

行政院各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：研究)

## 釀酒專用糯高粱育種計畫

服務機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

姓名職稱：廖宜倫助理研究員、林雲康助理研究員

派赴國家：印度

出國日期：中華民國 104 年 9 月 13 日至 9 月 19 日

報告日期：中華民國 104 年 11 月 26 日

## 目次

摘要 .....	3
壹、目的 .....	4
貳、行程 .....	5
參、研習內容 .....	5
肆、心得與建議 .....	13
伍、參訪研習照片 .....	15

## 摘要

為加強高粱栽培及育種技術，前往印度國際半乾早熱帶作物研究中心(International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, ICRISAT)進行研習及交流，研習時間為2015年9月13日至9月19日，研習地點為位於印度海德拉巴(Hyderabad)附近的ICRISAT研究中心，主要參訪ICRISAT內研究單位及研習高粱育種技術。研習期間與該中心研究人員共同討論高粱育種方法及育種程序之建立，並了解高粱在印度的研究與產業發展。除高粱研究外亦參訪園區內其他雜糧作物研究室及作物田間栽培情況。研習期間，學習到高粱的去雄方法、雄不稔系統的判別及建立方法、雜交親本系統的建立及高粱的多樣性使用等。此外，國內畜牧業所需青貯料用量多，因此未來高粱育種目標除釀酒用途外，亦可考量培育牧草用高粱品種，可增加高粱多元性的應用範圍。

## 壹、 目的

金門酒廠股份有限公司(以下簡稱金酒公司)每年需約 5,600 萬公斤高粱原料進行釀造製酒，現今金門地區栽培高粱品種為本場早期育成之臺中 5 號，栽培面積約 2,000 公頃，產量達 400 萬~450 萬公斤，卻仍無法達到其需求量。同時金酒公司正尋找釀酒專用高粱品種來提高釀酒率及品質，故從 103 年起委託本場進行釀酒專用高粱品種育種試驗。釀酒高粱的特性主要應為高釀酒率、高釀酒品質及高產量等基本特性，臺灣目前無釀酒專用高粱可供金酒公司使用。

為因應金酒公司對釀酒高粱的需求，本場從 103 年度起重新進行釀酒高粱之育種計畫，期能選育出國產釀酒高粱品種供金酒公司使用。然而本場高粱育種試驗已多年未進行，且當前的研究人員均無高粱育種相關經驗，為增強高粱育種專業知識及取得新的高粱引種來源，安排至印度國際半乾早熱帶作物研究中心(International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, ICRISAT)進行參訪，期能藉由該研究中心豐富的高粱育種及栽培經驗及高粱種原介紹，提升本場高粱育種能量，獲得更好的成效。

## 貳、 行程

本次研習期間自民國 104 年 9 月 13 日至 9 月 19 日止共 7 天，行程日期、地點及研習主題等內容簡列如下表所示：

### 104 年度印度研習計畫預定行程

日期	地點	內容
9/13 (Sun.)	臺灣(Taiwan)→ 海德拉巴(Hyderabad)	臺灣→香港→海德拉巴。 (1)CX467, 15:20 (TPE)→17:10 (HKG). (2)CX649, 21:15 (HKG)→00:10 (HYD).
9/14 (Mon.)	海德拉巴(Hyderabad)→ 帕坦切魯(Patancheru)	1. 入住國際半乾早熱帶作物研究中心參訪學者宿舍。 2. 參訪研究中心內研究單位及田間作物。
9/15 (Tue.)	帕坦切魯	學習高粱育種及田間栽培技術。
9/16 (Wed.)	帕坦切魯	參訪園區內其他雜糧作物研究室及作物田間栽培情況。
9/17 (Thu.)	帕坦切魯	學習高粱育種及田間栽培技術。
9/18 (Fri.)	帕坦切魯→	學習高粱育種及田間栽培技術。
9/19 (Sat.)	海德拉巴→臺灣	海德拉巴→香港→臺灣。 (1)CX649,01:20(HYD)→09:15(HKG). (2)CX406,10:25(HKG)→12:20(TPE).

## 參、 研習內容

104 年 9 月 13 日(星期日)

由本場出發至桃園機場，於下午 15：20(PM)搭乘國泰航空班機 CX467 前往香港(HongKong)，並於晚上 21：15(PM)分轉乘國泰航空班機 CX649 前往印度海德拉巴 (Hyderabad)，印度時間晚上 00：10(AM)抵達，並於凌晨 01:00(AM)進住 ICRISAT 參訪人員宿舍。

104 年 9 月 14 日(星期一)

1. 拜會 ICRISAT 旱作穀物研究所主任 Dr. Stefania Grando 以及高粱育種研究室研究員 Dr. A Ashok Kumar，雙方洽談往後可合作的高粱育種方式及議題。
2. 參訪 ICRISAT Venture，由 Mr. Sm Karuppan Chetty 介紹研究中心的主要任務及研究主題。目前 ICRISAT 主要研究的五大作物分別為珍珠粟 (Pearl millet)、鷹嘴豆 (chickpea)、落花生 (groundnut)、高粱 (sorghum) 及樹豆 (pigeonpea)，研究任務包括種原收集、新品種育種、栽培技術及產品開發等。此外，ICRISAT 除作物育種及栽培研究外，其對乾旱、半乾旱氣候及土壤等栽培環境亦進行研究，如印度及非洲地區之土壤與氣候的分析與利用。Mr. Chetty 表示，世界上有許多的環境耕作條件並不理想，特別是非洲及印度地區。未來透過對栽培環境的研究與改善，以及栽培技術的改良，都可增加作物的產量及產值，進而改善農民生活。ICRISAT 至 2020 的目標為 a. 建立一個繁榮的、糧食安全的、適應性強的熱帶耕作環境，b. 幫助貧窮減半、飢餓減半、孩童營養不良減半。
3. 介紹 ICRISAT 策略及任務後，Mr. Chetty 引導我們至試驗田區參觀高粱、珍珠粟、落花生及樹豆的試驗田區。經 Mr. Chetty 表示研究中心共有 1,400 公頃土地，除了上述作物外，另有綠肥、蔬菜、玉米…等作物同時進行研究。
4. ICRISAT 非常注重栽培環境資源，尤其是水資源的利用，在 ICRISAT 栽培環境上，有許多人造池塘，於印度雨季時利用坡度引水至儲水池塘，用於儲存水再於旱季時使用。
5. 參觀 Agribusiness and Innovation Platform(AIP)，AIP 主要為訓練農民專業知識及技術，並協助農民創業成立公司，擴大農業產值。除此之外，該中心也協助開發農產品加工技術，增加農業

價值，如土壤介質、土壤改良劑、新型飼料...等眾多產品，並協助將這些加工產品技術移轉至各大公司，提高農產品使用率。此外，AIP 亦協助印度及非洲地區進行國際農業技術交流。

104 年 9 月 15 日

本日至 ICRISAT 高粱育種研究室，與 Dr. A Ashok Kumar 及其研究團隊進行小型座談，由 Dr. Kumar 介紹高粱在 ICRISAT 的發展。ICRISAT 在印度發展目標為建立高籽實產量、抗莖潛蠅的優良父母本品種、建立新的甜高粱品種、高生物產量(biomass)的親本及雜交種，除高產量的育種研究外，建立具有高營養元素的雜交種親本也是其育種目標。因為該研究中心所建立的高粱品種主要種植區域是在亞洲及非洲，所以育成品種也是分別針對亞洲地區進行雜交種育種，而在非洲地區則為進行開放授粉(OP)品種及雜交種育成。

高粱在印度育種研究主要目標是育成雄不稔品系(A、B lines)及恢復親品系(R lines)，目前在 ICRISAT 的種原基因庫裡已於世界約 90 個國家蒐集種原約 39,000 個登錄種(accessions)，其種原豐富的多樣性展現了世界上 80%以上的高粱品種特性，可提供了不同的性狀供育種者使用。在 ICRISAT 常見的育種方法有譜系法、回交育種法、族群增進法、分子輔助育種法以及雜交育種法。

經過多年的研究成果，ICRISAT 共育成具有抗穗腐病(grain mold)、露菌病(downy mildew)、碳疽病(anthraxnose)、葉枯病(leaf blight)、銹病(rust)，以及抗莖潛蠅(shoot fly)、螟蟲(stem borer)、癭蚊(midge)及椿象(head bug)的品種親本，此外，育成高籽實產量及甜高粱的恢復親本，以及高籽實產量及耐旱的雜交種親本。這些成果透過國際合作釋出 ICRISAT 的育成品種到其他國家栽培並獲得良好推廣。

除了育種研究外，在針對生物及非生物性壓力下，ICRISAT 有病蟲害研究團隊針對高粱外表型態進行有效監控。主要監控內容有莖潛蠅抗性監測、蚜蟲(aphid)監測及炭腐病監測(charcoal rot)，以便在病蟲害發生時得以早期防治，有效控制病蟲害發生。

ICRISAT 在高粱研究的未來目標有 1. 利用雜交親本性狀建立基因及細胞質多樣性。2. 從亞洲及非洲高粱的衍生種進行漸滲雜交，使高粱材料更具多樣性。3. 使高粱利用回交 ms3 建立雄不稔系統，以利育成雜交高粱品種。

104 年 9 月 16 日

1. 參訪分子育種研究實驗室(Mol. Breeding Research and Lab)，ICRISAT 在高粱種原及其資料收集非常完整豐富，包括 Recombinant Inbred Line(RIL)、Back-Cross derived Nested Association Mapping population 的建立。利用 New Generation Sequencing 建立不同 Genotype 的基因體序列資料，來進行 Germplasm characterization、Genome-Wide Association Studies(GWAS)、高粱 QTL 在高粱基因組的分布等相關研究。此外，ICRISAT 利用這些研究資料進行高粱的分子輔助選育，如抗莖潛蠅、耐旱(drought tolerance)的保綠(stay-green)品系，這些分子輔助選育出來的品種也已在非洲開始栽培。未來目標放在上述優良性狀的堆疊(QTL Pyramiding)以育成更優良的品種、高粱基因體 GWAS 及 Genomic selection。ICRISAT 的分子育種研究項目，除高粱外，也有樹豆、鷹嘴豆、珍珠粟、花生等作物，這些作物的基因組定序也大致完成，Maker resource 包括 SSR、SNP 都很豐富，合作對象遍及全世界。
2. 參訪生理研究實驗室，拜訪 Vincent Vadez 博士，Vadoz 開發一套 3D 影像掃描系統，利用遠紅外光掃描，這套系統可觀察作物植



冠生長，作物蒸散的情況，配合監測盆栽重量及灌溉用水，可了解不同品系植株或不同栽培情況下，作物的生長變化，相關資料除了可用來作為育種者參考外(如育成耐旱品種)，也可利用這套系統，模擬各種環境對作物生長的影響(包括未來氣候變化)。為儘量模擬作物在田間生長情況，在盆栽中鋪上一層塑膠珠，避免土壤的直接蒸散，並加上可移動式的遮雨篷，避免降雨影響試驗。Vincent Vadez 博士為這套系統起一個有趣的名字 LeasyScan，意指這套 laser 系統 easy to use。

3. 參訪植物檢疫研究室(Plant Quarantine Lab)，ICRISAT 的研究人員為進行高粱病蟲害研究，田間栽培易感病及具抗性的高粱品種並進行調查，這些調查至少需要經過兩季的栽培試驗以確認品種對病害的抗感性，由於本次參訪時間點適值印度 5-9 月的雨季，正進行高粱葉斑病(leaf spot)的調查，而銹病則是在下一季進行。蟲害主要針對莖潛蠅、螟蟲進行研究，參觀地點栽培的高粱品種包括各種不同抗莖潛蠅的高粱品種。

104 年 9 月 17 日

本日至高粱育種研究室與 Dr. Kumar 及其研究團隊進行小型座談，Dr. Kumar 介紹其研究室目前進行的高粱育種，主要為牧草用高粱。

進行牧草用高粱研究的理由如下:1. 在乾旱或嚴酷環境下，玉米無法種植時，高粱是個很好的牧草作物。2. 在不同的栽培系統上，高粱因為短的栽培期相當適合。3. 高粱對水及肥料敏感。4. 在面對氣候變遷的問題上，高粱適應良好。此外高粱是普遍性快速生長的作物，其莖葉豐富營養且多汁可當作草料及青芻料，適合牛、羊等畜牧用，因此高粱目前用於青貯料、乾草或直接青草餵食，在印度已接近五百萬公頃的栽培面積。

高粱作牧草使用的潛力為其株高達 3~4 公尺高，可產生大量的植體，為高生物產量之作物。2009 年在印度已超過 254,000 英畝土地種植高粱當牧草用，每英畝生產 13.7 噸的青草料，比玉米成本更低，且更能適應乾燥及貧脊土壤等環境氣候，所以牧草用的高粱作為動物飼料非常有潛力。

印度為了因應城市化、現代經濟化成長必須靠牲畜業革新來提升伴隨著經濟成長，牲畜的需求增加連帶著牧草的需要量增加，因此牧草用高粱的需求也增加，且用種子來栽培牧草更方便。

因應牧草用高粱的高需求性，Dr. Kumar 高粱育種研究室目前專注於牧草用高粱育種，牧草用高粱所需要的性狀：包括生長快速、高飼料產量(生物產量)、高再生潛力(分蘖、細桿)、高品質(高蛋白質及甜莖桿)、高消化性(bmr 及低木質素)、高病害蟲害抗性、低 HCN 含量、耐乾旱及種子生產容易。所以在其牧草用高粱的研究中，重視高分蘖性的高粱族群，且須具有堅固的莖部以及抗葉蟎(foliar)蟲害、甜高粱品種以及細桿性狀之高粱品種，此外針對印度特殊的雨、旱季分明的氣候條件，雨季前可進行栽培的高粱品種改良(抗乾旱、高生物產量)，以及針對病蟲害防治所進行的抗螟蟲及莖潛蠅抗性品種，都是其育種研究重點。

ICRISAT 在高粱育種研究的優勢有：1. 有大量的親本(750 以上的 A、B lines 及 900 以上的 R lines) 的育種材料，所以有大量的特殊性狀可供作育種選擇，且已釋出 268 個栽培種至 44 個國家供作研究及栽培使用。2. 訓練紮實及技術先進的研究團隊，具有田間實作的專業性。3. 除了育種及栽培的高粱育種研究室外，ICRISAT 內的生理研究實驗室及植物檢疫研究室針對生物及非生物環境的完美監測工作，末端有 Agribusiness and Innovation Platform(AIP)進行農民栽培技術訓練、產品開發、廠商媒介等工作。另外，在國際研究上具有堅強的夥伴陣容，專注在主要研究的所有價值。

該育種研究室所用的育種方法為傳統的育種法中的譜系法 (pedigree) 及回交法 (backcross)，也以分子輔助育種輔助回交品系的建立。其程序為先行建立高粱 A, B lines 以及 R lines 作為親本，之後再針對各親本間的組合力建立雜交品種。

ICRISAT 高粱育種研究室進行牧草用高粱的品種育種，目前主要研究有甜高粱品種、高生物產量高粱品種及 bmr 高粱品種。

1. 甜高粱品種具有多用途性，可作食物、飼料、草料及能源使用。  
甜高粱莖部汁液甜度為 15~23 度，每公頃可收穫 30~50 噸的新鮮植株。
2. 高生物產量高粱：具快速生長特性，短期即可收穫，且具高產特性，每公頃產量高達 25-40 噸，除此之外，亦可作食物、飼料草料及能源生質燃料等多用途。
3. 棕色中脈 bmr 高粱，為一種經化學誘變產生的突變體有著棕色的葉脈改變了木質素含量，細胞壁構造產生變化，具有優越的牧草品質。導入 bmr 性狀至甜高粱或生物產量高粱可提高其作為生物能源作物、及作飼料用之生物產量。
4. ICRISAT-ILRI 研究發現，高桿基因型及生長期長的基因型有著較好的消化特性及較少的中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) (飼料在中性洗劑無法溶解的部分稱為中洗纖維 (Neutral detergent fiber, NDF))。NDF 可估計細胞壁的量；包含木質素、纖維素、半纖維素。酸性洗劑可溶解半纖維素 (較易於消化) 而殘留木質素 (不被消化) 及纖維素，而這些殘留稱之為酸洗纖維 (Acid detergent fiber, ADF)。乾草的莖部分中，高的葉片數目與高的消化及低的 NDF 有相關。乾草莖部的糖含量與消化性呈正相關於，但與 NDF 負相關。

104 年 9 月 18 日

與該研究中心高粱育種研究室之研究人員進行田間實習。Dr. Kumar 介紹目前田間栽培之育種材料及品系，主要為牧草用高粱品種系及高產種子型品種系，同時甜高粱品種系也是育種重點。田間操作部分針對高粱去雄作業，雄不稔系統判別及利用，以及高粱病蟲害田間檢定等作業進行介紹，並實際操作高粱去雄作業及雜交授粉作業。

晚上至印度海德拉巴 (Hyderabad) 機場，並於凌晨搭乘國泰航空 CX649 班機至香港，再由香港轉機返台。

104 年 9 月 19 日

於下午 2 時 40 分抵達桃園國際機場，隨後搭車返回臺中區農業改良場。

## 肆、心得與建議

本計畫執行期間，到 ICRISAT 參訪了許多研究單位，深感有許多值得我方學習之處，本次參訪之心得及建議如下：

1. ICRISAT 是個國際研究機構，主要研究耐乾旱作物種類及種植區域，涉及到亞洲及非洲等廣大地區，並不侷限於印度當地農業環境，因此面臨的環境氣候挑戰亦是龐大，故 ICRISAT 非常注重不同研究機關(構)間的連結與合作，國際研討會及跨機構間的小型研討會舉辦 非常頻繁，在本次訪問期程中，同時有其他國家的研究學者正在 ICRISAT 進行訪問研究。ICRISAT 的研究人員對其他國家機關研究人員的拜訪及交流，也是熱心的給予協助及指導。
2. 由於 ICRISAT 主要研究作物議題是面對饑荒的國家，面臨不適合耕作地區的半乾旱甚至是全乾旱的氣候環境，進而挑戰不良環境的適應性及其作物產量，所以針對耕作環境的改善非常重視，例如利用斜坡導水原理將雨季大量的降雨導入至儲水池中，可供應至乾旱季節時所需要的用水。另外，對環境及病蟲害的精準監控也是發展重點，講求資源運用的精準性是發展的目標。ICRISAT 對農民訓練及農產業的培養也是不遺餘力，經常舉辦農民農業栽培技術課程講習訓練，以及協助農產業開發農副產品，藉此提高農民及農產業之競爭力。
3. 亞洲許多國家大幅經濟成長，民眾食肉的比例提升，因此，牧草用及飼料用的作物需求亦大量提升，為因應此產業問題，ICRISAT 近年來投入大量研究於牧草用高粱及甜高粱的品種開發，並已育成許多品種。進行作物育種，最重要的起始問題就是種原收集，ICRISAT 針對世界各地收集近 4 萬個高粱種原材料，因此當面對新的育種方向，可快速從種原庫取得育種材料來進行育種研究。因此，種原庫的建立與完善的保存環境及管理制度也是非常重要。
4. ICRISAT 的研究分工非常的明確，不同作物有不同的育種研究室

進行專精的育種研究，例如高粱育種研究室、花生育種研究室、樹豆育種研究室…等等，此外，針對病害、蟲害、生理檢測、種原保存、生物技術、畜產飼料等重要議題亦有其相對的研究室及研究員。除不同領域的分工明確外，不同研究室的合作也非常密切，例如高粱病蟲害的研究與育成抗病蟲害的品種亦在同一田區進行，達到分工合作以獲得最高效率之成果。

5. 本次研習重點為學習高粱育種方法，透過與 ICRISAT 的高粱育種研究團隊進行學術座談，除了解印度目前高粱育種的趨勢發展外，更學習了建立高粱親本 A lines、B lines 及 R lines 的育種流程。田間實作部分，針對雄不稔系統的判別，與雜交親本的去雄作業，經過田間實質的操作，能加強國內高粱育種能力。ICRISAT 針對高粱病蟲害抗性品種、牧草用品種及種子內高微量元素的品種育成，亦可作為國內進行高粱育種方向之考量。在引種方面，透過 ICRISAT 網路登錄，備齊相關引種資料，與 ICRISAT 進行引種合作試驗。將來如有相關研討會，更可邀請 ICRISAT 研究專家來臺進行研討及交流。

## 伍、參訪研習照片

	
<p>ICRISAT 五大主要研究作物，珍珠粟、鷹嘴豆、落花生、高粱及樹豆種子展示。</p>	<p>土壤質地分類及研究，針對作物種類於不同環境進行適地適栽。</p>
	
<p>ICRISAT 的願景、任務及研究</p>	<p>珍珠粟試驗栽培情況，林雲康助研員與 Mr. Cheety 合影。</p>
	
<p>落花生試驗栽培情況</p>	<p>樹豆試驗栽培情況</p>



高粱試驗栽培情況，工作人員進行人工趕鳥作業。



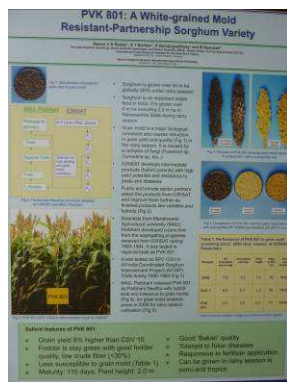
印度建造池塘，並於雨季時利用坡度引水進池塘進行儲水用。



印度人造池塘儲水供旱季時使用。



參訪 AIP，並與 Mr. S. M. Karuppan Chetty(Chief Operating Officer, COO)及 Mr. Jonathan Philroy(Deputy Manager)合影。



高粱新品種育成：抗穗腐病 (grained mold resistant) 之白高粱品種。



高粱新品種育成：籽實高產量品種。





不同穗形及種子形之高梁品種。



準備進行雜交育種作業之高梁材料。



環境控制系統-防降雨之控制系統。



環境監測系統-雨量監測系統



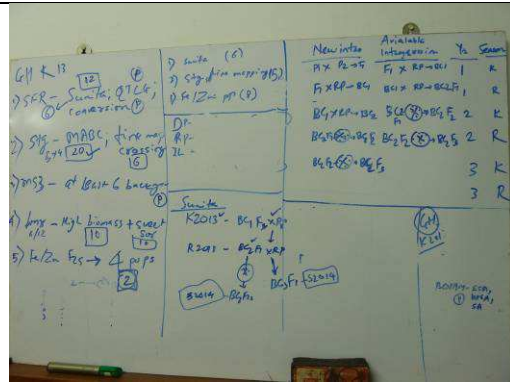
作物監測系統-監測作物外表型態。



作物監測系統-水分含量控制系統



與 ICRISAT 高粱育種人員 Dr. Kumar 及其研究助理合影。



高粱育種小型座談會-高粱育種程序



高粱田間實作-辨別雄不稔系統。



高粱去雄作業。



高粱田間實作-雜交授粉套袋 1。



高粱田間實作-雜交授粉套袋 2。