

出國報告〈出國類別：考察〉

赴印度國際半乾旱熱帶作物研究中心
(ICRISAT)

參訪耐旱作物栽培及育種概況

服務機關：行政院農業委員會臺東區農業改良場

姓名職稱：陳副研究員振義

派赴國家：印度

出國期間：102年12月8日至102年12月14日

報告日期：103年1月28日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴印度國際半乾旱熱帶作物研究中心(ICRISAT)參訪耐旱作物栽培及育
種概況

頁數：19 含附件：否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

農委會臺東區農業改良場/陳清淮/089-325110 轉 510

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳振義/農委會臺東區農業改良場/作物改良課 /副研究員/089-325110 轉 650

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他：

出國期間：102 年 12 月 08 日 102 年 12 月 14 日 出國地區：印度

報告日期：103 年 1 月 28 日

分類號/目：

關鍵詞：國際半乾旱作物研究中心、耐旱、小米、珍珠粟、樹豆、開發

摘要

印度國際半乾旱熱帶作物研究中心 (ICRISAT) 是一個非營利性、非政治性組織，也是國際農業研究磋商聯盟(CGIAR)的成員之一，在亞洲和非洲撒哈拉以南與世界各地合作夥伴進行廣泛的農業發展研究。該中心以“減少乾旱熱帶地區人民的貧困、飢餓、營養不良和環境惡化”為使命，專注於六大“任務作物”(mandate crops)，包括鷹嘴豆、木豆(樹豆)、花生，珍珠粟、高粱和小米等重要作物之栽培及育種工作。在熱帶乾旱與半乾旱地區最令人不安的統計數字是兒童營養不良率很高，約有 42% 的半旱地地區和旱地非洲 27% 的兒童營養不良；然而這些鷹嘴豆、樹豆和花生等作物，在非洲撒哈拉以南等地區共計數億窮人，每日提供 60% 以上蛋白質的攝取量，這些富含蛋白質的食物，可平衡專以穀類為主食的最好資源，並且可以改善貧困人口的營養，尤其是兒童和婦女。印度國際半乾旱熱帶作物研究中心之種原庫，目前總共蒐集來自 144 個國家、超過 12 萬個種質，為世界上重要的種原基因庫之一，該種原庫除持續觀察、記錄不同栽培地區重要作物多個數量性狀之調查外，並針對部分作物分子標誌進行核心集團(約占所有收集系的 10%) 的建置，以增益種質之檢索利用，亦有針對鷹嘴豆、木豆(樹豆)、花生，珍珠粟、高粱和小米等耐旱作物之育種及栽培技術之改進，增加產量，改善旱地居民的生活等具有莫大之貢獻，其試驗方法及經驗結果皆具參考價值。

目次

壹、目的.....	2
貳、參訪行程.....	4
參、參訪及交流過程.....	5
肆、心得與建議.....	16
伍、附錄：參訪照片.....	17
陸、致謝.....	19

壹、目的

印度國際半乾旱熱帶作物研究中心 (ICRISAT)，在亞洲和非洲撒哈拉以南與世界各地合作夥伴進行廣泛的農業發展研究，該中心以“減少乾旱熱帶地區人民的貧困、飢餓、營養不良和環境惡化”為使命，專注於六大“任務作物” (mandate crops)，包括鷹嘴豆、木豆 (樹豆)、花生，珍珠粟、高粱和小米等重要作物之栽培及育種工作。這些作物在非洲撒哈拉以南等地區共計數億窮人，每日提供 60% 以上蛋白質的攝取量，這些富含蛋白質的食物，可平衡專以穀類為主食的最好資源，並且可以改善貧困人口的營養。本次考察主要目的為拜訪 ICRISAT 進行耐旱作物栽培及瞭解目前相關作物之育種概況，將來提供本場試驗研究之參考。

鷹嘴豆是印度和巴基斯坦的重要的蔬菜之一，在歐洲食用鷹嘴豆也十分普遍，也是常用藥材。因種子形狀奇特，尖如鷹嘴，故稱此名。鷹嘴豆的澱粉具有板栗香味，鷹嘴豆粉加上奶粉製成豆乳粉，易於吸收消化，是嬰兒和老年人的營養食品。珍珠粟別名蠟燭稗、禦穀、非洲粟。原產地為印度和西北非洲，主要為糧食用。多數品種蛋白質含量比小麥、水稻、玉米和高粱都高，一般平均為 16%。將珍珠粟磨成粉或濕磨成糊，可製做成餅或麵包以及其他形式的糕點。其植株莖稈可作為牲畜飼料、燃料或草房的建築材料，珍珠粟在印度地區傳統的利用上為烘烤用，亦為嬰兒斷奶後的最佳食物。

小米為粟類 (Millet) 之一種，一般慣稱目前栽植之狐尾粟 (Foxtail millet) 為小米，英文名除了狐尾粟之稱外，尚有義大利粟 (Italic millet) 之稱。小米為一年生禾本科粟屬植物，在溫帶和熱帶地區都可生長，在亞洲，歐洲，北美洲，澳洲，和非洲地區，用於糧食或飼料。狐尾粟 (Foxtail millet) 屬全世界約有 150 種，廣泛分佈於熱帶和溫帶地區，是一個重要的糧食作物，在亞洲國家用於作為人類主食，在歐洲亦為餵養動物的飼料，扮演重要的角色，是史前時代中國北部重要的糧食作物，目前也廣泛種植在日本、東南亞和東歐。

小米為臺東地區原住民傳統特色作物，也是臺灣原住民族最古老之食用作物，其栽培歷史悠久，亦被視為最神聖的作物，具有宗教及文化上的重要性，在原住民部落裡所有農耕儀式和豐年祭都與小米有關，而小米酒更是各族豐年祭不可或缺的祭品。臺灣早期小米可能隨移民自大陸引進，因中國大陸為小米主要生產國，占亞洲 90%，印度、韓國、日本等亦有 7.1%。臺灣小米生產面積在民國 50 年時曾

達 6,000 公頃，70 年代後由於糧食作物品種改良成效豐碩，農業機械普及化，需耗費人工生產成本的小米栽培面積也因此逐年減少，至今小米栽培面積約 173 公頃，以臺東縣最多，屏東縣次之，再其次為高雄市、宜蘭縣及花蓮縣。

數千年前在中國、日本、東印度諸島即有小米的栽培。德國探險家曾在阿富汗發現小米形態有很大變異，最近利用歐、亞種原雜交很多品系，調查後代花粉不稔程度，均認為阿富汗至印度間可能有一馴化中心。包括小米之粟類作物曾養活地球三分之一人口，甚至於到 1970 年仍為中國大陸、日本、韓國、東印度及高加索地區人民之食物，尤其是在乾燥、貧脊地區具有其重要性。

臺灣小米栽培地區大多是位於山坡地，大多屬於看天田，水源缺乏，山坡地土壤較為貧瘠，春作(2 月-6 月)後期，小米於黃熟期時因遇到梅雨季節而發生穗上發芽，影響產量甚大，因此，亟需要蒐集耐旱、早熟的品種來改善。通常具高產潛力的品種在輕微的不利環境下仍可保有相對耐受性，但在強烈的缺水逆境下則無法保證期產量，因此傳統之收穫指數已不適用缺水環境下之高產品種選育。目前針對高產與耐旱特性之選育策略相關研究指出，早期生長勢旺盛為有效之選拔策略，而種子活性、芽鞘長度則為早期生長勢之參考指標之一。

綜合上述，本計畫為配合農委會 102 年開始推動調整耕作制度活化農地計畫、降低國內糧食進口量、提升自給率及提供國人糧食多元化產品，並配合推動「臺東地區有機樂活產業廊道之建構計畫」，推廣有機農業以提升地區產業競爭力。小米屬於全穀食物，本身所具備之優良營養保健價值，相當值得進行開發利用。本次主要目的為實際訪察印度國際半乾旱熱帶作物研究中心(International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics ; ICRISAT)，對於耐旱作物珍珠粟、鷹嘴豆及樹豆的研究環境、品種開發狀況與未來展望進行參訪，作為本場新興作物之推廣、改良育種及開發新產品之參考。

貳、參訪行程

日期	起迄地點	參訪行程
2013/12/08 (星期日)	臺灣高雄機場－香港國際機場。	搭乘 19：05 港龍航空班機 CX6761，20：35 抵達香港國際機場。香港國際機場搭乘 22：35 國泰航空班機 CX649，12/09 日凌晨 02：00 至印度海德拉巴機場。
2013/12/09 (星期一)	1.香港國際機場－印度海德拉巴機場。 2.印度海德拉巴機場-國際半乾旱熱帶作物研究中心(ICRISAT)	1.凌晨 02：00 至印度海德拉巴機場。 2.拜訪 ICRISAT 作物研究中心副主任 Dr. CLL Gowda。 3.參觀 ICRISAT 作物研究中心四周環境。
2013/12/10 (星期二)	參訪 ICRISAT-穀類研究中心 Dr. SK Gupta	1.拜訪 ICRISAT 穀類研究中心珍珠粟計畫主持人 Dr. SK Gupta。 2.研習珍珠粟耐旱育種選拔、栽培及品種保存等相關技術及經驗交流。
2013/12/11 (星期三)	參訪 ICRISAT-豆類研究中心 Dr. KB. Saxena	1.拜訪 ICRISAT 豆類研究中心樹豆育種主持人 Dr. KB. Saxena。 2.研習樹豆耐旱育種選拔、栽培及品種保存等相關技術及經驗交流。
2013/12/12 (星期四)	參訪 ICRISAT-農業教育資訊推廣中心 Ms Prasanti Pradhan	拜訪 ICRISAT 農業教育資訊推廣中心主持人 Ms Prasanti Pradhan 及經驗交流。
2013/12/13 (星期五)	參訪印度海德拉巴城市-小米、樹豆販售傳統市場。	參訪印度海德拉巴城市附近，考察傳統市場小米、樹豆等相關產品開發及販賣情形。
2013/12/14 (星期六)	印度海德拉巴機場-香港國際機場-臺灣高雄機場。	印度海德拉巴機場搭乘 03：30國泰航空班機CX646，11：00抵達香港國際機場。12：40 香港國際機場搭乘港龍航空班機 CX6754，14：05至高雄機場。

參、參訪及交流過程

本次在「印度 ICRISAT 耐旱作物栽培及育種概況」的考察行程共計 7 天，其過程說明如下：

一、國際半乾旱熱帶作物研究中心 (ICRISAT) 簡介

國際半乾旱熱帶作物研究所總部設在印度海得拉巴、安得拉邦，在非洲撒哈拉以南的兩個區域中心和四個國家設有辦事處。ICRISAT 是一個非營利性、非政治性組織，也是國際農業研究磋商聯盟(CGIAR) 的成員之一，在亞洲和非洲撒哈拉以南與世界各地合作夥伴進行廣泛的農業發展研究。該中心以“減少乾旱熱帶地區人民的貧困、飢餓、營養不良和環境惡化”為使命，專注於六大“任務作物”(mandate crops)，包括鷹嘴豆、木豆(樹豆)、花生，珍珠粟、高粱和小米。在熱帶乾旱地區最令人不安的統計數字是兒童營養不良率很高，約有 42% 的半乾旱地區和旱地非洲 27% 的兒童營養不良；然而鷹嘴豆，木豆和花生等作物，對在非洲撒哈拉以南的部分地區之數億窮人，每日提供 60% 以上蛋白質的攝取量，這些富含蛋白質的食物，可平衡專以穀類為主食的最好資源，可以改善貧困人口的營養，尤其是兒童和婦女。

在 55 個國家中面積共有 650 萬平方公里，處於半乾旱或乾旱熱帶地區，人口超過 20 億，而其中約 6.44 億是窮人中的窮人。ICRISAT 和其合作夥伴協助加強這些窮人，透過更好的農業生產技術來戰勝貧困、飢餓和環境退化。ICRISAT 是國際農業研究磋商聯盟 (CGIAR) 的成員之一；農業研究磋商組織是一個全球性的農業科技與研究夥伴關係及維繫著食品安全的未來，CGIAR 它是由 15 個研究中心、數百個夥伴組織一起共同合作的國際農業研究磋商聯盟。

多年來 ICRISAT 進行旱地農業、保護環境的研究一直被視為悲觀和絕望。熱帶乾旱地區通常被看作是資源貧乏和常遭受環境衝擊，如常年乾旱的困擾、貧困和飢餓以及需依賴外部援助的乾旱國家。ICRISAT 挑戰這個悲觀的看法，在亞洲和非洲撒哈拉以南地區與多樣化的合作夥伴共同努力逾 40 年，ICRISAT 已經發現，旱地農民的巧妙和機智，透過充分應用與適當的政策、行銷及其他支援服務科學創新，即能夠增加他們的作物產量和收入好幾倍，同時提高土地和種植的恢復能力。因此，在熱帶乾旱地區可以帶來繁榮。ICRISAT 主要目的在於建構一個

繁榮的、食品安全、有彈性乾旱熱帶地區，為了實現這一目標，ICRISAT 的使命就是減少乾旱熱帶地區的人民的貧困，飢餓，營養不良和環境退化，ICRISAT 做法是建立透過夥伴關係為基礎的國際農業研究以促進整體區域發展，並實現科學與人性的尊嚴 (Science with a human face)。

二、拜訪 ICRISAT 研究中心副主任 Dr. CLL Gowda 及全球鷹嘴豆產業概況：

Dr. CLL Gowda 為 ICRISAT 研究中心的副主任，本次參訪行程都是由他與 Dr. Prasad 安排，事前以 e-mail 方式透過他促成這次印度的參訪，承蒙 Dr. Gowda 副主任的重視與安排，得以順利完成參訪。Dr. Gowda 為 chickpea (鷹嘴豆) 育種專家，專長在於 chickpea 的育種及品種改良，是 ICRISAT 元老級的研究人員，他在 ICRISAT 從基層做起，為人和藹親切，畢生投入 chickpea 的育種及品種改良工作。

鷹嘴豆，又名桃爾豆、雞豆、雞心豆等，是世界上栽培最早的豆類作物，大約在 7,500 年前的鷹嘴豆遺跡在中東被發現，主要栽培地區有印度、孟加拉國、巴基斯坦、埃塞俄比亞、墨西哥和伊朗。鷹嘴豆是印度和巴基斯坦的重要的蔬菜之一，在歐洲食用鷹嘴豆也十分普遍，也是常用藥材。因種子形狀奇特，尖如鷹嘴，故稱此名。鷹嘴豆的澱粉具有板栗香味，鷹嘴豆粉加上奶粉製成豆乳粉，易於吸收消化，是嬰兒和老年人的營養食品，鷹嘴豆還可以做成各種點心和油炸豆，籽粒可做利尿劑、催奶劑、可治療失眠，預防皮膚病和防治肝膽病；另外，鷹嘴豆澱粉可廣泛用於造紙工業和紡織工業。

鷹嘴豆屬於高營養豆類植物，富含多種植物蛋白和多種胺基酸、維生素、粗纖維及鈣、鎂、鐵等成份，其中純蛋白質含量高達 28% 以上，脂肪 5%，碳水化合物 61%，纖維 4-6%，鷹嘴豆含有 10 多種胺基酸，其中人體必需的 8 種胺基酸全部具備，而且含量比燕麥還要高出 2 倍以上。籽粒作為主食或甜食，也可炒熟食用，也可製作罐頭或蜜餞等風味小吃，鮮豆做菜也可生吃。廣泛適用於蒸、煮、炒或泡湯，是糖尿病、高血壓和腎虛體弱者理想的健康食品。



圖 1. ICRISAT 試驗田鷹嘴豆生長情形(左圖)及其成熟種子(右圖)

鷹嘴豆為自花授粉作物 (圖 1) ，其染色體為二倍體 ($2N = 2X = 16$) ，基因組的大小為 740 MBP，是世界上第三大最重要的食用豆類。目前栽培面積約 1,150 萬公頃，占發展中國家面積的作物面積 96%。在過去的 30 年鷹嘴豆產量增加從 650 萬噸 (1978-1980 年平均值) 至 960 萬噸 (2007-2009 年平均值)，單位面積產量由 630 公斤/公頃增加至 850 公斤/公頃。南亞及東南亞地區占了大約 81% 的全球鷹嘴豆的生產量，與印度成為主要鷹嘴豆生產國 (占市場 84%)。栽培面積 1978 年至 1980 年從 910 萬公頃，到 2007-2009 年的栽培面積增加至 950 萬公頃，單位面積產量從 610 提高至 800 公斤/公頃，增加了 27%，增加糧食供給量從 5.6 億噸增加至 7.7 億噸。ICRISAT 對於鷹嘴豆的育成共有 77 個品種，已分別推廣在不同的國家 - 印度 (34)，埃塞俄比亞 (10)，孟加拉國 (6)，緬甸 (6)，肯尼亞 (5)，坦桑尼亞 (4)，蘇丹 (4)，尼泊爾 (4)，澳大利亞 (2) 巴基斯坦 (1) 及美國 (1)。

ICRISAT 所育成的鷹嘴豆品種從 2008-2009 年期間的栽培面積在緬甸超過 80%，因為採用改良品種，導致栽培面積和生產力大幅增加。在過去的十年中 (1999/2000 至 2008/2009)，鷹嘴豆的產量在緬甸增加了 4.7 倍 (從 84,000 至 398,000 千噸)，由於面積增加 (從 129,000 到 282,000 公頃) 和產量 (從 650 到 1,415 公斤/公頃)。因此，緬甸已成為鷹嘴豆的重要出口國。由此可見，鷹嘴豆在印度、南亞及東南亞地區已成為重要的糧食作物。

三、穀類研究中心珍珠粟研習：

該項計畫主持人為 Dr. SK Gupta，在 ICRISAT 研究中心算是年輕一輩的研究人員，他在穀類研究中心負責珍珠粟的育種及改良工作，為人好客，從事珍珠粟的研究工作已有 14 年，小米因於到訪前 2 個月已採收，故沒有安排相關行程。

其指導教授 Dr. KN Rai 亦是珍珠粟國際級的專家，兩人的熱情招呼，令人印象深刻。

珍珠粟別名蠟燭稗、禦穀、非洲粟。原產地為印度和西北非洲，主要為糧食用。珍珠粟脫粒後籽粒蛋白質的含量約為 8.3~20.9%，多數品種蛋白質含量比小麥、水稻、玉米和高粱都高，一般平均為 16%。將珍珠粟磨成粉或濕磨成糊，可製做成餅或麵包以及其他形式的糕點。其植株莖稈可作為牲畜飼料、燃料或草房的建築材料，種子亦作為家禽和牲畜飼料或填充劑用。珍珠粟能適應在高鹽度的或酸性的土壤，如沙漠，佔有很重要的地位。珍珠粟具耐旱性，是很多乾燥地區貧窮農民生存離不開的重要作物。

珍珠粟在西非、中非地區包括：尼日爾、奈及利亞、馬里、布基納法索等國家栽培面積約 1,500 萬公頃、在南亞印度栽培面積約 1,000 萬公頃、在東非、南非地區包括：蘇丹、坦桑尼亞、埃塞俄比亞、厄立特里亞等國家栽培面積約 300 萬公頃(如圖 2)。

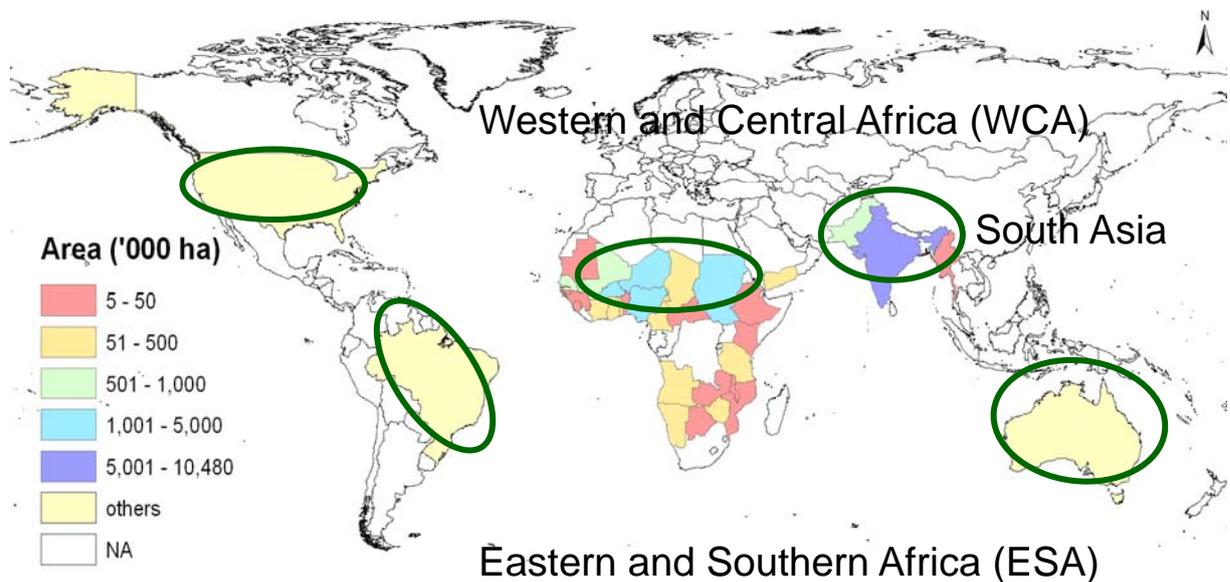


圖 2. 珍珠粟在非洲、南亞地區各國栽培分布圖

在印度珍珠粟栽培地區依年雨量多寡分為三大區域：A1 區年雨量在 400 公釐以下地區，包括：拉賈斯坦邦、古吉拉特邦和哈里亞納邦；A 區年雨量在 400 公釐以下地區，包括：卡萊、瓜里爾、齋浦爾；B 區為印度中南部地區(如圖 3)。

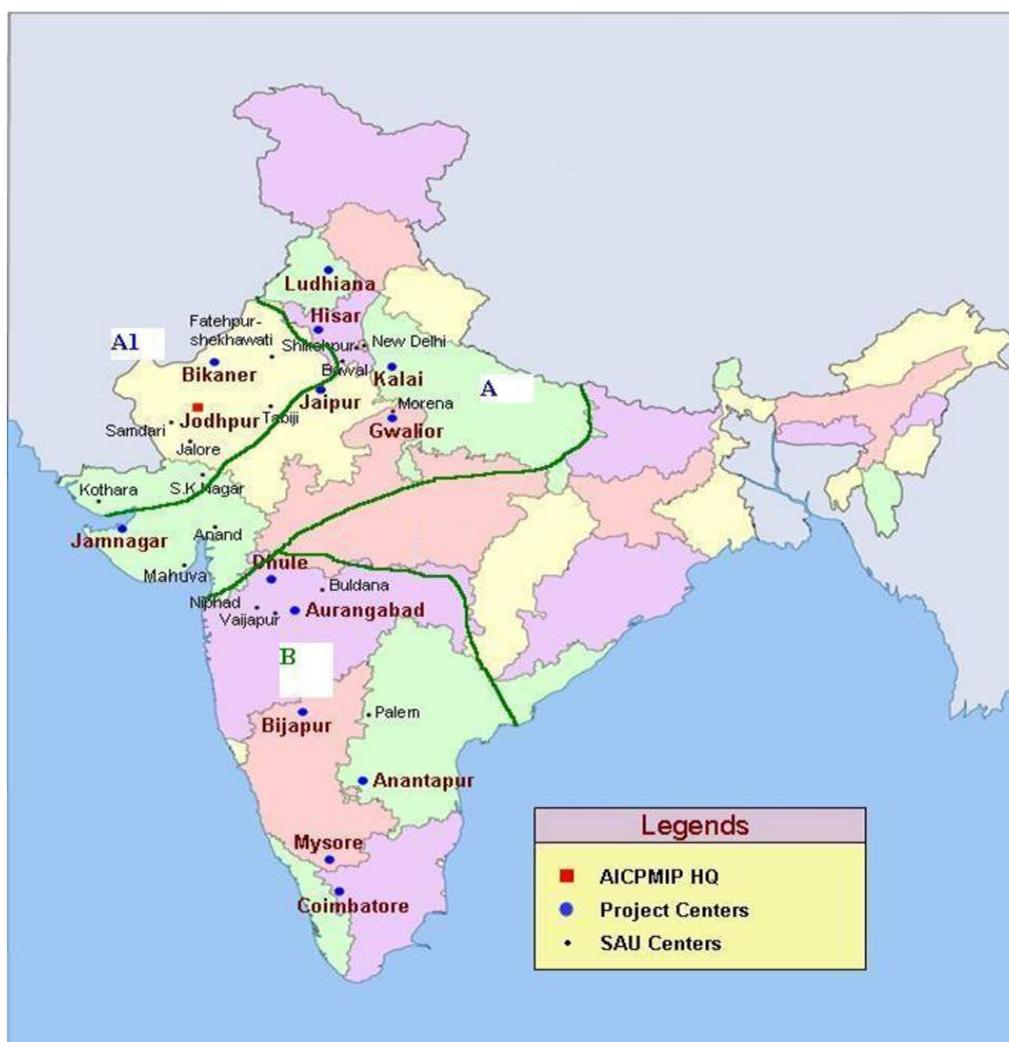


圖 3. 珍珠粟在印度重要栽培區域分布圖

珍珠粟屬於短日照作物，生長條件並不苛刻，年雨量約 250-400mm、生長溫度 10-45°C 皆可生長，但最適溫度為 33-35°C。珍珠粟除了容易積水、堅硬的土壤及含鹽分高的土壤不利於發芽外，皆可以生長在所有類型的土壤中。珍珠粟為耐旱性作物，幼苗期的耐熱性高，可以生長在土壤表面溫度 62°C 的環境下，具生殖耐熱性，種子儲藏在 46°C 的環境下仍可發芽，耐低溫，發芽溫度 8-10°C，在 10°C 的環境下仍可開花；對於土壤耐酸性、耐鹽性高，適合於低產能及土壤退化的環境栽培。生長期短，為 75-85 天，每穗約有 2,000 個以上種子數(圖 4)，至於病蟲害則很少發生。



圖 4. 珍珠粟脫粒後種子(左圖)及植株生長情形(右圖)

珍珠粟植株可當作牛（乳牛、黃牛、水牛）及禽畜飼料，一般栽培產量，在西非、中非地區的國家如：馬里、尼日爾、奈及利亞分別為 720 Kg/ha、407 Kg/ha 及 993 Kg/ha；南亞地區如：拉賈斯坦邦、哈里亞納邦、古吉拉特邦分別為 760 Kg/ha、1,540 Kg/ha 及 1,067 Kg/ha(如下表)。

Country	Crop yield (Kg/ha)
WCA	
Mali	720
Niger	407
Nigeria	993
SA	
Rajasthan	760
Haryana	1,540
Gujarat	1,067

ICRISAT 作物研究中心的使命就是減少乾旱熱帶地區的人民的貧困、飢餓、營養不良和環境退化，因此，進行旱地作物之耐旱試驗為重要的育種試驗。研究人員在溫室內，利用控制的給水量測試不同耐旱作物對乾旱的耐受性，並且在耐

旱性佳的品系中篩選優良品系，經過篩選後再移出旱地試驗，選拔出具耐旱、高產、質優的品種，提供旱地農民種植(圖 5)。



圖 5. ICRISAT 溫室內進行各種旱地作物之耐旱性試驗

珍珠粟在印度地區傳統的利用上為烘烤用，亦為嬰兒斷奶後的最佳食物，可以作為各式各樣膨發食品、保健食品及飲料等，為印度一般民眾最重要的糧食之一(圖 6)。



圖 6. 在印度市場上常見珍珠粟製作成各式各樣的膨發食品

四、豆類研究中心樹豆研習：

該項作物由資深研究員 Dr. KB Saxena 主持，負責樹豆的育種及改良工作已長達 30 餘年，預計 2014 年 1 月 31 日退休。Dr. KB Saxena 是一位國際級的樹豆資深研究員，育成樹豆品種約有 40 餘種。

在 Dr. KB Saxena 報告指出，樹豆 (Pigeonpea) 是異花授粉 (20-70%) 作物，染色體數目為 $2n = 2X = 22$ ，基因組的大小為 858 MBP。自 1976 年以來，樹豆的面積增加了 7%。全世界樹豆栽培面積約 520 萬公頃，主要分布在亞洲、非洲東部和南部、拉丁美洲和加勒比海等國家。在亞洲，樹豆栽培面積約 433 萬公頃，產量為 380 萬噸 (圖 7)。

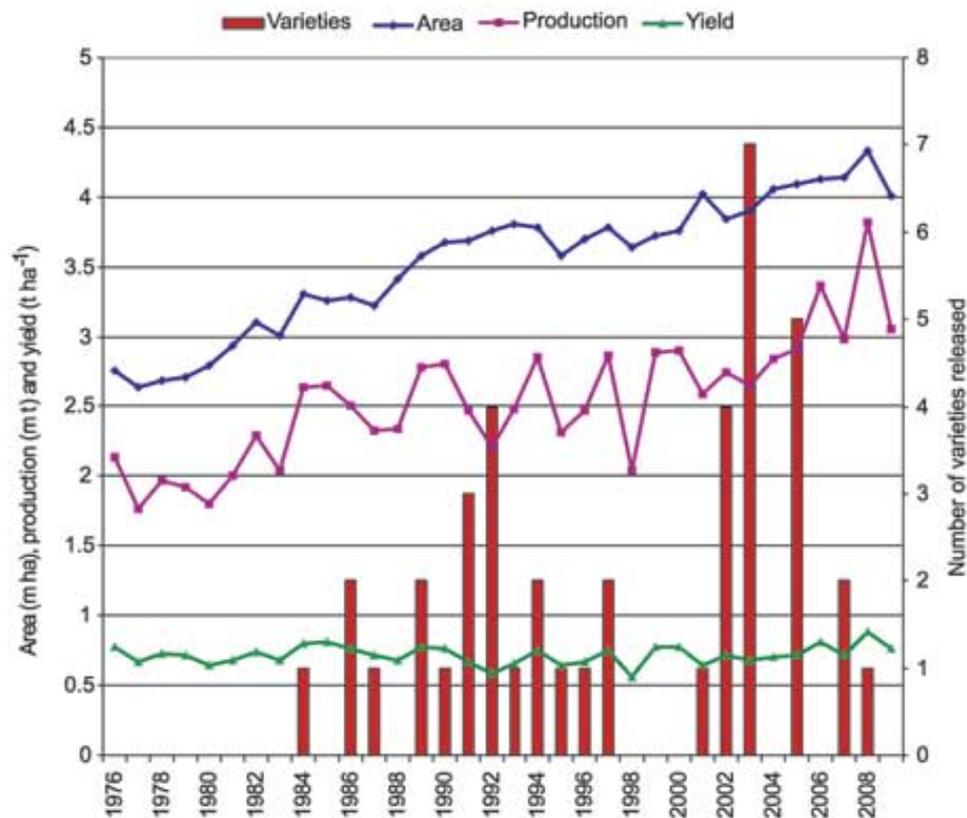


圖 7. 樹豆在亞洲栽培面積 433 萬公頃產量為 380 萬噸

全世界樹豆目前以印度擁有最大面積 (338 萬公頃)，其次是緬甸 (58 萬公頃)、中國 (15 萬公頃) 和尼泊爾 (21,360 公頃)。樹豆的生長期為 90 天至 260 多天，晚熟品種適合在各種耕作制度中種植。1976 年至 2009 年間，全世界樹豆栽培面積增加了 57% (276 萬公頃增加至 433 萬公頃)，產量增加 78% (2.14 億噸至 3.8 億噸)；種植樹豆時可與其他作物間作，例如：高粱、玉米、香蕉等，不

但可充分利用土地，又可增加農民收入。樹豆在中國南部主要種植的目的用於水土保持、食品（蔬菜）和飼料。

近年來，樹豆育種人員利用雜交方式育成高產的新品種，可增加 40-50% 的產量，大大提升樹豆的產能(圖 8、圖 9)，增加旱地農民收入。



圖 8. ICRISAT 利用雜交技術育成高產量的樹豆新品種

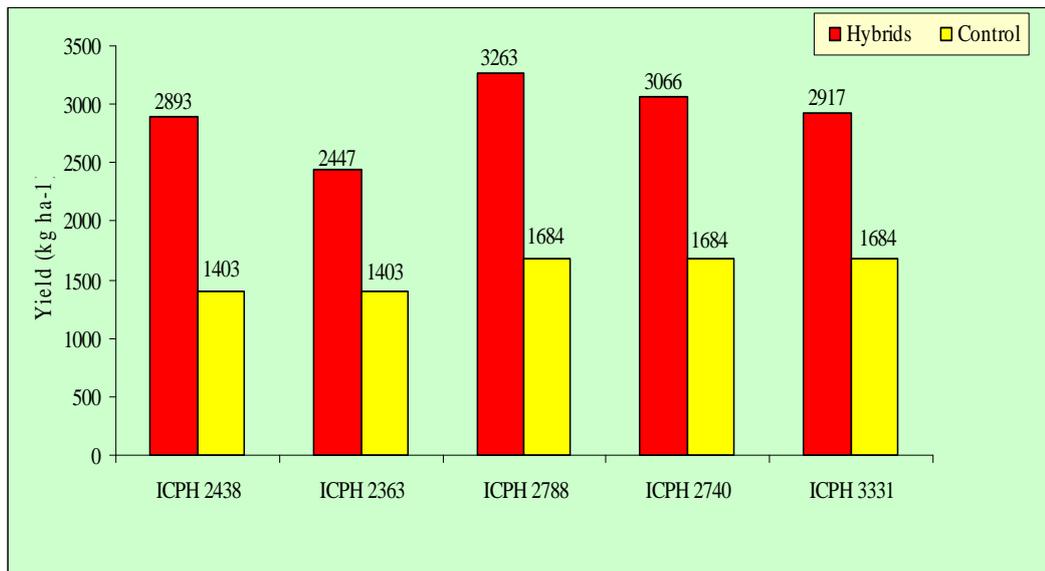


圖 9. 樹豆雜交後新品系與原來親本產量之比較圖

五、參訪 ICRISAT 種原保存中心

ICRISAT 種原保存中心為國際上最大的基因庫之一，主要儲存世界上半乾旱地區重要的六個任務作物種質資源庫，收集了高粱、珍珠粟、鷹嘴豆、樹豆、花生、和小米等；總共蒐集來自 144 個國家、超過 12 萬個種質，為世界上重要的種原基因庫之一。ICRISAT 基因庫它保有目前已經從非洲和亞洲其自然棲息地消

失的幾個重要地方品種，並保存作為對遺傳侵蝕和抗病蟲害、耐旱氣候和其他環境壓力的自然種原，可作為將來改良作物、提高質量和產量性狀的的來源。

基因庫在保存作物遺傳變異有其重要的作用，因為它是以簡單的處理，就能保存具有維持遺傳穩定性在很長一段時間的能力。保存作物種質資源的重要形態、農藝性狀達 98.9%。基因庫內的種原一部分保存於 4°C 和 30% 相對濕度，另一部分將種原處理後裝在於真空包裝的鋁箔袋中，保持在 -20°C、3-7% 的種子含水量，在此種基因庫的條件中可確保材料超過 50 年的長期生存能力 (圖 10)。此外，ICRISAT 一直致力於將世界糧農組織指定的種質，數量共計 111,000 份，儲放在挪威士瓦爾巴全球基因庫作為安全備份。該基因庫提供了一個預防將來面臨大規模地區性或全球性糧食危機的情況下，對糧食作物種子作為基因庫的避難所。

基因庫能確保種質保持在一個安全、可靠的方式，並可分發給所有需要的使用者，從事在作物改良與育種工作上。該基因庫是在長期的條件下監測，並定期重新繁殖和授粉控制，以確保種原遺傳完整性。目前在 ICRISAT 基因庫分別保存重要作物：高粱 37,943 份、珍珠粟 21,594 份、鷹嘴豆 20,140 份、樹豆 13,632 份、花生 15,419 份、Finger millet 5,949 份及 Fox millet 1,535 份，總計 116,212 份，對於旱地作物種原保存具有莫大的貢獻。



圖 10. ICRISAT 基因庫肩負保存人類重要糧食的重責大任

六、ICRISAT 農業教育資訊推廣中心：

ICRISAT 農業教育資訊推廣中心位於行政大樓 1 樓，該中心有一間視聽教室、一間接待室、一間閱覽室、一間展示館；其中展示館展示 ICRISAT 六大“任務作物”，包括鷹嘴豆、木豆 (樹豆)、花生，珍珠粟、高粱和小米的種子展示 (圖

11)。農業教育資訊推廣中心負責人為 Ms Prasanti Pradhan，為人親切，對於我的拜訪很熱情的招呼，她主要工作為引領訪客、外賓或參訓學員等進行簡報或介紹 ICRISAT 的環境與主要任務，筆者透過她的協助，獲得有關珍珠粟及樹豆等相關出版品數本，收獲相當豐富。



圖 11.展示館展示不同品種樹豆種子(左圖)及珍珠粟果穗(右圖)

肆、心得與建議

心得

- 1.本次前往印度國際半乾旱作物研究中心 (ICRISAT) 參訪有關「耐旱作物栽培及育種概況」後，小米因於到訪前 2 個月已採收，故沒有安排相關行程。經瞭解後發現，與臺灣目前有關小米及樹豆育種，有以下共同點：(1)兩方皆以蒐集地方品系為材料，並運用雜交技術選拔育種目標相近的優良品種並推廣之，(2) ICRISAT 育種研究著重於旱地作物耐旱性試驗的選拔，較國內多元性選拔單純，(3)作物品種對於種原保存、試驗材料流向嚴格把關，不易對外釋放，建議以國家種原庫向 ICRISAT 申請，(4)大面積栽培雜糧作物，使雜糧作物市場價格合理穩定，不受供需影響而造成市場價格波動，(5)一般市場很容易買到多樣性的雜糧產品。
- 2.對於作物種原保存，ICRISAT 擁有一套完整的儲存設備與流程，不但可確保種原的活力，亦有異地儲存備份，確保重要作物之種原儲存，可作為國家種源庫活國內各試驗機關之參考。
- 3.ICRISAT 為國際研究組織，所有人事經費、試驗材料、行政開銷及設備等，皆由基金會提供，因此，研究中心內所有印刷、出版書籍、舉辦研討會或教育訓練之住宿、用膳等，都是使用者付費方式收費，為研究中心廣納財源。
- 4.鷹嘴豆、珍珠粟在乾旱與半乾旱地區為重要雜糧作物，屬於高營養豆類植物，富含多種植物蛋白和多種胺基酸、維生素、粗纖維及鈣、鎂、鐵等成分，生長環境適應性高，可作為國內推廣新興作物之參考。

建議

- 1.充實試驗材料為育種人員從事品種改良工作最重要的基本條件，因此，多方蒐集國內地方品系或國外品種，建立完整的育種材料庫為首要務。
- 2.對於國內重要糧食作物，應做好優良品種之種原保存工作，除充實種原保存庫以外，仍要定期繁殖更新種原，以確保其優良特性仍能維持。
- 3.應評估本轄區環境特色、市場需求，開發出具本土特色的雜糧保健食品，提供國人更安全、保障且多樣化產品選擇，始能奠定國內糧食作物產業長遠發展之根基。
- 4.持續發掘具適應性好、栽培容易、且營養高的新興作物，例如：鷹嘴豆、珍珠粟等旱地作物，其耐旱性強，可藉引種方式引入國內水源缺乏地區試種、推廣種植，增加國人種植雜糧作物新選擇。

伍、附錄：參訪照片



ICRISAT 大門旁精神標語



進入大門後之椰林大道



ICRISAT 研究環境優美



花草樹木修剪整齊



試驗田利用大型移動式噴灌



完善噴灌設施可減少灌溉水



鷹嘴豆為該研究中心重要作物之一



利用網袋將樹豆雜交後代固定純化



印度海德拉巴城市人口擁擠交通凌亂



大馬路邊簡陋帳篷為勞工階級住屋



傳統市場零亂衛生條件差



販賣各類蔬果情形



各式各樣的五穀雜糧



各式香料、咖哩等初級產品



市場上販售山竹便宜又好吃



印度市場樹豆鮮莢為蔬菜用

陸、致謝

本次出國計畫承蒙行政院國家科學委員會科發基金管理會補助計畫NSC 102-3111-Y-067C-002「耐旱早熟小米種原蒐集及多元化加工利用技術之研究」經費補助，感謝本場長官支持與協助，俾使計畫得以順利執行，獲益良多，謹此致謝。