

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

生物科

科別： 生物科

組別：國小組

作品名稱：戀戀鳳蝶～大鳳蝶化蛹之謎

關鍵詞：大鳳蝶、化蛹位置、蛹的顏色

編號：080304

學校名稱：

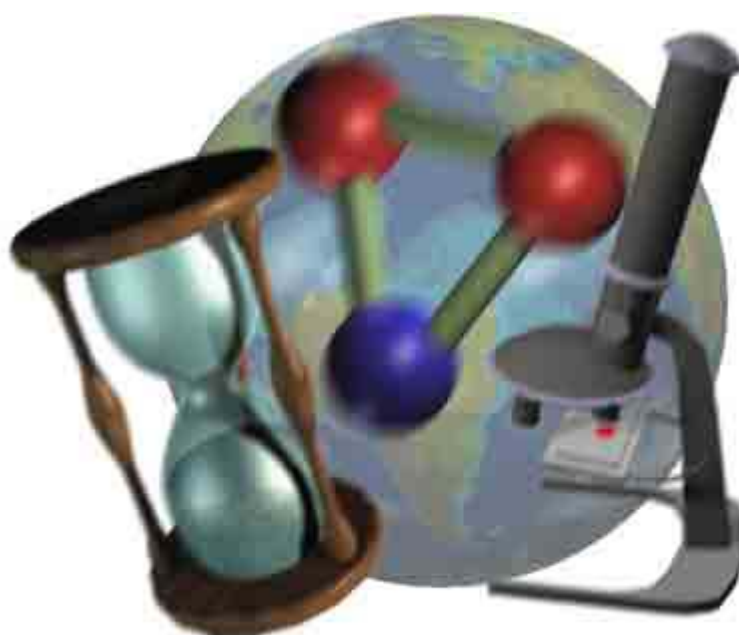
台北縣永和市網溪國民小學

作者姓名：

譚文皓、謝巧萱、王歲弘、陳思潔

指導老師：

沈小嫻、李美慧



摘要

我們想透過探討大鳳蝶幼蟲喜歡化蛹的環境，找尋會影響蛹顏色的因素。幼蟲找尋化蛹位置時，在自然環境下會遇到柚子樹上的顏色差異、風吹所照成的震動及葉子遮蔽所形成不同陰暗度的環境，經過實驗觀察幼蟲喜歡在綠色的環境、穩定性高和有遮蔽物的下方結蛹，而蛹的顏色和其前蛹所在位置環境顏色有直接的關係，亮度會影響幼蟲對顏色的判別，而振動對於蛹的顏色完全沒有影響。

壹、研究動機

2002 年 10 月 24 日，下課時，意外地在校園內發現一隻市區少見的蝴蝶——大鳳蝶。稀客來訪，我們當然要把握機會好好認識牠，密切觀察兩天後，在 10 月 26 日的早上，發現牠正在學校的柚子樹上產卵，讓我們著實吃了一驚，又十分興奮。加上自然課的「動物的生活和環境」單元中提到昆蟲的擬態行為，所以我們想觀察大鳳蝶幼蟲的擬態情形。

經過大家的文獻查證和討論，發現關於大鳳蝶的生活史，現有資料已有詳細的介紹，有趣的是牠的蛹有綠色的，也有褐色的。然而在相關文獻資料中沒有說明是什麼原因造成蛹顏色的差異，我們想透過實驗設計從幼蟲喜歡化蛹的環境中找出一些蛛絲馬跡。

貳、研究目的

- 一、了解大鳳蝶的生活史。
- 二、觀察大鳳蝶帶蛹的形成過程。
- 三、了解終齡幼蟲選擇化蛹的位置。
- 四、探討環境顏色、振動及亮度對化蛹位置的影響。
- 五、從幼蟲喜歡化蛹的環境探討造成蛹有不同顏色的因素。

參、研究設備及器材

品 名	規 格	數 量	來 源
大鳳蝶幼蟲		40	安康生態教學園區
柚子樹	120cm 高	2 盆〈同種〉	購買
飼養箱	30*20cm；15*10cm	4；2	購買
水族箱	50*30*25cm	2	呂保璇老師
照度計		1	訓導處
投影片	A4	10	總務處
描圖紙	B4	10	購買
麥克筆	綠、褐	各 1	購買
書面紙	黑、全開	3	購買
底片盒		20	總務處
脫脂棉		6	購買

肆、研究過程及結果

第一部分 大鳳蝶的自然觀察

(一) 方法：

1. 透過放大鏡觀察卵的形狀、顏色、位置。
2. 觀察安康蝴蝶生態園區和飼養在觀察箱(不給予實驗干擾)中，自然環境下幼蟲的習性、生長的環境。
3. 紀錄終齡幼蟲喜歡化蛹的環境（位置、光線的亮度、顏色）。
4. 觀察紀錄飼養在學校鳥園(未飼養動物)中的成蝶之生活習性。

(二) 觀察紀錄結果：

1. 卵

卵的形狀為圓球形，外觀看起來是淡黃色的，表面看起來光滑，需要透過放大鏡才容易觀察，其大小約 1.5mm 左右，卵期是 4~6 日。快孵化的卵呈黑褐色，當幼蟲孵化出來時，卵殼為半透明白色，而且幼蟲會吃掉卵殼。

2. 幼蟲

(1)進食

剛開始吃葉子時，會先從葉子的邊緣開始吃，之後慢慢延伸到葉子中間，再把中間的主葉脈吃掉或咬斷，最後吃光一整片葉子。吃葉子時，發出的聲音很大，由上而下的咬，一次只咬 4~6 口，吃得速度很快。

(2)活動

幼蟲會在葉子上爬來爬去，找尋覺得安全的位置後，停在該片葉子上，進食時會爬到另一片葉子，啃食完後又爬回原來的葉片上，或者是待在原來的葉片上啃食另一片葉子。等到啃食的那片葉子吃完後，才會去啃食另一片葉子。



圖一 臭角

幼蟲平時大都休息在葉面上，只有進食、蛻皮或化蛹前，才會有較多的活動。一般幼蟲移動時，最後一足會先抬高向前一步，接著倒數第二足再抬高向前一步，照著由後往前的順序一步一步前進，它的足吸附能力較無尾鳳蝶差，所以需要吐絲在葉面上來幫助附著。幼蟲在受驚嚇或被騷擾時，頭部與前胸交接處會外翻伸出具有橙紅色的臭角(如圖一)，並分泌出難聞氣味的汁液。

(3)蛻皮

幼蟲在快蛻皮時，會不吃不動，頭與身體緊縮，看起來像雙下巴的樣子，頭部像多戴一頂透明安全帽，這時間大約會持續十多個小時。蛻皮前，身體會規律的上提再向前，使身體盡量向前，據觀察這動作應該是使腹足及胸足和舊的皮分離。蛻皮時，先是一個劇烈的抖動，會從背面的頭與胸交接處裂開，首先，頭部向上舉起，使洞口加大，扭動身軀使舊皮慢慢向後，這時幼蟲只須微

微向前移動幾步，最後將尾部的足高高舉起，就可和舊皮完全脫離，此時會搖擺頭部和葉面摩擦，使頭部的硬殼掉落。蛻完皮，經過半小時多的休息後，便會轉身吃掉舊皮，只留下頭殼(如圖四)。



圖二 蛻皮初



圖三 蛻皮末



圖四 吃舊皮

(4)顏色

一齡幼蟲頭部為黑褐色，體表有黑色刺毛，胸、腹部呈綠褐色，體側有白斑，第 4、5 腹節背面有 V 型白色斑紋。隨著幼蟲成長，體色逐漸變綠，刺毛消失，背部有小突起，外觀光滑，擬態成綠色的鳥糞。一至四齡幼蟲，除體型大小有差異外，其餘非常相似。當四齡幼蟲蛻皮為終齡幼蟲，外觀顏色、斑點明顯差異外，體長在蛻皮後 1~2 天內，可急遽增加 2 公分。終齡幼蟲的頭部為綠色，體呈翠綠色，後胸兩側有圈狀眼紋，中央有帶狀黑色圈紋，第 1 腹節後方有一圈狀帶紋，第 4~5 腹節背方有白色 V 字形紋，第 9 腹節白色，背方有一對白色短錐狀突起，剛蛻完皮的終齡幼蟲體側有黃條紋(如圖六)，約經 1 天後，體色才變為原來的翠綠色。經楊平世教授助理解說，剛蛻完皮的終齡幼蟲體側會有黃條紋是因表皮細胞的色素還未穩定之緣故。



圖五 終齡幼蟲與四齡幼蟲



圖六 剛蛻皮的終齡幼蟲

3. 結蛹

化蛹前會到處找適當的化蛹位置，並排出身體不需要的廢物和未消化完全的碎葉，最後一次排泄物呈綠色液狀(如圖七)。幼蟲在選定的位置上，在其身長範圍來回吐絲，尾部和胸部相對應的地方吐的絲會最



圖七 綠水便

多。尾部就定位後，幼蟲像是向後仰似的重覆繞圈吐絲，直到製作完成固定胸部的帶子。這便為「前蛹」。

圖八 前蛹



前蛹期，幼蟲會漸漸縮短彎曲成弦月形，體色變淺呈黃綠色(如圖八)，一至兩天後，便蛻皮為蛹。蛻皮時，會從背面的頭與胸交接處裂開，露出頭上兩隻小角，蛹不時伸直、扭動、轉動，使舊皮慢慢向下移動最後掉落，前後約 15 分鐘。剛蛻皮的蛹還有點潮濕且形狀像蟲(如圖九)，30 分鐘後才為蛹形。蛹的顏色為綠或褐色，或褐色中有綠色斑點(如圖十一)，因環境不同而有所不同。蛹的大小，長約 3.3~4.5 公分、最寬處約 0.9~1.5 公分，背部會有隆起，頭部前端凹陷形成分叉，表面粗糙並有些許紋路，仔細觀察可看出似成蟲的複眼與細長的腳。褐色的蛹下端近黏著處都有一白色帶狀，整個形體看起來像是枝幹一般。



圖九 蛻皮末的蛹



圖十 20 分鐘後的蛹



圖十一 褐蛹

4. 羽化



圖十二 綠色蛹之殼

當看得出蛹殼中的成蝶，且蛹的顏色為成蝶的黑色時，就表示快羽化了。通常破蛹時間為黎明，但若飼養在家中且白天無開燈到傍晚才點燈，則會在傍晚破蛹。破蛹前，可明顯看出蛹與成蝶間之液體逐漸下降，最後能明顯分辨出蛹殼與成蝶。當成蝶用力推或頂開蛹上端腹面處時，會有「啵」一聲，1 分鐘內成蝶經狹長裂縫爬出蛹並排出體內廢物於蛹中。約經過 1 小時，翅膀緩緩拍動、慢慢展開，管狀口吻來回捲收起，並再排掉一些尿液。此時成蝶若受驚嚇，則會排放尿液並鼓動翅膀呈平展開狀。再過 1 小時，成蝶便可以飛了。

5. 成蝶

(1)一般特徵

雌蝶體型較雄蝶大，前翅翅形較為寬圓，後翅外緣呈波浪狀，翅表底色黑色。外觀分為兩型，第一型具尾狀突起，前翅基部具一顯眼三角形紅斑，後翅

中間有一長形白斑，外緣有橙色弦月紋 (如圖十三)。第二型不具尾狀突起，後翅白斑面積較大(如圖十四)。雄蝶前翅整體外觀稍微接近三角形，後翅外緣呈波浪狀，不具尾狀突起。前、後翅除翅脈以外之各翅室散佈著灰藍色鱗片，後翅內緣輕微反捲(如圖十五)。



圖十三 有尾雌蝶



圖十四 無尾雌蝶



圖十五 雄蝶

(2)人工飼養的蝴蝶

因鳥園籠子的網格長約 6 公分小於大鳳蝶的身長，所以我們在鳥園中放置大鳳蝶之蜜源植物—朱槿(花色紅)、馬纓丹(花色紫)、繁星花(花色紅)、長壽花(花色紅)，然後將飼養羽化的蝴蝶飼養在鳥園中。但隔天發現蝴蝶不翼而飛，且園中找不到殘骸，而排除有天敵攻擊。而後又放新羽化的蝴蝶，密切觀察剛放進園中的蝴蝶，發現蝴蝶會依籠子邊緣飛行，似乎是在找尋出口。飛行約 5 分鐘後，一隻蝴蝶忽然穿越籠子的網格而飛走，發現蝴蝶飛行時，能改變翅膀的角度而穿越籠子的網格。故我們在園中架設單人蚊帳，避免蝴蝶飛走，以便觀察。

每隻蝴蝶在羽化後，放置於蚊帳中約觀察 2 天後放生。在其覓食情形方面，觀察到蝴蝶吸食繁星花(花色紅)和長壽花(花色紅)花蜜，但無吸食朱槿(花色紅)和馬纓丹(花色紫)符合文獻所描述大鳳蝶較喜歡吸食紅色的花。

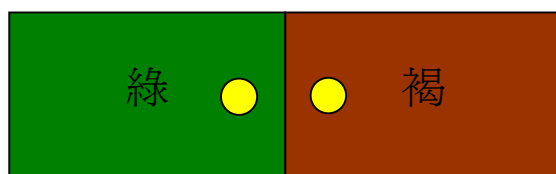
第二部分 蛹和環境的關係

研究一 幼蟲所喜愛化蛹環境的顏色

觀察發現有些蛹是在葉面上，而部分則在枝幹上，我們馬上想到幼蟲會不會去選擇他喜歡的顏色？所處的環境只有葉子的綠色和枝幹的深褐色，所以我們設計一觀察箱將其分成兩個部分，將一半弄成綠色的環境；另一半為褐色，觀察紀錄幼蟲化蛹的位置。

(一) 方法：

1. 將投影片裁成適當的大小，黏貼於觀察箱外。
2. 利用麥克筆將投影片及觀察箱的頂蓋分別塗上綠色及咖啡色。
3. 綠色代表柚子樹的葉子，咖啡色代表柚子樹的枝幹。
4. 將十隻大鳳蝶幼蟲分成兩組，由兩位同學分別飼養。
5. 每日固定時間觀察紀錄幼蟲活動位置及化蛹的位置。
6. 圖示：



〈黃色點為放置帶葉的柚子樹樹枝，兩點的樹枝有重疊〉



圖十六 觀察箱

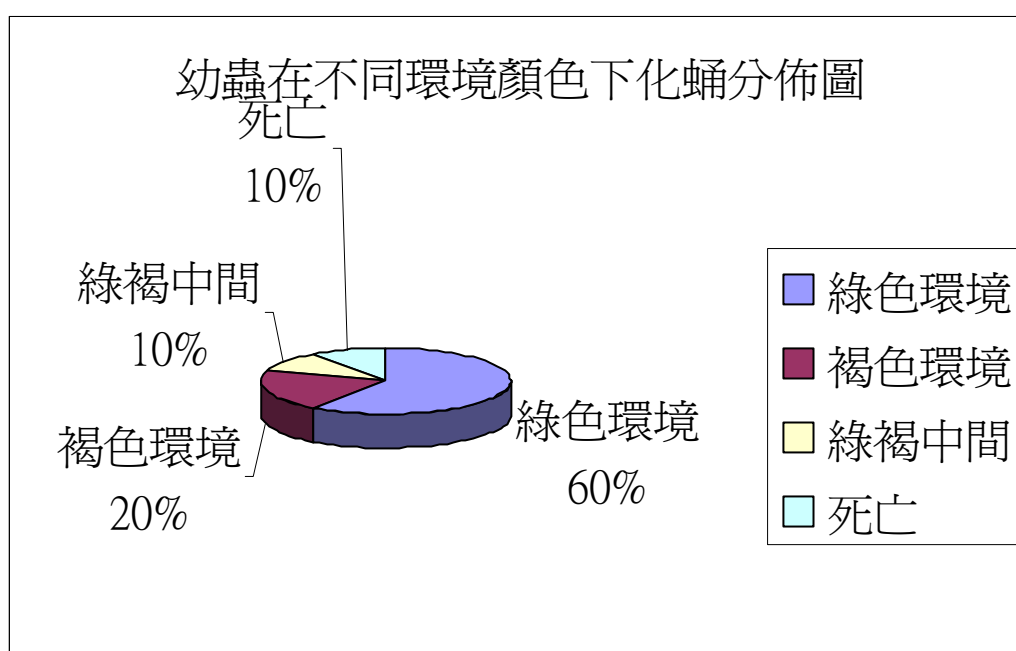
(二) 觀察紀錄：

表一 蛹與化蛹環境－顏色的關係

編號	環境	化蛹時間	化蛹狀況	化蛹位置	蛹與葉之距離(公分)	大小(公分)		顏色
						長	寬	
1-1	褐	2/8	水平帶蛹	箱蓋角落 距兩側各 3cm	6	3.4	1.3	綠
1-2	綠	2/12	水平帶蛹	箱蓋 離中線 0.7cm	3	4.3	1.5	綠
1-3	綠	2/13	垂直帶蛹	葉面上	0	4	1.3	綠
1-4	綠	2/17	垂直帶蛹	葉面下	0	3.8	1.3	綠
1-5	死亡							
2-1	綠	1/28	垂直帶蛹	葉面下	1	3.5	1	綠

2-2	綠	2/4	垂直帶蛹	葉面下	1.5	4	1.2	綠
2-3	綠	2/4	垂直帶蛹	在枝幹上 上方無葉	1.2	4.5	1.2	綠
2-4	褐	2/21	垂直帶蛹	箱底角落 距兩側各 1.3cm	10	4.5	1.5	褐
2-5	中間	2/21	水平帶蛹	蓋子中間	3	4.7	1.5	褐

(編號—以化蛹時間先後依序編號)



(三) 觀察結果：

1. 第一個觀察箱中的 5 隻幼蟲中，有 1 隻在褐色區域化蛹，其他 3 隻則在綠色區域，有一隻在飼養過程中死亡。
2. 第二個觀察箱中的 5 隻幼蟲中，有 1 隻在褐色區域化蛹，其他 3 隻則在綠色區域，另一隻則在綠色及褐色的交界處。
3. 在觀察的記錄中值得注意的是，在綠色的範圍內共有 6 隻，所以推斷幼蟲可能喜歡在綠色的環境中化蛹。
4. 在綠色的範圍中幼蟲大都在柚子樹上，而在褐色區域裡幼蟲大都在箱壁上化蛹。
5. 在綠色環境中的蛹皆為綠色，而在褐色環境中的蛹卻不一定完全是褐色，但基本上都符合蛹所在的環境，所以環境顏色可能影響蛹的顏色。

研究二 幼蟲所喜愛化蛹環境的穩定度

幼蟲化蛹的位置，在戶外環境的柚子樹上，我們發現大部分集中在植物的下半部，而在網室中的柚子樹上，蛹的分布較為平均。所以我們假設幼蟲化蛹前會選擇一個較穩定的環境，透過實驗我們想探求振動在幼蟲選擇化蛹地點的影響力。

(一) 方法：

1. 將六隻大鳳蝶幼蟲分別飼養在兩棵高約 120 公分的柚子樹上。
2. 將兩棵柚子樹放置在能曬到太陽的室內環境。
3. 一棵給予定時的自然風干擾，使植物的上半部搖晃，頂端振幅約 6 公分。
(自然風—利用微電腦電風扇給予，10 分鐘一次。)
4. 另一棵不給予任何的干擾作為對照組。
5. 每日固定時間觀察紀錄幼蟲活動的位置及化蛹的環境。

圖十七 柚子樹

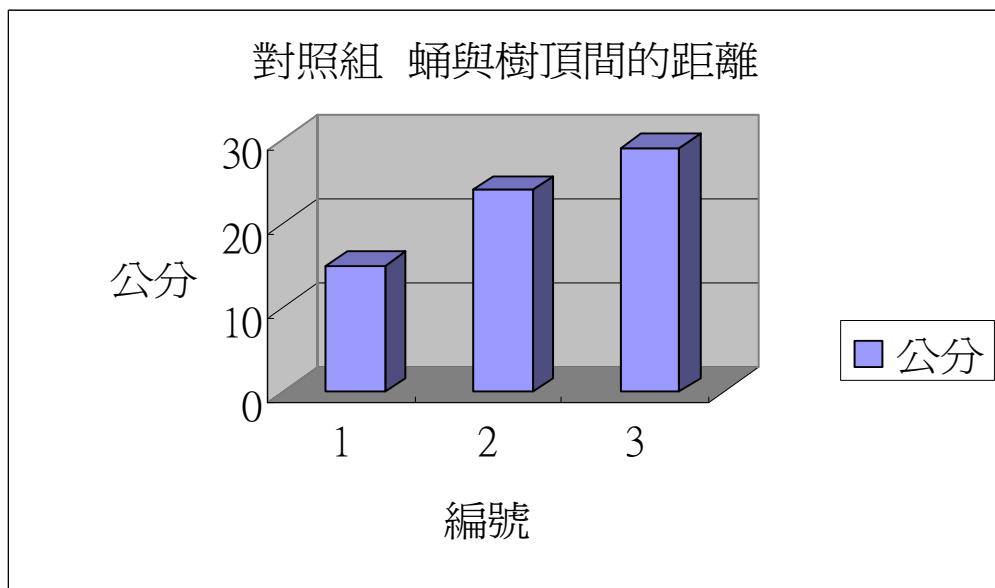
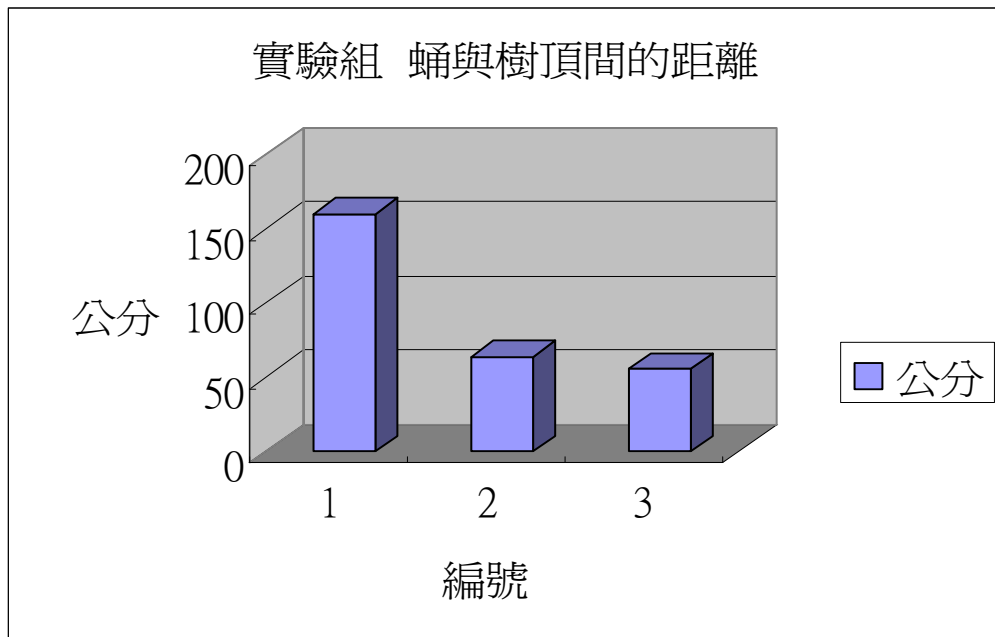


(二) 觀察紀錄：

表二 蛹與化蛹環境—振動的關係

編號		蛹與樹頂 距離(公分)	化蛹 時間	化蛹狀況	化蛹位置	蛹與葉子 距離(公分)	大小(公分)		顏色
							長	寬	
實驗組	1	160	2/12	垂直帶蛹	書櫃上 距離地面 5 公分	100	4.1	1.5	褐與白交錯、帶綠斑
	2	64	2/17	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 3 公分有葉	3	4.5	1.7	綠
	3	56	2/23	垂直帶蛹	樹葉背	0	3.9	1.3	綠
對照組	1	15	2/12	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 2 公分有葉	2	3.9	1.5	綠
	2	24	2/20	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 3 公分有葉	3	4.3	1.6	綠
	3	29	2/24	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方無葉	3	3	1.5	綠

(編號—以化蛹時間先後依序編號)



(三) 觀察結果：

1. 在實驗組中的 3 隻幼蟲，化蛹的位置在整棵植物中下的部分，有一隻幼蟲甚至離開柚子樹至樹旁的書櫃。
2. 在對照組中的 3 隻幼蟲，化蛹的位置在整棵植物的上半部，在那有較多的葉子作遮蔽。
3. 振動是會影響化蛹的位置，它限制了幼蟲能選擇化蛹位置的範圍。
4. 對照組的蛹不因振動的影響，呈現和實驗組一樣的綠色，反而是在櫃子上的蛹呈現褐色，所以振動對蛹的顏色沒有影響。

研究三 幼蟲所喜愛化蛹環境的亮度

許多幼蟲選擇在有樹葉遮蔽的陰暗處，在葉子上的蛹的顏色幾乎都呈現綠色，有些則垂直的掛在樹枝上，被其他樹葉的陰影遮蔽，而這些蛹的顏色大部分是褐色或多了些綠色的斑點，少有綠色的蛹。所以我們覺得光線的強弱也是幼蟲選擇化蛹環境的一個重要因素，藉著以同一個水族箱區隔成三個不同的亮度，觀察幼蟲化蛹的位置。

(一) 方法：

1. 將觀察箱分成三個部分。
2. 在第三部分的頂蓋及兩側都黏上黑紙，使光線完全不能進入而呈現黑暗。
3. 第二部分則黏上 2 張描圖紙，遮住部分的光線進入觀察箱。
4. 剩餘的部分不加遮蔽讓光線能直接照進觀察箱。
5. 避免光線因觀察箱的塑膠材質反射而影響亮度，所以將紙黏在內側。
6. 於每個部分的交界處放置柚子樹枝，樹枝間彼此接觸。
7. 分兩個觀察箱觀察，每個觀察箱放置五隻幼蟲。
8. 每日定時觀察紀錄幼蟲活動的情形及化蛹的位置。
9. 圖示：

第三部分 黑紙 更暗	●	第二部分 2 張描圖紙 略暗	●	第一部分 不包 自然光線
------------------	---	----------------------	---	--------------------

〈黃色點為放置帶葉的柚子樹樹枝〉



圖十八 觀察箱



圖十九 照度計

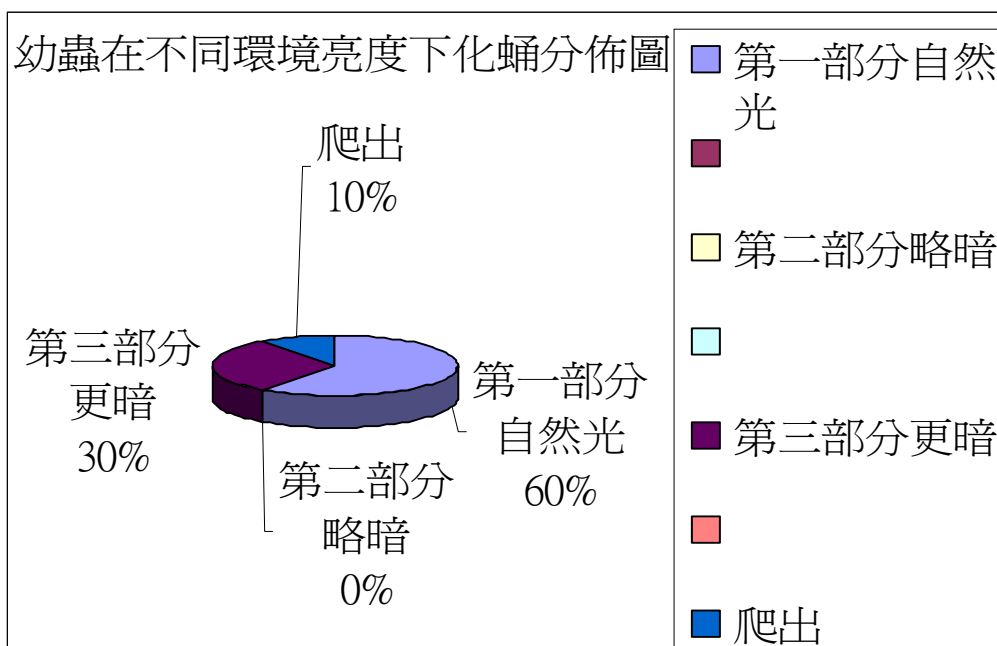
10. 白天 以照度計測量第一部分的照度為 300 lux
第二部分的照度為 100 lux
第三部分的照度為 0 lux

(二) 觀察紀錄：

表三 蛹與化蛹環境—亮度的關係

編號	環 境	化蛹時間	化蛹狀況	化蛹位置	蛹與葉之距離(公分)	大小(公分)		顏 色
						長	寬	
1-1	第一部分	1/30	水平帶蛹	在枝幹上 正上方無葉	12	3.9	1.7	褐
1-2	第一部分	2/4	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方1公分有葉	1	3.8	1.5	綠
1-3	第一部分	2/7	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方3公分有葉	0.5	3.7	1.4	綠
1-4	第一部分	2/12	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方0.5公分有葉	1	4	1.8	綠
1-5	第三部分	2/15	垂直帶蛹	觀察箱壁 距箱底 5cm	14	4	2	褐
2-1	第三部分	1/31	水平帶蛹	箱蓋 距兩側各2cm、7.5cm	20	3.5	1.5	褐帶綠斑
2-2	第一部分	2/6	水平帶蛹	箱蓋 距壁 10cm	18	4	1	褐帶綠斑
2-3	第三部分	2/17	水平帶蛹	箱蓋 距壁 8.5cm	15	4.5	1.5	褐帶綠斑
2-4	第一部分	2/21	水平帶蛹	箱蓋 距壁 7cm	23	4.5	1	褐帶綠斑
2-5	爬 出 觀 察 箱							

(編號—以化蛹時間先後依序編號)



(三) 觀察結果：

1. 第一個觀察箱中的 5 隻幼蟲中，有一隻在第三部份（全黑）的範圍中化蛹，而其他四隻則在第一部份（自然光）的環境中化蛹。
2. 第二個觀察箱中的 5 隻幼蟲，有兩隻在第三部份（全黑）的範圍化蛹，另兩隻在第一部份（自然光）化蛹，而還有一隻因爬出觀察箱而沒有記錄。
3. 以整體觀察而言，在第一部份（自然光）或第三部份（全黑），而以自然光線下數量最多。
4. 依觀察結果我們很難斷定幼蟲喜歡化蛹環境的亮度，但可看出幼蟲多選擇上方有遮蔽物處化蛹。
5. 以每一部份來說，第一部份的六個蛹有 3 隻為綠色，另外 3 隻為褐色，第三部份所有的蛹皆為褐色，所以亮度在自然光線下有褐色也有綠色出現，但在全黑中只有褐色。

伍、討論

討論一 幼蟲化蛹後立即改變環境，對蛹的顏色之影響

首先我們懷疑在幼蟲成蛹的時候，如果馬上改變蛹的環境，是否蛹的顏色會因而變更，如果會，那對蛹的顏色之影響該考慮的因素就更多。

(一) 方法：

1. 將幼蟲飼養在插於底片盒的柚子枝葉上。
2. 終齡幼蟲固定成前蛹之前，保持固定環境(綠色枝葉多)。
3. 當終齡幼蟲脫去外皮成為蛹時，馬上將其環境改變，如將綠色枝葉移除。
4. 觀察紀錄蛹的顏色會不會因此而改變。

(二) 觀察紀錄：

表四 化蛹後立即改變環境，對蛹的顏色之影響

編號	化蛹時間	化蛹狀況	化蛹位置	蛹與葉之距離(公分)	大小(公分)		顏色	移除綠色枝葉後蛹的顏色
					長	寬		
1	2/3	垂直帶蛹	箱壁距底 2公分	10	3.4	1.3	褐與白交錯、帶綠斑	不變
2	2/7	垂直帶蛹	箱壁距底 8公分	3	3.7	1.5	綠	不變
3	2/9	水平帶蛹	箱頂 距兩側各3公分	2	4	1.7	綠	不變
4	2/9	垂直帶蛹	箱頂角	5	4.2	1.8	綠	不變
5	2/9	垂直帶蛹	箱頂 距兩側各2公分	4	3.8	1.4	綠	不變

(三) 觀察紀錄：

1. 從前蛹變成蛹後，雖然改變環境，但蛹的顏色不會變動。
2. 既然幼蟲成蛹後的顏色即固定，所以不需考慮化蛹後人為因素的環境改變，如更換柚子葉時，每次的葉片大小、葉片和觀察箱壁的距離……等。

討論二 蛹和葉子間的距離所產生的顏色差異

既然蛹的顏色在其位置固定後即決定，不因環境改變而更動。我們透過以上三個研究，覺得環境顏色是最有可能影響蛹的顏色，將所有蛹的資料列成表格加以討論。

(一) 方法：

1. 將大鳳蝶幼蟲飼養在觀察箱中。
2. 觀察幼蟲化蛹的顏色和與葉子距離間的關係。
3. 假設：蛹和葉子在一定距離內時是綠色，而距離超過時則為咖啡色。

(二) 觀察紀錄：

將實驗中化蛹環境和葉子的距離及其顏色列成下表：

編 號			化蛹狀況	化蛹位置	蛹與葉之 距離(公分)	顏 色
研 究 一	1-1		水平帶蛹	箱蓋角落 距兩側各 3cm	6	綠
	1-2		水平帶蛹	箱蓋 離中線 0.7cm	3	綠
	1-3		垂直帶蛹	葉面上	0	綠
	1-4		垂直帶蛹	葉面下	0	綠
	2-1		垂直帶蛹	葉面下	1	綠
	2-2		垂直帶蛹	葉面下	1.5	綠
	2-3		垂直帶蛹	在枝幹上 上方無葉	1.2	綠
	2-4		垂直帶蛹	箱底角落 距兩側各 1.3cm	10	褐
	2-5		水平帶蛹	蓋子中間	3	褐
研 究 二	實 驗 組	1	垂直帶蛹	書櫃上 距離地面 5 公分	100	褐與白交錯 、帶綠斑
		2	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 3 公分有葉	3	綠
		3	垂直帶蛹	樹葉背	0	綠
	對 照 組	1	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 2 公分有葉	2	綠
		2	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 3 公分有葉	3	綠
		3	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方無葉	3	綠
研	1-1		水平帶蛹	在枝幹上 正上方無葉	12	褐

究 三	1-2	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 1 公分有葉	1	綠
	1-3	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 3 公分有葉	0.5	綠
	1-4	垂直帶蛹	在枝幹上 正上方 0.5 公分有葉	1	綠
	1-5	垂直帶蛹	觀察箱壁 距箱底 5cm	14	褐
	2-1	水平帶蛹	箱蓋 距兩側各 2cm、7.5cm	20	褐帶綠斑
	2-2	水平帶蛹	箱蓋 距壁 10cm	18	褐帶綠斑
	2-3	水平帶蛹	箱蓋 距壁 8.5cm	15	褐帶綠斑
	2-4	水平帶蛹	箱蓋 距壁 7cm	23	褐帶綠斑

表五 蛹與葉子之距離的關係

(三) 討論結果：

1. 在柚子枝葉上化蛹的顏色大都為綠色，只有一個為褐色。
2. 進一步分析蛹和葉子距離的排列時，可以列出下表：

和葉子距離 (cm)	蛹的顏色	和葉子距離 (cm)	蛹的顏色
0	綠	3	綠
0	綠	3	綠
0	綠	3	綠
0.5	綠	6	綠
1	綠	10	褐
1	綠	12	褐
1	綠	14	褐
1.2	綠	15	褐帶綠斑
1.5	綠	18	褐帶綠斑
2	綠	20	褐帶綠斑
3	綠	23	褐帶綠斑
3	褐	100	褐色帶綠斑

表六 蛹的顏色與葉子之距離

3. 我們可以發現和葉子的距離超過 6 公分以後皆為褐色。
4. 這個發現也能解釋研究三的觀察結果，在自然光線下幼蟲可以分辨顏色，在和葉子超過一定距離後，蛹顏色即呈現褐色，所以自然光線下蛹的顏色會出現綠色與褐色，在全黑的第三部份，因無法辨別顏色所以蛹都呈現褐色。
5. 文獻資料中，提到無尾鳳蝶化蛹位置的光滑度會影響其蛹的顏色，但在本表格資料中，並未明顯看出此關聯性。

陸、結論

- 一、 幼蟲較喜歡在綠色的環境中化蛹，而且化蛹環境會影響蛹的顏色。蛹的顏色為綠色、褐色或是以褐色為主上面有綠色的斑點，至目前的觀察沒有發現以綠色為主上面有褐色斑點的蛹。
- 二、 幼蟲喜歡在較穩定的環境中化蛹，振動會限制幼蟲選擇化蛹位置的範圍，但振動對蛹的顏色沒有影響。如果在平靜的環境下突然晃動，幼蟲會停止動作，若持續的輕微晃動則幼蟲將持續動作，而前蛹蛻皮尚未定型時受到干擾，會扭動身軀。
- 三、 幼蟲沒有特別去選擇某個亮度化蛹，據觀察幼蟲喜歡選擇在有遮蔽物的環境，如葉子下面、觀察箱蓋下面。
- 四、 幼蟲成蛹後即使環境的改變也不會使蛹的顏色改變，我們可以在形成前蛹後改變它的環境來確認環境對蛹顏色的影響到哪個階段。
- 五、 幼蟲化蛹的顏色和其週遭環境顏色有極大關係，如有綠色葉子則為綠色，反之則為褐色，其影響的距離之緩衝區大約是 6~10 公分，若要更小的範圍則需做更多的實驗記錄來分析。
- 六、 死亡：

在做實驗觀察時，我們發現幼蟲有死亡的現象，有一直吐綠水或不進食漸漸萎縮而死，但並無寄生蜂寄生，所以我們無法斷定其死亡的原因。死亡的幼蟲共有四隻，一隻在自然觀察箱中因吐綠水而死，其他三隻則因不進食漸漸萎縮而死，兩隻在自然觀察箱中，另一隻則在研究一的觀察箱中。在實驗觀察期間，我們發現有其他兩隻也出現吐綠水的現象，依推斷，我們覺得這可能是葉子不乾淨而造成，所以我們立即更換新葉子，這個現象就解決了。雖然如此，但我們仍不知道其死亡的原因為何，在文獻資料中也找不到相關的說明與答案，所以我們決定發 e-mail 詢問對生物方面有特別研究的人員，我們詢問了楊平世教授、徐教授、國立台灣博物館及台灣蝴蝶保育學會，也順利的得到了回覆，依教授們說明，不進食漸漸萎縮而死的原因應該是大鳳蝶幼蟲受到了感染，而當幼蟲有這種情形時，應將其餘未受感染的隔離、將受污染的葉片丟棄、容器消毒，以免其餘未受感染的染病；吐綠水可能是吃錯食物、葉子不乾淨或受污染所造成，由此可證，我們在發現幼蟲有吐綠水現象時立即更換葉片這個動作是正確的。此外，台灣蝴蝶保育學會人員提到，有些本身體質較差的個體也是會在成長過程中被淘汰掉（如此，存活下來的個體擁有較佳的基因繁衍整個族群），這些都是很自然的自然現象。

七、 建議：

當我們在整理蛹的化蛹與羽化日期時，發現多數蛹會依先化蛹而先羽化的順序羽化，但我們發現每個觀察箱中，第 1 個化蛹並不是第 1 個羽化，而大部分是最後羽化的，且蛹期最短有 16 天，最長則有 109 天，差異相當大。因此我們詢問了安康蝴蝶生態教育園區的主人牛伯伯(呂輝壁先生)，因而得知：蝴蝶的蛹期沒有一定的時間，因為這樣才能避免在同一時間大量羽化，造成近親交配的問題。一般雄蝶會先羽化以等待雌蝶羽化，好進行交配，這些都是正常的現象。若想深入了解，建議可針對此一問題作觀察紀錄，以得知蛹期是否有規律性。

柒、參考資料

1. 王效岳、李俊延。蝴蝶花園大探密。初版。台北。國立台灣博物館。民 89。
2. 李俊延、王效岳。蝴蝶的觀察與飼育。再版。台北。台灣省立博物館。民 87。
3. 李俊延、王效岳。台灣蝴蝶圖鑑。初版。台北。貓頭鷹出版社。52 頁。民 77。
4. 李俊延、張玉珍。台灣蝶類圖說(一)。初版。台北。台灣省立博物館。19、20 頁。民 84。
5. 陳維壽。台灣賞蝶情報。二版。台北。青新出版社。164 頁。民 90。
6. 張永仁。昆蟲入門。初版。台北。遠流出版社。134、135 頁。民 89。
7. 張永仁。昆蟲圖鑑。初版。台北。遠流出版社。234 頁。民 89。
8. 張永仁。陽明山國家公園解說叢書—賞蝶篇(上)。二版。台北。陽明山國家公園管理處。76~79 頁。民 91。
9. 張永仁。台灣賞蝶地圖：情報、圖鑑合訂本。初版。台中。晨星出版社。103~112、278 頁。民 91。
10. 張保信、蔡百峻。台灣的蝴蝶世界。初版。台北。渡假出版社。39 頁。民 88。
11. 國立台灣科學博物館彙編。民 87。揭開無尾鳳蝶的秘密。中華民國三十八屆中小學科學展覽會國小組優勝作品專輯。140~150 頁。

評語

能藉由自然觀察及人工飼養探討大鳳蝶化蛹及羽化之謎並詳實記錄，值得稱許。