

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

080314

移動城堡-避債蛾應用蓑巢生存策略之探討

學校名稱：高雄市左營區新莊國民小學

作者： 小六 謝雨彤 小五 林芷璿	指導老師： 陳嘉雯 曾健評
-------------------------	---------------------

關鍵詞：避債蛾、蓑蛾、蓑巢

## 摘要

避債蛾常見於防治病蟲害名單，我們探討微型大蓑蛾應用蓑巢生存策略，從 2019 年 9 月至 2020 年 7 月共 10 個月。研究發現：一、避債蛾一世代用同一蓑巢，飼養孵化小幼蟲 0.1cm，多數初齡幼蟲從母蓑巢下方飄落時已有蓑巢；雌蛹巢比雄蛹巢長。二、幼蟲築巢步驟：1.咬碎枝葉；2.用絲把碎葉黏成帶狀；3.在葉帶滾動黏在身上；4.再補上其他碎葉黏合成蓑巢。幼蟲約蓑巢 0.5cm 開始增補蓑巢，如有破損會立即修復。三、小幼蟲蓑巢圓錐形，雄蛹巢多為長圓筒錐形，雌蛹巢多為紡錘形，巢愈大巢材更多樣化；蓑巢內部鋪絲絨、蓑巢上下開口也有絲絨。四、大、中幼蟲多棲息葉背主脈，小幼蟲多棲息葉背葉肉；棲息行為可能有領域性。蓑巢搭配有黏性的絲線成為協助避債蛾的生存策略。

## 壹、研究動機

校園外圍人行道上的矮籬，有 2 棵春不老被咬得坑坑洞洞，仔細一看，許多葉片下方都有一個用碎枝葉組成的吊物，有些還正在移動，真是有趣。查詢資料發現原來是避債蛾，網路資料介紹避債蛾是一種害蟲，五下的「動物世界面面觀」有介紹動物的行為習性，我們很好奇，躲在小蓑衣內的避債蛾如何利用蓑巢生存？這可愛的小動物為什麼會成為人們的害蟲呢？避債蛾蓑巢的製作與應用方法等相關有趣的問題，都讓我們想仔細探究尋找解答。

## 貳、研究目的

- 一、瞭解避債蛾的形態與生長
- 二、探討避債蛾的築巢行為
- 三、探討避債蛾的蓑巢特性
- 四、探究避債蛾應用蓑巢生活的策略



### 叁、研究設備與器材

飼養器材	春不老盆栽、多個昆蟲箱、多個飼養罐、春不老枝葉、寶特瓶
記錄器材	平板電腦、行動顯微鏡、數位相機、錄影機、腳架、電腦
觀察器材	放大鏡、解剖顯微鏡、光學顯微鏡
測量器材	量尺、電子秤、碼表
實驗器材	LED 聚光手電筒、滴管、excel 軟體
其他	剪刀、標籤貼紙、色紙、厚紙板料

### 肆、研究方法與結果

#### 一、文獻探討

##### (一) 避債蛾的認識

避債蛾分類於動物界/節肢動物門/昆蟲綱/鱗翅目/蓇蛾科(Psychidae)，蓇蛾又名避債蛾。我們整理目前台灣較常見的種類資料(作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟，2019；葉士財、廖君達、郭建志等，2009；農業藥物毒物試驗所，2019)，摘要如下表：

表(一)常見避債蛾種類介紹摘要表

名稱	大避債蛾	薄翅避債蛾	茶避債蛾	台灣避債蛾	白腳小避債蛾
學名	<i>Eumeta japonica</i> (Heylaerts)	<i>Acanthopsyche</i> ( <i>Metisa</i> ) <i>saccharivora</i> (Sonan)	<i>Eumeta inuscula</i> (Butler)	<i>Eumeta oolona</i> (Sonan)	<i>Acanthopsyche</i> ( <i>Eumetisa</i> ) <i>taiwana</i> (Sonan)
寄主範圍	雜食性，除茶外尚為害梨、番石榴、柑橘、等水果，棉、麻及大花紫葳、茉莉花等庭園植栽。	禾本科、孟宗竹、桂竹、棕櫚科、橄欖。	雜食性，除茶外尚為害梨、番石榴、柑橘、等水果，大花紫葳、山茶花等庭園植栽。	雜食性，除茶外尚為害梨、番石榴、柑橘、等水果，大花紫葳、山茶花等庭園植栽。	茶
為害狀	幼蟲啃食葉片殘留主脈，為害嫩枝、皮層及幼果，為害	幼蟲攝食寄主樹皮，偶而為害葉片，啃食葉肉。	為害嫩葉嫩枝，食盡葉片僅存枝條，也取食嫩梢皮層	幼蟲取食樹葉，將葉片咬成圓孔狀或沿葉緣啃食造成	蟲袋周年懸掛於葉背為害。主要為害葉片。幼蟲為害

	至無葉可食時，連枝條皮部亦遭食害，枝條因而枯死。		和幼果表皮。為害至無葉時，連枝條皮部亦遭食害，枝條因而枯死。	缺刻狀。	至無葉可食時，連枝條皮部亦遭食害，枝條因而枯死。
形態特徵	用碎葉細枝吐絲做成巢袋。幼蟲體長約18-40mm，黑褐色，胸背有黑褐色斑紋，中央有深褐色縱線。雌成蟲赤褐色圓筒狀，雄成蟲褐色至深褐色。	蟲袋小，圓紡錘形至長橢圓形。小型蛾，雄蛾體軀暗褐，翅展14~16公厘。翅灰褐半透明。	以寄主枝梢縱綴成袋，幼蟲體長約16-28mm，黃褐色。雌成蟲淡黃色圓筒狀，雄成蟲褐色至深褐色。	利用所吐的絲及咬下的碎葉織成叢巢，葉片鬆鬆黏在袋外。幼蟲體長約30mm，頭部圓形，暗紅褐色，兩側有淡色斑紋，雄蟲翅被有黑褐色鱗粉。	蟲袋小，呈圓錘形，淡灰褐色，為小型避債蛾，雄蛾翅展約14公厘，體軀及角黑褐色，翅為暗褐色，脛節灰白。

避債蛾幼蟲以細枝或葉片碎屑綴絲成叢巢，生活於叢巢中，行動時僅伸出身體前段爬行，或啃食葉肉，成熟幼蟲可穿孔葉片、嫩芽、枝條及果皮，為害植物。

根據觀察我們研究的避債蛾生物特性與大避債蛾較相似，但體型明顯較小，經諮詢專家學者後得知，此種避債蛾是微型大蓑蛾 *Eumeta minuscula* Butler, 1881。

## (二) 避債蛾的相關研究

我們蒐集到避債蛾的相關研究，如下：

1. 穿蓑衣的毛毛蟲-認識避債蛾(金門地區第56屆中小學科學展覽會)，相關結論：

- (1) 避債蛾屬於完全變態昆蟲，幼蟲期很長。
- (2) 幼蟲蛻皮時蓑巢懸吊，在巢內將自己的蛻皮吃掉。
- (3) 體型較小，成蟲交配後不久死亡；一些死亡個體蓑巢有小洞，可能被寄生蜂、寄生蠅寄生的緣故。

2. 台灣產大蓑蛾屬(鱗翅目：蕈蛾總科，蓑蛾科，*Eumeta* 屬)之系統分類檢討及雄蟲形態變異性與不對稱性之觀察(王惟加，2010)，相關結論如下：

- (1) 高度發展的性別二型性與極為保守的成蟲形態特徵使得蓑蛾科種級分類處理一直是形態學上的大挑戰。

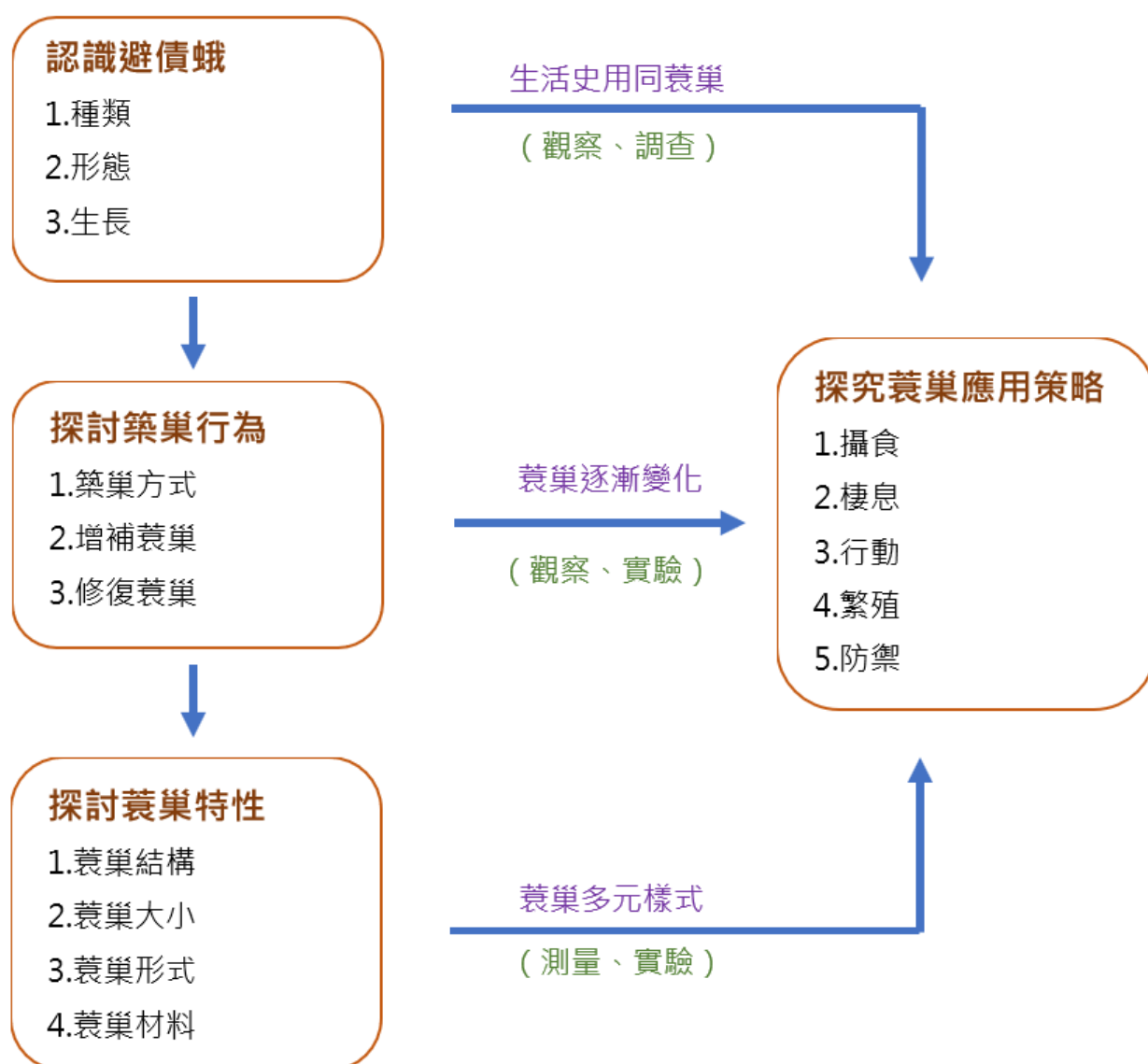


(2)本研究大量採集飼養台灣產大蓑蛾屬幼蟲，以獲得包含成蟲雙性別形態、幼蟲發育階段與蓑巢形式的完整資訊，並採用初步的生命條碼相互佐證，確定台灣產有微型大蓑蛾(*Eumeta minuscula*)與多樣大蓑蛾(*E. variegata*)兩個種類。

由相關研究知道，避債蛾在蓑巢內成長；保守的成蟲形態特徵不容易辨識，台灣產大蓑蛾有微型大蓑蛾與多樣大蓑蛾種類。

目前資料大多僅就避債蛾的形態、生態習性、為害情形等介紹，因此本研究希望對避債蛾築巢及如何運用蓑巢等進一步瞭解與探究。

## 二、研究架構圖



圖(一)研究架構圖

### 三、研究過程與結果

#### (一)瞭解避債蛾的形態與生長

1.研究過程：陸續戶外採集約 150 隻避債蛾幼蟲，及飼養繁殖二次約 300 隻小幼蟲，共約 450 隻幼蟲。分別在教室飼養，以春不老盆栽、昆蟲箱及水瓶插枝飼養，觀察生長過程與形態。



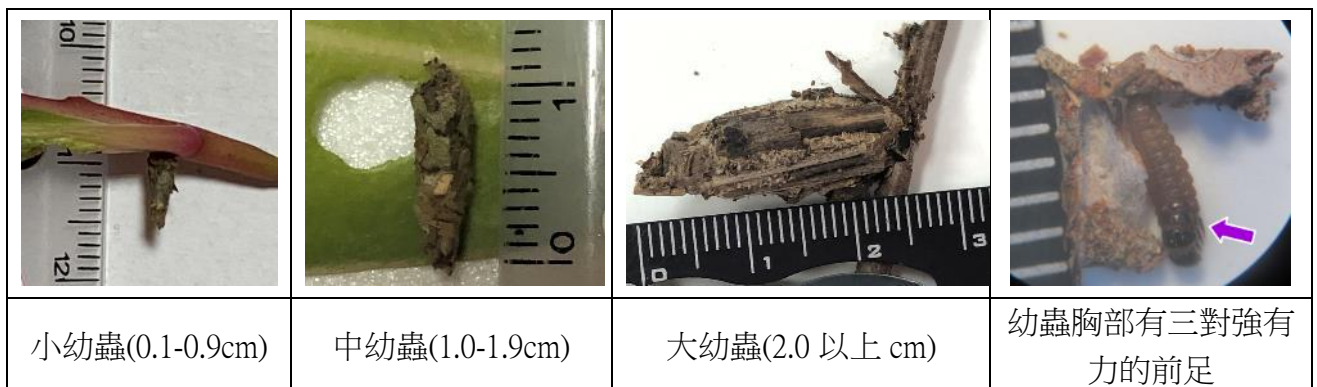
圖(二)研究過程飼養避債蛾幼蟲方式

#### 2.觀察結果

避債蛾是完全變態昆蟲，從卵、幼蟲、蛹期都在蓑巢內度過，甚至雌成蟲羽化後及交配產卵，都在蓑巢內完成。

##### (1)幼蟲期

飼養的避債蛾幼蟲，體長從 0.1-2.2cm，巢長約 0.1-3.2cm。因幼蟲成長蛻皮都在蓑巢內完成不容易分辨齡期，我們在研究過程中，以幼蟲的巢長區分為小幼蟲(0.1-0.9cm)、中幼蟲(1.0-1.9cm)及大幼蟲(2.0 以上 cm)。幼蟲從孵化開始築巢，藏於蓑巢內行動，幼蟲胸部有三對強有力的前足，主要用來行動、攝食、築巢及補巢等。



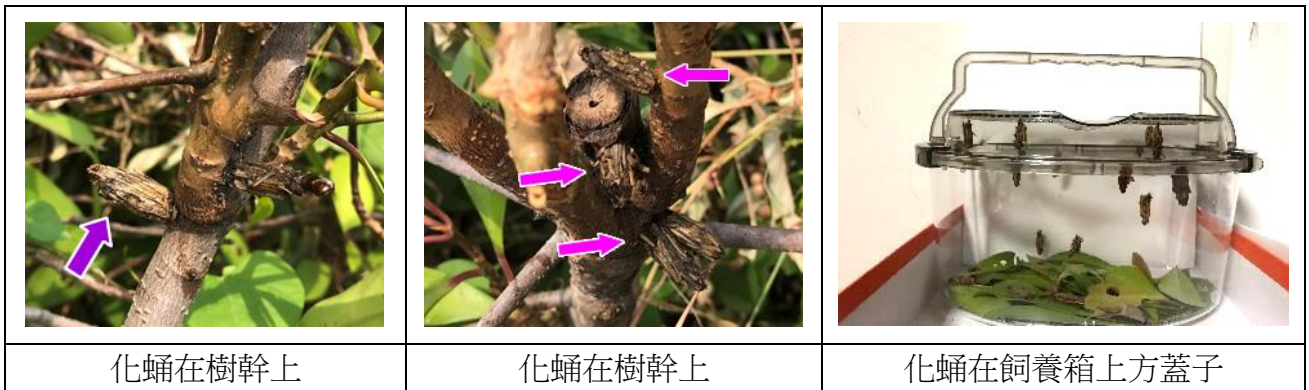
圖(三)研究過程幼蟲的區分方式

(2) 蛹期

幼蟲化蛹會將蓑巢用絲線固定，觀察發現化蛹位置大多在寄主植物的枝幹上，推測可能因為：

- a. 化蛹後無法增補蓑巢，蓑巢的顏色與樹枝幹相近；
- b. 枝幹外圍有樹葉遮蔽，較為隱密安全；
- c. 枝幹較穩固，化蛹時用較多的絲線將蓑巢緊密黏在枝幹上，不易掉落或搖動。

另外，飼養的幼蟲大多化蛹在昆蟲箱上方蓋子。



(四) 幼蟲化蛹位置圖



圖(五) 蛹巢內、外形態



### (3)成蟲期

觀察雌、雄成蟲型態差異很大，測量雌成蟲無翅蛆狀約 1.3cm，羽化後留在巢內，雄蟲的蛹鑽出蓑巢才羽化，雄成蟲有翅，展翅約 1.2cm，會飛去尋找雌成蟲交配。文獻提到雌蟲可能存活一個禮拜，卻因無法飛行，羽化後並不會離開蓑巢（自然攝影中心，2010.02.10）。但我們飼養觀察發現雌成蟲掉出蓑巢後還會存活 2-4 天，沒有再吃食、交配及產卵。

		
雌成蟲約 1.3cm	雌成蟲腹部後緣有短毛	雄成蟲翅深褐色
		
雌成蟲羽化後沒有和雄蟲交配，也會掉出蓑巢，沒有再交配產卵	雌成蟲沒交配從下方開口掉出後，沒有進食，2-4 天後死亡	

圖(六)雌、雄成蟲形態

## 二、探討避債蛾的築巢行為

### (一)築巢方式





1.研究過程：重複隨機取 6 隻幼蟲，包括 2 隻中幼蟲及 4 隻大幼蟲，進行重新築巢試驗，將原有蓑巢剪開，提供碎葉等材料讓幼蟲重新築巢，觀察築巢方式與步驟。

		
蓑巢 3cm 幼蟲作重新築巢	材料有綠葉、枯葉讓幼蟲選擇	幼蟲築巢時會先將頭部蓋住，尾部較慢遮住

圖(七)研究過程避債蛾幼蟲重新築巢方式

## 2.研究結果

觀察幼蟲的築巢步驟為：(1)咬碎枝葉；(2)用絲把碎葉黏成帶狀；(3)在葉帶滾動黏在身上；(4)再補上其他碎葉，黏合完成蓑巢。文獻提到幼蟲孵化後築巢方式，是咬下雌蟲蓑巢上的碎屑，吐絲黏成一條帶子在把下半圈接上成為一圈圍腰，再陸續補上成為蓑巢（十八子金名，2017.11.29）。與我們觀察的大、中幼蟲的築巢方式相似，推測這是避債蛾幼蟲築巢的步驟。

<p>1.咬碎枝葉</p> 	<p>2.用絲把碎葉黏成帶狀</p> 
<p>3.在葉帶滾動黏在身上</p> 	<p>4.再補上其他碎葉，黏合完成蓑巢</p> 

圖(八)避債蛾幼蟲築巢方式與步驟

### (二)增補蓑巢

#### 1.研究過程：

- (1)飼養過程觀察記錄。
- (2)觀察 30 隻小幼蟲，紀錄 3 天增補蓑巢情形。

#### 2.觀察結果：

我們觀察發現幼蟲從初孵化後巢長約 0.1cm，蓑巢約至 0.5cm 開始有增補蓑巢情形，成長過程中會持續由下而向上增補蓑巢及修剪巢材，將生活環境的枝、葉或物品，咬成較小的面積，作為材料用絲線黏在蓑巢的外層。如表(一)、圖(九)。

表(二)小幼蟲增補蓑巢

蓑巢長(cm)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
有增補新葉(隻)	8	4	4	5	4	5

		
咬碎葉吐絲黏在巢上	剪細枝補巢	將飼養環境的白紙黏在巢上
		
中幼蟲蓑巢上方口持續增補	大幼蟲上口絲絨補碎葉，巢身補較大塊葉片	大幼蟲除增補蓑巢還增綴飾枝葉





圖(九)幼蟲增補蓑巢情形

### (三)修復蓑巢





1.研究過程：重複將蓑巢剪開試驗，觀察幼蟲反應方式。

2.試驗結果：幼蟲會立即將蓑巢修復，我們觀察歸納幼蟲修復蓑巢的三種方式，如下：





(1)先修尾端再側蓋黏補(幼蟲巢長 2.5cm/體長 1.2 cm)

1.爬到尾端黏補	2.尾端彎曲後爬往上黏補邊	3.形成部分圓筒用蓋另一邊	4.巢外蓋起來，幼蟲在巢下面黏補縫隙
			

(2)從尾端開始逐步向上黏合(幼蟲巢長 2.3 cm /體長 1.2 cm)

1.從尾端開始黏補	2.由下往上左右黏補	3.最後黏巢口	4.完成修復蓑巢
			

(3)由上方絲袋往下拉開始修復(幼蟲巢長 2.7 cm /體長 1.5 cm)

1.將上方絲袋往下拉	2.在巢右側上下移動(吐絲)	3.再爬向巢左側上下移動(吐絲)	4.在右側用腳拉左側蓋住身體黏合巢
			

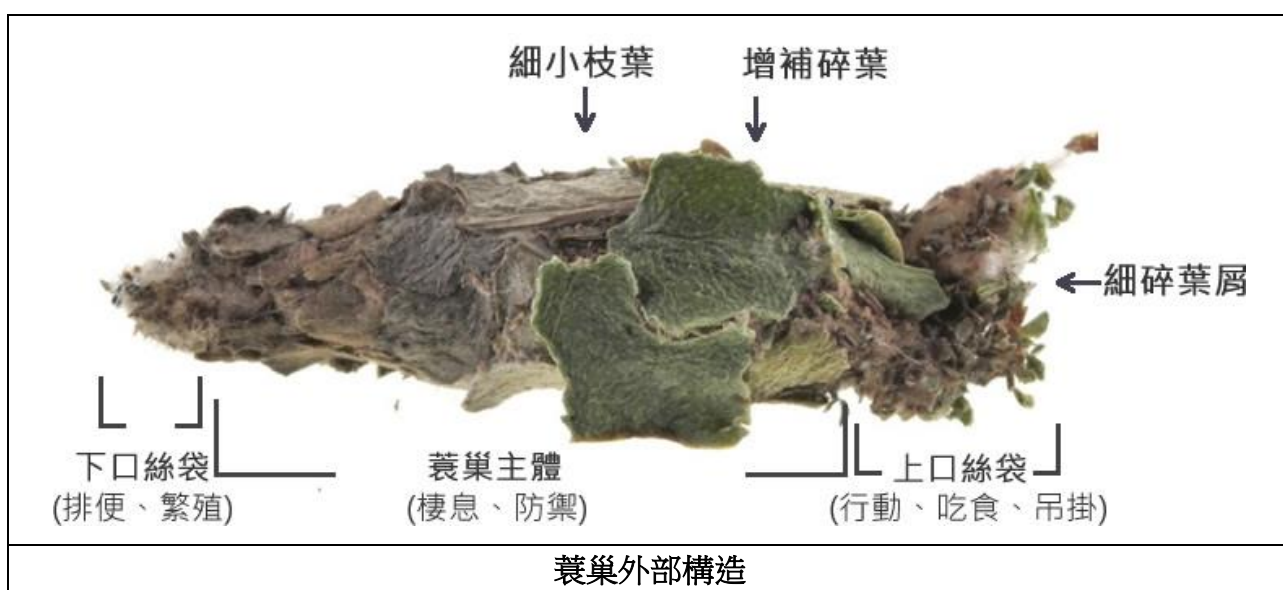
幼蟲從孵化開始築巢，整個生命過程用同一個蓑巢，隨著體長增長及環境改變，會適時增修補蓑巢。

### 三、探討避債蛾的蓑巢特性

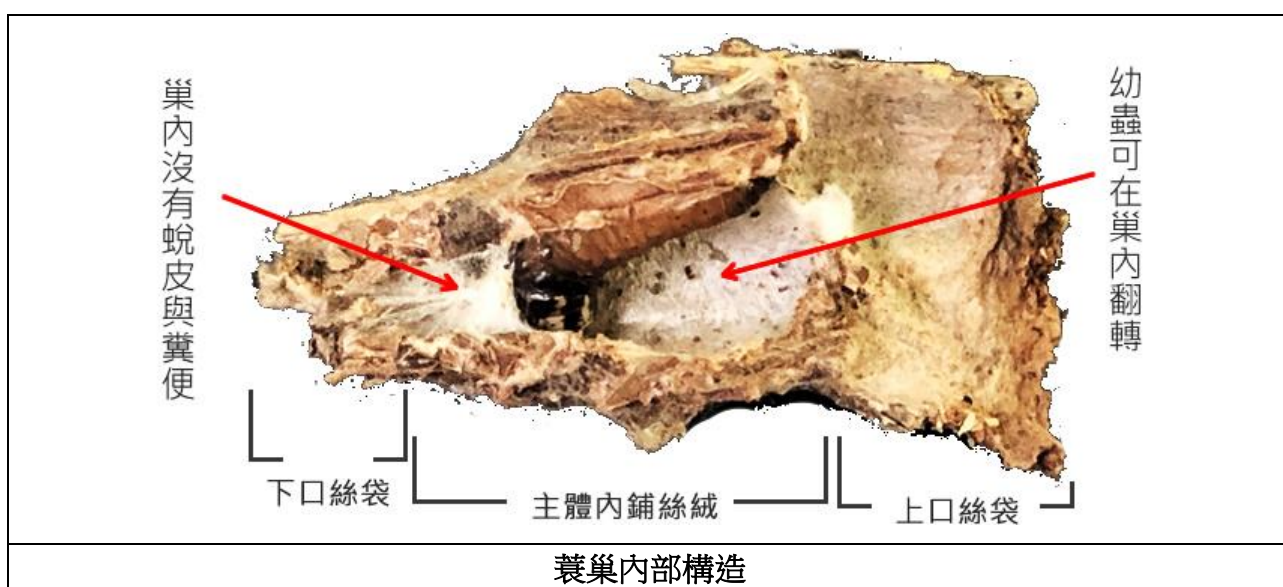
#### (一)蓑巢構造

1.觀察過程：避債蛾整個生活史過程，都與蓑巢密切相關，我們拍照圖示說明蓑巢外部及內部的構造與功能。

#### 2.觀察結果



圖(十一)避債蛾蓑巢外部構造



圖(十二)避債蛾蓑巢內部構造

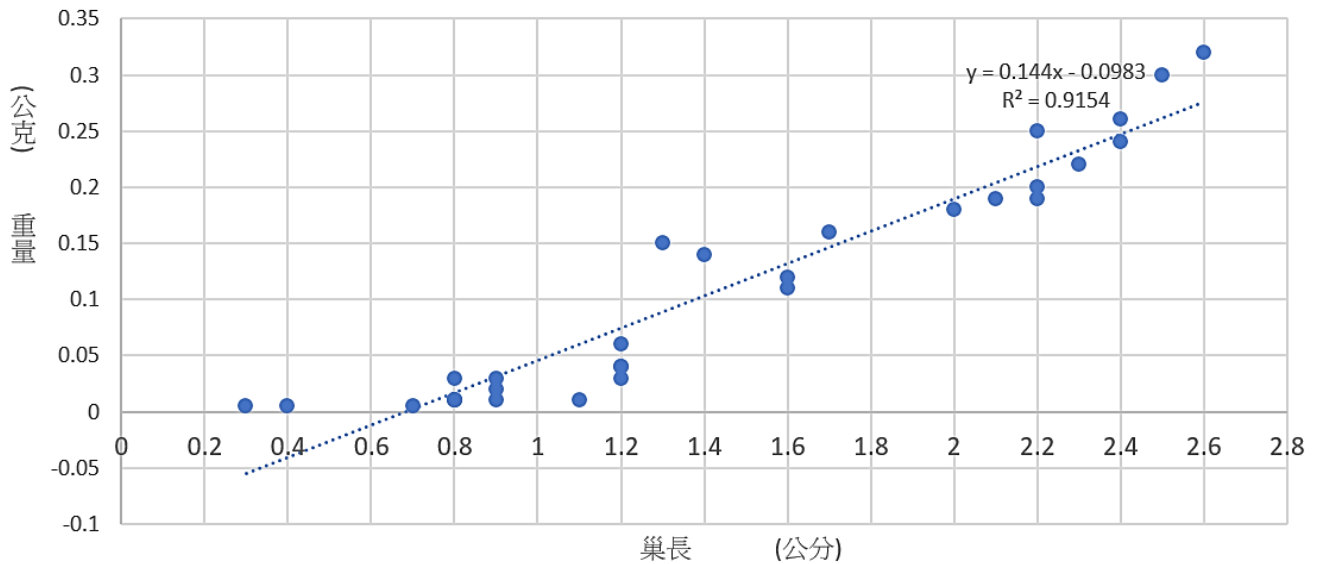


## (二) 蓑巢重量

1. 研究過程：測量小、中、大共 27 隻幼蟲的蓑巢重量，紀錄統計。

2. 測量結果：蓑巢的重量包括蓑巢、幼蟲重量，隨著巢長增加成長，重量也增加，從 0.01g-0.4g；數隻即將化蛹的大幼蟲，攜帶蓑巢的幼蟲重量也僅 0.25-0.32g。

巢長與重量



圖(十三)避債蛾蓑巢重量統計圖

## (三) 蓑巢形式

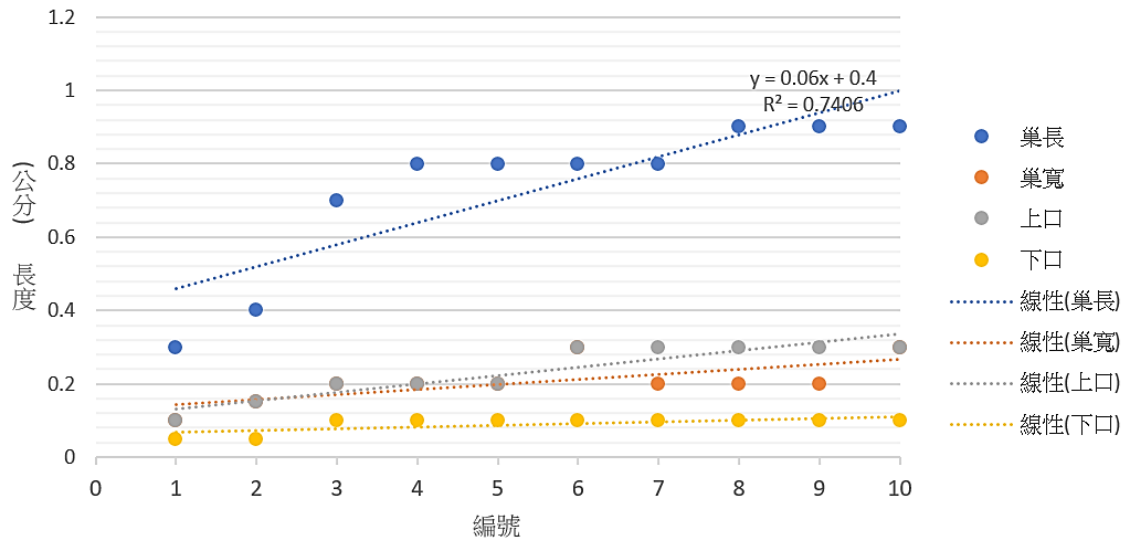
1. 研究過程：測量分析蓑巢外形、材料、顏色等，探討與環境的相關。

2. 統計結果

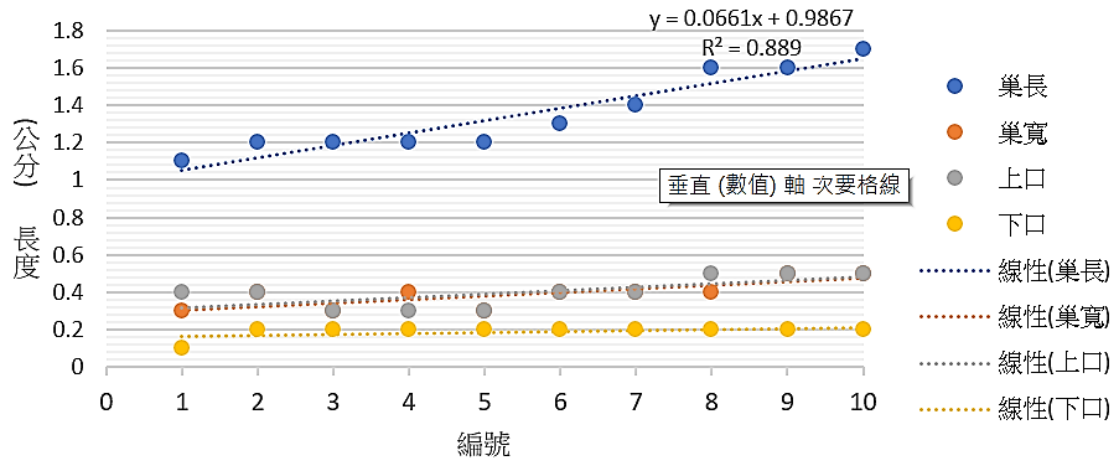
觀察發現避債蛾蓑巢的形狀，在幼蟲不同時期有些微變化，分別記錄大、中、小幼蟲各 10 隻的蓑巢，巢寬為巢長的上 1/3 位置的長度，統計分析如下：



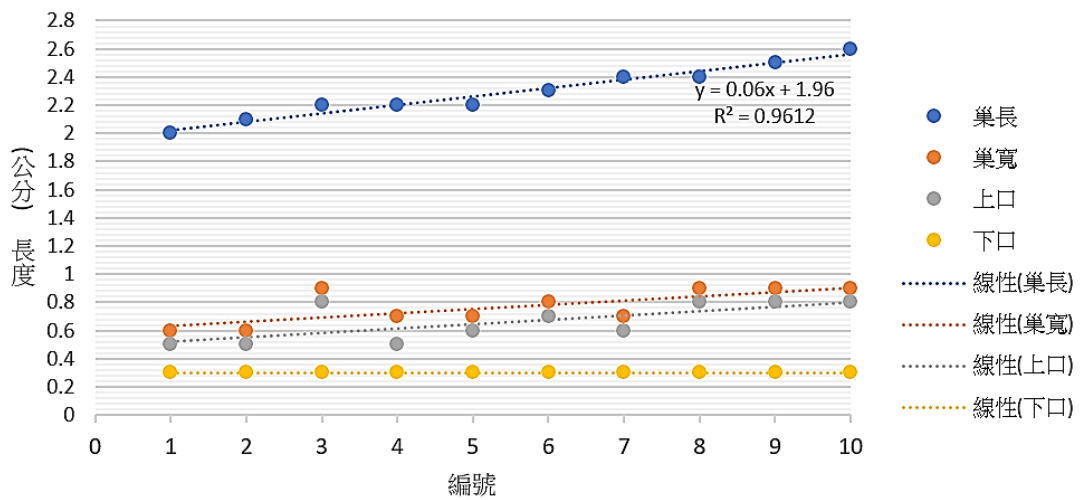
巢大小與外型  
小0.1-0.9公分



巢大小與外型  
中1.0-1.9公分



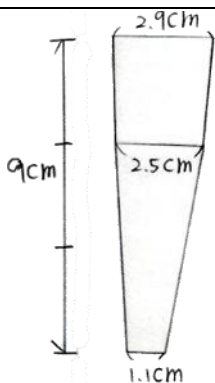
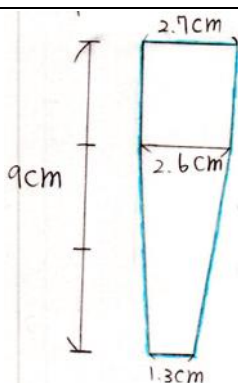
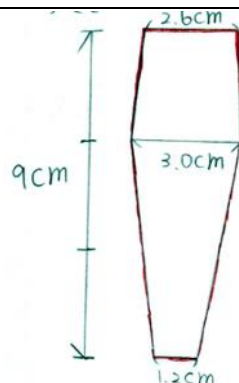
巢大小與外型  
大2.0-3.0公分



圖(十四)大中小幼蟲蓑巢形式統計圖

根據上圖將巢長、巢寬、上口及下口長度的數據比例，繪製成相同巢長 9 倍比例的  
 蓑巢形狀，如下表：

表(三) 大中小幼蟲蓑巢形式

大小	小幼蟲	中幼蟲	大幼蟲
形狀	圓錐形	長圓筒錐形	紡錘形
			

分析：

(1)大、中、小幼蟲的蓑巢下方開口都明顯較上口及巢寬的長度短，巢形呈現上寬下窄。

(2)小幼蟲的上口長度大於或等於巢寬，呈現圓錐形；大幼蟲的上口長度小於巢寬，呈現

紡錘形；中幼蟲的上口長度與巢寬長度比較不規則，以平均數比例呈現長圓筒錐形。

(3)文獻提到越老熟的幼蟲巢式特徵會越明顯穩定(自然攝影中心，2010.02.10)。從大幼蟲的巢形統計圖可看出蓑巢形式的穩定性。

(4)我們研究的避債蛾來自同一棵寄主植物上，同樣攝食春不老植物，幼蟲外形相似，推測是同一種避債蛾種類，但蓑巢形式會隨成長改變，文獻提到巢式、巢質這兩種特徵只要是同一個種類，就會呈現一致的狀態(自然攝影中心，2010.02.10)。但避債蛾不同齡期的巢形變化，可能因幼蟲不同時期呈現不一致巢式。



圖(十五)大中小幼蟲蓑巢形式



#### (四) 蓑巢材料

1. 研究過程：觀察統計戶外春不老樹上的避債蛾蓑巢的材料。

#### 2. 研究結果

避債蛾的蓑巢以採集寄主植物的部位為材料，包括葉片、葉片主脈、嫩芽、果實等，大、中、小幼蟲的蓑巢材料有差異，整理如下表：

表(四) 避債蛾大中小幼蟲蓑巢材料差異

大小	小幼蟲	中幼蟲	大幼蟲
材料	碎葉片、碎屑	葉片、葉主脈、嫩芽	葉片、葉主脈、嫩芽、果實、細枝
蓑巢			

分析：隨著幼蟲成長，蓑巢的材料更多樣化，材料來自於生活的環境。

#### 3. 重新築巢

研究過程：隨機取 6 隻幼蟲，包括 2 隻中幼蟲(A、B)及 4 隻大幼蟲(C、D、E、F)，進行重新築巢實驗，材料有綠葉、枯葉及大、小葉片，觀察幼蟲選擇築巢材料。

實驗結果：觀察記錄如表(四)

表(五) 避債蛾幼蟲重新築巢材料紀錄表

幼蟲	A(1.1cm)	B(1.5cm)	C (2.0cm)	D (2.0cm)	E (2.2cm)	F (2.2cm)
葉片狀態	綠葉	綠葉	枯葉	枯葉	枯葉	枯葉
葉片大小	碎葉	碎葉	碎葉	碎葉	碎葉	碎葉
完成新巢	有	有	有	有	有	有

分析：

(1) 兩隻中幼蟲都選擇綠葉築新巢；4 隻大幼蟲都選擇枯葉築新巢。

(2) 幼蟲 6 隻都直接選擇碎葉築新巢，不是選大面積巢材。

		
A1-多樣材料讓大幼蟲選擇	A2-大幼蟲選擇碎枯葉築巢	A3-初步完成蓑巢
		
B1-有綠葉、枯葉讓中幼蟲選擇	B2-中幼蟲選擇碎綠葉築巢	B3-初步完成蓑巢中幼蟲在巢裡

圖(十六)避債蛾幼蟲重新選材築巢

避債蛾的蓑巢從幼蟲孵化到羽化，飼養過程沒有發現有主動換巢行為，是以擴充蓑巢的方式築巢，隨著身體成長，蓑巢的材料、形式及與重量也跟著變化。

#### 四、探究避債蛾應用蓑巢生存策略

##### (一)攝食行為

1.研究過程：以校園圍牆外人行道植物，及校園內植物實地調查，觀察紀錄是否有避債蛾，及避債蛾棲息位置、築巢及攝食行為等。

		
校園圍牆外人行道的春不老	觀察避債蛾為害情形	校園內植物實地調查記錄

圖(十六)研究過程調查避債蛾幼蟲分布情形



## 2.調查結果

(1)校園圍牆外人行道上有 2 棵春不老，整棵植物被吃食坑坑洞洞。

(2)校園內僅靠近圍牆的七里香有一個避債蛾蛹巢。

我們飼養發現幼蟲吃食寄主植物葉片，尤其較嫩的新葉嫩芽等，白天夜晚都有吃食情形，吃食量大，對植物成長為害嚴重。

		
<p>整棵植物被吃食坑洞</p>	<p>幼蟲吊葉背咬食葉肉</p>	<p>幼蟲啃食嫩葉</p>
		
<p>棲息葉背吃食周遭葉片，中大幼蟲啃穿葉肉</p>		<p>先吃完左株再吃右株</p>

圖(十七)避債蛾幼蟲攝食情形

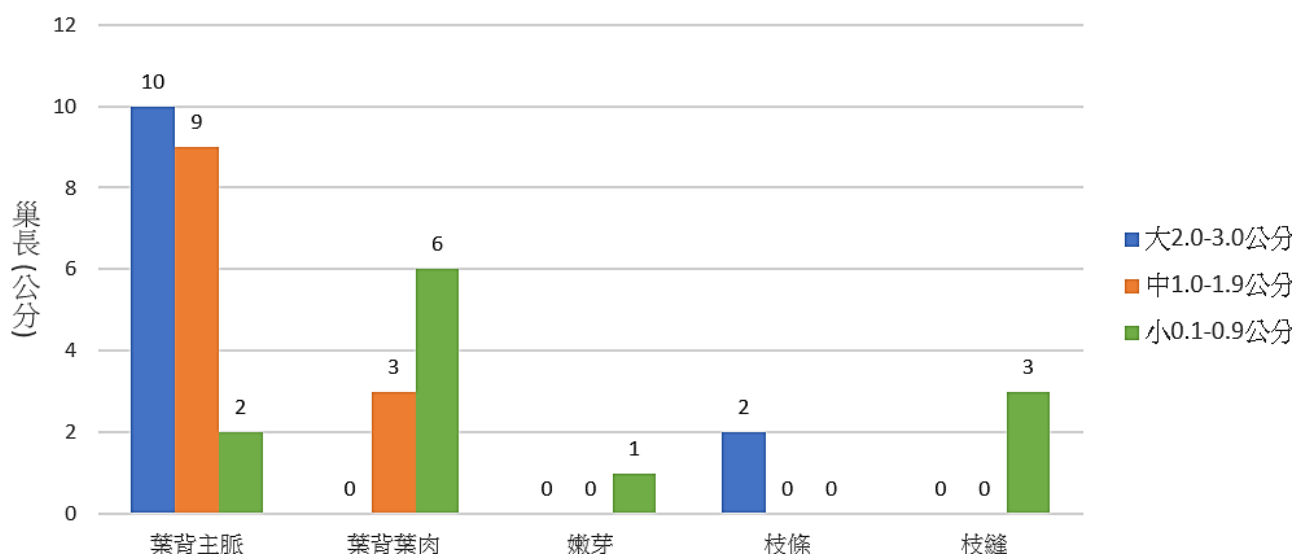
### (二)棲息行為

1.研究過程：調查及飼養幼蟲棲息位置，觀察紀錄大、中、小幼蟲各 12 隻，分析避債蛾不同生命時期，蓑巢棲息位置差異。

### 2.研究結果

避債蛾幼蟲築蓑巢棲息於內，蓑巢吊掛或黏附在寄主植物葉背等位置。分別棲息於葉背主脈、葉背葉肉、嫩芽、枝條、枝縫，統計如下：

## 棲息位置



圖(十八)避債蛾幼蟲棲息位置統計圖

分析：(1)大、中幼蟲大多棲息在葉背主脈；小幼蟲大多棲息在葉背葉肉。

(2)小幼蟲棲息的位置比較多元，在葉背主脈、葉肉、嫩芽及枝縫都有可能。

發現：(1)棲息於枝條的大幼蟲，大多是化蛹的蓑巢，上方口直接緊密黏合在枝條上。

(2)大、中、小幼蟲棲息的方式不一樣，大、中幼蟲棲息時大多將上方開口的絲袋束起來黏吊掛在葉背；小幼蟲用上方開口整個黏在棲息位置。



圖(十九)避債蛾幼蟲棲息位置

### (三)行動方式

1.研究過程：觀察紀錄分析避債蛾幼蟲移動方式。

2.觀察結果：(1)不動時，縮在蓑巢內；(2)伸出前三對足爬行；(3)蓑巢靠著植物爬行；(4)蓑巢倒掛行動；(5)吊絲線升降移動。

		
(1)幼蟲吊掛停止不動	(2)用三對前足行動爬行	(3)蓑巢靠著植物爬行
		
(4)蓑巢倒掛行動	(5)吊絲線升降移動。	倒掛爬行

圖(二十)避債蛾幼蟲行動方式

#### (四)繁殖行為

1.研究過程：飼養觀察紀錄幼蟲生長過程，包括交配、孵化幼蟲。

2.觀察結果：

雌雄成蟲在雌成蟲的蓑巢內交配，在蓑巢內產卵孵化小幼蟲，小幼蟲從雌成蟲的蓑巢下方口離開蓑巢，分散築巢生長。綜合文獻提到各種避債蛾產卵約可以 300 粒-6000 粒卵(葉士財、廖君達、郭建志等，2009)。我們飼養羽化數十幾成蟲，共有二次繁殖孵化小幼蟲，第一次約 40-50 隻，第二次約 230-250 隻，數量明顯比文獻少。

##### (1)交配繁殖

雄成蟲羽化後受雌成蟲散播費洛蒙棉絮吸引找雌成蟲交配後死亡；雌成蟲在巢內產卵後從下方開口掉出。飼養觀察如下：

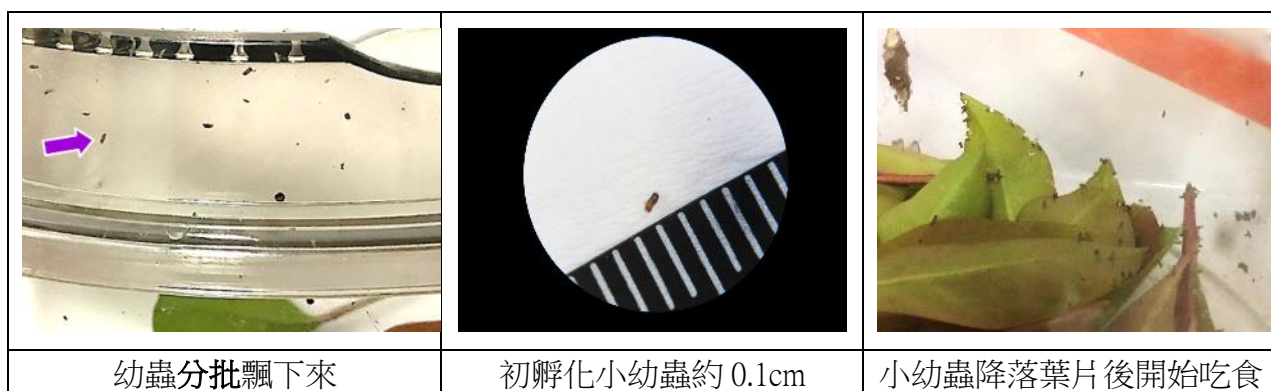
			
雌蟲化蛹羽化在蓑巢內	雌蟲羽化後散播費洛蒙棉絮吸引雄成蟲	雌成蟲將頭胸伸出蓑巢外等待雄成蟲來交配	雄蟲與雌蟲在蓑巢內交配

圖(二十一)避債蛾成蟲繁殖



## (2) 孵化幼蟲

雌成蟲交配後在蓑巢內產卵，孵化幼蟲沿巢口下方飄出，吐絲懸垂飄散至鄰近寄主植物棲息攝食成長。



圖(二十二)避債蛾初齡幼蟲孵化

## (五) 防禦行為

1. 研究過程：觀察飼養過程及戶外觀察，並紀錄分類。

2. 觀察結果：

防禦行為是指能夠減少來自其他動物傷害的行為，可區分為初級防禦與次級防禦(尚玉昌，2005)。為了避免天敵的捕食，避債蛾有發展多樣的防禦行為，包括初級防禦和次級防禦，分述如下：

(1) 初級防禦：躲藏、隱蔽、穴居。避債蛾生活於蓑巢中，穴居為最主要防禦方式。

(2) 次級防禦：回縮、逃遁、假死。避債蛾以躲入蓑巢內封口不動的回縮方式為主。

表(六)避債蛾防禦方式彙整

行為	初級防禦			次級防禦		
	躲藏	隱蔽	穴居	回縮	逃遁	假死
方式	棲息於葉片下方或枝縫間	蓑巢顏色和材料與環境背景相似	築蓑巢生活-移動穴居	躲入蓑巢內封口不動	運用絲線逃跑	身體分泌液體不動
<b>初級防禦</b>						
						
	躲藏-吊在葉背遮掩	隱蔽-蓑巢和環境背景相似	穴居-躲在蓑巢內生活			



次級防禦		
		
回縮-躲入蓑巢內封口不動	逃遁-運用絲線逃跑懸空降落	假死-身體分泌黏液不動

## 伍、研究討論

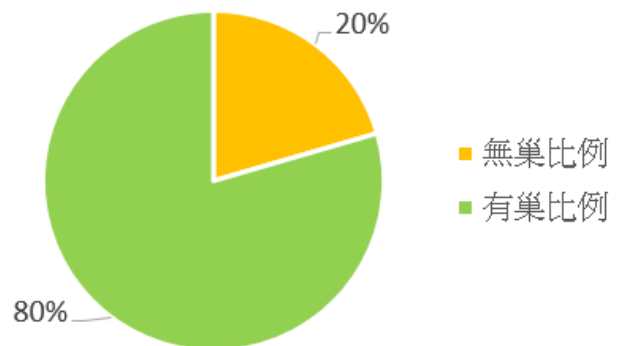
### 一、初孵化幼蟲有無築巢

觀察發現初孵化幼蟲飄落時，多數已有蓑巢，與書籍提到孵化幼蟲沿袋口下方爬出吐絲飄散至鄰近寄主，將碎葉細枝做成巢袋(葉士財等，2009)的說法有差異。我們拍照觀察孵化幼蟲飄散時有無蓑巢情形，計算四次結果如下：

表(七)初孵化幼蟲有無築巢比例

序	隻	無巢	有巢	無巢比例	有巢比例
一	10	2	8	20%	80%
二	30	6	24	20%	80%
三	50	11	39	22%	78%
四	60	12	48	20%	80%
平均				20.5%	79.5%

初孵化幼蟲有無巢比例圖



		
小幼蟲孵化從雌蟲蓑巢下方飄散	初孵化幼蟲有些已有蓑巢，有些沒有	多數幼蟲孵化後，用雌成蟲蓑巢屑築巢再飄落

圖(二十三)初孵化幼蟲飄落情形

## 二、教室飼養繁殖小幼蟲大量死亡

教室飼養繁殖共二次，初孵化幼蟲共約 300 隻，在 1.3 公分前陸續死亡。測量 24

隻死亡幼蟲蓑巢，並剪開蓑巢觀察結果如下表：

表(八)已死幼蟲蓑巢內部情形

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
巢長 cm	0.3	0.4	0.4	0.45	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
絲絨	無	無	無	無	有	有	有	有	有	有	有	有	有
蟲體	無	無	頭	頭	無	無	頭	無	頭	頭	無	頭	頭
編號	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
巢長 cm	0.8	0.8	0.9	0.9	0.95	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1		
絲絨	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有		
蟲體	頭	頭、 身	無	頭	無	無	頭	頭、 蛻皮	無	頭	頭、 身		

文獻提到幼蟲在蓑巢內蛻皮，蓑巢必須是「懸吊」狀態才不會蛻皮失敗而死亡，蛻皮後將前蛻吃掉(自然攝影中心，2010.02.10)。推測飼養箱環境的幼蟲蛻皮時不容易懸吊，而影響生長甚至死亡。後來將僅剩的 2 隻 1.2cm 存活幼蟲移至春不老盆栽飼養，才順利生長化蛹。

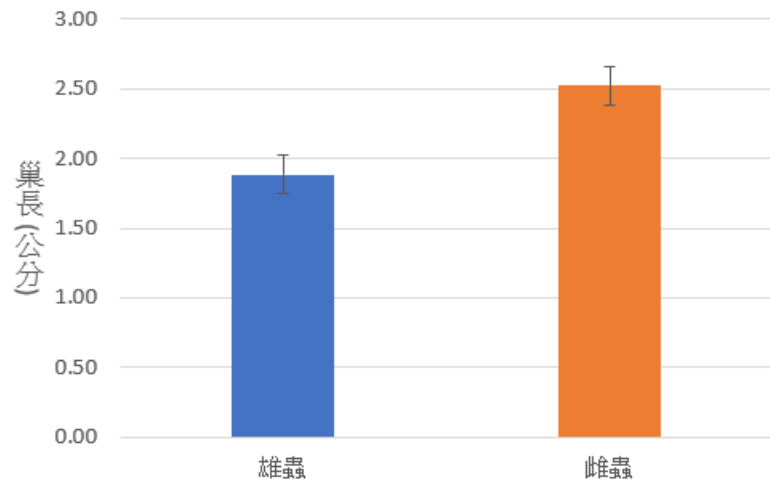
另外，從記錄發現 0.5cm 以下蓑巢內沒有絲絨，0.5cm 以上蓑巢內有絲絨，文獻提到初齡幼蟲蓑巢不成型，二齡後呈錐型(金門地區第 56 屆中小學科學展覽會，2019.10.18)。我們研究結果發現 0.5cm 以上開始有增補蓑巢行為，推測蓑巢 0.5cm 可能是幼蟲進入二齡，開始有比較複雜的築巢行為。

## 三、雌雄蟲化蛹時巢長差異

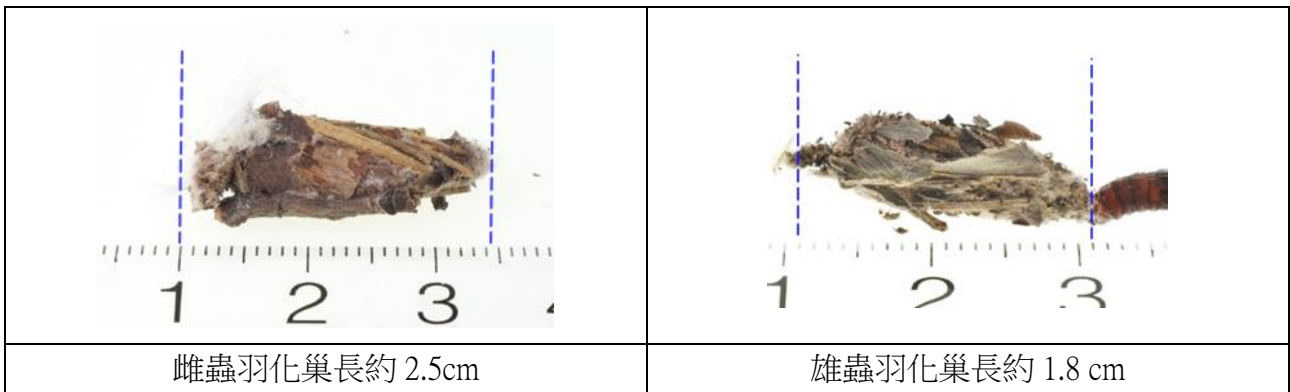
飼養發現雌雄蟲化蛹時的巢長有明顯差異，測量雌、雄蟲羽化後的蓑巢長度各 30 個。統計結果如下圖：

## 雌雄羽化巢長差異

各 30 隻	雌蟲	雄蟲
平均 巢長	2.52cm	1.88cm



圖(二十四)雌、雄蟲羽化後蓑巢長度差異



圖(二十五) 雌、雄蟲羽化後各自蓑巢長度

分析：雌蟲羽化後平均巢長 2.52 cm；雄蟲羽化後平均巢長 1.88cm，雌蟲羽化後平均巢長，比雄蟲較長。

討論：

- (一)雌蟲羽化後平均巢長比雄蟲較長，表示雌蟲蛹巢較長，文獻提到台灣避債蛾的雄蟲窠巢長平均 4 cm，雌蟲窠巢長平均 5.2 cm (作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟，2019)。微型大蓑蛾的雌蟲蛹巢也比雄蟲長。
- (二)中幼蟲(1.0-1.9)的巢形多為長圓筒錐形；雄蟲蛹巢長平均約 1.88cm，推測雄蟲蛹巢為長圓筒錐形；雌蟲蛹巢長平均約 2.52cm，為紡錐形。

#### 四、避債蛾幼蟲棲息行為是否有領域性

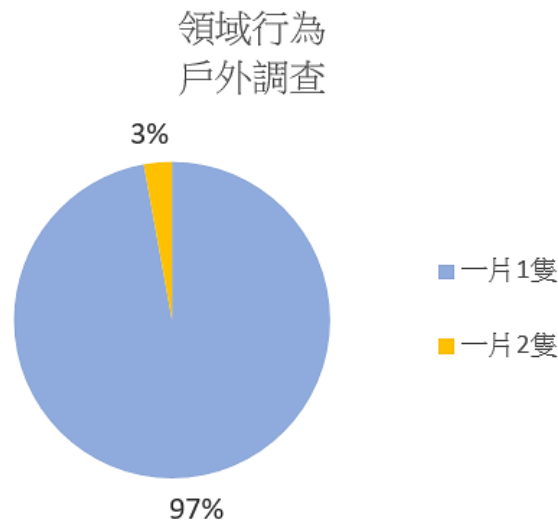
戶外觀察發現，多數春不老的葉片下方，只有一個避債蛾蓑巢，是否棲息行為有領域性，我們進行戶外調查、室內盆栽實驗及昆蟲箱飼養觀察，探討避債蛾棲息行為。

##### (一)戶外調查

戶外春不老植栽調查記錄 70 個避債蛾蓑巢，統計如下：

表(九)避債蛾幼蟲戶外春不老棲息情形

棲息情形	一片 1 隻	一片 2 隻
戶外調查	68 隻	2 隻



圖(二十六) 避債蛾幼蟲戶外春不老領域性比例

分析：一個葉片只有 1 個蓑巢的有 97% 最多；只有 3% 在一個葉片上有 2 個蓑巢。

發現：

1. 只有一個葉片上有 2 個蓑巢，這 2 個蓑巢都是小幼蟲，可能小幼蟲的食量小、活動範圍小，尚未有明顯領域行為。
2. 枝條上有 5 個蓑巢，都是化蛹蓑巢。

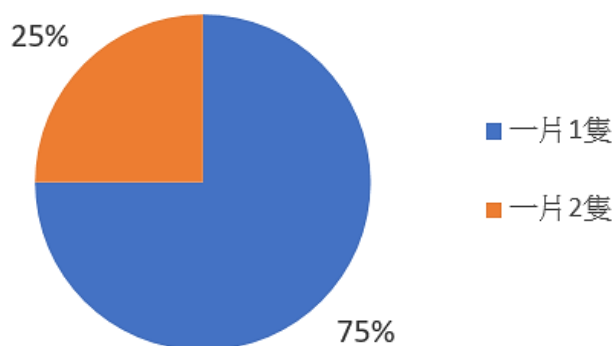
##### (二)盆栽實驗

在室內春不老盆栽實驗，共 32 隻幼蟲，分為控制組與實驗組各 16 隻 1-2cm 的幼蟲，實驗組分別將 16 隻幼蟲放在四片葉子，每片放 4 隻幼蟲，控制組每片一隻幼蟲，1 天後記錄幼蟲棲息情形，統計如下：

表(十)避債蛾幼蟲棲息領域性

棲息情形	實驗組	控制組
一片 1 隻	12 隻	16 隻
一片 2 隻	2 隻	0 隻

領域行為  
室內實驗



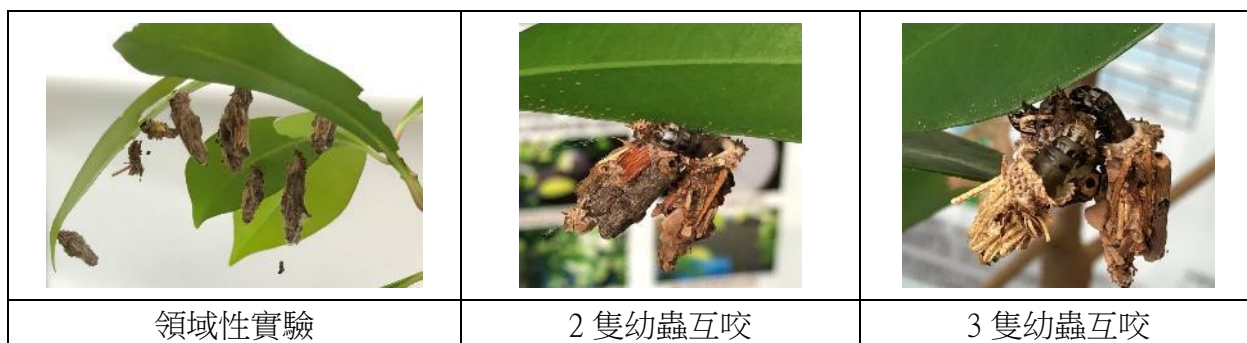
圖(二十七)避債蛾幼蟲棲息領域實驗

分析：

- 1.實驗組一個葉片只有 1 個蓑巢的有 75%最多；2 個葉片上有 2 個蓑巢，有 25%。
- 2.控制組維持原來的一個葉片一個蓑巢，沒有移動成一個葉片有 2 個蓑巢。

發現：

- 1.一個葉片上有 2 個蓑巢的是小於 1.5cm 的蓑巢，是較小的幼蟲。
- 2.幼蟲在移動棲息位置時，如果遇到其他幼蟲，會有互鬥咬的情形，直到另一隻幼蟲離開。如果體型差異明顯，小幼蟲通常會繞過大幼蟲爬行。



圖(二十八)避債蛾幼蟲棲息領域實驗



### (三) 昆蟲箱觀察

以昆蟲箱飼養觀察發現，幼蟲會有叢巢黏合在一起的情形，尤其是在缺少葉子吃食時。在補充新葉食草後，幼蟲會分開爬向新葉，一段時間後，發現一片葉子有一隻幼蟲棲息。

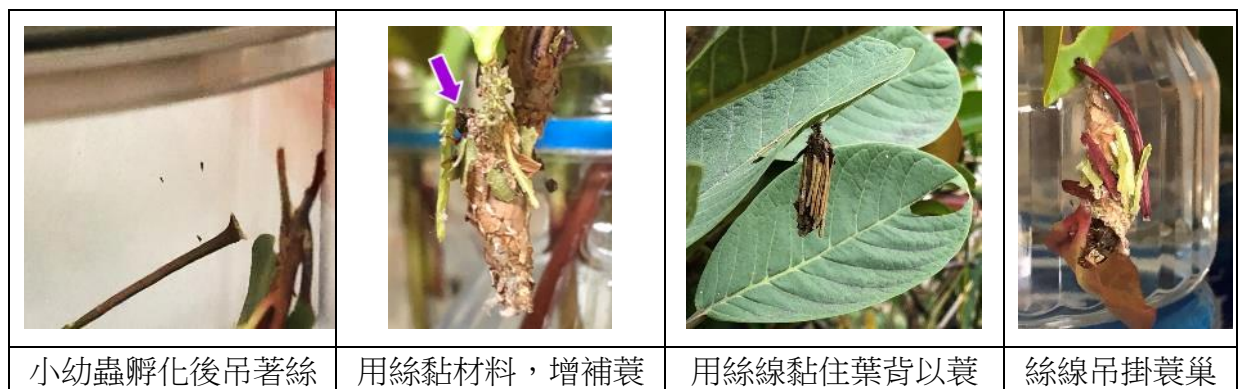



圖(二十九) 避債蛾幼蟲棲息領域觀察

歸納戶外調查、盆栽實驗及昆蟲箱飼養發現，大、中幼蟲有較明顯棲息領域性行為。

### 五、叢巢搭配絲線的功能如何更多元

有報導指出日本興和與國立農研機構研究發現每條蓑蛾絲雖然只有 0.01 厘米，但堅韌非常。不只比蠶絲要堅韌 5 倍，還要比大腹園蛛的蜘蛛絲堅韌 2 倍，基本數值等全都比蜘蛛絲要優勝，研究團隊指出未來蓑蛾絲可以運用的地方十分多，包括衣服、醫療用品、以至車輛的外殼、飛機外殼、電子部件等等，作為複合構造材料之一使用(歐敬洛，2018.12.06)。研究過程發現避債蛾的絲線有黏性，叢巢搭配有黏性的絲線，具有更多元功能，讓叢巢成為避債蛾攜帶式的棲所，使用同一個叢巢度過整個生命過程，成為協助避債蛾的生存策略。



線降落保護身體	巢融入環境禦敵	巢棲息及禦敵	旋轉靈活移動
			
用絲線黏牢蓑巢在內化蛹	蓑巢用絲線固定位置化蛹	蓑巢內用絲鋪絲絨保護身體也讓活動彈性便利	

圖(三十)避債蛾應用蓑巢搭配絲線策略

## 六、防治方法探討

文獻目前防治方法主要有(一)採滅蟲袋；(二)施藥防除(農業藥物毒物試驗所，2019.12.20)。如果想以不施農藥方式種植，會遇到哪些問題以及如何解決，我們訪問經營有機茶園多年的茶農(2020.05.05)，避債蛾為害情形，訪談結果如下表：

表(十一)訪談有機茶園茶農紀錄

訪談題目	茶農回答
1.您們的有機茶園是否有避債蛾?	1.有
2.避債蛾為害情形如何?	2.目前是少數茶園有，還算輕微
3.有機茶園如何防治避債蛾?	3.手抓為主，也有人噴蘇力菌
4.根據您觀察茶園裡的避債蛾有哪些習性?	4.避債蛾就是群聚，一整棵茶樹吃完再延續吃下一棵

討論：研究過程發現，戶外調查及飼養觀察都發現幼蟲遷移另一棵植物或食草的情形很少；

根據研究發現及訪談結果提出有機茶園防治避債蛾建議：

- (一)找出葉片被啃食的茶樹，先觀察茶樹的枝幹有無化蛹蓑巢先摘除，避免繁殖大量幼蟲。
- (二)幼蟲大多棲息於葉片下方，尋找葉片下方摘除蓑巢。
- (三)摘下的蓑巢需清理帶離園區，避免誤認幼蟲封住巢口已死，以確實清除幼蟲。

## 陸、研究結論

### 一、避債蛾的形態與生長

避債蛾是完全變態昆蟲，從卵、幼蟲、蛹期都在蓑巢內度過，甚至雌成蟲羽化後及交配產卵，都在蓑巢內完成。我們研究探討微型大蓑蛾與其蓑巢。

- (一) 幼蟲期：初孵化幼蟲**多數先築巢後飄落**，經過數次蛻皮後化蛹，蛻皮時蓑巢必須是懸吊狀態較不會失敗而死亡，幼蟲胸部有三對強有力的前足，主要用來行動、攝食、築巢及補巢等。
- (二) 蛹期：幼蟲化蛹**多將蓑巢用絲線固定在植物枝幹上**，雌蛹巢平均巢長 2.52 cm；雄蛹巢平均巢長 1.88cm，**雌蟲蛹巢比雄蟲長**。
- (三) 成蟲期：雌雄成蟲形態差異大，雌成蟲無翅蛆狀約 1.3cm，羽化後留在巢內，雄成蟲展翅約 1.2cm，會飛去尋找雌成蟲，在雌巢內交配。

### 二、避債蛾的築巢行為

幼蟲從孵化開始築巢，生命過程用同一個蓑巢，隨著體長增長、功能需求及環境改變，會適時增修補蓑巢。

- (一) 築巢方式：初齡幼蟲**多數從母巢採集巢屑築巢**，巢長約 0.5cm 開始增補修巢。觀察幼蟲的築巢步驟：1.咬碎枝葉；2.用絲把碎葉黏成帶狀；3.在葉帶滾動黏在身上；4.再補上其他碎葉，黏合完成蓑巢。
- (二) 增補蓑巢：幼蟲成長過程中會**經常擴充補巢及修剪巢材**，將生活環境的枝、葉或物品，咬成較小的面積作為材料，**用絲黏在巢的外層**。
- (三) 修復蓑巢：研究過程發現蓑巢如有**破損，幼蟲會立即修復蓑巢**。幼蟲修復蓑巢的三種方式：1.先修尾端再側蓋黏補；2.從尾端開始逐步向上黏合；3.由上方絲袋往下拉開始修復。

### 三、避債蛾的蓑巢特性

避債蛾的蓑巢是以由下至上的方式擴充蓑巢，隨著蟲體成長，**蓑巢的材料、形**



式及重量也跟著變化。

- (一) 蓑巢結構：避債蛾蓑巢內部有鋪絲絨，外部結構可分為上口絲袋、蓑巢主體及下口絲袋，提供相關的生存功能。
- (二) 蓑巢大小：隨著蓑巢增長，重量也增加，從小幼蟲到化蛹前蓑巢重約 0.01g-0.32g。
- (三) 蓑巢形式：避債蛾蓑巢的形狀在幼蟲不同時期有變化。小幼蟲蓑巢呈圓錐形；中幼蟲蓑巢呈長圓筒錐形；大幼蟲蓑巢呈紡錘形。雌蛹巢多為紡錘形，雄蛹巢多為長圓筒錐形。
- (四) 蓑巢材料：採集寄主植物不同部位作蓑巢材料，隨著幼蟲成長，蓑巢的材料更多樣化，飼養發現蓑巢材料也來自於飼養環境材料。

#### 四、避債蛾應用蓑巢生存策略

- (一) 攝食：幼蟲吃食寄主植物葉片，白天夜晚都有吃食情形。主要吃食葉片，尤其較嫩的新葉嫩芽等，吃食量大，對植物成長為害嚴重。
- (二) 棲息：避債蛾幼蟲蓑巢吊掛黏附在寄主植物葉背等位置。大、中幼蟲大多棲息在葉背主脈；小幼蟲大多棲息在葉背葉肉。多數春不老的一葉片下方，只有一個避債蛾蓑巢，棲息行為可能有領域性。實驗發現在同葉片的大幼蟲會互鬥咬，直到其中一隻離開；飼養昆蟲箱幼蟲會有蓑巢黏合一起的情形，補充食草後，幼蟲會分開各棲息於不同葉片。
- (三) 行動：蓑巢搭配有黏性的絲線，具有更多功能，讓蓑巢成為避債蛾攜帶式的棲所，使用同一個蓑巢度過整個生命過程，成為協助避債蛾的生存策略。
- (四) 繁殖：雌雄成蟲在雌成蟲的蓑巢內交配，雌成蟲在蓑巢內產卵，孵化小幼蟲從雌成蟲的蓑巢下方開口離開母蓑巢。飼養孵化小幼蟲約 0.1cm，分批從雌蟲蓑巢下方開口垂降下來，研究過程孵化二次共約 300 隻。
- (五) 防禦：為了避免天敵的捕食，避債蛾有發展多樣的防禦行為，避債蛾的防禦行為，包括了初級防禦和次級防禦行為，主要為穴居及回縮。

柒、未來展望

## 一、應用防治為害植栽作物

透過研究我們更瞭解避債蛾大多化蛹於枝幹上，大量孵化的小幼蟲會棲息同一棵植物，吃食葉片為害植栽生長；拔除蛹巢、摘除蓑巢可有效防治其為害；未來希望繼續探究避債蛾幼蟲的趨避習性，提供作為防治避債蛾為害植栽作物的參考。

## 二、增進探索避債蛾生物知識

目前避債蛾的相關研究不多，我們希望探討不同環境與種類的避債蛾，尤其對於行為習性、領域性、蓑巢特性及運用策略等詳細探究，期望豐富避債蛾生態知識，並藉由蓑巢構造功能及絲線堅韌特性，激發創新仿生設計之參考。

## 捌、參考資料

十八子金名(2017.11.29)。科普：自然界的微型建築師 蓑蛾 殼還能用來補鞋。每日頭

條。2019.11.20 取自: <https://kknews.cc/zh-tw/science/gzgmq48.html>

王效岳、朴奎澤、有田豐(2000)。認識台灣的昆蟲 20。台北市：淑馨。

王惟加(2010)。台灣產大蓑蛾屬(鱗翅目：葷蛾總科，蓑蛾科，Eumeta 屬)之系統分類檢討

及雄蟲形態變異性與不對稱性之觀察。國立中山大學生物科學系研究所。2019.10.01

取自: <https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/ccd=XKml1Y/record?r1=1&h1=0>

自然攝影中心(2010.02.10)。國產的避債蛾簡介。2019.09.12 取自:

<http://nc.biodiv.tw/bbs/showthread.php?t=32919>

作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟。避債蛾類害蟲。2019.09.20 取自:

<https://web.tari.gov.tw/techcd/果樹/常綠果樹/椰子/蟲害/椰子-避債蛾類害蟲.htm>

尚玉昌編(2005)。動物行為學。北京：北京大學出版社。

金門地區第 56 屆中小學科學展覽會。穿蓑衣的毛毛蟲-認識避債蛾。2019.10.08 取自:

<https://science.km.edu.tw/storage/media/388/58d6a4d321c25.pdf>

張東君(譯)(2013)。躲藏專家-避債蛾(原作者：小林清之介)。台北市：遠流。

楊維晟(2010)。蝶蛾放大鏡。台北市：天下遠見。

葉士財、廖君達、郭建志、柯文華、白桂芳(2009)。中部地區橄欖及錫蘭橄欖病蟲害圖說。行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。

葉韋例(譯)(2018)。法布爾老師的昆蟲教室：認識昆蟲的本能(原作者：奧本大三郎)。台北市：遠見天下文化。

歐敬洛(2018.12.06)。日本發現蓑蛾絲比蜘蛛絲更堅韌世上最強生物纖維。2020.04.12 取自: <https://www.hk01.com/世界說/267920/日本發現蓑蛾絲-比蜘蛛絲更堅韌-世上最強生物纖維>

## 【評語】 080314

本作品探討避債蛾的形態與生長、築巢行為、蓑巢特性及應用蓑巢的生存策略。

1. 戶外採集(約 150 隻避債蛾幼蟲)及飼養繁殖(約 300 隻小幼蟲)的樣本數足夠，並對避債蛾的生長史做詳細觀察及記錄。
2. 進行野外實地採訪茶農以得到實務上的防治方法。
3. 建議在築蓑巢行為方面的研究可更深入之外，也宜增加探討問題及假說、操作性實驗，得以提升深度。



## 摘要

避債蛾常見於防治病蟲害名單，我們探討微型大囊蛾應用囊巢生存策略，從 2019 年 9 月至 2020 年 7 月共 10 個月。研究發現：一、避債蛾一代用同一囊巢，飼養孵化小幼蟲 0.1cm，多數初齡幼蟲從母囊巢下方飄落時已有囊巢；雌蛹巢比雄蛹巢長。二、幼蟲築巢步驟：1. 咬碎枝葉；2. 用絲把碎葉黏成帶狀；3. 在葉帶滾動黏在身上；4. 再補上其他碎葉黏合成囊巢。幼蟲約囊巢 0.5cm 開始增補囊巢，如有破損會立即修復。三、小幼蟲囊巢圓錐形，雄蛹巢多為長圓筒錐形，雌蛹巢多為紡錘形，巢愈大巢材更多樣化；囊巢內部鋪絲絨、囊巢上下開口也有絲絨。四、大、中幼蟲多棲息葉背主脈，小幼蟲多棲息葉背葉肉；棲息行為可能有領域性。囊巢搭配有黏性的絲線成為協助避債蛾的生存策略。

## 壹、研究動機

校園外圍人行道上上的矮籬，有 2 棵春不老被咬得坑坑洞洞，仔細一看，許多葉片下方都有一個用碎枝葉組成的吊物，有些還在移動，真是有趣。查詢資料發現原來是避債蛾，網路資料介紹避債蛾是一種害蟲，五下的「動物世界面面觀」有介紹動物的行為習性，我們很好奇，躲在小囊衣內的避債蛾如何利用囊巢生存？這可愛的小動物為什麼會成為人們的害蟲呢？避債蛾囊巢的製作與應用方法等相關有趣的問題，都讓我們想仔細探究尋找解答。

## 貳、研究目的

- 一、瞭解避債蛾的形態與生長
- 二、探討避債蛾的築巢行為
- 三、探討避債蛾的囊巢特性
- 四、探究避債蛾應用囊巢生活的策略



## 參、研究設備與器材

飼養器材	春不老盆栽、多個昆蟲箱、多個飼養罐、春不老枝葉、寶特瓶
記錄器材	平板電腦、行動顯微鏡、數位相機、錄影機、腳架、電腦
觀察器材	放大鏡、解剖顯微鏡、光學顯微鏡
測量器材	量尺、電子秤、碼表
實驗器材	LED 聚光手電筒、滴管、excel 軟體
其他	剪刀、標籤貼紙、色紙、厚紙板料

## 肆、研究方法與結果

### 一、文獻探討

#### (一) 避債蛾的認識

避債蛾分類於動物界 / 節肢動物門 / 昆蟲綱 / 鱗翅目 / 囊蛾科 (Psychidae)，囊蛾又名避債蛾。我們整理目前台灣較常見的種類資料 (作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟, 2019; 葉士財、廖君達、郭建志等, 2009; 農業藥物毒物試驗所, 2019), 摘要如下表:

表 (一) 常見避債蛾種類介紹摘要表

名稱	大避債蛾	薄翅避債蛾	茶避債蛾	台灣避債蛾	白腳小避債蛾
學名	<i>Eumeta japonica</i> (Heylaerts)	<i>Acanthopsyche</i> ( <i>Metisa</i> ) <i>saccharivora</i> (Sonan)	<i>Eumeta inuscula</i> (Butler)	<i>Eumeta oolona</i> (Sonan)	<i>Acanthopsyche</i> ( <i>Eumetisa</i> ) <i>taiwana</i> (Sonan)
寄主範圍	雜食性，除茶外尚為害梨、番石榴、柑橘、等水果，棉、麻及大花紫葳、茉莉花等庭園植栽。	禾本科、孟宗竹、桂竹、棕櫚科、橄欖。	雜食性，除茶外尚為害梨、番石榴、柑橘、等水果，大花紫葳、山茶花等庭園植栽。	雜食性，除茶外尚為害梨、番石榴、柑橘、等水果，大花紫葳、山茶花等庭園植栽。	茶
為害狀	幼蟲啃食葉片殘留主脈，為害嫩枝、皮層及幼果，為害至無葉可食時，連枝條皮部亦遭食害，枝條因而枯死。	幼蟲攝食寄主樹皮，偶而為害葉片，啃食葉肉。	為害嫩葉嫩枝，食盡葉片僅存枝條，也取食嫩梢皮層和幼果表皮。為害至無葉時，連枝條皮部亦遭食害，枝條因而枯死。	幼蟲取食樹葉，將葉片咬成圓孔狀或沿葉緣啃食造成缺刻狀。	蟲袋周年懸掛於葉背為害。主要為害葉片。幼蟲為害至無葉可食時，連枝條皮部亦遭食害，枝條因而枯死。
形態特徵	用碎葉細枝吐絲成巢袋。幼蟲體長約 18-40mm，黑褐色，胸背有黑褐色斑紋，中央有深褐色縱線。雌成蟲赤褐色圓筒狀，雄成蟲褐色至深褐色。	蟲袋小，圓筒錐形至長橢圓形。小型蛾，雄蛾體軀暗褐，翅展 14~16 公厘。翅灰褐半透明。	以寄主枝梢縱綴成袋，幼蟲體長約 16-28mm，黃褐色。雌成蟲淡黃色圓筒狀，雄成蟲褐色至深褐色。	利用所吐的絲及咬下的碎葉織成囊巢，葉片鬆鬆黏在袋外。幼蟲體長約 30 mm，頭部圓形，暗紅褐色，兩側有淡褐色斑紋，雄蟲翅被有黑褐色鱗粉。	蟲袋小，呈圓錐形，淡灰褐色，為小型避債蛾，雄蛾翅展約 14 公厘，體軀及角黑褐色，翅為暗褐色，脛節灰白。

避債蛾幼蟲以細枝或葉片碎屑綴絲成囊巢，生活於囊巢中，行動時僅伸出身體前段爬行，或啃食葉肉，成熟幼蟲可穿孔葉片、嫩芽、枝條及果皮，為害植物。

根據觀察我們研究的避債蛾生物特性與大避債蛾較相似，但體型明顯較小，經諮詢專家學者後得知，此種避債蛾是微型大囊蛾 *Eumeta minuscula* Butler, 1881。

#### (二) 避債蛾的相關研究

我們蒐集到避債蛾的相關研究，如下：

1. 穿囊衣的毛毛蟲 - 認識避債蛾 (金門地區第 56 屆中小學科學展覽會)，相關結論：
  - (1) 避債蛾屬於完全變態昆蟲，幼蟲期很長。
  - (2) 幼蟲蛻皮時囊巢懸吊，在巢內將自己的蛻皮吃掉。
  - (3) 體型較小，成蟲交配後不久死亡；一些死亡個體囊巢有小洞，可能被寄生蜂、寄生蠅寄生的緣故。
2. 台灣產大囊蛾屬 (鱗翅目：蠶蛾總科，囊蛾科，*Eumeta* 屬) 之系統分類檢討及雄蟲形態變異性與不對稱性之觀察 (王惟加, 2010)，相關結論如下：
  - (1) 高度發展的性別二型性與極為保守的成蟲形態特徵使得囊蛾科種級分類處理一直是形態學上的大挑戰。
  - (2) 本研究大量採集飼養台灣產大囊蛾屬幼蟲，以獲得包含成蟲雙性別形態、幼蟲發育階段與囊巢形式的完整資訊，並採用初步的生命條碼相互佐證，確定台灣產有微型大囊蛾 (*Eumeta minuscula*) 與多樣大囊蛾 (*E. variegata*) 兩個種類。

由相關研究知道，避債蛾在囊巢內成長；保守的成蟲形態特徵不容易辨識，台灣產大囊蛾有微型大囊蛾與多樣大囊蛾種類。

目前資料大多僅就避債蛾的形態、生態習性、為害情形等介紹，因此本研究希望對避債蛾築巢及如何運用囊巢等進一步瞭解與探究。

## 二、研究架構圖

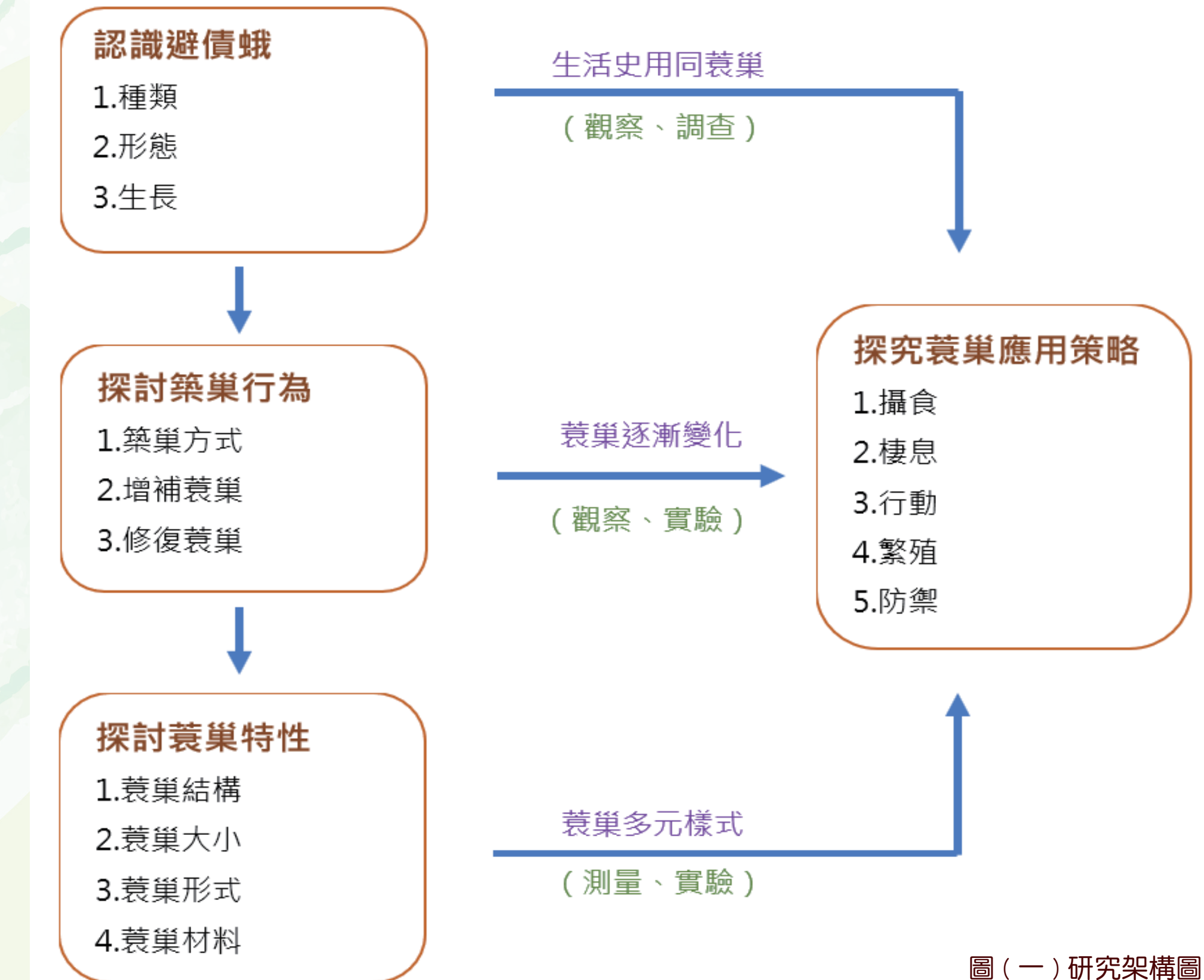


圖 (一) 研究架構圖

## 三、研究過程與結果

### (一) 瞭解避債蛾的形態與生長

1. 研究過程：陸續戶外採集約 150 隻避債蛾幼蟲，及飼養繁殖二次約 300 隻小幼蟲，共約 450 隻幼蟲。分別在教室飼養，以春不老盆栽、昆蟲箱及水瓶插枝飼養，觀察生長過程與形態。



圖 (二) 研究過程飼養避債蛾幼蟲方式

## 2. 觀察結果

避債蛾是完全變態昆蟲，從卵、幼蟲、蛹期都在囊巢內度過，甚至雌成蟲羽化後及交配產卵，都在囊巢內完成。

- (1) 幼蟲期：飼養的避債蛾幼蟲，體長從 0.1-2.2cm，巢長約 0.1-3.2cm。因幼蟲成長蛻皮都在囊巢內完成不容易分辨齡期，我們在研究過程中，以幼蟲的巢長區分為小幼蟲 (0.1-0.9cm)、中幼蟲 (1.0-1.9cm) 及大幼蟲 (2.0 以上 cm)。幼蟲從孵化開始築巢，藏於囊巢內行動，幼蟲胸部有三對強有力的前足，主要用來行動、攝食、築巢及補巢等。

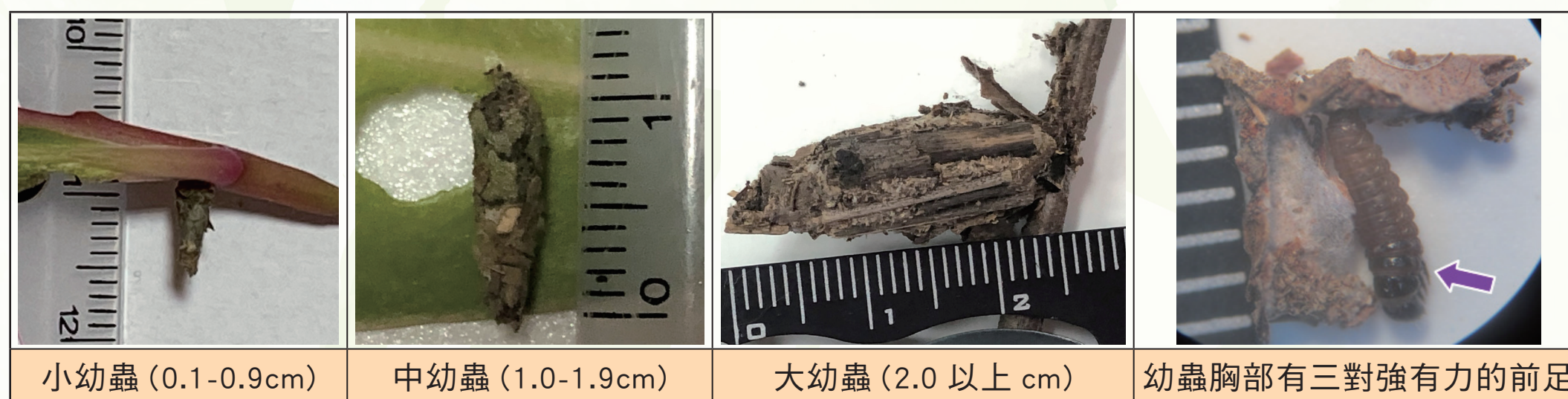


圖 (三) 研究過程幼蟲的區分方式

- (2) 蛹期：幼蟲化蛹會將囊巢用絲線固定，觀察發現化蛹位置大多在寄主植物的枝幹上，推測可能因為：
  - a. 化蛹後無法增補囊巢，囊巢的顏色與樹枝幹相近；
  - b. 枝幹外圍有樹葉遮蔽，較為隱密安全；
  - c. 枝幹較穩固，化蛹時用較多的絲線將囊巢緊密黏在枝幹上，不易掉落或搖動。另外，飼養的幼蟲大多化蛹在昆蟲箱上方蓋子。

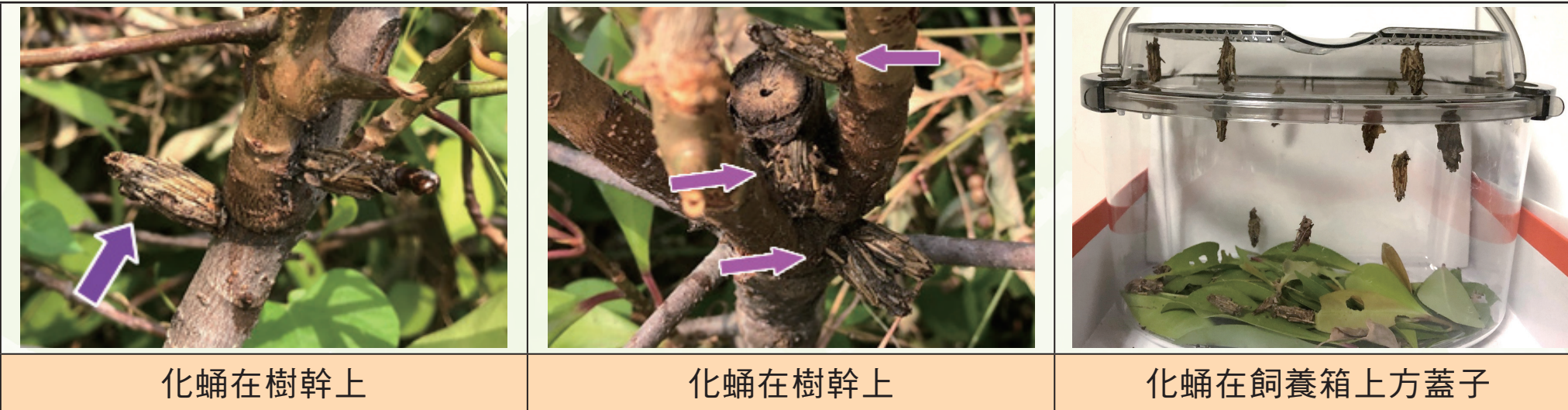


圖 (四) 幼蟲化蛹位置圖



圖 (五) 蛹巢內、外形態



圖 (六) 雌、雄成蟲形態

- (3) 成蟲期：觀察雌、雄成蟲型態差異很大，測量雌成蟲無翅蛆狀約 1.3cm，羽化後留在巢內，雄蟲的蛹鑽出囊巢才羽化，雄成蟲有翅，展翅約 1.2cm，會飛去尋找雌成蟲交配。文獻提到雌蟲可能存活一個禮拜，卻因無法飛行，羽化後並不會離開囊巢 (自然攝影中心, 2010.02.10)。但我們飼養觀察發現雌成蟲掉出囊巢後還會存活 2-4 天，沒有再吃食、交配及產卵。



圖 (六) 雌、雄成蟲形態

## 二、探討避債蛾的築巢行為

### (一) 築巢方式

1. 研究過程：重複隨機取 6 隻幼蟲，包括 2 隻中幼蟲及 4 隻大幼蟲，進行重新築巢試驗，將原有囊巢剪開，提供碎葉等材料讓幼蟲重新築巢，觀察築巢方式與步驟。

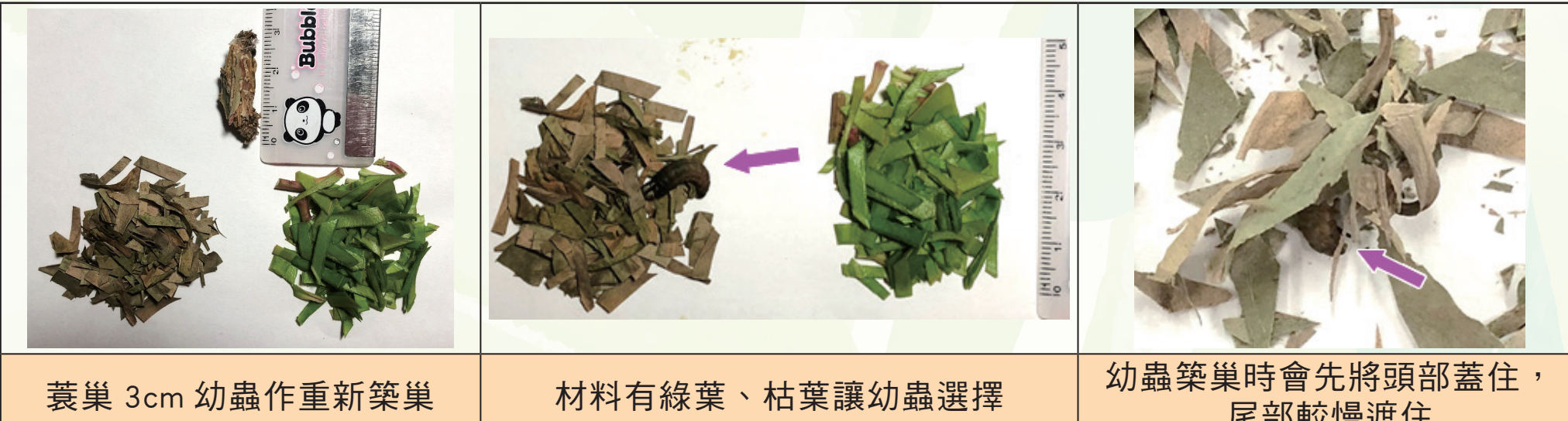


圖 (七) 研究過程避債蛾幼蟲重新築巢方式

### 2. 研究結果

- 觀察幼蟲的築巢步驟為：(1) 咬碎枝葉；(2) 用絲把碎葉黏成帶狀；(3) 在葉帶滾動黏在身上；(4) 再補上其他碎葉，黏合完成囊巢。文獻提到幼蟲孵化後築巢方式，是咬下雌蟲囊巢上的碎屑，吐絲黏成一條帶子在把下半圈接上成為一圈圍腰，再陸續補上成為囊巢 (十八子金名, 2017.11.29)。與我們觀察的大、中幼蟲的築巢方式相似，推測這是避債蛾幼蟲築巢的步驟。

圖 (八) 避債蛾幼蟲築巢方式與步驟

### (二) 增補囊巢

1. 研究過程：
  - (1) 飼養過程觀察記錄。
  - (2) 觀察 30 隻小幼蟲，紀錄 3 天增補囊巢情形。
2. 觀察結果：我們觀察發現幼蟲從初孵化後巢長約 0.1cm，囊巢約至 0.5cm 開始有增補囊巢情形，成長過程中會持續由下而上增補囊巢及修剪巢材，將生活環境的枝、葉或物品，咬成較小的面積，作為材料用絲線黏在囊巢的外層。如表 (一)、圖 (九)。

表 (二) 小幼蟲增補囊巢

囊巢長 (cm)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
有增補新葉 (隻)	8	4	4	5	4	5



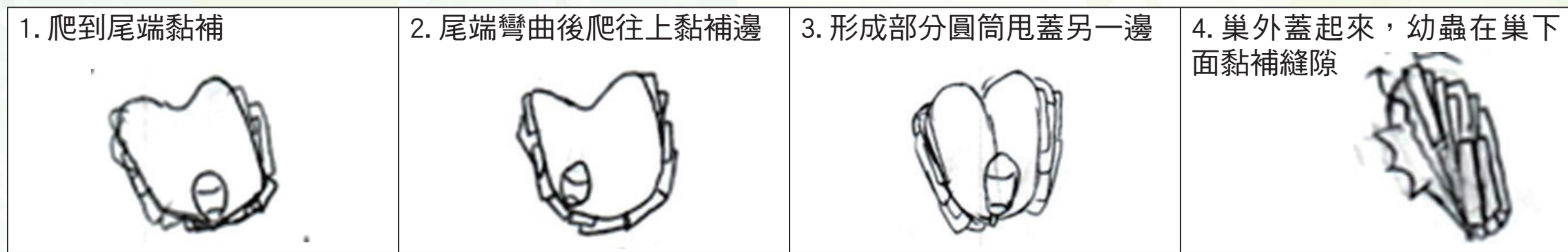
圖 (九) 幼蟲增補囊巢情形

### (三) 修復囊巢

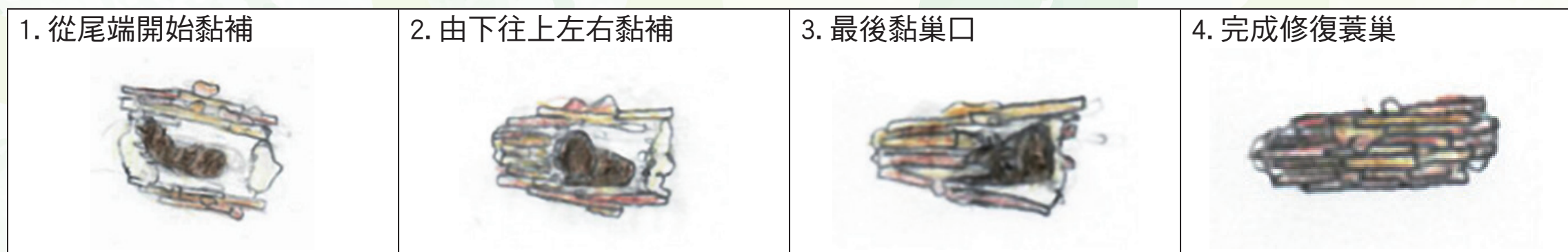
1. 研究過程：重複將囊巢剪開試驗，觀察幼蟲反應方式。
2. 試驗結果：幼蟲會立即將囊巢修復，我們觀察歸納幼蟲修復囊巢的三種方式，如下：



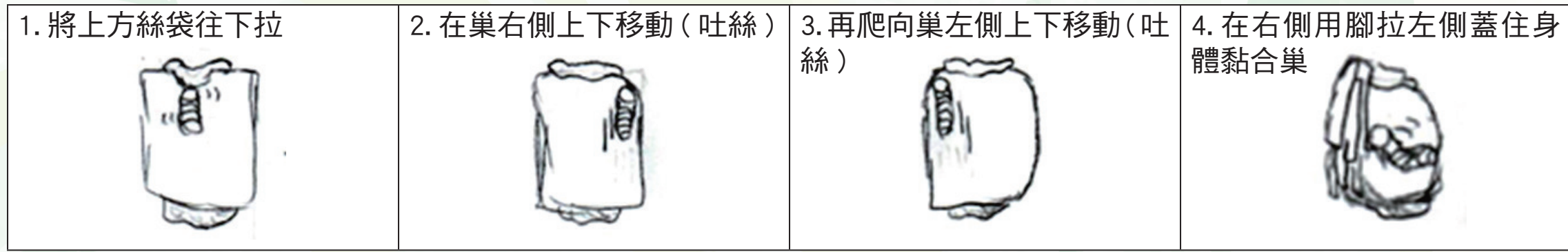
(1) 先修尾端再側蓋黏補 (幼蟲巢長 2.5cm / 體長 1.2 cm)



(2) 從尾端開始逐步向上黏合 (幼蟲巢長 2.3 cm / 體長 1.2 cm)



(3) 由上方絲袋往下拉開始修復 (幼蟲巢長 2.7 cm / 體長 1.5 cm)



幼蟲從孵化開始築巢，整個生命過程用同一個囊巢，隨著體長增長及環境改變，會適時增修補囊巢。

### 三、探討避債蛾的囊巢特性

#### (一) 囊巢構造

- 觀察過程：避債蛾整個生活史過程，都與囊巢密切相關，我們拍照圖示說明囊巢外部及內部的構造與功能。
- 觀察結果

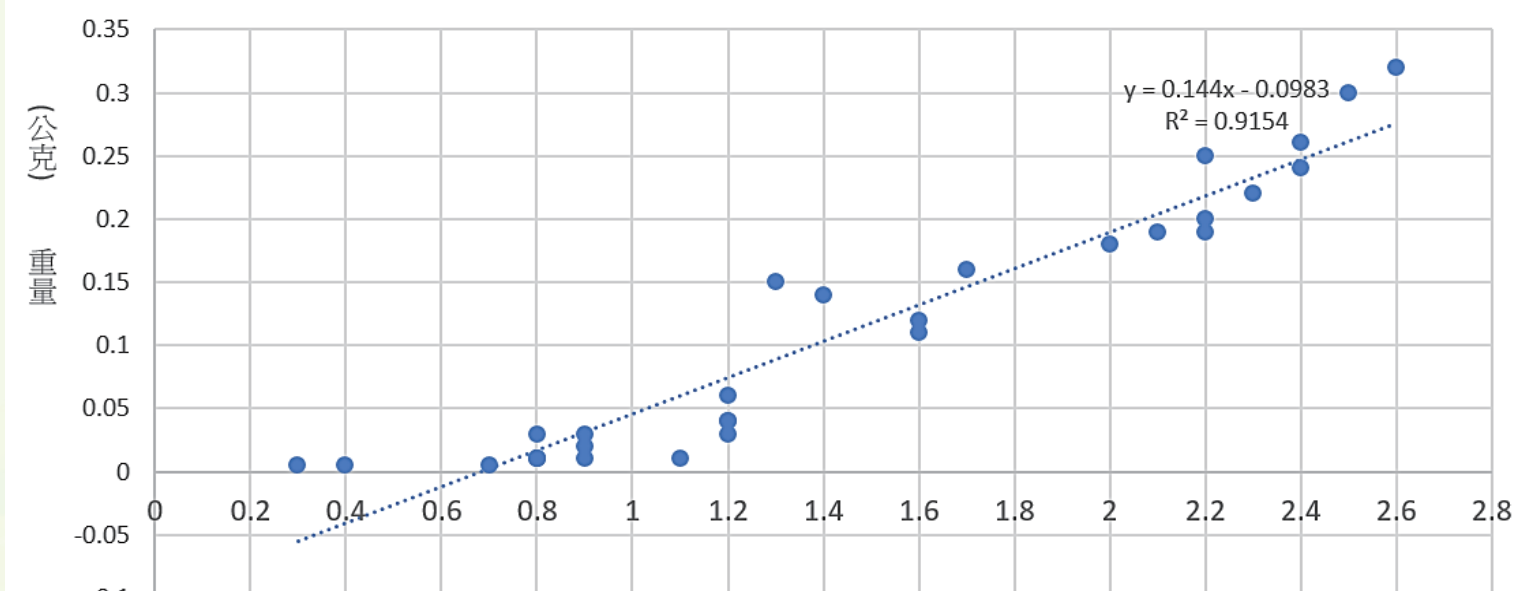


圖(十一) 避債蛾囊巢外部構造

圖(十二) 避債蛾囊巢內部構造

#### (二) 囊巢重量

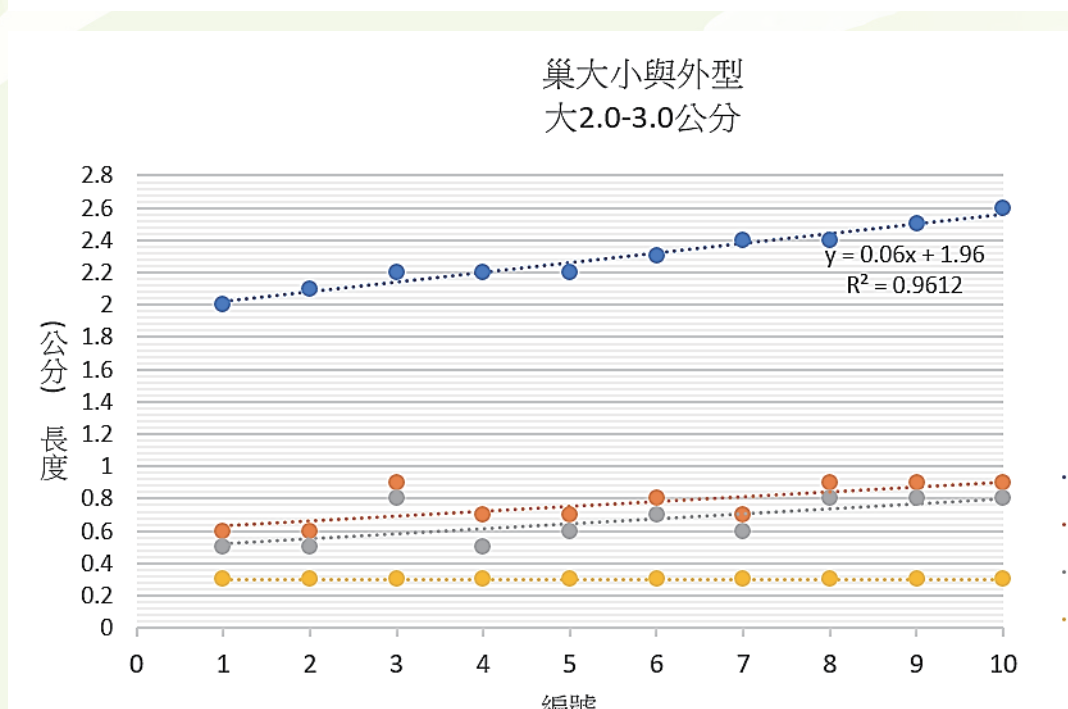
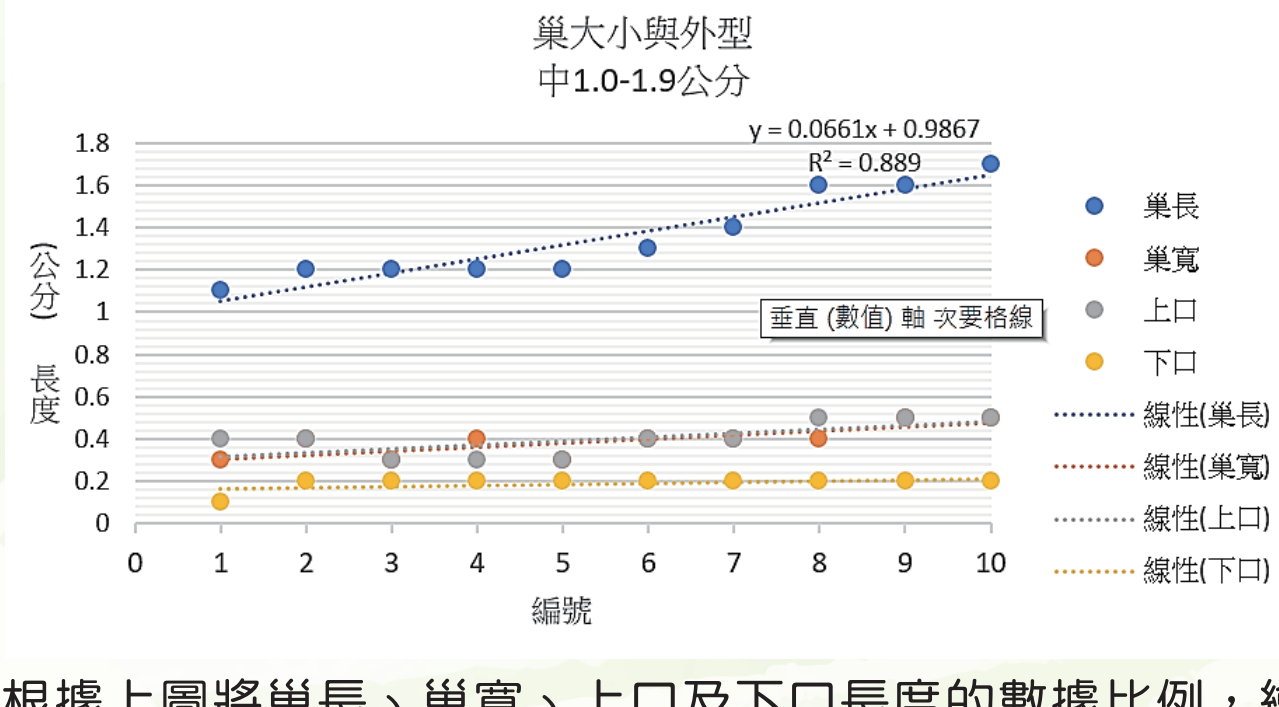
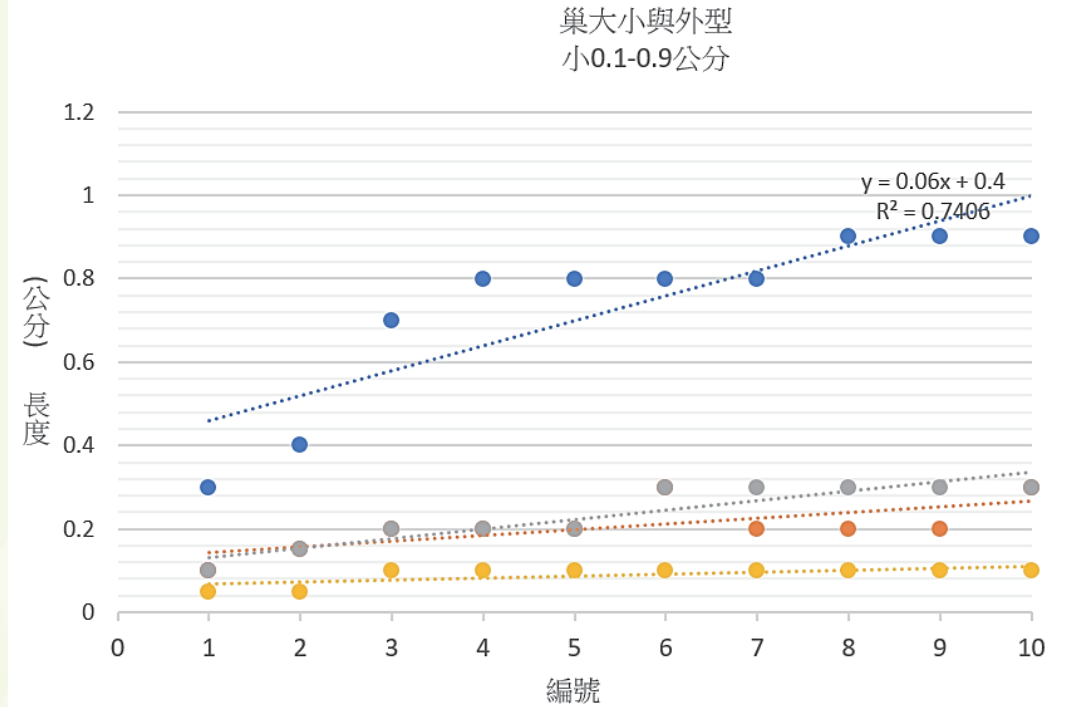
- 研究過程：測量小、中、大共 27 隻幼蟲的囊巢重量，紀錄統計。
- 測量結果：囊巢的重量包括囊巢、幼蟲重量，隨著巢長增加成長，重量也增加，從 0.01g-0.32g；數隻即將化蛹的大幼蟲，攜帶囊巢的幼蟲重量也僅 0.25-0.32g。



圖(十三) 避債蛾囊巢重量統計圖

#### (三) 囊巢形式

- 研究過程：測量分析囊巢外形、材料、顏色等，探討與環境的相關。
- 統計結果：觀察發現避債蛾囊巢的形狀，在幼蟲不同時期有些微變化，分別記錄大、中、小幼蟲各 10 隻的囊巢，巢寬為巢長的上 1/3 位置的長度，統計分析如下：



根據上圖將巢長、巢寬、上口及下口長度的數據比例，繪製成相同巢長 9 倍比例的囊巢形狀，如下表：

表(三) 大中小幼蟲囊巢形式

大小	小幼蟲	中幼蟲	大幼蟲
形狀	圓錐形	長圓筒錐形	紡錘形
高度	2.9cm	2.7cm	2.8cm
上口	0.9cm	1.3cm	1.3cm
下口	1.1cm	1.3cm	1.1cm

分析：

- 大、中、小幼蟲的囊巢下方開口都明顯較上口及巢寬的長度短，巢形呈現上寬下窄。
- 小幼蟲的上口長度大於或等於巢寬，呈現圓錐形；大幼蟲的上口長度小於巢寬，呈現紡錘形；中幼蟲的上口長度與巢寬長度比較不規則，以平均數比例呈現長圓筒錐形。
- 文獻提到越老熟的幼蟲巢式特徵會越明顯穩定 (自然攝影中心, 2010.02.10)。從大幼蟲的巢形統計圖可看出囊巢形式的穩定性。
- 我們研究的避債蛾來自同一棵寄主植物上，同樣攝食春不老植物，幼蟲外形相似，推測是同一種避債蛾種類，但囊巢形式會隨成長改變，文獻提到巢式、巢質這兩種特徵只要是同一個種類，就會呈現一致的狀態 (自然攝影中心, 2010.02.10)。但避債蛾不同齡期的巢形變化，可能因幼蟲不同時期呈現不一致巢式。



圖(十五) 大中小幼蟲囊巢形式

#### (四) 囊巢材料

- 研究過程：觀察統計戶外春不老樹上的避債蛾囊巢的材料。
- 研究結果：避債蛾的囊巢以採集寄主植物的部位為材料，包括葉片、葉片主脈、嫩芽、果實等，大、中、小幼蟲的囊巢材料有差異，整理如下表：

表(四) 避債蛾大中小幼蟲囊巢材料差異

分析：隨著幼蟲成長，囊巢的材料更多樣化，材料來自於生活的環境。

- 重新築巢  
研究過程：隨機取 6 隻幼蟲，包括 2 隻中幼蟲 (A、B) 及 4 隻大幼蟲 (C、D、E、F)，進行重新築巢實驗，材料有綠葉、枯葉及大、小葉片，觀察幼蟲選擇築巢材料。

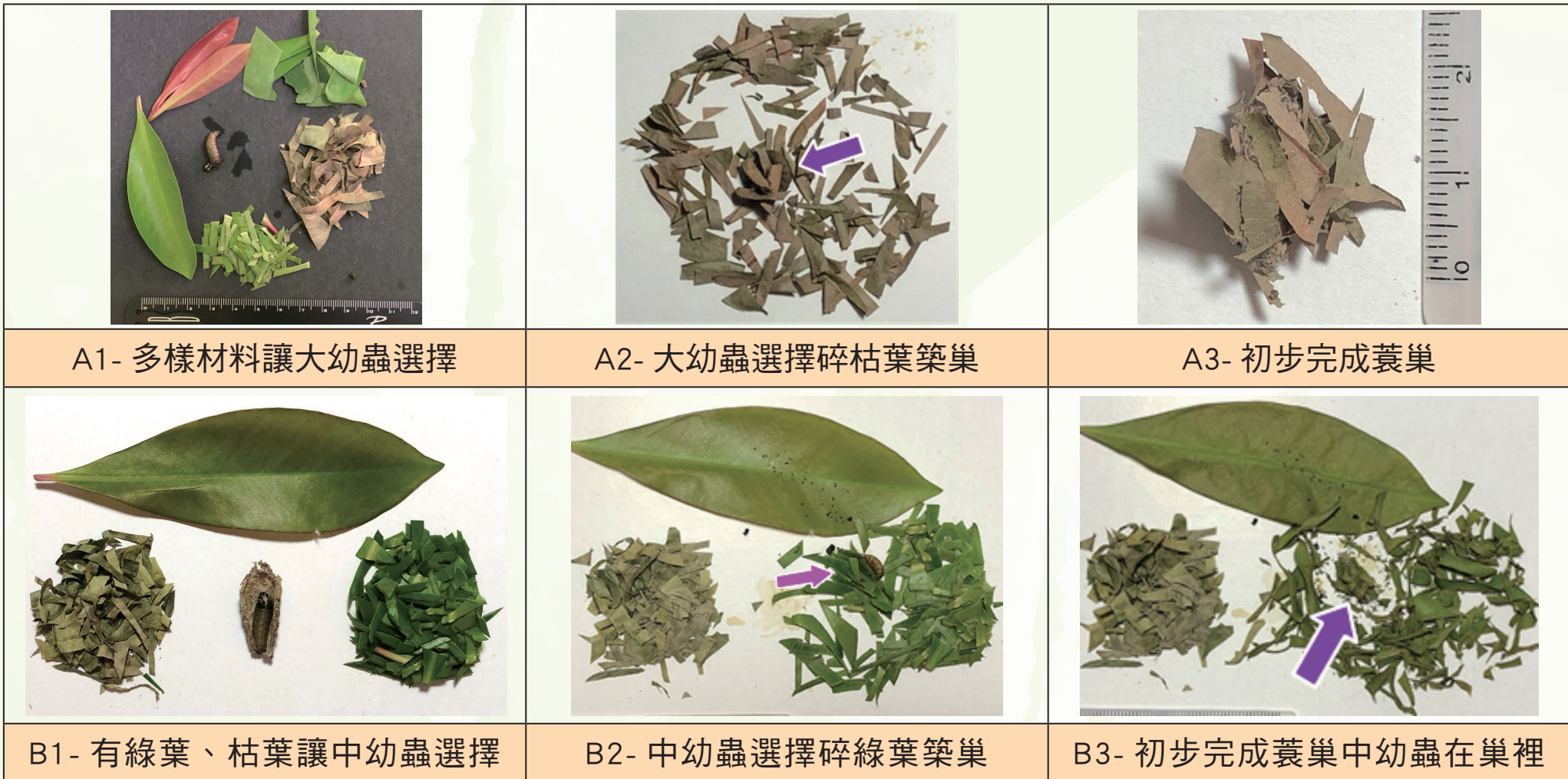
實驗結果：觀察記錄如表(四)

表(五) 避債蛾幼蟲重新築巢材料紀錄表

幼蟲	A(1.1cm)	B(1.5cm)	C(2.0cm)	D(2.0cm)	E(2.2cm)	F(2.2cm)
葉片狀態	綠葉	綠葉	枯葉	枯葉	枯葉	枯葉
葉片大小	碎葉	碎葉	碎葉	碎葉	碎葉	碎葉
完成新巢	有	有	有	有	有	有

分析：

- 兩隻中幼蟲都選擇綠葉築巢；4 隻大幼蟲都選擇枯葉築巢。
- 幼蟲 6 隻都直接選擇碎葉築巢，不是選大面積巢材。



圖(十六) 避債蛾幼蟲重新選材築巢

避債蛾的囊巢從幼蟲孵化到羽化，飼養過程沒有發現有主動換巢行為，是以擴充囊巢的方式築巢，隨著身體成長，囊巢的材料、形式及與重量也跟著變化。

### 四、探究避債蛾應用囊巢生活策略

#### (一) 攝食行為

- 研究過程：以校園圍牆外人行道植物，及校園內植物實地調查，觀察紀錄是否有避債蛾，及避債蛾棲息位置、築巢及攝食行為等。



圖(十六) 研究過程調查避債蛾幼蟲分布情形

#### 2. 調查結果

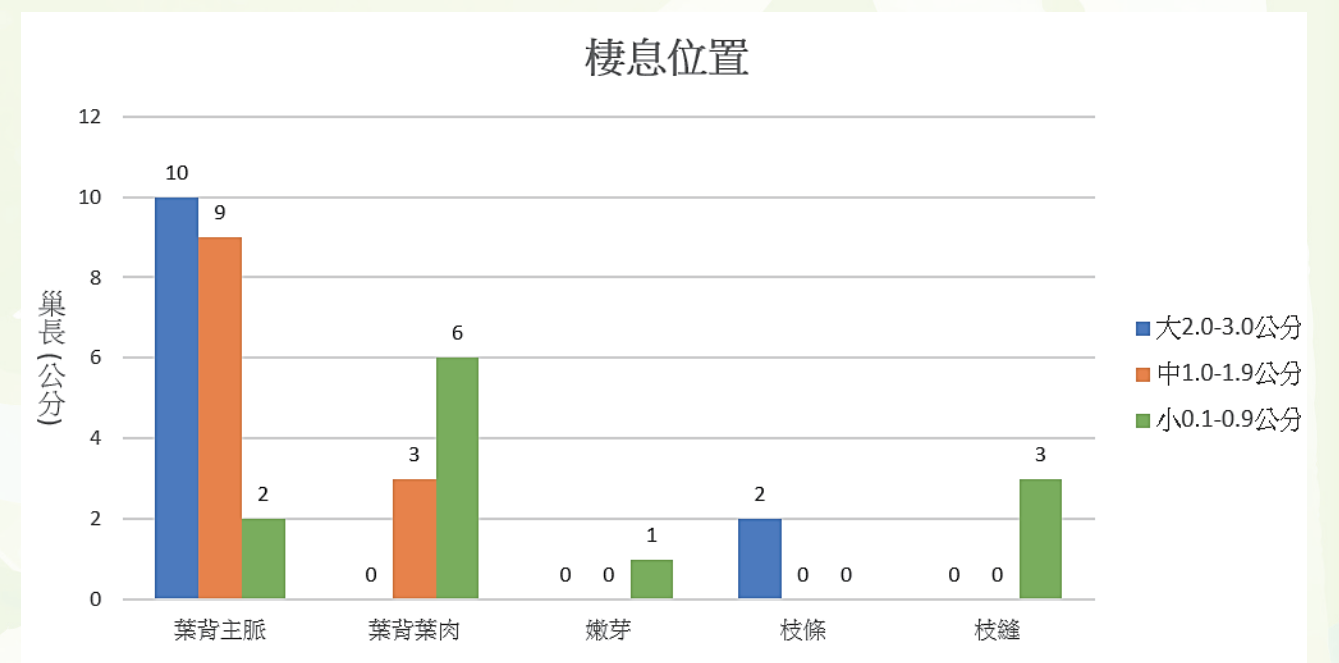
- 校園圍牆外人行道上有 2 棵春不老，整棵植物被吃食坑坑洞洞。
  - 校園內僅靠近圍牆的七里香有一個避債蛾幼蟲巢。
- 我們飼養發現幼蟲吃食寄主植物葉片，尤其較嫩的新葉嫩芽等，白天夜晚都有吃食情形，吃食量大，對植物成長為害嚴重。



圖(十七) 避債蛾幼蟲攝食情形

#### (二) 棲息行為

- 研究過程：調查及飼養幼蟲棲息位置，觀察紀錄大、中、小幼蟲各 12 隻，分析避債蛾不同生命時期，囊巢棲息位置差異。
- 研究結果：避債蛾幼蟲築巢棲息於內，囊巢吊掛或黏附在寄主植物葉背等位置。分別棲息於葉背主脈、葉背葉肉、嫩芽、枝條、枝縫，統計如下：



圖(十八) 避債蛾幼蟲棲息位置統計圖

- 分析：(1) 大、中幼蟲大多棲息在葉背主脈；小幼蟲大多棲息在葉背葉肉。  
(2) 小幼蟲棲息的位置比較多元，在葉背主脈、葉肉、嫩芽及枝縫都有可能。

- 發現：(1) 棲息於枝條的大幼蟲，大多是化蛹的囊巢，上方口直接緊密黏合在枝條上。  
(2) 大、中、小幼蟲棲息的方式不一樣，大、中幼蟲棲息時大多將上方開口的絲袋束起來黏吊掛在葉背；小幼蟲用上方開口整個黏在棲息位置。



圖(十九) 避債蛾幼蟲棲息位置

#### (三) 行動方式

- 研究過程：觀察紀錄分析避債蛾幼蟲移動方式。
- 觀察結果：(1) 不動時，縮在囊巢內；(2) 伸出前三對足爬行；(3) 囊巢靠著植物爬行；(4) 囊巢倒掛行動；(5) 吊絲線升降移動。



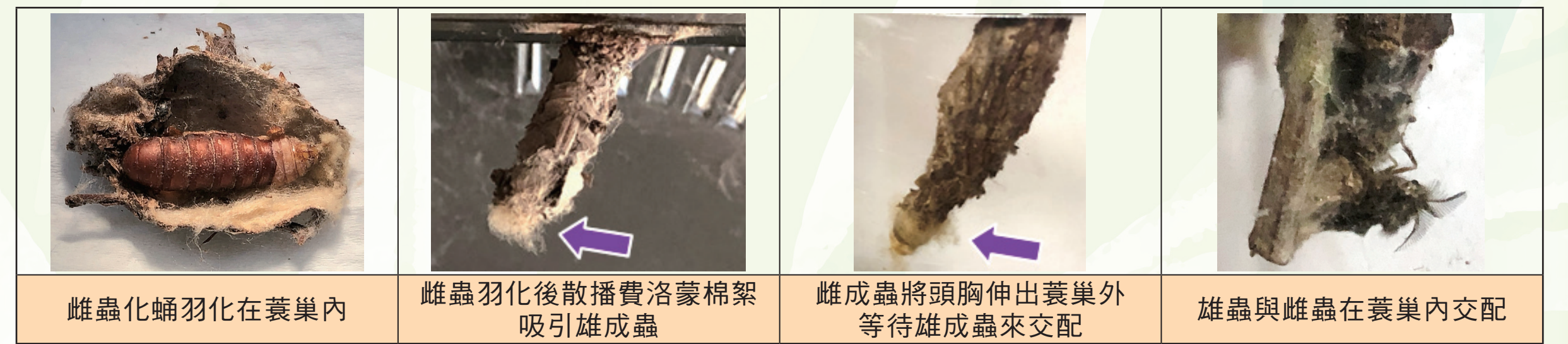
圖(二十) 避債蛾幼蟲行動方式

#### (四) 繁殖行為

- 研究過程：飼養觀察紀錄幼蟲生長過程，包括交配、孵化幼蟲。
- 觀察結果：雌雄成蟲在雌成蟲的囊巢內交配，在囊巢內產卵孵化小幼蟲，小幼蟲從雌成蟲的囊巢下方開口離開囊巢，分散築巢生長。綜合文獻提到各種避債蛾產卵約可以 300 粒 -6000 粒卵 (葉士財、廖君達、郭建志等, 2009)。我們飼養羽化數十幾成蟲，共有二次繁殖孵化小幼蟲，第一次約 40-50 隻，第二次約 230-250 隻，數量明顯比文獻少。

##### (1) 交配繁殖

雄成蟲羽化後受雌成蟲散播費洛蒙棉絮吸引找雌成蟲交配後死亡；雌成蟲在巢內產卵後從下方開口掉出。飼養觀察如下：



圖(二十一) 避債蛾成蟲繁殖

##### (2) 孵化幼蟲

雌成蟲交配後在囊巢內產卵，孵化幼蟲沿巢口下方飄出，吐絲懸垂飄散至鄰近寄主植物棲息攝食成長。



圖(二十二) 避債蛾初齡幼蟲孵化

#### (五) 防禦行為

- 研究過程：觀察飼養過程及戶外觀察，並紀錄分類。
- 觀察結果：防禦行為是指能夠減少來自其他動物傷害的行為，可區分為初級防禦與次級防禦 (尚玉昌, 2005)。為了避免天敵的捕食，避債蛾有發展多樣的防禦行為，包括初級防禦與次級防禦，分述如下：

- 初級防禦：躲藏、隱蔽、穴居。避債蛾生活於囊巢中，穴居為最主要防禦方式。
- 次級防禦：回縮、逃遁、假死。避債蛾以躲入囊巢內封口不動的回縮方式為主。

表(六) 避債蛾防禦方式彙整

行為	初級防禦			次級防禦		
	躲藏	隱蔽	穴居	回縮	逃遁	假死
方式	棲息於葉片下方或枝縫間	囊巢顏色和材料與環境背景相似	築囊巢生活 - 移動穴居	躲入囊巢內封口不動	運用絲線逃跑	身體分泌黏液不動
初級防禦						
次級防禦						



## 伍、研究討論

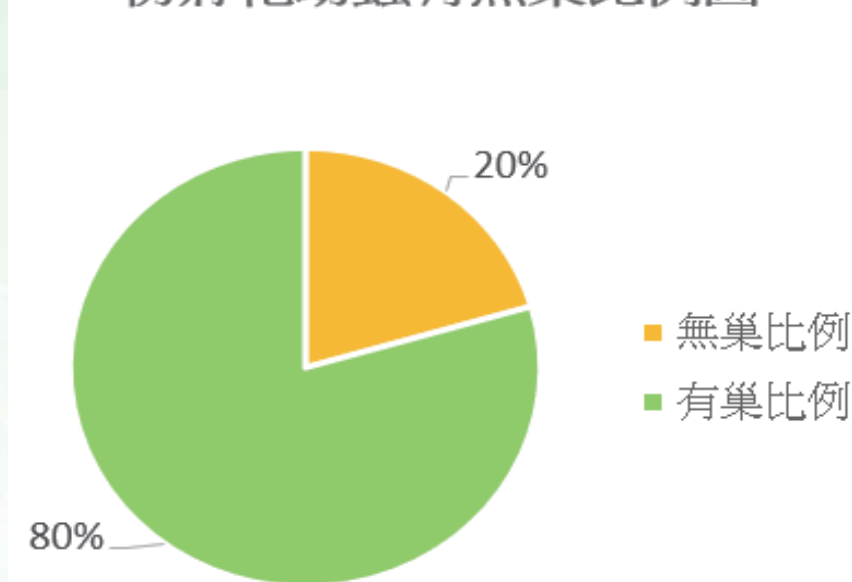
### 一、初孵化幼蟲有無築巢

觀察發現初孵化幼蟲飄落時，多數已有囊巢，與書籍提到孵化幼蟲沿袋口下方爬出吐絲飄散至鄰近寄主，將碎葉細枝做成巢袋（葉土財等，2009）的說法有差異。我們拍照觀察孵化幼蟲飄散時有無囊巢情形，計算四次結果如下：

表（七）初孵化幼蟲有無築巢比例

序	隻	無巢	有巢	無巢比例	有巢比例
一	10	2	8	20%	80%
二	30	6	24	20%	80%
三	50	11	39	22%	78%
四	60	12	48	20%	80%
平均				20.5%	79.5%

初孵化幼蟲有無築巢比例圖



圖（二十三）初孵化幼蟲飄落情形

### 二、教室飼養繁殖小幼蟲大量死亡

教室飼養繁殖共二次，初孵化幼蟲共約 300 隻，在 1.3 公分內陸續死亡。測量 24 隻死亡幼蟲囊巢，並剪開囊巢觀察結果如下表：

表（八）已死幼蟲囊巢內部情形

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
巢長 cm	0.3	0.4	0.4	0.45	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
絲絨	無	無	無	無	有	有	有	有	有	有	有	有	有
蟲體	無	無	頭	頭	無	無	頭	無	頭	頭	無	頭	頭
編號	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
巢長 cm	0.8	0.8	0.9	0.9	0.95	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1		
絲絨	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有		
蟲體	頭	頭、身	無	頭	無	無	頭	頭、 蛻皮	無	頭	頭、身		

文獻提到幼蟲在囊巢內蛻皮，囊巢必須是「懸吊」狀態才不會蛻皮失敗而死亡，蛻皮後將前蛻吃掉（自然攝影中心，2010.02.10）。推測飼養箱環境的幼蟲蛻皮時不容易懸吊，而影響生長甚至死亡。後來將僅剩的 2 隻 1.2cm 存活幼蟲移至春不老盆栽飼養，才順利生長化蛹。

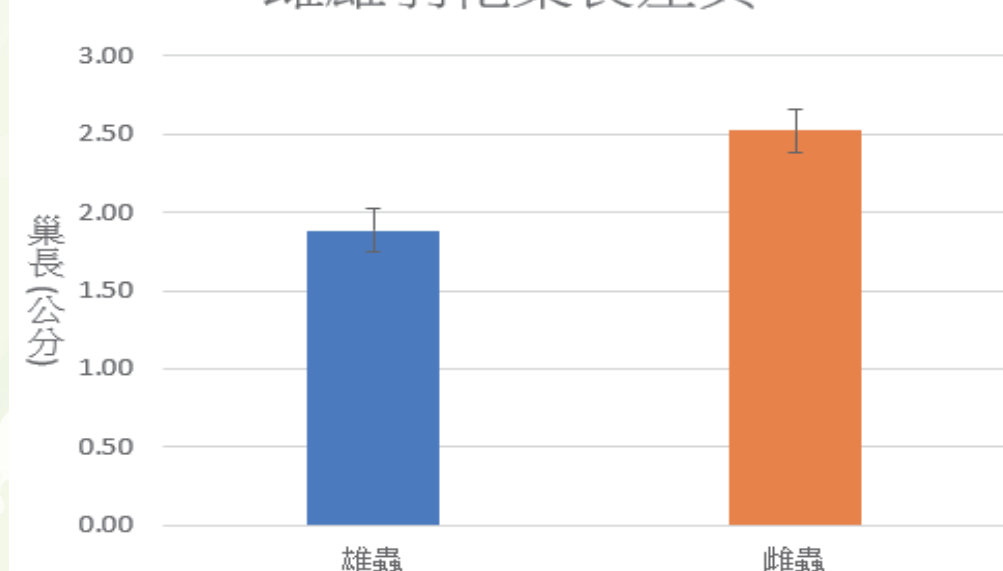
另外，從記錄發現 0.5cm 以下囊巢內沒有絲絨，0.5cm 以上囊巢內有絲絨，文獻提到初齡幼蟲囊巢不成型，二齡後呈錐型（金門地區第 56 屆中小學科學展覽會，2019.10.18）。我們研究結果發現 0.5cm 以上開始有增補囊巢行為；推測囊巢 0.5cm 可能是幼蟲進入二齡，開始有比較複雜的築巢行為。

### 三、雌雄蟲化蛹時巢長差異

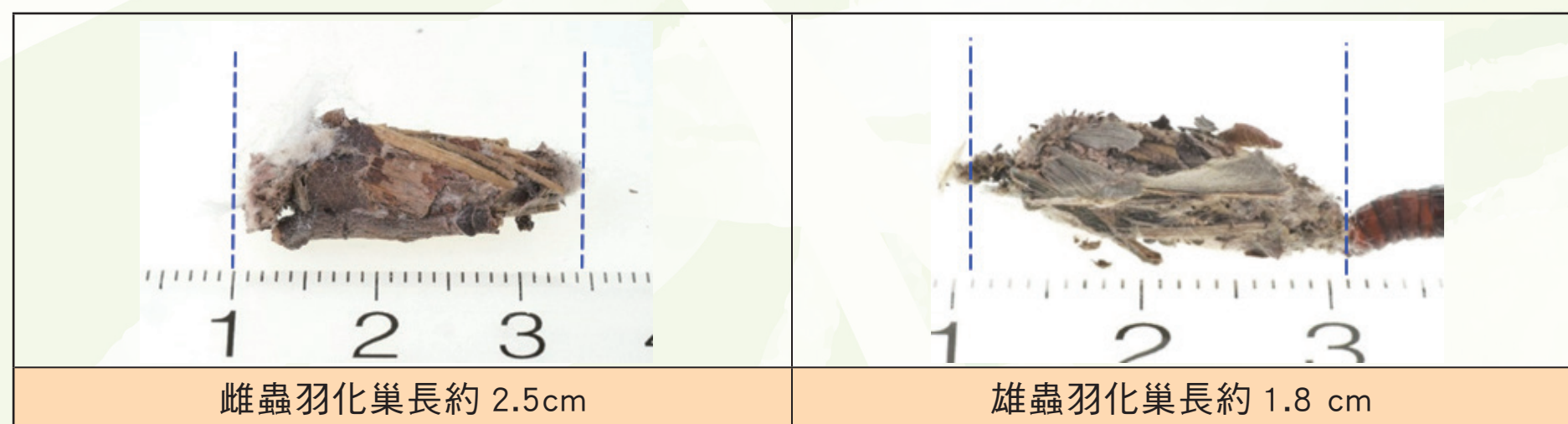
飼養發現雌雄蟲化蛹時的巢長有明顯差異，測量雌、雄蟲羽化後的巢巢長度各 30 個。統計結果如下圖：

各 30 隻	雌蟲	雄蟲
平均巢長	2.52cm	1.88cm

雌雄羽化巢長差異



圖（二十四）雌、雄蟲羽化後巢巢長度差異



圖（二十五）雌、雄蟲羽化後各自巢巢長度

分析：雌蟲羽化後平均巢長 2.52 cm；雄蟲羽化後平均巢長 1.88cm，雌蟲羽化後平均巢長，比雄蟲較長。

討論：

- 雌蟲羽化後平均巢長比雄蟲較長，表示雌蟲築巢較長，文獻提到台灣避債蛾的雌蟲築巢長平均 4 cm，雌蟲築巢長平均 5.2 cm（作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟，2019）。微型大囊蛾的雌蟲築巢也比雄蟲長。
- 中幼蟲(1.0-1.9)的巢形多為長圓筒錐形；雄蟲築巢長平均約 1.88cm，推測雄蟲築巢為長圓筒錐形；雌蟲築巢長平均約 2.52cm，為紡錐形。

### 四、避債蛾幼蟲棲息行為是否有領域性

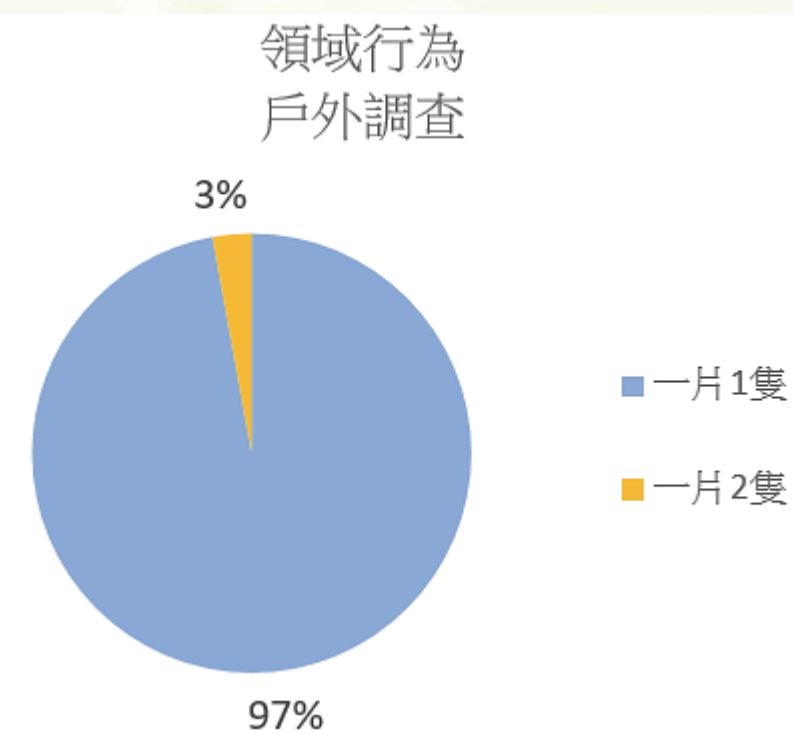
戶外觀察發現，多數春不老的葉片下方，只有一個避債蛾囊巢，是否棲息行為有領域性，我們進行戶外調查、室內盆栽實驗及昆蟲箱飼養觀察，探討避債蛾棲息行為。

#### （一）戶外調查

戶外春不老植栽調查記錄 70 個避債蛾囊巢，統計如下：

棲息情形	一片 1 隻	一片 2 隻
戶外調查	68 隻	2 隻

圖（二十六）避債蛾幼蟲戶外春不老領域性比例



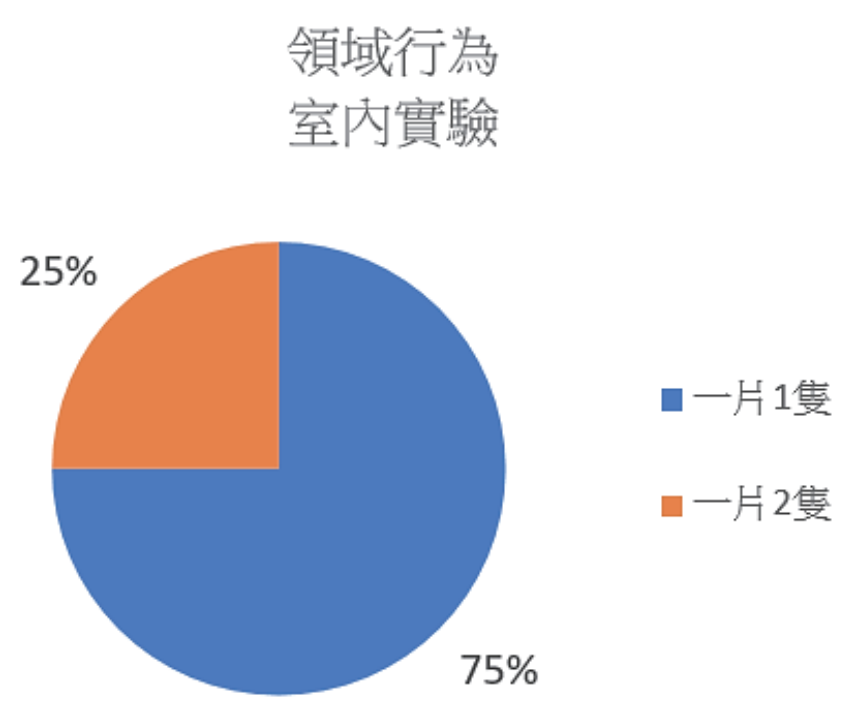
分析：一個葉片只有 1 個囊巢的有 97% 最多；只有 3% 在一個葉片上有 2 個囊巢。發現：1. 只有一個葉片上有 2 個囊巢，這 2 個囊巢都是小幼蟲，可能小幼蟲的食量小、活動範圍小，尚未有明顯領域行為。2. 枝條上有 5 個囊巢，都是化蛹囊巢。

#### （二）盆栽實驗

在室內春不老盆栽實驗，共 32 隻幼蟲，分為控制組與實驗組各 16 隻 1-2cm 的幼蟲，實驗組分別將 16 隻幼蟲放在四片葉子，每片放 4 隻幼蟲，控制組每片一隻幼蟲，1 天後記錄幼蟲棲息情形，統計如下：

棲息情形	實驗組	控制組
一片 1 隻	12 隻	16 隻
一片 2 隻	2 隻	0 隻

圖（二十七）避債蛾幼蟲棲息領域實驗



分析：1. 實驗組一個葉片只有 1 個囊巢的有 75% 最多；2 個葉片上有 2 個囊巢，有 25%。2. 控制組維持原來的一個葉片一個囊巢，沒有移動成一個葉片有 2 個囊巢。發現：1. 一個葉片上有 2 個囊巢的是小於 1.5cm 的囊巢，是較小的幼蟲。2. 幼蟲在移動棲息位置時，如果遇到其他幼蟲，會有互鬥咬的情形，直到另一隻幼蟲離開。如果體型差異明顯，小幼蟲通常會繞過大幼蟲爬行。



圖（二十八）避債蛾幼蟲棲息領域實驗

### （三）昆蟲箱觀察

以昆蟲箱飼養觀察發現，幼蟲會有囊巢黏在一起的情形，尤其是在缺少葉子吃食時。在補充新葉草後，幼蟲會分開爬向新葉，一段時間後，發現一片葉子有一隻幼蟲棲息。



圖（二十九）避債蛾幼蟲棲息領域觀察

歸納戶外調查、盆栽實驗及昆蟲箱飼養發現，大、中幼蟲有較明顯棲息領域性行為。

## 五、囊巢搭配絲線的功能如何更多元

有報導指出日本興與國立農研機構研究發現每條囊絲雖然只有 0.01 厘米，但堅韌非常。不只比蠶絲要堅韌 5 倍，還要比大腹圓蛛的蜘蛛絲堅韌 2 倍，基本數值等全都比蜘蛛絲要優勝，研究團隊指出未來囊絲可以運用的地方十分多，包括衣服、醫療用品、以至車輛的外殼、飛機外殼、電子部件等等，作為複合構造材料之一使用（歐敬洛，2018.12.06）。研究過程發現避債蛾的絲線有黏性，囊巢搭配有黏性的絲線，具有更多元功能，讓囊巢成為避債蛾攜帶式的棲所，使用同一個囊巢度過整個生命過程，成為協助避債蛾的生存策略。



圖（三十）避債蛾應用囊巢搭配絲線策略

## 六、防治方法探討

文獻目前防治方法主要有（一）採滅蟲袋；（二）施藥防除（農業藥物毒物試驗所，2019.12.20）。如果想以不施農藥方式種植，會遇到哪些問題以及如何解決，我們訪問經營有機茶園多年的茶農（2020.05.05），避債蛾為害情形，訪談結果如下表：

表（十一）訪談有機茶園茶農紀錄

訪談題目	茶農回答
1. 您們的有機茶園是否有避債蛾？	1. 有
2. 避債蛾為害情形如何？	2. 目前是少數茶園有，還算輕微
3. 有機茶園如何防治避債蛾？	3. 手抓為主，也有人噴蘇力菌
4. 根據您觀察茶園裡的避債蛾有哪些習性？	4. 避債蛾就是群聚，一整棵茶樹吃完再延續吃下一棵

討論：研究過程發現，戶外調查及飼養觀察都發現幼蟲遷移另一棵植物或食草的情形很少；根據研究發現及訪談結果提出有機茶園防治避債蛾建議：

- 找出葉片被啃食的茶樹，先觀察茶樹的枝幹有無化蛹囊巢先摘除，避免繁殖大量幼蟲。
- 幼蟲大多棲息於葉片下方，尋找葉片下方摘除囊巢。
- 摘下的囊巢需清理帶離園區，避免誤認幼蟲封住巢口已死，以確實清除幼蟲。

## 陸、研究結論

### 一、避債蛾的形態與生長

避債蛾是完全變態昆蟲，從卵、幼蟲、蛹期都在囊巢內度過，甚至雌成蟲羽化後及交配產卵，都在囊巢內完成。我們研究探討微型大囊蛾與其囊巢。

- 幼蟲期：初孵化幼蟲多數先築巢後飄落，經過數次蛻皮後化蛹，蛻皮時囊巢必須是懸吊狀態較不會失敗而死亡，幼蟲胸部有三對強有力的前足，主要用來行動、攝食、築巢及補巢等。
- 蛹期：幼蟲化蛹多將囊巢用絲線固定在植物枝幹上，雌蛹巢平均巢長 2.52cm；雄蛹巢平均巢長 1.88cm，雌蟲蛹巢比雄蟲長。
- 成蟲期：雌雄成蟲形態差異大，雌成蟲無翅蛆狀約 1.3cm，羽化後留在巢內，雄成蟲展翅約 1.2cm，會飛去尋找雌成蟲，在雌巢內交配。

### 二、避債蛾的築巢行為

幼蟲從孵化開始築巢，生命過程用同一個囊巢，隨著體長增長、功能需求及環境改變，會適時增補囊巢。

- 築巢方式：初齡幼蟲多數從母巢採集葉屑築巢，巢長約 0.5cm 開始增補修巢。觀察幼蟲的築巢步驟：1. 咬碎枝葉；2. 用絲把碎葉黏成帶狀；3. 在葉帶滾動黏在身上；4. 再補上其他碎葉，黏合完成囊巢。
- 增補囊巢：幼蟲成長過程中會經常擴充補巢及修剪巢材，將生活環境的枝、葉或物品，咬成較小的面積作為材料，用絲黏在巢的外層。
- 修復囊巢：研究過程發現囊巢如有破損，幼蟲會立即修復囊巢。幼蟲修復囊巢的三種方式：1. 先修尾端再側蓋黏補；2. 從尾端開始逐步向上黏合；3. 由上方絲袋往下拉開始修復。

### 三、避債蛾的囊巢特性

避債蛾的囊巢是以由下至上的方式擴充囊巢，隨著蟲體成長，囊巢的材料、形式及重量也跟著變化。

- 囊巢結構：避債蛾囊巢內部有鋪絲絨，外部結構可分為上口絲袋、囊巢主體及下口絲袋，提供相關的生存功能。
- 囊巢大小：隨著囊巢增長，重量也增加，從小幼蟲到化蛹前囊巢重約 0.01g - 0.32g。
- 囊巢形式：避債蛾囊巢的形狀在幼蟲不同時期有變化。小幼蟲囊巢呈圓錐形；中幼蟲囊巢呈長圓筒錐形；大幼蟲囊巢呈紡錐形。雌蛹巢多為紡錐形，雄蛹巢多為長圓筒錐形。
- 囊巢材料：採集寄主植物不同部位作囊巢材料，隨著幼蟲成長，囊巢的材料更多樣化，飼養發現囊巢材料也來自於飼養環境材料。

### 四、避債蛾應用囊巢生存策略

- 攝食：幼蟲吃食寄主植物葉片，白天夜晚都有吃食情形。主要吃食葉片，尤其較嫩的新葉嫩芽等，吃食量大，對植物成長為害嚴重。
- 棲息：避債蛾幼蟲囊巢吊掛附在寄主植物葉背等位置。大、中幼蟲大多棲息在葉背主脈；小幼蟲大多棲息在葉背葉肉。多數春不老的一葉片下方，只有一個避債蛾囊巢，棲息行為可能有領域性。實驗發現同葉片的大幼蟲會互鬥咬，直到其中一隻離開；飼養昆蟲箱幼蟲會有囊巢黏合在一起的情形，補充食草後，幼蟲會分開各棲息於不同葉片。
- 行動：囊巢搭配有黏性的絲線，具有更多功能，讓囊巢成為避債蛾攜帶式的棲所，使用同一個囊巢度過整個生命過程，成為協助避債蛾的生存策略。
- 繁殖：雌雄成蟲在雌成蟲的囊巢內交配，雌成蟲在囊巢內產卵，孵化小幼蟲從雌成蟲的囊巢下方開口離開母囊巢。飼養孵化小幼蟲約 0.1cm，分批從雌成蟲囊巢下方開口垂降下來，研究過程孵化二次共約 300 隻。
- 防禦：為了避免天敵的捕食，避債蛾有發展多樣的防禦行為，避債蛾的防禦行為，包括了初級防禦和次級防禦行為，主要為穴居及回縮。

## 柒、未來展望

### 一、應用防治為害植栽作物

透過研究我們更瞭解避債蛾大多化蛹於枝幹上，大量孵化的小幼蟲會棲息同一棵植物，吃食葉片為害植栽生長；拔除蛹巢、摘除囊巢可有效防治其為害；未來希望繼續探究避債蛾幼蟲的趨避習性，提供作為防治避債蛾為害植栽作物的參考。

### 二、增進探索避債蛾生物知識

目前避債蛾的相關研究不多，我們希望探討不同環境與種類的避債蛾，尤其對於行為習性、領域性、囊巢特性及運用策略等詳細探究，期望豐富避債蛾生態知識，並藉由囊巢構造功能及絲線堅韌特性，激發創新仿生設計之參考。

## 捌、參考資料（略）