

# 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

080301

竹節蟲夜未眠—棉桿竹節蟲斑紋辨識與夜間活動行為探究

學校名稱：新北市泰山區同榮國民小學

作者：  小五 曾沛穎  小五 周晉瑋  小五 陳冠廷  小五 王滄柔  小五 沈楷軒	指導老師：  姜文斌
---	------------------

關鍵詞：棉桿竹節蟲、生物節律、斑紋辨識

## 摘要

本研究除了進行棉桿竹節蟲的生活史與各項行為探究外，為了比較不同個體間身體斑點與紋路的差異，以及了解牠在日夜間活動行為的不同，利用近距離攝影及紅外線錄影設備，紀錄其身體特徵與不同光照環境下的活動情形，以尋找標記棉桿竹節蟲的新方法，並了解其夜行性行為是否受到光線改變的影響。

經各階段觀察與實驗結果分析比較後，我們有以下發現：

- 一、可利用中胸背板黑色斑點數量及排列圖形，可辨識棉桿竹節蟲個體；而頭胸節深褐色斑紋，除了可區分若蟲與成蟲外，不同個體的斑紋圖案也不同。
- 二、不同的光照環境，會影響棉桿竹節蟲活動行為的時段分布與時間長短，在全光照環境下，各項活動時間大幅減少，並於日間時段出現較多的爬行與覓食行為。

## 壹、研究動機

在國小四年級自然與生活科技課程中，自然老師教我們飼養棉桿竹節蟲，藉由各項觀察與紀錄，來認識昆蟲的各種特性。在飼養過程中除了日間的觀察外，屬於夜行性昆蟲的牠，夜間的活動到底有甚麼特別之處？是一個很值得探究的問題。另外我們也觀察到棉桿竹節蟲身體出現了數量不一且形式不同的斑點及斑紋，這個外表特徵是否可供辨識不同的個體？也是我們想要探究的問題。藉由此次科展研究，在老師的協助下，我們以科學方法嘗試找到正確的答案。

## 貳、研究目的

### 一、了解棉桿竹節蟲生活史

研究 1-1：設計與建置若蟲與成蟲的生活環境

研究 1-2：若蟲與成蟲生長速度及顏色變化

研究 1-3：若蟲與成蟲食草覓食部位分析

### 二、探究棉桿竹節蟲頭胸節斑點與斑紋差異與個體辨識之相關性

研究 2-1：不同個體之頭胸節斑點與斑紋差異

研究 2-2：同一個體若蟲與成蟲頭胸節斑點與斑紋之變化

三、比較棉桿竹節蟲日、夜間及不同光照環境下之活動狀況




研究 3-1：棉桿竹節蟲日間活動分析

研究 3-2：棉桿竹節蟲夜間活動分析



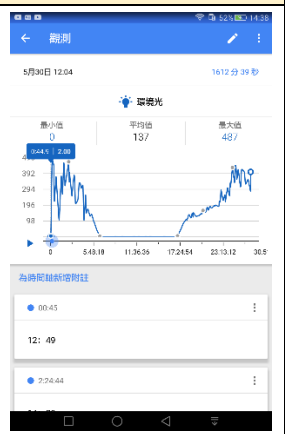
研究 3-3：不同光照環境對棉桿竹節蟲生物節律的影響

## 參、研究設備及器材

一、飼養環境相關設備：

名稱	透明塑膠飼養桶	自製大型飼養箱	光照遮光設備
圖片說明			

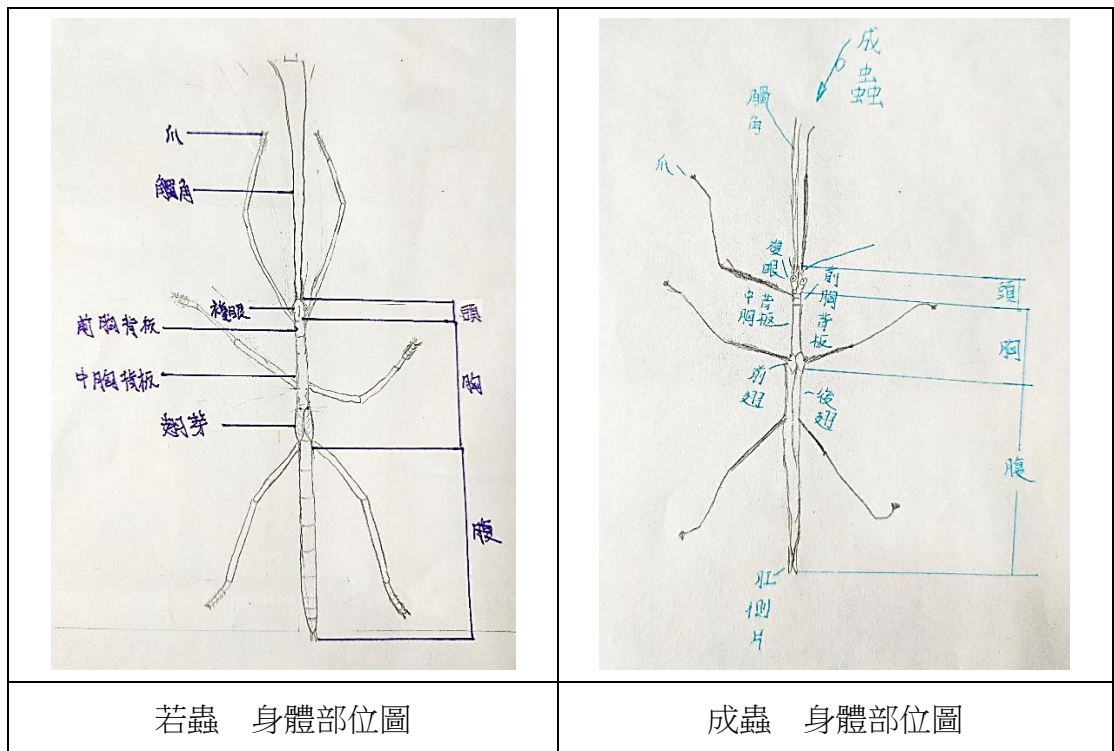
二、觀察與測量器材：

名稱	日夜間活動狀況記錄攝影機	活動監控軟體	照度感測軟體
圖片說明			

## 肆、研究方法與過程

### 一、文獻探討

- (一) 竹節蟲目含葉蟲和竹節蟲(笛竹節蟲科 / 細頸竹節蟲屬)，全世界約有 2500 多種，台灣的竹節蟲有 35 種(黃世富，2002)。棉桿竹節蟲的體長約 8cm 是台灣最常見的竹節蟲，也是世界分布最廣的竹節蟲，從東南亞、澳洲、紐西蘭及馬達加斯加都有分布。竹節蟲均為植物食性，大部分屬於夜行性及孤雌生殖。
- (二) 雌蟲體長 71 - 82 mm，成蟲身體為黃褐色，頭部背面扁平，複眼橢圓形外突，有 2 條黑色的線紋，前胸短，中胸最長，側緣具顆粒刺突，尾毛直，翅膀不及腹端。本種分布範圍雖廣但世界各地沒有雄蟲記錄，以孤雌生殖繁殖下一代，1-2 齡若蟲體綠色，主要分布於低、中海拔山區，全年可見，寄主植物以錦葵科的山芙蓉、木芙蓉、扶桑花、南美朱槿、樟樹、葛藤、青芋麻及某些殼斗科植物，飼養的蟲還可用芭樂、薔薇葉片餵食，受到騷擾時會從前胸背板前端的腺體散發出一股很濃的人參味用來嚇退天敵。



### (三) 歷屆科展研究內容比較

在全國科展歷屆參賽作品中，曾以『棉桿竹節蟲』為研究題材的作品共有

6 件，為了解其間的不同，我們依據其研究發現與結論進行比較，相關結果如下表：

屆別	組別	題目	研究發現與結論
51	國小 生物	林間隱者---影響棉桿竹節蟲生長因子之探究	因食草、環境溫度的不同，在生活史上產生長短的差異，產卵量及卵的孵化率亦有不同。
51	國小 生物	一決雌雄－棉桿竹節蟲生活史與孤雌生殖之探討研究	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 光照對棉桿竹節蟲的生長狀態沒有改變，但孵化隻數較少。</li> <li>2. 酸性環境與鹼性環境對竹節蟲的生存與孵化率的影響。</li> <li>3. 上述環境改變不足以刺激竹節蟲孤雌生殖改變。</li> </ol>
49	國小 生物	是竹子還是蟲？棉桿竹節蟲生活史與擬態探究	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 日照時間縮短會加快棉桿竹節蟲生長，但也提高死亡率。</li> <li>2. 竹節蟲的顏色會隨環境改變，在深色的環境會變深，淺色會變淺。</li> <li>3. 竹節蟲會依自身的體色選擇棲息葉片的顏色。</li> </ol>
49	國小 生物	不要一直注意人家的美腿啦！	擬態晃動是在葉片晃動的動作偽裝能力，且利用身體搖晃，可增加足部末端的吸附力。
49	國中 生物	樹上忍者－棉桿竹節蟲的生態研究	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 複眼會隨著光線改變顏色。</li> <li>2. 有清潔行為，具有負趨地性、有趨光性但不明顯。</li> <li>3. 常見的防禦機制有雙臂舉起呈</li> </ol>

			威嚇狀，或由胸前背板放出人蔘味，以及吐出微黃泡泡。
42	國小 生物	台灣皮竹節蟲和飛竹節蟲生活史與食草之比較	針對臺灣皮竹節蟲及飛竹節蟲的生活史、食草等的比較。

由上表可知，其重點偏重於棉桿竹節蟲的生活史觀察、棲息環境改變及避敵行為之探究，有關光照對棉桿竹節蟲之影響，發現會改變體色及死亡率，但活動狀況與生物節律的變化上，尚未深入研究，另外在不同個體間中胸背板上的斑點與斑紋差異，尚未有相關研究。

## 二、了解棉桿竹節蟲生活史

為深入了解棉桿竹節蟲各階段生活史及其特性，除閱讀相關參考資料外，本研究另設計與建置棉桿竹節蟲的生活環境，用以觀察牠的生長情形、外型構造及各項行為狀況，並紀錄及探究棉桿竹節蟲夜間活動的行為模式。

### (一) 研究 1-1：設計與建置若蟲與成蟲的生活環境

【若蟲階段】期間：108 年 10 月 18 日~109 年 1 月 15 日

1. 由棉桿竹節蟲飼養同好取得剛孵化一天的棉桿竹節蟲若蟲共 36 隻。
2. 分別飼養於 12 個透明塑膠飼養桶中，每桶 3 隻。
3. 設置溫濕度量測器(空氣盒子)。
4. 每隔 3 日進行食草(學校中種植的土拔樂葉)更換，並添加食草固定座水量及清理飼養桶底座糞便。

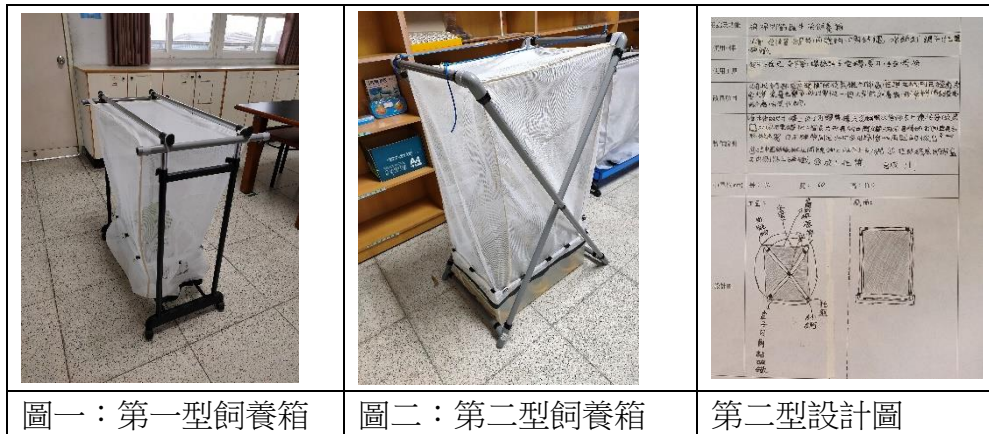


【成蟲階段】期間：109 年 1 月 16 日~109 年 3 月 14 日

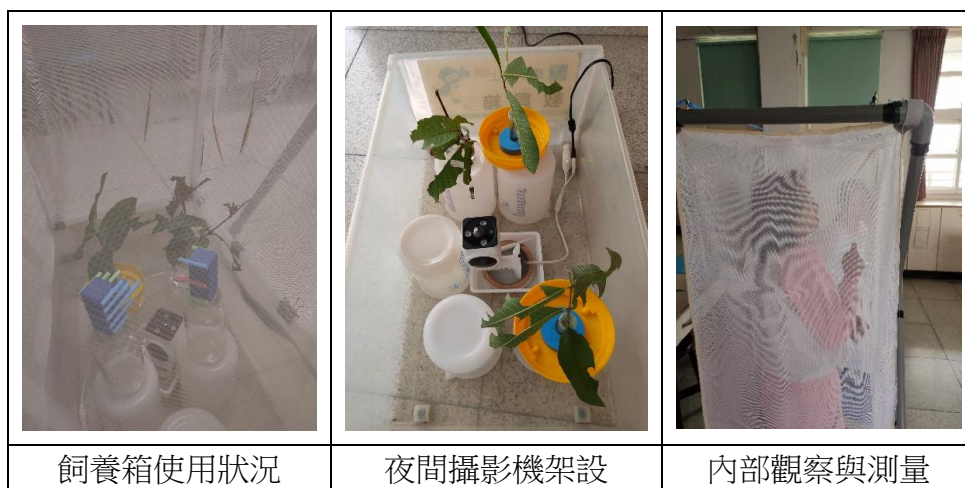
當六齡若蟲蛻皮後，發現飼養桶空間太小，不利於成蟲的生長及活動，參考相關研究所使用的飼養箱，發現較大型的飼養箱不易更換食草、清理內部環境及進行觀察之缺點。市面上雖有販售壓克力組裝的飼養箱，但價格較貴。在大家討論後決定自行設計及製作能改善前述問題的飼養箱。

在考量容易觀察、搬移及清理的功能後，我們設計出第一型的飼養箱(如圖一)，我們以雨衣晾乾架為骨架，再加上 PVC 塑膠水管及掛勾，來懸掛網子，並以 PP 版製作底盤，用來擺放食草及承接糞便。經使用後，發現雨衣晾乾架底座不穩且放置的 PP 版容易變形，因此我們再次修改飼養箱的設計。

第二型飼養箱的設計，我們從露營用的可折合收納的垃圾袋架得到靈感，將其骨架改為 PVC 塑膠水管，並在四個角鎖上螺絲，用來懸掛網罩，最後以學校的教具收納盒當作底盤，完成我們第二型飼養箱的製作(如圖二)。



1. 將蛻皮後存活的成蟲移入自製的大型飼養箱。
2. 於底盤擺放食草固定座，每隔 3 日進行食草(學校中種植的土拔樂葉)更換，並添加食草固定座水量及清理底盤糞便。
3. 於底盤設置日夜間活動狀況記錄攝影機，拍攝日、夜間活動狀況，並定期備份影片檔案。

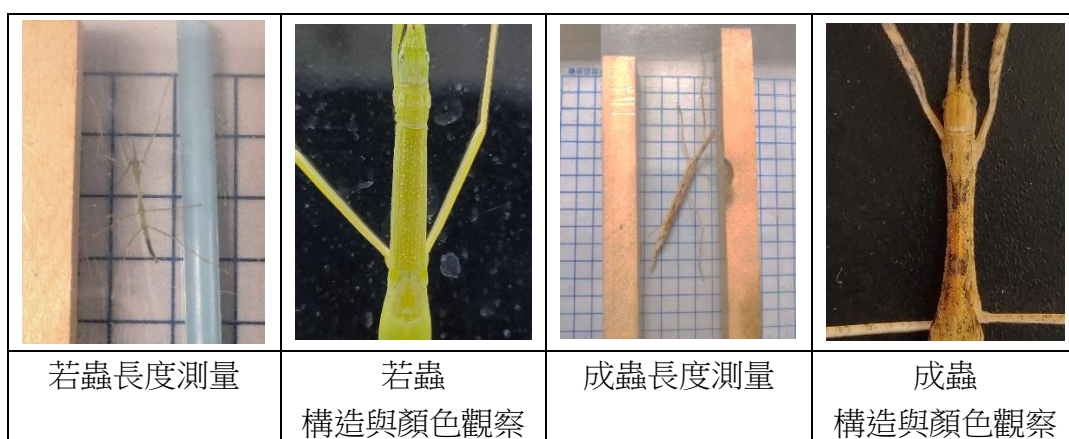


## (二) 研究 1-2：若蟲與成蟲生長速度及顏色變化

為了了解竹節蟲若蟲與成蟲在不同階段的生長差異，我們紀錄了它的身體長度及體色，並找到可以分辨若蟲與成蟲的方法。

### 【實驗步驟】

1. 每日中午午休時間取出飼養桶中的若蟲或成蟲，放置於身體長度測量盒中，測量其身體長度並記錄。
2. 觀察棉桿竹節蟲身體顏色的變化並記錄。
3. 觀察棉桿竹節蟲活動狀況並記錄。
4. 取得以空氣盒子 APP 取得並紀錄當日溫度及濕度。
5. 紀錄期間為 108 年 10 月 18 日起至 109 年 1 月 21 日。



## (三) 研究 1-3：若蟲與成蟲食草覓食部位分析

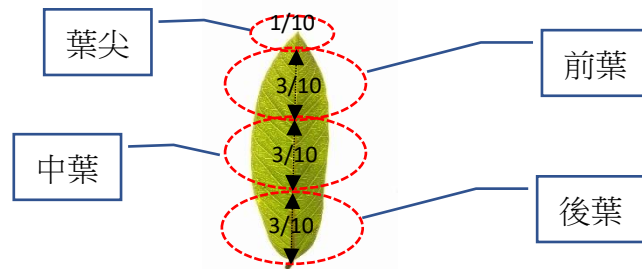
在每日進行飼養桶及飼養箱食草的更換過程中，我們發現芭樂葉被吃掉的



部位在若蟲與成蟲階段有不同差異，是否是因為體型大小造成這個現象？為了找到這個規律性及影響因素，我們進行以下的實驗與觀察。

**【實驗步驟】**

1. 固定採剪學校內種植的芭樂葉，並將新更換的飼養箱或食草固定座拍照記錄，以當做後續葉片食用部分差異比較標準。
2. 為了探究葉片咬痕位置與體長間的關係，我們以一~六齡若蟲體長(約為 3~7cm)為單位，由葉柄向葉尖測量，將葉片分成「葉尖」、「前葉」、「中葉」、「後葉」四部分，「前葉」、「中葉」、「後葉」各佔葉片長度的  $\frac{3}{10}$ ，其總長度約為一齡至六齡若蟲的體長，其餘剩下部分為「葉尖」，佔葉子長度的  $\frac{1}{10}$ ，用以區分棉桿竹節蟲吃的部位。



3. 每隔 1 日以紀錄表(如附件一)繪製葉片被吃掉的部分。
4. 紀錄期間為 108 年 10 月 18 日起至 109 年 3 月 11 日。



三、探究棉桿竹節蟲頭胸節斑點與斑紋差異與個體辨識之相關性

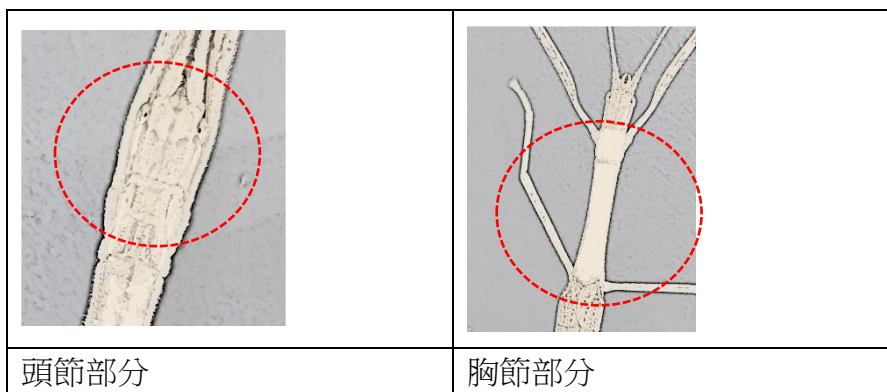
在進行棉桿竹節蟲的身體顏色觀察中，我們無意間發現頭胸部並非都是黃綠色

或黃褐色，我們發現從若蟲階段在中胸背板出現數量不一且位置不同的黑色斑點，到了成蟲階段除了中胸背板的斑點外，頭節段及前胸背板也出現了深褐色的線條及斑紋，為了瞭解這其中的現象，我們進行以下研究。

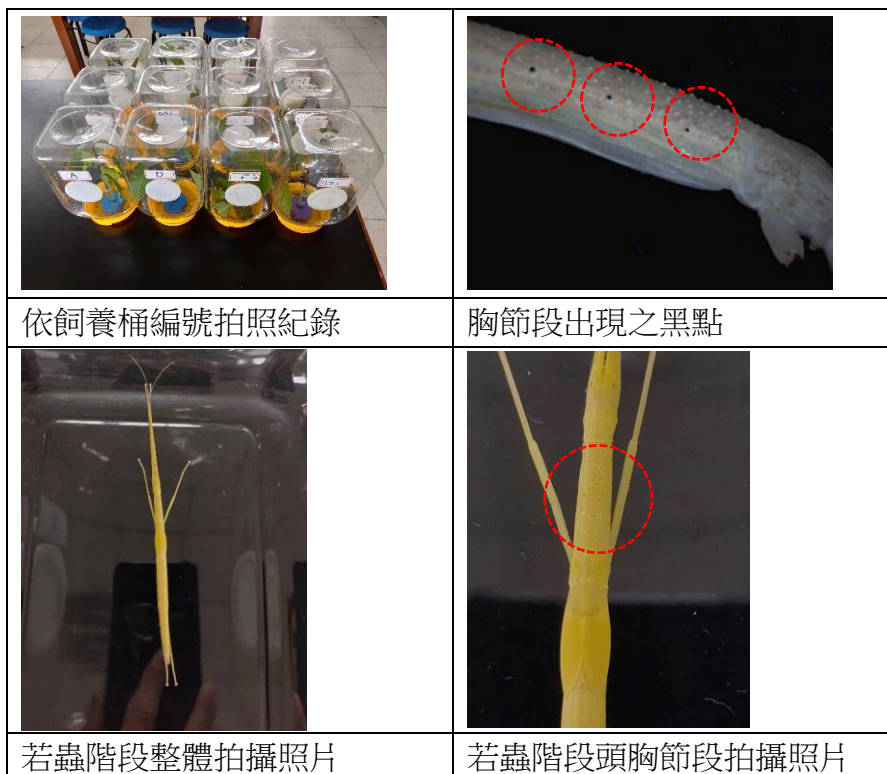
(一) 研究 2-1：不同個體之頭胸節斑點與斑紋差異

【實驗步驟】

1. 將同齡期的棉桿竹節蟲 36 隻，飼養於 12 個飼養桶中。
2. 於 108 年 12 月 15 日起至 109 年 1 月 21 日止，每隔 7 天利用數位相機進行頭胸節近攝。
3. 根據頭胸節拍攝照片，繪製頭胸節斑點與斑紋。



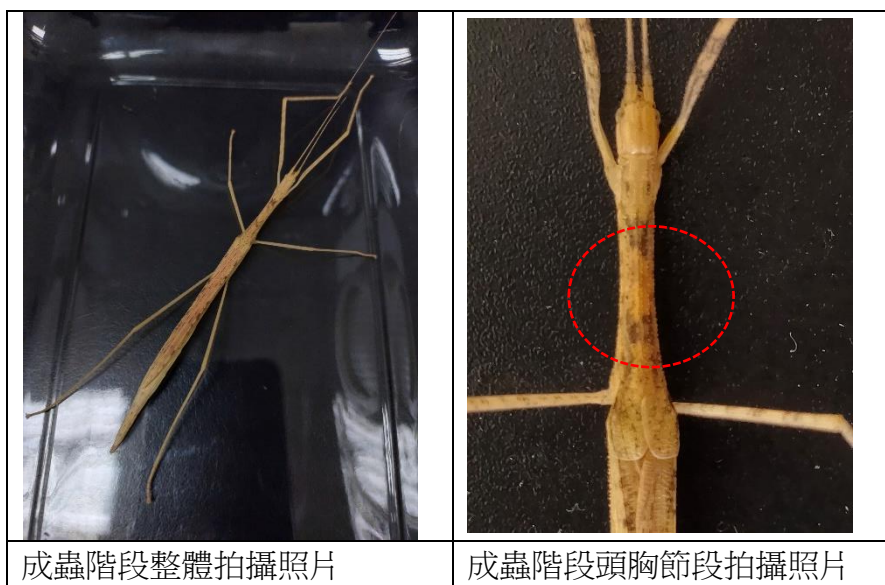
4. 依不同飼養箱比較相關繪製紀錄。(繪製記錄表如附件二)



## (二) 研究 2-2：同一個體若蟲與成蟲頭胸節斑點與斑紋之變化

### 【實驗步驟】

1. 於 109 年 1 月 22 日起至 109 年 3 月 8 日止，每隔 7 天利用數位相機進行頭胸節近攝。
2. 根據頭胸節拍攝照片，繪製頭胸節斑點與斑紋。
3. 與研究 2-1 歸納結果，進行相關比較。



## 四、比較棉桿竹節蟲日、夜間及不同光照環境下之活動狀況

在進行棉桿竹節蟲的活動行為觀察中，我們發現每日中午午休的記錄，最常看到它休息的行為，再者也很少出現覓食或爬行的動作，大部分都是因為我們進行食草更換及糞便清理時驚動它，才有一些避敵的行為發生。根據文獻探討紀錄內容，我們知道棉桿竹節蟲是夜行性昆蟲，所以白天常見到它停止不動的狀態。但是我們很想知道除了休息、覓食及爬行之外，棉桿竹節蟲在夜間的活動狀況及其他行為，因此我們利用具有紅外線照明的廣角攝影機長期拍攝，並根據拍攝影片進行相關行為分析。



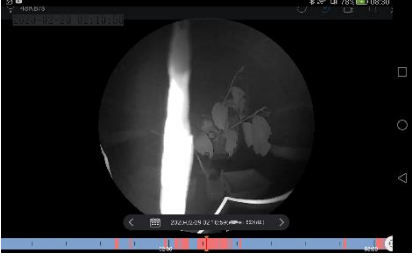

除此之外，我們也想知道：若改變外界光照環境，是否會干擾棉桿竹節蟲的生物節律？因此我們設置了「全光照」、「無光照」及「正常光照」三種環境來飼養棉桿竹節蟲，並以攝影機 24 小時拍攝，以了解其變化。

### (一) 研究 3-1：棉桿竹節蟲日間活動分析

#### 【實驗步驟】

1. 於實驗室小房間以窗簾遮光後，架設具有紅外線照明的廣角攝影機，拍攝飼養桶內部，紀錄棉桿竹節蟲若蟲日夜間活動情形。
2. 利用照度偵測 APP 紀錄一日間的光線變化。
3. 於 108 年 11 月 16 日起至 109 年 1 月 21 日止，進行若蟲階段日夜間活動拍攝，並以遠端監控系統檢視系統運作狀況。
4. 於 109 年 01 月 22 日起至 109 年 3 月 14 日止，進行成蟲階段日夜間活動拍攝，並以遠端監控系統檢視系統運作狀況。
5. 於 109 年 03 月 09 日起至 109 年 3 月 14 日止，進行蟲卵孵化階段日夜間活動拍攝。
6. 使用遠端監控系統中事件回放功能，檢視紅色區塊部分影片。
7. 每隔 2~3 日備份影片檔案至電腦硬碟，進行日夜間活動時間分析與紀錄 (如附件三)。




	
以手機 APP 紀錄照度變化	監控系統的監控畫面
	
若蟲階段日夜間活動拍攝	成蟲階段日夜間活動拍攝

	
攝影機遠端監控系統	監控系統的監控畫面
	
監控系統事件紀錄(紅色區)	備份檔案快速播放

## (二) 研究 3-2：棉桿竹節蟲夜間活動分析

### 【實驗步驟】

1. 根據研究 3-1 分析結果與研究 1-2 相關紀錄對照分析，選擇覓食、蛻皮、產卵行為及孵化過程可能發生日期進行影片檔案細部分析。
2. 將不同日期之覓食、蛻皮、產卵行為及蟲卵孵化過程詳細過程記錄並比較異同。

		
覓食行為拍攝	蛻皮行為拍攝	產卵行為拍攝

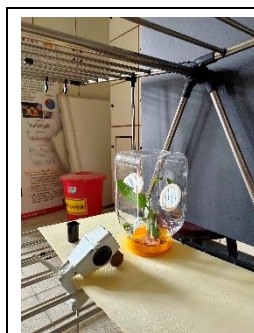
## (三) 研究 3-3：不同光照環境對棉桿竹節蟲生物節律的影響

由研究 3-1 及 3-2 在日、夜間活動觀察中，我們發現了棉桿竹節蟲符合夜行性昆蟲的行為特徵，其爬行、覓食、蛻皮與產卵等各項活動主要發生於夜間。但這些行為特徵的控制因素是否與受到光線照射有關？棉桿竹節蟲的活動狀況在全光照與

無光照環境下，是否會與一般光照環境的活動狀況有所不同？為了瞭解這個問題，我們進行了以下實驗。

**【實驗步驟】**

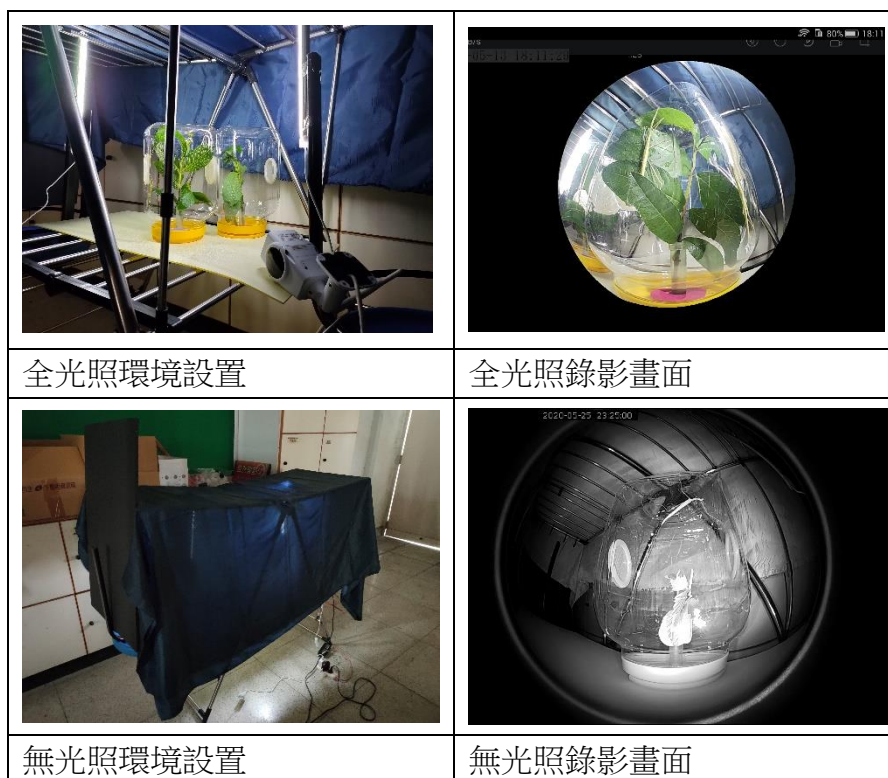
1. 取樣同一批齡期之棉桿竹節蟲 2 隻，飼養於飼養桶中。
2. 以不鏽鋼層架設置獨立空間，並將飼養桶放入其中。
3. 於層架外圍懸掛黑色遮光布，以防外界光線干擾。
4. 於內部安裝兩隻 LED 暖光燈管(色溫 5600K)，當作照明設備。
5. 架設具有紅外線照明的廣角攝影機，拍攝飼養桶內部棉桿竹節蟲活動狀況。
6. 於 109 年 05 月 14 日 AM7:00 起至 109 年 05 月 19 日 AM7:00 止共 5 天 (120 小時)，移除層架外圍黑色遮光布，接受自然環境光源照射，進行正常光照環境活動狀況拍攝。
7. 於 109 年 05 月 21 日 AM7:00 起至 109 年 05 月 26 日 AM7:00 止共 5 天 (120 小時)，全天開啟照明設備，進行全光照環境活動狀況拍攝。
8. 於 109 年 05 月 28 日 AM7:00 起至 109 年 06 月 02 日 AM7:00 止共 5 天 (120 小時)，全天關閉照明設備，並於層架外圍懸掛黑色遮光布，進行無光照環境活動狀況拍攝。
9. 進行活動狀況影片分析，將各項活動發生時間及長短紀錄於表格。
10. 利用 Excel 軟體統計不同時段活動時間，進行分析不同光照環境與活動情形的比較。



正常光照環境設置



正常光照錄影畫面



## 伍、研究結果與討論

### 一、了解棉桿竹節蟲生活史

#### (一) 研究 1-1：設計與建置若蟲與成蟲的生活環境

1. 飼養桶：較適合若蟲階段及特定觀察使用，當體型較大時，會造成棉桿竹節蟲蛻皮失敗。另外食草固定座儲水量較少，需要經常補充水分，否則芭樂葉容易枯萎。
2. 自製飼養箱：雖然尺寸 100cm 高、長 70cm、寬 45cm，但重量較輕且容易組裝，適合變換不同地點擺放。進行產卵蒐集時，可進入內部觀察採集蟲卵，清理也相當容易，紗網材質有利產卵行為。

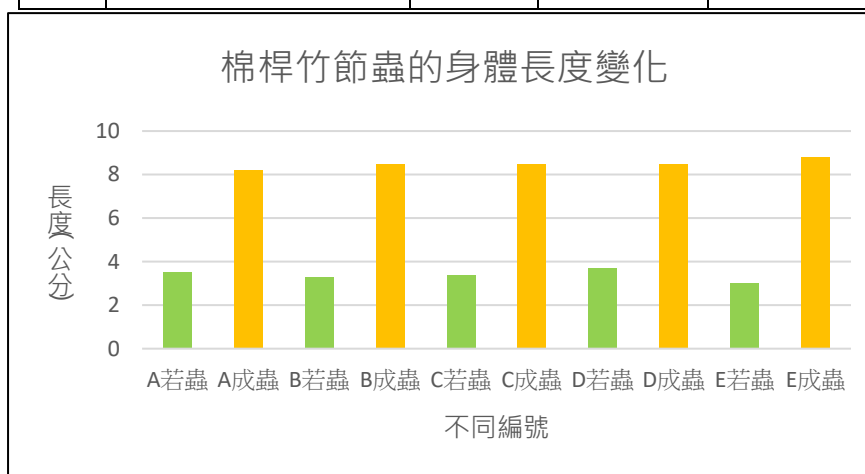
#### (二) 研究 1-2：若蟲與成蟲生長速度及顏色變化

依據飼養觀察紀錄表相關資料，我們將身體長度及顏色變化整理如以下表格，發現若蟲與成蟲階段有明顯的差異。

1. 棉桿竹節蟲的身體長度變化：

編號	期間	天數	階段	身長(cm)

A	108.10.18~108.12.27	70	若蟲	3.5~7
A	108.12.30~109.01.22	23	成蟲	8.2~8.3
B	108.10.18~108.12.18	61	若蟲	3.3~7.6
B	108.12.19~109.01.22	34	成蟲	8.5~9.0
C	108.10.18~108.12.25	68	若蟲	3.4~7.5
C	108.12.19~109.01.22	34	成蟲	8.5~9.1
D	108.10.18~108.12.18	61	若蟲	3.7~8.0
D	108.12.19~109.01.22	34	成蟲	8.5~8.8
E	108.10.18~108.12.20	63	若蟲	3.0~7.7
E	108.12.21~109.01.22	32	成蟲	8.8~8.9



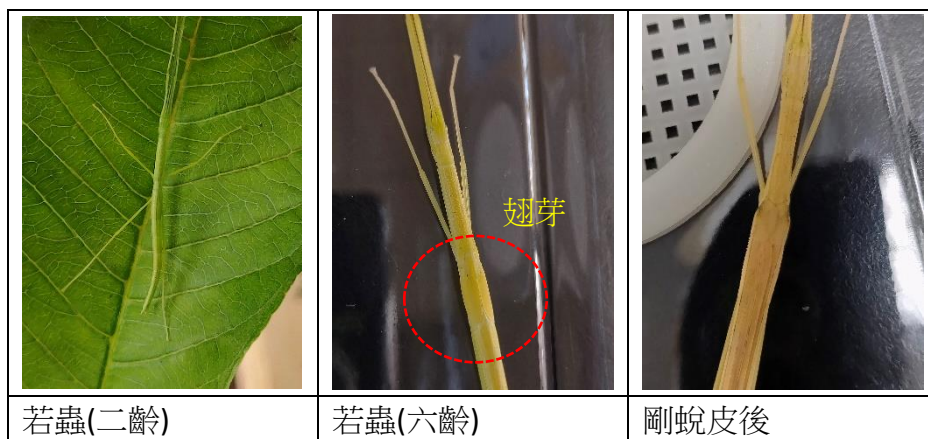
2. 棉桿竹節蟲的身體顏色變化：

編號	期間	階段	顏色
A	108.10.18~108.12.27	若蟲	淡綠~黃綠
A	108.12.30~109.01.22	成蟲	黃~黃褐
B	108.10.18~108.12.18	若蟲	淡綠~黃綠
B	108.12.19~109.01.22	成蟲	黃~黃褐
C	108.10.18~108.12.25	若蟲	淡綠~黃綠
C	108.12.19~109.01.22	成蟲	黃~黃褐
D	108.10.18~108.12.18	若蟲	淡綠~黃綠
D	108.12.19~109.01.22	成蟲	黃~黃褐
E	108.10.18~108.12.20	若蟲	淡綠~黃綠
E	108.12.21~109.01.22	成蟲	黃~黃褐



## 【討論】

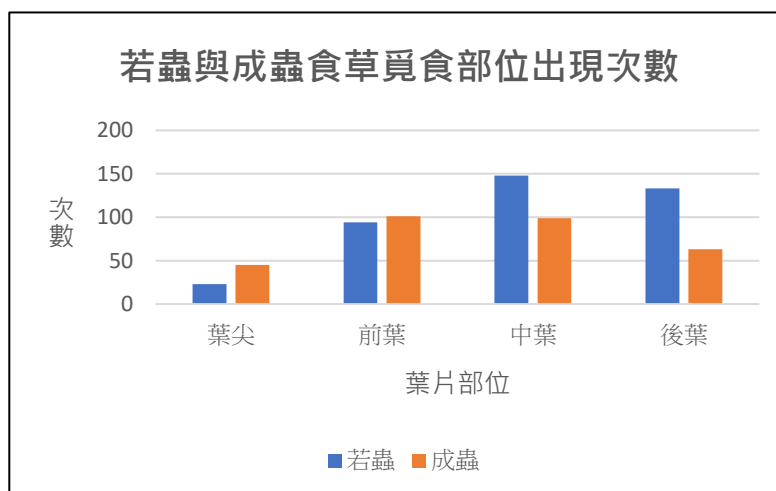
1. 根據觀察紀錄可以發現若蟲階段的體長約在 3.0cm~8.0cm 之間，若蟲階段在六齡時只有翅芽；成蟲階段的體長約在 8.2cm~9.1cm 之間，成蟲階段已有完整的翅膀。從一齡若蟲至成蟲生長期約為 61~70 天之間。
2. 根據觀察紀錄可以發現若蟲階段的身體顏色由淡綠至黃綠色，成蟲階段的身體顏色則為黃色至黃褐色。



### (三) 研究 1-3：若蟲與成蟲食草覓食部位分析

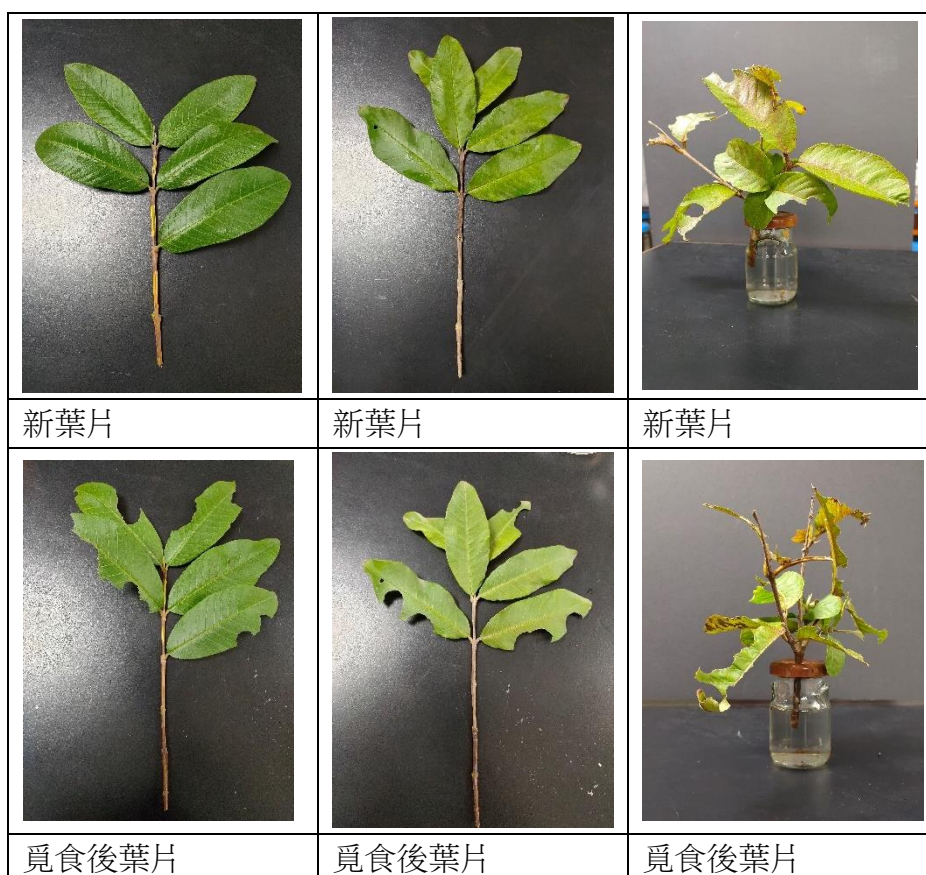
依據 108 年 10 月 18 日起至 109 年 3 月 11 日芭樂葉片覓食部位紀錄結果，我們統計出覓食「葉尖」、「前葉」、「中葉」、「後葉」四部分之次數，相關數據如下。

階段	區分	葉尖	前葉	中葉	後葉
飼養桶	若蟲	23	94	148	133
飼養箱	成蟲	45	101	99	63
總計		68	195	247	196



### 【討論】

1. 根據統計圖表可以發現若蟲階段覓食中葉及後葉部位的次數較多，葉尖部位的次數較少。
2. 根據統計圖表可以發現成蟲階段覓食前葉部位及中葉的葉片次數較多，葉尖部位的次數較少。
3. 觀察若蟲覓食狀況，發現體型較小的若蟲，身體長度小於葉片，會直接攀附在葉片側面上覓食，容易覓食的部位與其避敵位置相近。
4. 觀察成蟲覓食狀況，發現體型較大的成蟲，身體長度已超過葉片，常攀附鄰近樹枝或葉片上覓食其他葉片，因此覓食部位以前葉及中葉部位較多。
5. 葉尖部位因有主葉脈及攀附面積太小，不利於覓食。

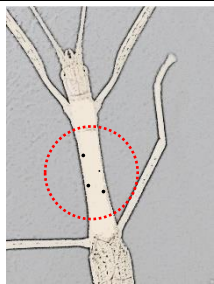
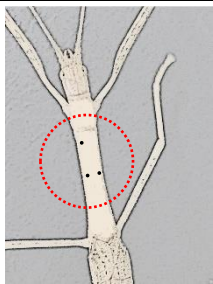
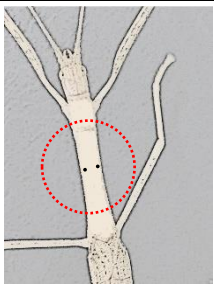
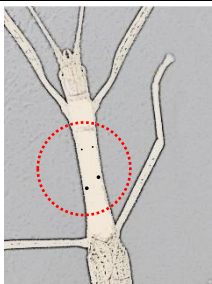

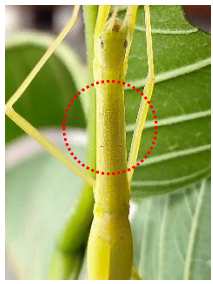


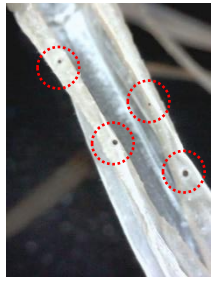
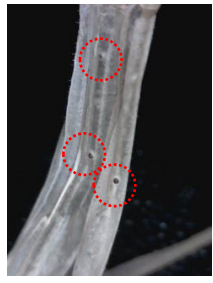

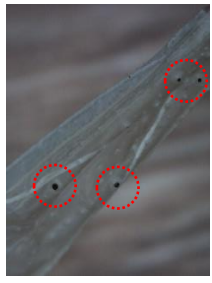
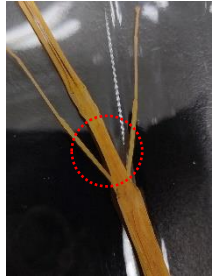
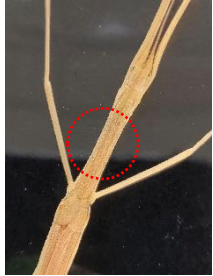
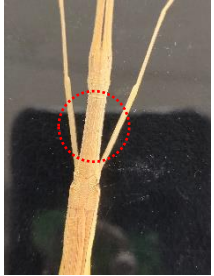
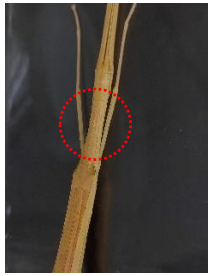


## 二、探究棉桿竹節蟲頭胸節斑點與斑紋差異與個體辨識之相關性

### (一) 研究 2-1：不同個體之頭胸節斑點與斑紋差異

我們將各時間拍攝的頭胸節照片及頭胸節斑點與斑紋繪製紀錄，彙整成對照表

格，以比較頭胸節斑點與斑紋不同階段之異同。




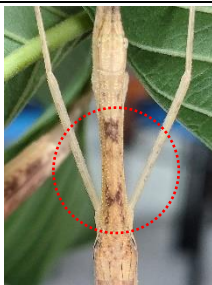












類型	四邊形	三角形	一線型	梯形
斑點排列圖形				
若蟲				
蛻皮				
成蟲				

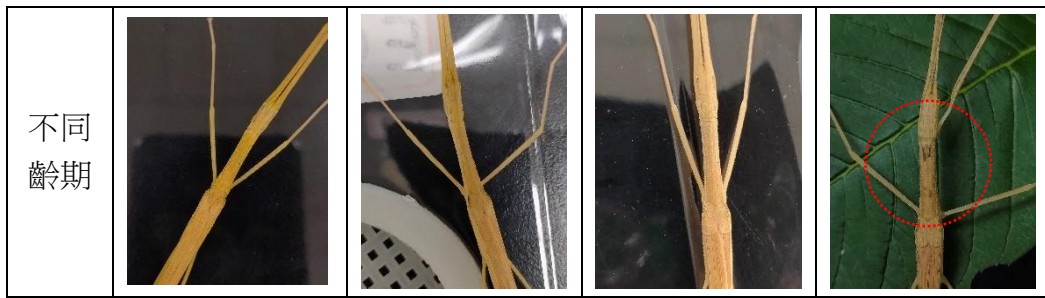
### 【討論】

1. 由上表不同時期的拍攝照片我們發現同一飼養桶的棉桿竹節蟲中胸背板斑點有共通性，斑點數量及排列圖形與位置相當相近，目前發現斑點數量有「2~6 點」等型式，圖案有「一線形」、「三角形」、「四邊形」、「梯形」等。
2. 同一飼養桶的若蟲與剛蛻皮後的成蟲，在中胸背板斑點數量及排列圖形與位置也相當相近，但成蟲身體顏色較暗，斑點較不容易辨識。

### (二) 研究 2-2：同一個體若蟲與成蟲頭胸節斑點與斑紋之變化

為了比較若蟲與成蟲頭胸節斑點與斑紋之變化，我們將同一編號各時間拍攝的成蟲頭胸節照片及頭胸節斑點與若蟲照片彙整成對照表格，以比較若蟲與成蟲階段頭胸節斑點與斑紋之異同。

編號	A	A	A	A
日期	108.12.29	109.01.11	109.01.22	109.02.02
不同齡期				
編號	B	B	B	B
日期	108.12.29	109.01.11	109.01.22	109.02.02
不同齡期				
編號	C	C	C	C
日期	108.12.29	109.01.11	109.01.22	109.02.02
不同齡期				
編號	D	D	D	D
日期	108.12.29	109.01.11	109.01.22	109.02.02
不同齡期				
編號	E	E	E	E
日期	108.12.29	109.01.11	109.01.22	109.02.02



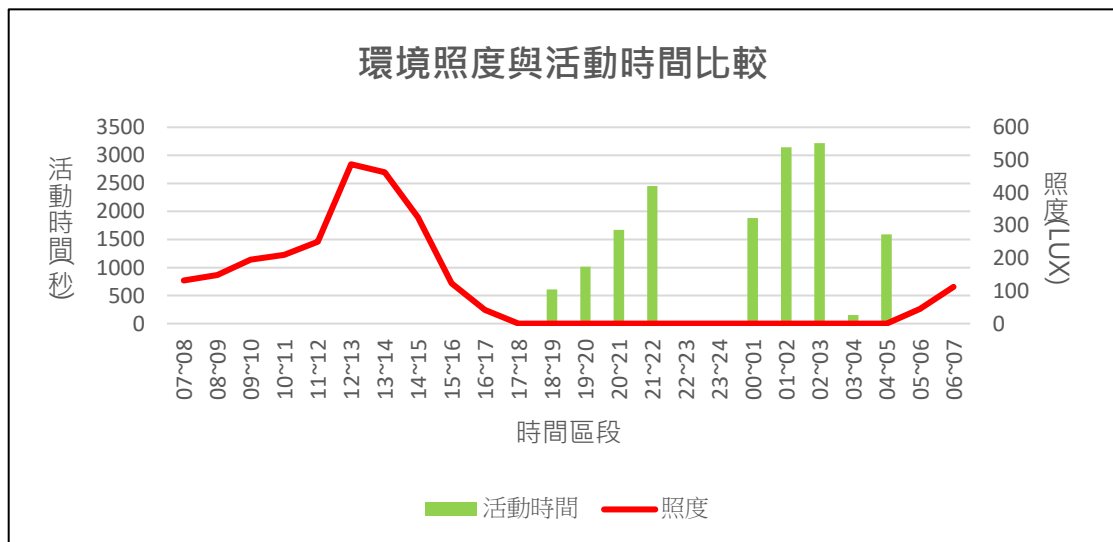
【討論】

1. 同一編號各時間的成蟲，在中胸背板斑點數量及排列圖形與位置也相當相近，但越後期的成蟲身體顏色較暗，斑點已漸漸看不到。
2. 同一編號各時間的成蟲，頭胸節在成蟲後期開始出現深褐色斑紋及線條，尤其在胸節部分最明顯，而且斑紋圖案、濃淡及大小每一個體也不相同。

三、比較棉桿竹節蟲日、夜間及不同光照環境下之活動狀況

(一) 研究 3-1：棉桿竹節蟲日間活動分析

為了解棉桿竹節蟲日間活動時間分布，我們彙整遠端攝影事件紀錄、飼養觀察紀錄及產卵紀錄，針對不同飼養環境(飼養桶及飼養箱)所拍攝的影片進行分析，並針對全日光線照度變化與活動發生狀況進行比較。



【討論】

1. 根據上圖活動行為發生時間主要是在夜間，依據活動紀錄影片紀錄，時間為下午 6~7 點由休息進行爬行及覓食行為，隔天清晨約 6 點後會離開食草

進入休息狀態。

2. 由環境照度與活動時間的比較統計圖中，我們發現棉桿竹節蟲各項行為發生於照度為 0 的時段，依環境光偵測時間在 18:00 至隔日 06:00 之間。
3. 不論若蟲或成蟲，白天時間若因外界干擾會進行短暫爬行或飛行，但找到躲避位置後就會停止活動。

## (二) 研究 3-2：棉桿竹節蟲夜間活動分析

為了解棉桿竹節蟲覓食、蛻皮及產卵行為特性，根據研究 3-1 紀錄結果，選取畫面拍攝清楚的影片檔案，進行細節觀察，相關結果如以下表格。

飼養環境	日期	階段	行為類型	行為發生時段及次數
飼養桶	108.11.16	若蟲	爬行	夜間 8 次
飼養桶	108.11.16	若蟲	覓食	夜間 4 次
飼養桶	108.11.19	若蟲	爬行	夜間 3 次
飼養桶	108.11.19	若蟲	覓食	夜間 2 次
飼養桶	108.11.23	若蟲	爬行	夜間 11 次
飼養桶	108.11.23	若蟲	覓食	夜間 9 次
飼養桶	108.11.23	若蟲	打架	夜間 1 次
飼養桶	108.12.03	若蟲	爬行	夜間 5 次
飼養桶	108.12.03	若蟲	覓食	夜間 0 次
飼養桶	108.12.03	若蟲	蛻皮	夜間 1 次
飼養桶	108.12.15	若蟲	爬行	夜間 7 次
飼養桶	108.12.15	若蟲	覓食	夜間 0 次
飼養桶	108.12.15	若蟲	蛻皮	夜間 1 次
飼養桶	109.01.08	成蟲	爬行	夜間 8 次
飼養桶	109.01.08	成蟲	覓食	夜間 2 次
飼養桶	109.01.08	成蟲	產卵	夜間 1 次
飼養箱	109.02.17	成蟲	爬行	夜間 13 次
飼養箱	109.02.17	成蟲	覓食	夜間 1 次
飼養箱	109.02.17	成蟲	產卵	夜間 6 次
飼養箱	109.03.01	成蟲	爬行	夜間 18 次
飼養箱	109.03.01	成蟲	覓食	夜間 7 次
飼養箱	109.03.01	成蟲	產卵	夜間 9 次
飼養箱	109.03.01	成蟲	打架	夜間 1 次

## 【討論】

1. 覓食活動狀況：若蟲爬行至葉片後會先選擇中葉部位開始覓食，覓食動作除頭部進行咬切葉片的動作外，尾部會同時進行上下微幅擺動，成蟲擺動動作較小，但仍可發現。每次時間約為 30 分鐘。通常在蛻皮前會減少覓食行為，並爬至高處準備。
2. 蛻皮活動狀況：若蟲進行蛻皮行為前，會選擇周圍較無障礙物的空間並倒掛，接著進入靜止狀態，開始進行蛻皮行為時，首先會將頭部與胸部彎折，接著頭部與胸部交接部位的外骨骼會裂開，新的身體會由此處陸續倒掛抽出，依序為頭部觸鬚與前腳，接著為胸部與其他 4 支腳，最後在抽出腹部，並移至高處等待組織硬化及翅膀伸展，待前面動作完成後，會開始吃掉蛻皮，通常會剩下較硬的腳部或掉落的觸鬚。整個行為約需要 90 分鐘。
3. 產卵活動狀況：成蟲進行產卵前是進行環境探索，在找到較狹窄具有孔洞或食草遮蔽的位置後，會將尾部倒勾，此時蟲卵已在排到腹部泄殖腔最尾段，在無光線的狀況下，成蟲會以倒勾的尾部一直嘗試，待確認位置後，就會產下一顆卵，同一處會有不同個體的成蟲重複產卵，尋找產卵位置的時間較長，但找到位置後約 3~5 分鐘就可完成產卵，產卵後的成蟲也會馬上離開，或移往他處進行覓食。
4. 在成蟲階段進入產卵期時，爬行及產卵行為是主要活動，在產卵後才會進行覓食。

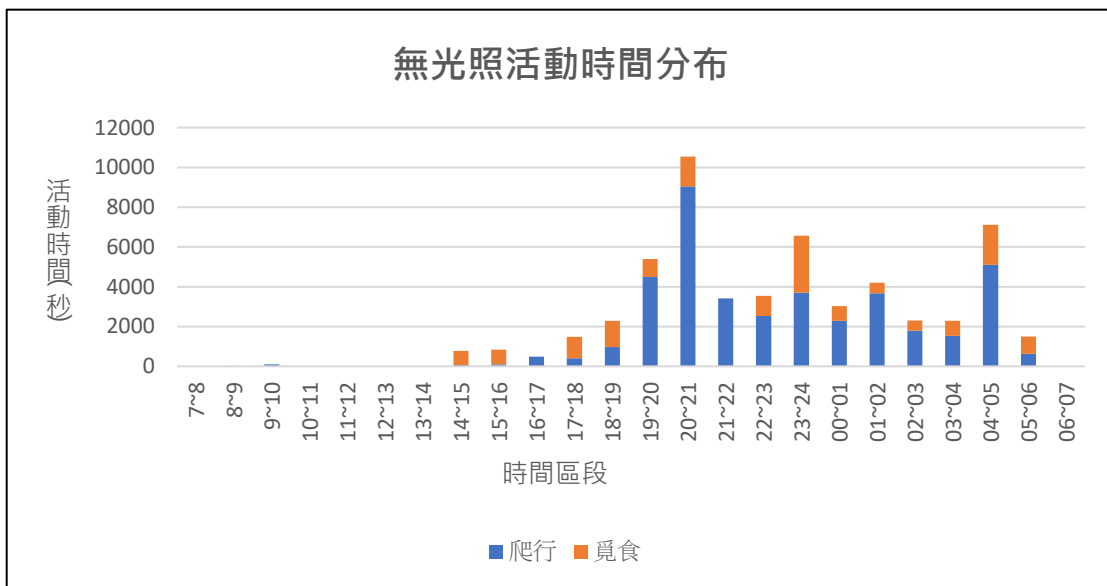
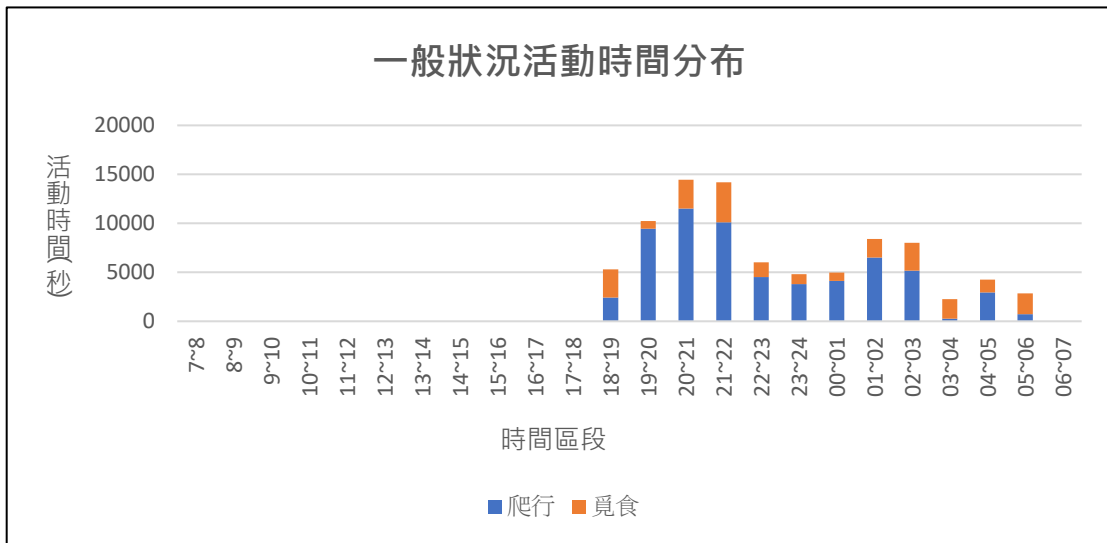
### (三) 研究 3-3：不同光照環境對棉桿竹節蟲生物節律的影響

依據棉桿竹節蟲在「正常光照」、「無光照」及「全光照」三種環境的活動影片紀錄，我們統計出棉桿竹節蟲日、夜間活動的時間長短，以及發生的時間區段分布狀況，以下就不同光照環境的「活動發生時間區段分布」及「日夜間活動時間長短」兩方面進行討論。

1. 不同光照環境活動發生的時間區段分布比較：

依據相關數據(如附件三)，繪製以下不同光照環境的活動時間分布圖，發現：

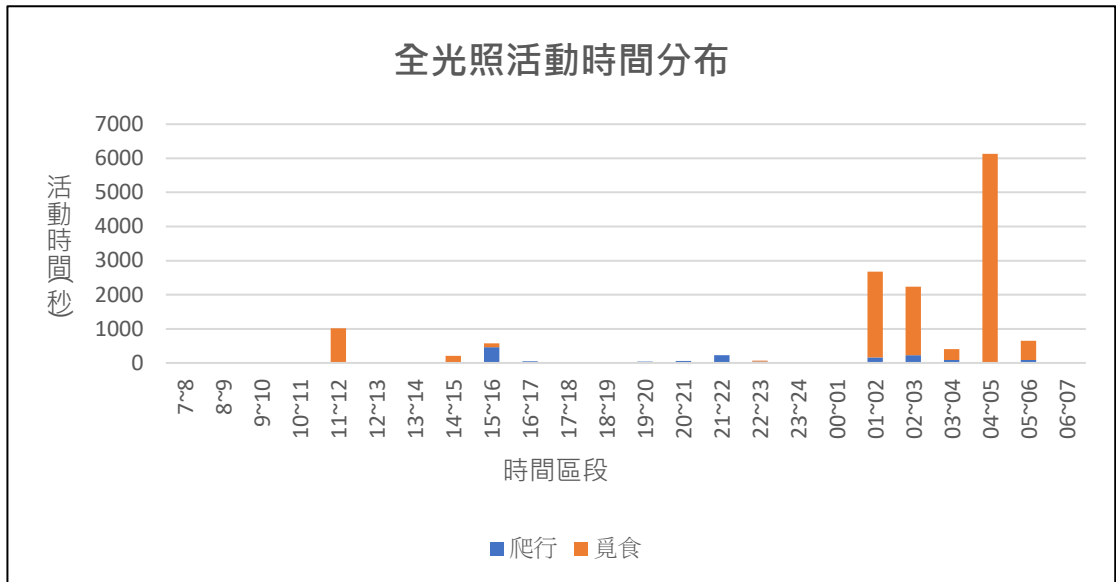
- (1) 在一般及無光環境下，棉桿竹節蟲活動時間集中於夜間時段(18:00~隔日06:00)發生，且活動高峰期在 20:00 至 21:00 之間。但在無光環境下，於 14:00 就開始有爬行及覓食活動，且隨時段逐漸增加。



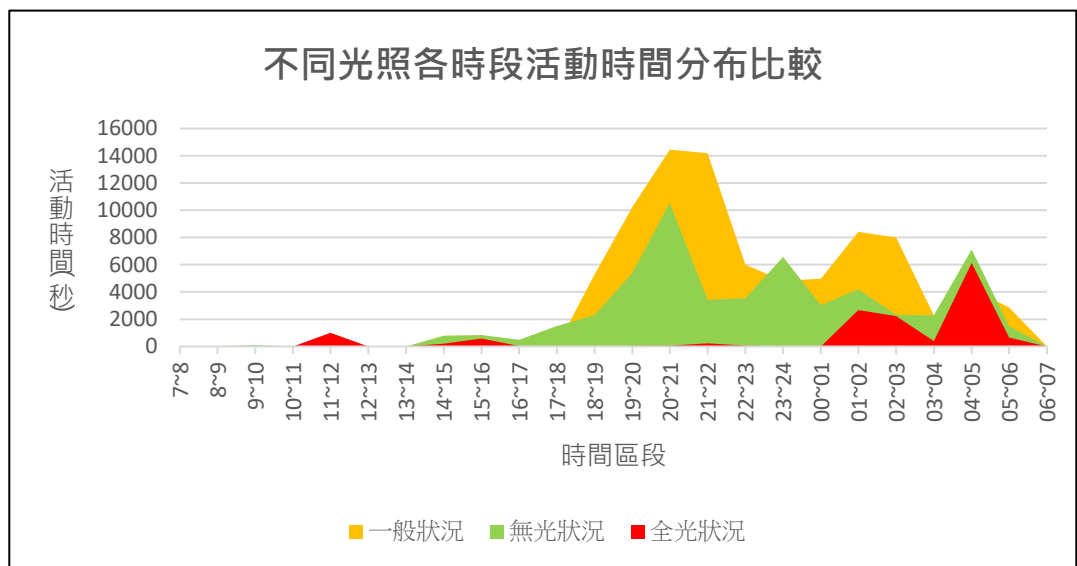
- (2) 在全光環境下，活動高峰期在 00:00~06:00，且時間長度明顯減少，反而在一般及無光環境的活動高峰期，少有活動。

- (3) 在全光環境下，日間(10:00~16:00)反而出現較多的活動。





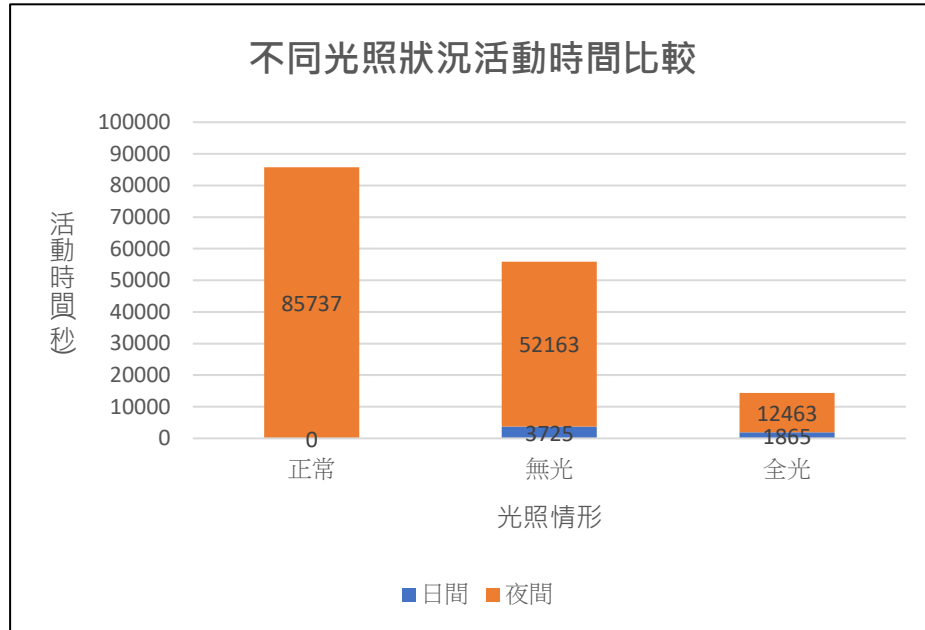
(4) 在影片觀察中，發現有光線照射時，棉桿竹節蟲日間休息時會將三對足向身體併攏平貼身直；但在無光照環境下，棉桿竹節蟲三對足仍保持夜間張開的狀態。



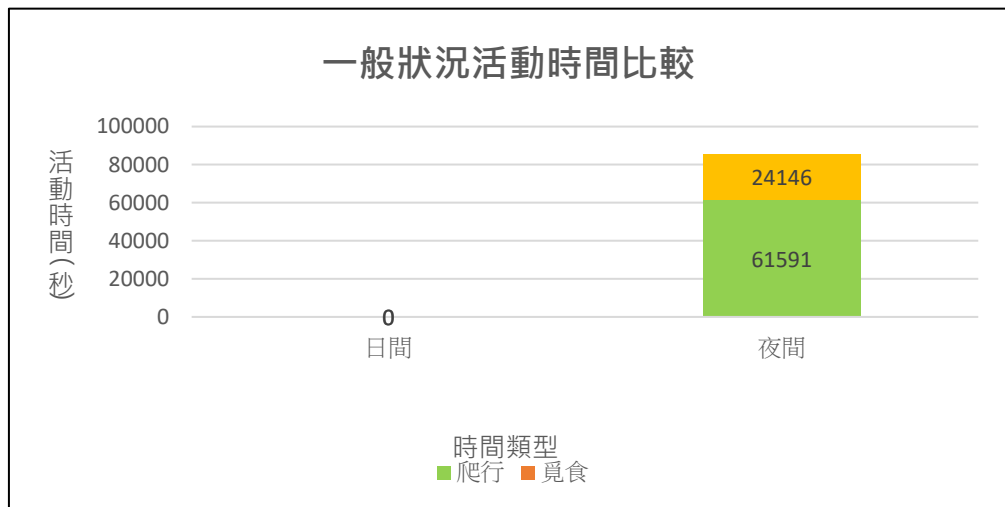
2. 不同光照環境日夜間活動的時間長短比較：

依據棉桿竹節蟲在不同光照環境下，日間及夜間的行為發生時間(如附件四)，繪製不同光照環境下的活動總時間長短統計圖，發現：

- (1) 在一般光照環境下，棉桿竹節蟲總活動時間最長，無光照環境次之，全光照環境最短。



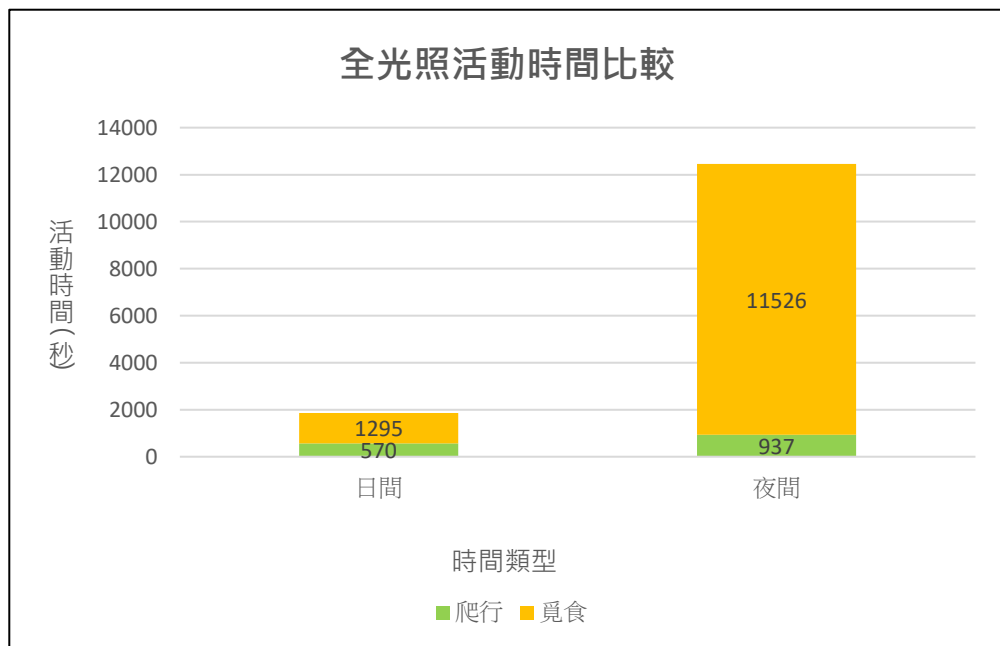
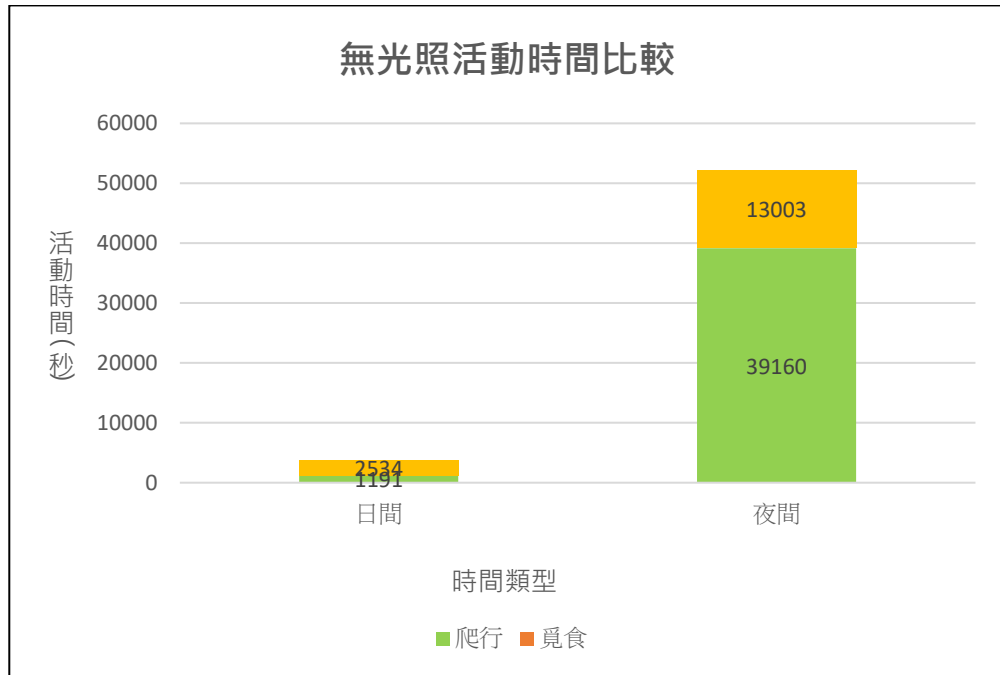
- (2) 在一般光照環境下，日間(06:00~ 18:00)無活動行為發生，全部集中於夜間(18:00~隔日 06:00)。



- (3) 在日間活動發生情形中，只有無光照環境及全光照環境發生，且以無光照環境時間較長。
- (4) 在一般光照及無光照環境下，夜間爬行活動的時間較覓食活動長，但在全光照的環境下，夜間覓食活動的時間反而比爬行活動時間長。
- (5) 我們從拍攝的影片中，觀察棉桿竹節蟲在有光與無光的環境下，棲息狀態

有何差別？發現觸鬚的晃動情形及六隻腳的姿態有所不同。無光環境下，觸鬚的晃動情形活躍，六隻腳的姿態是張開高挺的；但有光環境下，觸鬚會停止晃動且會與前足併攏，六隻腳的姿態是平貼攀附物上。

(6) 根據上述觀察，我們發現棉桿竹節蟲會受到光照影響減少活動，除非因覓食需求才會移動位置，所以在一般光照環境下，日夜間活動時間差異明顯，但在無光與全光環境下，日夜間活動則出現規律改變的情形。



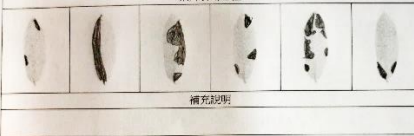
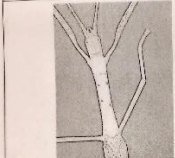


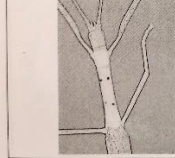

## 陸、 結論

- 一、可利用棉桿竹節蟲身體顏色、長度及翅膀型態，區分若蟲或成蟲。
- 二、若蟲階段覓食中葉及後葉部位的次數較多，成蟲階段覓食前葉及中葉部位的次數較多，我們發現與體型大小及棲息避敵位置有關。
- 三、可利用中胸背板斑點數量及排列圖形與位置，辨識棉桿竹節蟲個體；而觀察頭胸節是否出現深褐色斑紋及線條，也可辨識若蟲或成蟲。
- 四、棉桿竹節蟲各項行為發生會根據環境光線照度變化改變，在一般光照狀況下，各項行為發生於照度為 0 的時段，時間分布在 18:00 至隔日 06:00 之間。
- 五、棉桿竹節蟲覓食、蛻皮及產卵行為通常發生於夜間，日間若因外界干擾會進行短暫爬行或飛行，但找到躲避位置後就會停止活動。
- 六、不同的光照環境，會影響棉桿竹節蟲日夜間活動的時間長短與時段分布，且在全光照環境下爬行與覓食活動時間大幅減少。
- 七、無光環境下，觸鬚的晃動情形活躍，六隻腳的姿態是張開高挺的；但有光環境下，觸鬚會停止晃動且會與前足併攏，六隻腳的姿態是平貼攀附物上。
- 八、棉桿竹節蟲會受到光照影響減少活動，除非因覓食需求才會移動位置，所以在一般光照環境下，日夜間活動時間差異明顯，但在無光與全光環境下，日夜間活動則出現不規律的情形。

## 柒、參考資料及其他

- 一、吳沛禧等 (2009) 。樹上忍者—棉桿竹節蟲的生態研究。中華民國第四十九屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、邱靖維等 (2011) 。林間隱者—影響棉桿竹節蟲生長因子之探究。中華民國第五十一屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 三、黃世富 (2002) 。台灣的竹節蟲。大樹文化事業股份有限公司。
- 四、P.J. Gullan and P.S. Cranston (2015) 。昆蟲學概論。合記圖書出版社。
- 五、林義祥 。棉桿竹節蟲。檢索日期：108 年 9 月 23 日

附件一：

葉片食用部位紀錄表		斑點與斑紋紀錄表	
<p>棉桿竹節蟲葉片食用部位紀錄表</p> <p>紀錄日期: 2020.02.26 飼養箱編號: B19 階段: <input type="checkbox"/>若蟲 <input checked="" type="checkbox"/>成蟲</p> <p>葉片食用部位</p>  <p>補充說明</p>		<p>棉桿竹節蟲斑紋紀錄表</p> <p>紀錄日期: 2019.12.15 飼養箱編號: E01</p> <p>胸部(斑點及紋路)</p>  <p>補充說明: 胸部上方傷口</p> <p>頭部(斑點及紋路)</p>  <p>補充說明: 沒看到</p>	
<p>紀錄日期: 2020.02.22 飼養箱編號: B16 階段: <input type="checkbox"/>若蟲 <input checked="" type="checkbox"/>成蟲</p> <p>葉片食用部位</p>  <p>補充說明</p>		<p>紀錄日期: 2019.12.21 飼養箱編號: E01</p> <p>胸部(斑點及紋路)</p>  <p>補充說明: 胸部</p> <p>頭部(斑點及紋路)</p>  <p>補充說明: 沒看到</p>	

附件二：

日夜間活動觀察紀錄表				
棉桿竹節蟲活動觀察紀錄				
◎紀錄者:	◎影片拍攝日期: 108/12/20	◎型態(若蟲 or 成蟲):		
行為發生時間	竹節蟲數量	行為判定	行為細部描述(參照紀錄說明詳細紀錄位置、肢體動作)	其他補充說明
2:13:59~2:14:59	1	移動	沿著樹枝往上爬	
2:16:30~2:17:40	1	抖動	腳在抖動	
2:18:45~2:19:18	1	晃動	身體晃動	
2:19:23~2:19:30	1	移動	在葉上轉動	
2:19:59~2:20:34	1	移動	從葉爬到樹枝沿著樹枝移動。	
2:25:08~2:25:20	1	抖動	微微的抖動	
2:28:28	1	蛻皮	開始蛻皮	
2:32:28~3:06:41	1	移動	頭部起來,並且抖動皮慢慢出來。	從頭出來,慢慢爬出
3:06:41	1	蛻皮	蛻皮成功	

◎行為判定及行為細部描述紀錄說明:

1. 移動: 未停留固定位置並發生其他行為,請記錄移動動作(步行或飛行)及移動路徑(在那些區域移動)。
2. 覓食: 停留固定位置進行覓食動作,請記錄覓食位置(上層葉片、中層葉片、下層葉片)及葉片咬痕部位(靠葉柄為前段、靠尖端為尾段)。
3. 蛻皮: 請記錄蛻皮各階段的動作變化。
4. 產卵: 請記錄產卵的動作變化與產卵位置。
5. 其他: 非上列發行行為,請記錄肢體動作變化與發行位置。

附件三：不同光照環境各時段活動時間統計表

光照環境 時段	一般狀況	無光狀況	全光狀況
7~8	0	0	0
8~9	0	23	0
9~10	0	103	7
10~11	0	0	0
11~12	0	0	1011
12~13	0	0	0
13~14	0	0	0
14~15	0	781	204
15~16	0	841	573
16~17	0	489	45
17~18	0	1488	25
18~19	5287	2287	0
19~20	10249	5388	36
20~21	14447	10535	54
21~22	14189	3414	229
22~23	6003	3550	64
23~24	4805	6570	0
00~01	4981	3023	0
01~02	8412	4195	2674
02~03	7999	2310	2232
03~04	2261	2285	401
04~05	4244	7114	6128
05~06	2860	1492	645
06~07	0	0	0

附件四：不同光照環境日夜間活動(爬行、覓食)時間統計表

【正常狀況】

	日間	夜間
爬行	0	61591
覓食	0	24146
總計	0	85737

【無光狀況】

	日間	夜間
爬行	1191	39160
覓食	2534	13003
總計	3725	52163

【全光狀況】

	日間	夜間
爬行	570	937
覓食	1295	11526
總計	1865	12463

光照 區段	正常環境	無光環境	全光環境
日間	0 秒	3725 秒	1865 秒
夜間	85737 秒	52163 秒	12463 秒
總計	85737 秒	55888 秒	14328 秒

## 【評語】 080301

本實驗對棉桿竹節蟲的生活史與各項行為進行探究，並利用近距離攝影及紅外線錄影設備來了解牠在日夜間活動行為的不同。

1. 作品中對其研究主題與相關文獻探討的連結及差異性有科學性的探討
2. 不同光照環境對棉桿竹節蟲生物節律的影響具有新穎性，期待能做更深入的研究。
3. 詳細觀測觀測竹節蟲斑紋與攝食行為，未來可更深入探討或延伸所觀測的成果。



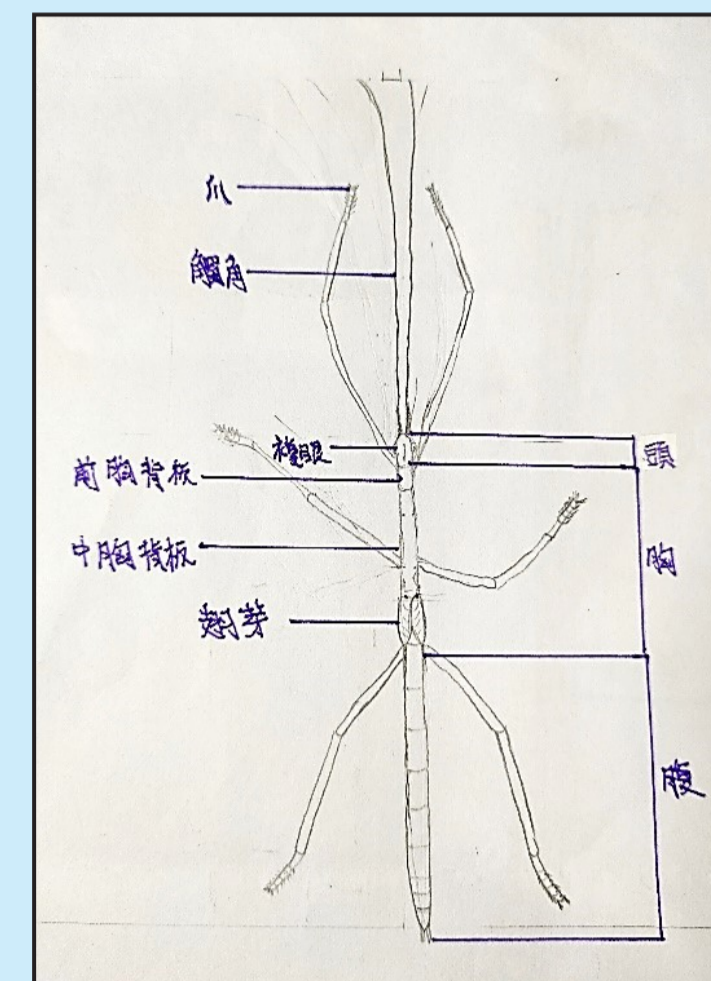
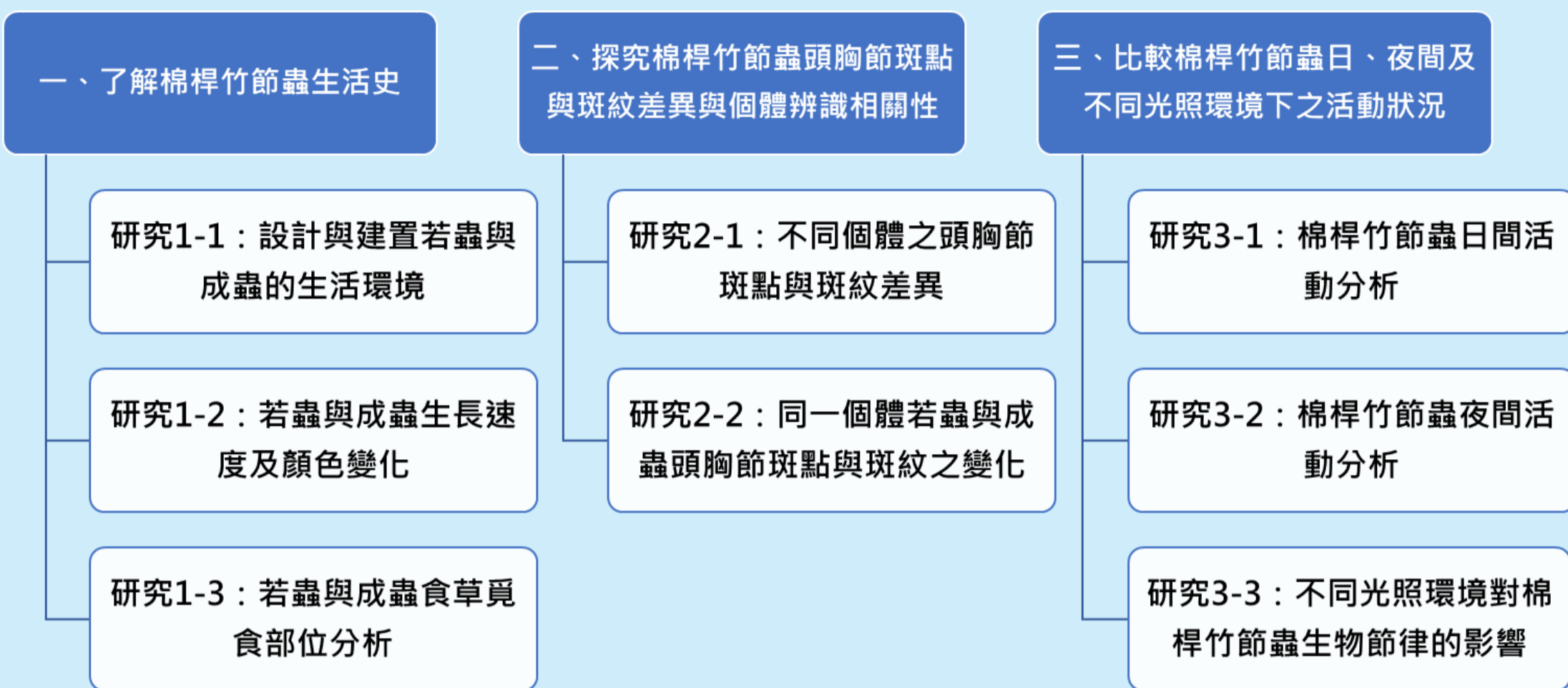
## 摘要

本研究除進行棉桿竹節蟲生活史的紀錄外，為了解牠日夜間活動狀態及個體間的差異，利用紅外線攝影機及顯微數位相機，拍攝棉桿竹節蟲從若蟲到成蟲每日活動及身體各部位生長狀況。所得資料以時間分布圖及斑點標示等方法進行分析比較，發現了棉桿竹節蟲日、夜間活動類型的差異，以及可供辨識不同個體的斑紋與記號。

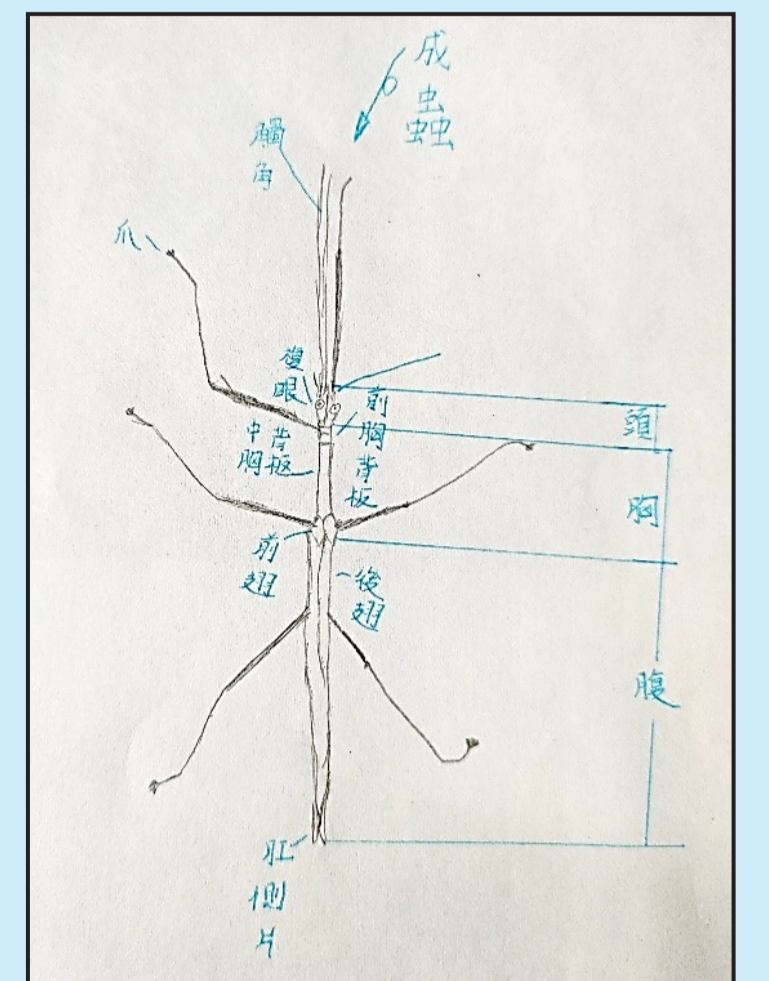
## 壹、研究動機

在我們四年級的時候，自然老師教我們飼養棉桿竹節蟲，透過實際操作與觀察，來認識牠們的習性。但我們總是在白天觀察，因此牠們在晚上會進行什麼活動，是我們很好奇的地方。還有棉桿竹節蟲身上的黑點是否具有辨識功能，也是我們想研究的問題。為了解開這些疑惑，我們進行了以下的研究。

## 貳、研究目的與架構



若蟲 身體部位圖



成蟲 身體部位圖

## 參、研究設備及器材 (詳見作品說明書)

## 肆、研究方法及過程

### 研究 1-1：設計與建置若蟲與成蟲的生活環境

為了觀察棉桿竹節蟲的生長變化與生活習性，我們以小型飼養桶飼養 36 隻剛孵化一天的棉桿竹節蟲。過程中我們發現飼養桶不適合飼養 6 齡以上的竹節蟲，因為空間太小，容易造成蛻皮失敗，因此我們重新設計了較大型的飼養箱。

利用塑膠水管為骨架，並在 4 個角鎖上螺絲，用來掛網罩，並以教具箱當底盤，用來放置食草與錄影設備。經實際使用後，發現自製的飼養箱重量輕方便移動，而且可以放置芭樂樹植株，有利棉桿竹節蟲覓食與棲息。另外，我們也發現棉桿竹節蟲喜歡將卵產在紗網接縫處，因此要採集蟲卵時，我們只要進入紗網內部，即可輕易計算與採集蟲卵，這是一般市售飼養箱無法達到的功能。



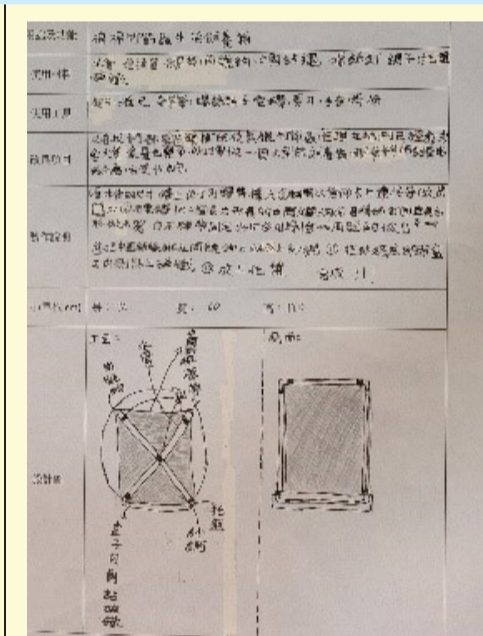
透明飼養桶構造



將不同飼養桶編號紀錄



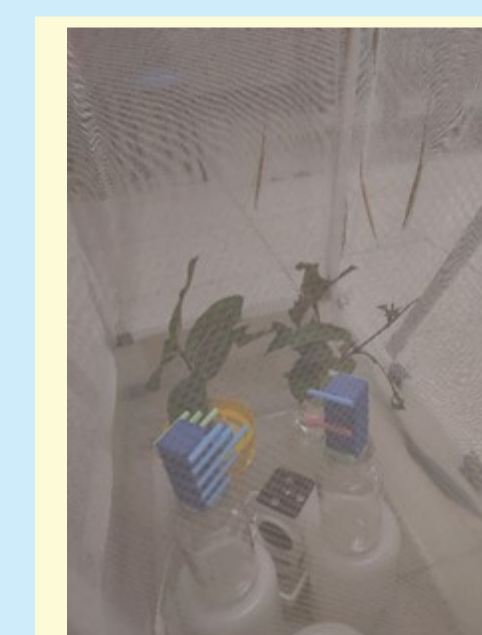
自製第一型飼養箱



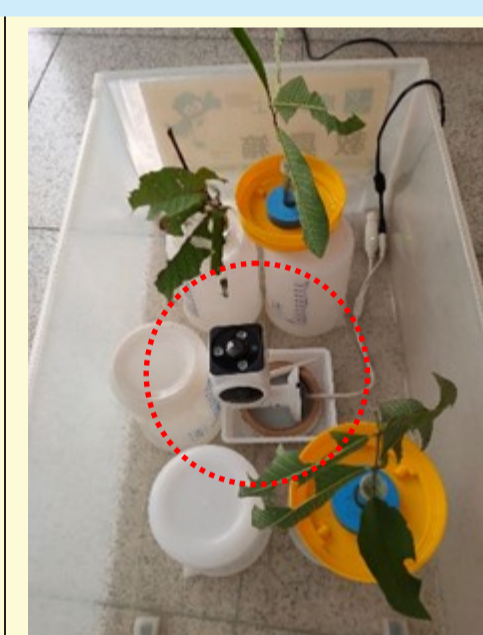
第二型設計圖



自製第二型飼養箱



飼養箱使用狀況



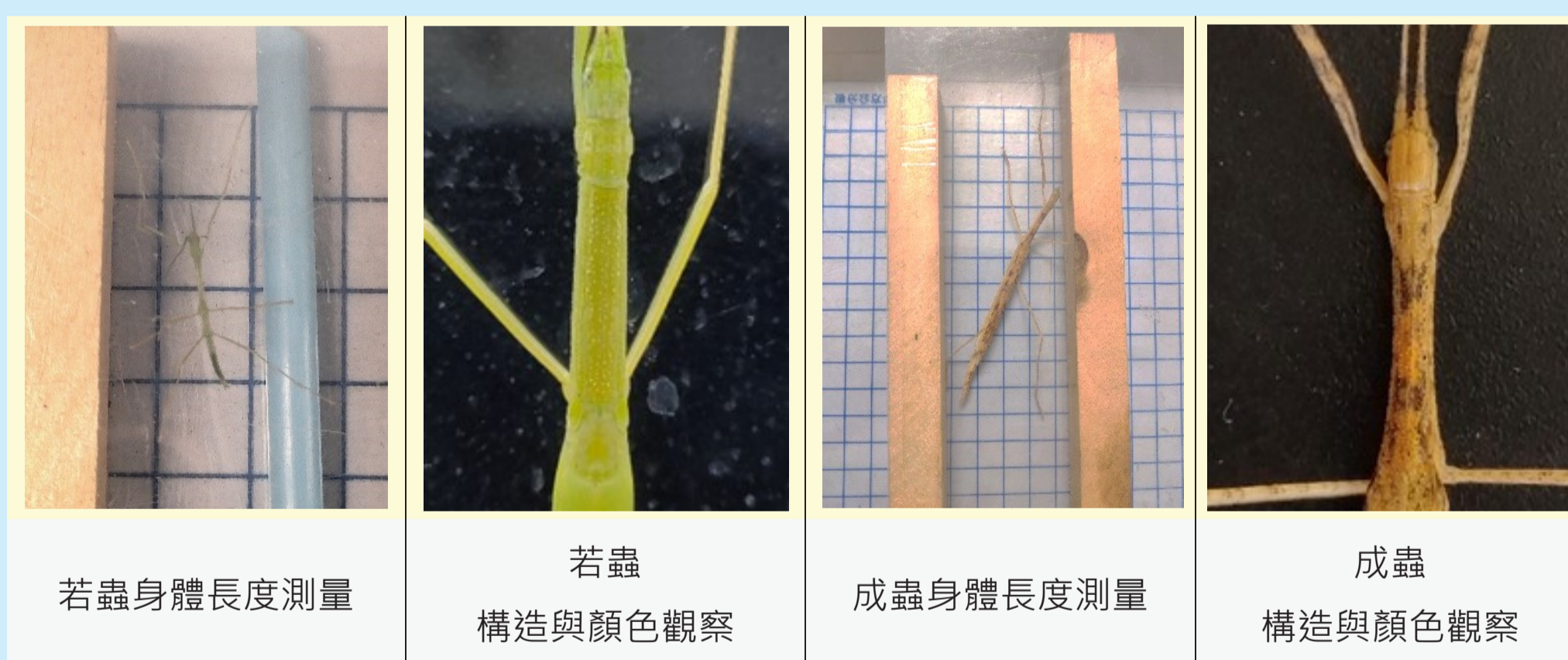
夜間攝影機架設



內部觀察與測量

### 研究 1-2：若蟲與成蟲生長速度及顏色變化

為了了解竹節蟲若蟲與成蟲在不同階段的生長差異，我們紀錄了它的身體長度及體色，並找到可以分辨若蟲與成蟲的方法。

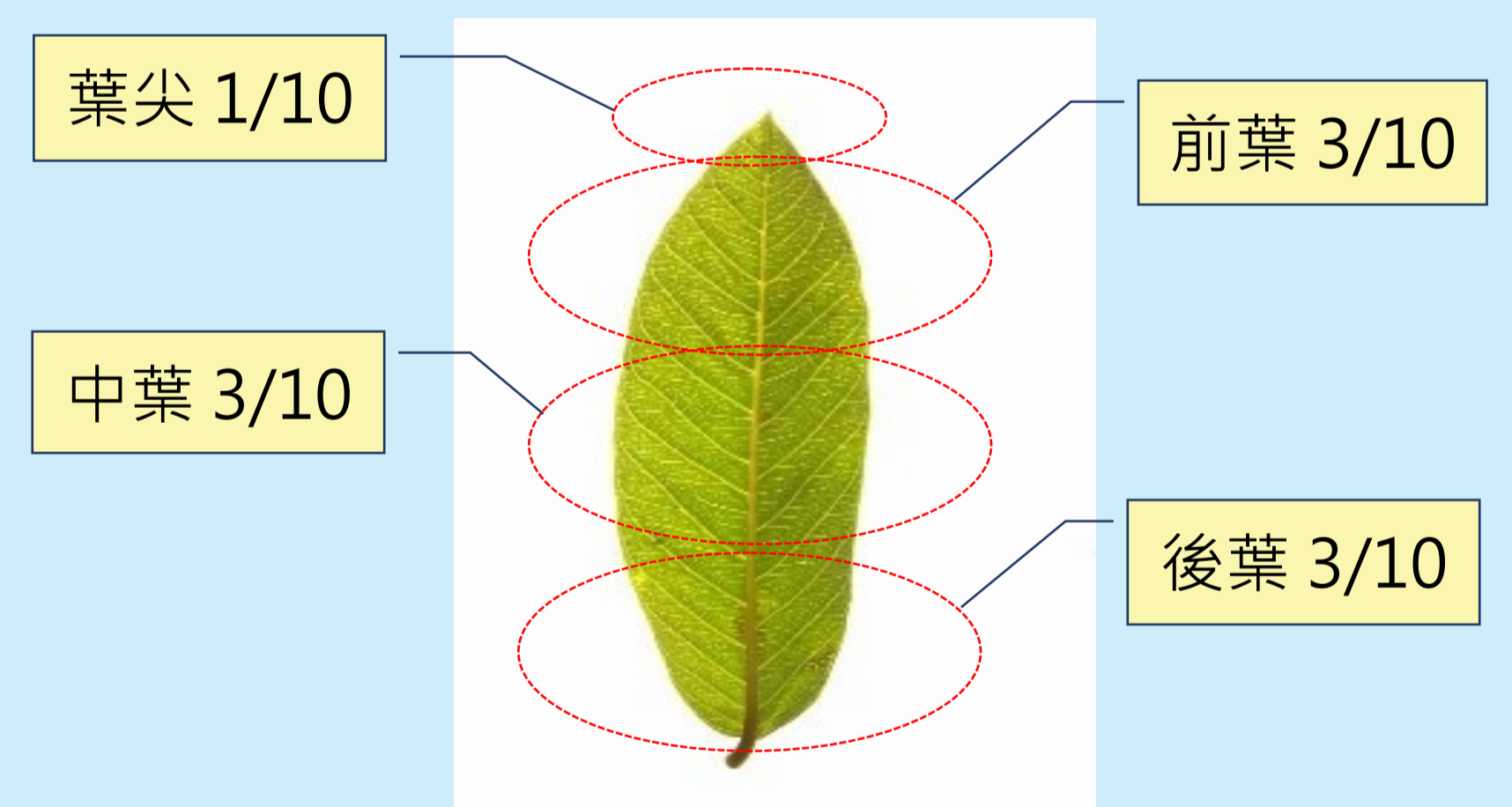


若蟲身體長度測量

若蟲構造與顏色觀察

成蟲身體長度測量

成蟲構造與顏色觀察



葉尖 1/10

前葉 3/10

中葉 3/10

後葉 3/10

### 研究 1-3：若蟲與成蟲食草覓食部位分析

在更換食草過程中，我們發現芭樂葉被吃掉的部位在若蟲與成蟲階段有不同差異，是否是因為體型大小造成這個現象？我們定期將食草拍照紀錄並繪製咬痕部位。為了統計葉片的咬痕變化，我們以一~六齡若蟲體長為單位，由葉柄向葉尖測量，將葉片分成「葉尖」、「前葉」、「中葉」、「後葉」四部分，「前葉」、「中葉」、「後葉」各佔葉片長度的 3/10，其總長度約為一齡至六齡若蟲的體長，其餘剩下部分為「葉尖」，佔葉子長度的 1/10。



新換的芭樂葉



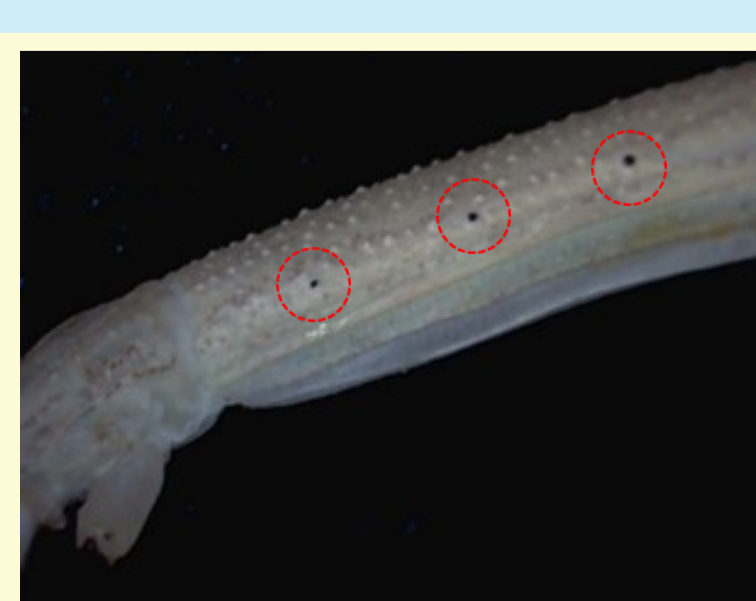
有咬痕的芭樂葉

### 研究 2-1：不同個體之頭胸節斑點與斑紋差異

在進行棉桿竹節蟲的身體顏色觀察中，我們無意間發現頭胸部並非都是黃綠色或黃褐色，我們發現從若蟲階段在中胸背板出現數量不一且位置不同的黑色斑點，到了成蟲階段除了中胸背板的斑點外，頭節段及前胸背板也出現了深褐色的線條及斑紋，為了瞭解這其中的現象，我們進行以下研究。



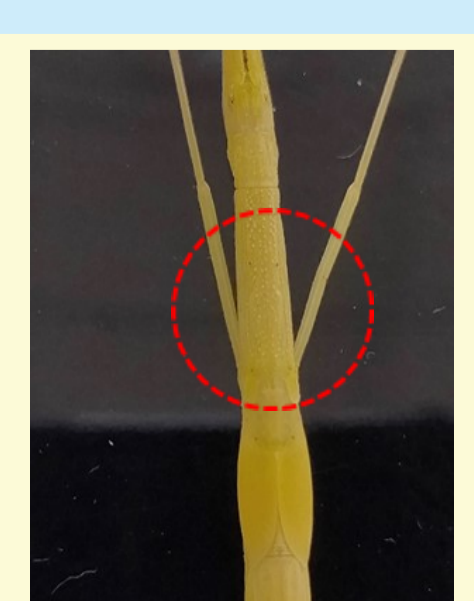
依飼養桶編號拍照紀錄



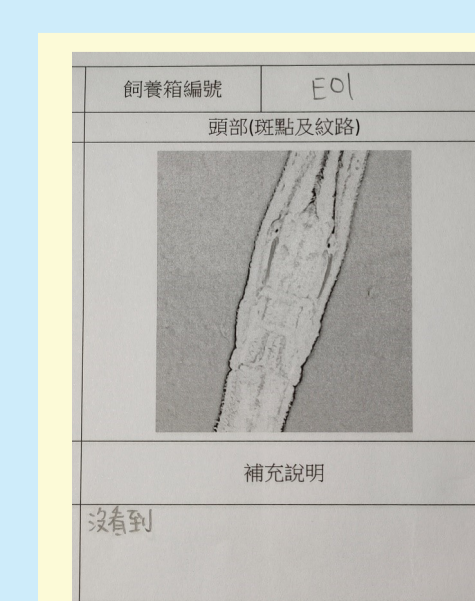
胸節段出現之黑點



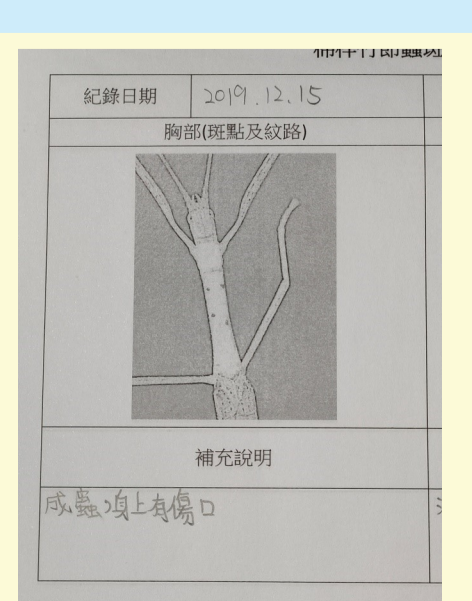
若蟲階段整體拍攝照片



若蟲階段胸節段拍攝照片



頭節斑紋描繪



胸節斑紋描繪

## 研究 2-2：同一個體若蟲與成蟲頭胸節斑點與斑紋之變化

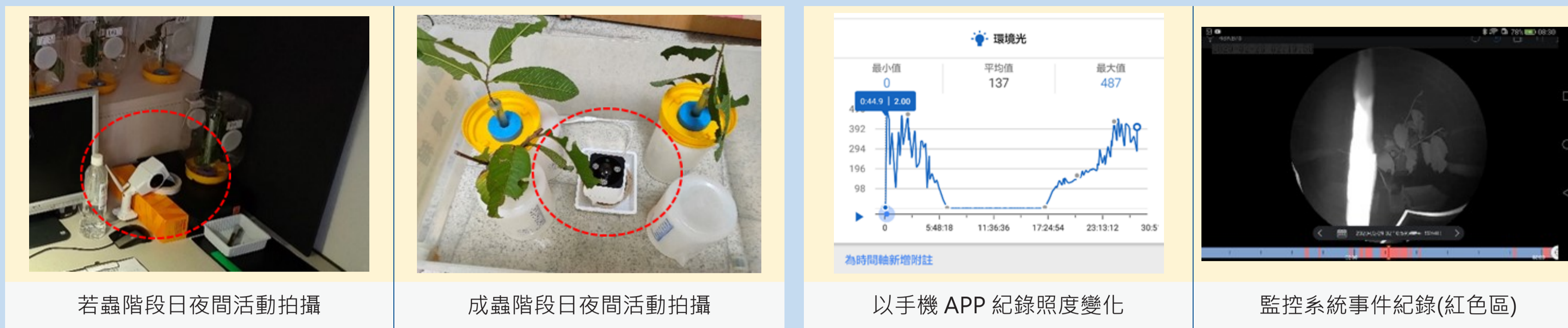
在進行棉桿竹節蟲的身體顏色觀察中，我們發現成蟲的頭、胸、腹部除了變成黃褐色外，在胸部及腹部出現大片深咖啡色的斑紋，隨著時間的累積，面積越來越大，為了瞭解這其中的現象，我們進行以下研究。



成蟲階段整體拍攝照片 成蟲階段頭胸節拍攝照片

## 研究 3-1：棉桿竹節蟲日間活動分析

我們知道棉桿竹節蟲是夜行性昆蟲，所以白天常見到牠停止不動的狀態，只有在夜間才會進行各項活動。為了瞭解牠日夜間活動行為的不同，我們利用照度偵測 APP 及紅外線錄影設備紀錄 24 小時光線變化與活動情形。



若蟲階段日夜間活動拍攝

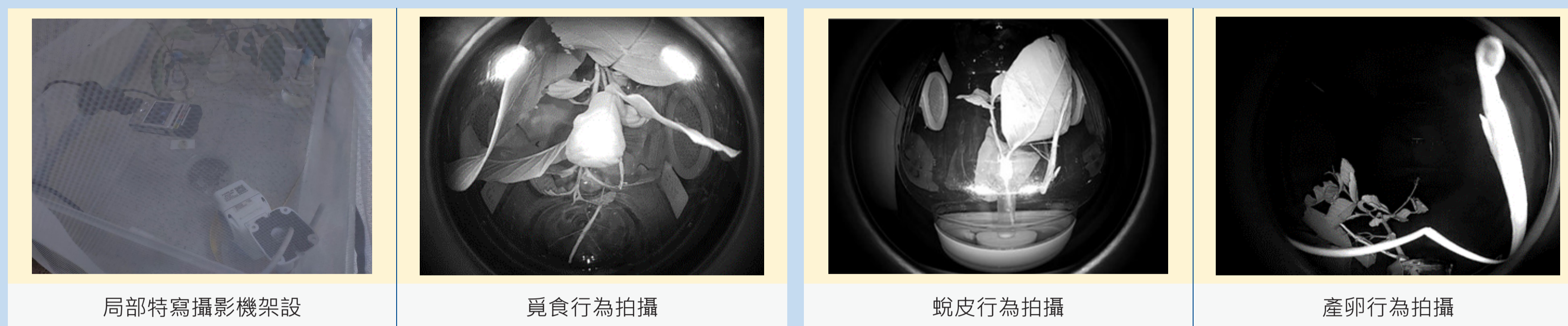
成蟲階段日夜間活動拍攝

以手機 APP 紀錄照度變化

監控系統事件紀錄(紅色區)

## 研究 3-2：棉桿竹節蟲夜間活動分析

為了瞭解他們夜間的活動狀態，我們架設了夜間攝影機，拍攝了若蟲及成蟲夜間活動行為，並根據食草咬痕、蛻皮及產卵的紀錄，觀察上述行為發生時的影片，並詳細記錄這些行為的發生過程與時間長度。



局部特寫攝影機架設

覓食行為拍攝

蛻皮行為拍攝

產卵行為拍攝

## 研究 3-3：不同光照環境對棉桿竹節蟲生物節律的影響

由前述實驗，我們發現了棉桿竹節蟲規律的夜間活動行為，但這些行為的控制因素是否與受到光線照射有關？為了瞭解這個問題，我們設置了「全光照」、「無光照」及「正常光照」三種環境來飼養棉桿竹節蟲，並以攝影機 24 小時拍攝，以了解其變化。



正常光照環境設置

正常光照錄影畫面

全光照環境設置

全光照錄影畫面

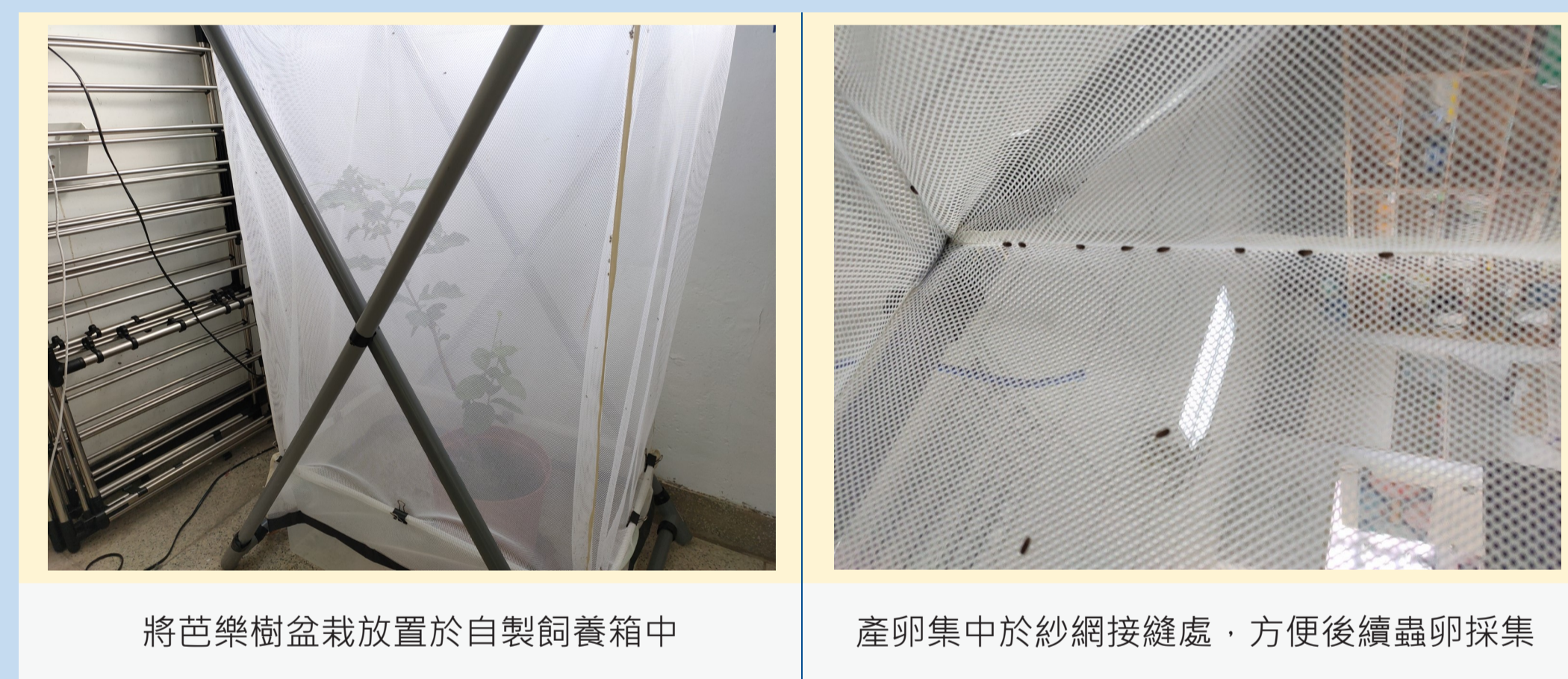
全光照環境設置

全光照錄影畫面

## 伍、研究結果、討論與結論

### 研究 1-1：設計與建置若蟲與成蟲的生活環境

1. 飼養桶：較適合若蟲階段及特定觀察使用，當體型較大時，會造成棉桿竹節蟲蛻皮失敗。另外食草固定座儲水量較少，需要經常補充水分，否則芭樂葉容易枯萎。
2. 自製飼養箱：雖然尺寸 100cm 高、70cm 長、45cm 寬，但重量較輕且容易組裝，適合變換不同地點擺放。進行蟲卵蒐集時，可進入內部觀察採集，清理也相當容易，紗網材質有利產卵行為。

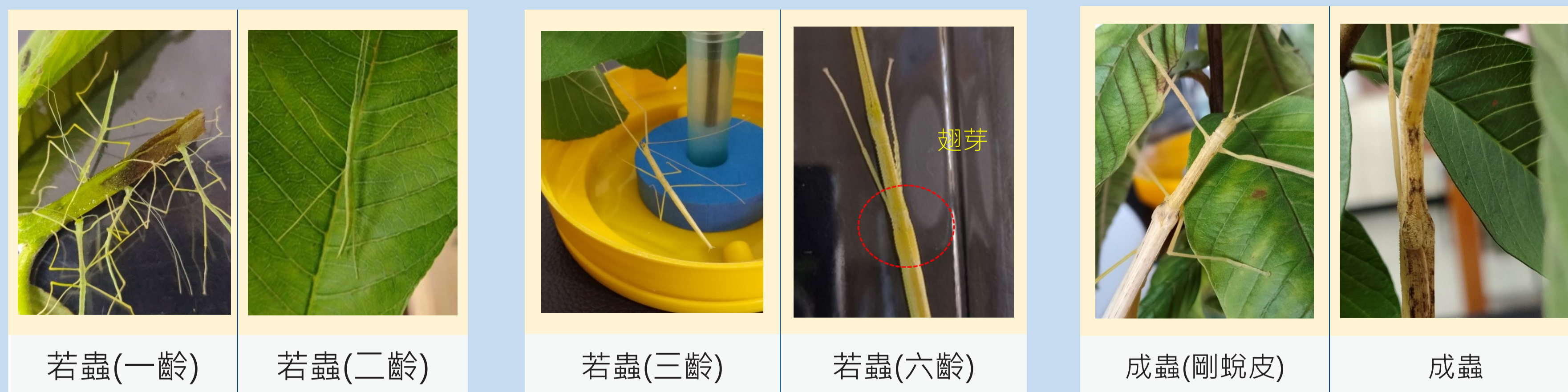
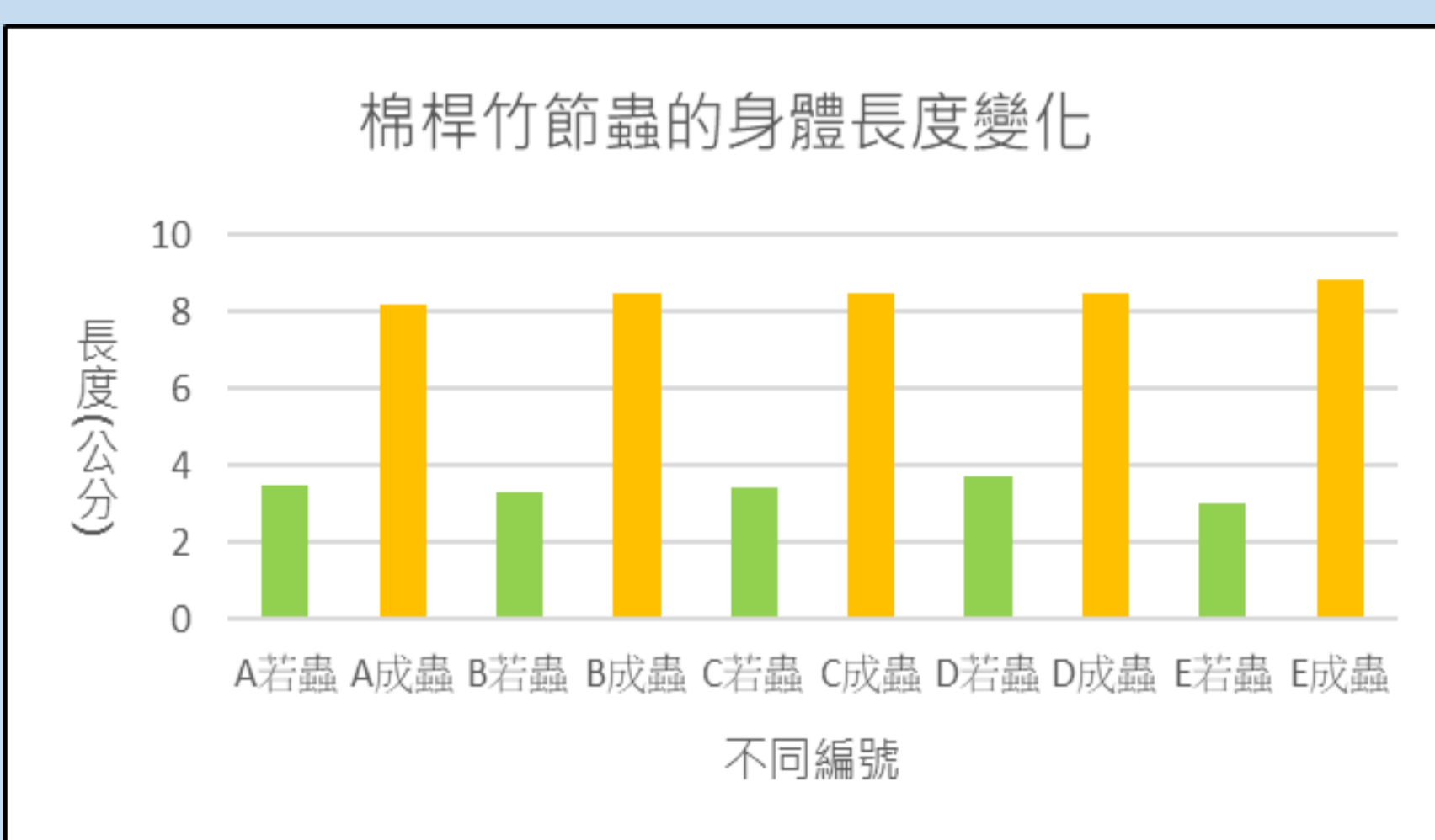


將芭樂樹盆栽放置於自製飼養箱中

產卵集中於紗網接縫處，方便後續蟲卵採集

### 研究 1-2：若蟲與成蟲生長速度及顏色變化

1. 若蟲階段的體長約在 3.0cm~8.0cm 之間，若蟲階段在六齡時只有翅芽；成蟲階段的體長約在 8.2cm~9.1cm 之間，成蟲階段已有完整的翅膀。從一齡若蟲至成蟲生長期約為 61~70 天之間。
2. 若蟲階段的身體顏色由淡綠至黃綠色，成蟲階段的的身體顏色則為黃色至黃褐色。



若蟲(一齡)

若蟲(二齡)

若蟲(三齡)

若蟲(六齡)

成蟲(剛蛻皮)

成蟲

### 研究 1-3：若蟲與成蟲食草覓食部位分析

1. 發現若蟲階段覓食中葉及後葉部位的次數較多，葉尖部位的次數較少。發現成蟲階段覓食前葉部位及中葉的葉片次數較多，葉尖部位的次數較少。
2. 觀察若蟲覓食影片，發現體型較小的若蟲，身體長度小於葉片，會直接攀附在葉片側面上覓食，容易覓食的部位與其避敵位置相近。
3. 觀察成蟲覓食狀況，發現體型較大的成蟲，身體長度已超過葉片，常攀附鄰近樹枝或葉片上覓食其他葉片，因此覓食部位以前葉及中葉部位較多。葉尖部位因有主葉脈及攀附面積太小，不利於覓食。

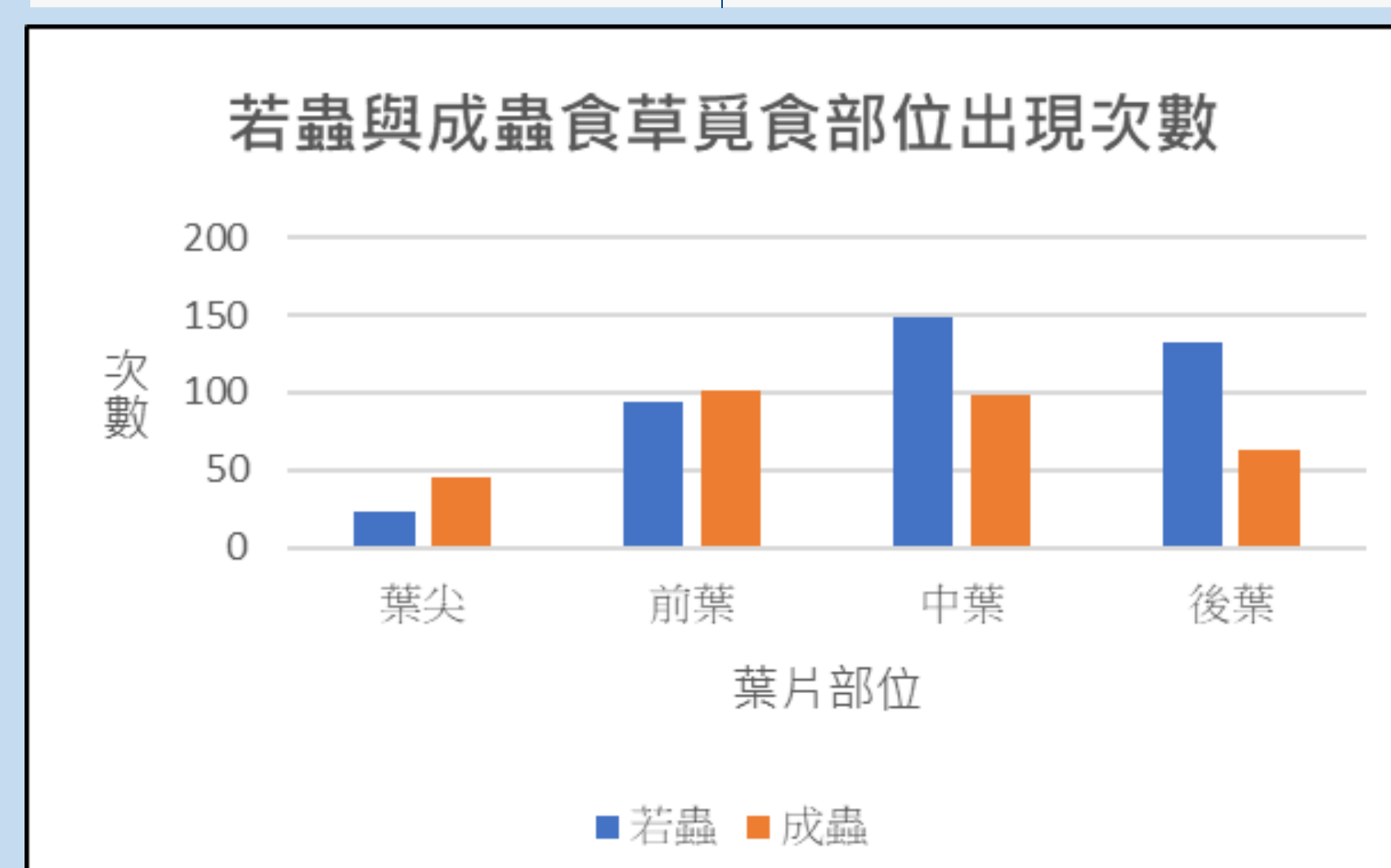


若蟲覓食狀況

成蟲覓食狀況

### 研究 2-1：不同個體之頭胸節斑點與斑紋差異

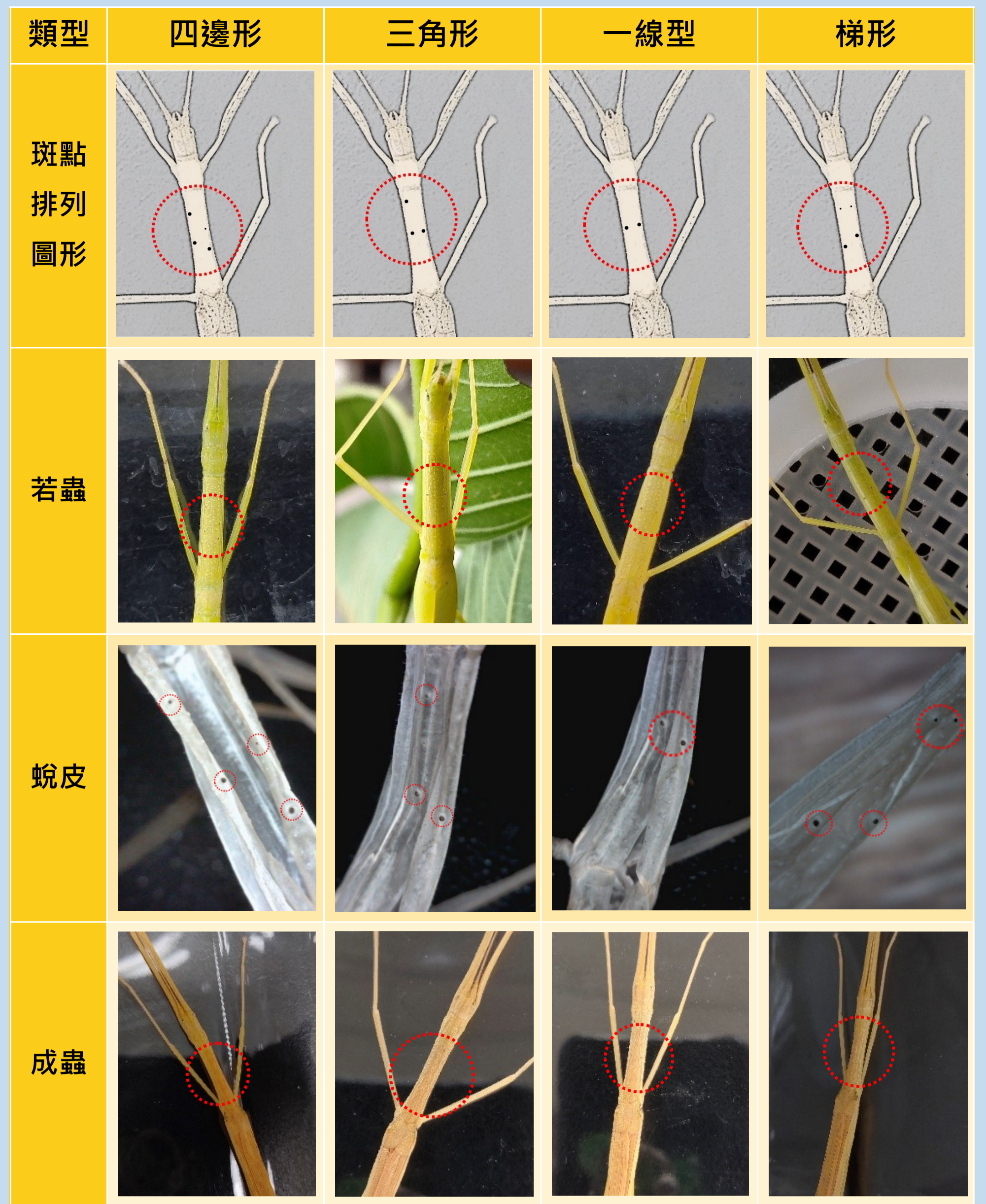
1. 不同時期的拍攝照片我們發現同一飼養桶的棉桿竹節蟲中胸背板斑點有共通性，斑點數量及排列圖形與位置相當相近，目前發現斑點數量有「2~6 點」等型式，圖案有「一線形」、「三角形」、「四邊形」、「梯形」等。
2. 同一飼養桶的若蟲與剛蛻皮後的成蟲，在中胸背板斑點數量及排列圖形與位置也相當相近，但成蟲身體顏色較暗，斑點較不容易辨識。



## 研究 2-2：若蟲與成蟲頭胸節斑點與斑紋之變化

- 1.同一編號各時間的成蟲，在頭胸節斑點數量及排列圖形與位置也相當相近，但越後期的成蟲身體顏色較暗，斑點以漸漸看不到。
- 2.同一編號各時間的成蟲，頭胸節在成蟲後期開始出現深褐色斑紋及線條，尤其在頭節部分最明顯。

日期	108.12.29	109.01.11	109.01.22	109.02.02
不同 齡期				

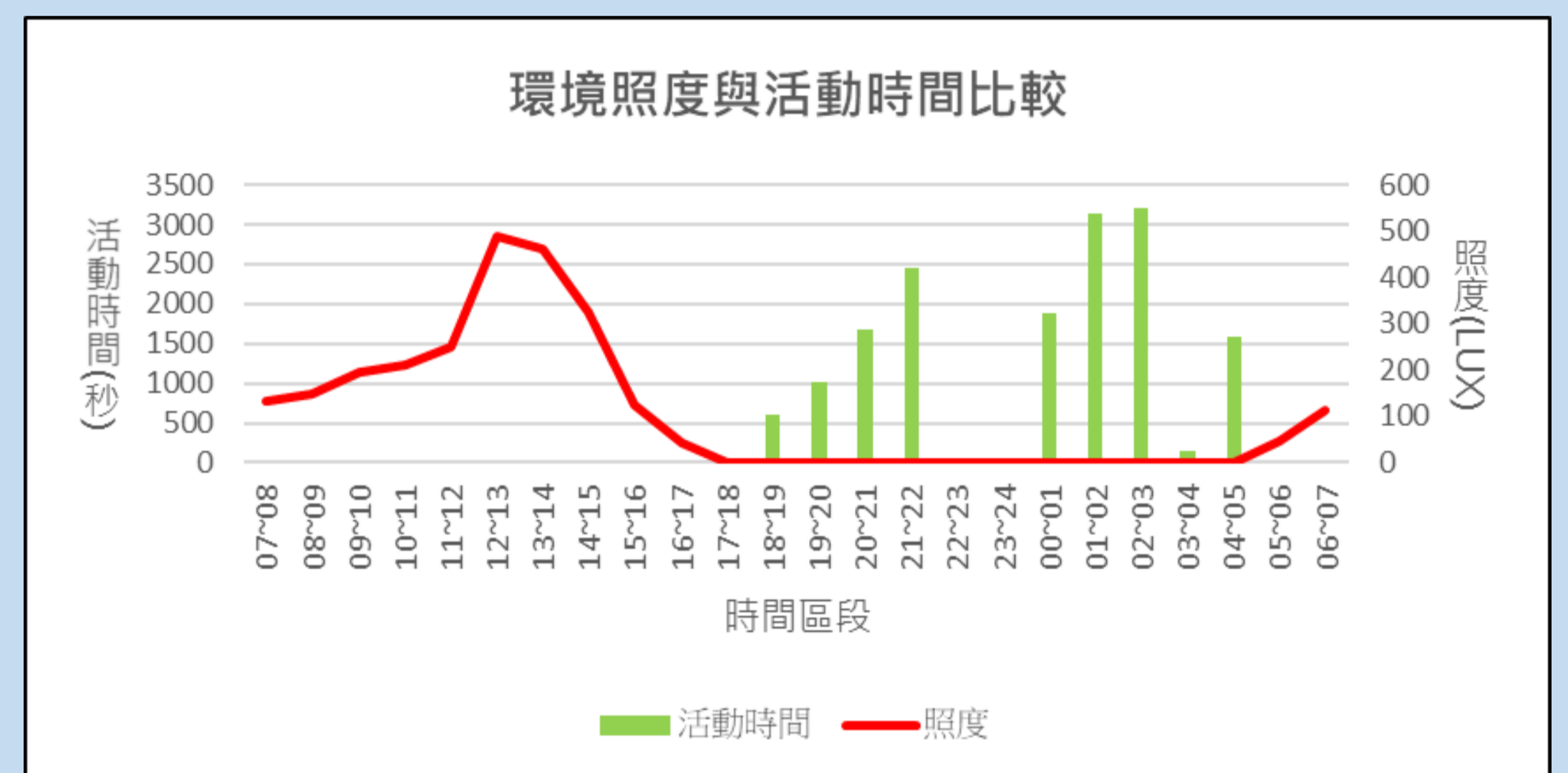


## 研究 3-1：棉桿竹節蟲日間活動分析

- 1.依據活動紀錄影片紀錄，時間為下午 6~7 點由休息進行爬行及覓食行為，隔天清晨約 6 點後會離開食草進入休息狀態。
- 2.由環境照度與活動時間的比較統計圖中，我們發現各項行為發生於照度為 0 的時段，依環境光偵測時間在 18:00 至隔日 06:00 之間。
- 3.不論若蟲或成蟲，白天時間若因外界干擾會進行短暫爬行或飛行，但找到躲避位置後就會停止活動。

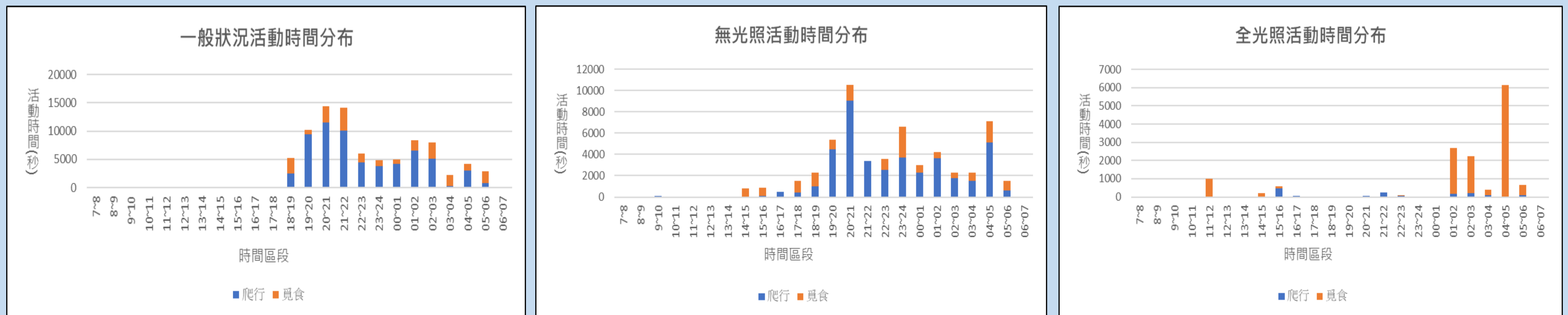
## 研究 3-2：棉桿竹節蟲夜間活動分析

- 1.在將近 30 分鐘覓食過程中，尾部會上下微幅擺動，成蟲擺動動作較小，但仍然可以發現。
- 2.在將近 90 分鐘的蛻皮過程中，首先會將頭部與胸部彎折，接著新的身體會從中間裂開部位鑽出，並移至高處等待組織硬化及翅膀伸展，完成後會開始吃掉蛻皮，通常會剩下較硬的腳部和觸鬚。
- 3.牠們在無光線的狀況下，會以倒勾的尾部一直嘗試，尋找較隱蔽及有食草的地點產卵，如葉背、管狀孔及紗網接縫處，找到位置後約 3~5 分鐘就可完成產卵。

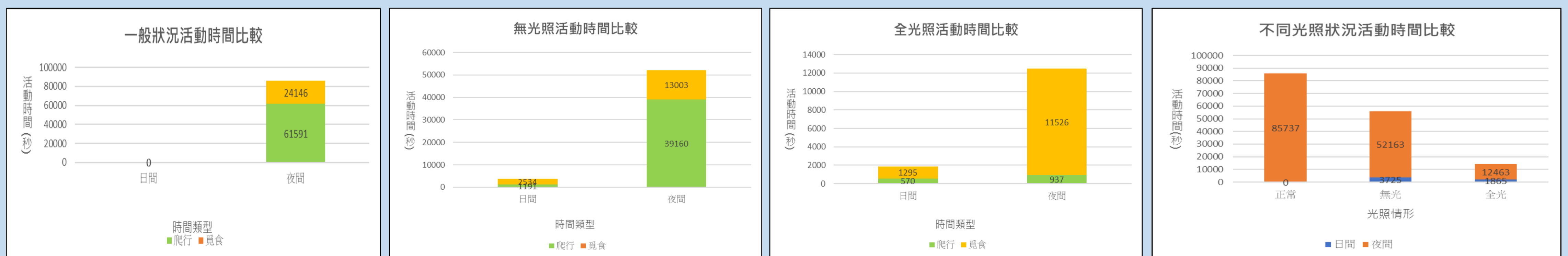


## 研究 3-3：不同光照環境對棉桿竹節蟲生物節律的影響

- 1.在一般及無光環境下，活動時間集中於夜間時段(18:00~隔日 06:00)發生，且活動高峰期在 20:00 至 21:00 之間。在無光環境下，於 14:00 就開始有爬行及覓食活動，且隨時段逐漸增加。但一般光照環境下，日間無活動行為發生。在全光環境下，活動高峰期在 00:00~06:00，且時間長度明顯減少，日間(10:00~16:00)反而出現較多的活動。



- 2.在一般光照環境下總活動時間最長，無光照環境次之，全光照環境最短。在一般光照及無光照環境下，夜間爬行活動的時間較覓食活動長，但在全光照的環境下，夜間覓食活動的時間反而比爬行活動時間長。在日間活動發生情形中，只有無光照環境及全光照環境發生，且以無光照環境時間較長。



- 3.處於靜止狀態時，在無光環境下，觸鬚的晃動情形活躍，六隻腳的姿態是張開高挺的；但在有光照環境下，觸鬚會停止晃動且會與前足併攏，六隻腳的姿態是平貼攀附物體上。我們也可以從靜止姿態的不同，發現光照會影響牠的警戒狀態，藉以判斷是否開始進行活動或保持擬態避敵。

