

真菌殺蟲劑研發現況、 潛力和展望

撰文/高穗生·蔡勇勝

一、前言

真菌殺蟲有不同的致病方法，有的真菌會攻擊有益昆蟲如蜜蜂和家蠶，但大多數為害蟲的病原菌，從初次發現真菌能殺蟲，沒多久後就提出利用真菌作為害蟲的生物防治劑。在俄國十九世紀末首次實際地使用黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae*) 來防治奧國賽麗金龜 (*Anisoplia austriaca*)。真菌殺蟲劑似乎前景可期，預期十數年間此類殺蟲劑可能是蟲害防治的主要來源。然而，蟲生病原真菌並不如早期的預期，一百年後，全世界只有少數上市成功的真菌殺蟲劑在生產。在許多因素包括化學殺蟲劑便宜且更有效，真菌對環境的敏感性，生產和安定性的問題，以及使用的困難等。本文就真菌殺蟲劑發展現況、效果上的議題、利用分子生物學改善之道、發展利基和展望，提供淺見。

二、發展現況

許多蟲生病原真菌在昆蟲上能造成天然的流行疫病已為人所熟知，但這些流行病往往在害蟲作物上造成巨大損失之後才發生，某些種類接種量和死亡率之關係已為人所熟知，顯示在害蟲在尚未達到高棲群密度時，以人為的方法大量施用接種源（淹沒式的施用，innudative application），可複製真菌病害之流行。事實上，此現象實驗室和田間試驗均一再顯示。然而，有許多因子限制

此理論之實際應用。由於許多蟲生真菌生產和儲藏之困難，所以大多數在生物農藥之發展上，偏重在無性世代的種類，先前這些種類被分類成不完全菌 (Fungi Imperfecti)，但是最近之分子鑑定 (molecular characterization)，確認為子囊菌綱 (Ascomycetes)，大多數目前的蟲生真菌殺蟲劑為黑殭菌和白殭菌 (*Beauveria bassiana*)。這些真菌分佈廣，寄住範圍廣，在人工培養基或簡單的基質如穀類上能產生大量的孢子。蟲生真菌殺蟲劑之商品如表一。

另外，有數種蟲生真菌如綠殭菌 (*Nomuraca rileyi*)、玫煙色擬青黴菌 (*Paecilomyces fumosoroseus*)、蠟蚧輪枝菌 (*Velticillium lecanii*) 亦為市售之產品，黑殭菌與白殭菌均容易在穀物上生產。但是大鏈壺菌 (*Lagenidium giganteum*) 其致病環較複雜，生產的方法是著重在更困難的靜止期 (resting stage) 之生產。

雖然使用真菌殺蟲劑產品逐年增加，但侷限於在地市場。目前為止，絕大部分的生物製劑均和現有的化學農藥作競爭。雖然由於人們對健康的關心，每年有更多的化學農藥退出市場，更意味著生物藥劑需要提升防治成效，並在不同情況下維持一致的防治成效。但是人們對蟲生真菌有一刻板的印象，即僅在某些時間有效，價格高，難以使用。

國內在蟲生真菌之開發應用研究工作上包括

表一 已上市真菌殺蟲劑
Table 1 Registered mycoinsecticides

真菌名(Fungus)	產品名(Product)	目標害蟲(Target pest)	生產廠商或國家(Producer/Country)
<i>Aschersonia aleyrodis</i>	Aseronija	粉蝨、介殼蟲	前蘇聯，All Union Inst.
	Aschersonin	粉蝨、介殼蟲	前蘇聯，All Union Inst.
<i>Aspergillus sp.</i>	Asper G.	甲蟲	日本，Shinsyu Creative G. Co.
<i>Beauveria bassiana</i>	Naturalis-L.	棉鈴象、甘藷粉蝨、葉蟬	美國，Troy Bioscience.
	Naturalis-L-225	蚜蟲、薊馬、蠅、粉蝨	美國，Troy Bioscience.
	Bio-Save	家蠅	美國
	Biotrol FBB	介殼蟲	日本，住友
	BotaniGard™	粉蝨、蚜蟲、薊馬	美國，Mycotech
	Mycocide GH	蝗蟲、蚱蜢、蟋蟀	美國，Mycotech
	Mycotrol-ES	粉蝨、蚜蟲	美國，Mycotech
	Mycotrol-GH	蝗蟲、蟋蟀	美國，Mycotech
	Mycotrol-WP	粉蝨、蚜蟲、薊馬	美國，Mycotech
	Corn Guard	歐洲玉米螟	美國，Mycotech
	Mycotrol Biological Insecticide	粉蝨	美國，Mycotech
	Boverin	馬鈴薯甲蟲、蘋果蠹蛾、松毛蟲、歐洲玉米螟	前蘇聯
	Boverol	馬鈴薯甲蟲	前捷克
	Boverosil	馬鈴薯甲蟲	前捷克
Conidia	蟑螂、咖啡漿果蛀蟲	哥倫比亞，Live Systems Techndogy	
Ostrinil	玉米螟	法國，NPP (Calliope)	
Proecol	行軍蟲	委內瑞拉，Probioago	
AGO Biocontrol	鞘翅目，同翅目	哥倫比亞，Ago Biocontrol	
Bassiana	鞘翅目，雙翅目	哥倫比亞，Ago Biocontrol	
Biorin	鱗翅目	www.biotech-int.com , 印度 Biotech International	
<i>Beauveria Schweizer</i>	牧草、草坪、果樹、葡萄和園藝害蟲	瑞士，Eric Schweizer Seeds	
Disnel	豆夾小灰蝶	India	
<i>B. brongniartii</i>	Biolisa	天牛及其他為害桑樹和柑桔之害蟲	日本，Nitto Denko
	Betel	甘蔗金龜子	法國，NPP(Calliope)
	Engerlingspilz	鯉角金龜	瑞士，Andermatt Biocontrol AG.
	Schweizer-Beauveria	鯉角金龜	瑞士，Eric Schweizer
	Melocont	鯉角金龜	奧地利，Kwizda
	AGO Biocontrol	鞘翅目，同翅目	哥倫比亞，Ago Biocontrol
	<i>Beauveria 50</i>	鱗翅目，雙翅目	哥倫比亞，Ago Biocontrol
<i>Conidiobolus obscurus</i>	Entomophthorin	蚜蟲	立陶宛
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Bio1020	葡萄黑耳啄象	德國，Bayer AG..
	Bio-Path	蟑螂	美國，Ecoscience

(待續)

表一 已上市真菌殺蟲劑
Table 1 Registered mycoinsecticides

真菌名(Fungus)	產品名(Product)	目標害蟲(Target pest)	生產廠商或國家(Producer/Country)
	Bio-Blast	白蟻	美國, Ecoscience
	Back-off-1	介殼蟲、粉蝨	美國
	Biocontrol	甘蔗沫蟬	巴西
	Biotrol FMA	蚊子	日本, 住友
	BioGreen™	甘蔗沫蟬	巴西
	Biomax	甘蔗沫蟬	巴西
	Combio	甘蔗沫蟬	巴西
	Metapol	甘蔗沫蟬	巴西
	Metarhizium	粉蝨	前蘇聯
	AGO Biocontrol	鞘翅目, 同翅目	哥倫比亞, Ago Biocontrol
	Metarhizium 50	直翅目, 同翅目	哥倫比亞, Ago Biocontrol
	BioGreen	紅頭金龜	澳洲, Bio-Care Technology
	BioCane	灰背蔗龜	澳洲, BioCare
	Green Guard	蝗蟲	澳洲, Seed Grain and Biotechnology
	Green Muscle	蝗蟲	南非, Biological Control SAPTY
	Cobican	甘蔗沫蟬	委內瑞拉, Probioago
	<i>Metarhizium Schweizer</i>	牧草、草坪、果樹、葡萄和園藝害蟲	瑞士, Eric Schweizer Seeds
	Taenure	根象鼻蟲、金龜子、蟬、薊馬、粉蝨	http://www.taensa.com/products-taenure.html , 美國, Earth Biosciences
<i>M. flavoviride</i>	Green Muscle	蝗蟲、蚱蜢	英國, CABI
<i>Hirsutella thompsonii</i>	ABG-6178	柑桔銹蟎	日本, 住友
	Mycar	柑桔銹蟎	日本, 住友
<i>Paecilomyces farinosus</i>	Paecilomin	柑桔粉介殼蟲	前蘇聯
<i>P. fumosaroseus</i>	Biobest	粉蝨、蚜蟲	美國, WR Grace
	PreFeRal	粉蝨	比利時, Biobest
	PFR-97	粉蝨	美國, ECO-tek
	Pae-Sin	粉蝨	墨西哥, Agrobionsa
	AGO biocontrol <i>Paecilomyces</i>	鞘翅目、線蟲	哥倫比亞, Ago Biocontrol
<i>Lagenidium giganteum</i>	Laginex	所有蚊類幼蟲	美國, AgraQuest, Inc
<i>Nomuraea rileyi</i>	AGO Biocontrol, <i>Nomuraea</i> 50	鱗翅目	哥倫比亞, Ago Biocontrol
<i>Verticillium lecanii</i>	MicroGerm Plus	蚜蟲、薊馬	丹麥, Chr Hansen Biosystems
	Mycotal	粉蝨、蚜蟲	荷蘭, Koppert
	Thriptal	薊馬	荷蘭, Koppert
	Vertalec	粉蝨	荷蘭, Koppert
	Verticon	粉蝨	前蘇聯
	Verticillium	蚜蟲	前蘇聯, NPO Vector
	AGO Biocontrol, Verticillium 50	同翅目、雙翅目	哥倫比亞, Ago Biocontrol

資料來源：作者整理

下列幾項重點；(1) 菌種(株)之蒐集鑑定；(2) 影響致病性有關之因子之研究；(3) 抗殺菌劑菌株之篩選；(4) 田間試驗；(5) 量產研究；(6) 製劑開發。

不同蟲生真菌種(株)之生物、生化特性差異很大，當然也會影響對寄主昆蟲之致病性。所以就蟲生真菌之開發研究工作而言，蒐集篩選菌種(株)是極為重要工作之一。在菌種(株)之蒐集鑑定工作上，Tzean 等及高等均曾在本省各地做較為完整詳盡之調查蒐集，其中有 24 個屬 66 個種被 Tzean 等發現。此外，施及薛在臺灣二點葉蟻上也發現有蟲生真菌 *Neozygites cf. adjarica*。除了形態上的差異外，酵素活性如 APIZYM 測試、RAPD、RFLP (18S rRNA、IGS)、18S rRNA 和 ITS 序列及 AFLP 等生化檢測技術，均曾被利用來區分菌種(株)之差異，此類有關在鑑定技術的進步，將有助於對現存菌株與新菌株之鑑別，產品品質和專利權之保障及施用後在環境中之存活、分散追蹤。由於蟲生真菌是以活體施用，其田間活性易受環境因子影響，此不利影響在開發和利用時均應注意。高溫、濕度和紫外線可預期在本省平地會不利蟲生真菌之施用。短暫的高溫和乾燥均會使蟲生真菌孢子發芽延遲，濕度和紫外線對蟲生真菌之限制和影響更大。以蠟蚧輪枝菌 (*Verticillium lecanii*) 為例，孢子無法在相對濕度 94% 以下條件發芽，即使是提供 100% 相對濕度環境，其孢子發芽亦顯著較有水膜處理為低。紫外線對孢子傷害更是嚴重，特別是中、短波長紫外線，其對孢子之破壞，經證實是 DNA 上環一烷嘧啶二聚體 (Cyclobutane pyrimidine dimer) 的形成，這種傷害不但會影響孢子發芽，對殺蟲作用也會有影響。雖然孢子對 DNA 的破壞有自身修復能力，但田間應用仍以避免或添加保護劑為宜。

除氣候因子外，防治其他病、蟲、草害用之化學藥劑對蟲生真菌也有不利影響，部分殺菌劑甚至經蟲體取食後會累積在蟲體內抑制侵入寄主體內蟲生真菌之發病。但透過誘變或馴化的方

式，可篩選獲得抗殺菌劑菌株，解決殺菌劑影響問題。相較於殺菌劑，殺蟲劑之抑制作用明顯輕微，甚有 methomyl 與白殭菌和黑殭菌混合施用時具協力效應。不過，無論是要以何種化學物質與蟲生真菌混合使用，均應在實驗室先行平板檢測，以便篩選影響較小之種類配合或混合，或調整分開施用之時間。

雖然國內蟲生真菌資源豐富，但僅其中之黑殭菌、白殭菌、綠殭菌及蠟蚧輪枝菌等較具開發利用價值，並進一步經實驗室及田間試驗證實。能否簡易量產是限制蟲生病原微生物利用之主因，有關這方面的研究，國內在自動化量產、回收濃縮系統建立上均有豐碩成果。雖然在量產研究上頗有進展，但製劑相關研究在近幾年才有專家投入，若此項研究能早日獲得結果，未來只要能將這些研究成果串聯，真菌性殺蟲劑之上市，指日可待。事實上，目前農業藥物毒物試驗所(藥毒所)生物藥劑組已將白殭菌製劑生產技術移轉沅美生物科技股份有限公司。現僅就藥毒所生物藥劑組累積之生物檢定和田間防治經驗，將上列重要蟲生真菌可應用防治本省重要害蟲種類歸納如下：

1. 黑殭菌：紅胸葉蟲、甜菜夜蛾、紋白蝶、飛蝨…等害蟲。
2. 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。
3. 綠殭菌：甜菜夜蛾、玉米穗蟲、斜紋夜盜…等夜蛾科害蟲。
4. 蠟蚧輪枝菌：蚜蟲(桃蚜、偽菜蚜)、南黃薊馬、粉蝨等害蟲。

三、生物製劑效果上之議題

(一) 品系的篩選

蟲生病原真菌種類是由許多品系所組成，每個品系的主要特性包括病原性、寄主範圍、環境

的耐受性和產孢（活體內和活體外），均不相同。故在開發生物製劑時，品系的選擇十分重要，雖然此項考慮已普遍受到接受，但是在品系選擇上仍需借重已獲得改善的生物檢定設計、品系區分的方法（如分子技術之應用）及對關鍵變異的瞭解。因為有了這些改善，才有利於品系的選擇。

在實驗室生物檢定顯示有高病原性，並不足以保證該生物製劑一定強壯 (robust)。在相近似的品系間，其田間表現是有差異存在。有些生物技術的方法可以監測品系，在田間，如施用後在土壤的表現，對於最適品系的選擇上有相當大的助益。許多年來均不易分辨自然發生的背景品系（可能對標的害蟲無病原性）和人為施用到田間的品系，但是由於新技術能在 DNA 層次進行序列分析，而使得二者很快地就能分辨出來。

品系的寄主範圍在施用生物製劑上已成為重要議題，任何農藥上市前均需要進行安全評估，真菌殺蟲劑當然不例外，其對非標的生物之衝擊，需要仔細地調查。因而，使得實驗室感受性和田間感染之間的差異更形複雜。一篇 2004 年對真菌殺蟲劑之安全評估的綜論性報告指出，一般而言，利用真菌降低害蟲之棲群而不致影響生態系統內的其他成員，是不太可能。但實際上，真菌殺蟲劑如果選擇得宜，對非標的生物仍然“顯著地安全” (remarkable safe)。

（二）生產製劑和應用

蟲生病原真菌主要是用穀物來生產，雖然有許多嚐試利用不同的液態和固態培養基和固液兩相式來生產真菌，但是利用穀物生產黑殭菌和白殭菌還是最常使用的方法。在非洲用於蝗蟲防治之黑殭菌蝗蟲變種 (*M. anisopliae* var. *acridium*) 的產品 Green Muscle™ 則利用液體的種源 (starter cultures) 接種到固態培養基來生產。蟲生病原真菌整個生物對技術發展上，其生產程序的開發，遠遠落後。

Emerald BioAgriculture (先前名為 Mycotech)

為蟲生病原真菌生產技術的翹楚。其設備主要用在白殭菌的生產。廠房備有依序殺菌和大型可控溫的生長設施。其真實生產方法是屬商業機密，基本上是以發酵過的種源，接種到固態的培養基上生長和產孢。

開發生物製劑而言，製劑配方技術非常重要，能確保在未經冷藏時具適當的櫥架壽命，並且可以和標準的施用設備具相容性。製劑在增加田間之持效性頗為重要，如提供保護使其不受紫外線和乾燥的影響。在某些情況下製劑亦能用以克服其他問題。環境限制對生物製劑而言，可能是最重要的限制因子，一般的認知，真菌如果環境條件合適則可以有效地防治，反之則失敗，在開發黑殭菌蝗蟲變種用以防治蝗蟲卻是一個好的例子，證實使用新穎的生物技術方法可以克服我們認知的限制條件。很難想像像黑殭菌蝗蟲變種這種真菌，其發芽和產孢均需高濕度，如何在高溫乾燥的非洲，會是一種防治蝗蟲的成功的病原菌，然而，將此菌之孢子製成油劑，就使其成為成功的生物藥劑。但在使用生物藥劑時，環境仍為限制條件。

像無處不在的蟲黴目 (結合菌綱) (Entomophthorales, Zygomycetes)，由於缺乏將脆弱的孢子配製的適當方法，因而限制此類真菌的應用。許多蟲黴目的真菌能造成壯觀的天然動物流行疫病，但其具感染性的孢子，存活時間不長，而生體外 (*in vitro*) 培養長壽的休眠孢子又極為困難。可以借由改善孢子製劑或生產休眠孢子的方式，來開發新的生物製劑。McCabe 和 Soper 為蟲黴目真菌開發乾燥絲配方，並獲專利，但尚無產品上市。

在應用技術上亦有進展，使得經過製劑配製後的真菌，能夠到達最適合真菌持效性和防治效果的範圍。超低容量的噴槍、靜電充電之噴槍和旋轉自動噴霧器，均用以調查是否能夠增進覆蓋率。在基礎的噴施技術上，諸如藥滴的大小，噴

灑的覆蓋率和配置，仍有進步的空間。在作物上噴灑水基 (water-based) 的製劑，則使用水力的噴灑系統，在田間和果園則主要利用空氣吹風或借由空氣協助的技術，以進行低容量的噴灑。實驗顯示以含有高孢子含量的藥滴，大量噴施，效果顯著。

黑殭菌孢子為親油性，可於油中懸浮，製成油劑後可以超低容量方式噴灑來防治蝗蟲，即為製劑配方和施用方法能互相搭配，所得到的好處。

通常蟲生病原真菌之製劑與施用和化學殺蟲之製劑與施用相同，但針對標的害蟲，爲了要克服施用的困難，嶄新的技術正在開發中。例如誘集和感染 (lure-and-infect) 技術，用以防治小菜蛾，其性費洛蒙誘蟲器裝滿了真菌孢子，以協助散佈真菌。誘餌站混合真菌，可用以防治白蟻和蟑螂，社會性昆蟲在巢中面對感染，有某些行爲反應如洗刷 (grooming) 和衛生行爲 (hygienic behavior)，能有效地限制疾病的流行。有一新穎的方法能克服此問題，防治白蟻時，將真菌和低劑量的行爲擾亂化合物 (behavior disrupting compounds) 混合，會造成社會性的防禦受到干擾，而使得真菌發揮其效果。

四、利用分子生物學以改善生物殺蟲劑

利用人為選汰或基因操作真菌，使其成爲更具效果的品系，此種想法，頗具吸引力。如果能克服上述的限制，則生物殺蟲劑之市場，前景可期。起初品系的篩選主要在於尋找較佳之品系，但由於新進技術之提升，有助於獲得具有新穎特性的品系。在未依賴基因操作的情況下，曾經嚐試篩選品系使其增加活力且耐受乾燥。在低水分活性之情況下，以改變白殭菌、黑殭菌和擬青黴菌 (*P. farinosus*) 孢子的多元醇 (polyol)、海藻糖 (trehalose) 含量的方式進行篩選，使得其細胞內的甘油和赤藓糖醇 (erythritol) 量增加，發芽率

亦較未經篩選的孢子爲快。孢子之海藻糖增加，發芽較慢，但儲藏期較未經篩選的孢子爲長。然而直接利用基因操作，更有希望。絲狀菌之轉型 (transformation) 系統已被開發出來，開啓了基因改造的大門。目前大多數的研究集中於黑殭菌和白殭菌。Couteaudier 等人於 1996 年成功地利用原生質體融合 (protoplast fusion) 來結合白殭菌，生產某些雙營養缺陷型 (di-auxotrophic) 的突變株，而對柯羅拉多馬鈴薯甲蟲 (*Leptinotarsa decemlineata*) 和歐洲玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*) 之活性增加 (殺蟲速度快)。

分離蟲生病原真菌與毒力 (virulence) 有關的基因，亦能獲得更有效的品系。數種蟲生真菌其編碼 (encoding) 蛋白分解酵素 (protease) 和幾丁質分解酵素 (chitinase) 的基因已有報告資料，大多數的研究集中在黑殭菌 (*Metarhizium*) 的蛋白分解酵素的 *pr1* 基因。這些真菌的直接基因改造則侷限在某些蛋白分解酵素和幾丁質分解酵素的過度表現 (over-expression) 和插入基因以便於追蹤而已。分子層次的改造，只是剛剛開始，但是在某些真菌上，已顯示出毒力改變的希望。

五、真菌殺蟲劑之發展利基

本土蟲生真菌與寄主昆蟲間在長久共演化過程中，已建立了穩固棲群應變關係，其所能提供之防治效果，當然不可忽視。一般而言，重要之蟲生真菌種類較蘇力菌及病毒有較廣之防治對象，加上其生產操作簡易，即使仍有櫥架壽命短之瓶頸尚待克服，但如能在一定規模下進行計畫性生產，猶有相當利基可尋。

(一) 潛在市場 (以防治對象為考量)

具雜食、高繁殖力及遠距離飛翔能力之夜蛾科害蟲，加上容易引發抗化學性殺蟲劑之特性的小型害蟲 (如蚜蟲、粉蝨、薊馬)，及少數特殊害蟲 (如黃條葉蚤)，因傳統化學防治方法效果有限，此區塊害蟲之防治有微生物殺蟲劑配合之必

要及空間。例如：

1. 夜蛾科害蟲：甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、玉米穗蟲 (綠殭菌)
2. 同翅目：蚜蟲、粉蝨 (蠟蚧輪枝菌、白殭菌)
3. 縷翅目：薊馬 (蠟蚧輪枝菌、白殭菌)
4. 鞘翅目：黃條葉蚤 (白殭菌、黑殭菌)

(二) 絕對市場 (不適用化學性殺蟲劑之作物及環境)

不論是在降低化學農藥的使用立場或在有害生物綜合管理的策略應用上，微生物殺蟲劑提供了另一種選擇，因為微生物殺蟲劑一般具有無毒性的作用機制和標的之特異性，其選擇性及安全性遠比化學藥劑為高，可確保環境及人畜之安全。事實上，化學防治也在某些情形下有其執行上的困難，如防治水源保護區之森林害蟲。習性特殊之害蟲，以青蔥甜菜夜蛾對青蔥之為害為例，該蟲成蟲將卵產於蔥管上，孵化後幼蟲即鑽入蔥管內取食葉肉，並留下一層薄膜保護，施用藥劑根本難以接觸到蟲體。行道樹之蟲害防治，也不能使用化學性殺蟲劑，因以化學性殺蟲劑來處理，其毒性及惡臭常遭路人及市民抗議。密閉式或具阻隔作用之設施栽培環境，在此種環境施用化學性殺蟲劑，對操作者極不安全。有機作物之蟲害防治依規定在栽培生產過程中，不能使用

任何化學性殺蟲劑。地下害蟲及強抗藥性害蟲之防治，以化學性殺蟲劑防治實屬不易 (金龜子、黃條葉蚤…等幼蟲在地下為害，如欲以化學性殺蟲劑來防治，在用量及處理方法上均待斟酌)。短期作物或連續採收作物，作物採收期間仍面臨害蟲威脅，如施用化學性殺蟲劑易發生殘毒問題。上列蟲害問題均是真菌殺蟲劑可發揮作用之處。

六、展望

蟲生病原真菌殺蟲劑之效果並不如自然發生真菌流行病一樣。淹沒式的施用大量生產的孢子來防治害蟲，一直是相當吸引人的一種方法，但是在市場上的商品並不多。此時生物技術即可扮演改善真菌殺蟲劑的角色，可改善其效果、專一性或產品的品質和存活率。另外，還有許多方法正在開發中，諸如單一產品中混合不同的病原菌。在技術移轉時，更要注意到真菌殺蟲劑是活的孢子，在施用時不可將之視為傳統的化學殺蟲劑。真菌殺蟲劑非常適合作為害蟲綜合管理體系中一個有利的組成分，如果能適切的扮演好此一角色，則真菌殺蟲劑在植物保護上才能佔有一席之地。

AgBIO

高穗生	農業藥物毒物試驗所	生物藥劑組	研究員兼組長
蔡勇勝	農業藥物毒物試驗所	生物藥劑組	副研究員