

## 害虫微生物防治的主角 ——蘇力菌

國立中興大學昆虫學系研究所教授 / 侯豐男

蘇力菌資源豐富，種類繁多，對鱗翅目、鞘翅目及雙翅目等虫類具毒性，但對人畜及環境安全，不像化學性殺虫劑易產生抗藥性，而且生產容易，使用方便，已製成微生物殺虫劑。近年來由於生物技術之發展，蘇力菌已可藉由遺傳操作，進行基因轉移，質體祛除，DNA重組等方法，加以改造菌體合成內毒素之能力及毒性，或增廣寄主範圍。加上配方方法之開發，使用技術之改進，品系之篩選等，蘇力菌在害虫防治上之效用，必然會日新月異；同時也將成為遺傳工程學家研究新產品使用於農業生產上之害虫微生物防治法主角。為尋求害虫之安全性防治，吾人應發展此種有效無毒並具潛力之害虫防治彗星——蘇力菌。

虫 生病原被應用於害虫防治已將近一世紀，而發展微生物殺虫劑亦超過40年之久；但微生物防治法一直不受重視，使用率無法與化學殺虫劑比擬。近年來由於農藥長久使用，造成環境污染，其殘毒可能引起人畜之立即中毒或慢性病害；同時多種害虫對農藥產生抗藥性，使化學殺虫劑之防治效力不彰。因此為尋找替代的防治方法，虫生病原之利用，便成為研究發展之要角。而在眾多的虫生病原中，使用最多的及最具潛性之害虫微生物防治因子的主角，當推大家所熟知的細菌性病原“蘇力菌”(Bacillus thuringiensis, 簡稱Bt)。本文就「Bt」的生物特性、使用方法及將來的展望，略作解說，提供讀者參考。

### 蘇力菌之生物特性

蘇力菌是一種存在於土中的桿狀細菌，幾乎世界各地均可找到此菌。其在生長中會形成孢子(Spore)，而在此期會同時產生存在孢子旁邊的孢側晶體(parasporal crystal)。此種晶體是由蛋白質構成，蛋白質經解離後即成為對昆虫有毒之內毒素(endotoxin)。這就是目前商品中所含的主要殺虫有效成分。「Bt」除了會產生內毒素外，尚會分泌其他多種外毒素(exotoxin)或酵素，但其中的 $\beta$ -外毒素可能對哺乳動

物有害；因此「Bt」商品不能含有 $\beta$ -外毒素。目前市售的Bt商品主要含內毒素晶体及孢子，但也有去孢子或殺死孢子的成品。近年來生物學家的研究已經知道這種具殺虫性之內毒素( $\delta$ -endotoxin)，是由菌體內之質体(plasmid)所存之基因所合成。由於亞種或品系之不同，其毒素基因型式亦異；因而產生作用不同之毒蛋白，有些對鱗翅目虫類具毒，有些則對鞘翅目或對雙翅目有毒。

爲何這種「Bt」的內毒素對昆虫具毒性？當昆虫食入Bt晶体至中腸，會受高pH之腸液及腸道酵素破壞，而由無毒的大分子分解成較小的有毒的分子亦即毒素。再由腸細胞之接受器吸附後，先在腸壁細胞引起滲透性之改變，使腸道發生麻痺；因此虫体食入晶体後，常在數分鐘內即停止取食。毒素侵入血腔內，亦會破壞昆虫之各器官，改變血液pH值，使細胞崩解；改變離子濃度，阻礙神經傳導，終致全身麻痺引起死亡。一般虫体中毒後2—3天，才會死亡，但事實上食入毒素即不會再取食爲害植物。當然含有孢子之「Bt」產品，在使用後，孢子會留在植物上，一旦被害虫食入，仍會發芽而形成菌体侵入体腔內，繼續增殖，造成敗血症以致殺死虫体。研究人員發現針對某種害虫需要孢子及晶体同時存在，殺虫效力才會良好；而有些虫種只要晶体即可。

### 新型蘇力菌產品之開發

爲提高蘇力菌之殺虫效力以及增加其殺虫種類，以彌補生物特性之缺點以及增進實用性，科學家們已能利用近年來發展的生物技術，加以改造菌体合成毒蛋白之能力或種類，亦可將其合成毒蛋白的基因轉移至植物的表生或內生菌，甚至直接移入植物体内，讓這些菌体或植物合成內毒素，當昆虫咬食植物時中毒致死。另一方面也想藉由其他的菌体扮演有如微

包囊(microencapsulation)之功能，接入毒素基因合成毒蛋白後，再殺死此菌体施用於田間。但此法之安全性仍未明確，尚難登記使用。目前美國意可敬(Ecogen)公司已能採用質体祛除法(plasmid curing)及偶合轉移法(conjugal transfer)，將蘇力菌体内不良的質体祛除或將不同的質体用人工方法，讓一個菌体接受另一個菌体的質体。如此經由遺傳操作所改造的新菌体，已能產生高毒性或同時毒殺鱗翅目及鞘翅目虫類。這種新型「Bt」產品，意可敬公司已通過美國環境保護署登記，目前已上市的产品有三種：Condor®用於森林鱗翅目害虫；Cutlass®用於蔬菜鱗翅害虫以及Foil®可殺馬鈴薯金花虫以及玉米螟或其他鱗翅目害虫。

由於蘇力菌的亞種與品系甚多，在土中未被分離出來的種類，不知道還有多少。理論上，吾人亦可從品系的篩選，經生物檢定後，開發出新的產品。例如美國麥可敬(Mycogen)公司已出品一種稱爲M-One®的「Bt」產品，含自然品系之配方，可防治馬鈴薯金花虫及榆樹葉甲虫，惟後來在田間使用後效果不彰。目前的法規，菌体經基因重組(recombination)所製成的產品，尚不登記出售。但日後研究工作再進步，評估方法更明確，生產方法再改進，可望將來法規能獲修正，則「Bt」的新型產品更會層出不窮推出，屆時蘇力菌的使用性將會更爲增多，微生物防治法亦會邁入新紀元。

### 蘇力菌製品的使用要領

雖然其他虫生病原例如病毒、真菌、線虫或其他細菌類等已有製成商品，但蘇力菌仍是最成功的一種微生物殺虫劑。此乃因其可易於採用發酵方法大量生產，而且在配方、包裝及使用上亦較其他病原方便。但是在田間使用時仍會有許多缺失，農民除應加以認識外，宜從

施用時技術的改進獲得補救，而製造廠家則可經由配方技術，加以開發獲得效力更為良好的產品。科學家們深知蘇力菌易受高溫及陽光的紫外線之作用失去活性，因此他們不斷地研究各種保護劑的效用，尋求如何在配方中加入保護劑，或發展不同的劑型，以增其效力。除了一般紫外線保護劑外，有研究用澱粉或生物膠做成粒劑，也有做成油懸劑者，當然一般常用仍是可濕性粉劑為多。亦有研究加入特定酵素、陽離子、昆蟲誘食劑等來增效，而展著劑乃一般為增加製劑附著性，常配合使用的成分。這些加入物不外乎保護「Bt」的活性，增加毒性，預防施用後流失或增加昆蟲食入量。由於「Bt」屬於胃毒性，必須被食入害虫的中腸內才有效；因此農友在施用蘇力菌製品時，須特別留意將製劑噴至害虫取食部位，例如小菜蛾主要在葉背為害，取食下表面，所以一定

要噴在葉背最好使用高壓噴霧器。由於「Bt」有如上所述會受陽光照射失效，故以短日照時較能持效，施用時宜選擇下午時刻。為防噴後流失，加入適當展著劑，可提高效用。蘇力菌的殺虫效力，施用後2-3天才能使昆蟲中毒死亡，但食入後數分鐘便失去食慾；所以農友評估其效力，應作調整，不要與化學殺虫劑相比。一般蘇力菌之持效性不長，其半衰期大約在4天左右，但各種廠牌產品略有不同，故在害虫密度太高時，應提早追加使用，俟密度降低後，則可適作延長施用間隔。以上幾點提供農友施用時之參考。

### 蘇力菌製品的實用性

目前本省蘇力菌商品種類甚多，近年來使用率漸漸提高，農民普遍能接受使用。由於蘇力菌對人畜及環境無毒，且不如化學殺虫劑使用後害虫易產生抗藥性。基於有效及安全用藥的觀點上，蘇力菌應為最具實用性之生物防治因子。在本省的害虫現況，最主要的蔬菜害虫應算小菜蛾（吊絲仔），此害虫在世界各地均已發現嚴重的抗藥性，而現階段蘇力菌仍是其最有效的防治因子。本省近年來甜菜夜蛾之發生漸趨嚴重，不僅青蔥受害甚烈，其他蔬菜乃雜糧亦廣受其害。雖然目前尚無明確的抗藥性資料，但一般認為化學殺虫劑效力不佳。古典的蘇力菌製品，對這一屬(Spodoptera)蛾類，殺虫效力不高。但近來新型蘇力菌產品有針對這一類害虫所選製者，防治效力已顯著提高。除了甜菜夜蛾，相近虫類如斜紋夜盜亦有望採用蘇力菌防治。亞洲玉米螟易為害甜玉米，本省用卵寄生蜂來防治，若能配合蘇力菌使用，因其不傷害寄生蜂，但對玉米螟效果良好，故為理想的安全防治因子。其他虫類例如擬尺蠖、紋白蝶、番茄夜蛾、菜心螟、茶蠶、松毛虫等均為蘇力菌防治的良好對象。但在使用各種蘇力菌產品時，必須遁法規登記後，方能使用。



## 栽培新觀念 園藝新技術

欣美牌

### 果園、菜園、花卉、茶園 點滴灌溉系統

特點：

- 專業生產，品質保證，價格最合理。
- 免費設計、規劃，責任施工。
- 解決果園、菜園、花卉乾旱缺水現象，並可配合簡易自動滴灌施肥系統，定時定量施肥。省時、省工，效果顯著。
- 促進果樹結果，可使蔬菜增產並提高品質。



蘭花使用滴灌設備有裝飾花蔭及增肥效果。

#### ● 噴頭



微粒噴霧噴頭



噴霧噴頭

## 昌朋實業有限公司

台南縣安定鄉工業區港口村399之1號  
電話：(06) 5932780-5932774 張欣洽

誠徵全省  
各地經銷商

小菜蛾初受蘇力菌感染



小菜蛾幼虫，右：蘇力菌感染後死亡，左：正常虫體。



亞洲玉米螟在雄蕊  
受虫生真菌感染



玉米穗虫受核多角  
體病毒感染之屍體

