



枯草桿菌菌株抑制檬果（芒果）炭疽菌絲生長的情形

生物農藥，指可作為植物保護用之天然物質，包括動物、植物、微生物及其所衍生之產品。依施作靶標害物為對象，生物農藥與傳統農藥皆可分為殺蟲劑、殺菌劑以及除草劑 3 類；若依來源別區分，可分為生化農藥、微生物農藥與植物生產之農藥等 3 類。由於生物農藥沒有危害人、畜或生態之虞，是現代全球農藥發展與農業生技的重要研究方向之一。

## 微生物殺菌劑 · 枯草桿菌（上）

文圖 | 謝奉家 農業藥物毒物試驗所

近年來台灣政府已加強生物性農藥之研發與輔導業者等措施，加上消費者對農藥殘留問題的重視，以及有機蔬果生產業者對生物性農藥的需求，因此產品需求市場將會擴大。許多重要的植物病害均是由土壤或根圈真菌所引起，研究人員利用土壤微生物間的拮抗作用，研發抑制真菌生長的生物防治藥劑，應用於田間防治。目前從自然界已篩選出一些具有殺菌活性的微生物，在國內外也有微生物殺菌劑產品上市，例如，枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*)、木黴菌 (*Trichoderma* spp.)、假單胞菌 (*Pseudomonas* spp.) 與放線菌

(*Streptomyces* spp.) 等，本文以台灣農友較為熟知的枯草桿菌為題，期能深入淺出，為大家解答部分疑惑。

### 施用枯草桿菌可減少對環境及農民危害

枯草桿菌 *Bacillus subtilis* 為 Cohn 於 1872 年所命名，*Bacillus* 在拉丁文中是短桿狀的意思，而 *subtilis* 在拉丁文中是細長的意思。枯草桿菌為芽孢桿菌屬 (*Bacillus* spp.)，是一種需氧性、產芽孢的桿菌，屬於革蘭氏陽性菌。通常為長鏈狀，具周生鞭毛且能夠運動，會形成內生孢子，普遍存在於土壤及植物體表，在食品、飼料

添加物、酵素和種子保護劑等生技產業發展應用已有多多年，為一般認定屬於安全的有益微生物。由於枯草桿菌會與病原菌競爭根系中的養分，進而成為優勢菌種，降低病原菌的危害，加上可以產生內生孢子，在逆境下易於存活，且在產孢過程中，可產生對多種病原菌具有抑制作用之抗生物質 (antibiotic substance)，具有廣大的應用性，因而在植物病害防治應用性之開發，多年來備受重視。

枯草桿菌不僅可以直接噴灑植物葉片來保護葉部真菌病害，例如菜豆銹病，亦可施用於土壤或做種子拌種處理以預防土壤病害，其對多種作物的生長，尤其是根部的發育，有極為明顯的促進作用，還可做為蔬果採收後防止腐敗的抗真菌劑，例如桃褐腐病與柑桔青黴病等。多年來有關枯草桿菌的研究開發，大都著重在土壤傳播性病害方面，例如學術研究機構已證實具應用潛力之病害標的包括康乃馨莖腐病 (*Fusarium roseum*)、玉米苗枯病 (*F. roseum*)、甜菜舞病 (*Rhizoctonia solani*)、洋蔥白腐病 (*Sclerotium cepivorum*)、

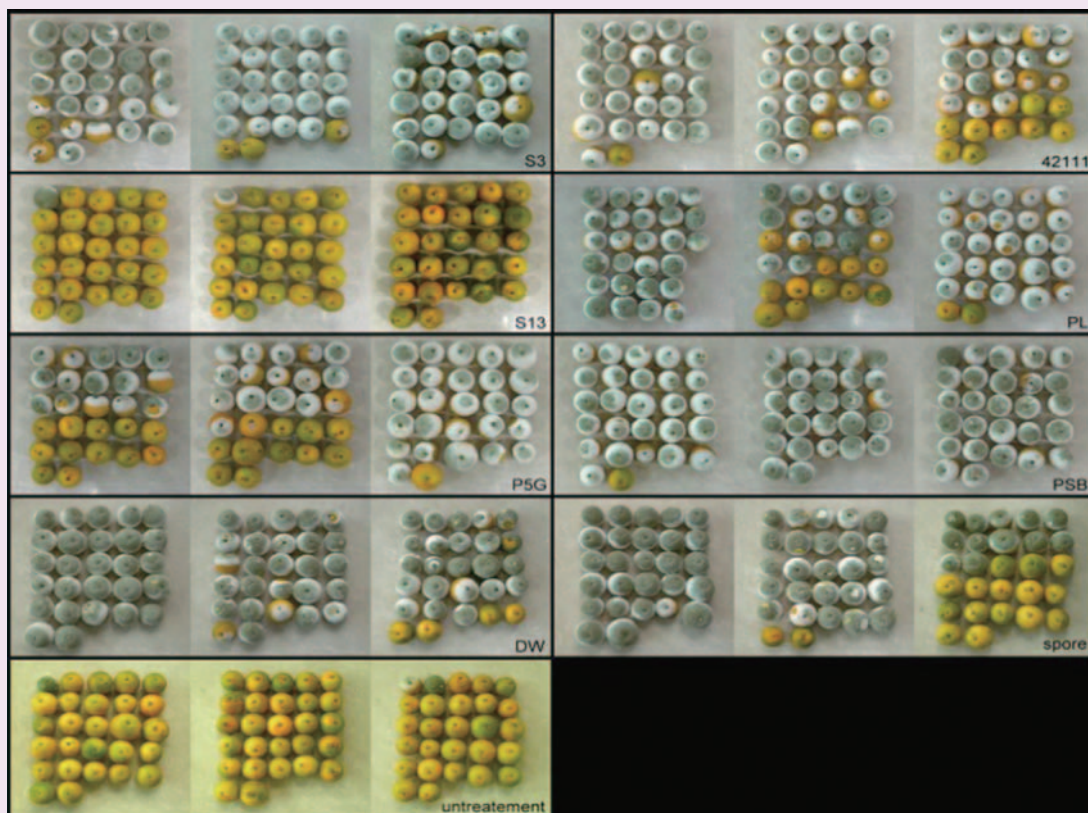
菊花莖腐病 (*R. solani*)、蘋果癌腫病 (*Agrobacterium tumefaciens*)、葡萄枝枯病 (*Eutypa lata*)、楓樹黃萎病 (*Verticillium dahliae*) 以及柑桔綠黴病 (*Penicillium digitatum*) 等。

另外，中興大學植病系篩選到 BS1 菌株，該系經溫室與田間試驗測試，證實其對於菸草白星病 (*Cercospora* sp.)、茄科作物細菌性葉斑病 (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)、芒果細菌性黑斑病 (*X. campestris* pv. *mangifera-indicae*) 以及山蘇、蟲草與山藥等作物白絹病 (*Sclerotium rolfsii*) 的防治，效果均明顯優於推薦推廣的化學藥劑。而該系經由人工接種測試初步證實，對水稻白葉枯病 (*X. oryzae* pv. *oryzae*)，亦有很好的防治效果。尤其，對蘭科植物、豆科作物、青心烏龍茶樹、金線蓮等，生長促進作用均相當明顯，產量亦優於未處理者。

枯草桿菌不只可增加農產品的安全性，有利於農產品的外銷，更可創造農民更高的收入，同時兼顧國民食的健康，並減少化學農藥對環境及農民造成的衝擊及危害。近年來，農委



枯草桿菌菌株防治檸檬炭疽病的效果 (第 19 天)



拮抗菌株防治柳丁青黴病的效果 (第 5 天)

會藥毒所針對國內本土枯草桿菌與相關芽孢桿菌屬進行拮抗菌株篩選與蒐集，獲得一些具研發潛力的菌株，並分析及確定它們的拮抗成分、量產製劑與訂定規格，正進行未來商品化、儲運、施用等相關評估作業，期能開發不同的田間應用方式。

### 枯草桿菌對病原菌具拮抗作用

枯草桿菌製劑的植物病害防治機制，至今尚未全盤瞭解。主因在於它所表現出來的功能是多重作用機制的結果，包括與病原菌競爭營養及空間、抗生物質的作用、促進土壤中大分子的分解與營養的有效吸收、改善土

壤性質以及促進作物生長與抗病性等，需要許多因素相互搭配，才能達到成功的拮抗作用。例如，把孢子活菌施用於作物的葉面和果實的表皮上與土壤中，會與病原真菌進行生長競爭，而由於枯草桿菌為細菌類，較真菌生長快，因此能迅速把周圍可利用的營養吸收殆盡，進而獲致防治效果。

枯草桿菌對病原真菌和細菌具有拮抗作用，可以產生許多代謝產物和抗生物質。曾有文獻指出，枯草桿菌至少有 66 種不同的抗生物質，但近年已發表在期刊中的資料顯示，其中只有 11 種有確定的結構與功能。有些產品已鑑定出一種稱為「iturin A」的抗



生物質，這種化合物會與病原真菌細胞膜的固醇分子作用形成複合物，使得離子傳導孔隙增大，改變細胞膜的滲透性，讓鉀離子迅速流出，進而導致病原真菌菌絲分解並抑制孢子發芽，達到防治病害的效果。值得注意的是，枯草桿菌製劑抗生物質的作用，是整個菌體代謝物的綜合作用，而不是像傳統應用上單一抗生物質的作用。由於是多重作用機制，這類製劑不會發生傳統農藥應用上常見的抗藥性問題。

### 炭疽病初步防治效果佳

愛文芒果正是炎炎夏日台灣最盛產的水果，也是農委會認定台灣的四大旗艦農產品之一，不過有時會看到成熟芒果表皮有黑斑，稍微再放 2 天，黑斑愈來愈大，這就是芒果最容易罹患的「炭疽病」。炭疽病菌在田中本來就有，甚至會隨風飄散，因此當芒果成長時，炭疽病隨時都在潛伏感染，只是芒果愈成熟，發病的機會愈大。藥毒所生物藥劑組的研究團隊花了 2、3 年的時間，從土壤環境中分離出剋治炭疽病等真菌的芽孢桿菌，初步結果發現，採收下來的芒果，只要稍微用稀釋 100 - 200 倍的芽孢桿菌菌株發酵液浸泡一下，就能延緩甚至壓抑炭疽病的發作，充分發揮「細菌制真菌」的功能，保持芒果漂亮的賣相。

由於是使用微生物製劑，取自於大自然，用於大自然，並非化學合成

，所以不會污染環境，對食物鏈和人體也不會有影響，是非常看俏的微生物防治方式。台灣芒果大宗外銷日本，如果利用這種方式，將可強化芒果的賣相和價格，又不會予日本以農藥殘留為藉口而退貨，造成產銷失衡。另外，在實驗室中利用芽孢桿菌菌株發酵液防治「香蕉炭疽病」和「桔子青黴菌」，也有很好的效果。

### 納豆菌也是一種枯草桿菌

您吃過納豆嗎？納豆是以黃豆（或黑豆）為食材，將蒸熟的黃豆直接接種納豆菌（*Bacillus subtilis* Natto），在 40 - 54 °C 培養 24 小時後，經過發酵作用黃豆會出現白色的菌膜，用筷子挾起會有黏絲狀，即為「納豆」。但因有特殊風味，多數人並不一定喜歡食用。納豆之所以有保健的神奇功效、風味獨特、經千年後仍為日本人所鍾愛、且深深維繫著日本人的長壽健康，最大的功臣就是納豆中蘊藏的神奇微生物—「納豆菌」。因此我們可以稱「納豆」為「納豆菌發酵食品」或稱之為「納豆菌食品」。而其中的納豆菌就是屬於芽孢桿菌屬（*Bacillus* spp.）。納豆菌早期被命名為納豆桿菌 *Bacillus natto*，在 1905 年由 Shin Sawamura 博士所分離鑑定，是日本傳統食品「納豆」的主要發酵菌種。經過累積數十年的微生物鑑定及核酸分析研究，結果顯示 Shin Sawamura 博士當初所命名的 *Bacillus natto*，應歸類於枯草桿菌 *Bacillus subtilis* 菌種。

近年來日本所發表納豆相關文獻皆已改稱納豆菌 *Bacillus natto* 為枯草桿菌 *Bacillus subtilis* (Samanya & Yamauchi, 2002; Sato, 2001)，此納豆菌不產生毒素，和對人體沒有病原性的與乳酸菌同屬安全菌株。目前，市面上納豆被宣傳的主要成分是納豆菌產生的納豆激酶，屬於蛋白質分解酵素，可以溶解血栓，所以可作為預防或治療微血管的阻塞。納豆菌也可產生多種抗生物質，所以日本人曾經拿納豆來預防食物細菌性中毒。

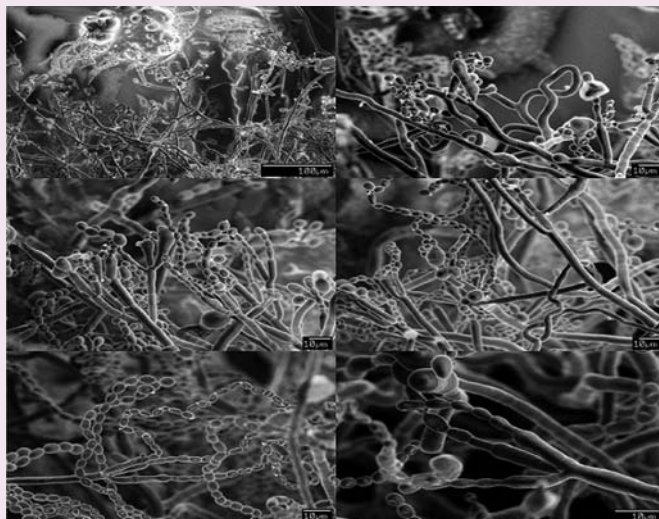
曾經有農友問及，既然納豆菌也是一種枯草桿菌，可否直接拿納豆菌用在植物病害防治上？事實上，每株枯草桿菌的特性相當不同，納豆菌的納豆激酶產量較高但抗生物質相對可能不高，而農用枯草桿菌則是著重在農作物病害的殺菌作用，抗生物質的產能要較高，所以並不適合直接拿納豆菌來用在農業上。況且，納豆菌的生產成本與售價，一般而言也高於農用枯草桿菌。

### 做好配套措施吸引廠商投入研發

近幾年陸續投入生物性肥料與農藥研發生產的業者，包括嘉新（溶磷菌

、菌根菌為主）、福壽（蘇力菌、木黴菌、螢光假單胞菌）、永豐餘（枯草桿菌）、興農（枯草桿菌）、普生（枯草桿菌、液態肥料）、台肥（枯草桿菌）、沅漢（枯草桿菌、蘇力菌、放線菌、木黴菌、白殭菌）及百泰（枯草桿菌、放線菌、木黴菌）等。

國內從事生物性農藥研發的公司，可分為兩類，一類是由傳統化學農藥公司轉型而來，另一類則是由擁有相關技術而新成立的生技公司。近年來隨著有機農業之推廣，有機蔬果生產業者對生物性農藥之需求增加，因此投入生物性農藥研發、製造之業者也隨而增加，其形態有自行研發者、藉由產學合作研發者及承接政府研發成果



青黴菌絲與分生孢子梗的生長畸型

技術移轉者等。目前生物性農藥產業仍以主動投入生物性農藥產業之生技公司為主，約有 12 家，惟仍需申請農藥設廠登記，而農藥設廠不容易通過縣市地方政府核准，是國內合格生物農藥製造工廠數量偏低的主因。國內傳統化學農藥業者對本項產業之研發觀念薄弱，業者普遍認為產業化及推廣應用之相關配套措施仍有不足，投資意願較低，雖然主要設廠登記之農藥廠商有 68 家，目前僅有 5 家廠商投入生技產業。（續）