

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

佳作

080826

終結登革熱神器

學校名稱：華東臺商子女學校

作者： 小四 莊欣諺	指導老師： 楊智婷 王鵲喬
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：藍光 LED 燈、登革熱、子子

摘要

白線斑蚊和埃及斑蚊的叮咬會造成登革熱，危害人類性命，利用藍光 LED 照射蚊子的幼蟲—孑孓，如果能在孑孓時期就死亡，就不會變成蚊子來叮咬傳播登革熱。實驗分成五個階段，第一階段先觀察藍光 LED 照射時間長短對孑孓和蛹的存活影響；第二階段進一步再觀察藍光 LED 照射高度對孑孓和蛹的存活影響；第三階段針對不同色光來驗證是否只有藍光能阻止孑孓；第四階段則實驗藍光和紫光對原有淡水生態內的動植物之影響；第五階段實際設計製作出符合人體工學的藍光 LED 照射器。實驗結果發現，藍光 LED 可以有效阻止孑孓變成蛹，且短時間內對原有淡水生態動植物還沒有觀察到會產生影響，是能阻止孑孓變成蚊子，成為避免登革熱疫情傳播擴散的「終結登革熱神器」。

壹、研究動機

每次到了夏天，電視新聞常常會報導高雄登革熱的疫情，再加上每年暑假都會回去高雄找外公外婆玩，所以都很害怕被傳染登革熱而死掉。尤其是 2014 年高雄氣爆發生以後，排水管線無法順利排水造成積水，加上連日大雨，更會擴大登革熱疫情。新聞報導還提到，為了有效阻止登革熱疫情擴散，學者提出利用海水灌入水溝來鹹死孑孓，雖然有效，但是海水鹹度會造成原本水溝生態改變，讓大肚魚等淡水魚或植物無法生存。剛好在 2014 年 12 月的網路新聞上看到日本東北大學研究團隊發現藍光 LED 可以有殺害昆蟲的效果；課本上也提到 LED 燈有節能、壽命長的環保優勢，再加上能訪談到 LED 工程師，提供調節 LED 藍光波長的技術和 LED 相關專業知識，所以，我想試試看如果以特製藍光 LED 直接照射蚊子的幼蟲—孑孓，以及下一階段的蛹，是不是也有效？如果在孑孓或蛹的時期就死掉，就不會變成蚊子來叮咬人類，造成登革熱的傳播和災情，達到真正終結登革熱的效果。最後，因為藍光的高能量會傷害人的眼睛，所以我也考量這點，實際製作出兩種能不讓藍光直接照射到眼睛的藍光 LED 照射器，一種是接 110V 的「藍光 LED 燈絲燈」，另一種是方便移動，接 9V 電池的「藍光 LED 燈片燈」。希望透過這個實驗研究，能真正終結登革熱疫情。

訪談－專業知識及技術

藍光 LED 需要控制在一定的波長範圍才能有效殺蚊，所以透過實際訪問 LED 工程師，協助製作特定藍光波長的 LED，並成為研究過程中 LED 專業知識和技術的協助者。

孑孓要到哪些地方才能捕捉的到？孑孓和蛹如何辨別？孑孓和蛹的生長週期和環境是什麼？透過實際拜訪台南市安平衛生所陳專員，了解針對台灣本土登革熱疫區的詳細資訊

LED 可滅蚊－ 創新思考

2014/12/21 新聞
日本東北大學研究團隊發現特定波長的藍光具有能殺死昆蟲的效果。

終結
登革熱
神器

課本－基礎知識

四年級上學期自然
第三單元：光的世界
認識 LED 燈和光的特性
第四單元：神奇電力
認識連接電路的方式
四年級下學期自然
第三單元：昆蟲
認識昆蟲的成長過程可分為完全與不完全變態

媽媽的故鄉在高雄－環境關注

2014/08/06 中國時報
高雄氣爆現場排水管线被炸毀，下雨積水不易排出，讓原先就是登革熱疫區的高雄威脅加劇。

2014/11/12 中國時報
科學家利用海水灌入水溝，以鹹水殺害孑孓，避免登革熱疫情擴散，但卻會可能對原本吃蚊蟲的大肚魚造成危害。如果海水流進濕地或運河，更會危害原有淡水生物的生存。

貳、研究目的

登革熱的疫情一直是高雄人的惡夢，如果能有效控制並終結登革熱，不僅可以讓長期居住在疫情區的高雄人免於恐懼，更可以進一步讓世界各地同樣遭受登革熱困擾的國家獲得解決的方法。日本東北大學的研究顯示不同波長範圍的藍光可以殺死昆蟲，其中就包括蚊子，透過 LED 工程師的協助，製作出研究中所提到的特定波長 LED 燈，我也想試試是否真的有效。但我的研究對象把蚊子改成孑孓和蛹，因為孑孓和蛹不易移動比較好照射，而且如果孑孓和蛹就能被藍光 LED 照射所撲滅，那就不會變成蚊子有機會叮咬到人而傳染登革熱，達到「預防」的效果。所以，透過前四個階段的實驗和最後一階段的照射成品製作，希望能找出最有效的照射時間、照射高度以及照光顏色，提供有用的數據和使用方法，真正達到終結登革熱的效果，讓世界上不會再有人因為登革熱而喪生。

一、第一階段：藍光 LED 照射時間對孑孓和蛹的影響

照射人員必須帶著藍光 LED 照射器照射各個有孑孓和蛹的水域，時間越短，照射人員就能節省時間移動到更多地方，所以這一階段是觀察照射時間長短對孑孓和蛹的影響，孑孓變成蛹的時間約為 5-7 天，所以我們觀察 9 天，確定孑孓是不是會受到影響沒有變成蛹。

二、第二階段：藍光 LED 照射高度對孑孓和蛹的影響

這個階段要找出效果最好的照射高度，包括貼近水面即可影響孑孓和蛹的存活，還是要深入到水面下影響效果會更好，實驗觀察天數一樣設定在 9 天。

三、第三階段：各色光 LED 對孑孓、蛹的影響

這個階段主要證明不同色光是否也有阻止孑孓和蛹變成蚊子的效果，實驗觀察天數因為上海孑孓體型較大，所以增加觀察天數到 10 天。

四、第四階段：藍光和紫光對生態動、植物的影響

這個階段探討對孑孓和蛹會造成影響的藍光和紫光，分別對原有生態環境的影響，我們選擇蝸牛、小魚和水藻作為水生動植物的代表。實驗觀察天數為 8 天。

五、第五階段：自製藍光 LED 照射器

將藍光 LED 燈絲燈（需要接 110V 電壓）和藍光 LED 燈片燈（可接 9V 電池）分別製成接電式（適合定點照射）和接電池式（適合移動照射）兩種形式，提供給不同地點需求的照射人員使用。

參、研究設備及器材

一、第一階段：藍光 LED 照射時間對孑孓和蛹的影響

藍光 455LED 燈絲燈（接 110V）*3 個、孑孓*12 隻、蚊子的蛹*12 隻、高 30cm 透明壓克力圓筒罐*4 個、30cm 直尺*4 支、固定直尺用透明膠帶*1 捲、剪刀*1 把、滴管*1

（備註：此階段孑孓和蛹都是在台南市安平衛生所的水溝裡撈到的）

二、第二階段：藍光 LED 照射高度對孑孓和蛹的影響

藍光 455LED 燈絲燈（接 110V）*1 個、孑孓*4 隻、蚊子的蛹*4 隻、高 30cm 透明壓克力圓筒罐*1 個、30cm 直尺*1 支、固定直尺用透明膠帶*1 捲、剪刀*1 把

（備註：此階段孑孓和蛹都是在台南市安平衛生所的水溝裡撈到的）

三、第三階段：各色光 LED 對孑孓和蛹的影響

藍光 455LED 燈絲燈（接 220V）*1 個、紫光 385LED 燈絲燈（接 220V）*1 個、冷白 LED 燈絲燈（接 220V）*1 個、暖白 LED 燈絲燈（接 220V）*1 個、孑孓*25 隻、蚊子的蛹*15 隻、高 30cm 透明壓克力圓筒罐*5 個、30cm 直尺*5 支、固定直尺用透明膠帶*1 捲、剪刀*1

（備註：此階段孑孓和蛹都是在中國上海廢棄餵水桶裡撈到的）

四、第四階段：

藍光 455LED 燈絲燈（接 220V）*1 個、紫光 385LED 燈絲燈（接 220V）*1 個、蝸牛*5 隻（體長約 1.4~1.7 公分）、小魚*5 隻（體長約 0.5 公分~1 公分）、水藻*2 團（每團約 6 克）、半透明水盆*3 個（長 X 寬 X 高=12.6 X 7.5 X 3，水深 2cm）、紅色與藍色石蕊試紙。

（備註：此階段蝸牛、小魚和水藻都是在中國蘇州水池裡撈取）

五、第五階段：自製藍光 LED 照射器

(一) 插電型藍光 LED 燈絲燈：藍光 LED 燈絲燈（接 110V）*1 個、紙杯*1 個、反光用鋁箔紙、106 公分桿子*1 支、雙面膠*1 捲、膠帶*1 捲、剪刀*1 把

(二) 電池型藍光 LED 燈片燈：藍光 LED 燈片燈（接 9V）*1 個、反光用鋁箔紙、9V 電池*4 個、106 公分帶有拖把板子的桿子*1 支、雙面膠*1 捲、膠帶*1 捲、剪刀*1 把

研究設備及器材照片

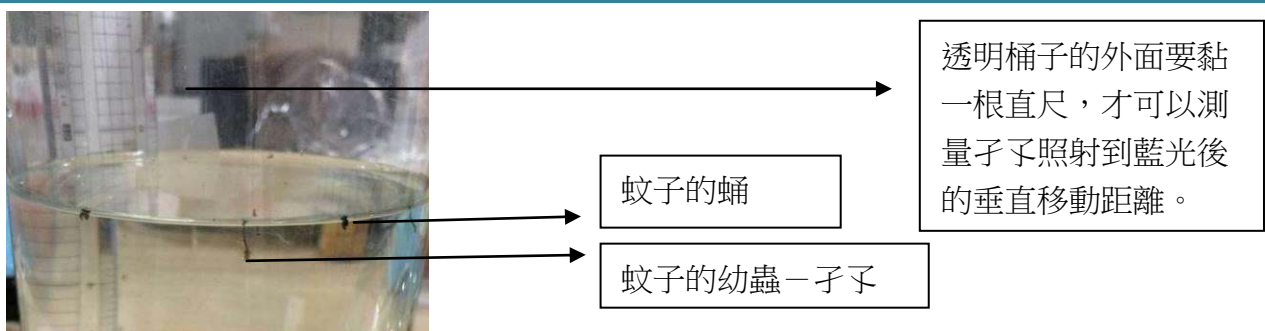


圖 1 孑孓、蛹、柱狀圓桶和觀量子子照射後移動範圍的直尺



圖 2 在上海廢棄的廚餘桶中發現孑孓和蛹



圖 3 用滴管吸取孑孓和蛹



圖 4 全藍光 LED 燈片燈



圖 5 全藍光 LED 燈絲燈



圖 6 藍光 455LED
(波長 455nm, 藍光比例 91.2%)



圖 7 冷白 LED
(藍光比例 7.1%, 色溫 6500)



圖 8 暖白 LED (藍光比例 2.5%, 色溫 2600)

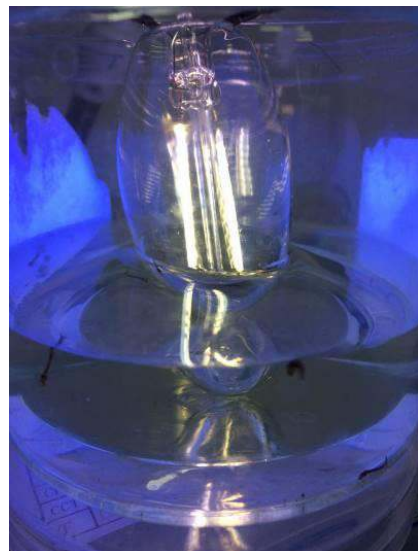


圖 9 紫光 385 LED (波長 385nm)



圖 10 模擬生態池的蝸牛、小魚和水藻

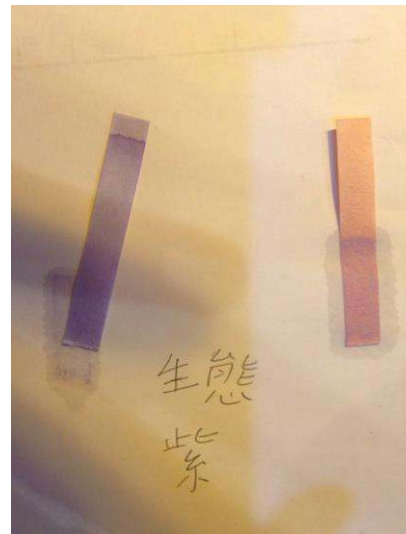


圖 11 檢測水質酸鹼度的紅色及藍色石蕊試紙

肆、研究過程或方法

一、第一階段：藍光 LED 照射時間對孑子和蛹的影響

(一) 實驗時間：2015/2/9-2015/2/17 (共九天)

(二) 實驗物採樣點：台南市安平衛生所旁水溝

(三) 操作變因：藍光 LED 照射時間

(四) 控制變因：藍光 LED 照射高度、透明桶子中的池水高度

(五) 實驗步驟：

1. 在三個圓形透明桶外分別貼上一支 30 公分長的直尺，可以用來記錄孑子向下移動的距離。
2. 在三個圓形透明桶中分別倒入 15 公分高的池水、4 隻孑子以及 4 隻蛹。
3. A 透明桶不照射藍光 LED，是對照組。
4. B 透明桶要照射藍光 LED 30 秒，是實驗組。先將藍光 LED 放在水面 0 公分的地方，打開電源，照射 30 秒並戴上太陽眼鏡觀察孑子和蛹的反應。
5. C 和 D 透明桶分別要照射藍光 LED 一和三分鐘，也是實驗組。先將藍光 LED 放在水面 0 公分的地方，打開電源，分別照射一和三分鐘並觀察孑子和蛹的反應。
6. 每 24 小時記錄一次孑子和蛹的變化，持續觀察九天。



圖 12 孑子和蛹喜歡停在圓筒的邊緣，水面 0 公分不容易照射到

二、第二階段：藍光 LED 照射高度對孑孓和蛹的影響

（一）實驗時間：2015/2/9-2015/2/17 （共九天）

（二）實驗物採樣點：台南市安平衛生所旁水溝

（三）操作變因：藍光 LED 照射高度

（四）控制變因：藍光 LED 照射時間、透明桶子中的池水高度

（五）實驗步驟：

1. 在 E 圓形透明桶外分別貼上一支 30 公分長的直尺，可記錄孑孓向下移動的距離。
2. 在透明桶中倒入 15 公分高的池水、4 隻孑孓以及 4 隻蛹。
3. C 透明桶為第一階段數據，照射藍光距離水面 0 公分，照射 1 分鐘，是對照組。
4. E 透明桶照射藍光距離水面下 2 公分，照射 1 分鐘，是實驗組。先將藍光 LED 放在水面 2 公分的地方，打開電源，照射 1 分鐘並戴上太陽眼鏡觀察孑孓和蛹的反應。
5. 每 24 小時記錄一次孑孓和蛹的變化，持續觀察九天。

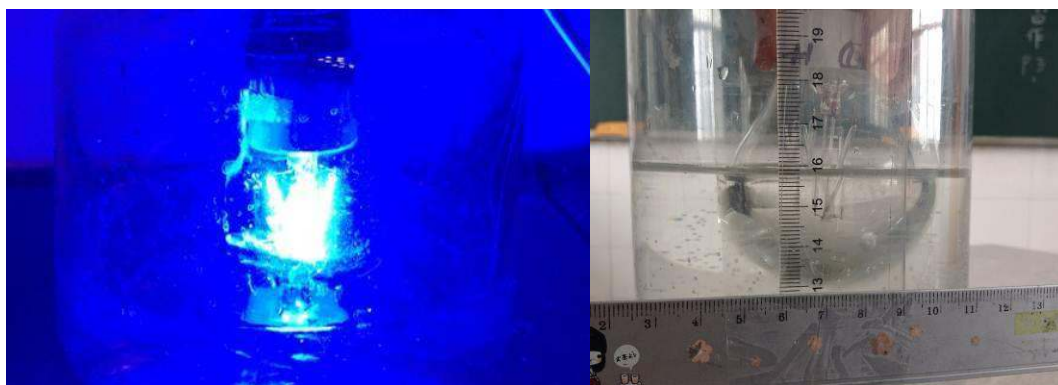


圖 13 藍光 LED 燈絲燈放置在水面下 2 公分照射圖

（右圖水位顯示為水面下 3 公分，是因為燈泡佔有體積，讓水位多上升 1 公分，實際的水溝較大，並不會因為燈泡而明顯上升 1 公分）

三、第三階段：各色光 LED 對孑孓和蛹影響

(一) 實驗時間：2015/5/20-2015/5/29 (共十天)

(二) 實驗物採樣點：上海廢棄積水餿水桶

(三) 操作變因：不同顏色的 LED

(四) 控制變因：各色 LED 照射時間、各色 LED 照射高度、透明桶子中的池水高度

(五) 實驗步驟：

1. 在各圓形透明桶外分別貼上一支 30 公分長的直尺，並在透明桶中倒入 15 公分高的池水、5 隻孑孓以及 3 隻蛹。
2. 五個圓形透明桶分別為不照射，以及在第一天照射各色光 1 分鐘。
3. 各色光照射實為深入水面下 2 公分處。
4. 每 24 小時記錄一次孑孓和蛹的變化，持續觀察十天。



圖 14 藍光 455LED 照射情形



圖 15 冷白 LED 照射情形



圖 16 暖白 LED 照射情形

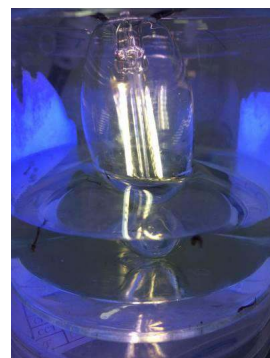


圖 17 紫光 385 LED 照射情形

四、第四階段：照射藍光 455 與紫光 385 對模擬生態池的原生淡水動植物之影響

(一) 實驗時間：2015/5/23-5/30 (共八天)

(二) 實驗物採樣點：蘇州園區水池

(三) 操作變因：照射光線為藍光或紫光

(四) 控制變因：照射時間、照射高度、透明水盆中的池水高度、蝸牛大小、小魚大小

(五) 實驗步驟：

1. 在藍光組水盆中放入 3 隻蝸牛、2 隻魚和 6 克水藻，水深 2 公分，每天照射 3 分鐘。
2. 在紫光組中放入 2 隻蝸牛、3 隻魚和 6 克水藻，水深 2 公分，每天照射 3 分鐘。
3. 每 24 小時記錄一次蝸牛、小魚和水藻的變化，並利用紅色和藍色石蕊試紙檢驗每天的水質酸鹼性，持續觀察八天。



圖 18 選擇蝸牛、小魚和水藻模擬
淡水原生態池

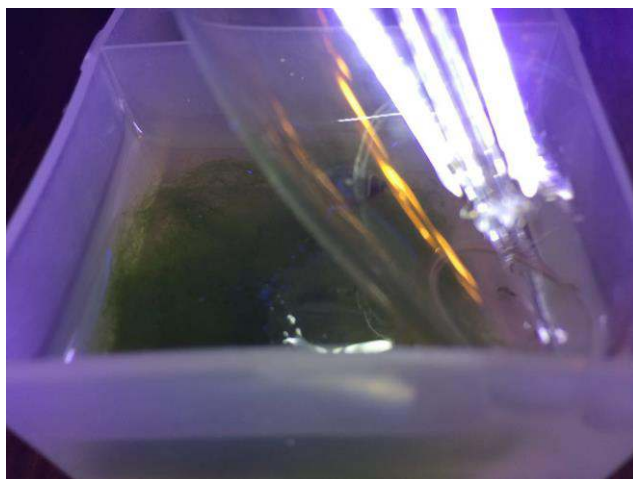


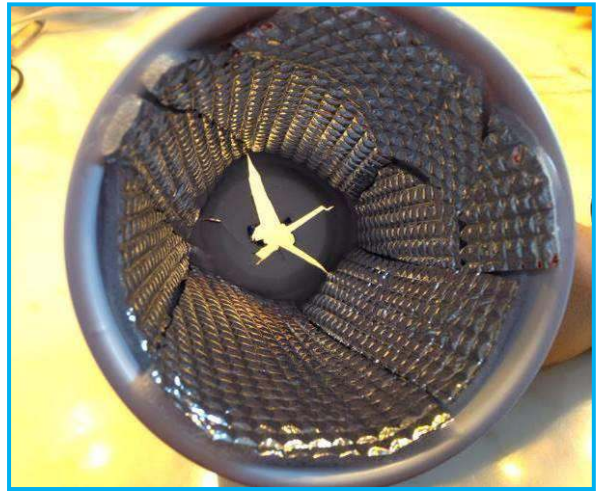
圖 19 每天用紫光 LED 照射生態池 3 分鐘

五、第五階段：自製藍光 LED 照射器

（一）110V 插電型：適合有插頭的定點照射



1.將鋁箔紙貼在紙杯內側



2.沿著杯緣修剪掉多餘的鋁箔紙，並在紙杯底部鑽洞



3.將藍光 LED 燈絲燈固定在紙杯中

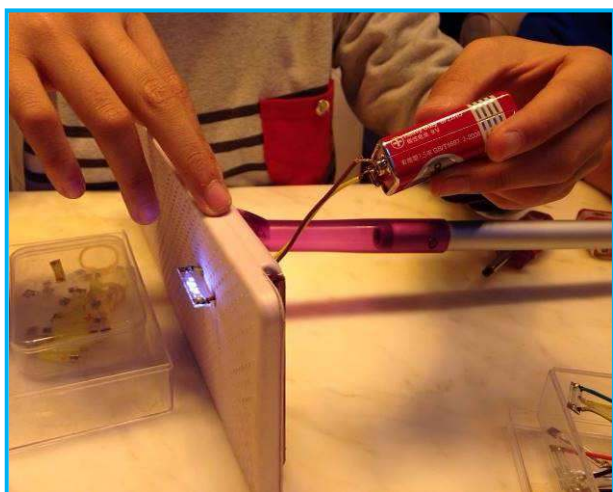


4.接上 110V 電源即可使用

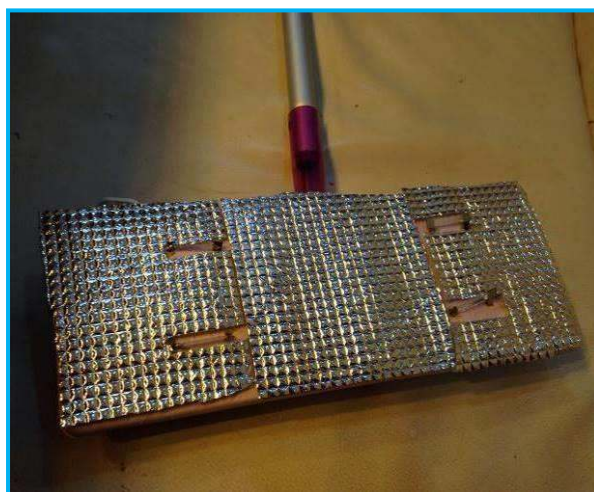


圖 20 藍光 LED 燈絲燈實際照射情形

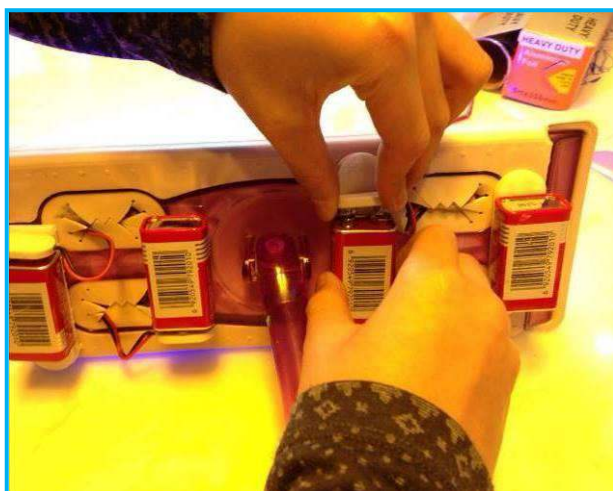
（二）9V 乾電池型：適合移動照射



1. 將拖把底部鑽兩個孔，將藍光 LED 燈片燈連接上 9V 電池。



2. 重複步驟 1，完成其他三個藍光 LED 燈片燈，並用鋁箔紙貼滿底部。



3. 將 4 個 9V 電池用可撕貼式泡棉膠固定在背面



4. 接上電路，即可使用。

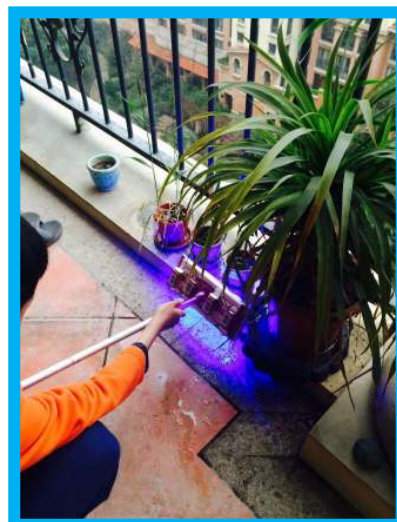


圖 21 藍光 LED 燈片燈實際照射情形

伍、研究結果

一、第一階段：藍光 LED 照射時間對孑孓和蛹的影響（此階段孑孓和蛹採集於台南）

（一）被藍光 LED 照射超過一分鐘以上的孑孓，經過九天的觀察，都不會變成蛹，所以

藍光 LED 的照射可以成功阻止孑孓變成蚊子。

（二）被藍光 LED 照射過的蛹，不論是 30 秒甚至到三分鐘，經過九天的觀察，都會變

成蚊子，所以水面 0 公分藍光 LED 對蛹沒有影響，無法阻止蛹變成蚊子。

（三）當藍光 LED 放置在水面 0 公分照射時，孑孓分別會有下面兩種反應：

1.完全都不動，繼續倒吊停留在水面原來位置。

2.活動力明顯增強，主要反應為往水深處躲藏，扭動活動範圍約為方圓 5-10 公分，照射結束後，又會自動回到容器的四周圍，繼續用呼吸孔呼吸。

		沒有照射 (A 組)	照射 30 秒 (B 組)	照射 1 分鐘 (C 組)	照射 3 分鐘 (D 組)
第一天 2015/2/9	孑孓	4	4	4	4
	蛹	4	4	4	4
	蚊子	0	0	0	0
第二天 2015/2/10	孑孓	4	4	4	4
	蛹	3	3	4	4
	蚊子	1	1	0	0
第三天 2015/2/11	孑孓	2	4	3+1（死掉）	4
	蛹	1	2	2	2
	蚊子	5	2	2	2
第四天 2015/2/12	孑孓	2	3（1 隻變成蛹）	3+1（死掉）	4
	蛹	1	1	2	1
	蚊子	5	4	2	3
第五天 2015/2/13	孑孓	2	3	3+1（死掉）	4
	蛹	1	0	1	1
	蚊子	5	4	3	3
第六天 2015/2/14	孑孓	2	2（2 隻變成蛹）	3+1（死掉）	4
	蛹	1	1	1	0
	蚊子	5	5	3	4
第七天	孑孓	2	2	3+1（死掉）	4

2015/2/15	蛹	1	1	0	0
	蚊子	5	5	4	4
第八天	孑孓	1	2	3+1 (死掉)	4
2015/2/16	蛹	1	0	0	0
	蚊子	6	6	4	4
第九天	孑孓	1 (3 隻變成蛹)	1 (3 隻變成蛹)	3+1 (死掉)	4
2015/2/17	蛹	1 (死掉)	1	0	0
	蚊子	6	6	4	4
藍光 LED 照射孑孓時孑孓的扭動觀察情形記錄： 1. 大部分會移動。 2. 主要反應為往水深處躲藏，移動範圍約在方圓 5-10 公分左右。					

表 1 藍光 LED 照射與否以及照射時間長短對孑孓和蛹變成蚊子的影響觀察紀錄表



圖 22 B 組（只照 30 秒）第五天情形，孑孓還是會變成蛹



圖 23 C 組（照射 1 分鐘）第五天情形，孑孓不會變成蛹

二、第二階段：藍光 LED 照射高度對孑孓和蛹的影響（此階段孑孓和蛹採集於台南）

- (一) 當藍光 LED 位於水面下 2 公分時照射的孑孓在第六天開始死亡，藍光 LED 位於水面 0 公分時照射的孑孓，則不會死亡，但是不會變成蛹。
- (二) 當藍光 LED 位於水面下 2 公分時照射的蛹在第三天死掉，藍光 LED 位於水面 0 公分時照射的蛹，則不會死亡，而且會變成蚊子。

		水面 0 公分 (C 組)	水面下 2 公分 (E 組)
第一天 2015/2/9	孑孓	4	4
	蛹	4	4
	蚊子	0	0
第二天 2015/2/10	孑孓	4	4
	蛹	4	3
	蚊子	0	1
第三天 2015/2/11	孑孓	3+1 (死掉)	3
	蛹	2	2+1 (1 隻死掉)
	蚊子	2	2
第四天 2015/2/12	孑孓	3+1 (死掉)	3
	蛹	2	2+1 (死掉)
	蚊子	2	2
第五天 2015/2/13	孑孓	3+1 (死掉)	3
	蛹	1	2+1 (死掉)
	蚊子	3	2
第六天 2015/2/14	孑孓	3+1 (死掉)	1+2 (2 隻死掉)
	蛹	1	2+1 (死掉)
	蚊子	3	2
第七天 2015/2/15	孑孓	3+1 (死掉)	1+2 (死掉)
	蛹	0	2+1 (死掉)
	蚊子	4	2
第八天 2015/2/16	孑孓	3+1 (死掉)	3 (死掉)
	蛹	0	2+1 (死掉)
	蚊子	4	2
第九天 2015/2/17	孑孓	3+1 (死掉)	3 (死掉)
	蛹	0	1+2 (死掉)
	蚊子	4	2

表 2 藍光 LED 照射距離水面高低對孑孓和蛹變成蚊子的影響觀察紀錄表

三、第三階段：各色光 LED 對孑孓和蛹的影響（此階段孑孓和蛹採集於上海廢棄餵水桶）

- （一） 暖白光、冷白光、對照組最後全部都變成蚊子，所以暖白光和冷白光並不會傷害孑孓和蛹。
- （二） 藍光和紫光在水面下 2 公分照射 1 分鐘，會阻止孑孓變成蛹，但是不能阻止蛹變成蚊子。
- （三） 暖白光（藍光比例 2.5%）和冷白光（藍光比例 7.1%），這兩種白光裡面藍光的比例並不會傷害孑孓和蛹，所以可能也不會傷害人的眼睛。

光的種類		對照組 沒有照射任何光	暖白光 LED 藍光較少， 色溫 2600	冷白光 LED 藍光較多， 色溫 6500	藍光 LED 藍光 455nm， 無色溫	紫光 LED 紫光 385nm 無色溫
照射時間		0 分鐘	1 分鐘	1 分鐘	1 分鐘	1 分鐘
第一天	孑孓	5	5	5	5	5
	蛹	3	3	3	3	3
	蚊子	0	0	0	0	0
第二天	孑孓	3	5	4	5	5
	蛹	5	3	4	3	3
	蚊子	0	0	0	0	0
第三天	孑孓	1	3	2	5	5
	蛹	5	4	5	3	3
	蚊子	2	1	1	0	0
第四天	孑孓	0 (通通變成蛹)	1	1	5	5
	蛹	4	4	3	0	3
	蚊子	4	3	4	3	0
第五天	孑孓	0	0 (通通變成蛹)	0 (通通變成蛹)	5	4+1(死)
	蛹	1	0	1	0	3
	蚊子	7	8	7	3	1
第六天	孑孓	0	0	0	5	3+1(死)
	蛹	0	0	0	0	2
	蚊子	8	8	8	3	2
第七天	孑孓	0	0	0	5	3+1(死)
	蛹	0	0	0	0	1
	蚊子	8	8	8	3	3
第八天	孑孓	0	0	0	5	3+1(死)
	蛹	0	0	0	0	1

天	蚊子	8	8	8	3	3
第九天	孑孓	0	0	0	5	3+1(死)
	蛹	0	0	0	0	0
	蚊子	8	8	8	3	4
第十天	孑孓	0	0	0	5	3+1(死)
	蛹	0	0	0	0	0
	蚊子	8	8	8	3	4

結論：

1. 藍光照射過後，孑孓不會變成蛹，也不會死亡。
2. 紫光照射後，孑孓不會變成蛹，但會死亡。
3. 藍光和紫光都有阻止孑孓變成蛹的效果，但是紫光對生物的傷害比藍光強。

表 3 不同色光對孑孓和蛹變成蚊子的影響觀察紀錄表



圖 24 沒有照過光的對照組，孑孓經過蛻皮變成蛹，圖中直直半透明的部分是孑孓蛻下的殼，捲曲的是蛹



圖 25 此次實驗的藍光和紫光都無法阻止蛹變成蚊子，圖中是蛹蛻變成的蚊子。

四、第四階段：照射藍光 455 與紫光 385 對模擬生態池的原生動植物之影響

- (一) 水質檢測皆為鹼性，沒有因為照射藍光或紫光就改變水質。
- (二) 在觀察的八天中，除了一隻爬出來乾死的蝸牛之外，兩組的蝸牛食慾正常，因為水藻越來越少，而且還能吃掉小魚。
- (三) 所以在觀察的八天中（短期觀察），顯示每天照射藍光和紫光各三分鐘，對原有淡水生態動植物影響不大。但是或許經過半年甚至是一年的長時間實驗與觀察，也有可能會對動植物生態發生變化。
- (四) 實驗對象只有蝸牛、小魚和水藻等容易觀察的，其他像水黽和不容易察覺的微小生物則列入實驗限制中。

		藍光 LED (波長 455nm)	紫光 LED (波長 385nm)	備註
照射時間		每天 3 分鐘	每天 3 分鐘	
第一天	蝸牛	3 隻 (約 1.5-2 公分)	2 隻 (約 1.5-2 公分)	水質檢測為鹼性 (紅色石蕊試紙有點變藍、藍色石蕊試紙也是藍色)
	小魚	2 隻 (約 0.5-1 公分)	3 隻 (約 0.5-1 公分))	
	水藻	6 公克	6 公克	
第二天	蝸牛	3 隻 (約 1.5-2 公分)	2 隻 (約 1.5-2 公分)	水質檢測為鹼性、水藻各被兩組的蝸牛和小魚吃掉約 0.5 公克
	小魚	2 隻 (約 0.5-1 公分)	3 隻 (約 0.5-1 公分))	
	水藻	5.5 公克	5.5 公克	
第三天	蝸牛	3 隻 (約 1-1.5 公分)	2 隻 (約 1-1.5 公分)	水質檢測為鹼性
	小魚	2 隻 (約 0.5-1 公分)	3 隻 (約 0.5-1 公分))	
	水藻	4.5 公克	5 公克	
第四天	蝸牛	3 隻 (約 1.4-1.7 公分)	2 隻 (約 1-1.5 公分)	水質檢測為鹼性
	小魚	2 隻 (約 0.5-1 公分)	3 隻 (約 0.5-1 公分))	
	水藻	3.5 公克	4.5 公克	
第五天	蝸牛	3 隻 (約 1.4-1.7 公分)	1 隻 (1.5 公分)	水質檢測為鹼性、紫光組一隻蝸牛爬出來乾死。藍光組和紫光組小魚各被蝸牛吃掉一隻
	小魚	1 隻 (0.5 公分)	2 隻 (約 0.5-1 公分))	
	水藻	2.5 公克	3.5 公克	
第六天	蝸牛	3 隻 (約 1.4-1.7 公分)	1 隻 (1.5 公分)	水質檢測為鹼性、藍光組兩隻小魚都被蝸牛吃掉
	小魚	0 隻	2 隻 (約 0.5-1 公分))	
	水藻	2 公克	2.5 公克	
第七天	蝸牛	3 隻 (約 1.4-1.7 公分)	1 隻 (1.5 公分)	水質檢測為鹼性
	小魚	0 隻	2 隻 (約 0.5-1 公分))	

天	水藻	1 公克	2 公克	
第 八 天	蝸牛	3 隻（約 1.4-1.7 公分）	1 隻（1.5 公分）	水質檢測為鹼性、紫光組又一隻小魚被蝸牛吃掉，剩下一隻
	小魚	0 隻	1 隻（0.8 公分）	
	水藻	0.5 公克	1.5 公克	

表 4 藍光 LED 與紫光 LED 照射對原淡水生態動植物的影響觀察紀錄表



圖 26 紫光組第五天有一隻蝸牛在晚上爬出水面乾死在水盆外

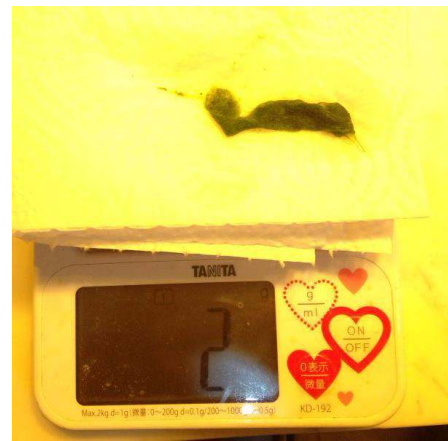


圖 27 用電子秤測量每天水藻重量，水藻重量每天都有減少，顯示蝸牛食慾沒有受到藍光和紫光照射受到影響

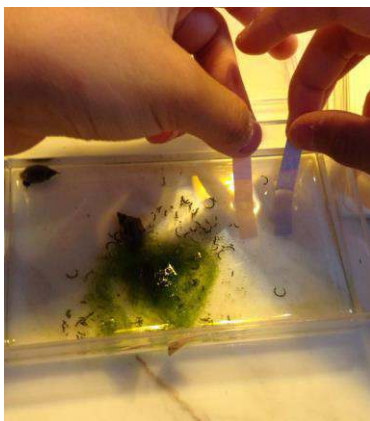


圖 28 用紅色和藍色石蕊試紙檢測水質，結果顯示無論照射藍光或紫光，在八天觀察日期裡，以石蕊試紙的標準來記錄，都是鹼性，沒有變化

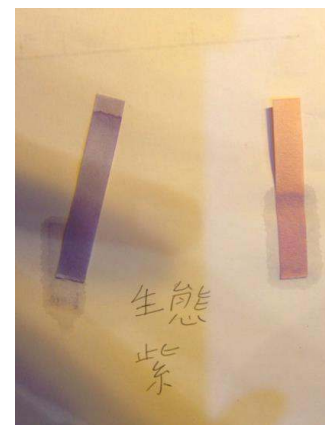


圖 29 紫光生態池第五天水質，紅色石蕊試紙是藍色，藍色石蕊試紙是藍色，所以水質還是鹼性。

五、第五階段：自製藍光 LED 照射器

（一）110V 插電固定型藍光 LED 燈絲燈：適合定點照射



圖 30、31 固定型藍光 LED 實際照射情形（左邊：接電前，右邊：接電後）

（二）9V 乾電池移動型藍光 LED 燈片燈：適合移動照射



圖 32、33 移動型藍光 LED 實際照射情形（左邊：照射示意圖，右邊：近拍照射藍光範圍）

陸、討論

一、針對實驗觀察過程與結果進行討論

(一)、為什麼第一和第二階段的實驗要觀察 9 天？

根據台南市政府登革熱宣導手冊上說明，孑孓變成蛹的時間約為 5-7 天，觀察 9 天，可以了解孑孓照射藍光 LED 之後會不會繼續變成蛹，還是會死掉，因此我們設定照射後的觀察天數為 9 天。實驗結果也發現，孑孓在照射藍光 LED 後，確實不會變成蛹，但是蛹卻不受影響，仍然會變成蚊子。

(二)、為什麼第二階段的孑孓開始會死掉，第一階段不會，但也不會變成蛹？

第二階段有將藍光 LED 燈絲燈深入到水面下兩公分，第一階段沒有，推測深入到水面下後藍光能直接照射到孑孓。第一階段在水面上照射，或許會像課本的實驗，藍光有些能量進入到不同介質（在這個研究中是指空氣進到水中）之後，被折射和反射，能量減弱，造成孑孓的細胞組織破壞較弱，所以只能阻止牠不會變成蛹，但是不會讓孑孓死掉。

(三)、為什麼第一階段中的蛹被照射過後還是可以變成蚊子？

推測蛹變成蚊子是會退去一層皮，那層皮可以阻隔藍光對牠的影響，所以蛹才不會死掉，而且順利變成蚊子。

(四)、為什麼第三階段中的蛹被照射過後還是可以變成蚊子？

推測是大陸和台灣蚊子品種不同，也有可能是台南取樣的蛹較小隻，在取樣過程中受到驚嚇或受傷而死亡，因為第二階段在台南的蛹只有 4 隻，採樣數太少，不能 100%的證明蛹的死亡和藍光 LED 照射有關聯性。

(五)、為什麼第四階段中藍光和紫光效果類似，但最後卻選擇藍光作照射器？

因為第三階段的紫光會使子死掉，但是藍光不會，加上有學者專家研究顯示紫光對人體傷害大，相對的對生態動植物也會產生危害。另外，在第四階段因為接近交配日期，受到實驗天數限制，沒有辦法做長時間的追蹤觀察證明紫光會對蝸牛、小魚和水藻產生影響，但是已經有相關研究文獻證明，所以還是選擇藍光 LED。雖然 LED 照明因為螢光粉剝落而會產生“漏藍光現象”，而藍光對人的眼睛有一定的傷害。但是多少“漏藍”會造成眼睛的傷害，學界還在爭論不休。此實驗間接證明藍光少於 7.1% 的 LED 照明，對人的眼睛沒有傷害。

二、針對專業知識進行訪談與查詢討論

(一) 產生藍光 LED 的原理是什麼？

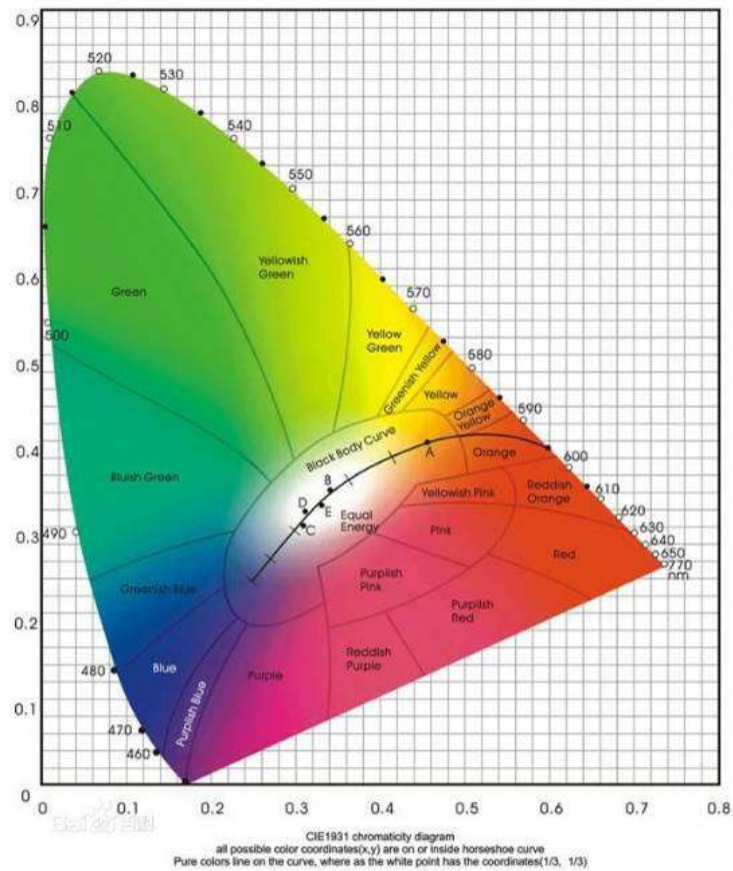
LED (Lighting Emitting Diode) 就是發光二極體，它是利用固體半導體晶片作為發光材料，物質會變成能量，用通電的方式激發特定的材料，讓釋放出更多的能量，最後以紅、黃、藍、綠、青、橙、紫光的形式發出。激發出藍光的材料有氮化鎵以及氮化鎵鎵等，分別能產生不同波長的藍光。

(二) 為什麼只有藍光 LED 才能產生滅蚊的效果？

日本東北大學研究團隊發現藍光 LED 具有殺昆蟲的效果。研究人員發現，使用照光由能量最強的紫外線 (378nm) 變為可視的藍光 (508nm) 時，蚊蟲都會死亡，而使用紅光和黃光則無法起到傷害作用。研究中提出，特定波長的藍光在照射昆蟲時會促進一種活性氧 (ROS) 的分子生成，活性氧會大面積破壞昆蟲體類的細胞組織導致昆蟲死亡。

(三) 為什麼藍光和紫光沒有色溫？但暖白和冷白就能以色溫表示？

因為全藍光和紫光非照明用，沒有色溫可言。



参考上图椭圆形白光区中，A：色温2800（靠近红色）C：色温 6500（靠近蓝色）

圖 34 暖白和冷白是照明用，位於中間白光區，才會有色溫

(四) 為什麼光會對孑子和蛹產生影響？會不會對原有淡水生態甚至是人體有害？

根據光學理論，波長越短對人體的傷害也越大，目前多用短波段的紫外光進行殺蟲，顯然對人體傷害較大，所以即使同樣可以阻止孑子變成蛹和蚊子，但是我們還是選用對人體較無影響的藍光。

三、 針對實驗的研究限制討論：

研究限制包括：

- (一) 因為藍光和紫光對人體或生態的影響需要長時間觀察，所以八天的觀察並無法完全確定藍光 LED 完全不會影響水裡原有生物、魚類和植物甚至是微生物等的淡水生態的平衡與生存。
- (二) 造成登革熱的蚊子是白線斑蚊和埃及斑蚊，這一次實驗只有以生活環境中能夠抓到的孑孓來做，並沒有針對白線斑蚊和埃及斑蚊做實驗比較。也因為居住在中國，對於第三第四階段的追加實驗，無法回台南取得與第一和第二階段同一個地點的孑孓和蛹樣本，所以除了中國地區的品種可能會不一樣之外，孑孓大小也比台南抓到的還要大，實驗觀察到的生命力也更強，這都是因為居住在中國，沒有辦法取得統一樣本，而對研究所造成的誤差與限制。
- (三) 第一和第二階段的實驗操作時是在冬天，環境溫度為 20-23 度，但是登革熱最嚴重的時期是在夏天，溫度約 30-35 度，溫差是不是會影響到孑孓的反應和生存狀態並沒有列入考量。
- (四) 第四階段模擬生態池是採用蝸牛、小魚和水藻作為代表，但是或許是因為蝸牛和魚體型相對較大，不容易在八天內觀察到是否會受到藍光和紫光的影響，加上蝸牛還會將小魚和水藻吃掉，雖然可以證明蝸牛食慾不受到影響，但是卻沒辦法繼續觀察小魚和水藻的變化。所以，應該將實驗的對象分開裝和照射來觀察，還是可以提供蝸牛足夠的食物，但是卻不能作為觀察對象。所以，除了可以再選擇一些體型較小的淡水生物外，還要將他們分別隔離照射與觀察，並提供充足的食物避免被餓死。

- (五) 模擬淡水生態池的水盆太小，蝸牛和小魚的排泄物經過連續八天的觀察累積，也會產生細菌而影響動植物的生存狀態甚至是水質的酸鹼性，所以之後再模擬生態池時，除了樣本數要增加、觀察時間要拉長之外，還要考慮水盆大小，避免排泄物汙染影響實驗結果。

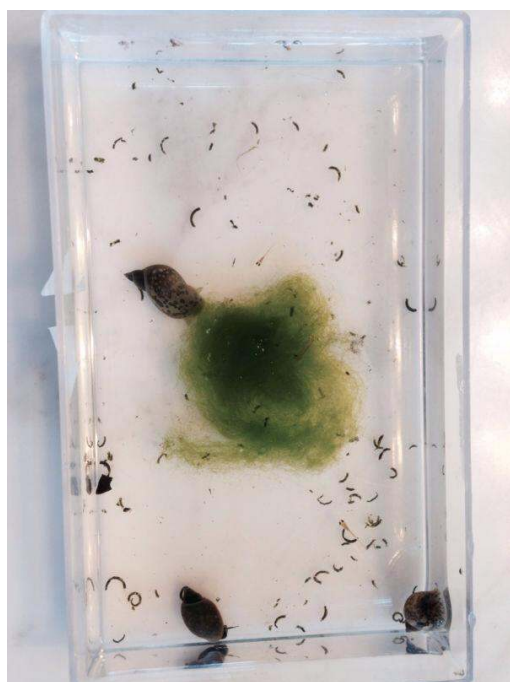


圖 35 水盆太小，蝸牛和小魚的排泄物也許會產生細菌對蝸牛和小魚健康狀態產生影響，造成實驗觀察誤差。

- (六) 因為孑孓大都生長在靜止水域，例如積水盆栽、廢棄積水水桶或是不流動水溝以及下大雨過後大樓地下室積水等等，所以如果可以針對容易積水的登革熱疫區架設固定式的藍光 LED 照射裝置，每天控管照射，就可以避免炎熱的夏天，照射人員還要在室外到處辛苦的照射，也可以有效確保重點疫區點每天都有被照到藍光 LED。

柒、結論

經過第一到第四階段的實驗，我們可以知道：

第一階段：水面 0 公分處，照射藍光 LED 一分鐘，能有效阻止孑孓變成蛹。

第二階段：水面下 2 公分處，照射藍光 LED 一分鐘，能有效阻止孑孓變成蛹，也有出現蛹死掉無法變成蚊子的情形，但是因為採樣數少，蛹無法變成蚊子的成效，還要再更多樣本數才能 100%證明。

第三階段：水面下 2 公分處，照射各色光一分鐘，結果顯示只有藍光 LED 和紫光 LED 能有效阻止孑孓變成蛹，其他藍光含量低的冷白和暖白光都沒有效果。由實驗也發現，紫光不僅能阻止孑孓變成蛹，還會讓孑孓產生死亡的情形，也間接證明紫光 LED 對生物甚至是人體的危害比藍光 LED 明顯。

第四階段：用蝸牛、小魚和水藻模擬淡水生態池，觀察藍光 LED 和紫光 LED 對採樣生物的影響，結果因為採樣數體型過大且數量過少，蝸牛還會吃掉被觀察的小魚和水藻，加上觀察天數只有八天，所以此階段無法有效證明藍光 LED 和紫光 LED 對淡水生態池中動、植物的影響。

因此，由上面四個階段的實驗結果發現，藍光 LED 燈的照射的確會阻止孑孓變成蚊子，不讓蚊子有機會傳播登革熱。而藍光 LED 燈不僅方便操作、成本低、而且裝置又很簡易，是一種有效便捷、而且天然無害防止病媒蚊散佈的「終結登革熱神器」，如果能企業研究 400-500nm 的藍光 LED，進一步開發出不同的殺蟲燈，那麼 LED 行業不僅能擴大應用範圍，最重要的，是還能對環保、對人類生活安全做出很大貢獻，甚至可以直接顛覆農藥和殺蟲劑行業，更有效率的阻止登革熱疫情對台灣甚至是全世界的危害。

捌、參考資料及其他

雜誌：

- 一、賴毓敏，1999，《光和色彩》，小牛頓，第 105 期，頁 50—頁 51。

書籍：

- 一、許鐘榮，《科學真有趣 5—色彩》，第一版，新北市，錦繡文化事業，頁 6—頁 17，1998。
- 二、Peter Lafferty，《桂冠百科全書 1—物質與能量》，第一版，臺北市，桂冠圖書股份有限公司，頁 72，1995。
- 三、Gomdori Co.著，徐月珠譯，《科學實驗王 3：光的折射與反射》，第一版，臺北市，三采文化出版事業有限公司，頁 78—頁 79，2013。

網路新聞：

- 一、中時電子報，2015/05/19，《登革熱疫情升溫 高雄市場爆發群聚感染》。
- 二、中國時報，2014/08/06，《高雄”腹背受敵” 氣爆後陷登革熱疫情》。
- 三、中國時報，2014/11/12，《登革熱作戰 高市 5 里海水滅蚊》。
- 四、蘋果日報，2014/11/11，《瞎 高市灌海水滅登革熱》。
- 五、新華網，2014/12/21，《日本科學家發現藍光 LED 新用途：滅蟲》。
- 六、中國 LED 網，2013/12/28，《LED 不同波段的特殊用途》。

專家訪談：

- 一、台南市安平衛生所 

- 二、上海亞浦耳電器照明有限公司 

【評語】 080826

本作品以不同光源的照射以達到消滅孑孓和蛹的目的，解決蚊子生成的問題並以生活常見的物品組裝、自製 LED 燈照器，建議增加樣品數與實驗變因，以強化實驗結果，整理而言，是一個創新有趣的作品，值得鼓勵。