

國際稻米研究所參訪見聞

水稻育種加速世代的革新技術簡介

前言

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，本場於113年10月13日至19日前往菲律賓的國際稻米研究所(International Rice Research Institute, 以下簡稱IRRI)參訪研習，該所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，茲簡介國內水稻育種現況及該所加速世代技術，提供國內學研單位參考。

國內場試所及學術單位常採用的育種方法

(一)譜系法(Pedigree method)：為目前各場試所最普遍使用的水稻育種方法，為早期分離世代進行單株選拔，蒐集單株種子後種植成一行，直到穩定世代再進行產量評估，適合遺傳力高的性狀。以本場為例，在 F_2 至 F_4 世代選拔的品系於田間種植45株，每品系約需 2.7 m^2 ，再選拔5至10%的優良單株晉級世代。優點為遺傳性狀得以溯源，但缺點為各世代田間栽培占地較大，譜系紀錄、性狀調查及種子分開收穫均費時、費力，從雜交育種至命名的過程需7至10年。

(二)混合法(Bulk method)：為國內部分

文、圖/ 連苡廷、郭丞恩
品種育成的方法，育成品種包含桃園6號、台農86號等。此做法為早期世代混合整個分離族群，直到晚世代的純系再進行選拔。採用法時，族群越大越能保留優異的基因組合，每代至少需5,000株較能呈現育種效果，每世代約需 225 m^2 。優點為 F_2 至 F_4 世代藉由天然淘汰，無實際人為選拔工作，紀錄工作較譜系法少，適用於遺傳力低之性狀。缺點為費時，也耗費大量種植面積，且無紀錄譜系資料，不易追溯前後世代間的遺傳特性。

(三)單粒後裔法(Single Seed Descent method, 以下簡稱SSD)：多於學術單位採行。在早期分離世代中每個品系保留單粒或單穗種子至下個世代，以維持族群規模及保留最大的遺傳多樣性，直到晚世代的純系再進行選拔。優點為省時、省力、省空間，適合栽種於設施內，可以密植及控制生長條件，能夠最方便且快速的使分離族群達到純系，不受栽培季節限制以推進世代，可縮短育種年限，缺點為早期世代某些優良性狀易被遺漏。

IRRI 水稻世代促進法的應用

IRRI開發的水稻世代促進法(Rapid Generation Advance, 以下簡稱RGA)，即

採用SSD法進行選育，能大幅提升育種效率，這項技術適用於稻作育種，於一般溫室內即可進行。以穴盤密植，最大化利用設施空間，在600 m²的溫室面積可以容納約80,000個育種品系，提高育種量能。溫室內密植及高溫、低氮肥的生長環境，營造輕度環境逆境，有助於縮短營養生長期，將水稻生育週期縮短為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、栽培人力與肥料的費用。然而，RGA施行上也有部分限制，若夏季溫度過高易造成穀粒不稔實，病蟲害的管理也要格外注意。

RGA技術操作流程如下(圖1)：

- (一)規劃與準備：栽培用土壤以5 mm篩網過篩，放入滅菌釜中高溫消毒。土壤冷卻後，混入硫酸銨作為基肥。再將土壤填充到104孔穴盤(F₂至F₄世代用)或35孔穴盤(F₅世代用)，並放置於藍色塑膠箱內備用。
- (二)育苗：由於溫室內的溫度較高、種植

密度高及氮肥施用量較少，植株處於輕微逆境中，有助加速進入生殖生長期。早期世代(F₂至F₄)材料種植於104孔穴盤，每穴播種3粒種子，以確保95%以上的發芽率。於播種後14至20天，去除不健康的分蘗及植株，只留下單株單穗。穩定世代(F₅)材料則種植於孔徑較大的35孔穴盤，同樣播種3粒種子，3株植株均保留至收穫。

- (三)栽培管理：播種後定期監測病蟲害的發生。
- (四)資料蒐集：分別紀錄各品系的抽穗期與收穫期。
- (五)收穫：成熟後，每穴植株的稻種單獨收穫。
- (六)種子加工：收穫後的種子送到自動化種子加工廠(圖2)，清理不良稻種及雜質，包裝後以備下個階段使用。
- (七)品系階段測試(Line Stage Testing, LST)：當達到穩定世代(F₅或F₆)，將各品系單獨收穫，並於田間種植成



圖1. RGA技術(A)操作流程，包含事前準備、育苗、栽培管理、收穫及種子加工；(B)早期世代材料種植於104孔穴盤；(C)穩定世代材料種植於孔徑較大的35孔穴盤。



圖2. 收穫後的種子於自動化加工廠(A)進行調製與色選，(B)短期保存於18~20℃及相對溼度60%的環境以備即時運用。

一行，一方面用於擴增種子量，一方面用於評估每行品系的一致性，去除分離中的品系。此時進行病蟲害檢定，淘汰不具抗病性的品系，亦可搭配分子標誌，針對關鍵性狀進行基因型選拔，此階段至少可以淘汰10至20%的不良品系。

IRRI 加速育種設施的應用

除了以一般溫室操作RGA技術，IRRI也建置了加速育種設施(Speed Breed Facility, 以下簡稱SBF)，提供需特定環境條件進行篩選的品種使用。SBF建有加速生長室(圖3)及走入式生長箱(圖4)，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，加速水稻完成生長週期。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。

IRRI 應用加速世代技術及設備的成果

IRRI所開發的RGA技術已在菲律賓、泰國、印度、孟加拉和日本等國家使用，並育成耐鹽品種IRRI165、BINA dhan8及BRRI dhan61，高鋅品種BRRI dhan62及BRRI dhan72，與高品質品種IRRI142等(Collard, 2017)。IRRI學者Kabade等人(2024)利用SBF建立出加速抽穗的技術流程，在水稻生育初期15日給予24小時的長日照，光處理為高紅藍



圖3. SBF的加速生長室可調控溫度、光照、濕度及二氧化碳含量等



圖4. SBF的走入式生長箱

光譜比(2R>1B)及光強度為800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，再處理10小時的短日照直到收穫，實驗過程中溫度和濕度保持恆定，開花後約13至15天即可收穫早熟種子；收穫種子用80 ppm GA3處理，發芽率可超過85%；經測試198個水稻品種(包含12種水稻亞種)，皆成功在58至71天內抽穗開花。此突破性的技術可以大幅縮短堆疊多種性狀的耗時過程，顯著提升育種效率。

結語

在面對氣候變遷及各種生物性逆境的威脅，對於不同水稻品種的需求日益急迫。如本場以分子標誌輔助回交育種進行抗稻熱病品系選育時，受限人力及場域，需6至8年方能育成較佳品系。若採用RGA技術，不僅可縮短育種時間，亦可有效減少栽培面積，對稻作產業多元利用及耐逆境品種育成均有助益，期能提供研究人員參考使用，永續稻作產業發展。

參考資料

1. Collard, B. C., Beredo, J. C., Lenaerts, B., Mendoza, R., Santelices, R., Lopena, V., ... and Islam, M. R. 2017. Revisiting rice breeding methods—evaluating the use of rapid generation advance (RGA) for routine rice breeding. *Plant Production Science*, 20(4): 337-352.
2. Kabade, P. G., Dixit, S., Singh, U. M., Alam, S., Bhosale, S., Kumar, S., ... and Singh, V. K. 2024. SpeedFlower: a comprehensive speed breeding protocol for indica and japonica rice. *Plant Biotechnology Journal*, 22(5): 1051-1066.
3. Saini, M. K., Faujdar, S., and Saini, R. 2024. Rapid Generation Advance (RGA): a fast-track irrigated rice breeding pipeline from IRRI. *Just Agriculture* 4(8): 271-275.