

作物溫度逆境模擬試驗平台合理化利用之評估

陳涵葳¹ 高廷瑄² 李翎竹³ 曾清山^{4*}

摘要

陳涵葳、高廷瑄、李翎竹、曾清山。2019。作物溫度逆境模擬試驗平台合理化利用之評估。台灣農業研究 68(4):327–332。

氣候變遷之下災害的發生難以預測且常屬於複合性，如 2016 年初台灣地區持續 10°C 以下的低溫，對於農業造成非常嚴重的損害。作物防災技術研發及災損評估需要一可模擬多重氣象環境之試驗場域，才能提供精準及可重複之試驗數據，並驗證防災技術成效。據此，為期有效因應氣候變遷，建置作物溫度逆境模擬試驗平台刻不容緩。本研究目的為瞭解作物溫度逆境模擬試驗平台之可行性與需求，提供平台未來的營運管理規劃。研究方法使用問卷調查、專家訪談，並辦理營運工作坊以腦力激盪的方式，取得各項量化、質化的跨領域專業意見。研究調查發現使用者對於平台設置地點，能否就近觀察試驗材料最為重視。在專家訪談中，認為透過強化監控設備與共同合作、委託試驗等方式，可以減少距離帶來的不便。而在溫度需求面向，問卷統計及工作坊討論結果，均指向高溫溫層的需求，認為高溫逆境研究為日後主要方向。租賃期程則發現已有溫室者偏好 4–6 個月的租期，而未有溫室者則偏好長期租賃關係。由上述結果，可供作物溫度逆境模擬試驗平台在往後的實際營運與發展參考，並據以調整未來研究議題與平台發展方向。

關鍵詞：溫度逆境、合理化利用、問卷調查。

前言

2016 年 1 月台灣地區受到冷氣團籠罩，台北和高雄地區分別經歷 62 h 和 32 h 10°C 以下的低溫，大範圍且持續性的低溫使農業損失高達 42 億 3 千萬元 (Wang *et al.* 2016)。由此案例可知，台灣雖處於亞熱帶，但每年冬季西伯利亞冷氣團隨東北季風南下，持續低溫對台灣農漁業影響甚大。低溫對作物的影響，輕者抑制正常生理代謝，如光合作用速率降低，同化產物供應不足等，嚴重時作物細胞膜系受損、組織寒害褐化，或不正常落葉、新梢枯死等。低溫也影響授粉昆蟲活力，而有授粉率降低、受精失敗的情形，造成不正常落花、果實畸形彎曲，降低作物產量以及商品價值。相對

地溫度超過作物適應溫度上限後，即對植物有害，溫度越高對植物的傷害越嚴重。短暫或連續性高溫會增加作物呼吸作用，並抑制光合作用、酵素、胞膜代謝活性，因而發生變化。例如，蛋白質變性導致代謝失調、不飽和脂肪酸含量減少等；造成植物於形態、生理及生化上產生變化，影響植物的生長發育，並且可能導致產量大幅削減 (Levitt 1980)。

Wang (2016) 指出異常的氣候使得作物生產供應不穩定，影響整體農民生計以及外銷市場，但氣候災害難以預測，且常具有複合性影響，多重氣候變異會引發重大農業損失。作物防災技術研發及農業災損評估試驗需要一可模擬多重氣象環境之試驗場域，才能提供精準及可重複之試驗數據，並驗證防災技術成效。故

投稿日期：2018 年 4 月 23 日；接受日期：2019 年 6 月 13 日。

* 通訊作者：samtseng@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。

² 台灣農業科技資源運籌管理學會研究助理。台灣 台北市。

³ 台灣農業科技資源運籌管理學會研究員。台灣 台北市。

⁴ 農委會農業試驗所生物技術組副研究員。台灣 台中市。

為因應氣候變遷衍生高、低溫逆境，建置作物溫度逆境模擬試驗平台刻不容緩。

行政院農業委員會於 2007 年在農業試驗所設置基改作物隔離試驗設施，包含密閉溫室 8 間、半密閉溫室 12 間、隔離溫室 12 間、隔離網室 4 間及隔離田 3.25 ha。主要任務是進行各項基改作物的先期試驗、遺傳特性調查及生物安全評估研究。政府對於基改作物之發展，採取「積極研發，有效管理」的立場，目前尚未核准任何基改作物在台種植。為提升部分閒置隔離設施之功能，活化設施的利用率，乃將半密閉溫室改建為作物溫度逆境模擬試驗平台。為瞭解作物溫度逆境模擬試驗平台之需求，本研究以深度訪談、問卷調查、舉辦營運工作坊等方式，廣邀各政府機關、學校單位、產業界中相關領域的研究人員及潛在使用者參與活動，以整理各界對作物溫度逆境試驗平台的各項需求，以及未來營運上的可行性與困難，俾以評估可能利用與營運發展方向。

材料與方法

流程設計

本研究透過政府研究資訊系統 (Government Research Bulletin; GRB)，檢索四大類研究主題，包括建立作物生理參數、作物品種選育、作物栽培管理技術及作物病蟲害防治等，分析作物溫度逆境之關聯性議題與研究人員，藉此找出模擬試驗平台之潛在使用者及其試驗需求。另實地訪視現有環控設備或溫室之經營者與管理者，透過面談的方式，取得對於作物溫度逆境模擬試驗平台的建議，並解析受訪環控設備或溫室目前營運狀況，如成本結構、使用組合及營運模式等，建構後續問卷設計架構。

問卷設計

問卷設計主要分成四個部分：第一部分為試驗平台簡介，並調查受訪者有無使用意願及原因；第二部分為受訪者研究現況，包含研究作物種類、研究方向等，以及對試驗平台重要性評價；第三部分為受訪者對於試驗平台溫室參數的需求調查；第四部分為受訪者對試驗平

台的使用細節意見與其他質性建議。抽樣方式為非機率抽樣法 (non-probability sampling) 中的立意抽樣法 (purposive sampling)，以對於溫度逆境研究或精密環控設備有深入研究的專家進行問卷調查，確保調查對象熟知研究方向，可以提供較豐富、較貼近實務經驗與理論意見。亦透過問卷調查，瞭解試驗平台潛在使用者的需求、市場規模與本平台之外部合作夥伴或潛在競爭者，並將問卷調查統計結果與質性意見進行彙整與分析。

研擬作物溫度逆境模擬試驗平台合理化利用

綜合市場調研情況、問卷調查分析潛在使用者需求，另舉辦「作物溫度逆境模擬試驗平台運用」工作坊，協調設備管理單位與潛在使用者雙方，共同商討「作物溫度逆境模擬試驗平台運用」營運策略與營運模式建議。

結果與討論

問卷結果統計分析

本次共計發放問卷 77 份，回收問卷 65 份，回收率達 84.4%，其中有效問卷 63 份，占總回收份數 96.9%。產業界、學校單位及政府研究機構有效問卷數分別為 13、23 及 27 份，其中有使用意願份數分別為 7、18 及 16 份。本研究根據回收問卷資訊，分需求狀況、受訪者現況、設備參數、承租方式，以及其他質性建議 5 個部分進行分析。

需求狀況

不同領域受訪者對於試驗平台之使用動機，結果如圖 1。學校單位意願比例最高達 80%，主要原因是平台設備符合需求，且單位內試驗場域不足。根據本次訪談結果，國立台灣大學人工氣候室一般室溫之溫室幾乎全年滿載，使用需求超過溫室負載。在研究機構方面，本次調查有 60% 的受訪者有意願使用本平台，其中以台中區農業改良場、苗栗區農業改良場及茶業改良場使用意願高，原因是平台設施符合試驗需求；但也有多數受訪者因地點偏遠、無法就近照顧試驗材料而降低使用意

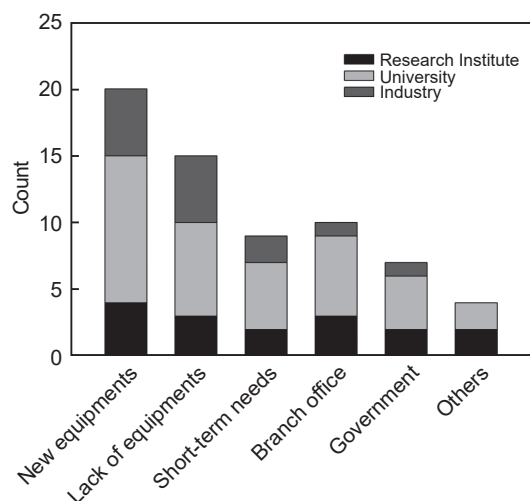


圖 1. 不同領域別受訪者使用作物溫度逆境模擬試驗平台之動機。

Fig. 1. The motivations of using the simulation test platform for experiments among different users.

願。若透過計畫合作或委託的方式，委請設施管理單位進行試驗材料的代管，或是增加遠端監控系統，皆有助提升平台使用意願。

受訪者現況

本次問卷調查，受訪者研究作物種類以蔬菜為主，包含番茄、瓜類及葉菜類等作物，其次為花卉作物及水稻。研究方向主要為品種選育、栽培管理和作物生理。這些資料對於未來溫室使用安排、負載程度調整具有一定的幫助。

設備參數

使用者對於試驗平台溫度需求區間，主要為高溫 (> 36°C, 31–35°C) 及低溫 (< 10°C) (圖 2)。雖然作物溫度逆境模擬試驗平台原本規劃作為低溫寒害等防災試驗使用，但高溫逆境是未來氣候變遷主要面對的課題，以耐高溫逆境為主要的研究也逐年增加，可作為本平台未來規劃參考之準繩。而在其他環控條件方面，受訪者的相對濕度需求多在 61–80% 區間內，光照強度 (光量子束密度) 則為 500–1,250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。此外，使用者對於遠端監控系統與環境偵測感應系統的需求程度相當高，遠端監控系統除了

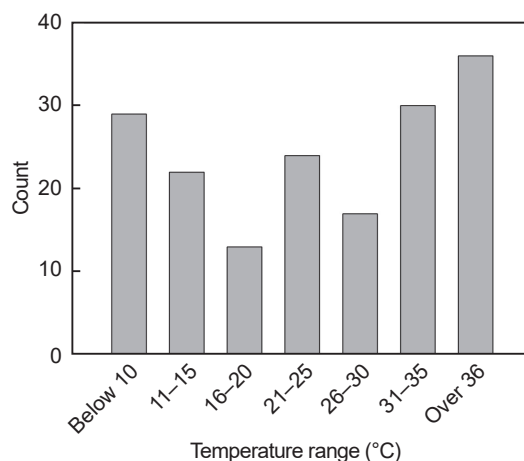


圖 2. 作物溫度逆境模擬試驗平台試驗溫度區間需求。

Fig. 2. Requirement of temperature ranges for the simulation test platform.

可彌補本試驗平台地理位置偏遠的缺點，更可提供使用者即時監控、影像紀錄等優勢。而溫室環境監控系統部分，使用者建議增設溫度、濕度、光度、氣體組成紀錄系統，以及環境異常警示系統。環境監控系統整合可以隨時掌握植物工廠的環境條件，即時得知種植環境的變化。荷蘭溫室生產番茄、蝴蝶蘭等蔬果花卉，幾乎完全環境監測與控制，並使用各類省工機械與自動化技術輔助生產，值得研究人員深入瞭解學習。

承租方式

在試驗平台使用方式需求統計 (圖 3) 顯示，多數受訪者偏好共同研究或委託設施管理單位的合作方式。受訪者希望可以透過計畫合作或專案合作的方式使用本平台。除可彌補距離不便，亦可達到雙邊資訊技術交流。受訪者評估租賃本平台進行試驗的時間，結果如圖 4，顯示多數受訪者需要 4–6 個月的租賃期才能完成試驗。但深入分析受訪者經驗後得知，現有溫室使用者預估租賃期多在半年內，而潛在溫室使用者預估租賃期多為 12–24 個月。可能是因為現有溫室使用者僅需要短時間的逆境處理即可，而本身沒有經營、管理、使用溫室的潛在使用者，則傾向穩定長期的承租

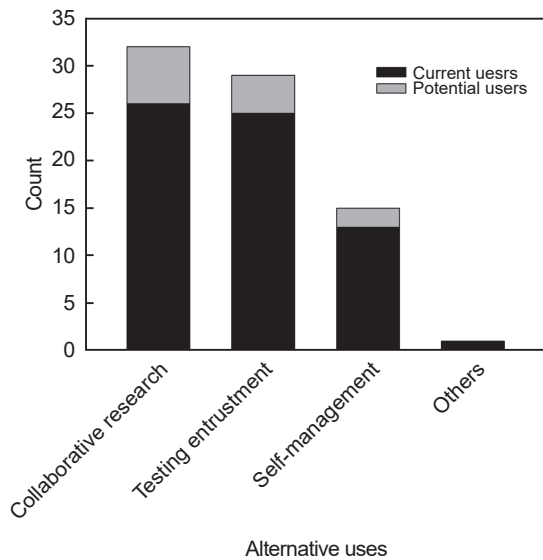


圖 3. 作物溫度逆境模擬試驗平台使用方式。

Fig. 3. Alternative uses for the simulation test platform.

關係。未來進行作物溫度逆境模擬試驗平台安排規劃時，可事先蒐集潛在使用者的資訊，規劃租借期程，減少出租空窗期，以達最大利用率。本試驗平台已建置低溫與高溫設備，對於短期試驗、單一試驗或臨時試驗需求皆提供極大的幫助。

其他質性建議

彙整受訪者建議如下，高溫逆境是未來研究趨勢，建議增加高溫逆境溫室或是增加溫度變化級距較大的試驗場域。針對不同作物探討其不同生育階段對高溫或低溫的耐受性極限，建立相關預警機制供農政單位參考，建議增加半自動化供水、供肥設備，降低人為操作誤差，或增加遠端遙控功能。而為配合表型體(phenomics)設施，需提升逆境模擬試驗平台視覺化指標系統建立。其他管理方面的建議，包括明訂詳細的收費項目、利用太陽能板作為隔熱與補充電力、提供歷年溫度校正資料、環境參數，以及專業管理人員與對外服務窗口等。

營運工作坊與會議結果

本次營運工作坊旨在商討作物溫度逆境模

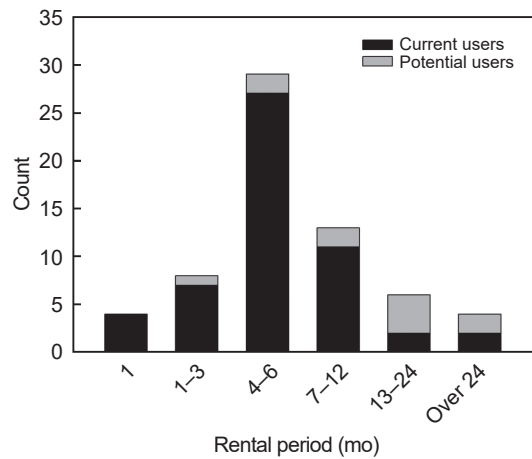


圖 4. 作物溫度逆境模擬試驗平台租賃時間。

Fig. 4. The preference of rental period for the simulation test platform.

擬試驗平台未來的營運規劃模式，邀集不同專長的專家學者共同參與，包含農業試驗所植物病理組、應用動物組、農業工程組、農場管理組、作物組、作物種原組、花卉研究中心及創新育成中心研究人員，以及國立台灣大學、國立中興大學、中央研究院南部生物技術中心及台中區農業改良場等單位研究人員。討論主題包括如何透過試驗平台，提升我國農業在氣候變遷下的競爭力，以及如何提升試驗平台設備營運效率、降低維運成本，維持穩定的管理並提供完善的服務品質等。在未來研究方面，與會專家建議以災害預警的價值功能選擇研究主題，可朝向耐高溫、低溫品種或耐旱及淹水逆境品種選育。此外，配合政府新南向政策，亦可利用試驗平台模擬境外生產國的氣候條件，進行品種選育或建立適地適種的栽培條件。相關軟硬體設施方面，建議可導入電腦模擬演算法，進行氣候變遷的情境模擬，預測災害後市場供需落差，即時控制價格波動並規劃復耕策略；設施增設環境監控與警示系統，可提醒異常狀況發生，並劃分區塊調整用電狀況，平台搭配季節更替進行運作，如夏季進行高溫耐熱試驗、冬季進行低溫寒害試驗，可減少設備運轉時數降低電費支出。其次，為了提高設備穩定度，建議應參考國立台灣大學人工氣候室，配置緊急發電系統或申辦台灣電力公司不斷

電的電力專線。在試驗平台管理方面，則建議安排公開說明會或架設專屬網站達到充分揭露訊息的目的，敘明承租方式、價目分析、代管費用、溫室使用狀況等，給予承租方不同的選擇，落實使用者付費的概念。

結論

氣候變遷已是一個不可逆的長期趨勢。農業生產受環境條件的影響很大，而氣候變遷對於農業環境所造成的重大影響，除因大氣 CO₂ 濃度增高，造成氣候暖化，日、夜溫明顯上升外，極端天氣增加颱風、豪雨、低溫、冰雹、熱浪及乾旱等天然災害的頻率。在面對一連串快速變化的氣候，需要一個試驗平台進行相關議題的研究。本研究以深度訪談、問卷調查及舉辦營運工作坊等方式，分析政府機關、學校單位、產業界中相關領域的研究人員及潛在使用者的意見，以瞭解各界對作物溫度逆境試驗平台的所提供設備與服務的需求，評估未來試驗平台合理化利用與發展。期望可以透過作物

溫度逆境模擬試驗平台，提供精準及可重複之試驗數據，減少氣候變遷對於農業所造成的損失。

誌謝

本研究感謝農委會科技計畫 (105 農科-1.2.4-農-C3) 支持，特表謝意。

引用文獻

- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol. 1. Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. Academic Press. New York, NY. 492 pp.
- Wang, A. H., C. Y. Kung, Y. C. Wu, and Y. C. Yu. 2016. Summarizing and analyzing the cold current in Taiwan during January 2016. (in Chinese) http://www.ncdr.nat.gov.tw/Files/image/20160311114506547/files/128_2.pdf (visit on 06/27/2016)
- Wang, J. H. 2016. Association among climate disaster, area capital and agricultural production of indigenous peoples. *J. Taiwan Agric. Res.* 65:286–295. (in Chinese with English abstract)

Assessment of Rational Utilization of Simulation Test Platform for Crop Temperature Stress

Han-Wei Chen¹, Ting-Syuan Kao², Ling-Chu Lee³, and Ching-Shan Tseng^{4,*}

Abstract

Chen, H. W., T. S. Kao, L. C. Lee, and C. S. Tseng. 2019. Assessment of rational utilization of simulation test platform for crop temperature stress. *J. Taiwan Agric. Res.* 68(4):327–332.

The occurrence of disasters under climate change scenario was unpredictable and often complex, such as the low temperature of less than 10°C occurred in Taiwan at the beginning of 2016, which caused very serious economic loss to agriculture. A need for stress simulation test platforms with functions of multiple meteorological environments that could provide accurate and repeatable test data then verifying the effectiveness of disaster prevention technology was studied. Such a simulation test platform is required for research on crop temperature adversity in response to climate change. The purpose of this study was to understand the feasibility and requirements about the simulation test platform of temperature adversity for crops, so as to prepare a future operational management plan for this platform. The methodology of this research included questionnaires, interviewing the specialists and conducting operational workshops with a brainstorming approaches. With that, it can get together all the professional opinions from experts of every quantified and qualified cross-domains. This research found that the users consider very much about the distance to the testing site, and whether they can always observe the test plants at any time. In the interview with specialists, they thought that through the ways in strengthening monitoring equipments and the mutual cooperation as well as the entrust tests, they can ignore the inconveniences of distance. On needs of temperature experiments, the statistics of questionnaires and the results derived from discussions of workshops lead to the needs of high level temperature equipment. The specialists also pointed out that high level temperature equipment of research would be the main direction in the future. In the topic of rental period, we found that most greenhouses owners wish to lease out their greenhouses by 4–6 months' terms; those who without greenhouses prefer a longer lease term. Concluding from the results of this study, it will serve as a reference for us to adjust our directions for platform's developments and future research subjects in its practical development and operation.

Key words: Temperature adversity, Operation plan, Questionnaires survey.

Received: April 23, 2018; Accepted: June 13, 2019.

* Corresponding author, e-mail: samtseng@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Research Assistant, Taiwan Agricultural Science and Technology Resources Logistics Management Association, Taipei, Taiwan, ROC.

³ Researcher, Taiwan Agricultural Science and Technology Resources Logistics Management Association, Taipei, Taiwan, ROC.

⁴ Associate Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.