

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080302

紋白蝶:臺灣?日本?傻傻分不清楚!

學校名稱：新北市新店區北新國民小學

作者： 小五 馬育綸 小五 陳庭幼 小五 田詠心 小五 黃書琪 小五 侯有霖	指導老師： 郭麗娟 陳怡君
---	---------------------

關鍵詞：臺灣紋白蝶、日本紋白蝶、十字花科

摘要

本研究目的是為了要找出臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的外形特徵、生活習性、食性以及活動期等是否具差異性，進行長期觀測與實驗，試圖找出答案。方法是先種植六種十字花科蔬菜吸引母蝶產卵，長期觀察兩種紋白蝶生態，並設計各種溫度適應實驗。結果發現臺灣紋白蝶和日本紋白蝶兩者的生活習性大致相同，競爭性不明顯。但日本紋白蝶能配合十字花科蔬菜的生長期在冬季大量繁殖，因食草多、天敵少、競爭者少，故日本紋白蝶能大量繁殖。反之臺灣紋白蝶在初春時開始活動，因食草變少、天敵變多、競爭者變多，數量少於日本紋白蝶。兩種紋白蝶在5月中旬已沒有發現卵和幼蟲，與兩種紋白蝶的溫度適應實驗結果一致。

壹、研究動機

在四年級下學期上第三單元「昆蟲世界」的時候，老師在花圃上種了許多小白菜以吸引紋白蝶來產卵，讓我們可以觀察紋白蝶的生態。但是觀察了許多的幼蟲後，發現似乎有不同種類的紋白蝶幼蟲同時存在，就連蛹和成蟲的樣子也有些不同，這僅僅只是雌蟲和雄蟲牠們有不同的體型和體色而已嗎？還是牠們是不同的品種？這激起了我們想要研究牠們是否是不同種類的紋白蝶，而牠們之間是否有競爭或是合作的關係？還是彼此和平共處？於是我們在10月初到蔬菜種苗店詢問、購買6種常吃的十字花科蔬菜的菜苗和種子，分別種植在花圃上，吸引紋白蝶來產卵，以做進一步的觀察與研究。

貳、研究目的

- 一、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的外形特徵差異性如何。
- 二、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活習性是否有差異性。
- 三、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的食性是否有差異性。
- 四、找出防制臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的方法。
- 五、探討臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的活動期，以了解兩者數量的消長情形。
- 六、溫度是否是影響兩種紋白蝶活動期與數量的主要因素。

參、研究設備及器材

手機x5 支	直尺x5 把	60 倍放大鏡頭x2 個	水彩筆x5 支
昆蟲觀察盒x10 個	500 倍顯微鏡x1 組	小白菜種子x1 包	青江菜種子x1 包
櫻桃蘿蔔種子x1 包	大頭菜幼苗x10 棵	高麗菜幼苗x10 棵	油菜種子x1 包
白色花椰菜種子x1 包	芥藍菜種子x1 包	芥菜種子x1 包	鑷子x5 把
昆蟲觀察罐x10 個	5 倍放大鏡x3 把	培養皿x10 個	溫度計 10 支
昆蟲飼養罐x10 個	腐植土 60Lx5 包	5 倍放大鏡x2 支	方形公升盒 10 個
噴霧器 6 支	冰塊x20 公斤	洗衣粉 100g	辣椒 100g
酵素清潔劑 100g	藥用酒精 100g	洗碗精 100g	熱水 10L
食鹽 10 包	方形保麗龍盒 1 個	水彩筆 5 支	自來水 1L

肆、研究過程與方法

一、研究流程



二、研究方法

(一) 比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的外形特徵差異性如何。

1. 文獻探討：整理歷屆科展與本研究有關之作品。

(1) 第 49 屆科學展覽國小組生物科。研究題目：穿迷彩裝的「蛹」士--紋白蝶蟲蛹保護色和環境的關係。研究結果：

A. 蛹色都是由 褐、灰、綠三色所組成的，有如阿兵哥的迷彩裝。

B. 蟲蛹本身會隨著光線明暗度與環境顏色而調整色彩的深淺和色系，讓天敵不易發現。環境四周的顏色可以穿透蛹殼半透明的淺褐色，使得蛹色和環境顏色融合在一起。

(2) 第 52 屆科學展覽國小組生物科。研究題目：變～變～變 — 環境顏色對紋白蝶蟲蛹顏色之研究。研究結果：

A. 受到外在環境顏色影響的蝴蝶其幼蟲體色無明顯變化仍是綠色。

B. 蛹色受環境顏色的影響，呈現深淺不一的顏色，由粉白色、淺綠色到灰褐色都有。

C. 成蝶體色則無明顯改變 依然是白色

(3) 惠文高二生袁苙芸與蕭佩宛解開日本紋白蝶數量強壓臺灣紋白蝶之謎研究摘要：

A. 日本雌性紋白蝶在紫外光燈照射下，會反射紫外光，但雄蝶和臺灣紋白蝶的雄雌蝶都不會。

B. 兩人花費一年多時間研究實驗，抓了一百多隻紋白蝶反覆假設和驗證。

C. 臺灣冬季油菜花田超過九成都是日本種，臺灣原生種只能在山上看到，不過每年春天農夫會噴農藥重新整田，日本紋白蝶大量死亡，數量減少，臺灣種趁勢增加，每年周而復始，維持生態數量的平衡。

2. 上網和查閱書籍尋找紋白蝶的相關資料，比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的特徵。

3. 實際觀察臺灣紋白蝶和日本紋白蝶，找出臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活史。

(二) 比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活習性是否具差異性。

1. 比較兩種紋白蝶產卵位置是否具差異性。

2. 比較兩種紋白蝶的孵化、脫皮、結蛹等習性是否具差異性。

3. 比較兩種紋白蝶的結蛹位置是否具差異性。

4. 比較兩種紋白蝶幼蟲遇到危險時的防衛策略是否具差異性。

(三) 比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的食性是否具差異性。

1. 比較兩種紋白蝶產卵在六種蔬菜的數量是否具差異性。

2. 比較兩種紋白蝶幼蟲在不同蔬菜上的數量是否具差異性。

3. 重新種植六種蔬菜並調查兩種紋白蝶的產卵數量是否具差異性。

(四) 找出防制臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的方法。

1. 葉片噴灑自製除蟲液防止母蝶產卵及除幼蟲實驗：

- (1) 蒐集資料：上網查詢，從「台灣種植學習營」face book 上找到除蟲的相關配方。
- (2) 實驗方法一：20g 辣椒切碎泡 100ml 熱水，放涼後用噴霧器噴灑於葉面和幼蟲。
- (3) 實驗方法二：20g 辣椒切碎泡 30ml 藥用酒精和 70ml 熱水，放涼後用噴霧器噴灑於葉面和幼蟲。
- (4) 實驗方法三：20ml 自製鳳梨酵素加 100ml 冷水，用噴霧器噴灑於葉面和幼蟲。
- (5) 實驗方法四：20ml 洗碗精加 100g 冷水，充分均勻後用噴霧器噴灑於葉面和幼蟲。

2. 利用天敵生物防制法除蟲實驗：

- (1) 發現紋白蝶天敵：在觀察過程中，發現有會捕食紋白蝶幼蟲的天敵，如貓蛛、寄生蜂、小黃家蟻和黃長腳蜂等。經過長期觀察，發現小黃家蟻和黃長腳蜂的捕食能力比較強，故設計實驗了解牠們的捕食能力，是否能做為生物防制，以抑制紋白蝶幼蟲數量。

(2) 利用小黃家蟻除幼蟲實驗

步驟一：在葉菜上放置 10 隻紋白蝶五齡幼蟲（臺灣、日本各 5 隻），再觀察是否被捕食。

步驟二：放置滅蟻藥，驗證小黃家蟻捕食能力。



被小黃家蟻圍攻日本紋白蝶幼蟲。



在菜圃放置滅蟻藥，消滅小黃家蟻。

(3) 利用黃長腳蜂除蟲實驗

步驟一：移植葉菜並用隔水法排除小黃家蟻的攻擊，確認黃長腳蜂捕食能力。

步驟二：在葉菜上放置 10 隻紋白蝶五齡幼蟲（臺灣、日本各 5 隻），再觀察是否被捕食。

步驟三：在葉菜上罩上紗網，驗證黃長腳蜂捕食能力。

		
<p>用水隔離花盆，防止小黃家蟻攻擊紋白蝶幼蟲。</p>	<p>黃長腳蜂在油菜葉中尋找紋白蝶幼蟲。</p>	<p>用紗網罩住隔離防止黃長腳蜂攻擊紋白蝶幼蟲。。</p>

(五) 探討臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的活動期，以了解兩者數量的消長情形。

1. 比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的不同月分數量分佈情形。
2. 探討兩種紋白蝶數量分佈是否與當地氣溫有關聯性。

(六) 探討溫度是否是影響兩種紋白蝶活動期與數量的主要因素實驗：今年年初連續來了好幾次的寒流，剛好在這一段時間紋白蝶也消聲匿跡。但是當天氣轉好後，1月底日本紋白蝶又出現了，連臺灣紋白蝶也出現了！所以兩種紋白蝶的活動期是否跟溫度有關？為了了解紋白蝶和溫度的關聯性，於是設計兩種紋白蝶對不同溫度適應的實驗。

1. 幼蟲與成蟲在 4°C 的耐低溫實驗：

實驗方法：將各齡幼蟲和成蟲放置在 4°C 的冰塊中 15 分鐘，了解耐低溫程度。



2. 幼蟲與成蟲在-10°C 耐低溫實驗：

實驗方法：將 900g 冰塊混合 300g 的食鹽讓溫度降到-10°C，再將各齡幼蟲和成蟲放置 15 分鐘，了解耐低溫程度，並將一個昆蟲觀察盒滴水當做對照組。



3. 幼蟲與成蟲放置於-13°C 冰箱冷凍庫耐低溫實驗：

實驗方法：將各齡幼蟲和成蟲放置-13°C 冰箱冷凍庫中 30 分鐘，觀察其活動力。



4. 兩種幼蟲與成蟲 40°C 耐高溫實驗：

假設：我們也想知道紋白蝶是否也很耐熱，參考夏天氣溫最高約 40°C，所以我們就設計了下一個實驗。

實驗方法：先調出一杯 40°C 500ml 的水，再將各齡幼蟲和成蟲放置 15 分鐘，了解耐高溫程度。



5. 最適溫度實驗：

實驗方法：

步驟一：利用珍珠板做成 90cm×20cm×20cm 的長方形凹槽，右邊放置熱水袋、左側放置冰袋、上面鋪上鋁箔紙、其上再鋪上小白菜、再放置溫度計測各處的溫度。

步驟二：在 41°C 處放置兩種紋白蝶幼蟲各 5 隻，然後觀察幼蟲的反應。

步驟三：將上述 10 隻紋白蝶幼蟲放在 15°C 處，然後觀察幼蟲的反應。

步驟四：以幼蟲能靜止下來並開始進食為評定最適溫度標準，幼蟲開始進食的位置，再測量一次溫度，確認幼蟲所在溫度。



溫泉梯度依序是 41°C → 38°C → 35°C → 32°C → 29°C → 26°C → 23°C → 20°C → 17°C → 14°C

6. 將兩種紋白蝶的最適溫度與各種十字花科蔬菜最適溫度做交叉比對。

十字花科蔬菜播種期、採收、發芽最適溫度表			
名稱	播種期	採收	最適溫度
小白菜	全年可播種	25-30 天後可收成	20~25°C
青江菜	春、秋、冬季(9-2、3 月) 夏易長蚜蟲	30-40 天	20~30°C
芥藍菜	全年可栽種(冬季 10-12 月特佳)	30~40 天	25~30°C
大頭菜	冬季(10-12 月)	60~80 天	15~20°C
芥菜	秋季(北部應稍早播種)	45 天	16~22°C
花椰菜	冷涼氣候(8-10 月)	60~80 天	20~25°C
高麗菜	秋、冬季(2 月中旬)	90 至 100 天	15~21°C
櫻桃蘿蔔	秋季	30~40 天	8~24°C
油菜	秋季	40-50 天	15~25°C

資料來源：農業知識入口網站

7. 兩種紋白蝶幼蟲與成蟲的臨界溫度實驗：

步驟一：在長方形保利龍盒內裝入 100ml 的 25°C 水，再放入裝有兩種幼蟲（成蟲）的昆蟲觀察盒，並放置一支溫度計測量溫度。

步驟二：在水中慢慢加入冰塊，讓觀察盒內的溫度依序下降。

步驟三：待溫度無法下降時，在冰塊上慢慢灑上食鹽，讓溫度繼續下降，直至幼蟲（成蟲）呈現僵直狀態。

步驟四：重覆步驟一，然後在水中慢慢加入 100°C 熱水，讓觀察盒內的溫度依序上升，直

至幼蟲（成蟲）出現躁動的狀態。



(1) 兩種幼蟲與成蟲低溫臨界溫度實驗。

(2) 兩種幼蟲與成蟲高溫臨界溫度實驗。

伍、研究結果

一、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的外形特徵差異性如何。

(一) 整理歷屆科展與本研究有關之作品分析：

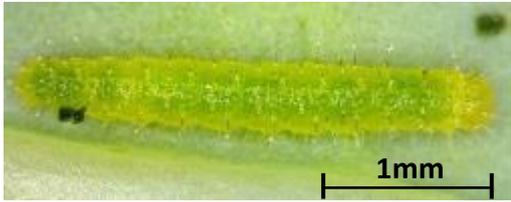
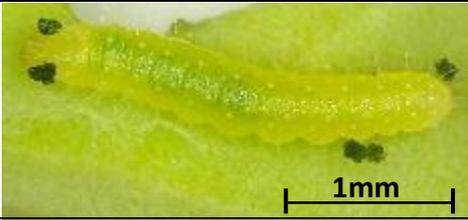
1. 從三件前人研究發現第一、二件科展作品著重在紋白蝶結蛹時不同環境和光線造成不同的蛹色。
2. 第二件科展作品則是將實驗擴展到幼蟲和成蟲，研究體色是否也會受到不同環境影響改。變體色，但都並未說明實驗的對象是哪一種紋白蝶。
3. 第三件高中生的實驗，利用紫外線照射發現臺灣紋白蝶比日本紋白蝶數量少的原因，但是她們是抓成蝶來實驗，雌蝶產卵的數量，是否有差異？活動周期是否有差異？幼蟲間彼此是否有競爭關係？作者的實驗地點是在臺中，那麼在臺灣是否會因地點不同而有所差異？這些都是待解開的疑問。

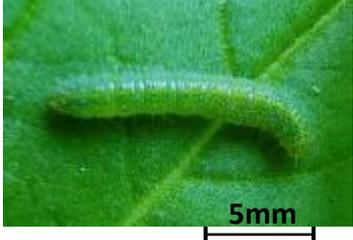
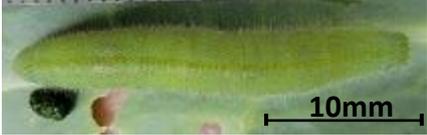
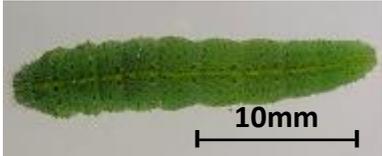
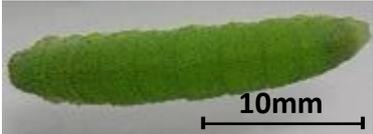
(二) 上網和查閱書籍尋找紋白蝶的相關資料，比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的特徵如下：

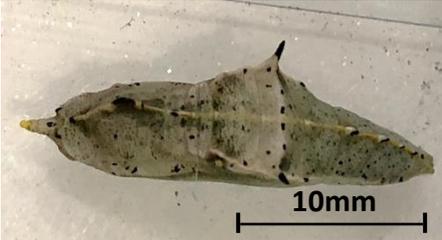
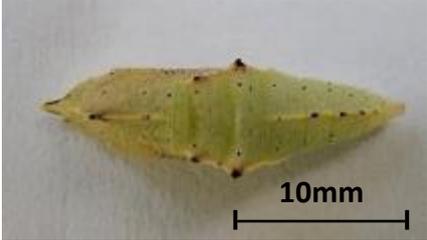
名稱	臺灣紋白蝶	日本紋白蝶
學名	<i>Pieris canidia</i>	<i>Pieris rapae crucivora</i>
俗名	緣點白粉蝶、東方菜粉蝶、白粉蝶、 <u>台灣異紋白粉蝶</u>	白粉蝶、菜粉蝶、菜白蝶、紋白蝶、紋白粉蝶、普通紋白蝶
食草	取食十字花科植物的葉片。	取食十字花科植物的葉片。
卵	橙黃色梭狀。	橙黃色梭狀，卵高約 1.2mm。

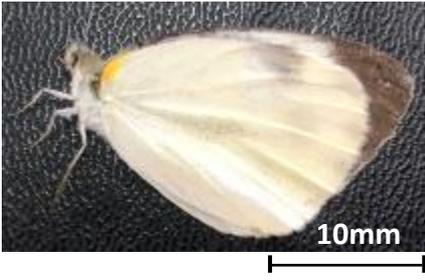
幼蟲	<ol style="list-style-type: none"> 1. 幼蟲初孵化時黃色。 2. 隨時間變化成長為綠色。 3. <u>體色稍深，在幼蟲背面有一條黃色的線</u>，兩邊側面則是有黃色的虛線。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 幼蟲初孵化色黃。 2. 隨時間變化成長為綠色，全身滿明顯的白色短細毛。 3. <u>在幼蟲背面有一條模糊的黃色線</u>，兩邊側面則是有黃色的虛線。
蛹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蛹為縊蛹，隨著附著位置不同而有綠色及褐色兩種。 2. 蛹體兩側的尖角稜突先端刺狀，<u>前方無明顯的耳狀稜</u>。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蛹為縊蛹，有綠色及褐色兩種，主要是隨著附著位置而有不同。 2. 蛹體長約 23mm，頭部前方具長棘突，胸部側具一片鈍角形稜狀縱突，體側另具一個尖角稜狀棘突，尖角稜突前方延伸一耳狀稜突。
成蟲	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成蟲展翅寬約 45~56 mm。 2. 雄蟲翅膀背面為白色。前翅背面頂端呈黑褐色，腹面有<u>兩個明顯黑色斑點</u>，有些個體的斑點不明顯，有些甚至消失。 3. 雌蟲：前翅背面有兩個明顯的黑色斑點，體型較雄蟲大， 4. 雄雌蟲的後翅腹面基部上緣為鮮黃色。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成蟲<u>比臺灣紋白蝶略大</u>，展翅約 45-56 mm。 2. 翅白色，前翅翅角有三角形黑斑，且<u>後翅有一個黑色斑點</u>，但是<u>後翅緣並無黑色斑紋</u>。 3. 雌蟲體型較雄蟲大。 4. 雄雌蟲的後翅腹面基部上緣為鮮黃色。
蹤跡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在春季看到的成蟲數量最多。 2. 在整個台灣之分布範圍極廣，從平地至高海拔山區均可看見。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>除了寒冷的 1-2 月較少外，其他時間皆可看見其蹤跡</u>，而在春季看到成蟲的數量最多。 2. 在整個台灣，分布範圍極廣，從平地至高海拔山區均可看見，以平地所見數量居多。
資料來源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國立自然科學博物館：教育百科。 2. 蝴蝶 P.55~P.56。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國立自然科學博物館：教育百科。 2. 蝴蝶 P.52~P.53。

(三) 實際觀察臺灣紋白蝶和日本紋白蝶，比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活史：

名稱	臺灣紋白蝶	日本紋白蝶
卵		
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 卵高約 1mm。 2. 卵比較黃，有 10 條突稜。 3. 約 5~7 天孵化。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 卵高約 1mm。 2. 卵比較白，有 8 條突稜。 3. 約 3~5 天孵化。
一齡幼蟲		
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 3mm。 2. 體色為黃綠色。 3. 身上有黑色斑點，並長有黑、白相夾雜的毛。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 3mm。 2. 體色偏黃。 3. 身上沒有黑色斑點，長有白色的毛。
二齡幼蟲		
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 6mm。 2. 體色變比較深綠，但是背部還沒有一條明顯的黃線。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 6mm。 2. 體色開始變成黃綠色。

三齡 幼蟲		
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 11mm。 2. 背部已經能看到一條明顯的黃線，身上的黑點也變得更明顯。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 13mm。 2. 體色變得比較翠綠。
四齡 幼蟲		
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 16mm。 2. 體色和三齡差不多。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 17mm。 2. 體色也是和三齡一樣。
五齡 幼蟲		
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 25mm。 2. 體色偏藍綠色。 3. 身上的黑色斑點和背部的黃色條紋更為明顯。 4. 幼蟲期約 21 天。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體長約 28mm。 2. 體色偏草綠色。 3. 體型比臺灣紋白蝶大。 4. 背部有一條很淡的黃色條紋。 5. 幼蟲期約 21 天
蛹 前 期		
說	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進入期蛹前期會，會先爬到想要結蛹的 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蛹前期和臺灣紋白蝶的行為一樣。

明	<p>地點。</p> <p>2. 先將尾部黏住，再吐一條絲綁住身體後，身體會慢慢縮短。</p> <p>3. 蛹前期可達三天。</p>	
蛹		
說明	<p>1. 帶蛹，長約 19mm。</p> <p>2. 體色呈深綠色。</p> <p>3. 體側土色斑比較大塊且連貫，背部中間兩側尖刺比較長。</p> <p>4. 蛹期約 7 天。</p>	<p>1. 帶蛹，長約 21mm。</p> <p>2. 體色呈黃綠色。</p> <p>3. 體側土黃色斑比較淺而且小，背部中間兩側尖刺比較短。</p> <p>4. 蛹期約 7 天。</p>
雌成蟲		
說明	<p>1. 斑紋呈現黑色。</p> <p>2. 上翅邊緣有連貫的斑紋，下翅邊緣有整排斑點。</p> <p>3. 成蟲生命約 7~10 天。</p>	<p>1. 斑點顏色比較淺接近棕色。</p> <p>2. 靠近胸部翅膀呈淺棕色</p> <p>3. 上翅邊有三角形斑紋，下翅全白。</p> <p>4. 成蟲生命約 7~10 天。</p>

雌 成 蟲 合 翅		
說 明	1. 合翅時的顏色偏黃，會讓人誤以為是黃粉蝶。	1. 合翅時的顏色比較淺。
雄 成 蟲		
說 明	1. 黑斑反而不明顯。 2. 但上、下翅緣還是有較小的整排黑點。 3. 成蟲生命約7~10天。	1. 斑點顏色反而比較黑。 2. 上、下翅緣也沒有黑色斑點。 3. 成蟲生命約7~10天。
雄 成 蟲 合 翅		
說 明	1. 合翅時顏色比較偏白。	1. 合翅時顏色看起來比較偏黃，和臺灣紋白蝶雌雄相反。

二、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活習性是否有差異性。

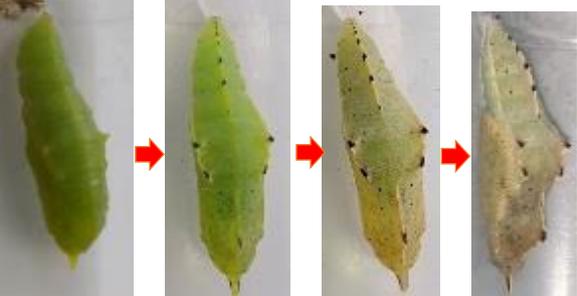
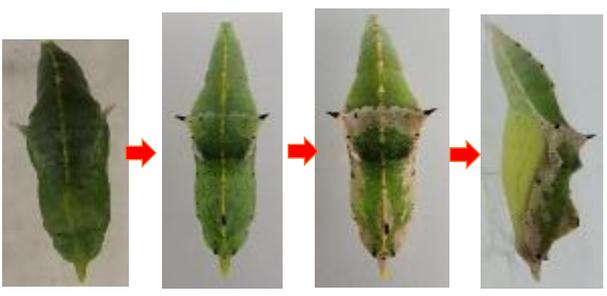
(一) 調查兩種紋蝶產卵位置：

葉面																																																					
	青江菜	大頭菜	櫻桃蘿蔔	高麗菜	油菜																																																
葉背																																																					
	大頭菜		櫻桃蘿蔔	青江菜	高麗菜																																																
同一片高麗菜葉上有兩種卵。			正在高麗菜葉上產卵的母蝶。	在一棵小白菜上同時有 4 隻日本紋白蝶和 1 隻臺灣紋白蝶。																																																	
<h3>臺灣紋白蝶產卵位置統計圖</h3> <table border="1"> <thead> <tr> <th>蔬菜種類</th> <th>葉面 (綠)</th> <th>葉背 (藍)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>櫻桃蘿蔔</td> <td>17</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>青江菜</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>大頭菜</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>油菜</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>小白菜</td> <td>17</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>高麗菜</td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>46</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>			蔬菜種類	葉面 (綠)	葉背 (藍)	櫻桃蘿蔔	17	0	青江菜	3	0	大頭菜	4	0	油菜	0	0	小白菜	17	0	高麗菜	5	3	合計	46	3	<h3>日本紋白蝶產卵位置統計圖</h3> <table border="1"> <thead> <tr> <th>蔬菜種類</th> <th>葉面 (藍)</th> <th>葉背 (橙)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>櫻桃蘿蔔</td> <td>115</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>青江菜</td> <td>22</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>大頭菜</td> <td>24</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>油菜</td> <td>8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>小白菜</td> <td>124</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>高麗菜</td> <td>177</td> <td>99</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>470</td> <td>127</td> </tr> </tbody> </table>			蔬菜種類	葉面 (藍)	葉背 (橙)	櫻桃蘿蔔	115	1	青江菜	22	2	大頭菜	24	25	油菜	8	0	小白菜	124	0	高麗菜	177	99	合計	470	127
蔬菜種類	葉面 (綠)	葉背 (藍)																																																			
櫻桃蘿蔔	17	0																																																			
青江菜	3	0																																																			
大頭菜	4	0																																																			
油菜	0	0																																																			
小白菜	17	0																																																			
高麗菜	5	3																																																			
合計	46	3																																																			
蔬菜種類	葉面 (藍)	葉背 (橙)																																																			
櫻桃蘿蔔	115	1																																																			
青江菜	22	2																																																			
大頭菜	24	25																																																			
油菜	8	0																																																			
小白菜	124	0																																																			
高麗菜	177	99																																																			
合計	470	127																																																			
<p>1. 統計結果發現兩種紋白蝶在葉面上產卵的數量都遠多於葉背。</p> <p>2. 高麗菜和大頭菜，葉面產卵的數量較少。經由實際觀察母蝶產卵，發現母蝶產卵時不會特</p>																																																					

別挑選葉背或葉面，只要母蝶能順利站上去，彎曲尾部黏到葉片的哪個位置，就將卵產在那裡。因高麗菜和大頭菜的葉子比較挺，葉背易黏著卵；小白菜和油菜葉片容易下垂外捲，故母蝶沒在葉背產卵。

3. 發現兩種紋白蝶的卵會同時產在同一片葉子上，例如小白菜和櫻桃蘿蔔皆有發現。

(二) 比較兩種紋白蝶的孵化、脫皮、結蛹等習性是否具差異性。

	
<p>1. 兩種紋白蝶的幼蟲一從卵中孵出來，就會把卵殼吃掉。</p>	<p>2. 兩種紋白蝶幼蟲脫皮時，頭殼和身體的皮會分開。</p>
	
<p>3. 兩種紋白蝶的幼蟲脫皮時，頭殼會先脫落，然後身上舊皮再往尾端褪去。</p>	<p>4. <u>日本</u>紋白蝶的幼蟲結蛹時，通常會找比較隱密的地點，發現結蛹最多的地方是葉子的背面，共找到 54 個蛹。</p>
	
<p>5. <u>臺灣</u>紋白蝶會結蛹在不鏽鋼欄杆下。</p>	<p>6. 結蛹在門邊磁磚牆上<u>日本</u>紋白蝶的蛹。</p>
	

7. (1) 日本紋白蝶脫完最後一次皮後結蛹，全身顏色呈翠綠色。
- (2) 接著背部中稜和側稜呈現棕色斑點，
- (3) 之後背部會根據環境或光線呈現黃綠色後 就不會再變色。
- (4) 快羽化時可清楚看見翅膀。

8. (1) 臺灣紋白蝶脫完最後一次皮後結蛹，全身顏色呈深綠色。
- (2) 接著背部中稜和側稜呈現黑色斑點。
- (3) 之後背部會根據環境或光線呈現較大範圍的淺棕色後就不會再變色。
- (4) 快羽化時可清楚看見翅膀。



9. 日本紋白蝶的蛹，基本上會配合環境結出不同顏色的蛹，但是也有例外，上圖圈出來的蛹是結在油菜花梗上，但卻結出土灰色的蛹。



10. 左圖是臺灣紋白蝶的蛹，也會配合環境結出不同顏色的蛹。

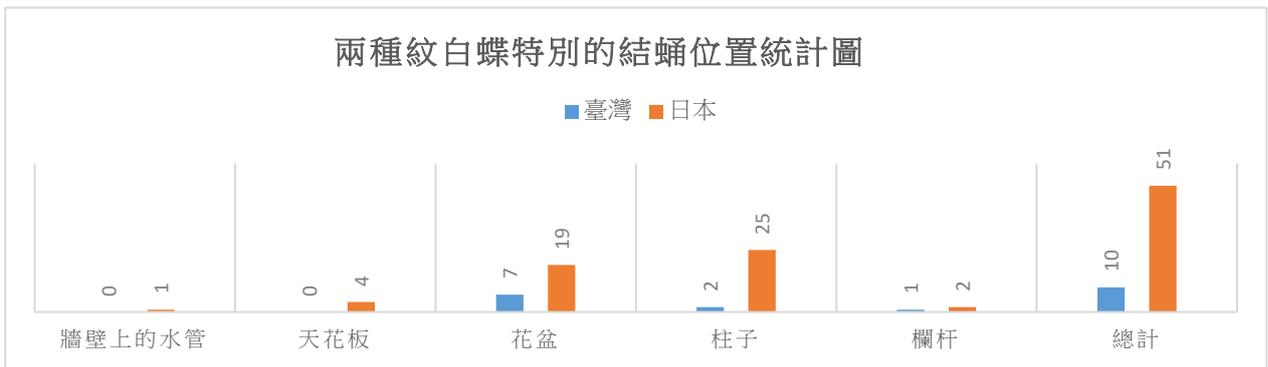
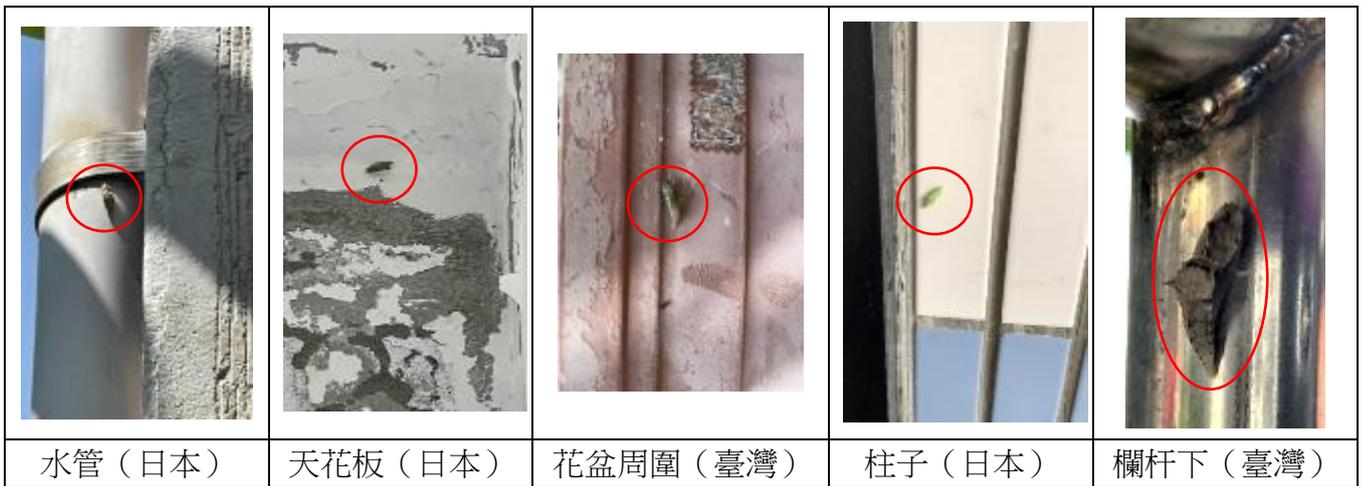


11. 這是在同一片高麗菜葉背上日本紋白蝶的兩個蛹，但顏色卻不同。



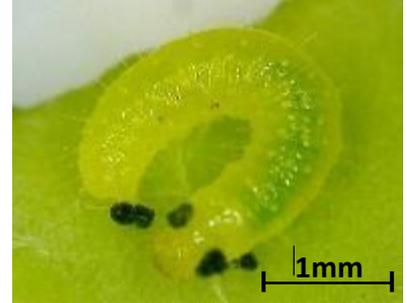
12. 這是在同一飼養箱中臺灣紋白蝶的兩個蛹，左邊稍淺，右邊較深綠色。

(三) 比較兩種紋白蝶的結蛹位置是否具差異性。



1. 兩種紋白蝶幼蟲除了會在水管、天花板、花盆周圍、柱子及鐵欄杆下等奇怪的地方結蛹，其中又以花園旁的柱子數量最多。
2. 有些紋白蝶幼蟲會爬到離食草很遠的地方結蛹，尤其是日本紋白蝶竟然會爬到很遠的門柱和天花板結蛹，經過測量從食草到結蛹位置最遠達到 550cm。
3. 台灣紋白蝶目前為止並未發現在食草葉背結蛹。

(三) 紋白蝶幼蟲遇到危險時的防衛策略

		
1. 保護色：和食草顏色相近。	2. 從尾部排絲黏住天敵，讓自己逃脫。	3. 把大便黏在身上，讓天敵以為是大便。

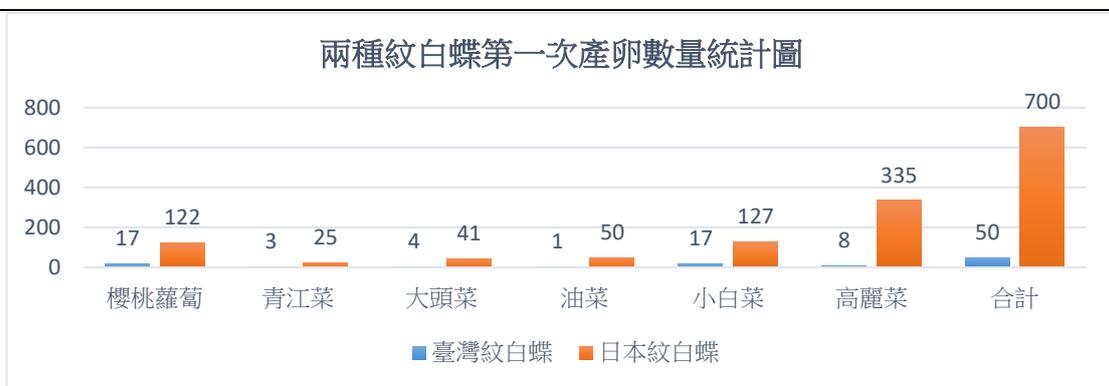


4. 偽裝：偽裝成油菜的果食。

5. 捲起來裝死，也會從尾部排出綠色的汁液，讓天敵以為牠生病或死了。

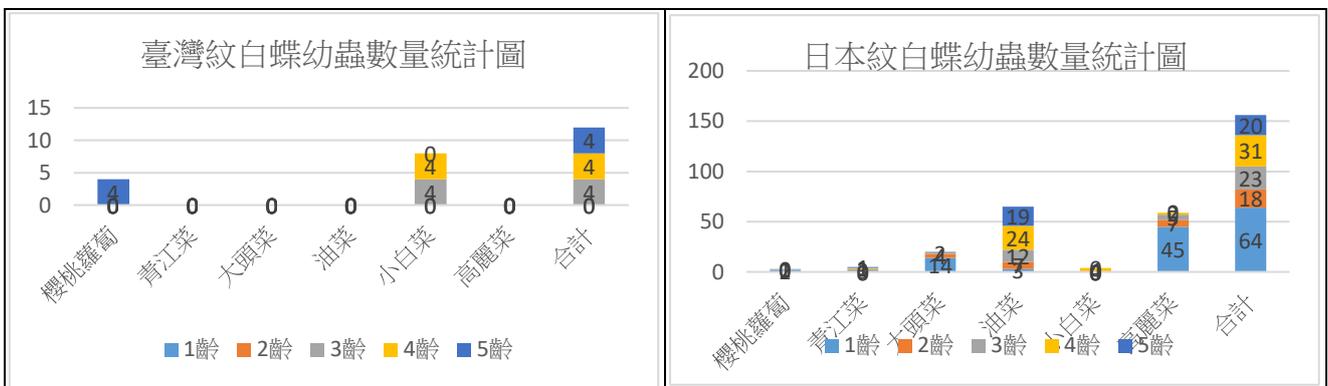
三、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的食性是否有差異性。

(一) 調查兩種紋蝶產卵在六種蔬菜的數量



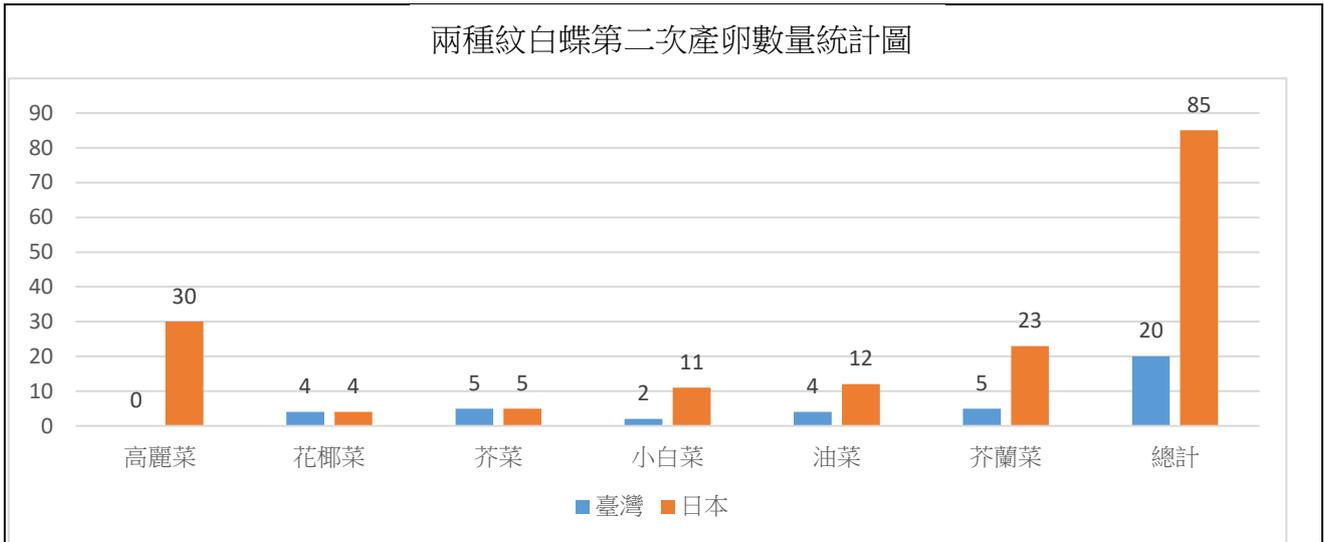
1. 臺灣紋白蝶產卵數依序是：小白菜 > 高麗菜 > 櫻桃蘿蔔 > 青江菜 > 大頭菜 > 油菜。而最早有臺灣紋白蝶的是櫻桃蘿蔔。
2. 日本紋白蝶產卵數依序是：高麗菜 > 小白菜 > 櫻桃蘿蔔 > 油菜 > 大頭菜 > 青江菜。
3. 臺灣紋白蝶產卵的數量明顯比日本紋白蝶的數量少很多，相差約 14 倍。

(二) 調查兩種紋白蝶幼蟲在不同菜上的數量



1. 臺灣紋白蝶幼蟲總數量 12 隻，集中分佈在櫻桃蘿蔔和小白菜上。
2. 日本紋白蝶幼蟲每一種菜都有分佈，以油菜數量最多，高麗菜第二，總數量高達 156 隻。

(三) 重新種植六種蔬菜並調查兩種紋蝶的產卵數量

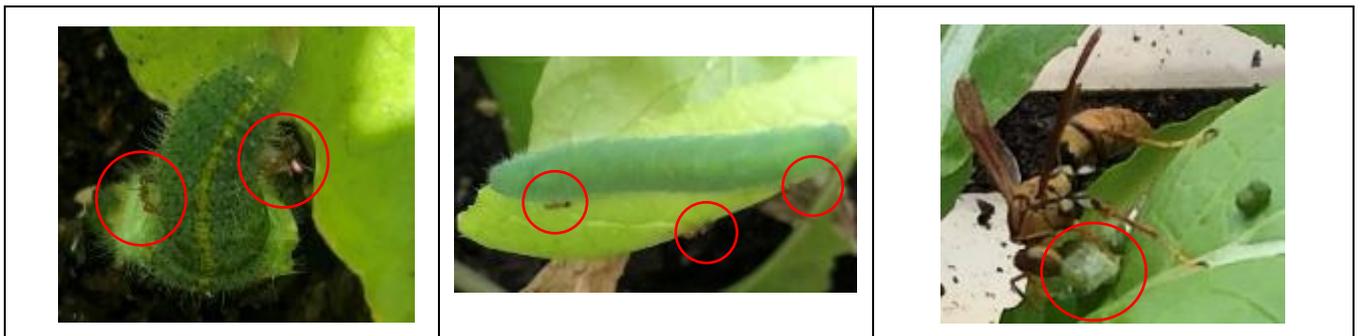


1. 臺灣紋白蝶最喜食芥菜和芥蘭菜，總數量只有 20 顆，約日本紋白蝶數量的 1/4。但在高麗菜上卻未發現。
2. 日本紋白蝶在每一種葉菜上都有發現卵，但是高麗菜高達 30 顆，第二是芥蘭菜。
3. 為強化證明紋白蝶對食草各有喜好，到認識的長輩高麗菜田採集紋白蝶幼蟲，共採集到 42 隻，都是日本紋白蝶。
4. 兩種紋白蝶的卵都比第一次種植的數量少，尤其是日本紋白蝶，從 700 顆降到 85 顆。臺灣紋白蝶則是 50 顆降到 20 顆。
5. 從四月中後發現蔬菜上有其他種類的十字花科害蟲，如銀葉粉蝨、大菜螟、蚜蟲、小菜蛾等會搶食兩種紋白蝶的食草。尤其是大菜螟，發現葉片上有大菜螟，就不會有任一種紋白蝶的卵或幼蟲，對紋白蝶產生更大的競爭壓力。

四、找出防制臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的方法。

(一) 葉片噴灑實驗結果：以上四種噴灑方法都對兩種紋白蝶幼蟲沒有影響，而噴灑後的葉片，也無法阻止母蝶來產卵。

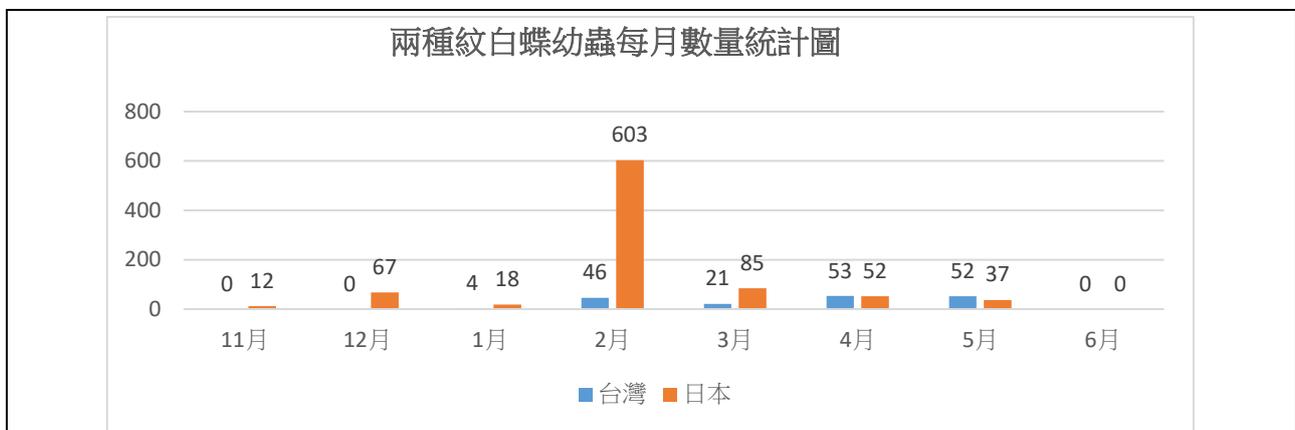
(二) 利用天敵生物防制實驗結果：



小黃家蟻會圍攻紋白蝶幼蟲（ <u>臺灣</u> ），咬食幼蟲。	小黃家蟻會圍攻紋白蝶幼蟲（ <u>日本</u> ），咬食幼蟲。	黃長腳蜂把幼蟲（ <u>日本</u> ）做成肉球。
<p>1. 小黃家蟻生物防制實驗結果：</p> <p>(1) 把兩種幼蟲放到菜上，不久就被小黃家蟻發現，牠們群起圍攻幼蟲，把幼蟲拖到地上，然後從尾部一口一口咬下，最後整隻幼蟲被肢解，帶回巢中，全部 10 隻幼蟲約花費 4 個小時。</p> <p>(2) 放置滅蟻誘餌後，小黃家蟻的數量慢慢減少，約一星期後再重新放上幼蟲，幼蟲就不再受到小黃家蟻的攻擊，證實小黃家蟻可以效抑制紋白蝶幼蟲的數量。</p> <p>2. 黃長腳蜂生物防制實驗結果：</p> <p>(1) 發現黃長腳蜂都是單獨捕食，一次只捕食一隻幼蟲，但是牠會把幼蟲從葉裡面拖出來，再把幼蟲用嘴和前腳做成肉丸打包帶走，前後時間約 2 分 32 秒。所以很快的 10 隻幼蟲都被抓走了！效果比小黃家蟻好！</p>		

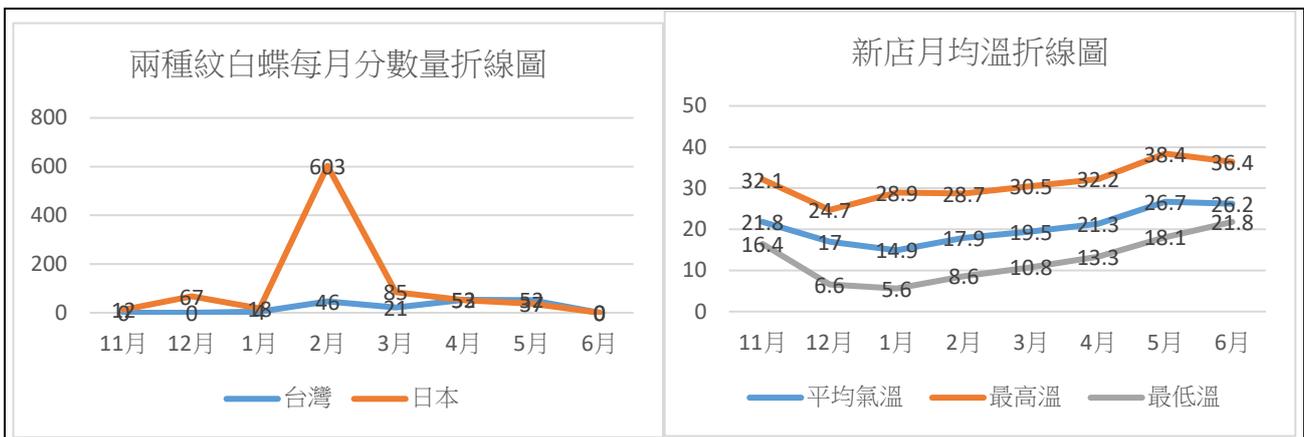
五、探討臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的活動期，了解其數量消長是否有關聯性。

(一) 比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的不同月分數量結果：



1. 日本紋白蝶幼蟲在 11 月開始出現，2 月分數量達到最高峰，到三月數量大量減少，之後每個月數量持續減少，至 5 月中後全完消失。
2. 臺灣紋白蝶在 1 月底開始出現，4、5 月數量超過日本紋白蝶，但到了 5 月中就後沒有再發現任何紋白蝶的卵。

(二) 兩種紋白蝶數量消長是否與氣溫有關聯性比較結果：



將兩種紋白蝶的各個月分出現的數量比對新店的每月的平均氣溫、最高溫和最低溫的折線圖做比對，發現兩者間並沒有明顯的關連性，所以氣溫似乎不是決定兩種紋白蝶數量多寡的因素。

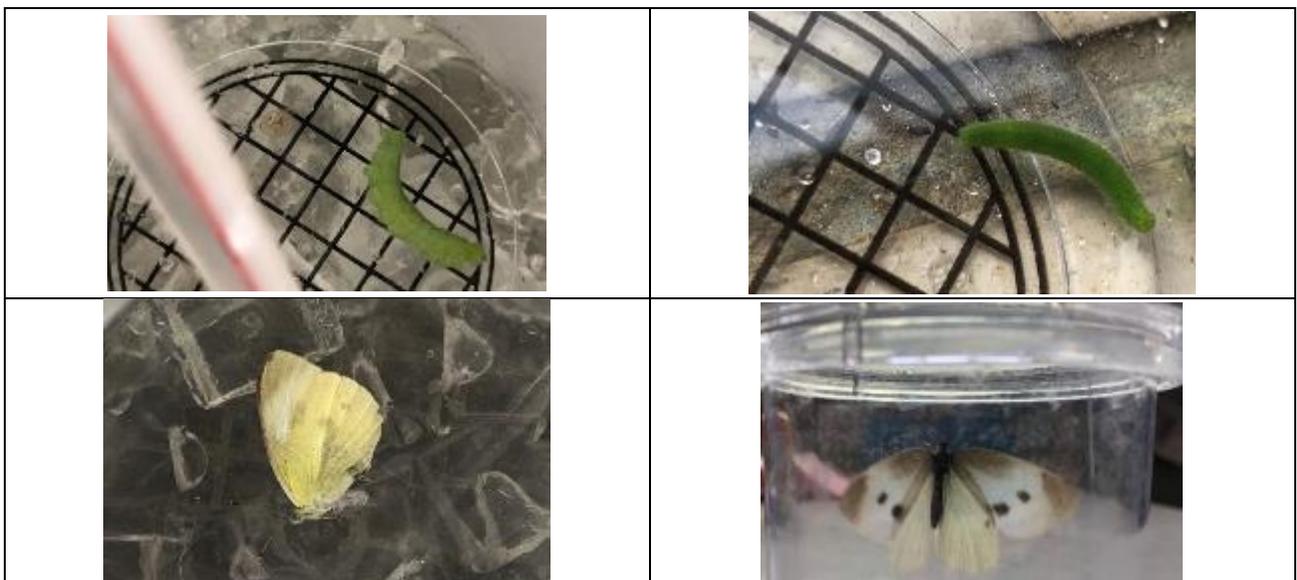
七、溫度是否是影響臺灣紋白蝶和日本紋白蝶數量的因素。

(一) 4°C 耐低溫實驗結果：



兩種紋白蝶幼蟲（左）和成蟲（右）在4°C的低溫雖然都沒有活動力，但是並沒有凍死，都能在4°C的低溫下生存。

(二) -10°C 耐低溫實驗結果：



兩種紋白蝶在-10°C 低溫下會被凍成僵硬的狀態，但是把牠們放置到室溫下，幼蟲和成蟲都能從假死狀態醒過來。

(三) -13°C 冰箱冷凍庫耐低溫實驗結果：



1. 和前一個實驗一樣，幼蟲（左）和成蟲（右）都能從假死狀態醒過來。
2. 將成蟲放在冷凍庫裡長達 8 個小時，成蟲依然能醒過來。

(四) 40°C 耐高溫實驗結果：



發現兩種紋白蝶都很怕熱，幼蟲（左）一開始會不斷扭動身體，接著開始往上爬到杯壁上，想要遠離高溫。而成蟲（右）是直接往上爬到杯壁，遠離熱源。

(五) 最適溫度實驗結果：



1. 幼蟲一放到 41°C 的菜上，就開始到處爬，想要找到比較低溫的地方（左），又印證了幼蟲比較怕熱的環境。
2. 將幼蟲放到 14°C 的菜上，幼蟲一樣會到處爬，牠們都會往中間溫度比較適中的地方爬，

接著就會開始吃起菜葉（右），表示幼蟲喜歡所在的溫度。

3. 經實驗發現日本紋白蝶的最適溫度是 15°C ~ 20°C；臺灣紋白蝶的最適溫度是 25°C ~ 30°C。

(六) 將兩種紋白蝶的最適溫度與各種十字花科蔬菜播種、採收、發芽最適溫度做交叉比對。

名稱	8°C	9°C	10°C	11°C	12°C	13°C	14°C	15°C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C	21°C	22°C	23°C	24°C	25°C	26°C	27°C	28°C	29°C	30°C	
小白菜																								
青江菜																								
芥藍菜																								
大頭菜																								
芥菜																								
花椰菜																								
高麗菜																								
櫻桃蘿蔔																								
油菜																								
臺灣紋白蝶																								
日本紋白蝶																								

1. 與十字花科蔬菜發芽最適溫度做交叉比對後，發現日本紋白蝶的最適溫度與大頭菜、芥菜、高麗菜、櫻桃蘿蔔和油菜的最適溫度重疊，再對照實際調查結果顯示日本紋白蝶的活動期，與這幾種比較喜愛涼冷蔬菜的播種長生期一致。
2. 臺灣紋白蝶的最適溫度是 25°C ~ 30°C，則是與青江菜、芥藍完全重疊，而這也或許是臺灣紋白蝶不會出現在高麗菜和大頭菜上的原因。

(六) 臨界溫度實驗結果：



1. 發現兩種幼蟲在約 4°C ~ 5°C 左右身體呈現僵直狀態，用水彩筆撥動幼蟲，幼蟲全完沒有抓力，類似死亡狀態。
2. 兩種幼蟲約 35°C ~ 36°C 會出現躁動一直扭動身體、頭部會往上抬的情形產生，然後會往溫度較低的地方爬。
3. 兩種成蟲在約 4°C ~ 5°C 左右身體呈現僵直的假死狀態。
4. 約 38°C ~ 39°C 會出現躁動一直拍動翅膀，腳會到處移動。

陸、討論

一、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活習性是否有差異性。

(一) 研究發現兩種紋白蝶對於葉子的正反面並沒有特殊喜好，也不會刻意將卵藏起來，而是母蝶能方便站立就能停下來會產卵，彼此間也沒有互相排擠的現象或是刻意避開彼此的現象。其後追蹤孵化後的幼蟲是否互相排擠的現象，結果發現兩種幼蟲會在同一片菜葉上各吃各的食草，日本紋白蝶數量上雖然遠多於臺灣紋白蝶，但兩者的競爭關係似乎不明顯。

(二) 在觀察臺灣紋白蝶的時候遇到了一些瓶頸，一開始是一直等不到臺灣紋白蝶來產卵，只能觀察日本紋白蝶，所以對日本紋白蝶的觀察和實驗較多。好不容易等到臺灣紋白蝶來產卵，也順利成長，但是當臺灣紋白蝶結蛹時，怎麼也找不到蛹，一度懷疑是否被吃了！但是卻在某一天早上發現剛羽化的臺灣紋白蝶，後來再仔細查追查，終於發現臺灣紋白蝶躲在不鏽鋼欄杆下結蛹，真是奇怪！另外，我們在門邊的磁磚牆上發現一個日本紋白蝶的蛹，但是令人匪夷所思的是距離最近的高麗菜，需要爬下花圃越過走廊再爬上牆壁，這麼長的距離是如何辦到的？又為什麼非要到那裡結蛹呢？

(三) 兩種紋白蝶除了會在奇怪的地方結蛹，而且會爬到很遠的地方結蛹，尤其是日本紋白蝶竟然會爬到很遠的門柱和天花板結蛹，我們實際測量從食草到結蛹位置，最遠達到550cm。這種種奇怪的行為，經查閱文獻後，發現這可能是生物的多形現象

(polymorphism) 的表現，紋白蝶把蛹結在天敵意想不到的地方，不但能提高被天敵找到的難度，也能有效分散風險。

(四) 雖然兩種紋白蝶的幼蟲都有保護色，但是臺灣紋白蝶的體色比較深，比較偏愛深色食草，這也就是為什麼櫻桃蘿蔔上比較多臺灣紋白蝶的原因。而日本紋白蝶的體色比較接近高麗菜和大頭菜，所以這兩種菜上比較多日本紋白蝶。小白菜顏色偏黃，比較容易被發現，小白菜是兩種紋白蝶最後的選擇。

(五) 我們發現兩種紋白蝶幼蟲會從尾部排絲把大便黏在身上，像鳳蝶幼蟲在一、二齡時會長得像鳥屎，而紋白蝶幼蟲則是把大便黏在身上，類似偽裝蟹的防衛方式。另外一開始找紋白蝶幼蟲的時候，我們在油菜葉上怎麼找都找不到，直到有一隻紋白蝶幼蟲咬

食油菜果實，才發現那是一隻日本紋白蝶，再仔細尋找，我們才赫然發現許多日本紋白蝶幼蟲，身體竟然會偽裝成油菜果實，再啃食油菜果實，我們不得不讚嘆牠們的偽裝技術，實在太高明了！

二、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的食性是否有差異性。

- (一) 從去年開始種菜以來，1月26日首次在櫻桃蘿蔔上發現臺灣紋白蝶的卵，而且只有4顆。而日本紋白蝶在去年12月中產下最後一批卵後，就沒有母蝶來產卵了。直到1月23日又在油菜上發現日本紋白蝶的卵，發現日本紋白蝶只有約1個月的空窗期。但是對於臺灣紋白蝶的活動期仍無從得知，需要進行長期的調查追蹤，有待後續研究。
- (二) 從統計上看到兩種紋白蝶數量差距很大，調查發現日本紋白蝶先來產卵，幼蟲將高麗菜吃光，而油菜也開始枯萎，可能導致後來的臺灣紋白蝶無食草可吃，只能選擇其他食草。為了驗證，我們重新植六種蔬菜，再調查兩種紋白蝶產卵情形。
- (三) 我們重新種植六種蔬菜後，調查結果：在高麗菜上沒有發現臺灣紋白蝶的卵，在芥菜上發現最多卵，但是總數量只有21顆，約日本紋白蝶數量的1/4。而日本紋白蝶在每一種葉菜上都有發現卵，但是高麗菜高達30顆。為了強化證明紋白蝶對食草各有喜好，我們也到熟識長輩的高麗菜田採集紋白蝶幼蟲，共採集到42隻，都是日本紋白蝶。再與日人海野和男所寫的文章指出日本在遠古時代沒有紋白蝶，或許日本現有的紋白蝶和高麗菜引進日本有關。所以很有可能高麗菜是日本紋白蝶的主要食草。
- (四) 從四月中後發現各種蔬菜上出現大量蚜蟲，並陸續出現大量的銀葉粉蝨、大菜螟和小菜蛾等，其對十字花科蔬菜的危害不亞於紋白蝶，調查發現葉菜上如果有大菜螟，就不容易發現任一種紋白蝶的幼蟲。大菜螟對紋白蝶產生更大的競爭壓力。

三、找出防制臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的方法。

- (一) 使用四種葉片噴灑實驗，無論是噴灑葉面或是直接噴灑於幼蟲都對紋白蝶沒有任何殺傷力。經上網查詢農業知識入口網站，一般種菜都是使用農藥，如果不使用農藥，最好的方法就是使用紗網，就可以杜絕紋白蝶來產卵。
- (二) 四月，天氣越來越熱，小黃家蟻數量大爆發。我們實驗發現把兩種幼蟲放到菜上，不

久就被小黃家蟻發現，牠們群起圍攻幼蟲，把幼蟲拖到土上，然後從尾部一口一口咬下，最後整隻幼蟲被肢解。放置滅蟻誘餌後，小黃家蟻的數量慢慢減少，約一星期後再重新放上幼蟲，幼蟲就不再受到小黃家蟻的攻擊，證實小黃家蟻是防制紋白蝶幼蟲的好方法。

- (三) 在排除小黃家蟻後，接著驗證黃長腳蜂的捕食能力，發現黃長腳蜂都是單獨捕食，雖然一次只捕食一隻幼蟲，但是牠會把幼蟲從葉裡面拖出來，再把幼蟲用嘴和前腳做成肉丸打包帶走，前後時間約 2 分 32 秒。所以很快的 10 隻幼蟲都被抓走了！效果比小黃家蟻還好！生物防制方法若考慮小黃家蟻也會叮咬人類，相較之下黃長腳蜂反而不會主動攻擊人類，在第 59 屆科展二重國中所做的「獨居蜂」的研究，可以佐證利用黃長腳蜂抑制紋白蝶幼蟲數量是可行的生物防制方法。

四、探討臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的活動期，了解其數量消長是否有關聯性。

- (一) 我們在 10 月初開始種植蔬菜，日本紋白蝶在 11 月中開始來產卵，研判紋白蝶會等蔬菜夠大了，才會來產卵，也才能確保下一代有足夠的食草，那麼紋白蝶到底怎麼判斷食草充足了可以產卵了，這又是值得探討的項目。
- (二) 今年年初連續來了好幾次的寒流，剛好在這一段時間紋白蝶也消聲匿跡。但是當天氣轉好後，1 月底日本紋白蝶又出現了，連臺灣紋白蝶也出現了！所以兩種紋白蝶的活動期是否跟溫度有關？為了要了解紋白蝶和溫度的關聯性，於是設計兩種紋白蝶對不同溫度適應的相關實驗。因為這段時間完全找不到卵與幼蟲，經上網查詢，發現紋白蝶是以蛹的形式過冬，但牠們是躲在哪裡越冬呢？這又是一個值得探討的項目。
- (三) 到了 3 月，日本紋白蝶的數量開始大量下降；到了 4 月臺灣紋白蝶的數量已經開始超越日本紋白蝶了，但兩者數量差距不大；到了 5 月兩種紋白蝶的數量明顯下降，過了 5 月中後，就沒有任何紋白蝶的蟲卵了。上述情形與李錫山（1986）的研究顯示 6-8 月沒有日本紋白蝶一致。但戶外仍可以看到少量的成蟲在飛翔，為何牠們不再產卵了呢？還有其餘成蝶都到哪裡去了呢？根據穆莖（1987）等人的研究顯示昆蟲會季節適應，配合季節做移動，成蟲可能往較高海拔移動。
- (四) 將兩種紋白蝶的數量和新店各月的最高溫、最低溫及月均溫做比對，發現並沒有明顯

的關連性，所以影響紋白蝶數量一定有其他因素，我們仍需要繼續研究追查。

五、溫度是否是影響臺灣紋白蝶和日本紋白蝶數量的因素。

- (一) 4°C 的低溫似乎對兩種紋白蝶對於沒有影響，所以我們就試著再降低溫度，如果溫度在 0°C 以下，那麼紋白蝶是否會凍死？
- (二) 在-10°C 低溫實驗結果發現原本我們預期牠們會凍死的，但竟然都只是假死狀態，而且牠們能在幾秒內就醒來，而對照組的水都結成冰了！表示牠們體內並沒有結冰，兩種紋白蝶都有相同的狀況。以此推測紋白蝶的體內有不會讓水結冰的物質，目前知道生活在北極地區的北極燈蛾體內有這種物質，如果是真的，這將是一大發現，因為紋白蝶數量多又好養，我們將可提煉大量抗結冰物質。
- (三) 為了再次驗證，又設計了冰箱冷凍庫實驗，以確定紋白蝶是否真的不會凍死。實驗發現紋白蝶幼蟲在-13°C 冰箱冷凍庫低溫實驗中仍能甦醒，或許兩種紋白蝶體內有抗凍蛋白（Antifreeze proteins，AFPs），但以我們的能力還無法將它們提煉出來，再進行實驗證明，期望能將這個訊息傳遞出去，讓專業人士做進一步研究。
- (四) 我們也想知道紋白蝶是否也很耐熱，參考夏天氣溫最高約 40°C，所以我們就設計了下一個 40°C 高溫實驗。實驗結果發現兩種紋白蝶幼蟲都很怕熱，一開始會不斷扭動身體，接著開始往上爬，想要遠離高溫，而成蟲也會爬到杯壁上以遠離高溫。
- (五) 那麼紋白蝶幼蟲到底最喜歡什麼溫度呢？依據 Karlsson and Wiklund（2005）的研究發現蝴蝶棲息於相似的溫度環境中，就算是不同蝶種，其生存策略和對溫度的適存度則會較相似。經最適溫度實驗，結果發現日本紋白蝶的最適溫度是 15°C~20°C；臺灣紋白蝶的最適溫度是 25°C~30°C。對照洪榆宸與陳素瓊（2017）所做的溫度對青帶鳳蝶生長發育的研究顯示，每種蝶類生長發育都有最適合的溫度範圍。再與十字花科蔬菜發芽最適溫度和日本紋白蝶活動期交叉比對後，發現日本紋白蝶的最適溫度與大頭菜、芥菜、高麗菜和油菜的播種長生期一致。而臺灣紋白蝶的最適溫度是 25°C~30°C，則是與青江菜、芥藍菜有重疊性，而這也能解釋臺灣紋白蝶不會出現在高麗菜上，還有臺灣紋白蝶在比較溫暖的春天大量出現的緣故。
- (六) 臨界溫度實驗結果發現兩種幼蟲在約 4°C~5°C 左右身體呈現僵直狀態，用水彩筆撥

動幼蟲，幼蟲全完沒有抓力，類似死亡狀態；兩種幼蟲約 35°C ~ 36°C 會出現躁動一直扭動身體、頭部會往上抬的情形產生，然後會往溫度較低的地方爬。再對照今年五月中以後的氣溫，高溫常超過 35°C，也可印證為何五月中就找不到任何蟲卵和幼蟲。而兩種成蟲在約 4°C ~ 5°C 左右身體呈現僵直的假死狀態；約 38°C ~ 39°C 會出現躁動一直拍動翅膀，腳會到處移動，也可以解答為何五月中仍然有成蟲活動。

柒、結論

- 一、兩種紋白蝶在葉面上產卵的數量都遠多於葉背。因母蝶產卵時不會特別挑選葉背或葉面，而是能順利站立，牠就能產卵。高麗菜和大頭菜的葉子比較挺，所以葉背有很多卵；小白菜和油菜葉子容易下垂外捲，葉背都沒有發現卵。兩種紋白蝶的卵會同時產在同一片葉子上。
- 二、兩種紋白蝶的生活習性都大致相同。幼蟲結蛹，通常會找比較隱密的地點。且會因應環境而結出不同顏色的蛹，但也有例外。根據文獻調查，這可能與生物的多形現象（polymorphism）有關，可以分散風險。
- 三、兩種紋白蝶防衛策略都不只一種，都有保護色也會裝死，在一、二齡階段都會從尾部排絲，讓糞便黏在身上以欺騙天敵。而日本紋白蝶更會偽裝成油菜的果實躲過天敵。
- 四、第一次種植並調查兩種紋蝶產卵在六種蔬菜的數量發現臺灣紋白蝶卵和幼蟲的數量明顯比日本紋白蝶的數量少很多，相差 14 倍。第二次重新種植六種蔬菜調查發現發現兩種紋白蝶對食草是各有偏好，但日本紋白蝶數量明顯減少，臺灣紋白蝶數量則穩定增加，但到 5 月中旬，則兩種紋白蝶都消失了，且遇到其他種類的十字花科害蟲搶食食草。
- 五、在葉片噴灑實驗方面，不論哪一種噴灑物質對紋白蝶幼蟲都沒有影響，噴灑後的葉片，也無法阻止母蝶來產卵。但實驗發現可利用利用小黃家蟻和黃長腳蜂等天敵進行生物防制，可以有效抑制紋白蝶幼蟲的數量。
- 六、日本紋白蝶的活動期是在 11 月開始出現，2 月分數量最多。之後，每個月數量減少，至 5 月中後消失。而臺灣紋白蝶在 1 月底開始出現，數量每月呈緩慢增加趨勢，5 月明顯下降，至 5 月中後消失。每月出現數量與每月氣溫沒有明顯關聯性。
- 七、臺灣紋白蝶和日本紋白蝶能在 -13°C 的低溫下呈現假死狀態。但是放置到室溫下，幼蟲和

成蟲都能從假死狀態醒過來。但卻不耐 40°C 高溫。

- 八、日本紋白蝶的最適溫度是 15°C ~ 20°C，與大頭菜、芥菜、高麗菜和油菜的最適溫度一致，與日本紋白蝶在 2 月分大量出現時期一致。而臺灣紋白蝶的最適溫度是 25°C ~ 30°C，只和青江菜、芥藍菜有重疊性，這也可解釋為何十字花科蔬菜上比較不易發現臺灣紋白蝶的原因。
- 九、在進行臨界溫度實驗後發現兩種幼蟲和成蟲對溫度的感知一致，兩種幼蟲和成蟲都是在 4°C ~ 5°C 間會出現假死狀態；但對於高溫，成蟲耐熱度高於幼蟲，約 38°C ~ 39°C。

捌、參考資料及其他

- 一、張永仁（1998）撰文·攝影。*昆蟲圖鑑*(241 頁)。台北市：遠流臺灣館編製。
- 二、張永仁（2007）。*蝴蝶*(52-56 頁)。台北市：遠流臺灣館編製。
- 三、胡進錕（2009）。知識天地：環境變遷與生物多形現象及同域物種形成。*中央研究院週報*，1234。
- 四、海野和男（2013）。*身邊昆蟲的不可思議*（16-17 頁）。台北市：星晨出版社。
- 五、李錫山（1986）。甘藍主要在臺灣南部之發生消長（530-542 頁）。*中華農業研究*。
- 六、基隆市七堵區五堵國民小學：黃晨綱、黃晨耘（2008）。中華民國第 49 屆科學展覽會作品。*穿迷彩裝的「蛹」士--紋白蝶蟲蛹保護色和環境的關係*。
- 七、彰化縣芬園鄉文德國民小學：高大益、許晏禎、謝欣儒（2011）。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品：*國小組生物科。變~變~變—環境顏色對紋白蝶蟲蛹顏色之研究*。
- 八、新北市二重國民中學：林品睿、蕭尊仁（2019）中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品：*國中組生物科。獨居蜂 hostel ?-獨居蜂人工巢室最佳化*。
- 九、洪榆宸與陳素瓊（2017）。溫度對青帶鳳蝶生長發育之影響。*宜蘭大學生物資源期刊* 23 期（23-43 頁）。
- 十、Karlsson, B., and C. Wiklund. 2005. Butterfly life history and temperature adaptations; dry open habitats select for increased fecundity and longevity. *J. Anim. Ecol.* 74: 99-104.
- 十一、國立科學教育館：臺灣紋白蝶—教育百科。取自 <http://pedia.cloud.edu.tw>。
- 十二、國立科學教育館：日本紋白蝶—教育百科。取自 <http://pedia.cloud.edu.tw>。

十三、解日本紋白蝶數量強壓臺灣紋白蝶之謎 • 自由時報電子報 • 取自

<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1088034>。

十四、如何消滅白紋蝶菜蟲-農業知識入口網。取自 [tp://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view](http://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view)

十五、自製天然【驅蟲 - 除菌 - 蒜頭辣椒水】 | Facebook。台灣種植學習營。取自

<https://www.facebook.com/notes>。

十六、交通部中央氣象局。取自 <https://www.cwb.gov.tw>。

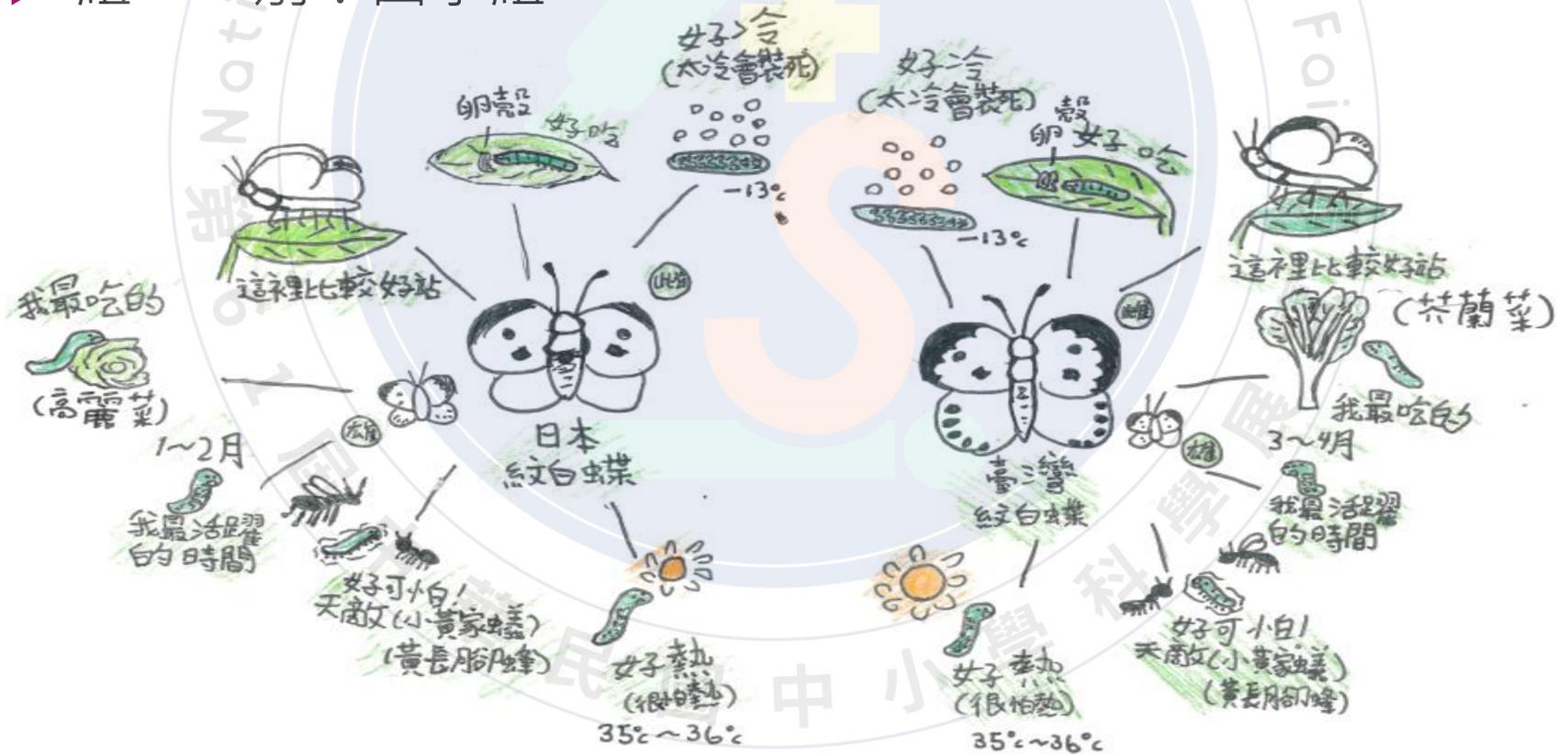
【評語】 080302

1. 此作品在於探討台灣紋白蝶與日本紋白蝶的生態習性之異同。作品內容相當豐富但是過多內容流於繁雜不易聚焦，但仍有不錯的實驗設計，值得鼓勵。對於兩者在同一生態環境下的數量消長情形有詳細的描述。
2. 根據相關研究兩種蝶類幾乎全年可見，不見不代表消失，研究並沒有涵蓋到整年度的觀察。
3. 溫度實驗的 duration 只有一個，如何決定時間？
4. 多幾乎是觀察，並未有太多的實驗測試（高低溫測試與實際情況差太多）。

作品簡報

紋白蝶：臺灣？日本？傻傻分不清！

- ▶ 科 別：生物科
- ▶ 組 別：國小組



一、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的生活史

卵

幼蟲

蛹前期

蛹

成蟲

臺灣紋白蝶



較深黃，
有10條突稜



藍綠色，有明顯黃線



縮短身體



色斑大且連貫
兩側尖刺較長



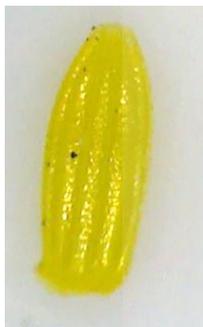
♀



♂

翅緣有連貫斑紋

日本紋白蝶



較淺黃，
有8條突稜



草綠色，黃線不明顯



縮短身體



色斑淺而小
兩側尖刺較短



♀

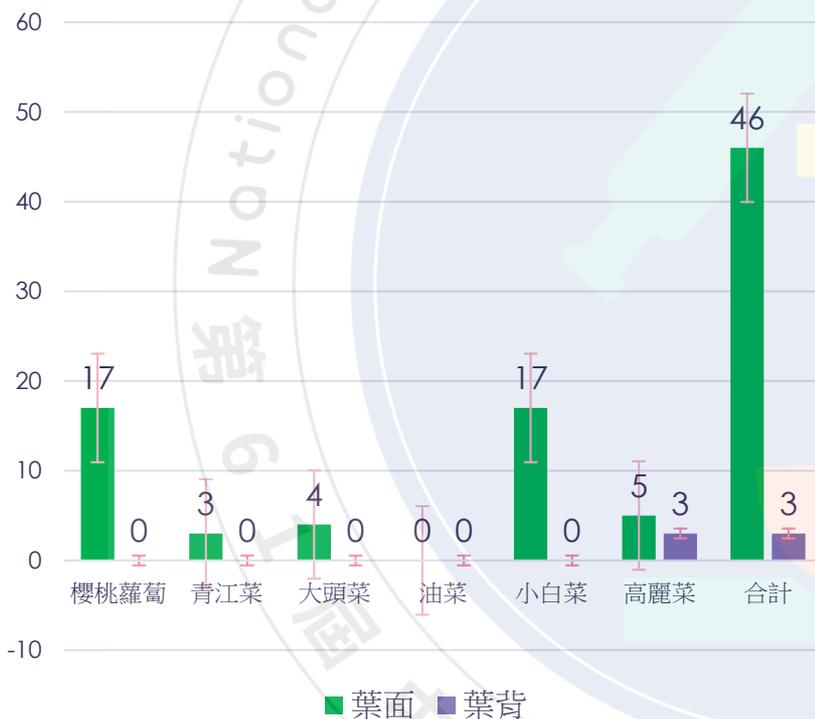


♂

上翅有三角形斑紋

二、比較臺灣紋白蝶和日本紋白蝶的產卵位置

臺灣紋白蝶產卵位置統計圖



日本紋白蝶產卵位置統計圖

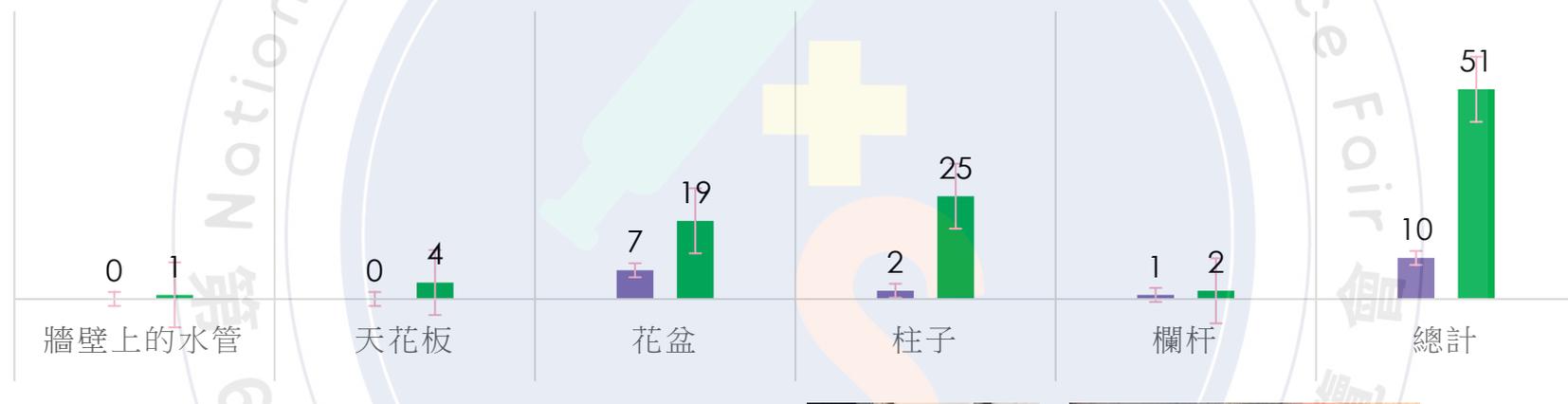


兩種紋白蝶在葉面上產卵的數量都遠多於葉背，取決於母蝶是否能順利站上去，尾部方便附著。

三、發現兩種紋白蝶結蛹的特殊習性

兩種紋白蝶特別的結蛹位置統計圖

■ 臺灣 ■ 日本



1. 兩種紋白蝶幼蟲會在水管、天花板、花盆周圍、柱子及鐵欄杆下等地方結蛹。
2. 尤其是日本紋白蝶會爬到離食草550cm遠的天花板結蛹。

四、兩種紋白蝶的防衛策略



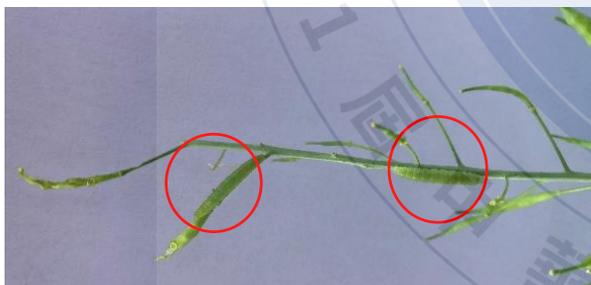
1. 保護色



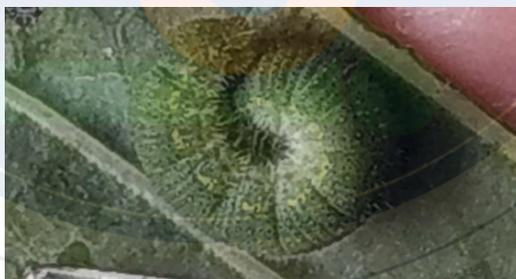
2. 從尾部排絲



3. 把大便黏在身上



4. 偽裝成油菜果食



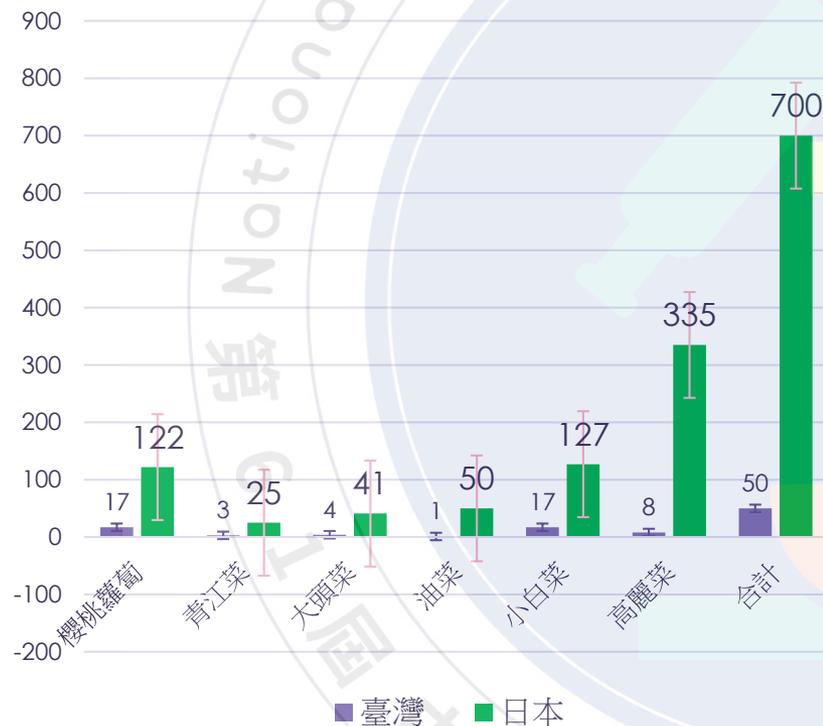
5. 遇到危險會捲成一圈



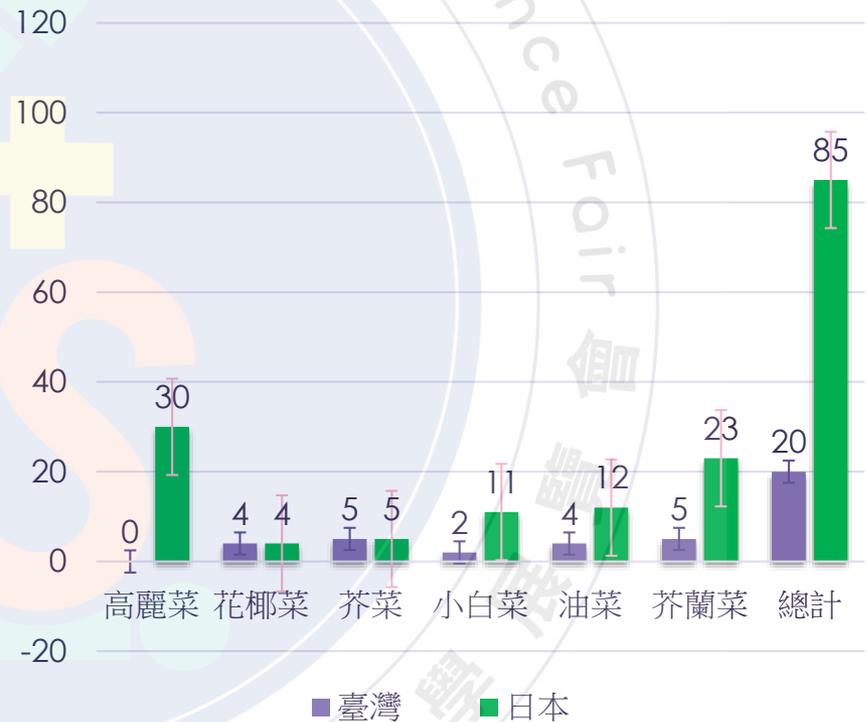
6. 結不同顏色的蛹

五、比較兩種紋白蝶的食性是否有差異性

兩種紋白蝶第一次產卵數量統計圖



兩種紋白蝶第二次產卵數量統計圖



1. 第一次種植發現臺灣紋白蝶最愛喜食小白菜；日本紋白蝶最喜食高麗菜。
2. 第二次種植發現臺灣紋白蝶最喜食芥菜；日本紋白蝶還是最喜食高麗菜。

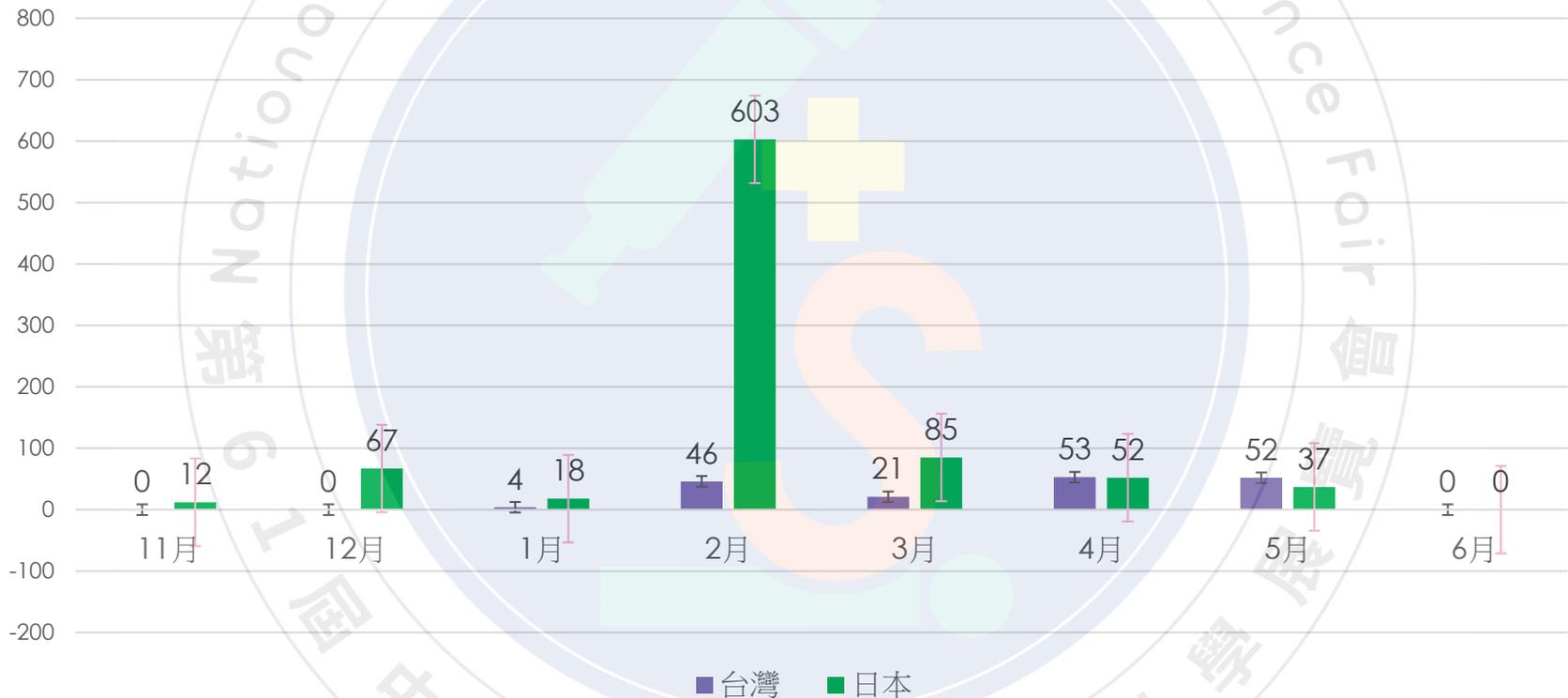
六、小黃家蟻和黃長腳蜂生物防制實驗結果



1. 小黃家蟻找到幼蟲（日本）後，開始攻擊並叮咬幼蟲。
2. 小黃家蟻把幼蟲（臺灣）拖到地上，從尾部開始咬下肢解，帶回巢中。
3. 黃長腳蜂把幼蟲從葉片中拖出來，用嘴和前腳做成肉丸打包帶走。

七、比較兩種紋白蝶不同月分出現的數量

兩種紋白蝶幼蟲每月數量統計圖



1. 日本紋白蝶在11月出現，2月數量最多，至5月中後消失。
2. 臺灣紋白蝶在1月底出現，4月數量最多，至5月中後消失。

八、兩種紋白蝶-10°C耐低溫實驗結果



1. 兩種紋白蝶在-10°C低溫下會被凍成僵硬的狀態。
2. 把牠們放置到室溫下，幼蟲和成蟲都能從假死狀態醒過來。

九、與十字花科蔬菜發芽最適溫度做交叉比對

名稱	8°C	9°C	10°C	11°C	12°C	13°C	14°C	15°C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C	21°C	22°C	23°C	24°C	25°C	26°C	27°C	28°C	29°C	30°C	
小白菜													■	■	■	■	■	■						
青江菜													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
芥藍菜																		■	■	■	■	■	■	■
大頭菜								■	■	■	■	■	■	■	■									
芥菜									■	■	■	■	■	■	■	■								
花椰菜													■	■	■	■	■	■	■					
高麗菜								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
櫻桃蘿蔔	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
油菜								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
臺灣紋白蝶																			■	■	■	■	■	■
日本紋白蝶									■	■	■	■	■	■	■	■								

1. 日本紋白蝶的最適溫度是15°C ~ 20°C，與高麗菜等蔬菜生長期一致。
2. 臺灣紋白蝶的最適溫度是25°C ~ 30°C，與青江菜、芥藍菜生長期一致。

十、兩種紋白蝶臨界溫度實驗結果



1. 幼蟲在約 $4^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 身體呈現僵直；約 $35^{\circ}\text{C} \sim 36^{\circ}\text{C}$ 出現躁動。
2. 成蟲在約 $4^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 身體呈現僵直；約 $38^{\circ}\text{C} \sim 39^{\circ}\text{C}$ 出現躁動。

十一、未來展望

追蹤並驗證兩種紋白蝶是否會隨氣溫做遷徙，建構出兩種紋白蝶完整的活動軌跡。

十二、參考資料

- (一) 胡進錕 (2009)。知識天地：環境變遷與生物多形現象及同域物種形成。中央研究院週報，1234。
- (二) 海野和男 (2013)。身邊昆蟲的不可思議 (16-17頁)。台北市：星晨出版社。
- (三) 李錫山 (1986)。甘藍主要在臺灣南部之發生消長 (530-542頁)。中華農業研究。
- (四) 高大益、許晏禎、謝欣儒 (2011)。中華民國第52屆中小學科學展覽會作品：國小組生物科。
變~變~變 - 環境顏色對紋白蝶蟲蛹顏色之研究。
- (五) 林品睿、蕭尊仁 (2019) 中華民國第59屆中小學科學展覽會作品：國中組生物科。
獨居蜂 hostel? - 獨居蜂人工巢室最佳化。
- (六) 洪榆宸、陳素瓊 (2017)。溫度對青帶鳳蝶生長發育之影響。宜蘭大學生物資源期刊23期 (23-43 頁)。
- (七) Karlsson, B., and C. Wiklund. 2005. Butterfly life history and temperature adaptations; dry open habitats select for increased fecundity and longevity. J. Anim. Ecol. 74: 99-104.