

中部地區果樹科技研發成果及 前瞻規劃

徐錦木¹、葉文彬²

摘要

臺灣中部地區地形複雜且海拔高度差異大，包含亞熱帶及溫帶多種氣候，為果樹重要生產區域。果樹產業藉由栽培技術改良、水分管理、設施應用、採後處理技術開發、農林氣象防減災研究與推播，以及品種的更新與推廣，使中部地區果樹產業有卓越成就。氣候變遷引起之極端天氣頻率增加，常常發生複合型態的天然災害，未來規劃持續發展韌性農業、開發省力輔具提高工作效率，善用設施及智慧管理以達到高產值農業。

關鍵詞：設施、韌性農業、輔具、極端天氣、水分管理

前言

臺灣中部地區果樹栽培面積 50,900 公頃，產值達 237.9 億元，栽培面積占國內果樹面積 28%，產值則為 30%。果園管理是一項綜合性的工作，慣行的工作包括園區規劃、果樹生長情況、土壤與水分管理、人力資源運用及機械化程度等項目。合理且有效率的管理各項工作是研發工作人員的目標。

經多年研究，控制植株生長的因子已逐漸被解析出來，利用田間管理操作或結合科技技術，可於關鍵物候期進行處理，製造較佳的生長環境，以創造最

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員

大利益。果樹除草本的鳳梨、木瓜、香蕉及百香果經濟生產年限較短外，其餘木本果樹梨、芒果及蓮霧等，種植後生長期常常超過 10 年以上，生長期會遇到不良天氣，除植株進行自我調適，配合科技調整微氣候以降低環境因素風險。然而，氣候變遷引起之極端天氣頻率增加且強度亦提高，常常發生複合型態的天然災害，例如 2021 年臺灣面臨 56 年來最嚴峻的水情，持續乾旱及溫度較高的春季，對果樹生產造成更嚴峻之挑戰。

另一方面，依據聯合國政府間氣候變化專門委員會報告，在 2030-2052 年之間全球均溫升幅將達到 1.5°C (IPCC, 2018)。全球暖化趨勢造成溫度持續上升，對落葉果樹之影響相當顯著，暖冬導致落葉果樹休眠所需之低溫量不足，無法正常萌芽；生長季高溫影響花芽分化、萌芽及花器發育，使得開花異常及產量降低；此外，溫度上升將改變果樹物候與果實生育期間的積算溫度，影響果實發育時間與品質 (張和王, 2008)。Sugiura 等 (2007) 指出暖化在日本對果樹發育造成影響，成熟度和色素體形成無相關之梨、梅及桃等，因高溫造成開花期提前，果實成熟也相對提早；而蘋果、葡萄、柿及溫州蜜柑等成熟度和色素體相關果樹，雖然開花期提早，但成熟及採收期卻不一定提前。本文僅就臺中區農業改良場 (簡稱本場) 近年來針對災害氣候調適及未來研究方向進行說明。

科技研發成果

1. 栽培管理技術生產高品質產品

管理方面由最初發揮樹體生產潛能，逐漸轉向經濟生產方向。早期果園樹體高大時單株生產量高，但工作效率低，另外容易發生摔傷等意外，較不符合經濟效益。在果園作業效率、作業安全性及果品良品比率的綜合考量，逐漸矮化果樹，整枝修剪方式由開心形、變則主幹形開始嘗試單幹整枝等方式，提高作業效率及工作安全性。甜柿利用摘蕾、撚梢、環剝等方式控制樹體營養生長和生殖生長間轉換，增進花芽分化或減少生理落果，維持產量穩定。高接梨採取高冷地或溫帶地區已花芽分化完全並進入休眠的梨枝條，利用冷藏庫低溫貯藏，打破休眠後再高接於砧木 (‘橫山’梨、鳥梨等) 徒長枝

上，可順利生產梨果，並將生產時間提早 2-3 個月，延長梨的生產時間及提高中低海拔梨園收益。紅龍果利用疏花、果及批次留果方式，控制果實大小及品質，生產最符合市場需求果實。

作物生長過程受到栽培環境影響，包含光、溫度、水分等環境因素，其中光包含光強度、光質與光週期，可改變植物型態與調控生長及開花 (劉等, 2015; Batschauer, 1998; Bian *et al.*, 2015)。近年，果樹利用燈照處理調節產期之種類逐漸增加，如：印度棗 (*Ziziphus mauritiana* Lam.) 夜間以日光燈照可影響開花及產期 (邱和翁, 2003; 邱等, 2004); 鳳梨釋迦 (*Annona cherimola* × *Annona squamosa*) 配合夜間燈照可促進秋冬季開花著果，以穩定或延長產期 (江和盧, 2017)。

本場轄區內重要果樹紅龍果 (*Hylocereus undatus*(Haw.) Britt.)、百香果 (*Passiflora edulis*) 及葡萄 (*Vitis vinifera* × *V. labrusca*) 利用燈照進行產期調節或提高著果。紅龍果全臺栽培面積 2,864 公頃，本場轄區中彰投佔將近 40%，其中白肉種產期為 6-10 月，紅肉種為 5-12 月。紅龍果花芽分化受長日及高溫影響，利用夜間燈照可進行調節產期，於 9 月起進行夜間燈照，延長產期生產 12-3 月果實，或提早於 3 月開始燈照，提早生產 5 月春期果，減輕 6-11 月正期果產銷壓力。該項技術須配合植株生長勢、調控 6-9 月留果量 (陳, 2017)。

百香果栽培面積約 809 公頃，主要品種為‘台農 1 號’，產區集中在南投縣埔里鎮，佔 75%。產期主要為 6 月至翌年 2 月，3-5 月為空窗期，將產區移到彰化縣溪湖鎮平地栽培進行產期調節，結合冬季利用設施栽培、夜間燈照、生物性堆肥及液肥施用，可順利於 3-5 月採收果實，達到全年供應百香果的新技術 (張, 2017)。

2. 水分管理

適當水分管理是果園成功的重要因素。灌溉除土壤水分的保持外，在特定期間 (如開花著果期) 空氣中的濕度會影響產量，如葡萄在開花期時，空氣中濕度過低，無子果的比率會增高，開花期在空氣中噴霧加濕可以改善

著果情況，因此增加濕度也成為灌溉的項目之一。隨著各種偵測儀器的使用，測量土壤水分、植株葉片含水量、空氣中濕度等各種數值，配合調查數據的應用，統一管控管路灌溉時間間隔、水量。減少滲漏及逕流問題，符合植物發育所需，提高水分利用率並增加產值。

葡萄開花授粉受精為容易受環境影響之物候期(Vasconcelos *et al.*, 2009)，‘巨峰’葡萄花穗發育至開花期以噴霧系統處理，可降低高溫對著果之影響。噴霧時間由上午 9 時至下午 4 時，噴霧間隔為噴 2 分鐘停 10 分鐘。試驗顯示葡萄夏果開花期平均日溫為 27.4°C，噴霧處理或結合 0.2 ppm 細胞分裂素對提高著果效果顯著，分別較對照組可提高 3.4% 及 2.2%。冬果開花期平均日溫為 32.3°C，相對濕度為 69.7%，噴霧處理不能提高著果率，但可以降低無子果比例，無子果比率由 9.2% 降為 5.6%。由試驗結果顯示葡萄‘巨峰’開花期利用噴霧處理具有提高著果及降低無子果比率效果。

東京農工大學大學院連合農學研究科發表，‘幸水’梨 Y 字型整枝加限制根域方式配合灌水控制器 (KISBII, SSB 札幌システムブレイン) 控制，白天間隔 40 分鐘點滴灌水，每日灌水 20 回。結果成園期短、結果穩定、品質佳及產量高。第 2 年開始就有收穫，定植後 5 年的收穫量共 15,100 kg·0.1ha⁻¹，平均每平方公尺著果 18.5 粒，產量可達 6,100 kg·0.1ha⁻¹，將近慣行栽培法的 1 倍；果重和慣行法沒有差異，糖度達 12.4 °Brix，在產量及品質上均有大幅度提昇。

3. 捲揚式鋼骨結構溫室及智慧農業系統於葡萄之應用與推展

臺灣葡萄產期調節技術相當成熟，包含露天栽培 1 年 2 收夏果 (6-7 月，一期果) 與冬果 (12-1 月，三期果)、1 年 1 收夏果 (6 月) 及 1 年 1 收秋果 (10-11 月，二期果)，並結合溫室 1 年 1 收生產春果 (3-6 月上旬) 等模式，幾乎可周年生產鮮食葡萄。然而，葡萄生產除技術門檻較高外，人工及氣象條件也是限制因子，造成葡萄產值雖高，栽培面積卻逐漸下降之窘境。因應氣候變遷所造成極端天氣發生頻率增加與強度提高，開發捲揚式溫室生產模式，降低天候因素之災損，並導入人工智慧控制系統，改善葡萄生產環境及減輕人

工需求，為當前的重要任務。配合行政院農業委員會（簡稱農委會）設施農業 5 年計畫，推廣鋼骨結構捲揚式溫室，降低颱風影響，再結合智慧農業元素，開發遠端監控 APP，減少簡易溫室塑膠布拆除及裝設之人力。再者，近年來早春巨峰葡萄果實轉色後期 3-5 月乾旱高溫，溫室內白天溫度常高達 35°C 以上，容易造成葉片黃化、果粒軟化及轉色不良等現象。為克服降雨及高溫對露天或溫室栽培葡萄所帶來之影響，配合農委會政策推行，建議採用捲揚式溫室，可達到降低損失之效果。

農委會農糧署已將捲揚式溫室納入補助，隨極端天氣發生頻率增加與強度提高之趨勢，宜改變現有簡易設施型態，讓葡萄有一更穩定的生產環境。在抗風的部份，可採用鋼骨結構捲揚溫室；防雨可採用捲揚式，但捲揚設施宜請專業人員規劃搭建，東西向之園區較不適合，南北向之園區在南北兩端應有包覆措施，以免被強風吹襲脫落。

4. 採後處理提升品質

果實於採收後還是有生命的生物體，品質仍持續變化，如何保持最佳品質送到消費者手中，一直是研究的重點。以往研究重點在採收後的處理，包括減緩呼吸率、抑制病蟲害發生及延長保鮮期；近期研究則從採收前處理開始，改善採收時果實品質，以得到最佳的採後處理效果。

紅龍果主要產期為高溫多雨的夏季，田間病害發生率較高，如莖潰瘍病導致果實生產品質不佳，果皮外觀賣相不良。長程貯運期間鱗片失水萎凋及褐化，影響消費者的購買意願，使紅龍果失去商品價值。本場研究降低貯運期間貯藏病害的發生及延長銷售櫥架壽命，利用採前藥劑及生物防治資材處理方式及施用時間，以達到降低田間紅龍果莖潰瘍病的發生，提升果實採收品質；並降低貯運期間貯藏病害的發生，及維持紅龍果到貨品質。

紅心番石榴果實於花後 75-90 日間果肉開始轉色，花後 95 日果實成熟度 7-8 分熟達商業採收成熟度，與花後 100 日之果實相比，果實大小及品質間無顯著差異。成熟度越高果實品質較佳，但於低溫長時間貯藏其果實病害程度較高，若欲進行外銷建議以 6 分熟之果實為宜。

百香果栽培過程中，可定期施用有機質堆肥，有助於維持果實產能及穩定品質，且較傳統農友操作應用之生雞糞效果佳。百香果栽培過程中，可定期施用生物性液肥，有助於維持果實產量及穩定品質，且較傳統施肥手冊推薦方法進行栽培者為佳。

5. 生理評估及預測

由於氣候變遷栽培環境改變，對中部地區果樹有很大影響。近年 4-5 月之日平均溫度動輒達 30°C，溫室設施內更可達 35-40°C，使溫室栽培‘巨峰’葡萄轉色不良或果肉偏軟，果實品質與留果量有關，產量太低 (<1,000 kg·0.1ha⁻¹) 或太高 (>3,000 kg·0.1ha⁻¹) 相對較不穩定。以葉面積指數介於 1.1-2.7 之間單位面積產量 2,300-2,500 kg·0.1ha⁻¹ 之園區，果實可溶性固形物、果色及硬度均較穩定。

芒果‘台中 1 號’果皮較薄，在果實發育過程中，果皮容易受損而產生褐斑與流膠情形，於試驗結果，在早期加強病蟲害防治，同時減少氮肥使用並提早套袋，可降低果實汗損發生。經由中部地區芒果栽培改善措施建立，以利產業發展。

6. 農林氣象防減災研究與推播

作物的天然災害包括颱風、高溫、低溫及雨害等不同類型，不同作物敏感生育期遭遇突然的天氣變化所造成災損樣態亦不同，但最終對於農友收益影響顯著。氣象單位對於氣候變化強度有歷史紀錄及最新氣象條件的定時更新，農業單位有天候變化對作物的影響強度報告，亟需建立作物栽培曆和防災曆，並逐年建立極端天氣對作物致災條件及相關防範措施，以供栽培者取得資訊並提前預防。目前農作物災害預警平台已建立有甜柿、高接梨、荔枝等 20 種作物品項。

前瞻規劃

1. 發展韌性農業

現有栽培地區作物品種若已出現適應不良情形，可以考慮更新品種或

更換作物品項，甜柿適合栽種地區由以往建議海拔 600-800 公尺往更高海拔地區移動，柑橘類栽種區往北部及更高海拔地區移動。高冷地梨山地區因暖冬影響，現有的新雪梨品種、‘上海蜜’水蜜桃出現春季萌芽開花情況不佳，更替低溫需求量較少的品種，如‘台中 1 號’梨或‘寶島甘露’梨、‘紅鈴’或‘紅玉’桃，低溫需求量少春季可以正常萌芽開花，解決冬季低溫不足的問題。

臺灣重要經濟農作物因遭受災害天候而影響供應穩定度，故農委會農業試驗所、各區改良場和茶業改良場共同執行農業氣象及災害資訊加值化分析及減災調適研究，以進行作物耕作系統調查，探討因應氣候變遷合適之生產模式。業完成調查各改良場轄內 16 種重要經濟作物耕作系統與生產模式，分析災害與作物生產相關性，結果包括受高溫影響開花著果之作物，葡萄開發噴霧系統、茶及紅棗以不同資材覆蓋以降低高溫對作物之影響，進而節省水資源使用；鳳梨釋迦以不同整枝降低落果發生、文旦利用防風罩減輕颱風災害等相對應綜合減災技術，並建立大豆防減災農業經營專區 100 公頃，期達到各項農產品增加供應韌度之效益。

2. 發展輔具達成高值農業

國內農業人力老化及缺乏是一大隱憂，故導入省工機械或輔具，以減輕人員負擔提高工作效率。穿戴式省力輔具主要是透過機械力的支撐方式，提供農事人員在作業時雙臂上舉的支撐力與輔助，可節省 30% 以上的肌力消耗，有效減緩作業之疲勞感及手部痠痛，並可依身形靈活調整需求，可廣泛應用於果樹生產。臺灣葡萄生產採用水平棚架栽培方式，常需抬高手臂進行修剪、枝條固定及疏果等作業，長時間操作下容易造成身體疲勞，造成手臂或肩頸酸痛問題，降低工作效率，有了穿戴式省力輔具，可有效克服疲勞問題，並提高工作效率。

3. 善用設施雲端智慧管理

設施生產為國內農業發展趨勢，內容可包含產銷規劃、農業機械設備、與省力輔具應用，並結合資通訊技術、大數據分析、區塊鏈、人工智慧等

技術導入，減輕農業作業負擔並降低人力需求，提供農民更有效率的管理模式(徐，2019)。農民建立農業設施後請業者協助安裝環控設備，增加傳感器紀錄溫度、濕度、土壤 pH 與 EC 值等，透過這些環境參數，通過無線方式傳輸至監控中心，以圖表方式顯示給農民，並提供各種警報訊息。Mohammadpoor 等 (2019) 則藉由人工智慧技術進行葉片判讀，偵測葡萄扇葉病毒 (Grape Fanleaf Virus, GFLV) 可達 98.6%；葡萄利用循環圖神經網路 (recurrent graph neural networks)，可作為修剪管理依據 (Fourie *et al.*, 2020)；此外，Liu 等 (2020) 採用深度卷積神經網路，藉由影像分析深度學習可有效辨別葡萄葉片病害。利用物聯網監測系統控制設施用風扇開關、灌溉、噴霧時間及遮陰網運作等，藉由程式編輯軟體，記錄作物生育階段、病蟲害發生時期和環境相關係數，建立作物栽培曆，改善栽培技術與提昇作物產量與品質，此等智慧農業技術可作為本場未來發展參考之借鏡。

結語

國內農業在面臨氣候變遷、人力短缺、人員從農經驗不足等不利因素下，可藉由科技發展合理且有效率地利用各項資源以得到緩解，發展輔具達成高值農業，善用設施雲端智慧管理發展韌性農業讓果樹從業人員也能輕鬆上工，獲得相對應報酬，維續產業發展。

參考文獻

- 徐瑞玲 . 2019. 臺灣農業設施產業智慧化發展之現況與趨勢。
- 江淑雯、盧柏松 . 2017. 鳳梨釋迦產期調節研究發展與產業調適 . 臺中區農業改良場特刊 134: 171-181。
- 邱祝櫻、翁仁憲、黃明得 . 2004. 光源對印度棗生育之研究 . 高雄區農業改良場研究彙報 15: 49-59。
- 邱祝櫻、翁仁憲 . 2003. 夜間間歇照光對印度棗生育之影響高雄區農業改良場研究

- 彙報 14: 1-9。
- 張致盛、王念慈 . 2008. 全球暖化趨勢對臺灣果樹生產之影響 . 作物、環境與生物資訊 5(3): 196-203。
- 張富翔 . 2017. 百香果產業及栽培管理 . 臺中區農業專訊 98: 1-4。
- 陳盟松 . 2017. 臺灣紅龍果產期調節技術發展 . 臺中區農業改良場特刊 134: 91-100。
- 劉慶、連海峰、劉世琦、孫亞麗、於新會、郭會平 . 2015. 不同光質 LED 光源對草莓光合特性、產量及品質的影響 . 應用生態學報 26: 1743-1750。
- 大谷義夫、八卷良和 . 2010. 根圈制御栽培における仕立て方の違いがニホンナシ‘幸水’の樹体生育, 収量および物質生産に及ぼす影響 . 園学研 9:467-475。
- Batschauer, A. 1998. Photoreceptors of higher plants. *Planta* 206: 479-492.
- Bian, Z. H., Q. C. Yang and W. K. Liu. 2015. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. *J. Sci. Food Agric.* 95: 869-877.
- Fourie, J., C. Bateman, J. Hsiao, K. Pahalawatta, O. Batchelor, P. E. Misse and A. Werner. 2021. Towards automated grape vine pruning: Learning by example using recurrent graph neural networks. *Int. J. Intell. Sys.* 36: 715-735.
- IPCC <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>
- Liu, B., Z. Ding, L. Tian, D. He, S. Li and H. Wang. 2020. Grape leaf disease identification using improved deep convolutional neural networks. *Front. Plant Sci.* 11: 1-14.
- Mohammadpoor, M., M. G. Nooghabi and Z. Ahmedi. 2020. An intelligent technique for grape fanleaf virus detection. *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.* 6: 62-67.
- Sugiura, T., H. Kuroda and H. Sugiura. 2007. Influence of the current state of global warming on fruit tree growth in Japan. *Horti. Res.(Japan)* 6(2): 257-263.
- Vasconcelos, M. C. M., M. Greven, C. S. Winefield, M. C. T. Trought and V. Raw. 2009. The Flowering Process of *Vitis vinifera*: A Review. *Am. J. Enol. Vitic.* 60: 411-434.

Fruit tree technology research and development achievements and forward-looking plans in the central region

Ching-Mu Hsu¹ and Wen-Pin Yeh²

Abstract

The central region including subtropical and temperate climates has complex terrain and large altitude differences and is an important production area for fruit trees. The fruit tree industry in the central region has made good achievements through improvement of cultivation technology, water management, facility application, development of post-harvest treatment technology, promotion of agricultural, forestry and meteorological disaster prevention and mitigation research, as well as update and promotion of varieties. The frequency of extreme weather caused by climate change has increased, and complex natural disasters often occur. In the future, we plan to continue to develop resilient agriculture, develop labor-saving aids to improve work efficiency, and achieve high-value agricultural facilities and smart management.

Key words: Facilities, Resilient agriculture, Assistive devices, Extreme weather

¹ Assistant Researcher of Taichung DARES, COA

² Associate Researcher of Taichung DARES, COA