

2014 真菌資源及其永續利用研討會專刊

主 編

張雅君、詹富智、汪碧涵

作 者

安寶貞、朱盛祺、何小曼、吳孟玲、吳信郁、吳雅芳、李芷芸、李涵筠、沈偉強、
沈湯龍、林乃君、林宗俊、林俞廷、林國詞、林駿奇、施佑霖、施欣慧、洪挺軒、
袁國芳、張東柱、張芳陌、莊書婷、莊雅惠、郭建志、陳又嘉、陳昭翰、陳玲儀、
陳啟予、陳錦桐、曾敏南、曾顯雄、黃尹則、黃振文、劉俊揚、劉桂郁、劉廣宏、
歐聰億、蔡志濃、蔡依真、鄭安秀、鄭瑋寧、賴明信、謝松源、鍾仁賜、鍾嘉綾、
魏育慧、蘇慶華、鐘珮哲

(依姓氏筆劃排列)

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局

中 華 民 國 植 物 病 理 學 會

中 華 民 國 真 菌 學 會

國立臺灣大學植物病理與微生物學系

編印

中華民國一百零三年十月

林乃君

現 職

國立臺灣大學農業化學系 副教授



學經歷

2004 美國康乃爾大學植物病理與植物微生物生物學系博士

2005-2013 國立臺灣大學農業化學系 助理教授

2013- 國立臺灣大學農業化學系 副教授

專 長

植物與微生物交互作用、微生物生理學、分子生物學

利用木黴菌搭配拮抗細菌防治草莓萎凋病之效果評估

莊雅惠¹、鐘珮哲²、鍾仁賜³、林乃君^{1,3*}

¹ 國立臺灣大學植物醫學碩士學位學程

² 行政院農業委員會苗栗農業改良場

³ 國立臺灣大學農業化學系

* 通訊作者：林乃君 nlin@ntu.edu.tw

摘要

草莓 (*Fragaria x ananassa* Duch.) 在臺灣屬於高經濟價值果樹之一，然而於民國 99 年開始陸續在苗栗縣草莓栽培區發現由草莓尖鏽孢菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*) 所引起的草莓萎凋病，造成草莓苗產量嚴重損失。本研究之目的為發展草莓尖鏽孢菌的防治方法，遂利用苗栗農業改良場先前所分離、對數種草莓病害具防治效果之木黴菌，搭配自金門及桃園農業改良場有機栽培土壤中篩選出具有拮抗病原菌能力、可能可促進植物生長特性且不具常用藥劑感受性之土壤分離菌株，應用於草莓萎凋病之管理上，並評估其維護植株健康狀態之能力。結果顯示，自桃園農業改良場有機栽培土壤中篩選出之 *Bacillus* spp. 595，於盆栽試驗中能夠有效控制病害發生率，且在短期內可促進植株生長；然而在田間試驗時不論是每週或隔週澆灌，木黴菌搭配拮抗細菌的混合處理組，均較單獨處理時有較好的病害控制和促進植株生長之效果。由於本研究直接於草莓產業的重要產區進行田間試驗，其試驗結果具有產業應用價值；然而試驗期短，未來仍需繼續進行長年施用後的效果評估試驗，以提供草莓栽種農民更有用之資訊。

關鍵詞：草莓、草莓尖鏽孢菌、木黴菌、土壤分離菌株、病害防治

緒 言

草莓 (*Fragaria x ananassa* Duch.) 為薔薇科草莓屬之多年生草本植物，在臺灣屬於高經濟價值水果之一。根據農業統計年報顯示，民國 102 年臺灣之草莓年產量達 8,732 公噸，種植總面積達 535 公頃，而主要產區包括新竹縣、苗栗縣以及南投縣，其中以苗栗縣為草莓重要產區，該區產量約佔年產量的 94%。由於草莓屬於非後熟型 (non-climacteric fruit) 水果，加上其病蟲草害種類相當多，使得儲架壽命短、農藥噴施時期長且施用量高，成為草莓栽培時的主要問題。近年為了維護消費者食用安全以及農業生產者能夠維護並永續經營農業生產環境，生產上逐漸以「減少農藥與化學肥料施用量」為目標，因此，草莓其實相當適合作為有害生物整合管理 (integrated pest management) 的模式作物。

草莓栽培期會遭遇到之常見病蟲害包括斜紋夜蛾、薊馬、二點葉蟎、葉芽線蟲、青枯病、炭疽病、白粉病、果腐病及灰黴病等，其中，長達半年之育苗期階段以造成植株萎凋之病原菌為主。根據文獻記載，造成草莓植株萎凋之病原菌有炭疽病菌 (*Collectotrichum* spp.)、疫病菌 (*Phytophthora* spp.)、腐黴菌 (*Pythium helicoides*) 以及镰孢菌 (*Fusarium solani*, *F. oxysporum*) (3)。其中，由草莓尖镰孢菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*) 所造成的萎凋病 (Fusarium wilt) 於民國 99 年，才開始在苗栗縣草莓栽培地區陸續出現，近年來已成為草莓育苗期的隱憂之一。草莓尖镰孢菌為土媒性病原菌，可直接入侵植株根部或由帶病原之母株透過走蔓傳播至子株，病原菌沿維管束向上蔓衍，造成自下位葉開始往上顯現葉脈透化、葉片黃化與壞疽病徵。初期可見半側萎凋 (維管束堵塞)，造成葉片呈現大小葉現象，後期則全株枯死，罹病株之根、莖部維管束褐化或壞死，為判斷本病害之主要病徵 (3)。

針對草莓尖镰孢菌由根部入侵後，其小孢子會隨著走蔓進行系統性傳播 (6)，其田間防治之策略可分為三個方向進行：一、透過具病原拮抗能力以及促進植株生長能力之微生物製劑開發、試驗和配方施用，以降低尖镰孢菌和草莓根部接觸、入侵的機會，達到保護育苗期植株健康的目標；二、降低病原菌定殖 (colonization)

成功的機率：Fang 等人 (2012) 指出，草莓尖鏽孢菌入侵植株後在不同草莓品種之組織中定殖情況不一，因此，可以針對臺灣既有草莓品種對於草莓尖鏽孢菌定殖情形進行評估，篩選出較為抗病的品種；三、降低病害進展程度：由於目前對於草莓尖鏽孢菌經由走蔓傳播的速度及傳播條件之相關研究不多，因此若有更進一步的瞭解，便可藉由建議農民切斷走蔓及留株時機，減少病株在田間殘留的機會，便可降低病害進展速度。目前除了傳統上採取淹水或是與水稻輪作等耕作防治策略之外 (3)，國外研究亦指出可藉由篩選抗病品種 (9) 或是使用拮抗微生物等來抑制草莓萎凋病的發生與嚴重度 (1,8)。

微生物在土壤中所扮演的角色和功能相當多元，不僅是生產者，也是分解者，能夠讓自然界的元素循環生生不息；微生物在土壤中的活性常能顯著影響土壤特性，如改變土壤酸鹼值、分泌代謝物質促進植物生長或是做為植物病害之生物防治手段 (2)。土壤微生物的運用歷史悠久，應用層面也相當廣泛，以土壤分離菌株之功能性可分為：固氮菌、溶磷菌、溶鉀菌及分解矽酸鹽類礦物之細菌、促進植物生長之根棲細菌、菌根真菌以及各種植物病原菌等。依照其應用層面又可分為：生物性肥料、土壤改良菌劑、生物防治菌、環境汙染指標菌種、環境汙染分解菌種以及在工業或醫藥等方面的應用菌種 (2)。其中，在農業環境的應用，最直接相關的為生物性肥料以及生物防治菌。隨著農業生產方式的改變，如何避免過度施用肥料或農藥以降低農業生產環境的負荷、農業生產者的耕作成本以及提高生產者與消費者的食用安全，已變成相當重要的課題，而生物性肥料以及生物防治菌的應用在這樣的需求下便應運而生。

生物性肥料 (biofertilizer) 或稱為微生物肥料，行政院農業委員會將之定義為「含具有活性微生物或休眠孢子，如細菌 (含放線菌類)、真菌及藻類等及其代謝產物的特定製劑，應用於作物生產具供應植物養分的效果，包括增進植物養分和元素之供應量與總量，或刺激植物生長，或促進植物對營養和元素之吸收」。生物防治菌或稱微生物農藥，在近期發展中相當活躍，被認為是綠色農業有害生物管理上，不可或缺的組成分，最為有名的應用實例

為殺蟲劑蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*)。在應用層面上，大多研究都以單一菌株的測試為主，鮮少有混用不同菌株的試驗設計，而篩選出兼具生物性肥料與生物防治菌的相關研究也不多 (7)。已有許多研究結果指出，使用拮抗微生物應可有效抑制土媒病害的發生與嚴重度 (1,5,7,10)。近年來更有研究指出，若能藉由妥善的土壤管理方式來提高土壤品質及健康，便能有效控制土壤傳播病原菌的族群數量。其中，土壤生物為影響土壤品質及產量的主要因子之一，健康土壤的指標即為其中微生物的數量及種類多寡，且有更多有益微生物的存在及較少的病原菌 (4)。如何提升根圈環境的健康狀態，應是未來在發展有害生物整合管理策略以防治土壤傳播病原菌時考慮的重點課題。本研究以發展出更能符合長遠及永續經營農業的理念之防治策略為終極目標，希望能從改善土壤品質的角度來進行草莓萎凋病的防治。因此我們首先評估混用多種具生物肥料或生物防治菌潛力的菌株，是否比單一施用拮抗菌時有更好的效果。本研究即利用之前篩選出具拮抗多種草莓病原菌之木黴菌搭配能拮抗草莓尖鏽孢菌之土壤微生物，希冀能提高土壤中有益微生物的存在，而在草莓萎凋病的防治上達到事半功倍之成效。

材料與方法

一、草莓植株與微生物菌株

試驗中所使用之草莓品種為苗栗地區最大宗栽培品種「桃園一號」(或稱「豐香」)。以健康草莓植株為母株，將其無性繁衍出之走莖 (stolon)，固定於滅完菌之介質中，培養三星期後進行試驗。試驗地點為苗栗農業改良場網室內之離土床架。使用之拮抗微生物包括由苗栗地區所分離到之木黴菌 (*Trichoderma* spp.) ML1 和 ML56，以及本研究中所分離到之拮抗菌 *Bacillus* spp. 376 和 595。草莓尖鏽孢菌則是使用民國 101 年在草莓苗病株冠部組織上分離到的 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* ML369。

二、促進植物生長根棲細菌之分離及其特性分析

本研究自桃園區農業改良場、臺灣大學農場、苗栗及金門等地農田土壤中分離出土壤微生物，然後進行特性分析，分析的項目包括：一、是否對草莓尖鏽孢菌 (*F. o. f. sp. fragariae* ML369) 和炭疽病菌 (*Colletotrichum acutatum* 和 *Colletotrichum gloeosporioides*) 具有拮抗能力；二、是否對具有生物防治潛力的 *Trichoderma asperellum* ML1 及 *Trichoderma* sp. ML56 有拮抗作用；三、是否對於草莓田間常用藥劑—待克利 (difenoconazole) 具感受性；四、是否具有可能可促進植物生長的特性，如產生吲哚乙酸 (indole-3-acetic acid, IAA) 的能力及溶磷或溶鉀的能力等。

三、苗栗農業改良場網室盆栽試驗設計

為了瞭解篩選出來的菌種對於草莓萎凋病是否有降低其危害的效果，首先於苗栗區農業改良場網室進行盆栽試驗。試驗環境為網室內的離土床架，此盆栽試驗共分為十四組，如表一 (Table 1) 所示，每一組四盆，每週澆灌待測試之土壤分離菌株一次，共施用三次。

四、苗栗縣大湖鄉觀光草莓園田間試驗設計

本試驗進行五種處理，分別進行每週及隔週澆灌處理，合計十組，如表二 (Table 2) 所示。試驗設計採用隨機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，每一處理組共三個植床 (長 150 公分、寬 20 公分、深 25 公分)，作為三重複，每一重複中栽種植株約 10 株，每週同樣記錄草莓萎凋病發病率、第三成熟葉之葉綠素含量 (SPAD index) 以及補植率 (replanting rate, %)。

五、草莓萎凋病病害評估

於網室盆栽試驗及田間試驗中，均分別記錄發病率 (incidence, %) 和萎凋比例 (wilting ratio, %)。根據觀察到的病徵形態，即新生幼葉為大小葉且葉色較不均勻的症狀做為判斷依據。將各處理組內植株區分為病株及健康株兩類，計算方式為病株數除以該處理組植株總數，再乘以 100%，以計得各組內發病率。此外，記錄各處理組內出現萎凋狀況的植株數量，將萎凋數量除以各處理組內植株總數，再乘以 100% 即為該組之萎凋比例。

六、草莓植株生長指標之分析

本研究以第三成熟葉之葉寬和葉綠素含量 SPAD 讀值，作為草莓植株生長指標依據。各處理組中，以尺量測每一株第三成熟葉中間小葉的葉寬，即得第三成熟葉之葉寬 (width，或稱為葉幅)。同時以 SPAD-502 Chlorophyll meter (Spectrum Technologies, Inc., Aurora, IL) 進行該葉片之葉綠素含量測定，每一處理組內隨機選定三株，量測第三成熟葉片 SPAD 值，每葉片共測三次，以其平均值表示。

結果與討論

一、土壤分離菌株之特性分析及鑑定

將所有土壤分離菌株先經過吡啶乙酸合成能力測試、溶磷能力測試、溶鉀能力測試之後，挑選出只具有吡啶乙酸合成能力的 595、376 和 iii6F，同時具有吡啶乙酸合成能力和溶磷能力的菌株 i4A、i5C、i5D 和 i6E，以及兼具吡啶乙酸合成能力、溶磷能力和溶鉀能力的 ii6B，接著進行草莓尖鏽孢菌以及炭疽病菌之拮抗測試，具有病原拮抗能力的有 595、376、i4A 和 i5D，篩出此四株進行小白菜促進植物生長試驗，其中 i5D 表現並不理想，因此，挑選土壤分離菌株 595、376、i4A 和 ii6B 進行後續實驗。由於田間試驗中，菌株必須面臨常用藥劑的考驗，因此，進行稀釋 3,000 倍待克利之敏感性測試，其結果顯示，土壤分離菌株 376 可在稀釋 3,000 倍待克利培養基上存活；此外，由於後續會以混用菌株的方式進行病害防治效果評估，因此，也將土壤分離菌株 *Bacillus* sp. 595 和 376 與苗栗農業改良場開發之木黴菌進行對峙培養，結果顯示此二菌皆不拮抗木黴菌 *Trichoderma asperellum* ML1，而對於 *Trichoderma* sp. ML56 僅在菌落邊緣產生些微抑制環，因此，最終挑定土壤分離菌株 595 和 376 進行後續試驗 (表三)。

二、網室盆栽試驗中，土壤分離菌株處理對草莓植株病害控制之影響

不同土壤分離菌株及其組合，對被澆灌接種草莓尖鏽孢菌之健康幼苗試驗進行之結果顯示，每週澆灌 *Bacillus* sp. 376，四週後仍能最有效達到保護幼苗和抑

制病害發生的效果；反之，單獨處理 *Trichoderma* sp. ML56 及處理 *Trichoderma* sp. ML1 搭配 *Bacillus* sp. 376 及 595 這兩組的發病率卻在第四週有增加的情形出現。雖有出現大小葉的病徵，但植株萎凋率在處理後第一週皆為 0%；四周後，*Trichoderma* sp. ML1 無論是搭配 *Bacillus* sp. 376 或是 *Bacillus* sp. 595，其植株萎凋率皆較單獨處理組有下降的情形（表四）。

三、田間試驗中，土壤分離菌株處理對草莓植株病害控制之影響

1. 每週澆灌對發病率之影響

試驗期間混合木黴菌及枯草桿菌的組別幾乎都有出現降低發病率的效果，但在混合菌株 *Bacillus* spp. 376+ 595 + *Trichoderma* sp. ML56 處理下，於試驗期間均能將發病率控制在對照組之下。表中標有星號 (*) 的日期表示當天有進行土壤分離菌株澆灌處理，因此，可以發現，停止施用土壤分離菌株後三周，各組的發病率也都還能控制在低於控制組；其中，同樣是以 *Bacillus* spp. 376+ 595 + *Trichoderma* sp. ML56 組的病害控制效果以及持續性較好（表五）。

2. 隔週澆灌對發病率之影響

隔週澆灌土壤分離菌株對於發病率的評估結果如表六所示。整體而言，隔週澆灌處理仍具有控制草莓萎凋病發病的效果。且與每週澆灌相似，均是在同時處理木黴菌及枯草桿菌時有最佳的效果，且此效果在停指澆灌後，仍能持續一段時間。不過此試驗的觀察時間較短，故未能得知停止澆灌後，土壤分離菌株的控制病害效果能持續多長的時間。

綜合比較每週澆灌與隔週澆灌土壤分離菌株病害控制效果，雖然隔週澆灌時，各處理組在試驗階段內的發病率變化幅度比較大，但兩種澆灌頻率均能有效控制病害。

四、網室盆栽試驗中，土壤分離菌株處理對促進草莓植株的生長效果之影響

由處理組間各植株的葉綠素含量來看，第二週便可以觀察到處理組與控制組之間出現差異，其中僅澆灌 *Bacillus* sp. 376 或 *Trichoderma* sp. ML56 的組別，及 *Bacillus* sp. 376 加上 *Trichoderma* sp. ML56 的組別，雖然跟未接種病原菌的 RM

及 CK 組無差異，但與接種病原菌的 PI 組則有顯著差異。在連續澆灌三週的條件下，僅澆灌 *Bacillus* sp. 376 或是 *Bacillus* sp. 376+595 再加上 *Trichoderma asperellum* ML1 的混合菌處理組，其植株的葉綠素含量均較控制組高，顯示土壤分離菌株對於草莓植株的生長狀況確實有所助益（表七）。此外，進行土壤分離菌株澆灌處理以及定量病原接種後，於第三及第四周後各組別之第三成熟葉葉寬於統計上均與控制組無差異。

五、田間試驗中，土壤分離菌株處理對促進草莓植株的生長效果之影響

田間試驗中，土壤分離菌株處理對促進草莓植株的生長效果之結果如表八所示。每週澆灌土壤分離菌，對於各組間植株第三成熟葉之葉綠素含量並無任何影響。在隔週澆灌的試驗當中，除了在第二次土壤澆灌後隔週，出現了處理 *Bacillus* sp. 595 後葉綠素含量有變少的情形，但在隔一週之後又與各組間無差異。

結 論

本研究建立一有效流程，成功篩選出兼具對草莓尖鏽孢菌具拮抗能力與促進植物生長特性之菌株。當以此篩選出之枯草桿菌菌株搭配對草莓其他病害具控制效果的木黴菌進行盆栽試驗後發現，單獨使用或搭配使用此二類菌株對控制草莓萎凋病及促進植株生長（葉綠素含量）均有不錯的效益。於田間試驗中，仍能看出搭配木黴菌及枯草桿菌對於控制草莓萎凋病的效果，但促進生長效應的評估結果卻有些許疑問，這可能是因為田間試驗中，採取不干預草莓園既有之管理方式，所以農民將出現病徵的植株拔除並栽種新苗的栽培管理方法對於我們田間試驗的結果有相當大的影響，造成評估上的困難。但綜合所有數據發現，每週澆灌 *Bacillus* sp. 595、*Bacillus* sp. 376、*Trichoderma asperellum* ML1 或 ML56 之混配方較單獨施用各菌更能有效控制草莓萎凋病之發病率，而且其效果可持續六週以上。本研究之成果為防治草莓萎凋病提供另一替代方案的可能性，也初步提出搭配數種具潛力的生物防治或生物肥料菌株，確實可提高防治土媒病害之可能性，但是否是因為改善土壤品質而造成此種效果，仍需進一步的探討。此外，本研究

所篩出之土壤分離菌株，於草莓重要產區進行試驗獲得初步成效，未來若有更多相關研究，對於臺灣草莓產業層面亟具應用價值。

參考文獻

1. 王占武、劉彥利。1999。拮抗菌防治草莓枯萎病。中國生物防治學報 15：187
2. 楊秋忠、趙維良、廖啟成、黃山內、曾顯雄和許文輝。2003。臺灣土壤微生物之收集應用。臺北市，中正農業科技社會公益基金會。
3. 鐘珮哲、彭淑貞、張廣森、楊秀珠、余思葳。2012。草莓病蟲害之發生與管理。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局和農業藥物毒物試驗所編印。
4. Abawi, G. S., and Widmer, T. L. 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. Appl. Soil Ecol. 15: 37-47.
5. Chalfoun, N. R., Castagnaro, A. P. and Díaz Ricci, J.C. 2011. Induced resistance activated by a culture filtrate derived from an avirulent pathogen as a mechanism of biological control of anthracnose in strawberry. Bio Control 58: 319–329.
6. Fang, X., Kuo, J., You, M. P., Finnegan, P. M. and Barbetti, M. J. 2012. Comparative root colonisation of strawberry cultivars Camarosa and Festival by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. Plant Soil 358: 75-89.
7. Jetiyanon, K., Fowler, W. D., and Kloepper, J. W. 2003. Broad-spectrum protection against several pathogens by PGPR mixtures under field conditions in Thailand. Plant Dis. 87: 1390–1394.
8. Nam, M. H., Park, M. S., Kim, H. G., and Yoo, S. J. 2009. Biological control of strawberry Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* using *Bacillus velezensis* BS87 and RK1 formulation. J. Microbiol. Biotechnol. 19: 520-524.
9. Toyoda, H., Horikoshi, K., Yamano, Y., and Ouchi, S. 1991. Selection for Fusarium wilt disease resistance from regenerants derived from leaf callus of strawberry. Plant Cell Rep. 10: 167-170.
10. Wu, H., Yang, X., Fan, J., Miao, W., Ling, N., Xu, Y., Huang, Q. and Shen, Q. 2009. Suppression of Fusarium wilt of watermelon by a bio-organic fertilizer containing combinations of antagonistic microorganisms. Bio. Control 54:287–300.

表

表一、苗栗農業改良場網室盆栽試驗之病害控制及促進植物生長效果試驗設計
Table 1. Experimental design for disease-control and plant growth-promoting effects of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on strawberry in a pot assay in the net house at MDARES, Miaoli, Taiwan

Code	<i>Bacillus</i> spp.		<i>Trichoderma</i> spp.		ML369	⁴ Registered fungicides	Fertilizer
	595	376	ML1	ML56			
¹ RM	-	-	-	-	-	+	+
² CK	-	-	-	-	-	+	+
³ PI	-	-	-	-	+	+	+
595	+	-	-	-	+	+	+
376	-	+	-	-	+	+	+
ML1	-	-	+	-	+	+	+
ML56	-	-	-	+	+	+	+
35	+	+	-	-	+	+	+
5m1	+	-	+	-	+	+	+
5m56	+	-	-	+	+	+	+
3m1	-	+	+	-	+	+	+
3m56	-	+	-	+	+	+	+
35m1	+	+	+	-	+	+	+
35m56	+	+	-	+	+	+	+

¹ Regular management indicates regular applications of chemical control agents and fertilizers.

² Negative control serves as a blank treatment without adding *Bacillus* spp. or *Trichoderma* spp. or any combination, but pesticide were applied to control anthracnose regularly.

³ Each pot was drench inoculated with 50 mL of *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* ML369 at a concentration of 1×10^6 spores/mL.

⁴ include Pyraclostrobin (3000X dilution), Difenconazole (3000X dilution) and Prochloraz (6000X dilution)

表二、苗栗縣大湖鄉觀光草莓園之病害控制及促進植物生長效果試驗設計

Table 2. Experimental design for disease-control and plant growth-promoting effects of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on strawberry at a strawberry farm in Dahu, Miaoli, Taiwan

	595	376	ML1	ML56	ML369	Registered pesticide	Fertilizer
^a CK	-	-	-	-	-	+	+
B5	+	-	-	-	-	+	+
B35	+	+	-	-	-	+	+
B351	+	+	+	-	-	+	+
B3556	+	+	-	+	-	+	+

^a Regular management indicates regular applications of chemical control agents and fertilizers.

*Strawberry plants in the Tian-mei Strawberry Farm were grown using a high-bench cultivation method.

**Application of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. were conducted both weekly and fortnightly.

表三、本試驗中使用之土壤分離菌株及其特性

Table 3. List of tested microbes and their characteristics

Code	Source ¹	Functions ²							Identification ³
		A	B	C	D	E	F	G	
595	TYDARES, Taoyuan, Taiwan (soil)	○	○	○	×	○	×	×	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
376	Kinmen, Taiwan (soil)	○	○	○	○	○	×	×	<i>Bacillus subtilis</i>
i4A		○	○	-	-	○	○	×	<i>Burkholderia gladioli</i>
i5C	NTU, Taipei, Taiwan	×	×	-	-	○	○	×	
i5D	(soil)	○	○	-	-	○	○	×	
i6E		×	×	-	-	○	○	×	-
ii6B	TYDARES, Taoyuan, Taiwan (soil)	×	×	-	-	○	○	○	<i>Pseudomonas monteilii</i>
iii6F	NTU, Taipei, Taiwan (strawberry leaf)	×	×	-	-	○	×	×	-
ML1	Miaoli, Taiwan (strawberry crown)	○	○	-	-	-	-	-	<i>Trichoderma asperellum</i>
ML56	Miaoli, Taiwan (strawberry crown)	○	○	-	-	-	-	-	<i>Trichoderma</i> sp.
ML369	MDARES, Taiwan (strawberry crown)	-	-	×	-	-	-	-	<i>Fusarium oxysporum</i>

¹ TYDARES: Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station; MDARES: Miaoli District Agricultural Research and Extension Station.

² A: Antagonistic against *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* (ML369); B: Antagonistic against *Collectotrichum gloeosporioides* and *Collectotrichum acutatum*; C: Not antagonistic against *Trichoderma asperellum* (ML1); D: Able to grow on potato dextrose agar supplemented with 3000x Difenoconazole; E: Able to produce indole-3-acetic acid (IAA); F: Phosphate solubilization activity; G: Potassium solubilization activity. “○”, positive; “×”, negative; “-”, not tested.

³ Names of the bacterial strains were assigned based on the 16S rRNA gene sequences (approx. 1270bp) with 96% to 98% identities using the Basic Local Alignment Search Tool (BLAST). “-”, not identified yet.

表四、苗栗區農業改良場網室育苗期盆栽試驗之病害控制效果試驗結果

Table 4. Disease-control effect of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on strawberry in a pot assay in the net house at MDARES, Miaoli, Taiwan

Week	RM	CK	PI	595	376	ML1	ML56	35	5m1	5m56	3m1	3m56	35m1	35m56
Incidence (%)¹														
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	50	0	50	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0
3	50	75	25	25	0	25	0	0	0	0	25	0	0	0
4	50	25	0	25	0	25	75	25	75	50	50	25	25	25
Wilting ratio (%)²														
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	50	0	50	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0
3	0	0	25	25	50	25	0	0	0	25	0	25	0	0
4	0	0	25	25	50	62.5	0	0	0	25	0	25	0	0

¹ Incidence was estimated weekly on-site by identifying the asymmetrical new leaves of each pot, and calculated by the occurring numbers by the total pots per treatment.

² Wilting ratio equals to the occurrence of wilting plants by the total pots per treatment.

表五、每週進行土壤澆灌處理對於苗栗縣大湖鄉觀光草莓園之病害控制效果

Table 5. Effect of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on disease incidence (%) of strawberry at a strawberry farm in Dahu, Miaoli, Taiwan

	CK	B5	B35	B351	B3556
Incidence (%)¹: weekly application					
2012.12.13*	7.1	3.4	4.0	0.0	0.0
2012.12.20*	0.0	7.1	7.7	0.0	0.0
2012.12.27*	7.1	3.4	17.9	16.0	3.4
2013.01.03	17.2	10.3	7.1	10.7	6.9
2013.01.10	6.9	6.9	10.7	20.0	0.0
2013.01.16	20.7	17.2	21.4	4.0	6.9

表六、隔週進行土壤澆灌處理對於苗栗縣大湖鄉觀光草莓園之病害控制效果
Table 6. Effect of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on disease incidence (%) of strawberry at a strawberry farm in Dahu, Miaoli, Taiwan

	CK	B5	B35	B351	B3556
Incidence (%)¹: fortnightly application					
2013.01.10*	25.7	25.0	5.4	9.4	8.1
2013.01.14	20.0	24.2	21.6	6.3	5.4
2013.01.21*	31.4	14.3	15.4	9.4	5.4
2013.01.30	11.1	5.9	2.7	3.1	5.6
2013.02.04	21.6	9.4	5.3	3.2	5.7

¹ Incidence was estimated weekly on-site by identifying the asymmetrical new leaves within each treatment, and calculated by the occurring numbers by the total plants per treatment.

*Dates with stars indicate the application of tested microbes.

表七、苗栗農業改良場網室盆栽試驗之促進植物生長效果 (葉綠素含量)
Table 7. Plant growth-promoting effects of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on strawberry in a pot assay in a net house at MDARES, Miaoli, Taiwan

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Chlorophyll contents (SPAD index)¹				
RM	47.2 ± 3.1 a	48.3 ± 3.0 a	46.3 ± 4.1 a	35.3 ± 1.0 d
CK	44.6 ± 7.0 a	45.3 ± 3.4 ab	47.3 ± 2.4 a	41.7 ± 4.0 c
PI	39.8 ± 4.0 a	40.3 ± 1.3 b	42.3 ± 6.6 a	42.1 ± 1.3 c
595	40.2 ± 6.0 a	45.9 ± 1.4 ab	47.5 ± 1.0 a	48.4 ± 2.0 a
376	44.3 ± 1.0 a	47.1 ± 1.0 a	41.3 ± 1.2 a	46.3 ± 1.9 abc
ML1	44.8 ± 1.5 a	46.2 ± 1.8 ab	47.3 ± 3.0 a	46.6 ± 1.9 abc
ML56	43.8 ± 2.9 a	47.6 ± 3.2 a	46.1 ± 4.5 a	47.3 ± 2.0 ab
35	44.9 ± 2.9 a	46.9 ± 1.5 ab	46.5 ± 4.1 a	46.0 ± 2.0 abc
5m1	43.2 ± 0.8 a	45.8 ± 1.5 ab	46.6 ± 4.1 a	43.3 ± 2.5 bc
5m56	46.7 ± 5.4 a	46.3 ± 3.2 ab	46.5 ± 1.3 a	45.1 ± 0.8 abc
3m1	40.8 ± 3.8 a	45.5 ± 3.2 ab	46.3 ± 1.9 a	47.5 ± 1.8 ab
3m56	43.1 ± 2.7 a	49.1 ± 4.1 a	44.6 ± 0.4 a	46.6 ± 2.5 abc
35m1	45.2 ± 3.6 a	45.3 ± 1.3 ab	43.8 ± 3.9 a	48.5 ± 0.8 a
35m56	41.5 ± 8.2 a	45.5 ± 3.9 ab	44.3 ± 4.5 a	46.0 ± 1.0 abc

表八、苗栗縣大湖鄉觀光草莓園之促進植物生長效果 (葉綠素含量)

Table 8. Plant growth-promoting effect of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on strawberry at a strawberry farm in Dahu, Miaoli, Taiwan

	CK	B5	B35	B351	B3556
Chlorophyll contents(SPAD index): weekly application					
2013.01.10	47.4 ± 3.6 a	47.1 ± 3.3 a	47.4 ± 2.8 a	46.7 ± 2.1 a	44.4 ± 3.1 a
2013.01.14*	48.6 ± 4.0 a	47.5 ± 2.5 a	47.3 ± 4.3 a	48.1 ± 2.5 a	47.4 ± 3.0 a
2013.01.21*	46.0 ± 4.2 a	45.4 ± 2.4 a	47.5 ± 4.0 a	46.5 ± 2.3 a	46.7 ± 2.8 a
2013.01.30*	49.4 ± 1.4 a	50.0 ± 2.1 a	50.7 ± 2.3 a	50.7 ± 2.1 a	49.8 ± 1.6 a
2013.02.04	52.0 ± 2.4 a	52.4 ± 1.5 a	51.7 ± 2.6 a	52.2 ± 2.5 a	50.5 ± 1.9 a
Chlorophyll contents(SPAD index): fortnightly application					
2013.01.10*	45.2 ± 2.4 a	45.3 ± 1.9 a	43.6 ± 3.2 a	44.4 ± 3.9 a	46.5 ± 2.5 a
2013.01.14	47.0 ± 3.6 a	48.9 ± 2.9 a	47.5 ± 2.1 a	46.5 ± 3.2 a	46.9 ± 1.3 a
2013.01.21*	46.7 ± 3.6 a	48.4 ± 2.9 a	47.1 ± 2.4 a	46.7 ± 2.8 a	46.6 ± 1.9 a
2013.01.30	49.1 ± 1.2 ab	47.6 ± 2.7 b	50.4 ± 2.2 ab	51.6 ± 1.1 a	50.9 ± 1.7 a
2013.02.04	50.6 ± 1.3 a	51.6 ± 2.1 a	51.9 ± 1.8 a	52.0 ± 1.6 a	51.1 ± 1.3 a

¹ Chlorophyll contents was measured using SPAD-502 chlorophyll meter.

*Dates with stars indicate the application of tested microbes.

**Each value represents means ± SD (n=6). Means within each row with different letters indicate significant difference at $P < 0.05$ using Tukey's Multiple Comparison Test.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

真菌資源及其永續利用研討會專刊. 2014/ 安寶貞等作.

-- 臺北市：臺大植微系等, 民 103.10

面；公分

ISBN 978-986-04-2530-7 (平裝)

1.真菌 2.文集

379.107

103020567

=2014 真菌資源及其永續利用研討會專刊=

發行：國立臺灣大學植物病理與微生物學系

出版：行政院農業委員會動植物防疫檢疫局

國立臺灣大學植物病理與微生物學系

中華民國植物病理學會

中華民國真菌學會

策劃：鍾嘉綾、邱順慶、賴巧娟

主編：張雅君、詹富智、汪碧涵

作者：安寶貞、朱盛祺、何小曼、吳孟玲、吳信郁、吳雅芳、李芷芸、李涵筠、
沈偉強、沈湯龍、林乃君、林宗俊、林俞廷、林國詞、林駿奇、施佑霖、
施欣慧、洪挺軒、袁國芳、張東柱、張芳陌、莊書婷、莊雅惠、郭建志、
陳又嘉、陳昭翰、陳玲儀、陳啟予、陳錦桐、曾敏南、曾顯雄、黃尹則、
黃振文、劉俊揚、劉桂郁、劉廣宏、歐聰億、蔡志濃、蔡依真、鄭安秀、
鄭瑋寧、賴明信、謝松源、鍾仁賜、鍾嘉綾、魏育慧、蘇慶華、鐘珮哲

電話：(02) 3366-4604

設計印刷：煜量企業有限公司

地址：台北市萬華區萬大路 414 號 3 樓

電話：(02) 2309-2041

日期：103 年 10 月

定價：新台幣 300 元 (非賣品)

GPN：1010301964

ISBN：978-986-04-2530-7

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料