

巴西 稻作產業與育種程序介紹

農試所作物組 吳東鴻

農試所種原組 溫英杰

一、前言

世界水稻生產國中大都為灌溉栽培系統，然巴西聯邦共和國為全世界第9大稻米生產國，其總生產量更高於第10大的美國，巴西卻以旱作與看天田為主要生產模式，在各栽培體系中獨樹一格，其中在耐旱育種與陸稻栽培上已有相當豐碩成果，然巴西是拉丁美洲最大的國家，人口數居世界第五，地理位置與台灣距離較遠且官方語言為葡萄牙語，以致過去國內對於該國的稻作產業與育種程序相關資訊相對較少，擬以此文簡介相關產業概況、研究機構與育種程序中各世代評估項目，供國內育種工作人員參考借鏡。

二、巴西稻作生產

依據聯合國農糧組織FAO生產資料庫，統計2010年美洲稻作生產力，其收穫總面積達730.8萬公頃、生產量為3,717萬公噸且單位面積產量係5,086 公斤/公頃，而美洲國家中又以巴西與美國分別為世界第9與第10大稻米生產國，然美國總

栽培面積為133.1萬公頃均屬於灌溉稻栽培生態，每公頃單位面積產量為7281公斤，巴西2010年栽培面積更高達314.7萬公頃，栽培生態比例分配與美國迥異，分別為19%灌溉稻、6%看天田稻與75%的陸稻栽培生態，每公頃單位面積產量為3241公斤。

綜觀巴西水稻栽培可區分為陸稻與灌溉稻兩大生態系統，在熱帶型水稻栽培系統中有看天田旱作栽培系統 (Upland rainfed) 產量1.5-3 噸/公頃、看天田式水田栽培系統 (Lowland rainfed) 產量2-4噸/公頃與灌溉水田的產量為4-6噸/公頃，亞熱帶灌溉水田產量則可以達7噸/公頃，這其中佔了稻作生產的70%；隨著新品種選育與栽培技術的改良，巴西水稻栽培面積與產量的變遷由1975年僅集中於巴西最南端、每公頃平均產量最高達6噸/公頃，到了2010年因為對於陸稻栽培的技術與品種日漸成熟，栽培面積已經涵蓋分布全國，且部分灌溉生產區的平均產量可以達到8噸/公頃，2012年陸稻栽培面積與灌溉稻栽培面積相近，同約為125.1萬公頃，然巴西的灌溉水稻總產量約為915.9萬噸、陸稻栽培生產量則達229萬噸，如圖一；巴西偏好稻米外觀為長型且纖細、屬於完整並具透明品質，食味趨勢

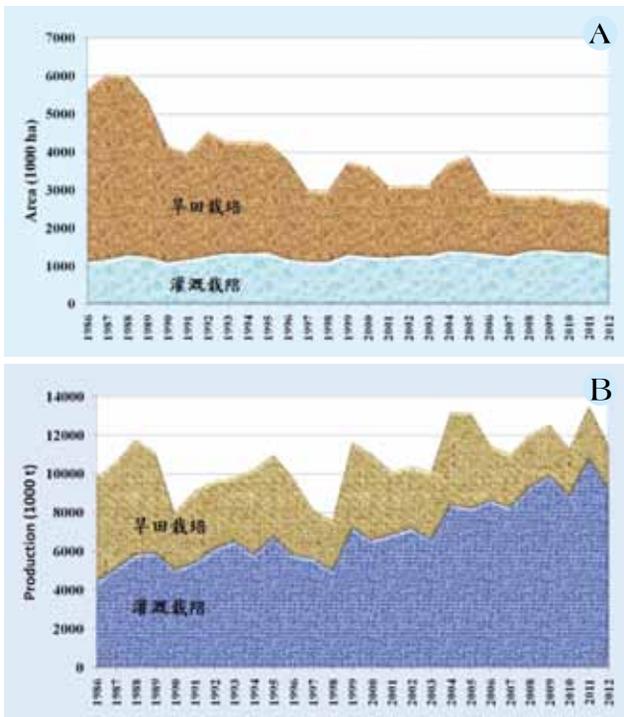
作者：吳東鴻助理研究員
連絡電話：04-23317106

為軟但不具黏性，在加工販售類型上主要應用順序為白米(white rice)、預煮米(parboiled rice)、全穀粒類型。

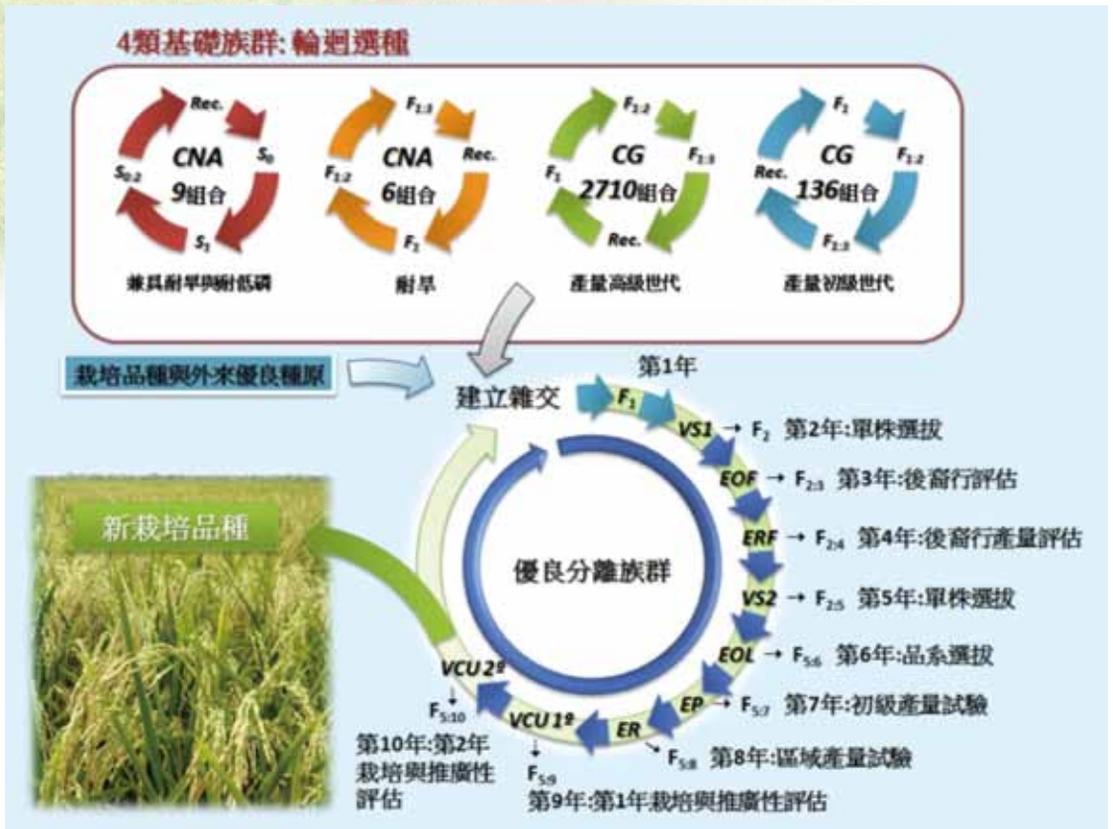
三、巴西農牧公司水稻研究中心

巴西農牧公司(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Embrapa)，為巴西農業部所屬的全國性農業研究機構，在巴西各地設有42個研究中心，負責農業生態系統、主要農、牧業產品與農業基礎，自1973年開始設立巴西農業綜合公司Embrapa，公司內編制9,600員工隸屬於國立農業研究體系下，該中心任務期許透過知識與技術的研發與轉移，提供可行性方案有效提升巴西農牧業的永續發展。

Embrapa水稻與豆類研究中心成立於1974年座落於戈亞斯州的Santo Antônio de Goiás，組織人員為314人，其中專責技術轉移人員66人、研究人員63人（59位具有PhD學位）。水稻與豆類研究所有兩處試驗農場(experimental field)，分別係Cativara農場與Palmital農場，Cativara農場主要是進行陸稻(upland system)栽培體系相關試驗，試驗農場占地1072公頃（其中有400公頃為樹林區），另一處Palmital農場佔地88公頃，則是研究灌溉稻栽培體系(flooded rice)；研究中心內設有2處儀器中心以及5個研究室(laboratories)，儀器中心部分分別為農業環境分析(Agri-environmental Analysis)以及生理生化分析(Phytopathology)，而專責研究室分別係生物技術研究室(Biotechnology)、昆蟲學研究室(Entomology)、食品科學(Food sciences)、作物生理(Crop physiology)以及種子品質(seed quality)；研究中心內並設有水稻與豆類種原保存庫，其中水稻保存26,000保存系(accessions)與豆類(common bean)16,000個保存系(accessions)；水稻與豆類研究中心同時也與其他研究中心進行橫向合作，包括玉米、高粱(Embrapa Mayze and Sorghum)研究中心、乳牛研究中心、畜產研究中心、棉花研究中心、大豆研究中心與動物遺傳研究中心。該中心研究並加強低耕犁、農牧輪作制度、雜交水稻選育、小型收穫機具開發、綜合蟲害防治。



圖一、巴西1986至2012年稻作栽培面積與產量變遷 (A:栽培面積，B:稻穀總產量)。



圖二、巴西稻作育種程序中選育流程圖 (修改自A. P. Castro 2013簡報資料)。

表一、巴西稻作改良式譜系法各世代選拔試驗與評估項目

代號	世代代號	選拔試驗	評估項目
VS1	F_2	單株選拔 (Nursery trial 1)	單株選拔, 質量性狀評估
EOE	$F_{2.3}$	後裔行選拔 (Family Obs trial)	家系選拔, 質量性狀評估
ERF	$F_{2.4}$ - 多地點	後裔行產量選拔 (Family yield trial)	產量、農藝性狀、病害與耐旱 品質: 直鏈性澱粉含量、膠化溫度、碾白率、粒長與粒寬
VS2	$F_{2.5}$	單株選拔 (Nursery trial 2)	單株選拔, 質量性狀評估
EOL	$F_{5.6}$	品系觀察 (Lines Obs Trial)	品系選拔, 質量性狀評估
EP	$F_{5.7}$ - 多地點	初級產量試驗 (Preliminary Trial)	產量、農藝性狀、病害與耐旱 品質: 直鏈性澱粉含量、膠化溫度、碾白率穩定性、粒長、粒寬與心腹白
ER	$F_{5.8}$ - 多地點	區域產量試驗 (Regional Trial)	產量、農藝性狀、病害與耐旱 品質: 直鏈性澱粉含量、膠化溫度、碾白率穩定性、粒長、粒寬、心腹白與米飯品質
VCU	$F_{5.9}$ - 多地點	試種推廣評估 (Value of Cultivation and Use)	產量、農藝性狀、病害與耐旱 品質: 直鏈性澱粉含量、膠化溫度、碾白率穩定性、黏度分析、粒長、粒寬、心腹白與SSR標誌基因型分析

四、巴西稻作育種程序

巴西水稻育種程序中主要涵蓋二大部分，一者是利用輪迴選種法建立基礎族群，繁複持續選拔優良品系又互交(S0-S0:2)，增加聚合更多遺傳組合外也篩選提升遺傳增進，並針對耐旱、兼具耐旱與耐低磷、產量高級世代與產量初級世代品系建立4類基礎族群，在2013年各類族群內分別維持了9、6、2,710與136個組合；二者藉由上述聚合的新穎品系，再與栽培品種或優良種原建立分離族群，並依改良式譜系法進行品系選拔，如圖二。

巴西改良式譜系法各世代評估內容(表一)分述如下：建立雜交組合後第1年培育F₁世代植株，第2年種植F₂世代分離族群並以目視評估(VS1)質量性狀進行單株選拔(plant selection)，第3年種植F_{2,3}分離後裔行並以目視評估(EOF)質量性狀進行家系選拔(family selection)，第4年種植F_{2,4}分離後裔行進行多地點產量評估，並針對農藝性狀、病害、耐旱與直鏈性澱粉含量、膠化溫度、碾白率、粒長與粒寬等穀粒品質，合併篩選數量性狀(ERF)進行家系選拔(family selection)，第5年再種植前世代所挑選出的優良家系(F_{2,5}世代)，在分離家系內挑選優良單株固定為品系(VS2)，第6年以上一世代沿生品系F_{5,6}世代的單株品系進行品系選拔，第7年F_{5,7}世代開始進行多地點初級產量評估試驗，並評估農藝性狀、病害、耐旱與直鏈性澱粉含量、膠化溫度、

碾白率穩定性、粒長、粒寬與心腹白等穀粒品質，第8年F_{5,8}世代則進行多地點區域產量試驗，除了進行前一代相關性狀評估外再增加米飯品質分析，第9年起以F_{5,9}世代與F_{5,10}世代則進行為期兩年的推廣評估產量試驗(VCU檢定)，評估性狀除一般產量與特性檢定外，則再添增米飯黏度分析(RVA)與SSR標誌基因型分析，而各世代多地區產量評估則依各世代目標而逐漸在全國各試驗站增加試驗地點，便於評估各品系整體穩定性與地區適應性，如圖三，最終在第10年後評估品種命名的可行性。

五、展望

因為巴西的地形與降雨特性，造就巴西農業首要考量主要栽培逆境的耐旱性，對於各作物耐旱栽培與其耐性品種選育均有深厚研究，日後可多考量引入耐旱性種原，提升我國作物的水分耐受性並增加其遺傳歧異度，提升農業因應氣候變遷的緩衝能力。



圖三、巴西稻作各世代產量評估試驗地點分布圖(修改自A. P. Castro 2013簡報資料)。