

# 本土微生物殺蟲劑之開發現況與前景

蔡勇勝、高穗生

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 生物藥劑組

台中縣霧峰鄉舊正村光明路 11 號

## 摘要

在農委會推動下，自 1980 年代起，台灣投注許多人力在微生物殺蟲劑之開發工作上，至今已有許多成果，包括本土蟲生病原微生物資源之調查、鑑定、量產、田間試驗、製劑及基因改造等。本文僅就開發現況及未來發展前景整理討論，希望有助於本土微生物殺蟲劑之早日上市。

## The current status and future prospects on the development of microbial insecticides in Taiwan

Yung-sheng Tsai and Suey-sheng Kao

Biopesticide Department, Taiwan Agricultural chemicals and Toxic substances

Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

Address : No.11, Kuang-Ming Rd., Wufeng, Taichung Hsien 413, Taiwan.

## Abstract

In 1980s, the Council of Agriculture has promoted the development of microbial insecticides. Since then, many active programs including survey, identification, mass production, field trial, formulation and genetic modification of the indigenous entomopathogens have been carried out and achieved good results. This paper briefly describes current status and future prospects on the development of microbial insecticides.

## 前言

隨著環保意識的日益高漲，生物農藥市場成長相當快速，世界市場從 1980 之 200 萬美元穩定成長，到 1995 年已有 8000~8500 萬美元<sup>(4)</sup>。由此可窺見，利用安全有效之生物性植物保護用製劑來減少化學性農藥使用已是農業操作未來趨勢。台灣受地理條件限制，平均每戶農戶之耕地面積偏低，加上人口增加及工商快速成長，耕地面積日漸縮減，原本就受小農耕作環境影響，有生產成本過高的問題。在加入WTO後，進口農產品對國內傳統農業的衝擊，更是農業發展重

大隱憂，如何減輕國內農業受影響程度，則是現今農業單位重要研究課題。推展精緻農業，提升農產品品質，有效區隔我國與國外之蔬果，拓展國外市場，並以認證制度使農產品轉變成商品，提高其競爭力和價值，是解決方法之一。目前推動之吉園圃及有機產品的認證工作，除有確保蔬菜安全性之功能外，更以提高認證產品競爭力和產值為目標。要推動上列產品之認證工作，除正確使用化學性農藥觀念之教育外，也需開發其他安全有效之病蟲害防治方法配合進行防治。推展生物農藥之目的，除了順應潮流外，也有助於疏解現階段農業發展困境。

### 開發微生物殺蟲劑之優點

**安全性高：**對人畜及非標的生物安全性高、無環境污染及殘留量之顧慮，作物可立即採收。

**具傳播性及藥效持久性：**多數的微生物殺蟲劑具傳播能力，在適合環境條件下，可在田間形成流行病，甚至只要施菌一次即可長期抑制害蟲。另，害蟲對蟲生病原微生物不易產生抗性亦是其藥效持久之另一面。

**經濟性：**微生物殺蟲劑之開發原理乃是蟲生病原之利用，此病原與害蟲間的寄生關係早已存在，開發目標明確，不似化學藥劑之開發，需經全面篩選工作，另微生物殺蟲劑平均開發時程也可由化學製劑之9年縮短為3~6年<sup>(69)</sup>，政府對本土蟲生病原之開發管理也較為寬鬆，此等皆有利於降低開發成本。

**相容性高：**任何種類之蟲生病原，其作用均有一定的專一性，對大多數有益天敵影響不大，與其他防治方法也具高度相容性。

**降低化學性殺蟲劑之使用：**與化學性殺蟲劑配合使用，理論上可減緩或避免作物害蟲對化學性殺蟲劑產生抗藥性，此不但可降低化學性殺蟲劑之使用量，亦可延長化學性殺蟲劑之使用壽命。此外，微生物殺蟲劑與部分化學性殺蟲劑混合施用，會有協力作用產生<sup>(39, 47, 48, 68)</sup>，此不單有減少化學性殺蟲劑施用量、延長化學性殺蟲劑使用壽命之效，亦有提高防治作用之功能。

### 蟲生病原微生物種類

大自然中昆蟲與微生物的關係頗為複雜，歸納起來有 1.致病(內寄生)2.寄生(外寄生)3.互惠共生 4.偏利共生 5.傳播 6.噬菌 7.競爭。與昆蟲有寄生關係的微生物，常常能引起昆蟲傳染性疾病，造成此傳染性疾病發生之微生物病原體

(pathogen)主要包括細菌(bacteria)、真菌(fungi)、病毒(virus)、線蟲(nematodes)、原生動物(protozoa)。不管微生物病原體是以水平傳播(horizontal transmission)或垂直傳播(vertical transmission)或兩種傳播方式同時存在，其對標的害蟲應具感染力(infectivity；指微生物病原體能侵入寄主，並在寄主體內取食、發育及增殖之能力)及致病力(pathogenicity；微生物病原體在寄主體內引起病變或破壞寄主組織之能力)，更需具高毒力(virulence；指單位數量的微生物病原體能引起蟲體發病死亡之能力)，才有開發利用的價值。至於是否能開發成商品，廣泛應用，則受能否便宜量產所限制。常見之微生物殺蟲劑有細菌、真菌、病毒、線蟲，茲將此四類蟲生病原微生物特性及國內現今研究情形簡單介紹於下：

### 一、細菌類

有 25 個屬的細菌具殺蟲作用，包括 *Achromobacter*, *Lactobacillaceae*, *Vibrio*, *Spirochetes*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Salmonella*, *Wolbachia*, *Yersinia*, *Shigella*, *Diplococcus*, *Streptococcus*, *Melissococcus*, *Clostridium*, *Arthromitus*, *Coleomitus*, *Corynebacterium*, *Streptomyces*, *Rickettsiaceae*, *Mycoplasmas*, *Spiroplasmas*, *Serratia*, *Bacillus*<sup>(10)</sup>，但重要的殺蟲細菌大多集中在 *Bacillus* 這個屬上，如蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)、球形芽孢桿菌(*Bacillus sphaericus*)金龜子芽孢桿菌(*Bacillus popilliae*)等，特別是其中之蘇力菌。

蘇力菌是一種革蘭氏陽性桿菌，普遍存在環境中，欲分離此菌，只需將樣品加水熱處理(常用溫度在 50~80°C，處理時間隨溫度之增高而縮短)，再稀釋於 NA 上培養，待長出菌落後以油鏡鏡檢，觀察有無結晶蛋白之形成，有結晶蛋白之菌株即是<sup>(61)</sup>。此菌在環境不良或營養缺乏時，菌體會形成孢子藉以抵抗不良環境，在此同時，形成殺蟲毒蛋白之質體基因也會被啟動，並形成所謂之殺蟲結晶蛋白( $\delta$ 內毒素)。除了 $\delta$ 內毒素外，另有三種外毒素( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ )也在不同蘇力菌菌株中被發現<sup>(20)</sup>，不過目前蘇力菌商品之主成份大多數為 $\delta$ 內毒素。內毒素之殺蟲原理在於，當毒蛋白晶體被蟲體吃下後，在中腸鹼性腸液及蛋白酵素作用下，分解成前毒素(pro-toxin)，再活化變成毒素(toxin)，活化的毒素能與腸壁細胞結合，進而使細胞形成破孔，造成滲透壓失去平衡，導致細胞破裂，終致腸道崩解昆蟲死亡。由於形成 $\delta$ 內毒素之質體基因已完全被了解掌控，透過基因轉殖技術，不但可作成嵌合基因，以增強殺蟲效果、擴大殺蟲範圍，或提高其抗耐環

境能力，更可將其殖入植物體內，直接由作物來表現殺蟲作用。

國內使用之蘇力菌商品均為進口，1987 年的進口值 504,900 美元，至 1993 年增加為 1,690,845 美元，雖然近年來受化學性殺蟲劑阿巴汀 (Avermectin) 上市影響，用量有降低的趨勢(根據農委會農業統計年報 2002 年國內殺蟲劑成品農藥銷售額為 23.9 億元，蘇力菌僅佔其中約 1%)，但阿巴汀抗藥性在田間已發生(34 許等, 2004)，可預期抗藥性的發展會日趨嚴重，在此時空環境下，配合政府提倡生產健康、安全、衛生的優質農產品及有機農業之永續經營策略，未來蘇力菌市場深具發展潛力。就以現有有機栽培面積及吉園圃戶數粗估，即約有 5000 萬尚可開拓之市場空間。預估十年後以蘇力菌佔有 10% 殺蟲劑市場，加上農藥市場總額以每年約 2% 之比率增長，十年後蘇力菌將約有 2.8 億之銷售市場<sup>(6)</sup>。

國內在有關蘇力菌之開發研究工作上，早期以田間應用<sup>(51,54)</sup>及建立菌種、活性檢測方法為主<sup>(1,2,14,15,21,64)</sup>，最近則偏重在菌株篩選及毒蛋白質體基因鑑定<sup>(7,20,56,57,58,61)</sup>與基因調控及選殖、轉殖<sup>(8,9,12,29,30,33,59)</sup>。由於蘇力菌殺蟲作用之強弱及寄主範圍與其存在質體上毒蛋白基因種類有關，也因此菌商品上市已久，工業量產及製劑技術早已建立，累積菌株及篩選新穎殺蟲基因工作對蘇力菌開發利上相形重要<sup>(32)</sup>。農業藥物毒物試驗所近年來持續執行本土菌株蒐集鑑定工作，並累積有相當多的資源，值得業者前往接洽，承接下游開發工作。

## 二、蟲生真菌

一些能寄生在昆蟲體內，並在其體內增殖引起早期死亡現象之真菌，即稱之為蟲生真菌。蟲生真菌感染昆蟲途徑主要由昆蟲體壁直接侵染，當分生孢子接觸到昆蟲後，會沾附在體表上，在適當環境下便會發芽形成發芽管，發芽管前端或形成吸附器(appressoria)，利用機械力及酵素分解作用穿入昆蟲表皮。侵入的菌絲能利用寄主昆蟲體內的營養進行生長，有些菌絲更鑽入組織細胞內，消耗細胞之原生質和核(特別是脂肪細胞)，造成細胞萎縮；菌絲體不斷的繁殖增長，蟲體各組織終會受到破壞，最後蟲體死亡體內並充滿菌絲。至於其殺蟲原理，不外機械破壞、營養競爭、血球及組織破壞、毒素之毒化作用。

大約有 100 個屬，超過 800 種的真菌對昆蟲具致病能力，有關開發研究工作以 *Beauveria*、*Metarhizium*、*Verticillium*、*Hirsutella*、*Nomuraea*、*Aspergillus*、*Aschersonia Paecilomyces*、*Tolyptocladium*、*Leptolegnia*、*Culicinomyces*、*Erynia*、

*Coelomomyces* 和 *Lagenidium* 等屬較多<sup>(67)</sup>。國內在蟲生真菌之開發應用研究工作上包括下列幾項重點；1.菌種(株)之蒐集鑑定 2.影響致病性有關之因子之研究 3.抗殺菌劑菌株之篩選 4.田間試驗 5.量產研究 6.製劑開發。

不同蟲生真菌種(株)之生物、生化特性差異很大<sup>(25,36,65)</sup>，當然也會影響對寄主昆蟲之致病性<sup>(36,43)</sup>。所以就蟲生真菌之開發研究工作而言，蒐集篩選菌種(株)是極為重要工作之一。在菌種(株)之蒐集鑑定工作上，Tzean等<sup>(72)</sup>及高等<sup>(25)</sup>均曾在本省各地做較為完整詳盡之調查蒐集，其中有 24 個屬 66 個種被Tzean等發現。此外，施及薛<sup>(11)</sup>在臺灣二點葉蟎上也發現有蟲生真菌 *Neozygites cf. adjarica*。除了形態上的差異外，酵素活性如APIZYM測試<sup>(25)</sup>、RAPD<sup>(36,65)</sup>、RFLP (18S rRNA、IGS)、18S rRNA和ITS序列及AFLP<sup>(36)</sup>等生化檢測技術，均曾被利用來有區分菌種(株)之差異，此類有關在鑑定技術的進步，將有助於對現存菌株與新菌株之鑑別，產品品質和專利權之保障及施用後在環境中之存活、分散追蹤<sup>(66)</sup>。由於蟲生真菌是以活體施用，其田間活性易受環境因子影響，此不利影響在開發和利用時均應注意。高溫、濕度和紫外線可預期在本省平地會不利蟲生真菌之施用。短暫的高溫和乾燥均會使蟲生真菌孢子發芽延遲，濕度和紫外線對蟲生真菌之限制和影響更大。以蠟蚧輪枝菌(*Verticillium lecanii*)為例，孢子無法在相對濕度 94%以下條件發芽，即使是提供 100%相對濕度環境，其孢子發芽亦顯著較有水膜處理為低。紫外線對孢子傷害更是嚴重，特別是中、短波長紫外線，其對孢子之破壞，經證實是DNA上環一烷嘧啶二聚體(Cyclobutane pyrimidine dimmer)的形成，這種傷害不但會影響孢子發芽，對殺蟲作用也會有影響。雖然孢子對DNA的破壞有自身修復能力，但田間應用仍以避免或添加保護劑為宜<sup>(36)</sup>。

除氣候因子外，防治其他病、蟲、草害用之化學藥劑對蟲生真菌也有不利影響<sup>(37,39,42,49)</sup>，部分殺菌劑甚至經蟲體取食後會累積在蟲體內抑制侵入寄主體內蟲生真菌之發病<sup>(37)</sup>。但透過誘變或馴化的方式，可篩選獲得抗殺菌劑菌株<sup>(38)</sup>，解決殺菌劑影響問題。相較於殺菌劑，殺蟲劑之抑制作用明顯輕微，甚有methomyl與白殭菌<sup>(68)</sup>和黑殭菌<sup>(39)</sup>混合施用時具協力效應。不過，無論是要以何種化學物質與蟲生真菌混合使用，均應在實驗室先行平板檢測，以便篩選影響較小之種類配合或混合，或調整分開施用之時間。

雖然國內蟲生真菌資源豐富，但僅其中之黑殭菌、白殭菌、綠殭菌及蠟蚧

輪枝菌等較具開發利用價值，並進一步經實驗室及田間試驗證實<sup>(18,36,52,53,70,71)</sup>。能否簡易量產是限制蟲生病原微生物利用之主因，有關這方面的研究，國內在自動化量產、回收濃縮系統建立上均有豐碩成果<sup>(24,26,62)</sup>。雖然在量產研究上頗有進展，但製劑相關研究在近幾年才有專家投入<sup>(46)</sup>，若此項研究能早日獲得結果，未來只要能將這些研究成果串聯，真菌性殺蟲劑之上市，指日可待。僅就農業藥物毒物試驗所生物藥劑組累積之生物檢定和田間防治經驗，將上列重要蟲生真菌可應用防治本省重要害蟲種類歸納如下：

黑殭菌：紅胸葉蟲、甜菜夜蛾、紋白蝶、飛蟲...等害蟲。

白殭菌：小菜蛾、甜菜夜蛾、棕櫚象鼻蟲、水稻象鼻蟲、蚜蟲(偽菜蚜)、南黃薊馬、玉米螟...等害蟲。

綠殭菌：甜菜夜蛾、玉米穗蟲、斜紋夜盜...等夜蛾科害蟲。

蠟蚧輪枝菌：蚜蟲(桃蚜、偽菜蚜)、南黃薊馬、粉蝨等害蟲。

### 三、病毒

昆蟲病毒作用專一性極高，且易在害蟲族群中引發流行病，被認為是有效而且是最安全之微生物殺蟲劑<sup>(40)</sup>。但因構造簡單，僅由核酸和蛋白質組成，本身不含核糖體，並缺乏完整酵素系統，需在寄主細胞內才能進行複製。目前已發現的昆蟲病毒達 1,000 餘種，分佈在桿狀病毒科、呼腸孤病毒科、昆蟲痘病毒科、包囊病毒科、虹彩病毒科、環狀病毒科、細小病毒科、野村病毒科、雙節雙股RNA病毒科、微核糖核酸病毒科、彈狀病毒科、四對稱病毒科、多DNA病毒科、披蓋病毒科、黃病毒科及朋楊病毒科。在上列的昆蟲病毒中以桿狀病毒最常見，對昆蟲最具致病力及致死力，已知可感染鱗翅目、雙翅目、膜翅目及鞘翅目等昆蟲。桿狀病毒因能否形成包涵體而分真桿狀病毒亞科(Eubaculovirinae)及裸桿狀病毒亞科(Nudibaculovirinae)，真桿狀病毒亞科能形成包涵體，下分核多角體病毒及顆粒體病毒兩屬，是蟲害防治上利用最多之病毒種類。昆蟲病毒一般經口侵入，病毒多角體進入腸道後，因鹼性腸液及蛋白酵素作用，使多角體蛋白質分解，釋放出病毒粒子。病毒粒子藉由與中腸柱狀細胞之絨毛膜發生融合進到寄主細胞內，再移到細胞核膜，核酸經由退鞘作用(uncoating)侵入細胞核內，進而控制寄主細胞之酵素系統進行複製。罹病蟲隻會有動作遲緩，食慾減退，體色變黃、發白，體節膨大發亮，最後體內組織液化，皮膚脆弱，輕觸即破，流出膿汁狀體液，並

有在高處以腹足附著，懸掛成“^”字形。

作用寄主範圍太窄、殺蟲作用緩慢、對紫外線和酸雨敏感及活體培養限制病毒使用之因素<sup>(34)</sup>。雖然基因重組可改善病毒殺蟲作用緩慢和寄主較窄之缺點<sup>(12,13,34)</sup>，但由基因改造植物從實驗室到田間之評估及管理<sup>(27)</sup>，可預測此類病毒從實驗室到田間應用還有一段時日。不過以基因重組病毒來生產外源蛋白(特別是醫療用蛋白)，或許是在害蟲防治工作外，昆蟲病毒另可發揮作用之處<sup>(3,5)</sup>。雖然昆蟲病毒有作用寄主專一的缺點，但換個角度來看這也是利用病毒安全性的保證。真正限制病毒開發應用之原因，應為生產成本過高及田間活性易受環境因子影響之問題。溫度、日照、高溫、強酸、氯離子和水質均被證實會影響昆蟲病毒活性<sup>(16)</sup>。在維持田間活性研究上，高和黃<sup>(23)</sup>發現尿酸(uric acid)、葉酸(folic acid)、活性碳(activated carbon)及黃嘌呤(xanthin)有保護甜菜夜蛾核多角體病毒抗紫外線之作用，特別是尿酸作用最佳。此外，不同展著劑也被證實會影響對昆蟲毒之致病效果<sup>(22)</sup>。為避免或降低環境因子對昆蟲病毒活性不利影響，除對上列因子或保護物質應有所瞭解外，設施配合與正確時機使用也是必需的。即使Jem等<sup>(60)</sup>在1997年即有利用桌上型和超過100公升之先導工廠型之發酵槽來測試廉價、高包涵體產能之產程，農業藥物毒物驗所也正積極投入此方面研究，但個人推測在短時間內活體培養成本過高之瓶頸仍難突破，現階段昆蟲病毒在蟲害防治上之應用，以體型較大、容易飼養且不易防治之害蟲成功機會較大，如本土重要夜蛾類害蟲斜紋夜蛾及甜菜夜蛾。事實上，有田間試驗也證實病毒有防治效果<sup>(17,50,54,55,63)</sup>，且甜菜夜蛾核多角體病毒生產條件也為黃及高<sup>(28)</sup>建立：利用四齡幼蟲種病毒，接種培養基為 $1.54 \pm 0.23\text{g}$  (直徑約1cm,高約0.5cm)，接種濃度為 $2 \times 10^5 \text{ PIBs/cm}^2$  (培養基表面)，30°C下培養，接種後第5-6天收穫。

#### 四、線蟲

有31科3,000個種以上的線蟲能感染昆蟲<sup>(10)</sup>，但真正被研究較多，且具有利用潛能的只有斯氏線蟲(*Steinernema*)及異小桿線蟲(*Heterorhabditis*)兩屬<sup>(41)</sup>。線蟲在三齡時具侵染能力，在此時經口器、氣孔或肛門侵入蟲體，進入昆蟲體內後，線蟲腸內共生菌(*Xenorhabdus* spp或*Photorhabdus* spp)會釋放出並大量繁殖，造成寄主死亡，線蟲則在寄主體內繁殖。目前線蟲的量產問題已經克服，也有商品上

市，過去生物技術開發中心曾分離到本土蟲生線蟲，並成功建立量產技術，並將技術移轉富農公司，惜未能上市。但因線蟲對水分(高濕度)的要求嚴苛，除了地下害蟲、鑽孔害蟲或需在地面表層化蛹之害蟲防治外，並不適用於為害植株或葉片之害蟲，使其利用上受到相當限制。雖然昆蟲線蟲活體之利用有其限制，不過線蟲共生細菌之開發利用，倒是值得期待，此方面研究亦有單位正積極進行中(31,45)。

### **具應用價值之蟲生病原微生物**

從防治面及開發難度兩項來評估，蟲生病原微生物以細菌、真菌、病毒三項較具開發價值。蘇力菌以非寄生模式使蟲隻罹病死亡，且不藉行昆蟲寄生方式進行增殖，此與蟲生真菌和昆蟲病毒需仰賴寄主昆蟲的存在才能生長增殖，完全不同，但因具抗不良環境之內生孢子，許多在量產製劑過程要克服的問題均不存在，加上以二裂法繁殖，增殖速度非常快速，且能在很簡單之人工培養基生長，在開發上有其簡易性，可被視為是最具開發價值之本土蟲生病原微生物。從實驗室經驗，昆蟲病毒的安全性及有效性已可肯定，限制此類蟲生病原微生物應用，主要是活體培養需較高生產成本的問題，在活體培養限制未能克服前，移地至勞力成本較低之處生產，不失為解決方法。此外，以昆蟲病毒為載體，生產醫療或其他珍貴外源蛋白，則是開發此類蟲生病原之另一商機。因需有寄主共存的特性，本土蟲生真菌與寄主昆蟲間在長久共演化過程中，已建立了穩固棲群應變關係，其所能提供之防治效果，當然不可忽視。一般而言，重要之蟲生真菌種類較蘇力菌及病毒有較廣之防治對象，加上其生產操作簡易，即使仍有櫥架壽命短之瓶頸尚待克服，如能在一定規模下進行計畫性生產，猶有相當利基可尋。

### **潛在市場(以防治對象為考量)**

具雜食、高繁殖力及遠距離飛翔能力之夜蛾科害蟲，加上容易引發抗化學性殺蟲劑之特性之小型害蟲(如蚜蟲、粉蟲、薊馬)，及少數特殊害蟲(如黃條葉蚤)，因傳統化學防治方法效果有限，此區塊害蟲之防治有微生物殺蟲劑配合之必要及空間。例如：

夜蛾科害蟲：甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、玉米穗蟲(病毒及綠殭菌)

同翅目：蚜蟲、粉蟲(蠟蚧輪枝菌、白殭菌)

繭翅目：薊馬(蠟蚧輪枝菌、白殭菌)



鞘翅目：黃條葉蚤(蘇力菌、白殭菌、黑殭菌)

### 絕對市場(不適用化學性殺蟲劑之作物及環境)

不論是在降低化學農藥的使用立場或在有害生物綜合管理的策略應用上，微生物殺蟲劑提供了另一種選擇，因為微生物殺蟲劑一般具有無毒性的作用機制和標的之特異性，其選擇性及安全性遠比化學藥劑為高，可確保環境及人畜之安全。事實上，化學防治也在某些情形下也有其執行上的困難，如防治水源保護區之森林害蟲。習性特殊之害蟲，以青蔥甜菜夜蛾對青蔥之為害為例，該蟲成蟲將卵產於蔥管上，孵化後幼蟲即鑽入蔥管內取食葉肉，並留下一層薄膜保護，施用藥劑根本難以接觸到蟲體。行道樹之蟲害防治，也不能使用化學性殺蟲劑，因以化學性殺蟲劑來處理，其毒性及惡臭常遭路人及市民抗議。密閉式或具阻隔作用之設施栽培環境，在此種環境施用化學性殺蟲劑，對操作者極不安全。有機作物之蟲害防治依規定在栽培生產過程中，不能使用任何化學性殺蟲劑。地下害蟲及強抗藥性害蟲之防治，以化學性殺蟲劑防治實屬不易(金龜子、黃條葉蚤...等幼蟲在地下為害，如欲以化學性殺蟲劑來防治，在用量及處理方法上均待斟酌)。短期作物或連續採收作物，作物採收期間仍面臨害蟲威脅，如施用化學性殺蟲劑易發生殘毒問題。上列蟲害問題均是微生物殺蟲劑可發揮作用之處。

### 問題

在應用方面：雖然植物保護用生物製劑開發登記成本較低，但微生物殺蟲劑生產成本較高，防治對象專一，田間應用技術複雜，使用次數多，人工和用藥成本較高，加上微生物殺蟲劑之作用不如化學性殺蟲劑快速，害蟲從罹病到死亡的時間受諸多因子影響，如接種濃度、蟲齡大小及溫度..等，但再怎麼快也需 2~3 天，不若化學性殺蟲劑有快速、立即之殺蟲作用，害蟲罹病期間食量雖會明顯減少，不過為害程度總是在持續累積，少數農友就很難接受殺蟲效果慢這項缺點。

微生物特性：微生物本身特性與櫥架壽命有關，一般以活體為施用對象之蟲生病原微生物，現階段不管調製成何種製劑配方，均存有櫥架壽命短及需特殊貯存設備等問題，造成運送及販賣過程之不便。

文化的問題：市場對農產品品質之要求常非微生物殺蟲劑所能達到，此必須由消費者教育著手。另地下工廠充斥，常見未登記且無品質管制之偽劣產品公然在市場低價販售，威脅合法業者生存。甚者，因偽劣產品品質不佳，使農友對微

生物殺蟲劑失去信心和使用意願。

法規制度：微生物農藥工廠設廠登記申請繁雜費時，設廠後又因法令規定，不能生產與微生物農藥相同或相近生產方式之環境衛生用微生物製劑或微生物肥料，空間、設備、土地利用不夠經濟<sup>(19)</sup>。

## 結語

綠色產業是未來農業發展目標，強調健康、安全、衛生及永續之農業經營更是政府在農業政策上的規劃，加上環保意識抬頭，政府也於 1987 年隨著世界潮流在臺灣推動有機農業，從過去幾年之統計資料不難發現，本省農友對世界潮流脈動之認知及接受能力極強，八年內耕作面積增加近 10 倍。面對病、蟲、草害問題，有機農業必需完全採用非化學農藥防治技術，在亞熱帶的台灣，蟲害發生極為嚴重，這對微生物殺蟲劑國內市場無疑提出保證。此外，就 2000 年工業局組團到日本之考察報告中提到，1998 年日本生物農藥之生產金額僅及農藥總額之 0.4%，銷售金額為 11 億 7 千 4 百餘萬(其中 72%為蘇力菌)，而有 80%仰賴進口。根據日本經濟新聞在 2000 年預測，在 10 年後生物農藥會成長至 370 億日幣，從現有之資料和未來預測數據估算，到 2010 年單日本市場進口生物農藥商機即有 290 億<sup>(44)</sup>。微生物殺蟲劑不但在國內市場前景看好，若能開發成功的產品，國外市場也是可預期的。但為消弭一般大眾對農藥之恐懼症，及對生物農藥之誤解，建議可將生物農藥正名為植物保護用微生物製劑。

## 參考文獻：

- (1) 未具名。1992。蘇力菌殺蟲劑室內毒性標準測試方法之建立。第 74 頁。台灣省農業藥物毒物試驗所 81 年報。
- (2) 未具名。1993。蘇力菌對關鍵害蟲之毒效測試。第 91 頁。台灣省農業藥物毒物試驗所 82 年報。
- (3) 王重雄、羅竹芳。1990。利用昆蟲細胞及幼蟲產外源蛋白。第 153-161 頁。有用昆蟲研討會。中華昆蟲學會編印。
- (4) 向明。1999 台灣生物農藥研發及其產業(一)。農業世界，185：64-71。
- (5) 李孟修、何靜宜、張丁榮、王守良、王敏盈。2001。利用昆蟲細胞表現外源蛋白。化工，48；82-96。
- (6) 李國欽。2004。農業生物技術國家型科技計畫植物保護組第三期規劃草案。19 頁。
- (7) 林志輝、吳淑盆、高穗生、曾經洲。2002。利用基因型鑑定策略發現有效殺蟲活性之台灣本土蘇力菌 *cryIC* 基因。植保會刊，44：233-244。
- (8) 林志輝、黃文忠、曾經洲、陳良築。2002。含蘇力菌毒素基因 *cryIAa1* 之轉型葉表生菌 *Erwinia herbicola* 的殺蟲活性與質體留存之分析。植保會刊，44：21-36。
- (9) 林志輝、張美玲、曾經洲、陳良築。2002。合成型蘇力菌毒素基因 *cryIA(c)* 與野生型基因 *cryIC* 之共同轉殖及其在菸草中殺蟲效力之表現差異。植保會刊，44：209-232。
- (10) 洪華珠、楊紅。1998。殺蟲微生物學綱要。華中師範大學出版社 400 頁。
- (11) 施劍瑩、薛烜坪。1994。臺灣二點葉蟎之寄生性蟲生真菌 (*Neozygites* cf. *adjarica*) 之形態及其生活史。中華昆蟲，14：319-330。
- (12) 胡耀中、羅竹芳、石正人。1994。構築含蘇力菌內毒素基因之重組昆蟲桿狀病毒。中華昆蟲，14：445—461。
- (13) 段淑人。1998。數種夜蛾科害蟲核多角體病毒之篩選、鑑定與致病力之改進。國立中興大學昆蟲所博士論文 153 頁。
- (14) 段淑人、高穗生、宣詩玲。1993。利用 SDS-聚丙烯醯胺膠體電泳分析法測定蘇力菌產品中殺蟲結晶蛋白含量。植保會刊，35：139-148。

- (15) 段淑人、宣詩玲、高穗生。1993。以酵素聯結免疫吸附檢定法測定蘇力菌商品力價之研究。植保會刊，35：70-78。
- (16) 段淑人、高穗生、劉員良。1995。影響斜紋夜蛾核多角體病毒臺灣分離株致病力及穩定性因子之研究。中華昆蟲，15：47—58。
- (17) 段淑人、陳文霖、高穗生。1998。斜紋夜蛾(鱗翅目：夜蛾科)核多角體病毒體內量產與防治效果評估。中華昆蟲，18：101—116。
- (18) 高清文、蔡勇勝。1989。利用蟲生真菌防治甜菜夜蛾。第 214-226 頁。中華昆蟲特刊第四號重要蔬菜害蟲綜合防治研討會。
- (19) 高穗生。2002。植物保護用微生物製劑發展之瓶頸與展望。第 9-16 頁。生物性農藥研討會暨發展生物技術教學重點特色成果發表會。私立朝陽科技大學編印。
- (20) 高穗生、石振宏、張妙順、柯俊良。2000。本土蘇力菌素生產菌株之篩選。植保會刊，42:125-134。
- (21) 高穗生、段淑人、宣詩玲。1994。利用質體剖面圖鑑定蘇力菌品系之方法。植保會刊，36：150—160。
- (22) 高穗生、夏維泰、黃莉欣。1991。核多角體病毒添加展著劑對甜菜夜蛾幼蟲致病效果之影響。中華昆蟲，11：330—334。
- (23) 高穗生、黃莉欣。1992。甜菜夜蛾核多角體病毒紫外線保護劑之效果評估。中華昆蟲，12：31—40。
- (24) 高穗生、蔡勇勝、林石源。2004。微生物液態接種自動化量產系統及其方法(中華民國及日本專利申請中)。
- (25) 高穗生、蔡勇勝、楊芃菘、王伯徹、華傑。1998。台灣常見蟲生病原真菌實用圖誌。食品工業發展研究所 122 頁。
- (26) 高穗生、謝建元、蔡勇勝、徐大全。2002。回收濃縮親油性真菌孢子及其代謝物質及裝置。中華民國專利(166820)。
- (27) 徐慈鴻、李貽華、李國欽。2003。基轉植物之生物安全性評估及管理。第 171~ 194 頁。植物保護管理永續發展研討會專刊。植物保護學會編印。
- (28) 黃莉欣、高穗生。1994。甜菜夜蛾核多角體病毒之生產。中華昆蟲，14：343-352。

- (29) 陳彥宇。1995。蘇力菌殺蟲晶體蛋白基因在轉基因植物表現之研究。國立中興大學分子生物學研究所碩士論文 84 頁。
- (30) 陳鵬文。1992。蘇力菌殺蟲晶體蛋白基因之分離及應用。國立中興大學分子生物學研究所碩士論文 80 頁。
- (31) 陳興賢、唐立正、侯豐男。2004。兩種蟲生線蟲共生菌 *Xenorhabdus* sp. *Xenorhabdus nematophilus*(真細菌目：腸內菌科)對斜紋夜蛾之致病力比較。第 31 頁。中華植物保護學會及台灣昆蟲學會聯合年會論文宣讀摘要。
- (32) 曾經洲。2000。蘇力菌殺蟲劑及其應用。第 5-1~5-5 頁。農村青年中短期農業專業訓練教材“生物農藥”。台灣省農業藥物毒物試驗所編印。
- (33) 曾經洲、高穗生、陳良築、翟建富、侯豐男。2002。蘇力菌臺灣分離株 *cryIAC* 基因之選殖及表現測試。植保會刊，44：185-208。
- (34) 靳子蓉。2000。病毒殺蟲劑及其應用。第 4-1~4-5 頁。農村青年中短期農業專業訓練教材“生物農藥”。台灣省農業藥物毒物試驗所編印。
- (35) 許如君、余世文、馮海東、李建佑。2004。台灣地區小菜蛾(*Plutella xylostella*)對現行登記用藥之田間感受性調查。第 32 頁。中華植物保護學會及台灣昆蟲學會聯合年會論文宣讀摘要。
- (36) 蔡勇勝。2004。影響利用蠟蚧輪枝菌防治害蟲之因子。國立台灣大學植物病理與微生物學研究所博士論文 145 頁。
- (37) 蔡勇勝、侯豐男、高穗生、高清文。1994。常用蔥田殺菌劑對黑殭菌感染甜菜夜蛾之影響。植保會刊，36：239—246。
- (38) 蔡勇勝、高清文、侯豐男、高穗生。1993。黑殭菌抗殺菌劑菌株之篩選。中華昆蟲，13：45—57。
- (39) 蔡勇勝、高穗生、高清文、侯豐男。1992。數種殺蟲劑對黑殭菌感染甜菜夜蛾之影響。植保會刊，34：216—226。
- (40) 蕭化忠、齊義鵬、楊復華。2001。桿狀病毒殺蟲劑安全性評價的歷史和現狀。生物工程學報，17:236-240。
- (41) 蕭文鳳。2000。線蟲殺蟲劑之生產及其應用。第 6-1~6-6 頁。農村青年中短期農業專業訓練教材“生物農藥”。台灣省農業藥物毒物試驗所編印。
- (42) 蕭文鳳、林悅強。1995。白殭菌對疏菜田常用殺菌劑感受性之探討。中華

- 昆蟲，15：295—304。
- (43) 蕭文鳳、楊瓊儒。1998。三種本地蟲生真菌對偽菜蚜之致病性研究。嘉義技術學院學報，59：61-68。
- (44) 蕭亞玲。2000。考察日本生物農藥產業發展政策與輔導措施。3頁。
- (45) 謝奉家、林宗俊、曾瑞堂、高穗生。2004。兼具殺蟲與抗菌作用之線蟲共生細菌光桿菌。植保會刊，46：163-172。
- (46) 謝建元、羅朝村、高穗生、蔡勇勝。2004。一種蟲生真菌綠殭菌保存方法與配方(中華民國、美國、日本專利申請中)。
- (47) 嚴奉琰、黃汝珍。1978。昆蟲微生物病原與化學殺蟲劑混合效應。省立博物館科學年刊，21：181-187。
- (48) 嚴奉琰、蕭文鳳。1977。微生物病原與化學殺蟲劑混合使用對小菜蛾之效應。第128-144頁。中華農學會六十六年聯合年會特刊。
- (49) 蘇智勇。1988。數種農藥對白殭菌之影響。中華昆蟲8：157—160。
- (50) 蘇智勇。1989。利用昆蟲病毒防治十字花科蔬菜的三種鱗翅目害蟲。中華昆蟲，9：189—196。
- (51) 蘇智勇。1990。蘇力菌及顆粒體病毒防治小菜蛾試驗。植保會刊，32：10—23。
- (52) 蘇智勇。1991a。白殭菌防治甘薯蟻象。中華昆蟲，11：162—168。
- (53) 蘇智勇。1991b。甘薯蟻象致病土壤之篩選及白殭菌之利用。中華昆蟲，11：198—203。
- (54) 蘇智勇。1991c。利用顆粒體病毒及蘇力菌防治小菜蛾及紋白蝶田間試驗。中華昆蟲，11：174—178。
- (55) 蘇智勇。1992。利用斜紋夜蛾核多角體病毒防治斜紋夜蛾。植保會刊，34：227—234。
- (56) Chak, K. F., and Y. M. Young. 1990. Characterization of *Bacillus thuringiensis* strains isolated from Taiwan. *Proceedings of the National Science Council. ROC. Part B: Life Science* 14: 175-182.
- (57) Chak, K. F., D. C. Chao, M. Y. Tseng, S. S. Kao, S. J. Tuan, and T. Y. Feng. 1994. Determination and distribution of *cry*-type genes of *Bacillus thuringiensis*

- isolates from Taiwan. *Applied and Environmental Microbiology*. 60: 2415-1420.
- (58) Chak, K. F., S. S. Kao, and T. Y. Feng. 1995. Characterization and cry gene typing of *Bacillus thuringiensis* isolates from Taiwan. In: *Bacillus thuringiensis Biotechnology and Environmental Benefits*. T. Y. Feng, K. F. Chak, R. Smith, T. Yamamoto, J. Margalit, C. Chilcott and R. Rose (Eds.). Hua Shiang Tuan Publishing Co. Taipei, ROC. Vol. 1: 105- 123.
- (59) Chak, K. F., and J. C. Jen. 1993. Complete Nucleotide sequence and identification of a putative promoter region for the expression in *Escherichia coli* of the *cryI* Ab gene HD133. *Proceedings of the National Science Council. ROC. Part B: Life Science* 17:7-14.
- (60) Jem, K. J., T. Gong, J. Mullen, and R. Georgis. 1997. Development of an industrial insect cell culture process for large scale production of baculovirus biopesticides. In: *Invertebrate cell culture-novel directions and biotechnology applications*. pp. 173-180. Science Publishers, Inc., New Hampshire.
- (61) Kao, S. S., C. C. Tzeng, S. J. Tuan, and Y. S. Tsai. 1996. Isolation, characterization and cry gene typing from stored product material samples collected around Taiwan. In: *The 2nd Pacific Rim Conference on Biotechnology of Bt and its Impact to the Environment*. Nov. 4-6, 1996. Chiang Mai, Thailand, pp. 132-151.
- (62) Kao, S. S., C. Y. Hsieh, and Y. S. Tsai. 2000. An oil-based recovery system for separation and concentration of lipophilic fungal spores and its metabolites (in Japanese)(Japanese Patent No.344222).
- (63) Kao, S. S., L. H. Huang, Y. S. Tsai, and S. J. Tuan. 1997. Implementation of control program against *Spodoptera exigua* with NPV in green onion field. *The 3rd Asian-Pacific Conference of Entomology*. Nov. 16-22, 1997. Taichung. ROC. p. 167.
- (64) Kao, S. S., and S. J. Tuan. 1992. *Bacillus thuringiensis* potency bioassay against *Plutella xylostella* larvae. In: *Proceedings XIX International Congress of Entomology*. Beijing, China, p. 276.

- (65) Kao, S. S., Y. S. Tsai, P. S. Yang, T. H. Hung, and J. L. Kao. 2002. Use of random amplified polymorphic DNA to characterize entomopathogenic fungi, *Nomuraea* spp., *Beauveria* spp., and *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*, from Taiwan and China. *Formosan Entomol.* 22 : 125-134.
- (66) Kouvelis, V. N., and Typas, M. A. 1997. The use of mt DNA gene probes for the molecular typing and differentiation of *Verticillium lecanii* isolates. In "Advance in *Verticillium* Research and Disease Management" (E. C. Tjamos, Eds.), pp. 63-68. APS press, Minnesota.
- (67) Moore, D., and C. Prior. 1993. The potential of mycoinsecticides. *Biocontrol News and Information.* 14:31N-40N.
- (68) Saito, T. 1984. Effect of pesticides on conidial germination and hyphal growth of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *J. Appl. Zool.* 28:87-89.
- (69) Stowell, L. J. 1993. Factors influencing acceptance and development of biopesticides. In *Advanced Engineered Pesticides* Ed Leo Kim. New York.
- (70) Tang, L. C., D. J. Cheng, and R. F. Hou. 1999. Virulence of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, to various larval stages of the corn earworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 34(3):243-248.
- (71) Tang, L. C. and R. F. Hou. 1998. Potential application of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, for control of the corn earworm *Helicoverpa armigera*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 88:25-30.
- (72) Tzean, S. S., L. S. Hsieh, and W. J. Wu. 1997. *Atlas of Entomopathogenic Fungi from Taiwan*. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, ROC. 214 pp.