



高溫及乾旱試驗共用的遮雨設施。

摘要

近年來氣候變遷影響加劇，極端氣候影響水稻產量及品質的表現，水稻對非生物性逆境的耐受性與環境的相互作用機制成為重要課題。本次考察前往菲律賓國際稻米研究所（International Rice Research Institute, 以下簡稱IRRI），拜訪Amelia Henry博士及其研究團隊，該研究室主要研究領域為水稻逆境生理學，包含乾旱、高溫、高鹽等非生物逆境及水稻直播，藉由調查非生物性逆境對水稻生理的各項影響並篩選耐逆境品種，建立合適的篩選指標。同時，參觀IRRI種質保存及加速育種的最新技術，本次考察拓展研究視野，深化雙方國際交流，可供我國水稻研究之參考。

In recent years, climate change has intensified, and extreme weather conditions have increasingly affected rice yield and quality. Understanding the mechanisms of rice tolerance to abiotic stresses and their interactions with the environment has become a critical research focus. This visit was conducted at the International Rice Research Institute (IRRI) in the Philippines to meet with Dr. Amelia Henry and her research team. Their primary area of research is rice abiotic stress physiology, which includes studies on drought, high temperatures, salinity, and direct seeding of rice. The team investigates how various abiotic

Overview of Rice Abiotic Stress Research at the International Rice Research Institute (IRRI), Philippines

菲律賓國際稻米研究所 水稻逆境研究 概況介紹

撰文——臺東區農業改良場 連以廷、郭承恩

高溫與乾旱是全球氣候變遷下最常見的極端氣候挑戰，對水稻生產造成重大威脅。水稻為全球逾半數人口的主要糧食作物，穩定的供應程度可影響糧食安全。

stresses affect rice physiology and identifies stress-tolerant varieties by establishing suitable screening indicators. The visit also included a tour of IRRI's genetic resource conservation and accelerated breeding technologies. This research visit broadened scientific perspectives, strengthened international collaboration, and provided valuable insights for future rice research in our country.

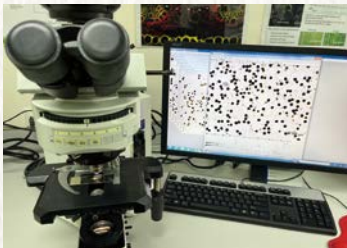
極端氣候對水稻的挑戰

高溫與乾旱是全球氣候變遷下最常見的極端氣候挑戰，對水稻生產造成重大威脅。水稻為全球逾半數人口的主要糧食作物，穩定的供應程度可影響糧食安全。然而，水稻對高溫與乾旱極為敏感，極端天氣事件可能導致嚴重的減產。為應對這些困境，Amelia Henry博士積極投入相關試驗，建置逆境環境並評估生理性狀，有助篩選耐高溫或乾旱的水稻品種，進而提升水稻的適應能力，降低糧食危機的發生。

IRRI 高溫研究環境之建置

高溫會使水稻迅速累積生育積溫度數，縮短營養生長期，提早進入生殖生長期，尤以夜溫的提高對水稻影響較大。高溫會對水稻各生育階段造成不同程度的影響，包含秧苗的生長勢、抽穗期花粉活性，以及穀粒充實期米粒充實過程，進而影響品質及產量。為營造高溫試驗環境，IRRI的建置方式包含生長箱、高夜溫帳篷及遮雨設施，然而不同試驗方式皆有其操作上的限制。生長箱可以精準控制環境條件，但無法進行大量試驗，也難符合田間實際狀況；高夜溫帳篷易有內部溫度不均及二氧化碳量過高等問題，且需要每日晚上6點搭設、早上6點拆除，非常費工；遮雨設施可共用於高溫及乾旱試驗，不需額外設置加熱器，但是設施造價昂貴，且鳥害及病蟲害發生嚴重。

高溫試驗的環境參數除了控制溫度之外，IRRI研究人員表示需要留意相對溼度及蒸氣壓差（Vapor pressure deficit, VPD）。若相對溼度太低，植物會透過蒸散作用調節溫度；蒸氣壓差則是計算當下溫度的空氣水蒸氣含量相較於飽和水蒸氣



上圖：使用紅外線溫度儀測量植冠溫度。

中圖：氣孔密度調查。

下圖：花粉活性調查。



使用氮氣加壓測量葉片水勢。

壓的差異，當蒸氣壓差較高時，空氣較乾燥，會加速植物水分的蒸散；蒸氣壓差較低時，空氣接近飽和狀態，空氣中的水蒸氣含量較高，植物會減少水分的蒸散，以上兩者均會影響高溫處理的效果。調查高溫相關的性狀通常包含植冠溫度、氣孔密度、花粉活性、產量及白米品質等。

IRRI 乾旱研究設施之建置

IRRI目前建置乾旱試驗的方式以生長箱及遮雨設施為主，重要的環境參數包含降雨量、土壤含水量、土壤水勢等，土壤含水量易因土壤質地及深度造成數值差異，土壤水勢則僅受到土壤深度影響。此外，栽培環境需一致，IRRI研究人員建議繪製土壤圖選定均質田區再進行試驗。環境參數建立後，接著選擇生育時期及設定篩選壓力，IRRI研究方向著重於生殖生長期的乾旱逆境，研究團隊考量田間遇到乾旱逆境時，多為造成產量損失，而非造成植株死亡，規劃試驗時期望盡量符合一般栽培容易發生的情況，因此篩選壓力設定為當土壤30公分深達-65 kPa時，進行土表灌溉或灑水裝置灌溉，避免植株全株死亡，並使用產量構成要素及減產表現作為篩選指標；而盆栽試驗則不設置張力計，以整個盆栽秤重的方式對土量及灌水量進行定量。調查耐旱相關的性狀通常包含植冠溫度、單株莖乾重、分蘗數、冠根數、根系型態及長度、氣孔密度及葉片水勢等。

耐鹽品種篩選及育種程序

鹽分積累為東南亞及非洲國家沿海農田常發生之逆境，IRRI的Waseem Hussain博士將耐鹽品種篩選圃設置於菲律賓東岸城市-Infanta，該地容易因颱風或潮汐發生嚴重的海水倒灌，造成植株死亡及產量損失。鹽分逆境在全生育期皆可能發生，因此各品種（系）自插秧後全生育期皆以鹽分環境進行篩選，僅在移植初期及種子收



位於菲律賓東岸城市 Infanta 的耐鹽品種篩選圃。

穫時使用正常水源灌溉。於播種後50–55天開始進行海水灌溉，每週測定田間灌溉水之電導度（EC），生育期間灌溉水的EC值約在32–45間，在插秧後約100天會恢復正常水源灌溉，以利耐性品系恢復生長勢並授粉產生種子。鹽分會隨著長期鹽水灌溉累積於土壤中，造成逆境高於試驗設定之篩選壓力，因此需要在每季整地後移植前，用正常水源進行灌溉排水，將土壤中多餘鹽分洗去，以保持試驗之穩定性。



上圖：張德慈博士協助創立基因庫的紀念狀。

中圖：動態保種庫內部。
下圖：發芽率試驗未達 85% 者須重新繁殖。

國際稻米基因庫簡介

IRRI的稻米基因庫是目前全球最大的水稻遺傳多樣性儲藏中心，擁有逾13萬個水稻種質資源。這個基因庫始建於IRRI創立初期，以臺灣稻米專家張德慈博士命名，致力於收集、保存與共享全球不同品種的水稻遺傳資源。

基因庫的保存分為「基礎保種（Base collection）」與「動態保種（Active collection）」2類。基礎保種將種子存放於-20° C以下的環境，適用於長期保存。動態保種則將種子儲存在2–4° C環境中，用於即時分發。基礎保種及動態保種的種子分別以每10年及每5年進行發芽測試，確保其發芽率在85%以上，若種子活性不佳會重新繁殖新鮮種子。

水稻傳統和野生品種面臨遺傳侵蝕的風險，隨著新品種的引入與育成，許多品種逐漸被淘汰，甚至瀕臨滅絕。在全球各國的共同努力下，IRRI基因庫將各國水稻樣本集中保管，成為水稻多樣性保存的重要平台。透過完善的管理體系，基因庫不僅支持世界各地的農業研究，還成為提供水稻品種改良不可或缺的遺傳資源，確保水稻的基因多樣性能延續至後代。

IRRI水稻世代促進技術應用

為了加速水稻育種進程，因應各種環境逆境及育成多元用途品種，IRRI開發多項設備及技術，讓水稻育種不再受限氣候及空間，可以針對育種目標營造特定的生長環境進行選拔，搭配縮短生育期的技術，在更短時間內完成更多世代的選育。

IRRI開發的水稻世代促進法（Rapid Generation Advance）技術，即採用單穗後裔法進行選育，大幅提升育種效率。這項技術將水稻品系以穴盤密植，最大化利用設施空間。溫室內高種植密度及高溫的生長環境，營造輕度環境逆境，有助於將生育週期縮短為90至105天，每年可完成3.5至4代。相較於傳統育種，有效節省耕種空間、栽培人力與肥料資源的費用。IRRI也建置了加速育種設施（Speed Breed Facility），提供需特定環境條件進行篩選的品種使用。

上圖：RGA 技術操作流程，包含事前準備、育苗、栽培管理、收穫及種子加工。

下圖：SBF 的走入式生長箱。



SBF 的加速生長室。



作者（右1、2）與 Amelia Henry 博士（中）及研究實習團隊合影。

此設施建有加速生長室及走入式生長箱，配備高效的環境控制系統，可以調整溫度、光照、濕度及二氧化碳含量等，模擬最佳生長條件，促進水稻加速完成生長週期。此設施還可收集數據，監測作物生長過程中的關鍵參數，供研究人員進行即時分析與管理。此項技術已運用於菲律賓、泰國、印度、孟加拉和日本等國家，並育成多種耐鹽、高鋅及高品質的水稻品種。

結語

近年來氣候變遷加劇，降雨分布不均及高溫等極端氣候，對水稻的生長和產量有顯著影響，對於不同水稻品種的需求也日益急迫。為因應以上挑戰，IRRI投入大量資源進行耐逆境的水稻研究，探討非生物性逆境耐受性基因與環境之間的關係，包含基因的調控機制、環境因素及基因與環境之相互作用。IRRI從基礎研究到應用技術的多方位的鑽研，讓全球稻米產業在應對各種逆境挑戰時，提供可行的解決方案。本次考察與諸多學者進行研究成果交流（圖14），觀摩最新的保種設施及加速育種技術，實習多項逆境研究的性狀評估方法，未來期能將這些技術應用於國內的試驗研究，結合在地需求，為提升稻米生產力與韌性貢獻更多力量。🌱