

## 木黴菌在作物病害防治的開發與應用

陳俊位<sup>1\*</sup>、鄧雅靜<sup>2</sup>、蔡宜峯<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場

<sup>2</sup> 朝陽科技大學

\*通訊作者。E-mail: chencwol@tdais.gov.tw

### 摘 要

在農作物栽培過程中使用有益微生物已成為新趨勢，主要功用在於促進植物生長、減少病蟲害、增加農產品產量品質，其它功能尚包含有產生植物賀爾蒙、誘發植物抗病反應、降低土壤酸化、減低土壤鹽類累積、誘使其它有益微生物產生等。目前已有之生物殺菌劑以枯草桿菌、鏈黴菌、木黴菌及黏帚黴菌等為主，主要期能減少農作物病害及農藥殘留為主。近年來本場在相關微生物研究上已獲得若干成果，例如篩選純化出木黴菌 (*Trichoderma asperillum*) 系列菌株，並利用這些菌株研發多項農業生技產品如生物性堆肥、抑菌介質、功能性微生物製劑等，於田間運用成效顯著。這些製劑中 TCT-R1 稻穀菌種與作物根部共生能力強，能幫助作物根系發育，可增加移植存活率，並能除減少苗期病害與幫助作物生長抵抗逆境。結合木黴菌菌種與農業廢棄物如動物糞便、蔗渣、木屑等物質共同醱酵可產製新型生物性堆肥、抑菌介質等，除可改善堆肥介質品質外，並能誘發多種有益微生物，因其內含有大量有益微生物群如木黴菌、枯草桿菌及鏈黴菌等，可使相關產品品質穩定，並因其內所含之相關微生物可群聚作物根圈，能與植物根系共生進而促進養份吸收能力，可達到促進植物生長之目的。結合乳清蛋白、糖蜜醱酵產生的 TCT-LF-N 功能性微生物製劑，製作簡便成本低廉，田間試驗結果除可促進多種作物生長外，並能減少栽培期間病蟲害問題，能提昇作物產量與品質，增加農友之收益。新一代木黴菌微生物製劑結合枯草桿菌與根棲細菌等菌種所開發的複合式功能性微生物製劑與施用方法，更可防治多種病害，田間試驗已可防治甘藍黑腐病、番茄青枯病、水稻稻熱病、紋枯病及白葉枯病、蔬菜苗期立枯病、白粉病、露菌病、茄科疫病、葉黴病、灰黴病、枝枯病、晚疫病及銹病等多種病害，並能促進作物生長提昇產量與品質，使用所研發的微生物製劑除能增加農友的栽培信心外，並可改善農作物生長不良、品質不佳的缺點，對未來生物農藥的

推廣將是一大利器。

**關鍵詞：**根棲微生物、功能性微生物製劑、生物農藥、木黴菌。

## 前 言

臺灣地處亞熱帶氣候區，屬於高濕高熱環境，且地狹人稠又以集約方式進行栽培作業，導致病蟲害更顯猖獗。以往因化學農藥的有效性、廣效性及長效性，因此，農民常施以化學農藥進行病蟲害的預防與防治，以降低田間作物上的病蟲害密度，維持收穫量和品質。但因農民的使用化學農藥進行防治習慣過於頻繁且超量使用，除導致病蟲害產生抗藥性使化學農藥藥效降低外，並因化學農藥生物毒性較高，若因使用不當而殘留於作物導致殘留量過高，易危害終端消費者及導致環境汙染。為改善化學農藥所衍生的問題，歷年來已有多人研究利用有機資材、植物成份及礦物油劑等天然物質與天然素材開發成防治病蟲害的藥劑，以及利用微生物資源開發成生物農藥來進行病蟲害防治。然因此些藥劑或製法繁瑣、或成份不穩定、或價格昂貴、或效果不彰、或保存不易，致使農友在應用上因此而望而卻步，另謀其它有效可行的防治資材與製劑。近年政府推動「精緻農業健康卓越方案」，並推廣有機農業產業，即希望打造健康無毒島的環境，因此發展生物農藥產業，極符合政府目前所立下的願景。因此開發更新型有效的非農藥防治製劑與生物性農藥即為現今的研究趨勢。

### 微生物農藥之研發現況

生物農藥大都由動物、植物、微生物等天然資材所製成，具備專一性、安全性高，且對環境友善，無殘毒問題。**生物性農藥定義**根據美國EPA之定義，生物藥劑依成份而言可包括；1. 微生物性藥劑 (microbial pesticides) 如真菌、細菌、病毒、原生虫 (protoza)、藻類 (algae) 等為主要成份，而這些微生物可能來產自於自然界或是經由人工基因調整改變而來；2. 生化性藥劑 (biochemical pesticides) 如費洛蒙 (pheromones)、賀爾蒙 (hormones)、天然昆蟲或植物生長調解劑 (natural insect or plant growth regulators)、驅蟲劑 (repellents) 以及酵素等當作主要活性成份 (active pesticidal ingredient)；3. 轉基因植物藥劑 (transgenic plant pesticides) 此方面主要是受 Office of Pesticides Program (OPP) 法條規範，依據其定義主要是為了授予或增進藥劑 (pesticide) 產生而引入遺傳物質去改變植物遺傳性者；因此主要活

性成份即被考慮來自於修改或引入遺傳物質所產生之藥劑物質 (pesticidal substance)。而根據農業委員會之定義，生物性農藥（生物製劑）則係指天然物質如動物、植物、微生物及其所衍生之產品，包括「天然素材農藥」、「微生物農藥」、「生化農藥」及基因工程技術產製之微生物農藥。

「微生物農藥」與「天然素材農藥」為目前國家雄才大略發展計畫的標的重點研發對象，天然素材農藥指天然產物不以化學方法精製或再加以合成者，如菸鹼 (nicotine)、除蟲菊精 (pyrethrum)、魚藤精 (rotenone)、藜蘆鹼 (sabadilla, vertrine)、印楝素 (azadirachtin)、皂素 (saponins) 等。上述生物性原料可能先經脫水乾燥等保存處理，壓榨、磨粉、製粒等加工程序，凡不以提高有效成分含量為目的之製程，不視為經化學方法精製。農用微生物製劑係指用於作物病原、害蟲、雜草防治或誘發作物抗性之微生物或其有效成份經由配方所製成之產品，其微生物來源包括：細菌、真菌、病毒和原生動物等，一般由自然界分離所得，唯也可再經人工品系改良，如人為誘變、汰選或遺傳基因改造。微生物農藥 (microbial pesticides) 則包涵細菌、真菌、藻類、原生動物或病毒等具有生物農藥 (bio-pesticide) 功能者，主要期能減少農作物病蟲草害為害為主。

微生物藥劑目前依防治的對象較常被研究與製劑化的菌種分別有：1. 生物性殺蟲劑 (bioinsecticides)：目前較常被使用之微生物者有細菌殺蟲製劑-如蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*)，真菌殺蟲製劑--如黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae*)、白殭菌 (*Beauveria bassiana*)、綠殭菌 (*Nomureae rileyae*)、大鏈壺菌 (*Lagenidium giganteum*)、湯氏多毛菌 (*Hirsutella thompsonii*) 和蠟蚧輪枝孢菌 (*Verticillium lecanii*)，其它尚有病毒製劑如核多角體病毒屬 (Nucleopolyhedro viruses) 和顆粒體病毒屬 (Granulovirus; GV)、線蟲製劑類如斯氏線蟲 (*Steinernimatidae*) 及異小桿線蟲 (*Heterorhabditidae*) 屬的線蟲。2. 生物性殺菌劑 (biofungicides)：目前較常用且有商品化者，有螢光細菌類 (fluorescent *Pseudomonas*)，如 *Burkholderia cepacia* (syn *Pseudomonas cepacia*)、枯草桿菌 (*Bacillus* spp.) 類、木黴菌 (*Trichoderma* spp.)、粘帚黴菌 (*Gliocladium* spp.)、放線菌 (*Streptomyces* spp.) 等，其他則有 *Agrobacterium radiobacter* 及非病原性的 *Fusarium* spp. 與 *Pythium oligandrum* 等。3. 生物性殺草劑 (bioherbicides)：目前以 *Fusarium* spp.、*Phytophthora* sp.、*Xanthomonas* spp.、*Puccinia canaliculata* 和 *Collectotrichum* spp. 等雜草病原菌來抑制雜草研究較多。在國內近年來相關的研發成果亦相當卓著，包括病害防治應用

之枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*)、鏈黴菌 (*Streptomyces* spp.)、螢光假單胞菌 (*Pseudomonas* spp.)、木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 等微生物殺菌劑，以及蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*)、黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae*)、白殭菌 (*Beauveria bassiana*)、綠殭菌 (*Nomuraea rileyi*)、蜡蚧輪枝孢菌 (*Verticillium lecanii*)、核多角體病毒 (*Baculovirus*)、斯氏線蟲 (*Steinonema* spp.) 等多種微生物殺蟲劑。

目前國內生物農藥證有 37 張，其中微生物殺菌劑枯草桿菌 (*Bacillus subtilis* Y1336) 10 張，均為同一原體來源；純白鏈黴菌 (*Streptomyces candidus* strain Y21007-2) 以其產生之純白鏈黴菌素登記 1 張，為本土菌種，木黴菌 1 張以 *Trichoderma virens* strain R42 菌株登記綠木黴菌 (表一)；殺蟲劑則以蘇力菌 24 張為最高，另外甜菜核多角體病毒 1 張，亦為進口產品。生物農藥在我國已深耕多年，101 年農委會農業生物技術領域策略規劃指出我國約有 17 家傳統農藥公司及生技公司投入生物農藥研發，然而我國生物農藥產品及產值並未大量提升，顯見產業發展有其瓶頸。目前國內市場每年農藥用量約 8 千多公噸，生物農藥僅占其中約 5%，顯示仍有很大的成長空間。雖然國內已有相關生物農藥產品登記上市，並且有相當多的學者專家進行菌種篩選與製劑研發，歷年來投入的經費更是可觀，但是實際開發成功的產品仍然有限，顯示目前國內商品化的微生物殺菌劑製劑仍極欠缺。本場進年來亦投入相關具生物防治功能的微生物菌種的搜集與篩選，本報告將針對本場所篩選研發的本土化木黴菌菌種特性與相關衍生性製劑應用於田間之效果作一綜合論述，並期望能加速相關毒理與田間試驗資料建置，以加速生物農藥商品化及產業化的目的。

表一、國內商品化之生物農藥殺菌劑種類

Table 1. Some commercial products of biofungicide available in Taiwan

許可證號碼	普通名稱	廠牌名稱	劑型	含量	廠商名稱	有效日期
農藥製 04764	枯草桿菌	台灣寶	WP 可溼性粉劑	50% $10^9$ cfu/g (51EP)	光華化學股份有限公司	105-05-19
農藥製 05096	枯草桿菌	農會寶	WP 可溼性粉劑	50% $1 \times 10^9$ cfu/g 以上	中華民國農會附設各級農會農化廠	103-12-12
農藥製 05277	枯草桿菌	興農寶	WP 可溼性粉劑	50% $1 \times 10^9$ cfu/g 以上	興農股份有限公司	107-06-29
農藥製 05323	枯草桿菌	台灣水寶	AL 液劑	$\geq 1 \times 10^8$ cfu/ml	百泰生物科技股份有限公司	107-12-16
農藥製 05348	枯草桿菌	金雞牌 賜倍效	AL 液劑	$1 \times 10^{10}$ cfu/ml	沅漢生物科技股份有限公司	108-04-16
農藥製 05454	枯草桿菌	樂農寶	WP 可溼性粉劑	50% $1 \times 10^9$ cfu/g 以上	百泰生物科技股份有限公司	104-06-10
農藥製 05566	枯草桿菌	漢寶牌 培農菌	AL 液劑	$1 \times 10^{10}$ cfu/ml	漢寶工業有限公司	105-12-26
農藥原製 00139	枯草桿菌	台灣寶		$2 \times 10^9$ cfu/g 以上	光華化學股份有限公司	108-07-26
農藥原製 00161	枯草桿菌	樂農寶		$2 \times 10^9$ cfu/g 以上	百泰生物科技股份有限公司	104-06-01
農藥原製 00177	枯草桿菌	沅漢 賜倍效		$1 \times 10^{10}$ cfu/ml	沅漢生物科技股份有限公司	104-04-18
農藥製 05148	純白鏈黴菌素	安心寶	SP 水溶性粉劑	700 PCU/g	百泰生物科技股份有限公司	104-09-13
農藥製 05590	綠木黴菌 R42	根益旺	AP (其他)粉劑	$2 \times 10^8$ cfu/g	寶林生物科技股份有限公司	106-07-01

整理自行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 - 農藥資訊服務網

## 木黴菌之分類地位與特性

木黴菌 (Trichoderma) 屬於絲狀真菌類，是一類普遍存在環境的腐生性真菌，廣泛分佈於土壤、空氣、植物殘骸枯枝落葉及各種醱酵物上，從植物根圈、葉片、種子及球莖表面經常可以分離到，是目前生產與應用最普遍的生物防治的真菌菌種。木黴菌屬於真菌界，無性世代的木黴菌是屬於不完全菌門、絲孢綱、

叢梗孢目、木黴菌屬，有性世代則大多屬子囊菌門、核菌綱、肉座菌目、肉座菌屬。根據比塞特（John Bissett）等的分類法，木黴菌屬可區分成4群，然後各群再細分成多個不同的種。各群的區分主要依據分支的重複性多寡，產孢的形狀，瓶狀枝著生數目、方式與形狀，分生孢子外觀形狀、顏色，以及分生孢子柄的主軸大小來區分。至於不同種之間的區分，則依據菌落生長速度、色素與氣味，產孢形式、顏色與外在菌絲形狀，瓶狀枝著生數目、方式、形狀與大小，分生孢子外觀形狀、大小與顏色，分生孢子柄的再分支狀況、主軸寬度等情況來決定。目前已知無性世代的木黴菌可區分成31種，並依區域區分成不同菌株。

木黴屬（*Trichoderma* (Pers.) Fr.）生長時其菌絲呈無色且分支複雜，分生孢子梗直立或略微彎曲，並可再形成次級分支，其瓶狀孢子梗略呈圓錐狀，著生於分生孢子梗兩側，單生或叢生，而瓶狀孢子則為綠色或黃綠色，圓形或橢圓形，單孢單室，具有黏性，常在瓶梗集結成團；同時也會形成無色的厚膜孢子，細胞外壁光滑，間生或頂生，圓形或卵圓形；木黴菌生長速度很快，菌落呈棉絮狀或緻密外觀，未產生分生孢子時為白色，產生後為綠色。除了觀察形態特徵，查詢檢索表的傳統方式之外，應用分生技術針對 ITS1 與 ITS2 進行序列分析；以及利用 HPLC 圖譜分析木黴菌中二次代謝物所提供的資訊，可以被運用作為分類與鑑定的工具 (Thran et al. 2001)，現依相關特性與基因序列，無性世代的木黴菌已增加至 89 種以上 (表二)。

表二、木黴菌之分類地位

Table 2. The taxonomical position of *Trichoderma*

分類	無性世代 anamorph	有性世代 teleomorph
界 Kingdom	真菌界 Fungi	
門 Phylum	子囊菌門 Ascomycota	子囊菌門 Ascomycota
亞門 Sub-division	不完全菌亞門 Deuteromycotina	盤菌亞門 Pezizomycotina
綱 Class	絲孢綱 Hyphomycetes	核菌綱 Pyrenomycetes
目 Order	叢梗孢目 Moniliales	肉座菌目 Sphariales
科 Family	淡色孢科 Moniliaceae	肉座菌科 Hypocreaceae
屬 Genus	木黴菌屬 <i>Trichoderma</i>	肉座菌屬 <i>Hypocrea</i> Fr.
種 Species	<p><i>Trichoderma</i> species include 89 species: <i>Trichoderma aggressivum</i> 、<i>T. amazonicum</i> 、<i>T. asperellum</i> 、<i>T. atroviride</i> 、<i>T. aureoviride</i> 、<i>T. austrokonigii</i> 、<i>T. brevicompactum</i> 、<i>T. candidum</i> 、<i>T. caribbaeum</i> var. <i>aequatoriale</i> 、<i>T. caribbaeum</i> var. <i>caribbaeum</i> 、<i>T. catoptron</i> 、<i>T. cremeum</i> 、<i>T. ceramicum</i> 、<i>T. cerinum</i> 、<i>T. chlorosporum</i> <i>T. chromospermum</i> 、<i>T. cinnamomeum</i> 、<i>T. citrinoviride</i> 、<i>T. crassum</i> <i>T. cremeum</i> 、<i>T. dingleyeae</i> 、<i>T. dorotheae</i> 、<i>T. effusum</i> 、<i>T. erinaceum</i> 、<i>T. estonicum</i> 、<i>T. fertile</i> 、<i>T. gelatinosus</i> 、<i>T. ghanense</i> <i>T. hamatum</i> 、<i>T. harzianum</i> 、<i>T. helicum</i> 、<i>T. intricatum</i> 、<i>T. konilangbra</i> 、<i>T. konigii</i> 、<i>T. konigiopsis</i> 、<i>T. longibrachiatum</i> <i>T. longipile</i> 、<i>T. minutisporum</i> 、<i>T. oblongisporum</i> 、<i>T. ovalisporum</i> 、<i>T. petersenii</i> 、<i>T. phyllostahydis</i> 、<i>T. piluliferum</i> 、<i>T. pleurotica</i> 、<i>T. pleurotum</i> 、<i>T. polysporum</i> 、<i>T. pseudokonigii</i> 、<i>T. pubescens</i> 、<i>T. reesei</i> 、<i>T. rogersonii</i> 、<i>T. rossicum</i> 、<i>T. saturnisporum</i> 、<i>T. sinensis</i> <i>T. sinuosum</i> 、<i>T. sp. MA 3642</i> 、<i>T. sp. PPRI 3559</i> 、<i>T. spirale</i> 、<i>T. stramineum</i> 、<i>T. strigosum</i> 、<i>T. stromaticum</i> 、<i>T. surrotundum</i> 、<i>T. taiwanense</i> 、<i>T. thailandicum</i> 、<i>T. thelephoricolum</i> 、<i>T. theobromicola</i> <i>T. tomentosum</i> 、<i>T. velutinum</i> 、<i>T. virens</i> 、<i>T. viride</i> 、<i>T. viridescens</i></p>	

## 木黴菌之生物防治功能與作用機制

在應用作物病原拮抗微生物中，木黴菌屬 (*Trichoderma* spp.) 為真菌中最常被使用的微生物之一 (Harman et al. 1989; Lo et al. 1996, 1997)。木黴菌至少對 18 個屬的 29 種病原真菌有拮抗作用。已用於生物防治研究的木黴菌有 8 種，即哈茨木黴菌 (*T. harzianum*)、鉤狀木黴菌 (*T. hamatum*)、長枝木黴菌 (*T. longibrachiatum*)、康氏木黴菌 (*T. koningii*)、綠色木黴菌 (*T. viride*)、黏帚黴菌 (*Gliocladium virens*)、多孢木黴菌 (*T. polysporum*)、*T. asperellum*。其它有被運用於其它病害防治試驗的菌株尚包含有 *T. atroviride*、*T. aureoviride*、*T. brevicompactum*、*T. ghanense*、*T. glaucum*、*T. longibrachiatum*、*T. piluliferum*、*T. pseudokoningii*、*T. virens* 及 *T. reesei*。

依文獻所載可被木黴菌防治的病原病害包括镰孢菌引起的萎凋、根腐病，如蔬菜萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*)、綠豆萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*)、棉花萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) 及 *Fusarium solani*、*F. colmorum* 所引起的根腐病；*Rhizoctonia solani* 引起的莖腐病；*Pythium* spp. 如 *Pythium debaryanum* 造成白菜、瓜類、棉花、番茄、茄子、煙草、人參、高粱及玉米等作物之猝倒病及根腐病；*Phytophthora citrophthora* 引起的檸檬樹根腐病、芋頭疫病 (*P. colocasiae*) 及 *P. parasitica* and *P. cinnamomi* 引起的蔬菜疫病 (*Phytophthora blight*)；其他如 *Heterobasidium annosum*；*Armillaria mellea*；*Ceratocystis ulmi* 及 *Chondrostereum purpureum* 及 *Phellinus* spp. 所引起之根腐病；*Sclerotium rolfsii* 所引起的白絹病；*Sclerotium cepivorum* 及 *Sclerotinia* spp. 所引起的菌核病；*Plasmodiophora brassica* 所引起的十字花科作物根瘤病；根瘤線蟲 *Meloidogyne* spp. 所引起的作物根瘤病；*Botrytis cinerea* 所引起的作物 (包括草莓、葡萄及花卉) 的灰黴病以及 *Collectotrichum* spp. 所引起的炭疽病。近年來更多的病害種類如芒果莖腐及基腐病 (*Diplodia natalensis*)、蔬菜綠豆葉斑病菌 (*Cercospora canescens*)、黑胡椒疫病 (*Phytophthora capsici*)、香蕉冠腐病菌 (*Fusarium moniliforme*、*F. verticillioides*)、香蕉寄生性線蟲 (*Meloidogyne incognita*、*Radopholus similis*、*Helicotylenchus multicinctus*)，番茄晚疫病 (*Phytophthora infestans*)、番茄青枯病 (*Ralstonia solanacearum*)、番茄早疫病菌 (*Alternaria solani*)、玉米倉儲黃麴黴菌 (*Aspergillus flavus*)、洋蔥粉色根腐病



菌 (*Phoma terrestris*)、香蕉焦腐病 *Lasiodiplodia theobromae* (*Botryodiplodia theobromae*)、十字花科黑斑病 (*Alternaria brassicae*)、番薯 tuber rot (*Lasiodiplodia theobromae*) 及木瓜黴腐病 (*Rhizopus stolonifer*) 亦已發現可利用木黴菌來防治。

木黴菌可以抑制或防治作物病原菌害的主要機制，通常歸類成下列 5 大類：抗生素的產生、營養競爭、超寄生、細胞壁分解酵素及誘導植物產生抗性。木黴菌對植物病原菌的拮抗作用包括多種機制，如抗生作用 (antibiosis)、超寄生作用 (mycoparasitic or hyperparasitism) 及競生作用 (competition)。其中，最為人所知的例子是木黴菌會超寄生於立枯絲核菌；競生作用則包括對營養與生存空間的競爭，木黴菌可以產生揮發性或非揮發性的抗生物質，如 trichothecene、trichodermin、gliotoxin、viridian 及 peptid antibiotics 等，這些抗生物質可以抑制病原菌生長 (Gupta et al. 1999; Harman et al. 2004; Naseby et al. 2000; Lewis & Lumsden 2001; Vazquez et al. 2000; Werner et al. 2002; Inbar et al. 1996)。

#### 木黴菌可以抑制或防治作物病原菌害的主要機制：

1. 抗生素的產生：木黴菌中可產生抗生素來防治病害，以產生 gliotoxin 和 gliovirin 的報告最多，主要防治對象以立枯絲核病菌、腐霉菌和疫病菌引起的病害為主。木黴菌產生的抗生素和病害防治能力無直接關聯時，若和水解酵素組合，則可能增強木黴菌的拮抗作用。例如木黴菌可產生細胞壁分解酵素和 peptaibol 抗生素，若抗生素和幾丁質分解酵素組合，可促進抑制真菌孢子發芽和菌絲生長的作用。木黴菌在生長過程中可產生多種拮抗性化學物質，這些物質包括揮發性抗生素和非揮發性抗生素，在 pH 值低時尤其如此。1932 年 Weindling 確定木素木黴產生一種稱為膠黴素 gliotoxin 的抗菌物質，隨後多種抗生素和胞外酶相繼被分離和鑒定。木黴菌產生的抗真菌代謝產物至少有 32 種以上。多數種類可產生不止一種抗生素，如哈茨木黴菌 12 種，康氏木黴 9 種，綠色木黴 10 種，鉤狀木黴菌 7 種，長枝木黴菌 3 種，多孢木黴菌 2 種，木素木黴菌 2 種。木黴菌在培養中產生的抗菌類物質有木黴素、膠黴素、綠啞和抗菌肽以及揮發性抗菌素—乙醛。這些抗生素的化學性質各不相同，包括了戊酮，辛酮，類萜，多肽和氨基酸衍生物等幾大類。木黴菌產生的抗菌素與真菌寄生作用的關係不大，它所產生的各種酶與其生存

和侵染植物病原菌有關。Horace 研究哈茨木黴菌對立枯絲核菌的防治機制之一 是產生揮發性抗生素，其主要成分為六戊烷基吡喃和戊烯基吡喃，具有椰子香味。Bruckner 等從長枝木黴菌 (*T. longibrachiatum*) 和綠色木霉菌中分離提純了一組特殊的抗菌肽，分別為 trichobrachin 和 trichovirin，並測定了其氨基酸序列；Dennis 等還報導了木霉菌產生的一種揮發性乙醛對病原真菌具有抗性。

2. 營養競爭：在營養競爭方面，利用木黴菌做種子處理，可減少 25% 玉米根的電解質流失，因而減輕苗枯病的發生。這個因子歸因於減少病原菌孢子發芽所需的養分，消耗如鐵、氮、碳、氧或其他適宜病原菌生長的微量元素，可以限制病原菌的生長、發芽或代謝。這個因子歸因於減少病原菌孢子發芽所需的養分，而所減少的養分可能被木黴菌奪取或阻斷。類似情形則發現木黴菌可纏繞在作物根部受傷處。
3. 細胞壁分解酵素：在細胞壁分解酵素方面，一般認為細胞壁分解酵素在抑制病害上扮演著重要角色。單獨或組合使用幾丁質分解酵素或多醣分解酵素，可直接分解真菌細胞壁。缺乏幾丁質分解酵素的突變菌株，抑制病原菌孢子發芽能力及病害防治能力會降低。當這個幾丁質分解酵素基因被引入無病害防治能力的大腸桿菌菌株中，這個轉殖的菌株可減少大豆白絹病的發生。最近有一些轉殖植物含有來自木黴菌的幾丁質分解酵素，對病原菌的抵抗力因而增加。幾丁質分解酵素除存在於木黴菌中之外，尚可存在於植物體、放線菌、細菌和其他真菌中。
4. 超寄生：在超寄生方面，以木黴菌的超寄生病原菌菌絲為例，它的過程為首先木黴菌識別到由該植物病原性真菌病原體釋放的小分子物質 (small molecules, peptides)，在雙方菌絲接觸前，這些小分子可以由木黴菌分泌的蛋白酶 (proteases) 作用下影響病原菌菌絲所釋放，這些分子可以結合到木黴菌菌絲表面的 G 蛋白偶聯受體 (G protein-coupled receptors, 如 GPR1) 或氮素感受體 (nitrogen-sensing receptors)。這些訊息子引發信號活化 G 蛋白和絲裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinases, MAPKs) 的作用，及調節作為尚未未知轉錄因子 (transcription factors, TFs) 的活動。這些因子提高基因活化提昇次級代謝產物的生合成和細胞壁溶解酶的產生，進而分解

病原菌細胞壁。木黴菌藉由病菌產生的聚血素（lectins）和表面擁有的碳水化合物接收器進行接觸作用，即木黴菌生長趨向可產生化學刺激物的病原菌。在同一時間，在病原菌形成次生代謝物和激活態氧（reactive oxygen species, ROS）對木黴菌造成毒害防禦其侵入，但木黴菌產生相關物質減輕病原菌的反擊，最後產生類似附著器的構造侵入真菌細胞完成寄生作用。

5. 誘導植物產生抗性：在誘導植物產生抗性方面，木黴菌菌絲會釋放部分合成物誘發植物產生系統性抗病反應。木黴菌在植物根圈作用，可提昇植物抗逆境、提昇光合作用效率及養份利用效率。木黴菌所產生 peptaibols 和 cerato-platanin (Epl1) 可誘導植物產生系統抗性，並使植物產生過氧化氫酶（hydroperoxide lyase），過氧化物酶（peroxidase）和苯丙氨酸解氨酶（phenylalanine ammonia lyase）可誘導木質化（lignification）增強抗病能力。木聚醣酶 EIX（xylanase Eix）並進一步誘發植物防禦反應。1-氨基環丙烷-1-羧酸（AAC）脫氨酶（1-aminocyclopropane-1-carboxylic-acid (AAC) deaminase）的產生將抑制植物乙烯的形成，此導致根的生長增強，木黴菌所分泌的氨水解酶（nitrilase）可幫助生長素吲哚乙酸（IAA）的形成並協助吸收蔗糖作為碳源，可幫助植物的根更快生長，其所產生的幾丁質酶可破壞土壤中的線蟲對植物根系的危害，因此植物養分吸收充足進而可供應系統性抗病反應所需的能量，而達到保護的效果。Yedidia *et.al.*觀察到哈茨木黴菌穿入黃瓜根部主要抑制了根部表皮和外表皮，在真菌刺穿位點外發現形成障礙的沉積物，壁添加物包括大量胍氫質。生物化學分析顯示，接種木黴可分別在 48、72 小時提高過氧化物酶、幾丁質酶的活性。哈茨木黴菌處理根、葉明顯誘導黃瓜的抗性形成，哈茨木黴菌可以代謝產生木聚糖酶，植物在木聚糖酶作用下，具有明顯的防禦反應， $K^+$ 、 $H^+$ 、 $Ca^{2+}$  離子通道打開，合成乙烯以及積累 PR 蛋白等。哈茨木黴菌產生幾丁質酶和  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶在抗植物病原真菌中發揮重要作用。可以啟動植物的防禦反應，導致植物產生和積累與抗病性有關的酚類化合物和木質素等。同時木黴菌產生的蛋白酶能使消解植物細胞壁的病原菌降解，直接抑制病原菌萌發，使病原菌的酶鈍化，阻止病原菌侵入植物細胞。

## 木黴菌應用在作物病害防治

木黴菌對一些土壤傳播植物病原菌的防治具有很好的效果，Naseby 等針對在

豆子會引起病害的腐霉病菌，運用五株木黴菌株進行生物防治，腐霉病菌會降低豆子發芽率並減少根長、側根數與根瘤數，同時會顯著降低枝條的乾、鮮重，而且明顯增加根域土壤中的真菌數量，接種木黴菌可以降低植物受傷的程度以及碳的滲漏，結果顯示以代號 T4 和 N47 的木黴菌最為有效，在有腐霉菌為害的情況下，可以降低受傷的程度，而無腐霉菌為害時，則有促進植物生長的效果 (Naseby et al. 2000; Harman et al. 2004)。此外，利用特定調配的無土介質，並經發酵生產的木黴菌接種源 (VBA-FB)，不需在無菌的環境中就可對立枯絲核菌進行防治，VBA-FB 中代號 TRI-4 和 GL-3 的菌株，可以減輕茄子、百日草、小黃瓜、甘藍與辣椒因為立枯絲核菌所引起的倒伏病害 (Lewis & Lumsden 2001; Harman et al. 2004)。Elad 以 *T. harzianum* T-39 這個最常用於商業的生物防治劑的菌種，針對四種會對在溫室栽培的小黃瓜葉片造成病害的病原菌進行防治，可以有效控制病害的發生，減輕葉片受害的情形。然而，其生物防治並不是單純以超寄生或抗生的方法進行防治，而是多方面配合包括對植物、真菌與病原菌及土壤中一些酵素的活性等因素 (Elad 2000; Harman et al. 2004)。木黴菌的生物防治效果在眾多實驗中已經得到證實。利用木黴菌防治由立枯病、腐霉菌、白絹病菌、鐮刀菌等引起的棉花、杜仲、人參、三七等的幼苗立枯病以及茉莉、花生和辣椒的白絹病和番茄的猝倒病等，在各種小型試驗中已獲得較好的防治效果。國內外許多學者還將木黴菌用於防治水稻的紋枯病。此外，木黴菌還可以用於葉面、花器和果實的保護，在葡萄園內用綠色木黴菌的孢子液於始花期至收穫期間噴施，可以降低灰霉病菌引起的枝條腐爛以及果實在貯藏期的腐爛有效防治了灰霉病。目前，生產上常用的木黴菌製劑多為它的孢子製劑，將木黴菌醱酵製成孢子製劑進行種子包衣或土壤處理可以有效地防治苗期病害。

## 木黴菌製劑及在生物防治上之技術應用

目前各國已將常用之木黴菌菌株如 *Trichoderma virens* (G-20)、*T. koningii*、*T. harzianum* (ATCC36042, T-39, T-22)、*Trichoderma viride*、*T. polysporum*、*Trichoderma* sp. various (T-382) 等開發成生物製劑。現已有多種產品問市，如 Soil Guard 12G™、Rootshield™、BioTrek 22G™、Supresivit™、T-22、T-22 HC、T22G™、T22HB™、Promot™、Trichoderma 2000、Trichodex™、Binab™、Trichopel、Trichojet、Trichodowels、Trichseal™、Trichostar、HARZINA GOLD、Gmax Tricon、Trichodermiside、BHOOMIKA<sup>(R)</sup>、Tricho-shield Combat、PL POWER、TRILEX™ FL、PlantShield® HC、RootShield® WP、RootShield® Granules、RootShield® PLUS<sup>+</sup>

WP、RootShield® PLUS<sup>+</sup> Granules、PlantShield® HC、TurfShield® PLUS（表三）。國內以生物農藥登記上市者亦有 1 種（根益旺-綠木黴菌R-42）。這些製劑以粉劑、液劑及粒劑為較常使用的劑型，另外亦有以栓劑劑型上市。

這些製劑依其劑型分別有不同使用方式，如土壤處理者可將木黴菌固體醱酵後拌成土壤添加劑，可防治豇豆立枯病和枯萎病，防治效果達 80% 以上。水稻紋枯病是水稻的重要病害之一，中興大學研究人員發展出把粘帚黴菌 G-8 菌株的厚膜孢子製成可飄浮性粒劑，施用於水稻田，對水稻紋枯病具有防治效果。粘帚黴菌製成的粒劑（商品名 SoilGard）在美國登記，可用於溫室中防治腐霉病菌及立枯絲核菌引起的種苗猝倒病，在田間可降低胡蘿蔔和番茄的白絹病害，增加產量。Elad et al. (1980) 把在麥麩、木屑混合物上培養的哈茨木黴菌施入帶有立枯絲核菌和白絹菌的土壤中，不儘可以使菜豆立枯病的發病延遲 60 天左右，而且減輕了危害，菜豆平均增產 2%，同樣也使棉花病害和番茄病害的發病率分別減輕了 50% 和 20%。Root Pro™ 是由 Mycontrol 公司新近研發的一種施用蔬菜育苗床使用的土壤處理劑，用含有木黴菌的 Root Pro™ 土壤處理劑與苗床按 1:100 的比例均勻攪拌，然後播種，可以有效地防治由腐霉菌、立枯絲核菌、菌核病菌、尖孢镰刀菌及格孢菌等土壤傳播病原菌引起的苗期病害。種子處理則可將木黴菌製劑在播種前每千克種子用 10g 菌粉拌種，防治溫室黃瓜根腐病，防治效果達 50%。另外，用木黴菌作種子粉衣，對於防治苗木出土前和出土後的猝倒病有特效。將木黴菌菌粉或  $5 \times 10^8$  億個/ml 分生孢子製成粉衣劑(可用甲基纖維素作黏著劑) 拌種，可以有  $5 \times 10^8$  億個/ml 效地防治菜豆、蕃茄、辣椒和棉花等作物的猝倒病。而在葉面果實噴施上，木黴菌製劑不儘可以有效地防治土壤傳播病害，而且對於枝、葉、果實的病害也有較好的防治效果。大陸地區利用木黴菌 T5 菌株的孢子懸液防治草莓灰霉病，防治效果可與常用的化學農藥相比，其防治效果均在 80% 以上，而且利用這種生物防治製劑無殘毒、無污染、使用安全，在草莓等鮮食果品生產中具有較大的推廣價值。以色列 Makhteshim Agan 公司開發的以哈茨木黴菌 T39 菌株為發酵液的生物防治制劑 Trichodex，為 25% 的可濕性粉劑，可以用於防治灰霉病、苗枯病、露菌病和白粉病等葉部病害及果實在貯藏期的腐爛。與殺菌劑結合使用為農友較願意使用的方式，但要考慮其藥劑種類。木黴菌和殺菌劑組合應用可以明顯增強生物防治效果，同時減少殺菌劑的用量，減少環境污染，降低農藥殘留量，減輕對環境中有益微生物的破壞。木黴菌作一種腐生真菌，通常要比致病真菌能抵抗一些極端的理化逆境；木黴菌對應廣效性殺菌劑有較強的耐性，而且在被處理的土壤中木黴菌還比其他真菌繁殖迅速，而病原菌和土壤微生物族

群可被化學農藥所減弱，因此使木黴菌防治效果更好。如在用土壤燻蒸劑殺菌劑處理土壤後，施入木黴菌製劑，可以在人工控制和本田條件下防止病原菌的再侵染，此可提高了對花生立枯絲核菌和白絹菌的防治效果。這種木黴菌與殺菌劑結合的防治方法，一方面可以減少殺菌劑的用量及殘留量；另一方面可以提高生物防治製劑的效果。其他使用的方法如紐西蘭已經登記 3 種控制果樹銀葉病的木黴菌製劑，這些製劑均採用木黴菌複合菌株『*Trichoderma harzianum* + *Trichoderma viride*』組合，製成木栓以注射或塗抹傷口的方法使用。大陸地區也曾對染有輪紋病菌的的蘋果枝條打孔，注射木黴菌孢子液，取得了良好的防治蘋果輪紋病的效果。

表三、木黴菌商品化產品

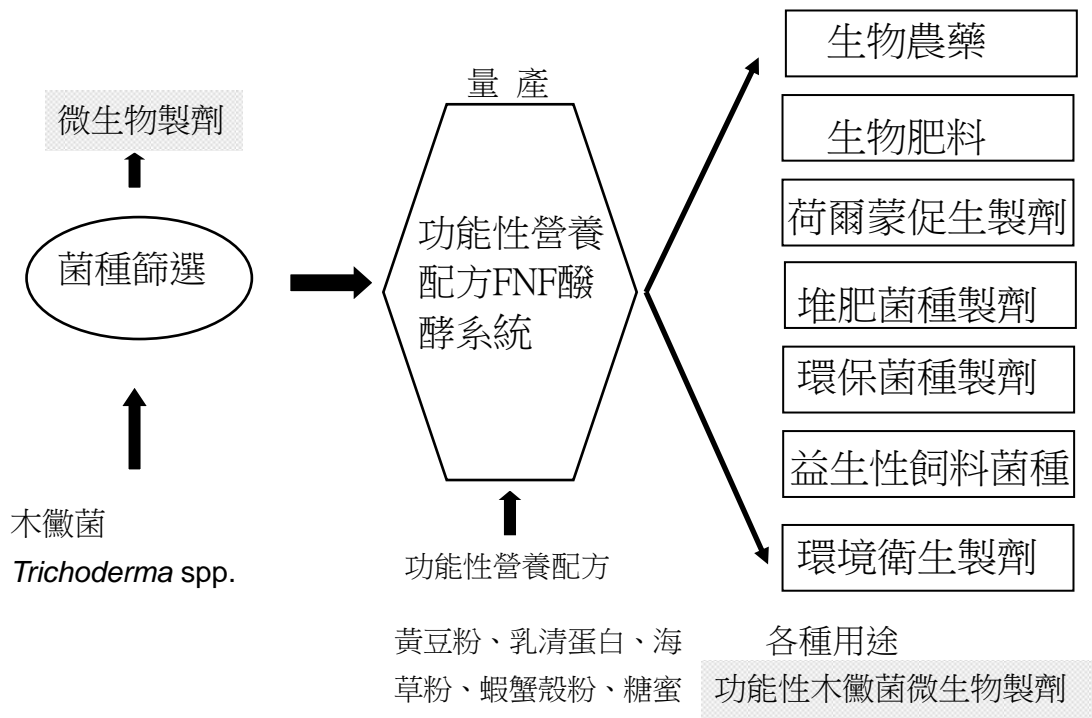
Table 3. Commercial *Trichoderma*-based products registered for use against plant diseases

Trade Name	<i>Trichoderma</i> species	Country Registered
Binab T™	<i>T. harzianum</i> & <i>T. polysporum</i>	Sweden, UK, USA
Bio Fungus™ (formerly Anti-Fungus)	<i>Trichoderma</i> spp.	Belgium
EcoSOM™	<i>T. viride</i>	India
RootShield™	<i>T. harzianum</i>	USA
( <i>a.k.a.</i> T-22G, T-22 Planter Box, Bio-Trek)		
Root Pro™	<i>T. harzianum</i>	Israel
Supresivit™	<i>T. harzianum</i>	Czech Republic
Trichodex™	<i>T. harzianum</i>	Italy, Israel, USA
Trieco™	<i>T. viride</i>	India
Trichoderma 2000™	<i>Trichoderma</i> sp.	Israel
Trichopel™	<i>T. harzianum</i> & <i>T. viride</i>	New Zealand
( <i>a.k.a.</i> Trichojet, Trichodowels, Trichoseal)		

## 功能性木黴菌微生物製劑之開發與應用

微生物菌種與生物農藥製劑目前在市面上所販售的產品大多以孢子狀態、菌絲繁殖體配合佐劑或增量劑包裝，由於菌量數目高，售價往往不低，且相關製劑產品樹架壽命、菌種活力常受限於儲藏環境、溫度條件、添加物成份等因子而影響，且使用方式往往因菌種不同而有不同的使用方法及條件，此常影響田間使用的效果。因此在微生物製劑的開發上，相關繁殖技術、培養配方、生產劑型將決定微生物製劑往後之使用範圍及效果。

功能性木黴菌微生物製劑為新一代的生物製劑，其係將菌種結合繁殖資材及使用目的，開發出適合各種不同目的使用者的產品（圖一）。不同的木黴菌菌種本身在繁殖過程中即會產生多種代謝產物及衍生物，這些產物包含有供應植物生長的養份、氨基酸、荷爾蒙、抗生素及二次代謝產物等，依使用的用途可應用在農業、畜牧業、養殖業、環保、醫療、衛生消毒及再生能源等產業上，利用菌種結合功能性營養配方（FNF）可產出上述多種用途的產品。



圖一、功能性木黴菌微生物製劑可針對目的開發成多種產品。

## 木黴菌 TCT-R1 稻穀菌種的特性

本場經多年研究，已開發多種有益微生物應用於有機農業上，其中木黴菌 *Trichoderma asperillum* TCT-N 系列菌株已研發多項產品如生物性堆肥(蔡 et al. 2007)、介質、微生物製劑等於田間運用成效顯著。TCT-R1 稻穀菌種 (圖二) 為首先開發之製劑，其與作物根部共生能力強，能幫助作物根系發育，除可減少苗期病害外並能幫助作物抵抗逆境 (圖三)，添加木黴菌處理設施介質可減少作物死亡並有提昇產量品質之效益 (表四)，而且可在其環境中存活 (表五)。其它功能包括能促進植物生長、增加產量、提昇品質，可幫助農友提高作物產量及收益。運用稻穀培養木黴菌，在國內外尚未有人利用來培養，目前生產木黴菌大多利用液體醱酵培養，以厚膜孢子進行量產。或以脫殼後之米粒培養微生物，但因米粒內營養成份影響，及水份太多米粒會軟化聚黏影響通氣性，使微生物生長不良，若水分太少則微生物因缺水而無法正常生長，固態醱酵培養因生產技術無法突破而鮮少人使用。本場所研發之穀粒培養基，由於消毒完全且穀粒外殼完整，供試微生物要利用穀粒內米粒養分時要能產生纖維分解酵素，分解部份外殼後利用米粒養分，菌絲纏繞後在稻穀外殼即可形成綠色木黴菌孢子。所製備之 TCT-R1 木黴菌稻穀菌種特性為好氣性、具纖維分解酵素、低單糖類需求微生物。本項產品除利用相關技術突破木黴菌固態培養瓶頸外，並具高再生性及儲存期長等優勢。所製備之稻穀菌種因穀粒完整具高再生性，在沖洗外殼所附之孢子後，即可覆蓋保濕再生成孢子重覆繁殖 2-3 次，孢子數皆可維持在  $10^9$  spore/g 左右。另並具高低溫儲藏性，製備好之菌種儲存在  $-30^{\circ}\text{C}$  低溫保存箱中，活性可維持 2 年以上，且孢子活性無衰退情形，本稻穀菌種比市面上以厚膜孢子製品之儲存時間增加一倍以上，耐低溫性優於其他產品，耐堆肥醱酵高溫能力強過其它產品，菌種再生性則為國內其他孢子產品無法競爭之獨特性。本菌種除可當育苗時之幼苗發根接種劑外，經使用於堆肥醱酵尚可快速分解堆肥資材，使材料快速腐熟外，且菌種尚仍存活在堆肥中，除可使堆肥成品成份提升穩定外，並可供作物生長使用，為其他產品無法競爭的特點 (蔡 et al. 2005)。此外木黴菌 TCT-R1 稻穀菌種尚可當液肥醱酵菌種，配合有機資材可生產有機液菌肥，目前已開發多種產品 (表三)。





圖二、TCT-R1 稻穀菌種。



圖三、木黴菌接種番茄對抗淹水逆境之效益（左：處理組、右：對照組）。

Fig. 3. Preliminary test data showed *Trichoderma* spp. strains had the ability to promote plant growth under water stress.

表四、設施栽培處理木黴菌後對花胡瓜三連作後產量性狀之影響

設施處理	介質處理	菌種處理	單株總果數 (條)	單株總果重 (公斤)	單果重 (公克)	果長 (公分)	畸形果 (%)	死亡率 (%)
塑膠布遮雨棚	植床耕	T	76.4	5.61	72.8	16.7	11.8	0
		CK	64.2	4.86	77.0	16.8	12.6	14.3
雨棚	介質袋耕	T	55.2	4.32	78.3	17.0	13.4	4.1
		CK	43.5	3.45	77.8	16.9	10.3	20.8

註： T—木黴菌 *Trichoderma asperillum*，CK—對照

表五、木黴菌添加在花胡瓜介質耕連作後族群變化探討

	有益微生物 添加處理	栽培設施	介質中有益微生物添加後之 含菌量		連作三次介質中有益微生物之 含菌量	
			枯草桿菌 (cfu/ml)	木黴菌 (prog/g)	枯草桿菌 (cfu/ml)	木黴菌 (prog/g)
植床耕	枯草桿菌	塑膠溫室區	$3.2 \times 10^7$	--	$8.8 \times 10^5$	$1.6 \times 10^2$
		露天栽培區	$3.2 \times 10^7$	--	$1.1 \times 10^5$	$3.7 \times 10^3$
	木黴菌	塑膠溫室區	--	$5.6 \times 10^6$	$3.1 \times 10^4$	$3.1 \times 10^4$
		露天栽培區	--	$5.6 \times 10^6$	$3.7 \times 10^4$	$5.3 \times 10^4$
	對照組	塑膠溫室區	--	--	$1.6 \times 10^3$	$1.2 \times 10^2$
		露天栽培區	--	--	$1.6 \times 10^3$	$1.2 \times 10^2$
袋植耕	枯草桿菌	塑膠溫室區	$3.2 \times 10^7$	--	$1.2 \times 10^5$	--
		露天栽培區	$3.2 \times 10^7$	--	$1.0 \times 10^5$	--
	木黴菌	塑膠溫室區	--	$5.6 \times 10^6$	$1.7 \times 10^2$	$2.7 \times 10^3$
		露天栽培區	--	$5.6 \times 10^6$	$1.1 \times 10^2$	$5.6 \times 10^3$
	對照	塑膠溫室區	--	--	$1.1 \times 10^2$	--
		露天栽培區	--	--	$1.0 \times 10^2$	--

註： BS—枯草桿菌，T—*Trichoderma asperillum*，CK—對照，PP—塑膠布遮雨棚，OF—露天



圖四、利用木黴菌可製造品質優良的功能性生物液態製劑及堆肥。

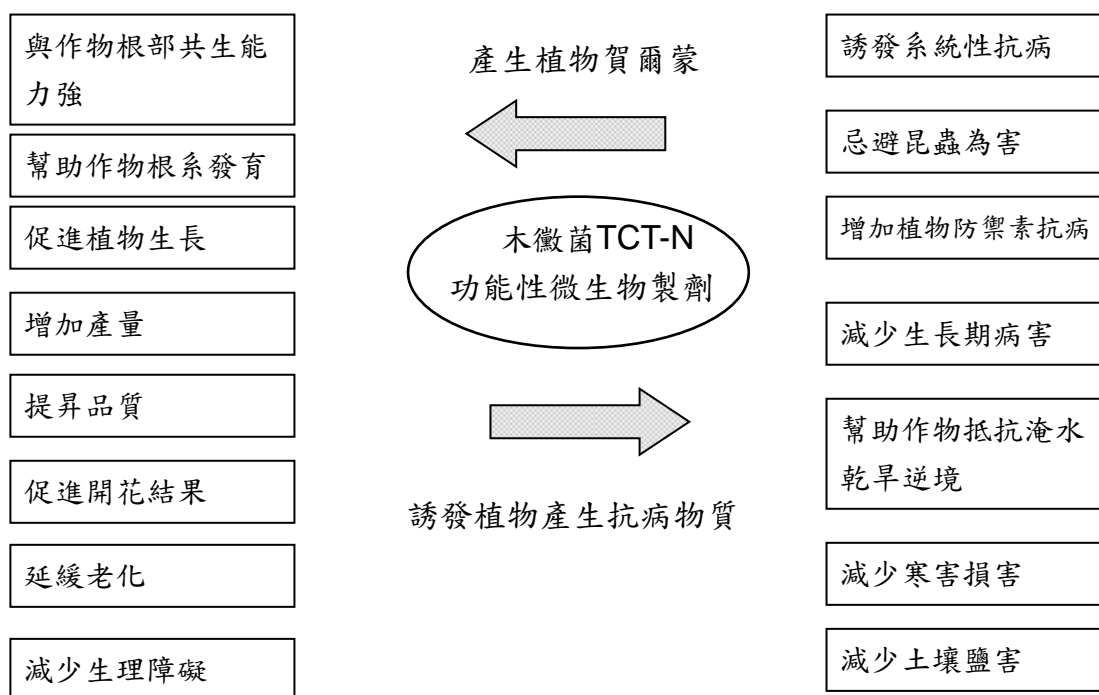
表六、木黴菌 *Trichoderma asperillum* TCT-N 系列產品

Table. 6 Products of *Trichoderma asperillum* TCT-N

微生物菌種	生物性堆肥	介質	高效液菌肥
福壽活麗送-2 號 (TCT103)	福壽大自然基肥-蔗渣 木屑堆肥	福壽-中改 3 號蔬果 栽培介質	金新隆有機液肥
昔得 TCT301 菌株	昔得新型生物性牛糞 堆肥	田酪豐田一號堆肥 介質	農寶-穀寶有機高效 肥
台中市農會生物 性廚餘堆肥菌種	田園有機高效肥- 田園特 1 號及 3 號		

### 木黴菌 *Trichoderma asperillum* TCT-N 系列產品之開發與應用

功能性微生物製劑 *Trichoderma asperillum* TCT-N 可產生植物賀爾蒙及多種代謝產物，除菌種與作物根部共生能力強外，能幫助作物根系發育，促進植物生長、開花結果、增加產量及提昇品質，此外並能減緩老化延長作物採收時間。另者該製劑尚能誘發植物產生抗病物質，可誘發植物產生系統性抗病能力，或增加植物防禦素以減少生長期病害，此外尚可忌避昆蟲減輕為害，對惡劣環境可幫助作物抵抗淹水、乾旱等逆境，並能減少寒害損害及減少土壤鹽害等問題（圖十）。



圖五、*Trichoderma asperillum* TCT-N 功能性微生物製劑之特性。

結合木黴菌與營養物質如乳清蛋白、糖蜜醱酵產生的 TCT-N 功能性微生物製劑，製作簡便且成本低廉，相關製劑已運用在多種作物之栽培管理上(表四)。目前所開發的三種木黴菌製劑依田間施用結果可分：1. TCT-LF-1 生長液菌肥：田間試驗結果發現可促進多種作物生長，能減少苗期病害，增加作物分蘗數、開花數及有效穗數（圖六），能提昇產量與品質，並有抗倒伏及促使開花及孕穗期一致性之效果。此外施用於水稻上可減少水稻稻熱病、紋枯病及白葉枯病之發生與危害。2. TCT-LF-2C 病害抑制有機液肥：在蔬菜上可減少苗期立枯病（圖七）、甘藍黑腐病（表八），洋香瓜白粉病（圖八）、胡瓜苗期立枯病、白粉病、露菌病（圖九、十）及疫病，番茄及彩椒苗期立枯病、白粉病、葉黴病、枝枯病、晚疫病，韭菜銹病等多種病害，在其它果樹作物或花卉作物的病害防治上亦有效果。3. TCT-LF-3D 殺蟲速效有機液肥：能提昇植物抗病能力及昆蟲忌避能力，並可殺死鱗翅目幼蟲、紅蜘蛛、粉蝨、薊馬等害蟲，搭配蘇力菌施用效果更加顯著（表三）。TCT-N 功能性微生物製劑除可減少作物病害發生外，並能促進植物生長、提昇品質及產量及增強抗病能力。

表七、*Trichoderma asperillum* TCT-N 製劑可應用之作物種類及功能

TCT-N 微生物製劑	使用作物	功 能
TCT-R1 稻穀菌種	禾本科：水稻、玉米、茭白筍 十字花科：甘藍、結球白菜及其它葉菜 茄科：番茄、彩椒、青椒、	促進根系發育 提昇幼苗移植存活率 促進開花結果 抗淹水逆境 抗幼苗立枯病 液肥、堆肥醱酵菌種
TCT-LF-1 生長液菌肥	辣椒、茄子 葫蘆科：胡瓜、苦瓜、絲瓜、南瓜 豆科：敏豆	促進生長、提高開花及產量、改善品質、提昇植物抗病能力及昆蟲忌避能力
TCT-LF-2C 病害抑制製劑	葡萄、柑橘、甜柿、梨、木瓜、蝴蝶蘭、文心蘭、蝴蝶蘭、國蘭、玫瑰、洋	抑制立枯病、露菌病、白粉病、銹病、黑腐病、潰瘍病、基腐病、莖腐病等
TCT-LF-3D 殺蟲速效配方	桔梗、海芋、非洲菊、茗葉、茶	殺死鱗翅目幼蟲、紅蜘蛛、粉蝨、薊馬



圖六、TCT-LF-1 生長液菌肥可促進作物生長、開花提昇產量品質。

表八、施用木黴菌枯草桿菌生長液菌肥對田間甘藍黑腐病及產量之影響

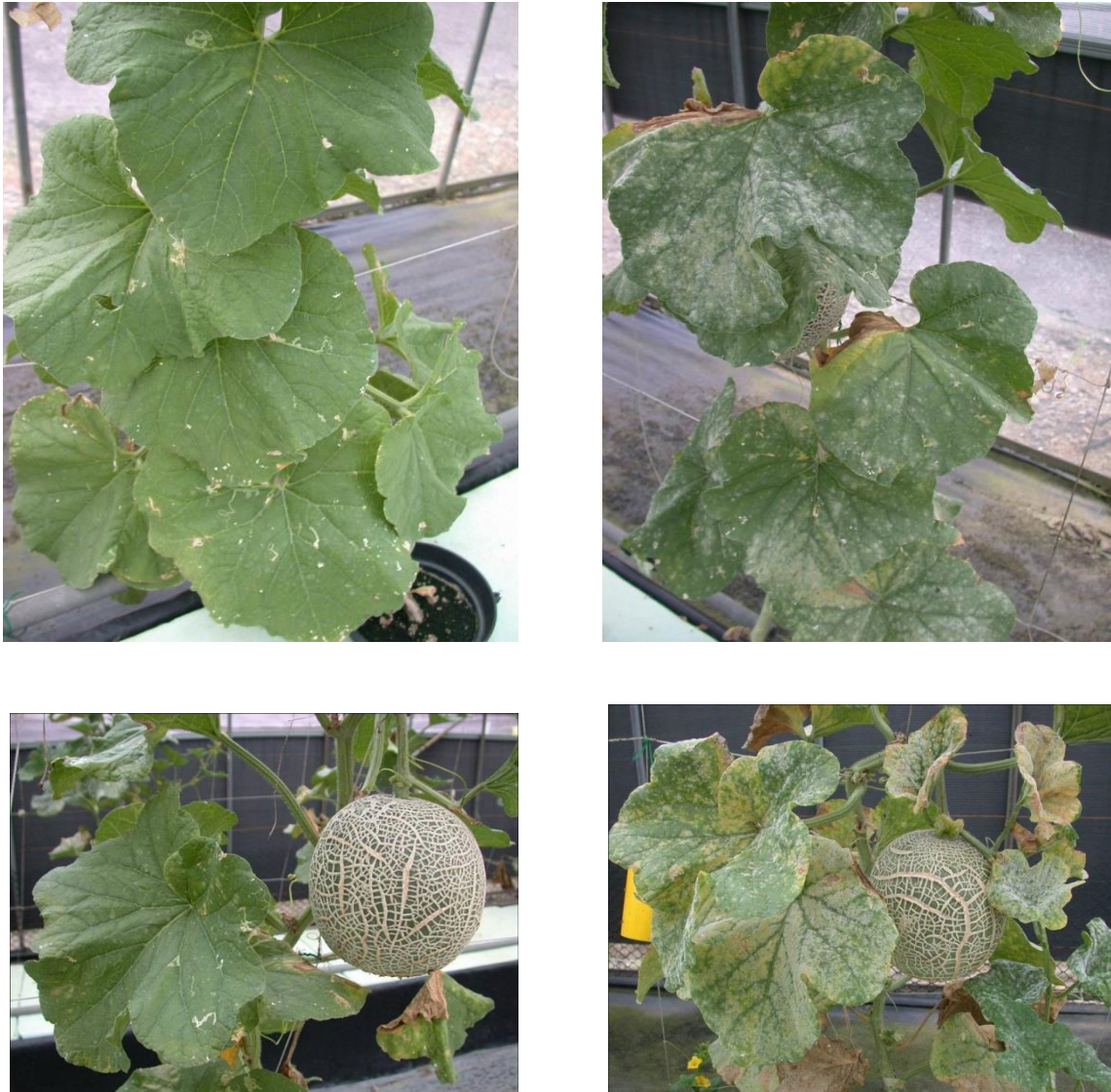
Table 8. Effect of *Trichoderma asperellum*- TCT213 and *Bacillus* sp. TCB9401 liquid formulation solution on the black rot disease control and product of cabbage after applied in the field test

Treatment	初秋		夏峰		T-11	
	黑腐病 發病率 (%)	單球重 (公斤)	黑腐病 發病率 (%)	單球重 (公斤)	黑腐病 發病率 (%)	單球重 (公斤)
BS 澆灌接種	80	0.9	70	1.0	66.6	1.3
Tr 澆灌接種	40	1.3	37.5	1.1	27.7	1.9
Tr+BS 澆灌接種	25	1.2	20	1.2	16.6	2.1
CK	100	0.65	100	0.8	100	1.2

每小區甘藍 20 株



圖七、TCT-LF-1 生長液菌肥可促進番茄種苗發育健壯 (左：對照組、右：處理組)。



圖八、施用木黴菌菌肥對田間洋香瓜白粉病之防治效果（左：處理組、右：對照組）。

Fig. 8. Effect of *Trichoderma asperellum*- TCT213 liquid formulation solution on the powder mildew disease control of muskmelon after applied in the field test (left, treatment; right, CK).



圖九、田間施用木黴菌功能性製劑對小黃瓜白粉病之防治效果 (左：處理組、右：對照組)。

Fig. 9. Effect of *Trichoderma asperellum*- TCT213 liquid formulation solution on the powder mildew disease control of cucumber after applied in the field (left, treatment; right, CK).



圖十、田間施用木黴菌功能性製劑對小黃瓜露菌病之防治效果 (左：處理組、右：對照組)。

Fig. 10. Effect of *Trichoderma asperellum*- TCT213 liquid formulation solution on the downey mildew disease control of cucumber after applied in the field (left, treatment; right, CK).



## 結 語

農業有益微生物種類繁多，本場經過多年來的研究，已經成功分離及培養出多種具有機質分解功能之有益微生物菌種。並且已分別與多家法人團體合作辦理「新型生物性堆肥研發」技術移轉授權，且已有多項生性肥料產品完成商品化上市。目前正強化相關菌種在生物防治的應用價值，並開發成為生物農藥藥劑。

一個成功的生物農藥製劑，至少需具備下列 3 個條件：即 1. 擁有一優良有效的菌株 (superior strain)；2. 可大量生產並擁有良好的架上存活時間 (shelf life)；3. 擁有一套有效的傳輸體系 (delivery system) (Burgess 1998)。因此研發任何一種微生物製劑，至少必需能符合上述三大要件，再配合產品的技術移轉以達商品化的最後階段。而微生物製劑技轉過程中，商品化最常遭遇的瓶頸有：1. 初期技術移轉承接成本過高，影響廠商授權意願；2. 廠商技術承接時間長達 6–12 月，影響產品上市時間；3. 設備購置成本高，往往一個噸級醱酵槽即需投入數千萬元之資金，對新創之生技公司承接門檻過高；4. 設備維護費用高 (50 – 100 萬元以上/年)；5. 獲利回收時間慢 (5 – 10 年)；6. 人力成本高，且人員異動頻率高影響產品製程及穩定性。相關因素皆影響微生物製劑商品化的速度與時間，為此一個有效的微生物製劑產品需搭配低投入資金及低成本量產技術才有可能成功。由於木黴菌的廣效性、廣泛適應性及拮抗目標的多樣性，隨著生物技術的日新月異，可以利用基因工程技術和原生質體技術構建生物防治菌，優化醱酵條件，改良田間應用條件，促進木黴菌的定殖能力；加強木黴菌與植物之間作用研究，提高木黴菌的生物防治效果，對於防治植物真菌病害、促進農業生產具有重要意義。同其他真菌生物製劑一樣，由於木黴菌的孢子製劑為活菌成分，田間應用易受溫度、濕度、化學及農藥等因素的影響，穩定性不理想，可望通過研製新劑型加以解決。木黴菌的生產技術也是一個限制木黴菌生物防治製劑在生產上得到廣泛使用的關鍵問題，需要有突破性的研究成果以解決這一共性問題。

## 參考文獻

- 安寶貞、羅朝村、謝廷芳、黃秀華 1999 作物病害之非農藥防治 農委會、農林廳編印 臺中。
- 蔡宜峰、陳俊位、陳彥睿 2005 木黴菌在堆肥製作及應用於介質耕玫瑰之研究 p. 119-128. 有機肥料之施用對土壤與作物品質影響研討會論文集 台大農化系編印 臺北。
- 蔡宜峰、陳俊位 2007 生物性堆肥之菌種開發與應用 農業生技產業季刊 12: 35-41。
- 羅朝村 1997 木黴菌在作物病害管理上的應用 p. 57-62. 有益微生物在農業上的應用研討會專刊。
- 羅朝村 1999 生物防治在作物病害上的應用與展望 台灣農業 35(1): 11-22。
- 羅朝村 2000 生物性農業藥劑之研發與應用 生物資源、生物技術 2(3): 9-12。
- 羅朝村 2001 木黴菌之分類與應用 p. 134-139. 第五屆海峽兩岸真菌學術研討會。
- 羅朝村、石信德、顏志恆 2005 拮抗生物與有益微生物 永續農業 22(6): 20-24。
- 羅朝村、謝建元 2005 有效的人海戰術－木黴菌的應用 科學發展 391: 34-39。
- 羅朝村 2006 木黴菌之簡介與應用 農業生技產業季刊 8: 17-19。
- 陳俊位、鄧雅靜、曾德賜 2009 功能性微生物製劑在有機作物栽培病害管理上之應用 p. 447-181. 陳榮五、白桂芳、蔡宜峰主編 有機農業產業發展研討會專輯 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
- Altomare, C., W. A. Norvell, T. Björkman and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl. Env. Microbiol. 65: 2926-2933.
- Burges, H. D. 1998. Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Netherlands.
- Druzhinina, I., S. V. Seidl-Seiboth, A. Herrera-Estrella, B. A. Horwitz, C. M. Kenerley, E. Monte, P. K. Mukherjee, S. Zeilinger, I. V. Grigoriev and C. P. Kubicek . 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Rev. 9: 749-759.
- Elad, Y. and A. Kapat. 1999. The role of *Trichoderma harzianum* protease in the biocontrol of *Botrytis cinerea*. Eur. J. Plant Pathol. 105: 177-189.

- Hanson, L. E. and C. R. Howell. 2004. Elicitors of plant defense responses from biocontrol strains of *Trichoderma virens*. *Phytopathology* 94: 171-176.
- Harman, G. E. 2000. The myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* strain T-22. *Plant Dis.* 84: 377-393.
- Harman, G. E., C. R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species -opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Rev.* 2: 43-56.
- Hall, F. R. and J. J. Menn. 1999. *Biopesticides: Use and Delivery*. Humanna Press Inc., Totowa, NJ, USA.
- Hermosa, R., A. Viterbo, I. Chet and E. Monte. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* 158: 17–25.
- Howell, C. R., L. E. Hanson, R. D. Stipanovic and L. S. Puckhaber. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology* 90: 248-252.
- Jin, X., C. K. Hayes and G. E. Harman. 1991. Principles in the development of biological control systems employing *Trichoderma* species against soil-borne plant pathogenic fungi. p. 174-219. In: G. C. Leatham. (ed.). *Frontiers in Industrial Mycology*. Chapman and Hall, Inc., London.
- Lo, C. T., E. B. Nelson and G. E. Harman. 1996. Biological control of turfgrass diseases with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 80: 736-741.
- Lo, C. T. 2001. Development and application of *Trichoderma* spp. for plant disease control in Taiwan. p. 85-96. In: Tzeng, D. S. and J. W. Huang (eds.). *International symposium on biological control of plant disease for the new century-model of action and application technology*, Taiwan.
- Papavizas, G. C. 1992. Biological control of selected soil borne plant pathogens with *Gliocladium* and *Trichoderma*. p. 223-230. In: Tjamos, C., G. C. Papavizas and R. J. Cook (eds.). *Biological Control of Plant Diseases: Progress and Challenges for the Future*. Plenum Press, New York.

## Research and Application of *Trichoderma* spp. on Crop Diseases Control

Chein-Wei Chen<sup>1\*</sup>, Ya-Ching Teng<sup>2</sup> and Yi-Fong Tsai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA

<sup>2</sup>Chaoyang University of Technology

\*Corresponding author. E-mail:chencwol@tdais.gov.tw

### ABSTRACT

Beneficial microorganisms used in the process of crop cultivation has become a new trend, the main functions are to promote plant growth, reduce pests and diseases injury, increase the fields and qualities of agricultural products, the other functions are contain a produce plant hormones, induced plant disease resistance, reduce soil acidification, reduce soil salts accumulate and induce of other beneficial microorganisms production. Recent years our station in the functional microbial research has received a number of achievements, such as the screening of purified strains of *Trichoderma* (*Trichoderma asperillum*), and the use of these strains developed a number of agricultural biotech products, such as bio-compost, culture-media, functional microbial agents, remarkable results in the field use. These preparations, the TCT-R1 rice strains have crop roots symbiotic ability to help root development, increase graft survival, and in addition reduce seedling diseases and help the crop to resist adversity. Combined with whey protein, TCT-LF-N functional microbial agents produced by the molasses fermentation, production of simple and low cost, field test results in addition to promoting a variety of crop, reduce pest and disease problems and the cultivation period, can improve crop yields and quality to increase the income of farmers. The new generation of *Trichoderma* microbial agents combined with *Bacillus subtilis* (BS WG6-14) bacteria, *Streptomyces* sp. RS70 and other species with root habitat by development of functional microbial agents and application methods, can prevent many diseases, field trials have prevention cabbage black rot, bacterial wilt of tomato, rice blast, sheath blight and bacterial leaf blight, vegetable seedling damping off, powdery mildew, downy mildew,

Solanaceae epidemic, leaf mold, gray mold, leaf blight, late blight and rust and other diseases, and to promote crop growth and to enhance the yield and quality, the use of research and development of microbial agents can increase the confidence of the cultivation of organic farmers, and to improve the poor growth of organic crops, low-quality short comings, these bio-agents in the future of agriculture would be a great weapon for farmers application

**Key words:** Beneficial microorganisms, Functional microbial agents, Bio-pesticide, *Trichoderma* spp.