

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

佳作

080317

外來種尖翅翠蛺蝶的幼生期生物學及擴散模式
探討

學校名稱： 新北市中和區復興國民小學

作者：	指導老師：
小六 謝帛均	呂晨智
小六 陳羿綺	應雅鈴
小六 陳曉萌	

關鍵詞： 尖翅翠蛺蝶、外來種、生活史

外來種尖翅翠蛺蝶的幼生期生物學及擴散模式探討

摘要

尖翅翠蛺蝶最早於 2019 年在基隆被發現，是以芒果葉為寄主的外來種蝴蝶。本研究透過野外調查發現，尖翅翠蛺蝶偏好在 4.8 公尺以上的芒果樹產卵，在都市化程度高的環境仍可繁殖。幼生期天數在 47 日至 62 日間，低溫會延長幼生期發育時間。生長速率隨齡期增加而變快，且雌蝶幼蟲體型較雄蝶大，蛹體長寬比也有差異。幼蟲會依據體型與體色變化進行不同的隱蔽行為，其體背白線與與中肋位置為隱蔽行為的關鍵因子。公民科學資料顯示本種入侵臺灣本島後呈現「先跳躍後漸進」的擴散模式，在本島東西兩側呈現不同擴散階段。考量各因子對擴散的影響，推估本種會持續南向擴張至恆春半島，並轉至東側再往北擴散東部縣市，南部縣市可提早監測本種對芒果產業的影響狀況。

壹、前言

一、研究動機

五年級參加實驗課程的某一天，老師帶著我們在校園內尋找蝴蝶與毛毛蟲的蹤跡，在芒果樹的葉片上，我們找到了一隻模樣奇特的毛毛蟲，長相很像羽毛，保護色很好，沒有仔細看的話很難發現，老師介紹說這隻蝴蝶是一個最近幾年才入侵臺灣的外來種蝴蝶，名稱叫做尖翅翠蛺蝶，因為入侵臺灣的時間並不長，很多生活習性也還在了解中，對於喜歡飼養毛毛蟲的我們來說，這個蝴蝶幼蟲長的十分特別，習性又充滿了神秘感，因此我們決定以這個蝴蝶當作研究主題，希望能夠解開這個蝴蝶的神秘面紗。

二、研究目的

- (一) 調查芒果樹上尖翅翠蛺蝶幼生期豐度與植株高度、都市化程度等環境因素的關聯性。
- (二) 記錄幼生期的形態、體型、發育時間、各階段轉換過程等生物學資訊，了解環境溫度與發育時間的關聯性。
- (三) 探究幼蟲不同齡期形態與隱蔽行為的搭配模式，及隱蔽行為的啟動因子。
- (四) 透過公民科學資料歸納尖翅翠蛺蝶入侵後的擴散現況，並推測未來的擴散趨勢。

三、研究回顧

- (一) 尖翅翠蛺蝶的分類、形態與生態：尖翅翠蛺蝶（學名：*Euthalia phemius*）是屬於鱗翅目蛺蝶科的翠蛺蝶屬昆蟲，分佈從印度、中國大陸的華西、華南地區至中南半島、馬來半島北部至婆羅洲，在原產地分佈於平地至中海拔的山地性森林。本種成蝶雌雄異型，雄蝶體型較小，底色黑褐色，後翅後緣有藍色金屬光澤斑塊；雌蝶體型較大，底色黑褐色，前翅亞外緣有一道明顯的白斑，白斑在不同亞種或族群的變化很大，部份地區的族群，其白斑會消失（徐堉峰等，2021）。根據日本昆蟲學家 Yutaka Inayoshi 建立的「Butterflies in Indo-China」網站所述，尖翅翠蛺蝶共有兩個亞種，指名亞種（*E. p.*

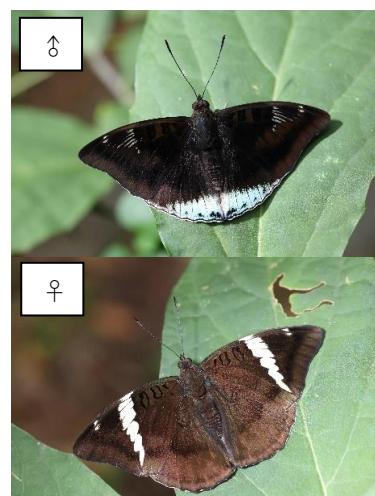


圖 1-1 尖翅翠蛺蝶的成蝶
(出處詳圖片來源 1)

phemius) 分佈在婆羅洲以外的大部分範圍，而婆羅洲亞種 (*E. p. euphemia*) 僅分佈在婆羅洲。尖翅翠蛺蝶的寄主植物僅有芒果（學名：*Mangifera indica*）一種，以葉片為食，雖然現生的芒果品種眾多，但是具有同樣的學名，在分類上仍然是同一種植物。

(二) 尖翅翠蛺蝶在臺灣的入侵紀錄與研究歷史：臺灣的尖翅翠蛺蝶首次確切記錄為 2019 年 10 月 8 日，地點為基隆市安樂區內寮濕地，並於同月 13 日於同一地點的芒果樹上發現幼生期，包括蛹及蛹蛻，後續基隆鳥會確認尖翅翠蛺蝶已經穩定在臺灣繁衍，這兩篇文章並提到，距離基隆最近的原生分佈地點是福建省廈門市，人為引進的可能性較高，可能是透過停泊於基隆港的客輪或客輪帶入，但是確切的入侵方式已經無法考證（林怡均，2019；臺灣蝴蝶保育學會，2021）。2021 年出版的臺灣蝶類誌第五卷有收錄尖翅翠蛺蝶資料，描述了臺灣的尖翅翠蛺蝶族群的外型，並記載為指名亞種 (*E. p. phemius*)，寄主為漆樹科的櫟果（也就是芒果），並提到目前分布於本島北部的低海拔地區，有南下的趨勢，並呈現成蝶標本圖片（徐堉峰等，2021）。2022 年進行的【尖翅翠蛺蝶 (*Euthalia phemius*) 之入侵評估 (鱗翅目：蛺蝶科)】研究中提到雌蝶將卵產於陰暗處的老熟葉片，幼蟲以老熟葉片為食，共有六個齡期，多在芒果葉面停棲，配合幼蟲形態有良好的隱蔽效果，同時這篇研究也提到，2022 年上半年為止，在以下幾個縣市皆有尖翅翠蛺蝶的紀錄：基隆市、新北市、台北市、宜蘭縣、桃園市、新竹縣以及苗栗縣（林翰羽，2022）。

(三) 生物的入侵與擴散：尖翅翠蛺蝶普遍被視為外來的入侵物種，因人類刻意或無意引起的生物入侵，使其可以克服山脈或海洋等障礙。當生物到達新地點時，必須在競爭中勝出，並建立據點，也必須能夠在新環境的捕食與寄生壓力下生存，也才能具備擴散的機會。生物擴散可以分為三種模式：

1. 跳躍式擴散 (Jump dispersal)：一種長距離的擴散模式，可以用來解釋生物不連續分佈的狀態，且人類文明的發展也促進了長距離的運輸。
2. 漸進式擴散 (Diffusion)：個體或族群的緩慢擴散模式，通常會接在跳躍式擴散之後發生。此種擴散模式包含三個階段：最初的入侵非常緩慢，可能需要多次的擴散事件才能建立足夠大的族群，但建立族群後，分佈範圍便會呈現指數效率的迅速擴展，最終遇到物理性或生物性因子的阻礙後，擴散速度才會減緩。
3. 序列式遷移 (Secular migration)：是一個非常緩慢的擴展分佈模式，因而物種會在遷徙的過程中演化。

生物的擴散狀況不僅受到物理上的隔離阻礙影響，新環境的溫度、光照、濕度等物理因子，以及競爭、天敵、食物等生物因子的影響。入侵的物種如果可以適應新區域的環境梯度，才有存活的可能性，而且在其需要的棲位上，需要同時具有充足的食物，棲位的競爭對手不至產生競爭排除的現象，以及天敵的壓力小於繁殖潛力等條件，這個入侵物種才會持續的在該地區生存並繁殖（Cox & Moore, 2007）。

(四) 影響尖翅翠蛺蝶擴散的物理與生物因子：物理因子方面，溫度與光照程度會和緯度以及海拔高度相關，尖翅翠蛺蝶的原生分佈範圍與臺灣的緯度相當，並向南延伸至接近赤道的緯度，且本種分佈的海拔高度為平地至中海拔山區，顯示物理因子上，臺灣島嶼的平地環境與原生分佈的環境差異性不高，但缺乏更明確的氣象資料進行比對。生物因子方面，芒果 (*Mangifera indica*) 是尖翅翠蛺蝶幼蟲的唯一寄主植

物，雖然不屬於原生種的植物，但是普遍栽種在果園、綠地或行道樹等環境，成蝶的食物以腐果為主，食性比較多樣。為了確認可能的競爭因子（生態棲位重疊物種），我們在蝶蛾網查詢會以芒果為寄主的鱗翅目，共有 7 種鱗翅目昆蟲的幼蟲 (*Horaga onyx* 鑽灰蝶、*Olene dudgeoni* 褐斑毒蛾、*Penicillaria jocosatrix* 芒果重尾蛾、*Catoria sublavaria* 點紋灰尺蛾、*Orthocraspeda furva* 豬刺蛾、*Selepa celtis*、*Isodemis proxima*)。而天敵的部份，共有 7 種會寄生尖翅翠蛺蝶幼生期的寄生性天敵（卵：2 種 *Telenomus* sp. 與 1 種 *Trichogramma* sp.，幼蟲：*Cotesia* sp. 與 *Sturmia* sp.1，蛹：*Ichneumonidae* 與 *Sturmia* sp.2）曾被記錄過，但並未鑑定至種（林翰羽，2022）。

- (五) **鱗翅目幼蟲的隱蔽行為：**為了躲避天敵，鱗翅目的幼蟲有多種防禦機制，主要分成兩類，一類是透過化學物質的使用嚇阻掠食者，另一類則是隱蔽、保護色等物理防護機制。關於物理防護機制，部份種類會透過捲葉、潛葉等方式避免暴露在掠食者前，而隱蔽性 (Crypsis) 的策略，是透過增加「雜訊的比例」來減少被發現的機會，也是其他昆蟲經常使用的避敵方式，其好處在於不用花費很多能量就能達到隱藏效果，但是要仰賴昆蟲能選出合適的背景 (Gullan & Cranston, 2015)，毛毛蟲的蟲體邊緣突起、體表顏色與圖案常具有干擾效果。同時，毛毛蟲也會出現行為上的適應，例如白天保持靜止、僅在夜間進食、或是將吃剩葉片咬斷以免暴露位置等 (Scoble, 1992)。英國曼徹斯特胡椒蛾黑色與白色個體的保護色研究案例中，19世紀末，鱗翅學家塔特 (J. W. Tutt) 透過觀察提出假說，到 20 世紀中期鱗翅學家凱特威爾 (H. B. D. Kettlewell) 以人作為受試者以肉眼進行檢驗並量化隱蔽程度，再到 20 世紀初期馬傑魯斯 (M. E. N. Majerus) 以鳥類作為實驗對象，並透過實驗先排除蝙蝠可能是選汰者的機會（透過聽覺捕食），提供更加縝密的實驗數據。以鳥類作為實驗對象的原因，在於人眼與鳥眼的感光細胞不同，腦中對獵物的視覺認知可能也有差異，也導致人為認知的隱蔽性與實際天敵有所差異（施禮正，2016）。

貳、研究設備與器材

- 一、戶外調查器材：塑膠繩、高枝剪、雷射測距儀、筆記本、鉛筆、塑膠桶。
 二、飼養記錄器材：塑膠盒、澆灌瓶、指型瓶、剪刀、毛筆、衛生紙、單眼相機、直尺、塑膠繩、筆記本、鉛筆、橡皮擦。

參、研究過程與方法

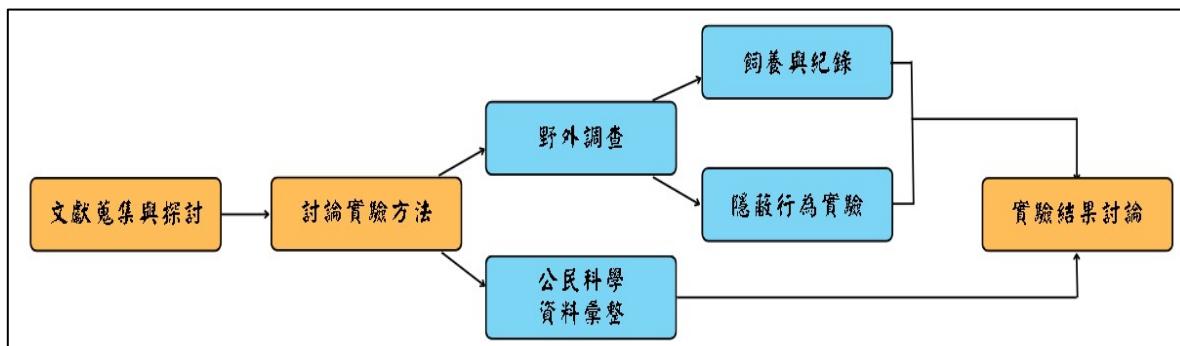


圖 3-1 研究流程圖(出處詳圖片來源 1)

一、戶外調查

(一) 以校園及鄰近區域為調查範圍，進行芒果樹的記錄與調查，將調查區域依照性質區分為 6 個樣區，以 A 至 F 命名，樣區範圍內的芒果樹以樣區代號+流水號方式進行編號（如 A1、A2...），將 7 個樣區內的芒果樹不論高矮，盡量找出並標記，然後以每 30 公分進行一格畫記的 2 公尺塑膠繩及雷射測距儀，進行測量並記錄芒果樹的高度。



圖 3-2 調查樣區圖(出處詳圖片來源 2)

- (二) 高度低於 2 公尺的芒果樹，進行全樹葉片檢查，觀察是否有尖翅翠蛺蝶的卵、幼蟲或蛹，如果樹高高於 2 公尺，則以高枝剪隨機於可操作範圍內剪下 10 叢葉片進行檢查，將檢查結果記錄於筆記本上。
- (三) 除了活體的幼生期外，並檢查葉片上是否有卵殼痕跡以及蛹殼痕跡，同步記錄於筆記本。採集到的幼生期活體，進行編號並帶回實驗室進行後續的飼養觀察。

二、幼生期飼養觀察與記錄

- (一) 將調查攜回的幼生期樣本置於固定規格透明塑膠盒內，葉片基部插入裝水的指形瓶以維持新鮮程度，盒外貼上記錄紙，標示編號、採集日期及採集地。
- (二) 每日早自習時間固定進行樣本觀察，使用單眼相機及微距鏡頭進行影像記錄，從卵期開始依序採用 1.4 倍、1 倍、0.6 倍、0.3 倍四種固定倍率拍攝，當幼蟲體型過大後便轉為下一個倍率進行攝影，每日進行檔案編號記錄，同時觀察其形態變化，再清除盒內的糞便，並檢查及更換芒果葉。
- (三) 觀察尖翅翠蛺蝶的卵孵化過程、幼蟲蛻皮的過程以及終齡幼蟲化蛹的過程，並以單眼相機進行錄影，透過觀察以及影片回放的方式進行記錄。

三、幼蟲隱蔽行為模式觀察與記錄

- (一) 透過每日拍攝的照片，檢視各樣本在不同齡期下的隱蔽行為，並進行歸納。
- (二) 將 8 隻幼蟲樣本，於四齡與六齡階段，放在正常葉片、葉背朝上的葉片、葉脈去除的葉片以及去除一邊側脈的葉片上，並於 20 分鐘、40 分鐘及 60 分鐘分別進行照片拍攝，記錄幼蟲在不同條件下進行隱蔽行為的方式。

四、尖翅翠蛺蝶的公民科學調查資料彙整

- (一) 檢視公民科學調查記錄登錄網站：由 iNaturalist 國際網路和國立臺灣大學森林環境暨資源學系與農業部林業試驗所共同合作的站台 iNaturalistTW 愛自然以及全球生物多樣性資訊機構中搜尋尖翅翠蛺蝶的調查紀錄。
- (二) 將資料下載，逐一檢視每筆紀錄的佐證照片正確性，並將資料彙整進試算表後，整理記錄日期與地點，歸納 2019 年以來、尖翅翠蛺蝶在臺灣入侵之後的分布變化情況，並計算各年份的擴散最南點以及擴散距離。

肆、研究結果

一、戶外調查

- (一) 樣區特性描述：為確認不同性質的樣區，是不是會有不同的調查結果，我們將樣區的特性描述於表 4-1。

表 4-1 調查樣區特性

樣區代號	位置	特性	樹數
A	校園東側行道樹	靠近校外街道，較多車輛通過，行道樹大部份是菩提樹，其中有幾棵芒果樹。	9 棵
B	校園西側	靠近校外街道，種植了很多樟樹，其中有幾棵芒果樹，	2 棵
C	校園中庭	一個可以活動的廣場，四面都被教室包圍，也種植了不少榕樹，並有幾棵芒果樹	5 棵
D	校園東側山坡	靠近東邊的山坡，干擾少，靠近山壁有生長芒果樹	7 棵
E	校外東側登山步道	通往圓通寺的登山步道，步道沿線有一些芒果樹生長，干擾少	8 棵
F	校外西側山邊公園	靠近山邊的一個中小型公園，公園內有小山坡及步道，有一些芒果樹生長	6 棵

- (二) 我們利用自製的高度測量繩以及雷射測距儀進行樣區內的芒果樹高度測量，高度低於 2 公尺的樹，使用繩子進行測量，高度高於 2 公尺的樹，使用雷射測距儀進行測量，不過由於雷射測距儀的紅點在太高的樹頂很難辨識，所以高於 10 公尺的芒果樹我們直接以 10 公尺的數字進行記錄。
- (三) 在進行調查時發現除了活體的卵、幼蟲、蛹是可能發現的樣式外，也可能發現乾癟的卵殼、圓形完整的卵痕以及掛於葉下已經乾癟的蛹殼。這些痕跡都出現在芒果樹的老葉上，乾癟的卵殼外型扁圓，呈現灰白色的色澤，但是仍然可以看到明顯的規律棘刺突起，部分卵殼上有破洞，推測可能是生病或被寄生導致這些卵殼仍遺留在葉片上，而且因為顏色與綠色葉片差異很大，所以比新鮮的卵更容易被看到。圓形完整的卵痕則是透過剛吃完卵殼的幼蟲，停棲處旁的圓形痕跡確認。而蛹殼則是在成蝶羽化以後，繼續垂吊於老葉下方，雖然部份蛹殼不完整，但是仍然可以看得出來形狀，所以這些痕跡也被我們納入記錄。經過九月份的四次調查，我們共在 8 棵芒果樹上發現尖翅翠蛺蝶幼生期的蹤跡，佔了總調查樹數的 21.62% (8/37)，比例不高。我們發現卵殼發現的數量最多(18 個)，其次是蛹殼(9 個)，這是因為在未遭受嚴重干擾的情況下，數代的卵殼跟蛹殼痕跡能較長時間保存在老葉上，也成為協助我們鑑定芒果樹是否有被尖翅翠蛺蝶利用的良好證據。
- (四) 比較幼生期數量與芒果樹高度，所有有幼生期的芒果樹中，最矮也有 4.8 公尺，低於這個高度的芒果樹皆沒有記錄到幼生期，且這 8 棵樹有 62.5%(5/8)的比例樹高超過 8 公尺。整體幼生期調查數量最多的 A2 及 E4(皆為 11 隻)，樹高分別為 10 公尺及 8.5 公尺，顯示高的芒果樹較容易吸引母蝶產卵。

- (五) 各樣區幼生期數量如圖 4-1，發現 E 區的數量最多，其次則為 A 區，如果以干擾程度來說，E 區位處在登山步道的範圍，除了登山客以外不會有太多的都市或人為干擾，而 A 區靠近校外的巷弄及都市建築物，容易有車輛或行人靠近，干擾較為嚴重。在這

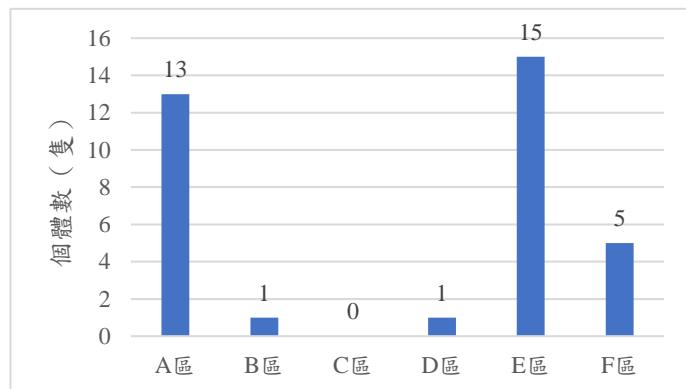


圖 4-1 各樣區幼生期數量，A 區（人為干擾高）與 E 區（人為干擾低）的幼生期數量較多(出處詳圖片來源 1)

兩個性質差異大的樣區皆可以調查到數量不少的幼生期。而 C 區的調查數量為 0，可能顯示 C 區受到四面教室包圍，導致母蝶接近不易，也可能是 C 區的芒果樹偏矮，不受到母蝶的喜歡。

- (六) 比較樣區、樹高與幼生期數量的資料後，我們發現尖翅翠蛺蝶對於人為干擾的環境因子並不敏感，但是母蝶對於產卵的選擇上，比較偏好大棵的芒果樹，小樹或是樹苗則不受到青睞。

二、飼養與記錄

本次實驗總共採集 32 隻尖翅翠蛺蝶的卵或幼蟲進行飼養及記錄，原本我們希望完全以樣區內的採集樣本來飼養，但受到颱風及登革熱消毒影響，樣區內的幼蟲採集變得十分困難，於是我們轉往其他地點進行幼蟲採集，以完成飼養觀察的實驗。

- (一) 自 2024 年 9 月 1 日採集到第一隻尖翅翠蛺蝶起，至 2025 年 2 月 10 日最後一隻成蝶羽化，採集的 32 筆幼生期紀錄中，有 5 個卵並未孵化，其中兩個卵在後期出現破洞，推測是寄生蜂寄生導致，其他卵的未孵化原因不明。而成功孵化或是從幼蟲期開始飼養的個體有 27 隻，成功飼養至羽化的個體共 13 隻，羽化比例為 48.15%，飼養期間死亡的 14 隻幼蟲有 6 隻死於一齡階段，6 隻死於二齡階段，合計佔了幼蟲死亡個體的 85.71% (12/14)，顯示一齡、二齡階段為飼養時死亡率最高的階段。

- (二) 幼生期各階段發育天數彙整後進行以下的統計：

- 卵期天數：由於實驗的樣本都是在野外採集，難以判斷母蝶產卵日期，所以我們並未將卵期進行平均，根據採集樣本，卵期最高天數是 6 天。
- 幼蟲期的齡期與發育天數：經過飼養後，我們發現尖翅翠蛺蝶具有 6 個齡期，六齡蟲蛻皮後變成蛹，我們發現隨著齡期增加，各個齡期需要的發育天數逐漸增加。另外在 9 月份採集的幼蟲(1 至 7 號)和 11 月份採集的幼蟲(14 至 29 號)，其幼蟲成長天數與蛹期天數有明顯的差異。所以我們將九月份標記為秋季，十一月份標記為冬季，分開進行各齡期生長天數的平均值如圖 4-2。

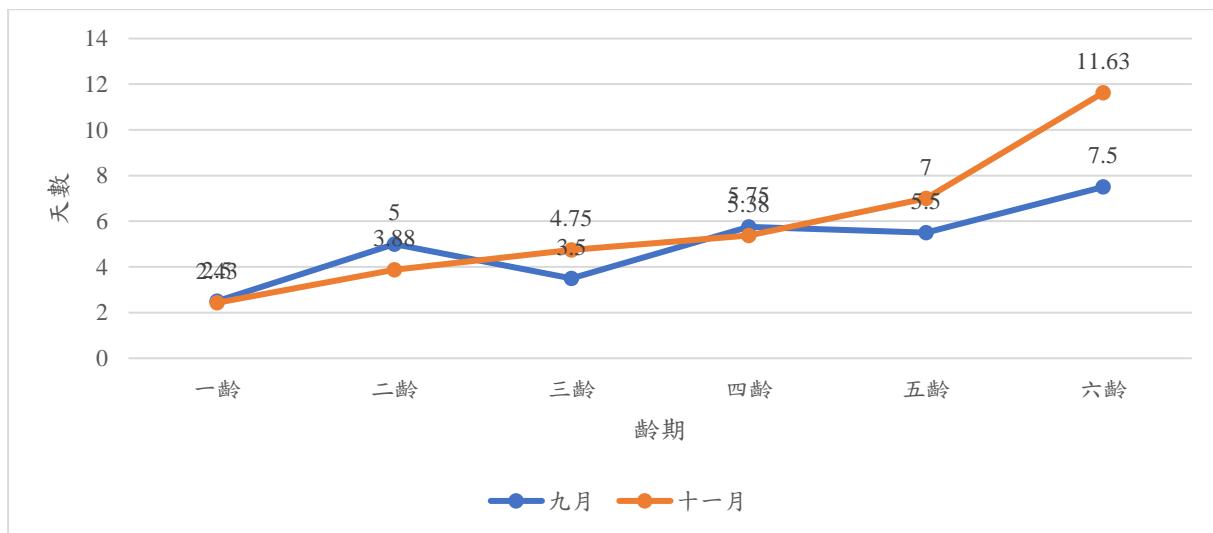


圖 4-2 不同季節幼蟲各齡期生長天數統計，11 月採集幼蟲，五六齡發育天數較多(出處詳圖片來源 1)

我們發現三齡（多 1.25 天）、五齡（多 1.5 天）以及六齡（多 4.13 天），十一月的幼蟲

都明顯需要花較多的天數進行發育，冬季幼蟲期總天數平均也高於秋季（多 5.25 天）。

3. 蛹期天數：平均蛹期天數為 18 天，我們發現在 9 月份採集的幼蟲(編號 1 至 7 號)，其蛹期平均天數為 12 天，11 月份採集的幼蟲(編號 14 至 29 號)，其蛹期平均天數為 20.75 天，兩者有明顯的差異。顯示在較為寒冷的季節，幼蟲化蛹之後需要花費更長的天數來完成整個成蟲發育的過程，而在同一個季節或相近的時間，蛹的發育時間差異不大。

4. 幼生期總花費天數估計：綜合以上資料，由於卵期沒有適合的數據平均，我們以最長的孵化天數記錄 6 天作為計算標準，幼蟲期以及蛹期，因為有秋季與冬季兩個數字差異很高的發育天數模式，所以我們將兩者分開進行平均計算如下。在秋季幼生期的發育總天數約為 47.75 日，冬季幼生期發育總天數約為 61.75 日。

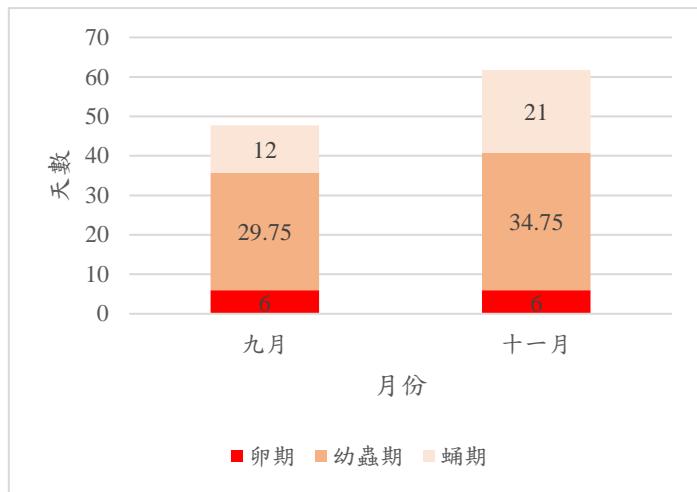


圖 4-3 不同季節的幼蟲各階段天數統計，十一月份採集的幼蟲，其總發育天數較多(出處詳圖片來源 1)

(三) 幼蟲各齡期發育狀態統計：幼蟲發育的體積、體長、重量等數值都會變大，由於體積與重量較難測量，我們以體長作為比較幼蟲發育程度的代表數值。測量的過程中我們發現，當接近即將蛻皮的時候，幼蟲體長會略為縮短，為了避免這個縮短的情況影響我們對於每個齡期生長情況的判斷，所以我們將資料彙整為每個齡期的「最短長度」及「最長長度」，並透過兩者相減得到每個齡期的「生長長度」。將各個樣本的資料記錄完畢後，我們分別進行了各齡期的最短長度平均、最長長度平均以及平均生長長度的計算。

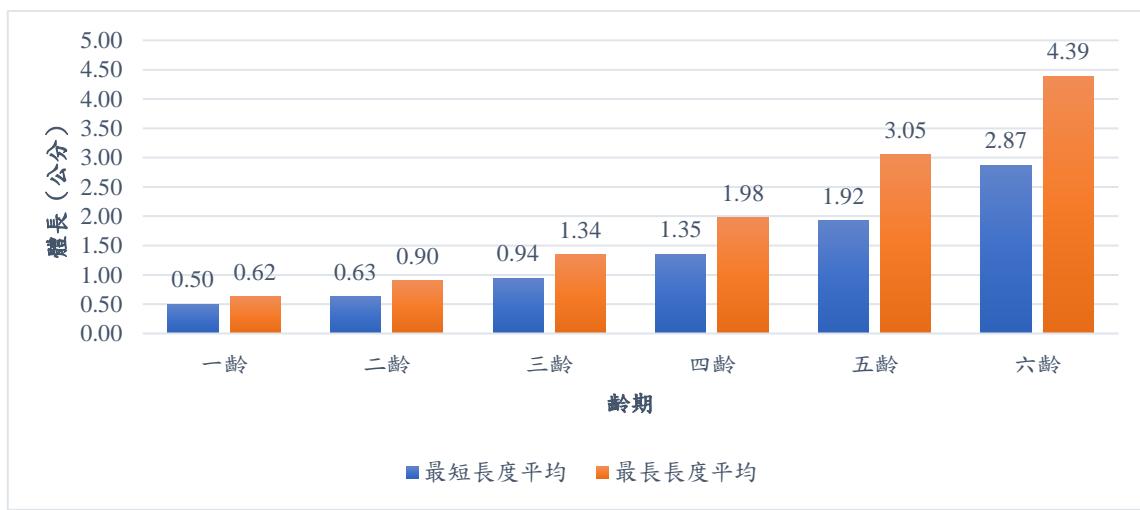


圖 4-4 不同齡期幼蟲平均最長與最短體長，隨著齡期增加，體長也跟著增加(出處詳圖片來源 1)

統計圖顯示，幼蟲隨著齡期增長，蟲體長度逐漸變長，呈現穩定的成長狀態。另外，四齡轉換成五齡以及五齡轉換成六齡的時候，幼蟲蛻皮完成時的長度會略小於前一齡的最長長度。我們接著將各齡期內的生長長度繪製統計圖。

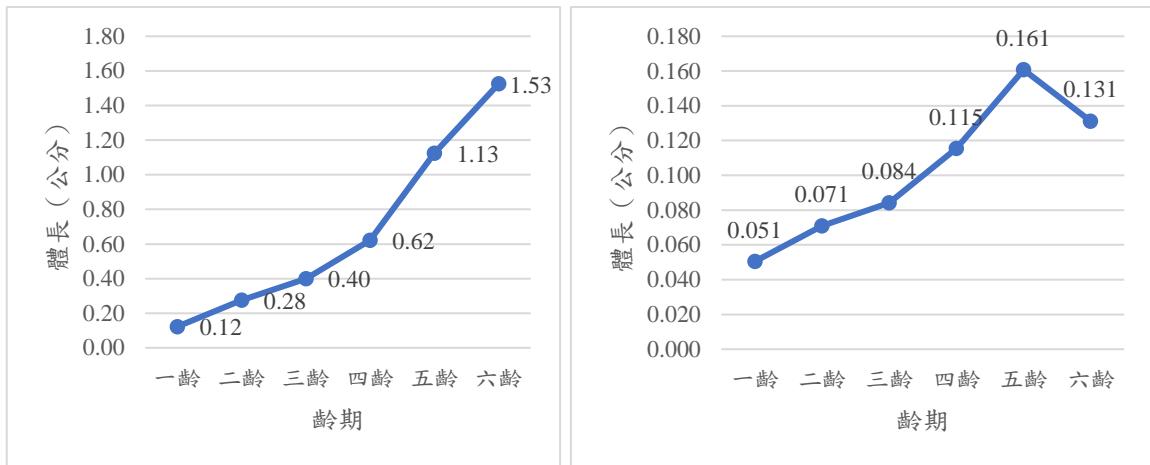


圖 4-5 各齡期生長長度統計(出處詳圖片來源 1) 圖 4-6 各齡期每日發育長度統計(出處詳圖片來源 1)
我們發現齡期越大，該齡期內「生長的長度」也越長，一齡階段平均僅生長 0.12 公分，但六齡階段可以生長 1.53 公分，生長長度是一齡時期的 12.75 倍，這顯示幼蟲發育前期的齡期內發育長度較小，隨著齡期增加，每個齡期內的發育長度也會增加，但由於較大的齡期，發育天數也較長，為了比較不同齡期的每日平均發育長度，我們將每齡期的平均生長長度除以平均生長天數，檢視其每日發育的情況。發現每日生長長度也隨著齡期變大而增加，一齡階段每日平均生長 0.051 公分，是成長速度最慢的階段，而五齡階段每日平均生長 0.161 公分，是成長速度最快的階段，而六齡的成長速度不及五齡，我們推測可能是因為六齡幼蟲在充分成長後，尚有 2 至 3 日的時間要進行蛹的絲蟄製作，以及吊掛成為前蛹的狀態，此段時間實際上並未繼續成長，所以平均生長長度不及五齡幼蟲。

另外，編號 32 號的個體是在 2024 年 11 月 16 日於南投縣的本部溪採集，採集時依照飼養經驗與外型判斷屬於四齡幼蟲，比照相同方式進行飼養與記錄，後期發現 32 號幼蟲的蛻皮比其他個體多了兩次（四齡至八齡），共花費 57 天，比其他幼蟲的平均 24 天多花費 33 天，是其他幼蟲並未發生的情況。再比較各齡期幼蟲長度，發現 32 號幼蟲的四齡前期與其他四齡幼蟲差異不大，但最長長度偏低，五齡、六齡的體型更是明顯比其他同齡期幼蟲小，但當發育至八齡的階段，其體型與六齡幼蟲的平均長度稍大，屬於化蛹前的正常體長範圍內。

(四) 幼蟲食性觀察與測試：檢視卵與幼蟲的照片，所有個體都是在芒果樹的老葉上，嫩葉則從來沒有發現過尖翅翠蝶幼生期的痕跡，為了確認幼蟲的食性是不是會完全排除嫩葉，所以我們將相等數量的嫩葉與老葉放在飼養盒內，並在隔日開始每日觀察食痕來確認幼蟲選擇取食的比例，共進行了 6 天的觀察，最後一天並將老葉與嫩葉拍照進行比較

表 4-2 幼蟲取食老葉與嫩葉紀錄

日期	老葉食痕	嫩葉食痕	日期	老葉食痕	嫩葉食痕
2024.9.13	有	無	2024.9.16	有	無
2024.9.14	有	無	2024.9.17	有	無
2024.9.15	有	無	2024.9.18	有	無

2024.9.12 實驗前的葉片影像	實驗照片	2024.9.18 實驗後的葉片照片

圖 4-7 食性實驗前後葉片對照圖 對照實驗前後的照片，顯示僅有老葉被取食，嫩葉則完全沒有食痕
(出處詳圖片來源 1)

檢視實驗結果，不論是每日觀察結果或是最後一天的照片拍攝，都顯示當老葉與嫩葉共同放置於同一個環境時，幼蟲只會以老葉做為取食部位，完全不會選擇以嫩葉為取食的部位。

(五) 生活史各階段形態及轉換過程描述。

- 卵期：剛產下的卵顏色是綠色，形狀大體是半圓形，由好幾排的不同多邊形拼排而成，每個多邊形的交界處都有一根長棘突起，這些長棘的末端會分成兩叉。經過幾天之後，卵會從綠色變成淡黃色，而即將孵化的卵，頂端會出現黑色圓形圖案，這個黑色部位應該是在卵內將孵化的幼蟲頭殼。

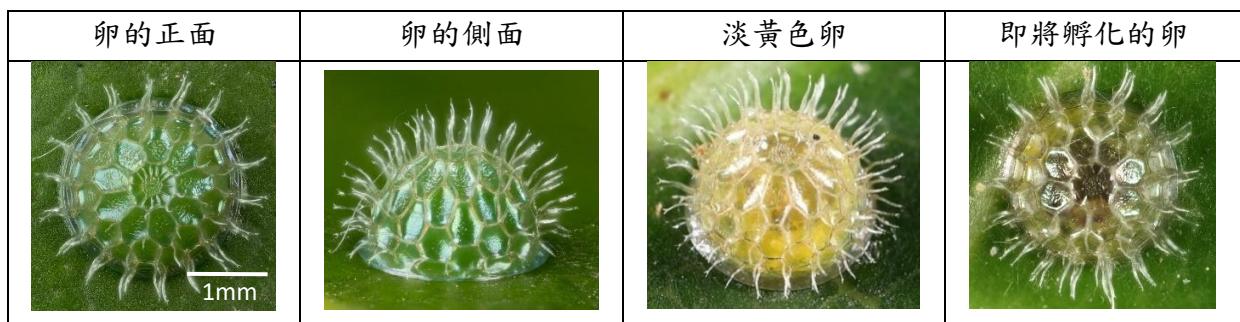


圖 4-8 不同階段卵的外觀(出處詳圖片來源 1)

- 卵孵化過程：在幼蟲暗褐色的頭殼形狀出現在卵的頂部後，便密集觀察卵的孵化狀態，一旦幼蟲開始咬破蛋殼，以 30 秒進行一次拍攝的方式，先進行幼蟲咬卵殼的照片記錄，幼蟲咬完蛋殼要鑽出來的時候，則將相機轉換為影片錄製模式持續記錄幼蟲脫離卵殼的過程，等到幼蟲完全脫離卵殼後，恢復為原本的 30 秒一次的照片拍攝，之後透過照片與影片仔細觀察孵化過程，並且將各時間的截圖照片標記 A1 至 A16，以方便對照描述。標記的照片與影像截圖如圖 4-9

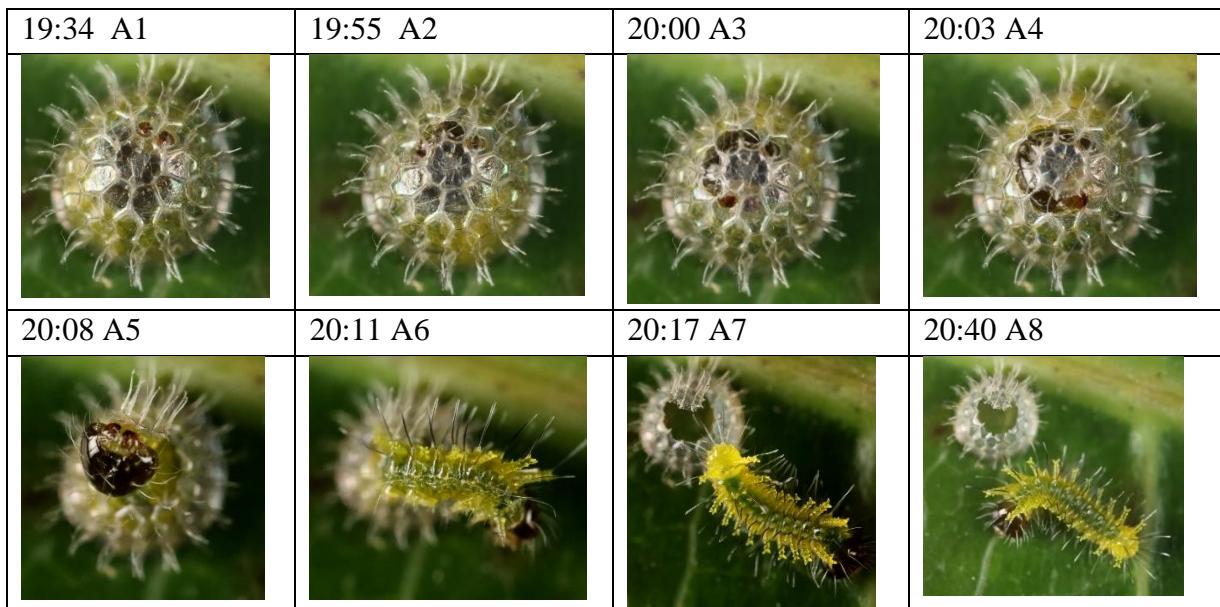


圖 4-9 卵的孵化過程(出處詳圖片來源 1)

A1 至 A4 階段：從上方開始咬破卵殼，並逆時針咬一圈，這個過程共花費 31 分鐘。

A5 階段：頭部開始向上推動，卵殼被推開，頭部出現，過程共花費 3 分鐘。

A6 階段：蟲體持續扭動，並漸漸脫離卵殼內部，至尾部離開蛋殼，共花費 6 分鐘。

A7 至 A8：尾部離開卵殼的同時，頭部持續晃動吐絲，之後將頭部迴轉面向卵殼，共花費 23 分鐘。從 20:40 停止接觸卵殼後，幼蟲便不再移動。

影像持續記錄至 21:05 才停止，幼蟲都沒有繼續嘗試啃食卵殼，不過隔日上午進行一齡蟲攝影的時候，發現幼蟲已經將卵殼啃食完畢。

3. **一齡幼蟲**：長度為 0.50-0.62 公分，體色大致是黃色，頭殼則是黑褐色，胸節第二、三節以及腹節第一、二、三、四、五、六、七、八節都有一對肉棘。肉棘的末端分叉，肉棘的長度大約是體寬的 1/2 至 1/3，除了肉棘以外，上述每個體節的頂端以及左右兩側也都有兩對黑色的刺毛，一齡幼蟲共計有 20 根肉棘以及 60 根黑色刺毛。一齡幼蟲末期，除了體長較長以外，外型與一齡幼蟲初期差異不大。
4. **二齡幼蟲**：長度為 0.63-0.90 公分，初期的體色為黃綠色，體上有白點，頭殼顏色與體色類似，肉棘維持 20 根的數量，但是長度明顯變長，每根肉棘的長度約為體寬的 2 至 2.5 倍，且每根肉棘上長有 14 至 23 根不等的細刺，一齡蟲原有的 60 根黑色刺毛消失。二齡幼蟲末期的體色與初期相比有明顯的差異，體色變為綠色，各個體節中央出現從頭部後方連續呈現至尾部的黃白色線紋。
5. **三齡幼蟲**：長度是 0.94-1.34 公分，體色是綠色，體上有白點，體背的黃白線紋比二齡幼蟲更明顯，每節體節的黃白線內有一枚不明顯的粉紅色細斑，頭殼顏色與體色類似，肉棘 20 根，每根肉棘上長有 14 至 23 根不等的細刺，每根肉棘的長度約為體寬的 2 至 3.2 倍，三齡幼蟲的初期與末期的外型差異不明顯。
6. **四齡幼蟲**：長度是 1.35-1.98 公分，體色是綠色，體上有白點，體背的黃白線明顯，每節體節的白線內有一枚不明顯的粉紅色細斑，頭殼顏色與體色類似，肉棘 20 根，每根肉棘上長有 14 至 23 根不等的細刺，每根肉棘的長度約為體寬的 3 至 4 倍，四齡幼蟲的初期與末期的外型差異不明顯。
7. **五齡幼蟲**：長度是 1.92-3.05 公分，體色是綠色，體上有白點，體背的黃白線明顯，每節

體節的白線內有一枚不明顯的粉紅色細斑，頭殼顏色與體色類似，肉棘 20 根，肉棘上長有 14 至 23 根不等的細刺，每根肉棘的長度約為體寬的 3 至 4 倍，五齡幼蟲的初期與末期的外型差異不明顯。

8. 六齡幼蟲：長度是 1.92-3.05 公分，體色是綠色，體上有白點，體背的黃白線明顯，每節體節的白線內有一枚不明顯的粉紅色細斑，頭殼顏色與體色類似，肉棘 20 根，肉棘上長有 14 至 23 根不等的細刺，每根肉棘的長度約為體寬的 2 至 3 倍，末期進入前蛹期之前，體背的黃白線內的粉紅色細斑會消失，線的顏色也會變成乳白色。

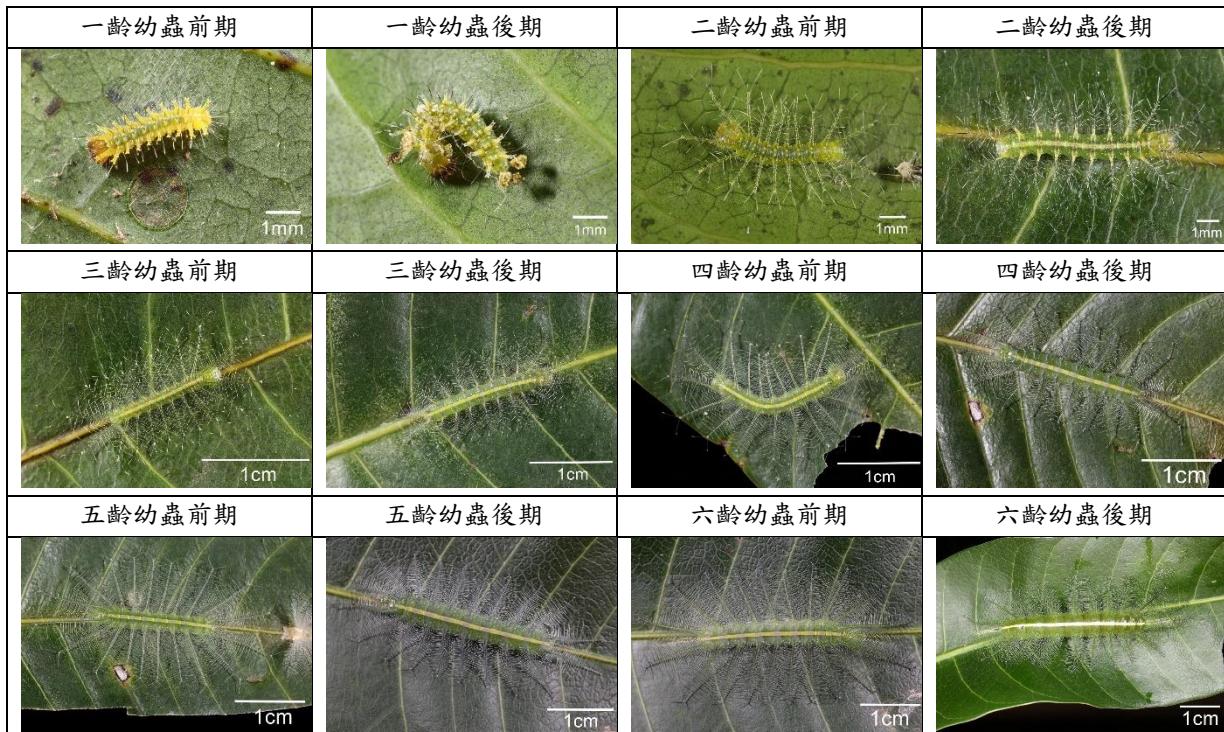


圖 4-10 尖翅翠蛱蝶各齡期幼蟲形態(出處詳圖片來源 1)

9. 蛻皮過程：我們利用數位相機進行持續的錄影，搭配影片截圖與 EXIF 檔案記錄蛻皮過程的時間節點進行描述，分為 3 個階段分別是：蛻皮階段、肉棘伸展階段以及細刺伸展階段。

蛻皮階段：從 15:32 至 15:43，幼蟲的肉棘基部呈現暗褐色，端部則變得比較透明，幼蟲蟲體會進行規律性的收縮。蟲體密集抽搐 3 次，表皮開始往蟲體的後方移動。接著重新開始蟲體的收縮，胸部脫離舊皮，兩側的褐色部位也露出來，看起來是十分短的肉棘構造，和原本的長且帶短刺的肉棘差異很大，該時間內共收縮 16 次，共 4 對肉棘脫離舊皮的覆蓋。經過數次的收縮，尾足脫離舊皮，同時頭殼也脫落，幼蟲一邊往前移動，一邊搖動頭殼，應該是在吐絲。

肉棘伸展階段：從 15:43 至 15:47 肉棘第一次延展，肉棘長度變化不大，但是末端出現分岔的細刺。接著第二次至第五次延展，長度明顯增加，並向中央捲曲，末端的細刺均勻的分佈在延長肉棘上。第六次延展，向四周平攤，此時長度沒有增加，但是肉棘經過延展後變得更直。

細刺伸展階段：從 15:48 開始，幼蟲便停止延展肉棘，肉棘的長度也固定下來，但是肉棘上面的細刺開始呈現不明顯的伸長，一開始我們也沒有發現這種狀況，透過影片的連續截圖才察覺。記錄至 15:51 後，幼蟲沒有明顯的變化，便結束影像錄製與拍攝。

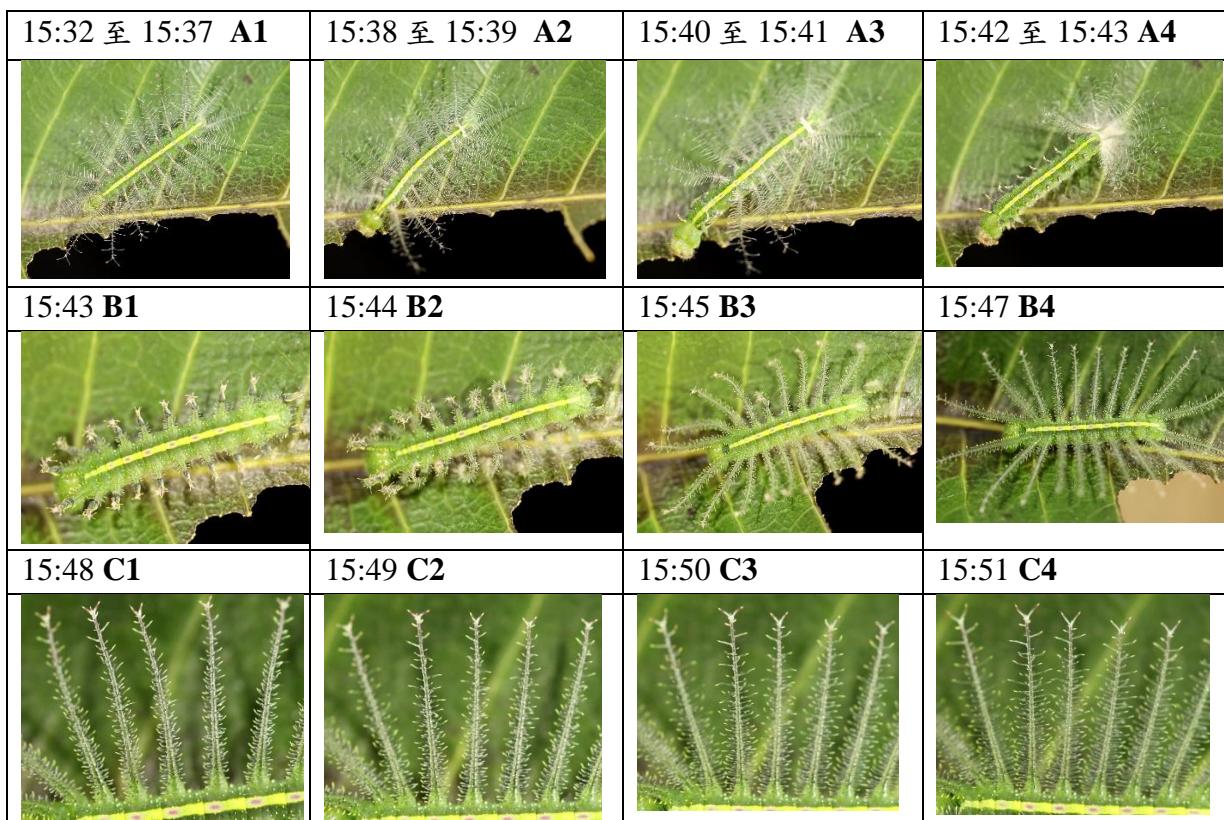


圖 4-11 幼蟲蛻皮階段過程，A1-A4 為蛻皮階段，B1-B4 為肉棘伸展階段階段，C1-C4 為細刺伸展階段
(出處詳圖片來源 1)

10. 前蛹：長度是 1.92-3.05 公分，前蛹的狀態是六齡幼蟲在蛻皮成蛹之前的準備狀態，時間上仍然計算在六齡幼蟲期，但是因為姿態跟一般幼蟲不同，所以我們獨立進行描述，此階段的幼蟲會轉移到葉背，尾足位置有明顯的絲墊，前期幼蟲會貼在葉背，第三腹節會出現一個與背上白線垂直的黃線斑，後期除了尾足固定在絲墊上以外，蟲體會垂向向下，胸部以及頭部捲起，呈現一個鉤型，當這個狀態出現的時候，也表示幼蟲已經要準備化蛹。

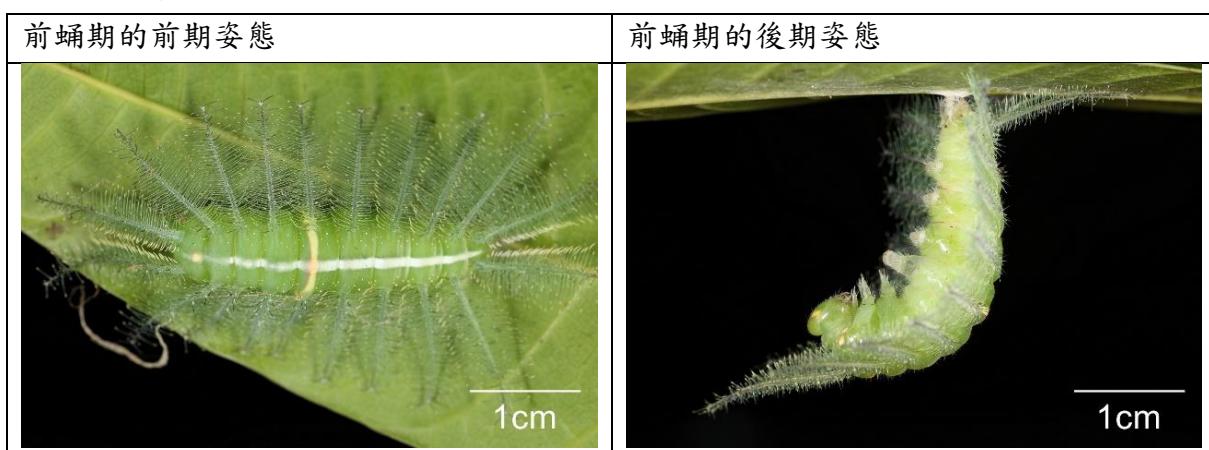


圖 4-12 前蛹期的幼蟲(出處詳圖片來源 1)

11. 化蛹過程：從前蛹狀態蛻皮變成蛹的記錄方式與孵化方式類似，因為以數位相機進行持續的錄影，搭配影片截圖與 EXIF 檔案記錄蛻皮過程的時間節點進行描述。由於這隻幼蟲的化蛹時間是晚上，我們請老師協助錄影，再依據錄影影片進行行為描述，並將各時間的截圖照片標記為 C1 至 C16 以方便對照描述。照片與影像截圖彙整在圖 4-

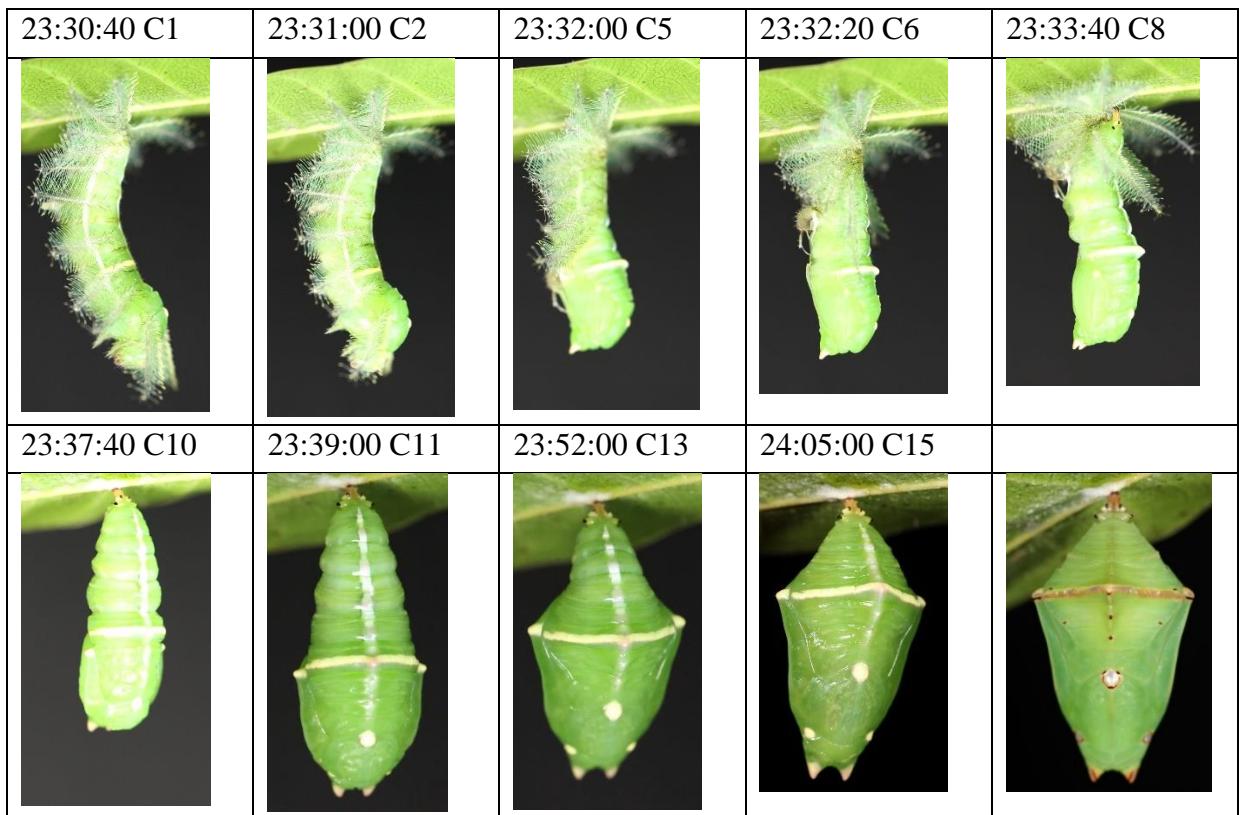


圖 4-13 化蛹過程(出處詳圖片來源 1)

C1 舊皮自胸部第二、三節裂開。

C2 舊皮先向頭部蛻出。

C3 蛹的頭部露出，舊頭殼隨著舊皮蛻下。

C4 舊皮往上壓縮，蛹的頭部、胸部三節體節露出。

C5 舊皮往上壓縮，蛹的腹部第一、二體節露出。

C6 舊皮往上壓縮，蛹的腹部第三至六體節露出。

C7 舊皮往上壓縮，同時蛹最末端的懸垂器露出來。

C8 蛹開始往上延展，懸垂器嘗試接觸絲墊並重新固定蛹。

C9-C10 固定完成後，蛹體開始劇烈扭動，把舊皮甩掉。

C11-C15 舊皮脫落，腹部體節縮短，胸節則延長，約花費 25 分鐘，變成最後蛹的形態。

12. 蛹：平均長度是 2.30 公分，平均寬度是 1.39 公分，剛蛻皮完成的蛹是綠色，可以見到第三腹節的明顯白線，這個白線在前蛹期便可以見到，另外胸部以及頭部附近也有數枚白點，這些白線與白點在會在化蛹隔天轉為帶有金屬光澤的銀色，並維持到羽化前，接近羽化的時間（通常事前 1-2 天），蛹體顏色變淺黃綠色，即將羽化的蛹體則會呈現出成蟲的翅膀斑紋。

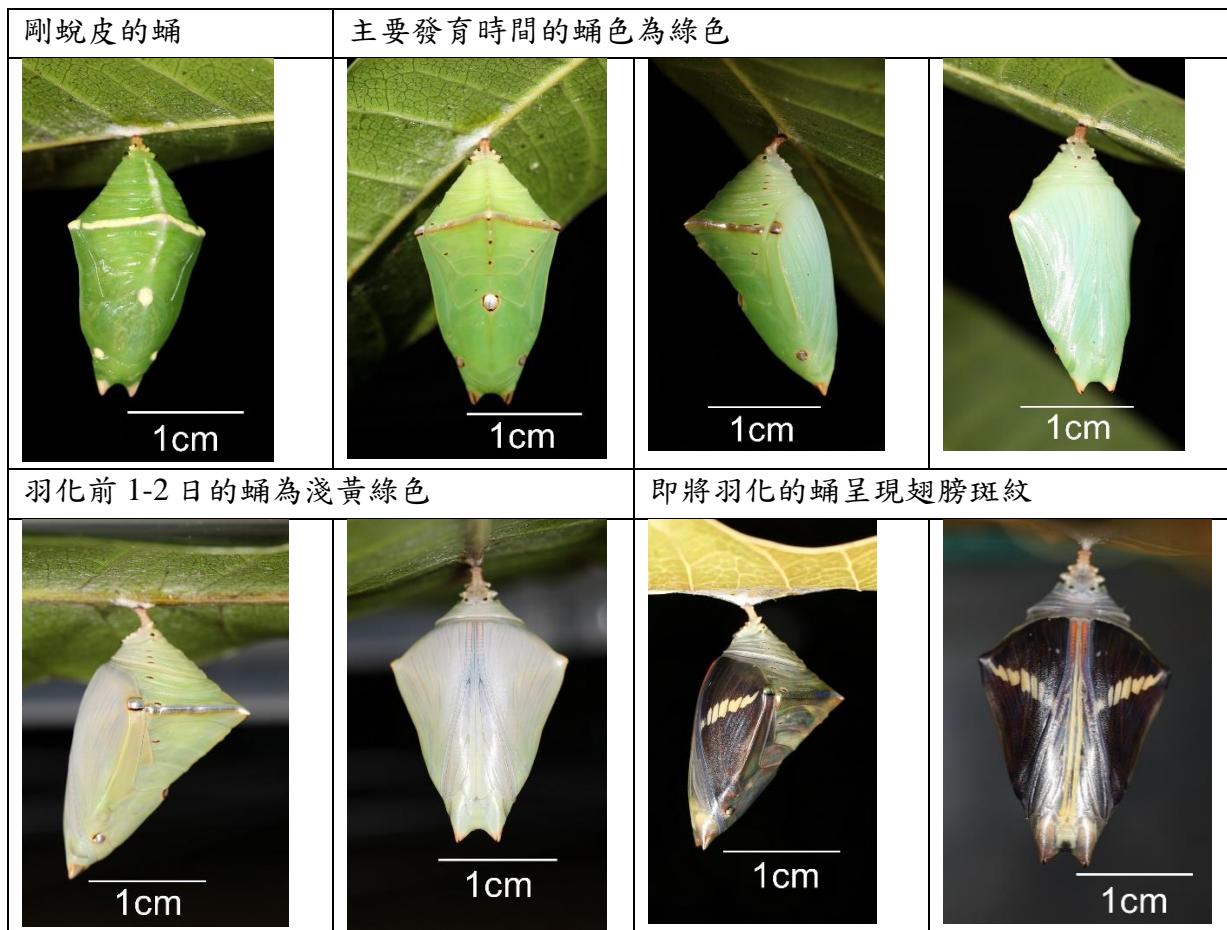


圖 4-14 蛹期各階段外型(出處詳圖片來源 1)

13. 羽化過程：羽化變成成蝶的記錄方式與孵化方式類似，在蛹體出現成蟲翅膀斑紋後，觀察並以數位相機進行持續的錄影，搭配影片截圖與 EXIF 檔案記錄羽化過程的時間節點進行描述，並將各時間的截圖照片標記為 D1 至 D6，以方便對照描述。照片與影像截圖彙整在圖 4-15。

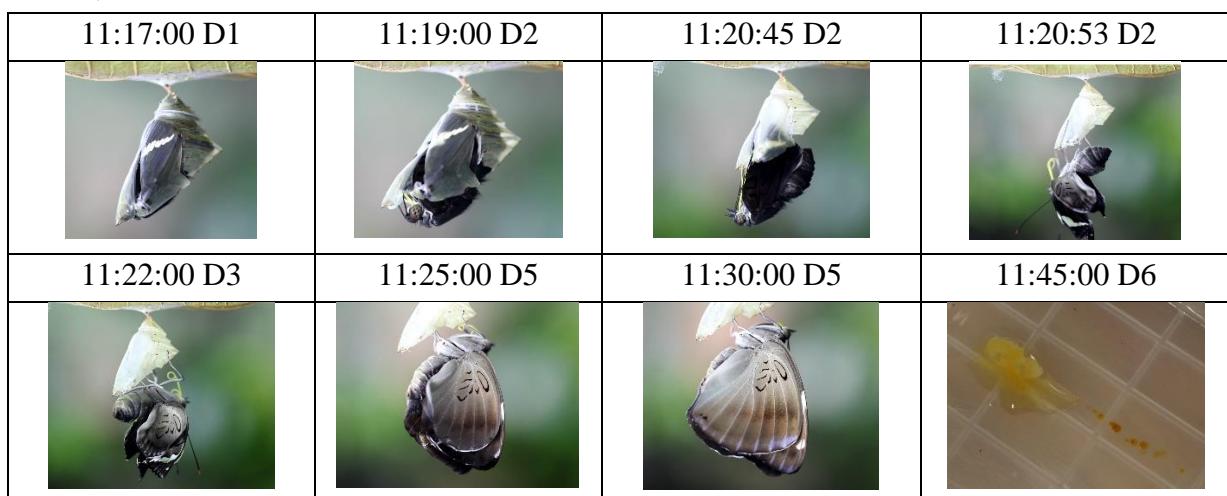


圖 4-15 羽化過程(出處詳圖片來源 1)

D1 蛹殼沿著胸部中央以及翅膀邊緣裂開。

D2 成蟲從下方脫離蛹殼，頭部與部份的胸部先行脫離，接著腳在蛹殼上顧抓住固定後，腹部再脫離。

D3 整隻成蝶皆脫離蛹殼後，成蝶轉向 180 度，頭部朝向蛹殼的後方。

D4 成蟲靜止不動，翅膀漸漸延伸擴張。

D5 成蟲翅膀擴張至平整延長的形態，並靜止不動。

D6 腹部末端排出黃褐色混濁液體。

(六) 幼生期體型與成蝶性別的關聯性

由於羽化後的成蝶，雌蝶體型明顯大於雄蝶，我們有點好奇這種體型差異是否有出現在幼生期階段，所以我們重新將各齡期幼蟲最長長度以及蛹期的體長統計數據彙整，並搭配成蝶性別資料進行比對。

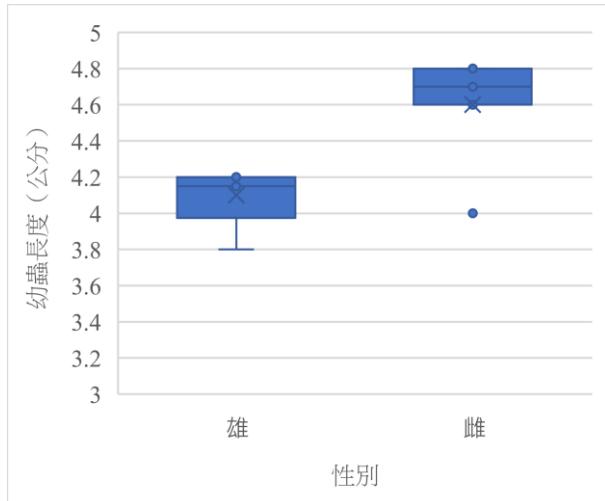


圖 4-16 不同性別六齡幼蟲的長度(出處詳圖片來源 1)

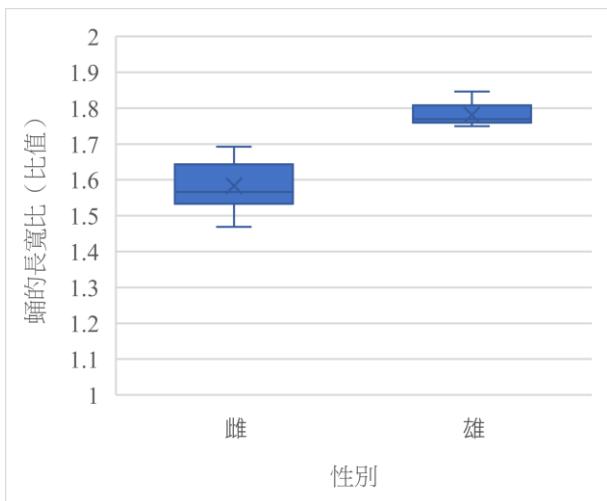


圖 4-17 不同性別的蛹長寬度比(出處詳圖片來源 1)

從圖 4-16 及圖 4-17 可以看到，六齡幼蟲雄性個體體長範圍是 3.8 至 4.2 公分，雌性個體體長範圍是 4 至 4.8 公分，整體來說雌性個體在大齡期幼蟲的體型確實明顯大於雄性個體。而蛹的體長與體寬在不同性別上的差異並不明顯，但是進行長寬比的轉換之後，發現雄性個體的蛹長寬比比值會介於 1.75 至 1.85 之間，而雌性個體的蛹長寬比比值則是介於 1.47 至 1.69 之間，顯示雄性個體的蛹較雌性個體的蛹為瘦長。

三、幼蟲的隱蔽行為觀察

(一) 飼養狀態下的幼蟲隱蔽行為觀察

不論是野外調查的幼蟲或是飼養中的幼蟲，我們都觀察到一個有趣的現象，幼蟲會有很高的機率停棲在芒果葉子的正中間，且幼蟲體背的白線會剛好與葉子的中肋或是側脈對齊，形成很好的隱蔽效果（為了方便討論，我們將這種行為稱為隱蔽行為），我們檢視了樣本每個齡期的照片，並描述不同齡期的隱蔽行為的差異，詳如圖 4-18。觀察結果顯示幼蟲的隱蔽行為與體型與體表顏色有關，幼蟲期的一齡至二齡前期，幼蟲體型小，體色偏黃，體背無黃白線，此時的幼蟲偏好停棲於葉背，不會有對齊中肋或葉脈的行為，黃色的體色與葉背的底色也較類似。二齡後期體色轉為綠色，體背黃白線出現，此時幼蟲偏好停棲的位置轉為葉片正面，並會停棲在側脈或是中肋上，體背的黃白線也會與葉片的葉脈對齊。四齡至六齡，體型變大，體背黃白線變得較粗較明顯，此時幼蟲偏好進行隱蔽行為的位置也以中肋為主。

	一齡時期偏好停棲在葉背，此階段體色偏黃，且體背無白線。		二齡前期偏好停棲在葉背，此階段體色偏黃，且體背無白線。
	二齡後期體色轉綠，體背黃白線出現，偏好停在葉子正面，出現隱蔽行為。		三齡時期體背黃白線變得較為明顯，隱蔽行為也較為常見，會對齊中肋或側脈。
	四齡時期體背黃白線明顯，幼蟲的隱蔽行為常見，對齊中肋或側脈。		五、六齡時期體背黃白線明顯，幼蟲的隱蔽行為也常見，且以對齊中肋為主。

圖 4-18 各齡期幼蟲的隱蔽狀態(出處詳圖片來源 1)

(二) 不同狀態葉片影響幼蟲停棲實驗

- 我們將幼蟲放置在 4 組特定處理過的芒果葉片上，放置時盡量讓幼蟲蟲體位置與葉片中肋垂直，並於 0 分鐘、20 分鐘、40 分鐘與 60 分鐘時進行攝影記錄。

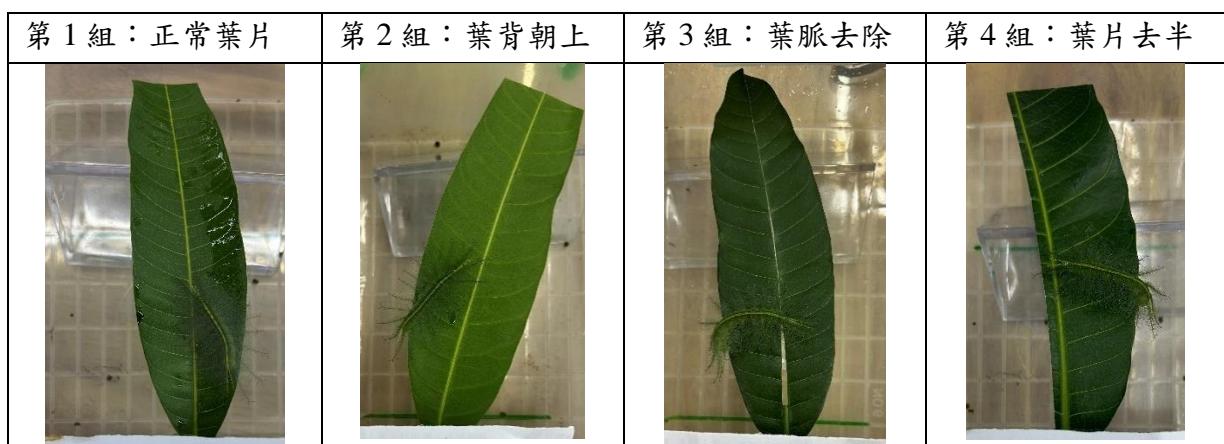


圖 4-19 停棲實驗的葉片處理圖示(出處詳圖片來源 1)

- 為了確認不同齡期的行為差異，在幼蟲四齡以及六齡階段各進行一次實驗，每組實驗的幼蟲個體數為 8 隻。
- 每組的 8 個樣本共計 24 張照片，我們個別測量幼蟲體背黃白線總長度以及「體背黃白線與葉片中肋重疊部份的長度」，並將兩者相除再換算成百分比後，依照定義進行分類：
 - A 高度隱蔽行為：**蟲體白線與芒果葉中肋或側脈重疊比例為 100% 至 70% 之間。
 - B 中度隱蔽行為：**蟲體白線與芒果葉中肋或側脈重疊比例為 69% 至 40% 之間。
 - C 低度隱蔽行為：**蟲體白線與芒果葉中肋或側脈重疊比例為 40% 至 0% 之間。

4. 實驗結果描述：

實驗一：正常葉片（對照組。假設：在正常的葉片上，幼蟲會高機率出現隱蔽行為）

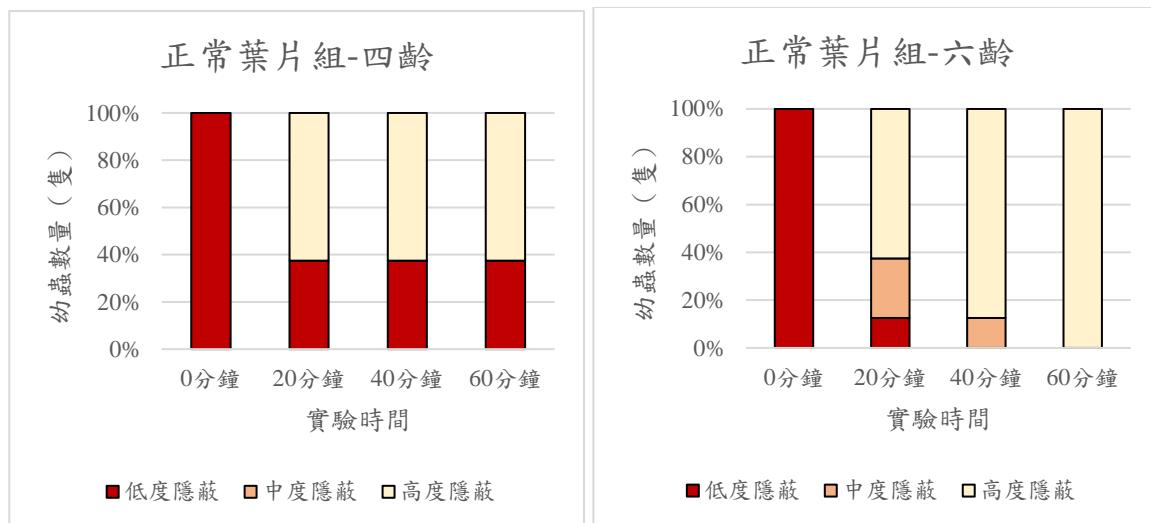


圖 4-20 正常葉片組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

在本組實驗的第 60 分鐘，四齡幼蟲有 5 隻出現高度隱蔽行為 (62.5%)，0 隻出現中度隱蔽行為 (0%)，3 隻出現低度隱蔽行為 (37.5%)，上圖顯示在 20 分鐘時，四齡幼蟲便固定位置並不再移動。而六齡幼蟲有 8 隻出現高度隱蔽行為 (100%)，且在 20 分鐘時已有 5 隻個體完成高度隱蔽行為。本實驗也將作為以下三個實驗的對照組，比較經特殊處理過的葉片影響隱蔽行為的差異。

實驗二：葉背朝上的葉片（假設：顏色有差異的葉背上，出現隱蔽行為的機率降低）

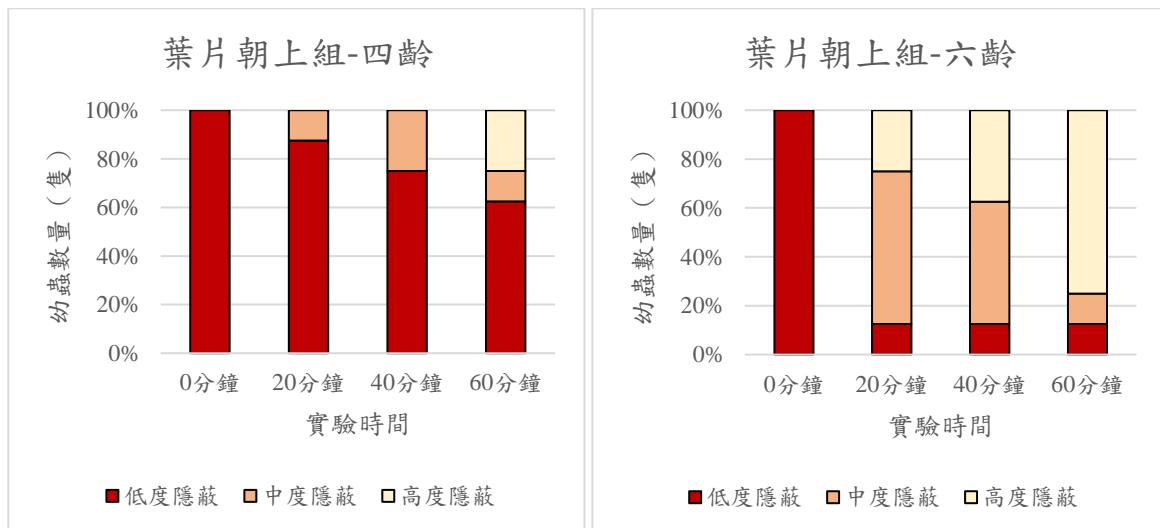


圖 4-21 葉背朝上組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

本組實驗的第 60 分鐘，四齡幼蟲有 2 隻出現高度隱蔽行為 (25%)，1 隻出現中度隱蔽行為 (12.5%)，5 隻出現低度隱蔽行為 (62.5%)。而六齡幼蟲有 6 隻出現高度隱蔽行為 (75%)，1 隻出現中度隱蔽行為 (12.5%)，1 隻出現低度隱蔽行為 (12.5%)。與對照組比較，四齡幼蟲在本組的隱蔽行為明顯變少，六齡幼蟲在本組的隱蔽行為機率也降低，且「對齊中肋」的速度也相對較慢，符合本組實驗的假設。

實驗三：中肋去除的葉片（假設：缺乏中肋會導致幼蟲出現隱蔽行為的機率降低）

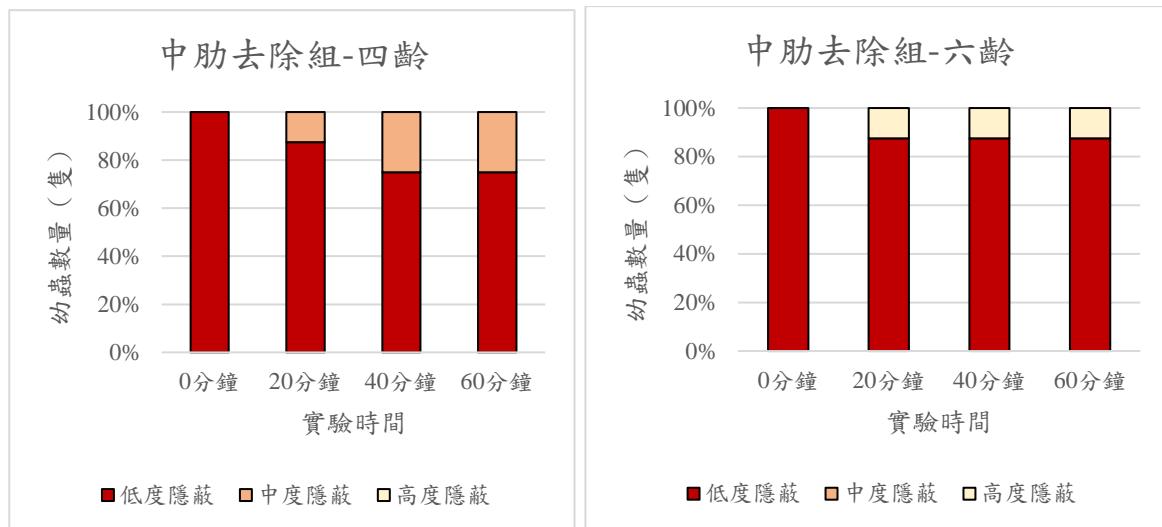


圖 4-22 中肋去除組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

在本組實驗的第 60 分鐘，四齡幼蟲沒有出現高度隱蔽行為，僅有 2 隻出現中度隱蔽行為 (25%)，6 隻出現低度隱蔽行為 (62.5%)。而六齡幼蟲有 1 隻出現高度隱蔽行為 (12.5%)，無幼蟲出現中度隱蔽行為，7 隻出現低度隱蔽行為 (87.5%)。與對照組比較，本組不論是四齡或是六齡幼蟲的隱蔽行為都相當罕見，顯示缺乏中肋會嚴重導致隱蔽行為消失，符合本組實驗的假設。

實驗四：去除一側葉肉的葉片（假設：葉肉去除但保留中肋，不影響幼蟲的隱蔽行為）

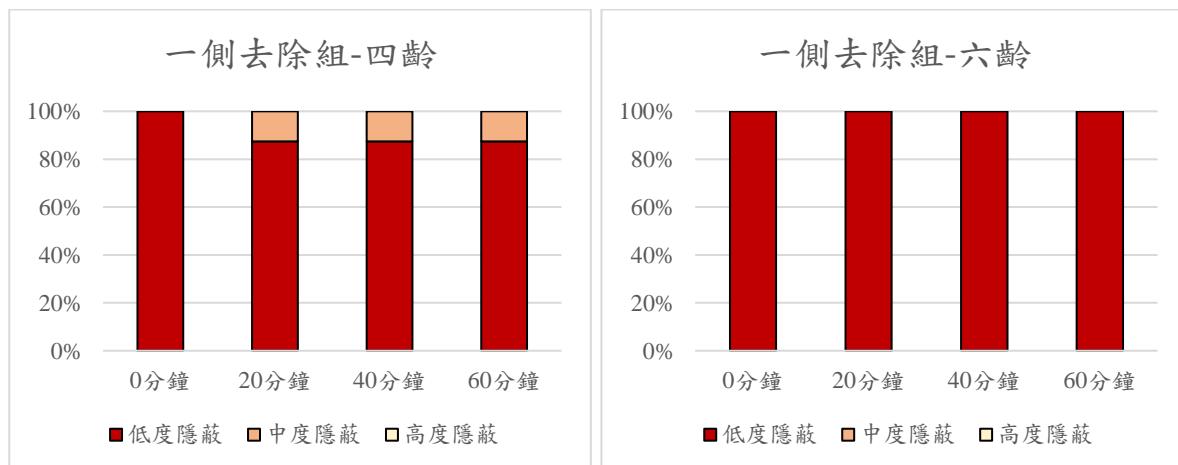


圖 4-23 去除一側葉肉組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

在本組實驗的第 60 分鐘，四齡幼蟲沒有出現高度隱蔽行為，僅有 1 隻出現中度隱蔽行為 (12.5%)，7 隻出現低度隱蔽行為 (87.5%)。而六齡幼蟲完全未出現高度隱蔽行為或是中度隱蔽行為，僅出現低度隱蔽行為 (100%)。與對照組比較，本組雖然保留了葉片的中肋，但是不論是四齡還是六齡幼蟲，在任何一個時間節點都沒有對齊中肋，不符合本實驗的假設。顯示即使中肋存在，但如果沒有位於葉片中央，則仍無法使幼蟲產生「對齊中肋」的隱蔽行為。

四、透過公民科學資料歸納尖翅翠蛺蝶入侵後的擴散現況

尖翅翠蛺蝶近年的首筆紀錄是 2019 年的 10 月份，由於近年公民科學家提供觀察資料的風氣已經建立，我們希望透過這些觀察資料建立尖翅翠蛺蝶的擴散模式，所以我們搜尋

以下兩個網站的資料，分別是「愛自然-臺灣」（之後簡稱 iNat）以及「全球生物多樣性資訊機構 GBIF」（之後簡稱 GBIF）這兩個公民科學網站，並將資料庫中的「尖翅翠蛺蝶-臺灣」關聯性紀錄下載下來進行整理，我們在 iNat 整理出 317 筆資料，在 GBIF 整理出 389 筆資料，有部份的資料是重複的，且兩個網站提供的資料項目也略有不同，所以我們分開探討，另外我們也發現兩個網站皆有記錄 2019 年 10 月 8 日位於基隆市安樂區內寮溼地 (25.1557660975, 121.6944734308) 的首筆紀錄，因此在比較兩份資料的擴散距離時，都會使用這筆資料作為記錄原點。

1. iNat 資料彙整：我們將蒐集的 317 資料進行檢視，確認資料提供的佐證照片無誤，並且刪除確認度低或是同日同地點的重複紀錄，最後留下 306 筆的確認資料，由於 iNat 資料大部分可以提供點位的行政區資料，所以我們以縣市鄉鎮作為資料的呈現主體，以半年為單位，將每個半年期的最南緯度的縣市鄉鎮及經緯度收錄。

表 4-3 近 5 年公民科學網站資料顯示尖翅翠蛺蝶每半年度分佈最南地點

時間段	iNat 資料		GBIF 資料	
	最南縣市	最南鄉鎮市區	最南縣市	最南鄉鎮市區
2020 上半年	台北市	大安區	台北市	大安區
2020 下半年	新北市	新店區	新北市	三峽區
2021 上半年	新北市	新店區	新北市	新店區
2021 下半年	宜蘭縣	礁溪鄉	新竹縣	北埔鄉
2022 上半年	苗栗縣	南庄鄉	苗栗縣	南庄鄉
2022 下半年	桃園市	桃園區	苗栗縣	通霄鎮
2023 上半年	苗栗縣	公館鄉	苗栗縣	後龍鎮
2023 下半年	台中市	霧峰區	南投縣	集集鎮
2024 上半年	南投縣	水里鄉	南投縣	水里鄉
2024 下半年	雲林縣	古坑鄉	雲林縣	林內鄉

自 2020 年上半至 2021 年下半，iNat 的紀錄侷限在基隆市、台北市以及新北市，並擴散進入宜蘭縣的礁溪鄉，擴散速度並不快，但是從 2022 年開始便快速在西部地區向南擴散（2022 下半年除外，我們推測這個時段可能受到 covid19 疫情影響，iNat 紀錄量僅有 21 筆，可能導致資料較不完整）2022 年上半年擴散至苗栗縣，2023 年下半年擴散至台中市，2024 年上半年擴散至南投縣及彰化縣，至 2024 年下半年擴散至雲林縣古坑鄉。另外，我們也檢視東部地區的擴散紀錄，發現雖然早在 2021 下半年就擴散進入宜蘭縣，後續並未顯示有繼續向南擴散的情況。

2. GBIF 資料彙整與分析：GBIF 的資料可以透過網站進行 CSV 檔的整批次下載，但是需要透過轉換編碼方式將資料轉換成 excel 檔案，且 GBIF 的資料以地點及經緯度為主要的項目，我們採取類似的處理方式，將每個半年期的最南緯度紀錄找出來，並透過經緯度搜尋所屬縣市。我們發現 GBIF 的資料結構和 iNat 類似，但仍有不同之處，GBIF 資料顯示 2021 下半年已經擴散至新竹縣，2023 下半年則已擴散至南投縣集集鎮，不過兩者都顯示，2024 年下半年的紀錄南端是雲林縣。我們使用 StrErr Tool 的地理座標系距離計算器計算每個時間段最南紀錄點與 2019 年第一筆資料的距離，得到表 4-4，我們將每個時間段最遠的距離挑出來（紅色字體標示）並繪製成折線圖（圖 4-24）進行比較。

表 4-4 iNat 及 GBIF 網站資料的擴散地點距離統計

時間段	iNat	GBIF	時間段	iNat	GBIF
2020 上半年	21.32	21.32	2022 下半年	40.6	126.49
2020 下半年	28.67	42.53	2023 上半年	114.02	107.09
2021 上半年	26.64	28.95	2023 下半年	161.81	173.07
2021 下半年	39.38	83.17	2024 上半年	172.18	172.18
2022 上半年	96.77	96.68	2024 下半年	205.65	192.33

單位：公里

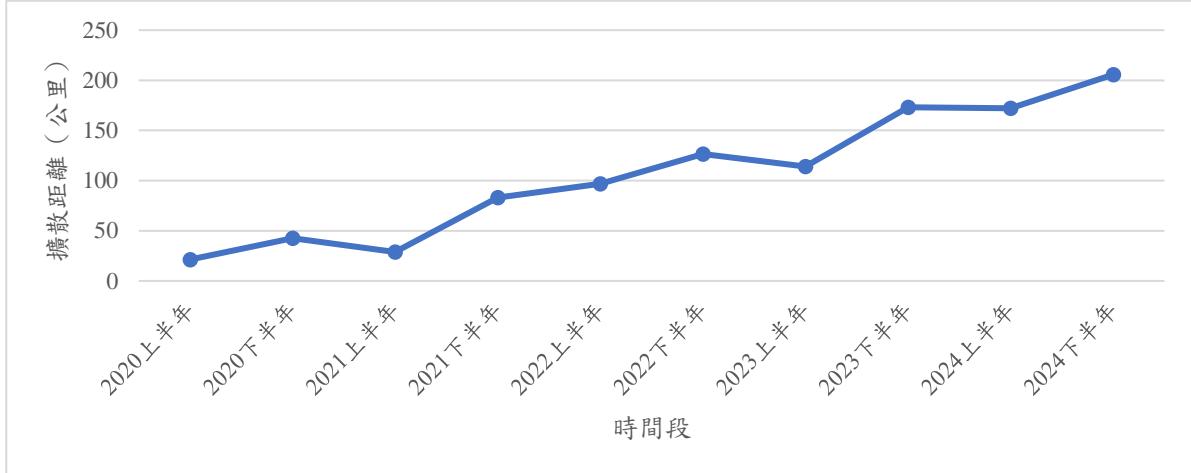


圖 4-24 尖翅翠蛺蝶每半年擴散距離統計圖(出處詳圖片來源 1)

綜合 iNat 以及 GBIF 的資料進行最遠擴散距離的統計，發現在 2021 上半年前，擴散距離在 50 公里內，2021 下半年至 2022 上半年，擴散距離在 50 至 100 公里間，2022 下半年至 2023 上半年，擴散距離在 100 至 150 公里間，2023 下半年至 2024 下半年，擴散距離約在 150 至 200 公里，以最長距離（205.65 公里）除以時間段（10 個）後，可以得到每半年的時間，尖翅翠蛺蝶平均約可移動 20 公里左右的距離。

伍、討論

一、尖翅翠蛺蝶偏好產卵於高度高於 4.8 公尺的芒果樹上，在都市化程度較高的環境也能繁殖：由於學校及鄰近區域位置剛好介於都市與郊山之間，我們想知道都市的高干擾程度會不會影響母蝶產卵，所以將靠近都市與靠近郊山的環境劃分成不同的樣區，調查結果發現，靠近都市環境的 A 區及靠近山區環境的 E 區，皆有幼生期的調查紀錄，顯示尖翅翠蛺蝶在干擾較高的都市環境綠地也依舊能夠生存繁殖。碩士論文「尖翅翠蛺蝶 (Euthalia phemius) 之入侵評估(鱗翅目:蛺蝶科)」（林翰羽，2022）提到都市環境可以找到尖翅翠蛺蝶的幼蟲。檢視 iNat 以及 GBIF 資料時，台北市大安森林公園、臺灣大學、新北市清水派出所、台中市中興大學、科博館植物園等都市內的綠地環境也有尖翅翠蛺蝶的紀錄，也支持我們的推論。另外，8 株記錄到幼生期的芒果樹中，有 6 棵超過 8 公尺高，且低於 4.8 公尺的芒果樹上完全沒有找到尖翅翠蛺蝶幼生期的痕跡，顯示樹的高度是比較明顯的母蝶產卵的影響因子。但此結果也可能受到秋季期間康芮颱風侵襲以及學校周遭因登革熱疫情而頻繁噴藥影響。

二、尖翅翠蛺蝶幼生期發育天數在 47 日至 62 日間，溫度越低則發育天數越多。生長速率隨

齡期增加而變快，且雌蝶幼蟲體型較雄蝶大，蛹體長寬比例也不相同：在統計樣本成長天數時，我們發現 11 月份採集的樣本平均幼蟲期發育天數比 9 月份採集樣本多了 5 天，而蛹期更是多了 9.5 天，我們推測可能是 11 月份天氣較冷，需要多花一點時間發育，《昆蟲學概論》(Cullan & Cranston, 2015) 書中關於環境對發育的影響的主題，提到昆蟲生活史在特定溫度會有特定的發育時間，這個時間稱為生理時間，生理時間的計算是以溫度乘以發育天數，所以溫度低的時候，發育的時間就會比較久，我們的飼養條件雖然沒辦法提供固定的溫度來進行生理時間的換算，但是 11-12 月份的平均溫度比 9-10 月份的平均溫度低（查詢中央氣象署台北測站 2024 年氣溫平均值，9 月平均 29.3 度 C，10 月平均 26.1 度 C，11 月平均 22.2 度 C，12 月平均 17.6 度 C），對照在幼蟲發育的時間上也符合生理時間的理論解釋。另外，我們採取每日以固定倍率攝影並依據同樣倍率的直尺照片來進行長度比對，並以教室內觸控大屏放大照片後，以繩子進行測量，可以提供精準度高的長度數據，也可以解決幼蟲彎曲身體時測量不易的困難，但此種方式還是難以解決幼蟲體節收縮或伸展造成的誤差，只能盡量在幼蟲穩定停棲的狀態下拍照來減少誤差機會。我們發現除了每齡期整體都會穩定變長外，接近蛻皮的時候都會有一段時間體長略減，等蛻皮完成後再繼續生長。另外，隨著齡期變多，每個齡期的生長總長度以及每日平均生長長度都逐漸遞增，直到變成前蛹為止。另外不同性別的幼蟲，發育狀態也有差異，雄性個體體長範圍是 3.8 至 4.2 公分，雌性個體體長範圍是 4 至 4.8 公分，雌性幼蟲明顯比較長，這個差異對應到成蝶的體型上面也有一致性，因為雌性成蝶的體型也明顯大於雄蝶，而兩個性別的蛹大小雖然沒有明顯差異，但是蛹長度與寬度的比值區間有明顯差異，雄性個體的蛹長寬比比值會介於 1.75 至 1.85 之間，而雌性個體的蛹長寬比比值則是介於 1.47 至 1.69 之間，顯示雄性的蛹較為瘦長，雌性的蛹則較為短胖。

三、不同齡期幼蟲的體色與形態有差異，體背無白線的齡期躲在葉背，體背有白線的齡期則移動到葉面，並將白線對齊葉片中肋或葉脈，且中肋是否存在以及中肋的相對位置是引發幼蟲隱蔽行為的關鍵因子：隱蔽行為是多數昆蟲相當主要的防禦手段之一，以隱蔽行為防禦的昆蟲要能選出合適的背景，隱蔽才能成功，且必須搭配白天盡量不移動、晚上才覓食等行為來達到隱蔽效果 (Gullan & Cranston, 2015；Scoble, 1992)。我們觀察尖翅翠蛺蝶幼蟲，發現其停棲模式也符合「背景選擇」的描述，所以在小齡期階段跟大齡期階段的隱蔽模式有明顯的差異，一齡至二齡前期，幼蟲體色偏黃、體背沒有白線，幼蟲停在葉背居多，大約在二齡末期、體型較大且體背白線顯現後，幼蟲會移動到正面，並開始出現對齊在側脈或中肋上的隱蔽行為，且齡期越大，在中肋上的比例越高，我們推測可能是小齡期幼蟲的體型小，以體背白線搭配對齊葉脈的方式效果並不好，反而利用小體型以及與葉背類似的黃綠色，躲在葉背的隱蔽性比較高，而體型較大的階段顯然就不適合小齡期的模式，此時利用體背的白線對齊葉脈，身上的肉棘則與側脈同方向，具有較為有效的隱蔽性。



圖 5-1 不同齡期幼蟲的外型與隱蔽行為(出處詳圖片來源 1)

隱蔽行為的成功於否取決於幼蟲天敵而非人眼的判斷，因此實際上除非以鳥類、蜥蜴等天敵作為實驗選擇對象，否則單以人類觀察恐怕不夠客觀，因此我們此處指的隱蔽行為僅定義在幼蟲白線對齊比例的量化數據比較。不同葉片條件的隱蔽行為觀察實驗結果告訴我們，六齡幼蟲有比四齡幼蟲更明顯的隱蔽行為，四齡幼蟲會有對齊中肋與對齊側脈兩種模式，但不主動進行隱蔽行為的機率較高，六齡幼蟲在葉面及葉背都出現高機率的隱蔽行為。而去除葉脈的葉片，隱蔽行為顯著減少，顯示中肋的存在與否是隱蔽行為的重要觸發因子，另外葉片去半、中肋靠近邊緣的實驗結果顯示，四齡與六齡幼蟲都放棄進行「對齊中肋」的隱蔽行為，我們推測可能是為了避免肉棘突出葉片邊緣，導致反而更容易被天敵發現，這個觀察也符合昆蟲學概論在隱蔽行為章節中提到關於停棲背景選擇、以及鱗翅目：形態、功能與多樣性提到增加背景雜訊的說明。因此，幼蟲停棲在葉片上時，首要的條件可能是讓蟲體範圍完全在葉片範圍內、也就是合適的背景上，其次才是中肋的位置，且如沒有偏淺色的中肋存在，幼蟲就難以選擇隱蔽效果較好的位置來停棲。

四、尖翅翠蛺蝶在臺灣的擴散狀況符合「先跳躍式擴散 (Jump dispersal) 後漸進式擴散 (Diffusion)」的情形，且在臺灣島兩側呈現不同的階段與擴散速度，分析物理因子與生物因子，推估尖翅翠蛺蝶可能持續向南部擴張至屏東縣，並透過恆春半島轉至東側，由南向北往台東縣及花蓮縣擴散，南部地區需留意其危害潛力：透過 iNat 及 GBIF 的公民科學資料，我們發現自 2019 年 10 月在基隆的首筆紀錄以來，尖翅翠蛺蝶在西部縣市呈現穩定向南擴散的趨勢，至 2024 年底，在基隆市、新北市、台北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、雲林縣都有記錄到成蝶出現，在這五年多的時間推進約

200 公里的距離，東部縣市則相對擴散緩慢，自 2021 年在宜蘭縣礁溪鄉發現後，至今沒有繼續往南擴散的情況。比對生物地理學在擴散模式上的說明，雖然沒有文獻提到尖翅翠蛺蝶入侵臺灣的確切原因，但多數提到海路運輸是最有可能的，這符合跳躍式擴散提到的「人類文明的發展促進了長距離的運輸」的描述，而接著跳躍式擴散之後的便是漸進式擴散的模式，此種模式包含三個階段，分別是擴散緩慢的起始族群建立階段，呈現指數效率的迅速擴散，以及因為物理性或生物性因子而減緩的最後擴散階段。以 iNat 及 GBIF 的資料來看，中央山脈的中、高海拔山區尚無本種的擴散紀錄，顯示平地及低海拔地區應該是尖翅翠蛺蝶的主要分佈與擴散路徑，而沿著西部及東部兩側向南擴散就是比較可能的模式，公民科學資料顯示臺灣的尖翅翠蛺蝶西部族群應屬於指數效率的迅速擴散階段，以穩定每半年 20 公里的速度向南擴張族群，而東部雖然早在 2021 年便擴散至宜蘭縣，但接下來並未在更南方的花蓮縣、台東縣等地擴散，此情況可能跟宜蘭縣南澳鄉以南的高聳山脈等物理性因子阻隔有關，但考量東部地區的人口較西部地區少，所以也無法完全排除公民科學資料可能受到參與志工人數以及努力量差異而造成的誤差。

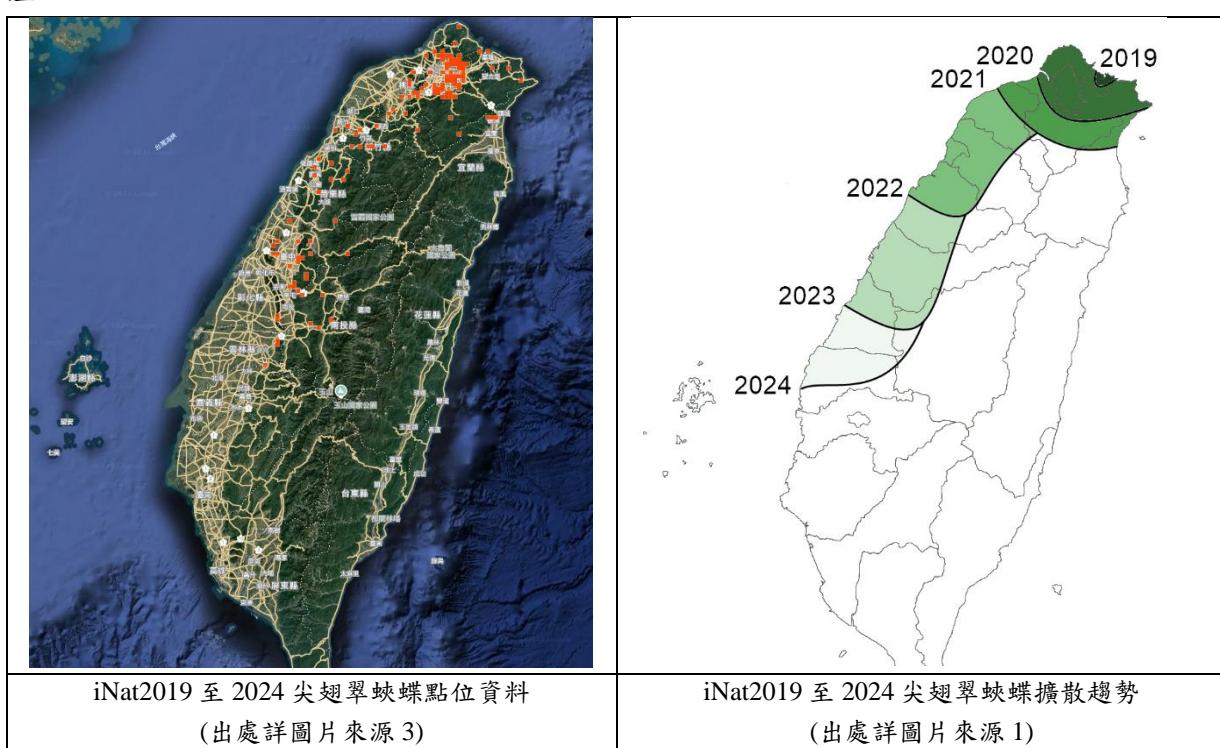


圖 5-2 不同時間段下，iNat 以及 GBIF 尖翅翠蛺蝶資料所呈現的臺灣島擴散縣市統計

生物地理學提到生物的擴散狀況不僅受到物理上的隔離阻礙影響，新環境的溫度、光照、濕度等物理因子，以及競爭、天敵、食物等生物因子的也會影響其擴散結果。物理因子部份，尖翅翠蛺蝶的原生產地包括中南半島、馬來半島、婆羅洲等熱帶區域，臺灣南部地區的環境因子梯度與這些熱帶環境相似，推測不會是限制性的影響因子。由於臺南市、高雄市及屏東縣為臺灣栽種芒果面積最高的三個縣市（林翰羽，2022），顯然南部地區才是芒果的主要產區，生物因子中的食物項目豐富，而競爭因子可能會是同樣以芒果葉為食的生態棲位重疊物種，我們在蝶蛾網查詢到 7 種鱗翅目昆蟲的幼蟲會取食芒果葉。而天敵的部份，林翰羽先生進行研究時記錄了 7 種寄生性天敵（卵：2 種 *Telenomus* sp. 與 1 種 *Trichogramma* sp.，幼蟲：*Cotesia* sp. 與 *Sturmia* sp.1，蛹：

Ichneumonidae 與 *Sturmia* sp.2），以上競爭因子與天敵因子目前看來並未對尖翅翠蛺蝶的在北部、中部的南向擴張造成明顯的阻礙，話雖如此，但南部地區的氣候狀態有別於北部集中部地區，我們仍然不敢斷言是否在未來會成為明顯的影響因子。如果尖翅翠蛺蝶未來順利擴散至屏東，在恆春半島東側缺乏高山等物理因子隔離的情況下，我們推測尖翅翠蛺蝶有機會從屏東東側擴散至台東，並沿著花東縱谷向北擴散。不過此推測仍需透過持續的公民科學記錄資料來證實。

查閱關於尖翅翠蛺蝶的文獻時，我們留意到，雖然尖翅翠蛺蝶幼蟲以芒果葉片為食，但並未有文獻描述尖翅翠蛺蝶過往造成的農業危害，在原產地似乎並未被歸類為果園害蟲，而臺灣近年來也未提及本種近年來曾有對臺灣產芒果農業產生危害（林怡均，2019；臺灣蝴蝶保育學會，2021），但此種狀態的前提是尖翅翠蛺蝶尚未擴散至芒果的主要產區，依據我們的推估，尖翅翠蛺蝶在物理與生物因子適合的情況下，會順利擴散至南部各縣市，而對於農業單位而言，或許可以提早進行監測的準備，以確認尖翅翠蛺蝶是否會在大面積栽種芒果的縣市成為潛在性的農業害蟲。本研究可以提供相關單位在自然資源管理及病蟲害防治策略擬定上的資料參考。

陸、結論

- 一、尖翅翠蛺蝶偏好產卵於高度高於 4.8 公尺的芒果樹上，在都市化程度較高的環境也能繁殖：經過調查發現，尖翅翠蛺蝶這種以芒果樹為寄主的蝴蝶，偏好樹高較高的芒果樹，至少需要 4.8 公尺以上的植株才比較容易找到幼蟲，而在樹苗以及小樹上就難以找到幼生期，且透過不同樣區的調查比對，發現本種對於都市化的耐受度比較高，即使在靠近都市的樣區同樣能發現幼生期。
- 二、尖翅翠蛺蝶幼生期發育天數在 47 日至 62 日間，溫度越低則發育天數越多。生長速率隨齡期增加而變快，且雌蝶幼蟲體型較雄蝶大，蛹體長寬比例也不相同：尖翅翠蛺蝶剛產下的卵為綠色，卵齡最長日期為 6 日，將孵化時會轉變為黃色。幼蟲有 6 個齡期，幼蟲只以芒果的老葉為食，不會取食嫩葉，幼蟲初期體色黃綠色，二齡後半段體背出現白線。幼蟲蛻皮時，會先將舊皮蛻下後，新的肉棘才會快速從基部伸展出來，避免蛻皮卡住的情況。化蛹前會移動到葉背並讓尾部固定，蟲體垂下再行化蛹。幼蟲期和蛹期的發育天數在不同的季節有明顯差異，秋季時幼蟲期平均發育天數為 29.75 日，蛹期平均發育天數為 12 日，幼生期總日數為 47.75 日；而冬季時幼蟲期平均發育天數為 34.75 日，蛹期平均發育天數為 21.5 日，幼生期總日數為 62.25 日。另外隨著齡期增加，較大齡期的發育天數、幼蟲長度、幼蟲生長總長度以及每日平均生長長度都會增加。另外雌性個體的大齡期階段幼蟲體長較雄性個體長，雌性蛹的寬度比也較雄性蛹的寬度比小。
- 三、尖翅翠蛺蝶的幼蟲會依據體型與體色變化進行不同的隱蔽行為，幼蟲體背白線與中肋位置為產生隱蔽行為的關鍵因子：尖翅翠蛺蝶的幼蟲透過與芒果葉片類似的顏色與花紋達到隱蔽的效果，且依據齡期、體型與體色的差異，展現不同的隱蔽模式，一齡期至二齡前期幼蟲在體色是黃綠色，體背沒有白線的階段，會停棲在背景色是黃綠色的葉背，而二齡後期至六齡的幼蟲體背出現白線，體色轉為綠色，則會改停棲到葉子正面，並會依據體型大小將體背白線對齊葉片上的中肋或是側脈，達到隱蔽的效果。且依據隱蔽實驗的結果可發現，幼蟲停棲在葉片上時，首要的條件可能是讓蟲體範圍完全在葉片範圍內、也就是合適的背景上，其次才是中肋的位置，且如沒有偏淺色的中肋存在，幼蟲就

難以選擇隱蔽效果較好的位置來停棲。

四、尖翅翠蛺蝶在臺灣本島屬於「先跳躍後漸進」的擴散模式，在本島東西兩側呈現不同擴散階段。考量環境因子對擴散的影響，推估本種會持續南向擴張至恆春半島，並轉至東側後再由南向北往東部縣市擴散，南部的芒果產區需留意其危害潛力：從 iNat 及 GBIF 的尖翅翠蛺蝶資料中，我們得知自從 2019 年 10 月 8 日在基隆記錄開始，中央山脈的中、高海拔山區尚無本種的擴散紀錄，在西部地區的平地至低海拔山區範圍穩定的往中南部地區擴散，2024 年底最南端的紀錄為雲林縣古坑鄉，經估算尖翅翠蛺蝶平均每半年可以往南擴散約 20 公里的距離，而東部地區的擴散則緩慢許多，截至 2024 年底，仍只記錄到宜蘭縣礁溪鄉，此種情況符合跳躍式擴散後的漸進式擴散階段，在西部地區擴散速度快而穩定向南，顯示尚屬於漸進式擴散中的迅速擴散階段，而在東部地區則呈現物理性因子（可能為高山阻擋）的減緩擴散階段。推估南部地區的物理性及生物性因子應不致減緩擴散，在中央山脈會成為阻礙西部地區尖翅翠蛺蝶往東部擴散的物理性因子的情況下，我們推測尖翅翠蛺蝶可能在恆春半島東側缺乏高山等物理因子隔離的情況下，不排除從恆春半島西側擴散至東側的可能性，並沿著臺灣島東南側向北擴散至臺東縣與花蓮縣。由於大面積種植芒果的農業區皆分布於南部縣市，農業有關保育單位可能需要提早進行監測，並評估尖翅翠蛺蝶是否具有危害芒果農業的情況發生，本研究可以提供相關單位在自然資源管理及病蟲害防治策略擬定上的資料參考。

柒、參考文獻資料

紙本資料：

王梵凱與林雲桐(2010)。香蕉葉上的剪刀手—香蕉弄蝶。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會參展作品專輯。

李洵、楊舒媛、蔡宜瑾與吳欣達(2007)。字字「珠」跡～串珠環蝶在台發現十年誌～。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會參展作品專輯。

林翰羽(2022)。尖翅翠蛺蝶 (*Euthalia phemius*) 之入侵評估(鱗翅目:蛺蝶科)。國立彰化師範大學生物學系碩士論文。

徐堉峰、梁家源、黃智偉、沈宗諭(2021)。臺灣蝶類誌第五卷蛺蝶科。行政院農委會林務局。

Cox, C. B. and P. D. Moore(2007)。生物地理學-從生態及演化的角度來探討(呂光洋譯)。藝軒圖書出版社。臺北市。

Gullan, P.J.and P.S. Cranston(2015)。昆蟲學概論(徐堉峰譯)。合記出版社。臺北市。

Scoble, M. J. (1992). The Lepidoptera: Form, Function and Diversity. Oxford University Press.

網路資料：

林怡均(2019 年 11 月 8 日)。尖翅翠蛺蝶登台，芒果樹小心！孩子吃老葉，爸媽吃腐果。上下游 News&Market 網站。<https://www.newsmarket.com.tw/blog/126608/>

施禮正(2016 年 1 月 5 日)。天擇經典題目之外，不為人知的「黑白蛾」故事。科技大觀園網站。<https://scitechvista.nat.gov.tw/>

臺灣蝴蝶保育學會(2021 年 11 月 24 日)。臺灣新住民-談尖翅翠蛺蝶追蹤始末與現況。社團法人臺灣蝴蝶保育學會網站。<https://butterfly.org.tw/>

臺灣蝴蝶網路圖鑑 (2020). 峽蝶科/尖翅翠峽蝶。取自：<https://sites.google.com/view/butterfly-tw/蝴蝶圖鑑/峽蝶科/尖翅翠峽蝶> 資料檢索時間：2024年9月1日10:00。

蝶蛾網 (2021). 食草紀錄/芒果。取自：<http://dearlep.tw/hosts.html> 資料檢索時間：2024年9月4日13:00。

Butterflies in Indo-China (1996). *Euthalia phemius phemius*。取自：<https://yutaka.itn.jp/lim2/721270001.html> 資料檢索時間：2024年9月9日8:20。

Global Biodiversity Information Facility (2001). 出現紀錄 *Euthalia phemius*。取自：https://www.gbif.org/zh-tw/occurrence/map?taxon_key=5130851&occurrence_status=present 資料檢索時間：2025年1月17日15:50。

iNaturalistTW (2008). 尖翅翠峽蝶檢視觀察。取自：

https://taiwan.inaturalist.org/observations?taxon_id=180789 資料檢索時間：2025年1月17日14:30。

StrErr Tool 地理座標系距離計算器，經緯度距離計算器 (2024)。取自：

<https://www.strerr.com/tw/distance-calculator.html> 資料檢索時間：2025年1月18日14:00

圖片來源：

1. 本圖片由作者親自拍攝或製作
2. 本圖片引自 Google Map 網站，網址：<https://www.google.com.tw/>
3. 本圖片引自愛自然-臺灣(iNaturalist Taiwan)網站，網址：<https://taiwan.inaturalist.org/>

【評語】080317

1. 主題具時事性與生態關懷，聚焦於台灣近年新發現的外來種蝴蝶，展現對本土生態變遷的敏銳觀察力。
2. 研究方法多元，結合野外調查、長期飼養、行為觀察與公民科學資料分析，充分發揮國小學生可運用的設備與資源。
3. 創新之處在於以幼蟲隱蔽行為為切入點，量化分析體色、體型與葉脈對隱蔽效果的關聯，內容豐富且具啟發性，未來可以深入的進行隱蔽行為的探討。
4. 可進行小面積「防治試區」，驗證實際危害；或簡易估算潛在經濟損失與成本效益，會更具農損評估意義。

作品海報

外來種尖翅翠蛱蝶的幼生期生物學



及擴散模式探討

摘要

尖翅翠蛺蝶最早於2019年在基隆被發現，是以芒果葉為寄主的外來種蝴蝶。本研究透過野外調查發現，尖翅翠蛺蝶偏好在4.8公尺以上的芒果樹產卵，在都市化程度高的環境仍可繁殖。幼生期天數在47日至62日間，低溫會延長幼生期發育時間。生長速率隨齡期增加而變快，且雌蝶幼蟲體型較雄蝶大，蛹體長寬比也有差異。幼蟲會依據體型與體色變化進行不同的隱蔽行為，其體背白線與中肋位置為隱蔽行為的關鍵因子。公民科學資料顯示本種入侵臺灣本島後呈現「先跳躍後漸進」的擴散模式，在本島東西兩側呈現不同擴散階段。考量各因子對擴散的影響，推估本種會持續南向擴張至恆春半島，並轉至東側再往北擴散東部縣市，南部縣市可提早監測本種對芒果產業的影響狀況。

壹、前言

一、研究動機

在芒果樹的葉片上找到了一隻模樣奇特的毛毛蟲，長相很像羽毛，保護色很好，這隻蝴蝶是最近幾年才入侵台灣的外來種蝴蝶，叫做尖翅翠蛺蝶，因為入侵台灣的時間並不長，我們決定以這個蝴蝶當作研究主題，希望能夠解開這個蝴蝶的神秘面紗。

二、研究目的

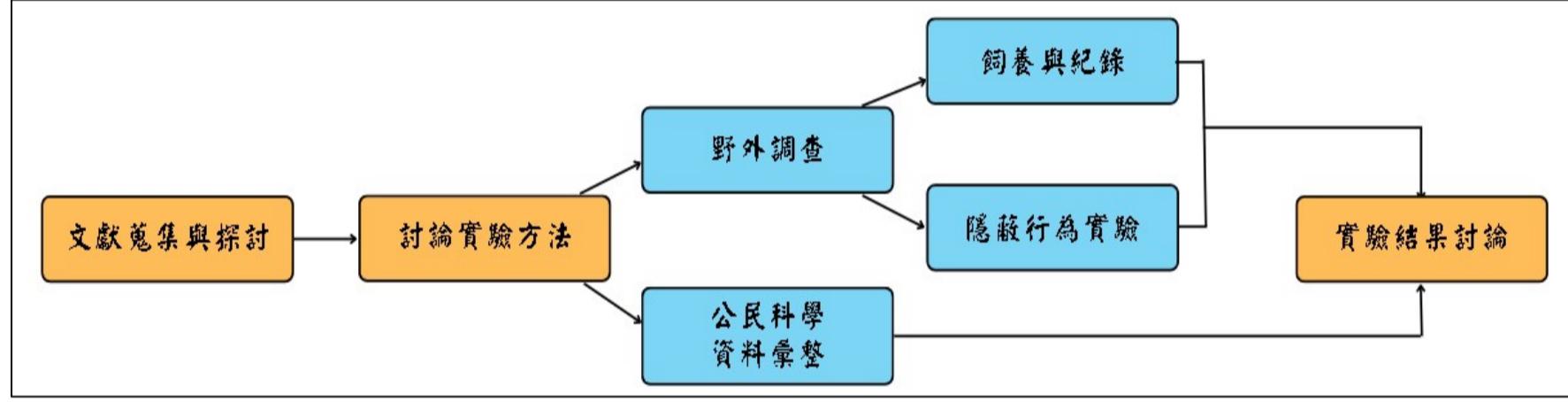
- (一) 調查芒果樹上尖翅翠蛺蝶幼生期豐度與植株高度、都市化程度等環境因素的關聯性。
- (二) 記錄幼生期的形態、體型、發育時間、各階段轉換過程等生物學資訊，了解環境溫度與發育時間的關聯性。
- (三) 探究幼蟲不同齡期形態與隱蔽行為的搭配模式，及隱蔽行為的啟動因子。
- (四) 透過公民科學資料歸納尖翅翠蛺蝶入侵後的擴散現況，並推測未來的擴散趨勢。

貳、研究設備與器材

一、調查器材：塑膠繩、高枝剪、雷射測距儀、筆記本、鉛筆、塑膠桶。

二、飼養器材：塑膠盒、澆灌瓶、指型瓶、剪刀、毛筆、衛生紙、相機、直尺、塑膠繩、筆記本、鉛筆、橡皮擦。

參、研究過程或方法



一、戶外調查與採集

劃分6個樣區，樣區內芒果樹代號+流水號方式進行編號，記錄芒果樹的高度。低於2公尺的樹進行全樹葉片檢查，高於2公尺的樹剪下10叢葉片進行檢查。檢查活體幼蟲、卵殼痕跡以及蛹殼痕跡，並帶回實驗室進行後續的飼養觀察。

二、幼生期飼養觀察與記錄

幼生期樣本塑膠盒內飼養，盒外貼上記錄紙，標示編號、採集日期及採集地。早自習時間固定觀察，單眼相機及微距鏡頭進行影像記錄，從卵期開始依序採用1.4倍、1倍、0.6倍、0.3倍四種固定倍率拍攝。錄影卵孵化、幼蟲蛻皮、終齡幼蟲化蛹的過程，並以影片回放方式進行記錄。

三、幼蟲隱蔽行為模式觀察與記錄

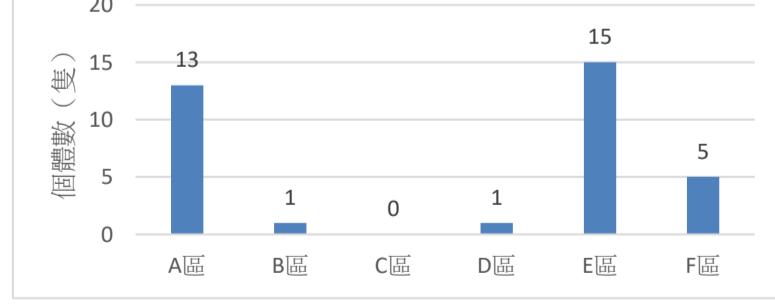
將8隻幼蟲樣本，於四齡與六齡階段，放在正常葉片、葉背朝上的葉片、葉脈去除的葉片以及去除一邊側脈的葉片上，並於20分鐘、40分鐘及60分鐘分別進行照片拍攝。彙整其隱蔽行為的差異。

四、尖翅翠蛺蝶的公民科學調查資料彙整

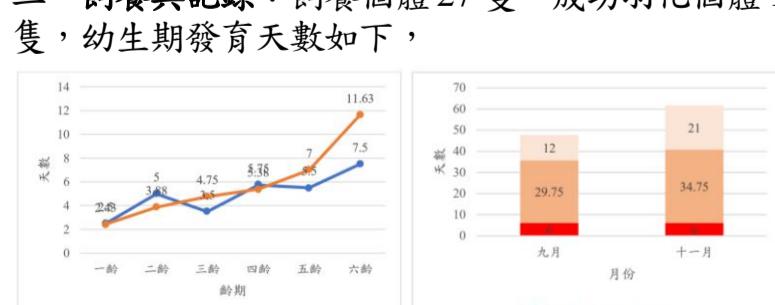
在iNaturalist TW愛自然(簡稱iNAT)以及全球生物多樣性資訊機構(簡稱GBIF)兩個公民科學網站上搜尋並下載尖翅翠蛺蝶的記錄，逐一檢視每筆記錄的佐證照片正確性，並將資料彙整進試算表，整理日期與地點，歸納2019年以來、尖翅翠蛺蝶在台灣入侵之後的擴散情況。並透過資料彙整，預測尖翅翠蛺蝶未來在台灣的擴散情形。

肆、研究結果與討論

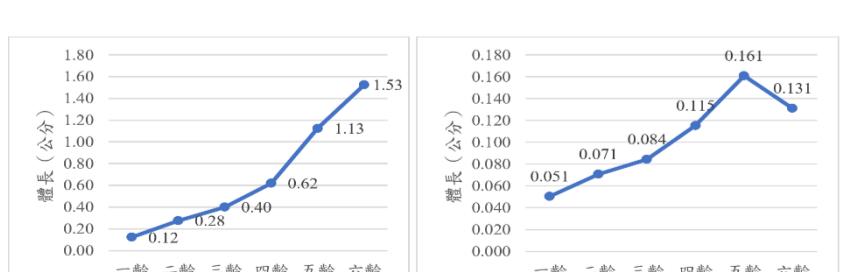
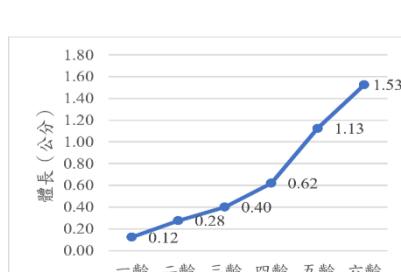
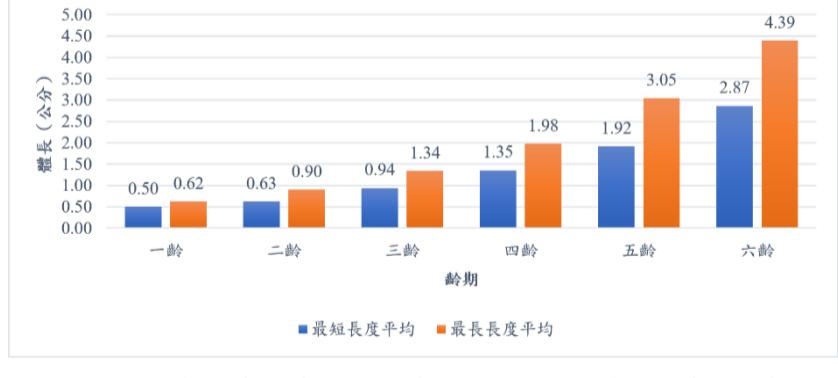
一、戶外調查：A區及E區的幼生期紀錄最多，且樹高於4.8m的芒果樹上才有幼生期紀錄。



二、飼養與記錄：飼養個體27隻，成功羽化個體13隻，幼生期發育天數如下，



(二) 幼蟲各齡期發育狀態(體長)統計：隨著齡期增加，幼蟲的體長、生長長度及平均每日生長速度皆增加



(四) 幼蟲食性觀察與測試：幼蟲只會以老葉做為取食部位，不會選擇以嫩葉為取食的部位。



圖 4-7 食性實驗前後葉片對照圖 (出處詳圖片來源 1)

(五) 生活史各階段形態及轉換過程描述

1. 卵期：



圖 4-8 不同階段卵的外觀(出處詳圖片來源 1)

2. 卵孵化過程：

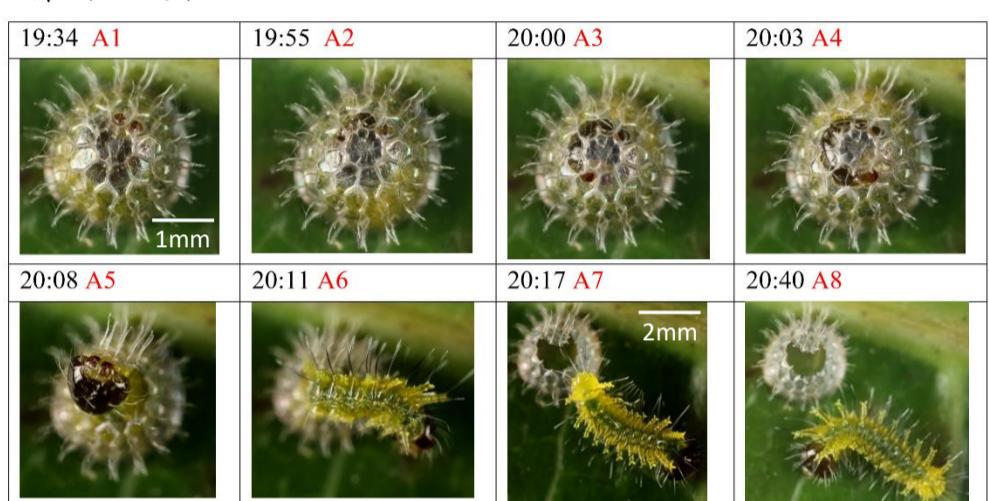


圖 4-9 卵的孵化過程(出處詳圖片來源 1)

3-8. 幼蟲各齡期形態：

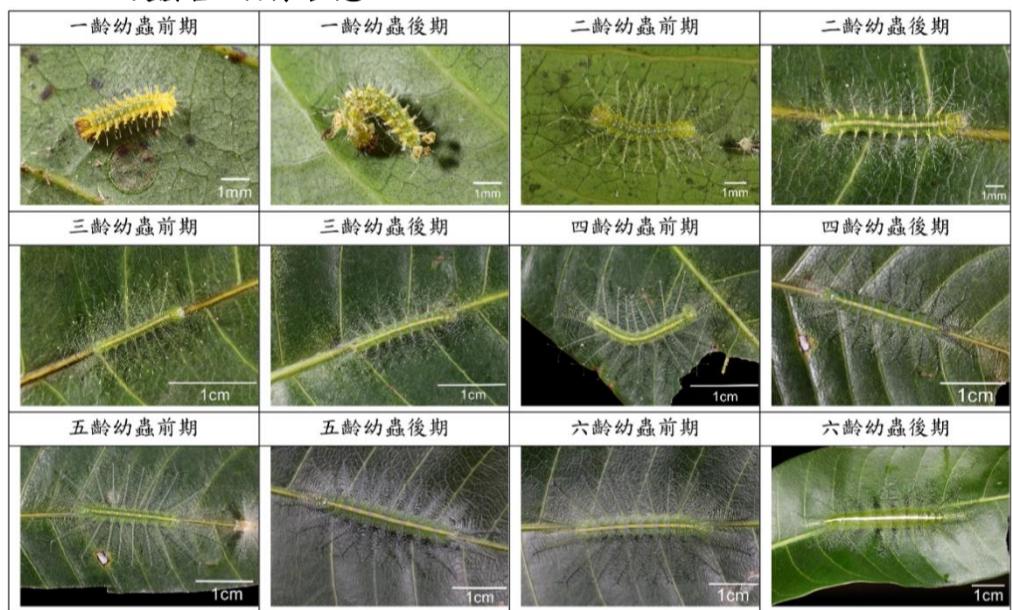


圖 4-10 尖翅翠蝶各齡期幼蟲形態(出處詳圖片來源 1)

9. 蛹皮過程：蛻皮階段 (A1-A4) - 肉棘伸展階段(B1-B4)-細刺伸展階段(C1-C4)，蛻皮位置如箭頭所示

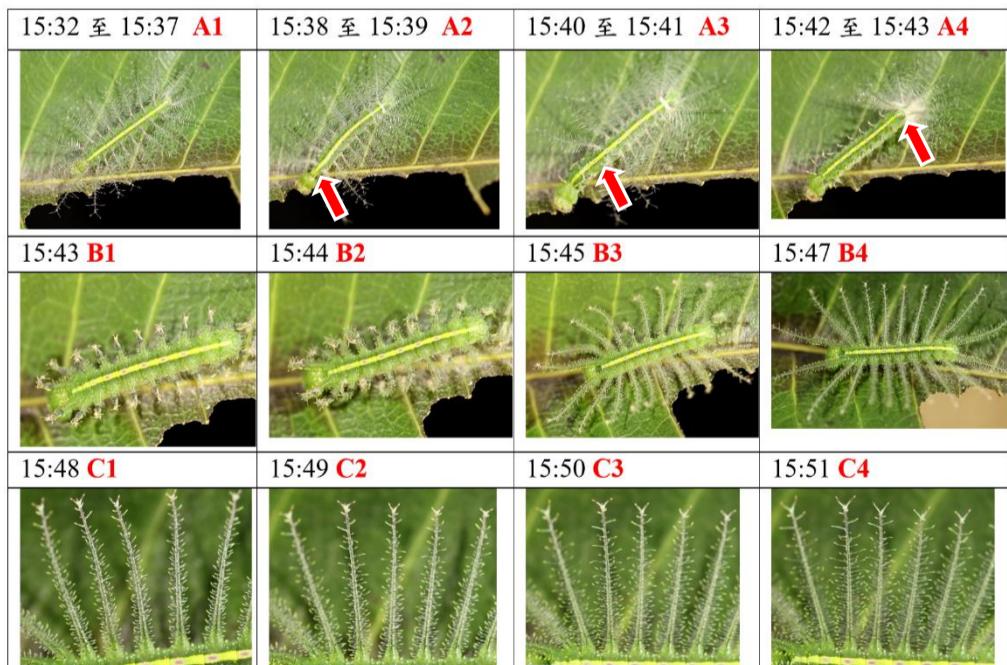


圖 4-11 幼蟲蛻皮階段過程，A1-A4 為蛻皮階段，B1-B4 為肉棘伸展階段階段，C1-C4 為細刺伸展階段 (出處詳圖片來源 1)

10. 前蛹：尾足有明顯的絲墊，蟲體垂直向下，呈現一個鉤型。



圖 4-12 前蛹期的幼蟲(出處詳圖片來源 1)

11. 化蛹過程：舊皮自胸部裂開，並向上蛻皮。

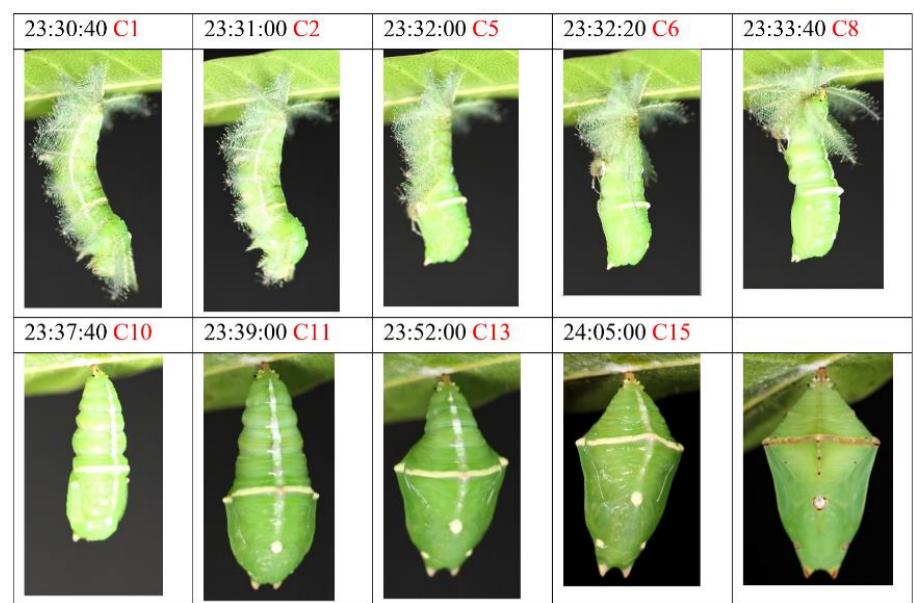


圖 4-13 化蛹過程(出處詳圖片來源 1)

12. 蛹期：綠色，第三腹節有明顯白點，胸、頭也有數枚白點，隔天轉為帶有金屬光澤的銀色。羽化前會呈現出翅膀的斑紋。

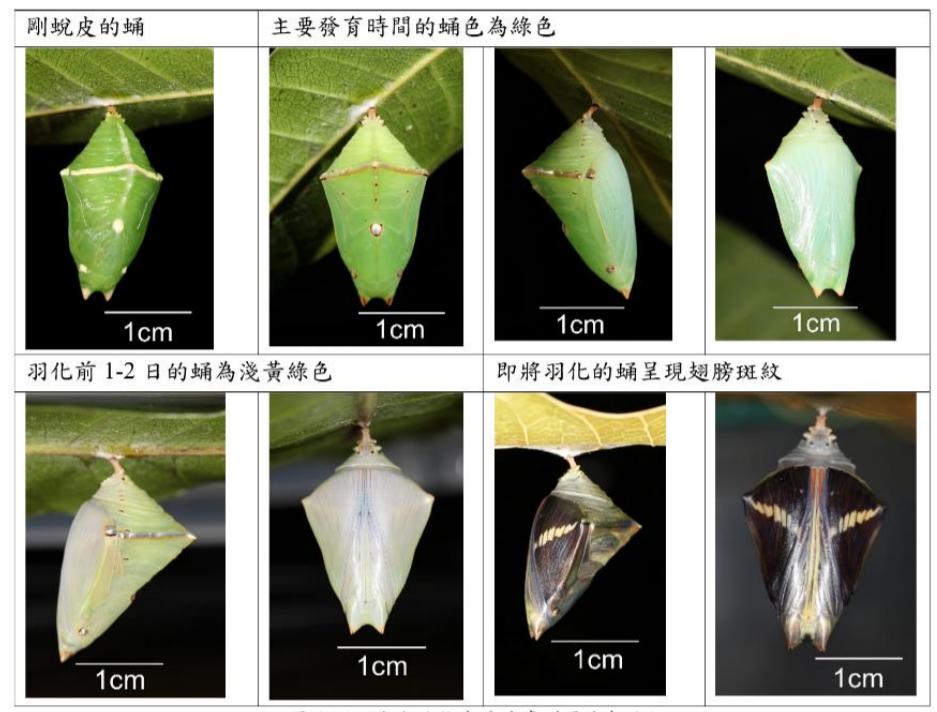


圖 4-14 蛹期各階段外型(出處詳圖片來源 1)

13. 羽化過程：蛹殼沿著胸部中央及翅邊裂開，成蟲從下方脫離蛹殼，翅膀漸漸延伸擴張，腹部末端排出黃褐色混濁液體。

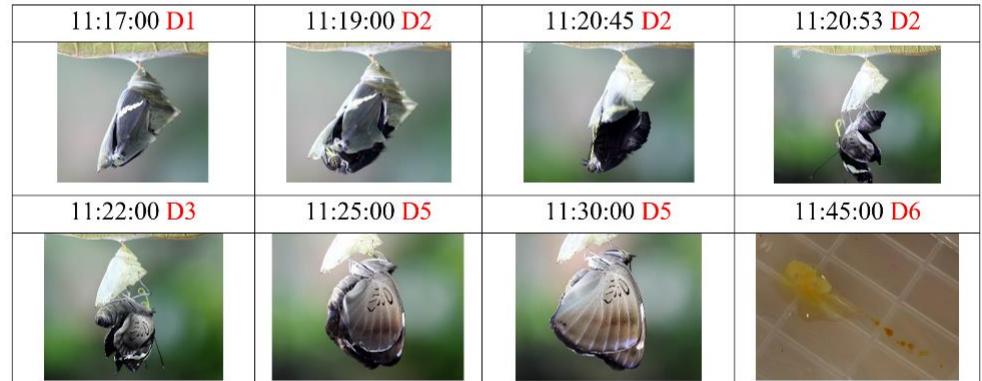


圖 4-15 羽化過程(出處詳圖片來源 1)

(六) 幼生期體型與成蝶性別的關聯性

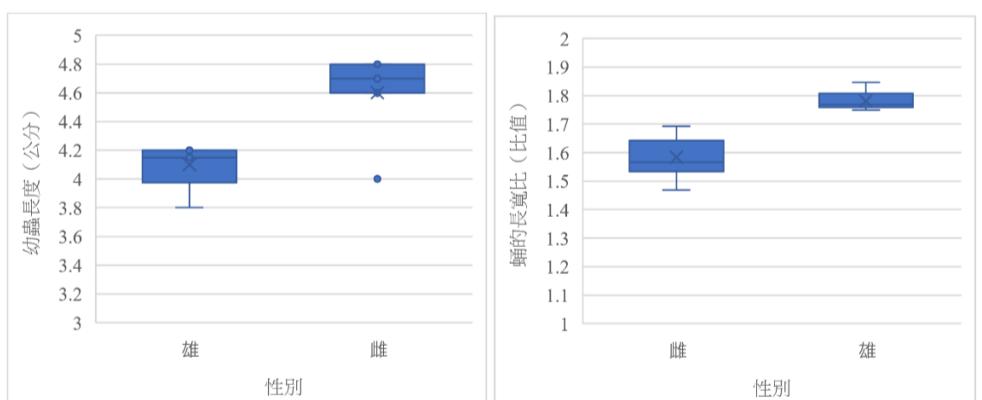


圖 4-16 不同性別六齡幼蟲的長度(出處詳圖片來源 1) 圖 4-17 不同性別的蛹長寬度比(出處詳圖片來源 1)

討論：雌性六齡幼蟲體長大於雄性；雄性的蛹長寬比較雌性高，蛹體較雌性瘦長。

三、幼蟲的隱蔽行為觀察：測試不同狀態葉片的幼蟲停棲行為，依據體背白線與葉片中肋的重疊百分比，定義以下三種程度的隱蔽行為：高度隱蔽行為 (100%至 70%)、中度隱蔽行為 (69%至 40%)、低度隱蔽行為 (39%至 0%)。



圖 4-19 停棲實驗的葉片處理圖示 (出處詳圖片來源 1)

實驗一：正常葉片（假設：在正常的葉片上，幼蟲會高機率出現隱蔽行為）

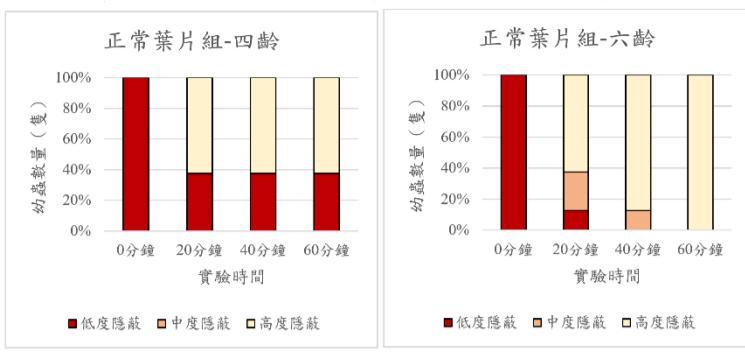


圖 4-20 正常葉片組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

討論：高度隱蔽行為比例高，符合假設，作為對照組

實驗二：葉背朝上的葉片（假設：顏色有差異的葉背，隱蔽行為的機率降低）

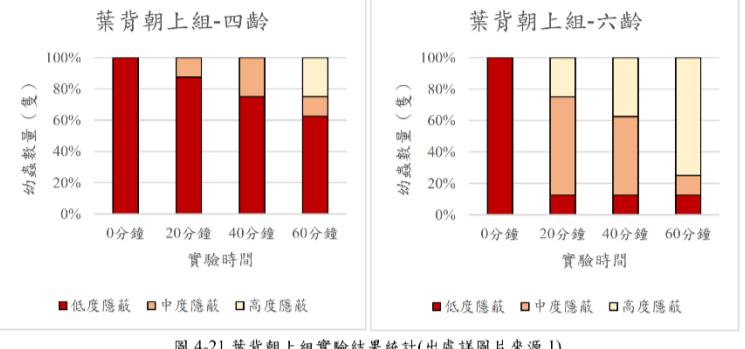


圖 4-21 葉背朝上組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

討論：高度隱蔽行為比例高，但比對照組低，符合假設

實驗三：中肋去除的葉片（假設：缺乏中肋會導致幼蟲隱蔽行為的機率降低）

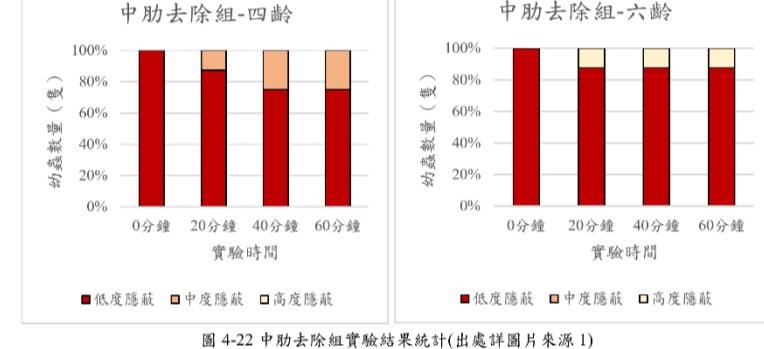


圖 4-22 中肋去除組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

討論：高度隱蔽行為比例極低，符合假設

實驗四：去除一側葉肉的葉片（假設：葉肉去除但保留中肋，不影響隱蔽行為）

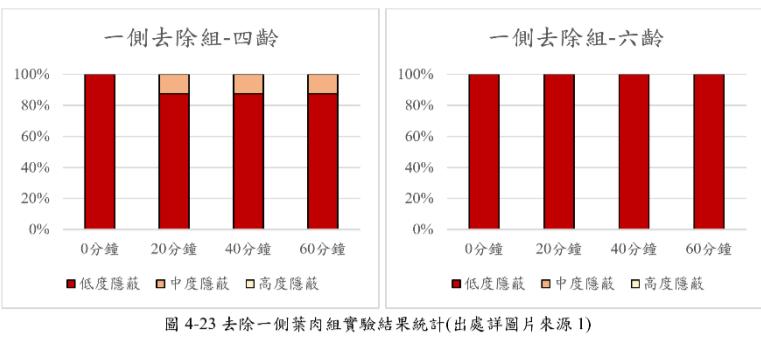


圖 4-23 去除一側葉肉組實驗結果統計(出處詳圖片來源 1)

討論：無高度隱蔽行為，不符合假設，推測對齊中肋會導致肉棘突出葉片邊緣，反而容易被天敵發現。

四、透過公民科學資料歸納尖翅翠蛺蝶的擴散現況。

表 4-3 近 5 年公民科學網站資料顯示尖翅翠蛺蝶每半年度分佈最南地點

時間段	iNat 資料		GBIF 資料	
	最南縣市	最南鄉鎮	最南縣市	最南鄉鎮
2020 上半年	台北市	大安區	台北市	大安區
2020 下半年	新北市	新店區	新北市	三峽區
2021 上半年	新北市	新店區	新北市	新店區
2021 下半年	宜蘭縣	礁溪鄉	新竹縣	北埔鄉
2022 上半年	苗栗縣	南庄鄉	苗栗縣	南庄鄉
2022 下半年	桃園市	桃園區	苗栗縣	通霄鎮
2023 上半年	苗栗縣	公館鄉	苗栗縣	後龍鎮
2023 下半年	台中市	霧峰區	南投縣	集集鎮
2024 上半年	南投縣	水里鄉	南投縣	水里鄉
2024 下半年	雲林縣	古坑鄉	雲林縣	林內鄉

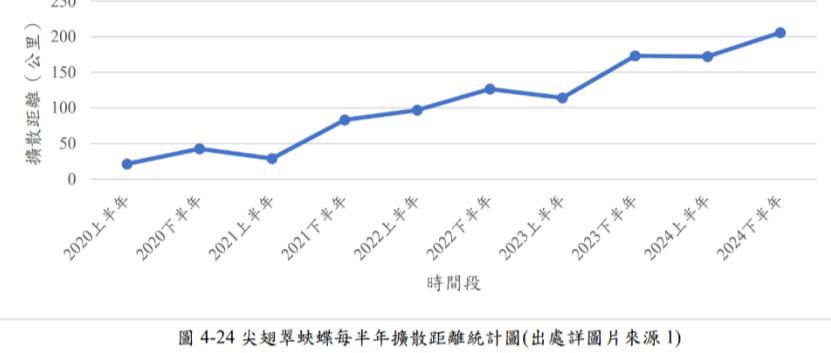


圖 4-24 尖翅翠蛺蝶每半年擴散距離統計圖(出處詳圖片來源 1)

討論：綜合 iNat 及 GBIF 的最遠擴散地點統計，至 2024 年下半年，尖翅翠蛺蝶最遠擴散距離為 205.65 公里，平均每半年擴散約 20 公里。

陸、結論

一、芒果樹上幼生期豐度與植株高度及都市化程度的關聯性：尖翅翠蛺蝶偏好產卵於高度高於 4.8 公尺的芒果樹上，在都市化程度較高的環境也能繁殖。

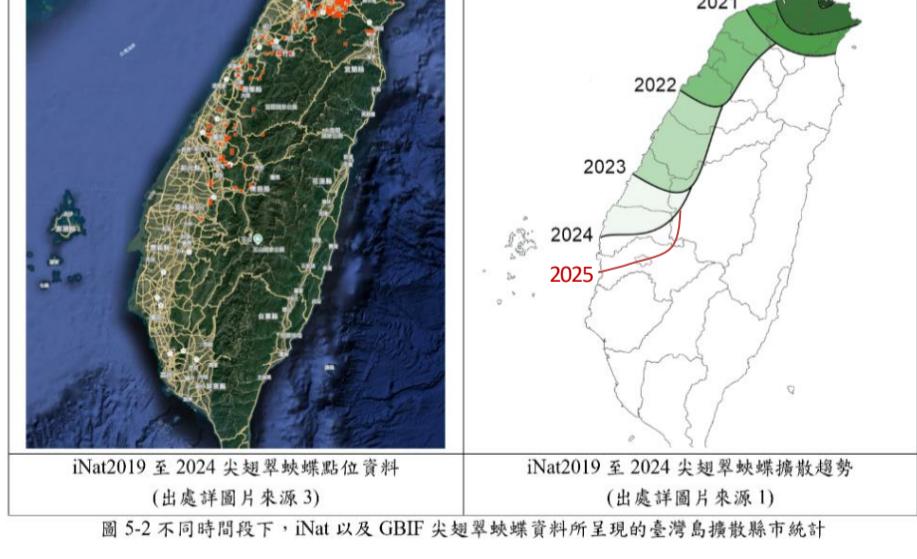
二、幼生期的形態、體型、發育時間與各階段轉換過程等生物學資訊：尖翅翠蛺蝶幼生期以芒果樹老葉為食物，不取食嫩葉，發育天數在 47 日至 62 日間，溫度越低則發育天數越多。生長速率隨齡期增加而變快，且雌蝶幼蟲體型較雄蝶大，蛹長寬比例也不同。

三、幼蟲形態與隱蔽行為的搭配模式及隱蔽行為的啟動因子：體背無白線的齡期躲在葉背，體背有白線的齡期則移動到葉面，並將白線對齊葉片中肋或葉脈，符合背景選擇的描述，且中肋是否存在以及中肋的相對位置是引發幼蟲隱蔽行為的關鍵因子。

四、以公民科學資料歸納後擴散現況，並推測未來的擴散趨勢：尖翅翠蛺蝶的擴散狀況符合「先跳躍式擴散 (Jump dispersal) 後漸進式擴散 (Diffusion)」的情形，且在臺灣島兩側呈現不同的階段與擴散速度，由於緯度與原產地相似，無高山阻擋，寄主植物豐富，推估尖翅翠蛺蝶可能持續向南部擴張至高屏地區，並透過恆春半島轉至東側，由南向北往台東縣及花蓮縣擴散，南部地區需留意其危害潛力。



圖 5-1 不同齡期幼蟲的外型與隱蔽行為(出處詳圖片來源 1)



iNat2019 至 2024 尖翅翠蛺蝶點位資料 (出處詳圖片來源 3)

iNat2019 至 2024 尖翅翠蛺蝶擴散趨勢 (出處詳圖片來源 1)

紙本資料：

李洵、楊舒媛、蔡宜瑾與吳欣達(2007)。字字「珠」跡～串珠環蝶在台發現十年誌～。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會參展作品專輯。

林翰羽(2022)。尖翅翠蛺蝶 (*Euthalia phemius*) 之入侵評估(鱗翅目:蛺蝶科)。國立彰化師範大學生物學系碩士論文。

徐靖峰、梁家源、黃智偉、沈宗諭(2021)。臺灣蝶類誌第五卷蛺蝶科。行政院農委會林務局。

Cox, C. B. and P. D. Moore(2007)。生物地理學-從生態及演化的角度來探討(呂光洋譯)。藝軒圖書出版社。臺北市。

Gullan, P.J. and P.S. Cranston(2015)。昆蟲學概論(徐靖峰譯)。合記出版社。臺北市。

Scoble, M. J. (1992). The Lepidoptera: Form, Function and Diversity. Oxford University Press.

網路資料：

林怡均(2019 年 11 月 8 日)。尖翅翠蛺蝶登台，芒果樹小心！孩子吃老葉，爸媽吃腐果。上下游 News&Market 網站。

<https://www.newsmarket.com.tw/blog/126608/>

施禮正(2016 年 1 月 5 日)。天擇經典題目之外，不為人知的「黑白蛾」故事。科技大觀園網站。<https://scitechvista.nat.gov.tw/>

臺灣蝴蝶保育學會(2021 年 11 月 24 日)。臺灣新住民-談尖翅翠蛺蝶追蹤始末與現況。社團法人臺灣蝴蝶保育學會網站。

<https://butterfly.org.tw/>

Global Biodiversity Information Facility (2001)。出現紀錄 *Euthalia phemius*。取自：https://www.gbif.org/zh-tw/occurrence/map?taxon_key=5130851&occurrence_status=present 資料檢索時間：2025 年 1 月 17 日 15:50.

iNaturalistTW (2008)。尖翅翠蛺蝶檢視觀察。取自：https://taiwan.inaturalist.org/observations?taxon_id=180789 資料檢索時間：2025 年 1 月 17 日 14:30.

圖片來源:

1. 本圖片由作者親自拍攝或製作
2. 本圖片引自 Google Map 網站，網址：<https://www.google.com.tw/>
3. 本圖片引自愛自然-臺灣(iNaturalist Taiwan)網站，網址：<https://taiwan.inaturalist.org/>