

日本九州沖繩農研中心 水稻育種及栽培技術研習紀要

文／圖 ■ 陳榮坤

前言

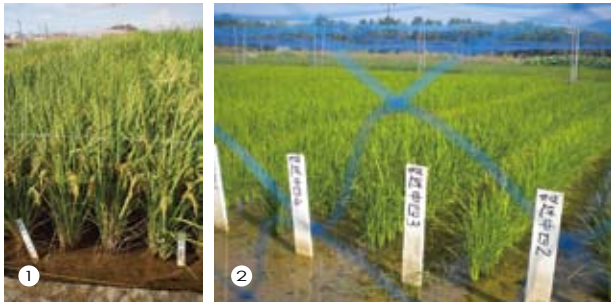
農業生產經常受到環境條件的改變而隨之變動，其中，氣候條件的變化對農業的生產力、穩定性及耕作制度產生重大的影響。近年來氣象資料顯示臺灣為暖化的高危險區，預期未來高溫發生程度將更形嚴重。日本在氣候變遷的相關研究起步甚早，並且同為食用型米地區。九州、沖繩地區位處日本南部，其稻米生產之氣候條件與臺灣較為相近，作物病蟲害相在地緣上容易產生互動，稻米生產遭遇暖化的問題亦有相似背景。本次前往研習之九州沖繩農業研究中心 (National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region，以下簡稱九州沖繩農研) 屬於獨立政法人農業食品產業技術總合研究機構 (National Agriculture and Food Research Organization)，其設立目標為針對九州及沖繩地域之農業與農村發展、農業生產品質與產量之提升、消費者安全等目的，進行區域內農業相關研究，諸多的研究方向及成果可以作為我方的借鏡。

日本九州、沖繩地區近年來水稻育種發展趨勢

近年來日本稻作面臨生產過量、農村人力老化(平均年齡超過62歲)、稻米消費量減少(由1962年每人每年118.3公斤降到2005年每人每年61.4公斤最低消費量)、高溫對作物生產的危機、生產成本與國外差距過大等問題。2007年九州沖繩地區水稻生產面積約196,000公頃，其中Hinohikari為主要栽培品種，約占65%栽培面積，Koshihikari次之約15%，其它則為Yumetsukushi等品種有小面積栽培。Hinohikari生育期稍短，通常較晚植(6月中旬插秧，10月中旬收穫)以搭配前期作種植小麥或大麥，然而近年來Hinohikari卻不耐全球暖化之高溫環境，造成白堊質米比例增高。

因此，九州沖繩農研稻作研究團隊針對九州沖繩地區稻作研究提出四大方向，以尋求解決相關稻作生產困境：

- 1.開發具高溫耐性且外觀、食味優良的品種，降低暖化環境對稻米生產的衝擊。
- 2.擴大水田利用率，發展全株型青貯飼用水稻及穀粒利用型高產飼用水稻。



① 粗稈、大穗及耐倒伏的穀粒高產型水稻品種
② 日本最南端石垣島進行水稻世代促進工作

3. 開發食品工業利用型之高產水稻品種，如米粉用或製酒用等，擴大稻米消費量，以減少生產過量的問題。
4. 育成耐倒伏直播稻及利用分子標誌輔助選拔抗病蟲害品種，以減少生產成本與提高年輕者參與農業生產意願。

目的高溫耐性品種已開發Nikomaru等品種，其中Nikomaru除了於高溫環境下的白堊質比例較Hinohikari減少30%以上外，產量、品質及病蟲害抗性皆與Hinohikari相當。全株型青貯飼用水稻育種策略，一方面採取少蘗、粗稈、大穗及耐倒伏的稻穀高產方向，另一方面則選擇長稈、上位葉片直立的特性以改善植冠截光結構，最終育成提升全株乾物量的飼用品種，如Kusahonami、Tachiaoba等品種，其全株乾物量可達20 ton/ha，以及育成Mogumoguaoba、Mizuhochikara等飼料米及米麵包兼用之穀粒高產型品種。也利用分子標誌輔助選拔技術將抗褐飛蟲基因導入Hinohikari品種，育成近同源系Kunto BPH1品種。

此外，於日本最南端島嶼石垣島設置環境適應性試驗地熱帶農業研究處點，利用該地的亞熱帶短日條件進行全國各農業

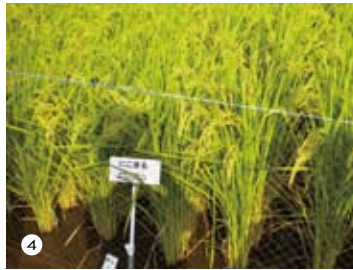
研究中心(北海道、東北、近畿中國四國、九州沖繩、中央農業總合作物研究所、北陸等6個農業研究中心)育種系統的世代促進工作及晚收性短稈型品種的適應性評價。由於日本除石垣島外之水稻栽培僅一年一作，因此全國農業研究中心育種系統的世代促進工作送至該處點進行，自F₂至F₄世代以混合法直播於田間，種子收穫後再送回原育種單位。世代促進育種系統依任務急迫性可分為2種，分別為一年三作型(可容納35個雜交組合)及一年二作型(可容納235個雜交組合)。

水稻耐熱性篩檢育種系統

為因應全球暖化環境，日本水稻育種於1999年開始進行穀粒充實期高溫耐性品種的開發，選定具有一定程度之高溫耐性基準品種後，將育成品系於耐熱性檢定圃進行篩檢，目前已有相當成果。日本採用的耐熱性檢定方式有新潟縣及福岡縣農業試驗場採用的35°C溫水水田高溫檢定圃，富山縣農業試驗場採取人工氣候室檢定圃，兩者之設備設置成本及能源耗損甚高。九州沖繩農研水稻育種研究團隊採取依據不同品種栽培特性改變插秧時期以推移抽穗期，使稻株於穀粒充實期遭遇高溫環境，並利用田間簡易塑膠設施提升溫度、減低30%日射量，作為高溫檢定圃篩檢新品系，於2005年成功選育出耐高溫品種Nikomaru。品種間的高溫耐性分群為Hinohikari、Aoinokaze及Matsuribare屬感受



③ 九州沖繩農研之水稻耐熱檢定圃



④ 穀粒充實期耐高溫水稻品種Nikomaru

型品種；Nipponbare、Koshihikari屬中等耐性品種；Nishihikari、Hokuriku、Mineharuka及Nikomaru屬耐性品種。該研究室目前已選獲5大群不同親本來源的耐高溫材料，其中有比Nikomaru更具高溫耐性的品系Saikai 283及Hane 283等品系。

氣候變遷環境對水稻生產影響研究及調適

全球氣候暖化環境下，將造成高溫、極端雨量、低日照環境，並增加東亞颱風形成頻率，水稻產量及品質容易受到這些環境因子的影響。九州沖繩農研暖地溫暖化研究團隊於稻米穀粒充實期間，探討高溫、低濕及低日照的焚風環境對胚乳白堊質形成的生理研究。利用簡易溫室及大型乾燥送風裝置模擬焚風環境，並於自然環境下焚風發生後之稻田進行驗證。當焚風環境導致葉片氣孔關閉，造成葉片光合作用降低，穀粒重量雖然與正常環境下充實之穀粒無顯著差異，然而白堊質比例卻明顯增加一倍以上。其主要原因為稻穗及穀粒的細胞膨壓降低而發生缺水狀態，造成胚乳細胞暫時性停止澱粉合成以累積

細胞內蔗糖，並啟動滲透調節(osmotic adjustment)，造成胚乳澱粉粒堆疊不全而形成白堊質。

為進一步了解日本在全球氣候變遷的稻米相關研究，該團隊亦進行高溫低日射之暖化環境

對稻米品質的影響研究。穀粒充實期間遭遇暖化環境將造成胚乳心白、腹白及基部未熟等白堊質粒，導致食味品質降低、一等米生產比例減少及碎米率增加。其中高溫將抑制澱粉合成，降低葉、莖稈內非構造成碳水化合物轉運量，及增加同化產物的消耗量；低日射量則降低同化產物的合成。由於日本稻農為增加稻米食味口感，習慣減低氮肥施用量(生育全期每公頃施用約60公斤氮素)，於高溫環境下細胞活力降低，葉綠素光合作用效率減緩，造成胚乳發生白堊質愈加嚴重，必須提出適當策略謀求解決。

九州沖繩地區的主要稻米品種為Hinohikari，然而Hinohikari的耐熱性不佳，在暖化環境下，胚乳白堊質發生日益嚴重，因此暖地溫暖化研究團隊針對高溫低日射量環境對穀粒充實期的充實障礙進行生理生態學分析，並提出一系列解決策略。穀粒充實期高溫環境造成的白堊質粒其主要特徵為糙米扁平、表面縱溝加深及糠層增厚，而形成充實不良、千粒重降低的穀粒及產量降低。當抽穗後20天內每日平均氣溫高於26.5°C時，穀粒充實期提早結束，加上低氮肥施用量，致使白堊質粒急速增加。當夜溫愈高，充實程度愈低，穀粒愈

薄。以水稻高溫耐性品種Nikomaru與不耐高溫品種Hinohikari進行生理分析比較，二品種稻穀在正常環境下的形態大小無差異，然而高溫環境下Nikomaru糙米較Hinohikari長且寬，完整米率也較高，其原因為Nikomaru於抽穗前儲存於莖稈的非構造化碳水化合物於抽穗後再轉運 (redistribution) 到穀粒的量較Hinohikari多32%，可減緩高溫低日射量造成同化產物不足對穀粒充實的影響。為降低溫暖化對米質的影響，該團隊提出一系列解決策略：

1. 高溫迴避技術：

1. 調整插秧期，推移抽穗期，避免穀粒充實期遭受高溫侵襲。利用早晚熟品種選擇與栽種時期相互配合的策略，了解生產優質稻米最適品種與栽培期，將有利於稻米產業面對全球暖化衝擊的應對能力。
2. 穀粒充實期間遭遇高溫環境時，視當地水資源狀態，進行夜間流水灌溉，降低稻株穗溫。

2. 高溫耐性強化技術：

1. 高溫耐性品種的導入，如Nishihikari、Hokuriku、Mineharuka及Nikomaru等品種。
2. 氮肥施用方法的改善：日本水稻栽培常施用二次穗肥，第一次穗肥施用的目的在增加二次支梗粒數，第二次穗肥施用則在提昇千粒重。由於穀粒充實期高溫造成光合作用效率減低、同化產物減少，當每穗粒數愈多，則白垩質粒愈多。因此可減少第一次穗肥施用量，適度增加第二次穗肥施用量，以降低每穗粒數，增加單一穀粒能

分配的同化產物，並提高生育後期根系活力。然而氮肥施用方法的改善必須考慮因生育後期稻株氮素含量升高而導致的食味低下問題，日本近年來開發的穗肥緩效性肥料，可有效利用解決本項問題。

3. 水分管理方法的改善：於分蘖盛期至最高分蘖期間，視當地水資源狀態，進行18cm的深水管理，可維持有效分蘖並減少白垩質粒。惟分蘖數須達目標穗數(依不同品種而異)時才能實施深水管理，以避免產量減收。
4. 栽植密度的調整：不同栽植密度將造成植冠結構的變化，需依不同品種進行調整。過於疏植則每穗粒數多，弱勢粒增加，心白率上升；過於密植易造成穀粒充實後期氮素不足，發生背白、基部未熟粒。
5. 適期收穫：高溫環境下成熟日數縮短，宜避免過遲收穫造成胴裂粒及碎米率增加。

結語

氣候變遷環境下，氣象環境對水稻生產影響研究相當重要，日本已針對降低溫暖化對米質的影響議題提出一系列解決策略與成果，相當值得國內參考。此外，日本稻作研究在生物性逆境與非生物逆境的育種成果亦相當豐富，如能有效建立種原分享管道，可俾益於國內在氣候變遷環境的水稻品種選育。此外，持續加強雙方研究人員科技合作與技術交流管道，除可擴展國內稻作研究人員的國際觀，對於氣候變遷的策略因應亦將有所助益。