

蟲生真菌殺蟲劑簡介及其應用

蔡勇勝

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所生物藥劑組 副研究員

一、前言

一些能寄生於昆蟲(傳統上也包括寄生於蜘蛛、蟎類、蜈蚣及馬陸..等)並在其體內增殖引起早期死亡現象之真菌稱之為蟲生真菌(Entomopathogenic fungi)。這些能侵染昆蟲、並引發寄主昆蟲發病死亡之真菌屬昆蟲主要病原(primary pathogen)，在適合之環境條件下能引發流行，有效抑制蟲體棲群增加，因此常被考慮利用來防治作物害蟲。最早將蟲生真菌應用於害蟲防治之工作者是俄國人(Metschnikoff在1879年進行黑殭菌對奧國塞麗金龜和甜菜點腹象鼻蟲之感染實驗)，此類防治技術早期亦以俄國及中國等共產國家利用最多。近年來，環保意識高漲，世人對化學農藥之使用愈趨小心，對農產品安全標準之要求愈趨嚴謹，包括蟲生真菌之非化學蟲害防治技術備受重視。蟲生真菌具水平及長距離傳播之特性，不但可開發為害蟲重要天然防治劑，更是少數可由寄主體表直接侵入體內之蟲生病原微生物，對以刺吸式口器進行危害作物之同翅目害蟲防治工作而言，極為重要。部分菌種更能以簡易方法量產，極具開發利用價值，為使農友對該類資源有所認識，僅就應用層面問題摘要簡述於后。

二、利用蟲生真菌防治害蟲之優缺點

優點

- (一)蟲生真菌感染寄主致死後，能在蟲屍上大量產孢引發擴散，具傳播性及藥效持久性。
- (二)對人及非標的生物安全性高，不會污染環境，適用於農藥殘留要求較嚴格之作物種類。
- (三)蟲生真菌種類多，易進行基因調控，且針對防治對象之開發目標明確，不需經全面篩選工作，故開發成本較化學性殺蟲劑為低。另害蟲不易對蟲生真菌產生抗性，較長之使用壽命，亦是其經濟性之呈現。
- (四)與其他防治技術相容性高(蟲生真菌可與天敵、化學性殺蟲劑、費洛蒙…等方法配合，文章後段會有實例)。



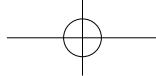
缺點

- (一)殺蟲效果慢：蟲生真菌殺蟲作用不如化學性殺蟲劑之快速，害蟲從罹病到死亡的時間受諸多因子影響，(如接種濃度、蟲齡大小及溫度..等)，但再怎麼快也需2~3天，不若化學性殺蟲劑有快速、立即之殺蟲作用。害蟲罹病期間食量雖會明顯減少，不過為害程度總是在持續累積，多數農友就很難接受殺蟲效果緩慢這項缺點。
- (二)作用對象少：與化學性殺蟲劑比較，蟲生真菌之防治對象種類及數目當然不及，但相較於其他蟲生病原微生物，蟲生真菌則又有較廣之防治標的。多數蟲生真菌屬專一性不強的寄生物(白殭菌、黑殭菌寄主範圍達數百種)，但每一菌種、菌株通常只對少數種類害蟲有較高之致病效果，少有單一菌種(株)能防治多種害蟲之例子。另有一個相對的問題，因寄主專一性不高，重要蟲生真菌寄主包含家蠶等有益昆蟲，因此在蠶蜂業養殖區應避免使用蟲生真菌。
- (三)易受環境因子影響：蟲生真菌之活性及田間防治效果受環境因子(生物因子及非生物因子)左右，其中非生物因子的影響往往比生物因子大。

三、蟲生真菌之應用策略

Wraight和Carruthers認為蟲生真菌之利用策略應有DeBach所定義之(1)引入(importation)(2)放大(augmentation)(3)保育(conservation)三種方式。Lacey等則提到有放大、保育、接種釋放(inoculative release)及淹沒釋放(inundative release)之策略。不管何家說法，蟲生真菌是昆蟲之天敵之一，其利用方式不外淹沒式施放、引種定殖、接種式施放及環境調控等四種，每種方法各有其特點及適用範圍，茲將各種方法簡單介紹如下：

一、淹沒式施放：將蟲生病原真菌開發成真菌殺蟲劑，如一般化學性殺蟲劑能適時、簡便且有效的應用。以淹沒式施放蟲生真菌來防治害蟲，屬經典的應用方法，但所施用之蟲生真菌不易在害蟲棲群中立足，或即使能形成循環感染，新產生之病原量不足以有效降低害蟲為害，仍需補充施用。淹沒式釋放蟲生真菌之操作，需生產大量之感染源，除了量產技術之突破外，有效傳佈及散播之製型，及維持施用到田間菌體之活性，提高其殺蟲作用等，均有賴製劑改良、營養及保護劑之添加、其他殺蟲協力物質之配合。



二、引種定殖：將一新的、外來的真菌種類或具有較高毒力的品系從一個地區或國家引進到另一地區或國家，使之立足，且能將害蟲棲群控制在低水平，即為所謂之引種定殖，屬古典生物防治範疇之一，不過利用此種方式防治害蟲之難度頗高。

三、接種式施放：在害蟲造成危害前就引入蟲生真菌，使之提前累積到誘發流行病所需的量。為達防治效果蟲生真菌需重複施用，與淹沒式施放頗為相似，不同處在引入之蟲生真菌能形成循環感染，一年中只能在寄主昆蟲完成一個世代之單循環類型蟲生真菌不適用此防治模式。

四、環境調控：蟲生真菌的作用易受環境因子影響，以調控生物因子或非生物因子方式，誘使其大發生，進而有效控制害蟲為害。可執行之調控措施有：調整作物種植密度、覆蓋、噴水、灌溉、健康或罹病寄主的釋放...等。

雖然蟲生真菌之利用有上述四種方法，但後三種方法僅適用於較穩定之生態系如森林、茶園、長年果樹栽培區，且未必能有效發揮防治作用。以類似化學性殺蟲劑之淹沒式施放，其效果是較可期待的。蟲生真菌除單獨使用外，研究人員亦進行其他防治方法之配合研究，下列諸項操作均有成功案例，僅摘述如后，供大家參考：

(一)、結合化學殺蟲劑和其他蟲生病原以增加蟲生真菌效果的策略

化學性殺蟲劑有助於使害蟲罹病，將蟲生病原真菌與低劑量的化學殺蟲劑結合將可提升防治作用，其原因是標的害蟲因化學殺蟲劑的使用而衰弱，因而更易受到真菌的感染。納乃得(methomyl)與白殭菌和黑殭菌混合施用時，即具協力效應。黑殭菌與白殭菌混合低劑量之益達胺(imidacloprid)對根象鼻蟲(*Diaprepes abbreviatus*)亦有協力效應。

(二)、天敵及有益昆蟲之配合施用

蟲生真菌除了依靠自然力量來傳播外，動物之攜帶也有幫助傳播之功能，特別是寄主害蟲之天敵。將捕食性之七星瓢蟲(*Coccinella septempunctata*)成蟲餵食在葉面上有被新蚜蟲癘霉感染死亡且產孢之蟲屍時，瓢蟲可將新蚜蟲癘霉之孢子攜帶到他處(無蚜蟲被感染之地方)，即使只有一隻蟲屍，瓢蟲仍舊會攜帶孢子。從這個結果看來，當田間產生之新蚜蟲癘霉接種源密度不足以利用空氣或水來有效傳播時，瓢蟲之傳播可能是對該菌之



散佈貢獻最大。另一有趣現象，當有捕食性瓢蟲存在時，豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)之移動速度會加快，如葉面上有新蚜蟲癘霉感染死亡之蟲屍，蚜蟲之移動加快將會提高接觸及感染機會，所以天敵的存在將有助於新蚜蟲癘霉之散佈。

(三)、費洛蒙之配合

將蟲生病原真菌與費洛蒙陷阱或其他種類的陷阱或誘餌結合，可將真菌引入一害蟲之棲群中，或可為有效之防治策略。利用根蟲癘霉和性費洛蒙陷阱結合來誘引雄性小菜蛾(*Plutella xylostella*)成蟲的試驗結果，顯示受到污染的成蟲能夠將真菌攜帶至具有感受性的幼蟲上，如此可引發或強化流行疫病。

(四)、利用罹病蟲隻將蟲生病原真菌引入害蟲棲群的策略

遷移性害蟲在特定區域施用蟲生病原真菌，因健康或得病蟲體之移進移出，均有助於病原之散佈，利用釋放得病蟲體已經開發出不少的策略，可將蟲生病原真菌引入不同棲所的不同害蟲棲群中。有些害蟲生長在作物難以處理的部位上，致使病原淹沒式的應用遭致困難，引入蟲生病原真菌最簡便的方法是釋放經真菌感染後的標的害蟲。

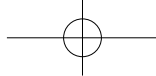
(五)、蟲生真菌在寄主植物具定殖存活能力

很多報告提到白殭菌可內寄生於多種作物內，利用其在玉米植株內定殖，得以在生長季節內壓制歐洲玉米螟(*Ostrinia nubilalis*)，此特別的防治策略已被證實有效。

四、重要蟲生真菌

雖然蟲生真菌種類極多(大約有100個屬，超過800種的真菌對昆蟲具致病能力)，但常用或曾用於生物防治的蟲生真菌則僅如下表所列；

| 種 類 | 使 用 情 形 |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 球孢白殭菌 <i>Beauveria bassiana</i> | 極廣泛使用(特別是在中國大陸) |
| 布氏白殭菌 <i>B. brongniatii</i> | 用於防治地下害蟲(蟻蟻) |
| 黑殭菌 <i>Metarhizium anisopliae</i> | 廣泛使用，在巴西曾大面積用於防治牧草害蟲 |
| 蠟蚧輪枝菌 <i>Verticillium lecanii</i> | 少量用於防治溫室粉蝨及蚜蟲 |
| 湯姆生多毛菌 <i>Hirsutella thompsonii</i> | 早期開發成商品防治柑桔銹 |
| 綠殭菌 <i>Nomurea rileyi</i> | 對夜蛾科害蟲致病力極高，因產孢之營養需求嚴刻，只限於小面積防治試驗 |
| 赤座孢霉 <i>Aschersonia spp.</i> | 少量用於防治溫室粉蝨及柑桔介殼蟲 |
| 擬青黴菌 <i>Paecilomyces farinosus</i> | 自然界廣泛發生，但成功防治實例不多 |
| 蟲霉 <i>Entomophthora spp.</i> | 田間常自然發生流行，可用於定殖 |



真菌性殺蟲劑能否成功地應用於田間，量產為其決定因子。本土之白殭菌、黑殭菌、蠟蚧輪枝菌及綠殭菌均可以便宜之培養基上產孢良好，進一步經實驗室及田間試驗證實確具防治潛力。以實驗室之經驗及資料，前列重要蟲生真菌可應用於防治國內重要害蟲種類歸納如下：

黑殭菌：紅胸葉蟲、甜菜夜蛾、紋白蝶、飛蝨…等害蟲。

白殭菌：小菜蛾、甜菜夜蛾、棕櫚象鼻蟲、水稻象鼻蟲、蚜蟲(偽菜蚜)、南黃薊馬、玉米螟…等害蟲。

綠殭菌：甜菜夜蛾、玉米穗蟲、斜紋夜盜…等夜蛾科害蟲。

蠟蚧輪枝菌：蚜蟲(桃蚜、偽菜蚜)、南黃薊馬、粉蝨等害蟲。

五、蟲生真菌使用注意事項

蟲生真菌是活生物體，施用於田間自不能免除面對不利環境因子之干擾，有關影響蟲生真菌防治效果之重要因子包括生物性因子及非生物性因子，重要者如下：

(一)、生物因子：

生物製劑施用於作物葉表面、土壤上或土壤中，故時常和其他微生物在葉面或根圈(rhizosphere)作直接接觸。植物表面上之表生微生物相(epiphytic microflora)由細菌、酵母菌和其他腐生或植物病原真菌組成，微生物間有許多的相互作用，毫無疑問的，蟲生真菌可能受到這些存在於葉表之微生物影響。當然蟲生真菌以相當高的量施用，或常與營養物調配，以提高其在葉片上之發芽率和生長和產孢，應可克服其他微生物的衝擊。但在此方面之研究尚欠缺，我們只能預測其最終之相互作用模式。如果蟲生真菌施用到土壤表面或土壤中，則土壤微生物對其活性之影響就十分明顯，且通常不利於蟲生真菌的發芽與生長。另寄主作物本身也直接或間接會影響蟲生真菌之作用。

菌種弱化：部分蟲生真菌在人工培養基多代培養後，會有產孢不良或殺蟲效果變差的情形，此菌種弱化現象如被忽略，防治效果會因此而大打折扣，欲避免此問題之困擾，可利用菌種定期回接蟲體或單孢分離方法克服。

(二)、非生物因子：

水質：農民施用藥劑時，常取用耕地傍溝渠內之水稀釋施用之。蟲生真菌之施用多數亦以此模式行之，即取水添加適量展著劑，再將真菌繁殖體加入其中，稀釋成欲施用之濃度施用，但水質對蟲生真菌繁殖體活性影之問題常被忽略。筆者曾測試彰化地區有



機農戶之井水對白殭菌孢子發芽之影響，發現地區及季節不同，其影響孢子發芽之程度有異，比對所測得之pH值變化不大，推測井水中應含有其他影響孢子發芽之物質，這些物質濃度隨著區域及水位高低而異。

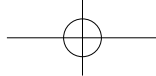
溫度：每種生物都有其生長適溫範圍，蟲生真菌與其寄主昆蟲及作物之生長適溫，經長久之共演化調整，其最適溫間並無多大差異，因此，溫度因子在田間真正的影響不大。一般真菌可生長的溫度範圍通常在4~35°C間，最適溫則在24~28°C，但有少數菌株可在偏低或高溫下生長良好，這些菌株在特定季節能發揮特有的效果，值得注意及利用。

濕度：相對濕度是決定真菌孢子能否發芽之重要因子，而孢子發芽又是整個侵染過程的起始點，濕度對蟲生真菌殺蟲作用的影響可想而知。一般蟲生真菌在相對濕度低於90%即無法發芽，配合適當的噴水、灌溉有助於蟲生真菌之發病，特別是在溫、網室內。

紫外線：紫外線對微生物殺傷力極大，在蟲體外之重要蟲生病原對紫外線敏感程度，依序應為病毒、細菌、真菌，真菌雖較病毒、細菌抗耐紫外線，但這只是程度稍有不同而已，基本上蟲生真菌對紫外線還是相當敏感，以綠殭菌為例，其分生孢子在大豆葉上之平均半生期只有2-3天。蠟蚧輪枝菌黃昏施用可延後蟲生真菌面對紫外線威脅時間，生長快速之菌種(株)甚至在隔日太陽未升起前即已侵入蟲體，根本避開紫外線。欲利用蟲生真菌來防治害蟲者，對此基本常識有所認知。

化學性農藥：作物病蟲害發生不可能為單一種類，田間時有多種病蟲害同時為害同一作物之情形，就病害防治工作而言施用殺菌劑是必要的措施，而現今用於作物保護之殺菌劑，大多屬殺真菌劑，能防治植物病原真菌當然對蟲生真菌同樣也有毒害，如何能在有效防治病害同時，將其對蟲生真菌之傷害減到最低，誠屬田間實務重要課題，除避免蟲生真菌與殺菌劑混合使用外，調整使用時間及選用較具專一性殺菌劑，或是篩選抗(耐)殺菌劑之蟲生真菌菌株，均屬可行之措施。另實驗也證實非單殺菌劑能傷害蟲生真菌，部份的化學性殺蟲劑、殺草劑對蟲生真菌也有不利的影響，此問題也需注意。

展著劑：部分蟲生真菌之孢子具疏水特性(如黑殭菌、白殭菌、綠殭菌)，少部份如蠟蚧輪枝菌為親水性，親水性孢子可直接以水稀釋施用，疏水性孢子則必需添加界面活性劑方能在水中均勻懸浮。展著劑可使疏水性孢子在水中均勻懸浮，有效覆蓋植物體表，不過展著劑因其主成份或配方不同，對孢子活性之影響有極大差異，筆者曾進行市售展著劑對黑殭菌孢子發芽影響測試，發現以Bivert、agral 90兩種展著劑混合使用影響最小。



施用器具：蟲生真菌一般以孢子懸浮液型態經噴霧方式施用於作物，利用高壓噴霧器有助於將孢子均勻分佈於作物表面，但高壓所形成的機械壓在唧筒內(pump)或噴嘴(nozzle)處會造成剪力傷害，另孢子懸浮液在高壓循環狀態下，水溫也會上升，當水溫超過32℃時對孢子可能就會造成傷害。當然傷害大小與不同種類蟲生真菌的孢子大小及特性有關，以對蠟蚧輪枝菌進行的試驗結果為例；當水壓在 1×10^3 kPa/mm時，經0.8 mm噴嘴噴出的孢子活性並未受影響。但當水壓增強至 3×10^3 kPa/mm時，無論是經1.2 mm或0.8 mm噴嘴噴出的孢子活性均會顯著降低，其中又以小噴嘴(0.8 mm)受影響較嚴重，此現象在高壓力(5×10^3 kPa/mm)時更顯著，不過實驗也發現一般背負式噴霧器對蠟蚧輪枝菌及線蟲不會造成傷害。

六、結語

在經濟許可前提下，導引生態走向良性循環之蟲害綜合管理(IPM)模式，將為未來防治之主流，這將會使包含蟲生病原真菌之天敵利用量急速增加。研究單位及產業界除需掌握此脈動，積極開發真菌性殺蟲劑之產品外，亦應清楚蟲生病原真菌在田間的應用牽涉一系列與環境和其他生物因子複雜的交互作用，要確保其田間效果，必需採用正確的防治策略和操作，指導農民有效使用此類防治資材，亦是未來重要工作之一。



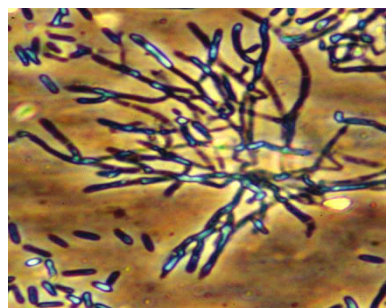
冬蟲夏草(*Cordyceps sinensis*)
亦是蟲生真菌之一種



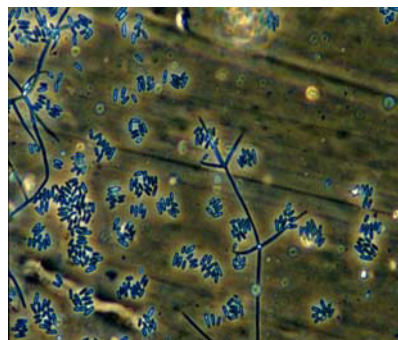
寄生在蒼蠅之蟲霉(不易
培養，無法有效利用)



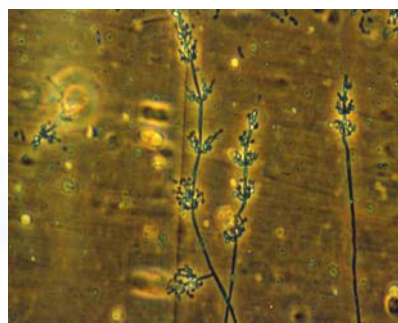
本土重要蟲生真菌資源



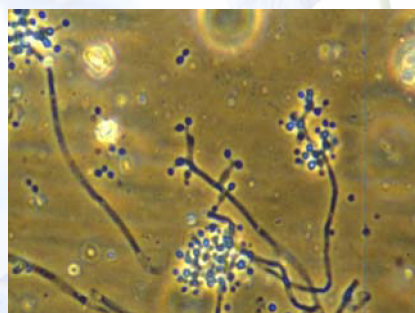
黑殭菌及被感染死亡之天牛蟲屍



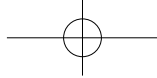
蠟蚧輪枝菌及被感染死亡之蚜蟲蟲屍



綠殭菌及被感染死亡之夜蛾幼蟲蟲屍



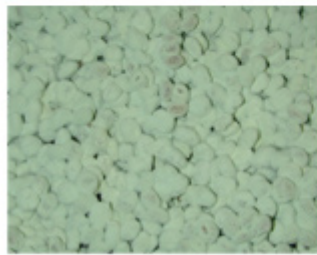
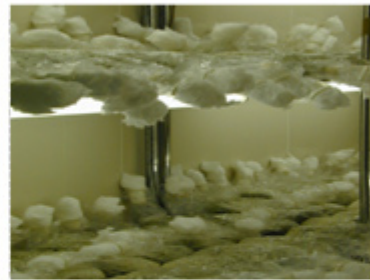
白殭菌及被感染死亡之象鼻蟲蟲屍



常見之蟲生真菌固態培養方法



固態醱酵槽



綠殭菌
在固態
醱酵槽
之生長
及產孢
情形

利用太空包量產



← 養菌瓶

