

# 有機作物害蟲之微生物防治

高 穗 生

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

生物藥劑組

十一月十三日 有機作物管理與監測技術研討會

一、前言

二、微生物防治策略

三、結論

## 一、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殺疾病的大流行。此種流行與我們論及的流行疾病相符，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疫病加以利用，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、真菌、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為微生物，但總會在微生物防治時，同時列入討論。至於利用微生物防治害蟲則有三種主要的策略：（1）引進：接種式和淹沒式；（2）增強；（3）保育：使用選擇性化學劑並使用最低的劑量及環境的操縱。而進行微生物防治則應考慮到施用劑量；施用時機；覆蓋情形；pH；抗生作用；害蟲的年齡和生長條件；相容性；寄主之抗性等因素。此外，由於病原微生物與其他防治技術有相容性，已成為害蟲綜合管理架構中最佳的選擇。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用效成分，經由配方所調製成之產品，其微生物來源包括細菌、真菌、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，如人為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 年代即以真菌病原防蟲，至今 2001 年代，從事微生物防治的人員，素質和研究之多元化更是昔非今比。本文擬就微生物防治之策略作一綜合性之論述，以供同好參考。

## 二、微生物防治策略

### （一）引進

#### 1. 接種式之引進：

又稱古典生物防治，是一種理想的技術。將一種新的、外來的病原或具有較高毒力的品系從一個地區或國家引進到另一個地區或國家謂之古典生物防治。病原在

標的害蟲之棲群中再循環 ( recycle ) , 在數年之內成為風土病 ( endemic ) , 將害蟲危害長期地降低到低水平 , 且能維持此種水平。這種防治是長期地且無需或僅需稍許的介入 ( intervention ) ( Federici and Maddox, 1996 ; Harper, 1987 ; Zimmermann, 1994 ) 。經過引進昆蟲病原已經或多或少成功地長期地調整害蟲棲群此種例子不少。

Dutky ( 1940 ) 描述有兩種細菌能導致日本金龜子 ( *Popillia japonica* ) 之幼蟲產生乳狀病 : 一為毒力強且為優勢種的日本金龜子芽孢桿菌 ( *Bacillus popilliae* ) ; 一為毒力較弱的緩死芽孢桿菌 ( *B. lentimorbus* ) 。這些細菌以日本金龜子幼蟲作活體培養大量生產以滑石調製成製劑 , 在 1939 和 1951 年在美國東部 14 州及哥倫比亞特區散佈 , ( Fleming , 1968 ) 。這些細菌特別是金龜子芽孢桿菌 , 因為可在寄主幼蟲的環境即土壤中宿存 ( persist ) , 而有成功的微生物防治成果。感染的成蟲和其他的動物能自然地分散細菌孢子 , 但分散的速率緩慢。使細菌立足的最佳方法為直接灑佈細菌到受金龜子危害的土壤上即可。一旦孢子可在土壤中立足 , 可經由再循環而宿存多年 ( Klein, 1981 ) 。經調查在一定殖點細菌能存在 25 年 ( Ladd and McCabe, 1967 ) 。一般而言 , 乳狀細菌能夠長期的防治日本金龜子。成功的原因則歸因於草坪和牧草之經濟為害限界高 ; 細菌可在土壤中宿存 ; 細菌和金龜子幼蟲棲群間之平衡。又 , 蘇力菌 ( *B. thuringiensis* ) 在穀倉中可期的防治鱗翅目害蟲 ( Kinginfer and McGaughey, 1979 ) 。此病菌可在農場倉庫中宿存且保護穀達一年之久。但不幸地卻導致抗藥性害蟲的產生 ( McGaughey, 1985 ) 。

在森林生態系裏 , 歐洲雲杉葉蜂 ( *Gilpinia hercyniae* ) 可以利用核多角體病毒 ( NPV ) 達到長期防治的目的。在 1900 年代此害蟲被引進北美洲 , 造成猖獗。寄生性和捕食性天敵被自歐洲引進。用來防治此蟲 , 但核多角體病毒則被偶然地伴隨著引進。Bird 和 Burk ( 1961 ) 在 1950 年施用此核多角體病毒到加拿大安大略省的雲杉上 , 觀察到連續 9 年的病毒流行病。此核多角體病毒能成功地被當作一種長期的防治劑是有許多因素使然。核多角體病毒經產卵傳遞 ( transovum transmission ) ( Bird, 1961 ) ; 成蟲將核多角體污染葉片 ( Neilson and Elgee, 1968 ) , 被提出來認為是有效地散佈和傳遞的機制。Evans 和 Entwistle ( 1982 ) 綜合在英國進行的研究並猜測核多角體病毒在葉片上之越冬是特別重要的因子。在葉蜂棲群密度高時核多角體病毒接種源的留存量 ( carry-over ) 高 , 高當棲群密度下降時則留存量大量降低。鳥為病

毒分散的主要因子，經整年採集鳥的糞便樣本內含有的核多角體中具有感染性的病毒粒子 (Entwistle *et al.*, 1977)。因為鳥類取食在樹上被病毒感染死亡的幼蟲，而獲得核多角體病毒。土壤則是一個可能的儲藏庫 (reservoir)，因為可在離開地表深 13 公分處分離出具有活力的核多角體病毒。葉蜂以 eonymph 在森林爛葉和土壤之間越冬，當成蟲羽化時可能會感染到核多角體病毒 (Evans and Entwistle, 1982)。

另外，利用一種無包涵體之桿狀病毒可以長期防治椰子犀角金龜 (*Oryctes rhinoceros*)。利用自動傳染 (autodissemination) 可以非常簡單、經濟、而直接的將病毒引進田間。捕自田間或來自實驗室的成蟲將它們浸泡病毒懸浮液，然後再使其爬過混有病毒的鋸屑。受到感染的中腸細胞大量的病毒粒子隨著糞便傳播，受到感染的成蟲污染孳生及取食處。當未受感的成蟲與其性伴侶交尾時，取食到其充滿病毒的糞便物質，而受到感染。當一受到感染之成蟲造訪孳生處產卵時，排便，而存在孳生處之幼蟲當取食到糞便污染物時，即受到感染。其他幼蟲則依次被已感染的幼蟲所感染 (Bedford, 1981; Zelazny, 1976)。此病毒於 1967 到 1975 年間在許多南太平洋的島嶼被釋放。在病毒於金龜子棲群中立足後，12 到 18 個月後，棕櫚受害有顯著的減少，證實此種病毒施用法成效斐然。此項計畫由於有極佳的病毒傳染方法，使受到感染的成蟲壽命、產卵率和取食量減少，而獲至成功 (Zelazny 1973)。此病毒和金龜子棲群已立了一種平衡的水平，在大多數情形下均較經濟限界為低。

Hall and Burges (1979) 之研究顯示在英國可利用蠟蚧輪枝菌 (*Verticillium lecanii*) 防治在溫室內菊花上之桃蚜 (*Myzus persicae*)。一次施用能保持 3 個月良好的防治效果，剛好是菊花的栽培期的長度。又，棉蚜在溫室內可以用蠟蚧幹枝菌作有效的防治 (Hall, 1981)。受到感染的蚜蟲，可被視為一附加的接種源，在溫室條件下，分子孢子分散情形良好 (Hall and Burges, 1979)。

蝗微粒子 (*Nosema locustae*) 能針對牧場和牧草上之蝗蟲和蟋蟀提供長期的防治 (Henry and Oma, 1981)。當 20-25% 牧草經噴灑蝗微粒子後，有 40% 蝗蟲受到感染。翌年有 40% 的後代受到感染，顯示出微粒子有良好的散佈和傳染。微粒子的散佈可能是經卵或經卵巢或罹病蟲隻的自殘造成的 (Henry, 1972)。雖然蝗蟲微粒子感染的影響在於使害蟲衰弱而非迅速造成死亡，但感染能降低雄蟲精子的生殖力和雌蟲的產卵率 (Henry and Oma, 1981)。在牧場和牧草蝗蟲和蟋蟀的長期防治潛

力仍不可忽視 ( Tanada and Kaya,1993 )。

## 2.淹沒式之引進

利用病原來防治害蟲最普通的戰術，即為淹沒式的釋放病原進入到一害蟲棲群中去，能相當快速地造成害蟲死亡。微生物殺蟲劑之使用即屬於此種方式。在必需時才施用病原以使害蟲棲群降低到經濟限界下。一般而言，此種戰術施用之次數較一廣效性化學殺蟲劑為少，因病原遠較大多數化學殺蟲劑更具寄主專一性，故而保育了其他害蟲的天敵（如蜘蛛及捕食性和寄生性昆蟲），發展病原使之成為微生物殺蟲劑受到相當大的重視，因其能成功地防治害蟲，且能使農藥界獲利。

### (二)增強

如果一種昆蟲病原在存在於害蟲棲群所系統內，但不能阻止害蟲造成的經濟損失，則可放置更多的病原單位到環境中去，以增加病原的流行率，此種方法謂之增強。但單一次的引進或接種式的釋放不會有良好的防治效果，經過數年後，或每季均需添加更多的病原。

日本金龜子之幼蟲為牧草和草坪重要害蟲，可利用金龜子乳化病菌來防治。在自然條件下此細菌罕能造成金龜子疫病之流行。但以增強釋放的方式處理，單一次施用可提供長到 10 年有效之防治 ( Klein, 1981 )。另外一個例子是利用蝗蟲微子蟲來減少蝗蟲之棲群。此病原可利用玉米穗軸誘餌供蝗蟲取食，以增強釋放的方式定期地引入蝗蟲棲群中去(Henry and Onsager, 1982)。兩種真菌多毛菌(*Hirsutella thompsonii*) 和綠殭菌提供了增強蟲生病原真菌來調節棲群的實例。McCoy 和 Couch(1982)在寄主棲群中增強真菌，可提早造成流行疫病並阻止了損失。然而氣候條件必需有利，包括了在葉表有流離水，近 100%的濕度和相對的高溫。這些條件在佛羅里達州均能符合。應用多毛菌能否成功，取決於在 2-4 週內能否加速疫病的流行。如果要增強真菌成功要特別注意一組因素；包括 之棲群，降雨，溫度，濕度和自然疫病的流行率。在施用之後，正確的天氣預測能預知真菌是否能立足或乾死。

Ignoff *et al.* (1981)在大豆試驗田增強綠殭菌，誘發的流行疫病較未處理區的早 2 週。在大豆生長的關鍵時期適時地進行增強，大豆能顯著地受到保護。但自然的流

行疫病則發生太遲，不能避免損失。

### (三)保育

#### 1.使用選擇性化學農藥

由於病原會某些農藥所不活化，因此選擇農藥防治有害生物時，要仔細考慮農藥對在同一棲所的其他害蟲或生物防治劑的潛在影響。蟲生病原真菌對許多殺菌劑是具感受性的，感受性亦有所不同。如果數種殺菌劑對一特定的植物病原均有效，應仔細的選用對同一棲所之蟲生真菌衝擊最小的殺菌劑。在桿狀病毒與蘇力菌，甚至病原與化學農藥混合時，亦有少數負面的作用。若有拮抗作用發生時，則需將農藥置換。化學農藥與蟲生病原之間的拮抗作用，在降低化學農藥的劑量下，可降至最低。故除了可減少直接和間接的有害影響下，亦可降低農民的花費。

#### 2.環境的操縱

環境的操縱是一種改善原已存在之蟲生病原效果的一種戰術。此種方法多用於有機農法和永續農業的措施上，而不在集約栽培的農業系統。然而，操縱縱栽培措施(灌溉，收穫，培養措施和行距)確能影響疾病的發生和發生的強度(Federici and Maddox, 1996)。

任何有利於害蟲棲群中疾病的發生之農業措施，均能降低防治成本的投入。在中耕作物栽培時的農業措施，能保護病原免於環境降解(如紫外線的不活化作用)，能顯著的增進疾病的流行。行間作物有緊密冠層較無冠層者有利於保護病原免受紫外線的破壞。作物冠層緊密較無冠層者相對濕度為高，更有利於蟲生病原真菌流行疫病之發生。適時的灌溉亦有利於真菌疫病發生條件的改善。因可提供真菌所需要的濕度。另外。土壤受到干擾的程度成至最低亦有利於土棲害蟲疫病的流行。乳化菌能成功地防治日本金龜子，有部份的原因是上層土壤不受干擾，因而使得寄主棲所恆定如常之故。提高蟲生病原傳染力的農業措施均能增加疫病流行的可能性。有利於保育捕食和寄主性天敵昆蟲棲群的農業措施，亦有利於以這些昆蟲為媒介的蟲生病原其疫病流行之潛力。

以操縱蟲生病原真菌的流行疫病為例，操縱的措施可分為操縱害蟲寄主和操縱

蟲生病原真菌的物理環境兩種途徑（蒲及李，1996）

(1). 寄主之操縱

可操縱標的寄主及代用寄主，使之成為真菌之活基質，在短期內迅速的增加接種源之數量和擴散速度。

(A). 標的寄主之操縱

Ignoff(1985)將苜蓿綠夜蛾(*Plathypena scabra*)具感受性之幼蟲，以每公尺一行33隻的數量釋放到生長初期的大豆田，此一數量不會造成大豆的損失，但是只要有10%的幼蟲感病死亡就會產生100克/公頃的綠殭菌分生孢子，從而提早誘發流行病。另外，可釋放帶菌或感病之活蟲，它們會在造成嚴重危害前，在健康寄主出沒的場所死亡，而能提供大量的接種源。中國大陸南方林區利用白殭菌防治馬尾松毛蟲時，即使用此方法。

(B). 代用寄主之操縱

在標的寄主的數量少或值非感受期時，可將具高感受性之代用寄主引進，以造成感染，增加接種源。Ignoff(1985)證實在苜蓿綠夜蛾等標的害蟲發生前，在大豆田中引進具感受性之擬尺蠖(*Trichoplusia ni*)及綠殭菌孢子粉，兩週之後便在苜蓿綠夜蛾中誘發出流行病。

(2). 物理環境操縱

通過各種栽培的措施創造有利於蟲生病原真菌的小環境。

(A)灌溉

許多真菌孢子之發芽及侵入，不僅需近飽和的相對濕度，而且需要游離水。旱季灌溉的效果十分顯著。例如在乾旱的以色列沙漠綠洲，根蟲瘟霉(*Zoophthora radicans*)及弗雷生新接霉(*Neozygites fresenii*)因灌溉而流行，並能控制苜蓿五點芽(*Therioaphis maculata*)。

(B)創造緊密之冠層及增加地面覆蓋

夜蛾幼蟲受到綠殭菌的侵染率，在冠層緊密的棉花品種，遠高於冠層開展的品種，因此選用具有龐大重疊的品種及合理的密植以營造良好的微氣候，防止土壤的過份乾燥，也可強化真菌的地方病(endemic)蒲及李(1996)。另，在柑桔園內引進霍香薊，以增加地面覆蓋，從而改變柑桔園之微氣候，結果使粉蝨座殼

孢(*Aschersonia aleyodis*)的致病率增加(關,1990)。

#### (C)改變耕作措施

採取保育整地，最少整地和不整地等耕作方法，以保護土表或近土表的蟲生真菌，不因深耕而減少，維持田間的接種源(Lewis, 1985)。

#### (D)改變播種期

實施 1 行早播大豆與 100 行遲播大豆間作的方式，提早在大豆田誘發綠殭菌之流行病，克服初期播種源不足之困境(Ignoff, 1981)。

#### (E)調整收穫期

將苜蓿提早收割，使與蟲疫霉(*Erynia* sp.)第一次發生相一致，可促使苜蓿象鼻蟲(*Hypera postica*)之流行病提早發生且發生更嚴重。此乃收穫時，導致害蟲處於逆境所使然(Brown *et al.*, 1986)。

### 三、結論

長久以來由於對化學殺蟲劑的過份依賴及不當使用，造成許多副作用，包括對環境的污染，昆蟲抗藥性產生，對非標的生物的傷害，殘毒問題和對人的危害和生態的平衡的破壞，罄竹難書，因此，要降低對化學殺蟲劑的依賴性或整合性之植物保護策略，不失為可行之道。所謂的整合性作物保護是以作物生產系統為主體，整合應用病、蟲、草、鼠等有害生物的防治技術，使其成為可行性的、整套的作物保護技術。強調防治技術之整合，必需合乎生態平衡原則，和妥善應用系統性的管理技術，以期安全、經濟、有效地防治有害生物。因此，整合性作物保護事實上是以整合性有害生物管理為基礎。所謂整合性有害生物管理，是針對有害生物進行系統性管理的體系，以農業生態系之整體作考量，以預防為主，充分發揮自然控制因子的作用，並因時因地制宜，協調應用安全、經濟和有效措施，將有害生物的棲群控制在經濟為害限界之下，期兼顧社會和經濟效益、環境品質，並確保農業之永續利用。

整合性有害生物管理的基本原則：

- (一)整合性有害生物管理是以生態學為基礎，故需考慮到農業生態系的複雜性和穩定性。對害物與作物、天敵、環境間之相互關係要有通盤瞭解，使防治措施對農業生態系的衝擊減低至最少。
- (二)要有容忍和共存共榮的觀念。由徹底消滅害物的策略應用發展到系統化的科學管理，釐訂關鍵害物的經濟為害界限，把害物控制在經濟為害水準以下，並不趕盡殺絕，可降低防治成本，並達到充分利用自然控制因子的調節作用。
- (三)對防治對象和防治策略要有整體性和系統性之考量。防治對象範圍廣，包括病、蟲、草、鼠和其他有害生物，害物之間又有相互影響的特性，針對各別的有害生物所實施的防治措施，對整體系統會產生不同大小的影響。因此，要選擇和整合各項防治方法，使這些方法的協調和運用能夠達到最化，減少顧此失彼，相互抵消的缺失。
- (四)加強有害生物的監測系統。發展診斷技術和調查技術與資訊系統，進行有害生物之預測和預報。
- (五)節制用藥，合理地使用化學農藥。必要時選擇具有高度選擇性、生物分解性之藥劑，以免誤傷天敵和破壞生態環境。

整合性作物保護是符合永續農業的植物保護策略。作物病蟲害種類繁多，其生態各異，防治技術也多樣，應將這些資訊、知識與，技術，以作物為核心加以整合，經過評估，使成整套的作物保護措施，供農民使用。當前作物保護的發展應以非農藥防治技術和生物殺蟲劑為主，合理安全使用化學殺蟲劑為輔的整合性病蟲害防治策略，以便能標本兼治。