

》》》 農業生技產業優勢報導一

利用蟲生真菌開發 具環境親合性的 防蟲製劑

文／蔡勇勝 研究員

農委會農業藥物毒物試驗所生物藥劑組

防蟲製劑之開發趨勢

農作物栽植後，栽培者必需協助作物克服環境中不利作物生長、繁殖之生物和非生物因子的威脅，作物才能依其遺傳特質表現，栽培者也只能獲得其預期之收穫或成果。在不利作物生長之諸多生物因子中，蟲害所引起的損失往往是立即而顯著，為其防治之投入，更佔栽培成本之相當比例。

以2003年國內農藥銷售成品為例（銷售金額約55億，總數量42,122公噸），殺蟲劑即佔其中之44.5%。因其作用快速且明顯，長久以來，化學性殺蟲劑幾乎是作物蟲害防治的唯一依賴，雖然多數害蟲因此而受到控制，但在過量使用下（根據調查，台灣平均年農藥使用量為3.6萬噸，使用密度約為日本的2倍，韓國的3倍，美國的5.5倍，高居亞洲之冠，號稱「農藥王國」），也產生諸多的副作用，包括對環境的污染、有害生物產生抗藥性、殘毒問題、對人的危害和生態平衡的破壞等。

此外，一般大眾也在經濟提昇和生活改善之同時，警覺到維護自然生態及自身健康的重要性，對化學性殺蟲劑的使用要求更加嚴格。



農政單位對農友之蟲害防治輔導觀念也由早期之“治”，慢慢轉變成“防”及“治”並重，近年來，更進一步推動以生態為考量，配合運用各種防治方法之蟲害綜合管理策略。因此不論是站在降低化學農藥的依賴或在蟲害綜合管理的策略應用，開發環境親合性的防蟲藥劑已是必然的趨勢。

微生物防治

害蟲之防治方法可略分為生物防治、法規防治、農業防治、化學防治及物理防治等五大方法。其中生物防治法除了寄生性及捕食性天敵之施放外，也包括害蟲病原微生物的利用。部分蟲生病原微生物因可以簡易方法大量生產，經調製成微生物殺蟲劑後，施用方法與化學農藥類似，具操作之簡便性，易為農友所接受，極具應用價值。常見之蟲生病原微生物有細



菌、真菌、病毒、線蟲、原生動物等五大類，但受微生物本身特性、量產及其他因素影響，僅以細菌、真菌、病毒等有較多利用的例子。

蟲生真菌

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（primary pathogens），另一類則只能侵染衰弱或受傷的寄主引起早期死亡現象。蟲生真菌感染昆蟲途徑主主，統稱為次要病原(secondary pathogens)或傷口病原菌(wound pathogens)，能利用於防治害蟲者，皆屬主要病原。簡單的解釋蟲生真菌，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。

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，部分種類在發芽管前端再形成吸附器(appressoria)，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(infection peg)，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。至於其殺蟲原理，不外機械破壞、營養競爭、血球及組織破壞、毒素之毒化作用。但傳統上把寄生於蜘蛛、蟎類、蜈蚣及馬陸等之真菌也放在一起討論。

常見蟲生真菌

雖然有100個屬，超過800種的真菌對昆蟲具致病能力，但以*Beauveria*、*Metarhizium*、*Verticillium*、*Hirsutella*、*Nomuraea*、*Aspergillus*

、*Aschersonia Paecilomyces*、*Tolypocladium*、*Leptolegnia*、*Culicinomyces*、*Erynia*、

Coelomomyces 和 *Lagenidium* 等屬，在

蟲害防治實務上較具重要性。特別是 *Beauveria*、*Metarhizium* 兩屬中之白殭菌、黑殭菌，已有大面積使用之經驗（此兩菌之所以能被大面積推廣利用來防治害蟲，簡易培養基及方法量產是重要關鍵所在）。

台灣因地理環境特殊，微生物資源豐富，表列幾種重要蟲生真菌均有發生。就實驗室累積之實驗結果及文獻資料，個人認為在真菌性殺蟲劑之開發上，黑殭菌、白殭菌、綠殭菌及蠟蚧輪枝菌極具潛力和重要性，其可應用防治害蟲種類簡要歸納如下：

黑殭菌：紅胸葉蟲、甜菜夜蛾、紋白蝶、飛蠅...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。

常用於生物防治的蟲生真菌

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誘
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苛，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
綠青黴菌 <i>Paecilomyces farinosus</i>	自然界廣泛發生，但成功防治實例不多
蟲霉 <i>Entomophthora</i> spp.	田間常自然發生流行，可用於定殖

利用蟲生真菌治蟲之優缺

有關蟲生真菌之利用早期以醫療為主，我國秦漢時代之神農本草經已有白殭蠶味鹹的記載，明朝本草綱目也有冬蟲夏草、蟬茸、殭蠶可入藥的記載。至於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）。

蟲生病原真菌具水平及長距離傳播之特性，不但是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，此不需經口器、食道侵染蟲之特性，對同翅害蟲之防治工作而言，極為重要。因該類害蟲以刺吸式口器刺入作物組織取食汁液危害，由口器經食道侵入蟲體內之蟲生病原微生物，明顯無法順利感染，防治此類害蟲只有利用由體壁直接侵染之蟲生真菌。

除上述特點外，利用蟲生真菌防治害蟲與其他蟲生病原微生物一樣，均具有下列之優點：

優點

- **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，施用後作物可立即採收。



利用太空包及固態發酵槽大量生產蟲生真菌之情形

- **具傳播性及藥效持久性**：多數的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。

- **經濟性**：蟲生真菌之開發原理乃是害蟲病原之利用，此病原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，另微生物殺蟲劑平均開發時程也可由化學製劑之9年縮短為3~6年，政府對本土蟲生病原之開發管理也較為寬鬆，此等皆有利於降低開發成本。

- **相容性高**：任何種類之蟲生真菌，其作用均有一定的專一性，對大多數有益天敵影響不大，與其他防治方法也具高度相容性。

- **降低化學性殺蟲劑之使用**：與化學性殺蟲劑配合使用，理論上可減緩或避免作物害蟲對化學性殺蟲劑產生抗藥性，此不但可降低化學性殺蟲劑之使用量，亦可延長化學性殺蟲劑之使用壽命。此外，蟲生真菌與部分化學性殺蟲劑混合施用，會有協力作用產生，此不單有減少化學性殺蟲劑施用量、延長化學性殺蟲劑使用壽命之效，亦有提高防治作用之功能。

缺點

- **殺蟲效果慢**：蟲生真菌殺蟲速度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，少數農友就很難接受殺蟲效果慢這項缺點。

· **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，是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。

· **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。

蟲生真菌施作模式

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：

· **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。

· **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。

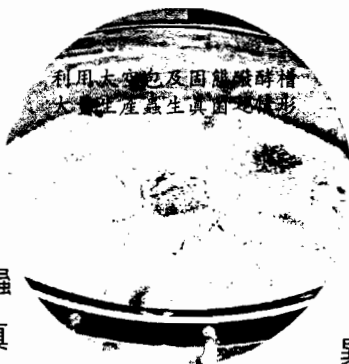
· **接種式施放**：在害蟲造成危害前就引入蟲生真菌，使之提前累積到誘發流行病所需的量。為達防治效果蟲生真菌需重複施用，與淹沒

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。

· **環境調控**：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。

開發蟲生真菌應注意事項

蟲生真菌能否有效開發並推廣應用於田間，關鍵在於此種蟲生真菌是否能以簡易方法量產，但同種不同菌株在同樣條件下之產孢量差異頗大，以蠟蚧輪枝菌為例，不同菌株在PDA上以最適產孢溫度培養9天，最高與最低產孢量差達250倍，若以此來估算量產成本，不難理解篩選產孢能力較佳菌株之重要性。



此外，不同蟲生真菌各有其特定作用寄主，即使同一菌種不同菌株間對一害蟲所呈現之病原性，強弱也有明顯差異，此差異往往直接反應在防治效果上，選擇適當之菌種（株）防治適當害蟲，也是開發研究之重要工作項目。

除了適合培養、易量產和強致病之特性外，抗、耐不良環境之能力，及快速發芽的特性，對蟲生真菌應用而言，也相當重要。因為抗、耐不良環境之菌株，在田間可維持較久活性，此將增加感染害蟲之機率。而發芽速率快之菌株，不單有快速完成侵染過程之作用，也可縮短暴露在作物或寄主體表時間，避免不利環境因子之影響。