

出國報告（出國類別：研究）

# 因應氣候變遷之國際農業科技交流合作 -臺灣水稻品種澱粉消化特性調查 與作物生長模式參數最佳化探討

服務機關、姓名職稱：

行政院農業委員會臺中區農業改良場王柏蓉（作物改良課）助理研究員

行政院農業委員會農業試驗所吳東鴻（作物組）助理研究員

行政院農業委員會農業試驗所楊滿霞（作物組）助理研究員

派赴國家：菲律賓（國際稻米研究所）

出國期間：中華民國106年11月12至26日

報告日期：中華民國107年2月2日

## 一、摘要

米飯是國人主要主食，唯國內現行良質米推廣品種均屬高升糖指數類型，攝食米飯後容易造成血液中的血糖值迅速提高，對血糖調控不利，為擴大臺灣與國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 雙方的深層合作，此行以建立水稻品種選育過程經濟且有效的升糖指數評估平臺，並籌畫相關回交後裔族群選拔計畫為目標，由臺中區農業改良場與農業試驗所一同組成研究團隊赴 IRRI 進行短期研究，將我國 10 個不同米質特性代表性樣品寄送 IRRI 米質中心。IRRI 在水稻 GI 相關指標分析已有建置完整的試驗系統，並已經從高歧異度之秈稻種原中，找到具有高直鏈性澱粉含量、高抗性澱粉含量的且低澱粉水解效率係數(K-value)的種原 IR36ae，可作為該中心在 GI 相關指標分析試驗所使用之 in-house 標準品，並由台方人員在 IRRI 研習其間實際操作包含直鏈澱粉含量、總澱粉含量、抗性澱粉含量、澱粉水解效率係數(K-value)等低升糖指數相關指標試驗分析，除了確認雙方試驗方法及數據解讀步驟之一致性外，亦聽取 IRRI 米質中心主持人 Nese Sreenivasulu 利用萌芽過程種子水解利用儲藏澱粉的過程預測人體消化澱粉效率的構想，經過雙方面對面討論，具體擬定下一年度針對相關澱粉水解特性基因座探討其升糖指數貢獻程度與米飯食味之交互效應，將由農業試驗所負責生產定位族群、基因型分析與回交後裔輔助選育，本場則進行固定品系之米飯偏好性調查與基礎米質理化特性分析，而 IRRI 米質中心負責澱粉水解效率與澱粉鏈組成等相關分析。除了選育機能性水稻品種系外，因應氣候變遷增加作物栽培風險與決策難度，本次也由農業試驗所派員前往與 IRRI 商討水稻生長模式中相關模擬參數最佳化與相關性狀資料收集，有助於加速我方建立本土化水稻作物生長作物模式並提供未來生產預測之依據，以解決國內稻作產業技術與推廣的需求與缺口。

關鍵字：水稻、直鏈性澱粉、升糖指數、作物生長模式。

## 目次

一、摘要.....	2
二、目的.....	4
三、研習行程.....	5
四、研習內容	
1. 澱粉鏈結構與升糖指數相關程度.....	7
2. <b>IRRI</b> 澱粉鏈最新遺傳研究概況.....	7
3. 國內低升糖指數潛力品系之選育概況.....	8
4. 在菲律賓 <b>IRRI</b> 收集國內品種各類品質之澱粉特性.....	9
5. <b>IRRI</b> 發展以種子萌芽模式預測升糖指數之可行性.....	10
6. 作物生長模式最佳化.....	11
五、研習心得.....	12
六、研習建議.....	13
七、參考文獻及表格.....	13
八、參訪記錄照片.....	16
附件 1. 白米樣品出口申請文件.....	18
附件 2. 材料清單與米質特性.....	19
附件 3. 菲律賓植物檢疫證明.....	20
附件 4. 農糧署白米出口同意書.....	21
附件 5. 防檢局檢疫證明書.....	22

## 二、目的

### 臺灣水稻品種澱粉消化特性調查

米飯是國人主要主食，然而升糖指數(glycemic index, GI)為攝食後血糖反應之指標，實際測量方式為食用待測食品後 2 小時內的血糖增加值，與食用純葡萄糖 100 公克後 2 小時內的血糖增加當作 GI=100 基準值來比較。食品大致可依 GI 分成低 GI ( $\leq 55$ )、中 GI(56-69)以及高 GI ( $\geq 70$ )三大類。國內現行良質米推廣品種均屬高升糖指數類型，因此普遍認知為攝取米食產品後不利血糖調控，使糖尿病患對米食攝取嚴加限制。然目前高直鏈性澱粉含量的秈稻品種（台中秈 17 號）具有低升糖指數潛力趨勢但口感偏硬。臺灣低 GI 水稻專用品種的開發約啟始於 2013 年，由於高直鏈澱粉含量之米通常較不易水解放化，屬於 GI 較低的食物，目前國內新品種發展正朝向直鏈澱粉含量高，但口感較軟的目標努力，開發出口感可為國人接受的鮮食米種，以維護人體血糖穩定。為擴大臺灣與國際稻米研究所(International Rice Research Institute, IRRI)雙方的深層合作，對於稻米品質與營養成分改良議題，雙方寄望能選育出具有低升糖指數潛力的品種以降低國人健康風險，此行除了研習升糖指數相關分析流程外，亦期望透過我國 10 個不同米質代表性樣品的測試結果，面對面的交談此材料族群低 GI 潛力，以及未來與米質中心在此議題上的分工。

### 作物生長模式相關參數最佳化

稻米是臺灣最重要的農作物之一，隨著氣候變遷，水稻產量潛力預估與最適栽培模式之研究日益重要，ORYZA V.3 是知名之水稻生長模型 (物理模型)，該模型為 IRRI 研發並可免費下載使用，可藉由給定模擬情境，例如施肥、給水、氣象資訊以及土壤的土質與有機質等各式生長環境的參數等，進行水稻物理的生長模擬，ORYZA V.3 除了考慮水稻種植環境，栽培方式與氣候因子，更考量屬於各水稻品種多種之作物參數，提升水稻產量與各生育時期預估之準確性，此有助於水稻監測方法之開發。農業試驗所從去年起開始收集目前推廣之重要水稻品種之試驗資訊，包含試驗環境、栽培資訊與試驗地區之各種氣象因子，將收集而來的試驗資料投入 ORYZA V.3 進行產量之模擬比較，在作物參數校正部分，遭遇一些實務與經驗上的困難，且在各期作產量預估的結果比較，仍有一些疑慮，藉由本次之國際交流拜訪，希望能正確使用 ORYZA V.3，特別是獲得理想之作物參數校正及實務上操作之建議。最後，農業試驗所亦開發作物優質生產整合資訊平臺，使用積溫模式預測水稻生育期，結合生育期之預測提供栽培建議(包含田間管理、施肥及防治等)免費提供農民使用，於本次拜訪交流將與專家介紹本平臺之功能與應用，並討論本平臺與 ORYZA V.3 結合應用之可能性。

### 三、研習行程

日期	日數	時間	議題	地點
1112	去程			
		07:30	桃園國際機場集合完畢	桃園機場
		10:00	登機	長榮 BR271
		12:40	抵達菲律賓（誤點）	馬尼拉機場
		14:50	抵達 IRRI	Swaminathan hall
11月13日				
升糖指數議題	08:30	前往米質中心並與中心主任洽談本次研習內容		米質營養中心
	13:00	完成實驗室安全相關講習，申請訪問學者識別證，確認台方白米樣品編號		米質營養中心
作物生長模式	08:30	拜訪李濤博士		土壤水分及數據分析服務中心
	13:00	實機操作與除錯		土壤水分及數據分析服務中心
11月14日				
升糖指數議題	08:30	研習總澱粉分析前處理		米質營養中心
	13:00	研習總澱粉分析		米質營養中心
作物生長模式	08:30	實機操作與除錯		土壤水分及數據分析服務中心
	13:00	拜訪 Ando M. Radanielson 博士		土壤水分及數據分析服務中心
11月15日				
升糖指數議題	08:30	台方白米樣品磨粉與過篩作業		米質營養中心
	13:00	台方白米樣品磨粉與過篩作業		米質營養中心
作物生長模式	08:30	實機操作與除錯		土壤水分及數據分析服務中心
	13:00	實機操作與除錯		土壤水分及數據分析服務中心
11月16日				
升糖指數議題	08:30	澱粉鏈片段質譜分析前處理		米質營養中心
	13:00	澱粉鏈片段質譜分析上機分析		米質營養中心
作物生長模式	08:00	返台搭機		
11月17日				
升糖指數議題	08:30	107 年度低升糖議題分工合作會議		米質營養中心
	13:00	研習總澱粉分析試驗流程		米質營養中心
11月20日				
升糖指數議題	08:30	研習澱粉鏈片段質譜分析數據換算		米質營養中心
	13:00	澱粉水解試驗樣品前處理		米質營養中心
11月21日				
升糖指數議題	08:30	研習澱粉水解試驗流程		米質營養中心
	13:00	研習澱粉水解試驗流程		米質營養中心
	16:00	研習澱粉水解試驗上機分析		米質營養中心

11月22日			
升糖指數議題	08:00	澱粉水解試驗樣品前處理	米質營養中心
	09:00	研習澱粉水解試驗流程	米質營養中心
	17:00	研習澱粉水解試驗流程、上機分析	米質營養中心
	17:30	抗性澱粉試驗樣品前處理	米質營養中心
11月23日			
升糖指數議題	08:30	研習抗性澱粉分析試驗流程	米質營養中心
	13:00	研習抗性澱粉試驗上機分析	米質營養中心
11月24日			
升糖指數議題	09:00	研習澱粉鏈片段質譜分析數據及總澱粉試驗數據分析	米質營養中心
	13:00	研習抗性澱粉及澱粉水解試驗數據分析	米質營養中心
	15:00	討論數據分析及實驗操作相關問題解決策略	米質營養中心
11月25日(週六) 返台			

## 四、研習內容

### (一)、澱粉鏈結構與升糖指數相關程度

以往對於稻穀澱粉組成主要利用碘染色測量表徵直鏈澱粉含量(Apparent amylose content, AAC)、膠體軟硬度(Gel consistency, GC)與糊化溫度(pasting temperature, GT)，隨著分析儀器更趨精良，利用片段大小區分質譜儀 (size-exclusion chromatography, SEC)，可以進一步將澱粉顆粒內的直鏈性澱粉(amylose, PAM)與支鏈性澱粉(amylopectin, PAP)，而透過澱粉顆粒的聚合程度(degree of polymerization, DP)大小差異，在聚合大分子量上再細分為 DP >1000 者以及 DP 121-1000 者，前者分別為真實直鏈性澱粉(true amylose chain; percent amylose 1, AM1)，後者則是長鏈支鏈性澱粉也稱為偽直鏈性澱粉 (long-chain amylopectin; percent amylose 2, AM2)，另外在支鏈性澱粉上則分為中等支鏈性澱粉(percent medium-chain amylopectin, MCAP)屬於 DP 120-37 者，而 DP 6-36 者則是屬於短鏈支鏈性澱粉(percent short-chain amylopectin)，而過去如果採用碘染法則會將長鏈支鏈性澱粉含量與真實直鏈性澱粉合併在一起稱為表徵直鏈性澱粉，藉由 SEC 分析穀粒內澱粉結構組成更能確定真實直鏈性澱粉含量高低，不然以種原內表徵直鏈性澱粉與真實直鏈性澱粉含量(SEC 測量)兩者的相關程度很高、但其變異解釋量卻僅達 60%。

### (二)、IRRI 澱粉鏈最新遺傳研究概況

目前 IRRI 米質中心利用一套 244 個秈稻高歧異核心種原，以全基因組 122K 的 SNP 標誌密度進行全基因組關聯性定位策略(genome-wide association study)，尋找秈稻族群中控制澱粉組成中 4 種類型分子鏈的連鎖基因座，定位結果顯示如果僅以表徵直鏈性澱粉含量進行基因定位，只會在第 6 條染色體的短臂上偵測到一個相關性強烈的基因座，該基因座主要為 GBSS1 基因座，進一步，利用 SEC 法所測得的直鏈性澱粉含量(PAM)與支鏈性澱粉含量(PAP)則同時均可在第 7 條染色體短臂上發現另一個澱粉含量強烈相關的基因座，這個基因座是首次被發現也參與澱粉合成中直鏈 AM1 分子與支鏈 SCAP 分子比例的基因座。

在第 6 條染色體上，與澱粉合成代謝強烈相關的基因座中，可以篩選出 11 個標的 SNP 標誌，這些 SNP 標誌在秈稻核心種原內可穩定區分成 8 種單倍型(Haplotype)，其中單倍型 1 與單倍型 5 則均是屬於直鏈性澱粉比例較高者(PAM)，大約高於 20%，且相關聯性最高的 SNP 則落於 GBSS1 基因座內，再將由秈稻核心種原內的 8 個單倍型衍伸至 3000 個水稻基因組中，可以發現單倍型 1 普遍存在於秈稻與 AUS 亞種內，而單倍型 8 則是存於梗稻、尤其是溫帶型梗稻，而單倍型 6 是屬於中等直鏈性澱粉(12%)類型、存於熱帶型梗稻(tropical japonica)與香稻(aromatic rice)，單倍型 3 是也是直鏈性澱粉 PAM 15%、只少數分布於秈稻種原內。另外比

較秈稻與粳稻亞種之間 *GBSS1* 基因座間的多型性與直鏈性澱粉含量，可以發現秈稻內的直鏈澱粉含量 AM1 與 AM2 均比粳稻要高，而在 *GBSS1* 基因座上的 exon 10 上的 SNP 標誌，在秈稻上由 C 置換為粳稻的 T 則會降低直鏈性澱粉含量。

在第 7 條染色體上則主要影響了直鏈性澱粉 AM1 與短鏈支鏈性澱粉 SCAP 兩者的關係，在此區域上標定了 12 個 SNP 標誌可以區分為 8 種單倍型，此新定位區間就以座落在 *Bhlh* 蛋白(LOC\_Os07g11020)基因第 5 個外顯子(exon 5)上的 SNP 標誌相關性最高，在這區間內的單倍型 1(AAACAAGACGGG)所佔的數量最龐大，其直鏈性澱粉含量 PAM 約在 17%，其中有 75%的種原大概都在 19%左右，其他單倍型的直鏈性澱粉含量則在 10%-20%之間，只有單倍型 8 (GGGAGGCGTATA)不僅直鏈性澱粉含量最高可達 25%以上，其基因型組成也與單倍型 1 完全不同。從 3000 個水稻基因組中，可以發現第 7 染色體上 8 種基因型的分布狀況，單倍型 1 主要存在秈稻種原中、不太出現於 AUS 與香稻亞種中，此基因型在粳稻亞種中則只在熱帶型粳稻內、不在溫帶型粳稻中；單倍型 8 則是只稀少分布於秈稻品種內、不出現於其他粳稻或香稻中。而第 7 條染色體上，座落於 LOC\_Os07g11020 的基因 SNP 標誌 exon 5 之位點若產生 A 置換成 G 的多型性，會增加直鏈性澱粉 AM1、減少支鏈性澱粉 SCAP。但也因為此基因同時控制水稻果皮的色澤，參與水稻果皮原花色素的合成，本次秈稻種原中單倍型亦發現紅色糙米的產生，而有減少市場接受度的可能，但基於降低健康風險，仍有其市場推廣潛力。

### (三) 國內低升糖指數潛力品系之選育概況

利用快速黏度計 RVA 可以測量米飯的黏度值，其中以最終黏度(final viscosity)可以了解米飯的軟、硬口感，在第 7 染色體上的單倍型 1 的直鏈性澱粉含量高，其最終黏度數值高、口感硬，然而單倍型 8 的最終黏度數值下降、口感略軟，但仍比單倍型 4 的口感要硬。目前已經從秈稻種原內已經找到提高直鏈性澱粉含量的基因座，有助於大幅增加低升糖指數的風險，但其口感仍要進一步進行分析。

目前針對低升糖指數選育出初期育種材料上，因國人喜好口感較軟的粳稻品種，並兼顧提高直鏈性澱粉含量以降低澱粉水解效率，進而達成低升糖指數的目標，因此在秈稻種原中尋找具有高直鏈性澱粉含量且軟膠體硬度者，分別以'Ligerito'與'Choba'作為提供親，其中親本'Ligerito'來自哥倫比亞，表徵直鏈性澱粉含量 34.1%、膠體軟硬度 100 cm、中等糊化溫度 (鹼性擴散值 4)，並帶有紅色種皮顏色，親本'Choba'來自巴基斯坦，表徵直鏈性澱粉含量 35.4%、膠體軟硬度 81 cm、中等糊化溫度 (鹼性擴散值 4)，且為白色種皮顏色，而輪迴親則是台農 77 號，是屬於溫帶型粳稻，譜系來自越光兩親本雜交後代、如同越光姊妹系，表徵直鏈性澱粉含量 17.1%、膠體軟硬度 90 cm、低度糊化溫度(鹼性擴散值 6)。從 2015 年起開始建立雜交



組合，均以高直鏈性澱粉親本為提供親，台農 77 號為輪迴親，而選拔目標以控制直鏈性澱粉含量與膠體軟硬度的 *Waxy* 基因座，以及控制糊化溫度的 *ALK* 基因座，經過連續回交 3 次，每次均以第 6 條染色體上的 *Waxy* 基因座與 *ALK* 基因座進行前景選拔，再以全基因組 120 InDel 標誌進行背景選拔，直至 2017 年選出以台農 77 號為遺傳背景，僅在第 6 條染色體上 *Waxy* 基因座與 *ALK* 基因座保留提供親的片段，輪迴親背景恢復率已達 95% 以上，初步觀察品系 LN341 (TNG77/Choba//TNG77) 的理化特性，表徵直鏈性澱粉含量 32.2%、膠體軟硬度 95 cm、低度糊化溫度(鹼性擴散值 3.2)，品系 LN351 (TNG77/Ligerito//TNG77) 的理化特性，表徵直鏈性澱粉含量 32.6%、膠體軟硬度 88 cm、低度糊化溫度(鹼性擴散值 4)，且種子顏色仍保持白色。但對於上述 2 個育種品系的真實直鏈性澱粉含量與其長、中、短鏈支鏈性澱粉含量組成尚未了解，且尚待收集水解效率與抗性澱粉含量等背景訊息，有助於預測新品系對於調降升糖指數能力。

#### (四) 在菲律賓 IRRI 收集國內品種各類品質之澱粉特性

代表性樣品包含高直鏈性澱粉且硬膠體者有 2 個，分別為台中秈 17 號及台中秈 197 號；高直鏈性澱粉、軟膠體者有 3 個，其中包含一個秈稻紅米提供親本 Ligeroto 與 2 個粳稻回交品系 LN341 與 LN351；一般低膠體軟硬度、軟膠體者有 4 個，包含 1 個秈稻台中秈 10 號、中秈育 890 號、台農 71 號與台農 77 號。針對上述代表性樣品進行澱粉鏈結構分析、總澱粉含量以及抗性澱粉含量等澱粉分解特性進行分析，上述樣品已於 106 年 9 月 20 日完成農糧署白米出口許可、動植物防檢局的檢疫證明以及台方材料意向函等作業（附件 1-3），經由航空郵件正式向 IRRI 申請材料輸入許可，隨後於 11 月 12 日起由台中場與農試所派赴研究人員赴 IRRI 進行技術研習與台方材料分析，研究結果有助於歸納台灣常見不同澱粉含量類型之升糖指數特性。

此行在 IRRI 實際分析國內品種系材料試驗結果，高直鏈性澱粉且硬膠體代表性品種—台中秈 17 號及台中秈 197 號，其 SEC 分析之直鏈澱粉含量分別為 22.6% 及 23.1%，抗性澱粉含量分別為 4.59% 及 4.30%；中低直鏈性澱粉含量（20~25%）、軟膠體者--秈稻紅米提供親本 Ligeroto 與 2 個粳稻回交品系 LN341 與 LN351 之直鏈澱粉含量則分別為 20.6%、20.5% 及 20.2%，抗性澱粉含量分別為 7.45%、6.62% 及 5.37%；低直鏈性澱粉含量（10~20%）、軟膠體之臺灣一般米飯用粳稻品種--台農 71 號與台農 77 號，及二個食用軟秈品種（系）--台中秈 10 號與中秈育 890 號，直鏈澱粉含量則分別為 10.8%、9.9%、7.3% 及 6.5%，抗性澱粉含量分別為 3.57%、1.95%、1.94% 及 2.75%（表 2）。各樣品的總澱粉含量多與文獻值相符（75~85%），唯中秈育 890 與 in house 標準品 IR36ae 的總澱粉含量偏低（分別為 64.6% 及 70.3%），推測為本次派赴人員

操作不熟練，在移除廢液及轉移沉澱物的過程損失太多待測樣品所致，因此前述試驗結果僅供參考。再者，IRRI 米質中心副研究員 Maria Krishna D. de Guzman 表示，該中心對於上述升糖指數相關指標的測定結果，皆須經過 3 次以上不同日期完整的重複試驗，觀察結果是否一致，方能推估此些試驗數值的準確度。

### (五) IRRI 發展以種子萌芽模式預測升糖指數之可行性

IRRI 米質中心指出，動物體內消化澱粉的模式，與種子萌芽過程儲存澱粉被運移利用的模式相近。種子萌芽時，儲存性澱粉會經由內切水解酶(endohydrolases)、葡萄糖苷酶(glucosidases)作用，將直鏈澱粉的  $\alpha$ -1,4 葡聚糖鏈結水解，釋放出游離糖。支鏈澱粉則另需去支鏈酶作用於麥芽糊精的  $\alpha$ -1,6 分支，以利釋放出主要的能量來源—果糖。相對而言，不論是體內(*in vivo*)及體外(*in vitro*)作用於澱粉之相關酵素，亦為決定動物 GI 的高低之決定因子。澱粉水解作用是水稻種子萌芽過程利用胚乳中的澱粉的主要生理代謝途徑。水稻種子發芽過程大分子澱粉的水解隨著  $\alpha$ -澱粉酶、去支鏈酶及  $\alpha$ -葡萄糖苷酶( $\alpha$ -glucosidases)活性的上升，於浸種後四天到達巔峰，所釋出的葡萄糖在吸片(scutellum)被轉換為蔗糖後被運移至胚，以利胚芽與胚根後續之成長。因此，運用種子發芽過程內生之澱粉水解相關酵素，去觀察種子萌芽期間消化利用儲存澱粉情形，比目前使用體外澱粉水解酶的試驗來估測澱粉在人體內被消化的速率，是理論上可行而且更經濟的做法。基此，IRRI 米質中心主持人 Nese Sreenivasulu 博士發表了一套以種子萌芽模式預測升糖指數的試驗方法，將受測水稻種子去除稻殼後以 70%酒精及滅菌水反覆清洗後，根據國際種子檢查規則 (ISTA International Rules for Seed Testing) 讓清潔過的糙米樣品分別發芽 2、4、8 天，然後切除其胚芽、胚根及吸片以中止萌芽生理活動後，經冷凍乾燥、磨粉後之樣品，分別測量其總澱粉含量(Total starch%)、抗性澱粉含量(Resistant starch%)、真實直鏈性澱粉含量(true amylose chain; percent amylose 1, AM1)、長鏈支鏈性澱粉含量 (long-chain amylopectin; percent amylose 2, AM2)、中等支鏈性澱粉含量(percent medium-chain amylopectin, MCAP)及短鏈支鏈性澱粉含量(percent short-chain amylopectin, SCAP)等指標，歸納低、中、高三種升糖指數類別的水稻種子在發芽 2、4、8 天後，上述指標的增減模式，以便以操作較簡單的分子篩選層析 (SEC, Size-exclusion chromatography)測量結果，部分取代昂貴耗時的人體試驗及澱粉體外水解試驗 (表 3)。

## (六) 作物生長模式最佳化

本次國際交流拜訪李濤博士(圖 7)與 Ando M. Radanielson 博士(圖 8)，李濤博士為 ORYZA V.3 的主要負責人，Ando M. Radanielson 博士目前主要研究方向為應用 ORYZA V.3 作水稻潛力產量之評估，會談時得知李濤博士即將離開 IRRI (2017.11.15) 前往加拿大顧問公司繼續作物模擬之研究，未來除了水稻之模擬研究，也將嘗試其他作物別之模擬研究。雖然李濤博士即將離開 IRRI，但仍熱情分享與提點 Oryza V3 的操作方式與注意事項。有關作物參數校正的部分，是此次拜訪最關心的問題，李濤博士提到有關校正檔(calibrin.dat)的 2.calibration parameter control，為設定那些參數被校正以及其門檻值，此部分為目前使用者難以手動設定的地方，為此李濤博士已完成自動校正參數的功能，未來此功能更新後將不需 calibrin.dat 檔案，ORYZA V.3 將聰明地自動依據試驗檔，控制檔，氣象檔等必需輸入的檔案，判斷那些作物參數需要被校正，以及相對應合理之門檻值設定，另亦保留使用者手動校正的彈性空間，但目前作物參數自動校正的功能尚未公開。另外，有關作物參數估計之穩定性部分，建議累積多個不同處理試驗、環境下之試驗資料後再作作物參數之校正，至少包含 3 種不同之環境試驗資料再作作物參數之估計較具參考價值，如此估計而來的作物參數更具穩定性。此外，尚討論到臺灣一二期作之水稻生長環境迥異，一期作水稻生育環境氣溫由低到高，二期作氣溫由高到低，在這樣的不同的生長條件下是否需要將兩期作的資料分開各別估計作物參數，得到的建議為合併兩期作的資料，估計一組作物參數即可，作物參數估計所需的試驗資料正需要歧異性高之試驗調查資料，如此獲得之作物參數更能在嚴峻之氣候變遷下作出穩健之模式估計。另外討論到作物參數 SLATB、FLVTB、FSTTB、FSOTB、DRLVT 之估計，其相對應之模擬預設 DVS 到 2.5，若為模擬產量的結果(例如 WSO、WRR14 等)，DVS 理論上到 2 代表為收穫期，但因為模擬迭代的關係，DVS 可能稍微超出 2，上述這些作物參數不列入 resun 檔案，因其屬於基因型參數，作物參數 DVRJ、DVRI、DVRP、DVRR 建議列入 resun 檔案，因為這些作物參數屬於基因型與環境交感的參數。有關作物參數校正時之運作邏輯，resun 檔中如果校正的是同一品種，但不同地區、處理或年期的試驗資料，ORYZA V.3 校正時，將同時做所有 resun 檔之參數的校正，如果是不同品種在 resun 檔案中宣告，則在不同品種時會分開做校正。最後李濤博士提到 ORYZA V.3 除了生育期與產量預測外，尚有其他功能（未公開上線）：(1).風險評估（Risk assessment and monitoring）：遭遇災害後，可以根據災害的氣象資料即時做產量預估，再與正常時期的產量比較，即可快速提出未來可能災損的預測。(2).提供種植前的風險評估，在給定預計種植期日後，可預估每個生育期可能遇到的風險（根據過去 30 年的氣象資料），例如低溫、高溫、強降雨等，各風險的百分比，及可能減產之數據，提供農民適種期的參考。(3).遙測資料的大面積產量預測(RICE YES)，此部分的產量預測是大尺度綜合性的預測，所以個別

作物參數變得不重要，是綜合性的參數資訊即可。(4).病蟲害預測( *Oryza-pest* 、*Oryza-disease* )：作物病蟲害的預測，提供農民是否噴藥的建議(合理用藥，建議示範田推廣)，並包含災害(例如颱風、低溫、高溫、強降雨等)發生後，那些病蟲害會發生的預警。(5).米質預測：依據氣象檔土壤肥料及作物生理性的反應，預測米質包含蛋白質含量、澱粉含量、胺基酸含量、煮後黏性等。

## 五、參訪心得

1. 目前IRRI已經運用精細儀器與高通量定位策略，從高歧異秈稻種原中探勘到兩個控制真實高直鏈性澱粉含量的基因座，從中可歸納出適當雜交親本、目標高直鏈基因型以及相關澱粉結構分析技術，而我方從2015年起已經針對高直鏈性澱粉且軟膠體特性親本與台灣梗稻進行回交選育，在選育過程中已經陸續保留不同回交程度的初期育種材料可供定位族群分析，雙方經過深入討論後，將以台方所建立的分離族群作為試驗材料，由農業試驗所進行基因型分析、材料培育與回交品系選育，台中改良場將建立澱粉品質相關分析平台以及澱粉含量與食味分析，而IRRI米質中心將進行澱粉水解效率、高直鏈澱粉含量基因座之遺傳效應驗證，延續前兩年的分析平台與種原評估結果，進一步整合三方的研發能量與互補功能，一同驗證直鏈性澱粉與食味品質間的遺傳關係。
2. 本次 ORYZA V.3 國際交流雖然只有短短的五天，扣除前後交通時間，實際拜訪時間只有 3 天，但是收穫相當豐碩，由於在出發前已經對 ORYZA V.3 之使用有初步了解，並已收集國內的資料進行資料模擬分析，因此在訪談過程中可以切中問題所在深入的討論交流，許多實務的作法與建議難以從學術發表文章或網路資源中探知，包含作物參數校正之設定：(1).參數是否加入 resun 檔的判斷。(2).作物參數資料收集需要環境變異。(3).參數校正之邏輯。(4).各參數門檻值設定。實務的作法與建議包含預測產量時，未來式之氣象檔資訊無法得知，此部分建議可用 3 種方式帶入未來的氣象檔資料，包含(1).歷史氣象平均。(2).30 年的過去與未來的氣象帶入 ORYZA V.3 做模擬，依據占比最高之百分比產量預測當作模擬的產量。(3).用大尺度的氣象預報資料例如 3-6 個月的氣象資料(4).查詢全球氣象預測資料 WGCM (較不準確)。另外，本次拜訪交流與專家介紹作物優質生產整合資訊平臺之功能與應用，Ando M. Radanielson 博士對於農業試驗所單一研究室獨立完成水稻栽培曆、基溫模式的應用及網頁介面之建置相當佩服，她提到在 IRRI 作物科學之研究與網頁介面的建立分屬於不同部門，因為這些分具不同之專業知識。最後也對本平臺提供歷史栽培資訊的紀錄，使農民可以依據過往的栽培經驗建立屬於自家農場最有利之栽培模式之回饋功能相當讚賞。

## 六、參訪建議

1. 在稻米升糖指數議題上，IRRI 米質營養中心在升糖指數相關指標體外分析已建構有成，將繼續協助分析台方人員針對口感優良及低升糖指數潛力的雜交組合所選育之回交族群表型分析。唯臺灣水稻界若欲建置與 IRRI 升糖指數相關指標分析結果可互通之試驗平台，除確認實驗室方法上一致性外，尚需該中心提供自己的 Reference 標準品(IRae36a)、協助透過多次重複試驗的驗證，建立我方自己的 in-house 標準品，以確立試驗結果的精準度。
2. ORYZA V.3未來將提供種植前的風險評估，可根據過去30年的氣象資料，給定預計種植期後，可預估每個生長期可能遇到的各風險風險的百分比，及可能減產之數據（例如低溫、高溫、強降雨等），此功能建議未來可與政府提倡之農業保險作結合。
3. 有關研究可能發展的議題，由於目前未有香味之詳細生理性反應相關報告產出，故ORYZA V.3之米質預測未包含香味之預測，台農71號為農業試驗所育成之著名芋香香米品種，如能針對香味產生之生理反應投入研究資源，未來能與IRRI合作投入ORYZA V.3米質香味預測之計畫。
4. 本次ORYZA V.3國際交流之派員為統計背景，對於作物模式的建置著力於參數估計與模式建立等統計相關問題較多，但作物模式為跨領域之學科，未來如有參訪行程，建議囊括對作物模式有興趣之各領域專家（包含作物農藝、統計、土壤等）一同前往，在參訪過程中較能激發不同的想法交流。
5. 為深化中、長期基礎研究並加速國際研究接軌，除了常駐人員、派員短期研習等既有合作模式外，讓合作方運用台方研究材料、充分整合國際研究團隊，並能讓國際研究回饋到台方日後研究基礎或推廣依據，將會是日後國際合作有效運作模式。

## 七、參考文獻

1. Misra G, S Badoni, R Anacleto, A Graner, N Alexandrov, N Sreenivasulu. Whole genome sequencing-based association study to unravel genetic architecture of cooked grain width and length traits in rice. *Scientific Reports* 7 (1), 12478.
2. MK de Guzman, S Parween, VM Butardo, CM Alhambra, R Anacleto, ...Investigating glycemic potential of rice by unraveling compositional variations in mature grain and starch mobilization patterns during seed germination. *Scientific Reports* 7 (1), 5854.
3. N Sreenivasulu. Systems biology of seeds: deciphering the molecular mechanisms of seed storage, dormancy and onset of germination. *Plant Cell Reports*, 1-3.

表 1. 目前國內品種與未來選育低升糖指數的品種趨勢

分類	直鏈澱粉含量	膠體軟硬度	糊化溫度	AM1 真實直鏈澱粉鏈	SCAP 短鏈支鏈澱粉鏈	K-value 水解效率	RS 抗性澱粉	代表品種	食味
一般梗稻	低	軟	低	低	高	高	低	TK9, TNG71	軟、黏
食用秈稻	低	軟	低	低	高	高	低	TCS10	軟、黏
加工秈稻	高	硬	高	高	低	低	高	TCS17	乾、鬆
糯稻	無	高軟	低	無	極高	超高	無	TNGg73	軟、黏
食用低升糖	高	軟	低	高	高	低	高	待開發	軟、黏

表 2. 由參訪人員於 IRRI 操作分析國內品種系材料試驗結果

編號	品種(系)	直鏈澱粉(AC%)	總澱粉(TS%)	抗性澱粉(RS%)
1	TNG77	9.9	80.7	1.95
2	Ligerito	20.6	82.4	7.45
3	TNG71	10.8	80.7	3.57
4	LN341	20.5	76.5	6.62
5	LN351	20.2	78.3	5.37
6	TCS10	7.3	81.5	1.94
7	TK9	8.3	78.9	3.07
8	TCS17	22.6	80.5	4.59
9	TCS197	23.1	78.7	4.30
10	CSY890	6.5	64.6	2.75
對照	IR36ae	26.0	70.3	10.34

表 3. 高中低升糖指數種子萌芽期間 SEC 測量指標結果的分化摘要，正項關係以 (●) 標示、負向關係以(○)標示。

指標	低 GI	中 GI	高 GI
<b>成熟種子 (發芽 0 天)</b>			
抗性澱粉含量≥2%	●	○	○
≥10% AM 1 (DP > 1000)	●	○	○
≥10% AM 2 (DP 121–1000)	●	○	○
≥50% SCAPP 6–36)	○	●	●
<b>種子萌芽後澱粉運移模式(浸種 8 天後測量結果)</b>			
總澱粉含量≥30%	○	○	●
抗性澱粉含量減少	●	●	○
AM 1 (DP > 1000)減少	●	●	○
AM 2 (DP 121–1000)減少	○	●	●
MCAP (DP 37–120)增加	●	●	○
萌芽 0 及 4 天游離糖增加<15%	●	○	○



## 八、研習照片



圖1. IRRI米質中心前研究團隊合照

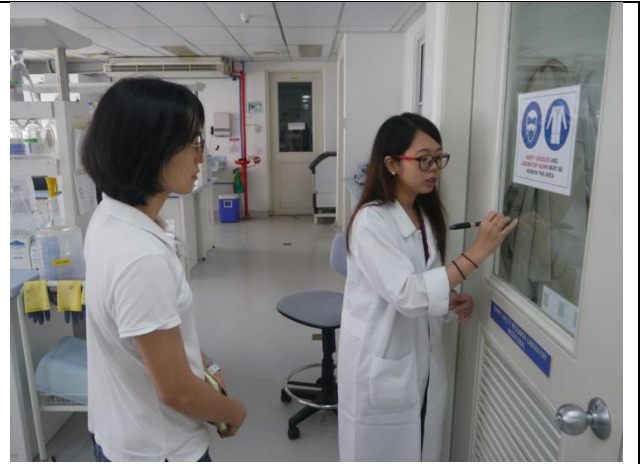


圖2. 雙方分析計劃擬定



圖3. 水解澱粉精準計重以供誤差校正



圖4. 實驗操作處理樣品中



圖5. IRRI副研究員指導試驗技巧

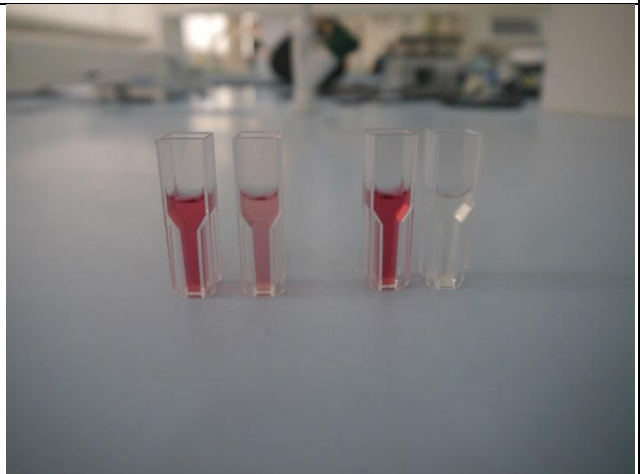


圖6. 總澱粉含量比色分析，左為試驗樣品、右為對照樣品





圖7.拜訪李濤博士



圖8.拜訪 Ando M. Radanielson博士

## 附件 1. 白米樣品出口申請文件

### 1.材料背景說明函

#### Background

- Developing low glycemic index (GI) rice is one of the goals in Taiwan-IRRI Collaboration Project to reduce health risk.
  - Taiwan participants have developed some novel lines/variety with the potential of low GI and good eating/processing quality to meet the project goal, but were still the lack of reliable and time-efficient ways for screening GI-related indexes.
  - A panel of 10 milled and polished white rice samples was constituted based on consensus among the scientists from participating institutions by express mail.
  - In this study stage of the proposal, we need more phenotyping information such as amylose content by means of SEC methods, k value estimation from starch hydrolysis experiments, and results of seed germination events of those materials to benefit the results of Taiwan-IRRI project.
  - We are sending the milled rice samples for each lines/varieties which were grown in Taiwan Taichung city and Changhua county in the second cropping season in 2016.
  - The samples should be discarded after being processed, and that we do not grant any right to distribute the materials.
- 

#### Process

Step 1. Import to IRRI

Step 2. Dr. Nese Sreenivasulu of GQNC will receive the materials.

Step 3. SHU Staff will monitor if the materials fit the Plant Quarantine Standards/Policies/Implementing Rules and Regulations.

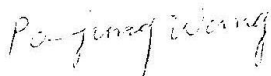
## 2.材料清單與米質特性

For the information of materials, please check the followings:

Accession	Grain quality		Subspecies	Source	Quantity	Weight	Methods of experiment SEC (for amylose content), starch hydrolysis (for k value estimation) and seed germination events	Means of disposal Free to be discard in any way
	AC	GC						
TNG77	Low	Soft	Jap	TARI	1 pack	200 g		
Ligerto	High	Soft	Ind	TARI	1 pack	200 g		
TNG71	Low	Soft	Jap	TARI	1 pack	200 g		
LN341	High	Soft	Jap	TARI	1 pack	200 g		
LN351	High	Soft	Jap	TARI	1 pack	200 g		
TCS10	Low	Soft	Ind	Taichung DARES	1 pack	200 g		
TK9	Low	Soft	Jap	Taichung DARES	1 pack	200 g		
TCS17	High	Hard	Ind	Taichung DARES	1 pack	200 g		
TCS197	High	Hard	Ind	Taichung DARES	1 pack	200 g		
CSY890	High	Hard	Ind	Taichung DARES	1 pack	200 g		

AC, Amylose content; GC, Gel Consistency

Sincerely



Assistant Researcher,

Taichung District Agricultural Research and Extension Station

1. 菲律賓植物檢疫證明



Department of Agriculture  
BUREAU OF PLANT INDUSTRY  
Manila

BPI Q FORM No. 2

PLANT QUARANTINE CLEARANCE

Permit No. G: 22401  
Date : 8-24-17  
Expiry Date : 10-24-17

NEAL ARDEN VASILEV / ITRI  
(Importer)  
ITRI, College Los Baños, Laguna 4030 Philippines  
(Address)

GOOD FOR ONE SHIPMENT ONLY  
Expected Date of Arrival:  
AUGUST 2017

Sir:  
You are hereby authorized to import, under the provisions of Section 2 Rule II of BPI Adm. Order 1 Series of 1981, the plant materials described herein, effective August 4, 2017 and subject to the conditions specified below:

QUANTITY	KIND OF PLANT/ PLANT PRODUCT	SOURCE OF ORIGIN	FINAL DESTINATION (Exact Location Where Plants are to Be Grown)
2 Kilograms (Two Kilograms)	Milled Rice (Oryza sativa)	Taiwan	ITRI Los Baños Laguna

Purpose: For Collaborative Research on low glycemic index Port of Entry: NAIA/ Port of Manila  
Name and Address of Exporter: Ministry of Agriculture, Research and Extension Station, 41-441 No. 300 Keng Kwei Rd, Taiwan  
Source/Origin of Plant Materials (Complete Address): 300 Keng Kwei Rd, Taiwan R.O.C.  
TAIWAN

CONDITIONS OF ENTRY:

1. This shipment shall be accompanied by a Phytosanitary Certificate issued by a duly authorized Plant Quarantine Officer of the country of origin and must be absolutely free from soil.
2. Immediately upon arrival of said plant materials at the port of entry they are to be turned over to the Plant Quarantine Service for inspection.
3. None of the above-described plant materials may be released at the port of entry unless cleared by the Plant Quarantine Officer thereat.
4. If the plant materials are found upon inspection to be infested with pests or infected with any plant disease that they can not be phytosanitized by any treatment available, they may be destroyed, and such destruction can not be made the basis of a claim for damages against the Bureau of Plant Industry.
5. Corresponding fees for inspection, treatment, etc., shall be paid by the importer prior to release of said plant materials.

OTHER CONDITIONS:

SEE ADDITIONAL CONDITIONS AT THE BACK

Very respectfully yours,

RECOMMENDED BY:

George E. Clavite  
Chief, Plant Quarantine Service

Emmanuel F. Pinol  
Director of Plant Industry

ORIGINAL

Attention: Ms. MA. LORELIN U. ACEBAGA, Section Manager - PEQS

2. 農糧署白米出口同意書

貨品出口同意書  
EXPORT PERMIT

受理機關：行政院農業委員會農糧署  
適用貨品：稻米  
第 2 聯：申請人報關用聯

第 1 頁 共 1 頁

1. 申請人 Applicant 王柏蓉		4. 目的地國別 Country of Destination 菲律賓—PHILIPPINES		PH	
2. 統一編號 Unified code d221874328		5. 轉口口岸 Transhipment port			
3. 地址及電話 Address and Tel. No. 彰化縣大村鄉松槐路370號, 0955636308		6. 買方國家、進口業者名稱、住址及電話 Name, Address and Tel. No. of importer 菲律賓—PHILIPPINES		PH	
12. 備註 Remarks 未能於有效期限內出口者，請於期限內辦理申請註銷同意文件。		同意書號碼 Certificate No. AGG61060800340			
		核准日期 Issue Date 2017/08/18			
		有效日期 Expiration Date 2017/10/18			
A. 法令依據：糧食管理法第七條第二項。		核准機關簽章 Approving Agency Signature		<p style="text-align: center; font-size: 2em;">行政院農業委員會</p> <p style="text-align: right;">本案授權農糧署決行</p>	
B.					
C.					
D.					
E.					
F. 本同意書限一次使用。		收件號碼 收件日期		AGG610608170003 2017/08/17	
7. 項次 Item	8. 貨名、規格、廠牌或廠名等 Description of Commodities Spec. and Brand or	9. 商品分類號列及檢查號碼 C. C. C Code	10. 數量 Q'ty	11. 單位 Unit	12. 總淨重 NetWeight
1	其他半碾或全碾白米，不論是否磨光	10063000907	2	KGM	2.0 KGM
End of Document 共 1 筆					

本案實到貨物之商品分類號列 (CCC Code)，由海關依權責認定。

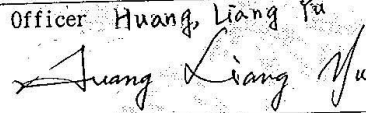
3. 防檢局檢疫證明書

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局  
Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine  
Council of Agriculture, Executive Yuan  
TAIWAN, REPUBLIC OF CHINA  
輸出植物檢疫證明書  
PHYTOSANITARY CERTIFICATE  
for EXPORT

ORIGINAL

證書號碼 Certificate No.  
VP505060273807

To: The plant protection organization(s) of Philippines

1. 申請人 Applicant WANG PO-JUNG 王柏蓉		2. 收貨(件)人 Consignee INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, GQNC (DR. NESE SREENIVASULU)	
3. 生產地 Place of Origin TW (TAIWAN, ROC)		4. 到達地 Declared Point of Entry PH (PHILIPPINES)	
5. 檢疫日期 Date of Inspection Aug. 31, 2017		6. 運輸方式 Declared Means of Conveyance By Air	
7. 輸出人 Exporter 王柏蓉 WANG PO-JUNG		8. 標示 Distinguishing Marks THIS ITEM IS OMITTED.	
9. 貨物包裝數量及說明 Number and Description of Packages NIL			
檢疫處理 Treatment			
10. 日期 Date THIS ITEM IS OMITTED.		11. 時間及溫度 Duration and Temperature THIS ITEM IS OMITTED.	
12. 處理方式 Measure THIS ITEM IS OMITTED.		13. 藥品及濃度 Chemical and Concentration THIS ITEM IS OMITTED.	
14. 貨物資訊 Description of Consignment			
項次 Item No.	貨物名稱 Description of Goods	數量 Quantity	淨重(KGM) Net Weight
1	RICE	1 BOX	2 NIL
總申報數量 Total Quantity		- 1 BOX (10PCE)	
植物防疫檢疫說明 This is to certify that the plants, parts of plants or plant products described above or representative samples of them were found to the best of inspector's knowledge to be substantially free from injurious diseases and pests; and that the consignments is believed to conform with the current phytosanitary regulations of the importing country both as stated in the additional declaration herein and otherwise.			
15. 附註 Additional Declaration THIS ITEM IS OMITTED.			
中華民國動植物防疫檢疫局及其官員或代表不承擔簽發本證書的任何財經責任。 No financial liability with respect to this certificate shall attach to Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine or to any of its officers or representatives.			
16. 發證日期 Date Issued Aug. 31, 2017		18. 印戳 Seal	
17. 簽署官員 Name of Officer Huang Liang Yu 簽名 Signature 			

5000241150