

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

第三名

030313

海氏掠蚊 (*Lutzia halifaxii*) 獵捕白線斑蚊的
行為研究及運用於生物防治的評估

學校名稱：新北市立江翠國民中學

作者： 國一 李宥辰	指導老師： 鄭鎮寬
---------------	--------------

關鍵詞：海氏掠蚊、白線斑蚊、生態滅蚊

摘要

小學在採集過程中幸運地採集到身體呈魚骨狀，較白線斑蚊大 1.5 倍的大孑孓，發現其會攻擊並掠食白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 孑孓。經病媒蚊專家鑑定為國內少見，但因不傳播疾病，以致較少文獻探討掠食行為的海氏掠蚊 (*Lutzia halifaxii*) 孑孓。本研究為國內首次對海氏掠蚊生活史及掠食行為進行之調查研究，結果有三：(1)海氏掠蚊孑孓的棲地與白線斑蚊等多種孑孓重疊並掠捕其為食；(2)海氏掠蚊的孑孓期為 14~21 天，公蚊壽命為 25 天，母蚊為 40 天；(3)海氏掠蚊可掠捕白線斑蚊孑孓，為功能反應曲線 II 型，捕食量隨獵物密度增加可高達 177 隻，並可明顯降低白線斑蚊羽化數量達 90%。結果顯示利用海氏掠蚊進行生態滅蚊具有高度潛力，可進一步發展成為未來疾病與病媒蚊控制策略的工具。

壹、研究動機

一、前言

小學時因同學時常抱怨飽受蚊蟲叮咬之苦而讓我產生了環保滅蚊的動機，於是我跟同學組了一個「滅蚊特攻隊」想找尋適合學校的生態滅蚊方法。小學階段的科展成果發現 35% 次氯酸水、1% 硼酸、1% 漂白水及家庭常用的精油，分別對蚊卵有不同程度的破壞及殺孑孓的效果 (林香伶等, 2020)。但要依賴化學藥劑維持長期的滅蚊效果，人力及物力的花費是一筆可觀的費用，若能找到特別的生物防治法才是兼顧環保及經濟的永續方法。

因此我在國中持續進行研究，在 2020 年 6 月的校園孑孓採樣中，發現了體型較一般白線斑蚊大 1.5 倍以上的孑孓，在當時我還不知這些大孑孓的種類，但仔細觀察卻意外發現牠們會攻擊並直接吞噬白線斑蚊孑孓。除此之外，當場還觀察到同種的大孑孓偶爾會出現彼此攻擊，疑似同類相食的現象。請教國內病媒蚊專家後，證實這些大孑孓為少見的海氏掠蚊孑孓。海氏掠蚊以往被稱為海氏家蚊 (中央研究院，



圖一、大孑孓捕食白線斑蚊孑孓。

2018)，但因其孑孓期的掠食行為，目前正在進行分類與名稱的修正，更新為海氏掠蚊。其後，我在 2020 年 8 月至 12 月於臺灣北部 虎山及四獸山的野外調查採樣過程中，再次發現

海氏掠蚊子，同時也在採集樣區內發現了同樣會掠食他種蚊子，體型巨大的金腹巨蚊（*Toxorhynchites aurifluus*）蚊子。

針對這些會掠食白線斑蚊子的大蚊子，讓我有利用牠們來進行白線斑蚊生物防治的想法，於是我查閱國內資料，發現除了金腹巨蚊之外，並未有相關於海氏掠蚊棲地、生命週期、掠食行為及其在生態系中的角色等科學文獻。所以除了已被人熟知的金腹巨蚊之外，我更想針對海氏掠蚊，了解其生存棲地條件、生命週期、掠食行為等相關因素，以利進一步勾勒出牠在自然環境中的生態角色，幫助我更加了解未來是否可運用海氏掠蚊來進行與成功達成生態滅蚊。

二、文獻探討

（一）、病媒蚊與其防治方法

蚊子是導致大量病原體傳播的主要原因之一，其結果常造成人和動物感染傳染病與死亡，以及造成世界各地重大經濟損失。全球氣溫上升，加上旅行和貿易的頻率及次數增加，導致以蚊蟲為媒介的傳染疾病，其傳播範圍超出了原本的地理限制。進而造成病原體出現在新的地區或在原社區的重複傳染。迄今為止，許多病媒蚊傳播的疾病仍缺乏有效的疫苗或專一性的抗病毒療法，因此病媒蚊控制策略有著至關重要的作用（Lwande et al., 2020）。在臺灣，病媒蚊之一的白線斑蚊不只分布廣泛，是許多疾病的重要傳播媒介，包括有登革熱、屈公病（衛生福利部疾病管制署，2020）、黃熱病和茲卡病（衛生福利部疾病管制署，2021a, 2021b）等多種病毒性疾病，更是造成全球許多疾病與經濟損失的重要原因之一。

長期以來，蚊蟲的防制主要依賴化學殺蟲劑，但是在人類與病媒蚊的抗戰中，使用越來越多的化學殺蟲劑，不但篩選出許多具抗藥性的蚊蟲，對一般成人、學童均造成身體上的負擔，同時增加環境毒害的風險，易造成環境污染或引發人類過敏及藥物中毒等問題（Rob Dunn, 2020）。在許多控制病媒蚊的策略與方法中，生物防治法是經常被提到的一項，其中包括了利用捕食性天敵滅蚊（如食蚊魚、劍水蚤、捕食性蚊蟲等），微生物滅蚊（如蘇力菌），以及使用昆蟲生長調節劑降低幼蟲化蛹或羽化為成蚊的機率等方法。由於生物防治具有對人畜及環境相對安全、無污染、不傷害天敵、生態友善和環境永續等優點，在全球上又重新受到重視，成為當前蚊蟲防治的重要方法（Doloi, 2021）。

（二）、海氏掠蚊、金腹巨蚊與白線斑蚊

1、海氏掠蚊

對於海氏掠蚊，根據連日清博士在 2004 年的臺灣蚊種檢索，其生物分類階層為：

界：動物界 Kingdom Animalia

門：節肢動物門 Phylum Arthropoda

綱：昆蟲綱 Class Insecta

目：雙翅目 Order Diptera

科：家蚊亞科 Family Culicidae

屬：掠蚊亞屬 Genus *Lutzia*

種：海氏掠蚊 *Lutzia halifaxii* (Theobald, 1903)

關於海氏掠蚊的研究，國內外發表的科學文獻並不多，對牠的生活習性及生態角色仍不清楚，從病媒蚊專家教授傳承關於海氏掠蚊的知識讓我了解到：母蚊主要以鳥禽鮮血為產卵養分來源，查詢國內相關參考資料僅知其曾出沒於南勢溪上游哈盆原始森林、綠島及基隆（鄧華真等，2004），此外則無太多關於海氏掠蚊生活史、掠食習性相關訊息發表。

2、金腹巨蚊

在我採樣的子子中也發現了金腹巨蚊，牠們通常被稱為「大象蚊子」，原因不只是牠們的尺寸大小較一般蚊蟲大，還因為牠們的子子頭、胸、腹部形狀看來像大象長鼻。金腹巨蚊的成蚊口器大且能向下彎曲，不論公、母成蚊皆以吸食花蜜及果汁為食，並非以吸食動物及人類血液為食（Bonnet & Hu, 1951）。也因此金腹巨蚊被認為與登革熱、黃熱病及屈公病等病毒的傳播無相關。在國外，如韓國、東南亞國家、南美洲等都有發現不同種類的巨蚊出現，許多研究單位也著手進行以巨蚊作為生態滅蚊的工具（Focks, 2007），但在臺灣，對於巨蚊的相關研究並不多。



圖二、金腹巨蚊外觀。

A: 金腹巨蚊成蚊，前胸背板藍黑色具金屬光澤，後腳脛節與中腳跗節白色。B: 金腹巨蚊四齡子子。

根據連日清博士在 2004 年的著作臺灣蚊種檢索對於金腹巨蚊的生物分類階層為：

界：動物界 Kingdom Animalia

門：節肢動物門 Phylum Arthropoda

綱：昆蟲綱 Class Insecta

目：雙翅目 Order Diptera

科：蚊科 Family Culicidae

屬：巨蚊屬 Genus *Toxorhynchites*

種：金腹巨蚊 *Toxorhynchites aurifluus*

所有巨蚊屬 (*Toxorhynchites*) 的子子都是非常貪吃的掠食者，他們在掠食策略上是一種機會獵人，會捕食生存於同一積水空間的其他子子或大小相似的水生生物。巨蚊子子的掠食率取決於各種生物因素 (獵物的大小和密度) 和非生物 (水溫和日照水平) 因素；牠們不主動尋找獵物，相反的，牠們使用機械受器來檢測空間內獵物的存在。一旦進入掠食範圍，巨蚊子子才會積極朝著牠望去，並在獵物靠近時以強大的口器抓住獵物 (Bonnet & Hu, 1951)。四齡期接近化蛹邊緣的巨蚊子子，對靠近牠的獵物仍會以反射動作掠食子子，但並不會把食物給吃進肚子裡。

3、白線斑蚊

對於白線斑蚊，參考連日清博士在 2004 年的著作臺灣蚊種檢索，其分類階層為：

界：動物界 Animalia

門：節肢動物門 Arthropoda

綱：昆蟲綱 Insecta

目：雙翅目 Diptera

科：蚊科 Culicidae

屬：斑蚊屬 *Aedes*

亞屬：室蚊亞屬 *A. (Stegomyia)*

種：白線斑蚊 *Aedes albopictus*

依據衛生福利部疾病管制署 (2020) 對登革熱媒蚊與屈公病發生的可能性探討報告，發現白線斑蚊母蚊除了會攜帶病毒外，體內的登革熱病毒、屈公病病毒亦能在母蚊體內進行複製，證實白線斑蚊母蚊為病毒的載體而能傳播病毒到人體內造成感染。依據報告數據，推估一隻白線斑蚊的母蚊可傳播登革熱病毒 8 人，屈公病病毒 32 人。白線斑蚊遍佈全臺，也具有傳播疾病能力，報告中建議應評估其發生風險，並須在高風險地區執行預防策略。2019 年新北市中和區傳出屈公病例，2020 年 9 月在新北市三峡及鶯歌地區也傳出 38 例本土感染病例，即使在都市管理普遍較佳的北臺灣仍有因蚊蟲傳染的病例個案發生，對病人或是地方政府都造成不小的衝擊。所以平時如何預防病媒蚊的傳播，而不是等疾病散播開才大量噴灑化學殺蟲劑治標，是我們得審慎思考的問題。

貳、研究目的

為了瞭解是否能將海氏掠蚊運用於病媒蚊的生物防治上，我想先從海氏掠蚊的生活史與掠食行為特性著手，並將其和防治對象：白線斑蚊，以及他國已開始著手研究的生態滅蚊物種：金腹巨蚊三者相互比較，以較完整地評估將海氏掠蚊運用於病媒蚊生物防治上的可行性。本研究目的如下：

一、探討海氏掠蚊與白線斑蚊的棲地環境

- (一)、觀察並比較市區（校園）蚊蟲孳生棲地生物與非生物因素
- (二)、觀察並比較郊區（野外步道）蚊蟲孳生棲地生物與非生物因素

二、探討海氏掠蚊的生活史

- (一)、觀察並比較海氏掠蚊、金腹巨蚊及白線斑蚊三者的孳生外型
- (二)、觀察並比較海氏掠蚊、金腹巨蚊及白線斑蚊三者生活史

三、探討海氏掠蚊孳生的掠食行為

- (一)、觀察海氏掠蚊對白線斑蚊的掠食行為
- (二)、探討不同白線斑蚊孳生密度對四齡海氏掠蚊孳生攝食量的影響
- (三)、了解海氏掠蚊各齡期孳生化蛹所需白線斑蚊孳生的消耗量

參、研究設備及器材

一、採樣及觀察器具

表一、實驗器材一覽表。

器材名稱	規格/品牌	數量	用途
溫度計		1 個	測量樣點與培養箱溫度
pH 值檢測器	EZDO PH5011	1 個	測量樣點與培養水樣酸鹼值
攜帶式顯微鏡		1 座	於野外觀察孳生用
塑膠滴管	3 mL	10 支	收集並分裝樣點孳生
蚊子誘卵桶	黑色塑膠	20 個	收集樣點蚊卵與孳生
樣本玻璃瓶	20、30、40mL	各 30 個	飼養孳生
壓克力昆蟲箱	自製	2 個	飼養成蚊
水族箱	1 尺	2 個	採集樣點水樣
放大鏡	直徑 5 吋	2 個	觀察孳生與成蚊
複式顯微鏡	MICROTECH®	1 座	於室內觀察孳生外型
玻璃培養皿	直徑 9cm	10 組	進行孳生掠食實驗
塑膠寬口瓶	300 mL	30 個	收集孳生及進行孳生掠食實驗

二、實驗研究藥品

- 糖水 (w/w%=5%)：提供成蚊養分及水分。
- 酵母水 (w/w%=5%)：提供孑孓養分。

三、蚊蟲孑孓採集點

- 臺灣北部某國小校園：
白線斑蚊、海氏掠蚊、家蚊採集處。主要以黑色誘卵桶佈點在校園內陰暗潮濕、植被掩蔽之陰涼處，收集到的白線斑蚊孑孓、家蚊孑孓用 5% 酵母水飼養至四齡孑孓提供給海氏掠蚊孑孓當食物。
- 臺北市虎山、四獸山步道及坪林區產業道路旁：
步道旁公廁、化糞池、竹林、步道旁積水池與產業道路兩旁人工積水容器、水窪分別是家蚊、海氏掠蚊、金腹巨蚊等蚊孑孓主要採集點。

肆、研究過程及方法

一、戶外採集與探討海氏掠蚊子孑生活環境

(一)、海氏掠蚊子孑樣本採集點

採樣點主要分為市區內與郊區野外兩大類型，其中市區內採樣點主要選定臺灣北部某國小校園內陰暗潮濕隱密處（圖三），擺放黑色誘卵桶。以校門口生態園為主，輔以植物牆、樹洞、變電箱旁空地、教室旁花園、盆栽底盆，均為選定的校園採樣點。



圖三、國小校園採樣點。

郊區野外的採樣點包括臺北市虎山及四獸山步道，主要包括登山步道旁的公廁、化糞池、竹林、積水池（圖四）。自 2021 年 5 月新增坪林區產業道路旁的水窪。

其中誘卵桶的擺設方式為先將桶內裝八分滿的水，再放入落地乾樹葉提供非掠食性孑子食物及養分，然後在海氏掠蚊可能出沒處，將誘卵桶置於隱密、潮濕且陰涼處兩至三週後觀察桶內孑子種類。採樣時，為避免掠食蚊的孑子在同一容器中互咬，以塑膠滴管吸取孑子，將收集到的海氏掠蚊孑子個別分裝置入樣本玻璃瓶中，帶回飼養觀察。



圖四、虎山及四獸山採樣點。

在各採樣點收集到的白線斑蚊子子、家蚊子子用 5% 酵母水飼養至四齡子子，再提供給掠蚊及巨蚊子子當食物。另外針對子子棲地調查方面，在戶外積水處或水池使用水質監測器調查子子收集處之水質酸鹼度，確認並記錄其棲地的生物與非生物因素。

(二)、海氏掠蚊的生存環境探討

1、海氏掠蚊生存環境的生態探討：

記錄採集到海氏掠蚊的採樣點各項因素（包含生物因素與非生物因素），從採樣方式、水樣 pH 值、子子種類、食物來源、環境植被、周遭生物種類等來分析海氏掠蚊可能的產卵環境及成蚊的棲地特色。

2、勾勒出海氏掠蚊在棲地食物鏈中的角色：

從棲地特色的觀察與紀錄中，嘗試了解海氏掠蚊在自然環境中食物鏈的角色，並探討海氏掠蚊在生態環境中可能扮演對白線斑蚊生物防治的角色。

二、探討海氏掠蚊生活史

(一)、觀察海氏掠蚊的生活史

海氏掠蚊的生活史觀察主要以複式顯微鏡及手機記錄從採樣後的飼養、成長歷程，與白線斑蚊、金腹巨蚊作比較，並進一步記錄從採集回來後三、四齡子子發展至成蚊所需時間、消耗的白線斑蚊子子數目等因素。

實驗的海氏掠蚊均為野外採集。採集到的海氏掠蚊子子初期飼養並不順利，主因為對子子成長過程需要的餵食子子數量及水質環境並不清楚，曾遇到飼養過程食物不足、水質惡化、化蛹後死亡、化蛹過程淹死在水面上而造成死亡率偏高，羽化成蚊比例不到50%。後來我嘗試改變飼養環境與條件如下：

- 1、加大飼養的空間，從 40 mL 玻璃瓶改成 300 mL 塑膠寬口瓶來飼養子子；
- 2、採集過程同步採集環境中共存的其他蚊蟲子子來供給未來一週的食物；
- 3、另外準備一蚊箱大量飼養白線斑蚊子子，提供海氏掠蚊子子未來成長食物；
- 4、保留誘卵桶佈點的原棲地水樣，並監控其水質穩定度，用以替補更換容器內的水。

經過不斷嘗試與修正，迄今採集到的海氏掠蚊子子從採集回來二至三齡子子飼養至羽化成蚊，已有高於 90% 成功率。

(二)、海氏掠蚊的人工繁殖

野外採集的海氏掠蚊數量十分有限，且取得不易，初期常因樣本數過少而造成觀察與實驗進行受限。因此我希望能將採集到的海氏掠蚊子子飼養到成蚊階段，並期望能在蚊箱內完成人工繁殖的計畫，把樣本數擴大，進一步觀察成蚊的習性，包括交配與繁殖行為、母蚊食性的驗證。

三、探討海氏掠蚊子子的掠食行為

(一)、觀察海氏掠蚊對白線斑蚊的掠食行為：

- 1、預先將海氏掠蚊的四齡子子空腹一日。
- 2、將 5 條白線斑蚊的四齡子子置放於水樣容器中。
- 3、再放入空腹一日的海氏掠蚊四齡子子，觀察並記錄其對白線斑蚊的掠食行為。

(二)、不同白線斑蚊子子密度對四齡海氏掠蚊子子攝食量的影響：

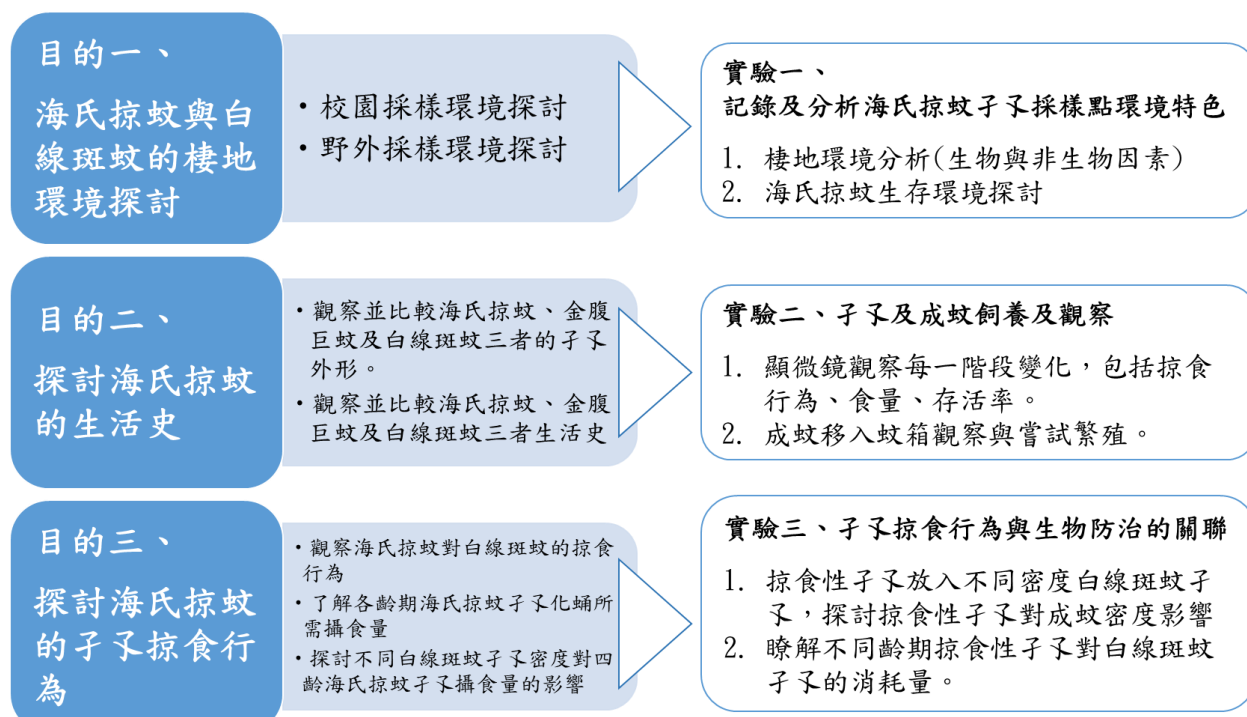
- 1、備好數個透明塑膠寬口瓶，內含 250 mL 原採樣點的水，保持穩定的水質狀況。
- 2、將四齡的海氏掠蚊子子分為六組，每組 2~3 隻，並單隻分別置於備好的寬口瓶中。
- 3、第一至六組分別加入 10、20、30、40、50、60 隻四齡白線斑蚊子子。
- 4、每天觀察記錄白線斑蚊子子數目變化，並再以下列二種方式處理實驗：
 - 4-1 維持固定總量的白線斑蚊子子，不另行補充消耗的數量。
 - 4-2 維持固定的白線斑蚊子子密度，每天視狀況補充被消耗的白線斑蚊子子。
- 5、連續觀察七天，記錄海氏掠蚊從四齡至蛹期，每日捕食白線斑蚊子子的數量變化。

(三)、各齡期海氏掠蚊子子化蛹所需白線斑蚊子子的消耗量：

採集回來的一齡海氏掠蚊子子，餵養待其變成二齡子子再進行實驗：放入同齡期的白線斑蚊子子，觀察脫殼來判斷齡期變化，直到海氏掠蚊子子化蛹，同時計算在不同齡期的進展過程所消耗掉的白線斑蚊子子數量。

四、實驗設計

綜合以上研究目的與方法，本研究整體實驗設計如下圖五所示：



圖五、實驗設計架構。

伍、研究結果

一、比較海氏掠蚊與白線斑蚊的棲地環境

(一)、市區內採樣點 (校園)：

- 1、樣區內具有生態園復育臺灣原生植物，種植有相當多的臺灣本土原生植物與蜜源植物，樹木則提供鳥類在校園內築巢機會，校內有斑鳩、鳳頭蒼鷹、喜鵲、樹鵲築巢，豐富的鳥類駐足在校園內。
- 2、學校對綠色植物不噴灑殺蟲劑，培養出豐富的生態。昆蟲、爬蟲、兩棲、鳥類、哺乳動物種類豐富。此外，學校的蚊蟲種類白線斑蚊佔 90%以上的數量，多在校園內有綠色植栽的地方出現。
- 3、白線斑蚊子孑出現地點對於光線明亮程度適應範圍廣，不似其他蚊蟲孑子多出現於陰暗環境中，且不論人工或天然積水容器內皆可發現白線斑蚊。
- 4、樣區內採集到的海氏掠蚊子孑常與白線斑蚊子孑共存，出現於室外各式積水容器內。且採集過程中歷經臺灣夏季至冬季，雖數量以夏季為多，但皆可發現海氏掠蚊子孑。

表二、海氏掠蚊校園採樣點環境一覽表。

地點	教室前花盆底盆	校園內植物園	生態園鐵圍籬
			
孑子種類	海氏掠蚊、白線斑蚊	白線斑蚊、家蚊	白線斑蚊、家蚊
蜜源植物	豐富	豐富	豐富
光線	明亮	陰暗	光線明亮
pH	7.2	7.1	7.0
潮濕度	陰涼潮濕	陰涼	潮濕
誘卵內共存生物	底盆有海氏家蚊、白線斑蚊、家蚊孑子共存	誘卵桶有白線斑蚊、家蚊孑子共存	誘卵桶有白線斑蚊、家蚊孑子共存
採樣點共存生物	鳥類有斑鳩、夜鷺	鳥類有斑鳩、夜鷺、鳳頭蒼鷹	鳥類有斑鳩、八哥、喜鵲

(二)、野外採樣點 (郊區步道與產業道路)：

- 1、虎山及四獸山山區腹地廣大、生態相當豐富。常見的昆蟲，包括蝴蝶、蜻蜓、各種蚊蟲（觀察記錄到的有白線斑蚊、白腹叢蚊、新小黑蚊、竹筴翠蚊、金腹巨蚊、海氏掠蚊等），鳥類則包括五色鳥、八哥、夜鷺、臺灣藍鵲等。
- 2、歷時一年的採集過程中，發現海氏掠蚊多出現在步道與產業道路附近擺設的誘卵桶與積水容器內（如表三所示），包括步道廁所旁化糞池、廢棄浴缸、積水池等。且發現海氏掠蚊子子之處也常常可見大量、多種的蚊蟲子子共存於同一水體中。

表三、海氏掠蚊野外採樣點環境一覽表。

地點	步道廁所旁化糞池	竹林	積水池
			
子子種類	海氏掠蚊、金腹巨蚊、竹生翠蚊、白線斑蚊	海氏掠蚊、金腹巨蚊、竹生翠蚊、白線斑蚊	海氏掠蚊、白腹叢蚊、白線斑蚊
蜜源植物	豐富	豐富	少量
光線	陰暗	陰暗	光線明亮
pH	7.1	7.0	6.9
潮濕度	陰涼潮濕	陰涼	潮濕
誘卵內共存生物	誘卵桶有海氏家蚊、金腹巨蚊與白線斑蚊、家蚊子子共存	誘卵桶有海氏家蚊、金腹巨蚊與白線斑蚊、家蚊、竹生翠蚊子子共存	水池內有上千隻的家蚊、白線斑蚊子子、水蠶、蝌蚪、紅娘華
採樣點共存生物	鳥類有斑鳩、夜鷺、五色鳥	鳥類有斑鳩、夜鷺、五色鳥	鳥類有斑鳩、八哥、五色鳥

(三)、海氏掠蚊的發現地點特色：

1、非生物 (環境) 因素：

- (1) 溫度：氣溫攝氏 30 度至攝氏 20 度均能採集到海氏掠蚊子子。
- (2) 水質酸鹼度：pH 值在 6.7~7.3 區間內。
- (3) 光線：從陰暗潮濕處至陽光充足處均能收集到海氏掠蚊子子。
- (4) 不論是在人工容器或天然積水池中，例如花盆底部、誘卵桶、積水池、廢棄浴缸等積水容器，皆可發現海氏掠蚊子子與其他蚊蟲子子共存於水體中。

2、生物因素：

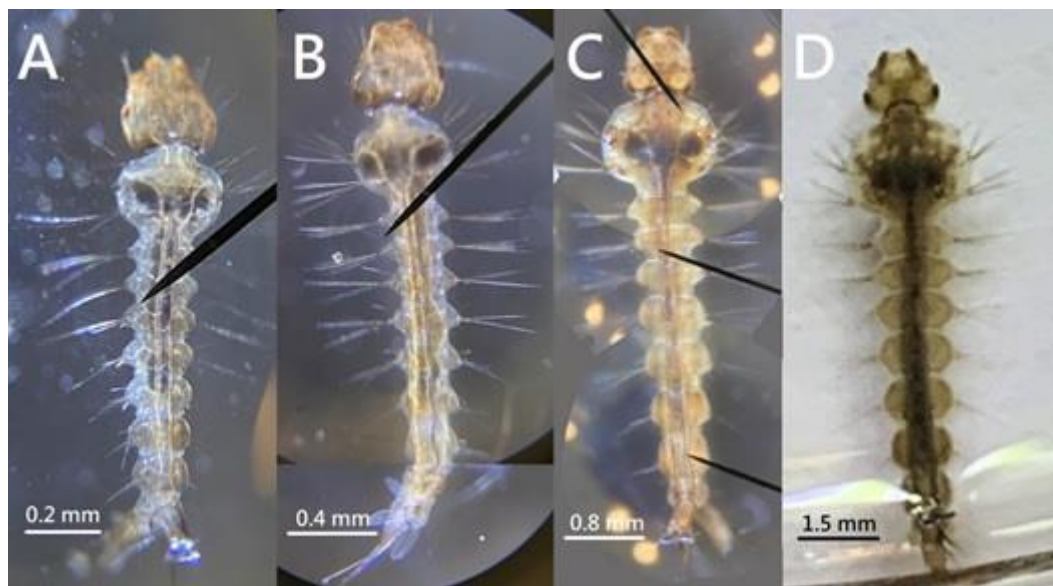
- (1) 不論是校園的原生植物園、虎山山區均有許多蜜源植物，例如紅樓花、月橘等提供食物鏈中的昆蟲前來吸取花蜜，而豐富的昆蟲吸引更多鳥禽前來。
- (2) 採集到海氏掠蚊子的採樣點有許多種類或數量龐大的蚊蟲孑孓棲息，例如白線斑蚊、家蚊、白腹叢蚊等
- (3) 不論在虎山、四獸山、坪林產業道路或校園都可發現種類或數量豐富的鳥類。

二、探討海氏掠蚊、金腹巨蚊與白線斑蚊的生活史

(一)、比較海氏掠蚊、金腹巨蚊、白線斑蚊三者的四齡孑孓外形

1. 海氏掠蚊：

海氏掠蚊各齡期孑孓身長如圖六所示，一齡孑孓約 1.5~2 mm；二齡孑孓約 4~5 mm；三齡孑孓約 7~8 mm；四齡孑孓約 9~12 mm，頭胸寬度比約為 1：1.4，長度比為 1：2，且胸部具有兩個明顯黑點，口器上明顯的大型雙顎在採樣時有助於提高辨識度。海氏掠蚊四齡孑孓腹部的寬度約為 2.4 mm，約為同齡期白線斑蚊孑孓的三倍，渾厚的胸、腹部，加上強而有力的咬合力，能降低獵物的反抗與衝擊。牠的口器具有強而有力的雙顎，當其他孑孓路過則使用強而有力的雙顎咬住獵物，並利用其體長優勢將獵物（包含呼吸管）拖至水面下，使獵物因無法呼吸而喪失活動能力。強勁且具良好咬合力的雙顎是海氏掠蚊孑孓的主要獵食工具。



圖六、海氏掠蚊孑孓外形。

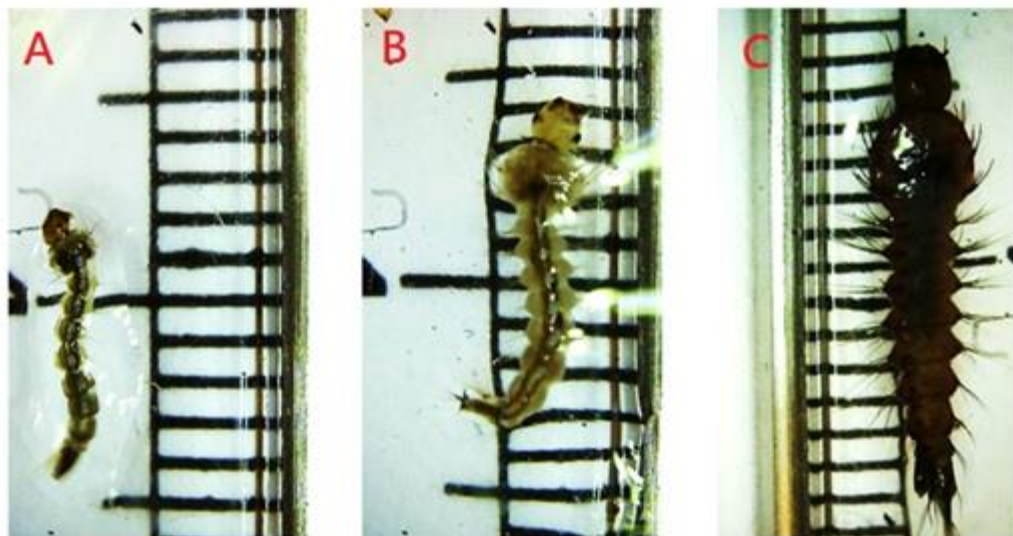
圖中 A~D 依序分別為一齡至四齡海氏掠蚊孑孓外形。由照片可清楚看到孑孓胸部兩個明顯的黑點。註：A~C 為複式顯微鏡下(底光源)拍攝，D 為手機相機(上光源)拍攝。

2. 白線斑蚊：

四齡白線斑蚊子子身長約 5~7 mm，頭胸寬度比約為 1：1.2，子子腹部的寬度約為 0.8 mm。為臺灣北部最常見的蚊蟲，也是北部社區中傳遞登革熱主要病媒蚊之一，子子口器發展為適合刮除容器或環境中積水處底部或壁邊的藻類、原生動物為食物。四齡的白線斑蚊子子為掠食蚊子子的最愛，因為子子的蛋白質、脂肪等養分為掠食蚊子子成長的主要營養來源。

3. 金腹巨蚊：

金腹巨蚊各齡期子子身長，一齡子子約 2~3 mm；二齡子子約 5~6 mm；三齡子子約 9~10 mm；四齡子子約 12~15 mm，頭胸寬度比約為 1：1.4，長度比為 1：3，腹部的寬度約為 3 mm，為白線斑蚊四倍。本研究採樣中僅有在海拔 200 公尺附近的山區採集到。其渾厚的胸、腹部，加上強而有力的咬合力，亦能降低獵物的反抗與衝擊。四齡的金腹巨蚊子子外表在日照光線下，呈現暗紅色。金腹巨蚊的子子較於其他種類子子有更渾厚的外骨骼保護，此外還有許多像鋼刷的毛來保護自己，免於被其他的水生動物攻擊。



圖七、海氏掠蚊、金腹巨蚊、白線斑蚊四齡子子的外形。

圖中 A 為白線斑蚊四齡子子，身長約為 7 mm；圖 B 為海氏掠蚊四齡子子，身長約為 9 mm；圖 C 為金腹巨蚊四齡子子，身長約為 14 mm。

表四、海氏掠蚊、金腹巨蚊、白線斑蚊三者的孑孓外形比較表。

	海氏掠蚊	金腹巨蚊	白線斑蚊
四齡孑孓			
頭胸部 (40X)			
食物來源	孑孓 蚊蛹	孑孓 蚊蛹	細菌、藻類、原生動物
身體長度	9~12 mm	12~15 mm	5~7 mm
覓食或掠食行為	<ul style="list-style-type: none"> 掠食性孑孓 頭胸比 1:2 運用兩大顎緊咬孑孓 	<ul style="list-style-type: none"> 掠食性孑孓 頭胸比 1:3 運用兩大顎緊咬孑孓 	<ul style="list-style-type: none"> 口器具有刷毛，覓食底棲水藻、藻類、原生動物

(二)、三種蚊蟲生活史及其比較

1. 海氏掠蚊：

卵外形不明(尚未採集到)，飼養的海氏掠蚊主要是採集回來的二至四齡孑孓，海氏掠蚊孑孓齡期約持續 14~21 天，接著經過 2~5 天的蛹期就會羽化成為成蚊。母蚊壽命約 40 天，公蚊約 25 天 (圖八-1)。在採集過程中發現，同一水域棲地中通常只有一至兩隻海氏掠蚊的孑孓，顯示其母蚊在產卵時，每次數量較少，可能可以避免子代互相捕食或競爭的情形。實驗飼養過程中發現海氏掠蚊成蚊會吸食 5%糖水，母蚊鮮少靠近人類，也未觀察到吸食人血行為。

另外我在飼養過程發現，當食物豐富，或水體環境中共存的孑孓密度較大時，四齡的海氏掠蚊孑孓食量大增，孑孓會大量且迅速的掠捕共存環境內其他孑孓，可在七天內由三齡孑孓轉成四齡孑孓並

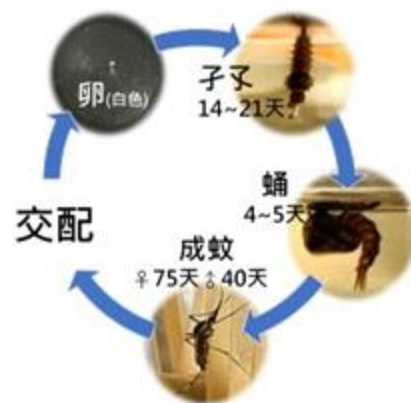


圖八-1、海氏掠蚊生活史。

化成蛹，且蚊蛹可在兩天迅速羽化成蚊子。當環境食物不充裕時，牠可延長四齡子
子時間，耐心的等待共存環境中白線斑蚊子子長大再吃掉牠。目前尚未成功人工繁
殖海氏掠蚊的子代，仍有許多問題待克服。希望透過持續的野採及改良飼養環境來
成功人工繁殖出海氏掠蚊，以利觀察其完整的生命週期。

2. 金腹巨蚊：

卵外形為白色雞蛋狀，直徑約 1 mm，母蚊產
5~6 顆白卵於水面上，經過實際飼養，金腹巨蚊子
子齡期約持續 14~21 天，接著經過 4~5 天的蛹期
就會羽化成為成蚊。成蚊壽命母蚊約 75 天以上，
公蚊約 40 天以上 (圖八-2)。成蚊主要吸食花蜜、
果汁為主食。



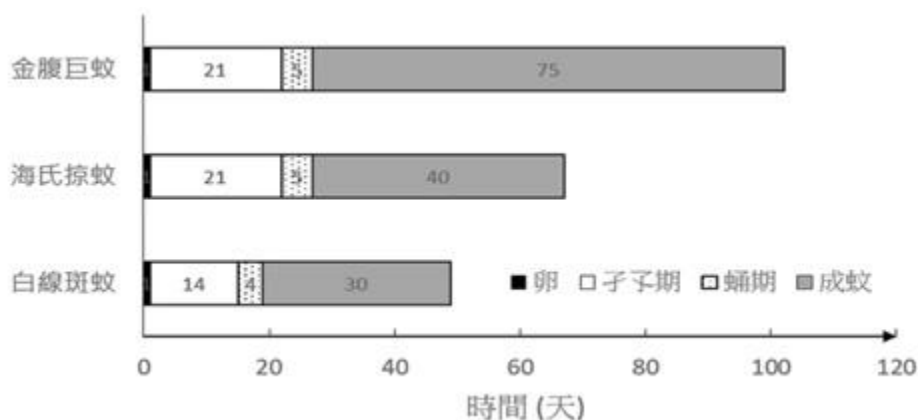
圖八-2、金腹巨蚊生活史。

3. 白線斑蚊：

卵外形為黑色長芝麻狀，產於容器靠水面的
壁邊，每次產卵數量皆十分多。經過實際飼養，白
線斑蚊子子齡期約持續 7~14 天，接著經過 3~4 天
的蛹期就會羽化成為成蚊。成蚊壽命母蚊約 30 天，
公蚊約 14 天 (圖八-3)。母蚊主要吸食人血或哺乳
動物的血為主食。



圖八-3、白線斑蚊生活史。



圖九、金腹巨蚊、海氏掠蚊與白線斑蚊三者生命週期長度比較。

圖中以母蚊為例，海氏掠蚊與金腹巨蚊兩種掠食性蚊子其蛹期與子子期皆較白
線斑蚊長，尤以子子期特為明顯，約為白線斑蚊的 1.5~2 倍時間。

三、探討海氏掠蚊子子的掠食行為

(一)、觀察海氏掠蚊對白線斑蚊的掠食行為

1、守株待兔：

海氏掠蚊四齡子子食物來源為四齡白線斑蚊子子，我的實驗曾觀察到海氏掠蚊會獵食蚊蛹、搖蚊子子（俗稱紅蟲）、或斑蚊子子。海氏掠蚊子子並不會主動搜尋或掠食子子，牠大都在水面下靜止不動，等待獵物浮出水面呼吸，靠近自身時才出擊掠捕。海氏掠蚊子子在掠食時，我觀察到牠似乎會以光線變化偵測是否有獵物靠近，並會選擇體型較自己略小的生物為獵物，此項行為推測可能是海氏掠蚊的子子會以視覺受器接收光影變化，進而推估獵物體積大小來做判斷。接著牠會以雙顎緊咬白線斑蚊子子，並將獵物拖下水面，不讓其接觸空氣呼吸，進而使獵物逐漸失去抵抗力後，再行進食。

為了更仔細瞭解其掠食行為，我將海氏掠蚊子子移至玻璃培養皿中餵食並觀察記錄，發現海氏掠蚊子子在掠食時，大多會先選擇攻擊獵物子子的胸部及腹部，而獵物的頭部大多被丟棄不食用（如右圖十所示）。

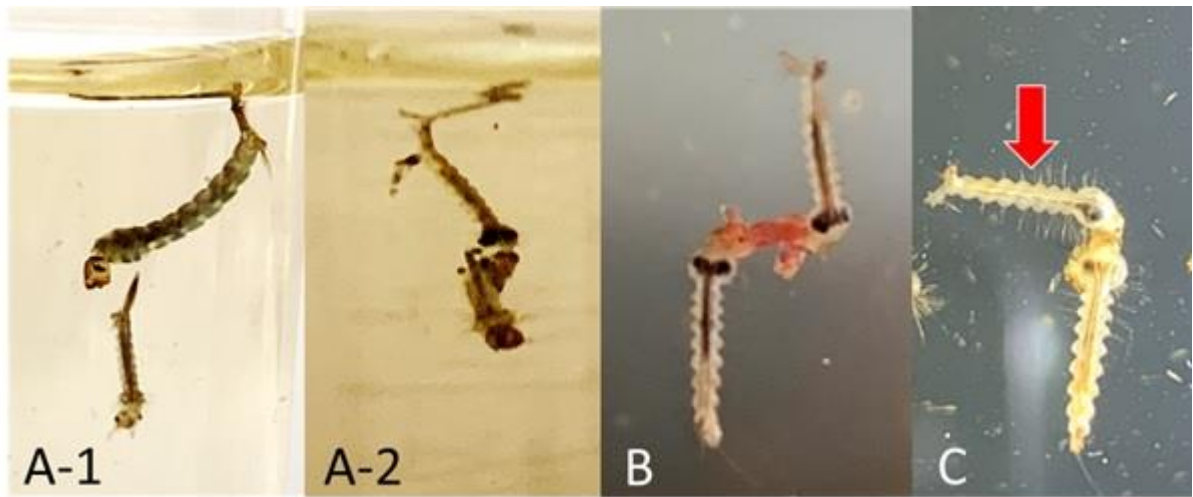


圖十、四齡海氏掠蚊子子掠食行為紀錄（簡易顯微鏡側拍）。

A：海氏掠蚊子子先以雙顎緊咬白線斑蚊子子的腹部。B：海氏掠蚊子子逐漸將白線斑蚊子子吞沒僅剩尾部。C：最後海氏掠蚊子子吞嚥完整隻白線斑蚊子子並排出糞便。

2、同類相食：

在自然界中，海氏掠蚊的母蚊會將卵產在一個適當環境，孵出的一齡子子就開始相互競爭誰能存活於環境中。我在飼養過程中觀察到，若環境中的食物不足，位於同一容器的海氏掠蚊子子會出現彼此攻擊、同類相食的情況（圖十一之C），導致最後存活下來的子子僅剩非常少的數量，這暗示海氏掠蚊的母蚊在產卵時也許有特定的策略或模式，也呼應了之前在同一水體中所採集到的海氏掠蚊子子數量總是十分稀少的現象。



圖十一、海氏掠蚊的掠食行為模式。

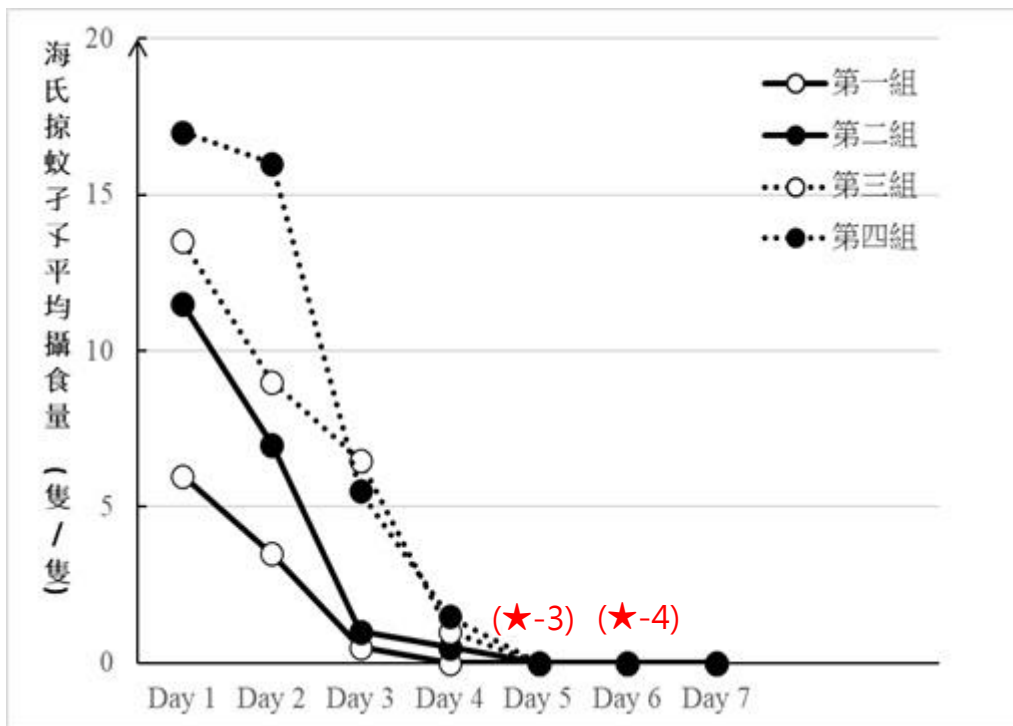
A：守株待兔，海氏掠蚊子子大都在水面靜止不動，等待獵物浮出水面呼吸。海氏掠蚊子子偵測到有獵物時會先將身體轉向獵物側 (A-1)，待獵物靠近足夠距離，海氏掠蚊子子會用雙顎攻擊緊咬，並將其拖下水面 (A-2)。B：兩隻海氏掠蚊子子正相互爭食紅蟲。C：同類相食，圖中箭頭所指海氏掠蚊子子正獵捕其下方同類。

(二) 探討不同白線斑蚊子子密度對四齡海氏掠蚊子子攝食量的影響

在上述的觀察試驗，我確認了海氏掠蚊與文獻所記載的金腹巨蚊類似，具有掠食蚊的特性，為了進一步了解牠在生態系中能否扮演滅蚊的角色，我將採集來的海氏掠蚊四齡子子分成六組，各給予不同數量的四齡白線斑蚊子子，觀察每天容器內海氏掠蚊子子的存活狀況及白線斑蚊子子的數量。實驗目的主要了解在各種不同獵物子子的密度環境中，海氏掠蚊的攝食量是否會有變化，並探討不同獵物密度下，海氏掠蚊子子進入蛹期而變成成蚊所需消耗的白線斑蚊子子數量變化，結果如下表五所示：

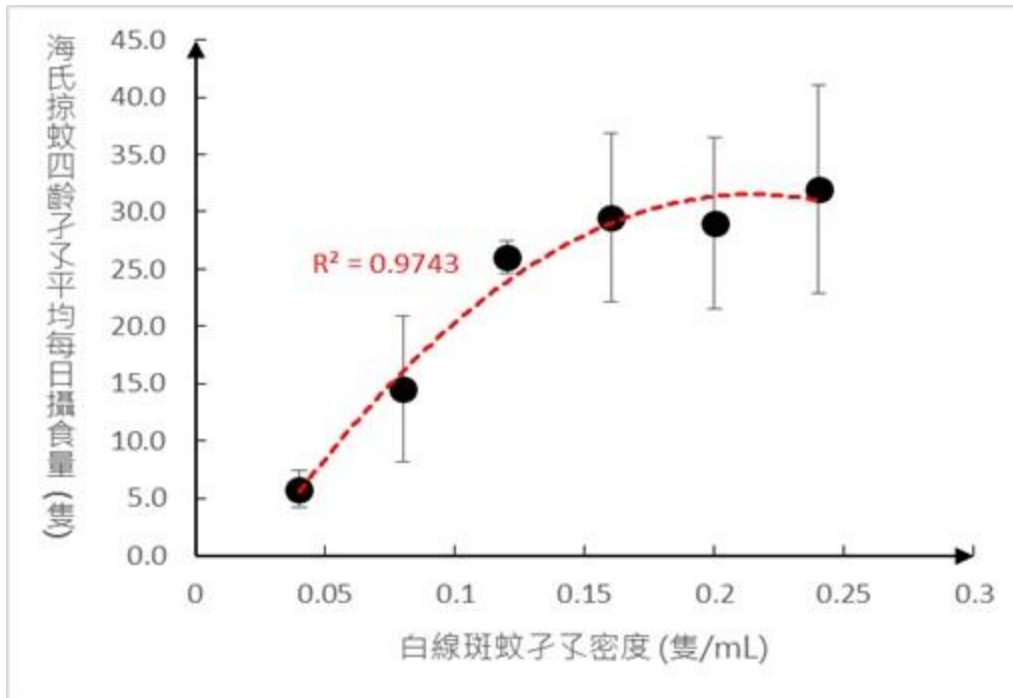
表五、不同白線斑蚊子子密度對四齡海氏掠蚊子子攝食量的影響。實驗中第一組至第四組再分別以兩種方法餵食 (a 固定投餵隻數，不再每日補充；以及 b 每日定時補充以維持獵物密度)。其中固定投餵隻數組別中若在七日內即消耗完班蚊子子，會繼續餵養直到組內海氏掠蚊子子化蛹，並記錄其消耗總數。

組別	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組
變因	(n=7)	(n=7)	(n=8)	(n=8)	(n=3)	(n=4)
起始投餵子子總數 (隻)	10	20	30	40	50	60
a 所需消耗時間 (天)	3.5	---	3.5	---	4.5	---
b 投餵子子密度 (隻/mL)	---	0.04	---	0.08	---	0.12
化蛹所需消耗子子數 (隻)	21.0	22.8	35.0	18.5	29.0	26.0
					38.5	32.8
					49.3	71.3



圖十二、四齡海氏掠蚊子子攝食量變化圖。

其中第一組至第四組分別為給予固定總量(依序為 10 隻、20 隻、30 隻、40 隻)的白線斑蚊四齡子子，記錄其一週內每日攝食量。註：(★-#)表示該組子子已化蛹；實驗重複兩次，每次樣本數為 1。



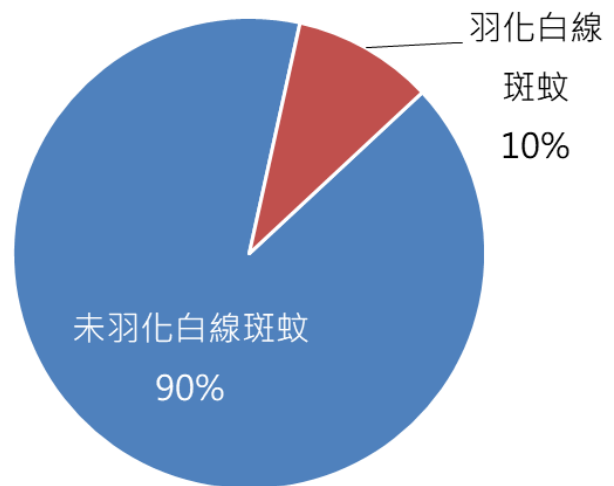
圖十三、不同白線斑蚊子子密度對四齡海氏掠蚊子子攝食量的影響。

實驗結果顯示：隨環境中白線斑蚊子子密度由 0.04 (隻/mL) 增加至 0.24 (隻/mL)，單隻四齡海氏掠蚊子子的每日平均攝食量會逐漸提高而達到飽和，呈現功能反應曲線 II 型。註：實驗重複至少 3 次，每次樣本數 $n > 3$ 。

在幾次的採樣及飼養的失敗後，本實驗的海氏掠蚊子子人工飼養存活率已成功達至100%，主因為提供較大的容器、維持原本採樣水質，並提供充足的白線斑蚊子子為成長養分，降低了因採樣所造成的環境衝擊而提升海氏掠蚊子子存活率。

由前述實驗我們得知四齡海氏掠蚊子子與高密度的白線斑蚊子子共存同一水體環境時，其攝食量相對提升，同時也縮短子期與蛹期的時間長度(圖十二、十三)。再者，在實驗第一至四組中，針對固定投餵總數的小組中，若受試的海氏掠蚊子子在第七天試驗結束後尚未完成化蛹的過程，我會再補充足夠的白線斑蚊子子並持續記錄至海氏子子化蛹及羽化成蚊，藉此統計在食物有限(第一組至第四組)的情況下，四齡海氏掠蚊子子成長至化蛹及成蚊，對於白線斑蚊子子的最低限度消耗量(如表五所示)，最後我計算出平均每隻四齡海氏掠蚊子子成蛹到羽化成蚊共需耗掉約29隻四齡白線斑蚊子子。

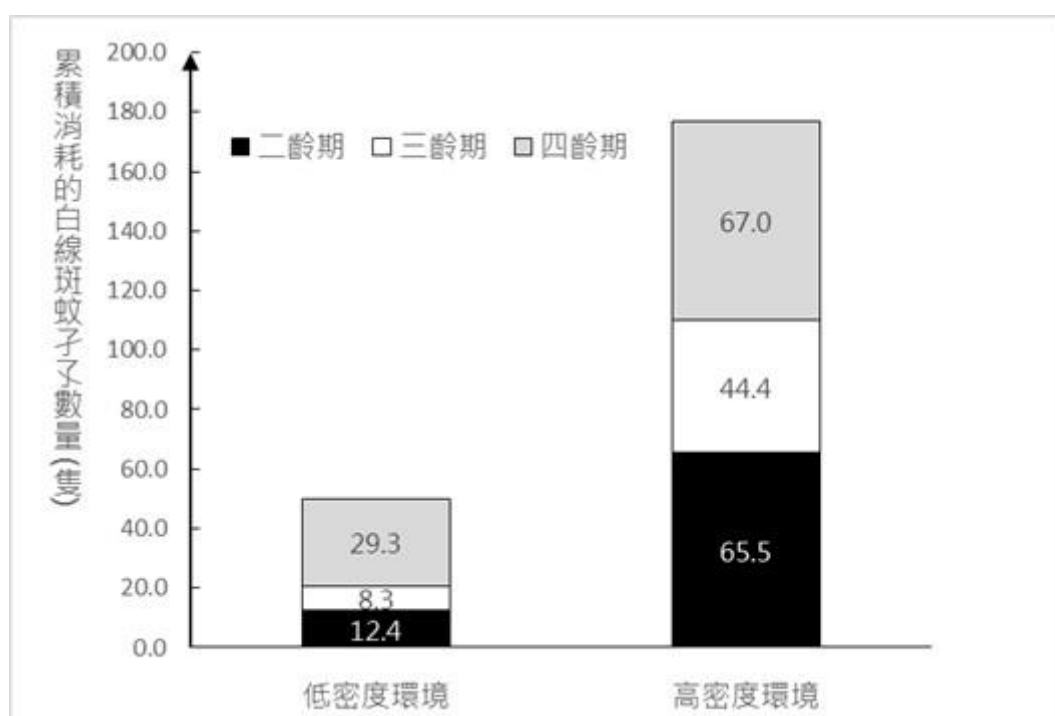
在本實驗中，總共餵養3,340隻白線斑蚊子子，但最後僅有321隻白線斑蚊子子羽化成蚊子，可知四齡海氏掠蚊子子與白線斑蚊子子共存的環境中能顯著降低白線斑蚊子子的羽化率與成蚊數量。而在我的實驗模型中，我們得到了海氏掠蚊能降低白線斑蚊子子的羽化率達90%(圖十四)。



圖十四、海氏掠蚊子子降低90%白線斑蚊子子羽化率。在本實驗中，共對四齡海氏掠蚊子子投餵3340隻白線斑蚊子子，最終只有321隻白線斑蚊子子羽化成蚊，顯示海氏掠蚊子子可有效抑制白線斑蚊羽化達90%。

(三) 不同齡期海氏掠蚊子子對白線斑蚊子子消耗量實驗

- 1、如下圖十五，實驗結果發現，在低密度 (0.04、0.08、0.12、0.16 隻/mL) 白線斑蚊子子的環境中，二齡期海氏掠蚊子子平均可掠食 12 隻白線斑蚊子子，三齡期子子可掠食 8 隻白線斑蚊子子，四齡期子子可掠食 29 隻白線斑蚊子子。從二齡期至四齡期的子子平均需消耗約 50 隻白線斑蚊子子才能羽化成成蚊。
- 2、在高密度 (0.20、0.24 隻/mL) 白線斑蚊子子的環境中，二齡期海氏掠蚊子子平均可掠食 66 隻白線斑蚊子子，三齡期子子可掠食 44 隻白線斑蚊子子，四齡期子子可掠食 67 隻白線斑蚊子子。從二齡期至四齡期的子子平均可掠食 177 隻白線斑蚊子子。



圖十五、二齡至四齡海氏掠蚊子子對白線斑蚊子子掠食量統計。

在低密度白線斑蚊子子 (≤ 0.16 隻/mL) 的環境中，海氏掠蚊子子平均每隻約需消耗 50 隻白線斑蚊子子才能化蛹成蚊；而在高密度白線斑蚊子子 (0.20~0.24 隻/mL) 的環境中，海氏掠蚊子子由二齡至蛹期期間，平均每隻可掠食消耗 177 隻白線斑蚊子子。註：本實驗 (含低、高密度) 樣本數 $n \geq 5$ 。

陸、討論

一、海氏掠蚊子子與白線斑蚊子子棲地的共通性：

在研究結果一，我發現棲地水樣裡同時有海氏掠蚊和白線斑蚊的子子共存，此一結果幫助我證實了運用海氏掠蚊防治白線斑蚊具有實際可行性。白線斑蚊等病媒蚊常產卵於人

工或天然積水容器中，例如廢輪胎、農田水桶等處，且白線斑蚊子對棲地環境要求，不論是光線亮度、水質酸鹼度或是棲地海拔、氣溫高低，皆具有廣泛的適應性而從平地到山區皆可見。本研究發現海氏掠蚊子對於棲地環境的適應性類似於白線斑蚊，因此在都市校園或野外步道都能發現海氏掠蚊與白線斑蚊，甚至是其他種類蚊蟲子共存一地。

海氏掠蚊的棲地繁殖場所範圍很廣，從校園到山區，從積水容器到不流動的積水窪地均可看到蹤跡，海氏掠蚊與白線家蚊為棲地共存的關係，但在食物鏈中，海氏掠蚊扮演掠食者的角色，掠食其他子。我也發現在海氏掠蚊的棲地環境中，經常可見豐富的鳥類生態，推測海氏掠蚊的母蚊會吸食野生禽鳥的血液，以獲得必要的繁殖養分來產卵繁衍後代。為了進一步證實此推測，我查詢國外文獻，雖仍未發現有海氏掠蚊成蚊的養分來源資料，但可知道與海氏掠蚊親緣關係相近的掠蚊亞屬 (*Lutzia*) 皆被報導有吸食鳥禽血液，卻鮮少吸食人血的紀錄 (Somboon & Harbach, 2019)，這與我在此研究過程中的觀察相同，更加支持了我認為海氏掠蚊成蚊並不會吸食人血的假設。

在實際採集過程中，我也注意到野外海氏掠蚊數量不多的現象，藉由本研究結果，我推測造成海氏掠蚊數量稀少的原因可能是海氏掠蚊的母蚊在產卵前會先觀察產卵地中是否有其他種子子才會產卵，且產卵數不多（這也與我在野外不易採集到海氏掠蚊蚊卵有關），此策略一方面可確保子代有豐富的食物來源，另一方面也可避免在同一水體中孵化的海氏掠蚊子彼此自相殘殺，以確保子代的存活率。

二、有關海氏掠蚊與金腹巨蚊、白線斑蚊生活史之比較：

在研究結果二中，我發現了相較於金腹巨蚊，海氏掠蚊的生命週期較短，對於未來應用於生物防治白線斑蚊等病媒蚊時，這是一項更好的優勢。白線斑蚊等病媒蚊之所以能在全球大量傳播的原因之一，是得力於其短暫的子時期，能快速進入蛹期羽化成蚊，縮短生命週期而大量繁殖。相較於金腹巨蚊長達 100 多天的生命週期，海氏掠蚊擁有類似時間長度的子時期 (14~21 天) 可運用於掠食、防治病媒蚊子，但卻有著更短的成蚊生命週期，以此方面來說更適合應用於防治生命週期快速的白線斑蚊等病媒蚊。

且在本研究結果三發現，海氏掠蚊在高密度白線斑蚊子的環境中，牠能大量掠食以獲取足夠養分後，縮短子時期與蛹期時間，快速進入成蚊期繁衍後代；反之若環境中可供

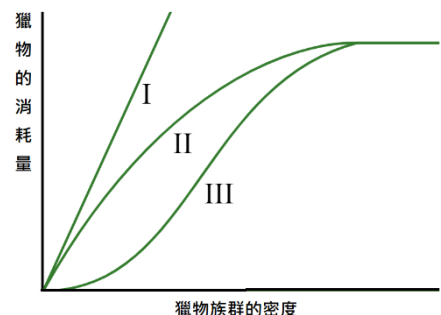
掠食子子數不足，海氏掠蚊也可藉由拉長子子期，以延長生命週期的方式獲取足夠養分而達到羽化成蚊的目標。由此可推知，未來若想將海氏掠蚊運用於病媒蚊的防治用途上，此一面對環境中不同獵物數量而能調整生命週期的特性，不論從包裝、運輸、保存，或是面對棲地中不同數量的病媒蚊子子子數量來看，都將會賦予海氏掠蚊作為生物防治工具更大的彈性與便利。

三、海氏掠蚊子子的掠食行為：

在研究結果三中，除了觀察與確認海氏掠蚊具有掠食蚊的行為特性之外，我還嘗試利用改變白線斑蚊子子子密度來探討海氏掠蚊的捕食功能反應曲線類型。在探討海氏掠蚊是否能夠當作生態滅蚊的工具的同時，我也好奇海氏掠蚊這類的捕食者，對於牠的獵物，例如白線斑蚊究竟是否真正具有調節其族群大小的能力？因為生物防治在實際應用上，生物之間的交互關係往往不如我們一開始所設想般的單純，所以我認為對於海氏掠蚊進行廣泛的掠食行為研究是必須的先備工作。在本研究中，我首先嘗試從「獵物收益率」與「獵物密度 - 功能反應影響」(Holling, 1959)著手。

在海氏掠蚊的掠食行為觀察中，我發現海氏掠蚊通常會選擇較自己體型略小的獵物，以白線斑蚊來說，恰巧為同齡期的子子居多，這可能與體型若過小(齡期差距太大)，則花費的成本與能量收益不成比例；而對於體型相近的子子，例如齡期較自己高的白線斑蚊子子或同齡期的同類，海氏掠蚊通常選擇不做反應。除非環境中獵物的數量或密度過低而不利生存，才會迫使海氏掠蚊子子攻擊體型相近的獵物。

而在密度實驗中，本研究證實了海氏掠蚊在捕食白線斑蚊子子時應該是具有搜索圖像的類型，隨著獵物密度增加，海氏掠蚊子子也達到飽足，進而造成在高白線斑蚊子子密度的環境時，其攝食量不再隨之增加而達到飽和，為功能反應II型的捕食者(如圖十六)。



圖十六、捕食功能反應曲線。

生態學上的功能反應曲線是捕食者的攝入量與食物密度的函數關係。功能反應通常分為三種類型，分別I型、II型和III型。

四、海氏掠蚊作為生態滅蚊工具的可行性：

從本研究結果而言，初步證實並提供了運用海氏掠蚊作為生物防治工具的一些必要資訊，但對於海氏掠蚊本身是否存在著成為疾病載體的可能性，也是關鍵問題之一。根據世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 在 2020 年的報告中指出：包含班蚊屬 (*Aedes*)、瘧蚊屬 (*Anopheles*) 等多種蚊蟲具有傳播疾病的能力，但其中並未包含掠蚊 (*Lutzia*) 此一大類。而我查閱有關醫學文獻，也尚未發現有關於海氏掠蚊傳播人類疾病的相關資料與報導，因此可初步相信利用海氏掠蚊進行病媒蚊防治是一項可行的策略。

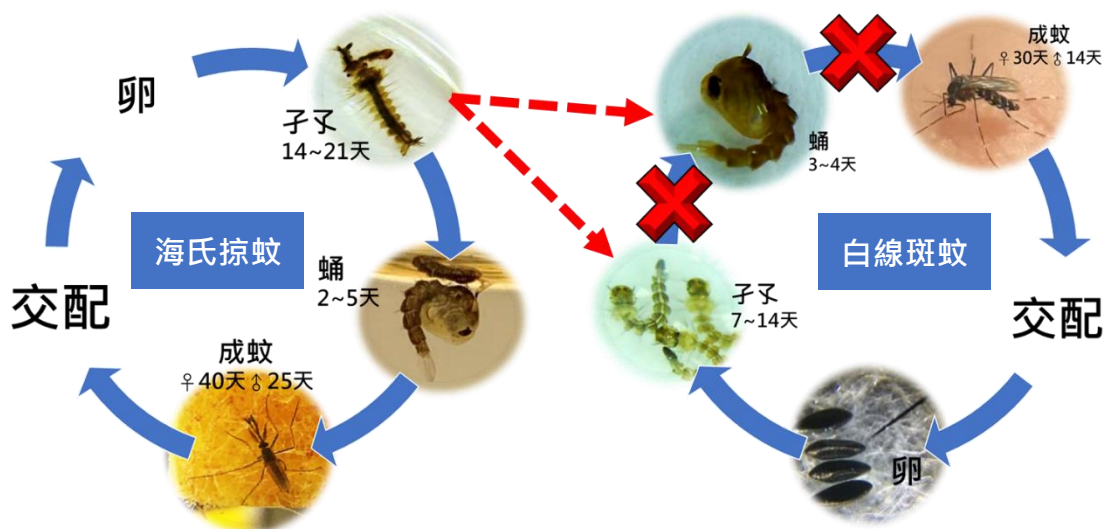
柒、結論

- 一、本研究首次記錄了臺灣北部海氏掠蚊的棲地環境特性、生活史與掠食行為的多面向調查，並對運用海氏掠蚊進行生態滅蚊提供了重要的基礎生物學資訊。
- 二、海氏掠蚊與白線斑蚊棲地的分布範圍重疊，兩者對於棲地環境因素 (光線、水質、氣溫等) 同樣具有廣範圍的適應性，為棲地共存模式，常見棲地為各式人工或天然積水容器、水窪。且相較於金腹巨蚊分布地點侷限在海拔 200 m 以上山區，海氏掠蚊與白線斑蚊相同，在市區平地與野外山區皆可發現其子孑蹤影。
- 三、海氏掠蚊四齡子孑腹部的寬度約為 2.4 mm，為白線斑蚊三倍，身長 9~12 mm，而胸部的兩個黑點與雙顎的口器在採樣時有助於提高辨識度。渾厚的胸、腹部，加上強而有力的咬合力，能降低獵物的反抗與衝擊。口器具有強而有力的雙顎，當其他子孑路過則使用強而有力的雙顎咬住獵物。雙顎也是海氏掠蚊用來保護自己最佳的工具。
- 四、經過實際飼養，海氏掠蚊子孑齡期約持續 14~21 天，接著經過 2~5 天的蛹期就會羽化成為成蚊。成蚊壽命較白線斑蚊長，但較金腹巨蚊短，母蚊約 40 天，公蚊約 25 天，其中母蚊在交配後並不會吸食人血，推測以吸食禽鳥類血液為養分主要來源。
- 五、海氏掠蚊具有掠食蚊的行為特性，其掠食行為模式包含守株待兔與同類相食兩種。推測其掠食行為可藉由光學受器判斷獵物後，以特化口器攻擊獵物胸、腹部，並緊咬阻止其浮上水面呼吸，再逐步吞噬進食。
- 六、當海氏掠蚊子孑處於食物缺乏的環境時，其攝食量減少，並延長其子孑時期；反之若環境中食物充足，海氏掠蚊子孑會提升攝食量，並同時縮短子孑齡期，加快繁殖效率。

- 七、海氏掠蚊子屬於功能反應 II 型的捕食者，平均每隻四齡海氏掠蚊子在低獵物密度下，由四齡轉蛹需消耗約 29 隻白線斑蚊子；在高獵物密度的環境中，隨著白線斑蚊子密度提高，四齡海氏掠蚊子的獵物消耗量也提高為 67 隻。在本實驗中，單隻海氏掠蚊子由二齡至蛹期，平均可掠食消耗達 177 隻同齡期之白線斑蚊子。
- 八、本研究證實海氏掠蚊與白線斑蚊的在棲地共存環境之下，能顯著降低白線斑蚊子在容器中的數量與密度，根據我的實驗模型，海氏掠蚊能顯著降低 90% 白線斑蚊子羽化率，值得持續研究用於生物防治。

捌、未來展望

- 一、擴大海氏掠蚊樣本數，找出繁殖海氏掠蚊的成功方式，進一步比較海氏掠蚊與金腹巨蚊的滅蚊能力，並將滅蚊模型最佳化。
- 二、目前研究結果顯示以海氏掠蚊做為生物防治工具是具有潛力的（圖十七），若能成功施行，可預期不但環保，具經濟效益又能在環境中持續達到滅蚊效果，且對環境是友善的。未來若能在蚊箱內繁殖出海氏掠蚊，可大量人工培養並進一步探討實際利用海氏掠蚊防治病媒蚊的技術問題，如挑選的生活史時期、運送的時間與條件管理、投放的數量、地點與密度等，讓海氏掠蚊的滅蚊能擴大到學校社區，進而幫助全球疾病與病媒蚊控制。



圖十七、海氏掠蚊生活史及運用於防治白線斑蚊的可能性。

玖、參考文獻資料

- [1] 中央研究院。(2018年1月)。臺灣物種名錄。中央研究院數位文化中心，中央研究院生物多樣性研究中心。<https://reurl.cc/MdEq2v>
- [2] 方慧詩、饒益品(譯)(2020)。《我的野蠻室友：細菌、真菌、節肢動物與人同居的奇妙自然史》(原作者：Rob Dunn)。臺北市：商周出版。
- [3] 林香伶、李宥辰、邱子睿、許永弘、陳心楷、戴緯峻(2020)。《恁咧變什物蚊(b'ang)—校園登革熱防治特攻隊防蚊滅孑孓殺卵戰記》。新北市109學年度中小學科學展覽會作品說明書。
- [4] 連日清(主編)(2004)。《臺灣蚊種檢索》。臺北市：藝軒圖書出版社。
- [5] 鄧華真、徐孟豪、吳艷儷、李後晶(2004)。台灣宜蘭哈盆溪表層蚊相(雙翅目：蚊科)。《台灣昆蟲》, 24, 293-303。
- [6] 衛生福利部疾病管制署(2020)。《登革熱/屈公病防治工作指引(第十三版)》。衛生福利部疾病管制署。<https://reurl.cc/L0KOK4>
- [7] 衛生福利部疾病管制署(2021a)。《黃熱病傳染病防治工作手冊》。衛生福利部疾病管制署。<https://reurl.cc/7yzz99>
- [8] 衛生福利部疾病管制署(2021b)。《茲卡病毒感染症傳染病防治工作手冊》。衛生福利部疾病管制署。<https://reurl.cc/0DMMOM>
- [9] Bonnet, D.D., Hu, S.M.K. (1951). The Introduction of *Toxorhynchites brevipalpis* Theobald into the Territory of Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 14 (2), 237.
- [10] Doloi, D.. (2021). A study on certain biological control methods to control and manage vector-borne diseases. *International Journal of Mosquito Research*, 8(1), 31-34.
- [11] Focks, D.A.,(2007). Toxorhynchites as biocontrol agents. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 23(2 Suppl),118-27. [doi: 10.2987/8756-971X\(2007\)23\[118:TABA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2007)23[118:TABA]2.0.CO;2)
- [12] Holling, C. S.. (1959). The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *The Canadian Entomologist*, 91 (5), 293-320. [doi:10.4039/Ent91293-5](https://doi.org/10.4039/Ent91293-5)
- [13] Lwande, O.W., Obanda, V., Lindström, A., Ahlm, C., Evander, M., Näslund, J., & Bucht, G. (2020). Globe-Trotting *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* : Risk Factors for Arbovirus Pandemics. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 20 (2), 71-81. <https://doi.org/10.1089/vbz.2019.2486>
- [14] Pramanik, S., Banerjee, S., Banerjee, S., Saha, G.K., & Aditya, G. (2016). Observations on the predatory potential of *Lutzia fuscana* on *Aedes aegypti* larvae : Implications for biological control (Diptera : Culicidae). *Fragmenta entomologica*, 48 (2), 137-142. <http://dx.doi.org/10.4081/fe.2016.176>
- [15] Somboon, P., Harbach, R. E.. (2019). *Lutzia (Metalutzia) Chiangmaiensis* n. sp. (Diptera: Culicidae), Formal Name for the Chiang Mai (CM) Form of the Genus *Lutzia* in Thailand. *Journal of Medical Entomology*, 56, (5), 1270-1274. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz072>
- [16] World Health Organization (2020). *Vector-borne diseases*. World Health Organization. <https://reurl.cc/XWjYa0>

【評語】 030313

研究探討海氏掠蚊的棲地環境、生活史與掠食行為，並發現海氏掠蚊孑孓的棲地與多種孑孓重疊，尤其是可掠捕白線斑蚊孑孓，能有效降低白線斑蚊羽化數量達 90%，未來可發展成為防治病媒蚊的工具。研究主題清楚且聚焦，具科學價值及實用性。單一作者多年持續性的調查研究值得鼓勵與嘉許。

建議事項：

1. 圖一可以固定尺規長度，使讀者較易清楚看出不同齡層的大小與外型。
2. 利用海氏掠蚊孑孓來控制病媒蚊孑孓是一個有潛力的方法，若能成功建立海氏掠蚊的人工繁殖方法，將更有助於其生物防治的運用，但如果大量繁殖海氏掠蚊，需考慮是否對生態造成影響。
3. 無論在低與高密度白線斑蚊孑孓的環境中，三齡期海氏掠蚊孑孓平均掠食白線斑蚊孑孓數目均略低於二與四齡期海氏掠蚊孑孓，應探討其原因。

作品簡報

國中組 生物科

海氏掠蚊 (*Lutzia halifaxii*)
獵捕白線斑蚊的行為研究
及運用於生物防治的評估

壹、研究動機



學生被蚊蟲叮咬



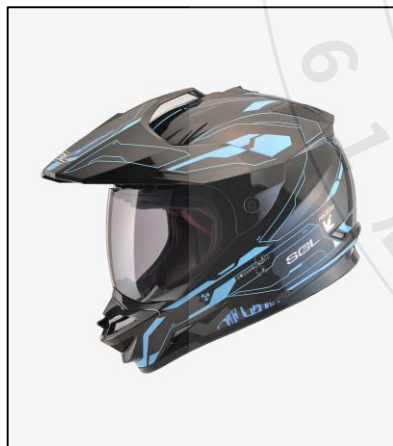
家長投訴



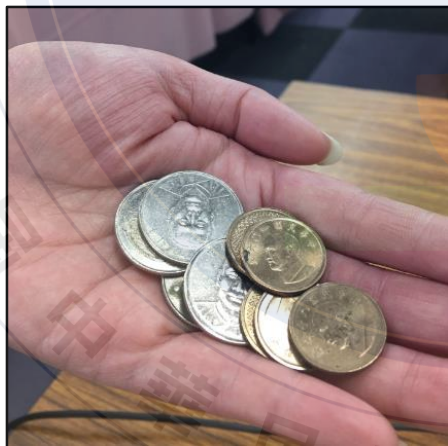
每月定期消毒



水溝為主的消毒



安全



經濟



環保



有效^[2]

貳、研究問題與方法

問題一 海氏掠蚊的棲地環境

- 校園採樣環境
- 野外採樣環境

- 實驗一、
記錄及分析海氏掠蚊子採樣點環境特色
1. 棲地環境分析(生物與非生物因素)
 2. 海氏掠蚊生存環境探討 (vs. 白線斑蚊)

問題二 海氏掠蚊的形態與生活史

- 研究對象:海氏掠蚊
- 防治目標:白線斑蚊
- 對照組:金腹巨蚊

- 實驗二、子及成蚊飼養及觀察
1. 顯微鏡觀察每一齡期形態、存活率等。
 2. 成蚊移入蚊箱觀察與嘗試繁殖。

問題三 海氏掠蚊的子掠食行為

- 掠食行為
- 獵物密度與攝食量
- 生物防治評估

- 實驗三、子掠食行為與生物防治的關聯
1. 掠食行為模式
 2. 捕食反應功能曲線
 3. 對白線斑蚊的掠食能力

參、研究結果——棲地特色

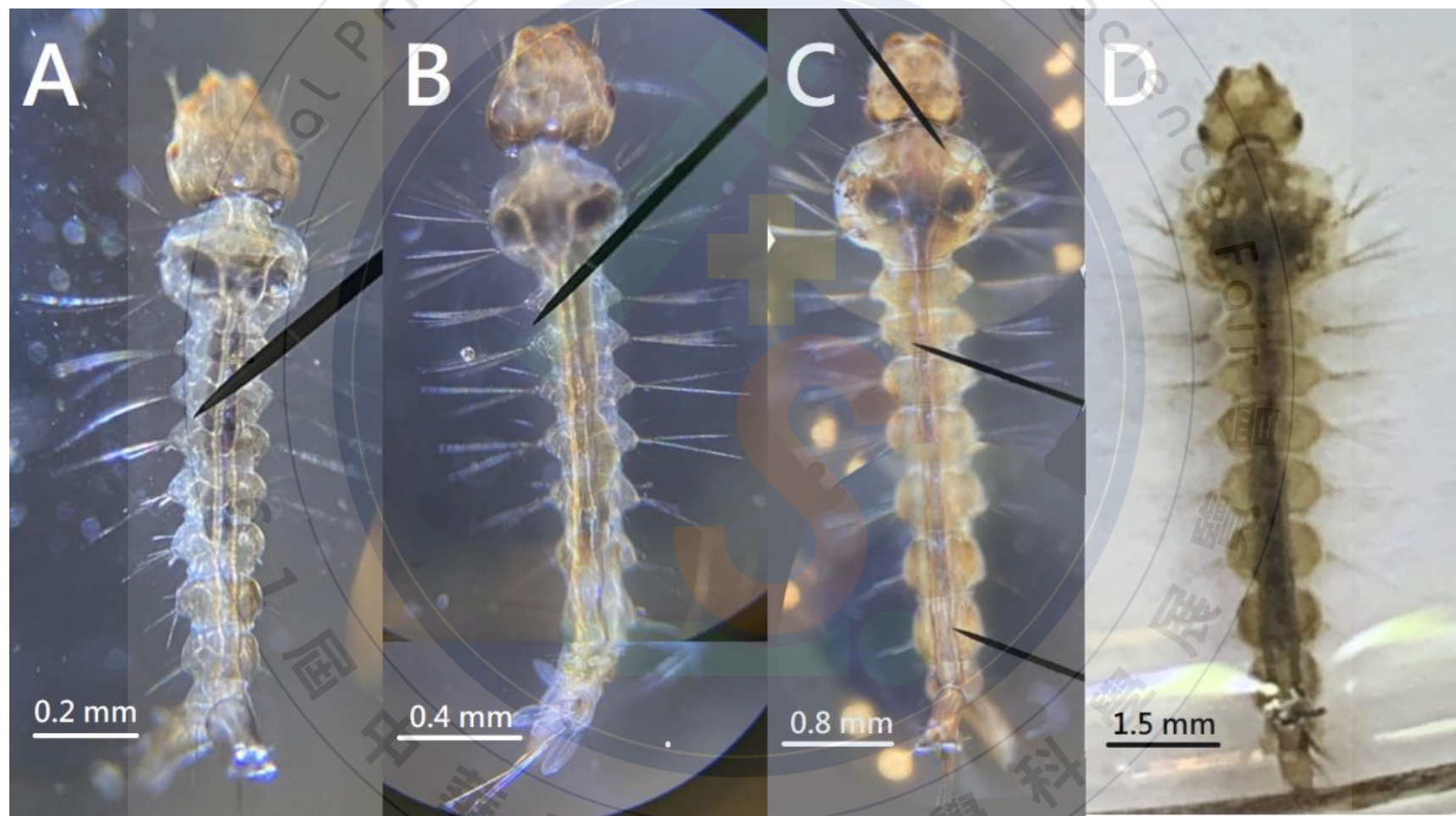
地點	教室前花盆底盆	虎山步道積水池	坪林區產業道路旁 廢棄澡缸
採樣點 照片			
孑孓種類	海氏掠蚊、白線斑蚊	海氏掠蚊、 白腹叢蚊、白線斑蚊	海氏掠蚊、 白腹叢蚊、白線斑蚊
光線	明亮	明亮	半日照
pH	7.2	6.9	7.1
潮濕度	陰涼潮濕	潮濕	潮濕
採樣點共 存生物	鳥類有斑鳩、夜鷺	鳥類有斑鳩、八哥、 五色鳥、台灣藍鵲	鳥類有斑鳩、五色鳥、 台灣藍鵲
誘卵桶內 共存生物	海氏掠蚊、白線斑蚊、 家蚊子孑孓共存	家蚊、白線斑蚊子孑、 水蠶、蝌蚪、紅娘華	家蚊、白線斑蚊子孑、 水蠶、蝌蚪

中低海拔皆有分布

海氏、白斑棲地重疊

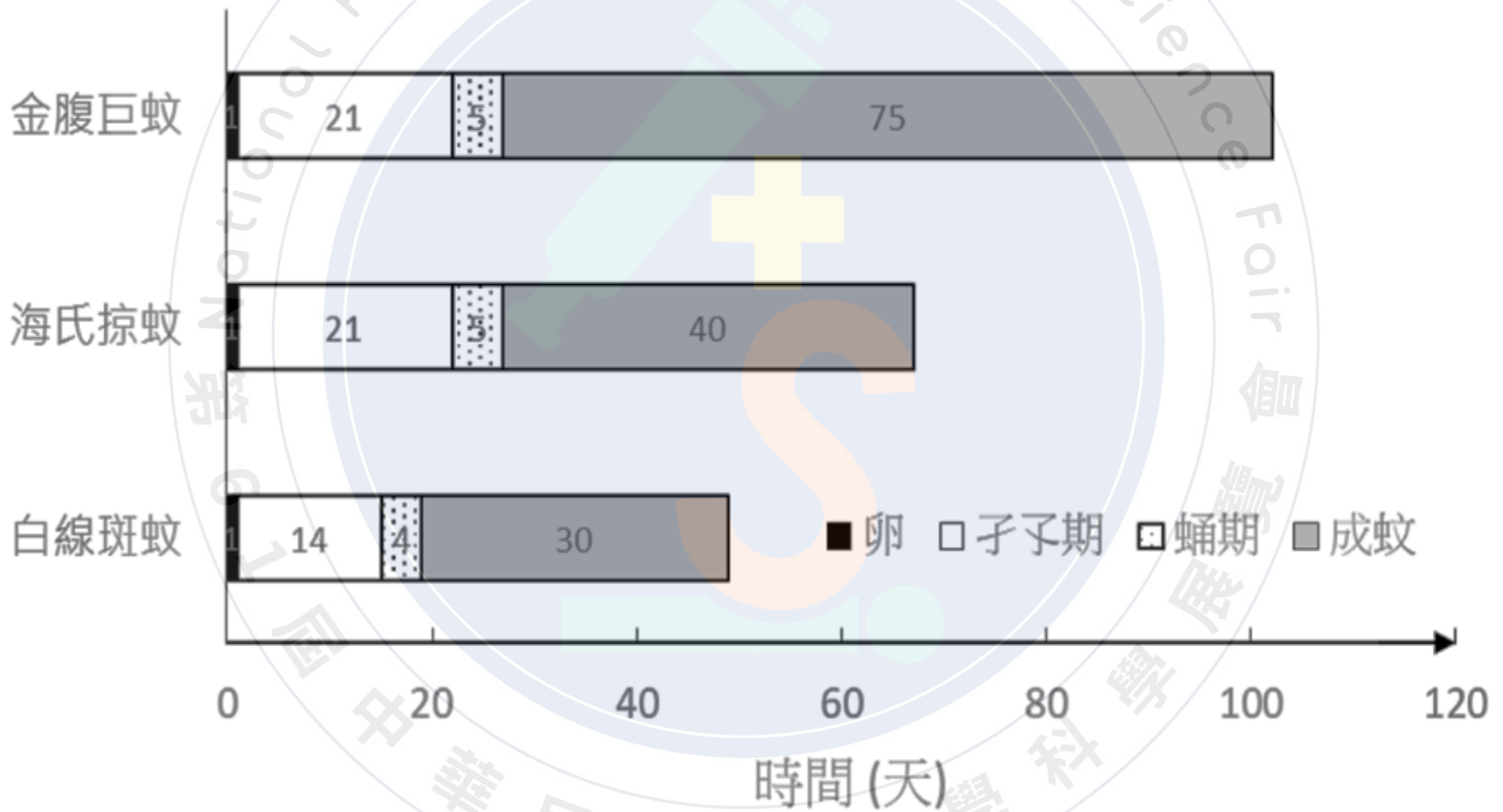
豐富的鳥類群集

參、研究結果——孑孓形態



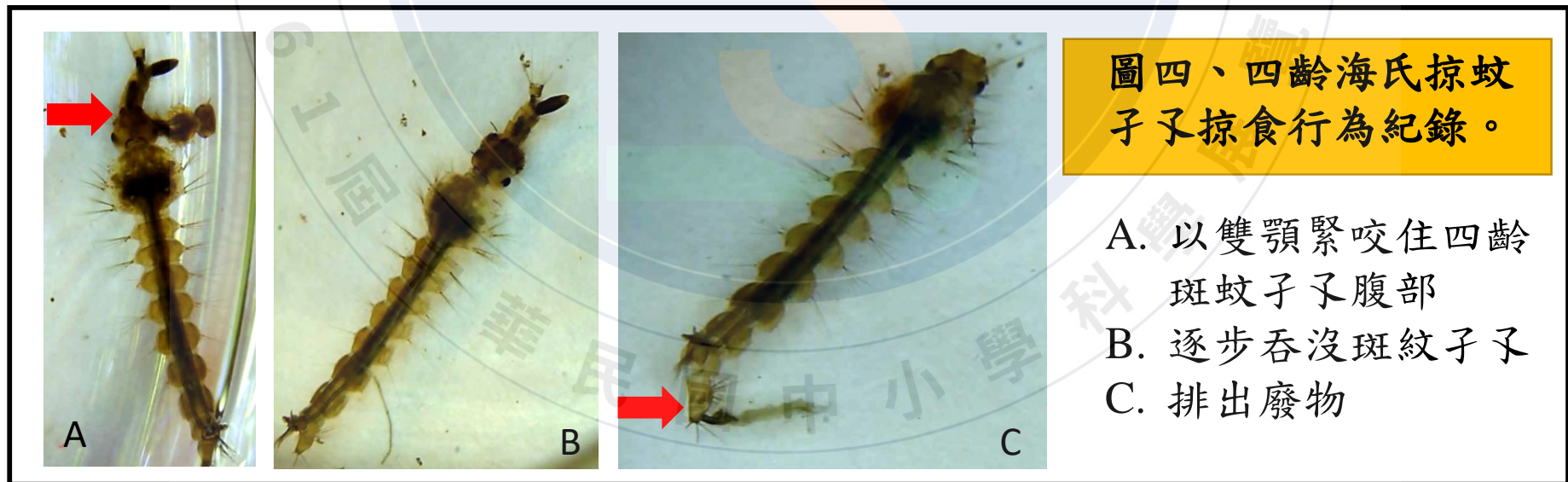
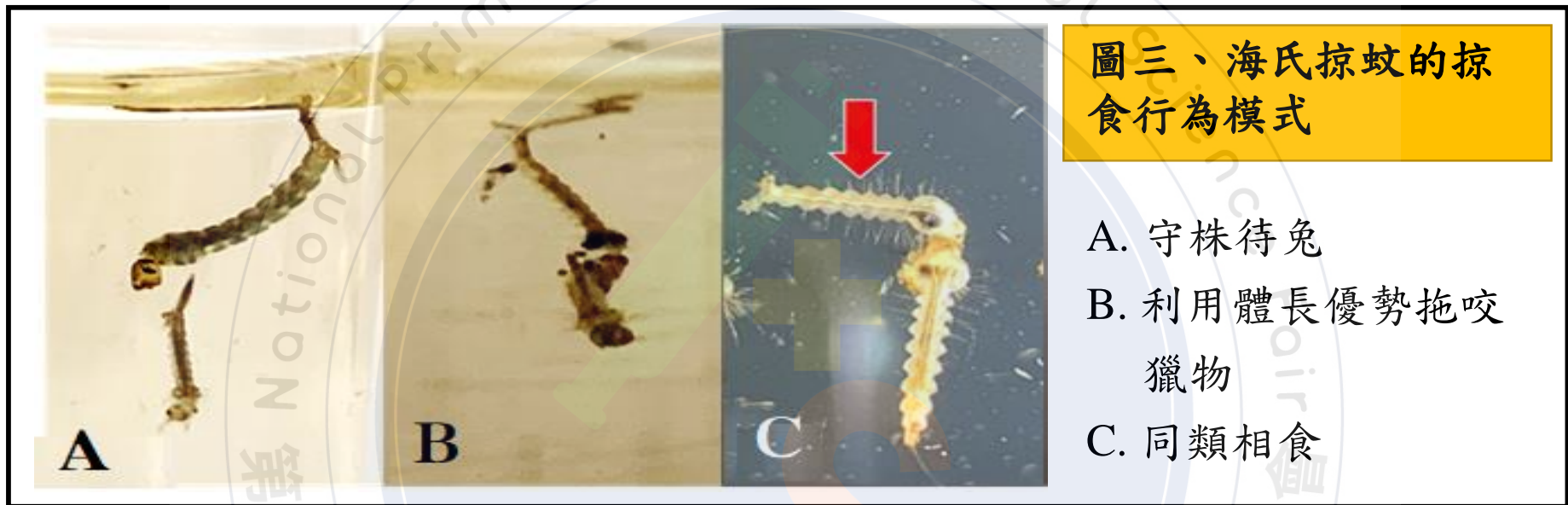
圖一、海氏掠蚊一齡至四齡孑孓外形。

參、研究結果——生活史

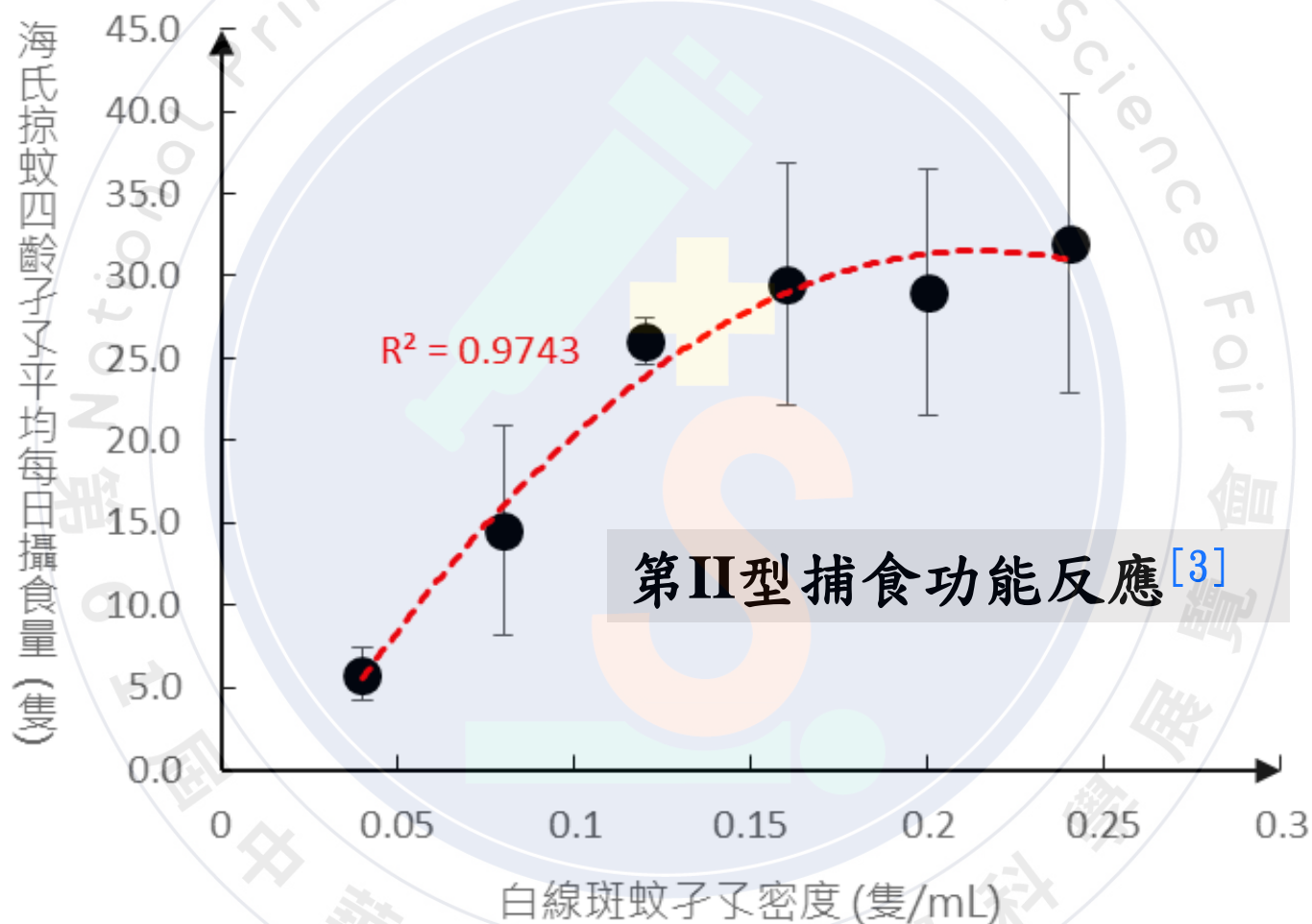


圖二、三種蚊蟲(♀)的生命週期長度比較圖。

參、研究結果——掠食行為

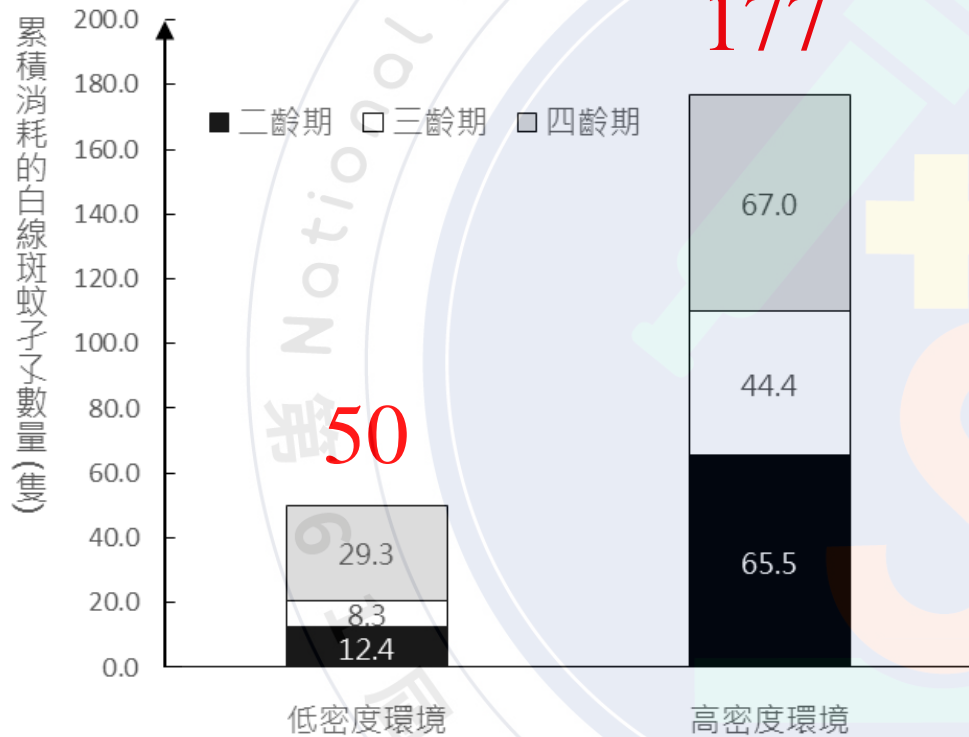


參、研究結果——獵物密度與攝食量

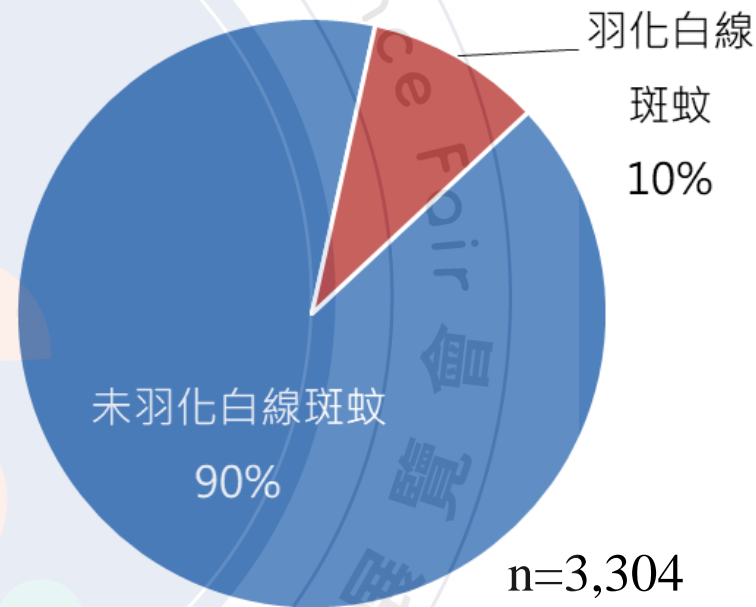


圖五、四齡海氏掠蚊蚊子子在不同獵物密度下的攝食量變化。每日定時記錄其攝食量，每組實驗重複3次，每次 $n \geq 3$ 。

參、研究結果——生物防治應用評估



圖六、海氏掠蚊子子在不同獵物密度下的掠食量。



圖七、海氏掠蚊子子降低90%白線斑蚊羽化率。

肆、討論

一. 海氏掠蚊子孑的棲地特性

1. 常見且與白線斑蚊重疊 2. 產卵策略

二. 海氏掠蚊與白線斑蚊、金腹巨蚊生活史之比較

長孑孓期，短成蚊期

三. 海氏掠蚊作為生態滅蚊工具的可行性

1. 棲地重疊

2. 生活史短

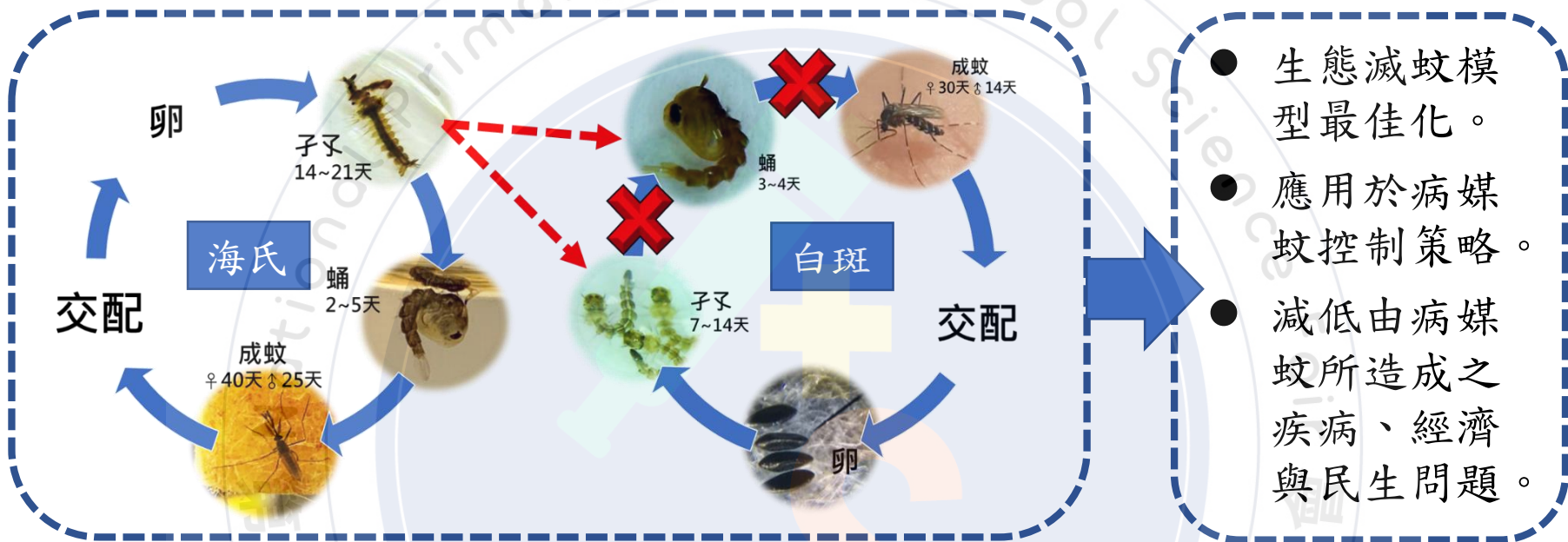
3. 第II型捕食功能反應 4. 非疾病載體^[4]

伍、結論

- 一. 本研究**首次**記錄了臺灣北部海氏掠蚊的棲地特性、生活史與掠食行為，並對運用其進行生態滅蚊提供了重要的基礎生物學資訊。
- 二. 海氏掠蚊具有掠食蚊的行為特性，其掠食行為模式包含**守株待兔**與**同類相食**兩種。
- 三. 海氏掠蚊子子屬於**功能反應第II型**的捕食者，由二齡至蛹期，平均可掠食消耗達177隻同齡期之白線斑蚊子子。

大多數成功應用於生物防治的生物皆屬於此類型。

陸、未來展望



柒、參考文獻資料

1. 中央研究院。(2018年1月)。**臺灣物種名錄**。中央研究院數位文化中心，中央研究院生物多樣性研究中心。<https://reurl.cc/MdEq2v>
2. Doloi, D.. (2021). A study on certain biological control methods to control and manage vector-borne diseases. *International Journal of Mosquito Research*, 8(1), 31-34.
3. Holling, C. S.. (1959). The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *The Canadian Entomologist*, 91 (5), 293–320. doi:10.4039/Ent91293-5
4. World Health Organization (2020). *Vector-borne diseases*. World Health Organization. <https://reurl.cc/XWjYa0>