

農作物害蟲之非農藥防治

唐立正

國立中興大學 昆蟲學系副教授

摘 要

一般農作物的蟲害管理體系大體上可歸類為農業防治法、物理防治法、化學防治法、生物防治法及法現防治法，而其中物理防治、化學防治及生物防治又是主要三大防治法。其中生物防治法中，以自然發生的昆蟲寄性病原在昆蟲族群中是非常重要的調節因子。許多種類的蟲生病原扮演對付危害農作物、溫室作物、果園、景觀植物、牧草、草皮、儲糧、林業及獸醫、醫學重要病媒等，害蟲的微生物防治角色。若僅由昆蟲微生物病原與傳統化學殺蟲劑之效率及花費的觀點來做比較。除了效率之外，使用微生物病原防治的優點更是不計其數，包括對人類及其他非目標生物的安全性，降低食物中殺蟲劑的殘留，保護其他天敵，增加管理生態系中的生物多樣性。就如同捕食者及擬寄生生物(parasitoid)，以昆蟲性病原作為微生物防治時有以下三個基本目標：傳統生物防治、增強(augmentation)及保護(conservation)。分別使用病毒(*Oryctes nonoccluded virus*)、真菌(*Entomophaga maimaiga*)及線蟲(*Deladenus siricidicola*)作為接種式施用生物防治媒介於長期抑制犀角金龜(*Oryctes rhinoceros*)、舞毒蛾(*Lymantria dispar*)、木蜂(*Sirex noctilio*)方面，已獲得極大的成功。大多數的微生物防治為淹沒式施放的昆蟲性病原。目前最廣為使用的微生物防治媒介即是蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)，新發現的品種能有效抵抗鱗翅目、鞘翅目和雙翅目及其基因改良已經提升了該菌的利用，目前的發展則是著重於分子生物學、致病機制及抗性的管理。昆蟲病原性病毒、細菌、真菌、線蟲和原生動物的施用方式、利益及限制也將一一呈現。微生物防治媒介能有效且可替代廣效性化學殺蟲劑的使用。然而，若要增加其使用則將需要：(1)加強病原致病力及致死速度。(2)改善病原於試驗環境下的表現，如低溫、乾燥等。(3)提升量產效率(4)劑型的改良，更方便操作、增加於環境中的持續性及貨架期。(5)更進一步瞭解如何適合於綜合系統中，與環境及其他綜合害蟲管理(IPM)組成的交互作用。(6)更明確的評估於環境中的益處。(7)能使農民及一般大眾接受。我們期望昆蟲性病原在現今及久遠的未來能有更廣泛的貢獻，更期許微生物防治媒介能與其他科技共同協力應用。然而，如果未來的發展若僅為市場導向，那麼將會延緩 IPM 中數種具高潛力的微生物

防治媒介之推行。

關鍵字：昆蟲寄生性病原、微生物防治、桿狀病毒、昆蟲病原性真菌、蘇力菌、昆蟲病原性線蟲。

前 言

台灣地區之蔬菜主要以冬季十字花科蔬菜為主要大宗，進年來因梨山地區高冷蔬菜栽培區之開發，已彌補夏季供需之不足。但近年來消費多樣化之風潮，也使短期作之施栽培蔬菜成為另類消費之蔬菜種類。而此種栽培方式，主要目的為藉由設施之結構阻斷害蟲之入侵，以減少農藥的使用，達到清潔蔬菜的品質，進而生產生機飲食之有機蔬菜栽培的目的。但礙於耕地面積有限，及設施成本的投入，農民皆採連作及密集栽培。因此，害蟲也隨栽培區之開發擴展其分布及為害範圍，且此類蔬菜皆為短期栽培作物，如小白菜、青江白菜、芥藍、油菜、芥菜、芹菜、蘿菜、菠菜、茼蒿、萵苣及莧菜等。包心葉菜類之包心芥菜、結球萵苣，果菜類之甜椒、番茄、花胡瓜、豌豆等較多。而在其上為害之害蟲的發生亦非常迅速，因此些害蟲個體較小、生活史短、具特殊之生活習性、不易被發現容易被疏忽，在短時間內其族群數目即可達到經濟為害限界，而造成經濟損失。較常見的種類主要以小型昆蟲如蚜蟲類、番茄斑潛蠅、銀葉粉虱、黃條葉蚤、南黃薊馬、細蟎及二點葉蟎等(王，1996)；蔬菜跳蟲則屬區域性發生的害蟲，鱗翅目害蟲則以小菜蛾密度較高，大菜螟及菜心螟為偶發性害蟲，其他如甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、番茄夜蛾、紋白蝶、切根蟲及擬尺蠖等在密閉完善的設施中較不常發現。在設施中發生的害蟲，常因食物充足，氣溫適中，密度在短時間內快速升高，若防治不當除造成經濟損失外，且易篩選出抗藥性品系(陶及李 1951；馮等，2000)。因此，在防治上則需特別小心謹慎，用藥時須考慮農藥殘留問題及嚴守安全採收期。茲將目前較常應用之防治法簡述如下，以供防治之參考。

農業防治

一般農作物的蟲害管理體系大體上可歸類為農業防治法、物理防治法、化學防治法、生物防治法及法現防治法，而其中物理防治(王及林，1992；李，1977；貢，1977；陳及柯，1994)、化學防治及生物防治又是主要三大防治法。所謂農業防治就是利用害蟲、農作物及生態環境三者之間的關係，採用一系列之農業操作技術及以促使農作物之強勢生長發育，進而抑制害蟲的繁殖、直接或間接地降低害蟲危害，進一步創造有利於益蟲之生存及繁殖的條件，使農作物免受或減輕害蟲為害的方法。故農業防治的項目包括如下：

一、耕作防治

土棲昆蟲主要以土壤為棲所，大凡取食、生長和繁殖，整個生活過程都與土壤有關。如金龜子、螻蛄、蟋蟀、黃條葉蚤(李，1953)的幼蟲也都在土壤中生活和為害。有的害蟲生活史中某一時期生活於土中，例如斜紋夜盜、果實蠅、瓜實蠅、蝦蟇天蛾等，它們雖然經常取食的是植物的地上部分，但是卻都在土壤中化蛹。在害蟲防治上或許可藉由土壤條件的管理，吾人可從下面幾點著手：

- (一). 改變土壤環境的生態條件，可以抑制害蟲的發育與繁殖。
- (二). 將藏在在地下的害蟲翻至土壤表面，改變環境之物理因子，增加鳥類等生物天敵的捕食，促使害蟲大量死亡。
- (三). 利用深耕，將害蟲翻入土層深處，使其無法由土壤中羽化出來。
- (四). 藉由植物的地上部的翻埋入土中，使害蟲失去寄主而大量死亡，尤其是雜草的清除，更具防治效果。
- (五). 深耕時，使土壤中部分害蟲的巢穴和蛹室，遭到農耕機具破壞傷害，而死亡。



鳥類在翻犁後的田間覓食



從土中被翻出的金龜子的蛹室

二、混作及輪作

往往在同一地區連續栽培同樣作物過久，提供其連續食物及棲所則害蟲發生越激烈，若以輪作方式，可減少害蟲的發生，例如十字花科與菊科葉菜類輪作在網室栽培可減輕病蟲害發生及連作障礙。煙草與水稻輪作可減輕病蟲危害，木瓜、玉米混種，可減少蚜蟲傳播輪點病。

三、避免氮肥過量

肥料之種類及用量，往往影響害蟲之發生，最明顯的例子，氮肥過多，作物趨於柔嫩，枝葉過於茂盛通風不良，易引發蚜蟲、木蟲、粉蟲及葉蟬等刺吸式口器害蟲為害。且氮肥之施用，使植物組織含大量氨基酸，且碳氮比降低，使以上害蟲生育良好，生存率增高，體重增加，如水稻氮肥施用過多，褐飛蟲發生較嚴重(朱等，1975)。

四、物理防治 (physical control)

為利用各種物理作用以阻斷害蟲侵入、反射光忌避、驅離害蟲之方法，包括徒手捕殺、色紙誘引，以及溫、濕、光等環境因子之調節應用等等。

(一)、遮網：以 32 目紗網蓋覆架設簡易溫室阻斷害蟲侵入，邊網需埋入土中，鑽入取食危害，或避免有翅蚜蟲飛入傳播植物病毒。以防土棲害蟲爬行入侵。

(二)、捕殺法：利用徒手或使用器械，將害蟲之卵、幼蟲、蛹、或成蟲等驅殺之方法，可分為直接捕殺與間接捕殺二類：

1).直接捕殺：包括手捕、刺殺、壓殺、打殺等等，方法雖較原始，

然運用適宜時，效果顯著。如斜紋夜蛾之卵塊摘除；蚜蟲、介殼蟲等之捏殺；天牛、木蠹蛾等幼蟲之鐵絲鑽孔刺殺等等屬之。

2).間接捕殺：有擊落、描落、拂落、摘採、粘捕、網捕等等，如金龜子、葉甲蟲、象鼻蟲之類，搖擊時，即行下墜，可以收集殺斃之。家庭所用捕蠅紙之殺蠅，為粘捕之代表實例。以捕蟲網捉捕飛行性之成蟲，應用尤為廣泛。



正確的網室隔離



錯誤的隔網



誘捕銀葉粉蝨



黏捕非洲菊斑潛蠅



網室番茄黏捕蕃茄斑潛蠅



芒果套袋防治果實蠅

(三)、利用害蟲之特殊習性或趨性作用，以適當裝置將害蟲誘集而驅殺之方法稱為誘殺法。包括燈光誘引，顏色、水盤、黏紙誘引，此為趨光及趨色性之利用，如誘蟲燈及黏蟲板，作為多數害蟲之發生預測誘捕等即為其實例。

(1).黃色水盤：最常被利用來偵測有翅型蚜蟲的棲群密度(郭，2002)。

在早期木瓜輪點毒素病發生嚴重時，利用黃色水盤進行有翅蚜蟲偵測後發現與木瓜發病有密切關係，進而發展網室栽培阻斷有翅蚜蟲之傳病，達到防治的效果。

(2).黃色黏蟲紙：誘捕在田間飛行穿梭的有翅型成蟲，如：雙翅目、同翅目、甚至鞘翅目種類的昆蟲。在田間最常被用來進行瓜實蠅或果實蠅的偵測，若配合甲基丁香油或克蠅香之誘引劑時(章，1980)，效果更佳。另外，黃色黏紙也大量被應用在網室栽培害蟲防治，如：螺旋粉蟲、煙草粉蟲、溫室粉蟲等(圖二)，在溫室內大量發生之同翅目昆蟲種類(王及林，1992；林及王，1989；劉及王，1992)。另在早期非洲菊斑潛蠅初入侵本島時，黃色黏紙也被用來作為密度發生偵測的工具之一，其後因該蟲大量侵擊野生菊科雜草後，黃色黏紙則被應用於田間作為斑潛蠅類(如：蕃茄斑潛蠅、十字花科斑潛蠅、瓜類潛蠅)的防治工具，誘捕效果佳，推廣後被農民大量使用，但在粉塵多、風砂大的環境，效果會受到干擾，其優點為誘捕的昆蟲體不易逃離，也可用甲苯將特定的蟲體洗下保存。

(3).藍色黏蟲紙：由於薊馬對藍色黏紙所反射的光波所誘引，因此被用來誘捕薊馬，及偵測薊馬的成蟲密度，作為施藥時機之參考(朱，1987)。再網室內設置黏蟲紙時，其高度需在作物的生長點上方 10—50 公分之間。近年來由美國進口大量的蘆筍、洋蔥、萵苣、草莓等農產品，常檢出帶有大量的檢疫害蟲—西方花薊馬，為偵測其是否侵入，則可在其機場、集貨場、大賣場及市場附近設置藍色黏蟲紙進行偵測。

- (4).綠色黏蟲紙：常被用來誘捕茶園的小綠葉蟬，而其顏色有些接近黃綠色，因此在野外同時對果實蠅及瓜實蠅也有誘捕的效果，同時也可作為害蟲偵測的工具。
- (5).燈火誘引 (light trap)：一般昆蟲的飛行大多藉由光盤(light compass)反應進行導向飛行，如：日行性的昆蟲，以太陽為導航的光源；夜行性則以月亮所發出的光為導航。但自從人類利用火、燈為光源後，使昆蟲更接近光源的中心，當牠們藉由光發出的射線以 80 度角切線飛行後，飛行軌跡便是螺旋狀朝著光源飛去，造成飛蛾撲火的自然景象。通常人們則藉此設計一些自動捕捉裝置(朱等，1982)，在風扇頂端裝設黑燈管引誘昆蟲，在風扇下方接裝網袋，利用風的吸力將飛行誘引來的昆蟲吸入網袋內，此種裝置在衛生昆蟲上常被利用來偵測瘧蚊成蟲、三斑家蚊成蟲等，作為密度監測的工具。另外在水稻田中，也被用來偵測二化螟、三化螟、瘤野螟、褐飛蟲、斑飛蟲、黑尾葉蟬等，鱗翅目及同翅目害蟲棲群動態，作為害蟲發生預報的參考。同時此種裝置也被應用在港口、穀倉、倉儲庫內，作為穀蛾、麥蛾、外米綴蛾及穀蠹等倉庫害蟲的監測。但在網室栽培，夜晚在漆黑的田間點燈工作時，極易誘引夜蛾科害蟲如斜紋夜蛾成蟲飛至燈火附近交尾產卵，待卵塊孵化後，初齡幼蟲隨即由網孔垂絲下降，隨風飄散落於葉片上取食危害。

五、化學誘引劑

近年來則又開發特殊開口之誘捕器，使雄蟲因甲基丁香油引誘進入罐內無法逃逸，或將甲基丁香油與黏蟲膠合製成之氣壓噴罐，將膠水噴在樹幹、保特瓶外，黏捕果實蠅。

- (1).甲基丁香油：利用 methly engenol 添加乃力松殺蟲劑，以棉條、甘蔗板或將小瓶釘在木材小圓柱上，裝於黃色的誘殺器中，以緩慢釋放甲基丁香油，引誘田間的雄性果實蠅，進行害蟲偵測、大量滅殺成蟲或不孕性標識再誘捕等。

(2) 蛋白質水解物：蛋白質水解物為食物誘引利用強酸將啤酒酵母水解製成，或利用果實蠅或瓜實蠅喜好之糖蜜或瓜果如番石榴、檬果、鳳梨、香蕉、洋香瓜、香料植物之九層塔切碎打成泥漿(劉等1993)，或熟透的果汁混合廣效性之殺蟲劑，如納乃得或馬拉松做為食物誘引劑。於瓜果開花結果期雌成蟲進園產卵，果實蠅或瓜實蠅密度急速增加時，噴佈於較無行走之田埂雜草上，或附近成蟲棲息的遮蔭隱蔽處，但不可直接噴於果實上。壹週或毒餌不新鮮時更新，可同時偵測雌雄蠅密度(章，1980)。



燈光誘捕器



性費洛蒙誘捕器



斜紋夜蛾性費洛蒙發散條



寶特瓶自製性費洛蒙誘捕器



長效型甲基丁香油果實蠅誘殺器



長效型甲基丁香油果園誘殺效果

六、網袋果實誘引

利用田間之醱酵落果或新鮮成熟番石榴約 0.3~0.6 公斤置於網袋內，在於網袋外加裝黃色粘紙 2 張，利用水果本身所發出之濃郁水果香味誘引成蟲。每公頃約 6 包，可捕捉到果實蠅之雌雄蠅，番石榴腐爛惡臭或粘紙黏滿蟲時，更新芭樂包，約 1~4 週更新 1 次。本地種或中山種番石榴香氣濃郁效果較佳，做為東方果實蠅雌雄蠅之密度偵測。

七、性費洛蒙誘捕法：

費洛蒙 (pheromone) 為同種生物個體間用以傳遞訊息的一種化學物質，且可使接收的個體引起特定的行為反應，因此有人也稱此物質為“訊息素”如蜜蜂的警戒費洛蒙、螞蟻的追蹤費洛蒙、蜂后的抑制分化費洛蒙等。其中對交尾求偶有關的性費洛蒙 (sex pheromone) 則被昆蟲學家用來作為誘引雄蟲的特定物質，利用性費洛蒙配合黏蟲盒、水盆或誘捕器進行滅雄處理(圖四)，或田間棲群密度偵測(唐及蘇，1986；唐及蘇，1988；顏，1988；蘇等，1989；鄭等，1992；劉等，1993)。更由於性費洛蒙在種間具有特定的專一性以形成種間隔離機制，避免不同種生物的雜交，因此可藉此達到特定種害蟲的偵測。早期的玉米害蟲中玉米穗蟲及玉米螟蟲學名皆採用歐洲種的學名 *Heliothis zea* 及 *Ostrinia nubilalis* 後來由於性費洛

蒙的廣範使用發現，使用誘引歐洲種類的性費洛蒙在台灣及亞洲時誘引效果不佳，此時才警覺此類昆蟲在地域環境適應已演化為不同的種類，再進一步利用生物技術比對，而後定出專屬的學名玉米穗夜蛾 (*Helicoverpa armigera*) 及亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*)，因此在害蟲防治監測時，皆應以所在地之害蟲族群進行費洛蒙之研究開發，以免造成種間差異影響防治效果，而國內目前針對多種害蟲已開發出有效的費洛蒙誘引劑有斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、番茄夜蛾、銀紋夜蛾、二化螟蟲、小菜蛾、茶姬捲葉蛾、花姬捲葉蛾及甘藷蟻象等。(如表一)應用之該害蟲的診斷偵測誘殺及滅雄防治。同樣的，在檢疫工作上也可針對正面表列禁止進口的檢疫害蟲利用其專一的費洛蒙誘引劑配合誘捕器設置於海港、空港及集貨區，進偵測監控，作為侵入預警，加強檢疫及燻蒸處理。

表一、我國自行配製供應之昆蟲性費洛蒙

害蟲種類	開發狀況	害蟲種類	開發狀況
斜紋夜盜	實用階段	小 菜 蛾	實用階段
甜菜夜蛾	實用階段	甘藍擬尺蠖	實用階段
蕪菁夜蛾	實用階段	大豆擬尺蠖	實用階段
蕃茄夜蛾	實用階段	二 點 螟	實用階段
球菜夜蛾	改 進 中	甘 薯 蟻 象	實用階段
二 化 螟	實用階段	茶姬捲葉蛾	改 進 中
大 螟	實用階段	楊桃姬捲葉蛾	改 進 中

但在性費洛蒙吊掛使用時，仍需注意誘捕器設置之距，通常以該費洛蒙有效距離的兩倍為設置的間距。因為昆蟲的飛行隨氣味走廊由低濃度往高濃度進行導向飛進入誘捕器中，若在有效範圍內設置過多的誘捕裝置度而會干擾昆蟲的導向，而降低誘捕效果。

生物防治

廣義的生物防治，除了外抗蟲性品種之利用(鄭，1965；Chang, et al.

1982)，不孕性雄蟲之釋放，有害遺傳因子之導入，費洛蒙之利用，競爭取，天敵之利用等等皆可包括在內。狹義而言，即利用捕食性天敵或寄生性天敵來防治害蟲，以壓制害蟲族群繁殖之各種治蟲方法，謂之生物防治法。可利用資源包括(一)捕食性(羅，1985a,b)及寄生性昆蟲。(二)病原微生物。(三)害蟲繁殖控制(侯，1977；邱，1985；何及羅，1992；)。

一、天敵防治

關於天敵昆蟲可分為捕食性及寄生性兩大類，捕食性昆蟲有蜻挺(圖五)、螳螂、椿象、草蛉、食蟲椿、食蚜蠅、步行蟲、瓢蟲、蟻、胡蜂等等。其中瓢蟲、草蛉(幼蟲)、步行蟲等較常被利用。寄生性昆蟲最主要的是寄生蜂和寄生蠅，如姬蜂總科(包括小繭蜂科)(圖六)、小蜂總科、寄生蠅科。在近代最具成效的如1888年在美國加州為防治吹綿介殼蟲(*Icerya purchasi*)而從澳洲引進澳洲瓢蟲(*Rodalia cardinalis*)，此為以捕食性天敵防治害蟲最成功的例子。吹綿介殼蟲在1905年曾在台灣大發生，當時從夏威夷引進上述瓢蟲而得到同樣成功的結果，此為在亞洲地區生物防治成功之第一例。1950年代，台糖公司也利用赤眼卵寄生蜂(*Tricogramma*)來防治甘蔗螟蟲(鄭，1977；蒲，1978)，近十餘年來，生物防治工作發展更加迅速。本省近年來為防治蚜蟲傳播木瓜輪點毒素病，推廣網室木瓜栽培成功防止毒素病之發生。但在網室內卻又發紅蜘蛛之大量發生，其後釋放草蛉捕食紅蜘蛛則又得以控制紅蜘蛛的肆虐。

二、微生物防治

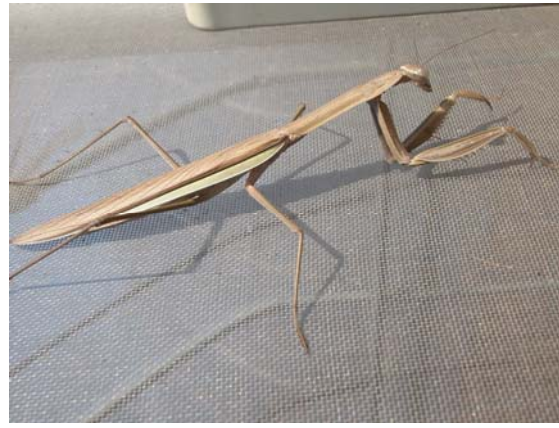
昆蟲族群與一般動物一樣，在自然環境中，也會遭受病原微生物之感染、寄生、發病甚至死亡。因此，由自然生態環境中發病死亡的蟲體，即可分離純化出昆蟲致病性病原。昆蟲致病性病原包括：細菌、真菌、病毒、微孢子蟲、立克次氏體及線蟲。通常可利用寄主活體或人工培養基進行大量培養，撒佈至田間進行害蟲防治。尤其近年來有機栽培蓬勃發展，非農藥防治資材需求大增，此類害蟲防治資材極具開發潛力。

(一)、昆蟲寄生性細菌之特性

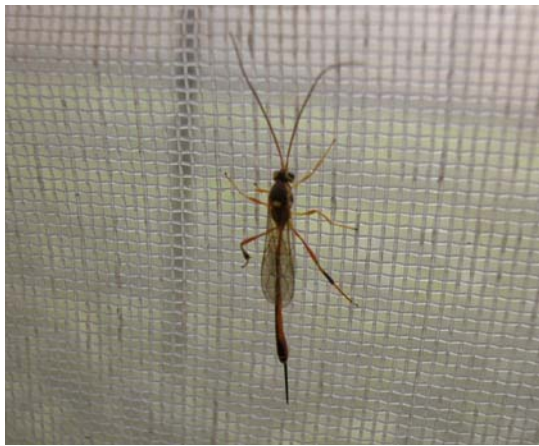
昆蟲寄生性細菌在害蟲防治上，最為廣泛且應用成功的種類，非蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)莫屬，由於可利用人工培養基進行發酵量產，已發展為一種微生物殺蟲劑，無殘毒餘慮，殺蟲範圍廣，防治對象包括：小菜蛾、大菜螟、



捕食性天敵蜻蛉



捕食性天敵螳螂



寄生性天敵姬蜂



蟲生真菌綠殭菌



昆蟲寄生性線蟲侵染甜菜夜蛾



昆蟲寄生性病毒感染擬尺蠖幼蟲

菜心螟、玉米螟、甜菜夜蛾、銀紋夜盜、斜紋夜盜及其他鱗翅目之幼蟲，依其不同亞種而有專一之防治對象(侯，1977；周，1987)。目前國內引進開發的毒素蛋白，都針對鱗翅目之幼蟲，屬胃毒性。害蟲啃食噴灑過蘇力菌之葉片，進入體內之結晶體蛋白，導致細胞脹破，麻痺致死，過程一般約3~4天，死之蟲體黑褐色時可滲出惡臭黏液，屬緩效性。在高溫、強光或混合多種藥劑，尤其混合之殺菌劑pH值太高、太低或重金屬類，都會失去活性影響藥效，田間防治添加展著劑可增效。施藥時間以清晨或傍晚為宜。鱗翅目初齡幼蟲大多有群集性，把握幼齡幼蟲尚未分散前噴藥之防治效果較佳。粒劑可撒佈於植株之心梢或心葉，如玉米、甘藍、包心白菜，無滲透移行性。於傍晚施藥，藉露水溶化藥劑，設施內可大略噴水再施藥。玉米之雌穗害蟲可利用米糠炒香冷卻後加蘇力菌混合施於吐絲處。豆科、茄科與葫蘆科連續採收之作物，農藥殘留之問題嚴重，在採收前應儘量停用任何化學藥劑，如豆螟、瓜螟、甜菜夜蛾、番茄夜蛾、斜紋夜盜或擬尺蠖猖獗時，應參考蔬菜上小菜蛾之推薦用藥蘇力菌，濃度略為提高，添加展著劑，於秋至春季涼爽季節使用效果佳。其對雙翅目、膜翅目及脊椎動物不感染，對人體及有益寄生蜂安全性高，為應用最廣之微生物殺蟲劑。

(二)、昆蟲寄生性真菌病原之特性:

昆蟲寄生性真菌病原為一個多用途之蟲生病原，可以用在不同的生態環境。通常以孢子或菌絲體形態，存在於自然界之害蟲族群中，造成昆蟲個體生病死亡。感染途徑是蟲生真菌孢子或菌絲附著在昆蟲體表，於潮濕環境下發芽及生長，分泌酵素分解昆蟲表皮侵入體內血腔，有的具有代謝毒質可產生快速的致死效果；大多數種類則在血腔內殖釋放菌絲體分布全身，再以蟲體組織為營養物供給菌絲生長充滿蟲體，形成僵硬蟲屍稱之為「殭蟲」，待遇到潮濕環境菌絲再由蟲體表面穿出，長出分生孢子柄，再產生大量的分生孢子，成下一循環的感染源。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；孢子可棲息於死亡的屍體中、水中、土壤及植物的葉表面。環境適合時通常引發田間

自然的流行病(蒲及李，1996)。寄主範圍較廣範，可同時感染不同種類之昆蟲(曾及吳，1994)，並可同時感染不同齡期之不同寄主(高及蔡，1995)。最常見者以綠殭菌防治斜紋夜蛾、玉米穗蟲(Tang and Hou，1998；Tang and Hou，1999；Tang *et al.*，2001)及甜菜夜蛾(唐，1998)；黑殭菌防治蔗龜、犀角金龜(圖七)、紅胸葉蟲及甜菜夜蛾(鄭等 1992)；白殭菌防治玉米螟、大豆綠椿象及甘藷蟻象(蘇，1988；1991；鄭，2002)。蟲生真菌可利用有機廢棄物或米粒，以太空包進行醱酵培養分生孢子，進行微生物製劑之大量生產，施用於田間防治害蟲，為有機栽培的重要利器及資材(李及侯，1989)。

(三)、昆蟲寄生性線蟲之特性：

昆蟲寄生性線蟲簡稱蟲生線蟲，目前已知僅以昆蟲為寄主，在其生活史發育期第三齡幼蟲，對昆蟲具有侵入感染的能力。為一具潛在開發之蟲生病原，在害蟲防治上應用最多的以斯氏線蟲科(Steinernematidae)()及異小桿線蟲科(Heterorhabditidae)種類為主，台灣本土產的 *Steinernema abbasi* 寄主範圍較廣；鱗翅目幼蟲如甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、擬尺蠖、紋白蝶、玉米穗蟲、柑毒蛾及小白紋毒蛾，及膜翅目的山藥葉蜂等效果較好可造成 100% 死亡率(Liao, *et al.* 2001)。其致病機制為侵染期之三齡幼蟲經由自然開口進入昆蟲腸道或體腔內，線蟲蛻去二齡表皮侵入血腔，並將線蟲腸道內共生細菌釋出，在昆蟲血腔中大量繁殖，在 48 小時內造成寄主敗血死亡。傳播藉由環境污染造成水平傳播；蟲生線蟲對乾燥環境非常的敏感，利用則限於特殊的生態環境，如：水中、土壤裏或隱蔽的棲所(李及王，1990；劉等，1991；魏及王，1993；廖，1999；張及梁，2000；侯等，2001)(圖八、九)。而施用於植物之葉表對蟲生線蟲較為不利，但可在入夜後露水較重時實施用，亦可達到預期之效果。目前蟲生線蟲已可用人工調配的培養基進行大量飼養(呂，1994；羅，2001)，並配合適當的劑型作為害蟲防治之有效資材(鄭等 1998；1999)。

(四)、核多角體病毒(NPV)

桿狀病毒中的一種，存在於自然界之害蟲族群中，造成昆蟲個體生病死亡。當昆蟲取食病毒的包含體後，進入昆蟲的中腸(胃)，鹼性(pH10—12)的消化液會將病毒顆粒溶解出來，破壞腸壁細胞侵入血腔，感染氣管、血球、脂肪體、肌肉及真皮層等組織；在這些細胞的細胞核裏複製病毒，再度釋放病毒顆粒感染其他細胞，經過 2—8 天以上，才能將寄主殺死，因此病毒之特性為一明顯的緩效性病原菌，同時死亡蟲體有倒掛於葉片上之習性。由於人類胃液為酸性，故對人類及哺乳動物不會造成感染危害。防治的害蟲對象以鱗翅目幼蟲如甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、擬尺蠖(圖十)、紋白蝶、玉米穗蟲，鞘翅目的犀角金龜，及膜翅目的鋸蜂等效果較好。其傳播方式有水平的傳播，藉由食物的污染及寄生性天敵產卵的機械性傳播，在害蟲族群中造成流行病，使害蟲大量死亡。再將死亡蟲體收集冷凍，使用時加水打碎過濾噴在作物葉片，讓害蟲取食感染。病毒在土壤中存活數年，在葉表上陽光照射數小時即失去活性，因此使用時間最好在傍晚太陽後，效果最好，在防治上最具潛力(唐及侯，1996；段等，1997；Tuan *et al.*，1989ab)。

參考文獻

- 1.王雪香 1996 黃條葉蚤(*Phyllotreta striolata* Fab.)在十字花科蔬菜之危害及防治 桃園區農業改良場研究報告 25：16-23。
- 2.王清玲、林鳳琪 1992 黃色黏板誘捕非洲菊斑潛蠅(*Liriomyza trifolii* (Burgess))之效果測定 中華農業研究 41(1)：61~69。
- 3.朱耀沂 1987 薊馬之物理防治 中華昆蟲特刊第一號 薊馬生物學研討會 P.27~36。
- 4.朱耀沂、石正人、魯仲瑩 1982 赤腳青銅金龜生態學之研究 I—利用誘蟲燈調查發生量之效果 中華昆蟲 2(1):23~33。
- 5.朱耀沂、林水金、蔣時賢、吳文哲 1975 作物施肥條件與害蟲的發生 科學農業 23:469~480。
- 6.何琦琛、羅幹成 1992 葉蟬之生物防治技術 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 p.15~29 中華植物保護學會。

- 7.呂佳宜 1994 蟲生線蟲(*Steinernema carpocapsae*)之人工繁殖及其對斜紋夜盜(*Spodoptera litura*)與小菜蛾之致病力 國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 54pp.。
- 8.李平全、侯豐男 1989 黑殭菌培養及大量生產之研究。植保會刊 31：10~20。
- 9.李錫山 1953 蔬菜主要害蟲—黃條葉蚤之發生消長及其防治試驗 農業研究 4(3)：30-35。
- 10.李小峰、王國漢 1990 昆蟲病原線蟲對黃曲條跳甲幼蟲防治的初步研究 植物保護學報 17：229-231。
- 11.易希陶 1977 經濟昆蟲學上篇 國立編譯館出版 p.268~288。
- 12.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 p.44。
- 13.邱瑞珍 1985 玉米螟生物防治問題之探討 台灣農業 21:71~78。
- 14.侯豐男 1977 害蟲寄生性微生物在害蟲防治上之利用 蟲害防治研討會。
- 15.高穗生、蔡勇勝 1995 蟲生病原真菌在害蟲防治上之利用 藥試所專題報導 第 39 期 16pp.。
- 16.唐立正、蘇宗宏 1986 斜紋夜蛾合成性費洛蒙之田間試驗 II.訊息擾亂 興大昆蟲學報 19：63-68。
- 17.唐立正、蘇宗宏 1988 斜紋夜蛾合成性費洛蒙之田間試驗 I.大量誘捕 中華昆蟲 8：11-22
- 18.唐立正、侯豐男 1996 蟲生病原於害蟲管理體系之應用 興大農業 16：21-24。
- 19.唐欣潔 1998 綠殭菌感染甜菜夜蛾之研究 國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 55pp.。
- 20.段淑人、趙裕展、侯豐男 1997 加州苜蓿夜蛾合多角體病毒對台灣九種鱗翅目害蟲之致病力 中華昆蟲 17：209-225。
- 21.貢穀紳 1977 不孕性昆蟲與昆蟲防治 蟲害防治研討會專刊 p.85~108。
- 22.郭美華 2002 蘋果蚜在梨樹上之空間分布與族群變動 植保會刊 44：329-340。
- 23.張茂新、梁廣文 2000 斯氏線蟲對黃曲條跳甲種群系統控制研究 植物保護學報 27：333-337。
- 24.章加寶 1980 瓜蠅之實驗生態學 中興大學碩士論文 65pp.。
- 25.陳慶忠、柯文華 1994 黃條葉蚤之物理防治方法探討 植保會刊

- 36：167-176。
- 26.陶家駒、李錫山 1951 黃條葉蚤藥劑防治試驗報告 農業研究 2(4)：61-67。
- 27.曾顯雄、吳文哲 1994 台灣蟲生真菌資源之調查 生物農藥研究與發展研討會專刊 10：1-3。
- 28.馮海東、黃育仁、許如君 2000 臺灣地區黃條葉蚤對殺蟲劑之感受性 植保會刊 42：67-72。
- 29.劉新生、吳學仁、趙春明、魏國樹、鄧天賦 1991 應用斯氏線蟲防治梨象鼻蟲的研究 生物防治通報 7：166-168。
- 30.劉達修、王玉沙 1992 非洲菊斑潛蠅(*Liriomyza trifolii* (Burgess))之藥劑篩選及黃色黏板在防治上之應用 台中區農業改良場研究彙報 36：7-16。
- 31.劉達修、吳文哲、劉添丁 1993 數種非化學農藥防治法在永續農業害蟲防治上之應用 永續農業研討會專集 p.187~200。
- 32.蒲蜚龍、李增智 1996 昆蟲真菌學 安徽科技出版社 715pp。
- 33.蒲蜚龍 1978 害蟲生物防治的原理和方法 科學出版社 261pp。
- 34.廖哲毅 1999 本地產蟲生線蟲(*Steinernema abbasi*)生物特性及對斜紋夜蛾(*Spodoptera litura*)致病力之測定 國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 58pp。
- 35.鄭允、蔡永勝、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。
- 36.鄭文義 1977 害蟲寄生性天敵在害蟲防治上之利用 蟲害防治研討會專刊 p.25~32。
- 37.鄭清煥 1965 作物抗蟲現象及其在害蟲防除上之利用價值 植保會刊 p.49~74。
- 38.鄭夙芬 2002 白殭菌(*Beauveria bassiana*)感染甘藷蟻象(*Cylas formicarius*)之研究 國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 67pp。
- 39.鄭旗志、唐立正、侯豐男 1998 蟲生線蟲(*Steinernema carpocapsae*)(線蟲綱：Steinernematidae)防治亞洲玉米螟(*Ostrinia furacalis*)(鱗翅目：螟蛾科)之效力 中華昆蟲 18：51-60。
- 40.鄭旗志、唐立正、侯豐男 1999 蟲生線蟲(*Steinernema carpocapsae*)(Nematoda：Steinernematidae)膏劑的特性及在亞洲玉米螟(*Ostrinia furacalis*)(Lepidoptera：Pyralidae)防治上之應用 中華昆蟲 19：256-277。
- 41.顏耀平、黃振聲、洪巧珍、陳浩琪、賴貞秀 1988 甜菜夜蛾(*Spodoptera*

- exigua* Hub-ner)性費洛蒙之合成及其誘蟲之效果 植保會刊 30 : 303~309。
- 42.魏洪義、王國漢 1993 斯氏線蟲對黃曲條跳甲田間種群的控制作用 植物保護學報 20 : 61-64。
- 43.羅如娟 2001 本土產蟲生線蟲(*Steinernema abbasi*)之人工培養 國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 59pp.。
- 44.羅幹成 1985a 台灣葉蟎類及防治方法對其天敵之影響 中央研究院動物研究所專刊第三號「昆蟲生態與防治」p.203-216。
- 45.羅幹成 1985b 益蟎在害蟲生物防治之實例和潛力 台灣農業 21:66~70。
- 46.蘇智勇 1988 數種農藥對白殭菌之影響 中華昆蟲 8 : 157-160。
- 47.蘇智勇 1991 白殭菌防治甘藷蟻象 中華昆蟲 11 : 162-168。
- 48.Chang, Y. F., N. S. Lee, and N. S. Taleker. 1982. Identification of sources of resistance to tomato fruitworm and beet armyworm in tomato. Chinese J. Entomol. 2(2): 103-104.
- 49.Liao, C. Y., L. C. Tang, C. F. Pai, W. F. Hsiao, B. R. Briscoe, and R. F. Hou. 2001. A new isolate of the entomopathogenic nematode, *Steinernema abbasi* (Nematoda: Steinernematidae), from Taiwan. J. Invertebr. Pathol. 77: 78-80
- 50.Tang, L. C., and R. F. Hou 2001. Effects of environmental factors on virulence of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, isolated from Taiwan. J. Appl. Entomol. 125: 243-248.
- 51.Tang, L. C. and R. F. Hou. 1998. Potential application of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, for control of the corn earworm, *Helicoverpa argimera*. Entomologia Exp. Appl. 88: 25-30.
- 52.Tang, L. C., D. J. Cheng, and R. F. Hou. 1999. Virulence of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, to various larval stages of the corn earworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) App. Entomol. Zool. 34: 399-403.
- 53.Tuan, S. J., L. C. Tang, and R. F. Hou. 1989a. Control of *Heliothis armigera* in maize with a nuclear polyhydrosis virus. Appl. Entomol. Zool. 24: 186-192.
- 54.Tuan, S. J., L. C. Tang, and R. F. Hou. 1989b. Factors affecting pathogenicity of NPV preparations to the corn earworm, *Heliothis armigera*. Entomophaga 34: 541-549.