

# 真菌殺蟲劑及其應用

蔡勇勝、高穗生

農業藥物毒物試驗所 生物藥劑組

一、前言

二、常見蟲生真菌

三、利用蟲生真菌防治害蟲的優缺點

四、蟲生真菌的侵染途徑及殺蟲原理

五、蟲生真菌的培養

六、使用方法

七、使用注意事項

八、應用實例

九、結語

## 一、前言

大自然中昆蟲與微生物的關係頗為複雜，歸納起來有：(一)致病(內寄生)，(二)寄生(外寄生)，(三)互惠共生，(四)偏利共生，(五)傳播，(六)噬菌，(七)競爭。與昆蟲有內寄生關係的微生物包括細菌、真菌、病毒、線蟲、原生動物，這些寄生性微生物稱之為蟲生病原微生物，因其具感染寄主昆蟲能力，且最終造成蟲體死亡，並在適當環境下可引發流行，可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。

真菌是最早被發現引起昆蟲疾病的微生物，原因是它們的繁殖體會生長在寄主表面，明顯易見。在寄主體表之繁殖體會隨外力或藉菌體本身產生之彈力散佈開來，感染其他健康蟲隻，此種個體間之傳播方式稱為水平傳播，對一般作物重要害蟲之防治而言，水平傳播有利於在短時間內壓低蟲口密度。

蟲生病原微生物在昆蟲棲群中之散佈方式除水平傳播外，另有透過生殖系統傳播之垂直傳播，但不管是水平傳播或垂直傳播或兩種傳播方式同時存在之蟲生病原微生物，只要對作物害蟲具感染力及致病力者，即具開發利用來防治害蟲的價值(最好是具高毒力)。至於是否能開發成商品廣泛應用，則受能否量產、抗耐環境能力、防治效果及使用方便性...等因子所影響，特別是量產因子。蟲生真菌部分菌種對作物

害蟲具感染力、致病力和高毒力，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後。

(一)感染力：指微生物病原體能侵入寄主，並在寄主體內取食、發育及增殖之能力。致病力：微生物病原體在寄主體內引起病變或破壞寄主組織之能力。

(二)毒力：指單位數量的微生物病原體能引起蟲體發病亡之能力。

## 二、常見蟲生真菌

何謂蟲生真菌?顧名思義即寄生在昆蟲之真菌，這些真菌能寄生在昆蟲體內，並在其體內增殖，引起早期死亡現象。但傳統上把寄生於蜘蛛、類、蜈蚣及馬陸...等之真菌也放在一起討論。

對昆蟲而言，能致病之真菌可分兩類，一為能侵染健康的寄主，稱之為主要病原，另一類則只能侵染衰弱或受傷的寄主，統稱為次要病原或傷口病原菌，能利用於防治害蟲者，皆屬主要病原。

蟲生真菌在昆蟲種群中引發流行病的觀察，早在西元949年亦已有記載，遠較西方國家早了800年，但最早將蟲生真菌應用於害蟲防治工作者卻是俄國人(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)。

大約有100個屬，超過800種的真菌對昆蟲具致病能力，但常

或曾用於生物防治的蟲生真菌則列如下表：

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>Nomuraea 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</i> spp.	少量用於防治溫室粉蝨及柑桔介殼蟲。
擬青黴菌 <i>Paecilomyces forinosus</i>	自然界廣泛發生，但成功防治實例不多。
蟲霉 <i>Entomophthora</i> spp.	田間常自然發生流行，可用於定殖。

### 三、利用蟲生真菌防治害蟲的優缺點

#### (一)防治害蟲之優點

1. 安全性高：對人畜及非標的生物安全性高、無環境污染及殘留量之顧慮，作物可立即採收。

2. 具傳播性及藥效持久性：蟲生真菌具傳播能力，在適合環境條件下，可在田間形成流行病，甚至只要施菌一次即可長期抑制害蟲。另害蟲對蟲生真菌不易產生抗性，亦是其藥效持久之另一面。

3. 經濟性：蟲生真菌與害蟲間的寄生關係早已存在，開發目標明確，不似化學藥劑之開發，需經全面篩選工作，故成本較化學性殺蟲劑為低。

4. 相容性高：任何生物防治法均有一定的專一性，蟲生真菌雖不若昆蟲病毒具極高度專一作用，但幾種重要蟲生真菌對大多數有益天敵影響不大。

#### (二)缺點

1. 殺蟲效果慢：蟲生真菌殺蟲速度不如化學性殺蟲劑。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，少數農友就很難接受殺蟲效果慢這項缺點。

2. 作用對象少：與其他蟲生病原微生物比較，大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，因此針對標的害蟲進行高致病力菌株之篩選，是成功利用蟲生真菌的第一步。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。

3. 易受環境因子影響：生物的行為或能力表現受環境因子(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。蟲生真菌既是生物，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，將置於文章後段討論。

#### 四、蟲生真菌的侵染途徑及殺蟲原理

蟲生真菌感染昆蟲途徑主要由昆蟲體壁直接侵染，當分生孢子接觸到昆蟲後，會沾附在體表上，在適當環境下便會發芽形成發芽管，發芽管前端再形成吸附器，吸附器能分泌粘液及酵素，除有附著的功能外，並由此伸出侵入刺，利用機械力及酵素分解作用穿入昆蟲表皮。

侵入的菌絲能利用寄主昆蟲體內的營養進行生長，有些菌絲更鑽入組織細胞內，消耗細胞之原生質和核(特別是脂肪細胞)，造成細胞萎縮，菌絲體不斷的繁殖

增長，各組織終會受到破壞，最後蟲體死亡，體內並充滿菌絲。至於殺蟲原理，不外機械破壞、營養競爭、血球及組織破壞、毒素之毒化作用。

#### 五、蟲生真菌的培養

部分蟲生真菌在自然條件下可使田間害蟲週期性發病，並有效調控其棲群密度，但其他發生總是在害蟲大發生之後，對作物的傷害早已造成且無法彌補，此類蟲生真菌只能以環境調控方式來利用，但效果往往不穩定。所以，無法以人工大量培養的蟲生真菌，要不是無開發價值，便是利用難度頗高，常見如發生於蚜蟲之蟲霉(*Entomophthora* sp.)或夜蛾科幼蟲之綠殭菌(*N. rileyi*)。能否大量培養便成為蟲生真菌應用的限制因子。

一般蟲生真菌的量產方法有：固態醱酵、液態醱酵及液固兩相生產。液態醱酵及液固兩相生產需昂貴的設備及專業技術，非一般農友所能操作，相較之下，固態醱酵就簡單多了。

#### 六、使用方法

蟲生真菌的利用有多種方式，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

蟲生真菌開發成微生物殺蟲劑，如一般化學性殺蟲劑之使用

方式。蟲生真菌被大量施用於田間來防治害蟲，屬經典的應用方法，且所施用之蟲生真菌難在害蟲棲群中立足，或即使能形成循環感染，新產生病原量不足以有效降低害蟲為害，仍需補充施用。

#### (二)引種定殖

引種定殖是指將蟲生病原真菌引進非自發生地區，引入之病原能存活，且能將害蟲棲群控制在低水平，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，多少能控制害蟲一段時間。

#### (四)環境調控

文章前段已有提到，蟲生真菌的作用易受環境因子影響，若感染源存在自然環境中，理當可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。文獻提到之調控措施有：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。

## 七、使用注意事項

經長期演化，蟲生真菌會逐漸調整適應環境，因此，即使同一菌種不同地區的分離株，在生長、產孢、病原性及抗耐環境壓力等重要生物特性上，均有相當

程度的差異，篩選到優良菌種(株)等於是踏出成功的第一步。不過再怎麼優良的菌種施用到田間後，還是必需接受不利環境的挑戰。會影響蟲生真菌作用的生物因子和非生物因子甚多，茲將重要因子介紹如下：

#### (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作直接接觸。植物表面上之表生微生物相由細菌、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微生物的影響。

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、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

1.溫度：每種生物都有生長

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。

2.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。

3.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。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，對此基本常識需有所認知。

4.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。

5.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。本所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。

6.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。利用高壓噴霧器具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或噴嘴處會造成剪力傷害；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°C時，對孢子可能就會造成傷害。

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 $1 \times 10^3$  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 $3 \times 10^3$  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( $5 \times 10^3$  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。

## 八、應用實例

松毛蟲、可可椰子及華盛頓椰子之紅胸葉蟲、青蔥甜菜夜蛾。

## 九、結語

害蟲綜合管理(IPM)，在經濟許可前提下，使生態走向良性循環。