

# 木黴菌生物製劑之開發與應用

## Development and Application of *Trichoderma* Biological Agents

陳俊位<sup>1\*</sup>、鄧雅靜<sup>2</sup>、蔡宜峯<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> 農委會臺中區農業改良場

<sup>2</sup> 朝陽科技大學

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

### 摘要

有機農業在國內推廣雖已有多多年，然而病蟲害防治與肥培管理技術一直是讓農友頭痛的問題。功能性微生物製劑(functional micro-organism agents)為近來新開發的防治資材，學者專家已發現多種微生物具有病蟲害防治效果與分解有機資材的能力，除可應用於病蟲害防治與農業資源再生利用外，這些菌種並具有能促進植物生長、養分吸收及病害抑制的功能，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，而使病原感染時所造成之發病率或發病程度顯著降低，亦可降低害蟲之為害程度，為應用於有機農業栽培的新產品開發範疇。在這些微生物中木黴菌為應用於病害防治的有效微生物群。現已知用於生物防治研究的木黴菌種類，包含有哈茨木黴菌(*T. harzianum*)、鈎狀木黴菌(*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*)及棘孢木黴菌(*T. asperellum*)等。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*。而在本場近幾年的研究中，針對棘孢木黴菌(*T. asperellum*)除開發成病害防治製劑外，也針對其纖維質分解酵素產生的能力開發成分解有機資材的生物製劑。在所篩選純化出的木黴菌(*Trichoderma* spp.)系列菌株中，已利用這些菌株研發多項農業生技產品如生物性堆肥、介質、功能性微生物製劑等，於田間運用成效顯著。這些製劑中棘孢木黴菌(*T. asperellum*) TCT-R1 稻穀菌種製劑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。結合棘孢木黴菌的稻穀菌種製劑(*T. asperellum* TCT103、TCT301、TCT111 及 TCF9409 菌株)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、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，並因其內所含之有益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。最近所篩選出的木黴菌 *Trichoderma asperelloides* TCTr168 及 668 菌株為國內首先發現的新菌種，其形態與棘孢木黴菌(*T. asperellum*)接近，為農委會推動 103 年度雄才大略計畫中生物農藥產業化的標的菌株，目前在蔬菜病害防治上 TCTr668 菌株已可減少苗期立枯病(*Rhizoctonia solani* AG-4)的為害，搭配甲殼素的液態醱酵製劑可產生含幾丁聚醣(chitosan)的病害防治用製劑，對細菌性病害如甘藍黑腐病，及胡瓜葉部病害如白粉病、露菌病及疫病等具防治效果；結合海草粉及 TCTr168 菌株的液態醱酵製劑可產生具病害防治效果的昆布多醣(laminarin)，可降低番茄及彩椒等作物的苗期立枯病、白粉病、葉黴病、枝枯病、晚疫病等多種病害的為害，在其它果樹作物或花卉作物的病害防治上亦有效果。在作物栽培管理過程中，結合木黴菌菌種、生物性堆肥或介質及功能性微生物製劑的綜合管理方式，可促進植物生長、幫助養分吸收及抑制病害發生等效益外，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，針對番茄青枯病及木瓜毒素病的為害可以有效降低。運用所研發的微生物製劑除能增加農友的栽培信心外，並可改善有機農作物生長不良、品質不佳的缺點，對未來有機農業的推廣將是一大利器。

**關鍵字：**功能性微生物製劑、有機農業、木黴菌

## 前言

近年來的食安風暴與農產品農藥殘留問題讓民眾對每天食用的食物來源安全性有重大疑慮，避免農藥殘留、減少過度的人工添加物及追求天然有機的食材，遂又成為民眾新的消費觀念與選擇。而崇尚自然、有機及安全(無毒)的作物栽種方法，成為農業投入者的新選項。有機農業在國內推廣雖已有多多年，歷年來農政單位也投入相當多的輔導人力與經費，然而病蟲害防治與肥培管理技術一直是讓農友頭痛的問題。推廣有機農法的專家、學者及各種有機協會們者眾，但各家學術理論及論述意見繁多莫衷一是，使農友無法可循。栽培手冊上推薦的防治藥劑並無法能有效控制病蟲害發生與危害，使得農友種植農作物時因遭遇病蟲害嚴重危害而無收成可言。而有機栽培肥培管理技術無法有效提昇作物品質及產量，讓栽種者的收成無法維持一家溫飽，更有甚者為農友栽種的有機農產品被檢驗出農藥殘留的問題！歷年來除了一般的有機蔬菜常被檢驗出農藥的新聞見報外，更有知名的農產品如彰化埤頭中興有機米、花蓮富里銀川米、花蓮富里的「日康有機米」、花蓮玉里的「東豐有機米」、「關山有機糙米」、鹿野「福鹿有機米」和臺東池上大地有機米等被驗出農藥的新聞，其中不乏栽培經驗豐富的有機農友與知名品牌大廠產品，而有機農產加工品與進口的有機農產品被檢驗出農藥的新聞亦時有所聞，使得廣大的消費者對市售有機農產品信心不足，又對市售有機產品的高售價望而卻步。尚此，對有機農業的推廣造成極大的影響，使得相當多的投入者滿懷熱情與憧憬從事有機農作，卻鍛羽而歸，也使得國內有機農作的耕作面積成長因此而受限。

在有機作物栽培上的病害管理技術一直是讓農友頭痛的問題，國內有機作物栽培面積因受限於各種病蟲害的問題而無法擴大。在推行有機農業的過程中，已有多人利用有機資材、植物成份萃取物及礦物油劑等天然物質開發成防治病蟲害的藥劑，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，使農友在應用上望而卻步，在「舊法不可循、新法無所適」的情況下，使農友另謀其它有效可行的防治資

材與製劑，其中具應用潛力的即為各種新型的功能性微生物製劑。功能性微生物製劑(functional micro-organism agents)為近來新開發的有機資材，學者專家已發現多種微生物具有病蟲害防治效果與分解有機資材的能力。功能性微生物製劑依其對作物生長幫助可分為三大類，一類為幫助作物養分吸收、促進生長、增加產量並能誘發其它特殊功能產生的微生物群，亦稱為促進植物生長之根棲微生物 (plant growth-promoting microorganisms, PGPM)，本類微生物以聚集於植物根圈部位的微生物為主，其功能可產生植物荷爾蒙，如生長激素、乙烯、細胞分裂素、維他命及其它植物生長物質，促進植物生長與增產。此外尚可利用或代謝土壤中其它微生物產生的有毒代謝物質，減輕對植物根部的傷害而使植物正常生長。此類菌種如固氮細菌、菌根菌、螢光細菌、鏈黴菌、枯草桿菌、木黴菌及促進植物生長之根棲細菌 (plant growth-promoting rhizobacteria, PGPR)群等，以具肥料效益的微生物菌種為主。第二類為可寄生病原菌、產生抗生物質抑制病原生長或誘導植物產生系統性抗性減輕病原菌為害的微生物，此類菌種如螢光細菌、鏈黴菌、枯草桿菌及木黴菌等，以具防治病害效果的生物農藥菌種為主。第三類為分解土壤有機質或農業廢棄物將其轉換成植物可吸收利用養份的資材分解菌，這類微生物可產生如纖維素分解酵素 (cellulose)、木質素分解酵素 (lignolytic enzyme)、蛋白質分解酵素 (proteases)、澱粉分解酵素 (amylase)/ 醣類分解酵素 (carbohydrase)、脂質分解酵素 (lipase) 及幾丁質分解酵素 (chitinase) 等有機質成份分解酶，此類菌種眾多，常用的菌種以細菌類的 *Bacillus* spp.、*Lactobacillus* spp.、真菌類的 *Trichoderma* spp. 及鏈黴菌類的 *Streptomyces* spp. 為主要菌種。各菌種間有多種菌株皆可扮演上述各種功能作用的菌種，如枯草桿菌 *B. subtilis*/ *amyloliquefaciens* Group 的菌株可分泌植酸，可轉化土壤中磷為游離態，有利植物之吸收，進而促進植株之生長 (Krebs *et al.*, 1998)，其具有溶磷的效果可當微生物肥料菌株。該菌株又可產生多種抗生素來防治多種植物病原菌，可當生物防治功能的微生物農藥菌株；而 *Bacillus* spp. 菌株分泌的胞外水解酵素

(extracellular hydrolase)、蛋白質分解酵素(protease)等能分解蛋白質，又可當資材分解菌。因此在自然界中微生物所扮演的角色其實是多樣性的，其功能表現受環境與生物因子等多種因素誘發與影響。

由於微生物在自然界中可扮演多種作用角色，因此，上述菌種除可應用於病蟲害防治與農業資源再生利用外，並具有能促進植物生長、養分吸收及病害抑制的功能，為應用於有機農業栽培的新產品開發範疇。而在這些微生物中木黴菌除為應用於病害防治的有效微生物群外，其所產生的纖維素分解酵素使其也扮演了資材分解菌的角色。而與根系共生幫助植物生長及促進磷肥與多種養份的吸收與利用的效果，讓木黴菌也具備了微生物肥料菌株的功能。如此多功能的微生物菌株，如能將其開發成有機農業可使用的製劑產品，將可成為有機栽培農友在從事有機農耕的好幫手。近年來，本場除自行篩選與研發木黴菌菌種製劑外並結合各種資材研發各種生物製劑產品，相關木黴菌菌種製劑與衍生性產品如生物堆肥、栽培介質與功能性製劑互相搭配實際應用於田間，以測試對作物生長促進效益及病蟲草害防治最有效的操作方法，探討其應用在有機作物栽培病害防治與肥培管理上的可行性。以下即針對本場近幾年在木黴菌生物製劑之開發與田間應用成果做一綜合論述。

## 內容與討論

### 木黴菌之特性與分類地位

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，按照木黴的分生孢子梗分枝形式可以分為4種類型，即粘帚黴型(*Gliocladium-like*)、厚基孢型

(*Pachybasium*-like)、輪枝菌型(*Verticillium*-like)和木黴型(*Trichoderma*-like)，分生孢子梗的分枝形式是鑒定木黴的重要形態指標。Bissett 和 Doi 的5組分類系統結合有性世代(*Hypocrea* Fr.)則除上述4類型外再增加頭孢菌型(*Cephalosporium* -like)的分生孢子梗類型，還建立了五個屬下分類單元(Bissett,1991a)，各分群為：*Longibrachiatum*、*Pachybasium*、*Trichoderma*、*Saturnisporum*和 *Hypocreanum*，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，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鑒定的工具 (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136 種以上 (表一)。

表一、木黴菌之分類地位

Table 1. 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 had recorded include over 136 species:</p> <p><i>Trichoderma aggressivum</i> 、  <i>T. aggressivum</i> f. <i>aggressivum</i> 、  <i>T. aggressivum</i> f. <i>europaeum</i> 、<i>T. album</i> 、<i>T. amazonicum</i> 、  <i>T. arachnoideum</i> 、 <i>T. arundinaceum</i> 、<i>T. asperellum</i> 、 <b><i>T. asperelloides</i></b> 、<i>T. atroviride</i> 、<i>T. aureum</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. cinnabarinum</i> 、 <i>T. cinnamomeum</i> 、<i>T. citrinoviride</i> 、<i>T. collae</i> 、<i>T. compactum</i> 、<i>T. cordobense</i> 、<i>T. corfecianum</i> 、  <i>T. crassum</i> 、 <i>T. cremeum</i> 、 <i>T. croceum</i> 、  <i>T. crystalligenum</i> 、<i>T. cuneisporum</i> 、<i>T. desrochii</i> 、 <i>T. dingleyae</i> 、 <i>T. dingleyae</i> 、<i>T. dorotheae</i> 、 <i>T. dubium</i> 、  <i>T. effusum</i> 、<i>T. erinaceum</i> 、 <i>T. estonicum</i> 、 <i>T. evansii</i> 、  <i>T. fasciculatum</i> 、 <i>T. fertile</i> 、 <i>T. flavum</i> 、 <i>T. flavofuscum</i> 、  <i>T. fuliginoides</i> 、 <i>T. gamsii</i> 、 <i>T. gelatinosum</i> 、<i>T. gelatinosus</i> 、<i>T. ghanense</i> 、 <i>T. glaucum</i> 、 <i>T. globosum</i> 、  <i>T. granulorum</i> 、<i>T. hamatum</i> 、 <i>T. harzianum</i> 、<i>T. helicium</i> 、  <i>T. inhamatum</i> 、<i>T. intricatum</i> 、<i>T. konigii</i> 、 <i>T. koeningii</i> 、  <i>T. konilangbra</i> 、 <i>T. konigii</i> 、 <i>T. koningiopsis</i> 、</p>	

<p><i>T. lacteum</i> 、<i>T. lieckfeldtia</i>e 、<i>T. lignorum</i> 、<i>T. longibrachiatum</i> 、<i>T. longipile</i> 、<i>T. longipilis</i> 、<i>T. martiale</i> 、<i>T. melanomagnum</i> 、<i>T. minimum</i> 、<i>T. minutisporum</i> 、<i>T. minutum</i> 、<i>T. neokoningii</i> 、<i>T. nigrovirens</i> 、<i>T. oblongisporum</i> 、<i>T. ovalisporum</i> 、<i>T. oviferum</i> 、<i>T. parceramosum</i> 、<i>T. paucisporum</i> 、<i>T. penicillatum</i> 、<i>T. petersenii</i> 、<i>T. pezizoideum</i> 、<i>T. phyllostahydis</i> 、<i>T. piluliferum</i> 、<i>T. pleurotica</i> 、<i>T. pleurotum</i> 、<i>T. polysporum</i> 、<i>T. protrudens</i> 、<i>T. pseudokoningii</i> 、<i>T. pubescens</i> 、<i>T. racemosum</i> 、<i>T. reesei</i> 、<i>T. rogersonii</i> 、<i>T. roseum</i> 、<i>T. rossicum</i> 、<i>T. saturnisporum</i> 、<i>T. scalesiae</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. stilbohypoxyli</i> 、<i>T. stramineum</i> 、<i>T. strictipile</i> 、<i>T. strictipilis</i> 、<i>T. strigosum</i> 、<i>T. stromaticum</i> 、<i>T. surrotundum</i> 、<i>T. taiwanense</i> 、<i>T. tawa</i> 、<i>T. taxi</i> 、<i>T. thailandicum</i> 、<i>T. thelephoricolum</i> ( <i>T. thelephorica</i> ) 、<i>T. theobromicola</i> 、<i>T. tilletei</i> 、<i>T. tomentosum</i> 、<i>T. turrialbense</i> 、<i>T. tuberculatum</i> 、<i>T. varians</i> 、<i>T. velutinum</i> 、<i>T. vinosum</i> 、<i>T. violaceum</i> 、<i>T. virens</i> 、<i>T. virgatum</i> 、<i>T. viride</i> 、<i>T. viridescens</i> 、<i>T. viridis</i> 、<i>T. voglmayrii</i> 、<i>T. vulpinum</i> 、<i>T. yunnanense</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 種以上，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*) 及棘孢木黴菌 (*T. asperellum*)。其它有被運用於不同病害防治試驗的菌株尚包含有深綠木黴菌 (*T. atroviride*)、黃綠木黴菌 (*T. aureoviride*)、短密木黴菌 (*T. brevicompactum*)、*T. ghanense*、*T. glaucum*、長枝木黴菌 (*T. longibrachiatum*)、*T. piluliferum*、擬康氏木黴菌



(*T. pseudokoningii*)、粘綠木黴菌(*T. virens*) 及瑞氏木黴菌(*T. reesei*)等。

依文獻所載可被木黴菌防治的病原病害包括镰胞菌引起的萎凋、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 *Sclertinia* 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*)、木瓜黴腐病 (*Rhizopus stolonifer*) 及油棕莖基腐病 (*Ganoderma boninense*) 亦已發現可利用木黴菌來防治。

## 大陸地區及國內木黴菌研究種類

在大陸所分離及應用於病害防治的木黴菌約有23種，依其鑑定與命名分別為：棘孢木黴菌(*T. asperellum*)、深綠木黴菌(*T. atroviride*)、黃綠木黴菌(*T. aureoviride*)、短密木黴菌(*T. brevicompactum*)、橘綠木黴菌(*T. citrinoviride*)、蝟木黴菌(*T. erinaceum*)、蓋姆斯木黴菌(*T. gamsii*)、鈎狀木黴菌(*T. hamatum*)、哈茨木黴菌(*T. harzianum*)、交織木黴菌(*T. intricatum*)、康寧(康氏)木黴菌(*T. koningii*)、擬康寧木黴菌(*T. koningiopsis*)、長枝木黴(*T. longibranchiatum*)、側耳木黴(*T. pleuroticola*)、李(瑞)氏木黴(*T. reeseii*)、中國木黴(*T. sinensis*)、螺旋木黴(*T. spirale*)、子座木黴(*T. stromaticum*)、絨毛木黴(*T. tomentosum*)、茸毛木黴(*T. velutinum*)、*T. vermipilum*、粘綠木黴(*T. virens*)和綠色木黴(*T. viride*)，其中以*T. harzianum* (*H. lixii*)分佈最廣。

而國內利用於病害防治的木黴菌種類則有11種以上，分別為*T. asperellum*、*T. asperelloides*、*T. atroviride*、*T. aureoviride*、*T. harzianum*、*T. koningii*、*T. pseudokoningii*、*T. viride*、*T. virens*及*Trichoderma* spp.，粘帚黴菌則有*Gliocladium virens*及*Gl. deliquescens*等。歷年來國內學者已針對紅豆根腐病、菊花苗立枯病、水稻紋枯病、臺灣金線蓮莖腐病、胡瓜、聖誕紅幼苗腐敗病、向日葵菌核病、胡瓜幼苗腐敗病、小麥及燕麥*Fusarium culmorum*和*Rhizoctonia solani*、大豆*Rhizoctonia solani*、馬鈴薯*R. solani*、豌豆*R. solani*、一般園藝作物由*Phytophthora capsici*、*Pythium aphanidermatum*、*Pythium spinosum*及*R. solani*等病原所引起的病害、豇豆鏽胞菌萎凋病、康乃馨及百合根腐病、香瓜蔓枯病、甘藍立枯病、草皮病害、草皮褐斑病(*Rhizoctonia solani*)等病害進行防治試驗(表二)，學者們除單獨施用不同木黴菌分離株進行防治外，並與多種拮抗微生物混合施用，以提昇對病害的防治效果。

表二、臺灣運用木黴菌防治植物病害的案例

Table 2. Examples of used *Trichoderma* spp. as biocontrol agents for plant diseases control in Taiwan.

拮抗微生物種類	研發單位	標的病害/病原菌
<p><i>Trichoderma koningii</i>, <i>Trichoderma</i> sp.&amp;( <i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp.,and <i>Candida</i> sp., <i>Cryptococcus</i> sp.) 單獨 施用或混合其它微生物</p>	<p>屏東科技大學</p>	<p>紅豆根腐病、柑桔綠黴病及 青黴病、草莓灰黴病</p>
<p><i>Gliocladium virens</i>, <i>T.asperellum</i> TA, <i>Gliocladium</i> <i>deliquescens</i> &amp; ( <i>Paecilomyces</i> <i>marquandii</i> ) 單獨施用或混合其它微 生物</p>	<p>中興大學</p>	<p>菊花<i>Rhizoctonia solani</i>、水稻 紋枯病、 臺灣金線蓮莖腐病</p>
<p><i>Trichoderma</i> <i>aureoviride</i>, <i>T.</i> <i>harzianum</i>, <i>T.koningii</i>, <i>T.</i> <i>viride</i>,, <i>T.</i> <i>pseudokoningii</i>, <i>Gliocladium virens</i> &amp;( <i>B.</i> <i>cereus</i> ,<i>B.subtillis</i> , <i>B.</i> <i>insolitus</i> , <i>Bacillus</i> sp., <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>P.</i> <i>phenazinium</i> ) 單獨施用 或混合其它微生物</p>	<p>臺灣大學</p>	<p>胡瓜、聖誕紅幼苗腐敗病、 向日葵菌核病、胡瓜幼苗腐 敗病、小麥、燕麥：<i>Drechslera</i> <i>sorokiniana</i>, <i>Fusarium</i> <i>culmorum</i>, <i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>、大豆<i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>、馬鈴薯<i>R. solani</i> 、豌豆<i>R. solani</i>、甘藍黑班病 <i>Alternaria brassicicola</i>、一般 園藝作物：<i>Phytophthora</i> <i>capsici</i>, <i>Pythium</i> <i>aphanidermatum</i>, <i>Pythium</i> <i>spinosum</i>, <i>R. solani</i>、一般花 卉：<i>Phytophthora capsici</i>, <i>Pythium aphanidermatum</i>, <i>R.</i> <i>solani</i></p>

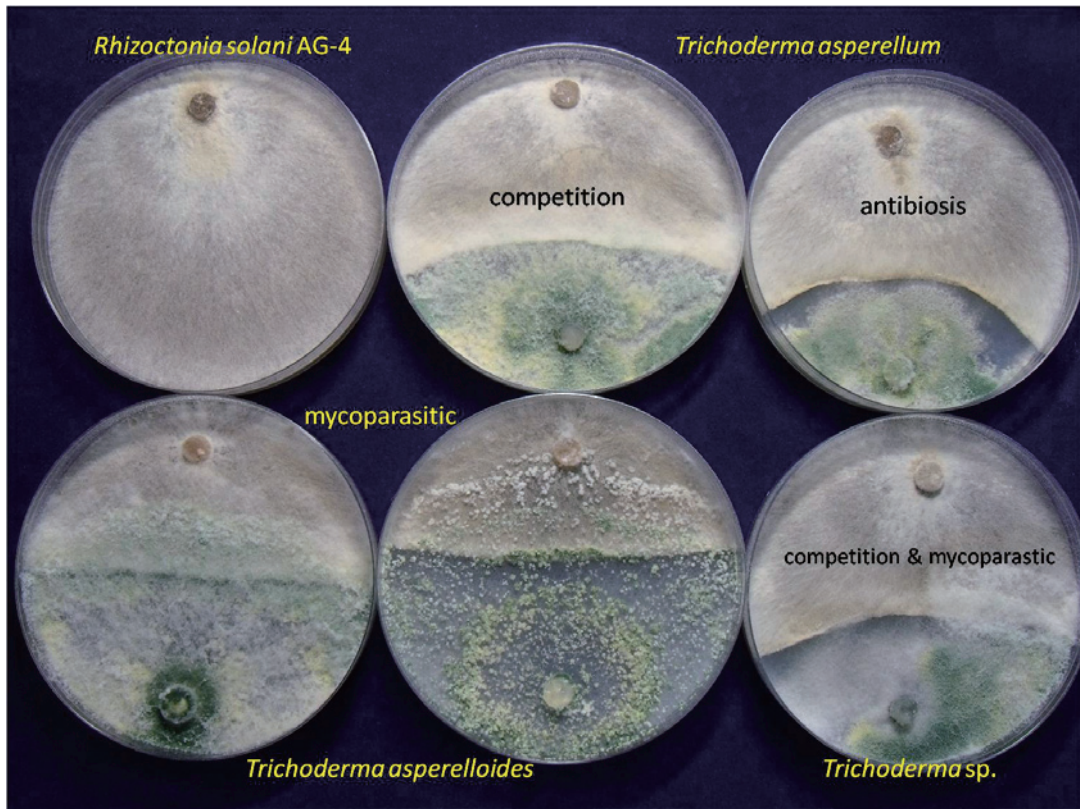
<i>Trichoderma</i> spp.	高雄師範大學	百合灰黴菌 椽果炭疽病菌
<i>Trichoderma harzianum</i>	屏東科技大學 大仁科技大學	豇豆鑷胞菌萎凋病
<i>T. harzianum</i> , <i>T. atroviride</i> , <i>T. koningii</i> , <i>T. viride</i> and <i>T. virens</i>	農業試驗所 虎尾科技大學 臺南區農業改良場及其它	康乃馨及百合根腐病、香瓜蔓枯病、甘藍立枯病、草皮病害、水稻紋枯病
<i>Trichoderma asperellum</i> Tr1 & <i>Pseudomonas putida</i> T2	財團法人食品工業發展研究所	草皮褐斑病( <i>Rhizoctonia solani</i> )
棘孢木黴菌及相關製劑 ( <i>Trichoderma asperellum</i> ) TCT-N <i>Trichoderma asperelloides</i> TCTr-668, TCT168	臺中區農業改良場	茭白基腐病、水稻稻熱病、紋枯病及白葉枯病。蔬菜立枯病、露菌病、白粉病、銹病、黑腐病、根腐病、枝枯病、疫病、晚疫病、莖腐病、炭疽病、葉黴病、青枯病、軟腐病、黑斑病、根瘤線蟲等。柑橘潰瘍病、疫病、根腐病。葡萄露菌病。莖葉疫病、黑腐病。木瓜疫病、黑腐病、白粉病及毒素病。 香蕉黃葉病、蝴蝶蘭黃葉病、草莓白粉病、灰黴病及炭疽病、 <i>Fusarium oxysporium</i> 引起的蔬菜及花卉萎凋病。

整理自謝(2008)、吳(2011)、黃(2013)及筆者相關研究報告

本場近年來篩選本土化的棘孢木黴菌菌種及研發相關製劑，所篩選的棘孢木黴菌(*Trichoderma asperellum*) TCT-N (TCT301、103、111及TCF9409) 及*T. asperelloides* (TCTr-668及TCT-168)對不同病原進行對峙培養，並於田間進行作物病害防治效益測試，經田間試驗發現各菌株

與相關衍生製劑綜合運用可防治多種作物病害，如：茭白的基腐病、水稻的稻熱病、紋枯病及白葉枯病，多種蔬菜作物的立枯病、露菌病、白粉病、銹病、黑腐病、根腐病、枝枯病、疫病、晚疫病、莖腐病、炭疽病、葉黴病、青枯病、軟腐病、黑斑病、根瘤線蟲等。柑橘的潰瘍病、疫病、根腐病。葡萄的露菌病、白粉病。莖葉的疫病、黑腐病。木瓜的疫病、黑腐病、白粉病及毒素病。草莓的白粉病、灰黴病及炭疽病；及由*Fusarium oxysporium*引起的香蕉黃葉病、蝴蝶蘭黃葉病、蔬菜及花卉萎凋病等。

木黴菌可以抑制或防治作物病害的主要機制，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，如拮抗作用（antibiosis）、超寄生作用（mycoparasitic or hyperparasitism）及競爭作用（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；競爭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; Naseby *et al.* 2000; Lewis & Lumsden 2001; Inbar *et al.* 1996; Werner *et al.* 2002; Vazquez *et al.* 2000; Harman *et al.* 2004)。在與病原對峙培養中，筆者以立枯絲核菌(*Rhizoctonia solani* AG-4)為供試菌株，與所篩選的棘孢木黴菌(*Trichoderma asperellum* TCT-N) 及 *Trichoderma asperelloides* TCTr-668、168等菌株進行對峙培養，各結果發現各菌株間即有不同作用機制的抑菌效果表現(圖一)。



圖一、棘孢木黴菌各菌株間不同作用機制的抑菌效果表現

Fig 1. Antimicroorganism effect of different *Trichoderma asperellum* strains

由圖一的抑菌情形可看出，具纏繞寄生（mycoparasitic）效果的菌株其在培養基上的生長速度快過抗生作用（antibiosis）及競生作用（competition）的菌株，在開發木黴菌生物製劑時即應考慮所選用的菌株作用機制、生長速度及對溫度的適應性，考量上述因子才能篩選出具防治實效的木黴菌菌株進行生物製劑的開發。

### 各國木黴菌生物防治製劑

由於木黴菌防治病害的效果顯著，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 hybrid product)、*Trichoderma viride*、*T.polysporum*、*Trichoderma* sp.various (T-382) 等開發成生物製劑，現已有多種木黴菌生物農藥及相關產品問市。舊有產品如 Soil Guard 12G<sup>TM</sup>、Rootshield<sup>TM</sup>、BioTrek 22G<sup>TM</sup>、Supresivit<sup>TM</sup>、T-22、T-22 HC、T22G<sup>TM</sup>、T22HB<sup>TM</sup>、Promot<sup>TM</sup>、

Trichoderma 2000、Trichodex<sup>TM</sup>、Binab<sup>TM</sup>、Trichopel、Trichojet、Trichodowels、Trichseal<sup>TM</sup>、Trichostar、HARZINA GOLD、Gmax Tricon、Trichodermiside、BHOOMIKA<sup>(R)</sup>、Tricho-shield Combat、PL POWER、TRILEX<sup>TM</sup> FL、PlantShield<sup>(R)</sup> HC、RootShield<sup>(R)</sup> WP、RootShield<sup>(R)</sup> Granules、RootShield<sup>(R)</sup> PLUS<sup>+</sup> WP、RootShield<sup>(R)</sup> PLUS<sup>+</sup> Granules、PlantShield<sup>(R)</sup> HC 及 TurfShield<sup>(R)</sup> PLUS 等已行銷多年。近幾年利用新菌種所開發的新產品也陸續上市，相關國內外木黴菌的產品筆者整理詳如表三，木黴菌生物製劑以美國研發製造的菌種及劑型最多，其次產品生產種類較多者則為印度。新菌種製劑以棘孢木黴菌 *Trichoderma asperellum* strain ICC012、T11、T25、T34 及 *T. atroviride* strain I-1237、IMI 206040、T11、TV1 為主，*Trichoderma gamsii* strain ICC080(formerly *T. viride*) 及 *Trichoderma stromaticum* 則為新應用的菌株，常用菌株如 *Trichoderma virens* strain GL-21、*Trichoderma harzianum* strain ITEM 908、T-22、T-39、TH315、TH35 及 *Trichoderma polysporum* strain IMI 206039 則仍有新分離株的產品上市。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。

表三、國內外現有之木黴菌生物製劑產品

Table 3. Some commercial Products of *Trichoderma* spp. available in Taiwan and foreign country

Country	Species/strain of <i>Trichoderma</i>	Product
USA	<i>Trichoderma harzianum</i> T-22 (hybrid product, T95XT12 strain)	Top shield、T-22 and T-22 B、RootShield® Granules、RootShield® WP、RootShield™ (a.k.a. T-22G, T-22 Planter Box, Bio-Trek)、T-22™ HC PLANTSHIELD®
	<i>T. harzianum</i> Rifai strain T-39	TRICHODEX®
	<i>T. harzianum</i> Rifai Strain KRL-AG2	F-Stop、T-22G
	<i>T. virens</i> strain G-41	G-41 Technical、BW240 WP、BW240 G
	<i>T. virens</i> G-20	Gliogard (synonym GL-21)
	<i>T. virens</i>	Soil guard
	<i>T. harzianum</i> strain T-22 & <i>T. virens</i> strain G-41	RootShieldR PLUS Granules、RootShieldR PLUS WP、TurfShield® PLUS WP
	<i>Trichoderma harzianum</i> (ATTC 20476) & <i>T. polysporum</i> (ATTC 20475)	Binab T、BINAB-T WP、BINAB-T PELLET
	<i>Trichoderma asperellum</i> strain ICC 012 & <i>T. gamsii</i> strain ICC 080	Remedier WP、Tenet WP. (Isagro USA)、Bioten WP、Tenet T&O
	<i>T. virens</i> GL-21	SOILGARD
	<i>T. stromaticum</i>	Trlcove
	<i>Trichoderma asperellum</i> strain T25	Tusal WG
Canada	<i>T. virens</i> strain G-41 & <i>T. harzianum</i> Rifai Strain KRL-AG2	RootShield PLUS
Israel	<i>Trichoderma harzianum</i>	T-35、Root Pro and Trichoderma 2000
	<i>T. harzianum</i> strain T-39	Trichodex、TRICHODERMA 2000



	<i>Trichoderma spp.</i>	Ty、Trichoderma 2000™
	<i>T. harzianum</i> JH 35、TH35、TH315	ROOT PRO®
Italy, Israel, USA	<i>T. harzianum</i>	Trichodex™
France	<i>Trichoderma harzianum</i>	Harzian 10 and 20
	<i>Trichoderma spp.</i>	Solsain, Hors-solsain, Plantsain
	<i>Trichoderma atroviride</i> strain I-1237	Esquive WP
New Zealand	<i>Trichoderma harzianum</i>	TrichoFlow WP™
	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>T. viride</i>	Trichopel™ ( <i>a.k.a.</i> Trichojet, Trichodowels, Trichoseal)
	<i>Trichoderma sp.</i>	ArborGuard™
	<i>T. atroviride</i> LC52	SENTINEL®
Poland	<i>Trichoderma viride</i>	Bip T
Netherlands	<i>Trichoderma harzianum</i> strain ITEM 908、 <i>T. harzianum</i> strain T-22	Trianum-P
	<i>Trichoderma asperellum</i> strain T11、 <i>T. asperellum</i> strain ICC012	
	<i>Trichoderma atroviride</i> strain T11、 <i>T. atroviride</i> strain TV1	
United Kingdom (UK)	<i>Trichoderma asperellum</i> strain T34	T34 Biocontrol
Sweden, UK, USA	<i>T. harzianum</i> (ATTC 20476) & <i>T. polysporum</i> (ATTC 20475)	Binap- T&W
Italy	<i>T. harzianum</i> ICC012 and <i>T. viride</i> ( <i>T. gamsii</i> ) ICC080	REMEDIER® WP
	<i>T. viride</i> TV1	<i>T. viride</i> TV1
	<i>Trichoderma asperellum</i> (ICC012) & <i>T. gamsii</i> (ICC080)	Bio Tam、Tenet (USA) Bioten (Spain) Radix (Italy) Remedier (Italy, Morocco, Slovenia, Turkey)
Hungary	<i>T. harzianum</i>	Trichodex
Spain	<i>T. viride</i> + <i>T. harzianum</i>	Tusal

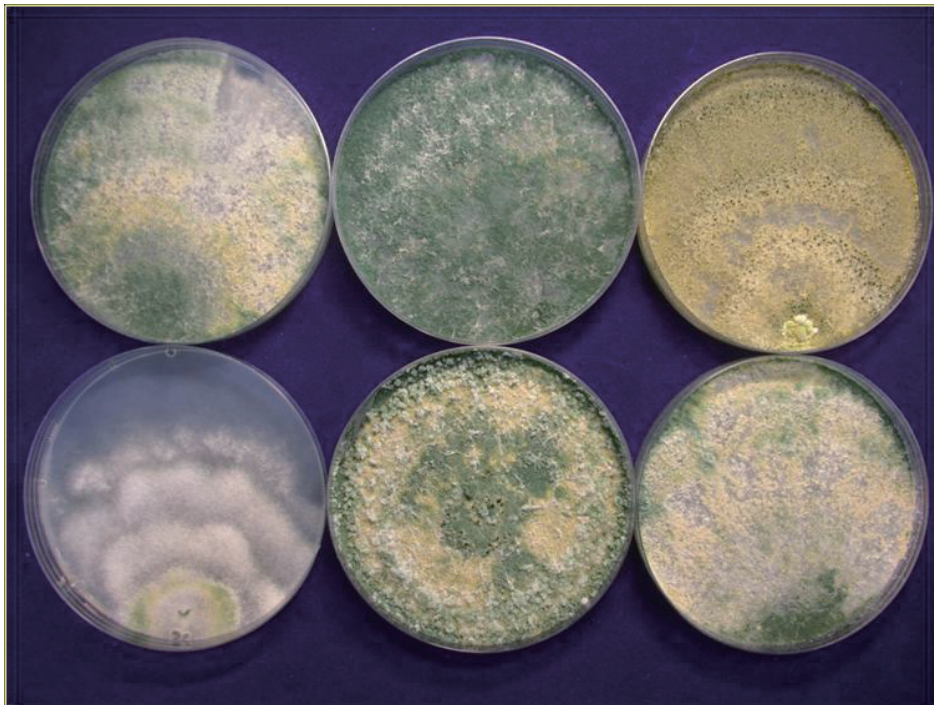
Sweden	<i>Trichoderma polysporum</i> strain IMI 206039	Binab TF WP
Belgium	<i>Trichoderma spp.</i>	Bio-Fungus 、 ANTI-FUNGUS
Bulgarian and Russian Govt.	<i>Trichoderma sp.</i>	Trichodermin
Jordan	<i>T. harzianum</i>	Biocont-t
Turkey	<i>T. harzianum</i> KUEN 1585	Sim®Derma
Czech	<i>T. harzianum</i>	Supresivit™ 、Super visit
Kenya	<i>Trichoderma asperellum</i>	TriCoat
Denmark	<i>T. harzianum</i>	Supraavit
Uttarakhand	<i>T. harzianum</i>	Pant biocontrol agent-1
Brazil	<i>T. asperellum</i> strain T211 CBMAI 840	Trichodermax EC
	<i>T. stromaticum</i>	TRICOVAB
Japan	<i>Trichoderma asperellum</i> SKT-1	ECO- HOPE®
India	<i>Trichoderma viride</i>	Antagon-TV 、 Bhoomika 、Bio-atom 、 Biogourd 、Biocon 、 Bio-Cure F 、Defense SF 、 Ecofit 、EcoSOM™ 、 Enpro-Derma 、 Funginil 、 <i>Gmax Tricon</i> 、 NICODERMA 、 NIPORT™(TV) 、PL POWER(Tricontrol) 、 Sun-derma 、Sun Agro Derma 、Trichogourd 、 Tricho-X 、Trichostar 、 Trieco
	<i>T. harzianum</i>	<i>Gmax Tricon HProduc</i> 、 NIPORT™(TH) 、Sun Agro Derma - H
	<i>Trichoderma viride</i> + <i>T. harzianum</i>	Bioderma 、Ecoderma
	<i>Trichoderma gamsii</i> strain ICC080	Tricopar-V 、Bio AquaGuard

Viet Nam	<i>Trichoderma</i> spp., <i>T. koningii</i> , <i>T. harzianum</i>	Promot PlusWP、Promot PlusDD
	<i>Trichoderma viride</i>	Biobus 1.00WP
	<i>Trichoderma virens</i>	NLU-Tri
	<i>Trichoderma</i> spp.	TRiB1、TRICÔ-ĐHCT、Vi – ĐK、Bio – Humaxin Sen Vàng 6SC、Fulhumaxin 5.15SC
Philippines	<i>T. parceramosum</i> , <i>T. pseudokoningii</i> , and Ultraviolet irradiated strain of <i>T. harzianum</i>	BioSpark Trichoderma
Taiwan	<i>Trichoderma virens</i> Tv-R42	根益旺木黴菌(綠木黴菌 R42) 農藥製字第 05590 號
	<i>T. harzianum</i> Th004	百泰強根王
	<i>Trichoderma</i> sp.	威猛木黴菌：拮抗木黴菌 (GeoEM-TD)、麥克菌(木黴菌)、木黴菌、大地牌木黴菌
	<i>Trichoderma asperellum</i>	活綠旺木黴菌
	<i>T. asperellum</i> TCT103 <i>Trichoderma</i> sp.	活麗送 FS-BIO-2、活麗送 FS-BIO-5
	<i>T. asperellum</i> TCT301	木黴菌 TCT301、木黴菌 TCT301 農產酵素 3 號
	<i>T. asperellum</i> TCT111	回歸 1 號木黴菌菌肥，復育 1 號木黴菌菌肥
	<i>T. asperellum</i> TCF9409	豐根
China	<i>Trichoderma</i> sp.	新型環保生物農藥—木黴菌、木黴菌劑 BM、抗重茬生物菌—BM 木黴菌、生物農藥—木黴菌劑、灰擊木黴菌、康吉木黴菌
	<i>T. viride</i> <i>T. harzianum</i> <i>T. reeseii</i>	綠色木黴菌 哈茨木黴菌(BioWork) 裏(李)氏木黴

unknown	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> <i>T. viride</i> and <i>P. flourescens</i>	Hariz 1.15%WP, Agroderma, Bioderma, Ecofit, Rakshak, Trichosan, Bio-atom
---------	--	---

### 木黴菌生物製劑之開發

臺灣位處亞熱帶區域，生物的多樣性孕育出特有之生物群，本場歷年來篩選分離出的木黴菌菌種經食品科學研究所鑑定以棘孢木黴菌 (*T. asperellum*) 為主，雖為同一種之木黴菌，但所分離之各菌株在高低溫培養時各菌絲生長情形即有差異(圖二)。不同培養溫度會影響木黴菌製劑儲架壽命的時間及其作用效果，國外常用的哈茨木黴菌 (*T. harzianum*)、鉤狀木黴菌 (*T. hamatum*)及綠色木黴菌 (*T. viride*)等為溫帶菌株，其耐低溫不耐高溫，如環境溫度高於 30°C 以上，則會影響其菌絲生長及產孢能力，相對也影響其防治能力與儲架壽命。



圖二、木黴菌不同菌株在培養基上之生長情形

Fig 2. Different strains of *Trichoderma* spp. growth on potato dextrose agar plate.

而在本場近幾年的研究中，針對棘孢木黴菌(*T. asperellum*)除開發成病害防治製劑外，也針對其纖維質分解酵素產生的能力開發成分解有機資材的生物製劑。在所篩選純化出的木黴菌(*Trichoderma* spp.)系列菌株中，多株菌株除進行專利寄存及申請專利外(表四)，並利用這些菌株研發多項農業生技產品如生物性堆肥、介質、功能性微生物製劑等。相關生產技術除申請專利外，所生產之產品並技轉多家廠商生產上市(表五)，各產品於田間運用成效顯著。這些製劑中棘孢木黴菌(*T. asperellum*) TCT-R1 稻穀菌種製劑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。結合棘孢木黴菌的稻穀菌種製劑(*T. asperellum* TCT103、TCT301、TCT111 及 TCF9409 菌株)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、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，並因其內所含之有益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。最近所篩選出的木黴菌 *Trichoderma asperelloides* TCTr168 及 668 菌株為國內首先發現的新菌種，其形態與棘孢木黴菌(*T. asperellum*)接近，為農委會推動 103 年度雄才大略計畫中生物農藥產業化的標的菌株，目前在蔬菜病害防治上 TCTr668 菌株已可減少苗期立枯病(*Rhizoctonia solani* AG-4)的為害，搭配甲殼素的液態醱酵製劑可產生含幾丁聚醣(chitosan)的病害防治用製劑，對細菌性病害如甘藍黑腐病，及胡瓜葉部病害如白粉病、露菌病及疫病等具防治效果；結合海草粉及 TCTr168 菌株的液態醱酵製劑可產生具病害防治效果的昆布多醣(laminarin)，可降低番茄及彩椒等作物的苗期立枯病、白粉病、葉黴病、枝枯病、晚疫病等多種病害的為害，在其它果樹作物或花卉作物的病害防治上亦有效

果。在作物栽培管理過程中，結合木黴菌菌種、生物性堆肥或介質及功能性微生物製劑的綜合管理方式，可促進植物生長、幫助養分吸收及抑制病害發生等效益外，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，針對番茄青枯病及木瓜毒素病的為害可以有效降低。運用所研發的微生物製劑除能增加農友的栽培信心外，並可改善有機農作物生長不良、品質不佳的缺點，對未來有機農業的推廣將是一大利器。

表四、歷年來木黴菌菌種及相關木黴菌生物製劑技術取得專利成果

Table 4. Over the years, Trichoderma species and associated biological agent Trichoderma patented technology achievements

專利名稱	年度	專利類型	取得專利證書號	專利權期限	創作人
新型生物性堆肥製作方法	92	發明	中華民國發明第 I229064號	2005.03.11-2023.09.16	張正英、蔡宜峰、陳俊位
稻穀培養基及其製備微生物之方法	92	發明	中華民國發明第 I273134號	2007.02.11-2023.12.11	張正英、蔡宜峰、陳俊位
製造生物性蔗渣木屑堆肥之木黴菌種	93	發明	中華民國發明第 I287535號	2007.10.01-2024.11.09	陳俊位、蔡宜峰、張正英
製造生物性稻穀堆肥之木黴菌種	93	發明	中華民國發明第 I287534號	2007.10.01-2024.11.09	陳俊位、蔡宜峰、張正英
製造牛糞堆肥之木黴菌種	94	發明	中華民國發明第 I295686號	2008.04.11-2025.04.06	陳俊位、蔡宜峰、
生物性堆肥堆積腐熟方法及其應用	94	發明	中華民國發明第 I298715號	2008.07.11-2025.09.25	陳俊位、蔡宜峰、高德錚
稻穀培養基及其製備微生物之方法	92	發明	中華民國發明第 I306448號	2009.02.21-2023.12.11	張正英、蔡宜峰、陳俊位
蔬果栽培介質及其製作方法	95	發明	中華民國發明第 I309552號	2009.05.11-2026.12.25	陳俊位、蔡宜峰、高德錚
杏鮑菇栽培介質、其製造方法及其所含之新穎木黴菌菌株	101	發明	中華民國發明第 I378143號	2012.12.1-2029.12.29	蔡宜峰、陳俊位、方世文

表五、歷年來木黴菌菌種及木黴菌相關生物製劑技術移轉成果

Table 5. Over the years and Trichoderma strains of Trichoderma related biologics technology transfer outcomes

技術名稱	授權廠商
<b>堆肥製作方法</b>	
新型生物性稻殼堆肥製作方法	保證責任雲林縣油車合作農場 附設農牧廢棄物處理中心
新型生物性蔗渣木屑堆肥製作方法	福壽實業股份有限公司
新型生物性牛糞堆肥製作方法	昔得有限公司
新型牛糞堆肥介質製作技術	田酪股份有限公司
新型生物性廚餘堆肥製作方法	臺中市臺中地區農會
廢棄菇類栽培木屑堆肥製作方法	美加農產有限公司
<b>製作生物性堆肥之木黴菌菌種</b>	
製作生物性堆肥之木黴菌菌種 (TCT 103)	福壽實業股份有限公司
製作生物性堆肥之木黴菌種(TCT 301)	昔得有限公司
製作生物性堆肥之木黴菌TCF9409 及其培菌與應用技術	臺農生物科技股份有限公司
木黴菌株 TCT111 及應用於生物性 堆肥製作方法	金新隆生技貿易有限公司
新型生物性廚餘堆肥菌種製作方法	臺中市臺中地區農會
<b>栽培介質製作技術</b>	
新型中改三號蔬果栽培介質製作技術。	福壽實業股份有限公司
新型牛糞堆肥介質製作方法	田酪股份有限公司
杏鮑菇栽培介質製作方法	方世文先生
耕種後舊介質再利用技術	金三角蔬果運銷合作社 潘美玲
<b>有機高效肥、液肥製作技術及栽培應用技術</b>	
新型生物性有機營養液菌肥製作技術	全自然生化科技公司
有機高效肥製作方法	赫爾曼貿易有限公司 彰化縣永靖鄉農會 農寶生物科技股份有限公司 田園生物科技有限公司 金新隆生技貿易有限公司 東精生物科技有限公司
新型生物性高磷鉀有機液菌肥	方圓生化科技有限公司
一種提昇瓜果品質養液添加劑	江炳茂
甜瓜介質養液管理技術	李孝成
有機番茄穴盤苗標準化套裝生產技術	竹農種苗有限公司



## 木黴菌生物製劑使用要領

### 木黴菌製劑在作物苗期管理應用技術

木黴菌製劑在作物栽培管理上可分二個管理時期運用，一為育苗期階段，另一為田間管理階段。目前農友所使用的種苗依作物別可區分為種子育苗及扦插育苗二種方法，前者以水稻、蔬菜及花卉(草花類)等作物為主，後者則以花卉(菊花)、果樹及茶樹等作物為主。一般農友習慣在田間先選別健康植株之枝條，扦插於裝有培養土之塑膠軟盆內培育，待其發根後再取下定植於茶園中。

利用枯草桿菌、放射線菌及木黴菌結合功能性營養配方醱酵產生的微生物製劑，可拮抗多種病原微生物並能促進植物之生長。在作物育苗時，如為用田間土壤育苗或供扦插苗使用時，則田間土壤可先與木黴菌生物性堆肥（如大自然基肥，混合比例為大自然基肥：土=1:50~100）混合後，播種或扦插育苗後再施用功能性微生物製劑於播種或扦插育苗區，以 100~200 倍稀釋後(木黴菌菌量  $10^7\sim 10^8$ cfu/ml)田間澆灌或噴灑施用，每週施用一次可促進實生苗及扦插苗根系發育與生長，並能降低實生苗及扦插苗死亡率 20~80%，施用後可使植株健壯並能提高以後之移植存活率，如幼苗移植前根部先浸泡或噴灑枯草桿菌或木黴菌菌液效果更佳。

如採用穴盤或穴植管育苗，則育苗土壤或介質可與枯草桿菌及木黴菌製劑混合成抑病育苗介質再播種或扦插幼苗，如已種植完成之穴盤苗或穴植管苗，則以木黴菌功能性微生物製劑 100~200 倍每週澆灌一~二次。目前穴盤苗育苗用介質以泥炭土為主，扦插育苗用介質則除有以土壤混合粗糠者外，以泥炭土及椰纖為多，前者保水性佳，與枯草桿菌及木黴菌等有益微生物混合後，因其內的養份可使有益微生物的數量維持在  $10^7\sim 10^8$ cfu/ml 以上。而泥炭土與椰纖保水力差，每日需多次澆水以避免因乾燥造成幼苗缺水產生障礙，澆水次數太多易傳播苗期病害，如立枯病、幼苗疫病及炭疽病等。如能在澆水時配合枯草桿菌及木黴菌等有益微生物的施用，則可減少苗期病害的為害，培育出優良健康種苗。由

於育苗用的泥炭土與田間土壤為不同質地之介質，移植後田間水分管理與幼苗開根速度會影響移植存活率，故出苗前再追加接種一次木黴菌製劑可促進開根效果，提高田間扦插苗移植存活率。

若從苗期種植至本田起每隔 7~14 天澆灌或噴灑功能性微生物製劑 100~200 倍一次，除能提高移植存活率外，並能降低其後的病害發病率，且對作物株高、葉片數、葉長、葉寬、葉片厚度、開花數及產量有促進效益。此外並能提高農友收穫產量、品質，及增加其後產品之香氣、色澤、口感與風味等。上述結果顯示功能性微生物製劑於作物幼苗栽培上，除可幫助實生苗及扦插苗育成率外並兼具有促進其後作物生長及提昇產量品質等多種功能。

#### 木黴菌 TCT-R1 稻穀菌種特性

- 耐低溫儲存-20℃下 10 年。
- 具再生性。
- 製備原料取得方便且價格便宜。
- 可用浸種、澆灌或混拌等不同方式處理種子及種苗。
- 可調製成粒劑、粉劑或液劑等不同劑型於田間施用。
- 可當不同木黴菌菌株量產平臺。
- 可當生物性堆肥與有機液肥之醱酵菌種。



運用木黴菌TCT-R1稻穀菌種開發育苗接種劑與接種技術<sup>39</sup>

表六、木黴菌 TCT-R1 稻穀菌種育苗接種劑與菌根菌之效益比較

Table 6. Comparative effectiveness of Trichoderma and mycorrhizal fungi in vegetable seedling inoculation

施用效益	菌種	
	木黴菌稻穀菌種	叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, 簡稱AMF)
接種方式/處理時機	浸種、拌種、澆灌、種子粉衣及介質拌菌/育苗及田間皆可用	介質拌菌/僅育苗期使用
接種方式方便性/處理時機	方便/隨時	不方便/僅育苗期
寄主/宿主選擇性	無限制作物種類	有宿主專一性, 作物種類有選擇性
追加接種	方便操作	不便操作
孢子活性	強	弱, 視種類而定
根系發育效益	強(快)	弱(慢)
根系耐水/旱性	強	強
根系耐鹽性	強	中等
肥料施用量影響	不受肥料量影響效果(可與肥料混合使用)	易受肥料量影響效果(避免與肥料混合使用)
磷肥利用效率	強	易受肥料量影響
抑制根系線蟲為害	有	有
防治根系病害	強	較弱
受農藥影響	弱	部份藥劑會影響
作用機制	木黴菌與植物根系共生, 類似外生菌根方式, 於根系外圍先行生長, 協助養份吸收, 並可產生蛋白質分解酵素及幾丁質分解酵素。	植物根部受菌根菌感染後, 菌絲會在根部皮層細胞內形成細小雙又分支的叢枝體(arbuscule)。其可藉由感染在寄主植物根部所伸出的根外菌絲, 協助寄主直接吸收土壤中之水分。
製劑製作及保存差異		
製劑製作方式	以稻穀為培養基質, 培養基質量少質輕, 培養方式不占空間	以玉米及阿泰姆砂為培養基質, 培養基質量多質重, 培養方式占空間
製劑製作時間	短, 7天~14天	長, 1~2個月(沙耕法)
製劑菌量(每公克菌量)	$10^{9-10}$ 個孢子/每公克	沙耕法: $2 \times 10^7$ 個孢子/50毫升 氣霧耕: $1 \times 10^5$ 個孢子/1克
製劑保存時間	-20°C/10年以上	4°C/1~2年(視菌種而定)

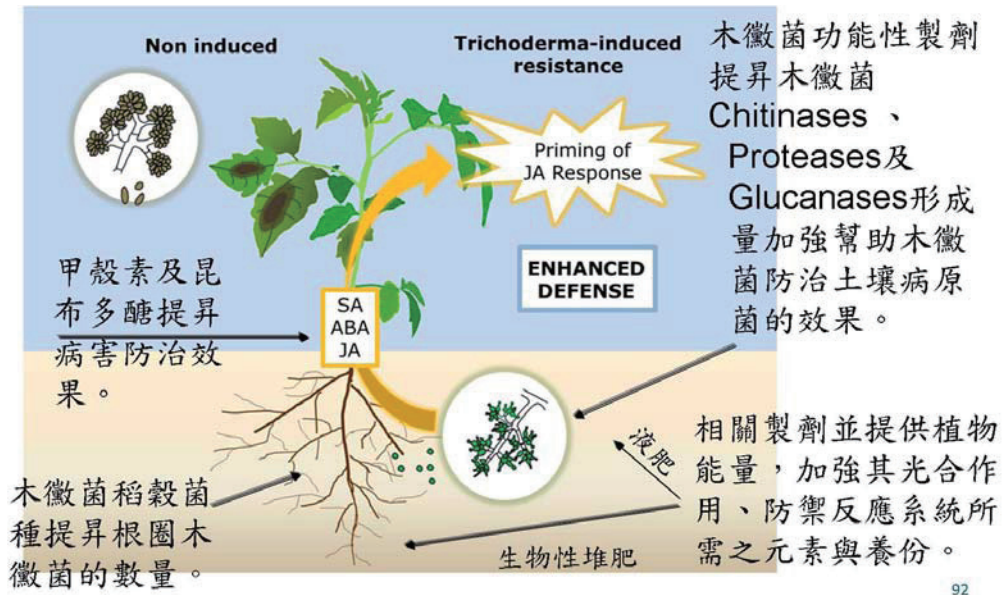
## 木黴菌製劑在作物田間管理應用技術

由於大部份的農友栽培作物時仍以購買育苗業者培育好之種苗來種植，種苗品質的好壞影響其後的田間管理極大，如無法購買到運用本場上述技術管理的幼苗，則田間管理可參考下列方式管理。

農民在管理作物上會以遮蓋、覆蓋與敷蓋等操作方式減少環境對作物的衝擊，筆者所篩選的枯草桿菌、放射線菌及木黴菌已開發多項產品如生物性堆肥、介質與微生物製劑。在作物種植前整地施用基肥可採用木黴菌生物性堆肥如大自然基肥或豐田一號，每分地施用量一公噸(約30包)，相關生物性堆肥、介質與微生物製劑等產品亦可施用於遮蓋、覆蓋與敷蓋等操作方式上，替代傳統農民栽培上所使用的資材。

目前臺中區農業改良場利用木黴菌菌種結合營養物質如乳清蛋白、海草粉及糖蜜醱酵產生的功能性液態微生物製劑(乳清蛋白：海草粉：糖蜜：木黴菌：水=1：0.5：2：0.01：20)，製作簡便成本低廉。田間施用方式為本田起每隔7~14天澆灌或噴灑液態微生物製劑100~200倍一次可促進作物幼苗生長，並可減少本田之病害發生，進而增加作物分蘗數及葉片數。對連續採收型作物如胡蘆科的小黃瓜、胡瓜、絲瓜及苦瓜或茄科的番茄、茄子及彩椒而言，每次採收後即追加噴灑或澆灌液態微生物製劑100倍，除可休養植株恢復產量外，並可減少枝枯病、葉黴病及炭疽病等多種病害之發生與危害。運用生物性堆肥及木黴菌製劑除了改善多種作物生育障礙外，並可減少寒害、缺水、焚風及乾旱等影響。除使產期延長，增加產量與提昇品質外，並可提高葉片數量、香氣、厚度果實風味及儲存時間，並可增加農友收益。

## 結語



- 木黴菌 *Trichoderma asperellum* TCT-N 及 *Trichoderma asperelloides* 系列菌株與製劑可綜合運用在作物栽培的病害管理。

### 未來研發方向

- 新菌株之篩選。
- 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。
- 多功能及用途之製劑研發，如飼料添加菌種、飼料酸化劑及水產養殖用製劑。

## 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 臺大農化系編印 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 臺灣農業 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。
- 陳俊位、蔡宜峰、鄧雅靜、曾德賜 2012 農業有益微生物研發與應用 p.165-196. 廖君達、陳裕星、張致盛 主編 國際有機農業產業發展研討會專刊 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。

- 陳俊位、鄧雅靜、蔡宜峯 2014 木黴菌在作物病害防治的開發與應用 p.87-116. 廖君達、白桂芳、張致盛 主編 農業生物資材產業發展研討會專刊 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.
- Chaverri, P., L. A. Castlebury, B. E. Overton and G. J. Samuels. 2003. *Hypocrea/Trichoderma*: species with conidiophore elongations and green conidia. *Mycologia* 95 : 1100–1140.
- 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 REVIEWS* 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.
- Francesco V., S. Krishnapillai, L. G. Emilio, M. Roberta, L. W. Sheridan, and L. Matteo . 2008. *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry* 40 : 1–10.
- Hanson, L. E., and Howell, C. R. 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 REVIEWS* 2:43-56.
- Harman, G. E. and C. P. Kubicek. 1998. *Trichoderma and Gliocladium, Vol. 2, Enzymes, Biological Control and Commercial Applications.* Taylor & Francis, London. 393 pg.
- Hall, F. R. and J. J. Menn. 1999. *Biopesticides: Use and Delivery.* Humanna Press Inc., Totowa, NJ, USA.
- Hayes, C. K., Peterbauer, C., Tronsmo, A., Klemsdal, S., and Harman, G. E. 1993. Antifungal chitinolytic enzymes from *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* purification, characterization, biological activity and molecular cloning. In Muzzarelli, R. A. A. (ed). *Chitin Enzymology.* Eur. Chitin Soc., Ancona, Italy. p.383-392.
- 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.



- Kubicek, C. P. and G. E. Harman. 1998. *Trichoderma and Gliocladium. Vol. 1. Basic Biology, Taxonomy and Genetics*, Taylor & Francis, London. 278 pp.
- 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.
- Mala, M. , K. M. Prasun, A. H. Benjamin, Z. Christin, B. Gabriele and Z. Susanne. 2012. *Trichoderma-Plant-Pathogen Interactions: Advances in Genetics of Biological Control*. *Indian J. Microbiol.* 52(4):522-529.
- 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.
- Pratibha S., K. P. Vignesh, R. Ramesh, K. Saravanan, S. Deep, M. Sharma, S. Mahesh and S. Dinesh. 2011. Biocontrol genes from *Trichoderma* species: A review. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(86) : 19898-19907.
- Samuels, G. J. 2006. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. *Phytopathology* 96:195-206.
- Sanjeev, K. 2013. TRICHODERMA: A Biological weapon for managing plant diseases and promoting sustainability. *Int. J. Agrl. Sc. & Vet. Me* : Vol. (1) 106-121.

- Weindling, R. 1934. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology* 24: 1153-1179.
- Yedidia, I., N. Benhamou and I. Chet. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:1061-1070.

## Development and Application of *Trichoderma* Biological Agents

Chein-Wei Chen、Ya-Ching Teng and Yi-Fong Tsai

### Abstract

Although the promotion of organic farming in the country for many years, however, pest control and management techniques have been let farmers headaches. Functional microbial agents for the recent development of new prevention and treatment of materials, scholars have found that a variety of microorganisms have pest control effects and the ability to break down organic materials, in addition can be applied to pest control and recycling of agricultural resources, these strain and has to promote plant growth, nutrient absorption and disease suppression function, more recently found to induce the plant to produce systemic resistance, significantly reduce the incidence of disease severity or when leaving the pathogen causing the infection, can also reduce pest The extent of damage, as used in organic agriculture cultivation areas of new product development. In these microorganisms *Trichoderma* is applied to effective disease control microorganisms. *Trichoderma* species are now known for the biological control research, including a *Trichoderma harzianum*, *T. hamatum*, *T. longibrachiatum*, *T. koningii*, *T. viride*, *Gliocladium virens*, *T. polysporum* and *T. asperellum* and so on. Others have been used in other disease control test strains still contain *T. atroviride*, *T. aureoviride*, *T. brevicompactum*, *T. ghanense*, *T. glaucum*, *T. longibrachiatum*, *T. piluliferum*, *T. pseudokoningii*, *T. virens* and *T. reesei*. In recent years, the field of study, for *T. asperellum* in addition to developing a disease control agents, but also the ability to produce enzymes break down for its development into a decomposition of

organic fibrous materials of biological agents. In the screening of purified *Trichoderma* (*Trichoderma* spp.) Family strains have been developed using these strains various agricultural products such as bio-composting technology, media, functionality and other microbial agents, the use of significant achievements in the field. These formulations *T. asperellum* TCT-R1 paddy crop roots symbiotic bacteria preparation and ability to help the crop root development, increase graft survival, and can reduce seedling diseases in addition to crop growth and help resist adversity. Combined aculeatus *Trichoderma* strains of rice preparations (*T. asperellum* TCT103, TCT301, TCT111 and TCF9409 strain) and agricultural waste such as animal manure, bagasse, sawdust and other materials can be produced jointly Po leaven of new biological composting system, the media, etc. In addition to improving the quality of compost media outside, and can induce a variety of beneficial microorganisms, because inside contains a lot of beneficial microorganisms such as *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* and *Streptomyces* spp. etc., can stabilize the relevant product quality, and because of the beneficial microorganisms contained within the Clustering can crop rhizosphere, symbiosis with plant roots and thus promote nutrient absorption capacity, can achieve the purpose of promoting the growth of plants. Combined with whey protein, produced by fermentation of molasses TCT-LF-N functional microbial agents, making simple and low cost, in addition to the field test results can promote the growth of a variety of crops outside, and can reduce pest problems during cultivation, can improve crop yield and quality increased earnings of farmers. The screened recently *Trichoderma asperelloides* TCTr168 and 668 new strains of bacteria for domestic first discovered, its shape and aculeatus *Trichoderma* (*T. asperellum*) close to 103 years for the COA ingenious plan to promote bio-pesticide industry in the subject of strains present in the vegetable

disease control TCTr668 strain has been to reduce seedling blight (*Rhizoctonia solani* AG-4) in damage, with chitin fermentation liquid preparations can produce contain chitosan (chitosan) of disease control formulations of bacterial diseases such as cabbage black rot, and cucumber leaf diseases such as powdery mildew and blight with Lou Junbing control effect; combining sea and TCTr168 meal Po liquid yeast strains can produce a disease control agents effect of laminarin, can reduce the tomato and bell peppers and other crops seedling blight, powdery mildew, leaf mold, shoot blight, late blight and other diseases of the damage, in other crops, fruit crops or flowers also the effect on disease prevention and treatment. In crop cultivation and management process, combined with *Trichoderma* species, biological composting or integrated media management and functional microbial agents can promote plant growth, nutrient uptake and help suppress the occurrence of disease and other benefits, but more recently found to induce Plants produce systemic resistance, can effectively reduce toxins papaya for tomato bacterial wilt disease and infestation. Developed by the use of microbial agents in addition to increasing the confidence of the farmers cultivated outside, and to improve organic crops poor growth, poor quality shortcomings, the promotion of organic agriculture in the future will be a major weapon.

Keywords: functional microbial agents, organic agriculture, and *Trichoderma* spp.

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

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