

國際玉米及小麥改良中心 之玉米育種與發展

文／圖 ■ 詹雅勛

前言

玉米原產於墨西哥及中南美洲一帶，根據FAO統計，2014年全球總生產量約10.22億公噸，產量為糧食作物之首。1970年至1980年間，本場及臺中區農業改良場曾與國際玉米及小麥改良中心 (International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT) 進行種原交換及品系觀察試驗，但自1990年後，我國與該中心即無合作計畫進行，直至2014年復派員前往該中心參加Borlaug Summit on Wheat for Food Security研討會，建立合作與溝通橋樑，促成本次為期三個月之短期訪問研究，故藉由本文簡介CIMMYT之玉米育種發展，提供未來研究方向之參考。

位於玉米發源地的CIMMYT

國際玉米及小麥改良中心屬於國際農業研究磋商組織 (Consultative Group for International Agricultural Research, CGIAR) 的15個研究中心之一。自1966年成立迄今已50年，以降低農村貧困，加強糧食安全，改善人類健康和營養，並確保自



1 CIMMYT本部位於墨西哥El Batán

然資源的可持續性為其發展宗旨。CIMMYT為非營利性的國際研究機構，除了位於墨西哥的總部外，並在肯亞、辛巴威、衣索比亞、哥倫比亞、巴基斯坦、印度及中國等地設立研究站。該中心由墨西哥政府和洛克菲勒基金會支持，協助提高墨西哥的農業生產且幫助非洲及亞洲多個國家避免飢荒，主要研究作物為玉米及小麥。以墨西哥總部為例，該中心位於El Batán，海拔約2,200公尺，面積近80公頃，屬於高原氣候；另外尚有Agua Fria、Obregon、Tlaltizapan及Toluca四個試驗站。試驗站Agua Fria海拔約50公尺，面積50公頃，屬於熱帶低地氣候，夏季可達48°C高溫；試驗站Tlaltizapan海拔約940公尺，面積



2 CIMMYT種原庫收藏27,000份玉米種原

55公頃，屬於亞熱帶氣候，分別於不同氣候環境類型進行品種選育，檢測品種與環境的交感效應，並確保新品種有更好的適應性。

該中心合作夥伴包含國家級和地區性的研究機構、民間組織、學術團體和私營部門等，密切地交流往來。自全球各地收集種原，透過品種改良及栽培技術的建立，以永續經營方式進行農業生產，協助開發中國家的農民改善生活，並且輔導農民發展農企業，提供作物生產技術、農產品的加工及末端銷售管道，其貢獻卓越獲得世界公認。CIMMYT有世界最大的種原庫，至2013年統計，收集、選育並保留小麥150,000份和玉米27,000份的種質資源。過去25年已無償發送158,000份次小麥和91,000份次玉米品種給超過100個國家使

用。並且對於培訓科學人員不遺餘力，為全球培訓超過10,000個研究人員。直接與間接幫助發展中國家農民避免貧困飢餓，提供糧食保障基礎。

CIMMYT之玉米育種策略

世界各地早期栽培玉米多以天然授粉品種為主，隨著雜交育種技術的進步，衍生有雙雜交種、三系雜交種、綜合品種及合成品種的栽培與推廣。CIMMYT核心育種程序於早期自交系選育時即給予高密度的篩選壓力，每公頃約95,000株至100,000株，以行距75公分計算，則株距小於15公分。選育的過程中導入雙單倍體育種技術及分子輔助育種技術，其一可藉由單倍體的誘導，經過染色體倍加的方式快速產生同結合的個體，相較於利用傳統育種方法選育玉米自交系，獲得1個相對穩定的純系需要6代以上，按每年兩季計算需要3年以上的時間，而利用單倍體育種方法一般只需2代，加快了育種進程；其二透過基因組選種，在全球玉米計畫 (Global maize program, GMP) 中結合傳統育種工作並進行耐旱性、抗病性及高品質等育種目標的選育，藉著訓練模型 (training model) 的建立，進行新族群的分子標誌基因型選拔，節省外表型評估所花費之時間。此兩項技術的應用皆是為了加速育種工作進行，縮短育種年限。

玉米植株與產量相關的性狀大多由一系列效果不大的微效基因所控制，而這些



③ CIMMYT提供育種人員培訓課程

④ 玉米單倍體誘導

微效基因容易受環境影響，是非常複雜的數量遺傳性狀，須透過多個地點、多種環境及不同年度進行評估，而選育產量穩定且適應力佳的新品種為育種人員努力的方向與目標。CIMMYT育種基礎深厚是因為持續進行族群改良，透過後裔的產生，檢定與選拔，經過逢機交配使基因重組，使控制性狀的有利基因頻度不斷累積，而創造優良育種資源。另一個育種工作重點為雜種優勢群之建立，因為玉米為典型的異交作物，不同種原間雜種優勢被廣泛的研究與應用。常見以不同胚乳型態間進行雜交，例如目前美國多以Stiff Stalk×Non-Stiff Stalk；歐洲以US Dent×European

Flint；中國以Domestic×Lancaster/RYD/PN及熱帶地區以Tuxpeño×Caribbean Flint/Tuson/ETO等方式作為基礎，互為檢定親進行雜交組配，評估組合力。親本間的親緣關係較遠，雜種優勢較強，因此將重要的遺傳資源建立雜種優勢群，可以減少盲目的雜交組合配對，提高育種效率。

CIMMYT之玉米育種目標

聯合國氣候機構世界氣象組織 (WMO) 指出近幾年全球許多地方的氣候極端異常，造成死亡與嚴重農產損失，整體氣溫趨向暖化，極端氣候的發生次數日益頻繁且加劇。面對難以預測的氣候，提升玉米因應氣候變遷之調適能力，刻不容緩。CIMMYT自1975年起即關注生物性或非生物性逆境之議題，並著手熱帶/亞熱帶種原的導入與交換，擴充種原歧異度。隨著氣候變遷，逆境環境中仍可穩定生產已成為CIMMYT玉米研究團隊的第一育種目標，包含選育耐旱、耐熱、耐淹、低氮、低磷及抗病等特性，2014年CIMMYT即提供非洲約52,000公噸的耐旱玉米種子，降低乾旱導致糧食減產的問題。研究指出藉由許多生理性狀可以作為玉米耐旱性之外表型篩選標準，例如監測玉米不同生長時期之標準化植生指標 (normalized difference vegetation index, NDVI)、開花與吐絲間隔期、葉綠素含量及葉片氣孔導度等。而且配合分子標誌的運用，定位分析結果位於玉米第三條染色體有一同時和開花與吐絲

間隔期、每株穗數及維持葉色濃綠等性狀相關之熱點。

以臺灣而言，硬質玉米主要栽培時期為秋作（每年9月至隔年2月），此期間多為低溫且乾旱的季節，而在氣候變遷下，連續乾旱或降雨不均等氣候變化，春作（每年3月至7月）也可能面臨乾旱缺水造成產量降低，故篩選在乾旱環境下仍可維持產量的耐旱品種極為重要。耐旱性亦是受到許多微效基因控制的複雜性狀，根據CIM-MYT進行耐旱育種的經驗，水分逆境與產量具有高度的相關性，但是當水分逆境極

為嚴重，造成產量降低40%以上時，兩者的相關性表現得不明顯，表示在此情況下或可篩選出耐旱品系，但無法確保其為具有高產潛力的品種，所以此時搭配前述的生理性狀進行分析與選拔極為重要，這些生理性狀與產量有高度的相關性，而且可以遺傳至後代，藉此篩選高產且耐旱的品系。一般而言，開花與吐絲的間隔期越短、葉綠素含量越高、乾旱逆境下葉片捲曲程度越小及葉片相對含水量越高者，表示耐旱能力越好，可以作為鑑別的指標。

結語

近幾年來，政府為了維護糧食安全，積極鼓勵農地復耕種植，並且為紓解稻米生產過剩及因應加入自由貿易市場的產業結構調整，轉（契）作硬質玉米等雜糧旱作已列為優先推動項目。除了暖化的環境對玉米生長與發育等不確定因素發生頻率愈來愈高；休耕農地利用問題，主要常來自灌溉水源不足或水資源缺乏區域，造成農作物生育困難，故育種人員在品種改良策略的擬定，亦以乾旱等逆境下能穩定生產為育種目標。目前國內之栽培玉米品種是否具有耐旱的能力，尚待研究釐清，本場已著手引進優良種原進行篩選，同時善用國際組織的資源及經驗，建立評估耐旱種原方法及技術。除了維持育種核心工作，持續進行族群改良，與相關農業研究組織或學校合作，導入分子標誌輔助育種技術，建立合作團隊，激發研究能量亦為未來發展方向。



5



6

5 耐旱品系CML574

6 檢測NDVI生理性狀