

電漿水應用於 作物病原防治之可行性

作者：林依佳、溫辰杰、林盈宏（國立屏東科技大學植物醫學系）
E-mail：pmyhlin@mail.npust.edu.tw

前言

植物病原菌為造成農作物產量降低的主因之一，為能有效防治作物病原，研究對環境友善、低汙染，且對人體及生物較為安全的作物病原防治技術，為目前農業發展的重點目標之一。電漿技術目前已在生醫、食品安全等領域中，發展出一些研究及實際應用案例，被證實具有殺菌、抑菌的效果，為一新興、具病害防治潛力之非農藥防治技術。本文即簡介「電漿技術」、探討「電漿技術」導入防治作物病原的可應用性，並分享一些對於防治作物病原的目前試驗案例，期望未來電漿技術能實際導入農業領域，與現行防治方法結合，以擬定更為良善的作物病原防治管理策略，降低作物受病原感染危害之產量與經濟損失。

電漿技術

電漿 (plasma) 又稱為等離子體，為物質之固態、液態、氣態外的第四態，而將氣體電漿化後之活性物質噴射進入水中，反應而成之水稱則為電漿水 (plasma-activated water, PAW)，為一種新穎、非破壞性的技術。目前研究證實電漿與電漿水皆具有殺菌或抑制病原菌生長的效果，已有一些應用於醫療、食品安全、農業等領域的實例及研究報告。

如同前述，物質型態目前已知有四種狀態，分別為固態、液態、氣態與電漿態，而電漿態之物質可經由高溫，或是藉由外加電場提供足夠能量，使氣體分子因加熱吸收能量後進入電離狀態，並產生大量的高活性物質，如游離電子、帶電離子、自由基 (radicals) 與原子 (atoms) 等，並可產生熱能及光能，因此這些

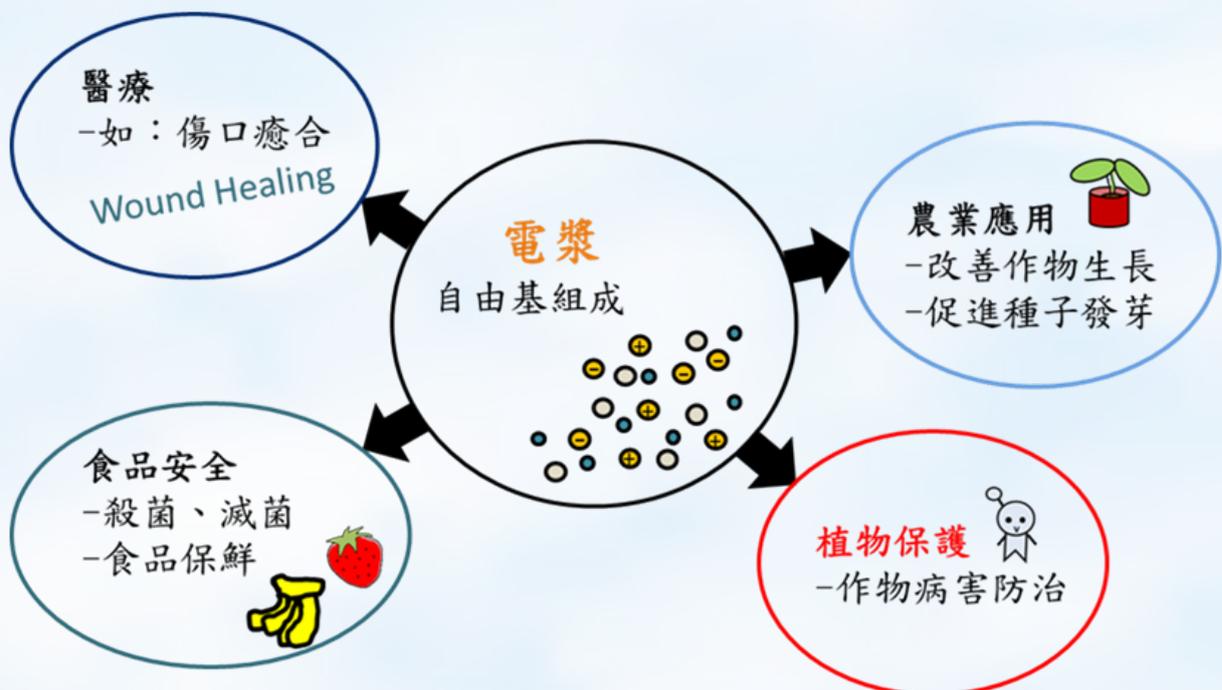
高活性物質，具有殺菌及滅除微生物的能力。電漿可分為熱電漿 (thermal plasma) 及非熱電漿 (non-thermal plasma)。其中非熱電漿又稱非平衡電漿 (non-equilibrium plasma)，指氣體處於低溫的情況下，卻仍存有高能量之電子，此特性可讓電漿技術在不用加熱氣體的狀況下，產生具有高能量的電子並加以利用。

目前常用之消毒技術中，大多使用加熱或處理化學藥劑的殺菌方法進行消毒，而這些方法通常成本較高、耗時較長，且可能會因高溫處理，而破壞產品外觀及品質，或殘留有毒化學物質而有汙染環境等疑慮。相較於前述的殺菌技術，非熱電漿技術具有耗時短、低成本且對人畜及環境危害小之優點。於醫療應用中，於臨床上，已有應用電漿技術來幫助人體傷口癒合、活膚再生的案例；於食品安全應用上，亦有針對食源性微生物（如大腸桿菌、金黃色葡萄球菌等）、食品包裝材料消毒與滅菌的相關研究報告，經電漿處理後可以降低食品汙染，幫助保鮮；農業研究多著重於改善作物生長、減少種子發芽障礙等，而直接應用於植物保護之研究則較少（圖一）。

電漿技術所產生之高活性物質具備殺菌與滅菌的能力，並易於降解，對環境較安全、無毒。綜合其具備的特性來看，將電漿技術應用於植物保護、防治作物病原上應有相當大的潛力。

電漿水主要抑菌因子

由目前的研究報告得知，電漿水於製備過程中會產生硝酸與亞硝酸之活性氮化物 (reactive nitrogen species, RNS) 及臭氧



圖一、電漿技術應用現況 (林依佳製作)。

與過氧化氫等活性氧物質 (reactive oxygen species, ROS)，並使得水質酸鹼度降低，並使水中氧化還原電位以及導電率提升。上述由電漿導入水中造成水質改變之因子，目前被認為是具有抗生能力的原因之一；在研究中亦發現，上述物質會讓植物病原的細胞破損甚至於電解液滲漏，使其失去活性，進而達到抑菌之效果。

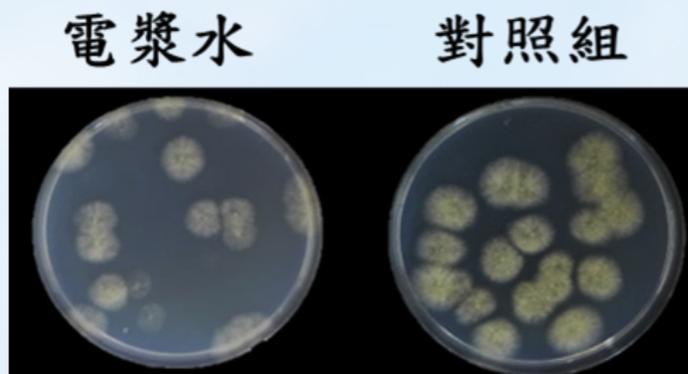
應用電漿水防治作物病原

目前已有學者將食源性微生物 *Staphylococcus aureus* 接種於草莓果實上，並以電漿水進行防治試驗後，測量微生物之生菌量。結果發現：與未處理組相比，電漿水處理過後之草莓，於處理完當天菌量滅菌率為 96.67% 至 99.8%；儲藏至第四天時滅菌率則達到 98% 至 99.96%；在果品方面，經過電漿水處理後之草莓的顏色、硬度與 pH 值皆無顯著變化；此外，亦有學者指出：中國楊梅 (*Myrica rubra*) 在浸泡電漿水後，所有處理均能至少降低 50% 的果實衰敗率，且可減少果實儲藏期間的生菌數。這些結果顯示：電漿水技術或能成為新興

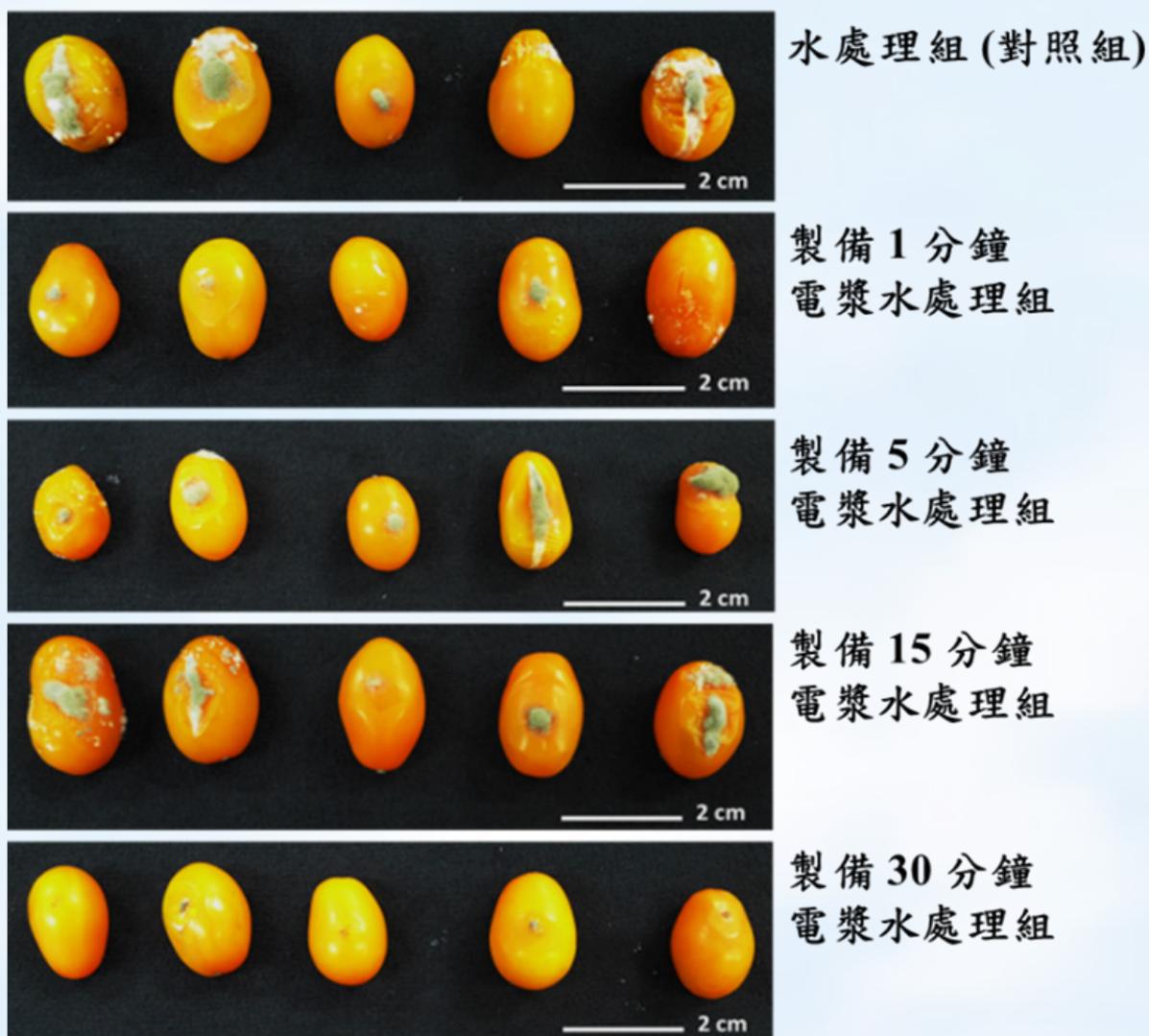
之果實消毒方式。

而目前本研究室以電漿水針對多種作物病原測試其抑菌效果，包括炭疽病菌 (*Colletotrichum* spp.)、萎凋病菌 (*Fusarium* spp.) 與瘡痂病菌 (*Pestalotiopsis* spp.) 等，試驗後皆具有一定防治效果。電漿水處理後之炭疽病菌病原孢子，於培養後進行觀察，與未處理組相比可降低病原孢子之活性 (圖二)，試驗結果表示電漿具有防治作物病原之潛力。

此外，初步測試電漿水防治果實上灰黴病



圖二、炭疽病菌經電漿水處理後之菌落照。



圖三、以不同製備時間之電漿水對番茄灰黴病罹病果實進行防治試驗。

(*Botrytis cinerea*) 之效果，在番茄接種灰黴病菌後，浸泡電漿水可降低番茄灰黴病斑面積（圖三）。製備時間越長的電漿水對番茄灰黴病防治效果更佳（製備 30 分鐘 > 製備 15 分鐘 > 製備 5 分鐘 > 對照組），灰黴病斑面積隨著電漿製備時間縮短而增加。

未來發展與結語

電漿技術具有殺菌與抑制微生物生長效果，且已應用於如醫療、食品安全與農業等諸多領域。而在植物病原防治之應用上，目前筆者研究室已使用非熱電漿製成之電漿水對多種作物病原進行試驗，發現電漿水對多種病原菌

具有良好的抑菌效果（包括炭疽病菌、萎凋病菌及瘡痂病菌等）。在作物上進行之防治試驗後亦發現（包括番茄、草莓及芒果等作物病害），試驗結果亦證實電漿水能於不同倉儲時間下，降低病害發生，減少果品損失。綜合前人研究報告與筆者之試驗結果，電漿水技術對於作物病原應有可期之防治潛力。例如對採收後果實進行電漿水處理，能增長果品保鮮或倉儲期限等，若能更深入研究其抑菌機制，並進行田間病害防治試驗，建立適當之電漿水防治管理策略，相信在未來，電漿技術能成為農業領域、植物保護與病害防治上的一大利器。