

蟲生病原真菌在蟲害防治上之利用

高穗生 蔡勇勝

前 言

我國秦漢時代（221BC-220AD）之「神農本草經」已有「白殭蠶味鹹」的記載。明朝李時珍所著「本草綱目」（1578）也有冬蟲夏草，蟬茸，殭菌可以入藥的記載。1726年西洋始有冬蟲夏草之記載。

1826 Kirby 和 Spene 觀察昆蟲和真菌之關係，並將事實記入其著作「昆蟲學概論」中。昆蟲病理之父 Agostino Bassi（1835）證明白殭菌是蠶病之病因。俄國生物學家 Metschnikoff（1879）自奧國塞麗金龜（*Anisoplia austriaca*）發現並分離此病原真菌，命名為金龜子蟲霉（*Entomophthora anisopliae*）。Sorkin（1883）則將此黑殭菌轉屬為 *Metarhizium* 而訂名為黑殭菌（*M. anisopliae* (Metsch.) Sorokin）。Metschnikoff（1879）進行黑殭菌對奧國塞麗金龜和甜菜點腹象鼻蟲（*Cleonus* (*Bothynoderus*) *punctiventris* Gernar）之感染實驗，而 Krassiltschik（1888）則成功地將此真菌作為生物防治劑，在1884和1888年間於田間防治上述兩種害蟲。Forbes（1887）觀察白殭菌（*Beauveria bassiana*）感染麥長椿象（*Blissus leucopterus*）。1888年 Lugger 將罹病昆蟲散佈明尼蘇達州各地，以造成白殭菌之流行疫病。Snow（1888-1896）大量生產白殭菌供作麥長椿象之防治。

在台灣1914年日人澤田氏即曾以蠅霉（*Entomophthora muscae*）來防治家蠅，同時亦從夏威夷引進黑殭菌來防治甘蔗金龜（*Allisonotum impressicolle*）。至1924年安川氏大量繁殖黑殭菌，從事大規模田間防治金龜子試驗，據報告病原撒佈後，可引起田間棲群死亡率高達86%。1938年水戶野氏曾以白殭菌防除松毛蟲（*Dendrolimus punctatus*），雖具相當成效，但未有進一步發展計畫。之後二十年間均無類似研究。

自1960年起本省又重新開始進行蟲生真菌的研究工作。其中台大植病系昆蟲組昆蟲病理研究室，投注相當大的人力和心力。從1960至1972年陸續有許多有關蟲生真菌的研究報告發表。研究的重點包括：蟲霉（*Entomophthora*）、色筆屬真菌（*Spicaria pracina*, *S. javanica*）、白殭菌、頭孢子霉（*Cephalosporium*、柑桔粉蝨，介殼蟲之赤座霉（*Aschersonia aleyrodis*）、*A. godiana*、*A. andropogonis*；*Aschersonia* sp. 柑桔介殼蟲之病原真菌：

Pseudomicrocera henningsii、*Podonectria coccicola* 及紅頭菌 (*Sphaerostilbe auranticola*)、黑殭菌、蚜霉 (*E. aphidis*) 等有關病原鑑定、培養及昆蟲病理研究。1970年材務局並以 *Isaria*，質多角體病毒 (CPV) 和蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*) 來防治松毛蟲。台灣糖業研究所自1971至1973年報導甘蔗地下害蟲病原真菌之調查，並利用黑殭菌、白殭菌、*Isaria sinclairii* 來防治蔗龜、草蟬和綠島草蟬。另外亦報告農藥對草蟬寄生菌之影響。

然而，自1973年至1980年，昆蟲病原真菌之研究幾成停滯階段。直至1981年中興大學昆蟲系昆蟲病理研究室才開始有「家蠶對白殭菌吞噬作用之研究」之碩士論文發表。1985年則有白殭菌感染玉米螟及蠟蚧幹枝孢菌 (*Verticillium lecanii*) 在蚜蟲之病理研究，兩篇碩士論文，台大植病系昆蟲組昆蟲病理研究室亦有台灣蜜蜂白堊病 (*Ascophæra apis*) 發生研究，及紅頭菌對山茶圓介殼蟲 (*Pseudaonidia duplex*) 之感染性及影響其產孢與菌絲生長因子兩篇碩士論文發表，重啓昆蟲病原真菌研究之大門。

同時農業委員會農糧處植物保護科在經過審慎之評估和討論之後，成立國家級之害蟲微生物防治計畫，針對病原真菌之應用研究組成研究團隊，網羅了台大植病系、中興大學昆蟲系、高雄區農業改良場、屏東技術學院植物保護系及農業藥物毒物試驗所生物藥劑系之研究人員投入研究之行列。在農業委員會經費之支援和研究成員之努力下，可望於近日內開發出有效之真菌殺蟲劑 (mycoinsecticide) 來。

本綜合論述將就蟲生真菌的分類地位；本省蟲生真菌之研究現狀；蟲生真菌之自然防治；蟲生真菌作為蟲害防治劑；環境對蟲生真菌潛能之衝擊等做重點之說明，以就教於先進。

蟲生真菌的分類

蟲生真菌分佈於全世界，現有大約100個屬和數千種種類為人所知。蟲生真菌屬真菌門 (Eumycota) 有5個亞門：鞭毛亞門 (Mastigomycotina)、接合菌亞門 (Zygomycotina)、子囊菌亞門 (Ascomycotina)、擔子菌亞目 (Basidiomycotina)，和不完全菌亞門 (Deuteromycotina)。茲將重要蟲生真菌臚列於後：

1. 鞭毛亞門 (Mastigomycotina)

A. 瓶菌綱 (Chytridomycetes)

a. 原囊瓶菌目 (Blastocladales)

(1) 雕蝕菌屬 (*Colomomyces*)，屬瓶菌綱，原囊瓶菌目

(Blastocladales) ， 雕蝕菌科 (Coelomomycetaceae) ， 對家蚊、瘧蚊有效。

(2) Catenaria 亦為原瓶菌目寄生於 midge 卵上。

B. 卵菌綱 (Oomycetes)

a. 鏈壺菌目 (Lagenidiales)

(1) 巨型鏈壺菌 (*Lagenidium giganteum* Couch) ， 屬卵菌綱，鏈壺菌目 (Lagenidiales) ， 蚊類的條件性寄生菌。

b. 水生菌目 (Saprolegniales)

(1) *Leptolegnia* 屬，卵菌綱，水生菌目 (Saprolegniales) 對蚊類幼蟲有病原性。

C. Hyphochytridomycetes 綱

2. 接合菌亞門 (Zygomycotina)

A. 毛菌綱 (Trichomycetes) 分成阿米巴菌目 (Amoebidiales) ， Asellariales 目，Eccrinales 目，Harpellales 目。

B. 接合菌綱 (Zygomycetes)

a. 白霉菌目 (Mucorales)

b. 蟲霉目 (Entomophthorales)

重要昆蟲病原集中在蟲霉科 (Entomophthoraceae) 中。

(1) 蟲霉屬 (*Entomophthora*)

蠅霉 (*E. muscae*)

蝗霉 (*E. grylli*)

球形蟲霉 (*E. sphaerosperma*)

蚜霉 (*E. aphidis*)

r-夜蛾霉 (*E. gammae*)

弗雷生蟲霉 (*E. fresenii*)

(2) 耳霉屬 (*Conidiobolus*)

(3) 團孢霉屬 (*Massospora*)

蟬團孢霉 (*M. cicadina*) 寄生於十七年蟬雄成蟲。

(4) 斯魏氏屬 (*Strongwellia*)

斯魏稻蠅霉 (*S. castans*) 寄生於稻蠅成蟲。

3. 子囊菌亞門 (Ascomycotina)

A. 不整子囊菌綱 (Plectomycetes)

a. 球子囊菌目 (Ascosphaerales)

- (1) 白堊幼蟲病 (*Ascosphaera apis*, *A. proliperda*, *A. major*) 是蜜蜂和切葉蜂 (*Megachile*) 之白堊病 (chalkbrood) 之病原，屬球子囊菌目 (Ascosphaerales)，球子囊菌科 (Ascosphaeraceae) 囊酵母菌屬 (*Ascosphaera*)。

b. 微子囊菌目 (Microascales)

- (1) 微子囊菌 (*Microascus*)，屬微子囊菌目 (Microascales)，微子囊菌科 (Microascaeae)。

B. 核菌綱 (Pyrenomycetes)

a. 麥角菌目 (Clavicipitales)

- (1) 蟲草屬 (*Cordyceps*)，屬麥角菌目 (Clavicipitales) 麥角菌科 (Clavicipitaceae)，共有300多種蟲草屬真菌被報導。

C. 蟲生子囊菌綱 (Laboulbeniomycetes)

a. 蟲生子囊菌目 (Laboulbeniales)

- (1) 蟲生菌屬 (*Laboulbenia*)，屬蟲生子囊菌科 (Laboulbeniaceae)。
(2) 蠅生菌屬 (*Stigmatomces*)，屬蟲生子囊菌科。
(3) *Ceratomyces* 屬，屬 *Certomycetaceae* 科。
(4) *Rickia* 屬，屬 *Peyritschiellaceae* 科

4. 擔子菌亞目 (Basidiomycotina)

A. 帽菌綱 (Hyenomycetes)

a. 隔擔子菌目 (Septobasidiales)

- (1) 隔擔子菌屬 (*Septobasidium*) 寄生介殼蟲，為隔擔子菌科 (Septobasidiaceae)。

5. 不完全菌亞門 (Deuteromycotina, Fungi Imperfecti)

A. 腔菌綱 (Coleomycetes)

a. 球狀子器菌目 (Sphaeropaidales)

- (1) 赤座霉屬 (*Aschersonia*)，屬赤殼霉科 (Zythiaceae) 粉蝨座殼孢 (*A. aleyrodis*)

B. 線菌綱 (Hyphomycetes)

a. 鏈孢霉目 (Moniliales) 鏈孢霉科 (Moniliaceae) 中包括：

- (1) 白殭菌屬 (*Beauveria*)
白殭菌 (*B. bassiana*)

卵孢白殭菌 (*B. brongniartii*)

粘孢白殭菌 (*B. velata*)

多形白殭菌 (*B. amorpha*)

蜘蛛白殭菌 (*B. araneorum*)

(2) *Culicimyces* 屬

C. clavosporus 對蚊類有病原性

(3) 多毛菌屬 (*Hirsutella*)

湯氏多毛菌 (*H. thompsonii*)

瘤狀多毛菌 (*H. nodulosa*)

(4) 黑殭菌屬 (*Metarhizium*)

黑殭菌 (*M. anisopliae* var. *anisopliae*)

黑殭菌，大孢變種 (*M. anisopliae* var. *major*)

(5) 綠殭菌 (*Nomuraea*)

綠殭菌 (*N. rileyi*)

紫色綠殭菌 (*N. atpyicola*)

(6) 擬青霉屬 (*Paecilomyces*)

黃殭病菌 (*P. farinosus*)

赤殭病菌 (*P. fumosoroseus*)

P. tenuipes.

(7) 彎頸霉屬 (*Tolypocladium*)

T. cylindrosporium 為蚊子幼蟲病原

(8) 幹枝孢屬 (*Verticillium*)

蜡蚧幹枝孢菌 (*V. lecanii*) 對介殼蟲、蚜蟲和粉蝨及蜘蛛類具病原性。

本省蟲生真菌研究現狀

本省蟲生真菌之蒐集工作由台大植病系負責，曾及吳（1994）為期三年之調查，於許多不同生態區，共採得549個蟲生真菌標本分別隸屬於結合菌亞門（Zygomycotina），子囊菌亞門（Ascomycotina）和不完全菌亞門（Deuteromycotina）之26個屬45個種，其中尚有新種之發現。這些蟲生真菌對關鍵害蟲之致病性的瞭解，則是後續工作最重要的一環。彭（1985）於玉米蚜（*Rhopalosiphum padi*）上發現蠟蚧幹枝孢菌（*Verticillium lecanii*），其對玉米蚜之 LC_{50} 為 1.19×10^5 spore/ml。寄主昆蟲尚包括：桃蚜、光褐菊蚜、小桔蚜、偽菜蚜、棉蚜及柑橘半圓介殼蟲。本菌在 Sabouraud 氏脂培養基上生長良好，經13次連續移植後，其培養特性及致病力仍然穩定。

蕭及許（1985）於山茶圓介殼蟲（*Pseudaonidia duplex*）上發現紅頭菌（*Sphaerostible auranticola*），但感染率不高，Su et al.（1988）指出：七星山之土壤可使甘藷蟻象（*Cylas formicarius*）感染白殭菌（*Beauveria bassiana*）達100%，採自中南部地區之土壤，13個地點之土壤所含之白殭菌，能引起甘藷蟻象死亡率達80%以上，可稱之為致病土。

胡（1992）發現自6種不同目（order）罹病昆蟲分離之白殭菌菌株中，以源自半翅目的分離株對大豆細緣椿象之致病力較高。而連續感染寄主的菌株，會因累代接種寄主，而有提高致病力的趨勢。但蘇（1991）發現，分離自蜜蜂之白殭菌菌株對甘藷蟻象之防治效果，較源自其他寄主之菌株為佳。李及侯（1989）自屏東地區之斑飛蝨（*Laodelphax striatellus*）上分離出黑殭菌（*Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*），孢子對寄主有高度之病原性。

本省在白殭菌之生產技術上文獻不多，邱（1989）以黃豆培養液採液面培養方式生產分生孢子，浸液培養芽孢仍以黃豆培養液產孢量最高。邱（1990）利用黃豆汁接種分生孢子，在無光下培養72小時以生產芽生孢子，再接種於生產基質，照光6或18小時，可得最好的產量。胡（1992）則發現溫度在23-27°C時對白殭菌孢子發芽、菌絲生長及產孢最佳。李及侯（1989）則論及黑殭菌培養及大量生產之研究，在不同的培養基進行試驗，顯示黑殭菌（MA-805），以SPA+Y，SMA+Y，及PDA+Y生產和產孢良好。利用糙米繁殖其孢子產量最佳。若以作物殘渣繁殖，則以玉米穗軸和蔗渣產孢最好。高等（1989）則以白米飯裝填於太空包，經接種後存放於28°C，24小時光照之人工培養箱內培養，約經14天後，即可獲得大量的黑殭菌分生孢子。

Liu *et al.* (1989) 利用黑殭菌在本省南部屏東地區進行防治紅胸葉蟲之試驗，發現施用分生孢子懸浮液或粒劑3次後，均能使該害蟲得到有效的控制。高及蔡 (1989) 利用白殭菌、綠殭菌 (*Nomuraea rileyi*) 和黑殭菌防治滿天星和青蔥上之甜菜夜蛾，效果亦相當好。邱 (1990) 證實聯合蘇力菌與白殭菌防治亞洲玉米螟有顯著的結果。

另外，胡 (1992) 以撒布米粒基質的白殭菌，或直接噴灑孢子懸浮液的方式，均可降低大豆細緣椿象的危害。蘇 (1991) 以噴施分生孢子，或於畦底撒布含白殭菌之大豆，均能有效地防治甘藷蟻象。又，蔡等 (1992, 1993) 研究殺蟲劑和殺菌劑對黑殭菌感染甜菜夜蛾的影響。蘇 (1988) 亦發現數種農藥中，殺菌劑包你好 (*sporatak*) 能完全抑制白殭菌的生長。蔡等 (1993) 並進一步以紫外線或誘變劑處理黑殭菌 Ma2 菌株，可獲得抗 benomyl 或抗 carbendazin 菌株，菌株間具交互抗藥性，且抗性穩定。此特性在田間害蟲之防治上應有應用價值。

蟲生真菌之自然防治

蟲生真菌在昆蟲棲群中以風土病 (enzootic) 或流行病 (epizootic) 之型式存在。真菌造成的風土病不受注意。自然發生之蟲生真菌的報告很多，在此僅提出幾個例子加以說明。葡萄黑耳喙象 (*Otiorrhynchus sulcatus*) 棲息於土壤中，常受到真菌，如白殭、黃殭菌 (*Paecilomyces farinosus*)、赤殭菌 (*P. fumosoroseus*) 和特別是黑殭菌的攻擊。黑殭菌能造成平均28% 的自然死亡率。在印度一季中，土棲的馬鈴薯害蟲—金龜子有20% 受到黑殭菌之感染。卵孢白殭菌 (*B. brongniartii*) 造成10% 的西方五月鰓角金龜 (*Melolontha melolontha*) 幼蟲之感染。蘋果蛀心蟲 (*Cydia pomonella*) 幼蟲在樹皮或在土壤中冬眠時，受到真菌感染，為其棲群減少的重要因子。Pristavko *et al.* (1975) 發現越冬幼蟲之85.6% 和25.4% 之蛹受到白殭、黃殭、卵孢白殭菌、頭孢霉菌 (*Cephalosporium sp.*)、黑殭菌和其他菌之感染。與真菌的風土病相反的，流行病卻十分壯觀，很容易被農民和森林工作者所得知。這些疫病之猖獗是受到不同因子，如特別的氣候條件和寄主密度之誘發。蟲霉目的真菌是歐洲蚜蟲的主要病原。新蚜蟲疫霉 (*Erynia neoaphidis*)、暗耳霉 (*Conidiobolus obscurus*)、球孢蟲霉 (*Zoopthora radicans*) 或弗氏新接合霉 (*Neozygites fresenii*)，能顯著地減少在穀物或其他作物之蚜蟲棲群，且時常造成流行病。

McCoy (1981) 報告蠟類受到湯氏多毛菌 (*Hirsutella thompsonii*) 之自然防治，在夏天由於天氣、蠟類、真菌的相互作用，經常發生流行疫病。蠟蚧幹枝孢菌對介殼蟲及粉蟲，綠殭菌對不同的棉花尺蠖均有類似的影響。

很令人驚訝的是，在乾燥或半乾燥地區的國家中，由於不同蟲生真菌造成之流行病亦有所聞。在以色列，害蟲真菌病 (mycoses) 雖然幾乎全部發生在有灌溉之作物上，但亦在所有的植物地理區 (Phytogeographical zone) 被發現。在過去15年間至少有23種真菌被鑑定出來，其中佛州新接合霉 (*N. floridana*)、弗氏新接合霉、綠殭菌和蠟蚧幹枝菌，能有效地防治標的害蟲。

有趣的是一個自然發生的流行病，孢子產生的量，居然和人工施用真菌後之量一樣高。計算每公頃死亡之吹泡蟲 (*Mahanarva posticata*)，並在實驗室估計每隻昆蟲生產黑殭菌之孢子數，顯示每公頃產生之孢子重4.9公斤，或每公頃有 5.96×10^{13} 之孢子。然而在大量飼育昆蟲時，蟲生真菌就成了大害。爲了要保護大量飼育之昆蟲不受真菌之攻擊，可使用特別之殺菌劑，如得恩地 (pomarsol) 或白粉克 (~~karathane~~) 來防治蠟蚧幹枝孢菌，以保護蚜蟲。以蓋普丹 (~~captan~~) 防治黑殭菌，以保護犀角金龜幼蟲。或以免賴得 (benomyl) 防治養蟲箱中之黑殭菌，來保護電光葉蟬 (*Recilia dorsalis*) 和褐飛蟲 (*Nilaparvata lugens*)。

上述的例子指出，昆蟲真菌病原可能是有效而重要的自然防治劑，對我們的耕作系統有保護甚至強化的功能。

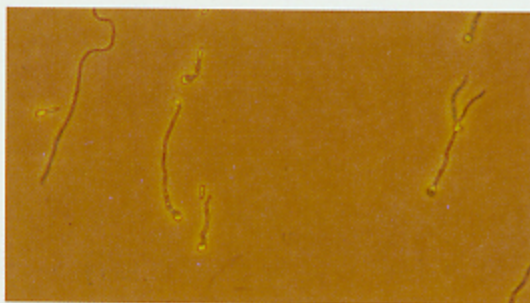
(續)



受白殭菌感染死亡之甘藷蟻象體表
滿佈白色分生孢子



受白殭菌感染死亡之蠅螻體表滿佈白色分生孢子



白殭菌分生孢子發芽情形



自左而右竹涓夜蛾幼虫受綠殭菌感染發病之過程



受綠殭菌感染死亡之斜紋夜盜體表
滿佈翠綠色分生孢子



受黑殭菌感染死亡之斑飛螽體表
滿佈墨綠色分生孢子



受多毛菌感染死亡之水稻
瘤野螟幼虫



斜面培養基上長出多
毛菌之分生孢子柄束