中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組　動物與醫學學科

052012

媽媽看得見那道光嗎?

－探討光線對台灣鋏蠓雌蟲產卵之影響

學校名稱：國立花蓮女子高級中學

作者：	指導老師：
高二 連芸晨 高二 謝若瑄 高二 顏向均	黃文琴

關鍵詞：台灣鋏蠓、光波長、產卵偏好

摘要

台灣銨蠓(*Forcipomyia taiwana*)俗稱小黑蚊，為蠓科吸血性昆蟲，雌蟲吸食人血約兩天後產卵。本研究主要探討台灣銨蠓雌蟲吸血後，選擇產卵處時對光強度與波長的偏好；我們利用太陽光模擬器探討其對光強度的選擇時，發現雌蟲偏好產卵於光亮處；其次利用五種不同波長的 LED 燈測試，發現其偏好產卵於紫外光及綠光環境。此外，UV 光於 200 Lux 照射強度下對雌蟲產卵有較高的吸引力。而在分析雌蟲在飼養盒中產卵位置時，亦發現雌蟲產卵位置偏向邊緣。本研究成果將可運用於設計一個誘引台灣銨蠓雌蟲產卵並捕殺的裝置，當懷卵雌蟲被捕殺後，可有效防止台灣銨蠓繁衍，進而控制其整體族群量，並輔助目前台灣銨蠓防治上的缺憾。

壹、　研究動機

台灣銨蠓(*Forcipomyia taiwana*)俗稱小黑蚊，為雙翅目(*Diptera*)蠓科(*Ceratopogonidae*)。其雌蟲嗜吸人血，有些人會因它的叮咬而產生紅腫、刺痛等反應，且台灣銨蠓對花蓮地區居民的危害日益嚴重。目前針對台灣銨蠓的防治方法主要有三種：利用特殊氣味進行誘捕、利用生物防制方式來降低小黑蚊密度以及減低幼蟲食物來源，但這些方法目前皆尚未完整；因此，找出更有效的防治方法是值得研究的主題。

此昆蟲為完全變態，生活史分為卵、幼蟲、蛹、成蟲四個時期，生命週期約為 20 天。其中卵期約 2-3 天、幼蟲期約 7-9 天、蛹期約 2-5 天，雌蟲於吸血後 3- 4 天，即會在潮濕、光亮、有青苔生長的地方產卵(杜武俊，2011)。其幼蟲以藍綠藻或綠藻為食，雄成蟲嗜吸花蜜及露水，只有雌成蟲吸食人血。台灣銨蠓偏好活動於光暗交界處，樹林外圍邊緣大樹下、花圃灌木叢下、盆景區內、棚架下都是經常出現台灣銨蠓的環境(杜武俊，2011)。

其成蟲對於不同波長光源之趨性與敏感度有所不同，有文獻指出以不同波長的 LED 燈源(370 nm 至 880 nm 之間的波段範圍)進行誘引實驗時，波長為 390 nm-440 nm 和 570 nm-620 nm 之燈源，最高能產生 70 %和 64 %的明顯誘引效果(陳錦玄，2011)。另外也有論文探討台灣銨蠓趨光行為之偏好光譜試驗中發現，早晨時段雌成蟲對光的刺激較不敏感，在中午及下午時段則較為敏感；雄成蟲則不會因不同時段而產生對光刺激敏感之差異性。雌成蟲之最敏感波

長為 330~340 nm，而雄成蟲則為 370 nm，顯示雌、雄蟲皆較偏好紫外光。(劉文勇、楊恩誠、李學進，2009)。

而對於其雌蟲產卵的研究，有學者指出其偏好將卵產於有幼蟲食物的地方(謝伯岳，2007)，且雌蟲在反光係數低的混合藍藻之產卵數與卵團數量都較高，於反光係數較高的 Chlorella sp. 與 Tetrachlorella sp.的產卵數和卵團數量都較少(何德明，2008)。

產卵的數量也受溫度和時間的影響(謝伯岳，2007)，在 25℃與 30℃下雌蟲之產卵率明顯高於其他溫度，而在 25℃時以 12：00 至 15：00 與 15：00 至 18：00 兩時段之產卵量最多，顯示台灣鋏蠓雌蟲具卵日律動。

綜合上述的文獻資料，我們推測台灣鋏蠓產卵與光線有非常密切的關係，但沒有資料指出光的強度和波長對其產卵影響。因此，本研究試圖設計實驗以釐清上述謎點。另外，我們更希望利用本實驗結果設計出方便、有效、低污染的方法，來降低其族群數量以達到有效防治的目的。

貳、 研究目的

一、探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇。

二、探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇。

三、探討紫外光、綠光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響。

四、探討不同強度之紫外光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響。

五、分析不同光照條件下台灣鋏蠓雌蟲在飼養盒中產卵分布情形。

參、 研究設備及器材

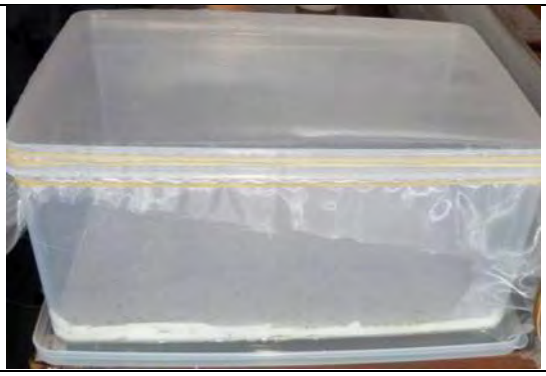
一、成蟲捕捉器：

以高為 15cm、上方直徑為 7.5cm、下方直徑為 5.5cm 的塑膠杯，於杯蓋中央及杯側各切出一個直徑 0.7cm 大的圓孔。杯蓋之圓孔即為吸蟲管放入處，可將所採集之雌成蟲由此口吸入杯中；杯側之圓孔連接鍵盤吸塵器以將蟲體吸入杯內。

二、成蟲飼養盒：

塑膠保鮮盒(長 32*寬 22*高 14.5cm)、100 目紗網、棉花、濾紙、培養皿(直徑 9.2cm 及 8.5cm)

成蟲飼養盒開口以 100 目紗網覆蓋，並用橡皮筋綁牢，防止台灣鋏蠓飛出。

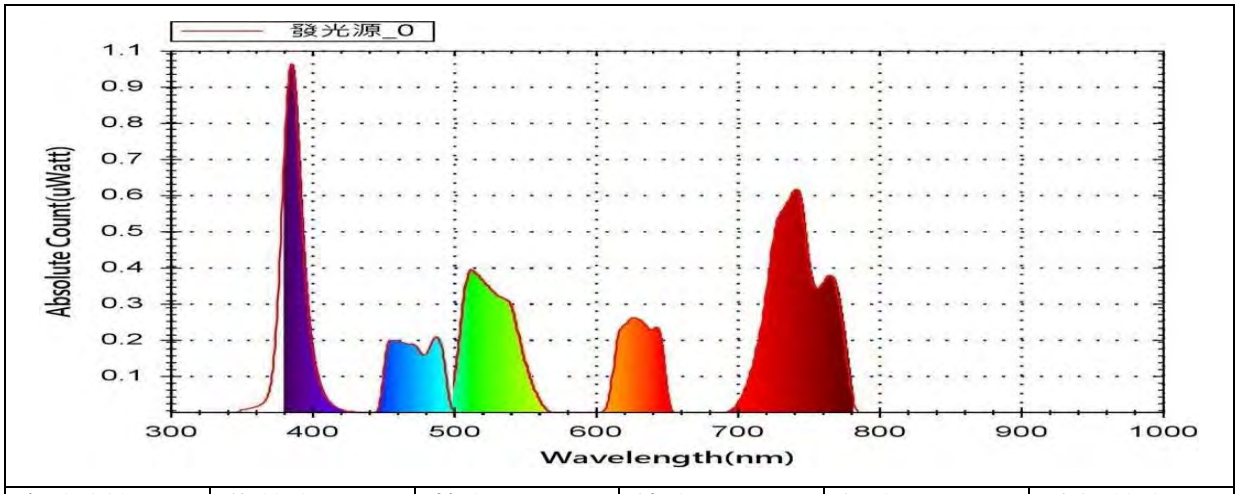
	
圖 1：成蟲捕捉器	圖 2：成蟲飼養盒

三、探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇-實驗裝置：

圖 3：太陽光模擬器(金頓科技，SUN04-46)	圖 4：塑膠水管(直徑 11 cm、長 1 m)

四、探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇-實驗裝置：

12 V 三眼 LED(VitaStar ° LED 照明，VITALUX-MR16)、紙箱

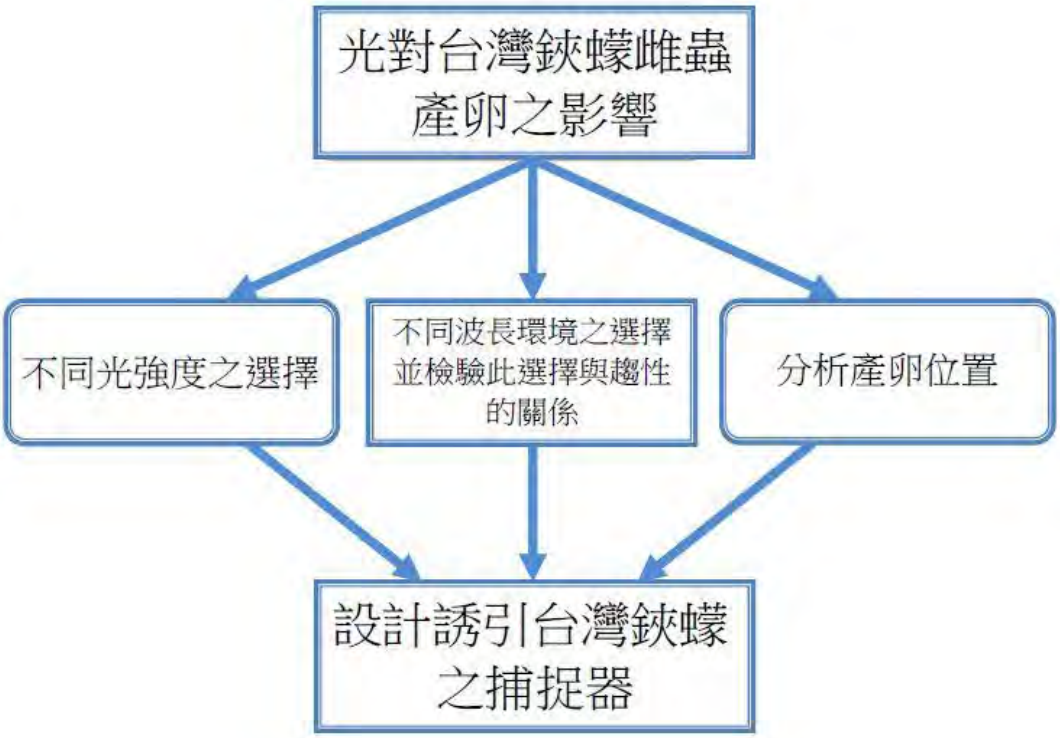


色光種類	紫外光	藍光	綠光	紅光	遠紅外光
波峰(nm)	380-390	465-475	520-530	620-630	720-740

圖 5：不同 LED 燈波長及能量(使用光譜儀測量各色光總能量)

肆、　研究過程及方法

一、　研究流程



二、　實驗動物之採集與餵血

(一) 實驗動物之採集

在準備實驗動物的過程中，我們試過許多地方採集，分為 A、B、C、D、E、F 六個樣區。雌成蟲採集方式說明如下：採集時以人體裸露小腿引誘雌成蟲，並在其停留於小腿上時，使用自製的吸蟲器將雌蟲吸入並存放於塑膠採集杯中。

圖 6：雌成蟲採集方式	圖 7：採集器

經過多次採集後，我們得到以下結果：

採集日期	採集地點	採集開始時間	採集總時間	採集數量(隻)
105/09/13	A	13:00	1.5 小時	20
105/09/20	A	13:00	1.5 小時	20
105/10/15	B	12:00	40 分鐘	10
105/10/18	B	13:00	1 小時	15
105/11/08	C	14:00	1.5 小時	40
105/11/15	C	14:00	1 小時	20
105/12/03	D	14:00	1.5 小時	230
105/12/17	D	14:00	1 小時	300
105/12/24	D	14:30	1.5 小時	218
106/01/23	E	13:30	1 小時	68
106/01/24	D	14:00	30 分鐘	200
106/01/25	D	14:00	20 分鐘	110
106/01/25	E	13:00	1 小時	17
106/01/29	F	13:00	30 分鐘	300
106/02/02	F	13:30	1.5 小時	150
106/04/15	C	12:30	30 分鐘	500
106/04/22	C	13:00	20 分鐘	500
106/05/06	C	13:00	20 分鐘	500
106/05/10	C	13:30	15 分鐘	500

我們發現 C 區及 D 區的蟲源穩定，因此本實驗實驗動物皆由這兩個地方採集。

(二) 實驗動物之餵血方式

雌蟲自野外採集回實驗室後，用二氧化碳(3 LPM)迷昏，移除塑膠杯蓋並在杯口套上 80 目紗網。然後將手臂及小腿覆於紗網上以血液餵食雌成蟲 30mins。

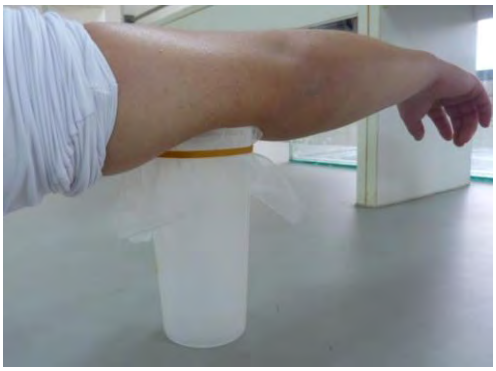
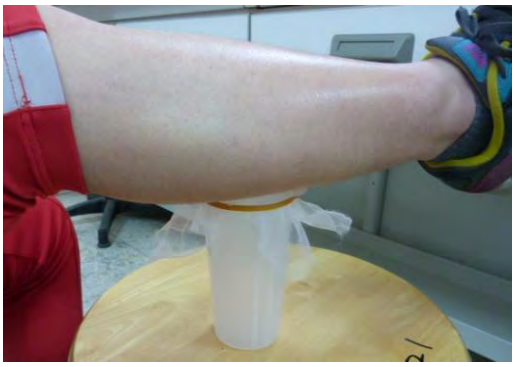
	

圖 8：以手臂餵血	圖 9：以小腿餵血

(三) 實驗動物之飼養方式

根據文獻（葉金彰，2001），我們知道台灣鋏蠓雌蟲需在吸食人血 2-3 天後才會產卵，因此我們在往後的實驗中選擇五天為一個實驗週期，以確保雌蟲卵巢發育完全且有兩天的產卵時間。

三、 探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇

(一)實驗設計

選用直徑 11 cm 長 1 m 之塑膠水管做為台灣鋏蠓雌蟲產卵環境，依序放置十個相同直徑之培養皿收集蟲卵，以太陽光模擬器模擬日光從一端平行照射水管，沿著水管造成光度梯度，以探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇。

(二)實驗步驟

1. 取十個培養皿，底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。

2.將步驟 1 準備好的培養皿依序排入塑膠水管中。

3.將水管一端套上 100 目紗網透光及通風，另一端以黑色海綿封起保持黑暗。

4.將 150 隻餵過血之雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後置於步驟 3 的水管中。

5.以太陽光模擬器模擬日光，將太陽光模擬器強度調至以 600 Lux 照射水管開口，定時 12hr 光照、12hr 黑暗，持續五天。

6.實驗重複三次，以求其在各不同光強度之卵顆數比例。

(三)實驗裝置

圖 10：水管內部剖面圖

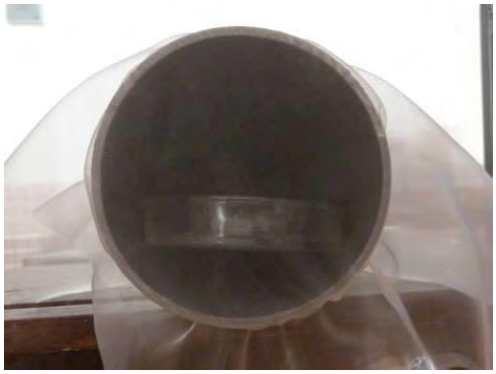


圖 11：水管裝置

圖 12：太陽燈實驗裝置

四、 探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇

(一)實驗設計

以五種波長之 LED 燈(包含遠紅外光：720-740nm、紅光：620-630nm、綠光：520-530nm、藍光：465-475nm、紫外光：380-390nm)分別垂直照射培養皿，並以黑暗無光為對照組，比較台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇。

(二)實驗步驟

1.取六個培養皿，底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。

2.將步驟 1 準備好的培養皿置入成蟲飼養盒中。

3.將 100 隻餵過血的雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後放入步驟 1 的成蟲飼養盒。

4.套上 100 目紗網保持通風並避免雌蟲飛出。

5.確認雌蟲清醒飛起後放入做為暗室的紙箱。

6.將不同色光之 LED 燈架上預定位置(如圖 15 所示)。

7.以定時器設定燈泡開關，定時 12hr 光照、12hr 黑暗，持續五天。

8.實驗重複三次，以求各不同波長燈源照射之培養皿內卵顆數比例。

(三)實驗裝置

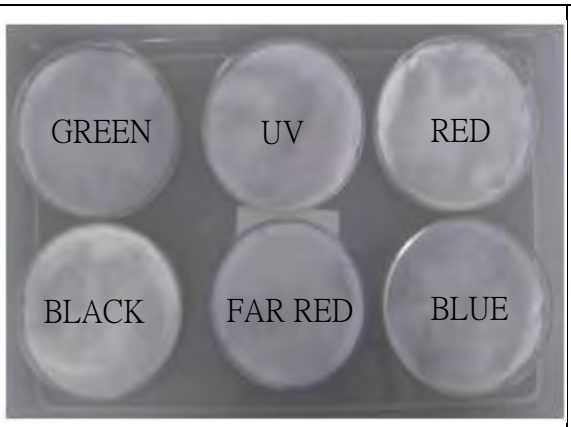


圖 13：培養皿位置圖

圖 14：不同色光照射情形

圖 15：LED 燈實驗裝置

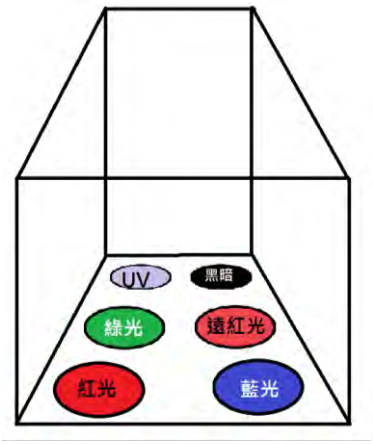


圖 16：裝置內部模擬圖

五、　探討紫外光、綠光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響

(一)實驗設計

研究指出台灣鋏蠓雌蟲在 28℃下卵巢發育需要 2-3 天時間，為了釐清在雌蟲卵巢發育成熟後是否會立即產卵，或是會選擇適當的地點(例如：有特定波長光源照射處)再產卵，所以我們分別使用紫外光與綠光之 LED 燈照射，以黑暗無光做為對照組，提供台灣鋏蠓雌蟲產卵環境，比較紫外光、綠光與黑暗環境中雌蟲產卵數量。

(二)實驗步驟

1.將成蟲飼養盒底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。

2.挑選 50 隻吸飽血的雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後放入步驟 1 的成蟲飼養盒。

3.套上 100 目紗網保持通風並避免雌蟲飛出。

4.確認雌蟲清醒飛起後放入做為暗室的紙箱。

5.將紫外光與綠光之 LED 燈架上預定位置(如圖 17、18 所示)。

6.以定時器設定燈泡開關，定時 12hr 光照、12hr 黑暗，持續五天。

7.實驗重複三次，計算其在紫外光、綠光之 LED 燈照射下及黑暗環境中之產卵數。

(三)實驗裝置

圖 17：紫外光環境	圖 18：綠光環境	圖 19：黑暗環境 (實驗時將紙箱蓋蓋上)

六、 探討不同強度之紫外光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數的影響

(一) 實驗設計

這實驗我們分別使用 1 個(光強度 74.6Lux)、2 個(光強度 201.8Lux)、3(光強度 305.2Lux)個紫外光 LED 燈垂直照射以及將另一組燈光架高至 54cm 以降低光強度(光強度 37.8Lux)的裝置，並以黑暗無光做為對照組，提供台灣鋏蠓雌蟲產卵環境，比較不同強度之紫外光環境中台灣鋏蠓雌蟲選擇之產卵數量。

(二)實驗步驟

1.將成蟲飼養盒底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。

2..挑選 50 隻吸飽血的雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後放入步驟 1 的成蟲飼養盒。

3.套上 100 目紗網保持通風並避免雌蟲飛出。

4.確認雌蟲清醒飛起後放入做為暗室的紙箱。

5.將紫外光之 LED 燈架上預定位置(如圖 20、21、22、23 所示)。

6.以定時器設定燈泡開關，定時 12hr 光照、12hr 黑暗。

7.將架設好的裝置放入植物培養箱，設定溫度 28℃、溼度 80%，持續五天。

8.實驗重複三次，計算其在紫外光及黑暗環境中之產卵數量。

(三)實驗裝置

圖 20：1 個紫外光 LED 燈架高 2 倍紙箱高度	圖 21：1 個紫外光 LED 燈架於紙箱頂端
圖 22：2 個紫外光 LED 燈架於紙箱頂端	圖 23：3 個紫外光 LED 燈架於紙箱頂端

伍、 研究結果

一、 台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於相對光亮處

在探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇實驗中，雌蟲在 1 號培養皿(光強度 540Lux)、2 號培養皿(455Lux)、3 號培養皿(440Lux)、4 號培養皿(415Lux)的平均卵顆數比例分別為 87.2%±24.0%、6.65%±12.0%、5.9%±11.6%、0.3%±0.4%，5 號培養皿(405 Lux)到 10 號培養皿中，其平均卵顆數比例皆為 0%。由實驗結果可看出台灣鋏蠓雌蟲會選擇相對光亮處產卵。

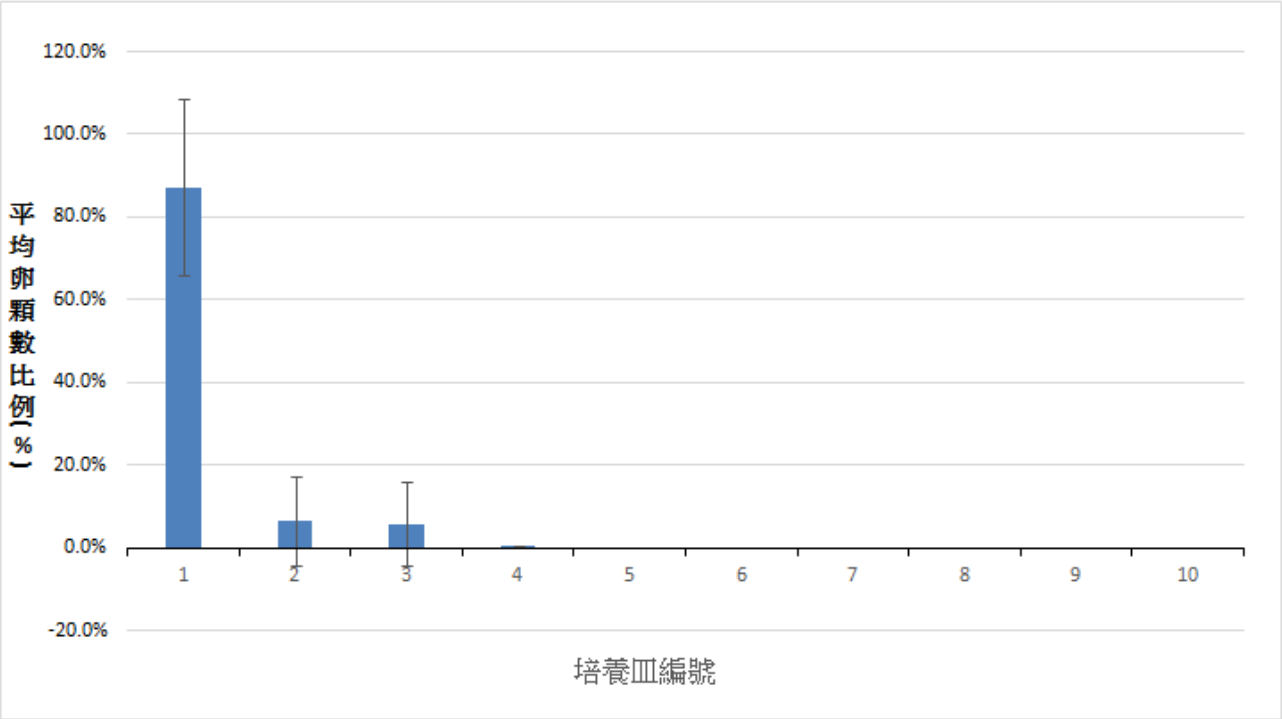


圖 24：在不同培養皿中的卵顆數比例。(培養皿的編號越小，代表越靠近太陽光模擬器光源，也就代表光度越強)

二、 台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於紫外光及綠光環境中

在探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇的實驗中，在紫外光(380-390nm)及綠光(520-530nm)環境中，雌蟲平均卵顆數比例最高，分別為 31.6%±7.1、27.5%±14.5%，其餘依序為：藍光(465-475nm)11.5%±7.4%、遠紅光 (720-740nm)12.3%±4.8%、黑暗無光環境中 8.8%±3.7%、紅光(620-630nm)8.3%±4.7%。透過 T-TEST 分析後，藍光、紅光、

遠紅光對黑暗對照組不具顯著差異。而紫外光、綠光上述兩組與黑暗的差異在統計上是有意義的(p<0.05)。

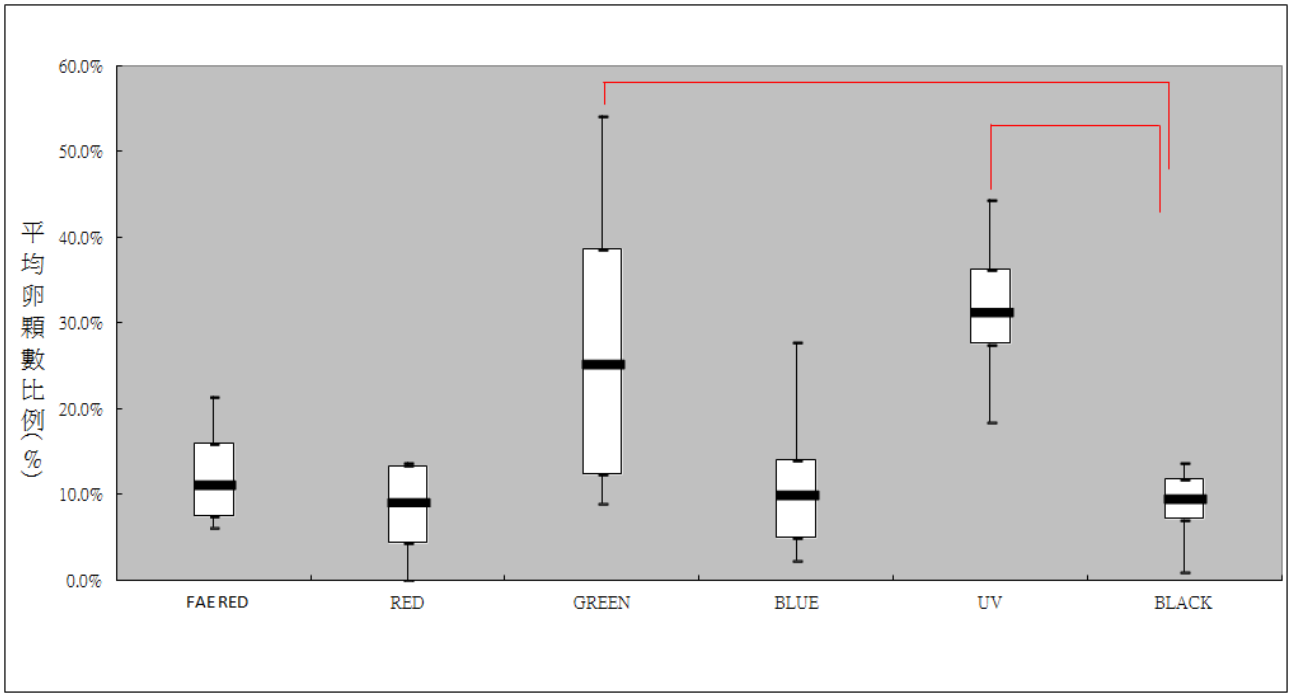


圖 25：台灣鋏蠓雌蟲對 5 種波長的 LED 燈源及黑暗六種環境的產卵偏好圖。(縱軸為飼養盒中六種條件的培養皿內卵顆數除以總顆數算出卵顆數比例)

為了驗證雌蟲產卵偏好的確是受到波長影響，而不是受到光源能量不同的影響，我們利用圖 5 中光譜儀測量 5 種 LED 燈源的能量與波長加以計算，計算方式如下：將紫外光能量定為 1，遠紅光、紅光、藍光、綠光與紫外光能量相對強度分別為：2.25579、2.06170、2.46419、2.48957。並將結果與圖 25 的六種條件中平均卵顆數作圖(見圖 26)，圖中顯示遠紅光、紅、藍光的相對能量強度雖為紫外光的 2 倍以上，但其對台灣鋏蠓雌蟲的吸引並不佳，而綠光的能量亦為紫外光的 2.5 倍，但其對雌蟲吸引力不比紫外光好。由此可知，光源能量並不影響雌蟲之產卵偏好，而是受到不同色光之波長所影響。

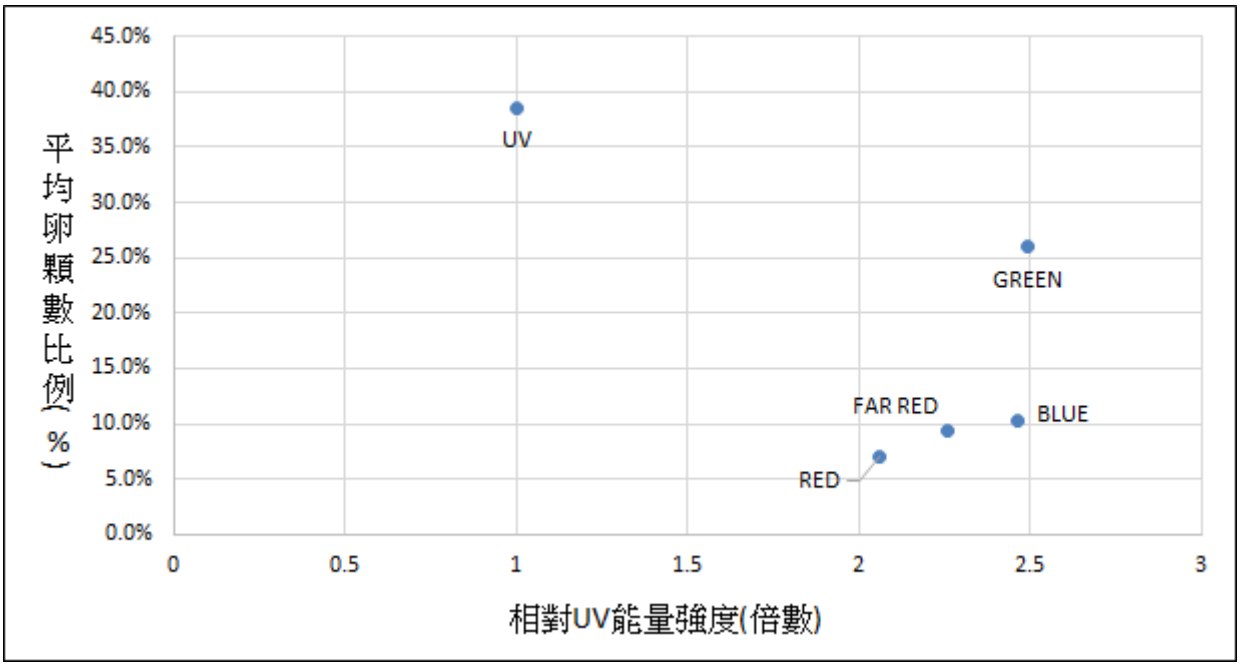


圖 26：5 種波長的 LED 燈源光能量強度與產卵數量關係圖

三、 紫外光及綠光會影響台灣鋏蠓雌蟲產卵數量

探討紫外光、綠光對台灣鋏蠓雌蟲產數量之影響實驗中，紫外光環境中平均卵顆數為 506.0±186.0 顆；綠光環境中為 463.5± 130.4 顆；黑暗環境中為 200.3± 137.5 顆。透過 T-TEST 分析後，紫外光、綠光與分別與黑暗對照組具有顯著差異($p<0.05$)，因此，我們認為紫外光及綠光確實會影響台灣鋏蠓雌蟲產卵數，且其在卵巢發育成熟後會主動選擇紫外光照射的地方產卵。

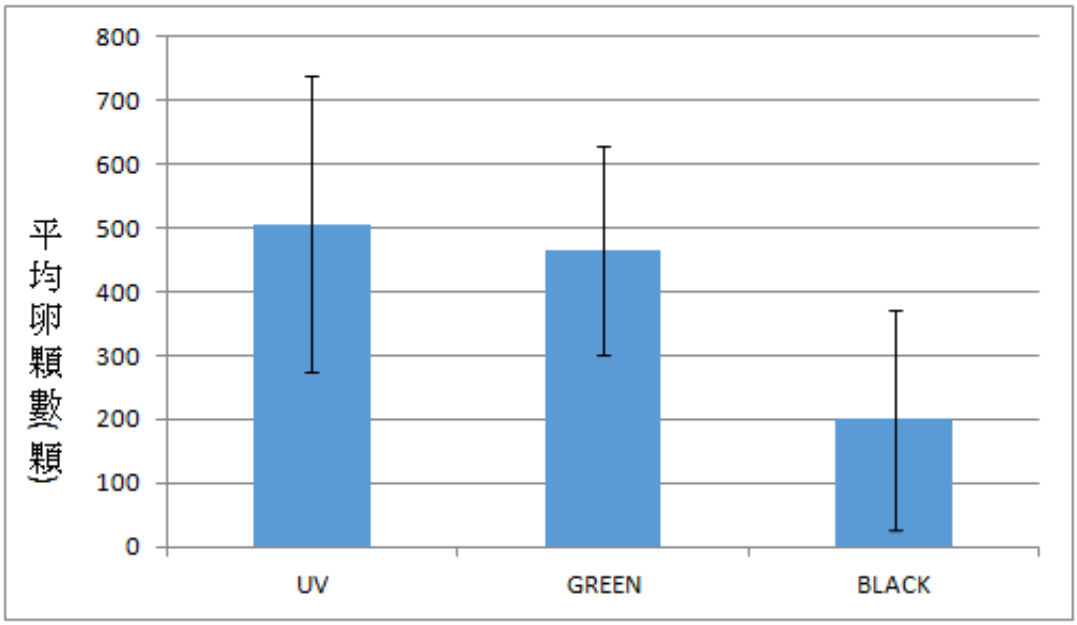


圖 27：雌蟲在紫外光、綠光與黑暗環境中之平均產卵數量圖

四、 紫外光強度會影響台灣鋏蠓雌蟲產卵數量

探討不同強度之紫外光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數的影響的實驗中，紫外光強度 37.8Lux 環境中平均卵顆數為 342±5.7 顆，紫外光光強度 74.6Lux 環境中為 560.0±186.0 顆，紫外光強度 208.1Lux 環境中 471.0±69.4 顆，紫外光光強度 305.2Lux 環境中為 280.0±70.3 顆，黑暗環境中為 200.3±137.5 顆。透過 T-TEST 分析後，紫外光強度 74.6Lux 與 208.1Lux 分別與黑暗具顯著差異($p<0.05$)而紫外光強度 37.8Lux 與 305.2Lux 與黑暗皆不具顯著差異($p>0.05$)。

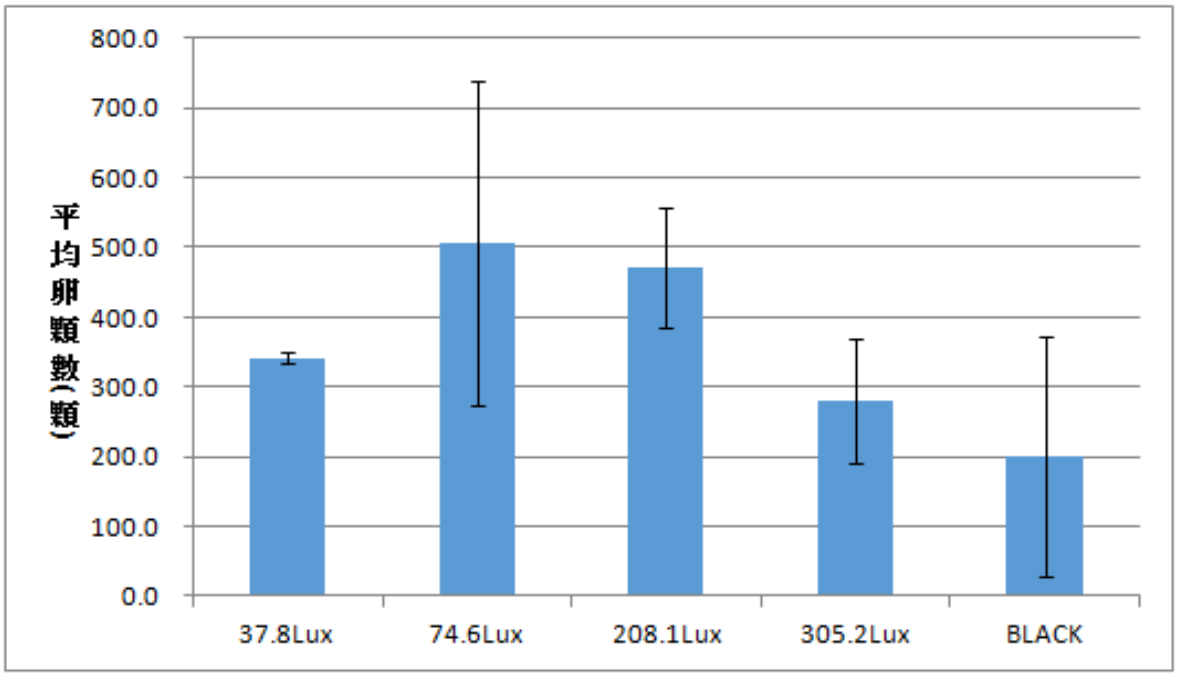


圖 28：雌蟲在不同強度之紫外光環境中的平均產卵數量圖

五、 台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於有光且角落處

分析不同光照條件下台灣鋏蠓雌蟲產卵分布情形數據時，我們繪製了雌蟲於成蟲飼養盒內的產卵分布圖，並分別將四組紫外光、綠光及黑暗環境中之雌蟲產卵數分布位置疊加，比較下頁圖 29、圖 30 及圖 31 後發現雌蟲產卵分布位置有集中在飼養盒邊緣的特性。

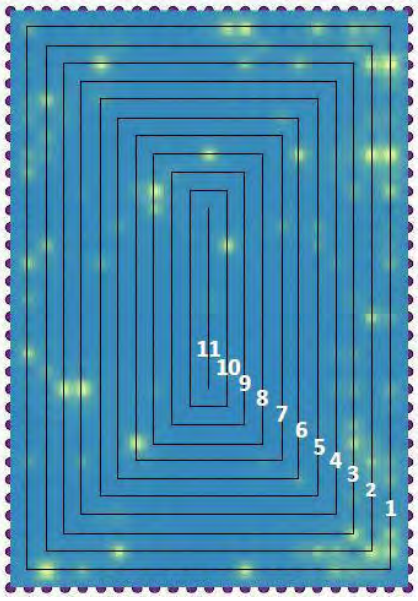


圖 29：黑暗環境中雌蟲產卵位置分布圖

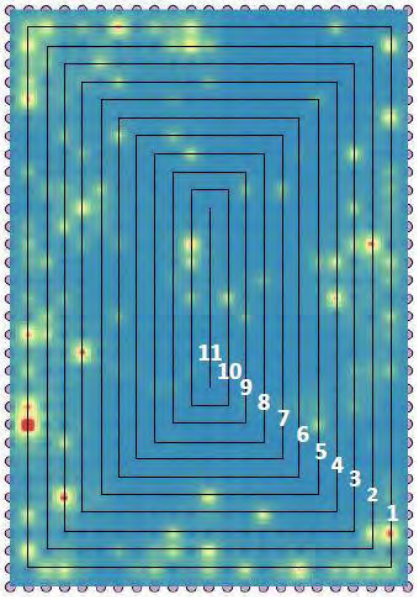


圖 30：紫外光環境中雌蟲產卵位置分布圖

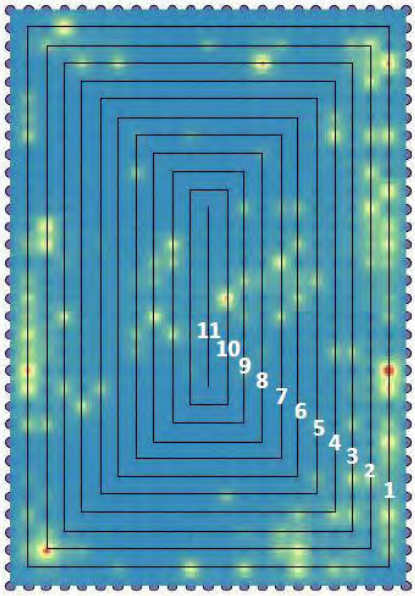


圖 31：綠光環境中雌蟲產卵位置分布圖

使用 QGIS 軟體繪製出台灣鋏蠓雌蟲產卵分布的相對位置，白字為距離邊緣之公分數。

下方圖例為分布圖中各點之產卵數量

表 1：不同環境條件下距離成蟲飼養盒邊緣各處雌蟲產卵比例

cm 數 / 條件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
黑暗	37.7%	21.5%	15.5%	6.3%	2.5%	3.2%	4.4%	5.9%	0.3%	2.3%	0.3%
紫外光	47.1%	14.5%	12.0%	10.9%	4.9%	2.0%	1.3%	1.4%	1.4%	4.5%	0.0%
綠光	41.0%	22.8%	10.9%	4.7%	2.8%	2.4%	5.0%	3.2%	4.6%	2.6%	0.0%

(一)圖 29 及上表可看出在黑暗環境中，靠近成蟲飼養盒邊緣 3cm 內的蟲卵顆數比例已達 74.7%明顯多於中央處，顯示雌蟲皆偏好產卵於成蟲飼養盒邊緣處。

(二)由圖 30、31 及上表可看出在紫外光及綠光環境中，靠近成蟲飼養盒邊緣 3cm 內的蟲卵顆數比例分別達 73.6%及 74.7%明顯多於中央處，顯示雌蟲亦皆偏好產卵於成蟲飼養盒邊緣處。

陸、 討論

一、 光強度對台灣鋏蠓雌蟲產卵之影響

光強度會影響昆蟲活動時間也會影響有些昆蟲的產卵，如小麥吸漿蟲(Sitodiplosis mosellana)主要在暗光下(小於 1Lux)活動；蚊科多在 0.5-1.5Lux 活動，強光和黑暗下活動較少。夜間活動的蛾類，自傍晚起開始交配、產卵，暗光是必要條件，例如家蠶(Bombyx mori)成蟲主要在白天交配，但在暗光下產卵較多，強光有抑制產卵的作用(張俊彥，2006)。

在查詢光強度對台灣鋏蠓雌蟲產卵時的影響時，有文獻(杜武俊，2011)指出其產卵會選擇光亮的地方產卵，而在我們的實驗中發現在光強度介於 405-540Lux 之間其會選擇在相對光亮處產卵(見圖 24)。這些證據都透露出其產卵的潛力與光強度有密切的關係。

很可惜的是我們選用的太陽光模擬器發光時溫度會升高，因此我們企圖以移動燈源與雌蟲的距離以增加燈源光度時，無法控制溫度、濕度等環境條件；因此，我們無法收集光強度更高時的產卵數據。

但在探討不同強度之紫外光對產卵數量的影響實驗中(見圖 28)，台灣鋏蠓雌蟲在光強度為 37.8Lux 的弱光下，其產卵數目與黑暗對照組並無差別，而在 74.6-201.8Lux 光度下會增加雌蟲的產卵數量，但紫外光強度到達 305.2Lux 時，產卵數反而降低，顯示並不是紫外光強度越強雌蟲產卵能力就越佳。而野外混合光中，紫外光的強度，是不是影響產卵多少的關鍵，是可以進一步探討的議題。

二、 光波長對台灣鋏蠓雌蟲產卵之影響

昆蟲對於顏色的辨識與棲息地、覓食、求偶、交配、產卵等行為息息相關(張琳，2002)。昆蟲的可見光區要比人類的可見光區更偏向於短波段光，大多數趨光性昆蟲喜好波長 300-400 nm 的紫外光及紫光(李汪盛、施錫彬，2012)，且紫外光外可幫助昆蟲定位、尋找食物或寄主(林大淵，2010)。光波長也能在一定程度上影響昆蟲的產卵(王志豔，2015)，如：異色瓢蟲的累積產卵量和幼蟲孵化率均在黃光(575 nm)和綠光(510 nm)條件下最高(王甦, 郭曉軍, 張君明, 張帆，2014)；韭菜遲眼蕈蚊在红光下單雌產卵量明顯高於藍光(李娜、范凡、韓慧、裴曉亞、劉順、魏國樹，2016)，顯示昆蟲的生殖亦受到光波長影響。

光波長是否對台灣鋏蠓雌蟲有影響的討論中，有前人研究指出台灣鋏蠓雌成蟲在一天之中清晨、中午和傍晚三個時段對不同波長的感光度稍有差別，但都對短波長(400nm以下)較為敏感(劉文勇，2009)。 而在我們研究其對不同光波長之選擇實驗中，結果顯示台灣鋏蠓偏好產卵於紫外光及綠光環境中(見圖 25)；且在比較台灣鋏蠓雌蟲在紫外光、綠光與黑暗環境中之產卵數量，紫外光與綠光環境照射下確實有增加其產卵數量，因此我們認為台灣鋏蠓雌蟲會主動選擇紫外光及綠光照射處做為產卵的環境。

但令人好奇的是對綠光的選擇，因為在趨性實驗中其在綠光波段並不敏感(陳錦玄，2011)，但在我們的實驗中綠光確實影響產卵數量(見圖 27)，且有人指出其會選擇在有藍綠藻的地方產卵(劉文勇，2010)，這些矛盾點，是本篇實驗無法解釋的地方。但其會選擇綠光波段產卵這點發現，對於我們想設計的誘引雌蟲產卵的捕蟲器是可利用的結果，目前捕蚊燈的燈源大都採用紫外光波段，但其對細胞的傷害性是有疑慮的，設計上若能減少紫外光的使用而用綠光代替紫外光，是一個很大的突破。

三、 台灣鋏蠓雌蟲之產卵位置偏好

在台灣鋏蠓雌蟲產卵分布圖中(見圖 29、30、31)，我們發現在黑暗、單一紫外光、單一綠光環境中，皆可看出台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於成蟲飼養盒邊緣處；我們並沒有找到對於此結果的相關研究資料，因此，此結果對於了解台灣鋏蠓雌蟲產卵的微棲地選擇相當有參考價值，更提供了在野外若要清除台灣鋏蠓幼蟲或放置捕蟲器時，有光的牆角是特別要注意的地方。

柒、 結論

台灣鋏蠓雌蟲是嗜吸血的危害性昆蟲，對人的生活影響很大。因此，對其生活習性的了解顯得非重要。在本研究中，發現台灣鋏蠓偏好產卵環境光強度相對較大處，且光強度在405Lux 以下便無蟲卵；對於光波長亦有選擇性，台灣鋏蠓雌蟲在卵巢發育成熟後會偏好選擇紫外光及綠光照射的地方產卵；且 200Lux 的紫外光強度下最有吸引力；我們更證實了台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於有光且邊緣處。另外，我們可以依據實驗結果設計出一款誘引其產卵的捕

蟲器，且依據本實驗光度及其產卵位置的結果，建議此捕蟲器放置於環境中圍牆邊或光暗交界處，希望能有效的吸引台灣鋏蠓雌蟲並將其誘殺，以減少雌蟲的數量進而降低族群未來的數量，達到有效防治的目的。

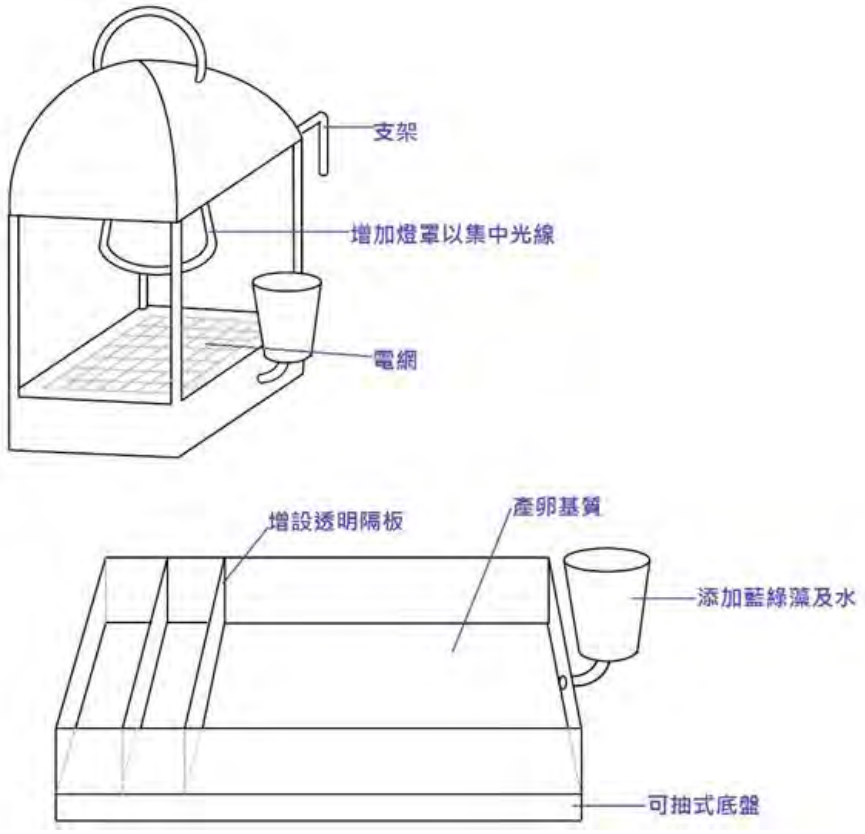


圖 32：台灣鋏蠓捕蟲器設計圖

說明：底部鋪設沾有藍綠藻的潮濕棉花做為產卵基質，且根據台灣鋏蠓偏好產卵於邊緣角落處的特性在底部增設透明隔板，增加引誘效果。在基質上鋪有一層電網，將雌蟲誘殺。在燈方面，因為實驗結果顯示雌蟲在一個燈下產卵能力最佳，所以我們使用一個紫外光 LED 燈做為引誘光源。

捌、　未來研究發展

1. 繼續探討實驗結果與台灣鋏蠓生態資料的相關性。

2.探討誘引雌蟲產卵之捕蟲器使用綠光完全取代紫外光的可行性。

3.製作出誘引雌蟲產卵之捕蟲器產品並實際測試其可行性。

玖、　參考資料及其他

王志豔(2015)。科技百科知識博覽。元華文創電子書

王甦, 郭曉軍, 張君明, 張帆(2014)。異色瓢蟲不同光環境下的交配行為。生態學報,　34(24)

何德明（2008）。台灣銳蠓（雙翅目：蠓科）產卵喜好性研究。國立彰化師範大學碩士論文

李汪盛、施錫彬（2012）。新型 LED 誘蟲器研發。桃園區農業改良場研究彙報　72 期

李娜、范凡、韓慧、裴曉亞、劉順、魏國樹(2016)。不同波長 LED 光源對韭菜遲眼蕈蚊生殖行為的影響。昆蟲學報　59(5)

李學進（2007）。小黑蚊。中興大學昆蟲學系。科學發展　413 期

杜武俊（2011）。小黑蚊（台灣銳蠓）的危害與防治。國立中興大學昆蟲學系小黑蚊講習

杜武俊（2013）。小黑蚊生態與習性。102 年台中市小黑蚊防治宣導。

林大淵（2010）。紫外光在蟲害防治之應用。臺中區農業改良場特刊　　105 期

林宗岐、顧仁傑、溫育德、王瑋龍(2015)。台灣銳蠓兩種時間密度監測相關性研究

張俊彥(2006)。高速公路照明對沿線生態之影響

張琳(2002)。有翅型家白蟻（等翅目：鼻白蟻科）之趨光性與複眼形態及電生理之研究。國立台灣大學碩博士論文

莊益源（1994）。台灣銳蠓之生活史及其在南投地區之季節消長。國立中興大學昆蟲學系碩士論文

陳佩琇（2005）。食物及濕度對台灣銳蠓（雙翅目：蠓科）發育之影響。國立中興大學昆蟲學系碩士論文

陳錦玄(2011)。植物萃取物及發光二極體(LED)光波對台灣銳蠓(Forcipomyia taiwana Shiraki)誘引及驅避效果之探討。國立中興大學農藝學系碩士論文

黃杏英（2000）。台灣銳蠓型態之研究。私立中山醫學院研究所碩士論文

黃基森（2011）。校園小黑蚊棲地管理策略與方法

葉金彰、莊益源、張伯熙（2001）。臺灣銳蠓（小黑蚊）防治。行政院環境保護署

靖湘峰、雷朝亮(2004)。昆蟲趨光性及其機理的研究進展。昆蟲知識　41 期

劉文勇（2010）。臺灣銳蠓（雙翅目：蠓科）之飼育技術、吸血習性及其誘集器開發。國立中

興大學昆蟲學系博士論文

劉文勇、李學進、王瑋龍（2008）。臺灣鋏蠓（雙翅目：蠓科） 飼育技術之探討 國立中興大學昆蟲學系研究報告

劉文勇、楊恩誠、李學進（2009）。臺灣鋏蠓趨光行為之偏好光譜。國立中興大學昆蟲學系研究報告

謝伯岳（2007）。台灣鋏蠓的產卵習性、棲群動態與對昆蟲生長調節劑感受性之研究。國立中興大學昆蟲學系碩士論文

附錄：

表 2：探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇-實驗記錄

卵顆數 次數 / 編號	一	二	三
1	422	2433	2307
2	126	0	18
3	119	0	0
4	5	0	8
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
合計	672	2433	2333

表 3： 探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇-實驗中各個培養皿光強度

培養皿編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
光強度 (Lux)	540	455	440	415	405	400	387	382	375	335

表 4：探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇-實驗記錄

卵顆數 次數 / 色光	一	二	三	四	五	六
遠紅外光(720-740nm)	136	95	73	125	26	39
紅光(620-630nm)	155	211	0	69	40	24
綠光(520-530nm)	105	649	93	341	0	322
藍光(465-475nm)	81	37	117	173	36	26
紫外光(380-390nm)	504	411	135	366	569	110
黑暗無光	155	141	4	121	46	73
合計	1136	1544	422	1195	717	594

表 5：探討紫外光、綠光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響-實驗記錄

	一	二	三	四	合計
紫外光環境	255	366	741	662	2024
綠光環境	499	403	669	283	1854
黑暗環境	0	268	399	134	801

表 6：探討不同強度之紫外光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響-實驗記錄

	一	二	三	四	合計
UV1	255	366	741	662	2024
UV2	447	365	570	502	1884
UV3	156	363	307	294	1120
BLACK	0	268	399	134	801

【評語】052012

此參展作品探討光線對台灣鋏蠓(小黑蚊)雌蟲產卵時之選擇。創作動機 good、系統簡介 excellent，文獻、材料蒐集完善，作者根據過去文獻推測台灣鋏蠓產卵與光線有非常密切的關係，但沒有資料指出光的強度和波長對其產卵影響，因此自製採集裝置與培養系統，以釐清此範疇。作品的文獻蒐集完善，材料製備完整用心，觀察仔細，統計方法符合科學。他以粗水管自製裝置，用五種不同波長的 LED 燈測試，探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇，又使用 QGIS 軟體繪製出台灣鋏蠓雌蟲產卵分布的相對位置。結果顯示雌蟲偏好產卵於光亮處，並用 5 種不同波長之 LED 燈測試，發現其偏好產卵於紫外及綠光環境，以及 UV 光於 200 Lux 照射下，對產卵也有較高之吸收力，同時其產卵位置，偏向邊緣，將可引用於捕殺懷卵雌蟲。然而研究結果最後著重在應用於製作小黑蚊誘捕撲殺裝置，此方向的結論稍弱；若能深入構思，賦與其生物學上的意義，將會是更好的科研作品。

作品海報

摘要

台灣銨蠓(*Forcipomyia taiwana*)俗稱小黑蚊，為蠓科吸血性昆蟲，雌蟲吸食人血約兩天後產卵。本研究主要探討台灣銨蠓雌蟲吸血後，選擇產卵處時對光強度與波長的偏好；我們利用太陽光模擬器探討其對光強度的選擇時，發現雌蟲偏好產卵於光亮處；其次利用五種不同波長的 LED 燈測試，發現其偏好產卵於紫外光及綠光環境。此外，紫外光於 200 Lux 照射強度下對雌蟲產卵有較高的吸引力。而在分析雌蟲在飼養盒中產卵位置時，亦發現雌蟲產卵位置偏向邊緣。本研究成果將可運用於設計一個誘引台灣銨蠓雌蟲產卵並捕殺的裝置，當懷卵雌蟲被捕殺後，可有效防止台灣銨蠓繁衍，進而控制其整體族群量，並輔助目前台灣銨蠓防治上的缺憾。

壹、研究動機

台灣銨蠓(*Forcipomyia taiwana*)俗稱小黑蚊，為雙翅目(*Diptera*)蠓科(*Ceratopogonidae*)。其雌蟲嗜吸人血，有些人會因它的叮咬而產生紅腫、刺痛等反應，且台灣銨蠓對花蓮地區居民的危害日益嚴重。目前針對台灣銨蠓的防治方法主要有三種：利用特殊氣味進行誘捕、利用生物防制方式來降低小黑蚊密度以及減低幼蟲食物來源，但這些方法目前皆尚未完整；因此，找出更有效的防治方法是值得研究的主題。

此昆蟲為完全變態，生活史分為卵、幼蟲、蛹、成蟲四個時期，生命週期約為 20 天。其中卵期約 2-3 天、幼蟲期約 7-9 天、蛹期約 2-5 天，雌蟲於吸血後 3- 4 天，即會在潮濕、光亮、有青苔生長的地方產卵(杜武俊，2011)。其幼蟲以藍綠藻或綠藻為食，雄成蟲嗜吸花蜜及露水，只有雌成蟲吸食人血。台灣銨蠓偏好活動於光暗交界處，樹林外圍邊緣大樹下、花圃灌木叢下、盆景區內、棚架下都是經常出現台灣銨蠓的環境(杜武俊，2011)。

其成蟲對於不同波長光源之趨性與敏感度有所不同，有文獻指出以不同波長的 LED 燈源(370 nm 至 880 nm 之間的波段範圍)進行誘引實驗時，波長為 390 nm-440 nm 和 570 nm-620 nm 之燈源，最高能產生 70 %和 64 %的明顯誘引效果(陳錦玄，2011)。另外也有論文探討台灣銨蠓趨光行為之偏好光譜試驗中發現，早晨時段雌成蟲對光的刺激較不敏感，在中午及下午時段則較為敏感；雄成蟲則不會因不同時段而產生對光刺激敏感之差異性。雌成蟲之最敏感波長為 330~340 nm，而雄成蟲則為 370 nm，顯示雌、雄蟲皆較偏好紫外光。(劉文勇、楊恩誠、李學進，2009)。

而對於其雌蟲產卵的研究，有學者指出其偏好將卵產於有幼蟲食物的地方(謝伯岳，2007)，且雌蟲在反光係數低的混合藍藻之產卵數與卵團數量都較高，於反光係數較高的 Chlorella sp.與 Tetrachlorella sp.的產卵數和卵團數量都較少(何德明，2008)。

產卵的數量也受溫度和時間的影響(謝伯岳，2007)，在 25℃與 30℃下雌蟲之產卵率明顯高於其他溫度，而在 25℃時以 12 ： 00 至 15 ： 00 與 15 ： 00 至 18 ： 00 兩時段之產卵量最多，顯示台灣銨蠓雌蟲具卵日律動。

綜合上述的文獻資料，我們推測台灣銨蠓產卵與光線有非常密切的關係，但沒有資料指出光的強度和波長對其產卵影響。因此，本研究試圖設計實驗以釐清上述謎點。另外，我們更希望利用本實驗結果設計出方便、有效、低污染的方法，來降低其族群數量以達到有效防治的目的。

貳、研究目的

一、探討台灣銨蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇。
二、探討台灣銨蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇。
三、探討紫外光、綠光對台灣銨蠓雌蟲產卵數之影響。
四、探討不同強度之紫外光對台灣銨蠓雌蟲產卵數之影響。
五、分析不同光照條件下台灣銨蠓雌蟲在飼養盒中產卵分布情形。

參、研究設備及器材

一、成蟲捕捉器

以高 14.86cm、上方直徑 7.56cm、下方直徑為 5.54cm 的塑膠杯，於杯蓋中央及杯側各切一個直徑 0.7cm 的圓孔。杯蓋圓孔為吸蟲管放入處，可將所採集之雌成蟲由此口吸入杯中；杯側圓孔連接鍵盤吸塵器以將蟲體吸入杯內。

二、成蟲飼養盒

在長 32cm、寬 22cm、高 14.5cm 的塑膠保鮮盒中放入六個底部鋪上 0.5cm 厚的濕棉花及一層濾紙的培養皿，開口以 100 目紗網覆蓋，並用橡皮筋綁牢，防止台灣銨蠓飛出。

三、探討台灣銨蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇-實驗裝置

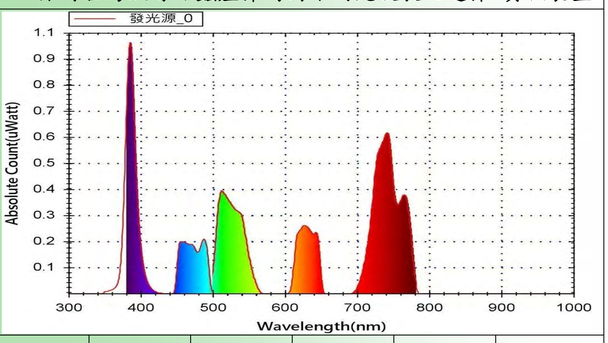
太陽光模擬器

（金頓科技，SUN04-46）

塑膠水管

（直徑 11 cm、長 1 m）

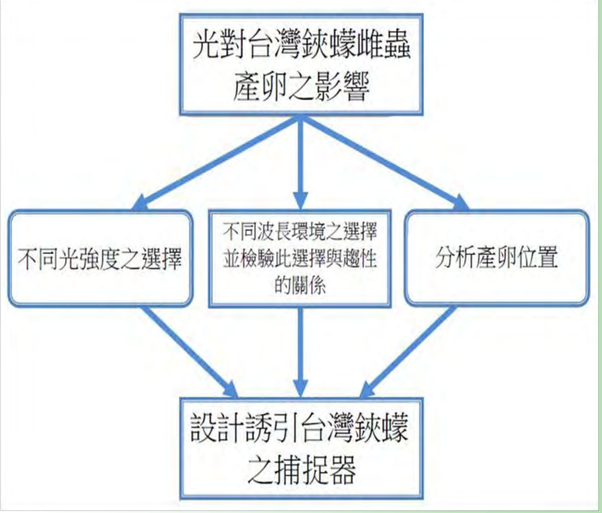
四、探討台灣銨蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇-實驗裝置



色光種類	紫外光	藍光	綠光	紅光	遠紅外光
波峰(nm)	380-390	465-475	520-530	620-630	720-740

肆、研究過程及方法

一、研究流程



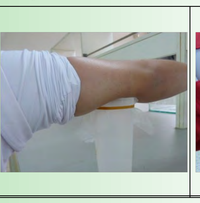
二、實驗動物之採集與餵血

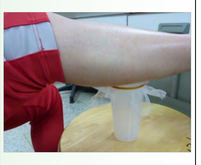
（一）實驗動物之採集

採集時以人體裸露小腿引誘雌成蟲，並在其停留於小腿上時，使用自製的吸蟲器將雌蟲吸入並存放於塑膠採集杯。

（二）實驗動物之餵血方式

雌蟲自野外採集回實驗室後，用二氧化碳（3 LPM）迷昏，移除塑膠杯蓋並在杯口套上80 目紗網。然後將手臂及小腿覆於紗網上以血液餵食雌成蟲 30mins。





（三）實驗動物之飼養方式

根據文獻（葉金彰，2001），我們知道台灣銨蠓雌蟲的卵巢需在吸食人血後 2-3 天內才會發育完全，因此我們在往後的實驗中選擇五天為一個飼養週期，以確保雌蟲之卵巢發育完全且有兩天的產卵時間。

三、探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇

(一)實驗設計

選用口徑 11cm 長 1m 之塑膠水管做為台灣鋏蠓雌蟲產卵環境，依序放置十個相同口徑之培養皿收集蟲卵，以太陽光模擬器模擬日光從一端平行照射水管開口，探討台灣鋏蠓雌蟲於不同光強度照射的環境下所產卵之比例。

(二)實驗步驟

1. 取十個培養皿，底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。
2. 將步驟 1 準備好的培養皿依序排入塑膠水管中。
3. 將水管一端套上 100 目紗網透光及通風，另一端以黑色海綿封起保持黑暗。
4. 將 150 隻餵過血之雌成蟲用二氧化碳（3 LPM）迷昏後置於步驟 3 的水管中。
5. 以太陽光模擬器模擬日光，將太陽光模擬器強度調至以 600 Lux 照射水管開口，定時 12hr 光照、12hr 黑暗，持續五天。
6. 實驗重複三次，以求其在各不同光強度之相對產卵顆數比例。

(三)實驗裝置

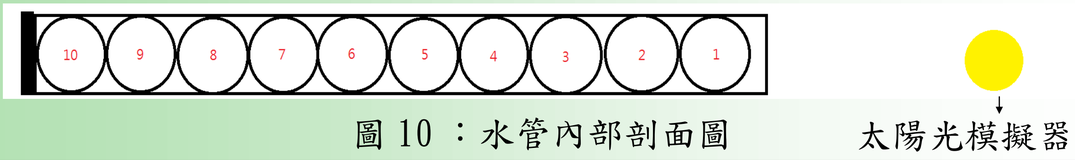


圖 10 ：水管內部剖面圖

圖 11 ：水管裝置

圖 12 ：太陽燈實驗裝置

四、探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇

(一)實驗設計

以五種波長之 LED 燈(包含遠紅外光： 720-740nm、紅光： 620-630nm、綠光： 520-530nm、藍光： 465-475nm、紫外光： 380-390nm)分別垂直照射培養皿，並以黑暗無光為對照組，比較台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇。

(二)實驗步驟

1. 取六個培養皿，底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。
2. 將步驟 1 準備好的培養皿置入成蟲飼養盒中。
3. 將 100 隻餵過血的雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後放入步驟 1 的成蟲飼養盒。
4. 套上 100 目紗網保持通風並避免雌蟲飛出。
5. 確認雌蟲清醒飛起後放入做為暗室的紙箱。
6. 將不同色光之 LED 燈架上預定位置(如圖 15 所示)。
7. 以定時器設定燈泡開關，定時 12hr 光照、12hr 黑暗，持續五天。
8. 實驗重複三次，以求各不同波長燈源照射之培養皿內卵顆數比例。

(三)實驗裝置

圖 13 ：培養皿位置圖

圖 14 ：不同色光照射情形

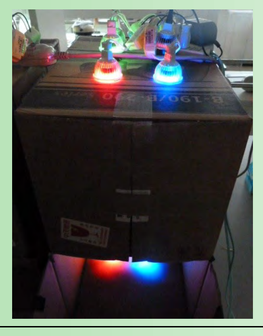


圖 15 ： LED 燈實驗裝置

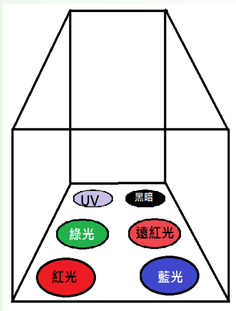


圖 16 ：裝置內部模擬圖

五、探討紫外光、綠光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響

(一)實驗設計

研究指出台灣鋏蠓雌蟲在 28℃下卵巢發育需要 2-3 天時間，為了釐清在雌蟲卵巢發育成熟後是否會立即產卵，或是會選擇適當的地點(例如：有特定波長光源照射處)再產卵，所以我們分別使用紫外光與綠光之 LED 燈照射，以黑暗無光做為對照組，提供台灣鋏蠓雌蟲產卵環境，比較紫外光、綠光與黑暗環境中雌蟲產卵數量。

(二)實驗步驟

1. 將成蟲飼養盒底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。
2. 挑選 50 隻吸飽血的雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後放入步驟 1 的成蟲飼養盒。
3. 套上 100 目紗網保持通風並避免雌蟲飛出。
4. 確認雌蟲清醒飛起後放入做為暗室的紙箱。
5. 將紫外光與綠光之 LED 燈架上預定位置(如圖 17、18 所示)。
6. 以定時器設定燈泡開關，定時 12hr 光照、12hr 黑暗，持續五天。
7. 實驗重複三次，計算其在紫外光、綠光之 LED 燈照射下及黑暗環境中之產卵數。

(三)實驗裝置

圖 17 ：紫外光環境

圖 18 ：綠光環境

圖 19 ：黑暗環境
(實驗時將紙箱蓋蓋上)

六、探討不同強度之紫外光對台灣鋏蠓雌蟲產卵數之影響

(一)實驗設計

這實驗我們分別使用 1 個(光強度 74.6Lux)、2 個(光強度 201.8Lux)、3 個(光強度 305.2Lux)紫外光 LED 燈垂直照射以及將另一組燈光架高至 54cm 以降低光強度(光強度 37.8Lux)的裝置，並以黑暗無光做為對照組，提供台灣鋏蠓雌蟲產卵環境，比較不同強度之紫外光環境中台灣鋏蠓雌蟲選擇之產卵數量。

(二)實驗步驟

1. 將成蟲飼養盒底部鋪上 5mm 厚的棉花後蓋上濾紙，並滴加純水保持濕潤，作為收集蟲卵的基質。
2. 挑選 50 隻吸飽血的雌成蟲用二氧化碳(3 LPM)迷昏後放入步驟 1 的成蟲飼養盒。
3. 套上 100 目紗網保持通風並避免雌蟲飛出。
4. 確認雌蟲清醒飛起後放入做為暗室的紙箱。
5. 將紫外光之 LED 燈架上預定位置(如圖 20、21、22、23 所示)。
6. 以定時器設定燈泡開關，定時 12hr 光照、12hr 黑暗。
7. 將架設好的裝置放入植物培養箱，設定溫度 28℃、溼度 80%，持續五天。
8. 實驗重複三次，計算其在紫外光及黑暗環境中之產卵數量。

(三)實驗裝置

圖 20 ：
1 個紫外光 LED 燈
架高 2 倍紙箱高度

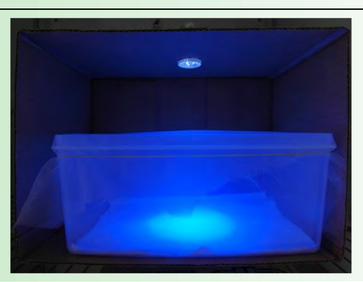


圖 21 ：
1 個紫外光 LED 燈
架於紙箱頂端

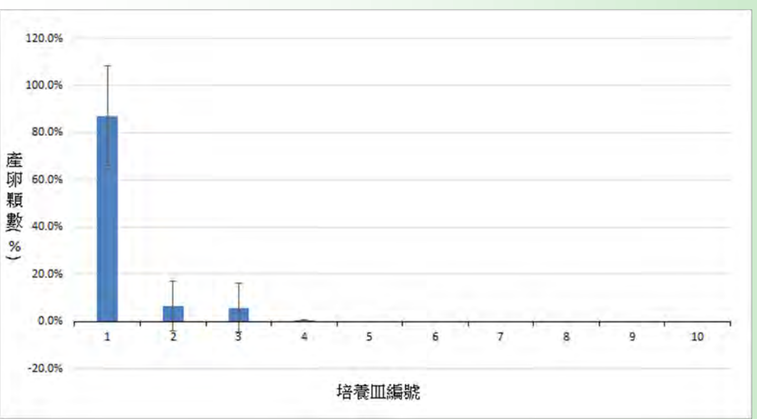
圖 22 ：
2 個紫外光 LED 燈
架於紙箱頂端

圖 23 ：
3 個紫外光 LED 燈
架於紙箱頂端

伍、研究結果

一、台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於相對光亮處

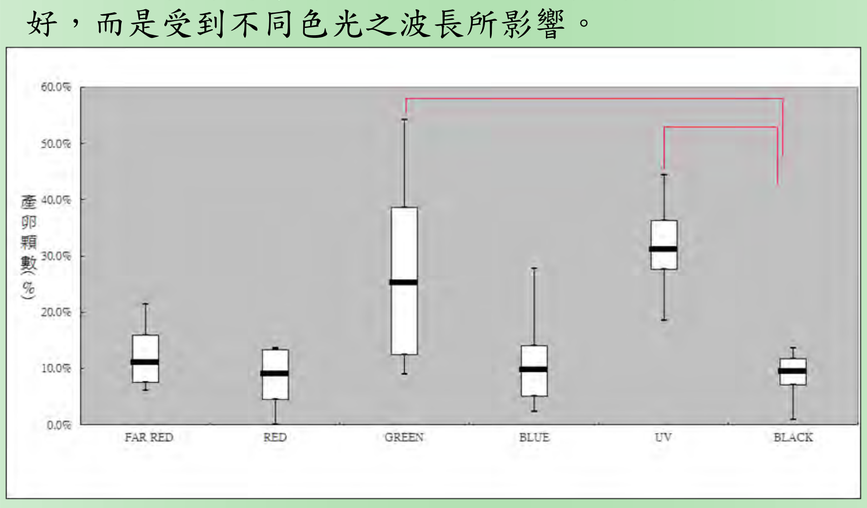
在探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光強度之選擇實驗中，雌蟲在 1 號培養皿(光強度 540Lux)、2 號培養皿(455Lux)、3 號培養皿(440Lux)、4 號培養皿(415Lux)的平均卵顆數比例分別為 87.2%±24.0%、6.65%±12.0%、5.9%±11.6%、0.3%±0.4%，5 號培養皿(405 Lux)到 10 號培養皿中，其平均卵顆數比例皆為 0%。由實驗結果可看出台灣鋏蠓雌蟲會選擇相對光亮處產卵。

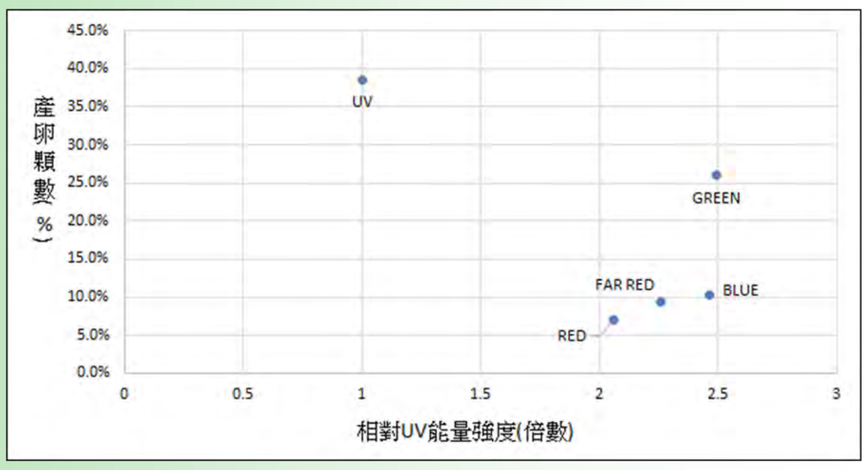


二、台灣鋏蠓雌蟲偏好產卵於紫外光及綠光環境中

在探討台灣鋏蠓雌蟲產卵時對不同光波長之選擇的實驗中，在紫外光(380-390nm)及綠光(520-530nm)環境中，雌蟲平均卵顆數比例最高，分別為 31.6%±7.1、27.5%±14.5%，其餘依序為：藍光(465-475nm)11.5%±7.4%、遠紅光(720-740nm)12.3%±4.8%、黑暗無光環境中 8.8%±3.7%、紅光(620-630nm)8.3%±4.7%。透過 T-TEST 分析後，藍光、紅光、遠紅光對黑暗對照組不具顯著差異。而紫外光、綠光上述兩組與黑暗的差異在統計上是有意義的($p<0.05$)。

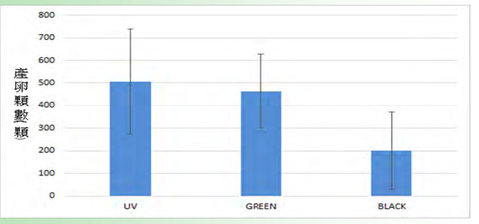
為了驗證雌蟲產卵偏好的確是受到波長影響，而不是受到光源能量不同的影響，我們利用圖 5 中光譜儀測量 5 種 LED 燈源的能量與波長加以計算，計算方式如下：將紫外光能量定為 1，遠紅光、紅光、藍光、綠光與紫外光能量相對強度分別為： 2.25579、2.06170、2.46419、2.48957。並將結果與圖 25 的六種條件中平均卵顆數作圖(見圖 26)，圖中顯示遠紅光、紅、藍光的相對能量強度雖為紫外光的 2 倍以上，但其對台灣鋏蠓雌蟲的吸引並不佳，而綠光的能量亦為紫外光的 2.5 倍，但其對雌蟲吸引力不比紫外光好。由此可知，光源能量並不影響雌蟲之產卵偏好，而是受到不同色光之波長所影響。





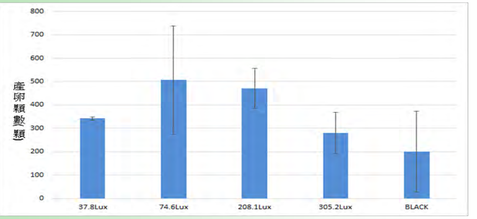
三、紫外光及綠光會影響台灣銹蠓雌蟲產卵數量

探討紫外光、綠光對台灣銹蠓雌蟲產數量之影響實驗中，紫外光環境中平均卵顆數為 506.0±186.0 顆；綠光環境中為 463.5± 130.4 顆；黑暗環境中為 200.3±137.5 顆。透過 T-TEST 分析後，紫外光、綠光與分別與黑暗對照組具有顯著差異($p < 0.05$)，且紫外光與綠光也具有顯著差異。因此，我們認為紫外光及綠光確實會影響台灣銹蠓雌蟲產卵數，且其在卵巢發育成熟後會主動選擇紫外光及綠光照射處產卵。



四、紫外光強度會影響台灣銹蠓雌蟲產卵數量

探討不同強度之紫外光對台灣銹蠓雌蟲產卵數的影響的實驗中，紫外光強度 37.8Lux 環境中平均卵顆數為 342±5.7 顆，紫外光光強度 74.6Lux 環境中為 560.0±186.0 顆，紫外光強度 208.1Lux 環境中 471.0±69.4 顆，紫外光光強度 305.2Lux 環境中為 280.0±70.3 顆，黑暗環境中為 200.3±137.5 顆。透過 T-TEST 分析後，紫外光強度 74.6Lux 與 208.1Lux 分別與黑暗具顯著差異($p<0.05$)而紫外光強度 37.8Lux 與 305.2Lux 與黑暗皆不具顯著差異($p>0.05$)。



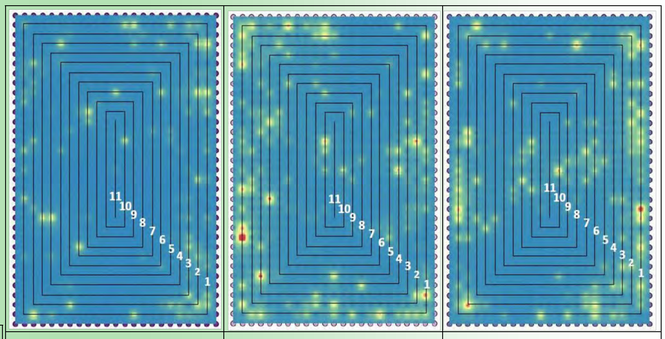
五、紫外光強度會影響台灣銹蠓雌蟲產卵數量

分析不同光照條件下台灣銹蠓雌蟲產卵分布情形數據時，我們繪製了雌蟲於成蟲飼養盒內的產卵分布圖，並分別將四組紫外光、綠光及黑暗環境中之雌蟲產卵數分布位置疊加，比較下頁圖 29、圖 30 及圖 31 後發現雌蟲產卵分布位置有集中在飼養盒邊緣的特性。

(一)圖 29 及上表可看出在黑暗環境中，靠近成蟲飼養盒邊緣 1-3cm 處的蟲卵顆數明顯多於中央處，顯示雌蟲皆偏好產卵於成蟲飼養盒邊緣處。

(二)由圖 30、31 及上表可看出在紫外光及綠光環境中，雌蟲產卵位置確實會受到紫外光及綠光的影響而向中央集中，但成蟲飼養盒邊緣之卵數仍較多。

使用 QGIS 軟體繪製出台灣銹蠓雌蟲產卵分布的相對位置，白字為距離邊緣之公分數。圖例為分布圖中各點之產卵數。



黑暗環境中 雌蟲產卵位置分布圖	紫外光環境中 雌蟲產卵位置分布圖	綠光環境中 雌蟲產卵位置分布圖

陸、討論

一、光強度對台灣銹蠓雌蟲產卵之影響

光強度會影響昆蟲活動時間也會影響有些昆蟲的產卵，如小麥吸漿蟲(Sitodiplosis mosellana)主要在暗光下(小於 1Lux)活動；家蠶(Bombyx mori)成蟲主要在白天交配，但在暗光下產卵較多，強光有抑制產卵的作用(張俊彥，2006)。

另有文獻(杜武俊，2011)指出台灣銹蠓產卵會選擇光亮的地方產卵，而我們的實驗可驗證雌蟲會選擇在相對光亮處產卵(見圖 24)。這些證據都透露出其產卵的潛力與光強度有密切的關係。

但在探討不同強度之紫外光對產卵數量的影響實驗中(見圖 28)，台灣銹蠓雌蟲在光強度為 37.8Lux 的弱光下，其產卵數目與黑暗對照組並無差別，而在 74.6-201.8Lux 光度下會增加雌蟲的產卵數量，但紫外光強度到達 305.2Lux 時，產卵數反而降低，顯示並不是紫外光強度越強雌蟲產卵能力就越佳。而野外混合光中，紫外光的強度，是不是影響產卵多少的關鍵，是可以深入探討的議題。

二、光波長對台灣銹蠓雌蟲產卵之影響

昆蟲對於顏色的辨識與許多行為(張琳，2002)。昆蟲的可見光區要比人類更偏向於短波段光，大多數趨光性昆蟲喜好波長 300-400 nm 的紫外光及紫光(李汪盛，2012)，且紫外光外可幫助昆蟲定位、尋找食物或寄主(林大淵，2010)。光波長也能在一定程度上影響昆蟲的產卵(王志豔，2015)，如：異色瓢蟲(王甦，2014)及韭菜遲眼蕈蚊(李娜，2016)，顯示昆蟲的生殖亦受到光波長影響。

光波長是否對台灣銹蠓雌蟲有影響的討論中，有前人研究指出台灣銹蠓雌成蟲在一天之中各時段對不同波長的感光度稍有差別，但都對短波長(400nm 以下)光較為敏感(劉文勇，2009)。而在我們研究其對不同光波長之選擇實驗中，結果顯示台灣銹蠓偏好產卵於紫外光及綠光環境中(見圖 25)；且在比較台灣銹蠓雌蟲在紫外光、綠光與黑暗環境中之產卵數量，紫外光與綠光環境照射下確實有增加其產卵數量，因此我們認為台灣銹蠓雌蟲會主動選擇紫外光及綠光照射處做為產卵的環境。

但令人好奇的是對綠光的選擇，因為在趨性實驗中其在綠光波段並不敏感(陳錦玄，2011)，但在我們的實驗中綠光確實影響產卵數量(見圖 27)，且有人指出其會選擇在有藍綠藻的地方產卵(劉文勇，2010)，這些矛盾點，是本篇實驗無法解釋的地方。但其會選擇綠光波段產卵這點發現，對於我們想設計的誘引雌蟲產卵的捕蟲器是可利用的結果，目前捕蚊燈的燈源大都採用紫外光波段，但其對細胞的傷害性是有疑慮的，設計上若能減少紫外光的使用而用綠光代替紫外光，是一個很大的突破。

三、台灣銹蠓雌蟲之產卵位置偏好

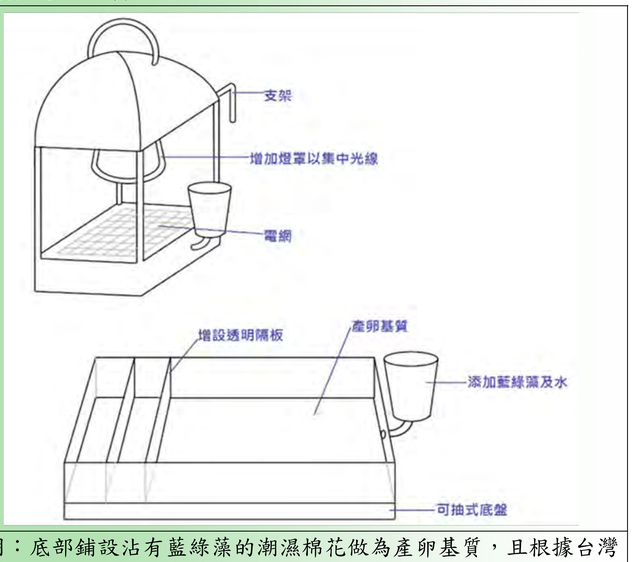
在台灣銹蠓雌蟲產卵分布圖中(見圖 29、30、31)，我們發現在黑暗、單一紫外光、單一綠光環境中，皆可看出台灣銹蠓雌蟲偏好產卵於成蟲飼養盒邊緣處；但在有紫外光及綠光條件時，雌蟲產卵位置有受到紫外光及綠光影響而偏向光源的現象。我們並沒有找到對於此結果的相關研究資料，因此，此結果對於了解台灣銹蠓雌蟲產卵的微棲地選擇相當有參考價值。

柒、結論

台灣銹蠓雌蟲是嗜吸血的危害性昆蟲，對人的生活影響很大。因此，對其生活習性的了解顯得非重要。在本研究中，發現台灣銹蠓偏好產卵環境光強度相對較大處；對於光波長亦有選擇性，台灣銹蠓雌蟲在卵巢發育成熟後會偏好選擇紫外光及綠光照射的地方產卵；且在一定範圍(74.6-201.8Lux)的紫外光強度下雌蟲產卵顆數較高；我們更證實了台灣銹蠓雌蟲偏好產卵於有光且邊緣處。另外，我們可以依據實驗結果設計出一款誘引其產卵的捕蟲器，且依據本實驗光度及其產卵位置的結果，建議此捕蟲器放置於環境中圍牆邊或光暗交界處，希望能有效的吸引台灣銹蠓雌蟲並將其誘殺，以減少雌蟲的數量進而降低族群未來的數量，達到有效防治的目的。

捌、未來研究發展

1. 繼續探討實驗結果與台灣銹蠓生態資料的相關性。
2. 探討誘引雌蟲產卵之捕蟲器使用綠光完全取代紫外光的可行性。
3. 製作出誘引雌蟲產卵之捕蟲器產品並實際測試其可行性。



說明：底部鋪設沾有藍綠藻的潮濕棉花做為產卵基質，且根據台灣銹蠓偏好產卵於邊緣角落處的特性在底部增設透明隔板，增加引誘效果。在基質上鋪有一層電網，將雌蟲誘殺。燈源方面，因為實驗結果顯示光強度 200Lux 的紫外光可有效誘引雌蟲，所以我們使用 200Lux 紫外光 LED 燈做為引誘光源。

玖、參考資料

1. 王志豔(2015)。科技百科知識博覽。元華文創電子書
2. 王甦、郭曉軍、張君明、張帆(2014)。異色瓢蟲不同光環境下的交配行為。生態學報　34(24)
3. 何德明(2008)。台灣銹蠓(雙翅目：蠓科)產卵喜好性研究。國立彰化師範大學碩士論文
4. 李汪盛、施錫彬(2012)。新型 LED 誘蟲器研發。桃園區農業改良場研究彙報　72 期
5. 李娜、范凡、韓慧、裴曉亞、劉順、魏國樹(2016)。不同波長 LED 光源對韭菜遲眼蕈蚊生殖行為的影響。昆蟲學報　59(5)
6. 杜武俊(2011)。小黑蚊(台灣銹蠓)的危害與防治。國立中興大學昆蟲學系小黑蚊講習
7. 林大淵(2010)。紫外光在蟲害防治之應用。臺中區農業改良場特刊　105 期
8. 張俊彥(2006)。高速公路照明對沿線生態之影響
9. 張琳(2002)。有翅型家白蟻(等翅目：鼻白蟻科)之趨光性與複眼形態及電生理之研究。國立台灣大學碩博士論文
10. 陳錦玄(2011)。植物萃取物及發光二極體(LED)光波對台灣銹蠓(Forcipomyia taiwana Shiraki)誘引及驅避效果之探討。國立中興大學農藝學系碩士論文
11. 劉文勇(2010)。臺灣銹蠓(雙翅目：蠓科)之飼育技術、吸血習性及其誘集器開發。國立中興大學昆蟲學系博士論文
12. 劉文勇、楊恩誠、李學進(2009)。臺灣銹蠓趨光行為之偏好光譜。國立中興大學昆蟲學系研究報告
13. 謝伯岳(2007)。台灣銹蠓的產卵習性、棲群動態與對昆蟲生長調節劑感受性之研究。國立中興大學昆蟲學系碩士論文