

蘇力菌在有機農業蟲害防治上之應用

作者：陳宇謙（防檢局基隆分局馬祖檢疫站技士）
電話：0836-22833

一、前言

自從二次世界大戰以來，化學農藥被廣泛使用於農作物生產上，由於防治病蟲害效果良好而造就所謂的「綠色革命」，使各項農產品大幅增產，滿足了日益增加的世界人口，但也帶來不少副作用，例如造成環境汙染、錯殺有益生物、害蟲產生抗藥性及危害人體健康等。近年來，社會大眾對於環境保育及飲食安全愈來愈重視，促使政府制定嚴格的農藥管理法規，要求相關單位開發出對環境友善、作用對象專一、對人體低毒性的農藥產品；然而化學農藥在長時間的發展過程中，發現新藥的潛力幾乎達到極限，因此不少人將眼光轉向生物農藥這塊嶄新的領域，蘇力菌就是其中應用最廣泛、最具代表性的種類。

二、蘇力菌是什麼？

蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*) 是一種會造成昆蟲生病的革蘭氏陽性桿菌，最適生長溫度為26~30℃，最適生長pH值6.5至7.5，生長時不需鹽分，但可耐受2~7%的鹽分。在生長末期、缺乏養份或環境不良時，會進入半靜止期，除了不進行二裂法產生新個體外，還會在菌體內產生休眠性的內生孢子，並在孢子周圍形成殺蟲結晶蛋白 (Insecticidal crystal protein，或稱 δ -endotoxin)，昆蟲一旦將含有結晶蛋白的蘇力菌體吃下肚子，就會出現食慾不振，最終死亡的現象。

三、蘇力菌的作用機制

殺蟲結晶蛋白進入昆蟲幼蟲的胃腸道後，在中腸處受高鹼性消化液和蛋白分解酶作用下，會由前毒素活化成毒素，此活性物質會與中腸上皮細胞絨毛邊緣的高親和性受體結合，並插入原生質膜、造成孔洞，導致細胞滲透壓失衡、腫脹、崩解，昆蟲會因此進食減緩，終至死亡。殺蟲結晶蛋白的作用範圍，與昆蟲腸內上皮細胞之受體專一性有關，不同的結晶蛋白會辨識不同的結合位置，因此殺蟲之對象亦不同。

近期研究發現，蘇力菌在芽孢對數生長期亦會分泌大量可溶性蛋白至體外，稱為營養期殺蟲蛋白 (Vegetative insecticidal protein)，此種毒蛋白在pH值低於7.5時即可溶解，並與昆蟲幼蟲表皮之柱狀細胞結合，造成細胞崩解，引發腸道受損，因此停止進食而死亡。

四、蘇力菌的篩選與鑑定

蘇力菌在自然界生態系統中分布廣泛，要獲得有效殺蟲之菌株，可從害蟲罹病個體及其棲息處所採集。例如在玉米倉儲粉塵內，可篩獲對玉米穗蟲 (*Helicoverpa armigera*)、甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua*)、斜紋夜盜 (*S. litura*) 有毒性之蘇力菌分離株；或在小型植物蘚苔類也可篩獲對蚊類 (*Aedes albopictus*) 具有高活性之蘇力菌菌株。

採集樣品回到實驗室後，可先將之溶解或懸浮於水中，接著以60°C加熱30分鐘，塗抹在Nutrient Agar培養基上，能夠長出菌落者，代表其遇到熱逆境時能夠產生内生孢子以度過不良環境，但僅能確定是Bacillus屬的細菌。接下來將分離株培養於CYS培養基上，使蘇力菌能夠產生殺蟲結晶蛋白，再用相位差顯微鏡與1,000倍油鏡鏡檢確認是否有内生孢子與結晶蛋白之生成。

蘇力菌分離株的進一步鑑定，則可透過質體DNA的抽取純化，再利用以下三類已知基因進行PCR鑑定：Lep+Col+Dip已知基因引子、cry1-type已知基因引子、cry2已知基因引子。或以特殊引子對蘇力菌核酸進行聚合酶鏈鎖反應，產物再以限制酵素剪切，即可得核酸限制片段長度多形性(RFLP)圖譜，並與已知菌株進行cry基因之鑑定比對。

五、蘇力菌的應用

不同的蘇力菌菌株有其特定的殺蟲種類，總體而言可對鱗翅目、雙翅目、鞘翅目等害蟲產生防治效果。目前全球蘇力菌產品應用於森林害蟲防治上為最大宗，其次是農作物害蟲和公共衛生害蟲。應用蘇力菌防治害蟲的方式主要有三種：一為以發酵槽的方式大量製造内生孢子與殺蟲結晶蛋白之混合物，經由濃縮、調配形成製劑，再噴施於田間；二為將蘇力菌殺蟲結晶蛋白基因，藉由生物技術，轉殖進入他種具有良好拓殖能力的細菌基因體中，再大量發酵並噴施於田間；三者同樣是藉由生物技術，將蘇力菌殺蟲結晶蛋白基因轉殖進入農作物基因體中，稱為BT基因轉殖作物，使害蟲啃食作物時自然中毒，農民毋須再行噴施。

國內取得販售許可證之蘇力菌產品

廠牌名稱	劑型	含量	廠商名稱
萊寶	可濕性粉劑	3.000 %	台灣省農會附設 各級農會農化廠
惠光寶	可濕性粉劑	3.000 %	惠光化學
貴寶	可濕性粉劑	3.000 %	聯利農業科技
蘇滅寶	可濕性粉劑	16,000 IU/MG	臺益工業
殊立菌	可濕性粉劑	16,000 IU/MG	興農
舒立旺	可濕性粉劑	16,000 IU/MG	光華化學
活力寶	可濕性粉劑	16,000 IU/MG	嘉農企業
速力寶	可濕性粉劑	30,000 DBMU/MG	福壽實業
力寶	可濕性粉劑	3.000 %	生力化學工業
新大寶	可濕性粉劑	23.700 %	台灣住友化學
速利殺	可濕性粉劑	70.000 %	安農
尚賜配	水分散性粒劑	85.000 %	安農
獨佳	可濕性粉劑	40.000 %	嘉農企業
大寶天機	粒劑	1,600 IU/MG	台灣住友化學
松蘇力菌	可濕性粉劑	16,000 IU/MG	松樹國際
加倍強	可濕性粉劑	50.000 %	台灣花卉生物技術
見達利	水分散性粒劑	48.100 %	台灣住友化學
愛吃蟲	水懸劑	10.8%	台灣住友化學
住友福祿寶	水分散性粒劑	54.000%	台灣住友化學

註：IU/MG與DBMU/MG都是蘇力菌殺蟲活性的效價表示單位，但二者採用的供試昆蟲不同，IU/MG是用擬尺蠖，而DBMU/MG是用小菜蛾，使用時應以實際施用在田間的殺蟲效果為考量。

六、蘇力菌使用須知

蘇力菌在田間使用時應注意下列幾點：
（一）因晶體蛋白為胃毒劑，不具觸殺性，須待害蟲食入且進入中腸時才會發揮效果，速度上較化學農藥慢，但一旦活化後，害蟲很快就會停止進食，不再危害作物；
（二）因易受紫外線破壞而怕日光直接照射，晴天時最好於黃昏時施用，待夜間或清晨時，害蟲外出取食即中毒身亡；
（三）噴施在作物表面後，易因日光、溫度等因子而降解，且對成蟲沒有毒效，又沒有殺卵效果，幼蟲危害期間須持續使用；
（四）應保存於陰涼處，才不會迅速失效，若能低溫冷藏，藥效之保持更佳；
（五）不具系統移行性，無法滲入植物組織，只能直接對害蟲危害部位進行處理；
（六）毒效具專一性，不會對非目標昆蟲造成傷害，可以和害蟲天敵如寄生蜂和草蛉等，互相配合達成綜合防治之目的。

七、蘇力菌的優點

蘇力菌之殺蟲結晶蛋白要發揮毒性作用，必須在高鹼性腸道消化液作用和專一性結合受體存在的條件下，所以不會對人體、家畜及生態系中非目標生物產生不良影響；因受紫外線照射而自然分解較化學農藥快速，不會造成環境汙染。農友在噴施蘇力菌時，即使長期吸入藥液，不會引發肝臟疾病或惡性腫瘤等；在作物的安全採收期間可隨施隨採，增加防治害蟲的完整性及便利性。此外，在BT基因轉殖作物中，殺蟲結晶蛋白的表現量極高，足以有效殺滅害蟲，且僅針對啃食該種作物的目標害蟲，在世界各地有減少、甚至取代化學農藥使用之趨勢。

八、蘇力菌的缺點

蘇力菌雖然屬於生物性農藥，但在長時間的田間使用後，害蟲仍然可能產生抗藥性。據報導指出，小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 是第一種對蘇力菌發生抗藥性的重要田間害蟲，此外，近來在BT基因轉殖棉花作物上亦出現害蟲抗藥性的案例。

不少地區在長年噴施蘇力菌或種植BT基因轉殖作物後，發現雖然壓制了主要害蟲的發生，卻間接助長次要害蟲的掘起。舉例來說，中國在BT基因轉殖棉花上觀察到盲椿象取代棉鈴蟲成為主要害蟲，在印度則由粉介殼蟲取代之。

即使科學家再三強調蘇力菌殺蟲之專一性極高，但仍然發現其危害非目標昆蟲，對生態系統造成負面影響。在美國明尼蘇達州的BT基因轉殖玉米田裡，有一種植物名為馬力筋，是帝王蝶幼蟲唯一的食物來源，當帝王蝶幼蟲在取食馬力筋時，常會因為誤食BT基因轉殖玉米所釋放的有毒花粉而死亡。

九、結論

蘇力菌產品的開發無疑是植物保護藥劑發展史中重要的里程碑，經多年的使用，其殺蟲效果、對人畜和環境生態等方面之影響確實較傳統化學農藥優良得多，雖然也衍生出抗藥性和次要害蟲掘起等問題，但此方面可藉由在田間種植非BT基因轉殖作物，保留害蟲對蘇力菌殺蟲結晶蛋白具敏感性之基因庫，除了稀釋害蟲族群中出現的抗藥性基因外，同時未對主要害蟲趕盡殺絕，使次要害蟲不會趁機而起。我們期許世界各地的科學家們可以開發出新一代的蘇力菌產品，一方面針對新的害蟲種類進行防治，另一方面改善其現有的缺點，讓農業生產可以更有效益、更精緻化！