

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第二名

082911

**禁食惡果！特定波長 LED 燈用於瓜果蟲害防治
之研究--以粉蝨及粉介殼蟲為例**

學校名稱：臺北市文山區景興國民小學

作者： 小五 林恩如	指導老師： 劉亞媛 陳妙珍
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：LED 燈防治害蟲、粉介殼、粉蝨

摘要

可見光中的藍光可以驅殺果樹的害蟲！本研究在探討可見光中特定光波是否可以影響害蟲存活率，因而取代化學農藥。作法是利用特定 LED 紫燈/藍燈/綠燈/白燈，比較找出驅殺粉介殼蟲及粉蝨的效果。首先瞭解果農如何應對害蟲問題，持續找尋培養害蟲來實驗。接著研究光的原理及準備 LED 燈：排除 LED 燈對環境中溫度、電磁波有影響，再實驗單片葉子上的蟲，找出各 LED 燈的最佳照射距離。進而開始實驗比較不同 LED 燈影響蟲的存活率，發現 LED 藍燈勝出，就以 LED 藍燈對於蟲在活體植栽上作實驗，確認可達到瓜苗害蟲的治療與預防。

現行農夫針對一般瓜果害蟲的物理防治法中，光的應用僅針對蟲的「趨光性」有著墨。本研究打破過去思維，希望找出可取代化學農藥的安心防治法。

壹、研究動機背景

四年級下學期自然課有上到昆蟲，從小愛養昆蟲的我，又忍不住養了許多蝴蝶幼蟲，如無尾鳳蝶和青斑鳳蝶幼蟲。為了讓牠們有豐富的食草可以享用，特地從花市買了一盆油亮的含笑和一大株金桔。沒想到養不到三天蟲都陸續往生，讓我難過不已，後來經專家提醒，才知道花市買來的盆栽多數先有下過大量的農藥。此外，有時常看媽媽買菜和水果回家都要沖水沖很久，問到底要沖水一分鐘還是十分鐘還是小水流半小時…都說不準。農藥對人體危害那麼大，為什麼農夫一定要用農藥？有別的方法防治蟲害嗎？

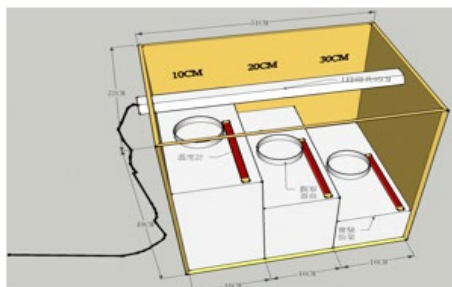
家裡有被單紫光殺蟻機，賣場也有賣紫外線消毒烘碗機、遠紅外線牙刷殺菌機或藍光滅蚊燈...，所以這些有顏色的燈應該可以殺蟲？在雜誌上意外讀到日本教授發表「藍光」滅蟲的可能性而取代農藥。〈取自：藍光具有殺蟲效果，牛頓科學雜誌 92 號〉。為了找出讓農夫「不要下毒藥」的種植方式，因此我們想來研究哪種光可以殺害蟲。(南一四下 3.昆蟲世界。南一四上 3-2 生活中的色光。)

貳、研究目的

- 一、瞭解瓜果植栽被害蟲感染的形成，找出並培養可實驗的害蟲。
- 二、瞭解可見光的原理並研究 LED 燈對於實驗環境的影響。
- 三、依不同特定波長 LED 燈，找出對害蟲影響最大的照射距離。
- 四、從四種特定波長 LED 燈中，找出哪種燈最能影響害蟲存活率。
- 五、利用影響存活率力最大的 LED 燈，研究對活體植栽的影響？

參、研究設備及器材

實驗箱示意圖-51cm x 32cm x 49cm



LED 綠光/紫光/藍光/白光實驗箱



抓分蟲箱--在分蟲至小盤上時,避免蟲飛走



養蟲盆栽--蕃茄樹苗



芭樂葉和螺旋粉蝨蟲



培養蟲的植栽室-外層用大紗網包覆以防蟲爬走



螺旋粉蝨蟲實驗盤--下面墊一層濕巾延長葉子濕度



粉介殼實驗盤-放小片葉子器皿,外包覆網或絲襪



木瓜葉和蟲—從果園找蟲砍下葉子暫放



電磁波測量-確保不是電磁波異常導致蟲死亡



照度計-確保照度在相近的範圍



放大鏡—為了數蟲數量並確認存活



手機微距鏡-可近距離至2cm 內觀察並拍照

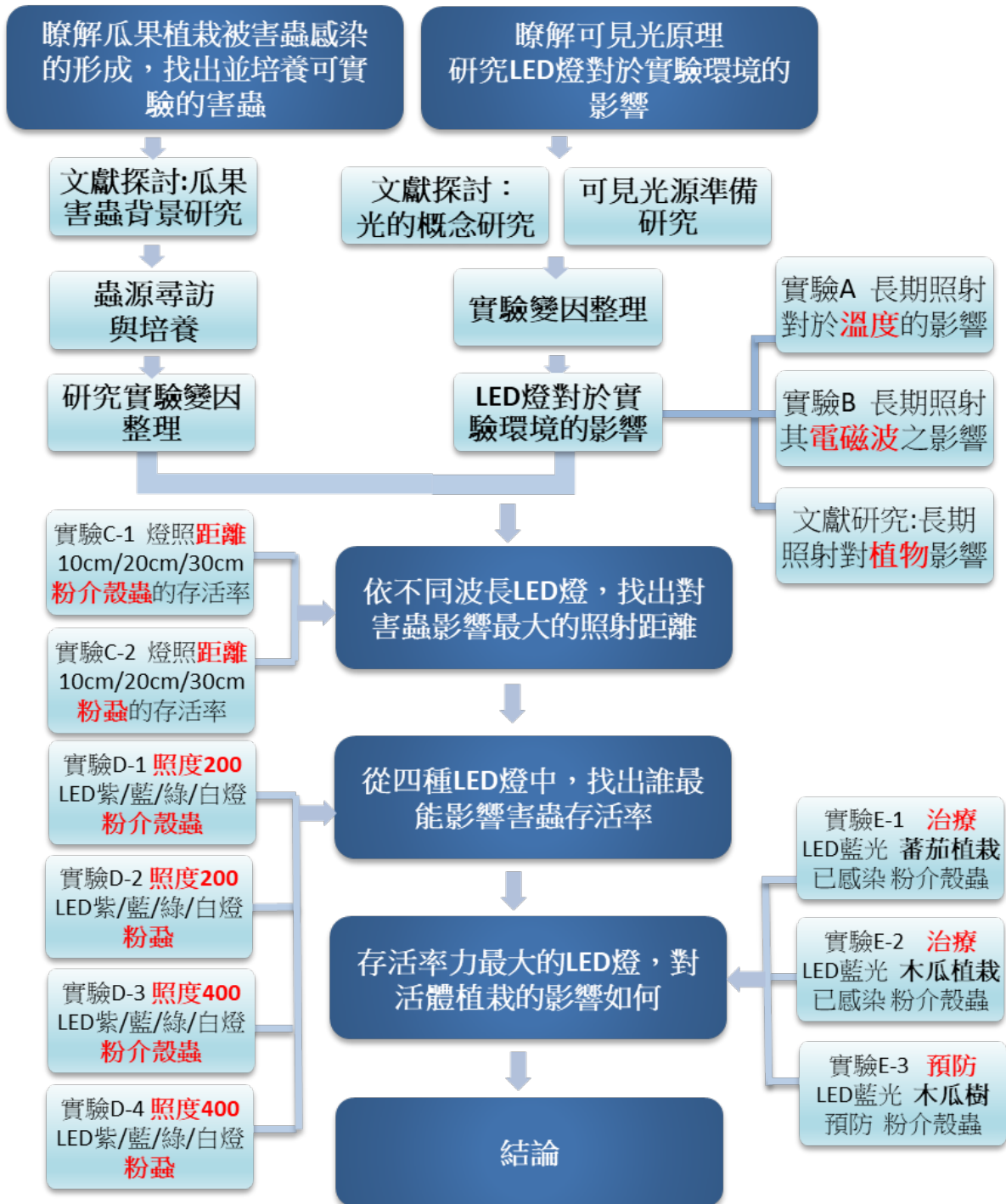


LED 燈條- 45cm,後有變壓器及調節器-



圖 1 研究設備及器材

肆、研究方法與架構



伍、研究過程與結果分析

一、瞭解瓜果植栽被害蟲感染的形成，找出並培養可實驗的害蟲

(一) 文獻探討 - 瓜果害蟲背景研究

1. 我們通常隨便洗一洗就送嘴巴吃的水果大多是都是仁果類和漿果類<取自：水果的分類，終於搜集齊了／每日頭條一健康>，所以我們決定針對這兩類水果為前題作研究。因為開始作研究的時間為 108 年暑假，在平地可輕易尋見的仁果類和漿果類水果有木瓜樹、龍眼樹、蕃茄、芭樂樹和釋迦樹...，農夫最常會針對上面的粉介殼蟲和粉蝨下殺蟲劑農藥如陶斯松或巴拉爻，會嚴重影響人類的神經系統<取自：正確洗菜，擺脫農藥陰影作者，商周>。而這些蟲也會生在行道植物上如金露花，居家植物如變葉木....上。
2. 探討害蟲特色：
 - (1) 螺旋粉蝨：成蟲有白色翅膀，被覆白色臘粉。若蟲與成蟲直接以口針於葉背吸食寄主植物汁液，分泌白色臘粉及絲狀物，分泌蜜露誘發植株煤煙病，影響植株。成蟲壽命約七至九天。<取自：番石榴害蟲-危害特性及其整合性蟲害管理策略/豐年雜誌>。
 - (2) 銀葉粉蝨：成蟲體黃色，具二對白翅，休息時翅呈屋脊狀，被稱超級害蟲因繁殖能力強，台灣之園藝作物蔬菜或花卉果樹均受其嚴重危害，如包心白菜、朱槿、玫瑰、番茄、茄子和木瓜。成蟲期壽命長著可達二個月。<取自：銀葉粉蝨之生態與防治，台南區農業改良場技術專刊>
 - (3) 粉介殼蟲：像白芝麻一樣大。體被白色粉狀臘質物。雌的成蟲和若蟲皆密集於果串之果實間隙或脊背，吸食植物汁液致枯萎，分泌毒液致植物組織變異。3 至 4 月植物萌發階段幼蟲開始為害幼嫩枝葉，5 至 9 月為繁殖和為害盛期，秋季在寄主葉片脫落前，幼蟲便遷移到枝條下方、枝杈處或土壤中越冬。雌成蟲壽命長約 23 ~ 26 天，雄成蟲壽命僅約 3 ~ 5 天。<取自：行政院農業委員會農業試驗所，作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟>

(二) 蟲源尋訪與培養：

因為每次實驗需要大量的蟲，阿公家一顆芭樂樹上的粉蝨是不夠的，於是每次實驗只得挨家挨戶去尋訪了台灣各地的果園農場詢要害蟲，並採購了一些植物小苗，把陸續找來的蟲放在盆栽上面培養。(參考圖 2)

	<p>學校：朱槿，粉介殼蟲成群聚在在莖幹上。剪下放置木系苗及番茄苗上，另將一些螞蟻隨同搬移，因為牠們有共生關係。</p>
	<p>宜蘭阿公家菜園裡：芭樂樹一棵佈滿了螺旋粉蝨蟲。取蟲作兩次實驗後，阿公灑了農藥無法再取用。</p>
	<p>羅東賴爺爺菜園裡：木瓜樹上粉介殼蟲感染了半年。他很樂意將有蟲的葉子剪下讓我們帶走。一共取了四次。</p>
	<p>向台中石岡的有機芭樂園訂購芭樂並要蟲：因為是沒灑農藥的農場，所以水果容易有粉介殼蟲為患而長相不佳。取蟲至植栽上。</p>
	<p>宜蘭員山鄉珍珠芭樂園：趕在老闆還沒有灑濃藥之前，請他通知我們來剪葉抓螺旋粉蝨和粉介殼蟲。</p>
	<p>屏東高樹鄉果樹產銷班提供粉介殼蟲源及樹苗：一直提醒我們養蟲要小心，因目前粉介殼蟲天敵僅發現「寄生蜂」，而寄生蜂不好養。</p>
	<p>將新購的金桔小苗，放在已感染粉蝨的大盆金桔旁邊。三天後觀察小金桔葉上已有粉蝨停留在上面。</p>
	<p>五至六月行道樹下金露花全是滿滿的銀葉粉蝨。除了剪下現成葉子對背面的蟲作實驗，也取葉子直接掛在其它盆栽上作培養。</p>
	<p>蕃茄苗 -將已感染粉介殼蟲的樹葉放掛在上一週左右，即可見到每株還有超過大約 10 隻以上(約 0.3cm)若蟲黏在莖上或未稍爬動。</p>

圖 2 害蟲來源及培養說明

(三) 研究實驗變因整理

1. 蟲會被影響的變因研究：原本想依不同蟲種，不同性別及不同齡來作各自實驗分析結果。但是因為發現蟲的取得並不是想像中的那麼容易。只能改依每次取得粉介殼蟲或螺旋粉蝨蟲，只要是肉眼容易觀察是否有在活動的都可拿來作分析。
2. 用水果或植栽實驗：大部份的蟲都在葉葉背面，而木瓜葉實在太大，培養小苗養蟲尚未大量繁殖成功無法小苗整株實驗。為了配合不同距離的對照辨識，我們決定先都以單獨剪下葉子，上面留 10 隻左右的蟲作實驗記錄。

二、瞭解可見光的原理並研究 LED 燈對於實驗環境的影響


(一) 文獻探討：光的概念研究

1. 光的能力：光是能量的一種傳播方式，光是由電場與磁場構成的電磁波。<取自：How It Works 知識大圖解，光傳播的原理>

2. 電場與磁場的關係

電場是由電壓產生，磁場是由電流產生，輸配電線路周圍之電磁場分佈，將會干擾臨近通訊設備之通訊品質其它環境。但是電場很容易被屏蔽，磁場之屏蔽非常困難，因此大多電磁場對人體健康影響之研究已將電場排除，而以磁場為主。電場單位為仟伏特/米(kV/m)，磁場之單位為特斯拉(Tesla)或高斯(Gauss)或毫高斯(mG)。1 特斯拉=10,000 高斯，1 高斯=1,000 毫高斯(mG)。<取自：照明基本概念，光與輻射能頻譜>

3. 光的照度：是每單位面積所接收到的光通量(lux)。
4. 可見光波長：人類眼睛可以感受到的電磁波，一般為 380nm~780nm 之間(圖 3)，波長的長短就是光的顏色表現。波長愈短速度愈快，穿透力愈大。<取自：可見光/維基百科>



顏色	頻率	波長
紫色	668-789THz	380-450nm
藍色	631-668THz	450-475nm
青色	606-630THz	476-495nm
綠色	526-606THz	495-570nm
黃色	508-526THz	570-590nm
橙色	484-508THz	590-620nm
紅色	400-484THz	620-750nm

圖 3 可見光波長分佈

5. 光與害蟲的應用：

目前農業發展中，物理防治法中針對「光」的著墨不多，僅可利用紫外光的有無，改變昆蟲對環境資訊的反應，例如無法定位寄主或食物、趨光性引誘害蟲當害蟲吸引風扇入集蟲袋中。產品包括：黑光燈/白熾燈 和 UV 阻隔資材：利用害蟲在低紫外線環境下無法順利找尋寄主並擴散的特性<作物蟲害非農藥防治資材，<作物蟲害非農藥防治資材，農試所特刊 142 號>。因此希望這此研究可找出光對害蟲驅滅性的可行性。

(二) 可見光源準備研究

1. 方法一：利用不同顏色玻璃紙，包覆在日光燈或手電筒外。
2. 方法二：在網路上找到教學自製紫光，可照到馬桶的微生物及污垢。步驟為：先將手機上的閃光燈用膠帶黏起來，塗上藍色接著再貼膠帶，藍筆再塗一次再貼膠帶，再塗紫色。試作了以後拿去照鈔票、白衣服、馬桶...完全沒有任何效果。
向賣照明設備的專家請教：才知方法一與方法二都不能提供正確光波的光，方法一的有色玻璃紙只是一個濾光器，它讓和它一樣的光線通過，而吸收其它所有顏色。方法二只是在「模擬」紫外燈，這些都不是真正自行提供對應的光波長度。建議我去查 LED。
3. 方法三：網路蒐尋研究**發光二極體**（Light-emitting diode，縮寫為 LED）是一種能發光的半導體電子元件，透過三價與五價元素所組成的複合光源。它可依不同的材料，發出不同光波長。

最後，在網路上購買現成的 LED 燈：廠商:W照明/
超亮 5050/滴膠防水/12V：紫光(波長 395nm—
400nm)、藍光(波長 460nm-470nm)、綠光(波長 515-
525nm)、白光(波長 450nm-465nm)。



圖 4 LED 燈

(三) 研究實驗變因整理

1. 可見光影響方式：同樣的光源亮度，會因為距離與照射時間而取得不等量的光照量（即照度）。模擬未來農夫可以應用照射的場景，我們除了找出適合的可見光，也需確認適度的照射距離及照射時間：是像被單塵蟎機這麼近照射還是像圖書館消毒機的空間照射？所以我們設計了在不同的可見光的實驗中，分別依照照射距離 10cm、20cm 及 30cm，和無特別照光的對比。而不同 LED 燈所產生的電磁波值，是否會強到干擾到蟲的生存？所以需先測量觀察磁場數值。
2. 可見光**不同光波**的選擇：因為安全及成本考量，我們決定先挑看得見的最厲害的紫光，第二名是藍光、綠光及加上全波段都包含的白光來作 PK 比較。若連綠光的效果也很強，我們再往下依序實驗黃光，紅光…。

(四) 研究 LED 燈對於實驗環境的影響

1. 特定可見光長期照射對於溫度的影響 **實驗 A**

(1) 實驗目的：研究特定波長 LED 燈是否會因為經過長時間照射害蟲，因溫度異常過高使害蟲熱死？

(2) 實驗內容與步驟：依照射距離 10 公分為例，分別實驗觀察 LED 紫燈、LED 藍燈、LED 綠燈及 LED 白燈經過 1 時、3 小時、6 小時、12 小時及 24 小時之照射，記錄其溫度。

(3) 實驗記錄

照射時間	LED燈對溫度之影響				
	紫光	藍光	綠光	白光	無照光
0 小時	27°	27°	27°	29°	27°
1 小時	27°	30.5°	27.5°	31°	27°
3 小時	27°	31.5°	29°	32°	28°
6 小時	28°	31°	29°	31°	29°
12 小時	28°	31°	29°	32°	29°
24 小時	28°	31°	29°	32°	29°
48 小時	29°	30°	29°	31°	30°
72 小時	29°	30°	29°	31°	30°

(4) 實驗結果分析討論

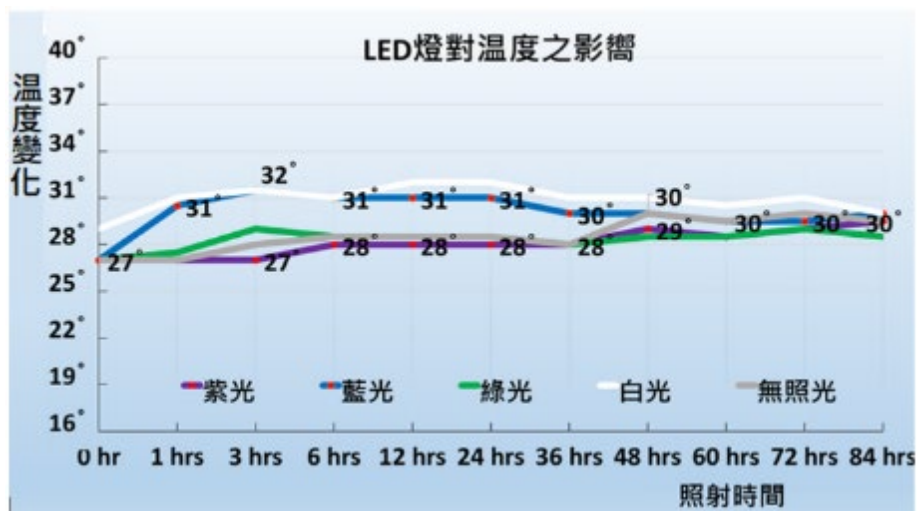


圖 5 不同 LED 燈長期照射於溫度的影響

- a、LED 白燈與 LED 藍燈平均溫度都會比常溫(無照光)其它燈溫度偏高 2~3 度，紫燈溫度較其它燈溫度低。
- b、考量可能是因為放在紙箱裡實驗，溫度會比常溫高 1~2 度，故後續實驗都保持紙箱上方掀開通風。
- c、LED 白燈與 LED 藍燈一啟動後會上升 2~3 度，但 3 小時之後測量就一直維持在固定溫度，不會再持續上升，甚至會下滑。
- d、所有溫度保持平穩，起伏不會超過 5%。
- e、結果得知，溫度不會因為長時間的照射，而無限升高影響到蟲的存活率。

2. 特定可見光長期照射其電磁波之磁場的影響 實驗 B

(1) 實驗目的：研究特定波長 LED 燈是否會因為經過長時間照射害蟲，因燈的電磁波指數異常而影響害蟲生存？

(2) 實驗內容與步驟：

a、在尚未開 LED 燈之前，先用電磁波測量環境磁場指數。

b、依照射距離 10 公分為例，分別實驗觀察 LED 紫燈、LED 藍燈、LED 綠燈及 LED 白燈各經過 1 時、6 小時、9 小時及 24 小時之照射，記錄其磁場指數。

(3) 實驗記錄

照射時間 07:00AM	LED燈對電磁波之影響 環境：自然教室 單位:Tesla				照射時間 07:00AM	LED燈對電磁波之影響 活體植物環境：教室外陽臺			
	紫光	藍光	綠光	白光		紫光	藍光	綠光	白光
開燈前	0.00	0.00	0.00	0.00	開燈前	0.00	0.00	0.00	0.00
1 hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	1 hrs	0.00	0.00	0.00	0.00
6 hrs	0.01	0.01	0.01	0.01	6 hrs	0.01	0.01	0.00	0.00
9 hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	9 hrs	0.00	0.00	0.00	0.00
24 hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	24 hrs	0.00	0.00	0.00	0.00



圖 6 不同 LED 燈長期照射於電磁波的實驗

左一:水族箱變壓器旁 左二:教室實驗開燈前 左三:教室實驗開燈後
右三及右二:戶外實驗開燈前 右一: 戶外實驗開燈後

(4) 實驗結果分析與討論：

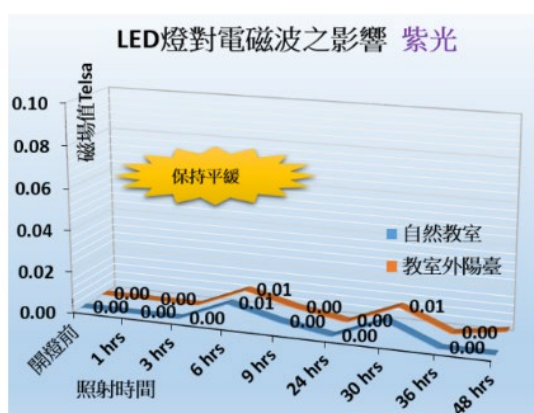


圖 7-1 紫燈長期照射於電磁波的實驗

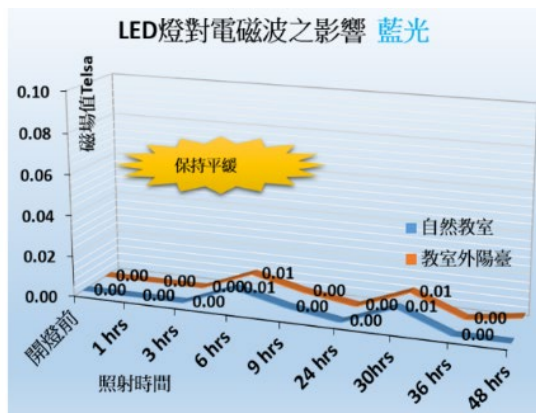


圖 7-2 藍燈長期照射於電磁波的實驗

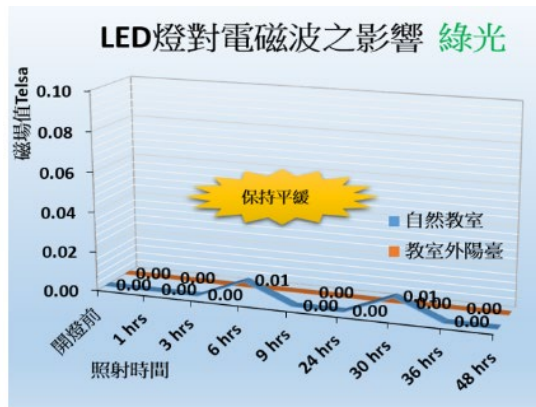


圖 7-3 綠燈長期照射於電磁波的實驗

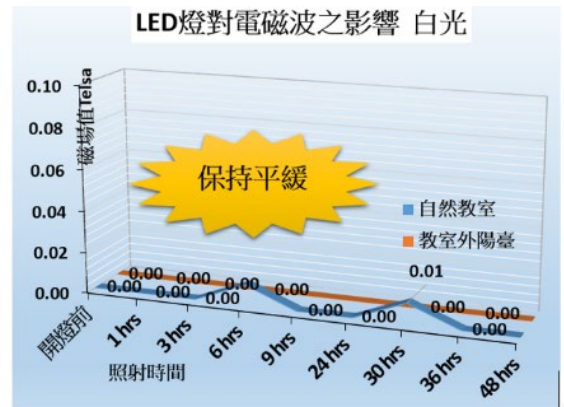


圖 7-4 白燈長期照射於電磁波的實驗

- a、在實驗 B 中，觀察發現 LED 燈一開啟後，所產生的電磁波磁場值都是 0.00 Tesla，不會隨著 LED 燈開啟磁場值變大。
- b、因不確認這麼小的數值是否有問題，特別去量水族箱旁的變壓器，得到數值是 0.21(圖 6-左 1)。
- c、教室中的磁場值，在還沒有開 LED 燈時就有數值，尤其是中午前後的時刻。懷疑是開很多電燈及教室內的冷氣及冰箱造成的。後續實驗箱避免放在教室電器附近如電扇、冰箱及手機旁。但即使起始有磁場數值，開了 LED 燈的值也相同。
- d、由長時間測量結果得知，LED 燈磁場指數不會因為長時間的照射，產生異常巨大變化，影響電磁波指數。

3. 特定可見光長期照射對於植物的影響

查找網路及過往科展文獻，發現 LED 燈對植物照射多有**正面**的效果：

- (1) LED 產生的光能夠加速植物生長、改善水果和蔬菜的味道。<取自：LED 有望替代植物殺蟲劑？原理是這樣的。每日頭條/科學>
- (2) 利用 LED 燈對金線蓮及嘉德利亞蘭培育：實驗結果是所有光源皆能促進生長，達到節省能源且可得到健壯組織培養苗之目的。<取自：LED 光照組織培養苗。全國中小學科展第 48 屆，高職組農業及生物科技科>
- (3) 高亮度白光 LED 模組，促進光合作用使番茄生長更好。<取自：“光”科技 LED 展“生”機—探討高亮度白光 LED 下番茄的生活史。全國中小學科展作品第 51 屆國中組生物科>。

(4) 光譜範圍對植物生理的影響：

- a、400 ~ 520nm (藍)：此類波長可直接使植物根、莖部位發展，對於葉綠素與類胡蘿蔔素吸收比例最大，對光合作用影響最大。
- b、520 ~ 610nm (綠)：綠色植物排斥性推擠，綠色素的吸收率不高。
- c、610 ~ 720nm (紅)：植物的葉綠素吸收率不高，唯此波長對於光合作用與植物生長速度有顯著影響。

三、依不同特定波長 LED 燈，找出對害蟲影響最大的照射距離 **實驗 C-1**, **實驗 C-2**

(一) 實驗目的：找出哪種照射距離影響蟲的存活率最大？

(二) 實驗內容與步驟：

1. 分別實驗觀察 LED 紫燈、LED 藍燈、LED 綠燈及 LED 白燈。
2. 依不同的照射距離 10 公分、20 公分、30 公分。
3. 各經過 1 時、3 小時、6 小時、12 小時及 24 小時之照射，記錄存活蟲的數量。
4. 其中無照燈作為對照組：確保沒照燈與有照燈是否有差異。
5. 最終計算哪種距離的存活率最低？存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲數量。
6. 分二梯次實驗：第一梯次照射對象為粉介殼蟲 (**實驗 C-1**)，第二梯次照射對象為螺旋粉蝨蟲 (**實驗 C-2**)。

(三) 實驗記錄

1. **實驗 C-1** LED 燈長期照射下比較燈照距離 10cm/20cm/30cm 粉介殼蟲的存活率

紫光 (2020/11) 11:00 粉介殼				
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
起始蟲數量	12	13	11	10
溫度	24	24	24	24
電磁波Telsa	0.06	0.05	0.01	0.02
照度	197	125	80	0
1 小時	12	13	11	10
3 小時	12	12	11	10
6 小時	10	10	11	10
9 小時	9	9	10	10
12 小時	8	8	10	9
24 小時	6	8	9	9
48 小時	5	8	9	9
72 小時	4	8	9	9

藍光 (粉介殼蟲)				
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
蟲數量	12	10	10	11
溫度	28.5	26.5	26.5	26
電磁波Telsa	0.01	0.01	0.01	0.01
照度	360	277	158	100
1 小時	12	10	10	11
3 小時	12	10	10	10
6 小時	12	10	10	10
9 小時	10	9	10	10
12 小時	4	5	8	8
24 小時	1	3	3	8
48 小時	0	0	3	6
72 小時	0	0	1	6

存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲數量

	綠光 (粉介殼蟲)			
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
蟲數量	15	16	17	11
溫度	33	31	28	22
電磁波Telsa	0.01	0.01	0.02	0
照度	1705	571	281	0
1小時	15	16	17	11
3小時	14	16	17	11
6小時	14	16	17	11
9小時	14	16	17	10
12小時	12	15	17	10
24小時	12	14	15	10
48小時	10	12	11	8
72小時	7	9	9	6

	白光 (粉介殼蟲)			
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
蟲數量	20	19	16	15
溫度	25	25	25	25
電磁波Telsa	0.05	1.5	1.9	0.8
照度	19200	5350	2800	256
1小時	20	19	16	15
3小時	18	19	16	15
9小時	10	10	10	11
12小時	8	7	10	10
21小時	7	6	10	9
24小時	7	4	9	9
48小時	2	2	5	6
72小時	1	0	1	6

各 LED 燈依不同照射距離觀察粉介殼蟲的存活數量

2. 實驗 C-2 不同可見光長期照射下比較燈照距離 10cm/20cm/30cm 螺旋粉蝨蟲的存活率

	紫光/螺旋粉蝨蟲 (單位:隻)			
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
起始蟲數量	39	28	30	41
溫度	25	25	25	25
電磁波	0.02	0.05	0.02	0.29
照度	197	125	80	0
1小時	39	28	30	41
3小時	35	24	30	39
6小時	20	24	23	32
12小時	10	17	19	25
18小時	8	10	19	21
24小時	5	7	17	18
48小時	0	0	8	12
72小時	0	0	0	6

	藍光(8/28 20:00螺旋粉蝨蟲) (單位:隻)			
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
起始蟲數量	10	10	10	10
溫度	25	25	25	25
電磁波	0.02	0.01	0.01	0.02
照度	733	465	230	0/900
1小時	10	10	10	10
3小時	10	10	10	10
6小時	8	10	10	10
9小時	1	2	6	9
12小時	0	0	2	9
24小時	0	0	2	4
48小時	0	0	0	3
72小時	0	0	0	3

$$\text{存活率} = \text{存蟲數} \div \text{原有蟲數量}$$

	綠光/螺旋粉蝨蟲 (單位:隻)			
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
起始蟲數量	15	15	14	12
溫度	27	27	27	27
電磁波	0.01	0.01	0.02	0
照度	1583	438	208	0
1小時	15	15	14	12
3小時	15	15	14	12
6小時	15	15	14	12
9小時	15	15	14	12
12小時	14	13	14	12
24小時	13	13	13	10
48小時	11	10	10	7
72小時	6	6	5	6

	白光 (螺旋粉蝨蟲) (單位:隻)			
	第一組	第二組	第三組	第四組
	(距10cm)	(距20cm)	(距30cm)	無照燈
起始蟲數量	16	15	16	15
溫度	29	29	29	29
電磁波	0.03	0.02	0.02	0
照度	12060	5330	1890	0
1小時	16	15	16	15
3小時	15	15	16	15
6小時	13	15	16	15
9小時	13	15	16	15
12小時	10	10	14	14
24小時	3	5	8	12
48小時	0	0	0	2
72小時	0	0	0	0

各 LED 燈依不同照射距離觀察螺旋粉蝨蟲的存活數量

(四) 實驗結果分析與討論

1. 實驗 C-1 LED 燈長期照射下比較燈照距離 10cm/20cm/30cm 粉介殼蟲的存活率

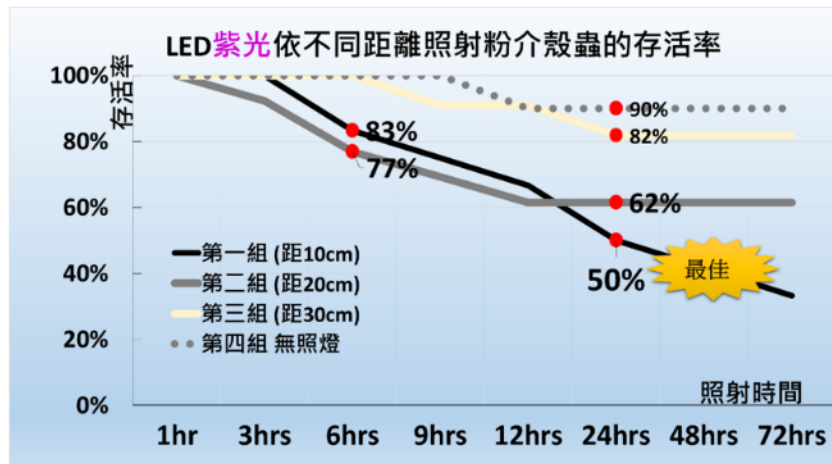


圖 8-1 紫燈依不同照射距離照射粉介殼蟲

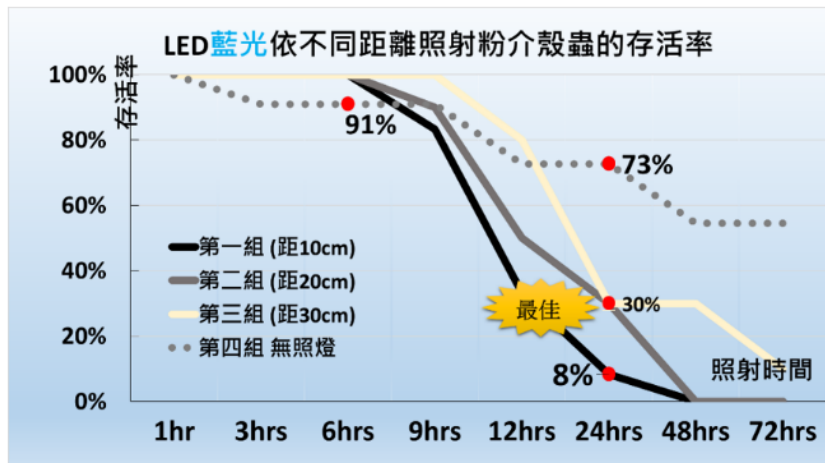


圖 8-2 藍燈依不同照射距離照射粉介殼蟲

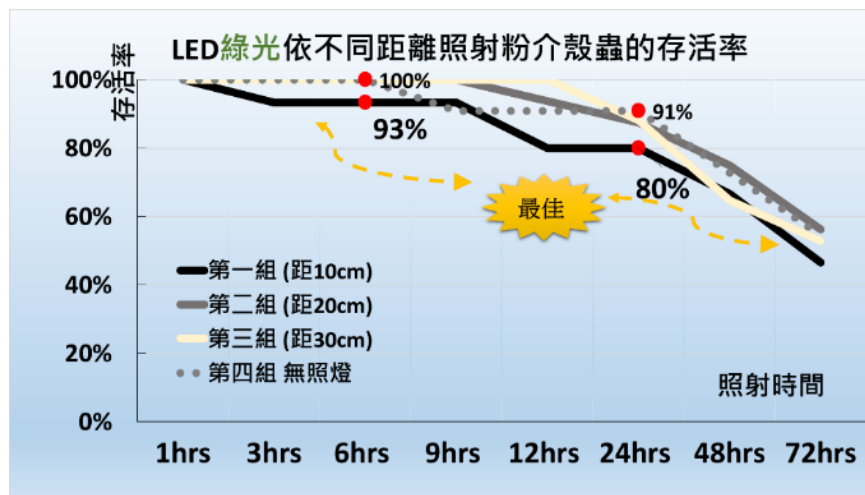


圖 8-3 綠燈依不同照射距離照射粉介殼蟲

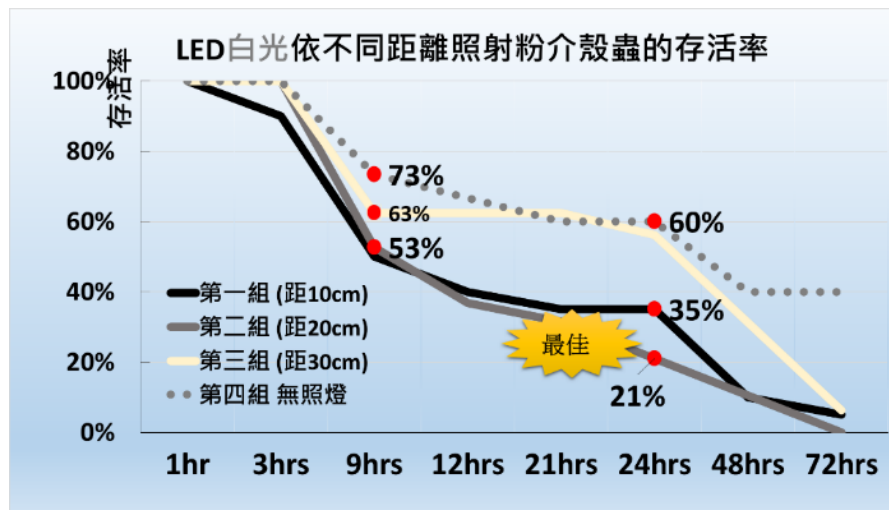


圖 8-4 白燈依不同照射距離照射粉介殼蟲

- (1) 在連續照射 6 小時時，除紫燈以外，以距離 10cm 的照射效果最佳。
- (2) 在連續照射 24 小時時，除白燈以外以距離 10cm 的照射效果最佳，而不同 LED 燈影響粉介殼蟲存活率為：藍光(8%) > 紫光(50%) > 綠光(80%)。
- (3) 紫光一開始照射 12 小時左右，照射距離 20 公分的效果最好(存活率最低)。但 24 小時時是以照射距離 10 公分的存活率最低。
- (4) 藍光距離 10 公分的照射，從 9 小時之後到 48 小時都表現最優，蟲都死光，存活率最低。
- (5) 綠光距離 10 公分的照射，6 小時及 9 小時都表現最佳，存活率最低。但其實不管哪種照射距離，結果都是相近的(相差 10% 上下)，都不太會影響存活率。
- (6) 白光照到 9 小時時，10 公分與 20 公分的照射比較差不多，但照射 24 小時時，以距 20 公分的表現較優。一直到 48 小時二種距離照射效果是一樣的。

2. 實驗 C-2 LED 燈長期照射下比較燈照距離 10cm/20cm/30cm 螺旋粉蝨蟲的存活率

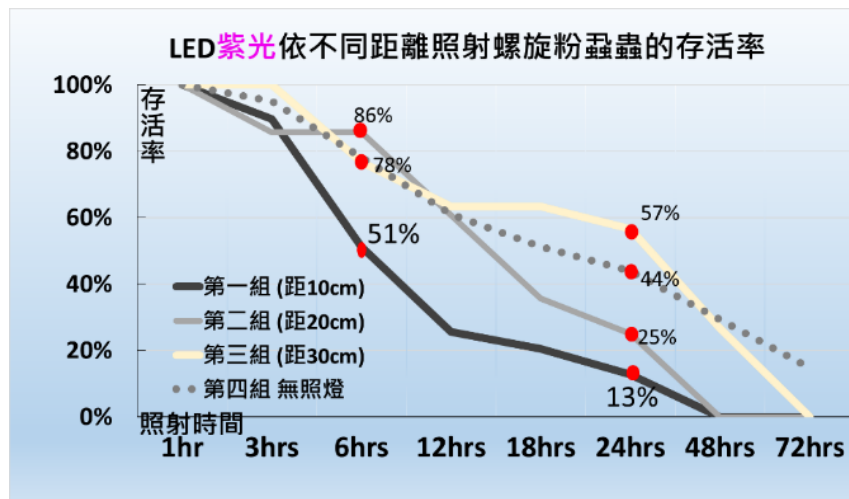


圖 9-1 紫燈依不同照射距離照射螺旋粉蝨蟲

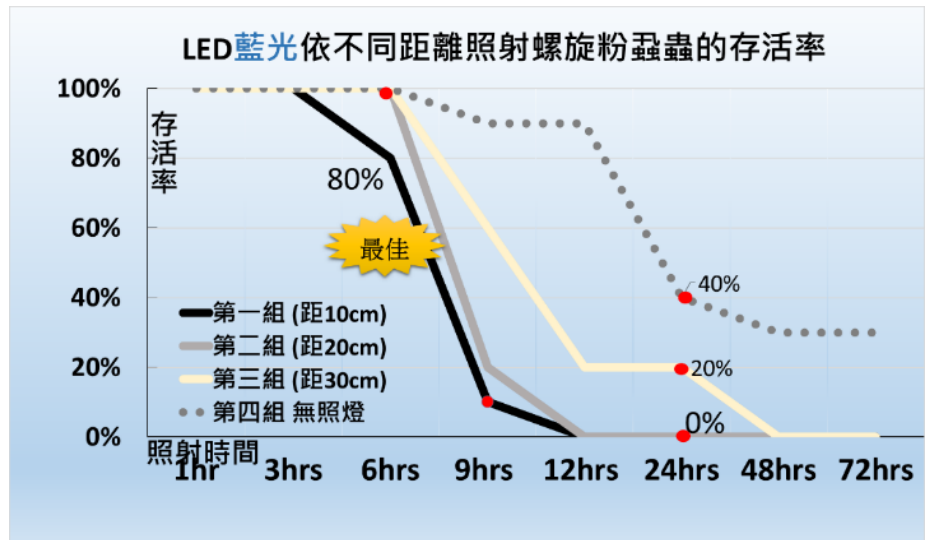


圖 9-2 藍燈依不同照射距離照射螺旋粉蠹

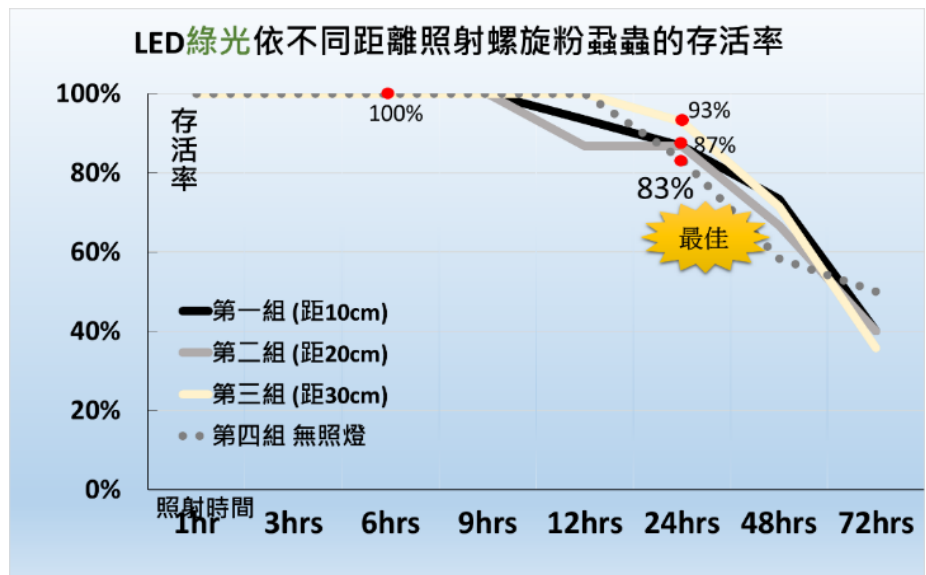


圖 9-3 綠燈依不同照射距離照射螺旋粉蠹

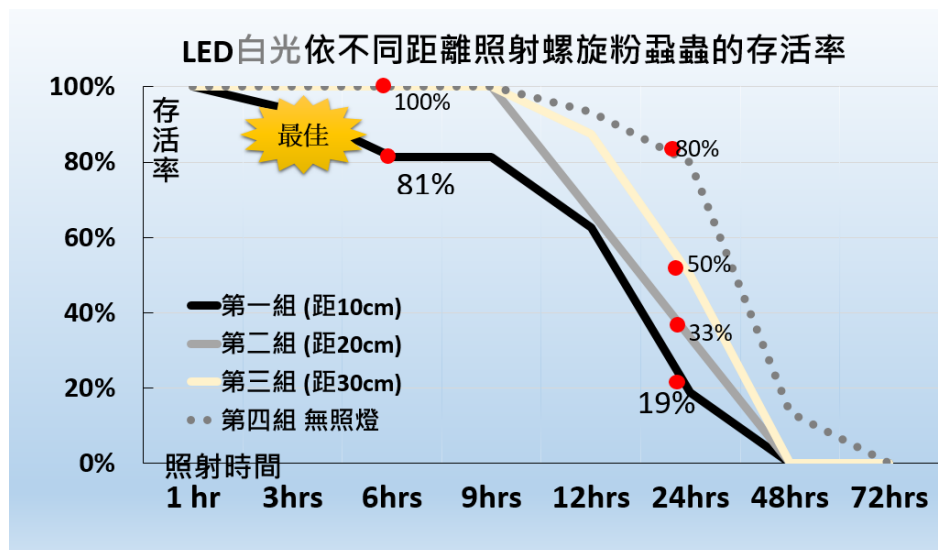


圖 9-4 白燈依不同照射距離照射螺旋粉蠹

- (1) 在連續照射 6 小時時，以距離 10cm 的照射效果最佳，而不同 LED 燈影響螺旋粉蠱蟲存活率為：紫光(51%) > 藍光(80%) > 白光(81%)。
- (2) 在連續照射 24 小時時，仍以距離 10cm 的照射效果最佳，而不同 LED 燈影響螺旋粉蠱蟲存活率為：藍光(0%) > 紫光(13%) > 白光(19%)。
- (3) 紫光的實驗中，無論是 3 小時或到 72 小時的照射，存活率最低的樣本都是照射距離 10 公分的蟲。在一開始 3 小時觀察時，多會發現蟲都飛到網上來停留，應該是此波段 LED 紫燈對螺旋粉蠱有趨光性使然。
- (4) 藍光的實驗中，從 3 小時開始的照射，存活率最低(死亡率最快)的樣本都是照射距離 10 公分的蟲。
- (5) 綠光的實驗中，在 6 小時為止，不同距離的照射結果都一樣不佳。到 48 小時為止，存活率統統都在 80% 左右。有照燈的反而比沒照燈的存活率還大。一直到 72 小時都存活率很高。
- (6) 白光的實驗中，從一開始到 48 小時的照射，死亡率最快的樣本是照射距離 10 公分的蟲。
- (7) 而在四種光的比照之下，影響存活率大優者為：藍光 > 紫光 > 白光 > 綠光。
- (8) 原本應該持續比較 10 公分以下其它距離，但因為每次實驗需要找蟲的挑戰較大，實驗要花費的時間也相對長，所以我們決定先依 10 公分作完全面實驗後，後續還有時間機會我們再去試 10 公分以下照射距離，如 5 公分。

四、從四種特定波長 LED 燈中，找出哪種燈最能影響害蟲存活率？ 實驗 D-1 ~ D-4

(一) 實驗目的：參考前面的實驗結果，排除所有的變數(照射距離，相同照度)，研究特定波長 LED 紫燈、LED 藍燈、LED 綠燈及 LED 白燈，哪種燈對害蟲的存活率影響最深？

(二) 實驗內容與步驟：

1. 經過與廠商討論並確認現有 LED 燈照度規格，紫燈不變，在各個燈管後方再訂製加裝調節器，使不同可見光燈管的照度一致。(原照度：紫光—197lux，藍光—733lux，綠光—1583lux，白光—12060lux)。
2. 依當時取到害蟲，將有蟲的葉片剪下 1 至 2 葉，放入實驗盤中用網子包住。
3. 將每個實驗盤放在燈照距離 10cm 下。
4. 記錄每盤蟲的數量，及溫度、電磁波的環境值。
5. 開燈後，各經過 1、3、6、12 小時及 24 小時之照射，記錄存活蟲的數量。
6. 其中無照燈作為對照組：確保沒照燈與有照燈是否有差異。

7. 最終計算哪種 LED 燈的存活率最低？存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲數量。
8. 分二組四次實驗：第一組是將所有 LED 燈調整到都是照度 200 lux，照射粉介殼蟲(實驗 D-1)及照射粉蝨(實驗 D-2)。第二組是將所有 LED 燈調整到都是照度 400 lux 照射粉介殼蟲(D-3)及粉蝨(實驗 D-4)。會用不同蟲的原因是每次實驗能取得的蟲不一定相同，但我們主要是依當批蟲的存活率作比較。

(三) 實驗記錄

1. 實驗 D-1 照度 200 之下各 LED 燈照射比較粉介殼蟲的存活率(芭樂葉)

	照度統一200左右-粉介殼蟲				
	紫燈	藍燈	綠燈	白燈	無照燈
	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	日常作息
蟲數量	13	11	11	10	10
溫度	25	26	25	24	25
電磁波Tesla	0.05	0.05	0.03	0.04	0
照度	204	200	200	210	0
3小時	11	11	11	10	10
6小時	11	10	11	10	10
16小時	6	8	11	9	8
22小時	6	5	10	8	8
30小時	6	3	8	8	8
38小時	6	3	7	6	8
48小時	6	4	7	6	5
60小時	5	3	6	5	5
72小時	5	3	4	3	5
84小時	4	2	4	4	2
96小時	3	2	3	2	2
第5天	2	1	3	2	2

在照度 200lux 下各 LED 燈長時間照射粉介殼蟲的存活數量

2. 實驗 D-2 照度 200 之下各 LED 燈照射比較粉蝨的存活率

	照度統一200左右-銀葉粉蝨				
	紫燈	藍燈	綠燈	白燈	無照燈
	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	日常作息
蟲數量	11	10	10	14	10
溫度	34	34	33	33	33
電磁波Tesla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
照度	202	203	201	200	22
1小時	11	10	10	14	10
3小時	6	6	10	8	9
6小時	5	4	8	6	8
9小時	2	1	5	4	7
24小時	0	0	2	0	4
48小時	0	0	0	0	1

在照度 200lux 下各 LED 燈長時間照射銀葉粉蝨的存活數量

3. 實驗 D-3 照度 400 之下各 LED 燈照射比較粉介殼蟲的存活率

	照度統一400左右-粉介殼				
	紫燈	藍燈	綠燈	白燈	無照燈
	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	日常作息
蟲數量	10	10	11	10	9
溫度	32	33	32	32	32
電磁波Tesla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
照度	400	400	400	400	
1小時	10	10	11	10	9
3小時	10	10	11	10	9
6小時	10	8	11	8	9
9小時	10	7	11	8	9
24小時	10	7	11	8	9
30小時	10	7	11	7	9
36小時	7	7	11	7	9
52小時	7	7	9	7	9
56小時	7	5	9	5	9
72小時	7	4	9	5	9
96小時	7	3	7	5	9

在照度 400lux 下各 LED 燈長時間照射粉介殼的存活數量

4. 實驗 D-4 照度 400 之下各 LED 燈照射比較粉蝨的存活率

	照度統一400左右-銀葉粉蝨				
	紫燈	藍燈	綠燈	白燈	無照燈
	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	(距10cm)	日常作息
蟲數量	13	16	12	12	13
溫度	32	32	31	31	31
電磁波Tesla	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02
照度	400	400	400	400	0
1小時	11	10	12	12	12
3小時	11	10	12	10	12
6小時	9	9	7	9	11
9小時	6	4	7	9	11
22小時	3	0	4	4	5
30小時	3	0	4	3	5
36小時	0	0	1	1	3
48小時	0	0	1	0	2
60小時	0	0	0	0	2

在照度 400lux 下各 LED 燈長時間照射銀葉粉蝨的存活數量

(四) 實驗結果分析與討論

1. 實驗 D-1 照度 200 之下各 LED 燈照射比較粉介殼蟲的存活率

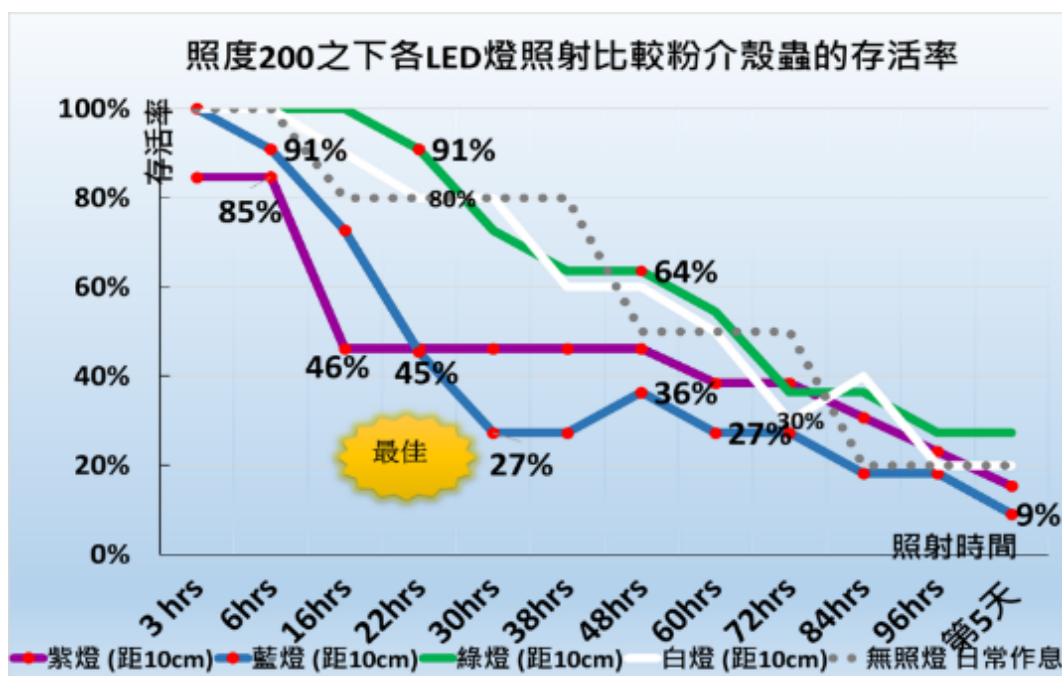


圖 10-1 照度 200 之下各 LED 燈照射比較粉介殼蟲的存活率

- (1) 紫燈：在 16 小時以內是殺蟲效果最好、存活率最低的一組。但照射一天之後，殘存的蟲仍可維持 50%的存活率。
- (2) 藍燈：雖然在一開始的 16 小時內殺蟲率沒有紫光效率高，但超過 16 小時後殺蟲的效果是四種光中最好的。不過跟實驗 C-1 和 C-2 比起來，因為照度降低，存活率較高。
- (3) 綠燈：雖然跟實驗 C-1 和 C-2 比存活率降低，但仍是屬於效果不好的，甚至蟲的存活率比不照光佳(在 16 到 24 小時可見)。
- (4) 白燈：同樣因照度下降而使實驗蟲體存活率提升。
- (5) 很驚訝紫燈居然不是整體表現最好的燈？照理說紫光是波長最短能量最強才是。不過藍燈與紫燈照射結果，都比不照燈對蟲有影響力。
- (6) 在本次實驗中，蟲驅滅的速度比較慢，超過 24 小時都還有二到五成的存活率。未來應用的實際環境，應該要考慮如何增加照度：如增加燈條架設，LED 燈株數增強。

2. 實驗 D-2 照度 200 之下各 LED 燈照射比較粉蟲的存活率(金露花葉)

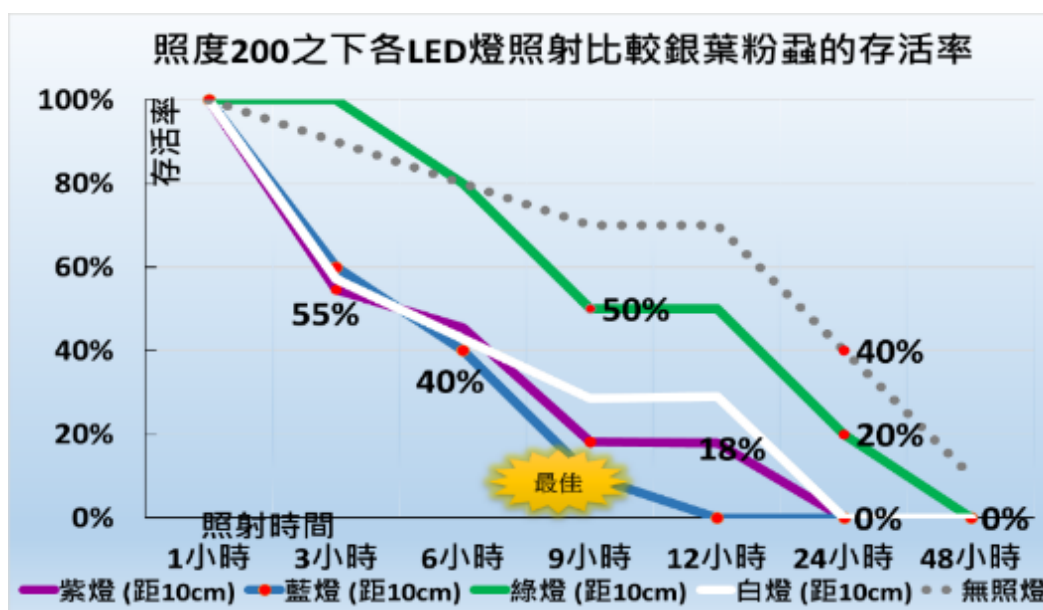


圖 10-2 照度 200 之下各 LED 燈照射比較粉蟲的存活率

- (1) 除了綠燈以外，其它燈照射的曲線模式都差不多，存活率都在 24 小時的時候滅為 0。
- (2) 藍燈：存活率一直保持「持續」下降。
- (3) 在本次實驗中，即始是無照燈，銀葉粉蟲在二天左右會死光，說明了銀葉粉蟲成蟲的壽命比粉介殼蟲脆弱短暫，但有照射藍燈還是有明顯的效果，可在 9 小時就都滅亡。

3. 實驗 D-3 照度 400 之下各 LED 燈照射比較粉介殼蟲的存活率(印度驅蚊樹)

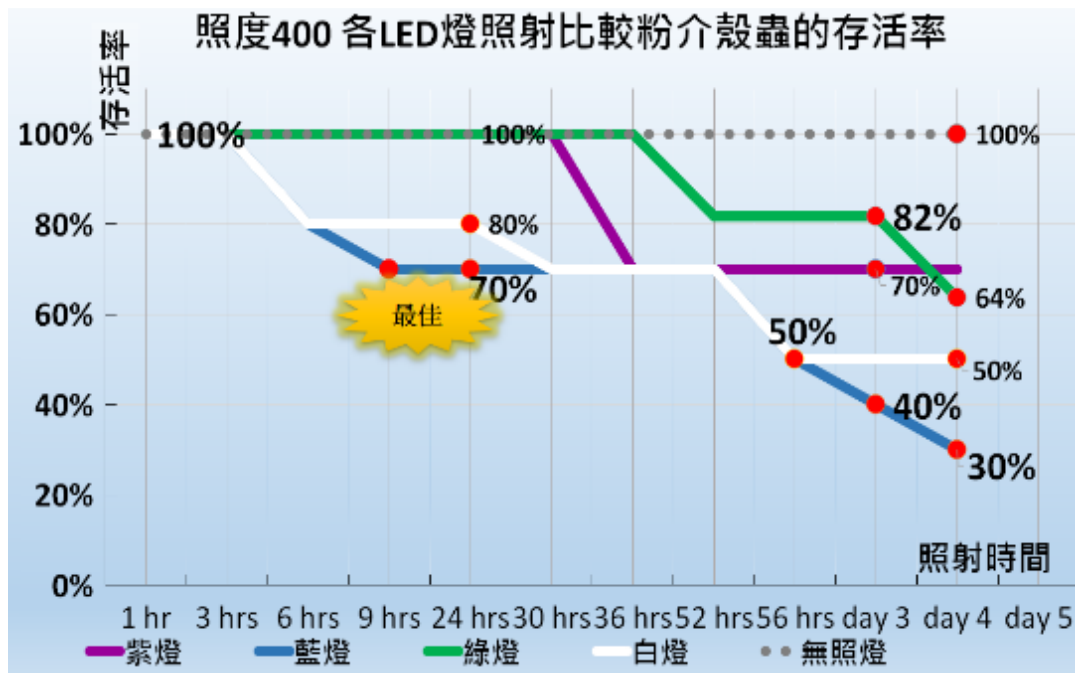


圖 10-3 照度 400 之下各 LED 燈照射比較粉介殼蟲的存活率

- (1) 紫燈：原本以為紫燈會和藍燈差不多效果，沒想到照射到第 36 小時時候才對蟲有影響力。但是後面到第五天為止都沒有任何變動維持七成的存活率，沒特別效果。紫燈照射的植物在第二天開始就會明顯變黃。
- (2) 藍燈：原以為在 24 小時之內會一直持續有效，但居然到 56 小時的時候，存活率才有明顯變化，一直到了第四天，存活率才下降至 30%。
- (3) 綠燈：到了 52 小時才有變化，到了第四天，存活率(64%)居然比紫燈還強，但存活率尚超過五成。
- (4) 白燈：與藍燈效果差不多，略差一些，照到三天後才又明顯變化，但仍有五成的存活率。
- (5) 在本次實驗中，數據超出我們的預料，照射二天後幾乎所有的存活率都還在五成以上。探討原因有可能是實驗的季節(七月)比照度 200 實驗的季節(二月)較高。另外一可能性是：我們這次用的原始食草是印度驅蚊樹的葉子，同樣有包覆含水的棉花情況之下，照射二天左右，芭樂葉就會開始蜷曲，但印度驅蚊樹葉到第五天都維持很健康的樣子。雖然不符合我們原來預期，但最後仍是照射藍燈的對粉介殼存活率最有影響力。

4. 實驗 D-4 照度 400 之下各 LED 燈照射比較粉蟲的存活率

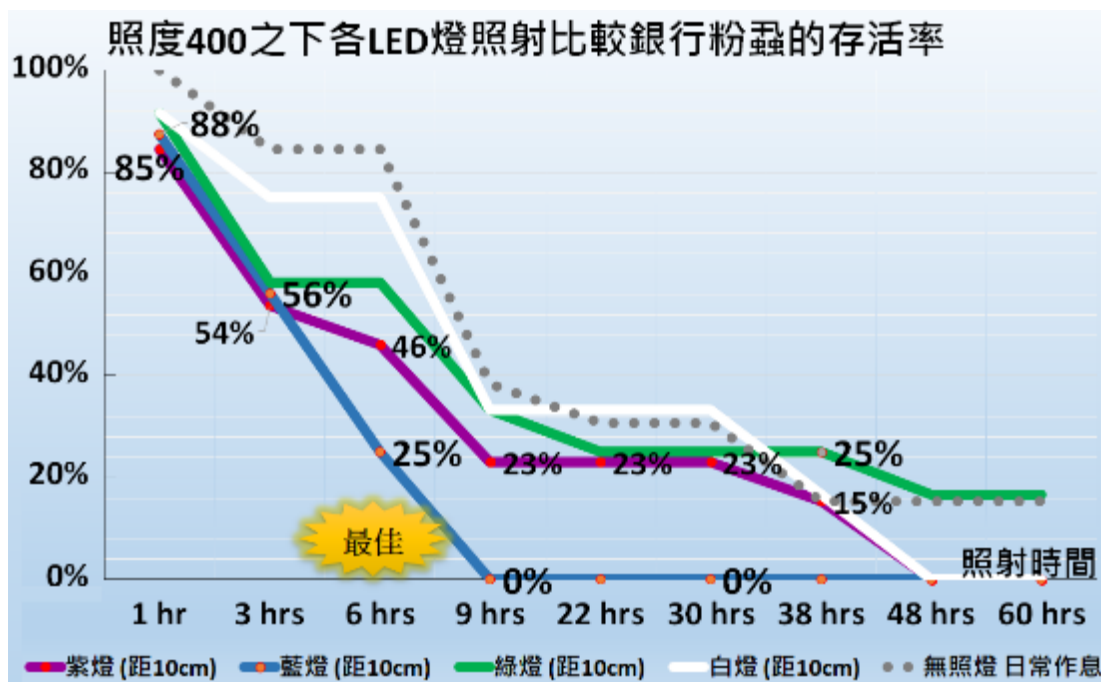


圖 10-4 照度 400 之下各 LED 燈照射比較銀葉粉蟲的存活率

- (1) 紫燈：在 9 小時之後就趨緩，殘存的蟲能活至 2 天。剛開始實驗時，蟲會飛到網子上停滯不動，有可能是蟲有趨光性。
- (2) 藍燈：一直持續影響蟲的存活，在 9 小時就全驅滅，是四種光中效果最好的。
- (3) 綠燈：跟紫燈組效果差不多，幾乎到 9 小時就停緩了，照射二天之後還有二成的存活率。
- (4) 白燈：跟紫光差不多效果。反而在不到 12 小時，照白燈會使植物葉子乾枯蜷曲很厲害。白燈數據也另人覺得出乎意料，因為 LED 白燈的波段(450nm-465nm)，趨近於藍光波段(460nm-470nm)，但驅滅蟲的效果卻大不同。
- (5) 整體來看，LED 藍燈在短短不到一天的時間，就可以先將銀葉粉蟲驅滅掉，是對銀葉粉蟲影響力最大的光。而其它的燈雖然影響力沒那麼大，但明顯看 6 到 9 小時時候，蟲會明顯減少。
- (6) 這次整體實驗，存活率變化的曲線，連無照燈都雷同：在照射 6 到 9 小時的時候存活率都急速下降，懷疑有可能是季節溫度變高所導致的(由原來 29°C 升高至 33°C)。
- (7) 說明銀葉粉蟲的生存率，相較於粉介殼蟲是比較低弱，在不照燈的情況之下，經過半天存活率就會耗減五成。

五、利用影響害蟲存活率最大的 LED 燈，研究對活體植栽的影響？ 實驗 E-1~ E-3


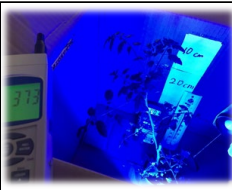






(一) 實驗目標: 依實驗 D 結果取效果最佳的 LED 藍燈，觀察照射在蟲在活體植物的影響力，分為治療與預防兩類實驗進行。

(二) 活體植栽治療實驗：實驗 E-1 觀察 LED 藍光，對於蕃茄植栽上已感染的粉介殼蟲存活率之影響

1. 實驗內容與步驟

- (1) 將一棵已感染粉介殼蟲的蕃茄苗，放入藍光實驗箱，
- (2) 將 LED 藍光燈直立在盆栽旁，距離 10 公分左右。
- (3) 記錄蟲的數量，及溫度、電磁波的環境值。
- (4) 開燈後，各經過 1 時、3 小時、9 小時、12 小時及 24 小時之照射，記錄存活蟲的數量。
- (5) 最終計算存活率的增減數。存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲數量。

2. 實驗記錄

2020/4/1 11:00		藍光 粉介殼 番茄			
溫度	32		莖上8隻在爬 葉背2隻聚集 莖的縫處2隻	32	
電磁波Telsa	0.00			0.01	
照度	11			373	
起始蟲數量	12			12	
1 小時蟲數量: 莖上2隻在爬 葉背找到8隻 莖的縫處2隻	12		3 小時蟲數量: 莖上1隻在爬 葉背找到7隻 莖的縫處2隻	10	
9 小時蟲數量: 莖上1隻不動 葉背找到2隻 莖的縫處1隻	4		12 小時蟲數量: 莖上1隻已死 葉背找到2隻 莖的縫處1隻	3	
24 小時蟲數量: 莖上1隻已死 葉背找到1隻 紙箱找到6死	1		48 小時蟲數量: 葉背0隻 紙箱找到8死	0	

記錄表 藍燈照射蕃茄植栽上已感染的粉介殼蟲

3. 實驗結果分析與討論

照射時間	0hr	1hr	3hrs	9hrs	12hrs	24hrs	48hrs
起始蟲數量	12	12	10	4	3	1	0
蟲存活率		100%	83%	33%	25%	8%	0%

- (1) 在第 1 個小時時，原本在莖上爬的蟲已明顯減少，
- (2) 在第 3 個小時時，發現大多躲在葉背。溫度高了 2 度，應該是放在紙箱內而紙箱又放在自然教室，教室溫度有點高。在實際果園會排除這樣的狀況。
- (3) 第 9 小時蟲的存活率已低於五成了。在第 9 個小時時，許多已爬離出盆栽到紙箱邊上。只要是離開植栽，雖是活的我們仍以「滅亡」計算，因在實際果園蟲若離開本株，我們也算達成目標。不過後續要去思考活蟲爬去別株怎麼辦？
- (4) 在第 24 小時時，整棵盆栽只找得到一隻活的粉介殼蟲。雖然第 24 小時之後至第 48 小時觀察時間隔的較長，但在第 24 小時時存活率已低於 10%。
- (5) 隔一天再來觀察，已找不到活蟲在植栽上了。確認 LED 藍燈是可以驅滅粉介殼蟲。

(三) 活體植栽治療實驗：實驗 E-2 觀察 LED 藍光，對於木瓜樹治療粉介殼蟲感染的影響

1. 實驗內容與步驟

- (1) 取一木瓜苗，葉背面已感染粉介殼蟲的莖葉，標示為「照燈」。取另一端葉背面已感染粉介殼蟲的莖葉，標示為「無照燈」。
- (2) 記算葉背每區葉脈三角凹槽中，包含一齡若蟲及成蟲的數量。每隻約 1mm。「照燈」葉面上放 LED 藍光。
- (3) 預計燈照維持一周，觀察蟲的存活率

2. 實驗記錄

藍光 粉介殼 木瓜苗		
測量時間	照燈組(隻)	無照燈組(隻)
起始值	47	35
3小時	44	39
6小時	44	39
24小時	36	33
48小時	29	39
96小時	25	40
Day6	19	27

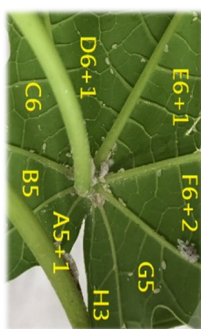


圖 11-1 藍燈照活體植栽治療 - 木瓜苗上粉介殼蟲感染的影響

3. 實驗結果分析與討論：

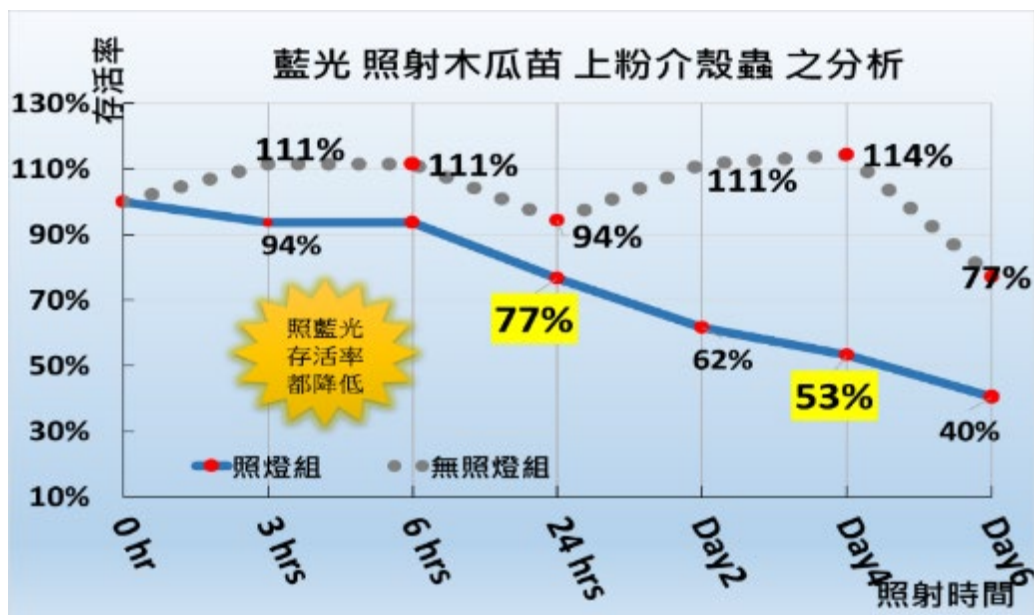


圖 11-2 藍燈照木瓜苗上粉介殼蟲感染的影響分析

- (1) 直射藍光的葉子，從原有大約 47 隻若蟲的數量，經過一天的照射，數量已降低至快七成。第六天為止，數量已低於五成。
- (2) 在第六天測量，可清楚看到原粉介殼蟲延環狀白色寬度，已由 5mm 已縮減至少 2mm。經放大鏡觀察，葉背上也無更小隻若蟲爬動。
- (3) 原本是葉背扭曲面朝上，在第六天觀察時，葉子竟已回正，葉背是朝下的。
- (4) 原本已為無照藍光對照組的若蟲會大量增加或變大隻，但是在四天後或六天後觀察，並不是如預期雙倍的擴增。可能因為在同一箱子內，其實仍有些許照射到藍光，只是不是直接照射，
- (5) 整體結果，照藍燈的確對於已感染粉介殼蟲的植苗有治療的效果。雖不是像水沖的一樣百分之百消除，但已有效的抑制成長率及存活率。

(四) 活體植栽預防實驗：實驗 E-3 觀察 LED 藍光，對於木瓜樹預防粉介殼蟲感染的影響







1. 實驗內容與步驟

- (1) 找一棵已感染粉介殼蟲的木瓜樹，另找二盆約 100cm ~145cm 的木瓜樹，每株有三根枝幹。三棵排擺至約同高度。右邊盆上放 LED 藍光。
- (2) 由左至右編號為「未感染 A」，「已感染」，「未感染 B」。預計讓燈照一周左右再來觀察：是否中間盆的害蟲會影響擴散到未感染 A 及未感染 B 的盆栽，若有影響，有照燈及未照燈是否有差異？
- (3) 測量方式：依蟲佔領葉面並群聚面積達 1cm²以上，累記積分為 1 點。



圖 12 已感染粉介殼蟲木瓜葉

2. 實驗記錄

測量期	未感染A	已感染	未感染B
第0週 温度 10° 18°	高的二株(120cm),五葉 矮的有一株(<100cm),四葉  	高的一株(145cm)  	高的二株(120cm), 三葉 矮的三株(<100cm),三葉  
第1週 温度 10° 20°	枝幹都還沒有蟲,但因葉子 有些枯萎,懷疑是因為移植 的關係。 	葉子上的蟲擴散愈多了 蟲都不太動 	高的二株及矮的三株的葉子 都完全蜷曲枯萎狀 
積點	0		0
測量期	未感染A	已感染	未感染B
第2週 温度 15° 25°	高株-二片葉背梗心上看到 5隻以上的0.3cm聚集,莖 上面還有7~10隻(0.1cm)的 在爬,矮株-一片葉面上有 5隻以上(0.1cm-0.2cm)   	原只有葉背心的部份有蟲 ,現已往下擴散到莖上約5 公分了。另外也擴散到隔 壁新莖上了。   	捲曲的葉子都張開長大。 高的一株-葉面發現3隻 0.1cm的蟲。矮株只剩1株 有葉子,另外二株枯了。 葉子上無蟲。   
積點	3		0

第3週	<p>高的二株:二葉都是葉背中心附近聚集及十隻蟲(>0.5cm)及十隻以上小蟲(<0.2cm)。莖發嫩芽處也十隻左右(>0.5cm)。矮株二葉上也是葉面上有5隻</p> 	<p>每株都佈滿蟲，葉子都已捲縮，枝幹上幾乎已經沒有空隙了。</p> 	<p>高的一株葉面上有3隻(>0.5cm)，莖發嫩芽處發現五隻(>0.5cm)。高的另一株沒發現蟲，懷疑是距離藍燈較近。所以加了第二支燈管在有蟲的株旁。</p> 
積點	4		0
測量期	未感染A	已感染	未感染B
第4週	<p>高的二株4葉柄後都佈滿10隻以0.5cm以上的蟲，矮株2葉柄後有10隻以0.5cm以上的蟲</p> 	<p>整株都佈滿後後的粉介殼蟲，白蠟厚度高達0.5cm</p> 	<p>高的僅一株葉柄後有5隻，矮的二株都佈滿10隻以上的(>0.5cm)的蟲，發現沒照到燈。(不予記算)</p> 
溫度 18° 33°			
積點	6		0

3. 實驗結果分析與討論：

(1) 積分值計算標準: 依蟲佔領葉面並群聚面積達 1cm²以上累積分為 1 點。

(2) 粉介殼蟲的感染力真的很強，才第二週左右，A、B 兩棵就已經有蟲在爬行。才剛過完年的季節，天氣還很冷，照理說牠們行動力不佳才對。但移動的速度還真快。

(3) 很可惜未感染 B 那盆，我們沒有在第一時間在二枝幹旁都放燈，讓其中一枝幹被粉介殼蟲有機可趁。所以在未來真實的環境，一定要確實作到距離 10 公分的照射距離，每一枝幹都需要。可以直接用 LED 燈條纏繞在枝幹上。還好在第三週再補一支 LED 藍燈，真的抑制延緩被感染的面積。

(4) 兩邊比較之下，有照藍燈的植栽真的比未照藍燈的植栽有防治的效果。

觀察期間	積點	
	無照藍燈的植栽	有照到藍燈的植栽
	未感染 A	未感染 B
第0週	0	0
第1週	0	0
第2週	3	0
第3週	5	0
第4週	6	0
小計	14	0

陸、結論

1. 瞭解瓜果植栽被害蟲感染的形成，找出並培養可實驗的害蟲：在去果園向農夫請教害蟲的經過，體會到若不使用化學農藥，粉介殼蟲與粉蝨會對農夫帶來的相當大的困擾，目前得知牠們的天敵為寄生蜂，但農夫不可能培養寄生蜂去造成環境中另一種傷害與不平衡，所以等於現在粉介殼蟲與粉蝨是沒有天敵。培植過程中，體會到這些害蟲需要有豐富嫩汁的植物與螞蟻輔助才能大量繁殖，因培養不易，只能持續去北臺灣果園大量徵找粉介殼蟲和螺旋粉蝨蟲作觀察實驗，以利輕易辨識且容易數計。

2. 瞭解可見光的原理並研究 LED 燈對於實驗環境的影響：

(1) 研究瞭解 LED 燈是可以真正提供可見光譜中特定波段長度的可見光設備。

(2) 對於瓜果植苗的栽種也有益處如：加速植物生長。

(3) 依據採買到的 LED 紫光燈、藍光燈、綠光燈及白光燈，經過實驗確認：LED 燈產生的溫度不會因為長時間的照射，而無限升高影響到蟲的存活率。

(4) 也不會因為開了 LED 燈或長時間的照射，導致電磁波的磁場指數增加，另意外發現：實驗環境或真正果樹栽培之週遭，可能原本就會存在不尋常電磁波。

3. 依不同特定波長 LED 燈，找出對害蟲影響最大的照射距離：經對於粉介殼蟲及螺旋粉蝨的實驗中：發現大多的數據都是以照射距離 10CM 最佳(蟲的存活率最低)。除了一組白光照粉介殼蟲是 20 公分距離最佳(但與 10 公分對照差異不超過

5%)，照綠光反而使螺旋粉蝨存活率變大。故後續實驗都以 10 公分照射距離作變因確認。

4. 從四種特定波長 LED 燈中，找出哪種燈最能影響害蟲存活率：由實驗 D 系列可得知，針對粉介殼蟲及粉蝨，藍光雖然不是波長最短的，卻是殺蟲效果最好的。也得知不同蟲種，為達到殺驅蟲而所需照射藍光的時間會不盡相同。粉蝨大約照射二天即可見到明顯成效。粉介殼蟲要照藍燈到第三天以上，才能驅滅至五成以上。
5. 利用影響存活率力最大的 LED 藍燈，研究對活體植栽的影響：由實驗 E 組可得知，LED 藍燈對於已感染粉介殼的番茄植栽與木瓜治療是有效的：原蕃茄植栽上的活蟲數在 12 小時內就明顯減少五成以上，木瓜苗上的活蟲數在 48 小時也能減少五成以上。對於預防木瓜樹感染粉介殼蟲也是有用的：「有藍光照射」在活體植物上，受害蟲感染的影響力比「沒照藍光」的活體植物小，機會較低，擴散範圍也較小。預防感染的功效大於治療的功效。

有了此次初步結論：這些足以證明 LED 藍光是可以協助農夫去除害蟲的。這作法與物理防治法中的趨光性是截然不同。希望有機會可以與果農作大規模實際研究。未來也可以針對此次尚未實踐部份或延伸應用繼續研究：

- LED 藍光對不同害蟲的最佳照度為何？
- LED 藍光是影響力害蟲的什麼能力？像農藥一樣傷害「神經系統」嗎？或像藍光的殺菌機制一樣：光敏劑吡啉被藍光刺激而產生有毒特質？
- 果園或植栽實際架設藍燈最佳環境設計建議。
- 利用藍光來作食物保護的可行性：如發黴之菌的擴散。利用水果，麵包...等易取得的到的材料，來觀察菌的擴散速度或蟲的存活率。

柒、參考文獻

1. 荒松良孝(2015)。藍光具有殺蟲效果，牛頓科學雜誌 92 號。
2. 顏瑞泓(2014)。正確洗菜，擺脫農藥陰影作者。商周出版。
3. 千葉水果(2017)。水果的分類，終於搜集齊了。每日頭條/健康。檢自：
<https://kknews.cc/health/86je2e4.html>
4. 行政院農業委員會農業試驗所。作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟。檢自：
<https://web.tari.gov.tw/techcd/>

5. 黃毓斌、郝秀花、邱一中。2015。番石榴害蟲-危害特性及其整合性蟲害管理策略 (二)。豐年雜誌 第 65 卷 17 期: 38-43。
6. 知識農業(2018)。桃樹常見害蟲的防治技術。農業。檢自：
<https://kknews.cc/agriculture/k23kqyq.html>
7. 陳文雄、張煥英銀葉粉蝨之生態與防治，台南區農業改良場技術專刊。檢自：
<https://book.tndais.gov.tw/Brochure/tech67.htm>
8. 陳芳名、郭艷光(2014)。發光二極體之簡介與應用—從紅外光到紫外光。科學研習，No. 53-5。
9. 農技小背篋(2019)。這種果樹害蟲專害果實，農民防治困難，如何才能有效解決。農業。檢自：<https://kknews.cc/agriculture/k23kqyq.html>
10. 淇林新植保(2019)。介殼蟲大爆發，如何高效防治？農業。檢自：
<https://kknews.cc/agriculture/ngy6be2.html>
11. 陳昇寬。棉蚜/銀葉粉蝨/葉蟬類。護圖鑑系列 19。檢自
<https://kknews.cc/agriculture/ppkpgyz.html>
12. 端聞(2017)。每年有約 20 萬人死於急性農藥中毒，聯合國報告譴責行業寡頭不道德營銷。檢自 <https://theinitium.com/article/20170309-dailynews-UN-pesticide/>
13. How It Works 知識大圖解(2016)。光傳播的原理。
<http://www.howitworks.com.tw/index.php/content-views/230-2016-10-03-09-43-33>
14. 石曉蔚。照明基本概念(2004)。光與輻射能頻譜。檢自
<http://www.iali.com.tw/publications/fundamentals/CH1.htm>
15. SmartMeter 產業新知。認識電磁場？ 1 特斯拉 = 10,000 高斯，1 高斯 = 1,000 毫高斯(mG)！檢自 http://www.smartmeter.com.tw/ugC_PrdNews.asp?hidPrdNewsID=23
16. 作物蟲害物理資材燈光誘補(2010)，農試所特刊 142 號，行政院農業委員會農業試驗所。
17. 王怡翔、邱靜滢、林淙欽、楊千儀。LED 光照組織培養苗。全國中小學科展第 48 屆，高職組農業及生物科技科。
18. 王奕辰、陳定緯。“光”科技 LED 展“生”機—探討高亮度白光 LED 下番茄的生活史。全國中小學科展作品第 51 屆國中組生物科。
19. 中國 LED 網(2017)。LED 有望替代植物殺蟲劑？原理是這樣的。每日頭條/科學。檢自 <https://kknews.cc/science/melj5j9.html>

【評語】 082911

探討可見光光波對害蟲存活率影響，做為驅殺果樹害蟲的方法。並以之在活體植栽上實驗，確認可達到瓜苗害蟲的治療與預防。研究背景合理性充分，欲解決的問題頗具意義，實驗素材取得很費心力，實驗條件的控制也已盡可能達到。雖然尚無法得知此方法的防治機制，但此研究想法有別於傳統思維，未來可望取代化學農藥防治法，達到環境友善農業的目標。

壹. 研究動機背景

青斑鳳蝶幼蟲因吃到有農藥的含笑植物而死
 蔬菜和水果都要沖水沖很久是為了去除農藥
 (疑問)農夫不能用別的方法防治蟲害嗎?
 (疑問)市面上有利用光來殺蟲和菌的產品?
 為了找出讓農夫「不要下毒藥」的種植方式，
 因此想要來研究哪種光可以去除瓜果上害蟲，
 取代農藥!

貳. 研究目的

- 一. 瞭解瓜果植栽被害蟲感染的形成，找出並培養可實驗的害蟲。
- 二. 瞭解光的原理並研究LED燈對於實驗環境的影響。
- 三. 依不同特定波長LED燈，找出對害蟲影響最大的照射距離。
- 四. 從四種特定波長LED燈中，找出哪種燈最能影響害蟲存活率。
- 五. 利用影響存活率力最大的LED燈，研究對活體植栽的影響。

參. 研究架構



肆. 研究過程與方法

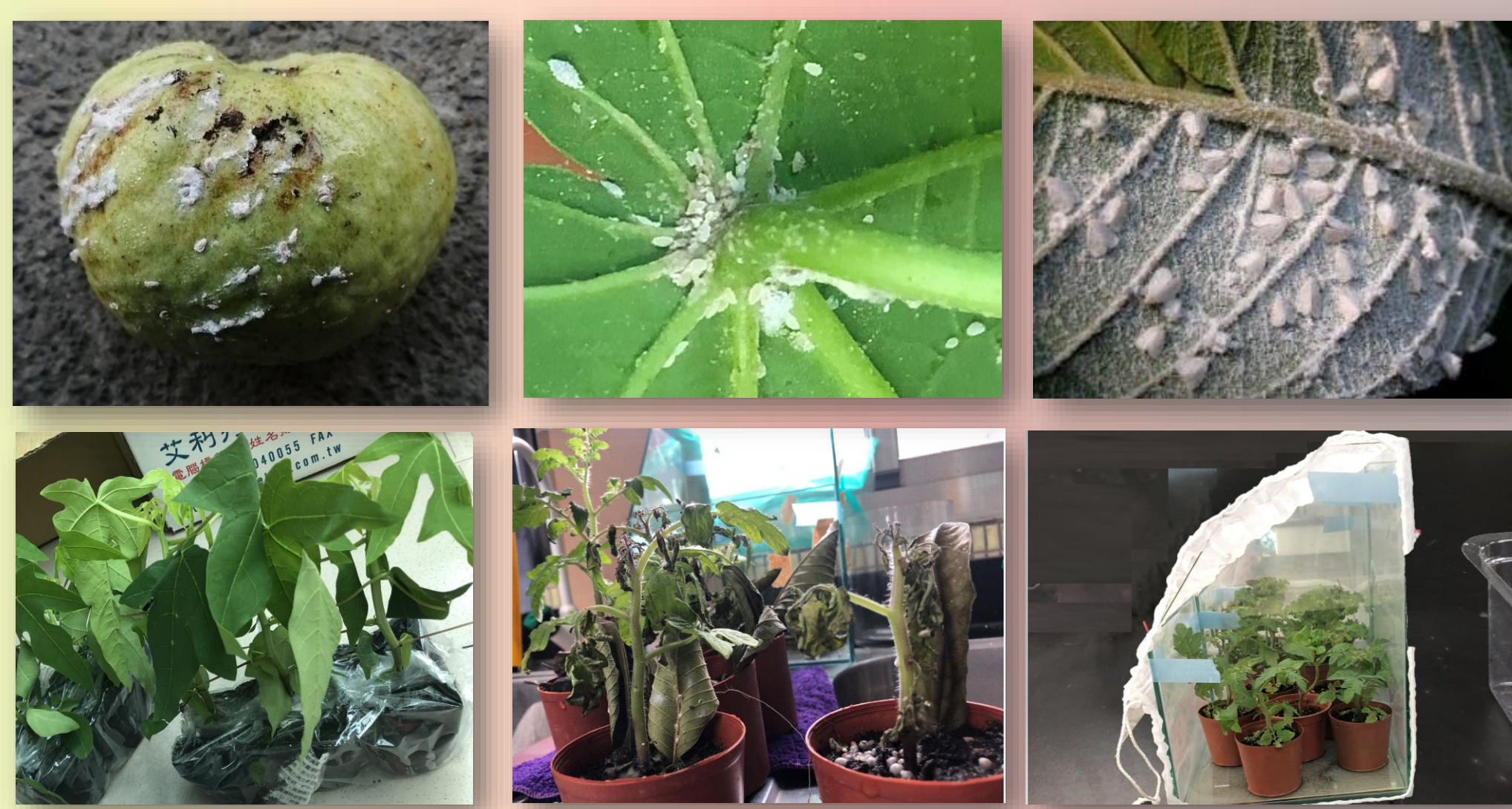
一. 瞭解瓜果植栽被害蟲感染的形成，培養可實驗的害蟲

(一) 文獻探討

- 探討仁果類和漿果類的水果樹上的害蟲
- 農夫如何對付粉介殼蟲和粉蝨類

(二) 蟲源尋找觀察及培養

- 害蟲喜歡春秋時節的溫度與濕度
- 需通風並與螞蟻共生
- 尋訪了宜蘭芭樂園及屏東木瓜園或有機果園
- 採購植物小苗培養找來的蟲



二. 瞭解可見光的原理並研究LED燈對於實驗環境的影響

(一) 文獻探討

- 光的概念：光是由電場與磁場構成的電磁波
- 可見光的特色：殺菌、細胞再生
- 光與害蟲的應用：趨光性

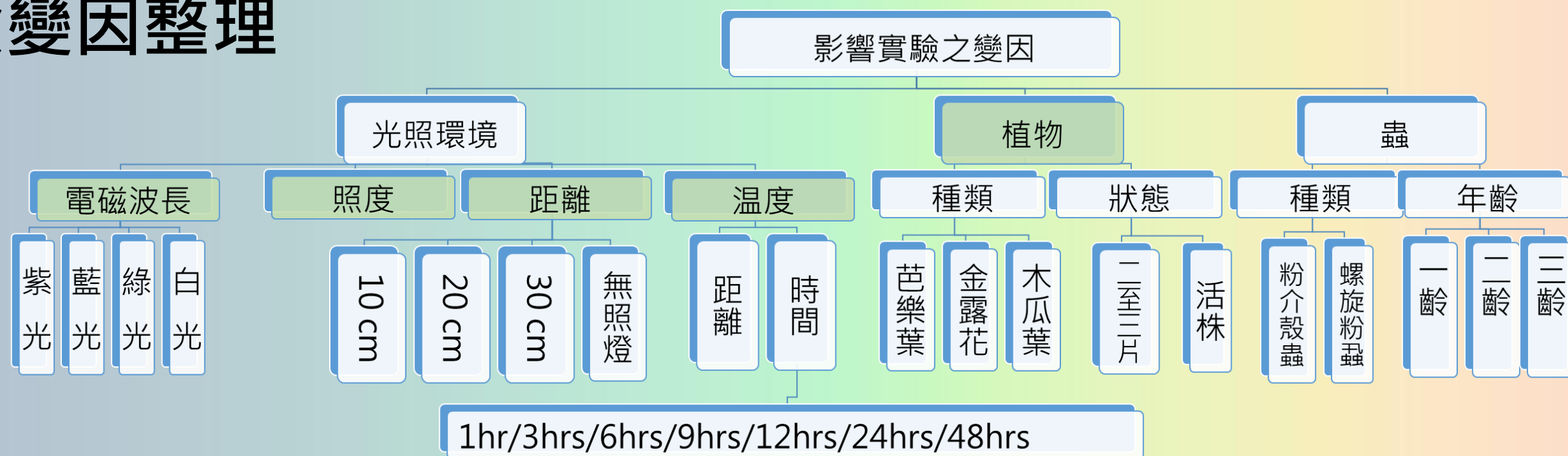
(二) 可見光源研究準備

- LED燈可發出不同光波長
- LED燈準備：藍光(波長470nm). 綠光(波長530nm). 白光(波長450nm). 紫光(波長395nm)

顏色	頻率	波長
紫色	668-789THz	380-450nm
藍色	631-668THz	450-475nm
青色	606-630THz	476-495nm
綠色	526-606THz	495-570nm
黃色	508-526THz	570-590nm
橙色	484-508THz	590-620nm
紅色	400-484THz	620-750nm



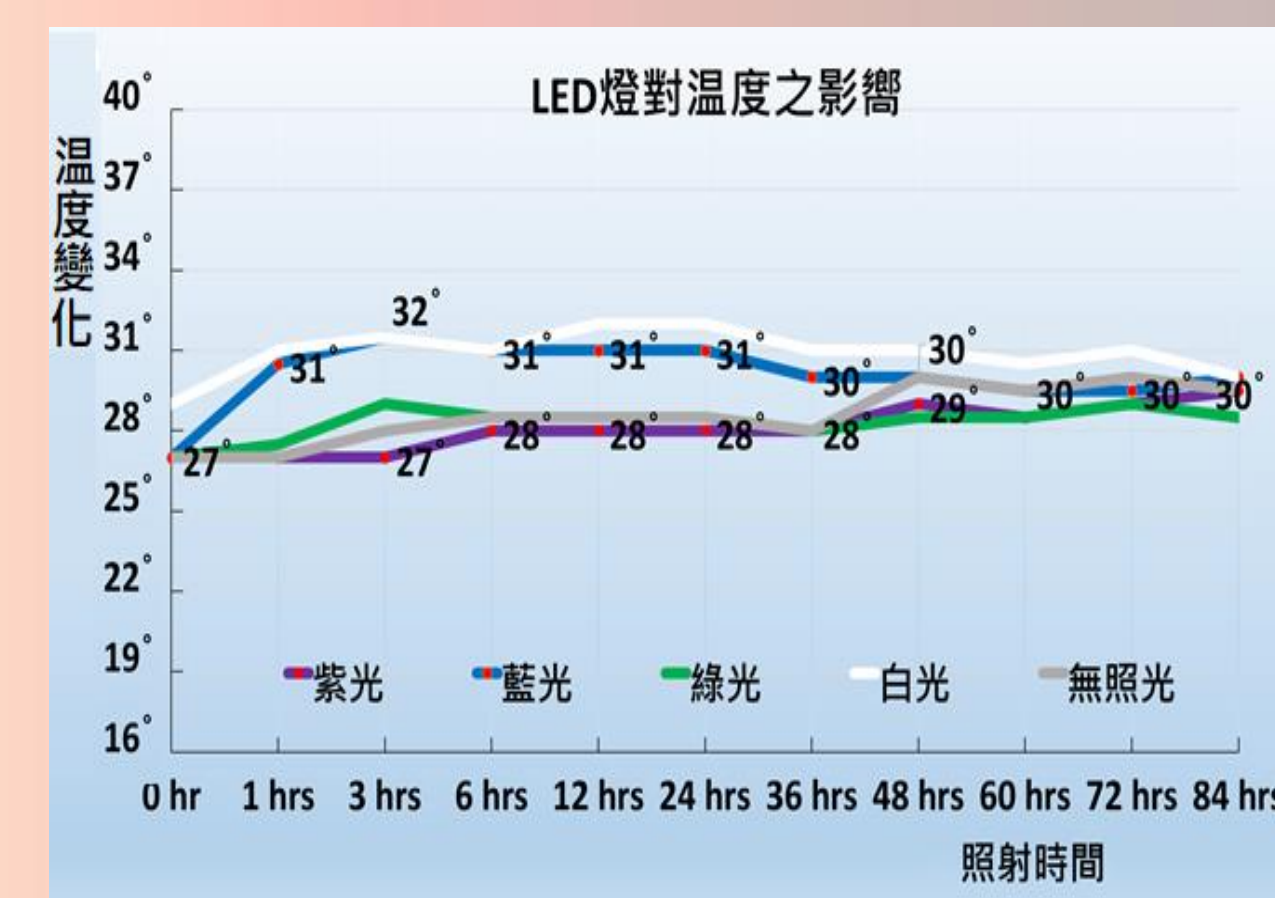
(三) 研究實驗變因整理



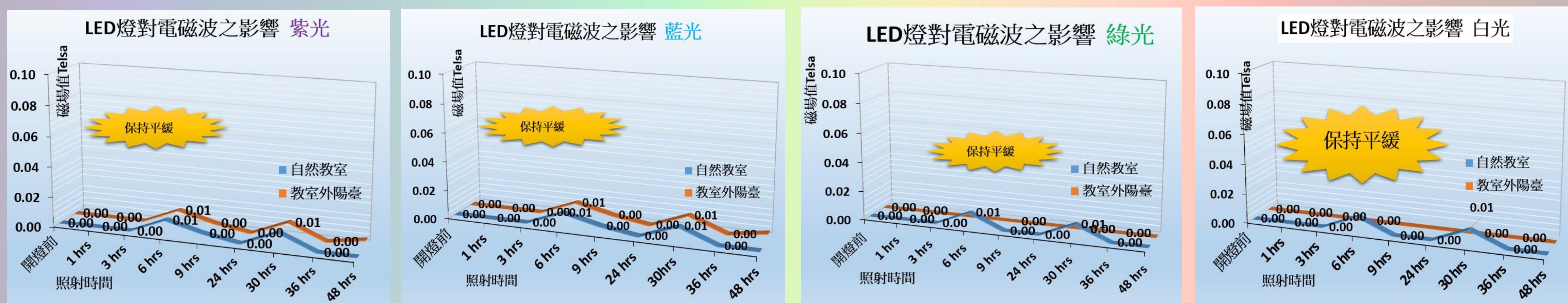
(四) 研究LED燈對於實驗環境的影響

1. LED燈是否會因長時間照射害蟲，因溫度異常使害蟲熱死？

實驗A 結果：溫度不會因為長時間的照射而無限升高



2. LED燈是否會因長時間照射害蟲，因電磁波指數大幅異動影響害蟲？

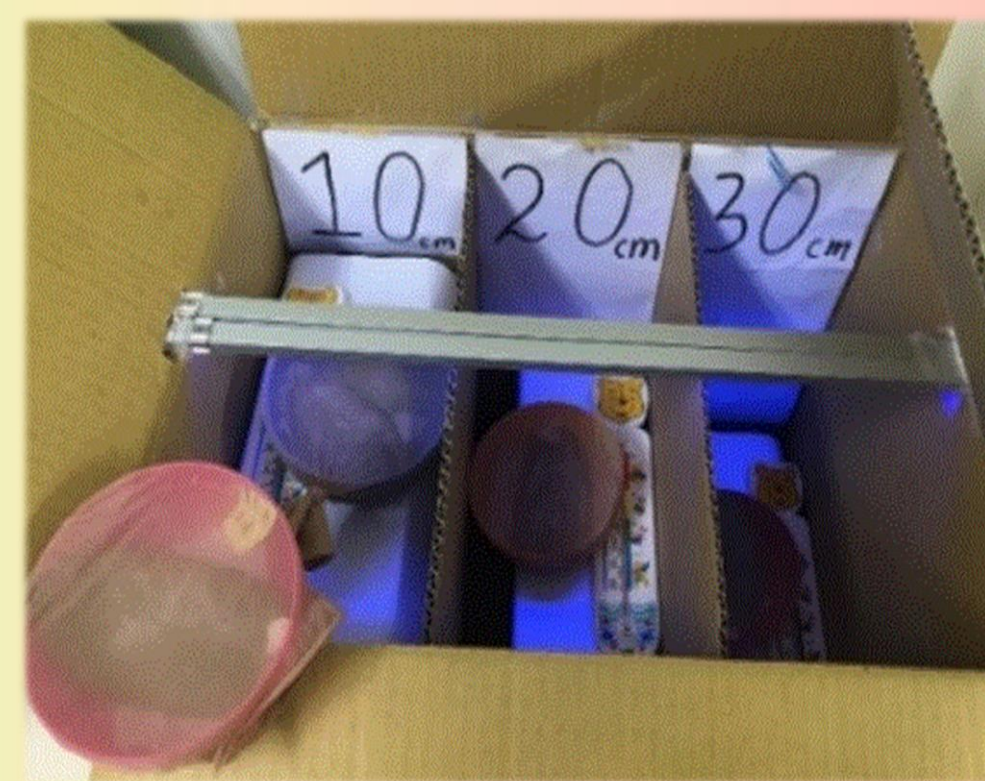


3. 特定可見光長期照射對於植物的影響

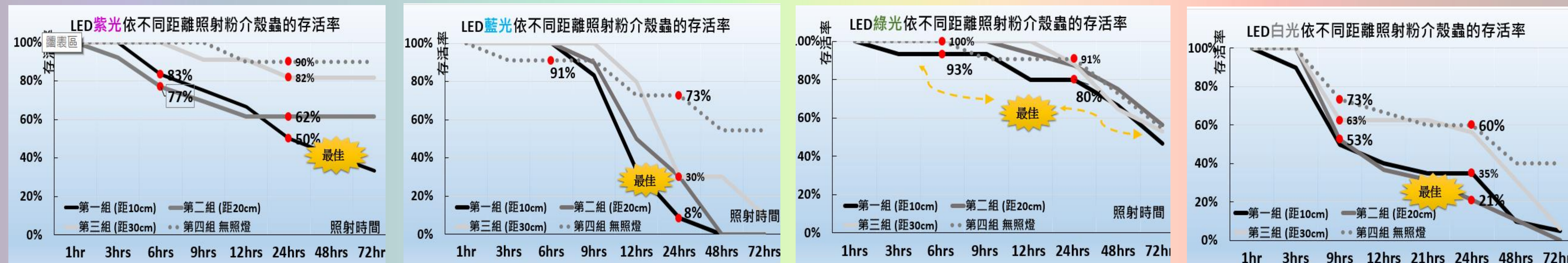
LED燈對植物照射有正面的效果，例如：可加速植物生長、改善水果的味道，高亮度白光可促進光用使番茄生長更好，藍光可直接促使植物根莖部位發展。

三. 找出影響蟲存活率的最佳照射距離? (實驗C-1, 實驗C-2)

- 四種燈依不同的照射距離10/20/30公分,
- 各經過1/3/6/12/24 小時, 記錄存活蟲的數量。
- 無照燈作為對照組
- 最終計算哪種距離的存活率最低?
- 存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲

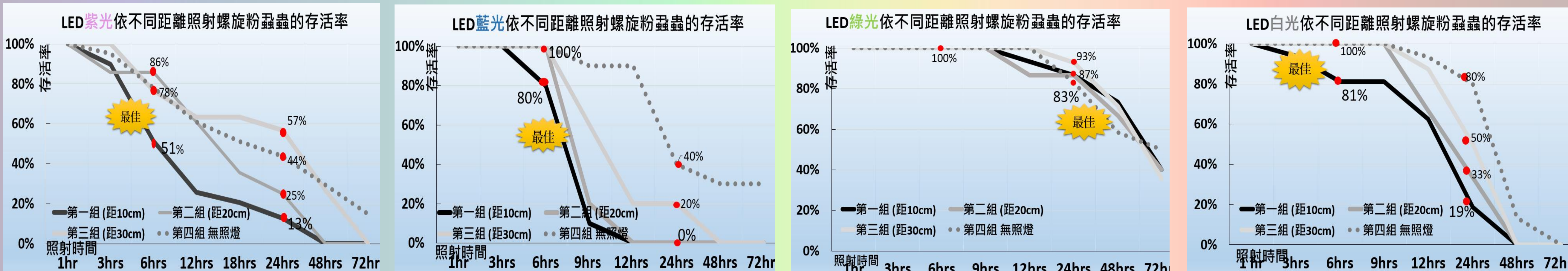


1. 實驗C-1 LED燈長期照射下比較燈照距離10cm/20cm/30cm粉介殼蟲的存活率



- ✓ 距離10公分的照射效果最佳
- ✓ 影響存活率為：藍光(8%) > 白光(21%) > 紫光(50%) > 綠光(80%)。

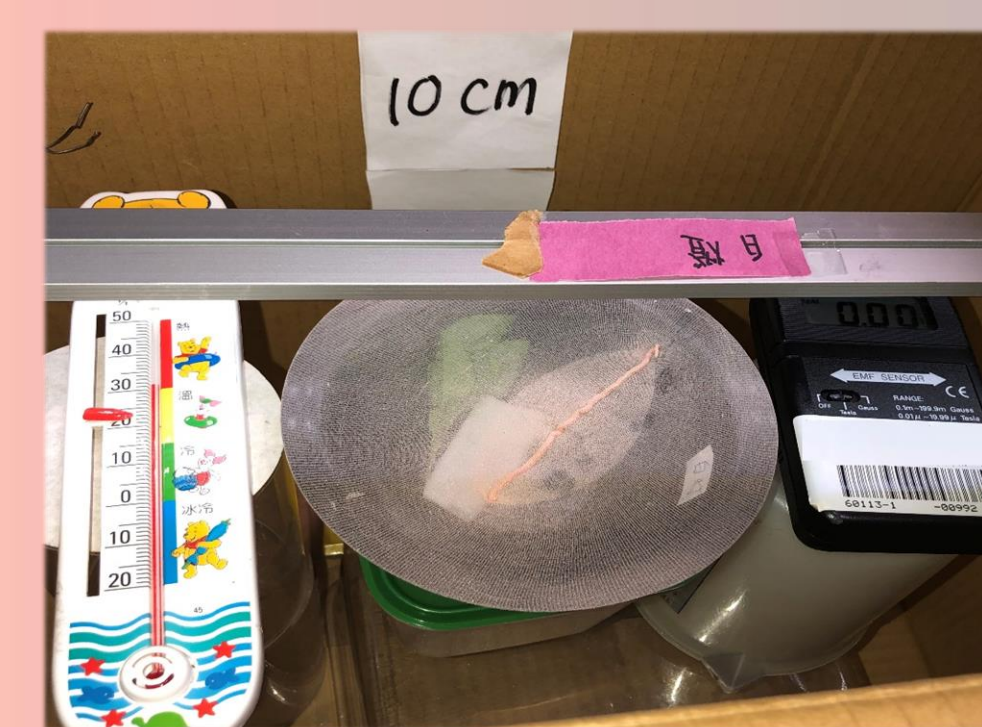
2. 實驗C-2 LED燈長期照射下比較燈照距離10cm/20cm/30cm螺旋粉蝨蟲的存活率



- ✓ 距離10公分的照射效果最佳。
- ✓ 綠光：有照燈比無照燈好
- ✓ 影響存活率為：藍光(0%) > 紫光(13%) > 白光(19%) > 綠光(87%)

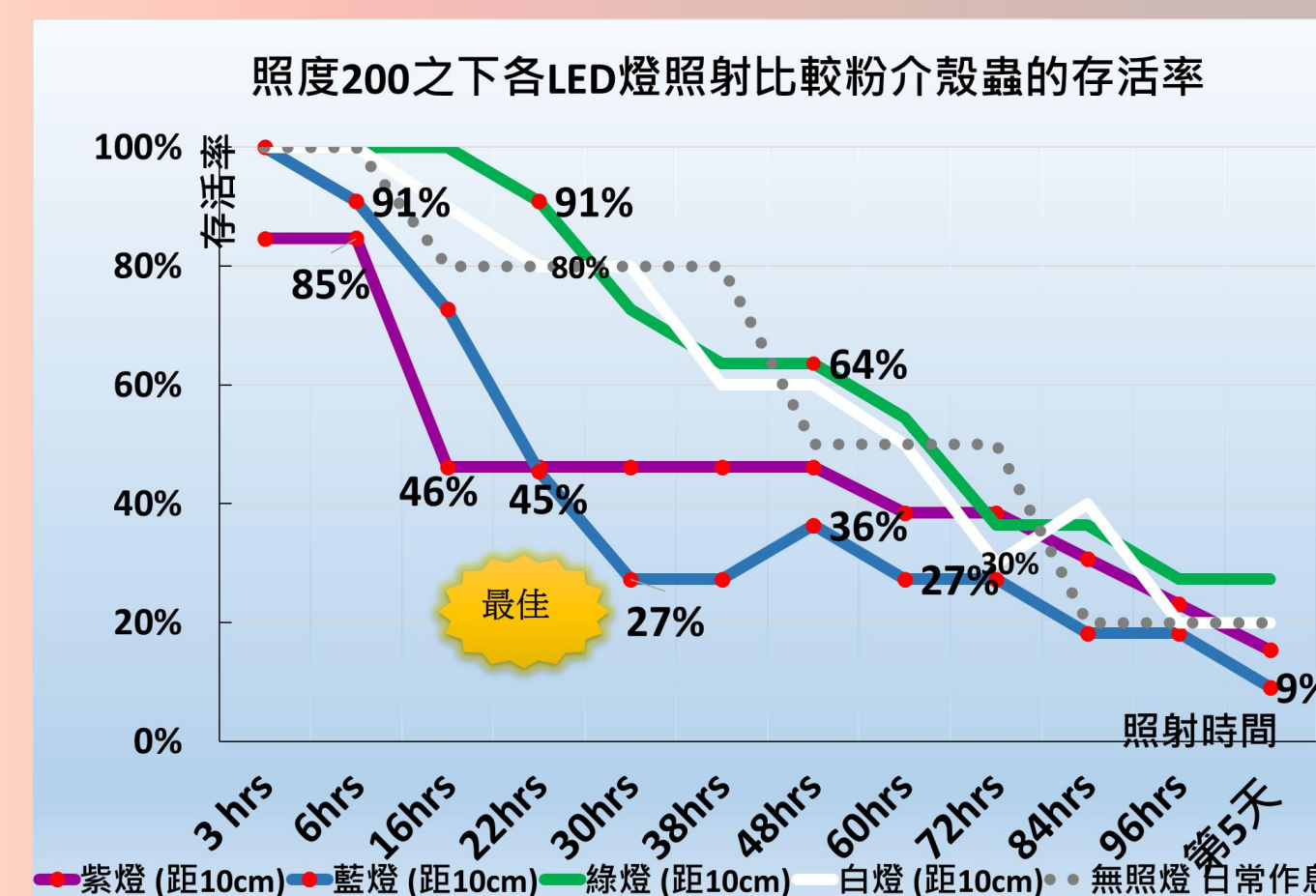
四. 從四種特定波長LED燈中, 找出哪種燈對害蟲的存活率影響最深? 實驗D-1 ~ D-4

- 四箱實驗盤放有蟲的單片葉子
- 每箱十隻以上蟲
- 燈照距離10公分。
- 經過3/6/12/24小時之照射, 記錄存活蟲的數量
- 存活率最低為哪種燈? 存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲



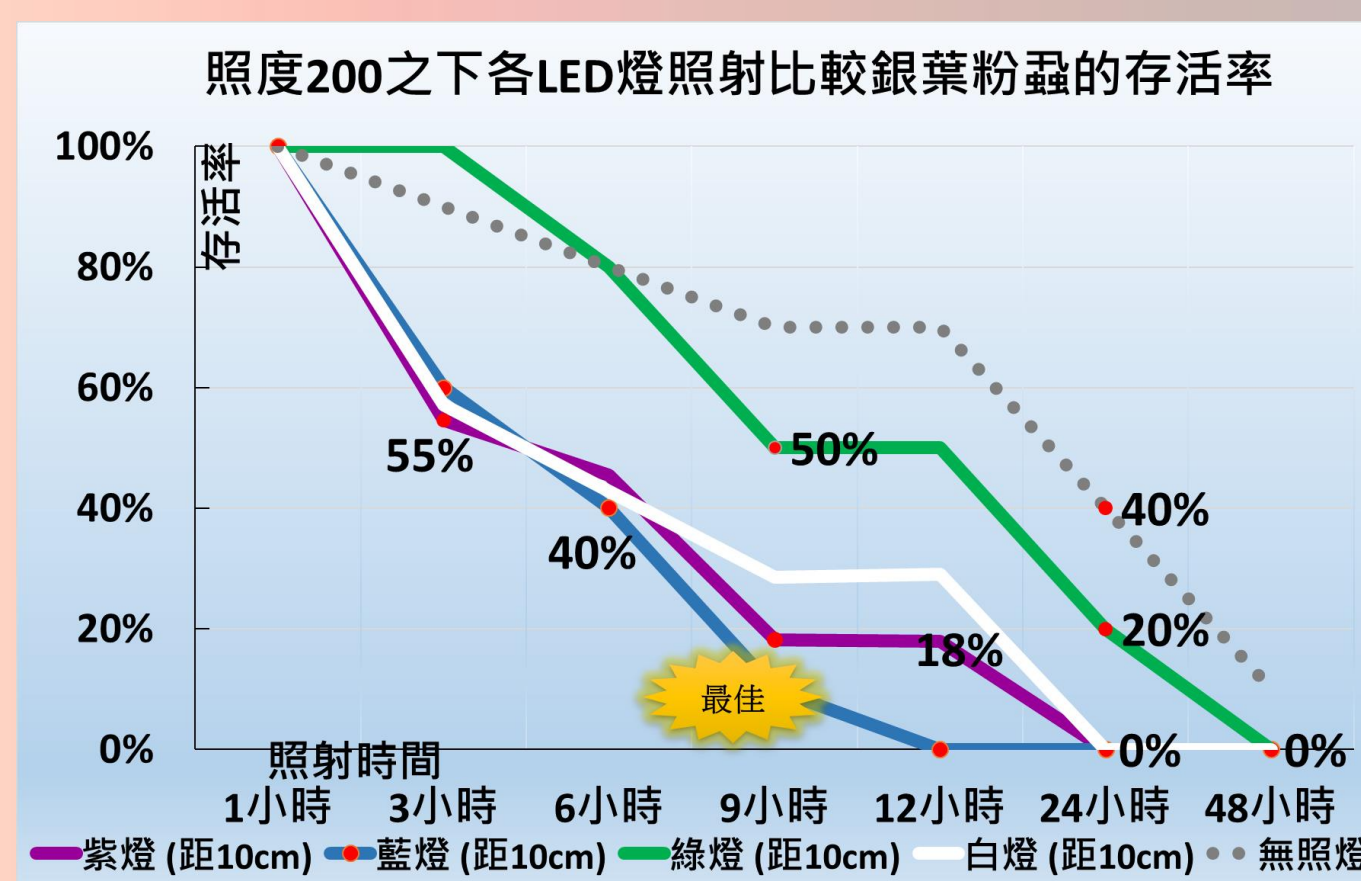
1. 實驗D-1 照度200之下各LED燈照射比較粉介殼蟲的存活率(芭樂葉)

- ✓ 紫燈不是表現最好的
- ✓ 藍燈與紫燈照射結果, 都比不照燈對蟲有影響力
- ✓ 藍燈在超過16小時後殺蟲的效果是四種光中最好的



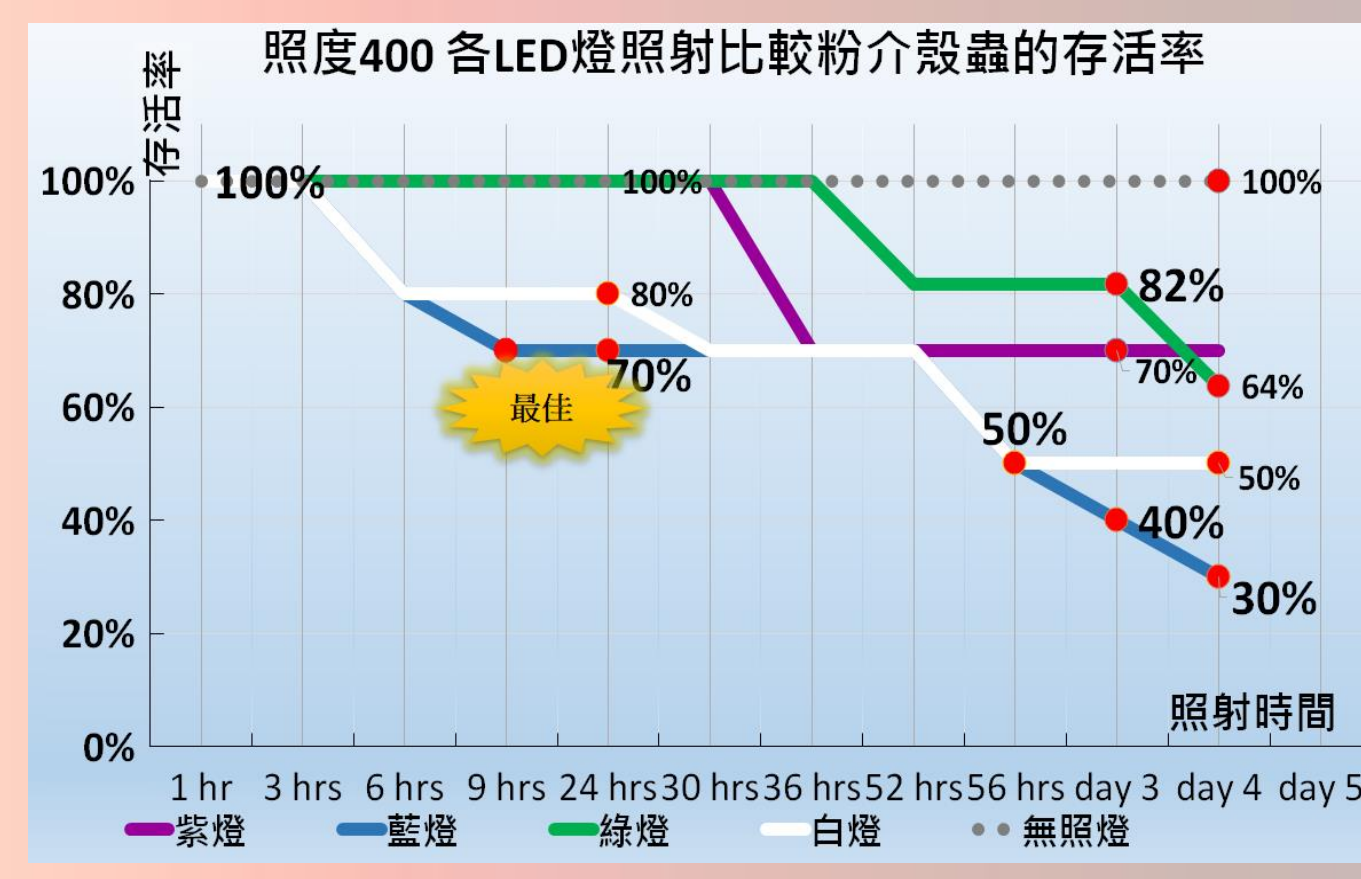
2. 實驗D-2 照度200之下各LED燈照射比較粉蝨蟲的存活率(金露花葉)

- ✓ 除了綠燈以外, 其它燈照射的曲線都相似, 存活率 < 24小時
- ✓ 藍燈：最優, 存活率一直保持「持續」下降
- ✓ 銀葉粉蝨成蟲的壽命比粉介殼蟲脆弱短暫



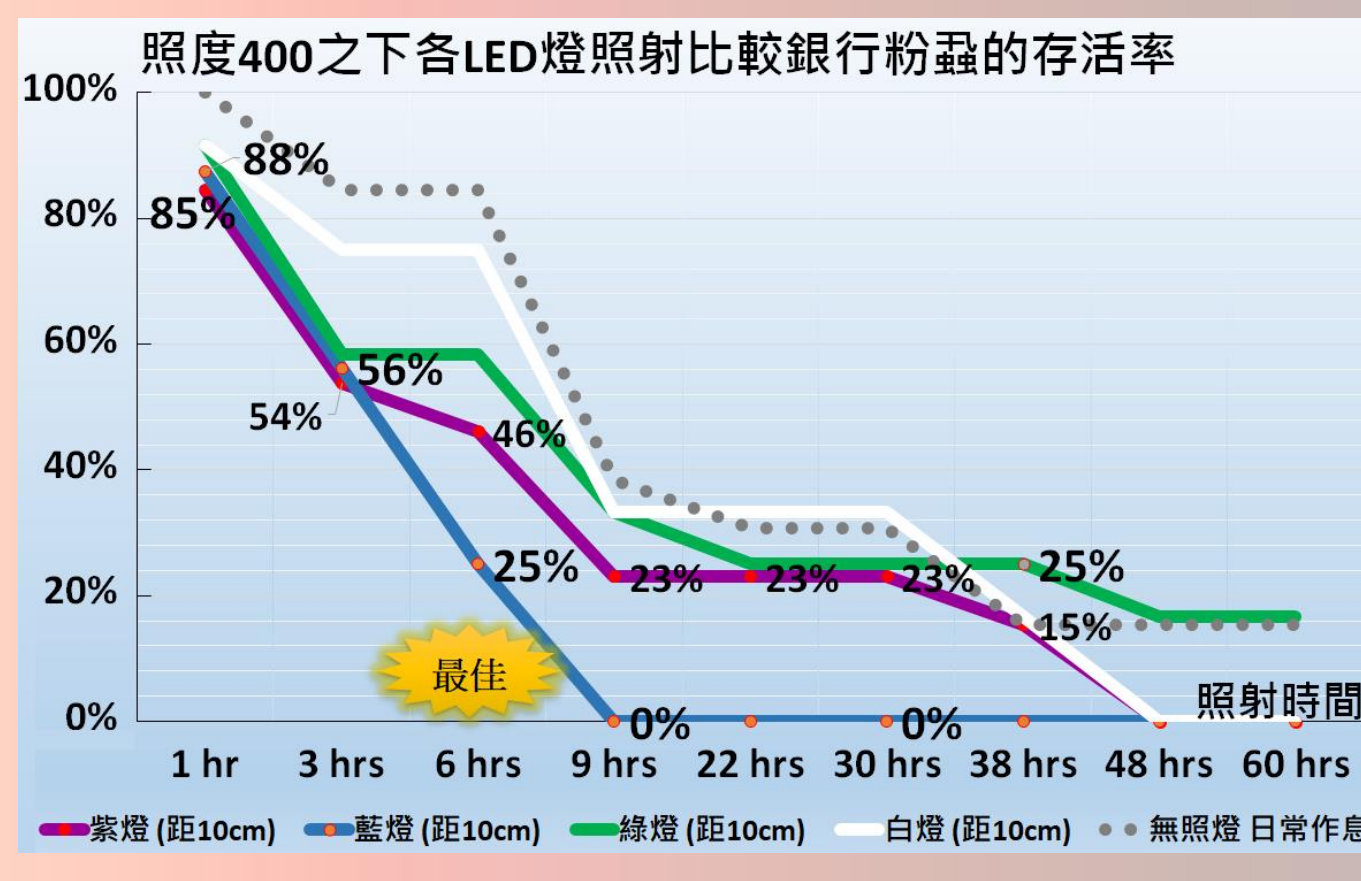
3. 實驗D-3 照度400之下各LED燈照射比較粉介殼蟲的存活率(驅蚊樹)

- ✓ 紫燈照射的植物在第二天開始就會明顯變黃。
- ✓ 白燈與藍燈效果差不多, 照到56小時的時候, 存活率才有明顯變化。



4. 實驗D-4 照度400之下各LED燈照射比較粉蝨蟲的存活率(金露花葉)

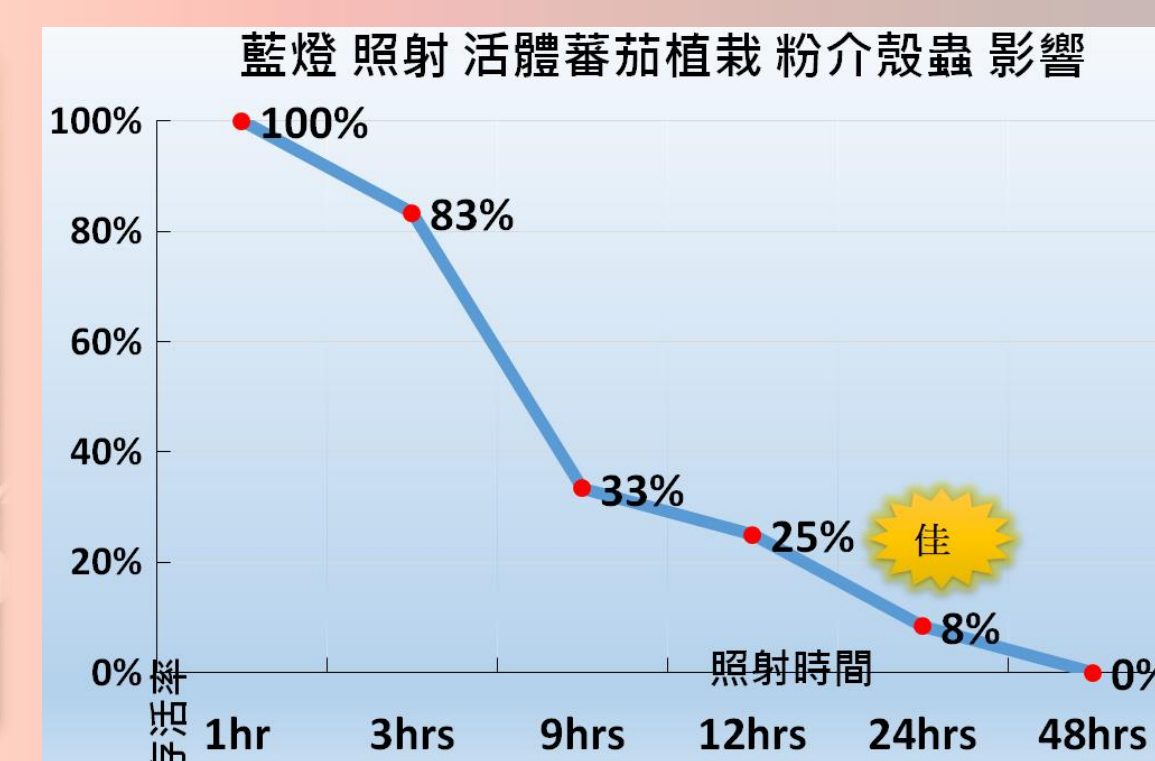
- ✓ 藍燈：一直持續影響蟲的存活, 是四種光中效果最好的。
- ✓ 白燈：會使植物葉子乾枯蜷曲很厲害
- ✓ 整體來看, LED藍燈是對銀葉粉蝨影響力最大的光。
- ✓ 說明銀葉粉蝨的生存率, 相較於粉介殼蟲是比較低弱
- ✓ 照度400效果優於照度200的實驗



五. 利用影響害蟲存活率最大的LED燈，研究對活體植栽的影響？實驗E-1~ E-3

(一) 活體植栽治療實驗：觀察LED藍光照射蕃茄苗上粉介殼蟲影響(實驗E-1)

1. LED藍燈放已感染粉介殼蟲的蕃茄苗旁
2. 記錄蟲的初始數量
3. 開燈記錄長時間之存活蟲的數量
4. 計算存活率 = 存蟲數 ÷ 原有蟲數量
5. 實驗結果分析與討論：



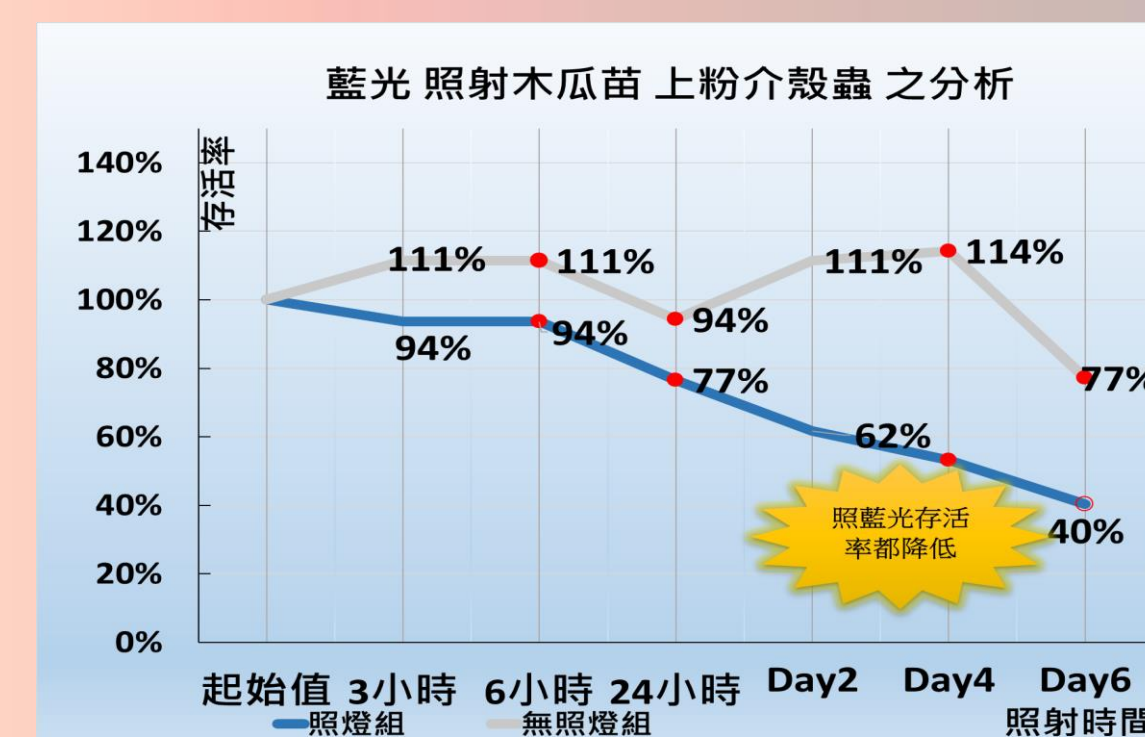
- ✓ 在第3個小時都爬到葉背，第9小時蟲的存活率已低於五成
- ✓ 在第24小時時，整棵盆栽只找得到一隻活的粉介殼蟲 (原成蟲12隻)
- ✓ 確認LED藍燈是可以驅滅粉介殼蟲

(二) 活體植栽治療實驗：觀察LED藍光照射木瓜苗上粉介殼蟲影響(實驗E-2)

1. 標示「照燈」莖葉：約47隻若蟲，葉背彎曲朝上
2. 標示為「無照燈」莖葉：約35隻若蟲
3. 葉背每區葉脈三角凹槽中，計數存蟲數量
4. 預計燈照維持一周，觀察蟲的存活率
5. 實驗結果分析與討論：



- ✓ 第一天：直射藍燈的葉子降低至約七成。
- ✓ 在第六天測量：延環狀白色寬度由5mm已縮減至少2mm
葉背上也無更小隻若蟲爬動
葉子竟已回正，葉背開始朝下
- ✓ 照藍燈對於已感染粉介殼蟲可有效的抑制成長及存活率



(三) 活體植栽預防實驗：觀察LED藍光照射木瓜樹對粉介殼蟲之預防感染(實驗E-3)

1. 左：「未感染A」木瓜樹
2. 中：「已感染」粉介殼蟲的木瓜樹
3. 右：「未感染B」木瓜樹，樹盆下放LED藍光一支
4. 燈照每周觀察：害蟲如何影響擴散到兩邊
5. 測量方式：蟲群聚面積達1cm²以上累記積分為1點
6. 實驗結果分析與討論：



- ✓ 第二週：A、B兩棵已經有蟲在爬行。
- ✓ 第三週：未感染B盆下株因未照到燈被感染
再補一支LED藍燈以抑制延緩被感染的面積
- ✓ 第四週計算面積數，證明有照藍燈的植栽可有預防的效果

觀察期間	無照藍燈	有照藍燈
	未感染A	未感染B
第0週	0	0
第1週	0	0
第2週	3	0
第3週	5	0
第4週	6	0
小計	14	0

陸. 結論

- 一. 這二種害蟲培養需要溫暖通風環境，有豐富嫩汁的植物與螞蟻輔助才能大量繁殖，因此持續北臺灣果園大量徵找粉介殼蟲和粉蝨蟲作觀察實驗。
- 二. 研究LED燈對於實驗環境的影響：對於瓜果植栽有益處。並經過實驗確認：LED燈產生的溫度不會因為長時間的照射而無限升高，也不會因長時間的照射導致電磁波的磁場指數增加。
- 三. 對於這二種害蟲影響最大的照射距離為10公分(蟲的存活率最低)。照綠光反而使螺旋粉蝨存活率變大。故後續都以10公分照射距離作實驗。
- 四. 對於這二種害蟲，藍光雖然不是四種燈中波長最短的，卻是殺蟲效果最好的。也得知不同蟲種，為達到殺驅蟲而所需照射藍光的時間會不盡相同。粉蝨大約照射二天即可見到明顯成效。粉介殼蟲要照藍燈到第三天以上，才能驅滅至五成以上。
- 五. LED藍燈對於瓜果防治是有效的，且預防感染的功效大於治療的功效：
 1. 治療蕃茄植栽上的活蟲數，在12小時內就明顯減少五成以上。
 2. 治療木瓜苗上的活蟲數，在48小時也能減少五成以上。
 3. 預防木瓜樹感染粉介殼蟲：「有藍光照射」比「沒照藍光」能預防感染。

有了此次初步結論：這些足以證明LED藍光是可以協助農夫去除害蟲的。這作法與物理防治法中的趨光性是截然不同，也延展現行少數對「菌」的功效研究。農委會亦開始作「LED燈防治蕃茄苗上的蟎」之研究。希望有機會可以與果農作大規模實際研究。未來可延伸繼續研究：

1. 果園或植栽實際架設藍燈最佳環境設計建議。
2. LED藍光影響害蟲的機制？像農藥一樣傷害「神經系統」嗎？或像藍光的抗菌機制一樣：體內吸收特定波長藍光導致細胞膜受損而死亡。
3. 利用藍光來作食物(水果，麵包)保護的可行性：來觀察菌的擴散與抑制，如發黴之菌的擴散。

柒. 參考文獻

1. 顏瑞泓(2014)。正確洗菜，擺脫農藥陰影作者。商周出版。
2. 行政院農業委員會農業試驗所。作物病蟲害與肥培管理技術資料光碟。檢自：<https://web.tari.gov.tw/techcd/>
3. 黃毓斌、郝秀花、邱一中。2015。番石榴害蟲-危害特性及其整合性蟲害管理策略(二)。豐年雜誌 第65卷17期: 38-43。
4. 陳文雄、張煥英銀葉粉蝨之生態與防治。台南區農業改良場技術專刊。檢自：<https://book.tndais.gov.tw/Brochure/tech67.htm>
5. 陳芳名、郭麗光(2014)。發光二極體之簡介與應用—從紅外光到紫外光。科學研習, No. 53-5。
6. 農技小叢書(2019)。這種果樹害蟲專害果實，農民防治困難，如何才能有效解決。農業。檢自：<https://kknews.cc/agriculture/k23kqyq.html>
7. 淇林新植保(2019)。介殼蟲大爆發，如何高效防治？農業。檢自：<https://kknews.cc/agriculture/ngy6be2.html>
8. 陳昇寬。棉蚜、銀葉粉蝨/葉蟎類。護圖鑑系列19。檢自<https://kknews.cc/agriculture/ppkpgyz.html>
9. How It Works知識大圖解(2016)。光傳播的原理。<http://www.howitworks.com.tw/index.php/content-views/230-2016-10-03-09-43-33>
10. SmartMeter產業新知。認識電磁場？1特斯拉=10,000高斯，1高斯=1,000毫高斯(mG)！檢自http://www.smartmeter.com.tw/ugc_PrdNews.asp?hidPrdNewsID=23
11. 王怡翔、邱滢、林淙欽、楊千儀。LED光照組織培養苗。全國中小學科展第48屆。高職組農業及生物科技科。
12. 王奕辰、陳定緯。“光”科技LED展“生”機—探討高亮度白光LED下番茄的生活史。全國中小學科展作品第51屆國中組生物科。
13. 中國LED網(2017)。LED有望替代植物殺蟲劑？原理是這樣的。每日頭條/科學。檢自<https://kknews.cc/science/melj5j9.html>