

國外應用紫外線 (UV-C) 於 草莓病蟲害防治之介紹

作者：吳泓毅（國立臺灣大學植微所博士後研究員） 電話：(037) 991025 # 615

前言

草莓屬薔薇科 (Rosaceae) 多年生之草本植物，為一兼具高經濟價值與高營養價值之小漿果類作物，因其果實具有獨特之風味與外型而於全世界廣受歡迎。於台灣 109 年栽種面積約 527 公頃，總產量約 9,873 公噸，總產值高達 13.7 億元（109 年農業統計資料，農委會），其中苗栗縣就佔了約九成的栽種面積，為全台灣最主要的草莓產區。草莓的病害種類繁多，除了常見的炭疽病、萎凋病、白粉病、灰黴病、果腐病、疫病等病害之外，這幾年又出現了葉枯病與角斑病等新興病害，讓草莓產業面臨更多挑戰。利用紫外線 (UV-C) 來防治草莓病蟲害為國外十多年前開始發展的技術，其具有安全無毒、無殘留、照射時間短之優點，為一具有潛力之防治方法，若能配合自動化機械設備，利用輪替照射以節省人力與設備成本，未來有機會於田間進行應用。

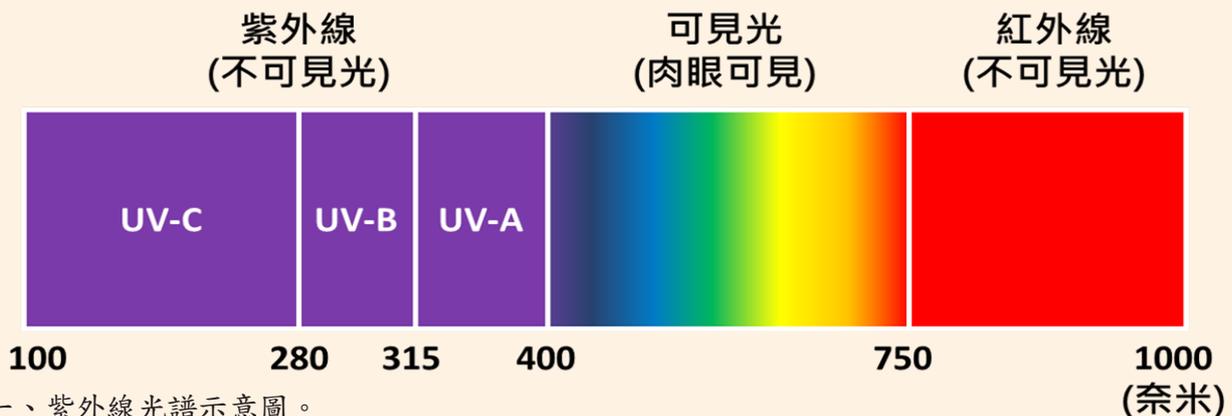
紫外線是什麼？

紫外線 (Ultraviolet, UV) 是屬於不可

見光，為平時人類肉眼無法看到的一種光線，依照波長可分為 UV-A、UV-B 與 UV-C，其中 UV-A 的波長最長（315-400 奈米），UV-B 次之（280-315 奈米），UV-C 最短（100-280 奈米）（圖一），波長越短頻率越高，其所含的能量亦越高，但穿透力較弱。照射到地球的太陽光當中即含有紫外線，其中大約 95% 為 UV-A，5% 為 UV-B，會穿透對流層，UV-C 則會被平流層中的臭氧（臭氧層）所吸收，無法照射到地面上，因此地球上的生物接收太陽光照射的紫外線，大部分會是 UV-A 以及少量的 UV-B，而沒有 UV-C。

紫外線 (UV-C) 做為防治病害的原理

一般常見的紫外線殺菌燈大多為低壓汞燈，其外型類似透明日光燈管，係利用電流激發汞蒸氣產生紫外線，其波長約為 254 奈米，屬於 UV-C 的範圍。病原菌等微生物的遺傳物質（亦稱作核酸，包含 DNA 與 RNA），其最大吸收光譜落在 250-270 奈米的波長範圍內，因此由殺菌燈所產生的 UV-C（254 奈米）在照射到微生物時會容易破壞其遺傳物



圖一、紫外線光譜示意圖。

質，使微生物無法複製並且死亡，因而達到殺菌的效果 (Rastogi et al., 2010)。除了直接殺死病原微生物之外，植物在受到 UV-C 照射後，會提早於植物體內累積抗菌物質，並且更快對病原微生物做出反應，因此產生抗病的效果 (Xu et al., 2019)。而 UV-C 的殺菌效果近年來更是發現，病原微生物在有光照的情況下，會產生核酸修補的酵素，讓 UV-C 的效果減低，而若將病原微生物放置在黑暗的情況下處理 4 個小時後再照射 UV-C，會促使其殺菌效果增加 (Janisiewicz et al., 2016)，因此若於夜間（例如半夜）進行 UV-C 照射，則可增加殺菌之效果。

紫外線 (UV-C) 進行植物病害防治使用注意事項

紫外線雖可殺死病原菌，但對於人體也會造成傷害，特別是對眼睛（視網膜）與皮膚等容易接觸紫外線的部位傷害最大，因此使用紫外線時人員最好離開現場，或設定自動啟動與關閉於夜間照射。若操作人員在現場，則一定要做好相關之屏蔽與防護措施（例如太陽眼鏡、防護面罩、長袖衣物等），避免直視與長時間暴露，以免造成傷害。此外，紫外線雖有殺菌作用，但是並非有照射就可以達到效果，需要精準測量其照射的強度與照射時間，並計算其照射之劑量（劑量 = 照射強度 × 照射時間）與照射頻率（例如每周照射幾次）所累積之劑量，劑量不足時效果不佳，劑量過多或頻率太高則會造成植物受到傷害，影響正常生理。

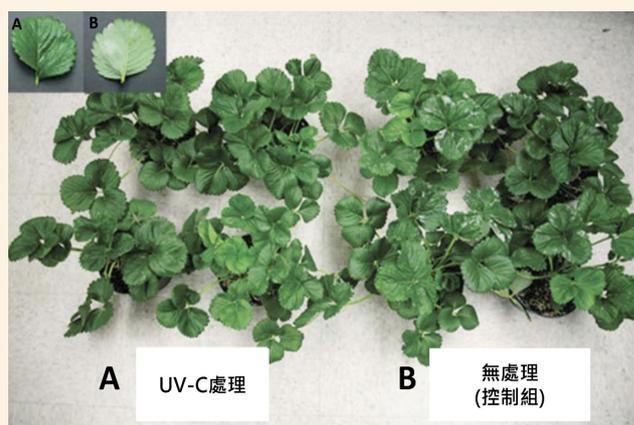
UV-C 於防治草莓病蟲害之研究

UV-C 最早用於草莓果實之採後處理 (post-harvest)，用來減少採收後的病害發生與增進果實品質 (Forges et al., 2020)，近十多年來更是擴展至採收前 (pre-

harvest) 處理的研究，用來減少植株病蟲害的發生。例如在接種白粉病孢子後，使用 UV-C 燈管距植株 30 公分處照射 60 秒，每周照射一次，能減少白粉病的發生（圖二） (Janisiewicz et al., 2016)，在使用 UV-C 照射接種灰黴病的果實方面，照射 UV-C 亦能減少果實灰黴病的發生（圖三） (Janisiewicz et al., 2016)。此外也有研



圖二、草莓果實在接種灰黴病孢子之後照射紫外線 (UV-C) 7 天後能有效減少灰黴病之感染發生 A: 無處理 (控制組); B: UV-C 處理。(資料來源: Janisiewicz et al., 2016. *Phytopathology* 106:386-394.)

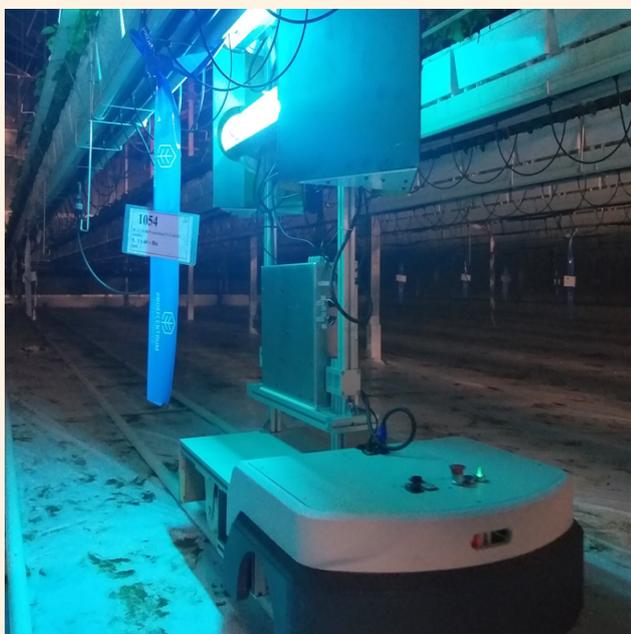


圖三、草莓植株在接種白粉病菌孢子之後照射 UV-C 4 周後能減少白粉病之發生 A: UV-C 處理; B: 無處理 (控制組)。(資料來源: Janisiewicz et al., 2016. *Canadian Journal of Plant Pathology* 38:1-10.)

究顯示，將有接種二點葉 的草莓植株，於每天晚上進行 UV-C 照射（同時照射上位葉與下位葉），連續照射 4 周後，可以明顯看到二點葉 的發生減少 (Short et al., 2018)。綜合以上於實驗室所進行之結果皆顯示，UV-C 對於草莓的白粉病、灰黴病與二點葉 能有不錯的防治效果。

利用自動化機具於草莓照射 UV-C 之應用

UV-C 對於草莓的病蟲害有防治作用，但是其所使用之 UV-C 殺菌燈管，較難於戶外田區進行應用，且若要在田區全面裝設殺菌燈管，其所需之設備成本偏高。因此為了解決這些問題，國外研究學者結合自動化機器設備廠商，利用 UV-C 照射時間短的特性，設計出自動 UV-C 照射機具，例如歐洲所發展出的 UV-ROBOT (www.nweurope.eu/UV-ROBOT)，其利用自動機具搭載直立式的 UV-C 燈管架，可於溫



圖四、直立式的自動 UV-C 照射機具。(資料來源：<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/uv-robot-innovative-uv-robotics-to-improve-existing-ipm-strategies/news/optimization-uv-c-strategy-to-control-powdery-mildew-in-strawberry/>)



圖五、圓拱型的 UV-C 自動照射機具。(資料來源：<https://sagarobotics.com/crops/strawberries/>)

室內自走巡邏並同時以 UV-C 照射草莓植株 (圖四)，實際於溫室內顯示出良好的防治白粉病效果，且與使用化學藥劑相當。此外，使用較低劑量，每周照射 3 次，比使用高劑量每周照射 1 次效果更好。另一個例子為美國佛羅里達大學與 Saga Robotics 公司合作開發的 UV 照射機器 (<https://sagarobotics.com/crops/strawberries/>)，利用圓拱型的設計，使種植草莓的畦通過其中，並同時照射 UV-C (圖五)，此種機器為大型的機具，可以於露天田區進行使用，也可以自動巡邏田區進行照射工作。相似的 UV-C 機具於田區試驗的結果顯示，每周照射 1-2 次可以有效減少白粉病發生 (Onofre et al., 2021)。

結語

紫外線 (UV-C) 為近年來開始受到國外矚目的物理防治方法，其對於不同植物病蟲害防治的效果與機制，皆有不錯的研究成果。此外，為達到節省人力與設備成本，可應用於溫室內與戶外的相關自動化機具正積極地進行開發，目前已進入田間試驗與商業化生產階段。UV-C 因其非化學毒，無殘留之特性，未來將可以配合作物病蟲害整合管理 (Integrated Pest Management, IPM) 來進行使用，以達到降低病蟲害發生與農藥減量之效果。