



日本九州地區水稻耐熱技術研習

前言

前人研究指出適合臺灣良質米生產的溫度臨界值分別為日高溫30℃、日均溫26℃及日低溫22℃。臺灣一期稻作除臺東地區外，各地區水稻充實期容易遭受超過26℃的環境，二期作以高屏地區較易超過26℃。據農糧署統計資料顯示，臺灣自2001年至2008年白垩質粒和未熟粒比率有

◎文·圖／張芳瑜¹、羅正宗²、吳志文³

逐年上升趨勢，白垩質粒及未熟粒比例與穀粒充實溫度呈現正相關。因此，全球暖化對臺灣稻米生長及品質的衝擊已是不可忽視的課題。本場在水稻耐熱研究方面尚處起步階段，為推進臺灣的水稻耐熱研究，本場派員前往日本福岡綜合農林試驗場及九州沖繩農業研究中心，拜訪相關學者(圖1~3)吸取當地耐熱研究的經驗，以作為日後從事水稻耐熱研究的參考。



圖1. 古庄雅彥博士(左2)與研習人員合影



圖3. 田村泰章博士(右1)解說水稻耐熱選拔指標



圖2. 森田敏博士(左2)與羽方誠博士(左1)解說水稻耐熱試驗

日本九州地區耐高溫水稻品種開發及篩選系統

福岡縣前4大栽培品種依序為：Hinohikari(日の光)、Yumetsukushi(夢つくし)、Genkitsukushi(元気つくし)、Koshihikari(こしひかり)。Hinohikari不僅是福岡縣的主要品種，而且食味品質優良，所以廣受日本西部地區歡迎，但它的缺點是對高溫較為敏感。2010年(日本氣象局稱當年為猛暑)，由日本九州福岡縣綜合農林試驗場育成的Genkitsukushi在當年

一等米比率可達90%，而縣內最大栽培面積品種 Hinohikari及第二大栽培品種 Yumetsukushi皆在15%以下；且 Genkitsukushi在2011年及2012年獲得日本穀物檢定協會評價食味皆為特A等級。

福岡綜合農林試驗場的耐熱篩選系統(圖4)是在穀粒充實期間，以35℃的溫水進行15公分深水灌溉，使稻穗附近的氣溫可超過27℃亦有助於提升夜溫。試驗材料會依成熟期的不同，先種植中晚熟的材料並延後插秧早熟材料，使試驗材料可以同時抽穗。當收穫後僅留下白垩質粒小於10%的品系，Genkitsukushi就是在這個過程中選育出來。2013年宮崎真行等學者曾對 Genkitsukushi的耐熱機制進行研究，發現主要在於蔗糖轉運蛋白(*OsSUT1*)表現量不同，也就是耐高溫品種的*OsSUT1*的表現量較不耐高溫者多，所以Genkitsukushi在高溫下可因有較高效率的醣類運輸功能具有高米質特性。

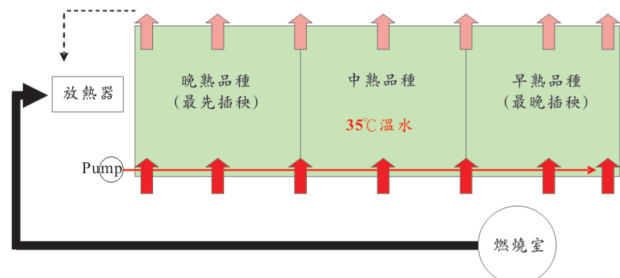


圖4. 福岡縣農林業綜合試驗場水稻耐熱篩選系統示意圖
(參考該場研究報告「登熟期間中の温水処理による高温登熟性に優れた水稻品種の選抜方法」繪製)

另外在九州沖繩農業研究中心所育成的Nicomaru(にこまる)，其耐高溫機制是因為莖桿內非結構性的醣類含量較高，醣類運輸到穀粒進而轉化成乾物質的能力較高。研究中發現在高溫年裡，非結構性醣類和維持成熟米粒的比率有相關性。九州地區不僅高溫影響米質，在2007年的高溫

乾燥風也導致乳白粒(尤其是環形的白垩質)發生。和田博史博士的研究中發現高溫乾燥風使水稻穎果產生水逆境，水稻胚乳細胞透過滲透壓調節產生可溶性醣類來維持膨壓，但也因此阻礙澱粉的堆疊進而導致乳白粒的發生。九州沖繩農業研究中心森田敏博士表示耐高溫的機制有不同途徑，未來在探討耐熱機制上除了考慮sink-source的碳水化合物供應量，澱粉分解酶(α -amylase)活性也需要納入滲透壓調節的面向。在九州沖繩農業研究中心是以搭設簡單塑膠篷架進行高溫處理，處理期間從抽穗開始到抽穗後20天。由7個試驗站進行4年的試驗結果配合氣象資料分析後，建立不同耐熱性代表品種(敏感、中強、強)作為耐熱評估指標。每次耐熱試驗再根據代表品種的表現，來評估試驗品系的耐熱性。

結語

水稻因應高溫除耐高溫品種開發，尚可朝改變栽培技術的策略方向思考，例如調整栽培期降低充實期遇高溫的風險，或利用夜間灌溉提高根部活性等技術，但仍以開發耐高溫水稻品種最為重要。因此，建立穩定篩選系統及選拔指標為首要工作。耐熱篩選方式可從上述(1)利用溫水灌溉，(2)簡單塑膠布設施，(3)人工氣候室及(4)調整栽培期使穀粒充實期遭遇高溫等方向著手。雖然溫水灌溉與人工氣候室系統較為穩定，但相對地燃料與電力需支出較高的成本。上述方法中，調整栽培期的成本最低，但近年氣候異常的機率大，需承擔外界環境因子干擾之風險。未來可朝利用簡單塑膠布設施來進行選拔，但設計上需避免因夏季高溫而導致篩選系統過熱，使試驗結果評估受影響。由此建立一套耐熱性代表品種，供耐熱育種及後裔選拔工作進行；而在耐熱機制探討上則需更多生理學家共同參與。