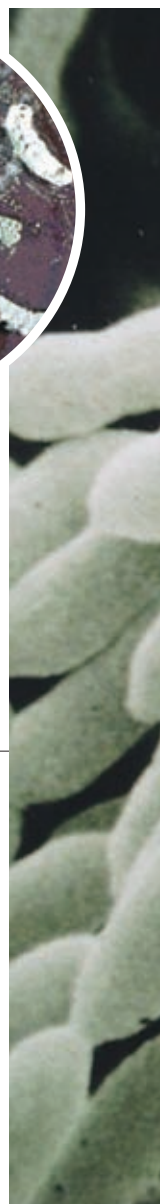


微小世界的貢獻—— 生物農藥



黑殭菌感染甜菜葉蛾



■ 葉瑩

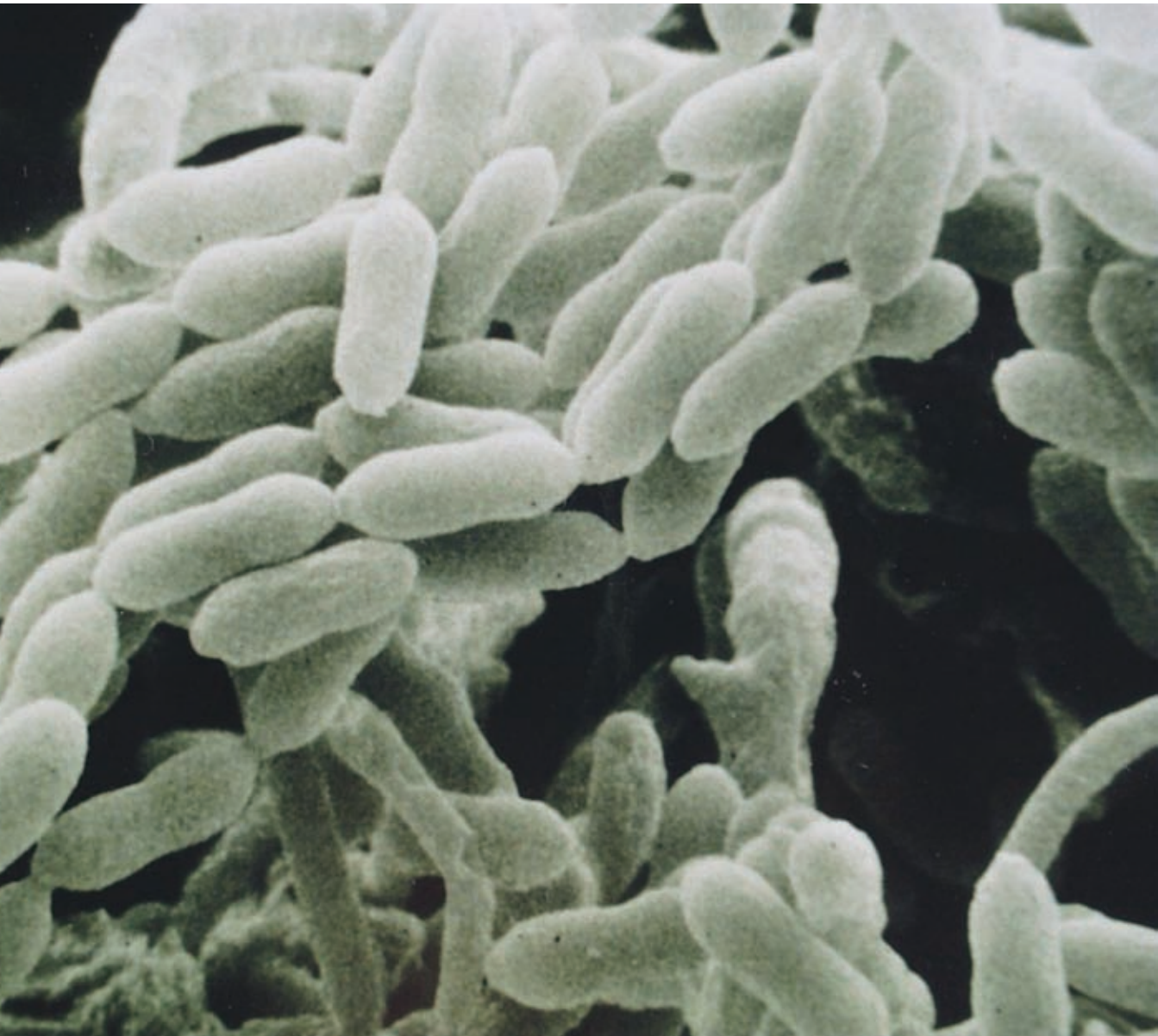
有些生物並不爭食農作物，
反而是以有害生物做為食物，
或和牠們競爭生存空間，
這種特性對從事農業生產的人來說，
倒是提供了一個絕佳的利用機會。

有益和有害生物

自然環境中，真菌、細菌、病毒、菌質體等微生物，以及線蟲、昆蟲、蟎類等小型生物幾乎無所不在，牠們在自然界的食物鏈中扮演著相當重要的角色。

「民以食為天」，農作物是提供人類食物和營養的重要來源，但是其他生物也要分一杯羹，因此農作物就成為多種生物爭食的對象。在農業生產的過程中，農民必須不斷地和這些生物對抗，因為牠們在享用田間美食的時候，也導致了農作物的許多病蟲害，不但影響產量和品質，嚴重時甚至使農民沒有收穫。為了避免或降低這類有害生物的危害，農民必須想盡辦法，採取必要的預防性或治療性措施，來防治這些對農作物有害的生物，期望能夠有豐產質優的好收成，以維持經濟收益，同時提供民生所需。

但有些生物並不爭食農作物，反而是以



黑殭菌

這類有害生物做為食物，或和牠們競爭生存空間，這種特性對從事農業生產的人來說，倒是提供了一個絕佳的利用機會。相對於那些有害生物，這些生物對人類來說是有用的，對農業是有益的。由於一般農民最常使用的病蟲害防治方法是施用化學農藥，而為了避免過度倚賴化學農藥可能產生的影響，利用有益生物製成的生物農藥就成為另一種安全且有效的防治資材，可應用在病蟲害綜

合防治管理上。

什麼是生物農藥

生物農藥（biopesticides）是指自然環境中可做為防治病蟲草害用途的生物體，如動物、植物、微生物，以及衍生的天然產物。早期生物農藥如尼古丁、魚藤精、除蟲菊、一些植物油等，已用來防治蟲害。20世紀初期對微生物的研究，更促進

一般農民最常使用的病蟲害防治方法是施用化學農藥，而利用有益生物製成的生物農藥已成為另一種安全且有效的防治資材。

生物農藥的優點在於寄主專一性高；較化學農藥安全無害；不容易產生抗藥性問題；對環境生態衝擊比化學農藥小；可保存遺傳資源，也是可以重複利用的資源。

了微生物農藥的開發。

我國把生物農藥區分為天然素材農藥、生化農藥及微生物製劑3類。天然素材農藥指不以化學方法精製或再加以合成的天然產物，如除蟲菊精、魚藤精、印楝素、菸鹼、皂素等。生化農藥則包括以生物性素材經化學萃取或合成而其作用機制無毒害的昆蟲性費洛蒙、誘引劑、荷爾蒙、生長調節劑等，如甜菜夜蛾、甘藷蟻象的性費洛蒙等。

微生物製劑是用於防治農作物病原、害蟲、雜草，或誘發農作物抗性的微生物，或其有效成分經由配方所製成的產品，來源包括真菌、細菌、病毒、原生動物、線蟲等，一般是由自然界分離，也可以經過人工改良，如人為誘變、汰選或基因改造得到。

美國把生物農藥分為微生物製劑、生化農藥和植物農藥，後者是指基因改造植物如Bt玉米、耐嘉磷塞除草劑棉花中的蛋白質及遺傳物質。

生物農藥的作用機制

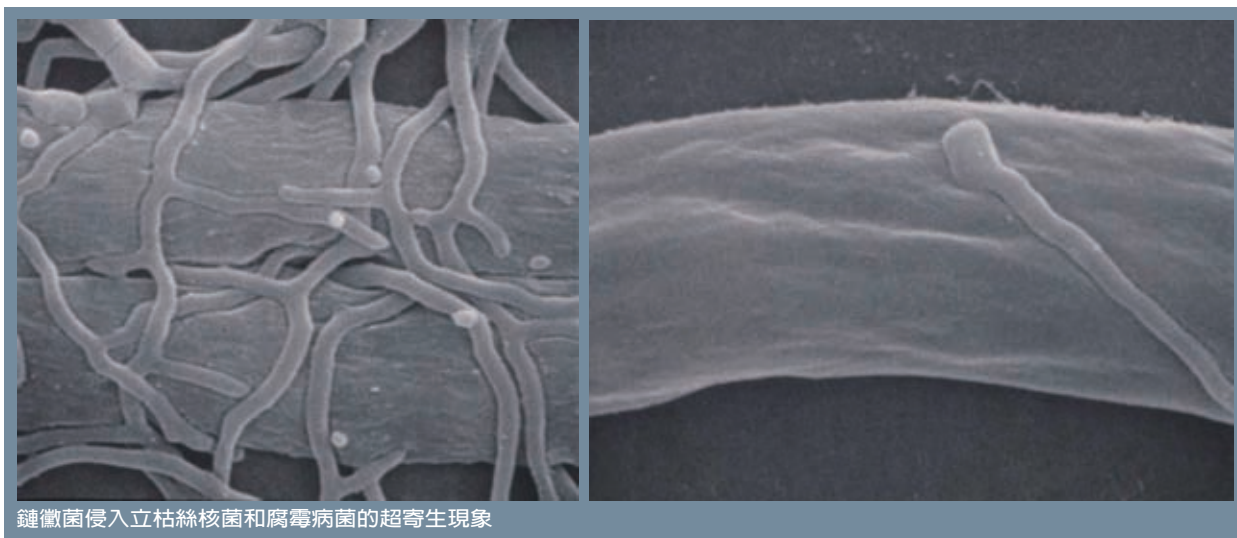
生物農藥的作用機制包括：競爭作用—

即做為生物農藥的微生物和病原競爭營養基質；抗生作用—微生物產生的代謝產物（如鏈黴素）會抑制病原；超寄生—病原菌被其他微生物如木黴菌所寄生；捕食作用—如某些真菌會捕食線蟲，有些線蟲也會以真菌為食；寄生作用—自然界中的昆蟲會受到病原微生物如黑殭菌的寄生感染而死亡；誘殺作用—用昆蟲傳遞訊息的化學物質性費洛蒙或誘引劑誘殺害蟲；誘導抗性—誘發寄生的防禦機制，但本身並無殺菌作用。

一般而言，生物農藥的優點在於：寄主專一性高，不會危及非目標生物；對人畜、農作物、有益昆蟲等較化學農藥安全無害；無殘留量問題，也不容易產生抗藥性問題；暴露風險低，較無污染問題，對環境生態衝擊比化學農藥小；可保存遺傳資源，也是可以重複利用的資源。

生物農藥種類

生物農藥依防治的對象，可分為生物殺蟲劑、生物殺菌劑、生物除草劑、生物殺線蟲劑等。



鏈黴菌侵入立枯絲核菌和腐霉病菌的超寄生現象

生物殺蟲劑 病毒—大都以桿狀病毒為利用對象，它的天然寄主是家蠶。病毒包括顆粒體病毒和核多角體病毒，後者又分為多核多角體病毒和單核多角體病毒。

細菌—最主要的是蘇力菌，其他有甲蟲桿菌、球形芽胞桿菌、假單胞菌屬等。

真菌—常利用的有白殭菌、黑殭菌、綠殭菌、擬青黴菌、蠟蚧輪枝菌等。

線蟲—市面上以異小桿線蟲、斯氏線蟲兩屬為主。

原生動物—例如微粒子屬的蝗微粒子可防治蝗蟲。

天然素材—自印度苦楝樹種子抽出的苦楝油含有印楝素，具殺蟲效果，對象如甜菜夜蛾、包心菜尺蠖、小菜蛾等。

生化物質—如斜紋夜蛾性費洛蒙、甘藷蟻象性費洛蒙、地中海果實蠅誘引劑等。

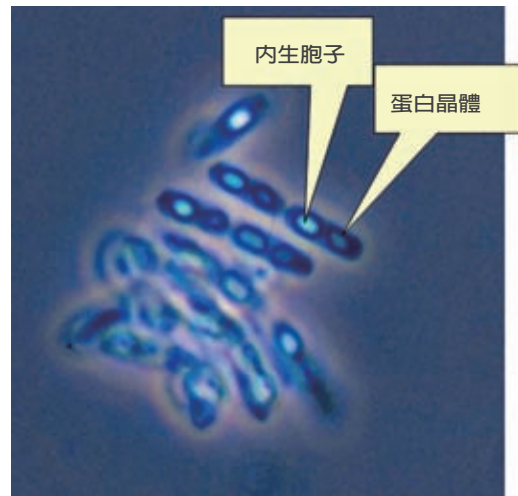
生物殺菌劑 用於病害防治、種子處理、水果採收後處理。細菌—如農桿菌、枯草桿菌、螢光假單胞菌、鏈黴菌等。真菌—如白粉寄生菌、木黴菌、粘帚黴菌等。酵母菌—如 *Pichia*、*Rhodotorula* 等。

生物除草劑 用於雜草防除。細菌—以黃單胞菌為主。真菌—如鏈格胞菌、炭疽菌、疫病菌、菌核病菌、銹病菌等。

生物殺線蟲劑 用於線蟲防治。細菌—如穿透巴斯德芽菌、薩臘賽鏈黴菌等。真菌—包含捕捉線蟲的真菌如 *Arthrobotrys irregularis* 及 *A. robusta* 等、線蟲內寄生真菌 *Drechmeria conispora*、線蟲卵寄生菌淡紫青黴菌等。

生物農藥的應用

蘇力菌 蘇力菌是現今唯一大量商品化的生物殺蟲劑，廣泛應用於不同害蟲包括



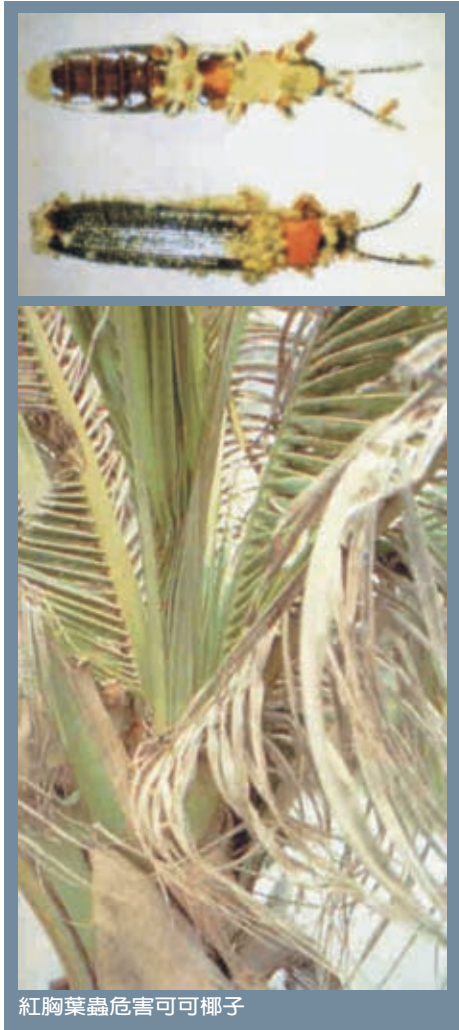
蘇力菌内生孢子及蛋白晶體

鱗翅目、雙翅目、鞘翅目等的防治，占全球最大市場。蘇力菌在台灣登記用於防治小菜蛾、菜心螟、大菜螟、玉米螟、擬尺蠖、紋白蝶、茶蠶等。蘇力菌是革蘭氏陽性桿狀細菌，菌體細胞會產生內孢子，孢子旁伴隨形成一伴胞晶體，成分是蛋白質，由殺蟲晶體蛋白基因所控制，是具有殺蟲作用的 δ 內毒素。

蘇力菌的毒素基因已被轉殖至幾種植物體中，使轉殖植物產生毒蛋白，增加抗蟲能力，如轉殖棉花抗棉鈴蟲，轉殖番茄抗番茄夜蛾，以及轉殖玉米防治玉米根蟲。蘇力菌是一種胃毒劑，被昆蟲吞食後，其結晶蛋白可溶解在腸道鹼性溶液中，而被腸道內酵素分解，釋出活化的毒素，導致腸皮膜崩潰，昆蟲麻痺，停止攝食。孢子也能進入體腔，引起壞血病。一般在吞食 48 至 72 小時內死亡。

黑殭菌 1975 年，屏東縣佳冬鄉發現紅胸葉蟲入侵，嚴重危害可可椰子。幼蟲和成蟲都食害未完全展開的新葉，使植株無法行光合作用。

為防治紅胸葉蟲，除自關島引進天敵袖小蜂外，屏東科技大學研究人員自被感染的紅胸葉蟲蟲體中分離出黑殭菌 *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*，其中 MA-1 分離株對鞘翅目及鱗翅目昆蟲具有



紅胸葉蟲危害可可椰子

強致病性。經化學藥劑誘變獲得抗免賴得的 MA-126 變異株，做成孢子製劑後噴施可可椰子，能顯著降低可可椰子紅胸葉蟲的族群，防治 8 萬株以上的椰子樹。

枯草桿菌 中興大學研究人員自田間土壤及栽培介質中，篩選出具有廣效拮抗性的枯草桿菌菌株，對立枯絲核菌、白絹病菌及番茄細菌性斑點

病有極佳的拮抗效果。

美國 AgraQuest 公司於 2000 年獲得核准登記 *B. subtilis* strain QST 713，用以防治多種作物如葡萄、甜椒、馬鈴薯等的白粉病、露菌病、晚疫病、細菌性斑點病等。QST713 並被列進歐盟農化註冊指令的附錄 1。

粘帚黴菌 水稻紋枯病是水稻的重要病害之一，中興大學研究人員發展出把 G-8 菌株的厚膜孢子製成可飄浮性粒劑，施用於水稻田，對水稻紋枯病具有防治效果。

粘帚黴菌製成的粒劑（商品名 SoilGard）在美國登記，可用於溫室中防治腐霉病菌及立枯絲核菌引起的種苗猝倒病，在田間可降低胡蘿蔔和番茄的白絹病害，增加產量。

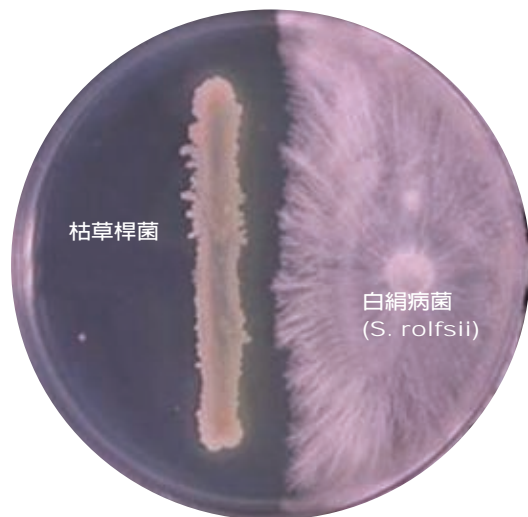
木黴菌屬 紅豆是高屏地區的重要冬作，在生育期中會受到立枯絲核菌為害，影

響產量至鉅。屏東科技大學研究人員自土壤中篩選出強拮抗性真菌 *Trichoderma koningii* 的耐 benlate 菌系，經於植穴添加拮抗菌培養物或製成孢子懸浮液包覆紅豆種子，可顯著增加紅豆健康植株約 14 至 56%，每株產量也增加。

美國康乃爾大學研究人員研發出 *T. harzianum* 的 T-22 菌株，經核可登記由 BioWorks 公司銷售，防治對象包括腐霉菌、鏟胞菌、立枯絲核菌、灰黴病菌、白粉病、露菌病等。

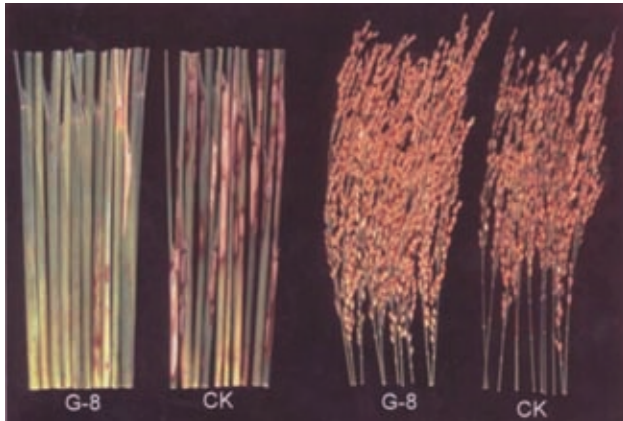
整合性防治管理

生物農藥源自許多微小的生物，個體雖然小，對農業生產和病蟲害防治卻可有相當大的貢獻，即所謂的小兵也能立大功。不過要讓生物農藥發揮實質效力，最佳的方式就是在整合性病蟲害防治管理（integrated pest management, IPM）體系中加以運用。IPM 是植物保護很重要的一項工作，是以維護生態為出發點的病蟲害防治法。生物農藥是 IPM 中的一個重要元素，施用生物農藥意

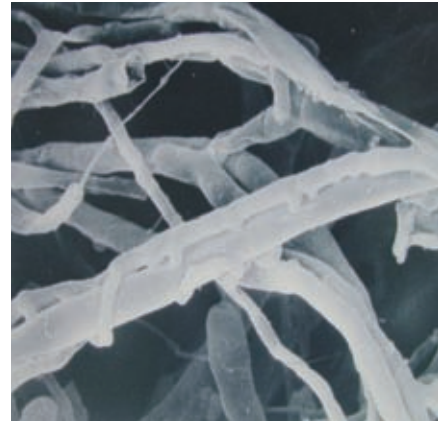


枯草桿菌與白絹病菌對峙培養呈現拮抗作用

要讓生物農藥發揮實質效力，
最佳的方式就是在整合性病蟲害防治管理體系中加以運用。



粘帚黴菌生物製劑防治水稻紋枯病



粘帚黴菌寄生水稻紋枯病菌



木黴菌

味著可以減少使用化學農藥。

惟鑒於生物農藥發揮效果往往較化學農藥緩慢，要完全取代化學農藥尚難符合農作物生產的實際需求，因此生物農藥宜搭配包括使用化學農藥的其他方法以進行病蟲害防治。此外，開發生物農藥時，須考量環境氣候及化學農藥的可能影響，並把這些影響降至最低，使生物農藥在整合

性防治管理體系中能發揮最大功效。目前生物農藥的全球市場占有率雖然不大，但在持續加強推動 IPM 的觀念下，預計未來的市場規模將可大幅成長。 □

葉瑩

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局