

2025年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號

200012

參展科別

環境工程

作品名稱

蚊蟲翅音的定性與防治應用

得獎獎項

三等獎

印尼世界創新科學作品奧林匹亞競賽

就讀學校

臺北市立華江高級中學

指導教師

蔡瑞穎

作者姓名

林幸潔

洪顗嫻

關鍵詞

斑蚊、翅音、音頻

作者簡介



我是林幸潔（右），目前就讀於華江高中，對於研究充滿濃厚的興趣與熱忱，擁有強烈求知欲及毅力，並且喜歡動物和大自然。未來，我希望能夠進一步深入相關領域的學習，提升自己的專業能力，並將所學應用於實際，為社會貢獻一份心力。

我是洪顥嫻（左），對生命科學領域及環境保育有極大興趣，我是個細心且堅持到底的人。在老師及教授的指導下，與隊友投入以翅音進行蚊蟲防治的研究，用環境友善的防治法來誘捕蚊子，希望盡自己的一份心力解決登革熱、黃熱病等對人類有害的疾病。

2025 年臺灣國際科學展覽會

研究報告

區別：台灣區

科別：環境工程科

作品名稱：蚊蟲翅音的定性與防治應用

關鍵詞：斑蚊、翅音、音頻

編號：

（編號由國立臺灣科學教育館統一填列）

摘要

為隔離環境聲音增加蚊蟲專一性的聲音，自行製作降噪錄音箱，分析聲譜使用 Audacity 及 Room EQ Wizard 兩個軟體，結果顯示自製錄音箱可吸收 95.7% 的環境聲音能量。白線斑蚊的雄蚊平衡棍長與翅音統計達顯著相關；而雌蚊平衡棍長與翅長統計達顯著相關。白線斑蚊及埃及斑蚊兩者翅音皆具有專一性，同種雄蚊及雌蚊會受彼此翅音誘引，而雌蚊交尾後會被同種交尾雌蚊翅音誘引。雌性埃及斑蚊交尾後的翅音對同種雌蚊平均誘引產卵率為 85.8%，統計達顯著差異。自製捕蚊機（合成翅音誘捕，平均誘捕率為 66.7%）較市售捕蚊機（UV 光誘捕，平均誘捕率 49.7%）誘捕率高出 17.0%。自製捕蚊機可做為白線斑蚊及埃及斑蚊防治資材之一，且為環境友善防治法。

壹、前言

一、研究動機

生活中可以購買到發出類似蚊蟲聲音的驅蚊器，藉由聲音的方式防治蚊蟲對於環境與生態的影響不大且符合綠色生活的原則，研究者對蚊蟲的活動受到翅音會有何種影響感興趣，因此，想透過研究釐清何種狀態蚊蟲發出的翅音會誘引或忌避蚊蟲，另外，蚊蟲翅音的音量甚小，研究者須設計出細微蚊蟲翅音的錄音裝置，透過生活中的觀察、相關文獻的閱覽、與老師討論後，再請教昆蟲專家學者後開始了本研究。

二、研究目的

登革熱經常發生在都會人口密集區，病媒蚊交尾繁殖後代需要透過翅音誘引，然而受到背景環境音源的影響，翅音經常被稀釋而降低交尾成功率，也因此蚊蟲經常聚集在孳生源附近或在高密度蚊蟲的情況下完成交尾。本研究擬研發降低背景音、增加翅音的方式來評估對蚊蟲誘引或忌避的影響並研發防治資材。

研究者於初步實驗過程中觀察到翅音對蚊蟲無顯著忌避現象，因此本研究聚焦翅音對蚊蟲的誘引實驗，而條列研究目的如下：

- (一) 由於蚊蟲翅音細微，因此在錄音的過程中容易受到環境音的稀釋，藉由不同的吸音材料組裝出錄音箱，盡可能的吸收環境音後，方能錄製蚊蟲細微的翅音。
- (二) 以解剖顯微鏡量測蚊蟲翅長及平衡棍長，兩者長度再與錄製的蚊蟲翅音基頻作統計與分析。
- (三) 以錄製的真實翅音為基礎，分析其基頻、泛音、及各頻率峰的相對音量，進行翅音的合成。
- (四) 以真實翅音及合成翅音進行誘引蚊蟲實驗。
- (五) 以對應的翅音進行雌蚊產卵實驗，釐清翅音能否聚集蚊蟲產卵。
- (六) 以蚊蟲誘引率最佳的翅音，作為誘捕的聲源並製作出自製捕蚊機。

為求謹慎，本研究中的所有照片及圖表皆為研究者共同拍攝及製作。

三、文獻回顧

台灣位於亞熱帶區域且四面環海，濕熱的氣候容易孳生病媒蚊，即使在綜合的防治法齊下台灣登革熱病例大幅下降 98%^{1,2}，依然不能輕忽病媒蚊，因為傳播登革熱的病媒蚊之一的白線斑蚊分布於台灣 22 個縣市³。衛生福利部疾病管制署公告的防治方法為針對蚊幼蟲使用化學防治及生物防治方法而成蚊則使用化學藥劑噴灑⁴。蚊幼蟲因為具有血紅蛋白可以載氧氣並在水中閉氣一段時間⁵，底棲搖蚊會調適水體後以利其誘捕蚊幼蟲⁶，存在雙酚 A 的水體會影響白線斑蚊幼蟲的生長⁷。

埃及斑蚊在交尾時會藉由調整彼此的翅音以達到和諧的狀態⁸，如同男女齊唱達到合聲的狀態。有關於翅音的文獻甚少，因此研究者欲藉由現代化的錄音設備與技術，將蚊蟲翅音做定性分析，並將翅音應用於防治上。參閱臺灣蚊種檢索⁹後，以登革熱重要病媒蚊白線斑蚊及埃及斑蚊作為研究對象，圖 1 為蚊蟲受翅音誘引或忌避的手繪圖。

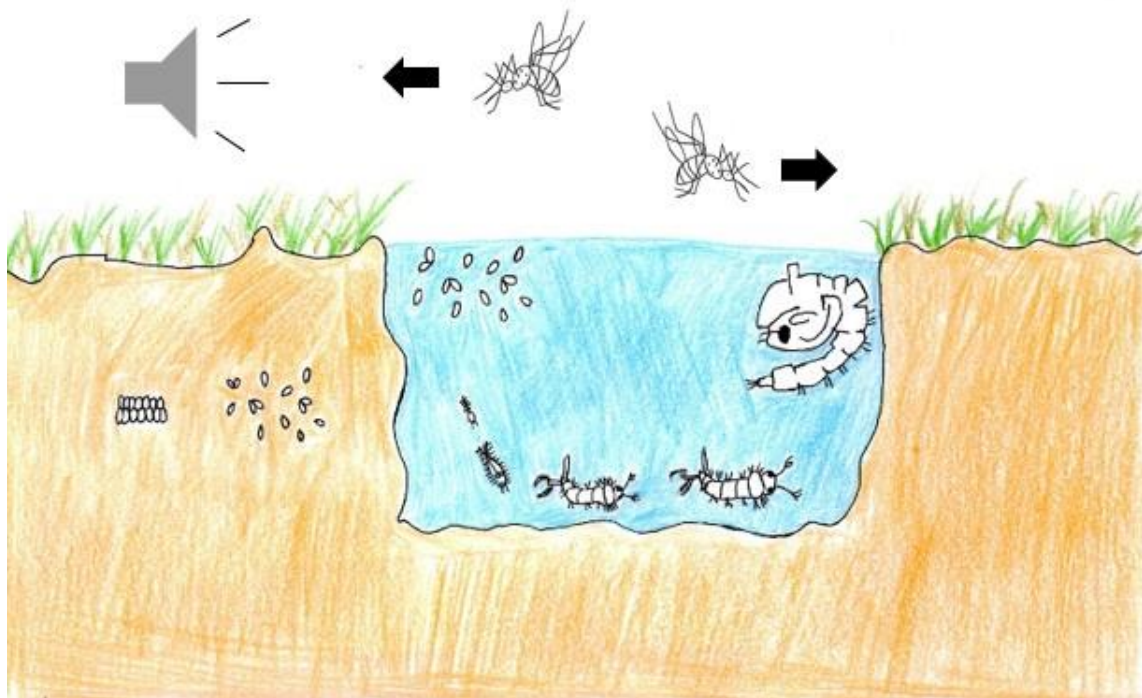


圖 1、蚊蟲受翅音誘引或忌避的手繪圖。(兩位作者共同繪製)

貳、研究設備及器材

本研究使用之器材、儀器及分析軟體，扼要說明如下：

一、材料，錄音箱使用的材料如圖 2：

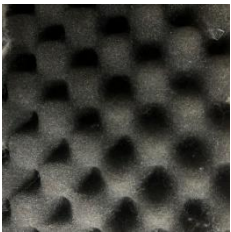
				
吸音材料A	吸音材料B	吸音材料C	吸音材料D	吸音材料E

圖 2、實驗材料。(參閱 P6 錄音箱製作) (兩位作者共同拍攝)

二、用具，研究中使用的用具如圖 3：

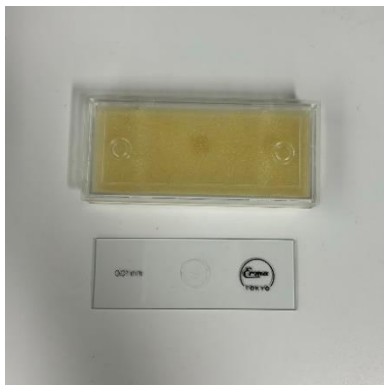
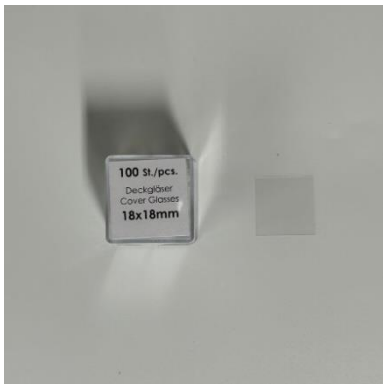
		
大型蚊蟲實驗箱	小型蚊蟲實驗箱	載物台測微器(台製)
		
蓋玻片(MARIENFFLE)	載玻片(MARIENFFLE)	各式金屬夾

圖 3、實驗用具。(兩位作者共同拍攝)

三、儀器，研究中使用的儀器如圖 4：

		
槍型麥克風 RODE VideoMic Rycote	錄音機 KORG MR1	喇叭 SONY SRS-XB100
		
數位解剖顯微鏡	顯微鏡紀錄器	分貝計

圖 4、實驗儀器。(兩位作者共同拍攝)

四、軟體，錄音分析軟體為 Audacity(Muse Group & contributors)(下稱 Audacity)及 Room EQ Wizard(John Mulcahy)(下稱 REW)；統計軟體為 Statistical Product and Service Solutions(IBM)(下稱 SPSS)。

參、研究過程或方法

本研究之研究架構如圖 5：

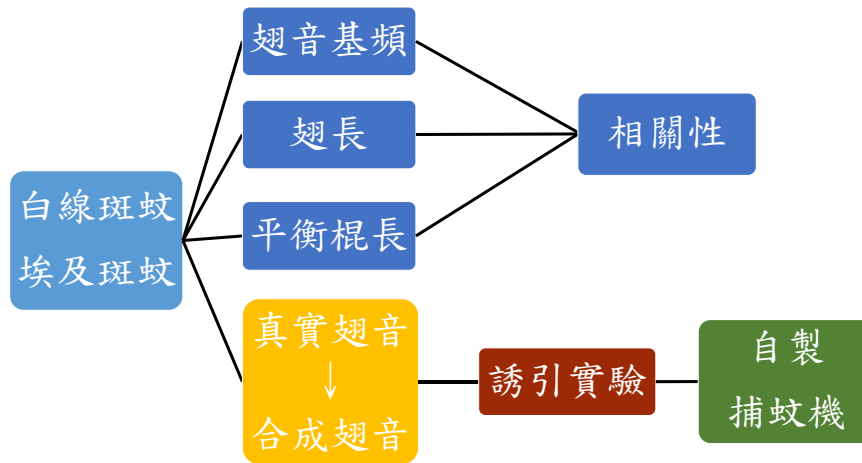


圖 5、研究架構。(兩位作者共同繪製)

一、錄音箱製作

環境中會影響錄音結果的聲音頻率可簡單分為高、中、低頻，針對這三大類的環境聲音製作出蚊蟲錄音箱，且由內而外依序為 A、B、C+D、E 四層所組成。

A 層：最內層的吸音材料須兼顧支撐性，所以使用密度較高且不易變形的吸音板來製作，由六片吸音板製作出正立方體的箱體，而密度較高的吸音板通常對於中、低頻有較好的吸音效果。

B 層：錄音箱體的 B 層使用質地較軟的厚吸音棉材料，B 層的材料須兼顧將 A 層六片隔音板隙縫的包覆效果，因此選用大面積的吸音面進行包覆 A 層隔音板，而質地較軟的吸音棉通常對中、高頻有較好的吸音效果。

C 層：底面（下側單面）由於直接接觸桌面，箱體容易受到外界振動的聲音影響，下側面使用表面半圓狀禿起的吸音棉，用來吸收來至桌面振動的聲音。

D 層：包覆在前兩層上側五面材料，使用不規則且質地較前兩層更柔軟的吸音棉，不規則吸音棉通常對於高、中、低三頻以及間歇性的聲音有較好的吸收效果。

E 層：為了增強由前三層架構出的箱體，使用五片具有輕微吸音的珍珠板套住箱體，除了可將前三層鑲緊外，本層具空心結構也具有輕微阻擋環境音功能。

二、錄音箱吸音實驗

完成錄音箱的製作後，錄音的麥克風收音靈敏度調整至最大（錄音機內部設定參數為 0 dB），分別進行 A+B、A+B+C、A+B+C+D、A+B+C+D+E 的環境聲音錄製，以確認逐層累加吸音層後的環境聲音的吸音效果，圖 6 為錄音箱的吸音材質剖面圖。

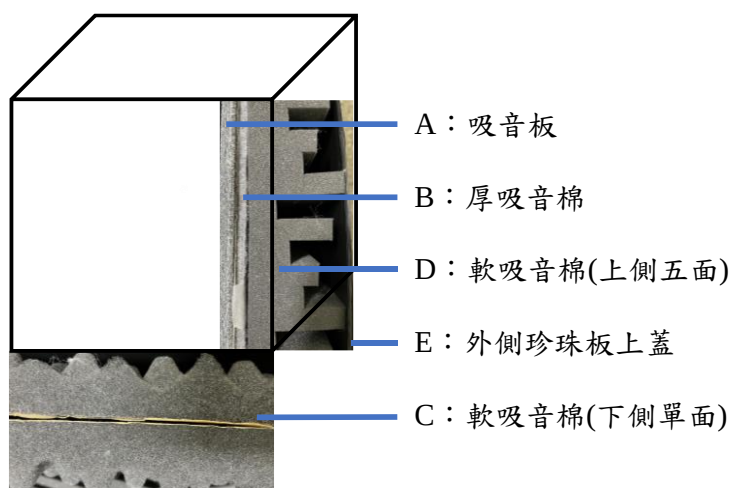


圖 6、錄音箱吸音材質剖面圖。（兩位作者共同繪製）

錄音箱組裝步驟如圖 7，為了兼顧可拆裝及重複使用，步驟一、二是將組裝好的 A 層後再用 B 層包覆，A+B 層的上側製作成具有開闔的功能。步驟三將 A+B 兩層的箱體放置 C 層之上，步驟四中 D 層的不規則吸音棉則藉由磁鐵吸闔的方式，將五片 D 材料安裝於上面外側五面，最後，步驟五用 E 層蓋上，表 1 為錄音箱吸音材質摘要表。

步驟一		步驟二	
步驟三	步驟四	步驟五	

圖 7、錄音箱組裝步驟圖。（兩位作者共同拍攝）

表 1、吸音材質摘要表。(兩位作者共同製作)

層次	厚度	形狀與材質	價格(NT\$)	功能
A	1.2 cm	平滑型 聚酯纖維	60 元/ 每 30×30 cm	吸收中、低音
B	0.7 cm	平滑型 聚酯纖維	300 元/ 每 90×120 cm	吸收中、高音
C	3 ~ 5cm	波浪型 聚氨酯	180 元/ 每 50×50 cm	吸收桌面振動
D	2.5 ~ 7.5cm	凹凸型 聚氨酯	130 元/ 每 30×30 cm	吸收低、中、高音
E	0.3 cm	平滑型 聚丙烯	40 元/ 每 60×100 cm	鑲緊錄音箱

三、翅音錄製

本研究使用白線斑蚊及埃及斑蚊作為研究對象，以下簡稱為兩種斑蚊。實驗環境溫度為 27℃、相對溼度為 70%。

為了確保兩種斑蚊有足夠的體力飛行與發出翅音，進行研究的兩種斑蚊狀態皆為二日齡的飽食狀態，而餵食之食物為糖水。錄製後的聲音檔案以 Audacity 及 REW 兩套軟體做分析聲譜的基頻及泛音。

四、翅音合成

依據實驗三的翅音錄製結果，以 Audacity 及 REW 兩套軟體進行兩種斑蚊翅音的合成，以錄製的翅音基頻及泛音頻率來製作合成翅音。

五、翅長及平衡棍長量測

分別取十隻蚊蟲分別錄音後，使用 Audacity 與 REW 分析翅音基頻，再以解剖顯微鏡量測前翅長度與平衡棍長度。將分析後的翅音基頻分別與翅長及平衡棍長做分析和統計。

六、翅音對蚊蟲的誘引率實驗

以壓克力板製作大型蚊蟲實驗箱(如圖 8a)，在正面開口放上喇叭，播放蚊蟲翅音 30 秒，進行誘引蚊蟲實驗，箱中有飛行活動中十隻蚊蟲。經過 30 秒後計算蚊蟲實驗箱中右側 10 cm 區域內(如圖 8a 灰色區域)的蚊蟲數量，並計算誘引百分率。每組實驗重複 5 次並進行統計分析，圖 8a 中所示意的誘引百分率為 60.0%。

七、翅音誘引雌蚊產卵實驗

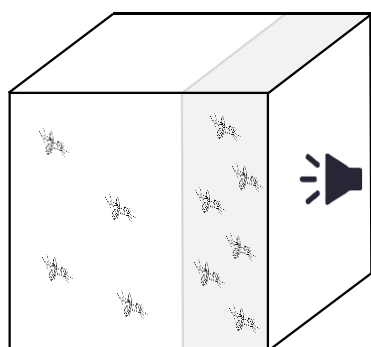
如圖 8b，於透明壓克箱放置 4 個燒杯以及 5 隻雌蚊，每個燒杯放置一片長方形濾紙(捲成空心圓柱體)，其中兩個燒杯播放 30 秒翅音後停止播放 30 秒並持續 96 小時，96 小時候取出 4 片卵片並分別計算產卵數量，將產卵數據做分析與統計。

八、翅音對蚊蟲的誘捕實驗

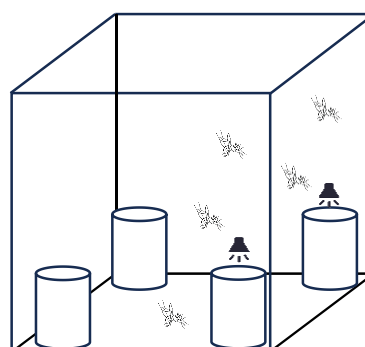
如圖 8c，於透明壓克箱內安裝喇叭與 LED 燈，正面的開口放上風扇 (NOCTUA)，以 60 分貝播放蚊蟲翅音 30 秒後停止 30 秒重複 3 次 (共 180 秒)，每組實驗重複 5 次。蚊蟲箱放入 10 隻蚊蟲且開孔與自製捕蚊機風扇開口相連，自製捕蚊機由內而外的材質依序為透明壓克力、鋁箔、白色濾紙。

另外，將自製捕蚊機改為市售捕蚊機 (S 牌)， 每次實驗 180 秒，重複 5 次。

a. 誘引蚊蟲實驗裝置示意圖



b. 蚊蟲產卵實驗裝置示意圖



c. 誘捕蚊蟲裝置示意圖

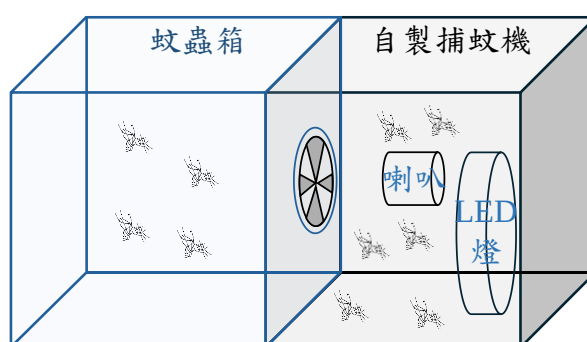


圖 8、誘引、誘捕蚊蟲、及蚊蟲產卵實驗裝置示意圖。(兩位作者共同繪製)

肆、研究結果

一、錄音箱吸音實驗結果

本研究製作的分層吸音實驗結果如圖 9、圖 10，經多層的材料吸收環境音的有顯著的降噪效果，經過 A+B+C+D+E 層的疊加，錄音箱可將環境聲音從-52.9 dB 降至-66.6 dB（圖 9），若以聲音能量來計算，錄音箱可吸收 95.7%的環境音能量（圖 10），其中吸音材料中的 C 與 D 經統計具有顯著的效果。

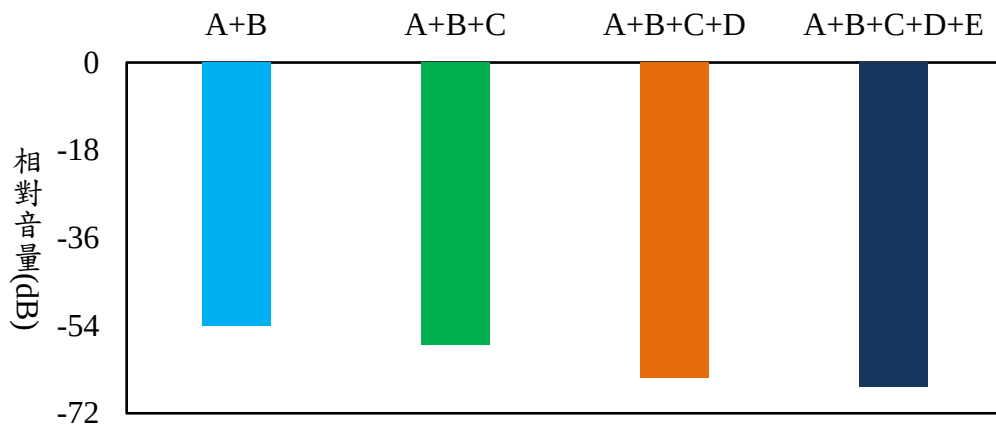


圖 9、分層組裝吸音層的錄音結果。(兩位作者共同繪製)

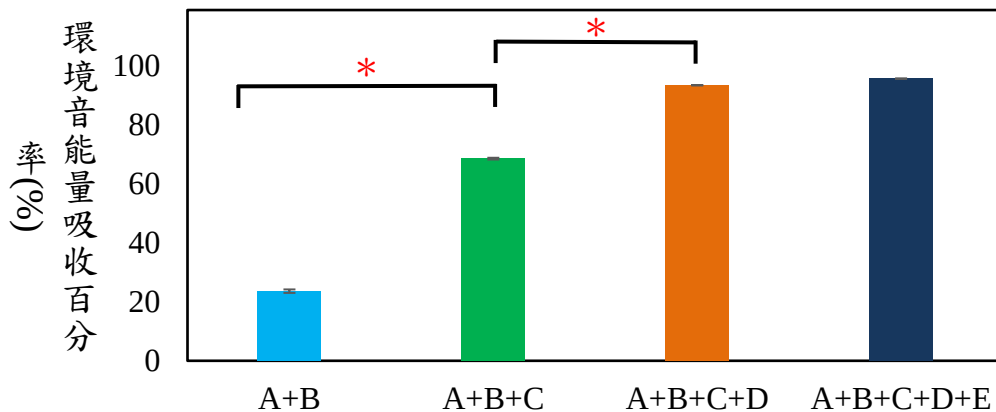


圖 10、分層組裝吸音層的能量吸收百分率。(兩位作者共同繪製)

由圖 11 聲音頻率對聲壓級(sound pressure level, 下稱 SPL)分析可知，環境聲(圖 11a)經過 A+B 層(圖 11b)後吸收掉大部分 800 Hz 以上的環境音，再經 C 層(圖 11c)後將部分 400Hz 以上環境音吸收掉，再經 D 層(圖 11d)後吸收掉大多 800 Hz 以下的環境音，最後經過 E 層(圖 11e)後吸收少部分 800 Hz 以下的環境音。

圖 11a.環境音(無任何吸音層)

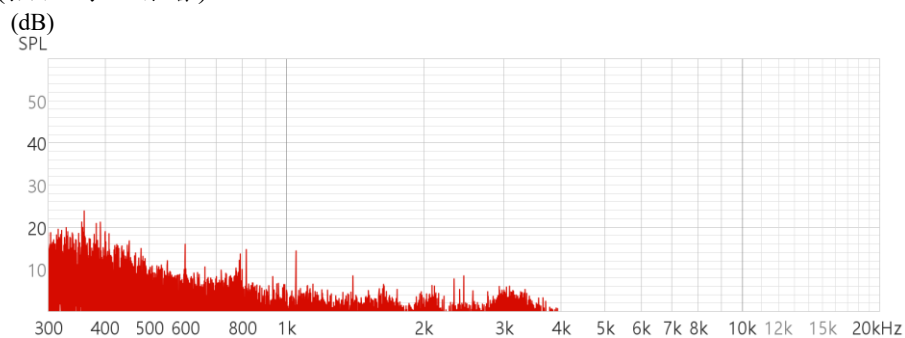


圖 11b. A+B 層吸音後的環境音

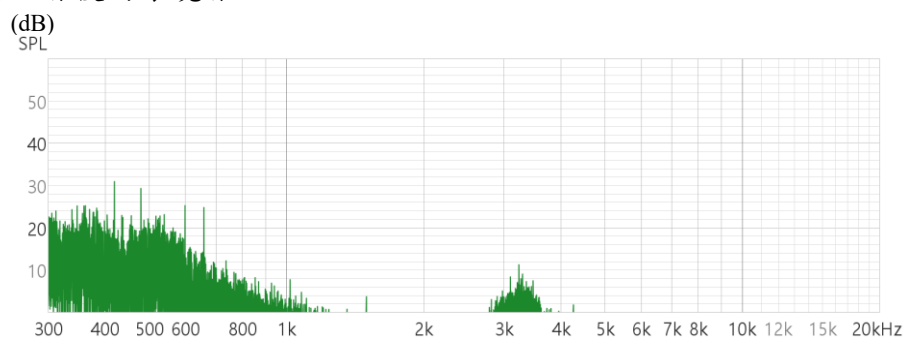


圖 11c. A+B+C 層吸音後的環境音

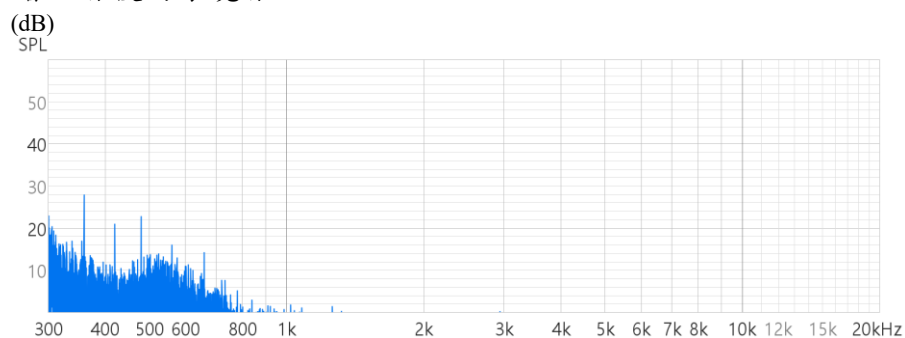


圖 11d. A+B+C+D 層吸音後的環境音

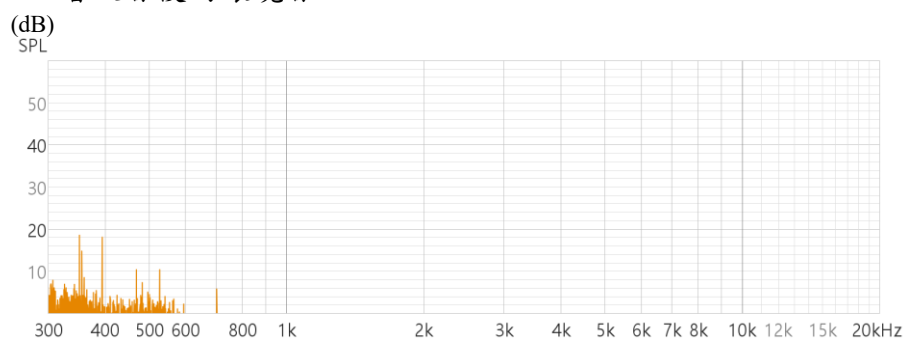


圖 11e. A+B+C+D+E 層吸音後的環境音

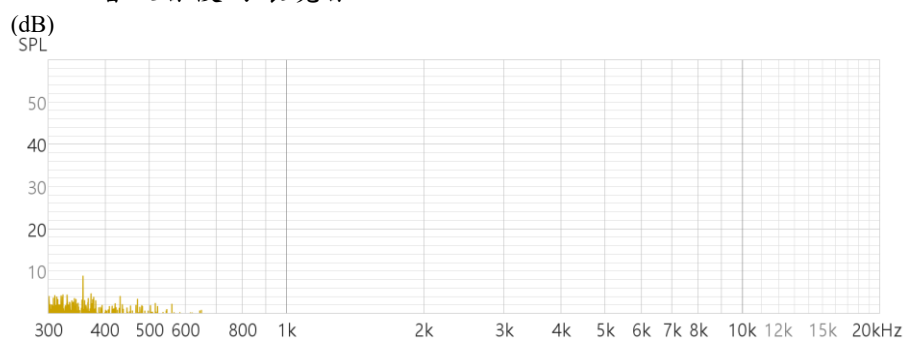


圖 11、分層組裝的錄音箱環境聲錄音頻率對 SPL 的分析。(兩位作者共同繪製)

二、翅音錄製及翅音合成

雄性白線斑蚊翅音錄製結果於圖 12a，依據圖 12a 的基頻及 7 個泛音合成出圖 12b 的雄性白線斑蚊合成翅音。而雌性白線斑蚊翅音錄製結果於圖 12c，同樣依據圖 12c 的基頻及 8 個泛音合成出圖 12d 的雌性白線斑蚊合成翅音。

圖 12a.雄蚊真實翅音（▼：基頻；▼：泛音）

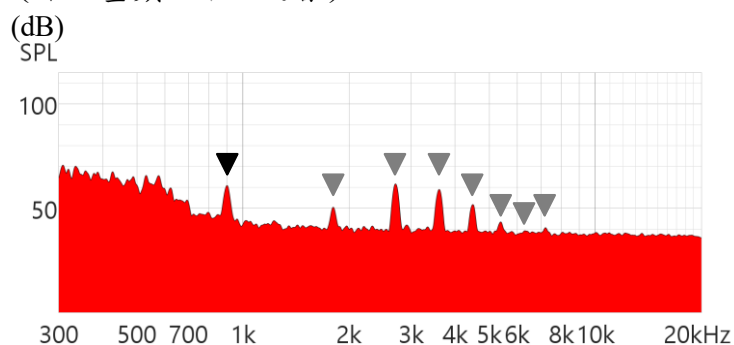


圖 12b.雄蚊合成翅音

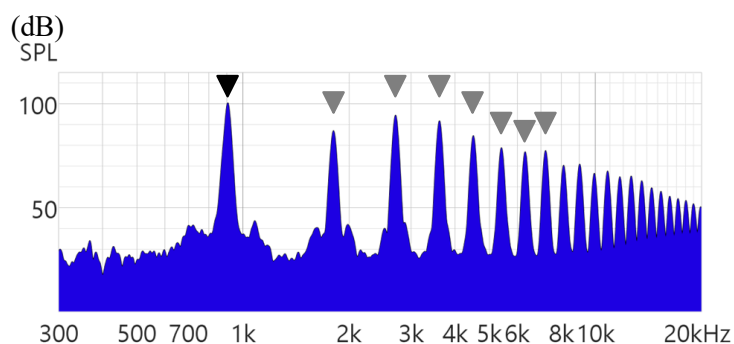


圖 12c.雌蚊真實翅音

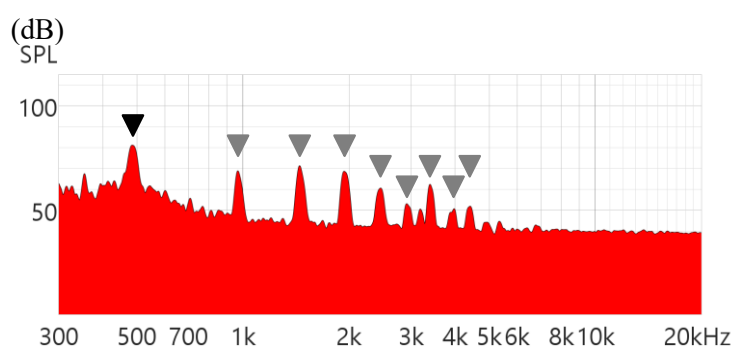


圖 12d.雌蚊合成翅音

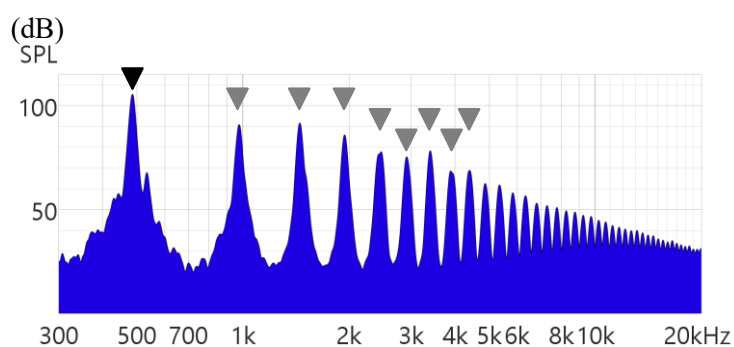


圖 12、白線斑蚊真實與合成翅音。(兩位作者共同繪製)

雄性埃及斑蚊翅音錄製結果於圖 13a，依據圖 13a 的基頻及 9 個泛音合成出圖 13b 的雄性埃及斑蚊合成翅音。而雌性埃及斑蚊翅音錄製結果於圖 13c，同樣依據圖 13c 的基頻及 10 個泛音合成出圖 13d 的雌性埃及斑蚊合成翅音。

圖 13a.雄蚊真實翅音（▼：基頻；▼：泛音）

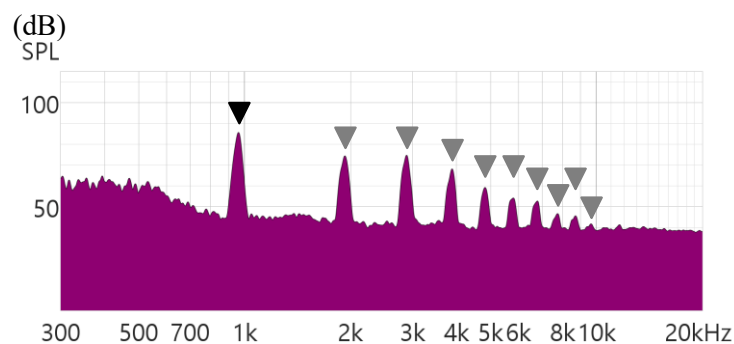


圖 13b.雄蚊合成翅音

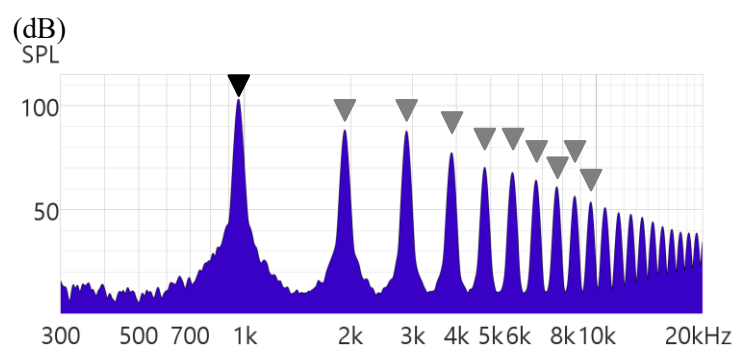


圖 13c.雌蚊真實翅音

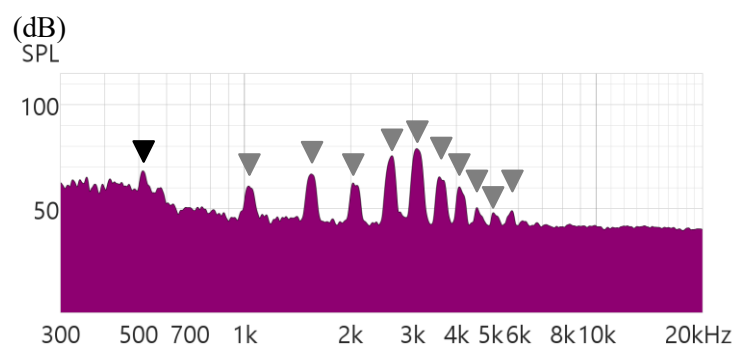


圖 13d.雌蚊合成翅音

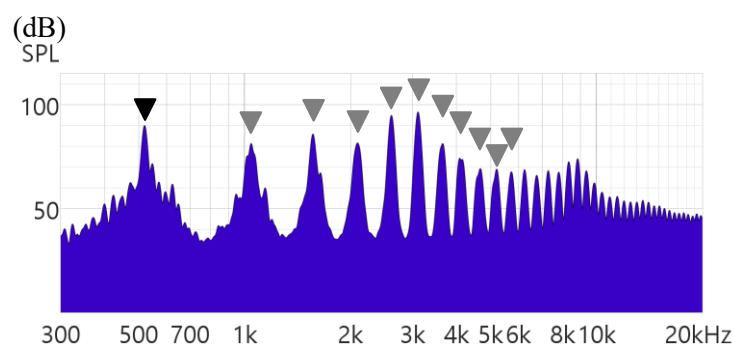


圖 13、埃及斑蚊真實與合成翅音。(兩位作者共同繪製)

表 2、白線斑蚊及埃及斑蚊翅音的頻率分析。(兩位作者共同製作)

蚊蟲 頻率(Hz)	圖 12a	圖 12c	圖 13a	圖 13c
	雄性白線斑蚊	雌性白線斑蚊	雄性埃及斑蚊	雌性埃及斑蚊
基頻	906	486	961	520
泛音	1810	976	1926	1044
	2710	1450	2884	1564
	3610	1943	3877	2090
	4500	2470	4808	2613
	5400	2940	5731	3110
	6306	3400	6702	3659
	7212	3950	7696	4080
		4420	8622	4580
			9629	5099
				5737

將圖 12a、圖 12c、13a、圖 13c 聲譜的翅音基頻與泛音整理得到表 2，若是將音樂的概念與蚊蟲翅音頻率結合，蚊蟲翅音如同具有特定基頻的樂器，其樂器音色為整數倍基頻的泛音所構成。

三、蚊蟲翅長與翅音間的關係

兩種蚊蟲的翅長、平衡棍長、及翅音基頻統計結果於表 3、表 4。雄性白線斑蚊的平衡棍長與翅音基頻、及雌性白線斑蚊平衡棍長與翅長兩組數據具有中度相關性。

表 3、白線斑蚊翅長、平衡棍長、及翅音基頻。(兩位作者共同製作)

性別	翅長 (mm)		平衡棍長 (mm)		翅音基頻 (Hz)	
	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
雄蚊	2.38	0.07	0.260	0.024	774	40
雌蚊	2.87	0.17	0.304	0.041	490	41

註:雄蚊平衡棍長與翅音基頻顯著相關 ($r=0.633$, $p=0.049$),

雌蚊平衡棍長與翅長顯著相關 ($r=0.637$, $p=0.048$)。

表 4、埃及斑蚊翅長、平衡棍長、及翅音基頻。(兩位作者共同製作)

性別	翅長 (mm)		平衡棍長 (mm)		翅音基頻 (Hz)	
	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
雄蚊	3.32	0.08	0.347	0.022	878	44
雌蚊	3.51	0.08	0.360	0.037	542	26

註: 雄蚊翅音基頻、翅長及平衡棍長之間皆無顯著相關, 雌蚊亦同。

圖 14a.雄性白線斑蚊



圖 14b.雌性白線斑蚊



圖 14c.雄性埃及斑蚊



圖 14d.雌性埃及斑蚊



圖 14、蚊蟲顯微圖。(兩位作者共同拍攝)

四、翅音對蚊蟲的誘引率

白線斑蚊翅音對兩種蚊蟲的誘引率結果於圖 15。

圖 15a.雄蚊的兩種翅音對雌蚊的誘引率皆有顯著差異

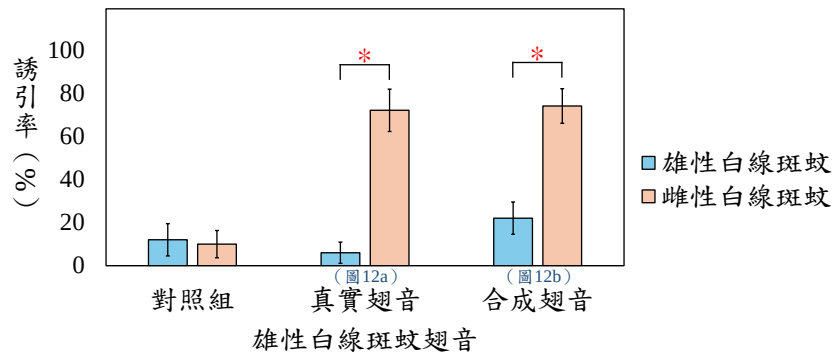


圖 15b.雄蚊翅音有誘引專一性 (未能誘引埃及斑蚊)

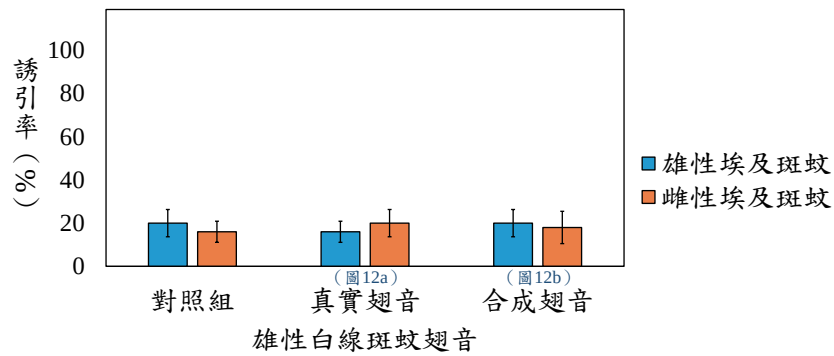


圖 15c.雌蚊合成翅音對雄蚊的誘引率有顯著差異

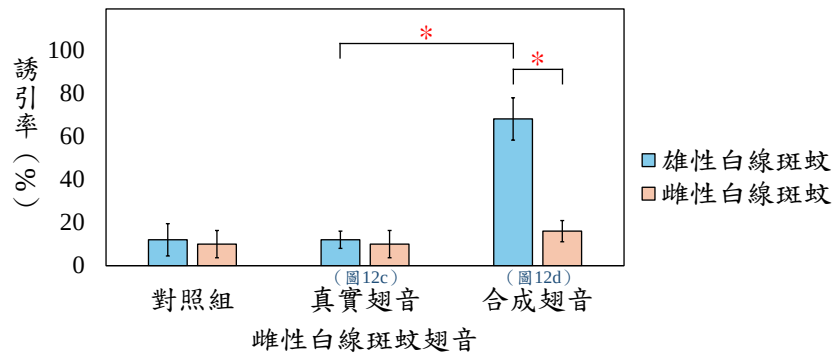


圖 15d.雌蚊翅音具有誘引專一性 (未能誘引埃及斑蚊)

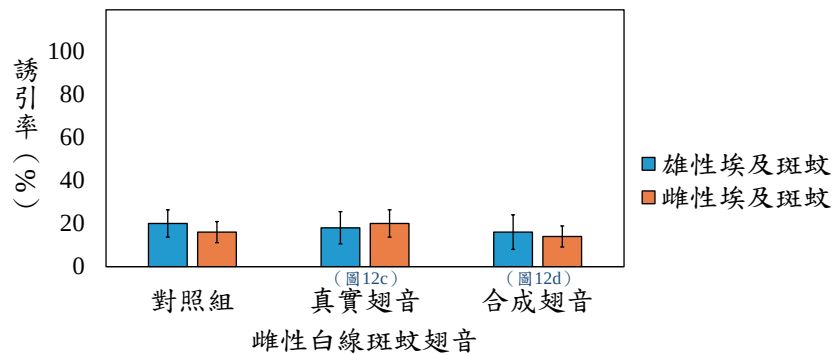


圖 15、白線斑蚊翅音對蚊蟲的誘引率。(兩位作者共同繪製)

埃及斑蚊翅音對兩種蚊蟲的誘引率結果於圖 16。

圖 16a.雄蚊兩種翅音對雌蚊的誘引率皆有顯著差異

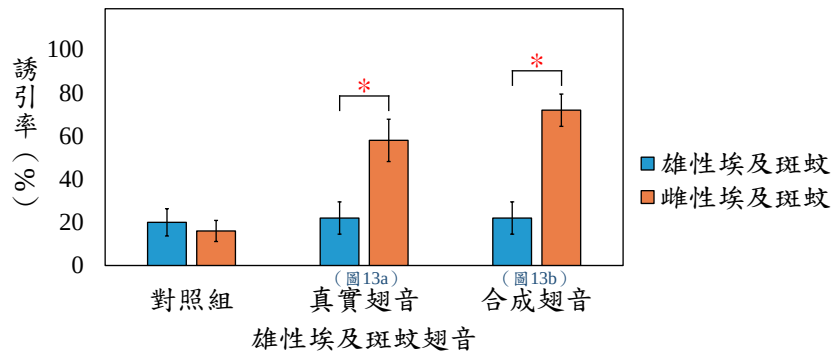


圖 16b.雄蚊翅音具誘引專一性 (未能誘引白線斑蚊)

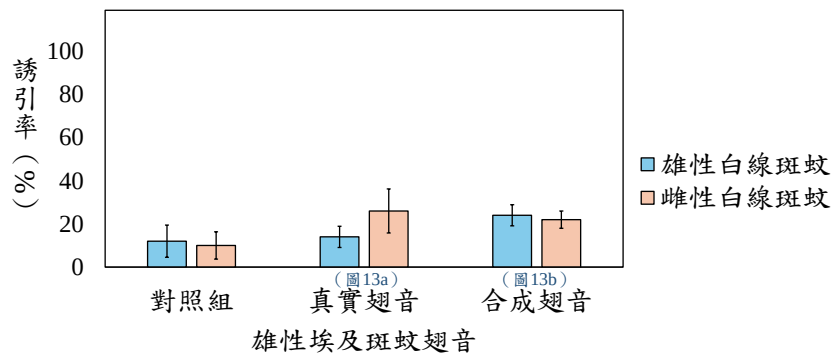


圖 16c.雌蚊兩種翅音對雄蚊的誘引率皆有顯著差異

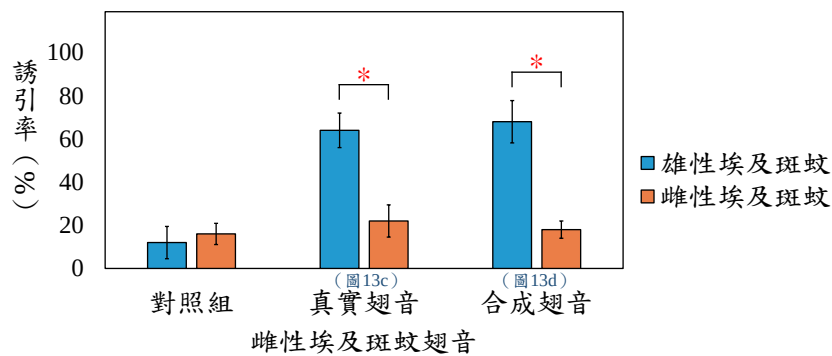


圖 16d. 雌蚊翅音具有誘引專一性 (未能誘引白線斑蚊)

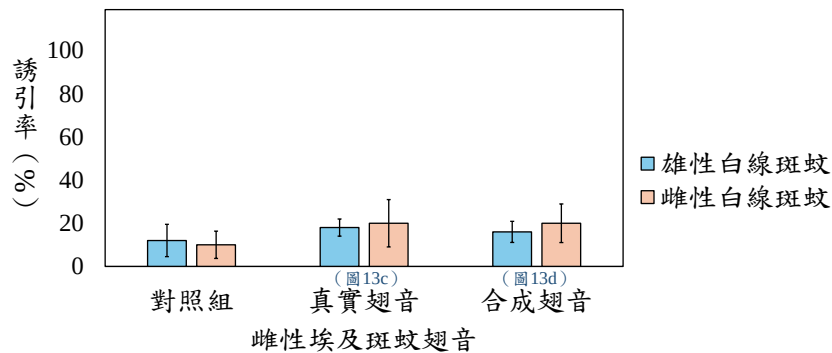


圖 16、埃及斑蚊翅音對蚊蟲的誘引率。(兩位作者共同繪製)

交尾雌性白線斑蚊翅音及誘引實驗結果於圖 17。由圖 17a 可知，交尾後的雌蚊翅音頻率會提高。

圖 17a.雌性白線斑蚊真實翅音（▼：基頻；▲：泛音）

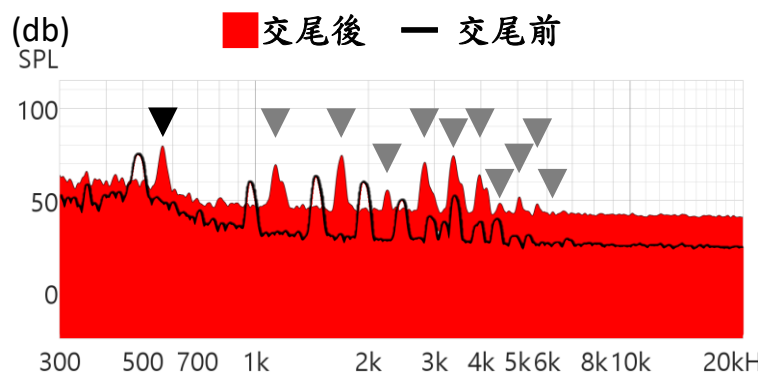


圖 17b.雌性白線斑蚊合成翅音（▼：基頻；▲：泛音）

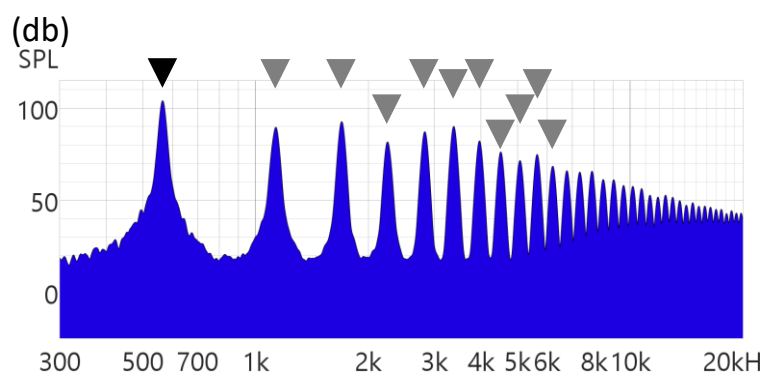


圖 17c.合成翅音對同種交尾雌蚊誘引率有顯著差異

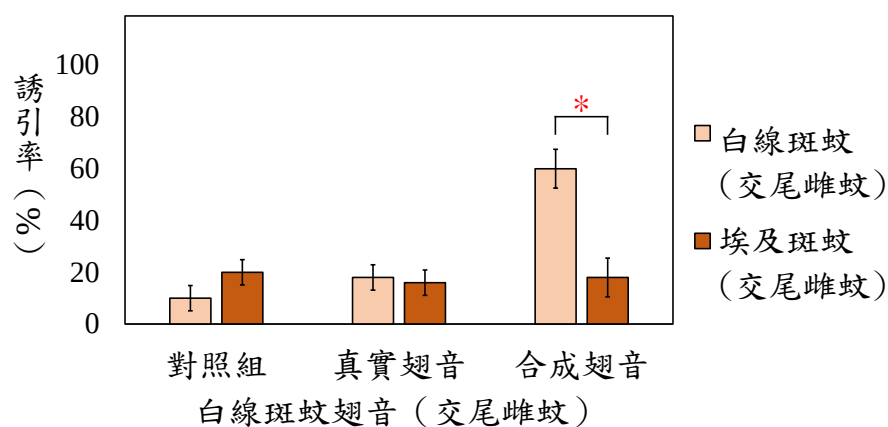


圖 17.交尾雌性白線斑蚊翅音及誘引實驗。(兩位作者共同繪製)

交尾雌性埃及斑蚊翅音及誘引實驗結果於圖 18。由圖 18a 可知，交尾後的雌蚊翅音頻率會提高。

圖 18a.雌性埃及斑蚊真實翅音（▼：基頻；▲：泛音）

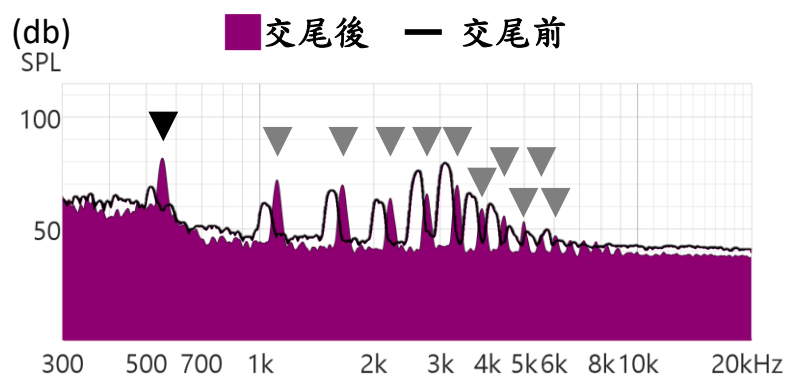


圖 18b.雌性埃及斑蚊合成翅音（▼：基頻；▲：泛音）

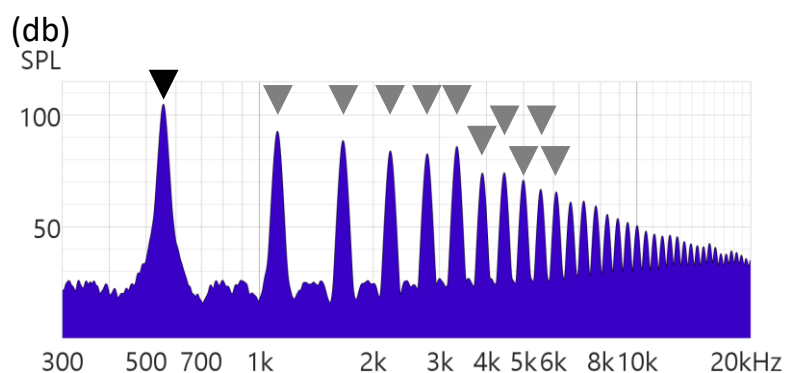


圖 18c.兩種翅音對同種交尾雌蚊誘引率皆有顯著差異

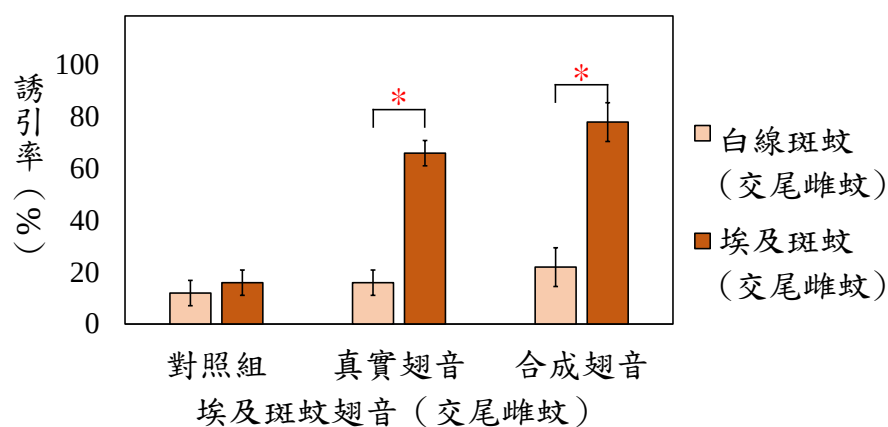


圖 18 交尾雌性埃及斑蚊翅音及誘引實驗（兩位作者共同繪製）。

交尾雄性白線斑蚊翅音及誘引實驗結果於圖 19。由圖 19a 可知，交尾後的雄蚊翅音頻率會下降。

圖 19a. 雄性白線斑蚊真實翅音 (▼：基頻；▲：泛音)

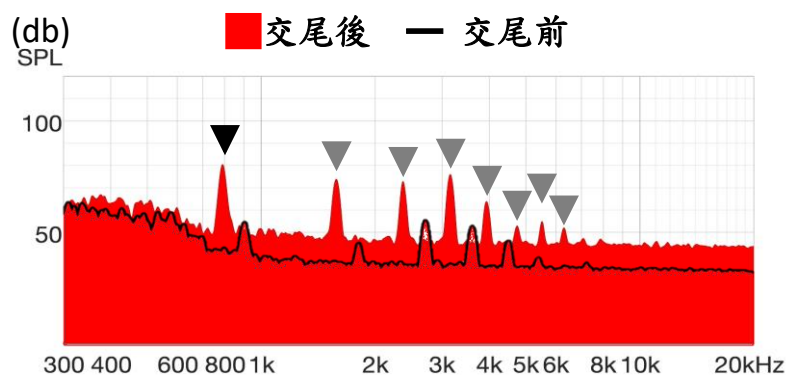


圖 19b. 雄性白線斑蚊合成翅音 (▼：基頻；▲：泛音)

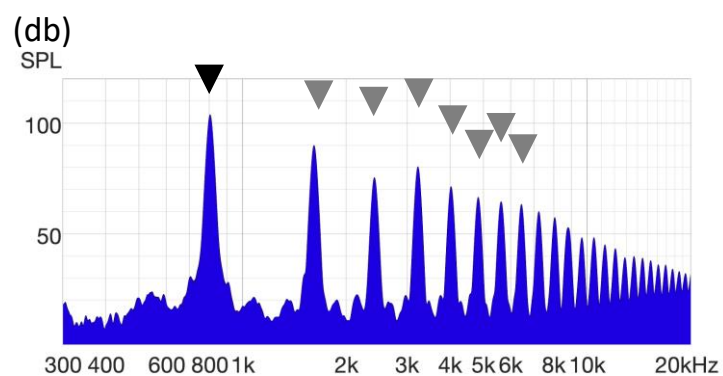


圖 19c. 兩種翅音皆未能誘引交尾雌蚊。

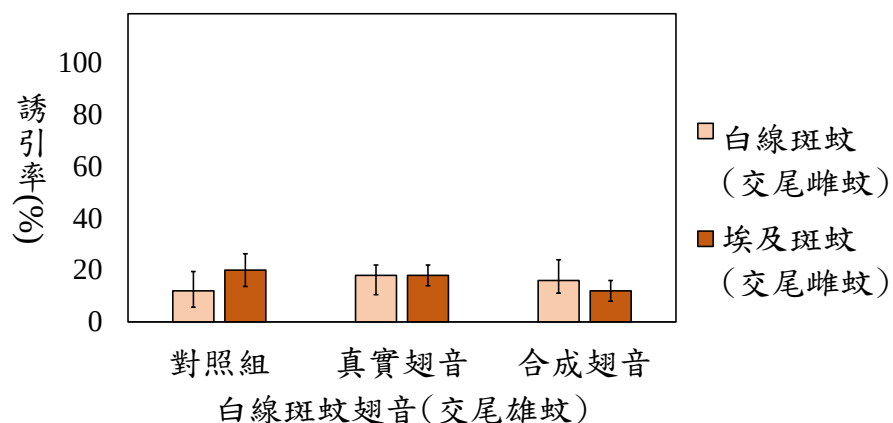


圖 19、交尾雄性白線斑蚊翅音及誘引實驗。(兩位作者共同繪製)

交尾雄性埃及斑蚊翅音及誘引實驗結果於圖 20。由圖 20a 可知，交尾後的雄蚊翅音頻率會下降。

圖 20a. 雄性埃及斑蚊真實翅音 (▼：基頻；▲：泛音)

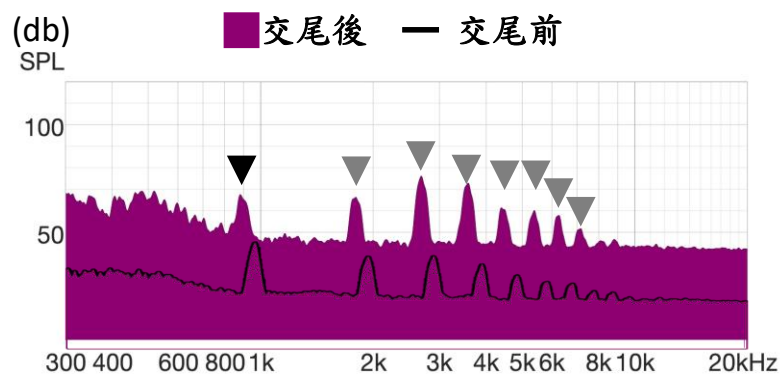


圖 20b. 雄性埃及斑蚊合成翅音 (▼：基頻；▲：泛音)

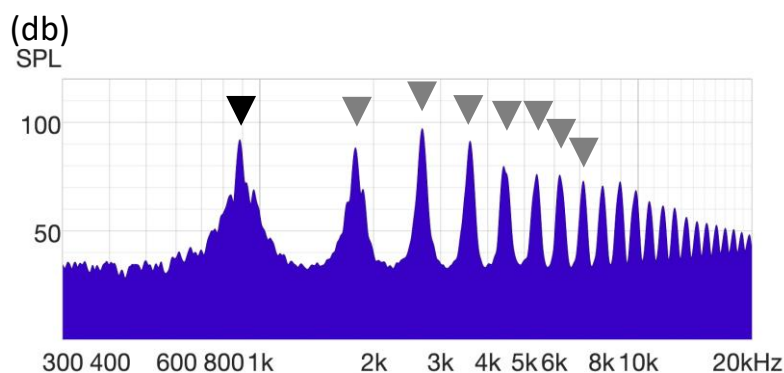


圖 20c. 兩種翅音皆未能誘引交尾雌蚊。

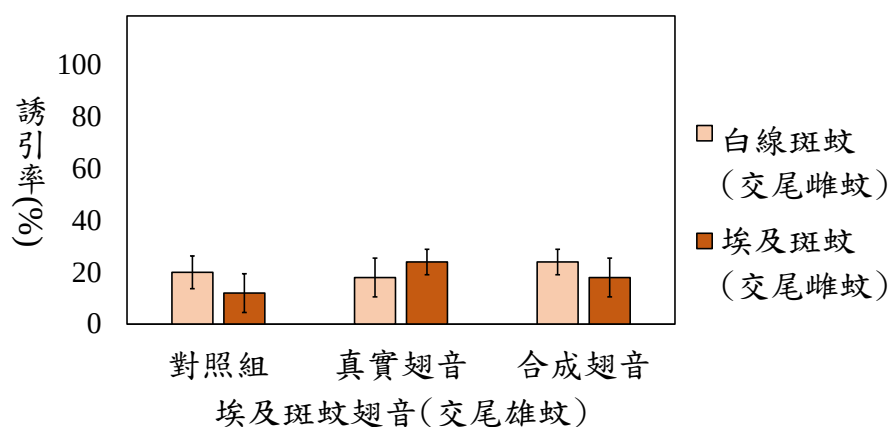


圖 20、交尾雄性埃及斑蚊翅音及誘引實驗。(兩位作者共同繪製)

綜合圖 17、圖 18、圖 19、圖 20 可知，雌蚊交尾後會被彼此翅音誘引，並具有專一性。

圖 15、圖 16、圖 17、圖 18 中最佳誘引率的翅音分別為圖 12b、圖 12d、圖 13b、圖 13d、圖 17b、圖 18b，以此六個翅音作為聲源，製作出捕蚊機。

五、翅音誘引雌蚊產卵實驗

由圖 21 可知，圖 18b 的翅音對埃及斑蚊產卵結果有顯著差異，平均高達 85.8%的卵集中於有翅音的卵片上，結合圖 18c 的實驗結果，圖 18b 的翅音有兩種效果，誘引雌性交尾埃及斑蚊靠近並且誘引雌性埃及斑蚊產卵。

另外，結合圖 21 及圖 17c 的實驗結果可知，圖 17b 的翅音有誘引雌性交尾埃及斑蚊靠近的效果，而未具有誘引白線斑蚊產卵的效果。

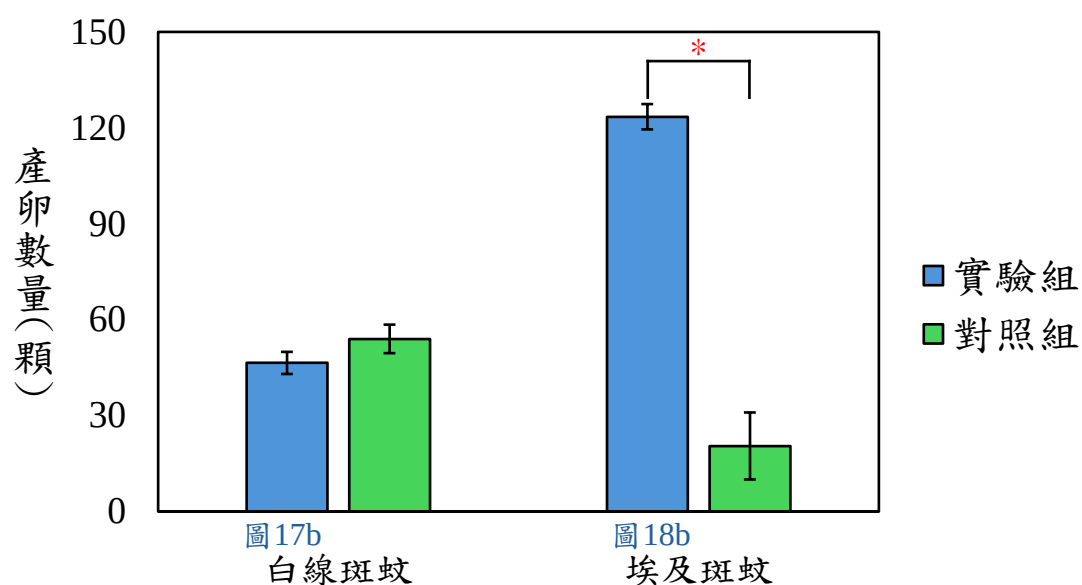
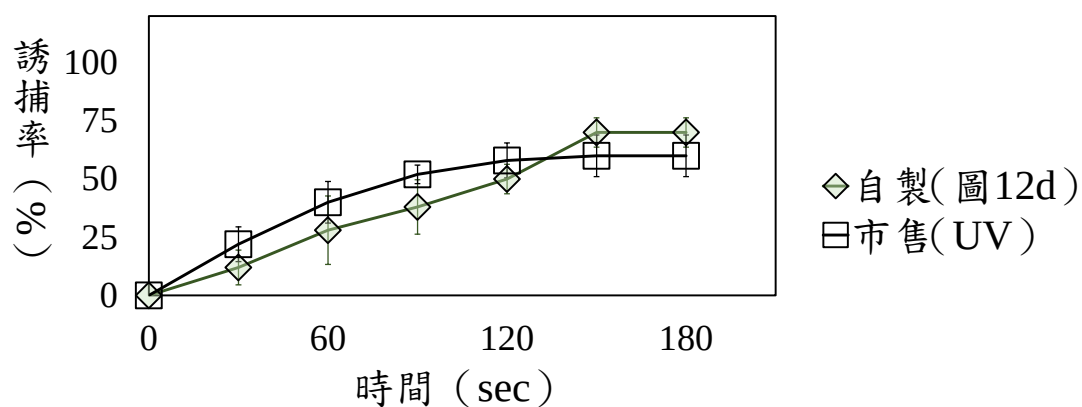


圖 21、交尾雌蚊翅音對蚊蟲產卵實驗結果（兩位作者共同繪製）。

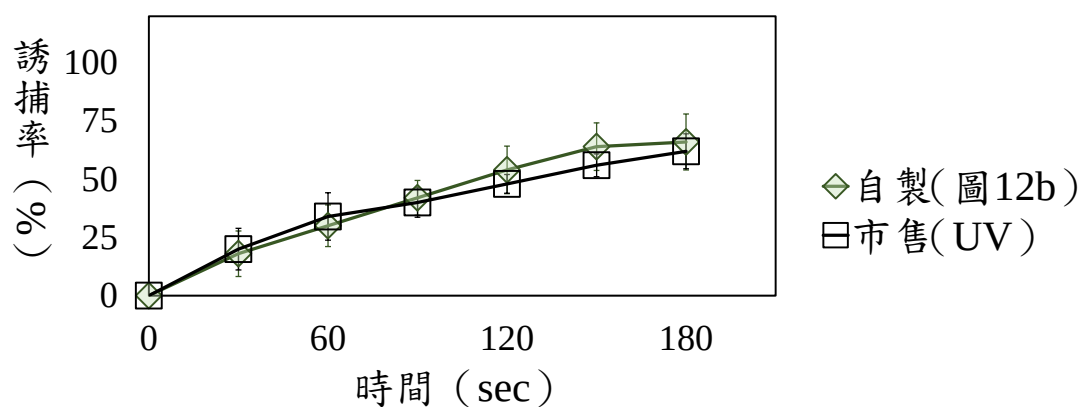
六、自製與市售捕蚊機的誘捕實驗

白線斑蚊翅音誘捕蚊蟲的結果於圖 22，市售以及自製的捕蚊機對於三種狀態的白線斑蚊有相近的誘捕率。

a. 雄蚊誘捕率自製較市售捕蚊機高 10.0%



b. 雌蚊誘捕率自製較市售捕蚊機高 4.0%



c. 交尾雌蚊誘捕率兩種捕蚊機同為 90.0%

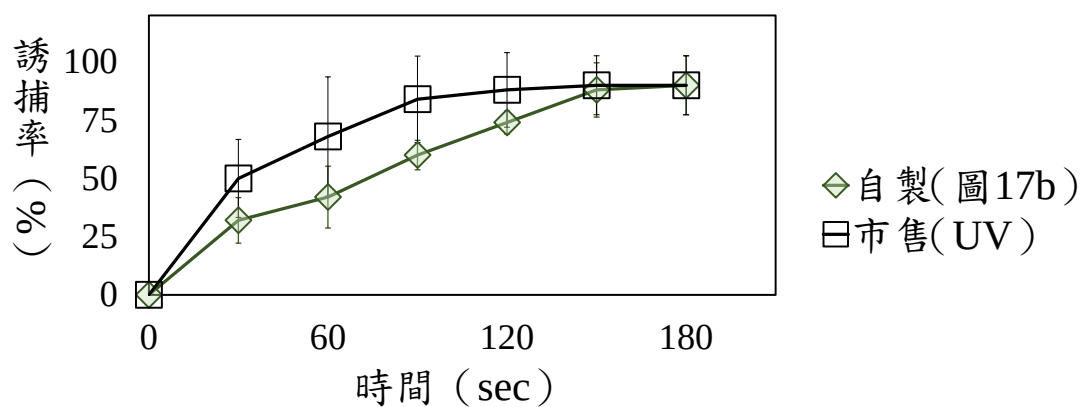
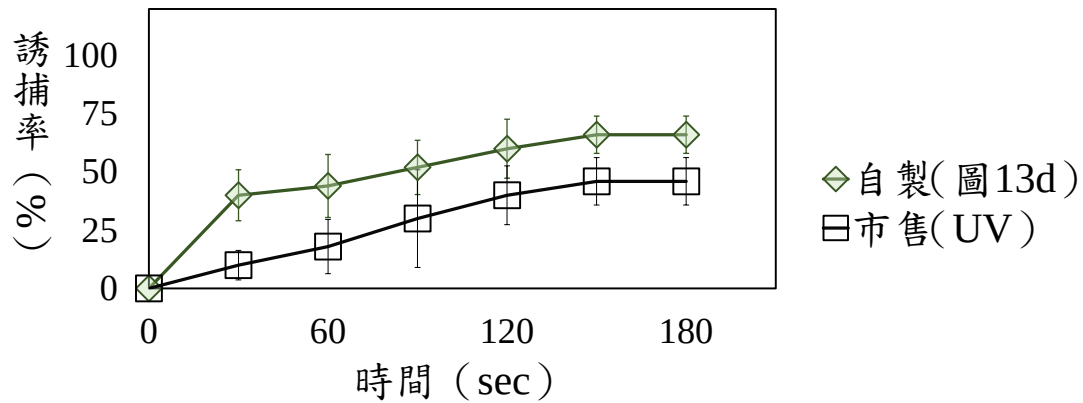


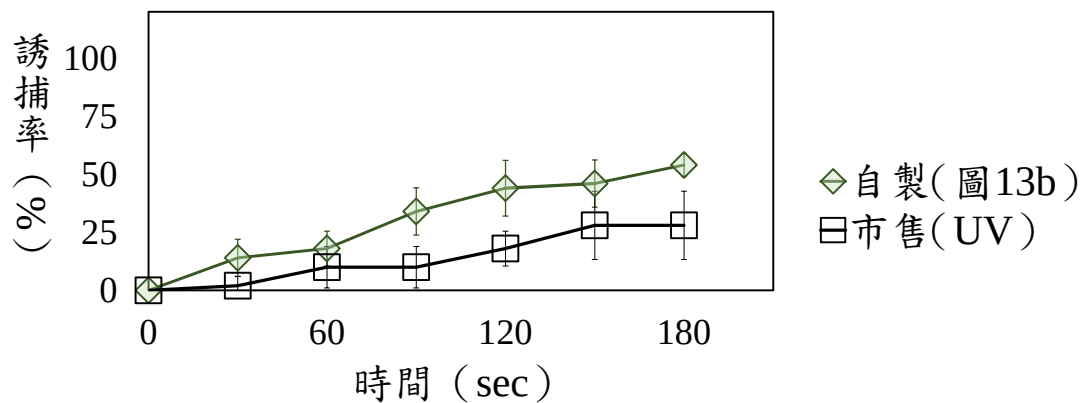
圖 22、自製及市售捕蚊機對白線斑蚊誘捕率。(兩位作者共同繪製)

埃及斑蚊翅音誘捕蚊蟲的結果於圖 23，市售以及自製的捕蚊機對於雄蚊及雌蚊有相近的誘捕率，而兩種捕蚊機的誘捕率對交尾雌蚊有顯著差異(圖 22c)。

a.雄蚊誘捕率自製較市售捕蚊機高 20.0%



b.雌蚊誘捕率自製較市售捕蚊機高 26.0%



c.交尾雌蚊誘捕率兩種捕蚊機有顯著差異

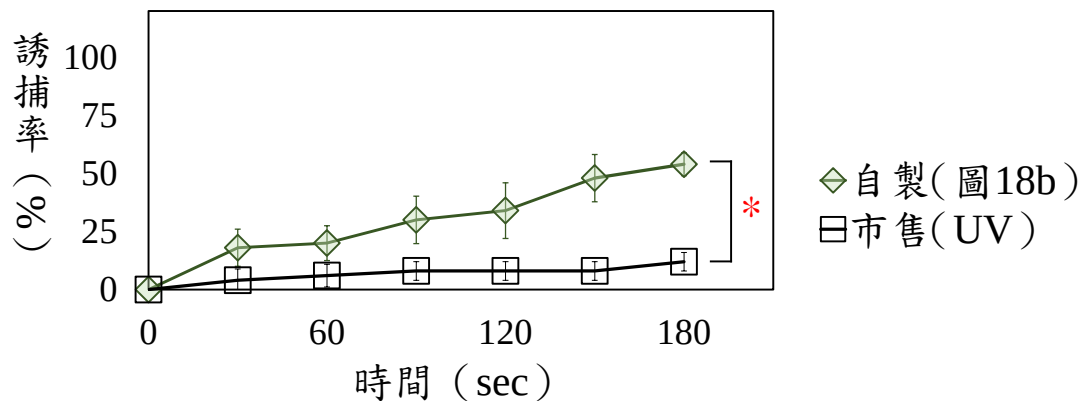


圖 23、自製及市售捕蚊機對埃及斑蚊誘捕率。(兩位作者共同繪製)

伍、討論

- 一、當前在蚊蟲翅音的聲譜研究上還留有很多的空間，將來可以針對不同條件下的蚊蟲翅音的分類，並研究不同翅音對蚊蟲行為的影響。
- 二、過去對於蚊蟲的翅音多集中於基頻的分析，然而蚊蟲翅音除基頻外還具有數個泛音，而錄製高頻泛音容易受到環境音的稀釋，研究者以自製的降噪錄音箱錄製下蚊蟲完整翅音，透過完整翅音的分析有利於人工合成翅音。
- 三、使用 REW 模擬翅音時，若是產生頻率和諧部分會產生原有之外更高頻的泛音，而不和諧部分會產生不規則的音頻峰。
- 四、從統計得知(表 3)，雌性白線斑蚊的平衡棍越長其翅長也會越長(中度相關)。
- 五、蚊蟲的平衡棍快速振動後藉由空氣傳播後，再進入麥克風收音並以錄音設備紀錄後，才得到蚊蟲錄製後的翅音。即使有錄音箱隔絕環境音的干擾，錄製的微弱翅音還是會受空氣微弱擾動以及錄音系統內部雜訊影響而失真。合成翅音可以盡量接近錄製翅音外，亦可以避免微干擾聲音的影響，再以喇叭播放時可得到乾淨的翅音，因此，合成翅音的誘捕率皆高於錄製翅音。
- 六、交尾前的雄性及雌性蚊蟲會受到彼此的翅音誘引，雄蚊與雌蚊快速靠近並進行交尾，翅音是其中一個重要的因素。交尾雌蚊，則會受到同種交尾雌蚊的翅音所誘引，因為交尾後的雌蚊需要吸取血液以補充蛋白質進而發育卵巢，由此結果可知準備吸血的雌蚊所發出的翅音會彼此誘引，並往血液來源聚集起來。
- 七、總和蚊蟲誘引實驗結果可知，白線斑蚊及埃及斑蚊的翅音具有專一性，白線斑蚊及埃及斑蚊的翅音彼此間無明顯誘引效果。
- 八、以人工合成翅音進行誘捕蚊蟲，屬於環境友善防治法，並且因為不需使用生化試劑符合綠色化學的原則。
- 九、交尾雌性埃及斑蚊翅音具有誘引同種雌蚊產卵的效果，後續將設計雌蚊產卵誘引裝置，以應用於消滅蟲卵。
- 十、後續將增加電生理實驗，確認蚊蟲對特定音頻之反應；以及針對感受器之基因表現或蛋白質表現。

陸、結論

- 一、本研究自行製作的降噪錄音箱，可將環境聲音從-52.9 dB 降至-66.6 dB，若以聲音能量來計算，錄音箱可吸收 95.7 %的環境音能量，多層結構的錄音箱中的 C+D 層軟質材料經統計具有顯著的吸音效果。
- 二、白線斑蚊的雄蚊平衡棍長與翅音顯著相關；而雌蚊平衡棍長與翅長顯著相關。
- 三、白線斑蚊及埃及斑蚊兩者翅音具有專一性，同種雄蚊及雌蚊會受彼此翅音誘引，而交尾雌蚊會被同種交尾雌蚊翅音誘引。
- 四、交尾雌性埃及斑蚊的翅音具有誘引同種雌蚊產卵的效果(平均 85.8%)。
- 五、自製捕蚊機（合成翅音誘捕，平均 66.7%）較市售捕蚊機（UV 光誘捕，平均 49.7%）誘捕率平均高出 17.0%。
- 六、自製捕蚊機可做為白線斑蚊及埃及斑蚊防治資材之一，且為環境友善防治法。

柒、參考資料及其他

1. Chen YR, Hwang JS, Guo YJ. 1994. Ecology and control of dengue vector mosquitoes in Taiwan. *Gaoxiong Yi Xue Ke Xue Za Zhi*. 10: S78-87.
- 2.周欽賢、王正雄、連日清 (2002)。醫學昆蟲與病媒管制。臺北市。658 頁。
- 3.羅林巧、王智源、鄧華真 (2014)。2009-2011 年臺灣地區登革熱病媒蚊分布調查。疫情報導，30 (15)，304-310。
- 4.衛生福利部疾病管制署 (2019)。登革熱/屈公病防治工作指引。臺北市：衛生福利部疾病管制署。30-43 頁。
- 5.蔡景堯，蕭宜珊，楊有螢。2021。深呼吸 - 孑孓與搖蚊幼蟲如何在水中呼吸及閉氣。臺北市第 54 屆中小學科學展覽會 (高中組，動物與醫學學科)。
- 6.溫珮伶、蔡婷喻。2022。底棲搖蚊之生存策略研究：表現血紅蛋白基因、調適水體環境及其誘捕蚊幼蟲特性。臺北市第 55 屆中小學科學展覽會 (高中組，動物醫學學科)。
- 7.蔡婷喻，廖子瑄。2024。雙酚 A 對白線斑蚊幼蟲生長發育的影響及病媒蚊防治策略探究。台 2024 年臺灣國際科學展覽會 (環境工程科)。
- 8.Lauren JC, Ben JA, Laura CH, Ronald RH, 2009. Harmonic convergence in the love songs of the dengue vector mosquito. 323(5917): 1077-1079.
- 9.連日清 (2004)。臺灣蚊種檢索。臺北市：藝軒。178 頁。

【評語】 200012

本研究成功製作降噪錄音箱以錄製蚊蟲翅音，並探討人工合成翅音誘捕蚊蟲之效果。報告說明清楚，圖表繪製用心，研究紀錄豐富完整。未來之實際應用值得期待。