

# 虫生病原於害蟲管理體系之應用

國立中興大學昆蟲學系／唐立正·侯豐男

## 一、前言

人類由於科技進步，人口增加，相對的對於糧食及農作物的需求亦隨之增加、在有限的耕地面積下，要求單位面積之最高產能，因此對作物保護更加重視、在傳統農作害蟲防治，主要依賴藥劑，以增加害蟲之死亡率為目的，定期施用殺蟲劑、於使用初期非常有效，產量增加，農民收益大增，但經長期施用藥劑後，卻衍生以下問題：(1)在害蟲族群中篩選出抗性小種，(2)殺死天敵及有益動物，(3)防治對象之害蟲族群再度大發生，(4)次要害蟲繼續獗起，(5)在食物中造成農藥殘留，(6)污染環境對人畜造成傷害；提高生產成本且藥劑對害蟲不再有殺蟲效果造成防治體系的崩潰，研究人員有見於以上可能發生之狀況，因而發展出以生態學為基礎之綜合防治體系，以減少對殺蟲劑之依賴。同時在政府倡導永續農業經營之理念，強調農地之永續耕作減少使用化學肥料，盡量使用有機物質進行土壤改良，利用生物農藥進行害蟲防治也為一重要課題。

## 二、綜合防治體系

IPM即為Insect pestmanagement system是應用生態學(Aplied ecology)之一部分，乃以人類經濟利益為目標，以生態原理為基礎；綜合應用適當之防治技術於農業生態系(Agroecosystem)，企圖調節或抑制作物主要害蟲(Key pest)之棲群於一個經濟容許的限度之下。並且使防治措施所造成之不良影響減到最低限度，同時也要維持良好的環境品質，其考量為系統的、全盤的，其管理技術兼採藥劑與非藥劑。

因此，蟲生病原即成為其管理技術的方法之一，由於蟲生病原是自然發生的具選擇性，只對害蟲有效，對脊椎動物無害，

不易產生抗藥性，因此不會污染環境，造成食物殘留等問題。可藉由不同的操作處理，達到經濟防治效果，且可與其他防治方法互相配合，因此在害蟲管理體系中其重要性愈發顯著。

## 三、蟲生病原之致病性

由於蟲生病原種類繁多包括：真菌(Fungi)，細菌(Bacteria)，病毒(Viruses)，原生動物(Protozoa)，線蟲(Nematodes)，及立克次體(Rickettsiae)，其致病性及作用機制各有不同，因此在害蟲防治時可因害蟲之棲群特性，作物種類，氣候環境作適當的選擇及配合，但依其對害蟲致死時間之長短將其致病性分為以下二大類：

### (一)速效性病原(quick-damage pathogen)

通常此類病原可以產生毒質(Toxine)如：蘇力菌(Bt.)及部分蟲生真菌(Metarrhizium)；可使寄主昆蟲在24小時內停止取食或48-72小時內死亡；可利用淹沒式之加強噴佈操作進行治療性的防治手段。

### (二)緩效性病原(Slow pathogen)

對寄主造成嚴重為害往往超過24小時，且在寄主體上完成其生活史或生活史的一部分，一般比較適合早期預防的防治方法，如：早期的病原引入或引發疫病的操作方法等較易成功。

## 四、病毒之特性及其應用

### 一、病毒之特性(Charateristics of virus)

病毒為一明顯的緩效性病原菌，須2-8天以上，才能將寄主殺死；桿狀病毒中顆粒病毒(GV)及核多角體病毒(NPV)在微生物防治上最具潛力，對鱗翅目幼蟲及鋸蜂(Sawfly)效果較好，可以在土壤中存活數年，但在葉表上數小時即失去活性；其傳

播方式有水平的傳播，乃藉由食物的污染及寄生性天敵產卵的機械性傳播，常被用來防治的寄主害蟲有：*Oryctesrhinoceros*，擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*)，紋白蝶 (*Pieris rapae*)，玉米穗蟲 (*Heliothis armigera*)

## 二、病毒在淹沒式撒佈之應用：

病毒利用於淹沒式撒佈時有以下注意因子：(1) 致死作用較慢。(2) 在葉片上活性不穩定。(3) 效果易受昆蟲行為影響。(4) 作物葉片生長太快時覆蓋效果降低。但可於製成藥劑時添加保護劑或利用包囊增長病毒粒子的活性，以及添加取食刺激物，促進寄主對病毒粒子的攝取量，促進發病。

## 三、田間防治實例：

據Tuan等(1989)報告，在嘉義朴子利用HzNPV以噴佈法防治玉米穗蟲 (*Heliothis armigera*) 時，接種卵一天後之施藥組，NPV防治效果與加保扶差異不顯著，但可提高30%的可上市果穗率；而在施藥時機方面防治效果以接卵一天後，施NPV者較接卵4天後施藥組好，亦即NPV防治害蟲以早期(幼齡)防治效果最好，部分害蟲對NPV具有成熟免疫之現象產生。

Young及Yearian(1986)，利用生物檢定法研究大豆害蟲 *Anticarsia gemmatalis* NPV (AgNPV) 在大豆田中之傳播情形時，發現夏日在土壤中AgNPV的活性會減少，但仍有許多病毒保持活性，且當耕作翻土時，則使土壤表面活性病毒粒子之數量增加，且降雨促使土表之病毒回濺到下層葉片，當幼蟲取食下層葉片後再爬至高處，便將病毒散播出去，因此往往在下雨後便造成田間AgNPV之大發生。

## 五、真菌病原之特性及其應用

### 一、真菌病原之特性：

真菌病原為一個多用途之蟲生病原，有的具有代謝毒質可產生快速的致死效果；同時寄主範圍也較廣範，可同時感染不同種類之寄主昆蟲，並可同時感染不同齡期之不同寄主；其傳播主要藉風的吹散將孢子散播出去，為典型的水平傳播方式；通常引發田間自然的風土病。其孢子可棲息於寄主昆蟲死亡的屍體中、水中、土壤中

及植物的葉表面。同時蟲生真菌可利用有機廢棄物發酵培養分生孢子，進行微生物製劑之大量產。

## 二、田間防治實例

綠僵菌分佈全世界，可由不同之農業生態系如：草原、農場、菜園等被寄生之鱗翅目昆蟲中分離而得。寄主主要以鱗翅目幼蟲為主，至1980止已有二十九種鱗翅目及兩種鞘翅目被感染之記載或研究，在國外為大豆田中鱗翅目害蟲之主要寄生菌，如擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*)，梨豆夜蛾 (*Anticarsia gemmatalis*) 及黃豆銀紋夜 (*Pseudoplusia includens*) (Carner et al, 1975) 及苜蓿夜蛾 (*Plathypena siabra*) 皆有60%以上之罹病死亡率。在本省曾施用於玉米防治玉米穗蟲，可獲75%以上之防治率，在蘆筍、玉米及花椰菜上對蕃茄夜蛾及擬尺蠖造成大流行，產生季節性族群密度降低的效果。在本省可用以防治之重要害蟲包括：蕃茄夜蛾、甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、擬尺蠖等。

白僵菌在世界各地都有用來防治歐洲玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*) 的試驗，且頗具成效。白僵菌對大胡桃象鼻蟲 (*Curculio caryae*) 在田間有60%以上之罹病死亡率對榆樹甲蟲 (*Scolytus scolytus*) 以 $10^7$  conidia/ml濃度，在11.4天可達90%死亡率。對三種重要之蔬菜害蟲小菜蛾 (*Plutella xylostella*)，擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*)，及紋白蝶 (*Pieris rapae*) 對其商品Boverin也具有感受性，中央致死濃度分別為0.025, 0.27, 0.25%；在田間使用5% Boverin (ca.  $7.5 \times 10^5$  conidia/ml) 可降低田間約50%擬尺蠖幼蟲族群，並減少葉片損害率達87%。田間防治褐飛蝨以每公頃 $4-5 \times 10^{12}$  分生孢子，經三周後死亡率可達60-90%。

黑僵菌在實驗室致病力測試得知，對歐洲玉米螟的卵及一齡幼蟲可高達100%的死亡率。本省早於1914年自夏威夷引進，作為蔗田地下害蟲之防治，台糖公司也曾進行相關研究。而近年來也用於椰子紅胸葉蟲及犀角金龜，青蔥及花卉(高及蔡，1991)上之防治頗有潛力。

Hall及Burgess 1979在溫室中，單獨使用蟲生真菌 *Verticillium lecanii* 全面噴灑於作物的上下葉表，以防治桃蚜 (*Myzus persicae*)

)，與對照組比較則產生明顯的防治效果，其保護效果可持續三個月之久。另一個感染鏽蟬 (*Phyllocoptruta oleivora*) 的蟲生真菌 *Hirsutell thompsonii* 在佛羅里達之柑桔園中亦產生自然疫病，發生時期大多在夏天，疫病的產生與鏽蟬的密度及當時的溫度、濕度有密切的關係，且在疫病發生的2-3週後便對鏽蟬族群產生壓制作用，由此可見蟲生真菌防治害蟲時，必須注意其他環境因子之配合才能成功。

## 六、原生動物病原之特性及其應用

### 一、原生動物病原之特性

原生動物為一明顯的緩效性病原，對寄主具些許的專一性，自然的引發流行病在水生昆蟲較易發生；其傳播主要為典型的水平傳播，及經卵的垂直傳播方式，其病原之分散 (Dispersal) 並不是很有效，是為絕對寄生性之病原，主要殘存於寄主體內，病原引入法及感染原增補法已被實際用於某些生態系中 (Henry, 1981)。

### 二、田間防治實例

Fuxa及Brook (1979) 利用 *Vairimorpha necatrix* 對 *Heliothis zea* 在高粱田間進行測試時發現 *V. necatrix* 雖然在短時間內無法降低 *H. zea* 的族群，但施用後對 *H. zea* 的感染率卻有顯著的提高，在噴灑處理後12天卻以施用 *V. necatrix* 的蟲數最少，而且由殺蟲劑組及對照組所取樣的蟲體也有13-19%的感染率，顯然 *V. necatrix* 可在田間行水平的傳播及持續的感染害蟲棲群。

Cowley (1989) 報告指出在1978年於Waikoto，及New Zealand 調查田間螟蛾科害蟲 *Eudoniasa bulosella* (Sodwebworm)，在採集之幼蟲中有被原生動物 *Mattesia sp.* 感染的現象，於是進行了四年的持續調查，結果發現幼蟲之罹病率由1978的20%逐年增加，到了1981年時達98%而成蟲之罹病率在四年中上升較為緩慢，由37%上升到45%且1981年雌蟲之平均產卵量較1978年減少了一半以上，而蟲體所增殖之孢子量也較1978年為高，感染之幼蟲體型變小，發育受阻，取時量降低，雌成蟲產卵量減少，對作物之為害亦隨之減少，因此 *Mattesia sp.* 確實

可以有效的調節Sodwebworm的族群。

## 七、細菌病原之特性及其應用

### 一、細菌病原之特性：

細菌病原為所有蟲生病原中最有希望成為害蟲防治的病原之一；且具速效性，如 (Bt, Bti)；一般而言寄主範圍較廣，取食作用及食物污染造成水平傳播，在植物表面持續時間較短僅數天；但僅有 *Bacillus popilliae* 可在土壤中持續存活；細菌病原較容易大量生產及進行基因之改造。雖很少造成流行病，但卻可利用淹沒式加強撒佈達到有效的防治；如利用於為害森林、農作物、行道樹及人類家居附近取食葉片之害蟲或蚊子，另外如 *B. popilliae* 在紐澤西州，則被以病原引入的方式立足於田間土壤中，持續的壓抑日本金龜子幼蟲，而 *B. sphaericus* 也被應用於田間對蚊子幼蟲作持久性防治。

### 二、細菌病原之應用：

細菌應用於田間者以 *Bacillus thuringiensis* 最為普遍，且皆以鱗翅目幼蟲為感染對象，但由於其品系繁多對不同種寄主之感受性亦不同，因此在使用時則選用適當之品系，否則無法達到有效的防治；Kalfon及Barjac (1985) 研究900個 *B. thuringiensis* 品系 *Spodoptera littoralis* 之感受性測定時發現，以血清型 Aizawai 品系之效果最好，其72小時之死亡率在稀釋10，20倍時仍高達100%。

McGaughey 1980，在兩個穀物儲存的季節裡，以 *B. thuringiensis* 處理2m容量的儲存箱，表層10公分深之小麥每公斤混拌100、125、150mg之Bt以防治印度穀蛾 (*Plodia interpunctella*)，及粉斑螟蛾 (*Ephestia cautella*)，結果可以壓抑兩種積穀害蟲之族群，並減少大於81%之蛾類密度；及大於92%之取食為害率，且防止或減少蛾類幼蟲在表層結網。

但McGaughey (1985) 發現在有處理Bt、之農場倉庫中的印度穀蛾對Bt產生抗性，後經由實驗室內用大寶 (Dipel) 經人為選汰20-40代後發現印度穀蛾確實會對Bt之孢子及內毒素同時產生抗性，其LD50遠大於感性品系，但幼經進一步研究發現，對孢子

及內毒素產生抗性的品系卻對外毒素非常的敏感，LD50只有1.4mg/kg。

## 八、蟲生線蟲之特性及其應用

### 一、線蟲之特性：

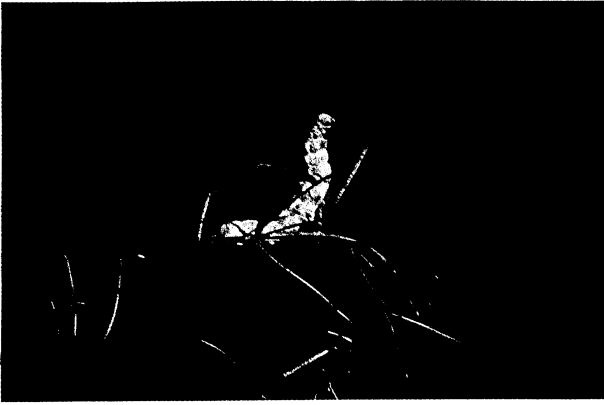
線蟲為一具潛在開發之蟲生病原，有許多種類具寄主專一性，但其他種類則寄主範圍較廣；目前應用於害蟲防治者，以Steinernematidae及Heterohabditidae兩科之種類為主，通常利用致病性之三齡幼蟲經由自然開口進入昆蟲體內，蛻去表皮侵入胸腔，並由線蟲之腸道釋出共生細菌(Xenorhabdus)在胸腔中大量繁殖，在48小時內造成敗血使寄主昆蟲死亡其傳播則藉由環境污染或經由腸道及體壁之穿入造成水平傳播；線蟲對乾燥環境非常的敏感，對其之利用則限於特殊的生態環境，如：水中、土壤裡或隱蔽的棲所，而較無法施用於植物之葉表；寄主昆蟲無法對其產生成熟免疫之作用，在土壤中之長期殘存現象則尚未明瞭，自然的傳播流行則非常普通，感染原增補法及淹沒式撒佈僅被應用於隱蔽及高濕的棲所中，如樹皮下之小蠹蟲，水中之孑孓。

### 二、田間之實際應用

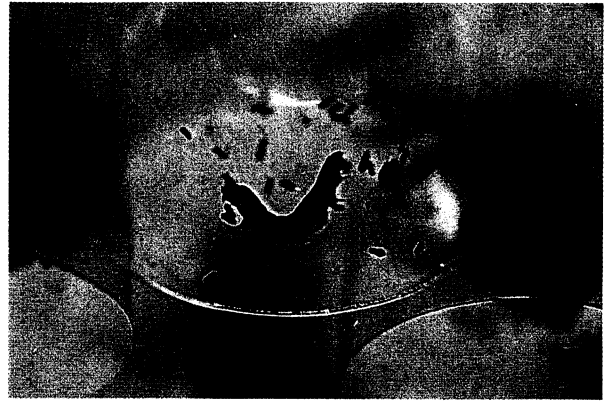
本省在利用蟲生線蟲(*S. carpocapsae*)防治甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)研究發現，在土壤高濕的環境下，線蟲的持效性較長，土壤含水量在11.8%或21.1%以上，持續72小時後對甜菜夜蛾四齡幼蟲仍可造成50%及57.5%之死亡率。另在網室蘿蔔植株上每隔三天連續施用三次線蟲懸浮液後甜菜夜蛾四齡幼蟲死亡率可達98.2%，同時發現幼蟲齡期愈高對線蟲之感受性愈高。此種線蟲也在田間被用於玉米螟之防治，將蟲生線蟲以懸浮液及膏劑施於輪生期之玉米心葉處防治玉米螟，結果膏劑之效果比懸浮液好，且膏劑之防治效果與5%陶斯松粒劑無顯著差異。在中國大陸蟲生線蟲也廣範使用於防治桃小實心蟲及在樹幹中為害之木蠹蛾幼蟲，且有相當好的防治效果，因此蟲生線蟲之利用在永續農業之害蟲防治頗具開發之潛力。

## 九、結論

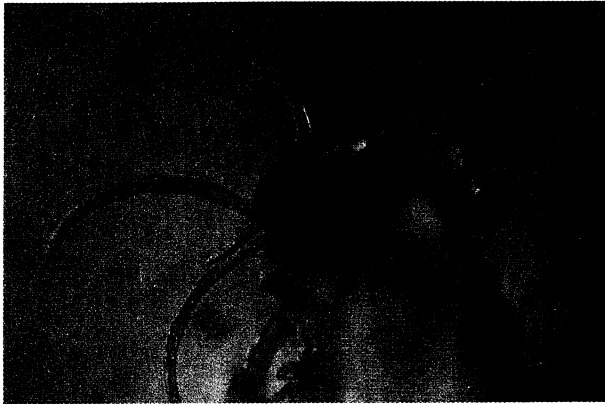
利用蟲生病原在農業生態系中進行微生物防治時，由於其具安全性及專一性，不但可以單獨使用也可與殺蟲劑、天敵及費洛蒙等配合增加防治效果，但由於其受環境因子的影響甚劇，因此對於田間疫病產生及病原生態的了解則尚待努力，另外對於病原菌系的篩選、培養、保存及製劑之配方等皆與防治成敗密切相關，若能配合遺傳工程技術，病原生態模擬分析，施用技術之改良及抗不良環境配方之開發，即能將微生物病原之防治效果發揮到最高點，而達到蟲害永續管理之目的。



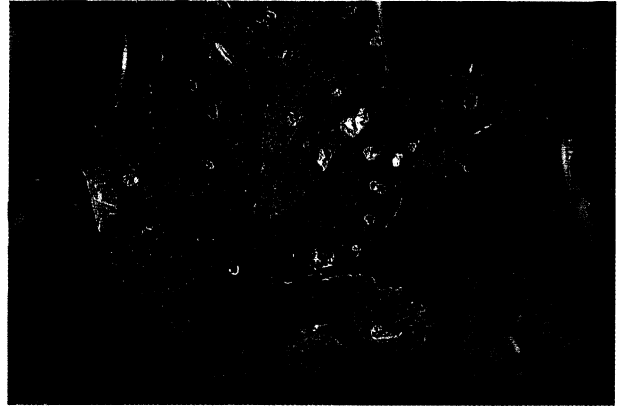
1.綠僵菌感染玉米穗夜蛾幼蟲田間發病情形



4.甜菜夜蛾感染NPV致死情形



2.斯氏線蟲感染小菜蛾幼蟲



5.葉片撒佈線蟲懸浮造成甜菜夜蛾幼蟲致死



3.甜菜夜蛾核多角體(包含體)病毒



6.土表撒佈線蟲懸浮液造成甜菜夜蛾老熟幼蟲致死