

出國報告（出國類別：研習）

# 因應氣候變遷之國際農業科技交流合作 — 抗、耐逆境水稻品種之開發

研習人員：

|     |                   |       |
|-----|-------------------|-------|
| 董致韓 | 國立臺灣大學農藝系         | 助理教授  |
| 李長沛 | 行政院農業委員會農業試驗所     | 助理研究員 |
| 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 | 副研究員  |
| 呂奇峰 | 行政院農業委員會臺南區農業改良場  | 助理研究員 |
| 陳榮坤 | 行政院農業委員會臺南區農業改良場  | 助理研究員 |

派赴國家：菲律賓

出國期間：民國 101 年 10 月 07 日~10 月 11 日

報告日期：中華民國 101 年 12 月 20 日

## 摘要

近年來全球氣候異常，重大災變發生頻繁，地區性的糧食生產呈現不穩定的狀態，造成各糧食大國的農作物出口量銳減，嚴重影響世界糧食供應。為有效因應全球氣候變遷對我國糧食安全及相關產業所造成之衝擊，本次研習前往位於菲律賓之國際稻米研究所 (IRRI)，接軌因應氣候變遷之稻米研究新興科技，以提升我國農糧產業發展之國際競爭力。本次研習主題主要涵蓋水稻之耐旱育種、耐鹽育種及 MAGIC 研究材料的構築與利用。研習內容包括 IRRI 在耐旱、耐鹽育種之選拔設施與環境的設置，如何獲取外表型資訊，並進一步篩選與外表型緊密連鎖的分子標誌，輔助耐逆境品種的育成；此外，IRRI 構築了工程浩大的 MAGIC 族群，以擴大族群遺傳變異及有利於定位更多數量性狀基因座(quantitative trait loci, QTL)，並可直接提供作為選拔材料，相當值得我國育種研究人員參考。本次前往 IRRI 研習，除了瞭解國際水稻研究發展的新興技術及未來趨勢外，也藉由雙邊人員的密切交流與引進耐逆境種原，期望提升臺灣栽培品種在氣候變遷下的抗逆境能力。借鏡 IRRI 在氣候變遷的相關研究，建議國內應整合研究資源，設置逆境篩選之軟硬體設施、標準化外表型評估之操作流程，以建立適合臺灣氣候變遷情境下之的作物育種模式。

## 目 次

|          |    |
|----------|----|
| 一、研習目的   | 4  |
| 二、研習行程   | 5  |
| 三、研習內容   | 6  |
| 四、研習心得   | 13 |
| 五、建議事項   | 15 |
| 六、誌謝     | 16 |
| 七、研習參訪照片 | 17 |

## 一、研習目的

近年來全球氣候變遷加劇，聯合國跨政府氣候變遷小組（IPCC）表示，當全球年均溫升高、高濃度的溫室氣體(二氧化碳，甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物)、頻繁的極端氣候及病蟲害猖獗，將減緩全球糧食供給能力，最終導致糧食價格上漲。以水稻而言，氣候變遷造成水稻生產過程中發生生物或非生物逆境，例如洪水、乾旱、熱浪、寒害及病蟲害大規模流行等，使得水稻生長乃至於對產量之影響將更難以預測。因此，開發具有高逆境調適能力之水稻新品種(climate-ready rice)或強化改善現有品種之耐/抗逆境能力之特性，更顯得格外重要。國際稻米研究所(International Rice Research Institute, IRRI)位於菲律賓，是亞洲最具歷史的國際農業研究機構，在氣候變遷的相關研究起步甚早而且架構完整，諸多的研究方法及成果可以作為我國相關議題的借鏡。IRRI 尤其在耐逆境基因之選殖及品種的開發有相當豐富的經驗與成果，例如耐淹水基因(*Sub1*)、耐鹽基因(*Saltol 1*)以及耐旱環境下影響產量之數量性狀基因座(quantitative trait loci, QTL)等；這些基因或 QTL 已經利用分子標誌輔助選種(marker-assisted selection, MAS)技術，將耐逆境性狀轉移到東南亞國家如印度、越南及寮國的優良水稻品種之中，並被當地農民廣泛接受與利用。

鑑此，農委會所屬農業試驗改良場所於 101 年開始由國內水稻研究人員編組成研究團隊，希望透過人才培訓、材料合作交流及技術研習等議題，與 IRRI 展開「因應氣候變遷之國際農業科技交流合作-抗、耐逆境水稻品種之開發」合作計畫，主要目的是為了有效因應全球氣候變遷對臺灣糧食安全及相關產業所造成之衝擊。藉由本項合作計畫，使國內稻作研究接軌國際新興科技，引入耐逆境種原及外表型評估技術，進一步利用 MAS 技術平台選育適合於臺灣推廣之耐逆境水稻品種，以提升國內水稻產業在氣候變遷環境下的適應力及競爭力，有效減緩或降低全球暖化所帶來的衝擊。

## 二、研習行程

---

| 日期           | 行程                                 | 工作紀要  |
|--------------|------------------------------------|---|
| 10/07<br>(日) | 桃園機場 1 航廈→<br>菲律賓馬尼拉機場<br>→國際稻米研究所 | 13:30 搭乘中華航空 CI 703 班機<br>15:30 抵達馬尼拉，再轉乘巴士至國際稻米研<br>究所(IRRI)   |
| 10/08<br>(一) | 國際稻米研究所                            | 08:30 團隊成員介紹及研習課程內容簡介<br>09:00 水稻 MAGIC 族群架構說明<br>13:30 討論計畫執行內容及分工細節<br>15:30 MAGIC 族群田間材料說明及討論                |
| 10/09<br>(二) | 國際稻米研究所                            | 08:30 MAGIC 族群的建立流程與育種利用。<br>10:00 耐旱育種選拔方法與策略<br>13:30 水稻根系生長與耐旱性之關係<br>14:30 耐鹽育種選拔方法與策略<br>15:40 耐旱試驗田區觀察與討論 |
| 10/10<br>(三) | 國際稻米研究所                            | 08:30 稻熱病圃觀察與討論<br>10:30 參訪分子育種實驗室<br>13:30 MAGIC 族群田間選拔  |
| 10/11<br>(四) | 國際稻米研究所→<br>菲律賓馬尼拉機場<br>→桃園機場      | 08:30 IRRI 博物館參觀<br>10:30 水稻基因資料庫、種原庫參訪<br>13:00 搭乘巴士至馬尼拉機場<br>16:00 搭乘中華航空 CI 704 班機<br>18:30 返抵桃園機場。          |

---

### 三、研習內容

本次研習機構國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, 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) 最早設立、規模最大的國際稻米研究機構。其成立目的在於藉由稻作試驗、品種改良及透過國際合作推展農業研究，確保稻米生產穩定，並提供稻米知識與相關資訊的入口平台，以及保存相關之遺傳材料等。IRRI 為非營利之農業研究單位，其經費來源主要由國際農業發展基金、世界銀行、會員國國家及私人基金會所提供，共同為消滅飢餓而努力。

本次研習主要在接軌 IRRI 在因應全球氣候變遷環境下之水稻非生物逆境相關研究，內容涵蓋水稻之耐旱育種(臺南區農業改良場負責)、耐鹽育種(農業試驗所嘉義分所負責)及 MAGIC 研究材料的構築與利用(農業試驗所負責)。研習課程由 Dr. Chitra 負責統籌規劃，Miss. Mayette 協助安排所有行程。於 10 月 8 日上午在 IRRI Umali 大樓進行雙方人員簡短介紹及研習內容後，即展開為期 4 天的密集課程。

#### (一) 耐旱育種

IRRI 早於 40 年前即開始進行水稻耐旱方面的研究，隨著研究結果的進展，各時期的研究策略亦跟隨改變。在 1970~1980 年代，IRRI 主要利用田間及溫室進行耐旱基因型的選拔為主；1990 年代則以選拔根系深度及密度特性的 QTL 做為耐旱育種的主要策略；2000 年迄今則是直接選拔乾旱環境下的產量表現，作為耐旱外表型性狀，並且選殖相關 QTL 為主要耐旱育種選拔策略，此外也進行根系方面的研究以作為耐旱特性之解釋參考，及選育具特殊耐旱性狀的品種(系)。

##### 1. 耐旱育種系統之田間操作與性狀調查：

IRRI 之耐旱育種田間操作主要在乾季(12 月~隔年 5 月)進行，其選拔的環境設置與操作可分為旱田(upland)及濕田(lowland)二種，分述如下。

(1) 旱田下耐旱育種田間環境設置與操作方法：

#### A. 整地及播種：

旱田整地耕犁土壤後開溝，溝深10公分，溝間距25公分；開溝後直接將3~5粒種子置於犁溝中，或條播種子平均分散在犁溝中，每公頃稻種用量50~60公斤，播種完畢覆蓋細土後壓實。

#### B. 灌溉：

播種後利用撒水器或地表灌溉使土壤表層(約15公分深)呈潮濕狀態，約每2~3天灌溉一次，每次灌水量需使土壤水分含量接近田間容水量。此灌溉方式約持續進行4週左右，可使稻種發芽並成長至2~2.5葉齡。

#### C. 乾旱處理：

乾旱處理為未灌溉或減少灌溉次數，其準則係依據所設定的土壤乾旱逆境程度而定。若以具有110天水稻生育期的品種而言，乾旱逆境處理方式分為以下幾種：

(A)種子發芽35~40天後至特定的營養生長期間進行約兩周的乾旱處理。

(B)種子發芽45~50天後或幼穗分化始期至特定的生長時期進行乾旱處理。

(C)種子發芽後35天(約營養生長期)進行輕微乾旱逆境處理，在生殖生長期間進行嚴重的乾旱處理。

乾旱處理可因應試驗需求或未來擬推廣地區的乾旱情境而選擇處理方式。以IRRI試驗田而言，如果5天內未灌溉，旱地的水稻就會開始發生葉片捲曲的現象。灌溉起始點為埋在地下30公分處的土壤水分張力計數值達-50~-70kPa時，進行復水兩次後排水，此時乾旱敏感型水稻已經萎凋或者50%以上的葉片已呈現嚴重捲曲的現象。

#### (2)濕田下耐旱育種田間環境設置與操作方法：

##### A. 田區整理及移植：

在乾燥或濕潤的苗床上育苗，待17~21天後秧苗約2.5葉齡時進行移植工作。試驗田區周圍設置田埂以蓄留水分，灌溉後進行水田整地，整地需力行平整，並確保稻田移植後保有濕潤的土壤，以及土壤水分均勻分布。

##### B. 灌溉：

移植後維持每個試區土壤濕潤，但是不能湛水。移植一週後進行湛水約5公分深，此時可以使用除草劑抑制雜草萌發。

#### C. 乾旱處理：

在乾旱處理前可以保持土壤一致性的濕潤狀態，濕田環境需要花費較長的時間排除土壤水分，所以濕田的乾旱處理須比旱田提早。其乾旱逆境處理方式有以下幾種：

(A) 在移植後15天約營養生長期間，進行乾旱處理約兩周；此後進行超過3週以上的排水以達到嚴重的乾旱逆境程度(-70 kPa)，僅於幼穗分化始期出現輕微乾旱逆境時(-50 kPa)恢復灌水。

(B) 移植30天後或在幼穗分化始期至特定生殖生長期進行乾旱處理。

(C) 移植15天後至特定營養生長期間進行乾旱處理。

以上各處理之灌溉起始點為埋在地下30公分處的土壤水分張力計數值達-50~-70 kPa時進行復水。

耐旱育種的性狀選拔，採用乾旱環境與正常環境下參試材料間的產量表現比較，作為耐旱選拔的主要依據。然而在耐旱育種過程中除了紀錄插秧期、乾旱處理時間、收穫期及生育期間雨量分布情形之外，亦須調查參試材料之抽穗期、株高、生物量及收穫指數等資料，以作為耐旱特性選拔之參考。

## 2. 耐旱試驗田區設備與設施：

IRRI耐旱試驗田區設置有一般乾旱試驗常用的雨量計、風向儀、濕度感測儀、土壤水分張力計及土壤水分深度監測管等，而較令人印象深刻的設備有移動式大型遮雨棚及土壤溫濕度無線傳感器。移動式大型遮雨棚長約40公尺、寬約8公尺，可以感應降雨而自動移動遮雨棚，以遮蔽試驗田區，避免降雨而影響試驗。土壤溫濕度無線傳感器具備太陽能充電功能，通常在試驗田區設置數個，以了解土壤溫度及水分的空間分布，並且能夠即時將數據透過無線網路傳送至伺服器，傳輸距離約6英里；此外，還可設定溫度或濕度警示值，當數值超過設定值時，可發送訊息至個人電腦或直接發

送至個人手機，研究人員得以即時獲得最新資訊。

### 3. 選育具特殊耐旱性狀的品種(系)：

除了因應地區性的乾旱逆境而選育耐旱品種外，IRRI也進行特殊耐旱性狀選育研究，以提供各種乾旱情境使用：

#### (1) 深根性水稻選育：

深根性水稻可吸收較深層土壤中的水分，較一般淺根性水稻耐旱。在乾旱環境下，深根性品系較一般品種增產1~1.5 ton/ha。此外，水稻根系長度及密度的研究目前主要做為耐旱特性之解釋參考；IRRI研究發現，耐旱品種(系)在田間乾旱逆境下具有較低的植冠溫度和較佳的氣孔導度表現，而植冠溫度的表現則與水稻根系長度及密度呈現顯著負相關。

#### (2) 通氣稻 (aerobic rice) 選育：

通氣稻品系可以在土壤通氣或湛水狀態下栽培，其差別在於湛水栽培環境下，通氣稻可發揮原有的生產潛能，而在通氣式栽培下，產量雖低但仍可維持一定水準。

此外，IRRI也積極開發C4型水稻品系，以改善水稻光合作用效率。透過非基因改造技術的方式，將可能存在於水稻的C4基因加以啟動，以期提高水稻光合作用效率而增加產量，並且可能將更適合於耐旱、看天田以及灌溉水源不足的環境栽培。然而此項研究仍面臨許多障礙與挑戰，除了受限於植物體內組織結構外，還涵蓋許多未知基因及生化代謝的連結與循環。

### 4. 耐旱種原的提供：

目前IRRI已選育出Sahbhagi dhan (IR 74371-70-1-1-CRR-1)、5411與Sookha dhan等耐旱且高產之優良品種，能在慣行栽培中表現出高產潛勢，嚴重缺水環境下亦能維持約1 ton/ha的產量。在遺傳分析中亦已定位到數個耐旱QTL，有利於水稻在乾旱逆境下增加吸收水分的效率。在本項合作計畫中，IRRI將提供相關耐旱種原給臺灣稻作研究人員，作為臺灣水稻耐旱育種之雜交親本，相關種原資料如表一所示。

表一、IRRI提供之耐旱種原資料

| 品系名稱                            | 品系說明   |
|---------------------------------|--|
| IR91648-B-57, IR91648-B-343     | 利用分子標誌輔助回交選自 Moroberekan/3*Swarna 的高產品系(BC <sub>2</sub> F <sub>3</sub> )       |
| IR74371-46-1-1                  | 帶有濕地環境下優良耐旱特性的 QTL $qDTY_{12.1}$   |
| IR87707-445-B-B-B               | 帶有耐旱 QTL $qDTY_{2.2}$ 及 $qDTY_{4.1}$ 的 IR64 近似同源系                              |
| IR96321-315-240, IR96322-34-223 | 帶有耐旱 QTL $qDTY_{3.1}$ , $qDTY_{2.1}$ 及 $qDTY_{1.1}$ 的 Swarna <i>Sub1</i> 近似同源系 |

## (二) 耐鹽育種

隨著土地持續開發利用，地層下陷、海水倒灌、水資源的缺乏及化學肥料超限利用等問題，已造成土壤鹽化不斷的發展，導致鹽化土地面積逐漸擴大，對糧食生產帶來嚴重的威脅。為減少土壤鹽化造成廢耕等問題，惟有積極選育出耐鹽性品種，才是推動鹽化土壤地區水稻穩定生產的最有效措施。目前IRRI已選殖出耐鹽QTL (*Saltol 1*)，並選獲 Pokkali 與 Nona Bokra 等表現相當穩定的耐鹽性品種，已應用分子輔助選拔技術改良各國之地方性栽培品種耐鹽性。

透過 Dr. Glenn 及 Dr. Rafiq 說明 IRRI 的水稻耐鹽性育種研究方法，發現其耐鹽特性外表型評估方式與臺灣稻作耐鹽性研究相近，例如於水稻幼苗時期使用鹽水耕液進行篩選等，因此臺灣方面並不需要額外增加試驗設備。然而 IRRI 耐鹽篩選試驗田區之規模較大，每一試區約 0.015 公頃，可以提供國內考慮仿效。

此外，IRRI 亦將提供臺灣稻作人員相關耐鹽種原(表二)，作為相關試驗之雜交親本。

表二、IRRI提供之耐鹽種原資料

| 品系名稱                 | 品系說明                                  |
|----------------------|---------------------------------------|
| IR4630-22-2-5-1-3    | 於幼苗時期及生殖生長期間皆具有高度耐鹽特性並且具有良好株型。        |
| TCCP266-1-3B-13-1-3  | 為Pokkali變異之品種                         |
| CSR30                | 具有耐鹽特性之日本型水稻                          |
| Pokkali              | 傳統耐鹽之品種                               |
| IR 66946-3R-178-1-1  | 帶 <i>Saltol 1</i> 耐鹽基因，大部分抗性表現於水稻幼苗期。 |
| IR 45427-2B-2-2B-1-1 | 高度耐鹽特性品種                              |
| IR 63307-4B-4-3      | 高度耐鹽特性品種                              |
| IR 73571-3B-11-3-K2  | 日本型優良耐鹽性品種                            |

### (三) 水稻MAGIC族群的構築與利用

#### 1. MAGIC族群的發展源起

早期的 QTL 定位研究中，建構的分析群體主要來自兩親本雜交所衍生的族群，如  $F_2$  族群、回交群體、重組自交系、近似同源系、回交自交系和雙單倍體等。然而這些族群的遺傳重組主要發生在  $F_1$  世代，無法給予太小的區域內有重組的機會，在 QTL 精細定位時遭遇困難，而且僅能定位兩親本的基因型。進一步利用具有明顯而且大量變異特性的種原材料發展出的關聯性遺傳定位(association mapping)，雖然可以解決部分傳統定位族群受到的限制，然而關聯性遺傳定位常會受到未知優勢族群的影響，導致偽關聯性；另一方面族群結構的補償作用也可能移除真正的正向作用，稀有的等位基因也是關聯性定位的另一個限制，即使有大的效應仍然可能無法被偵測出來。因此 2008 年 Cavanagh 擴充高世代互交(advanced intercross)法，提出多親本多世代互交(multiparent advanced generation intercross, MAGIC)族群來解決這些定位族群所遭遇的限制，以為有利於多性狀精細定位的遺傳材料。

## 2. MAGIC族群的構築

國際稻米研究所為解決水稻各項逆境之適應困境，並育成可提供世界各國進行選拔或品種育成的材料，結合分子標誌技術與傳統雜交方法，構築出具有廣大遺傳變異並且能進行多目標性狀定位的 MAGIC 族群。以 8 個帶有不同抗耐逆境的基本親經由半互交後，再進行  $F_1$  互交，經兩個世代互交後再進行自交，自交後之後裔族群以單粒後裔法、混合法，甚至花藥培養誘導雙單倍體的同型結合個體，以快速建立重組自交系提供進一步評估與利用。目前已建立秈稻及粳稻 MAGIC 族群，並進一步結合秈稻及粳稻兩互交形成的  $F_1$  再行互交結合形成 MAGIC-global 族群，以及秈稻 MAGIC 發展過程中再多進行一次互交的 MAGIC-plus 族群。目前已建立族群系統數如表三所示。

表三、2012 年 IRRI 建立之水稻 MAGIC 族群系統數

| MAGIC 族群       | 後裔選拔方法 | 世代 | 品系數量 |
|----------------|--------|----|------|
| MAGIC Indica   | 單粒後裔法  | S7 | 1325 |
| MAGIC Japonica | 單粒後裔法  | S5 | 498  |
| MAGIC-global   | 單粒後裔法  | S3 | 1402 |
|                | 人為選拔   | S3 | 975  |
| MAGIC-plus     | 單粒後裔法  | S4 | 2214 |
|                | 人為選拔   | S4 | 210  |

## 3. MAGIC族群的利用

水稻 MAGIC 族群是由多個基本親互交且進行多世代的循環雜交所建立的研究材料，可作為遺傳定位的族群，其族群遺傳變異大，可打破連鎖重組機會高，且可以定位更多 QTL；也就是同一族群可同時針對多個性狀進行多個 QTL 更為精細定位的有效方法。MAGIC 族群每一世代的互交可以確保基本親間全基因組連鎖失衡(linkage distortion)快速均衡的遞減。其優點除了可以進行 QTL 精細定位之外，尚有其他許多的優點，例如：

- (1)可直接作為品種育成之選拔材料。
- (2)為具有高度重組之材料，為育種之有利種原。
- (3)基本親為區域性稻作遺傳資源，結合天然及人為的選拔，將更能適應區域性環境變化。

根據IRRI針對MAGIC族群外表型初步調查結果顯示，秈稻MAGIC族群中抗逆境品系的比率相當高。因此本次研習人員要求並獲同意於10月10日下午在秈稻MAGIC族群試驗田區進行優良株系選拔，共選獲181個品系。IRRI並同意將所選拔之秈稻品系及整個秈稻MAGIC族群藉由國際種原交換系統引進臺灣，該批種原將可提供國內耐逆境育種之利用。

#### 四、研習心得：

本次研習內容包括IRRI在耐旱、耐鹽選拔設施與環境的設置，如何獲取外表型資訊，並進一步篩選與外表型緊密連鎖的分子標誌，輔助耐逆境品種的育成；此外，亦瞭解IRRI構築MAGIC族群的方法及用途。茲將上述各項提出綜合心得：

##### (一)接軌國際水稻育種技術與研究發展

雖然此次研習時間甚短，然而研習過程中發現IRRI在氣候變遷下，為因應全球暖化對糧食生產造成衝擊的問題，積極研擬因應策略，並付諸實行。其育種作為採用了傳統譜系法、分子標誌輔助選拔，以及建立水稻MAGIC族群方式進行水稻耐逆境等多方面的品種改良；並且在因應鹽分地、乾旱、淹水及稻熱病、白葉枯病等逆境，已育成許多耐逆境品種(系)，成果豐碩。臺灣過去雖然在耐逆境略有研究，然仍無法將研究結果落實在水稻育種乃至於農事生產之實際應用。本次藉由前往IRRI研習，透過與該單位研究人員的相互交流，更能深入瞭解當前及未來水稻研究發展的現況及趨勢。

##### (二)耐旱育種

近年來全球氣候變遷造成水稻生產受到極大的負面影響。臺灣雖屬亞熱帶海島型氣候，年平均降雨量約2500公厘左右，但因降雨時間與空間分布不均，臺灣工商業發達用水量增加，以及水庫嚴重淤積等問題，常造成水資源供應不足的現象發生，嚴重

影響水稻生產甚鉅。因此，水稻進行耐旱育種的必要性日益重要。此次於IRRI研習過程中發現，IRRI的耐旱育種有其標準操作流程及選拔方法，依據不同的乾旱情境實施差異化的操作流程，再配合適當的監測儀器及自動化設施，耐旱育種選拔容易取得成果；此外，再輔以QTL定位分析及分子標誌輔助選種技術，可更快速及明確的進行選拔工作，因此相關研究成果豐碩，值得我國稻作研究人員學習。經由本次研習並取得耐旱種原，已有效促進雙邊的技術及人員交流。未來將持續與IRRI合作，將耐旱種原與臺灣栽培品種雜交，搭配外表型調查與環境監測系統進行選拔，以及分子標誌輔助回交與背景選拔技術以監控輪迴親回復率，快速將耐旱基因導入臺灣現行水稻推廣品種，以提高育種效率，加速耐旱品種的育成，降低未來全球暖化對臺灣所帶來的衝擊。

### (三)耐鹽育種

在耐鹽性育種研究方面，IRRI 幼苗耐鹽特性外表型評估方法與臺灣相近，顯然臺灣在該領域的研究已和國際接軌。然而 IRRI 在成株大田區耐鹽篩選的試驗規模甚大，除了可以觀察其耐鹽性外，對其它農藝性狀的調查也較具有代表性，此部份可以提供國內仿效。

### (四) MAGIC族群的構築與利用

MAGIC 族群可提供廣大的變異，打破連鎖進行精細定位，並且在多親本的遺傳背景下，可加大地區性的環境適應性。雖然 IRRI 已建立粳型 MAGIC 族群，但其基本親偏向熱帶型粳稻，直接選育成品種進入我國稻米生產體系尚有困難，只能當作耐抗逆境的種原。MAGIC 族群的建構複雜，需投入不少人力及資源，韓國於 2011 年已開始建構屬於韓國國內種原的 MAGIC 族群，國內稻作研究是否應建立臺灣的粳型 MAGIC 族群，以符合國內的粳稻育種目標及國內稻米市場的實際需求，值得思考。此外，本次研習於 IRRI 粳稻 MAGIC 田區進行選拔，共選出 181 個品系，預計於 2013 年可引進此批獲選品系及整組的粳稻 MAGIC 族群，屆時將可進行基因型及耐逆境特性之評估，作為耐抗逆境親本的種原。

### (五)種原交換

育種改良仰賴遺傳變異，IRRI擁有收集超過10萬種稻種的種原庫，藉由雙方耐逆

境品種(系)的交換系統，將可擴大臺灣現有水稻親本遺傳背景變異，有利於未來臺灣水稻育種之發展。

## 五、建議事項

IRRI 為因應氣候變遷可能帶來的衝擊，長年進行水稻耐抗逆境育種研究工作，成果豐碩，茲就本次研習內容提出數項建議：

- (一) 本次研習交流時間雖短，然而內容緊湊而充實。研習過程中可以瞭解目前IRRI 稻作研究發展趨勢，並且與IRRI研究人員交流互動，針對共同問題詳加討論，也建立將來合作研究的契機。建議未來如有機會應繼續派員前往，強化國內稻作人員之國際觀，接軌國際新興技術與觀念。
- (二) IRRI具有完整的逆境篩選硬體設施、外表型標準化的評估技術、基因型資料庫應用技術，以及豐富的分子標誌輔助選種經驗，人力與資源建置相當龐大，此為目前國內農業試驗改良場所所不能及。臺灣稻作研究人力及資源日益缺乏，未來臺灣因應氣候變遷之稻作育種應確立主要目標，集中資源進行軟硬體設備的設置規畫、建立外表型檢定標準流程及人員專業訓練，才能有效面對國內未來稻作研究的挑戰。
- (三) 全球暖化造成的極端氣候和病蟲害加劇是必須面對的問題，為了及時因應重大變化，必須加強國際合作，引進國外技術與成果，以及利用分子標誌技術提高育種效率與縮短育種期程。此外，亦建議國內農業研究機關應重視極端氣候和病蟲害的基礎與應用研究，整合團隊並給予必要的支援。
- (四) 由於國際外交空間限縮，臺灣稻作研究與IRRI的交流已中斷十餘年。本計畫今年度係與IRRI之交流合作的第一年，已重新與IRRI建立良好的互動模式。藉由雙方的觀摩學習，刺激國內稻作研究人員吸收國際水稻專家之優點及長處，亦建構所須之檢測技術及設備，架構出適合臺灣之水稻耐逆境檢測、栽培及育種技術，訂定合適的發展方向與策略。然而國內研究資源有限，建議國內各稻作試驗研究單位間或與各大學院校應強化合作深度，互補研究資源的不足，以擴大

研發能量。

## 六、誌謝

本次赴菲律賓國際稻米研究所研習承蒙行政院農業委員會提供教育訓練費用，以及國立臺灣大學農藝系盧虎生教授、張孟基教授及農業試驗所賴明信博士協助安排研習行程，讓本次研習得以順利完成，特此誌謝。

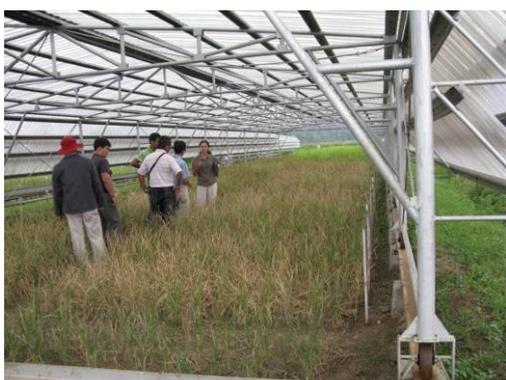
## 七、研習參訪照片



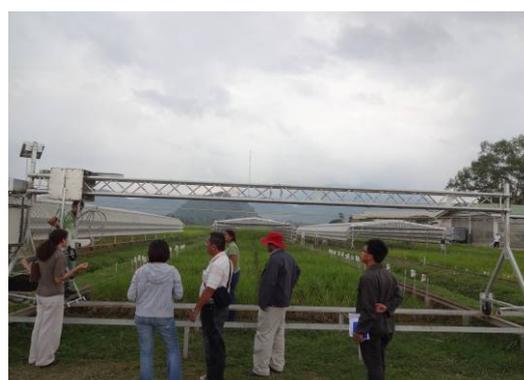
圖一、IRRI 育成品種示範圃



圖二、水稻雜交親本田觀察



圖三、耐旱研究田材料觀察



圖四、耐旱試驗田區設施及儀器觀察



圖五、耐旱試驗田區之土壤水分張力計



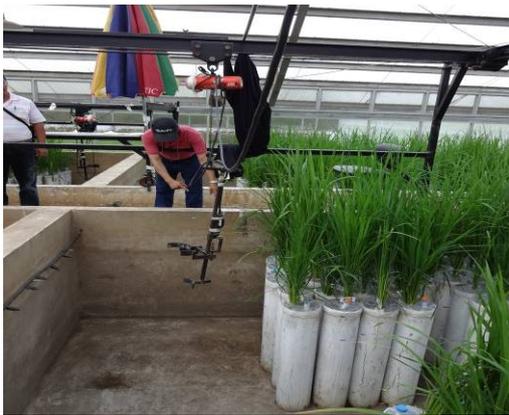
圖六、耐旱試驗田區之水分監測管



圖七、耐旱試驗田區之土壤溫、濕度無線傳感器



圖八、耐旱試驗田區之風向及風速測儀



圖九、水稻耐旱性根系生長試驗



圖十、水稻幼苗耐鹽性篩選試驗



圖十一、水稻耐鹽性田間試驗觀摩



圖十二、水稻耐鹽性田間篩選試驗



圖十三、水稻雜交授粉過程



圖十四、水稻雜交作業室



圖十五、水稻稻熱病旱田檢定病圃



圖十六、秈稻 MAGIC 田間族群



圖十七、試驗合作內容討論



圖十八、種原庫內之不同穗形品種



圖十九、水稻種原庫作業情形



圖二十、於 MAGIC 族群進行田間選拔



圖二十一、參訪分子技術研究室



圖二十二、野生稻種原收集中心