

強化重要糧食作物對氣候變遷情境之因應調適 ——低溫試驗設施與應用

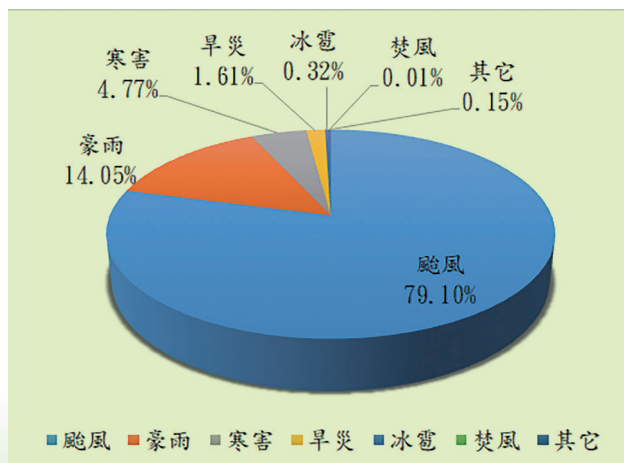
農試所生技組 曾清山 陳涵葳 杜元凱 關政平

一、前言

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，極端氣候亦增加天然災害頻率。台灣除了颱風、豪雨、乾旱因雨量引發的天然災害外，還有受低溫造成的寒害。依據中央氣象局對台灣致災天氣系統分類統計，1985-2019年寒害造成的災損達4.77%(圖一)，僅次於颱風和豪雨。台灣位於東亞地區，冬季受到來自西伯利亞的冷氣團影響而有寒流發生，氣溫突然下降及持續低溫，造成農、漁業重大的損失。2016年1月的極端寒流事件讓台北、高雄地區分別出現長達62和32小時10℃以下的連續低溫，農作物損失金額高達42億。近年在全球暖化衝擊下，全球平均溫度有愈來愈高的趨勢，但台灣冬季達寒流的天數並沒有明顯的減少趨勢。冬季的平均溫度雖然有增加趨勢，但是發生寒流的強度並沒有減少，甚至極端低溫事件發生之頻率反而有增加的情形，往往一次極端事件便會造成重大損失，因此如何降低未來寒流事件造成的災害

將非常重要。

對於農業生產而言，受極端氣候變化影響，使得糧食生產環境變得更具挑戰，進而影響糧食供應的不確定性，牽動著國內外糧食供應政策與應變機制。為因應連續低溫所造成的損失，本所建置模擬低溫環境的試驗設施，期能在多變的環境下瞭解其對作物的影響，進而提出對應的調適措施，以確保農業生產安全。



圖一、台灣致災天氣系統分類統計(1985-2019年)。

作者：曾清山副研究員
連絡電話：04-23317312

二、低溫逆境對作物的危害

每種作物都有其適宜生長溫度、最高及最低溫度忍受值。低溫可分為冷害(chilling injury)及凍害(freezing)。凍害指 0°C 以下低溫對越冬作物所造成的傷害；冷害指 0°C 以上低溫對作物的損害。低溫對作物的影響，輕微者僅對生理代謝造成抑制，其中最明顯的是光合成速率的降低。嚴重時，農作物之組織將凍結，或使作物體內水分失衡引起之落葉或新梢、幼葉枯死等現象，最終導致外觀劣化影響商品價值及產量明顯下降。雖然水稻生長適應的溫度範圍很廣，但不同的生長階段皆有其臨界溫度的需求範圍。依據Yoshida and Hara (1977)研究顯示水稻秧苗期、幼穗分化期和成熟期的臨界低溫分別為 $12-13^{\circ}\text{C}$ 、 $15-20^{\circ}\text{C}$ 和 $12-18^{\circ}\text{C}$ 。台灣水稻遭受寒害有兩個時期，一為中南部地區1期水稻的生育初期，由於播種較早，1、2月間受大陸冷鋒侵襲，秧苗期易遭受寒害，稻苗生長較遲，秧苗也變得比較矮小、發育緩慢。孕穗期間若溫度低於 18°C 時，將會因為寒害而發生稻穀不稔實。另一為北部地區2期水稻，如果種植過晚，抽穗至成熟期容易受到低溫、低日照或季風影響，稻穀成熟期會延遲、結實不良，造成減產損失。

三、低溫試驗設施的設置

農業試驗所現有的環控溫室，具有獨立之雙層遮陰網、風扇和水牆等降溫裝置，藉由環控感應系統，可隨環境變

化而自動開閉降溫裝置，將溫室溫度控制在 $25-35^{\circ}\text{C}$ 之間。台灣南部冬季夜溫常常低於攝氏 10°C 以下，寒流來臨時，清晨溫度甚至可以低於 4°C 。氣溫突然下降及持續低溫，對於台灣農業造成的損失尤為顯著。為因應低溫寒害逆境發生時，可進行寒害相關試驗研究的場域，並提出對應的調適作為。本所利用既有之人工光源溫室設施維護增修改建，同時考量後續維護最低成本之規劃，建置可模擬 10°C 以下的低溫試驗設施。

低溫試驗設施面積為 12.8m^2 (圖二)，具有人機介面控制器和溫度控制系統，利用冷凍鹵水主機，可達成 4°C 的低溫調控。相對濕度調控範圍為40 -95%。設施內具有可調式立體栽培系統承架裝置，配有防水LED植物燈，可隨植株高度調整。光量子通量密度PPFD於5 cm內可達 $1000\mu\text{mole m}^{-2}\text{sec}^{-1}$ ，於15 cm內可達 $760\mu\text{mole m}^{-2}\text{sec}^{-1}$ 。未來可進行水稻種原、品種耐寒性檢定的大量篩選，提升水稻育種選拔效率。亦可提供水稻或其他作物於低溫栽培調適、植物營養、植物生理等研究。

四、低溫試驗設施在水稻的應用

水稻品種育種過程中，需進行各項特性檢定，其中耐寒性檢定試驗於新竹縣五峰鄉花園村設立檢定圃，針對各試驗改良場所育成之水稻品系(種)進行耐寒性評估。第1期作進行秧苗期耐寒性檢定(圖三)，由秧苗之葉色是否變黃、葉片

有無捲縮、成活率及生長勢判別耐寒等級。第2期作進行生育後期耐寒性檢定，於成熟期收穫水稻，計算稻穀之稔實率(圖四)，以判別各品系(種)耐寒等級。檢定圃位於海拔高度約500公尺的田區，利用高海拔溫度較低之自然環境進行檢

定，易受氣候變化影響，較不容易精準檢定各品系耐寒程度。低溫試驗設施可以針對不同作物及溫度需求，進行精準的溫度控制，可獲得準確的試驗結果。再者，面對天然災害所引發的重大農業損失，需要一可模擬氣象環境之試驗場域，進行防災技術研發及災損評估，

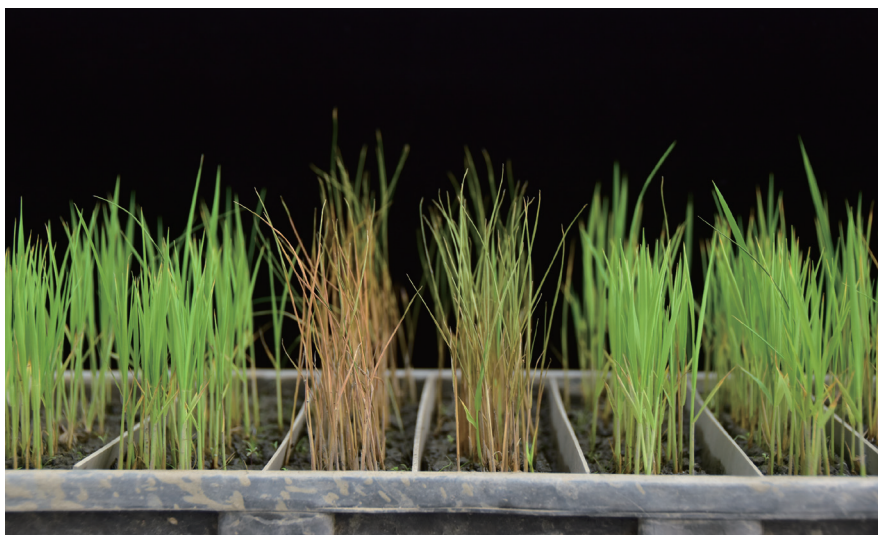
提供精準及可重複之試驗數據，作為品種改良及調適研究之依據。

五、結語

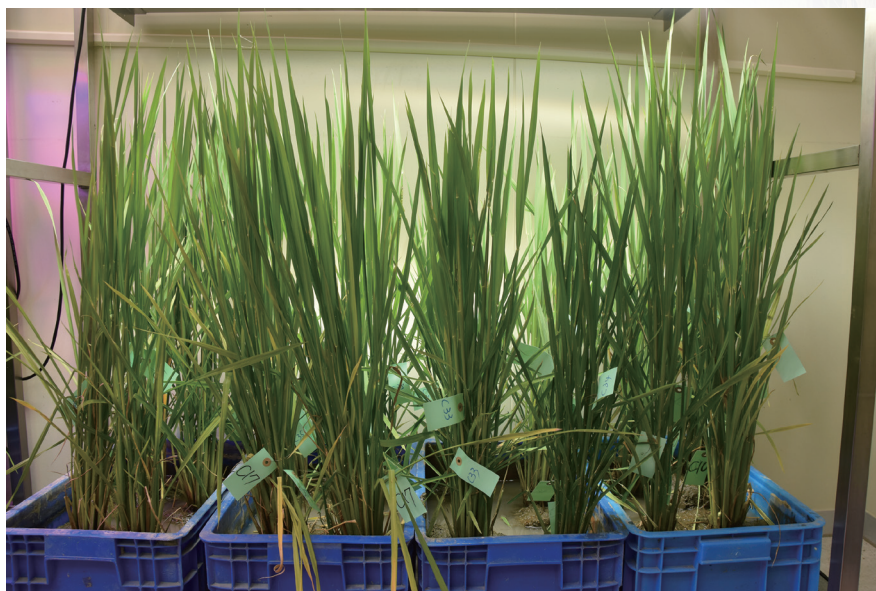
多數重要作物特性皆由數量遺傳所調控，常受到環境因子影響，而不易探索相關功能基因。表型體學(phenomics)為基因型表現的整體結果，更是育種目標性狀(如耐寒、耐熱、耐旱)的表現結果，為育種成敗的決定因素。表型體的表現易受環境因子影



圖二、低溫試驗設施的內部配置。



圖三、低溫試驗設施進行水稻秧苗期耐寒性檢定試驗。



圖四、低溫試驗設施進行模擬水稻孕穗期低溫寒害試驗。

響，一個遺傳性狀必須在穩定的環境控制狀態下，進行表型體測定，才能獲得準確、穩定的外表型表現。低溫試驗設施可配合未來建置的表型體分析設施，針對耐寒性檢定發展表型體分析技術，提升種苗產業於新品種的開發速度與廣度，進而提升競爭力，另亦可提供各試驗場所及國內研究單位進行作物低溫逆境模擬試驗相關研究，以及提供進行低溫逆境作物品種選育。

六、參考文獻

- 丁文彥。2012。極端溫度對水稻生育的影響。台東區農業專訊。82:16-18。
- 王安翔、龔楚嫻、吳宜昭、于宜強。2016。2016年1月台灣地區寒害事件彙整分析。行政法人國家災害防救科技中心。災害防救電子報。128：1-15。
- 林慶元、洪士程、徐保雄、施錫彬、陳治官、黃益田、劉清和、劉達修、蔣永正、蔣慕琰、鄭清煥、羅幹成。2007。生理障礙-寒害植物保護圖鑑系列水稻保護（下冊）。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。P.395-397。
- 陳淡容、于宜強、朱容練。2020。台灣寒流的農漁業衝擊與低溫預警技術研究。災害防救科技與管理學刊。9(1):13-24。
- 陳淡容、朱容練、林欣弘、陳奕如。2016。台灣低溫分析及於寒害預警之應用。106年天氣分析與預報研討會 A4-7。
- Yoshida, S. and Hara, T. (1977) Effects of Air Temperature and Light on Grain Filling of an Indica and a Japonica Rice (*Oryza sativa* L.) under Controlled Environmental Conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 23, 93-107.