熱帶地區的稻米增產策略

行政院農業委員會農業試驗所　　郭益全

緒言

估計至公元 2025 年，全球稻米產量必須達 8 億噸才能充分滿足糧食需求，這個預估量與 1995 年之全球實際稻米產量 5 億 3 千 4 百萬噸相比，計增加 2 億 6 千 6 百萬噸。由於看天田(rainfed rice land)的稻米產量往往受限於各地區乾旱、洪水或土壤不佳等因素，故爾，未來稻米增產將要依賴亞洲地區的灌溉稻田(irrigated rice land)來達成。但，事實上，由於都市化與工業化之結果，亞洲這些屬於灌溉稻田的國家，稻田面積正在逐年遞減中。在這種情況下，亞洲灌溉稻田的單位面積產量，須由 1995 年之平均 5.0 噸增加至 2025 年之 8.5 噸始可解決稻米需求量大增之問題。

自 1966 年國際稻米研究所(International Rice Research Institute，IRRI)育成 IR8 以來，IRRI 陸陸續續又育成抗(忍受)各種病蟲害、早熟、良質之秈稻品種 42 個，供熱帶灌溉稻田與優良看天水田栽培。在 1960 至 1970 年代，IR8 及這些改良品種在優良灌溉稻田之產量往往可達 9-10 噸；而目前許多新育成的純系品種，在熱帶灌溉稻田之產量潛能則為 10 噸。似此，過去 30 年來，在熱帶環境下，稻之產量潛能似未改變。但另方面，IRRI 專家 Yashida(1981)由生育期間總日射量推得上述地區之理論產量潛能應可達 15.9 噸，此數據顯示：目前豐產品種之產量潛能與理論產量潛能間，有極大落差存在。因此，IRRI 的專家乃企圖藉遺傳改良來縮小落差問題。

稻米增產之策略

IRRI 的專家檢討自 IR8 品種育成以來，IR 系列各品種之產量潛能趨勢認為：1.可利用熱帶中國型(tropical *sinica*)種原(germplasm)育成新株型(new plant type，NPT) [註 1]；2.開發適合熱帶地區栽植之雜交秈稻品種，為增加產量潛能的兩個新途徑。經過 IRRI 專家 10 年努力後，由熱帶中國型種原 bulu(指有芒之爪哇稻，無芒之爪哇稻謂 gundi)引入少分蘗及大穗特性之新株型、種間及亞種間雜種優勢之利用已獲得初步具體成果：至目前，已有 500 個 NPT 品系在各產量觀察試驗中被評估；而秈型雜交稻在熱帶環境下已被證實可增產 9%。

一、 NPT 育成之背景與育種現況

自 IR8 被育成後，由於其高產潛能故有奇蹟米(miracle rice)之稱，並進一步引發所謂的綠色革命(green revolution)。此後 IRRI 陸續育成之 IR 系列品種，均具較高分蘖力與較小穗等特性。但為因應未來之稻米需求量，一個預期增加 25%產量潛能的模擬分析試驗建議新品種應：1.在營養生長期間之早期增加葉的生長但降低分蘖；2.在營養生長期間之後期與生殖生長期降低葉的生長但增加葉部氮濃度；3.在葉群組成中，上位葉片的氮濃度要佔葉總氮量的大部份；4.增加莖部碳水化合物儲藏容量；及 5.要有較大積儲容量及較長的穀粒充實期間。鑒此，若干 IRRI 的稻專家乃有新稻概念型(new rice ideotype)之構想。

NPT 的特性解析為：低分蘖力(直播時僅有 2-3 個分蘖)、少無效分蘖、每穗 200-250 個穎花、株高 90-100 公分、厚且堅實的莖、厚而暗綠且直立之葉片、旺盛之根系、100-130 天的生育週期、較高的收穫指數。此 NPT 育種計畫自 1989 年即開始合適種原之評估，1990 年乾季開始雜交，其貢獻親為具有低分蘖、大穗、厚莖、旺盛根系、短稈的爪哇型稻。截至目前，已完成 2000 個以上組合之雜交、100,000 個純系被選出、500 個 NPT 品系在各產量觀察試驗中被評估。而這些 NPT 品系在各類評估中確具有大穗、抗倒伏等特性，但由於低生物量(low biomass production)及低成穀率(poor grain filling)，產量均未符預期。基於此，IRRI 的專家除持續探討其產量未符理想之機制外，也著手 NPT 品系低生物量、低成穀率及病蟲害抗性之種原改進，並已確認這些品系之低生物量及低成穀率等不良特性係來自貢獻親。

在經一連串之檢討後，目前 NPT 育成計畫已作如下修正：1.秈型貢獻親已被引進，以改善 NPT 品系之穀粒品質及病蟲害抗性；2.NPT 少分蘖之概念已被修正，以增加生物量及補償營養生長期間可能之分蘖損失；3.穗長不變但穗大小(panicle size，應指粒數，譯著者註)稍減，以避免穎花排列過於緊密；4.株高增加 10%，以增加生物量但不影響抗倒伏；及 5.低穗位(low panicle height within canopy)及開花時高生物量。

二、 熱帶雜交稻之現況與未來

中國於 1976 年開始栽植雜交稻，至 1994 年，中國已有 50%稻田種植雜交稻，而雜交稻平均產量較最豐產的純系秈稻增產 15%。1970 年代時，中國的雜交稻在東南亞熱帶水田中，因適應性與病蟲害抗性等因素影響平均產量不佳。5 年後，IRRI 育成之雜交秈稻已證實在熱帶水田可增產 15%。此後 IRRI 經進一步試驗指出：在熱帶環境

下，秈型雜交稻之產量潛能較最豐產的純系秈稻高 9%；豐產的機制在於較高之生物量，而非收穫指數。而雜交稻較高的生物量及產量潛能檢討顯示係肇因於：1.營養生長期間之早期生長較快，導致葉面積快速增加與分蘗數增多；2.形成更有效率之積儲，以致有較高生物量與較大之穗；3.穎花數雖多，但成穀率仍高。

至目前，中國與 IRRI 所育成之雜交稻全為秈型稻與秈型稻間之雜交，而由於雜交稻雜種優勢之大小係奠基於兩親本遺傳歧異之差異，如兩者遺傳歧異之差異愈大者，雜種優勢將愈大，但因為過去 30 年來，國際間種原之大量交換已導致改良秈型品種之遺傳歧異變狹，秈型雜交稻之雜種優勢利用已現瓶頸。另方面，雖然秈型與溫帶中國型間之雜種優勢雖較秈型與秈型間者為大，但因前者之雜種有穀粒充實不佳之問題，因此秈型與溫帶中國型間雜種優勢利用之困境尚待克服[註 2]。基於目前 NPT 係得自秈型與熱帶中國型之雜交，IRRI 的專家因而嘗試研究秈型與熱帶中國型間雜種優勢試驗，初步結果顯示：秈型與熱帶中國型間之雜種優勢較秈型與秈型間者為大，且穀粒充實較 NPT 純系者為佳。故而 IRRI 的專家認為：熱帶中國型之利用，可能是解決亞種間雜交稻穀粒充實不佳問題之一個管道。

註 1.栽培稻有兩個稻種，一為亞洲種 *Oryza sativa* Linn.，另為非洲種 *Oryza glaberrima* Steud.。亞洲種之栽培區域遍及世界各地，為世界主要稻種，而非洲種僅在西非有小量之栽培面積。據中研院院士張德慈博士之論著，亞洲種栽培稻可進一步區分為：印度型(英文用 Indica 或 *indica*，此即通稱之秈型或秈稻，英文為 Hsien 或 *hsien*，在臺灣則稱在來稻)、中國型(英文用 Sinica 或 *sinica*，此即通稱之粳型或粳稻 Keng 或 *keng*，在臺灣則稱蓬萊稻，請注意『在"來"稻』與『蓬"萊"稻』用字之不同)及爪哇型(英文用 Javanica 或 *javanica*)。其中，由於日本學者之"有意疏忽"，"中國型"長久以來被日本學者用"日本型"取代，且在國際上大量使用，而使"日本型"成為國際用語。然日本之稻種源自中國，故張德慈博士在國際間著文大力呼籲將"日本型"正命為"中國型"。又據 Glaszmann(1987)依 isozyme 之分析，將"爪哇型"重新定名為"熱帶中國型"(此係著者依張博士建議加以修正，英文應為 tropical *sinica*。而在 Glaszmann 原著用"熱帶日本型"tropical *japonica*)；而"中國型"者則被重新定名為"溫帶中國型"(如前由著者依張博士建議加以修正，英文應為 temperate *sinica*，Glaszmann 原著用"溫帶日本型"temperate *japonica*)。

註2.依文獻,為解決秈型與溫帶中國型間雜種穀粒充實不佳之問題，有所謂廣親和因子(wide-compatibility locus)之使用。而譯著者手邊之文獻顯示：確已有廣親和因子之發現，但進一步之訊息則譯著者手邊尚無。

（本文節譯自 1999 年 Crop Sci. 39：1552-1559 ，如須原文資料請與中華農科中心連絡。）