43-57, 2013

氣候變遷園藝作物生產調適

許嘉錦、陳葦玲、劉惠菱、楊宏瑛、張致盛*
行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘要

因應近百年來氣候變化加劇，影響園藝作物生產，臺灣園藝作物生產的調適包含遺傳資源調適，以育成具適應環境變遷的品種與開發原生蔬菜替代現有作物，提高對溫度、淹水、病蟲害等劇變氣候下的惡烈環境的適應性。栽培管理調適方面，耕作制度調適包括推展「活化休耕地」農地政策，使農地保持活化及耕作彈性，另「夏菜冬花」設施耕作模式，提昇作物產量、品質及價格；利用滴灌節水技術，節省大量溉灌用水，再配合精準供肥，紓緩水資源不足及節省能源；合理化施肥政策推展以來，已減少約35%化學肥施用及減少溫室氣體N_2O排放，並提高品質及減少病蟲害；又嫁接技術則增加園藝作物抵抗土壤病害、淹水或鹽害逆境；修剪及催芽技術運用於調節產期，迴避災害，穩定售價。溫網室設施已普遍運用於臺灣的園藝作物栽培，且發展出獨特的簡易工具，用於防雨、防風及防日曬等目的。展望未來臺灣園藝作物的發展，栽培作物品種將漸次更新爲具備更耐熱、低溫需求更少或耐淹水等特性的新品種；包含產期調節、精準施肥與灌溉、綜合性病蟲害管理、增加產量等，同時設施也將朝向低耗能及零排放的方向發展。

關鍵詞：作物生產調適、氣候變遷、遺傳資源、栽培技術、精準施肥。

The adaptive production of horticultural crops with climate change

Chia-Chin Hsu, Wei-Ling Chen, Huei-Ling Liu, Hung-Ying Yang and Chih-Sheng Chang*
Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA

Abstract

In coping with dramatically climatic change affected in agriculture, adaptations for horticultural crop production were applied. Those included genetic resource adaption to breed new cultivar and develop indigenous vegetable for resistant to environmental stresses such as extremely temperature, flooding, pest and disease. Cropping system adaption, such as "activation of fallow land" makes land alive and cropping flexible. "Winter flower/ summer vegetable" cropping model increases productive yield, quality

* 通信作者：Corresponding email: hsucc@tdais.gov.tw

and price. In cultivation managements, drip-irrigation combined with precisely fertilization saving the water and energy as well. "Reasonable fertilization" reduced 35% chemical fertilizer usage, therefore, declined the emission of greenhouse gas N2O. Cultivation technologies adaptions, such as grafting increased abiotic and biotic resistance; purring and forced sporting can regulate productive season and then avoid disaster. Besides, protected culture was already used in horticultural production in Taiwan and developed unique simple equipment for preventing rain, wind, and sun. Looking to the future development of Taiwan's horticulture industry, cultivars with more heat and flooding tolerance or fewer low-temperature requirement are necessary. For management practice aspects, productive season regulation, precise irrigation and fertilization, integrated pest management (IPM)...ect. can be expected. Meanwhile, protected culture will develop toward to low energy costing and zero carbon emission.

Key words: Adaptation, Climatic change, Genetic resource, Cultivation managements Reasonable fertilization

前言

全世界人口預估在2050年將會達到90億，爲了滿足糧食消費，估計整體農業生產力必須再增加70%。但此同時氣候變遷威脅農業生產的穩定性和生產力，長期改變溫度和降雨型態，亦有部分氣候變遷影響生長季、病蟲害型態，影響作物生產及價格等(Hansen and Coffey 2011)。爲解決農業生產上的問題，近來國際組織及學者提出氣候智能型農業(climate-smart agriculture)，認爲是有效解決方法之一，其有效作法分爲永續的增加生產力、強化對氣候變遷的適應能力及減少並移除溫室氣體的散發等三部分。依據FAO(2013)所提出的觀點認爲氣候智能型農業之操作已經存在，而且可以實施在不同開發中國家體系。智能型農業生產體系之例子包括：土壤和營養管理，水的搜集（harvesting）和使用、病蟲害的管理、適應性強生態體系（resilient ecosystem）與作物遺傳資源及採收、加工與供應鏈等。

臺灣地處亞熱帶，但北回歸線橫跨，加上面積不大，易受洋流影響，屬熱帶性海洋及亞熱帶氣候，又鄰近大陸，亦受大陸性氣候影響(Lin 1998)；臺灣境內高山繁多，山系爲南北走向，與季風相斜交，造成氣候複雜多變。由於特殊的地理環境及地形，氣象常受地形、季風、海洋及大陸氣候影響(Kuo *et al*. 2001)。近年受全球氣候暖化的影響，呈現低溫偏高，而降雨量則有多次全年異常偏低，但日降雨強度則有偏高情況發生(Chen *et al*. 2006)，顯示臺灣在全球氣候變遷中，氣候將有氣溫偏高且降雨量偏少的情形。

臺灣園藝作物包括果樹、蔬菜及花卉年產值約1,624億元，占整個農業產值之32.82％，是最重要的經濟作物(農業統計年報2012)。但根據農業統計年報臺灣自2003年至2012年園藝作物天然災害(指因颱風、焚風、豪雨、霪雨、冰雹、寒流、旱災或地震所造成之災害)之估計

損失共2,639,369公噸，10年間估計損失價值共652億元。另就各項災害類別之比較，以颱風影響農家經濟最多，10年間估計損失497億元；其次豪雨，10年間估計損失88億元。各項災害中，颱風、豪雨及早春之低溫障礙等三項近10年皆發生。

臺灣農業技術發達，園藝作物育種與生產技術尤其進步，包括育種、園藝操作技術、設施生產等均有具體的生產應用實例，以下說明針對氣候變遷園藝作物生產調適之情形。

遺傳資源之改變與利用

藉由育種的方法選拔優良品種，以提高作物對氣候變遷之適應能力。臺灣育種的方法主要利用傳統的育種方法，而基改在印度，Swaminathan(2012)認爲基改是確保糧食永續安全的方法。

一、溫度適應性

由於地球年平均溫度逐年上升，首先受到影響是溫帶果樹需克服生理休眠低溫需求量(CU)之不足，或滿足生理休眠所需之時間延遲的問題，因此選育低溫需求量低的果樹品種成爲亞熱帶果樹育種的重要工作。目前臺灣已選育出梨低溫需求量低品種，如'台中3號'晶翠梨低溫需求量爲600-700小時，相較於高海拔地區栽培幸水梨及新世紀梨低溫需求750-1000及1500小時爲低，可於低海拔地區種植(Liau *et al*. 2005)。此外臺灣普遍種植之'台農2號'木瓜果實於5-6月生產及採收前遇35℃以上高溫，容易發生果實內腔周圍組織硬化的橡皮果，影響果實後熟(Chao *et al*.2011)。現已選育出'台農6號'(朱玉)木瓜，其於5-6月生產時少有橡皮果現象(Wang *et al*.1999)。

臺灣藉由地理優勢育成的品種普遍以耐熱性見長(Pena and Hughes 2007)。經多年的努力，已選育出許多適合熱帶及亞熱帶地區種植之耐熱性佳蔬菜品種。在各試驗場所已育成如番茄'台南亞蔬6號'、'台南亞蔬11號'及兼具抗番茄捲葉病毒的'台南亞蔬19號'與'種苗亞蔬22號'；青蔥'蘭陽1號'、'蘭陽3號'及'蘭陽4號'；甘藍'台中1號'、'台中2號'、'台南1號'、'台南2號'；青花菜'台農亞蔬3號'、'種苗亞蔬1號'及'種苗亞蔬2號'等；業者在花椰菜部分亦已選育出優良耐熱早生之品種，並行銷於熱帶與亞熱帶國家，因此我國在耐熱品種上具有市場優勢，未來也需持續耐熱品種研發。

花卉及觀賞作物方面，臺灣自1991年至2012年由公部門育成之品種共有136種，除栽培於調控溫室之蝴蝶蘭、朵麗蝶蘭等外共有123種，經逐一檢視各品種發表之特性說明，歸納出具有耐熱性之品種有52種，占總數42.3%，包含菊花有1品種、文心蘭4品種(Tsai *et al*.2011)、洋桔梗6品種(Wang *et al*. 2011; Chang and Wang 2010)、火鶴花8品種(Chuang and Hsieh. 2007; Chuang and Hsieh. 2011; Chen *et al*.2003; Huang and Chuang 2011)、星辰花2品種 (Chang 2010; Chang and Wang 2010)、夜來香4品種(Shen 1999；Taiwan Flower Industry 2002)、薑花1品種(Sheu 2005)、朱槿9品種、石竹1品種(Hsu and Lin. 2013)、長壽花11品種(Fu *et al*.1999)及日日春5品種(Chen 2011)。這些新品種均較對照品種有高度耐熱的特性，或對溫度敏感

性較低，可減緩暖化及極端高溫可能的衝擊。此外臺灣露天栽培之切花菊雖採用高畦栽培，仍常在颱風豪雨後淹水數日，造成嚴重死亡，爲克服此問題，乃利用淹水逆境選拔出耐淹水品種，目前已開發出耐淹水嫁接砧木品種(Sheu and Yeh 2007)。

二、病蟲害抗性

因平均溫度升高，蟲害的密度及病害的發生率提高，作物將面對新的生態，長期連作也有利發病(Wang *et al*.2011)。雖然臺灣品種具有耐熱特性，但缺乏具體抗病品種，目前已投入抗病育種研究，選育出抗青枯病番茄'種苗1號'、'台中亞蔬4號'、'花蓮亞蔬5號'、茄子'高雄2號'等；抗嵌紋病毒病番茄'桃園亞蔬9號'、'台中亞蔬10號'等；抗病毒冬瓜'花蓮1號'、抗Y病毒馬鈴薯品種'台農1號'、抗病毒品種'台農3號'；抗露菌病、白粉病及病毒病胡瓜'台農1號'、抗病毒豇豆'農試557號'；抗白銹病莧菜'台農1號'及'台農2號'等，但隨著病原菌快速演化，各種病害之生理小種仍不斷發生，顯示抗病育種將是因應氣候變遷調適下育種之重點方向。

三、作物的品種更新

由於氣候變得不穩定，大花蕙蘭在臺灣生產面臨低溫花芽分化後，高溫來襲造成消蕾的問題，對溫度較爲敏感之商業栽培品種，如Keeny及Lucky Rainbow等，預期將逐漸淘汰(Tsai *et al*.2007)，改爲栽培更高溫較鈍感的新品種，以維持產量及品質，目前各試驗場所亦已投入相關耐熱品種之選育。

四、原生蔬菜應用

「原生蔬菜」（Indigenous Vegetables, IVs）意指在特定地區起源或由其他地區引入經過一段時間馴化可作食用之蔬菜，原生蔬菜多具備生長強健、環境適應性強、抗病蟲害及營養價值高等特性，且爲低投入之栽培，在面對未來氣候變遷的趨勢下更具優勢(Hsiue 2012)。針對氣候變遷的特性其作物可分爲耐熱性IVs如莧菜、黃麻、黃秋葵；耐寒性IVs如角菜、明日葉、茼蒿；耐溼性IVs如蓯菜、茭白筍及落葵；耐旱性IVs如藤三七、葉用甘藷、紫蘇，耐鹽性IVs如馬齒莧、青葙、非洲芥藍；及耐陰性IVs如過溝菜蕨、山蘇花、山芹菜等，都是未來可生產應用的原生蔬菜。

栽培管理技術之調整

一、耕作方式調整

全球氣候暖化，國際糧食價格高漲，又糧食生產的基礎是耕地，臺灣自2013年起推動「調整耕作制度活化農地計畫」，配合氣候及土壤條件，調整糧食生產區域及生產面積，維持適當耕地，確保受氣候因素影響時，可隨時恢復生產，維持糧食穩定供應。

秋冬時節歐美國家氣候寒冷，不適生產作物，臺灣位處亞熱帶，氣溫適宜栽培生產外銷高價花卉，而夏季易受颱風侵襲，國內蔬菜價格波動劇烈，因此，發展出夏菜冬花的設施栽培模式，利用氣候的時空差異，在夏季栽培內銷瓜果類蔬菜，減緩因颱風災害而進口蔬菜的需求；冬季則生產外銷的多花菊或

洋桔梗，在適合的時節栽培高經濟價值作物，提高單位面積之作物品質及價格。在此種栽培制度下，多菊花採不整畦、不摘心、密植之栽培模式，單位產量較露天栽培者提高50%以上達4.5萬枝/公頃，良品率亦由40%提昇至70%以上(Chang *et al*.2001)。

溫室氣體中與農業有關的氣體包括二氧化碳(CO_2)、氧化亞氮(N_2O)及甲烷(CH_4)三種。根據估算生態系每年經由光合作用固定大氣CO_2約爲61 Pg，由呼吸作用及由植體殘株分解而釋放在大氣中的CO_2約爲60 Pg，因此僅有1 Pg的積存，這種估算變異性大，所以若將CO_2視爲溫室氣體的角度，IPCC將農田的釋放量視爲零。近年來研究指出，農田經由土壤有機碳的累積是碳匯（carbon sequestration）的重要積存（Lal and Kimble 1997），將傳統耕犁投入減少或不耕犁方式可增加土壤有機碳含量。休耕田或受污染之農地轉作多年生草地或林地亦可增加農地之碳匯，改種多年生作物或能源作物除更具經濟價值外，也可減少耕犁頻率，增加土壤有機碳累積（Yao and Chen 2008）。

二、節水栽培

臺灣受限於天然地理條件與氣候變遷因素，存在著降雨不均的問題。依據1961~1995年全球水文數據統計顯示，臺灣爲世界第19名缺水國家，因此乾枯缺水情形定成爲常態。又臺灣農業用水占總水資源利用水量71%，其中灌溉用水更占7成(Ay 2011)。目前臺灣總耕地面積約87萬公頃，其中有灌溉設施，屬農田水利灌溉轄區之農地約有37萬公頃，其餘均缺乏可靠的灌溉水源，在水資源供給更不穩定壓力下，凸顯農業灌溉水資源管理除需配合政府政策外，開發節水的栽培方法亦是相當重要。

養液滴灌栽培能有效降低耗水量及增進肥料利用率，降低作物生產成本，亦有助於解決全球面臨能源與水資源短缺、環境污染及生態系統的不穩定的問題(Hashimoto 2000)。不同的灌溉方式目前仍以滴灌（drip irrigation）最具節水及省肥功效，且可增進作物產量和品質，荷蘭設施番茄應用肥灌（fertigation）栽培，平均每年耗水量約500-900 L/m^2，每株需水量約在0.19-1.03 L/day，並可以根據蔬菜不同生長期的需要，控制灌水的時間和水量，維持作物根際周圍適當土壤水分含量即可，有效的控制水分養分，加上結合畦面覆蓋控制蒸發，從而能節約用水。在以色列利用點滴灌溉最高水利用率可達95%，80%以上灌溉土地都利用此方法；另散佈式灌溉技術(distribution irrigation tech)適合大區域灌溉的要求，相較於傳統開放式灌溉水利用率約40%，使用散佈器可提昇水的利用率達70-80%。

滴灌系統結合節水及精準給肥系統，大量運用在臺灣的溫室栽培作物，如蝴蝶蘭、文心蘭(Chen *et al*.2009)、火鶴花(Lu *et al*.2008)、洋桔梗(Chen 2012; Chang *et al*. 2001) 、多花菊(Chang *et al*. 2001)等，例如洋桔梗傳統栽培時多採作畦淹灌，利用自動肥灌機具配合滴灌水帶，可節省約60%用水(Chen 2012)。至於因應不同地區土質差異而進行調適栽培的研究顯示，在黏重土壤(Clay)地區，洋桔梗的栽培反而應採取作畦配合滴灌

來提昇切花品質(Wang *et al*. 2007)。

三、節肥栽培

農田產生溫室氣體CH_4受到作物種類、品種、溫度、灌溉、肥料及生育階段的影響，調整農作物灌溉管理方式、選用適當品種及多使用有機肥，將可減少CH_4產生。除此之外，Oenema (1999)認爲減少氮肥投入及增加其使用效率，可減少農田產生N_2O，因此與豆科作物輪作可增加有機氮的利用，又選用適當肥料、適時施肥及減少施肥量等合理化施肥作法，亦可減少化學氮肥的施用。

依據農業統計年報(2012)統計，臺灣農業栽培上主要肥料之一過磷酸鈣2012年平均進口價爲每公噸6,072元，相較於2004年以前的平均進口價每公噸2,791元高出了約2倍，造成生產成本增加，過多施用肥料對環境也造成破壞。因此爲了減緩由環境破壞所造成的氣候變遷，合理的施用肥料是確保作物在適地適種及完好的植物保護技術下，能夠兼顧增加品質、產量及保護環境的重要措施。臺灣自2008年即開始執行各種作物之合理化施肥政策，目的在促使農民有效使用化學肥料，提高氮肥利用率，減少N_2O排放。自2008年至2012年已設立1,324 個示範點，完成土壤肥力檢測服務177,412 件，辦理宣導講習 2,103 場次，成功減少化學肥料使用量約 35 %，即每公頃可減少肥料293公斤(Lee 2010)。

果樹栽培合理化施肥的具體實例，包括玉荷包荔枝、芒果、葡萄、木瓜、鳳梨、甜柿、番石榴、香蕉等作物，在比較以往慣用施肥量及合理化施肥下不論是栽培成本、肥料使用量皆有減少之效果，依據不同作物每分地可節省約1050-1230元肥料成本，肥料使用量減少20-59%；並且每公頃可增加收益約7,877-145,987元(Lin 2009; Lin 2010; Chang *et al*.2012; Sheu 2010; Lay 2008; Wu and Tsai 2010; Huang *et al*. 2009; Chang 2009; Chang 2010)。花卉方面，合理化施肥在玫瑰(Tasi 2011)減少施用三要素48-56%，菊花(Tasi and Sheu 2011)減施0-53%，洋桔梗(Tasi 2011) 減施40-48%或氮及磷減施34-55%，而鉀肥增施130%，都有具體的成果。

四、嫁接種苗的利用

臺灣農地耕作集約，蔬菜作物多採連作方式栽培，除造成土壤的負荷外，近年來因氣候變遷加劇病害及環境逆境發生，連作障礙更加嚴重的影響蔬菜產業。蔬菜嫁接在1950年代開始應用於茄子，而後在1960年代和1970年代應用在瓜類和番茄(Edelstein 2004)，目前在日本和韓國分別有60與80%以上之瓜類及及茄科苗使用嫁接苗，每年蔬菜嫁接苗需求量分別約7億5千萬和5億4千萬株(Lee *et al*. 1998; Kubota and McClure 2008)，主要即爲克服茄科及葫蘆科蔬菜連作障礙、土壤傳播性病害及加強作物耐逆境能力等。

一般栽培種番茄對疫病菌(*Phytophthora capsici*)、鐮胞病菌(*Fusarium oxysporum*)、青枯(*Pseudomonas solanacearum*)等抗性較差亦較不耐淹水，在臺灣地區高溫高濕且夏季颱風侵襲頻繁環境下，對於番茄產量影響甚大。Me 等(1994)以茄子作爲

番茄砧木，利用茄子根部通氣組織較多的特性，成功提高番茄之耐淹水性，進而增加番茄於臺灣夏季生產之可行性；而台南區農業改良場自亞蔬中心引入EG190、EG203及EG219等抗青枯病且耐淹水性佳之茄子品種爲根砧，嫁接小果番茄'台南亞蔬6號'後，分別較未嫁接之種苗提高8.0、48.8及 43.3%之產量，又於青枯病罹病田區，進行嫁接大果番茄'農友301'栽培，嫁接苗青枯病罹病株率約15%，自根苗則高達80-100%，顯示茄子根砧確實對青枯病具強抗性，因此番茄嫁接苗需求逐年增加。臺灣目前約8成之設施栽培農民使用嫁接苗，年需求量已超過一千萬株，並有逐年增加的趨勢，嘉義縣之太保市、水上鄉、六腳鄉及民雄鄉等地，因爲使用嫁接苗之栽培成爲夏季番茄之重要產區。

而茄子嫁接可增加抗病力及抗逆境能力，目前在日本有許多茄子專用砧木，如Akanasu、Tolubamu和耐病VF等品種；而中國亦使用托魯巴姆、CRP及赤茄等砧木品種(Tai *et al*.2003)。苦瓜在臺灣中部地區多以絲瓜爲根砧，而南部地區則多以南瓜爲根砧，均可克服夏季多雨土壤過濕所造成根部傷害，並延長採收期。甜瓜以南瓜爲砧木，可克服土傳病害的侵染並增加鹽份耐受性(Romero *et al*. 1997)。西瓜嫁接苗使用率約占80%，主要以西瓜'勇壯'品種、南瓜或扁蒲爲根砧，可克服蔓割病、急性萎凋病及線蟲危害，促進生長以增加對低溫及乾旱之耐受性(Chiu *et al*. 2007)。而豇豆之生產目前面臨萎凋病發生嚴重且無有效防治藥劑之困難，種苗改良繁殖場近年選出豇豆耐萎凋病品種可供作根砧，經嫁接'青皮三尺'品種，可以有效減少豇豆萎凋病發生。

五、產期調節

果樹栽培在開花期遇不良氣候如大雨、高溫，容易授粉不良，導致著果率下降，產量減少；若發生於採收期則是會影響外觀與品質，爲避免此情形發生，可藉由品種選育、栽培技術配合田間管理及果樹特性等，調整開花結果時期。如荔枝晚熟品種選育，荔枝'台農3號'開花期在4月，採收期在6-7月，具有產量高且開花穩定的表現(Chang *et al*. 2009)。

栽培管技術方面，葡萄冬季修剪於芽體上方刻傷塗抹藥劑，或不刻傷僅塗抹藥劑於結果母枝上芽體，夏季修剪與生產溫室葡萄則修剪後僅塗抹藥劑於頂芽，可使葡萄一年二收，或生產溫室葡萄(Chang *et al*.2004.)；以10ppm益收噴灑於荔枝成熟度或葉齡越高的冬梢，可促進花穗形成率達100%(Lin *et al*. 1991)；由巴西引進適合低海拔種植之耐熱水蜜桃'Premier'，低溫需求約在150CU，12月下旬以1%H_2CN_2處理後21天萌芽率可達27-34%，並將產期提早至4月上旬(Lu 2003)。

除以藥劑處理之外，嫁接不同砧木也會影響產期，以山豆柿爲砧木嫁接'富有'及'次郎'具有果實品質良好，且嫁接親和性佳的特性，並且產期可以延遲至11-12月份(Lu 2003)。此外也可利用兩種以上栽培技術調整產期，如蓮霧利用遮光處理搭配重度修剪或環刻處理，可降低植物體內碳氮比濃度，將生產期由夏季高溫多雨時期，調整至11月至隔年5-6

月生產(Tsai *et al*.2013)

六、催芽處理

雖然臺灣冬季無明顯低溫，利用中低海拔栽培低溫需求量低的品種，可使其正常萌芽，但仍有萌芽不整齊或萌芽率低的現象，因此使用人工催芽的方式促進芽體萌發，爲栽培上重要操作。橫山梨在2月中旬接近萌芽期以氰氨基化鈣(calcium cyanamide)處理，不論是以有過濾或無過濾之氰氨基化鈣，在催芽後7-21日芽體均大量萌發，21日後萌芽率達51.2-60.3%(Lu 1998)。葡萄栽培時以二氯乙醇（ethylchlorohydrin）10%或氰氨基化鈣處理，也可使葡萄提早萌芽且萌芽整齊(Lin and Lin 1978; Yang 1984)。

七、遮光及套袋處理

枇杷在低海拔地區栽培時，若遭逢乾旱年度7-8月間，土壤乾燥容易形成早花，且此時花穗生育期短，花器容易發育不完全，雄蕊花粉量低，並且若氣溫高於35℃會影響花粉發育，授粉不完全。因此在花穗生長期至始花期進行遮光處理，可降低果園內溫度約0.5-0.8℃，並在植物葉面與花器表面溫度差異可達4.6-9.9℃，降低花器溫度，有利花粉母細胞的正常發育，進而提高其授粉率，促使早期花順利著果與發育(Lu *et al*. 1999)。

果實套袋可減輕病蟲害及農藥汙染，亦可防止裂果、擦傷、日灼等，近年來由於氣候變遷，聖嬰及反聖嬰現象混亂，若遇冬季氣溫偏高，台東地區栽培臍橙果時常有轉色不良、全可溶性固形物降低等現象，因此在9月下旬以雙層黑色紙袋或是雙層黃黑紙袋套袋，將有助於果實轉色且不影響品質(Chiang and Lu 2011)。若遇冬季低溫時，番荔枝易遭受寒害，可以塑膠袋內襯牛皮紙袋可維持袋內較高溫度，與高相對濕度，具有較佳的低溫防護效果，且不易造成裂果(Tang *et al*. 2012)。

栽培設施之利用

一、防雨設施

降雨不平均爲臺灣園藝作物面臨的栽培問題，氣候變遷加劇此現象，爲防止高接梨開花期因降雨影響花粉附著於柱頭能力，導致授粉不良，宜蘭地區高接梨栽培發展出梨花「小雨傘」，利用透明硬質塑膠防雨資材夾於花芽上，使開花時遭遇降雨，梨花仍可授粉良好(Shyu 2010)。

臺灣蔬菜設施栽培面積自2005年3,208公頃急速增加到2010年8,675公頃(2010年農林漁牧普查報告)，設施的發展可降低強風、強光、暴雨、寒流等環境逆境危害，亦調整設施內部微氣候，提供作物適宜生長環境，是因應氣候變遷蔬菜生產調適蔬菜生產系統加強可能方法之一；主要利用之設施種類包括畦面直覆式紗網覆蓋、低架帳棚式紗網覆蓋、矮隧道式塑膠布栽培、水平高架塑膠網室、大型塑膠布網室、輕型鋼結構固定設施及精密型兼具環控功能之設施等(Fang and Lin 2012)。

直覆式紗網覆蓋可降低豪大雨危害及具冬季保溫之效果，材質一般爲尼龍網和不織布，以不織布的保溫效果較佳，可使內部溫度提高1-3℃，南部地

區應用方法在冬季低溫期生產蓯菜與莧菜。低架式紗網覆蓋具有遮陰、防豪雨、降低日曬高溫之效果以提高葉菜品質，主要應用在蔬菜育苗及一般葉菜類栽培上，以雲林縣的西螺、二崙蔬菜生產專業區爲多。屏東地區農民應用水平高架塑膠網室並覆以24-32目防蟲白紗網種植冬季苦瓜、絲瓜及豆類蔬菜，具有保溫、促進生長與產期調節的效果外，又可以減少瓜類果實蠅及豆類銹病、蟎類危害。中南部露地洋香瓜農民廣泛利用矮隧道式塑膠布棚於冬、春作保溫及後期防雨栽培果，屏東地區農民亦應用在冬季蘆筍生產上。大型塑膠布網室方便於夏季通風與冬季保溫，早期廣泛應用於花卉防雨栽培，目前則綜合性應用在一般短期葉菜類與果菜類如溫室洋香瓜、甜椒、胡瓜、番茄等栽培，又大型網室、輕型鋼結構固定設施及環控設施等可配合相關設備而達節能節水栽培。

二、防風及保溫設施

臺灣氣候受季風影響，部分地區因位置限制，容易被季風、熱帶氣旋及局部熱力環流所形成之強風吹襲，果樹栽培在熟果期若受此強風侵襲，會有明顯落果情形。台東地區番荔枝果園在距離37.5公尺設置防風網，可有效減緩防風網7-8倍高度之強風，並使風向方位角產生偏向，氣流行進速度降低(Tang *et al*. 2008)。

此外高接梨栽培時，需要年年嫁接，嫁接時間爲12月中旬-1月上旬之低溫初期，開花期則是在1月下旬-2月上旬之最低溫期，此時遇到低溫或陰雨後花藥無法正常展開，影響授粉，著果不良可能性極高。以石蠟液包裹嫁接技術應用於寄接梨最省工，每公頃嫁接作業比傳統套袋作業減少12天，嫁接成活率爲88%，比傳統套袋作業提高92%(Lee and Chang 2002)。

三、防日曬(熱)設施

受暖化及大氣層破壞影響，臺灣夏季氣溫升高且太陽輻射過量，果樹栽培時果實表面容易引起曬傷，鳳梨果於氣溫超過36℃且持續5個小時以上，果實表面溫度超過50℃，產生50%嚴重日燒果，此時若地面鋪設具阻擋UV之PE布或一般PE布均可減緩日燒情況，則曬傷率降爲25%輕微日燒及8.3%嚴重日燒。此外利用黃色防曬帽放至於果冠，防護效果最佳，僅有8.3%輕微日燒(Lee *et al*. 2011)。除設施外，果園內也可利用每公克水汽化成水蒸氣時吸熱539卡之物理性，以噴霧調整微氣候，降低溫度。然而水資源有限，爲了達到降溫效果且避免浪費，可使用自動化噴霧防災系統，利用溫濕度感應器設定溫濕度，當空氣中溫度過高或濕度過低時，自動啓動馬達噴灑水霧，可有效防止焚風對番荔枝所造成之落果，促進葡萄、甜柿的著色，延緩桃在高溫採收期早熟且著色不良之情形(Shih 2010)。

臺灣因應氣候變遷智能型園藝作物栽培模式

未來氣候變遷所造成的氣候不穩定，包括瞬間大雨、乾旱、氣溫逐年升高等問題將越來越頻繁及劇烈，爲因應日漸趨向不穩定的栽培環境，必需整合包括品種、栽培方式及設施等，以建構

因應氣候變遷園藝作物智能型農作模式。

果樹栽培除了在品種上選育低需冷性落葉果樹、耐熱、抗病蟲害品種之外，早晚熟品種或著果至採收期短品種也是未來品種選育的重要方向之一。並且搭配栽培技術如產期調節、設施的使用，結合適地適作、合理化施肥的施作，使用科技調控能源及相關資源的使用，減緩溫室氣體排放及水資源等的浪費，以能在氣候變遷之下永續生產。

臺灣蔬菜生產雖多元化，近年來因氣候變遷導致蔬菜作物生產因天然災害或生態環境變化亦受影響。爲因應此趨勢，抗逆境品種選育及增加蔬菜利用種原多樣性之原生蔬菜應用；導入設施生產，結合節能溫室、生物防治、養液灌溉、節水栽培及嫁接苗生產等栽培技術；另針對耕作制度調適，其中包括合理化施肥以降低肥料施用量，有助於減少溫室氣體排放，應可降低氣候變遷對蔬菜生產之衝擊。

花卉作物具有高度設施使用的特性，未來生育較強健的花卉可於露天栽培生產，並且適合短期的季節性生產，整合與其它作物輪作，進行無設施輔助的栽培生產。大多數的花卉作物，可利用網室、遮雨設施等非主動調節氣候條件的設施來栽培，且需選用耐熱、溫度不敏感或耐淹水的適宜品種，設施內將採行土地利用率高的栽培型態，此外配合精準灌溉及施肥技術，以減少水源及肥料的依賴；同時依據各別作物的生理需求達到增產及產期調節目標。此外花卉將朝向栽培於具主動調節氣候能力的溫室內，以避開不良的異常氣候，但相對不穩定的氣候亦加深溫室設施對能源的依賴和消耗，未來溫室設施花卉必然朝向低耗能零排放之路。

結語

全球氣候變遷問題是長期性且全面性的改變，因此需在時間和空間上進行預測性的評估與行動，並透過政策調整，資金協助來因應將來可能面對的情況。臺灣的園藝作物無論在永續的增加生產力，強化對氣候變遷的適應能力，或是減少溫室氣體散發等方面，均已具備基礎的操作，但尚還不足以因應氣候與環境的變遷，所以在面臨農業氣象災害時仍造成日益龐大的農業損失。此外，現行的努力大部分屬於短期且非政策性的自發性的調適(autonomous adaption)，如依據氣候變化而調整的栽培技術，這些可以抵抗短期的環境變化，卻仍不足以抑阻未來的變遷。臺灣的園藝發展缺少的是屬於規劃性調適(planned adaption)，而當下需要加強的正是這種規劃性的調適，唯有透過更多具前瞻性的決策制訂，加上長期而漸進的計畫性執行做爲，以建構具調適性的智能型農業操作，也才足以因應未來預見更惡烈卻不可知的新氣候型態。

參考文獻

Ay C (2011) Agricultural production and water-saving technologies and system development. (in Chinese) In: Proceedings of the Symposium on Agricultural Engineering and Technologies for Saving Energy and Reducing Carbon Emission. 21pp. LD Huarng, WH Shyu, Xu, JR Tsay (eds.) Taiwan Agr. Res. Inst., Taichung.

Chang CM, SN Huang, SC Chiang. (2010) Banana rationalization fertilization observe and results published. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly.** 60(3):39-42.

Chang CS, JR Job (2010) Mango rationalization fertilization technology demonstration in Yunlin, Chiayi and Tainan areas. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly.** 60(10):33-39.

Chang CS, LR Chang, JH Lin (2004) The production season regulation techniques of grapevine in Taiwan. (in Chinese with English abstract) In: Viticulture technical seminars special issue. 37pp. CS Chang, RL Chang (eds.) Taichumg DARES, COA. Changhua

Chang CS, YT Chang, D Wang (2001) Environmental Control in winter flower / summer vegetable cropping system. (in Chinese) **Tainan DARES news later.** 37:2-6.

Chang JW, CR Yen, HT Hsu, WL Wang, WH Tsai, YH Cheng, CC Ho (2009) A new variety of litchi (Litchi chinensis Sonn.) 'Tainung No.3 Rose Red'. (in Chinese with English abstract) **J. Taiwan Agric. Res.** 58(3): 208-218.

Chang YT (2009) Papaya rationalization fertilization manual. Agricultural technology of Kaohsinng DARES. 99 pp.

Chang YT, YC Wang (2010) Breeding of eustoma in subtropical area. (in Chinese with English abstract) In: 2010 Proceedings of the Symposium on Current Researches and Prospects of the Floriculture Research Team. 113 pp. LJ Wang, TF Hsieh (eds.) Taiwan Agr. Res. Inst., Taichung.

Chang YT (2010) 'Tanin No.1' statice: an early flowering Limonium cultivar. **Hort. Sci.** 45(12): 1897-1898.

Chang YT, SS Wang (2010) 'Tanin No.2' statice: a low vernalization-requiring Limonium cultivar. **Hort. Sci.** 45(12): 1899-1900.

Chao HC, HL Lin, CC Shiesh (2011) High temperature impedes fruit ripening in 'Tainung No.2' papaya. (in Chinese with English abstract) **J. Taiwan Soc. Hort. Sci.** 57(2): 119-131.

Chen CM (2011) Periwinkle new variety 'Taoyuan No.1-5'. (in Chinese) **Agriculture Policy Review.** 230:80-83.

Chen FC, CC Hsu, KC Chuang (2003) Breeding anthurium variety. (in Chinese) In: Anthurium.Taiwan floriculture development association, Taipei. 108 pp.

Chen LH (2012) Automatic irrigation and fertilization system introduced and used in cultivation of Lisianthus. (in Chinese) p 44-55. In: Special issue of Lisianthus cultivation and use. 44 pp. WY Tsai, YH Chen (eds.) Taichumg DARES, COA. Changhua.

Chen YH, YT Chang, CS Han (2009) Oncidium facility cultivation. (in Chinese) **Tainan DARES news later.** 37:22-27.

Chen SH, PH Lee, MH Yao, Y Shen (2006) Occurrence of annual abnormal meteorological conditions and its effect on agricultural production in Taiwan. (in Chinese with English abstract) **Crop, Environ. Bioinform.** 3(4): 307-316.

Chiang SW, PS Lu (2011) Effect of bagging for navel orange fruit quality. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taitung DARES.** 21:37-50.

Chiu YC, YC Chang, SM Chen (2007) Technology handbook for automatically producing of vegetable seedlings. Natl. Ilan Univ. Sci. Ian. 71pp.

Chuang KC, TF Hsieh (2007) Breeding

anthurium variety Tainung No. 3 'Green goblin' and genetic of color. (in Chinese) **Taiwan Agr. Res. Inst. Tech. Ser.** 72: 11-14.

Chuang KC, TF Hsieh (2011) Breeding and Cultivation in Anthurium . (in Chinese with English abstract) p. 89-100. In: 2010 Proceedings of the Symposium on Current Researches and Prospects of the Floriculture Research Team. LJ Wang, TF Hsieh (eds.) Taiwan Agr. Res. Inst., Taichung.

Council of agriculture, executive yuan (2012) Agricultural Statistics Yearbook. (in Chinese) Council of agriculture, executive yuan, Taipei. 321pp.

Edelstein M. 2004. Grafting vegetable crop plants: Pros and Cons. **ActaHort.** 659:235-238.

Fang YT, CL Lin (2012) The current development and prospects of protected horticultural industry in Taiwan. (in Chinese with English abstract) p 25-33. In: Precision facilities engineering and plant factory technical seminars album. Tainan DARES, COA. Tainan

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013) Climate-smart crop production system. p. 191-204 In: Climate-smart agriculture sourcebook.

Fu YJ, YC Yang, SH Cheng (1999) Release of kalanchoe new cultivars 'Taoyuan No.1' and 'Taoyuan No.2'. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taoyuan DARES.** 65:1-14.

Hansen J, K Coffey (2011) Agro-climate tools for a new climate-smart agriculture. http://ccafs.cgiar.org/sites/default/files/assets/docs/iri_agro-climate_tools_brief-web.pdf

Hashimoto Y (2000) Plant factory in the 21st century. p1-13. ICAME 2000 Proceedings of the Third International Conference on Agricultural Machinery Engineering, Vol. I, Seoul, South Korea

Huang WT, YW Lin, TS Liu, HY Guo (2009) Exquisite vineyards and rationalization fertilizer management and application examples at Dacun. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly.** 59(2):46-50.

Huang YL, KC Chuang (2011) Current status and prospect of anthurium breeding. (in Chinese with English abstract) p.107-116. In: Proceedings of the Symposium on Achievements of Floriculture Research Team of Council of Agriculture in 2011. KH Chang, TF Hsieh (eds.) Taiwan Agr. Res. Inst., Taichung.

Hsiue MT, (2012) Vegetable cultivation under climate change for a new thinking - native vegetables. (in Chinese) **Taitung DARES news later.** 82:8-11.

Hsu CC, HS Lin (2013) Dianthus 'Taitung No.1- Fragrance Cloud' use in landscape. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly** 63(14): 24.

Kubota C, MA McClure (2008) Vegetable grafting: history, use, and current technology status in North America. **HortScience.** 43:1664-1669.

Kuo TC, JM Lai, Y Shen, C Tang, CH Liao, PH Lee, CS Kuo, JJ Huang (2001) Agrometeorological disaster protection techniques for tropical fruit trees in southern Taiwan. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of KDARES.** 15(1): 1-17.

Lal R, JM Kimble (1997) Conservation tillage for carbon sequestration. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.** 49:243-253.

Lay WL (2008) Persimmon rationalization fertilization technology. (in Chinese) **Harvest**

Semi-monthly. 59(5):33-35.

Lee JM, HJ Bang, HS Ham (1998) Grafting of vegetables. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.** 67:1098-1104.

Lee KM, CS Chang (2002) Experiment of different coation methods on top-grafted scion of pear in I-Lan area. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Hualien DARES.** 20(9): 1-8

Lee PH, CS Kuan, CH Tang, HW Tsai, Y Shen (2011) Studies on mechanisms of sun burn and cold damage to pineapples and mitigation techniques. **Meteorological bulletin.** 48(3): 73-87.

Lee SC (2010) Rationalization fertilization and carbon reduction. **Agriculture Policy & Review.** 213:23-28.

Liau WJ, LR Chang, CS Chang (2005) The breeding of pear 'Taichung No.3'. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taichung DARES.** 77:51-59.

Lin HS, CS Lin (1978) The application of ethylchlorohydrin on grape cultivation. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taichung DARES.** 2:78-83.

Lin TS, SM Shan, CR Yen, TC Lin, JW Chang (1991) Effect of fruits, leaves, light intensity and pruning on flowering of litchi(Litchi chinensis Sonn.). (in Chinese with English abstract) p.127-136. In: Symposium on forcing culture of horticultural crop II. LR Chang (eds.) Taichumg DARES, COA. Changhua.

Lin WT (1998) Reacting counter-measures of flood and drought on agriculture. (in Chinese) **Sci. Agri.** 46(1, 2): 77-84.

Lin YH (2009) Litchi instance of rationalization fertilization. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly.** 59(4):31-33.

Lin YH (2010) Pineapple rationalization fertilization manual. **Agricultural technology of Kaohsinng DARES.** 106.

Lu LH, JR Tsay, WM Hsiang, WH. Shyu (2008) Studies on automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers. (in Chinese with English abstract) **J. Taiwan Agric. Res.** 57(2): 15-32.

Lu PS (1998) Studies on forcing budbreak of 'HengShan Pear' by calcium Cyanamid. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taitung DARES.** 9:61-74.

Lu PS, MT Huang, LH Chiu (1999) Effect of shading treatment at flowing stages on fruit quality and production of Loquat cv. "Mozi". (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taitung DARES.** 10:15-26

Lu PS (2003) Effect of bud forcing on budbreak and fruit setting of 'Premier' peach. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taitung DARES.** 14: 69-80.

Lu PS (2003) Studies on grafting amiability and adaptability of rootstocks in the persimmon (Diospyros kaki L.) in low altitude area. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taitung DARES.** 13:1-8.

Me MM, DL Wu, UC Ruan (1994) Tomato grafting on the impact of flooding. (in Chinese) **Sci. Agri.** 42：57-64.

Oenema O (1999) Strategies for decreasing nitrous oxide emission from agriculture sources. p.175-191. In: International Workshop on Reducing Nitrous Oxide Emission from Agroecosystems. Desjardins RL, JC Keng, K Haygen-Kozyra (eds.) Banff, Alberta, Canada.

Peña R, J Hughes (2007) Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. **SAT eJournal.** 4: 1-22

Plant variety rights bulletin enquiry system (2013) http://newplant.afa.gov.tw/

Romero LA, LR Belakbir, MJ Ruiz (1997) Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plant (*Cucumis melo* L) **Soil. Sci. Plant Nutr.** 3:855-862.

Sheu CS, DM Yeh (2007) Selection of waterlogging-tolerant chrysanthemum varieties and hybrid lines. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Taichung DARES.** 96: 23-32.

Sheu JF (2010) Guava rationalization fertilization manual. **Agricultural technology of Kaohsinng DARES.** 104.

Shih JC (2010) The key of Taiwan fruit trees industry to crop with global climate chang – the automatic multifunctional environmental control dystem. **Crop. Environ. Bioinform.** 7: 52-62.

Sheu JF (2005) Development of the new ginger variety ‘Kaohsinng 7’. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Kaohsinng DARES.** 16(2):10-20.

Shen TM (1999) Breeding of polianthes tuberosa. (in Chinese) **Life Sci. Newsl.** 13(1): 14-17.

Shyu QM (2010) The umbrella use for protection pear flower. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly.** 60(6): 10-15.

Swaminathan MS (2012) Role of genetic modification in developing climate smart agriculture to en sure sustained food security. **Agric. Res.** 1(4) : 295-298.

Taiwan Flower Industry (2002) New varieties of tuberose and announcements. (in Chinese) **Taiwan Flower Industry** 182: 53-55.

Tang C, IC Jeng, YC Chen (2012) Changes in temperature and relative humidity inside the wraping bag of varied materials in hiemal fruitage of sugar apple in Taitung area. (in Chinese with English abstract) **Crop. Environ. Bioinform.** 9:89-97.

Tang C, Y Shen, PH Lee. 2008. Study on the gale mitigation distance of nylon windbreak net for a sugar apple orchard at seashore region of Taitung area. (in Chinese with English abstract) **Crop, Environ. Bioinform.** 5: 40-51.

Tai SF, HY Huang. WS Lee, Y Sung, WN Chan (2003) Study on Graft Affinity of Eggplant Rootstock to Grafted Tomato, Pepper and Eggplant Scion. (in Chinese with English abstract) **Seed and Nursery.** 5: 31-46.

Tsai MF, YS Liang, LS Ke (2013) The effect of shading and girdling on flowering and C/N ratio of wax apple (Syzygium samarangense Merr. et Perry) after heavy pruning. (in Chinese with English abstract) **J. Agri. Assoc. Taiwan** 14(3): 223-237.

Tsai TM, KC Chuang, TF Hsieh (2007) Effect of temperature in Cymbidium flowering. (in Chinese) **Taiwan Agr. Res. Inst. Tech. Ser.** 69: 6-9.

Tsai TM, KC Chuang, TF Hsieh (2011) Developing new oncidium varieties. (in Chinese with English abstract) **Taiwan Agr. Res. Inst. Tech. Ser.** 77: 13-17.

Wang DN, RH Ueng, JJ Huang, SF Shyu (1999) Breeding of papaya new variety- Tainung No.6. (in Chinese with English abstract) **J. Agric. Res. China** 48(3):65-74.

Tasi YF (2011) Rose rationalization fertilization. (in Chinese with English abstract) p 377-378. In: Rationalize crop fertilization album. JW Chen, WL Lay, UF Tasi (eds.) Taichumg DARES, COA. Changhua.

Tasi YF, CS Sheu (2011) Chrysanthemum

rationalization fertilization. (in Chinese with English abstract) p 397-398. In: Rationalize crop fertilization album. JW Chen, WL Lay, UF Tasi (eds.) Taichumg DARES, COA. Changhua.

Tasi YF (2011) Lisianthus rationalization fertilization. (in Chinese with English abstract) p 405-410. In: Rationalize crop fertilization album. JW Chen, WL Lay, UF Tasi (eds.) Taichumg DARES, COA. Changhua.

Wang ST, SH Hseu, KS Chen, CC Chiou, SP Li, CY Lin, HL Lo, JN Lin, MM Hsu, CF Hong, LC Chang, PH Chen (2011) Adjusting breeding strategies of cruciferous vegetable to match challenges of climate change. (in Chinese with English abstract) p.135-152. In: Proceedings of the Workshop on Crop Breeding and Management of Agricultural Environment for Coping with Climate Change. DH Wu, MT Lu, TH Tseng, YT Wang, CL Hsiao (eds.) aiwan Agr. Res. Inst., Taichung.

Wang YC, YT Chang, YH Chen (2007) Effect of ridging on growth and flowering of eustoma grandiflorum (Raf.) shinn. (in Chinese with English abstract) **Research Bulletin of Tainan DARES.** 50: 49-55.

Wang YC, YT Chang, AH Yang (2011) Breeding of eustoma for cultivation in subtropical area.p117-126. (in Chinese with English abstract) In: Proceedings of the Symposium on Achievements of Floriculture Research Team of Council of Agriculture in 2011. KH Chang, TF Hsieh (eds.) Taiwan Agr. Res. Inst., Taichung.

Wu TY, JH Tsai (2010) Grapes rationalization fertilization at Miaoli. (in Chinese) **Harvest Semi-monthly.** 60(7):38-40.

Yang YS (1984) Studies on the production of calcium cyanamide as a rest breaker of grapevine. **NCHU Horticulture** 9:7-16.

Yao MH, SH Chen (2008) Impact of Global Warming Trend on Greenhouse Gases Emission in Taiwan. (in Chinese with English abstract) **Crop, Environ. Bioinform.** 5:52-59.