農業試驗所特刊第 205 號

2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會論文集

Proceedings of the Symposium on Pest Management and Safety of Facility Cultivation

林鳳琪、余志儒、蔡志濃、高靜華、蔡致榮 編著

行政院農業委員會農業試驗所 出版

中華民國106年12月

2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會論文集

林鳳琪、余志儒、蔡志濃、高靜華、蔡致榮　編著

行政院農業委員會農業試驗所　出版

中華民國 106 年 12 月

Proceedings of the Symposium on Pest Management and Safety of Facility Cultivation

***Edited by*:**

Feng-Chyi Lin, Jih-Zu Yu, Jih-Nong Tsai,

Ching-Hua Kao, Jyh-Rong Tsay

Taiwan Agricultural Research Institute

December 2017

序

因應安全農業生產已經成為世界的潮流趨勢，現代消費者的訴求不但要吃的飽、吃的好也要吃的安全，因此在從事農業生產過程中，如何採取適當防治措施管理病害蟲，生產產量、品質與安全兼顧之農產品，為農業研究的重要課題。為強化設施農業全方位發展，提升設施蔬果產能，農業試驗所團隊針對高經濟價值蔬果所研發之設施作物病蟲害綜合防治技術，可以藉由不用農藥或農藥使用最少化的生產模式，建構讓消費者放心且質優穩定的安全生產供應鏈。為了將相關研究成果與各界交流分享，農業試驗所特別舉辦「2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會」，邀集產官學研單位齊聚一堂共同研討，期望能加速相關技術的擴散，以及友善環境植物保護資材之應用。

本專刊內容涵蓋設施結構與工程技術、適用於設施栽培的品種選育、病蟲害管理概論、設施關鍵病蟲害的監測與管理、作物病蟲害的綜合防治、作物安全生產技術等主軸。未來配合健康種苗的生產體系，生產者可導入安全生產流程及整體解決方案，依設定的病蟲害風險管理基準，善用對友善環境的安全植保資材與天敵，減少設施內作物病蟲害之威脅，期能以最低的農藥施用頻度降低病蟲害風險，達到周年生產安全優質蔬果之終極目標。

行政院農業委員會農業試驗所

所長 陳駿季

2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所

時　　間：105 年 12 月 21 日 (星期三)

地　　點：農業試驗所國際會議廳

時間	議程		主持人
09:30-10:00	**報到**		主辦單位
10:00-10:10	**開幕(致詞與團體照)**		陳駿季 所長
10:10-10:30	**茶敘**		主辦單位
	講題	**主講人**	**主持人**
主題一	**設施結構與病蟲害管理概論**		
10:30-11:00	設施結構工程技術與病蟲害防範	黃國祥	高靜華 組長
11:00-11:30	害蟲綜合管理模式在設施蔬果安全生產之應用	林鳳琪	
11:30-12:00	設施作物之病害管理	黃晉興	
12:00-13:20	**午餐**		主辦單位
主題二	**重要病蟲害之檢測及防治技術**		
13:20-13:40	非化合農藥在設施作物病蟲害整合管理之應用	余志儒	許秀惠 主任
13:40-14:00	分子育種加速高適應性設施彩椒之選育	王昭月	
14:00-14:20	植物病毒病害的診斷方法	鄭櫻慧	楊智凱 組長
14:20-14:40	應用嫁接根砧生產設施番茄	王三太	
14:40-15:00	開發適用設施茄果作物之微生物資材初探	梁瑩如	
15:00-15:20	**茶敘**		主辦單位
主題三	**設施作物安全生產技術**		
15:20-15:40	草莓種苗生產之環境整合管理技術	李裕娟	張定霖 組長
15:40-16:00	設施栽培番茄病蟲害管理	吳雅芳	
16:00-16:20	設施木瓜安全生產	蔡志濃	
16:20-16:40	設施葉菜類病蟲害管理	施錫彬	
16:40-17:10	**綜合討論**		各節主持人及主講人

2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會論文集

目錄

主題一　設施結構與病蟲害管理概論

設施結構工程技術與病蟲害防範
..... 黃國祥、黃禮棟、楊智凱　1

害蟲綜合管理模式在設施蔬果安全生產之應用
..... 林鳳琪、陳怡如、邱一中、余志儒、王昭月、高靜華　9

設施作物之病害管理
..... 黃晉興　18

主題二　重要病蟲害之檢測及防治技術

非化合農藥在設施作物病蟲害整合管理之應用
..... 余志儒、蔡志濃、許北辰　32

分子育種加速高適應性設施彩椒之選育
..... 王昭月、王怡雯、林大鈞、林鳳琪　42

植物病毒病害的診斷方法
..... 鄭櫻慧、陳金枝、周建銘、鄧汀欽　54

應用嫁接根砧生產設施番茄
..... 王三太、許秀惠　64

開發適用設施茄果作物之微生物資材初探
..... 林玫珠、宋孟真、楊芃菰、廖芳瑾、梁瑩如　76

主題三　設施作物安全生產技術

草莓種苗生產之環境整合管理技術
..... 李裕娟、張定霖、蕭翌柱、余志儒、蔡志濃、林鳳琪、陳金枝　86

設施栽培番茄病蟲害管理
..... 吳雅芳、陳昇寬、鄭安秀　96

設施木瓜安全生產
..... 蔡志濃、余志儒、盧秋通、林筑蘋　110

設施結構工程技術與病蟲害防範

黃國祥[1,4] 黃禮棟[2] 楊智凱[3]

摘要

溫室係利用各種材料所建構的栽培設施，藉以改善作物生長環境，增加產量或提高品質。設施的目地在於防風防雨，並為阻擋害蟲進入溫室以及防範病害發生，因此，設施之搭建強度至為重要。而目前設施搭建的工程水準參差不齊，溫室搭建業者皆以過往經驗作為選用材料以及慣用工法來施工，時常發生倒塌或塑膠布及防蟲網破損問題，亦因此引發病蟲害等相關問題。為改善上述問題，則應對於溫室結構之抗風性進行學理探討、調查分析設施損壞原因，且運用結構力學分析與有限元素分析方法，進行結構強度模擬分析，以設計更佳的溫室結構。於本年度，本研究團隊針對溫室結構強度進行分析研究，已完成耐受 10 級強風之加強型簡易溫網室之結構設計圖並完成結構強度模擬分析。本項成果，可提供農民參考，以搭建更強健的溫室，並確保其防範病蟲害的功能。

關鍵詞：溫室、結構、數值化模擬。

前言

17 世紀初期，荷蘭農民將葡萄種於石牆下，上面覆以玻璃，利用冬天的太陽能加溫，使葡萄提前採收，這便是荷蘭運用農業設施的起源，經過數百年的發展，造就荷蘭成為今日世界最大的溫室產業國。農業設施係利用各種材料以人為力量所建構的栽培設施，藉以改善作物生長環境，增加產量或提高品質。農業設施包括遮雨棚，遮蔭網，隧道棚栽培，溫網室，溫室，植物工廠等，其中溫室則可作為現代農業設施之代表。一般以具有屋頂、側牆、透光之被覆材料、人員可出入作業等三種條件之農業設施才可稱為溫室。溫室建造的考量需注意地點、方向、作物、光線、溫度、通風、作業條件及成本等要素，對於溫室設計也有其基本考

1. 行政院農委會農業試驗所農業工程組助理研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所農業工程組研究員。台灣 台中市。
3. 行政院農委會農業試驗所農業工程組副研究員兼組長。台灣 台中市。。
4. 通訊作者，電子郵件：hangoshan@tari.gov.tw；電話：(04) 23317717。

量如結構安全、環境控制、容易建造、工作效率、成本及維修容易；其最終目的皆為降低能源消耗及提高生產力。

設施與病蟲害防治

由於作物病蟲害影響收穫，加上消費者對於食物安全的注重，利用設施資材防護病蟲害的方式也被大量使用於田間，如採用特殊塑膠布、防蟲網來達到設施的密封性，其中特殊塑膠布的防霧滴性，可避免塑膠膜上霧滴凝結，而避免凝結水滴落於作物葉面，造成病害感染。有國外文獻指出，昆蟲空間定位靠紫外光，使用阻擋紫外光塑膠布，亦有助於溫室內之病蟲害防治。

吳 (2007) 指出防蟲網可以阻隔大型害蟲，但是對體型較小的害蟲，功效就不大。例如薊馬與粉蝨則可以輕易的鑽入 16 目或 24 目防蟲網所構成的設施內。一些大型害蟲的初齡幼蟲，也會因氣流或其它因素，飄落在設施周圍或防蟲網上，隨即尋隙侵入。故在此類型農業設施內，也常常發現一些較大型的害蟲，如毒蛾或夜盜蟲。所以，採用防蟲網的目的為防止有害的昆蟲進入設施內部以降低病蟲害的傳染。良好的防蟲網使用技術必須具備兩個條件 (1) 有效防止害蟲的進入；(2) 對於設施通風未能造成妨礙。根據歐、美與以色列三地之使用報導，利用防蟲網可以減少 50%至 90%的農藥使用量。防蟲網網目所代表之意義為其數字越大，孔徑越細，線徑越細；以 32 網目代表在一英吋平方的面積上，一邊有 32 條網絲，另一邊有 32 條網絲。該防蟲網之規格為 32×32 mesh，網絲直徑 0.2032 mm (0.008 英吋)，故開口尺寸約為 0.6 mm × 0.6 mm。因此設施栽培可較一般露天栽培減少病蟲害，然而設施搭建需要成本，而台灣地區於夏季常有颱風侵襲，溫室因結構資材本身強度不足、結構聯結零件強度薄弱，季節颱風來襲時，常造成溫室幾何外型之崩塌或永久形變，塑膠布及防蟲網亦因溫室形變而破裂損壞，由 105 年 9 月颱風設施損壞調查發現，估計損失金額 5,545 萬元，主要係高雄市、雲林縣及臺南市損失較為嚴重，若再估算實際設施重建金額則將更高，顯見設施遭受颱風侵襲所導致之經濟損失相當嚴重，因此設施必須強健才不至於損毀，病蟲害才不至於利用雨水侵入而蔓延。

溫室結構破壞樣態

由於每年夏季颱風侵襲時往往造成設施結構損壞，梅姬颱風災後，農委會組成設施技術服務團，第一時間至受損重災區，調查設施災損樣態與進行歸因分析，大約可分為以下幾類：

(1)結構連接件與補強設計不佳；

(2)因基地土壤流失而損壞；

(3)結構管材耐受力等級不足；

(4)形鋼底板變形；

(5)柱體地基混凝土破裂。

考慮強風荷載狀況下，其造成破壞的主因有溫室側面橫向力、山牆面橫向力、上揚力及下降氣流等狀況。以上四種破壞型態亦會合併發生，溫室所在地形地貌不同，同樣溫室在不同位置，有可能安全無事，有可能破壞其型態不同。溫室結構受力之載重來自結構本身靜重、風力、地震載重、設施裝備、與懸吊作物載重等，結構受樑向外力作用 (溫室側面受力)，由主骨架承擔，結構受桁向外力作用(溫室山牆面受力)，由桁條及繫材承擔。由於溫室結構中強度最弱者為各構件之接合處，因此即使溫室結構用強度最強的樑柱，如果接合地方處理不當，包括設計錯誤或施工疏忽，溫室將無法具備應有的強度。

農糧署公告 6 種具固定基礎溫室標準圖樣

溫室為一具特定機能的建築物，以栽培植物為目的，構造上必須能夠提供植物適宜的生育環境，並以安全性、耐久性及經濟性為主要條件。現存溫室結構型式多樣且水準參差不齊，製造承作業者於搭建溫室皆以經驗來選用材料以及慣用工法來施作，並未對於溫室結構之抗風性或變形量進行學理探討與結構設計，造成抗風效果未能有效提高，亦或是造成過度使用材料而徒增施工成本。有鑑於此，農糧署於網站公布 6 種溫室標準圖樣 (請參考文獻探討所列)，列出目前國內所使用的溫室依型號編碼分類，並依其屋頂之幾何形狀，分成下列 W、V、U、S 等系列型態：

W 系列：Venlo 型溫室，柱間具 2 至 3 個屋頂單位，採用較細構材採光良好，簷高較高減少夏季的高溫障害，適合大規模栽培。

V 系列：大跨距山形溫室，屋頂左右對稱，受光量均一，通氣性良好，單棟溫室常採用。

U 系列：圓屋頂溫室，屋頂構材由鋅管組成，覆蓋塑膠布，簡便且造價便宜，為目前國內較常使用的形式。

S 系列：單斜頂屋頂溫室，僅具單面之屋頂，另面為開放之通風口，利用煙囪效應，充分發揮自然通風性能。

溫室構造以水平樑為主要形式，另有利用力霸樑取代，或於樑柱間加裝斜撐，以加強結構者分別以 T (力霸樑)、B (樑柱斜撐) 表示。另外依據溫室外表被覆材料的材質來分類，G 為玻璃材料；C 為硬質塑膠，包括 PET、FETE、PC 等；P 為塑膠布，包括 EVA、PE、PEP、PO 及其他機能性軟質塑膠布等。

6 種標準圖樣依據內政部營建署出版之建築物耐風設計規範及解說 (2006 版)，進行風壓設定，據以進行結構計算，其強度於圖面列表中標示。圖面中亦規範冷軋型鋼結構之構材應選用符合國家標準之鋼材，焊接材料、螺絲與自攻螺絲應符合相關材質標準。其他如材料斷面形狀、地基施作，混凝土抗壓標準亦有規範。而設施的搭建是材料的連接組合，於標準圖內亦繪出材料接合詳圖，以提供搭建參考。

新繪製 3 種非固定基礎溫室參考圖樣

除上述 6 種具固定基礎溫室標準圖樣，農委會鑒於國內大部分設施仍採用無固定基礎型式之簡易溫室與水平棚架網室，因此由本研究團隊蒐集基本樣式、材料並參照行政院農業委員會公布之 6 種溫室標圖說製作格式而繪製參考圖樣。包含：(1) 加強型簡易溫室；(2) 水平棚架網室；(3) 加強型水平棚架網室等 3 種圖樣。以加強型簡易溫室參考圖為例，內容包含：封面頁，展示整體組合圖。第 1 頁，名稱與材料說明。第 2 頁，構件及材料說明與圖資。第 3 頁，山牆尺寸說明。第 4 頁，拱架尺寸說明。第 5 頁，搭建注意事項與斜撐及地錨裝設要求。如圖 1 (為基礎溫室參考圖樣之第 5 頁圖面)。

設施結構強度分析之研究

設施結構為立體桿件與連接件之組合，國內外學術單位大多以電腦數值模擬、風洞試驗與實地量測等方法進行設計與分析。溫室的開口大小、型式、防蟲網、溫室內作物排列方式對通風量的影響亦可以模型及計算流體力學 (CFD) 模擬進行研究。

數值模擬分析軟體 ANSYS 作為國內學術與工程界較易入門使用之軟體，主要針對機械結構強度分析，以有限元素法運算，提供快速的模擬求解。本研究團隊應用此軟體進行溫室管夾結構分析之研究 (張等人，2016)。圖 2 為模擬溫室結構於側向風力 10 級風作用下，結構承受最大應力為 270MPa 尚未超過鍍鋅鋼管降伏強度 (353MPa)，顯示加強行簡易溫室採取拱架間距 50 公分、5.4 公尺跨距，材料 31.8 × 1.8 mm 鍍鋅鋼管結構具備足夠的抗風能力 (10 級風之基本設計風速 32.5 m/s)。

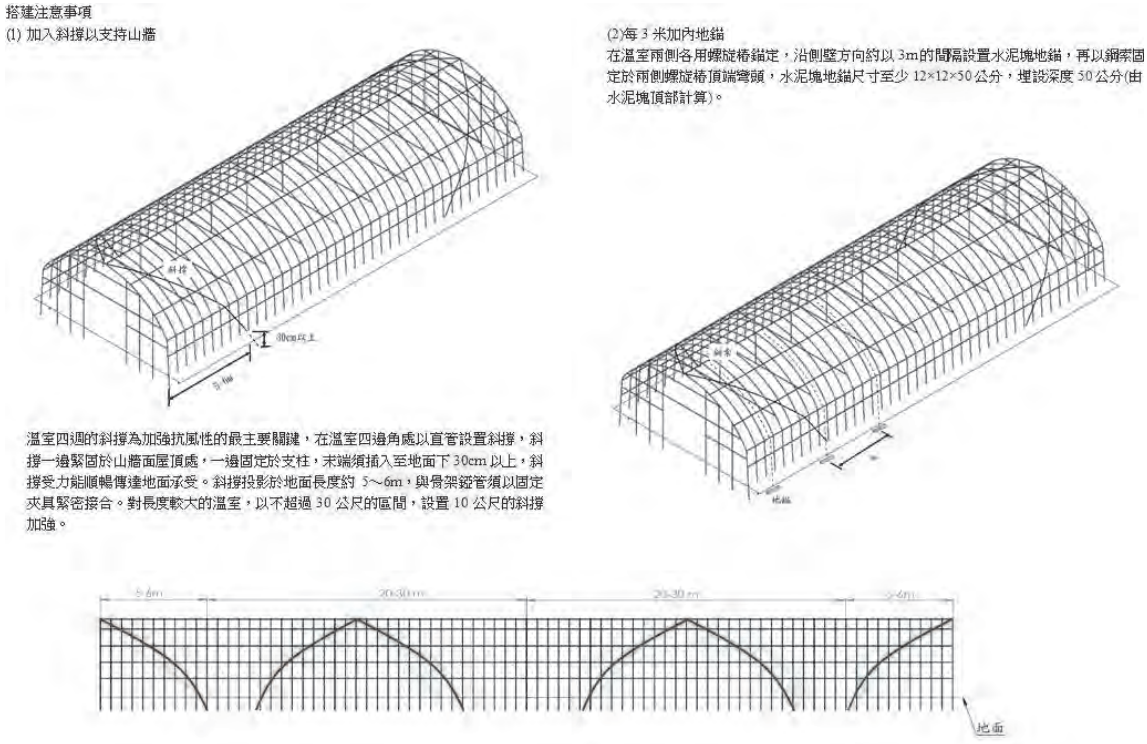


圖1. 加強型簡易溫室參考圖 (第5頁)。

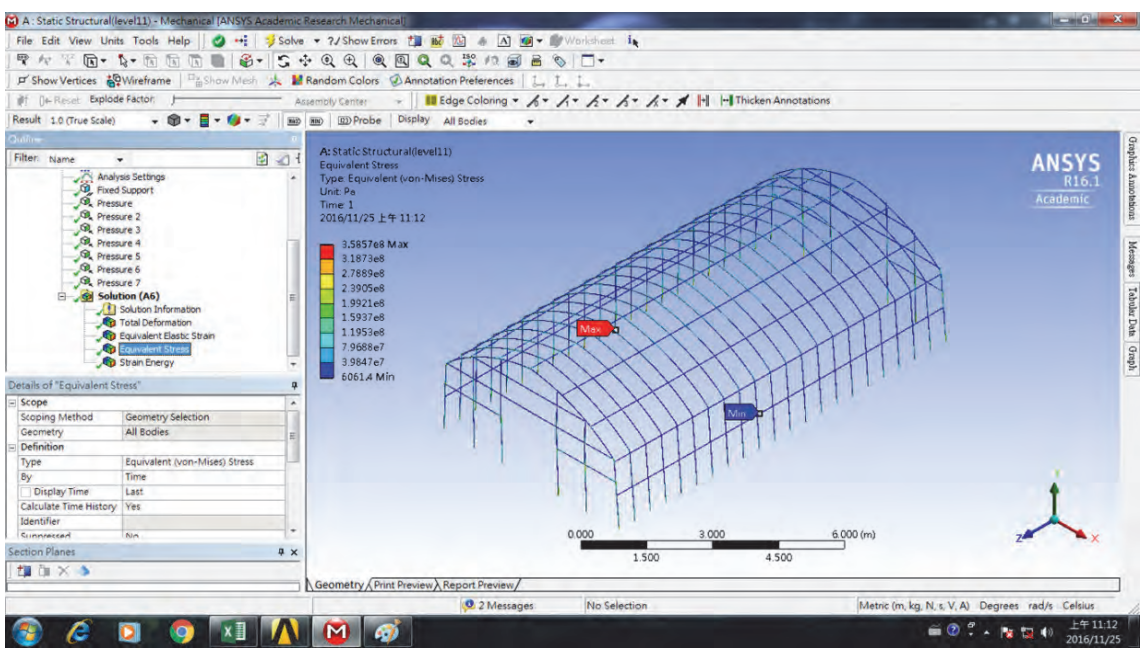


圖 2. 跨距 5.4m 加強型簡易溫室於基本設計風速 32.5 m/s 下應力值模擬結果。

除設施整體結構強度分析外，本研究團隊亦針對各項結構的細部狀況而增加輔助分析項目，如修改連棟橫桿、拱型支架桁架化、增加側方斜撐之設計分析、採用新型材料(降伏強度提升)所造成之效應、結構接合元件的強化之分析、地錨應用分析、破風網設計與分析等。

結論

設施的基本在於結構強度穩定方足以控制作物栽培環境，使不利於作物生長之因素排除，同時製造有利於作物生長之條件。本研究團隊針對溫室強度進行分析研究，已完成耐受 10 級強風之加強型簡易溫網室之結構設計圖並完成結構強度模擬分析。本項成果可提供農民參考，以搭建更強健的溫室，達到保護作物並提供合適栽培環境之功能，並防範病蟲害。

引用文獻

吳子淦。2007。作物栽培環境與害蟲發生及防治之關係。行政院農業委員會農業試驗所特刊第 130 號-作物蟲害之非農藥防治技術 p.81-86。

張金元、黃國祥、林建志、徐武煥。2016。溫室管夾結構分析之研究。2016 農機與生機學術研討會。

內政部營建署。2006。建築物耐風設計規範及解說。台北。.

http://www.afa.gov.tw/peasant_index.aspx?CatID=1077。農糧署。六種農業溫室標準圖樣及其結構計算書。線上檢索日期 2017 年 10 月 31 日。

Greenhouse Structural Technology with Disease and Pest Control Function

Guo-Shiang Hwang[1,4], Li-Duhng Huarng[2], Chih-kai Yang[3]

Summary

Various materials were used to construct a greenhouse facility for crop cultivation to improve the growth environment, increase production or improve quality. The purpose of the facility is to prevent wind and rain, and to prevent disease and pests from entering the greenhouse. Therefore, to build a sturdy greenhouse is very important. At present, the facility construction level is different, some construction contractors built greenhouses based on the rule of thumb to choose materials and practices, and in some cases caused the collapse of the greenhouses or damage of plastic films and thus leads to presence of pests and diseases. To improve the above-mentioned problem, we should investigate the cause of the damage and design a wind resistant greenhouse structure. The structural mechanics analysis and numerical simulations with the finite element method can be applied to solve the construction strength problems and to design a better greenhouse structure. During the year, our research team conducted a study on greenhouse strength topics. We have completed the structural design and strength simulation analysis of the greenhouses that can withstand the pressure generated by force 10 gusty winds on Beaufort wind scale. The results can help farmers build strong greenhouses and keep the function of reducing pests and diseases.

Key words: Greenhouse, Structure, Numerical simulation.

---

1. Assistant Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Researcher and Director of Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: hangoshan@tari.gov.tw; Fax: 886-4-23317717.

害蟲綜合管理模式在設施蔬果安全生產之應用

林鳳琪[1,7] 陳怡如[2] 邱一中[3] 余志儒[4] 王昭月[5] 高靜華[6]

摘要

具科學理論的害蟲綜合管理(Integrated Pest Management , IPM)基礎與架構，係以害蟲監測技術及經濟限界為基石，整合各種防治措施，控制害蟲發生於可忍受的經濟危害下。設施栽培蔬果之關鍵蟲害如粉蝨或薊馬，其體型微小不易掌握其發生及防治時機，若能應用合理有效的蔬果病蟲害綜合管理技術，透過病蟲害監測，視其密度高低，適時導入有效的生物天敵或環境友善之植物保護資材等，有助於生產品質產量與安全兼顧農產品。以設施番茄為例，其關鍵害蟲銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows &Perring = *Bemisia tabaci* type B)因傳播之雙生病毒(The genus *Begonovirus)* 若無適當的防治，將嚴重影響產量與品質及商品價格。銀葉粉蝨的管理，以每週於設施內逢機懸掛 30 張黃色黏紙(11.5×15 cm) 監測粉蝨之發生密度，當週平均黏紙誘集粉蝨數量達防治基準 (50 隻成蟲/黏板/週)，即進行防治工作，防治時應選擇對粉蝨殺蟲效果較佳藥劑，配合拔除罹病植株及改善設施內防蟲網的設置，可以控制番茄黃化捲葉病 (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV)之罹病率於 10%以下。在番茄進入採收兩週前不再使用農藥，應用釋放蚜小蜂、草蛉及小黑花椿象以防治粉蝨及葉蟎。經試驗評估，可以控制銀葉粉蝨發生密度低於防治基準達 16 週，無煤煙病發生，全程所用殺蟲劑較傳統慣行法節省 70%以上之農藥使用。在栽培甜椒之設施，每週以每株 5-6 隻南方小黑花椿象(*Orius strigicollis* (Poppius)) 比例釋放進行生物防治，結果顯示對甜椒上的南黃薊馬(*Thrips palmi* Karny)及台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 可控制於 0.3

1. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。
3. 行政院農委會農業試驗所應用動物組聘用助理研究員。台灣 台中市。。
4. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。。
5. 行政院農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。。
6. 行政院農委會農業試驗所應用動物組研究員兼組長。台灣 台中市。。
7. 通訊作者，電子郵件：fclin@tari.gov.tw；電話：(04) 23317608。

隻/花之低密度，另以石灰硫磺粉劑防治茶細蟎，植物油混方防治蚜蟲，全程不需使用農藥，達到安全生產之目的。

關鍵詞：銀葉粉蝨、番茄黃化捲葉病毒、薊馬、生物防治、綜合防治。

前言

以設施栽培作物，可以阻隔大型害蟲，如斜紋夜盜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius)、番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hubner)) 及甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner) 等，但無法完全阻隔小型蟲害進入設施內為害作物，如薊馬、粉蝨及蟎類等。此類害蟲具體型小、繁殖潛能大、族群擴散迅速及易產生抗藥性的生物特性，而台灣設施栽培大宗作物如番茄、甜椒、胡瓜多為連續採收，若無全盤的管理策略，過度注重於單一病蟲害防治或依賴化學藥劑，難以達到防治成效，甚至衍生農藥殘留影響農產品的安全及消費者健康。有鑑於此，為強化設施農業全方位服務，提升設施蔬果產值能之目標；達到不用農藥或農藥使用最少化的蔬菜生產，提供讓消費者安全農產品及穩定安全蔬菜供應鏈，在設施栽培生產管理體系中，亟需建置配合設施作物生產模式之病蟲害綜合管理模式，透過病蟲害監測，視其密度高低，適時導入有效的生物防治或對環境友善之植物保護資材，以降低危害及減少農藥使用，有助於生產安全優質之蔬菜，提高產值。

害蟲綜合防治是一套害蟲管理系統(integrated pest management, IPM)，在歐美國家已有五、六十年之歷史，具相當的基礎科學，研究及應用作物害蟲綜合防治體系，可提升管理效能，把害蟲族群控制在經濟危害水平(EIL)之下。因此可以有效防治病蟲害並兼顧環境與農產品生產之安全，已在全球多國農業生產實施應用 (Pedigo *et al*., 1986)。

本文乃簡介害蟲管理的科學基礎，並以設施番茄及甜椒為例，介紹其關鍵病蟲害綜合管理策略與技術之研發，以提供產業安全生產可以應用的整體解決方案。

害蟲綜合管理(IPM)科學基礎

害蟲綜合管理的觀念萌芽於 1950 年代 (Bartlett, 1956; Stern et al., 1959)，其意義為結合傳統的生物防治與化學防治，以達相互協調及互補作用，稱為綜合防治 (integrated control)之後便發展為根據對害蟲族群變動、潛在害蟲的種類、天敵、作物生長的物候學的了解而形成的一個害蟲防治系統。1965 年在聯合國的糧農組織

(FAO)召開綜合防治學術研討會上，給綜合防治下一個定義 (Smith and Reynolds, 1965): 綜合防治是在互相協調的方式，使用一切適當技術，使害蟲族群減少到經濟危害所允許的限界之下，並維持這個低水平的害蟲族群管理系統。之後又有更詳盡的定義被提出：“害蟲綜合防治是一套害蟲管理系統，它考慮害蟲的族群動態及其相對應的環境，整合利用所有適當的技術，盡可能互相協調的方式，把害蟲族群控制在經濟危害限界 (Economic Injury Level, EIL) 之下”，因此是可以說一種管理科學。簡言之，害蟲綜合管理基基礎與架構以害蟲監測技術及經濟限界為基石，整合各種防治措施為手段，控制害蟲發生於可忍受的經濟危害下。其管理操作模式是透過取樣技術，收集測量農業生態系的資料，例如害蟲在植物上的族群密度變動，或估算害蟲及其天敵的族群關係等，配合氣象及經濟資訊的收集預測，根據先前的調查監測是否達到所訂定啟動防治的經濟水平 (Economic threshold, ET)，決定是否防治及採取何種措施，避免害蟲族群密度達到經濟危害限界，如此於作物的生長期中循環不斷進行管理害蟲。

設施番茄關鍵害蟲管理及其安全生產

設施栽培番茄發生害蟲，主要以小型害蟲為主，如粉蝨、薊馬、蚜蟲、斑潛蠅及蟎類。大型的害蟲如斜紋夜盜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius)、番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hubner)) 及甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner) 等，雖因設施阻隔不完備偶而發生，對產量影響不大。

斑潛蠅潛食葉片造成白色隧道式條紋，不危害果實及傳播病害，重要性不如媒介其它病害之害蟲。南黃薊馬 (*Thrips palmi* , Karny) 取食葉部為主，傳播番茄上番椒黃化病毒 (*Capsicum chlorosis virus*, CaCV)。蚜蟲在番茄上傳播的病毒有胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*, CMV) 及馬鈴薯病毒 (*Potato virus* Y, PVY)，常排泄大量密露，容易引起煤煙病。近幾年番茄栽培又以銀葉粉蝨及其傳播番茄黃化捲葉病毒 (TYLCV) 危害最為嚴重，如無適當防治，罹病率往往超過七成，是影響產量與品質最為關鍵的害蟲。

其他次要番茄病害蟲之防治，因造成的損失輕重不一，應先釐清種類及評估所需投入防治措施，再對症下藥，以減少不必要的防治或農藥使用，避免衍生農產安全問題。例如番茄青枯病可選擇抗病嫁接苗及更新介質等減少發生，番茄銹蟎 (*Aculops lycopersici* (Massee) 施以石灰硫磺，防治效果達 70%以上，其他病蟲

害在發生初期可以利用栽培調整或是較低毒安全植物保護資材防治，避免擴散蔓延，農藥則是最後一道防線。

一、銀葉粉蝨對番茄危害及管理策略

銀葉粉蝨體型細小，成蟲體長約 1 毫米，產卵於葉背，孵化後若蟲固定於葉背生活及發育。台灣設施番茄栽培大多在每年 10 月以後定植至翌年 4-5 月產程結束，設施栽培環境氣溫適宜銀葉粉蝨之發育與繁殖，故設施內銀葉粉蝨族群密度發生呈逐漸上升之趨勢。

粉蝨取食造成葉片黃化斑點，大量粉蝨聚集及排泄大量蜜露，導致煤煙病發生，影響植株的光合作用，污染果實。此外，銀葉粉蝨是傳播番茄黃化捲葉病毒唯一媒介昆蟲。番茄在苗期至開花期感染病毒後，植株無法正常生長、開花及結果，但進入採收期之後植株感染病毒對其產量影響小 (林等, 2011)。有鑒於此，安全生產的有效防治策略，應著重於番茄苗期及栽培初期粉蝨的管理。

粉蝨管理，基於其生活習性，卵及若蟲均固定在植物體上，故僅帶毒成蟲具擴散傳播能力，因此，應在苗期時迅速徹底防治成蟲，減少其產卵，以延遲或減緩粉蝨在設施內擴建族群，可避免植株太早感染病毒而造成嚴重損失，同時也可以避免採收期感染煤煙病造成損失。透過適當檢測與監測，可以了解帶毒粉蝨發生的數量，掌握後續植物病毒病勢的發展，提早進行防治工作。在防治措施的選擇與整合，掌握所使用的殺蟲劑對田間粉蝨群的毒性，選用對粉蝨毒效佳的藥劑，迅速降低銀葉粉蝨族群密度，提高防治效率，有助減少用藥，為管理粉蝨減少傳播病毒第一要務。

二、粉蝨監測與基本管理模式

為建立設施番茄銀葉粉蝨的監測技術，了解粉蝨發生數量，以掌握防治關鍵時刻。以新港栽培番茄之網室內黃色黏板 (11x15cm) 監測粉蝨連續 13 週所得資料，以 Iwao’ spatchiness regression 分析估算以黃色黏板監測番茄銀葉粉蝨之最適樣本數，結果如表 1，為不同粉蝨發生密度在不同精密度下之最適樣本數，本試驗以黏板誘集粉蝨蟲數為有 13 週蟲數達 15 隻以上，因此故推薦每一設施懸掛 30 張黏板誘集粉蝨成蟲，每週定期回收更換黏板，其監測粉蝨密度之誤差可在 20%以下。

以推薦的監測方法調查設施內粉蝨發生密度，與植株罹病率進行直線迴歸分析其關係，當每週平均每一黏紙誘集粉蝨成蟲在 50 隻以下，次週番茄植株罹病率低於 5%；若平均粉蝨超過 100 隻，次週罹病率將達 10%以上，因此建議其防治基準為每

週監測粉蝨成蟲平均達 50 隻時應施用有效粉蝨防治藥劑，可控制罹病率低於 10%。

三、應用與效益評估

2015 年於彰化溪州喬伊登高階精密溫室，進行以農試所研究團隊擬定之基礎綜合防治模式應用效益評估，輔導全期害蟲監測及指導用藥。栽培前期施用 2 次 20%達特南 (Dinotefuran) 水溶性粒劑 3000 倍稀釋液防治粉蝨，在番茄進入採收 2 週前及不再使用農藥，並於溫室內釋放蚜小蜂、草蛉及小黑花椿象以防治粉蝨及葉蟎，共計釋放 30 萬隻天敵。經試驗評估，銀葉粉蝨發生密度較前一年業者自行管理 (2014) 降低，可以控制銀葉粉蝨發生密度低於防治基準達 16 週 ，粉蝨傳播之番茄黃化捲葉病毒 (TYLCV) 之罹病率低於 2%以下，無煤煙病發生，全程使用殺蟲劑 2 次，較傳統慣行法在採收前每週用藥一次節省 70%以上之農藥使用。

設施甜椒關鍵害蟲管理及其安全生產

影響設施栽培甜椒產量或品質關鍵害蟲為薊馬、細蟎及蚜蟲為主。薊馬包括小黃薊馬、南黃薊馬及台灣花薊馬，薊馬喜歡取食植物幼嫩組織，常造成心芽或花芽褐化萎凋；葉片或果實的粗糙的褐斑，影響產量與品質。小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 高溫時發育迅速 (陳等，2013)，在台灣常發生於夏季，為害甜椒心芽造成皺縮、萎凋，為害幼果造成果時畸形及褐色銹斑 (李及溫，1982)。南黃薊馬最常危害甜椒葉片，族群密度高時也危害果實造成條狀褐斑，也是甜椒上番椒黃化病毒的媒介薊馬。台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 相較於以上兩種薊馬，較為偏好生活於植物花部，在台灣常發生於各種植物上，其偏好溫度較前兩種薊馬低，故山地甜椒易受其危害。花薊馬成蟲及幼蟲喜歡聚集於花朵中取

表 1. 經由 Iwao's patchiness regression 估算設施番茄銀葉粉蝨最適樣本數

Mean No. / trap	Precision			
	0.1	0.15	0.2	0.25
1	1229	546	307	197
2	633	281	158	101
5	275	122	69	44
10	156	69	39	25
15	116	52	29	19
20	96	43	24	15
40	66	29	17	11
50	60	27	15	10
100	48	21	12	8
200	42	19	11	7

食花粉及小果，影響果實品質。

葉蟎及細蟎均為害彩椒，葉蟎主要為害葉片造成斑點。茶細蟎除了為害葉片，也會為害心芽與果實，其危害與薊馬引起的徵狀非常相似，造成心芽皺縮萎凋及果實銹斑，重要性僅次於薊馬類。

蚜蟲主要聚集在新葉或心芽上取食，被害葉皺縮捲曲，高密度的棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 為害使葉片萎凋，而排洩大量的蜜露也誘發煤煙病，汙染葉片及果實。銀葉粉蝨也是常發生在甜椒上的害蟲，雖然也傳播茄科雙生病毒，番椒上雙生病毒不若番茄嚴重，粉蝨於甜椒之族群增長較慢，較少引起媒煙病，其重要性不如棉蚜。

一、安全生產之害蟲管理策略與防治

在甜椒上發生害蟲繁多，為達成生產目標，尤其是週年生產栽培管理，往往無法避免使用農藥防治病蟲害，為達到產量、品質及安全兼顧之蟲害管理策略，第一步為釐清關鍵蟲害種類，了解其發生時期及數量之多寡，以權衡其對甜椒造成損害程度再決定防治與否。

據週年調查甜椒害蟲發生種類及監測害蟲密度，顯示發生最為頻繁者為銀葉粉蝨、薊馬類 (包括小黃薊馬、南黃薊馬) 及蚜蟲，細蟎族群則於 6 月攀升。分析害蟲對甜椒影響，粉蝨發生密度雖高但不傳播病毒且不至於引起煤煙病，對甜椒生產影響甚小；薊馬類及茶細蟎取食新芽及小果，對植株生長、花芽數及果品品質影響最為嚴重；此外，設施內偶有夜蛾類發生如斜紋夜盜蛾，可以利用蘇力菌防治。

在甜椒關鍵害蟲有效安全防治技術方面，推薦應用南方小黑花椿象防治薊馬類害蟲，可以抑制小黃薊馬發生，達到一定防治效果並減少農藥之使用；以石灰硫磺混劑防治茶細蟎效果達 80%以上；應用農試所研發的植物油混方防治蚜蟲與葉蟎均有良好的防治效果。

二、南方小黑花椿象防治甜椒薊馬之效益

南方小黑花椿象屬半翅目 (Hemiptera) 花椿象科 (Anthocoridae)，分布台灣、大陸與日本。若蟲與成蟲均擅長捕食薊馬、葉蟎等小型害蟲，行動活潑在植物四處蒐尋獵物，以細長的刺吸式口器捕食吸取蟲卵或其他小蟲，隨者體型逐漸長大捕食能力越強，一生可捕食薊馬 2-300 或葉蟎 5-600 隻 (王等, 2002)。農試所已成功開發南方小黑花椿象 (*Orius strigicollis* (Poppius))大量繁殖技術，釋放於田間防治紅豆上豆花薊馬、茄園南黃薊馬，均有壓低害蟲密度提高產量的防治效果。

為測試評估南方小黑椿在甜椒防治薊馬之效果，於 2015 年，在南投縣信義鄉一處栽培 12,000 株甜椒之簡易溫室，進行釋放南方小黑花椿象測試防治效果。試驗分為自當年 8 月起每 2 週至該試驗區定期釋放小黑花椿象約 32,000 隻。釋放後約 7 週 (9 月) 試驗區薊馬開始發生，改每週釋放約 32,000 隻小黑椿，共釋放 17 次。調查釋放區及對照區 (不放小黑椿) 之南黃薊馬與台灣花薊馬密度，釋放前藍色黏板誘集薊馬數均為 0 隻，兩區並無差異。試驗結果顯示，對照區藍色黏板誘集台灣花薊馬密度最高達 119.3 隻/黏板，較釋放天敵試驗區 30 隻/黏板高 (圖 1)。調查甜椒花朵上兩種薊馬蟲數，對照區台灣花薊馬密度亦較釋放區高 (圖 2)，小黑椿在甜椒花朵上數量在釋放區較對照區高，顯示小黑椿釋放後可以在甜椒上發育繁殖。試驗開始進行後全區未噴殺蟲劑，茶細蟎發生時則施以石灰硫磺粉劑稀釋 1000 倍，蚜蟲發生則施用植物油混方 400 倍予以防治。試驗結果顯示以釋放南方小黑椿為主的綜合防治，具壓制甜椒薊馬密度之效果，對甜椒安全生產有相當之助益。

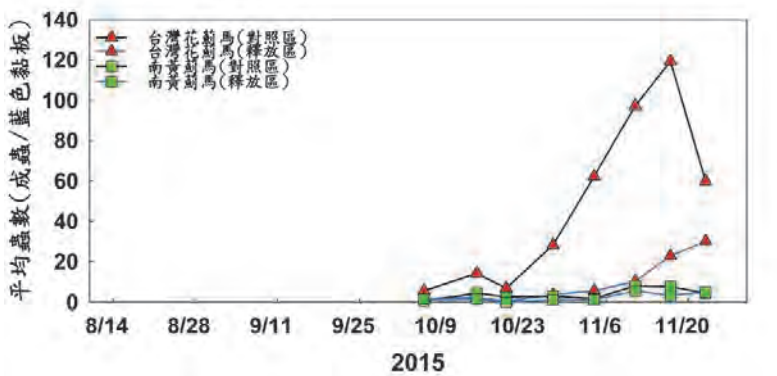


圖 1. 信義設施甜椒釋放小黑花椿象防治薊馬之族群變動 (黏板)。

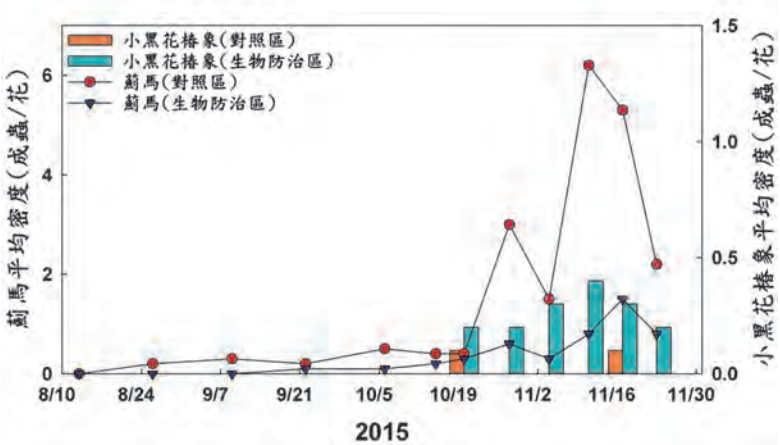


圖 2. 信義設施甜椒釋放小黑花椿象防治薊馬之害蟲與天敵族群變動 (花)。

引用文獻

Bartlett, B. R. 1956. Natural predators. Can selective insecticides help to preserve biotic control? Agric. Chemistry 11(2):42–44,107–109.

Pedigo, L. P., S. H. Hutchins, and L. G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. Annual review of entomology 31(1):341–368.

Stern, V. M. R. F., R. Smith, R. Van den Bosch, and K. Hagen. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. California Agriculture 29(2):81–101.

Smith, R.F., and H. T. Reynolds. 1965. Principles, definitions and scope of integrated pest control. In Waterhouse D.F. (ed.) Proc. FOA Symp. on Integrated Pest Control, Rome. 11-15 Oct. FAO, Rome. p.11–17.

李錫山、溫宏治。1982。檬果薊馬類發生消長與為害調查及其防治試驗。植物保護學會會刊 24:179–187。

王清玲、吳子淦、李文台、李啟陽、林鳳琪、高靜華、陳文華，鄭允、羅幹成、蘇文贏。1999。生物防治-天敵研究和利用介紹。農業試驗所編印。63 頁。

王清玲、李平全、吳炎融。2002。薊馬天敵～小黑花椿象 (*Orius strigicollis*) 之繁殖與利用。台灣昆蟲特刊第三號：農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊：157–174。

林益昇、鄭清煥、高清文編。1995。台灣農家要覽 農作篇(三)植物保護頁 1–360。豐年社。500 頁。

林鳳琪、張淑貞、鄭櫻慧、王清玲、胡仲祺。2011。銀葉粉蝨傳播蔬果雙生病毒及其防治研究。農試所特刊 152:193–204。

陳怡如、林鳳琪、邱一中、石憲宗。2013。溫度對小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 發育與繁殖之影響。台灣農業研究 62(4):352–360。

Application of Integrated Pests Management Program for Safety Production of Vegetable under Facilities Cultivation

Feng-Chyi Lin[1,7], Yi-Ju Chen[2], Yi-Chung Chiu[3], Jin-Zu Yu[4],
Jau-Yueh Wang[5], Ching-Hua Kao[6]

Summary

Integrated Pest Management (IPM) is based on monitoring techniques and economic threshold, combines various practices to suppress pest populations below the economic injury level (EIL). The key pests on vegetable and fruit crops which are in protected culture are too small to be controlled of their occurrence in time, such as whiteflies and thrips. If we could apply the effective integrated management, for instance, to release natural enemies or spread eco-friendly plant protection agents depend on densities of pests; it's helpful to produce safety and good quality agricultural product. In the case of tomato in protected culture, silver whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring = *Bemisia tabaci* type B) was major pest which transmitted virus (genus *Begonovirus*) and caused serious injury on yield, quality, and product prices under improper control. Therefore, 30 yellow sticky traps can be used to monitor the whitefly diversity every week in crop facilities. It will be right time for pest control and use high-effective insecticides when whiteflies reach 50 adutls per trap. Act with the removal of diseased plants and mend of the insect screens simultaneously could keep the incidence of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) below 10%. Natural enemies were released to substitute for chemical control when starting harvest two weeks ago. Test results showed that density of whitefly could lower than the EIL for 16 weeks without sooty mold by releasing parasitoid wasp, *Orius* flower bugs (*Orius strigicollis* (Poppius), lace bug and more than 70% of the pesticide were saved than the traditional practice. Another case results of sweet pepper showed that *Orius* flower bugs could well control the populations of *Thrips palmi* Karny and *Frankliniella intonsa* (Trybom) at 0.3/flower by releasing 5–6 *Orius* bugs on each plant weekly. Besides, lime sulfur

powder and plant oil mixed could control broad mites and aphids to achieve the purpose of safe production without pesticides in the whole cultivation process.

Key words: Silver whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), thrips, Biological control, Integrated pest management.

1. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Assistant Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Assistant Researcher, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Researcher and Director of Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
7. Corresponding author, e-mail: fclin@tari.gov.tw; Fax: 886-4-23317608.

設施作物之病害管理

黃晉興[1,2]

摘要

所謂設施作物指的是作物栽培於簡易型如防蟲網，先進的如溫室，高級的如密閉型人工光源的植物工廠，而在此設施下栽培作物的主要目的是期望能避免不良環境與氣候的影響，減少病蟲害的發生，而能穩定農作物的生產、提高農作物的產量與維持農產品的品質。然而實際的栽培過程中，雖然大部分的病原菌可被隔絕在設施之外或不易在設施內傳播，但要在設施內完全隔絕病害的發生是非常困難的，少部分的病原菌仍有機會進入設施內引起作物病害。作物在設施內栽培的過程中，發生的病害種類理論上會比露天栽培者少，但有些病害在設施內一旦發生，反而會比露天栽培嚴重，並非想像中在設施內栽培作物病害就一定會消失或減少。故病害管理首重了解可能會在設施內發生的作物病害種類，可利用設施系統與栽培流程以減少病原菌進入設施的機會，一旦設施內發生了病害，則藉由了解病原菌傳播的途徑，利用栽培流程的改變與設施環境調控，配合化學、生物農藥或其他防治資材的施用，以減少病害造成的損失。

關鍵詞：設施作物、病害管理。

前言

農業溫室設施是利用各種材料以人為力量所建構的栽培設施，藉以改善作物生長環境，增加產量或提高品質，而作物設施栽培的目的主要有：1. 避免遭受風、雨、過高或過低溫...等不適環境的影響；2. 易於調控作物的生長；3. 期望降低病蟲害的為害，進而達到提高農作物生產與穩定維持品質的目標。台灣四季氣溫宜人，不僅適合作物生長，也使病蟲害繁多，加上夏天易有颱風或強降雨，冬天偶有寒害，故設施栽培被期望能避免遭受不良氣候環境的影響，可產期調節及省工管理，並能有效降低病蟲的為害，進而能提高農作物產量與維持品質。

1. 行政院農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
2. 通訊作者，電子郵件：jhhuang@tari.gov.tw；電話：(04) 23317509。

目前台灣園藝設施之種類大略可分為溫室 (Greenhouse) 遮雨棚 (Rain shelter) 、網室 (Net house) 、隧道棚 (Tunnel) 等類，而政府從 2017 年起針對 9 型的溫網室有規範與建構補助，如 Venlo 力玻璃型 (WTG)、山型力霸塑膠型 (VTP)、山型塑膠型(VBP)、單斜背塑膠型 (SP)、圓頂力霸塑膠型 (UTP)、圓頂塑膠型 (UBP) 、簡易溫室 (UP)、加強型水平網室 (LTP)、水平網室 (LT) 等，相信對作物設施栽培有鼓勵的作用。

雖然設施作物病害種類比露天者單純，但單純不代表没有，有時候管理不當反而較為嚴重。雖然設施有效發揮防雨及保溫的效果，反之卻有高溫多濕、通風不良或光線不足的缺點，若再加上密集的栽培和長期的連作，有時會使病蟲害更猖獗。特別是病原微生物，因為以肉眼不易觀察得到，有時栽培者會不慎將之引入設施內，加上設施作物的集約栽培或栽培系統適合病原菌繁殖之故，所造成的病害有時候會導致農作物的損失比露天栽培更多。本文主要介紹作物於溫室內栽培過程中病害如何發生，以及如何進行病害管理。

設施對作物病害之影響

建構設施來栽培作物之目的有一項是期望能杜絕病蟲害，然而病蟲源一旦進入設施內，在設施的保護下無其他競爭者，反而造成更嚴重的問題。

1. 細網：

細網可減少降雨對作物的直擊，以及防止害蟲進入設施內，理論上，16 目的細網就可隔絕大型昆蟲，如蛾類；24 目可隔絕蚜蟲；32 目可隔絕葉蟎；64 目可隔絕細蟎、粉蝨與薊馬，阻絕昆蟲一方面可杜絕昆蟲直接取食危害作物，另一方面也可減少因昆蟲傳播的病毒，如由粉蝨傳播的番茄黃化捲葉病毒。然而實際上，少部分的細小害蟲有機會可直接穿過紗網，或藉由人員或機械器具進入設施內，在無天敵與適合生長的環境下，害蟲一旦入設施後便能快速繁殖而造成危害。

2. 屋頂：

設施屋頂可強化設施的結構，以及可阻絕降雨、降雪等保護設施內的作物免受不良氣候的傷害，同時炭疽病、蔓枯病...等由好水的病原菌造成的病害便大幅減少，因為這些病原菌感染作物地上部位需要有水的環境下才能傳播與感染，在遮雨的環境下便消除了有利病害發生的條件。然而有些病原菌不喜有水的環境，如白粉病菌，在遮雨的設施內會造成較露天栽培作物更嚴重的白粉病，同樣的，

小型昆蟲在遮雨的環境下更能順利生長繁殖 (圖 1)。

3.介質：

利用介質栽培作物有利於作物根部生長，肥料養分能更有效的利用，並希望能免除土壤傳播的病害。一般人誤認為栽培作物以介質取代土壤便不會發生“土壤”傳播的病害，這觀念應修正，造成土傳病害的病原菌是能在土壤中存活才易造成土傳病害，但這些病原菌多半也能在介質中存活，故也能造成利用介質栽培的作物病害。

4.水耕：

利用水耕系統栽培作物可快速操控作物生長，更希望能免除土壤傳播的病害。這觀念也應修正，如同介質栽培，水也是一種介質，只是能造成水耕作物的土傳病害種類少。多數水耕系統在操作數年內作物生長正常，但在沒有自然土壤微生物競爭下，加上水耕循環系統非常適合於病原菌傳播，一旦發生如腐霉菌或細菌造成的病害，便會造成嚴重的損失 (圖 2) 。

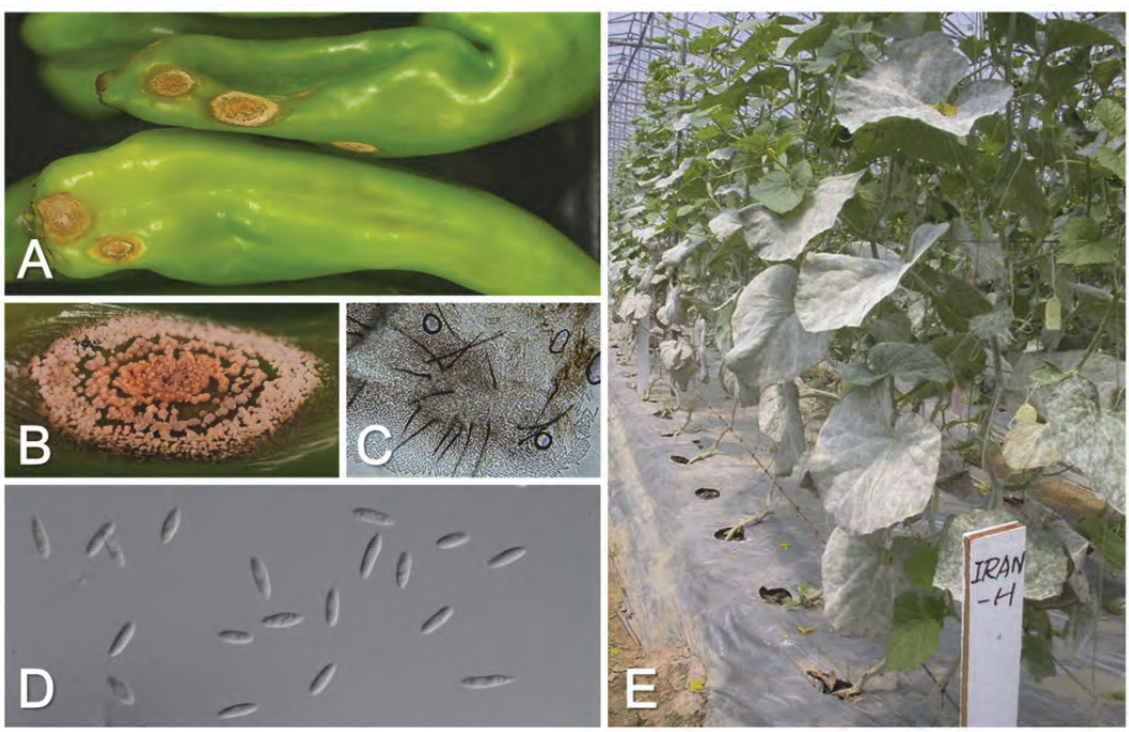


圖 1. 設施遮雨使好水的病害如炭疽病會減少 (A、B、C、D)，但不喜水的白粉病會增加 (E)。

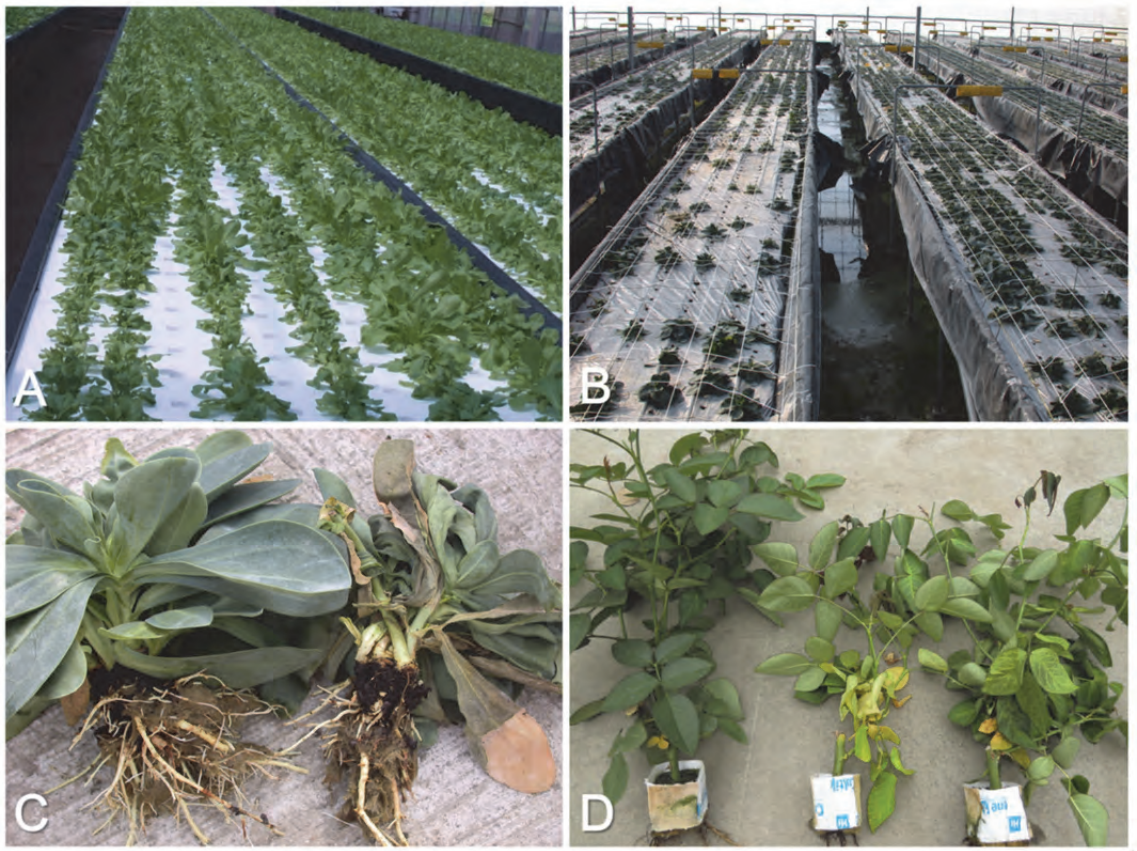


圖 2. 水耕栽培的萵苣 (A)、洋桔梗 (B、C) 與玫瑰花 (D) 也會發生由腐霉菌 (Pythium spp.) 造成之根腐病。

設施作物病害之病原菌來源與傳播

新溫室開始使用時，由於病原菌尚未被引入或族群未達發病的程度，一般較少發生病害，常使栽培者誤認為溫室內不易發生病害，然而數年後，病害逐漸嚴重，甚至爆發嚴重的疫情，常使栽培者措手不及。由於病原菌並不會主動尋找寄主作物，只能被動的被引入設施內，故病原菌進入設施的途徑有：

1. 空氣—像白粉病菌、銹病菌...等不需要靠雨水傳播的病原菌可藉由氣流引入設施內，此外，像設施通風口與其他的開口亦有機會讓病原菌進入。
2. 水—灌溉水 (圖 3) 、接收雨水、回收養液都有可能是設施作物病原菌的來源。
3. 栽培介質—有機介質如泥炭土、蛇木屑、椰殼並非完全不帶有病原菌，可能帶有少量的腐霉菌 (*Pythium* spp.) 或立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*)。

4. 種子及種苗—這兩項皆是常見病原菌存在之處，且不易發覺，故如何處理便是作物設施栽培的重要課題。
5. 操作人員及機械器具—均進出溫室設施非常頻繁，常將外在的病原菌帶入溫室內而不知。
6. 媒介昆蟲—害蟲能主動遷移到溫室內，故也會將病原帶入，常見的病毒病害常由小型害蟲如蚜蟲、薊馬、粉蝨傳播，有些真菌與細菌也會由蕈蠅攜帶傳播。

病原菌一旦進入溫室設施內，不需要雨水傳播的病害如白粉病，可藉由溫室內氣流傳播，因無雨水的淋洗，則在溫室內反而會嚴重；藉雨水傳播之病害如炭疽病、露菌病、細菌性斑點病...等，原本不易在溫室內發生，若溫室設施使用噴灌方式灌溉，則病原菌可藉由灌溉水飛濺傳播，溫室內若管理疏忽而導致媒介蟲口密度高，導致由昆蟲傳播的病毒病害也會嚴重。此外，循環使用的器具如栽培盆，或重覆使用的介質，皆可能是病原菌傳播的途徑，而殘存於走道及植床下的塵土也可能是病原菌存活的溫床，不可不注意。

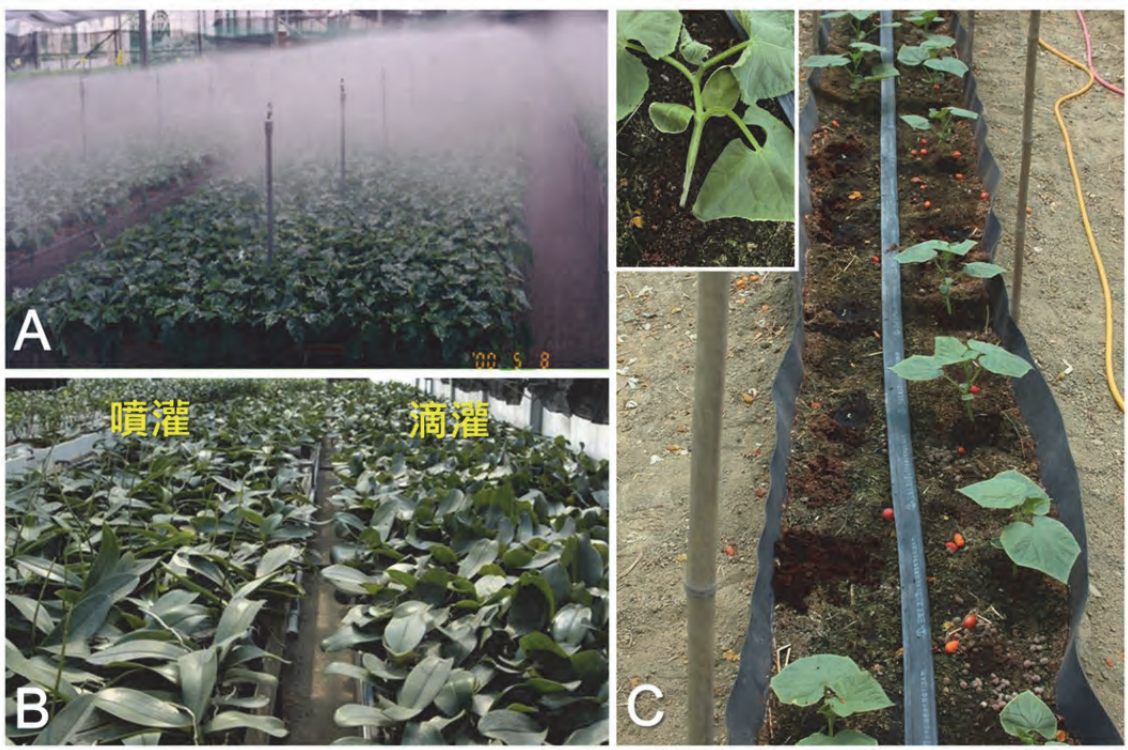


圖 3. 噴灌常是病原菌傳播的途徑之一 (A)，噴灌栽培的蝴蝶蘭軟腐病害發病率較滴灌栽培者高 (B)，介質栽培的胡瓜也會發生由灌溉水傳播的根腐病 (C)。

筆者曾目睹一家水耕花卉溫室的工作人員開著堆高機，將溫室外露天堆放的資材載入溫室內，帶有泥土的輪跡則留在溫室地面上，隔年夏天該溫室即開始發生根腐病，爾後數年此病害一直造成栽培的限制因子。他們不知道水耕作物根腐病的病原菌 (*Pythium* spp.)可存活於土壤而造成植物土壤傳播性病害，工作人員没有病害觀念而引入病原菌，俗語說請神容易送神難，一旦病原菌進入溫室內，遇上寄主與合宜的環境條件則會大量繁殖，很容易就會造成病害，且不易將之完全除滅。

設施無土栽培作物之土傳病害

“無土栽培”指的是利用各種非土壤的介質來栽培作物，通常需要外加養分來支持作物生長，依栽培介質的不同可區分為固體介質栽培、液體介質栽培及噴霧栽培。固體介質有利用礦物材質如砂、礫、岩綿、人造纖維...等，或是有機材質如泥炭土、蛇木屑、水苔、椰殼纖維、鋸木屑、堆肥、稻殼...等；液體介質栽培即是俗稱的“水耕”，如環流式、液體升降式、等量交換式、M 式及薄膜式等水耕栽培法；噴霧栽培，即作物根部暴露在密閉空間內，吸收霧狀養液的養分。目前在台灣作物溫室栽培以固體介質栽培為主，液體介質栽培居少數，而噴霧栽培僅侷限於研究試驗而未見商業化應用。

由於無土栽培可利用養液 (通常是化學肥料) 調控作物生長，作物生長較土壤栽培更快、作物開花結果更易被調控，故在溫室內栽培作物大多會選擇無土栽培。然而作物以無土栽培方式並無法免除土壤傳播性病害，一般常見的作物土壤傳播性病原在無土栽培系統皆曾出現，如鐮胞菌 (*Fusarium* spp.) 、菌核病菌 (*Sclerotinia sclerotiorum*)、立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*) 、白絹病菌 (*Athelia rolfsii*) 、疫病菌 (*Phytophthora* spp.) 、腐霉菌 (*Pythium* spp.) ….等真菌，及青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum*) 、軟腐病菌 (*Pectobacterium* spp.) ….等細菌，其中立枯絲核菌及白絹病菌喜好有機質高之介質，而疫病菌、腐霉菌、青枯病菌及軟腐病菌喜好含水量高之介質，尤其在水耕栽培系統中傳播特別迅速。

泥炭土、蛇木屑、堆肥等有機固體介質在偶然的機會可能帶有少量土壤傳播性病原，或是因為栽培者的管理失當而將病原菌引入栽培系統，一旦土壤傳播性病原菌感染作物後，便會大量繁殖，藉由灌溉水傳播而危害整槽作物，殘存於介質或栽培容器上而危害下一季的作物，如腐霉菌、疫病菌、立枯絲核菌、鐮胞菌、

青枯病菌等病原菌常在溫室無土栽培系統發現，而造成嚴重病害。若使用固體介質栽培作物，建議不要一個長槽就數十公尺長，應該短化成數公尺甚至一公尺內就是一個栽培槽或栽植袋，以免一發生病害得大量更新介質與消毒容器。在新介質 (或重複使用舊介質) 進入溫室之前，建議先進行高溫消毒，許多病原菌在 60℃的環境下 30 分鐘會死亡，腐霉菌及疫病菌等甚至在 53℃30 分鐘死亡。在台灣，將舊介質經由 90℃以上蒸氣處理後可完全殺死原存在舊介質的病原菌，是非常值得推廣的防治方法 (圖 4) 。此外，利用氯化苦等藥劑薰蒸介質，絕大多數的生物會被殺滅，包括病原菌、昆蟲、雜草及動物等，形成所謂的近微生物真空 (biological near-vacuum) ，當然可防治病害，不過一旦病原菌引入，會造成嚴重的病害。無土栽培系統的微生物相單純，但也適合某些微生物存活。若拮抗微生物在病原菌引入之前建立族群，則能延緩病原菌的族群建立，降低嚴重病害的風險，可大幅降低防治的成本，但並無法完全遏止病害的發生，若能在介質以蒸汽或化學薰蒸劑消毒之後，再添加拮抗微生物，則防治效果非常好且可持久。



圖 4. 蒸汽消毒可消滅殘存在介質與土壤的病原菌與害蟲 (A、B、C)，大幅降低土壤傳播的病害。

特定的病原菌傳入水耕栽培槽內就可能會造成作物病害，而水耕系統有其特殊之生態系，栽培系統中微生物相單純，一旦引入病原菌之後，因缺乏土壤中多種微生物的競爭，反而使病原菌增殖迅速，尤其一些容易在水中生存的病原菌會隨養液循環而擴及所有作物，其中以腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起的根腐病最嚴重，因這些病原菌會產生具有游動能力的游走子，能在養液或水膜中游動，尤其是循環式的養液或整槽的介質栽培，常導致一整個栽培槽甚致整棟溫室完全無收穫的慘況 (圖 2) ，所以養液循環使用則應嚴格消毒。養液消毒的方法有： (1) 熱處理—95℃30 秒以上； (2) 臭氧處理— 754mV 還原值的臭氧 10g/m^3 處理灌溉水一小時； (3) 紫外線處理—如 250mJ/cm^2 紫外光處理； (4) 碘及氯處理—以 0.7ppm 的碘處理； (5) 施用農藥—養液中施用農藥依得利或銅劑，可防治由腐霉菌和疫病菌引起之水耕蕃茄根腐病，而國內有學者研究於水耕養液中加入 0.58ppm 的鋅錳滅達樂 (Metalaxyl MZ) 可有效防治由腐霉菌引起之水耕葉菜的根腐病，且藥劑殘留量低，但未登記於水耕栽培上使用。

設施作物病害之防治

要將病原菌完全阻隔在溫室設施之外，可能花費會超過防治病害所得的利益，然而在溫室作物栽培流程中操作管理上有一些作為是可以降低病害的危害，在此僅提供一些管理觀念。

1. 避免病原菌進入溫室設施：能減少病原菌進入的機會便能降低病害發生的風險。如溫室入口之前鋪碎石層，以去除鞋底、機具沾黏土壤；溫室入口設置消毒池，將鞋、器具底部附著的病原菌除滅；使用清潔的灌溉水源，避免使用地表水；使用消毒過的介質，並添加有益維生物。
2. 選用健康種苗、抗病品種與抗病根砧：使用未帶重要病原菌的種苗，或在種苗進入溫室之前先以藥劑處理，如草莓溫室栽培所使用的種苗最好是來自遮雨棚或溫室所培育，在育苗期即嚴格防治青枯病、萎凋病與炭疽病等重要病害，以免種苗帶菌而進入栽培溫室內。種植抗病品種以達到病害防治的目的可說是直接有效的策略，以溫室栽培番茄最怕的病害—青枯病為例，可種植‘種苗一號’、‘台中亞蔬四號’或‘花蓮亞蔬五號’等耐熱且抗青枯病品種，亦可使用抗青枯病的茄子品種 (如亞蔬中心之茄子 EG190、EG203 及 EG219 品系，‘鳳試雜交根砧 3 號’) 做為根砧，即可有效避免青枯病。

3. 減少病原菌在溫室內傳播的機會：一些藉雨水傳播之病害，如炭疽病、露菌病、細菌性斑點病...等，原本是不易在溫室內發生，但若是溫室內採用頂部噴灌方式，一旦病原菌進入溫室則亦有機會傳播，而不需雨水傳播的病害如白粉病，可以用其他方法如礦物油、中和亞磷酸或其他化學藥劑防治。在無土栽培系統中，灌溉水常是土壤傳播性病原菌傳播的主要途徑，如採用 50 公尺長的栽培槽一旦在作物病害發生土傳病害後，內裝有的固體介質則應全部更換，故建議使用短槽或袋植，萬一有病害發生則更換的介質量會少很多，在台灣有許多無土栽培的溫室使用袋裝的泥炭土來栽培胡瓜或甜椒，輔以不循環的滴灌供給養液，確實避免了許多土傳病原菌的傳播。此外，一些病毒病害是藉由小型昆蟲傳播或由操作器具傳播，故應注意防治小型昆蟲，以及操作器具消毒。
4. 減少病原菌在溫室內存活的機會：一旦栽植作物發生病害，應不吝將病株並甚至整槽或整袋的介質取出室外，並且介質容器及其他接觸的器具應消毒；收穫後的植株應移出溫室外，避免少數的病原菌在溫室內繁殖；溫室內外、走道、植架下、使用的器材及植槽在栽培輪空期應定期以消毒水 (如次氯酸鈉、二氧化氯、次氯酸水) 等物消毒，以減少病原菌存活的機會，。
5. 施用化學藥劑：化學藥劑仍是防治溫室作物病害最常用、效果最快的方法，然而在台灣尚未有針對溫室作物病害防治的專屬用藥，一般常取自於田間所使用的藥劑用，但溫室作物用藥與露天栽培的施用上最大的不同處是藥劑殘留的問題，由於溫室內的遮雨設施會減緩農藥的降解，所農藥殘留期通常會較露天長，也應注意藥害的問題。由於栽培系統的差異，溫室作物用藥的施用濃度、時機，應經小面積評估後才能大面積使用，並應注意抗藥性的問題。
6. 施用微生物製與或其他無毒資材：目前在台灣被應用於植物病害的拮抗微生物有枯草桿菌 (*Bacillus* spp.) 、螢光假單胞細菌 (*Fluorescent Pseudomonads*) 、放線菌 (*Streptomyces* spp.) …等細菌類；木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 及膠狀青黴菌 (*Gliocladium* spp.,) …等真菌類。其他無毒資材如小蘇打、窄域油或乳化葵花油的稀釋液 200-400 倍可防治白粉病，中和亞磷酸 1000 倍防治疫病、露菌病與白粉病，或是從植物萃取的植物精油 (如肉桂油或香茅油) 或中藥萃取物質 (如虎杖、大黃、大風子等) ，其他如大蒜、糖醋液及苦楝油 (neem oil) 等亦有被拿來防治病害的例子，然而防治效果以中和亞磷酸、油劑及小蘇打的防治效果較顯著。

作者以臺灣溫室設施無土栽培瓜果蔬菜之案例為基礎，加上參考農民實際操作的經驗，介紹病害防治的觀念如下：

1. 溫室完整、內外整潔：保持溫網室的結構完整、入口有雙層網，溫室內有作物殘枝殘葉儘速清除，溫室外 2 公尺內無雜草雜物，這樣的環境可減少病原菌進入設施與繁殖的機會。
2. 遮雨、頂上下捲揚、24 目網：由於臺灣氣候較炎熱，加上遮雨結構以及目數高的防蟲網，將使夏季溫室內的氣溫高達 45℃以上，未發生病害即大量減產。故需要有捲揚設備以及僅用 24 目網防止大型害蟲進入，以利通風降溫，而細小害蟲仍有機會進入溫室內，再用其他方法進行防治。
3. 休耕期徹底清園消毒：每年有一次為期約 2-3 個月的休耕期，徹底的將園區整理乾淨，利用消毒水消毒園內設施主結構、機具、地板、床架...等。
4. 介質蒸汽消毒+微生物：重新栽培作物時，舊介質重複使用並添加新介質，再一起經過蒸汽高溫消毒，待冷卻之後，添加有益微生物。
5. 健康種苗：慎選育苗環境，最好育苗場該棟育苗室只有該農戶的苗，以降低感染病原菌的風險，即使花費較高都值得。
6. 種植前穴盤苗浸藥：種苗入溫室之前，一定要將穴盤苗連苗帶盤浸藥，或是浸稀釋過的乳化植物油，或是窄域油等，以初步將隱藏的細小害蟲除滅。
7. 初期密集用藥：栽培初期瓜果農藥殘留的問題低，故可密集使用農藥，到開花結果期則可少用或停用農藥。
8. 採收期使用安全植保資材：為求瓜果的食用安全，在結果期則使用安全植保資材，如拮抗微生物、中和亞磷酸、乳化植物由、石灰硫黃...等。

結論

對於溫室作物的病害防治觀念應注意預防勝於治療，做好防範措施則可節省未來的防治成本。越是單純的栽培系統 (如水耕系統) 越應杜絕前述病原菌引入溫室的途徑，一旦讓病原進入水耕系統則會繁殖擴散非常快速。溫帶國家的溫室作物栽培技術一向是居於領先，然而引入亞熱帶或熱帶國家，栽培過程中發生的病害問題常是溫帶國家不曾見過或不易見到的，若溫室結構或栽培流程未經適當的修正，有可能會發生溫帶國家無法想像的嚴重病害，這是引進外國溫室系統應注意之處。一般開放式的設施通常是無法阻絕病原菌的進入，溫室作物栽培者應注

意重複使用的資材是病原菌最可能引發病害的的來源，而溫室作物害的防治措施，與露天栽培的防治模式稍有不同，針對病害的生態有初步的了解，利用溫室防雨與管理方便的優點，再施以適當的防治措施。

引用文獻

王三太、許馨云、葉姿瑩、許秀惠。2016。茄子抗青枯病根砧品種選育。「種苗創新技術暨產業發展」研討會。台中種苗繁質繁殖場編印。種苗創新技術暨產業發展研討會專刊 p 1-14.

安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、黃晉興、楊宏仁. 2010. 非農藥防治新技術的 開發與應用. 植物保護通報. 23:6-15.

呂理福. 1988. 養液栽培之種類及其特點. pp8-20. 養液栽培技術講習第一輯. 鳳山熱帶園藝試驗分所編印. 鳳山. 102p.

李敏郎、呂理燊. 1998. 土壤蒸汽消毒防治百合黃化型病害. 植保會刊 40:251-264.

林楨祐、陳甘澍、黃雅穗、羅惠齡、洪爭坊. 2016. 中和亞磷酸對洋香瓜白粉病與果實品質之影響. 臺灣農業研究 65:261-268.

林益昇、黃淑華. 1993. 腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起水耕蔬菜根腐病. 植保會刊 35:51-61.

侯秉賦、賴榮茂、黃　昌. 2015. 安全資材防治小胡瓜白粉病及露菌病初探. 高雄區農業改良場研究彙報 第 25 卷第 1 期.

黃晉興. 1993. 豌豆芽菜根腐病病因學、生態學與防治研究. 國立中興大學植物病理學研究所碩士論文.61 頁.

黃淑華、林益昇、郭孟祥. 1994. 水耕蔬菜根腐病接種源來源、傳播與防治. 植保會刊 36:41-52.

黃淑華. 1991 水耕蔬菜根腐病之病因學、生態學及防治研究。國立中興大學植物病理學研究所碩士論文，台中市，66 頁。

鄭安秀、陳紹崇. 1997. 蒸氣消毒後栽培介質再利用之研究. 植保會刊 39：403(摘要)。

蕭芳蘭、黃振文、林俊義. 1993. 栽培介質對番茄萎凋病發生的影響. 植保會刊 35:157-162.

謝廷芳、黃晉興、謝麗娟、胡敏夫、柯文雄. 2005. 植物萃取液對植物病原真菌之抑菌效果. 植病會刊 14:59-66.

Bravenboer, L. 1974. Pest and disease control in glasshouses in Northwest Europe. Outlook Agric. 8:95-99.

Cherif, M., Belanger, R. R., 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumbers. Plant Disease

76:1008-1011.

Couteaudier, Y., Alabouvette, C., Soulas, M. L., 1985. Necrose du collet et pourriture des racines de tomate. Rev. Hortic. 254: 39-42.

Daughtrey, M. L., Schippers, P. A., 1980. Root death and associated problems. Acta Horticulturae, 98:283-291.

Dickinbson, C. H., Dooley, M. J., 1967. The microbiology of cut-away peat. Ⅰ. Descriptive ecology. Plant Soil 24:172-196.

Favrin, R. J., Rahe, J. E., Mauza, B., 1988. *Pythium* spp. Associated with crown rot of cucumbers in British Columbia greenhouses. Plant Disease 82:683-687.

Fletcher, J. T. 1984. Diseases of Greenhouse Plants. Longman House, England. 351 pp.

Gillespie, D. R., and Menzies. 1993. Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Ann. Appl. Biol. 123:539-544.

Goldberg, N. P., and Stanghellini, M. E. 1990. Ingestion-egestion and aerial transmission of *Pythium aphanidermatum* by shore flies (Ephydrinae: *Scatella stangnalis*). Phytopathology 80:1244-1246.

Gullina, M. L., and Garibaldi, A. 1994. Influence of soilless cultivation on soilborne diseases. Acta Horticulturae 361:341-354.

Huang, J. H., and Lin, Y. S. 1998. Root rot of vegetable pea seedlings in soilless cultural system caused by *Pythium aphanidermatum* and *P. ultimum*. Plant Prot. Bull. 40:397-408.

Jarvis, W. R., 1992. Managing diseases in greenhouse crops. APS press, St Paul, MN, USA, 288pp.

Jorgensen, J. 1978. Seedborne disease [Application of seed testing in plant disease control]. Seed Science & Technology 6:913-914.

Jenkins, S. F., Jr., and Averre, C. W. 1983. Root diseases of vegetables in hydroponic culture systems in North Carolina greenhouse. Plant Dis. 67:968-970.

Kim, S. H., Forer, L. B., and Longenecker, J. L. 1975. Recovery of plant pathogens from commercial peat-products. (Abstr.) Proc. Am. Phytopathol. Soc. 2:124.

Lin, Y. S., Huang, J. H., and Guon, Y. H. 2002. Control of Pythium root rot of vegetable pea seedlings in soilless cultural system. Plant Pathol.. Bull. 11: 221-228.

Lumsden, R. D., and Locke, J. C. 1989. Biological control of damping-off caused by *Pythium ultimum* and *Rhizoctonia solani* with *Gliocladium virens* in soilless mix. Phytopathology 79:361-366.

Pickett-Popoff, L. and Panter, K. L. 1994. Survey of *Pythium* and *Phytophthora* spp. In

irrigation water used by Colorado commercial greenhouses to determine source of pathogen introduction. Phytopahtology 84:1113. (Abstr.)

Postma, J., willemsen-de Klein, M. J. E. I. M., and van Elsas, J. D. 2000. Effect of the indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. Phytopathology 90:125-133.

Price, D., and Dickinson, A. 1980. Fungicides and the nutrient film technique. Acta Hortic. 98:244-282.

Paulitz, T. C. 1997. Biological control of root patogens in soilless and hydroponic systems. HortScience 32:193-196.

Rattink, H. 1982. Disinfection of potting soil by means of gamma-radiation. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent 47:869-873.

Rowe, R. C., Farley, J. D., and Coplin, D. L. 1977. Airborne spore dispersal and recolonization of steamed soil by *Fusarium oxysporum* in tomato greenhouses. Phytopahtology 67:1513-1518.

Runia, W. T. 1994a. Disinfection of recirculation water from closed cultivation systems with ozone. Acta Horticulturae 361:361-369.

Runia, W. T. 1994b. Elimination of root-infecting pathogens in recirculation water from closed cultivation systems by ultra-violet radiation.. Acta Horticulturae 361:388-396.

Runia, W. T. 1993c. Water disinfestation, sand filtration, iodine, hydrogen-peroxide +activators. Annual Report GCRS 1992, 87-89p.

Runia, W. T. 1995. A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. Acta Horticulturae 382: 221-229.

Samson, R. W., Nugent, T. J., and Shenberger, L. C. 1942. The importance of seed transmission of early blight and *Fusarium* wilt of tomato. Phytopathology 32:16.

Smith, P. M., Ousley, M. A. 1984. Epidemiology and control of *Phytophthora* root rot diseases of woody ornamentals. Annual Report Glasshouse Crops Research Institute, 102-105.

Stanghellini, M. E., Stowell, L. J., and Bates, M. L. 1984. Control of root rot of spinach caused by *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system by ultraviolet irradiation. Plant Dis. 68:1075-1076.

Staub, T. 1991. Fungicide resistance:Practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. Annu. Rev. phytopathol. 29:424-442.

Zinner, T. M. 1988. Assessment of plant disease in hydroponic culture. Plant Dis. 72:96-99.

Disease Management of Crops Production under Structure

Jin-Hsing Huang[1,2]

Summary

The so-called crop production under structure refers to the cultivation of crops in the simple type structures, such as insect nets, advanced, such as greenhouses, high-level, such as closed artificial light plant factory. The purposes of crop cultivation under structure are not only to avoid the impact of adverse environment and climate but also to reduce the pest damage, thus the production and quality of crop products may be improved. During the cultivation process, most of the pathogens can be isolated outside the structures or difficult to spread under the structures, but it is very difficult to completely keep the pathogens out of the structures. Factually, a small number of pathogens will access into the greenhouses and cause severe diseases. Occurrence of plant diseases may be comparatively less in greenhouses than that in fields; however, sometimes some diseases happen more severe in greenhouses. It is not as we imagine that the plant diseases will disappear or diminish under structures. For disease management, it is important to realize what kind of diseases will happen on the crops cultivated under structures, and then to avoid the pathogens coming into structures accordingly. Once the diseases break out inside the structures, it is also important to survey the pathways of pathogen transmission. Therefore, the disease can be controlled by changing the cultivation processes, adjusting greenhouse condition, spraying chemicals and/or biocontrol agents and/or safety plant protectants to mitigate the yield loss.

Key words: crops cultivation under structures, disease management.

---

1. Associate Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Corresponding author, e-mail: jhhuang@tari.gov.tw; Tel:886-4-23317509.

非化合農藥在設施作物病蟲害整合管理之應用

余志儒[1,4] 蔡志濃[2] 許北辰[3]

摘要

對於農作物病蟲害的防治，可以運用對環境友善之非化合農藥，結合田間管理、監測等技術，設計出有效可行的整合性管理策略，成功達到完全不用化學合成農藥的蔬果生產目的。首先，從防堵病蟲害入侵設施的主要途徑著手，入侵途徑有五：設施的漏洞、設施內留民 (病蟲害)、介質夾帶、苗的攜帶以及人員機械的攜帶。另外，藉由田間病蟲害監測，及早發現入侵的病蟲害也是重點工作。依據病蟲發生種類與程度、調整適當的方法與強度，掌握防治時機。作物定植後，即應懸掛黃色黏紙，可監測並輔助防治。每週噴佈一次「**植物油混方**」或「**乳化葵花油**」400–500 倍水稀釋液，可減緩白粉病以及較小體形害蟲的坐大。落實預防勝於治療、及早發現及早治療的精神，許多作物的病蟲害管理，真的可以擺脫化學合成農藥。

關鍵詞：非化合農藥、設施、病蟲害整合管理。

前言

利用設施栽培農作物，是期望設施能提供避免不良氣候與病蟲害影響的庇護空間。所以對病蟲害而言，設施也是一種防治方法。設施的結構與樣式繁多，如果防護措施及其管理得當，害蟲方面，至少可以有效防堵蛾蝶類、甲蟲類、椿象類及瓜、果實蠅等體形較大的害蟲進入設施。至於粉蝨、蚜蟲、薊馬、介殼蟲以及害蟎等體形較小的害蟲，則可以減少入侵的數量與延緩發展。病害方面，例如藉病媒昆蟲傳播 (病毒病等)，以及雨水飛濺散佈的病害 (炭疽病等) 的防治，也可以在合適的設施內及良好的管理之下獲得助力。病蟲害入侵設施的途徑歸納後約有五個：1. 設施的漏洞；2. 設施內留民 (害蟲)；3. 介質夾帶；4. 苗的攜帶；5. 人員機械的攜帶。說明如下。

---

1. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。。
3. 行政院農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：jzyu@tari.gov.tw；電話：(04) 23317603。

入侵途徑

1. 設施的漏洞

設施常見的漏洞包括：

(1) 防護不完善：網室設施在著手搭建時，即應考量病、蟲入侵的方式採行有防護效果的設計。以簡易網室為例，防護至少包括門以及週邊兩部份 (余與許 2017 出版中)。**門**：除了拉門，應該再外加兩層交錯重疊如傳統蚊帳 (圖 1) 的紗網。重疊的寬度以及覆蓋到地面的長度都要足夠，避免日久會有邊緣捲曲的情況，影響防護效果。**週邊**：為防止害蟲、螞蟻、蛇、鼠等由設施的週邊牆角進入，可利用深埋紗網、塑膠、木片，甚或砌築女兒牆等在牆角做隔絕，若能兼有堵水功能更佳 (圖 3)，可因應淹水處理的需求。



圖 1. 門禁：除原有的拉門，另加兩層交錯重疊覆蓋的紗網 (仿蚊帳)。



圖 2. 牆角的紗網長度應加長，並埋入土中。



圖 3.橡膠片圍繞牆角。

(2) 破洞：設施的任何破損，都是漏洞。一有破損，要及時修補或換新 (圖 4)。延誤修補即是提供病、害蟲入侵的機會。另外，防雨效果良好的設施屋頂，在藉由雨水飛濺而散播的病害防治上，例如炭疽病 (*Colletotnichum* sp.)、蘆筍莖枯病 (*Phoma asparagi* Sacc) 等 (Elena 2007; Penet et al. 2014; Yang et al. 1990)，有重大影響。

(3) 接縫：以太子樓為例，太子樓是設施的散熱結構的其中一種，但在紗網與塑膠布的接軌處 (圖 5)，常有疏忽或不嚴謹的處理。會隨氣流飛翔分散的粉蝨、蚜蟲、薊馬類等小體形害蟲，即使像在太子樓設置在這種高的位置，也是他們入侵的孔道。因此，在設置各種有紗網與塑膠布接軌的地方，務必要求無縫接軌。

(4) 出入習慣：如圖 6，這是最容易被輕忽的環節。工作人員常為了圖方便、通風而門戶大開，害蟲侵入設施內的風險因而大增。如不得已必須洞開門戶，長時間掀開紗網，則必須在完工後，恢復防護紗網，並將設施內淨空所有植物，約經 2~3 週後才能移入或種植作物。此舉在避免洞開門戶期間有害蟲進入後有食物可存活，形成設施內的原住害蟲。



圖 4. 牆面紗網有破洞。

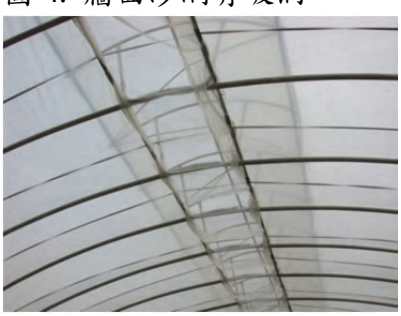


圖 5. 太子樓：紗網與塑膠布交界處應密合。



圖 6. 貪圖方便，門禁不嚴。

2. 設施內原住害蟲

在種植前，有必要進行清場處理。包括：

(1) 清園：前期作的殘留物，包括植株、果實、包裝資材等，雜草則包括園區內及外圍，要徹底的清離園區或掩埋。

(2) 淹水處理：能將田區整個淹沒，就有機會滅除殘存的病、蟲。通常害蟲的蛹期較能抗逆境。所以，淹水的時間要長過害蟲的蛹期 (表 1)，若再加上化蛹前的靜止期 (劉 1881；歐陽 1994；陳與張 1997；黃與陳 2004；陳等 2013；Zain-ul-Aabdin et al. 2014)，以及羽化後成蟲無食物但可能存活數日等，淹水的時間能在 2–3 星期以上較為可靠，秋冬季節還要更長。淹水期間，不要有活的植物體露出水面，避免害蟲有苟延殘喘的機會。

3. 介質夾帶

包括客土與有機肥料等，最常發現的有土傳病原、金龜子幼蟲以及土中化蛹的害蟲等。高溫土壤消毒，例如熱水、蒸汽及曝曬等雖有相當程度的效果，但能慎選客土與有機肥料的來源才是上策。

4. 苗的攜帶

如果不是直播種植，通常是先行育苗，再定植於本田。苗的來源無論是自行育苗或購自專業育苗場，苗植體上都極有可能已有病原或害蟲棲息。因此，在定植之前的苗必須要有去除病、蟲的處理，以避免苗將之攜帶進入設施。針對病害，可以用「波爾多液」 (4-4 式或以上，廖 2005，圖 7A)，針對小體形害蟲，如棉蚜、銀葉粉蝨、二點葉蟎、神澤葉蟎、多食細蟎等 (余 2012；余與陳 2009a, b；余與許 2016)，可以用「植物油混方」(圖 7B) 進行浸苗處理，可大幅清除苗株上的病原與害蟲。「植物油混方」浸苗處理及其注意事項如下：

表 1. 六種可於土中化蛹的害蟲各齡期發育所需時間

害蟲	季節	卵(日)	幼蟲(日)	蛹(日)	參考文獻
東方果實蠅	夏季	1–2	6 –10	6 –10	劉玉章 1981
斜紋夜蛾	25℃	3.0	16–17	11–13	歐陽盛芝 1994
黃條葉蚤	冬季	6.0–7.1	20.4	9.8	陳與張 1997
	夏季	3.0–4.3	10.5	4.0	
南黃薊馬	15–30℃	10–3.5	10.8–3.7	9.1–3.1	黃與陳 2004
小黃薊馬	20–32℃	4.2–9.7	3.9–8.2	1.7–3.5	陳怡如等 2013
瓜實蠅	27 ± 2℃	3.0	5.6	8.8	Zain-ul-Aabdin et al. 2014

(1) 濃度：200–300 倍水稀釋液。

(2) 時間：整株苗，可連介質、植缽完全浸入 (圖 8A)。1 秒已有效果，延長浸漬時間有藥害風險。

(3) 藥害測試：先取少量苗，浸漬「植物油混方」200 倍水稀釋液 1 秒鐘，浸後靜置 48 小時，確保無藥害反應，才可大量處理。

(4) 其他：浸苗處理應在苗進入設施之前進行，處理後盡快移入設施內。

「波爾多液」的浸漬方法，除處理時間須依作物別另行測試斟酌外，餘皆與植物油混方的處理相同。「波爾多液」主要為表面殺菌，在病原未侵入植物體內前處理效果最佳。另外，「波爾多液」應先處理，靜置於陰涼處，苗株面的藥液風乾後再行「植物油混方」浸苗處理。

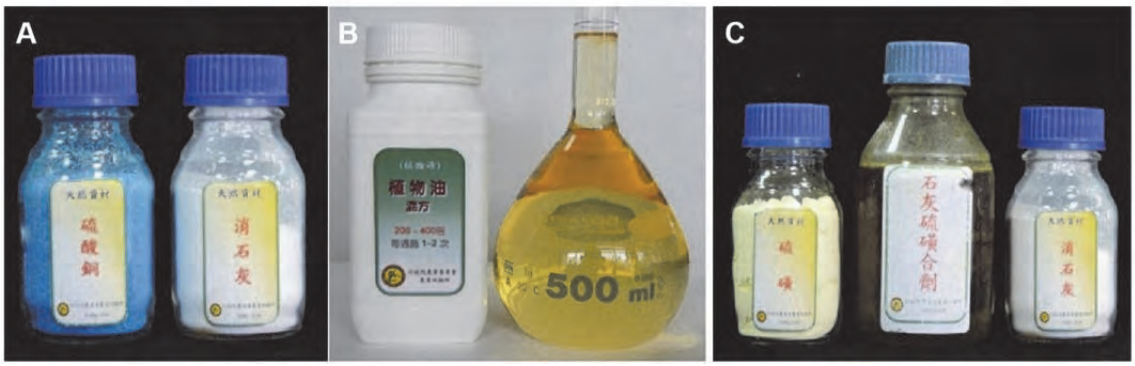


圖 7. (A)波爾多液；(B)植物油混方；(C)石灰硫磺合劑。

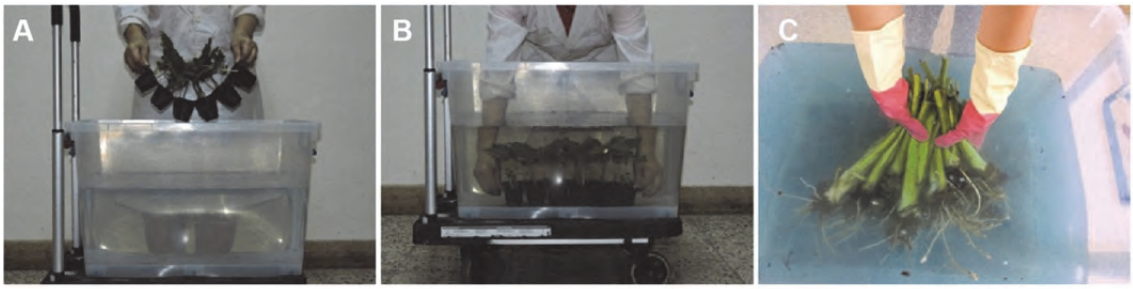


圖 8. 浸苗處理：(A)在設施外進行，育苗盤略折彎，以防苗飄浮；(B)完全浸入約 1 秒鐘，立即移出。處理後，盡快移入設施內。(C)「波爾多液」在設施外進行浸苗處理，須帶防護手套。

5. 人員機械的攜帶：

藉由動物、人類及機具的攜帶，是害蟲遷移的方式之一。所以，避免人員、械具在進出設施時，尤其在行進路上 (圖 9)，切勿接觸到雜草，而將雜草上的病、蟲帶入設施。所以，務必將在人員機具行進途中的雜草完全清除。

預防工作除了從入侵管道防堵之外，應該還包括田間監測與預防性施用非農藥。藉由田間蟲害監測，可以及早發現入侵的害蟲，依據監測得的病蟲發生種類與程度，調整適當的方法與強度，適時掌握防治時機。監測分二部份，一為懸掛黃色黏紙 (圖 10)，作物定植後即應儘快懸掛，既可監測又能輔助防治。二為田間採樣調查，於栽植期間，無論田區面積大小，每塊田區取 5 個樣點，每個樣點取 5 個葉片或其他部位、或 5 株 (圖 11)，以目測認為被害最嚴重的為取樣目標。如此，雖會高估田間病蟲程度，但能即時發現病蟲在田間立足的時間點，及時加強防治，符合及早治療的精神。另外，預防性的每週噴佈一次「植物油混方」400－500 倍



圖 9. 切勿在人員、械具行進的路上有雜草。

水稀釋液、「石灰硫磺合劑」 (廖 2005，圖 7C) 400–500 倍水稀釋液，可減緩蚜蟲、害蟎、銀葉粉蝨等較小體形害蟲以及常見真菌性病害的立足與坐大。當發現害蟲有產卵或產若蟲，或微小病徵時 (圖 12)，即使調查得的為害度尚小，但已可判斷該病蟲害已經立足，族群準備大量擴展，應當開啟強力防治作為，防患於未然。預防勝於治療，就是多在細微處用心著眼，許多作物的病蟲害管理，真的可以擺脫對化學合成農藥的依賴。



圖 10. 懸掛黃色黏紙，可監測並輔助防治。

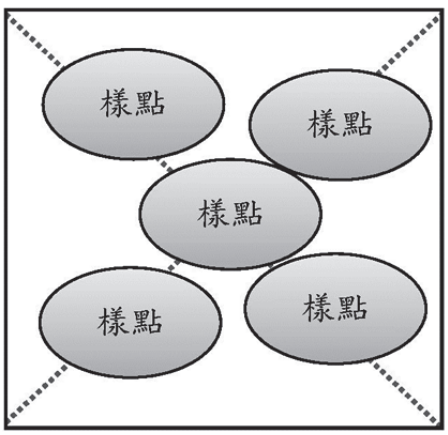


圖 11. 田間監測：取最嚴重的部位調查。



圖 12. 發現害蟲有產後代，表示已經立足。左圖棉蚜、右圖二點葉蟎。

引用文獻

余志儒。2012。以草莓害之安全管理為例—談植物油混方之策略應用。技術服務季刊。92(4):24–27。

余志儒、陳炳輝。2009a。乳化大豆油對棉蚜 (同翅目：常蚜科) 之致死效果。台灣農業研究。58:265–272。

余志儒、陳炳輝。2009b。三種植物油對二點葉蟎之致死效果。台灣農業研究。58:136–145。

余志儒、許北辰。2016。種苗浸漬乳化棕櫚油對神澤氏葉蟎的防除效果。台灣農業研究。65:439–443。

余志儒、許北辰。2017。預防勝於治療：害蟲防治從害蟲侵入設施的 5 個主要途徑的防堵做起。技術服務季刊：出版中。

陳文雄、張煥英。1997。黃條葉蚤之生態、危害習性與防治。台南區農業專訊。19:12–14。

陳怡如、林鳳琪、邱一中、石憲宗。溫度對檬果小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 發育與繁殖之影響。台灣農業研究 62:351–359。

黃莉欣、陳秋男。2004。溫度對茄葉上南黃薊馬生活史特徵之影響。植物保護學會會刊。46:99–111。

廖龍盛。2005。石灰硫磺合劑，p.349-353。實用農藥。得力興業股份有限公司出版。

廖龍盛。2005。波爾多，p.330-336。實用農藥。得力興業股份有限公司出版。

劉玉章。1981。臺灣東方果實蠅之研究。中興大學昆蟲學報。16:9–26。

歐陽盛芝。1994。斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (F)) 的生命表。中華昆蟲 14:183–205。

Elena, K. 2007. Asparagus diseases. The Euro. J. Plant Sci. & Biotech. 1: 76–83.

Penet, L., S. Guyader, D. Pe'tro, M. Salles, and F. Bussie`re. 2014. Direct Splash Dispersal Prevails over Indirect and Subsequent Spread during Rains in *Colletotrichum gloeosporioides* Infecting Yams. PLoS ONE 9: 1–15.

Yang, X., Madden, L. V., Wilson, L. L., and Ellis, M. A. 1990. Effects of surface topography and rain intensity on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum.* Phytopathology 80:1115–1120.

Zain-ul-Aabdin A., N. Baloch, K. N. Hussain, and S. Q. Ahmed. 2014. Effect of natural and artificial diets on the life history parameters of melon fruit fly *Bactrocera Cucurbitae.* J. Biol. Agri. and Healthcare 4:144–150.

The Utilization of Non Synthetic Chemicals for Crops IPM in Net House

Jih-Zu Yu[1,4], Jih-Nong Tsai[2], Pei-Chen Hsu[3]

Summary

For the pests control on crops, we can use friendly non synthetic chemicals, combined farm management, field monitoring and other technologies to design a workable integrated pests management (IPM) strategies. Achieve the purpose of producing fruits and vegetables without synthetic pesticides. The first, by preventing the pest invasion ways that are five: loopholes on net house, Resident pests, The foreign medium, Carried by seedlings and Carried by human and farm tools. In addition, by field monitoring, early detection of invasive pests is also the focus of work. According to the species and abundance of pests, the appropriate control methods and intensity can be adjusted to work in time. Hanging yellow sticky paper after planting can play monitoring and assisted control. The powdery mildew and smaller body size pests as aphids, spider mites, silver leaf white fly etc. will be slow down if spray "vegetable oil mixture" or "emulsified sunflower oil" 400-500 folds of water dilution weekly. However, all of above acts are intended to fulfill the spirit of prevention rather than treatment, early detection and early treatment. The synthetic pesticides can be really gotten rid of in many crop pests management.

Key words: Non Synthetic Chemicals, IPM, Net House.

1. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Associate Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw; Fax: 886-4-23317603.

分子生物技術加速高適應性彩椒之選育

王昭月 [1,5] 王怡雯 [2] 林大鈞 [3] 林鳳琪 [4]

摘要

番椒 (*Capsicum annuum*) 涵蓋所有甜椒及部分辣椒商業品種；典型的番椒果實顏色為綠色或紅色(後熟果色)，但基於營養與美味，新興彩色甜椒已成為新寵。鑒於目前經濟生產的商業品種不具耐熱特性，在台灣平地進行設施周年生產的品質與產量低落。本研究利用多樣性種原，經純化與雜交育種技術，取得生長勢較佳之雜交種，進行周年生產能力評估，選拔高適應性之新品系。為因應早期選種或雜交種檢測目標，同時亦開發出多個果色、辣味分子標誌；並建置花粉保存與活力檢測技術，提升高適應性雜交種之選種效率。

關鍵詞：分子生物技術、高適應性、彩色番椒

前言

番椒 (*Capsicum* spp.) 是茄科 (Solanaceae) 蔬菜作物或香辛類作物。典型的番椒果實是紅色，但基於營養與美味需求，使色彩豐富的彩色甜椒 (*C. annuum*, 以下簡稱為彩椒) 也廣受歡迎。依據前人研究顯示番椒的老祖宗就是辣椒；但作為蔬菜用途的大果形甜椒 (英名俗稱為 bell 或 blocky)，則是十九世紀的產物，它的栽培歷史少於 400 年 (紀錄於前哥倫布時期：1864–1928 年)，最初的栽培地區為墨西哥 (Bosland & Votava 1999；Perry 2011)。有鑒於番椒的演化歷程久遠，所具備的生物多樣性高， 蒐集具有耐逆境等優良特性之野生種，已成為現代耐逆境、高適應性彩椒育種上不可或缺的重要材料 (Kraft *et al.* 2013)。

近二十年間分子生物技術進步神速，在農業上已實際應用分子標誌 (markers) 進行：(1) 品種鑑定 (Prince *et al.* 1995)、種質遺傳歧異度 (germplasm diversity) 分

1. 行政院農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
3. 行政院農委會農業試驗所生物技術組聘用副研究員。台灣 台中市。
4. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。。
5. 通訊作者，電子郵件：dagin@tari.gov.tw；電話：(04) 23317353。

析、遺傳純度 (genetic purity) 分析；(2)特定性狀連鎖圖譜之建構並輔助選種 (Paran *et al.* 2004；Minamiyama *et al.* 2006；Lee *et al.* 2009)；(3)選殖並檢定特定功能性基因 (Minamiyama *et al.* 2006)。

利用核酸序列標誌進行遺傳分析具備多項優點：(1) 以 DNA 作為分析樣品，在各個組織、各個發育時期均可檢測，具有早期、快速篩選特定性狀的效益 (Rodriguez-Maza *et al.* 2012)；(2) 高訊息的序列標誌，可延伸至種間、種內多作物之遺傳分析 (Potis *et al.* 2007)；(3) 利用共顯性分子標誌 (co-dominance marker)，可鑑別出特定性狀的基因型為同質或異質基因型，適合目標性狀選種與遺傳分析 (Wyatt *et al.* 2012)。以簡單重複序列 (simple sequence repeat, SSR) 標誌為例，其分析方法簡便，已普遍應用於多種植物或作物之遺傳分析 (Kumpatla & Mukhopadhyay 2005；Yi *et al.* 2006)。

高適應性彩椒育種目標

目前經濟栽培的彩椒商業品種，源自歐美的種苗公司所選育，生長的適溫範圍 21–27℃，不具耐熱特性，較適合溫室栽培生產 (Erickson & Markhart 2002)。依據 FAO 統計，全球番椒栽培面積和生產總量係以亞洲 (亞熱帶、熱帶地區) 為主，占番椒總生產量 60%或以上。但鑑於氣候劇烈變遷和全球性暖化趨勢，亟需因應高溫等逆境因子，選育高適應性的彩椒，提供生產之需。

高適應性彩椒育種的實施策略，是利用高生產力的番椒種原以及果形、果色優美的彩椒進行雜交，以選育出具有雜交優勢的高適應性雜交種。高適應性的選種目標包含 (1) 提高果實著果的溫度範圍 20–35℃；(2) 篩選具有半停心性的生長習性，提供省工栽培 (少除側芽)；(3) 篩選早生型雜交種，由播種到果實採收日數為 90 天以下 (day after seeding, 簡寫為 90 DAS)，有助於逃避逆境；(4) 篩選生長勢強健，果實採收期可延續 4 個月或以上；並單株產量 1 公斤以上，單株果實數 10 個以上等高生產力品系。

提供高適應性雜交育種的親本，常來自小型果的野生馴化種 (果實重量普遍低於 50 g) ，故雜交 F_1 的果實傾向中型或小型果 (單果重約 150g–50g)，有別於現行的商業大果品種 (果重 200 公克以上)。但依照目前的消費型態，這種中、小型果，尚可符合一次食用多色蔬果之需求，可提供小家庭或個人料理食用。

彩椒核心種原與高適應性雜交組合之評估

因應耐熱性彩椒育種研究，本所於 1997 年至 2006 年期間，自亞蔬中心引進近 400 份的番椒種原，另收集來自歐美的商業品種、OP (open pollination) 品種等，歷經多年、多期作的園藝特性調查與遺傳歧異度分析(依據外表型與分子標誌分析)，篩選可採種之高生長勢品系，建立 250 個番椒核心種原。此番椒核心種原包含 7 種果色 (紫、黃、橘、褐、紅、乳白、蘋果綠)，7 種果形：bell、cayenne、cherry、squash、paprika、pimento、wax。核心種原的來源地區涵蓋 15 個國家 (包含義大利等歐洲 8 個國家；巴西；哥斯達黎加；美國；加拿大；澳洲；蘇聯與台灣等)，部分材料為地方品種 (OP 彩椒品種)。接續再藉由這些番椒核心種原材料，進行高生產力、早熟性、耐逆境 (耐病、耐熱) 等高適應性彩椒品系之選育。

高適應性彩椒核心自交系之建立

利用 250 個番椒核心種原，在 2005–2009 年期間，進行多期作 (含秋-冬期作) 的園藝性狀調查並自交純化，篩選取得 36 個生長勢較高的彩椒自交系 (自交 8 代以上，S8) 。此 36 個彩椒自交系，仍具有果實多樣化特質，包含 7 種果色 (紫、黃、橘、褐、紅、乳白、蘋果綠)、5 種果形 (bell、squash、paprika、pimento、wax)，或早熟性 (播種至採收日數低於 95 天) 等；此外，部分品系特具有耐白粉病等耐逆境潛力。36 個自交系經初步的耐熱性篩選，評估指標為夏季期作的果實產量，篩選條件為單株果實數量 5 個以上，單株產量 250 公克或以上；合計篩選出 18 個生長勢較強 (或具耐熱潛力) 的核心自交系。此 18 個核心自交系的果實多樣化近似 36 個高生長勢較之自交系，仍包含 7 種果色 (紫、黃、橘、褐、紅、乳白、蘋果綠)、5 種果形 (bell、squash、paprika、pimento、wax)，早熟性 (播種至採收日數低於 95 天) 等。

建構高適應性彩椒雜交組合與性狀評估

利用 18 個核心自交系作為親本，於 2012–2017 年期間陸續建構 57 個雜交組合，並進行各雜交組合的園藝性狀調查與周年生產力評估。所建構的各雜交組合至少接受 2 個年度 3–4 個期作 (包含 2 個夏季期作) 的園藝性狀調查，以及產量穩定性評估。配合耐熱性選種目標，參考前人研究 (Reddy & Kakani 2007) 另建立熱

逆境下的花粉發芽活力分析或葉綠素螢光分析 (圖 1、圖 2) 等生理指標，以輔助雜交系與高適應性自交系之耐熱性評估。

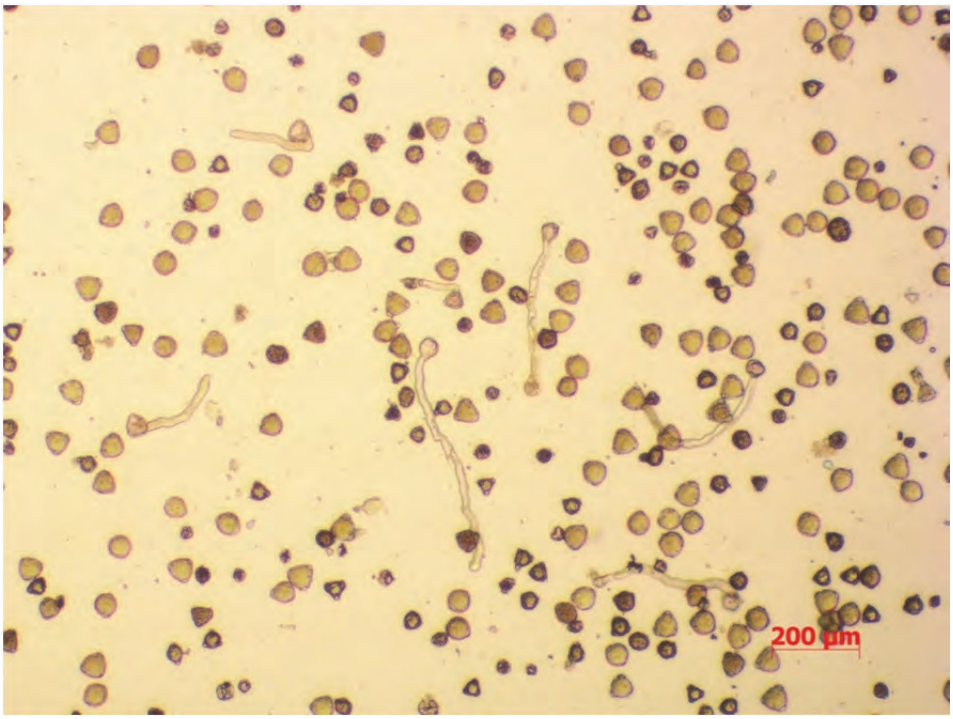


圖 1. 具耐熱潛力的彩椒雜交系‘0441’夏作(2016/08/15)的花粉發芽能力鏡檢。



圖 2. 利用葉綠素螢光評估彩椒在熱逆境下之光合效能。

經初步篩選獲得 8 個中、小型果 (單果的平均重量 80–100 公克) 之雜交系，具有高生產力表現 (圖 3)。以 7 吋盆栽的產量評估其 4 個月採收期的單株產量為 880–1,300 公克，平均每株 10 果以上。此外也以商業品種為對照，進行多期作的慣行栽培模式與產量穩定性評估 (圖 4)。

以上高適應性的雜交組合 (含耐熱性親本) 除進行多期作的產量評估，亦配合安全生產與永續農業生產目標，自 2015 年起開始使用天然資材或天敵防治害蟲等綜合防治方式，進行周年 (雙期作) 之生產評估，期兼顧果實經濟價值並減少農藥使用，建立友善的農業生產模式。

分子育種技術加速彩椒選種效率

參考前人有關番椒基因組之研究與茄科核酸序列資訊 (Kumpatla & Mukhopadhyay 2005；Yi *et al.* 2006；Wang & Bosland 2006；Ince *et al.* 2010)，合成 500 對 SSR 引子組，經測試、篩選計取得 323 對 SSR 引子組，符合預期之 PCR 產物且易於判讀，據此進行 36 個高生長勢自交系之遺傳歧異度分析，並提供建構雜

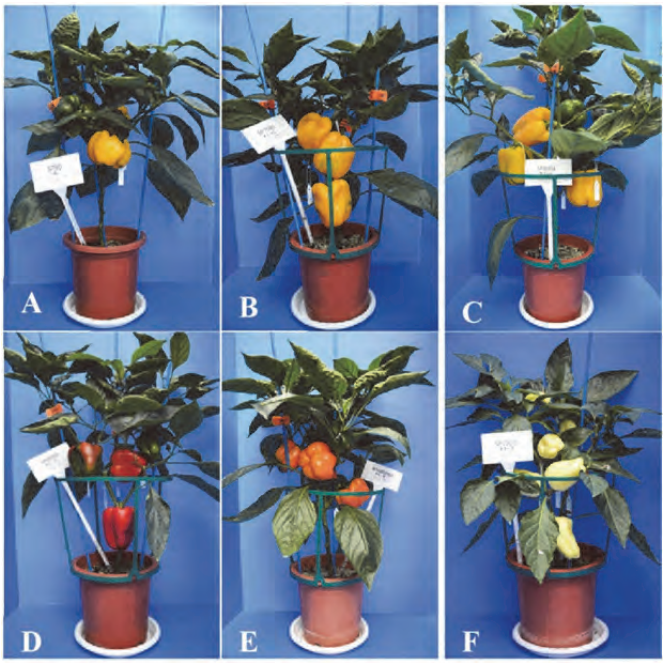


圖 3. 高產彩椒自交系(A)80；高產的新雜交系：(B) 20×80；(C) 80×04；(D) 60×80； (E) KM×80；以及 (F) 乳白果色早生系 100×31 的結果情形。



圖 4. 高適應性的彩椒雜交系‘10404’夏作(2016/06)田間的結果情形。

交組合之遺傳背景分析。此外，又利用篩選獲得之 18 個高適應性自交系間具多型性的 SSR 引子組，提供做為雜交組合檢定之用。另針對彩椒果實重要性狀，如辣味、果色或果形等，建立輔助選種之分子標誌，以提供苗期進行特定性狀之篩檢，加速選種之效益。(圖 5、圖 6)

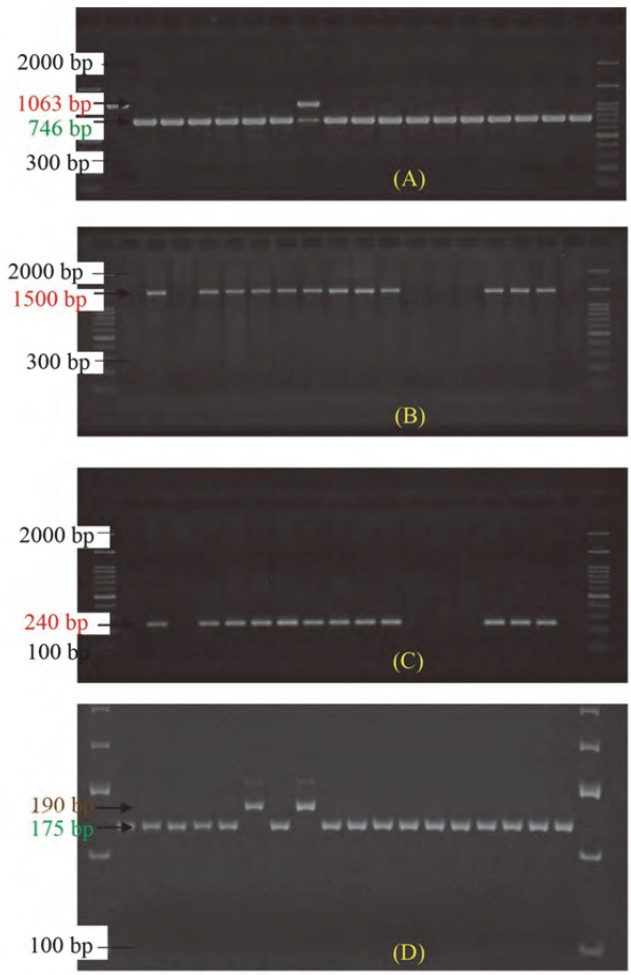


圖 5. 番椒 18 個自交系 (依序為 4、19、20、31、40、41、44、46、60、63、71、80、96、98、100、102、103、104)，分別進行(A)辣味缺失基因標誌 *pun1*[1] 分析；(B) ,(C)紅果色基因標誌 *CCS*_1500bp 和 *CCS*_240bp 分析；(D)以 SNP-CAPS 標誌(*CaSGR+FokI*) 進行橄欖綠色(或褐色)果色之基因型分析與圖譜。

註： (A) 具有 *Pun1*[1]_ 1063 bp 片段有辣味， *pun1*[1]–746 bp 為辣味缺失；(B) 出現 *CCS*_1500bp 或(C)*CCS*_240bp 片段為紅色番椒；缺失 *CCS*_1500bp 或 *CCS*_240bp 片段為黃果(D)出現 SNP-CAPS 標誌(*CaSGR+FokI*)_190 bp 的後熟果色為橄欖綠色或褐色，而 (*CaSGR+FokI*)_175 bp 的綠果會在後熟期間退綠，呈現出黃果或紅果之外表型。

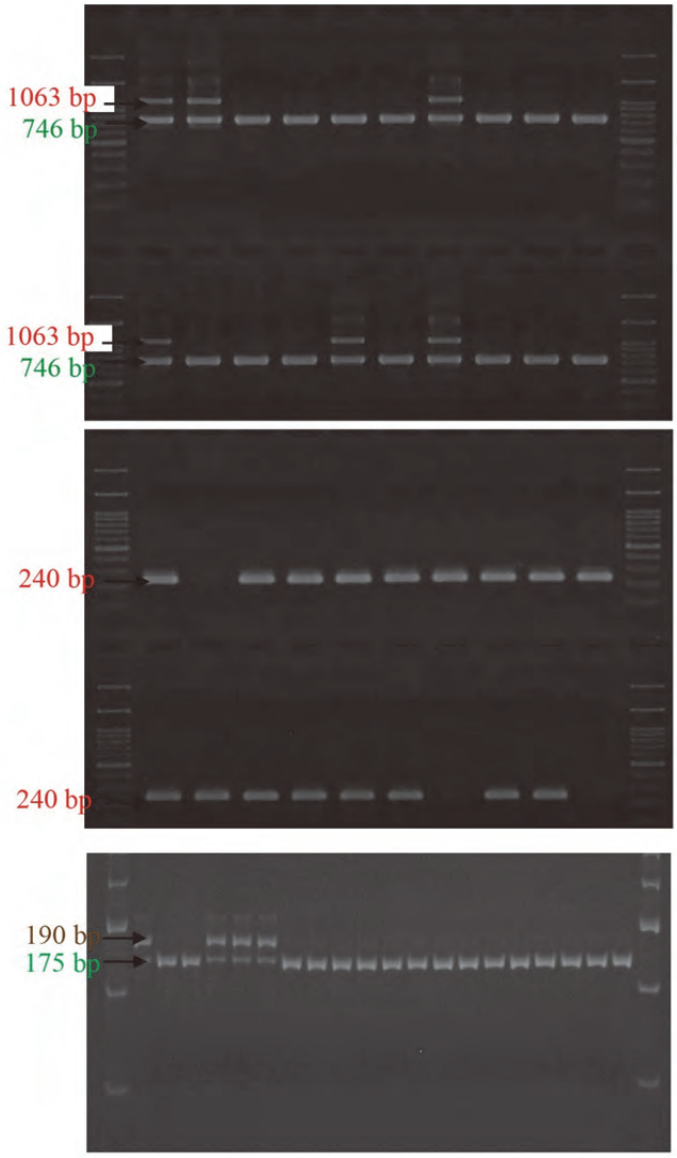


圖 6. 番椒 20 個 F_1 雜交系(4×41、4×98、19×98、41×31、41×40、41×98、60×4、60×31、60×40、60×98、63×4、63×31、63×40、98×31、100×4、100×98、104×4、104×40、金明星、北極星)，分別進行(A)辣味缺失基因標誌 *pun1*^{1} 分析；(B)紅果色基因標誌 *CCS*_240bp；(C) 以 SNP-C APS 標誌(*CaSGR+FokI*) 進行橄欖綠色(或褐色)果色之基因型分析圖譜。

註： (A) 出現 *Pun1*^{1}_ 1063 bp 和 *pun1*^{1}–746 bp 異質結合型具有辣味，僅 *pun1*^{1}–746 bp 為辣味缺失；(B)出現 *CCS*_240bp 片段為紅色番椒，缺失 *CCS*_240bp 片段為黃果；(C)具 SNP-CAPS 標誌(*CaSGR+FokI*)_190 bp,175 bp 異質結合型或僅(*CaSGR+FokI*)_175 bp，其果實在後熟期間葉綠素會降解，呈現出黃果或紅果之外表型。

辣味基因缺失之分子標誌輔助甜椒之選種

針對耐逆境的辣椒和果形、果色優質的甜椒進行之雜交後裔，或回交育種的後裔族群之辣味基因分析；參考前人辣味基因研究 (Stewart et al. 2005 ；Rodriguez-Maza *et al.* 2012) ，經篩選建立 2 個 InDel marker (*pun 1*[1] 與 MAP1)，可提供彩色甜椒 (為辣味缺失基因型) 後裔之檢測。而合併利用辣味基因 *Pun 1* 共顯性標誌，以及 *pun 1*[1] 隱性基因標誌，則可區分出具有辣味的雜交後裔為異質結合型或同質結合型，此利用於苗期篩選，可加速甜椒之選種效率。

番椒果色基因標誌輔助彩椒之選種

參考番椒果色基因，建立特定果色的基因標誌，可輔助特定果色的彩椒之選種 (Popovsky & Paran 2000；Efrati *et al.* 2005；Borovsky & Paran 2008)。控制番椒 (*C. annuum)* 成熟果轉紅的 *Y* (或稱為 y^+) 基因，位於 6 號染色體，為顯性基因。y^+ 與辣椒紅素 (capsanthin) 生合成的關鍵基因 *Ccs* (capsanthin-capsorubin synthase) 連鎖；若 *Ccs* 基因缺失 (deletion)，則表現黃果。黃果基因型簡稱為 *y*，為隱性基因 (Thorup *et al.* 2000；Popovsky & Paran 2000)。

而 *SGR* 基因調控葉片老化過程的葉綠素崩解，或後熟果實的葉綠素降解。Borovsky 與 Paran (2008) 發現番椒 *CaSGR* 基因發生單鹼基 (single nucleotide) 的錯義突變 (missense mutation)，導致第 114 個胺基酸由 W (tryptophan)→R (arginine)，使後熟果實的葉綠素不降解 (此基因型為 *sgr,* stay green)，與簡稱為 *cl* (chlorophyll retainer) 基因具相同表現；為隱性基因。*cl* 與 *Y* (或稱為 y^+) 基因同時存在時，果色表現為褐色且後熟果色不轉紅；*cl* 與 *y* 基因同時存在，則果色呈現橄欖綠且後熟果色不轉紅。參考番椒果色調控基因訊息，建立輔助彩椒苗期選種之分子標誌，可加速特定果色之選種效率。

依據 2014 年至 2016 年的前期研究,建構並利用 5 個特定的雜交 F_2 族群各 200 株以上，合計 1000 個以上的 F_2 後裔樣品，建立可用於紅果色 (*Y* 基因型) 分析的 SCAR (sequence characterized amplified region) 標誌，此即參照關鍵基因 *Ccs* 設計並篩選獲得 *Ccs*_1490 bp 、*Ccs*_240 bp 兩個分子標誌，可用以檢測紅果彩椒。

另利用番椒葉綠素降解之關鍵基因 *CaSGR*，設計可用以檢測葉綠素不降解 *cl* 基因型之 *CaSGR*_dCAPS (derived cleaved amplified polymorphic sequences) 標誌。經測試 2 個特定的雜交 F_2 族群各 200 株以上，合計 413 個 F_2 後裔樣品，已取得分

子標誌 *sgr*_195 bp，可用於檢定橄欖綠果色或褐色果等彩椒。

以上建立的辣味與果色之分子標誌，已實際利用於現行回交育種的後裔族群，進行特定果色之苗期選拔，可加速目標果色之彩椒選種效益。

結論

歸納近代番椒 (*C. annuum*) 品種改良的演進，多數著重於果實性狀的改變。以彩椒為例：主要的選種目標為多樣化的果色與果形；其次為果實風味 (香氣)、果肉厚度和固形物含量 (或乾製率) 等量的提高。而目前鮮食蔬菜用途的甜椒之選育目標，仍以果色多樣化、大果和提高可溶性固形物 (Brix) 等為訴求；但針對具有耐逆境潛力 (含耐熱、耐旱、耐病蟲等) 的野生種原之利用，乃至進一步開發高適應性彩椒 F_1 雜交品種，仍未見顯著之成效。目前農試所有跨單位的育種團隊，針對具耐熱潛力的種原進行純化並利用於雜交組合之建構，再以多年、多期作綜合性評估，篩選出高適應性之雜交系，以提供夏季或高溫環境下生產之利用。另利用篩選獲得的高適應性雜交系，嘗試結合天然資材與害蟲天敵等綜合防治方式，期減少化學農藥施用，維護生態安全，並建立友善的農業生產模式。

誌謝

本研究承蒙農委會農糧領域科技計畫 (103–105 年度) 之經費補助，謹此致謝。

引用文獻

Borovsky Y. and I. Paran. 2008. Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene. Theor. Appl. Genet. 117:235–240.

Bosland, P.W. and E. Votava. 1999. Peppers: Vegetable and Spice *Capsicums*. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

Efrati, A., E. Yoram, and I. Paran. 2005. Molecular mapping of the chlorophyll retainer (*c1*) mutation in pepper (*Capsicum* spp.) and screening for candidate genes using tomato ESTs homologous to structural genes of the chlorophyll catabolism pathway. Genome 48:347–351.

Erickson, A. N. and A. H. Markhart. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant, Cell and Environment

25:123–130.

Ince, A. G., M. Karaca, and A. N. Onus. 2010. Differential expression patterns of genes containing microsatellites in *Capsicum annuum* L. Mol. Breeding 25:645–658.

Kraft, K. H., J. J. Luna-Ru´z, and P. Geptss. 2013. A new collection of wild populations of *Capsicum* in Mexico and the southern United States. Genet. Resour. Crop Evol. 60:225–232.

Kumpatla, S. P., and S. Mukhopadhyay. 2005. Mining and survey of simple sequence repeats in expressed sequence tags of dicotyledonous species. Genome 48:985–998.

Lee, J. M., S. H. Nahm, Y. M. Kim, and B. D. Kim. 2004. Characterization and molecular genetic mapping of microsatellite loci in pepper. Theor. Appl. Genet. 108:619–627.

Lee, H., I. Bae, S. Park, H. Kim, W. Min, J. Han, K. Kim, and B. Kim. 2009. Construction of an Integrated Pepper Map Using RFLP, SSR, CAPS, AFLP, WRKY, rRAMP, and BAC End Sequences. Mol. Cell 27:21–37.

Lefebvre, V., M. Kuntz, B. Camara, and A. Palloix. 1998. The capsanthin-capsorubin synthase gene: a candidate gene for the *y* locus controlling the red fruit color in pepper. Plant Mol. Biology 36: 785–789.

Paran, I., J. R. van der Voort, V. Lefebvre , M. Jahn, L. Landry, M. van Schriek , B. Tanyolac, C. Caranta, , A. Ben Chaim , K. Livingstone, A. Palloix, and J. Peleman. 2004. An integrated genetic map of pepper (*Capsicum* spp.). Mol. Breeding 13:251–261.

Perry, L. 2011. Ethnobotany. In: Russo,` V. M. (ed.) Peppers: botany, production and uses. CABI, Cambridge, pp.1–13.

Popovsky, S. and I. Paran. 2000. Molecular genetics of the y locus in pepper: its relation to capsanthin-capsorubin synthase and to fruit color. Theor. Appl. Genet. 101: 86–89.

Minamiyama, Y., M. Tsuro, and M. Hirai. 2006. An SSR-based linkage map of *Capsicum annuum*. Mol. Breeding 18:157–169.

Minamiyama, Y., M. Tsuro, T. Kubo, and M. Hirai. 2007. QTL Analysis for resistance to *Phytophthora capsici* in pepper using a high density SSR-based map. Breed. Sci. 57:129–134.

Potis, E., I. Nagy, Z. Sasvári, A. Stágel, L. Barchi, and S. Lantari. 2007. The design of *Capsicum* spp. SSR assays via analysis of in silico DNA sequence, and their potential utility for genetic mapping. Plant Sci. 172: 640–648.

Prince, J. P., K. L. Vincent, A. Carmichael, R. B. James, and M. K. Molly. 1995. A survey of DNA polymorphism with the genus *Capsicum* and the fingerprinting of pepper cultivars.

Genome. 38:224–231.

Reddy, K. R. and V. G Kakani. 2007. Screening *Capsicum* species of different origins for high temperature tolerance by *in vitro* pollen germination and pollen tube length. Sci. Hort. 112:130–135.

Rodriguez-Maza, J., A. Garces-Claver, S. Park, B. Kang, and M. S. Arnedo-Andes. 2012. A versatile PCR marker for pungency in *Capsicum* spp.. Mol. Breeding 30:889–898.

Stewart, C. Jr, B.C. Kang, K. Liu, S.L. Moore, E.Y. Yoo, D. Kim, I. Paran, M. Mazourek, and M. Jahn. 2005. The *Punl* gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. Plant Journal 42:675–688.

Thorup, T. A., B. Tanyolac, K. D. Livingstone, S. Popovsky, I. Paran, and M. Jahn. 2000. Candidate gene analysis of organ pigmentation loci in the Solanaceae. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97:11192–11197.

Yi, G., J. M. Lee, S. Lee, D. Choi, and Byung-Dong Kim. 2006. Explotiation of pepper EST-SSRs and an SSR-based linkage map. Theor. Appl. Genet. 114:113–130.

Wang, D.L., and P. Bosland. 2006. The genes of *Capsicum*. Hortscience 41:1169–1187.

Wyatt, L. E., N. T. Eannetta, G. M. Stellari, and M. Mazourek. 2012. Development and application of a suite of non-pungency markers for *Pun1* gene in pepper (*Capsicum* spp.). Mol. Breeding 30:1525–1529.

Acceleration of High Adaptability of Color Pepper Breeding by Molecular Biotechnology

Jau-Yueh Wang[1,5], Yi-Wen Wang[2], Da-Gin Lin[3], Feng-Chyi Lin[4]

Summary

Peppers (*Capsicum annuum*) include all sweet pepper and some of chili varieties. The classic fruit color of pepper is green or red (ripening fruit color); however, the color peppers have become more and more popular in the markets based on their nutrition and flavor. Due to without heat-tolerant of commercial varieties, the yield and quality of year-round production in the facilities are poor in Taiwan. In this study, we have obtained the hybrids with better growth vigor from diverse germplasms through the techniques of purification and crossing. At the same time, the molecular markers linked with fruit color or pungency were also developed for the early selection of germplasms or hybrids. The techniques of pollen preservation and vitality investigation were also established for improving the efficiency for the selection of highly adaption hybrids.

Key words: Molecular biotechnology, High adaptability, Color pepper.

1. Assistant Researcher, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Assistant Researcher, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher Fellow, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: dagin@tari.gov.tw; Tel: 886-4-23317353.

作物病毒病害診斷鑑定

鄭櫻慧 [1,5] 陳金枝 [2] 周建銘 [3] 鄧汀欽 [4]

摘要

植物病毒曾造成作物的重大損失，與其他植物病原不同，病毒病害無法以農藥加以防治，目前以抗病育種、健康種苗和防治媒介昆蟲為重要病害管理方法。觀察病徵加以分類判斷是何種病害是病害診斷的第一步，但大部分的病毒病害不易從病徵判斷感染的病毒種類，需要進行檢測，才能診斷係何種病毒感染造成病害。生物檢定法 (bioassay) 是最早應用作為植物病毒診斷與鑑定之技術為，接著有利用電子顯微鏡 (electron microscopy) 觀察感病植物體內的病毒顆粒為直接之鑑定。50 年代末期科學家開始利用抗血清檢定法 (serological methods) 進行病毒病的鑑定與診斷，至今仍為病毒診斷與鑑定的主要技術。血清檢定法的應用包含免疫擴散法 (immunodiffusion)、免疫漬染法 (immunoblotting)、組織壓片法 (tissue printing)、螢光免疫法 (immunofluorescence)、 酵素連結免疫法(ELISA)、西方漬染法 (Western blotting) 及免疫試紙 (immunostrip) 等。除了利用抗體所進行之診斷方法外，近年也盛行核酸鑑定法 (nucleic acids methods)，例如核酸發生雜合法 (hybribization)、聚合酵素聯鎖反應 (polymerase chain reaction , PCR)、即時-聚合酵素聯鎖反應 (real time-PCR)、生物晶片 (biochip) 與恆溫環狀擴增反應 (loop-mediated isothermal amplification, LAMP)等。

關鍵詞：病毒、抗血清檢定法、核酸鑑定法。

前言

病毒由核酸包括去氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA) 或核糖核酸 (ribonucleic acid, RNA) 及蛋白質外鞘所組成之活體，其核酸於寄主細胞內利用其生合成系統進行複製繁殖並合成特有的鞘蛋白，再組合成一完整之病毒顆粒，其

1. 行政院農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
3. 行政院農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
4. 行政院農委會農業試驗所植物病理組研究員。台灣 台中市。
5. 通訊作者，電子郵件：yhcheng@tari.gov.tw；電話：(04) 23317517。

外形有桿狀、絲狀及球形等。感染植物的病毒稱為植物病毒，目前已知的植物病毒約有 1000 種以上，危害穀類、蔬菜、花卉、果樹等作物與觀賞植物等。植物病毒學家曾票選近年 10 大重要病毒 (Rybicki 2015)，台灣常見的番茄斑萎病毒 (Tomato spotted wilt virus, TSWV) (Yeh et al. 1992; Zheng *et al*. 2010)、番茄黃化捲葉病毒 (Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV) (Jan *et al.* 2007; Tsai *et al.* 2011)、胡瓜嵌紋病毒 (Cucumber mosaic virus, CMV) (鄧 2011) 與馬鈴薯 Y 病毒 (Potato virus Y, PVY) 都榜上有名，其中 TYLCV 和甜瓜黃斑病毒(Melon yellow spot virus, MYSV) (與 TSWV 同一病毒屬) (Chen 2008) 更是引起設施栽培中重要的病毒病害。除了 TYLCV 及 MYSV 之外，南瓜捲葉菲律賓病毒 (Squash leaf curl Philippine virus, SLCPHV) (Liao *et al.* 2007; Tsai *et al.* 2007) 及瓜類褪綠黃化病毒 (Cucumber chlorotic yellows virus, CCYV) (Tseng *et al*. 2009; Huang *et al.* 2010) 也是近年來常見於設施栽培由粉蝨傳播的病毒病害。

病毒侵入寄主植物之後，絕大部分造成系統性感染，在根、莖、葉，花及果實均有病毒存，也對其造成影響，如葉片呈現嵌紋、斑駁、皺葉、捲葉、黃化、褐化、壞疽斑、輪斑、條斑、簇葉，腫瘤或是節間縮短植株矮化，花瓣變色枯萎，果實品質劣變、脫落或縮小畸形等，嚴重者亦有生長停頓、枯萎或整株死亡。但是也有些植物感染病毒後並不顯現病徵，呈現潛伏性感染。目測觀察是判別是否為病毒病害最直接的方法，但病毒感染造成的病徵受季節與環境的影響，常因栽培管理與氣候條件不同，病徵嚴重程度不同。而同一病毒在不同作物或不同品種上的病徵往往不盡相同。有時病徵相似，但卻由不同病毒感染引起。尤其在田間常有複合感染的狀況發生，因此不容易以肉眼直接判斷為何種病毒危害，往往需要配合其他檢測方法進行診斷。茲將植物病毒常見的診斷方法 (詹 2002; Webster *et al*. 2014) 簡介如下：

生物診斷法 (Biological methods)

利用機械接種或嫁接等方式，使病毒感染指示植物。常見的指示植物包括紅藜(*Chenopodium amaranticolor*)、奎藜 (*C. quinoa*)、煙草 (*Nicotiana benthamiana*) 等。但此檢定方法必須有足夠的溫室空間和維護管理的人工，而且操作者必須有一定的經驗，否則檢定結果之成功率可能會造成誤判。可以利用機械接種的病毒如前述的 CMV、TSWV 及 MYSV 等，利用接種指示植物法的注意如指示植物的

齡期、金剛砂的粗細、緩衝接種液用量、研磨液至於冰上與接種後水洗葉面等注意事項以增加接種成功率。

無法機械接種的病毒如 SLCPHV 及 CCYV 等，則利用嫁接或靠接指示品種，觀察病徵加以判別。

生化診斷法 (Biochemical mehtod)

生化診斷法指光學顯微鏡觀察法或組織化學染色法。有些病毒感染後，植物細胞內形成特有的內含體 (inclusion body)，私下葉片表皮，加以染色與褪色後，即可以高倍光學顯微鏡觀察寄主細胞內形成之內含體，內含體的形狀可作為判別依據 (陳 2001)。

電子顯微鏡觀察法 (Electron microscopy)

電子顯微鏡是觀察罹病植株是否有病毒顆粒作為判斷依據，另外，配合專一性抗體之應用之免疫電顯觀察法，也能提升電顯的敏感度。利用電子顯微鏡鏡檢最大的好處是可以直接觀察到病毒顆粒，但若未觀察到病毒顆粒不代表無病毒存在。又可分為直接陰染法(Direct negative staining)與免疫電顯觀察法(Immuno-specific electron microscopy, I S E M）。

血清檢定法(Serological methods)

常用的抗血清檢定法包括免疫擴散法 (SDS-immunodiffusion test)、酵素連結免疫法 (ELISA) 及免疫漬染法 (immunoblotting test)、免疫試紙 (immunostrip) 及石英晶體微量免疫感測器 (Quartz-Crystal-Microbalance immunosensors, QCMI) 等檢定方法。抗血清的來源可由實驗室自行製備或購自商業公司。實驗上常以純化的病毒、純化的鞘蛋白或病毒基因的表現蛋白作為抗原，免疫白兔或小鼠製備抗血清。

免疫擴散法雖然靈敏度不高，但由反應帶出現的位置、數目，以及反應帶間有否交錯，可以判斷不同檢體與抗原之間的異同。在抗原與抗體擴散相遇處會形成白色反應帶，若無相對病毒存在則無反應帶出現。

免疫漬染法為簡化的檢查方法，步驟是將檢體葉片捲成筒狀，刀片橫切後所得新鮮切面壓印在硝酸纖維膜上，與抗血清反應，再用酵素連結二次抗體反應後，浸入酵素基質溶液，若有呈色表示為陽性反應。

免疫試紙利用 1 次與 2 次抗體夾心方式的免疫膠體金層析技術，屬於一步式固相膜反應。試紙被滴加樣品溶液後，溶液中的抗原隨溶液爬行至結合墊處，與其中的膠體金標記抗體 1 反應形成紅色的抗原抗體複合物，然後繼續層析移動向前。在觀察窗口的檢測線處，紅色免疫複合物中的抗原被此處預先包被抗體 2 捕獲並截留下來，隨著紅色複合物截留量增多，逐漸形成一條紅線，因此根據紅色 T 線的出現即可判定樣品溶液為陽性。目前已有商業化生產此類試劑套組。

目前應用於植物病毒檢測以 ELISA 敏感度佳、結果重現性高、可以快速處理大量樣本等優點，在偵測上應用最為普遍，詳細操作方法及緩衝液配製方法如參考文獻 (Clark 1977)。

石英晶體微量免疫感測器原理與 ELISA 類似，以鍍膜的石英晶體取代 ELISA 的聚苯乙烯微量盤，利用質量負載(Mass-Loaded)原理，藉由生物辨識層的薄膜，利用分析儀器準確辨識出被偵測的病毒抗原的濃度，在蘭花病毒檢測上已有成功的報告 (Eun *et al*. 2002)。

分子診斷法 (Molecular mehtods)

分子診斷法包括核酸探針雜配法 (DNA probe hybridization) 與聚合酶連鎖反應法 (polymerase chain reaction, PCR) 兩大類。核酸檢查法雖然比 ELISA 敏感，但是技術門檻及成本費用也相對較高。核酸探針雜配法操作方法與免疫漬染法相近，利用與病毒核酸互補的一段核酸片斷做為試劑使其與供測病毒核酸發生雜配(hybribization) 反應，其反應之結果以放射性或非放射性物質加以偵測出來。以 DNA 為偵測的對象稱為南方漬染法 (Southern blotting)，北方漬染法 (Northern blotting) 以 RNA 為偵測對象，點狀漬染法(Dot blot hybridization)不經過電泳分析，直接將樣品核酸點在膜上，進行雜合。偵測之抗體改為核酸探針，核酸探針聯結 DIG、Biotin 等，作為後續呈色之用。生物晶片(Biochip) 將數千甚至數萬個點(spot)-探針(probe)，以高密度方式植在約拇指大小之晶片，利用互補核酸結合等特性做到同時大量偵測反應效果。

聚合酶連鎖反應利用 Taq 聚合酶自 DNA 模板擴增一小段已知的 DNA 片段，以 RNA 為模板時需先經反轉錄成爲互補 DNA，再以此爲模板透過 PCR 進行 DNA 複製，稱為 **r**everse **t**ranscription-**PCR** (**RT-PCR**)。PCR 另有各種變體: touchdown PCR：前幾循環溫度逐漸下降；multiplex PCR：在同一個反應中使用多組引子；nested

PCR：先用低特異性引子擴增幾個循環以增加模板數量，再用高特異性引子擴增；real-time PCR： Real-time PCR 或稱 Quantitative PCR (Q-PCR)是一種藉著 PCR 操作協助定量 DNA or RNA (進行 RT-PCR) 濃度的方法。跟傳統 PCR 不同之處在於前者可經由光學系統去監測反應中產物量(螢光物質)的變化而反應在電腦上，後者則必須等反應結束後再進行洋菜膠體電泳分析。目前 Real-time PCR 螢光系統可大致分為「非探針型」及「探針型」2 種。非探針型為在反應中加入會與雙股 DNA 嵌合而釋放螢 光的物質，目前最常使用的為 fluorescence DNA binding dye SYBR Green，在 PCR 反應的過程中，隨著雙股 DNA 含量的增加，與 DNA 結合的 SYBR Green 亦增加，螢光訊號即隨之增加。探針型的原理為利用 PCR 產物的序列來設計一段互補的核酸探針，並在探針的兩端結合上兩能階相差很多的螢光物質，稱為 Reporter 及 Quencher，若探針在游離態時，由於 Reporter 及 Quencher 交互遮蔽使其不發光，當 DNA 被複製時，此探針被酵 素水解後，Reporter 與 Quencher 分離 ， Quencher 失去其遮蔽效應導致 Reporter 發光而被偵測到。如果不是複製標的產物，探針就不會雜合到核酸上，也就不會 釋放出螢光。使用探針系統，具有較好的專一性，且可以藉由不同的螢光波長及探針的配合，對於同一樣本同時進行多目標偵測 (multiplex detection)。

相較於 PCR 需要 3 個溫度循環以上的控溫儀器， 重組聚合酶增幅 (Recombinase Polymerase Amplification, RPA) 只需要單管，等溫聚合的增幅技術。RPA 是要作為分子診斷技術開發的幾種等溫核酸擴增技術之一，包括 Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) ， Strand displacement amplification (SDA)，Helicase-dependent amplification (HDA)及 Nicking Enzyme Amplification Reaction (NEAR) 等，這些技術提供了快速檢測時間，恆溫的簡化儀器，與高靈敏度等優點，適合田間就地偵測。

上述檢測方法有些已商業化產品，有些在實驗室研發階段，未來會有更準確快速方便的檢測方法仍持續被開發出來，許多過去認為只適用於實驗室的方法，在可見的未來將會陸續被突破，希望日後病毒診斷與鑑定工作將更快速正確有效率。

設施栽培常見的病毒病害

台灣利用設施栽培蔬菜已行之有年，以常見的 32 目防蟲網構成的設施可以有效阻絕大部份害蟲入侵，因此此類設施中發生的害蟲，多數是粉蝨及薊馬等體型

小的昆蟲及蟎類。銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) 傳播為害瓜類的南瓜捲葉病毒 (*Squash leaf curl Philippines virus*, SLCPHV)、瓜類褪綠黃化病毒 (Cucumber chlorotic yellows virus, CCYV) 及為害茄科作物的番茄捲葉病毒 (Tomato leaf curl virus, TLCV)、番茄黃化捲葉病毒(*Tomato yellow leaf curl* Thailand *virus*, TYLCTHV)；薊馬傳播 *Tospovirus* 屬的病毒，設施中常見如危害瓜類的甜瓜黃斑病毒 (Melon yellow spot virus, MYSV) 及危害茄科的 TSWV、CaCV (Huang *et al*. 2010)及 Pepper chlorotic spot virus (PCSV)(Cheng et al. 2014)，往往造成農民嚴重的損失。相較於 *Tospovirus* 屬病毒以血清檢定法為主 (Chen *et al*. 2010)，屬於雙生病毒科豆類黃金嵌紋病毒屬的 SLCPHV、TLCV 及 TYLCTHV 以核酸檢定法為主 (Cheng *et al*. 2015)，最常見的非 PCR 莫屬，可以利用單一 PCR 或複合 PCR 進行檢測，以瓜類為檢測對象時，還可以與 CCYV 進行複合 RT-PCR，同步偵測 (圖 1)。

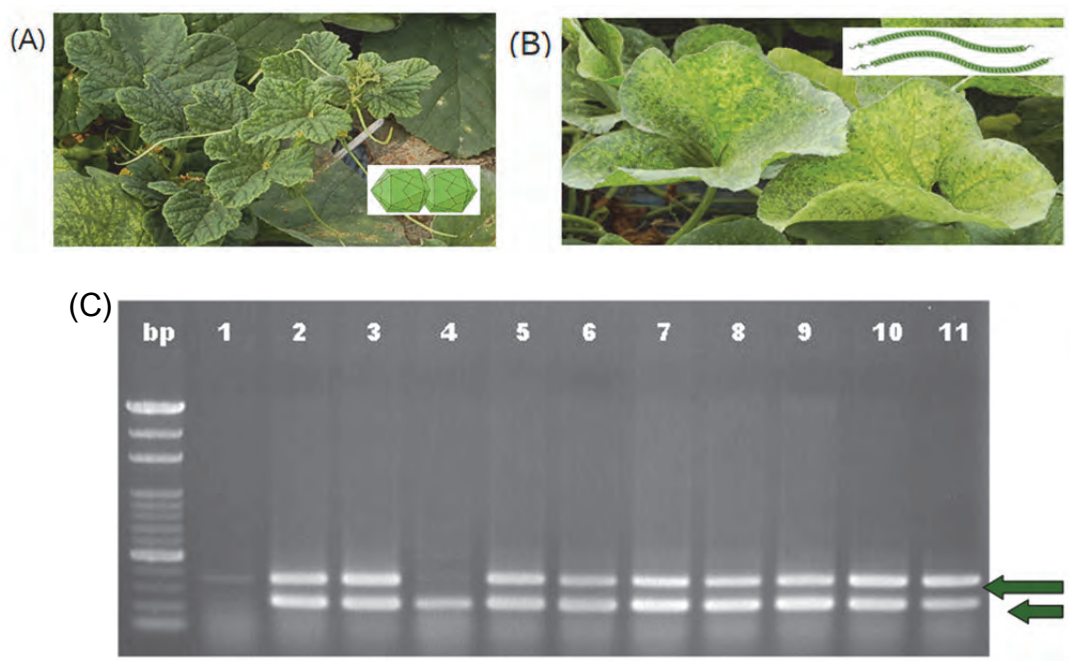


圖 1. 粉蝨媒介傳播的南瓜捲葉病毒 (A)，瓜類褪綠黃化病毒之病徵 (B) 及利用複合 RT-PCR 檢測 (C)。

Fig. 1. Symptoms caused by *Squash leaf curl Philippines virus* (SLCPHV)(A) or *Cucurbit chlorosis yellows virus* (CCYV) which were transmitted by whitefly efficiently. Detection of SLCPHV and CCYV on cucurbitaceae samples by duplex RT-PCR (C), amplified fragments from SLCPHV (upper) and CCYV (lower) were indicated by arrow.

病毒病害防治

病毒病害診斷鑑定的方法日新月異，但病毒病害目前仍無法以藥劑防治，預防勝於治療為病毒病害管理的主要方法。以下 5 點相關工作都可以達到防治效果：(1)使用健康種苗：幼苗期最容易感染病毒，在育苗期應加強媒介昆蟲，尤其針對蚜蟲、粉蝨及薊馬之管理。(2) 使用抗病品種：栽培抗病品種為最經濟有效防治病害手段之一。目前已培育許多番茄捲葉病的抗病品種，栽種抗病品種減低媒介昆蟲粉蝨的防治壓力。(3) 合理化施肥：施肥培管理，提供適合作物生長的健康環境，可使植物生長正常，植株強健而增加植物抵抗力。多施有機堆肥，增加植株生長勢，亦可減輕被害程度。(4) 田間衛生：拔除病株，勿使留置田間成為感染源。清除田間雜草，避免媒介昆蟲滋生於其上。(5) 媒介昆蟲管理：合理、有效及安全使用推薦用藥防治媒介昆蟲，或是利用設施栽培，隔離媒介昆蟲。採收期則可選擇天然植物保護資材或天敵來防治媒介昆蟲，減少病害發生 (林 2017; Jones 2006)。

雖然設施栽培有效發揮隔離大型害蟲的效果，但卻因其內高溫多濕、通風不良或光線不足等特殊環境，使薊馬或粉蝨等小型害蟲如更易孳生。因此在從事設施內作物病害防治時，須妥善採用各種栽培防治法、農藥及非農藥防治法等技術，才不會傷害人體健康、造成環境污染與農藥殘留，在社會大眾關注農產品安全的現在更為重要。

參考文獻

林鳳琪、陳怡如、鄭櫻慧、許秀惠。2017。建立設施番茄病蟲害綜合管理及安全生產模式。農業害蟲管理暨食安把關研發成果研討會專刊: 53–56。

陳慶忠、曹淑麗、徐惠迪。2001。利用光學顯微鏡、電子顯微鏡及血清學技術診斷洋桔梗壞疽病毒。植物病理學會刊 10:105–114。

詹富智、盧耀村、陳慶忠。2002。植物檢疫病毒偵測技術。植物重要防疫檢疫害蟲診斷鑑定研習會 (二) pp.35–52.

鄧汀欽。2011。三十年來台灣瓜類病毒病害的流行趨勢演變。農作物害蟲及其媒介病害整合防治技術研討會專刊 pp.147–164。

Chen, T. C., Y.-Y. Lu, Y.-H. Cheng, C.-A. Chang and S.-D. Yeh. 2008. Melon yellow spot virus in watermelon: a first record from Taiwan. Plant Pathology 57:165.

Chen T. C., Y. Y. Lu, Y. H. Cheng, J. T. Li, Y. C. Yeh, Y. C. Kang, C. P. Chang, L. H. Huang, J. C. Peng and S. D. Yeh. 2010. Serological relationship between Melon yellow spot virus and Watermelon silver mottle virus and differential detection of the two viruses in cucurbits. Archives of Virology, 155:1085–1095.

Cheng, Y. H., H. C. Lin, and F. C. Lin. 2015. Development of primers for survey of whiteflies carrying leaf curl disease causing agents of muskmelon. J. Taiwan Agric. Res. 64:135–144. (in Chinese with English abstract)

Cheng, Y. H., Zheng, Y. X., Tai, C. H., Yeh, J. H., Chen, Y. K. and Jan, F.J. 2014. Identification, characterisation and detection of a new tospovirus on sweet pepper. Ann Appl Biol 164, 107–115.

Clarke, M. F. and A. N. Adams. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. J. Gen. Virol. 1977: 34, 475–483.

Eun, A. J.-C., L. Huang, F.-T. Chew, S. F.-Y. Li and S.-M. Wong. 2002. Detection of two orchid viruses using quartz crystal micro-balance (QCM) immunosensors. J. Virol. Methods: 71–79.

Huang C.-H., Y.-X. Zheng, Y.-H. Cheng, W.-S. Lee and F.-J. Jan. 2010. First report of capsicum chlorosis virus infecting tomato in Taiwan. Plant Disease 94:1263.

Huang, K. S., C. H. Tai, Y. H. Cheng, S. H. Lin, T. C. Chen and F. J. Jan. 2017. Complete nucleotide sequences of M and L RNAs from a new pepper-infecting tospovirus, Pepper chlorotic spot virus. Arch Virol 162: 2109–2113.

Huang, L. H., H. H. Tseng, J. T. Li and T. C. Chen. 2010. First Report of Cucurbit chlorotic yellows virus Infecting Cucurbits in Taiwan. Plant Dis. 94, 1168.

Jan, F. J., S. K. Green, S. L. Shih, L. M. Lee, H. Ito, J. Kimbara, K. Hosoi, and. W. S. Tsai. 2007. First report of *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* in Taiwan. Plant Dis. 91:1363.

Jones, R. A. C. 2006. Control of plant virus Diseases. Adv. In virus Research 67:205–224.

Liao, J. Y., C. C. Hu, T. K. Lin, C. A. Chang, and T. C. Deng. 2007. Identification of Squash leaf curl Philippines virus on Benincasa hispida in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 16:11-18.

Rybicki, R. T. 2015. A Top Ten list for economically important plant viruses. Arch Virol 160:17–20

Shih S. L., W. S. Tsai, L. M. Lee, J. T. Wang, S. K. Green and L. Kenyon. 2010. First report of Tomato yellow leaf curl Thailand virus associated with pepper leaf curl disease in Taiwan. Plant Disease 94: 637.

Tsai, W. S., S. L. Shih, S. K. Green, and F. J. Jan. 2007. Occurrence and molecular

characterization of *Squash leaf curl Phillipines begomovirus* in Taiwan. Plant Dis. 91: 907.

Tsai, W. S., S. L. Shih, L. Kenyon, S. K. Green, and F. J. Jan. 2011. Temporal distribution and pathogenicity of the predominant tomato-infecting begomoviruses in Taiwan. Plant Pathol. 60: 787-799.

Tseng, H. H., T. C. Chen and L. H. Huang. 2009. Diagnosis and identification of a new emerging crinivirus on cucurbits. Plant Prot. Bull. 51: 132. (Abstract in Chinese)

Webster, C. G., S. J. Wylie and M. G. K. Jones. 2004. Diagnosis of plant viral pathogens. Current Ssience 86: 1607–1607.

Yeh S.-D., Y.-C. Lin, Y.-H. Cheng, C.-L. Jih, M.-J. Chen and C.-C. Chen. 1992. Identification of tomato spotted wilt like virus infecting watermelon in Taiwan. Plant Disease, 76: 835–840.

Zheng Y.-X., C.-H. Huang, Y.-H. Cheng, F.-Y. Kuo and F.-J. Jan. 2010. First report of Tomato spotted wilt virus in sweet pepper in Taiwan. Plant Disease, 94: 920.

Diagnostic Methods for Plant Virus Diseases

Ying-Huey Cheng[1,5], Chin-Chih Chen[2], Chien-Ming Chou[3], Ting-Chin Deng[4]

Abstract

Plant viruses cause major losses to several agricultural and horticultural crops around the world. Unlike bacterium and fungus pathogens, there are no chemical methods available to control viruses and, consequently, the current measures rely on resistant breeding, healthy seedlings and control insect vectors to manage the viral diseases. Diagnostic methods for detection and identification of viruses are not reliable based only by symptomatology since many factors may affect the appearance of visible symptoms so that it is necessary to apply some more sensitive techniques to diagnosis or identify viral diseases. The first technology used to diagnose and identify plant viruses is bioassay, followed by electron microscopy. In the late 50's, scientists began to use serological methods for the identification and diagnosis of viral disease, still were the major technology for virus detection. In addition to the diagnostic methods performed by antibodies, nucleic acids methods have also been prevalent in recent years. It is expected that more detection methods will be developed in the future so that virus diagnosis and identification is no longer a complicated task. These advances will help to ensure that plant quarantine, disease-resistant breeding and disease management are implemented accurately and essential for sustainable agricultural development.

Key words：Virus, Serological methods, Nucleic acids methods

---

1. Associate Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Assistant Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: yhcheng@tari.gov.tw; Tel:886-4-23317517.

應用嫁接根砧生產設施番茄

王三太[1] 許秀惠[2,3]

摘要

番茄是世界性作物，全球栽培面積依據 FAO 統計，2014 年達到 476 萬公頃，茄科蔬菜僅次於馬鈴薯 (1920 萬公頃)，高過辣 (甜) 椒 (392 萬公頃) 與茄子 (187 萬公頃)。設施番茄栽培在溫帶地區可有效維持適合生長與結果溫度，達到終年栽培，減少細菌性斑點病、青枯病、晚疫病、葉黴病等病害。設施栽培番茄通常採用養液與土耕栽培，而養液栽培為提高產量與增加果實大小會採嫁接方式；歐洲為提高番茄甜度與風味，會在養液中加入鹽，但加入鹽，會降低產量，而嫁接適當根砧品種可以提高耐鹽性與產量。溫帶地區設施中採用土耕栽培會有黃萎病 (Verticillium wilt)、萎凋病 (Fusarium wilt)，根瘤線蟲、白絹病等問題，若嫁接適當番茄根砧，可以克服。日本的研究發現嫁接時要特別注意根砧與接穗對菸草嵌紋病毒病 (TMV) 的抗性必需一致，否則會有系統性壞疽問題，且嫁接不同的根砧，可能影響黃化捲葉病毒病 (TYLCV) 的抗性。台灣與歐美、日本不同的是我們少發生黃萎病與萎凋病的問題，但青枯病是台灣與熱帶、亞熱帶地區生產番茄的共同且重要的限制因子，歐洲的番茄根砧品種不抗青枯病，日本雖有抗青枯病的番茄根砧，但抗性不如茄子根砧，台灣採用嫁接 'EG203'茄子根砧來解決番茄不抗青枯病與不耐淹水的問題，鳳山熱帶園藝試驗分所育成 '鳳試雜交根砧 3 號'茄子根砧嫁接番茄，不僅在露天栽培抗青枯病、耐淹水，且在設施內較 'EG203' 平均增產 20%。2016 年已專屬授權國內業者，2017 年開始推廣應用。

關鍵詞：番茄、青枯病、根砧、育種。

前言

番茄是世界性作物，全球栽培面積依據 FAO 統計，2014 年達到 476 萬公頃，茄科蔬菜僅次於馬鈴薯 (1920 萬公頃)，高於辣 (甜) 椒 (392 萬公頃) 與茄子 (187

1. 行政院農委會鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系研究員兼系主任。台灣 高雄市。
2. 行政院農委會鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系研究員兼系主任。台灣 高雄市。
3. 通訊作者，電子郵件：shhseu@fthes-tari.gov.tw；電話：(07)7310191 轉 301。

萬公頃)。依據 2004 年報告，設施栽培包括大型塑膠布溫室、小型塑膠布，隧道棚與玻璃溫室三種，設施栽培面積已達到 161 萬公頃，全球有 68 萬 7 千公頃是大型塑膠布溫室，88 萬 6 千公頃小型隧道溫室與約僅有 3 萬 9 千公頃玻璃溫室，其中最大栽培面積在亞洲，又以中國的塑膠布溫室的 38 萬公頃占全世界塑膠布溫室 55%最多，而小型塑膠布隧道棚，中國有 60 萬公頃，占全世界的 75%，亦是最多，依據 2004 年報告，亞洲除中國外，日本的 5 萬 1 千公頃與南韓 4 萬 4 公頃塑膠布溫室較多，歐洲則以義大利的 6 萬 2 千公頃與西班牙 4 萬 6 千公頃的塑膠布溫室較多；小型隧道棚除中國外，日本的 5 萬 4 千公頃，土耳其 2 萬 7 千公頃，法國 2 萬公頃，意大利 1 萬 9 千公頃，埃及 1 萬 8 千公頃與西班牙 1 萬 5 千公頃較多。而玻璃溫室則以荷蘭 1 萬 1 千公頃最多，意大利 6 千頃，西班牙與土耳其皆 5 千公頃 (Peet &Welles 2005)。世界溫室蔬菜栽培面積，至 2015 年的估算，約 47 萬 3 千 公 頃 (http://www.hortidaily.com/article/23258/Global-greenhouse-vegetable-area-increased-14-procent-over-2015)，世界設施番茄栽培面積並沒有確切數據，但美國溫室番茄已增加至 1 萬公頃,每公頃產量由露天的 50 噸改為溫室而增加至 250–600 噸。而墨西哥因為戶外每公頃 50 噸，改為溫室而提高至 400 噸，顯示番茄栽培已漸漸由露天改為溫室種植，因此溫室面積逐年增加(http://www.cropscience.bayer.com./en)。

嫁接番茄根砧-溫帶的故事

果菜類蔬菜以嫁接方式克服土壤病害，最早是在亞洲應用 (Lee *et al*. 2010)，90 年代推廣至歐洲，目前在亞洲、歐洲、中東、北非、中美皆有採用嫁接方式栽培果菜類蔬菜，90 年代日本有 60%，韓國有 81%採用嫁接，日本有 5 億苗嫁接，而其中番茄採用嫁接比例,依序為摩洛哥 (75%)、荷蘭 (50%)、日本 (48%)、土耳其 (25%)、韓國 (15%)、以色列 (15%)、希臘 (2–3%)，嫁接的栽培面積依序為西班牙 (4500 公頃)、法國 (2800 公頃)、義大利 (1200 公頃)、塞普路斯 (170 公頃)。(Yassia & Hsussen 2015)。瑞士番茄嫁接苗使用普通，甚至家庭園藝也用，幾乎 100%嫁接；荷蘭主要用嫁接的作物為番茄與茄子，估計約 2 千 5 百萬株 (Michel *et al*. 2015)。

目前歐洲番茄根砧品種使用最多的為‘Maxifort’ (De Ruiter Seeds)，除此之外尚有‘Eldorado’ (Enza Zaden)、‘Beaufort’ (De Ruiter Seeds)、‘Big Power’ (Rijk Zwaan)，但嫁接的單價較未嫁接貴 50–100%，所以通常採雙幹整枝栽培 (Peet & Welles

2005)。其他在歐洲使用的番茄根砧包括‘He-Man’、‘Unifort’、‘Natalya’、‘Spirit’等品種，其中 *Solanum lycoperscium* x *S. hirsutum* 的種間雜交包括‘Beaufort’與‘He-Man’。

嫁接番茄根砧後對番茄的優點如下：

一、提高產量

日本次世代設施園藝檢討專門委會委員長 Higashide 檢討日本設施番茄與荷蘭設施番茄的產量差異，荷蘭由 80 年代的每年每平方公尺 30 公斤進步到 2005 年為 60 公斤，日本則維持 30 公斤未進步，主要原因有兩部分，日本重視可溶性固形物，而可溶性固形物與產量為負相關 (Higashide *et al*. 2012)；另一個為使用根砧的差異，日本人桃太郎品種‘Momotaro York’與荷蘭品種‘Gourmet’嫁接在荷蘭根砧‘Maxifort’與日本根砧‘Spike 23’，結果荷蘭根砧‘Maxifort’在兩個接穗品種皆表現較高產量(Higashide *et al*. 2014)。

土耳其的研究人員將 3 個品種番茄嫁接在‘Beaufort’ 與 ‘Arnold’兩種根砧，結果嫁接較未嫁接有較大果實與較高產量，‘Beaufort’較‘Arnold’平均值高，但差異不顯著，‘Beaufort’較未嫁接在 3 種番茄分別增加果重 36%、25%與 37%，產量則增加 50%、11%與 20%，增產效果明顯 (Turhan *et al*. 2011)。

二、提高耐鹽性

歐洲設施番茄為提高甜度與酸度，常在養液中放入氯化鈉，提高電導度(EC)，進而提高風味，以‘Danlela’番茄品種為例，EC2 時，可溶性固形物含量約 4.8，EC6 時提高至約 6.3，EC9 時，提高至 8.0，但每增加 1 個 EC (ds/m)，產量減少 10.5% (Cuartero & Fernández-Muñoz 1999)。將番茄‘Big Dena’嫁接在根砧品種‘Maxifort’來比較嫁接與未嫁接在不同電導度 EC (ds/m)的產量，結果無論嫁接與否，皆隨 EC 提高而降低，但嫁接較未嫁接在不同 EC 皆表現較高產量，而未嫁接 EC(ds/m)1.2 的產量與嫁接 EC(ds/m)8.4 的產量相當，顯示嫁接可提高耐鹽性(Semiz & Suarez 2015)。西班牙的學者以番茄品種‘Moneymaker’為接穗嫁接自根，高甜度根砧‘UC82B’，與耐鹽根砧‘Pera’與 ‘Radja’，以加入 0、25 與 50 Mm 的氯化鈉的養液評估，結果 50mM 氯化鈉，自根嫁接與嫁接‘UC82B’的每株產量約 2500 公克，而耐鹽根砧‘Pera’與‘Radja’則分別約有 3500 興 3200 公克產量，但在可溶性固形物，嫁接自根苗與‘Pera’約 8.3°Brix，而嫁接‘UC82B’與‘Radja’則約有 10°與 9.6°Brix，顯然增加甜度效果明顯，所以透過根砧的選擇，可以兼顧耐鹽性與甜度，

而產量的減少在可接受範圍 (Flores *et al*. 2010)。耐鹽番茄根砧可以提高耐鹽性，主要是減少影響生長的氯與鈉離子至葉片的累積 (Estan *et al*. 2005)。

三、提高耐熱性

以耐熱番茄根砧‘RX-335’嫁接‘Tmknvf2’，比較嫁接與未嫁接在 25℃與 35℃生長情形，結果在 25℃嫁接與未嫁接單株乾物重無差異，但在 35℃嫁接平均乾物重 12.7 公克，高於未嫁接 5.5 公克，所以嫁接適合根砧，有助於提高耐熱性 (Rivero *et al*. 2003)。

四、提高抗病性

歐洲從 2005 年 1 月 1 日禁止土壤燻蒸劑溴化甲烷的使用，其他土壤燻蒸劑也作某一種程度限制，例如邁隆 (Dazomet) 與斯美地 (metham) 限制在同一田三年才能使用 1 次，而且必需報備核准，所以應用抗病根砧來減少土壤病害，變成重要選項，目前針對的土壤病害，包括 Fusarium 真菌引起的萎凋病 (*F. oxysporum* f.sp. *lycopersici,* FOL) 生理小種 2 及生理小種 1，萎凋病 (*F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, FORL)，立枯病 (*Rhizcotonia solani*)，Verticillium 真菌引起的黃萎病(*Verticillium dahliae*) 等，主要抗病根砧品種針對病害在 15 天與 30 天抗性如表 1 所示，其中只有 ‘Maxfort’在 15 天與 30 天抗性苗期對萎凋病生理小種 1 與 2 有抗性，其餘皆是 30 天苗才有抗性 (Colla *et al*., 2012)。

日本利用根砧的歷史很早，日本與韓國為全世界最早利用根砧嫁接栽培的國家(Lee *et al*. 2010)。番茄的根砧主要針對兩種不同生態造成的土壤病害，一種是高溫期容易發生的細菌性病害-青枯病，另一種為涼溫期容易發生的真菌病害-由 *Colletotrichum coccodes* 引起的根褐腐病 (brown root rot)，主要番茄根砧品種對土壤病害抗性如表 2 (Yamakawa 1982)。日本人注意到根砧與接穗對菸草嵌紋病毒 TMV 抗感性不一致，可能導致嫁接後接穗抗病無效，抗感病根砧接穗組合如表 3 (Yamakawa 1982)。

埃及以感番茄黃化捲葉病毒病 (TYLCV) 的品種‘Castlerock’與耐病品種‘TH99806’嫁接‘*S. chilense* LA2779’、‘*S. habrochaites* LA1777’、‘*S. pennellii* LA716’、‘*S. pimpinelifolium* PI211804’等 4 種抗 TYLCV 根砧與感病根砧‘Moneymaker’，結果顯示嫁接抗 TYLCV 根砧的感病接穗品種‘Castlerock’病徵較嫁接感病的根砧品種輕微，初期產量與總產量較未嫁接對照高達 2.5–4 倍，但嫁接抗 TYLCV 根砧對耐 TYLCV 接穗品種‘TH99806’則無效果 (Mahnoud 2014)。

表 1. 不同番茄根砧品種對不同土壤病害在 15 天與 30 天苗齡的抗性反應

Table 1. Resistance levels of different tomato rootstock cultivars inoculated with different soil born diseases in 15 and 30 days seedling.

根砧品種	病原									
	F. oxysporum f. sp. *lycopersici* (FOL) 生理小種 2		*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) 生理小種 1		*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL)		*Rhizcotonia solani* 立枯病		*Veticillium dahlia* 黃萎病	
	15 天[a]	30 天	15 天	30 天	15 天	30 天	15 天	30 天	15 天	30 天
He-Man	R[b]	R	PR	R	R	R	R	R	R	R
Maxfort	R	R	R	R	R	R	PR	R	R	R
Beaufort	HS	R	PR	R	R	R	PR	R	R	R
Unifort	S	R	R	R	R	R	PR	R	R	R
500267	S	R	R	R	R	R	PR	R	R	R
500292	HS	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Natalya	PR	R	R	R	R	R	S	PR	R	R
Spirit	HS	R	PR	R	R	R	PR	R	R	R
—[c]	HS	HS	HS	HS	HS	S	S	S	S	PR

[a] 植物接種時的苗齡。

[b] 抗性反應：抗 (R，發病指數：0-10)；部分抗性 (PR，發病指數：11-30)；感病 (S，發病指數：31-60) 與高感病 (HS，感病指數：61-100)。

[c] 感病番茄對照品種 ‘Cuore di bue’。

表 2. 日本番茄根砧品種對病害的抗性

Table 2. Resistance levels of Japan tomato rootstock cultivars inoculated with different diseases.

類型	根砧品種	青枯病 Bacterial Wilt	根褐腐病 Brown Root Rot	萎凋病 Fusarium Wilt	萎凋病 Fusarium Wilt (FORL)	黃萎病 Verticillium Wilt	根瘤線蟲 Nematode Root Knot	菸草嵌紋病毒 TMV
針對青枯病	BF Okitsul0l	0	×	0	×	×	×	×
	LS 89	0	×	0	×	×	×	×
	PFN	0	×	0	×	×	0	×
	PFNT	0	×	0	×	×	0	0
針對根褐腐病	KNVF Taibyo Shinko No.1	×	0	0	0	0	0	0
	KNVF Tm Signaal	×	0	0	0	0	0	0
	KCFT	×	0	0	0	×	×	0
	Kurogane	×	×	0	×	0	0	×

註：0：抗；×：感。

表 3. 番茄根砧與接穗抗菸草嵌紋病毒病 (TMV) 不同類型嫁接後反應
Table 3. Responses of different tomato grafting scion and rootstock inoculated with TMV.

根砧	接穗		
	感或抗 Tm 類型	抗 Tm-2 類型	抗 Tm-2[a] 類型
感病或抗 Tm 類型	0	△[2)]	×[1)]
抗 Tm-2 類型[5)]	△[4)]	0	0
抗 Tm-2[a] 類型[6)]	×[3)]	0	0

0 正常；×：不要嫁接；△：可能受損。
1) 當根砧感染 TMV，接穗產生嚴重系統性壞疽
2) 症狀類似 1，可能偶而發生
3) 接穗感染 TMV 造成生長停頓，有時會造成嫁接株萎凋
4) 症狀類似 3，可能偶而發生
5) KCFT, PFNT
6) KNVF-Tm-Signaal。

嫁接茄子根砧-熱帶亞熱帶新主張

溫帶地區番茄的黃萎病 (*Verticillium dahliae*)、萎凋病 (Fusarium Wilt) 與根褐腐病在台灣較少見，但青枯病卻是熱帶、亞熱帶低地與高地栽培番茄時的嚴重問題，另一個是淹水問題，這也是台灣或東南亞地區有別於溫帶地區的情境。

台灣就耐熱小番茄而言，約在 11 月中旬產量出來，批發價格由每公斤 100 元降至 40-50 元，隔年 4 月又上升約 70 元，但如果要在 11 月以前與 4 月以後生產耐熱小番茄，勢必面臨了除高溫外的淹水逆境問題，以及可能發生青枯病的問題。設施中常種高品質玉女小番茄，批發價格每公斤常高於 100 元，如何能穩定、長期生產高品質玉女小番茄是個挑戰，但在設施中，除了因連作可能遇到青枯病、線蟲問題外，光線不足，造成容易徒長，因而影響結果率與採收期，進而影響品質，若嫁接抗青枯病茄子根砧，可以解決上述的問題。

青枯病之危害在世界各熱帶、亞熱帶地區極為普遍。在中國，長江流域及以南地區造成茄子減產 20-30%，嚴重時達 50-60% (李等 2006)；在廣東地區田間茄子青枯病平均罹病率為 10-30%，嚴重時達 60% 以上 (佘等 2011)，是茄子栽培的一大挑戰(Li *et. al*. 1988; 封林林等 2000; 周運瑤等 2015)。華南地區青枯病普遍危害番茄產區，尤常見於大棚和連作田區，植株死亡率普遍在 10–40%間，嚴重者高達 80%，造成番茄減產 30% - 50%，甚至絕收(郭&莫 2009; 張素紅 2015)。在印

度番茄發生青枯病也很普遍，死亡率在 10% - 100%，造成 0 - 91 % 的產量損失 (Kishun 1987)。美國 Goth 等報告指出青枯病曾造成北加州茄子 50% 產量損失，菲律賓的呂宋島中部則因青枯病造成茄子 30-80% 產量損失 (Opina & Miller 2005)。在台灣，青枯病已是栽植茄科作物的一大限制因子，尤其是在台灣夏季的中南部地區，青枯病發生普遍，造成茄科作物的損失約可達每公頃新台幣五十萬元左右 (Hartman *et. al.* 1991)。

亞蔬中心曾以台灣各地收集的青枯病菌，評估抗青枯病茄子種原'EG203'、番茄種原'Hawaii 7996'、'Hawaii 7998'、'BF-Okitsu101'、'CRA66'與感病種原'L390'的抗感性，結果茄子種原'EG203'對青枯病抗性優於其他番茄的抗病種原 (Lin *et al*. 2008)，番茄嫁接在抗青枯病的番茄根砧 Hawaii 7996 或 EG203，以未嫁接為對照，並比較有防雨設施或露天栽培的結果，分別於 7 月 15 日與 8 月 12 日定植，試驗期間遇到豪雨淹入設施內，未嫁接與嫁接 Hawaii7996 在 48 小時後大部份萎凋，兩次存活率分別為於 3.3、50.0%，而 EG203 表現較耐淹水，存活率介於 65-96.7% (AVRDC 2001)。以抗青枯病番茄 CL5915-206D 與感青枯病的 CHT501 為接穗，嫁接在 EG203，比較防雨設施內或無防雨設施的差別，結果因為雨水淹入設施，兩個品種共同結果顯示嫁接'EG203'存活率介於 90-100%，優於未嫁接的 CL5915-206D (存活率介於 16-46%) 與 CHT501 (存活率 0%)，再次證明嫁接 EG203 較耐淹水 (AVRDC 2002)。

亞蔬推廣以防雨設施加上嫁接'EG203'的技術推廣到菲律賓，以 4 個耐熱番茄品種嫁接 EG203 與未嫁接，比較在防雨設施與露天栽培，結果顯示防雨設施栽培，嫁接較未嫁接產量增加 40.8%，而露天栽培則嫁接較未嫁接產量增加 19.6%，設施較露天栽培平均產量增加 52.7% (AVRDC 2003)。

韓國以'EG203'比較嫁接與未嫁接小番茄品種 yoyo 的效果，在 5 個農場未嫁接萎凋率介於 20-80%之間，嫁接'EG203'萎凋率介於 2-5%之間，顯示嫁接對防治青枯病的效果顯著；但在 2010 年試驗萎凋率較低，嫁接番茄根砧與'EG20'3 比較，嫁接番茄根砧在 4 個地點皆是果實較嫁接'EG203'的果實數多 (Lee *et al*. 2013)。亞蔬中心將嫁接'EG203'與'Hawaii 7996'技術推廣到越南，由 2000 年至 2012 年期間，在高地的 Lam Dong 省成功推廣'Hawaii 7996'，至 2012 年已達 6,500-7,000 公頃，使用率超過 90%，而在低地的 Red River Delta 則推廣嫁接'EG203'，使用率到 2012 年已達 40%，而其使用的原因，除了青枯病外，非常重要的因素為耐淹水 (Genova

2013)。

目前台灣嫁接主要使用‘EG203’為根砧品種，但是在整齊性、產量與果實品質，尚有改善空間，所以鳳山分所著手進行鳳山 3 號–抗病雜交茄子根砧的育種工作。

鳳山 3 號茄子根砧

鳳山分所以茄子種原每代篩選青枯病抗性，經自交純化，母本與父本分別篩選四代與三代，雜交育成鳳山 3 號抗病茄子根砧。兩次接種青枯病，發病指數分別為 17.3%與 20.0%，皆屬抗病 (R) 等級，而抗病對照品種‘EG203’兩次接種的發病指數為 29.3% (MR) 與 38.0% (MR)。夏季，以農友公司的‘愛女’、欣樺種苗的 ‘夏日紅 6 號’ 與瑞成種苗的 ‘634’橘色小番茄為接穗，以未嫁接、鳳山 1 號、鳳山 2 號與鳳山 3 號為根砧，RCBD 三重複，每小區 10 株，種植於青枯病篩選留種田區，未嫁接皆因青枯病死亡，無產量，嫁接鳳山 3 號較嫁接鳳山 1 號與 2 號增產 29.2% 與 42.2%；平均可溶性固形物鳳山 1 號、鳳山 2 號與鳳山 3 號分別為 5.7、6.0 與 5.9，差異不大；平均單果重 3 者分別為 8.0 公克、8.8 公克與 8.5 公克。

104 年夏天在信義豐丘地區，以和生種苗‘紅美’ 牛番茄為接穗，嫁接 ‘EG203’、‘鳳山 2 號’ 與 ‘鳳山 3 號’，CRD 二重複，小區採樣 20 株，第一次採收，嫁接 ‘鳳山 3 號’ 較嫁接 ‘EG203’產量增加 17.3%，且果實較大，後期因病毒病發生嚴重的影響，累計產量差異不大。

104 年夏天在高雄路竹地區，露天栽培，以抗 TYLCV 的橘色小番茄‘634’為接穗，嫁接‘EG203’、‘鳳山 3 號’、‘鳳山 4 號’，以未嫁接為對照，RCBD 二重複，每一小區定植 210-248 株，因二次颱風導致園區淹水，至 11 月 3 日未嫁接平均存活率僅 43.5%，而‘EG203’、‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’的平均存活率分別為 96.8%、97.5% 與 99.1%，顯示茄子根砧耐淹水的特性明顯。未嫁接、嫁接 ‘EG203’、嫁接 ‘鳳山 3 號’ 與嫁接 ‘鳳山 4 號’，平均產量分別為 97.0 公斤、100.3 公斤、130.0 公斤與 97.5 公斤，‘鳳山 3 號’ 較 ‘EG203’增產 29.7%。

104 年秋天在嘉義六腳鄉，塑膠布溫室，以‘玉女’小番茄為接穗，根砧分別為 ‘EG203’、‘鳳山 3 號’與 ‘鳳山 4 號’，試驗結果三者的可溶性固形物介於 9.4~9.7 差異不大，但 ‘鳳山 3 號’ 較 ‘EG203’的果實較無皮渣感，累計 1.5 個月產量，‘鳳山 3 號’與 ‘鳳山 4 號’ 較 ‘EG203’分別增加 26.3%與 20.2%。

104 年 4 月 26 日在嘉義太保市，塑膠布溫室，以‘玉女’小番茄為接穗，根砧分別為‘EG203’、‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’，試驗結果三者的可溶性固形物分別為 7.6、7.7 與 7.2，差異不大，且三者皆有皮渣感，累計 1.5 個月產量，‘鳳山 3 號’較‘EG203’增產 9.8%，‘鳳山 4 號’較‘EG203’減產 1.9%。

104 年秋天在美濃，選擇前一年栽培茄子感青枯病的田區為試驗田，露天栽培，以‘麻糬茄’為接穗，分別進行未嫁接、嫁接‘EG203’、嫁接‘鳳山 3 號’與嫁接‘鳳山 4 號’等四種處理，每一小區約 100 株，RCBD 二重複。11 月 18 日第一次採收前調查，第一重複有青枯病發生，未嫁接有 48.1%感染青枯病，‘EG203’、‘鳳山 3 號’、與‘鳳山 4 號’分別為 5.0%、2.9%與 2.9%感染青枯病。12 月 9 日調查第一重複青枯病感染更嚴重，未嫁接、‘EG203’、‘鳳山 3 號’、與‘鳳山 4 號’，感染比率分別為 76.9%、36.0%、3.9%與 35.0%。10 株平均產量，未嫁接、嫁接‘EG203’、嫁接‘鳳山 3 號’與嫁接‘鳳山 4 號’分別為 47.0 公斤、67.4 公斤、97.4 公斤與 87.4 公斤，‘鳳山 3 號’與‘鳳山 4 號’分別較‘EG203’增產 44.5%與 29.7%，本次試驗突顯抗青枯病根砧在青枯病發病田區的應用價值。

綜合區域試驗結果，‘鳳山 3 號’與‘EG203’對青枯病抗性相若，介於抗~中抗間，嫁接後可溶性固形物也相若，皮渣感則無一致性，兩者皆具耐淹水的特性，最大的差別，則是‘鳳山 3 號’較‘EG203’增產。‘鳳山 3 號’目前已專屬授權勇壯育苗場，未來將推廣供農民使用。

結論

應用根砧栽培番茄，在溫帶地區應用廣泛，對番茄增產、果實增大、耐鹽、提高甜度、增加耐高溫逆境、抗番茄黃化捲葉病毒病 (TYLCV)、抗菸草嵌紋病毒病 (TMV)、抗 Fusarium 真菌萎凋病、抗 Verticillium 真菌萎凋病、抗根褐腐病、抗立枯病，抗線蟲，均已成功應用於產業。採用抗青枯病的茄子根砧在熱帶與亞熱帶地區，表現在抗青枯病與耐淹水上，效果顯著，顯然，在抗青枯病及耐淹水的需求下，茄子根砧優於番茄根砧。鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系與植保系合作育成‘鳳山 3 號’抗病雜交茄子根砧，除了具有抗青枯病與耐淹水的特性外，產量更較‘EG203’茄子根砧平均約增產 20%，今年已專屬授權勇壯育苗場，2017 年已生產嫁接苗，同時販售種子供產業應用，未來可減少農民損失，提高收益。

引用文獻

佘小漫、何自福、羅學梅、羅方芳。2011。廣東主要茄子品種對青枯病的抗性鑑定與評價。廣東農業科學 14:72–73,85。

李植良、黎振興、何自福、虞浩。2006。茄子資源苗期田間青枯病抗性鑑定。廣東農業科學 1:39–40。

周運瑤、裴月令、陳祖興、曾凡云、羅宏偉、郭建榮。2015。茄子嫁接砧木對青枯病的抗性評價。熱帶生物學報 6:153–157。

封林林、屈冬玉、金黎平、連勇。2000。茄子抗青枯病研究進展。中國蔬菜 2000(5):47–50。

郭堂勛、莫賤友。2009。番茄砧木品種材料抗青枯病接種鑑定試驗。廣西農業科學 40:250–252。

張素紅。2015。番茄砧木品種篩選試驗。福建農業科技 2015 年第 1 期：20–21。

AVRDC. 2002. AVRDC Report 2001. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan.

AVRDC. 2003. AVRDC Report 2002. AVRDC- the World Vegetable Center.nt Center, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Colla, P., G. Gilardi, and M. L. Gullinno. 2012. A review and critical analysis of the European situation of soilborn disease management in the vegetable sector. Phytoparasitica 40:515–523.

Cuartero, J., and R. Fernandez-Munoz. 1999. Tomato and salinity. Sci Hortic 78:83125.

Estan M. T., M. M. Martinez-Rodriguez, F. Perez-Alfocea, T. J. Flowers, and M. C. Bolarin. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. J Exp Bot 56:703–712.

Flores F. B., P. Sanchez-Bel, M. T. Estan, M. M. Martinez-Rodriguez, E. Moyano, B. Morales, J. F. Campos, J. O. Garcia-Abellan, M. I. Egea, N. Fernandez-Garcia, F. Romojaro., and M. C. Bolarin. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. Sci Hortic 125:211–217.

Genova, C., Schreinemachers, P., and Afari-Sefa, V. 2013. An impact assessment of AVRDC's tomato grafting in Vietnam. AVRDC–The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. AVRDC Publication No. 13–773. 52 p. (Research in Action; no. 8)

Hartman, G. L., Hong, W. F., and Wang, T. C. 1991. Survey of bacterial wilt on fresh market hybrid tomatoes in Taiwan. Plant Protection Bulletin 33:197–203.

Higashide, T., K. I. Yasuba, K. Suzuki, A. Nakano., and H. Ohmori. 2012. Yield of Japanese tomato cultivars has been hampered by a breeding focus on flavor. Hort. Sci. 47:1408–1410.

Higashide, T., A. Nakano., and K. I. Yasuba. 2014. Yield and dry matter production of a Japanese tomato cultivar are improved by grafting onto a Dutch rootstock ‘Maxifort’ J. Japan. Soc. Hort. Sci. 83:235–243.

Kishun, R. 1987. Loss in yield of tomato due to bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Indian Phytopathology 40:152–55.

Lee, J. M., C. Kubota, S. J. Tsao, Z. Bie, P. Hoyos Echevarria, L. Morra, and M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. Sci.Hortic.127:93–105.

Lee M. H., Kim, J. K., Lee, H. K., Kim, K. J., Yu, S. H., Kim, Y. S., and Lee, Y. S. 2013. Reduction of bacterial wilt diseases with eggplant rootstock EG203-grafted tomatoes in the field trial. Res. Plant Dis. 19:108–113.

Li, H. P., Goth, R.W., and Barksdale, T. H. 1988. Evaluation of resistance to bacterial with in eggplant. Plant Dis. 72:437–439.

Lin, C. H., S. T. Hsu, K. C. Tzeng, and J. F. Wang. 2008. Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. Plant Dis. 92:909–916.

Michel, V., F. Verbeek., and M. Pugliese. Focus group soil-borne diseases mini-paper- success and failures of grafting against soil-borne pathogens. Eip-agri:1–5.

Mahmoud, A. M. A. 2014. Grafting as a tool to improve TYLCV-tolerance in tomato. J. Hort. Sci. & Ornamental Plants 6:109–115.

Opina, N. L., and Miller, S. A. 2005. Evaluation of immunoassays for detection of Ralstonia solanacearum, causal agent of bacterial wilt of tomato and eggplant in the Philippines. Acta Hort. 695:353–355.

Peet, M. M., and G. Welles. 2005. Greenhouse tomato production. In: Heuvelink E. (ed) Tomatoes. CABI. Publishing, Oxford, pp.257–304.

Rivero, R.M., J. M. Ruiz., and L. Romero. 2003. Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress? J Sci Food Agr 83:1315–1319.

Semiz, G.D., and D.L. Suarez. 2015. Tomato salt tolerance: Impact of grafting and water composition on yield and ion relations. Turk J Agric For 39:876–886.

Turhan A., N. Ozmen, M.S.Serbeci., and V.Seniz. 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. Hort. Sci. (Prague), 38:142–149.

Yamakawa, K. 1982. Use rootstocks in Solanceous fruit-vegetable production in Japan. JARQ 15:175–179.

Yassin, H., and S. Hussen. 2015. Review on role of grafting on yield and quality of selected fruit vegetables. Global Journal of Science Frontier Research 15:1–15.

Production of Tomato with Grafting Seedlings under Protected Cultivation

San-Tai Wang[1], Shiow-Huey Hseu[2,3]

Summary

According to FAOSTAT in 2014, global tomato production area reach 4.76 million ha, less than potato-19.2 million ha, but higher than pepper and chilli- 3.92 million ha and eggplant- 1.87 million ha. Protected cultivation of tomato in temperate area under suitable temperature could keep tomato plants vegetable growth and fruit setting with less diseases of bacterial spot, bacterial wilt, late blight and leaf mold. Hydroponic production or soil cultivation are used in tomato protected cultivation. In hydroponic production, grafting tomato could increase yield and fruit size. For increasing brix and flavor, salt would add in hydroponic solution, but reducing yield. Grafting with suitable tomato rootstock cultivar under salting hydroponic system could increasing yield and salt tolerance comparing with non-grafting tomato. Grafting with suitable tomato rootstock cultivar under soil cultivation system could overcome diseases of verticillium wilt, fusarium wilt, nematode root knot and southern blight. Scion and rootstock must have same resistance to tobacco mosaic virus (TMV), otherwise serious necrosis would be a problem in Japan research results. Grafting with different level of rootstock resistant to TYLCV would influence resistance of sensitive to TYLCV scion tomato cultivar. Verticillium wilt and fusarium were less happening in Taiwan, but bacterial wilt is still important limiting factor also in other sub-tropic or tropic area. Tomato rootstock cultivar coming from Europe were not resistant to bacterial wilt, Japan rootstock cultivars although have some degree resistant to bacterial wilt, but less than eggplant rootstock cultivars. Eggplant rootstock cultivar ‘EG203’ could overcome bacterial wilt and flooding in Taiwan. Eggplant rootstock cultivar ‘FTHES-3’ developing by Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI could not only overcome bacterial wilt and flooding, but also 20% higher yield than grafting tomato with ‘EG 203’. Hybrid eggplant rootstock cultivar ‘FTHES-3’ had licensed to seedling nursery, and will be produced and supplied seeds in 2017.

Key words: Tomato, Bacterial wilt, rootstock, Breeding.

---

1. Researcher and Head, Department of Vegetables, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
2. Researcher and Head, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: shhseu@fthes-tari.gov.tw; Tel:886-7-7310191ext 301.

篩選適用甜椒栽培之微生物資材

林玫珠[1] 宋孟真[2] 楊芃菰[3] 廖芳瑾[4] 梁瑩如[5,6]

摘要

本試驗係針對設施茄果作物篩選適當之微生物資材，主要是甜椒上常見的病害進行篩選策略，同時評估所得微生物資材酵素分解能力等，藉由瞭解微生物資材的能力，提出適合設施茄果栽培的微生物應用策略。結果顯示，在所篩獲的微生物中，以木黴菌屬以 T23-1、鏈黴菌屬 Cu4 與枯草桿菌屬 Ydj3 及 CB36 菌株等，其酵素分解能力、病原菌拮抗能力、種苗促進生長之能力最為優異。

關鍵字：甜椒 (Sweet pepper)；拮抗微生物 (Antagonistic microorganism)。

前言

番椒 [*Capsicam annunm* L.] 屬一年生草本植物，包含辣椒 (hot pepper) 及甜椒 (sweet pepper)，原產於中美洲、南美洲熱帶地區，哥倫布發現新大陸後傳入歐洲 (郭 1998)。台灣於 80 年代自荷蘭引進甜椒培育上市，由於顏色鮮艷，外型討喜，且果實具有豐富的維生素 A、C，因此深受國人喜愛。台灣甜椒全年皆有生產，主要栽培於南投縣、嘉義縣、雲林縣及屏東縣等地，根據行政院農委會農業統計年報，2015 年南投縣種植面積最大約達 400 公頃，產量約達 6000 公噸，其中信義鄉成為夏季彩椒的生產基地。甜椒性喜溫暖濕潤的氣候，但忌多雨及強烈陽光直射，因其光合成飽和點只有 30klux，屬於較耐陰作物，故甜椒栽培多以設施栽培為主，不僅可以降低外在氣候的影響，亦可以提昇產品品質與產量。

甜椒稍能耐高溫，生育適溫為 25℃左右，花芽分化適溫在 27–28℃之間，果實生育溫度則以 20–25℃為最佳；溫度低於 15℃以下，植株會生長停滯、授粉不良及受精率低，形成單偽結果，產生畸型之三角果或尖尾圓錐果，影響商品價值；

1. 行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員。台灣 高雄市。
2. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所助理研究員。台灣 台中市。
3. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所研究助理。台灣 台中市。。
4. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所研究助理。台灣 台中市。。
5. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所助理研究員。台灣 台中市。
6. 通訊作者，電子郵件：yrliang@tactri.gov.tw；電話：(04)23302101 轉 820。

而高於 35℃的晝溫或 25℃的夜溫會造成落花落果，使產量下降 (李 2000；郭 1998)。為使果實在發育成熟期能吸收充足的養分，宜選擇排水良好、富含有機質，且通氣、保水良好之砂質壤土或壤土進行栽培，土壤酸鹼值以 6.5 左右為宜。當土壤中氧氣少、通氣性差、土壤過濕或過乾皆會造成根群發育不良，影響水份之吸收，導致植株生長勢無法長期維持，不適於甜椒之栽培，所以必須注意土壤的選擇或以介質栽培來克服土質不佳或土壤管理的問題 (郭 1998)。

目前國內種植的甜椒品種多是歐美國家種子公司育種，只有少數品種可以符合台灣高溫高濕、抗病等特性，所以栽培選擇性少，或是種子與種苗價格居高不下，種苗商供貨不及的情形也時有所聞 (謝 2008)。由於受限於本島氣候與栽培模式，加上品種選擇性少，外來種品種對本土氣候環境適應度較弱，所產生的病蟲害問題複雜，如夏季高山生產之甜椒常面臨炭疽病、白粉病、灰黴病或疫病菌為害，細蟎或二點葉蟎等節肢動物危害，導致生產量與品質不穩定，甚或衍生農藥殘留等問題。在設施栽培環境方面，由於缺乏雨水淋洗土壤，容易導致網室土壤或介質鹽分累積較露天田地更為快速嚴重，目前信義鄉農民已嘗試於栽培過後利用熱水淋洗栽培介質，並藉以降低介質中的病原菌等。

有益微生物為近年來熱門的農業資材，對非目標生物具有低毒性與安全性，對標的病原微生物具高專一性，十分適合永續農業的資材。將有益微生物處理種子或施用於幼苗與土壤，進而達到改善土壤物理性質、分解土壤中大分子成為植物營養源、增加根系之生長與吸收、促進作物生長及誘導作物抗病抗蟲等等功效，因此被稱之為微生物肥料 (microbial fertilizer) (Ahemad & Kibret 2014)。土壤中有益微生物族群增加，可以促進作物生長、拮抗病原菌、促進土壤大分子分解與使作物產生誘導抗病等功效 (Nihorimbere *et al.* 2010, Ahemad & Kibret 2014)。因此，本研究藉由微生物功能性進行初步篩選有益的微生物，尋找適合台灣設施甜椒栽培之微生物資材，達促進生長與增進甜椒產業發展之目的。

材料與方法

菌株分離與培養

秤取土壤樣本 3 g 加入含有 30 mL 無菌水之離心管，經劇烈震盪後以無菌水進行序列稀釋，塗抹於 PDA (Potato dextrose agar, Difco) 平板，30℃培養 2 d 後挑取單一菌落純化後進行後續試驗。木黴菌部分，利用前述方法連續稀釋平板法分離

木黴菌，所得單一菌落塗抹於選擇性培養基上，以菌落及孢子型態為依據移植純化。刮取待測菌株培養於 5 mL LB (Luria-Bertaini broth, Difco) 培養基，放置於 30℃培養箱，轉速 120 rpm，黑暗培養 16 h 後，將菌液濃度調整為 1×10^7 cfu mL^{-1}，以進行後續的種子發芽試驗、酵素分析試驗、病原菌拮抗對峙試驗及甜椒種苗生長促進試驗。

微生物 IAA 產生之定量分析與定性分析

IAA 之定量試驗參考 Chen *et al*. (2010) 步驟進行，取 100 μL 菌液 (1×10^8 cfu mL^{-1}) 於 5 mL LB broth (含 200 ppm tryptophane)，培養於 32℃、150 rpm 培養 90 h，以 10,000 rpm 離心 5 min 去除菌泥；取 500 uL 上清液於分光光度計測量管中，加入 500 uL 的 Salkowski A 試劑 (內含 2% 0.5 M $FeCl_3$ 的 35%過氯酸溶液)，於室溫下反應 30 min，於分光光度計波長 530 nm 測量吸收值，以 IAA 標準液劃出標準曲線，換算 IAA 濃度 (Chen *et al.* 2010)。

IAA 定性試驗經改良後於 LA (Luria-Bertaini agar, Difco) 培養基進行，在 LA 培養基上覆蓋一聚碳酸酯膜 (Nuclepore membrane, 90 mm, 0.2 um, Whatman) 及一圓盤濾紙 (8 mm, ADVANTEC, Japan)，取 80 uL 上述微生物菌液滴在圓盤濾紙上，於 30℃培養 2-3 d 後，移去聚碳酸酯膜及圓盤濾紙，在 LA 培養基上加入 2 mL 的 Salkowski A 試劑，靜置呈色後，以無菌水洗去 Salkowski A 試劑，拍照記錄。木黴菌部分則直接切取圓盤菌絲塊放置於聚碳酸酯膜上培養 2-3 d 後，移除聚碳酸酯膜後進行呈色試驗。

種子發芽根部生長促進試驗

甜椒種子 (品種金華星, 農友) 經消毒後進行催芽。將上述培養之拮抗微生物經定量後加入未凝固的 1/2 MS (Murashige and Skoog Basal Medium, Sigma) 培養基，倒入含 35 mL 1/2 MS 的 15 cm 塑膠平板上，使菌液最終濃度為 5×10^7 cfu mL^{-1}、1×10^7 cfu mL^{-1} 或 1×10^6 cfu mL^{-1}。待凝固後於平板上放入已催芽 4 d 的種子，每處理六顆種子，將平板直立於斜面架上，於 27℃生長箱培養 7 d 觀察種子根長度，並照像記錄結果。木黴菌部分則配置 1/2MS 培養基，並依序放置經催芽的種子，種子對面側則放置一待測菌絲圓盤進行測試。

病原菌之對峙試驗

對峙試驗的病原菌株為危害甜椒常見的病原菌，測試菌株為炭疽病菌 (*Colletotrichum gloeosporioides*)、灰黴病菌 (*Botrytis cinerea*) 及青椒疫病菌

(*Phytophthora capsici*)。炭疽病菌及灰黴病菌之對峙試驗於 PDA 平板進行，而青椒疫病菌之對峙試驗則於 10% V8 平板 (100 mL L^{-1} V8 juice、100 mg L^{-1} $CaCO_3$ 及洋菜 20 g L^{-1}) 進行，取 80 µl 有益微生物菌液 (1×10^7 cfu mL^{-1}) 於圓盤濾紙進行病原菌之拮抗測試，培養於 28℃ 5 d 後紀錄結果。

拮抗病原菌之酵素能力分析

根據 Hankin & Anagnostakis (1975) 報告進行纖維素分解酵素 (cellulase) 能力測試，纖維素培養基 (pH 5.0) 內含酵母抽出物 (Yeast extract, Difco) 2.5 g L^{-1}、微量元素溶液 500 ml L^{-1}、纖維素 (Carboxymethylcellulose, SIGMA) 5 g L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}；微量元素溶液內含 $(NH4)_2SO_4$ 2 g L^{-1}、KH_2PO_4 4 g L^{-1}、Na_2HPO_4 6 g L^{-1}、$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 g L^{-1}、$CaCl_2$ 1 g L^{-1}、H_3BO_3 10 ug L^{-1}、$MnSO_4$ 10 ug L^{-1}、$ZnSO_4$ 70 ug L^{-1}、$CuSO_4$ 50 ug L^{-1} 及 MoO_3 10 ug L^{-1}，其上覆蓋一聚碳酸酯膜與圓盤濾紙，將微生物培養液滴至圓盤濾紙上，於 30℃培養 5 d 後移除膜與濾紙，以 0.4%剛果紅 (congo red) 浸潤平板後清洗，並測量透化圈。

幾丁質分解酵素 (chitinase) 能力測試，配製幾丁質培養基含 KH_2PO_4 0.7g L^{-1}、$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 g L^{-1}、$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.01 g L^{-1}、0.1% $ZnSO_4$ 100 ug L^{-1}、4% 幾丁質膠 (Colloidae chitin) 125 mL L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後測量透化圈。

表 1. 有益微生物對炭疽病菌、灰黴病菌及疫病菌之拮抗能力。

Table 1. Antagonistic ability of tested microorganism against *Colletotrichum gloeosporioides*, *Botrytis cinerea* and *Phytophthora capsici*

		對病原菌之拮抗能力		
微生物種類	菌株代號	炭疽病菌	灰黴病菌	青椒疫病菌
Bacillus Spp.	CB6	+	+	-
	CB36	++	++	++
	GN10	++	++	±
	LGA4	-	-	±
	PS	-	++	-
	S22	++	-	++
	Ydj3	+	+	+
Streptomyces spp.	XN10	++	++	+
	Cu4	+++	++	++
Trichoderma spp.	T23-1	++	+	+
	T53	+++	+	+++

[a] "-"：肉眼無可見透化圈或沉澱圈；"±"：肉眼可見隱約之抑制圈；"+"：肉眼可見之抑制圈；"++"與"+++"：肉眼可見明顯之抑制圈。

明膠分解酵素 (gelatinase) 能力測試於明膠培養基進行，明膠培養基含 NB (Nutrient broth, Difco) 10 g L^{-1}、明膠 (gelatin, Sigma) 4 g L^{-1} 及洋菜 20g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後以硫酸胺飽和水溶液浸潤平板，並測量透化圈。蛋白質分解酵素 (protease) 能力測試於蛋白質培養基進行，蛋白質培養基含酵母抽出物 1.5 g L^{-1}、脫脂奶粉 100 g L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後測量透化圈大小。

脂質分解酵素 (lipase) 能力測試於脂質培養基 (pH 6.5) 上進行，培養基含蛋白胨 (Peptone, Difco) 10 g L^{-1}、NaCl 5 g L^{-1}、7.5% $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 2.665 mg L^{-1} 及洋菜 20g L^{-1}，滅菌後加入 4 mL Tween20，倒製平板，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後測量沉澱環。

營養分分解酵素能力分析

根據 Hankin & Anagnostakis (1975) 報告進行澱粉分解酵素 (amylase) 能力測試，澱粉培養基 (pH6.5) 含 NB 10 g L^{-1}、可溶性澱粉 (Soluble starch, Sigma) 2 g L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後以 1%碘液浸潤平板後測量透化環。

溶磷酵素 (phosphatase) 能力測試，溶磷平板培養基 (pH 6.0) 含蛋白胨 14 g L^{-1}、酵母抽出物 5 g L^{-1}、葡萄糖 0.1 g L^{-1} 及洋菜粉 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後倒入 28% NH_4OH，測量桃紅色暈圈。

尿素分解酵素 (urease) 能力測試，蛋白胨尿素培養基 (pH 6.0) 內含蛋白胨 14 g L^{-1}、酵母抽出物 5 g L^{-1}、葡萄糖 0.1 g L^{-1} 及洋菜粉 20 g L^{-1}。滅菌後加入 8 ml L^{-1} 50%尿素，倒製平板。微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙，倒入未凝固的普魯氏藍凝膠 (0. 1 M 磷酸緩衝液 (pH 6.0) 10 ml L^{-1}、50%尿素 20 ml L^{-1}、0.5%普魯氏藍 10 ml L^{-1} 及洋菜 15g L^{-1})，靜置 2 小時後測量深藍色暈圈。

甜椒種苗生長促進試驗

經催芽的甜椒種子移植至 3.5 吋盆內續行生長促進試驗，將盆栽放置於 27℃ 定溫箱內，12 h 光照，12 h 黑暗，種植 3 週後進行有益微生物之澆灌試驗，每週一次，連續澆灌四週，每處理各九盆，每盆澆灌 30 mL。發酵液配方為 1%黃豆粉與 1%二號砂糖，30℃、150 rpm 黑暗培養 4 d 後澆灌，菌液終濃度為 1 × 10^6 cfu mL^{-1}，空白培養基作為對照，木黴菌部分則以孢子懸浮液進行。

結果與討論

微生物 IAA 定性分析

改良自 Chen *et al.* (2010) 微生物產生 IAA 定量試驗，定性試驗評估待測微生物之 IAA 產生情形，發現所篩獲的微生物多可產生白色沉澱，與定量試驗之結果一致 (圖 1)，但沉澱圈大小不一，且與定量試驗值結果並無正相關性，顯示在相同培養條件下各微生物之 IAA 產生量有極大的差別性。

種子發芽根部生長促進試驗

在種子發芽試驗中，希能找出對於種子發芽有促進效果之菌株作為溫室或田間後續試驗之用。在鏈黴菌屬 (*Streptomyces* spp.) 菌株以 Xst4 與 Xst8 為佳，枯草桿菌屬 (*Bacillus* spp.) 菌株以 Ydj3 為佳 (圖 2)，木黴菌屬 (*Trichoderma* spp.) 菌

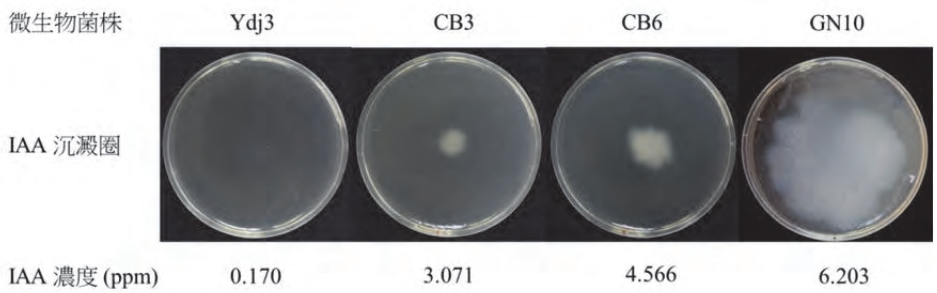


圖 1. 微生物產生 IAA 之定性試驗(沉澱圈)與定量試驗之比較。

Fig. 1. IAA Precipitation on medium plate of tested microorganism.

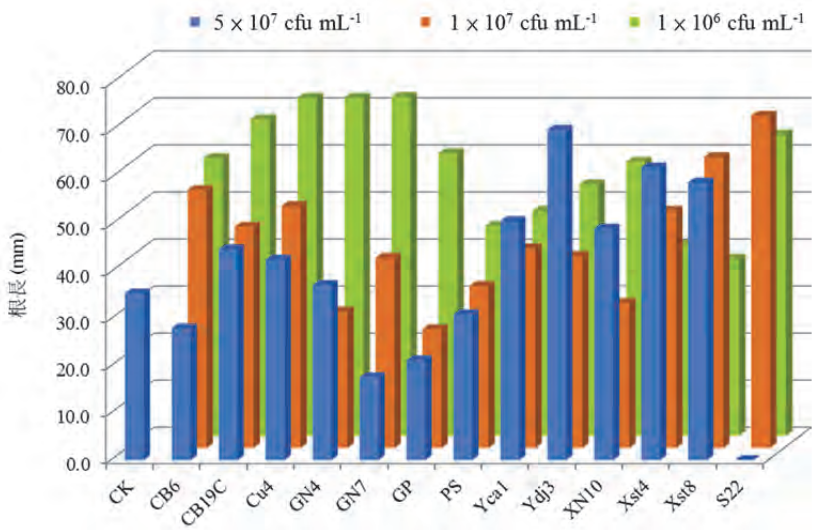


圖 2. 有益微生物對種子發芽根部生長促進試驗。

Fig. 2. Root growth promotion test performed by tested microorganism.

株以 T23-1 為佳 (資料未顯示)。各類菌株的種子發芽試驗中，使用終濃度以 $1x10^6$ cfu mL^{-1} 為佳 (圖 2)。

酵素能力分析

由前述的酵素定性方法分別量測各微生物的分解能力，大多數的微生物在某一類別酵素分解能力優異，但並無法在各類分解酵素均表現良好，綜合評估後以鏈黴菌屬之菌株 Cu4 與 XN10，枯草桿菌屬之菌株 CB36、PS、Ydj3 與 Yca1 (表 2、3)，及木黴菌屬之菌株 T53 與 T23-1 其綜合表現為佳。

病原菌之對峙試驗

利用拮抗微生物對峙甜椒病原菌部分，結果顯示菌株拮抗能力在種間差異大。在鏈黴菌屬菌株中拮抗能力以 Cu4 最佳，XN10 次之；枯草桿屬菌株中拮抗能力以 CB36 最佳，Ydj3 次之；木黴菌屬菌株中拮抗能力以 S45 抑制甜椒灰黴病最佳，抑制率達 85%，木黴菌 S45 與 T53 抑制甜椒疫病菌最佳，抑制率達 90%，木黴菌 T53 抑制甜椒炭疽病較佳，抑制率達 91%。

表 2. 拮抗病原菌之分解酵素活性分析。
Table 2. Different enzyme activities between antagonistic microorganisms.

	分解酵素活性 [a]						
菌株	Cellulase	Chitinase	Gelatinase	Lipase	PGA[b]	PTM[c]	Protease
CB6	++	-	++	+	-	+	+
CB36	+	-	+++	++	±	±	++
GN4	++	-	++	++	++	++	++
GN10	++	-	+++	++	++	++	++
PS	++	-	+	+	++	++	+
S22	++	-	+++	++	±	±	++
Yca1	++	±	++	-	±	±	+
Ydj3	++	-	++	+	-	-	+
Cu4	++	+	+	+	+	+	-
XN10	++	+	++	++	-	-	+
Xst4	-	+	+	++	±	±	-
Xst8	-	+	+	+	±	±	-
T23-1	ND[d]	ND	ND	+++	ND	ND	+
T53	ND	ND	ND	++	ND	ND	±

[a] "-"：肉眼無可見透化圈或沉澱圈；"±"：肉眼可見隱約之透化圈或沉澱圈；"+"：肉眼可見之透化圈或沉澱圈；"++"與"+++"：肉眼可見明顯之透化圈或沉澱圈。

[b] PGA：Polygalacturonase，聚半乳糖醛酸苷酶。

[c] PTM：Pectate transeliminase，果膠轉氨酶。

[d] ND：none detect。

表 3. 營養分分解酵素能力分析

Table 3. Different enzymatic activities between antagonistic microorganisms

菌株	分解酵素活性 [a]		
	Amylase	Phosphatase	Urease
CB6	++	±	+
CB36	+	-	-
GN4	++	-	+
GN10	++	-	±
PS	±	-	±
S22	++	-	++
Yca1	++	+	±
Ydj3	++	+	±
Cu4	++	+	±
XN10	++	+	+
Xst4	+	+	±
Xst8	+	+	±
T23-1	+	++	±
T53	++	+	±

[a] "-"：肉眼無可見透化圈或沉澱圈；"±"：肉眼可見隱約之透化圈或沉澱圈；"+"：肉眼可見之透化圈或沉澱圈；"++"與"+++"：肉眼可見明顯之透化圈或沉澱圈。

甜椒種苗澆灌試驗

在枯草桿菌屬菌株以 CB36 菌株對於株高、根重與植株總重的促進效果最好；在木黴菌屬菌株中，所挑選之二個菌株對於甜椒種苗的促進效果差異不大；所挑選之鏈黴菌屬菌株以 Cu4 菌株對於株高、根重與植株總重的促進效果最好 (表 4、圖 3)。

綜合評估上述 IAA、酵素分解能力、對峙試驗與種子發芽測試後，未來溫室試驗與田間試驗將選定鏈黴菌屬菌株 Cu4、枯草桿菌屬菌株 CB36 與 Ydj3、木黴菌屬菌株 T23-1 進行試驗。由於不同地區病害與栽培情形條件不同，如炭疽病常發生在高山夏季栽種期，而灰黴病則多發生在冷涼的季節，因此若要使用微生物資材作為防治手段，可視季節或氣候等不同條件需求，搭配使用不同微生物資材。

由 Mishra & Dash (2014) 報導中可知，使用微生物資材有助於土壤養分平衡，促進作物健康。有利於提高土壤的生物活性，促進化學性肥料利用等優點。因此，在甜椒栽培過程添加拮抗微生物，或可解決部分設施中栽培介質所帶來的問題。同時經篩選的微生物可分泌酵素與二次代謝物，其具有促進作物養分吸收與對抗

病原菌等功效 (Glick 2012)。本研究藉一系列篩選策略，針對高經濟價值之甜椒植株篩選適用之微生物資材，未來除可應用於田間外，另可擴大試用於其他高經濟價值之茄科作物，以期提高高品質茄科農產品比率與產量。

表 4. 各類菌株對於彩椒種苗的生長促進試驗結果

Table 4. Growth Promotion Data treated by tested microorganisms

Microbial isolate	Highest (cm)		Weight of root (g)		Weight of plant (g)	
Bacillus spp.						
CB3	14.43±0.25	b	1.31±0.08	b	4.99±0.92	bcd
CB36	17.47±1.72	a	2.32±0.77	a	8.09±1.55	a
GN10	10.35±0.32	g	0.73±0.10	e	4.33±0.11	cd
LGA4	10.80±0.15	ef	0.84±0.12	de	4.66±0.32	bcd
PS	12.93±0.86	cd	1.11±0.13	bcd	5.82±0.27	b
S22	11.53±0.29	def	0.87±0.18	de	5.03±0.36	bcd
Streptomyces spp.						
Cu4	13.48±0.95	bc	1.20±0.14	bc	5.85±0.32	b
XN10	10.45±0.19	ef	0.48±0.10	e	4.02±0.23	d
Xst8	12.65±0.19	cd	1.14±0.14	bc	5.64±0.21	bcd
Trichoderma spp.						
T23-1	14.7±0.23	b	0.59±0.04	e	3.86±0.18	d
T53	14.7±0.39	b	0.62±0.07	de	4.08±0.18	d
Control (CK)	11.93±0.42	de	0.75±0.15	cde	4.59±0.35	bcd



圖 3. 有益微生物促進彩椒種苗生長情形。

Fig. 3. Pepper seedling treated by tested microorganism.

引用文獻

郭孚耀。1998。彩椒栽培技術。台中區農推專訊 149 期。台中區農業改良場編印。

行政院農委會農業統計資料 http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx

李阿嬌。2000。彩色彩椒品種適應性與產銷概況。桃園區農業專刊第 34 期。桃園區農業改良場編印。

謝雪琴。2008。雜交一代番椒育種。計畫編號：97 農科-4.2.2-糧-Z2(7)

Glick, B. R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Hindawi Publishing Corporation, Scientifica. 15 pp.

Chen, M. C., T. C. Lin, and J. W. Huang. 2010. Factors affecting IAA production by rhizobacteria. Plant Pathol. Bull. 19:201–212.

Hankin, L., and S. L. Anagnostakis. 1975. The use of solid media for the detection of enzyme production by fungi. Mycologia 67: 597–607.

Mishra, P., and D. Dash. 2014. Rejuvenation of biofertilizer for sustainable agriculture and economic development. J. of Sustainable Dev. 11:41–61.

Ahemad, M., and M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University–Science (2014) 26, 1–20

Nihorimbere, V., M. Ongena, M. Smargiassi, and P. Thonart. 2010. Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2011 15:327–337.

草莓種苗生產之環境整合管理技術

李裕娟[1,8] 張定霖[2] 蕭翌柱[3] 余志儒[4] 蔡志濃[5] 林鳳琪[6] 陳金枝[7]

摘要

台灣草莓種苗生產環境通常尋求位在冷涼環境露天栽培，但露天栽培並無法完全克服因夏季高溫多濕及強降雨所誘發病蟲害之問題，鑑此，尋求通風良好且具防雨之設施，以供種苗經濟栽培所需，實為必要解決的問題。近年來草莓產業因受全球氣候變遷影響，台灣利用溫網室栽培草莓面積逐漸增加，並配合應用自動化環境控制及節能光電輔助系統而建置。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，利用無病毒之組培苗 (原原種)，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℃，再結合低農藥與非農藥資材之病蟲害監測管理等技術之整合與運用，期能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。由本試驗設施之種苗管理整合技術生產的每株草莓苗株數平均為 50 株，相較於農民種植的 35 株提高了 35-40%，在高效隔離環境整合管理技術—草莓健康種苗生產標準作業程序技術下，每公頃可生產健康種苗 25–28 萬株，年產值約為 375–420 萬元。

關鍵詞：草莓、溫室、環境、病蟲害。

前言

草莓生育需求方面，光強度、溫度和日照長度影響草莓的營養和生殖生長。草莓植株在 25℃時的光補償點約在 35–45 μmol m^{-2} s^{-1}，光飽和點則約為 600–800 μmol m^{-2} 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

1. 行政院農委會農業試驗所植物農場管理組助理研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所植物農場管理組研究員兼組長。台灣 台中市。
3. 行政院農委會農業試驗所植物種原組副研究員。台灣 台中市。
4. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
5. 行政院農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
6. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
7. 行政院農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
8. 通訊作者，電子郵件：yjlee@tari.gov.tw；電話：(04) 23317751。

最差，定植後之營養生長及總產量均以 25/20℃苗最佳(溫 1984)。草莓主要栽培品種為由日本引進之豐香品種選育而來的‘桃園一號’(李，1993)。依據行政院農業委員會農糧署 104 年蔬菜生產概況統計調查顯示，台灣草莓種植面積為 459 公頃，每公頃平均產量為 17,975 公斤，總產量為 8,251 公噸。其中苗栗縣生產面積為 409 公頃，每公頃平均產量為 18,945 公斤，產量為 7,740 公噸。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、夜蛾類及葉蟎等，在台灣設施栽培環境下，又以台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom)、二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)及銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring)等小型害蟲發生最為嚴重。台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’培殖體的鮮重及根數 (盧與侯，2012)。

溫室設施已逐漸成為台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 andKempkes 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，農試所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。

草莓種苗生產之環境整合管理

為了有效隔離環境中的病蟲害因子，農業試驗所發展出高效隔離環境健康種苗生產系統策略，高效隔離環境的概念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，達到育成健康種苗目的。

1.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，飽和塩基濃度控制在 0.9±0.2。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。走莖子苗密度以維持在每平方公尺 96 苗以下為宜，每分地高架穴植管或盆苗產量約可達 60,000–72,000 株。

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，避免系統性病蟲害漫延及罹病植株清除。

4.量產溫室環境隔離：

健康種苗量產，為有效防治夜蛾類、蚜蟲、粉蝨及薊馬危害，本系統全溫室採用 100 網目之防蟲網，配合自動化開頂溫室及正壓送風系統，達到高效環境隔離目的。本結構整合下列系統及次元部件：

(1) 自動控制開頂溫室設施建構 (圖 1)，本計劃之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 (熱影像分析，圖 2)，同時濕度因垂直對流增加，也下降 10–20%幅度。開頂溫室經自動控制，使室內日平均溫室與室外

相近，相對有效減少夏季熱累積問題。(2) 正壓送風降溫輔助系統建構，本次元部件包括多元隔離關鍵濾材 (可結合降溫水牆，圖 3)、正壓送風管路 (圖 4) 及外遮陰系統之自動控制部件介面整合 (圖 5) 研發等，均能有效提高開頂溫室降溫效率。(3) 人員進出之溫室通道管控 (圖 6)，健康種苗量產系統之疫病蟲害防治，人員及材料進出為重要管制項目，本系統之通道採用三道門禁並輔以正壓送風通道，制動感應高效隔離量產環境之管理。



圖 1. 單側自動開頂溫室。

單側開頂溫室開啟 25 分鐘後

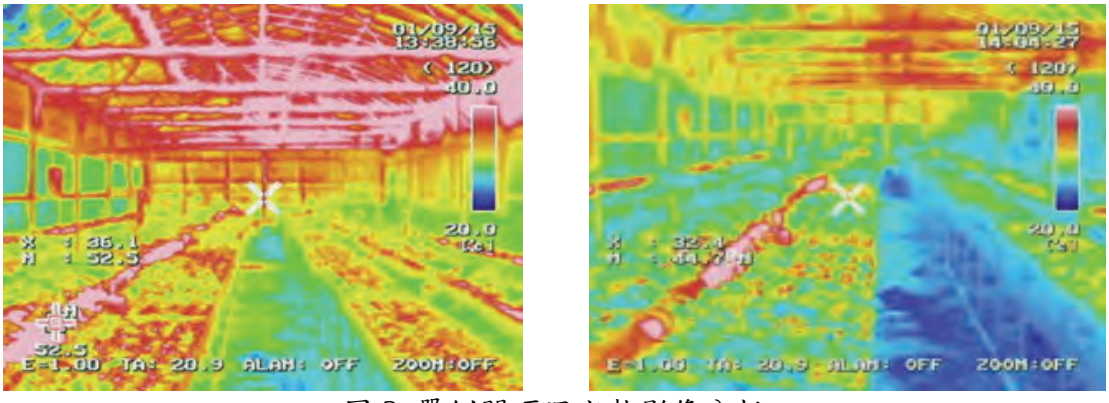


圖 2. 單側開頂溫室熱影像分析。

5.草莓病蟲害監測管理：

(1)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 1)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。



圖 3. 多元隔離關鍵濾材和外遮陰系統。



圖 4. 送風管路 (軸流風扇和 PEP 利得膜風管設置) 。



圖 5. 自動控制部件介面整合。



圖 6. 人員進出之溫室通道管控。

表 1. 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

(2)病害防治管理：本系統之草莓育苗期間以施用非農藥防治資材防治如亞磷酸、乳化葵花油及 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(圖 7)。

(3)害蟲監測防治管理：草莓健康種苗生產環境清潔，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 (11×15 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。

結論

本所發展出高效隔離環境健康種苗生產系統，其高效隔離環境的概念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，其高效隔離環境下生產之健康種苗如圖 8 所顯示。而三個草莓品種母株可生產之苗株數如圖 9，以芳玉的苗株數量在最多達 54 株，其次為桃園 1 號 (豐香)，桃園 3 號的株數誤差較大，皆較一般農民自行育苗的株數多 35–40%。高效隔離溫室之氣溫和根溫分布如圖 10，溫室內氣



圖 7. 非農藥防治資材。

溫夏季高溫時可達 41℃以上，而根溫因高效隔離溫室之正壓送風系統則維持在 27–31℃。為了解草莓苗株的營養生長，定期量測栽培介質的 EC 和 pH (圖 11、12)，EC 值以添加養液方式控制在 0.4–1.5 S cm^{-1}，pH 值在初期為鹼性，之後則大多是弱酸性 (5–7)，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，pH 維持在草莓適合生長的弱酸性。

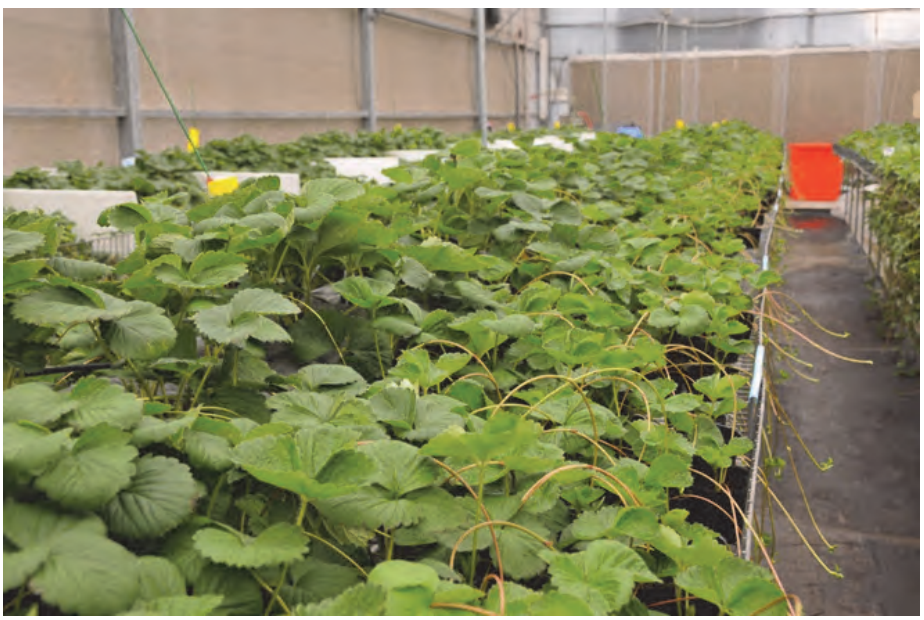


圖 8. 高效隔離設施之草莓健康種苗生產。

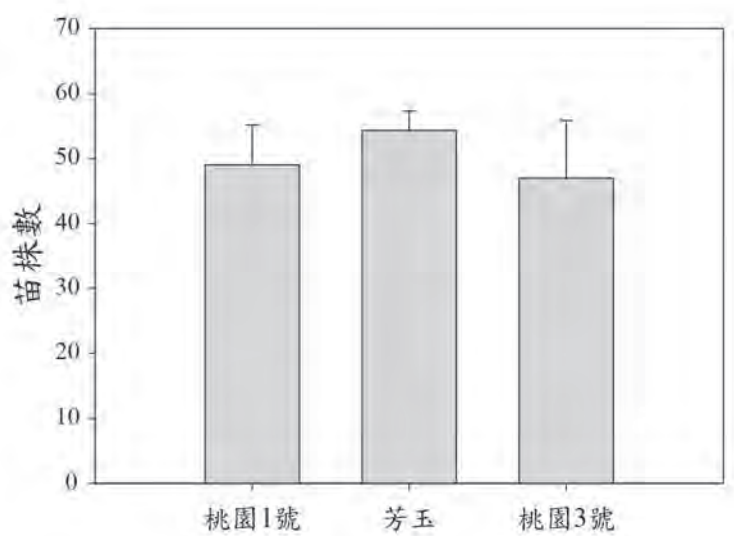


圖 9. 三個草莓品種母株苗株數分布圖。

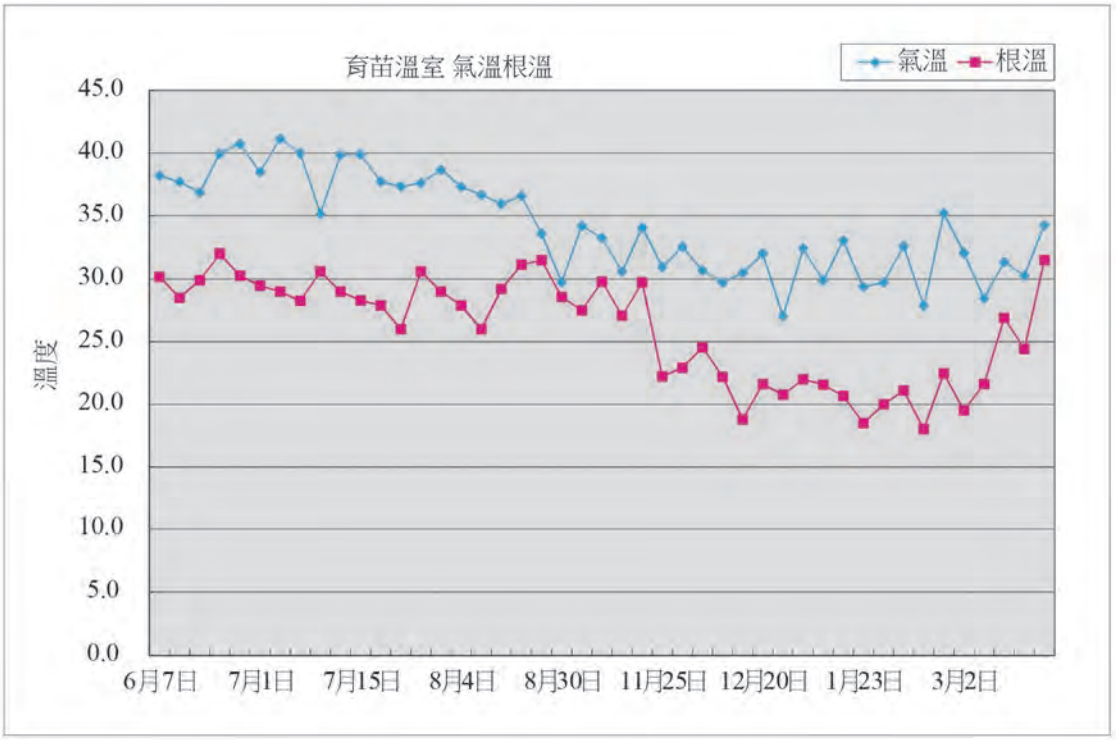


圖 10. 高效隔離溫室內氣溫和根溫分布圖。

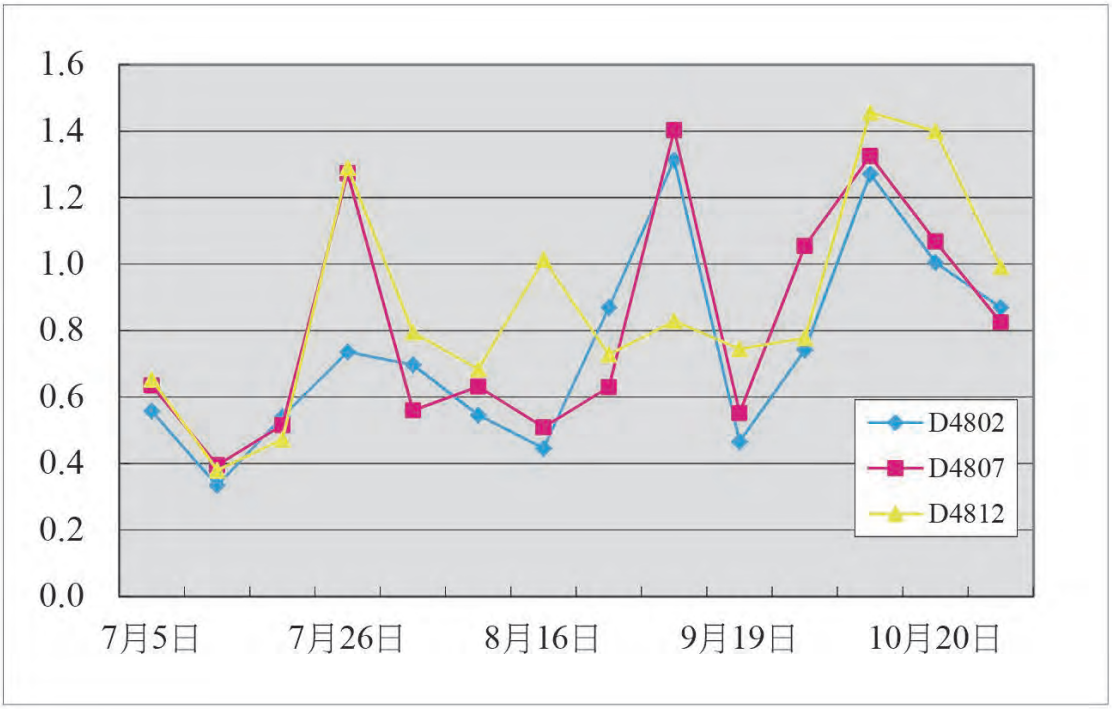


圖 11. 高效隔離溫三個草莓品種之 EC 值（鹽基飽和濃度）。

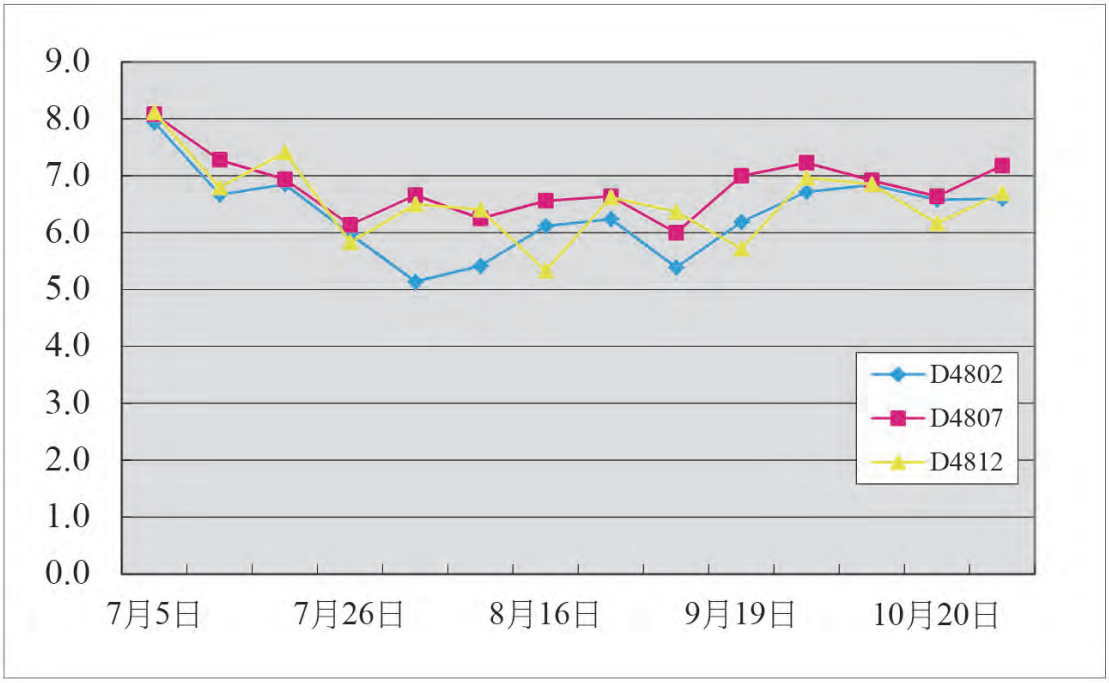


圖 12. 高效隔離溫三個草莓品種之 pH 值。D4802：桃園 1 號；D4807：芳玉；D4812：桃園 3 號。

高效隔離產程未來發展

綜合本試驗結果，在開放空間環境下種苗之培育受到病蟲害危害，在開放環境生產無病蟲害之健康種苗猶如緣木求魚，尤其是茄瓜果類、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。透過高效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，才是根本解決農藥殘留所造成之食安問題，達到多方共贏局面。

引用文獻

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 21:1 500-151 (摘要，論文宣讀)。

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)

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。

鍾興穎、張明毅、鄔家琪、方煒。2010 光質與照光健化時間對蘿蔔嬰生長與生理之影響。農機與生機論文發表會論文。

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。

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。

呂理燊、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。

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。

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。

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。

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。

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。

Bartzanas, T., T. Boulard and C. Kittas. 2004. Effect of vent arrangement on windward ventilation of a tunnel greenhouse. Biosystems Engineering 88:479–490.

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.

Dieleman, J. A. and F. L. K. Kempkes. 2006. Energy screens in tomato: determining the optimal opening strategy. Acta Hort. 718:599–606.

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.

Gieling, T. H., J. B. Campen, J. A. Dieleman, N. Garcia, H. J. J. Janssen, F. L. K. Kempkes, J. A. M. Kromwijka and M. G. M. Raaphorst. 2011. Monitoring of climate variables in

semi-closed greenhouses. Acta Hort. 893:1073–1080.

Verheul, M. J., A. Sonsteby, and S. O. Grimstad. 2007. Influence of day and night temperatures on flowering of Fragaria x ananassa Duch., cvs Korona and Elsanta. Sci. Hortic. 112:200–206.

Studies on Seedling Productive Environment and Management Techniques of Strawberry

Yuh-Jyuan Lee[1,8], Ting-Lin Chang[2], Yih-Juh Shiau[3], Jih-Zu Yu[4], Jyh-Nong Tsai[5], Feng-Chyi Lin[6] and Chin-Chih Chen[7]

Summary

The seedling production environments are usually cultivated in the cold climate and unsheltered field of strawberry in Taiwan, it is hard to overcome the problem of plant diseases and insect pests induced by higher temperature, humidity and rainy days. It is important to seek one protected facilities for seedling production of strawberry. To cultivate strawberry with greenhouse has increased in Taiwan by global climate change in recent years, and the application automation environment control and energy saving photoelectric systems were build. This project is to stabilize the plastic semi-enclosed greenhouse production system. We intend to integrate and develop technologies of cultivating strawberry in plastic greenhouse by application vertical culture system and hydroponic method about 28–31℃ (peat moss medium). We are also to maintain medium temperature, controlling air exchange, set up air clean filter and tougher prevention of pests and diseases. This technology provides healthy strawberry seedling cultivation and production of standard operating procedures, can produce 50 plant per mother plant higher than farmer, healthy seedlings 25–28 Million plants per hectare, the annual output value is about 375–420 Million dollars per hectare.

Key words: Strawberry, Greenhouse, Environment, Pest and Diseases.

---

1. Assistant Researcher, Farm Management Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Researcher and Director of Farm Management Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Researcher, Plant Germplasm Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Associate Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
7. Assistant Researcher, Plant Planoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
8. Corresponding author, e-mail: yjlee@tari.gov.tw; Tel: 886-4-23317751.

設施栽培番茄病蟲害管理

吳雅芳[1,4] 陳昇寬[2] 鄭安秀[3]

摘要

近年來受全球極端氣候影響，露地栽培的番茄常因氣候不穩定或病蟲害猖獗而蒙受損失，因此應用設施在番茄生產已蔚為風潮，高品質設施番茄生產要點包括：選擇適時適地的品種及健康種苗；種植前進行土壤肥份分析，依據分析結果合理施肥；田區種植過的茄科作物若曾罹患根瘤線蟲、萎凋病或青枯病者宜使用嫁接抗病根砧之種苗；苗期及定植初期注意蚜蟲類、薊馬類及銀葉粉蝨等病毒媒介昆蟲的防治，可於設施內設置黃色及藍色黏紙監測；設施周遭懸掛性費洛蒙誘蟲器誘殺夜蛾類害蟲並監測其密度；注意田間衛生，隨時清除罹病蟲之植株殘體；留意設施內溫濕度變化，採用非化學農藥防治方法，並適時配合化學藥劑進行病蟲害防治，選用登記於番茄上的藥劑，依照農藥標示使用並嚴格遵守安全採收期。

關鍵詞：番茄、設施栽培、病蟲害管理

前言

依據農糧署 104 年統計資料，番茄全年栽培面積達 4,810.65 公頃，其中嘉義縣、高雄市、臺南市及雲林縣的種植面積均超過 500 公頃，佔全臺 6 成以上。臺灣地處亞熱帶地區，夏季屬高溫高濕氣候，加上屢有颱風、豪雨之侵襲，造成番茄栽培困難；秋冬季雖氣候溫和適合番茄生長，但近年來受全球極端氣候影響，尤其在雲嘉南及高屏地區，秋冬季節依然炎熱高溫且時遇驟雨，露地栽培的番茄常因氣候不穩定或病蟲害猖獗而蒙受損失，因此應用設施在番茄生產已蔚為風潮，設施栽培既可隔絕有助於病害擴展的風雨，亦可阻擋害蟲入侵，等於有了先天上的優勢，栽培者如能確實了解病蟲害的發生生態，以健康管理的觀念，採用適宜的綜合防治策略，藉由減輕作物病蟲害的發生程度來達到減少化學農藥使用，達到生產安全產品的目的。

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場副研究員。台灣 臺南市。
2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場副研究員。台灣 臺南市。
3. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究員。台灣 臺南市。
4. 通訊作者，電子郵件：yfwu@mail.tndais.gov.tw；電話：(06)5912959。

番茄病蟲害生態與發生條件

了解病蟲害的生態與發生條件，才能掌握適當的防治時機，採取最有效且安全的防治措施，以下介紹番茄的主要病蟲害生態及發生條件。

1.番茄病害

(1) 病毒病 (Virus disease)

病毒種類：番茄嵌紋病毒 (Tomato mosaic virus, ToMV)、胡瓜嵌紋病毒 (Cucumber mosaic virus, CMV)、番茄黃化捲葉病毒 (Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)、番茄斑點萎凋病毒 (Tomato spotted wilt virus, TSWV)、馬鈴薯病毒 Y (Potato virus Y, PVY) 等。

農友將罹患病毒病之病株通稱為瘋欉，依病毒種類、栽培品種及環境因素不同，其病徵亦不盡相同，尤其田間複合感染情狀相當普遍。主要病徵出現在葉片上，一般為嵌紋病徵，葉片呈現黃綠不均的現象，偶有壞疽條斑或水浸斑，葉片受害後，表面呈凹凸不平、皺縮或畸型，新葉顏色變淡黃，葉片縮小或變細有如細繩狀，植株矮小，受害嚴重者生長停頓，甚至於枯死。胡瓜嵌紋病毒及馬鈴薯病毒 Y 經由蚜蟲傳播，番茄嵌紋病毒來自種子、其它茄科作物及雜草，屬機械傳播。

番茄黃化捲葉病毒可經由嫁接或銀葉粉蝨傳播，但不經由機械傳播，造成整株葉片向上捲，葉柄下垂，葉背向上，葉脈紫色，整株淡黃色。感染番茄斑點萎凋病毒之嫩葉轉為赤褐色，而後出現許多細小黑色斑點，生長尖端死亡，莖末端亦有條斑，老葉漸褐化、萎凋、死亡、落葉，果實病徵於大果番茄較為明顯，未成熟果出現黃斑後形成黃綠相間的同心輪紋，成熟後變成紅白或紅黃相間同心輪紋典型病徵，番茄斑點萎凋病毒寄主範圍極廣，除由薊馬類害蟲的永續性傳播外，種子種皮也可帶病毒，很難根除。防治病毒病害宜選用健康種苗，於苗期注意小型昆蟲防治，修剪時避免機械傳播的機會。

(2) 苗期病害 (Phytophthora blight)

病原菌：*Phytophthora capsici*

本病害於高溫多濕環境下容易發生。主要危害幼苗地際部或地際部以上之莖部，初呈淡褐色至暗褐色之縊縮病徵，後呈腰折狀而枯死，游走子囊釋放之游走子藉灌溉水或雨水傳播。被害未死之苗株移植後生育受阻，一般田間植株不受害。

(3) 早疫病 (Early blight)

病原菌：*Alternaria solani*

本病又稱輪紋病，初期感染葉片呈暗褐色至黑色水浸狀小斑點，而後逐漸擴大成革質化輪紋狀斑點，周圍有黃色暈環，老葉被害嚴重時，多數病斑癒合而引起落葉。莖部被害則造成側枝掉落。果實受害呈現褐色凹陷輪紋狀病斑，果實上半部被害居多而造成果實腐爛。

(4) 灰斑病 (Gray leaf spot)

病原菌：*Stemphylium* sp. Weber

本病害主要危害葉片，不危害果實。初期病徵在葉片呈現細小圓形之黑褐色斑點，透光時可見周圍包以一小黃暈圈。嚴重被害時，葉片佈滿許多此類小斑點。當病斑稍擴大後，病斑中間組織轉變為灰褐色而破碎，導致葉片急速死亡，變為褐色而掉落。

(5) 黑葉黴病 (Black leaf mold)

病原菌：*Pseudocercospora fuligena*

本病害可危害葉、葉柄及莖部。初期病徵在下位葉的葉片出現灰白色小斑點，病斑會逐漸癒合，顏色轉變為灰褐色至黑褐色，葉背及葉表均可見黑色黴狀物，為病原菌之分生孢子及分生孢子梗，後期病原菌蓋滿葉背甚至葉面，造成罹病葉乾枯，但不落葉，本病原菌亦可感染茄子及甜椒，但對這兩種作物之危害並不普遍。另外田間常見的雜草龍葵亦為其寄主。分生孢子主要靠雨水飛濺、流水或機械等傳播。分生孢子發芽後，經由葉片氣孔侵入。28℃最適合其生長及產孢，因此溫暖、潮溼的環境有助於病害之進展。

(6) 葉黴病 (Leaf mold)

病原菌：*Passalora fulva* ＝ *Fulvia fulva*

主要危害葉及莖，亦可危害花及幼果。發病初期於葉背面呈現不明顯之灰白色小斑點，在潮溼環境下，病斑於葉背產生黴狀物，初為灰白色，隨著病勢進展顏色漸轉深至紫褐色。病斑初呈圓形，後受葉脈限制，病斑於葉表初呈淡黃色，顏色漸變為深褐色乾枯狀，後期葉片上捲而枯死。分生孢子自葉背病斑產生後，隨氣流或雨水接觸而傳播，有時亦可附在種子上，相對溼度 90-100%，溫度 18-26℃時最適合傳播感染。

(7) 灰黴病 (Gray mold)

病原菌：*Botrytis cinerea*

病原菌可感染莖、葉、花與果實，葉片受害一般從葉尖開始呈“V”形灰褐色病斑，有輪紋，病斑會逐漸擴大，而後葉片枯死，表面生灰色黴狀物。果實染病初期果皮變白、軟腐，後期產生大量灰色黴層，呈水腐狀，失水後果實僵化。好發於低溫潮濕氣候，尤其冬季日夜溫差大及春季易起霧之環境最嚴重。病原菌藉霧滴、雨水、氣流及人員工具污染傳播。

(8) 炭疽病 (Anthracnose)

病原菌：*Colletotrichum gloeosporioides* Penz (Sacc.)

C. phomoides (sacc.) Chester

本病於臺灣週年發生，但以夏季高溫多溼季節發生較厲害。栽培失當及管理不善時發生最為厲害，一般管理良好者甚少發現炭疽病發生。病原菌自嫩葉葉緣侵入而引起葉緣焦枯，一般不造成落葉，在高濕或颱風過後，老葉感染時，初呈淡綠色水浸狀，後期轉成黑褐色，病斑呈輪紋狀。果實罹病初期產生褐色斑點，逐漸擴大，後期病斑向下凹陷，產生許多黑色小點，於果實上有潛伏感染的現象，病斑主要出現於成熟果。

(9) 白粉病 (Powdery mildew)

病原菌：*Oidium ellipticum* Sawada；*Erysiphe orontii* Cast.

本病害主要發生於栽培後期植株枝葉較茂密時，由下位葉開始危害葉片及莖部，初期病徵在葉片出現細小白色粉狀斑點，病斑逐漸擴大，罹病部位覆蓋上一層白粉，葉面亦常見白粉病徵，此乃病原菌之分生孢子及分生孢子梗。嚴重被害時葉表面被害組織呈現淡褐色，葉背面呈現黃化現象，導致葉肉組織壞疽，葉片乾枯、落葉。

(10) 晚疫病 (Late blight)

病原菌：*Phytophthora infestans*

晚疫病主要發生於低溫、多濕的環境，本病原菌可危害葉片、葉柄、莖、花序及果實，被害部初呈暗綠色水浸狀斑點，在多濕環境下快速擴展，可見有白色黴狀物產生於病斑邊緣，為病原菌之菌絲及游走子囊。果實被害後，初呈灰綠色水浸狀斑點，逐漸擴大至半個果實後呈褐色堅硬之波浪紋狀，潮濕環境下亦產生白色黴狀物於果實上，但不軟腐。本病害遇適宜環境時傳播極為迅速，尤其在設施內，一旦發生此病害常蔓延快速，因此冬季低溫時，設施內宜保持通風，儘可能降低濕度，病害初發生時以塑膠袋套住病組織加以剪除立即移至設施外，並選

用藥劑進行防治。

(11) 白絹病 (Southern blight)

病原菌：*Athelia rolfsii* (*Sclerotium rolfsii*)

本病害主要發生於高溫多濕的環境，病原菌菌核發芽後，白色菌絲由植株地際部侵入，病株初期呈現葉部萎凋症狀，葉片並無明顯黃化，莖地基部外圍組織褐化腐爛，產生白色菌絲包圍，不久生成許多淡褐色之菌核。果實接觸土壤時，亦容易被害，造成果實腐爛，其上長出白色菌絲，後亦形成許多淡褐色之菌核。初期發生時宜將罹病株及周圍土壤一同移除。

(12) 萎凋病 (Fusarium wilt)

病原菌：*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

病原菌之厚膜胞子發芽後，發芽管直接侵入根尖或根部傷口，番茄苗期罹病，會迅速萎凋死亡，較大植株罹病，常延遲至結果期才發病。首先可見葉脈透化及偏上生長，並由下位葉開始向上逐漸黃化萎凋，初期病徵往往只出現於植株的一側，剝開莖部縱切面，可見維管束明顯褐變，隨後葉柄下垂，整株枯死。

(13) 根瘤線蟲病 (Root knot nematode)

病原：*Meloidogyne incognita*

根部遭受根瘤線蟲危害後，根尖萎縮，罹病組織分化成腫瘤狀，後期根系腐敗，地上部生育不良，黃化、萎凋、葉片數減少、小葉、捲葉、結果不良、果實畸型等徵狀。

(14) 青枯病 (Bacterial wilt)

病原細菌：*Ralstonia solanacearum*

青枯病為土壤傳播之細菌性病害，高溫、多濕環境適宜發病，主要由根部侵入感染，發病初期下位葉的葉柄先呈現下垂，而後葉片漸次萎凋，同時莖基部也常出現不定根，全株萎凋後仍呈現綠色為其典型病徵。橫切罹病株莖基部，維管束呈現褐色，以手擠壓有乳白色黏性的菌液溢出，放入清水中，可見大量病原細菌由切口流出，呈乳白色雲霧狀，可藉此方法精確診斷青枯病，並與其他引起相似萎凋、維管束褐變的真菌性病害區別。除根對根傳播外，附著土壤的鞋及農具也可傳播病原細菌。本病害與根瘤線蟲及萎凋病均為土壤傳播性病害，病原菌可長期殘存於土壤中，應避免於罹病田連續種植番茄，曾罹病之田區宜採抗病茄砧 (EG203，EG219，EG190) 嫁接可有效防治青枯病、萎凋病及根瘤線蟲病。

(15) 細菌性斑點病 (Bacterial spot)

病原細菌：*Xanthomonas euvesicatoria, X. vesicatoria , X. perforans*

細菌性斑點病危害葉片俗稱酥葉，亦可危害果實、葉柄、莖及花序。初期在葉片引起水浸狀小斑點，有些會逐漸擴大為不規則形病斑，顏色由黃綠轉為深褐色，最後變為壞疽，中央呈灰褐色。罹病莖部上呈現灰到黑色、圓形到長窄形之病斑。果實上亦出現水浸狀斑點，初期周圍往往具有白色暈環，病斑擴大後，暈環消失，病斑轉為黑褐色，呈瘡痂狀，中央凹陷且邊緣稍有隆起。病原菌可藉種子帶菌而造成苗期感染，苗床上以噴灑的澆水方式常加速病原菌的傳播及病害蔓延，田間則多藉雨水傳播，可由傷口或自然開口侵入感染。

(16) 細菌性軟腐病 (Bacterial soft rot)

病原細菌：*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

本病害可危害莖及果實，初呈淡褐色水浸狀病斑，隨病斑的擴大，顏色漸加深為深褐色，並於莖表面出現黏濕狀，病勢進展而造成病患部以上葉片萎凋，莖倒伏，輕捏病斑莖部呈空洞狀。縱切莖部可見其內部組織褐化，且部分組織軟化瓦解，於軟化組織中混雜著病原細菌菌泥，最後整株萎凋死亡。病原細菌亦會危害果實，無論成熟或未成熟果，尤其遭受鳥害之果實，於果實上初現水浸狀斑點，而後整個果實軟腐。病害多出現於高溫高濕之夏季，尤以颱風或大雨過後較易發生，宜儘速清除罹病植株避免病害蔓延。

2.番茄蟲害

(1) 銀葉粉蝨 (Silver leaf whitefly)

學名：*Bemisia argentifolii*

銀葉粉蝨俗稱白龜神、白粉蝨、白蚊子，周年發生，繁殖力強，寄主植物廣，成蟲在番茄葉背產卵，孵化後之若蟲有 4 齡，1 齡有足可爬行找尋適當之取食位置，2 齡以後足退化，固著於葉背，成蟲受干擾會在作物上方或周圍稍作盤旋，長距離遷移則靠風力之傳播。本蟲除直接刺吸植株養液致使生長衰弱外，並可傳播番茄黃化捲葉病毒，成蟲及若蟲分泌蜜露可誘發煤煙病，嚴重時影響植株光合作用及果品之品質。以 3–5 月及 9–11 月為發生盛期。

(2) 番茄夜蛾 (Tomato fruitworm, Corn earworm)

學名：*Helicoverpa armigera*

番茄夜蛾又名玉米穗蟲、高粱穗蟲，年發生 8 世代，成蟲以花蜜為食，幼蟲

以嫩莖、葉為食或蛀入莖部啃食致植株枯死，開花期啃食花器影響授粉，最主要之危害為幼蟲由果蒂周圍蛀入幼果或成熟中之果實啃食，致果實腐爛無商品價值。幼蟲有自相殘殺習性。老熟幼蟲鑽出果實，於土中化蛹，開花至幼果期為發生盛期，嚴重影響番茄之產量。

(3) 甜菜夜蛾 (Beet armyworm)

學名：*Spodoptera exigua*

甜菜夜蛾俗稱青蟲，年發生 11 世代，成蟲晝伏夜出，白天棲息於葉背或暗處，於傍晚及清晨產卵，卵呈卵塊狀，其上覆蓋雌成蟲的毛。幼蟲體色多變化，取食嫩葉、花器及果實。老熟幼蟲落地化蛹於土內或土表之落葉雜物間。春、秋二季為發生盛期，番茄以生育初期至開花期為危害高峰期。

(4) 斜紋夜蛾 (Tobacco cutworm, Cotton worm)

學名：*Spodoptera litura*

斜紋夜蛾俗稱行軍蟲、黑土蟲，年發生 8–9 世代，成蟲具趨光性，成蟲與幼蟲均晝伏夜出。卵塊產於葉背，初齡幼蟲有群棲性自葉背啃食葉肉，殘留上表皮，2–3 齡以後則逐漸分散，啃食葉片成不規則蟲孔或缺刻，晝間潛藏於隱蔽處，傍晚後外出活動，並可啃食心梢、花器或幼果，老熟幼蟲於土中化蛹。10–12 月為發生高峰期。

(5) 番茄斑潛蠅 (Tomato leaf miner)

學名：*Liriomyza bryoniae*

番茄斑潛蠅俗稱繪圖蟲、二能蟲，年發生 20 世代左右，成蟲以產卵管刺破葉面組織吸吮汁液或在葉組織內產卵，被害葉片呈現白色小斑點。孵化後幼蟲在葉片中潛食葉肉，僅剩上、下表皮，外觀成灰白色曲折之隧道食痕，嚴重時被害葉片乾枯。老熟幼蟲在土中或畦上覆蓋之塑膠布上化蛹。番茄斑潛蠅在番茄上有二個發生盛期，一為苗期 2–5 葉，另一為結果後期之中老葉，如被害嚴重，全園呈一片焦枯景象。

(6) 桃蚜 (Green peach aphid)

學名：*Myzus persicae*

桃蚜俗稱龜神，成蟲與若蟲均喜群集於嫩芽或葉背，除直接吸食植株汁液，致心葉皺縮不展，頂芽無法正常生長外，尚可分泌蜜露誘發煤煙病，亦是病毒病之媒介昆蟲。初春至春末之旱季，番茄結果期後發生密度較高。

(7) 二點葉蟎 (mites)

學名：*Tetranychus urticae*

二點葉蟎之幼體呈淡綠色，成蟎黃綠色至深綠色，體側各具大型黑斑一個。在高溫乾旱期繁殖極為迅速，喜棲於老葉之葉背，以刺吸式口器吸食汁液，被害葉片表面呈現許多白色小點，猖獗時植株無法生長或枯乾。在番茄結果後之生育後期，發生密度較高，危害嚴重時全園葉片黃化褐變。

(8) 番茄銹蟎 (番茄刺皮瘿蟎)《Tomato russet mite》

學名：*Aculops lycopersici*

番茄銹蟎最適合發生的季節為 4–5 月份，溫度 26–30℃，相對濕度 53–75%間為其最適合的生長條件。主要刺吸番茄葉片、莖部、果柄和果實，發生初期由下位葉開始出現徵狀，葉背初呈灰褐色後轉為紅褐色，為害後期整葉枯萎，葉柄及莖部可見灰褐色黴污狀斑，植株漸呈黃化乾枯，容易被誤認為病害，因此應特別留意田間徵狀，掌握初期的防治時機。

3.生理病害

(1) 尻 (臍) 腐病

果實缺鈣所致，易發生於高溫期。一般常因土壤缺鈣，或是土壤雖有鈣，但難以吸收而發生。多發生在果實快速膨大期，開始時果頂部出現褐色小斑，然後逐步擴大，隨著病斑發展，果實內部變為黑褐色，並向內凹陷變硬。應保持土壤適當含水量，避免施用氮肥過量，依據土壤狀況補充石灰、硫酸鈣等，高溫時可噴灑 0.5%氯化鈣，間隔 2–3 天連續噴灑 1 周。

(2) 水腫症 (oedema)

當植物根部吸水的速度大於葉面蒸散而累積過多的水分時，導致細胞膨脹，最初出現淺綠色的水泡狀隆起，多集中在葉背葉脈週圍，隆起的細胞最後爆裂，顏色漸深呈黃褐色，擴大癒合形成木栓狀斑，以老葉較易發生，嚴重時葉片黃化落葉。一般在空氣濕度高，土壤潮濕過度給水的環境下，容易發生。可藉由改善通風降低濕度，減少澆水 (但需避免過度乾燥，可於早上給水)，可能的話增加光照等措施改善。

設施番茄病蟲害管理要點

1.合理化施肥

根為作物吸收養分的主要器官，供應作物生長之營養主要來自土壤，土壤的狀況直接影響到作物根群的發育及養分的吸收，故要培育健康的番茄，先要提供適宜番茄生長的土壤環境，以土層深厚、排水良好的砂質壤土為佳。番茄栽培需要大量有機肥料，且合理的肥料施用量應該依土壤原有肥份而定，故應於種植前一個月採土樣送試驗改良場所進行土壤肥份分析，再依推薦用量來進行基肥及追肥之施用。

2.土壤消毒

與水稻輪作、添加放線菌或含幾丁質添加物、利用太陽能及蒸氣消毒、或邁隆處理可以降低土壤中根瘤線蟲的密度；利用太陽能及蒸氣消毒、或邁隆處理亦可殺死白絹病病原菌菌核。

3.選擇抗病品種

選植抗番茄黃化捲葉病毒品種，如小果番茄有台南亞蔬 19 號、花蓮亞蔬 21 號及種苗亞蔬 22 號；大果番茄有種苗亞蔬 15 號、花蓮亞蔬 18 號及桃園亞蔬 20 號，可以減輕罹患番茄黃化捲葉病毒病的情況。

4.種植健康種苗

雨害是夏季小果番茄生產的主要限制因子之一，除利用設施栽培外，種植嫁接茄砧或接種內生菌根菌之番茄苗，亦可提高番茄植株耐淹水性。另嫁接抗病茄砧可以有效防治青枯病、萎凋病及根瘤線蟲病，臺南區農業改良場於田間進行青枯病及萎凋病的防治試驗，結果顯示於定植二個月後，嫁接苗的青枯病罹病株率由自根苗的 80–100%降到 15%以下，萎凋病罹病度由 100%降到 0%。顯示茄子根砧確實對青枯病及萎凋病具強抗病性。

5.懸掛性費洛蒙誘殺夜蛾類 (番茄夜蛾、甜菜夜蛾、斜紋夜蛾)

設施外懸掛性費洛蒙誘引劑可以大量誘殺雄蛾，減少雌蛾交配機會，進而降低雌蛾產卵數量，減少下一代幼蟲數量及危害。因此於種植前提早使用或長期使用性費洛蒙誘殺，方能有效降低田間族群密度。由於性費洛蒙具有專一性，不同的夜蛾種類需使用不同的性費洛蒙誘引劑，且誘引劑內不含農藥，無法直接殺死成蛾，必須搭配適當誘蟲盒使用。大面積使用性費洛蒙進行共同防治更能提升防治效果。

6.懸掛黏紙誘殺小型昆蟲(番茄斑潛蠅、薊馬、蚜蟲類、銀葉粉蝨)

目前常用之黏紙主要為黃色及藍色，大部分的害蟲均對黃色黏紙有偏好性，藍色黏紙主要用來誘殺薊馬類害蟲。黏紙設置高度約與作物等高或於作物上方 30 公分以內，因為是利用昆蟲視覺誘引，黏紙不可被枝葉或其他物體遮蔽。

7.亞磷酸預防晚疫病

晚疫病易發生於低溫高濕的環境，溫網室栽培者於低溫來襲時為了防寒，會將設施塑膠布全面放下，卻也提高設施內相對濕度，極適宜番茄晚疫病的發生與蔓延。不論露地或設施栽培，對於晚疫病的防治，除適時施用藥劑外，可於氣象預報得知低溫將至時，先噴施亞磷酸混合氫氧化鉀 1000 倍稀釋液，誘導植株抗病力，減少農藥的施用。

8.窄域油、葵無露等防治白粉病及小型昆蟲

白粉病易於設施栽培環境中發生，可以噴施窄域油、葵無露等乳化油劑進行防治，同時對小型昆蟲也有防治效果。

9.田間衛生

要作物健康生長當然要提供作物最少病原與蟲源的生長環境，田間衛生是降低田間病原及蟲源最有效、最基本的方法，要作物健康生長當然要提供作物最少病原與蟲源的生長環境，建議隨時清除罹病蟲之植株、葉、果，並將之裝入垃圾袋帶離園區，不可丟棄於園區內。

10.藥劑防治

當環境極有利於病蟲源滋生時，可配合使用藥劑來加以控制病蟲害，針對田間主要病蟲害選擇植物保護手冊中登記於番茄之藥劑來進行防治。進入採收期之番茄園儘量改以非化學農藥防治方式，若需配合採用化學藥劑防治，切記嚴守藥劑之安全採收期。臺南區農業改良場網站上隨時更新番茄之登記用藥，相關之藥劑使用可逕行參考。(http://www.tndais.gov.tw/view.php?catid=382)

結論

根系越旺盛，植株越健康，所以設施番茄安全生產要點就是在適時、適地、適種的原則下，強健作物根系，提供足夠營養及最少病蟲源的生長環境，才能讓作物活的健健康康，減少病蟲害的發生，減輕化學農藥的使用，降低環境的污染，創造農民及消費者雙贏。


番茄黃化捲葉病毒病


番茄斑點萎凋病毒


苗期疫病


早疫病


灰斑病


黑葉黴病


葉黴病


灰黴病


炭疽病


白粉病


白絹病


軟腐病




細菌性斑點病




晚疫病


根瘤線蟲


萎凋病


青枯病


嫁接抗病茄砧可防治
左列三種病害


番茄刺皮瘤蜱(番茄銹蜱)


尻(臍)腐病


水腫症


銀葉粉蝨


番茄斑潛蠅

引用文獻

安寶貞。2001。植物病害的非防治品-亞磷酸。植物病理學會刊 10:147–154。

安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、黃晉興、楊宏仁。2008。非農藥防治新技術的開發與應用。節能減碳與作物病害管理研討會專刊: 137–153。

吳雅芳、陳昇寬、鄭安秀。2003。設施番茄安全生產要點。小果番茄產銷技術與經驗分享研討會專輯：26–32。

劉依昌、黃瑞彰、蔡孟旅、黃秀雯。2016。小果番茄設施栽培及健康管理技術。臺南區農業改良場技術專刊 105-3 (NO.164)。

台灣植物病害名彙。2002。

http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp 行政院農業委員會農糧署農情報告資源網。

http://www.tactri.gov.tw/htdocs/ppmtable/植物保護手冊網路版。

設施木瓜安全生產

蔡志濃[1,5] 余志儒[2] 盧秋通[2] 林筑蘋[1]

摘要

農產品食用安全意識高漲，而連續採收作物農藥殘留違規歷年皆居各類蔬果之冠，肇因於其栽培與採收期間常因病蟲的危害，農友為確保其產量與品質，多依賴化學合成農藥來防治，因此常有農藥殘留的食安問題，木瓜為連續採收型作物，因此亦有農藥殘留之虞慮。本研究之目的為減農藥及符合木瓜安全用藥規範，利用非化學合成農藥進行木瓜病蟲害防治，病害防治方面施用亞磷酸可有效防治疫病；4-4 式波爾多液對於炭疽病菌 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 菌絲生長及分生孢子發芽之抑制率皆達 100%；石灰硫磺合劑 1000 倍對於炭疽病菌分生孢子發芽之抑制率亦達 100%；乳化葵花油可有效防治木瓜白粉病。以石灰硫磺混合劑進行防治木瓜秀粉介殼蟲試驗，由調查結果顯示，噴灑石灰硫磺混合劑之木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus*) 發生數量較對照組少，石灰硫磺混合劑具抑制木瓜秀粉介殼蟲發生之效果；於實驗室進行黃色黏紙阻隔 4 種螞蟻及秀粉介殼蟲之試驗，由結果顯示，黃色黏紙具阻隔長腳捷蟻、小黑蟻、擬大頭家蟻、懸巢舉尾蟻及粉介殼蟲爬上木瓜植株之效果，黃色黏紙室外阻隔螞蟻及粉介殼蟲，分別經 40 日、45 日、30 日、40 日、42 日即失阻隔效果。另持續以黃色黏紙塗防蟲膠進行阻隔上述 4 種螞蟻及秀粉介殼蟲之有效期限試驗，由結果顯示，長腳捷蟻、小黑蟻、擬大頭家蟻、懸巢舉尾蟻及粉介殼蟲於塗防蟲 A 膠者，分別經 84 日、98 日、91 日、91 日及 91 日尚具阻隔效果；因此，以塗防蟲 A 膠者之有效阻隔期限較長。設施木瓜安全生產體系，係利用網室栽培、種植健康種苗、清園、監測及適時使用非化學合成防治資材 (亞磷酸、乳化葵花油、4-4 式波爾多液、石灰硫磺合劑及植物油混方) 可有效防治病蟲害，充分利用各種栽培管理措施，營造樂活的環境、生產安全的木瓜。

關鍵詞：木瓜病害、木瓜蟲害、安全生產、整合性管理

---

1. 行政院農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
2. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員員。台灣 台中市。
3. 行政院農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。
4. 行政院農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。。
5. 通訊作者，電子郵件：tsaijn@tari.gov.tw；電話：(04) 23317504。

利用非化學農藥資材防治病害

利用有機資材進行木瓜病蟲害防治，病害防治方面施用亞磷酸可有效防治疫病，4-4式波爾多液對於炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)菌絲生長及分生孢子發芽之抑制率皆達100% (表1)；石灰硫磺合劑1000倍對於炭疽病菌分生孢子發芽之抑制率亦達100% (表1)。於田間視氣候狀況每週或2週施用一次石灰硫磺合劑200及500倍，對於炭疽病之防治效果良好，石灰硫磺合劑200倍發病率8.3%，對照無施用發病率則達66.7% (表2)。

表 1. 4-4 式波爾多液及石灰硫磺合劑對炭疽病菌 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 菌絲生長及孢子發芽之抑制效果

處　理	Mycelial Growth (mm)	Inhibition (%)	Conidiospore Germination (%)	Inhibition (%)
4-4 式波爾多液	0	100	0	100
石灰硫磺 100X	33	49.23	0	100
石灰硫磺 200X	41	38.35	0	100
石灰硫磺 300X	53	18.46	0	100
石灰硫磺 400X	51	21.54	0	100
石灰硫磺 500X	56	13.85	0	100
石灰硫磺 600X	58	10.77	0	100
石灰硫磺 700X	61	6.15	0	100
石灰硫磺 800X	62	4.62	0	100
石灰硫磺 900X	65	0	0	100
石灰硫磺 1000X	64	1.54	0	100
對照 (CK)	65	0	99	0

表 2. 田間木瓜施用不同濃度之石灰硫磺合劑防治木瓜炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 之效果

處　理	炭疽病發病率 (%)
石灰硫磺合劑 200X	8.3
石灰硫磺合劑 500X	55.6
對照 (CK)	66.7

利用非化學農藥資材防治蟲害

於實驗室進行黃色黏紙阻隔 4 種螞蟻及秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus*) 之試驗，由結果顯示，黃色黏紙具阻隔長腳捷蟻、小黑蟻、擬大頭家蟻、懸巢舉尾蟻及粉介殼蟲爬上木瓜植株之效果，黃色黏紙室外阻隔螞蟻及粉介殼蟲，分別經 30 日、42 日即失阻隔效果。另持續以黃色黏紙塗防蟲膠進行阻隔上述 4 種螞蟻及秀粉介殼蟲之有效期限試驗，由結果顯示，長腳捷蟻、小黑蟻、擬大頭家蟻、懸巢舉尾蟻及粉介殼蟲於塗防蟲 A 膠者，分別經 84 日、98 日、91 日、91 日及 91 日尚具阻隔效果 (表 3)；於塗防蟲 B 膠者，分別經 35 日、35 日、35 日、35 日及 28 日仍具阻隔效果，因此，以塗防蟲 A 膠者之有效阻隔期限較長。另測試 4 種固定帶(綁腿帶、魔帶、膠帶、鬆緊帶)是否有效固定黏紙、操作時間長短，以及對木瓜植株是否造成影響之試驗，並觀察黏紙在木瓜植株上之變化。由結果顯示，4 種固定帶均可有效固定黃色黏紙，經 40 日仍未被木瓜樹幹撐開。操作時間以綁腿帶最短，其次為魔帶、膠帶、鬆緊帶。魔帶固定黃色黏紙後 21 日，木瓜樹幹上之固定位置出現凹陷情形，其他 3 種固定帶未出現凹陷。黃色黏紙以固定帶固定後經 28-39 日裂開。並以石灰硫磺混合液進行防治木瓜秀粉介殼蟲試驗，由調查結果顯示，噴灑石灰硫磺混合液之木瓜秀粉介殼蟲發生數量較對照組少 (表 4)，因此，石灰硫磺混合液具抑制秀粉介殼蟲發生之效果。

表 3. 黃色黏紙塗防蟲 A 膠防治木瓜秀粉介殼蟲之調查結果

	日期									
處理別	5/16	05/24	06/11	06/19	06/26	07/09	07/23	08/09	08/29	09/12
黃色黏紙塗防蟲A膠	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0.6	3.3	0.9
慣行法	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
對照組(CK)	0	0.1	6.3	3.6	4.4	11.5	14.9	15.1	28.8	13.9

表 4. 石灰硫磺合劑防治木瓜秀粉介殼蟲之調查結果

處理	日期							
	07/18	08/16	08/31	09/14	09/27	10/15	10/30	11/20
石灰硫磺合劑 200X	2.1[1]	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.2	0.4
對照組(CK)	6.4	0.3	0.2	0.6	0.9	0.6	0.9	0.5

[1] 隻/每個葉片。

木瓜病蟲害整合性管理策略

一、健康種苗：

移植於本田之前的苗期，做預防性之處理，避免任何病、蟲原帶入本田。

二、清園：

園區內、外圍四週的雜草須清除乾淨。園內不可留由殘枝、葉、花、果等給病蟲源可能的棲息或生長繁衍的場所。必須立即將之焚燬或埋入地下至少 30cm。

三、監測：

尤其本田，自定植後每週確實調查病、蟲之發生種類與數量，以掌握適當的防治方法與時機。於試驗田區外緣四個邊及二個對角線上各逢機取樣 5 個點，每點 1 株。目測調查低、中、頂位的葉片各 2 片。

四、病害管理：

木瓜主要病害有炭疽病 (*Colletotrichum gleoesporoides* Penzig 及 *C. capsici* (Syd.) Butl. et Bisby)、疫病 (*Phytophthora palmivora* (Butler) Butler)、蒂腐病 (*Lasiodiplodia* (*Botryodiplodia*) *theobromae*)及白粉病 (*Oidium* spp.)。木瓜種植期間於雨季來臨前每週施用一次亞磷酸，連續使用三次，以防治疫病之發生；白粉病發病初期以乳化葵花油 200-500 倍施用；炭疽病方面以石灰硫磺合劑 200-500 倍稀釋液施用；4-4 式波爾多液可用於防治疫病及炭疽病。

五、蟲害管理：

蟲害以害蟎及木瓜秀粉介殼蟲最為普遍且嚴重，是蟲害管理成本的主要支出。害蟎在台灣地區木瓜上以神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida)與二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 最為普遍。本計畫害蟎之防治以生物防防治為主軸，將透過確實的害蟎發生密度監測，適時實施適當的防治方法。一發現有害蟎，即行釋放基徵草蛉來進行防治。每株釋放草蛉卵 20–60 粒或初齡幼蟲 5–10 隻，每 7–10 天釋放 1 次，持續至採收後期。若害蟎密度達平均每葉 10 隻以上時，先噴施植物油混方將密度壓低，再行生物防治。此時以每株釋放約 200 粒卵加強防治；秀粉介殼蟲則以植物油混方防治。

病蟲害整合性管理

103年有機木瓜園病蟲害整合性管理，利用網室種植健康種苗；清園：覆蓋抑草蓆，防止雜草，注意田間衛生，園區內不可留由殘葉、葉柄、罹病果等給病蟲

源可能的棲息或生長繁衍的場所；監測：定植後確實調查病、蟲之發生種類與數量，以掌握適當的防治方法與時機；病蟲害防治資材應用：種植前以4-4波爾多液進行清園，種植期間以亞磷酸、乳化葵花油、石灰硫磺合劑及植物油混方，依據病蟲害發生情形，調整使用倍數及頻度。本年度木瓜果實炭疽病之平均罹病率為0.58%，蒂腐病為2.82% (表5)；至11月27日調查神澤葉蟎為0隻/每葉，秀粉介殼蟲2.96隻/每葉 (表6)。

表 5.103 年有機木瓜園木瓜果實病害發生情形

調查日期	病害種類		
	炭疽病 (罹病率%)	蒂腐病 (罹病率%)	*Fusarium* sp. (罹病率%)
9 月 15 日	3.03	0.00	3.03
9 月 20 日	0.88	0.88	0.88
9 月 24 日	0.00	1.56	1.56
9 月 29 日	1.85	18.52	0.00
10 月 1 日	0.57	0.57	0.00
10 月 8 日	1.57	5.88	1.18
10 月 15 日	0.37	2.61	0.00
10 月 22 日	0.00	3.62	0.00
10 月 29 日	0.00	1.19	0.00
11 月 11 日	0.00	1.31	0.00
11 月 18 日	0.56	0.00	0.00
平均	0.58	2.82	0.35

表 6. 103 年有機木瓜園蟲害發生情形

調查日期	害蟲種類	
	神澤葉蟎 (隻/每葉)	秀粉介殼蟲 (隻/每葉)
5 月 16 日	19.9	0.0
5 月 29 日	19.4	0.0
6 月 12 日	0.4	0.0
6 月 26 日	1.1	0.0
7 月 10 日	4.6	3.15
7 月 25 日	5.0	3.04
8 月 7 日	0.1	4.96
8 月 21 日	0.0	5.64
9 月 4 日	0.1	8.56
9 月 18 日	0.1	11.64
10 月 2 日	0.0	4.04
10 月 17 日	0.0	4.48
10 月 30 日	0.0	3.08
11 月 13 日	0.0	2.88
11 月 27 日	0.0	2.96

結論

有機木瓜病蟲害整合性管理利用種植健康種苗，移植於本田之前的苗期，做預防性之處理，避免任何病、蟲原帶入本田；清園工作，將園區內、外圍四週的雜草須清除乾淨，園內不可留由殘枝、葉、花、果等給病蟲源可能的棲息或生長繁衍的場所；及定期之病蟲害監測，尤其本田，自定植後每週確實調查病、蟲之發生種類與數量，以掌握適當的防治方法與時機。利用有機(非化學合成)資材進行木瓜病蟲害防治，病害防治方面施用4-4波爾多液、亞磷酸及石灰硫磺合劑，病害調查結果僅發生輕微之褐斑病及疫病。監測調查有機栽培模式之木瓜田害蟲種類，包括木瓜秀粉介殼蟲、神澤氏葉蟎、斜紋夜蛾、非洲大蝸牛等，以木瓜秀粉介殼蟲發生最多，施用之資材包括植物油混方及黃色黏紙等。木瓜秀粉介殼蟲之發生與螞蟻有關，以黃色黏紙環綁於木瓜樹幹基部，初步觀察顯示，黃色黏紙具黏性致螞蟻無法爬越，阻斷搬移路徑，或阻斷介殼蟲，可減緩秀粉介殼蟲之發生數量。病蟲害有機防治資材尚缺少，不足以提供所有病蟲害之防治，尚需加強研發。

引用文獻

王惠亮、陳佩賢、倪蕙芳、陳瑞祥。2007。木瓜蒂腐病菌生理特性及防治藥劑之篩選。植病會刊 16:71–78。

安寶貞、黃瑞卿、陳茂發。1994。環境因子對檬果炭疽病發生之影響。植病會刊 3:34–44。

安寶貞。2001。亞磷酸與植物病害的防治。植病會刊 10:147–154。

黃東煌、陳大武、呂理藥。1976。臺灣木瓜疫病之研兌。植保會刊 18:293–308。

蔡志濃、安寶貞、鄭秀芳、徐子惠. 2012. 木瓜褐斑病之發生與防治藥劑篩選. 植物病理學會刊 21:155.

蔡武雄。1969。木瓜炭疽病生態生理之研究及防治。中華農業研究 18:51–58。

Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M.G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E. and Wilson, C.L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Prot. 25:108–118.

Chang, C. P. 2000. Investigation on the life history of Mallada basalis (Walker)(Neuroptera: Chrysopidae) and the effects of temperature on its development. Chinese J. Entomol. 20：73–87.

Cheng, L. L., J. R. Nechols, D. C. Margolies, J. F. Campbell, P. S. Yang, C. C. Chen, and C. T.

Lu. 2009. Foraging on and consumption of two species of papaya pest mites, Tetracychus kanzawai and Panonychus citri (Acari: Tetranychidae) by the green lacewing Mallada basalis (Neuroptera: Chrysopidae). Environ. Entomol. 38:715–722.

Gonsalves, D. 1998. Control of Papaya ringspot virus in Papaya: A case study. Annu. Rev. Phytopathol. 36:415–437.

Ko, W. H. 1982. Biological control of Phytophthora root rot of papaya. Plant Dis. 66:446–525

Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by Oidium neolycopersici. J. Phytopathol. 151:144–148.

Sivakumar, D., Hewarathgamagae, N. K., Wilson Wijeratnam, R. S. and Wijesundera, R. L. C. 2002. Effect of ammonium carbonate and sodium bicarbonate on anthracnose of papaya. Phytoparasitica 30:486–492.

Ventura, J. A., Costa, H., and Tatagiba, J. da S. 2004. Papaya diseases and integrated control. Diseases Fruits Vegetables 2:201–268.

Wang, D. N. and Ko, W. H. 1975. between deformed fruit disease of papaya and boron deficiency. Phytopathology 65:445–447.

Wu, T. K. 1992. Feasibility of controlling citrus red spider mite, Panonychus citri (Acarina: Tetranychidae) by green lacewing, Mallada basalis (Neuroptera: Chrysopidae). J. Entomol. 12:81–89.

書　　名：2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會論文集（語言別：中文）
Proceedings of the Symposium on Pest Management and Safety of Facility Cultivation
編　　著：林鳳琪、余志儒、蔡志濃、高靜華、蔡致榮
發 行 人：陳駿季
出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所
地址：台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
No.189, Zhongzheng Rd., Wufeng Dist., Taichung City 41362, Taiwan (R.O.C.)
電話：（04）23302301　傳真：（04）23338162
網　　址：http://www.tari.gov.tw
出版年月：中華民國 106 年 12 月初版
定　　價：新台幣 300 元
GPN：4910602820
ISBN：9789860551747
系統號：189080
展 售 處：GPK 政府出版品知識庫 http://www.govbooks.com.tw/GPK

電子書設計製作
設計製作：學安文化事業有限公司
地　　址：台中市南區仁和二街 78 號
電　　話：（04）22861600
電子郵件：shan.adsl@msa.hinet.net

電子書播放資訊
作業系統：Windows, Mac
檔案格式：Adobe PDF
檔案內容：2D
播放軟體：PDF Reader
使用載具：PC