

投稿類別：自然科技

專題名稱：當光的力量遇見葉片上的病斑

隊伍名稱：光的力量

作 者：楊詠甯。慈大附中附設國中八年級知足班。

蔡鎬謙。慈大附中附設國中八年級大愛班。

盧政佑。慈大附中附設國中八年級大愛班。

洪予澤。慈大附中附設國中八年級大愛班。

指導老師：黃文怡老師

一、研究動機

居家種花種菜時，常常會遇到葉子生病的問題，譬如：白粉病、炭疽病或灰黴病等，這些植物病症大多都是「真菌」造成的。真菌就像黴菌一樣，很容易藉由空氣、雨水或土壤快速傳開，一旦感染，不但葉子會出現斑點或爛掉，還可能影響整株植物的健康和產量。

我們觀察發現：陽光充足的地方，盆栽中的植物比較健康、病害也比較少，我們開始查詢資料希望能印證光照的益處！在文獻中我們了解：植物本身或外加的「光敏劑」在光照下會產生一種叫做「活性氧」的小分子，這些小分子可以攻擊並抑制病原菌。這和醫學上用來治療癌症或殺菌的「光動力療法」類似。

雖然光動力療法已經在人體醫學上很成熟，但應用在植物病害仍是新興領域，這項技術最大的好處就是不用農藥，環境友善、又安全，我們相信在研究人員們的努力下，將來有機會成為推廣防治家庭植物或小規模農作病害的好方法。我們的研究是以炭疽病當作例子，我們想進一步了解「光敏劑加上光照」能不能真的抑制真菌？也想討論這項作法有沒有機會成為一種新的植物防治病害方法。

二、文獻回顧

（一）家庭園藝常見的真菌病害及常見防治方法

在家庭園藝中，許多病害都與真菌有關。在七年級下學期生物課本裡，我們就學過真菌是微生物界的重要成員，不只是香菇、黴菌，也有很多會讓植物生病的種類。像白粉病、灰霉病、根腐病、銹病、炭疽病，都是常見的真菌性病害(洪明毅, 2023)。一般大家常用於真菌病害的防治方式有兩種：不用藥的方法及用藥的方法。不用藥的方法，像是保持通風、修剪病葉、換乾淨的土，或是噴灑小蘇打水等天然資材。這些方法雖然安全，但需要長時間照顧，耗時耗力，而噴灑小蘇打水容易傷害到在酸性土壤生長的植株。用藥的方法，也就是噴灑殺菌劑，這個方式見效快，但缺點是容易造成土壤汙染，對人類健康也可能有傷害，而且還會讓病原菌產生抗藥性（李敏郎, 2009）。總體而言，不用藥的方法雖然安全又環保，但需要長時間細心照顧，而遇到嚴重病害時還是會壓不住；用藥的方法雖然見效快、效果強，可是使用起來就得更小心，不但怕有殘留，還會影響環境和健康。

（二）光動力療法介紹及用於真菌治療相關報告

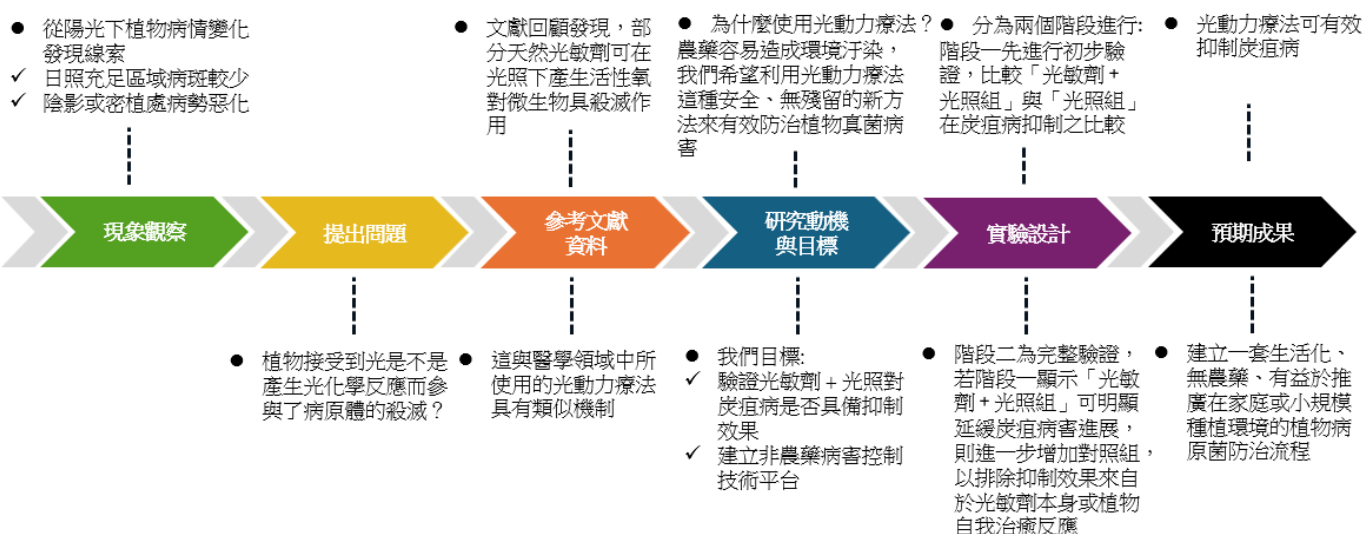
光動力療法（Photodynamic Therapy, PDT）是一種結合光敏劑與光照的技術。當光敏劑吸收特定波長的光後，會把能量轉移給氧氣，產生「活性氧（ROS）」。這些活性氧就像小炸彈一樣，可以破壞細胞膜、蛋白質和 DNA，進而殺死病原菌或癌細胞。（楊明曄, 2013）。過去有研究證實，如楊淑慧（2019）用葉綠素衍生物配合藍光，就能有效抑菌；JC Gonzales（2017）則利用亞甲藍(光敏劑)加上太陽光(光源)，對柑橘炭疽病的真菌孢子做光動力抑菌研究，結果真菌被明顯抑制生長。慈濟大學胡安仁（2018）教授發現將光敏劑噴灑在咖啡樹的葉子上，利用自然光就可以達到與實驗室裡一樣的殺菌效果。這些研究都顯示，光動力療法有機會成為防治植物病害的新方法。

三、研究目標

- (一) 探討光敏劑結合光照條件下是否能抑制已受炭疽病感染繡球花葉片生長的影響
- (二) 評估此光動力療法對繡球花葉片是否造成傷害
- (三) 建立一套生活化、無農藥、有益於推廣在家庭或小規模種植環境的植物病原菌防治流程

四、研究架構

光動力療法應用於植物炭疽病防治之可行性探討: 一種非農藥、環境友善的病害控制策略

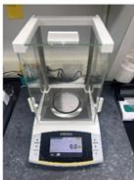
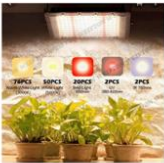


(一) 材料準備

1. 宿主植物：繡球花（自家或苗圃取得）
2. 感染來源：製造真菌生長環境，培養感染炭疽病的葉片。
3. 光敏劑：亞甲基藍（濃度設定為 50 $\mu\text{g/mL}$ ）

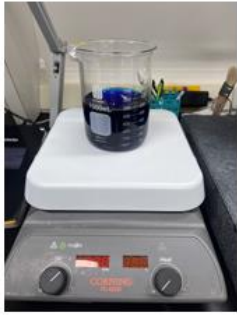
(二) 設備準備

天秤、秤藥杓、燒杯、量筒、電磁攪拌器、電磁攪拌子、玻璃閃爍計數瓶、光源(100 W 模擬太陽光植物燈，光源圖片來自於賣場廣告圖)。

天秤	秤藥杓	燒杯	量筒
			
電磁攪拌器	電磁攪拌子	玻璃閃爍計數瓶	光源：100 W 模擬太陽光植物燈
			

(三) 光敏劑配置

1. 使用藥杓秤取 25 毫克的亞甲基藍。
2. 天秤顯示約 25 毫克。
3. 將光敏劑移至 1000 毫升的燒杯。
4. 加入 500 毫升二次水至 1000 毫升的燒杯。
5. 將燒杯移至電磁攪拌器，以轉速 300 轉攪拌，讓光敏劑溶解，過程約 10 分鐘。
6. 將已溶解之光敏劑溶液分裝之 20 毫升玻璃閃爍計數瓶。
7. 光敏劑溶液分裝完成。
8. 瓶子外觀以錫箔紙包裹，以防止光敏劑照到光而降

1. 使用藥杓秤取25毫克的亞甲基藍	2. 天秤顯示25.1毫克	3. 將光敏劑移至1000 毫升的燒杯	4. 加入500毫升二次水至1000 毫升的燒杯
			
5. 將燒杯移至電磁攪拌器，以轉速300轉攪拌，讓光敏劑溶解，過程約10分鐘。	6. 將已溶解之光敏劑溶液分裝之20毫升玻璃閃爍計數瓶	7. 光敏劑溶液分裝完成	8. 瓶子外觀以錫箔紙包裹，以防止光敏劑照到光而降低光敏效果
			

(四) 實驗設計

本研究分為兩個階段進行，階段一先進行初步驗證，比較「光敏劑 + 光照組」與「光照組」對於已感染炭疽病葉片之病斑發展差異，以確認光敏劑配合光照是否具有抑制效果。階段二為完整驗證，若階段一顯示「光敏劑 + 光照組」可明顯延緩炭疽病害進展，則進一步增加對照組(如表二之組一、組二)，以排除效果來自於光敏劑本身或植物自我治癒反應。階段一及階段二試驗組別設計如下：

表一. 階段一初步驗證組別設計

組別	光敏劑	光照
1. 光照組	✗	✓
2. 光敏劑+光照組	✓	✓

表二. 階段二完整驗證組別設計

組別	光敏劑	光照
1. 不塗光敏劑不照光組	×	×
2. 光敏劑組	✓	×
3. 光照組	×	✓
4. 光敏劑+光照組	✓	✓

(五) 葉片塗抹光敏劑及照光

1. 階段一實驗步驟

- (1)取棉花棒沾取甲基藍溶液，塗抹於葉片上。
- (2)靜置陰暗處 30 分鐘（使藥物吸附並穿透）。
- (3)進行光照，光照時間 30 分鐘，光源距離葉面約 15 公分以避免葉片受熱灼傷。

1.取棉花棒沾取甲基藍溶液，塗抹於葉片上	2.靜置陰暗處 30 分鐘使藥物吸附並穿透	3. 進行光照，光照時間30分鐘，光源距離葉面約 15 公分以避免葉片受熱灼傷
		

2. 階段二實驗步驟

- (1)分組（不塗光敏劑不照光組、光敏劑組、光照組、光敏劑+光照組）
- (2)塗完光敏劑後，靜置陰暗處 30 分鐘，使藥物吸附並穿透，照光前不照光組別以錫箔紙覆蓋避光。
- (3)進行光照，光照時間 30 分鐘，光源距離葉面約 15 公分以避免葉片受熱灼傷。

(六)觀察與評估指標見表三

表三. 實驗中評估項目及方法

評估項目	方法
病原菌病斑變化	拍照觀察光照後葉片的變化
葉片是否受傷害	觀察葉面是否有灼傷情況

1.分組，如以下所示:	2.塗完光敏劑後，不照光組別以錫箔紙覆蓋避光	3. 進行光照，光照時間30分鐘，光源距離葉面約 15 公分以避免葉片受熱灼傷
		

六、研究結果

(一) 階段一：初步驗證

1. **光照組**：在光照處理組的觀察中(圖一)，受感染的葉片仍然持續出現典型的炭疽病病徵。從圖片可見，葉片上分布多個褐色壞死斑點，部分斑點呈現圓形或不規則狀，邊緣顏色較深，中間略帶乾枯現象。隨著時間進展，部分病斑逐漸擴大並相互融合，甚至導致葉片邊緣產生乾枯、壞死的情況。整體而言，單純光照對於抑制病徵發展並無明顯效果，葉片病害仍持續加劇，顯示光照本身不足以有效抑制炭疽病的發展。

光照組

原始外觀	每天照光，連續照光7次後， 第1天外觀變化	每天照光，連續照光7次後， 第7天外觀變化	每天照光，連續照光7次後， 第14天外觀變化
			

圖一：光照組外觀變化

2. 在「**光敏劑 + 光照組**」的實驗條件下，植株葉片表現出顯著的病害抑制效果。從圖二可觀察到以下特徵：

(1)**葉片完整度高**:葉片維持綠色健康，僅出現少量零星的褐色病斑，病徵未進一步擴散。這顯

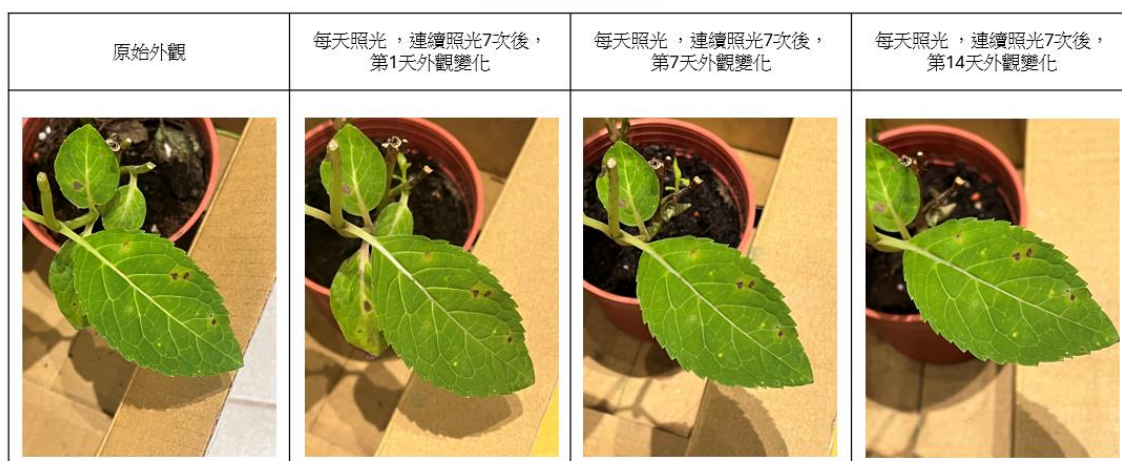
示光敏劑結合光照後，能有效抑制炭疽病的進一步惡化。

(2) **病斑範圍受限**: 褐化或壞死斑點局限於小範圍，未見大面積融合或擴展。相比光照組別，可推測病害在此處理下明顯受到控制。

(3) **植株生理狀態維持**: 葉片葉脈清晰，葉綠素保持良好，顯示光動力療法並未對植株造成毒性傷害，反而延緩了病害進程。

此實驗結果顯示，初步驗證光敏劑搭配光照能顯著延緩炭疽病在植株葉片上的擴散與傷害，同時觀察到葉片沒有因為光動力治療。

光敏劑 + 光照組



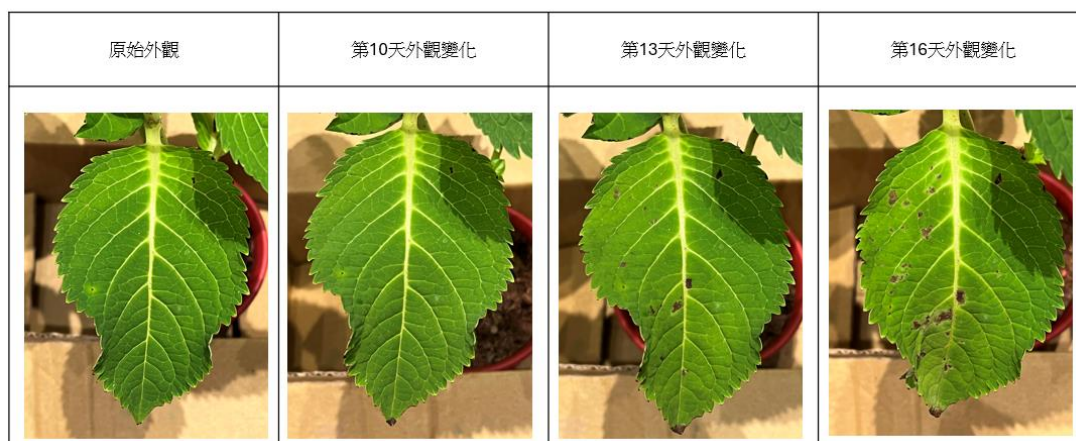
圖二. 光敏劑 + 光照組外觀變化

(二) 階段二：完整驗證

1. 「不塗光敏劑、不照光組」

葉片在連續觀察下的變化結果(圖三)。葉片一開始完整健康，但到了第 10 天開始出現病斑，第 13 天斑點逐漸增加，第 16 天病斑範圍更大且顏色加深，顯示病害持續惡化。此結果顯示，在沒有使用光敏劑、也沒有照光的情況下，葉片病害會隨時間持續加劇，證明單純自然條件下病原無法被抑制，植物的傷害會越趨嚴重。

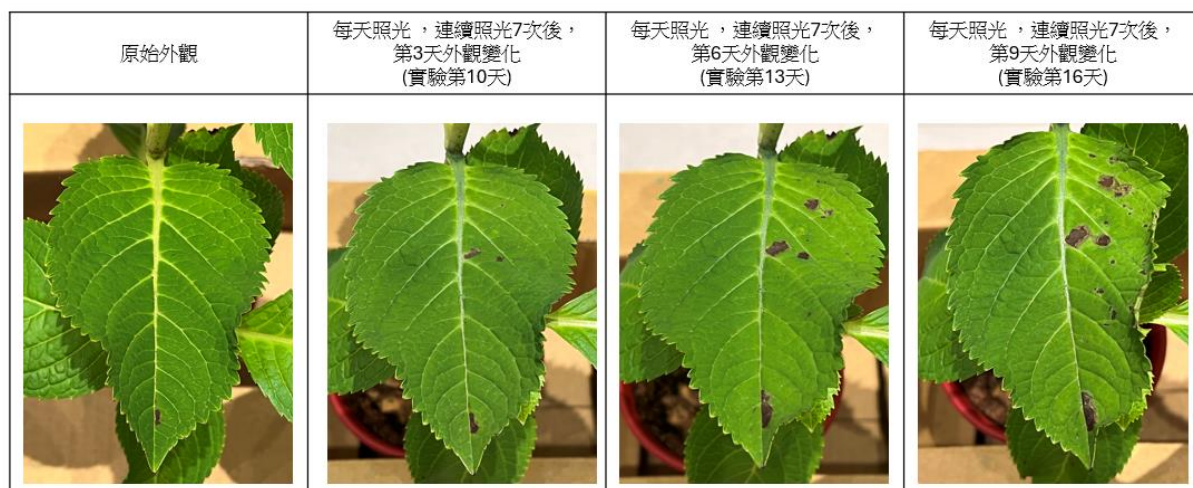
不塗光敏劑不照光組



圖三. 不塗光敏劑、不照光組隨著時間外觀變化

3. 在「**光敏劑組**」中，圖四顯示葉片原本保持完整，隨著時間過去病斑逐漸增加，導致葉片完整度受破壞。實驗第 10 天開始出現小範圍病斑，第 13 天擴散加劇，第 16 天病斑面積更大，葉片完整度明顯下降，此結果也顯示出單獨塗抹光敏劑無法延緩病程的發展。

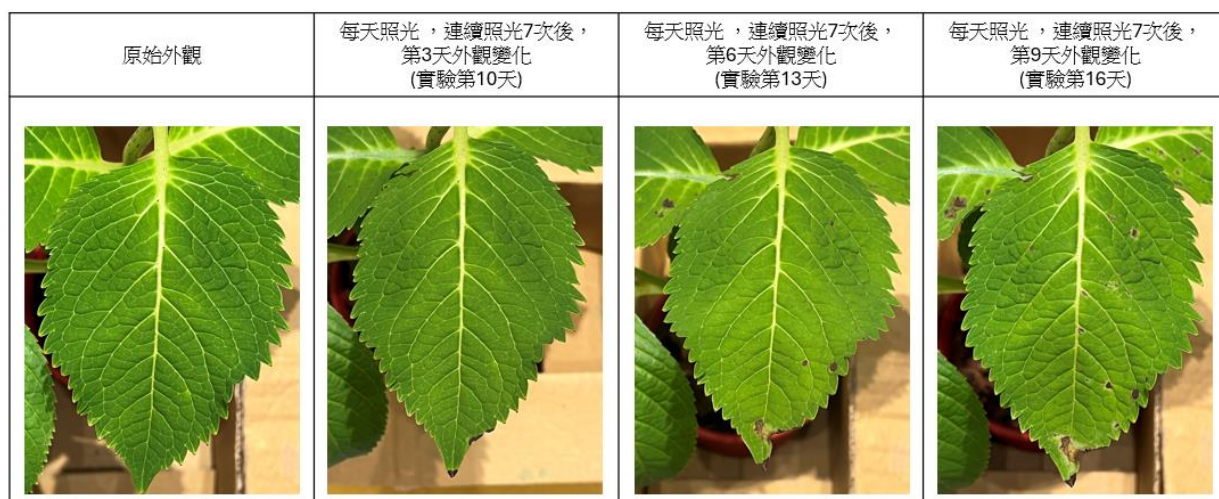
光敏劑組



圖四. 光敏劑組隨著時間外觀變化

3. 在「**光照組**」的觀察結果如下(圖五)。葉片最初完整健康，但在實驗第 10 天仍可維持完整；到第 13 天開始出現少量病斑，第 16 天病斑明顯增加，葉片完整度受到影響。單純光照在初期(約 10 天內)能延緩病斑出現，但無法完全抑制病害，隨時間延長仍會導致葉片完整度下降。這說明光照對病害可能有部分延緩作用，但效果

光照組



圖五 光照組隨著時間外觀變化

4. 在「**光敏劑 + 光照組**」的觀察結果如下(圖六)。可以觀察到葉片在實驗初期(第 10 天)仍保持完整健康，第 13 天依然未見明顯病斑，到第 16 天才出現少量病斑，整體完整度維持良好。此結果顯示光敏劑搭配光照能有效抑制病害發展，葉片在 16 天內依然維持高完整度，病斑數量與嚴重程度都明顯低於其他組別，證明光動力療法能大幅延緩病害

進程並保護植物葉片的完整性。

光敏劑 + 光照組

原始外觀	每天照光，連續照光7次後， 第3天外觀變化 (實驗第10天)	每天照光，連續照光7次後， 第6天外觀變化 (實驗第13天)	每天照光，連續照光7次後， 第9天外觀變化 (實驗第16天)
			

圖六. 光敏劑 + 光照組隨著時間外觀變化

5. 第 16 天各組別處理後葉片外觀差異

圖七為比較了四組葉片在 第 16 天 的狀態，可以很清楚看到防治效果的差異：

- (1)不塗光敏劑+不照光組：葉片病斑最嚴重，面積大且擴散廣，完整度受損最明顯。
- (2)光敏劑組：無抑制效果，仍出現明顯病斑，葉片完整度下降。
- (3)光照組：雖病斑比不處理組及光敏劑組少，但仍然持續惡化，無法完全防止病害。
- (4)光敏劑+光照組：葉片狀態最佳，只有少量病斑，整體完整度維持良好，顯示出明顯的防治效果。

經過 16 天的觀察，光敏劑+光照組的葉片完整度最高，病害控制效果最佳；而不處理組病斑最嚴重，顯示光動力療法在延緩病害發展、維護葉片完整度上具有顯著優勢。

各組第16天外觀變化比較

不塗光敏劑不照光組	光敏劑組	光照組	光敏劑 + 光照組
			

圖七. 第 16 天各組別處理後葉片外觀差異

七、研究討論

我們這次研究鎖定了家庭園藝裡很常見、卻也很難防治的炭疽病作為模型。炭疽病是一種真菌性病害，葉片會長出褐色斑點，嚴重時會融合成大片壞死，甚至讓整片葉子枯萎。傳統上大多使用化學農藥防治，但這樣容易帶來二個問題：環境風險、健康疑慮。因此我們想測試一種新的方式——光動力療法（PDT）。這種方法結合光敏劑和光照，當光敏劑吸收光能後，會產生活性氧（ROS），就像微型炸彈一樣，專門破壞病原菌的細胞，卻不會傷害植物組織。這種方式沒有農藥殘留，理論上對家庭園藝和都市農耕非常有潛力。

我們的研究分成兩個階段，第一階段初步驗證是選擇炭疽病較嚴重，病斑多的繡球花葉片做研究，比較容易觀察光動力治療後的效果差異。炭疽病的症狀判斷為依據花卉真菌性病害之診斷(謝廷芳, 2004)。設計了兩組實驗：一組是單純光照，另一組是「光敏劑+光照」。光敏劑我們選擇了亞甲基藍，因為它便宜、水溶性好，而且在 665 nm 的紅光波段有很強的吸收能力（蔡宗諺, 2020），光穿透度也深，剛好和太陽光的波段吻合。光源則使用 100W 的植物燈，模擬太陽光全光譜（380 - 760 nm）。在設定上，亞甲基藍濃度 50 $\mu\text{g/mL}$ ，塗抹後先放在陰暗處 30 分鐘，讓藥物能夠吸附與滲透，再照光 30 分鐘。每天做一次光動力治療，連續 7 次，接著觀察葉片在治療後第 1、7、14 天的變化，也確認治療會不會對葉片造成傷害。結果發現：單純光照組的病斑不斷擴大，到第 14 天葉尖甚至有大面積枯萎；但在光敏劑+光照組中，病斑沒有再擴散，葉片保持健康，也沒有因治療受損。初步驗證光敏劑搭配光照能顯著延緩炭疽病在植株葉片上的擴散與傷害。

基於這個初步結果，我們想進一步釐清：會不會光敏劑本身就能抑制真菌？或是原始病斑較多的葉片會加速病變的進展？於是進行了第二階段完整驗證，設計了四個組別：不處理組（不塗光敏劑、不照光）、光敏劑組、光照組、光敏劑+光照組。這次特別挑選了狀態比較健康、病斑面積接近的葉片，以避免因葉片初始差異造成誤判。

在第二階段的結果，第 16 天的觀察非常清楚：不處理組和光敏劑組病斑最嚴重，葉片邊緣因病斑乾枯而翹起。光照組雖然比前兩組病斑少，但還是有新斑點出現，葉尖也有明顯破壞。光敏劑+光照組狀態最佳，葉片幾乎維持完整綠色，病斑沒有明顯增加，葉脈清晰，整體完整度高。

這證明光敏劑和光照必須結合在一起，才能發揮「光動力療法」的效果，成功延緩病程、降低病徵嚴重度，讓葉片維持健康。值得注意的是，我們的實驗是在控制環境下進行的小規模測試。光敏劑的濃度、種類，還有光源的波長、強度、照射時間，都可能影響療效。本研究使用亞甲基藍 50 $\mu\text{g/mL}$ ，塗抹後靜置 30 分鐘，再照光 30 分鐘，連續治療 7 天，確實能有效抑制炭疽病的進展。未來的研究可以進一步優化，例如測試更短的照光時間或更少的治療次數，看看能不能在保持療效的同時，讓操作更省時、更方便。

八、研究結論

我們的研究發現，只用光照或只用光敏劑都無法有效防治炭疽病，病斑還是會慢慢出現並惡化。相較之下，光敏劑加上光照的組別效果最好，葉片治療後仍能保持比較完整，病斑也最少。這代表光動力療法能延緩病害惡化，具備取代農藥使用的潛力，對環境和植物都比較友善，對家庭園藝及小規模有機栽培及極具應用價值。

光動力療法是一種環保又沒有農藥殘留的植物防病方法。做法很簡單，只要把光敏劑噴在生病的葉子上，再用燈光或太陽光照射，光敏劑在光的作用下就會產生活性氧，專門去破壞病原菌，但不會傷害植物本身。這樣不但能有效防治像炭疽病這類常見的真菌病害，也能

避免傳統農藥對環境和健康造成的風險。因為操作方便，只需要一瓶光敏劑加上一個光源，就能在陽台、家庭園藝或小規模農場使用，非常適合居家植栽和都市農耕，是一種安全、便利又永續的新防治方式。



圖八. 光動力療法對於植物病原菌防治流程示意圖

十、參考資料

1. 洪明毅(2023)。請問植物醫生：植物病蟲害圖鑑與防治。麥浩斯出版社。
2. 李敏郎 (2009)。植物殺菌劑之使用介紹。行政院農委會藥毒所農藥應用組。
<https://www.acri.gov.tw/Uploads/Item/9a600671-7a30-4b8a-a496-labee35a6565.pdf>
3. 楊明曄、胡安仁、陳良宇 (2013)。致病微生物失活之光動力療法。生技學報。
4. 楊淑惠、洪千雅 (2019)。農業光敏劑素材-菠菜葉綠素衍生物之開發。
<https://www.tari.gov.tw/scholars/100up/2-%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%9C%8D%E5%8B%99/%E7%AC%AC120%E6%9C%9F/2.pdf>
5. JC Gonzales, et al (2017). Photodynamic inactivation of conidia of the fungus *Colletotrichum abscisum* on *Citrus sinensis* plants with methylene blue under solar radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*。
6. 胡安仁 (2018)。「藍光光動力療法」的新研究 利用太陽光進行細菌抑制未來可利用在農業上。慈濟大學電子報。
<https://newsletter.tcu.edu.tw/?p=3203>
7. 謝廷芳 (2004)。花卉真菌性病害之診斷。行政院農委會農業試驗所植物病理組。
[https://www.aphia.gov.tw/userfiles/01\(2\).pdf](https://www.aphia.gov.tw/userfiles/01(2).pdf)
8. 蔡宗諺 (2020)。明「茶」秋毫—應用亞甲基藍溶液吸光度變化率測定方法探討水果、茶及水果茶抗氧化力之研究。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-050207.pdf?791>