

出國報告（出國類別：研究）

拓展友善環境耕作技術之發展與應用-
果菜類蔬菜設施生產連作障礙克服之
關鍵技術開發

服務機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

姓名職稱：錢昌聖助理研究員、郭建志副研究員、

郭雅紋助理研究員、張金元助理研究員

派赴國家/地區：日本

出國期間：107年10月10日至10月17日

報告日期：107年12月27日

目 錄

一、	摘要.....	2
二、	前言.....	2
三、	研習目的	3
四、	研習行程及內容	3
	(一)、研習人員	3
	(二)、行程概要.....	4
	(三)、研習內容.....	5
五、	心得與建議.....	22
	(一)、研習心得	22
	(二)、結論與建議.....	23
六、	致謝	24

研習『果菜類蔬菜設施生產連作障礙克服之關鍵技術開發』

一、摘要

為克服果菜類蔬菜設施生產連作障礙，本場於本(107)年度辦理科發基金補助計畫「拓展友善環境耕作技術之發展與應用」，並於10月10日至17日赴日本進行克服蔬菜生產連作障礙技術應用研究及產業調查，執行內容包含(1)日本蔬菜連作障礙現況調查、(2)低濃度酒精與太陽熱土壤消毒技術應用、(3)蒸汽及熱水消毒機械發展與應用、(4)2018東京農業資材展覽會現況調查。

日本連作障礙主要原因以鹽害與土壤性病害為主，如镰孢菌(*Fusarium*)、腐霉菌(*Pythium*)、疫病菌(*Phytophthora*)與根瘤線蟲(Root-knot nematode)等，連作障礙之情況與臺灣相似。日方克服連作障礙對策除化學藥劑防治外，尚利用太陽熱、蒸汽或熱水進行物理性消毒；或是以益菌、酒精土壤還原法或綠肥種植達降低有害微生物族群密度，緩解連作障礙，適合國內借鏡應用。

第8屆日本國際農業資材展(Agri World Japan)部分，日本農業機械發展以省工省力技術為主軸，包括無人機、遙控割草機、穿戴式作業輔助器、女力機械等省力裝置或機械，可減輕作業負擔，達到省工目的，各項研發成果與作業機械值得參考應用。農業資材方面涵蓋化學肥料、有機質肥料、土壤改良資材、JAS有機農業認證資材、微量元素、生物農藥、微生物肥料及昆蟲性費洛蒙等，其中以富含多種複合菌種或單一菌種之土壤改良資材占多數，可供農友進行土壤改良使用，其試驗結果宣稱可以減輕作物連作障害，如萎凋病與根瘤線蟲。展區內僅少部分的生物農藥及其他芽孢桿菌類殺菌劑產品。如大陸SGM公司研發的Nemaguard可以防治線蟲、韓國的ecobio公司Bio Sulfa產品，利用產硫微生物生成生物硫，提供非化學的硫元素防治白粉病及蟎類。此外，另有業者利用農業廢棄物添加多種微生物加速腐熟，產製堆肥再利用，具有循環農業的概念。顯示除了病蟲害防治以外，極端氣候造成作物生理障礙的研究已趨向熱門，也是今後各國農業需面臨的課題之一。

二、前言

設施栽培環境下，氣候較為穩定、缺乏自然降雨淋洗，易使根系生長環境劣化，連作障礙常在栽培3年後開始發生，由於連作障礙的產生涉及作物、土壤、環境等諸多複雜因素，如何釐清作物生長不良之主因，為克服連作障礙之關鍵技術，為克服果菜類蔬菜設施生產連作障礙，本場於本(107)年度辦理科發基金補助計畫「拓展友善環境耕作技術之發展與應用」，其中於10月10日至17日赴日本地區進行克服蔬菜生產連作障礙技術應用研究及產業調查，前往National Agriculture And Food Research Organization (NARO)、千葉縣農林總合研究中心、千葉縣、靜岡縣等地蔬菜生產單位進行研習交流。所參訪之蔬菜生產地區栽培模式與臺灣相近，又NARO近幾年針對土傳病害、土壤消毒、土溫監控及有機

及有益微生物添加處理等研究成果豐碩、千葉縣農林總合研究中心亦針對露天及設施連作障礙栽培管理有所研究，與本計畫所執行內容相關性極高，因此前往研習。

三、研習目的

本計畫執行內容包含(1)日本蔬菜連作障礙現況調查、(2)低濃度酒精與太陽熱土壤消毒技術應用、(3)蒸汽及熱水消毒機械發展與應用、(4) 2018東京農業資材展覽會現況調查，並與日本農業研究人員及當地栽培農戶進行技術交流。

四、研習行程及內容

(一)、研習人員

錢昌聖助理研究員行政院農業委員會臺中區農業改良場

Chien, Chang-Sheng, Assistant Researcher, Taichung District Agricultural Research and Extension Station(TDARES), Council of Agriculture(COA), Executive Yuan, R.O.C.(Taiwan)

郭建志副研究員行政院農業委員會臺中區農業改良場

Kuo, Chien-Chih, Associate agricultural engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station(TDARES), Council of Agriculture(COA), Executive Yuan, R.O.C.(Taiwan)

郭雅紋助理研究員行政院農業委員會臺中區農業改良場

Kuo, Ya-Wen, Assistant Researcher, Taichung District Agricultural Research and Extension Station(TDARES), Council of Agriculture(COA), Executive Yuan, R.O.C.(Taiwan)

張金元助理研究員行政院農業委員會臺中區農業改良場

Chang, Chin-Yuan, Assistant Researcher, Taichung District Agricultural Research and Extension Station(TDARES), Council of Agriculture(COA), Executive Yuan, R.O.C.(Taiwan)

(二)、研習行程

日期	地點	說明
10/10(三)	臺灣→日本成田國際機場	長榮航空(BR198)08:50 起飛，13:15 抵達成田國際機場，並移動至住宿地點。
10/11(四)	千葉農林總合(千葉市)	拜訪千葉縣農林總合センター，進行蔬菜連作障礙發生原因與土壤消毒方式研習。
10/12(五)	幕張展覽館(千葉市)	參加 2018 日本東京農業資材展覽會(2018 AGRI WORLD Tokyo)，收集相關農業資材與最新資訊。
10/13(六)	千葉→靜岡縣	進行千葉地區蔬菜產業與資材店ジョイフル本田資料收集，並移動至靜岡縣。
10/14(日)	靜岡縣	進行靜岡地區農業資料收集。
10/15(一)	株式会社丸文製作所(靜岡縣)→埼玉縣	拜訪株式会社丸文製作所，進行土壤消毒實務應用研習，並拜訪當地農民訪談實務操作經驗。
10/16(二)	埼玉縣	邀請農研機構中央農業研究センター協助安排太陽能滅菌與乙醇土壤滅菌法之 One day field trip，研習土壤消毒實務應用與田間參訪。
10/17(三)	日本成田國際機場→臺灣	參訪日本蔬果市場調查，午間返回成田國際機場搭乘長榮航空(BR197)14:15 起飛回臺，16:55 抵達臺灣。

(三)、研習內容

(1)日本蔬菜連作障礙現況調查：

為調查日本蔬菜連作障礙現況，本計畫研擬拜訪千葉縣農林總合センター與農研機構(NARO)與消毒機械廠商株式会社丸文製作所作為日方連作障礙相關資訊來源。千葉縣農林總合センター參訪以蔬菜研究室與最重點項目研究室為主，該研究室研究內容豐富，其中包括土壤還原消毒法之開發與應用、胡蘿蔔汗漬腐爛病(しみ症)發生原因與綠肥輪作制度克服汗漬病技術等。以下就千葉縣農林總合研發相關技術與資訊逐一介紹。

1. 土壤還原消毒法：其消毒係以降低設施大果番茄之根瘤線蟲與其他土傳病害為目的。操作流程為設施土壤消毒處理之前先栽種南瓜，誘使田間根瘤線蟲密度增加，隨後拌入不同有機資材如含糖矽藻土、含糖矽藻土外加灌水、糖蜜與米麩(圖 1-1~3)，隨後覆蓋塑膠布，誘使土壤微生物與有機資材發酵讓土壤形成無氧環境，抑制微生物生長，進而降低根瘤線蟲密度。試驗另以太陽熱消毒法處理作為對照，根據研究人員表示，結果以含糖矽藻土外加灌水處理較能有效抑制土壤之根瘤線蟲與土傳病害，其大果番茄生長情形良好，植株外觀暫無相關病徵表現(圖 1-4)。惟土壤還原消毒法較易受環境影響，如氣候、灌溉水量與耕作模式等，因此每年消毒效果不一，對於專業生產農戶而言，恐降低此消毒法之應用。
2. 綠肥輪作制度克服胡蘿蔔汗漬腐爛病(しみ症)：研究人員指出千葉縣內胡蘿蔔於生產過程中易罹患汗漬腐爛病(しみ症)，其主因為土傳性病原菌造成，以腐霉菌(*Pythium*)占多數，約 28%、其次為镰孢菌(*Fusarium*)占 23%、鏈隔孢菌(*Alternaria*)占 3%，而無法分離者占 28%、其他因素占 18%(圖 1-5)。從資料顯示胡蘿蔔汗漬腐爛病尚有許多未知原因造成此徵狀，但當地農戶透過與其他作物或綠肥輪作時，可降低胡蘿蔔罹患汗漬腐爛病情形，因此當地將汗漬病歸類為連作障礙。當地農戶之經驗係以燕麥、芥菜、落花生等綠肥作物與胡蘿蔔進行輪作，會減少汗漬腐爛病情形。亦有農戶以青蔥、胡蘿蔔、綠肥及山藥等作物進行一年耕作期程，相同可減少胡蘿蔔汗漬腐爛病。為此，研究人員進行了相關試驗，嘗試以燕麥綠肥與胡蘿蔔進行輪作，當燕麥生長 2 個月後進行耕鋤，於耕鋤 2 週後播種胡蘿蔔，其發芽率可達 74%，且土壤經分離後腐霉菌屬為無檢出情形，進而證實當地農戶實作經驗。但研究人員指出，並非所有綠肥種類都具有抑制胡蘿蔔汗漬病之病原菌，為此，研究人員擬定 3 種解決方案作為未來試驗方向。1.確認當地農戶建議之綠肥種類，如燕麥、芥菜、落花生等作物與胡蘿蔔輪作之效果；2.發展胡蘿蔔汗漬腐爛病快篩檢驗技術，加快菌種分離與辨識；3.選育胡蘿蔔抗病品種。

農研機構部分則安排 One day field trip，研習內容以低濃度酒精與太陽熱土壤消毒技術應用為主，實際拜訪應用消毒法之番茄農戶與胡蘿蔔農戶。番茄農戶反町先生表示，自家農園連作障礙之主因為根瘤線蟲，主要栽培作物為番茄，於每年 8 月定植，持續採收至翌年 6 月。而線蟲危害會使番茄產量減少一半，若無使用任何消毒處理，其植株於翌年 3 月後幾乎無法順利著果與採收。為此反町先生透過農研機構研發之低濃度酒精土壤消毒技術，連續應用 3 年後，目前番茄產量已回復正常水準(圖 1-6)。同時反町先生亦有使用嫁接苗作為克服連作障礙方法之一，其根砧為 takii 種苗生產之番茄根砧，與臺灣使用茄子根砧不同，利用番茄根砧嫁接，較少有砧負的情形(圖 1-7)，番茄嫁接苗價格為日幣 150 元，為實生苗木 2 倍價格左右。此外，反町先生亦使用大量有機資材作為活化土壤枯草桿菌增生使用(圖 1-8)。作物方面，反町先生選種【みかど協和】小鈴品種(圖 1-9)，屬於皮較厚，裂果較少品種，便於栽培管理。進一步詢問日本市場對小果番茄需求，為果色紅色，糖度高、果皮薄，以口中果皮不易殘留為主，惟糖度高與皮薄品種於栽培管理上成本較高，因此栽種農戶較少。胡蘿蔔農戶太陽熱土壤消毒技術應用方面，其胡蘿蔔生產模式為有機栽培，因此農園主久野千晴先生(圖 1-10)選用太陽熱土壤消毒技術作為克服胡蘿蔔連作障礙之方法。關於久野先生胡蘿蔔農場產生連作障礙之主因亦為胡蘿蔔汗漬腐爛病(しみ症)。由於太陽熱土壤消毒技術耗時、費力，且成效受環境影響甚大，因此較少人利用，僅有機栽培農戶願意嘗試。根據農研機構調查，太陽熱可讓覆蓋塑膠布之土壤維持 40°C 左右，消毒所需時間依目標病原菌對溫度致死時間不同可作調整，一般消毒時間約 1~2 個月，可顯著減少土壤病原菌密度，達到消毒效果。

株式会社丸文製作所為土壤熱水與蒸汽消毒機械製造廠商，在土壤消毒機械之研發具 50 年以上經驗，公司原為鍋爐製造業者，於 1965 年時轉型研發土壤消毒機械(圖 1-11)，並以蒸汽機械為研發重點，目前蒸汽消毒機在日本市占率約 20%，熱水消毒機僅占少數，並以代耕團隊方式運作。以作物區分時，以切花、瓜果類、辛香類蔬菜及水耕業者為該公司主要客源。切花又以菊花、非洲菊與香水百合為主，瓜果類蔬菜則是網紋洋香瓜占多數，辛香類以芫荽為大宗，水耕業者則以萵苣、分蔥等生食作物為主。該公司蒸汽消毒機亦有外銷至國外，如中國大陸、越南與馬來西亞等國家。選擇熱蒸汽或熱水消毒機客戶具有以下特點：1.生產作物屬於高單價或生產成本較高者；2.設施栽培業者；3.生產勞動力不足者(除草工作)。在消毒效果方面，土壤經 120°C 熱蒸汽消毒後，線蟲與鐮孢菌(*Fusarium*)致死率幾乎百分之百，熱水消毒亦有相同效果，惟熱水消毒機於應用時需考量土地坡度、水源、作業效率較慢與成本較高等因素。消毒對象亦為土傳性病、蟲害，如鐮孢菌(*Fusarium*)、腐霉菌(*Pythium*)、疫病菌(*Phytophthora*)、根瘤線蟲(Root-knot nematode)、青枯病菌(*Ralstonia solanacearum*)等(圖 1-12)。

綜合上述資訊，日本連作障礙主要以鹽害與土壤性病害為主，如鐮孢菌(*Fusarium*)、腐霉菌(*Pythium*)、疫病菌(*Phytophthora*)與根瘤線蟲(Root-knot nematode)等。防治方面，日方慣於整地後施用化學藥劑，如殺菌劑、殺線蟲劑或

燻蒸劑等作為克服連作障礙方法；有機栽培者則以太陽熱土壤消毒與施用有機資材為主；設施栽培者，因生產成本較高，為能精確掌控作物生長條件，故多數會選擇蒸汽及熱水消毒。



圖 1-1、土壤還原消毒用含糖矽藻土



圖 1-2、土壤還原消毒試驗用糖蜜



圖 1-3、土壤還原消毒試驗用米麩



圖 1-4、試驗土壤還原消毒法之大果番茄園，處理間以隔板進行區隔

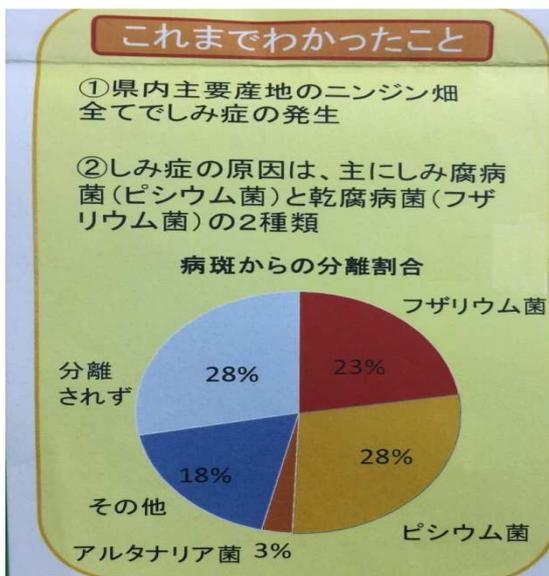


圖 1-5、千葉縣内胡蘿蔔汗漬病之主因



圖 1-6、低濃度酒精消毒法後番茄生長情形良好



圖 1-7、番茄根砧較少有砧負情形



圖 1-8、日本有機資材其具有促進枯草桿菌增生與抑制土壤病害功效



圖 1-9、番茄農戶反町先生(左 2)



圖 1-10、胡蘿蔔農戶久野千晴先生(右 2)



圖 1-11、株式会社丸文製作所 1965 年所產蒸汽消毒機械(初號機)

地温計 散水チューブ巻取機

■参考資料: 園芸作物病原菌の死滅温度

病原菌名	死滅温度	病原菌名	死滅温度
ベラルゴニウム斑点細菌病	51~52℃ 10分間	ウド萎縮火傷病	湿60℃ 10分間
キンセンカ葉枯病	50℃ 10分間	ショウガ腐敗病	乾80℃ 10分間
グビシソウ斑点細菌病	51℃ 10分間	イチゴ毛カビ病	52℃ 10分間
キンギョウ斑点細菌病	51℃ 10分間	イチゴ灰色カビ病	50℃ 10分間
ペゴニア斑点細菌病	51℃ 10分間	菌核病	55℃ 10分間
バコパんとうがんしゅ病	51℃ 10分間	白絹病	50℃ 5分間
カラコ軟腐病	51~55℃ 10分間	白絹病	49℃ 10分間
イリス斑点細菌病	51℃ 10分間	トマト黄斑	90℃ 10分間
カンナ葉腐病	53℃ 10分間	トマト/タ/ロモザイクウイルス	90~93℃ 10分間
カワカス斑病	55℃ 10分間	トマトかいよう病	53℃ 10分間
グラジオラスびん病	53℃ 10分間	トマト斑点病	37℃ 10分間
グラジオラス角斑病	60℃ 10分間	トマト青枯病	52℃ 10分間
カーネーション斑点細菌病	50℃ 10分間	トマト軟腐病	50℃ 10分間
ネゴセンチュウ	48~80℃ 5分間	トマトすずかび病	50℃ 5分間
セロリー葉枯病	43℃ 10分間	トマト斑葉細菌病	48℃ 10分間

静岡県「高温消毒に関する報告書」1967.12.1

圖 1-12、園藝作物病原菌致死溫度表

(2)低濃度酒精土壤還原與太陽熱土壤消毒技術應用：

土壤還原消毒技術係於土壤中添加易分解的有機碳源，並透過覆蓋塑膠布或灌水維持土壤厭氧狀態，在土壤還原系統下，抑菌物質累積將有淨菌效果。此次由農研機構小原裕三(Yuso Kobara)博士和農友反町先生展示低濃度酒精土壤還原消毒技術應用於溫室番茄生產(圖 2-1、圖 2-2)。

低濃度酒精土壤還原消毒技術並非直接利用酒精進行土壤滅菌，酒精在此技術扮演微生物碳源與營造土壤還原狀態，其濃度為 0.3-1%，每平方公尺面積用量為 30-110 公升，土壤還原狀態和淨菌效果具有相關性。首先利用酒精培養放大土壤微生物，再利用塑膠布覆蓋達成土壤低氧狀態，抑制好氧病原菌、線蟲等活性。接續有機物質的分解產物直接為土壤提供豐富的有機還原性物質，同時作為主要電子來源，與土壤中無機成分如氧化鐵、錳和硫酸鹽進行反應，將其還原成 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 S^{2-} ，間接使土壤中無機還原性物質增加，土壤系統持續還原使有機酸、金屬離子等抑菌物質累積，終將造成病原菌、線蟲死亡。一段時間後(夏天 2-3 週，冬天 3-4 週)移除塑膠布回復土壤好氣狀態。

同理，可作為微生物碳源的物質和主要電子來源營造土壤還原狀態者皆可運用於土壤還原消毒技術。和麩皮比較，利用低濃度酒精營造的土壤還原態可及較深的土層，而千葉縣農林總合研究センター矢內浩二上席研究員利用不同有機資材(1t/10a)搭配灌水處理，則可有較佳抑制土傳性病害和根瘤線蟲效果(圖 2-3、圖 2-4)。水分狀況影響有機物質的分解過程，因而也直接影響氧化還原電位、還原性物質數量和抑菌物質累積。當土壤水分飽和或存在水層時，土壤孔隙缺氧，有機物質進行厭氧發酵，還原性物質增加，氧化還原電位大幅下降，抑菌物質累積。

「太陽熱消毒是一古老、不安定、多數人不想做的方法」，這是農研機構農學博士橋本知義(Tomoyoshi Hashimoto)先生的開場白(圖 2-5)。不安定是謂效果不一，是造成多數人對此技術卻步的原因。太陽熱消毒技術最關鍵因子是須將目標土層的土壤溫度保持在 40°C 以上，這是降低土壤病原菌族群量的最低溫度限制，其成效取決於溫度時間累積關係，以達土壤溫度 40°C 為例，積算時間須 398 小時。土壤溫度愈高，所需積算時間愈少，田間實際運用可利用覆蓋塑膠布維持土壤溫度。久野千晴先生選用太陽熱土壤消毒技術作為克服胡蘿蔔連作障礙之方法，於田區示範土壤溫度記錄資訊收集(圖 2-6)，其土壤溫度可由地溫計直接量測或透過氣溫轉換公式取得。基於土壤溫度變化改變土壤養分供給水平和消毒後土壤病原菌族群低量效果維持時間，現農研機構針對太陽熱消毒技術提供予農友的標準操作方法為參考氣象預報資訊設定太陽熱消毒計畫，並在執行太陽熱消毒前完成基肥施用和作畦等定植前作業，再以塑膠布覆蓋畦面維持土壤溫度，達積算時間後，掀除塑膠布後定植。



圖 2-1、由小原裕三(Yuso Kobara)(左二)博士和反町先生(左一)展示低濃度酒精土壤還原消毒技術。



圖 2-2、日本市售土壤還原消毒用資材(60%酒精)，在外包裝上詳細記載使用方法。



圖 2-3、矢内浩二上席研究員(右二)解說土壤還原消毒法應用於番茄生產。

A区		B区	
① 農化カーブ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	② 農化カーブ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	③ オオナス 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	④ オオナス 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10
⑤ フスマ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑥ 太陽熱 (太陽熱消毒) 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑦ 農化カーブ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑧ フスマ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10
⑨ 太陽熱 (太陽熱消毒) 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑩ 農化カーブ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑪ 農化カーブ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑫ 太陽熱 (太陽熱消毒) 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10
⑬ オオナス 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑭ フスマ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑮ 太陽熱 (太陽熱消毒) 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10	⑯ 農化カーブ 1L/10a 区 処理量 6L/10a 処理時間 60分/10a/10a 実施 7/10

圖 2-4、千葉県農林総合研究センター土壤還原消毒法試験設計。



圖 2-5、橋本知義博士(右一)解說太陽熱土壤消毒技術。



圖 2-6、久野千晴先生(左一)操作土壤溫度遠端記錄功能。

(3) 蒸汽及熱水消毒機械發展與應用：

丸文製作所株式會社於土壤消毒機械研發與應用已有 50 年歷史，目前有蒸汽式及熱水式 2 型土壤消毒機，作業溫度分別介於 80-120℃、80-95℃，每平方公尺所需水量 15-20L、150-200L，有效作業深度 20-30cm、30-40cm，每分鐘耗水量 13L、70L。依機具移動方式區分為定置式、臺車拖曳式、自走式(圖 3-2、圖 3-3)。

蒸氣消毒法可改善土壤質地，並促進作物根系的發展，但無法有效清除土壤中累積的肥分及鹽分，而土壤蒸氣處理後隔天即可種植，適用於平面及坡地，坡地最大角度 10 度；熱水消毒法可有效地清除土壤中累積的肥分及鹽分，惟熱水處理後需待土壤乾燥才可進行種植，以及施用前建議土壤含水率 30-40%，傳熱效果較佳，僅適合平面耕地，熱水消毒處理法的優勢即是可把過多肥料及鹽分清除，惟非常的耗水、耗能，熱水法較蒸氣法約增加 30-50% 燃料成本，可使用之燃料有灯油(日本標準用油)、重油、A 重油(輕油、柴油的一種)。

由於蒸汽式消毒機具有省水、節能、消除雜草種子與效率高之優點(圖 3-4)，使用率 98%，廣受栽培者應用，主要應用於高售價農作物，如網紋洋香瓜、番茄、香菜、切花用菊花、洋桔梗、百合與水耕作物等。依土壤消毒頻率，農戶自行購置機械，另有租賃或代耕服務。目前產品出口國家包含東南亞如馬來西亞、越南及中國等地，主要用於育苗用土壤、育苗盤消毒。熱水式土壤消毒機則因水使用量大、耗能、地不平等因素，導致施用效率不均、透水性不佳，致土壤質地施作效果不甚理想，使用率僅 2%。土壤消毒步驟為田區犁耕整地、鋪設管路、塑膠布覆蓋、蒸汽或熱水施作。施作時間約 4 小時以上，土壤犁耕鬆土越細，施作效果越佳。

有鑒於現行作物種子、種苗與耕作成本逐漸高升，且從事農業的人越來越少，考量土壤消毒機能降低土壤雜草種子數量及病害的發生，可減少人工除草與農藥噴灑等工作項目，進而降低耕作成本。因此，目前日本農家導入土壤蒸氣或熱水消毒裝置有逐漸增加情形。



圖 3-1 第一代土壤蒸汽消毒機



圖 3-2 定置式土壤蒸氣消毒機



圖 3-3 履帶式土壤蒸氣消毒機施作情形 圖 3-4 蒸氣消毒管線配置情形

(4) 2018 東京農業資材展覽會現況調查：

2018 東京農業資材展覽會於 10 月 10 日千葉縣幕張國際展覽館舉行，為期 3 日，共分為 6 大主題，分別為國際次世代農業、6 級產業化、農業資材、農業工具及作業用品、造園造景與花卉產業，計 204 農業團體參展，本次調查重點在農業機械及農業資材等兩部分，以下就農機與農資進行詳細說明。

1. 農業機械：

農業機械部分以省工栽培機械為主，參展項目包含無人機、穿戴式作業輔助器具、無人遙控割草機、女力機械等。割草作業是農事中最為頻繁且負荷重的工作，具有危險性，為減輕割草作業的負擔及提升安全性，近年來各國均研發遙控式或自動式割草機等省工機械。本次日本農業資材展展示一款遙控式割草機(圖 4-1、4-2)，廠牌 Erika，特色為履帶式行走、錘刀式割草裝置，行走及割草部均由汽油引擎動力傳動，丹麥製造，其中 23 馬力的割寬 1 m；13 馬力的割寬 75 cm，割高 2-8 cm，割寬 1 m 機型每日可作業面積達 10,000 m²，坡地最大操作角度 40-45 度，並於 50 度時斷油保護，利用重錘結構方式達到引擎停機功能，另若遙控斷訊時，機器可自動停機。本機有別於目前大多數產品採用輪式、迴轉刀片式，錘刀式刀片可供作割草、斬草用，適合於草生栽培果園應用，割草部可油壓調整作業高度，此外，機器最大特色為可更換作業器具，如集草機、除雪、推雪、碎木等裝置，達一機多用途，提高機器稼動率。因斜坡割草時若發生滑落、翻滾、跌落時，人員有與旋轉刀片接觸的風險，以及斜坡割草更容易提早作業疲倦，遙控式割草機可避免人員接近振動、廢氣、噪音、毒蛇、蜂窩、熱中暑等環境，改善背負機具的作業負擔，在農業缺工下，應推廣及補助無人化、省力化之農耕機具。

日本推動再生能源應用，太陽能板沿著鐵路軌道邊設置，形成一太陽能光電廊道(圖 4-3)，由於太陽能板下方雜草區域，不易進行割草作業，因此研發太陽能板區專用電動無人割草機(圖 4-4)，可在太陽能板下進行割草作業，機體全高 40 cm，原地旋轉半徑 2 m、割寬 71.6 cm，最大傾斜角度 35 度，作業效率 840 m²/hr，另外可安裝架子協助搬運作業。

上肢穿戴裝置有多型商品發表，顯示該裝置未來發展受到重視。依結構型式區分為拉伸帶式、充氣管式、塑膠彈力結構式、布料拉伸帶彈力穿戴衣(圖 4-4、4-5、

4-6、4-7、4-8、4-9、4-10)，價格由 3 萬元至 30 萬元。穿戴裝置可減輕腰部肌肉負擔，並調整及避免不正確的作業姿勢，在蹲下提取重物時，背部之拉伸裝置有協助固定姿勢及拉提負重的感覺，但實際上是無法降低物品抬升重量。常用於番茄、蘋果搬運用，其中一款布料拉身帶穿戴衣，布料壽命約 1~2 年，拉伸帶壽命約 3~5 年，可洗衣機清洗，於日本已販售 4 萬組，其中 2 萬組使用於農業。然而穿戴衣在夏季使用時，因包覆身體使體溫上升，可搭配風扇衣達降溫效果。另一款充氣式穿戴衣，可達到 10 萬次伸縮壽命，約可使用 6~7 年，常用於補秧作業，用打氣筒灌氣可調整拉伸彈力。試穿多種作業輔助裝置，因穿戴感受不同，建議親身體驗。其中，充氣式穿戴衣較具有減輕提取重量的穿戴感受效果，惟實務上穿戴衣均無法減低負重，可減少肌肉負擔，降低作業傷害為主要功能。

無人機蓬勃發展，有多家業者展示新機，並有無人機撒布專用之粒狀肥料，除田間噴灑肥料及種子用途外，亦可搭載農業多光譜傳感器進行 AI 遙測；鳥獸害防制商品主要威嚇方式有 LED 光線、猛禽造型及聲音方式、附加於無人機方式，應用紅色及藍色 2 種 LED 燈具，搭配太陽能裝置，在夜間自動啟動防護裝置，利用紅色及藍色燈交互閃爍，達到防治的效果。另有利用貓頭鷹外型達到恫嚇防治的效果(圖 4-11)，以及無人機搭配閃爍燈方式驅趕鳥類(圖 4-12)。女力機械方面以小型化、輕型化、粉色化，降低操作難度及手把高度等方式，針對女性提供相關手推式割草機(圖 4-13、4-14)，其中以小型雙迴轉刀自走式割草機為例，配置 42.7 cc 排氣量引擎、割寬 52 cm，機體重量降至 33 kg，並設計減少割草向後方作業人員飛散之結構，以提升操作安全，減低機重降低疲勞。在機器操作安全方面，中耕機及割草機等，設置緊急按鈕及桿式離合器切斷等安全防護裝置(圖 4-15、4-16)，避免操作異常時人員受傷。有鑑於國內農機發生操作傷亡情形時有所聞，在安全防護裝置上，應加速研發應用。

日本拱型簡易型鋁管溫室使用鋁金零件組裝而成，無使用自攻螺絲鎖固，每分地建造成本約 450-500 萬日元，約為新台幣 140-150 萬元，與我國鋼骨溫室價格相近。為提升我國無固定基礎簡易型溫網室結構，結合零件建議選用鋁金類材料，並採用無破壞管件強度的方式組裝，以改善舊有採用自攻螺絲鎖固方式，將可有效提升骨架結構耐風強度，其中日本溫室零件利用榫卯結構進行組裝(圖 4-17)，以及管件銲接螺帽，使用螺栓鎖固，以避免利用自攻螺絲鎖固所造成的結構傷害及後續鏽蝕問題。而日本簡易型溫室因組裝方式使耐風強度較佳，值得引進及搭建試驗示範點，以及在大賣場即可購買到所需的溫室零組件材料(圖 4-18)，顯示商品以標準化，農友可依需求購買，因此國內溫室產業可建立共同性的尺寸，進行標準化規格之設計開發，使農友購買容易，營造簡單的農業環境，提供國內參考應用，以提升我國簡易型溫室組裝、研發技術及擴大產業。另在日本農友選擇溫室的考量因素，主要與種植作物的收益有關，作物單價高收益佳的栽培農友，會評估考量選用鋼骨型溫室，並可較鋁管溫室容易控制栽培環境，進而減少因氣候變遷所帶來不確定的環境因素。

參訪農業資材店，設有農機修護站及維修零配件專賣區(圖 4-19)，農家有維修需求時，可送至現場由專業技師檢修，或可自行選購零件修理。國內農友時常反應不易購買農機維護零件及尋找維修站，此項服務值得國內賣場參考，如大型 DIY 修繕工具與材料販賣連鎖店，可成立農機維修站及零配件區，提供農友相關農機維護保養服務，為相當看好的農業商機之一。

蔬菜連作障礙減輕方法除以化學藥劑、土壤還原、蒸氣或熱水處理外，市售可見多款標榜效果的肥料資材，其中以含單一菌種或複合菌種之土壤改良資材占多數，如圖 4-20 添加微生物的產品，但微生物資訊揭露低，且並無相關菌數成分。此外，亦有添加蝦蟹殼的產品(圖 4-21)，可引發大量分解幾丁質類的微生物繁殖，有效的分解線蟲卵殼，使之不孵化，進而達到降低線蟲密度之目的。

2. 農業資材：

彙整本次東京農業資材展覽會，有關農業資材方面觀察與調查，可分為生物農藥、微生物肥料、土壤用改良資材與果品保鮮袋等四大主軸，詳如以下論述。

A. 生物農藥：

本次參展廠商以生物農藥方式呈現之產品相對較少，但仍值得注意，如 Nantong Shenyu green medicine co., LTD (SGM, 南通神雨綠色藥業有限公司) 所研發的生物農藥，產品主要分為殺蟲劑、殺草劑與殺菌劑。以脂肪酸為成分的 Nemaguard，屬於天然的殺線蟲劑(圖 4-22)，對於柑橘線蟲及卵有很好的防治效果。Aillus 主成分為 *Bacillus subtilis* SY-218，主要對番茄與果樹的灰黴病、水稻苗立枯病與紋枯病、果樹疫病等。

韓國 ECOBio 公司所研發之有機病蟲害防治資材，稱為 Biosulfa(圖 4-23)，其特性主要為：環境友善 (微生物分解來源)、微生物的有益功能、可應用於農業及水產與非毒性硫成分。此產品主要產硫微生物分解的生物硫成分可防治胡瓜白粉病以及草莓與梨的蟎類，並取得該國有機認證。同樣為韓國 Green agrotech Co., LTD 公司則是著重於昆蟲費洛蒙餌劑開發與組成分析及誘蟲器的開發等(圖 4-24)。來自日本的上根精機工業株式會社，也開發類似誘蟲器的產品，不過應用範圍侷限於穀倉之米象鼻蟲誘捕(圖 4-25)。

B. 微生物肥料：

微生物肥料參展項目中值得注意的是由久育種苗株式會社與安藤微生物研究所研發的乳酸菌液肥(圖 4-26)，可應用於葉菜類、根菜類與果菜類等作物上，功能廣泛，可用於堆肥製作，促進作物生長及維持樹勢，亦可直接利用於根部澆灌或是葉片噴施，適用於作物苗期以及栽培初期。另外，WAKEN B TECH CO., LTD 株式會社所研發的農業用微生物製劑(圖 4-27)，主要功能為促進作物生長，主成分 *Candida parapsilosis* 菌株，每 1g 的製劑中 5×10^5 個菌體以上，可以利用土壤灑施與苗期噴施方式，促進作物根系發育及生長。

C. 土壤改良用資材：

本次東京農業材展的參展廠商大多以土壤改良用資材品項最多，以下特別介紹：日本アルコール産業株式会社 (japan alcohol Corporation, j.alco) 與国立研究開発法人農業環境技術研究所共同開發的土壤還元消毒用資材，1 箱 20L，主要為 65%酒精，水分含量為 35%，另含有 5%的有機物(圖 4-28)。可以用於土壤傳播性病害的防治，例如立枯病、萎凋病、疫病等等，如前文所述。另外該公司還有有機複合肥料，可用於多種作物上。

CRT株式會社所參展的品項為(ハイパワー夢S)為土壤改良資材(圖4-29)，成分含有好氣性微生物菌群以及活性水，功能可使土壤中的微生物族群增加、土壤營養物質調整、促進作物發芽及發根、促進光合作用與土壤團粒化促進等效果，一般使用時，稀釋 300 倍即可。

Green earth together 農業事業部開發許多種的堆肥與土壤改良資材，包含了禽畜糞堆肥，放線菌堆肥(圖 4-30)、海藻堆肥及活性碳混和珪藻土肥等等，可誘發土壤中有益微生物族群，以及降低有害菌或線蟲數量。

片倉工業株式會社與筑波總合試驗所合作開發許多微生物土壤改良資材，主要分為根圈微生物改善資材與有機物分解促進資材，根圈微生物改善資材產品以含有 *Purpureocillium lilacinum* EP15 菌株的 Soil Guard Nematodes (SGNS)為最新成果(圖 4-31)，主要可以促進作物根系健壯並兼具土壤消毒等功用，但需要深耕至土壤中，避免太陽直射產生高溫影響菌株活性。此外，在有機物分解促進資材部分，新的產品為稻草分解菌(圖 4-32)，以黑黴菌與青黴菌為主，於低溫時可發揮最大的分解效果，施用一個月後，稻草分解率可達 18%，而且可以增進下一期作水稻的分蘗數。

D. 果品保鮮袋

此產品名稱為 Freshmama(圖 4-33)，為保鮮袋一種，能將催熟水果和蔬菜產生的乙烯氣體有效分解為二氧化碳和水(圖 4-34)，而所產生的二氧化碳和水有助於食物的保鮮，甚至在黑暗中仍有相類似的效果。此產品功能正在申請國際專利。像是香蕉、鳳梨與其他蔬菜水果，仍受到東南亞的青睞，但果品的保鮮極其重要。



圖 4-1 遙控割草機



圖 4-2 割草機遙控器



圖 4-3 沿著鐵路軌道設置的太陽能廊道



圖 4-4 太陽能板區域專用電動無人割草機



圖 4-5 充氣管式



圖 4-6 塑膠彈力結構式



圖 4-7 塑膠彈力結構式



圖 4-8 塑膠彈力結構式穿戴情形



圖 4-9 充氣管式穿戴情形



圖 4-10 布料式拉身帶穿戴衣



圖 4-11 貓頭鷹外型防鳥禽獸裝置



圖 4-12 無人機搭配燈光閃爍防裝置



圖 4-13 輕巧化之人力割草機



圖 4-14 雙割刀式人力割草機



圖 4-15 農機具緊急停止按鈕



圖 4-16 農機具桿式離合器切斷安全裝置



圖 4-17 溫室零件利用樺卯結構組裝



圖 4-18 賣場溫室零組件販售專區



圖 4-19 賣場農機零組件材料販售專區



圖 4-20、含微生物之土壤改良資材



圖 4-21、含蝦蟹殼粉之土壤改良資材



圖 4-22 SGM 公司研發的防治線蟲的生物農藥 Nemaguard 簡介

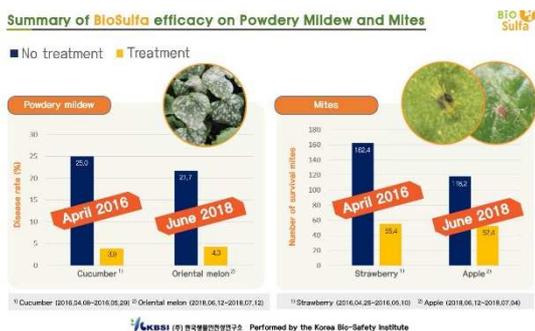


圖 4-23 韓國公司提供 Biosulfa 產品防治胡瓜白粉病與草莓蟎類之效果



圖 4-24 韓國公司 Green agrotech 公司所研發的誘蟲器



圖 4-25 日本上根精機公司所研發來誘捕米穀倉中的害蟲誘蟲器

SOSEI バイオ S
生きた乳酸菌の農業資材

土壤由来の乳酸菌群を主成分とする数種バクテリア(生菌)に、天然由来の海洋性、鉱物性ミネラルをブレンド。

微生物群が土中の栄養成分を分解しながら有用物を生成分泌し、カビなどを原因とする病気に対応します。

作物の品質向上や増収効果を助け、地力増進や連作障害の改善につながります。

圖 4-26 久育種苗株式會社所研發的乳酸菌液肥



圖 4-27 日本 WAKEN B 公司研發的微生物肥料



圖 4-28 日本アルコール産業株式会社所研發的土壤還元消毒用資材
連作が可能になり、生育が安定



圖 4-29 CRT5 株式會社研發的土壤改良資材。稱為夢 S

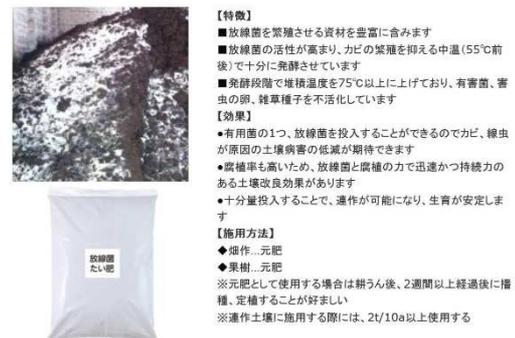


圖 4-30 Green earth together 公司農業事業部所研發的放線菌堆肥



圖 4-31 片倉工業株式會社與筑波總合試驗所合作開發的微生物土壤改良資材 SGNS，可以防治線蟲危害。



圖 4-32 片倉工業株式會社與筑波總合試驗所合作開發的水稻分解資材。

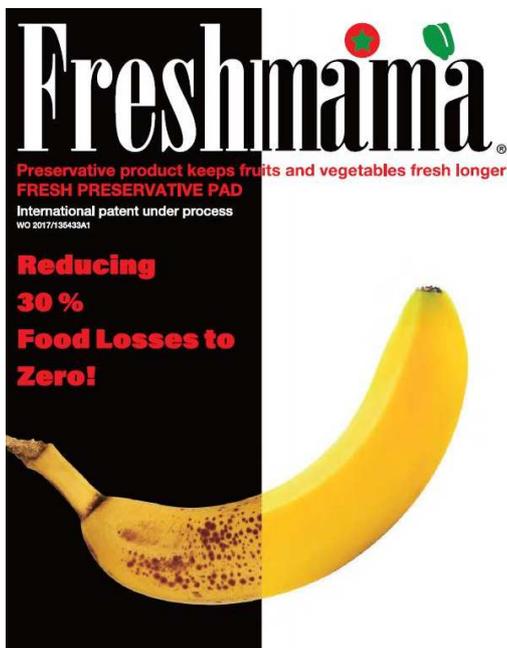


圖 4-33 中國公司所研發的果品保鮮袋

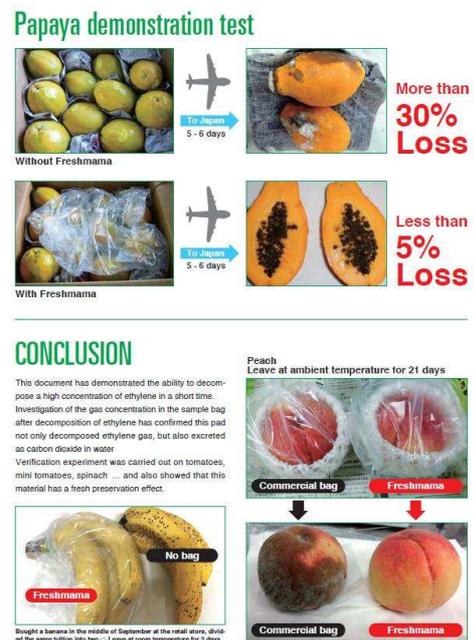


圖 4-34 此保鮮袋可以分解果品採收後乙烯的含量，減少損失

五、心得與建議

(一)、研習心得

(1) 日本蔬菜連作障礙現況調查

日本農業耕作模式屬於集約農業，與臺灣相似。在有限耕地面積投入較多的生產成本和勞動力以取得最大限度產出為集約農業最大特徵。在集約栽培管理模式下，栽種作物會單一化，田區休耕時間較短，常導致田區累積大量病、蟲害，使作物無法順利生產，此現象稱之連作障礙。在日本連作障礙主要原因以鹽害與土壤性病害為主，如镰孢菌 (*Fusarium*)、腐霉菌 (*Pythium*)、疫病菌 (*Phytophthora*)與根瘤線蟲 (Root-knot nematode)等，連作障礙之情況與臺灣相似。對於連作障礙克服方法，日方農民慣於整地後施用化學藥劑，如殺菌劑、殺線蟲劑或燻蒸劑等作為克服連作障礙方法；有機栽培者則以太陽熱土壤消毒與施用有機資材為主；設施栽培者，因生產成本較高，為能精確掌控作物生長條件，故多數會選擇蒸汽及熱水消毒。

(2) 低濃度酒精與太陽熱土壤消毒技術應用

低濃度酒精土壤還原法係利用 1%以下酒精均勻散佈於土壤中，隨後覆蓋塑膠布，使土壤形成無氧環境，鐵、錳還原，降低氧化還原電位，又有機酸形成，抑制微生物生長，此消毒方式為目前主要推薦方法。太陽熱土壤消毒技術屬於傳統土壤消毒方式，由於消毒效果易受環境溫度及時間影響，因此在農業之應用普及度不高。農研機構透過調整舊有太陽熱土壤消毒流程，可提升消毒效果，目前已有應用於有機蔬菜栽培。

(3) 蒸汽及熱水消毒機械發展與應用

丸文製作所株式會社於土壤消毒機械研發與應用已有 50 年研發歷史，土壤消毒機型分為蒸汽式及熱水式。由於蒸汽式消毒機具有省水、節能與效率高之優點，故廣受栽培業者應用，主應用於高單價農作物，如網紋洋香瓜、番茄、香菜、切花用菊花、洋桔梗、百合與水耕細蔥等。依土壤消毒頻率，農戶可選擇自行購置應用、租賃或代耕服務。

(4) 2018 東京農業資材展覽會現況調查

2018 東京農業資材展覽會於 10 月 10 日千葉縣幕張國際展覽館舉行，為期 3 日，共分為 6 大主題，分別為國際次世代農業、6 級產業化、農業資材、農業工具及作業用品、造園造景與花卉產業，計 204 農業團體參展。展覽會顯示各國家目前最新的園藝科技與知識，今年展場主題環繞自動化機械、智能環控系統與省工栽培為主。此外，現場另闢有研討會專區，可提供業者與參訪者分享最新園藝知識、技術與設備，本展覽會許多創新的知識與訊息值得臺灣參考應用。

(二)、結論與建議

- (1) 日本農業機械發展以省工省力技術為主軸，包括無人機、遙控割草機、穿戴式作業輔助器、省力機械等省力裝置或機械，可減輕作業負擔，達到省工目的，各項研發成果與作業機械值得參考應用，其中如無人機、無人遙控割草機、作業輔助裝置等，以及可緩解土壤連作障礙之蒸氣式消毒機械，均是相當適合評估引進之商品化成果，有待進行本土化試用、推廣及適用性改良等相關研究，進而提升國內農業生產栽培作業動能及改善現存土壤連作問題。
- (2) 在缺工的大環境下，除發展省力機械外，亦需發展操作簡單、作業安全的農機具，以及建構簡便、安全、省力、省工之作業環境，因此在頻繁且負荷重的工作，如割草或搬運作業，建議引進、補助及研發相關省工機具，如上肢穿戴裝置、無人機、遙控式割草機等。另外，針對連作障礙部分，土壤蒸氣或熱水消毒裝置，在國內及日本等地均顯現效果，惟因設備成本高，需具備一定規模農戶，方有使用之經濟效益，在土壤連作障礙越趨嚴重情形下，朝向機具共用、代耕模式等之推廣，與補助相應政策。
- (3) 農業資材方面涵蓋化學肥料、有機質肥料、土壤改良資材、JAS 有機農業認證資材、微量元素、生物農藥、微生物肥料及昆蟲性費洛蒙等，其中以含有多種複合菌種或單一菌種的土壤改良資材為多數，提供給農友進行土壤改良用。其試驗結果宣稱可以減輕作物連作障害，包含降低萎凋病與線蟲的傷害，不過並沒有取得生物農藥的證照。展區內僅少部分的生物農藥(如大陸 SGM 公司研發的 Nemaguard 可以防治線蟲)及其他芽孢桿菌類殺菌劑產品。韓國的 ecobio 公司，利用產硫微生物生成硫，提供非化學合成且小分子的硫元素，產品為 Bio Sulfa，對環境友善，可以用來防治白粉病及蟎類。除此之外，還有業者利用農業廢棄物添加多種微生物加速腐熟，產製堆肥再利用，具有循環農業的概念。另有業者研發可以降低熱障礙的肥料資材與設施，顯示除了病蟲害防治以外，極端氣候造成作物生理障礙的研究已趨向熱門，也是今後各國農業需面臨的課題之一。
- (4) 日方所提出之克服連作障礙對策係利用太陽熱或蒸汽或熱水或增加益菌或土壤還原法或綠肥種植以降低有害微生物族群密度，緩解連作障礙。移植模式於臺灣應用，應納入參考技術交流過程談及非成功案例之因(積溫不足)，並建立本土化參數(如複雜栽培介質條件、處理作用時間、深度範圍、有機物質添加型態、病原菌致死臨界溫度等)，以改善國內設施蔬菜連作障礙問題。

六、致謝

本次參訪及研習出國行程係執行科發基金補助計畫拓展友善環境耕作技術之發展與應用(編號：MOST107-3111-Y-067F-009)項下之『果菜類蔬菜設施生產連作障礙克服之關鍵技術開發』，感謝本會及科技部之計畫研擬、審查及考核等相關委員建議與指教，並承蒙計畫經費支應，以及本場長官的鼓勵與支持，得以順利執行研習計畫，使本次行程順利完成，謹此一併致謝。