

# 新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科別：生物

組別：國小乙組

作品名稱：紅珠鳳蝶對不同馬兜鈴之食性偏好

關 鍵 詞：紅珠鳳蝶、馬兜鈴、食性偏好

編 號：

# 紅珠鳳蝶對不同馬兜鈴之食性偏好

## 摘要

為瞭解野外觀察到的紅珠鳳蝶幼蟲生活史，我們練習栽種馬兜鈴並學習人工飼育技巧，最後探究紅珠鳳蝶對不同馬兜鈴屬食草的偏好。研究結果發現：紅珠鳳蝶一、二齡幼蟲死亡率高，應盡量靜置並提供足量港口馬兜鈴嫩葉作為食草；飼育過程中，葉片應使用涵水衛生紙團包裹注意保濕，避免幼蟲取食期間脫水死亡。可依葉形、葉面是否有短毛來區辨不同馬兜鈴屬植物；提供半日照環境並適度澆水、生長期間立支柱或網架供攀爬，可使其順利生長。飼育過程發現紅珠鳳蝶幼蟲偏好取食港口馬兜鈴；越高齡期幼蟲，可就近取食多種馬兜鈴屬植物葉片。建議蝴蝶園可於園區內不同類型棲地，搭配各原生種馬兜鈴生態習性種植，以利提供紅珠鳳蝶幼蟲飼育期食草。

## 壹、前言

一、研究動機：在四年級下學期自然課，老師讓我們選擇飼養獨角仙或鳳蝶幼蟲，我選擇用家裡的金桔樹飼養鳳蝶幼蟲，讓牠經歷蛹期後，羽化成漂亮的成蝶；但今年爸爸帶我們去爬山的時候，我看到了身上像長了棘刺的毛毛蟲，原本以為是蛾類幼蟲，沒想到回家上網查了一下，這種毛毛蟲叫做紅珠鳳蝶，看起來像棘刺的構造也沒有毒性，跟我以前養過的鳳蝶幼蟲截然不同、食草也不一樣，於是我便和弟弟採集了一些卵和幼蟲回家飼養，希望能更認識瞭解紅珠鳳蝶的生活史。

二、目的：

- (一) 瞭解紅珠鳳蝶生活史及學習人工飼育的技巧。
- (二) 練習栽種並辨識台灣常見馬兜鈴科植物。
- (三) 探討紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴科食草的偏好，以提供蝴蝶園大量飼育參考。

三、文獻回顧：

- (一) 紅珠鳳蝶在分類上屬昆蟲綱、鱗翅目、鳳蝶科、珠鳳蝶屬，又名「紅珠鳳蝶」，屬中型蝶種（徐堉峰，1999）。幼蟲期以馬兜鈴科的植物為寄主植物，在20~30°C之間，會隨溫度上升而發育速率變快；在20°C、25°C、30°C溫度條件下，以25°C的卵孵化率、化

蛹率、羽化率最適宜；幼蟲食葉量以第五齡蟲消耗的葉面積最大，為 $368.38\text{cm}^2$ （吳怡欣、楊平世，1995）。卵直徑 $1.45\pm 0.08\text{mm}$ 、高 $1.44\pm 0.06\text{mm}$ ，一齡幼蟲體長 $5.43\pm 0.26\text{mm}$ 、頭殼寬度 $0.74\pm 0.04\text{mm}$ ，二齡幼蟲體長 $8.43\pm 0.49\text{mm}$ 、頭殼寬度 $1.13\pm 0.04\text{mm}$ ，三齡幼蟲體長 $14.65\pm 1.13\text{mm}$ 、頭殼寬度 $1.03\pm 0.06\text{mm}$ ，四齡幼蟲體長 $23.77\pm 0.95\text{mm}$ 、頭殼寬度 $2.49\pm 0.02\text{mm}$ ，五齡幼蟲體長 $38.62\pm 1.68\text{mm}$ 、頭殼寬度 $3.42\pm 0.17\text{mm}$ ，蛹長 $25.94\pm 0.92\text{mm}$ 、蛹寬 $12.54\pm 0.49\text{mm}$ （黃秀惠、鄭秋玲，2011）。

(二) 根據台灣維管束植物誌第二卷，台灣產馬兜鈴屬植物有5種，分別是蜂窩馬兜鈴、港口馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴、大葉馬兜鈴、異葉馬兜鈴（楊遠波等，1998）。後依據「台灣馬兜鈴屬植物之分類研究」一文研究結果（楊珺嵐，2008）：台灣一共有七個原生的分類群，其中蜂窩馬兜鈴、港口馬兜鈴、及瓜葉馬兜鈴三者分類沒有問題，仍然依照台灣植物誌之處理外，琉球馬兜鈴為台灣新紀錄種，掌葉馬兜鈴及八仙山馬兜鈴為二個新種，並確認異葉馬兜鈴和大葉馬兜鈴為錯誤鑑定，應一併處理為台灣馬兜鈴。後又發現新種裕榮馬兜鈴（呂長澤、王震哲，2014）。

(三) 紅珠鳳蝶寄主植物為馬兜鈴屬的莖及花、葉、果為食，分布於平地至低海拔山區，主要出現於3至12月（洪裕榮，2008）。紅珠鳳蝶雌蝶將卵單產在寄主植物或附近的雜物，剛孵化的幼蟲活動能力不錯，會爬到牠偏好攝食的新芽及嫩葉上，3齡以上的幼蟲口器才有能力咬得下成熟葉（呂至堅、陳建仁，2014）。若反推一株馬兜鈴植物約可供養多少隻紅紋鳳蝶幼蟲，半年大的港口馬兜鈴植株約可供養11.5隻幼蟲生長，三年大的港口馬兜鈴植物約可養活49.0隻幼蟲（張淑貞等，2003）。

綜合以上文獻回顧，紅珠鳳蝶分布全島平地至低海拔山區，但野外各台灣原生種馬兜鈴屬植物大多侷限分佈，迄今未有前人研究紅珠鳳蝶偏好何種馬兜鈴？故本實驗希望在了解紅珠鳳蝶基本生活史後，學習栽植不同台灣原生種馬兜鈴，並找出紅珠鳳蝶最喜歡取食的是哪一種馬兜鈴屬植物？以作為蝴蝶園大量飼育的經營管理參考。

## 貳、研究設備及器材

照片			
器材/材料名稱	紅珠鳳蝶卵	紅珠鳳蝶幼蟲	港口馬兜鈴
數量	數顆	數隻	4株
用途說明	觀察食葉量及生長型態	觀察食葉量及生長型態	提供紅珠鳳蝶幼蟲食用
照片			
器材/材料名稱	瓜葉馬兜鈴	高氏/蜂窩馬兜鈴	台灣/大葉/異葉馬兜鈴
數量	5株	3株	7株
用途說明	提供紅珠鳳蝶幼蟲食用	提供紅珠鳳蝶幼蟲食用	提供紅珠鳳蝶幼蟲食用
照片			
器材/材料名稱	掌葉馬兜鈴	植物攀爬架	自動定時灑水器
數量	7株	數座	1組
用途說明	提供紅珠鳳蝶幼蟲食用	輔助馬兜鈴攀爬生長	定時澆灌馬兜鈴

照片			
器材/材料名稱	數位游標尺(1mm刻度)	5mm見方單位方格紙	透明飼養盒
數量	1支	2本	若干個
用途說明	測量各齡幼蟲體長	測量紅珠鳳蝶食葉量	幼蟲飼育裝置
照片			
器材/材料名稱	電子秤	TI-nspire計算機	
數量	1台	1台	
用途說明	測量食葉量	ANOVA及T-test數據分析	

## 參、研究過程或方法

### 一、瞭解紅珠鳳蝶生活史及學習人工飼育的技巧：

1. 2024年11月開始，我們開始進行紅珠鳳蝶之初步生態觀察，並採集卵粒置於飼養盒中，觀察其生活史變化、記錄其幼蟲成長、行為等相關資料。
2. 盡量採集嫩葉餵食幼蟲，更新馬兜鈴葉片時，用涵水的衛生紙球包覆葉柄，以保持葉片新鮮度。

### 二、練習栽種並辨識台灣常見馬兜鈴科植物：

1. 以市面上能購得的蜂窩馬兜鈴、港口馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴、台灣馬兜鈴、掌葉馬兜鈴作為研究對象。
2. 馬兜鈴種植方式：提供有陰影到半陰影的環境，確保排水良好的土壤。重要的是要適當地給馬兜鈴澆水，不要過度澆水，因為它喜歡潮濕但不濕潤的環境。避免積水對防止根腐病。在生長期間需要立支柱或架網供攀爬才會生長快速。多數可用播種或扦插法繁殖，但扦插僅可用匍匐莖，攀緣莖無法生根，無法用來扦插，另外港口馬兜鈴則以播種繁殖成功率較高。
3. 使用【TM-A】自動澆水定時器，設定12小時澆一次水，每次澆灌1分鐘，以利馬兜鈴植栽土壤保持濕潤但水分不會過多。

### 三、探討各齡期紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴科食草的偏好：觀測幼蟲對不同馬兜鈴的食葉面積（cm<sup>2</sup>）是否有差異？並找出幼蟲是否對某種馬兜鈴較有偏好性？

原本實驗想單純設計一個飼養盒內，放置一隻紅珠鳳蝶幼蟲及一種馬兜鈴葉片，但是初步觀察發現幼蟲僅啃食港口馬兜鈴、其他葉片幾乎沒有進食跡象，又一、二齡幼蟲死亡率極高，導致無法進行實驗；再加上氣候變冷野外族群數量減少，無法採集取得大量紅珠鳳蝶幼蟲、能購買使用的馬兜鈴葉片數量也有限，所以實驗設計改為將相近齡期幼蟲，及五種馬兜鈴的各一片葉片放於飼養盒中，並觀測群體攝食的馬兜鈴葉片面積。

#### （一）探討各齡期紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴科食草的偏好

1. 用涵水的衛生紙球包覆五種馬兜鈴葉柄，以保持葉片新鮮度，再放置到飼養盒中。
2. 將採集到的相近齡期紅紋鳳蝶幼蟲放置到飼養盒內。

3. 以5mm方格紙描繪食葉前、食葉後的葉片形狀，再將描繪後葉形剪下。
4. 先用電子天平秤重，計算出平均每1cm<sup>2</sup>的方格紙重量。
5. 將剪下葉形的紙片秤重，分別用電子天平秤重，將【原來葉片描繪的方格紙重量】—  
【食後葉片描繪的方格紙重量】＝食葉面積紙片重量（g）。
6. 將【食葉面積紙片重量】／【平均每1cm<sup>2</sup>的方格紙重量】＝食葉面積（cm<sup>2</sup>）。

（二）觀測幼蟲對不同馬兜鈴的食葉面積（cm<sup>2</sup>）是否有差異？

我們在這次實驗中，使用到五種不同的台灣原生種馬兜，分別是台灣馬兜鈴、高氏/蜂窩馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴、掌葉馬兜鈴及港口馬兜鈴。為了要探討每種葉子，被不同蟲齡的紅珠鳳蝶幼蟲啃食的食葉面積是否有顯著差異？我們使用One-way ANOVA來進行分析。



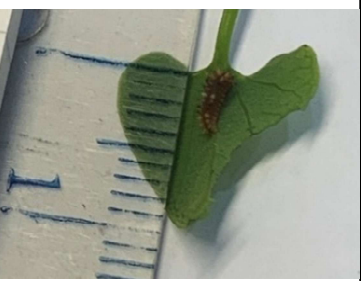
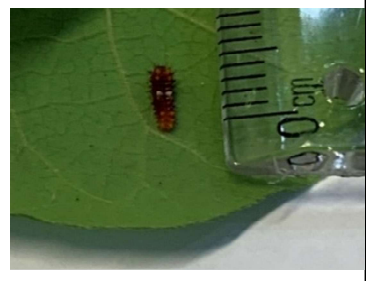





（三）找出幼蟲是否對某種馬兜鈴較有偏好性？

若紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴葉片的食葉面積有顯著差異，我們會再利用two-sample t-test，來分析幼蟲是否對某種馬兜鈴較有偏好性？




## 肆、研究結果

### 一、瞭解紅珠鳳蝶生活史及學習人工飼育的技巧：

1. 幼蟲在孵化後進入一齡，蛻皮後進入二齡幼蟲，此時肉眼可見背部有一白色橫帶，為其幼蟲主要特徵，而後進入三齡、四齡、五齡（終齡）幼蟲期，體轉呈紅黑色。
2. 飼養觀察記錄：






照片			
日期	113/11/10	113/11/12	113/11/13
文字說明	剛從卵孵化的1齡幼蟲	1齡幼蟲體色逐漸變深	1齡幼蟲喜食嫩葉
照片			
日期	113/11/14	113/11/16	113/11/17
文字說明	剛蛻完皮的2齡幼蟲	2齡蟲白色橫帶較明顯	將蛻皮時幼蟲停佇不動
照片			
日期	113/11/18	113/11/21	113/11/27
文字說明	幼蟲蛻皮時會休息1~2天	蛻皮完的幼蟲移動覓食	1齡幼蟲移動範圍大



照片			
日期	113/11/27	113/11/28	113/11/30
文字說明	1齡幼蟲四處移動	1齡幼蟲移動中	1齡幼蟲休息中

## 二、 辨識台灣常見馬兜鈴屬植物並練習栽種：

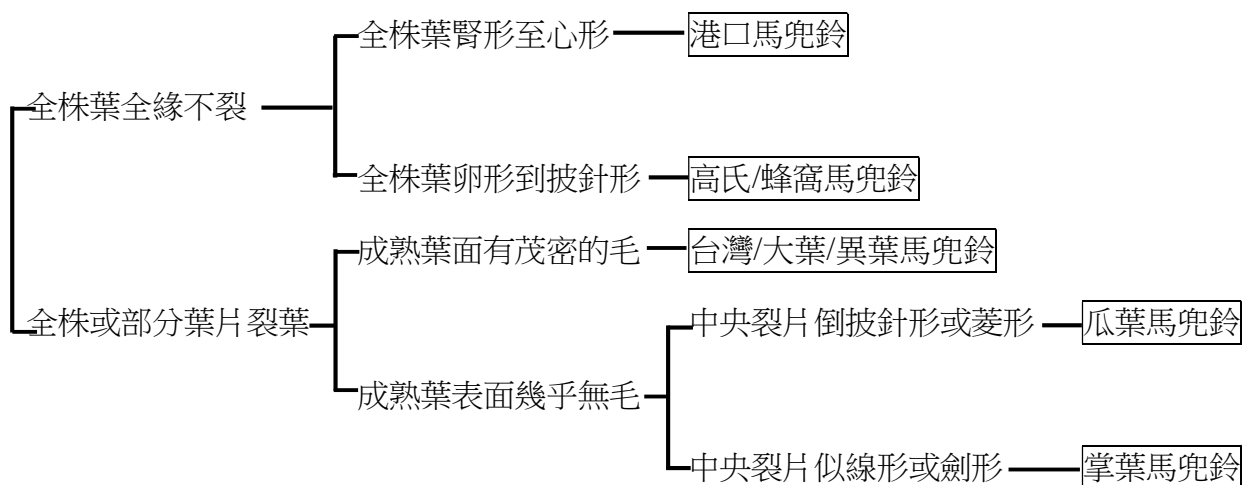
### 1. 栽植情況：

照片		
植物名稱	港口馬兜鈴	高氏/蜂窩馬兜鈴
照片		
植物名稱	瓜葉馬兜鈴	掌葉馬兜鈴
照片		
植物名稱	台灣/大葉/異葉馬兜鈴	

2. 根據觀察結果，可歸納馬兜鈴屬植物的葉片特色如下表所示：

植物名稱	葉片特色
港口馬兜鈴	全株葉全緣不裂，葉腎形至心形，葉上表面光滑。
瓜葉馬兜鈴	葉子較明顯呈多裂狀態，中央裂片為倒披針形或菱形，有些成劍形，幼葉表面僅少量有毛，成熟葉表面幾乎沒有毛。
高氏/蜂窩馬兜鈴	全株葉全緣不裂，葉卵形到披針形，全緣無裂葉，葉上表面光滑，小脈排列成蜂巢狀。
台灣/大葉/異葉馬兜鈴	全株葉形變化大，大部分葉形為全緣不裂，有耳狀突起的葉形、也可從卵形、心形到長披針形，葉先端漸尖，葉表面有茂密的毛。
掌葉馬兜鈴	葉子呈多裂狀態，中央裂片近似線形或劍形，僅末端略變寬，幼葉表面僅少量有毛，成熟葉表面幾乎沒有毛。

3. 五種台灣原生種馬兜鈴屬植物的二分叉檢索表：



三、 探討各齡期紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴科食草的偏好：觀測幼蟲對不同馬兜鈴的食葉面積（ $\text{cm}^2$ ）是否有差異？並找出幼蟲是否對某種馬兜鈴較有偏好性？

（一）飼養數量紀錄表：於飼養盒內置放五種馬兜鈴葉片，再將採集到的相近齡期幼蟲放入飼養盒內，紀錄飼養盒內的各齡幼蟲數量。

1. 第一盒：12月1日採集幼蟲，並開始進行實驗記錄。

日期/齡期	1 齡	2 齡	3 齡	4 齡	5 齡	存活個體總數量
12 月 1 日	6					6
12 月 2 日	5	1				6
12 月 3 日	2	3				5
12 月 4 日	1	3				4
12 月 5 日		2				2
12 月 6 日		2				2
12 月 7 日		2				2
12 月 8 日		2				2
12 月 9 日		1	1			2
12 月 10 日		1	1			2
12 月 11 日			2			2
12 月 12 日			2			2
12 月 13 日			2			2
12 月 14 日			2			2
12 月 15 日			2			2
12 月 16 日			2			2
12 月 17 日			2			2
12 月 18 日			2			2
12 月 19 日			2			2
12 月 20 日			2			2
12 月 21 日			2			2
12 月 22 日			2			2
12 月 23 日			2			2
12 月 24 日			2			2
12 月 25 日			1	1		2
12 月 26 日			1	1		2
12 月 27 日			1	1		2
12 月 28 日			1	1		2
12 月 29 日			1	1		2
12 月 30 日				1		1
12 月 31 日				1		1

2. 第二盒：12月1日採集幼蟲，12月6日開始進行實驗記錄。

日期/齡期	1 齡	2 齡	3 齡	4 齡	5 齡	存活個體總數量
12 月 6 日	1	6				7
12 月 7 日		7				7
12 月 8 日		6				6
12 月 9 日		6				6
12 月 10 日		6				6
12 月 11 日		6				6
12 月 12 日		3				3
12 月 13 日		1				1
12 月 14 日		2				2

3. 第三盒：12月1日、12月7日採集幼蟲及卵，12月6日開始將陸續孵化的幼蟲一同放進飼養盒內觀測。

日期/齡期	1 齡	2 齡	3 齡	4 齡	5 齡	存活個體總數量
12 月 6 日	2					2
12 月 7 日		2				2
12 月 8 日	1	1				2
12 月 9 日	1	5				6
12 月 10 日		5				5
12 月 11 日		3				3
12 月 12 日		3				3
12 月 13 日		2				2
12 月 14 日		2				2

4. 第四盒：12月15日採集已無法取得三齡以下幼蟲及卵，故只好改為採集四五齡幼蟲，12月15日開始一同放進「大」飼養盒內觀測，因個體數11隻較多、又四、五齡幼蟲食葉量大，導致不到一天便會將一種馬兜鈴的一片葉片吃完，可能會影響實驗紀錄結果，所以在12月17日將幼蟲分為「4-1」、「4-2」兩盒進行觀測記錄。1月1日又進行採集，但僅取得1隻三齡幼蟲及2隻四齡幼蟲，再加入「4-2」盒中進行實驗。

日期/齡期	1 齡	2 齡	3 齡	4 齡	5 齡	1 齡	2 齡	3 齡	4 齡	5 齡	存活個體總數量
12 月 15 日			1 <sup>大</sup>	9 <sup>大</sup>	1 <sup>大</sup>						11
12 月 16 日				9 <sup>大</sup>	1 <sup>大</sup>						10
12 月 17 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 18 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 19 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 20 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 21 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 22 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 23 日				4 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	10
12 月 24 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	8
12 月 25 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				4 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	8
12 月 26 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				3 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	7
12 月 27 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				3 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	7
12 月 28 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				1 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	5
12 月 29 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				1 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	5
12 月 30 日				2 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>				1 <sup>4-2</sup>	1 <sup>4-2</sup>	5
12 月 31 日				1 <sup>4-1</sup>	1 <sup>4-1</sup>					1 <sup>4-2</sup>	3
1 月 1 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 2 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 3 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 4 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 5 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 6 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 7 日								1 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	5
1 月 8 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 9 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 10 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 11 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 12 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 13 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 14 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 15 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4
1 月 16 日									2 <sup>4-2</sup>	2 <sup>4-2</sup>	4

(二) 觀測幼蟲對不同馬兜鈴的食葉面積 (cm<sup>2</sup>) 是否有差異？

1. 食葉面積計算總表：

(1) 將【原來葉片描繪的方格紙重量】－【食後葉片描繪的方格紙重量】＝【總食葉面積紙片重量】(g)。

(2) 將【總食葉面積紙片重量】／【平均每1cm<sup>2</sup>的方格紙重量】＝【總食葉面積】(cm<sup>2</sup>)。

(3) 【總食葉面積】／【幼蟲數量×天數】＝【每隻幼蟲每天平均食葉面積】。

原葉紀錄 日期	食後測量 日期	葉名	蟲齡	數量	天數	原葉紙片 重量(g)	食後葉片 紙片重量(g)	減少重量(g)	換算總食葉面積 (cm <sup>2</sup> )	每隻幼蟲每天平均 食葉面積(cm <sup>2</sup> )
12月3日	12月6日	港口	1	7	3	0.1984	0.0850	0.1134	12.5	0.5952
12月3日	12月6日	掌葉	1	7	3	0.0850	0.0709	0.0142	1.5625	0.0744
12月6日	12月10日	港口	2	6	4	0.1417	0.0850	0.0567	6.25	0.2604
12月10日	12月12日	港口	2	3	2	0.0850	0.0142	0.0709	7.8125	1.3021
12月10日	12月12日	台灣	2	3	2	0.0850	0.0850	0	0	0
12月15日	12月16日	港口	3,4,5	11	1	0.5102	0.0709	0.4394	48.4375	4.4034
12月16日	12月17日	港口	3,4,5	7	1	0.3969	0.1134	0.2835	31.25	4.4643
12月16日	12月17日	港口	3,4,5	7	1	0.3118	0.0850	0.2268	25	3.5714
12月16日	12月17日	瓜葉	3,4,5	7	1	0.19844	0.0850	0.1134	12.5	1.7857
12月17日	12月19日	港口	3,4,5	12	2	0.1984	0.0850	0.1134	12.5	0.5208
12月17日	12月19日	港口	3,4,5	12	2	0.0850	0.0709	0.0142	1.5625	0.0651
12月15日	12月19日	港口	3,4,5	12	4	0.0850	0.0709	0.0142	1.5625	0.0326
12月15日	12月19日	掌葉	3,4,5	12	4	0.0850	0.0709	0.0142	1.5625	0.0326
12月17日	12月19日	港口	3,4,5	12	2	0.3118	0.0028	0.3090	34.0625	1.4193
12月19日	12月21日	港口	3,4,5	12	2	0.5102	0.0850	0.4252	46.875	1.9531
12月19日	12月21日	港口	3,4,5	12	2	0.3118	0.0283	0.2835	31.25	1.3021
12月19日	12月21日	港口	3,4,5	12	2	0.3968	0.1984	0.1984	21.875	0.9115
12月21日	12月23日	港口	3,4,5	12	2	0.0850	0.0283	0.0567	6.25	0.2604
12月23日	12月24日	港口	3,4,5	10	1	0.3968	0.0567	0.3402	37.5	3.75
12月26日	12月28日	掌葉	3,4,5	7	2	0.1984	0.1700	0.0283	3.125	0.2232
12月26日	12月28日	港口	3,4,5	7	2	0.0850	0.0283	0.0567	6.25	0.4464
12月26日	12月30日	港口	3,4,5	6	4	0.0567	0.0142	0.0425	4.6875	0.1953
1月1日	1月2日	瓜葉	4,5	5	1	0.2835	0.1984	0.0850	9.375	1.875
1月1日	1月2日	掌葉	4,5	5	1	0.0283	0.01417	0.0142	1.5625	0.3125
1月2日	1月3日	港口	4,5	5	1	0.0850	0.07087	0.0142	1.5625	0.3125
1月2日	1月3日	瓜葉	4,5	5	1	0.0850	0.07087	0.0142	1.5625	0.3125

1月2日	1月3日	掌葉	4,5	5	1	0.0850	0.07087	0.0142	1.5625	0.3125
1月3日	1月4日	台灣	4,5	5	1	0.0850	0.07087	0.0142	1.5625	0.3125
1月3日	1月4日	港口	4,5	5	1	0.0850	0.07087	0.0142	1.5625	0.3125
1月3日	1月4日	瓜葉	4,5	5	1	0.0567	0.04252	0.0142	1.5625	0.3125
1月3日	1月4日	掌葉	4,5	5	1	0.0567	0.01417	0.0425	4.6875	0.9375
1月4日	1月5日	港口	4,5	5	1	0.0850	0.04252	0.0425	4.6875	0.9375
1月4日	1月5日	瓜葉	4,5	5	1	0.5103	0.4819	0.0283	3.125	0.625
1月4日	1月5日	高氏	4,5	5	1	0.0567	0.04252	0.0142	1.5625	0.3125
1月4日	1月5日	掌葉	4,5	5	1	0.0850	0.0567	0.0283	3.125	0.625
1月4日	1月5日	台灣	4,5	5	1	0.0283	0.01417	0.0142	1.5625	0.3125
1月5日	1月6日	高氏	4,5	5	1	0.0283	0.0283	0	0	0
1月5日	1月6日	台灣	4,5	5	1	0.0567	0.0142	0.0425	4.6875	0.9375
1月5日	1月6日	港口	4,5	5	1	0.0850	0.0283	0.0567	6.25	1.25
1月5日	1月6日	瓜葉	4,5	5	1	0.0283	0.0283	0	0	0
1月6日	1月7日	港口	4,5	5	1	0.0850	0.0283	0.0567	6.25	1.25
1月7日	1月8日	港口	4,5	4	1	0.0850	0.0283	0.0567	6.25	1.5625
1月7日	1月8日	高氏	4,5	4	1	0.0850	0.0567	0.0283	3.125	0.7813
1月8日	1月9日	港口	4,5	4	1	0.0850	0.0709	0.0141	1.5625	0.3906
1月9日	1月10日	港口	4,5	4	1	0.0850	0.0567	0.0283	3.125	0.7813
1月10日	1月11日	高氏	4,5	4	1	0.0283	0.0142	0.0142	1.5625	0.3906
1月11日	1月12日	高氏	4,5	4	1	0.0567	0.0283	0.0283	3.125	0.7813
1月12日	1月13日	港口	4,5	4	1	0.0850	0.0283	0.0567	6.25	1.5625
1月13日	1月14日	瓜葉	4,5	4	1	0.0850	0.0567	0.0283	3.125	0.7813
1月13日	1月14日	港口	4,5	4	1	0.0850	0.0567	0.0283	3.125	0.7813
1月13日	1月14日	掌葉	4,5	4	1	0.0567	0.0283	0.0283	3.125	0.7813
1月13日	1月14日	瓜葉	4,5	4	1	0.0850	0.0709	0.01412	1.5625	0.3907
1月13日	1月14日	港口	4,5	4	1	0.0850	0.0709	0.0142	1.5625	0.3907
1月13日	1月14日	掌葉	4,5	4	1	0.0567	0.0283	0.0283	3.125	0.7813

註：表格記錄中食葉量面積0，是因為目測有些微幼蟲咬食痕跡，但過於微量故電子天平測量不出來，故仍實驗結果仍紀錄為面積0。

2. 用One-way ANOVA 分析檢測每種葉子，被不同蟲齡的紅珠鳳蝶幼蟲啃食的食葉面積是否有顯著差異？

$\mu_{\text{台灣}}$  =每隻幼蟲每天啃食台灣馬兜鈴葉片的平均食葉面積( $\text{cm}^2$ )

$\mu_{\text{瓜葉}}$  =每隻幼蟲每天啃食瓜葉馬兜鈴葉片的平均食葉面積( $\text{cm}^2$ )

$\mu_{\text{高氏}}$  =每隻幼蟲每天啃食高氏馬兜鈴葉片的平均食葉面積( $\text{cm}^2$ )

$\mu_{\text{掌葉}}$  =每隻幼蟲每天啃食掌葉馬兜鈴葉片的平均食葉面積( $\text{cm}^2$ )

$\mu_{\text{港口}}$  =每隻幼蟲每天啃食港口馬兜鈴葉片的平均食葉面積( $\text{cm}^2$ )

(1) 假設：

$H_o$ :  $\mu_{\text{台灣}} = \mu_{\text{高氏}} = \mu_{\text{瓜葉}} = \mu_{\text{掌葉}} = \mu_{\text{港口}}$ ，(虛無假設為每隻幼蟲每天對五種馬兜鈴葉片的平均食葉面積相同。)

$H_a$ : 每隻幼蟲每天對五種馬兜鈴葉片的平均食葉面積，至少有一種馬兜鈴葉片的平均食葉面積與其他不同。

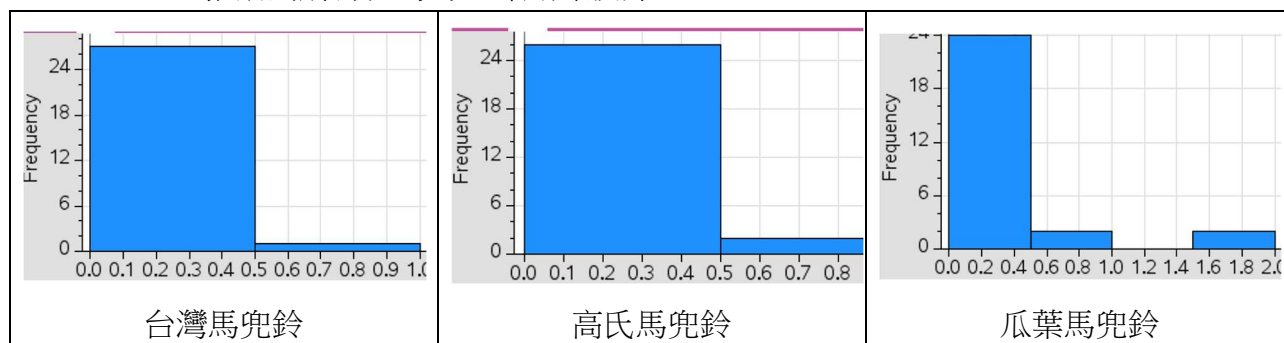
(2) 檢查數據資料是否符合使用 Anova 分析的條件：

A. 獨立性：

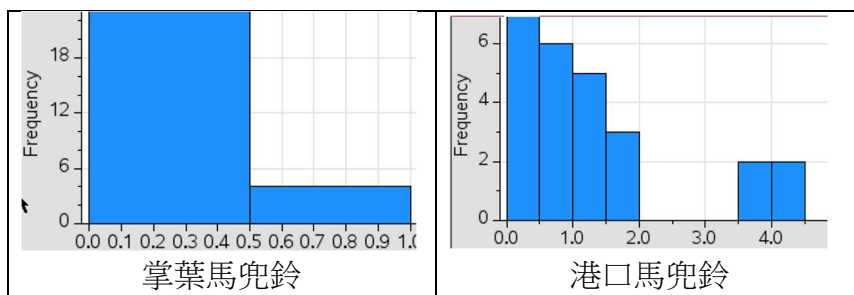
(A) 各組數據資料間的獨立性：幼蟲會隨機啃食每種馬兜鈴葉片，所以每種馬兜鈴葉片被啃食的面積數據，彼此間不會互相影響，是獨立的事件。

(B) 組內數據資料的獨立性：每天換新葉後，各種馬兜鈴葉片被啃食的面積，跟之前葉片的食葉面積數據，彼此間不會互相影響，是獨立的事件。

B. 組內的數據是近乎常態分佈：我們可以由每組的直方圖分佈看出為單峰且大致向右傾斜的圖形。因為非對稱的常態分布圖形，所以我們的實驗結論不一定能推論到所有台灣的紅珠鳳蝶族群。







C. 相同變異性：

(A) 先將每隻紅珠鳳蝶幼蟲，對於五種馬兜鈴葉片每日平均食葉面積( $\text{cm}^2$ )，依照不同種葉片分類，得到以下表單：

台灣馬兜鈴	高氏馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴	掌葉馬兜鈴	港口馬兜鈴
0	0.3125	1.7857	0.0744	0.5952
0.3125	0	1.875	0.0326	0.2604
0.3125	0.7813	0.3125	0.2232	1.3021
0.9375	0.3906	0.3125	0.3125	4.4034
0	0.7813	0.625	0.3125	4.4643
0	0	0	0.9375	3.5714
0	0	0.7813	0.625	0.5208
0	0	0.3906	0.7813	0.0651
0	0	0	0.7813	0.0326
0	0	0	0	1.4193
0	0	0	0	1.9531
0	0	0	0	1.3021
0	0	0	0	0.9115
0	0	0	0	0.2604
0	0	0	0	3.75
0	0	0	0	0.4464
0	0	0	0	0.1953
0	0	0	0	0.3125
0	0	0	0	0.3125
0	0	0	0	0.9375
0	0	0	0	1.25
0	0	0	0	1.25
0	0	0	0	1.5625
0	0	0	0	0.3906
0	0	0	0	0.7813
0	0	0	0	1.5625
0	0	0	0	0.7813
0	0	0	0	0.3906

(B) 再將各種馬兜鈴的平均食葉面積，求取平均值並計算標準差（平均：

$$\frac{\sum x_i}{n} \quad \text{標準差：} s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n-1}} \text{），得到以下表單：}$$

	平均(cm <sup>2</sup> )	標準差(cm <sup>2</sup> )
港口馬兜鈴	1.249	1.278
瓜葉馬兜鈴	0.217	0.499
掌葉馬兜鈴	0.146	0.282
高氏馬兜鈴	0.081	0.218
台灣馬兜鈴	0.056	0.191

比較結果得知這五組的標準差是相近的，所以數據資料符合使用 **Anova** 分析的條件。

(3) 使用 TI-nspire 所獲得的結果如下：

Title	ANOVA
f	17.57391
PVal	≈ 0
df	4
SS	28.76518
MS	7.191296
dfError	135
SSError	55.24239
MSError	0.409203
sp	0.63969

結論：因為我們得出的**P-value**相當小，在顯著水準為**0.05**的預設下，我們可以推翻這個虛無假設（每隻幼蟲每天對五種馬兜鈴葉片的平均食葉面積相同）。也就是說我們的實驗結果提供了足夠的證據來證明，**每隻幼蟲每天對五種馬兜鈴葉片的平均食葉面積，至少有一種馬兜鈴葉片的平均食葉面積與其他不同。**

(三) 找出幼蟲是否對某種馬兜鈴較有偏好性：利用two-sample t-test來進行分析比較。

1. 我們先將平均食葉面積的平均值，數據最高的港口馬兜鈴、和數據資料第二名的瓜葉馬兜鈴，以two-sample t-test來分析，比較紅珠鳳蝶幼蟲是否對港口馬兜鈴較有偏好性？

	平均(cm <sup>2</sup> )	標準差(cm <sup>2</sup> )
港口馬兜鈴	1.249	1.278
瓜葉馬兜鈴	0.217	0.499
掌葉馬兜鈴	0.146	0.282
高氏馬兜鈴	0.081	0.218
台灣馬兜鈴	0.056	0.191

2. 假設：

$H_o: \mu_{\text{瓜葉}} = \mu_{\text{港口}}$  (紅珠鳳蝶幼蟲對港口馬兜鈴葉片的食葉面積，和瓜葉馬兜鈴相同)

$H_a: \mu_{\text{瓜葉}} < \mu_{\text{港口}}$  (紅珠鳳蝶幼蟲對港口馬兜鈴葉片的食葉面積，較瓜葉馬兜鈴多)

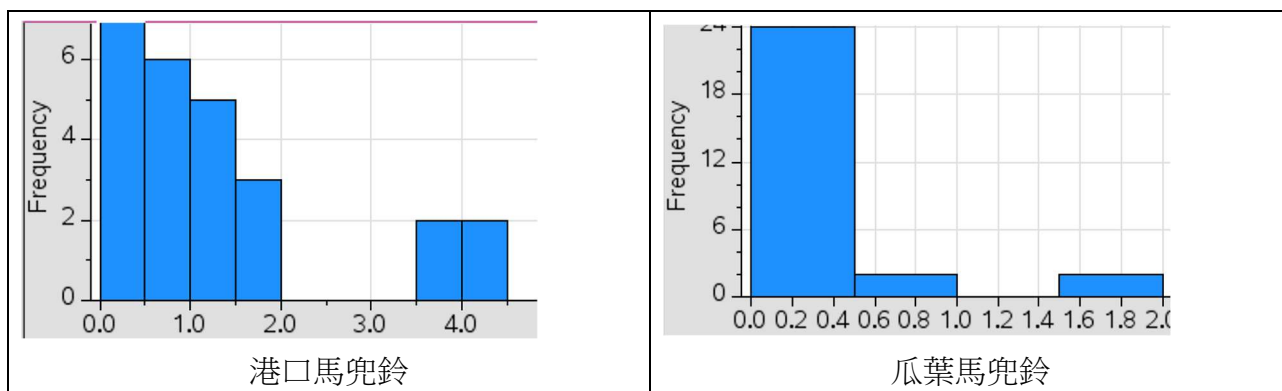
- (1) 檢查數據資料是否符合能使用two-sample t-test的條件：

A. 獨立性：

(A) 組與組間的獨立性：幼蟲隨機到每個葉子上去啃食，所以每種葉子的被啃食的量是彼此獨立的。

(B) 組內的獨立性：每天換新葉後被啃食的量跟之前的量為彼此獨立的。

B. 組內的數據是近乎常態分佈：我們可以由每組的直方圖分佈看出為單峰且大致偏右的圖形。因為非對稱的常態分布圖形，所以我們的實驗結論不一定能推論到所有台灣的紅珠鳳蝶族群。



### 3. 數據及分析：

- (1) 先從食葉面積計算總表中，將港口馬兜鈴及瓜葉馬兜鈴的每日平均食葉面積數據列舉出來，得到以下表單：

港口馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
0.5952	1.7857
0.2604	1.875
1.3021	0.3125
4.4034	0.3125
4.4643	0.625
3.5714	0
0.5208	0.7813
0.0651	0.3906
0.0326	0
1.4193	0
1.9531	0
1.3021	0
0.9115	0
0.2604	0
3.75	0
0.4464	0
0.1953	0
0.3125	0
0.3125	0
0.9375	0
1.25	0
1.25	0
1.5625	0
0.3906	0
0.7813	0

(2) 使用TI-nspire所獲得的結果如下：

Title	2-Sample t Test
Alternate Hyp	$\mu_{\text{瓜葉}} < \mu_{\text{港口}}$
t	-3.9812046579568
PVal	$\approx 0$
Df	35.057526270487
$\mu_{\text{瓜葉}}$	0.21723571428571
$\mu_{\text{港口}}$	1.2494535714286
sx(瓜葉)	0.49933018409798
sx(港口)	1.2778479302913
n(瓜葉)	28.
n(港口)	28.

(3) 結論：因為我們得出的P-value相當的小，在顯著水準為0.05的預設下，我們可以推翻這個虛無假設。也就是說，我們的實驗結果提供了足夠的證據來證明：

**紅珠鳳蝶幼蟲對港口馬兜鈴葉片的食葉面積，較瓜葉馬兜鈴多。**

- 因為我們的實驗數據已經可以證明：紅珠鳳蝶幼蟲對港口馬兜鈴葉片的食葉面積，較瓜葉馬兜鈴多，又因為瓜葉馬兜鈴的數據資料較掌葉馬兜鈴、高氏馬兜鈴、台灣馬兜鈴多，所以我們可推論：紅珠鳳蝶幼蟲對港口馬兜鈴葉片的食葉面積，較瓜葉馬兜鈴、掌葉馬兜鈴、高氏馬兜鈴、台灣馬兜鈴為多，也就是說：**紅珠鳳蝶幼蟲對港口馬兜鈴較有偏好性**
- 雖然實驗初期，一、二齡的幼蟲僅願意啃食港口馬兜鈴葉片，若食物來源僅有其他馬兜鈴屬植物時，常會發生寧願餓死也不願啃食的情況發生；但是飼養到四、五齡期的幼蟲時，我們發現紅珠鳳蝶幼蟲對於實驗的五種馬兜鈴屬植物都會啃食；也不會只願意吃嫩葉，會就近取食面積較大的老葉而捨棄較遠的嫩葉，但因為實驗數據資料不多，所以在此以簡易的長條圖來呈現比較四、五齡幼蟲的平均食葉面積結果：

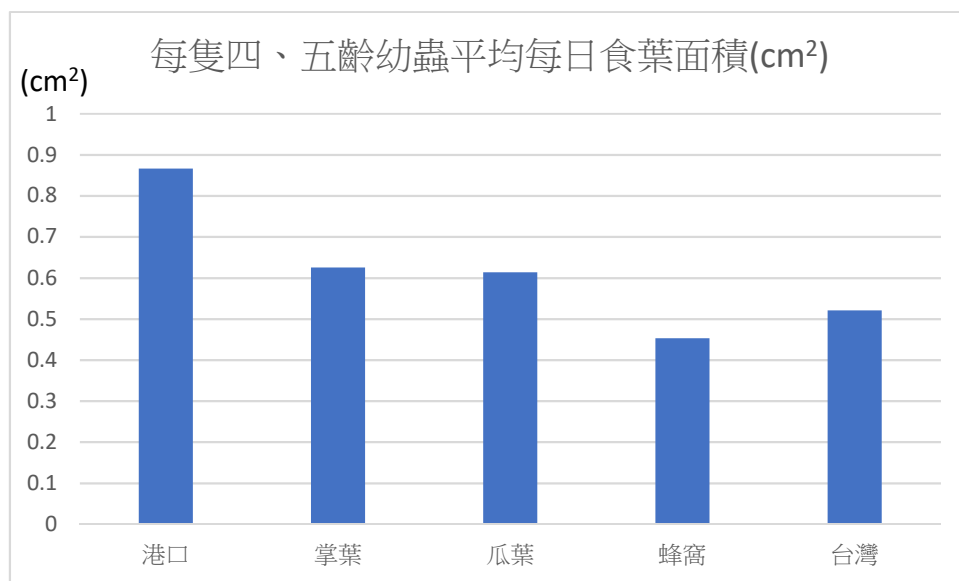
(1) 先將平均食葉面積總表中的四、五齡資料整理如下表所示：

葉名	蟲齡	每隻幼蟲每天平均食葉面積(cm <sup>2</sup> )
瓜葉馬兜鈴	4,5	1.875
掌葉馬兜鈴	4,5	0.3125
港口馬兜鈴	4,5	0.3125
瓜葉馬兜鈴	4,5	0.3125
掌葉馬兜鈴	4,5	0.3125
台灣馬兜鈴	4,5	0.3125
港口馬兜鈴	4,5	0.3125
瓜葉馬兜鈴	4,5	0.3125
掌葉馬兜鈴	4,5	0.9375
港口馬兜鈴	4,5	0.9375
瓜葉馬兜鈴	4,5	0.625
高氏馬兜鈴	4,5	0.3125
掌葉馬兜鈴	4,5	0.625
台灣馬兜鈴	4,5	0.3125
高氏馬兜鈴	4,5	0
台灣馬兜鈴	4,5	0.9375
港口馬兜鈴	4,5	1.25
瓜葉馬兜鈴	4,5	0
港口馬兜鈴	4,5	1.25
港口馬兜鈴	4,5	1.5625
高氏馬兜鈴	4,5	0.7813
港口馬兜鈴	4,5	0.3906
港口馬兜鈴	4,5	0.7813
高氏馬兜鈴	4,5	0.3906
高氏馬兜鈴	4,5	0.7813
港口馬兜鈴	4,5	1.5625
瓜葉馬兜鈴	4,5	0.7813
港口馬兜鈴	4,5	0.7813
掌葉馬兜鈴	4,5	0.7813
瓜葉馬兜鈴	4,5	0.3907
港口馬兜鈴	4,5	0.3907
掌葉馬兜鈴	4,5	0.7813

(2) 計算每隻四、五齡幼蟲對不同馬兜鈴屬植物的平均每日食葉面積：

葉名	每隻四、五齡幼蟲平均每日食葉面積( $\text{cm}^2$ )
港口馬兜鈴	0.8664
掌葉馬兜鈴	0.625
瓜葉馬兜鈴	0.6138
蜂窩馬兜鈴	0.4531
台灣馬兜鈴	0.5208

(3) 紅珠鳳蝶四、五齡幼蟲對不同馬兜鈴屬植物的平均每日食葉面積長條圖：



## 伍、討論：

### 一、 瞭解紅珠鳳蝶生活史及學習人工飼育的技巧：

我們在飼養過程中遭遇到幼蟲飼養死亡率高，前人研究也顯示一、二齡幼蟲飼育時應特別注意，死亡率較高（張淑貞等2003）；而且在攜帶到學校的運送過程中，弱小的幼蟲甚至還遭涵水之衛生紙團壓死，所以後來我們便將飼養盒放在家中飼養觀察記錄，葉子也暫時不再包裹衛生紙；但後來卻因葉子容易乾燥，導致幼蟲取食後容易脫水死亡，所以後期飼養時，我們又再重新包裹涵水的衛生紙團。

又因為紅珠鳳蝶主要出現在3月至12月，但當我們實驗進行到12月中旬時，便很難採集到卵及幼蟲，這導致後期的實驗只能讓不同齡期的幼蟲混養在同一盒中，致使實驗分析較為困難，若能在族群量較豐富的春、夏季節採集進行實驗，應該就可以改善實驗的困難。

### 二、 辨識台灣常見馬兜鈴屬植物並練習栽種：

因為在前人文獻中提到，港口馬兜鈴目前由於受到開發影響，棲地被破壞，在野外已經很難看到野生族群，被列為瀕臨滅絕的植物之一（呂勝由、邱文良，1997）；瓜葉馬兜鈴的生存環境及分布受到破壞和限制，依據台灣稀有及瀕危植物之分級，本種被列為易受害，應採取適當的保育措施（呂勝由、邱文良，1998）。蜂窩馬兜鈴在過去的採集記錄頗少，也較缺乏完整的標本，可能是由於生育環境被破壞或經常除草使族群不易或疏以及缺乏廣泛的採集（楊珣嵐，2008）。因此在野外很難採集獲得馬兜鈴，需要向人工培育的苗圃採購，但市面上販售的商家並不多，應可參考前人研究，栽植馬兜鈴時適度增加莖條攀爬空間，有利於嫩莖之生長（張淑貞等2003），讓馬兜鈴植栽枝葉繁茂，以期能順利供應紅珠鳳蝶幼蟲作為寄主食用。

### 三、 探討各齡期紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴科食草的偏好：

本研究觀察發現，紅珠鳳蝶幼蟲，對港口馬兜鈴較有偏好性。根據前人研究，馬兜鈴酸衍生物的其中一種—3位氧化成酮的 $\beta$ -sitosterol衍生物，目前在馬兜鈴屬植物中，只有港口馬兜鈴發現其存在，又馬兜鈴酸衍生物會啟動鳳蝶幼蟲的攝食作用（吳天賞、林昭庚2005），而港口馬兜鈴的葉片中，嫩葉又較成熟葉、老葉有顯著更多的馬兜鈴酸（李宗憲，2008），這應該是吸引幼蟲願意大範圍移動尋覓港口馬兜鈴嫩葉的主要原因。



當我們飼養到後期，發現幼蟲齡期越大，願意取食的馬兜鈴種類越多，實驗的五種馬兜鈴屬植物都會啃食；也不會只願意吃嫩葉，會就近取食面積較大的老葉而捨棄較遠的嫩葉；而蝴蝶園之經營首要工作為確保食草植物之不虞匱乏（陳建志，1992），依據本研究的實驗結果，蝴蝶園在培育紅珠鳳蝶幼蟲時，應廣植數量較多的港口馬兜鈴，以利能有較多的港口馬兜鈴嫩葉供一、二齡幼蟲取食；但到了四、五齡幼蟲食葉量較大時，除了像清華大學蝴蝶園、亞泥生態園區等蝴蝶園，引進外來種卵葉馬兜鈴做為蝴蝶食草外，或許也可考慮栽植台灣原生種的馬兜鈴屬植物，搭配其適合生長的棲地類型在蝴蝶園不同環境區域種植，例如：港口馬兜鈴偏好生長在靠近水的地方、蜂窩馬兜鈴生長環境為林下較陰暗的環境、瓜葉馬兜鈴喜好生長於有庇蔭且略微潮濕的地方（楊珺嵐，2008），或許可在蝴蝶園內更方便大量飼育紅珠鳳蝶。

#### 四、 未來展望：

1. 在春、夏季節採集母蝶套卵、或購置同一親代產出的同一批蟲卵，可增加實驗樣本數量並減少實驗誤差。
2. 強化港口馬兜鈴栽培及繁殖技術，以利大量飼育紅珠鳳蝶。
3. 調查母蝶在各種馬兜鈴產卵偏好結果，是否會影響幼蟲取食偏好。

## 陸、結論：

### 一、 瞭解紅珠鳳蝶生活史及學習人工飼育的技巧：

1. 一、二齡幼蟲死亡率高，應盡量靜置，並提供足量的嫩葉作為食草。
2. 馬兜鈴葉片應使用涵水衛生紙團包裹注意保濕，避免幼蟲取食期間脫水容易死亡。
3. 應盡量在春、夏季節氣溫適宜時進行飼育觀察，較易取得幼蟲，生長情況也會較佳。

### 二、 辨識台灣常見馬兜鈴科植物並練習栽種：

1. 可依照葉形、葉表面是否有短毛來辨識不同種類馬兜鈴
2. 提供半日照環境並適度澆水、生長期間立支柱或架網供攀爬，可使馬兜鈴順利生長。

### 三、 探討各齡期紅珠鳳蝶幼蟲對不同馬兜鈴科食草的偏好：

1. 紅珠鳳蝶幼蟲偏好取食港口馬兜鈴，可能是因為其具有較高的馬兜鈴酸。
2. 越高齡期幼蟲，可就近取食多種馬兜鈴屬植物葉片。
3. 建議可搭配各種馬兜鈴生態習性，於蝴蝶園不同類型棲地種植，以利大量提供作為蝴蝶食草。

## 柒、參考資料

1. 徐堉峰（1999）。*台灣蝶圖鑑*，第一卷。南投。台灣省立鳳凰谷鳥園，p.114-117。
2. 吳怡欣、楊平世（1995）。大紅珠鳳蝶與紅珠鳳蝶之生物學研究。*動物園學報* 7：13-24。
3. 黃秀惠、鄭秋玲（2011）。台灣裳鳳蝶族（鱗翅目：鳳蝶科：鳳蝶亞科）之幼生期。《*台灣昆蟲*》31 卷3 期 (2011/09) Pp. 179-238。
4. 楊遠波、劉和義、呂勝由編著（1998）。*台灣維管束植物簡誌第二卷*。台北市：中華民國行政院農業委員會出版。
5. 楊琄嵐（2008）。台灣產馬兜鈴屬植物之分類研究。台師大生科系碩士論文。
6. 呂長澤、王震哲（2014）。台灣產馬兜鈴屬植物之一新種-裕榮馬兜鈴。
7. 洪裕榮（2008）。*蝴蝶家族*。彰化縣：洪裕榮。
8. 呂志堅、陳建仁（2014）。*蝴蝶生活史圖鑑*。台中市：晨星。
9. 張淑貞等（2003）。蝴蝶園之經營管理－以紅紋鳳蝶飼育為例。第 43 屆全國中小學科學展覽會。
10. 吳天賞、林昭庚（2005）。*馬兜鈴之研究與回顧*。台北市：衛生福利部國家中醫藥研究所。
11. 呂勝由、邱文良（1997）。*台灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑 (II)*。台北市；行政院農業委員會，p57-58。
12. 呂勝由、邱文良（1998）。*台灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑 (III)*。台北市：行政院農業委員會，p5-6。
13. 李宗憲（2008）。港口馬兜鈴葉片之馬兜鈴酸含量及其對紅紋鳳蝶產卵之作用。國立台東大學生命科學研究所碩士論文。
14. 陳建志（1992）。*蝴蝶公園的教育理念與環境經營*。第二屆動物園經營管理研討會專輯，p55-62。台北市：台北市立動物園編印。