

十字花科蔬菜主要害蟲的微生物防治

蕭文鳳 陳秋男

十字花科蔬菜生產與害蟲防治研討會專刊

臺灣植物保護中心印行

中華民國 臺灣省 臺中縣

中華民國七十年六月

十字花科蔬菜主要害蟲的微生物防治

蕭文鳳 陳秋男

目次

前言

微生物防治之特點及其研究與利用概況

十字花科蔬菜主要害蟲病原微生物簡介

1. 小菜蛾的顆粒體病毒
2. 白粉蝶的顆粒體病毒
3. 甘藍擬尺蠖的核多角體病毒
4. 蘇力菌
5. 蚜蟲的真菌病原

微生物防治在害蟲管理上所扮演的角色

展望

參考文獻

英文摘要

摘要

昆蟲病原微生物近年來已漸受重視，並已應用於害蟲管理系統中，在十字花科蔬菜害蟲中，以蘇力菌、小菜蛾及白粉蝶的顆粒體病毒，擬尺蠖的核多角體病毒，最具利用價值。蘇力菌可使大半鱗翅目幼蟲罹病，在田間對小菜蛾、白粉蝶及擬尺蠖防治效果頗佳，目前已有商業製品可供使用。病毒之因受光照的影響而失去活性，一般需加保護劑，如釀造用酵母粉加以保護，目前亦有商品。上述病原微生物商品可與大半農用藥劑混合施用，有時尚有增效作用，對天敵亦未發現有不良影響，蚜蟲類的病原真菌以蟲生真菌(Entomophthora)為主，但因不易大量生產，所以其利用尚待探求。

利用病原微生物防治害蟲，除了如何大量生產低廉而品質穩定的商品等技術上的困難之下，最大的障礙應是農友的採用問題，所以在它納入綜合防治體系中之前，應該設法讓農友能認識它的實用價值。

前 言

昆蟲像其他動物一樣，也會被病原微生物如細菌、病毒、真菌、原生動物、線蟲、立克次體等所感染而罹病致死。目前已發現的昆蟲病原體有 1,500~2,000 種⁽⁴⁷⁾，或許這只是自然界中所存在的昆蟲病原的一小部分而已。其中有些病原非常普遍，對寄主致病力強，並在昆蟲自然棲群中常引起疫病，但有些只引起慢性效應而已。所謂微生物防治即「利用環境中已定着之病原微生物或引入病原微生物來調節害蟲棲群，使害蟲不會達於經濟為害界限 (EIL)，也不會影響自然平衡的防治法」⁽²¹⁾。病原在蟲害管理上可以三種方式施用：即 ① 利用自然發生之疫病，② 將病原引進昆蟲棲群內而成為長期致死因子，如在美國佛羅里達州柑桔園應用真菌 *Entomophthora floridana* 防治柑桔蚜蟲，③ 將病原當作微生物殺蟲劑重複多次施用，作為短期防治用。如以蘇力菌防治小菜蛾 (*Plutella xylostella*)、白粉蝶 (*Pieris rapae*) 及甘藍擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*)^(50,51,52,53,54,64,68,90,92)。

本文僅限於討論十字花科蔬菜害蟲之重要病原微生物之研究及利用概況，並以檢討今後本省有關此方面所應努力的方向。

微生物防治之特點及其研究與利用概況

究竟微生物防治具有那些特性，而和化學防治及生物防治比較有何利弊，茲列述比較如下 (表 1)：

表 1. 幾種害蟲防治技術之利弊比較

生 物 防 治	微 生 物 防 治	化 學 防 治
1. 自然發生因子。	1. 自然發生因子。	1. 人為引進因子。
2. 寄生天敵半致死時間超過 24 小時，捕食天敵的半致死時間很難預期。	2. 半致死時間超過 24 小時。	2. 半致死時間不超過 24 小時。
3. 有致死效應。	3. 有致死效應，且會影響雌蟲生殖力。	3. 有致死效應，用亞致死劑量處理會影響雌蟲生殖力。
4. 若能定着下來，則能一直發揮效用，且不會引發寄主產生抗性。	4. 若能存在昆蟲棲群中，則能一直發揮效用，但可能會因其他因子失去效用。	4. 若存在於昆蟲棲群，能引發產生抗性。
5. 作用寄主範圍廣，對人畜、益蟲無害。	5. 寄主專一性高，對人畜、益蟲無害。	5. 殺蟲範圍廣，對人畜、益蟲無選擇性。
6. 能主動尋找寄主，一般為密度依變因子。	6. 除線蟲外，無法主動尋找寄主，為密度依變因子。	6. 無主動找尋能力，非密度依變因子。

綜觀現今世界各國十字花科蔬菜主要害蟲防治仍以藥劑防治為主。微生物防治則多以蘇力菌為主，而病毒病原如擬尺蠖的核多角體病毒，幾經研究，已有商品出廠，白粉蝶和小菜蛾的顆粒體病毒病原雖經實驗知效果很好，惜未有商品。而本省蔬菜害蟲微生物防治仍是起步階段，60年代仍是記載病原及一些基本的病原研究，70年代方於田間作效果評估，但其焦點皆着重於細菌及病毒病原（表2），也許是真菌病原的培養不易而有此趨勢。

表 2. 本省十字花科蔬菜害蟲微生物病原研究概況

病 原	寄 主 昆 蟲	內 容	文 獻
細菌:			
蘇力菌 <i>B. thuringiensis</i>	白粉蝶、小菜蛾	田間效果評估	9.10.13
	小菜蛾	蘇力菌和納乃得、歐殺松、賽文混合使用的室內效果評估。	20
沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i>	擬尺蠖	病原學研究	6
真菌:			
白殭菌 <i>Beauveria bassiana</i>	擬尺蠖、白粉蝶	病原學及效果評估	2.16
蟲生藻菌 <i>Entomophthora aphidis</i>	桃蚜	病原學研究	94
綠殭菌 <i>Metarrhizium anisopliae</i>	白粉蝶及小菜蛾	病原學研究	17
<i>Spicaria pracina</i>	擬尺蠖	記錄	46.136
病毒:			
顆粒體病毒 GV	白粉蝶	病原學研究	19
		田間實驗	1
	小菜蛾	病原學研究	18
		田間物理因子之影響及防護劑之篩選。	8
		病原和三種農藥混合使用效果評估。	20
核多角體病毒 NPV	擬尺蠖	病原學研究	19
線 蟲:			
<i>Neoplectana carpocapsae</i>	蚜蟲、小菜蛾、白粉蝶	病原學研究	11

十字花科蔬菜主要害蟲病原微生物簡介

十字花科蔬菜生長適溫在 15—25°C，而此時也正是鱗翅目害蟲小菜蛾 (*Plutella xylo-*

stella)、白粉蝶 (*Pieris rapae*)、擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*) 發生盛期，再加上蚜蟲的為害，影響產量更鉅，以下就各害蟲之病原進行討論：

1. 小菜蛾的顆粒體病毒 (Granulosis virus)

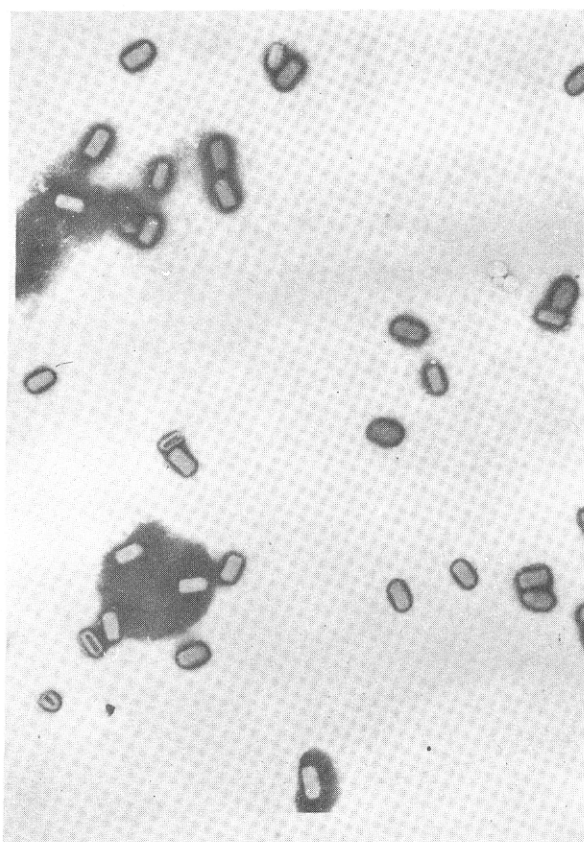
小菜蛾 (*P. xylostella*=*P. maculipennis*) 屬於鱗翅目、菜蛾科，分佈遍及世界各地，為害作物以十字花科植物為主，幼蟲潛食葉肉，嚴重為害時可致整個栽培區毫無收穫，並屢有報告提及其對化學藥劑如 DDT、巴拉松、甲基巴拉松，DDVP、大利農、撲滅松等已產生抗性^(3,7,12,14,15)，更使防治產生困擾，因而尋求其他防治方法迫不及待。天敵的釋放⁽⁴⁾，費洛蒙⁽⁵⁾的應用，不孕處理等都能提供一些解決的方向，在自然界中對小菜蛾具有致病力的真菌有 *Entomophthora blunckii* (Lakon, 1934; Kao cited), *E. sphaerosperma*⁽⁹⁷⁾ 及 *Metarrhizium anisopliae*⁽¹⁷⁾；病毒有顆粒體病毒^(18,28)及核多角體病毒⁽¹²⁸⁾，線蟲有 DD-136, *Neoalectana carpopsae*⁽¹¹⁾、細菌有蘇力菌、*B. thuringiensis*^(52,55,65,69)、*Entomophthora* 屬的真菌受環境的影響很大，且不易大量增殖，是其缺點。至於線蟲 DD-136 在田間試驗仍未展開。蘇力菌因能同時防治小菜蛾、白粉蝶及擬尺蠖，故於另一節詳加討論。在 1970 年嚴和高氏在本省北部菜園採到一種顆粒體病毒病原，於是以此做為一個起步，此病原並不普遍，只見於日本及本省有記載，在本省田間發生情形據嚴高氏的調查在 3~4 月間罹病率高可達 47.4%⁽¹⁸⁾，在日本則以夏季發生多⁽²⁹⁾。



圖一、罹小菜蛾顆粒體病毒病之個體：右：健康之末齡幼蟲，左：罹病個體可見到體節分明、皮膚撐得發亮。

(1) 病徵：罹病幼蟲最初顯示食慾減退，繼而行動變為遲鈍以至完全停止取食，體色也由鮮綠而淡綠漸成乳白色，此時體節膨脹，分節明顯，皮膚由於膨脹撐得發亮而脆弱（圖一），輕微一碰即會破裂而流出白色汁液，逐漸乾燥後蟲體變為褐色。少數有下痢的現象，排泄物乾後，尾端粘於葉片上，在田間可見到蟲體體壁破裂，白色汁液流出而污染葉片，若有其他健蟲取食也可感染而致病。

(2) 病原形態：顆粒體病原在相位差顯微鏡下有高度折射現象，經 $0.03M Na_2CO_3 + 0.05M NaCl$ 微鹼處理之病毒顆粒長 $220m\mu$ ，寬 $66m\mu$ ，呈桿狀，每個顆粒體病毒的病原莢膜內只含一個病毒體 (Viral particle)，該病毒體包在內膜 (Intimate membrane) 內，此內膜再包在外膜 (Developmental membrane) 中，而整個外膜又包在蛋白質外壳中，此莢膜為長橢圓形，長約 $306m\mu$ 、寬 $157m\mu$ ⁽¹⁸⁾。



圖二、小菜蛾顆粒體病毒病原在電子顯微鏡下呈橢圓形 ($\times 10,000$)

(3) 組織病理變化：以石腊切片觀察之結果顯示小菜蛾顆粒體病之組織病變情形為感染先由核開始而逐漸擴及細胞質，致使整個細胞中充滿莢膜體而成為不透明，最後細胞破裂而放出莢膜與正常者比較可見健康細胞完整而呈透明黃色，由於放出的莢膜流至體腔，當死蟲

體膚崩潰時則流出充滿莢膜之乳白色液汁，除脂肪體外^(18,27) 真皮細胞⁽²⁶⁾ 和馬氏管⁽²⁸⁾ 也會受到嚴重傷害。

(4) 罹病率：據嚴和高氏在室內取各齡幼蟲為材料測定，得一及二齡感染期為 3~7 天，死亡率 100%，三齡幼蟲感染期為 3~7 天但 10% 可羽化，四齡幼蟲有 80% 可化蛹羽化率 70%，故感染期深受齡期影響，齡期越大，則抗性越大，值得注意的是縱使幼蟲沒致死，但也會在蛹期表現出來，此即幼蟲後遺症 (Post-larval effect) 以上為室內做的基礎研究。

(5) 田間評估及利用：本省有關於小菜蛾顆粒體病毒評估情形則是 1974 年以後方開始，據高氏 1974 年 10~11 月間實驗，測出每升水中含 10 隻 4 齡病蟲 ($=2.8 \times 10^{12}$ 顆粒/公頃) 可獲得良好的防治效果，惜未能勝過拜裕松 (高 1974, 未發表)。其後只就日光、溫度等環境因子探討。小菜蛾顆粒體病毒經 36 小時 (約四天) 後，致病率可由 97.6% 降至 7.7%，而 60 小時後降至 6.5%，混用防護劑後之小菜蛾顆粒體病毒受日光破壞的情況，顯然改善不少。而以 1%、3% 墨汁及 1% 炭粉之效果最佳，雖經 15 天的日照，仍達 44~53% 之致死率。這是高和 Rose⁽⁸⁾ 先利用盆栽方法，只讓病毒及植物受到日光的照射，無法概括小菜蛾在田間的發生及危害習性影響病毒效應的可能性，故在同期也做田間評估，結果顯示經病毒處理區的小菜蛾蟲數皆比未處理區少，然而可能由於田間噴藥是散亂的，病毒體可達於葉下表皮或日照不及的部位，故受光線直射的影響少，故不同防護劑間的差異，並不如室內試驗顯著。且墨汁噴於葉表面而變黑，噴灑次數一多，恐會影響光合作用及美觀，混合炭粉者易生沈澱，阻礙噴霧器的噴口，這些都需進一步的研究及改進。除日照外，溫度也扮演重要角色，在 65°C 下處理 10 分鐘，致死率仍保持 100%，70°C 下處理 10 分鐘，致死率降至 13.3%，75°C 下處理 10 分鐘，致死率為 0，固然在田間，溫度不會達到其不活化溫度，但 35°C 以上則致死率會降至 29% 以下。(高和 Rose 1975, 未發表) 1975 年曾就數種價廉的保護劑混合發現效果不甚佳後轉而使用合成商品如 Nu-film-17 並將 GV 和除蟲菊精、蘇力菌混合使用，遺憾的是，並未能獲致良好的防治效果及產量⁽⁸⁾ 綜觀小菜蛾 GV 因發現的晚，而又只見於本省及日本有記載其疫病流行，惜日本學者只着手於組織病理的研究，本省的研究也只限於田間篩選的階段；如何找出較佳的大量複製的方法，尋找出環境中的真正限制因子，如何引入小菜蛾棲群使之立足，又因本省蔬菜栽培制度所限，如何適應耕種系統，而使小菜蛾 GV 發揮其潛力，仍待吾人進一步去解決。

2. 白粉蝶 (*P. rapae*/*P. rapae crucivora*) 的顆粒體病毒

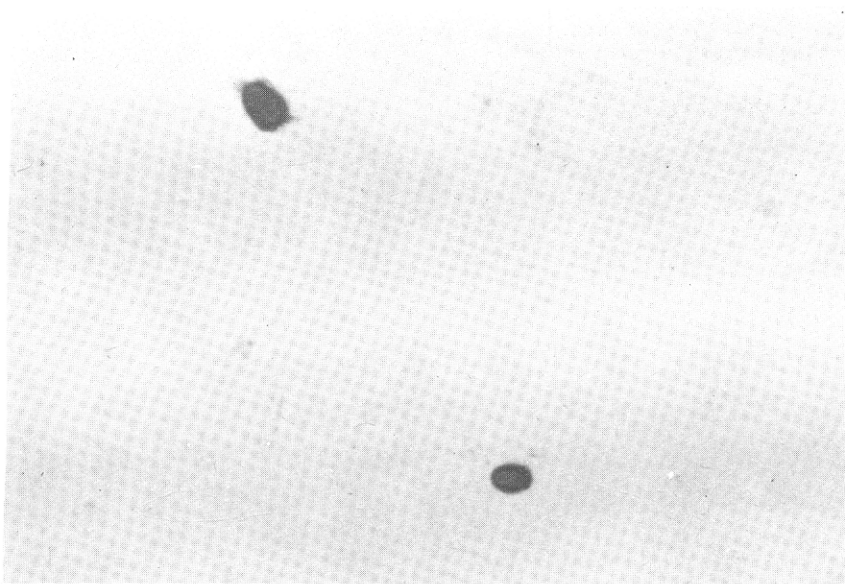
白粉蝶分布於全世界，為害十字花科蔬菜，本省年生 6~7 代，全年皆發生。因幼蟲暴食葉片，發生嚴重時若不立即防治，往往會蒙受嚴重之損失，白粉蝶的致病病原，細菌類有蘇力菌⁽¹²⁴⁾；真菌類有綠殭菌 *Metarrhizium anisopliae*⁽¹⁷⁾、白殭菌 *Beauveria anisopliae*

(2,16)、*B. globulifera*, *B. vexans* 及 *Entomophthora sphaerosperma*(46)。此外尚有線蟲 *Neoalectana carpocapsae*(11)、微粒子病原 *Nosema mesnili*(30,121,133) 和顆粒體病毒(122, 125)。除了白殭菌在俄國已用於田間防治，只有顆粒體病毒研究較多也有相當好的結果。

此顆粒體病毒遍佈全世界，往往引起白粉蝶幼蟲棲群中的流行病，成為控制因子之一，在紐西蘭(30,95)、夏威夷(122)、日本(83)、美國(102)、加拿大(75)、澳洲(135)及本省(19)皆有記錄，且致病率很高，發生率在本省曾達 94% 以上。

(1) 病徵：幼蟲食入 3~5 天後，體壁顏色變淡，在未死前、背面、側面呈綠至乳黃色，腹面幾乎白色，罹病個體會爬到頂端葉片上，而以尾足倒掛，死亡後體色迅速變黑，受到外力屍體即破裂而充滿 GV 的體液沾滿葉片，或是經水的冲刷流至地面而為引發下次疫病的來源。

(2) 病原形態：顆粒體病毒呈卵形或不正形，形狀和莢膜很像，Huger (1958) 建議改為莢膜較妥當，大小約 $0.2 \times 0.3 \mu$ ，病毒體被莢膜蛋白質包圍，莢膜蛋白質類似核多角體蛋白質(80)，可能亦為矽蛋白(66,67)病毒體呈細長桿狀，大小約 $280 \times 50 m\mu$ ，構造與小菜蛾 GV 同(圖三)。



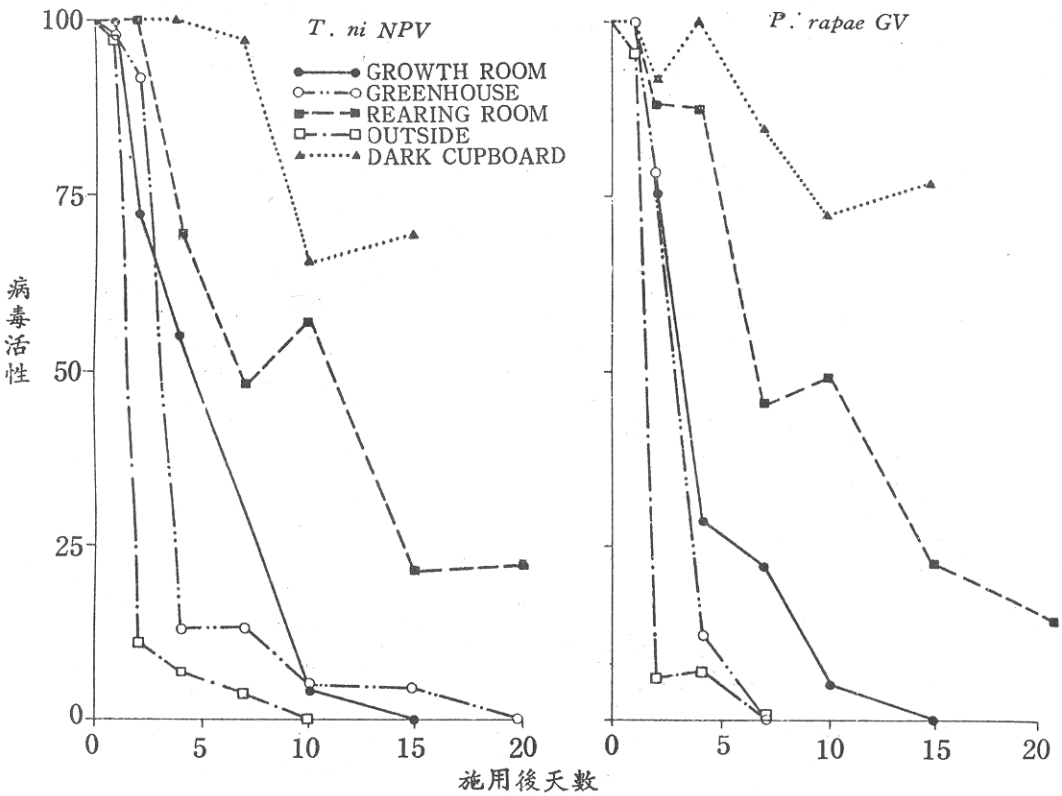
圖三、白粉蝶顆粒體病毒病原在電子顯微鏡下呈細長桿狀 ($\times 10,000$)

(3) 組織病理變化：罹病幼蟲脂肪和真皮組織在中心或一側常可見到凝結的染色質的圓縮核 (Pycnotic nuclei)，有時核物質在近核膜處會形成連續性或部份環狀。在核膜和核物質間充滿均質被疑為顆粒體的物質，當病情加重時，核繼續腫大，可見到核膜，顯然染色質減少，同時整個細胞變大，末期核及原生質的界限消失，可能是核佔滿整個細胞或是核膜分

解和核及細胞質成份混合了。這種病變情形至今僅見於脂肪組織及真皮細胞^(19,122)。

(4) 罹病率：據郭和嚴氏(1972)在室內取各齡幼蟲為材料，測定得1~3齡致死率100%，四齡為85%，五齡為70%，影響致病力的因子除寄主齡期外，病毒的濃度、毒力及飼育時的溫度都有關，在室溫時1~3齡的致病期為2~4天，四齡和五齡則是3~6天，若五齡末為4~26天，在高溫時發病會加速，但若超過36°C，則幼蟲不會致病且可化蛹，順利羽化成成蟲。而濃度的影響據Tanada取一隻病蟲屍體加水稀釋十萬倍，死亡率仍可達100%。顆粒體病毒能忍受乾燥及冷凍的情況達數月之久，其置於-20°C、0°C、20°C下六個月，仍能達100%致病率⁽¹⁹⁾，以70~75°C下處理10分鐘則失去活性⁽¹⁹⁾。

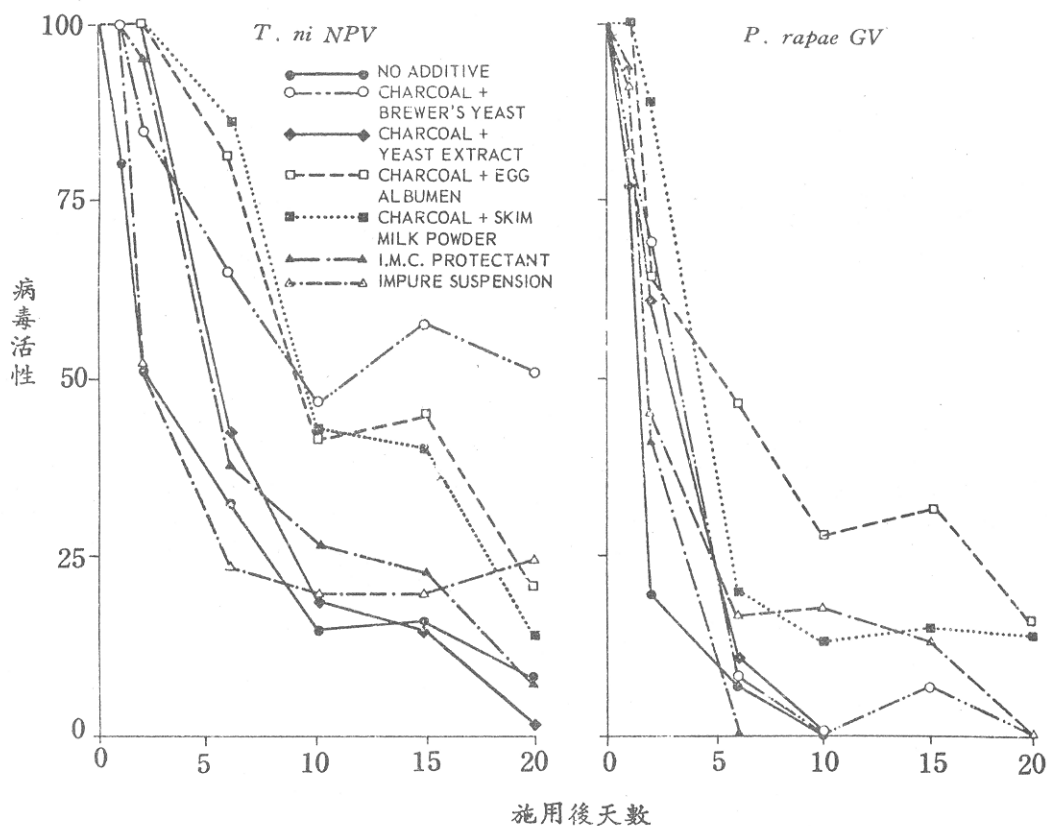
(5) 田間評估及利用：有關白粉蝶顆粒體病毒在田間效果評估之主要研究方向為①田間篩選合適的濃度。②找出氣象因子的影響及對策，③加用其他藥劑防治蔬菜上白粉蝶以外的害蟲。就所篩選出的有效濃度都在 10^{11} — 10^{13} PIB/acre^(80,90,91)。高和Rose⁽⁸⁾，Tanada採用幼蟲當量(Larval equivalent)的觀念，據Tanada的實驗每加侖水中加二隻五齡罹病幼蟲即可得到良好的防治效果⁽¹²²⁾。高和Rose(1974)以1幼蟲當量1升也獲致良好效果⁽⁸⁾。氣象因子中UV光譜會致病原不活化，所見報告甚多，據Jaques的研究將GV噴在



圖四、擬尺蠖核多角體病毒及白粉蝶顆粒體病毒，噴於 collard 葉片上置於不同地點，於不同處理後活性變化情形。⁽⁹¹⁾

Collard 菜葉上再取其葉片置於生長室、溫室、飼養室，戶外及暗紙杯，結果顯示在戶外，及溫室二組在七天後則致病率降低。在飼養室至第七天才降至 50% 以下，生長室在第七天才降至 25%，在紙杯組至第十六天仍維持 75% (圖四) 的致病率，由上之結果可得知在無光的情況下，病毒活性的失去的較慢⁽⁷¹⁾，此因短波紫外線光有殺害作用並對核胺基酸及蛋白質有破壞作用，病毒的失去活性的作用範圍，與核酸吸收曲線相似 (最高為 260nm，最低為 300nm)，紫外線穿經大氣層，抵達地面的光譜為近 290nm，故會至病毒失去活性。

因日光很快的會使 GV 失去活性，故有學者建議改變施用時間 (近傍晚時分) 也有加用保護劑，如碳粉、脫脂奶粉、蛋白、釀製用酵母粉，經測試結果，加用蛋白者至第十天才降至 50% 以下，加釀酒用酵母粉者在 15 天後，在加脫脂奶粉者 20 天後，才會降至 50% 以下⁽⁹¹⁾ (圖五)。為達到保護作物增產的目標和其他藥劑混合使用，早先曾和安殺番、納乃得、巴拉松，效果皆比單獨使用為佳^(50,91,92)，後來又有人加用 Chlordimeform hydrochloride, Fundal 效果皆不錯^(50,93)。有關白粉蝶 GV 的應用就生態上的考慮如日光、溫度效應，了解較多，但對生物因子如天敵的影響，對人畜安全的測試的資料仍闕如，有待吾人去探求。



圖五、擬尺蠖核多角體病毒和白粉蝶顆粒體病毒噴於甘藍菜與加用保護劑於田間實驗其活性變化情形⁽⁹¹⁾

3. 擬尺蠖的核多角體病毒

擬尺蠖是大型的蟲子，常暴食葉片，發生嚴重時常會使產量大減。在歐美與白粉蝶同列為重要害蟲，在本省其棲群相當低，且很少和小菜蛾，白粉蝶同時大發生，常在小菜蛾、白粉蝶棲群下降時，其發生才有上升的趨勢。擬尺蠖幼蟲重要的致病病原，細菌有蘇力菌，真菌有白殭菌⁽¹⁶⁾、綠殭菌⁽¹⁷⁾、*Spicaria rileyi*⁽⁷¹⁾、*Aspergillus flavus*⁽³²⁾、*Entomophthora sphaerosperma*⁽¹³⁸⁾。原蟲有 *Nosema tricoplusiae*⁽¹²⁰⁾、*N. sphigidiae*⁽¹²⁰⁾、*Thelohania sp.*⁽¹²⁰⁾ 和核多角體病毒^(60,62,70)、顆粒體病毒⁽⁷⁴⁾、質多角體病毒^(126,129) 等。其中，以核多角體出現較頻繁且經證實致病率較高。

此核多角體毒分布全世界在美、加、日本、澳洲、紐西蘭，本省皆有記載，且常在昆蟲棲群扮演一重要的角色，以本省為例，自田間採回幼蟲欲飼養，至五齡紛紛罹病致死，即若能化蛹，羽化產卵，而子代至第三齡也皆罹病致死，是否因病毒能經卵傳到下一代至今仍是問號，而田間採集携回飼養也鮮有天敵寄生，是否 NPV 在本省擬尺蠖棲群中扮演一重要的調節角色仍未定論。

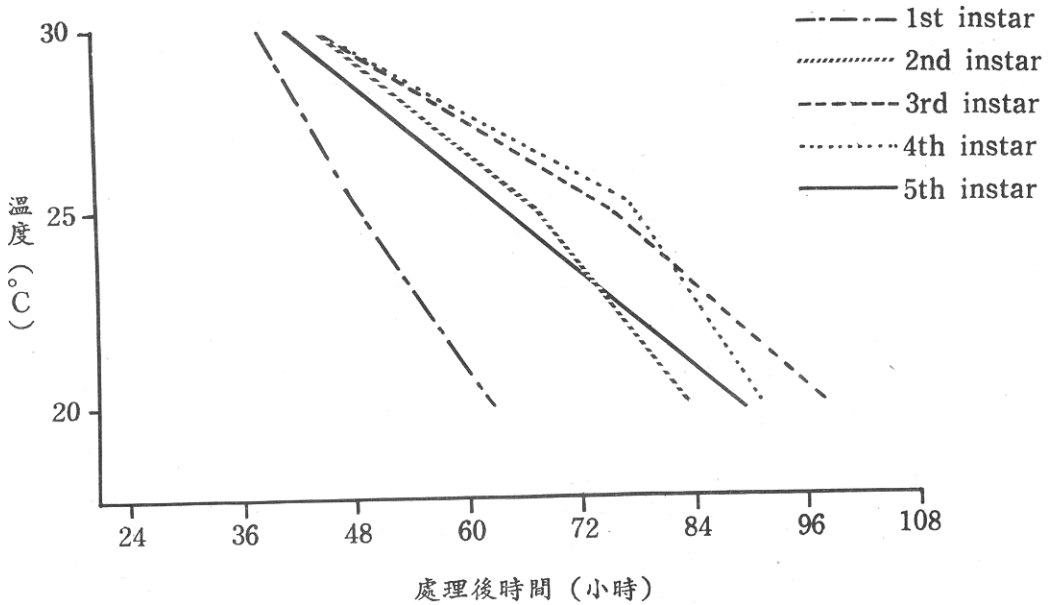
早在 1915 年 Chapman & Glasser 就發現擬尺蠖會因萎凋病致死直至 1951 年後才逐漸吸引學者的注意而致力研究，茲略述如下：

(1) 病徵：罹病個體第一個病兆即是體第 3~6 腹節出現白色斑點，這斑點逐漸散布，直至整隻蟲體變成不透明，乳白色，此時幼蟲體節腫大，停止取食對刺激的反應也很慢，有關取食的反應，Drake & McEwen (1959) 曾就取食量及體重做比較，在罹病第一、二天不管取食量或體重皆較健康幼蟲來得大，但第三天後反而銳減^(60,76)。幼蟲死亡後，體色迅速變黑，在田間罹病個體也有倒掛的情形。

(2) 病原體形態：擬尺蠖 NPV 在普通光學顯微鏡即可找到，直徑 3~5 μ ，每個包涵體含 50~100 個病毒體，病毒體為桿形大小約 50×280nm，中央核蛋白為 DNA，病毒體的蛋白質很複雜，至少有五種抗原，其中四個抗原血清測試上很明顯地和包涵體的抗原不同，只有一種類同，利用電泳分出有 12 種蛋白，分子量為 81600~16500，主要蛋白是 59900 和 48000 三種^(114,115,139,140)。

(3) 病理組織變化：在 1959 年前後有 Drake & McEwen⁽⁶⁰⁾，Heimpel & Adams⁽⁷⁸⁾，Mathad *et al.*⁽¹⁰³⁾ 研究擬尺蠖罹 NPV 組織病變情形，在真皮組織、脂肪體、氣管、血液細胞皆會受到感染，最先出現的病徵是包圍中腸的結締組織脂肪體核腫大，並出現小的多角體，經 60 小時後在血液中首先發現游離的多角體，於是血液失去其原有的綠色，病毒攻擊 Hyaline hemocyte 和 lymphocyte。這些細胞的核腫大並充滿小的顆粒，在感染後期血液會因充滿核多角體和脂肪體分解的碎片而變成白色，失去血液的原先的性質。翅芽、氣管、testicular sheath、胸足、原足在感染後期也發現被感染了。

(4) 致病率及物理因子效應：對於病毒來說，溫度和日光的影響要比濕度來得大，溫度越高，致死中期會延長，如在 62°F，LT₅₀ 為 326 小時，70°F 為 175 小時，80°F 為 136 小時，90°F 為 110 小時，50°F 時為 466—468 小時⁽⁶⁰⁾，齡期與罹病期有密切相關（參見圖六）。



圖六、溫度對擬尺蠖各齡幼蟲罹核多角體病半致死時間之影響⁽³⁴⁾

據 Cantwell (1967) 的研究，甘藍擬尺蠖 NPV 在日光直射下，三小時可使供試蟲體罹病率下降 11%，72 小時後致死率低於 10%⁽⁴³⁾；伽瑪射線及紫外線也會造成該病毒致病力銳減⁽¹⁰⁶⁾。Jaques (1972) 曾取經擬尺蠖 NPV 處理之葉片置於生長室、溫室、飼養室、戶外、暗紙杯，發現戶外及溫室處理組在 2~3 天後即下降而低於 25%，在生長室組在第十天才會降到 25% 以下，飼養室組在第十五天，紙杯組 15 天後皆能維持 70% 的致病率（圖四）。至於雨量的影響則視降雨的情形而定，降雨會將病毒自葉面洗去，而帶至地面，故土壤中含有許多具活性的病毒^(86,87,88)。但若土壤 pH 值為酸性 (4~5)，在九個月時間後，也會失去活性無法引發疾病⁽¹²⁴⁾。也可能因雨點的作用將已含有病毒的土濺到近地面的葉片，有些學者認為此有利於病原的保存及散布，但若葉片上濕潤的情況時病毒反較乾燥的狀況下較易受 UV 破壞，故雨量間接影響其失去活性⁽⁸⁷⁾。

(5) 田間效果評估：擬尺蠖 NPV 田間效果的評估，也是循找出最適濃度，如何克服田間不利的因子，再與其他物質混合並探求其對天敵的影響等路徑。據實驗，採用濃度在 10¹² PIB/acre 皆可獲致良好結果^(62,70,72,89,90,92,127,130,131)。加用添加劑如 0.01% Triton X-100, Colloidal X-77 皆可提升效果，加用釀製用酵母粉，25 天後仍可保持 50% 的致病力（圖五），其他如 casein hydrolyzate，玉米水解物，gelatin hydrolyzate, peptone，糖漿、

澱粉、藍墨水、Methylene blue stain、黑墨水、紅墨水、Safranin stain 及一些展着劑商品，皆有延長效果的現象⁽²²⁾，除了加防護劑以延長 NPV 活性使能在田間發揮潛力外，許多學者也試圖和其他化學藥劑混合，計有安殺番、巴拉松、納乃得，Fundal, Chlordimeform hydrochloride 皆可得到較佳的防治效果^(22,50,55,90,92,93)。且 Vail *et al* (1972) 發現在對照區內寄生率達 28%，化學防治區寄生率 1.1%。NPV 處理區 5.2~15.4%⁽¹³⁰⁾。此結果給予我們一很大的鼓勵，即 NPV 對寄生天敵的影響不太大。但對捕食天敵的影響我們仍未確知。因擬尺蠖在歐美被視為十字花科蔬菜重要害蟲且 NPV 在棲群中也扮演着重角色，故生態上的基本研究也較多，但對家畜人類的影響仍待我們進一步去探討。

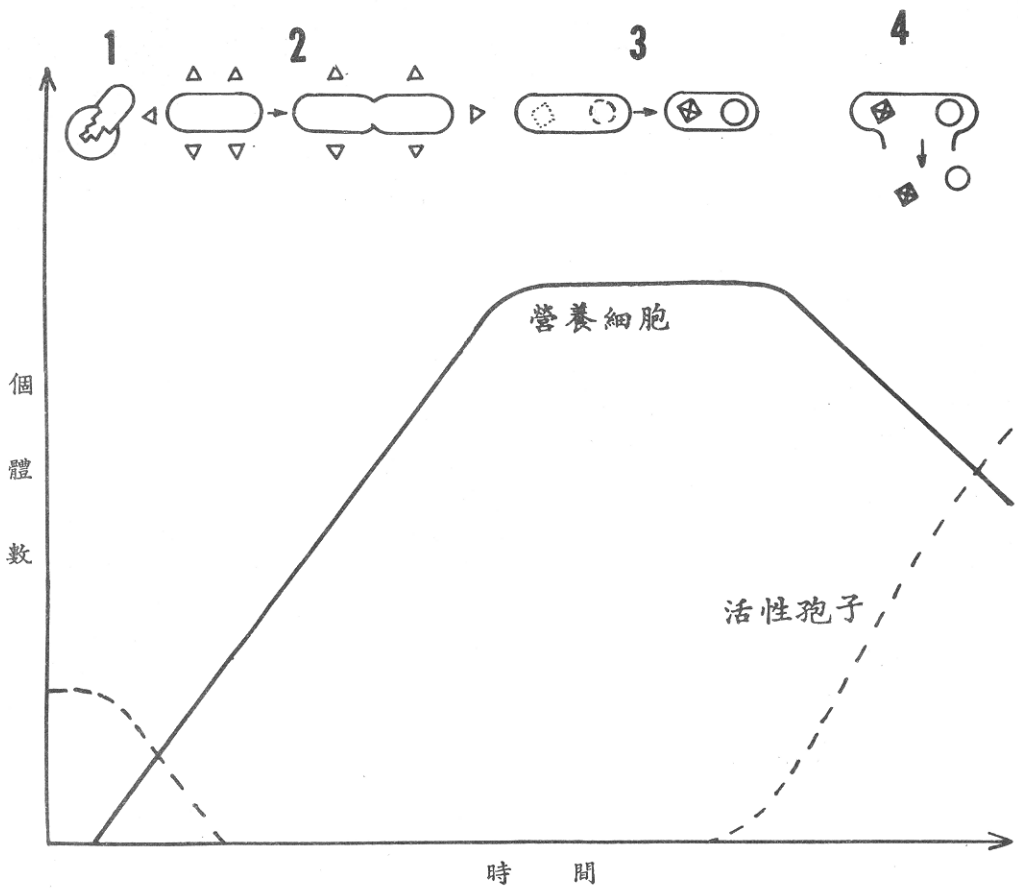
4. 蘇力菌

4.1 簡介：

蘇力菌原為德國 Berliner 氏自地中海粉斑螟 *Anagasta kuehniella* 分離之蟲生細菌，據文獻得知其對七目 37 科 137 種昆蟲有致病力^(68,77)，廣泛推薦用於蔬菜、森林、棉花、煙草、紫花苜蓿，行道樹上。其中防治蔬菜害蟲、小菜蛾、白粉蝶和擬尺蠖已有很多國家推薦使用，至於進行室內實驗知其對小菜蛾有效的有中、美、加、日、韓、錫蘭、俄、泰，而田間施用有效的有中、美、加、日、韓……等，至今蘇力菌成品有 15 種，在民主國家採用較多的商品有 Dipel, Thuricide 和 Biotrol。

蘇力菌為一會產生伴胞體 (Paraspore) 呈格蘭式陽性反應的桿形菌。其分類地位為芽孢菌科 (Bacillaceae) 桿菌屬 (Bacillus)。在其生活環中會產生五種有毒的成份，依出現的次序可為營養體 (Vegetative cell)、外酵素 (Exoenzyme)、外毒素 (Exotoxin)、內毒素 (Endotoxin) 和內孢子 (Endospore)。當孢子遇到合適的環境時，發芽並形成桿狀的營養體，此為活性或複製期，爾後分泌水解酵素至細胞外以分解營養並能促進自外界吸收，經過一段旺盛的生長，細胞則產生芽胞，此時每個細胞形成一抗熱的孢子，同時合成一雙金字塔形的蛋白質 δ -內毒素 (圖 7)。就其所產生的 β -外毒素由諸多學者利用注射或餵食法實驗發現其對雙翅目、鱗翅目、膜翅目、鞘翅目和蟎類皆有殺蟲效應^(36,38,39,40,41,45,61,73,82,98,101,104)。

β -外毒素為一核苷酸衍生物^(35,65,97,116,117)。其作用力視劑量及處理期而定，是在昆蟲蛻皮及變態時才發揮作用，使幼蟲無法蛻皮，蛹畸形，不能順利羽化成成蟲^(38,39,40,82)。即若能羽化也是畸形。處理 24—48 小時內即將化蛹之擬尺蠖老熟幼蟲，待其化蛹，羽化後，取其外表不正常之成蟲交配，每隻雌蟲產卵 22 個，而對照組則產卵 792 個，成蟲壽命為 4.6 天對照組為 8.2 天。若俾能發育成外表正常成蟲者，壽命也只有 6.2 天，生殖力也呈下降的現象⁽⁸²⁾。以 β -外毒素處理剛產下的卵，雖然不會影響孵化率，但幼蟲存活率低，為 35%，而對照組為 92%，體重只為對照組的 $\frac{1}{2}$ ，有些學者認為 β -外毒素可能干擾了負責這些生理



圖七、蘇力菌生長模式圖⁽⁶⁸⁾

1. 生長期
2. 營養體指數生長期，△△表示釋出外酵素及外毒素
3. 芽孢及內毒素晶體形成
4. 孢子及內毒素晶體釋出

作用的荷爾蒙，即令低劑量處理即會發生作用。檢視其結構，我們會發現它類似 ATP 故會與 ATP 競爭分解 ATP 的酵素，而使 ATP 無法分解成 AMP 和磷⁽⁶⁸⁾。其在 *E. coli* 和哺乳類動物也顯出其為 RNA polymerase 競爭的抑制者^(31,116,117)。故我們可稱其作用是在分子級。

晶體為一低分子量的蛋白質物質⁽⁴⁹⁾。以矽形成基本結晶格子，蛋白質分子固定在上面，並含18種胺基酸⁽⁶⁷⁾。在鹼性緩衝液則可將晶體分解釋出有毒蛋白，故昆蟲腸液在 pH 9.0—9.5 者皆能致病，故小菜蛾、白粉蝶和擬尺蠖皆可致病。晶體和晶體蛋白對熱的反應不同，如 var. *sotto* 在 65°C 下 1 小時晶體蛋白會被破壞⁽¹³⁴⁾，但 80°C 處理 20 分鐘卻不會影響晶體。普通的蛋白質沈降劑及甲醛都會使晶體失去活性^(23,134)。清潔劑 SDS，展着劑 Triton X-100 對晶體無影響，但是會把結構打開，使蘇力菌對其他物質更敏感，故在加用界面活性劑時應予考慮，強酸強鹼也會使晶體失去活性⁽⁴⁸⁾ 或許因而對哺乳類無致病性。

當 BT 進入蟲體，中腸細胞的解蛋白質酵素使晶體活化而有神經毒效應，導致腸蠕動的停止，故食物團粒不前進，於是停止取食，腸內緩衝物質的分泌也停止，pH 值下降，對擬尺蠖而言，腸細胞出現脫水及腐蝕的現象⁽³⁷⁾，中腸皮膜細胞會個個分離，最後自基底膜剝落，使細胞內含物游離於腸腔內，並擾亂 K^+ 的循環，使膜的滲透性不能恢復且會與細胞代謝有關的蛋白質結合成複合體，阻碍它的功能。

4.2 影響其致病力的因子：

現今已出品的 15 種蘇力菌商品，商品成分是含有孢子及晶體而非以孢子或晶體單獨存在，能使昆蟲綱七目三十七科的昆蟲致病。影響致病力的原因很多，有：

① 病原本身：如蘇力菌的品系及處理濃度。以擬尺蠖為例， 3.315×10^6 crystals/mm² 處理四天蟲齡的幼蟲會全部死亡，但若以 3.3×10^3 crystal/mm² 處理則化蛹率達 79%。

② 環境中的物理因子：相對濕度的影響並不大，但若降雨，則會因冲刷力量的大小而有不同的效應，如以人工降雨量的方法測定以 10mm、50mm、100mm 降雨量處理下，Dipel 的孢子活性下降率為 31%、12%、6%，Entobacterin—3 為 40%、10%、7%⁽¹¹⁹⁾。大部分的細菌受陽光照射後，會迅速失去活性，許多研究者以室內 UV 燈及自然光來測定紫外線的影響，皆得知 UV 會使病原很快的失去活性，例如 BT 置於玻片上或膜濾紙上 (Membrane filter)，在 UV 燈下，1 分鐘失去 12% 活性，2 分鐘時失去 50%，10 分鐘失去 99.9%，在自然光下，30 分鐘失去 50%，60 分鐘失去 80%^(43,44)。一般使細菌失去活性的溫度不是很高就是很低，如以 95°C 處理 30 分鐘，則瓊脂培養基上的 B.t. 晶體失去效用⁽⁴²⁾。var. sotto 晶體水溶液在 90°C 下 60 分鐘，100°C 下 20 分鐘即失去活性⁽²⁴⁾。事實上在自然界是不太可能發生的，在田間狀況下，溫度、濕度、日光綜合因子而非獨立作用。Raun 等氏 (1966) 認為低溫時，寄主取食活動減慢，會使蘇力菌暴露在更多的陽光及雨的冲刷作用下，故會減少殺蟲作用，但高溫時菌還未遭受破壞前也可能已被昆蟲攝食，故能維持它的效果⁽¹¹²⁾。據張良傳氏的實驗，發現在本省 6~8 月防治效果很差，此因本省正值高溫，日照強之時期，故影響蘇力菌的活性⁽¹³⁾。其他物理因子如風會幫助病原散布，但也會縮短未受保護病原的壽命⁽⁶⁹⁾。事實上，當氣候因子有利於害蟲棲群的增加，却因害蟲個體擁擠接觸會有利於病的傳播及傳染，故吾人施用時應詳加考慮。

③ 生物因子：落葉樹及針葉樹發散一種揮發性物質會影響 BT 營養細胞及孢子的生長，當昆蟲食入這種葉片則不會罹病甚而表現出更強的抗菌行為^(99,100,105)。植物殺菌物質 (Phytocides) 是植物產生的物質，具有抑菌、殺菌，致變及刺激性質，這些性質除了影響昆蟲病原及寄主本身，有時能滲入動物組織或是有助於將不同的化學物質帶入動物組織，是否十字花科植物葉片有這些植物殺菌物我們仍未明瞭。Morrison (1972) 認為強酸性的葉片抽取物會降低鱗翅目中腸的高鹼性，故有毒性的晶體不溶解出來，即而釋出品體，仍使菌的生

長會受抑制，而使蟲能殘存⁽¹⁰⁷⁾。由上描述知，在我們田間應用時，一定要考慮到植物殺菌物對病原活性的影響，而加以改善以增強效果。寄生天敵成蟲產卵管會沾有 B.t. 病原，捕食天敵食入罹 B.t. 之獵物，但能排出，皆可幫助 B.t. 的散布，但 B.t. 是否會和天敵幼蟲競爭寄主則尚未定論，例如小菜蛾幼蟲老熟時才罹病，天敵 *Apanteles plutella* 的幼蟲發育已近完全則能順利化蛹不受影響。但若天敵幼蟲發育未完全，寄主昆蟲罹病致死，天敵幼蟲無法取得足夠的養料，會隨寄主的死亡而死亡⁽²⁰⁾。

④ 耕作制度的影響：十字花科蔬菜因係一年作物，且常採輪作，故收穫時 B.t. 附在植株上隨收穫而被移棄，故不會影響到下次害蟲危害，此點倒沒有擬尺蠖 NPV 的應用條件來得好。

4.3 田間效果評估：

蘇力菌在田間防治白粉蝶、小菜蛾和擬尺蠖皆獲得佳效。並已在美、歐、亞洲各國推薦使用，又因其無法防治蚜蟲故田間蚜蟲出現時需添加其他化學殺蟲劑。化學殺蟲劑、殺草劑、添加劑是否會影響其效用，經諸多學者實驗知其協力或拮抗效果並不一定，另列表說明^(33,46,47,50,59,81,85,108,109)。

表 3. 能與蘇力菌合用的物質

農藥：

Baygon, carbaryl, carbofuran, DDVP, Diazinone, Dieldrin, Dimilin, Dylox, Lindane, Methomyl, Orthene, Phorate, Phosmet, Phosphamidon, Pyrethrin, Zectran.

抗生素：

Isoniazid, Nystatin, PAS, Penicillin G, Polymyxin, Sulfadiazine, Sulfamethizole, Sulfisomidine, Sulfisoxazole. Triflupyrimidine.

其他物質：

Boric acid, Casein. Lovo 190, Powder skim milk, Span 80, Triton X-100, Triton X-114, Triton X-155, Tween 20, Tween 80.

B.t. 不會產生抗性⁽⁵⁸⁾，且害蟲攝食後在短時間內會停止取食，不再危害作物，這是其優點。且將之與其他防治法合用，如和抗蟲品種配合⁽⁵⁰⁾，與放射線處理配合⁽⁸⁴⁾。能獲致令我們感到鼓勵的結果，但十字花科蔬菜是短期栽培作物，將 BT 納入害蟲管理系統或許只能朝向與農藥，抗蟲品種，天敵相結合，找尋最合於經濟原則的防治步驟。

5. 蚜蟲的蟲生真菌病原：

蚜蟲體小，對農作物的危害主要是吸食植物汁液使其萎凋，並能傳播植物毒素病。因其繁殖速率快，且極易對藥劑產生抗藥性，故其防治頗費周章。在一世紀前已有天敵的記錄，

但病原防治則在近年方受到矚目。事實上，很少病原能在蚜蟲棲群中引起很高的死亡率，至今也未見有報告提及細菌、病毒，原生動物和線蟲會引起蚜蟲疫病，只有真菌可說較為重要，最常見會侵入蚜蟲棲群的真菌多屬於蟲生藻目 Entomophthorales。其中以蟲生藻菌屬 Entomophthora F. (=Empusa. Cohn) 含大部分會感染蚜蟲的種類。危害桃蚜的致病原有 *Acrostalagmus aphidum*, *Beauveria bassiana*, *Cephalosporium aphidicola*, *Entomophthora aphidis*, *E. coronata*, *E. fresnii*, *E. ignobilis*, *E. sphaerosperma*, *E. pluncheoniana* 和 *E. thaxterteriana*⁽⁶³⁾。其中致病率高，寄主範圍廣，發生率高的應推 *E. aphidis* (據 Gustafsson 五年的採集發現佔所採到病原總量 45%)，此菌在美國⁽¹¹⁸⁾、西德⁽¹⁴¹⁾、智利⁽²⁵⁾、南非⁽⁵⁶⁾、印度⁽¹¹¹⁾、法國⁽⁵⁷⁾、瑞典⁽¹¹³⁾、本省⁽⁹⁴⁾ 皆有記載。有關病原學的研究並不多，茲分述：

(1) 病徵：罹病蟲體因體表滿布分生孢子之故，蟲體由綠或淡紅色轉變成淡黃，至染病後期變得色深，體表不再呈光滑。檢視罹病蟲體、體腔充滿菌絲，表皮組織被分生孢子梗突破，在表皮組織的分生孢子梗排列成柵狀組織⁽⁹⁴⁾。

(2) 病原形態：此菌的分生孢子為卵圓形或橢圓形，大小長 21.3~24.7 μ ，寬 10.6~13.0 μ ，內具一核約 5.7~9.5 μ ，休眠孢子平滑大小為 5.7—11.4 μ ，分生孢子梗為柄狀，不分枝，與菌絲之間有隔膜，其內具一核，分生孢子，分生子梗及菌絲的細胞質內部充滿了高度折光率的粒狀脂肪或油脂小球。

(3) 物理因子效應：蟲生真菌分布廣，且在昆蟲棲群中已定着為自然控制因子之一，惜至今吾人仍無法將之大量應用，乃是我們對此病原的基礎生理學了解不夠，以及無法大量培養或是無法設計出一套良好的方法釋出感染期使達於標地物。Entomophthora 種類的休眠孢子能抵抗許多環境因子的損害。故為人為釋放的最佳候選。在溫帶地區休眠孢子常為真菌越冬狀態且其發芽會與次年昆蟲的發育配合，但若無法配合時，休眠孢子如何由不活化的狀態轉變成活化狀態會受到光週期及溫度，濕度影響。據 Wallace *et al* (1976) 的研究，在 20°C 無光的狀態，不需要營養或任何化學物質刺激，幾天即可產生發芽管，但菌絲稀稀疏疏在光週期 14 小時或 14 小時以上可促進發芽作用，但孢子量很少超過 50% 以上，發芽管產生分生子，分生子的發芽在長日照下生長快，但仍需 10—30 天⁽¹³²⁾。溫度也為自然界中休眠孢子發芽引發疫病的一臨界因子，據 Payandeh *et al*⁽¹¹⁰⁾ 以寬廣的溫度範圍測試其對發芽的影響，發現發芽的上下限溫度為 3.5°C 及 29.5°C，適溫範圍是 10~22°C，最適溫為 16.5°C，並提出一時間——溫度——發芽的模式：

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_1(1 - e^{-\hat{\beta}_2 X})^{\hat{\beta}_3} = f_i(T)(1 - e^{-\hat{\beta}_2 X})^{\hat{\beta}_3}$$

式中 Y 為生長步驟， X 為時間， e 是自然對數值， β 為模式的介值， T 為溫度。事實上在適溫範圍內，溫度的影響只是其對發芽數目多少的效應，但此與真菌在昆蟲棲群中的感染速率

有關⁽¹¹⁰⁾。有人認為相對濕度為發芽的前提條件，但 *Entomophthora* 屬對 RH 的要求並不一定，在 75% 以上即可⁽¹³⁷⁾，據筆者 1978, 1979 二年間的觀察在南部二~四月，及七月，中部十二月皆發現，田間施用真菌或是保護田裡真菌棲群，我們都應考慮到農藥施用所造成的效應。

(4) 農業藥劑的影響：殺菌劑的影響可能較大，由連續性的施用殺菌劑於真菌上發現 Calixin, Cercobin M, Benomyl, Imugan, Milstem, Plantvax, Saprol 皆會使真菌致病率下降 18—59%，若先施用殺菌劑數天後再引入 *Entomophthora* 分生子，並無任何明顯的抑制作用產生。另取已罹患 *E. aphidis* 的蚜蟲浸泡在殺菌劑中發現分生子的生產能力已無法修復⁽¹⁴¹⁾。Delmore 和 Fritz⁽⁵⁸⁾ 取用 19 種殺菌劑為預防，Maneb, Sulphur, Manezeb, Dinocap, Ditalimfos 和 Ziram，全無一是治療作用，真菌病原除白殭菌和綠殭菌外至今仍無商品可推薦用在蚜蟲防治上。據筆者觀察，常常在蚜蟲棲群高時，真菌疫病才流行，此時捕食天敵，寄生天敵也紛紛出現，且當蚜蟲棲群一下降就無採到真菌病原，故我們只能視為自然界中的一項調節因子，儘量不去壓抑，而使其能發揮最大潛能，故除對病原本身了解，且對田間氣候因子對真菌病原的綜合作用必需長期的觀察及記錄，至於大量生產真菌病原，找出合適的釋放方法，接種入昆蟲棲群使之定着而為長期致死因子仍待我們努力去克服。

微生物防治在害蟲管理上所扮演的角色

我們所提到的蟲害管理 (IPM) 即是由廣泛生態學研究為基礎採用各種合適的防治法來達到壓抑害蟲棲群而增產農作物或減少其對人類搔擾或傳播病原為目的，在首先我們應對①主要害蟲的一般生物學行為，生物氣候學及分布，②作物能容忍危害而不引起顯著損失的害蟲棲群，③調節害蟲豐度和棲群動態的主要致死因子，④主要捕食天敵，寄生天敵和病原出現時間、地點，⑤防治步驟對害蟲自然致死因子及生態系全盤影響有所了解。

若我們要將昆蟲病原投入蟲害管理系統中，應做那些考慮，吾人可就其利用觀點而區分：

1. 自然發生病原：

當我們評估棲群中的自然致死因子常只注意到寄生天敵和捕食天敵或是只以疫病流行時才認為昆蟲病原是重要的調節因子。但無可忽視的是它們在風土病的情況或是慢性或是低程度感染時的影響，可能會致死，或干擾昆蟲的發育，改變生殖，減少昆蟲對天敵及其他病原的抗性，當然他們會影響寄主對化學藥劑或其他人為方法防治的感受性。

2. 接種和應用：

要將病原放入我們的害蟲管理系統裡，就應找到合適的病原，自田間收集，或在實驗室

大量人工培育病原，再以有效的方法引入而使寄主致死，可以甘藍擬尺蠖的 NPV 為例，在我們確定 NPV 在擬尺蠖棲群的重要性後，我們可以在棉花田，大豆田；或甘藍菜田拾回罹病個體，加水以果汁機打碎，再以紗布過濾，再經離心機以不同轉速多次離心，取得之半純化病毒懸浮液，配好濃度，即可應用，現今已有商品出廠，故吾人只要遵照推薦濃度去用即可。

3. 綜合：

若要達成有效的防治，我們應考慮下列基本要項：

(1) 植物因子：首先要對作物本身能容忍何種程度的損害，方會影響產量。並要對作物的形態及生理有一了解。如植株形態，葉密度，此影響病原施用後，wetting, adhesion, coverage；植物生長的速率，病原 deposit 會隨葉片生長而被稀釋；植物產生的物質是否具有抗生特性；植物葉片上的 water film 的 pH 值的影響可能會使病原失去活性等等。

(2) 害蟲生態：必須對害蟲的生物學，生態學，phenology 及行為有充份的了解如此一來才能決定何時病原施用才能達最高效用。如擬尺蠖喜食嫩葉，除危害外葉，也會危害心葉，並有遷移的習性，且多在葉背取食，此些取食習性，並加上其生長適溫，生長期，每齡蟲的取食量及田間棲群發生等資料皆可提供我們施用時的參考。病原本身的基本認識：如專一性的高低，毒力及安全性。在專一性中就牽涉到其寄主昆蟲的範圍的寬廣程度，如擬尺蠖的 NPV 就不會和白粉蝶的 GV 發生交互感染，故我們要同時防治十字花科作物上的白粉蝶時就要加用化學藥劑或白粉蝶的 GV，但此專一性高的特性對捕食天敵可能產生二種效應，一為競爭：即捕食天敵不會去捕食罹病幼蟲，在害蟲棲群低時，對天敵的存活不利，若害蟲棲群高時則有利；另一為散布：天敵取食罹病個體且不會致病，並能排出含致病原的糞便，或是掉落殘缺的昆蟲的屍體，無意中會幫助病原的散布。對寄生天敵而言，則視天敵在寄主體內發育時是否會和病原之侵入期重疊而定，因重疊而使天敵幼蟲無法發育完全，因而降低天敵的棲群，應如何避免此現象，仍需吾人多方探討。

(3) 病原毒力：如何保存高毒力的病原，在貯藏期間儘可能使其不受溫度及光的破壞，若已貯存太久的，再經活生物體穿傳數次可將毒力恢復。安全性則是每種藥劑在登記使用時必需予以考慮，應以哺乳動物，狗、鼠、家畜及脊椎動物如魚測出殘毒，魚毒做為將來推廣應用安全性的根據。

(4) 施用方法必為能均勻的將病原撒布於作物上，也能維持一段相當長的時間至發揮其效能，此與害蟲危害習性有關，如擬尺蠖幼蟲多在葉背危害，我們可將 NPV 施於葉背，並可防止日光直曬造成的破壞，在多雨的季節加用展着劑。故可由害蟲習性及加用化學物質加以改善。

(5) 找出最合經濟原則的方式使用。

4. 施用：

現在我們對於微生物病原的利用只是仿照化學殺蟲劑去使用，如單獨使用（在俄國常使用 BT 防治甘藍害蟲），或和其他化學藥劑混合。我們也可以考慮和天敵或和其他病原同時釋放，除此外也可能與 Sterile male programs 配合，如微粒子病原 *Nosema trichoplusia* 感染擬尺蠖，除會使幼蟲致死，能殘存的雌成蟲生殖率會降低，卵孵化率降低，我們將此二技術配合，即令雌蟲產卵，孵化率也會受影響，也可能會因幼蟲後遺症或對生殖的影響而有相乘的效果，且能在處理區內只對對象害蟲 (Target pest) 做選擇性的防治。昆蟲費洛蒙及生長調節劑的發展使用也能提供病原的附加利用。抗蟲品種的培育與病原合用，據 Creighton 等氏選出四種有抗性的甘藍品種，再定期施用微生物病原，不僅可降低施藥費並能獲得較高產量，此予吾人很大的信心⁽⁵⁴⁾。

展 望

雖然自然發生或是吾人操縱 (manipulate) 的昆蟲病原展現出它們適合用於防治計劃上，但它們仍會帶給我們一些副作用：如它們的介入可能會間接干擾了自然界的生物平衡——生物致死因子的活性或是天敵棲群的降低——可能要經過一段時間才能求取平衡。也可能因我們多次施用病原，在害蟲棲群未發展前就壓抑下來，而減少將來病原在害蟲棲群定着的機會，此點我們應予考慮。再則最大的困難是在生產價廉，品質穩定的病原微生物並教導農民使用。微生物藥劑的開發不似化學藥劑的方便，仍會受到許多的限制，生產費用高，且非廣效性更使化學工業家認為使用微生物劑得要加用其他藥劑，才能達到同時防治作物上所有害蟲的目的，故開發生產時造成雙重的負擔，此點身為研究者應尋求合理解決之道，並期望政府有關當局應站在輔導的立場來共同正視此發展，方能達到預期的目標。

參考文獻

1. 王清玲 和 R. I. Rose. 1978. 田間施用顆粒體病毒防治白粉蝶試驗 植保會刊 20: 16—20.
2. 李幼成 1966. 蔬菜害蟲的微生物防治 (1)斜紋夜盜 (2)臺灣紋白蝶 植保會刊 8: 148—152.
3. 李順連、李文臺 1978. 小葉蛾對常用農藥之抗藥性研究 中華農業研究 28: 225—236.
4. 邱瑞珍、錢景泰、張良傳、周根清、裘曙舟 1974. 小菜蛾寄生小蘭蜂之大量繁殖與田間釋放 農業研究 23: 48—59.
5. 周延鑫、邱瑞珍 1973. 小菜蛾性費洛蒙之研究 科學發展 1(9): 21.
6. 侯豐男、嚴奉琰 1967. 粘質沙雷氏菌 *Serratia marcescens* 之昆蟲病理研究 中華農學會會報 新 60 期 P. 96—106.

7. 高學文 1976. 小菜蛾研究概觀 科學農業 22:45—55.
8. 高學文 和 R. I. Rose. 1976. 日光照射對於小菜蛾顆粒體病毒的影響以及數種防護劑延效作用效果比較試驗 植保會刊 18:391—395.
9. 唐美逸 1967. 微生物(蘇力菌)防治油菜害蟲試驗 科學農業 15:55—58.
10. 唐美逸 1968. 小菜蛾生活史的研究及其綜合防治 中美技術季刊 13:1—11.
11. 郭慧玲、朱耀沂 1970. 寄生於昆蟲類線蟲 DD—136 之寄主範圍 植保會刊 12:141—145.
12. 馮海東、孫志寧 1978. 臺灣小菜蛾對納乃得 Methomyl 感受性之研究 科學農業 26:135—138.
13. 張良傳 1972. 蘇力菌與數種殺蟲劑對蔬菜害蟲之防治試驗 臺灣農業 8:164—169.
14. 張啓屏、孫志寧 1979. 小菜蛾對大粒松抗藥性機構之探討 科學農業 27:250—253.
15. 齊心、孫志寧 1976. 臺灣小菜蛾對 diazinon 抗藥性之研究 科學農業 24:403—406.
16. 嚴奉琰 1960. 白殭菌及其寄主昆蟲 植保會刊 2:158—161.
17. 嚴奉琰、王寶田 1972. 綠殭菌 *Metarrhizium anisopliae* 之昆蟲病理研究 臺灣大學農學院研究報告 13(2):31—46.
18. 嚴奉琰、高學文 1972. 小菜蛾顆粒體病毒的研究 Ibid. 13(1):172—181.
19. 嚴奉琰、郭鐵籌 1972. 斜紋夜盜蛾多角體病毒病和白粉蝶顆粒體病毒病之研究 臺灣大學植物病蟲害學系碩士論文。
20. 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 中華農學年會 66年度年會特刊 114—128.
21. 蕭文鳳 1978. 生態物理因子與昆蟲病原致病的關係 省立屏東農專植物保護學會會報 2:73—84.
22. 蕭文鳳 1980. 昆蟲微生物病原與化學物質的相互作用 科學農業 (印刷中)
23. Angus, T. A. 1956. Extraction, purification, and properties of *Bacillus sotto* toxin. Can. J. Microbial. 2:416—426.
24. Angus, T. A. 1965. A symposium on microbial insecticides. I. Bacterial pathogens of insects as microbial insecticides. Bact. Rev. 29:364—372.
25. Aruta, M. C., L. R. Carrillo, & M. S. Gonzalez. 1974. Determination of the fungi of the genus *Entomophthora* that attack insects in Chile. Agro. Sur. 2:52—70 (RAE 64:1415).
26. Asayama, T. 1975. Maturation process of the granulosis virus of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. Jap. J. Appl. Ent. & Zool. 19:149—156.
27. Asayama, T. 1975. Proliferation of the tubular structure in fatbody cells of the diamondback moth infected with a granulosis virus. IV. Studies

- on the granulosis of the diamondback moth. *Ibid.* 19:216—218.
28. Asayama, T. & I. Inagaki. 1975. Cell alteration caused by the infection with the granulosis virus in the diamondback moth and the site of appearance of the nucleocapsid. *Ibid.* 18:79—84.
 29. Asayama, T. & T. Osaki. 1969. A granulosis of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *J. Invert. Pathol.* 15:284—286.
 30. Ashby, J. W. & R. P. Pottinger. 1974. Natural regulation of *Pieris rapae* in Canterbury, New Zealand. *N. Z. J. Agric. Res.* 17:229—239.
 31. Beebee, T., A. Karner. & R. P. M. Bond. 1972. Differential inhibition of mammalian ribonucleic acid polymerases by an exotoxin from *B. thuringiensis*: The direct observation of nucleoplasmic ribonucleic acid polymerase activity in intact nuclei. *Biochem. J.* 127:619—624.
 32. Behnke, C.N. & J.D. Paschke. 1966. *Spicaria rileyi* and *Aspergillus flavus*, entomogenous fungi of the cabbage looper, *T. ni.* in Indiana and Wisconsin. *J. Invert. Pathol.* 8:103—108.
 33. Benz, G. 1971. Synergism of micro-organisms and chemical insecticides. In "Microbial control of insects and mites" (Burgess, H. D. & N. W. Hussey eds). pp. 327—355. Acad. Press INC. N. Y. 861 pp.
 34. Biever, K.D. & D.L. Hostetter. 1971. Activity of the nuclear polyhedrosis virus of the cabbage looper evaluated at programmed temperature regimes. *J. Invert. Pathol.* 18:81—84.
 35. Bond, R. P. M., C. B. C. Boyce. & S. T. French. 1969. A purification and some properties of an insecticidal exotoxin from *B. thuringiensis*. *Biochem. J.* 114:477—488.
 36. Briggs, J.D. 1960. Reduction of adult house fly emergence by the effects of *Bacillus* spp on the development of immature forms. *J. Insect Pathol.* 2:418—432.
 37. Broersma, D. B. & J. A. Buxton. 1967. A comparative study of the action of 6 crystalliferous bacteria on the cabbage looper, *T. ni.* *J. Invert. Pathol.* 9:58—69.
 38. Burgerjon, A. & G. Biache. 1964. The activity of the heat-stable toxin of *B. thuringiensis* used in nature against the larvae of *Diprion pini*. *J. Insect Pathol.* 6:538—541.
 39. Burgerjon, A. & G. Biache. 1966. Alimentation au laboratoire de *Perillus bioculatus* avec des larves de *Leptinotarsa decemlineata* intoxiquées par la toxine thermostable de *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga* 11: 279—284.
 40. Burgerjon, A., G. Biache. & P. Cals. 1969. Teratology of the Colorado

- potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. as provoked by larval administration of the thermostable toxin of *Bacillus thuringiensis*. J. Invert. Pathol. 14:274—278.
41. Burgerjon, A., P. Grison. & A. Kachkouli. 1964. Activity of the heat-stable toxin of *B. thuringiensis* in *Locustia migratoria* (Locustidae: Orthoptera). J. Insect Pathol. 6:381—383.
 42. Burges. H. D. & L. Bailey. 1968. Control of the greater and lesser wax moths (*Galleria mellonella* and *Achroia grisella*) with *B. thuringiensis*. J. Invert. Pathol. 11:184—195.
 43. Cantwell, G. E. 1967. Inactivation of biological insecticides by irradiation. Ibid. 9:138—140.
 44. Cantwell, G. E. & B. A. Franklin. 1966. Inactivation by irradiation of spores of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*. Ibid. 8:256—258.
 45. Cantwell, G. E., D. A. Knox., T. Lehnert. & A. S. Michael. 1966. Mortality of the honey bee, *Apis mellifera* in colonies treated with certain biological insecticides. Ibid. 8:228—233.
 46. Chang, Y. C. 1970. Pathogens and their insect hosts in Taiwan. In IVth Intern. Coll. Insect Pathology at College Park. Maryland. USA. 1970. P. 1—6.
 47. Chen, K. S., B. R. Funke., J. T. Schulz., R. B. Carlson. & F. I. Proshold. 1974. Effects of certain organophosphate and carbamate insecticides on *B. thuringiensis*. J. Econ. Entomol. 67:471—473.
 48. Cooksey, K. E. 1968. Purification of a protein from *Bacillus thuringiensis* toxic to larvae of Lepidoptera. Biochem. J. 106:445—454.
 49. Cooksey, K. E. 1971. The protein crystal toxin of *Bacillus thuringiensis*: Biochemistry and mode of action. in "Microbial control of insects and mites". (Burges, H. D. & N. W. Hussey eds.) pp. 247—274. Academic Press N. Y. 861 pp.
 50. Creighton, C. S. & T. L. McFadden. 1974. Complementary actions of low rates of *B. thuringiensis* and chlordimeform hydrochloride for control of caterpillars. J. Econ. Entomol. 67:102—104.
 51. Creighton, C. S., F. P. Cuthbert, Jr., W. J. Reid. Jr. 1964. Evaluation of *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* in control of caterpillars on cabbage. J. Insect Pathol. 6:102—110.
 52. Creighton, C. S., T. L. McFadden. & J. V. Bell. 1970. Pathogens and chemicals tested against caterpillars on cabbage. USDA. Prod. Res. Rep. no. 117, 6 p.
 53. Creighton, C. S., T. L. McFadden. & M. L. Robbins. 1975. Complementary

- influence of host plant resistance on microbial-chemical control of cabbage caterpillars. Hort. Science 10(5):487—488.
54. Creighton, C. S., T. L. McFadden., R. B. Cuthbert. & J. A. Onsager. 1972. Control of four species of caterpillars on cabbage with *B. thuringiensis* var. *alesti*. 1969—1970. J. Econ. Entomol 65:1399—1402.
 55. Creighton, C. S., T. L. McFadden. & R. B. Cuthbert. 1973. Control of the cabbage looper, *T. ni* and of two associated caterpillar species on cabbage with *B. thuringiensis* and chemical insecticides. J. Ga. Ent. Soc. 8:131—136.
 56. Daiber, C. C. 1971. Cabbage aphids in South Africa: Their parasites, predators and disease. Phytomythologica. 3:137—146.
 57. Delorme, R. & R. Fritz. 1978. Action de divers fongicides sur le developement d'une mycose a *Entomophthora aphidis*. Entomophaga 23(4):389—401.
 58. Devriendt, M. & D. Martouret. 1970. Absence of resistance to *B. thuringiensis* in the diamondback moth *Plutella xylostella*. Ibid. 21:189—199.
 59. Dougherty, E. M., C. F. Reichelderfer. & R. M. Faust. 1971. Sensitivity of *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* to various insecticides and herbicides. J. Invert. Pathol. 17:292—293.
 60. Drake, E. L. & F. L. McEwen. 1959. Pathology of a nuclear polyhedrosis virus of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. J. Insect Pathol. 1:281—293
 61. Dunn, P. H. 1960. Control of house flies in bovine feces by a food additive containing *Bacillus thuringiensis*. Ibid. 2:13—16.
 62. Elmore, J. C. 1961. Control of cabbage looper with a nuclear polyhedrosis virus disease. J. Econ. Entomol. 54:47—50.
 63. van Emden, H. F., V. F. Eastop., R. D. Hughes. & M. J. Way. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. Annu. Rev. Entomol. 14:197—270.
 64. Falcon, L. A. 1971. Use of bacteria for microbial control of insects. In "Microbial control of insects and mites" (Burgess, H. D. & N. W. Hussey eds). pp. 67—95. Academic Press, N. Y. 861 pp.
 65. Frakas, J., K. Sebesta., K. Horska., Z. Samek., J. Dolejs. & F. Sorm. 1969. The structure of exotoxin of *Bacillus thuringiensis* var. *gelechiae*. Collect. Czech Chem. Commun. 34:1118—1119.
 66. Faust, R. M. & J. R. Adams. 1966. The silicon content of nuclear and cytoplasmic viral inclusion bodies causing polyhedrosis in Lepidoptera. J. Invert. Pathol. 8:526—530.
 67. Faust, R. M. & Z. Estes. 1966. Silicon content of the parasporal crystal of several crystalliferous bacteria. Ibid. 8:141—144.

68. Forsberg, C.W., M. Henderson., E. Henry. & J. R, Roberts. 1976. *Bacillus thuringiensis*: Its effects on environmental quality. Nat. Res. Con. Canda. no. 15385, 136 pp.
69. Franz, J. M. 1971. Influence of environment and modern trends in crops management on microbial control. In "Microbial control of insects and mites" (Burges, H. D. & N. W, Hussey. eds). pp. 407—444, Academic. Press, N. Y. 861 pp
70. Genung, W.C. 1959. Observations on and preliminary experiments with a polyhedrosis virus for control of cabbage looper *T. ni*. Florida Entomol. 42:99—104.
71. Getzin, L. W. 1961. *Spicaria rileyi*, an entomogenous fungus of *T. ni*. J. Insect Pathol. 3:2—10.
72. Getzin, L.W. 1962. The effectiveness of the polyhedrosis virus for control of the cabbage looper, *T. ni*. J. Econ. Entomol 55:442—445.
73. Hall, I. M. & K. Y. Arakawa. 1959. The susceptibility of the housefly H —3, *M. domestica* to *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*. J. Insect Pathol. 1:351—355.
74. Hamm, J. J. & J. D. Paschke. 1963. On the pathology of a granulosis of the cabbage looper, *T. ni*. Ibid. 5:187—197.
75. Harcourt, D. G. 1966. Major factors in survival of the immature stages of *P. rapae*. Can. Entomol. 8:653—662.
76. Harper, J. D. 1973. Food consumption by cabbage loopers infected with nuclear polyhedrosis virus. J. Invert. Pathol. 21:191—197.
77. Heimpel, A.M. 1967. A critique review of *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* and other crystalliferous bacteria. Annu. Rev. Entomol. 12:287—322.
78. Heimpel, A. M. & J. R. Adams. 1966. A nuclear polyhedrosis of the cabbage looper. J. Invert. Pathol. 8:340—346.
79. Hostetter, D. L., R. E. Pinnell., P. A. Greer. & C. M. Ignoffo. 1973. A granulosis virus of *P. rapae* as a microbial control agent on cabbage in Missouri. Environ. Entomol. 2:1109—1112.
80. Huger, A. 1963. Granulosis of insects. In "Insect Pathology" E. A. Steinhaus ed. vol 1 pp. 538. Academic Press. N. Y.
81. Ignoffo, C. M. 1963. Sensitivity spectrum of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* to antibiotics, sulfonamides, and other substances. J. Invert. Pathol. 5:395—396.
82. Ignoffo, C.M. & B. Gregory. 1972. Effects of *B. thuringiensis* β -exotoxin on larval maturation, adult longevity, fecundity and egg viability in several species of Lepidoptera. Environ. Entomol. 1:269—272.

83. Ito, Y., M. Sakiyama. & M. Osada. 1975. Population dynamics of *Pieris rapae crucivora*, an introduced insect pest in Okinawa II. Features of the population dynamics on the results of one-year survey. Jap. J. Appl. Ent. & Zool. 19:29—34.
84. Jafri, R. H. 1974. Prospects of integrated microbial and radiation control of harmful insects. J. Invert. Pathol. 9:293—297.
85. Jaques, R. P. 1963. The influence of some fungicide on the effectiveness of sprays of *Bacillus thuringiensis*. Can. J. Plant Sci. 43:301—306.
86. Jaques, R. P. 1964. Insect control by bacterial pathogen. Ann. Entomol. Soc. Quebec 9:17—29.
87. Jaques, R.P. 1967. The persistence of a nuclear polyhedrosis virus in the habitat of the insect host, *T. ni*. Can. Entomol. 99:820—829.
88. Jaques, R. P. 1969. Leaching of the nuclear polyhedrosis virus of *T. ni* from soil. J. Invert. Pathol. 13:256—263.
89. Jaques, R.P. 1971. Control of cabbage insects by viruses. Proc. Entomol. Soc. Ontario. 101:28—34.
90. Jaques, R. P. 1972. Control of the cabbage looper and the imported cabbage worm by viruse and bacteria. J. Econ. Entomol. 65:757—760.
91. Jaques, R. P. 1972. The inactivation of foliar deposits of viruses of *T. ni* and *P. rapae* and tested on protectant additives. Can. Entomol. 104: 1985—1994.
92. Jaques, R. P. 1973. Tests on microbial and chemical insecticides for control of *T. ni* and *P. rapae* on cabbage. Ibid. 105:21—27.
93. Jaques, R.P. & D.R. Laing. 1978. Efficacy of mixtures of *B. thuringiensis*' viruses and chlordimeform against insects on cabbage. Ibid. 110:443—448.
94. Kao, H.W. & D.F. Yen. 1972. The fungus *Entomophthora aphidis* parasitic on green peach aphid in Taiwan. Plant Proc. Bull. 14:87—88.
95. Kelsey, J. M. 1957. Virus sprays for control of *Pieris rapae*. N.Z.J. Sci. Tech. a. 38:644—646.
96. Kelsey, J.M. 1966. *Entomophthora sphaerosperma* and *Plutella maculipennis* control. New Zealand. Entomol. 4:47—49.
97. Kim, Y.T. & H.T. Huang. 1970. The β -exotoxin of *Bacillus thuringiensis* I. Isolation and characterization. J. Invert. Pathol. 15:100—108.
98. Krieg, A. 1968. Effectiveness of *B. thuringiensis* exotoxin on *Tetranychus telarius*. Ibid. 12:478.
99. Kushner, D. J. & G. T. Harvey. 1960. Antibacterial substances in foliage and in gut contents of phytophagous insects. Can. Dep. Agr. Bi-Monthly

100. Kushner, D. J. & G. T. Harvey. 1962. Antibacterial substances in leaves: their possible role in insect resistance to disease. *J. Insect Pathol.* 4:155—184.
101. Liles, J. N. & P. H. Dunn. 1959. Preliminary laboratory results on the susceptibility of *Aedes aegypti* to *B. thuringiensis*. *Ibid.* 1:309—310.
102. Martignoni M. E. & P. Schmid 1961. Studies on the resistance to virus infections in natural populations of Lepidoptera *Ibid.* 3:62—74.
103. Mathad, S.B., C.M. Splittstoesser. & F.L. McEwen. 1968. Histopathology of the cabbage looper, *T. ni* infected with a nuclear polyhedrosis. *J. Invert. Pathol.* 11:456—464.
104. McConnell, E. & A. G. Richards 1959. The production of *Bacillus thuringiensis* of a heat-stable substance toxic for insects. *Can. J. Microbiol.* 5:161—168.
105. Merdan, A., H. Abdel-Rahman. & A. Soliman. 1974. Occurrence of antibacterial activity in foliage and in gut contents of certain lepidopterous insects. *Qual. Plant.* 24:219—229.
106. Morris, O. N. 1971. The effect of sunlight, ultraviolet light and gamma radiation and temperature on the infectivity of a nuclear polyhedrosis virus. *J. Invert. Pathol.* 18:292—294.
107. Morris, O. N. 1972. Inhibitory effects of foliage extracts of some forest trees on commercial *thuringiensis*. *Can. Entomol.* 4:1357—1361.
108. Morris, O. N. 1975. Effects of some chemical insecticides on the germination and replication of commercial *B. thuringiensis*. *J. Invert. Pathol.* 26:199—204.
109. Morris, O.N. 1977. Compatibility of 27 chemical insecticides with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *Can. Entomol* 109:855—864.
110. Payandeh, B., D. M. MacLeod. & D. R. Wallace. 1978. Germination of *Entomophthora aphidis* resting spores under constant temperatures. *Can. J. Bot.* 56:2328—2333.
111. Ramaseshiaiah, G. 1967. The fungus *Entomophthora coronata* parasitic on three species of aphids infesting crucifers in India. *J. Invert. Pathol.* 9: 128—130.
112. Raun, E. S., G. R. Sutter & M. A. Revelo. 1966. Ecological factors affecting the pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* to the European corn borer and fall armyworm. *Ibid.* 8:365—375.
113. Roberts, D. W. & W. G. Yendol. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. in "Microbial control of insects and mites" (Burgess, H. D. &

- N. W. Hussey eds.). p 125—149. Academic Press. INC. N. Y. 861 pp.
114. Scott, H. A. & S. Y. Young 1973. Antigens associated with a nuclear polyhedrosis virus from cabbage looper larvae. *J. Invert. Pathol.* 21:315—317.
 115. Scott, H. A., S. Y. Young. & J. A. McMasters 1972. Isolation and some properties of components of nuclear polyhedra from the cabbage looper *T. ni*. *Ibid.* 18:177—182.
 116. Sebesta, K. & K. Horska. 1968. Inhibition of DNA-dependent RNA polymerase by the exotoxin of *Bacillus thuringiensis* var. *gelechiae*. *Biochem. Biophys. Acta.* 169:281—282.
 117. Sebesta, K., K. Horska. & J. Ankova. 1969. Isolation and properties of the insecticidal exotoxin of *B. thuringiensis* var. *gelechiae*. *Collect. Czech. Chem. Commum.* 34:891—900.
 118. Shands, W. A., G. W. Simpson., I.M. Hall. & C. C. Grodon. 1972. Further evaluation of entomogenous fungi as a biological agent of aphid control in Northeastern Maine. *Maine Life Sci. and Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* no. 58, 33 pp.
 119. Svestka, M. 1976. The influence of temperature on the effectiveness of biopreparations of *Bacillus thuringiensis*. *Lesnictvi* 2:77—86 (RAE 65: 925).
 120. Tanabe, A. M. & M. Tamashiro. 1967. The biology and pathogenicity of a microsporidian (*Nosema trichoplusia* sp. n.) of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Invert. Pathol.* 9:188—195.
 121. Tanada, Y. 1953. A microsporidian parasite of the imported cabbage-worm in Hawaii. *Proc. Hawaii Ent. Soc.* 15:167—173.
 122. Tanada, Y. 1953. Description and characteristics of a granulosis virus of the Imported cabbage worm. *Ibid.* 15:235—260.
 123. Tanada, Y. 1953. Susceptibility of the Imported cabbage worm to *B. thuringiensis* *Ibid.* 15:159—166.
 124. Thomas, E. D., C. F. Reichelderfer. & A. M. Heimpel. 1973. The effect of soil pH on the persistence of cabbage looper nuclear polyhedrosis virus in soil *J. Invert. Pathol.* 21:21—25.
 125. Tompson, C. C. 1951. A granulosis of the Imported cabbage worm. *J. Econ. Entomol.* 44:255.
 126. Vail, P. V. & I. M. Hall. 1969. Influence of a cytoplasmic polyhedrosis on various developmental stages of the cabbage looper. *J. Invert. Pathol.* 14:237—244.
 127. Vail, P. V., T. J. Henneberry., Z. N. Kishaba. & K. Y. Arakawa. 1968.

- Sodium hypochlorite and formalin as antiviral agents against nuclear polyhedrosis virus in larvae of the cabbage looper. *Ibid.* 10:84—93.
128. Vail, P. V., D. K. Hunter. & D.L. Jay. 1972. Nuclear polyhedrosis of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Ibid.* 20:216—217.
 129. Vail, P. V., T. Miller. & I. M. Hall. 1967. A cytoplasmic polyhedrosis of the cabbage looper. *Ibid.* 9:436—441.
 130. Vail, P. V., C. F. Soo Hoo., R. S. Seay., R. G. Killinen. & W. W. Wolf. 1972. Microbial control of lepidopterous pests of fall lettuce in Arizona and effects of chemical and microbial pesticides on parasitoids. *Environ. Entomol* 1:780—785.
 131. Vail, P. V., T. Whitaker., H. Toba. & A. N. Kishaba. 1971. Field and cage tests with polyhedrosis viruses for control of the cabbage looper. *J. Econ. Entomol.* 64:1132—1136.
 132. Wallace, D. R., D. M. McLeod., C. R. Sullivan., T. Tyrrell. & A. J. DeLyzer. 1976. Induction of resting spore germination in *Entomophthora aphidis* by long-day light conditions. *Can. J. Bot.* 54:1410—1418.
 133. Watanabe, H. 1974. First report of the microsporidian infection of the cabbage worm, *Pieris rapae crucivora* in Japan. *Jap. Appl. Ent. Zool.* 9:133—142.
 134. Watanabe, T., R. Tsutsui. & J. Iwahana. 1967. *Proc. Joint US-Japan Semin. Microbial Control Insect Pests.* pp 71—78.
 135. Wilson. F. 1960. The effectiveness of a granulosis virus applied to field populations of *P. rapae*. *Aust. J. Agric. Res.* 2:485—487.
 136. Yen, D. F. 1962. Insect pathogens and microbial control of insects. *Quar. J. Taiwan Museum* 15:117—122.
 137. Yendol, W. G. & R. A. Hamlen. 1972. Ecology of entomogenous viruses and fungi. In "Regulation of insect population by microorganisms" N. Y. Acad. Sci. 217:18—30.
 138. Yendol, W. G. & J. D. Paschke. 1967. Infection of a looper complex by *Entomophthora sphaerosperma*. *J. Invert. Pathol.* 9:274—276.
 139. Young, S. Y. & J. S. Lovell. 1971. Hemolymph proteins of *T. ni* during the course of a nuclear polyhedrosis virus infection. *Ibid.* 17:410—418.
 140. Young, S. Y. & J. S. Lovell. 1973. Virion proteins of the *Trichoplusia ni* nuclear polyhedrosis virus. *Ibid.* 22:471—472.
 141. Zimmermann, G. 1978. Effect of systemic fungicides on aphid-infecting Entomophthoraceae *in vitro*. *Zeit. Pflanzens.* 83:261—269.

Microbial control of the major insect pests on cruciferous vegetables

Wen-feng Hsiao and Chiou-nan Chen

Plant Protection Center, Taiwan.

Summary

Economic entomologist nowadays are paying more attention to the practicability of employing microbial agents as a management component in the integrated pest management program of vegetables. Among various promising pathogens, *Bacillus thuringiensis*, granulosis virus of the diamond-back moth and the common cabbage butterfly and the nuclear polyhedrosis virus of the cabbage looper are more valuable in usage. Microbial agents are compatible with most pesticides. Their mixture sometimes even showed a synergistic effect. No deleterious effects were found on natural enemies. However, certain drawbacks and difficulties are associated with their usage. Viruses are easily inactivated when exposed to direct sunlight so that protectants such as Brewer's yeast is often needed to prolong their persistence. Farmers are reluctant to adopt this slow action control measure. And mass manufacture of cheap and stable commercial products is also a prerequisite to its large scale extension.