

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告

台灣鋏蠓 (Forcipomyia taiwana)全方位防治技術研究

報告類別：成果報告
計畫類別：整合型計畫
計畫編號：MOST 110-2327-B-041-001-
執行期間：110年08月01日至111年07月31日
執行單位：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學生物科技系(含碩士班)

計畫主持人：羅怡珮
共同主持人：黃榮南、詹美鈴

計畫參與人員：碩士級-專任助理：簡良芬
碩士級-專任助理：惠凱平
碩士班研究生-兼任助理：楊騰志
碩士班研究生-兼任助理：曾瑤光
碩士班研究生-兼任助理：黃麟傑
碩士班研究生-兼任助理：楊丹宏

本研究具有政策應用參考價值：☐否 ☒是，建議提供機關行政院農業委員會, 行政院環境保護署
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現：☒否 ☐是

中 華 民 國 111 年 10 月 03 日

中文摘要：台灣銼蠓(*Forcipomyia taiwana*)是台灣地區重要的環境衛生害蟲，迄今仍持續研發有效非傳統化學防治的方法。本團隊已建立大量飼養的方法，可取得足夠數量的成蟲，進行台灣銼蠓成蟲誘引及忌避防治技術研究。以 9~12 日齡、完成交尾的雌成蟲，在邊長 2 公尺的網籠進行台灣銼蠓雌成蟲的誘集試驗，結果顯示以碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、加熱電圈 (72°C) 及 UV 燈光的組合誘引效果最佳。於中興大學新化林場的野外誘集試驗，以碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 20%、八烯醇 2%及芥子酸 20%的組合，配製成總體積 30 毫升的誘引物質，開啟 UV 燈並加裝暖暖包，3 小時誘集 6 隻台灣銼蠓雌成蟲。在捕蚊燈174筆的調查資料 (29次 x 3地點 x 2時段)，共計38,092隻昆蟲，僅誘集到台灣銼蠓成蟲7筆14隻 (雌蟲8隻，雄蟲6隻)，8:00 至 17:00 的誘集比例為 4.55%，17:00 至翌日 8:00 的誘集比例為 95.45%。以鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及市售漂白水進行小球藻抑制生長試驗，在洋菜培養基進行抑制試驗的效果不理想，若應用做為田間防治的策略，防治效果不彰。大頭家蟻為台灣銼蠓棲地主要蟻種，也能有效掠食台灣銼蠓幼蟲及蛹期，但必須克服大量飼養瓶頸，才能有效作為台灣銼蠓天敵。於科博館進行田間防治試驗，防治試驗前期採用硫酸銨，防治率低於22%，可能與硫酸銨易流失或受澆水影響有關。防治後期使用殺幼蟲藥劑，防治率介於37%~50%。後續可就現有資材進行優化改善 (例如緩釋肥料成份，並適量結合殺蟲劑)進行全方位的防治。

中文關鍵詞：台灣銼蠓、誘引、成蟲密度調查、螞蟻、肥料、田間試驗。

英文摘要：Biting midge, *Forcipomyia taiwana* is one of the most nuisance blood-sucking insect in Taiwan. The study of sustainable non-synthetic insecticides for the managements of the biting midge is urgent. The technique for *F. taiwana* rearing was established in laboratory to provide mass samples for sustainable surveillances of *F. taiwana* attractants and repellents. Surveillances were conducted on the copulated female biting midges aged 9 to 12 days to determine their responses to human odors and chemicals. The most attractive combination to *F. taiwana* were ammonium bicarbonate solution (30%), sodium lactate solution (13%), isovaleric acid solution (1%), 1-octen-3-ol solution (0.1%) plus UV light source and warm pack in net screens in laboratory. The attractive response of catch rate is greater than 40%. Field trial conducted in SinHua forest area of NCHU showed that six *F. taiwana* were captured by using ammonium bicarbonate solution (30%), sodium DL-lactate solution (13%), isovaleric acid solution (20%), 1-octen-3-ol solution (2%) and erucic acid solution (20%) in combination with UV and heating. Moreover, 14 *F. taiwana* adults were also trapped in 174 trials by using light trap in Botany Garden of National Museum of Natural Science. The current results also suggested that inhibition capacity of

o-benzyl-p-chlorophenol, n-alkydimethyl benzyl ammonium chloride and bleach toward *Chlorella* sp. was ineffective, thus it should be re-evaluated for field application for *F. taiwana* control. Our results also showed that *Pheidole* was the major ant species in endemic area of *F. taiwana* and exhibited higher foraging preference on *F. taiwana*'s larvae and pupae than eggs as well as other living preys, such as springtails and stinkbugs, which has similar habitat and body size to *F. taiwana* larvae. Though low concentration of NaCl did not inhibit the melanization of eggs, but exhibited significantly negative impact on the post-embryo development of *F. taiwana*. In addition to NaCl, fertilizer ammonium sulfate also could inhibit the egg melanization of *F. taiwana*. Nevertheless, field trials of *Pheidole* ants and ammonium sulfate for *F. taiwana* control were not conclusive. For future applications, we must (1) overcome the mass rearing problem of ants, (2) improve the slow-release technique for fertilizer, (3) optimize the combination of non-synthetic resource, such as fertilizer plus suitable larvicide fipronil, for best *F. taiwana* management. These new, targeted approaches are highly specific for the insect, and are therefore more cost effective. In addition to reduce the application of chemical synthetic insecticides, they are also less risk of damage to human health and the environment.

英文關鍵詞： *Forcipomyia taiwana*, attractant, ant, fertilizer, field trial.

中華民國國家科學及技術委員會補助專題研究計畫成果報告
期末報告

台灣缺蠓 (*Forcipomyia taiwana*)全方位防治技術研究

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：MOST 110-2327-B-041-001 --

執行期間：110 年 08 月 01 日至 111 年 07 月 31 日

申請機構/系所：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學生物科技系

執行機構：

嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學	主 持 人：羅怡珮教授[生物科技系]
國立臺灣大學	共同主持人：黃榮南教授[昆蟲學系]
國立自然科學博物館	共同主持人：詹美鈴副研究員[生物學組]

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 ____ 份：

- ☐執行國際合作與移地研究心得報告
- ☐出席國際學術會議心得報告
- ☐出國參訪及考察心得報告

中華民國 111 年 07 月 31 日

目 錄

目 錄.....	I
中文摘要.....	III
Abstract.....	IV
一、 前言	1
(一)、 背景問題及重要性：	1
(二)、 台灣鉅蠓管理與綜合防治技術	2
1、 阻斷台灣鉅蠓吸血繁殖	3
2、 幼蟲棲地環境管理	3
3、 台灣鉅蠓成蟲及幼蟲的化學防治	4
4、 台灣鉅蠓非農藥防治研究	5
5、 人體體表氣味誘引台灣鉅蠓研究	5
6、 燈光對台灣鉅蠓的誘引研究	7
二、 研究目的	7
三、 研究方法	9
(一)、 台灣鉅蠓的累代大量飼育及供試雌成蟲	9
(二)、 不同組合化學物質的誘引試驗	11
(三)、 化學誘引物質結合燈光進行野外成蟲誘集防治試驗	13
(四)、 植物園捕蚊燈誘集試驗	13
(五)、 殺菌劑對小球藻抑制生長試驗	14
(六)、 評估螞蟥作為台灣鉅蠓天敵的潛力	14
(七)、 台灣鉅蠓田間 (野外) 防治試驗	15
四、 結果與討論	21
(一)、 誘引試驗	21
(二)、 野外成蟲誘集試驗	23
(三)、 植物園捕蚊燈誘集	23

(四)、 殺菌劑抑制小球藻生長效果	24
(五)、 應用螞蟥防治台灣鉅蠓的潛力	29
(六)、 台灣鉅蠓田間 (野外) 防治效果	30
(七)、 民眾與遊客針對博物館台灣鉅蠓之問卷及客訴頻率	32
(八)、 舉辦小黑蚊研習營(公民科學推廣)	36
五、 結論與建議	37
六、 參考文獻	39

中文摘要

台灣缺蠓(*Forcipomyia taiwana*)是台灣地區重要的環境衛生害蟲，迄今仍持續研發有效非傳統化學防治的方法。本團隊已建立大量飼養的方法，可取得足夠數量的成蟲，進行台灣缺蠓成蟲誘引及忌避防治技術研究。以 9~12 日齡、完成交尾的雌成蟲，在邊長 2 公尺的網籠進行台灣缺蠓雌成蟲的誘集試驗，結果顯示以碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、加熱電圈 (72°C) 及 UV 燈光的組合誘引效果最佳。於中興大學新化林場的野外誘集試驗，以碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 20%、八烯醇 2%及芥子酸 20%的組合，配製成總體積 30 毫升的誘引物質，開啟 UV 燈並加裝暖暖包，3 小時誘集 6 隻台灣缺蠓雌成蟲。在捕蚊燈 174 筆的調查資料 (29 次 x 3 地點 x 2 時段)，共計 38,092 隻昆蟲，僅誘集到台灣缺蠓成蟲 7 筆 14 隻 (雌蟲 8 隻，雄蟲 6 隻)，8:00 至 17:00 的誘集比例為 4.55%，17:00 至翌日 8:00 的誘集比例為 95.45%。以鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及市售漂白水進行小球藻抑制生長試驗，在洋菜培養基進行抑制試驗的效果不理想，若應用做為田間防治的策略，防治效果不彰。大頭家蟻為台灣缺蠓棲地主要蟻種，也能有效掠食台灣缺蠓幼蟲及蛹期，但必須克服大量飼養瓶頸，才能有效作為台灣缺蠓天敵。於科博館進行田間防治試驗，防治試驗前期採用硫酸銨，防治率低於 22%，可能與硫酸銨易流失或受澆水影響有關。防治後期使用殺幼蟲藥劑，防治率介於 37%~50%。後續可就現有資材進行優化改善 (例如緩釋肥料成份，並適量結合殺蟲劑)進行全方位的防治。

關鍵詞：

台灣缺蠓、誘引、成蟲密度調查、螞蟻、肥料、田間試驗。

Abstract

Biting midge, *Forcipomyia taiwana* is one of the most nuisance blood-sucking insect in Taiwan. The study of sustainable non-synthetic insecticides for the managements of the biting midge is urgent. The technique for *F. taiwana* rearing was established in laboratory to provide mass samples for sustainable surveillances of *F. taiwana* attractants and repellents. Surveillances were conducted on the copulated female biting midges aged 9 to 12 days to determine their responses to human odors and chemicals. The most attractive combination to *F. taiwana* were ammonium bicarbonate solution (30%), sodium lactate solution (13%), isovaleric acid solution (1%), 1-octen-3-ol solution (0.1%) plus UV light source and warm pack in net screens in laboratory. The attractive response of catch rate is greater than 40%. Field trial conducted in SinHua forest area of NCHU showed that six *F. taiwana* were captured by using ammonium bicarbonate solution (30%), sodium DL-lactate solution (13%), isovaleric acid solution (20%), 1-octen-3-ol solution (2%) and erucic acid solution (20%) in combination with UV and heating. Moreover, 14 *F. taiwana* adults were also trapped in 174 trials by using light trap in Botany Garden of National Museum of Natural Science. The current results also suggested that inhibition capacity of o-benzyl-p-chlorophenol, n-alkyldimethyl benzyl ammonium chloride and bleach toward *Chlorella* sp. was ineffective, thus it should be re-evaluated for field application for *F. taiwana* control. Our results also showed that *Pheidole* was the major ant species in endemic area of *F. taiwana* and exhibited higher foraging preference on *F. taiwana*'s larvae and pupae than eggs as well as other living preys, such as springtails and stinkbugs, which has similar habitat and body size to *F. taiwana* larvae. Though low concentration of NaCl did not inhibit the melanization of eggs, but exhibited significantly negative impact on the post-embryo development of *F. taiwana*. In addition to NaCl, fertilizer ammonium sulfate also could inhibit the egg melanization of *F. taiwana*. Nevertheless, field trials of *Pheidole* ants and ammonium sulfate for *F. taiwana* control were not conclusive. For future applications, we must (1) overcome the mass rearing problem of ants, (2) improve the slow-release technique for fertilizer, (3) optimize the combination of non-synthetic resource, such as fertilizer plus suitable larvicide fipronil, for best *F. taiwana* management. These new, targeted approaches are highly

specific for the insect, and are therefore more cost effective. In addition to reduce the application of chemical synthetic insecticides, they are also less risk of damage to human health and the environment.

Key words:

Forcipomyia taiwana, attractant, ant, fertilizer, field trial.

一、前言

(一)、背景問題及重要性：

台灣缺蠓 (*Forcipomyia taiwana*；小黑蚊) 是嚴重的騷擾性害蟲，於 1913 年在台灣首次被發現及記錄 (Shiraki, 1913)，為害迄今已超過一百年。台灣缺蠓是雙翅目、蠓科、缺蠓屬、蠓亞屬的昆蟲，成蟲在日間活動。雌成蟲嗜吸人血，因成蟲體長約 1.4 mm，在叮咬危害時不易被察覺，又因體型微小，易穿過紗窗和紗門進入室內吸血。台灣缺蠓主要危害人體的小腿部位，被叮咬的部位會產生癢痛紅腫現象，除了不易消退外，也會產生嚴重過敏反應。雖然台灣缺蠓在台灣未被證明會傳播任何疾病，但嗜吸人血的習性，確實是重要的騷擾性昆蟲。

文獻紀錄自 1960 年起的調查結果，於台中、屏東 (Sun, 1961)、金門 (Sun, 1968, 吳尹文, 2016)、花蓮 (陳錦生 et al., 1982)、台南 (李學進 & 侯豐男, 1997) 及高雄縣 (王惠鵬, 1997) 均有台灣缺蠓的分布。謝 (2007) 進行全台分布調查時，除了在基隆市、屏東縣及台東沒有紀錄，台灣缺蠓已為害 16 縣市 125 鄉鎮(謝伯岳, 2007)。2012 年起幾乎每個縣市都可發現台灣缺蠓的蹤跡 (施昌良 & 杜武俊, 2019)，且漸漸有入侵都市的趨勢，造成民眾被叮咬的困擾。

搜尋媒體報導及採集調查資料，2011 年在台南市的國中、國小校區有危害紀錄；2016 年新竹市為了消滅台灣缺蠓清除了香山地區 56 公頃紅樹林；2018 年高雄甲仙國小的台灣缺蠓肆虐，學童的手腳都被叮咬成「紅豆冰」。2018 年 3 月在台南市東寧公園、歸仁區七甲花市及台南市新化區中興大學新化林場均有採集紀錄，新化林場 20 分鐘小腿誘集的採集有 54 隻台灣缺蠓叮咬，站在定點觀察林場地上植物種類時，瞬間手掌就停了 12 隻台灣缺蠓，在驚蟄過後且雨季尚未開始就有這樣的數量，可以預期雨季後的數量將相當驚人。新化林場當時因 BOT 經營權更動進行整修，工人持續提供血源，且林場重新規劃植物栽種並進行澆水，遊客人數也較 2017 年多，應該是台灣缺蠓數量多於前一年的原因。2019 年 9 月花蓮縣多所國小的師生上課時遭台灣缺蠓嚴重叮咬，苗栗勝興車站、台中科博館、彰化八卦山脈、南投竹山日月潭、花蓮秀林及瑞穗、台北陽明山均有被叮咬的報導。2019 年在高雄市佛光山、2020 年 2 月及 2021 年 1 月在屏東六堆客家文化園區也有被台灣缺蠓叮咬的紀錄。

於政府研究資訊系統 (GRB) 以台灣缺蠓的學名做為關鍵字搜尋，自 1995 年至 2020

年，共計進行 115 件研究計畫。已訂定台灣缺蠓的危害分級及完成分布調查，自 2012 年起幾乎每個縣市都可發現台灣缺蠓的蹤跡 (施昌良 & 杜武俊, 2019)，且漸漸有入侵都市的趨勢，造成民眾被叮咬的困擾。在台灣缺蠓研究中心網頁的資料詳列自 2004 年至 2011 年執行 25 件專案防治計畫，包括大坑、南投縣、台中市及山腳地區台灣缺蠓防治計畫。相關計畫研發的防治技術包括針對幼蟲及成蟲棲地的非農藥防治技術、減少藍綠藻生長、幼蟲誘捕食餌開發、真菌防治幼蟲、成蟲誘捕、忌避劑的開發及化學防治等。

(二)、 台灣缺蠓管理與綜合防治技術

台中市環保局最早於 2007 年提出台灣缺蠓的問題，希望環保署協助中部六縣市解決日益嚴重之台灣缺蠓問題。行政院於 2010 年 1 月 15 日核定成立國家級跨部會「小黑蚊防治推廣專案小組」，委託中興大學及中台科技大學成立「小黑蚊防治推廣中心」，協助辦理民眾對於台灣缺蠓之諮詢服務及其他相關防治工作等。2011 年行政院經會議決議基於台灣缺蠓為臺灣原生種，對民眾造成滋擾係屬生態問題，與農業、生態環境有密切關係，為求長期有效防治，有關台灣缺蠓防治相關工作，自 2013 年起移由農委會主政，由相關權責機關就轄管加強落實台灣缺蠓防治，包括密度調查、通報、孳生源清除、教育宣導等防治工作，並發布新聞呼籲民眾加強個人防護，以阻斷雌成蟲血源，防止產卵孳生。農委會將推廣服務工作委託台灣昆蟲學會執行台灣缺蠓防治宣導計畫，建置「小黑蚊資訊服務中心」網站提供給有需要者免費下載使用。農委會於 106 年度跨部會台灣缺蠓防治推廣期末執行成果報告暨檢討會議中提出，專案小組業完成階段性任務 (周玲勤, 2017)。由於台灣缺蠓滋生範圍廣泛，不易進行全面性徹底防治，唯有阻斷其生活史避免繁衍下一代，進行幼蟲棲地管理，推動社區共同進行綜合防治，減緩台灣缺蠓危害的窘境，才是防治台灣缺蠓的根本之道 (李學進, 1996、1997、2008)。106 年度科技行政自行研究發展計畫針對「小黑蚊 (台灣缺蠓) 防治技術研發成果之研析與彙整」成果報告指出，須以多元管道共同防治台灣缺蠓，才能發揮具體的防治成效 (周玲勤, 2017)。相關管理措施包括：(1)做好自身保護：做好個人保護是阻斷台灣缺蠓繁殖的治本之道。最有效的方法就是穿著長褲、長袖衣物及鞋襪，減少身體裸露的部位，亦可使用防蚊液噴灑或塗抹於易受台灣缺蠓叮咬的部位。(2)進行環境管理：經常整理居家週邊環境並保持通風乾燥，可降低青苔滋生，也可定期刮除潮濕地表之青苔，以減少台灣缺蠓幼

蟲食物。此外，裝設 55 網目以上 (孔徑 0.33 mm 以下) 之細孔紗門與紗窗，可有效阻隔台灣缺蠓飛入室內吸血。(3)採取化學防治：化學防治雖為最直接有效的台灣缺蠓防治方法，惟藥效無法持久，且經常施藥有污染環境，並導致台灣缺蠓產生抗藥性的缺點。(4)推動社區共同防治：台灣缺蠓孳生的地方遍及環境中各處潮濕且滋長青苔之地表，因此要社區全體民眾共同進行防治才能發揮具體成效。重要相關管理措施進一步敘述如下：

1、阻斷台灣缺蠓吸血繁殖

2017 年杜俊武教授以「沒救」來形容小黑蚊的防治，學者耗費許多心力來研究小黑蚊，但發現防治無解，只好陸續放棄，並提出唯一防治方法就是不要被咬到。在行政院環境保護署毒物及化學物質局環境用藥許可證查詢，共登記 46 種個人用蚊子忌避劑的產品，其中有 24 種登記為台灣缺蠓忌避劑。野外試驗時，噴灑塗抹忌避劑後確實可以避免被叮咬，但是塗抹忌避劑的部位在洗滌後會降低忌避效果。

2、幼蟲棲地環境管理

台灣缺蠓是完全變態的昆蟲，完成生活史的卵、幼蟲、蛹及成蟲四個階段約需 20-30 天 (Sun, 1967)，成蟲產卵於幼蟲可孳生的地方 (楊曉峰, 2007, 劉文勇 et al., 2008)，幼蟲可取食小球藻 (*Chlorella* sp.)、絲藻 (*Chaetomorpha* sp.)、四球藻 (*Tetrachlorella* sp.)、念珠藻及藍綠藻等 (何德明 et al., 2009)。老熟幼蟲會爬行到較乾燥處化蛹，例如飼育容器壁、土表及牆角等。在相對濕度高的環境，成蟲羽化率較高 (陳珮琇, 2005)。擬定中斷標的昆蟲的生活史，在蟲害防治上是經濟可行的策略，包括開發防蚊液阻斷雌成蟲吸血產卵，**噴灑殺藻劑阻斷幼蟲取食**，減少灑水降低溼度等，均曾於相關計畫中試驗並探討防治成效。

在綜合防治策略中，環境整頓可依地形地貌採行清除青苔或減少青苔生長的方式，新化林場的調查曾發現原先發生嚴重的區域，2017 年因砍掉幾棵桃花心木，使得裸露地表沒有遮蔭，充分暴露於陽光下呈現乾燥狀態，新化林場於該年沒有採集到台灣缺蠓的紀錄。

文獻記載幼蟲可取食小球藻 (*Chlorella* sp.)、絲藻 (*Chaetomorpha* sp.)、四球藻 (*Tetrachlorella* sp.)、念珠藻及藍綠藻等 (何德明 et al., 2009)，過去在幼蟲棲地管理卻十分強調要除青苔，但是青苔是植物、不是藻類或藍綠細菌(藍綠藻)。青苔孳生在地表潮濕處，明

顯可見是凸出地表的苔蘚類，並不是台灣缺蠓幼蟲的食物，若青苔生長密度高，會阻礙台灣缺蠓成蟲的產卵，因此在綜合防治的策略中，應釐清哪裡是台灣缺蠓幼蟲的棲地，施行環境管理的策略才能奏效。

3、台灣缺蠓成蟲及幼蟲的化學防治

化學防治是對付台灣缺蠓最迅速及有效的防治方法，但須注意施藥間隔及次數，且施藥時需同時進行成蟲及幼蟲防治，才能發揮最佳的藥劑防治效果(周欽賢, 1990, 李學進 & 曾國政, 2006)。化學防治對台灣缺蠓具迅速有效性，藥劑試驗區經前期、中期及後期三階段的藥劑防治，防治率介於 87~97%(李學進 & 曾國政, 2006)。測試在環保署完成登記的環境衛生用藥，對台灣缺蠓的成蟲及幼蟲都具有良好的防治效果(李學進, 1997, 李學進 & 侯豐男, 1997, 葉金彰 & 王凱淞, 2000, 林春福 et al., 2008)。利用昆蟲生長調節劑(百利普芬, Pyriproxyfen)、賜諾殺(Spinosad)、硼砂(Borax)及蘇力菌(*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*)，在不同組合及濃度處理，均可有效防治台灣缺蠓的成蟲及幼蟲(謝伯岳, 2007, 杜武俊 et al., 2009)。以迪森除臭殺菌劑(氯化正烷二甲苯甲基銨粒劑, Timsen)在 20~400 ppm 濃度可以抑制藍綠藻及小球藻的繁殖(謝芸軒 et al., 2011)，若妥善處理台灣缺蠓幼蟲棲地，減少小球藻及藍綠藻生長，可藉由減少幼蟲食物降低台灣缺蠓的數量。化學防治因試驗成效僅能維持 7 日(李學進 & 侯豐男, 1997)，且藥劑多為特殊環境用藥，需由領有專業證照的環保人員或病媒防治業者進行施作(杜武俊 et al., 2009)，使得化學防治鮮少是一般機構防治台灣缺蠓的首選策略。

在環保署環境用藥許可證登記做為台灣缺蠓幼蟲的防治藥劑有 12 種，其中 6 種為一般環境用藥，包括百利普芬的液劑、畢芬寧及芬普尼的粒劑。在預備試驗以「駐有效昆蟲生長調節液劑」(百利普芬, Pyriproxyfen 0.01 % w/w)，不稀釋直接均勻噴佈處理台灣缺蠓幼蟲，化蛹率及羽化率皆為 0%，可達 100% 的防治效果。進行「新必淨小黑蚊粒劑」(畢芬寧, Bifenthrin 0.5 % w/w 及氯化正烷二甲苯甲基銨, N-alkyl dimethyl benzyl ammonium chlorides 4.0% w/w) 對台灣缺蠓幼蟲的防治效果，按每平方公尺施用 30 公克的濃度，進行對台灣缺蠓幼蟲的藥效檢測，台灣缺蠓在藥劑處理後的第 1 天、第 7 天及第 14 天的死亡率皆為 100 %。按每平方公尺施用 15 公克的濃度進行對台灣缺蠓幼蟲的藥效檢測，台灣缺蠓幼蟲藥劑

處理後的第 1 天、第 7 天及第 14 天的死亡率分別為 97%、95% 及 92%。進行「必淨小黑蚊粒劑」(畢芬寧, Bifenthrin 0.5 % w/w) 對台灣缺蠓幼蟲的防治效果, 按每平方公尺施用 15 公克的濃度進行對台灣缺蠓幼蟲的藥效檢測, 台灣缺蠓幼蟲藥劑處理後的第 1 天、第 7 天及第 14 天的死亡率分別為 100%、93% 及 90%。然而此等試驗均於室內進行, 需於田間進行試驗以驗證實際成效。

4、台灣缺蠓非農藥防治研究

在科技部專題研究計畫執行台灣缺蠓幼期防治技術研發, 顯示草木灰、硫酸銨及多種鹽類有極佳的防治潛力, 並有兩種大頭家蟻屬 (*Pheidole*) 螞蟻對活的台灣缺蠓幼蟲有較高之取食偏好 (黃榮南, 2018, 黃榮南, 2019)。在先前對台灣缺蠓幼蟲生態的研究資料, 已瞭解幼蟲生長棲地的環境, 若需要在特定場域進行幼蟲防治工作, 可以採行有機資材及一般環境用藥進行防治, 當可有效防治台灣缺蠓幼蟲的孳生。

此外, 化學傳訊物質 (Semiochemicals) 也可做為台灣缺蠓的防治策略。李等探討台灣缺蠓成蟲的忌避物質, 以 7 種植物複方精油測試防治效果, 最長保護效果的時間約 90 分鐘 (李憲明 et al., 2008)。利用小花蔓澤蘭製備的醋液, 對台灣缺蠓成蟲具有忌避作用 (胡政欣, 2013)。以台灣產土肉桂精油、白珠樹葉子精油及小葉樟葉子精油噴灑, 對台灣缺蠓幼蟲具滅活功效 (蔡坤憲, 2013)。黃 (2011) 自天然植物台灣藜的種子及葉片萃取物證實對台灣缺蠓成蟲具忌避效果, 同時也發現香葉基丙酮 (Geranylacetone) 及 6-甲基-5-更烯-2 酮對台灣缺蠓成蟲具忌避效果 (黃榮南, 2011)。人體產生的揮發性物質可干擾斑蚊或部分吸血昆蟲搜尋寄主的能力 (Logan et al., 2008, Logan et al., 2009)。

5、人體體表氣味誘引台灣缺蠓研究

寄主氣味被認為是誘引吸血害蟲的主要因子, 在吸血昆蟲已有許多相關研究。萃取人體皮膚的殘留物可誘集埃及斑蚊 (*Aedes aegypti*) (Geier & Boeckh, 1999), 混合氨氣、乳酸及脂肪酸對甘比亞瘧蚊 (*Anopheles gambiae sensu stricto*) 呈現協力誘引效果 (Smallegange et al., 2005)。從人體皮膚表面不同菌相產生各種具揮發性的有機化合物, 對吸血昆蟲有不同程度的誘引效果 (Verhulst et al., 2010)。混合丙酮 (acetone)、八烯醇 (1-octen-3-ol) 及 1-hexen-3-ol 可

誘引埃及斑蚊 (Kline et al., 2012)，以捕蚊器 (BG-Sentinel traps) 配合釋放二氧化碳和誘引劑可進行監測及防治埃及斑蚊和熱帶家蚊 (*Culex quinquefasciatus*) (Wilke et al., 2019)。結合已知對蚊子具誘引的物質包括二氧化碳、氨氣及不同碳鏈長度的脂肪酸，已成功開發出合成的誘引劑，當誘引試驗距離為 10-100 公尺，田間誘引蚊子的數量是男性志願者誘引數量的 3-5 倍，可應用做為大量誘捕蚊子的工具 (Okumu et al., 2010)。味道扮演對誘引台灣鈎蠓成蟲重要角色，乳酸及新鮮汗水不具誘引效果，但以 37°C 培養過的汗水具顯著誘集效果 (楊恩誠, 2012)。李等 (2008) 曾以市售蚊子誘捕器及誘捕劑 (包括八烯醇及模擬人體的氣味) 進行試驗，但效果遠都不如以人體誘集 (李憲明 et al., 2008)。杜等 (2011) 以 Y 型管測試，人類手掌對台灣鈎蠓成蟲的誘引力較小鼠強 (杜武俊 & 陳文華, 2011)。關於吸血昆蟲的誘引因子都界定於被叮咬寄主的體溫、呼氣排放的二氧化碳及體表所散發的特殊氣味等。而這些體表氣味的形成與汗液、皮脂腺分泌物及皮膚表面的微生物群有密切關聯，如微生物分解後產生的脂肪酸及醇類等化合物，但誘集效果不顯著 (黃紹毅, 2013)。

飼養台灣鈎蠓時發現，手掌握過養蟲籠的絲襪有許多台灣鈎蠓成蟲聚集停留，檢測手掌 (手指) 印的殘留物 (latent fingerprint deposition)，脂肪酸比例佔 75%，包括棕櫚酸 (palmitic acid, 35.45-48.37%)，油酸 (oleic acid, 14.84-28.49%)，硬脂酸 (stearic acid, 9.71-24.96%)及亞油酸 (linoleic acid, 7.68-18.8%) (Choi et al., 2008)。另一份報告指出除了上述成分外，還發現有花生酸、二十二酸及芥酸等成分 (Kim et al., 2019)。於雙向嗅覺誘引裝置進行定量檢測化學物質對台灣鈎蠓成蟲的誘引效果，以 9~12 日齡、已交尾的雌成蟲進行測試，結果顯示以碳酸氫銨 (ammonium bicarbonate; 10 %)、芥酸 (erucic acid; 10 ppb) 及乳酸鈉 (sodium DL-lactate solution; 13 %) 和碳酸氫銨 (5 %) 混合物，誘引指數可以達到以人體手掌誘引效果的 61~68% (羅怡珮 & 簡良芬, 2020)。進一步以邊長 1 公尺立方的網籠進行不同組合化學物質的誘引試驗，以空白未開燈的吸入式捕蚊燈進行誘引試驗，誘引率平均值為 8.9%，加熱誘引率平均值為 14.9%。以單一化學物質誘引，包括加熱誘引，誘引率平均值介於 8.4~33.4%，以亞油酸 10% 加熱及異戊酸 0.01% 的效果較佳。以 3 種成分進行誘引試驗，加熱及未加熱處理的組合中，均有 3 種類型組合處理的平均誘捕率大於 40%。在 4-5 種化學組成的試驗中，有 3 種組合的誘捕率大於 60% (羅怡珮, 2020)。以邊長 1 公尺立方的網籠進行不同組合化學物質的誘引試驗，在碳酸氫銨 (30%)、乳酸 (13%)、異戊酸 (0.01%) 及

八烯醇 (0.001%) 結合 UV 燈光進行成蟲誘集處理的平均誘捕率可達 78%。在碳酸氫銨 (30%)、乳酸 (13%)、異戊酸 (0.01%)、八烯醇 (0.001%)及芥酸 (10%)處理的平均誘捕率為 75% (羅怡珮, 2020)。

6、燈光對台灣缺蠓的誘引研究

以 CDC 蚊蟲採集器配備發光二極體 (LEDs) 進行誘集試驗，將八烯醇、二氧化碳及發光二極體三者組合對台灣缺蠓成蟲之誘集效果最佳 (Liu et al., 2009)。另一類的誘引則著重於燈光波長及種類的設計，陳 (2012) 探討發光二極體 (LED 燈源) 對台灣缺蠓的誘集效果，波長在 390-400 nm 和 570-620 nm 的誘集效果最佳，而波長在 800-850 nm 和 850-900 nm 對台灣缺蠓反而具趨避效果 (陳錦玄, 2012)。坊間販售黃白色全光譜螺旋燈管 (24W, 2700K) 與可見藍光 (400-450nm) 對台灣缺蠓具吸引功效 (蔡坤憲, 2013)。化學傳訊物質已成功應用在蚊子誘集防治方法，若能結合溫度及光源，應可開發大量誘殺台灣缺蠓雌成蟲的技術，減少雌蟲吸血的擾人問題，降低施用殺蟲劑造成的環境壓力。

二、研究目的

2017 年媒體報導台灣缺蠓在公園肆虐，為了防止被叮，民眾到公園運動除了面罩、袖套等，甚至還用大型蚊帳護身更是蔚為奇觀。大安森林公園之友基金會於 2014 年開始致力於大安森林公園生態防治，進行環境管理刮除青苔或用高壓噴水去除杜絕台灣缺蠓幼蟲的食物來源，或清理灌叢積水，用沙土、碎石填滿凹陷處，斷絕孳生源。定期修剪公園的樹木，讓林蔭可以透光及通風，可破壞台灣缺蠓幼蟲的棲地，並建議塗抹防蚊液，阻斷台灣缺蠓雌蟲吸血產卵。大安森林公園因基金會持續進行破壞台灣缺蠓幼蟲棲地及宣導塗抹防蚊液，顯現能有效防治台灣缺蠓的問題。台中國立自然科學博物館在每年的 5-7 月是台灣缺蠓活動的高峰期，館方會建議訪客盡可能著薄長褲鞋襪及噴防蚊液，以防止台灣缺蠓叮咬。國立中興大學昆蟲學系杜武俊教授主持環保署委辦的行政院科發基金小黑蚊防治計畫，於 2010 年至 2011 年間於台中國立自然科學博物館進行館區台灣缺蠓防治工作。當年以博館區外圍實施化學防治，館內以環境管理與非化學殺蟲劑資材施作，並提供民眾防蚊液，建置台灣缺蠓的警示，提醒民眾做好個人防護。該計畫執行 18 個月，有效將台灣缺蠓成蟲密度由最高單點 200

隻，控制到密度只剩約 10 隻的情況。由上述兩個場域防治台灣缺蚊的例子，針對幼蟲及成蟲同時進行防治，確實能發揮具體成效。然而此一計畫並未延續，也未能落實成為台灣缺蚊的標準防治方法。

台灣缺蚊從發現至今超過百年，其間雖陸陸續續都有各種研究計畫，然大多僅限於實驗室內之研發，較缺少實際田間防治試驗，以致未知其實用性，也未能推廣應用。為協助解決台灣缺蚊危害問題，科技部 110 年度公開徵求「研發台灣缺蚊防治技術」研究計畫，希望以台灣缺蚊生物學研究基礎，以創新的防治策略為目標，選定一個台灣缺蚊危害嚴重的場域進行防治試驗。本計畫擬擇定台中國立自然科學博物館進行防治試驗，結合幼蟲棲地及成蟲誘集防治技術研發，分別進行館區台灣缺蚊熱點分布調查及防治效益評估。國立自然科學博物館為自然科學科普教育推廣之重要文教園區，吸引大批學生、民眾參觀，館區及植物園區廣大的綠地成為附近民眾日常運動、休憩之場所。園區台灣缺蚊的發生是屬於都會區模式，在高度都市化地區，無森林、田野及山丘，但園區內綠地甚多，又時常灑水澆灌園區內植栽。潮濕的環境易滋生藻類，加上參觀及運動的人潮提供血源，這也是台灣缺蚊危害猖獗的原因。館區及周邊林立建築物形成有效隔絕帶，在館區進行田間試驗較不受干擾，這個優勢在執行綜合防治策略時容易成功。

根據台中國立自然科學博物館的統計資料，於 2014 年 5 月、2016 年 5 月、2017 年 6 月、2019 年 5 月、2020 年 5 月和 6 月及 2021 年 1 月仍不斷接獲民眾的陳情案，建議館方進行化學防治，包括於西屯區福星公園、北區自然科學博物館植物園、館前廣場及西屯路公車植物園站牌，均有台灣缺蚊吸血擾人的客訴案件。但科博館為維持自然生態及舒適休憩環境，不進行全面噴藥滅蚊措施，僅採行台灣缺蚊孳生源清除，只對台灣缺蚊密集區域施行局部噴藥，開發捕蚊試驗設備，並發放防蚊液，冀能減少台灣缺蚊騷擾問題，以緩解民眾之陳情抱怨案件。

本團隊以嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學羅怡珮博士為整合型計畫主持人，國立台灣大學黃榮南博士及國立自然科學博物館詹美鈴博士為共同主持人，分別將過去於實驗室的研發成果，落實於台灣缺蚊發生熱區的防治，包括成蟲誘集防治技術、幼蟲棲地防治技術、台灣缺蚊熱點分布調查及防治效益評估。本團隊羅怡珮博士及黃榮南博士曾獲得科技部補助「研發台灣缺蚊（小黑蚊）防治技術」研究計畫，已成功克服室內繼代飼養的問題，可取得大量

台灣缺蠓供試昆蟲進行相關研發防治技術試驗，並累積部份天然有效防治資材。詹美鈴博士任職於國立自然科學博物館試驗場域，昆蟲學的研究背景，得無縫接軌進行防治技術的評估。本團隊的相關經驗也與台灣大學、嘉義大學及慈濟大學互相交流，並提供台灣大學、台中榮總及成大研究團隊台灣缺蠓成蟲進行研究，建立合作伙伴關係。本研究計畫期能建立防治模式，並將經驗傳承全台園區管理單位，以簡便有效的方法，永續經營台灣缺蠓的防治工作，做為其他地區防治台灣缺蠓的參考。

三、研究方法

(一)、台灣缺蠓的累代大量飼育及供試雌成蟲

Luo (2018) 已建立實驗室累代飼育台灣缺蠓的技術，包括以 BG-11 培養液培養小球藻 (*Chlorella vulgaris*, CHL) (Young, 2007)，再以濃縮藻液的沉澱物做為幼蟲的飼料並誘引台灣缺蠓產卵 (圖 1-A)。發展人工餵血裝置進行台灣缺蠓雌成蟲的餵血，將新鮮豬血以冷凍乾燥機製備成全血粉，再加水還原後使用；另外，也可將新鮮豬血小量分裝後直接置於 -20℃ 冰箱冷凍保存，再取出解凍後使用。熱板的溫度設定 37℃，將完成交尾的台灣缺蠓雌成蟲接入直徑 4.5 cm × 高 6 cm 的壓克力管，再置於預先加熱血餐的培養皿上進行人工餵血 (圖 1-B、C)。另外取直徑 8.2 cm × 高 6.3 cm 透明塑膠飼養盒 (產卵杯)，將滅菌乾燥處理的土壤置入飼養盒內，加入適量水將土壤夯實，滴加 2 mL 濃縮綠藻液供台灣缺蠓產卵 (圖 1-D)。將 10~12 隻飽食血餐的台灣缺蠓雌成蟲置入飼養盒內，雌成蟲會於三天後產卵 (圖 1-E)。將飼養盒兩兩併排放置，在兩側各使用一組燈光均勻照射 (照度平均值為 4900 lux)，台灣缺蠓會產卵於受光面 (圖 1-F)。

台灣缺蠓的卵期 (圖 2-A) 約 3 天，保持濕度有利幼蟲孵化 (圖 2-B)，孵化幼蟲以綠藻液餵食至化蛹。幼蟲期在 28℃ 時約需 7 天，冬季溫度降低至 25℃ 時約需 9~10 天。蛹期約 3 天 (圖 2-C)。將化蛹的飼養盒放入飼養籠，待台灣缺蠓成蟲羽化後進行誘引試驗。

羽化成蟲 (圖 3-A) 得以順利進行群舞及交尾的行為與飼養籠的設計有關 (Luo, 2018)。為使供試台灣缺蠓雌成蟲順利交尾以進行誘引試驗，在邊長 30 cm 的壓克力養蟲籠底部鋪一薄層石膏，養蟲籠內壁以壓克力原料均勻塗刷，可避免飼養的台灣缺蠓成蟲持續不斷衝撞籠透明材質的養蟲籠，保留上方開口以維持良好的通風，可以擾動刺激台灣缺蠓飛翔進行交尾行為 (圖 3-B)，養蟲籠以條狀塑膠瓦楞紙板覆蓋並於上方架設燈光，籠內的照度為 50~100 lux (圖 3-C)，觀察台灣缺蠓的交尾情形，高交尾率會提高吸血率，有利進行誘引劑偏好試驗 (圖 3-D、E)，以羽化後 9 至 12 日齡雌成蟲進行誘引劑試驗。

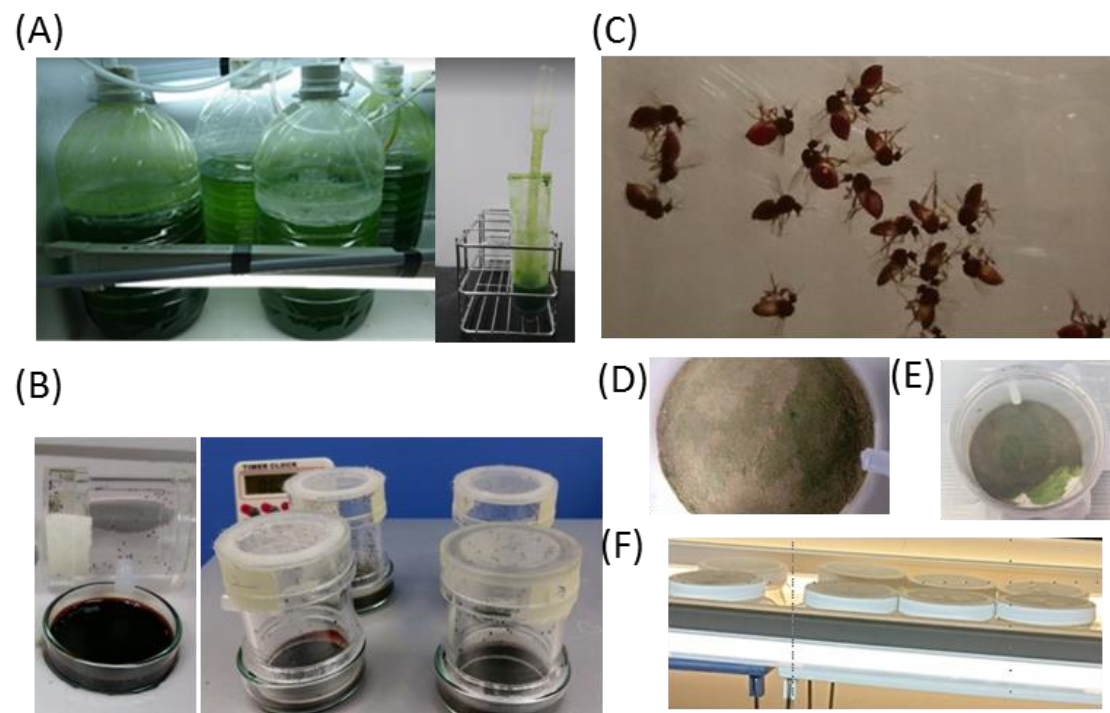


圖 1 台灣鈇蠓累代飼育。(A) 培養小球藻及離心濃縮藻液，(B) 以玻璃皿裝盛血餐，將裝盛雌成蟲的壓克力管插入玻璃皿內進行台灣鈇蠓人工餵血，(C) 吸飽血的台灣鈇蠓，(D) 飼養盒裝盛夯實的土壤，(E) 雌成蟲產卵飼養盒，(F) 以燈光均勻照射產卵飼養盒 (Luo and Jian, 2020)。



圖 2 台灣鈇蠓之 (A) 卵期，(B) 幼蟲期及(C) 蛹期 (Luo and Jian, 2020)。

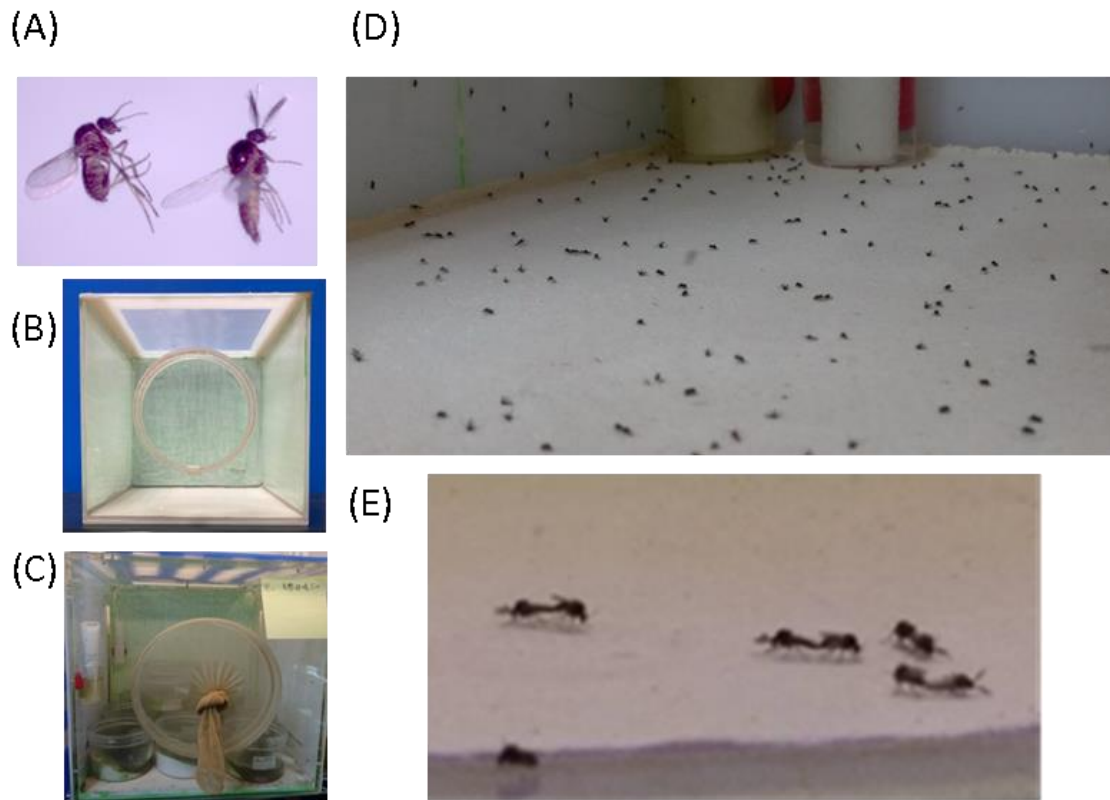


圖 3 台灣缺蠔的群舞及交尾。(A) 雌成蟲及雄成蟲，(B) 客製化壓克力箱，上方的開口覆蓋細網保持良好通風，(C) 養蟲籠壁的透光度、照明及陰影影響交尾率，(D) 壓克力箱內交尾的台灣缺蠔，(E) 交尾的台灣缺蠔成蟲 (Luo and Jian, 2020)。

(二)、不同組合化學物質的誘引試驗

1、誘引試驗裝置:邊長 2 公尺網籠

於有光源且通風的室內架設邊長 2 公尺網籠 (150 目尼龍布) (圖 4-A)，網籠有設計 2 個拉門防止供試台灣缺蠔逃走 (圖 4-B)。於中央架設誘捕裝置。試驗前先移入 30 隻已交尾台灣缺蠔雌成蟲到網籠內，再將捕蚊燈及觀察箱連同誘引物質(培養皿裝盛 10 毫升)放入。使用深田家電 UV 吸入式捕蚊燈 (FMT185P)，波長為 360-400nm，將捕蚊燈放置於邊長 20 公分的壓克力觀察箱，打開誘捕裝置的吸入式風扇進行誘捕，計時 20 分鐘。取出觀察箱，計算觀察箱內的雌蟲數量及誘捕率 (圖 4-C)，並以吸蟲管將網籠內未被捕獲的供試雌蟲吸回。比較不同誘引物組合、濃度、光線及熱源對台灣缺蠔的誘捕效果，做為田間試驗的參考。

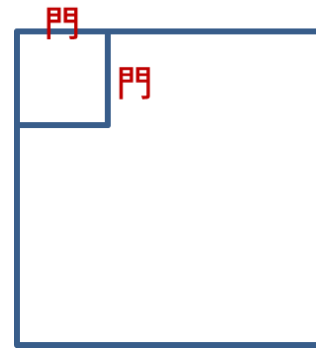
2、誘引物質種類、濃度及組合

共測試 40 組誘引化學物質、濃度、外加熱源及 UV 燈光處理測試組，誘蟲籠放入以玻璃培養皿裝盛 10 毫升配製的液體誘引物質。40 組誘引試驗分別是 UV 無水、UV 無水(電熱片

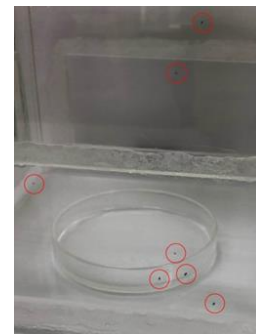
60℃、120℃)、UV+水、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%、碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+加熱、碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%+加熱、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+芥酸 10%+加熱、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+亞油酸 10%+加熱、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+亞油酸 10%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+亞油酸 15%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+芥酸 10%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+芥酸 15%、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.01%+八烯醇 0.001%、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.1%+八烯醇 0.01%、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.1%+八烯醇 0.01%+加熱、碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.1%+八烯醇 0.01%+芥酸 10%、加熱 UV+異戊酸 1%+八烯醇 0.1%+亞油酸 10%、UV+異戊酸 1%+八烯醇 0.1%+芥酸 10%、UV+異戊酸 10%+八烯醇 0.1%+丙酮 49.5%+酒精 37.13% (+電熱片 120℃)、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.01%+八烯醇 0.001%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.1%+八烯醇 0.01%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 0.1%+八烯醇 0.01%+芥酸 10%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 1%+八烯醇 0.1%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 1%+八烯醇 0.1%+芥酸 10% (+電熱片 120℃、60℃)、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸 13%+異戊酸 10%+八烯醇 0.1%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%+異戊酸 0.01%+八烯醇 0.001%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%+異戊酸 0.1%+八烯醇 0.01%、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%+異戊酸 1%+八烯醇 0.1% (+全黑暗)、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%+異戊酸 1%+八烯醇 0.1% (+電圈 72℃、電熱片 120℃、電熱片 60℃)、UV+碳酸氫銨 30%+乳酸鈉 13%+異戊酸 10%+八烯醇 0.1%。試驗重複數為 3-17 次，並進行統計分析具顯著誘引效果的組合。



(A)



(B)



(C)

圖 4 邊長 2 公尺網籠進行台灣缺蚊誘引試驗。(A) 邊長 2 公尺網籠，(B) 2 公尺網籠鳥瞰圖，(C) 觀察箱內的台灣缺蚊。

(三)、 化學誘引物質結合燈光進行野外成蟲誘集防治試驗

分別於 12 月 13 日、12 月 20 日、5 月 9 日、5 月 19 日、6 月 2 日、6 月 15 日及 6 月 22 日於台南市新化區中興大學新化林場進行野外成蟲誘集試驗。參考邊長 2 公尺網籠的試驗結果，選擇誘集率佳及再現性較高的化學物質組合，使用深田家電 UV 吸入式捕蚊燈 (FMT185P)，波長為 360-400nm，將捕蚊燈放置於邊長 20 公分的壓克力觀察箱，打開誘捕裝置的吸入式風扇進行誘捕，配合燈光及暖暖包或電熱片等加熱系統進行誘集試驗，每次的誘集時間自中午 12 點至下午 2 點，計算評估誘集效果。

(四)、 植物園捕蚊燈誘集試驗

為評估捕蚊燈對台灣缺蚊的誘集效果，於植物園的溫室、苗圃及司機休息室三處放置捕蚊燈 (深田家電 UV 吸入式捕蚊燈 (FMT185P)，波長為 360-400nm)，與台灣缺蚊成蟲密度監

測調查同步進行，分為兩個時段進行誘集，從調查當天 17:00 放至隔天上午 8:00，更換蟲網後再由 17:00 誘集至隔天早上 8:00，分類、計數不同區域不同時段捕蚊燈誘集昆蟲的種類及數量。

(五)、 殺菌劑對小球藻抑制生長試驗

1、 殺菌劑種類：

為了解使用殺菌劑於幼蟲棲地管理的可行性，選用 3 種殺菌劑進行小球藻抑制生長試驗，分別是鄰苯甲基對氯酚（環署衛製字第 1768 號，代號 OPP 5%）、氯化正烷二甲苯甲基銨（環署衛製字第 0978 號，代號 QUAT 10%）及市售漂白水（代號 NaOCl 5%）。將 3 種殺菌劑分別以 RO 水稀釋，測試的濃度分別為 5%，及將 5%殺菌劑稀釋 30 倍(0.17%)及 120 倍(0.04%)進行試驗。

2、 試驗方法

小球藻抑制生長試驗採用 2 種測試方法:(1) 小球藻藻液與殺菌劑同時培養處理，先將小球藻的藻液接種於洋菜培養基，再於洋菜培養基中央放置空白濾紙錠，按每平方公尺處理 50 毫升殺菌劑稀釋液的劑量，將稀釋的殺菌劑液體滴加於濾紙錠上，觀察小球藻於不同培養日的生長情形。(2) 後加殺菌劑處理，先將小球藻藻液接種於洋菜培養基，培養數日後，再置入空白紙錠，按每平方公尺處理 50 毫升殺菌劑稀釋液的劑量，將稀釋的殺菌劑液體滴加於濾紙錠上，觀察小球藻於不同培養日的生長情形。

(六)、 評估螞蟻作為台灣缺蟻天敵的潛力

為了瞭解台灣缺蟻族群密度與螞蟻種類之關係，分別在台灣缺蟻密度不同的三處監測點調查螞蟻相的分佈，包括台北寶藏巖國際藝術村（台灣缺蟻年平均密度 35.6 隻 / 20 分鐘；調查範圍約 971.32 平方公尺）、國立臺灣大學校內展書樓對面三角植被區域（台灣缺蟻年平均密度 26.7 隻 / 20 分鐘；調查範圍約 929.94 平方公尺）、台中大坑風景區芋園巷福德祠周遭（台灣缺蟻年平均密度 112.5 隻 / 20 分鐘；調查範圍約 973.74 平方公尺）進行蟻相調查，螞蟻調查監測點的陷阱種類有酒精式掉落式陷阱、蛋白質誘引式陷阱、脂質誘引式陷阱及醣

類誘引式陷阱。蟻相豐富度以 Margalef's index 和 Menhinick's index 計算評估，以 Simpson's Index 和 Shannon's Index 作為多樣性指數。此外，採集兩種大頭家蟻屬蟻蟻於實驗室進行對台灣鋏蠋及土棲生物的掠食試驗，評估蟻蟻應用於台灣鋏蠋生物防治的潛力。

(七)、台灣鋏蠋田間 (野外) 防治試驗

1、試驗地點：

本計畫以科博館植物園為台灣鋏蠋全方位防治策略的試驗場地，科博館為中台灣大型公共場域，為遊客及附近住家民眾熱門遊憩場地，因為人潮眾多，無形中也提供了台灣鋏蠋的血源。科博館植物園植栽綠地面積廣，每日定時澆灌養護形成高濕度的環境，成為台灣鋏蠋繁殖的溫床。每到夏天，台灣鋏蠋族群密度便普遍偏高，遊客抱怨總是不斷。以科博館為試驗場域，若防治得宜，不但可降低台灣鋏蠋對遊客的叮咬干擾，由降低遊客的客訴率，可評估防治試驗成效。

2、試驗場域規劃：

根據過去研究顯示科博館植物園 (4.5 公頃) 為科博館台灣鋏蠋密度最高之區域。因此，本計畫以科博館植物園進行台灣鋏蠋之全方位防治。

於科博館植物園右側圓形大草坪四周 (約 2.5 公頃) 為有機資材防治試驗區域，將大草坪四周劃分為四部分 (扣除中央為遮蔭及停車場區塊後，每部分約 0.5 公頃)，供試驗人員分工進行硫酸銨肥料防治或進行蟻蟻釋放試驗 (圖 5)。分別於 7 月 26 日進行第一次施肥，施灑量約為 550 公斤/公頃。於 9 月 6 日進行第二次施肥，施灑量約為 550 公斤/公頃。於 12 月 6 日進行第三次施肥，施灑量約為 275 公斤/公頃。

柳等 (1964) 於福建省利用飽和鹽水漂浮法調查幼蟲可能的孳生地，發現在樹蔭下腐植土幼蟲之陽性率 (positive breeding rate) 最高，牆腳半遮蔭的青苔處次之，太潮濕且腐植質豐富的濕泥和完全向陽之土表未發現幼蟲 (柳忠婉 et al., 1964)。幼蟲多數棲息於地表 1 公分的表層。Chen et al. (1979) 利用放大鏡直接調查幼蟲的孳生地，發現幼蟲均為陸生，主要孳生源為房屋或建築物周圍及樹蔭下之土壤表面，土壤含水量和遮蔭為主要影響因子，含水量 10-20 % 的土壤最適合幼蟲生長，太乾或太濕皆不適宜 (Chen et al., 1979)。王和葉調查獨立住

家與幼蟲孳生地之關係，發現幼蟲孳生地多分布於住家周圍半徑 10 公尺的範圍，包括排水溝壁、屋外花盆、屋簷下、周圍牆壁上與汲水幫浦附近土面，皆有台灣缺蠓幼蟲的分布（王凱助 & 葉金彰, 1997）。為進行幼蟲化學藥劑防治，選用芬普尼粒劑的一般環境衛生用藥進行台灣缺蠓幼蟲防治。將藥劑按推薦使用量，均勻撒布於局部孳生綠藻及藍綠藻的地表，藥劑的防治效果約可持續一年，粒劑的劑型施用方便，屬於一般環境衛生用藥，水分澆灌更可幫助發揮藥效，適合科博館植物園需要經常澆水的環境，若防治成效佳，可由維護景觀時同步處理，試驗場址為植物園全區。於 111 年 2 月 14 日進行幼蟲化學藥劑防治，原建議用量為每公頃 25-35 公斤（每平方公尺 2.5-3.5 公克），因防治成效不彰，於 111 年 7 月 18 日及 8 月 5 日提高施用量為每公頃 50 公斤，擇定剛下過雨且土壤潮濕的最佳時機施藥。施藥後植物園有零星降雨，植物園的園藝工作人員也協助澆水，期使藥劑發揮較佳的防治效果。試驗前先指導工作人員須於全區裸露潮濕的地表施灑粒劑，有落葉覆蓋或是植栽披覆處不用施藥，陽光全日直射處不用施藥。在走道附近、石縫、水泥土壤縫隙、樹根縫隙尤需仔細處理。



圖 5 有機資材防治試驗區

3、防治效益評估

有關本計畫防治效益之評估包括台灣缺蠓成蟲族群密度監測及民眾遊客的客訴及訪談。

(1). 台灣缺蠓成蟲族群密度監測

以科博館平面圖規劃植物園區監測範圍，根據往昔研究調查結果，擇定植物園 11 個調

查點及博物館區 2 個調查點。溫室 (點 3) 及苗圃 (點 1) 位置獨立、封閉，博物館區的調查點 (點 9 及點 10) 與植物園處理區間有大馬路區隔，選定為防治試驗的對照區，其餘 9 個調查點為處理區 (圖 6)。

每個調查點安排 3 個調查人員，一組調查人員調查 2-3 個調查樣點，每 1-2 週調查一次，於調查週的週一下午 1 點 30 分開始進行調查，以小腿誘集法進行調查，每個點的調查時間為 20 分鐘。調查人員將一腳褲管捲至膝蓋，裸露小腿。先在調查點定位靜止不動至少五分鐘，再按下計時器，開始計數 20 分鐘內被小腿誘引的雌蟲數目，並用電動吸蟲器將台灣缺蠨成蟲吸入採集杯，經分類計數後進行防治效益評估。防治率 (%) = $(1 - (\text{處理區處理後密度} \times \text{對照區處理前密度}) / (\text{處理區處理前密度} \times \text{對照區處理後密度})) \times 100\%$ (Henderson and Tilton, 1955)。防治率以一個月為評估期程，計算處理區與對照區該月各調查點 20 分鐘成蟲平均誘集數，由處理前及處理後台灣缺蠨的成蟲密度計算防治率。

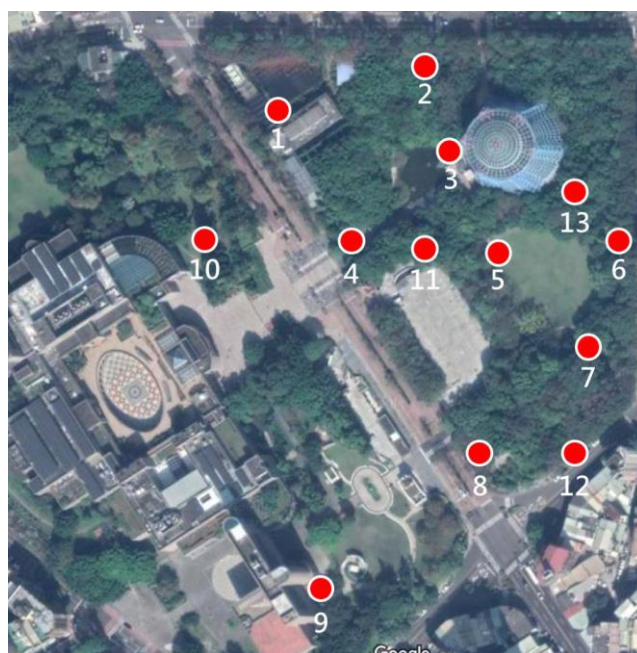


圖 6 台灣缺蠨成蟲族群密度監測調查樣點

(2). 改善調查的吸蟲器

計畫進行台灣鈹蠓成蟲密度監測時，原先使用的工具為電動吸蟲器（迷你吸塵器 圖 7-A）及加工過的有蓋紙杯（圖 7-B、圖 7-C），用吸蟲器所附的尖頭吸管捕捉停在小腿上吸血的台灣鈹蠓，隨後集中在紙杯中。在紙杯蓋的中間剪開直徑約 3 公分的透氣孔，並以蓋子將薄紗網固定在紙杯口避免台灣鈹蠓逃脫，側邊開孔並用雙層橡膠封口，分別劃開一個裂縫再以十字重疊，將捕捉到的台灣鈹蠓由此開口吹氣進紙杯收集(圖 7-C)。



(A)



(B)



(C)

圖 7 原先使用的台灣鈹蠓成蟲監測工具。(A)電動吸蟲器，(B)紙杯側邊開口，(C)杯蓋開口夾紗網。

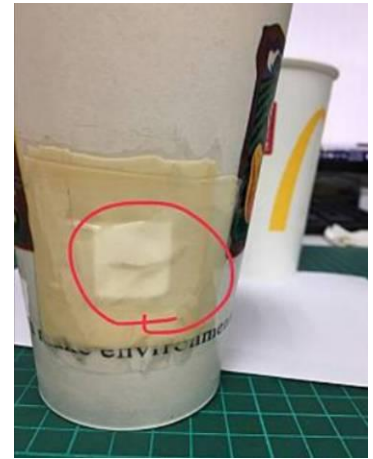
經過一段時間發現，吸蟲工具需要兩隻手操作，且將台灣鈹蠓吹入紙杯時，台灣鈹蠓數量不容易精準，無法有效採集到小腿上的台灣鈹蠓，採集後容易逃脫，吹入紙杯時會跑到兩層膠膜封間（圖 8-A、圖 8-B），甚至直接從不密合的開口逃走（圖 8-C）。為了避免這樣的情況發生，將紙杯外再加一個紙杯，以確保台灣鈹蠓不會從開口跑走（圖 8-D）。此外，在吸蟲管的吹氣口加上吸管，以方便操作、避免台灣鈹蠓卡在吸蟲器中（圖 8-E）。經過上述的改良，雖然在防止台灣鈹蠓逃逸有些許改善，但是操作仍顯不夠便利。



(A)



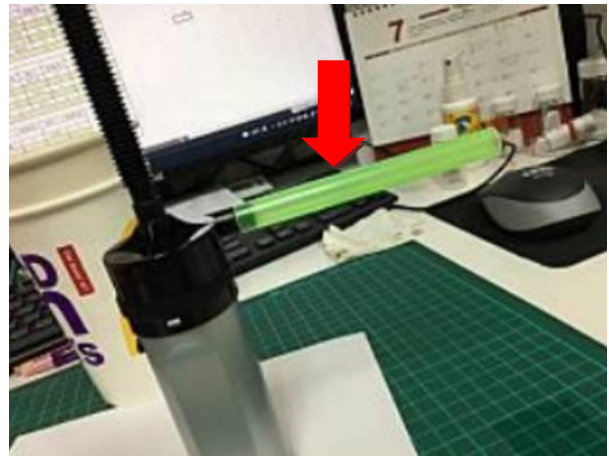
(B)



(C)



(D)



(E)

圖 8 台灣缺蠓調查時影響調查結果的情況及改善措施。(A)台灣缺蠓夾在雙膜之間，(B)台灣缺蠓夾在膠膜與紙杯間，(C)橡膠膜切口不密合，(D)紙杯套外杯避免成蟲逃跑，(E)加吹管提高操作容易度、避免台灣缺蠓卡管。

科博館的工作同仁集合全體人員的構思，以離心管做為調查工具的收集器，將離心管鑽孔 (圖 9-A)，以矽膠軟管連接做為吸蟲管的吸入口。將 DNA 萃取管黏上薄紗網 (圖 9-B)，以矽膠軟管連接吸蟲器連。這種新的吸蟲工具 (圖 9-C) 單手即可操作 (圖 9-D)，減少操作步驟，節省冰箱冷藏標本空間，不用吹氣收集調查台灣缺蠓，更換離心管即可進行下一個樣點調查。



(A)



(B)



(C)



(D)

圖 9 製作新的改良吸蟲工具。(A)於離心管底部鑽孔，(B)剪切 DNA 萃取管並黏上薄紗網，(C)新的吸蟲工具，(D)單手即可操作的新吸蟲工具。

(3). 民眾與遊客針對博物館台灣缺蠓之問卷及客訴頻率

設計問卷題目，規劃內容包括：(1) 遊客基本資料調查，如受測者之「居住地」、「性別」、「年齡」、「教育程度」、「職業」等；(2) 民眾與遊客到訪科博館動機與滿意度調查，包括受測者「訪館動機」、「訪館從事活動類型」、「資訊取得管道」、「當月訪館次數」、「訪館滿意度」、「影響遊客訪館因素」、「博物館防蚊處理」；(3) 民眾與遊客對台灣缺蠓的反應：包括「訪館被台灣缺蠓叮咬次數」、「訪館前事前防範處理」、「被台灣缺蠓叮咬之身體反應」、「被叮咬後之事後處理」、「因台灣缺蠓而影響訪館意願」等。在博物館及植物園出入口進行訪談，以了解民眾或遊客對台灣缺蠓之看法及每個月台灣缺蠓危害情形。另外收集與記錄每月民眾與遊客寄至本館或其他行政機構有關本館之有關台灣缺蠓抱怨事件，包括民眾陳情案件、觀眾諮詢信件，或抱怨電話等，做為評估台灣缺蠓危害情形之評估根據。

四、結果與討論

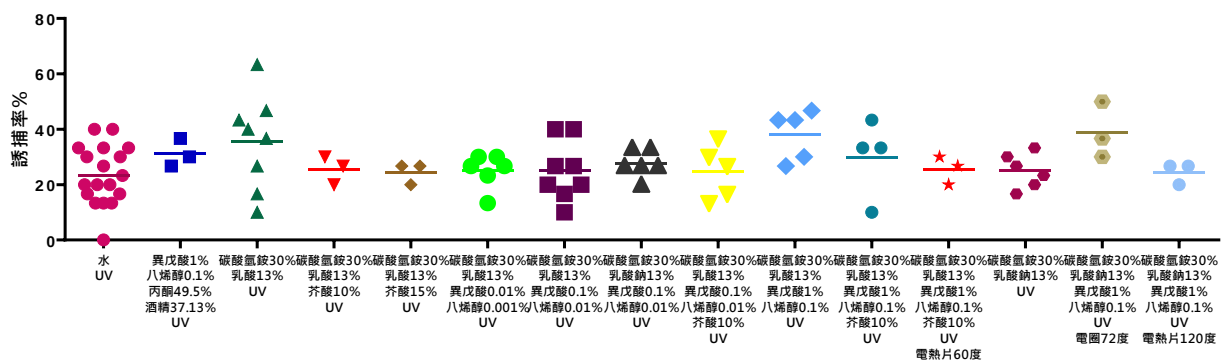
(一)、誘引試驗

在具有光源且通風的室內架設邊長 2 公尺蟲網，中央架設誘捕裝置。試驗前先移入 30 隻已交尾之台灣缺蠓 (雌蟲) 至蟲網內，再將觀察箱連同誘引物質放入，打開誘捕裝置的吸入式風扇進行誘捕，計時 20 分鐘，隨後取出觀察箱，計算觀察箱內的雌蟲數量及誘捕率。在不同誘引物組合對台灣缺蠓雌成蟲的誘引試驗結果，捕蚊燈開啟 UV 燈的誘捕效果優於未開啟 UV 燈的試驗組。在全暗的環境下只誘捕到 10% 的台灣缺蠓成蟲。碳酸氫銨 30% 及乳酸 13% 的組合再添加芥酸或亞油酸並未能提升誘捕率，但是添加異戊酸及八烯醇可增加對台灣缺蠓雌成蟲的誘捕效果，添加高濃度的異戊酸及八烯醇會降低誘捕效果。在捕蚊燈外圍放置加熱裝置，溫度在 60-70℃ 的效果比 120℃ 的效果佳 (表 1)。

表 1 邊長 2 公尺網籠以不同誘引物組合對台灣缺蠓雌成蟲的誘捕率

試驗組別	誘捕率(%)
UV、無水	18.89 ±5.77
UV、無水、電熱片 120℃	8.88 ±4.02
UV、無水、電熱片 60℃	10.79 ±5.26
UV、水	23.52 ±10.63
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%	35.42 ±17.18
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%	25.00 ±6.24
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%	8.65 ±8.91
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、加熱	2.50 ±3.19
碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%	14.52 ±16.15
碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、加熱	0.00 ±0.00
UV、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、亞油酸 10%	12.22 ±1.92
UV、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、芥酸 10%	14.44 ±5.09
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、亞油酸 10%	18.89 ±12.62
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、亞油酸 15%	18.89 ±6.94
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、芥酸 10%	25.56 ±5.09
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、芥酸 15%	24.44 ±3.85
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 10%、八烯醇 0.1%	20.00 ±8.82
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、亞油酸 10%、加熱	0.00 ±0.00
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、芥酸 10%、加熱	0.00 ±0.00
UV、異戊酸 10%、八烯醇 0.1%、丙酮 49.5%、酒精 37.13%	31.11 ±5.09
UV、異戊酸 10%、八烯醇 0.1%、丙酮 49.5%、酒精 37.13%、電熱片 120℃	7.80 ±1.91

UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.01%、八烯醇 0.001%	25.00 ± 6.24
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.1%、八烯醇 0.01%	25.00 ± 10.69
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%	38.00 ± 9.01
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 0.01%、八烯醇 0.001%	14.44 ± 7.70
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 0.1%、八烯醇 0.01%	27.78 ± 5.02
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%	20.00 ± 6.09
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、全黑暗	10.00 ± 8.82
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、電圈 72°C	38.90 ± 10.18
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、電熱片 120°C	24.47 ± 3.87
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、電熱片 60°C	22.20 ± 10.18
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.01%、八烯醇 0.001%	6.67 ± 2.36
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.1%、八烯醇 0.01%	7.41 ± 8.30
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.1%、八烯醇 0.01%、加熱	2.22 ± 3.85
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.1%、八烯醇 0.01%、芥酸 10%	24.67 ± 9.60
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、芥酸 10%	30.00 ± 14.14
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、芥酸 10%、電熱片 120°C	23.33 ± 12.05
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 1%、八烯醇 0.1%、芥酸 10%、電熱片 60°C	25.57 ± 5.10
UV、碳酸氫銨 30%、乳酸鈉 13%、異戊酸 10%、八烯醇 0.1%	6.67 ± 7.60
碳酸氫銨 30%、乳酸 13%、異戊酸 0.1%、八烯醇 0.01%、芥酸 10%、加熱	1.11 ± 1.92



(二)、 野外成蟲誘集試驗

野外試驗受氣候及台灣缺蠓數量等因素影響甚鉅，試驗進行時發現，台灣缺蠓成蟲出現在捕蚊燈附近盤旋飛翔，在 11 種組合的野外誘引試驗結果，2 小時最大誘集到 6 隻台灣缺蠓 (表 2)，將再調整捕蚊燈的設計、誘引物的配方及濃度進行測試。

表 2 化學誘引物質結合燈光野外成蟲誘集試驗

編號	碳酸氫銨	乳酸鈉	異戊酸	八烯醇	芥酸	亞油酸	氨水	丙酮	酒精	溶劑	總體積	誘捕數	重複數
1	30%	13%	20%	2.0%						RO 水	30 ml	0-5	16
2	30%	13%	20%	2.0%	20%					RO 水	30 ml	0-6	4
3	30%	13%	10%	1.0%						RO 水	10 ml	1	1
4	30%	13%	1%	0.1%	10%					RO 水	10 ml	2	1
5	30%	13%								RO 水	30 ml	2	1
6			20%	2.0%	20%					RO 水	30 ml	1	1
7			20%	2.0%		20%				人工汗液	30 ml	0	1
8			20%	2.0%	20%	20%	1%			人工汗液	30 ml	0	1
9			30%	3.0%						RO 水	30 ml	3	1
10			30%	3.0%			1%			人工汗液	30 ml	0	1
11			2.38%	2.38%				47.5%	47.5%		30 ml	1	1

(三)、 植物園捕蚊燈誘集

自 110 年 7 月 12 日至 111 年 7 月 25 日止，除天候因素影響外共進行 29 次捕蚊燈誘集試驗，樣本經鑑定共有 14 目，38,092 隻昆蟲。其中數量最多的是雙翅目昆蟲，共計 30,928 隻 (81.19%)，其次為半翅目昆蟲有 2,180 隻 (5.72%)。

誘集到的雙翅目蠓科的昆蟲共 4,428 隻 (11.62%)，包括缺蠓屬 (*Forcipomyia*)、毛蠓屬 (*Dasyhelea*) 及庫蠓屬 (*Culicoides*) 等屬，其中以缺蠓屬數量最多，共 2,983 隻，佔蠓科的 67.36%。其次為毛蠓屬種類，共 1,374 隻，佔蠓科的 31.02%。庫蠓屬種類，共 71 隻，佔蠓科的 1.60%，其中有 69 隻是病媒昆蟲荒川庫蠓 (*Culicoides arakawae*)。紀錄蠓科各屬昆蟲的發生情形，缺蠓屬成蟲在 110 年 7 月 12 日的調查，一天即採到 1,311 隻，佔全年缺蠓屬昆蟲的 42.66%。庫蠓屬昆蟲從 111 年 4 月 12 日才開始有採集紀錄，持續到 111 年 7 月 25 日止，幾乎每次調查都可發現 (圖 11)。

台灣缺蠓成蟲共誘集到 7 筆 14 隻紀錄，8:00 至 17:00 誘集的比例為 4.55% (n=2)，17:00 至翌日 8:00 誘集的比例為 95.45% (n=12)，其中誘到 8 隻雌蟲 (57.14%)，6 隻雄蟲

(42.86%)。

以捕蚊燈誘集 4,414 隻蠓科(非台灣缺蠓)成蟲，8:00 至 17:00 誘集的比例為 5.41% (n=239)，17:00 至翌日 8:00 誘集的比例為 94.68% (n=4,179)，夜間可誘集到較多的蠓科昆蟲。由於蠓科物種大多數標本需要製成玻片才能辨識特徵並進行物種鑑定，有時需輔以分子鑑定，因此仍持續進行鑑定及分類，期盼未來能進一步了解博物館園區蠓科族群的變動，了解是否有其他吸血性蠓類，並探討與台灣缺蠓發生的相關性。此外，也希望透過燈光誘集的結果來看出防治前後對植物園區之生態是否有影響。

實驗期間亦曾以捕蚊燈和人工汗液在三個調查點進行誘集試驗，但均未誘到台灣缺蠓成蟲。也曾以捕蚊燈、暖暖包及人工汗液在第 4 點進行誘集，也未誘到台灣缺蠓。請志願者坐在捕蚊燈旁，加上人體體汗衣進行誘集，有誘到台灣缺蠓成蟲 1 隻，顯示人身上的體味對台灣缺蠓有較佳誘集效果。以燈光及水進行誘集，發現夜間被誘集的比例較高，實驗室觀察發現，台灣缺蠓在關燈時有趨光的特性，野外調查時將改變延長時間及調查時段。

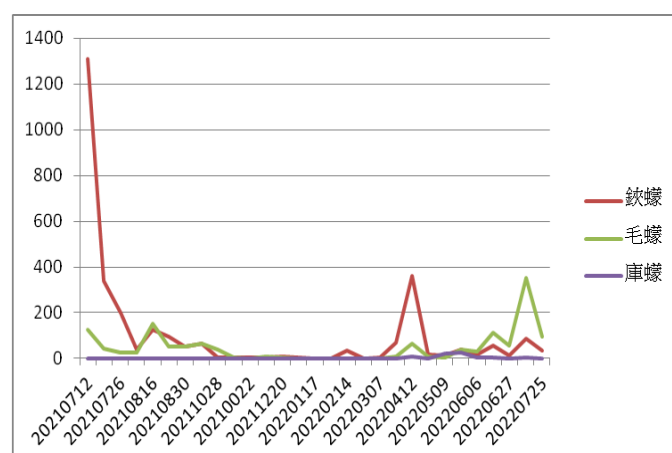


圖 11 捕蚊燈誘集蠓科昆蟲發生情形

(四)、殺菌劑抑制小球藻生長效果

有學者提出在綜合防治策略可噴灑殺藻劑阻斷幼蟲取食，往昔研究於實驗室使用葉綠素螢光（chlorophyll fluorescence）分析儀測得藻類的葉綠素螢光參數 F_v/F_m 值，判別藻類生長是否受到抑制，結果顯示殺菌劑在 20-400 ppm 的濃度對藍綠藻及小球藻懸浮藻液的抑制效果都達顯著差異。野外進行殺菌劑抑制藻類生長試驗，需要 400 ppm 濃度以上，及連

續 4 天以上施灑藥劑，即可達到有效抑制藻類生長 (謝芸軒等，2011)。台灣鋏蠓幼蟲在棲地爬行取食，雖屬於雜食性，但可餵飼單純小球藻等藻類，得以正常成長並完成發育，棲地內其他有機質或單細胞生物應該也可提供幼蟲生長發育。為了解於棲地處理殺菌劑抑制藻類生長防治台灣鋏蠓幼蟲的可行性，選擇鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及市售漂白水進行小球藻抑制生長試驗。

在預備試驗時先以液態培養進行測試，取小球藻數量為 1.0×10^5 cell/ml 的藻液 1 毫升，分別加入 5ul 的鄰苯甲基對氯酚 (opp 5%)、氯化正烷二甲苯甲基銨 (QUAT 10%) 及市售漂白水 (NaOCl 5%)，鄰苯甲基對氯酚最終濃度是 0.025%、氯化正烷二甲苯甲基銨最終濃度是 0.05% 及漂白水最終濃度是 0.025%。加入殺菌劑後漂白水試驗組的葉綠素被破壞，持續到第 4 天都為目視清澈透明。加入鄰苯甲基對氯酚的試驗組在第 2 天至第 3 天的綠色變淡，加入氯化正烷二甲苯甲基銨試驗組在第 3 天綠色明顯變淡。對照組在第 4 天仍呈現綠色(圖 12)，選用的 3 種殺菌劑皆會破壞小球藻的葉綠素。

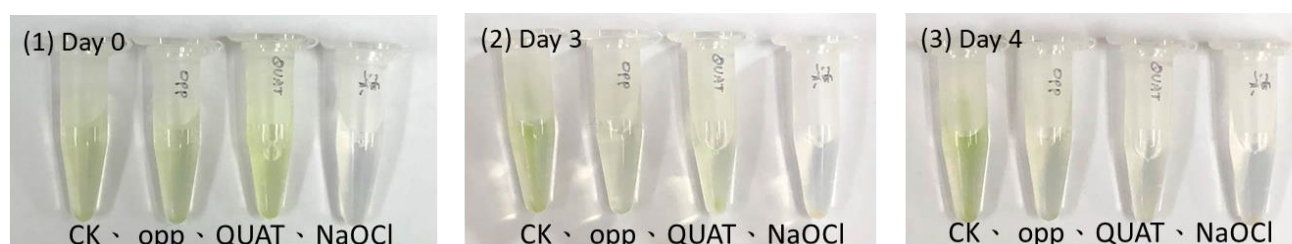


圖 12 藻液處理鄰苯甲基對氯酚(0.025%)、氯化正烷二甲苯甲基銨(0.05%)及漂白水(0.025%) 在 (1)Day 0、(2)Day 3 及(3)Day 4 的外觀。

為了解殺菌劑在非溶液狀態對小球藻抑制生長的效果，以洋菜培養基培養小球藻進行試驗 (圖 13)，左圖是將藻液滴加於培養基，並以三角玻棒將藻液塗抹均勻，於培養基中央放置濾紙錠並滴加 5ul 的殺菌劑處理同時培養。右圖是小球藻培養後再加殺菌劑進行測試，將藻液滴加於培養基，並以三角玻棒將藻液塗抹均勻，培養 3 天後，於培養基中央放置濾紙錠並滴加 5ul 的殺菌劑。鄰苯甲基對氯酚同時培養處理組自第 3 天至第 7 天，均未見小球藻生長。氯化正烷二甲苯甲基銨及漂白水同時培養處理組分別於第 5 天及第 6 天在培養基的邊緣見到小球藻生長的情形。鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及漂白水在後加殺菌劑處理組，3 種殺菌劑對小球藻均未能完全抑制生長，若要考慮抑制藻類生長進行台灣鋏蠓幼

蟲棲地管理，恐不易達到預期效果。

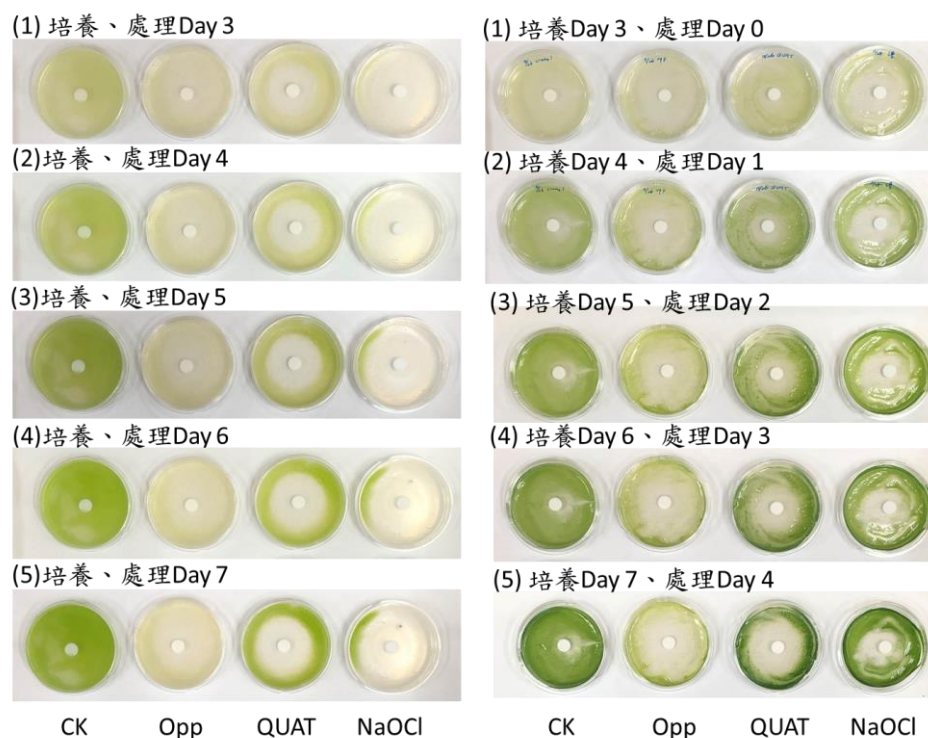


圖 13 培養基培養藻液處理鄰苯甲基對氯酚 (5%)、氯化正烷二甲苯甲基銨 (10%) 及漂白水 (5%) 對小球藻抑制生長試驗，左圖是藻液與殺菌劑同時培養，右圖是小球藻先培養 3 天再加殺菌劑處理，每個處理均在濾紙錠滴加 5ul 殺菌劑。

鄰苯甲基對氯酚 (5%) 的建議使用的稀釋倍數為 50-150 倍，氯化正烷二甲苯甲基銨建議使用的稀釋倍數為 300 倍，漂白水建議使用的稀釋倍數為 100 倍，為了解並比較三種殺菌劑的效果，將 3 種殺菌劑稀釋成相同濃度，測試殺菌劑濃度在 0.17% 及 0.04% 對小球藻的抑制生長效果，同時比較藻液與殺菌劑同時培養及藻液先培養再後加殺菌劑的抑制效果。

在藻液與殺菌劑同時培養的試驗中，殺菌劑的濃度 0.17% 處理後，第 4 天在濾紙錠邊的小球藻生長受到抑制，到第 7 天的抑制生長範圍未再擴大，離濾紙錠較遠處，小球藻的生長情況良好(圖 14)，三種殺菌劑以氯化正烷二甲苯甲基銨的抑制效果較佳。以 0.04% 的殺菌劑處理，抑制效果明顯較差(圖 15)。



圖 14 培養基培養藻液處理鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及漂白水對小球藻抑制生長試驗，藻液與殺菌劑 0.17%同時培養，按每平方公尺施用 50 毫升藥液的劑量，每個處理均在濾紙錠滴加 119 ul 殺菌劑，圖中為 3 次重複試驗的結果。

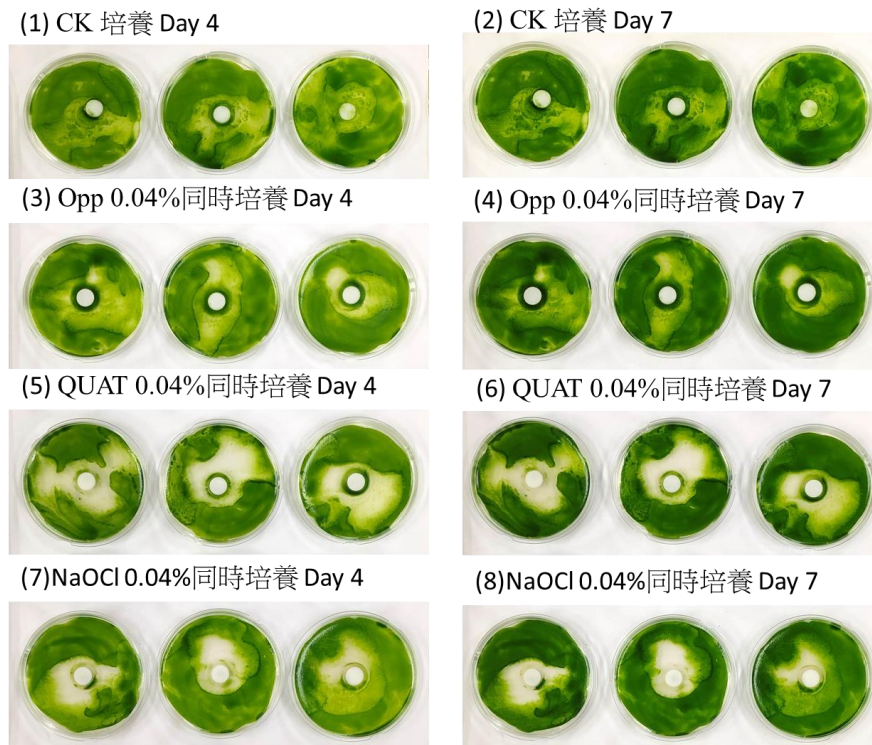


圖 15 培養基培養藻液處理鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及漂白水對小球藻抑制生長試驗，藻液與殺菌劑 0.04%同時培養，按每平方公尺施用 50 毫升藥液的劑量，每個處理均在濾紙錠滴加 119 ul 殺菌劑，圖中為 3 次重複試驗的結果。

將藻液先培養再後加殺菌劑的抑制試驗，處理殺菌劑濃度為 0.17%時，僅在濾紙錠周邊出現極小的抑制圈，效果不佳(圖 16)。處理殺菌劑濃度為 0.04%時，濾紙錠周邊的抑制圈更不明顯 (圖 17)。

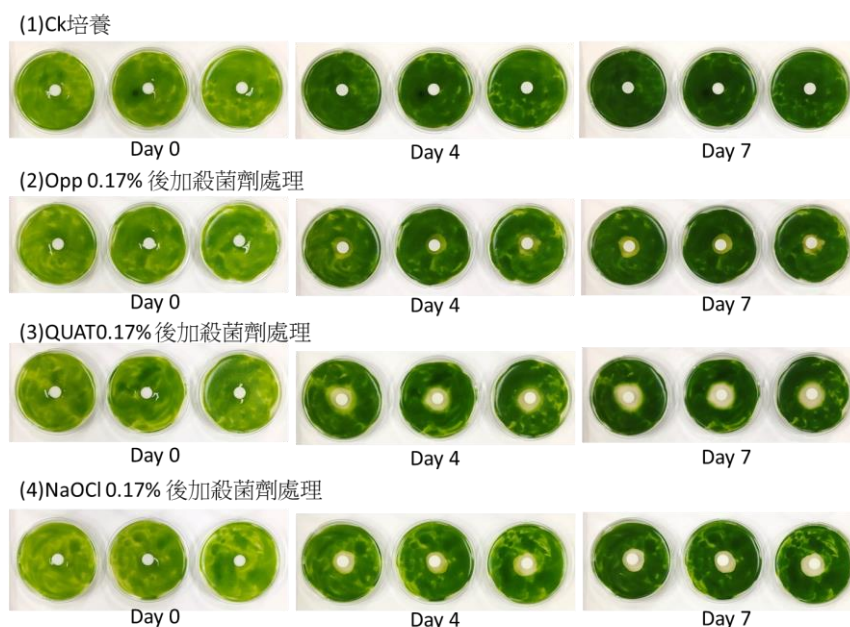


圖 16 培養基培養藻液三天後，再處理鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及漂白水對小球藻抑制生長試驗，殺菌劑濃度為 0.17%，按每平方公尺施用 50 毫升藥液的劑量，每個處理均在濾紙錠滴加 119 μ l 殺菌劑，圖中為 3 次重複試驗的結果。

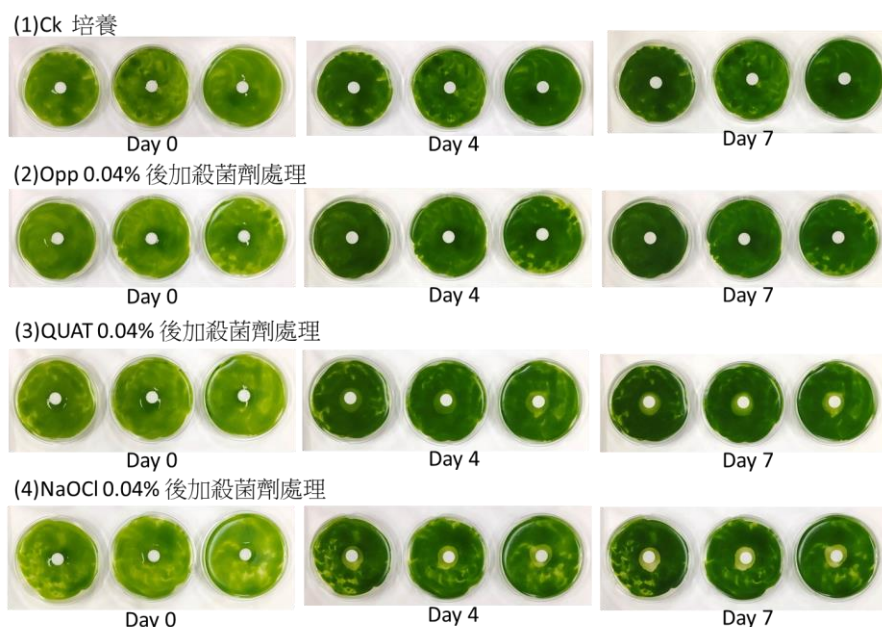


圖 17 培養基培養藻液三天後，再處理鄰苯甲基對氯酚、氯化正烷二甲苯甲基銨及漂白水對小球藻抑制生長試驗，殺菌劑濃度為 0.04%，按每平方公尺施用 50 毫升藥液的劑量，每個處理均在濾紙錠滴加 119 μ l 殺菌劑，圖中為 3 次重複試驗的結果。

(五)、 應用螞蟻防治台灣鋏蠋的潛力

螞蟻為高等真社會性昆蟲，具有勞動分工、高度的組織性和集聚性特性。由於螞蟻在蟻巢領域範圍具有高度搜索與捕食的行為，不僅在生態上扮演重要角色，也有許多被應用做為生物防治的資材，成功防治林業及農業害蟲。本計畫於選定三處台灣鋏蠋發生區域進行螞蟻種類調查結果如下：

Margalef's index: 寶藏巖(2.06) > 展書樓 (1.52) > 植物園 (1.31) > 大坑 (0.69)

Menhinick's index: 寶藏巖 (1.21) > 展書樓 (1.01) > 植物園 (0.79) > 大坑 (0.43)

Simpson's Index: 寶藏巖 (0.74) > 展書樓 (0.62) > 植物園 (0.5) > 大坑 (0.14)

Shannon's Index: 寶藏巖 (1.68) > 展書樓 (1.31) > 植物園 (1.05) > 大坑 (0.32)

結果顯示寶藏巖的多樣性和豐富度普遍較高，次之為展書樓、植物園，最後才是大坑。此外，螞蟻種類在三個調查地區皆以大頭家蟻 (*Pheidole* spp.) 最為普遍，其他常見的種類包括單家蟻 (*Monomorium* spp.) 和皺家蟻 (*Tetramorium* spp.) 等，上述兩種與大頭家蟻同樣為雜食偏肉食性的螞蟻。

為了評估台灣鋏蠋發生地區最普遍發生的大頭家蟻屬 (*Pheidole* spp.) 作為天敵的潛力，於實驗室評估最易採集到的熱帶大頭家蟻 (*Pheidole megacephala*) 或寬結大頭家蟻 (*Pheidole nodus*) 對台灣鋏蠋不同階段及不同獵物的偏好掠食效率，非選擇性測試 (分別放入不同階段獵物) 結果顯示，台灣鋏蠋卵兩小時內皆未被取食，而蛹期及四齡幼蟲被捕食的效率較佳，被掠食的數量和效率都有較佳的結果，其次為三齡幼蟲。非選擇性測試結果顯示除了卵期，其他台灣鋏蠋齡期皆大部分被捕食。在選擇性試驗 (同時放入不同階段獵物) 結果顯示，兩種大頭家蟻皆有類似的趨勢，僅台灣鋏蠋的卵於測試兩小時內未完全被取食，而其他齡期的台灣鋏蠋大部分都被捕食，尤其對台灣鋏蠋的蛹和四齡有較佳的掠食效率，分別為熱烈大頭家蟻和寬結大頭家蟻掠食率的第一和第二位，而三齡幼蟲雖然較蛹和四齡被掠食效率較差，但也有不錯的被掠食效率。

除成蟲期外，台灣鋏蠋卵至蛹期皆為土棲性昆蟲，台灣鋏蠋棲地亦可能包括其它土棲生物，為了瞭解台灣鋏蠋對不同獵物之偏好性，本計畫也採集與台灣鋏蠋體型大小相仿的土棲生物，進行活的獵物的偏好性測試。選擇性試驗結果顯示，在測試結束後唯一幾乎被捕食完畢的只有台灣鋏蠋幼蟲，其餘類型的獵物大多都還有一半以上的剩餘數量，其中又以跳蟲和

椿象的剩餘數量特別多，約有六至八成左右的跳蟲和椿象在進行測試兩小時後沒有被掠食。進行死獵物的選擇性試驗，結果顯示兩種大頭家蟻的掠食偏好雖略有異同，但兩種大頭家蟻對試驗獵物皆顯示固定的捕食順序，分別是跳蟲、椿象、死亡的台灣缺蠨幼蟲，最後則是活的台灣缺蠨幼蟲。活的台灣缺蠨幼蟲最後被捕食的結果顯示，大頭家蟻在掠食上會優先取食活動能力較差的獵物。

櫻桃紅蟬是實驗室飼養螞蟻的主要食物，為了比較兩種螞蟻對獵物是否具有習慣偏好性，將螞蟻飼養於同時提供櫻桃紅蟬與台灣缺蠨蛹的環境，結果顯示熱烈大頭家蟻工蟻搬運櫻桃紅蟬的情況從一開始非常積極的搬運，直到後來漸漸地趨緩，整個 3 小時的實驗過程中總計搬運了 11 隻蟬螂。雖然絕大多數的工蟻一直不間斷的搬運櫻桃紅蟬，但還是有部分工蟻並未加入搬運蟬螂的行列，依舊獨自在四處尋找其他獵物，進而找到台灣缺蠨蛹，並將其掠食完畢，雖然掠食台灣缺蠨蛹的時間較櫻桃紅蟬完全被掠食的時間多了一倍，但終究最後台灣缺蠨蛹還是被完全搬回巢穴中。

於野外收集大頭家蟻屬螞蟻回試驗室馴養數週後，再利用人工蟻巢安置於台中科博館植物園區，總共於科博館植物園東南方約 4 公頃左右的三角地帶設置 27 蟻巢，進行評估大頭家蟻作為防治台灣缺蠨生物資材的田間試驗。然而於安置蟻巢一週後，連續受到盧碧颱風及其外圍環流影響，連日大雨使科博館植物園地區淹水 10 到 20 公分，超過所設置的蟻巢高度，因蟻巢完全浸泡在水中使得蟻巢全數死亡。因此目前尚無法評估人為蟻巢釋放對台灣缺蠨之防治效率。

(六)、 台灣缺蠨田間 (野外) 防治效果

本年度計畫以科博館植物園為台灣缺蠨全方位防治策略之試驗場地，採用幼蟲防治的策略，分別以有機資材硫酸銨肥料及殺幼蟲粒劑進行防治。試驗前期先進行**低鹽類濃度對台灣缺蠨的生長抑制作用與防治潛力評估**。根據過去研究顯示 NaCl (0.05M) 及多種肥料於推薦濃度具有抑制台灣缺蠨卵黑化的作用，為了更有效率評估鹽類作為台灣缺蠨防治資材之潛力，進一步深入探討低濃度對台灣缺蠨成長發育的影響。結果顯示 NaCl 鹽類於低於 0.05M 濃度下，雖不會明顯抑制台灣缺蠨卵的黑化，但其孵化率及後胚胎發育則明顯受到影響。各濃度處理下卵的孵化率分別為：(A) control: 75.5%、(B) 0.005M: 82.14%、(C) 0.01M: 82%、(D) 0.02M:

73.57%。順利孵化之幼蟲，在各濃度處理下卵的後胚胎發育的存活率(羽化率)分別為:(A) control: 87.92%、(B) 0.005M: 19.25%、(C) 0.01M: 17.78%、(D) 0.02M: 19.03%。從產卵第一天至所有存活台灣缺蠓羽化所需的天數分別為:(A) control: 47 天、(B) 0.005M: 48 天、(C) 0.01M: 48 天、(D) 0.02M: 51 天。發育時間較嘉南藥理大學進行飼養所需時間長，顯示仍有改善空間。

此一結果顯示低濃度 NaCl 雖不會明顯抑制台灣缺蠓卵的黑化，但其後續的孵化率及生長發育已明顯受到抑制。從卵產下到羽化時間雖沒有明顯不同，但在低濃度鹽類處理下，僅有少數的台灣缺蠓可順利成長發育至羽化成蟲階段 (<20%)。大部分台灣缺蠓於後胚胎發育階段即大量死亡。第一次死亡高峰約在產卵後第 10 到 16 天，第二次的台灣缺蠓死亡高峰則為產卵後第 36 至 42 天，其中第二次的高峰又以 0.005M 的處理組特別明顯。

台灣缺蠓田間 (野外) 防治試驗於科博館植物園進行，分別於 110 年 7 月、9 月及 12 月於植物園右側圓形大草坪四周 (約 2.5 公頃) 進行有機資材防治試驗。於 111 年 2 月、7 月及 8 月於植物園全園區進行幼蟲化學藥劑防治。防治效益評估以小腿誘集法及問卷進行。

110 年 7 月至 12 月因新冠肺炎疫情，科博館植物園的遊客及運動民眾銳減，在處理區及對照區的平均小腿誘集數量均不高，111 年 3 月起疫情趨緩，台灣缺蠓成蟲的調查數量急遽攀升，調查點的最高誘集數大於 100 隻。於 110 年 7 月、9 月及 12 月採用硫酸銨防治，防治率低於 22%。於 111 年 2 月 14 日進行第一次化學藥劑防治，4 月份的防治率為 37%。後續再於 7 月及 8 月補強施藥，8 月份的防治率為 50% (圖 18)。以 t 檢定發現防治區台灣缺蠓數量顯著少於對照組。

科博館植物園是民眾活動頻繁的地區，提供充分的血源，園區植物照顧設有定期及人工澆灌，適合台灣缺蠓幼蟲生長。也因為市民眾運動休憩的場所，全面施用殺成蟲的藥劑有執行上的困難，本年度採用幼蟲的防治策略，未見民眾抗議，雖然防治率未達 100%，可研議其他棲地改進的方案，進行全方位的防治。

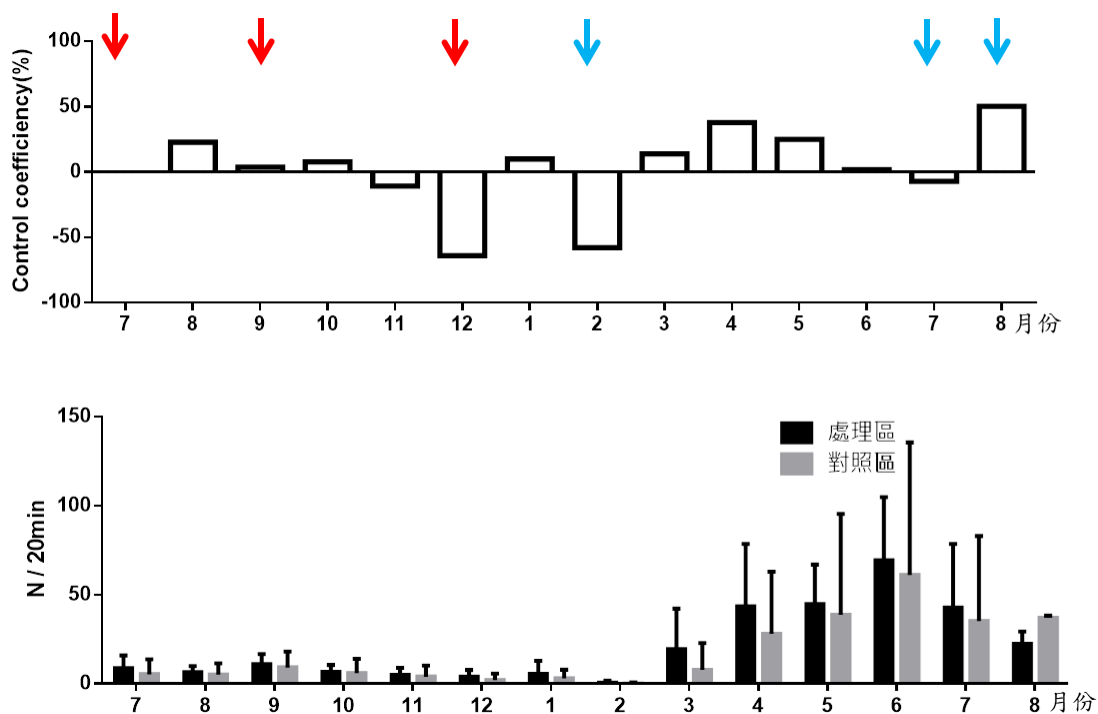


圖 18 台灣缺蠔田間防治效益評估。自 110 年 7 月份至 111 年 8 月份的防治效益(上圖)及各月份 20 分鐘平均小腿誘集數。紅色箭頭是使用硫酸銨進行防治，藍色箭頭是使用芬普尼粒劑進行幼蟲防治。

(七)、 民眾與遊客針對博物館台灣缺蠔之問卷及客訴頻率

本計畫自 110 年 7 月起開始執行至 111 年 7 月 31 日止，未收到任何來自於民眾與遊客寄至本館或其他行政機構有關本館台灣缺蠔之抱怨事件，包括民眾陳情案件、觀眾諮詢信件，或抱怨電話等，這是對執行計畫實質的肯定。由於科博館於 110 年 5 月 16 日起因 covid-19 疫情閉館直到 7 月 13 日起微解封，110 年 7 月 27 日起除科學中心不開放外，其餘均開放。在閉館與微解封期間，因觀眾人數稀少，此期間園區調查台灣缺蠔發生數量不多。隨著解封後的人潮及季節時序，自 3 月份起的台灣缺蠔的發生數量遽增 (圖 18)。

自 110 年 10 月 29 日起開始進行統計至 111 年 7 月 31 日止的問卷調查，共計收回 715 份問卷。針對問卷結果進行分析討論：

1. 參觀期間對台灣缺蠔的反應與處理

在收集的 715 份問卷中，以 110 年 11 月份有較多民眾填寫問卷，共 249 份問卷，佔所有問卷比例之 34.83%，自 10 月 29 日起開始公開填寫問卷，填問卷可抽贈品，民眾填寫意願較高，而科博館於 11 月份辦理科學節活動，有較多民眾前往植物園與參與活動，

致填寫次數增加。問卷結果顯示，民眾被台灣缺蠓叮咬比例從 111 年 3 月起開始明顯增加，但仍維持在比例 30% 以下，而在 5 月份達到最高，被叮咬的比例高達 66.67%。其中被叮咬 4-6 次的比例，從 4 月到 5 月由 11.54% 大幅增至 38.10%，6 月減少為 28.95%，7 月再降為 15.19%。整體被叮咬比例由 5 月份的 66.67%，6 月逐漸減少為 55.26%，7 月降為 9.24%。各月分問卷調查被叮咬趨勢與小腿成蟲密度調查結果類似，僅問卷於 4 月份調查時上升的幅度較低，且 5 月是被叮咬高峰，而小腿成蟲調查密度最高峰則是在 6 月。由於 7 月及 8 月有補強使用芬普尼藥劑，不論小腿成蟲調查密度或問卷結果，在 7 月被叮咬的數量明顯大幅減少 (圖 19)。

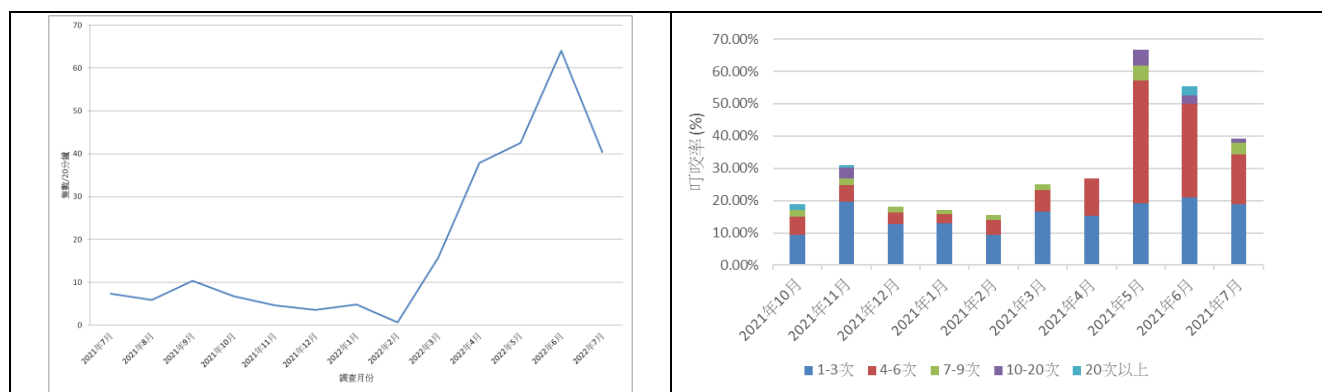


圖 19 小腿調查台灣缺蠓密度(圖左)與問卷調查遊客被叮咬比例(圖右)

問卷民眾在參觀期間有 28.9% (n=508) 表示曾被台灣缺蠓叮咬，產生發癢 (93%)、紅腫 (64%)、心情不佳 (42.9%)、疼痛 (8.2%)、破皮 (7.7%)、頭暈 (0.9%) 及其他 (0.9%) 等反應。單次參觀以被叮咬 1-3 次最多，佔被叮咬人數的 23.3% (n=117)，被叮咬 4-6 次佔被叮咬人數的 12.01% (n=61)。被台灣缺蠓叮咬後，民眾最多的反應是會抓癢 (55.5%)，其次是擦藥 (51.2%)、拍一拍患部 (36.2%)、沖水 (20.2%)、不理會 (13.5%)、噴酒精 (10.6%)、冰敷 (5.7%) 和其他 (2.8%)，在其他中的回應除了包括跟工作人員索取防蚊液、擦蚊蟲藥、塗藥等正規做法外，還包括找咸豐草揉敷及抹口水等偏方做法。

399 個博物館常客 (一年來館 7 次以上) 有 51.38% 覺得今年的台灣缺蠓危害較往年輕微，有 20.30% 表示不清楚，15.79% 認為沒差別，10.03% 認為中度，只有 2.51% 覺得今年較往年嚴重。在 2 月份回覆”輕微”者高達 70% (n=21)，3 月份明顯降為 45.71%，回覆 ”

嚴重”者主要分布於 5 月份 (7.69%) 與 6 月份 (10.%)，7 月份降為 2.22% (圖 20)。

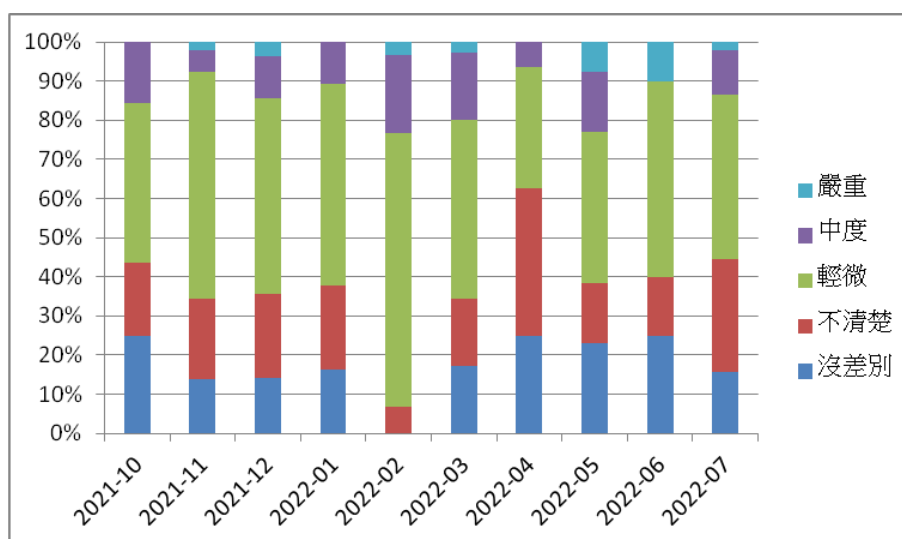


圖 20 來館 7 次以上的博物館常客對台灣鋁蠓發生危害程度的評估

博物館對台灣鋁蠓進行的防蟲措施與宣導，有 51.8% 的民眾表示不知道，顯示博物館仍需加強宣傳。而參觀科博館被台灣鋁蠓叮咬，未來是否還會再造訪科博館，在 207 個被叮咬民眾中有 31.4% 表示一定會再訪，50.7% 回覆會再訪，只有 4.8% 的民眾表達不會再訪，0.9% 民眾表示一定不會再訪，對台灣鋁蠓的工作仍應持續進行。

2. 民眾對台灣鋁蠓的認識與辨別

調查民眾對台灣鋁蠓的認知程度，有 49.3% 民眾回覆普通、31.3% 表示清楚、8.9% 表示不清楚、8.3% 非常清楚、1.9% 非常不清楚。能否辨別是台灣鋁蠓或其他蚊子叮咬，有 35.3% 民眾回覆清楚、26.9% 不清楚、25% 普通、9.2% 非常清楚、3.3% 非常不清楚。整體而言，民眾對台灣鋁蠓清楚認識程度 (39.72%) 遠大於不清楚程度 (10.91%)，但辨別度清楚 (44.62%) 與不清楚程度 (30.34%) 則較接近，顯示民眾在遭遇蚊蟲叮咬時，極有可能誤判是被台灣鋁蠓叮咬。

性別對台灣鋁蠓認知的影響，多元性別回覆筆數較少暫不討論，回覆清楚或非常清楚的女性 (40.86%) 略高於男性 (37.84%)，辨別程度則男 (46.40%) 略高於女 (43.94%)。回答不清楚或非常不清楚的男性 (31.98%) 略高於女性 (29.57%)，女性回覆普通的比例高於男性。

分析填答問卷遊客的工作領域，回覆清楚或非常清楚的前三名為「農、林、漁業及獸

醫領域」 (58.97%)、教育領域 (47.06%)及醫藥衛生及社會福利領域 (44.09%)。而末三名則為「社會科學、新聞學及圖書資訊領域」 (23.81%)、「藝術及人文領域」 (28.81%)、「工程、製造及營建領域」 (29.11%)。可辨別是被台灣缺蠓或其他蚊子叮咬的清楚程度，回答清楚或非常清楚的前三名是「農、林、漁業及獸醫領域」 (56.41%)、教育領域 (51.96%)及「工程、製造及營建領域」 (48.10%)，而末三名則為「商業、管理及法律領域」 (36.8%)、「服務領域」 (37.50%)、「社會科學、新聞學及圖書資訊領域」 (38.10%)，可再加強教育宣導。

3. 民眾參觀前針對台灣缺蠓的防護措施

調查民眾針對台灣缺蠓的事前防範措施，有 57.2% 民眾回覆會穿長袖/長褲，31.8% 沒有任何防範、29.6% 會噴防蚊液、15.9% 儘量避免靜止不動、9.9% 貼防蚊貼片、7.6% 戴袖套、1.2% 其他，約有三成的民眾沒有進行任何的防範。有民眾在問卷表示不知道園區會有台灣缺蠓，被叮了 30 幾處，顯示仍須加強教育宣導採行適當防護措施。

民眾建議博物館對台灣缺蠓的防護措施共 107 個建議回覆，有 18 位民眾給予較正面回應，表示當次參觀沒有被台灣缺蠓叮咬。有些表示被其他蚊子咬，或覺得館方該做的都做了，感覺防護很好或謝謝博物館等。有 17 位民眾希望博物館能提供防蚊液、貼片、藥膏或萬金油，9 位民眾回覆應自行著長袖、長褲或做好本身的防護，7 位希望本館多種植防蚊或驅蚊植物，如香草植物或豬籠草，17 位回覆希望以物理性方式處理，如定期清潔、消除積水、使用捕蚊燈、避免環境溫度太高、定期植物驅蟲活動、定期換水清除青苔、增加台灣缺蠓天敵、阻絕生長環境、保持自然、管制園區人數、不要養蚊子、多在室內活動，或點精油驅蚊等，另有 2 位表示台灣缺蠓防不勝防，植物園一定會有台灣缺蠓。較特別的是有 1 位提到「多被咬幾次就免疫沒關係」，4 位回覆希望加強環境清潔消毒、噴防範台灣缺蠓藥劑。在問卷中，不少回覆 (n=33) 建議科博館應該多公告、宣導、指引與提醒民眾相關防護措施和台灣缺蠓知識，請網美/Youtuber 協助宣傳，提供線上宣導影片，或辦理台灣缺蠓特展。由建議回覆中，可以看出大多數的民眾對於科博館台灣缺蠓防治的反應較正面，且都希望以非藥劑方式進行防治。

(八)、 舉辦小黑蚊研習營(公民科學推廣)

為了讓本計畫能更順利的進行，也讓團隊人員、本館同仁與志工更加認識科博館小黑蚊(台灣蚋蠓)的形態、生物學與發生原因，了解科博館小黑蚊的研究，並實際體驗小黑蚊成蟲的監測與幼蟲的採集，能對本館小黑蚊問題與防治有更進一步了解，也更清楚讓如何對民眾進行防治宣導，並推廣公民科學的概念與精神。本團隊特於 111 年 6 月 28 日於本館第三國際會議廳(藍廳)辦理「小黑蚊議題探究活動」，活動內容包含：認識小黑蚊、小黑蚊防治、成蟲監測與幼蟲採集等(表 3)。

表 3 小黑蚊議題探究活動議程

時間	課程	課程內容	主講人
13:00-13:10	引言	介紹講者與緣由	焦傳金館長 陳宏益局長 鄭明倫主任
13:10-14:00	認識小黑蚊 (臺灣蚋蠓)形態、生物學	以簡報介紹，並現場讓與會者以顯微鏡觀察成蟲與幼蟲。	羅怡珮教授 (嘉南藥理大學生物科技系)
14:10-15:00	小黑蚊防治研究的過去、現在與未來	以簡報介紹小黑蚊的防治研究，以及本館小黑蚊防治現況	黃榮南教授 (臺灣大學昆蟲學系)
15:10-16:00	植物園小黑蚊成蟲、熱點與監測示範與體驗	實際至植物園勘察與介紹熱點，與講解如何監測小黑蚊成蟲密度，並讓同仁體驗。	羅怡珮教授 黃榮南教授 小黑蚊防治小組
16:10-17:00	介紹幼蟲棲地與採集與顯微鏡檢視 Q&A 時間	每人進行實際幼蟲棲地採集並帶回會場檢視計數，並標出分布圖、Q&A 時間	羅怡珮教授 黃榮南教授 小黑蚊防治小組

當天有百餘人出席活動，參與者有台中市環保局局長及長官、中央公園志工及同仁、本館同仁、志工夥伴 (本館、921 地震教育園區、植物園、鳳凰谷鳥園)、園藝委外廠商等共襄盛舉。經由活動的說明與參與，對於小黑蚊有更多、更正確的認識，現場的反應及回饋讓計畫團隊及參與人員獲益良多(圖 21)。



全體大合照



採樣後觀察與紀錄



黃博士專題演講



環保局長觀察紀錄



現場問答



幼蟲棲地



羅博士回答問題



現場採樣



現場採樣

圖 21 小黑蚊議題探究活動實況。

五、 結論與建議

本計畫擬定完成工作項目均如期達成，已完成大量飼養的 SOP，並持續改善簡化飼養步驟。由 2 公尺的網籠誘集試驗，研發對台灣缺蠓具誘引潛力的物質及混合物，本年度野外誘蟲試驗成果不盡理想，已研擬具體改進方案，將於明年度計畫執行期間繼續開發成蟲誘引技術。以捕蚊燈誘集發現，夜間的誘集效果優於白天，可加入誘引物質，再測試評估改善誘引技術。

針對往昔研究提出以殺菌劑抑制藻類生長，阻斷台灣缺蠓幼蟲食物達到防治效果，本年度計畫研究結果發現，實際執行有諸多困難。再者綠藻及藍綠細菌在生態上均扮演重要角色，即使費盡心力將綠藻及藍綠細菌殺滅，野外還有非常多的有機質，因此未能達到假設可以防治台灣缺蠓的目的。

另外，在採集台灣缺蠓幼蟲的過程發現，青苔並不是幼蟲的食物。雖然柳等 (1964) 提出在樹蔭下腐植土幼蟲之陽性率最高，牆腳半遮蔭的青苔處次之，太潮濕且腐植質豐富的濕泥和完全向陽之土表未發現幼蟲(柳忠婉 et al., 1964)，但文章幾經轉載，所指的青苔是因為半遮陰潮濕孳生藻類而發現台灣缺蠓幼蟲，還是在青苔上可以找到台灣缺蠓幼蟲，這個嚴重的錯誤誤導大眾對幼蟲孳生的了解。

單獨以肥料硫酸銨或螞蟥進行的田間試驗效果不理想或完全無法評估防治效益，其可能

原因為：

- (一) 大頭家蟻於台灣缺蠓的防治潛力評估：實驗室結果驗證兩種大頭家蟻確實可有效捕食台灣缺蠓幼蟲與蛹期，可應用於田間作為台灣缺蠓的天敵，然必須要能有效收集或於室內大量飼養足夠之螞蟻，才能實際釋放至田間進行防治應用。亦或是就地復育，建構適合螞蟻繁殖的棲地，以利螞蟻快速生長繁殖到足夠數量，以有效壓制台灣缺蠓的族群密度。
- (二) 肥料成份應用於台灣缺蠓的防治潛力：根據初次田間試驗結果，肥料施灑確實可以有效防治，然而持效性並不長。主要原因在於使用之防治資材為水溶性相當高的肥料，也是植物生長所需的養分，因此，在施用後即開始受到各種植物的吸收分解，或者受到雨水、露水影響，而溶入土壤底層，而使濃度漸次的降低，再加上科博館植物園區，為了維護園區各種的植物正常生長，均會定時澆水，導致肥料成份進一步被稀釋，而影響防治效果。未來或許需要經過適當劑型調配後在使用，以提升防治效率。

此外，以硫酸銨及殺幼蟲劑進行科博館植物園台灣缺蠓的防治試驗，分別於試驗前期及後期施用，整年度評估結果顯示具防治成效，可再佐以其他防治策略，達到全方位的防治效果。本年度最大的收穫是動員科博館同仁及工作人員，有充分的溝通及經驗傳承，期許建立良好的互動模式，落實執行有效防治策略。

六、參考文獻

- Chen CS, Hsu SJ, Lien JC. 1982. Seasonal succession of a bloodsucking midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae) in the Hualien area. *NTU Phytopathol Entomol.* 9: 68-91. (in Chinese with English summary).
- Chen CS, Lin YN, Chung CL, Hung H. 1979. Preliminary observations on the larval breeding sites and adult resting places of a bloodsucking midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae). *Bull Soc Entomol Natl Chung Hsing Univ* (Taiwan, Taichung). 14: 51-59.
- Choi MJ, Ha JH, Park SW. 2008. Study on fatty acids composition by latent fingerprint deposition. *Anal Sci Technol.* 21: 212-221.
- Geier M, Boeckh J. 1999. A new Y-tube olfactometer for mosquitoes to measure the attractiveness of host odours. *Entomol Exp Appl.* 92: 9-19.
- Henderson CF, Tilton EW. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *J Econ Entomol.* 48: 157-161.
- Hsieh PY. 2007. Studies on the oviposition, population dynamics and the susceptibility to insect growth regulators of biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae)[Master Thesis]. Taichung (Taiwan): National Chung Hsing University. 83 pp. (in Chinese)
- Hsieh YH, Lin CC, Wen YD, Wang WL. 2011. Eliminating the biting midge *Forcipomyia taiwana* (Diptera: Ceratopogonidae) larval food resource algae, *Cyanobacteria* and *Chlorella* sp. (Chlorococcales: Chlorellaceae) by bactericide to evaluate the inhibition effect in the laboratory and applying in the field. *Chinese Bioscience.* 53: 65-78. (in Chinese)
- Kim Y, Choi W, Choi EJ, Al E. 2019. Evaluation of fatty acids in groomed fingerprint by gas chromatographic analysis using various extraction solvents and treatment methods. *J Anal Sci Technol.* 10: 29.
- Kline DL, Bernier UR, Hogsette JA. 2012. Efficacy of three attractant blends tested in combination with carbon dioxide against natural populations of mosquitoes and biting flies at the Lower

- Suwannee Wildlife Refuge. *J Am Mosq Control Assoc.* 28: 123-127.
- Lee HM, Lin YT, Wu CN, Lin CF. 2008. Development of *Forcipomyia taiwana* attractants and repellents. *Formosan Entomol Spec pub* 11: 53-56. (in Chinese)
- Lee SJ, Hou RF. 1997. Seasonal succession and chemical control of the biting midge (*Forcipomyia taiwana*). In: Proceeding of the 9th seminar on the control of vectors and pests; 1997 May 1-2; Taichung, Taiwan: Environmental Protection Administration, Executive Yuan, ROC. pp.125-136. (in Chinese)
- Lee SJ, Tseng KC. 2006. Injury and control of biting midges. In: Proceedings of the Environmental Agents and the Technology of Vector Control; 2006 November 2-3; Taipei, Taiwan: Environmental Protection Administration, Executive Yuan, ROC. pp. 265-280. (in Chinese)
- Lee SJ. 1996. Ecology and integrated control of biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Shiraki). In: Proceeding of the 8th seminar on the control of vectors and pests; 1996 May 21-22; Taichung, Taiwan: Environmental Protection Administration, Executive Yuan, ROC. pp. 15-23. (in Chinese)
- Logan JG, Birkett MA, Clark SJ, Powers S, Seal NJ, Wadhams LJ, Mordue LAJ, Pickett JA. 2008. Identification of human-derived volatile chemicals that interfere with attraction of *Aedes aegypti* mosquitoes. *J Chem Ecol.* 34: 308-322.
- Logan JG, Seal NJ, Cook JI, Stanczyk NM, Birkett MA, Clark SJ, Gezan SA, Wadhams LJ, Pickett JA, Mordue LAJ. 2009. Identification of human-derived volatile chemicals that interfere with attraction of the Scottish biting midge and their potential use as repellents. *J Med Entomol.* 46: 208-219.
- Luo YP, Jian LF. 2020. Laboratory evaluation of chemical stimulants for trapping *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae). *Formosan Entomol.* 40: 144-156. (in Chinese)
- Luo YP. 2018. Establishing and maintaining colonies of *Forcipomyia taiwana* in the laboratory. *J Vector Ecol.* 43 (2): 328-333.
- Okumu FO, Killeen GF, Ogoma S, Biswaro L, Smallegange RC, Mbeyela E, Titus E, Munk C,

- Ngonyani H, Takken W, Mshinda H, Mukabana WR, Moore SJ. 2010. Development and field evaluation of a synthetic mosquito lure that is more attractive than humans. *PLoS One*. 5: e8951.
- Shih CL, Tu WC. 2019. Blood-sucking behavior of female *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae). *Formosan Entomol.* 39: 105-114. (in Chinese)
- Shiraki T. 1913. Investigation on general injurious insects. *Taiwan Sotokufu Noji Shikenjo Tokubetsu Hokodu*. 8: 286-297.
- Smallegange RC, Qiu YT, van Loon JJ, Takken W. 2005. Synergism between ammonia, lactic acid and carboxylic acids as kairomones in the host-seeking behaviour of the malaria mosquito *Anopheles gambiae sensu stricto* (Diptera: Culicidae). *Chem Senses*. 30: 145- 152.
- Sun WKC. 1961. A tentative list of Ceratopogonidae (Diptera) from Taiwan. *Biol Bull Tunghai Univ.* (Taichung, Taiwan) 6: 1-16.
- Sun WKC. 1968. Biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) Kinmen (Quemoy). *Biol Bull Tunghai Univ.* (Taichung, Taiwan) 36: 1-6.
- Verhulst NO, Takken W, Dicke M, Schraa G, Smallegange RC. 2010. Chemical ecology of interactions between human skin microbiota and mosquitoes. *FEMS Microbiol Ecol.* 74: 1-9.
- Wang HP. 1997. The chemical control of the biting midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae) at Nantou area [Master Thesis]. Taichung (Taiwan): National Chung Hsing University. 72 pp. (in Chinese)
- Wilke A, Carvajal A, Medina J, Anderson M, Nieves VJ, Ramirez M, Vasquez C, Petrie W, Cardenas G, Beier JC. 2019. Assessment of the effectiveness of BG-Sentinel traps baited with CO₂ and BG-Lure for the surveillance of vector mosquitoes in Miami-Dade County, Florida. *PloS One* 14(2): e0212688.
- 王凱助、葉金彰。1997。台灣鉅蠓幼蟲孳生源調查。第九屆病媒防治技術研討會論文集, 111-123, 行政院環境保護署。
- 何德明、林宗岐、溫育德、王瑋龍。2009。小黑蚊雌蟲產卵偏好與藻類之關係。小黑蚊之發

生、生態及防治研討會。行政院環境保護署。17-18 頁。

吳尹文。2016。金門地區小黑蚊(台灣缺蠓)之研究(I)-金門地區小黑蚊空間及時間之分佈。科技部補助專題研究計畫成果報告。

李學進。1997。小黑蚊的生態與綜合防治。第九屆病媒防治技術研討會論文集。151-157。行政院環境保護署。

李學進。2008。台灣小黑蚊研究之過去與未來。2008 小黑蚊之發生、生態及防治研討會專刊。台灣昆蟲特刊第十一號。9-19 頁。

杜武俊、陳文華。2011。小黑蚊生態學與綜合防治技術之研發-台灣缺蠓雌蟲寄主搜尋與產卵行為之研究(第 3 年)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

杜武俊、謝伯岳、唐立正、施昌良。2009。小黑蚊(台灣缺蠓)的發生與防治推廣手冊。31 頁。行政院環境保護署。

周延鑫。1997。小黑蚊防治實務研究—小黑蚊的誘引防治試驗。行政院環境保護署期末報告。

周玲勤。2017。小黑蚊(台灣缺蠓)防治技術研發成果之研析與彙整。106 年度科技行政自行研究發展計畫成果報告。27 頁。科技部。

周欽賢。1990。如何防治小黑蚊。台灣環境衛生。54-56 頁。

林春福、李憲明、吳正男、杜武俊。2008。小黑蚊綜合防治技術。2008 小黑蚊之發生、生態及防治研討會專刊。台灣昆蟲特刊第十一號。65-73 頁。

柳忠婉、丁爾成、蔡連來、梁玉寬。1964。台灣蠅蠓孳生地調查。中國昆蟲學報, 13: 757-760。

胡政欣。2013。小花蔓澤蘭醋液及其分離部於小黑蚊忌避性與抗菌性之應用。國立中興大學森林學系研究所碩士論文。

陳錦玄。2012。植物萃取物及發光二極體(LED)光波對台灣缺蠓 (*Forcipomyia taiwana* Shiraki) 誘引及驅避效果之探討。國立中興大學農藝系碩士論文。

黃紹毅。2013。小黑蚊防治技術之研發-人體表揮發物及性費洛蒙對小黑蚊誘引與忌避之研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

黃榮南。2011。小黑蚊防治技術研發(第 3 年)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

黃榮南。2018。台灣缺蠓成蟲期前之防治技術研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成

果報告。

黃榮南。2019。台灣鋏蠋未成熟期發育與防治技術研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

楊恩誠。2012。人體氣味對小黑蚊誘引成分分析計畫成果報告。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

葉金彰、王凱淞。2000。小黑蚊之生態及防治。居家害蟲生態與防治技術：145-159 頁。

劉文勇、楊恩誠、李學進。2009。台灣鋏蠋屈光行為之偏好光譜。台灣昆蟲。29:61-71。

蔡坤憲。2013。建立兼具誘引和滅殺的小黑蚊防治技術。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

羅怡珮。2020。台灣鋏蠋成蟲誘引及忌避防治技術。科技部專題研究計畫成果報告。

110年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：羅怡珮			計畫編號：110-2327-B-041-001-		
計畫名稱：台灣缺蠓 (Forcipomyia taiwana)全方位防治技術研究					
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)
國內	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	2		羅怡珮，黃榮南，詹美鈴。台灣缺蠓 (Forcipomyia taiwana) 飼養及與防治技術研究。台灣昆蟲年會(2022)。黃榮南，楊騰志，黃祥庭，陳祈融，楊達璿。台灣缺蠓 (Forcipomyia taiwana) 非農藥防治資材研究。台灣昆蟲年會(2022)。
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
國外	學術性論文	期刊論文	1	篇	Chen, M.E., Tsai, M.H., Huang, H.T., Tsai, C.C., Chen, M.J., Yang, D.S., Yang, T.Z., Wang, J. and Huang, R.N. (2021) Transcriptome profiling reveals the developmental regulation of NaCl-treated Forcipomyia taiwana eggs. BMC Genomics, 22, 792.
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	6		簡良芬，專任碩士級研究助理。惠凱平，專任碩士級研究助理。楊騰志、曾瑤光、黃麟傑、楊丹宏，碩士生兼任研究助理
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		

		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
其他成果 （無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。）					