

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生物科

**第一名**

030311

**麻醉大師—壺蜂麻醉獵物的策略與幼蟲捕食間關係**

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者：  國一 陳抒函  國一 施旻旻	指導老師：  李季篤  鄭君達
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：壺蜂、科學步驟、開放式循環系統

## 得獎感言

從參加科展，到縣賽，一路走到了全國賽，在這之中花費了多少時間和心血，多少的付出，才讓我站上了全國的舞台。

我從國一開始接觸這個領域，雖然一開始是感到陌生的，但在老師的引導下，這一年來不斷的做實驗、打報告、練口試，縱使這些工作很辛苦，卻讓我學到了課本以外的知識，也讓我擁有了一個全新的目標可以努力奮鬥，最後終於進入了全國賽！

五天的全國賽，第一天到會場就看到了各縣市的優秀作品，各式各樣資料齊全、圖表詳細的作品比比皆是，仔細的去看過之後，更發現每個作品都有它的獨特之處，有些優點更是我所缺少的。聽著其他參賽者充滿自信的練習，似乎也激起了我的幹勁，也讓我了解到了人外有人，天外有天的道理。

參加全國賽，我所背負的並不只是自己的榮譽，而是一個團隊，一個學校，甚至整個南投縣！在得知獲獎的那一瞬間，那種興奮之情是無法用言語形容的，這份榮譽以前對我來說總是遙不可及，而如今我們確確實實的獲得了這份最高榮譽！彷彿這一年來的所有努力和付出都變成了滿滿的成就感，達成了我那夢寐以求的目標！

或許研究就像是一個漫長而無窮盡的旅行，有時迷失方向，有時發現希望。這過程不可能一帆風順，總有困難要去面對，唯有靠自己去越過那一堵堵困境的高牆，才能突破自己讓自己更進一步。在這次的研究中讓我深深的感受到這個道理，只要堅持到底不輕易放棄，就能嚐到甜美的果實，不要去害怕辛苦，每一次的辛苦努力都是有價值的，都是一個寶貴的經驗，必定有所收穫。

感謝所有指導過我的老師，讓我懂得如何去完成一個研究；感謝家人的支持和鼓勵，讓我有繼續努力的動力；感謝我的隊友，和我一起達成目標。這次的科展真的讓我學到很多也成長了許多，如此寶貴的經驗是讓我永遠都無法忘懷的！



指導老師教導認識壺蜂的生態習性



與指導老師在競賽會場合影



在作品下公開講解

## 摘要

本研究在探討棕泥壺蜂的生殖行為，包括牠尋找、捕捉、保鮮獵物等策略與幼蟲捕食間的關係。結果一在尋找獵物上：壺蜂爲了讓下一代能順利成長，會有①壺蜂找到適合竹管並清潔乾淨。②壺蜂產下卵就離開。③再去捉捲葉蛾幼蟲回來竹管。④然後唧泥球將洞口封住。等複雜的繁殖行為。結果二在獵捕上：壺蜂會找尋  $6.57\pm 0.68\text{cm}\sim 9.28\pm 0.66\text{cm}$  大小的捲葉、與葉柄呈  $45^\circ\sim 125^\circ$  間夾角上捲葉葉片作上記號。捕捉體長  $13.0\pm 0.78\text{mm}\sim 15.1\pm 0.76\text{mm}$ 、體重  $0.032\pm 0.01\text{g}\sim 0.058\pm 0.01\text{g}$  的獵物。結果三在獵物保鮮上：將毒液注入獵物體內，讓原本心跳每分鐘平均 105 下的獵物，降到每分鐘平均 50 下的緩慢跳動，直到第七天才停止。結果四：壺蜂的幼蟲在獵物心跳停止前可以吃到新鮮活的獵物，以順利成長。

## 壹、研究動機

國中的生物課原來這麼有趣，沒想到老師課堂上教的生物知識，竟然可以拿來做科展與解決問題。我們運用上冊 1-3 探究自然科學單元學到的觀察、提出問題、參考文獻資料、形成假說、設計實驗步驟、進行實驗、提出結論等七大方法，作爲我們研究的步驟。運用 4-3 動物的開放式循環系統單元靈感，實際去研究捲葉蛾幼蟲的心臟跳動。到下冊 1-3 生殖單元時，從課本裡說到每種動物不同的生殖行為，爲了繁衍後代，會表現出求偶、交配、護卵和育幼等行為的知識，來研究壺蜂牠的生殖行為，我們好奇牠如何去選擇與捉捲葉蛾幼蟲（統稱爲獵物）？以及獵物會何不會逃跑？還有壺蜂的幼蟲是怎樣捕食獵物等等，都是我們感到有興趣的問題，希望藉由實驗的求證，來解開壺蜂神秘的生殖行為。

## 貳、研究目的

- 一、研究壺蜂的生殖行為方式，先產卵還是先捉獵物
- 二、研究壺蜂成蟲『找獵物』及『捕捉獵物』的策略
- 三、探討保存獵物的方法
- 四、研究壺蜂幼蟲的捕食策略

## 參、研究設備及器材

- |                         |        |
|-------------------------|--------|
| 1.數位相機（SONY RX100IV）    | 6.電線壓條 |
| 2.電子天秤（ATY124、SNUG-300） | 7.尺    |
| 3.顯微鏡（Dino-Lite）        | 8.量角器  |
| 4.畫軌                    | 9.筆電   |
| 5.鉗槍                    |        |



## 肆、研究方法

### 研究一、探討壺蜂的生殖行為

實驗目的：**壺蜂的生殖行為，到底是先產卵還是先捉捲葉蛾幼蟲**

#### (一) 實驗前的生態觀察：

我們在 105 年 9 月 26 日~105 年 10 月 14 日三個星期，利用下課與放學的時間在實驗室陽台觀察壺蜂繁殖的過程，看到了壺蜂有三種行為與一個結果。我們將壺蜂行為與結果分別畫出來。行為 1：壺蜂會抓捲葉蛾幼蟲到竹管內。行為 2：壺蜂會抓泥球到竹管內。行為 3：壺蜂會在竹管附近飛來飛去或在竹口上走來走去。結果 1：剖開 47 隻竹子後，發現竹子裡面有不會動的捲葉蛾幼蟲、壺蜂的幼蟲、壺蜂的蛹。(如表 1、圖 1、2)

表 1：「壺蜂生殖行為」的生態觀察與記錄的流程手繪圖





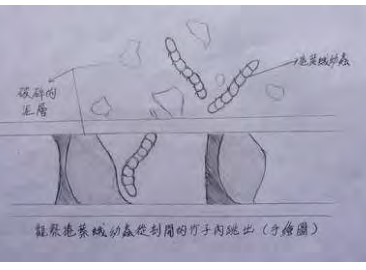

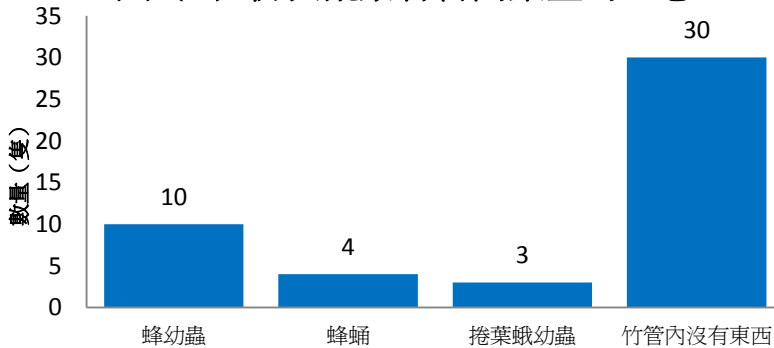
		
<p>1.行為一：看到壺蜂抓獵物回來了</p>	<p>2.行為二：看到壺蜂夾帶著泥球回來</p>	<p>3.行為三：看到壺蜂在巢室附近飛來飛去</p>
		
<p>4.行為三：看到壺蜂停在巢室</p>	<p>5.結果：剖開竹子後獵物散落一地或竹管內有壺蜂幼蟲</p>	

圖 (1) 初次觀察竹管內巢室的生態



說明：圖 1、經過三個星期的觀察，發現 10 支竹管內有壺蜂幼蟲、4 支竹管內有蜂蛹、還有 3 支竹管內有捲葉蛾幼蟲（獵物）。(N=47)



圖 2 竹子內的壺蜂幼蟲與蛹



(二) 觀察後我們產生了一個疑問：壺蜂的生殖行為是先產卵？還是先抓捲葉蛾幼蟲？

(三) 提出假設：根據我們實驗前的觀察判斷，我們『提出壺蜂先抓捲葉蛾幼蟲』的假設。

(四) 動手實驗：

步驟 1、設計竹管巢室：前往販賣竹子的商店，購買一捆 0.5~2.0cm 直徑大小的竹子。

步驟 2、製作巢室：

①以竹子的節為長度單位，先用鋸子切成一小段，再用柴刀放在竹管上，用鐵鎚敲打柴刀，將竹子剖開。②剖開竹子後再用透明膠帶黏合恢復原狀，最後放到陽台外等待觀察壺蜂飛來，實驗做流程照片。(如表 2)

表 2：「壺蜂生殖行為」的動手實驗操作流程



## 研究二、研究壺蜂找獵物及捕捉獵物的策略

### 實驗 2-1 壺蜂「尋找獵物」的策略

(一) 實驗前的生態觀察：我們在 105 年 10 月 3 日~105 年 10 月 14 日二個星期時間，利用下課後在校園的朱槿花圃內，觀察壺蜂如何去捉捲葉蛾幼蟲？我們看到了壺蜂常常飛到朱槿的葉片上，停了一下就飛走，不然在葉片上走來走去又飛走，於是把壺蜂停過的捲葉拿來觀察，發現每片捲葉裡面，有的是一隻大幼蟲、有的是一群小幼蟲，把壺蜂的行為畫出來後，我們認為壺蜂短暫停留在葉片的行為應該是在尋找捲葉蛾幼蟲。(如表 3)

表 3：「壺蜂尋找獵物」的生態觀察與手繪記錄表：



(2) 觀察後我們產生的疑問：壺蜂是如何找到捲葉蛾的幼蟲？以及牠又如何分辨出捲葉蛾幼蟲體型的大小呢？

(3) 提出假設：我們提出壺蜂是以『隨機』停在葉片上的方式，在尋找捲葉蛾的幼蟲。

(4) 動手實驗：

步驟 1. 在葉片上貼標籤：我們將有捲葉的朱槿葉貼上號碼標籤，標示了 127 個大小不一樣的捲葉樣本。

步驟 2. 測量捲葉的大小，實驗流程記錄照片。(如表 4)

表 4：「壺蜂尋找獵物」動手貼標籤的實驗流程圖照：



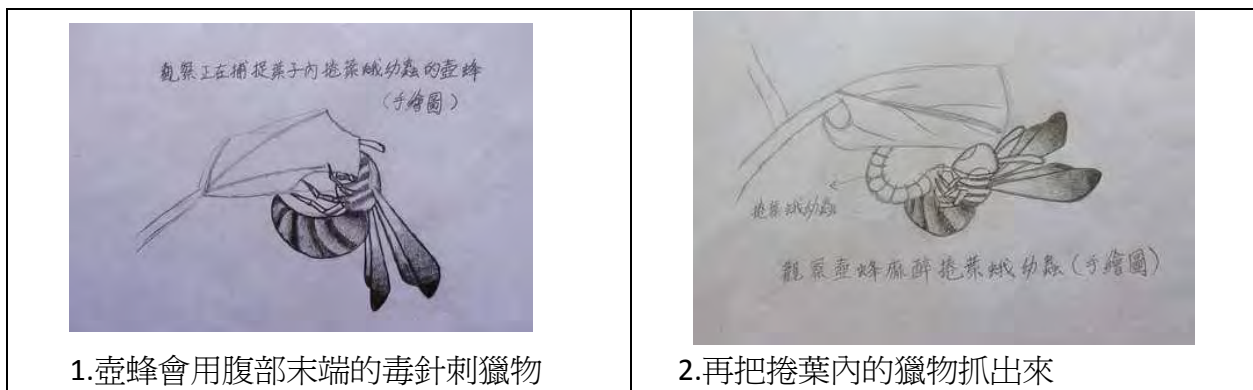
研究三、探討獵物（捲葉蛾幼蟲）被捕捉後的身體與心跳的變化

### 實驗 3-1 獵物『被捕後的身體』變化

#### （一）實驗前的生態觀察：

在朱槿花圃上，觀察到壺蜂會用毒針猛刺獵物，我們想這應該是麻醉迷昏獵物的東西吧，後來又看到壺蜂把頭會鑽進捲葉內捉獵物，因此我們想了解，這些獵物被迷昏捉入巢室之後，身體型態上會不會出現變化，如表 5 的觀察手繪圖。。

表 5：壺蜂捕捉獵物觀察手繪記錄



（2）觀察後我們產生的疑問：被壺蜂捉進巢室的獵物，在沒有進食的情況下，會不會死亡？

（3）提出假設：我們提出獵物在沒有進食的情況下，體重、體長應該會下降，最後會死亡。

（4）動手實驗：

實驗設計：『實驗組--測量被壺蜂麻醉後獵物』的體長與體重；『對照組--測量沒有被壺蜂麻醉的獵物』體長與體重。

步驟 1.測量麻醉前、後『體重』：以 7 間巢室（60 隻）為樣本，連續測量 7 天體重變化。

步驟 2.測量麻醉前、後『體長』：以 7 間巢室（60 隻）為樣本，連續測量 7 天體長變化。

步驟 3.對照組測量 3 天，實驗流程照片記錄如表 6、7：

表 6：實驗組--被壺蜂麻醉的獵物，觀察 7 天外觀型態變化的過程









			
1.第一天剛被捉進來	2.第三天排出些許糞便	3.第五天身體會翻轉	4.第七天身體變乾硬

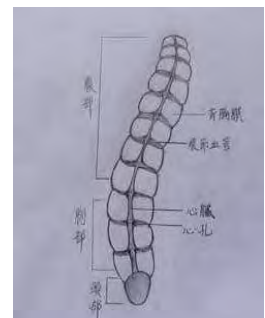
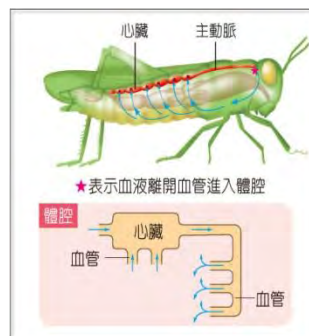
表 7：觀察對照組--沒有被壺蜂麻醉獵物，觀察 3 天型態變化的過程

			
1.用 CO2 短暫迷昏獵物	2.用水彩刷將蟲趕到磅秤上	3.測到對照組第一天重量，0.48g	4.測到對照組第三天重量，0.29g

### 實驗 3-2：獵物『被捕後的心跳』變化

#### (1) 實驗前的生態觀察與記錄：

根據國一上冊教科書的循環系統內容，我們學到昆蟲的循環系統是屬於開放式，血液由心臟流經末端開放的血管，再流入體腔中，由於組織細胞就浸在血液中，因此可直接進行物質的交換。在我們實驗的觀察過程，所看到在捲葉蛾幼蟲的體背上那條明顯的血管，牠的心臟就是分布在這上面，胸部有三節，腹部有九節。



(2) 觀察後我們產生的疑問：被壺蜂抓進巢室內的獵物，幾乎都不會動，這是不是代表心跳已經停止了？

(3) 提出假設：被壺蜂捉進巢室的獵物已經死亡了。

(四) 動手實驗：

實驗設計：『實驗組-測量被壺蜂麻醉後』獵物每分鐘心跳次數；『對照組-測量沒有被壺蜂麻醉』的獵物每分鐘心跳次數。

步驟 1. 測量被麻醉前、後心臟收縮時間：心臟由最大舒張到最大收縮所經歷時間，單位是秒。

步驟 2. 測量被麻醉前、後心臟舒張時間：心臟由最大收縮到最大舒張所經歷時間，單位是秒。

步驟 3. 測量被麻醉前、後心跳率：由每次心動週期（心臟收縮時間+心臟舒張時間）推算單位時間所產生的心動週期數量，單位是次/分鐘。

4. 實驗流程照片記錄如表 8、9：



表 8：「實驗組-獵物（捲葉蛾幼蟲）被麻醉」後心跳變化的觀察與測量（N=60）









 <p>1. 測量被麻醉後第一天獵物心臟收縮</p>	 <p>2. 測量被麻醉後第一天獵物心臟舒張</p>
 <p>3. 測量被麻醉後第六天獵物心臟收縮</p>	 <p>4. 測量被麻醉後第六天獵物心臟舒張</p>

表 9：「對照組-獵物沒有被麻醉」心跳變化的觀察與測量（N=10）

 <p>1. 沒有被麻醉第一天獵物心臟收縮</p>	 <p>2. 沒有被麻醉第一天獵物心臟舒張</p>
 <p>3. 沒有被麻醉第三天獵物心臟收縮</p>	 <p>4. 沒有被麻醉第三天獵物心臟舒張</p>

## 研究四、壺蜂幼蟲的捕食策略

### (1) 實驗前的生態觀察與記錄：

記得之前把捲葉拿起來觀察時，還被跳出來的獵物（捲葉蛾幼蟲）給嚇到，所以判斷捲葉蛾幼蟲爬行速度應該很快，但是被壺蜂捉進巢室後，不再有跳動或爬行的行為，打開竹管巢室後，看到裡面的獵物幾乎停止移動，如表 10 觀察手繪圖。

表 10：「獵物住在捲葉、受驚嚇與被捉後的生態」觀察手繪圖



(2) 觀察後我們產生的疑問：在巢室內的獵物為什麼不會掙扎或逃跑？

(3) 提出假設：因為獵物已經被壺蜂的毒液迷昏，所以無法逃跑。

(4) 動手實驗：

實驗 4-1 設計：『實驗組-測量被麻醉後』與『對照組-測量沒有被麻醉』獵物每分鐘爬行距離。

步驟 1. 實驗組--測量『被麻醉獵物』行走速度：將獵物從巢穴內倒出來，測量每分鐘行走距離。

以樣本一巢室內的 8 隻獵物為例。(如表 11)

步驟 2. 對照組--測量『沒有被麻醉的獵物』行走距離：用水彩筆刷毛輕刷捲葉，觀察獵物的反應，再將它放在飼養盒，測量時放在方格紙上，測量牠每分鐘行走的速度，測量 8 隻，每隻測 3 次。(如表 12)

步驟 3. 測量『壺蜂幼蟲』爬行速度：將壺蜂幼蟲放到飼養盒上，測量牠每分鐘行走的距離。

表 11：實驗組--動手實驗流程照片

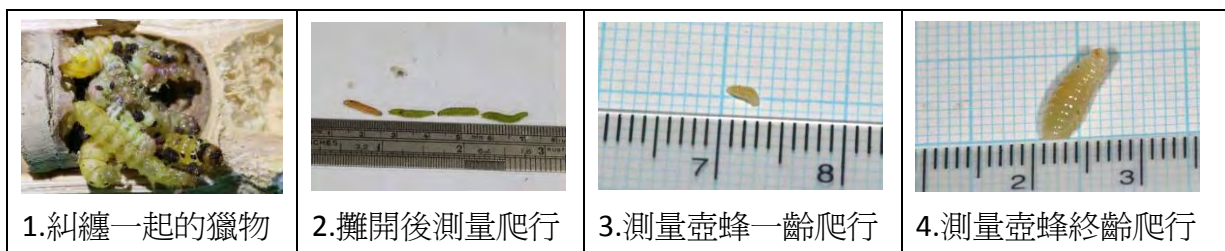


表 12：對照組--動手實驗流程照片



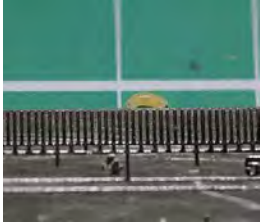
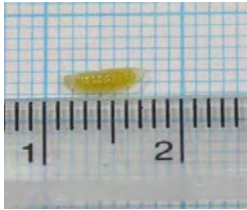











**實驗 4-2 設計：探討壺蜂幼蟲攝食與被麻醉的獵物存活間關係。**

步驟 1.『壺蜂幼蟲攝食獵物方式與體重、體長的變化』：觀察壺蜂幼蟲從孵化到吃獵物的過程，並測量體重、體長。(表 13)

步驟 2.測量『壺蜂幼蟲攝食獵物天數與獵物存活天數』間的關係：記錄孵化後的壺蜂幼蟲啃食獵物的天數，再比較獵物存活天數，找出兩者間的關係。

表 13、測量「壺蜂幼蟲體長與體重」操作照片：

		
1.測量一齡幼蟲 0.3cm	2.測量二齡幼蟲 0.6cm	3.測量三齡幼蟲 1.3cm
		
4.剛孵化的壺蜂一齡幼蟲體重 0.0017g	5.第一天壺蜂幼蟲吸食獵物後體重 0.0081g	6.第二天壺蜂幼蟲吸食獵物後體重 0.0271g
		
7.第三天壺蜂幼蟲吸食獵物後體重 0.1870g	8.第三天壺蜂幼蟲吃完所有獵物後體重 0.3964g (樣本一)	9.壺蜂幼蟲體重 0.35g (樣本二)
		
10.壺蜂幼蟲體重 0.28g (樣本三)	11.壺蜂幼蟲體重 0.26g (樣本四)	

## 伍、研究結果

### 一、探討壺蜂生殖行為的實驗結果：

初步得到的結果，並『不符合』當初先抓捲葉蛾幼蟲再產卵的假設，理由有 2 點。

1. 經過觀察求證，壺蜂生殖行為過程有一定次序：①壺蜂找到適合竹管並清潔乾淨。②壺蜂產下卵就離開。③再去捉捲葉蛾幼蟲回來竹管。④壺蜂再啣泥球將洞口封住。(如表 14)
2. 打開巢室內的觀察結果，①卵的大小約 0.4cm。②巢室內有 6~12 隻體色不同、體型大小卻相似的捲葉蛾幼蟲。③一隻竹管會有 1~7 個巢室。

表 14：「壺蜂生殖行為」的觀察實驗圖照結果

 <p>1. 看到壺蜂鑽入竹管內</p>	 <p>2. 大顎從竹管內夾出髒東西</p>
 <p>3. 把髒東西丟棄在地上</p>	 <p>4. 壺蜂在竹管內先產卵</p>
 <p>5. 再捉捲葉蛾幼蟲</p>	 <p>6. 利用大顎夾泥球築巢</p>
 <p>7. 最後用泥土封起來</p>	 <p>8. 巢室內有卵及捲葉幼蟲</p>
 <p>10. 卵的大小約 0.4cm</p>	 <p>11. 這隻竹管有 2 間巢室</p>



二、壺蜂找獵物及捕捉獵物策略的實驗結果：

(一) 壺蜂最常停在 4.0cm~7.5cm 的捲葉上，而且在這些捲葉上咬出一個圓形或不規則的孔洞記號。(如表 15、圖 5)

表 15、壺蜂『咬食痕做記號尋找獵物的過程與證據』：

  <p>1. 壺蜂飛到捲葉上，咬了一口就飛走了</p>	 <p>2. 標籤貼在下垂的捲葉上，被壺蜂咬了一個不規則孔洞記號</p>		
 <p>3. 樣本一被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>4. 樣本二被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>5. 樣本三被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>6. 樣本四被壺蜂做記號的捲葉</p>
 <p>7. 樣本五被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>8. 樣本六被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>9. 樣本七被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>10. 樣本八被壺蜂做記號的捲葉</p>
 <p>11. 樣本九被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>12. 樣本十被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>13. 樣本十一被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>14. 樣本十二被壺蜂做記號的捲葉</p>
 <p>15. 樣本十三被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>16. 樣本十四被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>17. 樣本十五被壺蜂做記號的捲葉</p>	 <p>18. 用尺量捲葉大小</p>

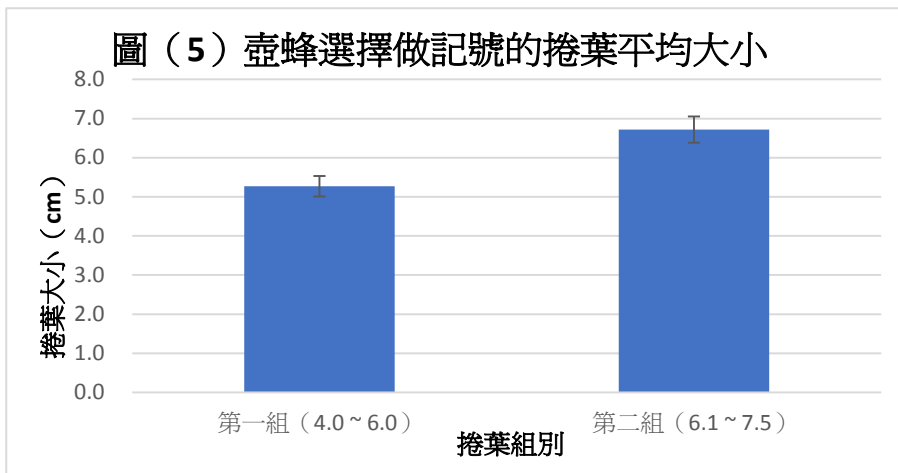


圖 5 說明：被壺蜂做記號的捲葉平均大小在  $5.3 \pm 0.5 \text{cm}$  ~  $6.7 \pm 0.4 \text{cm}$  (N=57)

**結果與發現：**

根據上面的實驗結果，發現了並**不符合當初『隨機捕捉』的實驗假設，因此我們決定重新提出新的假設**，『就是壺蜂會選擇體型大小差不多的捲葉與獵物才進行捕捉』。

**再次進行實驗--『壺蜂捕捉獵物』的策略研究：**

**步驟 1：**製作一支角度測量器，再運用三力平衡合力=0 概念，去測量 57 個捲葉樣本，當葉柄支承力、殘餘樹葉的拉力、捲葉內幼蟲體的重力，三力達平衡時，計算外力與所成角度正弦值成正比，觀察葉柄延長線與殘餘樹葉延長線所形成角度。

**步驟 2：**測量被壺蜂選定的捲葉裡面獵物的體長、體重。

**步驟 3：**測量**剛被壺蜂捉入巢室內的獵物**，以七個樣本 60 隻獵物為樣本，分別測量體長與體重。實驗流程記錄照片。(如表 16)

表 16、製作角度測量器以及測量被壺蜂捉到巢室內獵物體重與體長：

			
1.製作角度測量器	2.有 57 個被壺蜂做記號捲葉，拿尺測量捲葉長度	3.打開捲葉測量獵物體長約 1.35cm	4.取出獵物測量體重約 0.06g
			
5.打開巢室內樣本(1) 有 9 隻獵物	6.打開巢室內樣本(2) 有 10 隻獵物	7.打開巢室內樣本(3)(4) 有 6 隻、11 隻獵物	8.打開巢室內樣本(5) (6) (7)有 6、6、12 隻獵物



**再次實驗得到的結論：**

表 17：壺蜂選定的捲葉，葉片與葉柄間大多介於  $45^\circ \sim 125^\circ$  夾角。

<p>1. 剛開始使用直尺測量捲葉跟葉柄間的關係</p>	<p>2. 改良後的器材，可以測量角度， 當 <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>115^\circ = 115^\circ</math>) <math>W1/\sin 115 = F1/\sin 121 = F2/\sin 124</math></p>	
<p>3. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>74^\circ = 74^\circ</math>) <math>W1/\sin 74 = F1/\sin 161 = F2/\sin 125</math></p>	<p>4. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>50^\circ = 50^\circ</math>) <math>W1/\sin 50 = F1/\sin 157 = F2/\sin 153</math></p>	<p>5. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>100^\circ = 100^\circ</math>) <math>W1/\sin 100 = F1/\sin 147 = F2/\sin 113</math></p>
<p>6. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>61^\circ = 61^\circ</math>) <math>W1/\sin 61 = F1/\sin 166 = F2/\sin 133</math></p>	<p>7. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>125^\circ = 125^\circ</math>) <math>W1/\sin 125 = F1/\sin 145 = F2/\sin 90</math></p>	<p>8. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>92^\circ = 92^\circ</math>) <math>W1/\sin 92 = F1/\sin 161 = F2/\sin 107</math></p>
<p>9. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>68^\circ = 68^\circ</math>) <math>W1/\sin 68 = F1/\sin 153 = F2/\sin 139</math></p>	<p>10. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>69^\circ = 69^\circ</math>) <math>W1/\sin 69 = F1/\sin 168 = F2/\sin 123</math></p>	<p>11. <math>\theta 1 = \theta 4</math> (<math>58^\circ = 58^\circ</math>) <math>W1/\sin 58 = F1/\sin 149 = F2/\sin 153</math></p>

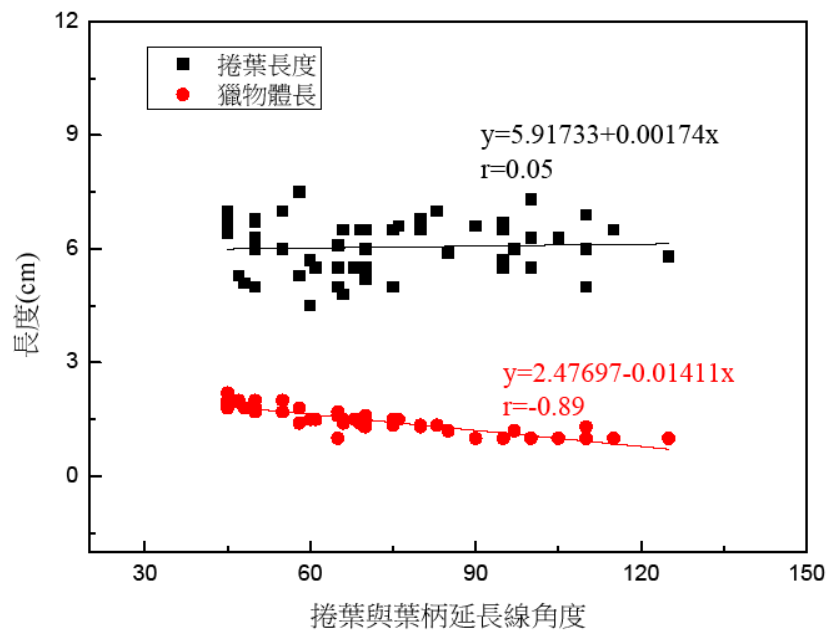


圖 6 說明：(1) 捲葉長度與角度的 r 值為 0.05，可看出捲葉長度與角度之間的相關性低。  
 (2) 獵物的體長與角度的 r 值為-0.89，兩者間屬高度相關，可推測，當體長越長時，角度會越小。

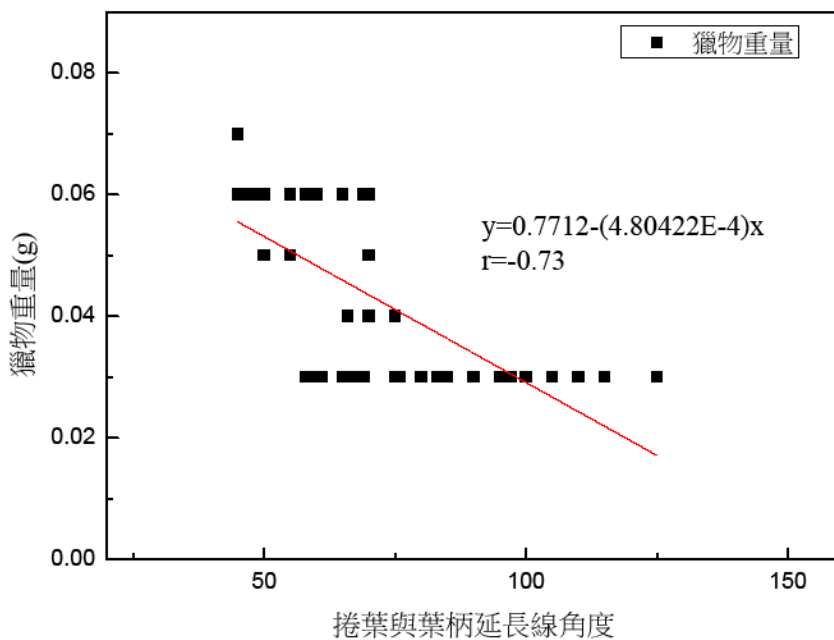
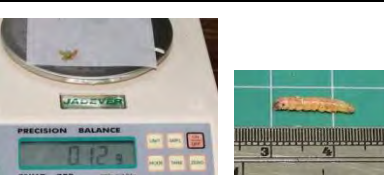






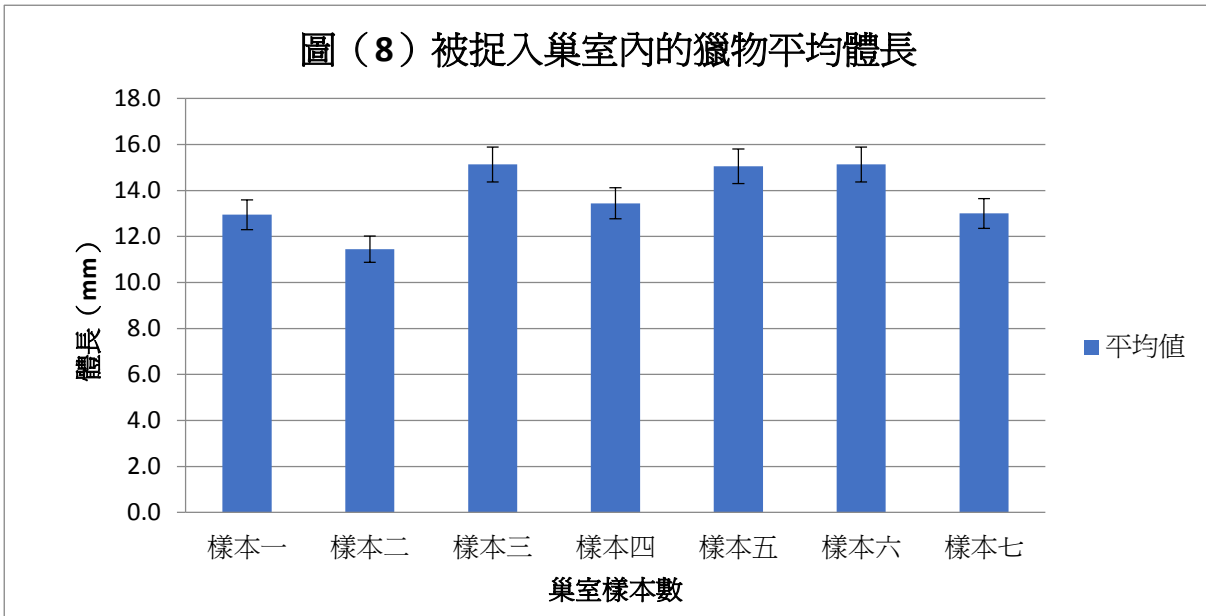
圖 7 說明：獵物的重量與角度的 r 值為-0.73，達高度相關，可推測：當獵物重量越重時，角度會越小。



表 18：「被捕捉的獵物（捲葉蛾幼蟲）體重、體長」測量結果（N=60）

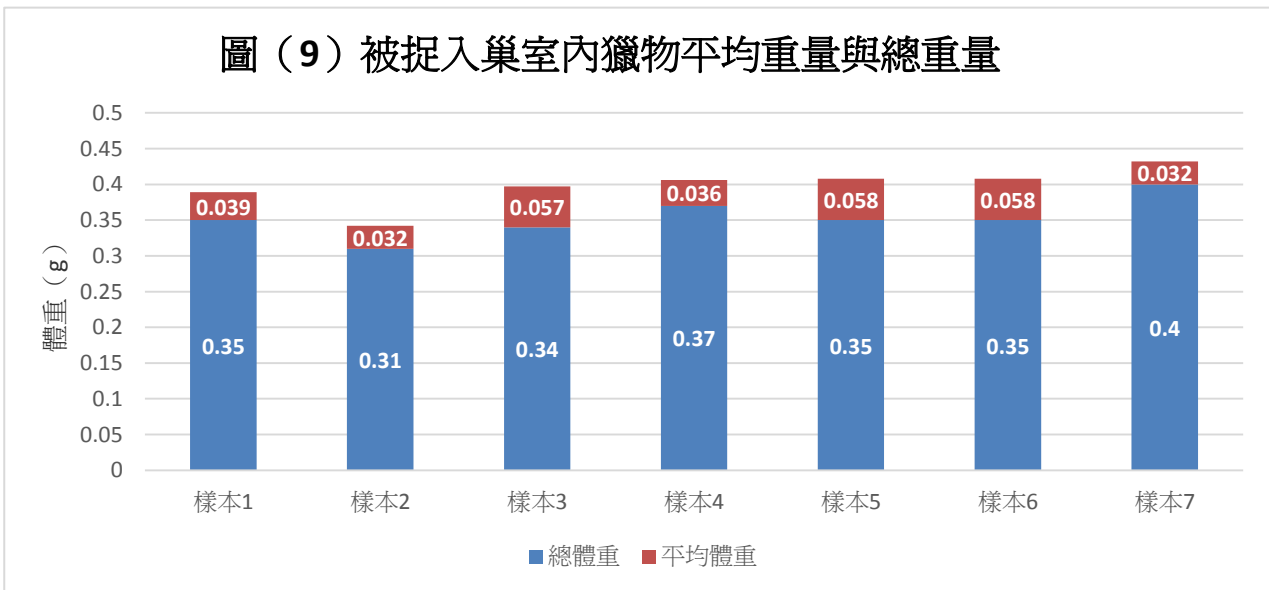
		
<p>1. 打開竹管巢室</p>	<p>2. 把巢室獵物取出</p>	<p>3. 樣本一，體長約 14mm， 第一隻重 0.04g，</p>
		
<p>4. 樣本一，第二隻長約 14mm， 2 隻體重共 0.08g，</p>	<p>5. 樣本一，第三隻長約 13.5mm， 3 隻體重共 0.12g，</p>	<p>6. 樣本一，第四隻長 13.5mm， 4 隻體重共 0.16g，</p>
		
<p>7. 樣本一，第七隻長約 12.5mm， 7 隻體重共 0.26g，</p>	<p>8. 樣本一，第八隻長約 13.5mm， 8 隻體重共 0.30g，</p>	<p>9. 樣本一，第九隻長約 11mm， 9 隻體重共 0.35g，</p>
		
<p>10. 樣本二，10 隻體重共 0.31g</p>	<p>11. 樣本三，6 隻體重共 0.34g</p>	<p>12. 樣本四，11 隻體重共 0.37g</p>
		
<p>13. 樣本五，6 隻體重共 0.35g</p>	<p>14. 樣本六，6 隻體重共 0.35g</p>	<p>15. 樣本七，12 隻體重共 0.41g</p>

圖（8）被捉入巢室內的獵物平均體長



說明：被壺蜂捉入竹管巢室內的獵物，樣本 6 隻數最少，巢室內的獵物平均體長在  $15.1 \pm 0.76 \text{mm}$ 。樣本 12 隻數最多，巢室內獵物的平均體長在  $13.0 \pm 0.71 \text{mm}$  (N=60)

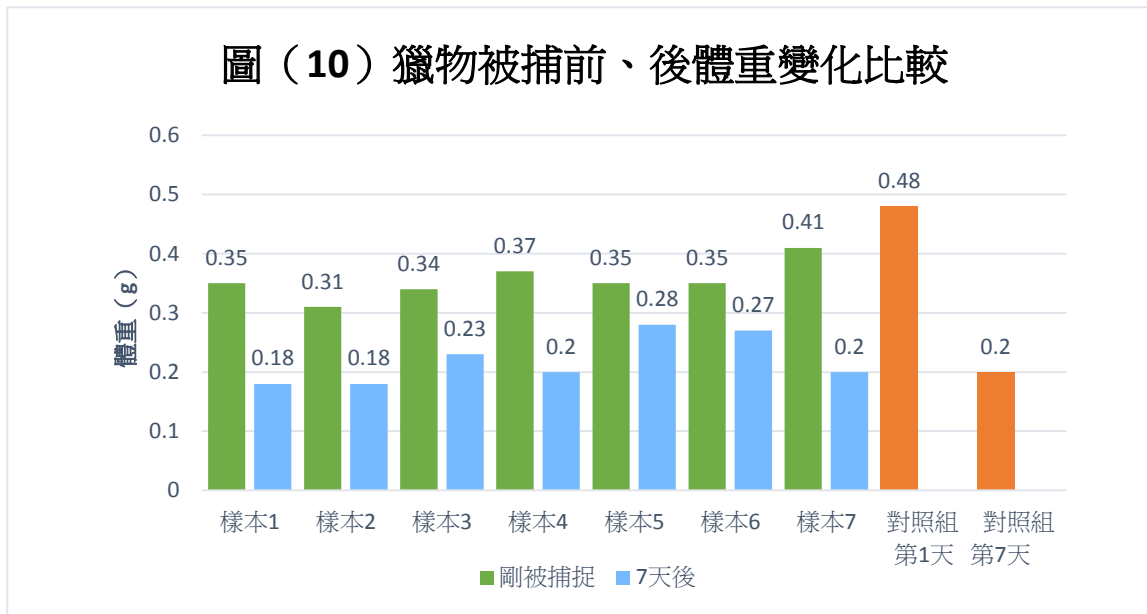
圖（9）被捉入巢室內獵物平均重量與總重量



說明：被壺蜂捉入竹管巢室內的獵物，每間巢室內有 6 隻~12 隻獵物，每間巢室內『每一隻重量』平均在  $0.032 \pm 0.01 \text{g} \sim 0.058 \pm 0.01 \text{g}$ ，『每一間巢室』內的獵物總重量在  $0.31 \pm 0.01 \text{g} \sim 0.40 \pm 0.01 \text{g}$ 。(N=60)

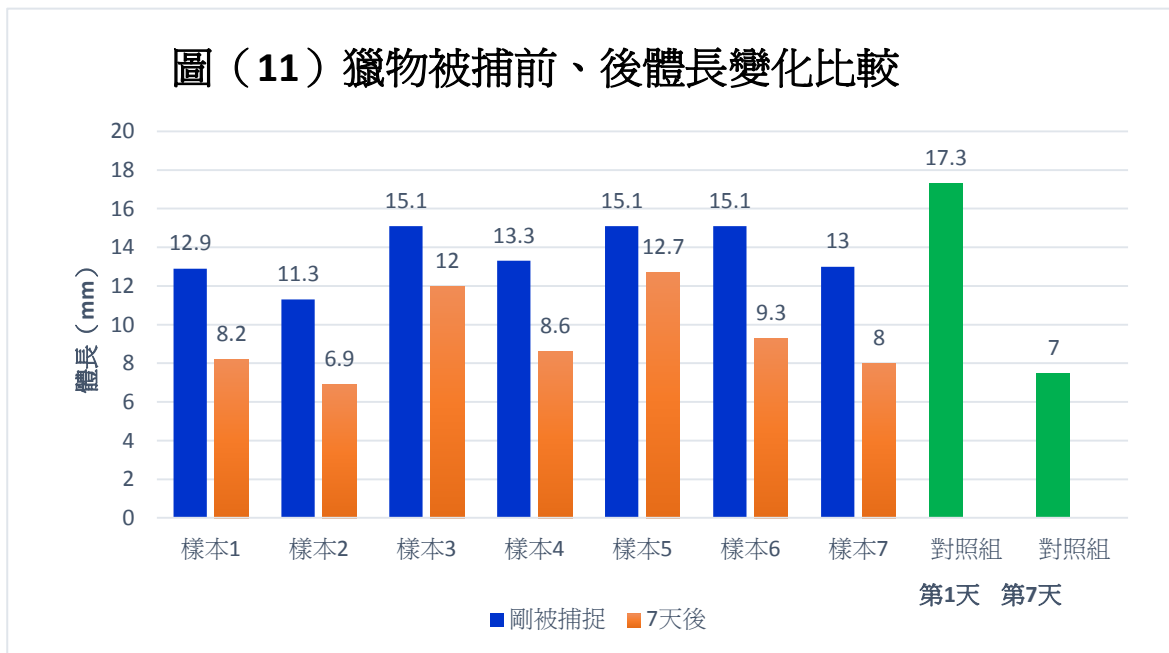
### 三、獵物被捕捉後的身體與心跳的實驗結果：

#### 1.關於獵物『被捕後的身體』變化結果



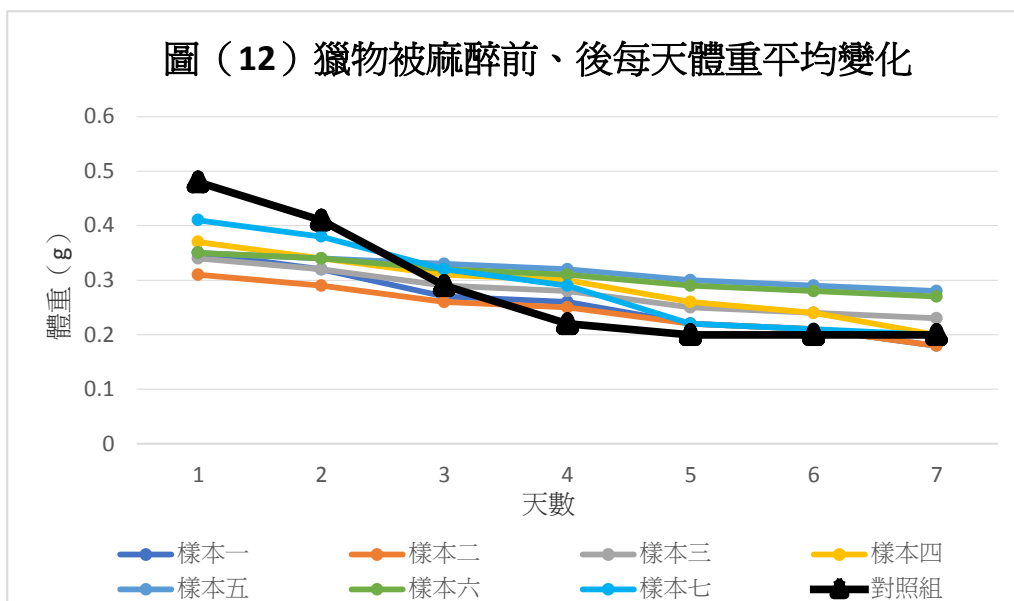
說明：(1) 7 個巢室樣本內獵物體重從小到大是 0.31g~0.41g，經過 7 天後體重只剩下 0.18g~0.28g。(N=60)

(2) 沒有被麻醉的對照組第 1 天體重 0.48g，第 7 天體重只剩下 0.2g。(N=10)

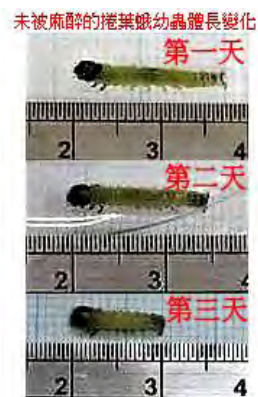
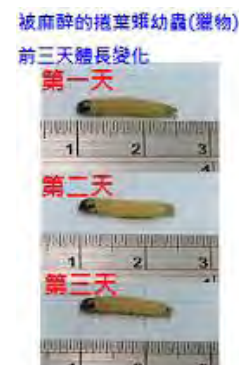
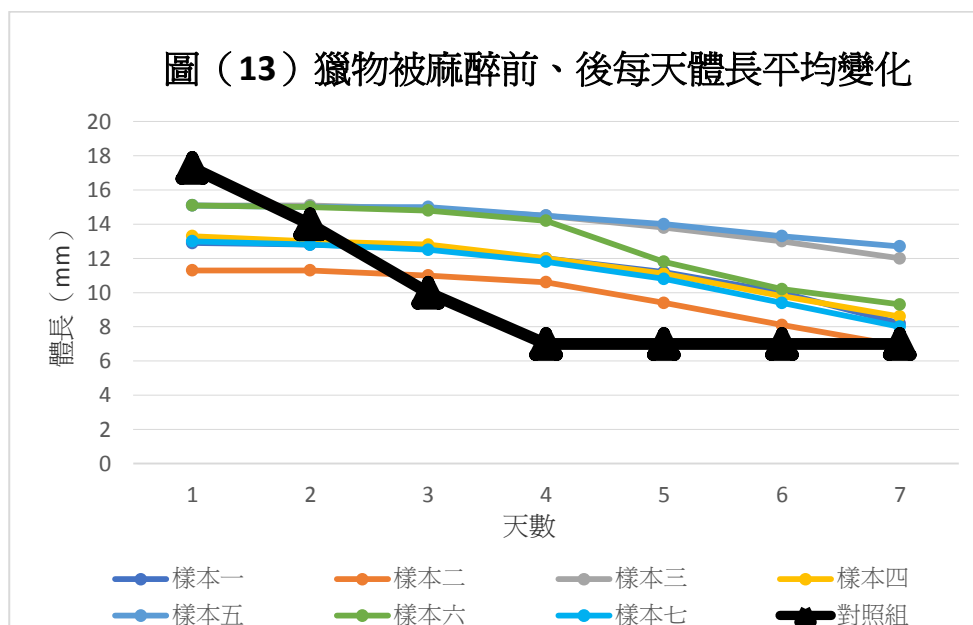


說明：(1) 7 個巢室樣本內捲葉蛾幼蟲平均體長小到大是 11.3mm~15.1mm，經過 7 天後體長縮短剩下 6.9mm~12.7mm。(N=60)

(2) 沒有被麻醉的對照組第 1 天平均體長 17.3mm，第 7 天平均體長只剩下 7.0mm。(N=10)



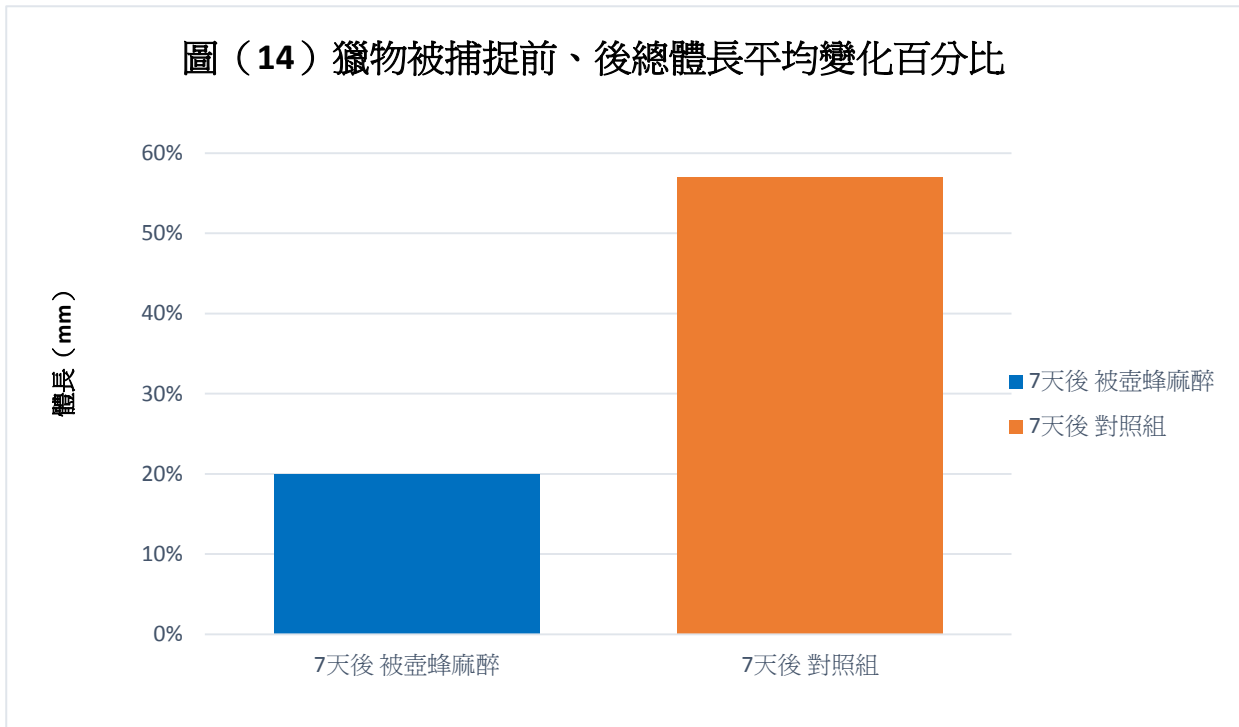
說明：(1) 被麻醉的獵物每天**體重變化不大**，每天體重平均下降只有 0.01g~0.06g。(N=60)  
 (2) 沒有被麻醉的獵物每天**體重變化很大**，每天的平均體重分別是 0.07g~0.12g。(N=10)



說明：(1) 被麻醉的獵物每天**體長變化不大**，平均只下降 0.1mm~1.8mm。(N=60)  
 (2) 沒有被麻醉的獵物 7 天**體長變化很大**，每天平均的體長分別是 3.0mm~4.0mm。(N=10)

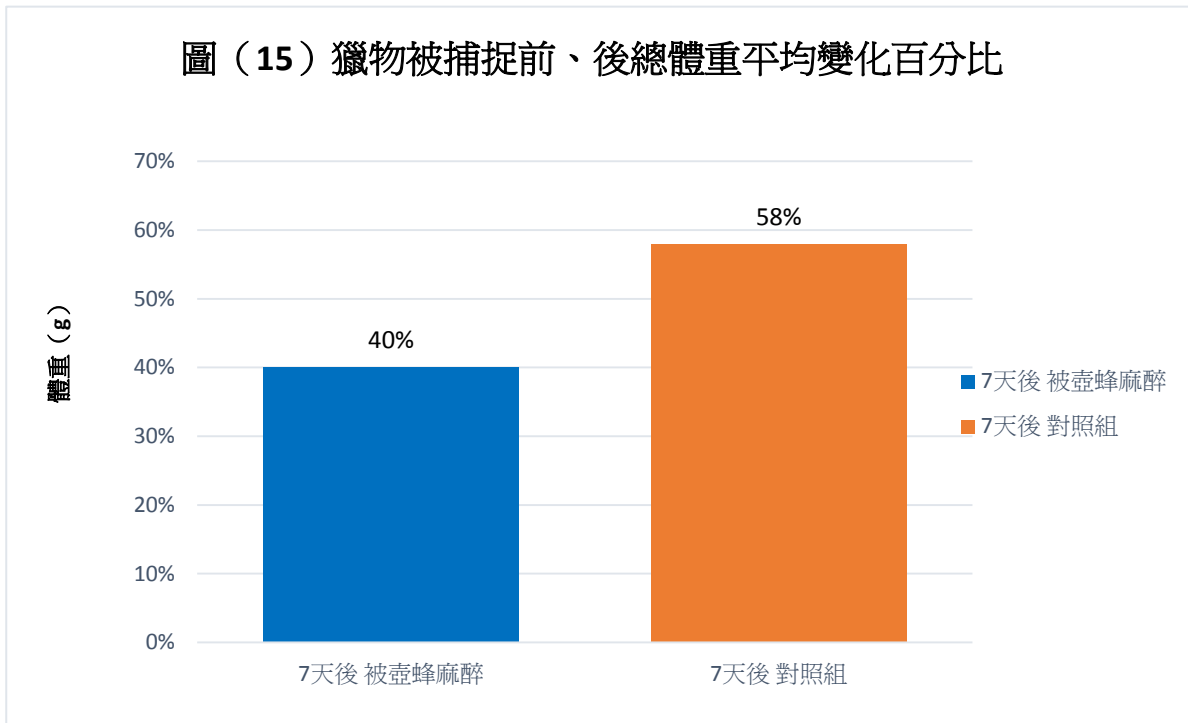


圖（14）獵物被捕捉前、後總體長平均變化百分比



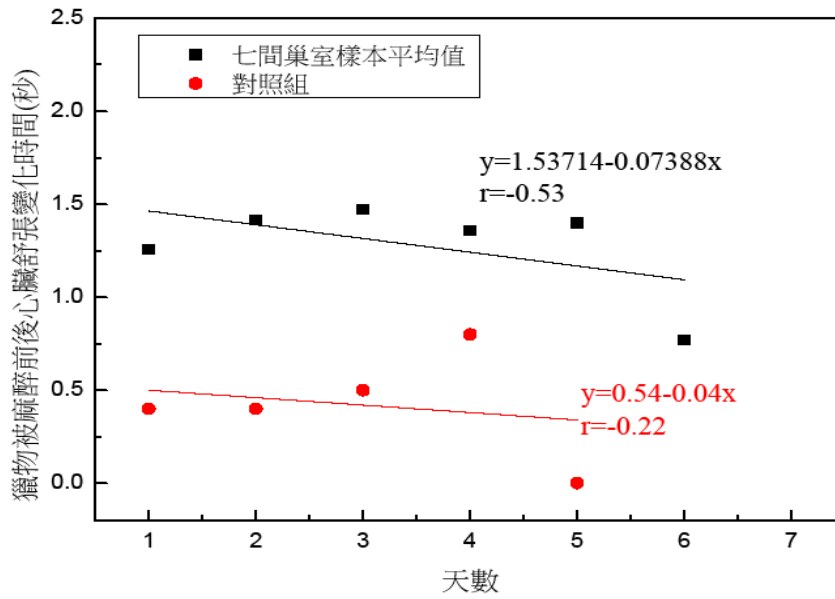
說明：(1) 被麻醉的獵物 7 天體長減少了 20% (N=60)  
(2) 沒有被麻醉的獵物 7 天體長減少了 57% (N=10)

圖（15）獵物被捕捉前、後總體重平均變化百分比

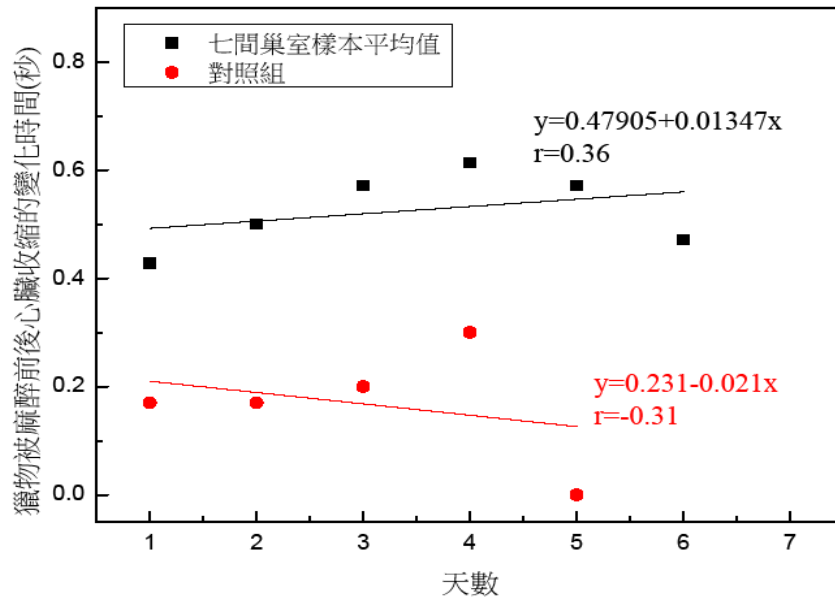


說明：(1) 被麻醉的獵物 7 天體重減少了 40% (N=60)  
(2) 沒有被麻醉的獵物 7 天體重減少了 58% (N=10)

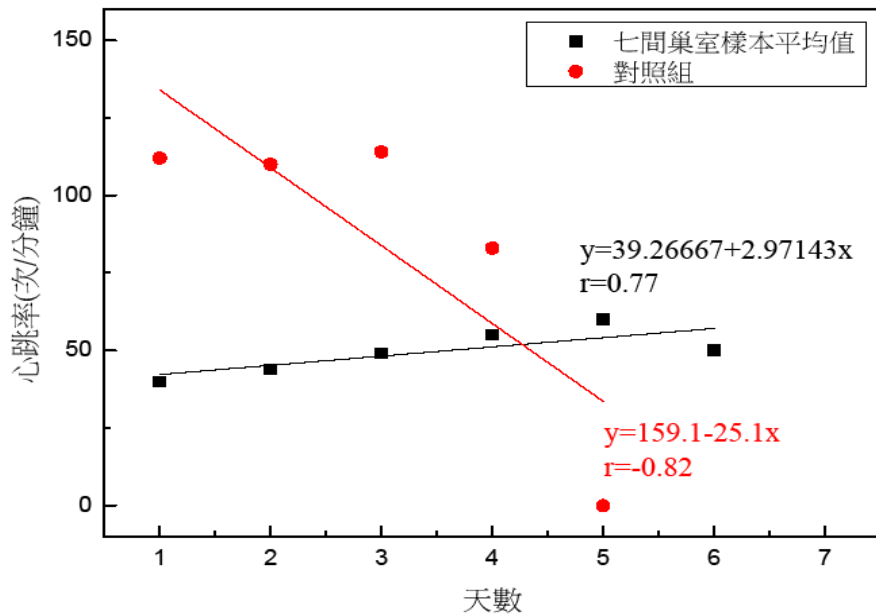
2.關於獵物『被捕後的心跳』變化結果：



圖（16）說明：被麻醉獵物舒張時間平均值與天數的 r 值為-0.53，屬中度相關，可推測：隨著時間增加，心臟舒張的時間變化減少；對照組相關係數為-0.22，為低度相關，推測心臟舒張變化時間可能受其他因素影響。



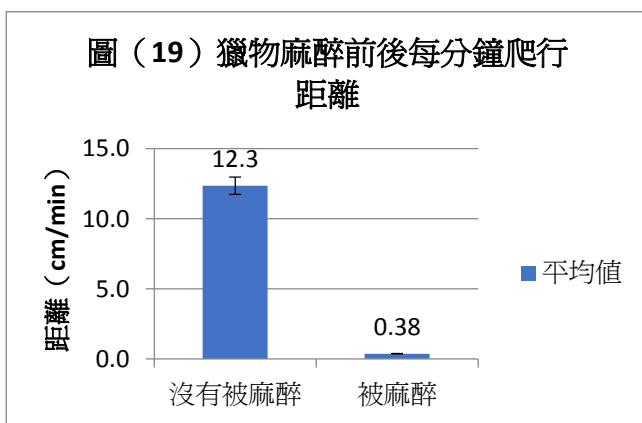
圖（17）說明：獵物收縮時間平均值與天數的 r 值分別是 0.36 及-0.31，達中度相關，推測心臟收縮的變化時間可能與其他因素有關。



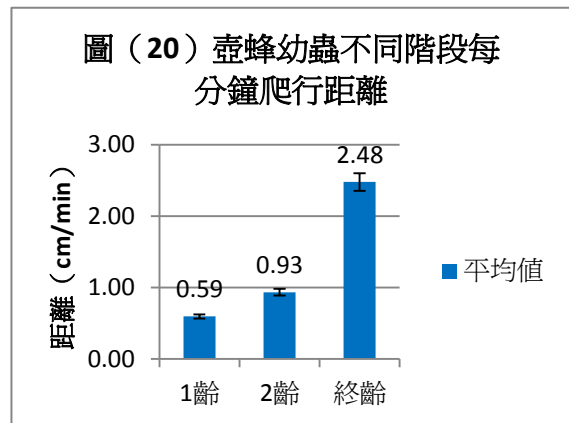
圖(18)說明：獵物收縮時間平均值與天數的r值分別是0.77及-0.82，屬高度相關，可推測隨著時間增加，獵物樣本的心跳率也隨著增加。

#### 四、壺蜂幼蟲的捕食策略實驗結果：

- 『沒有被麻醉的獵物』：以每分鐘爬行 8.3cm~15.3cm 距離，放回透明盒內的捲葉之後會吐絲線築巢。
- 『被麻醉後的獵物』：只以每分鐘蠕動爬行 0.3cm~0.6cm 的距離，幾乎已經處於靜止不動的狀態。
- 『壺蜂幼蟲』爬行距離：壺蜂幼蟲每分鐘平均爬行 $1.33 \pm 0.82$ cm。



說明：獵物『被麻醉前的獵物』移動距離，每分鐘爬行 $12.3 \pm 3.68$ cm的距離。『被麻醉後的獵物』，每分鐘只能行走 $0.38 \pm 0.12$ cm，幾乎已經是處於不動的狀態。(N=8)



說明：一齡幼蟲每分鐘爬行 $0.59 \pm 0.03$ cm，二齡蟲 $0.93 \pm 0.12$ cm，終齡蟲 $2.48 \pm 0.16$ cm的距離，以終齡幼蟲移動距離最遠，因此壺蜂幼蟲有短距離的移動能力。(N=3)

## 再次求證幼蟲捕食實驗：

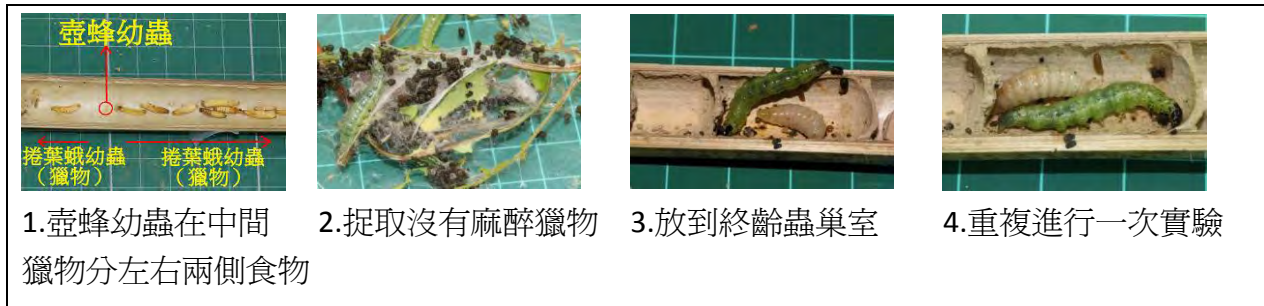
根據上面的實驗結果，理論上在巢室裡面，壺蜂幼蟲可以靠著緩慢移動方式，去攝食已經被麻醉的獵物。但是我們還是有一點疑惑？沒有被麻醉的獵物，壺蜂真的無法追捕到獵物嗎？因此我們再次進行下列實驗解除疑惑？

### 再次實驗，壺蜂幼蟲靠爬行吃獵物：

步驟 1：以一齡幼蟲為例，把捲縮一起的獵物攤平，分別放在壺蜂幼蟲的左右兩側，觀察並記錄壺蜂幼蟲是否會爬行去尋找食物。

步驟 2：以終齡幼蟲為例，取 2 隻大小相似沒有被麻醉的獵物，放到有壺蜂幼蟲的巢室內，進行觀察。實驗進行 2 次，如表 19 操作圖照：

表 19：壺蜂幼蟲靠爬行吃獵物操作圖照



求證的結果：如表20、圖21

表20：壺蜂幼蟲可靠爬行吃獵物圖照結果

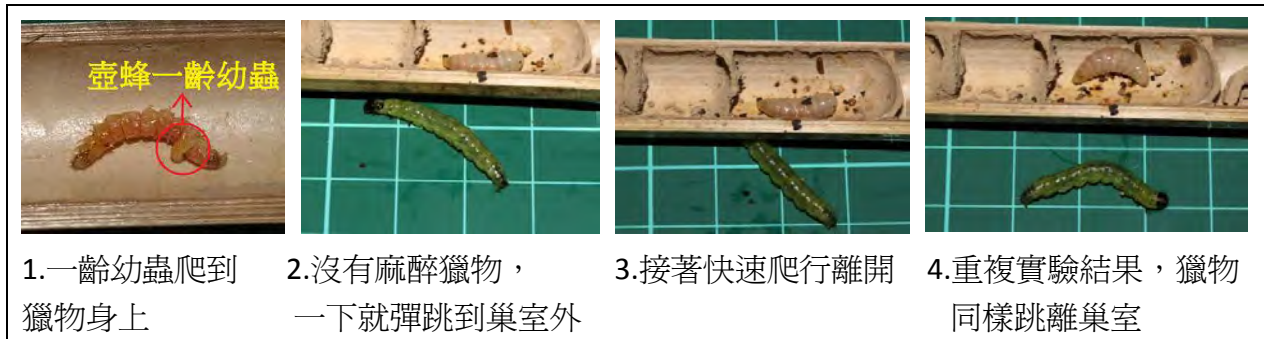
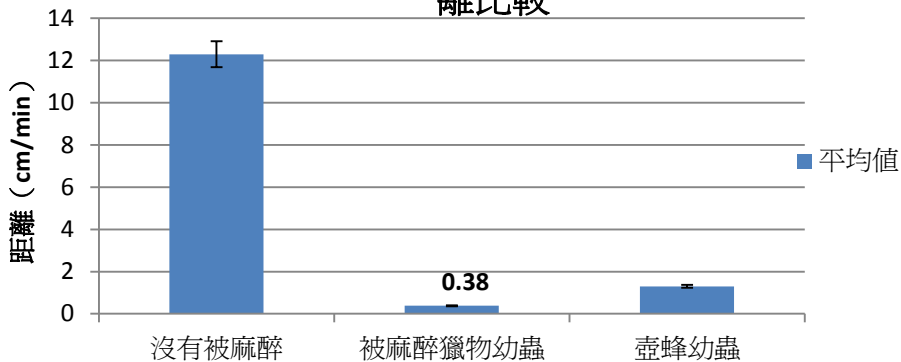


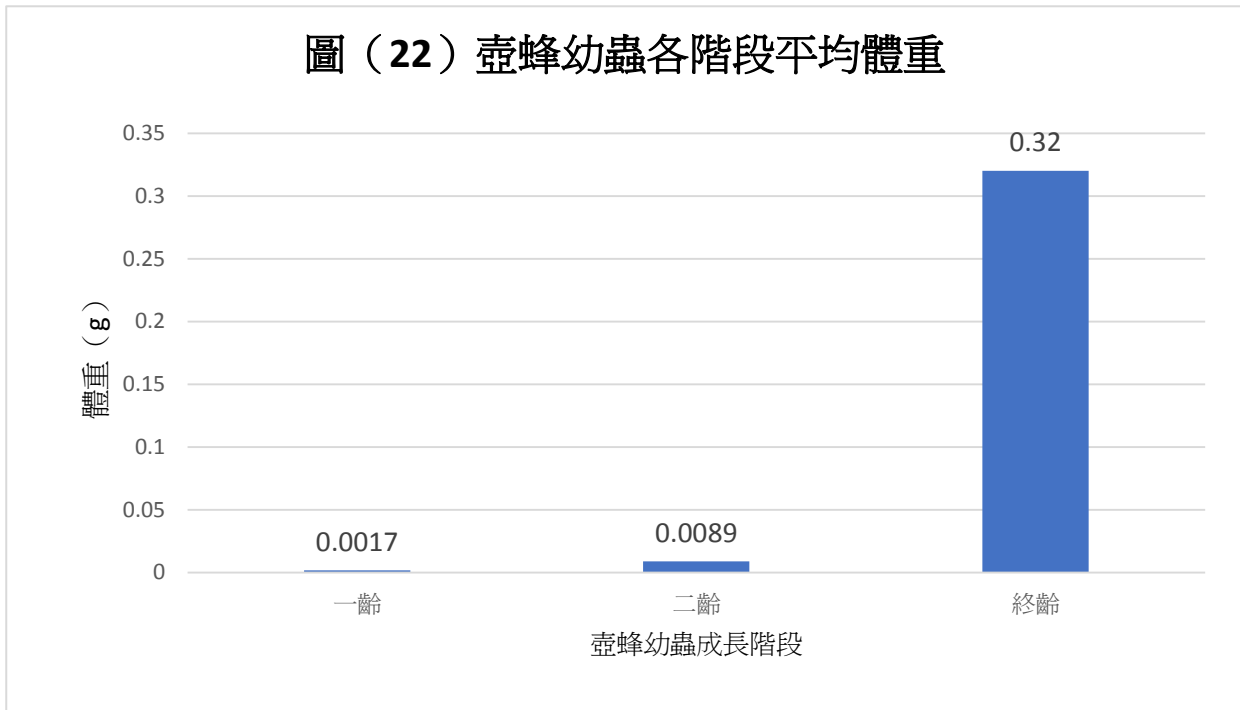
圖 (21) 壺蜂幼蟲與獵物麻醉前、後爬行距離比較



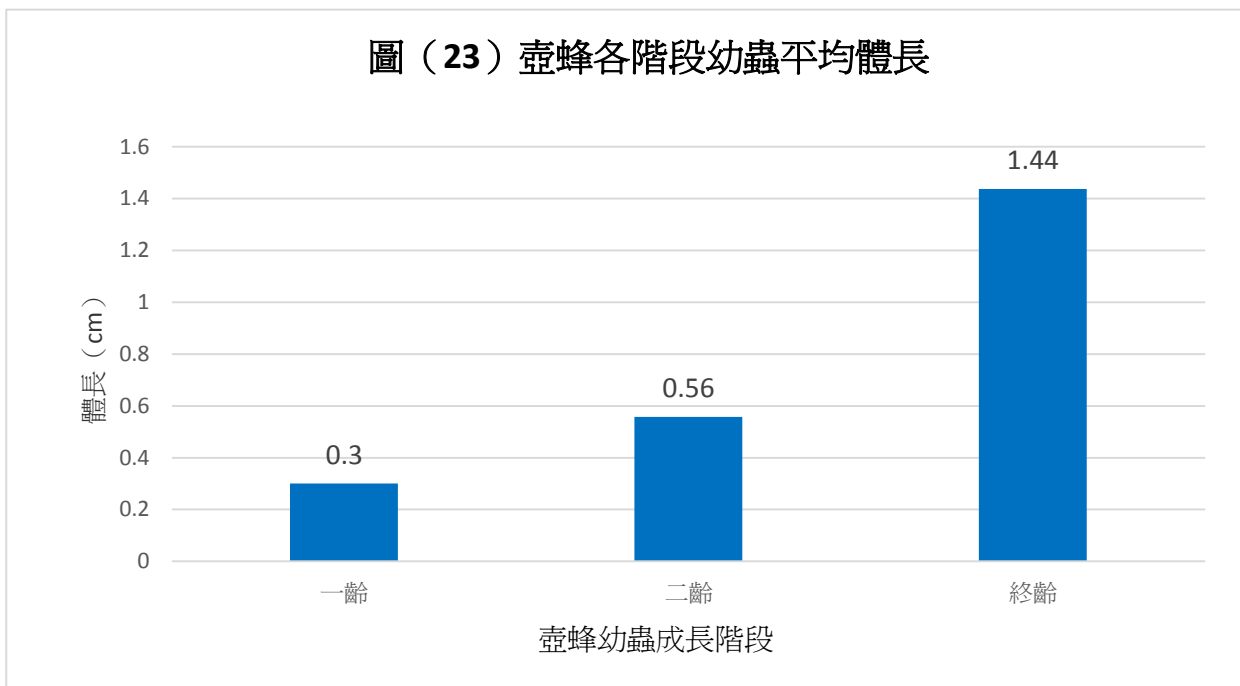
說明：  
壺蜂幼蟲每分鐘  
平均爬行  
 $1.33 \pm 0.82 \text{cm}$ ，大  
於麻醉後獵物的  
 $0.38 \pm 0.12 \text{cm}$ ，  
因此壺蜂幼蟲真的  
可以利用蠕動  
爬行的方式吃到  
獵物。



4. 壺蜂幼蟲吃獵物後體重、體長變化結果：



說明：壺蜂幼蟲一齡到三齡的平均體重 (N=4)



說明：壺蜂幼蟲一齡到三齡的平均體長 (N=4)

表 21：「壺蜂幼蟲的捕食獵物過程記錄」結果照片










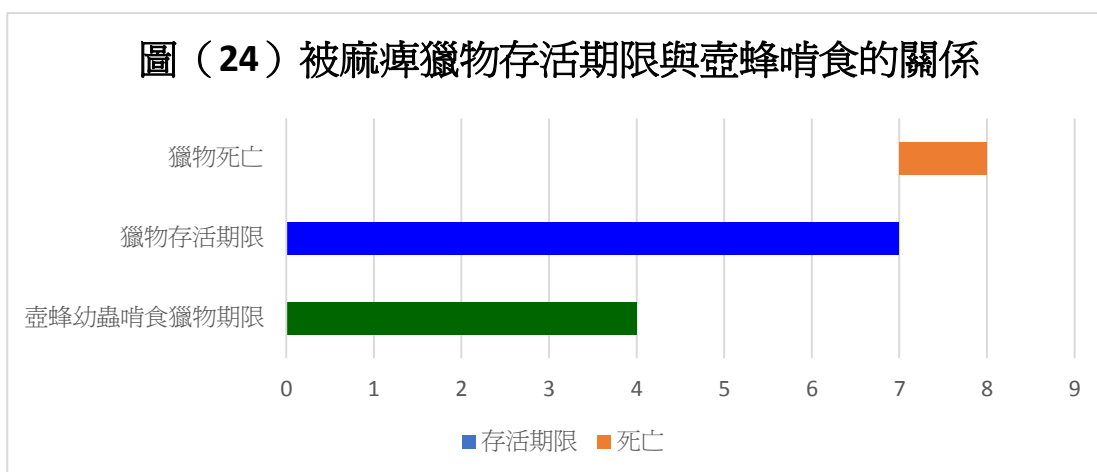
 <p>1. 二齡幼蟲以前階段，靠吸食獵物身上的體液</p>	 <p>2. 終齡後會啃食獵物</p>	 <p>3. 最後連同獵物的軀殼全部吃掉</p>
 <p>4. 第一天，打開竹管觀察 105 年 9 月 16 日 14 : 36 : 32</p>	 <p>5. 第一天，有 2 層，各一粒卵 105 年 9 月 16 日 14 : 55 : 04</p>	 <p>6. 第二天，卵已經孵化 105 年 9 月 17 日 16 : 44 : 38</p>
 <p>7. 第三天壺蜂幼蟲迅速成長，105 年 9 月 18 日 10 : 39 : 32</p>	 <p>8. 第四天，內層已經把獵物吃完。105 年 9 月 19 日 10 : 32 : 00</p>	 <p>9. 第五天之後壺蜂幼蟲會進入前蛹期階段 105 年 9 月 20 日 10 : 40 : 27</p>

圖 (24) 被麻痺獵物存活期限與壺蜂啃食的關係



說明：壺蜂幼蟲只需花費 4 天的時間，就會把巢室內獵物吃光，而巢室內獵物的壽命可以活到 6 天，一直到第 7 天之後才會死亡。壺蜂幼蟲只需花費 4 天的時間就可以吃光獵物，因此壺蜂幼蟲可以吃到活的獵物。

## 發現與疑問？

經由上面的實驗結果，我們仍然發現有許多的疑問？例如壺蜂幼蟲的攝食，是不是代表壺蜂的媽媽捉多少獵物，壺蜂幼蟲就吃多少呢？如果把部份的獵物拿走，壺蜂幼蟲會如何呢？或者多給壺蜂幼蟲獵物，牠還會繼續吃嗎？

## 再次進行實驗，解決疑問？

提出假設（1）壺蜂媽媽**少捉了獵物**：獵物食物不足，壺蜂幼蟲會餓死。

提出假設（2）壺蜂媽媽**多捉了獵物**：過多的獵物，壺蜂幼蟲會全部吃光光。

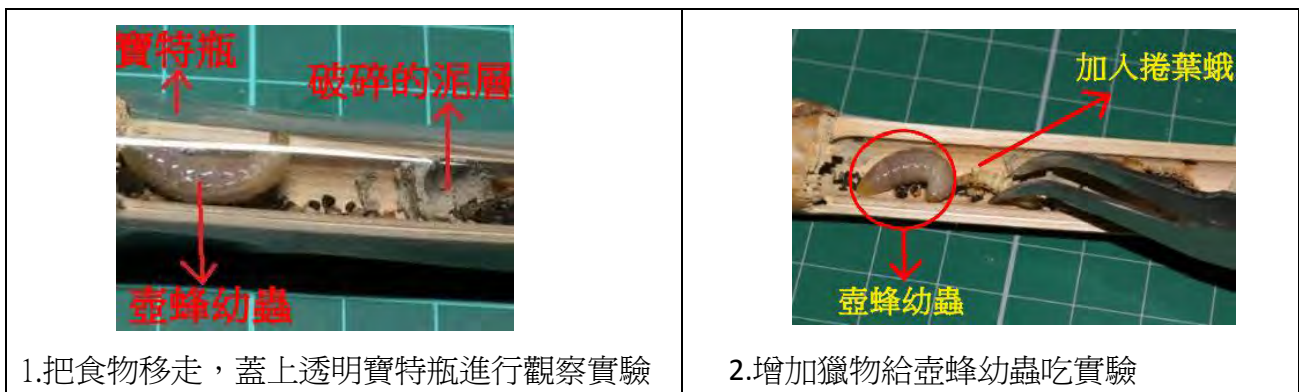
### 實驗（1）把部份食物拿走實驗--當作壺蜂媽媽少捉了獵物：

步驟：將原本壺蜂正在啃食的獵物部份拿走，同時把隔壁的泥層打破，拿走的食物放到另一間巢室內，再用透明的寶特瓶包裹，觀察壺蜂幼蟲在缺少食物情況下的反應。（表22）

### 實驗（2）增加食物實驗--當作壺蜂媽媽多捉了獵物：

步驟：當壺蜂幼蟲把所有食物吃完後，再提供幾隻獵物給壺蜂，觀察並記錄壺蜂幼蟲啃食的行爲。（表22）

表22：「壺蜂幼蟲捕食獵物行爲」重新實驗操作過程照片



## 再次實驗的結果：

1.壺蜂幼蟲確實會靠著身體蠕動的方式，去找尋食物。把食物拿走實驗，壺蜂幼蟲會跨越破碎的泥層，繼續啃食牠的食物。（表 23）

3.增加食物實驗，當壺蜂幼蟲把所有食物吃完後，持續補充食物，綱開始牠仍會繼續吃，但是體重增加到41%時就不再進行攝食。

表23：「壺蜂幼蟲捕食獵物」實驗結果

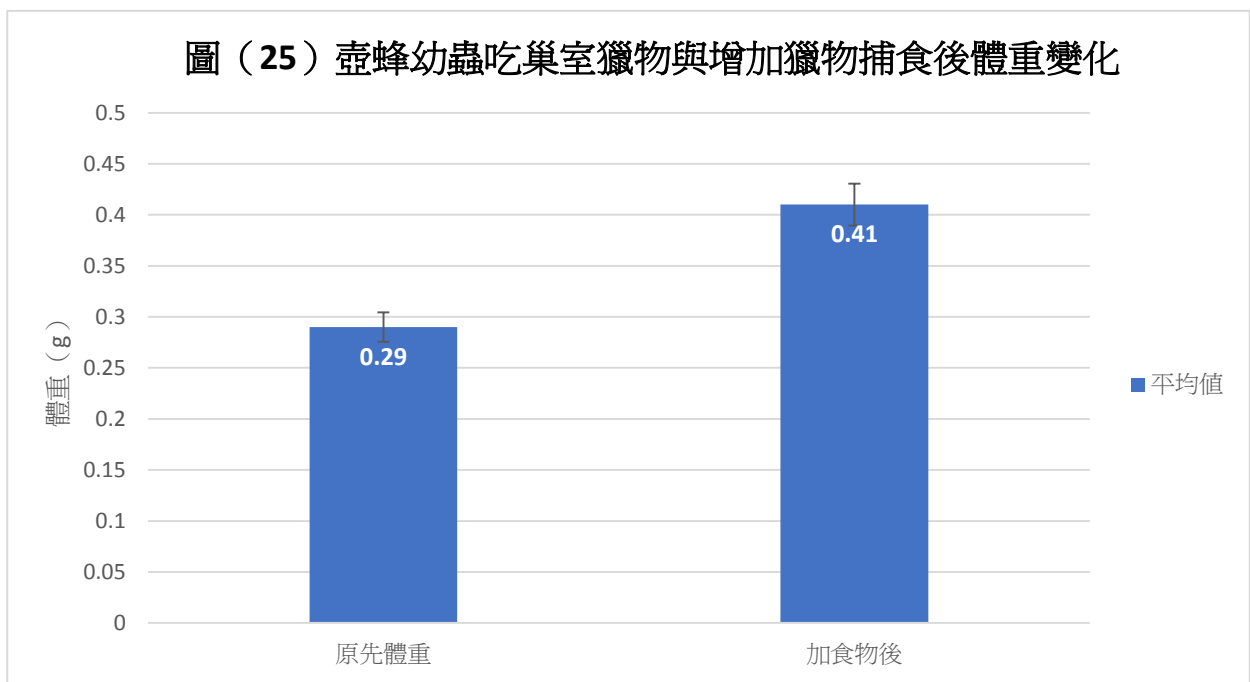




4. 吃獵物後體重是0.39g



5. 多吃獵物後的體重可以增加到0.42g



說明：壺蜂幼蟲只吃巢室內獵物平均重量  $0.29 \pm 0.04\text{g}$ ，持續提供給獵物到吃不下為止，重量增加到  $0.41 \pm 0.04\text{g}$ 。(N=5)






## 陸、問題與討論

### 一、關於壺蜂毒液麻醉迷昏獵物與 CO<sub>2</sub> 迷昏獵物的差別？

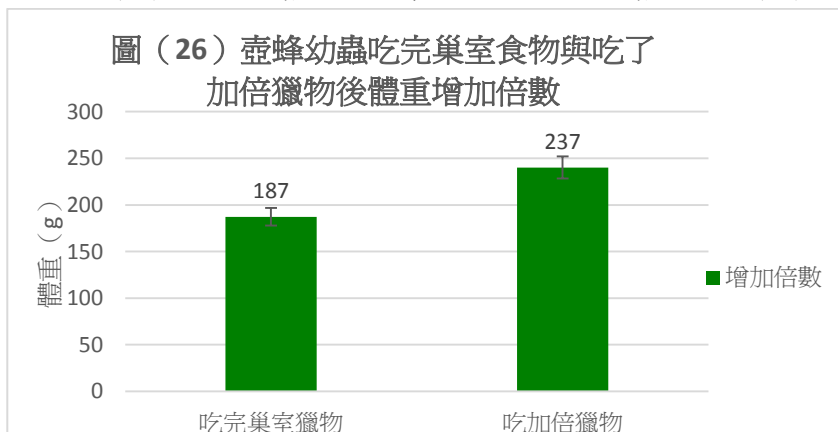
對於活蹦亂跳的獵物，要安靜的停在電子磅秤上秤重是件困難的事，於是我們想到了利用 CO<sub>2</sub> 將牠迷昏後再測量，這方法很好，只是短暫迷昏獵物，測完重量與體長後，大約一分鐘的時間，獵物很快又恢復原來好動的模樣，對獵物也沒有大影響。至於被捉到巢室內的獵物，幾乎已經不會移動了，所以容易測量到數據。

表 24：不同物質迷昏獵物的過程與結果

用 CO <sub>2</sub> 迷昏獵物的測量過程：			
			
1. 四處爬行的獵物 無法測量	2. 用 CO <sub>2</sub> 迷昏獵物 測到體重	3. 用 CO <sub>2</sub> 迷昏獵物 測到體長	4. 放回蟲盒後，快速 恢復移動能力
被壺蜂麻醉的獵物測量過程：			
			
1. 糾纏在一起的獵物	2. 攤平身體量體長	3. 放電子秤稱重量	4. 放回去也不會移動

### 二、關於壺蜂幼蟲成長體重的變化討論？

從研究四的結果知道，壺蜂終齡幼蟲體重平均在 0.22g~0.35g，我們想到了一個很有趣的問題，就是如果從剛孵化的壺蜂一齡幼蟲算起，到吃完獵物為止，體重不曉得會增加幾倍呢？甚至加倍提供食物後？體重又會增加多少呢？於是我們把一齡幼蟲拿到可以稱小數點後四位的電子磅秤上稱重，令人驚訝的是短短四天之內，壺蜂幼蟲在不同的成長階段成長，竟然可以成長了 187 倍以上，甚至可以到 237 倍，可見成長速度相當驚人。



### 三、關於壺蜂麻醉獵物的方式？

從肉眼觀察壺蜂捕捉獵物的方法，看到牠不僅在捲葉上不斷地快速行走，而且腹部彎曲猛刺捲葉內的幼蟲，我們把被做了記號的捲葉拿到顯微鏡下放大觀察，看到葉片表面佈滿針刺後的小孔洞，而且集中在某一個區域範圍，我們也推測，這個範圍應該是獵物棲息的位置。獵物一旦被重複刺到，迷昏後，壺蜂才可能順利捉到這些獵物。

表 25：壺蜂在捲葉上留下的針孔痕跡



1.針孔的分佈呈現一個環狀的區域範圍，這範圍正是獵物棲息的位置



2.有的獵物嚇到跳出捲葉外而獲救



3.有的獵物早已經被迷昏，癱軟掉出捲葉外



四、關於壺蜂的幼蟲為何出現綠色、淡黃色與黃色等多種體色的問題？

我們打開巢室後，發現了這樣的狀況，剛開始很納悶，是因為環境所造成的體色變化嗎？後來發現獵物的體色也有多種不同，於是我們想初齡和二齡的幼蟲又以吸食獵物的體液為主，這兩者間會不會有關連，因此我們做了一個小實驗來求證，把不同顏色的獵物交換讓壺蜂幼蟲吸食，果然看到壺蜂幼蟲體色的變化，也解決了我們的疑問。



圖 29.觀察到壺蜂捉來的綠色、紅色、黃色獵物

表 26：「壺蜂幼蟲體色」討論實驗

觀察壺蜂吃獵物的體色：



1.獵物是綠色，壺蜂幼蟲也出現綠色



2.獵物是黃色，壺蜂的幼蟲也出現黃色

獵物進行交換實驗：



1.原本吸食綠色獵物的綠色壺蜂幼蟲



2.把『綠色的獵物』換成『黃色』的獵物

實驗結果：



1.壺蜂幼蟲吸食黃色的獵物體液後，身體漸漸變成『變成黃綠色』



2.吃掉一隻黃色的獵物後，壺蜂幼蟲身體『變成黃色』了

## 柒、結論

### 研究一、壺蜂的生殖策略結論：

經過觀察證實，壺蜂生殖的行為有一定次序，分別是①壺蜂找到適合竹管並清潔乾淨。②壺蜂產下卵就離開。③再去捉捲葉蛾幼蟲回來竹管。④壺蜂再唧泥球將洞口封住。

### 研究二、壺蜂找尋獵物及捕捉獵物的策略結論：

(1) 尋找獵物策略：壺蜂會找捲葉與葉柄在  $45^{\circ} \sim 125^{\circ}$  間夾角，捲葉大小  $6.57 \pm 0.68 \text{cm} \sim 9.28 \pm 0.66 \text{cm}$ ，會咬出一個圓形或不規則的孔洞記號，方便日後捕捉。

(2) 捕捉獵物策略：壺蜂會捕捉 6 隻 $\sim$ 12 隻獵物到巢室裡面，每一隻獵物體長在  $13.0 \pm 0.78 \text{mm} \sim 15.1 \pm 0.76 \text{mm}$ ，體重在  $0.032 \pm 0.01 \text{g} \sim 0.058 \pm 0.01 \text{g}$ ，『每一間巢室』內的獵物總體重在  $0.31 \pm 0.01 \text{g} \sim 0.40 \pm 0.01 \text{g}$ 。

### 研究三、壺蜂保存獵物的結論：

(1) 被麻醉後的獵物可以保存體重的新鮮，原因是：

因為被麻醉的獵物平均總體重是  $0.35 \pm 0.028 \text{g}$ ，經過 7 天之後，獵物的平均總體重剩下  $0.22 \pm 0.038 \text{g}$ ，總體重只下降  $0.13 \pm 0.04 \text{g}$ 。沒有被麻醉的獵物，只經過 7 天總體重就減少了  $0.28 \text{g}$ 。

(2) 被麻醉後的獵物可以保存體長的新鮮，原因是：

因為獵物被麻醉後平均體長  $13.7 \pm 1.36 \text{mm}$ ，經過 7 天之後，獵物的平均總體長剩下  $9.39 \pm 2.0 \text{mm}$ ，總體長只縮短  $4.31 \pm 0.61 \text{cm}$ 。沒有被麻醉的獵物，只經過 7 天總體長就縮短了  $10.3 \text{cm}$ 。

(3) 被麻醉後的獵物可以延長壽命的期限，原因是：

因為被麻醉的獵物心跳率明顯下降，每分鐘平均心跳 50 下，第 7 天心跳才停止。沒有被麻醉的獵物，每分鐘平均心跳 105 下，第五天心跳就停止了。

### 研究四、壺蜂幼蟲的捕食策略結論是：

(1) 壺蜂幼蟲在成長階段可以順利捕食被麻醉的獵物，原因是：

壺蜂幼蟲每分鐘平均爬行  $1.34 \pm 0.82 \text{cm}$ ，被麻醉後的獵物只能每分鐘只能  $0.38 \pm 0.12 \text{cm}$ ，沒有被麻醉的獵物每分鐘可以爬行  $12.3 \pm 3.68 \text{cm}$  的距離。

(2) 壺蜂幼蟲成長階段可以吃到新鮮的獵物，原因是：

壺蜂幼蟲只需花費 4 天的時間，就會把巢室內獵物吃完畢，而巢室內被麻醉後的獵物壽命可以存活到第 7 天。

(3) 壺蜂幼蟲吃完所有被麻醉獵物之後，還可以多吃，原因是：

壺蜂幼蟲吃完巢室內所有獵物，體重平均在  $0.29 \pm 0.04 \text{g}$ 。增加獵物食用，重量可以增加至  $0.41 \pm 0.04 \text{g}$ ，也就是當體重增加到 41% 時就不再進行攝食。



## 捌、參考資料及其他

- 一、徐堉峰（2002）· 昆蟲學概論· 臺北市：合記。
- 二、盧耽（2008）· 圖解昆蟲學· 臺北市：商周。
- 三、翰林出版社（2016）· 自然與生活科技 國一自然與生活科技 上冊生物篇 1-3（20-28 頁）、4-3（97 頁）、下冊生物篇 1-3（18-22 頁）
- 四、高唯芯（2010）· 見「蜂」轉舵-工蜂對蜂后的選擇性· 中華民國第五十屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 五、高家敏（2013）· 蟑螂心世界-利用心電圖與影像分析法探討昆蟲心臟因應體位變化的調節作用· 2013 臺灣國際科學展覽會優勝作品專輯。
- 六、楊頤（2013）· 「蛹」恆的約定· 中華民國第五十三屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 七、羅兆珩（2014）· 「竹」巢高手-探討影響棕泥壺蜂築巢因子· 中華民國第五十四屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 八、陳明杉（2015）· 揭開銅翼皆木蜂及跳小蜂的神秘生活史· 中華民國第五十五屆中小學科學展覽會作品說明書。

## 玖、待研究的問題

- 一、想研究壺蜂是根據什麼樣的條件或環境，為後代選擇一個安全的家。
- 二、想研究在巢室內的壺蜂幼蟲，會不會受到天敵的攻擊，而影響成長。

## 【評語】 030311

1. 本研究在於探討棕泥壺蜂的生殖行為，對捲葉蛾幼蟲的捕食關係。
2. 主題挑選不錯，有適切的科學研究方法，先提出問題假說，再透過一系列的實驗求證，來解開有趣的問題。
3. 解說清楚，二人配合佳，回答問題表現不錯。
4. 所採用的研究方法大致合理可行，亦有使用統計方法呈現數據，但有些實驗觀察未詳細說明所使用的樣本數，例如在抓蛾幼蟲與產卵先後的觀察中，總共觀察了幾隻不同的壺蜂。不同的竹管巢室，是由不同或相同的壺蜂所建構？對照組與實驗組的樣品數應儘可能接近，並且應該都要有至少三重覆，以確認該調查現象的再現性。必要時，得善用統計方法，以評估並解釋不同組別間是否具有顯著差異。
5. 此作品的研究主題明確且與課程教材有相關性，有助於了解壺蜂的捕食行為。
6. 本研究進行胡蜂的捕獵、築巢、及育幼等行為。網路上已有多個胡蜂的築巢資料可供查詢

([http://www.fehd.gov.hk/tc\\_chi/safefood/images/Pes](http://www.fehd.gov.hk/tc_chi/safefood/images/Pes)

tnews\_11\_c.pdf、

<http://www.nhps.tp.edu.tw/camplant/%e6%98%86%e8%9f%b2%e5%91%a2%e5%96%83/%e9%8a%9c%e6%b3%a5%e5%81%9a%e5%b7%a2.htm>、…)

作品海報



## 摘要

本研究在探討棕泥壺蜂的生殖行為，包括牠尋找、捕捉、保鮮獵物等策略與幼蟲捕食間的關係。結果一在尋找獵物上：壺蜂為了讓下一代能順利成長，會有(1)壺蜂找到適合竹管並清潔乾淨。(2)壺蜂產下卵就離開。(3)捉捲葉蛾幼蟲回來竹管。(4)唧泥球將洞口封住。結果二在獵捕上：壺蜂找尋  $6.57 \pm 0.68\text{cm} \sim 9.28 \pm 0.66\text{cm}$  大小的捲葉、與葉柄呈  $45^\circ \sim 125^\circ$  間夾角捲葉葉片作上記號。捕捉體長  $13.0 \pm 0.78\text{mm} \sim 15.1 \pm 0.76\text{mm}$ 、體重  $0.032 \pm 0.01\text{g} \sim 0.058 \pm 0.01\text{g}$  的獵物。結果三在獵物保鮮上：將毒液注入獵物體內，讓原本心跳每分鐘平均 105 下的獵物，降到每分鐘平均 50 下的緩慢跳動，直到第七天後才停止。結果四：壺蜂的幼蟲在獵物心跳停止前可以吃到新鮮活的獵物，以順利成長。

## 壹、研究動機

原來國中的生物課這麼有趣，沒想到老師課堂上教的知識，可以拿來做科展與解決問題。我們運用上冊 1-3 探究自然科學單元的觀察提出問題、參考文獻資料、形成假說、設計實驗步驟、進行實驗、提出結論等七大方法，作為我們研究的步驟。運用 4-3 動物的開放式循環系統單元，實際去研究捲葉蛾幼蟲的心臟跳動。到下冊 1-3 生殖單元時，課本裡提到每種動物不同的生殖行為，為了繁衍後代，會表現出求偶、交配、護卵和育幼等行為，研究壺蜂的生殖行為，我們好奇牠如何去選擇與捉捲葉蛾幼蟲（統稱為獵物）？獵物為何不會逃跑？壺蜂的幼蟲是如何捕食獵物等，都是我們感到有興趣的問題，希望藉由實驗的求證，來解開壺蜂神秘的生殖行為。

## 貳、研究目的

- 一、研究壺蜂的生殖行為方式，先產卵還是先捉獵物
- 二、研究壺蜂成蟲『找獵物』及『捕捉獵物』的策略
- 三、探討保存獵物的方法
- 四、研究壺蜂幼蟲的捕食策略

## 參、研究設備及器材

- |                          |        |
|--------------------------|--------|
| 1.數位相機 (SONY RX100IV)    | 6.電線壓條 |
| 2.電子天秤 (ATY124、SNUG-300) | 7.尺    |
| 3.顯微鏡 (Dino-Lite)        | 8.量角器  |
| 4.畫軌                     | 9.筆電   |
| 5.鋸槍                     |        |

## 肆、研究方法

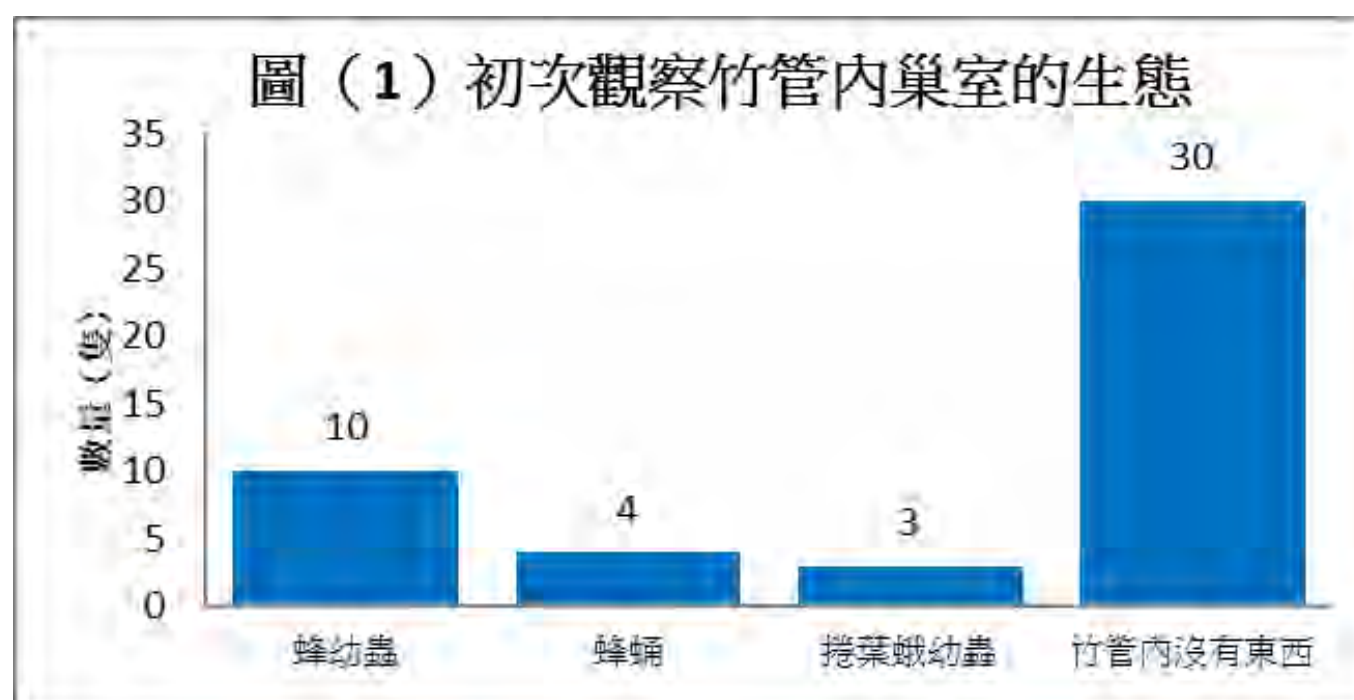
### 研究一、探討壺蜂的生殖行為

實驗目的：**壺蜂的生殖行為，是先產卵還是先捉捲葉蛾幼蟲？**

#### (一) 實驗前的生態觀察：

我們在 105 年 9 月 26 日～105 年 10 月 14 日三個星期，利用下課和放學的時間在實驗室陽台觀察壺蜂繁殖的過程，看到了壺蜂有三種行為與一個結果。我們將壺蜂行為與結果分別畫出來。行為 1：壺蜂會抓捲葉蛾幼蟲到竹管內。行為 2：壺蜂會抓泥球到竹管內。行為 3：壺蜂會在竹管附近飛來飛去或在竹口上走來走去。結果 1：剖開 47 隻竹子後，發現竹子裡面有不會動的捲葉蛾幼蟲、壺蜂的幼蟲、壺蜂的蛹。（如表 1、圖 1）

表 1：「壺蜂生殖行為」的生態觀察與記錄的流程手繪圖



說明：圖 1、經過三個星期的觀察，發現 10 支竹管內有壺蜂幼蟲、4 支竹管內有蜂蛹、還有 3 支竹管內有捲葉蛾幼蟲（獵物）。（N = 47）

(二) 觀察後我們產生了一個疑問：壺蜂的生殖行為是先產卵？還是先抓捲葉蛾幼蟲？

(三) 提出假設：根據我們實驗前的觀察判斷，我們『提出壺蜂先抓捲葉蛾幼蟲』的假設。

#### (四) 動手實驗流程：

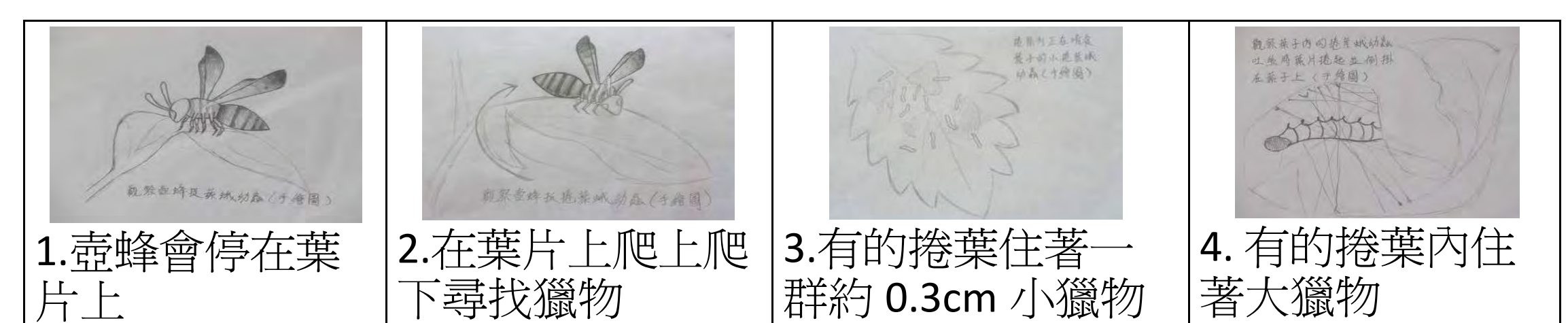


### 研究二、研究壺蜂找獵物及捕捉獵物的策略

#### 實驗 2-1 壺蜂『尋找獵物』的策略

(一) 實驗前的生態觀察：我們在 105 年 10 月 3 日～105 年 10 月 14 日二個星期時間，利用下課在校園的朱槿花園內，觀察壺蜂如何去捉捲葉蛾幼蟲。我們看到壺蜂常飛到朱槿的葉片上，停了一下就飛走，不然就在葉片上走來走去又飛走，於是把壺蜂停過的捲葉拿來觀察，發現每片捲葉裡面，有的是一隻大幼蟲、有的是一群小幼蟲，把壺蜂的行為畫出來後，我們認為壺蜂短暫停留在葉片的行為應該是在尋找捲葉蛾幼蟲。（如表 2）

表 2：「壺蜂尋找獵物」的生態觀察與手繪記錄表：



(二) 觀察後我們產生的疑問：壺蜂是如何找到捲葉蛾的幼蟲？以及牠又如何分辨出捲葉蛾幼蟲體型的大小呢？

(三) 提出假設：我們提出壺蜂是以『隨機』停在葉片上的方式尋找捲葉蛾幼蟲。

#### (四) 動手實驗流程：



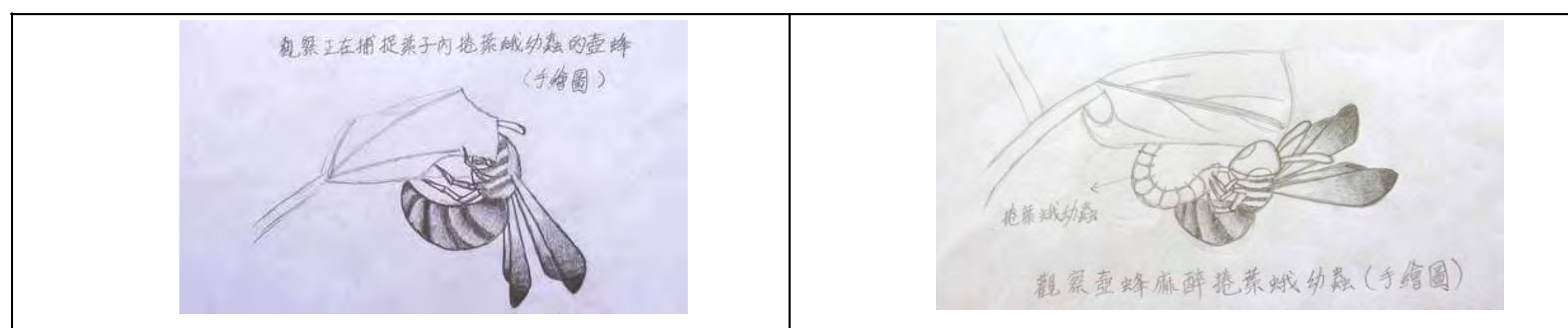
### 研究三、探討獵物（捲葉蛾幼蟲）被捕捉後的身體與心跳的變化

#### 實驗 3-1 獵物『被捕後的身體』變化

#### (一) 實驗前的生態觀察：

在朱槿花園中，觀察到壺蜂會用毒針猛刺獵物，我們想這應該是用來麻醉迷昏獵物的吧，後來又看到壺蜂把頭鑽進捲葉內捉獵物，因此我們想了解，這些獵物被迷昏捉入巢室之，身體型態會不會出現變化，如表 3 的觀察手繪圖。

表 3：壺蜂捕捉獵物觀察手繪記錄



#### (二) 觀察後我們產生的疑問：

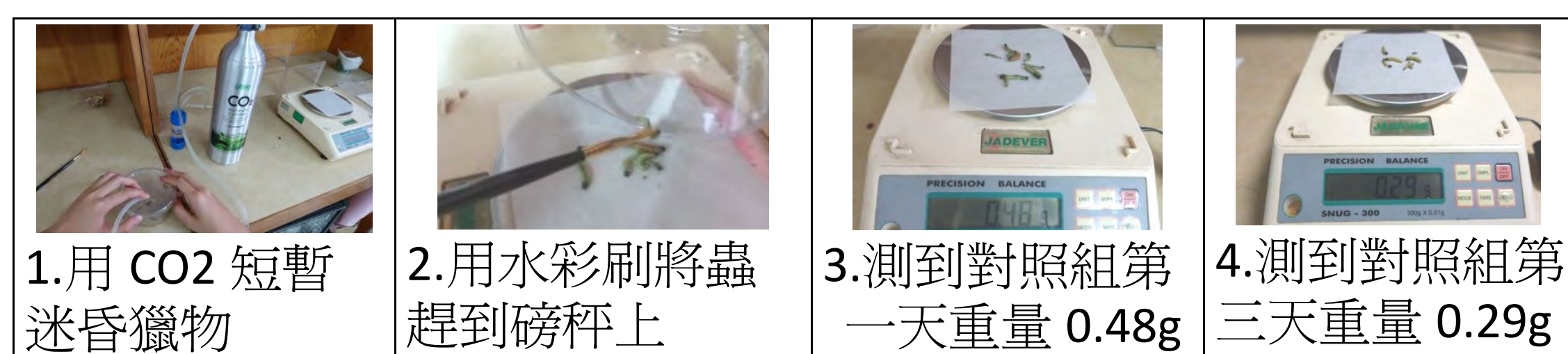
被壺蜂捉進巢室的獵物，沒有進食情況，會不會死亡？

(三) 提出假設：我們提出獵物在沒有進食情況下，體重、體長應該會下降，最後會死亡。

#### (四) 動手實驗：

實驗設計：『實驗組--測量被壺蜂麻醉後獵物』的體長與體重；『對照組--測量沒有被壺蜂麻醉的獵物』體長與體重。  
步驟 1. 測量麻醉前、後『體重』：以 7 間巢室（60 隻）為樣本，連續測量 7 天體重變化。  
步驟 2. 測量麻醉前、後『體長』：以 7 間巢室（60 隻）為樣本，連續測量 7 天體長變化。

表 4：觀察對照組--沒有被壺蜂麻醉獵物，觀察 3 天型態變化過程



### 實驗 3-2：獵物『被捕後的心跳』變化

#### (一) 實驗前的生態觀察與記錄：

根據國一上冊教科書的循環系統內容，昆蟲的循環系統屬於開放式，血液由心臟流經末端開放的血管，再流入體腔中，由於組織細胞就浸在血液中，因此可直接進行物質的交換。在我們的實驗觀察過程，看到捲葉蛾幼蟲的體背上有條明顯的血管，牠的心臟就分布在這上面，胸部有三節，腹部有九節。

(二) 觀察後我們產生的疑問：被壺蜂抓進巢室內的獵物，幾乎都不會動，這是不是代表心跳已經停止了？

(三) 提出假設：被壺蜂捉進巢室的獵物已經死亡了。

#### (四) 動手實驗：

實驗設計：『實驗組-測量被壺蜂麻醉後』獵物每分鐘心跳次數；『對照組-測量沒有被壺蜂麻醉』的獵物每分鐘心跳次數。  
步驟 1. 測量被麻醉前、後心臟收縮時間：心臟由最大舒張到最大收縮所經歷時間，單位是秒。  
步驟 2. 測量被麻醉前、後心臟舒張時間：心臟由最大收縮到最大舒張所經歷時間，單位是秒。  
步驟 3. 測量被麻醉前、後心跳率：由每次心動週期（心臟收縮時間+心臟舒張時間）推算單位時間所產生的心動週期數量，單位是次/分鐘。  
步驟 4. 實驗流程照片記錄如表 5、6：

表 5：「實驗組-捲葉蛾幼蟲被麻醉後」心跳變化觀察與測量(N=60)

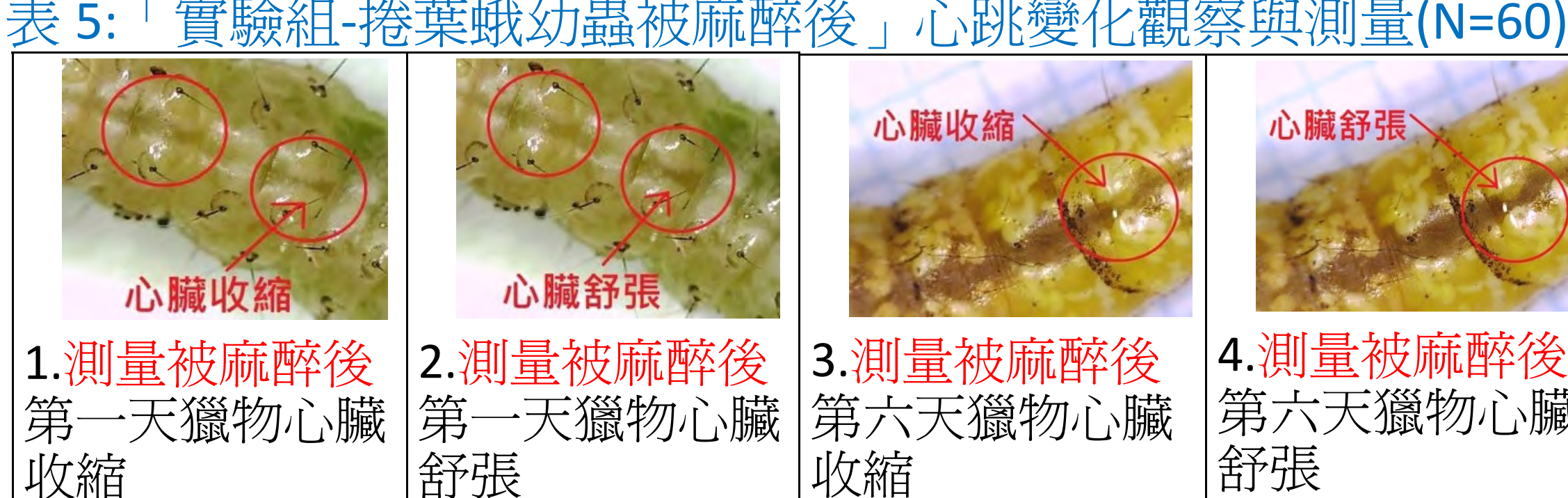
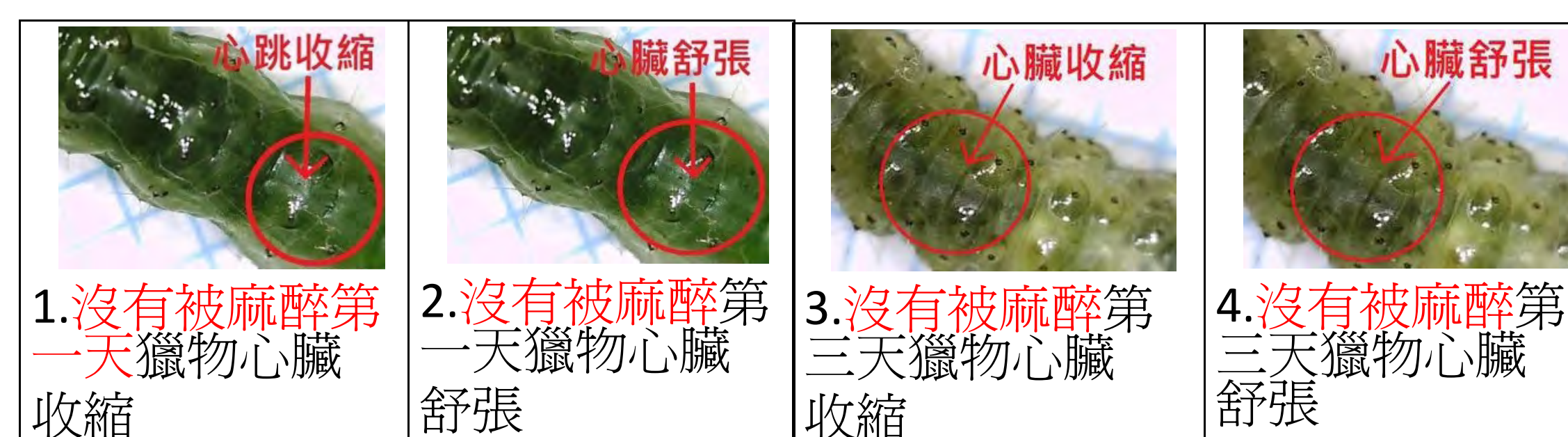


表 6：「對照組-獵物沒有被麻醉」心跳變化的觀察與測量



### 研究四、壺蜂幼蟲的捕食策略

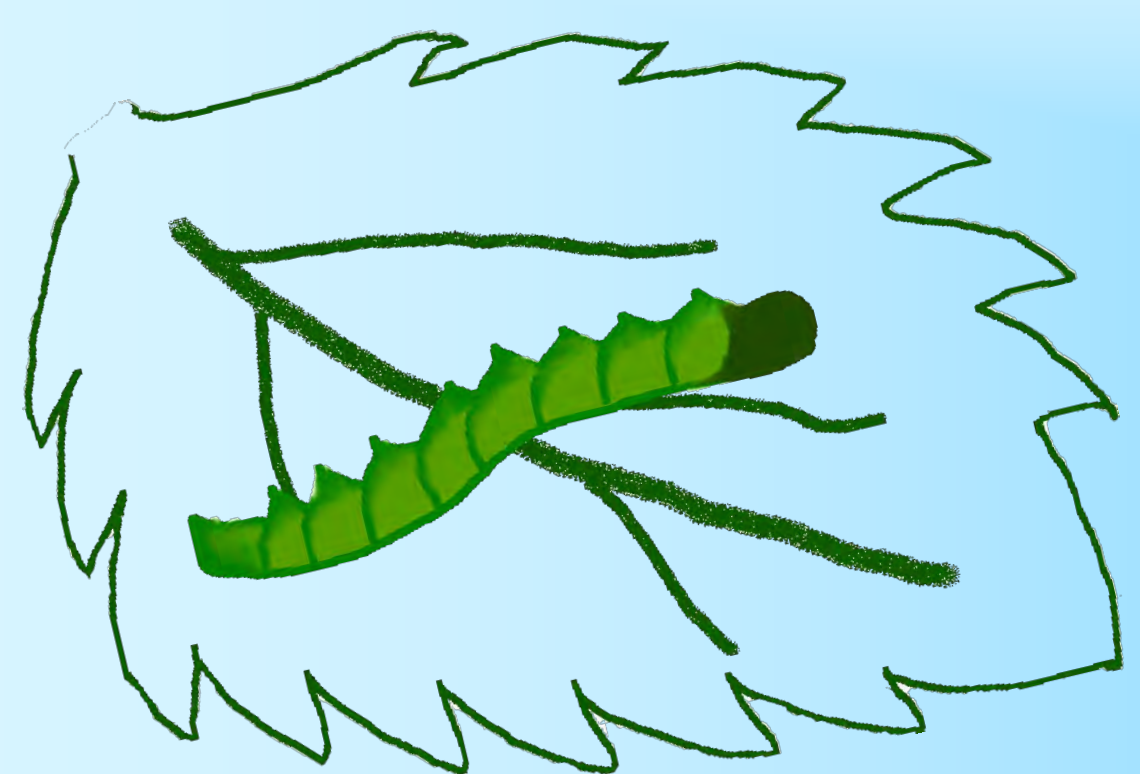
(一) 實驗前的生態觀察與記錄：記得之前把捲葉拿起來觀察時，還被跳出來的獵物（捲葉蛾幼蟲）給嚇到，所以判斷捲葉蛾幼蟲爬行速度應該很快，但是被壺蜂捉進巢室後，不再有跳動或爬行的行為，打開竹管巢室後，看到裡面的獵物幾乎停止移動，如表 7 觀察手繪圖。

表 7：「獵物住在捲葉、受驚嚇與被捉後的生態」觀察手繪圖



(二) 觀察後我們產生的疑問：巢室內的獵物為什麼不會逃跑？  
(三) 提出假設：獵物已經被壺蜂的毒液迷昏，所以無法逃跑。





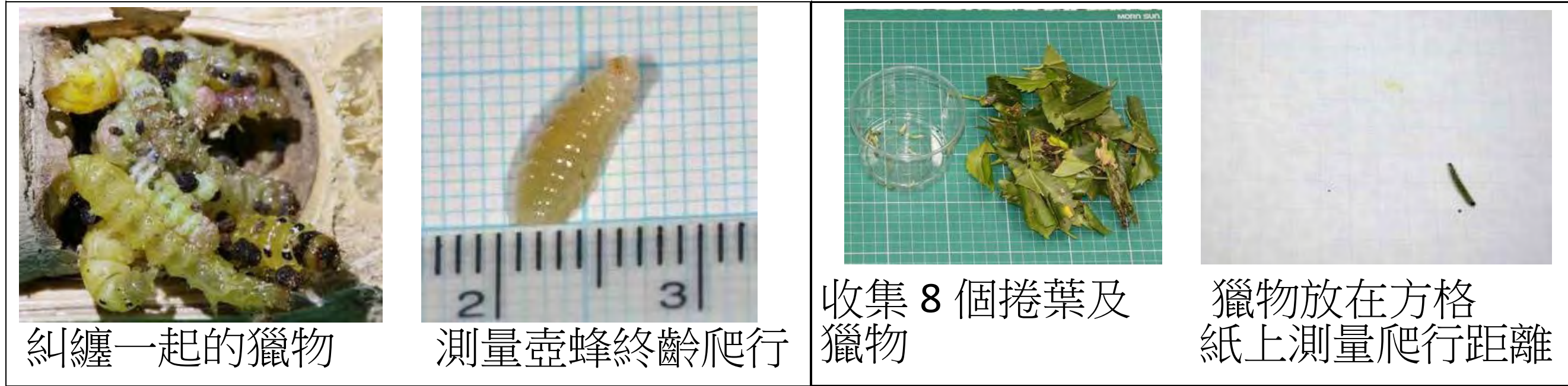
# 麻醉大師



## 壺蜂麻醉獵物的策略與幼蟲捕食的關係

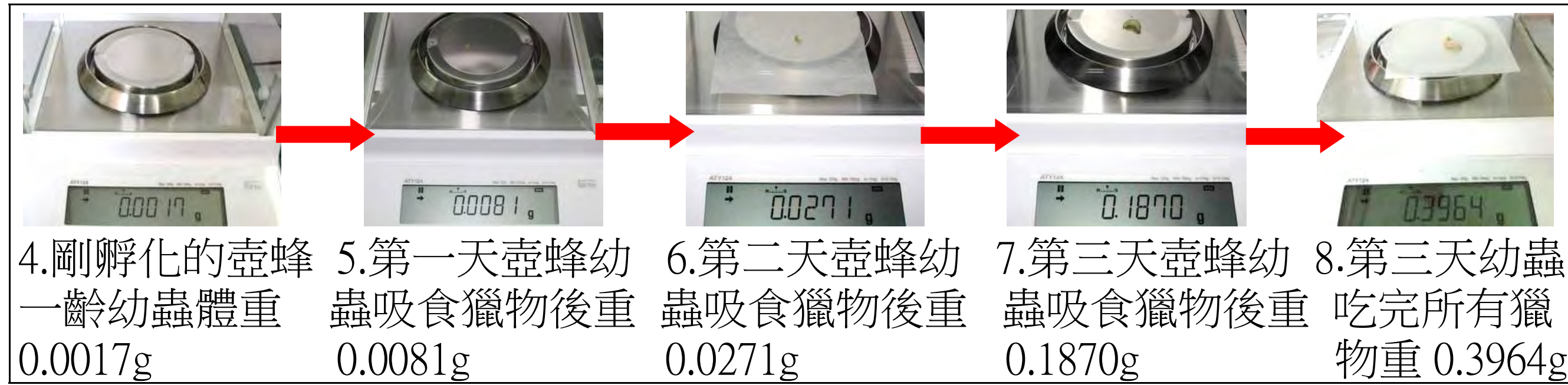
### (四) 動手實驗：

**實驗 4-1 設計：**『實驗組-測量被麻醉後』與『對照組-測量沒有被麻醉』獵物每分鐘爬行距離。



**實驗 4-2 設計：**探討壺蜂幼蟲攝食與被麻醉的獵物存活間關係。  
步驟 1. 『壺蜂幼蟲攝食獵物方式與體重、體長的變化』：觀察壺蜂幼蟲從孵化到吃獵物的過程，並測量體重、體長。  
步驟 2. 測量『壺蜂幼蟲攝食獵物天數與獵物存活天數』間的關係：記錄孵化後的壺蜂幼蟲啃食獵物的天數，再比較獵物存活天數，找出兩者間的關係。

表 8、測量「壺蜂幼蟲體長與體重」操作照片：



4.剛孵化的壺蜂 5.第一天壺蜂幼蟲 6.第二天壺蜂幼蟲 7.第三天壺蜂幼蟲 8.第三天幼蟲一齡幼蟲體重 蟲吸食獵物後重 蟲吸食獵物後重 蟲吸食獵物後重 吃完所有獵物重 0.0017g 0.0081g 0.0271g 0.1870g 0.3964g

### 伍、研究結果

#### 一、探討壺蜂生殖行為的實驗結果：

初步得到的結果『不符合』當初先抓捲葉蛾幼蟲再產卵的假設，理由有 2 點

- 1.經過觀察求證，壺蜂生殖行為過程有一定次序：1 壺蜂找到適合竹管並清潔乾淨。2 壺蜂產下卵就離開。3 再去捉捲葉蛾幼蟲回來竹管。4 壺蜂再唧泥球將洞口封住。（如表 9）
- 2.打開巢室內的觀察結果，1 卵的大小約 0.4cm。2 巢室內有 6 ~ 12 隻體色不同、體型大小卻相似的捲葉蛾幼蟲。3 一隻竹管會有 1 ~ 7 個巢室。

表 9：「壺蜂生殖行為」的觀察實驗圖照結果



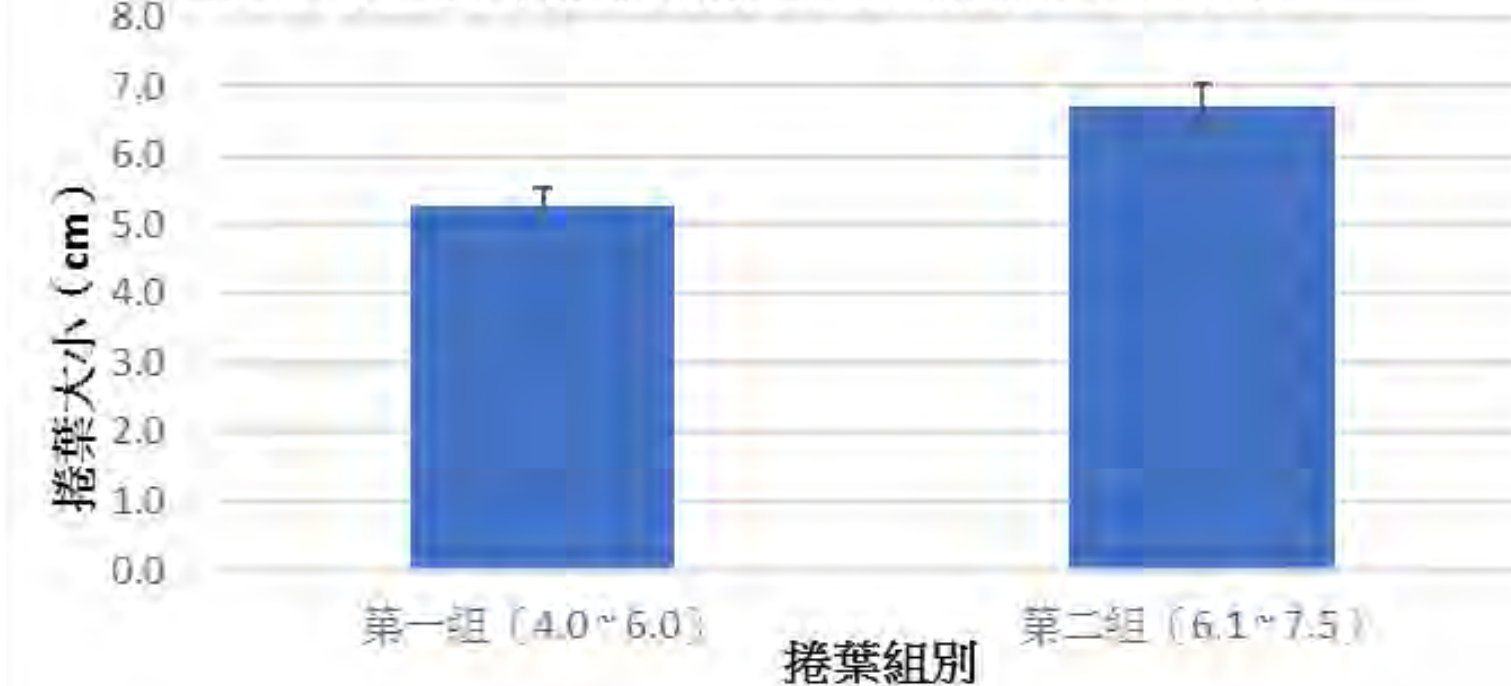
#### 二、壺蜂找獵物及捕捉獵物策略的實驗結果：

(一) 壺蜂最常停在 4.0cm ~ 7.5cm 的捲葉上，而且在這些捲葉上咬出一個圓形或不規則的孔洞記號。（如表 10、圖 5）

表 10、壺蜂『咬食痕做記號尋找獵物的過程與證據』：



圖 (5) 壺蜂選擇做記號的捲葉平均大小



#### 結果與發現：

根據上面的實驗結果，發現了並不符合當初『隨機捕捉』的實驗假設，因此我們決定重新提出新的假設，『就是壺蜂會選擇體型大小差不多的捲葉與獵物才進行捕捉』。

圖 5 說明：被壺蜂做記號的捲葉平均大小在 5.3 ± 0.5cm ~ 6.7 ± 0.4 (N=57)

#### 再次進行實驗--『壺蜂捕捉獵物』的策略研究：

步驟 1：製作一支角度測量器，再運用三力平衡合力=0 概念，去測量 57 個捲葉樣本，當葉柄支承力、殘餘樹葉的拉力、捲葉內幼蟲的重力，三力達平衡時，計算外力與所成角度正弦值成正比，觀察葉柄延長線與殘餘樹葉延長線所形成角度

步驟 2：測量被壺蜂選定的捲葉裡面獵物的體長、體重。

步驟 3：測量剛被壺蜂捉入巢室內的獵物，以七個樣本 60 隻獵物為樣本，



5.打開樣本(1) 有 9 隻獵物 6.打開樣本(2) 有 10 隻獵物 7.打開樣本(3)(4) 有 6 隻、11 隻獵物 8.打開樣本(5) (6) (7) 有 6、6、12 隻獵物

#### 再次實驗得到的結論：



1.剛開始用直尺測量捲葉跟葉柄的關係 2.改良後的器材，可以測量角度，當  $\theta_1 = \theta_4$  ( $115^\circ = 115^\circ$ )  $W_1/\sin 115 = F_1/\sin 121 = F_2/\sin 124$

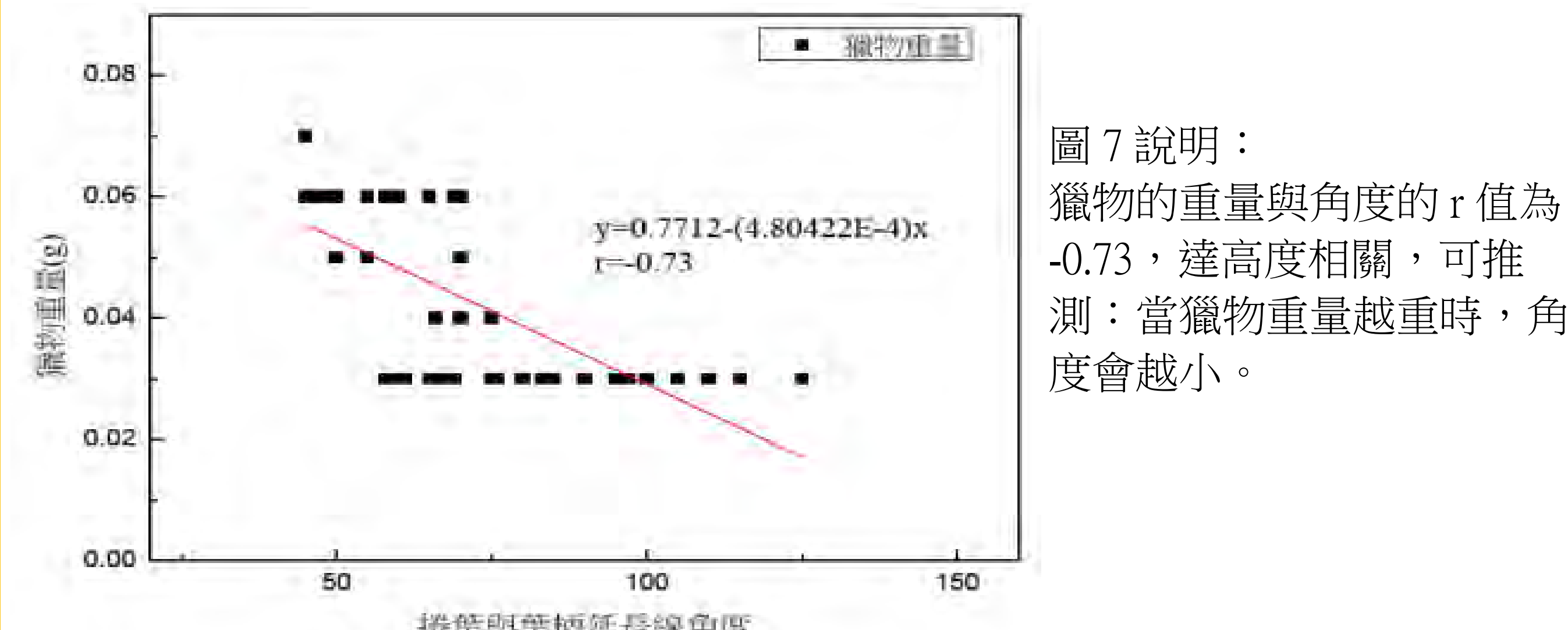
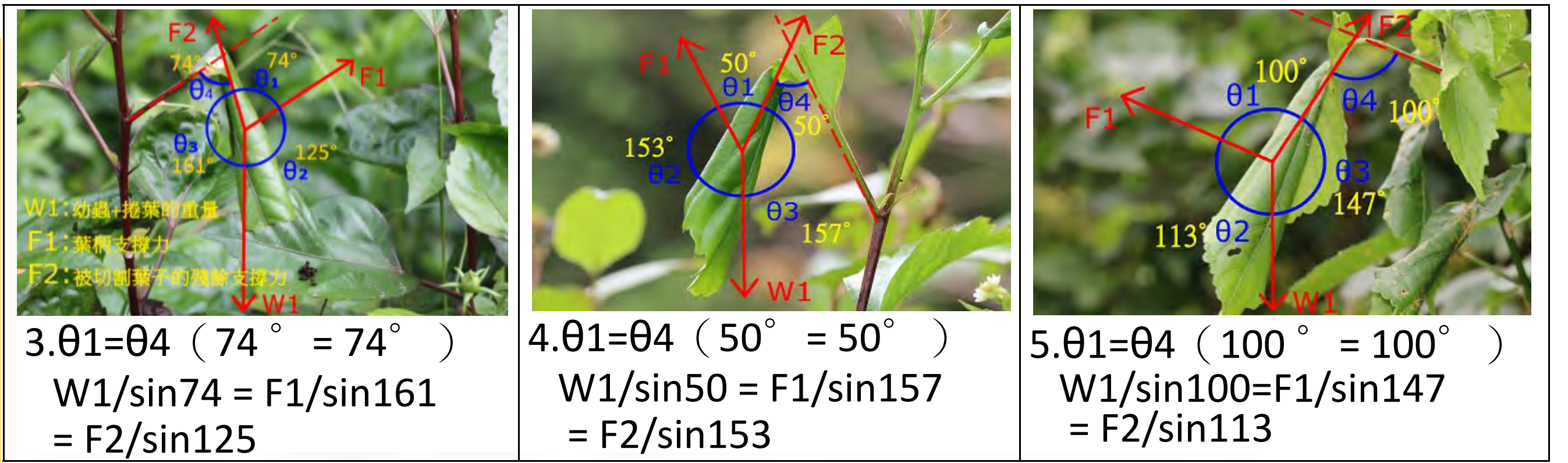


表 12：「被捕捉的獵物(捲葉蛾幼蟲)體重、體長」測量結果 (N=60)

Sample	Length (mm)	Weight (g)
1. 打開竹管巢室		
2. 把巢室獵物取出		
3. 體長約 14mm 第 1 隻重 0.04g	14	0.04
4. 第二隻約 14mm 2 隻共重 0.08g	14	0.08
5. 第三隻約 13.5mm 3 隻共重 0.12g	13.5	0.12
6. 第四隻長 13.5mm 4 隻體重共 0.16g	13.5	0.16
7. 第七隻約 12.5mm 7 隻體重共 0.26g	12.5	0.26
8. 第八隻約 13.5mm 8 隻體重共 0.30g	13.5	0.30
9. 第九隻約 11mm 9 隻體重共 0.35g	11	0.35

圖 (8) 被捉入巢室內的獵物平均體長

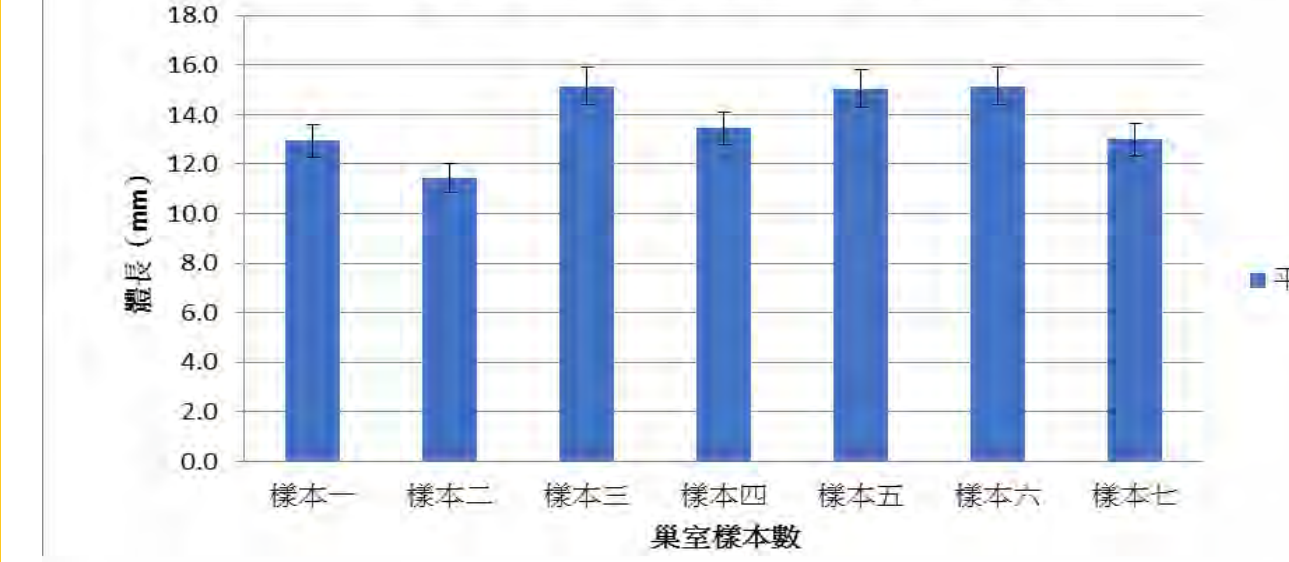


圖 (9) 被捉入巢室內獵物平均重量與總重量



說明：被壺蜂捉入竹管巢室內的獵物，樣本 6 隻數最少，巢室內的獵物平均體長在 15.1 ± 0.76mm。樣本 12 隻數最多，巢室內獵物的平均體長在 13.0 ± 0.71mm (N=60)

說明：被壺蜂捉入竹管巢室內的獵物，每間巢室內有 6 隻 ~ 12 隻獵物，每間巢室內『每一隻重量』平均在 0.032 ± 0.01g ~ 0.058 ± 0.01g，『每一間巢室』內的獵物總重量在 0.31 ± 0.01g ~ 0.40 ± 0.01g。(N=60)

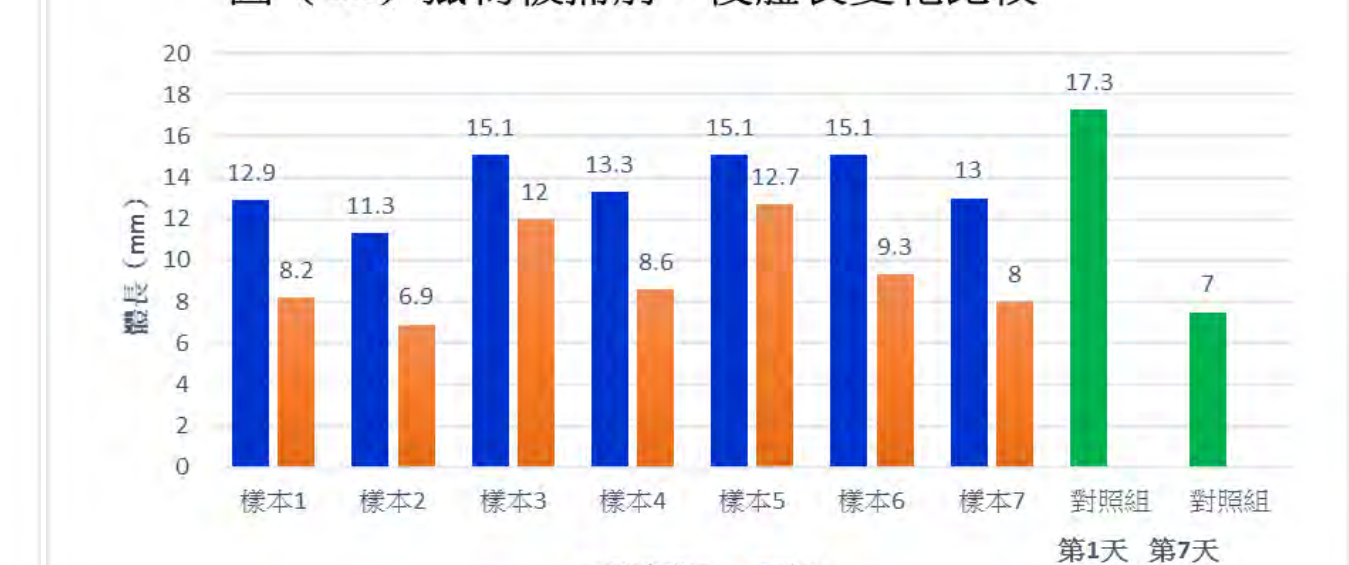
#### 三、獵物被捕捉後的身體與心跳的實驗結果：

##### 1.關於獵物『被捕後的身體』變化結果

圖 (10) 獵物被捕前、後體重變化比較



圖 (11) 獵物被捕前、後體長變化比較



(1) 7 個巢室樣本內獵物體重從小到大是 0.31g ~ 0.41g，經過 7 天後體重只剩下 0.18g ~ 0.28g (N=60)

(1) 7 個巢室樣本內捲葉蛾幼蟲平均體長小到大是 11.3mm ~ 15.1mm，經過 7 天後體長縮短剩下 6.9mm ~ 12.7mm。(N=60)

(2) 沒有被麻醉的對照組第 1 天體重 0.48g 第 7 天體重只剩下 0.2g。(N=10)

(2) 沒有被麻醉的對照組第 1 天平均體長 17.3mm，第 7 天平均體長只剩下 7.0mm。(N=10)

圖 (12) 獵物被麻醉前、後每天體重平均變化

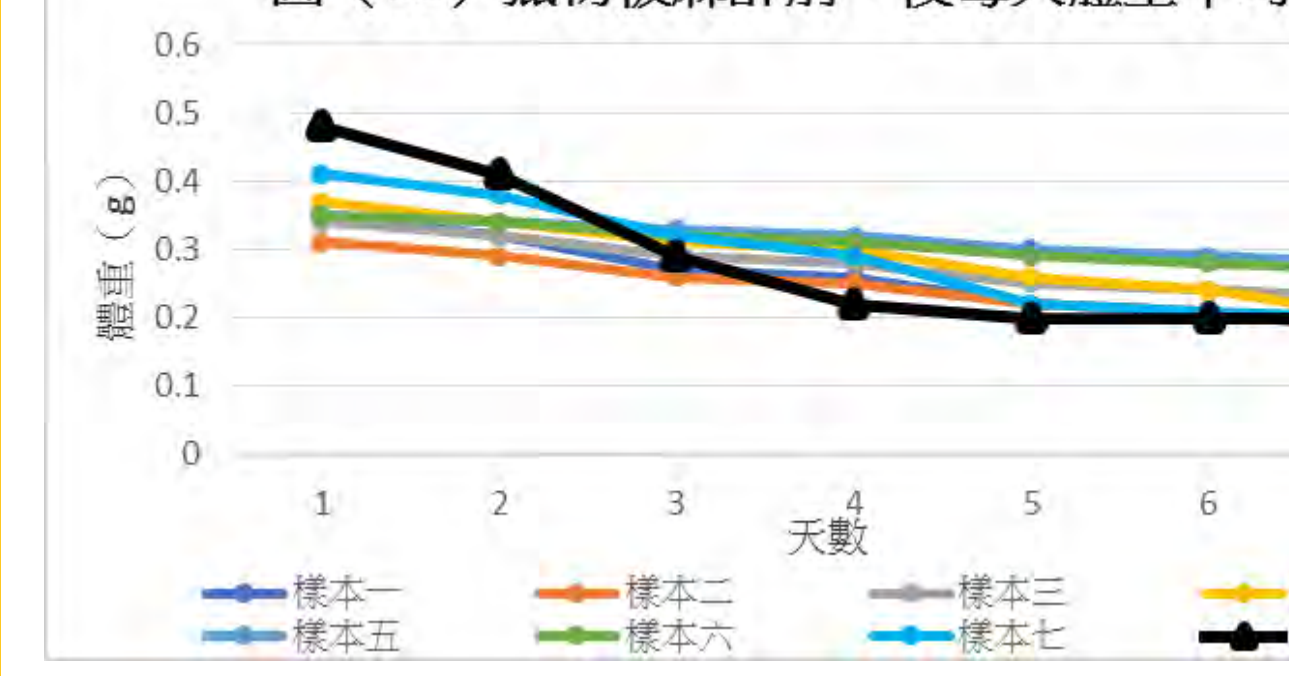


圖 13：被麻醉的捲葉蛾幼蟲(獵物)三天前體重變化



(1) 被麻醉獵物每天體重變化不大，每天體重平均下降只有 0.01g ~ 0.06g。(N=60)  
(2) 沒有被麻醉的獵物每天體重變化很大，每天的平均體重 0.07g ~ 0.12g。(N=10)

圖 (14) 獵物被麻醉前、後每天體長平均變化

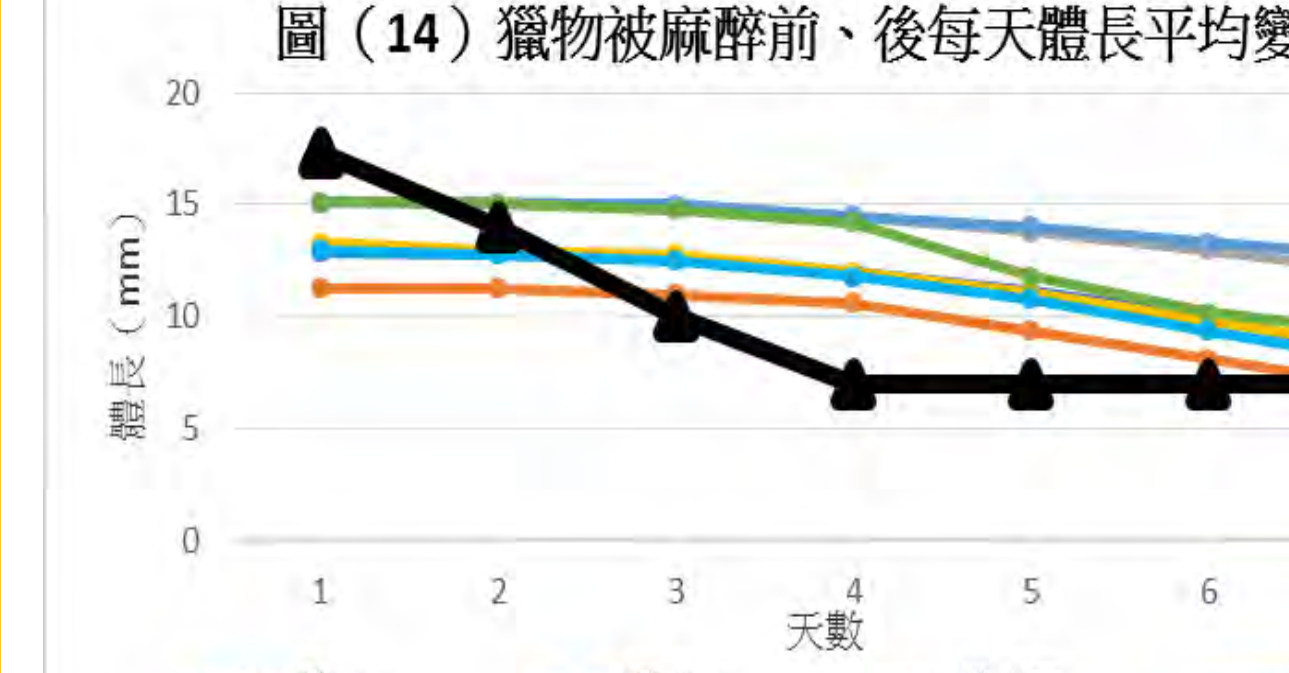
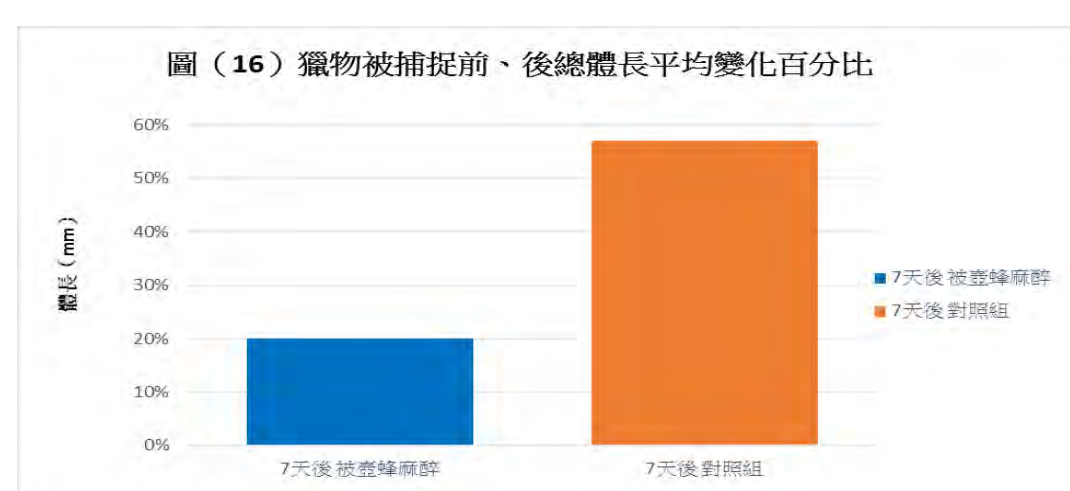


圖 15：未被麻醉的捲葉蛾幼蟲(獵物)前三天體重變化

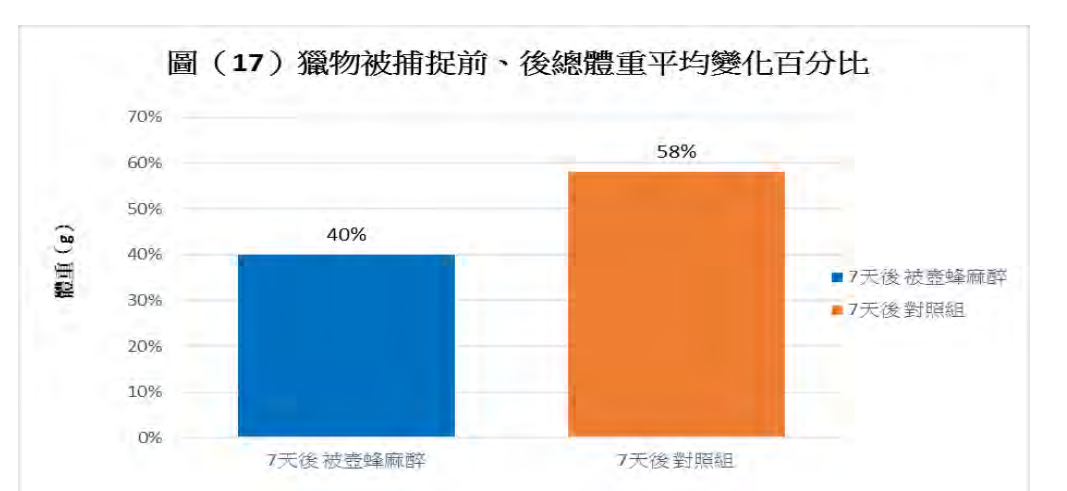


(1) 被麻醉的獵物每天體長變化不大，平均下降 0.1mm ~ 1.8mm (N=60)  
(2) 沒有被麻醉的獵物 7 天體長變化很大，每天平均體長 3.0mm ~ 4.0mm。(N=10)



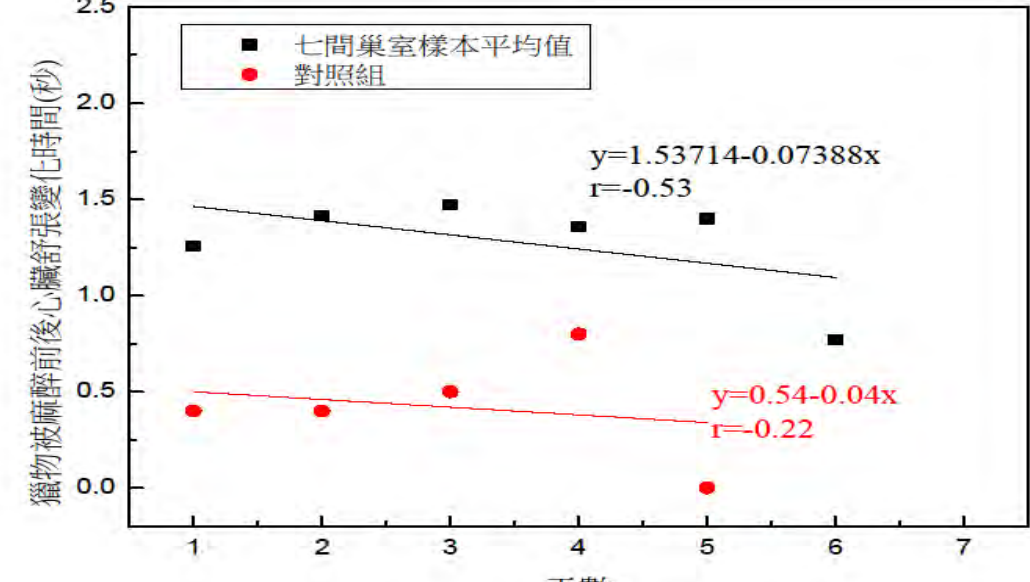


- (1) 被麻醉的獵物 7 天體長減少 20% (N=60)
- (2) 沒有被麻醉的獵物 7 天體長減少 57% (N=10)

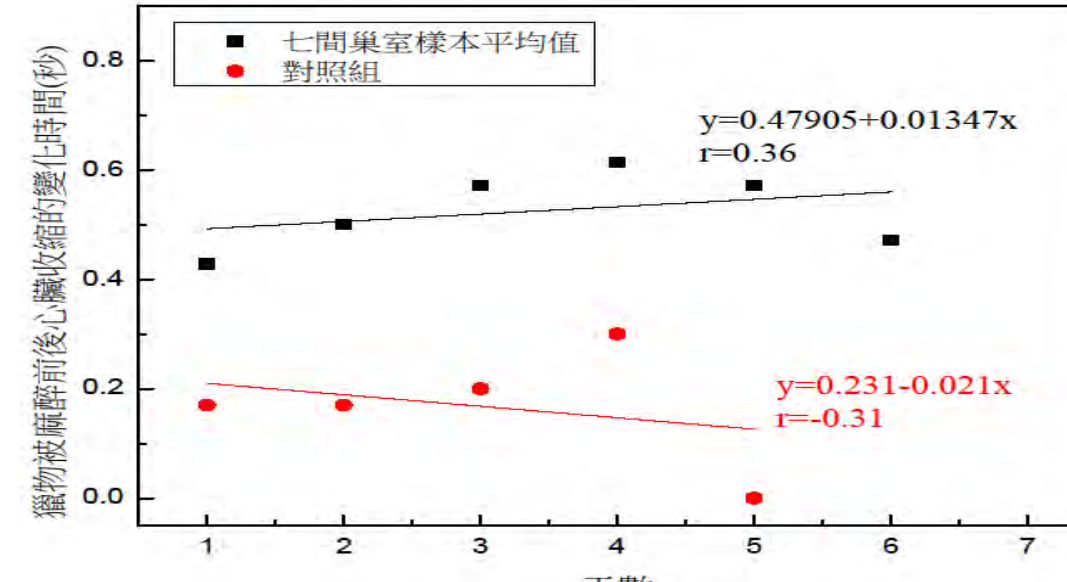


- (1) 被麻醉的獵物 7 天體重減少 40% (N=60)
- (2) 沒有被麻醉的獵物 7 天體重減少 58% (N=10)

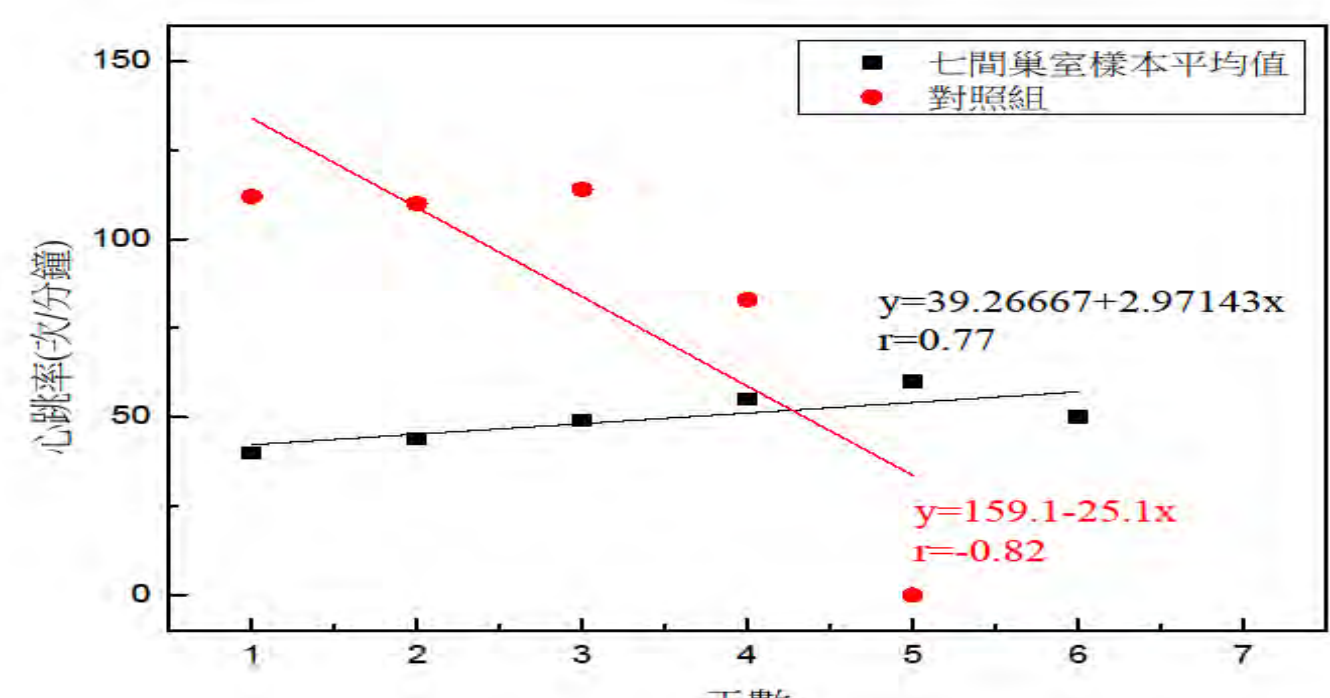
## 2. 關於獵物『被捕後的心跳』變化結果：



被麻醉獵物舒張時間平均值與天數的 r 值為-0.53，屬中度相關，可推測：隨著時間增加，心臟舒張的時間變化減少；對照組相關係數為-0.22 為低度相關，推測心臟舒張變化時間可能受其他因素影響。

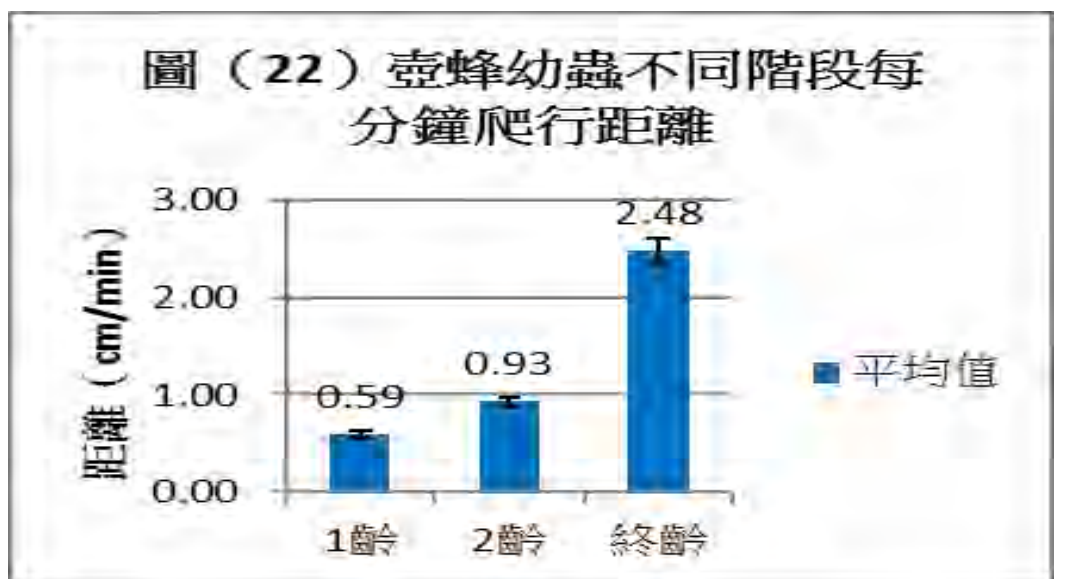
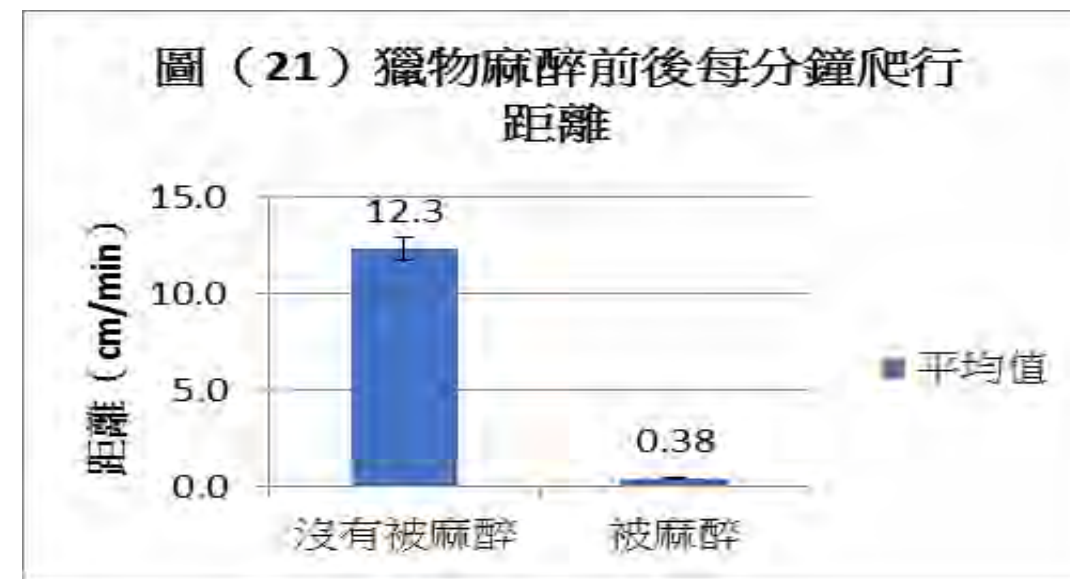


獵物收縮時間平均值與天數的 r 值分別是 0.36 及-0.31，達中度相關，推測心臟收縮的變化時間可能與其他因素有關。



## 四、壺蜂幼蟲的捕食策略實驗結果：

1. 『沒有被麻醉的獵物』：每分鐘爬行 8.3cm ~ 15.3cm 距離，放回透明盒內的捲葉後會吐絲築巢。
2. 『被麻醉後的獵物』：只以每分鐘蠕動爬行 0.3cm ~ 0.6cm 的距離，幾乎處於靜止不動的狀態。
3. 『壺蜂幼蟲』：壺蜂幼蟲每分鐘平均爬行 1.33 ± 0.082cm。

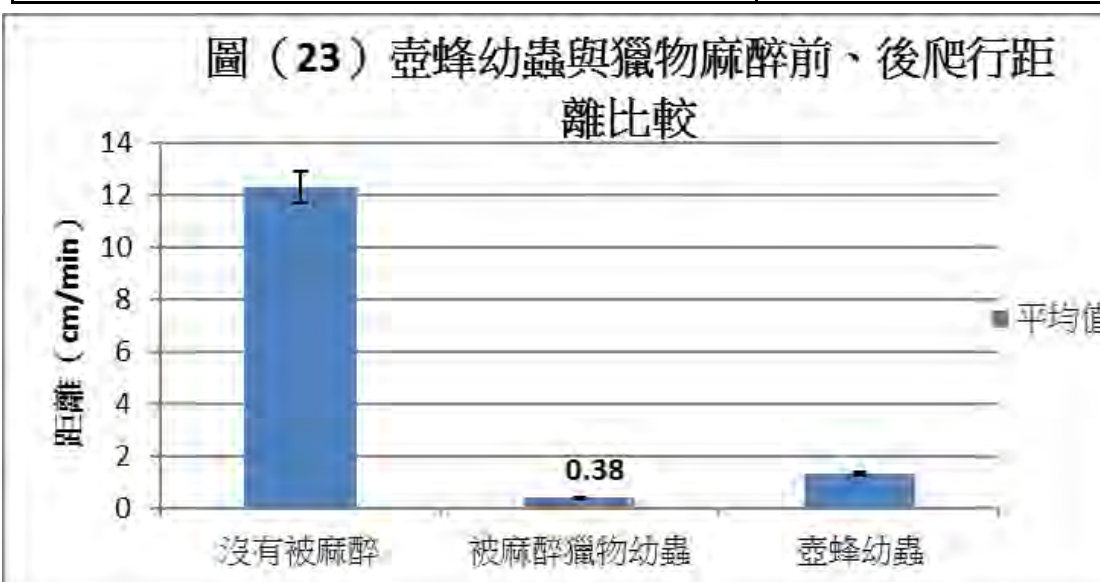


『被麻醉前的獵物』移動距離每分鐘爬行 12.3 ± 3.68cm 的距離。  
『被麻醉後的獵物』每分鐘只能行走 0.38 ± 0.12cm，幾乎已經是處於不動的狀態。(N=8)  
一齡幼蟲每分鐘爬行 0.59 ± 0.03cm  
二齡蟲 0.93 ± 0.12cm，終齡蟲 2.48 ± 0.16cm 的距離，以終齡幼蟲移動距離最遠，因此壺蜂幼蟲有短距離的移動能力。(N=3)

## 再次實驗，壺蜂幼蟲靠爬行吃獵物：

- 步驟 1：以一齡幼蟲為例，把捲葉縮在一起的獵物攤平，分別放在壺蜂幼蟲的左右兩側，觀察並記錄壺蜂幼蟲是否會爬行去尋找食物
- 步驟 2：以終齡幼蟲為例，取 2 隻大小相似沒有被麻醉的獵物，放到有壺蜂幼蟲的巢室內，進行觀察。實驗進行 2 次。

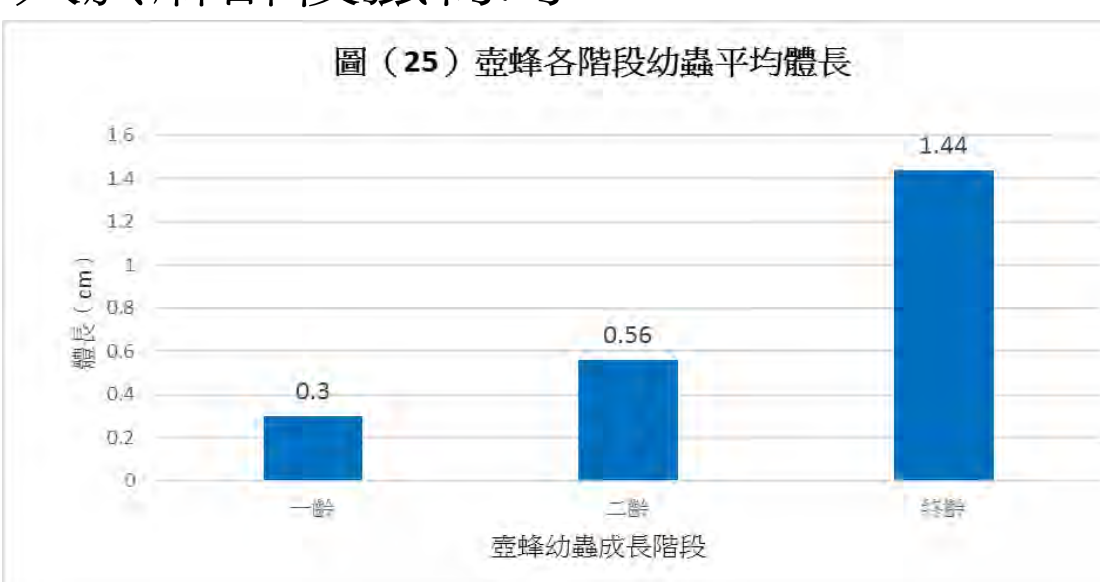
<p>第一天打開竹管觀察 105年9月16日 14:36:32</p>	<p>第一天有 2 層各一粒卵 105年9月16日 14:55:04</p>	<p>第二天卵已經孵化 105年9月17日 16:44:38</p>
<p>第三天幼蟲迅速成長 105年9月18日 10:39:32</p>	<p>第四天內層被獵物吃完 105年9月19日 10:32:00</p>	<p>第五天後壺蜂幼蟲進入前蛹期階段 105年9月20日 10:40:27</p>



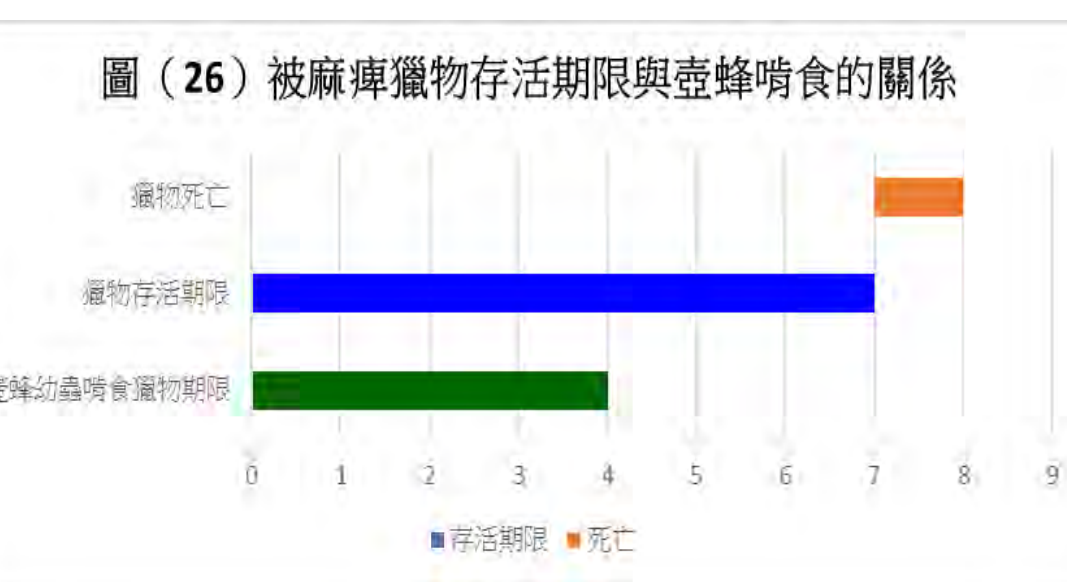
壺蜂幼蟲每分鐘爬行 1.33 ± 0.082cm 大於麻醉後獵物的 0.38 ± 0.12cm



壺蜂幼蟲一齡到三齡的平均體重(N=4)



壺蜂幼蟲一齡到三齡的平均體長(N=4)



壺蜂幼蟲花費 4 天吃光巢室內獵物，巢室內獵物壽命為 6 天，到第 7 天死亡

## 發現與疑問？根據實驗結果，是不是壺蜂捉多少獵物幼蟲就吃多少？

### 再次進行實驗，解決疑問？

- 假設(1)壺蜂媽媽少捉了獵物：獵物食物不足，壺蜂幼蟲會餓死。  
假設(2)壺蜂媽媽多捉了獵物：過多的獵物，壺蜂幼蟲會全部吃光。  
**實驗 (1) 把部份食物拿走實驗**--當作壺蜂媽媽少捉了獵物：將壺蜂在嗜食的獵物部份拿走放到另一間巢室內，再用寶特瓶包裹。  
**實驗 (2) 增加食物實驗**--當作壺蜂媽媽多捉了獵物：壺蜂幼蟲吃完所有食物後，再提供幾隻獵物給壺蜂，觀察並記錄。

### 再次實驗的結果：

1. 壺蜂幼蟲會靠著身體蠕動的方式去找尋食物。把食物拿走實驗，壺蜂幼蟲會跨越破碎的泥層，繼續嗜食食物。
2. 增加食物實驗，當壺蜂幼蟲把所有食物吃完後，持續補充食物，剛開始牠會繼續吃，但是體重增加到 41%時就不再進行攝食。

表 13：「壺蜂幼蟲捕食獵物行為」重新實驗操作過程照片

1. 把食物移走，蓋上透明寶特瓶進行觀察實驗  
2. 增加獵物給壺蜂幼蟲吃實驗

圖 (27) 壺蜂幼蟲吃巢室獵物與增加獵物捕食後體重變化

狀態	體重 (g)
原先體重	0.29
增加獵物後	0.41

幼蟲吃獵物重量 0.29 ± 0.04g 持續供給獵物到吃不下，重量增加到 0.41 ± 0.04g (N=5)

## 陸、問題與討論

### 一、壺蜂毒液麻醉迷昏獵物與 CO2 迷昏獵物的差別？

用 CO2 迷昏獵物測到體重	放回蟲盒後快速恢復移動能力	被壺蜂麻醉的獵物測量過程：	攤平身體量體長	放回去也不會移動

### 二、壺蜂幼蟲成長體重的變化？以及壺蜂麻醉獵物的方式？

表 14：體重成長變化及壺蜂在捲葉上留下的針孔痕跡

圖 (28) 壺蜂幼蟲吃巢室食物與吃加倍獵物後體重增加倍數

對象	增加倍數
吃巢室食物	187
吃加倍獵物	237

壺蜂終齡幼蟲體重 0.22g ~ 0.35g 沒想到短短四天竟然成長了 187 倍以上甚至 237 倍成長速度相當驚人

我們看到葉片佈滿壺蜂用針刺的小孔洞，而且集中在一個區域範圍，應該是獵物棲息的位置

### 三、壺蜂的幼蟲為何出現綠色、淡黃色與黃色等多種體色？

觀察壺蜂吃獵物的體色：

實驗結果：

1. 獵物是綠色，壺蜂幼蟲也是綠色	2. 獵物是黃色，壺蜂幼蟲也是黃色

1. 壺蜂幼蟲吸食黃色獵物，幼蟲『變成黃色』  
2. 吃掉一隻黃色獵物『變成黃綠色』

## 柒、結論

### 研究一、壺蜂的生殖策略結論：

- 經過觀察證實，壺蜂生殖的行為有一定次序，分別是 1 壺蜂找到適合竹管並清潔乾淨。2 壺蜂產下卵就離開。3 再去捉捲葉蛾幼蟲回來竹管。4 壺蜂再唧泥球將洞口封住。

### 研究二、壺蜂找尋獵物及捕捉獵物的策略結論：

- (1) 尋找獵物策略：壺蜂會找捲葉與葉柄在 45° ~ 125° 間夾角，捲葉大小 6.57 ± 0.38 ~ 9.28 ± 0.66，會咬出一個圓形或不規則的孔洞記號，方便日後捕捉。
- (2) 捕捉獵物策略：壺蜂會捕捉 6 隻 ~ 12 隻獵物到巢室裡，每一隻獵物體長在 13.0 ± 0.78mm ~ 15.1 ± 0.76mm，體重在 0.032 ± 0.01 ~ 0.058 ± 0.01，『每一間巢室』內的獵物總體重在 0.31 ± 0.01g ~ 0.40 ± 0.01g。

### 研究三、壺蜂保存獵物的結論：

- (1) 被麻醉後的獵物可以保存體重的新鮮，原因是：被麻醉的獵物平均總體重是 0.35 ± 0.028g，經過 7 天之後，獵物的平均總體重剩下 0.22 ± 0.038，總體重只下降 0.13 ± 0.04g 沒有被麻醉的獵物，只經過 7 天總體重減少 0.28g。
- (2) 被麻醉後的獵物可以保存體長的新鮮，原因是：獵物被麻醉後平均體長 13.7 ± 1.36mm，經過 7 天之後獵物的平均總體長剩下 9.39 ± 2.0mm，總體長只縮短 4.31 ± 0.61cm，沒有被麻醉的獵物，只經過 7 天總體長縮短 10.3cm。
- (3) 被麻醉後的獵物可以延長壽命的期限，原因是：被麻醉的獵物心跳率明顯下降，每分鐘平均心跳 50 下，第 7 天心跳才停止。沒有被麻醉的獵物，每分鐘平均心跳 105 下，第五天心跳就停止了。

### 研究四、壺蜂幼蟲的捕食策略結論是：

- (1) 壺蜂幼蟲在成長階段能順利捕食被麻醉的獵物，原因是：壺蜂幼蟲每分鐘平均爬行 1.34 ± 0.82cm，被麻醉後的獵物每分鐘只能 0.38 ± 0.12cm，沒有被麻醉的獵物每分鐘可以爬行 12.3 ± 3.68cm 的距離。
- (2) 壺蜂幼蟲成長階段可以吃到新鮮的獵物，原因是：壺蜂幼蟲只需花費 4 天的時間，就會把巢室內獵物吃完畢，而巢室內被麻醉後的獵物壽命可以存活到第 7 天。
- (3) 壺蜂幼蟲吃完所有被麻醉獵物之後，還能多吃，原因是：壺蜂幼蟲吃完巢室內所有獵物，體重平均在 0.29 ± 0.04g。增加獵物食用，重量可以增加 41% 到 0.41 ± 0.04g，也就是當體重增

## 捌、參考資料及其他

- 一、盧耽 (2008) · 圖解昆蟲學 · 臺北市：商周。
- 二、翰林出版社 (2016) · 自然與生活科技 國一自然與生活科技上冊生物篇 1-3 (20-28 頁)、4-3 (97 頁)、下冊生物篇 1-3 (18-22 頁)
- 三、高家敏 (2013) · 蟑螂心世界-利用心電圖與影像分析法探討昆蟲心臟因應體位變化的調節作用 · 2013 臺灣國際科學展覽會優勝作品專輯。
- 四、羅兆珩 (2014) · 「竹」巢高手-探討影響棕泥壺蜂築巢因子 · 中華民國第五十四屆中小學科學展覽會作品說明書。

## 玖、待研究的問題

- 一、想研究壺蜂是根據什麼樣的條件或環境，為後代選擇一個安全的家。
- 二、想研究在巢室內的壺蜂幼蟲，會不會受到天敵的攻擊，而影響成長。