

# 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

第三名

030316

泥壺內的秘辛～赭腰圓領螺羸和黃胸錐腹螺羸生存策略探討

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者：  國二 黃芃迎  國二 張佩柔  國二 魏妤潔	指導老師：  蔡瑞琴  林芝妍
---	-----------------------------

關鍵詞：赭腰圓領螺羸、黃胸錐腹螺羸、生存策略

## 摘要

校園內有許多泥巢，調查研究後發現多數為赭腰圓領蜾蠃所築的土條狀泥巢和少數黃胸椎腹蜾蠃所築的壺狀泥巢。統計 428 個泥巢後發現 39% 泥巢為 2~3 列、建築在轉角粗糙的窗框牆壁，面南花圃居多。本研究比較兩種泥壺蜂的型態構造、生活史及其築巢行為。人造環境可飼養和觀察泥壺蜂，但在飼養環境中不會有築巢和獵捕行為。兩種雌蜂均會築巢、產卵、捕獵並置入幼蟲食物後封口，但赭腰圓領蜾蠃體型小、幼蟲食量小、發育期長、壽命短，泥巢空間小但上下兩層設計讓雌蜂入泥巢休憩和護卵及幼蟲；黃胸椎腹蜾蠃體型大、幼蟲食量大、泥巢空間充裕但雌蜂封口後離巢不進巢內。幼蟲發育成功率偏低，發育成功率不同，兩種泥壺蜂以不同的生存策略來護卵育幼和防範天敵。

## 壹、研究動機

學期末時，我們搬到新教室，正在打掃教室時衛生股長說：「同學，門上的泥巴給我擦乾淨！」我仔細一瞧，發現那竟是一個個相似的巢穴，所以引發了我的好奇心，想知道這到底是誰的家呢？



圖 1 發現教室外門窗框上有許多泥巢

上網查資料後發現，原來是泥壺蜂的家！接著認真走訪了教室周遭，我們發現校園中泥壺蜂的巢非常多。這些平時生活在教室周遭的小生物竟然會自己蓋房子！而且他們的房子看起來很特別，究竟牠們如何蓋他們的房子呢？而國一生物課本中也提到生物為了適應環境會發展出各種生存策略，查文獻時更看到詩經中有一段很有趣的故事：

“螟蛉之子、蜾蠃負之”，說有一種叫蜾蠃的小蟲，只有雄的，沒有雌的，只好把螟蛉銜回窩內撫養。後人根據這個典故，把收養義子稱為螟蛉之子。南北朝時醫學家陶弘景，不

相信蜾蠃無子，決心親自觀察以辨真偽。他找到一窩蜾蠃，發現雌雄俱全。這些蜾蠃把螟蛉銜回窩中，用自己尾上的毒針把螟蛉刺個半死，然後在其身上產卵。原來螟蛉不是義子，而是用作蜾蠃後代的食物！！

通過觀察，揭開了千年之謎。故事中的蜾蠃指的竟然就是我們教室中的泥壺蜂之類，這實在太令人好奇了！於是我們決定更深入了解這生活在我們周遭的小泥水匠，探索泥壺蜂的種類和習性，及影響牠們選擇築巢地的因素，更重要的，就是能藉此和好鄰居泥壺蜂們和平共處，不再對牠們感到陌生，也想進一步一探泥壺蜂的泥壺裡究竟藏著甚麼大自然的奧秘喔！

## 貳、研究目的

- 一、研究校園中泥巢的型態和分布狀況(Where?)
- 二、觀察泥壺蜂的種類和型態構造(Who?)
- 三、了解和觀察泥壺蜂如何蓋泥壺 (How?)
- 四、觀察泥壺蜂的一生和其為什麼要蓋泥壺?(Why?)
- 五、探討影響泥壺蜂築巢的因子分析(What?)
- 六、泥壺內發育成功率與入侵生物探討
- 七、兩種泥壺蜂生存策略比較

## 參、研究方法

### 一、文獻探討

#### (一) 校園中兩種泥壺蜂的分類地位

- Arthropoda 節肢動物門
- Insecta 昆蟲綱
- Hymenoptera 膜翅目 68 科 1032 屬 3087 種
- Vespidae 胡蜂科 35 屬 103 種
  - 1 *Paraleptomenes miniatus* (Saussure, 1885) 赭腰圓領蜾蠃(文獻 4)
  2. *Delta pyriforme* (Fabricius, 1775) 黃胸錐腹蜾蠃

#### (二) 歷屆科展有關泥壺蜂的相關研究

##### 1.第 31 屆嘉義市科展國小生物科：土樓神秘客—泥壺蜂生態研究(文獻 5)

- (1)天氣晴朗就有可能看見他在花叢間覓食，或是穿梭在角落築巢、抓蟲。
- (2)土堆狀的巢穴大小約 3~4 公分，成堆連接在一起，亦可見到土條狀的泥壺蜂巢，

但因蜂種太小不易觀察到牠。也可製作壺型人工巢穴吸引他來繁殖。

- (3)黃胸泥壺蜂及虎斑泥壺蜂築巢大約耗時半個月，以每天 0.5~1 個酒壺型巢穴的速度，一個接一個堆疊。巢穴成形後會立即產下一顆卵，每個小巢穴內約 4~6 隻蛾類或蝶類幼蟲，填滿食物後再將巢穴密封起來。
- (4)巢穴繁殖率偏低，巢穴內亦發現寄生蜂蛹殼，推測是寄生蜂影響導致泥壺蜂幼蟲在未離巢前就已經死亡。

## 2.第 54 屆全國科展國中生物：「竹」巢高手-探討影響棕泥壺蜂築巢因子(文獻 6)

- (1)本研究探討影響棕泥壺蜂築巢的因子，利用 One-way ANOVA CRD 模型分析，以巢室口顏色改變、更換巢室位置、清洗巢室口及噴灑花香等不同因子進行實驗，並比較壺蜂往返巢室、巢室口徘徊、巢室內停留等時間上的差異，再觀察受到障礙物阻擋時、天敵侵入後壺蜂的反應。
- (2)改變巢室入口氣味，會顯著影響壺蜂進入巢室。另外刻意阻擋以及天敵侵入雖然沒有顯著意義指出對築巢有影響。

綜合以上泥壺蜂的相關研究，本校出現的泥巢經初步觀察多屬小型赭腰圓領螺贏的土條狀泥巢，國內少有相關研究，另外也有少數幾個黃胸錐腹螺贏的壺狀泥壺，所以我們想針對此兩種不同泥巢的泥壺蜂做相關的研究與調查和觀察。

## 二、研究過程

- (一) 設備與器材：相機、培養皿、解剖顯微鏡、刀片、直尺、筆記本、手電筒、色紙、解剖針、黏土、數位相機、行車紀錄器、網路監視器
- (二) 尋找學校各角落出現的泥壺蜂巢，記錄築巢地點的環境因子並進行分析。
- (三) 測量各式泥壺蜂巢穴外觀的長、寬、高，並記錄形狀。
- (四) 佈置適合飼養泥壺蜂的環境，並以攝影機，行車紀錄器和網路監視器輔助觀察其生活。
- (五) 設計人工飼養的模擬環境，觀察泥壺蜂在人工飼養環境中築巢與行為的差異。
- (六)於不同時間和地點採集並調查泥壺內的生物發育狀況，統計其發育成功率並觀察泥巢內生物的成長。

## 肆、研究結果和討論

### 一、研究校園中泥壺蜂的分布狀況(Where?)

#### (一)校園中泥巢特徵分析

- 1.我們走訪校園中各個角落，結果發現本校校園內總計約有 428 個泥巢，其中有 426 個土條狀泥巢，另外有發現 2 個壺狀泥巢。






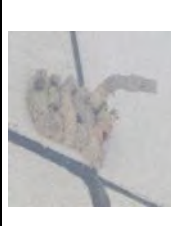


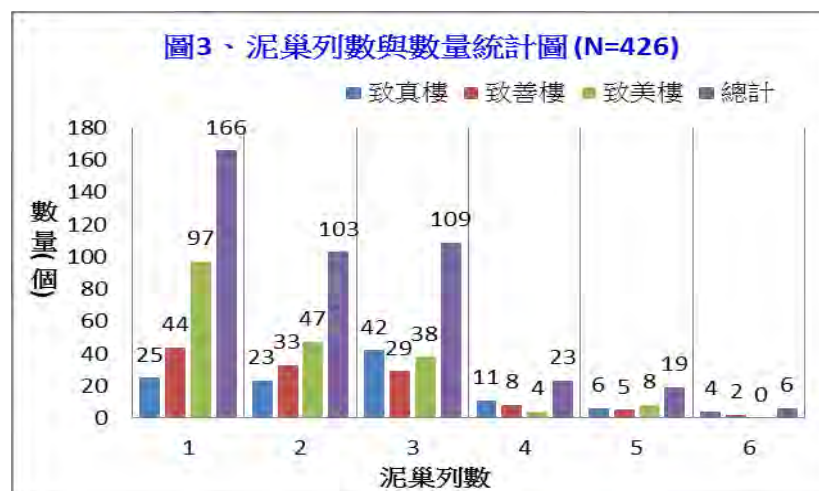
圖 2 兩種泥巢之形狀比較

- 2.其中壺狀泥巢較寬大，大小約 3cmX6cm，因其數量不多無法進一步統計；而土條狀的泥巢一列平均大小約 2.1cmX0.4cm，築巢列數少則單獨一列，多則有達 6 列者(如表 1)，經統計 426 個泥巢後發現(如圖 3)以 1 列為最多占 39.0%，其次是 2~3 列亦很常見分別占 24.2% ， 25.6% ， 4~6 列數量較少。

表 1 土條狀泥巢列述數量和百分比統計結果

統計日期:105.8.24

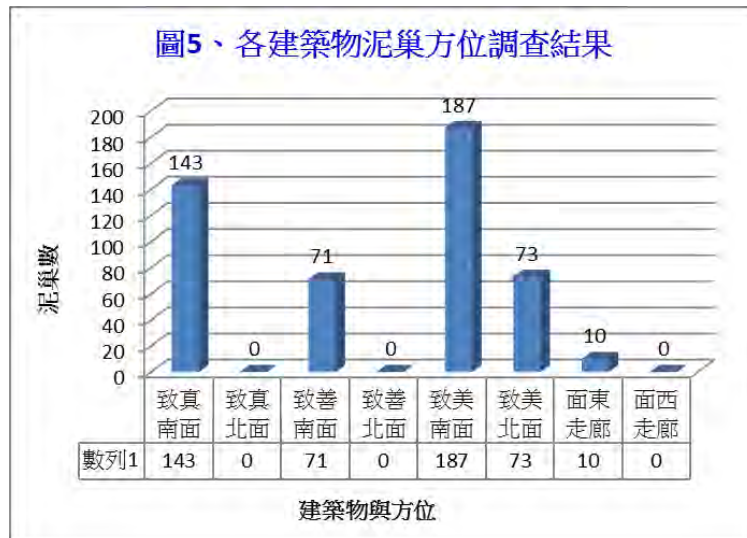
1 列 39.0%	2 列 24.2%	3 列 25.6%	4 列 5.4%	5 列 4.5%	6 列 1.4%
					







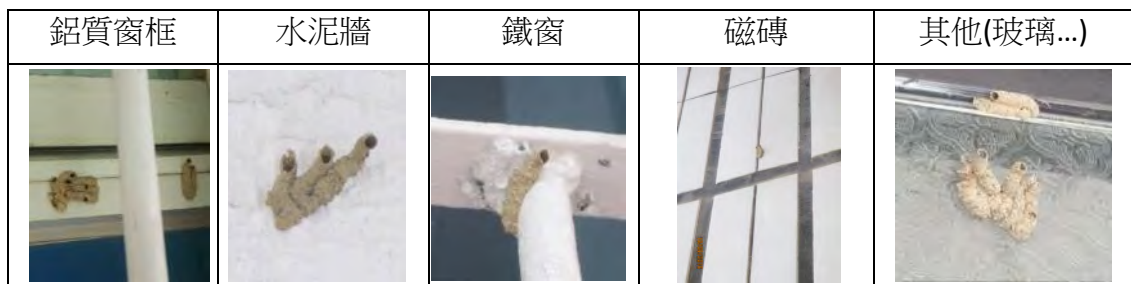
3.統計各建築各方位泥巢數量結果發現，大多數的泥巢建築在面南側，僅有少數分布在面東側，另外致美樓面北側也有發現不少，這和之前分析與花圃和花台位置有關，因為這些方位都方便成蟲吸食花蜜或水分、取得泥土或獵捕幼蟲的食物，築巢面南向較多，推測日照時間較長和溫度較高，縮短發育日數有利幼蟲的生長與發育。



統計日期:  
105.09.22  
N=484

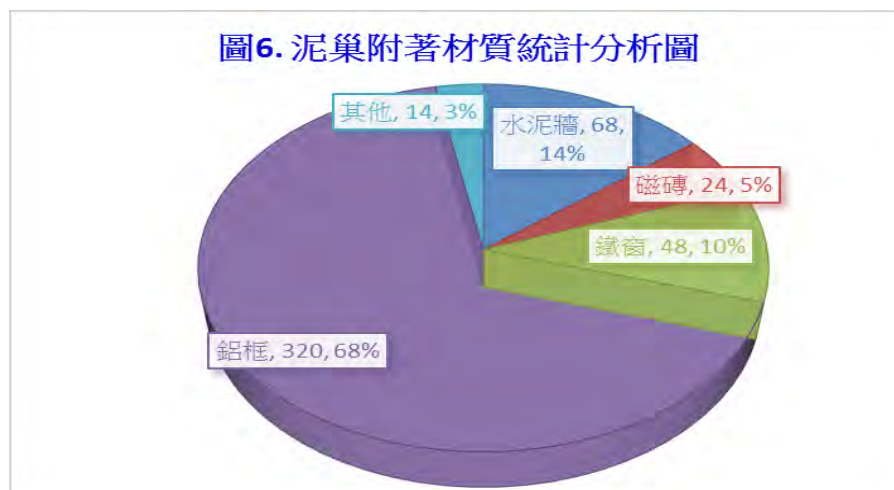
### (三)泥巢附著材質分析

1.在分析 474 個泥巢附著材質後發現，泥巢會建築在以下材質：



2.統計結果顯示：

鋁質窗框上 > 水泥牆 > 鐵窗 > 磁磚 > 其他(玻璃、花崗岩、紙箱...)，可能是因為前 3 種材質表面粗糙且有轉彎的角落，較易附著方便築巢，且築巢地點均具有避雨和接近花圃的特點。



統計日期:  
105.09.24  
N=474

## 二、觀察泥壺蜂的種類和型態構造(Who?)

### (一)觀察泥巢內的生物

- 1.胡蜂科 *Paraleptomenes* 屬的赭腰圓領蜾蠃 [*Paraleptomenes miniatus* subsp. *miniatus* (Saussure, 1885)] 係小型的狩獵蜂，啣泥築巢，築巢完成，赭腰圓領蜾蠃即入內產卵一粒，然後外出獵捕小型鱗翅目的幼蟲塞入巢中，作為其幼蟲的食糧。動作完成後再啣泥將開口封閉。等待卵孵化為幼蟲，以鱗翅目之幼蟲為食，幼蟲長大化蛹，羽化為成蟲之後即破巢而出。(文獻 8)
- 2.校園中雖然發現許多土條狀的泥巢，但是大多數內部已是空巢，因為大部分巢口已有洞代表泥巢內的蟲羽化後已離巢，另外也有一些羽化失敗的蟲體。
3. 以美工刀將泥巢採下，有時泥巢內發現有卵和幼蟲在裡面，為了觀察幼蟲發育的過程，我們將泥巢內掉落的卵和幼蟲置於保存盒或將泥巢黏貼於透明的載玻片並插在保麗龍上，以利觀察泥壺蜂幼蟲的發育過程。



圖 7. 泥巢中有時可發現幼蟲



圖 8. 將泥巢貼於載玻片觀察

### (二)形態特徵

1. 土條狀的泥巢裡住的是**赭腰圓領蜾蠃**( $\llcorner \times \tau \sim \text{カ} \times \tau \sim \llcorner$ )，體長約 8~10mm，頭略呈三角形，體色以黑色為主，頭胸背具刻點，觸角黑褐色膝狀，基部下緣黃色，複眼黑色具光澤，前後緣有黃色斑點及斑紋，唇基黃色，胸背板前後緣各有 2 枚黃斑，胸側有 1 枚黃斑，小楯板前緣有 2 枚黃斑，**腹柄橙紅色**，**錘腹膨大**，第二節呈鈴鐺狀，前後緣各有一條黃色環紋，側邊有一枚細黃斑，或不明顯，腹末數節縮小，翅膀透明，各腳腿節橙紅色，脛節紅褐色，跗節黃褐色。



圖 9. 赭腰圓領蜾蠃形態特徵



2. 壺狀泥壺巢裡住的是**黃胸錐腹蜾蠃**(別名為黃錐華麗蜾蠃，**黃胸泥壺蜂**)，雌蟲體長 28 -30mm，雄蟲體長 25mm。有腹柄的大型蜾蠃，身體斑紋有黑、黃、紅褐色。臉部黃色，觸角橙紅色，頭部後緣黃色，頭頂黑色。**前胸黃色**，胸部側面紅褐色有黑斑；中胸背板黑色混有紅褐色，小盾片、後胸及前伸腹節紅褐色，前伸腹節中央有不規則黑斑。六足紅褐色，後足腿節內側黑褐色。腹柄紅褐色，靠近末端有黑橫帶；錘腹倒圓錐形，黃色，第 1 節基部紅褐色，中間有黑色寬橫帶。



圖 10.黃胸錐腹蜾蠃形態特徵

### (三)生活史

#### 1. 赭腰圓領蜾蠃

- (1)由於卵至成蟲發育過程完全在土條狀泥巢中，因此為了觀察其生活史，我們將泥巢以美工刀從附著的鋁框或牆壁上刮下，結果發現赭腰圓領蜾蠃的條狀泥巢有上下兩層巢室，各產下一卵發育成成蟲後破巢而出，若泥巢出現洞口代表成蟲發育成功已經離巢、或雌蟲仍在其中休息築巢中；若呈封閉則表示蟲體尚在發育或未發育成功：

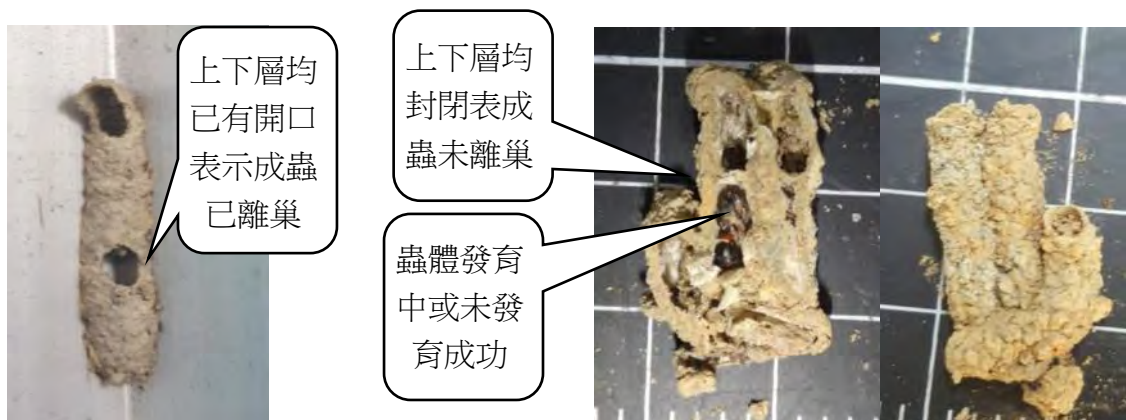


圖 11. 赭腰圓領蜾蠃泥巢外觀及內部蟲體發育狀況

(2) 我們發現赭腰圓領蜾蠃的泥巢，大小幾乎等同其身體的大小，所刮下的泥巢中也少見到文獻中提及的鱗翅目幼蟲，有可能幼蟲食量並不大亦或者不用進食即可發育？這點尚待後續觀察與探討。

(3) 刮下洞口尚封閉的泥巢後可觀察到幼蟲各階段，並將尚完整的泥巢貼在透明的載玻片上繼續觀察其生活史：

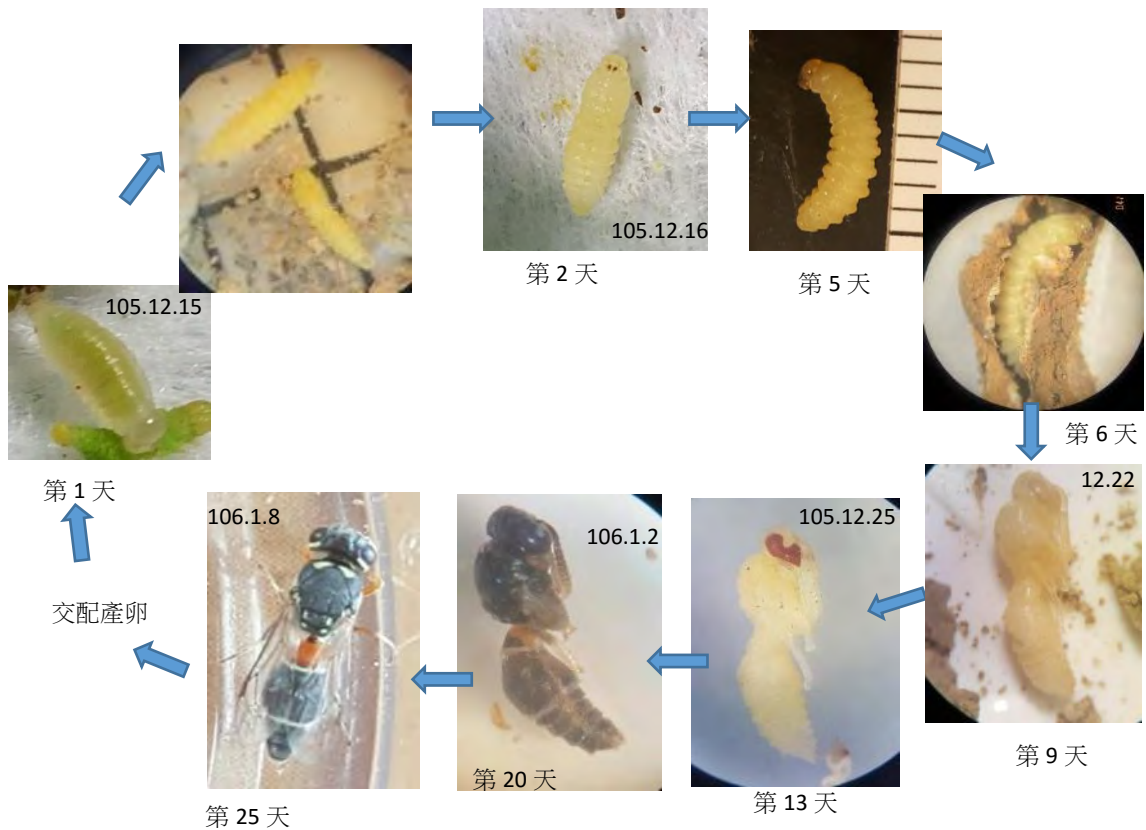


圖 12. 赭腰圓領蜾蠃的一生

## 2. 黃胸錐腹蜾蠃

(1) 本校校園中壺狀泥巢並不多僅有 3 個，且發現時多已呈現空巢狀況。而幸運的是有一次假日去他校的校園運動，正巧遇到一剛形成的泥壺且壺口尚未封閉，好奇的我們想取下整個泥巢回學校飼養和觀察。然而刀片一碰泥巢就碎裂開了，裡面掉出活生生的綠色的尺蠖幼蟲，當場雖然覺得很可怕，不過我們還是很鎮靜的收集壺內所有的生物，帶回家以繼續後續研究與觀察。

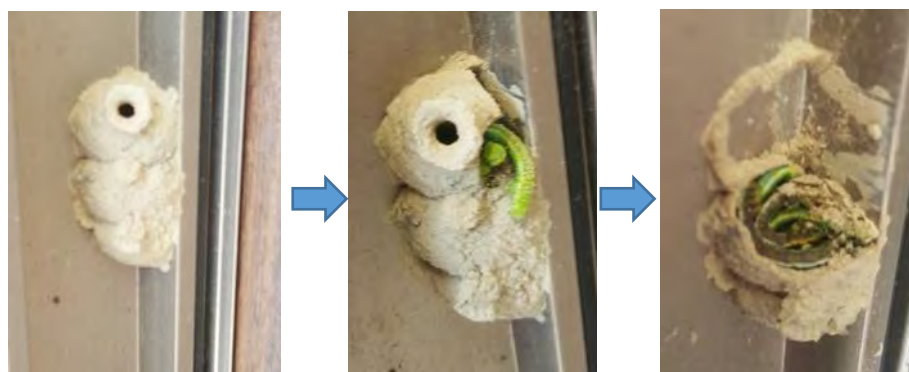


圖 13. 黃胸錐腹蜾蠃的泥巢內外觀

(2)當我們逐層割下泥巢，發現共有三個壺狀泥巢，其中最上面兩壺有生物在其中，分別用保存盒收集好上面兩層泥壺內的所有生物時，勤奮的蜂媽媽正好獵捕到幼蟲回巢，發現巢不見了仍持續在附近飛行與徘徊著，於是我們拍下雌蜂叼蟲的影片，從影片中可以看到雌蜂以口器和腳並用叼著和身長一樣大小的蛾類幼蟲持續飛行著...



圖 14. 黃胸錐腹蜾蠃母蜂捉獵物回

(3)兩個泥巢內各有約 9 隻尺蠖蛾的幼蟲，並各有一粒卵在其中，我們以棉花鋪在藥盒或隱形眼鏡盒內加上蓋子飼養，觀察過程中發現有些蛾類的幼蟲雖然身體無法移動，但是都還活著因為會有排便和扭動的狀況，但也有些幼蟲則逐漸發黑，但無論是新鮮或死去最後結局都是被泥壺蜂孵化的幼蟲給吃下肚了!



圖 15. 以保存盒觀察黃胸錐腹蜾蠃的發育過程

#### (4)發育過程

- **卵期**--黃胸錐腹蜾蠃的卵呈淡黃色，大小約 3mmX1mm
- **一齡幼蟲**--第一天外表透明，內部綠色的腸道一直蠕動，身體也逐漸變大。
- **二齡幼蟲**--第二天身體變大外部轉白色但仍可見內部綠色腸道蠕動，此時有些尺蠖幼蟲開始發黑死亡，幼蟲開始吸食尺蠖幼蟲的身體。
- **三齡幼蟲**--第三天觀察時已經變成白色不透明的，此時盒內食物已經都死亡發黑，三齡幼蟲開始大量進食，幾乎一天就可以把盒內食物都吃光了，身體也成長快速，第四天早上幼蟲更大了，顏色稍微轉黃。
- **四齡幼蟲**--第五天變成淡黃色的，開始吐出絲狀物，第六天盒內出現排泄物，第



七天四齡幼蟲顏色深黃，盒內排泄物變多身體變比較瘦小些。

- **蛹期**-第九天蛻皮後進入蛹期，此時已經可以看出觸角、口器、步足等各種構造；  
**第 15 天身體出現黑黃條紋。**
- **羽化**-第 18 天由腹部端蛻去外皮後羽化出現翅膀；**蟄伏不動一天**後於第 19 天開始移動身體到處走動。

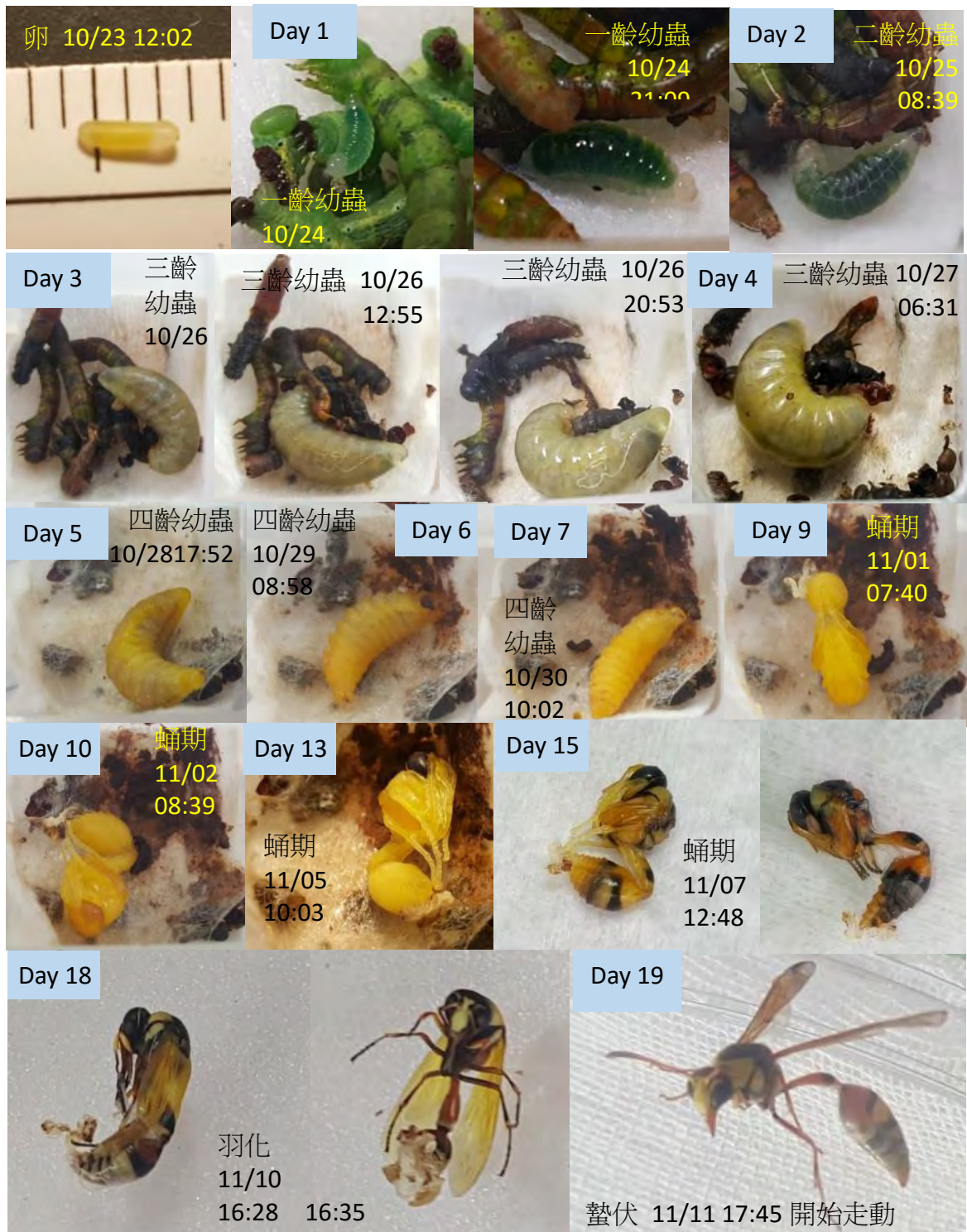


圖 16. 黃胸錐腹蜾蠃由卵至成蟲的發育過程



### 三.了解和觀察泥壺蜂如何蓋泥壺 (How?)

在調查泥巢的過程中，巧遇成蟲的機會真的不多，因為大多數的泥巢都是早已離巢或是可能為產卵和被天敵入侵的空巢，尤其白天和假日校園中活動的師生眾多，敏感機警的泥壺蜂成蟲身影不是驚鴻一撇就快速飛走，若捕抓於燒杯中觀察又見不到自然的築巢行為與生活習性。因此老師要我們於日常生活中及假日多到戶外觀察，看看是否能巧遇牠們，觀察其建築泥巢的行為。

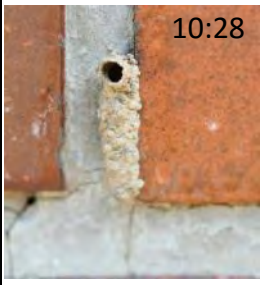

#### (一)赭腰圓領蜾蠃的築巢行為觀察

1. 觀察日期地點：2016.12.11 高雄都會公園
2. 環境特色：高雄都會公園內有許多樹林和步道，我們在公園志工室、管理中心及海洋國家公園管理處的牆壁、窗戶及鐵窗上均發現到赭腰圓領蜾蠃的泥巢。



圖 17.高雄都會公園的環境和泥巢

#### 3. 築巢過程：

Day1	2016.12.11	1. 10:28	2. 11:28		
	10:28	剛剛抵達時在停車場車道附近牆壁上發現有成蟲在此巢上方活動，正要拿起相機時成蟲機靈且快速飛走了!等了幾分鐘仍不見其回巢。		11:28	繞了都會公園一圈，調查園區內的泥巢後，正朝停車場走去，哇~剛剛的成蟲回巢了，這次總算拿好相機拍下牠的身影。

<p>3. 11:29</p>  <p>把頭伸進泥巢內</p>	<p>4. 11:30</p>  <p>頭伸出巢外後用口器和前腳從巢壁上弄下泥土，反覆搓成泥球約 20 秒後銜著泥球又把頭伸進巢內填補巢穴口。</p>		<p>5. 11:31</p>  <p>整理觸角後飛離</p>
<p>6. 11:32</p>  <p>又飛回來反覆一樣的动作後飛離</p>	<p>7. 11:35</p>  <p>再飛回來反覆一樣的动作後飛離</p>	<p>8. 11:39</p>  <p>再次回來修補約 2 分鐘洞口已封好泥土</p>	<p>9. 11:42</p>  <p>在巢附近盤旋上下反覆查探</p>
<p>10. 11:49</p>  <p>開始蓋下一泥巢</p>	<p>11. 12:05</p>  <p>第二泥巢的底</p>	<p>12. 15:15</p>  <p>已完成 2/5 個泥巢</p>	<p>13. 15:28</p>  <p>雌蟲一直躲在巢內</p>
<p>Day2 2016.12.12 1. 11:58</p>		<p>2. 12:23</p>	
	<p>隔天中午再來觀察發現第二個巢有再長高一點了，赭腰蜾蠃媽媽依然繼續築巢中。</p>		<p>這 25 分鐘赭腰蜾蠃媽媽每隔 2~4 分鐘左右就回來一次，共來回七次，因為飛走和回來速度實在很快，肉眼無法追到究竟飛去哪裡啣泥土，每次回來總是裡外進出修築泥巢。</p>
<p>3. 12:47~12:51</p>		<p>Day3 2016.12.13 1.11:30~11:42</p>	
 <p>12:47 進巢休息直到 12:51 都未再離巢</p>		 <p>第二個巢從開始建築已經進入第三天了，高度已經接近完工階段，但是這 12 分鐘內來回四次，最後於 11:42 飛離巢後等到 12:15 都不見其回巢。</p>	



Day5 2016.12.15 1.09:19	2.09:35
 <p>一早沒見到蟲於是敲敲牆壁，原來在內的牠探出頭來</p>	 <p>為了瞭解泥壺內的秘辛，我們決定將泥巢採下，但泥巢在採集時很容易就碎裂，我們看到第一個巢內的幼蟲已經達四齡階段，而第二個新巢下層也已經有幼蟲並發現三條小型鱗翅目的幼蟲在其中，於是以封口袋帶回巢內所有的生物繼續觀察其後續發育。</p>

4. 泥巢內部：

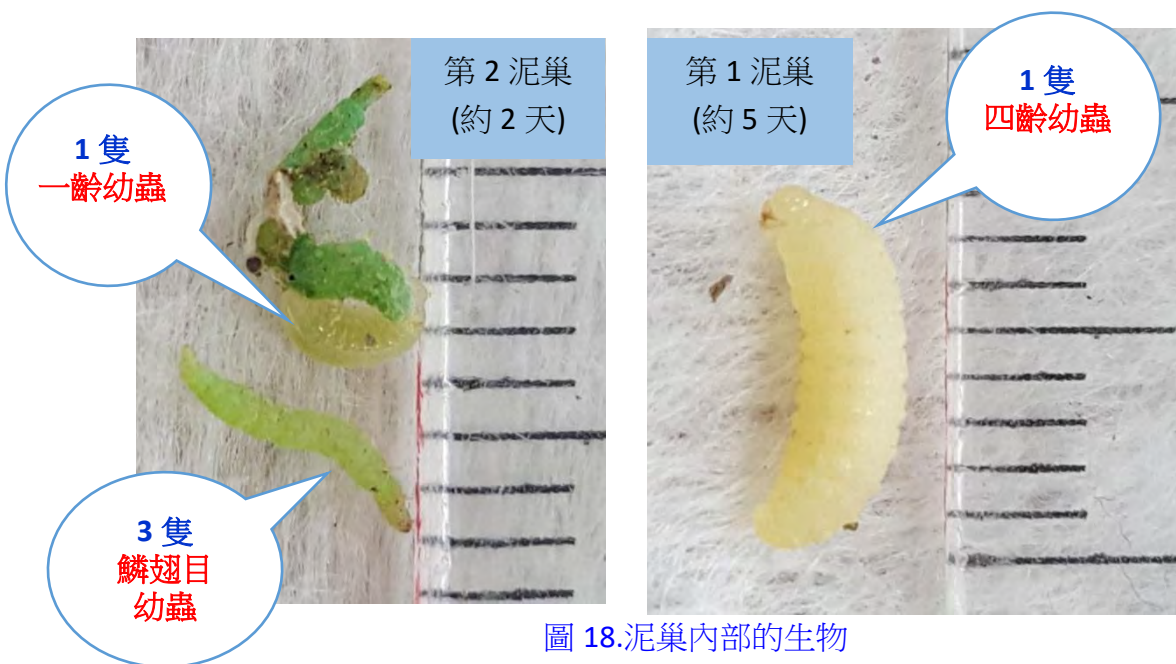








圖 18.泥巢內部的生物

●結果討論:

1. 赭腰圓領蜾蠃築泥巢下層的時間約需 3~4 小時，土條型泥巢分上下兩層，每一層恰好可容納一隻成蟲的大小，築好下層後雌蟲會於巢內休息過夜。
2. 我們於第二泥巢下層發現 1 個卵及 3 隻鱗翅目幼蟲，證實幼蟲必須進食才能繼續發育而非先前懷疑的幼蟲不需進食，但觀察結果發現泥巢空間和獵物體型很小，一二齡幼蟲已將獵物食用完畢，三四齡不進食仍繼續完成發育過程。
3. 雌蟲將將下層封口後，繼續蓋上層泥巢，在觀察的第 3-5 天我們發現雌蟲一直在上層泥巢內休息。

## (二)黃胸錐腹蜾蠃的築巢行為觀察

在校園中黃胸泥壺蜂數量不多，研究期間沒有機會觀察到其築巢的完整過程，我們於網路搜尋黃胸泥壺蜂築泥巢的相關影片來分析，結果如下：

1. 黃胸泥壺蜂以口器於潮濕泥地上取泥球。	2. 唧泥球飛回築巢地點築巢。	3. 將腹部深入巢內，於巢內產下一卵。
 參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=aY4vs7uJGHM">https://www.youtube.com/watch?v=aY4vs7uJGHM</a>	 參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CsddI9HbBUE">https://www.youtube.com/watch?v=CsddI9HbBUE</a>	 參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CsddI9HbBUE">https://www.youtube.com/watch?v=CsddI9HbBUE</a>
4. 外出捕獵鱗翅目幼蟲	5. 唧獵物飛行回巢並放入泥巢中。	6. 一泥巢約塞入 9 隻獵物後封住泥巢。
 參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8w0rDHB3WTc">https://www.youtube.com/watch?v=8w0rDHB3WTc</a>	 參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CsddI9HbBUE">https://www.youtube.com/watch?v=CsddI9HbBUE</a>	

## 四. 探討影響泥壺蜂築巢的因子分析(What?)

### 問題(一): 是否能人工飼養泥壺蜂?

泥壺蜂在自然環境中出現和離開的速度總是相當快速，遇到的機率也不高，為了更清楚觀察並測試影響泥壺蜂築巢的因素，我們佈置適合泥壺蜂生活的人工環境如下，並以監視器觀察 24 小時並分析其停留與行為：

#### 1. 赭腰圓領蜾蠃生活環境佈置：

因為赭腰圓領蜾蠃的體型很小故以 1000mL 燒杯飼養，杯口覆蓋紗布，其內放置裝有蜂蜜、水、潮濕泥土的小瓶蓋，並置入開花的小植株提供赭腰圓領蜾蠃選擇，另以載玻片貼上土條狀泥巢測試其是否會進入非自己搭建的泥巢中休憩。



## 2. 黃胸錐腹蜾蠃生活環境佈置:

因為黃胸錐腹蜾蠃的體型較大，需要較大的生活空間，故以透明塑膠盒相連，上下打通，下層鋪上潮濕泥土，其內佈置蜂蜜、水、泥土、開花的小植株等泥壺蜂生活的必需條件，並定期更換以防蜂蜜發霉，另以玻片貼上以黏土捏製的人造泥巢，測試其是否會進入非自己搭建的泥巢中休憩。

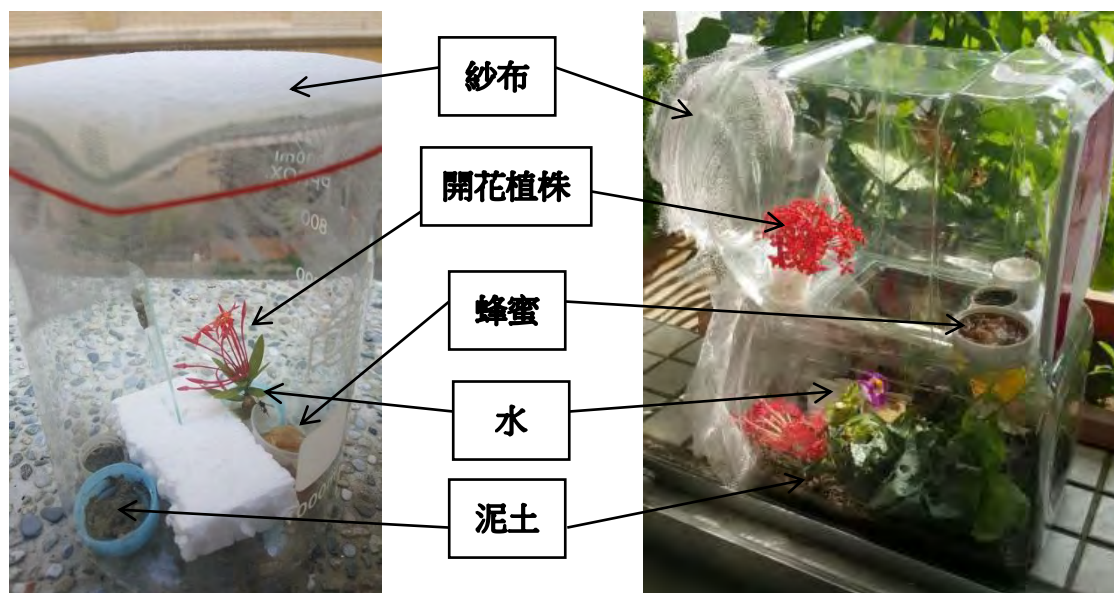


圖 19.人工佈置適合泥壺蜂生活和觀察的環境

### ● 結果發現：

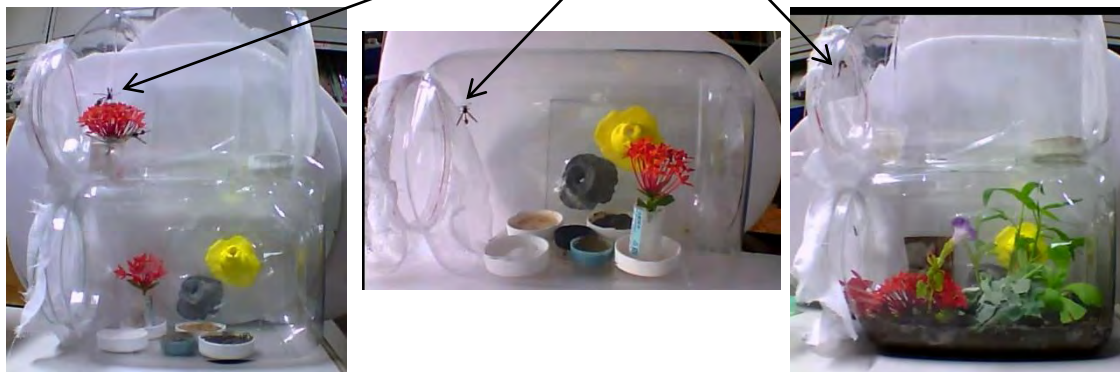
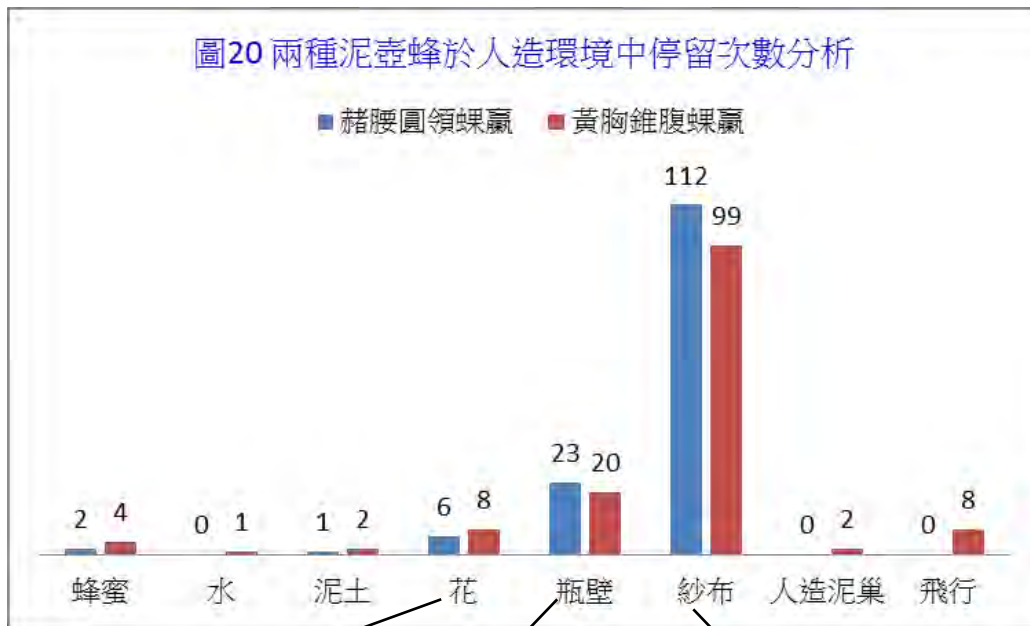
1. 赭腰圓領蜾蠃在人造環境中可生活約 1 個月(105.9.24~105.10.23)，黃胸錐腹蜾蠃在人造環境中飼養則可生活約 2.5 個月(105.10.23~106.01.07)。
2. 赭腰圓領蜾蠃體型小身體幾乎和泥巢密合，在採集時如組織有受傷，經常導致發育不正常，即使羽化成功隔一两天即死亡。黃胸錐腹蜾蠃體型大泥巢空間充裕，採集後人工飼養羽化成功機率高飼養期亦較長。

### 問題(二):飼養期間泥壺蜂行為和天然環境中是否相同?

由於無法追蹤泥壺蜂一天的行為，因此以網路監視器協助觀察與紀錄泥壺蜂一天的行為並分析其停留於蜂蜜、水、泥土、花、瓶壁、紗布、人造泥巢、飛行的行為次數，每十分鐘計算一次，一天 24 小時共計 144 次，比較兩種泥壺蜂行為統計如下:

表 2 兩種泥壺蜂於人造環境中的行為計次表

停留地點	蜂蜜	水	泥土	花	瓶壁	紗布	人造泥巢	飛行	總計次
赭腰圓領蜾蠃	2	0	1	6	23	112	0	0	144
黃胸錐腹蜾蠃	4	1	2	8	20	99	2	8	144



●結果發現：

1. 兩種泥壺蜂都喜歡停留在對外通風的紗布處有可能是因為利用氣流的方向來找出口，日行性的泥壺蜂夜晚也幾乎都是停在紗布上，白天才會四處走動或飛行，偶爾才吸食花蜜或蜂蜜，吸食時沿瓶蓋邊緣縫隙吸食而非直接吸食花蜜。
2. 對於新鮮植株上的花蜜或人為準備的蜂蜜，兩種泥壺蜂均有吸食情形，因此可以人工餵養泥壺蜂。
3. 赭腰圓領蜾蠃飛行超快，紀錄時幾乎都是在行走或快速跳至下一停留點，黃胸錐腹蜾蠃比較常於空中停留飛行。
4. 兩種泥壺蜂在人造環境中均不曾觀察到有築泥巢行為。
5. 兩種泥壺蜂均不曾觀察到有進入泥巢休憩之情形，可見泥壺蜂不會進入非親自築的他蜂泥巢或人造泥巢中。
6. 赭腰圓領蜾蠃曾頭部朝外休憩於折疊的紗布卷中躲藏，而黃胸錐腹蜾蠃則曾停留於黏土製成的人造泥巢外部但不曾進入泥壺中，這和野外觀察到的行為相似。

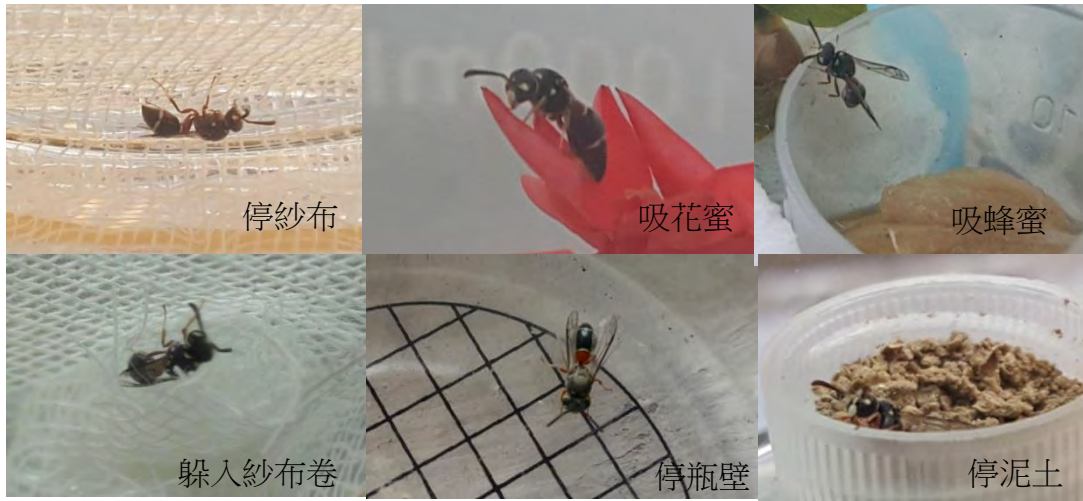


圖 21.飼養環境中赭腰圓領蜾蠃表現行為



圖 22.飼養環境中黃胸錐腹蜾蠃表現行為

**問題(三):提供鱗翅目幼蟲是否會有狩獵行為?**

原本假設在人工飼養環境中提供不同土質、不同顏色區域、不同材質的瓶壁讓泥壺蜂築巢以測試影響築巢因素，結果在長達三個月的飼養期間，**所有被飼養的二種蜾蠃均未見其築巢行為、也不會利用現有的他蜂巢穴或人造巢穴**，因此影響築巢的因素也可能和蜾蠃需要自然環境中歷經與雄蜂交配、產卵、獵捕等行為方會自行築巢。因此我們於環境中置入菜園中有大有小的活菜蟲(綠色的小菜蛾和紋白蝶幼蟲)測試其是否有獵捕行為。



● **結果發現：**

小菜蛾、紋白蝶幼蟲與泥壺蜂共處了一星期，有些菜蟲都結蛹了，**人為飼養環境中的蜾蠃並沒有出現獵捕菜蟲的行為。**

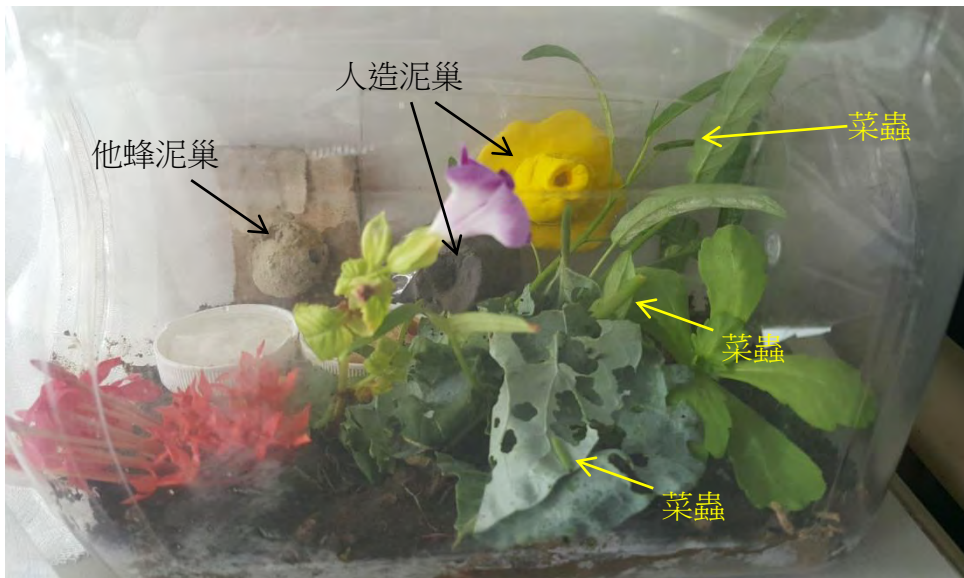


圖 23.飼養環境中提供小菜蛾幼蟲

**問題(四):破壞泥壺蜂泥巢是否會繼續築巢?**

實驗已知飼養期間(105.11~106.1)泥壺蜂並未於人造環境中築泥巢，而在自然環境中(都會公園志工值班室外牆)，我們找到雌蜂尚躲在其內的泥巢，我們一碰泥巢雌蜂就迅速飛走，將泥巢小心拆下四個巢室，其內均有正在發育中的幼蟲及蛹，依照產卵和發育先後順序依次是: 1, 2, 3, 4 如下圖 24，拆解泥巢時雌蟲即飛走，經過二週後再回原處觀察是否有重建泥巢的行為。

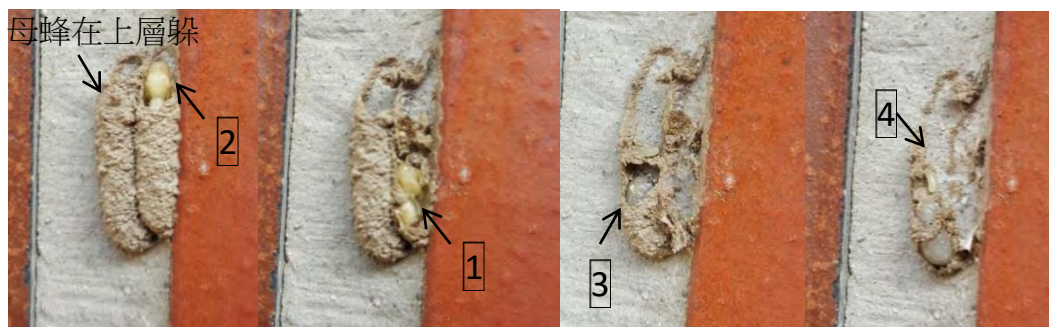


圖 24.赭腰圓領蜾蠃泥巢被破壞後不再重建



圖 25.黃胸錐腹蜾蠃泥巢被破壞後不再重建



● **結果發現：**

經過二星期後再前往原處觀察，**二種蜾蠃的雌蜂均不再回巢重建其被破壞之泥巢！**

五、泥壺內發育成功率與入侵生物探討

在研究期間，我們發現泥巢中經常出現發育不成功的屍體，常見的發育失敗案例如身體有些部位凹陷、破洞、萎縮，有些則是呈現身體發黑、發黴等狀況，另外還有許多空的巢穴，發育成功的機率似乎隨著季節和地點而有差異，於是我們統計採下的泥巢觀察分類並加以分析。

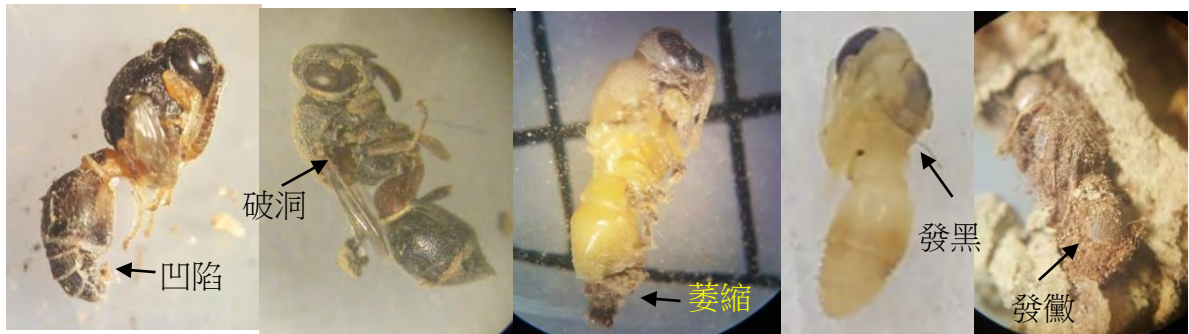


圖 26.泥巢中發育失敗的赭腰圓領蜾蠃

我們於 9 月和 12 月份分別採下泥巢，統計本校校園、他校校園、高雄都會公園內泥壺蜂壺內狀況，估計其發育成功率：

1. **成功**--巢內為空巢且已開口、有新鮮的幼蟲和蛹、躲或飛出雌蟲....記錄為發育成功。
2. **未成功**--空巢且未開口、巢內幼蟲和蛹已呈現死亡、發黴、有其他入侵生物...記錄為發育未成功。



圖 27. 赭腰圓領蜾蠃泥巢巢室中發育成功率

表 3 赭腰圓領蝶羸不同月份發育成功率調查

本校	成功率			未成功			總計	成功率
	開口空巢	活幼蟲.蛹	躲或飛出母蟲	空巢未開口	幼蟲和蛹死亡	其他入侵生物		
9月	26	15	2	50	12	27	132	32.58%
12月	13	5	1	22	10	20	71	26.76%

圖28 赭腰圓領蝶羸不同月份發育狀況統計圖

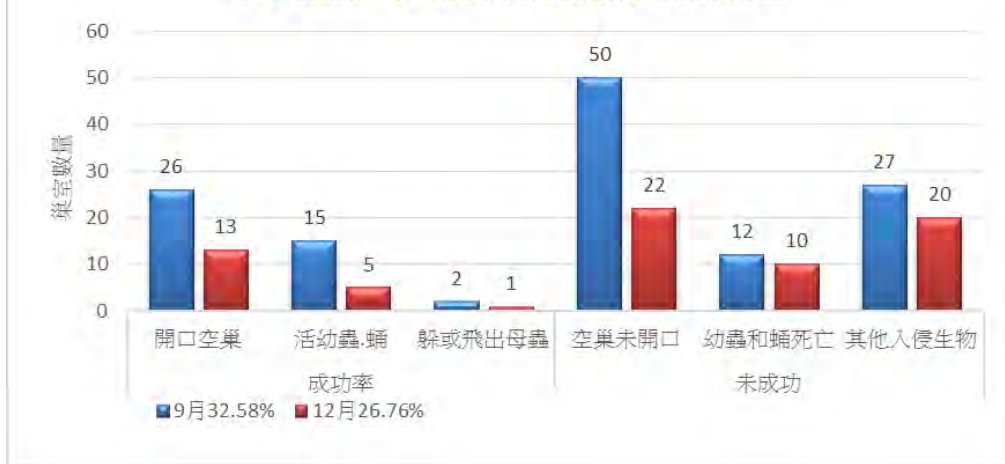
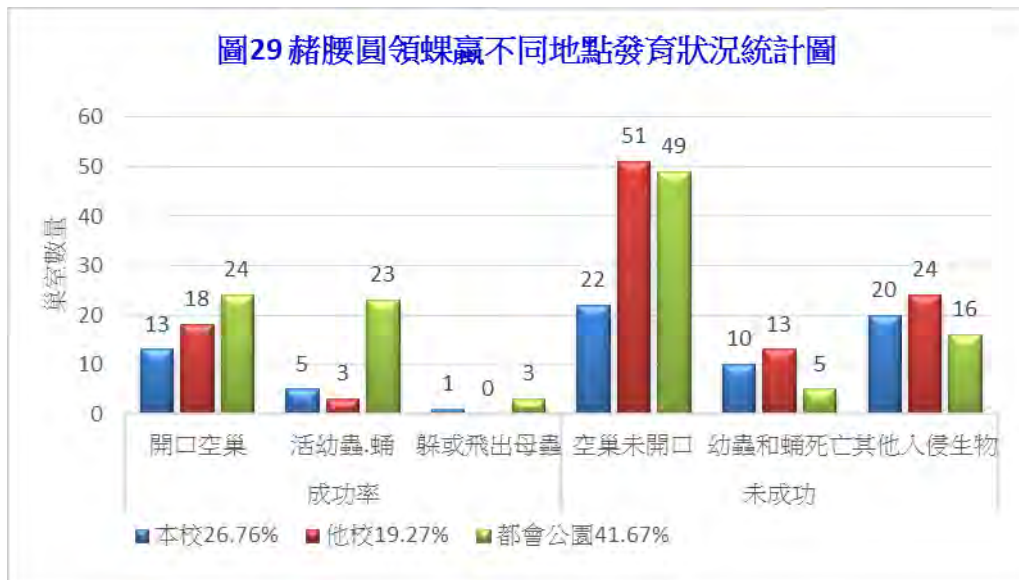


表 4 赭腰圓領蝶羸不同地點發育成功率調查

12月份	成功率			未成功			總計	成功率
	開口空巢	活幼蟲.蛹	躲或飛出母蟲	空巢未開口	幼蟲和蛹死亡	其他入侵生物		
本校	13	5	1	22	10	20	71	26.76%
他校	18	3	0	51	13	24	109	19.27%
都會公園	24	23	3	49	5	16	120	41.67%

圖29 赭腰圓領蝶羸不同地點發育狀況統計圖



● 結果發現：

- 1.9 月份本校校園中赭腰圓領蝶羸發育成功率 32.58%，12 月份巢室較少成功率 26.76%也較低，兩個月份都發現有未發育成功的個體或入侵生物。
- 2.比較本校、他校和都會公園三地的巢室，發現他校的空巢和入侵生物比例較高，都會公園是三個地點發育成功率最高的區域。



3. 入侵生物種類很多，最常見的有蜘蛛、寄生蠅和寄生蜂，其中蜘蛛入侵種類和數量多，可能直接產卵於巢室中孵化成群(如圖 30)，寄生蠅可能藉著產卵於雌蜂抓的獵物中一起被帶入巢室內發育鳩佔鵲巢(如圖 31)。

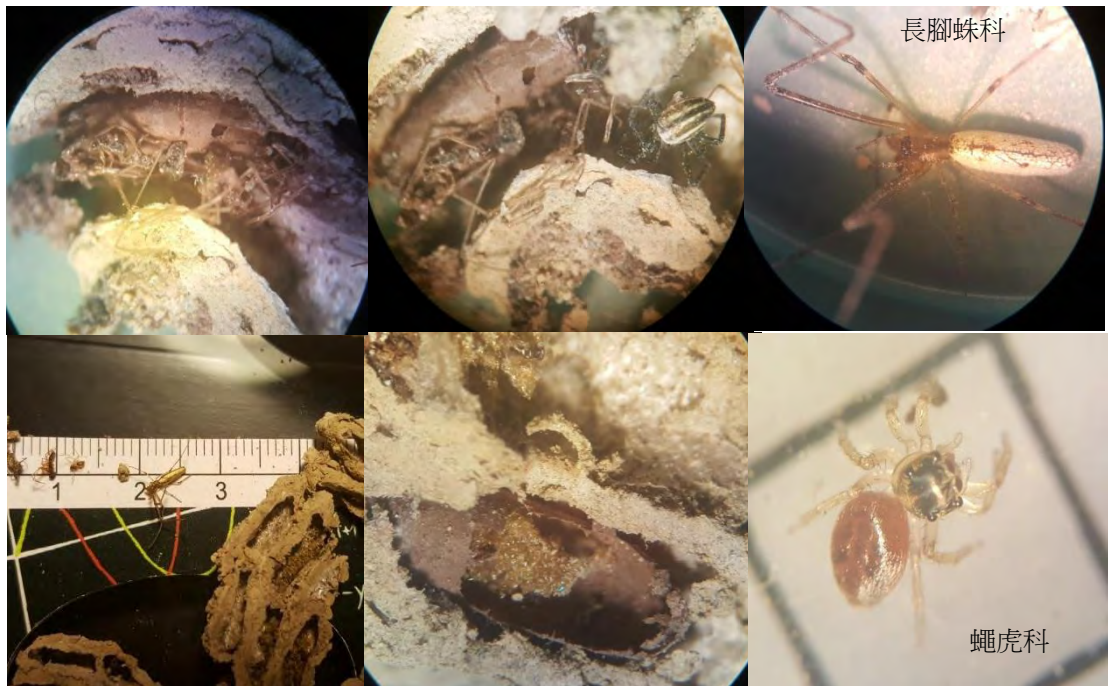


圖 30. 入侵赭腰圓領蜾蠃泥巢室中的蜘蛛



圖 31. 入侵赭腰圓領蜾蠃泥巢室中的寄生蠅幼蟲

4. 另外在採集過程中，也經常發現活生生的寄生蜂和赭腰圓領蜾蠃共處一室，被入侵的巢室中的蜾蠃幼蟲生命應該也是岌岌可危!



圖 32. 入侵赭腰圓領蜾蠃泥巢室中的寄生蜂



5. 在調查過程我們發現赭腰圓領蜾蠃的**雌蜂築巢時會預留一個巢室讓自己進巢內休息**，而長穴附近有**許多小蜂在泥巢外聚集，甚至試圖進入洞口**，也會在泥巢外爬行或許他們**可能正在尋找泥巢是否有較薄的地方可以插入產卵管產卵**也說不定?!

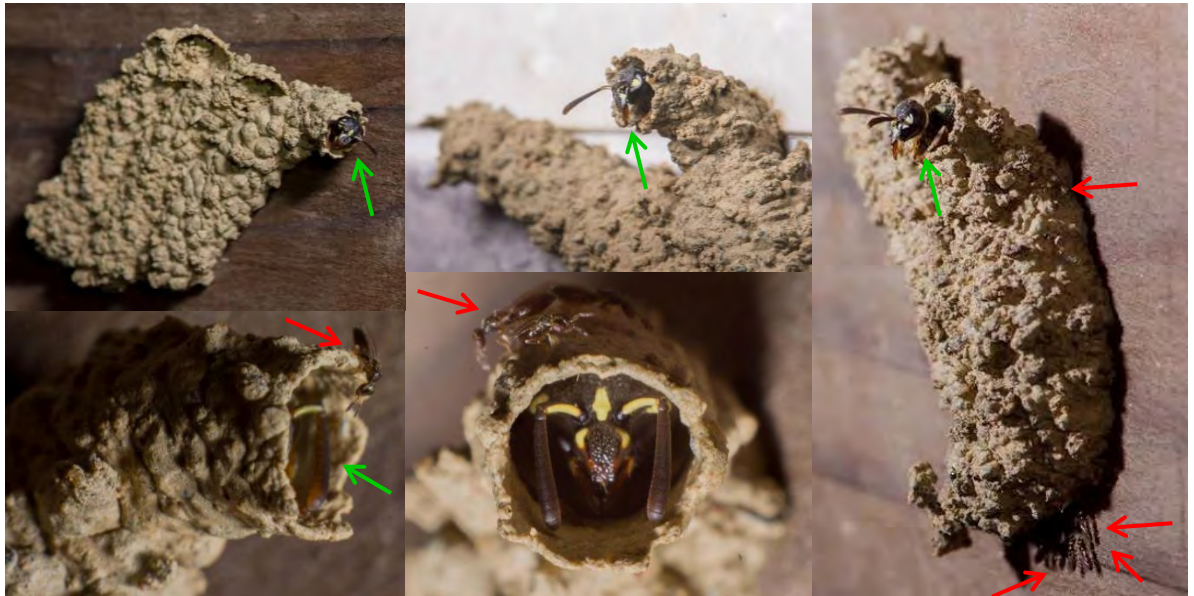


圖 33. 赭腰圓領蜾蠃雌蜂(→)與小蜂(→)的攻防戰

6. 很多泥巢的**最旁邊上方的巢室提供雌蟲居住**，觀察發現雌蜂的視力似乎不是很好可是**對光影的變化很敏感**，雌蜂回巢後會**先頭朝前進入檢查裡面沒有其他生物入侵**再出巢頭朝外倒退進巢內，蜾蠃出巢前會**巡視一次整個巢把小蜂們趕走**甚至有一個巢**超過 10 隻小蜂在上面遊走**。

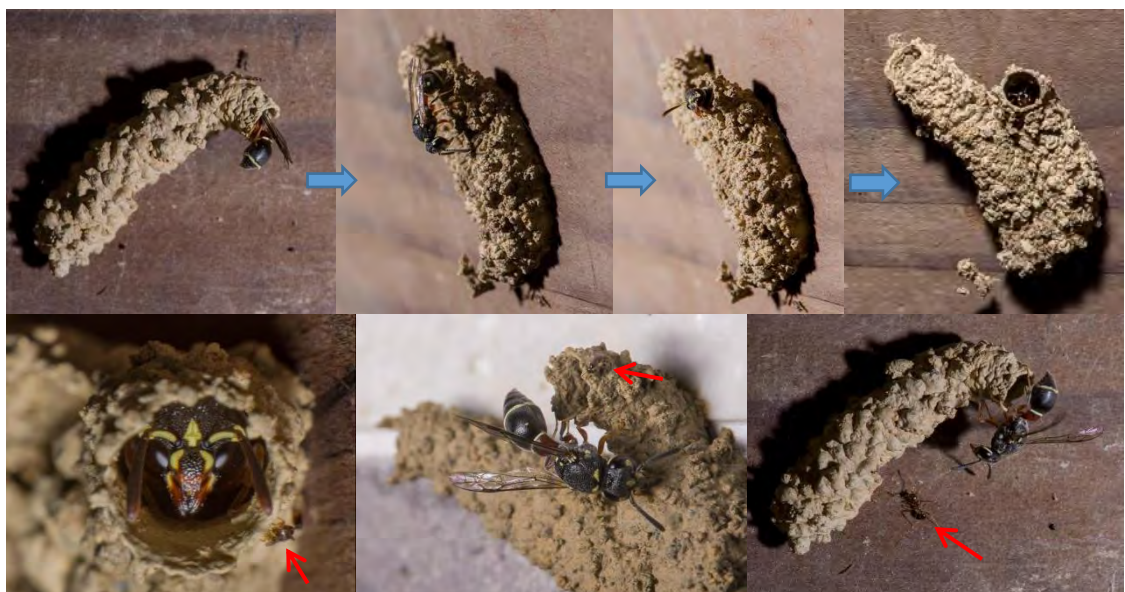


圖 34. 赭腰圓領蜾蠃雌蜂進巢檢查和出巢驅趕入侵生物(→)

## 伍、結論

### 一、校園中兩種泥壺蜂泥巢的比較：

種類	形狀	大小	堆疊方式	分布位置	附著材質
赭腰圓領 蜾蠃	土條狀	約 2.1X0.4cm	常見 2~3 列並排，多 可達 6 列	避雨和接近 花圃的方位	轉彎角落，粗 糙窗框牆壁
黃胸椎腹 蜾蠃	壺狀	約 3cmX6cm	常見 1 個或由下而 上堆築 2~3 個泥壺	避雨和接近 花圃的方位	轉彎角落，地 面、屋簷

### 二、兩種泥壺蜂的型態構造比較：

種類	體長	體色	形態特徵
赭腰圓領 蜾蠃	小型 8mm~10mm	黑色為主，複眼黑色具光 澤，前後緣有黃色斑點及 斑紋	腹柄橙紅色，錘腹膨大， 第二節呈鈴鐺狀，前後緣各 有一條黃色環紋
黃胸椎腹 蜾蠃	大型 雌蟲 28~30mm 雄蟲 25mm	黑、黃、紅褐三色。臉部 黃色，觸角橙紅色，頭部 後緣黃色，頭頂黑色。前 胸黃色，胸部側面紅褐色 有黑斑	有紅褐色腹柄，靠近末端 有黑橫帶；錘腹倒圓錐 形，黃色，第 1 節基部紅 褐色，中間有黑色寬橫帶

### 三、兩種泥壺蜂的生活史比較：

種類	一二齡	三齡	四齡	蛹	發育天數	成蟲壽命
赭腰圓領 蜾蠃	透明微 綠，食量小	黃色不 進食	黃色不 進食	蛹淡黃色逐 漸變黃轉 黑，	約第 25 天 羽化	約 1 個月
黃胸椎腹 蜾蠃	綠色	白色，體 型和食 量大	黃色，吐 絲狀物 並排泄	黃色逐漸變 黑出現斑紋	約第 18 天 羽化	約 2.5 個 月

### 四、兩種泥壺蜂的泥巢和築巢行為比較：

種類	巢室數	產卵	獵物種類	獵物數	是否 封口	巢室 空間	雌蜂
赭腰圓 領蜾蠃	土條狀分上 下二層巢室	1 個/ 巢	小型鱗翅 目幼蟲	2~3 隻/ 巢	是	小	會進巢躲藏 休憩過夜
黃胸椎 腹蜾蠃	1 巢室/壺	1 個/ 巢	中型尺蠖 蛾幼蟲	9~10 隻/ 巢	是	大	修築過程不 進巢內

### 五、影響泥壺蜂築巢的測試結果：

- (一) 人為提供蜂蜜、開花植株、水等環境可成功飼養和觀察泥壺蜂，但無法在飼養環境中築泥巢和出現獵捕行為。
- (二) 兩種泥壺蜂不會進入非親自築的他蜂泥巢或人造泥巢中，但赭腰圓領蜾蠃有躲藏於紗布卷中的行為。

(三) 泥壺蜂屬日行性夜晚喜歡停留通風處，白天才會四處走動、飛行、吸食花蜜或蜂蜜。

(四) 自然環境中泥巢被破壞後，二種蜾蠃的雌蜂均不再回巢重建其被破壞之泥巢。

六、赭腰圓領蜾蠃泥壺內幼蟲發育成功率偏低，本校泥巢 9 月份成功率高於 12 月份，不同地點發育成功率亦不同，以都會公園成功率最高，推測與蜘蛛、寄生蠅和寄生蜂等入侵生物數量有關。

七、赭腰圓領蜾蠃築巢時會留休息的巢室，雌蜂平時於此巢室休息，回巢時進巢檢查和出巢驅趕，以防止小蜂、螞蟻等試圖入侵泥巢的外來生物。

#### 八、兩種泥壺蜂生存策略比較：

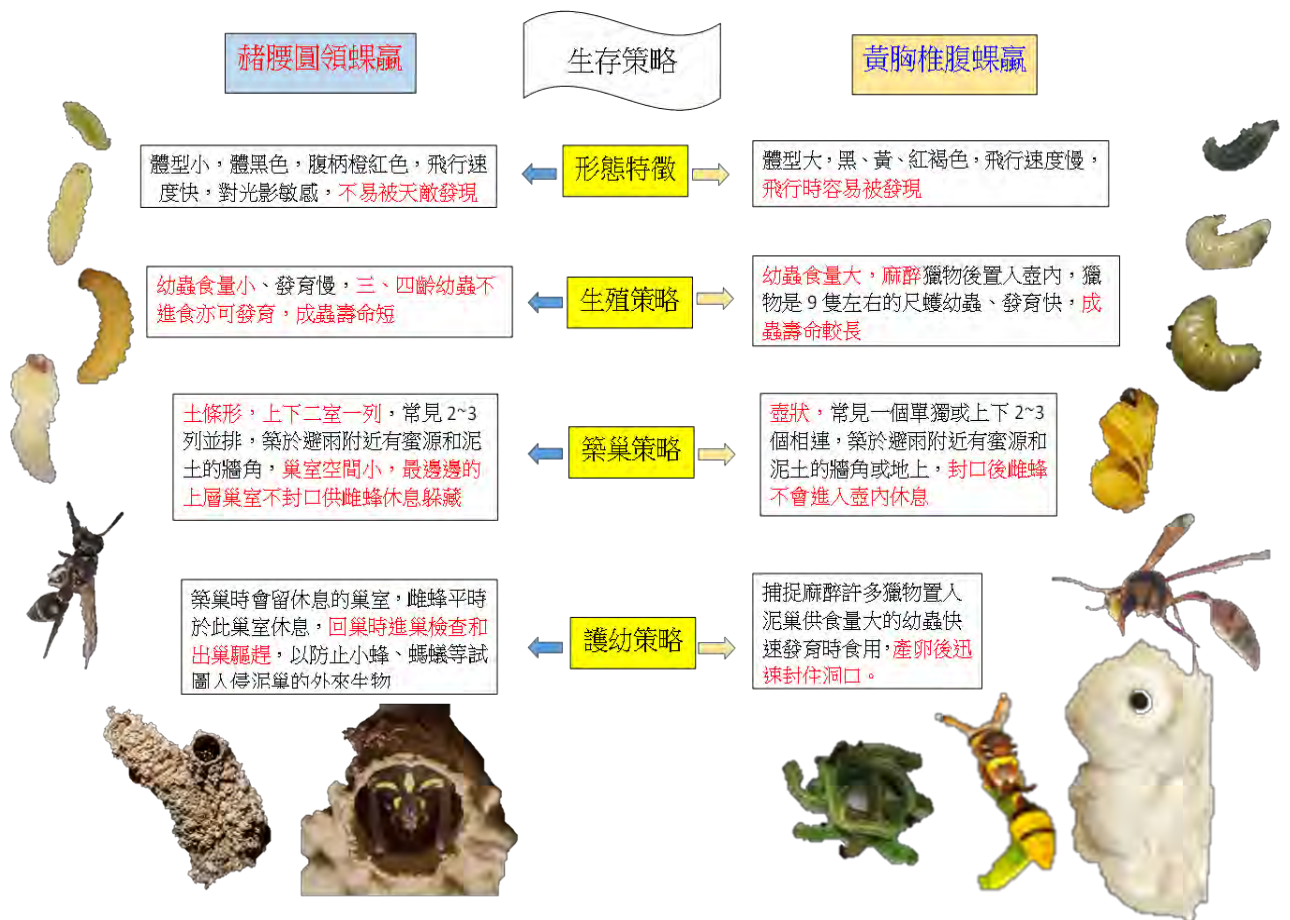


圖 35. 兩種泥壺蜂生存策略比較示意圖



## 陸、研究心得

去年我們開始研究這個泥壺內的小生物，我們從對牠一無所知，到現在對牠有較深入的了解，經過了許多困難，因為我們面對的不是可任意操控的實驗器材和數據，而是有生命，活動力旺盛的泥壺蜂。

研究過程中，我們佈置泥壺蜂成蟲築巢的環境，去觀察泥壺蜂的生活習性，還用了行車紀錄器，觀察牠整天的生活；我們從巢裡捕捉泥壺蜂的幼蟲，把它放進觀察盒，細心的養育和照顧，幼蟲發育成功了，會讓我們很開心，而且很有成就感。另外也經常遇到問題，我們會探討為什麼，並且思考怎麼解決問題。例如我們帶回來的成蟲並沒有像我們預期的在飼養箱裡產卵、築巢；還有我們抓回來的幼蟲有些也沒有如期成長；再加上與他相關的文獻資料不多，這種種的困難，都曾讓我們心中浮起放棄的念頭，但世事難料，我們從沒想過我們會在運動時意外看到雌蜂回巢，也沒想過會在公園意外撞見正在築巢的雌蜂，這些意外的收穫又讓我們重新找回信心，繼續研究下去。

我們在觀察泥壺蜂巢時，會發現有幼蟲在他們的巢穴裡乾掉，也會有幼蟲沒有發育完成，還會發現其他的生物，像是蜘蛛和寄生蜂，這些導致幼蟲沒有發育好的原因，也看到兩種泥壺蜂的雌蜂不僅築巢、麻醉獵物置入泥巢內也演化出保護卵和幼蟲的特殊行為，螺贏這一大類本來應該是獨居蜂，卻有類似群居型的巢室，或許這是演化過程中由獨居演化到群居的過渡物種？這次的科展研究讓我們見識到泥壺中看似沒有甚麼，實際上卻隱藏著奧妙的生存秘辛，也映證了「一沙一世界，一泥壺一天堂。」啊！

## 柒、參考文獻

1. 螟蛉之子是什麼意思 <http://blog.yam.com/takada/article/19965639>
2. 台灣胡蜂 [http://taiwanvespidae.blogspot.tw/2014\\_10\\_01\\_archive.html](http://taiwanvespidae.blogspot.tw/2014_10_01_archive.html)
3. 嘎嘎昆蟲網 <http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in94.htm>
4. 《臺灣生物多樣性資訊網-TaiBIF》。 <http://taibif.tw/zh/namecode/349883>
5. 第 31 屆嘉義市科展國小生物科作品說明者：土樓神秘客——泥壺蜂生態研究。
6. 羅兆珩、羅思果(2014)。新北市私立康橋高級中學(附設國中)第 54 屆全國科展國中生物科：「竹」巢高手-探討影響棕泥壺蜂築巢因子。
7. 楊維晟(2010)。野蜂放大鏡。台北市：天下遠見出版股份有限公司。
8. 雄子的自然筆記 2～赭腰圓領蜾蠃的「臉譜」  
<http://blog.xuite.net/r0123401234/blog/436235335-%E8%B5%AD%E8%85%B0%E5%9C%93%E9%A0%98%E8%9C%BE%E8%A0%83%E7%9A%84%E3%80%8C%E8%87%89%E8%AD%9C%E3%80%8D>
9. 雄子的自然筆記 2～「鳩佔鵲巢」的白紋雙脊蜾蠃？  
<http://blog.xuite.net/r0123401234/blog/445961235-%E3%80%8C%E9%B3%A9%E4%BD%94%E9%B5%B2%E5%B7%A2%E3%80%8D%E7%9A%84%E7%99%BD%E7%B4%8B%E9%9B%99%E8%84%8A%E8%9C%BE%E8%A0%83%EF%BC%9F>
10. 雄子的自然筆記 2～赭腰圓領蜾蠃的泥巢  
<http://blog.xuite.net/r0123401234/blog/429726673-%E8%B5%AD%E8%85%B0%E5%9C%93%E9%A0%98%E8%9C%BE%E8%A0%83%E7%9A%84%E6%B3%A5%E5%B7%A2>
11. 雄子的自然筆記 2～築巢進行式—以赭腰圓領蜾蠃為例  
<http://blog.xuite.net/r0123401234/blog/430469786-%E7%AF%89%E5%B7%A2%E9%80%B2%E8%A1%8C%E5%BC%8F%EF%BC%8D%EF%BC%8D%E4%BB%A5%E8%B5%AD%E8%85%B0%E5%9C%93%E9%A0%98%E8%9C%BE%E8%A0%83%E7%82%BA%E4%BE%8B>
12. 葉文琪，臺灣生命大百科，CC BY-NC <http://eol.taibif.tw/pages/99397#1>
13. 蜾蠃蜂——拙農園昆蟲之二四四 <http://blog.xuite.net/ansutony/twblog/113603868>
14. 陸聲山，蜾蠃的生態哲學，<http://e-info.org.tw/node/111634>
15. 陸聲山，葉文琪，蜾蠃的保鏢—共存共榮的攜播蟻，林業研究專訊 Vol.22 No.3 2015，P.15~18。

## 【評語】 030316

1. 本研究主旨在於探討兩種泥壺蜂（赭腰圓領螺羸和黃胸錐腹螺羸）的型態構造、生活史及其築巢行為。
2. 在研究動機中，引述詩經的有趣故事，易引發讀者閱讀研究作品的興趣，並適切地利用統計方法對於收集數據加以分析。
3. 調查2種泥壺蜂築巢及養育後代，主要以 where、who、how、why、what 為邏輯思維，來觀察及解釋行為，研究確實、認真、細心，是很好的研究報告。並且解說清楚，回答問題表現佳。
4. 在研究方法段落部分，對所採用的實驗設計及方法沒有詳細的描述，例如「佈置適合飼養泥壺蜂的環境」及「設計人工飼養的模擬環境」，不知此研究如何來設計這些環境及其理由或根據。有些數據並未適當地使用統計方法來分析或呈現所得數據，反而較常以描述性的方式來呈現結果。
5. 本研究比較兩種泥壺蜂的型態構造、生活史及其築巢行為。研究屬於野外探訪性質，較少有提出假設與設計實驗驗證的過程。並且網路上已有許多相關資料記載可供參考。

## 作品海報



# 壹、研究動機

學期末時，我們搬到新教室，正在打掃教室時衛生股長說：「同學，門上的泥巴給我擦乾淨！」我仔細一瞧，發現那竟是一個個相似的巢穴，所以引發了我的好奇心，想知道這到底是誰的家呢？上網查資料後發現，原來是泥壺蜂的家！接著認真走訪了教室周遭，我們發現校園中泥壺蜂的巢非常多。這些平時生活在教室周遭的小生物竟然會自己蓋房子！而且他們的房子看起來很特別，究竟牠們如何蓋他們的房子呢？而國一生物課本中也提到生物為了適應環境會發展出各種生存策略，查文獻時更看到詩經中有一段很有趣的故事：

“螟蛉之子，蜾蠃負之”，說有一種叫蜾蠃的小蟲，只有雄的，沒有雌的，只好把螟蛉銜回窩內撫養。後人根據這個典故，把收養義子稱為螟蛉之子。南北朝時醫學家陶弘景，不相信蜾蠃無子，決心親自觀察以辨真偽。他找到一窩蜾蠃，發現雌雄俱全。這些蜾蠃把螟蛉銜回窩中，用自己尾上的毒針把螟蛉刺個半死，然後在其身上產卵。原來螟蛉不是義子，而是用作蜾蠃後代的食物！！

通過觀察，揭開了千年之謎。故事中的蜾蠃指的竟然就是我們教室中的泥壺蜂之類，這實在太令人好奇了！於是我們決定更深入了解這生活在我們周遭的小泥水匠，探索泥壺蜂的種類和習性，及影響牠們選擇築巢地的因素，更重要的，就是能藉此和好鄰居泥壺蜂們和平共處，不再對牠們感到陌生，也想進一步一探泥壺蜂的泥壺裡究竟藏著甚麼大自然的奧秘喔！

# 貳、研究目的

- 一.研究校園中泥巢的型態和分布狀況(Where?)
- 二.觀察泥壺蜂的種類和型態構造(Who?)
- 三.了解和觀察泥壺蜂如何蓋泥壺 (How?)
- 四.觀察泥壺蜂的一生和其為什麼要蓋泥壺?(Why?)
- 五.探討影響泥壺蜂築巢的因子分析(What?)
- 六.泥壺內發育成功率與入侵生物探討
- 七.兩種泥壺蜂生存策略比較



圖1發現教室外門窗框上有許多泥巢

# 參、研究方法

## 一、文獻探討

### (一) 校園中兩種泥壺蜂的分類地位

- Arthropoda 節肢動物門
- Insecta 昆蟲綱
- Hymenoptera 膜翅目 68 科 1032 屬 3087 種
- Vespidae 胡蜂科 35屬 103種
  - 1. Paraleptomenes miniatus (Saussure, 1885) 赭腰圓領蜾蠃
  - 2. Delta pyriforme (Fabricius, 1775) 黃胸錐腹蜾蠃

## 二、研究過程

- (一) 設備與器材：相機、培養皿、解剖顯微鏡、刀片、直尺、筆記本、手電筒、色紙、解剖針、黏土、數位相機、行車紀錄器、網路監視器
- (二) 尋找學校各角落出現的泥壺蜂巢，記錄築巢地點的環境因子並進行分析。
- (三) 測量各式泥壺蜂巢穴外觀的長、寬、高，並記錄形狀。
- (四) 佈置適合飼養泥壺蜂的環境，並以行車紀錄器和網路監視器輔助觀察其生活。
- (五) 設計不同的狀況，觀察泥壺蜂築巢的差異土條狀泥巢
  - 1.土質--採不同地方的土質，供泥壺蜂選擇。
  - 2.材質--提供不同材質(塑膠、紙、玻璃、水泥、磚塊)供泥壺蜂選擇。
  - 3.顏色--用不同色紙黏在昆蟲箱上，供泥壺蜂選擇。
  - 4.破壞--待牠築完巢後，用刀片把巢破壞，觀察牠是否重新築巢。
- (六)於不同時間和地點採集並調查泥壺內的生物發育狀況，統計其成功率並觀察泥壺內生物的成长。

# 肆、研究結果和討論

## 一、研究校園中泥壺蜂的分布狀況(Where?)

### (一)校園中泥巢特徵分析

- 1.我們走訪校園中各個角落，結果發現本校校園內總計約有428個泥巢，其中有426個土條狀泥巢，另外有發現2個壺狀泥巢。



圖2兩種泥巢之形狀比較

- 2.其中壺狀泥巢較寬大，大小約3cmX6cm，因其數量不多無法進一步統計；而土條狀的泥巢一列平均大小約2.1cmX0.4cm，築巢列數少則單獨一列，多則有達6列者(如表1)，經統計426個泥巢後發現(如圖3)以1列為最多占39.0%，其次是2~3列亦很常見分別占24.2%、25.6%，4~6列數量較少。

表1 土條狀泥巢列述數量和百分比統計結果

1 列 39.0%	2 列 24.2%	3 列 25.6%	4 列 5.4%	5 列 4.5%	6 列 1.4%

### (三)泥巢附著材質分析

- 1.在分析474個泥巢附著材質後發現，泥巢會建築在以下質：
- 2.統計結果顯示：  
鋁質窗框上 > 水泥牆 > 鐵窗 > 磁磚 > 其他(玻璃、花崗岩、紙箱...)，可能是因為前3種材質表面粗糙且有轉彎的角落，較易附著方便築巢，且築巢地點均具有避雨和接近花園的特點。

## 二、觀察泥壺蜂的種類和型態構造(Who?)

### (一)觀察泥巢內的生物

- 1.胡蜂科Paraleptomenes屬的赭腰圓領蜾蠃[Paraleptomenes miniatus subsp. miniatus (Saussure, 1885)] 係小型的狩獵蜂，啣泥築巢，築巢完成，赭腰圓領蜾蠃即入內產卵一粒，然後外出獵捕小型鱗翅目的幼蟲塞入巢中，作為其幼蟲的食糧。動作完成後再啣泥將開口封閉。等待卵孵化為幼蟲，以鱗翅目之幼蟲為食，幼蟲長大化蛹，羽化為成蟲之後即破巢而出。
- 2.校園中雖然發現許多土條狀的泥巢，但是大多數內部已是空巢，因為大部分巢口已有洞代表泥巢內的蟲羽化後已離巢，另外也有一些羽化失敗的蟲體。
- 3.以美工刀將泥巢採下，有時泥巢內發現有卵和幼蟲在裡面，為了觀察幼蟲發育的過程，我們將泥巢內掉落的卵和幼蟲置於保存盒或將泥巢黏貼於透明的載玻片並插在保麗龍上，以利觀察泥壺蜂的發育過程。



圖7. 泥巢中有時可發現幼蟲



圖8. 將泥巢貼於載玻片觀察

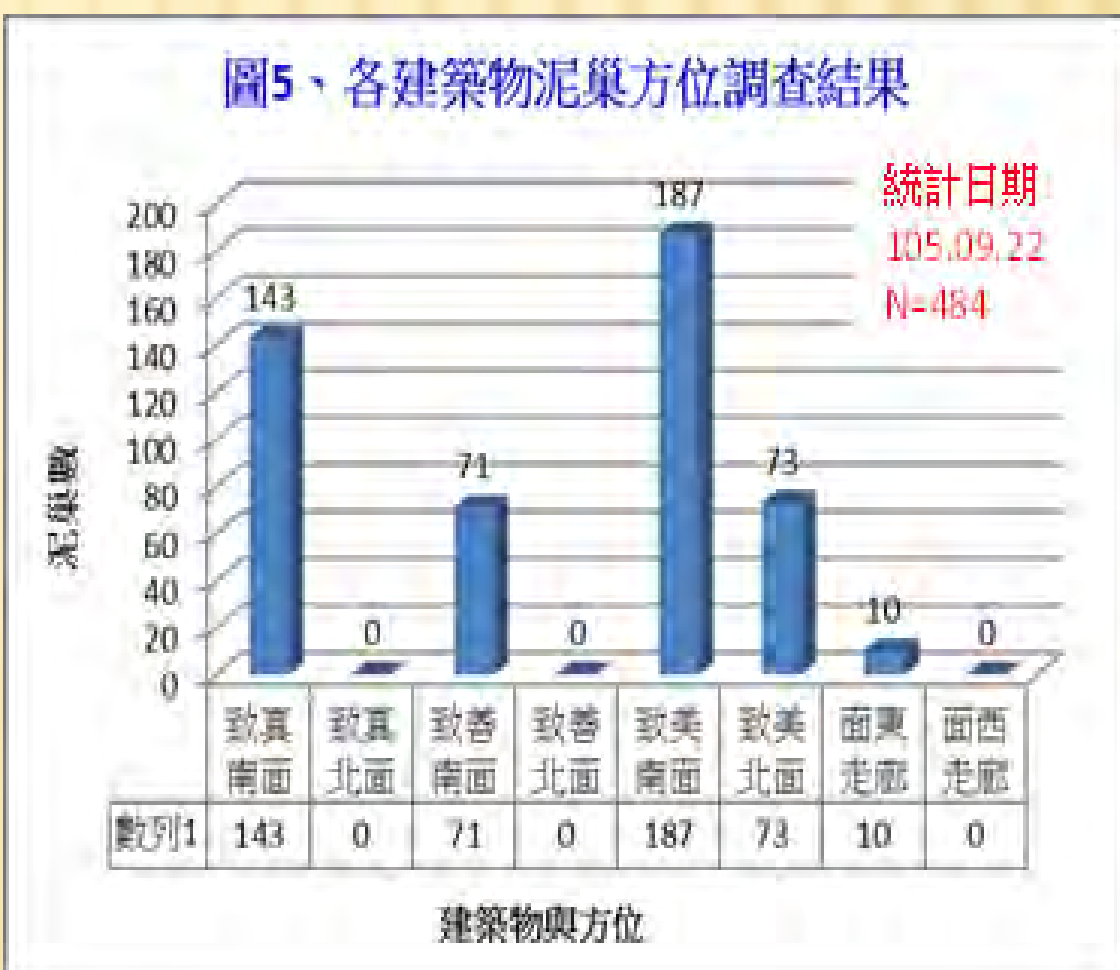
- 2. 壺狀泥壺巢裡住的是黃胸錐腹蜾蠃(別名為黃錐華麗蜾蠃，黃胸泥壺蜂)，雌蟲體長28-30mm，雄蟲體長25mm。有腹柄的大型蜾蠃，身體斑紋有黑、黃、紅褐色。臉部黃色，觸角橙紅色，頭部後緣黃色，頭頂黑色。前胸黃色，胸部側面紅褐色有黑斑；中胸背板黑色混有紅褐色，小盾片、後胸及前胸腹節紅褐色，前胸腹節中央有不規則黑斑。六足紅褐色，後足腿節內側黑褐色。腹柄紅褐色，靠近末端有黑橫帶；錘腹倒圓錐形，黃色，第1節基部紅褐色，中間有黑色寬橫帶。

### (二) 歷屆科展有關泥壺蜂的相關研究

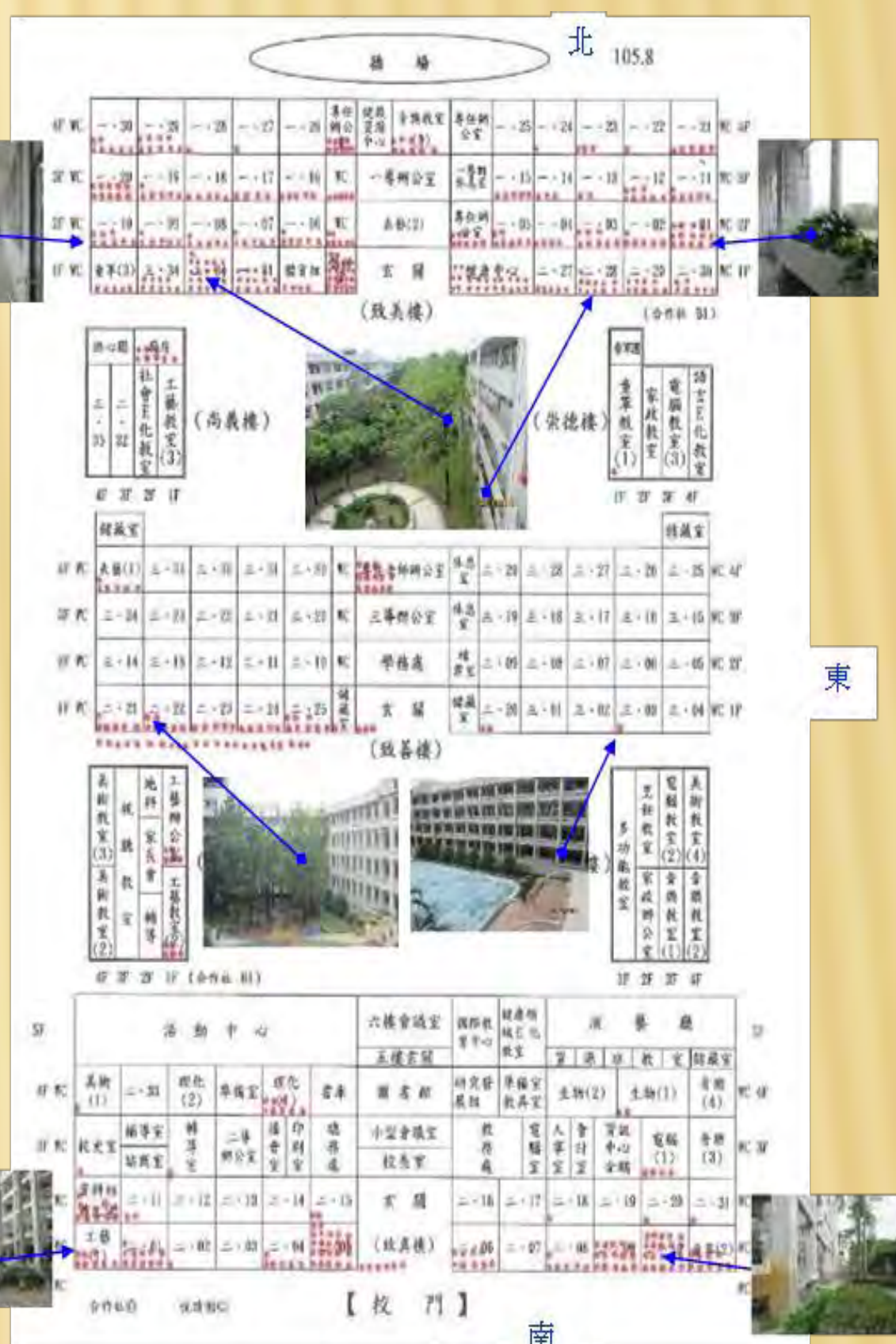
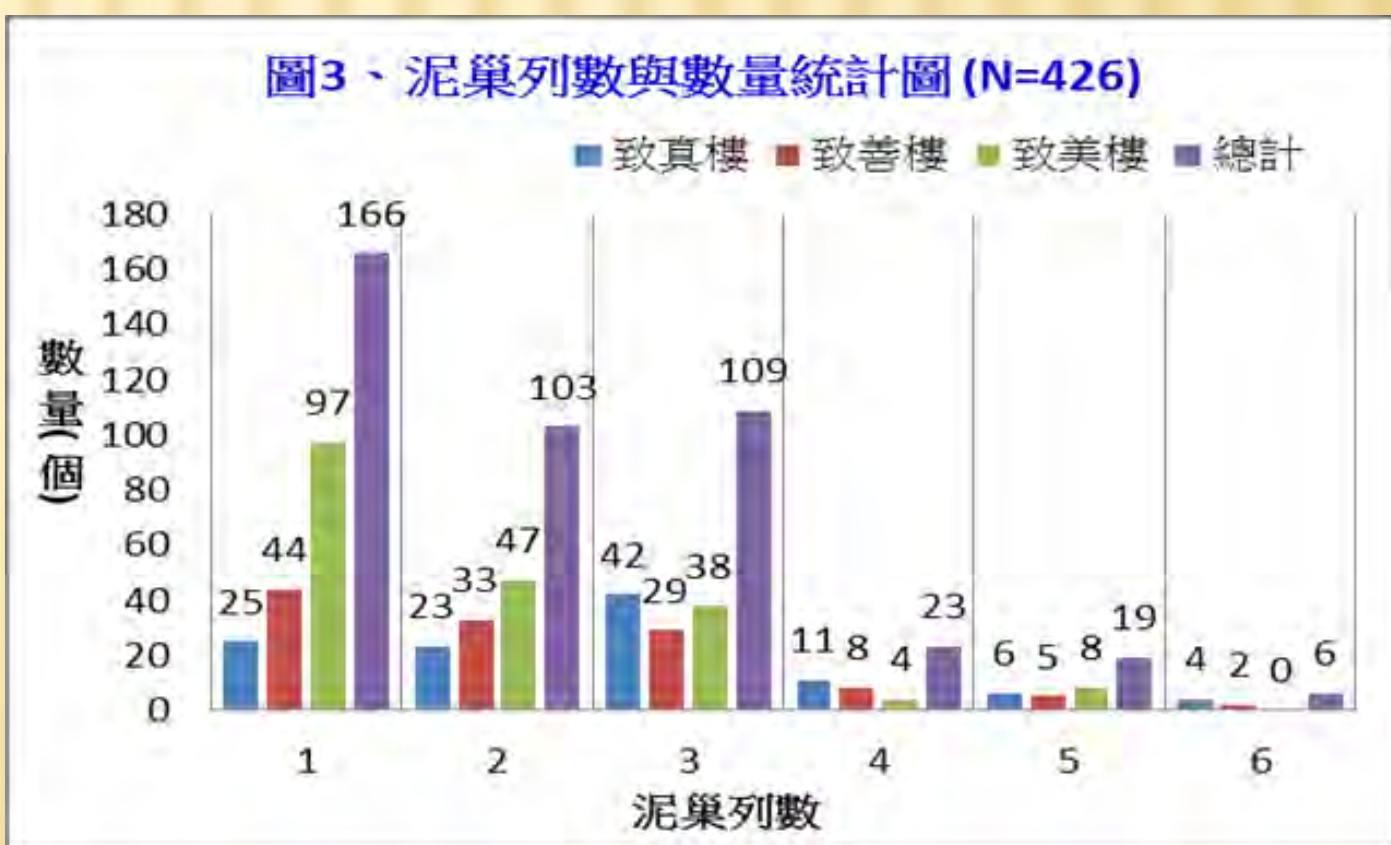
- 1.第31屆嘉義市科展國小生物科：土樓神秘客—泥壺蜂生態研究
    - (1)天氣晴朗就有可能看見他在花叢間覓食，或是穿梭在角落築巢、抓蟲。
    - (2)土堆狀的巢穴大小約3~4公分，成堆連接在一起，亦可見到土條狀的泥壺蜂巢，但因蜂種大小不易觀察到牠。也可製作壺型人工巢穴吸引牠來繁殖。
    - (3)黃胸泥壺蜂及虎斑泥壺蜂築巢大約耗時半個月，以每天0.5~1個壺型巢穴的速度，一個接一個堆疊。巢穴成形後會立即產下一顆卵，每個小巢穴內約4~6隻蛾類或蝶類幼蟲，填滿食物後再將巢穴密封起來。
    - (4)巢穴繁殖率偏低，巢穴內亦發現寄生蜂蛹殼，推測是寄生蜂影響導致泥壺蜂幼蟲在未離巢前就已經死亡。
  - 2.第54屆全國科展國中生物：「竹」巢高手—探討影響棕泥壺蜂築巢因子
    - (1)本研究探討影響棕泥壺蜂築巢的因子，利用One-way ANOVA CRD模型分析，以巢室口顏色改變、更換巢室位置、清洗巢室口及噴灑花香等不同因子進行實驗，並比較壺蜂往返巢室、巢室口徘徊、巢室內停留等時間上的差異，再觀察受到障礙物阻擋時、天敵侵入後壺蜂的反應，探討壺蜂築巢的秘密。
    - (2)改變巢室入口氣味，會顯著影響壺蜂進入巢室。另外刻意阻擋以及天敵侵入雖然沒有顯著意義指出對築巢有影響。
- 綜合以上泥壺蜂的相關研究，本校出現的泥巢經初步觀察多屬小型土條狀，國內少有相關研究，另外也有少數幾個壺狀泥壺，所以我們想針對此兩種不同泥巢的泥壺蜂做相關的研究與調查和觀察。

### (二) 校園中泥巢分布位置分析

- 1.調查泥巢位置時如果有發現泥巢之處我們在校園地圖中以紅筆打點做記號如圖4，結果發現泥巢分布的位置經常面向南方附近有花園的走廊或教室外，例如：致真一樓面南側走廊和至善一樓西側面向南走廊泥巢較多，而另一面走廊沒有面向花園因此少有泥巢。
- 2.在致真和致善樓泥巢多分布在一樓，因為外面就有中庭和花園，2樓以上就較少有發現泥巢。然而在致美樓部分，除了面向南面的花園有許多泥巢之外，我們發現因為一年級教室面向北方的走廊因為教室花台綠美化競賽有許多花園，因此在致美樓2~4樓有花台的走廊和教室外可發現為數不少的泥巢。



- 3.統計各建築各方位泥巢數量結果發現，大多數的泥巢建築在面南側，僅有少數分布在面東側，另外致美樓面北側也有發現不少，因為這些方位都方便成蟲吸食花蜜或水分、取得泥土或獵捕幼蟲的食物，築巢面面向較多，推測日照時間較長和溫度較高，縮短發育日數有利幼蟲的生長與發育。



### (二)形態特徵

- 1. 土條狀的泥巢裡住的是赭腰圓領蜾蠃(《×××》)，體長約8~10mm，頭略呈三角形，體色以黑色為主，頭胸背具刻點，觸角黑褐色膝狀，基部下緣黃色，複眼黑色具光澤，前後緣有黃色斑點及斑紋，唇基黃色，胸背板前後緣各有2枚黃斑，胸側有1枚黃斑，小楯板前緣有2枚黃斑



圖9. 赭腰圓領蜾蠃形態特徵

- 腹柄橙紅色，錘腹膨大，第二節呈鈴鐺狀，前後緣各有一條黃色環紋，側邊有一枚細黃斑，或不明顯，腹末數節縮小，翅膀透明，各腳腿節橙紅色，脛節紅褐色，跗節黃褐色。



圖10.黃胸錐腹蜾蠃形態特徵



## (三)生活史

### 1. 豬腰圓領蝶蠶

- (1)由於卵至成蟲發育過程完全在土條狀泥巢中，因此為了觀察其生活史，我們將泥巢以美工刀從附著的鋁框或牆壁上刮下，結果發現豬腰圓領蝶蠶的**條狀泥巢有上下兩層巢室**，各產下一卵發育成成蟲後破巢而出，若泥巢出現洞口代表成蟲發育成功已經離巢、或母蟲仍在其中休息築巢中；若呈封閉則表示蟲體尚在發育或未發育成功。
- (2)我們發現**豬腰圓領蝶蠶的泥巢，大小幾乎等同其身體的大小，所刮下的泥巢中也少見到文獻中提及的鱗翅目幼蟲**，因此有可能幼蟲食量並不大亦或者不用進食即可發育?這點尚待後續觀察與探討。
- (3)刮下洞口尚封閉的泥巢後**可觀察到幼蟲各階段**，並將尚完整的泥巢貼在透明的載玻片上繼續觀察其**生活史**。

### 2. 黃胸錐腹蝶蠶

- (1)本校校園中壺狀泥巢並不多僅有3個，且發現時多已呈現空巢狀況。而幸運的是有一次假日去他校的校園運動，正巧遇到一剛形成的泥壺且壺口尚未封閉，好奇的我們想取下整個泥巢回學校飼養和觀察。然而刀片一碰泥巢就碎裂開了，**裡面掉出活生生的綠色幼蟲**，當場雖然覺得很可怕，不過我們還是很鎮靜的**收集壺內所有的生物，帶回家以繼續後續研究與觀察**。
- (2)當我們逐層割下泥巢，發現共有三個壺狀泥巢，其中最上面兩壺有生物在其中，分別用保存盒收集最上面兩層泥壺內的所有生物時，**勤奮的蜂媽媽正好獵捕到幼蟲回巢，發現巢不見了仍持續在附近飛行與徘徊著**，於是我們拍下母蜂叮蟲的影片，從影片中可以看到**母蜂以口器和腳並用叨著和身長一樣大小的蛾類幼蟲持續飛行著...**

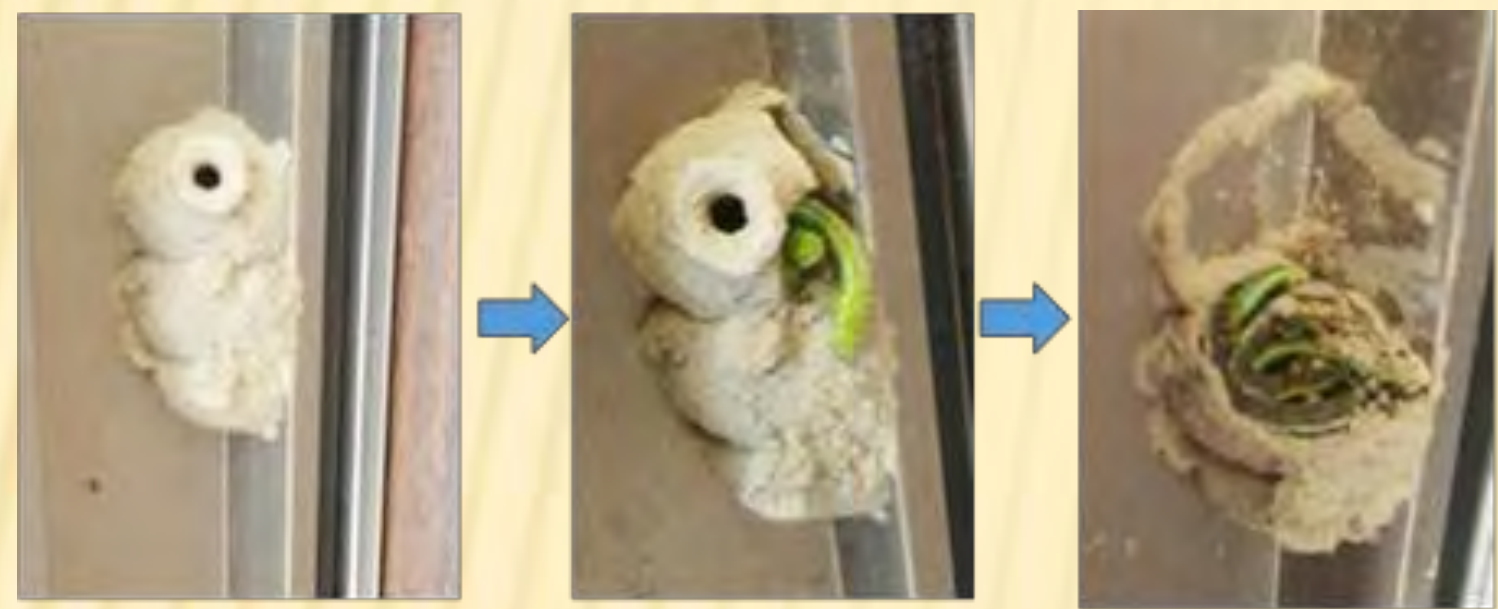


圖 13. 黃胸錐腹蝶蠶的泥巢內外觀



圖 14. 黃胸錐腹蝶蠶母蜂捉獵物回巢

- (3)**兩個泥巢內各有約9隻尺蠖蛾的幼蟲，並各有一粒卵在其中**，我們以棉花鋪在餐盒或隱形眼鏡盒內加上蓋子飼養，觀察過程中發現有些蛾類的幼蟲雖然身體無法移動，但是都還活著因為會有排便和扭動的狀況，但也有些幼蟲則逐漸發黑，但無論是新鮮或死去最後結局都是被泥壺蜂孵化的幼蟲給吃下肚了



圖 15. 以保存盒觀察黃胸錐腹蝶蠶的發育過程

### (4)發育過程

- 卵期--黃胸錐腹蝶蠶的卵呈淡黃色，大小約3mmX1mm
- 一齡幼蟲--第一天外表透明，內部綠色的腸道一直蠕動，身體也逐漸變大。
- 二齡幼蟲--第二天身體變大外部轉白色但仍可見內部綠色腸道蠕動，有些尺蠖幼蟲開始發黑死亡，幼蟲開始吸食尺蠖幼蟲的身體。
- 三齡幼蟲--第三天觀察時已經變成白色不透明的，此時盒內食物已經都死亡發黑，**三齡幼蟲開始大量進食，幾乎一天就可以把盒內食物都吃光了，身體也成長快速**，第四天早上幼蟲更大了，顏色稍微轉黃。
- 四齡幼蟲--第五天變成淡黃色的，開始吐出絲狀物，第六天盒內出現排泄物，第七天四齡幼蟲顏色深黃，盒內排泄物變多身體變比較瘦小些。
- 蛹期--第九天蛻皮後進入蛹期，此時已經可以看出觸角、口器、步足等各種構造；**第15天身體出現黑黃條紋**。
- 羽化--**第18天由腹部端蛻去外皮後羽化出現翅膀**；**蟄伏不動一天後於第19天開始移動身體到處走動**。

## 三. 了解和觀察泥壺蜂如何蓋泥壺 (How?)

在調查泥巢的過程中，巧遇成蟲的機會真的不多，因為大多數的泥巢都是早已離巢或是可能為產卵和被天敵入侵的空巢，尤其白天和假日校園中活動的師生眾多，敏感機警的泥壺蜂成蟲身影不是驚鴻一撇就快速飛走，若捕抓於燒杯中觀察又見不到自然的築巢行為與生活習性。因此老師要我們於日常生活中及假日多到戶外觀察，看看是否能巧遇牠們，觀察其建築泥巢的行為。

### (一)豬腰圓領蝶蠶的築巢行為觀察

1. 觀察日期地點：2016.12.11高雄都會公園
2. 環境特色：高雄都會公園內有許多樹林和步道，我們在公園志工室、管理中心及海洋國家公園管理處的牆壁、窗戶及鐵窗上均發現到豬腰圓領蝶蠶的泥巢。
3. 築巢過程：
4. 泥巢內部：



圖 17. 高雄都會公園的環境和泥巢

Day 1 · 2016.12.11 · 10:28	11:28	2. 11:28	
剛剛抵達時在停車場車道附近牆壁上發現有成蟲在此巢上方活動，正要拿起相機時成蟲機靈且快速飛走了!等了幾分鐘仍不見其回巢。		繞了都會公園一圈，調查園區內的泥巢後，正朝停車場走去，哇~剛剛的成蟲回巢了，這次總算拿好相機拍下牠的身影。	
3. 11:29	4. 11:30	5. 11:31	
把頭伸進泥巢內。	頭伸出巢外後用口器和前腳從巢壁上弄下泥土，反覆揉成泥球約20秒後銜著泥球又把頭伸進巢內填補巢穴。	整理觸角後飛離。	
6. 11:32	7. 11:35	8. 11:39	9. 11:42
又飛回來反覆一樣動作後飛離。	再飛回來反覆一樣動作後飛離。	再次回來修補約2分鐘洞口已封好泥土。	在巢附近盤旋上下反覆查探。
10. 11:49	11. 12:05	12. 15:15	13. 15:28
開始蓋下一泥巢。	第二泥巢的底。	已完成 2/5 個泥巢。	母蟲一直躲在巢內。
Day 2 · 2016.12.12 · 1:11:58	2. 12:23		
隔天中午再來觀察發現第二個巢有再長高一點了，豬腰圓領蝶蠶媽媽依然繼續築巢中。	這 25 分鐘豬腰圓領蝶蠶媽媽每隔 2-4 分鐘左右就回來一次，共來回七次，因為飛走和回來速度實在很快，肉眼無法追到究竟飛去哪裡糊泥土，每次回來總是往外連吐修築泥巢。		
3. 12:47-12:51	Day 3 · 2016.12.13 · 1:11:30-11:42		
12:47 進巢休息直到 12:51 都未再離巢。	第二個巢從開始建築已經進入第三次了，高度已經接近完工階段，但是這 12 分鐘內來回四次，最後於 11:42 飛離巢後等到 12:15 都不見其回巢。		
Day 5 2016.12.15 · 1:09:19	2:09:35		
一早沒見到蟲於是敲敲牆壁，原來在內的挖探出頭來。	為了瞭解泥壺內的秘密，我們決定將泥壺挖下，但泥壺在採集時很容易就碎裂，我們看到第一個巢內的幼蟲已經達四齡階段，而第二個新巢下層也已經有幼蟲並發現三條小型鱗翅目的幼蟲在其中，於是以封口袋帶回巢內所有的生物繼續觀察其後續發育。		

### 問題(二):飼養期間泥壺蜂行為和天然環境中是否相同?

由於無法追蹤泥壺蜂一天的行為，因此以網路監視器協助觀察與紀錄泥壺蜂一天的行為並分析其停留於蜂蜜、水、泥土、花、瓶壁、紗布、人造泥巢、飛行的行為次數，每十分鐘計算一次，一天24小時共計144次，比較兩種泥壺蜂行為統計如下：

#### ● 結果發現：

1. 兩種泥壺蜂都喜歡停留在對外通風的紗布處有可能是因為利用氣流的方向來找出口，日行性的泥壺蜂夜晚也幾乎都是停在紗布上，白天才會四處走動或飛行，偶爾才吸食花蜜或蜂蜜，吸食時沿瓶蓋邊緣縫隙吸食而非直接吸食花蜜。
2. 對於新鮮植株上的花蜜或人準備的蜂蜜，兩種泥壺蜂均有吸食情形，因此可以人工餵養泥壺蜂。
3. 豬腰圓領蝶蠶飛行超快，紀錄時幾乎都是在行走或快速跳至下一停留點，黃胸錐腹蝶蠶比較常於空中停留飛行。
4. 兩種泥壺蜂在人造環境中均不曾觀察到有築巢行為。
5. 兩種泥壺蜂均不曾觀察到有進入泥巢休憩之情形，可見泥壺蜂不會進入非親自築的他蜂泥巢或人造泥巢中。
6. 豬腰圓領蝶蠶曾頭部朝外休憩於折疊的紗布卷中躲藏，而黃胸錐腹蝶蠶則曾停留於黏土製成的人造泥巢外部但不曾進入泥壺中，這和野外觀察到的行為相似。



圖 11. 豬腰圓領蝶蠶泥巢外觀及內部蟲體發育狀況



圖 12. 豬腰圓領蝶蠶的一生



圖 16. 黃胸錐腹蝶蠶由卵製成蟲的發育過程

### (二)黃胸錐腹蝶蠶的築巢行為觀察

在校園中黃胸泥壺蜂數量不多，研究期間沒有機會觀察到其築巢的完整過程，我們於網路搜尋黃胸泥壺蜂築巢的相關影片來分析，結果如下：

1. 黃胸泥壺蜂以口器於潮濕泥地上取泥球。	2. 啣泥球飛回築巢地點築巢。	3. 將腹部深入巢內，於巢內產下一卵。
		
參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=y4vs7uJGHM">https://www.youtube.com/watch?v=y4vs7uJGHM</a>	參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Csdd19HbBUE">https://www.youtube.com/watch?v=Csdd19HbBUE</a>	參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Csd19HbBUE">https://www.youtube.com/watch?v=Csd19HbBUE</a>
4. 外出捕獵鱗翅目幼蟲	5. 啣獵物飛行回巢並放入泥巢中。	6. 一泥巢約塞入 9 隻獵物後封住泥巢。
		
參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8w0hDh3WTe">https://www.youtube.com/watch?v=8w0hDh3WTe</a>	參考來源： <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Csdd19HbBUE">https://www.youtube.com/watch?v=Csdd19HbBUE</a>	



圖 18. 泥巢內部的生物

#### 結果討論：

1. 豬腰圓領蝶蠶築巢下層的時間約需3~4小時，土條型泥巢分上下兩層，每一層恰好可容納一隻成蟲的大小，築好下層後母蟲會於巢內休息過夜。
2. 我們於第二泥巢下層發現1個卵及3隻鱗翅目幼蟲，證實幼蟲必須進食才能繼續發育而非先前懷疑的幼蟲不需進食，但觀察結果發現泥巢空間和獵物體型很小，一二齡幼蟲已將獵物食用完畢，三四齡不進食仍繼續完成發育過程。
3. 母蟲將將下層封口後，繼續蓋上層泥巢，在觀察的第3-5天我們發現雌蟲一直在上層泥巢內休息。

## 四. 探討影響泥壺蜂築巢的因子分析(What?)

### 問題(一):是否能人工飼養泥壺蜂?

泥壺蜂在自然環境中出現和離開的速度總是相當快速，遇到的機率也不高，為了更清楚觀察並測試影響泥壺蜂築巢的因素，我們佈置適合泥壺蜂生活的人工環境如下，並以監視器觀察24小時並分析其停留與行為：

#### 1. 豬腰圓領蝶蠶生活環境佈置：

因為豬腰圓領蝶蠶的體型很小故以1000ml燒杯飼養，杯口覆蓋紗布，其內放置裝有蜂蜜、水、潮濕泥土的小瓶蓋，並置入開花的小植株提供豬腰圓領蝶蠶選擇，另以載玻片貼上土條狀泥巢測試其是否會進入非自己搭建的泥巢中休憩。

#### 2. 黃胸錐腹蝶蠶生活環境佈置：

因為黃胸錐腹蝶蠶的體型較大，需要較大的生活空間，故以透明塑膠盒相連，上下打通，下層鋪上潮濕泥土，其內佈置蜂蜜、水、泥土、開花的小植株等泥壺蜂生活的必需條件，並定期更換以防蜂蜜發霉，另以玻片貼上以黏土捏製的人造泥巢，測試其是否會進入非自己搭建的泥巢中休憩。



圖 19. 人工佈置適合泥壺蜂生活和觀察的環境

#### ● 結果發現：

1. 豬腰圓領蝶蠶在人造環境中可生活約1個月(105.9.24~105.10.23)，黃胸錐腹蝶蠶在人造環境中飼養則可生活約2.5個月(105.10.23~106.01.07)。
2. 豬腰圓領蝶蠶體型小身體幾乎和泥巢密合，在採集時如組織有受傷，經常導致發育不正常，即使羽化成功隔一、二天即死亡。黃胸錐腹蝶蠶體型大泥巢空間充裕，採集後人工飼養羽化成功率較高飼養期亦較長。

表 2 兩種泥壺蜂於人造環境中的行為計次表

停留地點	蜂蜜	水	泥土	花	瓶壁	紗布	人造泥巢	飛行	總計次
豬腰圓領蝶蠶	2	0	1	6	23	112	0	0	144
黃胸錐腹蝶蠶	4	1	2	8	20	99	2	8	144



圖20 兩種泥壺蜂於人造環境中停留次數分析

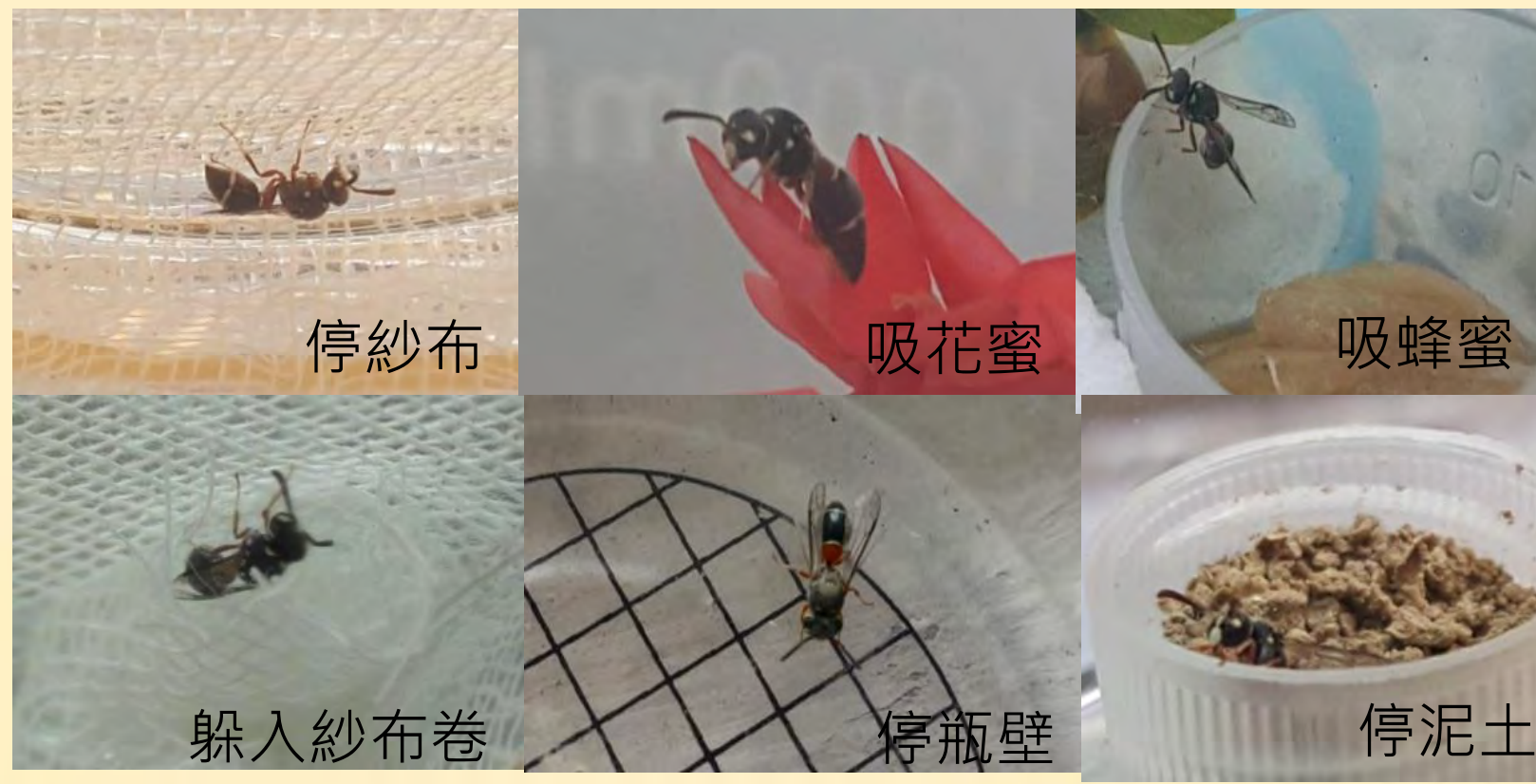
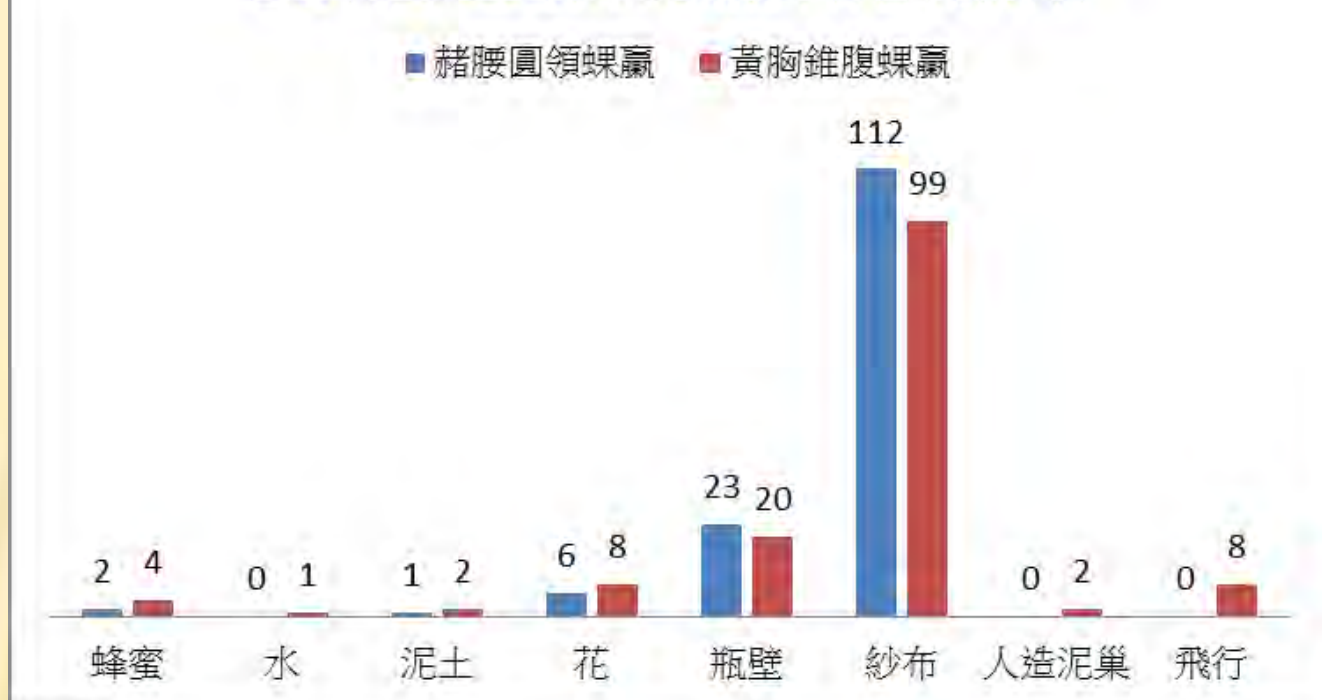


圖21. 飼養環境中橘腰圓領蜾蠃表現行為



圖22. 飼養環境中黃胸椎腹蜾蠃表現行為

問題(四):破壞泥壺蜂泥巢是否會繼續築巢?

實驗已知飼養期間(105.11~106.1)泥壺蜂並未於人造環境中築泥巢，而在自然環境中(都會公園志工值班室外牆)，我們找到母蜂尚躲在其內的泥巢，我們一碰泥巢母蜂就迅速飛走，將泥巢小心拆下四個巢室，其內均有正在發育中的幼蟲及蛹，依照產卵和發育先後順序依次是: 1. 2. 3. 4 如下圖24，拆解泥巢時母蟲即飛走，經過二週後再回原處觀察是否有重建泥巢的行為。

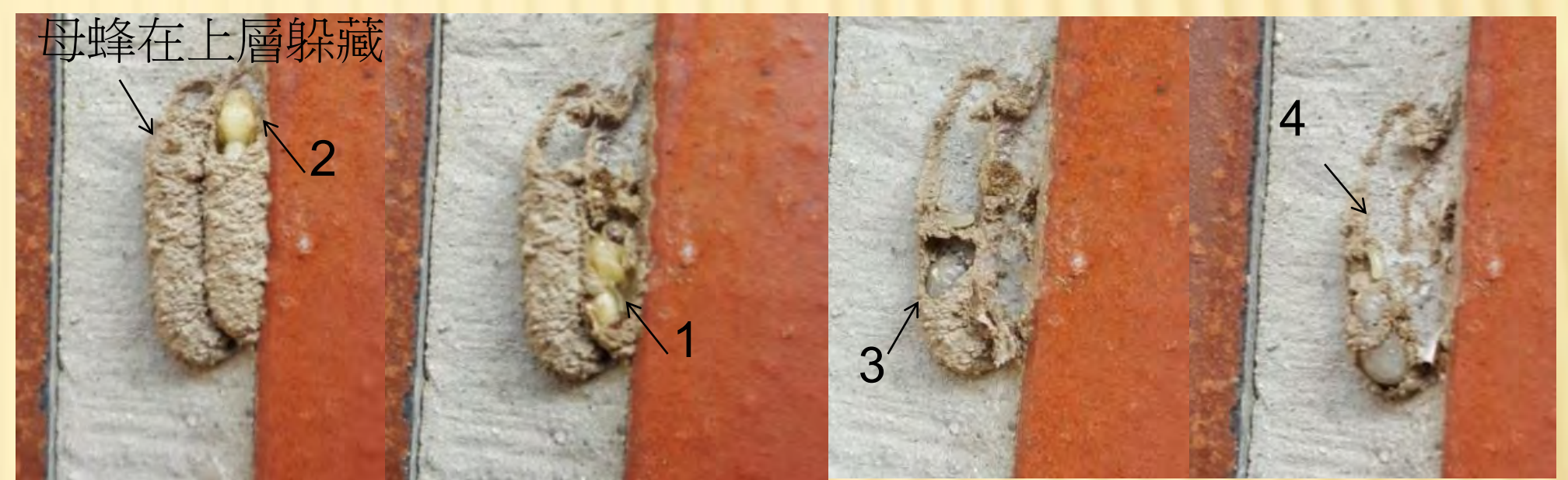


圖24. 橘腰圓領蜾蠃泥巢被破壞後不再重建

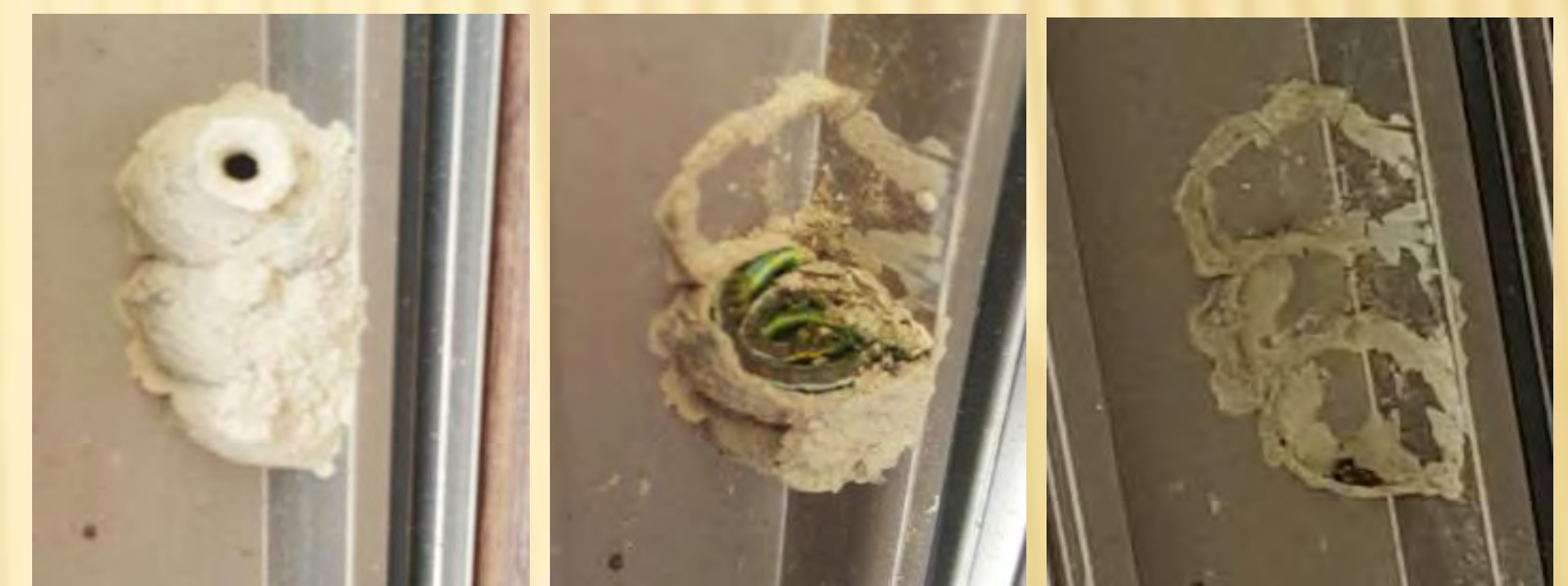


圖25. 黃胸椎腹蜾蠃泥巢被破壞後不再重建

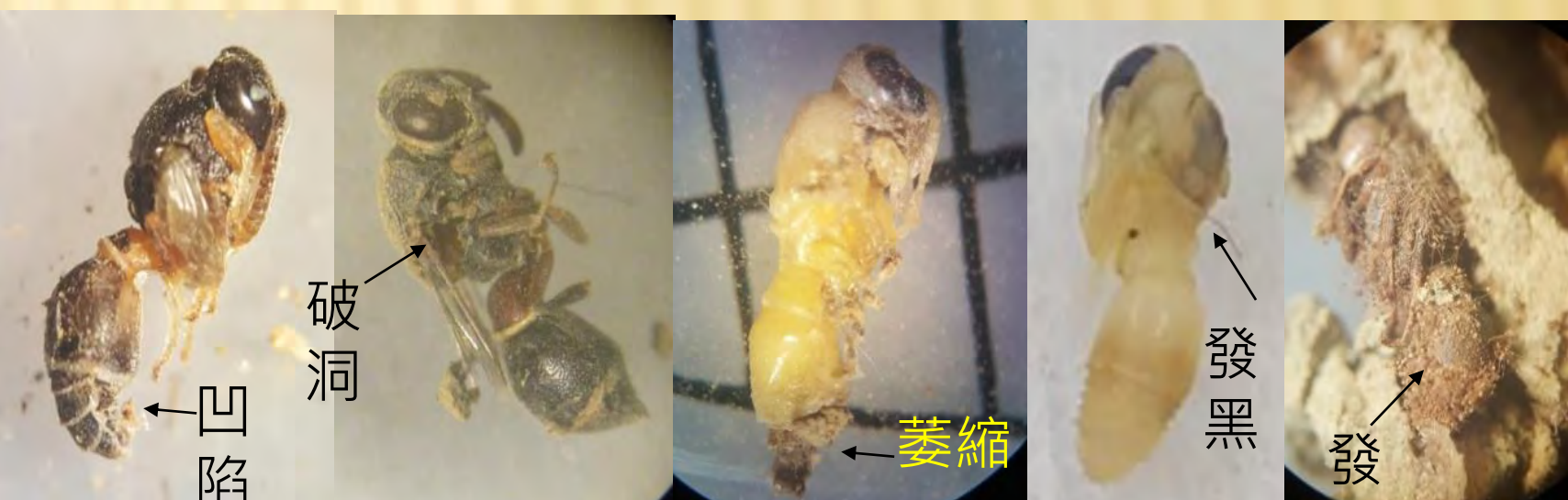


圖26. 泥巢中發育失敗的橘腰圓領蜾蠃



圖23. 飼養環境中提供小菜蛾幼蟲

- 結果發現：經過二星期後再前往原處觀察，二種蜾蠃的母蜂均不再回巢重建其被破壞之泥巢！

問題(三):提供鱗翅目幼蟲是否會有狩獵行為?

原本假設在人工飼養環境中提供不同土質、不同顏色區域、不同材質的瓶壁讓泥壺蜂築巢以測試影響築巢因素，結果在長達三個月的飼養期間，所有被飼養的二種蜾蠃均未見其築巢行為，也不會利用現有的他蜂巢穴或人造巢穴，因此影響築巢的因素也可能和蜾蠃需要自然環境中歷經與雄蜂交配、產卵、獵捕等行為才會自行築巢。因此我們於環境中置入菜園中有大有小的活菜蟲(綠色的小菜蛾和紋白蝶幼蟲)測試其是否有獵捕行為。

- 結果發現：小菜蛾、紋白蝶泥壺蜂共處了一星期，有些菜蟲都結蛹了，人為飼養環境中的蜾蠃並沒有出現獵捕菜蟲的行為。

五、泥壺內發育成功率與入侵生物探討

在研究期間，我們發現泥巢中經常出現發育不成功的屍體，常見的發育失敗案例如身體有些部位凹陷、破洞、萎縮，有些則是呈現身體發黑、發黴等狀況，另外還有許多空的巢穴，發育成功的機率似乎隨著季節和地點而有差異，於是我們統計採下的泥巢觀察分類並加以分析。我們於9月和12月份分別採下泥巢，統計本校校園、他校校園、高雄都會公園內泥壺蜂壺內狀況，估計其發育成功率：

- 成功--巢內為空巢且已開口、有新鮮的幼蟲和蛹、躲或飛出母蟲...記錄為發育成功。
- 未成功--空巢且未開口、巢內幼蟲和蛹已呈現死亡、發黴、有其他入侵生物...記錄為發育未成功。

表3 橘腰圓領蜾蠃不同月份發育成功率調查

本校	成功率			未成功			總計	成功率
	開口空巢	活幼蟲、蛹	躲或飛出母蟲	空巢未開口	幼蟲和蛹死亡	其他入侵生物		
9月	26	15	2	50	12	27	132	32.58%
12月	13	5	1	22	10	20	71	26.76%

圖28 橘腰圓領蜾蠃不同月份發育狀況統計圖

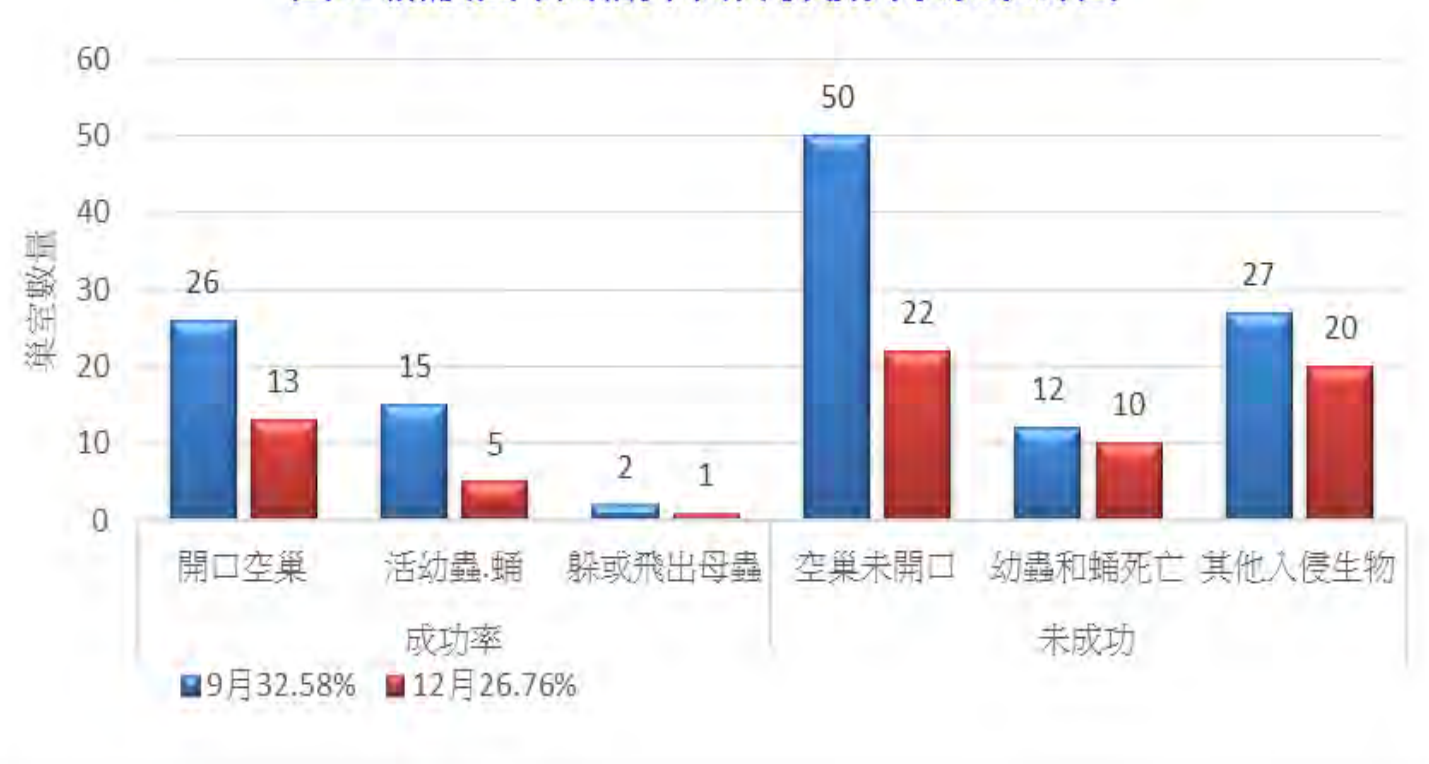


表4 橘腰圓領蜾蠃不同地點發育成功率調查

12月份	成功率			未成功			總計	成功率
	開口空巢	活幼蟲、蛹	躲或飛出母蟲	空巢未開口	幼蟲和蛹死亡	其他入侵生物		
本校	13	5	1	22	10	20	71	26.76%
他校	18	3	0	51	13	24	109	19.27%
都會公園	24	23	3	49	5	16	120	41.67%

圖29 橘腰圓領蜾蠃不同地點發育狀況統計圖



圖27. 橘腰圓領蜾蠃泥巢巢室中發育成功率調查

- 結果發現：
  - 9月份本校校園中橘腰圓領蜾蠃發育成功率32.58%，12月份巢室較少成功率也較低，兩個月份都發現有未發育成功的個體或入侵生物。
  - 比較本校、他校和都會公園三地的巢室，發現他校的空巢和入侵生物比例較高，都會公園是三個地點發育成功率最高的區域。
  - 入侵生物種類很多，最常見的有蜘蛛、寄生蠅和寄生蜂，其中蜘蛛入侵種類和數量多，可能直接產卵於巢室中孵化成群(如圖30)，寄生蠅可能藉著產卵於雌蜂抓的獵物中一起被帶入巢室內發育鳩佔鵲巢(如圖31)。
  - 另外在採集過程中，也經常發現活生生的寄生蜂和橘腰圓領蜾蠃共處一室(如圖32)，被入侵的巢室中的蜾蠃幼蟲生命應該也是岌岌可危!



圖31. 入侵橘腰圓領蜾蠃泥巢室中的寄生蠅幼蟲



圖32. 入侵橘腰圓領蜾蠃泥巢室中的寄生蜂



圖30. 入侵橘腰圓領蜾蠃泥巢室中的蜘蛛

- 調查過程我們發現橘腰圓領蜾蠃的雌蜂築巢時會預留一個巢室讓自己進巢內休息，而長穴附近有許多小蜂在泥巢外聚集，甚至試圖進入洞口，也會在泥巢外爬行或許他們可能正在尋找泥巢是否有較薄的地方可以插入產卵管產卵也說不定?!
- 很多泥巢的最旁邊上方的巢室提供雌蟲居住，觀察發現雌蜂的視力似乎不是很好可是對光影的變化很敏感，雌蜂回巢後會先頭朝前進入檢查裡面沒有其他生物入侵再出巢頭朝外倒退進巢內，蜾蠃出巢前會巡視一次整個巢把小蜂們趕走甚至有一個巢超過10隻小蜂在上面走動。

伍、結論

一. 校園中兩種泥壺蜂泥巢的比較：

種類	形狀	大小	堆疊方式	分布位置	附著材質
橘腰圓領蜾蠃	土條狀	約2.1X0.4cm	常見2~3列並排，多可達6列	避雨和接近花園的方位	轉彎角落，粗糙窗框牆壁
黃胸椎腹蜾蠃	壺狀	約3cmX6cm	常見1個或由下而上堆築2~3個泥壺	避雨和接近花園的方位	轉彎角落，地面、屋簷

二. 兩種泥壺蜂的型態構造比較：

種類	體長	體色	形態特徵
橘腰圓領蜾蠃	小型 8mm~10mm	黑色為主，複眼黑色具光澤，前後緣有黃色斑點及斑紋	腹柄橙紅色，錘腹膨大，第二節呈鈴鐺狀，前後緣各有一條黃色環紋
黃胸椎腹蜾蠃	大型 雌蟲28~30mm 雄蟲25mm	黑、黃、紅褐色。臉部黃色，觸角橙紅色，頭部後緣黃色，頭頂黑色。前胸黃色，胸部側面紅褐色有黑斑	有紅褐色腹柄，靠近末端有黑橫帶；錘腹倒圓錐形，黃色，第1節基部紅褐色，中間有黑色寬橫帶

三、兩種泥壺蜂的生活史比較：

種類	一二齡	三齡	四齡	蛹	發育天數	成蟲壽命
橘腰圓領蜾蠃	透明微綠，食量小	黃色不進食	黃色不進食	蛹淡黃色逐漸變黃轉黑	約第28天羽化	約1個月
黃胸椎腹蜾蠃	綠色	白色體型和食量大	黃色吐絲狀物並排泄	黃色逐漸變黑出現斑紋	約第18天羽化	約2.5個月

四、兩種泥壺蜂的泥巢和築巢行為比較：

種類	巢室數	產卵	獵物種類	獵物數	封口	空間	雌蜂
橘腰圓領蜾蠃	土條狀分上下二層巢室	1個/巢	小型鱗翅目幼蟲	2~3隻 /巢	是	小	會進巢躲藏休憩過夜
黃胸椎腹蜾蠃	1巢室/壺	1個/巢	中型尺蠖蛾幼蟲	9~10隻/巢	是	大	修築過程不進巢內



圖33. 橘腰圓領蜾蠃雌蜂(→)與小蜂(→)的攻防戰



圖34. 橘腰圓領蜾蠃雌蜂進巢檢查和出巢驅趕入侵生物(→)

五、影響泥壺蜂築巢的測試結果發現：

- 人為提供蜂蜜、開花植株、水等環境可成功飼養和觀察泥壺蜂，但無法在飼養環境中築泥巢和出現獵捕行為。
- 泥壺蜂不會進入非親自築的他蜂泥巢或人造泥巢中，但橘腰圓領蜾蠃有藏於紗布卷中的行為。
- 泥壺蜂數日行性夜間喜歡停留通風處，白天才會四處走動、飛行、吸食花蜜或蜂蜜。
- 自然環境中泥巢被破壞後，二種蜾蠃的母蜂均不再回巢重建其被破壞之泥巢。

六、橘腰圓領蜾蠃泥壺內幼蟲發育成功率偏低，本校泥巢9月份成功率高於12月份，不同地點發育成功率亦不同，以都會公園成功率最高，推測與蜘蛛、寄生蠅和寄生蜂等入侵生物量有關。

七、橘腰圓領蜾蠃築巢時會留休息的巢室，雌蜂平時於此巢室休息，回巢時進巢檢查和出巢驅趕，以防止小蜂、螞蟻等試圖入侵泥巢的外來生物。



八、兩種泥壺蜂生存策略比較：