

微生物農藥的開發與應用

前言

臺灣地處亞熱帶氣候區，屬於高濕高熱環境，且地狹人稠又以集約方式進行栽培作業，導致病蟲害更顯猖獗。以往因化學農藥的方便性、廣效性及長效性，農民常施以化學農藥進行病蟲害的預防與防治，以降低田間作物上的病蟲密度，維持收穫量和品質。但因農民的施藥習慣，使用化學農藥進行防治次數過於頻繁且超量使用，除導致病蟲害產生抗藥性外，並使農藥藥效降低影響防治效果。而化學農藥生物毒性較高，若因使用不當而殘留於作物上，導致農藥殘留量過高，易危害終端消費者健康及汙染環境生態。為改善濫用化學農藥所衍生的問題，歷年來已有多人研究利用有機資材、植物成份及礦物油劑等天然物質與天然素材開發成防治病蟲害的藥劑，以及利用微生物資源開發成生物農藥來進行病蟲害防治。然因此些藥劑或製法繁瑣、或成份不穩定、或價格昂貴、或效果不彰、或保存不易，致使農友在

應用上望而卻步，另謀其它有效可行的防治資材與製劑。近年政府推動「精緻農業健康卓越方案」，並推廣有機農業產業，即希望打造健康無毒島的環境。因此，發展生物農藥產業極符合政府目前所立下的願景，端此開發更新型有效的非農藥防治製劑與生物性農藥即為現今的研究趨勢。

微生物農藥(Microbial pesticides)：包含細菌、真菌、藻類、原生動物或病毒等具有生物農藥(bio-pesticide)功能者，目前已有微生物殺蟲劑如蘇力菌、黑殭菌、白殭菌、綠殭菌、核多角體病毒等；微生物殺菌劑則有枯草桿菌、鏈黴菌、木黴菌及黏帚黴菌等，主要以能減少農作物病蟲草害危害為主。

微生物農藥的作用機制：在病蟲害防治上拮抗作用為一種生物的存在和發展，限制了其他生物存在和發展的現象，具此功能之微生物稱為拮抗微生物。拮抗微生物能作用



▲ 臺灣高濕高熱環境易導致病蟲害猖獗危害及受天災影響導致植株死亡

之方式很多，主要有：1)競爭作用：做為生物農藥的微生物會和病原體產生競爭作用，如競爭營養基質。2)抗生素作用(或毒害作用)：有些微生物產生的代謝產物或抗生素(如鏈黴素)會抑制病原體生長，或殺死病原體。3)寄生作用：自然界中的寄生性微生物感染害蟲，如黑殭菌(一種真菌)的寄生會造成昆蟲死亡。4)捕食作用：有些微生物會捕食植物的病原體，如某些真菌會捕食線蟲，有些線蟲也會以真菌為食。及5)靜菌作用：對微生物有阻止生長與繁殖的效能等。

其中在病蟲害防治上所使用的微生物製劑之所以有效的被應用於作物病蟲害防治，分別主要有下列幾項作用：1.抗

生素(antibiotic production)或代謝物質的產生，直接殺害病原菌與害蟲。2.營養競爭(competition for nutrients)，直接或間接造成病原菌養分缺乏。3.微寄生(mycoparasitism)：直接殺死病原菌或害蟲。超寄生係指在寄生物的體內尚有寄生物寄生。如木黴菌為一種毀滅性超寄生菌(destructive mycoparasite)，寄生於寄生性的真菌中。4.產生細胞壁分解酵素(cell wall degrading enzymes)直接分解病原菌或害蟲之細胞壁或體壁。5.誘導植物產生抗性(induce systemic acquired resistance)，誘發植物產生或增強防禦作用，但本身並無殺菌作用，可直接或間接抑制病原菌侵入或



▲ 木黴菌抑制白絹病菌



▲ 木黴菌



▲ 枯草桿菌



▲ 鏈黴菌

害蟲取食。

微生物農藥種類：微生物藥劑目前依防治的對象較常被研究與製劑化的菌種分別有：1. 生物性殺蟲劑(bioinsecticides)：目前較常被使用之微生物者有細菌殺蟲製劑-如蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)，真菌殺蟲製劑--如黑殭菌(*Metarhizium anisopliae*)、白殭菌(*Beauveria bassiana*)、綠殭菌(*Nomureae rileyi*)、大鏈壺菌(*Lagenidium giganteum*)、湯氏多毛菌(*Hirsutella thompsonii*)和蠟蚧輪枝孢菌(*Verticillium lecanii*)，其它尚有病毒製劑如核多角體病毒屬(Nucleopolyhedro viruses)和顆粒體病毒屬(Granulovirus; GV)、線蟲製劑類如斯氏線蟲(Steinernimatidae)及異小桿線蟲(Heterorhabditidae)屬的線蟲。2. 生物性殺菌劑(biofungicides)：目前較常用且有商品化者，有螢光細菌類(fluorescent *Pseudomonas*)，如*Burkholderia cepacia*(syn. *Pseudomonas cepacia*)、枯草桿菌(*Bacillus spp.*)類、木黴菌

(*Trichoderma spp.*)、粘帚黴菌(*Gliocladium spp.*)、放線菌(*Streptomyces spp.*)等，其他則有*Agrobacterium radiobacter*及非病原性的*Fusarium spp.*與*Pythium oligandrum*等。3. 生物性殺草劑(bioherbicides)：目前以 *Fusarium spp.*、*Phytophthora sp.*、*Xanthomonas spp.*、*Puccinia canaliculata*和*Collectotrichum spp.*等雜草病原菌來抑制雜草研究較多。

國內微生物農藥研發現況：在國內近年來相關的研發成果亦相當卓著，包括病害防治應用之枯草桿菌(*Bacillus subtilis*)、鏈黴菌(*Streptomyces spp.*)、螢光假單胞菌(*Pseudomonas spp.*)、木黴菌(*Trichoderma spp.*)等微生物殺菌劑(表1)，以及蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)、黑殭菌(*Metarhizium anisopliae*)、白殭菌(*Beauveria bassiana*)、綠殭菌(*Nomureae rileyi*)、蠟蚧輪枝孢菌(*Verticillium lecanii*)、核多角體病毒(Baculovirus)、斯氏線蟲(*Steinonema spp.*)等多種微生物殺蟲劑。

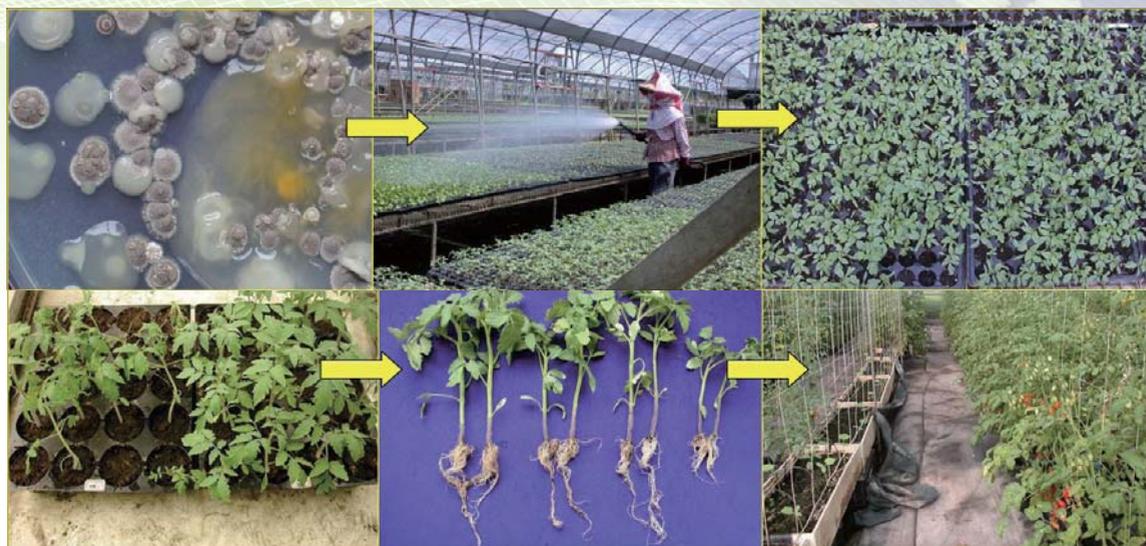
表1近年來臺灣運用有益微生物防治植物病害的例子

拮抗微生物種類	研發單位(公司)	標的病害/病原菌
<i>Trichoderma koningii</i> , <i>Trichoderma</i> sp. & (<i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., and <i>Candida</i> sp., <i>Cryptococcus</i> sp.)	屏東科技大學	紅豆根腐病、柑桔綠黴病及青黴病、草莓灰黴病
<i>Gliocladium virens</i> , <i>T. asperellum</i> TA, <i>Gliocladium deliquescens</i> & (<i>Paecilomyces marquandii</i>) 枯草桿菌 (<i>Bacillus subtilis</i>) 螢光假單胞菌(<i>Pseudomonas putida</i>) 鏈黴菌 (<i>Streptomyces saraceticus</i>) 鏈黴菌 (<i>Streptomyces padanus</i>)	中興大學	菊花 <i>Rhizoctonia solani</i> 、水稻紋枯病、臺灣金線蓮莖腐病 木瓜炭疽病、芒果黑斑病、煙草白星病、番茄細菌性點病、山藥及山蘇白絹病 甜椒細菌性點病 柑桔裾腐病、木瓜疫病、葡萄露菌病 甘藍立枯病、番茄晚疫病

<i>Trichoderma aureoviride</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>T. koningii</i> , <i>T. viride</i> , <i>T. pseudokoningii</i> , <i>Gliocladium virens</i> & (<i>B. cereus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. insolitus</i> , <i>Bacillus</i> sp., <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>P. phenazinium</i>)	臺灣大學	胡瓜、聖誕紅幼苗腐敗病、向日葵菌核病、胡瓜幼苗腐敗病、小麥、燕麥： <i>Drechslera sorokiniana</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> 、大豆 <i>Rhizoctonia solani</i> 、馬鈴薯 <i>R. solani</i> 、豌豆 <i>R. solani</i> 、甘藍黑班病 <i>Alternaria brassicicola</i>
枯草桿菌 (<i>Bacillus subtilis</i>)、液化澱粉芽孢桿菌(<i>B. amyloliquefaciens</i>) 蠶狀芽孢桿菌 <i>Bacillus mycoides</i>	臺灣大學	一般園藝作物： <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Pythium spinosum</i> , <i>R. solani</i> 、一般花卉： <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>R. solani</i> 菊花莖腐病、百合灰黴病
<i>Trichoderma</i> spp. 液化澱粉芽孢桿菌(<i>B. amyloliquefaciens</i>)	高雄師範大學	百合灰黴菌 椪果炭疽病菌
<i>Trichoderma harzianum</i>	屏東科技大學 大仁科技大學	豇豆镰孢菌萎凋病
<i>T. harzianum</i> , <i>T. atroviride</i> , <i>T. koningii</i> , <i>T. viride</i> and <i>T. virens</i>	農業試驗所 虎尾科技大學 台南區農業改良場 其他	康乃馨及百合根腐病、香瓜蔓枯病、甘藍立枯病、草皮病害、水稻紋枯病
<i>Trichoderma asperellum</i> , <i>Pseudomonas putida</i>	財團法人食品工業發展研究所	草皮褐斑病(<i>Rhizoctonia solani</i>)
枯草桿菌 (<i>Bacillus subtilis</i>)	百泰生物科技(股)	碗豆白粉病、胡瓜露菌病、蓮霧果腐病、芒果蒂腐病
液化澱粉芽孢桿菌 (<i>B. amyloliquefaciens</i>)	農藥所、苗栗區、 臺中區、高雄區農 業改良場	香蕉黃葉病、蝴蝶蘭黃葉病 草莓白粉病、灰黴病及炭疽病 <i>Fusarium oxysporium</i> 引起的蔬菜萎凋病 蔬菜萎凋病、青枯病
棘孢木黴菌及相關製劑 (<i>Trichoderma asperellum</i>) <i>Trichoderma asperelloides</i>	臺中區農業改良場	茭白基腐病、水稻稻熱病、紋枯病及白葉枯病。蔬菜立枯病、露菌病、白粉病、銹病、黑腐病、根腐病、枝枯病、疫病、晚疫病、莖腐病、炭疽病、葉黴病、青枯病、軟腐病、黑斑病、根瘤線蟲等。柑橘潰瘍病、疫病、根腐病。葡萄露菌病。茗葉疫病、黑腐病。木瓜疫病、黑腐病、白粉病及毒素病。 香蕉黃葉病、蝴蝶蘭黃葉病、草莓白粉病、灰黴病及炭疽病、 <i>Fusarium oxysporium</i> 引起的蔬菜及花卉萎凋病。

整理自謝(2008)、吳(2011)、黃(2013)及相關研究報告

目前國內生物農藥許可證有37張，其中微生物殺菌劑枯草桿菌 (*Bacillus subtilis* Y1336) 10張，均為同一原體來源；純白鏈黴菌 (*Streptomyces candidus* strain Y21007-2) 以其產生之純白鏈黴菌素登記1張，為本土菌種；木黴菌1張以 *Trichoderma virens* strain R42 菌株登記綠木黴菌(表2)；殺蟲劑則以蘇力菌24張為最高，另外甜菜核多角體病毒1張，亦為進口產品(表3)。



▲ 根棲細菌Streptomyces於苗期接種時能誘導番茄植株產生抗青枯病能力



▲ 木黴菌等生物製劑可防治多種病害

表2 國內商品化之生物農藥殺菌劑種類

許可證號碼	普通名稱	廠牌名稱	劑型	含量	廠商名稱	有效日期
農藥製04764	枯草桿菌	臺灣寶	WP 可溼性粉劑	50% 10^9 cfu/g (51EP)	光華化學股份有限公司	105-05-19
農藥製05096	枯草桿菌	農會寶	WP 可溼性粉劑	50% 1×10^9 cfu/g 以上	中華民國農會附設各級農會農化廠	103-12-12
農藥製05277	枯草桿菌	興農寶	WP 可溼性粉劑	50% 1×10^9 cfu/g 以上	興農股份有限公司	107-06-29
農藥製05323	枯草桿菌	臺灣水寶	AL 液劑	$\geq 1 \times 10^8$ cfu/ml	百泰生物科技股份有限公司	107-12-16
農藥製05348	枯草桿菌	金雞牌賜倍效	AL 液劑	1×10^{10} cfu/ml	沅漢生物科技股份有限公司	108-04-16

農藥製05454	枯草桿菌	樂農寶	WP 可溼性粉劑	50% 1X10 ⁹ cfu/g 以上	百泰生物科技股份有限公司	104-06-10
農藥製05566	枯草桿菌	漢寶牌 培農菌	AL 液劑	1 × 10 ¹⁰ cfu/ml	漢寶工業有限公司	105-12-26
農藥原製 00139	枯草桿菌	臺灣寶		2X10 ⁹ cfu/g以上	光華化學股份有限公司	108-07-26
農藥原製 00161	枯草桿菌	樂農寶		2X10 ⁹ cfu/g 以上	百泰生物科技股份有限公司	104-06-01
農藥原製 00177	枯草桿菌	沅漢 賜倍效		1 × 10 ¹⁰ cfu/ml	沅漢生物科技股份有限公司	104-04-18
農藥製05148	純白鏈黴菌素	安心寶	SP 水溶性粉劑	700 PCU/g	百泰生物科技股份有限公司	104-09-13
農藥製05590	綠木黴菌R42	根益旺	AP (其他)粉劑	2X10 ⁸ cfu/g	寶林生物科技股份有限公司	106-07-01

表3 國內商品化之生物農藥殺蟲劑種類

許可證號碼	普通名稱	廠牌名稱	劑型	含量	廠商名稱	國外原製造廠	有效日期
農藥進 02888	庫斯蘇力菌 ABTS-351	金太寶	WG 水分散 性粒劑	54.000 (%)	臺灣住友化學股 份有限公司	VALENT BIOSCI- ENCES CORPO- RATION	107-06-06
農藥製 05500	庫斯蘇力菌 E-911	速力寶	WP 可溼性 粉劑	60% (30,000 DBMU/MG)	福壽實業股份有 限公司		105-01-16
農藥原製 00179	庫斯蘇力菌 E-911	速力寶		100% (50,000 DBMU/MG)	福壽實業股份有 限公司		105-03-29
農藥製 00268	蘇力菌	菜寶	WP 可溼性 粉劑	3.000 (%)	中華民國農會附設 各級農會農化廠		108-05-03
農藥製 00671	蘇力菌	惠光寶	WP 可溼性 粉劑	3.000 (%)	惠光股份有限公 司		108-09-30
農藥製 00769	蘇力菌	貴寶	WP 可溼性 粉劑	3.000 (%)	聯利農業科技股 份有限公司		108-09-30
農藥製 02698	蘇力菌	蘇滅寶	WP 可溼性 粉劑	3% 16,000IU/ MG	臺益工業股份有 限公司		105-01-20
農藥製 03923	蘇力菌	殊立菌	WP 可溼性 粉劑	16,000IU/MG	興農股份有限公 司		106-12-27
農藥製 04057	蘇力菌	舒立旺	WP 可溼性 粉劑	16,000IU/MG	光華化學股份有 限公司		107-07-30
農藥製 05036	蘇力菌	見招	WP 可溼性 粉劑	16,000IU/MG	嘉農企業股份有 限公司		108-02-04
農藥進 00710	蘇力菌	新大寶	WP 可溼性 粉劑	23.700 (%)	臺灣住友化學股 份有限公司	VALENT BIOSCI- ENCES CORPO- RATION	104-08-17
農藥進 00779	蘇力菌	速利殺	WP 可溼性 粉劑	70.000 (%)	安農股份有限公 司	CERTIS USA L.L.C.	104-12-11
農藥進 01080	蘇力菌	尚賜配	WG 水分散 性粒劑	85.000 (%)	安農股份有限公 司	CERTIS USA L.L.C.	108-09-17
農藥進 02681	甜菜夜蛾核多 角體病毒	奇招	SC 水懸劑	2 × 10 ⁹ OBs/ mL	嘉農企業股份有 限公司	CERTIS USA L. L. C.	108-05-07

整理自行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 - 農藥資訊服務網

由於生物農藥與傳統化學農藥的使用方法與效果皆不同，生物農藥之使用時期多為預防性或病蟲害發生初期使用，且施用後無法於短時間內呈現效果，同時由於受限目前之登記制度，生物農藥之登記使用範圍有限，故農民接受度仍未普遍化。另外，目前國內相關研究單位所研發之生物農藥種類雖然很多，但由於田間試驗效果未如預期，無法進一步成為商品化產品。為此，在使用

生物製劑時宜注意的事項有下列幾點：1.使用對象，2.使用時機及次數，3.使用方法，4.對人畜或植物有無毒害，5.製劑種類，6.製劑特性，7.製劑來源及8.製劑保存條件及時限等。而生物製劑使用成功與否的原因如表4，而最重要的因素即在所使用的生物製劑仍應具備強活性作用孢子或高含量有效作用成份元素。

表 4 生物製劑使用成功與否之要點

生物製劑使用成功之要點	生物製劑使用失敗之原因
<ul style="list-style-type: none"> · 使微生物在初期即佔有優勢族群 · 添加適合微生物生長之基質 · 使用適合之菌種 · 使用活性強之菌種 · 持續使用 · 配合提高防治效果的添加物質(如甲殼素、展著劑等) 	<ul style="list-style-type: none"> · 微生物在初期無法佔有優勢族群 · 無或缺少適合微生物生長之基質 · 使用不適合之菌種 · 使用活性弱之菌種 · 未持續使用 · 與化學殺菌劑混合使用(視所使用之製劑種類而決定)

結語

生物農藥在我國已深耕多年，101年農委會農業生物技術領域策略規劃指出我國約有17家傳統農藥公司及生技公司投入生物農藥研發，然而我國生物農藥產品及產值並未大量提升，顯見產業發展有其瓶頸。目前國內市場每年農藥用量約8千多公噸，生物農藥僅占其中約5%，顯示仍有很大的成長空間。雖然國內已有相關生物農藥產品登記上市，並且有相當多的學者專家進行菌種篩選與製劑研發，歷年來投入的經費更是可觀，但是實際開發成功的產品仍然有限，顯示目前國內商品化的微生物殺菌劑製劑仍極

欠缺。未來針對具生物防治功能的微生物菌種的搜集與篩選、菌種特性與作用機制的闡明、相關衍生性製劑製作與田間應用技術的研發，使田間防治效果能快速與維持長效將是研發重點。未來生物農藥製劑如可比擬化學農藥的方便性、廣效性及長效性，則生物農藥將是病蟲害防治上的新武器。