

生物防治在永續農業之作為

Performance of Biological Control on Crop Sustainable Management

蔡東纂

國立中興大學植物病理學系

摘要

21 世紀人類要克服的三大主題為人類健康、環境保護與糧食匱乏。面對 19 世紀中期以來作物明顯產值降低問題，究其衍因不外經濟栽作模式在有限的可耕地造成連作障害的後遺症。土壤物理性狀劣化、化學元素失衡和植物病原菌孳長等因素導致作物根系生育不良。影響所及包括水份、養份吸收，荷爾蒙生成和養份貯藏轉流等。亦即忌地(soil sickness)現象之衍生，極需的農業作為是土壤健康與活化的永續性全套系列性作為。

人類農耕歷史已越 10000 年，進步最速的則是近百年，尤其 1960 年蓬勃發展的農用藥劑，具有製造快速便宜，效果立竿見影，廣為利用。化學肥料更明顯的在作物產值上超越從前。這兩樣科技文明的產物迅即成為栽作萬靈丹，遍及全球。果如其然，這在發展中國家頗蒙其利，如中國大陸，1961 年來糧作大幅增產 4-5 倍。然過猶不及，文明和自然的和諧有所偏執後，生態環境首當其衝，如生物多樣性降低，土壤惡化，空氣、土壤及地下水污染等後果。

1920 年迄今，科學家們竭智於自然回歸，希冀自然物質再循環，利用天敵防治作物病蟲害與友善環境的生態正義作為來挽救地球地被生物。植物保護領域的專家倡導以整合管理(integrated pest management)方式自慣行農法而健康模式，進而採行生態、

有機農法，目標在永續農業施作。此套 IPM 模式自 1959 年提出，1998 年始有防避、抑制及監控等作為。其可貴之處在不悖離實際本務，漸進式朝生態農作進行，易融入世界各國不同耕作項目和體系。除了農用化藥劑及肥料之使用外，也提出作物病蟲害生物防治(biological control)的理念與作為。

通常，生物防治的意涵鎖定在天敵概念的拮抗(antagonism)作為，亦即以天敵(微生物)抑制對象(微生物)族群發展。所需了解的是兩者的生物、生態、行為、物種、存活條件、養份、飼養(增殖)及應用模式等。針對主要對象病蟲害的拮抗(微生物)，有些棲生於農地內或無，故其施作採大量施用之人海戰術、少量多次施放及施用天然有機物質誘發其族群等三種方式。其拮抗機制主要是代謝產物內含的抗生物質(antibiotics)、揮發性化合物、鐵載體(siderophores)或誘發植物抗病性等作用。關鍵技術在於如何使施放的拮抗(微生物)在農地中持續生存，甚至擴展其族群。許多報告顯示，外加拮抗(微生物)族群衰亡甚速，常不足月即失去蹤跡。

寄生(parasitism)現象是學者們頗感興趣的領域，就菌類而言可分 necrotrophic 及 biotrophic 兩寄生型，常見的是真菌寄生於真菌上，即所稱之超寄生(mycoparasite 或 hyperparasite)。前者無需侵入對象菌體內，靠對方菌絲釋出的養份生存，再分泌有毒物質及細胞壁分解酵素致對象真菌死亡。後者需接觸對象真菌，入侵其體內，獲取養份，常不造成對象真菌重大危害。

誘發植物抗病性(induced disease resistance)的微生物常是根圈促進植物生長的有益微生物。使植株內形成系統性抗病(induced systemic resistance)機制，包括 chitinases、 β -1,3-glucanases 及 peroxidases 等。又可生成 IAA、gibberellins 及 cytokinins 等荷爾

蒙。在生物防治上，單一菌株即可奏效，目前已成為全球明星標的物。

上述的生物防治現象僅可作為建構農地健康土壤永續施作的一部份。最合乎自然生態農法的生物防治須以根圈有益微生物和植物病原菌之養份和生態場所競爭(competition for nutrients and ecological niche)行為作基礎。此領域可應用的微生物甚廣，涵括非病原性及腐生性強之地上部與根圈菌類。施用範圍包括花朵、葉片、莖枝、樹幹、根系、種子、苗木及傷口等。使微生物成為主要纏據者或先驅纏據者(major or pioneer colonist)，排拒病原菌入侵，是其主要功能。此類微生物的分離篩選特性須具備一、病蟲害拮抗性強，產生抗生物質及誘發作物抗病性；二、適地腐生性，利用且纏據於土壤有機質及植物殘體，即具有強腐生性；三、契合耕作體系，以推展永續作為；四、促進植物生長，如開根、溶磷、形成植物荷爾蒙等。所以，拮抗微生物同時也具有生物肥料功能。

永續健康土壤農作體系(sustainable healthy soil farming system)是長效(long term)的生物防治作為，須建立在土壤物理、化學及生物良好性狀上。健康土壤的生物指標(bioindicators)著重在多樣化和數量充足的大、中、微小生物群落上，方足以維持生態系穩定的高品質環境，以排拒或抑制植物病原生物，亦即抑病土(suppressive soil)的建構策略。其機制有二，一、使植物病原菌無法生存或建立族群；二、病原菌可建立族群，但致病力弱或無。亦即其功能不在抑制或直接殺死病菌，而是使之無法棲生或殘存。其作為分為二類，一為一般抑制(general suppressive)，為微生物大量作用(total active microbial biomass)，主要是競爭養份和生存空間，對植物病原菌而言，是另類的靜菌(biostasis)功能；二為特別抑制(specific suppressive)，以特定的拮抗微生物，針

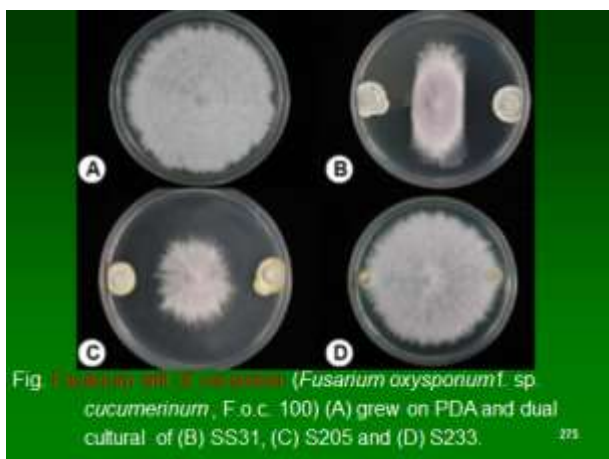
對性的在病菌的生活史中，全程或特定生長時期，抑制或傷害其菌體和功能(如發芽、菌絲生長、入侵機構形成、侵染過程作為等)。永續性農法的執行，先以特別抑制法降低作物發病率，確保產值不致低落，同時以一般抑制法回復地力，土壤健康化。是故，抑病土之一般抑制和特別抑制作為在執行永續農法初期是相互調用的。

抑病土中微生物的族群發展有賴有機質，其成份有 50% 為碳，40% 為氧，5% 為氫，4% 為氮，1% 為硫。故土壤有機碳儲積(soil organic carbon pool)是執行抑病土的先決條件。通常 2% 的有機碳約等於 3.4% 有機質，土壤中須 2.5% 以上有機碳才可謂穩定。維持有機碳的施作有耕作綠肥、土壤藻類培育、草生栽培及添加有機肥等方法。以天然材質配合微生物製作有機液肥可適應不同生長型態及種類作物之禮、基及追肥管理，包括水耕、礫耕、岩綿及離土栽培介質耕等農法。依作物生長階段、季節、適時適量有效率合理化供給養份，機動性的調節配方養份比例及種類，噴施葉面可收即時補充養份之效。有機液肥中之微生物如選用特別抑制性菌株，亦同時有生物防治之防病蟲害功用。

以有益微生物製造的有機液肥施用於蔬菜園，一個月後土壤中微生物、藻類和腐生性線蟲族群分別增加 36、242、185%。配合玉米綠肥施作，築畦和排水改良，蔬菜生產良好。

離土栽培，根域限制下，以有機液肥全程灌施，省時省工，吸收效率高，可即時調節溫室效應下肥培管理的不足處。所採用的促進根群生長之有益菌可使根域佔滿生長空間，活性亦高。依作物生育不同階段，調節養份需求，以水帶動元素移動，是較均勻的肥培方式。

供試的柑桔園計 67 處，多數感染疫病和柑桔線蟲或根腐線蟲；甜柿園 3 處及梨園 6 處感染白紋羽病及葡萄園 5 處感染根瘤線蟲。18 年來，草生栽培，針對上述主要病原施行特別亦致處理後，再以一般抑制處理法施作，多年來果樹由衰轉強，樹勢及產值穩定。



培養皿中呈現的抗生、競爭和揮發性氣體之拮抗現象。



促進生長之有益菌對蔬菜發育助益明顯



微生物處理枝條切口也有癒合效用



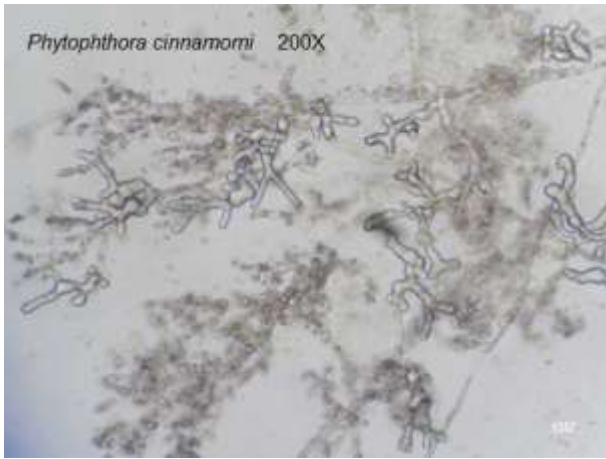
腐生性強微生物可讓農友於開放空間簡易醱酵製作液態肥料



永續性的蔬菜連作田



離土栽培更易掌控產值



特別抑制用微生物分解疫病菌絲



感染疫病菌及線蟲柑桔株已回復生機