

# 高產飼料稻米專用品種之選育

賴明信<sup>1</sup> 吳東鴻<sup>1,2</sup> 李長沛<sup>1</sup> 卓偉玄<sup>1</sup> 顏信沐<sup>1</sup>

## 摘要

近年全球氣候異常，重大災變以不尋常頻率接連發生，致使地區性的糧食生產呈現不穩，對於糧食自給率偏低的我國，必須要有戰備存糧的戰略思考；在因應加入世界貿易組織（WTO）開放稻米市場下，國內休耕大量的稻田，這些長期沒有耕作的土地，地力不但沒有獲得養息，反而是病蟲及媒介越冬的溫床，對整個農業生態平衡及生產造成影響；日韓及中國等國為因應自身的飼料原料需求，都研發飼料用稻的品種。臺灣有栽種水稻的得天獨厚地理環境，悠久且有系統的稻作研究基礎，開發適合國情的飼料用稻米品種，讓飼料原料來源多元化，除了可以作為活化休耕田的策略選擇，亦可增加水田面積，降低熱島效應及防止洪害、減少逕流，發揮水田涵養地下水的重要生態意義，對於提高糧食自給率亦能發揮正面效益。

**關鍵詞：**水稻、糧食自給率、聚合育種、飼料稻米。

## 前言

近年全球氣候異常，重大災變以不尋常頻率接連發生，致使地區性的糧食生產呈現不穩，對於糧食自給率偏低的我國，必須要有戰備存糧的戰略思考；由於國內社會經濟的發展，外來飲食文化的融入，國民的飲食習慣多元化，營養攝取比例的不均衡，再加上加入世界貿易組織（WTO）後開放稻米市場；國民的稻米需求量逐年減少，日趨嚴重的生產過剩問題，啟動了政策性的補貼政策，農政單位大力推動稻田休耕及轉作計畫。多年來，雖然成功的減少水稻的耕作面積，降低供糧的倉儲壓力，但也衍伸了不少新興農業問題。以民國 98 年為例，全年種植水稻面積約 26 萬公頃，有約 22 萬公頃的農地休耕，連續休耕的土地面積達 6.3 萬公頃之譜；農地因長期沒有耕作，地力不但沒有獲得涵養利用，更成為病蟲越冬及蛇鼠繁殖的溫床，嚴重衝擊農業生產及生態平衡；休耕地不需水源灌溉，水利系統缺乏維護及整修而毀壞，重啟復耕必須投入大量人、物力整理，大幅降低農民復耕意願，使休耕政策備受抨擊；更因每年補助休耕的經費高達 110 億元，從民國 89 年至今，政府的財政負擔越來越沉重。

台灣位於熱帶與亞熱帶的氣候上，物產豐富，人稱寶島。但，以熱量為權數的綜合糧食自給率只有 32.0%，穀類自給率更只有 25.8% (民國 98 年)，除了稻米實際自給

---

1 行政院農委會農業試驗所作物組。

2 通訊作者 電子信箱：dhwu@tari.gov.tw；電話：04-23317106。

率達到 100%外，小麥消費量約 126 萬公噸（折算麵粉約 93 萬公噸），黃豆進口 236.5 萬公噸，幾乎全賴進口；玉米進口約 462.5-500 萬噸，98%仰賴國外進口，國內僅生產 9.0 萬噸。整體而論，國內的穀類作物年需量約 1,000 萬公噸，其中國內生產約 145.3 萬公噸（稻米 131 萬公噸及玉米 14.3 萬公噸），佔總量的 14.5%，85.5%都仰賴進口，嚴重偏低。台灣具有栽種水稻的得天獨厚地理環境，悠久且有系統的稻作研究基礎，品種與栽培技術成績斐然，長期以往都是鎖定研發食味佳的優良水稻品種，鮮少擴及其他用途（賴 2013）；利用已經存在的研發能量，開發適合國情需求的飼料用稻米之專用品種，提供予國內蓬勃發展的畜產業，讓飼料原料來源多元化，降低受進口飼料價格波動衝擊及依賴，提高糧食自給率；並可以作為活化休耕田的策略選擇，增加水田面積，降低熱島效應及防止洪害、減少逕流，發揮水田涵養地下水的重要生態意義。

稻穀產量是作為飼料稻米品種的基本需求。因為稻穀產量是一個複合性狀，調控因子多而複雜，要大幅改良很不容易，因此高產種原的取得是飼料稻米專用品種選育的首要步驟。從國外引入高產品種（系）表面上是最為方便有效率的方式，從國際水稻研究所（IRRI）引入新株型超級稻材料，或中國大陸之常規超級稻或超級雜交稻材料，或日本的飼料稻品種，都是具有高產紀錄的素材；然而，高產的表現常必須在特定栽培環境與條件下才能獲得，例如生育期長達 150-160 天、高施肥量及高病蟲害防治資材投入，或是具有強感光及感溫性，引入後種植的表現往往不如預期，或與國內重生態的栽種形式不符。唯有在地培育符合在地需求的專用品種，才能建構在地產業，解決在地的問題。

利用國內以前選育或曾推廣的非食用品種，找尋具有穀粒產能高、穀粒蛋白質含量高、碾糙率高、低脫粒性、高抗倒伏性、高水分及養分利用能力及耐病蟲害等特性；或採用聚合育種策略，利用傳統與分子輔助技術結合，快速而有效率的進行某些特定性狀的改良，而不會對高產品種（系）的高產特性產生影響，是較為可行的方式。本計畫利用國內改良場所推薦具高產的品種（系），進行各地產量穩定性評估，找尋產量表現穩定的新品系，作為育成飼料稻米專用品種的輪迴親；並以民國 67 年登記命名推廣的加工品種台中秈 17 號為輪迴親，強化抗白葉枯病及褐飛蝨抗性，作為短期擴大稻穀應用於飼料原料的推廣品種，支持畜產飼料多元化供應的專用品種。

## 材料與方法

### 非食用高產品系產量穩定性評估

由國內改良場所選育之 16 個秈、稈型固定品系，具有高產的特性，集中於台中市農業試驗所試驗田，以台中秈 17 號為對照，進行產量評估。機插、多本植、二重複，每重複約 2000 叢，栽培管理都一致，適收期進行稻穀產量及構成要素調查，評估選擇

產量表現最優者及穩定者，作為短期飼料稻米推廣的品系，或作為專用飼料稻米品種之特性改良親本。

### 飼料稻米專用品種 (台中秈 17 號) 特性改良

台中秈 17 號的稻穀產量高，適應性強，穀粒的直鏈性澱粉含量高，不適合鮮食，但其穀粒外表不易與一般食用品種區隔，耐寒性、白葉枯病及褐飛蝨的抗性能力不足等問題。選擇具有 xa5、xa13 與 Xa21 等三個抗白葉枯病基因的 IRBB59 (Chu *et al.* 2006, Iyer-Pascuzzi *et al.* 2008, Song *et al.* 1995)，及具有野生稻褐飛蝨抗性的品系為導入親本，以台中秈 17 號當作輪迴親本；於適期欲與具目標性狀 (基因) 之品種 (系)，進行雜交，利用基因型資料庫所設計之功能性標誌 (function marker)，進行追蹤目標基因的基因型篩檢，確認 F<sub>1</sub> 植株已經成功轉移目標基因。白葉枯病以分離的菌株在秧苗期或營養生長期進行人工接種及調查；褐飛蝨則於密閉網室中，以特定的生理小種進行強迫接種。利用設立的檢定圃與評估系統進行外表型調查，確認基因型與外表型的一致性，並與共同親本進行回交，取得 BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 種子。將 BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 的雜交種子種植田間，族群數目 100-200 株，以功能性標誌及外表型調查進行目標基因追蹤，並搭配背景選拔技術監控輪迴親回復率，同時選擇農藝外表型與輪迴親最相似的植株，進行與共同親本回交，取得 BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> 雜交種子。如此操作直到取得 BC<sub>3</sub>F<sub>1</sub> 種子，栽種於田間進行自交，獲得 BC<sub>3</sub>F<sub>2</sub> 的分離種子，栽種於田間並從中選擇農藝外表型與台中秈 17 號輪迴親最相似的植株，兩兩進行雜交，取得性狀聚合的雜交種子。

## 結果

### 非食用高產品系產量穩定性評估

表 1-8 是 2012 及 2013 年之兩年第一期作的產量、產量構成要素及重要農藝性狀之變方分析。表 1 顯示稻穀產量在品種間存在差異顯著，品種與年度間具有極顯著交互作用存在；表 2 顯示稻穀容重在品種間及品種與年度間具有極顯著交互作用存在；表 3 顯示穗長在品種間存在極顯著差異，而穗重在品種間有極顯著差異存在 (表 4)，上述二個性狀在品種與年度間之交互作用都沒有差異存在。產量構成要素性狀中，穗數、稔實率及千粒重在品種間都有極顯著差異存在 (表 5、7、8)，品種與年度間之交互作用都沒有差異存在；一穗穎花數在品種間有顯著差異存在，品種與年度間具有極顯著交互作用存在 (表 6)。

表 9 為參試品系的調查性狀在第一期作的平均值，由表顯示以台中秈 17 號為對照品種，在稻穀產量的表現上，9 個參試梗稻品系都顯著低於對照品種，以台農育 951005 號平均產量 6,738kg/ha 最高；7 個參試秈稻品系，嘉農秈育 992106 號、992137 號、992142 號及台中秈玉 709 號的稻穀產量與對照品種沒有差異存在，其中以台中秈育 709 號表

現最佳。稻穀容重以嘉農秈育 992106 號之 590.7g/L 最高，雖高於台中秈 17 號之 569g/L，但沒有顯著差異存在；參試秈稻品系的穗長都長於對照品種，嘉農秈育 992106 號及台中秈育 955 號顯著長於對照品種；參試品系之穗重高於對照品種的品系只有嘉農秈育 992106 及 992142 號，但沒有顯著差異存在；產量構成性狀中，所有參試品系的穗數表現都不如對照品種，一穗粒數表現與對照品種有顯著差異存在的品系為 CW986-122-1-1、南粳育 1001038 號及台中秈育 709 號，稔實率高於對照品種的參試品系有 8 個，但沒有顯著差異存在，千粒重表現優於對照品種的品系有兩個，分別為 TR962124 號及嘉農秈育 992142 號。

表 1. 第一期作稻穀產量之變方分析

Table 1. Analysis of variance for grain yield in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	1266507.35	0.54
Black(Crop)	2	2338289.09	9.38***
Variety	16	3225328.19	2.24*
Crop*Variety	16	1442956.83	5.79***
Error	31	249287.35	

表 2. 第一期作稻穀容重之變方分析

Table 2. Analysis of variance for volume weight in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	206.51	1.05
Black(Crop)	2	195.76	0.88
Variety	16	2591.35	3.79**
Crop*Variety	16	682.84	3.06**
Error	31	223.37	

表 3. 第一期作穗長之變方分析

Table 3. Analysis of variance for panicle length in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	29.64	13.86
Black(Crop)	2	2.14	0.89
Variety	16	17.86	4.58**
Crop*Variety	16	3.90	1.62
Error	31	2.40	

表 4. 第一期作穗重之變方分析

Table 4. Analysis of variance for panicle weight in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	0.02	0.10
Black(Crop)	2	0.21	3.22
Variety	16	0.75	6.17***
Crop*Variety	16	0.12	1.86
Error	31	0.07	

表 5. 第一期作穗數之變方分析

Table 5. Analysis of variance for panicle number in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	28.76	1.70
Black(Crop)	2	16.96	2.38
Variety	16	24.05	5.08***
Crop*Variety	16	4.73	0.66
Error	31	7.12	

表 6. 第一期作一穗粒數之變方分析

Table 6. Analysis of variance for spikelets per panicle in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	448.28	6.91
Black(Crop)	2	64.84	0.87
Variety	16	660.74	2.89*
Crop*Variety	16	228.94	3.07**
Error	31	74.69	

表 7. 第一期作稔實率之變方分析

Table 7. Analysis of variance for seed-set in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	454.03	6.45
Black(Crop)	2	70.38	3.35*
Variety	16	104.72	5.68***
Crop*Variety	16	18.43	0.88
Error	31	21.00	

表 8. 第一期作千粒重之變方分析

Table 8. Analysis of variance for 1000-grain weight in first crop season.

Source	DF	MS	F value
Crop season	1	0.34	0.03
Black(Crop)	2	12.52	7.48**
Variety	16	46.50	17.62***
Crop*Variety	16	2.64	1.58
Error	31	1.67	

表 9. 第一期作產量及農藝性狀之平均值

Table 9. Mean of yield component and agronomic characters in first crop season.

Name	Yield (kg/ha)	Volume weight (g)	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	Panicle number	Spikelets /panicle	Seed- set (%)	1000-grain weight (g)
Tainung Yu 941007	6220.9	558.7	20.7	2.0	16.4	102.9	77.1	23.4
Tainung Yu 941009	5819.0	536.6	19.0	1.9	20.5	79.7	83.5	27.8
Tainung Yu 951005	6738.2	540.7	20.4	2.3	20.6	93.7	85.8	27.3
TR962124	6173.3	535.8	20.3	2.7	14.4	88.8	90.8	32.8
	6141.4	511.9	23.4	2.9	16.8	123.2	88.5	25.3
CW986-122-1-1								
Kaohsung Yu 4953	5530.0	538.4	20.2	1.7	21.3	83.8	80.0	23.8
Kaohsung Yu 4962	5504.7	495.7	20.4	1.9	20.8	99.5	78.7	22.0
Nankeng Yu 991008	6307.6	558.3	19.8	2.1	22.3	96.6	82.9	24.5
Nankeng Yu 1001038	6350.2	525.3	22.4	2.4	21.1	125.0	69.0	24.8
Chyunung Sen Yu 992106	7641.9	590.7	28.8	3.0	17.4	106.6	85.4	31.2
Chyunung Sen Yu 992137	7953.0	565.4	23.0	2.9	19.9	111.2	82.9	29.4
Chyunung Sen Yu 992142	7922.6	578.6	20.4	3.1	18.9	107.0	88.6	32.1
Taichung Sen Yu 112	7064.3	561.0	22.9	2.0	20.5	100.7	73.0	25.3
Taichung Sen Yu 709	8193.0	564.9	23.5	2.9	20.1	125.9	87.3	25.0
Taichung Sen Yu 901	6465.2	527.3	23.5	2.4	20.5	112.0	81.9	24.7
Taichung Sen Yu 955	6403.0	518.7	25.3	1.9	24.3	96.6	73.8	24.1
Taichung Sen No.17(CK)	8243.3	569.3	20.4	2.9	24.5	103.8	82.2	31.6
LSD(0.05)	1018.3	30.5	3.2	0.5	5.4	17.6	9.3	2.6

### 飼料稻米專用品種 (台中秈 17 號 ) 特性改良

在聚合白葉枯病與褐飛蟲抗病基因上，採取同步轉移與逐步轉移的兼具策略，期望能同時聚合 3 個白葉枯病抗病基因與 1 個褐飛蟲抗蟲基因至台中 17 號中。其中在耐性品系選育上，因 IRBB59 與台中秈 17 號同屬秈稻品種不易獲得均勻散佈全基因組的多型性標誌，無法以分子標誌進行全面性背景篩選，仰賴田間型態評估進行背景篩選，但建立的抗病基因功能性標誌可進行前景選拔與重組體選拔；而台中秈 17 號與 *O. nivara* 的導入系 (852T034) 分別為秈、稈稻兩亞種，在該雜交組合中已建立 109 個全基因組的 InDel 多型性標誌與抗蟲基因緊密連鎖標誌，供分子輔助篩選回交後裔時，進行前景選拔、重組體與背景選拔等篩選。

在 2011 年第二期作以 852T034 為父本與秈稻台中秈 17 號為母本進行雜交，隔年第一期作繁殖種植 15 株  $F_1$  後裔用以生產回交族群，第二期作該雜交組合培育 48 株  $BC_1F_1$  回交後裔，先經過前景選拔篩選出攜有目標基因者共有 12 個植株後，依據適當抽穗期挑選出目標植株生產  $BC_2F_1$  回交種子，並分析 109 個全基因組的多型性，顯示這 12 株的背景回復率為 25-54%；2013 年第一期作培育 48 株  $BC_2F_1$  回交後裔，亦先經過前景選拔後挑選出 10 株攜有目標基因，再經 54 個分子標誌進行背景回復率分析，回復率可達 76-85%，挑選出目標植株生產  $BC_3F_1$  回交種子，是年第二期作培育 24 株  $BC_3F_1$  回交後裔，亦先經過前景選拔後已得 10 株目標品系，已挑選出背景回復率達 85-92% 以上之近同源系，待自交固定品系遺傳背景，並進行聚合育種使用。

在 2011 年第二期作以 IRBB59 為父本與秈稻台中秈 17 號為母本進行雜交，隔年第一期作繁殖種植 30 株  $F_1$  後裔用以生產回交族群；2012 年第二期作該雜交組合培育 124 株  $BC_1F_1$  回交後裔，藉由上述 3 個抗病基因座功能性標誌檢測，獲得 11 株後裔同時攜有 3 個抗病基因，實際獲得率約為 8.8% 略比期望值 12.5% 稍低，依據適當抽穗期挑選出目標植株生產  $BC_2F_1$  回交種子；2013 年第一期作培育 96 株  $BC_2F_1$  回交後裔，亦先經過前景選拔後挑選出 10 株攜有目標基因，挑選出目標植株生產  $BC_3F_1$  回交種子，2013 年第二期作培育 138 株  $BC_3F_1$  回交後裔，亦先經過前景選拔後已得 18 株目標品系，已挑選出與台中秈 17 號的抽穗期與外觀型態之高世代回交品系，將自交固定品系遺傳背景，進行白葉枯病抗性接種評估，並進行聚合育種使用。

## 討論

台中秈 17 號是由行政院農業委員會台中區農業改良場，在 1978 年登記命名推廣的加工品種 (林 1984)，賴氏 (2013) 指出台中秈 17 號具有稻穀產量高，區域試驗的乾稻穀產量超過 7 公噸，糙米率 82%，稻穀布留高，白米之粗蛋白質含量 10% 營養價值高等特色，在原料的生產上具有競爭力；資料顯示雖然對國內的主要病害，葉、穗稻熱病及白葉枯病都呈中抗反應，對主要蟲害褐飛蟲亦具有抗性反應 (台灣稻作品種

圖誌 1987)，但若能強化其白葉枯病及褐飛蟲的抗性，對於因應暖化影響能力將會更高，更具有省工栽種生產的條件。

以糙米取代部分玉米在飼料配方中的成分，國內的報告曾有資料可參考。以政府釋出的倉儲糙米取代飼料配方中半量或全量的玉米，可提高 2 及 4 週齡肉雞增重，不會影響 8 週齡增重及屠體組成 (李及楊 1971a,b)；取代種蛋雞飼糧中之玉米半量或全量，對雞隻生長、飼料利用效率、產蛋率及種蛋孵化率等，均無不良影響 (李及楊 1973)；半量或全量取代玉米飼養生長肥育豬時，不會影響豬隻增重與飼料利用效率；以 20、40、60、80 和 100% 糙米取代玉米，飼料的效率稍低，對豬生長沒有影響；但高量取代玉米飼養 50 天後，豬屠體背脂色澤有偏白的趨勢；對豬肉硬度的影響，日本研究認為會提高豬肉硬度，澳洲與國內偏向於肉質較軟。綜論顯示，以糙米替代玉米澱粉並不會對牲畜飼養造成任何困難。再則，日本是全世界最早進行飼料稻研發的國家，自 1981 年進行「高產水稻品種選育」開始，便投入飼料稻專用品種選育，及栽培管理等相關研究。在日本，飼料稻之糙米產量亦較普通食用米高出 10-30%，每公頃可生產出 7.13-8.23 公噸糙米。飼料稻品種須高產型外，基本上亦應具低落粒性、耐病蟲害等農藝特性，易直播、生質高、後期生育時期老化慢、易再生等強勢特性。

分子輔助回交育種能有效導入目標基因至栽培品種，且精準堆疊多種性狀的抗病基因，但依照目標基因轉移個數、轉移順序、各世代下可獲得目標植株的最低機率等種種考量，分子聚合育種策略可列為三種 (Huang *et al.* 1996, Thomson *et al.* 2010)：其一是逐步轉移 (stepwise transfer) 目標基因進行堆疊多種抗病基因，先於前 4 個世代導入第一種抗性基因，連續回交兩個世代直至 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 世代，選育出攜有第 1 種抗性基因的改良品系後 (improved recurrent parent 1, IRP1)，再與第 2 個提供親進行雜交，導入第 2 種抗性基因後，改以 IRP1 改良品系作為輪迴親，連續回交 2 個世代直至 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 世代，便可完成導入兩種抗性基因並堆疊於同一遺傳背景下；逐步回交轉移過程中，每世代的族群數較小且方便掌握，但需耗費的世代數繁多。其二為同步轉移策略 (simultaneous transfer)，則是針對各別目標基因同時建立雜交組合，再以具有不同基因的雜交 F<sub>1</sub> 後裔相互雜交，作為聚合多種基因的分離後裔，因為此時分離後裔同時攜有多種基因的機率較低需大量生產雜交後裔，挑選出攜有多種目標基因的植株再與輪迴親回交，連續回交 3 次將遺傳背景均替換為輪迴親，完成將多種基因導入輪迴親中；該策略同步啟動轉移多種基因，但在聚合各雜交組合之 F<sub>1</sub> 後裔時，獲得多重基因目標植株的機率低，往往需要生產大量雜交種子與篩選規模，需考量作業時間與經濟篩選規模之可行性。兼具同步轉移與逐步轉移策略 (simultaneous and stepwise transfer) 則屬第三種策略，針對各別基因分別建立各獨立回交組合與篩選流程，各目標基因均在前 3 世代進行前景選拔、重組選拔與背景選拔等，將目標基因導入輪迴親中，在 BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> 世代時進行聚合



雜交，將多種基因堆疊在同一遺傳背景下，隨後自交固定目標抗病基因；在早期世代各組合導入基因數目少所需族群數不會過度膨脹，並容易大幅提升背景回復率，在高世代進行多種基因聚合雜交，雖攜有多基因組合的機率低需族群數較大，但挑選後不需面臨連續回交的急迫性，在稻作育種的實務操作上的可行性高。

隨著台灣栽培品種在時間性與地區性上的變遷，病蟲害之生理小種 (race, pathotypes)與生物型亦隨之消長，因此提高栽培品種的生物性逆境抗性，以降低生產風險、資材成本與農藥殘留等，利用分子輔助回交育種精確堆疊多項抗性基因已成為作物育種重要目標之一。本計畫將白葉枯病 *xa5*、*xa13* 及 *Xa21* 抗病基因 (Cao *et al.* 2007, Chen *et al.* 2011, Chu *et al.* 2006, Iyer-Pascuzzi *et al.* 2008, Song *et al.* 1995)與褐飛蟲 Bph22(t)抗蟲基因 (Du *et al.* 2009)，藉由連續回交育種導入台中秈 17 號高產親本中，作為因應未來發展專用飼料稻米品種的準備。

## 引用文獻

- 李邦淦、楊榮芳，1971a。糙米餵飼肉雞營養價值測定試驗報告，畜產研究，6(3):54-62。
- 李邦淦、楊榮芳，1971b。糙米代替玉米餵飼肉雞對發育、飼料利用率及屠體性狀影響之研究，台灣農業，7(3):59-67。
- 李邦淦、楊榮芳，1973。糙米代替玉米餵飼來亨航雞對發育、性成熟、產卵及孵化率影響之研究報告，台灣農業，9(4):121-132。
- 林再發，1984。水稻高產品種之選育特別論及台中秈 17 號，台中區農改場研究會，8:29-40。
- 賴明信，2013。飼料稻米專案試辦計畫的推動與初步結果，畜產報導，151(1):14-18。
- 台灣稻作品種圖誌，1987。P276。行政院農業委員會、台灣省政府農林廳、亞太糧食肥料技術中心編印。
- Cao, Y., L. Duan, H. Li, X. Sun, Y. Zhao, C. Xu, X. Li and S. Wang. 2007. Functional analysis of *Xa3/Xa26* family members in rice resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*. *Theor. Appl. Genet.* 115: 887-895.
- Chen, S., X. Liu, L. Zeng, D. Ouyang, J. Yang and X. Zhu. 2011. Genetic analysis and molecular mapping of a novel recessive gene *xa34(t)* for resistance against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Theor. Appl. Genet.* 122:1331-1338.
- Chu, Z., B. Fu, H. Yang, C. Xu, Z. Li, A. Sanchez, Y. J. Park, J.L. Bennetzen, Q. Zhang and S. Wang. 2006. Targeting *xa13*, a recessive gene for bacterial blight resistance in rice. *Theor. Appl. Genet.* 112: 455-461.
- Du, B.; W. Zhang, B. Liu, J. Hu, Z. Wei, Z. Shi, R. He, L. Zhu, R. Chen, B. Han and G. He. 2009. Identification and characterization of *Bph14*, a gene conferring resistance to brown planthopper in rice. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 106: 22163-22168.
- Huang, N., E. R. Angeles, J. Domingo, G. Magpantay, S. Singh, G. Zhang, N. Kumaravadivel, J. Bennett and G. S. Khush. 1996. Pyramiding of bacterial blight resistance genes in rice: marker assisted selection using RFLP and PCR. *Theor. Appl. Genet.* 95:313-320.

- Iyer-Pascuzzi, A. S., H. Jiang, L. Huang and S. R. McCouch. 2008. Genetic and functional characterization of the rice bacterial blight disease resistance gene xa5. *Phytopathology* 98: 289-295.
- Song, W. Y., G. L. Wang, L. L. Chen, H. S. Kim, L. Y. Pi, T. Holsten, J. Gardner, B. Wang, W. X. Zhai, L. H. Zhu, C. Fauquet, P. Ronald. 1995. A Receptor Kinase-Like Protein Encoded by the Rice Disease Resistance Gene, Xa21 *Science* 270: 1804-1806.
- Thomson, M. J., A. M. Ismail, S. R. McCouch, D. J. Mackill. 2010. Marker assisted breeding. p.451-469. In: *Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation*. Pareek A, SK Sopory, HJ Bohnert, Govindjee (eds.) Springer, Berlin.

# Development of High Yield Forage Rice

Ming-Hsing Lai<sup>1</sup>, Dong-Hong Wu<sup>1,2</sup>, Charng-Pei Li<sup>1</sup>,  
Woei-Shyuan Jwo<sup>1</sup>, and Ching-Shan Tseng<sup>1</sup>

## Abstract

In recent years, global climate anomalies, an unusual frequency of major catastrophe occurred, resulting in regional food production showed instability, low rate of food self-sufficiency for our country, we must have food stocks readiness of strategic thinking; in response to the World Trade Organization (WTO ) open the rice market, the domestic large number of fallow paddy fields, these long-term there is no farming land, fertility not only did not get raised interest rates, but is a hotbed of wintering pests and media, have an impact on the ecological balance and overall agricultural production; Japan and South Korea and China other countries in response to their demand for raw materials to feed, all varieties of rice developed feed. Taiwan has a unique geographical environment planted rice, long and systematic basis for rice research and development conditions for the feed rice varieties, so to diversify sources of feed ingredients, in addition to the activation of fallow fields as a strategic choice, but also increase the paddy field area, reduce the heat island effect and prevent flood damage, reduce runoff, groundwater conservation of paddy fields play an important ecological significance for improving food self-sufficiency can also play a positive benefit.

**Keywords:** Rice, Self-sufficiency rate of food, Convergent breeding, Forage rice.

---

1 Former Associate Research Fellow, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.

2 Corresponding Author, Email: dhwu@tari.gov.tw; Tel: 04-23317407.