

臺灣芽孢桿菌生物殺菌劑的研發與應用現況

謝奉家

前 言

依據農委會動植物防疫檢疫局公布之農藥理化性及毒理試驗準則與農藥資訊服務網資料，生物性農藥的界定是指，由天然資材，例如動物、植物、微生物所產製的農藥，對生物較為無害且專一性高，包括天然素材、微生物製劑及生化製劑。微生物製劑農藥，為用於作物病原、害蟲、雜草防治或誘發作物抗性之微生物或其有效成分經由配方所製成之產品，其微生物種類例如細菌、真菌、病毒和原生動物等，一般由自然界分離所得，也可再經人工品系改良，如人為誘變、汰選或遺傳基因改造。許多重要的植物病害均是由土壤或根圈真菌所引起，已有研究人員利用土壤微生物間的拮抗作用(antagonism)，研發抑制細菌或真菌生長的生物殺菌劑，應用於田間防治。目前在自然界已篩選出一些具有殺菌活性的微生物，在國內或國際間也有部分產品上市，例如，假單胞菌(*Pseudomonas spp.*)、枯草桿菌(*Bacillus subtilis*)、木黴菌(*Trichoderma spp.*)與放線菌(*Streptomyces spp.*)等。本文係針對生物殺菌劑中的芽孢桿菌(*Bacillus spp.*)進行相關資訊分享。

產品的使用現況

國外利用枯草桿菌在病害生物防治上之應用，已行之有年，且有商品化產品供作為生物製劑使用。知名的Kodiak™製劑，即為美國Gustafson公司產品，主成分為枯草桿菌內生孢子，主要應用於種子處理，防治苗期病害之危害。俄羅斯Novosibirsk公司近年來所推出之枯草桿菌商品Bactophyt™，主要推薦使用於細菌性病害的防治。美國環保署EPA(U.S. Environmental Protection Agency)已核准不少種類的芽孢桿菌屬(*Bacillus spp.*)微生物農藥產品上市，作為防治植物病蟲害之藥劑，除了一般熟知的枯草桿菌之外，尚包括液化澱粉芽孢桿菌(*Bacillus amyloliquefaciens*)、蕈狀芽孢桿菌(*Bacillus mycoides*)、仙人掌桿菌(*Bacillus cereus*)、地衣芽孢桿菌(*Bacillus licheniformis*)、短小芽孢桿菌(*Bacillus pumilus*)、

蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)、日本甲蟲芽孢桿菌(*Bacillus popilliae*)與球形芽孢桿菌(*Bacillus sphaericus*)等。初步整理如下：芽孢桿菌已開發應用的商品化製劑，在病害防治方面有枯草桿菌、液化澱粉芽孢桿菌、蕈狀芽孢桿菌、仙人掌桿菌等；在蟲害防治方面為蘇力菌、日本甲蟲芽孢桿菌與球形芽孢桿菌等。

在臺灣，許多人提到生物殺菌劑中的芽孢桿菌，只聯想到枯草桿菌單一菌種，但事實上，還有其它具有殺菌功能的芽孢桿菌屬菌株已經陸續研發並準備在臺灣上市。民國90年光華農化工廠股份有限公司是第一家臺灣生物農藥廠商，完成登記生產枯草桿菌Y1336(由財團法人生物技術中心技轉)微生物殺菌劑「台灣寶」，推薦用於豌豆白粉病之防治，近年已逐步擴充登記在蓮霧果腐病、胡瓜露菌病與芒果蒂腐病的防治。興農股份有限公司的「興農寶」為百泰公司(百泰生物科技股份有限公司是光華公司轉投資的生物科技公司)枯草桿菌同一菌株Y1336所授權生產。沅漢公司的金雞牌「賜倍效」為枯草桿菌WG6-14(由中興大學植病系曾德賜教授技轉)，推薦用於水稻秧苗徒長病之防治。目前正在審查中的生物殺菌劑產品有：漢寶公司的「培農菌」液劑，為沅漢公司枯草桿菌同一菌株WG6-14所授權生產；聯發公司的蕈狀芽孢桿菌BM136(由中興大學植病系黃振文教授技轉)，申請防治對象為十字花科蔬菜幼苗猝倒病。在這裡要特別說明的是，芽孢桿菌屬(*Bacillus spp.*)為屬名，屬名的後面為種名，即使同一屬但種名不同就代表不同的菌種(圖1.~3.)，同一菌種但不同菌株(strain)的殺菌效果仍會有所差異。

枯草桿菌簡介

枯草桿菌*Bacillus subtilis*為Ferdinand 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，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，枯草桿菌普遍存在於土壤及植物體表，在食品、飼料添加物、酵素、種子保護劑等生技產業發展應用已有多數年，為一般認定屬於安全性之有益微生物種類。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)，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，芒果是臺灣的四大旗鑑農產品之一，成熟芒果表皮有黑斑，稍微再放兩天，黑斑愈來愈大，這就是芒果最容易罹患的炭疽病。炭疽病菌在田間本來就有，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，芒果愈成熟，發病機會愈大。筆者的研究團隊，從土壤環境中分離出剋治炭疽病等真菌的芽孢桿菌，試驗結果發現，採收下來的芒果，用稀釋100~200倍的芽孢桿菌發酵液浸泡5分鐘，觀察14天，可發現無病斑芒果處理後，可延緩病斑出現約5~7天；罹病度較低的果實，也可延緩病斑擴展速度，降低幅度最好可到50%。

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*)以及柑橘綠黴病(*Penicillium digitatum*)等。中興大學植病系近年篩選到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(*Xanthomonas 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。另外，該系經由人工接種測試初步證實，對水稻栽培上近年來極受重視的白葉枯病(*Xanthomonas. oryzae* pv. *oryzae*)危害，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。

枯草桿菌可以增加農產品的安全性，有利於農產品的外銷，創造農民更高的收入，而且能兼顧國民食的健康，並減少化學農藥對環境及農民造成的衝擊及危害。近年來，農委會藥毒所積極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，已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、施用等相關產學合作與評估作業，期能開發不同的田間應用方式。

液化澱粉芽孢桿菌簡介

液化澱粉芽孢桿菌是不是枯草桿菌的一種？最近臺灣已有廠商進行液化澱粉芽孢桿菌的產品開發，但仍有不少研發人員認為液化澱粉芽孢桿菌就是枯草桿菌，事實並不然。液化澱粉芽孢桿菌，1943年由日本學者Fukomoto發現，此菌種可產生大量的 α -amylase及protease。在一開始時，由於此菌種外觀及表現特徵和枯草桿菌極為相似，因此當時暫將液化澱粉芽孢桿菌列為枯草桿菌的亞種之一。但在1967年Welker與Compbell利用DNA雜交方法發現枯草桿菌和液化澱粉芽孢桿菌之gene相似度只有14.7~15.4%之間，枯草桿菌的DNA guanine-plus-cytosine成份(G+C%)是41.5~43.5%，而液化澱粉芽孢桿菌的G+C%是43.5~44.9%，由此可以判斷枯草桿菌和液化澱粉芽孢桿菌是為不同的品種。除了分子基因上的證明枯草桿菌和液化澱粉芽孢桿菌不同，另外在其它如枯草桿菌和液化澱粉芽孢桿菌所產生的 α -amylase特性上也有相當大的差異。1986年，在Bergey's Manual of Systematic Bacteriology書中，將液化澱粉芽孢桿菌分類為一獨立菌株，Priest在1987年正式發表在期刊上，至此液化澱粉芽孢桿菌才真正被定義出來。目前利用API tests與gyr B基因定序也可將液化澱粉芽孢桿菌、枯草桿菌、地衣芽孢桿菌及短小芽孢桿菌等四株表現型接近的菌種鑑別出來。

吳文希教授(已從台大退休)曾從臺灣分離篩選到2株液化澱粉芽孢桿菌，編號B128與B190。吳文希教授主要從百合植株上分離700株微生物，再與百合灰黴病菌進行對峙及共同培養，最後篩選出對灰黴病菌具有明顯拮抗能力之拮抗菌株，研究結果顯示，B190菌株與23種植物病原菌進行對峙及共同培養，可顯著性地($p=0.05$)抑制其中16種病原菌，尤其值得注意的是能特別有效抑制百合灰黴病菌。

筆者在農委會藥毒所的研究團隊也從台灣梨山篩選到液化澱粉芽孢桿菌Ba-BPD1，為本土篩獲並具開發潛力菌株，經委託亞太智財科技服務有限公司詳細進行專利蒐尋和佈局之後，已申請美國、中國大陸與中華民國專利中。有下列多項功能：具有產生纖維素分解酵素(cellulase)、蛋白質分解酵素(protease)、脂質分解酵素(lipase)、澱粉分解酵素(amylase)等能力，可作為飼料添加劑。具有高產率同時產生抗生物質iturin與 surfactin等的的能力。具有抑制細菌性軟腐桿菌(*Erwinia chrysanthemi*；*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)、仙人掌桿菌(*Bacillus cereus*)、沙門氏菌(*Salmonella*)等多種細菌生長的效果。具有抑制百合灰黴病菌(*Botrytis*

elliptica)、百合白絹病(*Sclerotium rolfsii* Saccardo)、玫瑰灰黴病菌(*Botrytis cinerea*)、檬果炭疽病菌(*Glomerella cingulata*)等多種真菌生長的效果。液化澱粉芽孢桿菌亦具有促進多種作物生長的功能，筆者的研究團隊已與國內廠商洽談技轉中。

蕈狀芽孢桿菌簡介

蕈狀芽孢桿菌外型呈短桿狀，長5微米，寬800奈米，常以成對或鏈狀排列，具圓端或方端，在nutrient agar或PDA培養基上會產生白色的羽毛狀絲形菌落(圖3.)，可以快速區別。中興大學黃振文教授發現蕈狀芽孢桿菌可進入植物體中與植物共生，經試驗證實蕈狀芽孢桿菌可有效促進植物生長，提高作物對逆境與病害之耐受性，其中包含可減緩土傳性病害(如：茄科真菌性萎凋病、立枯病、猝倒病)及白粉病之發生。黃振文教授實驗室的蕈狀芽孢桿菌 *Bacillus mycoides* (BM)CHT2402具有產生吲哚乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)與氨(NH₃)之特性，若施用BM CHT2402菌株於不同作物上觀察其促進作物生長的能力，發現栽植番茄、西瓜及萵苣植株於BM CHT2402的細菌懸浮液混拌介質中三週後，可增加植株鮮重。

納豆菌也是一種枯草桿菌

您吃過納豆嗎?納豆是以黃豆(現在也有納豆產品用黑豆或紅豆製造)為食材，將蒸熟的黃豆直接接種納豆菌(*Bacillus subtilis* Natto)後，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』。但有特殊風味，所以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」，而其中的納豆菌為芽孢桿菌屬。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DNA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(詳見Bergey's Manual of Systematic Bacteriology的分類)。因此，近年來日本所發表納豆相關文獻皆已改稱納豆菌

Bacillus natto 為 *Bacillus subtilis natto*，此納豆菌是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(Generally Recognized As Safe, GRAS)。目前，市面上納豆被宣傳的主要成份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。曾經有農友詢問筆者：「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？」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，所以並不建議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，一般而言也較高於農用枯草桿菌。

植物病害防治機制

枯草桿菌與液化澱粉芽孢桿菌等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(圖4.)，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，包含有alboleutin、bacillomycin、bacilycin、botrycidin、豐原素(fengycin)、伊枯草菌素A (iturin A)、表面素(surfactin)及subtilin等，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。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。

為防止市售產品參差不齊，國內農政主管機關有責任測定枯草桿菌產品之有效生物活性(biological activity)，為品質把關。由於生物殺菌劑產品有效成分可以是單純的菌體，或是其代謝產物，也可能是菌體加上代謝產物的作用，依不同之需求，採取不同發酵方法。過去文獻報告使用單位活孢子數CFU(colony forming units)或田間試驗，尚未只針對代謝產物進行生物活性測試。由於制定有效生物活性的測試方法或結果分析，會受到多重因素的影響，尤其有效成分含有代謝產物的生物殺菌劑產品，世界各國除了利用活孢子數、對峙試驗、較費時的溫室試驗或田間試驗之外，研究人員仍持續努力訂定一套理想的規格檢驗方法可以符合產品的實際評估需求。近年來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，因此可預期未來產品市場將會擴大。

促進作物生長

芽孢桿菌有誘導植物抗病(induced resistance)之功能間接地促進植物生長，也有直接之促進作用，為plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)。PGPR可能經由抑制病害發生間接地促進植物生長，或經由提供植物營養物質之固氮作用、溶磷作用，分泌植物生長的調控因子如植物荷爾蒙，以活化根部的代謝作用，或是藉由分泌抗生物質、嵌鐵物質、競爭生態位與養份及誘導植株抗性來降低植物病原菌的侵害等方式來促進植物生長。目前國內外研究學者已開始重視上述機制的探討，農委會農試所與藥毒所及不少大專院校也有相關研究人員投入。芽孢桿菌能誘導植物抗病之功能，可使生物防治菌之施用兼具地下部病害及地上部病害之防治功效，且可同時減少多種病害之發生，更能減少化學農藥的使用量；由於病原對植物複雜之抗病機制不易產生抗性，沒有如對化學農藥產生抗藥性的問題，增加使用此等有益細菌之優勢；如與化學肥藥整合運用，除了可減少化學肥藥之使用，仍可達到預期之促進生長功效。行政院農業委員會已於民國99年7月29日公告修正「肥料種類品目及規格」。肥料種類分為氮肥類、磷肥類、鉀肥類、次微量要素肥料類、有機質肥料類、複合肥料類、植物生長輔助劑類、微生物肥料類及其他肥料類，共九類。相信芽孢桿菌作為微生物肥料的議題會逐漸受到重視。

結論與建議

要強調的是，蘇力菌或其它殺蟲製劑的殺蟲效果，顯而易見，1~2天就可以看到蟲體的死亡或蟲隻數量降低，但芽孢桿菌的殺菌或促進生長等作用卻不是短期內可以用肉眼觀察到。許多人都誤以為枯草桿菌都是一樣的，事實上，同樣叫做「枯草桿菌」的菌種有成千上萬株，所謂「一樣米，養百樣人」，枯草桿菌菌株還要再經過學者專家測試防治植物病害效果的強弱與防治作物的種類進行評估，然後才能篩選出優良菌株並探討最適培養條件，進而開發為產品，決不是隨便找到一株枯草桿菌培養就能有效防治病害。曾經有農友購買市面的枯草桿菌產品作菌種來自行DIY發酵菌液，筆者並不建議農民買商品作菌種來自行DIY發酵菌液，因為商品的菌種很純沒錯，但農友如何穩定控制發酵的條件並不容易，若器具或容器消毒不完全會有雜菌產生，可能反而不利農作物健康，得不償失。另外，菌種持續繼代培養，有可能造成部份特性與活性降低或喪失，甚至變異，所以菌種的保存與活化仍需專業監測。尤其，發酵的培養液成分配方或比例、攪拌速度、培養天數與溫度等等，都會大大影響甚至降低枯草桿菌的產孢率與有效成分含量，造成每批DIY的效果參差不齊，反而對於生物性植物保護製劑的真正功效產生懷疑甚至動搖無毒農業的決心，也牽連使正規產品蒙受農友信心不足的陰影，所以仍建議使用正規商品。若有大規模的使用量，可與農會或廠商討論您的需求。

枯草桿菌有殺菌的功能，所以可作為生物殺菌劑；有溶磷或產生IAA等功能，可促進作物生長，所以可作為生物肥料；可產生多種酵素，所以可作為動物飼料添加劑。但要注意的是，即使都是枯草桿菌，但枯草桿菌不同菌株之間的功能或效果，常常差異很大，所以需要專業的篩選與評估，不建議直接拿同一種枯草桿菌產品施用於不同領域，因為不同領域的功能(圖5.)需要不同的培養液成分、發酵條件與製劑配方，也就是說生物肥料的配方並不適合直接用於食用飼料的添加，除非廠商提供多功能的數據與對該應用領域的安全測試報告，否則不建議貿然使用。

鑑別正確菌種是一件非常重要的工作。一般而言，枯草桿菌和對人體沒有病原性的乳酸菌同屬安全菌株(GRAS)是屬於安全的菌種。在歐美日等多國早已有枯草桿菌的生物農藥核准上市，部份資料可參考美國環保署的下列網頁 [http : //www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ingredients/tech_docs/brad_006479.pdf](http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ingredients/tech_docs/brad_006479.pdf) 。依據

目前的研究資料顯示，枯草桿菌對人類是安全的，但枯草桿菌的strains數目眾多，無法估算。小型生物科技公司的枯草桿菌菌種並沒有經過專業機構的再確認，若菌種鑑定有誤或製作過程污染其他雜菌，就可能造成無法預測的害處。一般而言，只要經過政府或專業機構的鑑定，枯草桿菌、液化澱粉芽孢桿菌與蕈狀芽孢桿菌是對人體無害的。建議購買經政府核准的商品並依廠商使用說明施用，才有保障。因為目前政府的查驗登記制度都會針對生物活性、毒理影響與田間試驗等做嚴謹試驗評估，合格者才有核准字號。但不可否認，目前的市面上仍充斥許多未經核准的小型生物科技公司商品，用土壤添加劑或改良劑的名義而不用農藥的名義，規避農藥主管機關的查核，藥效不明確也不穩定，品質參差不齊，建議慎選使用。筆者期待國內業者藉由合法化的設廠登記，取得產品合法的商品登記，以利將來市場行銷的運作。

筆者先前進行有機水稻稻熱病田間防治試驗，深刻的體認到，作物在栽培時需要面對多種有害生物可能造成的危害，因此在未來若能以作物為單位，發展整套的生物農藥防治策略，甚至統整各產品而完成生物農藥專用版的植物保護手冊，避免農民在進行有機栽培時，出現對某些病蟲害無藥可用的情形，如此一來將大幅增加有機栽培的推廣度，對於生物農藥產業的發展亦有極大助益。至於枯草桿菌與液化澱粉芽孢桿菌擴充應用在動物飼料添加劑、養殖池等方面(圖5.)，在水中加入不同濃度的枯草桿菌，已有研究證明具有降解水中氨氮廢物的作用；尚能減少養殖池底的有機物沉積，亦能抑制對蝦池中的弧菌與鰻池的水黴感染。液化澱粉芽孢桿菌亦有類似上述等功能，因篇幅有限不在此贅述。

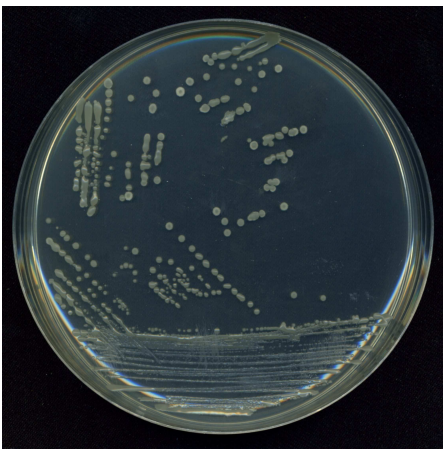


圖1. 枯草桿菌在平板上的菌落型態。

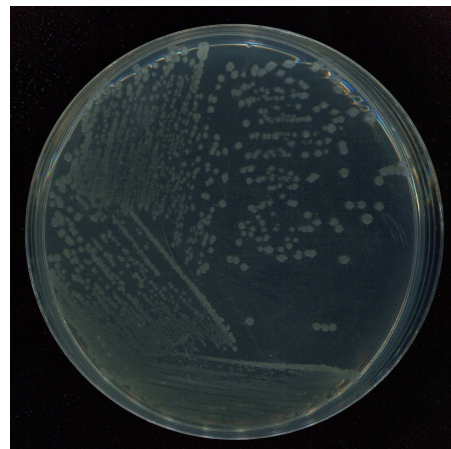


圖2. 液化澱粉芽孢桿菌在平板上的菌落型態。

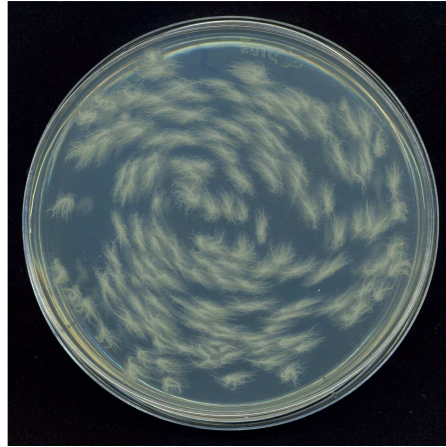


圖3. 蕈狀芽孢桿菌在平板上的菌落型態。



圖4. 枯草桿菌對植物病害防治機制。



圖5. 枯草桿菌與液化澱粉芽孢桿菌的多功能示意圖。

主要參考文獻

1. 邱安隆。2002。應用生物製劑防治百合灰黴病。花蓮區農業專訊 42：22-25。
2. 高穗生。2010。微生物農藥研發進展與產業潛力。農業生技產業季刊第 24 期。
3. 高穗生、謝奉家。2010。液化澱粉芽孢桿菌之生物農藥與生物肥料商品化產品開發。生物科技產學論壇。p.23-27。台中，中興大學。
4. 許嘉伊。2010。全球生物農藥產業概況與未來展望。農業生技產業季刊第 24 期。
5. 曾德賜。2010。台灣生物農藥開發與產業化應用之問題與展望。農業生技產業季刊第 24 期。
6. 謝奉家、李美珍、高穗生。2003。枯草桿菌菌體及其代謝產物對病原真菌之抑菌效果評估。植物保護學會會刊。45：155-162。
7. 謝奉家。2004。本土生物農藥資源及其應用(病害防治資材)----芽孢桿菌。植物保護論壇。農業生物技術國家型科技計畫辦公室。台中。
8. 謝奉家。2005。植物病害的殺手明星—枯草桿菌。科學發展月刊第 391 期，p.18-21。

藥毒所專題報導

發行人： 高清文
發行所： 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
地址： 臺中市霧峰區舊正里光明路 11 號
網址： <http://www.tactri.gov.tw>
電話： (04)23302101
總編輯： 蔡勇勝 執行編輯： 王蓉萱
編輯委員： 馮海東 高穗生 游碧瑋 何明勳
李宏萍 蘇文瀛 蔣永正

展售書局：

- 1.國家書店松江門市/台北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207
網路書店/ <http://www.govbooks.com.tw> (02)26598074
- 2.五南文化廣場/台中市中山路 6 號 (04)22260330

印刷： 財政部印刷廠
地址： 臺中市大里區中興路一段 288 號
電話： 04-24953126

中華民國 100 年 10 月出版

定價： 新台幣 30 元

GPN : 2007600007

ISSN : 1017-9569(平裝)