

# 森林害蟲之微生物防治

高穗生

農業委員會農業藥物毒物試驗所

生物藥劑組

E-mail : sskao@tactri.gov.tw

## 前 言

森林病蟲害每年造成的損失為每年採伐量的 30-40%。而害蟲每年致死的樹木是森林火災的七倍(Kinght and Hiekkenen, 1980)。因此，找尋包括利用微生物防治在內的替代方案，便成為森林保護工作的重要內容。應用微生物防治森林害蟲，不影響非標的昆蟲，不污染環境，有利於增強生態系統的自控能力，是一種非害符合有害生物綜合管理(IPM)之原理和原則的防治措施(武, 1996)。

森林是以喬木和其它木本植物占優勢的生物群落，是生活在一個共同環境中的植物、動物和微生物的集合體。在森林生態系內，作為其成員的所有生物和它們的環境之間相互作用，形成複雜的大規模能量流動和物質循環(武, 1996)。

植物群落的生物與環境之間行成動態平衡之前，逐次演替發展，終於達到穩定狀態，即頂級群落(climax)，森林就是這種頂級群落的植被之一。植被的變遷和演替也可以說是在生態系統中能量利用的多樣化和高效化。在這個過程中，群落內所有植物體量的積蓄(生物量)顯著增加；而在質的方面，組成群落的生物種類也逐漸增多，因此原始森林形成生物多樣性最複雜的生物群落。這種複雜性與多樣性帶來高度的生態穩定性，其中的昆蟲常保持較穩定的密度；偶而出現猖獗發生，也是有限的異常現象。因此，原始林具有良好的自身保健與保安機能(即所謂自控能力)，森林害蟲防治應充分利用這種機能，保持長久存在。鑑於此，不宜在原始林中只圖暫時殺滅偶爾猖獗發生的害蟲而使用選擇性差的廣效性殺蟲劑，從而

破壞物種多樣性和生態穩定性(武，1996)。

今日的許多森林，已不是生態穩定的頂級群落，而常是遭受破壞後的次生林或人工林。大片純林的營造，化學農藥的濫用，氣候因子的突然變化，火災及亂砍濫伐等所造成的破壞，常有助於害蟲的猖獗發生。在這種生態系中，恢復森林的生態穩定性，發揮森林的自控能力是十分必要的。這是森林害蟲綜合管理的根本方法。採用微生物防治法，不殺傷天敵，不影響環境質量，可以發揮生態系統的自控能力符合綜合治理的原理和原則(武，1996)。

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；抗生素作用；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。

## 微生物防治之策略

### 壹、引 進

### (一)、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*)。這些細菌可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幹枝菌 ( *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) 。

## (二)、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。

## 貳、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，可利用金龜子乳化石菌來防治。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。

## 參、保 育

### (一)、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。

### (二)、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，培養措施和行矩)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。

### (1)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。

### (2). 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。

### (1) 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*)。

### (2) 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)。

### (3) 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)。

### (4) 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)。

### (5) 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)。

## 微生物防治在森林害蟲防治上之應用實例

### 壹、以核多角體病毒防治吉普賽舞蛾(Reardon *et al.* 1996)

吉普賽舞蛾是美洲東北部闊葉林重要的食葉性害蟲。此害蟲之棲群曾有週期性之猖獗，到達極高的密度，造成每年三百萬英畝的林地之去葉，近來(1992-1996)棲群水平下降，平均每年有一百萬英畝的林地去葉。此害蟲亦危害住宅區之樹木和灌木，當危害嚴重時，對居民造成困擾。此蟲自 1869 年入侵美國麻州波士頓地區之後，向南向西分散，每年達 12 英哩。此害蟲是受美國農業部聯邦國內檢疫法所管制的惟一森林害蟲。

經多年的研發之後，於 1978 年美國環保署核準以 Gypchek 為商品名的吉普賽舞蛾核多角體病毒登記上市。目前在麻州奧提斯(Otis)空軍基地量產。初期每公頃病毒成本約 120-150 美金，由於量產設備改進的結果，生產五萬隻幼蟲時，美隻幼蟲僅需 0.02 美金，使得每公頃之成本下降到 1.5-3.7 美金。Gypchek 對陽光和超過 55°C 之溫度敏感，因此在使用前需保持黑暗、冷藏，若長期儲藏則須冷凍。由於 Gypchek 對幼小幼蟲特別有效，故建議害蟲剛孵化即施用，此時剛孵化之幼蟲多為一齡之末期，取食甚具活力。

空中噴灑Gypchek時，須添加Carrier 038之佐劑，此佐劑含有抗紫外線及抗蒸發之作用。每一加侖之Carrier 038之藥槽混拌物需含Gypchek:2-5X10<sup>11</sup> PIBs，Carrier 038:0.95加侖，水(不含氣):0.05加侖。目前推薦之防治法為每英畝每次噴灑1加侖之Carrier 038藥槽混拌物，間隔2-4天噴一次共噴兩次。空中噴灑之時機則在清晨，如果預知24小時會降雨則不施藥。一般而言，在病毒處理區去葉率可在55-60%之下，有時尚可在30%以下(Copping, 1993)。

## 貳、以蟲生真菌防治松材線蟲萎凋病之病媒昆蟲-松斑天牛可行性探討

松材線蟲引起松樹萎凋病為世界性之松木疫病，美、日、韓、中國大陸等松林被害極為嚴重，造成大片松林枯竭。民國七十一年秋，在台北縣石門鄉濱海地區，發現琉球松造林於短短二至三個月內，松葉由綠變黃，逐漸呈赤褐色而枯死，經台灣大學植病系曾顯雄教授繼續取樣追蹤，於七十三年分離出松材線蟲，證實石門鄉的松樹，確實受到松材線蟲感染致死，松材線蟲存在並為害本省松林。松材線蟲以松斑天牛為媒介而傳播，松斑天牛羽化後脫出寄主松樹飛翔林間，在高溫、乾燥的氣候，其活動力較強，傳播松材線蟲的範圍也擴大，如今受害的林地幾乎遍布半個臺灣地區。目前本病在臺灣西部，往南擴展至苗栗、台中二縣，東部則至花蓮玉里一帶；中部地區在中橫沿線海拔約1,500公尺的德基發電廠和武陵農場，於八十四、八十五年間陸續傳出病害的報導，而位於南投地區的惠蓀林場和奧萬大森林遊樂區則正遭受本病的侵襲。八十六年嘉義亦有害病傳出，甚至連金門、馬祖地區亦遭蔓延，受害樹種從早期的琉球松和黑松，擴展至臺灣二葉松。行政院農業委員會八十五年七月十六日農糧字第五〇二〇三九四A號函，將松材線蟲萎凋病依「植物防疫檢疫法」正式公告為植物防疫特定疫病蟲害。防治方法以實施全部砍除被害木，改植其他樹種，為釜底抽薪的徹底解決法，並配合新好年丹灌注方法控制病害及保護老樹，此法適用於小面積受害林地。由於松材線蟲必需藉由病媒昆蟲松斑天牛才能在林間傳播，應針對天牛之防治尋求有效之方法。

蟲生病原真菌對害蟲具有專一性，對非標的生物安全，無殘留量之顧慮，害蟲不易對其產生抗性，不會造成環境污染，亦不導致次要害蟲猖獗，能和害蟲之天敵和害蟲其他的病原搭配使用，尚可利用噴灑化學藥劑之器械來施用，以防治害蟲，又可用發酵

之方式量產。近來頗受歐美及近鄰日本農藥工業界及農民之青睞。本省地形複雜，又位處熱帶和亞熱帶之間，蟲生病原真菌資源十分豐沛，若加以研究開發並進一步充分利用，當可有效地防治關鍵害蟲。

本所應農林廳之指示，自八十六年十二月起配合林務局蕭技士祺暉小姐，前往奧萬大林地採集，採得少數松斑天牛幼蟲，攜回於實驗室內，以本系收集之一株黑殭菌(*Metarhizium anisopliae* F061)及一株白殭菌(*Beauveria bassiana* A2)處理，發現黑殭菌(F061)能造成幼蟲100%之死亡率。另，在八十七年二月中旬分別於陽明山松園附近及內湖碧山巖之松林中採集天牛時，發現罹病死亡之幼蟲，經分離得到兩株黑殭菌菌株。以上結果均顯示黑殭菌有防治天牛之潛力。本所從事黑殭菌之應用研究多年，業已開發出以內置米飯之太空包大量生產該菌之簡易方法及液態自動化量產系統(該技術已獲得中華民國專利)。近來更開發出以薄膜來分離、濃縮孢子之技術(該項技術已獲得日本及中華民國專利)。並曾利用超低容量之白殭菌孢子進行蔬菜田之小菜蛾防治，亦獲良好之防治效果。顯示黑殭菌以超低容量之油劑施用亦有防治之可行性。

若考慮到松斑天牛之為害習性及全面防治時對環境之衝擊，又因砍除生長在懸崖絕壁上之病害木工作不易，仍以蟲生病原真菌防治天牛為最佳之選擇。除大面積之受害松株可以利用超低容量之黑殭菌孢子油劑以直升機協助噴灑防治外，伐倒木亦可以同樣製劑處理，除有防治之效果外，亦可突破山地取水之困難(超低容量之油劑用量少，攜帶方便，可處理較多之伐倒木)。目前初步之結果顯示黑殭菌對松斑天牛之幼蟲有致病力，可供利用外，本系尚有多株黑殭菌及白殭菌之菌株，其對松斑天牛之致病力並未經測試。未來有必要持續採集天牛，進行黑殭菌及白殭菌對松斑天牛幼蟲及成蟲致病力之篩選工作，累積更多對天牛有效之菌株，

從中挑選最佳菌株，經量產、分離、濃縮配製成超低容量之油劑，供日後松斑天牛之防治，以挽救松樹林木。

### 參、黑角舞蛾 (*Lymantria xyli*) 之微生物防治

目前發現可寄生於黑角舞蛾幼蟲上有黑殭菌 (*M. anisopliae*)、白殭菌 (*B. bassiana*)、及日本擬青黴菌 (*Paecilomyces japonicus*) 等蟲生真菌，田間尚未實際應用 (蔡, 2006)。蔡等 (2001) 之試驗顯示，將白殭菌 (*B. bassiana*, Bb-tz) 菌株孢子懸浮液噴佈於3-5齡之黑角舞蛾幼蟲，經7日後罹病率可達83%。高等 (2006) 之測試亦顯示白殭菌對黑角舞蛾幼蟲，亦造成死亡率。亦可以用蘇力菌1500倍生物性製劑噴灑防治幼蟲 (蔡 2006)。在春季及初夏期間多雨潮溼，八卦山脈可發現黑角舞蛾遭受核多角體 (Nucleopolyhedrosis) 感染，倒掛於樹枝或樹葉尖端之死亡蟲體。其幼蟲所分離出黑角舞蛾核多角體病毒 (*L. xyli* nucleopolyhedro virus, LyxyNPV)，黑角舞蛾核多角體病毒之病毒粒子屬典型之核多角體病毒，其被膜呈桿狀。體外增殖系統已成功地建立，只有 IPLB-LD652Y 細胞株能接受此病毒並呈多角體症病變。黑角舞蛾核多角體病毒之包涵體的主要蛋白質圖譜與舞毒蛾 (*L. dispar* nucleopolyhedro-virus, LdNPV) 極為相似，不同處在於42.6kDa和44.5kDa蛋白質帶分別只存在於LyxyNPV和LdNPV。野生型LyxyNPV感染2齡幼蟲其半數致死濃度 (LC50) 為  $1.4 \times 10^5$  PIBs/ml，以  $2 \times 10^5$  PIBs/ml 感染幼蟲之半數致死時間 (LT50) 為2.38天 (猶等1997, 陳2004, 蔡2006)。曾等 (2005) 利用蟲生線蟲在南投縣漳和里荔枝園小規模田間施用時，則發現不論 *Stinernema abbasi* 或 *S. carpocapsae* 分別以  $1 \times 10^5$  及  $3 \times 10^5$  IJs /L 濃度施用時。兩者所造成的死亡率無顯著差異，防治率介於22.7~42.4%之間。上述之微生物均需進一步加以研究和利用。

今後研究的要點 (李, 1993)

組建森林生態模型中主要病原物的流行病學模型。組建病原昆蟲復合體的定量生態子模型，並綜合納入害蟲管理模型中去。通過調控病、昆蟲和環境評價誘發早於常年的流行病的作用。評價將新病原引入當地生態系及將當地病原物引入新生態系所造成的影響。確定自然流行病所產生的接種體的宿存情況及保護措施。評價釋放敏感性健康昆蟲和感病昆蟲對流行病發生和發展的影響。注意利用昆蟲的行為特徵來引入、保持地方病，並使病原物最大限度地擴散。確定陽光對病原微生物的不活化機制和方式，發展能提供至少50%保護的紫外線保護劑。確定限制微生物殺蟲劑效果的因子並找出克服辦法。發展劑型微氣候（包括自由水、紫外線保護劑等），改進栽培和經營措施以加強病原微生物的效果。

