

出國報告（出國類別：其他）

前往國際稻米研究所研習
『水稻耐旱、高溫育種栽培技術』

服務機關：農委會高雄區農業改良場
農委會花蓮區農業改良場

姓名職稱：張芯瑜助理研究員、潘昶儒助理研究員

派赴國家：菲律賓

出國期間：99年10月5日至19日

報告日期：99年1月10日

出國報告（出國類別：其他）

前往國際稻米研究所研習
『水稻耐旱、高溫育種栽培技術』



服務機關：行政院農業委員會高雄區農業改良場、花蓮區農業改良場

姓名職稱：張芯瑜助理研究員、潘昶儒助理研究員

派赴國家：菲律賓

出國期間：中華民國 99 年 10 月 5 日至 10 月 19 日

報告日期：中華民國 100 年 1 月 10 日

摘要

近年來全球暖化趨勢而頻繁出現的極端氣候，例如乾旱 (Drought)、鹽害 (salt stress and other problem soils)、淹水 (Submergence and flood) 及極端溫度 (Cold or hot temperatures) 等，加重了糧食生產不足的隱憂，未來水稻育種研究人員除需要增加新技術與種原外，更必須因應環境變遷，育成適應環境逆境的水稻品種，以確保稻米的穩定生產。國際稻米研究所面對全球暖化，針對乾旱及高溫環境逆境的採取以下因應方式：在乾旱環境逆境方面，預估至 2025 年，全世界將有 15-20 百萬公頃的水稻田將受到水資源短缺的影響，因此積極從事耐旱水稻育種，藉由選育耐旱、深根性、通氣性 (Aerobic rice) 及 C4 新水稻等方式以因應乾旱危機，此外同時亦採用乾濕交替式灌溉(Alternate Wetting Drying ,AWD) 利用地水管充分監測土壤水情況，以減少灌溉水使用，進行節水栽培 (Saving Water)；在高溫環境逆境方面，積極選育耐熱性 N22 及避熱性 EMF lines 等，以培育能夠應付溫度上升的新品種。國際稻米研究所利用分子育種迅速選出耐高溫或耐旱稻新品系，台灣過去雖在熱處理、缺水等逆境方面略有研究，但尚未將研究成果落實生產上。本次藉由前往國際稻米研究所研習，除了解當前及未來國際農業發展的現況及趨勢外，更希望師法國外研究技術與成果，期能對稻作生產因應全球暖化之影響有所助益。

目次

壹、前言-----	3
貳、行程-----	4
參、研習過程與心得-----	5
一、研習過程-----	5
二、研習心得-----	9
肆、建議事項-----	11
伍、誌謝-----	13
陸、附錄-----	14

壹、前言

一年中溫度和降水的分布是決定種植何種作物的主要因素，溫度及由溫度引起降水的變化將影響到糧食作物的產量和作物的分布類型。氣候的變化曾經導致生物帶和生物群落空間(緯度)分布的重大變化。如公元 800-1200 年北大西洋地區的平均溫度比現在高 1°C，使玉米在挪威種植成爲可能，但到了公元 1500-1800 年，西歐出現小冰川期，平均氣溫也只比現在低 1-2°C，就造成了挪威一半農場棄耕，冰島的農業耕種活動則幾乎全部停止。除此之外，全球變暖亦會使高溫、熱浪、熱帶風暴、龍捲風等自然災害加重，因此，全球氣溫升高後，世界糧食生產的穩定性和分布狀況將會有很大變化。

貳、行程

日期	行程	研習內容
2010 10/5	台北－馬尼拉 Los Baños (IRRI)	一、搭乘 14:30 中華航空班機抵達馬尼拉 二、搭乘專車至 IRRI。
10/6	國際稻米研究所(IRRI)	一、參觀稻米博物館 二、與各研究專家進行訪談。
10/7 10/10	IRRI－PhilRice (菲 律賓稻米研究所)	一、參訪菲律賓稻米研究所的育種設備、種子製備實驗室、種原繁殖及米質實驗室。 二、與各研究專家進行訪談。
10/11 10/18	國際稻米研究所(IRRI)	一、各專家教授上課。 二、田間試驗觀摩。 三、實驗室實習操作。
9/19	馬尼拉－台北	搭乘 10:30 中華航空班機返回台北。

參、研習過程與心得

一、研習過程：

(一)、研習國家介紹：

菲律賓，全名為菲律賓共和國 (Republic of Philippines)，為東南亞國家之一，位於西太平洋，北隔呂宋海峽與台灣相鄰，南隔西里伯斯海與印尼相鄰，西隔南海與越南相望，東邊則為菲律賓海。菲律賓是一個群島國家，菲律賓群島由 7101 個島嶼組成，分為呂宋島、維薩亞斯群島和民答那峨島三大島群，因座落於環太平洋地震帶上的熱帶國家，菲律賓常年飽受地震與颱風侵襲，然而其氣候環境也造就了豐富的自然資源與生物多樣性。

菲律賓國土面積為 29.9 萬平方公里，約為台灣的 8 倍，人口約有 9,200 萬，居世界第 12 名，有超過一百種的人種。國際旅客普遍認為菲律賓是西化最深的亞洲國家，在西班牙的遺風和美國的影響之下，仍舊有豐富的馬來文化做為支撐，形成了獨一無二的菲律賓文化。首都為馬尼拉 (Manila)，主要語言有菲律賓語 (Tagalog) 及英語，境內大部分信仰天主教，少部分為基督教、回教及佛教。

(二)、研習單位介紹：

本次研習之單位為國際稻米研究所 (International Rice Research Institute，簡稱 IRRI)，成立於 1960 年，總部位於菲律賓首都馬尼拉南方 62 公里處之 Los Baños，是聯合國國際農糧組織 (FAO) 最早成立且最大的國際稻米研究機構。總部附近有面積二百五十二公頃的試驗稻田，且在亞洲及非洲十四個國家皆設有研究站。其成立最主要的目標乃在於藉由稻作試驗及品種改良以減少貧窮及飢餓，並改善農民及消費者之健康。希望透過國際間的合作來推展農業研究、確保穩定之稻米生產、提供稻作生產相關訊息及稻米知識的入口平台，並協助稻米研究人員提供及保存相關之遺傳材料等。

國際稻米研究所至今已蒐集包括地方品種和野生稻等超過 4 萬份的龐大水稻種原庫，以及總計高達 18 萬份的雜交組合，並以此來做為水稻試驗改良之基礎。國際

稻米研究所現有超過 1,100 名的研究及支援人員，除致力於水稻育種及栽培技術的改進外，並提供碩博士養成及短期研究人員教育訓練。

國際稻米研究所為一非營利之農業研究單位，經費則大多由國際農業發展基金、世界銀行、會員國國家及私人基金會等所提供。

（三）、研習內容：

10 月 5 日當天下午搭乘中華航空公司班機由台灣桃園國際機場出發，參加人員有高雄區農業改良場張芯瑜及花蓮區農業改良場潘昶儒等兩人，出境後由國際稻米研究所 (IRRI) 機場駐點專車接送至該所，並辦理報到等相關手續，研習期間安排住宿於該研究所內的 MS Swaminathan Residences 。

本次研習課程由 Dr. D. Mackill 負責統籌規劃，M. Rala 女士協助安排所有活動。10 月 6 日第一天上午先至 IRRI 視聽中心觀賞 “Rice Science for a Better World” 影片，了解 IRRI 的研究目標和成果及未來的研究方向。接著安排參觀研究所內設立的稻米世界博物館，從而知悉稻作產業之發展歷程。而後與 Plant Breeding, Genetics and Biotechnology (PBGB) 研究部門資深育種家 Dr. D.S. Brar 簡短介紹後，隨即展開為期 15 天密集的課程研習。

依據國際稻米研究所的資深研究專家指出，由於全球人口的增加速度遠高於糧食增產速度，現階段水稻的增產速度將不及未來人口的增加速率。因此，研究人員已推估在未來 15 年內將會發生全球缺糧的現象，尤其是在季風亞洲地區的情勢將更為嚴重。

國際稻米研究所的一份報告中指出，全世界約有 11 億人口每天生活費不到一美元，這其中又有三分之二是住在吃米的亞洲國家，貧民必須將所得的三成至四成用於買米，米價的飆漲已令這些人吃不消。以泰國普通米為例，2007 年 12 月的價位為每噸 362 美元，但至 2008 年四月已漲至每噸 1000 美元。分析全球稻米價格高漲、供應吃緊的背後原因，包括了消費量增加、年收成增長減緩、稻田面積擴展有限、投注於農業發展的公共投資減少、氣候異常、蟲害問題捲土重來以及農田原料及燃料成本上升等。

近年來全球暖化趨勢而頻繁出現的極端氣候，例如乾旱 (Drought)、鹽害 (salt stress and other problem soils)、淹水 (Submergence and flood) 及極端溫度 (Cold or hot temperatures) 等，加重了糧食生產不足的隱憂，未來水稻育種研究人員除需要增加新技術與種原外，更必須因應環境變遷，育成適應環境逆境的水稻品種，以確保稻米的穩定生產。

國際稻米研究所面對全球暖化，針對乾旱及高溫環境逆境的因應方式：

1. 水稻耐旱育種

乾旱是農業發展面臨的一大挑戰，雨量分布的不穩定與短缺都將嚴重影響作物產出，預估至 2025 年，全世界將有 15-20 百萬公頃的水稻田將受到水資源短缺的影響。

為遏止旱災所造成的破壞性影響，國際稻米研究所已投入相關研究多年，以期能克服乾旱危機：

(1) 耐旱水稻選育：所培育的耐旱稻米品種，在缺水環境下仍能維持高生產力。國際稻米研究中心培育的耐旱稻米品系，於印度與菲律賓易乾旱區域(drought-prone region)進行的試驗結果，證實可增進生產力，因此建議印度與菲律賓官方通過 IR74371-70-1-1、IR74371-54-1-1 等品系耐旱稻米供農民栽種，其他一些具前景的耐旱品系，亦分別於印度、孟加拉、尼泊爾、菲律賓進行試驗，其研究成果未來將能嘉惠亞洲、非洲以及其他乾旱地區農民。此亦將改變水稻給人高耗水作物 (thirsty crop) 的印象。

(2) 深根性水稻選育：深根性水稻因深根，故可吸取較深層土壤中的水分，較一般淺根性水稻耐旱，而目前選育出之深根性水稻品系較一般品種於缺水環境下栽培，能增產至少每公頃 1-1.5 噸。

(3) 旱稻 (Aerobic rice) 選育及栽培：旱稻品種可以同時在通氣及湛水狀況下栽培，兩種栽培方式的差別為旱稻於湛水栽培下，能發揮原有的生產潛能，若在通氣式栽培下，產量則略遜一籌。

(4) C4 新水稻品種：水稻為 C3 型植物，C3 型植物利用太陽能固定二氧化碳並且轉換成碳水化合物的效率較差，玉米、高粱等 C4 植物的效率則較高。故為改善水

稻光合作用效率，國際稻米研究所的科學家希望不是藉由基因改造技術方式，而將可能存在於水稻的 C4 基因加以啓動，以期提高水稻光合作用效率來增產。C4 新品種水稻除能夠承受更高的溫度，使用氮肥及水便能有良好的產量，同樣施肥方式，比一般水稻品種可增加百分之三十的產量外，更適於耐旱、看天田以及灌溉水源不足的環境栽培。然將 C3 植物轉變成 C4 植物的科技挑戰將面臨許多障礙，除了植物結構其實很難於改變外，這其中還涵蓋太多已知、未知的基因。

(5) 節水栽培 (Saving Water) : 採乾濕交替式灌溉 (Alternate Wetting Drying ,AWD) ，利用地水管充分監測土壤水情況，以減少灌溉水使用。乾濕交替式灌溉方式係於水稻營養生長期灌溉水後，俟田間水量降至低於地表以下 15 公分後，再行重新灌溉至 5 公分深的積水，至生殖生長期水稻開花前後各一周時，田間則保持深水 5 公分灌溉，及至籽粒灌漿及成熟期，再恢復乾濕交替式灌溉方式。

2. 水稻耐高溫育種

臺灣水稻栽培歷程中，早期係栽培籼型（印度型）品種，1900 年代日治時期日本開始有計劃的引入粳型(日本型)品種栽種，至1920 年代成功發展出並命名為『蓬萊米』，從此改變國人食米習慣，目前蓬萊米類品種佔我國水稻栽培面積 90% 以上，為至今仍臺灣栽培面積最廣的農藝作物。

一般粳型稻屬於溫帶型品種，一年一作，全生育期 140 日以上，適合之生育環境，營養生長期最適溫為 25~35 °C、生殖生長期最適溫為 25~30 °C 及穀粒成熟期最適溫為 20~30 °C，平均氣溫 25 °C 以下，日射量充足、日夜溫差大，有效充實期長則產量高、米質外觀及食味皆優。與此等條件相較，台灣位處亞熱帶，是世界上栽培粳型稻緯度最低的區域之一，蓬萊米栽培每年兩期作，兩期作全生育期約 120 天，一、二期稻作生育環境迥然不同，卻栽培相同類型品種，生育期間日射量不高，但溫度高，日夜溫差不大，穀粒充實速率快而有效充實期相對縮短，終至各期產量與品質皆未臻理想。

臺灣高溫多濕的環境反應出蓬萊米栽培之環境壓力大於其他溫帶地區。水稻的栽培分佈在緯度上雖較小麥及大麥為低，但是對高溫環境的適應仍有其局限，高溫

傷害嚴重影響水稻的產量及品質。高溫對水稻產量方面的影響，主要係水稻對高溫 (>35°C) 最敏感的時期為抽穗開花期，其次為孕穗期，開花當天，經 33°C 之 4-6 小時的高溫即可造成穗上 50% 以上穀粒的不孕性，嚴重的造成產量下降。又日均溫每增加一度，稻穀產量將減少 15% 左右，臺灣過去百年來氣溫上升約 1.0~1.4°C，根據 IPCC 模擬全球氣候變遷的結果指出，至本世紀末，全球平均氣溫將再上升 2.0~4.5°C。高溫對水稻品質方面的影響，為水稻另一高溫敏感性是穀粒充實期，尤其在充實期的前 15 天，高溫將導致穎果發育與充實不良，使稻穀的乾重下降及白堊質、完整米率降低及未熟粒、死米比率增加，嚴重影響稻米品質。而台灣地區因地處亞熱帶卻栽培溫帶型梗稻，高溫的挑戰將更形險峻。

目前國際稻米研究所積極培育能夠應付溫度上升的新品種：

(1) 水稻耐熱性品種選育：國際稻米研究所自世界各地收集到的種原中，篩選耐高溫且高產的品種，其中 N22 品種來自印度地區，該品種與對高溫敏感品種 Moroberekan 及目前一廣泛栽培品種 IR64，同時於人工氣候室中以 38°C 溫度處理 6 小時，調查其花粉稔性，N22 品種花粉稔性仍有 71%，IR64 品種為 41%，Moroberekan 品種則只剩下 18%。

(2) 水稻避熱性品種選育：一般栽培型水稻開花時間約在上午 9-11 時，國際稻米研究所自種原中篩選具有每日開花時間較早性狀 (early morning flowering, EMF) 的品種，其中自野生稻 (*Oryza officinalis*) 中篩選得到該性狀，並將引入至栽培稻越光中，育成 EMF lines。

二、研習心得：

(一) 了解當前及未來國際水稻發展趨勢：

氣候變遷下因全球暖化對糧食生產造成衝擊的問題，世界各國及各農業研究機構對此無不積極研擬因應策略。全球有一半以上人口以水稻為主食，但受到全球氣候變遷影響，不但稻米價格上漲 70%，還有 31 個國家陷入糧食危機。國際間稻米研究機構重視全球暖化問題，其中菲律賓國際稻米研究所利用分子育種迅速選出耐高溫或耐旱稻新品系，台灣過去雖在熱處理、缺水等逆境方面略有研究，但尚未將

研究成果落實生產上。本次藉由前往國際稻米研究所研習，透過與該單位研究人員的研習及訪談，更能深入瞭解當前及未來國際農業發展的現況及趨勢。

(二) 建立雙邊研究合作關係：在本次研習過程中，發現日本、韓國及中國大陸等許多國家的研究機構或大學院校均與國際稻米研究所及彼此間建立密切的合作關係，進行共同試驗研究或資源共享等。國際稻米研究所方面負責國際育種材料交換與評估的研究專家亦表示，過去我國與國際稻米研究所曾有過相當密切之合作，也曾進行雙邊育種材料交換與評估計畫，過去部份臺灣之優良品系或品種於 IRRI 試作表現優良後，後來也在東南亞一些國家成為重要栽培品種或育種親本，惟退出聯合國之後，讓台灣曾經與世界各國共同投入的稻米育種研究，消失在國際的合作舞台。因為世界糧荒，台灣以往的貢獻再度受到重視，國際稻米研究所 Plant Breeding, Genetics and Biotechnology (PBGB) 部門主管 Dr. David. Mackill 也表示希望今後雙方能有更多的合作機會，包括每年互相交換一些雙方有興趣特性之品系於兩地評估，甚至部份育種品系可以於國際稻米研究所進行分子評估，如耐淹、耐旱、耐病蟲害等。故繼五十年前，台灣的張德慈博士為國際稻米研究所，創立全世界第一座稻米基因庫之後，國立台灣大學於 2008 年與國際水稻研究所簽署合作備忘錄，參與國際水稻研究，再度走進國際社會。

在水稻的育種與研究工作上，國際稻米研究所就像是世界的火車頭，它擁有一年 7000 萬美元的研究經費、集合 80 幾個國家的科學家，又擁有張德慈先生蒐集的十萬種稻米品種，和基因性質多元的野生稻，與其接軌，對於台灣培養年輕農業科學家、擴大稻米育種來源等皆能有所助益。

肆、建議事項

一、乾旱環境的因應

(一)、耐旱育種：

1. 導入陸稻耐旱性狀至目前栽培種中：從廣大陸稻種原中篩選耐旱性狀，並將其引入現有栽培種中。
2. 旱稻品種的選育及栽培：選育高產、優質的旱稻品種 (aerobic rice)，開發通氣式水稻栽培以發展低需水量水稻栽培模式，惟通氣式水稻栽培方法不同於湛水栽培，因此需發展相對應之栽培管理作業，方能獲得成功的通氣式水稻栽培。
3. 深根性品種選育：選育高產、優質的深根性水稻品種。

(二) 節水栽培：臺灣地區稻作生產採多湛水栽培，第一期作生育期間多介於月至6月，氣候上屬於濕季，正常的氣候平年時水源供應充足；第二期作多介於8月至11月，氣候上歸屬於旱季(尤其中南部地區)，遇乾旱則影響稻米生產，因此若能運用詳善規劃的節水栽培策略，應可降低因採用節水灌溉技術帶來的負面影響

二、高溫環境的因應

(一)、水稻栽培安全期：台灣夏天6月中旬及9月中旬之間超過33°C 的日高溫頻率明顯增加，故栽培上可依各地農時規劃水稻栽培安全期，即第一期作開花期早於6月中旬，第二期作開花期晚於9月中旬，以維持安全產量。依據高屏地區水稻栽培農時及氣象資料分析，一般於4月中旬至5月上旬水稻多已達抽穗開花期，此時期日高溫多未超過33°C，及至5月中、下旬後，日高溫超過33°C的頻率才明顯增加，故此短期內高屏地區水稻於抽穗開花期遭遇33°C 以上日高溫的機會雖不大，惟因全球暖化平均氣溫不斷上升，高溫對高屏地區水稻栽培的挑戰才正開始。

(二)、栽培法調整：

1. 調整行株距及插秧密度：增加行株距、降低栽培密度，以增加葉冠內之透光度及

通氣性(CO₂)，降低根之養分競爭，提高光合產物及土壤離子(minerals)之供應，可改善因高溫導致導致養分缺乏、充實不佳而產生心腹白現象，以維持稻米品質。

2. 灌溉：田間高氣溫環境下水溫約低 3 度左右，以灌溉水降低水溫，調節根部溫度，可緩和根部受高溫的威脅。惟增加灌排水次數將增加用水量，挑戰水資源利用，須謹慎評估。

3. 適當施肥：穀粒充實期適量增施氮肥，可改善因高溫造成穀粒充實不良、白堊質增加的現象，惟台灣稻作之穀粒充實期短，為避免稻穀內含氮量過高而食味品質下降，應審慎評估以降低風險。

(三) 耐高溫育種

1. 導入籼稻對高溫穩定性狀至目前栽培種中。

2. 選育高溫下表現低白堊質之品種

3. 分期育種、選拔：台灣水稻栽培一、二期稻作生育環境迥然不同，但目前卻栽培相同類型品種，因此因應期作差異，訂定相對應之育種目標，分期選拔以降低高溫對水稻之影響，提高產量及品質。

(四) 主管單位應重視極端氣候和病蟲害的基礎與應用研究，加強國際合作，引進國外技術與成果，並整合相關研究團隊，提供研發必要之支援。

伍、誌謝

本次赴菲律賓研習承蒙行政院農業委員會提供教育訓練費用，苗栗區農業改良場張素貞博士協助引薦國際稻米研究所研究人員及研習課程的安排，特此誌謝。

陸、附 錄



圖一、水稻田間耐旱試驗



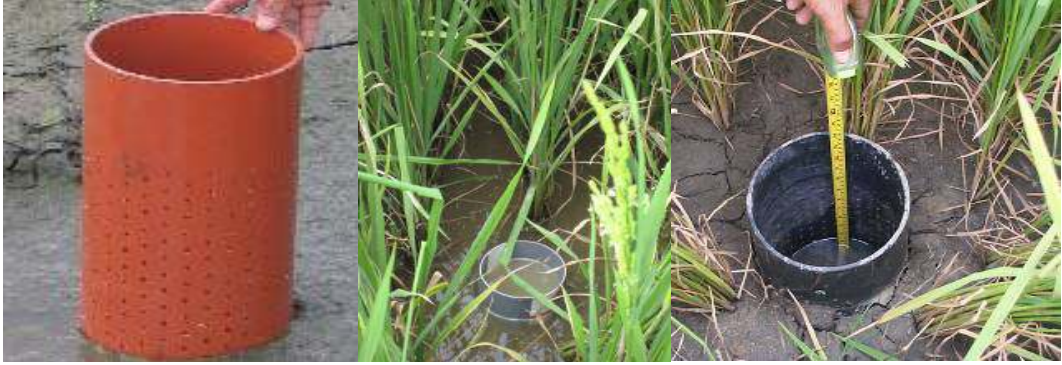
圖二、C4 新水稻試驗溫室建置



圖三、C4 新水稻試驗溫室建置



圖四、C4 新水稻試驗處理設備



圖五、地水管設備（摘自 IRRI 網站）



圖六、地水管充分監測土壤水情況



圖七、人工氣候室



圖八、人工氣候室之水稻耐熱試驗



圖九、水稻耐熱試驗之花粉稔性調查



圖十、種原繁殖圃



圖十一、種原試種



圖十二、水稻耐鹽試驗



圖十三、水稻稻熱病檢定圃



圖十四、水稻種子耐淹試驗



圖十五、水稻苗期耐淹試驗



圖十六、水稻生育期耐淹試驗