

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

080314

新住民的美麗與哀愁~探究泰國小紅翅竹節蟲的
生存適應妙方

學校名稱： 高雄市苓雅區四維國民小學

作者： 小六 方崧全 小六 蔡詠翔	指導老師： 林巧評 龔貞華
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 泰國小紅翅竹節蟲、外來種、生活習性

新住民的美麗與哀愁～

探究泰國小紅翅竹節蟲的生存適應妙方

摘要

本研究在一年多的人為圈養環境中，以番石榴葉飼養下來觀察、記錄、統計分析後發現：泰國小紅翅竹節蟲在溫度 20～33℃ 溼度 50～80% 照度 0～250Lux 之間均能正常成長，卵期約六個月，成長週期 283 天分七或八個齡別：一齡成長天數約 15 天，二～五齡 17 天，六齡 19 天，七齡 21 天，八齡成蟲 157 天；一生多停駐植株上段就近取食共約 4528.96 cm²，八齡食量最大，約產下 250 顆卵但只有少數能發育為成蟲且都是雌蟲，在受干擾時會展開鮮紅小後翅來嚇阻對方。

對於校園植物-芒果等九種均會取食；在日夜顛倒照度置換下，動靜態行為均受光線影響；喜歡攀高取食，同時場域變大即不會發生搶食。

未來可防範未然，規劃外來種昆蟲在大量入侵時的因應，或許可以尋求一種和平共處的生態模式。

壹、研究動機

每次到自然老師的教室裡，最吸引的就是其中一種外來種『泰國小紅翅竹節蟲』，牠偽裝成樹枝，同時又有著鮮紅色翅膀的嚇阻技能，這激起了我們的好奇心，想了解近年才遠渡重洋來到台灣的牠們，是否會因為適應環境而改變食性和生活作息呢？如果在飼主隨意棄養或脫逃後進入野外，會造成另一回人蟲共處的危機嗎？於是我們決定進行長期的觀察與一連串的深入探究，希望能揭曉泰國小紅翅竹節蟲不為人知的秘密，同時能藉此在目前盛行的有機無毒農場上先提供一些參考預防措施，那可就是 ” 好天著存雨來糧 ” 啦！真好！

教材相關性：康軒版自然科學四下第三單元－昆蟲大解密。

貳、研究目的

- 一、探究泰國小紅翅竹節蟲的完整生活史與外形特徵。
- 二、飼養並比較泰國小紅翅竹節蟲各齡期的成長週期及食量的差異。
- 三、飼養並探究泰國小紅翅竹節蟲對各種校園植物的取食偏好。
- 四、深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。
- 五、歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置及高度對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。

參、文獻回顧

一、目前國內 (包括全國科展作品)均未查獲有關本實驗中泰國小紅翅竹節蟲的生活史以及取食習性的研究，多是飼養的經驗分享；僅有一篇科展作品是利用其排泄物可作為染布材料的研究；但在國外(含原生地泰國)則有一篇合併同屬竹節蟲種類的成長週期比較與原生環境條件敘述的文章，如:節肢動物時事期刊。(詳如參考文獻一)

二、現將全國科展歷屆參賽作品中，和本研究相關實驗的結論整理如下表：

參展屆數 (組別)	作 品 名 稱	研 究 結 論
第 62 屆(國小組)	「便」本加利-以竹節蟲排泄物作為染布材料之探討	利用泰國小紅翅竹節蟲的排泄物可用來作為染布的材料。
第 21 屆(國小組)	偽裝能手——竹節蟲	本篇為唯一有研究竹節蟲食量的作品，結論為平均每天每隻蟲約可進食2cm ² 的葉片。 但文中未說明是何種竹節蟲。

肆、研究設備及器材

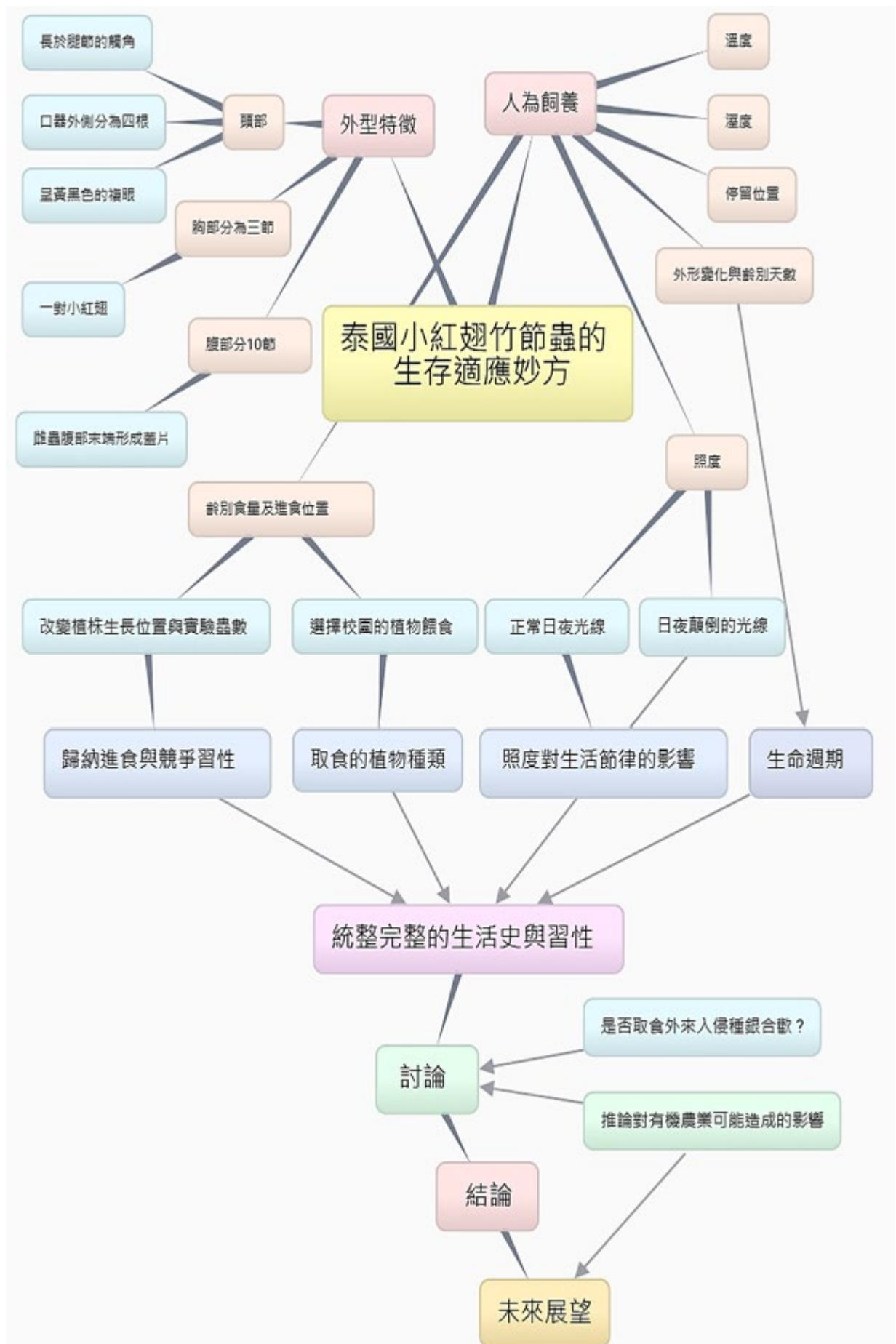
本研究所有圖片、照片(除已標示外)皆由研究者/ 指導老師所繪製、拍攝。

- 一、**研究設備**：4K動態紅外線偵測攝影機、探針式電子兩用溼溫度計、數位式照度計 (TES-1330)、游標尺、彎管觀葉加溼器、數位單眼相機、自製飼養筒、自製支撐鐵架、細孔園藝紗網、細網式飼養籠、捕蟲罐、園藝剪刀、滴管、方格紙、不鏽鋼山形夾、長尾夾、吸水方布、遮光窗簾布、蝶型曬衣架、噴水器、小玻璃罐、四方型壓克力盒、放大鏡、長軟鑷夾、透明塑膠布。
- 二、**研究材料**：人為飼養的泰國小紅翅竹節蟲群、校園內的芭樂等十二種植物(詳如下圖)、銀合歡植株、水、外科用口罩、橡膠手套、花藝海綿、水苔、塑膠容器。



伍、研究過程及結果

一、思考過程的心智繪圖

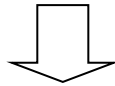


二、研究流程及實施日程圖

利用課餘時間查閱專業書籍及網站，多方蒐集有關泰國小紅翅竹節蟲原生環境的適宜生長條件，並詳細整理國外有關蟲體研究的相關資料。

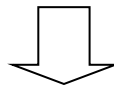


探究活動一：長期觀察泰國小紅翅竹節蟲在定點環境活動的情形，同時利用放大鏡觀察蟲體，並詳細記錄其完整生命週期的各種特徵及行為，得知適合此蟲的環境條件、生活習性及食性。

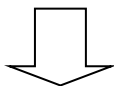


探究活動二：結合上述經驗進一步將定量的泰國小紅翅竹節蟲連同常用食草一併帶回在人為環境的飼養籠中長期觀察記錄，同時量化統計各齡別的體型大小、成長天數、停駐位置、食用部位及食量的差異。

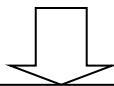
發現問題：如果我們改以不同種類、不同高度的食草或以人為方式調整飼養環境的照度等變因，是否能夠探究出泰國小紅翅竹節蟲為了適應非原生環境條件，而產生出更多樣性的生存方式呢？



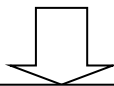
探究活動三：進一步探究泰國小紅翅竹節蟲對於校園植物的取食偏好。



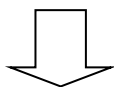
探究活動四：延續探究活動二，深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。



探究活動五：歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置及高度對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。



討論與結論



未來展望

研究過程關係圖

時間 項目	112 年 7 月 ~ 113 年 7 月	113 年 7~8 月	113 年 9~10 月	113 年 11~12 月	114 年 1~2 月	114 年 2~3 月
蒐集並統整國內外 有關泰國小紅翅竹 節蟲的生態記錄與 原生環境資料。						
探究活動一						
探究活動二						
探究活動三						
探究活動四						
探究活動五						
說明書的撰寫彙 整與修正						

研究實施日程圖

探究活動一、探究泰國小紅翅竹節蟲的完整生活史與外形特徵。

(一) 研究步驟：

- 1、利用放大鏡觀察並攝影(如圖 1-2)，再輔以手工繪圖詳細記錄泰國小紅翅竹節蟲的外形特徵(如下圖 1-3)。
- 2、每天至自然教室觀察並長期記錄老師在飼養籠內圈養的泰國小紅翅竹節蟲群成長的外形變化。
- 3、再選取上述定點環境的 13 隻泰國小紅翅竹節蟲，以整個完整成長週期的時間依月份詳細觀察並記錄溫、溼、照度與蟲體外形的變化，同時統計出各齡期的天數、成蟲的產卵數及日後的若蟲孵化數。(如下表 1-2、1-3)。

(二) 研究結果：

- 1、本研究的泰國小紅翅竹節蟲(*Phaenopharos khaoyaiensis*) 分類地位詳如表 1-1、圖 1-1，實體相片如圖 1-2，及手繪背、腹面構造圖如圖 1-3 所示。

表 1-1 泰國小紅翅竹節蟲分類表

界	門	綱	目	科	屬	種
動物界	節肢動物門	昆蟲綱	竹節蟲目(脛緣亞目)	長角竹節蟲科(長角棒竹節蟲亞科)	<i>Phaenopharos</i>	<i>khaoyaiensis</i>

竹節蟲目							
亞目	Agathemerodea	Timematodea	Verophasmatoidea				
亞目		矮竹節蟲亞目	真蠟亞目				
下目			Anareolatae	Areolatae			
下目			膝平下目/膝峰下目	膝窩下目/膝後下目			
總科				Aschiphasmatoidea	Phyllioidea	Bacilloidea	Pseudophasmatoidea
科	Agathemeridae	Timematidae		爪齒竹節蟲總科	葉蠟總科	桿竹節蟲總科	擬竹節蟲總科
科				Aschiphasmatidae	Phylliidae	Anisacanthidae	Heteronemiidae
科				爪齒竹節蟲科	葉蠟科	異棘蠟科	異竹節蟲科
科				Damasippoididae		Bacillidae	Pseudophasmatidae
科				科		桿竹節蟲科	擬竹節蟲科
科				Prisopodidae		Heteropterygidae	
科				蟲足蠟科		異翅竹節蟲科	
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科							
科				</			

圖 1-1 作者自製的泰國小紅翅竹節蟲詳細分類圖

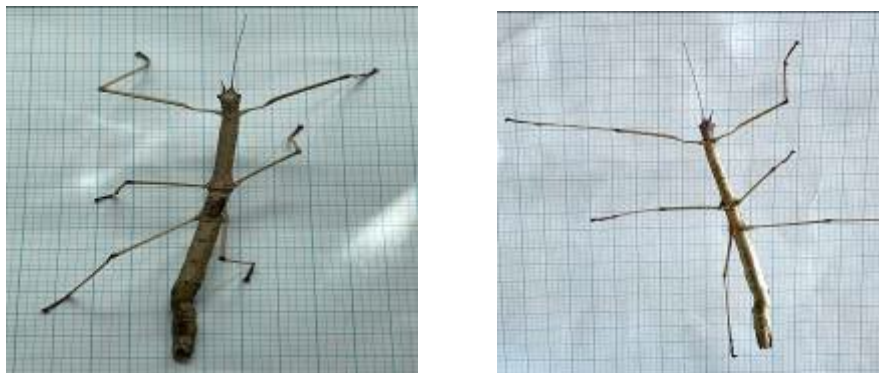


圖 1-2：泰國小紅翅竹節蟲八齡雌蟲實際外形及背、腹面體長相片(體長約為 13cm)

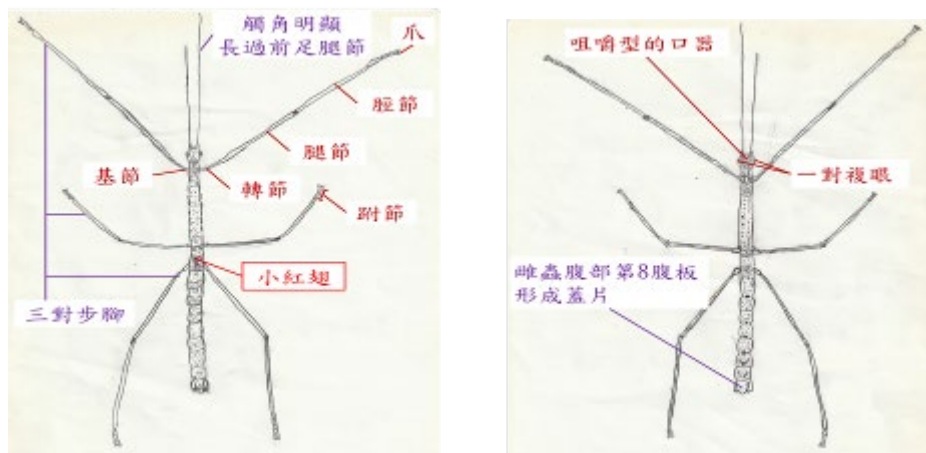


圖 1-3：泰國小紅翅竹節蟲八齡雌蟲外形背、腹面作者手繪構造圖*

註：以上圖示為作者觀察實物及參照黃世富(2002)。台灣的竹節蟲。所繪製及拍攝。

2、泰國小紅翅竹節蟲的構造：

- (1) 根據實物及放大鏡觀察的結果：本次飼養的泰國小紅翅竹節蟲均為雌蟲，牠有著昆蟲共同的特徵：身體分為頭胸腹三節，胸部又分前中後三節，腹部背板為十節，有一對明顯長於前足腿節的絲狀觸角，三對在末端有跗節五節的腳，跗節末端上有爪；剛孵化的一齡若蟲體表呈黑色，在成長過程會漸漸轉為淺棕色，成蟲前翅已退化，會在受驚嚇時張開一對長在後胸不具飛行功能的鮮紅色小後翅(如圖 1-4)。

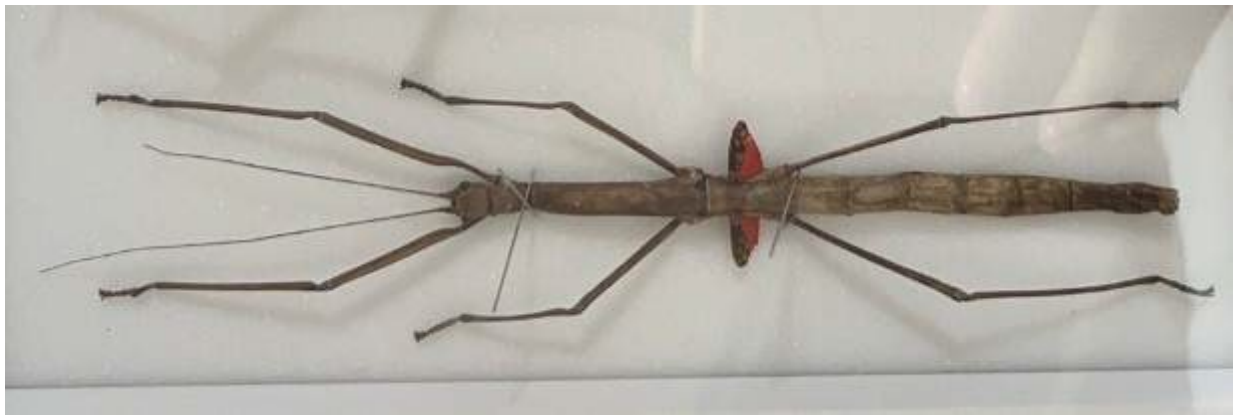


圖 1-4 作者所飼養的泰國小紅翅竹節蟲張開鮮紅色後翅標本示意相片。

- (2) 觀察繪製泰國小紅翅竹節蟲的構造圖後，再同時對照長期飼養過程(探究活動二)中的發現：泰國小紅翅竹節蟲的口器呈咀嚼式，成蟲時期腹部末端的第八個腹板會形成一個大形的蓋片，在產卵前會從這裡開合隨意棄置落下卵粒。(如圖 1-5)。



圖 1-5 雌蟲成蟲腹部末端會形成蓋片，在產卵前會從這裡開合隨意產下卵粒。

- 3、長期觀察同時記錄 13 隻泰國小紅翅竹節蟲，在期間僅一隻完整成長至八齡的雌蟲，在未經交配下共生產 179 顆卵，孵化出 17 隻若蟲，將此一蟲群成長週期的平均溫度、溼度、照度及齡別間隔天數彙整如下：

表 1-2 泰國小紅翅竹節蟲定點環境成長週期平均變化表

蛻皮成 長天數 生長 月份及環境因子	齡期及 蟲數 體長	一齡 -13 隻 1.5cm	二齡 -10 隻 3 cm	三齡 -8 隻 4 cm	四齡 -7 隻 5cm	五齡 - 5 隻 6.5cm	六齡 -5 隻 8cm	七齡 -3 隻 10cm	八齡 -1 隻 13cm
十一月 20~30℃ 55~70%80~170Lux		孵化 14 天							
十二月 15~25℃ 55~60%.78~155Lux			蛻皮 1 15 天	蛻皮 2 15 天					
一月 14~25℃ 55~70%.75~150Lux					蛻皮 3 17 天	蛻皮 4 15 天			
二月 12~24℃ 55~60%.70~145Lux							蛻皮 5 17 天	蛻皮 6 18 天	
三月 17~27℃ 60~70%.75~155Lux									蛻皮 7

表 1-3 泰國小紅翅竹節蟲八齡成蟲產卵及孵化數記錄表

產卵日期 產卵月份數 及環境因子	113/ 4/6~15	113/ 4/16~ 30	113/ 5/1~15	113 5/16~ 31	113 6/1~15	113 6/16~ 30	113 7/1~ 30
四月 20~29℃ 60~75%.60~42Lux	於 4/6 產第一 顆卵 23	32					
五月 22~31℃ 55~70%.65~46Lux			49 孵化 5	33 孵化 4			
六月 24~33℃ 55~70%.72~50Lux					17 孵化 3	13 孵化 5	
七月 24~34℃ 65~80%.75~48Lux							12
八月 27~36℃ 65~80%.72~45Lux	8/9 死亡共產下 179 顆卵						

4、我們歸納上述數據推估出泰國小紅翅竹節蟲的生命週期約為 258 天
(如表 1-2、1-3)。

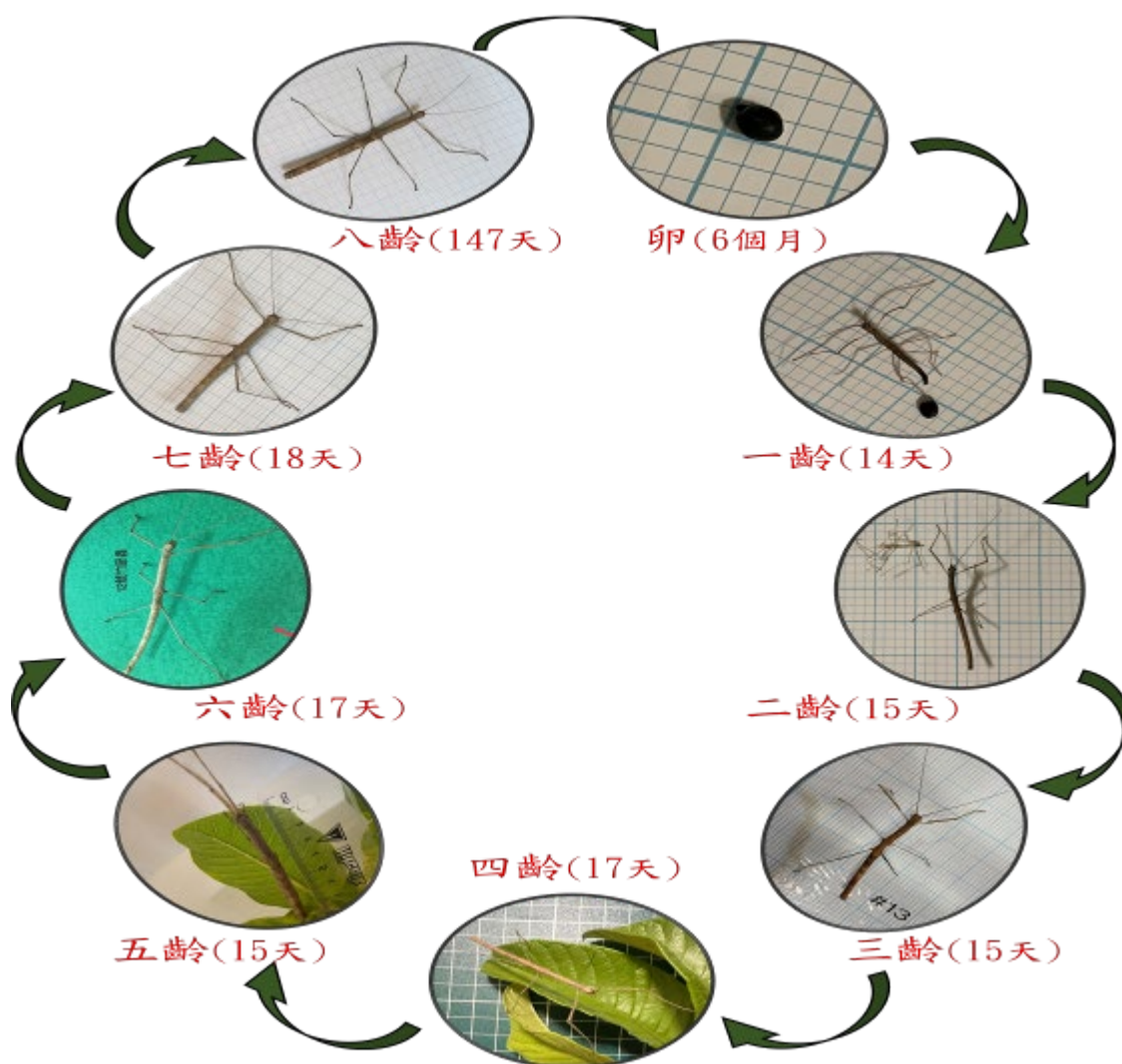


圖 1-6 定點環境泰國小紅翅竹節蟲生命週期關係圖

（三）困難與建議：

1. 在老師的教室長達近一年多的觀察記錄中發現：泰國小紅翅竹節蟲的一齡若蟲孵化率不高，而且多數外形並不算完整，再順利成長至下一個齡別的數目又更少了，所以我們不斷請教老師照顧的方法並調整有利孵化的條件，希望能夠有較多健康的個體出現。
2. 在觀察泰國小紅翅竹節蟲自孵化至成蟲產卵的一世代期間，必須跨年進行觀察與記錄，同時擔心著是否能自一齡順利成長至八齡死亡離去？這真是一次考驗耐心和體力的長期研究，幸而在大家的分工照顧與記錄之下，整理出完整的數據變化。

探究活動二：飼養並比較泰國小紅翅竹節蟲各齡期的成長週期及食量的差異。

（一）研究問題：

在 112 年五月~113 年八月期間，我們只在白天上課時間至老師飼養處觀察泰國小紅翅竹節蟲，發現很難仔細地記錄並有詳細成長過程的數據，而且為什麼我們在前一年所觀察到的泰國小紅翅竹節蟲，多數在蛻皮至七、八齡時容易失敗、而無法成長至成蟲呢？

因此，我們決定自己在家中飼養並增加蟲數，同時討論好記錄的項目來仔細地深入觀察，並推算出泰國小紅翅竹節蟲在各齡期的成長週期及停留位置，同時在各月份不同溫、溼及照度差異下的食量和產卵數等數據。

（二）研究步驟：

- 1、將老師教室內長期圈養的各齡期的泰國小紅翅竹節蟲共 12 隻(後含 12 月始孵化的 2 隻一齡若蟲共 14 隻)，連同食草番石榴葉分為每籠(長寬高各 30cm)二隻共六籠，依據外形及體長變化來區分齡別（依據探究活動一，表 1-2）(如下圖 2-3)再帶回家中在通風且較無干擾的場域中飼養，並依籠別將其編號(若遇蛻皮後為同齡別，則以無毒軟性筆在後肢畫一圈標記分辨)，每天注意維持適合其生長的環境條件，同時測量記錄溫度、溼度及照度的變化。(如下圖 2-1、2-2)。
 - 2、每日以繪圖並配合方格紙定時記錄泰國小紅翅竹節蟲的食量、食用部位、各齡期的停駐位置、成長變化及產卵數，藉以歸納出更完整的成長週期、食量差異、成蟲產卵數及日後可能的孵化日期。(如下表 2-1~2-7，圖 2-5~2-7)。
 - 3、仔細比對當日前一天的各項數據及繪圖記錄，並架設 4K 動態紅外線偵測攝影機進行長時間連續錄影，希望能適時捕捉最真實的活動情形，藉以比對並據以推論出其生存的適應方式。(如下圖 2-4)。
- (詳如原始紀錄表二-1、二-2 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲成長及特殊行為觀察紀錄表)。



圖2-1 仔細佈置適合泰國小紅翅竹節蟲生活且易於觀察的人為飼養箱。

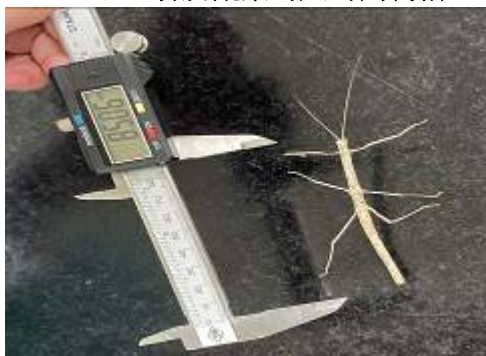


圖2-3 以游標尺測量蟲體大小並記錄其成長齡期與外形變化。

圖2-2 小心以無毒軟性筆在後肢畫圈標明分辨同籠同齡別的蟲兒。



圖2-4 以4K動態紅外線偵測攝影機進行長時間連續錄影，來觀察泰國小紅翅竹節蟲最正確的行為及進食狀態。

(三) 研究結果：

- 1、觀察期間，依據我們所記錄的數據顯示：泰國小紅翅竹節蟲在一至四齡時，多著生在飼養籠及植物上段位置，當成長至五至八齡時則除了前述位置外，也會在飼養籠及植物中、下段位置(原始數據詳如附件表二-1-1，二-1-2，統整如下表2-1；2-2)；因此我們決定在探究活動五中再深入研究此一現象。

表 2-1：觀察泰國小紅翅竹節蟲一～四齡期分段停駐位置天數統整記錄表

編號：1～14 號蟲體總天數數據

停 留 天 數 停駐位置	莖部	葉柄基部	葉面正面	葉面反面	其 他 (飼養籠面)
上 段(20~30cm)	0	0	24	18	40
中 段(10~20cm)	0	0	1	3	64
下 段(0~10cm)	0	0	0	0	0

表 2-2：觀察泰國小紅翅竹節蟲五至八齡期分段停駐位置天數統整記錄表

編號：1～14 號蟲體總天數數據

停 留 天 數 停駐位置	莖部	葉柄基部	葉面正面	葉面反面	其 他 (飼養籠面)
上 段(20~30cm)	8	0	13	15	841
中 段(10~20cm)	4	1	6	10	652
下 段(0~10cm)	3	0	15	24	65

備註：1.以編號 1～14 號蟲體觀察期間停駐天數統計。

2.環境變因：(1) 平均溫度：21-27 °c (2) 平均溼度：56-70 %

(3) 平均照度：51-175 Lux

3.觀察日期：113.8.2～114.2.19

表 2-3：飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別(體長)與停駐植株位置總天數統整記錄表

昆蟲編號：1~14 號

停 留 天 數 齡 別 植株 位置	莖部	葉柄	葉面正面	葉面反面	其他
一齡 (1.5-1.6cm)	0	0	6	13	15
二齡 (2.8-3.2cm)	0	0	5	3	25
三齡 (3.9-4.2cm)	0	0	7	3	30
四齡 (4.8-5.2cm)	0	0	7	2	32
五齡 (6.4-6.6cm)	0	0	3	3	22
六齡 (8.0-8.2mm)	1	1	10	4	92
七齡 (9.8-10.cm)	1	0	11	11	179
八齡 成蟲 (13.0-13.9cm)	15	0	26	28	1102

備註：同上表 2-2 備註細項。

- 2、我們分別在二個不同的人為環境中詳細記錄環境變因，並將泰國小紅翅竹節蟲各齡別的成長天數平均詳如下表 2-4、圖 2-5。(各分組原始數據詳如附件 2-3 齡別及成長天數統整記錄表)

表 2-4：人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別及成長天數統整記錄表

成 長 天 數 昆蟲 齡 別 編號	一 齡	二 齡	三 齡	四 齡	五 齡	六 齡	七 齡	八 齡 成 蟲
1						*17	*24	*168
2							18	*157
3			4	*16	*13	*19	死亡	
4						3	*23	*184
5					*15	*20	9(死亡)	
6						8	*20	死亡
7							10	*168
8						1	*20	*157
9						15	*20	*143
10						8	*20	*141
11							11	*167
12						16	*25	死亡
13	*15	*17	*16	*19	*19			
14	*14	*17	*18	*21	*19			

各齡別平均天數	15	17	17	19	17	18.65	20.65	157
---------	----	----	----	----	----	-------	-------	-----

備註：1.以 113.8.2~114.2.19 止非中途死亡的八隻泰國小紅翅竹節蟲成蟲及 113.12 孵化
的二隻若蟲作成長天數統計(* 號為採計數字)。

2.環境變因：(1) 平均溫度： 21-27 °c (2) 平均溼度： 56-70 %

(3) 平均照度： 51-175 Lux

3.觀察日期：113.8.2~114.2.19

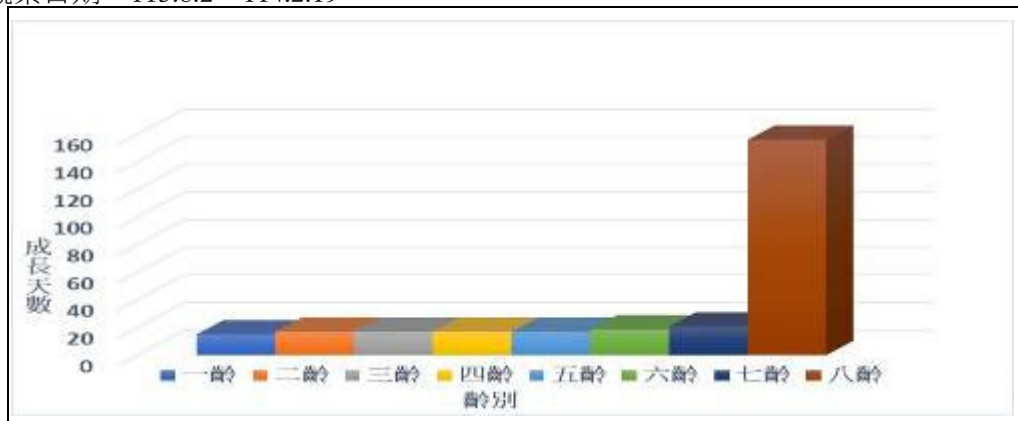


圖 2-5：人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別及成長天數 統整記錄表

- 3、我們發現順利成長的七隻泰國小紅翅竹節蟲雌蟲，均在第七次蛻皮成為八齡成蟲後的 21 天左右，即會在不經過交配就陸續以隨意落下方式產下平均約 258 粒卵。(如下表 2-5、圖 2-9)

表 2-5 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 成長月份及產卵數 統整記錄表

產卵編號 \ 成長月份	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	產卵總數
1			57	65	58	33	15	248
2		18	53	62	59	29	9	243
4		1						1
8		18	77	62	55	40	16	288
9		3	63	61	64	41	19	270
10		15	63	69	29	10		186
11		25	74	70	61	43	16	310

備註：1.以 113.8.2~114.2.19 止非中途死亡的(#4 除外)六隻泰國小紅翅竹節蟲成蟲作產卵數統計。

2.環境變因：平均溫度： 21-27 °c 平均溼度： 56-70 % 平均照度： 51-175 Lux

3.觀察日期：113.8.2~114.2.19

- 4、我們統計了各齡別泰國小紅翅竹節蟲的食量及取食食草部位，發現牠們食量會隨齡別增加而漸漸增多(如下表 2-6、圖 2-6)，有時甚至會有搶食行為(原始影片記錄詳如紀錄表二-2 特殊行為紀錄表)，而在一至四齡期時多取食莖葉前 30cm 的中、上段部位，五至八齡期則有時會爬行至下段取食(如下表 2-7、圖 2-7)。

表 2-6 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別與食量關係 統整記錄表

進食 數量 編號	昆蟲 齡別	一 齡	二 齡	三 齡	四 齡	五 齡	六 齡	七 齡	八成 齡蟲
1							121.98	184.8	3485.14
2								157.5	3621
3				18.45	71.25	118.2			
4							76	110.46	2765.27
5						116.32	123.5		
6							159.22	193.2	
7								150.15	2776.02
8								281.61	4148
9							172.33	332.01	4981.88
10							120.27	325.08	3426.28
11								174.72	4424.52
12							179.93	177.66	
13		5.1	5.92	17.6	34.58	125			
14		9	24.16	44	72.87	126.9			
各齡別平均食 量 (單位 cm ²)		7.05	15.04	30.8	53.73	117.16	156.2	240.24	3904.3

備註：1.上表內的食量統計以有完整該齡期蟲體者為主，cm² 為單位。

2.環境變因：平均溫度：21-27 °c 平均溼度：56-70 % 平均照度：51-175Lux

3.觀察日期：113.8.2~114.2.19

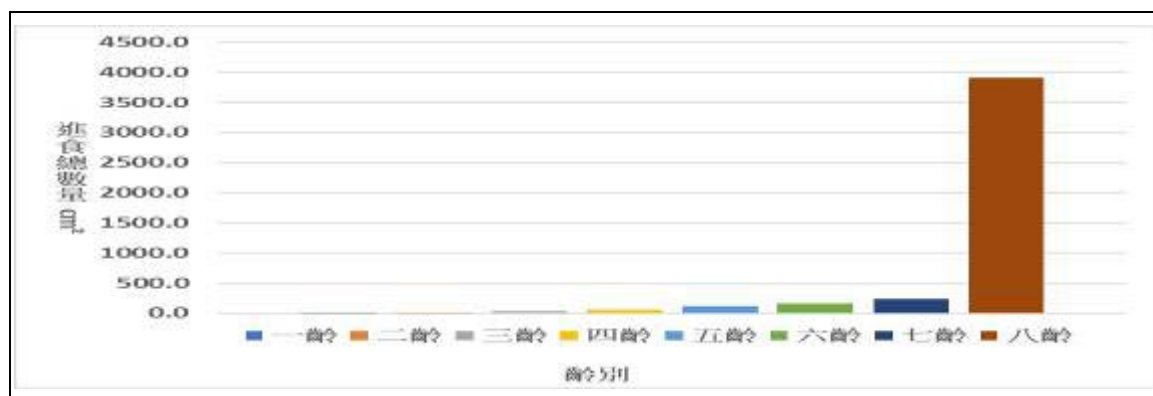


圖 2-6 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別與食量關係 統計圖

表 2-7 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別與食草進食部位 統整記錄表

進食 部位	昆蟲 齡別	一 齡	二 齡	三 齡	四 齡	五 齡	六 齡	七 齡	八成 齡蟲
上段(20~30cm)		27	25	29	36	10	62	196	649
中段(10~20cm)		0	7	0	1	6	36	64	614
下段(0~10cm)		0	0	0	1	3	9	28	317

備註：1.上表進食天數：以飼養的十四隻蟲體在各齡別所取食區間的總天數計算。
2.環境變因：平均溫度：21-27 °c 平均溼度：56-70 % 平均照度：51-175Lux
3.觀察日期：113.8.2~114.2.19。



圖 2-7 人為飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別與食草進食部位 統計圖

(四) 困難與建議：

1. 在飼養觀察期間，無可避免在環境中有些人為燈光與聲音的干擾，這讓我們有了一項疑問：泰國小紅翅竹節蟲會因為外面的聲或光而干擾到正常的作息嗎？我們決定在接著的探究活動中再仔細控制變因深入研究。
2. 我們發現台灣在夏秋兩季的溼度並不如泰國小紅翅竹節蟲的原生環境高，尤其在人為飼養的環境下，常會造成蛻皮失敗而造成身體殘缺，我們除了以改變餵食方式來延續蟲兒的生命外(如圖 2-8)，也嘗試以其他加溼方式來調整溼度，希望能改善圈養條件。



圖 2-8 對於蛻皮失敗的蟲兒我們改以平行餵食的設備來協助進食延續生命



圖 2-9 仔細依成蟲編號及產卵日期來個別收集卵粒以方便日後統計孵化天數。

探究活動三：飼養並探究泰國小紅翅竹節蟲對各種校園植物的取食偏好。

(一) 研究問題：

在探究活動一、二中歸納長期觀察的單隻個案及當年度八月起飼養的十二隻泰國小紅翅竹節蟲的成長記錄中發現一個疑問：泰國小紅翅竹節蟲是否只以番石榴葉為單一食草呢？（詳如表 1-2、表 2-6 人為飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別與食量記錄表）經過我們和老師討論後考慮下列三項理由，決定選取下表 3-1 中的 12 種植物來進行更詳細的觀察實驗。（詳如表 3-1 泰國小紅翅竹節蟲食草種類偏好及食量記錄表）

- 1、採集樣本選擇在校園中原本就有的植物。
- 2、植物樣本以不同科別選取。
- 3、為顧及泰國小紅翅竹節蟲的生存福祉，在實驗植物中仍加入探究活動一、二中

的飼養食草-番石榴葉。

（二）研究步驟：

- 1、將上述採集回的十二種植物仔細清洗拭去雜質，小心剪下下段莖葉，並除去可能已被其他動物食用的葉片，再量妥同探究二一致的 30cm 的高度後，隨機直插入浸泡好並置於透明盒內已存妥 2cm 水量、避免乾涸的四塊吸水花藝海棉中，以隨時保持植株的新鮮。(如圖 3-1、3-2)。
- 2、將步驟 1 已整理妥的植物水盆，放入用細孔園藝紗網加山形夾固定的長 90cm、寬 40cm、高 40cm 的鐵架裡面，並在折疊桌的四個支撐腳加上盛裝洗碗精稀釋液的塑膠杯，以避免螞蟻侵入咬傷竹節蟲。
- 3、將六隻八齡成蟲隨機放入已佈置妥的飼養架各個方位內，並以噴霧器在四周均勻灑上水霧以保持適合的溼度。
- 4、連續五天於固定時段測量並記錄每天的溫度、溼度及照度(如圖 3-3)同時以方格紙仔細量測並記錄六隻成蟲對於各種植物進食的總量(如圖 3-4)，並依每天蟲兒進食的狀況繪圖標明取食位置及記錄數據。(詳如附件三：人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲食草種類偏好及食量記錄表)



圖 3-1 將十二種校園植物量妥並截切海棉以上均為 30CM 的植株高度。



圖 3-2 仔細整理妥植物並隨機置入飼養架內依編號繪製分佈圖。



圖 3-3 我們連續五天於固定時段測量並記錄每天的溫度、溼度及照度。



圖 3-4 以方格紙仔細量測並比對記錄六隻成蟲對於各種植物的取食狀況。

（二）研究結果

1. 比較泰國小紅翅竹節蟲對於各種校園植物的取食喜好與食量差異。(詳如表 3-1)
2. 泰國小紅翅竹節蟲在人為環境中對於各種校園植物取食的喜好位置與數量分佈圖。(詳如圖 3-5 進食的植物種類、分佈位置與總量關係圖、圖 3-6~3-10 觀察期間作者每日的手繪記錄圖)

表 3-1 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲食草種類偏好及食量記錄表

進食 名稱 觀察 天數 總量	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	五天 總量
1. 對照組：番石榴 桃金娘科(Myrtaceae)	27.5	6	39	11	62	145.5
2. 茉莉花 木犀科(Oleaceae)	0	1	0	0	0	1
3. 芒果 漆樹科(Anacardiaceae)	35	20	23.5	22	31	131.5
4. 桑椹 桑科(Moraceae)	0	1	0	0	1	2
5. 柑橘 芸香科(Rutaceae)	14	20	19.5	38.5	8.5	100.5
6. 合果芋 天南星科(Araceae)	0	0	0	0	0	0
7. 大王仙丹 茜草科(Rubiaceae)	1	0	0.5	0	0	1.5
8. 樟樹 樟科(Lauraceae)	7.5	1	2	2.5	0	13
9. 台灣欒樹 無患子科(Sapindaceae)	0	0	5.5	0	0	5.5
10. 香蕉 芭蕉科(Musaceae)	0	0	0	0	0	0
11. 釋迦 番荔枝科(Annonaceae)	6.5	11	7.5	9.5	3.5	38
12. 鈍葉椒草 胡椒科(Piperaceae)	0	6	0	0	0	6

備註：1.環境變因：(實驗觀察日期：113.8. 15~113.8.19)

平均溫度：29.82 ° C 平均溼度：67.6 % 平均照度：306.6 Lux。

2.每種植物以枝條嫩芽往下測量，一致裁剪成 30cm 長度。

3.各種植物混雜扦插插入插花海棉中，並保持高度一致。

4.以六隻八齡成蟲為進食觀察主體。

5.食量測量以 cm^2 為單位計算，並以二位觀察者的測量結果平均計算。

12. 鈍葉椒草 6 cm^2	9. 台灣欒樹 5.5 cm^2	6. 合果芋 0 cm^2	3. 芒果(2) 131.5 cm^2
11. 釋迦(4) 38 cm^2	8. 樟樹(5) 13 cm^2	5. 柑橘(3) 100.5 cm^2	2. 茉莉花 1 cm^2
10. 香蕉 0 cm^2	7. 大王仙丹 1.5 cm^2	4. 桑椹 2 cm^2	1. 番石榴(1) 145.5 cm^2

圖 3-5 泰國小紅翅竹節蟲進食的植物種類、分佈位置與總量關係圖

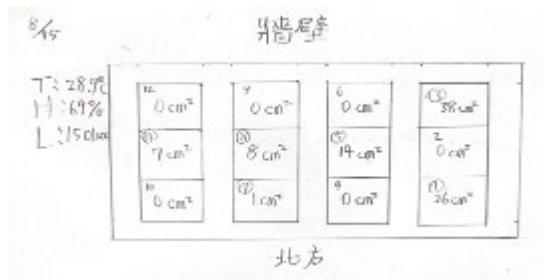


圖 3-6 第一天

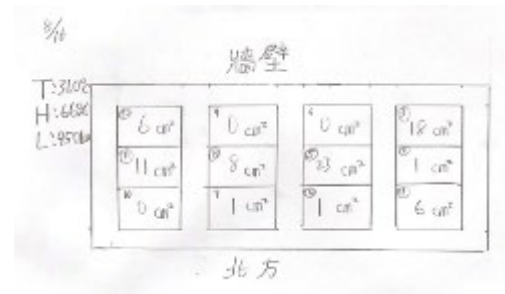


圖 3-7 第二天

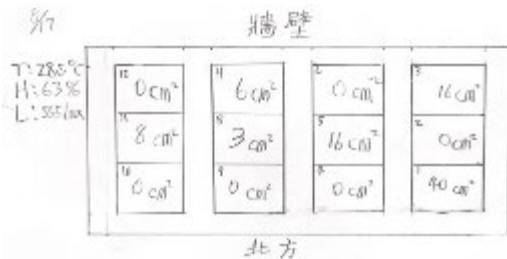


圖 3-8 第三天

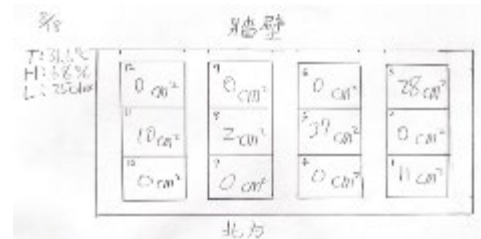


圖 3-9 第四天

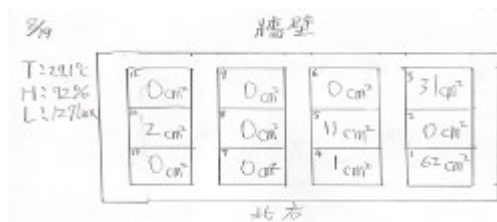


圖 3-10 第五天

圖 3-6~3-10 第一~五天泰國小紅翅竹節蟲進食植物種類與數量作者手繪關係圖

(三) 困難與建議：

1. 為了讓每種植物都有可能被泰國小紅翅竹節蟲在相同的條件下取食，確保實驗的準確性，所以我們儘量取每種植物一致的生長部位，並盡可能準備上部莖葉、且去除曾被其他動物咬食過的葉片，再隨機放置在實驗箱內。
2. 我們選擇暑假期間在空曠的教室走廊進行連續五天的觀察記錄，除了避免有其他同學的好奇干擾外，更考慮到泰國小紅翅竹節蟲原本就喜愛通風陰涼的生長環境；大夥兒排除萬難在一週內每天定時集合在學校觀測記錄，但只要出現了顯著的實驗結果時，所有的辛苦都有了代價。

探究活動四：深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。

(一) 研究問題：

在歸納探究活動二的記錄結果發現：無論在日間或夜晚時段，泰國小紅翅竹節蟲均會有進食及產卵的行為，這和我們查閱過的大多數竹節蟲習性不同(多屬於夜行性昆蟲，詳如:文獻五、八)；但是考量我們是在人為飼養的環境下觀察，所以很難分辨出到底是因為夜間點燈光線的干擾？還是原本即是牠們天生的自然節律呢？因此我們決定針對上述的疑問來進行更深入的探究。

(二) 研究步驟：

- 1、我們將下述二項變因---**日夜間照度**、**實驗場域**依序操作及控制後，**區分為四回、各三日的深入探究實驗**。
- 2、四回實驗中均採取下列方式進行：
 - (1)、同探究活動二中以二隻八齡成蟲同居一飼養籠內進行觀察。
 - (2)、採第一種日夜均為正常光線投射室內，及第二種為日間在飼養籠鋪蓋 100% 遮光的布簾、夜間則投射以同地點相同照度燈光(**採日間同一地點一天中有陽光的照度平均數據，如圖 4-5、4-6**)的二種方式，來各自進行三天三夜的錄影記錄。(手繪設計圖如圖 4-1，實景操作圖如圖 4-2~4-4)
 - (3)、改換至另一不同場域來進行同上述步驟的錄影，以區分泰國小紅翅竹節蟲**是否會因為另一環境**中不同的溫、溼及照度，而**產生適應行為上的差異**。
- 3、詳細反覆觀看上述四回共 12 天的攝影記錄，並列述動態行為如：進食、活動、產卵等，及靜態行為如:靜止不動等細項，仔細記錄於表中。(詳如下表 4-1~4-6，圖 4-7、4-8)

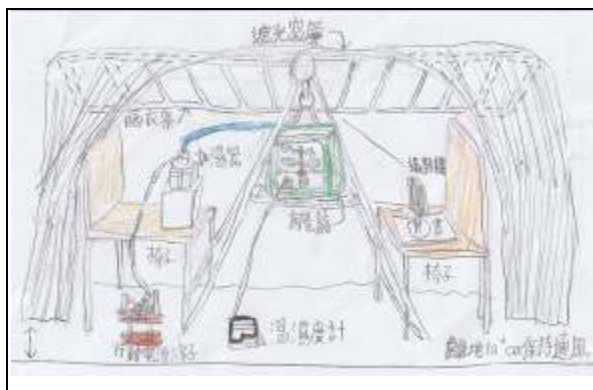


圖 4-1 日夜間控制照度實驗作者手繪設計圖



圖 4-2 日夜間控制照度場域一實景操作



圖 4-3 日夜間控制照度場域二實景操作



圖 4-4 仔細測量場域二日間蓋布後的照度

時間	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	平均照度
照度	86	130	170	200	210	220	225	238	250	160	104	199

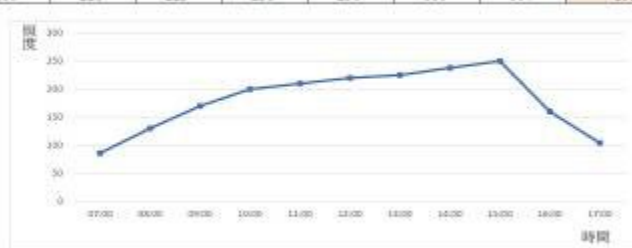


圖 4-5 一天當中人為環境實驗場域的日間照度平均表及變化圖(場域一)

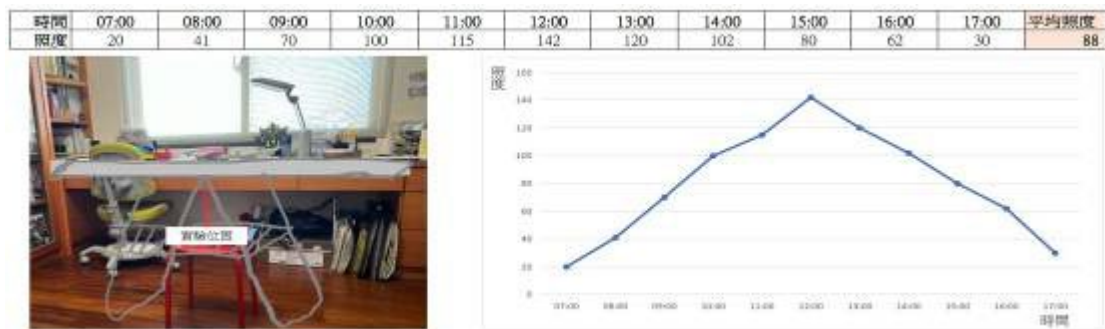


圖 4-6 一天當中人為環境實驗場域的日間照度平均表及變化圖(場域二)

(三) 研究結果：

深入探究實驗一：

- 控制變因--- (1)、**日夜正常光線投射室內**。(手繪設計圖如圖 4-1，由場域二先進行)
- (2)、食草：番石榴葉。
- (3)、飼養環境:同探究活動二。

操作變因 ---飼養場域二 平均照度：0~89 Lux 溫度：27.9° c 溼度：67.8%

表 4-1 **日夜正常光線投射觀察**泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為記錄表(場域二)

各類行為發生時段區間	動態類型行為一次數	靜態類型行為一次數	其他
9/27 <u>19:00~23:59 (夜間)</u>	4	3	
9/28 <u>0:00~06:30 (夜間)</u>	6	2	
9/28 <u>07:00~18:30 (日間)</u>	4	3	
9/28 <u>19:00~23:59 (夜間)</u>	1	2	
9/29 <u>0:00~06:30 (夜間)</u>	9	5	
9/29 <u>07:00~18:30 (日間)</u>	9	2	
9/29 <u>19:00~23:59 (夜間)</u>	7	2	
9/30 <u>0:00~06:30 (夜間)</u>	12	5	
9/30 <u>07:00~18:30 (日間)</u>	6	3	

備註：環境操作變因~1、 白天與夜間自然狀態係指日常人為室內環境的實況。

2、 白天全無光照狀態係採全遮光布覆蓋照度實測為 " 0"

而夜間全光照狀態係以白天自然狀態下，採計各時段平均照度的人為燈光模擬投射。

深入探究實驗二：

- 控制變因--- (1)、**日夜正常光線投射室內**。
- (2)、食草：番石榴葉。
- (3)、飼養環境:同探究活動二。

操作變因 ---飼養場域一 平均照度：0 ~199Lux 溫度：27.5° c 溼度：63%

表 4-2 **日夜正常光線投射觀察**泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為記錄表(場域一)

各類行為發生時段區間	動態類型行為一次數	靜態類型行為一次數	其他
10/4 <u>19:00~23:59 (夜間)</u>	20	5	
10/5 <u>0:00~06:30 (夜間)</u>	26	13	
10/5 <u>07:00~18:30 (日間)</u>	13	3	
10/5 <u>19:00~23:59 (夜間)</u>	24	10	
10/6 <u>0:00~06:30 (夜間)</u>	36	15	

各類行為發生時段區間	動態類型行為一次數	靜態類型行為一次數	其他
10/6 07:00~18:30 (日間)	19	4	
10/6 19:00~23:59 (夜間)	16	8	
10/7 0:00~06:30 (夜間)	29	14	
10/7 07:00~18:30 (日間)	17	2	

備註：環境操作變因～同深入探究實驗一。

深入探究實驗三：

- 控制變因--- (1)、**白天全無光照、夜間全光照狀態** (由場域一先進行)
 (2)、食草：番石榴葉。
 (3)、飼養環境:同探究活動二。

操作變因 ---飼養場域一 平均照度：0~183Lux 溫度：27.5° c 溼度：58%

表 4-3 **白天全無光照、夜間全光照**泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為記錄表(場域一)

各類行為發生時段區間	動態類型行為一次數	靜態類型行為一次數	其他
9/27 19:00~23:59 (夜間)	10	4	
9/28 0:00~06:30 (夜間)	7	4	
9/28 07:00~18:30 (日間)	27	12	
9/28 19:00~23:59 (夜間)	13	3	
9/29 0:00~06:30 (夜間)	7	3	
9/29 07:00~18:30 (日間)	29	11	
9/29 19:00~23:59 (夜間)	8	2	
9/30 0:00~06:30 (夜間)	6	2	
9/30 07:00~18:30 (日間)	45	14	

備註：環境操作變因～同深入探究實驗一。

深入探究實驗四：

- 控制變因--- (1)、**白天全無光照、夜間全光照狀態**
 (2)、食草：番石榴葉。
 (3)、飼養環境:同探究活動二

操作變因 ---飼養場域二 平均照度：0~88Lux 溫度：26.8° c 溼度：70.1%

表 4-4 **白天全無光照、夜間全光照**泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為記錄表(場域二)

各類行為發生時段區間	動態類型行為一次數	靜態類型行為一次數	其他
10/4 19:00~23:59 (夜間)	6	2	
10/5 0:00~06:30 (夜間)	7	2	
10/5 07:00~18:30 (日間)	8	3	
10/5 19:00~23:59(夜間)	3	4	
10/6 0:00~06:30 (夜間)	6	4	
10/6 07:00~18:30 (日間)	11	5	
10/6 19:00~23:59 (夜間)	8	6	
10/7 0:00~06:30 (夜間)	7	2	
10/7 07:00~18:30 (日間)	14	3	

備註：環境操作變因～同深入探究實驗一。

表 4-5 日夜正常光線投射泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為每日(每隻)平均數據表

各類行為發生時段	動態類型行為--次數	靜態類型行為--次數	其他
第一天 19:00~隔天 06:30	28	11.5	
第二天 19:00~隔天 06:30	35	16	
第三天 19:00~隔天 06:30	32	14.5	
夜間行為(每隻平均次數)	31.7 (7.9)	14 (3.5)	
第二天 07:00~隔天 18:30	8.5	3	
第三天 07:00~隔天 18:30	14	3	
第四天 07:00~隔天 18:30	11.5	2.5	
日間行為(每隻平均次數)	11.33 (2.83)	2.8 (0.71)	

備註：1.觀察日期：113.9.27～ 113.10.7

2.平均照度：0~124 Lux 平均溫度：27.7 °C 平均溼度：65.4 %

3.活動總次數係以二個場域平均計算，再推算一隻的平均次數。

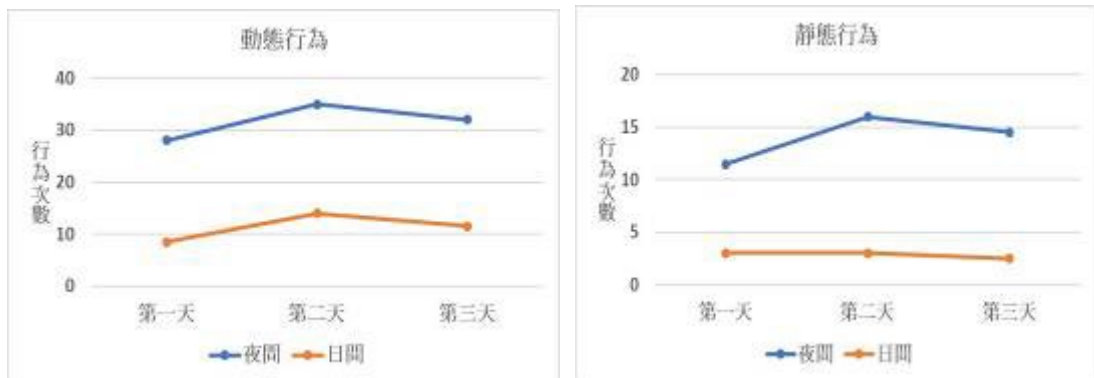


圖 4-7 日夜正常光線投射泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為每日平均數據圖

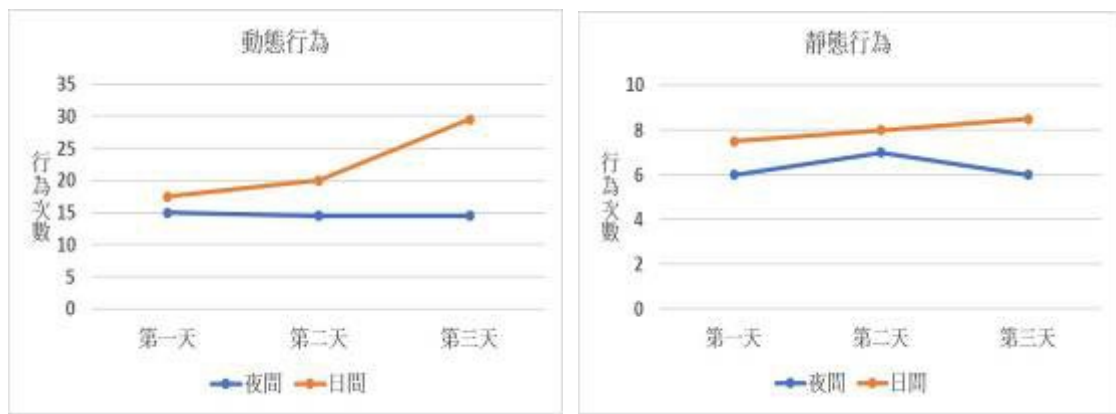
表 4-6 白天全無光照、夜間全光照狀態泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為
每日(每隻)平均數據表

各類行為發生時段	動態行為類型--次數	靜態行為類型--次數	其他
第一天 19:00~隔天 06:30	15	6	
第二天 19:00~隔天 06:30	14.5	7	
第三天 19:00~隔天 06:30	14.5	6	
夜間行為(每隻平均次數)	14.7 (3.7)	6.3 (1.6)	
第二天 07:00~隔天 18:30	17.5	7.5	
第三天 07:00~隔天 18:30	20	8	
第四天 07:00~隔天 18:30	29.5	8.5	
日間行為(每隻平均次數)	22.3 (5.6)	8 (2)	

備註：1.觀察日期：113.9.27～ 113.10.7

2.平均照度：0~124 Lux 平均溫度：27.2 °C 平均溼度：64 %

3.活動總次數係以二個場域平均計算，再推算一隻的平均次數。



4-8 白天全無光照、夜間全光照泰國小紅翅竹節蟲動靜態行為每日平均數據圖

(四) 困難與建議：

- 1、在深入探究實驗三中發現：蟲兒在這段期間體色會轉變較實驗前深，很像在前一世代所觀察到的死亡樣貌，原本讓我們擔心牠的健康，幸好在實驗結束二天後體色漸漸恢復正常。
- 2、在進行日夜照度顛倒的實驗準備時，曾經在設計實驗及錄影設備的選擇上，討論了很多回，我們最終決定依循環保的原則，利用身邊就有的材料來設計並規劃輪流使用，也順利地完成了為期近一個月的深入探究活動。

探究活動五：歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。

(一) 研究問題：

我們在探究活動一～三的觀察記錄中發現：泰國小紅翅竹節蟲無論在一年內餵食單一食草的長期觀察中，或是改變食草種類與環境照度，均會有攀附在植株頂端附近進食的習性，究竟是其喜食上端嫩葉？或同伴之間的食物競爭影響？還是食草高度不足？又或是因為性喜攀高而就近取食呢？因此，我們決定改變單一食草的原生長部位、並調整原本在前述活動中飼養環境的大小，同時再調整蟲數來進一步探究這些疑問。

(二) 研究步驟：

- 1、依據探究活動一～四人為環境的實驗數據，我們皆採食量最大的八齡成蟲進行研究，同時取單枝相同食草-番石榴葉，將原先長寬高均 30cm 調整成長寬各 40cm、高 90cm 的實驗籠架，並依蟲數(一或二隻)及芭樂葉生長型態 (正常生長、或截上段嫩葉改置於下段)等二個變因來細分成每隔三日一回，共四回深入的實驗探究。
- 2、固定於每日的中午前後在實驗籠架內測量並記錄溫、溼及照度，並仔細繪圖及拍照來標示第一天的番石榴葉片形狀及位置，再於次日輔以前一天的圖示及相片，仔細對照以方格紙計算並標明泰國小紅翅竹節蟲每一日的取食位置及食用總量(詳如手繪圖示 5-3~5-6)。
- 3、為了仔細區分二隻蟲體的食用總量及是否有爭食行為，在第三、四回的深入探究實驗中，我們架設了二架夜間攝影機(分上及下段二個位置錄影)並利

用前一天的繪圖及回播實景錄影來對照計數、推算並記錄每天、每隻蟲體的食量、進食位置及取食行為 (如圖 5-1、 5-2)。

(詳如表 5-1~5-4 食草生長位置與進食數量平均表，原始紀錄 5-2 行為記錄表)



圖 5-1 仔細比對第一天完整食草手繪圖來計算竹節蟲每一天的食量



圖 5-2 回播前一日的錄影記錄來判斷二隻蟲體的進食與有否爭食行為

(三) 研究結果：

深入探究實驗一：

控制變因--- (1)、觀察蟲數：1

(2)、食草：番石榴葉。

操作變因--- 植株生長位置：整株正常生長位置

表 5-1 觀察單隻泰國小紅翅竹節蟲食草正常生長位置進食部位與數量平均表

進食範圍 食用位置	莖	葉柄	嫩葉	老葉	其 他
上 段 (72~90cm)	0	0.13	7.47	0	0.67(芽)
中上段(54~72cm)	0	0	4.58	5.67	0
中 段 (36~54cm)	0	0.33	0	2.83	0
中下段(18~36cm)	0	0	0	2.17	0
下 段 (0~18 cm)	0	0	0	0	0

備註：1.飼養場域 平均照度：0~50 Lux 平均溫度：28.83 °c 平均溼度：65.33%

2.食量測量以 cm^2 為單位計算。進食範圍以食草底部為"0" 算起，每 18cm 為一個區間，共分為五個範圍來分別記錄。

3.食用位置沿用活動二的記錄細項區分。

4.每回實驗第一天均將實驗蟲兒(昆蟲編號：A)置於飼養籠中段位置。

深入探究實驗二：

控制變因--- (1)、觀察蟲數：1

(2)、食草：番石榴葉。

操作變因--- (1)、植株生長位置：上~中端老葉、中下段以下嫩葉

表 5-2 觀察單隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草莖葉位置進食部位與數量平均表

	莖	葉柄	嫩葉	老葉	其 他
上 段 (72~90cm)	0	0.33	0	2.17	0
中上段(54~72cm)	0	0.17	0	7.5	0
中 段 (36~54cm)	0	0	0	2.17	0
中下段(18~36cm)	0	0	0	0	0
下 段 (0~18 cm)	0	0	0	0	0

備註：1.飼養場域 平均照度：0~65Lux 平均溫度：26.55 ° c 平均溼度：67.33%

其餘同表 5-1 備註內容。

深入探究實驗三：

控制變因--- (1)、觀察蟲數：2

(2)、食草：番石榴葉。

操作變因--- 植株生長位置：整株正常生長位置

表 5-3 觀察二隻泰國小紅翅竹節蟲食草正常生長位置時進食部位與數量平均表

蟲體編號：A、B

	莖		葉柄		嫩葉		老葉		其 他	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
上 段 (72~90cm)	0	0.67	0.17	0.5	14.83	21.3	0	0	0	0
中上段(54~72cm)	0	0	0	1.27	0	0	1.08	0	0	0
中 段 (36~54cm)	0	0	0	0.08	0	0	9	1.1	0	0
中下段(18~36cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下 段 (0~18 cm)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

備註：1、飼養場域 平均照度：0~91 Lux 平均溫度：27.07 ° c 平均溼度：64.33 %

2、食量測量以 cm² 為單位計算。進食範圍以食草底部為"0" 算起，每 18cm 為一個區間，共分為五個範圍來分別記錄。

3、食用位置沿用活動二的記錄細項區分。

4、每回實驗第一天均將二隻實驗蟲兒(昆蟲編號：A、B)置於飼養籠中段位置。

深入探究實驗四：

控制變因--- (1)、觀察蟲數：2

(2)、食草：番石榴葉。

操作變因--- 植株生長位置：上~中端老葉、中下段以下嫩葉

表 5-4 觀察二隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草莖葉位置時進食部位與數量平均表

蟲體編號：A、B

進食 總 節 量 位置	莖		葉柄		嫩葉		老葉		其 他	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
上 段 (72~90cm)	0	0	0.42	0	5.42	0	0	17.67	0	0
中上段(54~72cm)	0	0.67	0.17	0.33	0	0.67	3.58	5.75	0	0
中 段 (36~54cm)	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0
中下段(18~36cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下 段 (0~18 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

備註：1、飼養場域平均照度：0~62.67 Lux 平均溫度：25.47 °C 平均溼度：50.33%
其餘同表 5-3 備註內容。



圖 5-3 觀察單隻泰國小紅翅竹節蟲食草
正常生長位置進食部位與數量圖

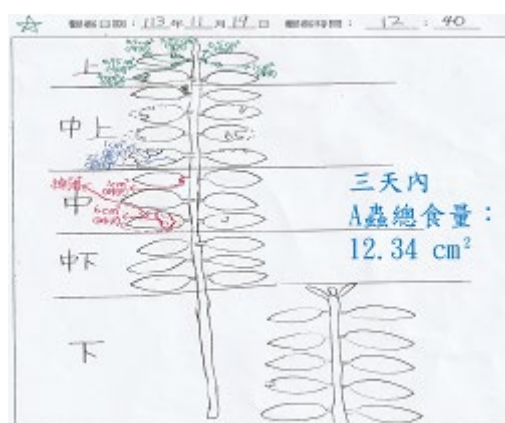


圖 5-4 單隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草
莖葉生長位置進食部位與數量手繪圖



圖 5-5 二隻泰國小紅翅竹節蟲食草
正常生長位置進食部位與數量手繪圖

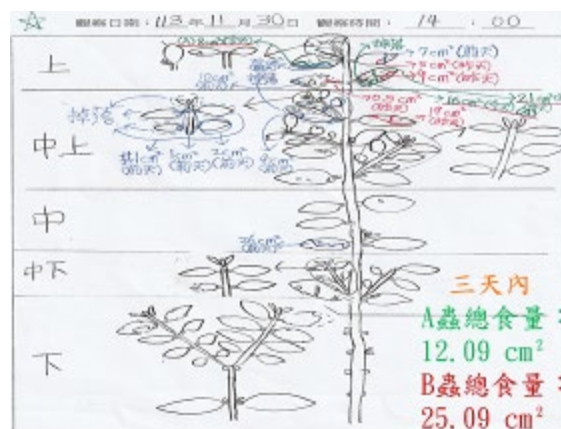


圖 5-6 二隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草
莖葉生長位置進食部位與數量手繪圖

(四) 困難與建議：

- 1、在探究活動二中的飼養籠原為長寬高各 30cm 公分的大小，現在改成長寬 40cm 高 90cm 的飼養架，如何仍能清晰完整地錄下影像來整理出行為紀錄？讓我們再次傷腦筋進行了多次測試，幸好最後佈置出了理想的實驗架設，解決了困擾！
- 2、在實驗前採集的無農藥番石榴植株，除了得仔細清除可能咬傷竹節蟲的昆蟲(如螞蟥、蟪象等)，另一個困擾即是如何分辨出食痕是否是竹節蟲所食用的數量？經過我們討論後採用事先繪圖或是拍照的方式來配合清數，雖然增加了很多繁瑣的過程，但是幸好在先前活動二記錄中已有食量的平均數據對照，同時對於清數的過程熟能生巧，這才解決了困難。

陸、 討論

- 一、依據實際觀察及蒐尋國內外參考文獻中發現：泰國小紅翅竹節蟲多以擬態食草枝條的方式停駐，很少遷徙移居，目前連原生地也只有雌蟲的發現，因此可能只行孤雌生殖的緣故，牠的外形在不需要遠途求偶、且躲避天敵的情況下，身形和步足呈細長且移動謹慎，後翅也漸漸退化成只在受驚嚇時展開的鮮豔小紅翅。
- 二、在觀察二個世代的泰國小紅翅竹節蟲生活史中發現，如果在前六個齡別中蛻皮失敗時，愈小齡別的蟲體愈能在下二次的蛻皮中漸漸長出趨近正常的斷足，但是如果是斷足部位在第一對時，在七齡時就不會再蛻皮，直接成長為成蟲而產下卵。
- 三、在持續觀察至最後一隻八齡雌蟲死亡後，我們根據記錄的數據發現：在正常的生長條件下，蟲體的體長愈長，就可能產下較多的卵，存活天數也較長。
- 四、我們在探究活動二的觀察及回播錄影紀錄中發現：泰國小紅翅竹節蟲有時會在枝條仍有完整葉片時，卻只縱向啃食植物的莖部，我們推測可能是以下的原因：
 - (一) 停駐的位置無法吃到較新鮮的葉子。
 - (二) 當下提供的葉子較乾燥品質不好。
 - (三) 需要自莖部汲取特別的營養成分。
- 五、在飼養觀察期間，無可避免地在環境中有些人為燈光與聲音的干擾，這讓我們有了一項疑問：泰國小紅翅竹節蟲的聽覺和視覺敏銳嗎？會因為外圍的聲光而干擾到正常的作息嗎？除了引起我們後續深入探究的動機，也利用了隨機的測試和蒐尋相同族群的他種竹節蟲的資料來作出以下推論：
 - (一)對光的反應：泰國小紅翅竹節蟲對於電視畫面的光影變化反應較弱，關燈再瞬間開大燈時(約為 250Lux)則會立即停止當下的動作；查詢的資料中(詳如參考文獻八)也說明了一般竹節蟲和聲音比較之下，對光的反應會明顯許多，並且能夠根據光的強弱來改變其體色，具有趨光性，這表示牠們會朝向光源移動。
 - (二)對聲音的反應：泰國小紅翅竹節蟲對於居家的聲響、或改以在籠前大力拍手時均無反應；查詢資料(詳如參考文獻八)也描述一般竹節蟲對聲音的感知能力有限。因為本回探究礙於現有的設備並未進行此項實驗，希望日後能再深入這項探究。
- 六、我們發現在夏秋兩季的台灣溼度並不如泰國小紅翅竹節蟲的原生環境高，(詳如參考文獻一)尤其在圈養的環境下，蟲兒不能移動至其認為合適的地方，因此常會因蛻皮失敗而身體殘缺或死亡，我們除了改變餵食方式來延續蟲兒的生命外(如下圖 1)，也嘗試採用下列改進方式來符合蟲兒蛻皮的溼度條件：
 - (一) 密集在早中晚多個時段以噴霧器在飼養籠周圍及上方噴水霧。
 - (二) 若蟲多有攀高習性，所以隨時以溼布覆蓋於飼養籠上方保持溼度。
 - (三) 多方查詢並採用園藝資材來調整溼度～添置棒狀及彎管觀葉加溼器二種器材來維持籠內適當的溼度，同時發現後者較為適用。(如下圖 2)
- 七、我們發現日間以遮光布覆蓋飼養籠時，在照度零的環境下泰國小紅翅竹節蟲明顯變得很好動，動態行為比正常日間明亮時增加很多！比起平常日間多半呈現偽裝靜止的樣子相差很大，但上述的各項行為仍比平常黑暗中的次數減少；而在夜間改投射以日間的平均照度光線時，動態行為比正常黑暗時減少、卻比正常日間光線時增加，我們懷疑蟲體對於人工和自然

光線的感受度仍有差別。

- 八、我們在探究活動四中，發現在半夜投射以白天平均照度的光線時，泰國小紅翅竹節蟲體色會轉為較原日夜正常時深，且會在恢復正常條件的二天後體色才漸漸轉淡；我們推論應該是隱蔽天性使然，就算在夜間天敵較少、但光照明顯的環境下，仍舊維持著對周遭的警覺性而有改變體色的機制，這項偶然的發現真是有趣！
- 九、探究活動五中同時進行兩隻蟲體的深入實驗時，因為整個觀察範圍變長變廣，(改為長寬各 40cm 高 90cm 的飼養架)我們為了可以更清晰地錄製回播的影像，除了將飼養箱一面換成透明塑膠布，更採多次試錄來調整攝影機擺放方式~
- (一) 兩架攝影機鏡頭集中放置一面，位置一高一低，視野再重疊中間一部分。如此影像較清楚，會被遮擋處只有葉子後面，只是可視範圍會侷限在上或下段，觀看時需切換二個檔案影像。
- (二) 前後兩面各對向放置一台，此時須離飼養籠較遠，影像較不清楚，但可視範圍變大，可一次看到完整高度內的範圍，雖然較無視野死角，但清晰度減低。我們經過討論後決定採用方式(一)來進行擺設，效果很好也順利完成了完整的紀錄。(如下圖 3)
- 十、我們在翻閱六十二屆等全國科展作品中發現：前人在飼養觀察的過程中多直接採用水插法來維持食草植物的生存，但是容易造成植株在二天左右即乾萎，造成蟲體的適口性不好而影響正確的食量統計，甚至難以在探究活動五中穩定固定長枝 (90cm)；因此我們從多次的失敗經驗中，尋求理想的改進方式如下：
- (一)探究活動二中利用透明玻璃罐內盛裝園藝用水苔來扦插芭樂枝葉，不僅可輕易固定又可以保持籠內的溼度。
- (二)長枝時改採用花藝材料人工海綿來扦插植株，這樣能輕易保持蟲體攀附時的穩定性，又能同時再插入其他截下的上部枝條在底部 (如下圖 3)。
- 十一、歸納前述探究活動的結果後發現：泰國小紅翅竹節蟲在八齡成蟲時食量最大，每隻每天約可吃下 25 cm²的葉片、如果和棉桿竹節蟲成蟲每天吃 3.33 cm²的食量相比(詳如作者原始紀錄數據)，真的數量很驚人！如果暫不考慮植株的成長速度，在八齡期進食的總數約 3904.3cm²的番石榴葉，則大概會折損植株上段莖葉的長枝葉約 4.75 枝、短枝葉約 7.5 枝(如下圖 4)，加上牠的食草大部分為常見果樹(如番石榴及芒果等)等經濟作物，未來如果因為人為棄養或脫逃而進入到野外環境，屆時是否會造成另一波外來入侵種的農業危機？這就是值得我們未雨綢繆的一項課題了！
- 十二、我們在參閱參考文獻十後，尋訪至旗山山區帶回銀合歡植株，希望在生物防治上深入瞭解是否也能因為是泰國小紅翅竹節蟲的食草範圍，而藉此減少野外銀合歡林對於本土性林相的威脅。經過我們克服銀合歡截枝後即在半小時內枯萎的難題，順利地先經過三個月培育成盆，再進行食草的測試(如下圖 5)；實驗後發現：泰國小紅翅竹節蟲確實會取食銀合歡葉片(如下圖 6)，日後如果有機會希望能實地再回到戶外圈養下探究這項很有趣的發現。



圖 1 我們改變籠內環境(增置自製墊高台子)及餵食方式來延續蟲兒的生命。

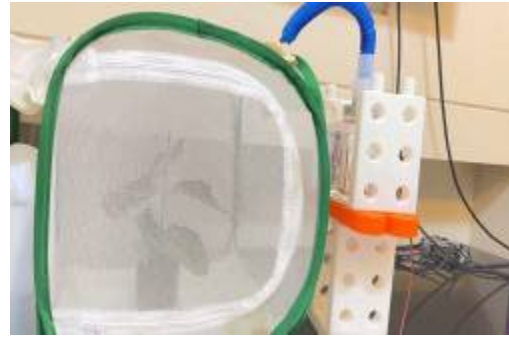


圖 2 多方嘗試各種組裝方式後，採用彎管觀葉加溼器來維持籠內適當的溼度。



圖 3 我們將兩台攝影機集中放置同一面分別對焦上下且重疊視野，如此最易觀察蟲體完整動態行為。



圖 4 仔細測量芭樂樹長短枝葉的總量來推估可能對植株的影響。(單位 cm^2)



圖 5 將經過馴化盆植的銀合歡以整株置入的方式進行食草可行性的測試。



圖 6 我們發現泰國小紅翅竹節蟲確實會取食銀合歡葉片。

柒、 結論

一、探究泰國小紅翅竹節蟲的完整生活史與外形特徵

(一) 泰國小紅翅竹節蟲屬於動物界、節肢動物門、昆蟲綱、竹節蟲目(脛緣亞目)、長角竹節蟲科(長角棒竹節蟲亞科)、*Phaenopharos* 屬的 *khaoyaiensis* 種；目前我們飼養的都是雌蟲。

(二) 泰國小紅翅竹節蟲屬於不完全變態的昆蟲，牠一生的成長階段為：卵 → 一齡若蟲 → 二齡若蟲 → 三齡若蟲 → 四齡若蟲 → 五齡若蟲 → 六齡若蟲 → 七齡若蟲 → 八齡成蟲，一年約一個世代，一生中有七或八個齡期。

(三) 泰國小紅翅竹節蟲一齡時外表為深褐偏黑色，二齡期後才轉為淺棕色，身形和步足呈細長並擬態為食草枝條，八齡期長出已退化成只在受驚嚇時展開的鮮紅色小後翅，並在不經過交配的情況下於三週後開始產卵，約產下 179 顆卵，但僅孵化出 17 隻若蟲。

二、飼養並比較泰國小紅翅竹節蟲各齡期的成長週期及食量的差異。

(一)本探究活動中泰國小紅翅竹節蟲在人為飼養環境：溫度 20℃～33℃、溼度 50%～80%、照度 0 Lux～250Lux 之間均能正常成長，以十四隻蟲體平均計算：
一週期共約 283 天左右；成蟲平均可產下 258 顆卵。

(二) 泰國小紅翅竹節蟲的外形、成長週期與食量、食用部位和停棲位置歸納表：

	體 長	成長天數	食量	食用部位	停棲位置
卵	0.4cm	210 天	0 cm ²	無	飼養籠底
一 齡	2.6- 2.7cm	15 天	7.05cm ²	莖葉上段(嫩芽)	飼養籠側
二 齡	3.3 -3.5cm	17 天	15.04 cm ²	莖葉上段(嫩芽)	飼養籠頂
三 齡	4.3 -4.7cm	17 天	30.8 cm ²	莖葉上段(嫩芽)	飼養籠頂
四 齡	5- 5.4cm	19 天	53.73cm ²	莖葉上段	飼養籠頂
五 齡	6.5- 7.5cm	17 天	121.6cm ²	莖葉上.中段	飼養籠頂
六 齡	8.5- 9.3cm	19 天	157.51cm ²	莖葉上.中段	飼養籠頂
七 齡	10- 11.3 cm	21 天	240.24cm ²	莖葉上.中段	飼養籠頂
八齡成蟲	13-13.9 cm	157 天	3904.3cm ²	莖葉上.中.下段	飼養籠頂

三、飼養並探究泰國小紅翅竹節蟲對各種校園植物的取食偏好。

- (一) 泰國小紅翅竹節蟲會取食在校園中常見的植物，五天內取食數量多寡依序為：番石榴、芒果、柑橘、釋迦、樟樹、鈍葉椒草、台灣欒樹、桑椹、大王仙丹、茉莉花。
- (二) 泰國小紅翅竹節蟲會在第一天取食較多數量的植物種類，在接續的幾天內仍會大量進食，其餘植物則在少量試食後即停止食用或均未取食。

四、深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。

- (一) 人為環境下，在日間改以覆蓋遮光布全無光照的條件下，泰國小紅翅竹節蟲無論動靜態行為皆明顯多於自然光線照射下的次數，迥異於平常日間經常擬態枝條呈靜止的樣貌。
- (二) 在夜間改以日間平均照度的光線投射下，則其動靜態行為均較正常夜間環境明顯減少。

五、歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置及高度對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。

- (一) 改變食草植株原生長位置時，單隻泰國小紅翅竹節蟲會因為僅就攀高而就近取食，若上段莖葉部位適口性變差就會食量變小，但不會轉往下段取食。
- (二) 當二隻同處時，則因為空間變大即不會爭食，不論植株生長部位改變與否，食量上均未有太大的改變，但同樣不會轉往下段取食。

捌、研究與展望

- 一、 未來如果有機會將泰國小紅翅竹節蟲帶至無施農藥的有機農場，希望能實地圈養測試是否會影響到經濟作物的收成效益？同時針對其攀高就近取食的習性，研究出一些友善環境的預防措施，如：加裝防爬裝置、或是適度地多修剪上段嫩葉等，深信能夠及早歸納出最符合人蟲共處的雙贏模式。
- 二、 我們在探究泰國小紅翅竹節蟲的孵化過程時，因為卵期很長，雖已經歷時了一年半的觀察也僅能仔細歸納出一代的孵化數；希望未來可以再統整出更完整、包括在自然環境圈養下的數字，如此在預估未來防治的群聚數量時，一定會有更精準的數據。
- 三、 未來我們計畫藉助更精密的實驗技術與設備來仔細探究：泰國小紅翅竹節蟲的聽覺敏銳度，是否會在人為飼養的差異下，沒有了天敵的侵擾、而退化了原本在天然環境中就不靈敏的聽覺呢？這將會是一項很有趣的發現。

玖、參考文獻資料

- 一. 1 Emmanuel DELFOSSE(2008). Taxinomie, biogéographie et biologie de trois espèces de Phasmes asiatiques du genre Phaenopharos Kirby, 1904 (Insecta : Phasmatodea : Diapheromeridae). Le bulletin d'Arthropoda n° 34 - 4e trimestre 2007: 21-46.
- 二. 朱耀沂(2005)。人蟲大戰：改寫人類歷史的蟲蟲危機。台北市：商周。
- 三. 朱耀沂(2011)。台灣昆蟲教室。台北市：天下文化。
- 四. 朱耀沂、盧耽(2010)。昆蟲 Q&A。台北市：天下文化。
- 五. 李兩傳(2009)。台灣常見竹節蟲。台北市：親親文化。
- 六. 吳瑞真等 116 名(1982) 偽裝能手—竹節蟲。第 21 屆全國中小學科展作品。
- 七. 林政行(1983)。植物與昆蟲的共同演化。台北市：臺灣省立博物館。
- 八. 黃世富(2002)。台灣的竹節蟲：採集與飼養圖鑑。台北市：大樹文化。
- 九. 葉德銘等(2006)。台灣入侵及外來種圖鑑。台北市：行政院農業委員會林業試驗所。
- 十. 賴宛靖 (2008)。驅逐銀合歡大作戰。國家公園季刊，3，10-12。
- 十一. 葉濰寧(2022)。「便」本加利-以竹節蟲排泄物作為染布材料之探討。第 62 屆全國中小學科展作品。
- 十二. 謝廷芳、陳文雄等。(2009)。植物病蟲害診療室 Q&A300。台北市：麥浩斯。
- 十三. 盧耽。(2008)。圖解昆蟲學。台北市：商周。

【評語】 080314

1. 主題聚焦外來種生態行為，具時代關懷：選擇近年備受關注的外來種昆蟲作為研究對象，展現學生對生物多樣性與生態保育議題的敏感度與責任感。文獻回顧紮實，能從研究空白中發展出明確的研究問題。
2. 樣本數與重複性：若能增加實驗樣本數及重複次數，將有助於提升數據的統計效力與結果的可信度。建議在進行不同變因（如光照、食草部位、高度等）實驗時，加強控制其他環境條件（如溫度、濕度等），以避免干擾影響結果判讀。
3. 延伸研究具潛力：若能進一步觀察其在不同地點、不同植被環境下的行為變化，或與本土竹節蟲進行比較研究，將能拓展研究廣度與生態意義。
4. 思考對本土生物的潛在風險：建議探討此外來種是否可能與本土竹節蟲發生競爭或雜交現象，從生態風險評估角度出發，更完整呈現外來種對台灣生態系的潛在衝擊。

作品海報

新住民的美麗與哀愁~

探究泰國小紅翅竹節蟲
的生存適應妙方



摘要

本研究在一年多的人為圈養環境中，以番石榴葉飼養下來觀察、記錄、統計分析後發現：泰國小紅翅竹節蟲在溫度 20～33℃ 溼度 50～80% 照度 0～250Lux 之間均能正常成長，卵期約六個月，成長週期 283 天分七或八個齡別：一齡成長天數約 15 天，二～五齡 17 天，六齡 19 天，七齡 21 天，八齡成蟲 157 天；一生多停駐植株上段就近取食共約 4528.96 cm²，八齡食量最大，約產下 250 顆卵但只有少數能發育為成蟲且都是雌蟲，在受干擾時會展開鮮紅小後翅來嚇阻對方。

對於校園植物-芒果等九種均會取食；在日夜顛倒照度置換下，動靜態行為均受光線影響；喜歡攀高取食，同時場域變大即不會發生搶食。

未來可防範未然，規劃外來種昆蟲在大量入侵時的因應，或許可以尋求一種和平共處的生態模式。

壹、研究動機

每次到自然老師的教室裡，最吸引的就是其中一種外來種『泰國小紅翅竹節蟲』，牠偽裝成樹枝，同時又有著鮮紅色翅膀的嚇阻技能，這激起了我們的好奇心，想了解近年才遠渡重洋來到台灣的牠們，是否會因為適應環境而改變食性和生活作息呢？如果在飼主隨意棄養或脫逃後進入野外，會造成另一回人蟲共處的危機嗎？於是我們決定進行長期的觀察與一連串的深入探究，希望能揭曉目前還很少研究資料的泰國小紅翅竹節蟲不為人知的秘密，同時能藉此在目前盛行的有機無毒農場上先提供一些參考預防措施，那可就是”好天著存雨來糧”啦！真好！

教材相關性：康軒版自然科學四下第三單元－昆蟲大解密。

貳、研究目的

- 一、探究泰國小紅翅竹節蟲的完整生活史與外形特徵。
- 二、飼養並比較泰國小紅翅竹節蟲各齡期的成長週期及食量的差異。
- 三、飼養並探究泰國小紅翅竹節蟲對各種校園植物的取食偏好。
- 四、深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。
- 五、歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置及高度對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。

參、文獻回顧

- 一、目前國內（包括全國科展作品）均未查獲有關本實驗中泰國小紅翅竹節蟲的生活史以及取食習性的研究，多是飼養的經驗分享；僅有一篇科展作品是利用其排泄物可作為染布材料的研究；但在國外（含原生地泰國）則有一篇合併同屬竹節蟲種類的成長週期比較與原生環境條件敘述的文章，如：節肢動物時事期刊。（詳如參考文獻一）
- 二、現將全國科展歷屆參賽作品中，和本研究相關實驗的結論整理如下表：

參展屆數（組別）	作品名稱	研究結論
第 62 屆（國小組）	「便」本加利-以竹節蟲排泄物作為染布材料之探討	利用泰國小紅翅竹節蟲的排泄物可用來作為染布的材料。
第 21 屆（國小組）	偽裝能手—竹節蟲	本篇為唯一有研究竹節蟲食量的作品，結論為平均每天每隻蟲約可進食 2cm ² 的葉片。但文中未說明是何種竹節蟲。

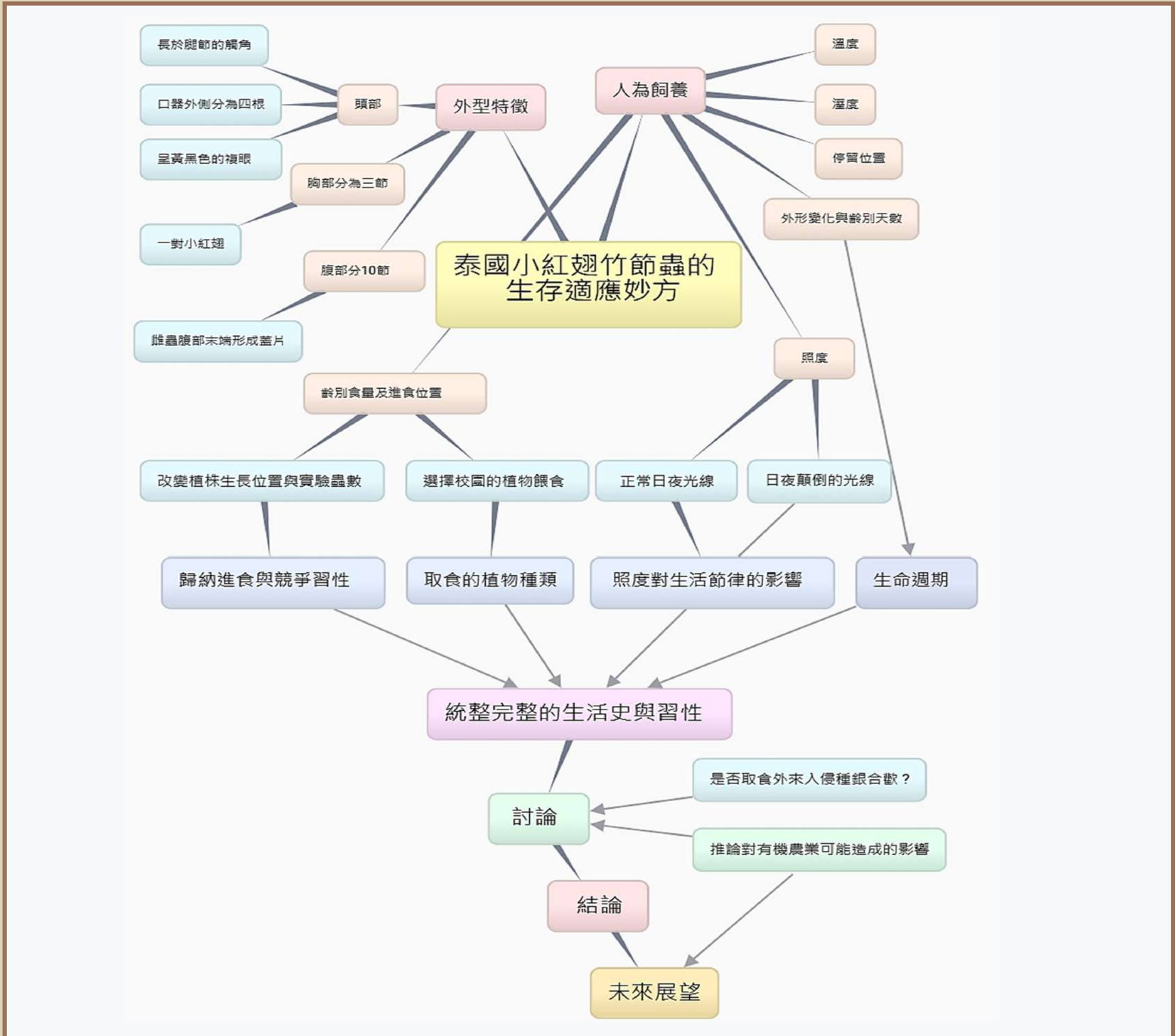
肆、研究設備及器材

本研究所有圖片、照片（除已標示外）皆由研究者 / 指導老師所繪製、拍攝。

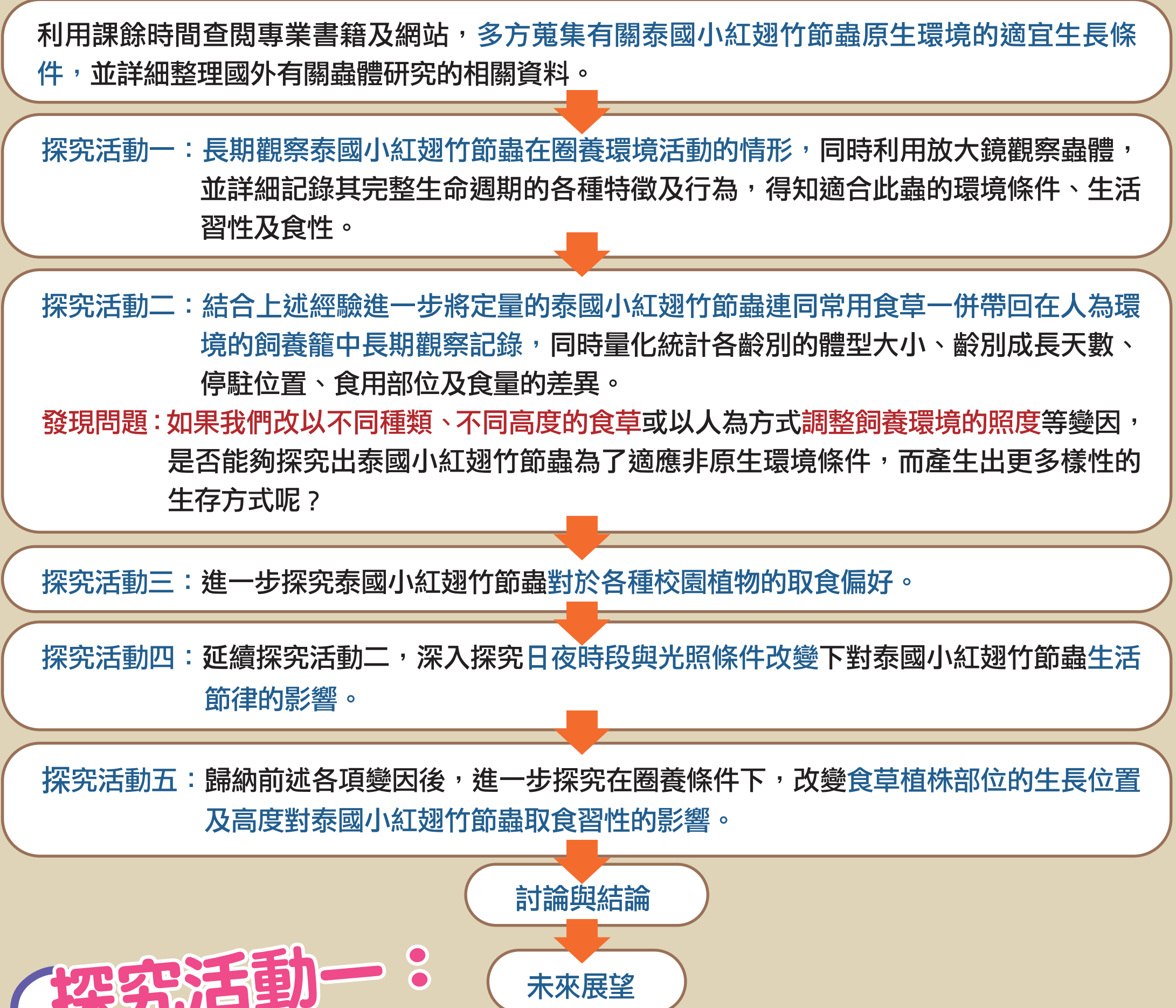
- 一、研究設備：4K 動態紅外線偵測攝影機、探針式電子兩用溼溫度計、數位式照度計 (TES-1330)、游標尺、彎管觀葉加溼器、數位單眼相機、自製飼養筒、自製支撐鐵架、細孔園藝紗網、細網式飼養籠、捕蟲罐、園藝剪刀、滴瓶、滴管、方格紙、不鏽鋼山形夾、長尾夾、吸水方布、遮光窗簾布、蝶型曬衣架、噴水器、小玻璃罐、四方型壓克力盒、放大鏡、長軟鑷夾、透明塑膠布。
- 二、研究材料：人為飼養的泰國小紅翅竹節蟲群、校園內的芭樂等十二種植物、銀合歡植株、水、外科用口罩、橡膠手套、花藝海綿、水苔、塑膠容器、橡皮筋。

伍、研究過程及結果

一、思考過程的心智繪圖



二、研究流程圖



探究活動一：

探究泰國小紅翅竹節蟲的完整生活史與外形特徵。

- (一) 研究步驟：
 1. 利用放大鏡觀察並攝影（如圖 1-2），再輔以手工繪圖詳細記錄泰國小紅翅竹節蟲的外形特徵（如下圖 1-3）。
 2. 每天至自然教室觀察並長期記錄老師在飼養籠內圈養的泰國小紅翅竹節蟲群成長的外形變化。
 3. 再選取上述定點環境的 13 隻泰國小紅翅竹節蟲，以整個完整成長週期的時間依月份詳細觀察並記錄溫、溼、照度與蟲體外形的變化，同時統計出各齡期的天數、成蟲的產卵數及日後的若蟲孵化數。（如下表 1-2、1-3）。
- (二) 研究結果：
 1. 本研究的泰國小紅翅竹節蟲 (*Phaenopharos khaoyaiensis*) 分類地位詳如表 1-1、圖 1-1，實體相片如圖 1-2，及手繪背、腹面構造圖，如圖 1-3 所示。

表 1-1 泰國小紅翅竹節蟲分類表

界	門	綱	目	科	屬	種
動物界	節肢動物門	昆蟲綱	竹節蟲目 (脛緣亞目)	長角竹節蟲科 (長角棒竹節蟲亞科)	<i>Phaenopharos</i>	<i>khaoyaiensis</i>

竹節蟲目						
亞目	Agatheroidea	Timematodea	Verophasmatoidea			
下目	矮竹節蟲亞目		真螞蟥亞目			
總科			Anareolatae	脛緣下目/脛緣下目		
科	Agatheridae	Timematidae	Diapheromeridae	Aschiphasmatoidea	Phylloidea	Bacilloidea
	科	矮竹節蟲科	節竹節蟲科	爪齒竹節蟲總科	葉蝨總科	擬竹節蟲總科
			● <i>Lonchodidae</i>	● <i>Aschiphasmatidae</i>	● <i>Anisacanthidae</i>	● <i>Heteronemidae</i>
			● <i>Phasmatidae</i>	● <i>Damasippodidae</i>	● 異棘蝨科	● 異竹節蟲科
			● 竹節蟲科	● <i>Prisopodidae</i>	● <i>Bacillidae</i>	● <i>Pseudophasmatidae</i>
				● 假足蝨科	● 棒竹節蟲科	● 擬竹節蟲科
					● <i>Heteropterygidae</i>	
					● 異翅竹節蟲科	

圖 1-1 作者自製的泰國小紅翅竹節蟲詳細分類圖

本科成員原本分於節竹節蟲科，自 2018 年起 *Necrosiinae*(長角枝竹節蟲亞科)和 *Lonchodinae*(長角棒竹節蟲亞科)整併為本科。

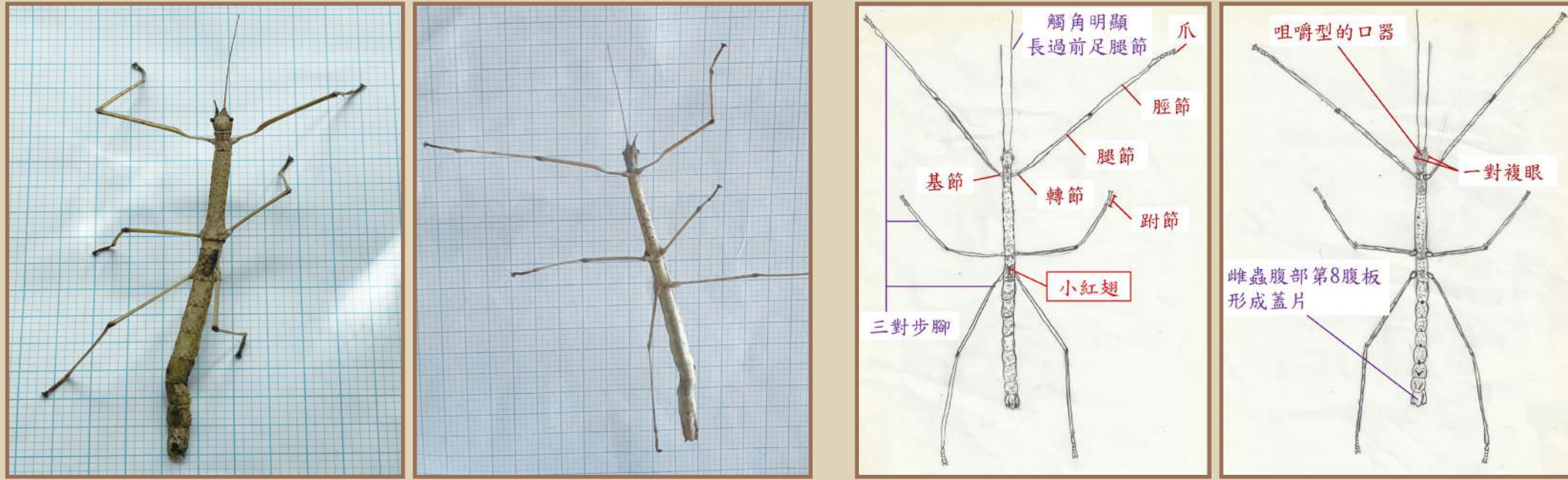


圖 1-2：泰國小紅翅竹節蟲八齡雌蟲實際外形及背、腹面體長示意相片（體長約為 13cm）

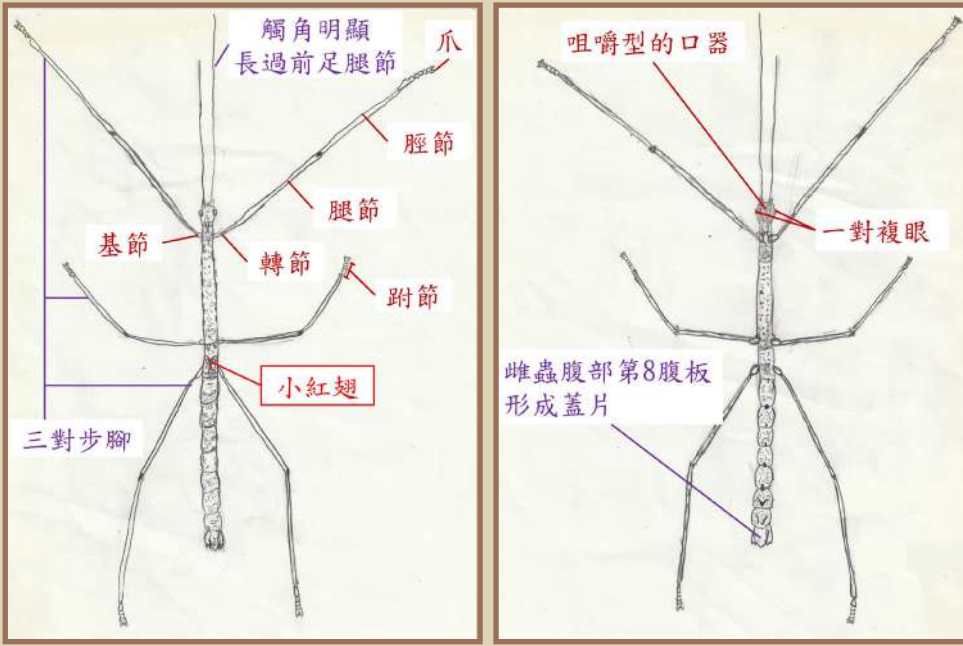


圖 1-3：泰國小紅翅竹節蟲八齡雌蟲外形背、腹面作者手繪構造圖

- * 註：以上圖示為作者觀察實物及參照黃世富（2002）。台灣的竹節蟲。所繪製及拍攝。
- 2. 泰國小紅翅竹節蟲的構造：
 - (1) 根據實物及放大鏡觀察的結果：本次飼養的泰國小紅翅竹節蟲均為雌蟲，牠有著昆蟲共同的特徵：身體分為頭胸腹三節，胸部又分前中後三節，腹部背板為十節，有一對明顯長於前足腿節的絲狀觸角，三對在末端有跗節五節的腳，跗節末端上有爪；剛孵化的一齡若蟲體表呈黑色，在成長過程會漸漸轉為淺棕色，成蟲前翅已退化，會在受驚嚇時張開一對長在後胸不具飛行功能的鮮紅色小後翅（如圖 1-4）。

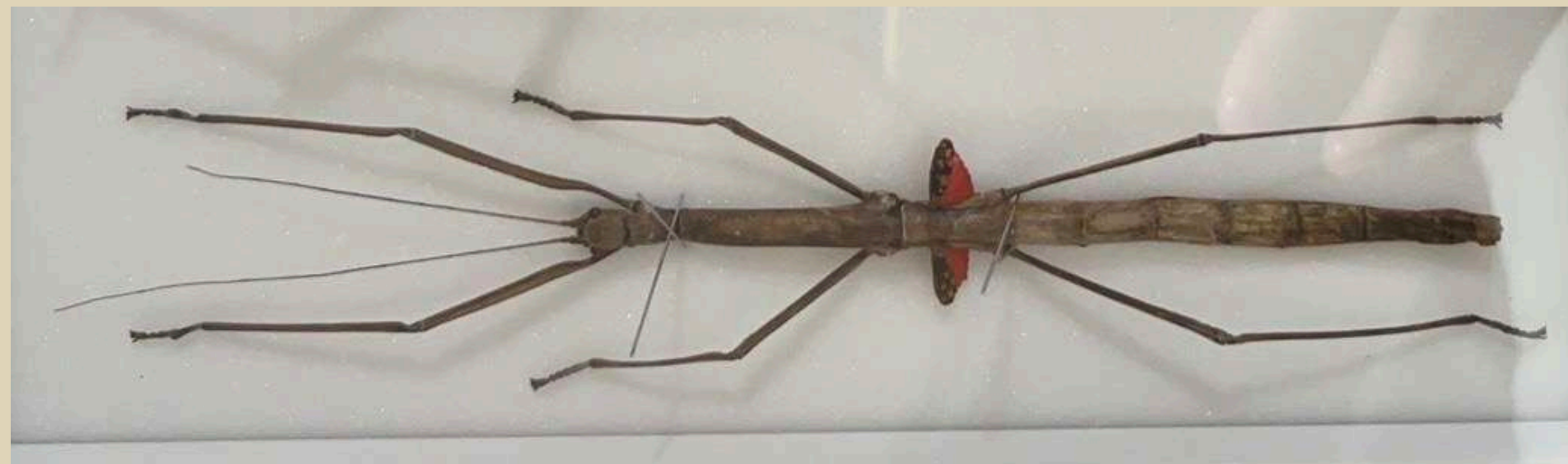


圖 1-4：作者所飼養的泰國小紅翅竹節蟲張開鮮紅色後翅標本示意相片。

- (2) 觀察繪製泰國小紅翅竹節蟲的構造圖後，再同時對照長期飼養過程（探究活動二）中的發現：泰國小紅翅竹節蟲的口器呈咀嚼式，目前飼養的都是雌蟲，成蟲時期腹部末端的第八個腹板會形成一個大形的蓋片，在產卵前會從這裡開合隨意棄置落下卵粒。（如圖 1-5）。



圖 1-5：雌蟲成蟲腹部末端會形成蓋片，在產卵前會從這裡開合隨意產下卵粒。

- 3. 長期觀察同時記錄 13 隻泰國小紅翅竹節蟲，在期間僅一隻完整成長至八齡的雌蟲，在未經交配下共生產 179 顆卵，孵化出 17 隻若蟲，將此一蟲群成長週期的平均溫度、溼度、照度及齡別間隔天數彙整如下：

表 1-2 泰國小紅翅竹節蟲定點環境成長週期平均變化表

蛻皮成長天數	齡期及蟲數	體長	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡	六齡	七齡	八齡
十一月 20~30℃ 55~70%.80~170Lux	11月 20~30℃ 55~70%.80~170Lux	1.5cm	-13 隻	-10 隻	-8 隻	-7 隻	-5 隻	-5 隻	-3 隻	-1 隻
十二月 15~25℃ 55~60%.78~155Lux	12月 15~25℃ 55~60%.78~155Lux	3 cm	14 天	15 天	15 天	17 天	15 天	17 天	18 天	13cm
一月 14~25℃ 55~70%.75~150Lux	1月 14~25℃ 55~70%.75~150Lux	4 cm								
二月 12~24℃ 55~60%.70~145Lux	2月 12~24℃ 55~60%.70~145Lux	5cm								
三月 17~27℃ 60~70%.75~155Lux	3月 17~27℃ 60~70%.75~155Lux	6.5cm								
		8cm								
		10cm								
		13cm								

表 1-3 泰國小紅翅竹節蟲八齡成蟲單一個體產卵及孵化數記錄表

產卵數	日期	113	113	113	113	113	113	113
產卵月份及環境因子	4/6~15	4/16~30	5/1~15	5/16~31	6/1~15	6/16~30	7/1~30	
四月 20~29℃ 60~75%.60~42Lux	於 4/6 產第一顆卵 23	32						
五月 22~31℃ 55~70%.65~46Lux			49 孵化 5	33 孵化 4				
六月 24~33℃ 55~70%.72~50Lux					17 孵化 3	13 孵化 5		
七月 24~34℃ 65~80%.75~48Lux							12	
八月 27~36℃ 65~80%.72~45Lux								

- 4、我們歸納上述數據推估出本隻泰國小紅翅竹節蟲的生命週期約為 258 天（如表 1-2、1-3）。

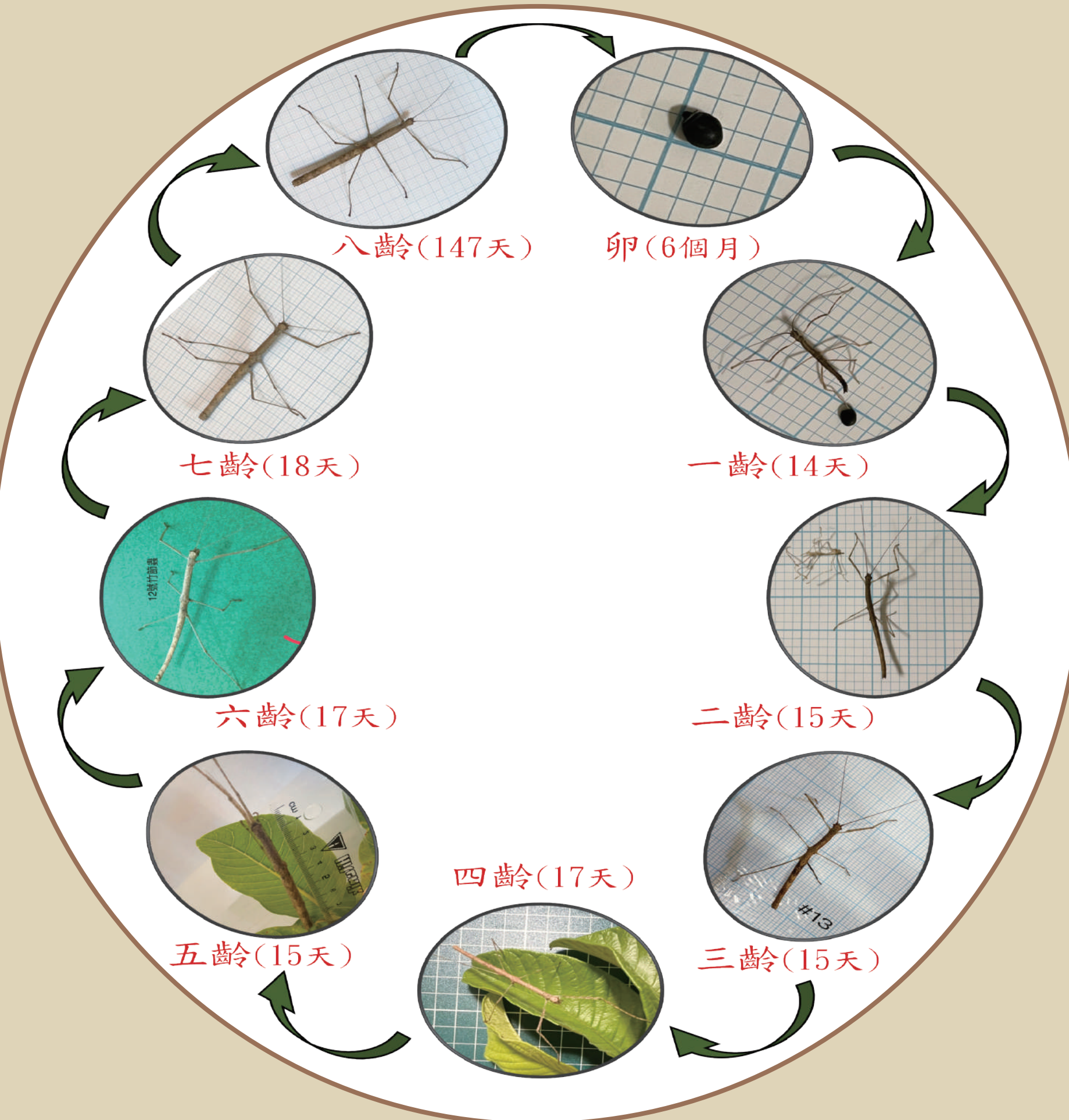


圖 1-6：定點環境泰國小紅翅竹節蟲生命週期關係圖

探究活動二：

飼養並比較泰國小紅翅竹節蟲各齡期的成長週期及食量的差異。

（一）研究問題：

在 112 年五月～ 113 年八月期間，我們只在白天上課時間至老師飼養處觀察泰國小紅翅竹節蟲，發現很難仔細地記錄並有詳細成長過程的數據，而且為什麼我們在前一年所觀察到的**泰國小紅翅竹節蟲**，多數在蛻皮至七、八齡時容易失敗、而無法成長至成蟲呢？

因此，我們決定自己在家中飼養並增加蟲數，同時討論好記錄的項目來仔細地深入觀察，並推算出泰國小紅翅竹節蟲在各齡期的成長週期及停留位置，同時在各月份不同溫、溼及照度差異下的食量和產卵數等數據。

（二）研究步驟：

- 將老師教室內長期園養的各齡期的泰國小紅翅竹節蟲共 12 隻（後含 12 月始孵化的 2 隻一齡若蟲共 14 隻），連同**食草番石榴葉**分為每籠（長寬高各 30cm）二隻共六籠，依據**外形及體長變化來區分齡別**（依據探究活動一，表 1-2）（如下圖 2-3）並依籠別將其編號（若遇蛻皮後為同齡別，則以無毒軟性筆在後肢畫一圓標記分辨），每天注意維持適合其生長的环境條件，同時測量記錄溫度、溼度及照度的變化。（如下圖 2-1、2-2）。
- 每日以繪圖並配合方格紙定時記錄泰國小紅翅竹節蟲的**食量、食用部位、各齡期的停駐位置、成長變化及產卵數**，藉以歸納出更完整的成長週期、食量差異、成蟲產卵數及日後可能的孵化日期。（如下表 2-1～2-7，圖 2-5～2-7）。
- 仔細比對當日前一天的各項數據及繪圖記錄，並架設 4K 動態紅外線偵測攝影機進行長時間連續錄影，希望能適時捕捉最真實的活動情形，藉以比對並據以推論出其生存的適應方式。（如下圖 2-4）。



圖 2-1 仔細佈置適合泰國小紅翅竹節蟲生活且易於觀察的人為飼養籠。



圖 2-2 小心以無毒軟性筆在後肢畫圓標記，以區分同齡別的蟲兒。



圖 2-3 以游標尺測量蟲體大小，並記錄其成長週期與外形變化。



圖 2-4 以 4K 動態紅外線偵測攝影機進行長時間連續錄影，來觀察泰國小紅翅竹節蟲最正確的行為及進食狀態。

（三）研究結果：

- 觀察期間，依據我們所記錄的數據顯示：**泰國小紅翅竹節蟲**在一至四齡時，多著生在飼養籠及植物上段位置，當成長至五至八齡時則除了前述位置外，也會在飼養籠及植物中、下段位置（原始數據詳如附件表 2-1-1、2-1-2，統整如下表 2-1；2-2）；因此我們決定在探究活動五中再深入研究此一現象。

▼ 表 2-1：觀察泰國小紅翅竹節蟲一～四齡期分段停駐位置天數統整記錄表 編號：1～14 號蟲體總天數數據

停留天數		停駐位置	莖部	葉柄基部	葉面正面	葉面反面	其 他 (飼養籠面)
範圍	上	段 (20~30cm)	0	0	24	18	40
	中	段 (10~20cm)	0	0	1	3	64
	下	段 (0~10cm)	0	0	0	0	0

▼ 表 2-2：觀察泰國小紅翅竹節蟲五至八齡期分段停駐位置天數統整記錄表 編號：1～14 號蟲體總天數數據

停留天數		停駐位置	莖部	葉柄基部	葉面正面	葉面反面	其 他 (飼養籠面)
範圍	上	段 (20~30cm)	8	0	13	15	841
	中	段 (10~20cm)	4	1	6	10	652
	下	段 (0~10cm)	3	0	15	24	65

備註：1. 以編號 1～14 號蟲體觀察期間停駐天數統計。
2. 環境變因：（1）平均溫度：21-27℃（2）平均溼度： 56-70 %（3）平均照度： 51-175 Lux
3. 觀察日期：113.8.2～114.2.19

▼ 表 2-3：飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別（體長）與停駐植株位置總天數統整記錄表 昆蟲編號：1～14 號

停留天數		植株位置	莖部	葉柄	葉面正面	葉面反面	其他
齡別	一齡 (1.5-1.6cm)		0	0	6	13	15
	二齡 (2.8-3.2cm)		0	0	5	3	25
	三齡 (3.9-4.2cm)		0	0	7	3	30
	四齡 (4.8-5.2cm)		0	0	7	2	32
	五齡 (6.4-6.6cm)		0	0	3	3	22
	六齡 (8.0-8.2 mm)		1	1	10	4	92
	七齡 (9.8-10 cm)		1	0	11	11	179
	八齡成蟲 (13.0-13.9cm)		15	0	26	28	1102

備註：同上表 2-2 備註細項。

- 我們分別在二個不同的人為環境中詳細記錄環境變因，並將泰國小紅翅竹節蟲各齡別的成長天數平均詳如下表 2-4、圖 2-5。（各分組原始數據詳如附件 2-3 齡別及成長天數統整記錄表）

▼ 表 2-4：人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別及成長天數 統整記錄表

成長天數		昆蟲齡別	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡	六齡	七齡	八齡成蟲
編號	1							*17	*24	*168
	2								18	*157
	3				4	*16	*13	*19	死亡	
	4							3	*23	*184
	5						*15	*20	9(死亡)	
	6							8	*20	死亡
	7								10	*168
	8							1	*20	*157
	9							15	*20	*143
	10							8	*20	*141
	11								11	*167
	12							16	*25	死亡
	13		*15	*17	*16	*19	*19			
	14		*14	*17	*18	*21	*19			
各齡別平均天數			15	17	17	19	17	18.65	20.65	157

備註：1. 以 113.8.2～114.2.19 止非中途死亡的八隻泰國小紅翅竹節蟲成蟲及 113.12 孵化的二隻若蟲作成長天數統計（* 號為採計數字）。

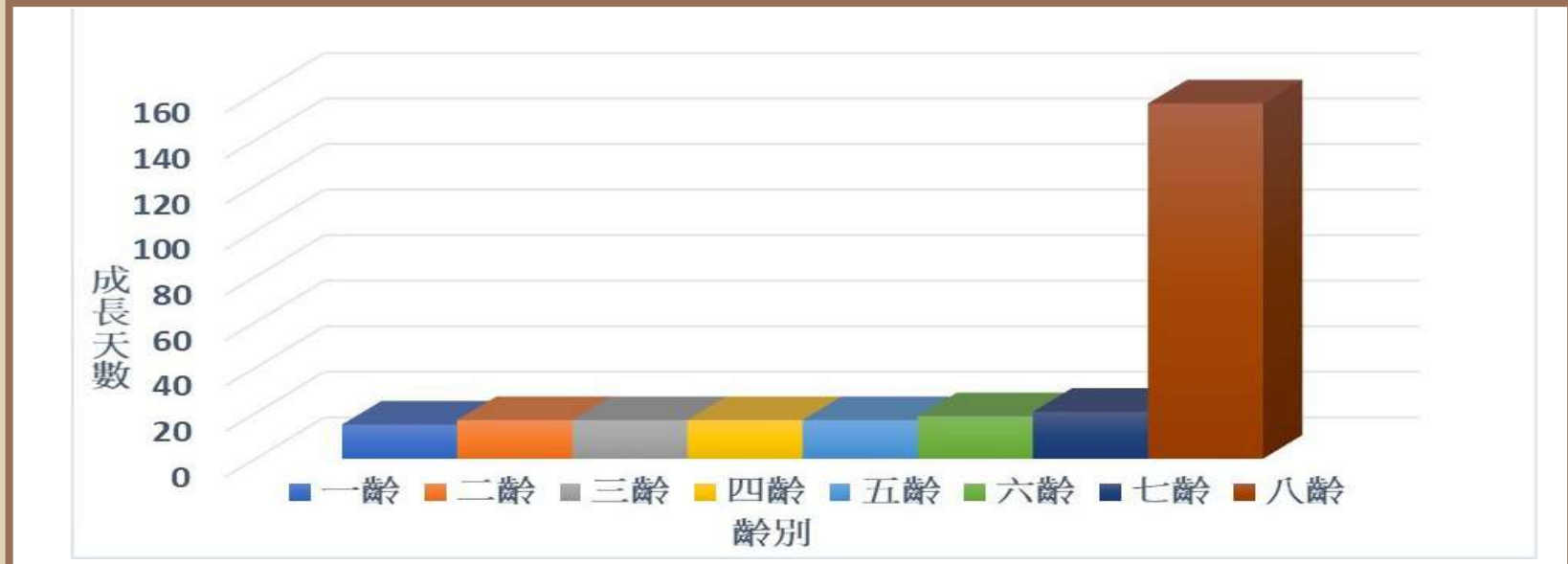


圖 2-5
人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別及成長天數統整記錄表

- 我們發現順利成長的七隻泰國小紅翅竹節蟲雌蟲，均在第七次蛻皮成為八齡成蟲後的 21 天左右，即會陸續以隨意落下方式產下平均約 258 粒卵。（如下表 2-5）

▼ 表 2-5 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 成長月份及產卵數 統整記錄表

產卵數量		成長月份	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	產卵總數
編號	1				57	65	58	33	15	248
	2			18	53	62	59	29	9	243
	4			1						1
	8			18	77	62	55	40	16	288
	9			3	63	61	64	41	19	270
	10			15	63	69	29	10		186
	11			25	74	70	61	43	16	310
各齡別平均食量（單位 cm ² ）			7.05	15.04	30.8	53.73	117.16	156.2	240.24	3904.3

備註：1. 以 113.8.2～114.2.19 止非中途死亡的（#4 除外）六隻泰國小紅翅竹節蟲成蟲作產卵數統計。

- 我們統計了各齡別泰國小紅翅竹節蟲的食量及取食食草部位，發現牠們食量會隨齡別增加而漸漸增多（如下表 2-6、圖 2-6），有時甚至會有搶食行為（原始影片記錄詳如紀錄表 2-2 特殊行為紀錄表），而在一至四齡期時多取食莖葉前 30cm 的中、上段部位，五至八齡期則有時會爬行至下段取食（如下表 2-7、圖 2-7）。

▼ 表 2-6 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別與食量關係 統整記錄表

進食數量		昆蟲齡別	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡	六齡	七齡	八齡成蟲
編號	1							121.98	184.8	3485.14
	2								157.5	3621
	3				18.45	71.25	118.2			
	4							76	110.46	2765.27
	5						116.32	123.5		
	6							159.22	193.2	
	7								150.15	2776.02
	8								281.61	4148
	9							172.33	332.01	4981.88
	10							120.27	325.08	3426.28
	11								174.72	4424.52
	12							179.93	177.66	
	13		5.1	5.92	17.6	34.58	125			
	14		9	24.16	44	72.87	126.9			
各齡別平均食量（單位 cm ² ）			7.05	15.04	30.8	53.73	117.16	156.2	240.24	3904.3

備註：1. 上表內的食量統計以有完整該齡期蟲體者為主，cm² 為單位。
2. 環境變因：平均溫度：21-27℃、平均溼度： 56-70 %、平均照度： 51-175Lux
3. 觀察日期：113.8.2～114.2.19

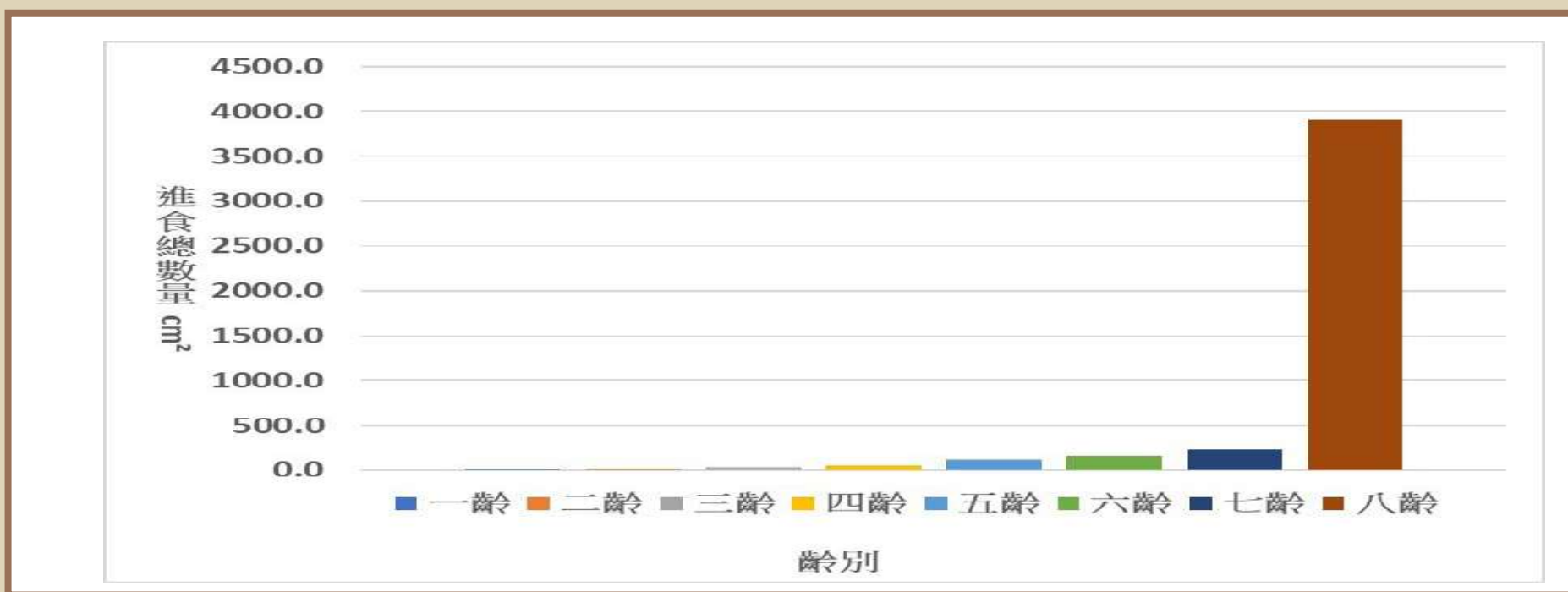


圖 2-6 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別與食量關係統計圖

▼ 表 2-7 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲 齡別與食草進食部位 統整記錄表

進食天數		昆蟲齡別	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡	六齡	七齡	八齡成蟲
位置	上	段	27	25	29	36	10	62	196	649
	中	段	0	7	0	1	6	36	64	614
	下	段	0	0	0	1	3	9	28	317

備註：1. 上表進食天數：以飼養的十四隻蟲體在各齡別所取食區間的總天數計算。
2. 環境變因：平均溫度：21-27℃、平均溼度： 56-70 %、平均照度： 51-175Lux
3. 觀察日期：113.8.2～114.2.19。

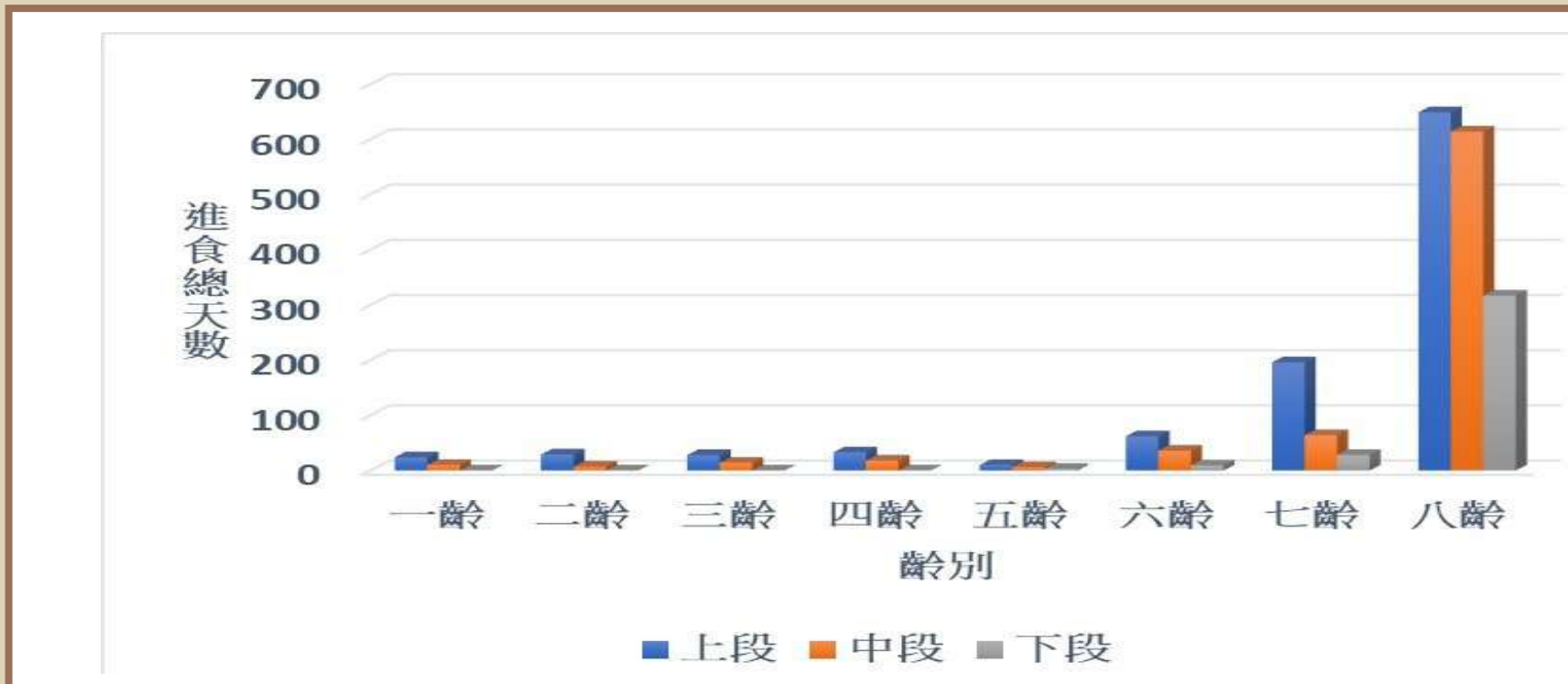


圖 2-7 人為飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別與食草進食部位統計圖

探究活動三：

飼養並探究泰國小紅翅竹節蟲對各種校園植物的取食偏好。

（一）研究問題：

在探究活動一、二中歸納長期觀察的單隻個案及當年度八月起飼養的十二隻泰國小紅翅竹節蟲的成長記錄中發現一個疑問：**泰國小紅翅竹節蟲是否只以番石榴葉為單一食草呢？**（詳如表 1-2、表 2-6 人為飼養泰國小紅翅竹節蟲齡別食量記錄表）

經過我們和老師討論後，決定選取下表 3-1 中的 12 種植物來進行更詳細的觀察實驗。（詳如表 3-1 泰國小紅翅竹節蟲食草種類偏好及食量記錄表）

（二）研究步驟：

- 將上述採集回的十二種植物仔細清洗拭去雜質，小心剪下下段莖葉，並除去可能被其他動物食用的葉片，再量取同探究二一致的 30cm 的高度後，隨機直插入浸泡好並置於透明盒內已存妥 2cm 水量、避免乾涸的四塊吸水花藝海棉中，以隨時保持植株的新鮮。（如圖 3-1、3-2）。
- 將步驟 1 已整理妥的植物水盆，放入用細孔園藝紗網加山形夾固定的長 90cm、寬 40cm、高 40cm 的鐵架裡面，並在折疊桌的四個支撐腳上加盛裝洗碗精稀釋液的塑膠杯，以避免螞蟥侵入咬傷竹節蟲。
- 將六隻八齡成蟲隨機放入已佈置妥的飼養架各個方位內，並以噴霧器在四周均勻灑上水霧以保持適合的溼度。
- 連續五天於固定時段測量並記錄每天的溫度、溼度及照度（如圖 3-3）同時以方格紙仔細量測並記錄六隻成蟲對於各種植物進食的總量（如圖 3-4），並依每天蟲兒進食的狀況繪圖標明取食位置及記錄數據。（詳如附件三：人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲食草種類偏好及食量記錄表）



圖 3-1 將十二種校園植物量妥並裁切海棉以上均為 30CM 的植株高度。



圖 3-2 仔細整理妥植物並隨機置入飼養架內依編號繪製分佈圖。



圖 3-3 我們連續五天於固定時段測量並記錄每天的溫度、溼度及照度。



圖 3-4 以方格紙仔細量測並比對記錄六隻成蟲對於各種植物的取食狀況。

（三）研究結果

- 比較泰國小紅翅竹節蟲對於各種校園植物的取食喜好與食量差異。（詳如表 3-1）
- 泰國小紅翅竹節蟲在人為環境中對於各種校園植物**取食的喜好位置與數量分佈圖**。（詳如圖 3-5 進食的植物種類、分佈位置與總量關係圖）

▼ 表 3-1 人為環境飼養泰國小紅翅竹節蟲食草種類偏好及食量記錄表

進食總量		觀察天數	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	五天總量
名稱	1. 對照組：番石榴 / 桃金娘科 (Myrtaceae)		27.5	6	39	11	62	145.5
	2. 茉莉花 / 木犀科 (Oleaceae)		0	1	0	0	0	1
	3. 芒果 / 漆樹科 (Anacardiaceae)		35	20	23.5	22	31	131.5
	4. 桑椹 / 桑科 (Moraceae)		0	1	0	0	1	2
	5. 柑橘 / 芸香科 (Rutaceae)		14	20	19.5	38.5	8.5	100.5
	6. 合果芋 / 天南星科 (Araceae)		0	0	0	0	0	0
	7. 大王仙丹 / 茜草科 (Rubiaceae)		1	0	0.5	0	0	1.5
	8. 樟樹 / 樟科 (Lauraceae)		7.5	1	2	2.5	0	13
	9. 台灣欒樹 / 無患子科 (Sapindaceae)		0	0	5.5	0	0	5.5
	10. 香蕉 / 芭蕉科 (Musaceae)		0	0	0	0	0	0
	11. 釋迦 / 番荔枝科 (Annonaceae)		6.5	11	7.5	9.5	3.5	38
	12. 鈍葉椒草 / 胡椒科 (Piperaceae)		0	6	0	0	0	6

備註：1. 環境變因：（實驗觀察日期：113.8.15～113.8.19）
平均溫度：29.82℃ C 平均溼度：67.6 % 平均照度：306.6 Lux。

12. 鈍葉椒草 6 cm ²	9. 台灣欒樹 5.5 cm ²	6. 合果芋 0 cm ²	3. 芒果 (2) 131.5 cm ²
11. 釋迦 (4) 38 cm ²	8. 樟樹 (5) 13 cm ²	5. 柑橘 (3) 100.5 cm ²	2. 茉莉花 1 cm ²
10. 香蕉 0 cm ²	7. 大王仙丹 1.5 cm ²	4. 桑椹 2 cm ²	1. 番石榴 (1) 145.5 cm ²

圖 3-5 泰國小紅翅竹節蟲進食的植物種類、分佈位置與總量關係圖

探究活動四：

深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。

（一）研究問題：

在歸納探究活動二的記錄結果發現：**無論在日間或夜晚時段，泰國小紅翅竹節蟲均會有進食及產卵的行為，這和我們查閱過的大多數竹節蟲習性不同**（多屬於夜行性昆蟲，詳如：文獻六、八）；但是考量我們是在人為飼養的環境下觀察，所以很難分辨到底是因為夜間點燈光線的干擾？還是原本即是牠們天生的自然節律呢？因此我們決定針對上述的疑問來進行更深入的探究。

（二）研究步驟：

- 我們將下述二項變因 --- 日夜間照度、實驗場域依序操作及控制後，區分為四回、各三日的深入探究實驗。
- 四回實驗中均採取下列方式進行：
(1) 採第一種日夜均為正常光線投射室內，及第二種為日間在飼養籠鋪蓋 100% 遮光的布簾、夜間則投射以同地點相同照度燈光（採日間同一地點一天中有陽光的照度平均數據，如圖 4-5、4-6）的二種方式，來各自進行三天三夜的錄影記錄。（手繪設計圖如圖 4-1，實景操作圖如圖 4-2～4-4）
- 詳細反覆觀看上述四回共 12 天的攝影記錄，並列述細項統整於記錄表中。（詳如下表 4-1～4-2，圖 4-7、4-8）

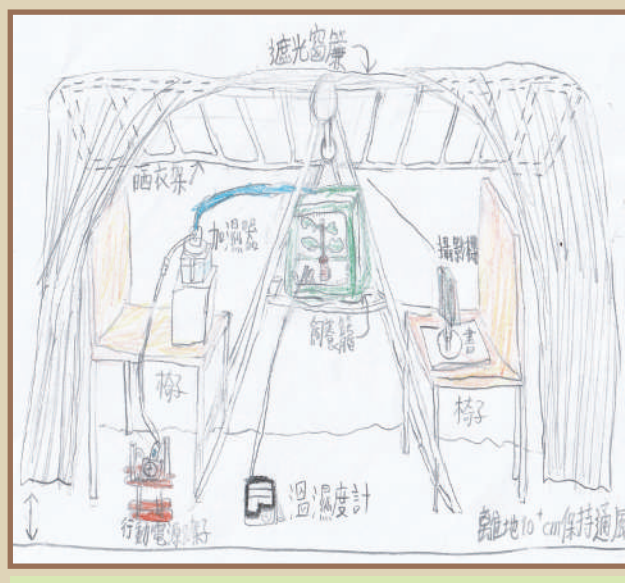


圖 4-1 日夜間控制照度實驗作者手繪設計圖



圖 4-2 日夜間控制照度場域一實景操作



圖 4-3 日夜間控制照度場域二實景操作

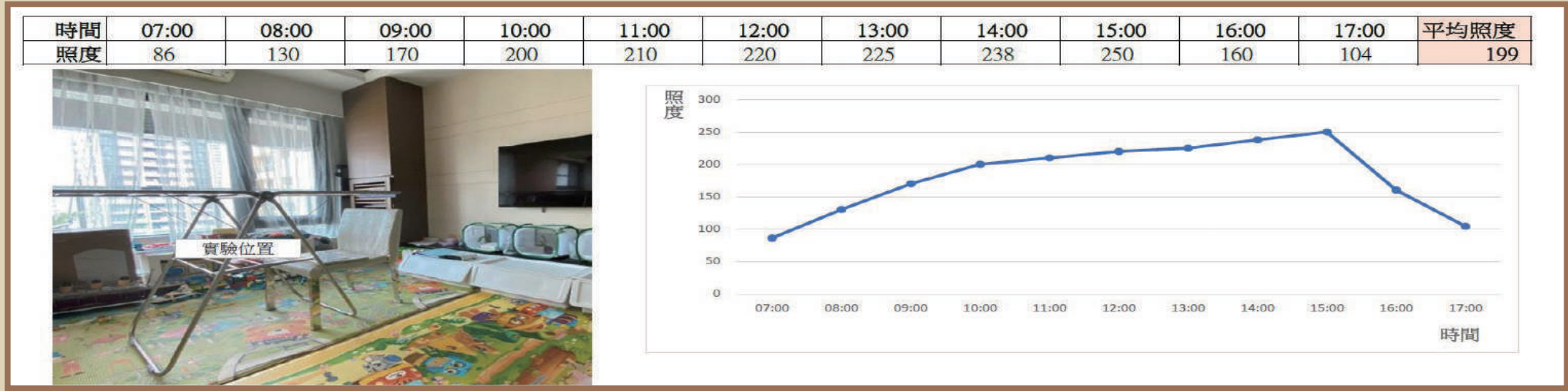


圖 4-5 一天當中人為環境實驗場域的日間照度平均表及變化圖（場域一）

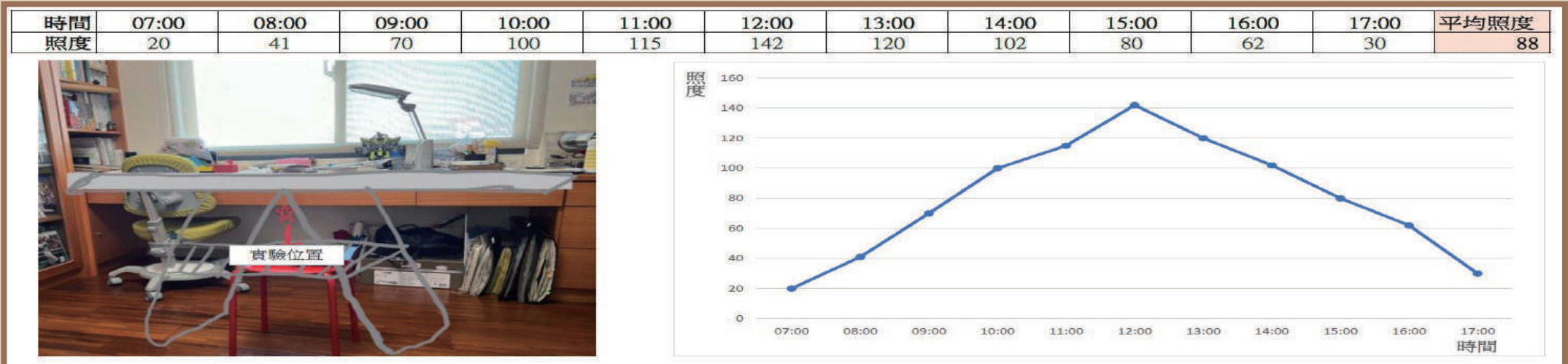


圖 4-6 一天當中人為環境實驗場域的日間照度平均表及變化圖（場域二）

（三）研究結果：

▼ 表 4-1 日夜正常光線投射泰國小紅翅竹節蟲動態靜態行為每日（每隻）平均數據表

各類行為發生時段	動態類型行為 -- 次數	靜態類型行為 -- 次數	其他
第一天 19:00 ~ 隔天 06:30	28	11.5	
第二天 19:00 ~ 隔天 06:30	35	16	
第三天 19:00 ~ 隔天 06:30	32	14.5	
夜間行為（每隻平均次數）	31.7 (7.9)	14 (3.5)	
第二天 07:00 ~ 隔天 18:30	8.5	3	
第三天 07:00 ~ 隔天 18:30	14	3	
第四天 07:00 ~ 隔天 18:30	11.5	2.5	
日間行為（每隻平均次數）	11.33 (2.83)	2.8 (0.71)	

備註： 1. 觀察日期：113.9.27 ~ 113.10.7
2. 平均照度：0 ~ 124 Lux、平均溫度：27.7℃、平均溼度：65.4 %
3. 活動總次數係以二個場域平均計算，再推算一隻的平均次數。

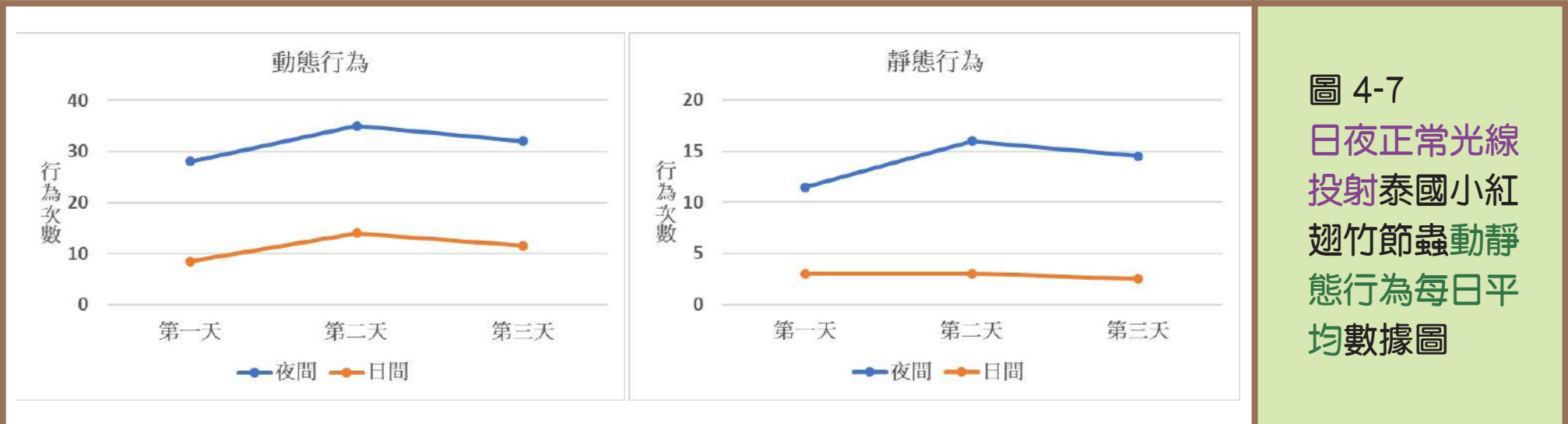


圖 4-7
日夜正常光線
投射泰國小紅
翅竹節蟲動態
靜態行為每日平
均數據圖

▼ 表 4-2 白天全無光照、夜間全光照狀態泰國小紅翅竹節蟲動態靜態行為每日（每隻）平均數據表

各類行為發生時段	動態行為類型 -- 次數	靜態行為類型 -- 次數	其他
第一天 19:00 ~ 隔天 06:30	15	6	
第二天 19:00 ~ 隔天 06:30	14.5	7	
第三天 19:00 ~ 隔天 06:30	14.5	6	
夜間行為（每隻平均次數）	14.7 (3.7)	6.3 (1.6)	
第二天 07:00 ~ 隔天 18:30	17.5	7.5	
第三天 07:00 ~ 隔天 18:30	20	8	
第四天 07:00 ~ 隔天 18:30	29.5	8.5	
日間行為（每隻平均次數）	22.3 (5.6)	8 (2)	

備註： 1. 觀察日期：113.9.27 ~ 113.10.7
2. 平均照度：0 ~ 124 Lux、平均溫度：27.2℃、平均溼度：64 %
3. 活動總次數係以二個場域平均計算，再推算一隻的平均次數。

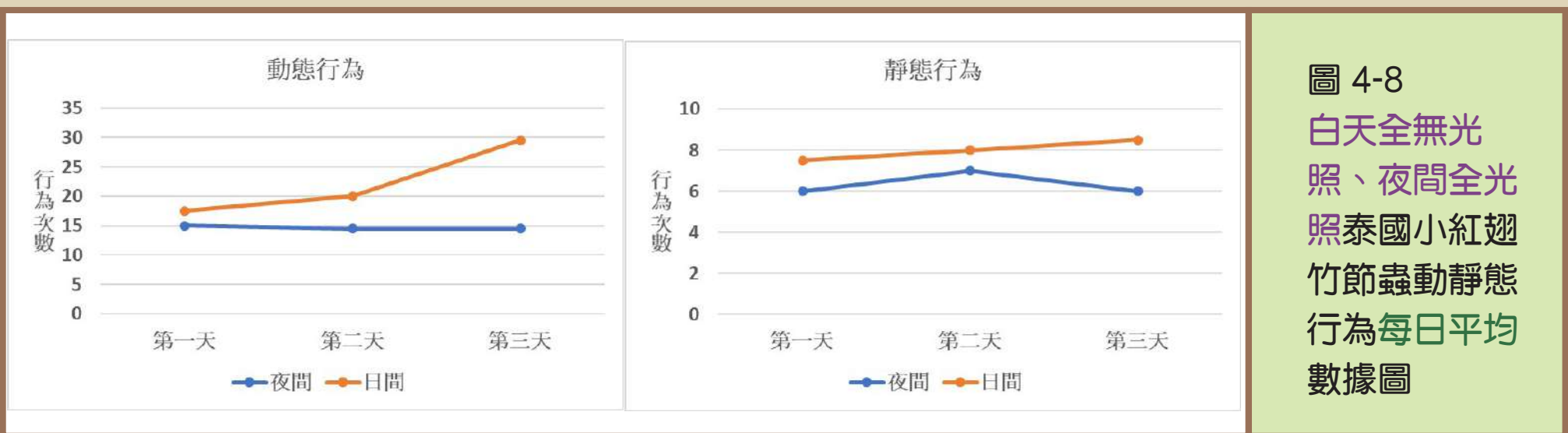


圖 4-8
白天全無光
照、夜間全光
照泰國小紅翅
竹節蟲動態靜
態行為每日平
均數據圖

探究活動五：

歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。

（一）研究問題：

我們在探究活動一～三的觀察記錄中發現：泰國小紅翅竹節蟲無論在一年內餵食單一食草的長期觀察中，或是改變食草種類與環境照度，均會有攀附在植株頂端附近進食的習性，究竟是其喜食上端嫩葉？或同伴之間的食物競爭影響？還是食草高度不足？又或是因為性喜攀高而就近取食呢？因此，我們決定改變單一食草的原生長部位、並調整原本在前述活動中飼養環境的大小，同時再調整蟲數來進一步探究這些疑問。

（二）研究步驟：

- 依據探究活動一～四人為環境的實驗數據，我們皆採食量最大的八齡成蟲進行研究，同時取單枝相同食草－番石榴葉，將原先長寬高均30cm調整成長寬各40cm、高90cm的實驗籠架，並依蟲數（一或二隻）及芭樂葉生長型態（正常生長、或截上段嫩葉改置於下段）等二個變因來細分成每隔三日一回，共四回深入的實驗探究。
- 固定於每日的中午前後在實驗籠架內測量並記錄溫、溼及照度，並仔細繪圖及拍照來標示第一天的番石榴葉片形狀及位置，再於次日輔以前一天的圖示及相片錄影，仔細對照計算並標明泰國小紅翅竹節蟲每一日的取食位置及食用總量（詳如手繪圖示5-3~5-6）（如圖5-1、5-2）。（詳如表5-1~5-4食草生長位置與進食數量平均表，原始紀錄5-2行為記錄表）

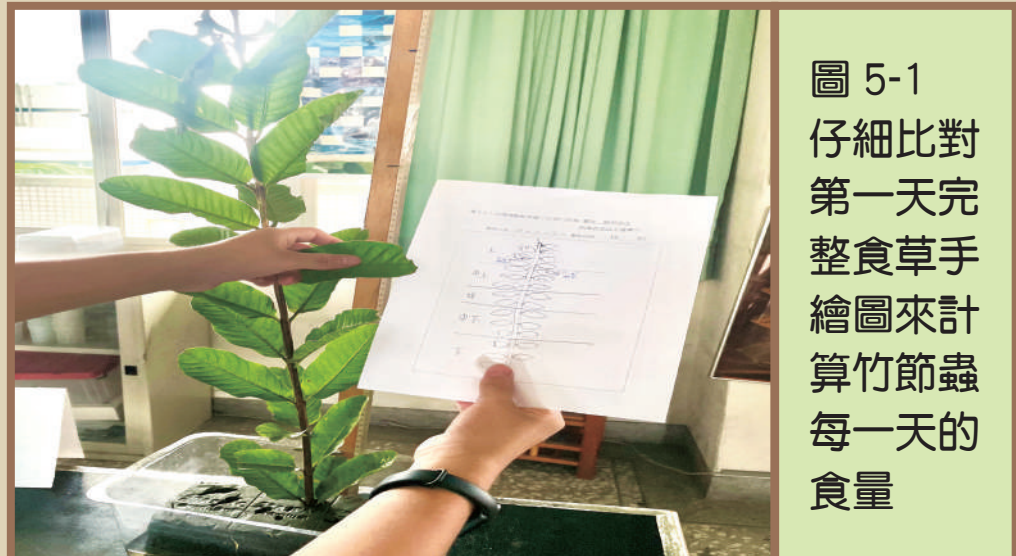


圖 5-1
仔細比對
第一天完
整食草手
繪圖來計
算竹節蟲
每一天的
食量



圖 5-2
回播前一
日的錄影
記錄來判
斷二隻蟲
體的進食
與有否爭
食行為

（三）研究結果：

深入探究實驗一

▼ 表 5-1 觀察單隻泰國小紅翅竹節蟲食草正常生長位置進食部位與數量平均表

進食總量	食用位置	莖	葉柄	嫩葉	老葉	其他
範圍						
上段 (72~90cm)		0	0.13	7.47	0	0.67(芽)
中上段 (54~72cm)		0	0	4.58	5.67	0
中段 (36~54cm)		0	0.33	0	2.83	0
中下段 (18~36cm)		0	0	0	2.17	0
下段 (0~18 cm)		0	0	0	0	0

備註： 1. 飼養場域 平均照度：0 ~ 50 Lux、平均溫度：28.83℃、平均溼度：65.33%
2. 食量測量以 cm² 為單位計算。進食範圍以食草底部為 "0" 算起，每 18cm 為一個區間，共分為五個範圍來分別記錄。
3. 食用位置沿用活動二的記錄細項區分。
4. 每回實驗第一天均將實驗蟲兒（昆蟲編號：A）置於飼養籠中段位置。

深入探究實驗二

▼ 表 5-2 觀察單隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草莖葉位置進食部位與數量平均表

進食總量	食用位置	莖	葉柄	嫩葉	老葉	其他
範圍						
上段 (72~90cm)		0	0.33	0	2.17	0
中上段 (54~72cm)		0	0.17	0	7.5	0
中段 (36~54cm)		0	0	0	2.17	0
中下段 (18~36cm)		0	0	0	0	0
下段 (0~18 cm)		0	0	0	0	0

備註： 1. 飼養場域 平均照度：0 ~ 65Lux、平均溫度：26.55℃、平均溼度：67.33%
其餘同表 5-1 備註內容。

深入探究實驗三

▼ 表 5-3 觀察二隻泰國小紅翅竹節蟲食草正常生長位置時進食部位與數量平均表 蟲體編號：A、B

進食總量	食用位置	莖	葉柄	嫩葉	老葉	其他
範圍						
上段 (72~90cm)	A 0.67 B 0.17	0.17	0.5	14.83	21.3	A 0 B 0
中上段 (54~72cm)	0 0	0	1.27	0	1.08	0 0
中段 (36~54cm)	0 0	0	0.08	0	9	1.1 0
中下段 (18~36cm)	0 0	0	0	0	0	0 0
下段 (0~18 cm)	0 0	0	0	0	0	1 0

備註： 1. 飼養場域 平均照度：0 ~ 91 Lux、平均溫度：27.07℃、平均溼度：64.33 %
2. 食量測量以 cm² 為單位計算。每回實驗第一天均將二隻實驗蟲兒（昆蟲編號：A、B）置於飼養籠中段位置。

深入探究實驗四

▼ 表 5-4 觀察二隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草莖葉位置時進食部位與數量平均表 蟲體編號：A、B

進食總量	食用位置	莖	葉柄	嫩葉	老葉	其他
範圍						
上段 (72~90cm)	0 0	0.42	0	5.42	0	17.67 0
中上段 (54~72cm)	0 0.67	0.17	0.33	0	0.67	3.58 5.75
中段 (36~54cm)	0 0	0	0	0	0	2.5 0
中下段 (18~36cm)	0 0	0	0	0	0	0 0
下段 (0~18 cm)	0 0	0	0	0	0	0 0

備註： 1. 飼養場域 平均照度：0 ~ 62.67 Lux、平均溫度：25.47℃、平均溼度：50.33%
其餘同表 5-3 備註內容。

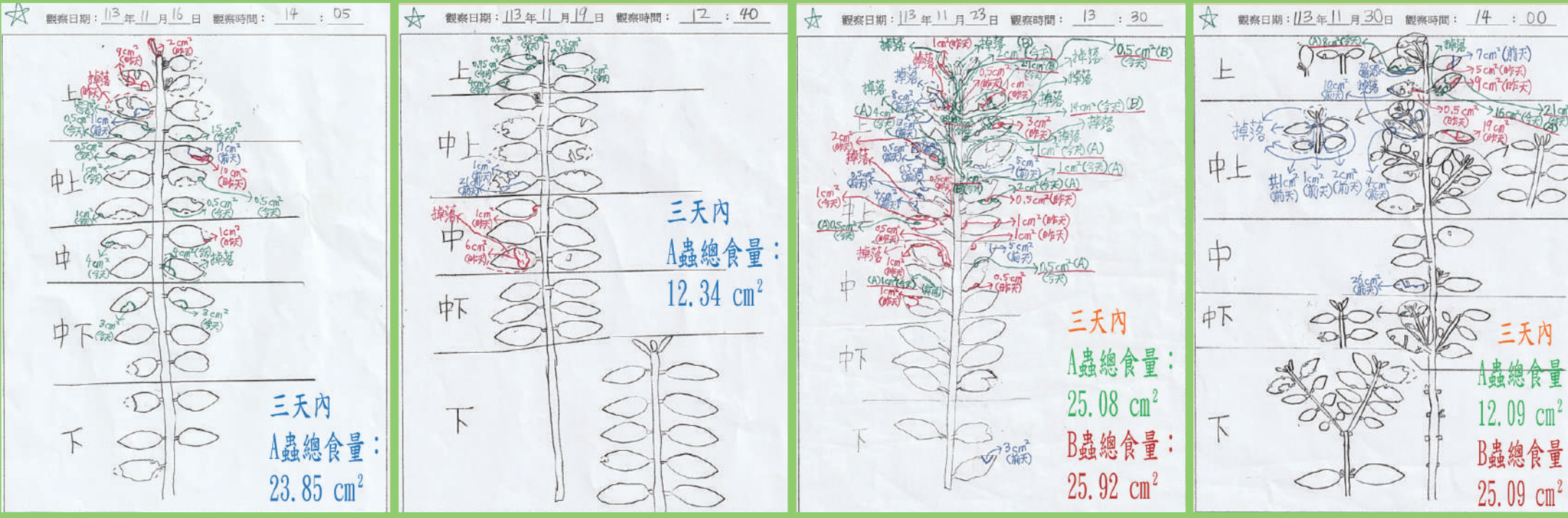


圖 5-3 觀察單隻泰國小紅翅竹節蟲食草正常生長位置進食部位與數量圖

圖 5-4 單隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草莖葉生長位置進食部位與數量手繪圖

圖 5-5 二隻泰國小紅翅竹節蟲食草正常生長位置進食部位與數量手繪圖

圖 5-6 二隻泰國小紅翅竹節蟲改變食草莖葉生長位置進食部位與數量手繪圖

陸、討論

一、依據實際觀察及蒐尋國內外參考文獻中發現：泰國小紅翅竹節蟲多以擬態食草枝條的方式停駐，很少遷徙移居，目前連原生地也只有雌蟲的發現，因此可能只行孤雌生殖的緣故，我們推論牠的外形在不需要遠途求偶、且躲避天敵的情況下，身形和步足呈細長且移動謹慎，後翅也漸漸退化成只在受驚嚇時展開的鮮豔小紅翅。

二、在觀察二個世代的泰國小紅翅竹節蟲生活史中發現，如果在前六個齡別中蛻皮失敗時，愈小齡別的蟲體愈能在下二次的蛻皮中漸漸長出趨近正常的斷足，但是如果是斷足部位在第一對時，在七齡時就不會再蛻皮，直接成長為成蟲而產下卵，而在正常的生長條件下，蟲體的體長愈長，就可能產下較多的卵，壽命也較長。

三、在飼養觀察期間，無可避免地在環境中有些人為燈光與聲音的干擾，這讓我們有了一項疑問：泰國小紅翅竹節蟲的聽覺和視覺敏銳嗎？會因為外圍的聲光而干擾到正常的作息嗎？除了引起我們後續深入探究的動機，也利用了隨機的測試和蒐尋相同族群的他種竹節蟲的資料來作出以下推論：

（一）對光的反應：泰國小紅翅竹節蟲對於電視畫面的光影變化反應較弱，關燈再瞬間開大燈時（約為 250Lux）則會立即停止當下的動作；查詢的資料中（詳如參考文獻八）也說明了一般竹節蟲和聲音比較之下，對光的反應會明顯許多，並且能夠根據光的強弱來改變其體色，具有趨光性，這表示牠們會朝向光源移動。

（二）對聲音的反應：泰國小紅翅竹節蟲對於居家的聲響、或改以在籠前大力拍手時均無反應；查詢的資料（詳如參考文獻八）也描述一般竹節蟲對聲音的感知能力有限。因為本回探究中礙於現有的設備並未進行此項實驗，希望日後能再深入這項探究。

四、探究活動五中同時進行兩隻蟲體的深入實驗時，因為整個觀察範圍變長變廣，（改為長寬各 40cm 高 90cm 的飼養架）我們為了可以更清晰地錄製回播的影像，除了將飼養箱一面換成透明塑膠布，更採多次試錄來調整攝影機擺放方式。

（一）兩架攝影機鏡頭中放置一面，位置一高一低，視野再重疊中間一部分。如此影像較清楚，會被遮擋處只有葉子後面，只是可視範圍會侷限在上或下段，觀看時需切換二個檔案影像。

（二）前後兩面各對向放置一台，此時須離飼養籠較遠，影像較不清楚，但可視範圍變大，可一次看到完整高度內的範圍，雖然較無視野死角，但清晰度減低。我們經過討論後決定採用方式（一）來進行擺設，效果很好也順利完成了完整的紀錄。（如下圖 1）

五、歸納前述探究活動的結論後發現：泰國小紅翅竹節蟲在八齡成蟲時食量最大，每隻每天約可吃下 25 cm² 的葉片、如果和棉桿竹節蟲成蟲每天吃 3.33 cm² 的食量相比（詳如作者原始紀錄數據），真的數量很驚人！如果暫不考慮植株的成長速度，則大概會折損植株上段莖葉的長枝葉約 4.75 枝、短枝葉約 7.5 枝（如下圖 2），加上牠的食草大部分為常見果樹（如番石榴及芒果等）等經濟作物，未來若因為人為棄養或脫逃而進入到野外環境，屆時是否會造成另一波外來入侵種的農業危機？這就是值得我們未雨綢繆的一項課題了！

六、我們在參閱參考文獻十後，尋訪至旗山山區帶回銀合歡植株，希望在生物防治上深入瞭解是否也能因為是泰國小紅翅竹節蟲的食草範圍，而藉此減少野外銀合歡林對於本土性林相的威脅。經過我們克服銀合歡截枝後即在半小時內枯萎的難題，順利地先經過三個月培育成盆，再進行食草的測試；實驗後發現：泰國小紅翅竹節蟲確實會取食銀合歡葉片，日後如果有機會希望能實地再回到戶外圈養下探究這項很有趣的發現。



圖 1 我們將兩台攝影機集中放置同一面分別對焦上下且重疊視野，如此最易觀察蟲體完整動態行為。

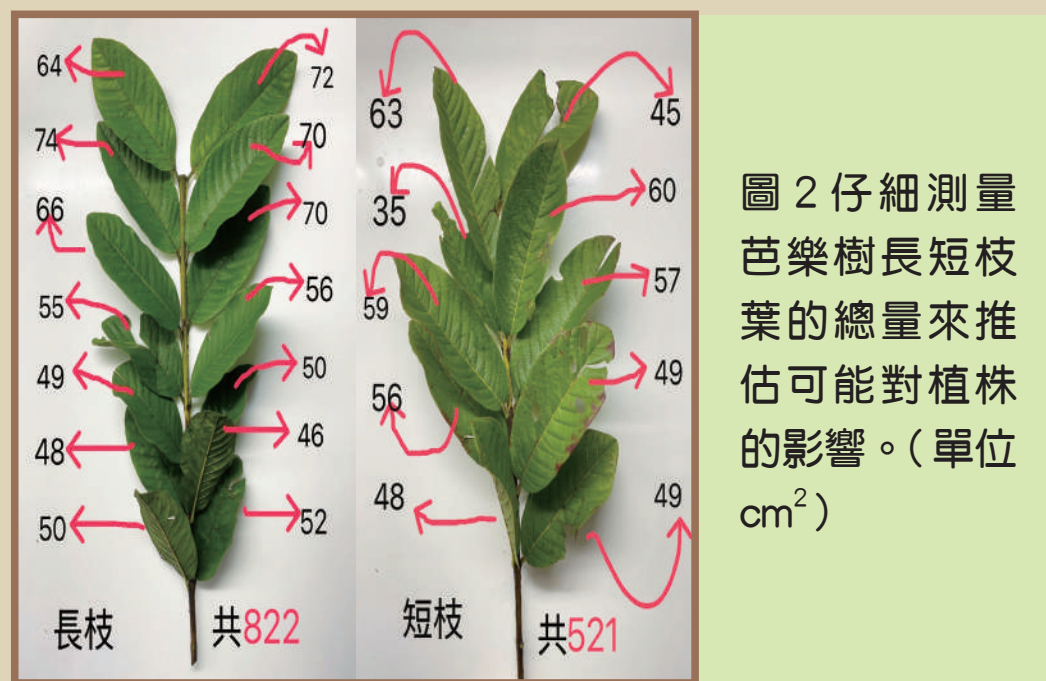


圖 2 仔細測量芭樂樹長短枝葉的總量來推估可能對植株的影響。（單位 cm²）

柒、結論

一、探究泰國小紅翅竹節蟲的完整生活史與外形特徵。

- （一）泰國小紅翅竹節蟲屬於動物界、節肢動物門、昆蟲綱、竹節蟲目（脛緣亞目）、長角竹節蟲科（長角棒竹節蟲亞科）、Phaenopharos 屬的 khaoyaiensis 種；目前我們飼養的都是雌蟲。
- （二）泰國小紅翅竹節蟲屬於不完全變態的昆蟲，牠一生的成長階段為：卵 → 一齡 ~ 七齡若蟲 → 八齡成蟲，一年約一個世代，一生中有七或八個齡期。
- （三）泰國小紅翅竹節蟲一齡時外表為深褐偏黑色，二齡期後才轉為淺棕色，身形和步足呈細長並擬態為食草枝條，八齡期長出已退化成只在受驚嚇時展開的鮮紅色小後翅，並在不經過交配的情況下於三週後開始產卵，約產下 179 顆卵，但僅孵化出 17 隻若蟲。

二、飼養並比較泰國小紅翅竹節蟲各齡期的成長週期及食量的差異。

（一）本探究活動中泰國小紅翅竹節蟲在人為飼養環境：溫度 20℃ ~ 33℃、溼度 50% ~ 80%、照度 0 Lux ~ 250Lux 之間均能正常成長，以十四隻蟲體平均計算：一週期共約 283 天左右；成蟲平均可產下 258 顆卵。

（二）泰國小紅翅竹節蟲的外形、成長週期與食量、食用部位和停棲位置歸納表：

卵	體長	成長天數	食量	食用部位	停棲位置
一齡	0.4cm	210 天	0 cm	無	飼養籠底
二齡	2.6- 2.7cm	15 天	7.05cm	莖葉上段（嫩芽）	飼養籠側
三齡	3.3 -3.5cm	17 天	15.04 cm	莖葉上段（嫩芽）	飼養籠頂
四齡	4.3 -4.7cm	17 天	30.8 cm	莖葉上段（嫩芽）	飼養籠頂
五齡	5- 5.4cm	19 天	53.73cm	莖葉上段	飼養籠頂
六齡	6.5- 7.5cm	17 天	121.6cm	莖葉上、中段	飼養籠頂
七齡	8.5- 9.3cm	19 天	157.51cm	莖葉上、中段	飼養籠頂
八齡成蟲	10- 11.3 cm	21 天	240.24cm	莖葉上、中段	飼養籠頂
八齡成蟲	13-13.9 cm	157 天	3904.3cm	莖葉上、中、下段	飼養籠頂

三、飼養並探究泰國小紅翅竹節蟲對各種校園植物的取食偏好。

- （一）泰國小紅翅竹節蟲會取食在校園中常見的植物，五天內取食數量多寡依序為：番石榴、芒果、柑橘、釋迦、樟樹、鈍葉椒樹、台灣欒樹、桑椹、大王仙丹、茉莉花。
- （二）泰國小紅翅竹節蟲會在第一天取食較多數量的植物種類，在接續的幾天內仍會大量進食，其餘植物則在少量試食後即停止食用或均未取食。

四、深入探究日夜時段與光照條件改變下對泰國小紅翅竹節蟲生活節律的影響。

- （一）人為環境下，在日間改以覆蓋遮光布全無光照的條件下，泰國小紅翅竹節蟲無論動態靜態行為皆明顯多於自然光線照射下的次數，迥異於平常日間經常擬態枝條呈靜止的樣貌。
- （二）在夜間改以日間平均照度的光線照射下，則其動態靜態行為均較正常夜間環境明顯減少。

五、歸納前述各項變因後，進一步探究在圈養條件下，改變食草植株部位的生長位置及高度對泰國小紅翅竹節蟲取食習性的影響。

- （一）改變食草植株原生長位置時，單隻泰國小紅翅竹節蟲會因為僅就攀高而就近取食，若上段莖葉部位適口性變差就會食量變小，但不會轉往下段取食。
- （二）當二隻同處時，則因為空間變大即不會爭食，不論植株生長部位改變與否，食量上均未有太大的改變，但同樣不會轉往下段取食。

捌、研究與展望（略）

玖、參考資料及其他（略）