

出國報告（出國類別：研習）

## 赴國際稻米研究所研習水稻育種 及栽培管理技術

服務機關：行政院農業委員會花蓮區農業改良場

行政院農業委員會高雄區農業改良場

姓名職稱：潘昶儒助理研究員

張芯瑜助理研究員

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 14 日

## 摘要

爲因應全球暖化所導致的氣候變遷衝擊，及提升我國水稻育種技術，派員前往菲律賓國際稻米研究所（IRRI）參加研習，內容涵蓋育種計畫訂定、抗逆境育種、稻米品質以及品種選拔等相關育種議題。

國際稻米研究所（IRRI）設定水稻育種目標包含：高產潛能、生長期縮短、優良米質以及抗多重病蟲害等項目。國內未來在水稻耐熱育種的研究應以建立 QTL-mapping 及利用分子標誌等技術來提升水稻育種效率。Dr. Mackill 之研究團隊成功分離出耐淹基因 *Sub1*，並將該抗性基因導入栽培品種。乾溼交替式灌溉(AWD)可大量節省稻田用水量。

透過此次考察研習，清楚了解目前國際間水稻育種現況及面臨水資源缺乏和氣候變遷之因應措施。國內應加速推動相關水稻育種計畫的執行，並派員至其它國家試驗機構研習新一代的育種與栽培技術。

# 目次

壹、前言	3
貳、行程	4
參、研習過程與心得	
一、研習過程	8
二、研習心得	12
肆、建議事項	14
伍、誌謝	15
陸、附錄	16

## 壹、前言

臺灣地處亞熱帶，雨量充沛，氣候適合稻作生產，一年可生產兩期稻作。水稻不但是國內栽培面積最多的作物，同時也是農戶數最多的產業，更是國人的主食來源，稻米產業的發展對於我國糧食供應、農村社會的安定、農地利用策略、水資源保育及生態環境的維護等均具有重大的影響。自台灣光復以來，政府為充裕糧食，積極致力於加強稻作栽培研究與生產，在產、官、學各界的共同努力下，對台灣稻作產業之發展已有非常顯著之績效。

然近年來由於「溫室效應」現象對地球暖化所造成的氣候變化，已對全球自然生態及社會經濟帶來衝擊及顯著的不利影響。更由於暖化已是全球氣候變遷的明顯現象之一，台灣亦無法置身於外，學者預估台灣地區之均溫、夜溫都將逐漸增高。溫度升高的現象，勢將對台灣地區的稻作生產及稻米品質產生影響。目前各項研究調查已清楚顯示全球暖化所造成的危害及其存在的潛在威脅，許多作物未來將面對高溫、颶風、大雨或急速升或降溫等劇烈環境變遷所帶來的衝擊；而氣候變遷所造成糧食生產力降低與全球糧食價格上揚的趨勢現在更已然浮現，若未能及時因應處理，勢將對全球經濟發展造成嚴重傷害。因此，未來作物育種趨勢將以面對地球暖化之高溫、大雨等逆境造成的生產問題來做為改進之目標。

由於我國非聯合國會員，以往較少有機會能參與國際稻作研究機構之研究及合作，因此出現國內與國際水稻研究人員間的研究交流出現斷層。因此，此次研習的主要目的為希望能引進國際水稻抗逆境、抗病蟲害種原以充實育種材料，及研習水稻育種新技術與策略；也希望透過此次機會與該中心研究人員進行交流，考察現行水稻育種策略規劃和實施技術，藉以提昇國內稻米生產及稻作育種之水準。

## 貳、行程

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	實際訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for discussion)
10月5日	台北－馬尼拉  Los Baños (IRRI)	去程 住宿 MS Swaminathan Residences	搭乘中華航空 13：50 CI 703班機前往菲律賓國際稻米研究所進行研習
10月6日			
0830H	Pick-up from the MS Swaminathan Residences		
0840 H -0910H	國際稻米研究所	Havener Auditorium, Chandler Hall Ms. Bita Avendaño	Welcome and screening of “Rice Science for a Better World” - an audiovisual presentation on IRRI’s global work 觀賞國際稻米研究所簡介影片
0915H-0940H	國際稻米研究所	Riceworld Museum and Exhibits Office (RMEO) Mr. Paul Hilario	Tour of the Riceworld Museum and Learning Center 參觀水稻世界博物館
0945H-1045H	國際稻米研究所	植物遺傳育種及生物技術研究室(PBGB) Dr. Endang Septiningsih	Meeting/discussion 水稻分子育種研究現況訪談
1050H-1150H	國際稻米研究所	PBGB 研究室 Dr. Michael Thomson	Visit to the Gene Array and Molecular Marker Applications (GAMMA) Laboratory 參觀基因及分子標誌應用實驗室及設備介紹
1305H-1505H	國際稻米研究所	PBGB 研究室 Dr. Darshan Brar	Meeting/discussion 與資深育種專家討論水稻育種程序及其進展
1515 H -1700H	國際稻米研究所	PBGB 研究室 Dr. Sigrid Heuer	Visit Molecular Breeding Lab 參觀分子育種實驗室及設備介紹
10月7日			
0800H-1500H	菲律賓稻米研究所	菲律賓稻米研究所 (Philippine Rice Research Institute, PhilRice)	Departure for Phil Rice 前往菲律賓稻米研究所研習

		Ms. Marlyn Rala Dr. Marissa Romero	
1530H-1700H	菲律賓稻米研究所	Mr. Erro Santiago	Field visit 觀摩菲律賓稻米研究所試驗田區及田間作業實務意見交流
10月8日			
0830H-0850H	菲律賓稻米研究所	Dr. Marissa Romero	Video Showing 觀賞影片了菲律賓稻米研究所之成立、工作內容及未來願景
0900H-0950H	菲律賓稻米研究所	Dr. R. Beronio	Visit Phil Rice Executive Director 與菲律賓稻米研究所所長進行訪談，聽取該所水稻最新研究概況及意見討論
1000H-1200H	菲律賓稻米研究所	Dr. Marissa Romero	Lab Visit 菲律賓稻米研究所實驗室參訪及成果展示
1300H	Come back to IRRI 返回國際稻米研究所		
10月9日~10日 週末			
10月11日			
0930h-1145H	國際稻米研究所	PBGB 研究室 Mr. Rico Gamuyao Ms. Darlene Sanchez	Molecular Breeding Lab 分子育種實驗室設備解說及儀器操作
1330H-1640H	國際稻米研究所	國際水稻遺傳種原交流系統研究室 International Network for Genetic Evaluation of Rice (INGER) Mr. Marcelino Laza 耐熱育種試驗田 Ms. Connie Toledo	Visit to INGER 國際水稻遺傳種原交流系統運作實務介紹 Field Visit to Heat tolerance nurseries 水稻耐熱育種實務及技術實作
10月12日			
0830H-1030H	國際稻米研究所	水稻育種試驗田 Mr. Antonio Evangelista Mr. Vit Lopena	Visit to irrigated rice breeding nurseries 灌溉水稻育種試驗田簡介
1040H-1140H	國際稻米研究所	水稻育種試驗田 Dr. Xie staffs	Visit to hybrid rice nurseries 雜交水稻育種試驗田簡介
1330H-1430H	國際稻米研究所	稻米品質實驗室 Ms. Dory Resurrecion	Visit to Grain Quality Lab 稻米品質分析及儀器操作

			實習
1440H-1550H	國際稻米研究所	植物保護研究室 Ms. Abe Oña	Bacterial blight/blast 稻熱病及白葉枯病檢定及實作
1600H-1700H	國際稻米研究所	植物保護研究室 Mr. Roger Cabunagan	Discussion Virus resistance 水稻抗病毒技術研究介紹及討論
10月13日			
0830H-1140H	國際稻米研究所	水稻育種及栽培試驗田 Ms. Tess Sta Cruz Mr. Paul Maturan Mr. Modesto Amante	Breeding for drought tolerance /Visit to drought and aerobic rice breeding nurseries 水稻耐旱育種、旱稻育種及節水栽培技術田間觀摩
1315H-1415H	國際稻米研究所	Havener 禮堂	Special Seminar 專題演講
<p><b>“An Overview of the USDA ARS Rice Research Program”</b>  <b>Dr. Anna McClung, Rice Program Leader</b>  <b>USDA-ARS, Dale Bumpers National Rice Research Center</b>  <b>Stuttgart, Arkansas &amp; Rice Research Unit, Beaumont, Texas</b></p> <p><b>and</b></p> <p><b>“Genetic Characterization of the USDA Rice World Collection for Mining Valuable Genes”</b>  <b>Dr. Wengui Yan, Research Geneticist</b>  <b>USDA-ARS, Dale Bumpers National Rice Research Center</b>  <b>Stuttgart, Arkansas</b></p>			
1530H-1630H	國際稻米研究所	PBGB 研究室 Ms. Vangie Ella	Physiology of stress tolerance 水稻耐逆境生理解說及討論
10月14日			
0800H-1130H	國際稻米研究所	PBGB 研究室 Dr. Deepinder Grewal	Biofortification – High Zinc content 稻米營養及高鋅水稻研發現況及未來發展議題探討
1315H-1415	國際稻米研究所	Havener 禮堂 Dr. Endang M. Septiningsih	IRRI Rice Seminar 國際稻米研究所水稻育種研發現況及議題討論
1500H-1600H	國際稻米研究所	PBGB會議室 Dr. David Mackill	與國際稻米研究所PBGB研究室主管討論雙方水稻發展現況及對未來合作研究議題進行探討
10月15日			
0830H-1100H	國際稻米研究所	水稻研究設施及試驗田 Ms. Joy Ramos	Laboratory/screen house/field orientation

			國際稻米研究所實驗室、試驗設施及田間管理實務介紹
1300H-1700H	至國際稻米研究所育種田間進行水稻雜交後代選拔及記錄		
10月16~17日 週末			
10月18日			
0830H-1000H	國際稻米研究所	張德慈遺傳種原資源中心(TTCGRC) Ms. Flora de Guzman	Visit to the International Rice Genebank 參訪國際稻米研究所水稻種原庫及管理實務
1005H-1100H	國際稻米研究所	耐淹水稻育種試驗田 Dr. Satya Ranjan Das Mr. Alvaro Pamplona	Field Visit Submergence 耐淹水稻試驗田參觀及田間作業實務討論
1200H-1700H	至國際稻米研究所育種田間進行水稻雜交後代選拔及記錄		
10月19日			
搭乘中華航空 10：35 CI 702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)，是一個群島國家，為東南亞國家之一，位於西太平洋。菲律賓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。19世紀末菲律賓經歷了對西班牙革命、美西戰爭、美菲戰爭之後，徹底成為美國殖民地。二戰期間菲律賓為日本所佔領，戰後獲得獨立，美國在菲律賓留下了英語的主導地位以及對西方文化的認同。做為一個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。菲律賓群島由7,101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。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。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)。國際稻米研究所 (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單位。其成立最主要的目標乃在於藉由稻作試驗及品種改良來減少貧窮及飢餓，並改善農民及消費者之健康。並希望透過國際間的合作來推展農業研究成果，以確保穩定之稻米生產。同時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。

為了達成此一目標，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，因此目前的經費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所提供。

研習期間，另前往菲律賓稻米研究所 (Philippine Rice Research Institute，簡稱 PhilRice) 研習，PhilRice 係由國家所成立的農業研究機構，專責該國最主要的糧食作物-水稻的栽培育種及試驗研究，成立於1985年，任務為研發優良水稻品種及提升稻農栽培技術，藉以改善農家經濟及達成糧食自給自足的目標，近年來亦研發出諸如「黃金米」等的研究成果。

#### (三) 研習過程概述

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

加人員有花蓮區農業改良場潘昶儒及高雄區農業改良場張芯瑜等兩人，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。

本次研習課程由國際稻米研究所內的植物遺傳育種及生物技術研究室(Plant Breeding, Genetics and Biotechnology，簡稱 PBGB) 主管 Dr. D. Mackill 負責統籌規劃，Ms. 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 PBGB 研究部門資深育種家 Dr. D.S. Brar 進行水稻育種技術現況訪談後，隨即展開為期 15 天密集的課程研習。研習過程中除了安排與多位不同研究領域的專家針對最新的水稻研究方向及研究現況進行訪談外，另安排參觀實驗室簡介及田間操作實務等課程。

為把握難得的出國研習機會，研習期間除了積極向國際稻米研究所的研究專家學習先進的水稻育種及栽培管理技術外，更利用假日休息期間至水稻育種分離世代田間進行後代調查及記錄，再將記錄之資訊於課堂上與育種專家進行討論及問題提問，以充實水稻育種田間選拔實務。

10月19日上午趕在中度颱風「梅姬」逼近菲律賓前，搭乘中華航空公司班機返回台灣，順利完成此次的水稻研習課程。

## 二、研習重點摘要及心得

國際稻米研究所資深研究專家指出，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。再加上由於近年來全球暖化趨勢而頻繁出現的極端氣候，更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，育成適應環境逆境強的水稻品種，以確保稻米的穩定生產。

透過這次在國際稻米研究所的充實研習課程，讓學員充分的學習到最新的國際水稻研究現況及先進的試驗技術，未來對提升國內水稻研究的水平將有極大的助益。以下是這次參加水稻育種及栽培管理技術研習的心得及感想。

### (一) 研習重點摘要

#### 1. 提升水稻育種技術

水稻是世界上歷史最悠久及最重要的糧食作物之一，水稻對環境的適應性十分廣泛，生產地區除了南北極及3,000公尺的高海拔地區外皆有栽培記錄，然水稻的生長發育及生產力的表現相當程度受到環境的明顯影響，因此才會造成各稻作栽培區稻穀產量及稻米品質的差異。水稻育種是一門藝術，也是一種改良作物遺傳因子的科學，並以育成適應不同環境下生長的優良品種為目標。品種改良的目的則在於研發具有高產、抗病蟲害、抗非生物性逆境、良好的米質和營養成分及對環境的優良適應性品種。

在所有的糧食作物中，水稻育種成功的案例相當的多，包括1. 育成早熟品種，

增加作物的栽培次數，使一年能夠種植 2~3期作的水稻；2.育成抗病品種，減少農藥的使用，增加產量的穩定性及減輕藥劑的殘留機會；3. 國際稻米研究所利用台灣品種低腳烏尖的半矮性基因育成引發第一次綠色革命的半矮性品種 IR8，使全球的稻米產量大幅提升；4.利用雄不稔特性育成高產的雜交水稻品種，目前全球約有90% 的雜交水稻均由此方法研發而來；5.育成抗非生物性逆境的品種，以增加產量的穩定性。

由於糧食增產速度不及人口成長速度，未來水稻的育種目標將以增加產量潛勢為主要的研發方向。例如提升水稻收穫指數的育種目標即在於育種家認為水稻收穫指數 (HI) 可以從目前的 0.50 增加至 0.55，從而提升糧食的生產效率。而增加產量潛勢的育種目標應著重於生理性狀與植物結構上的研究，以加速目標之達成。

## 2.具高產潛能水稻品種之育種策略

國際稻米研究所設定的水稻高產潛能策略以選育具理想株型 (New Plant Type, NPT) 的水稻植株及研發雜交水稻為兩大重點。研究人員預測新株型水稻產量將可增加 25%，新株型水稻的外觀型態具有以下特點：分蘖較少、沒有無效分蘖、每穗200-250粒、株高90-100 公分、強健莖稈、深綠、厚且直立的葉片、旺盛的根系、生育期100-130天、抗多重病蟲害以及可接受的米粒品質。此外，IRRI 的研究專家認為水稻要達到進一步的增產，必須符合以下幾個產量構成因素的目標特性，例如每 1 平方公尺有 330支穗、每穗有 150 粒穎花數、稔實率大於 80%、千粒重大於 25 克、地上部全生物量達每公頃 22 噸以及收穫指數達 50%。

## 3.參與性品種選拔 (Participatory Varietal Selection, PVS) 之應用

水稻新品種的育成可說是育種家積多年辛勞付出之成果，然而卻也有部分品種於命名推廣多年後始終無法擴大栽培面積，抑或是被農友淘汰而從市場消失？針對此項問題，IRRI 的專家認為，水稻育種人員一般多在田間與室內進行選拔，而在推出新品種之前的階段多未有外界的參與，因此稻農可能不熟悉新品種的栽培特性，或是消費者並不滿意新品種的米飯口感，亦即新品種可能缺少生產者與消費者的參與而失去推廣的機會。試驗單位若有較具潛力的固定品系在命名之前，可邀請經驗豐富的農友至田間參與評估新品系的潛力，以確保未來新品種潛在的推廣成效。另一方面，邀請潛在及隨機的消費者進行「感官評估」，同樣能達到消費端的參與性與實驗性。因此，PVS 方法有利水稻新品種的推廣與消費市場接受度。

## 4.耐熱育種

由於全球暖化現象所導致的長期氣候變遷和短期的氣候變化，已對全球許多國家的稻米生產造成不同程度的衝擊。而因溫室效應所產生的氣候變化可分為長期與短期兩方面，長期的氣候變化是指溫度與雨量的變動，短期的氣候變化則以聖嬰現象區域的氣候變化為主。而由於全球暖化使得高溫傷害變成一個主要的產量限制因子，主要是因為水稻對高溫 (>35°C) 非常敏感，開花期是最敏感時期，開花前 9 天是第二敏感時期；高溫傷害容易造成水稻發生不稔、穀粒變小、增加心腹白含量等影響稻穀產量的現象。

聯合國跨政府氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change ,IPCC) 在 2007 年即已預估下世紀地球溫度會上升 1.1-6.4°C，南亞印度及巴基斯坦的水稻區將有可能會出現超過攝氏 40°C 的高溫傷害；其中又以高夜溫影響水稻花粉的發芽及小穗的稔實率最為明顯。當夜溫每增加 1°C 時，稻穀產量將減少 10 % 左右。在目前的全球暖化趨勢下，高溫傷害已然成爲一個影響稻米生產的重要非生物逆境因子，因此育成耐熱水稻品種是有其必要性的。耐熱品種的育種方法包括兩方面：1. 耐熱性：育成一個耐 35°C 以上溫度且高產的品種。2. 避熱性：改變開花期，縮短生育期，提早抽穗。除了積極的育種工作外，也可以選擇改變種植方式來適應氣候的變化，諸如：改變種植期、在不同期作選擇不同的品種、改變輪作系統等方法。

未來耐熱育種的研究方向將朝向建立 QTL-mapping 及利用分子標誌來改良育種工作、將現行的高產品種結合耐熱基因、探討基因型與環境的交感作用、並藉由國際種原的交換與合作及育成適合氣候變遷的品種爲主要的工作。

## 5.耐淹育種

全球超過一半的人口都以稻米爲主食，而在亞洲則更高達 90% 以上，亞洲地區的看天田低地區和易淹水區 35% 都是栽種水稻。在南亞和東南亞，看天田和易淹水的農田主要還是以種植水稻爲主要的糧食作物。然而，這些地區每年因洪水而導致的作物損失高達 10 億美元，主因即在於這些地區沒有耐淹且高產的品種，加上當地週期性的淹水或缺水等的惡劣水文條件影響，造成移植水稻存活率較低，產量也差。該地區看天田低地區平均每公頃的稻穀產量只有 2.5 噸；易淹水區的產量更差，每公頃約僅 1.5 噸。由於水稻幼苗期間對淹水敏感度較高，看天田低地區的水稻移植後，常會遭逢豪大雨或淹水現象，對水稻生長及後期的產量表現造成嚴重的影響，所以要避免移植水稻在生長初期因淹水而造成的損失。

在近年來的研究中已發現，印度傳統栽培品種 Flood Resistant 13A (FR13A) 其耐淹水性主要是由第九對染色體上的 Submergence 1 (Sub1) 基因座所調控，而 Sub1 基因座包含有兩或三個 ethylene-response-factor (ERF) domain，分別以 Sub1A、Sub1B 與 Sub1C 命名。Sub1 在播種期淹水的狀態下能使植株不受損傷，它有高度的耐淹性。Sub1 在南亞和東南亞的田間試驗顯示，能增加和穩定水稻的產量。未來可將具有 Sub1 之栽培品種 FR13A，透過回交育種，將 Sub1 基因導入至當地的栽培品種，並透過分子標誌輔助選拔 (marker-assisted selection, MAS)，以育成兼具耐淹水及高產性狀的品種，不僅使農民收成穩定，更可確保全球糧食不虞匱乏。

## 5.節水栽培技術

稻作栽培需要較多量的水份供應，但隨著世界人口增加與土地的開發，世界上可使用的的水資源逐漸減少，加上地球暖化的影響，降雨變得集中而且劇烈。因此，如何節省或是保持水資源是目前世界上共通的課題。然而在許多貧窮及開發中國家，水利工程並不發達而無法進行灌溉，因此發展節水技術 (water saving technique) 也是未來水稻栽培的重要的目標之一。目前發展的節水技術大致上可以分爲耐旱性品種育種、灌溉水稻技術及栽培技術改進三部份。耐旱品種育種係經由研發具有較高產量、較耐缺水，適合看天田栽培的品種，如此便可以確保水

利工程不發達國家稻作之產量表現。其次為改善稻田灌溉水利技術，配合現有地形協助規劃田區，以提昇灌溉水利技術，有效解決灌溉問題，使水分的使用可以到最大效益。在灌溉技術改進方面，目前已開發之乾溼交替式灌溉(Alternate drying and wetting irrigation, AWD)便可大量節省稻田用水量，此方式為利用斷水乾燥及恢復灌水等二種交替實施的灌溉方式，即水稻進行淹水灌溉，當水深消失一定天數後方再實施灌溉，此方式可以減少灌溉水量及增加消耗土壤中可利用水分的潛力，屬於節水灌溉技術與策略之一種。

## 6.增進稻米營養品質育種

全球 24 億人口以稻米為主要食物。在所有作物之中，稻米是總產量及食用人口最多的糧食作物，若能增加稻米中的營養成分，將對人類的健康帶來助益。再加上稻米是許多第三世界國家人民唯一的食物能量來源，因此這些國家面臨各種營養不良缺乏症的極大威脅，尤其明顯的是缺鐵 (Fe)、缺鋅 (Zn) 及β胡蘿蔔素等症狀。全球近 20 億人患有貧血症的最大原因就是缺鐵，而孩童缺鐵會損害身體發育、智力發展及學習能力，成人缺鐵則增加婦女分娩時死亡的危險性。鋅元素對人體營養要素需求量來說雖僅是微量元素，但卻對人體內超過 300 種的酵素扮演著重要角色，譬如細胞分化、生育力、免疫系統、感官知覺等的生物功能。缺鋅時容易造成兒童痢疾、肺炎及發育不全等症狀，幼童缺鋅引也易造成認知功能損傷、行為問題、記憶受損及空間學習等障礙。維他命 A 對視力及細胞分化是相當重要的，缺乏維他命 A 易造成夜盲症甚或全盲、生長遲緩以及生殖力損傷等。因此，科學家們對付營養不良的策略，包括篩選具高營養價值的水稻育種、提昇米粒胚乳中營養元素的生物利用效率以及基因改造等。IRRI 經由傳統育種方法改善鐵、鋅元素含量的研究已稍具成效，新品系稻米的鐵、鋅元素含量已顯著高於一般推廣品種。

## 7.米質分析的新概念

稻米品質分為物理品質和米飯品質兩部分，物理品質有心腹白、外觀顏色、產量以及形狀外觀，米飯品質分為直鏈性澱粉含量、膠體溫度、膠體流動性以及米飯黏性等，其中又以直鏈性澱粉含量最為關鍵。過去檢測直鏈性澱粉含量的方法常有很大的誤差，IRRI 曾將17個白米粉末樣品送至 27 個不同實驗室檢測，結果卻顯示即使糯性材料檢定結果仍有 10% 以上的直鏈澱粉，且各國測定結果的變異相當大，表示不同實驗室的對照標準不一。這些變異的最大原因在於對照的馬鈴薯品種不同所致，實驗室之間使用的品種如不同，其測定出來的直鏈澱粉含量變異就會相當大。IRRI 米質實驗室與International Network for Quality Rice (INQR) 現已建立一套標準的檢測流程來準確的估算直鏈性澱粉含量。

### (二) 研習心得：

#### 1.了解當前及未來國際水稻發展趨勢：

國際間各稻米研究機構均相當重視由於全球暖化問題所導致的氣候變遷，及其對糧食生產所造成的衝擊，世界各國及農業研究機構亦無不積極針對此一議題進行研究以擬定因應策略。為因應氣候變遷對全球水稻栽培所可能造成的傷害，菲律賓國際稻米研究所(IRRI)近年來已利用分子育種技術迅速選出耐淹水和耐旱的水稻新品系。由於我國非聯合國之成員，以往較少有機會參與國際間的水稻研

究合作，對於未來國際的農業發展方向涉獵較少，而本次前往研習的研究機構即是往國際間最負盛名的水稻研究重鎮菲律賓國際稻米研究所(IRRI)，透過與該單位研究人員的研習及訪談，可以很明確的瞭解當前及未來國際的農業發展，從而調整我國農業科技研發之方向。IRRI水稻研究專家曾說明雖然分子生物技術進展日新月異，但在 IRRI 的資源分配上仍以傳統譜系法育種為大宗，其次為利用分子標誌輔助育種，與極小部分的基因轉殖操作。因為育種是要在田間操作的，田間的觀察比較自不可偏廢，而近來先進的分子生物技術只是育種過程中的一種作業工具，它能提供農業研究人員不同於以往的研究視野，亦要善加利用。

## 2. 應用分子育種技術提升育種效率：

耐淹Sub1 基因是分子育種極為顯著的成功案例，但也是研究人員多年的試驗成果，從地方品種利用傳統雜交育種法將耐淹特性導入栽培品種。隨著生物技術的普及，採用基因定位方法來鑑定出耐淹基因的染色體位置，並經由雜交和轉基因的互補試驗驗證功能，最後以分子標誌輔助回交育種策略導入現有品種。由於分子標誌技術的實際應用，使水稻育種人員可以從龐大的分離族群中進行快速篩檢，以達到精確選拔與提高育種效率的優點。在菲律賓、日本、韓國及中國大陸等國家都使用的相當廣泛，而且也都積極的開發其他的標誌，相較於其他國家，台灣發展的速度明顯較慢，且擁有的標誌很少，未來有必要加速發展並將其導入實際應用的育種計畫當中。

## 3. 透過種原交換充裕育種種原

農作物育種改良仰賴現有作物種原間的遺傳變異，無法無中生有，憑空生出。國內目前在種原蒐集方面的研究，除了少部分係透過誘變育種以擴大變異程度外，多數還是從現有與野生種原材料中去發掘有用基因，但效果畢竟有限。所以透過水稻種原的流通交換來擴大遺傳歧異則更顯重要，日後種原的蒐集保存與交流亦將是我國農作物育種改良的重要議題。依據現行的國際種原交換規定，在進行種原交換時要簽署標準材料交換協議 (Standard Material Transfer Agreement, SMTA)，以保障種原提供者權益，我國自當善加利用此一管道以充裕國內稻作種原材料。

## 4. 育種應針對特定目標進行高強度之選拔

在本次研習過程中發現國際稻米研究所的研究人員在進行育種選拔時，通常會給予相當強的選拔壓力，例如耐淹水稻的選拔，會將水稻淹在水中3週後再選拔其倖存的植株；而選拔耐高溫時，則會將水稻置於50°C的環境下，以進行高強度的選拔，因為國際稻米研究所的研究人員了解，從事作物育種時需要投入相當大之人力與物力，所以應針對特定目標進行高強度之選拔，以達事半功倍之效。

## 5. 研究人員的執著與努力

國際稻米研究所能夠研發出耐淹水稻等耐逆境品系，除了有賴先進技術支援外，其所依靠的是研究人員的執著與努力。由於建立這一類的技術需要經歷無數次的試驗，如果研究人員無法持續的試驗或是中途放棄，這些研究資料將無法順利收集完成，並成為可以使用的資訊。另外，若研究人員無法承擔壓力及辛勞亦將難以完成，因此研究人員的執著與努力是成功與否相當重要的一環。

## 6.提升稻米品質仍須努力

稻米品質可概分為稻米食用品質及稻米外觀品質兩項。其中稻米外觀品質以米粒心腹白表現程度與品質分級最為相關，但是心腹白的發生深受環境條件所影響。依據目前的研究僅知米粒心白是與穀粒充實基因的表現量改變有關，增添分析時的困難度，而且不同米粒部位的白堊化現象其成因亦不相同，因此，正確的紀錄外表型方法仍須建立。此外，由於稻米中約有 90% 成分是由澱粉所構成，所以澱粉結構的差異決定了米飯的食味及口感，而目前在相關基因體上的研究也僅能解釋部分的結構組成而已。

## 7.台灣生活安定與物價平穩

菲律賓在二戰後的快速發展，曾為亞洲各國引領企求的典範。但在本次前往菲律賓研習的過程中，感受到菲律賓國家經濟的落後與政治的不安，政治上的紛擾影響了整個國家的發展，國內除首都馬尼拉及部分地區外，彷彿二十世紀中期的早期台灣景象，加上槍枝自由買賣，導致治安的敗壞，在百貨公司、金融機構、政府機關及研究單位等地點皆需要配備槍枝的保全人員或警衛來守護，也許當地人已司空見慣，但對於來自其他國家的人民而言，難免留下憂心的印象。此外，在這次的研習中也發現到菲律賓的物價高昂現象，相對於人均所得來說，其商品售價均較為昂貴，在餐廳與雜貨店的物品售價均與台灣相當，但其國民平均薪資約僅為台灣的一半而已，因此該國人民的生活壓力不難言喻，而相較於台灣的生活安定與物價平穩，國人更應感知足及惜福。

## 8.與IRRI 進一步合作之可能性

在本次於IRRI 研習的過程中，IRRI 方面負責國際育種材料交換與評估的研究專家表示，過去我國與IRRI 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，因此很希望能再重新建立雙方合作之關係，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IRRI 進行分子評估，如耐淹、耐旱、耐病蟲害等。國際稻米研究所植物遺傳育種及生物技術研究部門 (PBGB) 主管 Dr. David. Mackill 也希望今後與我國能有更多合作的合作機會。水稻育種為長期性之工作，水稻的研究成果關係到民眾飲食權益，更攸關國家糧食安全，而我國目前從事稻作育種方面的相關研究人員約不超過50人，未來如能透過與 IRRI 建立良好的合作夥伴關係，從而運用 IRRI 充沛之研究資源，將可對我國稻作的研究發展帶來相當大的助益，也期盼能使我國的稻作研究與國際再度接軌。

## 肆、建議事項

一、透過這次與國際稻米研究所相關研究人員的交流互動中，不僅達到稻作研究資訊交流之目的，同時也將我國介紹給其他國家，是相當成功的國民外交。菲律賓距離台灣很近，近年來隨著台灣與國際稻米研究所互動機會的增加，以及在兩岸關係氣氛和緩的環境下，國際稻米研究所相當願意能與我國在水稻育種及試驗研究方面建立更密切的合作夥伴關係。因此也建議政府未來能

更進一步擬定實質具體的研究項目來加強及加深雙邊的合作。

- 二、在本次考察研習及與國際稻米研究所相關研究人員的訪談中，可以瞭解到目前國際稻作研究的發展趨勢，透過學員與講師相互的討論與意見交換，可以彼此學習並建立聯繫管道，共同合作研究面臨全球暖化的相同議題以及因應之道。
- 三、在此次出國的研習過程中，發現國外研究機構之間或是研究機構與大學院校間均已建立密切的合作關係，以進行共同的試驗研究及資源共享。例如位於國際稻米研究所旁的菲律賓大學即是該國所相當悠久及知名的大學，該大學校地廣闊，資源充足，此次前往研習的國際稻米研究所所在地即是向該大學所承租興建，雙方並在試驗研究及教學方面進行密切的合作。菲律賓大學會邀請國際稻米研究所的科學家前往該大學任教授課，國際稻米研究所亦相對提供該大學學生前往該所研究及實習之機會，並以此來深化雙方的合作關係，及提升該國農業研究人員水平。因此建議國內各試驗研究單位間應多與大專院校加強合作，以擴大研發能量，提升研究效率及成果。
- 四、全球暖化造成的極端氣候和病蟲害加劇是我們必須面對的問題，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菲律賓國際稻米研究所( IRRI )針對全球目前最受重視的氣候暖化議題密切的合作，以進行共同的試驗研究及資源共享。因此建議主管單位應重視極端氣候和病蟲害的基礎與應用研究，朝加強國際合作、引進國外技術與成果方面來努力，並進而整合相關研究團隊以提供研發必要之支援。
- 五、國際稻米研究所在耐逆境育種篩選設備及研究方法均很完善，例如耐淹田區及耐熱育種生長箱等設備都相當齊備。如果雙方未來能夠建立更密切的試驗合作，相信我國農業研究機構亦能充分利用該所現有的儀器設備來進行試驗研究，而不需再設置篩選田或購置價格高昂的研究設備，從而提高國內水稻研究經費的利用效率。
- 六、透過派員出國進行水稻育種及栽培技術等相關課程的研習，除了可提升台灣及菲律賓雙方研究人員的研究知識及技術外，對擴大相關人員之研究視野及增強外語溝通能力更是助益良多。建議國內主管單位應建立並提供國際研究單位的聯繫或合作管道，並鼓勵國內研究人員多出國了解世界農業發展現況。由於國內水稻栽培品種主要以日本型水稻為主，未來如能安排參訪同屬栽培日本型水稻的日本與韓國等國家的水稻研究機構，將能對國內稻作研究帶來更佳的助益。

## 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安排研習課程，特此誌謝。

## 陸、附錄



圖一、國際稻米研究所行政區域



圖二、國際稻米研究所水稻試驗田區



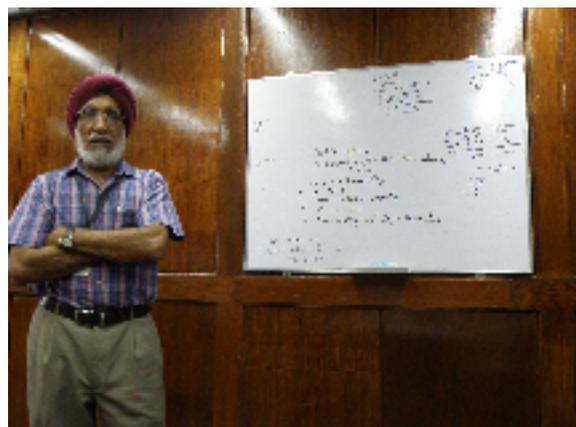
圖三、於稻米世界博物館研習稻作產業進展歷程



圖四、水稻世界博物館內展示的米食加工品



圖五、水稻博物館之世界人口時鐘



圖六、水稻育種課程研習由資深育種專家授課



圖七、水稻育種田間實習及討論



圖八、水稻雜交育種課程實習



圖九、多樣性的野生稻種原收集



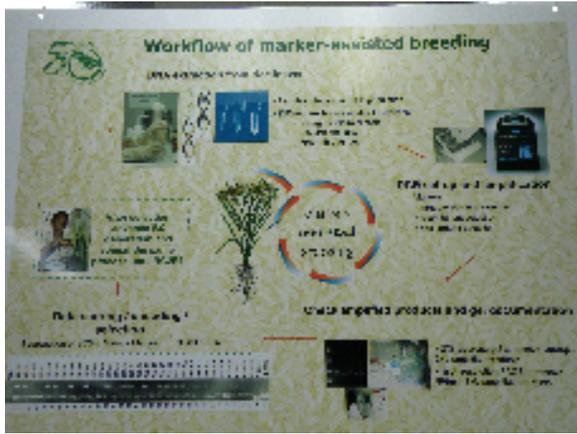
圖十、GAMMA 實驗室研究內容簡報



圖十一、BeadXpress分析儀



圖十二、GAMMA實驗中心內的PCR儀器室



圖十三、分子標誌輔助育種作業程序



圖十四、基改水稻種植田區防護設施完善



圖十五、大型水稻試驗網室



圖十六、水稻耐熱性試驗生長箱



圖十七、水稻耐淹性試驗田區



圖十八、水稻耐鹽性篩選苗圃



圖十九、水稻抗病毒篩選苗圃



圖二十、水稻重要試驗田區僱工驅趕鳥雀



圖二十一、水稻試驗田防鼠設施



圖二十二、INGER稻種製備程序



圖二十三、長期貯藏稻種以鋁罐密封保存



圖二十四、前往菲律賓稻米研究所進行研習



圖二十五、菲律賓稻米研究所地標



圖二十六、菲律賓稻米研究所水稻品種展示