害蟲之微生物防治

高穗生
臺灣省農業藥物毒物試驗所

摘　　要

害蟲的微生物防治，簡單而言，即是利用昆蟲病原微生物來調節害蟲棲群密度的一種防治方法。一般而言，涉及在害蟲的棲群中誘發疾病的大流行。此種流行與我們論及的流行疫病相符，也就是在動物棲群中，不尋常地有疾病大發生。要達到微生物防治的目的，通常包括有目的地造成流行疫病，或將自然發生的流行疾病加以利用。因此微生物防治可以說是一種應用動物流行疫病學。蟲生病原，包括細菌、眞菌、病毒、原生動物和線蟲。有些病原可在自然界害蟲棲群中造成流行病，有些只會引起慢性病，亦有的不會產生流行病，其使害蟲罹病或死亡，亦因蟲種和病的不同而有所差異。蟲生病原中之線蟲，體型較大肉眼可見一般不把它列爲微生物，但總會在微生物防治時，同時列入討論。另外，微生物之利用，尚包括了微生物殺蟲劑之使用。所謂微生物殺蟲劑係指用於害蟲防治的微生物或其有效成分，經由配方所調製成之產品，其微生物來源包括細菌、眞菌、病毒和原生動物等，一般由自然界分離所得，但也可以由人工品系改良，如人爲誘變選汰或遺傳工程改造者。

本省利用微生物病原防治害蟲之試驗始自本世紀初頁，早在1910年代即以眞菌病原防蟲，至今1990年代，從事微生物治的人員，素質和研究之多元化更是昔非今比。本文擬就近年來本省害蟲之微生物防治工作現況就線蟲、眞菌、蘇力菌和病毒等主題作一綜合性之論述，以供同好參考。

關鍵字：害蟲，生物防治

前言

害蟲的微生物防治，簡單而言，即是利用昆蟲病原微生物來調節害蟲棲群密度的一種防治方法。一般而言，涉及在害蟲的棲群中誘發疾病的大流行。此種流行與我們論及的流行疫病相符，也就是在動物棲群中，不尋常地有疫病大發生。要達到微生物防治的目的，通常包括有目的地造成流行疫病，或將自然發生的流行疾病加以利用。因此微生物防治可以說是一種應用動物流行疫病學[42]。近年來由於害蟲對殺蟲劑產生抗藥性，濫用殺蟲劑殺滅害蟲天敵，造成害蟲再猖獗，施藥劑量的提高及施藥頻度之增加，不但污染環境且導致果蔬有農藥殘量過高之虞，這些副作用，使得微生物防治之研究，發展和應用再次受到重視。爲了配合有害生物之綜合管理和維持農業生態環境的永續性，農委會支助並成立害

蟲病原微生物之開發與應用之研究團隊和基因轉殖作物研究團隊。國科會之群體研究計畫亦組成基因轉殖作物研究群，均集合各研究機關，大學等專業人材參與。此種科技整合之策略，頗有助於研究水準之提升，近年來已有豐碩的成果[9,43,44]。本文擬1985年以來本省之微生物防治現狀，依線蟲、眞菌、蘇力菌和病毒之利用，作一提綱挈領之論述。

蟲生線蟲之利用

本省利用蟲生線蟲防治害蟲之研究，目前正起步階段，文獻不多。Wu(1988)在實驗室內以 *Steinernema carpocapsae* 感染菜瓜蟲 (*Anasa tristis*) 發現該線蟲第三齡幼蟲可由肛門入侵害蟲，導致其於25-72小時內死亡。入侵線蟲在蟲體內成熟及繁殖，歷經三代，於第四日離開寄主[50]。Wu and Chow (1989)以第二齡之 *S. feltiae* 感染紋白蝶，(*Artogeiarapae crucivora*)，發現紋白蝶各期幼蟲和成蟲會被該線蟲寄生，其在72小時內被感染致死率 (32.5-97.5%) 入侵孔道是寄主幼蟲的口器和肛門或成蟲之肛門。入侵線蟲在寄主歷經 2-3代 (16-24天) 產生衆多子代[51]。鍾 (1991) 將 *S. feltiae* 製成膠囊，膠劑及膏劑三種型式，施用於油菜葉片餵食小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 幼蟲，三天內即死亡，其殺蟲力以膠囊最佳，膏劑次之，而膠劑最差，但亦可達50% 以上之死亡率[27]。鄭 (1992) 以不同培養基或材料繁殖 *S. carpocapsae*，發現以皮蛋蛋黃餵飼者最佳，二週後收獲之線蟲量爲原先接種量之10倍。感染亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 3, 4及5齡幼蟲，其 LC_{50} 值分別爲 7.5,8.7 及 16.3 IJs/ml，線蟲懸浮液製成膏劑對玉米螟殺蟲效果好，田間試驗顯示玉米株之蛀孔數及蟲數少，可上市果穗率高，與陶斯松 5% 粒劑處理，防治效果無顯著性差異[26]。

蟲生眞菌之利用

本省生眞菌之蒐集工作由台大植病系負責，近年來已從數百罹病蟲隻上分離到接近20屬的眞菌，其中尚有新種之發現（曾顯雄私人通訊）這些蟲生眞菌對關鍵害蟲之致病性的瞭解，則是後續工作最重要的一環。彭 (1985) 於玉米蚜 (*Rhopalosiphum padi*) 上發現蠟蚧幹枝孢菌 (*Verticillium lecanii*)，其對玉米蚜之 LC_{50} 爲 1.19 x 10 spore/ml。寄主昆蟲尚包括桃蚜，光褐菊蚜，小桔蚜，僞菜蚜，棉蚜及柑橘半圓介殼蟲，本菌在Sabouraud氏脂培養基上生長良好，經十三次連續移植後，其培養特性及致病力仍然穩定[20]。蕭及許 (1985) 於山茶圓介殼蟲 (*Psendaonidia duplex*) 上發現紅頭菌 (*Sphaerostible aurantiicola*) 但感染率不高[28]，Su et al(1988) 指出七星山之土壤可使甘藷蟻象 (*Cylas formicarius*) 感染白殭菌 (*Beauveria bassiana*) 達100%，採自中南部地區之土壤，13個地點之土壤所含之白殭菌，能引起甘藷蟻象死亡率達80% 以上，可稱之爲致病土[46]。胡 (1992) 發現自六種不同目 (order) 罹病昆蟲分離之白殭菌菌株中，以源自半翅目的分離株對大豆細綠椿象之致病力較高。而連續感染寄主的菌株，會因累代接種寄主，而有提高致病力的趨勢[7]。但蘇 (1991 c) 發現分離自蜜蜂之白殭菌菌株對甘藷蟻象之防治效果較源自其他寄主之菌株爲佳[39]。李及侯 (1989a,c) 自屏東地區之斑飛蝨 (*Laodelphax striatellus*) 上分離出黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae var. anisopliae*)，孢子對寄主有

高度之病原性[1,3]。

本省在白殭菌之生產技術上文獻不多，邱 (1989) 以黃豆培養液採液面培養方式生產分生孢子，浸液培養芽孢仍以黃豆培養液產孢量最高[5]。邱 (1990) 利用黃豆汁接種分生孢子在無光下培養 72 小時以生產芽生孢子，再接種於生產基質，照光 6 或 18 小時，可得最好的產量[4]。胡 (1992) 則發現溫度在 23-27 ℃ 時對白殭菌孢子發芽、菌絲生長及產孢最佳[7]。李及侯 (1989 b) 則論及黑殭菌培養及大量生產之研究，在不同的培養基進行試驗，顯示黑殭菌 (MA-805)，以 SPA+Y,SMA+Y, 及 PDA+Y 生產和產孢良好。利用糙米繁殖其孢子產量最佳。若以作物殘渣繁殖，則以玉米穗軸和蔗渣產孢最好[2]。高等 (1989) 則以白米飯裝填於右空包，經接種後存放於 28 ℃，24 小時光照之人工培養箱內培養，約經 14 天後，即可獲得大量的黑殭菌分生孢子[13]。

Liu et al (1989) 利用黑殭菌在本省南部屏東地區進行防治紅胸葉蟲之試驗，發現施用分生孢子懸浮液或粒劑三次後，均能使該害蟲得到有效的控制[45]。高及蔡 (1989) 利用白殭菌，綠殭菌 (*Nomuraea rileyi*) 和黑殭菌防治滿天星和青蔥上之甜菜夜蛾，效果亦相當良好[10]。邱 (1990) 證實聯合蘇力菌與白殭菌防治亞洲玉米螟有顯著的結果[4]。另外，胡 (1992) 以撒布米粒基質的白殭菌或直接噴灑孢子懸浮液的方式，均可降低大豆細綠椿象的危害[7]。蘇 (1991 ,b,c) 以噴施分生孢子或於畦底撒布含白殭菌之大豆均能有效地防治甘藷蟻象[38,39]。又，蔡等 (1992,1993) 研究殺蟲劑和殺菌劑對黑殭菌感染甜菜夜蛾的影響[23,24]。蘇 (1988 a) 亦發現數種農藥中，殺菌劑包你好 (Sporatak) 能完全抑制白殭菌的生長[34]。蔡等 (1993) 並進一步以紫外線或誘變劑處理黑殭菌 Ma 菌株，可獲得抗 Benomyl 或抗 Carbendazin 菌株，菌株間具交互抗藥性，且抗性穩定。此特性在田間害蟲之防治上應有應用價值[22]。

蘇力菌的利用

根據蘇力菌殺蟲結晶蛋白質的基因譯錄 (gene conding) 可將蘇力菌分成五群：cry IA (a),(b),(c) cry IB, cry IC, cry ID, cryIE, cry IF, cry IG 均對鱗翅目昆蟲有毒性；cry II A 對鱗翅目和雙翅目有毒性，cry II B ，cry II C 均對鱗翅目有毒性；cry III A, cry III B, cry III C (a), (b) 對鞘翅目有毒性；cry IV A, cry IV B, cry IV C, cry IV D, 對雙翅目有毒性；而 cry V 則對鱗翅目和鞘翅目有毒性[41]。馮 (1993) 設計一系列的引子 (primer) 利用聚合酵素聯鎖反應來鑑定本省各地篩選之蘇力菌，發現採自本地土壤的蘇力菌有三類 cry 基因種類，以 cryIA(a) +cryIA(c) 佔 53% 最多，高山土壤則發現土類而以 cryIA(a) +cryIA(b) +cryIA +(c) 佔 69.2% 最多，顯示 cry 基因的存在與環境因子有密切的關係[21]。殺蟲活性之篩選顯示 SSB23，SSB52 及 YSB88 等菌株均與 HD-1 對小菜蛾的殺蟲活性相當[10]。黃 (1990) 亦對本地蘇力菌進行分離，培養和蛋白質特性的研究[18]。

周 (1987) 發現本省不同地區的小菜蛾對蘇力菌之感受性無顯著性差異，可見本省自 1958 年引入蘇力菌後，效果尚稱一致。另外，蘇力菌製劑方面的研究顯示添加取食促進劑黑芥子素 (Sinigrin) 及 $CaCo_3$ 和 K_2CO_3 可以有效地增加蘇力菌的殺蟲效果[6]。鍾 (

1991) 指出低劑量濃度的蘇力菌添加0.1 ppm之黑芥子素，可提升殺蟲效率2倍，加入1 ppm可提高對小菜蛾四齡幼蟲達8倍之多[27]。蘇 (1991 a) 實驗顯示使用數種蘇力菌在噴施 7 天內均可防治小菜蛾及紋白蝶[37]。

至於蘇力菌之殺蟲結晶蛋白質含量之檢測已發展出 SDS-PAGE 及 ELISA 之生化及免疫法[8,14] (高穗生、段淑人、宣詩玲未發表資料) 其與生物檢定之符合率均相當高，有助於蘇力菌登記及生產線之品管。且蘇力菌 cryIA toxin 及 cryIC toxin 之抗血清業已製備完成，可供進行西方墨點法分析之用。

在蘇力菌的分子生物學和作物基因轉殖研究上，已經有好的開始，黎 (1991) 進行蘇力菌台灣新種 YMB 96 之殺蟲晶體蛋白的特性分析和基因選殖[25]。陳 (1992) 研究蘇力菌台灣分離株 YMB 82 之晶體蛋白基因在分子生物學上的特性分析[15]。陳等 (1993) 及陳 (1993) 自六個不同的蘇力菌中分離出殺蟲蛋白基因，並構築在大腸桿菌的表現載體上，利用西方墨點法證實殺蟲蛋白之產生，經生物檢定顯示出分離出來的基因具殺蟲活性。含有 cryIA (b) 基因的植物表現載體 PBt 121N 經由腫瘤農桿菌，已成功轉入菸草染色體中[16,17]。供試的42株菸草中，BtN-19，BtN-26 及 BtN-39 能分別造成供試斜紋夜盜 46.2%，42.9% 及 36.8 之死亡率[11]。將蘇力菌殺蟲結晶蛋白基因轉殖到十字花科蔬菜中之群體研究刻在進行中，相信不久將來就會有蘇力菌基因轉殖之十字花科蔬菜出現，提供植物保護一個嶄新的方向。

病毒之利用

目前曾使用於關鍵害蟲防治之病毒包括了小菜蛾顆粒體 (GV) 病毒，紋白蝶顆粒體病毒 (GV)，斜紋夜蛾核多角體病毒 (*Spodopera litura* NPV)，玉米穗蟲核多角體病毒 (*Heliothis zea* NPV) 及甜菜夜蛾核多角體病毒 (*S. exigua* NPV)。

蘇 (1985) 利用每公升水中含有一隻末齡罹患顆粒體病毒之病死紋白蝶幼蟲 (1LE/L) 噴施 2, 3, 4, 及 5 次均能有效防治紋白蝶，與農藥混合亦能防治之[29]。蘇 (1986) 以 1LE/L) 混合蘇力菌，或添加展著劑，酵母抽出物，脫脂奶奶，活性碳粉亦均有效防治紋白蝶[30]。蘇 (1987a) 使用小菜蛾顆粒體病毒，病毒加展著劑，或病毒加展著劑與脫脂奶粉皆能有效防治小菜蛾[31]。又混合顆粒體病毒，展著劑及活性碳粉每週噴施於甘藍一次，全期共施五次，防治效果不錯[35]。小菜蛾顆粒體病毒、紋白蝶顆粒體病毒與展著劑，與展著劑加上蘇力菌，與展著劑加上活性碳，混合使用，能有效地防治二種害蟲[32]。蘇 (1987c) 混合小菜蛾，紋白蝶各 1LE/L，5 天或 7 天噴施一次處理防治效果佳[33]。蘇 (1989) 混合紋白蝶及小菜蛾顆粒體病毒，紋白蝶顆粒體病毒及斜紋夜蛾核多角體病毒，小菜蛾顆粒體病毒及斜紋夜蛾核多角體病毒，分別有效地防治紋白蝶及小菜蛾，紋白蝶及斜紋夜蛾，小菜蛾及斜紋夜蛾，若混合三種病毒則能共同防治紋白蝶，小菜蛾及斜紋蛾[36]。蘇 (1991a) 單獨或混合紋白蝶或小菜蛾顆粒體病毒，可單獨防治小菜蛾與紋白蝶或共同防治兩種害蟲，噴施後延續14天均有防治效果，持久性較蘇力菌爲優[37]。蘇 (1992) 在田間以斜紋夜盜核多角體病毒 (SLNPV) 防治斜紋夜盜發現，單獨使用 SLNPV 或加上 India ink、red ink、active carbon powder、skim milk powder，防治率分別

爲88.1 、91.3 、86.3 及88.5% 。單獨使用SLNPV ，或分別加上綠色染劑、紅色染劑、白色染劑，防治率分別爲84.9 、90.5 、86.7 、69.7 、及82.7% 。單獨使SLNPV 或分別加上展著劑，省多多、強展及CS-7 ，防治率分別爲75.8 、87.1 、83.2 及70.6%[40] 。

Tuan 及Hou (1988) ，Tuan et al (1989 a, b.) 對玉米穗蟲核多角體病毒防治玉米穗蟲有較深入之研究。卵磷脂 (Lecithin) 可增強玉米穗蟲核多角體病毒對玉米穗蟲幼蟲之致病力，以高濃度 (50mg/ml) 加入病毒懸浮液中可增加38.4% 之死亡率，由組織切片可見感染之細胞核腫大，較不加卵磷脂者提早1 -2 天出現病徵。溫度在15 至30 ℃間，四齡幼蟲罹病死亡率隨著溫度之上升而增加，具潛伏期亦隨之縮短。但在 35 ℃ 時，幼蟲死亡率反而下降，中央死亡時間 (LC_{50}) 延長；30 ℃爲發病之最適當溫度。附於玉米穗蟲上之該病毒在田間自然環境下穩定性及持久性，以1- 2 月及 4-5 月優於 6-7 月及10-11 月間。自大豆、番茄、玉米及蘆筍等作物葉表採取露水，經與該病毒製劑作用不同時間後，以生物檢定法則知，僅具弱鹼性之大豆露水對該病毒具不活性化作用。以人工模擬降雨測得用242mm/hr 雨量沖刷30 分鐘，附著於玉米穗絲上之該病毒仍具致病力。田間防治試驗顯示於一日齡幼蟲期施用病毒，較延至四日齡幼蟲施用時之效果爲佳；施藥方法以果穗注入法優於噴撒法，可顯著增加 21.7% 之可上市果穗及 72.2% 之無幼蟲爲害果穗。自病毒處理區採回幼蟲，經在實驗室飼育五天後，仍有 80% 以上之幼蟲罹病死亡率。試驗結果證實該病毒製劑對玉米穗蟲幼蟲具高度致病力，其在田間施用具有防治害蟲 之 效[47,48,49] 。

高等 (1991) 自埔里滿天星上所採得之罹病蟲，經分離、鑑定爲核多角體病毒經室內試驗發現甜菜夜蛾幼蟲具有頗高之罹病力，由於病毒之病原性高，且寄主專一性，於室內容易大量生產，對人畜、植物等都具安全性，有發展成爲微生物製劑之潛力[12] 。將甜菜夜蛾核多角體病毒，以表面污染法接種於人工培養基上，供甜菜夜蛾四齡初幼蟲取食，幼蟲初期病徵出現於第 2 天，第 3 天即發現有明顯病徵之罹病蟲體。病毒培養第 1 天即有雜菌污染，但第 2 天明顯下降，第 3 天又上升至第 4 天達最高，隨後下降，直至第 7 天所含雜菌最低。已感病蟲體至少需提供 4 天的食物量，對其病毒產量才不致有顯著影響。依據食物耗量、病毒生產、幼蟲死亡率及雜菌污染程度，認爲甜菜夜蛾核多角體病毒生產條件爲：接種培養基爲1.54 ± 0.23g(直徑約 1cm ，高約0.5cm) 接種濃度爲每平方公分培養培養表面含有 2 x 10^5 PIBs ，於30 ℃下培養，接種後第5-6 天收穫之。罹病蟲體經磨碎、過濾、離後之沉澱物，再經冷凍乾燥呈粉末，即爲初製品[19] 。核多角體病毒之兩種製劑懸浮液及冷凍乾燥粉末二種製劑，分別貯存於- 20 ℃、 4 ℃、室溫及38 ℃下，經不同時間之貯存，以檢定其病毒活性。結果顯示，二種製劑於貯存前之病毒活性 (LC_{50}) 沒有差異，懸浮液爲 2.53 x10^5 PIBs/ml ，冷凍乾燥粉末爲2.13 x10^5 PIBs/g 。二種製劑貯存於38 ℃下，經三個月後，其活性已經喪失，懸浮液貯於4 ℃下六個月後，活性減弱，於-20 ℃ 下至少可維持一年，而冷凍乾燥粉末貯存於-20 ℃或4 ℃下，經一年後其活性仍相當強。室內大量生產一隻罹病蟲體約需1.4-1.5 元，平均一隻罹病蟲可產生病毒包含體約 1.6-2.0 x 10^5 PIBs ，冷凍乾燥粉末平均每克有含體約爲 4.05 x 10^{11} PIBs ，需約193-253 隻病蟲生產之 (高穗生，黃莉欣未發表資料) 。高等 (1991) 以甜菜夜蛾四齡初幼蟲於室內進隻行18 隻展著劑在滿天星葉片上對核多角體病毒增效作用的篩選試

驗，結果顯示有15隻展著劑具增效作用，其中以Bivert、Agral 90及NU-film 17效果較佳[12]。高及黃(1992)以分光譜儀測定101種保護劑，發現有26隻單劑吸光良好，再與甜菜夜蛾核多角體病毒懸浮液及展著劑(Bivert)混合測定，篩選出10種保護劑。將病毒懸浮液與展著劑(Bivert)混合處理滿天星葉片，經UV照射不同時間後，病毒活性明顯降低，UV照射十分鐘後，其原活性殘存率值爲52.75%，而照射30分鐘則更降低至25%以下。將篩選出之10種保護劑分別與病毒懸浮液及展著劑(Bivert)混合處理滿天星葉片，以UV照射10分鐘，進行生物檢定，結果以尿酸、葉酸活性碳及黃嘌呤四種保護劑對病毒之致病力，具有明顯增強延效作用，而以尿酸爲最佳保護劑[14]。甜菜夜蛾核多角體病毒對甜菜夜蛾幼蟲具有頗高之致病力，且田間防治效果良好。由於病毒感染幼蟲至發病有其潛伏時間，爲求防治時效，就農藥殘留、藥害及田間推薦濃度等因素之考量，僅選以具有頗高殺蟲效果之畢芬寧與病毒混合試驗，選擇濃度爲100、185、285及835ppm等四種，均較青蔥推薦施用量666倍爲低(約爲1500ppm)，四種濃度分別與病毒混合後，供四齡初幼蟲取食，經24小時後有協力作用之表現，其殺蟲效果較殺蟲劑及病毒單劑爲高，且殺蟲時縮短(高穗生，黃莉欣未發表資料)。

結　　論

由於微生物防治對天敵，人、畜、植物安全無毒選擇性強，不會污染空氣，水域和土壤具有保護環境品質的特性和優點，開發成本低，害蟲亦不易產生抗性，某些害蟲病原微生物和病毒和某些細菌(乳化菌)尚具有長期防蟲的作用，是頗值重視的一種非農藥防治技術，但微生物防治並不能完全取代其他防治，單獨應用微生物防治也有其不足之處，因此與化學防治等他措施不應相互排斥，而必須相互密切配合，裁長補短相輔相乘，在綜合蟲害防治體系中共同發揮應有的協調作用。

雖然，近年來微生物防治在本省有突飛猛進的成果，但不容諱言的，本土性微生物製劑之工業化、標準化和商品化生產問題仍待解決，突顯產品量少，滿足不了農民需求之瓶頸。同時又面臨西方高科技生物及遺傳工程產品之衝擊。因此，對將來本省微生物防治研究的方向吾人有下列數項期許提供同好共勉：

1. 重視本土性蟲生病原微生物之調查、篩選、鑑定和品系改良。本省地處熱帶和亞熱帶，且地形複雜，作物栽培制度變化亦多，病原微生物資源豐饒。針對關鍵害蟲選擇有效微生病原，篩選有效品系，鑑定其分類地位，以育種和遺傳操縱技術進行品系改良，以育成穩定品系使具高殺蟲效果和殺蟲範圍。
2. 加強分子生物學及遺傳工程之研究。順應世界潮流，利用分子生物學和遺傳工程技術，有效地利用本地微生物資源開發嶄新的微生物製劑或基因轉殖作物，以更有效地進行微生物防治。
3. 立田間施用技術。包括施用技術合理化之研究，如微生物製劑之間混合及微生物與化學藥劑之搭配或混用，田間生態因子之掌握，和加強病原微生物在田間流行疫病學之瞭解。另外，因微生物防治造成的問題，如小菜蛾對蘇力菌產生抗藥性應如何應對及抗藥性管理政策之擬定。又，伴隨遺傳工程之精進而帶來的基因轉殖作物之風險評估、毒性

測試和管理，亦應未雨綢繆妥作因應。

4. 建立大量生產流程之技術，選擇優良品系，配合適當之培養基，進行良好的醱酵產程操作，以獲得生產最適化，降低生產成本，縮短流程提升生產的品質。

5. 開發新製劑配方和品質管制的研究。利用微膠囊化技術，流體床 (Fluidized bed) 造粒，取食促進劑，紫外線保護劑和其他輔佐劑之添加，以增加田間效果和櫥架壽命，此外，誘餌劑之開發亦應列入考慮。同時建立標準化的生物檢定及各類生化、免疫、化學和遺傳工程技術（ DNA 探針）以確保良好品質。

參 考 文 獻

1. 李平全、侯豐男 1989a 影響黑殭菌對斑飛蝨致病力之因子 31:1-9 。
2. 李平全、侯豐男 1989b 黑殭菌培養及大量生產之研究 植保會刊 31:10-20 。
3. 李平全、侯豐男 1989c 黑殭菌對斑飛蝨之病原性 中華昆蟲 9:13-19 。
4. 邱文杞 1990 蘇力菌、白殭菌及黑殭菌對亞洲玉米螟之防治 中興大學昆蟲所碩士論文 60pp 。
5. 邱澤茂 1989 白殭菌之產及其感染亞洲玉米螟之研究 中興大學昆蟲所碩士論文 68pp 。
6. 周桃美 1987 蘇力菌防治小菜蛾之研究 中興大學昆蟲所碩士論文 44pp 。
7. 胡文津 1992 白殭菌感染大豆細綠椿象之研究 中興大學昆蟲所碩士論文 85pp 。
8. 段淑人 宣詩玲 高穗生 1993 利用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（投稿中）。
9. 侯豐男 1991 台灣昆蟲病理學之研究與發展 近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會會刊 中華昆蟲特刊第七號 pp. 87-97 。
10. 高清文 蔡勇勝 1989 利用蟲生眞菌防治甜菜夜蛾 中華昆蟲特刊第四號 重要蔬菜害蟲綜合防治研討會 pp.214-226 。
11. 高穗生 1993 蘇力菌菌株和耐蟲基因轉殖作物之生物檢定 II . 國科會 81 年度生物學專題計畫成果發表會 論文摘要集 p. B02007 。
12. 高穗生 夏維泰 黃莉欣 1991 角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 。
13. 高穗生 蔡勇勝 高清文 1989 青蔥甜菜夜蛾的克星—黑殭菌 藥試所專題報導 第十一期 5pp 。
14. 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
15. 陳月茸 1992 蘇力菌台灣分離株 YMB82 之晶體蛋白基因在分子生物學上的特性分析 陽明醫學院生化所碩士論文 91 pp 。
16. 陳良築 1993 抗蟲轉殖植物之育成研究（ II ）國科會 81 年度生物學專題計畫研究成果發表會論文摘要集 pp.B0200-1 - B0200-2 。
17. 陳鵬文 曾經洲 高穗生 蔡新聲 陳良築 1993 蘇力菌殺蟲晶體蛋白基因之分離及應用 1993 植物組織及細胞培養研討會 pp. 5-26 。

18.黃文瑛 1990 微生物殺蟲劑之生產及應用研究：蘇力菌之培養及結晶蛋白特性 臺大農化所博士論文 219pp。
19.黃莉欣 高穗生 1993 甜菜夜蛾核多角體病毒之生產 中華昆蟲（投稿中）。
20.彭博成 1985 蟲生眞菌 *Verticillium lecanii* 在蚜蟲上之病理研究中興大學昆蟲所碩士論文 85pp。
21.馮騰永 1993 Bt. ICP 基因之分離，選殖和改造以做轉殖植物之用（II） 國科會 81 年度生物學專題計畫研究成果發表會 論文摘要集 pp. B02005。
22.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 13:31-43。
23.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。
24.蔡勇勝 侯豐男 高穗生 高清文 1993 蔥田常用殺菌劑對黑殭菌感染甜菜夜蛾之影響 植保會刊（投稿中）。
25.黎蕾 11991 蘇力菌台灣新種 YMB 96 之殺蟲晶體蛋白的特性分析和基因選殖 陽明醫學院生化所碩士論文 92pp。
26.鄭旗志 1992 蟲生線蟲防治亞洲玉米螟之潛用性 中興大學昆蟲所碩士論文 80pp。
27.鍾芳鴛 1991 蘇力菌及蟲生線蟲對小菜蛾致病性之研究 中興大學昆蟲所碩士論文 52pp。
28.蕭素女 許洞慶 1985 紅頭菌 (*Sphaerostible aurantiicola* (B.& Br.) Petch) 對山茶圓介殼蟲 (*Pseudaonidia duplex* Cockerell) 之感染性植保會刊 27:389-400。
29.蘇智勇 1985 顆粒體病毒田間防治紋白蝶之評估 中華昆蟲 5:37-40。
30.蘇智勇 1986 顆粒體病毒防治紋白蝶之田間試驗 中華昆蟲 6:79-82。
31.蘇智勇 1987a 利用顆粒體病毒防治小菜蛾之田間試驗 植保會刊 29:85-87。
32.蘇智勇 1987b 利用顆粒體病毒防治紋白蝶及小菜蛾之田間試驗 植保會刊 29:293-296。
33.蘇智勇 1987c 顆粒體病毒防治紋白蝶及小菜蛾不同間隔時間之效應 植保會刊 29:397-399。
34.蘇智勇 1988a 數種農藥對白殭菌之影響 中華昆蟲 8:157-160。
35.蘇智勇 1988b 利用顆粒體病毒防治小菜蛾 中華昆蟲 8:161-163。
36.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
37.蘇智勇 1991a 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。
38.蘇智勇 1991b 白殭菌防治甘藷蟻象 中華昆蟲 11:162-168。
39.蘇智勇 1991c 甘藷蟻象致病土壤之篩選及白殭菌之利用 中華昆蟲11:198- 203。
40.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。
41. Broadwell, A, H. 1992. Molecular biology of *Bacillus thuringiensis*. In R. Milner and C. Chandler (Eds) proceedings of the work-shop on *Bacillus thuringiensis*.

pp.20-21.

42. Harper, J, D. 1987 Applied epizootiology : microbial control of insects. In J. R. Fuxa and Y. Tanada (Eds). Epizootiology of insect diseases. John wiley & Sons. pp. 473-496.

43. Hou, R. F. 1986. Microbial control of insects in Taiwan .Plant Protec. Bull. 28:59-70.

44. Hou, R. F. 1987. Microbial control of insects in Taiwan. FFTC Technical Bull. No. 102. 5pp.

45. Liu, S. D., S. C. Liu and J. F. Shiau. Microbial control of cocont leaf beatle (*Brontispa longissima*) with green muscardine fungus, *Metarhirizum anisopliae* var. *anisopliae*. J. Invertebr. Pathol. 53:307-314.

46. Su, C. Y. S. S. Tzesn and W. H. Ko. 1988. *Beauveria bassiana* the lethal factor in a Taiwaneas soil pernicious to sweet potato weevil, *Cylas formicarius*. J. Invertebr. Pathol. 52:195-197.

47. Tuan, S. J. and R. F. Hou. 1988. Enhancement of nuclear polyhedrosis virus infection by lecithin by lecithin in corn earworm *Heliothis armigera*. J. Invertebr. Pathol. 52:180-182.

48. Tuan, S. J., L. C. Tang and R. F. Hou. 1989 a. Control of *Heliothis armigera* in maize with a nuclear polyhedrosis virus. Appl. Ent. Zool. 24:180-192.

49. Tuan, S. J., L. C. Tang and R. F. Hou. 1989 b. Factors of affecting pathogenicity of NPV preparations to the corn earworm *Heliothis armigera*. Entomophaga 34:73-81.

50. Wu, H. J. 1988. Biocontrol of squash bug with *Neoaplectana carpocapsae* (Weiser) Bull. Inst. Zool. Academia Sinica. 27:195-203.

51. Wu, H. J. and Y. S. Chow. 1989. Susceptility of *Pieris rapae* crucivora (Lepidopterae): Pieridae) to the imported entomogenous nematode *Steinernema feltiae* Bull. Inst. Zool. Academia Sinica 28:237-244.

Microbial control of Insect Pests

Suey-sheng Kao

Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute

ABSTRACT

In Taiwan, the use of entomopathogens to control insect pests started from the early begining of this century. The Japanese researcheres practically utilized entomofungi for insect control in the 1910s . A research team was formed in late 1980s which consisted of members from different universities and institutes with interdisciplinary training to conduct various microbial control projects. Since then, active programs had been carried out and many good results had been achieved over a period of seven to eight years. In this article the author made a brief review on the current situation of microbial control of insect pests after 1985 with emphasis on nematodes, fungi, *Bacillus thuringiensis* and baculoviruses.

Suggestions were also been made to advocate and promote the microbial control studies for the near future to sustain the good quality of agroecosystem.

Key words: Microbial control, Insect