sum\frac{(f-F)^2}{F}=\frac{(91-83)^2}{83}+\frac{(120-83)^2}{83}+\frac{(37-83)^2}{83}$$
$$=0.840+16.8609+25.226=42.927$$
$$f=3-1=2$$
查 X^2 得知：　$\lambda=0.995$
$$X^2(\lambda)=10.60$$
$$42.927>10.60$$

因此採用顯著水準 $\alpha=0.005$ 之下棄卻虛無假設，而認為三種不同的品種果蠅對光的反應是有差異性的，且眼睛有缺陷的果蠅對光的反應較正常果蠅不明顯。

瓶中　$H_0: P_{紅}=P_{白}, H_1: P_{紅}<P_{白}$

$$Z=\frac{\hat{P}_{紅}-\hat{P}_{白}-(P_{紅}-P_{白})}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P})\bullet(\frac{1}{n_{紅}}+\frac{1}{n_{白}})}}=\frac{\hat{P}_{紅}-\hat{P}_{白}}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P})\bullet(\frac{1}{n_{紅}}+\frac{1}{n_{白}})}}$$

其中　$\hat{P}=\frac{X_{紅}+X_{白}}{n_{紅}+n_{白}}=\frac{91+120}{300+300}=0.3517$

$$\hat{P}_{紅}=\frac{91}{300}=0.3033\ ;\hat{P}_{白}=\frac{120}{300}=0.4$$

$$\therefore Z=\frac{0.3033-0.4}{\sqrt{0.3517\times0.6483\times(\frac{1}{300}+\frac{1}{300})}}=-2.48$$

$Z=-2.48<-1.645$，故棄卻　H_0，接受　H_1；即 $P_{紅}<P_{白}$

兩比率差異之檢定

$H_0 : P_{紅} = P_{缺陷}$, $H_1 : P_{紅} > P_{缺陷}$

$$Z = \frac{\hat{P}_{紅} - \hat{P}_{缺陷} - (P_{紅} - P_{缺陷})}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P}) \bullet (\frac{1}{n_{紅}} + \frac{1}{n_{缺陷}})}}$$

其中 $\hat{P} = \frac{X_{紅} + X_{缺陷}}{n_{紅} + n_{缺陷}} = \frac{91 + 37}{300 + 300} = 0.2133$

$\hat{P}_{紅} = \frac{91}{300} = 0.3033$; $\hat{P}_{缺陷} = \frac{37}{300} = 0.1233$

$$\therefore Z = \frac{0.3033 - 0.1233}{\sqrt{0.2133 \times 0.7867 \times (\frac{1}{300} + \frac{1}{300})}} = \frac{0.18}{0.3345} = 5.381$$

$Z = 5.381 > 1.645$（在棄卻域中） , 故棄卻 H_0, 接受 H_1; 即 $P_{紅} > P_{缺陷}$

$H_0 : P_{白} = P_{缺陷}$, $H_1 : P_{白} > P_{缺陷}$

$$Z = \frac{\hat{P}_{白} - \hat{P}_{缺陷} - (P_{白} - P_{缺陷})}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P}) \bullet (\frac{1}{n_{白}} + \frac{1}{n_{缺陷}})}}$$

其中 $\hat{P} = \frac{X_{白} + X_{缺陷}}{n_{白} + n_{缺陷}} = \frac{120 + 37}{300 + 300} = 0.2616$

$\hat{P}_{白} = \frac{120}{300} = 0.4$; $\hat{P}_{缺陷} = \frac{37}{300} = 0.1233$

$$\therefore Z = \frac{0.4 - 0.1233}{\sqrt{0.2616 \times 0.7867 \times (\frac{1}{300} + \frac{1}{300})}} = \frac{0.2767}{0.0774} = 3.575$$

$Z = 3.575 > 1.645$（在棄卻域中） , 故棄卻 H_0, 接受 H_1; 即 $P_{白} > P_{缺陷}$

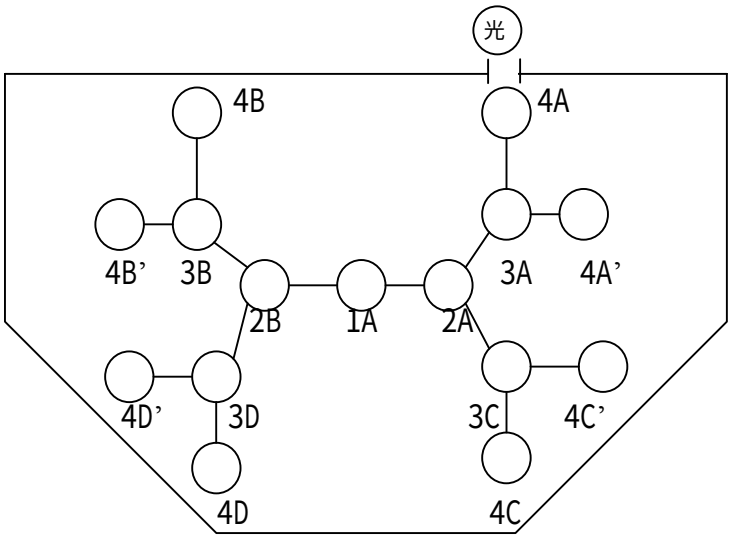
二、 果蠅對不同色光的反應實驗：

■ 實驗：

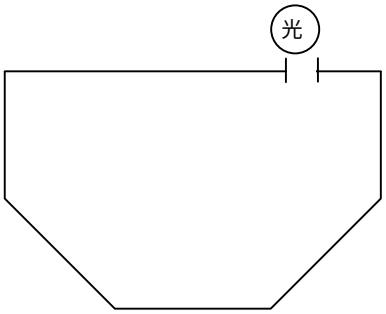
1．方法 ：為了驗証果蠅對不同色光，是否會產生對不同色光有不同的趨光行為差異，我們採用與〈壹〉相同的器材、相同的實驗方式，使用紅眼純系果蠅並以光的三原色：紅、綠、藍三色來驗証

2．過程 ：

（1） 將器材排列位置，如下圖，並標以編號，以利記錄。



（2） 選擇單一光源孔，設定最接近光源的瓶子為 4A，光源孔採用直徑 6㎜ 大小，如下圖。光源孔以有色玻璃紙貼上，第一組先採用紅色紙。



（3） 選取 60 隻紅眼純系果蠅，放入編號 1 的瓶子內，並蓋上實驗器材的蓋子，置放 12 小時。

（4） 觀察果蠅的遷移情形，記錄下果蠅在各個瓶子內之數目。

（5） 重覆此實驗 5 次

（6） 步驟如上，在同一實驗方法之下，選取純系白眼及缺陷眼果蠅觀察其遷移情形。光源改用藍色玻璃紙，綠色玻璃紙貼上，並記錄實驗結果。

3．實驗記錄 ：

果蠅實驗記錄表 色光反應〈 I 〉						
實驗方式	紅眼、藍光、室溫 20°C					
單位（隻）	60（每次）		時間		每次置放 12 小時	
蠅種 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	33	52	40	30	12	167
2A	13	2	10	14	3	42
2B					3	3
3A	3	2	2	4	8	19
3B						
3C	1	1	1	1	1	5
3D						
4A	9	2	5	10	30	56
4A’	1	1	1	1	2	6
4B						
4B’						
4C			1			1
4C’					1	1
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

色光反應〈II〉

實驗方式	紅眼、綠光、室溫 20°C					
單位（隻）	60（每次）		時間		每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	5	18	7	14	10	54
2A	11	5	7	10	3	36
2B						
3A	11	12	6	8	10	47
3B						
3C	5	3	1	2	1	12
3D						
4A	28	21	36	25	34	144
4A’		1	3	1	2	7
4B						
4B’						
4C						
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

色光反應〈III〉

實驗方式	紅眼、紅光、室溫 20°C				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	

蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	5	33	31	10	12	91
2A			12	8	2	22
2B		3	3		2	8
3A	18	9	1	13	16	57
3B		1				1
3C		3		2	2	7
3D						
4A	31	11	12	26	25	105
4A’			1	1	1	3
4B	6					6
4B’						
4C						
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

4．結果 ：

表二　卡方考驗 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

	光　源			
	藍光	紅光	綠光	Total
瓶子 4A	56(102)	105(102)	144(102)	305
非瓶子 4A	244(198)	195(198)	156(198)	595
Total	300	300	300	900

虛無假設為果蠅對三種色光的反應是一致的，亦即 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

1．最佳估計值為 $305/900 = 0.3388\overline{8}$

$$X^2 = \sum \frac{(f-F)^2}{F} = \frac{(56-102)^2}{102} + \frac{(105-102)^2}{102} + \frac{(144-102)^2}{102}$$
$$= 20.745 + 0.088 + 17.294 = 38.12745$$

$$f = 3-1 = 2$$

查 X^2 表得知

λ =0.995　$X^2(\lambda)$=10.60　38.12745＞10.60

因此在顯著水準 α=0.005 之下，棄卻虛無假設，而認為三種色光對果蠅的趨光性是有差異的，而由數值看來，果蠅對光的趨光性為綠光＞紅光＞藍光

瓶中　$H_0 : P_{紅} = P_{藍}$, $H_1 : P_{紅} > P_{藍}$

$$Z = \frac{\hat{P}_{紅} - \hat{P}_{藍} - (P_{紅} - P_{藍})}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P}) \bullet (\frac{1}{n_{紅}} + \frac{1}{n_{藍}})}}$$

其中　$\hat{P} = \frac{X_{紅} + X_{藍}}{n_{紅} + n_{藍}} = \frac{105 + 56}{300 + 300} = 0.2683$

$\hat{P}_{紅} = \frac{105}{300} = 0.35$; $\hat{P}_{藍} = \frac{56}{300} = 0.186$

$\therefore Z = \frac{0.35 - 0.186}{\sqrt{0.2683 \times 0.7317 \times 0.006}} = \frac{0.164}{0.077} = 2.13$

$Z = 2.13 > 1.645$ (在棄卻域中)　, 故棄卻　H_0 , 接受　H_1 ; 即 $P_{紅} > P_{藍}$

（續）表二　卡方考驗 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

$H_0 : P_{綠} = P_{紅}$, $H_1 : P_{綠} > P_{紅}$

$$Z = \frac{\hat{P}_{綠} - \hat{P}_{紅} - (P_{綠} - P_{紅})}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P}) \bullet (\frac{1}{n_{綠}} + \frac{1}{n_{紅}})}}$$

其中 $\hat{P} = \frac{X_{綠} + X_{紅}}{n_{綠} + n_{紅}} = \frac{144 + 105}{300 + 300} = 0.415$

$\hat{P}_{綠} = \frac{144}{300} = 0.48$, $\hat{P}_{紅} = \frac{105}{300} = 0.35$

$\therefore Z = \frac{0.48 - 0.35}{\sqrt{0.415 \times 0.585 \times 0.006}} = \frac{0.13}{0.077} = 1.6883$

$Z = 1.6883 > 1.645$（在棄卻域中）, 故棄卻 H_0, 接受 H_1; 即 $P_{綠} > P_{紅}$

$\therefore$ 綠光 > 紅光 > 藍光

三、趨光性的遺傳

■實驗：

1. 方法 ：為了探討出趨光性行為是否會遺傳及是否會繁殖到 20 代、30 代後，趨光行為產生變異等問題，我們採用在實驗二：(果蠅對不同色光的反應實驗）中對綠色光較偏好的純系果蠅。由 4A 瓶子中的果蠅作為第一代，使其不斷繁衍，並對每一子代分別作對綠色光實驗，比較其代與代的差異。
2. 過程 ：
   (1) 將實驗二中，選取遷移至瓶子編號最接近光源的 4A 純系果蠅培養，使其繁殖後代。
   (2) 實驗方法與上述三種實驗相同，將子代的純系果蠅置於編號 1 號的瓶子中，放置 12 小時，並觀察其遷移情形，並記錄之。
   (3) 如此重覆此實驗共 10 代，觀察其遷移情形並記錄其結果。
   (4) 另設一對照組，不做任何選擇而繁衍後代，同樣方法記錄幾代。
   (5) 將實驗結果統計，作比較。

3.實驗記錄：

果蠅實驗記錄表 遺傳研究						
實驗方式	GI					
單位（隻）	60（每次）		時間		每次置放 12 小時	
蠅種 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	5	18	7	14	10	54
2A	11	5	7	10	3	36
2B						
3A	11	12	6	8	10	47
3B						
3C	5	3	1	2	1	12
3D						
4A	28	21	36	25	34	144
4A’		1	3	1	2	7
4B						
4B’						
4C						
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GII				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	11	5	8	2	24	50
2A	11	5	10	9	7	42
2B						
3A	9	11	11	8	3	42
3B						
3C	6	7	1	3	1	18
3D						
4A	22	31	27	36	24	140
4A’	1	1	3	2	1	8
4B						
4B’						
4C						
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GIII				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	12	7	8	2	6	35
2A	13	7	14	9	12	55
2B						
3A	10	7	9	11	9	46
3B						
3C	1	3	1	5		10
3D						
4A	21	35	26	28	32	142
4A’	3		2	5		10
4B						
4B’						
4C		1				1
4C’					1	1
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GIV				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	14	16	5	6	13	54
2A	8	5	9	7	7	36
2B						
3A	10	17	3	8	11	49
3B						
3C	1	1	2		3	7
3D						
4A	27	18	40	36	25	146
4A’		3	1	2	1	7
4B						
4B’						
4C				1		1
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GV				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	10	5	13	7	21	56
2A	14	11	7	3	8	43
2B						
3A	5	12	2	6	3	28
3B						
3C		1	1			2
3D						
4A	29	30	37	43	27	166
4A’	2			1	1	4
4B						
4B’						
4C		1				1
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GVI			
單位（隻）	60（每次）	時間	每次置放 12 小時	

蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	11	17	10	10	22	70
2A	12	5	6	7	3	33
2B						
3A	8	11	17	2	8	46
3B						
3C	1	1	5		2	9
3D						
4A	27	26	19	40	23	135
4A’	1		3	1	2	7
4B						
4B’						
4C						
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GVII				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	2	22	3	11	6	44
2A	7	3	10	6	3	29
2B						
3A	9	6	12	8	4	39
3B						
3C		3	5	1	1	10
3D						
4A	42	21	29	32	46	170
4A’		3	1	2		6
4B						
4B’						
4C		1				1
4C’		1				1
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GVIII				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	6	2	8	15	19	50
2A	11	6	11	5	3	36
2B						
3A	8	2	6	7	3	26
3B						
3C	1			3	5	7
3D						
4A	32	50	34	27	29	172
4A’	1		1	3	1	6
4B						
4B’						
4C	1					1
4C’						
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

實驗方式	GIX				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	16	9	18	4	7	54
2A	6	9	7	10	4	36
2B						
3A	5	1	3	7	11	27
3B						
3C	2	1	3		1	7
3D						
4A	28	40	26	37	34	165
4A’	2		3	1	3	9
4B						
4B’						
4C				1		1
4C’	1					1
4D						
4D’						
總計						300

果蠅實驗記錄表

遺傳研究

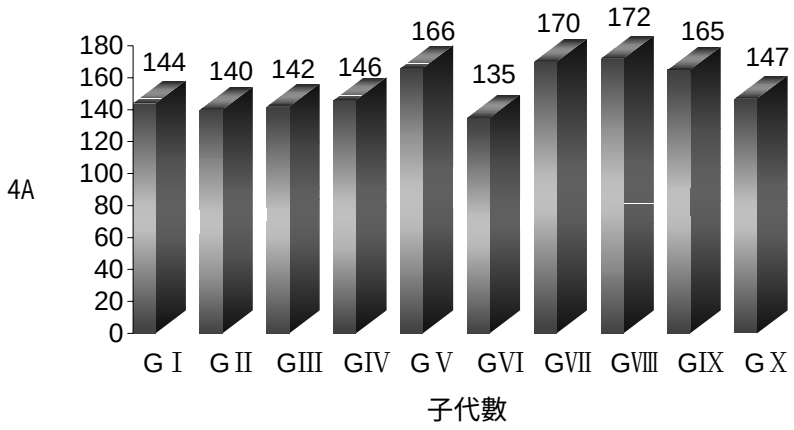
實驗方式	GX				
單位（隻）	60（每次）		時間	每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	13	3	7	11	11	45
2A	3	11	5	7	13	39
2B						
3A	3	12	11	5	8	39
3B						
3C	2	3	5	1	5	16
3D						
4A	38	28	27	35	19	147
4A’	1	2	3	1	4	11
4B						
4B’						
4C		1	1			2
4C’			1			1
4D						
4D’						
總計						300

4.結果 ：

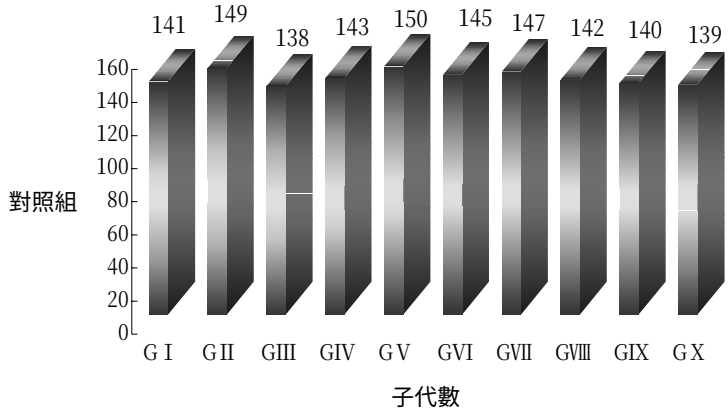
表三　各子代在 4A 瓶子內的果蠅數

子代數	G I	G II	GIII	GIV	G V	GVI	GVII	GVIII	GIX	G X
4A 瓶	144	140	142	146	166	135	170	172	165	147
對照組	141	149	138	143	150	145	147	142	140	139

圖一 各子代在4A瓶子內的果蠅數



圖二　對照組



本次實驗由於時間關係只做了 10 代，從數據上觀察，對綠色光趨光反應較強（亦即遷移至 4A 瓶子內之果蠅）的果蠅培養出來的子代對綠色光的反應並無衰退的趨勢，甚至可以說有增強的傾向。

四、 族群壓力的探討

■實驗：

1．方法 ：為了研究在不同外在因子，及內在因子上的族群壓力變化，我們仍然以迷宮器具作為研究的工具，本次實驗先以單純的群體壓力作實驗，另外的外在因子，如物種、食物、性別…等，為了實驗單純化，本次實驗中不列入變因之內，此實驗之目的，在探討族群壓力是否會造成實驗的誤差，以驗証：「若有不同人做同一實驗，數據上的差異是由族群壓力造成」。

2．過程 ：

(1) 器材及瓶子排列方式、光源配置與上述實驗相同。

(2) 選取純系紅眼果蠅，放入編號 1 的瓶子。

(3) 實驗分 3 組進行，第一組以 70 隻作為樣本數、第二組以 50 隻作為樣本數、第三組以 30 隻作為樣本數，每組進行 3 次，每次仍然置放 12 小時。

(4) 觀察果蠅遷移情形，記錄果蠅在各瓶子內的數目。

3.實驗記錄：

果蠅實驗記錄表 族群壓力〈 I 〉						
實驗方式	紅眼白光					
單位（隻）	70（每次）		時間		每次置放 12 小時	
蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	4	18	38			60
2A	5	9	2			16
2B						
3A	18	9	2			29
3B						
3C	2		1			3
3D						
4A	35	31	25			91
4A’	6	2	2			10
4B						
4B’						
4C		1				1
4C’						
4D						
4D’						
總計						210

果蠅實驗記錄表

族群壓力〈II〉

實驗方式	紅眼白光			
單位（隻）	50（每次）	時間	每次置放 12 小時	

蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	22	18	27			67
2A	7		2			9
2B	3					3
3A	6	5	2			13
3B						
3C			1			1
3D						
4A	10	22	16			48
4A’						
4B	2	3	2			7
4B’						
4C		1				1
4C’						
4D		1				1
4D’						
總計						150

果蠅實驗記錄表

族群壓力〈III〉

實驗方式	紅眼白光			
單位（隻）	30（每次）	時間	每次置放 12 小時	

蠅種 / 編號	數量	數量	數量	數量	數量	總數量
1A	16	19	8			43
2A	2	4	1			7
2B	2	1	1			4
3A	2	1	2			5
3B						
3C						
3D						
4A	4	1	18			23
4A’	2	2				4
4B						
4B’		1				1
4C	1					1
4C’	1	1				2
4D						
4D’						
總計						90

4. 結果 ：

表四　卡方考驗 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

樣本數				
	30 隻	50 隻	70 隻	Total
1A 瓶	43(34)	67(57)	60(79)	170
非 1A 瓶	47(56)	83(93)	150(131)	280
Total	90	150	210	450

虛無假設為不同數目的果蠅對光的反應是一致的，亦即 Ho: $\pi_1=\pi_2=\pi_3$

1. 最佳估計值為 $170/450=0.37\overline{7}$

$$X^2=\sum\frac{(f-F)^2}{F}=\frac{(43-34)^2}{34}+\frac{(67-57)^2}{57}+\frac{(60-79)^2}{79}=2.38+1.75+4.57=8.71$$

$$f=3-1=2$$

a. 查 X^2 表得知：λ=0.975　$X^2(\lambda)$=7.38 ；λ=0.995　$X^2(\lambda)$=9.21。7.38<8.71<9.21，採用顯著水準 α=0.025 之下，棄卻虛假設，而認為三組不同的樣本數的果蠅對遷移的反應是有差異性的。

b. 另由遷移至 4A 的果蠅數目比例值

30 隻：50 隻：70 隻為 $\frac{23}{90}:\frac{48}{150}:\frac{91}{210}$，即 0.255:0.32:0.43，呈上升比例

及留在 1A 不移動的果蠅數目比例值

30 隻：50 隻：70 隻為 $\frac{43}{90}:\frac{67}{150}:\frac{60}{210}$，即 0.48:0.45:0.29，呈遞減比例

因此推定族群的壓力存在。

陸、可能產生的誤差

一、 室溫控制約 20°C左右，但並非恆溫箱之下做實驗，因此溫度仍有些許誤差。

二、 選取果蠅並無考慮公、母的數目。

三、 對光源的考慮，只用紅、綠、藍三原色，是否有不足，對不可見光如紫外線及紅外線，因市售燈具均為紫外線含可見藍光，紅外線含可見紅光，此對實驗結果相信將會產生偏差，因此不列入實驗範圍。

四、 對「實驗三、趨光性的遺傳」研究可能因子代數目過少，且基因重組的方法過於單純，而不具說服性。

五、 時間可能造成實驗誤差（我們有時從晚上放到隔天早上才做紀錄，而果蠅是屬於日行性昆蟲）。

六、 未考慮到果蠅的活動週期

七、 依實驗四的結果，可知族群壓力可能是造成果蠅移動的原因之一，故亦會造成實驗結果的差異。

柒、研究結論

一、 純系果蠅種類雖不同，並且不同品種的果蠅皆有趨光性。（白眼>紅眼>缺陷眼）

二、 純系果蠅在紅光、藍光、綠光下趨光行為有差異，即看特定波長的光為主要趨使物。（綠光>紅光>藍光）

三、 純系果蠅的子代中，代與代間，對紅光、藍光、綠光趨光行為產生變異，即對光的感應有產生差異。

四、 趨光性會遺傳，但影響因子不是只有光，還有其它，但光是重要影響因子，而且趨光性沒有明顯的顯隱性之分。

五、 族群壓力由單純的內在因素亦即一定的空間中族群的數目，可產生差異性；族群壓力亦可由外界環境因子及不同種間產生差異。

捌、參考資料

一、 大島長造著，昆蟲的行動和適應，培風館出版，P1~P68，1974

二、 貢穀紳著，昆蟲學，中興大學農學院出版委員會出版，P667~P713，1964

三、 楊平世著，台灣的常見昆蟲，渡假出版社有限公司 P146~P147，1998，1 月

四、 楊明宗、鐘淑美編著，統計問題精選，南台圖書公司

五、 劉廷蔚譯，應用昆蟲學，教育部出版，P294~P299，1960

六、 Olive J.Dunn, Ph.D. 著，毛文秉醫師譯，生物統計學，環球書社

七、 Larry R.Squire Eric R.Kandel 著，洪蘭譯，透視記憶，遠流出版社，2000

實驗後延伸的問題及推衍

1. 趨光性昆蟲，可能使用與眼球顏色對比的光源（紅眼→綠光）
2. 為何和一般說法：「昆蟲利用紫外光當視覺光」有出入？
3. 果蠅屬於日行性昆蟲，其食物來源大部份都接近生產者，所以我們推測，果蠅在白天時，接近生產者（綠色植物），長期接受綠光，為了方便尋找食物，所以演化的結果，對綠光較敏感。
4. 1A 瓶現像：不論用紅、綠、藍任何一種光時，第二次記錄數字明顯上升，也就表示說，果蠅出發之後，又再一次回到原點。所以我們推測：果蠅一開始對單一色光的環境產生戒心，後來習慣之後，又再次出發，也許是一種「習慣性適應」的行為所致。
5. 推衍：在未有人造光源時，自然光源較現在微弱，所以昆蟲習慣較微弱的綠光。也就是說，體內有某種系統對微弱的綠光較敏感，但到了現代，人造光源出現後，綠光的強度遠比過去強，而該系統是「反應強度上升」或「失效」而使昆蟲飛向燈光？

推衍的實驗：取一種長期生活在人造光源下的夜行性動物，例如：蛾，記錄其回到「自然」（沒有人造光源）後的行為表現。

Abstract

The purpose of the research was to find the relationship between the fruit fly's attraction to light (or heliotaxis) and their genes.

Fruit flies, because of their short life span of approximately two weeks, and their simple requirements for survival, are ideal candidates for the study. With a specially designed device "Mi Gong" for the experiments, fruit flies could be separated and cultivated in accordance to their preference to specific wavelengths of light. They received cross-breeding and were studied to learn the ratio of the resulting offspring in their preference to the light. It was observed that the majority of the fruit flies were more attracted to violet light. It was also found that the next generation of the fruit fly inherited higher sensitivity to the light than their parents. Knowing that there could be potential margin of errors in the experiments, the results of the study demonstrated that light, as an external source, had limited impact to heliotaxis of fruit fly.

The study suggested that insects with heliotaxis, including fruit fly, inherited heliotaxis in their genes. The study also pointed out the potential benefits of employing heliotaxis in many areas especially in the agricultural development. Furthermore, heliotaxis can be utilized to study the difference in the behavior of nightlife insects before and after the invention of manmade light source.

評語

本研究創意甚佳，實驗設計亦佳，若在生殖的原理上及基因表現加強，則將有更好的成果。