

苗栗區農業改良場 特刊第5號

Spec. Publ. of MDARES No.5

2021草莓研發成果與產業應用 研討會專輯

**2021 Proceedings of Research Achievements
and Industrial Applications of Strawberry**



**吳岱融、朱盛祺、呂秀英
主編**

Edited by Dai-Rong Wu, Sheng-Chi Chu, and Hsiu-Ying Lu

行政院農業委員會苗栗區農業改良場 編印

Published by: Miaoli District Agricultural Research and
Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

中華民國110年1月

January, 2021

2021
草莓研發成果與產業應用
研討會專輯

110 年草莓研發成果與產業應用研討會

議程

時間：110 年 1 月 13 日 (星期三) 上午 10 時至下午 5 時

地點：苗栗區農業改良場 生物防治分場 (苗栗縣大湖鄉民族路 42 號)

時間	流程
10:00~10:20	報到
10:20~10:40	長官來賓致詞與合照 主持人：苗栗場 呂場長秀英
	主題一：草莓種苗繁殖與病害驗證 主持人：種苗改良繁殖場張場長定霖
10:40~11:00	草莓健康種苗之生產 (種苗繁殖場 簡怡文助理研究員)
11:00~11:20	草莓健康種苗隔離設施生產整合管理技術 (農業試驗所 李助理研究員裕娟)
11:20~11:40	草莓種苗病害驗證作業簡介 (動植物防疫檢疫局 陳簡任技正保良)
11:40~12:00	草莓病毒病及臺灣草莓健康種苗驗證之病毒檢定 (農業試驗所 陳副研究員金枝)
12:00~13:30	午餐與交流時間 (海報展示與參觀試驗田區)
	主題二：草莓病蟲害與生物防治 主持人：動植物防疫檢疫局陳組長子偉
13:30~13:50	草莓萎凋病菌之分子檢測技術 (中興大學 張教授碧芳)
13:50~14:10	臺灣草莓炭疽病菌族群分析與檢測技術開發 (苗栗區農業改良場 鐘副研究員珮哲)
14:10~14:30	草莓主要蟲害之友善管理 (農業試驗所 余副研究員志儒)
14:30~14:50	微生物與天敵昆蟲於草莓生物防治之應用 (苗栗區農業改良場 朱分場長盛祺)
14:50~15:30	茶會
	主題三：草莓品種與產業應用 主持人：農糧署北區分署王分署長安石
15:30~15:50	草莓品種檢定與開發品系特性介紹 (桃園區農業改良場 羅助理研究員國偉)
15:50~16:10	草莓產業品種與苗栗 1 號之育成 (苗栗區農業改良場 吳副研究員岱融)
16:10~16:25	草莓 IPM 實作與產銷履歷 (ㄅㄚ大粒草莓園 袁靖清小姐)
16:25~16:40	設施草莓栽培技術 (瑪琪朵草莓園 林延炫班長)
16:40~17:00	綜合座談
17:00~	賦歸

序

臺灣草莓生產面積約 500 公頃，每年創造產值逾 18 億元，是著名的高經濟作物，栽培面積 90% 位於苗栗縣，是本場轄區的重要產業，也是研究計畫的重心。鑒於其獨特性與產區連結性，107 年 4 月 19 日農委會「草莓產業鏈精進方案」圓桌會議紀錄指示，本場負責草莓產業研究發展，包括品種研發、健康種苗及友善環境生產模式等工作及技術整合串接。

在氣候變遷的衝擊與消費者對食安的重視下，臺灣草莓產業逐漸轉型，傳統栽培方式改變，有機、友善、IPM 等管理技術興起，各相關研究單位也累積了創新成果。本次研討會邀請農委會、農糧署、防檢局、農試所、種苗場、桃園場、臺灣大學、中興大學、宜蘭大學及苗栗縣政府、產業栽培者等，舉辦跨單位的研究成果發表，主題涵蓋「草莓種苗繁殖與病害驗證」、「草莓病蟲害與生物防治」、「草莓品種與產業應用」三大面向 12 講題，及 10 篇海報發表。這是首次在草莓產區針對草莓單一作物所舉辦的研討會，期望能縱向呈現產業鏈上、中、下游之各項成果，橫向聯繫產、官、學三方寶貴經驗，創造草莓產業政策推動與技術研發之整合平台，促成草莓產業永續繁榮發展。謹將本次研討會之各講題專文及海報成果發表集結成專輯，期望對草莓產業投入者有所助益，尚有不足之處亦請各界不吝指教。

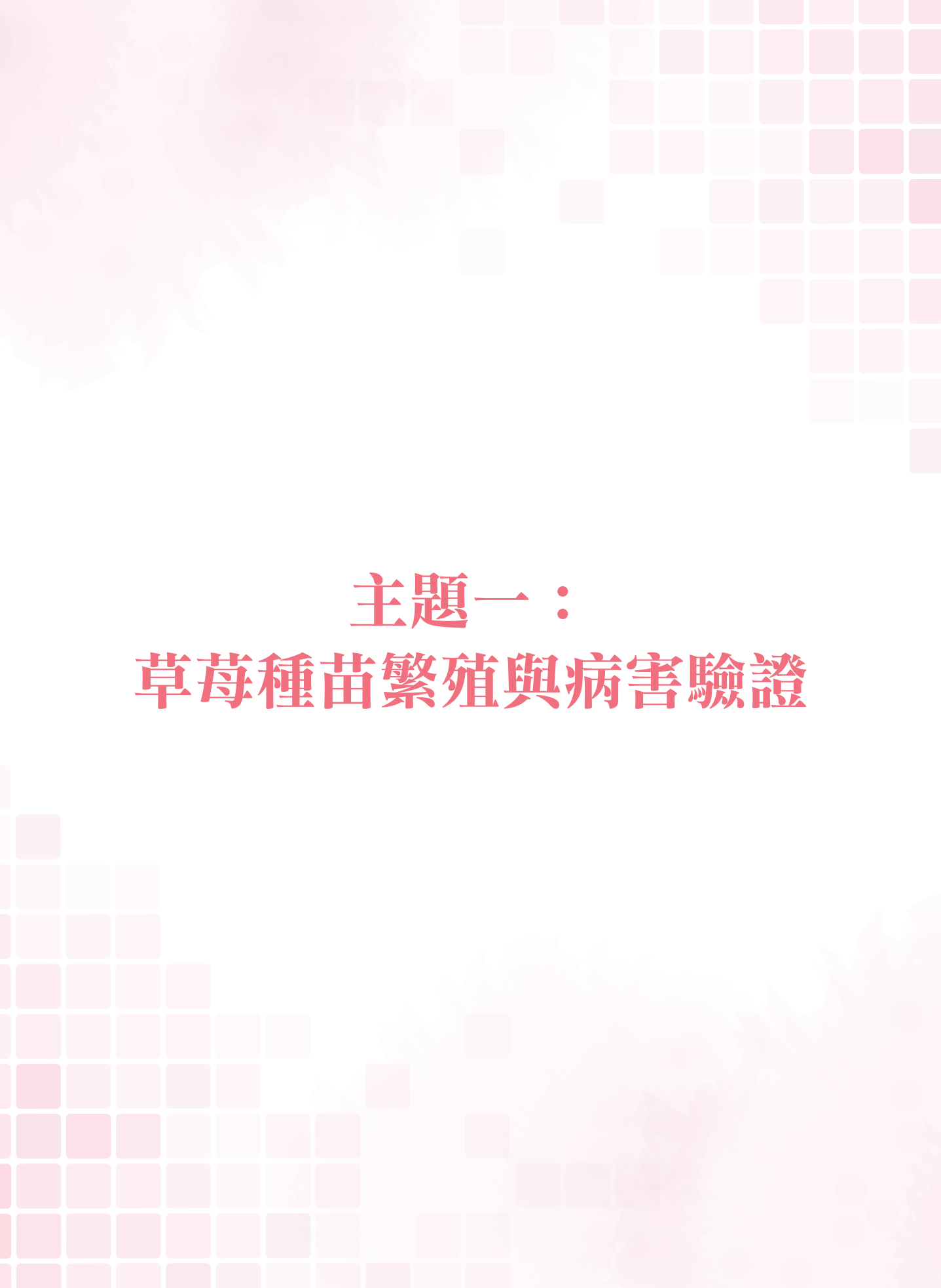
行政院農業委員會苗栗區農業改良場

呂香英 場長謹識

中華民國一一〇年一月十三日

目 錄

110 年草莓研發成果與產業應用研討會議程	3
序	5
主題一：草莓種苗繁殖與病害驗證	9
草莓健康種苗之生產	11
草莓健康種苗隔離設施生產整合管理技術	23
草莓種苗病害驗證作業簡介	35
草莓病毒病及臺灣草莓健康種苗驗證之病毒檢定	40
主題二：草莓病蟲害與生物防治	53
草莓萎凋病菌之分子檢測技術	55
臺灣草莓炭疽病菌族群分析與檢測技術開發	66
草莓主要蟲害之友善管理	75
微生物與天敵昆蟲於草莓生物防治之應用	83
主題三：草莓品種與產業應用	105
草莓品種檢定與開發品系特性介紹	107
草莓產業品種與苗栗 1 號之育成	114
附錄	119
草莓研發成果海報發表	121



主題一： 草莓種苗繁殖與病害驗證

草莓健康種苗之生產

簡怡文¹、邱燕欣²、文紀鑾³、張定霖⁴

¹ 種苗改良繁殖場繁殖技術課

² 種苗改良繁殖場品種改良保護課

³ 種苗改良繁殖場繁殖技術課

⁴ 種苗改良繁殖場

* 聯繫人 E-mail: sally0122@tss.gov.tw

摘 要

草莓為臺灣重要的經濟栽培作物，有豐富的營養價值與功效成分，在臺灣休閒觀光產業上亦佔有一席之地。近五年來臺灣草莓平均栽培面積約 500 公頃，每年草莓種苗產值高達 2 億 5 千多萬元，健康且強壯的草莓種苗是降低生產成本、提高收益的首要條件亦是最佳保障，隨著氣候變遷與多樣的市場需求，種苗改良繁殖場針對不同栽培品系的草莓開發適合的組織培養技術、進行量產，並逐年繁殖更新與管理，做為母本來源和產業上之應用，並透過 ISO 9001 驗證系統及草莓種苗病害驗證作業為品質把關，持續提升健康種苗生產之量能以提供產業優質之草莓健康種苗，提高我國草莓之產業競爭力。

關鍵詞：草莓、健康種苗、驗證

前 言

草莓 (*Fragaria × ananassa* Duchesne)，植物分類上歸類於被子植物門薔薇亞綱薔薇目薔薇科草莓屬，原產地為智利，為多年生草本植物，具匍匐莖；葉具小葉 3 枚，倒卵形，邊緣有鈍齒，背面與葉柄有粗毛；花為聚繖花序，花托肥大成球型，肉質多汁；果實為聚合果，即僅開一朵花就能結出許多小果，所食用的草莓果實並不是由子房發育而來的真正果實，而是由花托膨大發育長成的，草莓果實是膨大花托表面上如芝麻大小的瘦果。臺灣草莓 (*F. hayatae*) 為野生種 2 倍體，市面流通的草莓為多倍體，如 *Fragaria × ananassa* 為南美洲的智利草莓 (*F. chiloensis*) 與北美洲野生種維吉尼亞草莓 (*F. virginiana*) 的雜交種選育而來，為 8

倍體。

草莓為臺灣地區重要的小漿果作物，鮮食與加工用途甚廣，草莓果實富含多種營養物質，主要成分有糖、維生素、蛋白質、礦物質、有機酸和果膠等，並含有多種植化素和多酚類，均有助於人體的健康，其維生素 C 含量同量比蘋果、西瓜、葡萄高 7-10 倍，比柑桔也高 2-3 倍。草莓還具有藥用價值，本草綱目對草莓的藥性有明確的記載，如清暑、解熱、生津、潤肺、健脾、利尿、助消化等功效，現代醫學又證明，草莓有降血壓、抗衰老作用，對防治動脈粥樣硬化、高膽固醇、冠心病、腦溢血、痔瘡等都有一定的療效。

國內外草莓市場與栽培概況

依據 2018 年聯合國糧食及農業組織 (FAO) 的統計，全球草莓產量約 833 萬公噸，栽培面積約 37 萬公頃，單位面積產量則約為 22 公噸。全球生產草莓之前十大國家分別為：中國大陸、美國、墨西哥、土耳其、埃及、西班牙、韓國、俄羅斯聯邦、波蘭以及日本。

財政部關務署 108 年統計資料顯示，輸入臺灣的草莓總進口量約為 2,946 公噸，其中包含 734 公噸之鮮草莓、1,967 公噸之冷凍草莓以及 245 公噸的其他加工調製草莓產品；鮮草莓之進口國家主要為：美國、日本、南韓及紐西蘭，冷凍草莓之進口國家則包含中國大陸、美國、土耳其、墨西哥、波蘭、智利…等國家，而其他調製或保藏之草莓之進口國家則有中國大陸、法國、比利時、澳大利亞…等國家；進口價值約新台幣 3 億 4 千萬元。108 年財政部關務署統計資料同時顯示臺灣草莓之出口量約為 55 公噸，主要為其他調製加工樣態之草莓，產值約新台幣 573 萬元，主要出口國家有：日本、美國、新加坡、加拿大、香港等國家。

從行政院農委會農糧署農業統計資料可知，108 年臺灣草莓的栽培面積約 489 公頃，產量為 8,743 公噸，單位面積產量為 17.8 公噸，主要生產縣市為苗栗縣約占近 9 成栽培面積，其次為南投縣、新竹縣，其他各地較為少量種植。草莓為重要觀光休閒產業，每年草莓季觀光採果為週邊產業帶來無限商機。鮮果產銷部分平均產值為每公頃約 150 萬 -180 萬元，觀光採果園則可達每公頃 300 萬元，屬高經濟價值之產業。

由近 30 年臺灣草莓生產面積與產量變化可以觀察到 (圖一)，臺灣草莓栽種面積在 2002 年前維持在 400 公頃，之後在 2005-2007 年升高至 600 公頃後，逐漸下滑維持在 500 公頃的栽種面積，但反觀單位面積產量卻在 2005-2010 年間

落在每公頃約 10 公噸，而在近 5 年的栽種面積減少之下，產量逐年攀升至每公頃約 16 公噸，除了農研機構與農民投入栽培技術提升之外，田間栽種品系的變化實在值得玩味。

觀察佔臺灣近九成的苗栗大湖產區的栽種品種演變，以桃園一號又稱「豐香」為主力，但因近年天氣異常與病蟲害影響，農民反映豐香有品種弱化，栽種難度提升的現象，紛紛栽種產量較大且產期早優勢的「香水」品種。栽培者反應 2018 年大湖草莓豐香約佔 6 成，而「香水」佔 4 成的栽種面積，2019 年演變為「香水」高達 9 成、豐香僅剩 1 成，因為「香水」單株每期來果數都較「豐香」多 2-3 粒，整體產量粗估增加 1.5 倍。

草莓健康種苗生產沿革

在臺灣草莓慣行栽培曆為 4 月初至 9 月底為育苗繁殖期，於 9 月底至 10 月初定植，11 月下旬開始採收果實，採收至次年 3、4 月底。傳統所使用的種苗生產以農民自行培育為主，農民在生產期結束後，由田間選健壯植株作為母株，摘除老葉、果梗等整理植株後，照顧其長出走蔓，再培育出新株，稱為「老株育苗」法。

在 1983 年於苗栗縣大湖鄉大寮村大規模草莓細菌性萎凋病 (Bacterial wilt)，起因為農民將感染青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum*) 之草莓當作繁殖母株，親株在育苗期受感染而死亡，或育苗期時帶有病原菌的繁殖走莖苗，因不顯現病徵具潛伏性，帶病的走莖苗定植於田間後，失水萎凋病徵顯現，造成植株枯萎死亡，必須陸續補植。

農民運用隔離概念，在生產期結束後的走蔓，不直接落本田繁殖，而是於塑膠軟鉢中培育，至 3 月初再移至定植苗床，育出新苗，可能為裸根、塑膠軟鉢或是穴植管，形成「新株育苗」法，但多以田土或為非種植草莓的田土。

在 1992-2007 年間，區域改良場因應政策目標與產業需求，投入草莓栽培技術研發，包括 1992 年臺灣公布實施種苗法後，草莓即開始實行種苗繁殖三級制，由國立中興大學進行去除病毒的前端工作，將帶病材料汰選後，將無特定病原之種原交由種苗改良繁殖場建立無特定病原 (specific pathogen free, SPF) 母本 (mother stalk)，作為組織培養繁殖的原原種材料。種苗改良繁殖場再將原原種苗，供應至大湖鄉與關西鎮的農會原種圃種植，繁殖原種苗。翌年採收原種苗，供採種圃種植，生產採種苗。當時種苗繁殖過程必須經種子檢查室 (當時屬省農

林廳)、中興大學與桃園場等有關單位田間檢查與室內檢查，合格後始可供應，雖因後期種苗的來源回歸於農友自行育苗後，制度不再存在，但因為如此種苗改良繁殖場開始與草莓結下來繁殖培養的緣分，生產供應無特定病原的草莓種苗，並在 2005 年納入作業基金生產，接受農民預訂。

苗栗區改良場針對苗圃時期，利用草莓走莖檢測青枯病菌技術，並強調繁殖用母株健康狀況，淘汰帶菌株及保存健康株，可減輕定植田間後因帶病菌而造成死亡的損失。桃園區改良場則運用高架床育苗與開發穴植管高密度栽培，隔離土壤傳播性病害之傳播，高頻度集中管理生產草莓苗。

於 2015 年 11-12 月暖冬，因育苗期植株罹染病害，定植本田後田區炭疽病發病率達 2 成，導致該年度缺苗達 400 萬株以上，造成栽培面積銳減，導致農民嚴重損失，也重新引起產業對於種苗品質的重視。農糧署協同種苗改良繁殖場、苗栗區農業改良場成立草莓技術服務團，建立健康種苗生產培育體系，加強健康種原供應的穩定。

種苗改良繁殖場則於 2014 年導入 ISO 9001 國際品質管理驗證系統，並通過全國認證基金會 (TAF) 認可之環球國際驗證 (股) 公司—ISO 9001 品質管理系統驗證，取得證書，成為臺灣第一個取得 ISO 9001 驗證的植物組織培養室。2017 年配合產業需求，將草莓、葡萄、馬鈴薯等組織培養苗 (G0) 生產納入驗證體系，2019 年驗證系統增加納入草莓 G1 健康種苗，並通過追查稽核合格驗證，生產優良健康草莓種苗 (圖二)。

2019 度 8 月防檢局公告「草莓種苗病害驗證作業須知」，對基本種、原原種、原種、採種圃的規範有了明確依據，整合導入病害檢測資源，驗證育苗場的生產品質。種苗改良繁殖場亦率先啟動基本種苗 (G0) 之驗證申請案，目前基本種苗 (G0) 驗證已通過，正準備進行原原種 (G1) 之驗證，未來可望提供通過雙重驗證的健康草莓種苗 (圖三)。

目前我國草莓栽培現況，若以每公頃 4.5-5 萬株草莓苗估算，每年約需 2,277-2,500 萬株草莓苗，產值可達 26,185 萬元 (表一)，近 5 年之草莓種苗產值與需求統計如圖四。而從農糧署的農產品生產成本調查報告中可知，草莓種苗費用佔草莓生產成本佔比逐年爬升，從 1996 年的 12% 至 2013 年 23% (圖五)。

產業轉型與市場規模有直接關聯，當單純的作物生產與城鄉發展觀光結合時，產業提升的拉力直接快速，六級產業的草莓產業逐漸龐大後，推動產業各環節的專業與獨立化，在具備獲利前提下，必然會形成為專業草莓苗栽培場。

而國際上於 1994 年歐洲及地中海植物保護組織 (European and

Mediterranean Plant. Protection organization, EPPO) 在健康植物繁殖材料體系 (Schemes for the production of healthy plants for planting) 下公告草莓種苗驗證系統 (Certification scheme for strawberry, PM4/11(2))，將草莓種苗繁殖制度的設計區分為 4 個層級，分別為母本 (nuclear stock)、一代繁殖體 (propagation stock I)、二代繁殖體 (propagation stock II) 及採種苗 (certified stock)。該系統著重於繁殖材料性狀需與原來的親本完全相同 (trueness-to -type)，也對於各層級的繁殖材料訂定建議病原檢定標的與方法，也提供各個層級繁殖圃的病害容許值與隔離距離作為參考。

而種苗改良繁殖場因應產業需求，並防止多年繁殖栽培的品種弱化問題，除了定期將瓶苗種植出來確認其園藝性狀，同步更新組織培養母瓶，與專業栽培戶合作建立選種模式，逐步將產業上的栽培品種（圖七）納入健康種苗的行列，透過作業基金的客製化訂單，針對各品種量產的特性，快速試驗並挑選組織培養模組，以提供產業栽培上更多選擇，相信在育苗技術的增進、潔淨種原的意識提升、替代品種的興起，和專業育苗場的參與之下，草莓種苗的供應鏈能夠逐步架構，產業也能繁榮昌盛。

結語

全球草莓的生產發展趨勢，栽培面積穩定，尋求成本降低包括勞力成本的技術建立，生產規模不斷擴大，且設施栽培面積逐漸增加，因而單位面積的產量提高，在栽培技術差異抬升下，單位面積的產量差異大，且因消費意識抬頭，已開發國家轉向有機生產邁進，抗病品種為必要條件，而消費者對於產品的愛好汰選快速也牽動栽培者的栽種標的，品種更新步伐加快也扣住種苗需求，因應市場生產符合預期品質的草莓。

草莓是臺灣農業六級產業中的指標作物，育苗期占整個草莓栽培之重要部分，種苗為農業的根本，有健康的種苗才有良好的收穫，農民在育苗繁殖階段的病害管理，需特別注意可能藉由環境汙染或母本植株所傳播的病害，更需注意種苗的品質、來源及繁殖模式，而即使是健康種苗，田間栽種時仍需配合適當的栽培管理，以避免病蟲害發生。如同種苗改良繁殖場不斷提升健康種苗生產之量能，以因應氣候的變遷與市場需求，並提升我國草莓之產業競爭力。

參考文獻

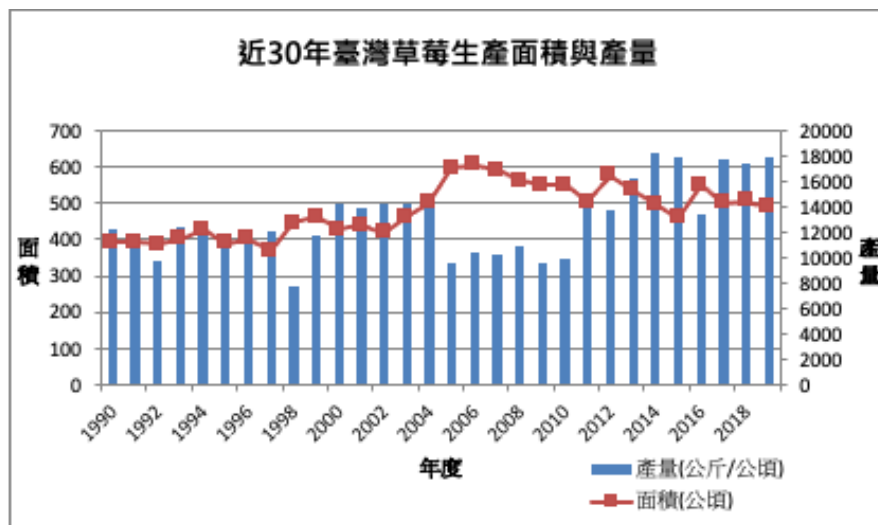
1. 行政院農業委員會農糧署農情報告資源網。<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>
2. 李裕娟、張定霖、蕭翌柱、余志儒、蔡志濃、林鳳琪、陳金枝。2016。草莓種苗生產之環境整合管理技術。2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會：86-97。
3. 吳岱融、鐘珮哲、李裕娟。2018。隔離生產之草莓種苗田間定植後炭疽病感病評估苗栗區農業改良場研究彙報 7: 33-41。
4. 吳岱融、鐘珮哲、吳添益。2018。草莓育苗到村服務成果與產區育苗概況。苗栗區農業專訊 84:19-20。
5. 吳岱融。2019。草莓種苗繁殖制度與智農數據導入運用。<https://www.intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0J142604730042131234&sid=0J270811630926467568>
6. 施昭彰、何琦琛、謝廷芳、蔡武雄、黃山內。2000。有機草莓生產模式之建立。輔導有機農業經營 - 作物有機栽培應用技術：98-101。
7. 財政部關務署統計資料庫查詢系統。<https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA03>
8. 草莓種苗病害驗證作業須知。<https://law.coa.gov.tw/glrnewsout/LawContent.aspx?id=GL000961>
9. 張定霖、李裕娟、張宏光。2016。高效隔離環境之草莓健康種苗生產簡介。農政與農情 287：82-85。
10. 張廣淼。草莓健康管理。2004。蔬菜健康種苗(子)之繁殖體系。2004 果菜健康管理研討會專集。行政院農委會農業藥物毒物試驗所。1-26。
11. 張廣淼。2005。草莓高架床育苗新技術。農政與農情 156: 90-95。
12. 張廣淼、吳添益。2008。草莓高架栽培管理。苗栗區農業專訊 41：4-6。
13. 彭淑貞。2002。利用草莓走莖檢測草莓青枯病菌技術。農政與農情 116。
14. 楊佐琦、廖文偉、詹竹明、蕭吉雄。2004。蔬菜健康種苗(子)之繁殖體系。2004 果菜健康管理研討會專集。行政院農委會農業藥物毒物試驗所。1-26。
15. 齊文隆、林進財。1998。健康草莓苗的栽培與管理。苗栗區農業專訊第三期(八十七年九月)。<https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=1299>
16. 鍾珮哲、黃勝泉、蔡正賢、吳添益、張訓堯、張素貞、吳登楨。2013。草莓健康管理生產體系之研究。102 年度種點作物健康管理生產體系及關鍵技術

之研發成果研討會論文集：46-57。

17. 鍾珮哲、彭淑貞、張廣淼、楊秀珠、余思葳。2011。草莓病蟲害之發生與管理。合理、安全及有效使用農藥輔導教材 - 果樹 1.1。
18. 鍾珮哲。2017。草莓主要病害檢測及防治技術應用。106 年出國研習報告。19 頁。
19. 聯合國糧食及農業組織。 <http://www.fao.org/faostat/zh/#data/QC>
20. 羅國偉。2012。草莓育苗技術及栽培管理。桃園區農業技術專輯 - 第 9 號 - 草莓專輯。桃園區農業改良場。
21. 羅國偉。2019。草莓育苗繁殖技術介紹。桃園區農業改良場。桃園區農業專訊。108: 13-15
22. Kadhimi, A. A., A. H. Alhasnawi, A. Mohamad, W. M. W. Yusoff, and C. R. B. C. M. Zain. 2014. Tissue culture and some of the factors affecting them and the micropropagation of strawberry. Life Science Journal 11(8):484-493.
23. Certification scheme for strawberry. 2008. EPPO, Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 38: 430–437
24. Georgieva, M., I. Badjakov, I. Dincheva, S. Tancheva, and V. Kondakova. 2016. In vitro propagation of wild Bulgarian small berry fruits (Bilberry, lingonberry, raspberry and strawberry). Bulgarian Journal of Agricultural Science 22(1):46-51.
25. Ghasemi, Y., S. Beacknejad, F. Sohrevardi, M. Sharifani, E. Amiri, and G. A. Nematzadeh. 2015. Adventitious Shoot and Root Regeneration of Wild Strawberry (*F. viridis* Duch.) by Means of Tissue Culture Medium Optimization. Biological Forum-An International Journal 7(2):436-441.

表一、草莓種苗產值計算列表

作物種類	種苗需求量 (株/公頃)	種苗價格 (元/株)	種子(苗)費 (公頃)	108年 種苗產值	備註
草莓	45,000 株	11.5 元/株	517,500 元	253,058 千元	1 年更新一次 苗價以平均價為主



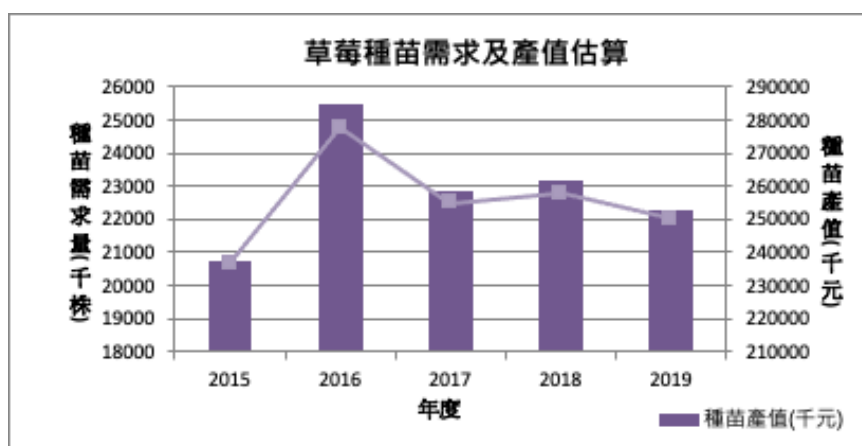
圖一、近 30 年臺灣草莓生產面積與產量變化 (農業統計年報)



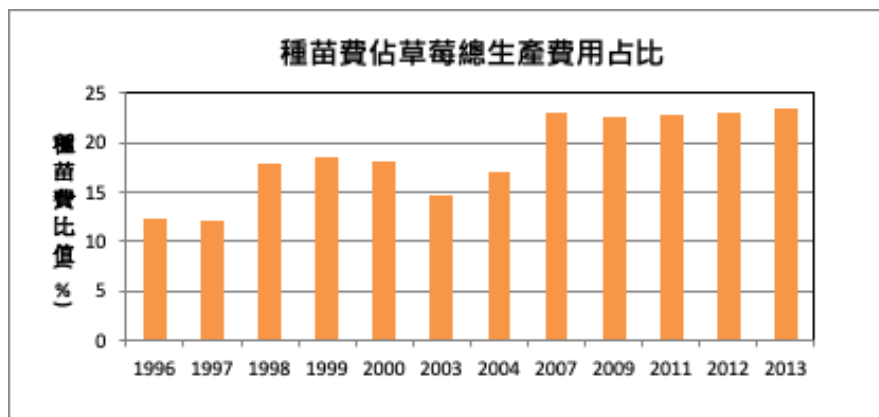
圖二、種苗改良繁殖場生產之草莓健康種苗已通過 ISO 9001: 2015 品質管理系統驗證



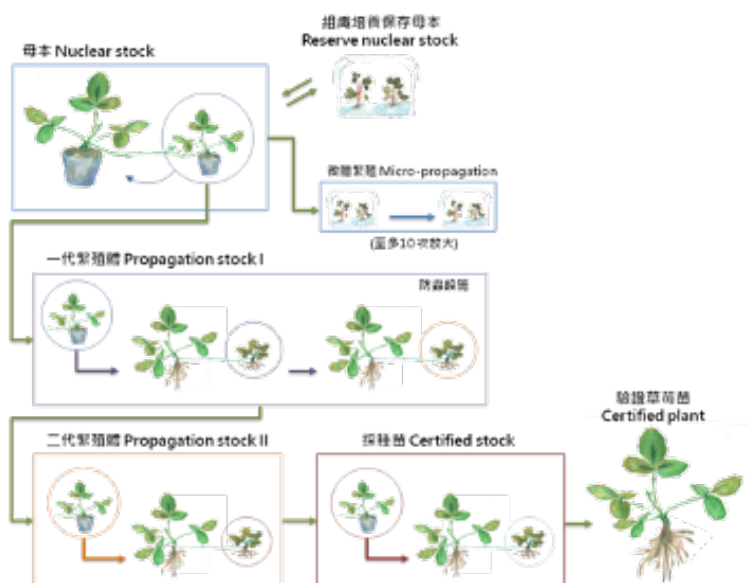
圖三、草莓種苗病害驗證團隊於種苗良繁殖場進行現場基本種苗檢查作業及驗證證明書



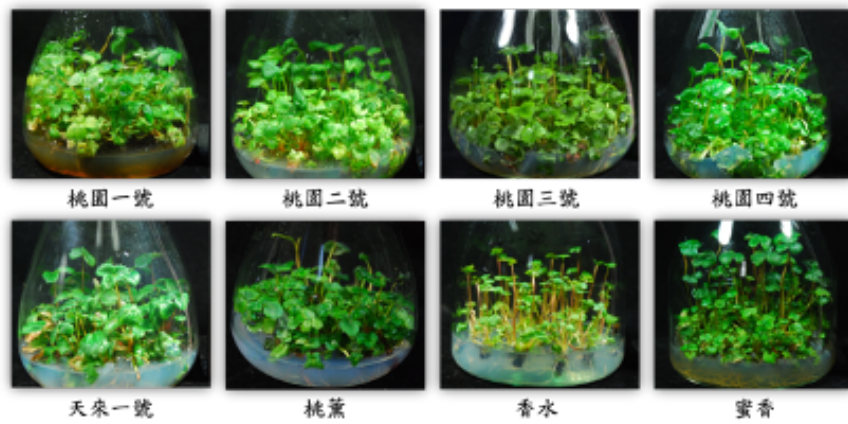
圖四、近五年草莓種苗產值與需求統計



圖五、種苗費佔草莓總生產費用占比，逐年升高



圖六、歐盟公告草莓種苗驗證系統
(Certification scheme for strawberry, PM4/11(2))



圖七、種苗良繁殖場已建立無特定病原之草莓組培苗

The Production of Healthy Strawberry Seedlings

Yi-Wen Chien, Yen-Hsin Chiu, Chi-Luan Wen, Ting-Lin Chang
Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Taiwan, R. O. C.

*Corresponding author, Email: sally0122@tss.gov.tw

Abstract

Strawberry is an important economic crop in Taiwan as it has rich nutritional value and functional ingredients as well as significance in the leisure and tourism industry. In the previous five years the average strawberry cultivation area in Taiwan was approximately 500 hectares with annual production value of strawberry seedlings of more than TWD 250 million. Having access to healthy and strong strawberry seedlings are the best guarantee to lower production costs and increase revenue. With ongoing climate change and based on market demand, the Taiwan Seed Improvement and Propagation Station has developed tissue culture technology for different varieties of strawberries as well as mass production capacity for market demand. In addition, production updates and variety management are conducted on an annual basis for mother plants as well as industrial applications. To ensure quality control, ISO 9001 certification and strawberry seedling disease certification for operations was obtained and implemented. This continuous improvement in production to provide high-quality, healthy strawberry seedlings will help improve Taiwan's competitiveness in the strawberry industry.

Key words: strawberry, healthy seedling, certification

草莓健康種苗隔離設施生產整合管理技術

李裕娟^{1*}、張定霖²、余志儒³、陳金枝⁴、蕭翌柱⁵

¹³⁴⁵ 行政院農委會農業試驗所農場管理組、應用動物組、植物病理組、作物種原組

² 行政院農委會種苗改良繁殖場

* 聯繫人 E-mail: yjlee@tari.gov.tw

摘 要

本試驗研究於農業試驗所現有半封閉式開頂溫室為種苗量產之基礎運作平台，以溫室正壓送風暨環境隔離系統之技術、水質淨化處理和介質滅菌處理，利用種苗繁殖場無病毒之原種苗，並利用養液供水降溫維持體系，可將草莓生長的根溫控在 28-31℃，再結合低農藥之病蟲害監測管理等技術之整合與運用，已建立草莓健康種苗生產環境整合管理體系，供草莓種苗產業之利用。隔離設施內 106 年三個草莓品種在苗株生長期之 EC 在夏季 8 月 17 日到 11 月 30 日 EC 調控在 0.4-0.7 之間，草莓種苗生長因在高溫的夏季繁殖，病蟲害發生頻率高且易有生理障礙現象，栽培介質供給的養分 (EC) 不需過多，可避免苗株生長過盛而提早老化。另 pH 三個草莓品種在苗株生長期之 pH 範圍在 4.5-6.0 間呈弱酸性，維持在草莓適合生長的弱酸性。三個品種母株之葉片數、走莖數和蔓苗數如圖所顯示，葉片數以香水和芳玉最多可達 60-67 片，走莖數以豐香較少在 10 以下，芳玉的走莖數和蔓苗株數量最多可達 17 條、54 株，其次為香水，豐香最少。

關鍵詞：草莓；溫室；環境；病毒；病蟲害

引 言

草莓 (*Fragaria × ananassa*) 經濟栽培種是種間雜交 *F. chiloensis* Duch. × *F. virginiana* Duch. 的產物，在臺灣種植最早可溯至 1934 年由日本引進少量種植在臺北蘆洲、五股、金山等地。1985 年從日本引進「豐香」，並於 1990 年 2 月經政府農政單位命名為「桃園 1 號」。1993 年 3 月草莓新品系「76-18」正式發表，命名為「桃園 2 號」，商業名稱「艷紅」；1998 年 12 月 17 日又將新品系「77-18」正式發表，命名為「桃園 3 號」，商業名稱「狀元紅」。而苗栗地區則以栽培「桃

園 1 號」(豐香)為主。草莓生育喜歡的環境條件為日照充足，日夜溫差大，少低溫凍害；年溫差小，最冷月均溫較高，最熱月均溫相對較低；通風良好，濕度相對較低及日長易調控。草莓植株在 25℃ 時的光補償點約在 $35-45 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，光飽和點則約為 $600-800 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。草莓”春香”品種最適育苗溫度比較結果顯示，在 30/25℃ 下所育之苗最差，定植後之營養生長及總產量均以 25/20℃ 苗最佳(溫 1984)。

草莓栽培期之主要病害有果腐病 (*Phytophthora* spp.) (Kao and Leu 1979)、白粉病 (*Sphaerotheca aphanis*) (呂等, 1990)、萎凋病 (*Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Colletotrichum* spp.) (安等, 2012) 及灰黴病 (*Botrytis* sp.) 等，尤其是苗期病害管理不當，經常會造成苗期及本田期萎凋病大發生。草莓害蟲包括薊馬、粉蝨、夜蛾類及葉蟬等，在臺灣設施栽培環境下，又以臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom)、二點葉蟬 (*Tetranychus urticae* Koch) 及銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) 等小型害蟲發生最為嚴重。臺灣曾經有過草莓健康種苗的繁殖制度。民國 81 年種苗法實施，草莓即開始實行種苗繁殖三級制，首先由國立中興大學進行去除病毒的工作，將無病毒之種原交種苗場，作為組織培養繁殖原原種的材料。九月間種苗場再將原原種苗，供應大湖鄉與關西鎮的原種圃種植，繁殖原種苗 (齊與林, 1998)。後來草莓種苗的來源回歸農友自行育苗，制度不復存在。但近幾年因育苗期病害嚴重發生，健康種苗來源的問題又受到重視，因此，重建草莓繁殖制度成為產業永續發展的選項。健康種苗的來源，除了種苗改良繁殖場既定的組織培養苗生產外，位於產區的苗栗區農業改良場也有草莓組織培養的相關研究。例如，苗栗區農業改良場的研究指出，培養基中添加 BA 對自發性長根具有抑制作用。芽培養於不添加生長素的洋菜基礎培養基中，發根率可達 100%，發根只需 7-8 天，添加 0.5 mg L^{-1} NAA 後延遲到 14-24 天始見根系長出；但可促進‘桃園一號’培植體的鮮重及根數 (盧與侯, 2012)。

溫室設施已逐漸成為臺灣農作物栽培的主要型式之一，但夏季高溫問題一直無法有效解決，尤其是一般建置成本較低之蔬果溫室。溫室夏季降溫以增加通氣面積所需投入成本較低，而頂部開啟除增加通氣面積外，垂直對流增加可降低溫室內濕度 (Bartzanas et al., 2004; Dieleman and Kempkes 2006)，有助於作物蒸散作用進行及根部水分 (或營養) 之吸收 (Bournet and Ould Khaoua 2007)。為了有效隔離環境中的病蟲害因子，本所已發展出高效隔離環境健康種苗生產系統策略 (張等, 2016)，高效隔離環境在於整合健康種原植株、水質淨化處理、介

質滅菌處理、高密度隔離空間及人員管制措施關鍵節點，建置一套草莓育苗生產運作體系，達到健康種苗育成目的。

材料與方法

- 1、試驗的草莓品種為香水、豐香和芳玉三種，皆為組培出瓶苗株（原原種）健化後之 3 代苗以上（原種苗至採種苗），種植期間為 106 年 8 月至 106 年 11 月 30 日。草莓健康種原養分管理：草莓健康母株養分以氮磷鉀比值 1：1：1 之液態肥料供給滴灌健康母株，種苗（圖一）可以 1,000 倍液態肥料噴灌供給。酸鹼值維持 5.8-6.5，飽和塩基濃度 (EC) 控制在 0.4-1.1。除非必要請勿任意提高氮肥使用量，以維持種苗強健，避免植株過度肥大。
- 2、水質淨化處理：草莓之青枯病、萎凋病、立枯絲核菌、白絹病及葉芽線蟲等病害易經由灌溉水源及土壤傳播，因此水質淨化是育成健康種苗的關鍵因素。採用逆滲透水做為灌溉及養分調節用水，配合養液滴灌，具有防疫之實質效益。
- 3、介質滅菌處理：為了避免上述土傳性病害之傳播，使用之介質應先以 121℃ 高壓 6 小時的滅菌處理。本系統顧及農村人口老化現實，結合菇類裝填機，將介質單一太空包使用量設定為 1.2 公斤，達到輕量化、省工化，便於利用菇類太空包高壓滅菌處理，可供健康種原母株獨立隔離管理，避免系統性病蟲害蔓延及罹病植株清除。
- 4、病蟲害防治管理：病害防治管理在草莓育苗期間以施用非農藥防治資材防治如亞磷酸 + 氫氧化鉀（等重量，稀釋 1000 倍），每 7 天施用一次，連續 3 次。病害清園以 4-4 式波爾多液等為主，以達到農藥減量並維護操作人員安全之目的。蟲害防治管理著重在種苗生產環境之清園，種植前必須徹底防治薊馬、粉蝨及葉蟎，並依植物保護手冊規範進行用藥防治，並於生產溫室內每 50 平方公尺懸掛 1 張黃色黏紙 (11x15 cm)，定時回收及鏡檢黏板上害蟲發生種類及其數量。種植前之清潔防治是必要的措施，通常必須進行三至四次之處理以徹底撲滅薊馬、粉蝨及降低葉蟎數量，讓複雜蟲相單純化以利乳化葵花油或利用天敵防治。
- 5、健康種原母株管理：草莓健康種原組織培養母瓶健立前必須經檢查山芥菜嵌紋病毒病 (ArMV)、草莓潛伏輪狀病毒 (SLRSV)、草莓輕度黃色葉緣病毒 (SMYEV)(表一) 及青枯病等項目，並做好炭疽病、白粉病及萎凋病等檢查及

預措處理，以確保種苗無帶有病源。移植於本田之前的種苗，必須做預防性之檢查，避免任何病原帶入本田。

結果與討論

在本所隔離溫室採用單側開頂型式，垂直對流使上升氣流增加達到排熱降溫目的，同時濕度因垂直對流增加，也下降 10-20% 幅度，溫室內氣溫和根溫之分布如圖 2 所顯示，在夏季設施內氣溫可高達 41℃，然而根溫因高效隔離溫室之正壓送風系統和滴灌降溫效果可維持在 27-31℃，可降低夏季因高溫引起之生理障礙。為了解草莓苗株的營養生長，定期量測栽培介質的 EC 和 pH，隔離設施內 106 年三個草莓品種在苗株生長期之 EC 值如圖 3 顯示，初期 8 月初之 EC 達 1.1-1.7，隨即在 8 月 17 日調降 0.8 以下，在夏季到 11 月 12 日 EC 調控在 0.4-0.7 之間，草莓種苗生長因在高溫的夏季繁殖，病蟲害發生頻率高且易有生理障礙現象，栽培介質供給的養分 (EC) 不需過多，可避免苗株生長過盛而提早老化。另 pH 三個草莓品種在苗株生長期之 pH 如圖 4 顯示，其分布範圍在 4.0-6.0 間呈弱酸性，維持在草莓適合生長的弱酸性。三個品種母株之葉片數、走莖數和蔓苗數如圖 5 所顯示，葉片數以香水和芳玉最多可達 60-67 片，走莖數以豐香較少在 10 以下，芳玉的走莖數和蔓苗株數量最多可達 17 條、54 株，其次為香水，豐香最少。

健康草莓苗株驗證結果：106 年本栽培技術生產的健康苗株和一般玻璃溫室生產的苗株一起定植於高架植床（圖六，苗栗區農業改良場大湖分場，吳等 2018），前者存活率達 98% 以上，後者存活率僅 70%，顯示隔離溫室生產的苗株較一般溫室或露天網室栽培的更健壯，死亡率低於 3%。106 年 11 月獅潭區田間豐香苗株移植後生長情況，苗株感病死亡率近 35%，12 月將本栽培技術生產的 100 株苗株定植於田間，存活率達 98%，植株正常生殖生長，並於 107 年 1-3 月開花結果（圖七），顯示隔離溫室生產的健康苗株可於高架植床和田間繁殖生長，存活率皆達 95% 以上。

草莓因應氣候變遷暖化之生理調節策略：全球氣候變遷和暖化現象持續嚴重，為因應夏秋季氣溫逐年升高之現象，草莓夏季苗株葉片和根系生長狀態受高溫影響而出現生理障礙，如葉片捲曲減少蒸散量、新葉生長障礙和新鬚根量較少，導致苗株生長停滯甚至死亡。如何因應氣溫升高而衍生的生長困境，調整下述的栽培管理方式，可作為達到維持苗株持續生長的有效策略。設施栽培氣溫較高，另

露天遮陰網或遮雨網室栽培一樣會遭遇到氣溫逐年升高而產生的生長障礙，調整植株養分供應，低濃度肥料施用，使栽培介質或土壤 EC 值控制在 $0.2-0.5 \text{ m S cm}^{-1}$ 之間，使苗株維持存活生長狀態即可。

結 語

綜合草莓栽培環境而論，在開放空間環境下草莓之栽培繁殖受到病蟲害危害，尤其如茄瓜果類、草莓及百香果等種苗極易因為育苗環境缺乏妥善隔離管控，而將媒介昆蟲、水源介質傳播之病原帶入本田或栽培設施，徒增病蟲害管理成本，影響農產品安全或造成產量損失。透過設施隔離環境健康種苗生產系統，將可能的病蟲害因子落實隔離管理，建構一個潔淨的育苗空間，生產出潔淨、無帶病原菌健康的種苗，供設施或田間栽培利用，將有效減少田間病蟲害管理作為，除了降低生產成本外，因本套系統的施作可降低生產者對農藥的依賴和使用量，草莓苗株在隔離溫室初期生長狀況由於養分供應充足，在 10-11 月定植於田間或高架植床栽培之後，存活率可達 97% 以上，隨著秋冬氣候之氣溫下降和日照充足，苗株營養生長旺盛，當葉片數可達 7-9 片至冬季氣候夜間溫度下降時，植株低積溫需求足夠（夜溫低於 18°C 且持續 3 周左右）即可進行花芽分化。

參考文獻

1. 安寶貞、王姻婷、徐子惠、蔡志濃、林筑蘋。2012。引起草莓果腐病與基腐病之疫病菌現況。植病會刊 21: 150-151. (摘要, 論文宣讀)。
2. 安寶貞、蔡志濃、徐子惠、楊正偉、林筑蘋。2012。草莓萎凋病之研究初報。植病會刊 21:148-149. (摘要, 論文宣讀)
3. 吳文哲、溫宏治。2010。氣候變遷對草莓害蟲之影響與防治策略。35-41 頁。「草莓栽培管理、病蟲害診斷及防治」教育訓練教材。行政院農委會防檢局。台北市。
4. 方怡丹、林春良。2012。國內設施園藝產業發展現況與展望。精密設施工程與植物工場實用化技術研討會。
5. 行政院農業委員會。2012。101 年農業統計年報。行政院農業委員會。
6. 李裕娟、張定霖、蕭翌柱、余志儒、蔡志濃、林鳳琪、陳金枝。2016。草莓種苗之環境整合管理技術。P.86-91. 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會。農業試驗所 台中市。
7. 呂理榮、許永華、李昱輝。1990。臺灣草莓白粉病及其防治。植物保護學會會刊 32: 24-32。
8. 吳岱融。2016。草莓病蟲害非化學農藥防治技術介紹。苗栗區農業專訊 第 76 期: 17-19。
9. 吳岱融、鐘佩哲、李裕娟。2018。隔離生產之草莓種苗田間定植後炭疽病感病評估。苗栗區農業改良場研究彙報 7:33-41.
10. 林昭雄。1981。熱帶地區草莓生產及發展可行性之研究。中華農業研究 30(2):173-185。
11. 張志宏、孫乃波、高秀岩、杜國棟、李賀。2007。草莓發芽分化特性及提早花芽分化措施的研究。中國果樹 2007(6):22-24。中國。
12. 張廣淼、吳添益。2008。草莓高架栽培管理。苗栗區農業專訊 第 41 期 :4-6。
13. 張定霖、李裕娟、張宏光。2016。高效隔離環境之草莓健康種苗生產簡介。農政與農情 287 : 82-85。
14. 許碩庭。2011。光環境與氮肥處理對設施內草莓種苗繁殖之研究。國立宜蘭大學。園藝學系碩士論文。
15. 溫淑玲。1984。溫度對春香草莓生長發育之影響。碩士論文。園藝研究所。國立臺灣大學。台北市。

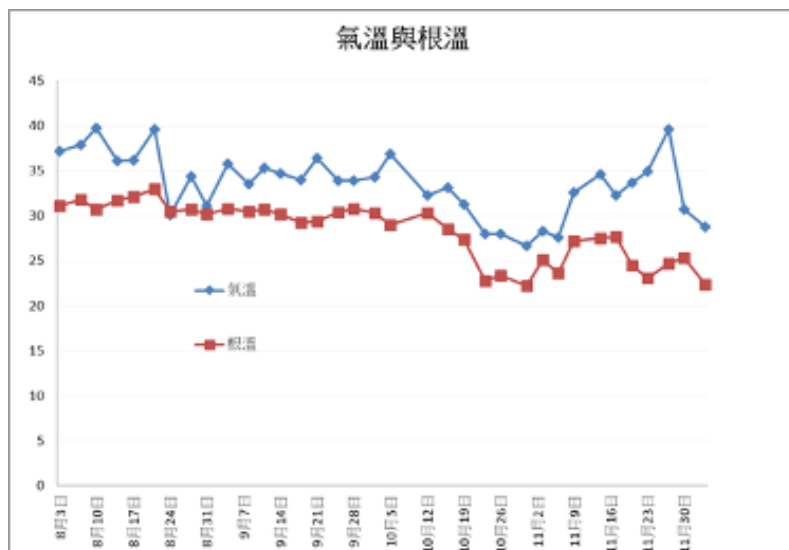
16. 潘俊傑、鐘佩哲。2018。草莓苗培育經驗談。苗栗區農業專訊第 81 期：4-6。
17. 鐘佩哲、吳添益。2018。草莓栽培管理技術降低炭疽病發生率之探討。苗栗區農業專訊第 81 期：1-3。
18. Bournet, P.E. and S.A. Ould Khaoua. 2007. Predicted effect of roof vent combinations on the climate distribution in a glasshouse considering radiative and convective heat transfer. *Acta Hort.* 801:925-931.
19. Economakis, C. D. and Krulj, L., 2001. Effect of root-zone warming on strawberry plants grown with nutrient film technique (net). *Acta Hort.* 548:189-195.
20. Kumakura, H., and Y. Shishido. 1995. Effects of temperature and light conditions on flower initiation and fruit development in strawberry. *JARQ* 29:241-250.
21. Lin, F. C., T. T. Hsieh, and C. L. Wang. 2005. Occurrence of whiteflies and their integrated management in Taiwan, *Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy*, p.241-255. Food and Fertilizer Technology Center (FFTC) and Agricultural Research Institute (ARI) Press. Taichung.

表一、不同草莓品種之山芥菜嵌紋病毒病 (ArMV)、草莓潛伏輪狀病毒 (SLRSV)、草莓輕度黃色葉緣病毒 (SMYEV) 檢測結果

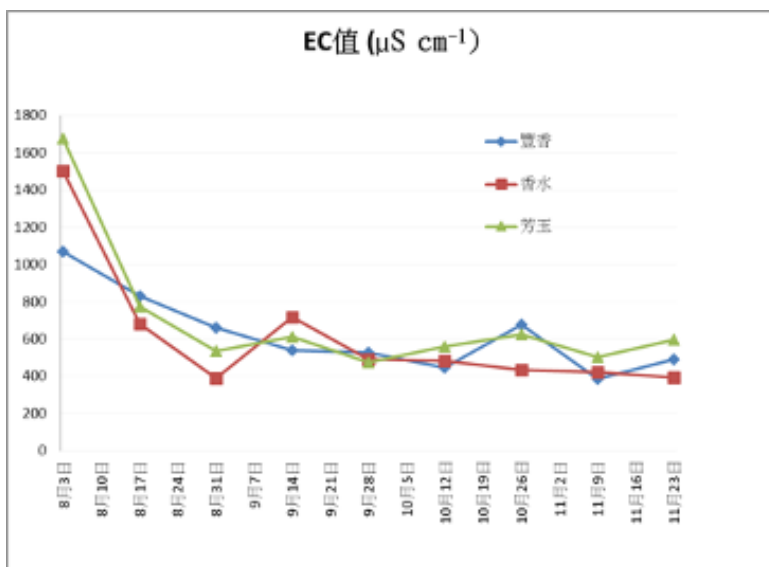
收件編號	樣品編號	病徵	RT-PCR 結果			檢測法
			ArMV	SLRSV	SMYEV	
香水草莓	1	草莓葉片	-	-	-	RT-PCR, 350bp; 840bp; 271bp
豐香草莓 (長柄)	2	草莓葉片	-	-	-	RT-PCR, 350bp; 840bp; 271bp
豐香(余)	3	草莓葉片	-	-	-	RT-PCR, 350bp; 840bp; 271bp
蘋果草莓	4	草莓葉片	-	-	-	RT-PCR, 350bp; 840bp; 271bp
桃薰草莓	5	草莓葉片	-	-	-	RT-PCR, 350bp; 840bp; 271bp



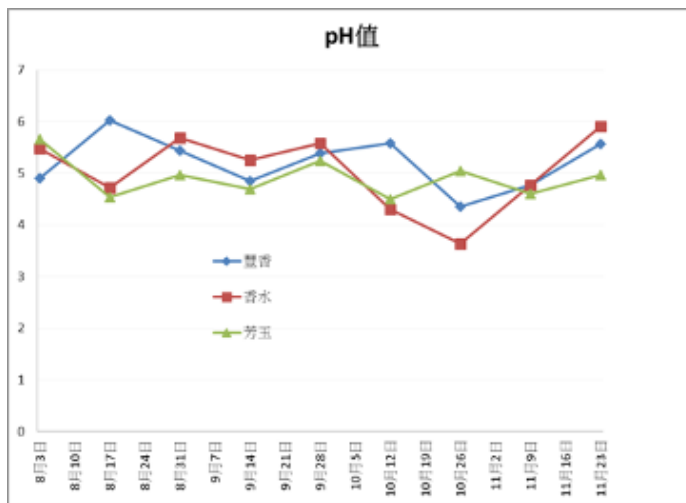
圖一、隔離設施內草莓苗株之生長狀況



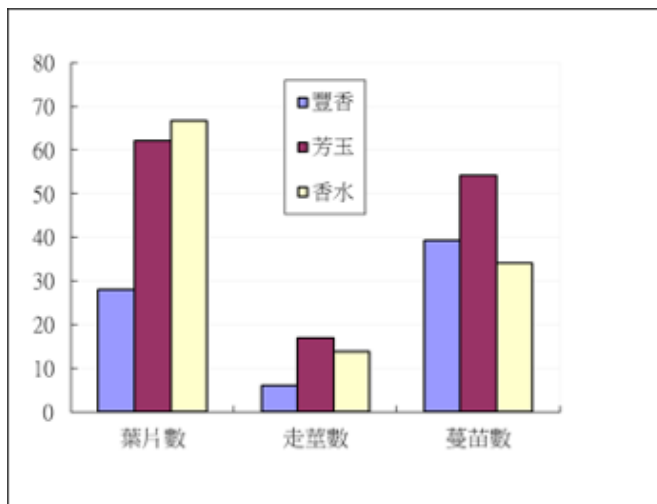
圖二、106 年隔離溫室內氣溫和根溫之分布



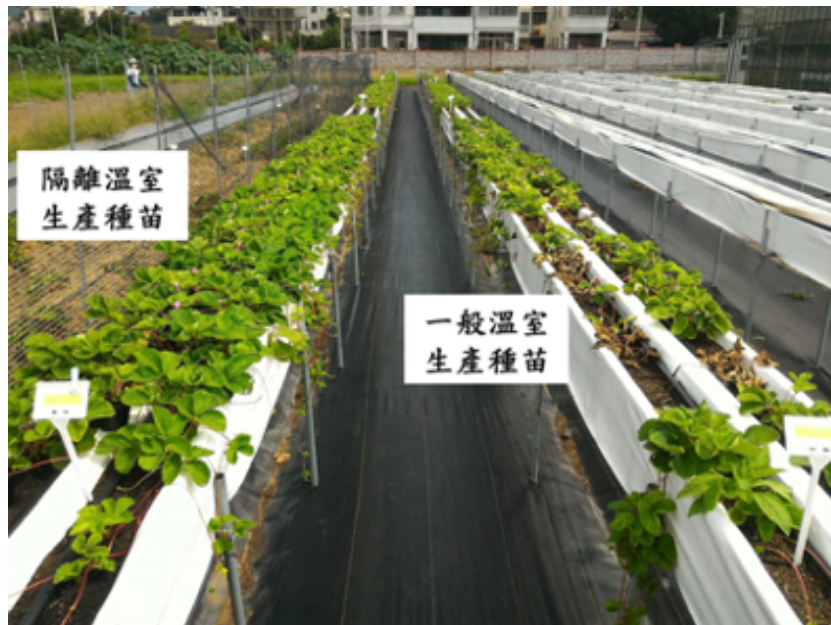
圖三、106 年草莓三品種育苗期 EC 之分布



圖四、106 年草莓三品種 pH 之分布



圖五、106 年草莓三品種葉片數、走莖數和蔓苗數之分布



圖六、106 年露天草莓高架栽培情形
(左側為隔離溫室之健康種苗，右側為一般溫室生產的種苗，苗栗場大湖分場)



圖七、106 年 12 月 -107 年 2 月獅潭一般豐香種苗
(左一) 和隔離溫室健康種苗 (中間和右一) 田間生長和開花結果情況

Studies on Healthy Seedling Productive Environment and Management Techniques with Facility of Strawberry

Yuh-Jyuan Lee^{1*}, Ting-Lin Chang², Jih-Zu Yu³, Chin-Chih Chen⁴
and Yih-Juh Shiau⁵

¹Farm Management Division, Institute, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Taiwan, R. O. C.

²Seed Improvement and Propagation Station, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Taiwan, R. O. C.

³Applied Zoology Division, TARI

⁴Plant Pathology Division, TARI

⁵Plant Germplasm Division, TARI

*Contact author, E-mail: YJLee@tari.gov.tw

Abstract

Facility experiments were conducted in the existing semi-enclosed greenhouse of Taiwan Agricultural Research Institute, which is the basic operation platform for the production of strawberry healthy seedlings. The healthy seedlings without virus and pathogens of Taoyuan No.1, Fangyu and aroma were based on the technology of greenhouse positive pressure air supply and high-density isolation system, irrigation purification treatment and medium sterilization treatment from August 17 to November 30 2017. When seedlings production, the concentration of the nutrient solution was control that the EC is maintained at 0.4-0.7 m S cm⁻¹ and the pH is maintained at a weak acidity of 4.5-6.0. The leaf number per plant was the highest in aroma (67), followed by Fangyu (62), the lowest is Taoyuan No.1 (28), the runner and seedling per plant was the highest in Fangyu (17 and 54), the lowest is Taoyuan No.1 (6 and 39).

Key words: Strawberry; greenhouse; environment; virus; pests and diseases

草莓種苗病害驗證作業簡介

曾獻嫻、陳保良 *

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局

* 聯繫人 E-mail : paoliang@mail.baphiq.gov.tw

摘 要

種苗疫病蟲害驗證制度於國家均列為重要之防疫措施，藉由驗證制度的推動，主動防範各類藉由種子種苗傳播之疫病蟲害，提高農產品產量與品質，進而提升產業競爭力。為降低草莓種苗繁殖期易發生之炭疽病、萎凋病、根腐線蟲病之潛伏，及隨種苗傳播之草莓輕型黃邊病毒 (*Strawberry mild yellow edge virus, SMYEV*)，業規劃「草莓種苗病害驗證作業須知」，該作業須知全文共計九點，包含驗證目的、詞彙定義、辦理驗證相關機關、繁殖圃設置條件及操作管理等相關規定、驗證檢查及檢定方法及驗證合格基準及期限。

關鍵詞：草莓、種苗、檢查、驗證

引 言

草莓果實酸甜可口，可鮮食亦可加工更具有觀光遊憩的功能，是每年冬季最受消費者矚目的水果種類之一，據統計國內草莓總生產面積達 500 公頃，依據生產面積估算年需草莓苗約 2,750 萬苗，產值 1.7 億元。近年來由於氣候條件改變，導致病蟲害易於孳生，每年 4 至 9 月為草苗育苗期，長達 6 個月，而 7 至 8 月間高溫多雨之氣候，卻極適合炭疽病發生及蔓延，如疏忽育苗期間之病害管理，炭疽病菌等病害易隨種苗攜帶並定植於田間，隨後苗株枯萎死亡造成田間缺株現象，又草莓農多於自行培育種苗，欲再行補植也未必有健康苗可種，為農民所困擾的問題，因此育苗期間的病蟲害管理重要性不可忽視。農業委員會為強化整體草莓產業鏈，邀集所屬機關召開「草莓產業鏈精進方案圓桌會議」，針對草莓育苗、生產及銷售政策進行研商，擬定三項精進方案：推動政策支援、精進草莓果品安全生產技術及強化技術服務量能，其中由動植物防疫檢疫局（以下簡稱防檢局）研擬草莓種苗病害驗證作業規範，以完備草莓種苗產業鏈。防檢局爰於 107

年邀集臺灣大學、農糧署、農業試驗所（以下簡稱農試所）、種苗改良繁殖場（以下簡稱種苗場）及苗栗區農業改良場（以下稱苗改場）等專家召開 2 次會議研商該作業須知規定，再邀請 6 家種苗生產業者召開第 3 次會議，經充分討論修正後確定草案後，於 107 年 8 月 22 日發布訂定「草莓種苗病害驗證作業須知」，建立草莓種苗產業鏈。「草莓種苗病害驗證作業須知」全文共計 9 點，以下就驗證目的、詞彙定義、辦理驗證相關機關、繁殖圃設置條件及操作管理等相關規定、驗證檢查及檢定方法及驗證合格基準予以重點說明。

驗證目的及詞彙定義

驗證作業須知係為防止特定病害藉由草莓種苗傳播蔓延為目的而訂定，驗證對象為草莓種苗，所關注的特定病害種類為萎凋病 (*Fusarium oxysporum*)、炭疽病菌 (*Colletotrichum* spp.)、草莓輕型黃邊病毒 (*Strawberry mild yellow edge virus*, SMYEV) 及根腐線蟲 (*Pratylenchus* sp.)，且該驗證將草莓育苗各階段為基本種苗 (G0)、原原種 (G1)、原種苗 (G2) 及採種苗 (G4) 等四階段，各階段的種苗應用性不同，基本種苗 (G0) 是指經檢定後進行組織培養之組織培養苗；基本種苗 (G0) 經健化後作為原原種 (G1)，供作設置原種苗圃使用；原種苗 (G2) 為原原種 (G1) 經繁殖後為原種苗 (G2)，供作採種苗圃設置使用；採種苗 (G3) 階段為原種苗 (G2) 繁殖後為採種苗 (G3)，才供作栽培用苗。

驗證相關機關

執行驗證工作之機關依業務分為受理機關、檢查機關及檢定機關：由種苗場負責受理驗證業務之申請及核發合格證明文件；由苗改場及臺灣大學植物醫學研究中心（以下簡稱臺大植醫中心）執行種苗生產設施及操作管理等檢查的工作，並依規定負責取樣以利進行病害的檢定；由農試所、種苗場及苗改場及臺大植醫中心負責病害檢定的工作。

繁殖圃設置條件及操作管理

各級繁殖圃設置條件及操作管理係依據不同繁殖圃之病蟲害管理強度及需求而訂定，以基本種苗 (G0) 繁殖圃設置為例，需具恆溫種苗保存庫及組織培養相關設備器材，在原原種 (G1)、原種苗 (G2) 之繁殖圃設置，為減少病害隨風雨傳

播及避免蟲媒入侵，則規定須分別設置於 60 網目及 32 網目之遮雨網室內，設施進出口應裝設不對開之雙層門及通道，以具有離地 40 公分以上之高架植床進行離地栽培，降低病害傳播風險。採種苗 (G3) 階段之繁殖圃之設置，則具遮雨及離地 40 公分以上高架植床即可。在操作管理上，各級繁殖圃有多項管理通則，如備標準作業流程及管理紀錄簿，紀錄簿用以登載品種特性及圖片人員進出、設施、設備維護及疫病蟲害防治措施等資料等。

驗證檢查、採樣及檢定方法

各階段種苗於種植前經檢查符合各階段種苗設施條件，始可進行繁殖苗圃之種植，而各階段種苗繁殖圃之設置及操作管理應符合本須知之規定，並由檢查人員現場查驗確認，始得進行採樣，檢查人員得視情況增加採樣數量及調整檢查時間。採樣時依據繁殖圃種類進行採樣，均將樣品置於封口塑膠袋中，標明樣品編號，由檢查單位取樣後送交檢定機關進行病害檢定。檢查取樣及採樣時間點依繁殖圃種類而不同，詳見作業須知規定。

檢定方法係由各階段種苗依該階段所關注之病原屬性採用反轉錄聚合酶鏈鎖反應法（簡稱 RT-PCR）或聚合酶鏈鎖反應法（簡稱 PCR）來進行分子檢測，如草莓輕型黃邊病毒（Strawberry mild yellow edge virus, SMYEV）病毒以 ELISA 法或 RT-PCR 法進行檢定；炭疽病及萎凋病以 PCR 法或選擇性培養基鑑定；根腐線蟲則以型態鑑定或 PCR 法進行檢定。

驗證合格基準及驗證效期

作為草莓種苗最初始階段的基本種苗 (G0)，須以最嚴謹的方式，從基本種苗之母本開始每株經過檢定之後確認無炭疽病、萎凋病、SMYEV 及根腐線蟲後，始可做為繁殖母株進行組織培養，成為組織培養苗後再次取樣檢定，確認無罹染前述 4 種病原，即符合驗證基準，驗證有效期限為 2 年，於期限內每年檢查 1 次。而原原種苗 (G1)、原種苗 (G2) 及採種苗 (G3) 則是經目視或檢定無驗證標的病原外，並分別定有原原種苗 (G1) 缺株率 5% 以內、原種苗 (G2) 及採種苗 (G3) 缺株率 10% 以內才視為符合驗證基準。原原種苗 (G1)、原種苗 (G2) 驗證有效期限為一年，採種苗 (G3) 則為半年，每一階段須於效期內進行下一階段的繁殖，有利於病害風險的控管。

結 語

防檢局為落實推動種苗疫病蟲害驗證制度，依據市場需求至今陸續訂定百香果、香蕉及草莓等 8 種作物之種苗病害驗證作業須知。未來期望結合技術服務團隊，本著輔導民間業者參與生產供應健康種苗的精神（圖四），藉由驗證制度降低病害經由種苗傳播田間之風險，並提高業者自主性管控產品之能力，並穩定供應健康種苗。



圖一、經檢定無病害的母本種原（左）始可切取芽點進一步進行組織培養，成為基本種苗（G1）



圖二、農試所及苗栗區農改場人員執行基本種苗驗證階段中之母本種原之檢查

An Introduction of Directions for Strawberry Seedling Disease Verification

Tseng Hsien-Hsien, and Chen Poa-Liang*

Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine,
Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, R.O.C.

*Corresponding author, E-mail: paoliang@mail.baphiq.gov.tw

Abstract

The pest inspection verification system of seedlings is an important phytosanitary measures in advanced countries. With the promotion of the verification system, it is possible to actively prevent all kinds of diseases and insect pest spread by seeds and seedlings, increase the output and quality of agricultural products, and enhance the competitiveness of the industry. In order to reduce the anthracnose, blight, root rot nematode disease, and the strawberry mild yellow edge virus (SMYEV) that are prone to occur during the propagation period of strawberry seedlings, we have formulated the “Directions for the Strawberry Seedling Diseases Verification.” The full text of the operation instructions has nine points, which include verification purposes, vocabulary definitions, relevant regulations for verification relevant authorities, breeding nursery setting conditions and operation management, verification inspection and verification methods, and verification criteria and deadlines.

Keyword: strawberry, seedlings, inspection and verification

草莓病毒病及臺灣草莓健康種苗驗證之 病毒檢定

陳金枝^{1,*}、曾獻嫻²、陳保良²

行政院農業委員會農業試驗所植物病理組

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局植物檢疫組

* 聯繫人 E-mail: chinzue@tari.gov.tw

摘 要

草莓具高經濟性且可多元利用，為全球性的產業。依據行政院農業委員會農業統計資料顯示 108 年臺灣的草莓栽培面積達 489 公頃，年產值超過 13.5 億元。國內的草莓於栽種季節容易受病蟲害的危害而影響其生育與品質，其中草莓病毒病害在國外已有超過 20 種的病毒紀錄，依不同病毒種類對草莓的影響而有差異，也常見有感染草莓後不造成病徵，但與其他病毒複合感染時會加劇病徵表現而影響產值；罹染病毒而不表現病徵者，生長勢也會逐漸減弱。因此源頭健康種苗品質管理為重要關鍵，每年更換無特定病原之健康種苗，再配合栽培期間的病蟲害防治管理，可確保產值。臺灣的草莓病毒病目前僅有草莓輕型黃邊病毒 (*Strawberry mild yellow edge virus*, SMYEV) 的發生紀錄，也有發現受感染株不表現病徵。因此，草莓種苗以組織培養量化，或以營養匍匐莖苗 (走莖苗) 繁殖時，對繁殖用母株之病毒篩檢相當重要。國內已建構有草莓種苗病害驗證體系，SYMEV 被規範為檢定標的之一；透過此驗證體系，可維護國產草莓種苗之健康品質與市場競爭力。

關鍵詞：草莓健康種苗、草莓輕型黃邊病毒、分子檢測

引 言

草莓為全球性的產業，依據聯合國糧農組織 Food and Agriculture Organization of the United Nations (<http://www.fao.org/faostat/zh/#home>) 於 2017 年收錄 76 個草莓生產國的統計資料，全球栽培面積至少 395,844 公頃，中國大陸約占全球生產

面積的三分之一。草莓可鮮食也可加工，在臺灣的草莓栽培面積 108 年達 489 公頃 (行政院農委會農業資料統計 <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>)，主要栽培產區在苗栗縣 (佔 88% 以上)，包括大湖、獅潭、公館、銅鑼、通霄、南庄及苗栗等鄉鎮市，年產值高達 13.5 億元。國內栽培草莓以每年更新種植方式，每年的種苗需求量至少 2500 萬苗。草莓栽種過程中容易受病蟲害的危害而影響其生育與品質，影響草莓生長之主要病害包括炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*; *C. fragariae*; *C. acutatum*)、灰黴病 (*Botrytis cinerea* Pers.)、萎凋病 (*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *fragariae*)、果腐病 (*P. cactorum* & *P. citrophthora*)、白粉病 (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *Fragariae*; *Sphaerotheca humuli*) 和疫病 (*Phytophthora cactorum* & *P. citrophthora*)；主要蟲害包括二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)、棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 及臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa*)、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius) 等 (余等 2015)。草莓病毒病在國內的研究尚待起步，本文初步介紹國際間已有之病毒病紀錄及其已開發之檢測法、臺灣官方現行推動之草莓種苗病害驗證、及其對國內自產之草莓健康種苗之重要性，以提供種苗業界提升健康種苗品質內控之參考。

國際重要草莓病毒及檢測技術現況

國際間草莓病毒之紀錄超過 20 種，目前國外重要的草莓病毒種類，綜合中國大陸、日本、美國、加拿大及紐西蘭等國重視的草莓病毒檢測對象包括草莓輕型黃邊病毒 (*Strawberry mild yellow edge virus*, SMYEV)、草莓斑駁病毒 (*Strawberry mottle virus*, SMoV)、草莓鑲脈病毒 (*Strawberry vein-banding virus*, SVBV)、草莓皺縮病毒 (*Strawberry crinkle virus*, SCrV/SCV)、草莓潛隱輪斑病毒 (*Strawberry latent ringspot virus*, SLRSV)、南芥菜嵌紋病毒 (*Arabis mosaic virus*, ArMV)、草莓白化病毒 (*Strawberry pallidosis associated virus*, SpaV)、甜菜偽黃化病毒 (*Beet pseudo-yellows virus*, BPYV) 和菸草條紋病毒 (*Tobacco streak virus*, TSV) 等。全球草莓最大產區的中國大陸所重視的草莓病毒為 SMYEV、SMoV、SVBV 和 SCV；這四種病毒也是國際主要草莓產區中影響草莓經濟產值最重要的病毒，其共同點是傳播途徑都是藉由蚜蟲 (aphid) 傳播。茲簡述其中六種國外已發生之重要草莓病毒特性如下：

1. 草莓輕型黃邊病毒 (*Strawberry mild yellow edge virus, SMYEV*)

SMYEV 為 *Potexvirus* 屬病毒，最早被發現在 1922 年的美國和 1933 的歐洲，是草莓病毒病中最廣泛發生的病毒之一。草莓被感染後的初期症狀為葉片上會有褪色斑點，隨著症狀的發展，黃化 (chlorosis) 情況更為嚴重。依據國外的報導，罹病株之病勢嚴重時，可造成 30% 的產量損失。SMYEV 單獨感染植株，也常呈無病徵狀態，僅使得植株生長勢變弱或輕微矮化，但若與其他病毒複合感染則會造成嚴重型病徵而影響草莓品質和產量。此病毒透過蚜蟲 (*Chaetosiphon fragaefolii*) 傳播。主要的防治管理措施包括 (1) 使用無特定病毒的健康苗；(2) 栽培期間注意防治蚜蟲，減少病毒傳播感染發生。

2. 草莓斑駁病毒 (*Strawberry mottle virus, SMoV*)

SMoV 是 *Sadwavirus* 屬的 RNA 球形病毒，草莓為其主要寄主。此病毒全球性地普遍發生於草莓，罹病株之葉片出現輕微斑駁或不連續的散狀斑點，某些草莓品系不出現徵狀；受感染株之生長活力低和果實較正常株小，但 SMoV 強系病毒可造成矮化，單毒感染草莓便會造成近 30% 之損失；若與 SMYEV、SCV 或 SVBV 複合感染時，損失可高達 80%。SMoV 經由罹病株帶毒傳播，或蚜蟲 (*Chaetosiphon* spp. 或 *Aphis gossypii*) 傳播。主要的防治管理，同防治 SMYEV 之措施。

3. 草莓皺縮病毒 (*Strawberry crinkle virus, SCrV/SCV*)

SCV 為槍彈狀病毒科 (*Rhabdoviridae*) *Cytorhabdovirus* 屬 RNA 病毒，寄主局限於草莓屬 (*Fragaria*)。SCV 首次於 1925 年被發現可引起草莓產生「皺縮」的病徵，後續於 1932 年被認為具有影響草莓經濟的重要性，罹病株之葉脈出現不規則形之壞疽斑、葉片上出現皺縮扭曲徵狀；儘管不會造成植物死亡，但罹病株果實較小而造成產量低。可藉由蚜蟲 (*Aphidoidea*) 傳播。其防治管理措施同 SMYEV，即時清除和銷毀罹病株，可阻斷田間傳染源。

4. 草莓鑲脈病毒 (*Strawberry vein-banding virus, SVBV*)

SVBV 為 *Caulimovirus* 屬 DNA 球形病毒，在 1955 年從草莓上首次被發現，寄主局限於草莓屬 (*Fragaria*)。SVBV 單一感染不易發現病徵，但與其他病毒共同感染會造成葉片皺縮、葉脈黃化或匍匐莖數減少等嚴重病徵或損害；與 SCV 複合感染時病徵嚴重。可藉由蚜蟲 (*Aphidoidea*) 傳播；其防治管理措施同 SMYEV。

5. 南芥菜嵌紋病毒 (*Arabis mosaic virus*, ArMV)

ArMV 為 *Nepovirus* 屬之 RNA 球形病毒，寄主範圍廣，約 174 屬 215 種，發生遍及全球，造成許多作物的嚴重損失。ArMV 單獨感染於大部分草莓品系呈現無徵狀，但其特定品系上引起葉片黃化斑駁、矮化或死亡；常與其他病毒複合感染。ArMV 可透過線蟲 (*Xiphinema diversicandatum* & *X. coxi*) 傳播，可透過病毒之汁液經由機械傷口傳播或種子 (苗) 帶毒。其防治管理措施包括栽培無病毒苗、清除及銷毀罹病株以阻斷傳染源。本病毒臺灣未有發生紀錄，但曾於邊境攔截之百合進口種球被檢出，目前被規範為百合進口種球需檢疫之有害生物對象之一。

6. 草莓潛隱輪斑病毒 (*Strawberry latent ringspot virus*, SLRSV)

SLRSV 為 *Sadqavirus* 屬 RNA 球形病毒，於 1964 年首次在薔薇科植物中被發現。寄主範圍廣，可感染至少 27 科 125 種植物。SLRSV 單獨感染草莓常不造成病徵，但若與其他草莓病毒複合感染則顯現病徵，會造成重大損害；歐洲的研究報告顯示 SLRSV 與 ArMV 經常會共同感染草莓。SLRSV 可透過罹病株帶病毒傳播和線蟲 (*Xiphinema spp.*) 傳播。其防治管理措施包括栽培無病毒苗、清除及銷毀罹病株以阻斷傳染源。本病毒臺灣尚未有發生紀錄，但曾於邊境攔截百合進口種球被檢出。

臺灣草莓病毒研究現況

國內草莓病毒之紀錄除 2018 年由筆者等鑑定之草莓輕型黃邊病毒 (*Strawberry mild yellow edge virus*, SMYEV) 外 (陳等, 2018), 尚未有其他病毒病害之記錄，然而田間草莓仍可觀察到疑似病毒性之病徵，因此國內之草莓病毒仍待進一步之鑑定以強化國內對草莓無特定病原健康種苗生產之自主把關能力。臺灣已有紀錄之 SMYEV 為 *Potexvirus* 屬病毒成員，其自然寄主植物為草莓；本病毒可藉由機械傷口感染、嫁接或匍匐莖帶病毒而傳播，或透過其媒介昆蟲傳毒。臺灣已發現之 SMYEV 對草莓病毒之生育及產值影響程度，尚待釐清。然而，根據國外的報導，SMYEV 感染草莓造成葉緣黃化病徵，降低果實產量達 30%，感病品種會出現植株矮化及葉片扭曲等病徵；文獻也指出受 SMYEV 感染的母株生長勢變弱，幼苗出苗量變少；因此，無特定病毒之草莓健康種苗生產為種苗品質管控相當重要。

草莓特定病害之防治管理，除了從源頭管理選用無攜帶特定病原菌的種苗外，種植環境的田間衛生及病原防治管理也是一大關鍵，才能確保從健康種苗栽植到鮮果生產收成。對於草莓病毒之檢測鑑定，國際間採用免疫檢測法或核酸分子檢測法，其中以核酸分子檢測法可較精準地檢出病毒（表一）。農業試驗所目前已開發之 SMYEV 病毒以核酸分子檢測為主，較能精準檢出此病毒。

臺灣推動的草莓種苗病害驗證現況及其重要性

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局於 107 年 8 月公告實施的「草莓種苗病害驗證作業須知」（參考網址 <https://www.baphiq.gov.tw/ws.php?id=17465>），規劃草莓種苗生產四級制體系，包括 (1) 基本種苗 (G0)，指經檢定後進行組織培養之組織培養苗；(2) 原原種 (G1)，基本種苗經健化後作為原原種，供作設置原種苗圃使用；(3) 原種苗 (G2)，原原種經繁殖後為原種苗，供作採種苗圃設置使用；(4) 採種苗 (G3)，原種苗繁殖後為採種苗，供作栽培用苗。驗證須知中規範有草莓種苗生產時，各階段種苗繁殖圃設置及操作管理，以及驗證標的病原檢定之相關驗證基準和規定，用以防治管理病蟲害以及確保無特定病原健康種苗之生產品質。草莓病害驗證規範之檢定標的包括萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum*)、炭疽病菌 (*Collectotricum* spp.)、根腐線蟲 (*Pratylenchus* sp.) 及 SMYEV 病毒。

本驗證規範，可作為草莓育苗場健康種苗生產品質內控之管理基礎，並協助育苗業者提升與穩定種苗健康品質。農業試驗所已開發之草莓 SMYEV 病毒檢測試劑與技術，已應用於支援於此驗證規範中之病毒檢定；總體而言，臺灣已開發之草莓病毒檢驗技術並結合其他標的病原之鑑定技術和驗證規範體系，為臺灣永續發展草莓健康種苗之重要基石。

結 語

由國際間草莓病毒之資訊顯示有多種草莓病毒的發生會影響植株生育及產值，部分病毒種類並不引起明顯病徵但與其他草莓病毒複合感染時，則會引起嚴重型病徵；或是帶病毒株會有樹勢衰弱現象，並為病毒傳播的感染源來源。國內之草莓病毒種類之研究與應用尚處於起步階段，但有鑑於國際間草莓病毒對於經濟產值之影響的重要性，以及農業全球化的商業營運需求與國際市場競爭，臺灣在建構草莓健康種苗繁殖體系中，草莓病毒的檢測鑑定與無特定病毒健康種苗之

生產繁殖佔有相當重要的角色。

在健康種苗病原檢測篩檢技術的開發方面，除建構臺灣已發現之 **SMYEV** 病毒檢測鑑定技術外，對於國際間已發表之重要草莓病毒，尤其是亞洲地區的中國大陸、日本或東南亞國家所重視的病毒種類，國內之病毒檢測試劑與技術開發，需能因應未來國產種苗市場及開拓外銷之種苗檢疫需求。

由國際間草莓病毒病的特性了解，對於此等重要病毒之防治管理措施，除建構對特定病毒之檢測試劑外，在栽培管理方面注重無特定病毒健康種苗母本之保存與繁殖、栽培無特定病毒苗，並需於田間栽培期間徹底做好立即清除可疑病毒株已降低病毒傳播感染源、以及防除蟲媒等措施之配合。臺灣官方已建構之草莓種苗病害驗證制度，更可維護國產草莓種苗之健康品質，對於未來推展臺灣產健康種苗具有市場競爭優勢。

參考文獻

1. 余志儒、蔡志濃、高靜華、安寶貞、謝廷芳、張廣淼、彭淑貞。2015。草莓無農藥栽培技術。農政與農情 128 期 (<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2503794>)。
2. 陳金枝、蔡志濃、陳美雅。2018。草莓病毒 *Strawberry mild yellow-edge virus* 檢測試劑開發應用。植物保護學會年會論文摘要 (<http://www.pps.org.tw/File/Web19/File/291.pdf>)。
3. 楊涵、關統偉、徐紅星、靳芙蓉、胡小朋。2020。草莓有害病毒種類與防治技術。現代農業科技 2:88-91。
4. Brown, D. J., and Trudgill, D. L. 1983. Differential transmissibility of Arabis mosaic and strains of Strawberry latent ringspot viruses by three populations of *Xiphinema diversicaudatum* (Nematoda: Dorylaimida) from Scotland, Italy and France. *Revue Nematol.* 6(2): 229-238.
5. Harris, R. V. 1933. The strawberry “yellowedge” disease. *J. Pomol. Hortic. Sci.* 11: 56-76.
6. Chen, J., Zhang, H., Feng, M., Zuo, D., Hu, Y., and Jiang, T. 2016. Transcriptome analysis of woodland strawberry *Fragaria vesca* response to the infection by strawberry vein banding virus (SVBV). *J. Virol.* 13: 128-134.
7. Lister, R. M. 1964. Strawberry latent ringspot: a new nematode-borne virus. *Annals of Applied Biology* 54(2): 167-176.
8. Martin, R. R., and Tzanetakis, I. E. 2006. Characterization and recent advances in detection of strawberry viruses. *Plant Dis.* 90(4): 384-396.
9. Tzanetakis, I. E. 2010. Emerging strawberry virus and virus-like diseases in the world. 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. Julius-Kühn- Archiv 427: 41-43 (<https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/402/1454>).
10. Tzanetakis, I. E., and Martin, R. R. 2013. Expanding field of strawberry viruses which are important in North America. *International Journal of Fruit Science*, 13: 184-195.
11. Murant, A. F. 1970. CMI/AAB Description. *Plant Viruses-Arabis mosaic virus*. No.16, p4.

12. Thompson, J. R., and Jelkmann, W. 2003. The detection and variation of Strawberry mottle virus. *Plant Dis.* 87(4): 385-390.
13. Skelton, A. L., Boonham, N., Posthuma, K. I., Kirby, M. J., Adams, A. N., and Mumford, R. A. 2003. The improved detection of strawberry crinkle virus using real-time RT-PCR (TaqMan®). In X International Symposium on Small Fruit Virus Diseases 656: 81-86.

表一、國際間已發表之草莓病毒及其檢測技術¹

病毒名稱 (Virus name)	簡稱 (Acronym)	分類 (Genus)	檢測法 ²
Apple mosaic virus	ApMV	Ilarvirus	ELISA, RT-PCR
Arabid mosaic virus	ArMV	Nepovirus	ELISA, RT-PCR
Beet pseudo-yellows virus	BPYV	Crinivirus	RT-PCR
Fragaria chiloensis cryptic virus	FCICV	Unknown	RT-PCR
Fragaria chiloensis latent virus	FCILV	Ilarvirus	ELISA, RT-PCR
Raspberry ringspot virus	RpRSV	Nepovirus	ELISA, RT-PCR
Strawberry chlorotic fleck virus	StCFV	Closterovirus	RT-PCR
Strawberry crini -3	SCrV-3	Crinivirus	RT-PCR
Strawberry crini -4	SCrV-4	Crinivirus	RT-PCR
Strawberry crinkle virus	SCV	Cytorhabdovirus	RT-PCR
Strawberry latent virus	StLV	Cripavirus	RT-PCR
Strawberry latent C virus	SLCV	Nucleorhabdovirus	NA
Strawberry latent ringspot virus	SLRSV	Sadwavirus	ELISA, RT-PCR
Strawberry leaf curl virus	StLCV	Begomovirus	PCR
Strawberry mild yellow edge virus	SMYEV	Potexvirus	ELISA, RT-PCR
Strawberry mottle virus	SMoV	Sadwavirus	RT-PCR
Strawberry necrotic shock virus	SNSV	Ilarvirus	ELISA, RT-PCR
Strawberry pallidosis associated	SPaV	Crinivirus	RT-PCR
Strawberry pseudo mild yellow edge	SPMYEV	Carlavirus	ELISA
Strawberry vein banding virus	SVBV	Caulimovirus	PCR
Tobacco necrosis virus D	TNV-D	Necrovirus	ELISA, RT-PCR
Tobacco streak virus	TSV	Ilarvirus	ELISA, RT-PCR
Tomato black ring virus	TBRV	Nepovirus	ELISA, RT-PCR

¹ 資料引用來源 :Martin&Tzanetakis 2006; Tzanetakis&Martin 2013.² NA = not available (病毒僅被報導而尚無檢測法)



圖一、選用無特定病原之健康母本進入組織培養量化，繁殖出健康種苗

Viruses Infecting Strawberries and the Regulated Virus Disease in the Verification System of Healthy Strawberry Seedlings in Taiwan

Chen, Chin Chih^{1*}, Tseng, Hsien Hsien², and Chen, Pao Liang²

¹ Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture, Taichung, Taiwan, R.O.C.

² Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine,
Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, R.O.C.

*Corresponding author, E-mail: chinzue@tari.gov.tw

Abstract

Economic production of strawberry is a global industry with high value and multiple uses. In 2019, the cultivated area of strawberries in Taiwan was 489 hectares, with an annual output of more than 1.35 billion N.T. dollars. The yield and quality of strawberries were easily affected by the diseases and the pests during growing seasons. More than 20 viruses have been recorded worldwide. The effects of various viruses on strawberry plants are depended on the species of virus. Symptomless virus-infected plants were commonly observed on strawberries, but plants with severe symptoms caused by complex infection with other viruses were also found and that lead to a great yield loss. The symptomless infected strawberry plants were gradually weaken in growth vigour. For ensuring the yield and quality of strawberry production, the appropriate managements of original healthy seedlings are very important, including: the annual replanting of the specific pathogen free seedlings, and combining with the treatments to control the diseases and pests efficiently during the growth stage. Strawberry mild yellow edge virus (SMYEV), the only virus infecting strawberry in Taiwan, was currently reported, in which some SMYEV-infected

plants were symptomless. Therefore, the virus indexing on mother stocks is prequisted to mass-propagation program of healthy strawberry seedlings through tissue culture or replication of runner. The strawberry seedling health verification system has been established in Taiwan, and SMYEV is regulated as one of the specific pathogens for indexing. Based on this verification system, the healthy quality of domestic strawberry seedlings can be maintained and to keep the market competitiveness in the world.

Key words: Healthy seedlings of strawberry; Strawberry mild yellow edge virus (SMYEV); Molecular detection



主題二： 草莓病蟲害與生物防治

草莓萎凋病菌之分子檢測技術

張碧芳^{1,2,*}、張道禾^{1,2}、林盈宏^{3,4}、林雯琪¹、李玟儀¹、張文苙¹、楊子葳³

¹ 國立中興大學植物病理學系

² 國立中興大學永續農業創新發展研究中心

³ 國立屏東科技大學植物醫學系

⁴ 國立屏東科技大學植物醫學教學醫院

* 聯繫人 E-mail: pfchang@nchu.edu.tw

摘 要

本研究團隊於 2017-2018 年期間利用前人所設計之引子對 FofraF/FofraR 進行聚合酵素連鎖反應 (PCR)，測試其對臺灣本土草莓萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *fragariae* Winks & Williams, Fofra) 之專一性，結果顯示以 FofraF/FofraR 引子對進行 PCR 除對供試的臺灣本土草莓萎凋病菌之再現性不佳，且在西瓜蔓割病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *niveum*)、番茄萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 和香蕉黃葉病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *cubense*) 等菌株也曾產生大小相近的增幅片段，確定 FofraF/FofraR 引子對並不適用於檢測臺灣草莓萎凋病菌。然而菌株樣品若同時利用 2019 年新發表的 Frag_F/Frag_R 引子對和前述 FofraF/FofraR 引子對與韓國學者再設計之 Fofra qF/Fofra qR 引子對分別進行 PCR，因其針對草莓萎凋病菌之再現性不佳，仍需接種草莓確認其病原性。故臺灣草莓萎凋病菌之檢測技術仍需要繼續研究，希望未來能開發出對草莓萎凋病菌具專一性且再現性佳的分子檢測技術。

關鍵詞：分子檢測、草莓、草莓萎凋病菌、聚合酵素連鎖反應

引 言

草莓學名為 *Fragaria × ananassa* Duchesne，是薔薇科 (Rosaceae)、草莓屬 (*Fragaria*) 的多年生草本作物，性喜冷涼，生長在溫帶地區如日本、韓國、澳洲等地。草莓風味佳且含有多種養分，深受國人喜愛，是重要的經濟作物之一。根據統計至 2018 年為止，臺灣草莓的栽培面積約為 500 公頃，在臺灣的總產值已經超過 14

億。僅在苗栗地區的栽種面積就有 454 公頃，尤其集中在大湖地區（行政院農業委員會，2018）。草莓為大湖地區重要的經濟作物，也是最重要的觀光休閒產業。然而自 2012 年開始，臺灣苗栗縣大湖、獅潭及其他草莓栽種地區已經陸續發現新的草莓病害，經鑑定為草莓萎凋病，由草莓萎凋病菌（*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *fragariae* Winks & Williams，簡稱 Fofra）所引起，其病徵包括：植株矮化、新葉偏上生長、黃化、葉部萎凋乾枯、冠部及根部壞疽、維管束褐化，最後導致植株死亡（陳等人，2017）。此真菌病原最早在西元 1965 年於澳洲首次報導（Winks and Williams, 1965），隨後相繼在於日本、韓國、西班牙、中國和美國等地陸續有草莓萎凋病的報導（Okamoto et al., 1970; Kim et al., 1982; Arroyo et al., 2009; Zhao et al., 2009; Koike et al., 2009; Williamson et al., 2012）。臺灣安氏等人於 2012 年曾有草莓萎凋病的初步報導（安等人，2012），而國立中興大學植物病理學系黃振文教授研究室已經從罹病的草莓植株分離出超過 30 株的草莓萎凋病菌分離株，並確定該些菌株為有寄主專一性之草莓萎凋病菌（陳等人，2017）。

鐮孢菌（*Fusarium* spp.）是廣泛存在自然界的真菌，其中又以尖鐮孢菌 *F. oxysporum* Snyder & Hanson 引起的病害為最嚴重，可以感染超過 100 種植物（Armstrong and Armstrong, 1981; Smith, 2007），然而目前尚無有效的化學藥劑來防治由尖鐮孢菌引起的作物萎凋病，且 *F. oxysporum* 可以藉由厚膜孢子於土壤中存活達數十年之久，難以滅除，往往造成各連作田中作物萎凋或蔓割病害大發生，因此，種植抗病品種或以抗病根砧嫁接，是最好的防治方法（陳等人，2003）。然而在沒有抗病品種或合適的抗病根砧之下，防止病原菌進入田間是最根本的方法，因此開發快速檢測作物萎凋病菌以達到正確偵測與診斷非常重要。

日本 Suga 等學者曾發表對草莓萎凋病菌具專一性的引子對供聚合酵素連鎖反應（polymerase chain reaction, PCR）檢測（Suga et al., 2013），但由於臺灣氣候較日本溫暖潮濕，病原菌的變異度較大，因此本研究團隊在 2017-2018 年執行防檢局計畫期間持續收集臺灣的草莓萎凋病菌株，以日本發表之 PCR 法測試其對臺灣菌株之適用性及專一性，並希望以 Random Amplified Polymorphic DNA（RAPD）特異性 DNA 條帶或 rDNA 定序比對序列之差異等方式來找出對臺灣草莓萎凋病菌具專一性的序列，進而設計 PCR 引子對，以開發臺灣草莓萎凋病菌之專一性 PCR 檢測技術。

材料與方法

真菌核酸萃取

真菌核酸 DNA 之萃取採用洪氏等人 (2008) 之傳統核酸萃取法、市售之核酸萃取套組 (Genomic purification kit, GeneMark, Taiwan) 或利用微波爐法快速萃取核酸。洪氏等人 (2008) 的方法取 1 g 之乾燥菌絲進行核酸萃取；核酸萃取套組方法參照該套組所附之操作流程，以約 30 mg 之凍乾菌絲進行核酸萃取；微波爐快速萃取核酸法修改參照 張景宜 (2005) 與 Saini 等人 (1999) 的方法，以無菌牙籤沾取培養基中之菌絲，並將菌絲混入 200 μ L 之萃取液 (TE buffer; 10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8.0)，於 1.5 mL 微量離心管中 均勻震盪後，以功率為 600 W 之微波爐在全功率下加熱處理一分鐘後，將粗萃取液置於冰上一分鐘，高速離心 (17,000 $\times$ g, 5 分鐘) 後取上清液用做後續之分析。

聚合酵素連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)

將前述所萃取之 DNA 稀釋十倍後取 1 μ L (約 10 ng) 作為 PCR 之模板 (template) DNA，所使用之 PCR 引子對如表一，其中 FnSc-1/FnSc-2 為適用於所有尖鐮孢菌 *F. oxysporum* 之專一性引子對，其他引子對為前人發表可檢測草莓萎凋病菌 *Fofra* 之專一性引子對。PCR 反應條件如表一所示，結束後再以 72° C 延伸 10 分鐘完成 PCR 反應。之後以 1.5 或 2.5% 瓊脂膠體電泳分析 PCR 產物之核酸條帶，預期合成片段大小如表一所示。

隨機增幅多型性核酸 (Random Amplified Polymorphic DNA, RAPD) 技術

將前述所萃取之 DNA 取 1 μ L 作為 PCR 之模板 (template) DNA。參考 Lin 等人於 2009 與 2010 年 (Lin et al., 2009; 2010) 發表針對 *F. oxysporum* 所設計之 RAPD 引子對進行增幅。PCR 反應條件為 94°C 90 秒；之後以 94°C 30 秒，分別以 36°C 30 秒 5 次、34°C 30 秒 5 次及 32°C 30 秒 20 次，於 72°C 下反應 1 分鐘，共計 30 個循環，結束後再以 72°C 延伸 10 分鐘完成 PCR 反應。以 1.5% 瓊脂膠體電泳分析 RAPD 產物之核酸條帶，尋找差異性片段。

結果與討論

本研究團隊先以 2013 年日本學者發表之 FofraF/FofraR 引子對 (Suga et al., 2013) 進行 PCR 測試所蒐集到的草莓萎凋病菌 (Fofra)，但發現經接種測試對草莓有病原性的 Fofra 菌株，有部分無法以 FofraF/FofraR 引子對增幅出 239 bp 的目標條帶 (其序列如圖一)，或是部分 Fofra 菌株的 PCR 結果再現性不佳，甚至曾在西瓜蔓割病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *niveum*，簡稱 Fon)、番茄萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 和香蕉黃葉病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *cubense*) 等樣品中增幅出大小約 239 bp 的 DNA 條帶，其中 Fon 的 DNA 條帶經定序後，和 Fofra 的目標核酸序列只有少數幾個單一核苷酸多型性 (single nucleotide polymorphism, SNP) 位點。因此確定 FofraF/FofraR 引子對無法適用於檢測臺灣草莓萎凋病菌株，後續以隨機增幅多型性核酸 (RAPD) 技術，尚未篩選到可以利用之專一性核酸片段。

而 2018 年，韓國學者以日本學者發表之 FofraF/FofraR 引子對所增幅出的 239 bp 目標片段，從中設計出 Fofra qF/Fofra qR 引子對 (Hong et al., 2018)，以該引子對進行 PCR 可以在 Fofra 菌株樣品中增幅出 123 bp 的目標條帶 (其序列如圖一)，並開發出定量 PCR 檢測技術，以這組引子對來測試臺灣的菌株，也不完全適用。

此外，美國加州有一群學者在 2019 年發表一個可供偵測 Fofra 的基因座，並設計出 Frag_F/Frag_R 引子對 (Burkhardt et al., 2019)，以該引子對進行 PCR 可以在 Fofra 菌株樣品中增幅出 176 bp 的目標條帶 (其序列如圖二)，但似乎比日本學者發表的 FofraF/FofraR 引子對更不適用於臺灣的菌株。

本研究團隊的初步結果顯示，如果以日本學者發表的 FofraF/FofraR 引子對，搭配美國學者發表的 Frag_F/Frag_R 引子對，再加上韓國學者重新設計的 Fofra qF/Fofra qR 引子對進行三個單獨的 PCR，分別可獲得 239 bp、176 bp 和 123 bp 的目標條帶，則可以確定是草莓萎凋病菌株。即三種引子對都有在 PCR 增幅出目標條帶者確認是草莓萎凋病菌；只有 1-2 組引子對可以 PCR 增幅出目標條帶者不一定是草莓萎凋病菌；而 PCR 都沒有增幅出目標條帶者也不一定不是草莓萎凋病菌，應由後續接種試驗證實是否為草莓萎凋病菌。

結 語

病害防治首重病原菌的診斷鑑定，確定發病原因才能對症下藥，然而草莓萎凋病目前無防治藥劑，其病原菌又是可以厚膜孢子殘存於土壤數十年的尖鏟孢菌，尤其容易因為農民的走動（鞋子或衣物沾附帶菌土壤、植物殘體或介質）、操作器械工具、灌溉水及無病徵的走莖或幼苗而傳播，因此開發快速又準確的草莓萎凋病菌分子檢測技術實為必須，由於目前已發表的三種供試引子對針對草莓萎凋病菌之 **PCR** 結果再現性不佳，仍需後續接種試驗證實其病原性。未來希望能夠開發出更專一且再現性佳之分子檢測技術，避免臺灣草莓產業受到草莓萎凋病的危害。

參考文獻

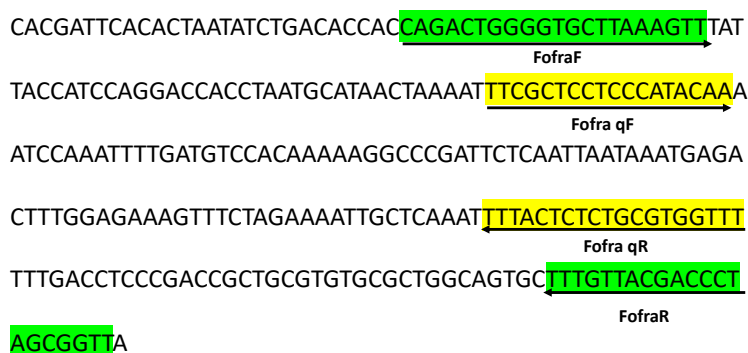
1. 行政院農業委員會。2018。107 年農業統計年報。行政院農業委員會編印。台北。
2. 安寶貞、蔡志濃、徐子惠、楊正偉、林筑蘋。2012。草莓萎凋病之研究初報。植物病理學會刊 21: 148-149。
3. 洪爭坊、張碧芳、黃久菱、萬宥伶、黃振文。2008。莖葉萎凋病菌的生理小種鑑定與抗病品種篩選。植物病理學會刊 17(3): 233-242。
4. 張景宜。2005。香蕉黃葉病菌的分子鑑定及其於罹病香蕉苗之偵測技術。中興大學植物病理學碩士論文。84 頁。
5. 陳甘澍、劉政道、張碧芳、黃振文。2003。西瓜抗蔓割病品種之篩選與其抗病遺傳分析。植物病理學會刊 12(3): 173-180。
6. 陳冠霖、張碧芳、黃振文。2017。臺灣草莓萎凋病菌之生理生化特性分析。植物醫學 59(4): 13-22。DOI:10.6716/JPM.201712_59(4).0003
7. Armstrong, G. M. and J. K. Armstrong. 1981. *Formae speciales and races of Fusarium oxysporum* causing wilt diseases. In: *Fusarium: Disease, Biology and Taxonomy* (Nelson, P.E., Toussoun, T.A., and Cook, R.J. Eds.). Pages 391-399. University Park, PA: Penn. State Univ. Press, 457 pp.
8. Arroyo, F. T., Y. Llergo, A. Aguado, and F. Romero. 2009. First report of *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* on strawberry in Spain. *Plant Disease* 93(3): 323. DOI: 10.1094/PDIS-93-3-0323B
9. Burkhardt, A., P. M. Henry, S. T. Koike, T. R. Gordon, and F. Martin. 2019. Detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* from infected strawberry plants. *Plant Disease* 103(5):1006-1013. DOI: 10.1094/PDIS-08-18-1315-RE.
10. Hong, S. W., D.-R. Kim, J. S. Kim, G. Cho, C. W. Jeon, and Y.-S. Kwak. 2018. Development qRT-PCR protocol to predict strawberry *Fusarium* wilt occurrence. *The Plant Pathology Journal* 34(3): 163-170. DOI: 10.5423/PPJ.OA.12.2017.0265.
11. Kim, C. H., H. D. Seo, W. D. Cho, and S. B. Kim. 1982. Studies on varietal resistance and chemical control to the wilt of strawberry caused by *Fusarium oxysporum*. *Korean Journal of Plant Protection* 21(2): 61-67.
12. Koike, S. T., S. C. Kirkpatrick, and T. R. Gordon. 2009. *Fusarium* wilt of

- strawberry caused by *Fusarium oxysporum* in California. Plant Disease 93(10): 1077. DOI: 10.1094/PDIS-93-10-1077A.
13. Lin Y.-H., J.-Y. Chang, E.-T. Liu, C.-P. Chao, J.-W. Huang, and P.-F. L. Chang. 2009. Development of a molecular marker for specific detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4. European Journal of Plant Pathology 123(3): 353–365. DOI: 10.1007/s10658-008-9372-4.
14. Lin, Y.-H., K.-S. Chen, J.-Y. Chang, Y.-L. Wan, C.-C. Hsu, J.-W. Huang, and P.-F. L. Chang. 2010. Development of the molecular methods for rapid detection and differentiation of *Fusarium oxysporum* and *F. oxysporum* f. sp. *niveum* in Taiwan. New Biotechnology 27(4): 409-418. DOI: 10.1016/j.nbt.2010.05.005.
15. Saini, H. S., M. Shepherd, and R. J. Henry. 1999. Microwave extraction of total genomic DNA from barley grains for use in PCR. Journal of the Institute of Brewing 105(3): 185-190. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1999.tb00018.x.
16. Smith, S. N. 2007. An overview of ecological and habitat aspects in the genus *Fusarium* with special emphasis on the soil-borne pathogenic forms. Plant Pathology Bulletin 16: 97-120.
17. Suga, H., Y. Hirayama, M. Morishima, T. Suzuki, K. Kageyama, and M. Hyakumachi. 2013. Development of PCR primers to identify *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. Plant Disease 97(5): 619-625. DOI: 10.1094/PDIS-07-12-0663-RE.
18. Okamoto, H., S. Fujii, K. Kato, and A. Yoshioka. 1970. A new strawberry disease ‘Fusarium wilt’ . Plant Protection Science 24: 231-235.
19. Williamson, M., D. Fernandez-Ortuno, and G. Schnabel. 2012. First report of Fusarium wilt of strawberry caused by *Fusarium oxysporum* in South Carolina. Plant Disease 96 (6): 911. DOI: 10.1094/PDIS-02-12-0164-PDN.
20. Winks, B. L. and Y. N. Williams. 1965. A wilt of strawberry caused by a new form of *Fusarium oxysporum*. Queensland Journal of Agricultural and Animal Science 22: 475-479.
21. Zhao, X., W. Zhen, Y. Qi, X. Liu, and B. Yin. 2009. Coordinated effects of root autotoxic substances and *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *fragariae* on the growth and replant disease of strawberry. Frontiers of Agriculture in China 3 (1): 34-39. DOI: 10.1007/s11703-009-0006-1

表一、草莓萎凋病菌之 PCR 引子和反應資訊

Table 1. PCR primer and program information for *Fuvarium oxysporum* f. sp. *fragariae*

Primer name	Primer sequence (5'-3')	PCR program	Product size (bp)	References
FnSc-1 FnSc-2	TACCACTTGTTGCCTCGGCGGATCAG TTGAGGAACGCGAATTAACGCGAGTC	94 ° C 90 s 94 ° C 30 s, 62 ° C 30 s, 72 ° C 60 s (30 cycles) 72 ° C 10 min	327	Lin et al., 2010
Fofra qF Fofra qR	TTCGCTCCTCCCATACAA AAACCACGCAGAGAGTAAA	95 ° C 1 min 95 ° C 15 s, 51 ° C 15 s, 72 ° C for 45 s (40 cycles)	123	Hong et al., 2018
FofraF FofraR	CAGACTGGGGTGCTTAAAGTT AACCGCTAGGGTCGTAACAAA	94 ° C 2 min 94 ° C 1 min, 63 ° C 1 min, 72 ° C 1 min (30 cycles)	239	Suga et al., 2013
Frag_F Frag_R	GTGAGACGGACATCTTGAAG AGGAACATTTCAGCACCGA	95 ° C 2 min 95 ° C 30 s, 56 ° C 30 s, 72 ° C 30 s (35 cycles) 72 ° C 5 min	176	Burkhardt et al., 2019



Adapted from Suga et al 2013 and Hong et al 2018

圖一、Suga 等人於 2013 年發表使用 HanRC 與 SkipPyFC 引子對增幅所得之草莓萎凋病菌 DNA 片段。綠色區塊為 FofraF/FofraR 引子對序列，黃色區塊為 Hong 等人於 2018 年發表的 Fofra qF/Fofra qR 引子對序列

Fig. 1. Sequence of DNA fragment of *Fuvarium oxysporum* f. sp. *fragariae* amplified by HanRC and SkippyFC primer sets published by Suga et al. (2013). Those boxed in green are FofraF/FofraR primers. Those boxed in yellow are Fofra qF/Fofra qR primers published by Hong et al. (2018)

ACAGGAGTGTTAGCCGTTTCAAATAGTGCCTCTCTCCCCCTCTCGAGCTCGTGCGTGC
AAGAACAATATAGGATCGTGCTGTTGATAGACTTACTTTGAACAAAGAAGTGTGTCACCGCC
CATGCGCATCCCAAGTGAGACGGACATCTTGAAGCAAGGAAGCGGACCCAGTGTCTTGGG
Frag_F
AGTTCTCATCAACCTTGGCGACATTGATGCTGCCACTTGCCTTTGGGCTCTGGATACTAACTC
CAGCAGCAATTCGAGTGCGATCCTTGACTTGATCGAGATGGGAAGTTTCGGTGCTGAAAT
Frag_R
GTTTCCTTGTAATATGCAAGAAACCAACCCAGTGTGAATTGAGAAACAAATACGGATCCTGCA
GGCAAAAGACTTGGGTTAGCAACATGCACGTAA
Adapted from Burkhardt et al 2019

圖二、Burkhardt 等美國加州學者於 2019 年發表一段可供偵測草莓萎凋病菌之基因座，供設計 PCR 檢測引子對之用。紫色區塊為 Frag_F/Frag_R 引子對之區域

Fig. 2. A gene locus of *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* (Fofra) suitable for Fofra detection was used to design primers by Burkhardt et al. (2019). Those boxed in purple are Frag_F/Frag_R primers

Molecular Technique for *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*

Pi-Fang Linda Chang^{1,2,*}, Tao-Ho Chang^{1,2}, Ying-Hong Lin^{3,4}, Wen-Chi Lin¹,
Wen-Yi Li¹, Wen-Yi Chang, and Zi-Wei Yang³

1Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung City,
Taiwan, R. O. C.

2Innovation and Development Center of Sustainable Agriculture (IDCSA),
National Chung Hsing University, Taichung City, Taiwan, R. O. C.

3Department of Plant Medicine, National Pingtung University of Science and
Technology, Pingtung, Taiwan, R. O. C.

4Plant Medicine Teaching Hospital, General Research Service Center,
National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R. O. C.

*Corresponding author, E-mail: pfchang@nchu.edu.tw

Abstract

We assessed the specificity of the FofraF/FofraR primer pair from previous report to *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* (Fofra) in Taiwan via polymerase chain reaction (PCR) in 2017 and 2018. Results showed that using primer pair FofraF/FofraR for PCR could not generate reproducible results on the tested isolates of Fofra. Besides, FofraF/FofraR primer pair could produce DNA fragment of similar size in some other isolates such as *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, *F. oxysporum* f. sp. *lycopercisi*, and *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. It was obvious that FofraF/FofraR primer pair was not suitable for Fofra detection in Taiwan. When the Frag_F/ Frag_R primer pair was reported in 2019, this primer pair together with the above-mentioned FofraF/FofraR primer pair, and the redesigned Fofra qF/Fofra qR primer pair from Korea were used for PCR separately on the same isolates, the results still showed poor reproducibility. Therefore, the pathogenicity of Fofra isolates to strawberry still depends on the inoculation technique. Further study to develop the PCR detection technique for Fofra with specificity and reproducibility in the near future is warranted in Taiwan.

Key words: *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*, molecular detection, polymerase chain reaction, strawberry

臺灣草莓炭疽病菌族群分析與 檢測技術開發

鐘珮哲^{1*}、吳竝毅²、洪挺軒²、鍾嘉綾²

¹ 行政院農委會苗栗區農業改良場

² 國立臺灣大學植物病理與微生物學系

* 聯繫人 E-mail: peiche@mdais.gov.tw

摘 要

草莓為臺灣具高經濟價值之作物，栽培面積為 500 公頃左右。近 10 年來炭疽病成為草莓頭號殺手，自 2010~2018 年間調查草莓主要產區，高達 50% 以上的病株呈現典型冠腐病徵，經過型態及多基因分析 52 株菌，確認造成臺灣草莓炭疽病之病原菌包含 *Colletotrichum siamense*、*C. fructicola* (*C. gloeosporioides* species complex)、*C. karstii*、*C. boninense* (*C. boninense* species complex) 及一種歸類於 *C. acutatum* species complex 的新種 *Colletotrichum miaoliense* sp. nov.。其中又以 *C. siamense* 為最主要且生長速度快、病原性強之病原菌，瞭解炭疽病菌種類將有助於後續防治策略之開發。由於炭疽病菌能潛伏感染寄主，種植健康不帶菌的草莓苗，將可大幅降低本田期病害的發生，同時減少化學藥劑的使用。而為生產健康的草莓苗，準確、靈敏、快速又合乎成本效益的檢測技術便是其中最重要的關鍵，因此以現有的炭疽病菌基因體資料庫，搜尋適合的目標區域，並以臺灣草莓炭疽病菌的序列進行引子設計，開發巢式聚合酶鏈鎖反應技術。本技術可以偵測最主要的炭疽病菌 *C. siamense* 與 *C. fructicola*，但不會偵測到其他草莓病原菌或土壤中常見的腐生菌，可偵測到低至 100 fg 之 *C. siamense* DNA (約 2 個病原菌細胞)，代表具有高度專一性及靈敏度。

關鍵詞：潛伏感染、健康種苗、巢式聚合酶鏈鎖反應

臺灣草莓炭疽病菌族群分析

臺灣草莓栽種面積約 500-600 公頃，每年產值超過 18 億元，平均每公頃產值超過 300 萬元，為一極具經濟價值之水果。每年草莓大約於初秋 (9 月底至 10 月初) 定植，約於 11 月底至 12 月初開始採收，一直至隔年 3 至 4 月結束。草莓主要藉由走蔓進行無性繁殖，育苗的時間落在每年 3 月至 9 月之間，這期間包括了 5 至 6 月的梅雨季節與 7 至 9 月的颱風季節，高溫高濕加上氣候變遷所造成的強降雨現象，導致近年來草莓炭疽病的發生頻率居高不下 (鐘及彭，2013)。臺灣每年對於草莓苗的需求高達 2500 萬株，近年來平均因炭疽病造成植株死亡的比例高達 20-30% (育苗期 30%，本田期 20%) 有時更因病害發生嚴重，造成全臺缺苗嚴重，出現有錢也買不到苗的現象發生，因此如何有效防治草莓炭疽病實為一亟待解決的重要問題。炭疽病 (anthracnose) 是草莓最主要的病害之一，其病原菌屬於炭疽刺盤孢菌屬 (*Colletotrichum*) 之真菌，近年來因分子生物學發展之影響，以往用傳統型態與寄主範圍做為主要鑑定病原真菌的方法，已逐漸轉變為以分子特徵為主要鑑定依據，特別是炭疽病菌屬之真菌，許多種皆無法以型態特徵來鑑定，需要以分子特徵才能準確鑑定。

為進行草莓炭疽病菌之族群調查，自臺灣地區之新竹縣、苗栗縣、嘉義縣與南投縣蒐集病株，這四個縣市的草莓栽種面積佔總栽種面積之 94%，其中以苗栗縣栽種面積最大，約佔總栽種面積之 90% (107 年農業統計資料)。分析 52 株炭疽病菌株，80% 以上於苗栗縣內不同地區分離出來。分離部位包含罹病株之冠部、葉片、走蔓、根部與果實等不同部位，經由 ITS 區域的序列比對結果顯示，有 45 株屬於 *Colletotrichum gloeosporioides* species complex，有 4 株屬於 *C. boninense* species complex，有 3 株屬於 *C. acutatum* species complex。結果顯示臺灣地區的草莓炭疽病菌至少有三種不同族群，其中又以 *C. gloeosporioides* species complex 的族群佔最大比例 (約 86%)，其分布區域亦包含了所有調查的縣市區域 (佔總栽種面積之 94%)。

為求更精確地鑑定不同族群內之炭疽病菌，所有分離純化的菌株皆以多基因並聯的方式進行類緣分析，分析的基因或區域包含 ITS、glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase (*GAPDH*)、chitin synthase (*CHS-1*)、actin (*ACT*)、 β -tubulin 2 (*TUB2*)、calmodulin (*CAL*) 與 intergenic region of *Apn2* and *MAT1-2-1* (*ApMAT*)。序列經由 PCR 增幅後進行雙向定序，同一族群之序列經由 multiple sequence alignment 後，分別進行貝葉氏分析 (Bayesian inference)，

最大似然法則分析 (Maximum likelihood) 與最大簡約法分析 (Maximum parsimony)，結果顯示 *C. gloeosporioides* species complex 的族群內包含兩種炭疽病菌，為 *C. siamense* 與 *C. fructicola*，*C. boninense* species complex 當中包含兩種炭疽病菌，為 *C. boninense* 與 *C. karstii*，*C. acutatum* species complex 包含一種炭疽病菌。在所有分離菌株當中，以 *C. siamense* (圖一) 出現的頻率最高，有約 75% 的出現頻率 (52 株當中佔 39 株) (Chung et al. 2019)。此外，於 *C. acutatum* species complex 當中分離的菌株，在演化樹分析上出現以獨立的分枝自成一個族群，且有著高度的可靠性，已命名為新種 *Colletotrichum miaoliense* sp. nov. (Chung et al. 2020)。

確立不同炭疽病菌族群後，於各族群當中各挑選至少 2 株菌作為代表性菌株，進行培養基上菌落生長速度及草莓葉上致病性強弱之比較，結果顯示 *C. siamense* 在不同溫度下 (18 °C、22 °C、25 °C、28 °C、30 °C 與 32 °C) 皆生長最為快速，病原性亦最強，推測臺灣草莓炭疽病菌雖然至少有五種，但 *C. siamense* 為田間最普遍的種類，亦為病原性最強的一種。

炭疽病檢測技術開發

由於炭疽病菌可以藉由壓器 (appressoria) 於植物組織表面潛伏感染，並且可以產生二次孢子 (secondary conidia)，因此潛伏感染時仍舊可以產生分生孢子，造成田間感染源的增加與散播 (Leandro et al., 2001)。經長期田間監測發現，炭疽病菌會潛伏於種苗，然後隨著種苗傳播至本田，因而偵測此病原菌潛伏感染情形，應有助於大幅降低其散播。炭疽病潛伏感染之偵測，可使用除草劑 (paraquat) 或冷凍法殺死植物組織後，加速其內潛藏的炭疽病菌之生長，並使分生孢子盤較易產生，藉此觀察是否有潛伏感染情形 (Mertely and Legard, 2004)。Dr. Ishikawa 則將外觀無病徵之草莓葉片以酒精表面消毒後，經 10-14 天可觀察潛伏感染之炭疽病的分生孢子堆產生情形 (Ishikawa, 2004)。分子生物學發展後，最常用來做為炭疽病菌種間鑑定及偵測潛伏感染情形之方法為聚合酶鏈鎖反應 (PCR)，然而當目標 DNA 量非常低時 (潛伏感染時期)，一般 PCR 不見得適用，此時需以高靈敏度之技術 (如 real-time PCR 等) 才能偵測得到。

為提升檢測速度，爰開發巢式聚合酶鏈鎖反應 (nested PCR) 引子對，此種方法是將第一次的 PCR 產物作為第二次 PCR 循環的模版，可以提高特異性及靈敏度。引子設計的目標區域設定在尋找 *C. gloeosporioides* complex 當中保守、

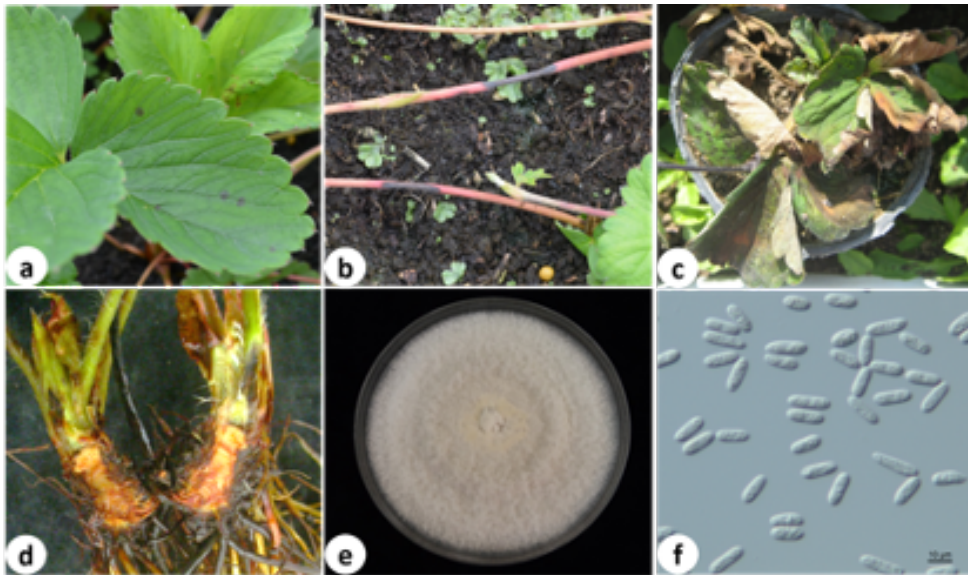
但對其他 *Colletotrichum* spp. 不保守，且其上下游序列對大部分 *Colletotrichum* 為保守的區域。設計的 nested PCR 引子對首先進行專一性的分析，分別以 *C. siamense* ML133 的 DNA (為正對照組)，比較對於其他 *C. siamense* 分離株及不同種類炭疽病菌菌株，如 *C. fructicola* 與 *C. karstii* 的專一性，結果顯示可偵測到目前田間最主要之炭疽病菌種類 *C. siamense* 及 *C. fructicola*，經第一次 PCR 增幅出 490 bp 片段，第二次 PCR 則增幅出 150 bp 片段 (圖二)。將 *C. siamense* ML133 的 DNA 序列稀釋 (1 ng、100 pg、10 pg、1 pg、100 fg、10 fg per μ L) 後進行測試，結果顯示 nested PCR 可以偵測低至 100 fg 之 *C. siamense* ML133 DNA，代表具有高靈敏度 (圖二)。

結 語

在發展草莓抗病育種技術與防治技術之前，必須先瞭解目前田間的草莓炭疽病是單一或多種病原菌所造成，才有可能針對主要病原菌研發相對應的整合性管理技術。目前所開發之 nested PCR 技術，可以檢測臺灣主要的草莓炭疽病菌 *C. siamense* 與 *C. fructicola*，但不會檢測出別種的炭疽病菌，且於土壤中常見的 *Fusarium* spp. 或木黴菌 (*Trichoderma* sp.) 亦不會被檢測出來，本檢測技術除了具有好的專一性，亦具有高度靈敏度，只要有 100 fg 的炭疽病菌 DNA (約 2 個病原菌細胞) 即可被偵測，適合檢測在草莓上潛伏感染的少量炭疽病菌。本檢測技術使用 nested PCR 反應，相較於一般 PCR，其靈敏度與專一性皆較高，到達與 real-time PCR 相當的靈敏度，且每次反應的成本較 real-time PCR 低，唯有其反應所需要的時間稍長，但相較於需要 10-14 天才能完成的酒精檢測法，整個檢測流程可在 1-2 天之內完成，已經符合快速檢測所需。國內目前正在積極推動草莓種苗三級繁殖制度，本檢測技術可以實際應用或支援種苗病害驗證作業 (鐘，2017)，未來將持續開發其他草莓病害檢測技術，以提高國內健康草莓苗的品質，減少病害發生與降低化學藥劑使用。

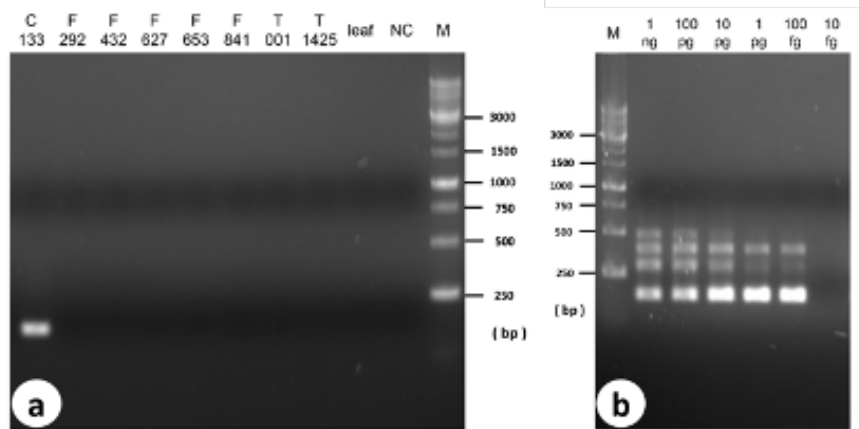
參考文獻

1. 鐘珮哲、彭淑貞。2013。草莓育苗期重要病害管理。苗栗區農業專訊 61 期：9-10。
2. 鐘珮哲。2017。草莓育苗主要病害監測檢測及防治技術。出國報告資訊網。
3. Ishikawa, S. 2004. Simple diagnosis using ethanol immersion of strawberry plants with latent infection by *Colletotrichum acutatum*, *Dendrophoma obscurans*, and *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. Journal of General Plant Pathology 70:249-255.
4. Leandro, L. F. S., Gleason, M. L., Nutter, F. W., Wegulo, S. N., Dixon, P. M. 2001. Germination and sporulation of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. Phytopathology 91, 659-664.
5. Mertely, J. C., Legard, D. E., 2004. Detection, isolation, and pathogenicity of *Colletotrichum* spp. from strawberry petioles. Plant Disease 88, 407-412.
6. Chung, P.-C., Wu, H.-Y., Ariyawansa, H. A., Tzean, S.-S., Chung, C.-L. 2019. First report of anthracnose crown rot of strawberry caused by *Colletotrichum siamense* in Taiwan. Plant Disease 103 (7), 1775-1776.
7. Chung, Pei-Che, Wu, Hung-Yi, Wang, Yen-Wen, Hu, Hsien-Pin, Ariyawansa, Hiran-A., Hung, Ting-Hsuan, Tzean, Shean-Shong and Chung, Chia-Ling. 2020. Diversity and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in Taiwan and description of a new species, *Colletotrichum miaoliense* sp. nov. Scientific Reports. 10, 14664.



圖一、炭疽病菌在豐香草莓植株上各部位之病徵及菌落、分生孢子型態。a. 黑色壞疽葉斑。b. 走蔓上凹陷病斑。c. 炭疽病菌感染冠部造成草莓植株顯現出褪綠到枯萎症狀。d. 冠部的縱切面顯現褐色壞疽。e. 真菌菌落最初為白色，後來在上側逐漸轉為淺灰色。f. 分生孢子透明，長圓形到圓柱形，具圓形鈍角

Fig. 1. Anthracnose symptoms on strawberry and morphological characters of *Colletotrichum siamense*. (a) Black necrotic leaf spots. (b) Withering and girdling on a runner. (c) A strawberry plant with anthracnose crown rot showing chlorotic to blighted leaves and wilting symptoms. (d) Longitudinal section of an infected crown showing marbled reddish-brown necrosis. (e) The fungal colony was initially white, later became light gray on the upper side. (f) Conidia hyaline, oblong to cylindrical, with round obtuse ends. Scale bar = 10 μ m



圖二、巢式聚合酶鏈鎖反應之專一性及靈敏度測試。a. DNA 樣本包含 *Colletotrichum siamense* ML133 (C133)、*Fusarium* spp. (F292、F432、F627、F653、F841)、*Trichoderma* sp. (T001、T1425)、草莓葉片 (leaf) 及負對照 (NC)。M：1 kb DNA 分子標記 (Faith Biotechnology)。b. 測試樣本為序列稀釋之 *Colletotrichum siamense* ML133 的 DNA：1 ng/μL、100 pg/μL、10 pg/μL、1 pg/μL、100 fg/μL、10 fg/μL。M：1 kb DNA 分子標記 (Faith Biotechnology)

Fig. 2. Specificity and sensitivity test of the nestd-PCR assay. (a) Samples included the DNA of *Colletotrichum siamense* ML133 (C133), *Fusarium* spp. (F292, F432, F627, F653、F841), *Trichoderma* sp. (T001, T1425), strawberry leaf (leaf), and negative control (NC). M: 1 kb DNA ladder (Faith Biotechnology). (b) Samples included serial dilutions of *C. siamense* ML133 DNA: 1 ng/μL, 100 pg/μL, 10 pg/μL, 1 pg/μL, 100 fg/μL, 10 fg/μL. M: 1 kb DNA ladder (Faith Biotechnology)

Population analysis and development of a detection method for *Colletotrichum* species associated with strawberry anthracnose in Taiwan

*Pei-Che Chung¹, Hung-Yi Wu², Ting-Hsuan Hung², Chia-Ling Chung²

¹ Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

² Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University, Taipei City

* Corresponding author, E-mail: peiche@mdais.gov.tw

Abstract

In Taiwan, strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) is a high-value crop with an average annual cultivated area of ~500 ha in the last 5 years. Anthracnose has become more destructive over the past decade in Taiwan. From 2010 to 2018, we surveyed anthracnose in major strawberry cultivation areas in Taiwan, and observed that more than 50% of diseased plants showed typical anthracnose crown rot (ACR) symptoms. Multi-gene analysis and morphological characterization of 52 isolates revealed that *C. siamense*, *C. fructicola* (*C. gloeosporioides* species complex), *C. karstii*, *C. boninense* (*C. boninense* species complex) and *Colletotrichum miaoliense* sp. nov of the *C. acutatum* species complex were associated with strawberry anthracnose in Taiwan. *C. siamense* was recognized as the most dominant, fast-growing and highly virulent causative agent of strawberry anthracnose in Taiwan. Our results would help develop a comprehensive control strategy to alleviate strawberry anthracnose in the future. Because *Colletotrichum* spp. can cause latent infections, use of healthy and pathogen-free strawberry seedlings will greatly reduce the occurrence of anthracnose rot in the field and the usage

of fungicides. To produce healthy seedlings, it is important to diagnose anthracnose at the stage of latent infection. We conducted comparative genomics analysis of known *Colletotrichum* spp. genomes to search for ideal regions suitable for the design of specific primers. We developed a nested-PCR assay which can specifically detect *C. siamense* and *C. fructicola*, the predominant pathogens causing strawberry anthracnose in Taiwan, but not other pathogens and saprophytes associated with strawberry plants. It could detect as low as 100 fg genomic DNA of *C. siamense*, which corresponds to 2 cells of *C. siamense*, suggesting the high sensitivity of this new detection technique.

Key words: latent infection, healthy runner plants, nested-PCR

草莓主要蟲害之友善管理

余志儒*、許北辰

行政院農業委員會農業試驗所

* 聯繫人 E-mail: jzyu@tari.gov.tw

摘 要

有策略地運用生物天敵、植物油混方等資材，可有效且友善地管理草莓的主要蟲害。前者是在園區附近栽植天敵食餌的寄主植物與補充食物，進行天敵保育，期與蟲害之間形成高的同步性與動態平衡。後者，是以 200~300 倍植物油混方水稀釋液浸漬種苗 1 秒，去除苗植體上大部份的棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、二點葉蟬等 (*Tetranychus urticae* Koch) 等小體型害蟲。定植後噴佈同濃度之植物油混方防除此二種蟲；再配合懸掛黃色黏紙與土面鋪放印楝粕等，防除臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom) 與小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood)。由此可擺脫化學合成農藥的倚賴。

關鍵字：草莓主要蟲害、天敵保育、植物油混方、浸苗處理、防治策略

引 言

蟲害管理方式大致分生物、物理、化學三類，本文暫無敘述物理方法，餘二者分別是以友善植保資材的生物天敵與非化學合成資材應用為主。前者是透由田間保育，期使天敵與蟲害的發生有較高的同步性 (synchronization)，而適時抑制蟲害的猖獗；後者則以植物油混方為例，從預防、治療兩方面略作說明。由此可兼顧蟲害防治與生態保護，和生物多樣性、生態平衡、綠色保育等並行不悖。

害蟎、蚜蟲、薊馬等是目前臺灣地區草莓的主要蟲害，已記錄的害蟎有 6 種 (羅等 1984)，蚜蟲、薊馬 5 種 (黃等 2009)，其中較為普遍且嚴重者分別為二點葉蟬 (*Tetranychus urticae* Koch)、棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom) 與小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood)。對此，妥善利用田間管理與友善植保資材，常有相輔相成的良好防治表現。但友善植保資材通常不及化學合成農藥的速效或長效，若只單純地取代，易有未竟全功的風

險。須賴細膩靈活的應用技術與策略，才能發揮預期的效果。應依據防治資材的特性、防治對象的生態與習性，再配合確實的田間監測，及時且合宜地調整防治資材、方法、強度與頻度，始能擺脫對化學合成殺蟲劑的倚賴。本文所述的天敵保育、資材及其應用策略等，僅是重點鋪陳，尚不盡週全，亟待諸方先進的不吝指正與補強。

田間天敵保育（余 2019）

生物防治的理想，是蟲害發生初期天敵就能及時出現，有高的同步性，且維持將蟲害的族群密度抑制在低而波動小的狀態下，形成動態平衡。天敵保育就是期望發揮上述功能，達到防治目的。

食物的持續存在是天敵保育的核心。包括可供天敵發育繁殖的如寄生性天敵的宿主 (host)、捕食性天敵的獵物 (prey) 等的寄主植物，或及僅補充體力與存活機會的補充食物，例如花粉、花蜜、水等。寄主植物上的宿主與獵物種類可與草莓不同（即是替代食物）。

天敵保育特區

◎**設置點**：栽培園區內、四週、或其他畸零地、農具間旁、庭院、水利地、農路肩、墳墓旁等，凡可利用者皆可考慮。

◎**面積**：不拘，小則僅容寄主植物，大則兼行棲地營造。

◎**數量**：至少於栽培園區上、下風處各有一個，越多當然越好。

◎**內容**：宿主與獵物的寄主植物為主，草莓或其蟲害種類近似且生命力強的他種植物（例如豆類）。補充食物（例如玉米，花粉誘引天敵）為輔。如面積、人力、物力許可，則可致力棲地營造（可參酌亞曼的樸門講堂 2015）。天敵保育加棲地營造，可形成生態保育。

植物油混方之應用（余與許 2019）

（一）預防－浸苗處理

可大幅清除苗株上的害蟎、蚜蟲等小體形害蟲（表一）。

處理方法及其注意事項：

1. **浸漬濃度**：植物油混方 200~300 倍水稀釋液。
2. **浸漬方式**：整株苗，連介質、育苗盤完全浸沒（圖一）。

3. **浸漬時間**：1 秒，延長時間有藥害風險 (圖二)。豐香品種浸 5 秒無藥害，但不同品種 (系) 間可能有差異，故正式處理前，應先行藥害測試。
4. **藥害測試**：取少量苗，浸漬 1~2 秒鐘，移出後靜置 48 小時以上，觀察確保無藥害反應，方可大量處理。
5. **其他**：(1) 浸苗處理須在栽培園區外進行，防活動力強的薊馬類等，因浸苗的驚擾而逃離散佈於園區。(2) 處理後必須盡快移入園區內，因植物油混方對浸漬後才來棲息的蟲無作用 (設施栽培者尤須注意)。

(二) 治療

1. 害蟎、蚜蟲

斟酌二點葉蟎、棉蚜的生活史 (余與陳，2011；何與羅，1979) 與植物油蟲的致死效果 (表二，余 未發表)。應每週噴施 2 次，方可壓制，但無法完全滅除，須持續到採收完畢，或於族群量低時定期釋放天敵基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker))(章與黃，1995)。

2. 薊馬

可利用噴佈 500 倍植物油混方的驚擾及其所含精油的驅避 (Picard et al., 2012)，配合懸掛黃色黏紙的誘引，產生推拉 (push-pull) 效果 (Cook et al., 2007)。再加上土面鋪放印楝粕，影響入土化蛹及羽化出土的薊馬 (Moorthy et al., 2014)，三管齊下來防治。但若有釋放天敵，則慎用黃色黏紙。

(三) 田間監測

監測時採重點式取樣，無論面積大小，皆取 5 個樣點，每點至少 5 株，以目測認為受害較嚴重者為對象。至少每週取樣 1 次，期能在蟲害立足初期 (圖三)，適時調整防治策略加以壓制。

結 語

策略地善用生物、物理、化學的友善植保資材，可有效防除草莓主要蟲害問題，效果不亞於慣行防治。利用天敵保育、浸苗處理是重點預防措施，而治療時的友善資材應用，則須整體性的策略構思。此友善管理方法，可應用於有機農法、自然農法、友善環境耕作等，使農作生產也兼顧生態。有生態的呈現，這些農法就更臻完善，讓食安、人安、環安都能夠更落實、更成熟。擺脫化學合成農藥的作物病蟲害整合管理，農試所已多有驗證且舉辦了數種作物的田間成果觀摩會，包括草莓 (表三)。

參考文獻

1. 余志儒。2019。生物防治的理想 - 天敵保育。農業世界 426: 16-21。
2. 余志儒、陳炳輝。2011。棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量。臺灣農業研究 60: 1-10。
3. 余志儒、許北辰。2019。植物油混方防治蟲害策略之研擬。於：環境友善之植醫保健秘籍，黃振文等編著，第 12 章，235-247 頁。台中臺灣。
4. 何琦琛、羅幹成。1979。溫度對二點葉蟪 *Tetranychus urticae* 生活史及繁殖力之影響。中華農業研究 28: 261-271。
5. 章加寶、黃勝泉。1995。基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker)) 防治草莓園葉蟪之效益評估。植保會刊 37: 41-58。
6. 黃勝泉、張廣淼、彭淑貞。2009。南方小黑花椿象對草莓薊馬類防治效果評估。苗栗區農業專訊 48:10-12。
7. 羅幹成、何琦琛、曾信光。1984。草莓葉蟪之生態研究。中華農業研究 33: 337-344。
8. Cook, S. M., Z. R. Khan, and J. A. Pickett. 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management. Annu. Rev. Entomol. 52: 375-400.
9. Moorthy, P. N. K., S. Saroja, H. R. Ranganath, K. Shivaramu and K. A. Paripoorna. 2014. Controlled release formulation of oiled neem cake for insect pest management. Pest Manage Horticul. Ecosys. 20: 133-136.
10. Picard, I., R. G. Hollingsworth, S. Salmieri, and M. Lacroix. 2012. Repellency of essential oils to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) as affected by type of oil and polymer release. J Econ Entomol. 105: 1238-47.

表一、植物油混方 200 倍水稀釋液浸漬四種節肢動物之致死效果

蟲別	蟲期	處理前蟲數 (隻)	處理後死亡率 (%)
棉蚜	若 + 成	33.5 ± 3.4	100
二點葉蟬	卵	23.5 ± 5.0	100
	幼 + 若 + 成	29.3 ± 6.7	100
神澤氏葉蟬	卵	12.0 ± 1.4	100
	幼 + 若 + 成	12.3 ± 1.4	100

註：浸漬 1 秒之效果。

表二、植物油混方對棉蚜、二點葉蟬之防除效果

處理	處理前蟲數 / 葉	防除率 (%)*	
		處理後 24 hr	處理後 72 hr
棉蚜 (若蟲成蟲混合)			
100 倍	47.0 ± 7.5	95.6 ± 2.2	99.8 ± 0.3
200 倍	50.7 ± 7.1	94.3 ± 2.1	99.2 ± 0.4
4000 倍	52.0 ± 6.1	32.49 ± 6.2	40.4 ± 12.9
對照 (水)	22.7 ± 3.2		
二點葉蟬 (成蟲)			
100 倍	20.7 ± 1.2	72.6 ± 2.5	76.3 ± 0.8
200 倍	22.0 ± 2.6	62.2 ± 3.8	72.8 ± 5.1
4000 倍	29.3 ± 9.3	37.9 ± 5.3	41.1 ± 12.0
對照 (水)	23.3 ± 3.0		

*：防除率 (%) = 100 - 100 × 對照組處理前存活數 × 處理組處理後存活數 / (處理組處理前存活數 × 對照組處理後存活數)

表三、無化學合成農藥之病蟲害整合管理¹⁾ 成果觀摩會

作物 (栽培方式)	時間 (西元)	地點	面積 (ha)
草莓 (開放)	2012	南投縣國姓鄉	0.30
〃	2013	南投縣國姓鄉	2.12
〃	2015	苗栗縣獅潭鄉	1.70
木瓜 (設施)	2011	雲林縣林內鄉	0.25
〃	2016	台中市霧峰區	0.30
〃	2019	雲林縣林內鄉	1.50
小黃瓜 (設施)	2014	嘉義縣六腳鄉	0.10
〃	2014	雲林縣台西鄉	0.10
蘆筍 (設施)	2016	台南市將軍區	0.45
甜瓜 (設施)	2015	雲林縣麥寮鄉	0.40
〃	2017	雲林縣崙背鄉	0.25
芋頭 (開放)	2016、2018	台中市大甲區	0.40、0.40
甜椒 (設施)	2017	嘉義縣六腳鄉	0.26

¹⁾：病害與蟲害研究人員共同完成



A



B



C



D

圖一、浸苗處理：土拔苗以整把的方式浸沒 (A~C)，杯苗或穴管苗以苗盤方式浸沒 (D)



圖二、草莓苗浸苗處理時間過長後造成之藥害狀



A



B

圖三、二點葉蟬 (A)、棉蚜 (B) 有產卵、若蚜時，表示已立足

A Friendly Managemet of Strawberry Key Arthropod Pests

Jih-Zu Yu*, Pei-Chen Shu

Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taiwan, R. O. C.

*Corresponding author, E-mail: jzyu@tari.gov.t

Abstract

The strategic application of materials such as natural enemies and Plant Oil Mixture (POM) can effectively and friendly manage the key arthropod pests of strawberry. The former is to plant host plants and supplementary food plants for natural enemies victims near the field that to be natural enemies conservation. And then a high degree of synchronization and dynamic balance between natural enemies and pests will be expected. The latter, seedlings were immersed in POM with 200-300 times water dilution for 1 second to remove most of small-sized pests such as cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover), two-spotted spider mites (*Tetranychus urticae* Koch), etc.. After planting, spray with the same concentration of POM to control above two pests; and combined with hanging yellow sticky papers and laying neem cake on soil surface for control the eastern flower thrips (*Frankliniella intonsa* Trybom) and yellow tea thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood) . Thus can get rid of the reliece on chemically synthesized pesticides.

Key words: key arthropod pests of strawberry, natural enemies conservation, Plant Oil Mixture, seedling dipped, control strategy.

微生物與天敵昆蟲於草莓生物防治之應用

李怡蓓、鄭哲皓、朱盛祺 *

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

* 聯繫人 E-mail: 7124@mdais.gov.tw

摘 要

草莓為一高經濟價值作物，全臺灣栽培面積約 550 公頃，苗栗縣佔全國總生產面積約 90%，由於草莓為連續採收型作物，農藥殘留風險高，食品安全備受消費者關注。草莓栽培上應用之天敵包括小黑花椿象、草蛉及捕植蟎，分別用於防治薊馬、蚜蟲及葉蟎有良好之防治效果。薊馬之防治可以草莓間植開花之綠籬植物，增加小黑花椿象 (*Orius laevigatus* Fieber) 族群數量，而將薊馬數量維持低於經濟危害水平；蚜蟲防治以普通草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 防治效果最佳；葉蟎因繁殖速率快，世代繁衍迅速而致化學防治困難之問題，國外生物防治包括使用捕植蟎及食蟎蠅蚋 (*Feltiella occidentalis*) 進行控制，又以智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) 使用最多，可於高峰期先行施用化學藥劑進行控制，再進行捕植蟎之施放。草莓病害包含炭疽病、灰黴病、萎凋病，以及近年新興之病害—真菌性葉枯病、細菌性角斑病等，國外已針對這些病害推薦相關微生物製劑並進行應用研究。已經商品化並推薦使用在草莓病害的微生物種類包含 *Bacillus subtilis*、*Bacillus amyloliquefaciens*、*Gliocladium catenulatum*、*Streptomyces lydicus* 等；近幾年以草莓病害為防治對象，評估拮抗潛力的菌種以木黴菌 (*Trichoderma* spp.)、芽胞桿菌 (*Bacillus* spp.) 為主。施用方式在評估研究領域除了直接噴灑在植株體表外，亦有以揮發性微生物代謝物間接防治或與土壤介質混拌誘導植物抗病性。運用微生物與天敵昆蟲進行生物防治為永續且友善環境之方法，可藉由改變栽培模式、結合化學藥劑及物理防治進行病蟲害整合性綜合防治，達到穩定控制田間病蟲害之效益。

關鍵詞：微生物製劑、天敵昆蟲、生物防治、草莓

前 言

由於作物栽培之多樣化及新品種的引進等因素，病蟲害問題日趨嚴重，因而使用化學農藥在所難免，然而卻造成藥害、抗藥性、農藥殘留及環境污染等諸多問題，也因此引起人們對生物防治的重視，生物防治一詞首由美國學者於 1919 年提出，利用的天敵主要以捕食性及寄生性天敵為生物防治的主力，且在生態保育上扮演不可或缺的角色。適當的利用生物防治能降低化學農藥的使用量，減少環境污染，並抑制病蟲害發生，避免因害物而影響農產品的產量與品質。利用天敵防治作物病蟲害就是生物防治，此天敵泛指自然界中各種生物。目前病蟲害生物防治常用的資材，可分為天敵昆蟲、蟎類及具拮抗性的微生物。昆蟲與蟎類依其作用方式可分為寄生性天敵與捕食性天敵；微生物類通常又分為真菌類、細菌類、病毒類及線蟲類。

有關生物防治的運作，早在 1956 年已成立國際生物防治組織 (IOBC)，其主要目的係聯合全世界生物防治工作者，促進全球生物防治及綜合防治研究與推廣，其下更成立六個區域性生物防治組織，遍佈全球。在生物防治市場上，全世界有近百個生物防治公司，單就美國已有五、六十個生物防治公司在販賣天敵；在加拿大及歐洲也各有十幾家的天敵公司，法國、英國、荷蘭亦陸續成立天敵公司。(章，2011)

作物病害生物防治多以拮抗微生物進行，以其分泌拮抗物質、競爭養分與空間、寄生作物病原菌或誘發植物產生抗病性多重作用機制，抑制病原菌的侵染與繁殖，藉以達到控制與降低病害之發生。微生物製劑為生物農藥的其中一種，係指由微生物作為有效成份所產製的農藥，對於環境、人體及非標的生物無負面影響，依照微生物種類可分為細菌、真菌、病毒及原生動物等，一般由自然界分離所得，經試驗研發，商品化後可作為作物病蟲草害保護用之資材。(郭等，2018)

草莓從開花後 30~40 日開始採收，果皮薄，果肉軟(農，2005)，因此容易受到病蟲害侵襲，也不易保存。草莓重要之果實病害包含灰黴病 (*Botrytis cinerea*)、果腐病 (*Phytophthora cactorum* and *P. citrophthora*)、炭疽病 (*Colletotrichum siamense*) (Chung et. al, 2019)、及白粉病 (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *Fragariae*, *S. humuli*)，其中炭疽病菌除可感染果實外，亦對草莓苗造成嚴重的危害而發生缺苗問題(李及呂，1994)；此外，草莓屬漿果類，為連續採收性的作物，採收期達 4 個月，採收時為防止灰黴病、白粉病等果實病菌侵染，農民均以化學農藥做為防治藥劑，使用率頻繁，時有發生農藥殘留事件，

為產業發展的隱憂；又部份草莓病害可自多種部位入侵或是感染時機難以察覺，如萎凋病從植株根部感染並經走蔓傳播，病徵出現緩慢致使農民錯過防治時機；炭疽病可從冠部、莖基部傷口入侵且具有潛伏感染的特性，農民無法精準用藥造成濫用，國內草莓病害防治急需尋找更多樣的防治手段。

草莓栽培主要害蟲有葉蟬類、斜紋夜盜蟲、薊馬類及蚜蟲類等。配合天敵捕食特性與行為，本場整合基徵草蛉、黃斑粗喙椿象、南方小黑花椿象及捕植蟎等多種天敵昆蟲，防治草莓栽培期間的害蟲，經初步田間試驗結果，害蟲發生初期或低密度時，進行釋放天敵，可有效抑制害蟲族群消長。利用多種捕食性天敵防治害蟲之技術，可彌補單一種天敵防治之不足，提高生物防治效果。(張等，2012)，隨著食安問題及環保意識興起，配合政府政策推動，有機栽培與友善耕作面積逐年增加，目前草莓栽培上非農藥資材種類仍較受限，蟲害防治多以蘇力菌、性費洛蒙、礦物油劑及少數天敵昆蟲為主，尚需加以開發以利提升田間害物防治的全面性。於小型昆蟲防治上，天敵昆蟲除了具有降低農藥施用，減少農藥殘留、避免施用礦物油劑造成葉面灼傷之情況外，其較佳的移動與搜索能力，具有減少防治死角之優勢，國外天敵昆蟲的使用多已普遍，天敵產品種類及防治成效皆可做為臺灣天敵應用與發展之參考。

一、草莓病蟲害之生物防治資材列表

行政院農業委員會為推動友善環境農業，降低化學肥料使用量及達成化學農藥十年減半政策目標，(一)補助標的：以農糧署網站 (<https://www.afa.gov.tw>) 首頁 / 農糧業務 / 土壤肥料專區 / 友善環境農業資材補助推薦名單為限。(二)生物防治資材：1. 生物農藥：由防檢局提供依據農藥管理法取得農藥許可證之「生物農藥品牌補助名單」。2. 免登記植物保護資材：由防檢局提供取得登錄字號且公告補助之「免登記植物保護資材品牌補助名單」，且應在業者指定通路購買。(三)補助基準：1. 生物防治資材依購買憑證所列金額補助 1/2。2. 生物農藥：每公頃最高補助 10,000 元。3. 免登記植物保護資材：每公頃最高補助 5,000 元。

二、國外草莓病害防治所推薦之微生物製劑商品

以美國有機草莓種植相關手冊為例 (Carroll et al., 2016)，國外已針對多種草莓病害制定推薦使用非農藥防治資材列表，並標記推薦劑量與使用時機，部份商

品名稱與有效成份可見表二。美國草莓病害推薦微生物製劑商品有效成份以 *B. subtilis*、*B. amyloliquefaciens*、*G. catenulatum*、*S. Lydicus* 為主，施用模式則是將微生物當成農藥，在病害發生前後進行週期性施灑，參考國內針對國外微生物農藥市場進行的調查報告（許，2010），上述 4 個菌種除 *B. amyloliquefaciens* 外，其他 3 種都是在 2010 年以前就已經存在的微生物製劑有效成份。國內草莓好發的主要病害，如疫病、灰黴病、白粉病、炭疽病，甚至新發生的細菌性角斑病都能從該手冊找到對應的為生物製劑商品；但也有部份病害尚無推薦商品，如萎凋病以及國內近年新發生真菌性葉枯病。

三、應用微製劑防治草莓病害之應用

(1) 草莓灰黴病菌 (*Bortrytis cinerea*) 可藉由空氣與雨水傳播，好發於低溫多濕季節，草莓採收期 12 月至隔年 4 月，若遇連續降雨，危害甚鉅（李，2005），灰黴病菌到處皆有散佈，三月春雨季節若陰雨綿綿不斷，則當季發生嚴重度極高。田間的病組織成為二次感染源，短時間形成大量分生孢子，藉由風與雨水散播。另外，栽植過密、偏施氮肥、植株生長旺盛、光照不足、排水不良等，均適於本病害發生（李，2005）。已取得生物農藥登記證，正式推薦於草莓果實灰黴病防治有 3 項產品（表一），可供農民選擇；然而，掌握用藥時機對草莓灰黴病的防治效果具有關鍵的影響，當萼片變紫色且鏡檢確定有灰黴病菌產孢構造時即需開始施藥，早期防治效果較佳，但若於連日陰雨高濕時可採預防性噴藥，此結果於國外同樣被驗證，*B. licheniformis* N1 對於灰黴病菌之抑制效果以預防為佳，故宜在灰黴病菌感染之前先行噴施保護（Kim et al., 2007）。灰黴病能感染危害草莓植株多個部位，其中以感染果實造成產量直接損失傷害最大，如何以微生物應用在採收期間減少灰黴病危害成為草莓灰黴病防治的熱門研究主題。中國嘗試以 *Sporidiobolus pararoseus* (Shen et al., 2019) 和 *Lactobacillus plantarum* (Chen et al., 2020) 為防治菌株，施用在採收後的草莓表面進行保護，這兩種微生物能在室溫及冷藏環境下順利建立族群，進而減少灰黴病的入侵感染。墨西哥則有研究是將草莓組培苗以 *Bacillus methylotrophicus* 進行處理 (Vicente-Hernández et al., 2019)，發現 *B. methylotrophicus* 可藉由揮發性分泌物或活菌直接刺激，造成組培苗胼胝質 (callose) 大量累積，藉此抵禦灰黴病菌入侵（圖一），此外，*B. methylotrophicus* 還能刺激組培苗根系發育，使植株更加健壯。

(2) 草莓炭疽病菌 (*Colletotrichum* sp.) 能感染果實、走蔓、植株冠部等部

位，走蔓感染傳播導致帶病母株垂直傳播病害給走蔓苗，若感染植株冠部則使植株枯萎死亡，且因具有潛伏感染的特性，造成化學防治時機難以掌握，因此部份國家嘗試以微生物進行長期保護。伊朗以 *Stenotrophomonas maltophilia* 作為防治菌種 (Zahra et al., 2020)，該菌株能產生多種分解酵素抑制炭疽病菌生長，且具有固氮、溶磷、分泌生長激素等促進植株發育的能力。摩洛哥除了將 *T. harzianum*、*B. amyloliquefaciens* 施用在植株表面防治炭疽病獲得不錯的成果外 (圖二) (Es-Soufi et al., 2020)，更測試這兩種微生物分別與栽培介質混合的防治效果，結果處理的田區植株發病數量就遠低於傳統化學防治，不但減少成本、降低病害侵襲、還能促進植株生長發育。

(3) 草莓萎凋病由病原菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* 所引起，經由草莓根部感染植株，嚴重堵塞基部維管束，導致植株生長不良最終死亡。該病原菌在土壤中能殘存許久，化學藥劑與其他物理 (如淹水、翻土曝曬) 防治效果不佳，因此國外研究開始以微生物保護植物根部的方式尋求對萎凋病及其他草莓根部病害的防治。將有益微生物與有機肥料混合施用為當前研究草莓土壤病害防治的主流趨勢，*Trichoderma viride*、*Trichoderma viridis*、*Trichoderma koningii*、*Trichoderma harzianum* 在埃及被報導具有抑制多種草莓土壤病害的功效 (Abd-El-Kareem et al., 2019)，這些菌株能刺激植物防禦反應同時分泌亢生物質減少土壤的其他病原菌，而四種 *Trichoderma* spp. 同時與栽培介質混合後的防治效果更好且能有效增加產量 (表三)，同時具有生物肥料與土壤殺菌劑的潛力。從健康草莓根系分離出的微生物有可能也有發展潛力，*Bacillus licheniformis* 以及 *B. methylophilicus* 在中國研究發現能攻擊萎凋病菌的菌絲 (圖三)，與有機肥料共同施用後不但減少土壤萎凋病菌族群數量，還能提昇根圈微生物族群多樣性 (Chen et al., 2020)，顯示微生物抑制病害的方式除了分泌物抑制、刺激植物防禦系統、還可能藉由增進生物多樣性來減少病菌佔據空間與養分。

(4) 國內新興病害—真菌性葉枯病 (Leaf Blight) 相關報導的病原菌為 *Neopestalotiopsis rosae*，該病原菌尚未找到在草莓上的微生物防治文獻。在印度，同樣名稱的病害由 *Neopestalotiopsis clavispora* 所引起，他們嘗試以 *Trichoderma asperellum* 來作為拮抗菌 (Amrutha et al., 2018)，研究結果顯示若能在病原菌感染前先讓 *T. asperellum* 佔據植株表面，微生物防治效果將和感染後才施用化學藥劑的抑制能力相當。

四、應用捕植蟎捕食草莓二點葉蟎之生物防治技術

二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 危害為世界性問題，其寄主範圍甚廣，許多野生植物及田間雜草都可能成為感染之媒介，族群數量高時，直接影響植物的光合與蒸散作用，而使果實產量與品質降低 (Sances *et al.*, 1982)，又其繁殖能力高，世代重疊且交替快速，容易對化學藥劑產生抗藥性，導致化學防治成效不彰。二點葉蟎發生常與草莓之生育期相配合，即在開花結果期普遍發生，均在葉背危害，一般先在較老之葉片出現，葉片被害之後，從葉表上可見灰白色斑點，葉背可見各生長期之葉蟎個體危害，常導致葉片呈現灰白枯乾狀，葉片邊緣向下微曲，嚴重者，葉片快速枯乾，甚至整株枯死。

捕植蟎為捕食性的蟎類，一般具有較長的腳、行動敏銳，捕食的對象包含小型節肢動物及其卵、線蟲等，其中最重要的種類為捕植蟎科 (*Phytoseiidae*)。捕植蟎科屬中氣門目，目前種類約有一千二百種，大多數的種類為肉食性，其中約有十餘種為重要的生物防治天敵。

臺灣利用捕植蟎防治草莓害蟎，有羅等 (1981) 釋放溫室捕植蟎防治草莓神澤氏葉蟎及二點葉蟎，每株草莓放 10 ~ 20 隻溫室捕植蟎，經 35 天後防治率可達 98 %。隨後於 1987 年再於草莓園釋放智利捕植蟎與法拉斯捕植蟎，每分地全栽種期共釋放 30-50 萬隻，防治效果良好。施等 (2004) 釋放溫氏捕植蟎防治草莓二點葉蟎，可維持 30 天防治效果，再以少量補充釋放方式防止再次入侵之葉蟎族群，可完全免用化學藥劑，且提高產量約 1.5~2.5 倍，果實大小增加 1~2 級，產品無農藥殘毒之慮。在澳洲，溫氏捕植蟎 (*Neoseiulus wornerleyi* Schicha) 具有於葉蟎感染初期即能夠於田區建立族群之優勢 (Waite, 1988)，北美、西班牙及英國分別以法拉斯捕植蟎 (*Neoseiulus fallacis*) 及加州捕植蟎 (*Neoseiulus californicus*) 最為常見。然而天敵產品最多且防治效果最成功的是智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)，配合適當施用時機與施放次數，於設施或開放田區皆有良好的防治效果，若葉蟎族群太高宜先施用殺蟎劑再施放智利捕植蟎，另外，在部份冬季較為寒冷的地區，像是英國，由於智利捕植蟎無法在冬季存活，故需要在每一個栽培期施放 (Easterbrook, 1992)。

五、應用南方小黑花椿象捕食草莓薊馬之生物防治技術

臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 於 2 月下旬至 4 月為發生高峰期，若蟲呈白色或乳黃色，成蟲具翅，褐色或黑褐色，遷移迅速，繁殖力高。在草莓，成蟲與若蟲棲息於未展開之心葉，以銼吸式口器銼食葉肉，被害心葉捲縮無法完全開展，葉面皺縮，沿著葉脈形成黑色條斑；幼果及走莖亦會受害，受害果面呈焦枯狀，失去商品價值。

小黑花椿象 (*Orius* spp.) 屬半翅目 (Hemiptera) 花椿象科 (Anthocoridae)，可捕食薊馬、粉蝨、蚜蟲、葉蟬等小型昆蟲以及蛾類、甲蟲或其它昆蟲的卵，臺灣在田間害蟲防治以南方小黑花椿象 (*Orius strigicollis* (Poppius)) 具有較高潛力。南方小黑花椿象若蟲的捕食能力隨體型增長而增強，捕食量也逐漸增加，若蟲期間可捕食薊馬或葉蟬 100 ~ 150 隻。成蟲捕食量更超過若蟲，加上若蟲期的捕食量，一生可捕食薊馬 200 ~ 300 隻，或葉蟬 500 ~ 600 隻。小黑花椿象食量大，生育繁殖快，若蟲及成蟲均能捕食薊馬或其他小型昆蟲，因此本場於 2006 年自農業試驗所技轉南方小黑花椿象，經過飼養研究與試驗，目前已經建立大量繁殖技術。

南方小黑花椿釋放方法為草莓薊馬發生時，連同包裝內可腐化填充物質，均勻散佈於植株上。釋放剛孵化的若蟲，經 7-10 天釋放第二批，以助其在田間建立穩定的族群。一般草莓園施放數量，視植株大小及害蟲密度而定。若尚未有害蟲發生預先釋放，會使小黑花椿象為了找尋食物四處遊走，數日後即消失。若害蟲密度過高才施放，害蟲繁殖速度大於小黑花椿捕食量，則無法有效抑制害蟲危害。國外應用在薊馬防治的天敵研究以小黑花椿象 (*Orius laevigatus* Fieber) 及巴氏小新綫蟎 (*Neoseiulus barkeri* Hughes) 兩種捕食性天敵防治臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom) 較多。*O. laevigatus* 於歐洲甚為常見，可透過地中海螟蛾 (*Ephestia kuehniella* Zeller) 卵量產 (Van Lenteren and Loomans, 1998)，並有學者將蠶豆栽培於草莓周圍，發現於蠶豆周圍的草莓花朵有較多的 *O. laevigatus*，因此能將此區域草莓上薊馬族群抑制於經濟危害水平之下 (Gonzalez-Zamora et al., 1994)。巴氏小新綫蟎為西班牙草莓田間常見的捕食性天敵，能夠利用腐蝕酪蟎 (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank) 進行量產，亦可以花粉做為替代食餌飼養 (Solomon et al, 2001)。

六、應用基徵草蛉捕食草莓蚜蟲之生物防治技術

危害草莓的蚜蟲種類甚多，不同地區與環境好發的種類有所不同。草莓蚜蟲 (*Aphid ichigocola*) 之成蟲與若蟲均喜棲習於嫩芽或葉背吸食汁液，並分泌蜜露誘發煤病，被害嚴重葉片變黑皺縮，生育受阻，草莓蚜蟲同時也是傳播 strawberry mild yellow edge virus (SMYEV) 與 strawberry crinkle virus (SCV) 之媒介昆蟲。冬蔥瘤蚜 (*Myzus ascalonicus* Doncaster) 在冬季溫度較高時會產生地區性危害，受害之草莓植株容易有發育遲緩及葉片捲曲之情況 (Solomon et al, 2001)。棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 於溫暖氣候條件下，草莓亦為其寄主植物，常見於設施栽培之田區 (Solomon et al, 2001)。國外報告指出捕食蚜蟲之天敵種類包括七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata* Linnaeus)、食蚜絨蟻 (*Allothrombium* spp.)、小黑花椿象 (*Orius niger* WolV) 及草蛉 (*Chrysoperla* spp.)，其中又以普通草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 對於草莓蚜蟲 (*Chaetosiphon fragaefolii* Cockerell) 與 *M. ascalonicus* 防治效果最佳，即便於開放田區也有助於抑制兩種蚜蟲族群於低密度狀態 (Solomon et al, 2001)。

基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 屬於脈翅目 (*Neuroptera*) 草蛉科 (*Chrysopidae*)，已記載約 90 屬 1400 種，所有捕食性草蛉均只在幼蟲期才能捕食害蟲。草蛉能捕食葉蟎類、蚜蟲類、粉蝨類、介殼蟲類、木蝨類，以及多種鱗翅目及鞘翅目昆蟲之初齡幼蟲及卵等，是種多功能的天敵昆蟲。

防治草莓葉蟎或蚜蟲時以草蛉幼蟲直接釋放，每分地釋放 20,000 隻，每株草莓釋放幼蟲 5 隻，釋放時應先摘除老葉後再釋放天敵，每葉有一隻葉蟎時為最佳釋放時機，並在天氣良好無露水時釋放，夏季以下午 3 點以後，冬季則在早上 9 點以後釋放為佳。由於害蟲密度分佈不均，所以應時常注意田間害蟲發生情形，機動調配投放量，並隨時檢視害蟲蟎密度，以補充天敵。章、黃 (1995) 針對釋放基徵草蛉防治草莓園葉蟎之效益進行評估，結果顯示釋放草蛉後，對神澤氏葉蟎及二點葉蟎防治率為 50 ~ 90%，釋放草蛉區之示範田由於不施藥或低頻率施藥，授粉昆蟲如蜜蜂等族群較高，使草莓畸型果率降低 6.1%，一級果率提高 7.7%，增產率 15%，每次每公頃至少可降低防治成本 6,100 元。

七、應用黃斑粗喙椿象捕食草莓斜紋夜盜蟲之生物防治技術

斜紋夜盜蟲 (*Spodoptera litura* Fabricius) 屬鱗翅目、夜蛾科，俗稱黑肚蟲、

黑蟲或行軍蟲。一年可發生 8 ~ 11 世代，成蟲之體及翅全身均呈黑褐色，成蟲翅中央有一條寬長灰白斜帶，有趨光性。雌蟲產卵於葉背，一百至數百粒成一卵塊，幼蟲群集啃食葉背葉肉，3 齡以後分散，日間潛伏於土中或枯葉中，黃昏後自葉緣蠶食全葉，嚴重時只留葉柄及葉脈。老熟後潛入土中作土窩化蛹，該蟲食性雜，一般農作物都會受害，草莓亦不例外。

黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata* (Wolff)) 屬於半翅目，椿象科，因以臭氣來驅逐敵人而被稱為臭屁蟲。在 25~30 °C 約 20~25 天完成一個生活史，全年約可繁殖 5 ~ 6 世代，主要以多種鱗翅目幼蟲為食且捕食能力強，常見的捕食對象如紋白蝶、斜紋夜盜、甜菜夜蛾、小菜蛾，為臺灣果蔬作物常見捕食性天敵。本場利用代用食餌及改良飼育方式，已建立大量繁殖技術，提供田間生物防治所需的大量蟲源。

草莓園釋放黃斑粗喙椿象方法，每棵草莓上若有五隻斜紋夜盜蟲危害時為最佳釋放時機，可釋放 1 ~ 2 隻三齡以上椿象，並在天氣良好無露水時釋放，冬季在早上 9 點以後釋放為佳。隨時檢視害蟲密度，以補充天敵。

結 語

化學農藥對環境之污染、對非標的生物之傷害、生態平衡之破壞等副作用已成為全球農業發展必須面對的問題。生物農藥具有低殘留、對非標的生物低毒性、環境友善等優點，不論是站在降低對化學農藥之依賴性或在有害生物綜合管理 (IPM) 的策略應用上，生物農藥均提供另外一種安全、經濟且有效的選擇。在作物害蟲管理上，天敵昆蟲扮演舉足輕重角色，然而全面推動生物防治尚需突破許多障礙及困難，除了目前已推廣並略有成效之天敵昆蟲外，今後更應加強建立生物防治理念，並將研究與應用的結合，同時尋找提高天敵防治效果之方法。像是在田間設置天敵之食餌、寄主或花粉、花蜜等食物，或提供天敵之棲所，同時配合運用其他防治技術以提高防治成效。研究發展天敵貯存、天敵商品運輸、天敵商品管理及如何發展有效又具經濟利益之天敵大量繁殖技術等。藉由建立健康管理之觀念，於病蟲害未發生前事先預防及配合生物防治技術的應用，大幅減少化學藥劑之濫用，同時力行草莓生產履歷制度，生產優質安全草莓，提供消費者使用，消弭以往草莓多農藥之舊印象，提昇草莓產業之形象。

為減少農作物的化學農藥殘留、避免濫用農藥破壞生態環境，具有環境友善及低殘留風險特性的微生物製劑已成為世界各國研發及應用上所重視的焦點。臺

灣氣候炎熱潮濕適合草莓病害滋生危害，且政府推動「農藥十年減半」政策，對微生物製劑亦有強烈的需求。本回顧介紹國內草莓病害—灰黴病、炭疽病、萎凋病、葉枯病、細菌性角斑病在國外進行的研究與推薦的商品化微生物製劑。國外商品化微生物製劑目前沒有出現新的菌種，研究以 *Trichoderma* 屬、*Bacillus* 屬為大宗，研究目的除了評估這些菌株的防治效果，也有探討不同施用方式的效果差異以及菌株施用對草莓果實植株的影響，希望尋找能同時減少病害並增進草莓植株的健康微生物，值得國內微生物製劑研發參考。

國外天敵昆蟲使用多已普遍，天敵物種選擇多，得以因應田間多種害蟲。草莓栽培以薊馬、蚜蟲及葉蟎為主要害蟲，其中，薊馬之防治可以草莓間植開花之綠籬植物，增加小黑花椿象族群數量，藉此抑制薊馬族群；蚜蟲防治以普通草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 為首選；葉蟎因繁殖速率快，世代繁衍迅速而造成化學防治困難，國外使用捕植蟎及食蟎蠅蚋 (*Feltiella occidentalis*) 進行控制，以智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) 使用最多，可於高峰期先行施用化學藥劑進行控制，再施放捕植蟎防治。國內市場上亦有小黑花椿象及草蛉之天敵產品，應用於薊馬及蚜蟲之防治，葉蟎之非農藥防治則多以礦物油劑或施放草蛉進行控制，惟於栽培後期仍有防治上困難，尚有待其他資材投入。運用天敵進行田間防治為一永續且友善環境之方法，並可藉由改變栽培模式、結合化學藥劑及物理防治進行病蟲害綜合防治，達到穩定控制田間蟲害之效益。

參考文獻

1. 李昱輝、呂理榮。1994。臺灣草莓炭疽病。植病會刊 3：256-257。
2. 許嘉伊。2010。全球生物農藥產業概況與未來展望。農業生技產業季刊 24:1-7。
3. 郭建志、林煜恒、廖君達、羅佩昕。2018。芽孢桿菌製劑導入有機與友善病害管理之研究。有機及友善環境耕作研討會論文輯。P.141-154。
4. 章加寶。2011。天敵在有機農業害蟲防治上的利用。農業生技產業季刊。第28期。p.41-47。
5. 章加寶、黃勝泉。1995。基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker)) 防治草莓園葉蟎之效益評估。植保會刊 37: 41-58。
6. 黃勝泉、張廣淼、彭淑貞。2009。南方小黑花椿象對草莓薊馬類防治效果評估。苗栗區農業專訊 48:10-12。
7. 鄭志文、李吉峰、吳岱融、盧美君、林盈宏、朱盛祺。2017。開發生物農藥液化澱粉芽孢桿菌 ML15-4 防治草莓灰黴病。苗栗區農業改良場研究彙報。第5期。P51 – 67。
8. 農委會臺灣農家要覽增修訂三版策劃委員會。2005。臺灣農家要覽增修訂三版-農作篇(二)。575-580。
9. Chung P. C., Wu H. Y., Ariyawansa H. A., Tzean S. S. and Chung C. L., 2019. First Report of Anthracnose Crown Rot of Strawberry Caused by *Colletotrichum siamense* in Taiwan, Article in Plant Disease.
10. Kim, Ju, H., Lee, S.H., Kim, C.S., Lim, E.K., C, K.H., Kong, H.G., Kim, D.W., Lee, S.W., and Moon, B.J. 2007. Biological control of strawberry bray mold caused by *Botrytis cinerea* using *Bacillus licheniformis* N1 formulation. J. Microbiol. Biotechnol. 17:438-444.
11. Abd-El-Kareem, F., Elshahawy, I.E. and Abd-Elgawad, M.M.M. 2019. Local *Trichoderma* strains as a control strategy of complex black root rot disease of strawberry in Egypt. Bulletin of the National Research Centre. 43: 160-167. DOI: 10.1186/s42269-019-0206-7.
12. Atakan, E. (2008) Thrips (Thysanoptera) species and thrips damage associated with strawberry in Adana and Mersin provinces, Turkey. *Turkiye Entomoloji Dergisi* 32, 91-101.

13. Vicente-Hernández, A., Salgado-Garciglia, R., Valencia-Cantero, E. et al. 2019. *Bacillus methylotrophicus* M4-96 Stimulates the Growth of Strawberry (*Fragaria × ananassa* ‘Aromas’) Plants In Vitro and Slows *Botrytis cinerea* Infection by Two Different Methods of Interaction. *Journal of Plant Growth Regulation*. 38: 765–777. DOI: 10.1007/s00344-018-9888-6.
14. Amrutha P, Vijayaraghavan R. 2018. Evaluation of Fungicides and Biocontrol Agents against *Neopestalotiopsis clavispora* Causing Leaf Blight of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(8): 622-628. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.708.067.
15. Chen, C., Cao, Z., Li, J., Tao, C., Feng, Y. and Han, Y.. 2020. A novel endophytic strain of *Lactobacillus plantarum* CM-3 with antagonistic activity against *Botrytis cinerea* on strawberry fruit. *Biological Control*. 148: 1-10. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104306.
16. Chen Y, Xu YP, Zhou T, Akkaya MS, Wang LL, Li SY and Li XY. 2020. Biocontrol of *Fusarium* wilt disease in strawberries using bioorganic fertilizer fortified with *Bacillus licheniformis* X-1 and *Bacillus methylotrophicus* Z-1. *3 Biotech*. 10: 80. DOI: 10.1007/s13205-020-2060 -6.
17. Es-Soufi, R. , Tahiri, H. , Azaroual, L. , El Oualkadi, A. , Martin, P. , Badoc, A. and Lamarti, A. 2020. Biocontrol Potential of *Bacillus amyloliquefaciens* Bc2 and *Trichoderma harzianum* TR against Strawberry Anthracnose under Laboratory and Field Conditions. *Agricultural Sciences*, 11, 260-277. doi: 10.4236/as.2020.113017.
18. Shen, H., Wei, Y., Wang, X., Xu, C. and Shao, X.. 2019. The marine yeast *Sporidiobolus pararoseus* ZMY-1 has antagonistic against *Botrytis cinerea* in vitro and in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 150: 1–8. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2018.12.009.
19. Carroll J, Pritts M and Heidenreich C. 2016. 2016 Organic Production and IPM Guide for Strawberries. New York. New York State Integrated Pest Management Program.
20. Alijani Z., Amini J., Ashengroph M., and Bahramnejad B.. 2020. Volatile compounds mediated effects of *Stenotrophomonas maltophilia* strain

- UN1512 in plant growth promotion and its potential for the biocontrol of *Colletotrichum nymphaeae*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Vol. 112. DOI: 10.1016/j.pmpp.2020.101555.
21. Easterbrook, M.A. (1992) The possibilities for control of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on eld-grown strawberries in the UK by predatory mites. *Biocontrol Science and Technology*, p235- 245.
 22. Gonzalez-Zamora, J.E., Garcia-Mari, F., Benages, E. & Royo, S. (1992) Control biologico del thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en freson. *Boletin de Sanidad Vegetal, Plagas*, p265-288.
 23. Niemczyk, E. (1978) Food requirement, searching abilities and role of *Orius minutus* L. (*Heteroptera, Anthocoridae*) in controlling the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch. *Polskie Pismo Entomologiczne*, p445-451.
 24. Opit, G.P., Roitberg, B. & Gillespie, D.R. (1997) The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for two of its prey: male and female twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: *Tetranychidae*). *The Canadian Entomologist*, p221- 227.
 25. Rondon, S.I., Cantliffe, D.J. (2005) Biology and Control of the Strawberry Aphid, *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Homoptera: Aphididae) in Florida. IFAS UF. Florida: USA, HS1009
 26. Sances, F.V., Toscano, N.C., Lapre, L.F., Oatman, E.R. & Johnson, M.W. (1982) Spider mites can reduce strawberry yields. *California Agriculture*, p15-16
 27. Solomon M. G., Jay C. N., Innocenzi P. J., Fitzgerald J. D., Crook D., Crook A. M., Easterbrook M. A., Cross J. V. (2001) Review: Natural Enemies and Biocontrol of Pests of Strawberry in Northern and Central Europe. *Biocontrol Science and Technology*, p167-193
 28. Tommasini, M.G. & Maini, S. (1995) *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe. Wageningen Agricultural University Papers, p1- 42.
 29. Van Lenteren, J.C. & Loomans, A.J.M. (1998) Is there a natural enemy good enough for biological control of thrips? *Proceedings of the 1998 Brighton Conference*, p401- 408.

30. Waite, G.K. (1988) Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in south-east Queensland. *Experimental and Applied Acarology*, p23-32.

表一、可用於草莓病蟲害之生物防治資材品牌補助名單一覽表

Tab 1. List of subsidies for brands of biological control materials that can be used for strawberry pests and diseases

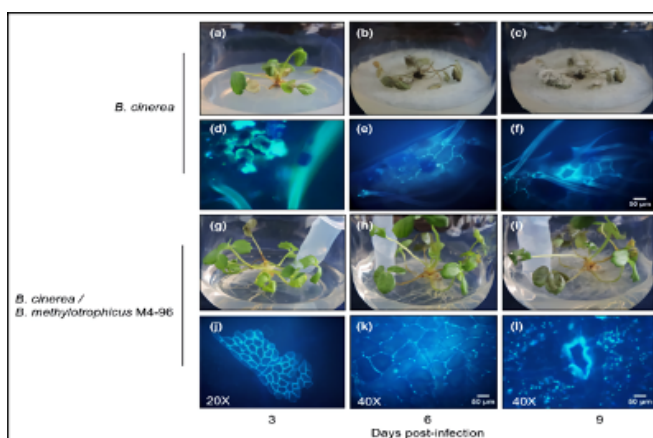
商品名 Trade Name	有效成份與含量 Active ingredient and content	劑型 Formulation	農藥許可證 字號 NO. of registration license	使用範圍 Usage range	業者名稱 Manufacturer
見達利	蘇力菌 48.100 (%)	WG 水分散性 粒劑	農藥進字 第 01543 號	小葉菜類、蔥、菠菜、胡蘿蔔、草莓、菊、野薑、蓮一夜蛾類	臺灣住友化學股份有限公司
義定勇	蓋棘木黴菌 ICC080/012 1×10 ⁷ CFU/g	WP 可溼性粉劑	農藥進字 第 03198 號	菊科（包葉菜類、小葉菜類、根菜類）、茄科（小葉菜類、根菜類、果菜類）、蔥科（小葉菜類、根菜類）、葫蘆科小葉菜類、香椿、甜菜、薑、芋、甜椒、金針、瓜菜類、果菜類、草莓、黃耆、當歸、丹參、地黃一疫病	易利特開發有限公司
綠寶克蟲	苦參鹼 6.000 (%)	SL 溶液	農藥製字 第 05971 號	1. 蔬菜—鱗翅目、蚜蟲類 2. 竹、草莓—蚜蟲類	綠寶生物科技股份有限公司
神真水 3 號	液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10 ⁸ CFU/mL	SC 水懸劑	農藥製字 第 06299 號	蔬菜、草莓、花木—灰黴病	興農股份有限公司
台肥農眾賀	液化澱粉芽孢桿菌 Ba-BPD1 1×10 ⁹ CFU/mL	SC 水懸劑	農藥製字 第 06345 號	蔬菜、草莓、花木—灰黴病	臺灣肥料股份有限公司
強強菌	貝萊斯芽孢桿菌 BF 1×10 ⁹ CFU/g	WP 可溼性粉劑	農藥製字 第 06618 號	1. 水稻 - 白葉枯病 2. 油菜 - 黑腐病 3. 十字花科 (包菜類、小葉菜類、根菜類)- 黑腐病 4. 草莓 - 灰黴病 5. 橡果 - 細菌性黑斑病 6. 柿 - 灰黴病	亞亮生技股份有限公司

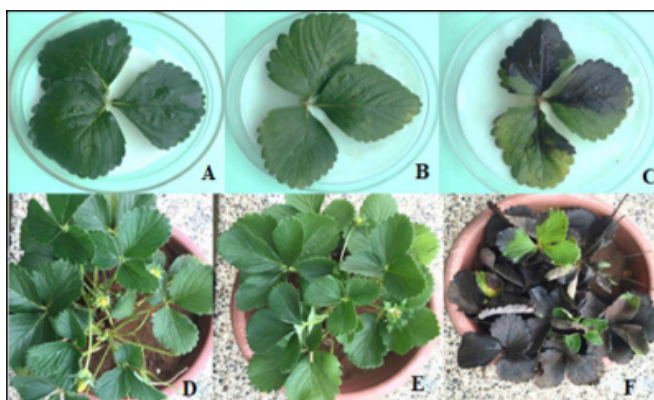
備註：上網日期：109 年 9 月 28 日

表二、美國草莓病害防治推薦微生物商品列表

Tab 2. The recommend biological control products for strawberry disease in America

病害名 (病原菌) Disease (pathogen name)	商品名 Commodity name	有效成份菌種 Active ingredients
白粉病 (<i>Podosphaera aphanis</i>)	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> str D747
灰黴病 (<i>Botrytis cinerea</i>)	Prestop	<i>Gliocladium catenulatum</i>
	Optiva	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713
	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747
疫病 (<i>Phytophthora cactorum</i>)	BIO-TAM	<i>Trichoderma asperellum</i> <i>Trichoderma gamsii</i>
	RootShield PLUS+ WP	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma virens</i>
	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747
炭疽病 (<i>Colletotrichum acutatum</i>)	Serenade ASO	<i>Bacillus subtilis</i>
	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747
細菌性角斑病 (<i>Xanthomonas fragariae</i>)	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747

圖一、草莓組培苗以 *B. methylotrophicus* M4-96 揮發物處理 (下)，累積胼胝質進而減緩灰黴病菌 *B. cinerea* 感染Fig. 1. Slowing of *B. cinerea* infection in strawberry leaves by increasing callose deposition induced by volatiles from *B. methylotrophicus* M4-96



圖二、以 *B. amyloliquefaciens* Bc2 和 *T. harzianum* 拮抗炭疽病菌 *C. acutatum* 之離葉試驗 (上) 與盆栽試驗 (下)，(A, D) 以 *B. amyloliquefaciens* Bc2 處理；(B, E) 以 *T. harzianum* 處理；(C, F) 以無菌水處理 (對照組)

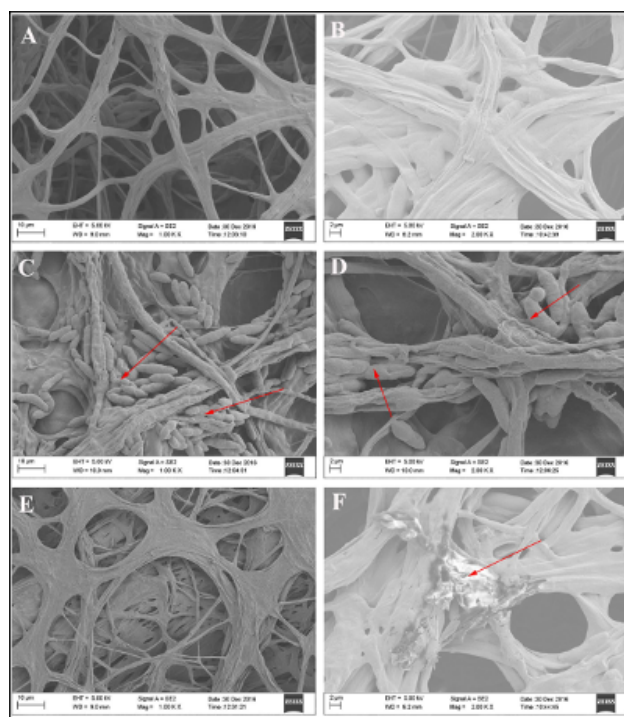
Fig. 2. Inhibition test in vitro (A, B, C) and vivo (D, E, F). (A, D) Inoculation of *C. acutatum* Ca6 and antagonist *B. amyloliquefaciens* Bc2. (B, E) Inoculation of *C. acutatum* Ca6 and antagonist *T. harzianum*. (C, F) Inoculation of Ca6 and distilled water (control)

表三 . 四種 *Trichoderma* spp. 對於田間草莓根部病害的抑制效果

Table 3. Effect of four *Trichoderma* spp. on black root rot disease of strawberry plants under field conditions. (Abd-El-Kareem et al., 2019)

Treatment	Black root rot disease			
	Disease incidence	Reduction, %	Disease severity	Reduction, %
<i>Trichoderma harzianum</i>	14.0c	70.8	10.0d	80.8
<i>T. viride</i>	12.0c	75.0	10.0d	80.8
<i>T. viridis</i>	21.0b	56.3	20.4b	60.8
<i>T. koningii</i>	14.0c	70.8	13.5c	74.0
<i>T. mixture</i> (<i>T. h.</i> + <i>T. v.</i> + <i>T. v.</i> + <i>T. k.</i>)	8.0d	83.3	6.0e	88.5
Actamyl 3 g/l (fungicide)	12.0c	75.0	13.0c	75.0
Control	48.0a	0.0	52.0a	0.0

Figures in a column with the same letter are not significantly ($P \leq 0.05$) different



圖三、拮抗細菌與萎凋病菌在 PDA 上的交互作用，以電子顯微鏡分別放大 1000 倍 (左) 與 2000 倍 (右) 之影像。(A, B) 對照組；(C, D) *B. licheniformis* X-1 圍繞在萎凋病菌菌絲周圍；(E, F) *B. methylotrophicus* Z-1 攻擊萎凋病菌菌絲

Fig. 3. SEM micrographs of antagonistic bacteria interacting with hyphae of Fof on PDA medium. A, C, E Magnification: 1000x; B, D, F Magnification: 2000x. A, C, E Fof hyphae alone; C, D Fof hyphae treated with strain X-1 (red arrows show Fof hyphae surrounded by X-1); E, F Fof hyphae treated with strain Z-1 (red arrows indicate Fof hyphae damaged by Z-1)



圖四、受葉蟎嚴重危害草莓葉片表面呈現白色斑點

Fig.4. Spider mite damage appears as a stippling, scarring and bronzing of strawberry leaves



圖五、智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-. Henriot) 捕食二點葉蟎 (<https://www.koppertus.com/spidex-boost/>)

Fig.5. Predatory mite (*Phytoseiulus persimilis* Athias-. Henriot) preys on two spot spider mite (*Tetranychus urticae* Koch)



圖六、(a) 薊馬藏匿於草莓花器中 (b) 草莓成熟果實受薊馬危害狀 (Atakan, 2008)

Fig.6. (a) Thrip (*Frankliniella occidentalis* Pergande) in strawberry flower and (b) ripe strawberry fruit (signs of harm)



圖七、小黑花椿象 (*Orius laevigatus* Fieber) 捕食薊馬 (<http://bioaccio.com/es/productes/depredador-orius-laevigatus/>)

Fig.7. *Orius laevigatus* Fieber preys on thrip



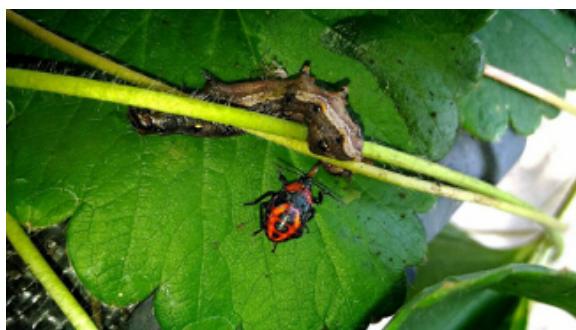
圖八、設施栽培的草莓受蚜蟲嚴重危害 (Rondon and Cantliffe ,2005)

Fig.8. Strawberry grown under protected cultivation heavily infested with aphids



圖九、草蛉用於防治蚜蟲

Fig.9. Lacewing is used for controlling aphid



圖十、黃斑粗椿象捕食斜紋夜盜蛾

Fig.10. Stingbug (*Eocanthecona furcellata* Wolff) preys on carterpillar (*Spodoptera litura* Fabricius)

Application of Microbial Agents and Natural Enemy Insects in Strawberry Biological Control

Yi-Pei Li, Che-hao Cheng, Sheng-Chi Chu *

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

*Corresponding author, E-mail: 7124@mdais.gov.tw

Abstract

Strawberry is a high economic value crop. The cultivated area in Taiwan is about 550 hectares. Miaoli County accounts for about 90% of the country's total production area. Since strawberry is a continuous harvest crop, that has a high risk of pesticide residues, food safety has become a major concern for consumers. Natural enemies used in strawberry cultivation include small black flower stink bugs, lacewings, and planting mites, which have good control effects on thrips, aphids, and spider mites, respectively. For thrips control, flowering hedge plants can be planted between strawberries to increase the number of small black flower stink bugs (*Orius laevigatus* Fieber) and keep the number of thrips below the economic injury level. For aphids control, common green lacewing (*Chrysoperla carnea*) can have the best control effect. For Spider mite control, phytoseiid mite and mite-eating gnats (*Feltiella occidentalis*) are common in foreign biological because of the limited effect of chemical control resulted from the high reproduction rate. In particular, Persimilis (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) is the most common one, which can be used after the chemical agents in the peak period. Strawberry diseases include anthracnose, gray mold, wilt, as well as recent emerging diseases-fungal leaf blight and bacterial angular leaf spot. The microbiological preparations and disease prevention for these strawberry diseases have been studied abroad. The microbial species that have been commercialized and recommended for

use in strawberry diseases include *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Gliocladium catenulatum*, *Streptomyces lydicus*, etc.; in recent years, strawberry diseases have been used as the object of prevention and control, and the antagonistic potential strains are mainly *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp.. In addition to directly spraying them on the surface of plants, the indirect control is also used in evaluation research, such as using the volatile microbial metabolites or soil medium mixing to induce plant disease resistance. Biological control combining microorganisms and natural enemy insects is a sustainable and environmentally friendly method for controlling the field diseases and insect pests, which can be applied by manipulating the cultivation mode, chemical agents, and physical control for integrated comprehensive prevention and control of pests and diseases.

Key words: microbial agents, natural enemy insects, biological control, strawberry



主題三： 草莓品種與產業應用

草莓品種檢定與開發品系特性介紹

羅國偉

行政院農業委員會桃園區農業改良場

聯繫人 E-mail: kuowei@tydais.gov.tw

摘 要

草莓為臺灣冬春季生產之高經濟價值園藝作物，且為廣受國人喜愛國產水果之一。本場完成草莓品種試驗檢定方法修訂，至 108 年為止已有 14 件申請案件提出申請，育種者可透過取得植物品種權實質保護其相對權利。為因應氣候變影響及產業需求，本場持續進行草莓品種研發及栽培技術改進，目前開發許多優良品系 TYS16081、TYS16091、TYS16109 等，可作為日後育種材料，期能育出更優質的草莓新品種。

關鍵詞：品種權、品種試驗檢定方法、品系

前 言

栽培種草莓 (*Fragaria x ananassa* Duch.) 為北美野生種 *F. virginiana* Duch. 與南美智利草莓 (*F. chiloensis* (L) Duch. 之雜交種，為八倍體，原產於溫帶地區，為臺灣冬春季生產的重要高經濟園藝作物，栽培面積為 506 公頃，年總產量為 8,810 公噸 (農業統計年報，2018)，主要產區集中於苗栗縣，其他小面積零星栽培則散布全台各地，包括新竹縣、南投縣、台北市及台中市等地。近年來受氣候變遷影響，夏季氣溫逐年升高，現有栽培品種耐熱性備受考驗，由於品種育苗難易及抗病性程度與栽培面積息息相關，近年來由主要產區品種分布觀察，桃園 1 號 - 豐香品種逐漸被耐熱性高的香水地方種所取代趨勢，但由於桃園 1 號 - 豐香品種糖度、口感及風味仍深受消費者喜愛，卻因該品種低溫需求較高及耐病性弱等特性，更迫切需要加速優質草莓品種選育。植物育種需要時間、人力和財力資源的長期投資，創造一個新品種並改善其生長表現可能需要多年時間，還需要額外的將它引入市場，並取得農民接受採用，因此為促進更多人投入育種研發工作，以加速植物品種改良之效率，因此世界各國無不朝立法保護育種者之方向努力

(陳，2015)。本文就本場近期進行品種檢定及品種選育執行概況說明，提供農民參考。

草莓品種檢定

本場為草莓作物品種性狀檢定單位，也完成修訂國內草莓檢定方法與國際品種權申請接軌，行政院農業委員會於 106 年 1 月 26 日公告本場修訂「草莓品種試驗檢定方法」，提供國內外有意申請草莓品種權業者或個人參考遵循依據。近年來許多民間育種家也加入草莓育種工作，本場已參考國際植物新品種保護聯盟 (International Union for the Protection of New Varieties of Plants, UPOV) 草莓檢定方法及性狀表，完成草莓品種試驗檢定方法修訂，修訂後由舊有的「草莓新品種性狀檢定須知」改為「草莓品種試驗檢定方法」。草莓品種性狀表調查項目主要參考 UPOV 及日本草莓檢定方法修訂，比較新舊檢定方法、日本及 UPOV 草莓檢定方法各項性狀調查項目 (表 1)，修訂後必要性狀共計 18 個，次要性狀共計 32 個，總計 50 個調查性狀，修訂後調查性狀較 UPOV 多 2 個性狀調查項目，分別為中間小葉大小及果實香味。草莓品種性狀表修訂後具有序號、UPOV 序號、中英文性狀說明、代表品種及註記等 6 項 (表 2)，可提供調查者參考依據，其中品種特性項目中標記 (*) 為必須調查之重要項目；標記 (+) 可請參閱附圖對照，而品種性狀定義、調查時期與圖表可詳見「草莓品種性狀調查表填列說明」。調查性狀主要可分為植株、匍匐蔓、葉、花、果實及生育特性等 6 大類，修訂後版本具有附圖對照品種特性項目共計 19 項，可讓調查者更清楚填列性狀分類，圖示性狀分別為生長習性、葉片密度、葉大小及葉柄長度、葉浮泡、中間小葉葉基形狀、中間小葉葉緣形狀、中間小葉橫截面形狀、葉柄及花梗絨毛方向、花瓣排列方式、花萼相較於花冠的大小、果形、果實顏色均勻度、果實表皮平整度、無瘦果帶的寬度、種子位置、花萼基部位置、萼瓣型態、果肉及果心顏色、頂生花與頂生果的位置。欲申請植物品種權者可至農糧署植物品種權公告查詢系統 (<https://newplant.afa.gov.tw/>) 查詢相關申請程序及文件，並透過適用作物種類查詢系統下載完整版草莓品種試驗檢定方法及草莓品種性狀表，供申請者檢定

國內育成草莓品種及育種執行概況

為育成適合臺灣氣候環境、高產、品質優良草莓品種，讓農民栽種有更多選

擇，本場及苗栗區農業改良場進行草莓育種研究工作，目前育成品種有桃園 1 號 - 豐香 (1990 年育成)、桃園 2 號 - 艷紅 (1993 年育成)、桃園 3 號 - 狀元紅 (1998 年育成)、桃園 4 號 - 紅冠 (2012 年育成) 及苗栗 1 號 - 戀香 (2019 年育成) (表 3)。本場育種目標以選拔耐熱、早生、大果及耐貯運優良草莓品種為選拔重點，現今面臨氣候變遷及栽培方式的改變，農友對於草莓品種更新需求日增，像是耐炭疽病、萎凋病、白粉病、二點葉蟬、夏季育苗容易及適合高架栽培等品種需求，本場亦持續進行新品種研發及栽培技術提升，並朝向優質、安全及高品質目標邁進，以提升草莓產業競爭力。草莓育種程序按蔬菜作物育種程序及實施方法，包括引種、選種及雜交育種，雜交係將不同親本之優良特性，藉由雜交育種方法匯集於一品系中，以育成質優豐產之新品種，雜交後所獲得實生苗後裔，進行單株選拔、品系觀察、第 1 年品系比較及第 2 年品系比較試驗，而在各年期選拔期間根據育種目標、調查植株及果實性狀與產量，選出較對照品種優良之品系，提出命名，並依據「草莓品種試驗檢定方法」再進行 2 年期性狀檢定，完成檢定後再將品種說明書及性狀檢定相關資料送農糧署進行審查。目前本場育種計畫持續進行育種各項試驗，性狀調查項目包括育苗繁殖速率、開花始期、結果始期、早期產量 (12-2 月)、總產量 (2-4 月)、單果重。植株性狀包括株高、株寬、葉片數、葉面積、果梗長，果實性狀包括果長、果寬、果實糖度及硬度。目前完成品系比較試驗具有特色性狀表現者有 TYS16081、TYS16091、TYS16109 等 (表 5)，雖在選拔階段，但許多品系具備的特殊性狀皆可作為日後育種材料，以育出更優質的新品種，以滿足草莓產業的需求。

結 語

隨著自由貿易的發展，研發新品種和品種布局為國際趨勢，牽動產業利益，可創造龐大產值。自完成草莓植物品種權檢定方法修訂及公告後，至 108 年為止共有 14 件申請案件提出申請，其中 4 件為國外申請品種，10 件為國內申請品種 (表 4)，待陸續完成品種性狀檢定後，育種者可透過獲得植物品種權，可實質保護其相對權利，未來新品種朝豐產、提高植株抗耐病性、適應不同栽培條件、引入日中性性狀及提高果實品質等目標努力，冀能透過公部門與民間育種者的研發力量，育成更多草莓新品種，豐富國內草莓種原，並促進草莓產業發展，提高產業競爭力。

參考文獻

1. 李窓明。1991。草莓育種程序及實施方法。蔬菜作物育種程序及實施方法。p141-145。臺灣省政府農林廳。
2. 李窓明、洪立。2006。草莓之育種 (I)。中國園藝 28(3):116-131.
3. 行政院農業委員會。2018。農業統計年報。P.70。行政院農業委員會。
4. 羅國偉、李窓明、張志展。2012。草莓新品種桃園 4 號之育成。桃園區農業改良場研究彙報 72:1-10。
5. 陳麗珣。2015。植物種苗法－從日本品種註冊制度和 UPOV 公約觀之。農業生技產業季刊 41:64-70。
6. 李紅曦。1999。植物新品種保護國際聯盟簡介。臺灣花卉園藝 147:42-45。
7. 農糧署植物品種權公告查詢系統。From <https://newplant.afa.gov.tw/>。
4. Darrow, G. M. 1966. The strawberry. Holt, Rinehart, and Winston, New York. pp.447.

表一、比較新舊檢定方法、日本及 UPOV 草莓檢定方法各項性狀調查項目

調查項目	臺灣 (舊版)	日本	UPOV	臺灣 (新版)
必要性狀 *	21	18	18	18
次要性狀	20	38	30	32
總計	41	64	48	50

表二、草莓性狀調查項目分類

性狀分類	性狀編號	調查項目
植株	1-4	生長習性、葉片密度、生長勢、花序相對於葉片的位置
匍匐蔓	5-7	匍匐蔓數、花青素呈色程度、絨毛密度
葉	8-20	大小、表面顏色、浮泡、光澤、斑紋有無、長度相較於寬度、葉基形狀、葉緣形狀、橫截面形狀、中間小葉大小、葉柄長度、葉柄絨毛著生方向、托葉花青素呈色程度
花	21-28	花朵數、花梗絨毛著生方向、花直徑、花瓣排列、花萼相較於花冠的大小、雄蕊有無、花瓣長度相對於寬度、花瓣表面顏色、
果實	29-47	果實長度相對於寬度、大小、形狀、生果和其他果實的形狀差異、顏色、顏色均勻度、光澤度、表面平整度、無種子帶寬度、種子位置、花萼基部的位置、萼瓣的型態、花萼直徑相對於果實直徑大小、花萼脫落性、硬度、果肉顏色、果心顏色、空洞、香味
生育特性	48-50	始花期、果實成熟始期、開花結果習性

表三、臺灣草莓品種育種資料

品種名稱	命名通過時間	育種單位
桃園 1 號 - 豐香	1990	桃園區農業改良場
桃園 2 號 - 艷紅	1993	桃園區農業改良場
桃園 3 號 - 狀元紅	1998	桃園區農業改良場
桃園 4 號 - 紅冠	2012	桃園區農業改良場
苗栗 1 號 - 戀香	2019	苗栗區農業改良場

表四、草莓品種權申請案件

品種名稱	申請人	國籍	權利狀態
桃園 4 號	桃園區農業改良場	中華民國	存續中
大湖 1 號	邱坤淇	中華民國	審查中
佛羅里達 09-127	美商佛羅里達原種種子公司 (申請代理人：宇邦智權事務所)	美國	審查中
大湖 2 號 - 紅香草莓	邱坤淇	中華民國	審查中
霧峰 1 號 - 丹寶	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
霧峰 2 號 - 微醺少女	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
煌香	靜岡縣政府 (申請代理人：巨群國際專利商標法律事務所)	日本	審查中
中興 1 號 - 莓艷絕倫	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
長治 1 號 - 窈窕莓女	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
中興 2 號 - 莓倫莓奧	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
苗栗 1 號	苗栗區農業改良場	中華民國	存續中
紀之加	和歌山縣政府 (申請代理人：巨群國際專利商標法律事務所)	日本	審查中
戀實	國立研究開發法人農業・食品產業技術總合研究機構 (申請代理人：理律法律事務所)	日本	審查中
芎林 1 號 - 甜莓喬伊	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
芎林 2 號 - 莓姿絕色	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中
長治 2 號 - 明豔如莓	吾邦土智慧生活股份有限公司	中華民國	審查中

表五、草莓品系比較試驗植株生育及果實品質比較

品種(系)	株高	株寬	葉片數	葉面積	果梗長	果長	果寬	硬度	糖度
	cm	cm	no.	cm ²	cm	mm	mm	N	° Brix
TYS16081	15.3	34.8	15.5	65.3	16.6	37.2	31.7	1.5	12.7
TYS16091	11.7	33.0	13.1	48.0	13.6	31.0	24.0	1.8	11.0
TYS16109	19.7	43.0	27.0	61.4	27.3	32.1	24.3	2.1	11.2
TYNO.1	18.3	42.9	30.3	73.1	19.2	37.9	26.4	2.3	13.9
TYNO.4	15.8	37.1	22.1	54.4	13.7	32.9	30.7	1.9	10.4
LSD0.05	3.07	5.36	6.41	13.8	3.85	5.86	3.94	0.64	1.53

Introduction to Strawberry Variety DUS Test and Lines Development

Kuo-Wei Lo

Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station,
Council of Agriculture, Executive Yuan, Taoyuan, Taiwan, R. O. C.
Corresponding author, E-mail: kuowei@tydais.gov.tw

Abstract

Strawberry was high economic value horticultural crop during the winter and spring season in Taiwan, and one of the most popular domestic fruits. The Taoyuan district agricultural research and extension station, COA was completed the revision of the strawberry variety DUS test guideline. There have been fourteen applications of variety rights in 2019. Breeders obtain plant variety rights and protect their relative rights. In order to respond to the impact of climate change and industrial needs, the TYDARES continues to develop strawberry varieties and improve cultivation techniques. Development of many excellent lines such as TYS16081, TYS16091, TYS16109, these lines can be used as breeding materials and more excellent new strawberry varieties can be selected in the future.

Key words: variety rights, DUS test guideline, lines

草莓產業品種與苗栗 1 號之育成

吳岱融

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

聯繫人 E-mail: wudr@mdais.gov.tw

摘 要

臺灣位於亞熱帶，需選擇適當地點配合栽培技巧，才得以量產草莓。臺灣草莓栽培面積大約為 500 公頃，90.9% 都位於苗栗縣。過去「桃園 1 號」因其果實風味廣受喜愛，栽培比例始終在 80% 以上。而隨著氣候變遷，主流品種已轉換為「香水」，惟因其風味，普遍被定位於過渡品種。在此主流品種更替之時，也是新品種推出的契機。本場 2014 年以「豐香」為母本，種原「MLSBL」為父本，歷經六年以傳統育種程序，雜交選育出新品種「苗栗 1 號 - 戀香」。「苗栗 1 號」具有株形直立、大果美形、甜度高、繁殖倍率高等優良特性，在 2019 年取得品種權 (A02454) 及辦理品種發表記者會，引起廣泛關注，並於同年授權大湖地區農會等 5 間技轉廠商進行量產並釋出於產業。

關鍵詞：戀香、桃園 1 號、香水、育種

臺灣草莓產業概況

草莓主產於溫帶地區，是一種世界性的水果。臺灣位於亞熱帶，需選擇氣候類似原產區，搭配比原產區更進一步的栽培技巧，才能順利量產草莓。臺灣栽培草莓可追溯於 1934 年開始，一開始是位於新北市蘆洲、五股、金山一帶種植，但受限於氣候因素，生產地持續位移，一直到 1958 年進入苗栗縣大湖鄉後，才確立臺灣主產區。大湖鄉有別於臺灣其他地區的氣候，在冬季時氣候乾冷、日照充足、日夜溫差大，符合草莓作物特性所喜好的溫帶型態。目前臺灣草莓栽培面積大約為 500 公頃，90.9% 都位於苗栗縣，其次包括南投縣、新竹縣等。苗栗縣中又有約 80% 的生產面積位於大湖鄉。單位面積產量每分地約 1,200 至 1,800 公斤，臺灣總產量約 7,500 至 8,500 公噸。臺灣草莓產區的果實利用以鮮食為主，在產區的通路以盤商為主，約佔 70%，觀光採果園約佔 25%，其他如宅配的零

售型態約占 5%，鮮果整體的產值估計超過 18 億元以上。

臺灣草莓品種

臺灣開始栽培草莓所使用的品種並不固定，包括馬歇爾、福羽、愛利收、久能早生、春香等持續變化。至 1985 年，產區開始種植「桃園 1 號」(衍生自「豐香」，產區通稱「豐香」) 後，確立了臺灣草莓風味的記憶，在往後的 30 餘年稱霸產區，栽培比例始終在 80% 以上，此間雖然有其他品種持續推出，但都無法撼動「豐香」的產業地位。另一個代表性的品種「香水」，距今約於產區出現 15 年，雖然風味不如「豐香」，但產量高、產期早、育苗較易，因此有其市場區隔性，也是農友的栽培選項之一。其他出現的品種，尚有「桃園 2 號」、「桃園 3 號」、「桃園 4 號」、「天來」等。產區栽培的草莓以紅色果實為主，白草莓則是以「桃薰」為多，但多屬零星栽培。

產區草莓主流品種的變化

草莓果實雖然主產於冬季，但其種苗的繁殖期是在夏季，整體產程橫跨周年。因此除了考量冬季乾冷程度外，尚需配合夏季育苗溫度是否適宜。一個草莓品種除了在果實產季需受到市場檢視外，還必須通過夏季育苗氣候的考驗，才得以立足產區。因此，產區過去曾經出現過相當多的草莓品種，冬季生產的果實也表現得可圈可點，但受限於無法於產區普遍育苗繁殖而消失。

氣候變遷深深影響臺灣草莓產業。在過去氣候形態下，「豐香」可普遍於產區夏季繁殖種苗，但隨著夏季漸熱，開始要搭配需多技巧使其順利育苗量產，後來氣溫逐年升高，伴隨驟雨頻仍，「豐香」種苗繁殖開始遇到瓶頸，夏季植株弱化伴隨病害嚴重發生，在定植期開始種苗供應不足，在 2016 年達到高峰，當年「豐香」種苗缺口為 400 萬株以上，因此農友開始有放棄「豐香」，改種「香水」的趨勢。後來，氣候暖化影響從夏季延續到冬季，2019 年初「豐香」於果實產期因溫度偏高、氣候潮濕，促使果實病害(白粉病) 嚴重發生，農民苗果兩空而放棄「豐香」，當年夏季繁殖較好育苗的「香水」(70% 以上)，造成 2020 年產區主流品種的輪替，改以「香水」為主。「香水」雖是目前產區種植面積最廣的品種，但其果實風味與消費者認知的臺灣草莓仍有差距，普遍被定位於過渡品種，不過因其特性獨特，相信未來仍會在產區佔有一席之地。

草莓苗栗 1 號 – 戀香之育成

2012 年前後，由於各式用於「豐香」的育苗技巧已逐漸無法應付其夏季種苗的病害折損，產區開始思考使用新品種的可能性，並將此想法向本場反應。經蒐集產區意見，考量「豐香」的食味才能代表消費者對臺灣草莓的共同記憶，所以新品種應具備「豐香」的食味，但同時要適應目前產區氣候的特性。經由上述特質篩選蒐集之種原，本場草莓團隊以「豐香」為母本，種原「MLSBL」為父本，從 2014 年開始，歷經六年以傳統育種法雜交選育出新品種「苗栗 1 號 - 戀香」。「苗栗 1 號」是第一個在大湖鄉土生土長育成的品種，具有株形直立、大果美形、甜度高、繁殖倍率高等優良特性，在 2019 年取得品種權及辦理品種發表記者會，引起廣泛關注，並於同年授權大湖地區農會等 5 間技轉廠商進行量產並釋出於產業。

草莓新品種的挑戰

在此主流品種更替之時，也是新品種推出的契機。除了「苗栗 1 號」之外，陸續有其他新品種逐一推出，於植物品種權公告系統顯示，2018 年後申請草莓品種權申請案有 12 個，其中還包括源自美國、日本的草莓品種。新品種在臺灣草莓產區面臨的挑戰相當多，歸結過去數年的其他品種發展歷程，可歸納主要的考量點包括：1. 產區是否有特性相似，又能進行苗、果量產的品種存在。2. 果實風味與採收後貯運品質能否相當或優於現有品種。3. 果實的果形、果色能否為產業鏈接受。4. 該品種能否於產區氣候及栽培模式下順利表現其特質。除此之外，由於消費者對食安的重視，能否配合有機或 IPM 管理進行量產，也是新品種未來包裝行銷的觀察重點。

Strawberry Cultivars and ‘Miaoli No. 1’ in Taiwan

Dai-Rong Wu

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

* Corresponding author, E-mail: wudr@mdais.gov.tw

Abstract

Taiwan is located in sub-tropical area, it is necessary to choose suitable place with unique skill to cultivate strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). The strawberry producing area is about 500 hectare in Taiwan, 90.9% in Miaoli county. ‘Taoyuan No. 1’ with its fruit flavor became the major variety in the past. With the climate change, ‘Xiang-Shui’ gradually replaced. In this transition period, many new cultivars have been presented. Our station used ‘Taoyuan No. 1’ and ‘MLSBL’ as parent to cross in 2014, conducted breeding procedure for 6 years to select ‘Miaoli No. 1’ with characteristics as up-right growth habit, big fruit, high total soluble solid content, and high runner productivity. ‘Miaoli No. 1’ was promoted to the public and released through variety right (A02454) authorization in 2019.

Key world: Liang-xiang, Taoyuan No. 1, Xiang-Shui, breeding

附錄

白草莓新品種 ‘霧峰 2 號’ 之育成

Development of White Strawberry Cultivar 'Wufeng 2'

陳宗禮、楊惠親*、吳佳蓉、穆瑜立
吾邦土智慧生活股份有限公司

臺灣秋冬季栽培的草莓特性需求為植株生長勢強、早生、株型直立、果實硬度中等、大果且產量高等優良性狀，以適合觀光草莓園及設施栽培用之需求為主，目前主要品種果皮顏色皆為紅色，缺乏白色至粉色的商業栽培品種。草莓新品種‘霧峰 2 號’（品系代號 S13-6），擬定商品名「微醺少女」，係由白草莓自交分離品系‘CL03-05’與‘ST07-01’之雜交後代，由吾邦土智慧生活股份有限公司於植物工場內經單株選拔及田間品系觀察比較試驗所選出。株型為半直立、生長勢中等、匍匐蔓數較少，葉片大且綠、無特殊光澤，單顆果實重量可大於 30 公克、頂生果與其他果實形狀差異小、果實硬度中等、果皮顏色為白色至粉色、果肉顏色全白、中心幾乎無空洞、香氣中等，始花期及果實成熟始期早，開花結果習性為部分多次開花。本品系目前正申請我國植物品種權，公開案號 2403，申請案號 1070034，目前狀態為審查中。

草莓田間品系篩選與評估



圖一、田間品系觀察比較試驗（臺中霧峰）



圖二、高架床栽培（左圖為屏東長治農場，右圖為台中六股農場）



圖三、草莓新品種霧峰 2 號單株特性



圖四、草莓新品種霧峰 2 號果實特性



圖五、繽紛白草莓粉草莓禮盒透過電商平台熱賣中

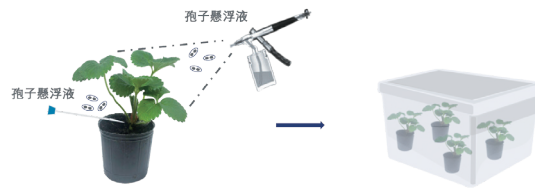
臺灣草莓種原庫對炭疽病菌之抗性篩檢

Screening of strawberry germplasm in Taiwan for resistance to *Colletotrichum* spp

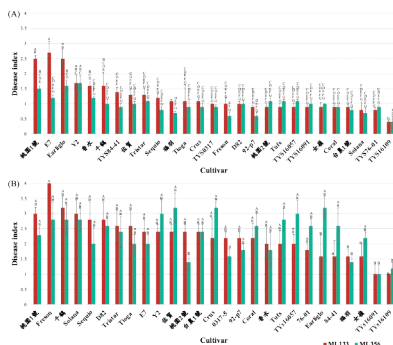
吳佳宜^{1*}、吳岱融²、羅國偉³、鍾珮哲²、鍾嘉綾¹

¹ 國立臺灣大學植物病理與微生物學系 ² 行政院農業委員會苗栗改良場 ³ 行政院農業委員會桃園改良場

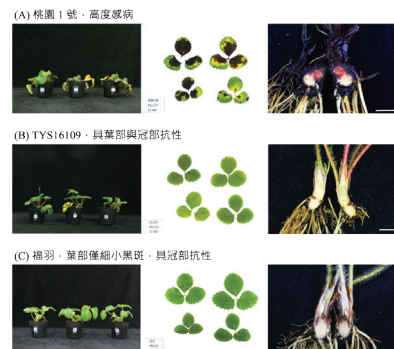
炭疽病是嚴重危害草莓產業的真菌性病害，除了改善栽培設施與化學防治外，使用抗耐病品種為經濟又環境友善的方法。國內草莓種原保存於桃園改良場新埔工作站及苗栗改良場，可做為抗病育種的親本來源，但目前對其抗病性並不明瞭。本研究建立可同時評估葉部與冠部病害的接種系統（圖一），使用本土炭疽病菌 *C. siamense* ML133 與 *C. fructicola* ML356 兩菌株，以孢子懸浮液噴灑全株及針刺接種冠部的方式，完成對桃改場 12 個品種系、苗改場 14 個品種及桃園 1 號，共 27 個品種系的抗性測試（圖二）。結果顯示，福羽、TYS16109 及 TYS16109 三品種系具有最佳抗病性，而桃園 1 號品種最為感病，接種後 10 天已開始萎凋死亡，葉部與冠部均感染嚴重（圖三 A）。桃改場品系 TYS16091 親本為 TYS84-41 x 桃園 1 號，TYS16109 親本為桃園 4 號 x TYS15-01，兩品系之葉部幾乎無病徵，冠部感染輕微，發病級數最低（圖三 B），經園藝性狀與產量評估後，未來有機會推出為新的抗性品種。苗改場保存的日本福羽品種在葉部僅有細小黑斑，且在冠部感染不嚴重（圖三 C），具有作為抗病育種親本的潛力。



圖一、葉部與冠部同時接種之系統。以噴霧器噴灑葉面，並以針刺草莓冠部，再滴上孢子液，可於兩週內評估發病情況。



圖二、以炭疽病菌 *C. siamense* ML133 及 *C. fructicola* ML356 接種 27 個草莓品種系。(A) 葉部病徵級數；(B) 冠部病徵級數。結果（平均數 $\pm$ 標準誤差）以 Tukey's Studentized Range (HSD) 進行統計分析，在 $p < 0.05$ 有顯著差異者，以不同字母標示。



圖三、以 *C. siamense* ML133 接種草莓植株之發病情況與病徵。(A) 桃園 1 號；(B) TYS16109；(C) 福羽。比例尺 = 1 公分。

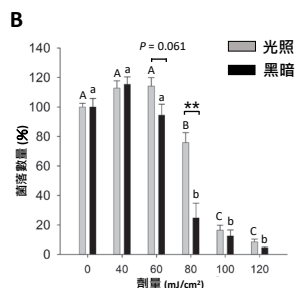
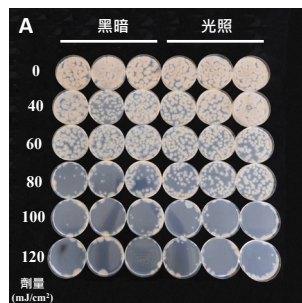
紫外線於防治草莓炭疽病之應用

Ultraviolet Radiation for Control of Strawberry Anthracnose

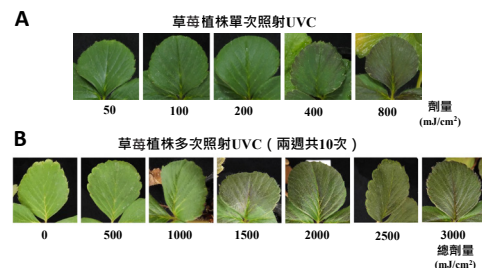
吳竊毅¹、鍾珮哲^{1,2}、江詩筑²、李吉峰²、鍾嘉綾^{1*}

¹ 國立臺灣大學植物病理與微生物學系 ² 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

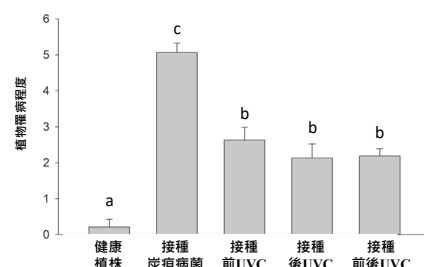
紫外線 (Ultraviolet, UV) 為波長介於 100 nm 至 400 nm 之間之電磁波，依據波長範圍又可分為 UVA、UVB、UVC 與 VUV，其中 UVC 為波長介於 200 - 280 nm 之間，具有殺菌效果，為能量較高但穿透力較弱之類別。UVC 較常用於果實採收後之處理，較少應用於植物栽培期之病害防治，故本計畫以草莓作為目標作物，評估 UVC 在防治草莓炭疽病之可能效果。初步結果顯示，以 UVC 劑量 80 mJ/cm² 照射並配合黑暗處理，可抑制約 60% 之草莓炭疽病菌 (*Colletotrichum siamense* ML133) 分生孢子發芽 (圖一)。植物在接受 UVC 單次劑量 400 mJ/cm² 或連續照射劑量 1000 mJ/cm² 以內對於植物葉片沒有明顯影響 (圖二)。在草莓植株之接種實驗中，一週照射兩次 UVC (每次劑量約 100 mJ/cm²)，不論接種前或是接種後照射，皆能有效降低草莓炭疽病之罹病程度 (圖三)。UVC 具有安全、無毒且無殘留之優點，並且 UVC 之燈管裝設容易且照射時間短，為一具有潛力之防治方法，未來將有機會於田間設施內應用。



圖一、UVC 照射劑量與黑暗處理對於草莓炭疽病菌 (*Colletotrichum siamense* ML133) 之孢子發芽抑制情形。(A) 不同劑量 UVC 對於孢子發芽之抑制情形與 (B) 量化的統計圖表。圖中之誤差線代表平均數之標準誤差，黑暗或光照處理標示之不同英文字母代表使用 ANOVA 分析後以 Tukey's HSD 檢定之結果 (n = 6)。單一劑量下之統計分析以 Student's t-test 進行計算 (n = 6)，** 代表 P < 0.01。



圖二、單次與多次 UVC 照射對於草莓葉片之影響。(A) 不同劑量之 UVC 單次照射對草莓葉片之影響。(B) 不同劑量之 UVC 多次照射對草莓葉片之影響。



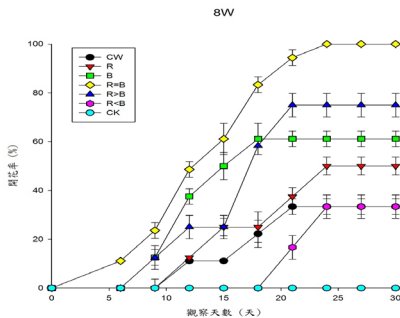
圖三、照射 UVC 對於草莓炭疽病發生之影響。草莓植株 (桃園一號) 分別於接種炭疽病菌 (*C. siamense* ML133, 10⁶ spores/ml) 之前或之後照射 UVC，於 14 天後觀察其對於病害發生嚴重度之影響。圖中之誤差線代表平均數之標準誤差，標示之不同英文字母代表使用 ANOVA 分析後以 Tukey's HSD 檢定之結果 (n = 5)。

促進草莓種苗活力與開花技術

A new technology to promote strawberry seedlings vigorous and flowering

鄔家琪*、黃子郁、顏玉航
國立宜蘭大學園藝學系

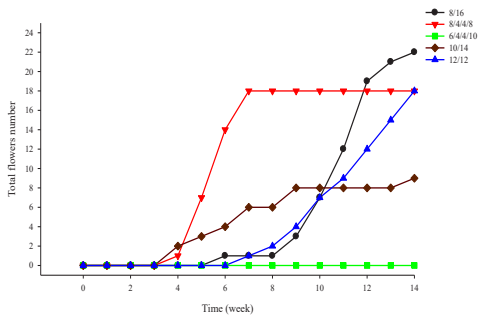
臺灣地區草莓育苗期為 5-9 月，此時正值夏季高溫時期，無法滿足植株花芽分化所需之低溫。為了增加初期產量，經常需要將草莓苗移至高海拔地區，以便有足夠的低溫來刺激花芽分化，以進行產期調節。不過此時也是梅雨、颱風時期，因此植株極易受天災所損害。利用可調控環境的設備來進行作物繁殖或栽培，尤其適合於草莓種苗的繁殖與生產。因為大部分種苗體積小、可利用多層架栽培，節省栽培空間，增加單位面積產量。同時能配合植物不同生長期，以不同光週期促進草莓走莖生成，或提早開花與增加花朵數，提供最適合環境進行產期調節。更因在環控設施內可減少病蟲害、天災等外在不良環境對作物的影響。以 5°C 搭配不同光質 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 光量可冷藏草莓苗 8 週以上，除可調節種苗出貨時間，還能維持種苗活力並較未冷藏對照組提早開花，提高草莓初期產量與果實品質。顯示本技術能在炎熱季節提供草莓苗克服高溫逆境，有效維持種苗活力並能做為草莓催花之利用。



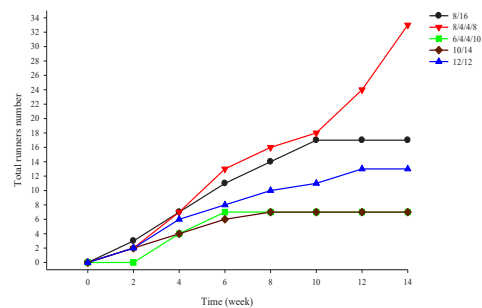
圖一、經不同光質冷藏 8 週後之草莓植株開花率



圖二、不同光質下冷藏 8 週後草莓苗



圖三、不同光週期處理下草莓總花朵生成數



圖四、不同光週期處理下草莓走莖生成數

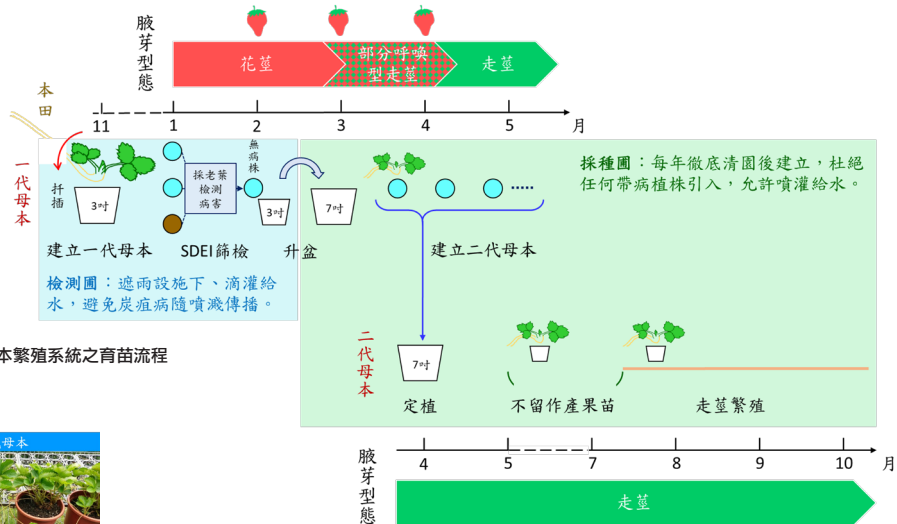
草莓二段式母本繁殖系統

The two-stage mother plant propagation system of strawberry plant

張哲維^{1*}、鐘珮哲²

¹ 中興大學植物醫學暨安全農業碩士學位學程 ² 苗栗區農業改良場

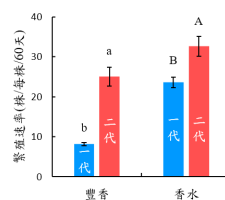
大湖地區草莓繁殖母本一般為 11 月自本田走莖假植而來，爾後以小鉢培育至翌年 5 月生產走莖苗。然而，由於母本植株老化、開花且有攜帶病原菌風險，使該方法繁殖倍率低、易遭受病害損失。為解決此育苗瓶頸，中興植醫學程與苗改場共同研發「草莓二段式母本繁殖系統」技術、充分整合當前病害檢測技術與栽培管理相關環節。原先作為走莖來源的（一代）母本不直接用於繁殖，而是先經病害篩檢、確認健康後，以該株進行擴大、建立二代母本。此時的二代母本因生長於高溫（>25℃）、長日（>13 hrs.）環境，有別於歷經低溫短日誘導仍在開花結果的一代母本，不但植株活力較佳、且處於走莖旺盛的營養生長階段。以二代母本與慣行（一代）母本進行露天高架育苗試驗結果顯示，無論「豐香」或「香水」草莓，其種苗繁殖速率皆以二代母本顯著高於對照組，分別增加（206%、38%）；定植田間 2 個月後，二代母本之種苗缺株率亦顯著低於對照組（25% vs. 29.3%）。此繁殖系統適合作為苗改場草莓親株病害檢測服務之配套措施。



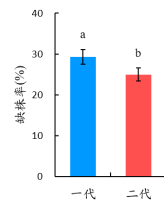
圖一、草莓二段式母本繁殖系統之育苗流程



圖二、二代母本對照一代母本，於田間植株活力表現較佳



圖三、「豐香」與「香水」草莓分別以一、二代母本進行走莖繁殖時之繁殖速率差異



圖四、二代母本之種苗定植田間 2 個月後，缺株率顯著低於對照組

Email : hotdoghotboyhotmail@gmail.com

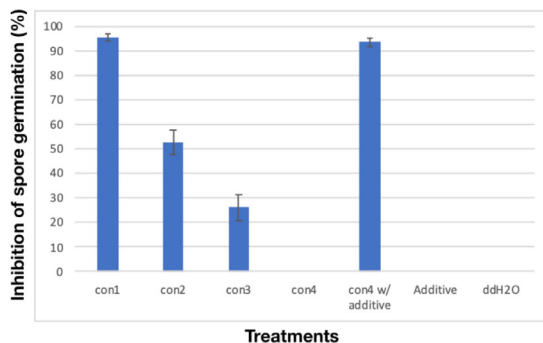
植物源抗菌肽抗草莓炭疽病之應用研究

Application of plant-derived antimicrobial peptide against strawberry anthracnose

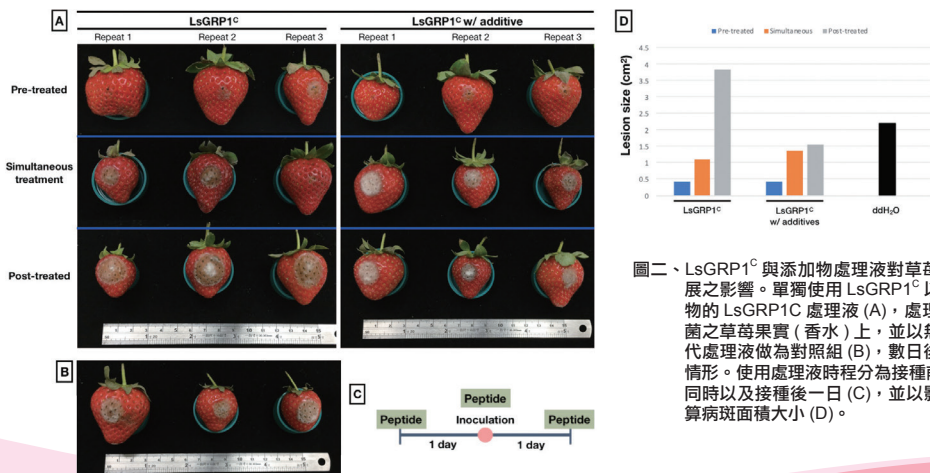
陸曉親、陳昭瑩 *

國立臺灣大學植物病理與微生物學系

草莓炭疽病造成嚴重經濟損失，目前防治上仍以使用化學藥劑為主。然而，抗藥性以及農藥殘留，是草莓產業一大隱憂，為減少化學藥劑的施用，開發新穎的生物性防治資材，是當前的主要目標之一。抗菌肽為一種由生物合成的小片段肽，是目前被認為可做為對抗微生物感染的新興防治資材。LsGRP1 (*Lilium* 'Stargazer' glycine rich protein 1) 是葵百合上的防禦蛋白，已知 LsGRP1 C 端區域 (LsGRP1^C) 為一種植物源抗菌肽，其可以有效抑制多種植物病原真菌孢子發芽，並對多種細菌有致死的作用。本研究首先以化學合成之 LsGRP1C 對草莓炭疽病菌進行生體外試驗，確認其抑制活性。並利用添加物與肽共同使用，發現其能有效幫助肽抑制炭疽病菌孢子發芽。進一步於草莓果實上進行試驗，初步發現提前一天使用處理液能顯著降低炭疽病之危害性。未來將持續研究肽於應用上之最適條件，發展出兼顧農業生產與環境保護的新穎植物源天然殺菌劑，以減少化學藥劑之使用。



圖一、添加物輔助 LsGRP1^C 對草莓炭疽病菌孢子發芽的抑制。將不同處理與炭疽病菌孢子於懸滴玻片凹槽等量混合，黑暗靜置 16 小時後，以光學顯微鏡觀察孢子發芽情形，操作不同處理濃度 (con1, con2.....)，並以無菌水取代處理液作為對照組。每處理計算 100 個孢子，進行三重複。發芽管長度等於或大於孢子長度者，即定義為發芽孢子。孢子發芽抑制百分比 = $1 - (\text{處理組孢子發芽比例} / \text{對照組孢子發芽比例}) \times 100\%$ 。



圖二、LsGRP1^C 與添加物處理液對草莓炭疽病病徵發展之影響。單獨使用 LsGRP1^C 以及混合有添加物的 LsGRP1C 處理液 (A)，處理於接種炭疽病菌之草莓果實 (香水) 上，並以無菌去離子水取代處理液做為對照組 (B)，數日後觀察病徵發展情形。使用處理液時程分為接種前一日、與接種同時以及接種後一日 (C)，並以影像處理軟體計算病斑面積大小 (D)。

Email : cychen@ntu.edu.tw

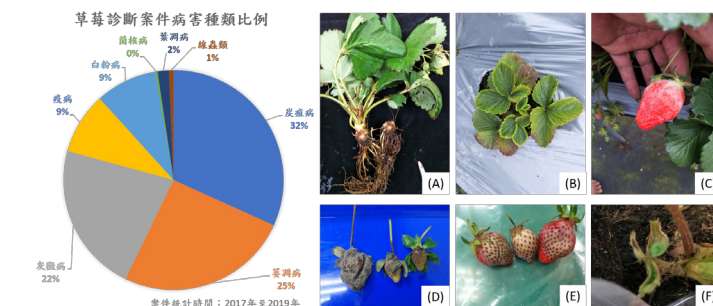
近年來苗栗之草莓病蟲害診斷服務案件分析

Analysis the Cases of Plant Disease and Pest Diagnosis on Strawberry in MiaoIi in Recent Years

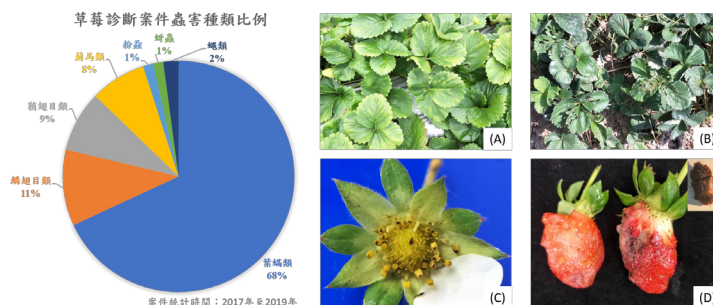
吳意眉

苗栗縣政府實習植物醫生

本分析以 2017 至 2019 年苗栗實習植物醫生作物病蟲害診斷之草莓案件進行調查，結果顯示三年中累計案件數達 502 件，診斷結果以病害比例最高（60%）、其次為蟲害（28%）、非生物性因素（11%）及鳥害（1%）。農友最常遇到的草莓病害分別為炭疽病（32%）、萎凋病（25%）、灰黴病（22%）及疫病（9%）為主；蟲害以葉蟬類（68%）發生最頻繁。另隨苗栗地區草莓栽培品種及耕種方式的轉變，植食性線蟲和新興病蟲害案例有增加趨勢，如葉枯病、細菌性病害及鞘翅目類害蟲等，亦請農友留意田區病蟲害發生情形掌握黃金防治時期。本分析結果可呈現苗栗地區的草莓病蟲害發生的概況，期望提供更精準之有害生物預防與防治方式以利農友進行草莓有害生物綜合防治策略。



圖一、2017 至 2019 年草莓診斷案件病害種類比例圖及常見病害病徵。炭疽病菌感染冠部呈現紅棕色壞疽病徵 (A)；草莓萎凋病菌植株於田區呈現葉片大小不一之現象 (B)；白粉病菌感染組織覆一層白色霉狀物 (C)；灰黴病菌感染組織覆一層灰色霉狀物 (D)；疫病菌感染果實水浸狀之病徵 (E)；葉芽線蟲為害嫩葉造成畸形縮之病徵 (F)。



圖二、2017 至 2019 年草莓診斷案件蟲害種類比例圖及常見蟲害危害狀。二點葉蟬造成葉肉點狀黃化情形 (A)；夜蛾類啃食葉片呈孔洞狀 (B)；臺灣花薊馬危害花器易產生焦黃色果實 (C)；鞘翅目害蟲取食成熟果實致腐爛之危害狀 (D)。



圖三、近期草莓新興病蟲害案件。葉枯病之病徵分別造成葉肉紅褐色漸向內乾枯狀病徵 (A) 及葉部產生外圍深褐色中間淡褐色之圓形斑點狀 (B)；細菌性角斑病之葉背角狀水浸狀病徵 (C)；薊馬金花蟲取食葉肉造成薄膜危害狀 (D)。

草莓栽培苗期水介質養分整合管理技術之研究

Integrated management of water, medium and nutrient at strawberry seedling stage

吳添益、鐘珮哲、蔡正賢 *

行政院農委會苗栗區農業改良場

本研究探討灌溉量（日平均灌溉量 9.3、12.5 及 15.9 mm）及氮肥用量（100、200、400 及 800 kg/ha）對香水草莓親株生長、走蔓增殖與水養分收支之影響。試驗結果得知，滲漏水比依灌溉量低、中及高依序為 5.9、32.4 及 41.3 %，排氮量依灌溉量低、中及高依序為 184.0、285.8 及 437.5 kg/ha。在高氮（800 kg/ha）區各灌溉組都可達每棵親株誘殖子苗數 40~50 棵的評估基準，低氮（200 kg/ha）區，僅中灌溉組（12.5 mm）有 43.7 棵 / 親株，亦可達此基準，走蔓數及生質量統計上無差異。在低灌溉量時，親株出現芯燒，其比率隨氮肥用量增加而由 25% 提高到 100%。高灌溉量時，其滲漏水和排氮量均最高，有污染與浪費之虞。綜合本試驗結果，草莓親株生長與走蔓增殖期間，推薦以 200 kg/ha 的低氮肥用量，並配合每日 12.5 mm 的中灌溉量水分管理。

表 1、灌溉量及氮肥量對草莓親株生長及走蔓增殖情形。

N Rate (kg/ha)	Petiole length(cm)	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	Running stem (No./plant)	Seedling (No./plant)	Biomass (g/plant)
low irrigation -9.3 mm						
100	10.5 c	8.21 b	8.66 b	3.30 b	18.8 c	8.70 a
200	11.8 b	8.92 ab	9.24 ab	4.53 ab	31.7 b	9.00 a
400	12.2 ab	8.94 ab	9.08 ab	5.27 a	24.8 bc	7.90 a
800	12.8 a	9.42 a	9.89 a	5.77 a	44.4 a	8.93 a
medium irrigation -12.5 mm						
100	10.5 b	8.29 b	8.66 b	3.87 b	23.3 c	8.3 a
200	10.2 b	8.23 b	8.69 b	5.27 ab	43.7 b	9.0 a
400	11.7 a	9.12 a	9.62 a	5.03 ab	33.7 bc	7.2 a
800	11.6 a	9.23 a	9.80 a	5.60 a	60.0 a	10.4 a
high irrigation -15.9 mm						
100	10.5 c	8.46 b	9.0 b	4.77 a	36.7b	7.8 b
200	10.6 c	8.38 b	8.9 b	4.70 a	32.9 b	8.3 b
400	12.1 b	9.83 a	10.3 a	5.53 a	40.4 b	9.6 ab
800	13.1 a	9.96 a	10.7 a	6.57 a	57.1 a	11.1 a



圖 2、親株發生芯燒現象。

表 2、灌溉量及氮肥量對親株芯燒發生率影響。

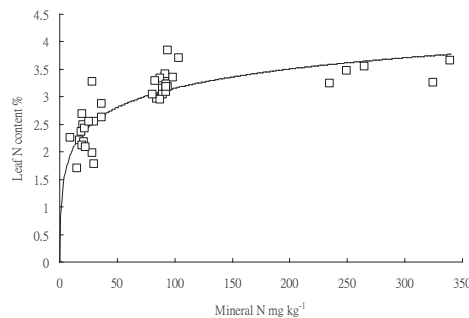
N Rate (kg N/ha)	Tip-burn occurrence(%)		
	low irrigation	medium irrigation	high irrigation
100	25	0	0
200	58	0	0
400	83	0	0
800	100	28	0

草莓土壤養分與合理化施肥之研究

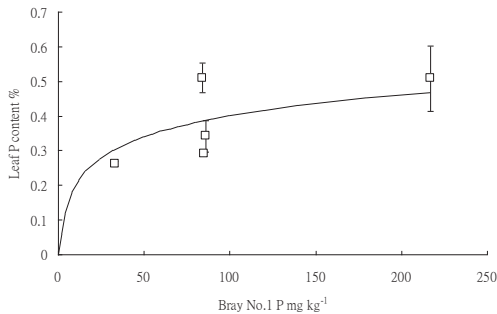
Study on soil nutrient and reasonable fertilization of strawberry

蔡正賢*、張廣森、吳添益
行政院農委會苗栗區農業改良場

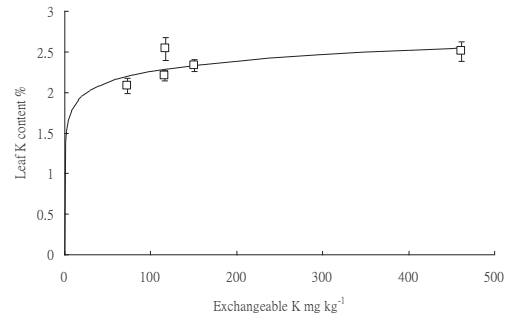
為建立草莓生產肥力標準，降低肥料用量，本研究針對田間調查資料，評估草莓一般生產條件所需的氮，並選定不同土壤磷、鉀含量之土壤，進行草莓盆栽試驗，並以不同磷、鉀肥料施用量，探討不同磷、鉀用量對草莓的影響。結果顯示，草莓生長初期土壤礦物氮含量為 10.1 mg kg^{-1} ，葉片氮含量即可達到適宜值 20 g kg^{-1} ；草莓收穫晚期土壤礦物氮須達 50 mg kg^{-1} ，才能維持葉片氮適宜值下限 28 g kg^{-1} 。經由氮肥推薦決策，假設每公頃產量 20 公噸，種植前的土壤礦物氮含量為 20 mg kg^{-1} ，一般土壤條件下，化學肥料氮推薦量最高為 150 kg ha^{-1} 。草莓葉片磷含量隨磷肥用量增加而增加，且有明顯正相關，過多施用磷肥會導致草莓葉片磷含量遠超過適宜值上限 0.4%；土壤有效性磷 (Bray No.1) 含量為 30 mg kg^{-1} 以上，不施磷肥，草莓葉片磷含量即可達到適宜值下限 0.2%。土壤交換性鉀含量 70 mg kg^{-1} 以上，不施鉀肥，草莓葉片鉀含量即可達到適宜值下限 1.5%，鉀肥施用量對草莓葉片鉀含量的影響不大，對平均單株產量亦沒有影響。



圖一、草莓土壤礦物氮與葉片氮含量關係（田間調查資料）。



圖二、未施磷肥處理下，盆栽土壤有效性磷與葉片磷含量之關係。



圖三、未施鉀肥處理下，盆栽土壤交換性鉀與葉片鉀含量之關係。

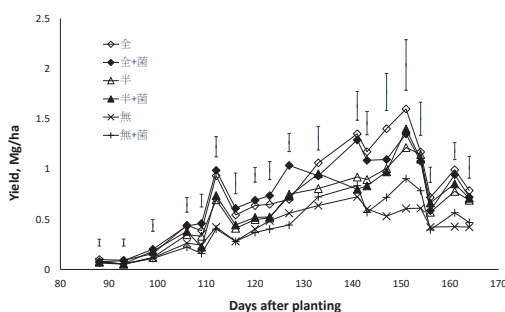
草莓育苗期接種叢枝菌根菌對產量及品質之影響

Effect of the seedling inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on the yield and quality of strawberry

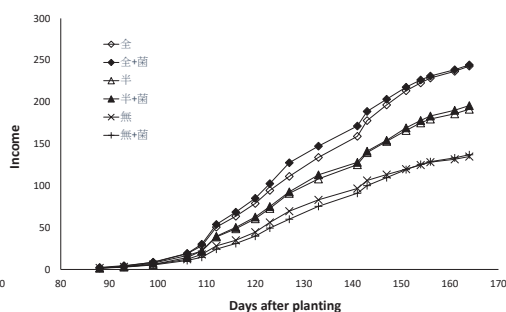
蔡正賢^{1*}、林鈺荏¹、吳岱融¹、林素禎²

1. 行政院農業委員會苗栗區農業改良場 2. 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

本研究發展草莓於育苗期接種菌根菌，以減少定植後田間肥料用量，並提升產量與品質。草莓品種為本場新育品種戀香，菌根菌種由農試所農化組提供，育苗介質為商業育苗介質添加珍珠石（體積比 3：1），於育苗前浸水 2 次，將水分瀝出，以降低介質養分含量，風乾後混合菌根菌，對照處理則未混合，於 108 年 10 月開始育苗，108 年 11 月 18 日定植於田間，田間試驗處理分為 A：全量肥料，B：全量肥料 + 接種菌根菌，C：氮磷鉀皆 1/2 用量，D：氮磷鉀皆 1/2 用量 + 接種菌根菌，E：不施肥及 F：不施肥 + 接種菌根菌等 6 種。各處理每公頃產量分別為 14.9、14.4、11.8、12.1、7.9、8.5 公噸，肥料用量的產量效應非常顯著。接種菌根菌的產量效應隨收穫階段而不同，其中全量肥料接種菌根菌處理在收穫初期產量最高，且較對照產量高出 14.8%。果品品質方面，全量肥料接種菌根菌處理在晴天或雨後均有較高的糖酸度，接種菌根菌處理整體效益高於對照處理。



圖一、草莓接種菌根菌定植後各處理單期產量 (公噸 / 公頃)，垂直線為 LSD_{0.05}



圖二、草莓接種菌根菌定植後各處理累積收入 (千元 / 0.1 公頃)，以初期價格 240 元 / 公斤，後期價格 80 元 / 公斤計算

表一、草莓接種菌根菌試驗各處理果實糖酸比

處理	糖度 °Brix		酸度 100g ⁻¹		糖酸比	
	3/9(晴天)	4/8(雨後)	3/9(晴天)	4/8(雨後)	3/9(晴天)	4/8(雨後)
全	11.1 c	8.53 b	1.06 bc	0.757 ab	10.5 c	11.4 b
全 + 菌	12.8 a	8.93 ab	1.17 a	0.798 a	11.0 bc	11.3 b
半	11.9 abc	8.85 ab	1.02 c	0.772 ab	11.7 a	11.5 b
半 + 菌	12.3 ab	8.76 ab	1.09 b	0.773 ab	11.3 ab	11.5 b
無	12.7 a	9.13 a	1.08 bc	0.710 b	11.8 a	13.0 a
無 + 菌	11.4 bc	8.56 b	1.02 c	0.744 ab	11.2 ab	11.9 b
LSD _{0.05}	0.96	0.43	0.06	0.07	0.71	0.91

草莓研發成果與產業應用研討會專輯 . 2021 = Proceedings of Research Achievements and Industrial Applications of Strawberry. 2021/ 吳岱融, 朱盛祺, 呂秀英主編. -- 第一版. -- 苗栗縣公館鄉: 行政院農業委員會苗栗區農業改良場, 民 110.01

132 面; 190x260 公分. -- (苗栗區農業改良場特刊; 第 5 號)

ISBN 978-986-5449-76-6(平裝)

1. 草莓 2. 栽培 3. 產業發展 4. 文集

435.31407

109019746

書 名: 2021 草莓研發成果與產業應用研討會專輯

編 者: 吳岱融、朱盛祺、呂秀英

發 行 人: 呂秀英

出版機關: 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

地 址: 36346 苗栗縣公館鄉鄉南村 261 號

網 址: <https://www.mdais.gov.tw/>

電 話: 037-222111

傳 真: 037-221277

出版日期: 中華民國 110 年 1 月

版 次: 第一版 第一刷 300 本

定 價: 新臺幣 250 元整

展售書店: 五南文化廣場臺中總店。400 臺中市中山路 6 號。04-22260330

國家書店松江門市: 104 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓。02-25180207

國家網路書店: <http://www.govbooks.tom.tw>

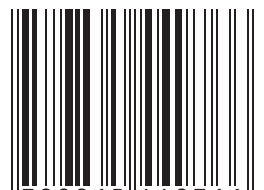
GPN 1011000015

ISBN 978-986-5449-76-6

版權所有，翻拷必究

封面—草莓苗栗 1 號 - 戀香

ISBN 978-986-5449-76-6



9 789865 449766

定價：新臺幣250元整

ISBN 978-986-5449-76-6

GPN 1011000015