

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-生物科

科 別：生 物 科

組 別：國 小 組

作品名稱：招蜂引蝶 - 馬纓丹的色彩語言

關 鍵 詞：馬纓丹、生態關係、色 光

編 號：080319

學校名稱：

臺北市大安區新生國民小學

作者姓名：

曾益中、林岳霆、黃亞若、楊雅君

指導老師：

官美君



壹、摘要:

這次實驗的主要原因是出自於發現馬纓丹開花過程中色彩變化的好奇，開始透過持續的拍照記錄觀察，確定我們觀察的紫花馬纓丹（*L. inuolucrata* L.）在開花過程中花色由黃色變成橘色、紅色，最後變成紫色。在觀察中，我們發現黃色花有昆蟲在採蜜，所以解剖各種不同品種的馬纓丹花朵，嘗試找出花色與花朵構造間的關係及對於結果率的影響。想要知道花朵改變花色的目的，我們試著模擬昆蟲眼中的世界，因此以近紫外光及近紅外光為光源進行花朵的拍照，並嘗試進行人工授粉。調查結果發現，花與昆蟲之間似乎存在以顏色作為語言溝通的方式，也因此馬纓丹生存的環境中產生了生物間相互依存的生態關係。

貳、研究動機

雙胞胎弟弟剛上幼稚園，從學校到家裡的路上，是我們無所不聊的歡樂時光。有一段時間，他們一直談論著變色花，後來才知道他們所謂的變色花就是馬纓丹。我們都不相信馬纓丹會改變花色，後來一天天去觀察，發現它真的會改變花色。我們在六上時曾學習過馬纓丹是由國外引進的一種植物，並且對於環境有很好的適應力。可是，馬纓丹為什麼要改變花色？在開花過程中花朵顏色是如何的不同？改變花色可能有什麼影響？所以我們就選擇馬纓丹為科展的題目，於是帶著滿腹的疑號我們共同進行了一系列的觀察和實驗。

參、研究目的

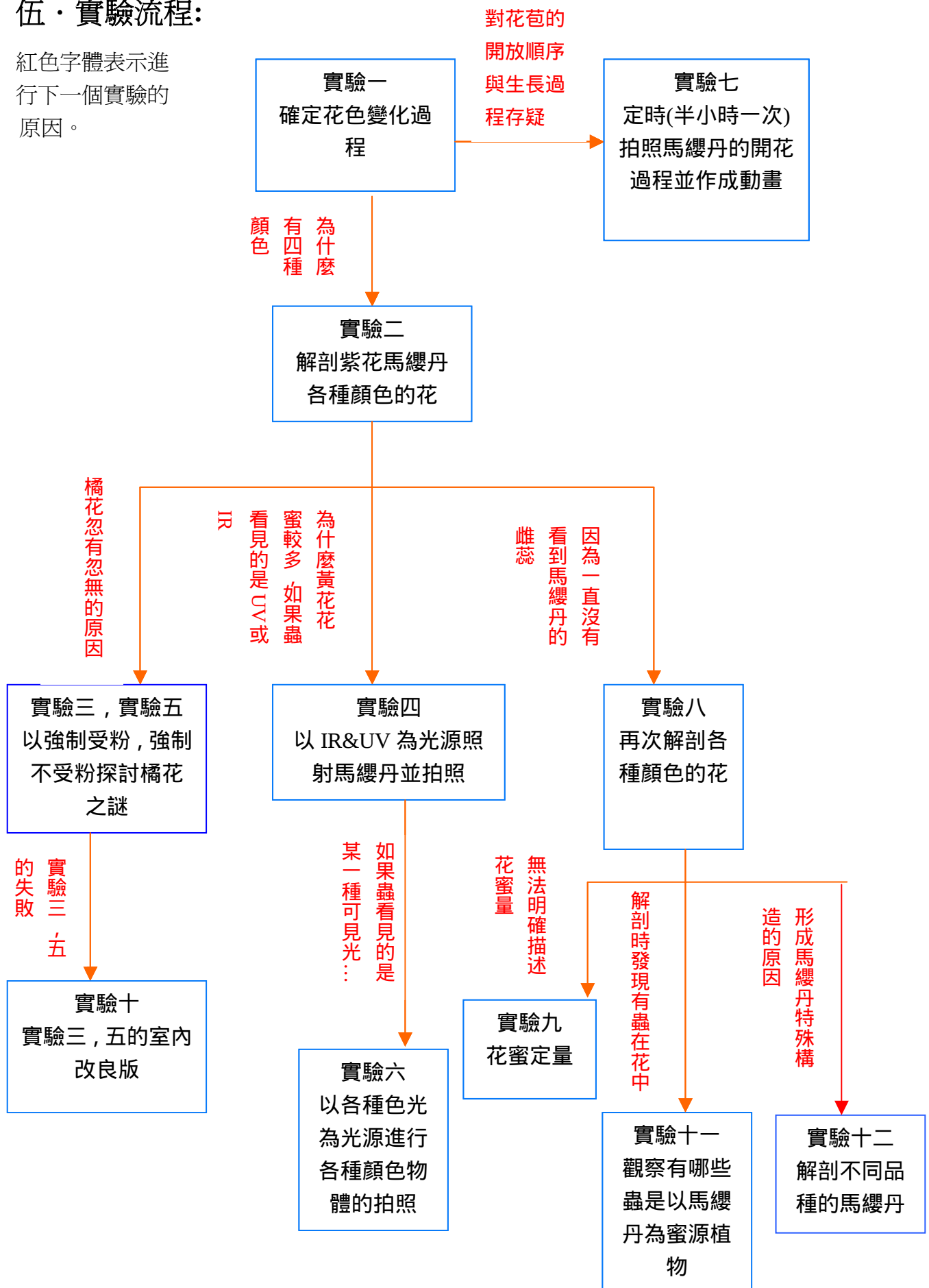
- 一、了解馬纓丹種類並紀錄它的花色變化秘密。
- 二、透過近紫外光及近紅外光兩種不同光源嘗試模擬並比較昆蟲視野下看見的花朵情形。
- 三、解剖馬纓丹的內部構造以了解它的雄蕊及雌蕊生長方式。
- 四、了解有哪些生物與馬纓丹相互生存於這個環境中。

肆、研究器材及設備

數位相機、壓舌棒、光碟、電腦、放大鏡、美工刀、鑷子、剪刀、雙面膠、包布、烘碗機殺菌燈、治療用紅外光燈、羽毛、線控器、尺、筆、紀錄紙、捕蟲罐。

伍・實驗流程:

紅色字體表示進行下一個實驗的原因。



一．實驗一

(一)．目的:

我們觀察馬纓丹如何開花及在開花期間改變花色。

(二)．步驟:

觀察馬纓丹從花開到花謝的過程，和顏色的變化。

1．記錄每天的天氣和氣溫變化。

2．在兩個不同花圃甲和乙中選擇不同方位、不同位置、不同花期的馬纓丹花序 A 和 No.1~9。

3．每天拍照，觀察花色的變化，並記錄花序上花朵的數目。

花朵方位圖說明:

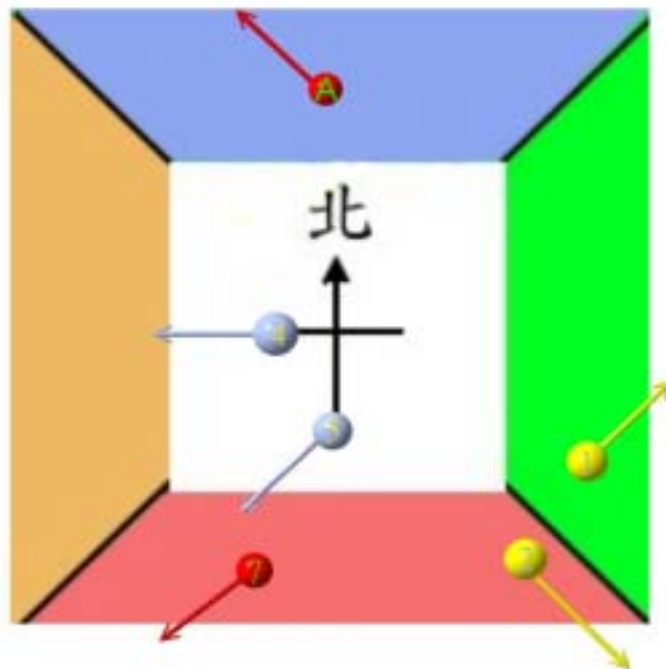
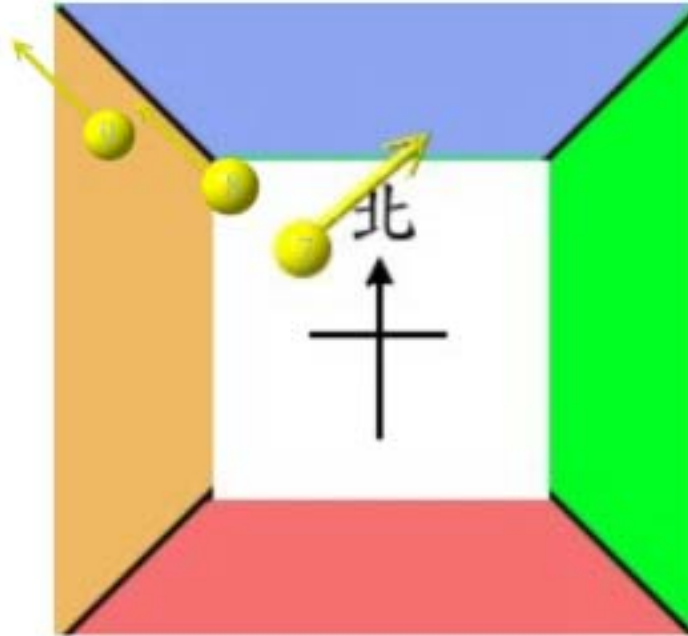
說明花序在花叢中的位置與花軸生長方向:

● 表示花序位在花叢上層;

● 表示花序位在花叢中層;

● 表示花序位在花叢下層;

色點旁之斜線表示花軸生長的方向;



(三)．結果：

1．記錄結果:

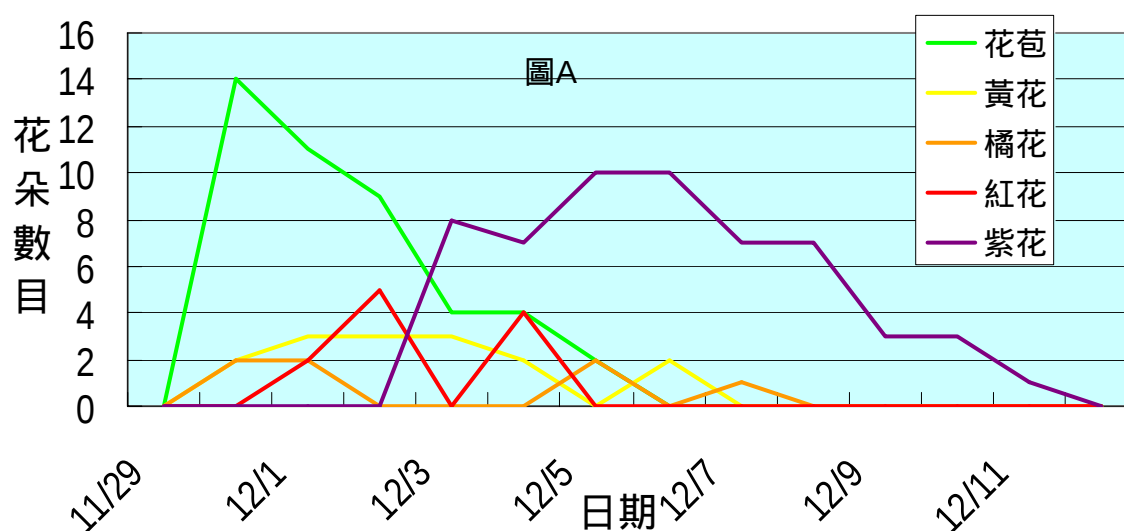
因為記錄的花序數目比較多，無法一一呈列在說明書上，所以選擇三個花序作為代表，其他的記錄結果請參看附錄 I。

A(花圃甲，從中途開始記錄的下層花序比對組)

對照組 A 的記錄結果:		
		
1	2	3
		
4	5	6
		
7	8	9
		
10	11	12

		
13	14	

圖 A 列出由 11 月 29 日至 12 月 12 日觀察花序 A 所得到的花朵數目，因為想要明確的知道同一朵花在不同日期是不是變成不同的顏色，所以每天拍照和記錄各種顏色的花朵數目。花序 A 是位在花園內側的最下層，日照量最少，結果發現花序 A 的花期很長，而且同時開放的花朵數目很少。花朵數目的記錄是想知道它的個花序會開出多少朵花。



No.7(花圃乙，從花苞開始記錄)

		
1	2	3
		
4	5	6
		
7	8	9
		

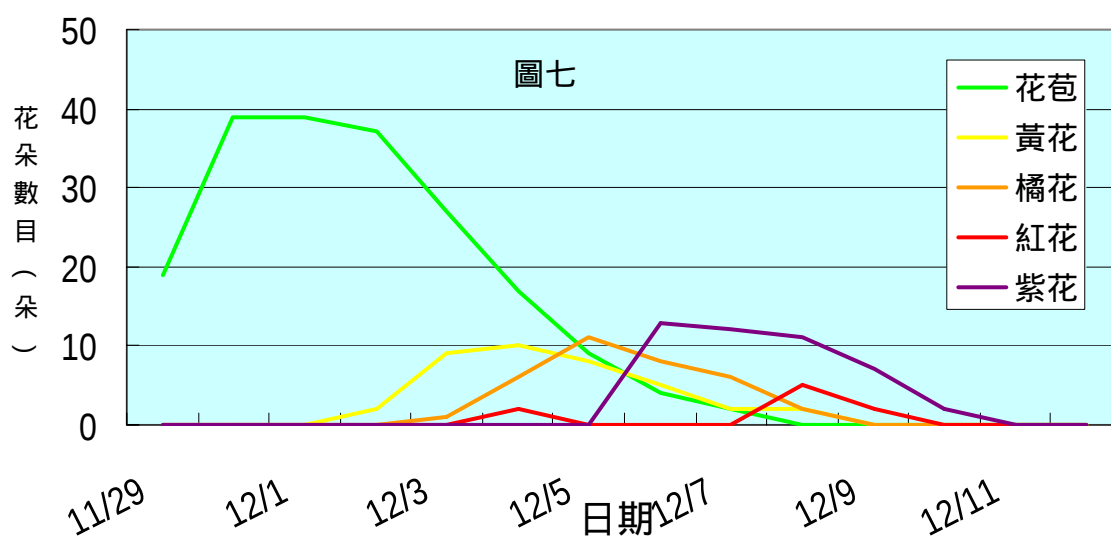


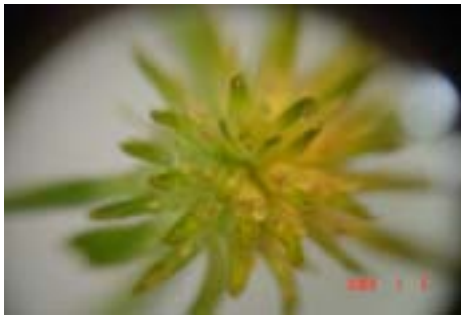
圖 7 列出由 11 月 29 日至 12 月 11 日所觀察到的花朵數目，這個花序位置在上層，日照充足，花朵數目極多，是這個實驗中最具有代表性的花序。

表 7

天數情形	黃花	橘花	紅花	紫花	未開花總合	已開花朵數	溫度	天氣
1	0	0	0	0	19	19	0	22 晴
2	0	0	0	0	39	39	0	22.5 晴
3	0	0	0	0	39	39	0	21 晴
4	2	0	0	0	37	39	2	22.5 晴
5	9	1	0	0	27	37	10	22.5 晴
6	10	6	2	0	17	35	18	21.5 晴
7	8	11	0	5	9	33	24	22 晴
8	5	8	13	0	4	30	26	20 晴
9	2	6	12	0	2	22	20	18.5 晴
10	2	2	5	11	0	20	20	20 晴
11	0	0	2	7	0	9	9	22 晴
12	0	0	0	2	0	2	2	23.5 晴
13	0	0	0	0	0	0	0	23 晴
14	0	0	0	0	0	0	0	

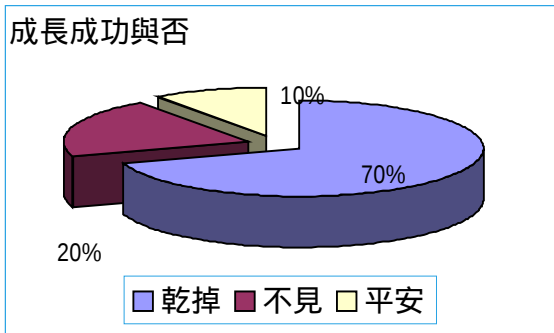
2. 歸納結果:

- (1). 花序中的每一朵花在花期中的顏色變化順序:由黃→橘→紅→紫,橘色花的出現,是一個奇特現象,有時快,有時慢,有時有,有時無。
- (2). 在開花的同時,花序仍一直長出新的花苞,而且和葉子一樣,呈兩兩對生。
- (3). 生長在下層的花,花期較長,如花朵 A。
- (4). 氣溫突然變低時,例如寒流來襲時,花朵迅速開放變紫,不出現橘色花,極快結束花期。
- (5). 在拍照期間,發現紫色花常常在拍照的過程中掉落一地,後來採了一個具有各種不同開花時期的花朵 - 也就是同時具有黃色、橘色、紅色及紫色花朵的花序,用手拔拔看,發現黃色花長得最牢,紫色花最不牢,一碰即落。
- (6). 花序所屬的枝幹若受到強日照,則花期會縮短,但花朵數目較多。



花序上的花朵都拔掉之後,可以看到由花托而組成的類似花序的球狀物,其中原來是黃花的花托上殘留著雌蕊其他顏色的雌蕊都不見了

- (7). 下雨會使花朵掉落。
- (8). 觀察 No.2 花的時候,看到蒼蠅在採黃色花的花蜜。
- (9). 花朵順利成長之後可成功結出果實的比例圖。



馬纓丹的子房可能極為脆弱,我們發現在花期結束之後的大部分胚珠都乾枯了,我們所選擇的所有花序當中,只有一個花序在花期結束後,子房仍能繼續發育成長。

- (10). 經過一段時間的觀察,我們對於馬纓丹整個花期的改變花色過程有了一個初步的了解,但是因為有看到蒼蠅在黃色花上採蜜,所以我們也去觀察昆蟲在馬纓丹上採蜜的情況,結果發現只有黃色花上有昆蟲在進出,因此我們很想知道花朵內部吸引昆蟲的東西是不是和花的顏色有關,所以進行了第二個實驗,解剖了各種顏色的花朵。

二．實驗二：

(一)．目的:解剖紫花馬纓丹的四種顏色花，以了解花朵內部構造和花色的關係。

(二)．步驟:

- 1．用美工刀將一馬纓丹花朵縱切。
- 2．將切下的部分放置於十五倍的放大鏡下，並用數位相機拍照存檔。
- 3．觀察並比較花朵內部構造以及外部顏色的關係。
- 4．製作花朵與內部構造之圖表。

(三)．結果:

- 1．黃色的花有花蜜和花粉，橘色的花的花粉較少且幾乎沒有花蜜，紅色的花的花粉和花蜜更少，紫色的花就完全沒有花粉和花蜜。

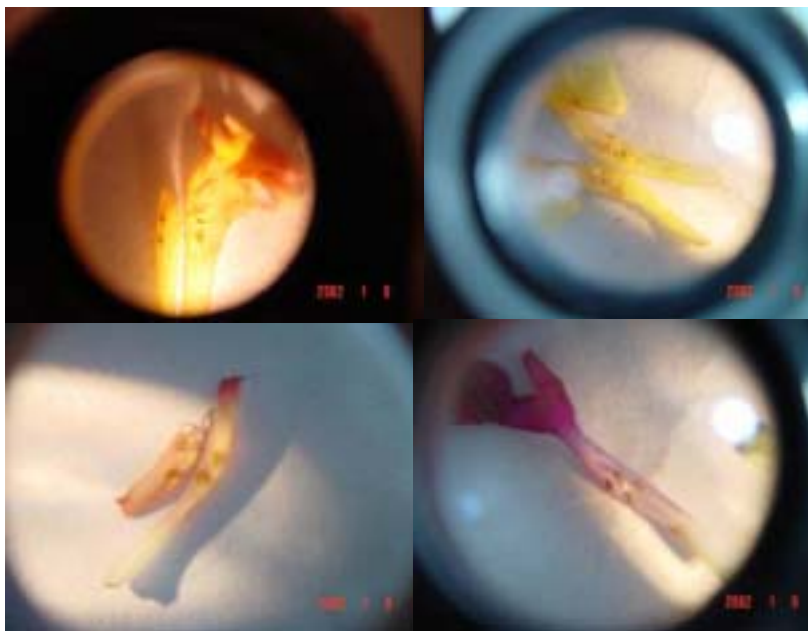
項目 花色	花蜜	香味	花粉顏色	雄蕊狀態	雌蕊狀態
黃花	多，有很多閃亮液體附著在花冠內側	淡	黃色 	最直	如果拔掉花冠，雌蕊會殘留在花序上的花托上面
橘花	少，有少許閃亮液體附著在花冠內側	極淡	橘色 	直	
紅花	無	無	淺咖啡色 	稍有內曲	自然掉落的花的雌蕊會與花序上的花托分離，花托與花瓣連接的地方會破掉
紫花	無	無	咖啡色 	內曲萎縮	

2．各種顏色的花的剖面圖和觀察結果



左圖為馬纓丹花序圖，屬於頭狀繖房花序。右圖為馬纓丹果實圖，中心有一個硬核，為核果。





觀察各種顏色的花的剖面時，發現黃花的花蜜最多，因為馬纓丹的花朵非常小，雖然已使用十五倍的放大鏡觀察，卻仍然很難計數花蜜的數量。不過可以確定的是黃花的花瓣內側沾滿了花蜜，橘花就明顯減少很多。

3. 歸納結果:

觀察了四種顏色的花的剖面之後，我們發現花色與內部花粉和花蜜之間好像有關，所以推測花色是花要告訴昆蟲它的花粉和花蜜狀態的一種語言。黃色花很明確是一個適合授粉的狀態，那橘色花呢？為什麼似乎有時候出現，有時候又不出現？因此設計了實驗三，想要確定橘色花的角色，又設計了實驗四模擬昆蟲的視野，想知道昆蟲看到的是什麼。

三．實驗三:

(一)．目的:以強制授粉探討橘花之謎。

(二)．步驟：

- 1．取兩組狀態接近的花共四朵，各設為 C 和 C'及 D 及 D'。
- 2．用布把 C 及 D 包起來。
- 3．兩天後取下包布。
- 4．每日拍照觀察，如實驗 1，以 D 和 D'作為代表，其他照片參看實驗三附錄:

(三)．結果

1．觀察結果

D		
		
11/29	11/30	12/1
		
12/2	12/3	12/4
		
12/5	12/6	12/7
		
12/8	12/9	12/10

2. 歸納結果

我們發現花朵在受到輕微傷害時會有兩種狀況產生，一種是迅速開放變紫；一種是延緩開花慢慢結束花期。

我們稱它為兩極化反應。

四·實驗四:

(一)·目的:

經過以上三個實驗之後，我們對於馬纓丹的花朵有了初步的了解。但是讓我們極為困惑的是，為什麼橘色花的出現似乎呈現出一種非必然性，到底是什麼因素使得它忽有忽無?馬纓丹為什麼要改變花色? 改變花色有什麼影響?

在一次偶然的機會下，我們聽了郭城孟教授的演講，並和官老師討論，知道昆蟲看到的世界和我們不一樣，而且在實驗一觀察到有蒼蠅在黃色花上採花蜜，將兩者聯想起來，才讓我們恍然大悟，如果昆蟲看到的和我們看到的不一樣，那麼它們看到的到底是怎麼一個世界?是什麼驅使它選擇不同的花朵?所以我們決定使用不可見光(近紅外光和近紫外光)作為光源來拍照，嘗試瞭解昆蟲眼中的世界。

(二)·方法:

- 1· 使用近紅外光、近紫外光、及可見光(環境光)照射馬纓丹。
- 2· 使用數位相機拍照存檔。
- 3· 觀察在不同光源下特別突顯的部分。

(三)·結果:

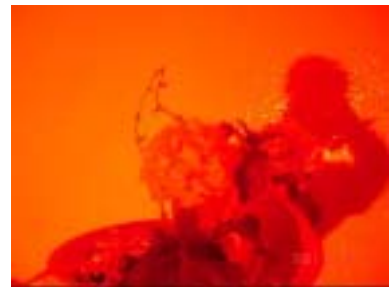
- 1· 在紅外光下觀察，所有顏色的花看起來幾乎都一樣，並沒有特別顯著的顏色。
- 2· 照片：



正常光



近紫外光



近紅外光

- 3· 在近紫外光下觀察，黃色明顯，其他的顏色，包括葉子，都是深紫色，極不明顯。

附記: 如果昆蟲看到的是紫外光範圍，那麼黃花對於昆蟲來說，就會特別顯著，也就是說它可以明白的告訴昆蟲，花朵是處在適合採蜜的狀態，避免昆蟲浪費時間和力氣去尋找花蜜，也可以避免已經沒有花蜜的花被昆蟲騷擾。

五・實驗五：

(一)・目的:強制授粉以再次探討橘色花的角色。

(二)・方法：

1・觀察有無授粉與橘花出現的關係～

以羽毛替馬纓丹授粉

2・觀察寒流對花的影響

在寒流來的前一天，後一天拍照，以下只列出其中一朵花的照片，其他照片參看附錄 III。



使用鵝毛替馬纓丹授粉。



取八朵狀態接近的花 A、B、C(進行人工授粉)和 5、6、7、8 和 9(不進行人工授粉)。後來我們在文獻上找到正確的授粉的方式，是要先收集雄蕊花藥上的花粉，剝去雄蕊，用脫脂棉花或毛筆沾上花粉，塗抹在柱頭表面，用紙袋套住。可能因為花粉無法順利的送到柱頭，所以這個實驗並不成功。

(三)・結果：

在實驗組編號 5、6、7、8 及 9 中，原先是希望氣溫劇變，看花朵是不是迅速開放，但是氣溫變化並沒有預期的劇烈，所以只變成 A、B 及 C 組的對照組。

六・實驗六：

(一)・目的:假設昆蟲對某一種色光特別敏感，模擬在各種不同色光下見到的各種不同情況。

(二)・方法：

1・在各種光源(正常光、近紅外光、近紫外光、近紅外光+近紫外光、紅色光、黃色紅、藍色光及綠色光)下拍攝馬纓丹、各種顏色的花材及蔬果。

(三)・結果：

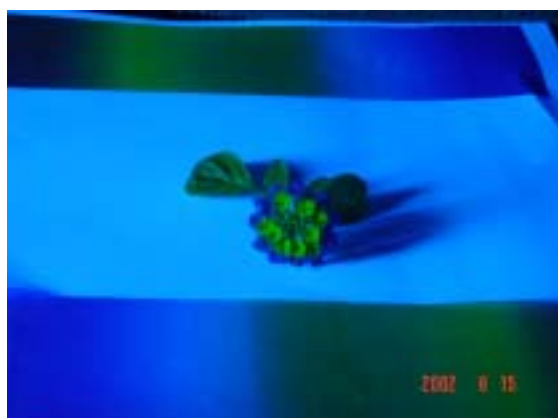
1・記錄結果(僅列出部分相片，其他相片請參照實驗六附錄):



正常光



近紅外光



近紫外光

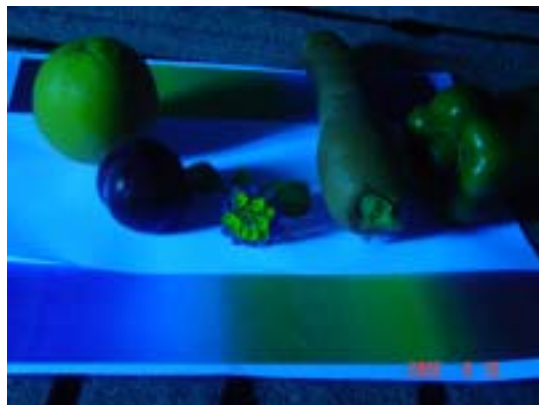


近紅外光+近紫外光

蔬果第一組(香桔士、李子、馬纓丹、胡蘿蔔、青椒)



正常光



近紅外光



近紫外光



近紅外光+近紫外光

花材第二組(向日葵、初雪草、馬纓丹、紅玫瑰、袋鼠花)



正常光



近紅外光



近紫外光



近紅外光+近紫外光

2 · 歸納結果:

- (1) · 馬纓丹外環的黃色部分在近紫外光下特別明顯，中心的黃色部分卻變得很暗。
- (2) · 根據文獻記載，黃色花在近紫外光下較明亮的原因是因為胡蘿蔔素的關係，但是胡蘿蔔在近紫外光下並沒有特別明顯。
- (3) · 電腦印出來的色譜的藍色和綠色部分在近紫外光下特別明顯，黃色看起來變成很亮的綠色。

七·實驗七:

(一)·目的：定時拍照馬纓丹並作成動畫。

(二)·實驗方法：

- 1·取一盆原來在學校花台內的馬纓丹放在陽台，並定時拍照(每半小時拍照一次)。
- 2·移植一株原來是在學校圍牆邊的馬纓丹，放在陽台上並定時拍照(每半小時拍照一次)。
- 3·剪下一朵馬纓丹放在玻璃杯中，並定時拍照(每半小時一次)

(三)·結果:

- 1·放在陽台的馬纓丹不論是原先就養在盆栽裡的或移植的，都會奄奄一息，所以缺少陽光對於馬纓丹有致命的危險。
- 2·插花拍攝動畫的時候，原先就存在的黃花都按照正常的過程變橘、變紅、再變紫，但是從花苞綻放的新黃花卻不變色。
- 3·觀察馬纓丹的開花動畫，發現花筒會一個個的搖動並且還會倒下來接著就乾枯了，後來拍到有蟲從馬纓丹花筒基部啃食花瓣。

八·實驗八:

(一)·目的:確定花朵內部構造和花色的關係。

(二)·方法:

- 1·用剪刀貼著花托剪下一朵馬纓丹並貼在已貼在白紙上的雙面膠上。
- 2·用美工刀將花朵縱切並使用鑷子把馬纓丹花瓣攤平。
- 3·放置在十五倍的放大鏡下，並使用數位相機拍照及存檔。
- 4·觀察並比較花朵內部構造以及外部顏色的關係。
- 5·製作花朵與內部構造之圖表。

(三)·結果:

1·觀察結果:

(1)·解剖後制成圖表，如下：

項目 花色	花蜜	香味	花粉顏色	雄蕊狀態	雌蕊狀態
黃花	多，有很多閃亮液體附著在花冠內側	淡	黃色 	最直 	如果拔掉花冠雌蕊會殘留在花序上的花上面 
橘花	少，有少許閃亮液體附著在花冠內側	極淡	橘色 	直 	
紅花	無	無	淺咖啡色 	稍有內曲 	自然掉落的花雌蕊會與花序的花托分離花托與花瓣連接的地方會破掉 
紫花	無	無	咖啡色 	內曲萎縮 	

(2)·有的紫花的子房是黑褐色，橘色花開始出現子房膨大的現象。

(3)·解剖的發現馬纓丹的雌蕊通常比雄蕊低，雄蕊不是從花的基部長出來，而是從花筒內側長出來。

- (4) · 解剖時有小蟲(例如紅眼睛蚜蟲、椿象的若蟲)跑出來。
- (5) · 黃色花的雌蕊特別透明，所以很難拍照。
- (6) · 花瓣內側都有許多細毛，花筒內側長了許多刺毛，尤其是雄蕊花絲著生點下方。紫色花的刺毛比其他花色的花少。

解剖後放再放大鏡下拍照，如下：



紫花馬纓丹的紫花



紫花馬纓丹的紅花



紫花馬纓丹的橘花



紫花馬纓丹的黃花

九 · 實驗九:

- (一) · 目的:想要清楚的計數花蜜的量，以明確的描述花色和花蜜的關係。
- (二) · 方法:
 - 1 · 從花序上摘下一朵馬纓丹。
 - 2 · 自花冠頂端擠出蜜汁使之呈球形。
 - 3 · 拍照並以尺測量記錄蜜滴的直徑大小。
- (三) · 結果:
 - 1 · 有的紫花早上有花蜜，但是中午和下午的紫花通常都沒有花蜜。
 - 2 · 擠出的汁液是黏稠透明的。

十・實驗十:

(一)・目的:實驗三、五的室內改良版。

(二)・尚在進行中。

十一・實驗十一:

(一)・目的:觀察馬纓丹會吸引那些蟲。

(二)・方法:

1・選擇一個特定花圃。

2・每天定時(早上 7:50~8:30、中午 12:30~1:00、下午 4:20~5:00)觀察花圃中的生態。

3・記錄 UV 指數、風向、風力、氣溫、氣壓、和天氣並儘可能的拍照。

(三)・結果:

1・觀察結果:



左上圖為貪心的弄蝶在採馬纓丹的花蜜。左下圖是尋找美食的長腳蜂。右上圖為在馬纓丹葉子上無所事事又遲鈍的負蝗。



左上圖為正在吸食花蜜的青條花蜂。左中為解剖花時從花中跑出來的椿象若蟲。左下圖為一直停留在花謝後殘留的花托上的白波紋小灰蝶。右圖為葉子上掉了一片翅膀的螞蟥。



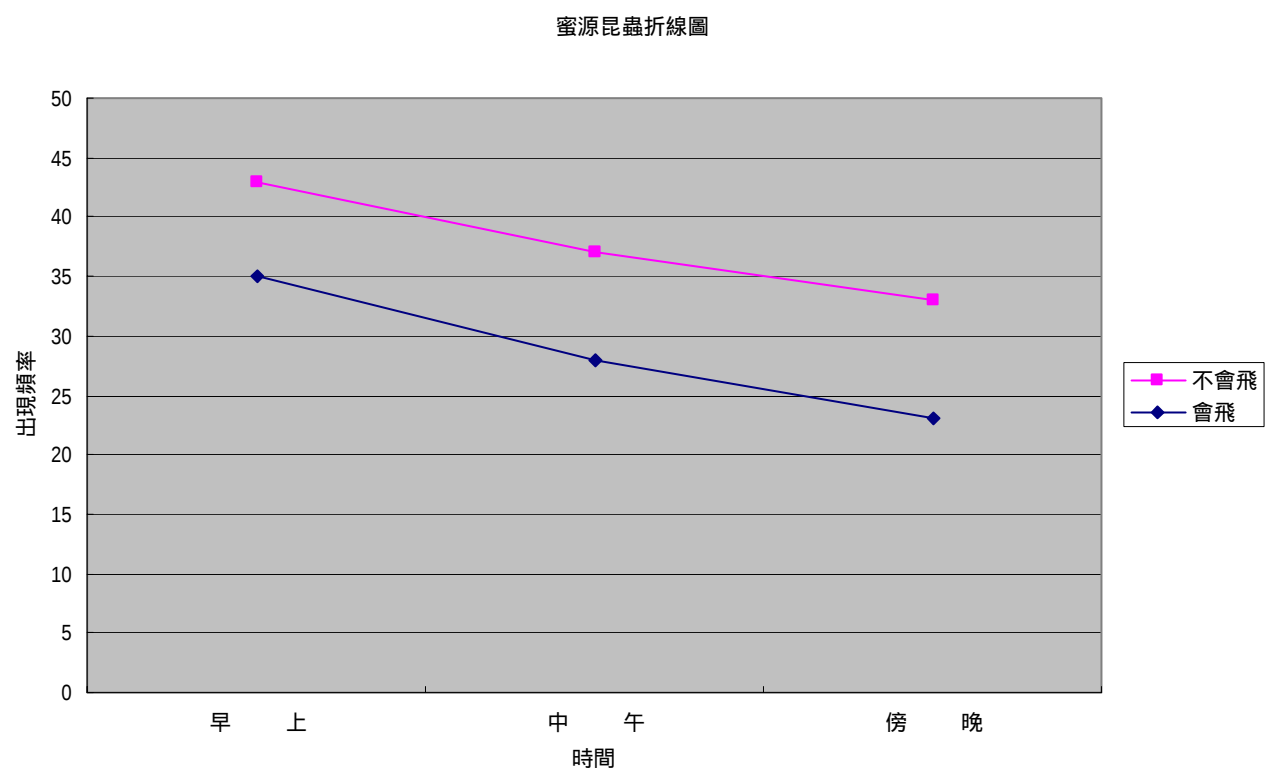
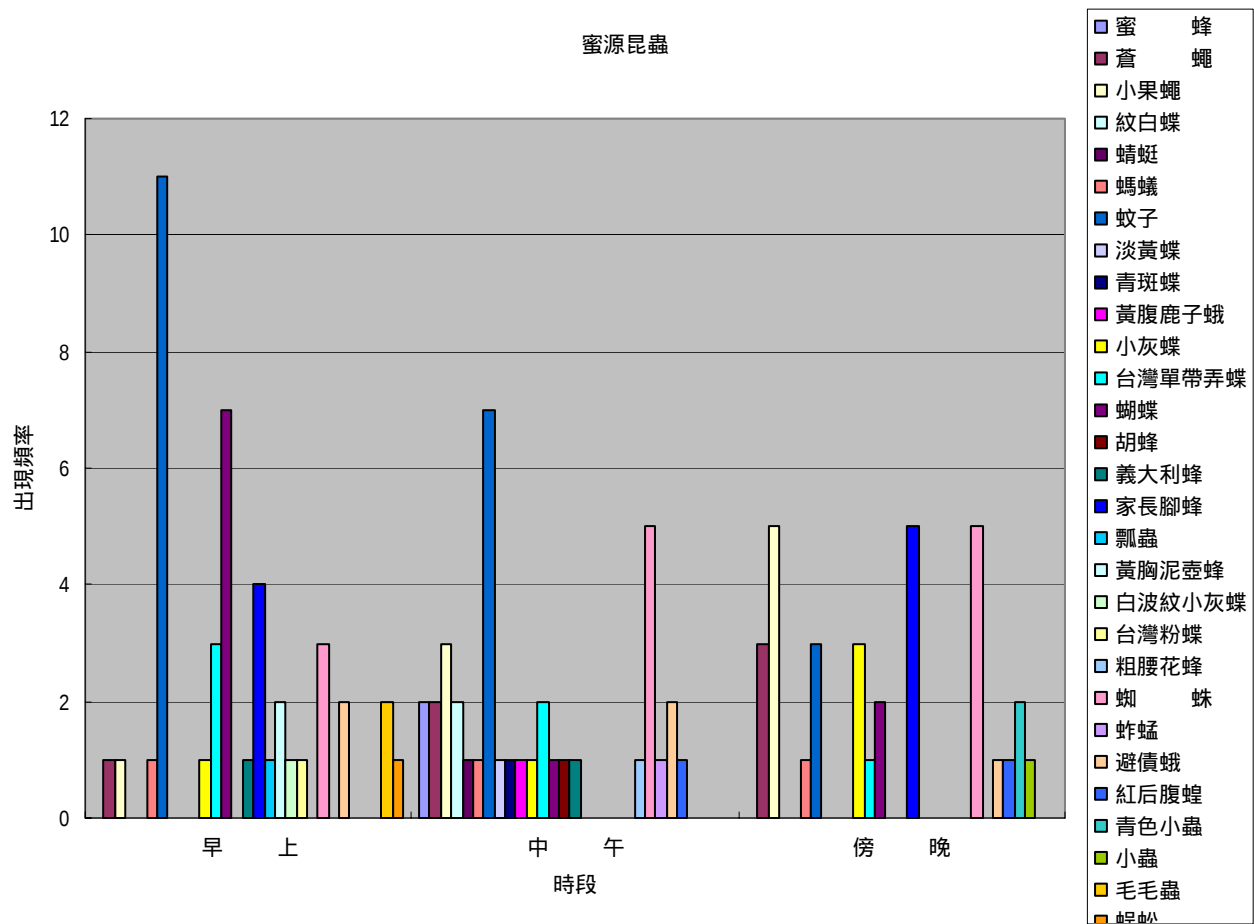
2. 歸納結果:

- (1) · 早上出現的蟲最多，中午最少。
- (2) · 蟲大都吸黃花的花蜜，但是早上有的蟲會吸紅花的蜜，可是逗留時間沒像在黃花上那麼長。
- (3) · 黃腹鹿子蛾很貪吃。
- (4) · 果蠅、蒼蠅都停留在花圃下層，無厘頭的亂飛。
- (5) · 下雨的時候，地上落滿紫花，花序迅速變紫，都沒有橘色花，很多花序上都只剩花托。
- (6) · 避債蛾會隨著自己的需求到處移動，先用絲黏在枯枝上，下雨的時候，就躲到樹葉背面。
- (7) · 斑鳩和麻雀躲在花叢裡。
- (8) · 花叢裡有一隻彩色蜘蛛(喜鵲把八隻腳兩兩併成四隻)，有人接近的時候就會上下搖晃牠的蛛網。
- (9) · 長腳蜂常常來覓食。
- (10) · 負蝗喜歡停留在葉片上。
- (11) · 美麗的藍尾蜂(目前只知道是帶腹蜂科—青條花蜂中的某一種蜂)只出現一次，就再也不見蹤影。
- (12) · 上層葉片上有紅色的蟲卵(約芭樂籽大小)，我們懷疑是鳥兒排出的種子。
- (13) · 以馬纓丹為蜜源的蟲引來掠食者(如胡蜂…)，在花圃中形成一個小小的生態圈。

(14) · 紫外光即時指數，由氣象局(偵測站位於總統府)提供如下：

日期\小時	07:00 AM	08:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	04:00 PM	05:00 PM
2002/6/1	0.358	1.4398	8.4393	8.6581	2.9951	1.2195
2002/6/2	0.1729	1.1085	8.8996	10.5161	2.7181	1.1225
2002/6/3	0.3504	1.5281	5.0945	8.9907	3.4171	1.3921
2002/6/4	0.0477	0.7502	4.3405	8.2789	1.1256	0.6145
2002/6/5	0.365	1.755	8.8425	9.8435	3.3336	1.2244
2002/6/6	0.1642	1.3204	9.6167	5.821	2.2209	0.7268
2002/6/7	0.4579	2.008	8.8373	9.4309	2.5236	1.4885
2002/6/8	0.2345	1.5647	9.2019	10.7433	3.0987	1.4384
2002/6/9	0.5689	1.9721	10.5349	10.0899	3.7644	1.6155
2002/6/10	0.4102	1.0351	7.2806	4.9672	3.3921	1.4603
2002/6/11	0.4012	1.9286	5.9216	7.3673	0.6399	0.2279
2002/6/12	0.3198	1.1886	4.7515	1.8563	0.8225	0.4478
2002/6/13	0	0.0477	5.757	6.8408	0.6381	1.0226
2002/6/14	0.4986	2.0069	4.764	5.0521	0.9958	0.2202
2002/6/15	0.0289	0.2258	2.2874	3.1165	0.985	0.4165
2002/6/16	0.2919	1.0177	3.8402	3.6753	0.9241	0
2002/6/17	0.2919	0.7366	4.6853	2.8893	0.1653	0
2002/6/18	0.1235	1.103	3.7609	3.7817	1.3156	0.5337

(15) · 各種不同的蟲在不同時段出現的頻率圖：



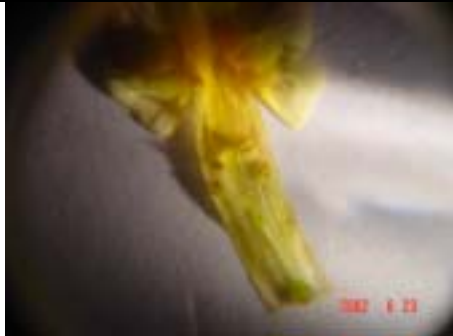
十二・實驗十二:

(一)・目的:想確定是不是每一種馬纓丹都具有雌蕊低雄蕊高的結構，所以解剖了各種品種的馬纓丹的花朵。

(二)・方法:如同實驗八。

(三)・結果:

1・觀察結果:

		
粉紫—yo	粉紫—or1	粉紫—or2
		
粉紫—pk	粉紫—pr	
		
橙黃 - yo	橙黃 - or	橙黃 - or2
		
黃花—yo	白花—wh	無刺—pr

2· 歸納結果:

(1)· 每一種品種的馬纓丹皆具有雄蕊較高而雌蕊較低的結構，無刺(單色純紫)馬纓丹的雌蕊最小最低，粉紫馬纓丹的雌蕊最高最大最接近雄蕊。

(2)· 解剖時，發現粉紫馬纓丹有一朵粉紅色花具有五個雄蕊，而且這朵花的雌蕊只有正常花的二分之一高度。

(3)· 橙黃馬纓丹的黃色花有很多花蜜，可是橘花不是花藥消失，就是柱頭不見了。

(4)· 各個不同品種的雄蕊狀態及雌蕊狀態:

品種	雄蕊和雌蕊狀態	
紫花馬纓丹		
粉紫馬纓丹		
橙黃馬纓丹		

黃花馬纓丹		
白花馬纓丹		
無刺馬纓丹		

柒．討論：

- 一、由於觀察地點在學校外圍，所以我們可以掌握的變因有:拍攝角度、時間、花期和花朵的選擇；而無法掌握的變因則有:風向、風速、天氣、氣溫、外力、日照長短…等等。在馬纓丹的研究中，有一篇期刊是這麼寫的：「花朵顏色會因陽光照射時間長短而產生變化」（陳富永，2001）。所以，馬纓丹的花朵變色除了我們推測的授粉與否的可能之外，應該還有其他的原因，待我們在未來的學習中慢慢發現與研究。
- 二、在花的剖面實驗中，原先我們使用十五倍放大鏡加數位相機進行拍照，但是因為拍攝時手會震動，並沒有看到馬纓丹內部的刺毛和雄蕊著生的位置，後來發現馬纓丹雄蕊高雌蕊低的構造之後，讓我們回頭檢討我們的授粉實驗，必需考慮得更周詳(包括包布的選用必需考慮透光性、透氣性、及重量)，才能確定必然授粉或必然不授粉，再進一步進行授粉實驗。
- 三、橘色花在開花的過程當中並不一定會出現而且出現的時間長短不定，我們並沒有任何實驗可以證明橘色花的角色。所以可以試著由品種、光線、溫度、天氣這幾方面來探討，設計進一步的實驗，應該可以更充分的明瞭整個開花過程的意義。
- 四、實驗四原來想使用特別只感測紫外光和紅外光的底片，因為它們是在特殊用途上使用，所以我們決定使用類似紫外光和紅外光的光源來拍照，推論結果不會完全相同，但應該很類似。
- 五、生長在花圃下層的花由於無法直接照射陽光，營養較差，花期比較長；在進行實驗七的定時拍照時，原本預計可以看見馬纓丹在開花過程的變化，但是我們發現馬纓丹沒有在太陽直接照射的地方生長，會使的花色變的黯淡，花瓣也無法完全展開；另外在書籍(台灣樹木解說，2001)曾提到：「馬纓丹在日照強處常大片生長」，我們可以更確定的是，馬纓丹是一種陽性植物。
- 六、在解剖花朵時發現花中的黏稠透明流體，所以引致我們觀察花蜜數量的想法，我們曾經嘗試用手擠出來，卻很難確認是花蜜或花的組織液，所以我們決定先學習拉毛細管，以毛細滴管取出花蜜，再計算數量。
- 七、顏色呈現的原理有三大要素:光源、物體本身的顏色和眼睛的感覺，所以我們感受到的顏色有可能是只具有單一波長的單色光，也有可能是由好幾個波長所組成的複合光，但眼睛的感覺卻都一樣；文獻中有關昆蟲對於顏色的感覺的記載並不多，但是基於自然界多存在複合光的情況下，我們採用最簡易的方式模擬昆蟲的感受。
- 八、我們是從 90 年 9 月開始觀察在學校圍牆邊的馬纓丹，但是有一位同學在 91 年 6 月 22 日到台中科博館去參觀「花的前世今生特展」，發現居然有一部分和我們的觀察報告很雷同，我們很開心的去觀摹了邱老師的展覽，也請教了邱老師很多的問題，並徵求得到她的同意，將她的展出內容(因為還沒有出版書面資料)列為我們的參考資料。
- 九、文獻中都描述馬纓丹具有毒性，沒有蟲害，可是我們在觀察期間，多次發現馬纓丹的花朵、花苞、葉子、及花托都有被蟲啃食的現象，後來也真的看到幾隻現行犯，和邱老師討論的結果，這種現象因為並未達到危害整個植株的程度，所以還無法稱為蟲害。

捌、結論

- 一、由於馬纓丹的種類非常的多，所以我們到圖書館找到的資料發現馬纓丹（*Lantana camara* L.）為馬鞭草科（*Verbenaceae*）馬纓丹屬（*Lantana* L.）。馬纓丹共計有二十多種品種，我們所研究的品種主要為紫花馬纓丹（*L. inuolucrata* L.）；但是我們觀察的馬纓丹不管是那一個品種，中心都是黃色；花瓣外緣的黃色在近紫外光下呈現亮色，中心黃色在近紫外光下呈現暗色，這種外亮內暗的結構應該是指引昆蟲尋找花蜜的交通標誌。
- 二、「植物常見的紅娘有蜜蜂、蝴蝶、蛾類、胡蜂，甚至鳥類等」（蔡振聰，1988），馬纓丹為蟲媒花。在觀察中，我們從未發現鳥類吸取馬纓丹的花蜜，但是我們發現胡蜂偶爾會採馬纓丹花蜜，但它卻往往在找尋以馬纓丹為食物的昆蟲幼蟲或小動物。
- 三、馬纓丹花朵在花期中變化顏色根據我們觀察推理為以黃色花吸引昆蟲(黃色花是早期花，花粉花蜜較多，是適合授粉的花)，增高授粉機率，而後綻開其他顏色的花以減少昆蟲的注意力，來降低已授粉之花朵因為被昆蟲騷擾而受傷的機率。
- 四、馬纓丹有四個著生在花筒內側的雄蕊，兩個高兩個低，和文獻(呂福原之台灣樹木解說五 P 138，鄭武燦之台灣植物圖鑑，張延田之台灣農業要覽)中兩長兩短的二強雄蕊並非完全一樣；另外我們在解剖粉紫馬纓丹時發現有一花朵中有五個雄蕊的特殊情形發生，卻無法從文獻中找到答案，可能是一種生物突變。
- 五、雄蕊高雌蕊低的結構很難避免自花授粉，雄蕊著生在花筒內側的位置下方刺毛較密的功能可能是防止花粉自然下落，花筒內側之刺毛也可能可以預防雨水稀釋花蜜。
- 六、花序在受到外力影響時產生的兩極化反應是因為植物在面臨危機時產生自我保護機制，一種是迅速開花保留生命繁衍的可能性(如竹子開花)，另一種則是尚未達到啟動危機意識的程度，但是卻輕度受傷，而無法以正常的速度開放；下雨之後的隔天完全沒有看到橘色花的原因，可能就是花朵感受到危機，但卻尚未達到啟動迅速開花的機制的程度，所以暫停開放，以致於應該變成橘色花的黃花都沒有開，而原來的橘色花卻都已經變成了紅花和紫花。
- 七、因為馬纓丹為極易進行自花授粉的結構，但由文獻(沉競辰，一花一世界，第 31 至 41 頁)得知，自花授粉出現的情況為生長環境惡劣或為一年生草本植物，而急需產生種子的時候，但是在台灣已經生長了三百多年的馬纓丹，就我們所觀察的生長環境及狀態並不足以讓它產生這種結構，所以我們猜想，這些美麗的馬纓丹應該是人工培育的品種，為了防止花色變化，所以挑選不容易變化的品種。
- 八、文獻(沉競辰，一花一世界)指出自花授粉的優點是保有生物本身的特質，異花授粉則可以增加生物的基因多樣性，提高生物適應環境的能力，馬纓丹兼具兩種特質，可想而知是極強勢的物種。
- 九、實驗十二發現馬纓丹的花序多是兩兩對生，較大型的蝴蝶(如粉蝶)會停在兩兩對生的花序上專吸黃色花的花蜜，而且以 8 字型方式行進，如下圖所示:

大型蝶吸蜜的時候會挑開放得比較完全的花序或兩兩對生的花序



1 · 先停留在其中一個花序上



2 · 轉向吸同一個花序另一朵花的花蜜



3 · 爬行到花序邊緣吸另一花序的花蜜



4 · 爬到另一個花序上繼續吸蜜



5 · 轉向吸第二個花序不同朵花的花蜜



6 · 轉向回頭吸第一個花序的花蜜

十、我們開始觀察馬纓丹的時間是9月，那時候的馬纓丹紅花和紫花的顏色極為不同，很容易區分，可是最近(6月)觀察時發現，紅色和紫色的差異變得極小，同時冬天時的紫花很脆弱，一碰即落，夏天時的紫花卻不見得會輕易掉落。

十一、花的顏色變化與人類的第二性徵似乎具有相同意義，對於自然界這樣一個奇妙的巧合，讓我們不禁讚嘆自然界的精妙。

十二、我們在自然課曾經學過，群落是同一地區生存的生物群，以斑馬和獅子作族群間消長的例子，他們的關係為：

斑馬數量多，獅子也多；獅子數量多，斑馬就少；

但是馬纓丹和昆蟲是：馬纓丹進行光合作用，長得多，昆蟲就多；昆蟲多，馬纓丹更多；雖然這看起來對生態復甦有不錯的效果，但是，世界上不就塞滿了馬纓丹？並且我們發現，在實驗進行的環境周圍，有一棵被馬纓丹包圍的樹已經死亡；

如果世界萬物能互助互榮，那世界就會和諧，欣欣向榮，大家都很快樂；

奇妙的植物世界中，有時如含羞草能保護自己，有的如捕蠅草會捕食獵物，而變化多端的馬纓丹中到底蘊藏了什麼秘密？是物競天擇嗎？是人為不當的干擾嗎？馬纓丹努力不懈

的演化，在大自然中一定會成為強勢品種；

我們也應該要有所領悟，要不懈的努力將手臂伸向完美。

十三、在色光實驗中，我們發現不同的顏色在不同的光源下會產生不同的效果。如果蟲感受到的光波範圍和人類的不一樣，那麼研究各種不同品種的蟲在不同階段對那種顏色呈正反應(如蝴蝶產卵時對綠色呈正反應，林政行，植物抗蟲學)，將可以使用顏色來誘捕害蟲或誘發昆蟲的行為疲乏，以達到物理性防蟲的效果；這樣一來，不僅可以保護我們的作物，也可以大幅減少農藥的使用量，減少土地的污染，以降低河流的污染，最後也降低了對海洋的污染，大大的降低人類經由食物鏈產生癌症的機率；而且，也不會為了人類一己的利益，殺死我們所謂的害蟲，而破壞了整個生態的平衡，達到物種與基因多樣化的目標。

玖．參考文獻：

王雲章：藥用花卉。台北市：渡假出版社，P.19 民 78 年。

中國科學院編委會，中國植物志，台北市，中國科學院編委會，民 81 年

呂福原：台灣樹木解說。台北市：農委會，P.85，民 90 年。

沉競辰：一花一世界，台中市，晨星出版社，1999 年

林政行：植物抗蟲學，台灣省立博物館，1987 年

林政行：植物與昆蟲的共同演化，台灣省立博物館，1984 年

易希道：最新植物生理學，環球書社，1998 年

洪文通：植物生長與分化，台灣大學農學院，1978 年

高景輝：植物分類學、國立編譯館，1999 年

徐國士：台灣校園常見植物。基隆市，：台灣省教育廳，P.89，民 70 年。

陳運造：花與花的故事，台灣省立博物館，1986 年

章錦瑜：景觀植物(五)，台北市，淑馨出版社，1994 年

郭玉吉：台灣昆蟲生態大覽 P.86，台中市，興台彩色印刷出版社，民 72 年

張碧員，張惠芬：台灣野花 365 天，大樹出版社，1998 年

黃義雄：由常見果實認識植物演化，國立台灣科學教育館，1996 年

蔡振聰：花的奧秘，台灣省立博物館，1988 年

蔡振聰：公園常見花木。台北市：淑馨出版社，P.233，民 81 年。

蔡福貴：木本觀賞植物。台北市：渡假出版社，P.38，民 82 年。

鄭元春：小野花的話，台灣省立博物館，1988 年

鄭元春：台灣的常見野花。台北市：渡假出版社，P.51，民 86 年。

鄭元春：有毒植物。台北市：渡假出版社，P.1197，民 80 年。

國中生物課本，國立編譯館

國立自然科學博物館簡訊第 170～174 期

邱少婷，花的前世今生特展，2002 年 5 月 10 日～2002 年 12 月

<http://www.sinica.edu.tw/~hastwww/glossary/prod.html>

<http://alishan.net.tw/taiwan/activity/act/2-19.htm>

<http://www.bio.ncue.edu.tw/bioedu/bijinior/ch07/ch7-57.jpg>

<http://www.bio.ncue.edu.tw/bioedu/bijinior/ch07/ch7-39.gif>

(第三名)(最佳團隊合作獎)

作者群富團隊合作精神，且能運用電腦，數位相機等科技產品，對馬纓丹的花色變化深入觀察與瞭解實屬不易。