

臺灣良質米產業發展與成果

李蒼郎

行政院農業委員會農糧署
通訊作者信箱：litl2002@mail.afa.gov.tw

摘 要

稻米是國人主要糧食、年栽培面積約26萬公頃，年產量約120萬公噸糙米，年產值約314億元。我國自75年度起辦理「輔導良質米產銷計畫」，並於80年度起，由各地區農業改良場規劃良質米適栽區，以提昇良質米品質。同時，為維持稻米產業永續發展，實施計畫性生產、培育優良水稻品種、改進栽培技術、建置稻米專業區、實施自主品管及推動CAS食米驗證制度，以建立生產安全管理體系，提昇國產米品質及競爭力。

現代化農業科技為促進良質米產業優勢競爭之原動力，農糧署每年依產業發展需求，委託各大專院校及研究法人機構執行良質米產銷專業區創新經營與行銷策略之研究、稻米品質檢驗技術研發、稻米機能性成分研究暨開發多元化米製產品等科技計畫，藉由各項研發成果產出與應用，促進良質米產業朝向精緻化、優質化發展。

在良質米行銷推廣方面，透過十大經典好米選拔、臺灣米博覽會、輔導設計精緻好米禮盒、百大米餐廳票選等活動，宣導國產米高品質形象、建立地區品牌知名度，鼓勵國人選購優質好米，拓展良質米新市場，以帶動國人米食消費風潮。

關鍵詞：計畫性生產、稻米產銷專業區、良質米行銷推廣

前 言

水稻為臺灣最主要農作物，兼具糧食安全、農村經濟及環境生態等多項功能，政府持續進行品種改良及辦理各項支持稻米產業發展政策，以保證價格向農民收購稻穀，使得水稻生產長期居於我國農作物中最重要地位。

早期稻米生產重視產量，為發展精緻農業，我國自民國75年起開始輔導良質米產銷，將水稻產業朝向高品質轉型，而未來國產米在產製儲銷上，需突顯優質、安全之特色，強化價格競爭力，以取得國內外消費市場的認同與支持，確立臺灣稻米永續經營的基礎。

我國稻米產業發展概況

我國稻米產業現有農戶數約22.74萬戶，以民國97-100年平均值來看，糙米年生產量約124.3萬公噸，平均產值近334.1億元，水稻自給率約93.4%，水稻生產自給無虞。水稻種植分布各縣市，主要產區為中彰雲嘉南平原，以種植梗稻居多，約佔總生產量之9成，其次為秈稻及糯稻。

民國70年我國水稻種植面積約為66.9公頃、年產量約237.5萬公噸，為解決當時稻米滯銷造成之倉容不足及政府財政負擔，自民國73年開始實施「稻米生產暨稻田轉作計畫」，對稻田轉作、休耕者予以補貼，又為確保轉作成果，於民國79年起繼續推動稻田轉作後六年計畫，後續計畫於民國84年底結束。由於實施稻田轉作計畫，至民國83年稻作面積已減少至36.6萬公頃，同期間糙米產量亦降至168萬公噸，產銷已趨於平衡。稻田轉作對減少餘糧、減輕政府財政負擔具正面意義，惟轉作結構未臻理想，加工上零星轉作影響鄉水土資源之管理運用及農業機械利用效率，加上即將面對加入WTO開放限量稻米進口與削減國內農業境內支持之環境因素，我國於86年起開始實施「水旱田利用調整方案」，加速調整國內稻米、雜糧及契作原料甘蔗等保價作物生產結構，調整之農田輔導農民輪作其他作物或辦理休耕等維護生態地力措施，給予休耕直接給付或輪作獎勵，稻作面積至89年已下降至約34萬公頃，產量亦由166萬公噸降為154萬公噸。

民國91年我國加入WTO，為降低進口稻米對稻農收益的影響及安定國內價格，推動生產調整計畫，並參考各縣市種稻面積，依比率分配，由各縣市規劃2期作分年輪流休耕的面積與區域，91年稻作面積目標訂為30萬公頃，較89年減少4萬公頃，以確保使國內稻米供需平衡。

為確保糧食供應無虞及價格穩定，引導休耕農田回復耕作，以提高糧食自給率，及提高休耕田利用率，我國自民國97年起提高公糧自97年第1期作起公糧稻穀收購價格每公斤提高2元，調整後計畫收購23元，輔導收購20元，餘糧收購為18.6元，以鼓勵復耕糧食作物。為適度反映稻作經營實況，參酌生產成本增加幅度，自民國100年第1期作起再次提高公糧稻穀收購價格每公斤3元；另為方便農民繳交公糧，自100年二期作推動濕穀收購政策，並補助農民繳交公糧稻穀烘乾、包裝及堆疊費每公斤乾穀 2元，以減輕農民繳交公糧負擔。由於100年稻作豐產，調整公糧稻穀收購政策後，農民繳交公糧意願提高，全年公糧收購數量為38.6萬公噸，有效減少市場流通量，穩定糧價。

我國稻米價格自民國93–100年在政府穩定糧食價格及提高農民收益措施下，呈現穩定性成長，白米批發價格由每公斤27.8元提高至32.24元，稻穀價格由每公斤18.7元提高至21.6元。出口量也逐年增加，由民國92年每年出口28公噸，至民國100年已提高至1,885公噸。

我國良質米產業發展策略與成果

我國良質米產業發展由早期重視「產量」於近年邁向重視「品質」發展，我國自民國75年起辦理「輔導良質米產銷計畫」及後續相關計畫，輔導良質米產銷，自民國80年起，由各地區農業改良場規劃良質米適栽區，每年並推薦食味良好、品質優良的品種(良質米推薦品種，自98年起修正為優良水稻推薦品種)，集中推廣，同時，也透過「水稻良種繁殖更新計畫」，繁殖良質米稻種供全國更新使用。100年度我國優良水稻推薦品種分別為臺梗2號、臺梗8號、臺梗9號、臺梗14號、臺梗16號、臺中秈10號、臺南11號、高雄139號、高雄145號、臺中192號、花蓮21號、

臺東30號、臺農71號。另一方面，我國95–100年種植面積前五大品種中，以臺南11號、臺稈14號、臺中秈10號、臺稈16號為主，至民國99年後，臺中192號種植面積也大幅增加。

我國良質米產業推動之總體目標主要有三項，分別為(一)提昇稻米品質、(二)穩定生產、(三)促進稻米產業永續發展，在推動策略上，以實施稻米計畫生產、提昇稻米品質及競爭力、強化良質米科技研發及強化優質國產米行銷等方向為主，主要推動成果如下：

實施稻米計畫生產

- 1.訂定稻米生產目標：規劃稻米生產以供需平衡為目標，訂定每年計畫生產量，100年稻米計畫種植面積為26萬8,000公頃，糙米產量為126萬公噸。
- 2.調查稻米生產情形：採用航測技術，並經與各鄉鎮市區公所逐一檢討統計，100年實際種植面積為25萬4,292公頃，較99年增加4.27%，糙米產量為134萬7,767公噸，較99年增加15.39%。
- 3.推動稻田多元化利用計畫：推動活化休耕，鼓勵復耕措施，提高休耕田利用率，調節稻米產銷。

提昇稻米品質及競爭力

辦理水稻良種繁殖與推廣：100年設置水稻原種田66.38公頃、採種田3,429公頃，生產稻種約可供應25萬1,000公頃更新使用，以加速國內稻種更新，維持品種優良特性。

1.建置種米產銷專業區與輔導有機米產銷

- (1)輔導整合稻米產業產製儲銷，實施生態化、安全化與標準化田間作業、管理及紀錄制度。100年設置42處稻米產銷專業區實際契作面積共1萬4,357公頃，生產稻穀9萬913公噸，產值22.7億，所生產稻穀流入自由市場，可節省公糧購銷之淨效益2.9億元。

- (2)100年輔導有機米產銷班38班，兩期作生產面積達1,88公頃，並持續辦理

有機米產業通過產銷履歷驗證，驗證總面積達 351 公頃。

2.輔導糧食業者自主品管提昇稻米品質

- (1)辦理加工業者米穀檢驗人員訓練初級班 2 班，共 92 人參訓，進階班 1 班共 48 人，提昇糧食業者具備自主品管之能力。
- (2)推動公糧委託倉庫實施自主品質管理，定期辦理學午糧、軍糧、機關糧、法務糧等領糧單位滿意度調查，掌控撥售公糧品質。
- (3)100 年輔導 CAS 食米類工廠驗證，共有 25 家工廠、108 項產品通過 CAS 驗證，建立優良品牌形象。

強化良質米科技研發

1.良質米產銷專業區創新經營與行銷策略之研究：

- (1)專業區營運效益分析。
- (2)蒐集並整理國外主要國家高品質稻米政策推動資訊(日本、韓國、中國大陸、泰國)。
- (3)建立專業區生產及產品管控作業。
- (4)辦理部落客試吃推薦進行「體驗行銷」，並建置專業區部落格型網站，進行專業區產品宣導行銷。

2.稻米品質檢驗技術研發：

- (1)建立以螢光影像偵測稻米新鮮度之技術。
- (2)建立高頻電能用於不同米類殺蟲之調質技術(100 年完成技轉-立盈科技)。
- (3)確認國內水稻生產流程中異品種混雜率。
- (4)建立國產水稻分子鑑定檢驗技術(99 年完成技轉-食品工業技術研究所)。

3.稻米機能性成分研究：

- (1)建立國產水稻抗腫瘤免疫功能快速篩檢平臺。
- (2)國產水稻免疫調節功能研究。
- (3)國產水稻抑制 B 型肝炎病毒基因表現及抗癌活性研究。

(4)國產水稻抗氧化性成分研究(100 年完成技轉-新豐碾米廠)。

4.研究開發多元化米製品：

(1)擠壓蒸煮方式生產糕仔粉之研究(99 年完成技轉-馬玉山食品)。

(2)機能性米糠香鬆探討及製程開發(101 年完成技轉-池上多力米有限公司)。

(3)米穀粉於專用麵粉及其相關產品之研究(101 年完成技轉-協鋤食品有限公司)。

(4)開發無麵筋糙米麵包。

(5)建立以不同期別稻米製備米穀粉應用與烘焙產品之加工適性與品質研究。

強化優質國產米行銷

1.十大經典好米選拔

每年辦理鄉鎮及全國稻米品質競賽，選拔「十大經典好米」得主，以鼓勵農民種植高品質稻米，建立稻米知名產地，強化稻米分級制度，突顯價差效益。

101年共辦理55場次鄉鎮稻米品質競賽，各鄉鎮冠軍參加全國稻米品質競賽，並辦理全國團體賽，藉以提升國產米高品質、高價格及地區品牌知名度。

2.臺灣米博覽會

每年於秋季辦理大型展示及展售活動，展示稻米產業施政成果並創造話題，透過媒體報導宣傳，宣導國產米高品質形象及建立地區品牌的知名度。

持續推展農業精品-經典好米品項，嚴選優質安全食米，輔導設計精緻好米禮盒，透過各式行銷管道，開拓送禮新市場。

3.百大米餐廳票選

100年辦理百大米餐廳選拔，共有1,014家米餐廳參加，依餐廳整體環境、服務、特色及米食料理新鮮度、美味度等評鑑，共計100家米餐廳入選，活動期間共有4萬網民參與票選活動，並吸引83萬人次瀏覽活動網站，帶動國人米食消費風潮。

101年將朝向結合在地食材，辦理「地方特色招牌飯」競賽，持續聚焦宣傳亮點，引領全民愛吃飯風潮。

未來規劃推動措施

- 1.持續辦理水稻良種繁殖計畫，供應優良稻種。
- 2.建立稻種生產專區，提供高純度稻種及建立生產履歷等資訊，促進育苗產業化。
- 3.持續推動稻米產銷專業區，擴大經營規模，以契作生產，建立具產地特色品牌並開拓內外銷市場通路，提高稻農收益並提升國產稻米之競爭力。
- 4.推動CAS食米及產銷履歷等驗證，全面提昇稻米品質及安全，確保消費者健康。
- 5.推動新穎性米加工品研發並增進國產米穀多元化之消費利用。
- 6.實施安全化、合理化與生態化作業，達到「健康、效率、永續經營」之目標。
- 7.輔導大佃農生產高品質米，不繳交公糧。
- 8.建立臺灣良質米銷大陸品質及品牌形象，鋪設單一窗口，管制品質，開拓市場。

結 語

我國稻米產業發展將以維持產銷平衡、確保糧食安全為目標，穩定供需，且稻米產業需不斷提升品質、改進栽培及加工技術、強化品牌及運銷通路等，提昇競爭力。另因應國內外環境變化，休耕政策調整為鼓勵生產，提高糧食自給率，配合持續推動在地消費、提振國產米食，以促進我國稻米產業文化永續發展。

我國水稻產業未來推動將以新技術、新經營模式、新市場為策略方向，研訂各項施政計畫，以建構優質農業生產環境，落實產業結構調整。

ABSTRACT

Rice is the most important staple food in Taiwan. In recent years, about 260,000 hectares of paddy field was cultivated to rice annually with an output of about 1.2 million tons of brown rice. In order to enhance the quality of high quality rice, the Agriculture and Food Agency handled “counseling high quality rice production and sales plans” since 1986 and planned suitable planting area of high quality rice by the respective District Agricultural Research and Extension Station planning suitable planting area of high quality rice. The Agency has executed various measures to support the sustainable development of the rice industry, which include planned production, breeding new varieties, improving cultivation techniques, advocating appropriate chemical use for pests control, establishing specialized rice production and marketing zones, encouraging self-quality control system, and promoting the CAS rice certification system.

Innovative technology is the motive power for the continuous progress and competitiveness of high quality rice industry. Based on the needs for industrial development, the Agency entrusts universities and private research institutions to conduct research projects of study on innovational management and marketing Strategy for high quality rice industry, research and development of rice quality inspection technology, research of functional component of rice, and development of diversified rice products. The outcomes of the research projects are important in promoting the modernization and improve the quality of high quality rice industry in many aspects.

In the marketing and promotion of high quality rice, the Agency through the activities of Taiwan top ten classic rice selection, Taiwan rice festival, counseling design exquisite good rice gift, top 100 restaurant providing high quality rice voted, etc. to propaganda image of high quality Taiwan rice, establishment of a regional brand

awareness, encourage consumers to buy high quality rice, expand the new market of high quality rice, promote rice consumer trends.

Key word: planned production, specialized rice production and marketing zones, marketing and promotion of high quality rice.

良質米團隊研發與整合成果

張致盛¹、蘇宗振²、楊嘉凌^{1*}、李健鋒¹、許志聖¹

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場 ²行政院農業委員會農糧署

*通訊作者信箱：jjaling@tdais.gov.tw

摘 要

良質米團隊依政策指示及產業需求成立，自成立至今各項成果相當豐碩：包括育成臺南13號等11個優質米品種及臺農76號(黃金米)等12個多樣化利用品種，並利用分子標誌輔助開發具低白堊質、耐穗上發芽、抗白葉枯病或高產能等基因之親本與新品系材料，101年命名之臺南16號即利用此方法育成之第一個水稻品種。此外並整合各區改良場合理化施肥技術、不同生產栽培管理技術之改進、水稻穩產田間診斷技術及稻田耕作制度調整等研究，具有減肥、低投入之節省成本及提升稻米品質之成效。進行開發米系列化妝品製造技術、米酒及醋釀造技術及各種米食加工如米麵包製造等增值利用技術。而為整合各項技術並落實團隊研發技術於稻米產銷專業區，98-101年計輔導成立150處的專區營運主體，以提升國產米市場競爭力及農民收益。

關鍵詞：良質米團隊、育種、分子輔助選種、栽培管理、產銷專業區。

前 言

行政院農業委員會依我國重點產業組成10項跨機關之研究團隊，以發揮研究能量，達成施政目標。水稻係臺灣最重要的糧食作物，因此於97年7月依政策成立「良質米研究團隊」，團隊成員包含農糧署(大專院校等)、農業試驗所及各區農業改良場之研究人員。良質米團隊之整體計畫架構包含市場開發、產業技術研發及

產銷輔導推廣等三個策略，以建立優質安全之良質米專業區為總目標，藉以強化稻米產品優質化、生產合理安全化及產銷模式優質化等產業優化指標。

良質米團隊針對上述之計畫策略，擬定研究主題分述如下：

- 一、市場開發：我國與國際市場行銷通路之比較及潛在外銷市場分析。
- 二、產業技術研發：包含良質多樣性水稻育種、優質生產栽培技術及產銷專區生產經營模式之建立。
- 三、產銷輔導推廣：輔導專區提升品種純度及米質、輔導申請CAS農產品驗證及農藥殘留檢驗，以拓展行銷通路及產品安全性等。

團隊尚未成立以前，各試驗改良場所之自辦科技計畫及農糧署委辦計畫多係各自獨立研發並未整合。團隊成立之後，為提昇當前稻作產業競爭力，藉由年度間整合不同之研究主題重點以強化稻作科技研發能量。98年度以「優質安全生產栽培體系之建立」為主題重點，進行耐逆境之生理栽培及整合各單位合理化施肥等兩項技術之研發。99年度以「因應全球暖化對稻作產業之衝擊」為主題，增加分子標誌輔助育種、環境親合低投入栽培管理及產銷專區創新經營模式等三個研究項目。100年度以「因應氣候變遷對稻作產業衝擊及提升糧食自給率」為主題，加入稻作流行病學及防治技術、稻田耕作制度調整與米食多元化加工技術等三個研發項目。101年度則以「稻農濕穀公糧收購之經收標準」為主題，增加高水分濕穀預乾燥及折算容重量的量測技術之研發項目。

本文彙整團隊成立以來之豐碩成果，分別就優質新品種之創育、分子標誌輔助育種、環境親和及低投入生產栽培技術、稻米多樣化用途之加工技術、產銷專業區輔導及跨領域整合等面向說明，藉以廣續發揮稻作科技研發能量並強化我國稻米產業競爭力。

優質與多樣化稻米新品種之創育

本團隊針對優質米之選育，係以具有米飯食味與白米外觀品質優良、株型佳及耐逆境等特性為育種目標。98年分別由臺南場育成具早熟及芋頭香味的臺南13

號(羅等，2009)，臺東場育成食味佳及抗褐飛蟲的臺東32號(黃等，2010)與臺中場育成軟Q香米的臺中194號(楊等，2013)等3個品種；99年分別由農業試驗所嘉義分所育成具有豐產、抗稻熱病的臺農84號(陳等，2011)及高雄場育成米質優、抗斑飛蟲的高雄147號(吳等，2011)等2個品種；100年分別由農業試驗所育成具米質優且耐倒伏的臺農77號(李等，2011)及株型佳且耐穗上發芽的臺農79號，苗栗場育成米飯軟Q的苗栗2號等；101年則分別由臺東場育成具有米質優且抗稻熱病的臺東33號(丁等，2013)，臺南場育成具越光米品質的臺南16號(陳等，2012)及臺中場育成米飯品質優良的臺中195號等3個品種。

另一方面，團隊亦研發具有巨胚、有色米、低直鏈澱粉含量之半糯性及適合釀酒等特色品種，可利用於彩繪稻田、保健、抗氧化及糙米專用等多樣化之用途。98年分別由農試所嘉義分所育成具黃色胚乳(黃金米)的臺農76號與巨大胚的臺農78號及臺農80號等具保健功能品種，臺南場育成具低直鏈澱粉含量之糙米專用品種臺南14號(陳與羅，2010)，苗栗場育成適合釀酒的苗栗1號等；99年由農試所嘉義分所育成具紫色香糯米的臺農秈24號及紅色糯米的臺農秈26號等；100年由臺南場育成具巨大胚的臺南15號(羅與陳，2011)；101年則由花蓮場育成紅糯米的花蓮22號(潘等，2013)、具紫色稻葉可彩繪稻田的花蓮23號(黃等，2013)及具高蛋白質含量有保健機能的花蓮24號(林等，2013)，以及臺中場育成大粒(千粒重達38公克)圓糯適合加工製作的臺中糯196號等品種(表1)。

本團隊自98年至101年育成新品種之成果相當豐碩，計育成11個優質米及12個具多樣化用途的品種，估計這些新品種之推廣面積已達3,000公頃，產值超過新臺幣3.6億元。

分子標誌輔助育種技術

團隊為加速優質與耐逆境新品種之育成效率及目標，尤其針對「全球暖化」議題，加速分子標誌育種利用於快速更新品種，以減緩暖化對稻作產業的衝擊。團隊進行分子標誌輔助育種的三個方向如下：一、開發具良好米質及耐逆境分子

標誌之親本育種材料，二、建立與米質及耐逆境等性狀具連鎖之分子標誌，及三、應用分子標誌於育種操作之程序。

表 1. 良質米團隊成立後各試驗改良場所育成之水稻新品種

育成年度	品種名稱	育成單位	品種特性
98	臺南 13 號	臺南區農業改良場	早熟、具芋頭香味
	臺東 32 號	臺東區農業改良場	食味佳、抗褐飛蝨
	臺中 194 號	臺中區農業改良場	食味佳、軟 Q 香米
	臺農 76 號	農試所嘉義分所	黃色胚乳(黃金米)
	臺農 78 號	農試所嘉義分所	巨大胚、保健
	臺農 80 號	農試所嘉義分所	巨大胚、保健
	臺南 14 號	臺南區農業改良場	低直鏈澱粉、糙米專用
	苗栗 1 號	苗栗區農業改良場	釀酒適用
99	臺農 84 號	農試所嘉義分所	豐產、抗稻熱病
	高雄 147 號	高雄區農業改良場	米質優良、抗斑飛蝨
	臺農秈 24 號	農試所嘉義分所	紫色香糯米
	臺農秈 26 號	農試所嘉義分所	紅色糯米
100	臺農 77 號	農業試驗所	米質優良、耐倒伏
	臺農 79 號	農業試驗所	株型佳、耐穗上發芽
	苗栗 2 號	苗栗區農業改良場	米飯軟 Q
	臺南 15 號	臺南區農業改良場	巨大胚、保健
101	臺東 33 號	臺東區農業改良場	米質優良、抗稻熱病
	臺南 16 號	臺南區農業改良場	具越光米米質、較越光晚熟
	臺中 195 號	臺中區農業改良場	米飯品質優良
	花蓮 22 號	花蓮區農業改良場	紅色糯米
	花蓮 23 號	花蓮區農業改良場	紫色稻葉、稻田彩繪
	花蓮 24 號	花蓮區農業改良場	高蛋白質含量、保健
	臺中糯 196 號	臺中區農業改良場	大粒圓糯、適合加工

各試驗場所多與臺灣大學及中興大學合作，於不同階段建立分子輔助系統及應用，第一階段係改良性狀之遺傳解析與基因定位，改良性狀的表現受複雜之基

因控制，分子輔助育種另受限於表現型檢定結果，本階段改良性狀例如耐旱及抗褐飛蝨，分別有臺南場及農試所參與。第二階段係已具分子輔助育種之基礎準備，如親本及分子標誌的選擇，本階段針對耐穗上發芽及低白堊質等性狀之改良，分別由農試所、高雄場及桃園場、臺東場進行。第三階段則係已有明確與性狀連鎖之分子標誌，進行雜交或回交操作及基因型判定，本階段則有農試所進行高產能(多粒數)性狀，臺中場、苗栗場及農試所合作進行抗白葉枯病基因之導入，及臺南場進行抽穗日數性狀之操作。

耐穗上發芽：臺灣梗稻栽培品種大多缺乏耐穗上發芽基因(*Sdr4*)，成熟期遇雨易造成穗上發芽而減產並降低米質。臺大與農試所、高雄場及花蓮場合作進行本性狀之改良，以臺農71號與具有*Sdr4*基因的Kasalath品種建立分子輔助回交族群，至101年2期已篩選BC₃F₁世代之背景回復率達95%以上(吳等，2013)。

低白堊質：臺大與桃園場、臺東場及農試所嘉義分所合作，由越光與臺農67號建立的雜交族群後代利用5個分子標誌篩選30個品系，於100年2期在桃園、臺東及嘉義進行綜合評估，101年2期作可推薦1-2個優質品系。

抗白葉枯病：中興大學與苗栗場、臺中場及農試所合作，利用國際稻米研究所(IRRI)提供之具白葉枯病抗性基因的材料(如：IRBB66具有*Xa4*、*xa5*、*Xa7*、*xa13*及*Xa21*等5個抗性基因)與國內栽培品種(如臺農71號、桃園3號、臺梗9號、臺南11號等)建立分子輔助回交族群，同時進行前景、背景及本土白葉枯病菌株接種之抗性篩選，未來還需繼續進行BC₁F₁子代回交至臺梗9號及臺南11號，提高輪迴親之背景回復率(曾等，2013)。

此外，臺南場與臺灣大學合作進行抽穗日數性狀之改良，以越光與臺農67號之雜交組合，連續回交越光4次，每回交世代以分子標誌輔助前景與背景篩選，至101年1期作的BC₄F₆取得「臺南16號」命名(陳等，2012)，即為經由分子標誌輔助選拔的明顯例子。

環境親合及低投入之生產栽培技術研發

研發水稻與生產環境親合栽培技術之目的，係求人與大自然的親和及生產環境之永續經營，建立節水、減肥、減藥或有機栽培等低投入之友善農業生產環境技術。

本項栽培技術獲致之研發成果綜整如下：一、整合各試驗改良場所之合理化施肥技術；二、生產資材(稻種、秧苗等)低投入、節水之栽培管理技術(呂與羅，2013；楊等，2013；鄭等，2013)；三、穩產之田間診斷技術；及四、稻田耕作制度調整等(卓等，2013)。

由各區農業改良場進行合理化施肥技術之結果顯示，每公頃平均節省肥料達28%，稻穀產量之增減幅度並不明顯，計算其單位收益即表現在肥料成本之支出節省，每公頃約有新臺幣10,600元的平均收益(石與羅，2013；吳等，2013；莊，2013)。在全球暖化情境下，探討一期作水稻不同插秧期對產量及米粒外觀的影響，顯示抽穗後15天的日均溫隨插秧期延後而有上升1~2℃趨勢，插秧期將較往常之作業提前(何等，2012)。水稻穩產之穗肥診斷技術指出，依據生殖生長期(幼穗分化至穎花分化期)的水稻葉色值，可推薦僅施1次或可施2次的穗肥(羅，2010)。

臺灣水稻第一期作成熟期的高溫經常導致白米外觀品質劣化，尤其一般稻農為追求高產，田間密植下的成熟期間之稻穗間溫度較高，即使夜間仍不易散熱而導致稻米品質變劣(盧等，2009；莊與盧，2013)。因此，第一期作宜進行寬行寬植之疏苗管理以減少高溫對水稻生長之不利。臺灣水資源分配並非充沛，稻田耕作制度的調整研究以探討不同作物生產需要之灌溉水量及收益等，不同耕作方式以大豆、田菁-飼料玉米的處理之灌溉水量(930 m³/ha)最少，反之以水稻-水稻-蕎麥需19,700 m³的灌溉水量最多。全年平均每公頃淨收益以水稻-水稻-蕎麥處理的109,000元最高，惟全年淨收益加上節省灌溉水的效益，則以青割玉米-甘藷處理的174,000元最高(詹，2013)。

稻米多樣化用途之加工技術

良質米團隊除進行優質米育種外，另也開發其多樣性用途的品種，這些品種材料可製作米製加工食品，譬如開發養生保健醋、米酒釀造、米麩包製作等技術，米穀粉製作米麩包之研發，已開發80%及50%不同用途米穀粉(陳與王，2011)；另亦可製成提昇米產品價值的美容保養品，譬如米系列化妝品、米香胚美容皂、酒粕美顏皂(吳等，2008)及糠油潤膚皂(許，2011)等製造技術。這些新型態米製加工食品及原料開創稻米加值利用之新模式，利用多樣化品種的生產材料，開發整合生產及加工技術，具體提升國產米加工水準。

另一方面，團隊著眼於我國高血糖及老年族群之增加，亦積極研發具低升糖指數(Glycemic index, GI)之稻米品種及其米食製品。人體攝取含醣類的食物之後，因GI值越高的食物，食用後易使血糖升高。具高直鏈澱粉含量之「在來米」食物的GI值較低，其米飯口感較乾鬆，一般做為米粉、碗粿等傳統加工米食製品，不易造成血糖過度負荷，有助人體血糖穩定。國產高直鏈澱粉含量品種所製作的粿類，較進口米軟黏可口、不易斷裂，具有相當優勢，目前主要品種為臺中秈17號及臺農秈14號，此類品種在發展保健市場的潛力甚大(陳，2012)。此外，利用100%在來米製成的米粉絲、粿仔條等食品，由農糧署委託宜蘭大學進行人體試驗結果發現，食用純在來米製成的米食不易造成血糖過度負荷，對維持人體血糖之穩定具有幫助(黃與宋，2011)。

稻米產銷專業區輔導

為落實團隊研發技術以凸顯產地與品牌特色，並強化國產米產銷競爭力以提升農民收益。進一步輔導建置稻米產銷專業區，結合採種業與育苗業進行健康、安全及田間標準化生產作業與管理及紀錄制度等。此外，稻米專區收穫稻米因不必繳交公糧，由營運主體全數契作收購，採品牌化行銷以引導產品分級及市場區隔，以期達到提升國產米品質及產銷競爭力的目標(楊，2008)。

近四年輔導本項稻米產銷專業區之成果如下：

一、98年度計輔導建置32處專區主體，實際契作收購面積計10,487公頃，參加契作農民之平均每公頃收益較非契作農民增加1.2萬元，專區契作生產稻米不繳公糧，估計減少政府公糧稻穀收購量約2.86萬公噸，同時節省公糧支出之淨效益約3億元。二、99年度輔導39處專區主體，契作收購面積達13,978公頃，參加契作農民平均每公頃增加收益1.3萬元，估計減少公糧稻穀收購量約3.44萬公噸及節省公糧支出約3.6億元(行政院農業委員會農糧署，2011)。三、100年度輔導42處專區主體，契作收購面積達14,357公頃，參加契作農民平均每公頃增加收益2.5萬元，估計減少公糧稻穀收購量約3.47萬公噸及節省公糧支出之淨效益約3億元(行政院農業委員會農糧署，2012)。四、101年度輔導37處專區主體，契作收購面積達15,772公頃，參加契作農民平均每公頃增加收益1.3萬元，估計減少公糧稻穀收購量約3.48萬公噸及節省公糧支出之淨效益約3.9億元(行政院農業委員會農糧署，2013；黃與張，2013)。

綜整四年輔導產銷專區成果，總計輔導150處的專區營運主體，平均每年契作面積約13,400公頃以上，參加契作農民之平均每公頃收益較非契作農民增加1.6萬元，估計減少公糧稻穀收購量共約13.3萬公噸，總計節省公糧支出之淨效益達13.5億元，平均每年節省3.4億元。

跨領域整合

良質米團隊的各試驗改良場所雖致力進行優質米育種及栽培技術之研發，惟臺灣不同區域的氣候條件及土壤肥力狀態並不一致，尤其近年氣候變遷造成稻作生產環境面臨極大挑戰。因此團隊邀集農業環境領域有關土壤肥料與農業機械，及防檢疫領域有關稻作流行病學等學者專家參與研究計畫，譬如關鍵性土壤管理、濕穀水分含量檢測、水稻褐飛蝨及瘤野螟等當前重要主題，俾利提供研發能量因應全球氣候變遷的衝擊。

另一方面，我國每人每年之稻米消費量已降低至48公斤以下，嚴重影響國內農業生產及政策推展。團隊有鑒於為提升國人食米消費及糧食自給率，邀集大專

院校、法人食品研究所、中華穀類研究所等有關食品領域學者專家，進行米食產品多樣性的研發，譬如加工米穀粉應用烘焙產品、機能性多醣米製作乳酸發酵飲品、加工方法對米製品升糖指數之影響、加工米穀粉降低升糖指數製成糕點等，多為考量未來高血糖及老年族群之增加及開發符合年輕人口味喜好之米食產品為重要課題，以期有效擴增國產米之消費。

結 語

良質米產業係我國農業技術推廣最深化、機械化操作最成熟的產業，也是國內作物育種及栽培生理等相關試驗研究，落實於本土產業最徹底且績效最為顯著的產業。

近年氣候變遷造成全球糧食生產遭受極大威脅，我國亦無法置身其外，尤其近幾年的強降雨、高氣溫、多颱風等異常氣象條件造成稻作生產的干擾甚多。因此，團隊成員的各試驗場所除互相合作外，亦與大專院校共同合作研發，不論是分子輔助系統的建立，因應全球暖化減緩稻作損失或是低投入、節水或減碳等主題，並非僅某單一試驗改良單位可獨立完成。又，稻作生產亦受制於栽培地區之土壤環境及病蟲害族群生態的變動。就此而言，臺灣稻作需要品種栽培、土壤肥料及病蟲害防治等方面的結合才具有穩定生產的效果。此外，臺灣稻米消費量偏低，亟需具有創新、簡便的米食開發吸引年輕消費族群，活絡豐富稻米消費市場。

最後，良質米研究團隊成立以來，不論是新品種與精良栽培技術之開發，或是多樣化加工技術及稻米產銷專業區輔導等研發成果可說是相當豐富。惟全球暖化對於全球稻作生產仍具相當之威脅，為強化國產稻米產業的競爭力，良質米團隊仍應掌握全球稻米研究先機，繼續提供國內稻作產業之研發能量。

致 謝

良質米團隊係由本會農糧署(大專院校等)及農業試驗所與各區農業改良場等有關稻作試驗研究與產業輔導人員組成，本團隊之研究計畫承蒙行政院農業委員

會科技計畫經費支持，團隊之研發成果報告亦承蒙各試驗單位協助提供豐碩的成果資料，在此一併致謝。

參考文獻

1. 丁文彥、林家玉、黃秋蘭、江瑞拱 2013 水稻新品種臺東32號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 23: 1-16。
2. 石榆鳳、羅正宗 2013 臺南區水稻合理化施肥技術之研究及應用 p.159-164 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
3. 行政院農業委員會農糧署 2011 99年稻米產銷專業區專刊 Pp.42 農糧署糧食產業組，臺北。
4. 行政院農業委員會農糧署 2012 100年稻米產銷專業區專刊 Pp.45 農糧署糧食產業組，臺北。
5. 行政院農業委員會農糧署 2013 101年稻米產銷專業區專刊 Pp.42 農糧署糧食產業組，臺北。
6. 何佳勳、楊純明、蕭巧玲、賴明信 2012 抽穗至收穫期間氣象變因對水稻米質(TNG71)之影響 臺灣農業研究 61(3): 222-240。
7. 李長沛、賴明信、曾東海 2011 水稻新品種臺農77號之介紹 農業試驗所技術服務 88: 1-5。
8. 呂奇峰、羅正宗 2013 水稻節水栽培技術之建立 p.9-15 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
9. 吳永培、柯佩怡、吳泓書 2008 水稻多樣化育種及開發產品之應用 農業世界 300: 16-24。
10. 吳志文、張芯瑜、邱運全 2011 水稻新品種-高雄147號(香鑽)之育成 高雄區農業改良場研究彙報 22(2): 1-16。
11. 吳東鴻、賴明信、李長沛、卓緯玄、顏信沐、莊垣彰 2013 應用穗上發芽已知耐性基因之分子輔助選育概況 p.52-58 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。

12. 林泰佑、黃佳興、潘昶儒、宣大平 2013 原鄉部落高營養的紅寶石-水稻花蓮24號之育成與特性簡介 花蓮區農業專訊 83: 9-12。
13. 吳添益、蔡正賢、朱盛祺、鐘珮哲、張素貞 2013 苗栗區水稻合理化施肥技術之研究及應用 p.319-326 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
14. 卓緯玄、賴明信、吳東鴻、李長沛、顏信沐、陳治官 2013 氣候變遷下水稻栽培制度調整之研究 p.189-198 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
15. 莊浚釗 2013 桃園區水稻合理化肥培管理技術 p.143-150 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
16. 莊豐鳴、盧虎生 2013 高溫對水稻產量及品質之影響：從生理層次到田間環境之探討 作物、環境與生物資訊 10(1): 75-83。
17. 黃怡仁、宋鴻宜 2011 水稻機能性成份之研究成果 農政與農情 232: 91-94。
18. 黃怡仁、張金榮 2011 績優稻米產銷專業區 農政與農情 247: 75-78。
19. 黃秋蘭、丁文彥、江瑞拱 2010 水稻新品種臺東32號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 20: 1-18。
20. 陳隆澤、廖大經、黃守宏、卓緯玄、顏信沐、羅正宗、陳榮坤 2011 粳稻新品種臺農84號之育成 臺灣農業研究 60(4): 221-238。
21. 陳榮坤 2012 保健用稻米品種的發展概況 臺南區農業專訊 82: 4-7。
22. 陳榮坤、林彥蓉、羅正宗 2012 水稻新品種臺南16號之育成 臺南農業改良場研究彙報 60: 1-12。
23. 陳榮坤、羅正宗 2010 水稻低直鏈澱粉品種臺南14號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 55: 1-11。
24. 許愛娜 2011 糠油潤膚皂製作技術 臺中區農業專訊 75: 10。
25. 陳曉菁、王仕賢 2011 臺灣米穀粉加工與應用 臺南區農業專訊 77: 1-4。
26. 黃佳興、林泰佑、潘昶儒、宣大平 2013 觀賞紫稻-水稻花蓮23號之育成及特性介紹 花蓮區農業專訊 83: 6-8。

27. 曾雅君、楊喬安、王子明、林大鈞、曾文彬、陳純葳、楊嘉凌、王強生 2013 水稻抗白葉枯病標誌輔助選拔系統之建立與回交子代篩選 p.81-93 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
28. 楊志維、簡禎佑、林佩瑩、林孟輝 2013 播種量及栽植株距對水稻桃園3號農藝性狀與產量之影響 p.311-317 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
29. 楊明憲 2008 稻米產銷專業區執行績效評估 農政與農情 198: 56-60。
30. 楊嘉凌、鄭佳綺、許志聖、呂坤泉 2013 水稻臺中194號及臺中195號的育成 p.219-231 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
31. 詹碧連 2013 因應乾旱危機提升國產糧食自給率之稻田耕作制度調整 p.199-207 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
32. 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖、呂坤泉 2013 育苗箱播種量對水稻產量與米質的影響 p.327-331 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
33. 潘昶儒、林泰佑、黃佳興 2013 紅色香糯-水稻花蓮22號之育成及特性介紹 花蓮區農業專訊 83: 2-5。
34. 盧虎生、徐佳伶、吳志文、李佳諭、老嘉玲、吳以健、張素貞、王長瑩、近藤始彥 2009 臺灣近年來溫度、稻作栽培時序及稻米品質之變化 作物、環境與生物資訊 6(3): 175-182。
35. 羅正宗、林國清、侯福分 2009 水稻新品種臺南13號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 54: 1-13。
36. 羅正宗、陳榮坤 2011 巨大胚水稻新品種臺南15號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 58: 1-10。
37. 羅正宗 2010 水稻葉色值於良質米栽培管理之應用 臺南區農業專訊 72: 12-15。

ABSTRACT

The good-quality rice team, set up according to the policy of Council of agriculture (COA), whose members was comprised the rice researchers of TARI and TDARES of COA has been obtained quite a fruitful outcome so far. There were several achievements of the team as follows: (1) Totally 23 new varieties such as good quality of Tainan 13 and diversified rice of Tainung 76 were bred and released; (2) Development using marker-aided selections on several important characteristics have created some newly potential lines in the selection populations of the lower chalkiness, the resistance to ear-sprouting and bacterial blight, etc.; (3) The results of the cultural managements about the technology of reasonable applying fertilizer, stable production on diagnosis and adjustment of cropping systems in paddy have the effects on the fertilizer amounts reduction, production cost saving and improvement of rice quality, etc.; (4) To develop the technologies for cosmetics manufacturing, rice wine and vinegar brewing, and the rice bread, etc. has increased the valuable usage of rice; (5) To implement the technologies of team research and development in production and marketing area has enhanced the competitiveness of domestic rice market and increased the farmers' income.

Key words: Good-quality rice team, Breeding, Marker-aided selection (MAS), Cultural management, Production and marketing area.

利用簡單重覆性序列及多重單一核苷酸基因定型 技術鑑別國、內外食米品種

莊雪玉¹、張靜華¹、胡凱康¹、蔡孟勳²、盧虎生¹、張孟基^{1*}

¹ 國立臺灣大學農藝系所; ² 國立臺灣大學生物科技研究所

*通訊作者信箱: menchi@ntu.edu.tw

摘 要

為保持稻種純度，追溯、偵測市售混米，提昇國產稻米之競爭力及區隔性，除了以外觀、生理或生化特性進行稻種鑑定外，以不同DNA分子標記產生之DNA指紋進行稻米品種鑑定已成為目前常用之分析技術。本研究室利用簡單重覆性序列(SSR)分子標誌及過去建立之國內外稻米品種單一核苷酸多型性(Single nucleotide polymorphisms, SNPs)資料庫，篩選解析度最大之核心單一核苷酸多型性組，發展不同基因定型(multiplex SNP genotyping)技術平臺來鑑別臺灣常見市售國產米及國外進口食米品種。首先以32組SSR標誌進行36個國內外食米品種多型性之DNA指紋分析。結果於32個基因座上共得到306個不同之等位基因。經由主座標 principle component analysis (PCA)及集群分析(clustering analysis)，發現來自不同國家之食米品種可分為2群。另外以12-plex之多重單一核苷酸基因定型(multiplex SNP genotyping)技術平臺，可進一步提高稻種檢測之靈敏度及準確性，有效建立臺灣市售常見食米品種之DNA指紋圖譜及混米檢定。此技術亦已應用於國、內外水稻品種DNA資料庫之建立，市售稻米生產過程中容易產生品種混雜階段之檢出，並檢測不同生產階段的稻米混雜比率。最後本研究室亦發展多功能核酸質譜分析之快速檢測稻米品種及定量方法，尋找出最適合20-plex的multiplex PCR排列組合，可有效分析71個臺灣品種及33個國外品種。此些技術基本上可進一步推廣為國、內外米之檢測，促進稻米產業之健全發展。

關鍵詞：簡單重複性序列、多重單一核苷酸基因定型、食米品種鑑定。

前 言

近年來因開放食米國際貿易市場、國內履歷認證制度之建立，市售食米標示及水稻良種繁殖制度(稻米純度之維持)等需求，稻米品種檢測技術之開發及推廣應用特別重要。食米市場價格常隨食米品種及品質差異而有所變動，尤其如何因應外國稻米進口之衝擊以及有效管理臺灣國產米市場，需建立不同國產及國外進口米之DNA指紋資料庫及指紋鑑定之有效技術。其中如何檢測不同食米品種之純度、防止混雜乃維持食米市場價格及產業之首要議題(Blight 2000)。由於形態外觀及酵素之檢測易受環境影響，而DNA分子標記則具有極佳的穩定性，是以近年來在水稻品種之鑑定已被吾人廣泛應用。簡單重複性序列(simple sequence repeats, SSR)又稱微衛星(microsatellite)由Moore等學者於1991年結合PCR技術所創立(Moore *et al.* 1991)。SSR分布於整個基因組的不同位點，因重複單位的大小和序列不同及重複數不同從而構成豐富的多態性。SSR法亦被使用在分析日本酒米及食米品種(Hashimoto *et al.* 2004)、美國水稻品種(Lu *et al.* 2005)、阿根廷水稻之遺傳多樣性(Giarrocco *et al.* 2007)以及印度水稻品種鑑定(Jain *et al.* 2004)等。單一核苷酸多型性(single nucleotide polymorphism, SNP)分子標記因數量豐富、歧異度大、穩定性高、共顯性、以核苷酸支變異而非DNA片斷之長度故易於區分等優點，應用相當多元(Alves *et al.* 2008; Ayres *et al.* 1997; Gupta *et al.* 2001; Twyman and Primrose, 2003)。SNP亦被應用在分析日本糯米品種間waxy基因變異(Yamanaka *et al.* 2004)以及將功能性SNP運用於高直鏈性澱粉含量且低GI值之水稻育種(Fitzgerald *et al.* 2011)。

國內外食米品種鑑定現況

國外食米品種鑑定現況來看，韓國國立農產物品質管理院授權44家公民營公司或單位進行稻米檢驗工作，此外科學技術分析中心(Scientec Lab center, http://sclab.co.kr/ko/menu2/r1_2.htm)以及SolGent公司(http://solgent.com/pro2_4)使

利用簡單重覆性序列及多重單一核苷酸基因定型技術鑑別國、內外食米品種

用韓國國立農產物品質管理院開發之SNP資料庫為基礎(圖1)，分別開發出使用13plex SNP PCR之檢定試劑組，可用用以檢測36個白米品種(ScLab)，韓國11個糯米品種及66個白米品種(Solgent)。根據日本獨立行政法人種苗管理中心網頁公告(<http://www.ncss.go.jp/main/DNA/DNAkatsuyou.html#RANGE!A1>)，於日本共有9家公司提供稻米品種檢測服務，例如Satake公司提供包括白米、糯米、造酒米、飼料米、米飯共246品種之鑑定服務；此外亦有4家公司販售稻米品種檢驗試劑組。印度Labindia公司亦有針對Basmati香米開發Basmati Verifiler™ Kit利用8-plex SSR方法用以檢測九種basmati香米品種。臺灣目前僅有新竹食品工業研究所餘數年前自本實驗室技轉SSR技術擔任驗米工作。

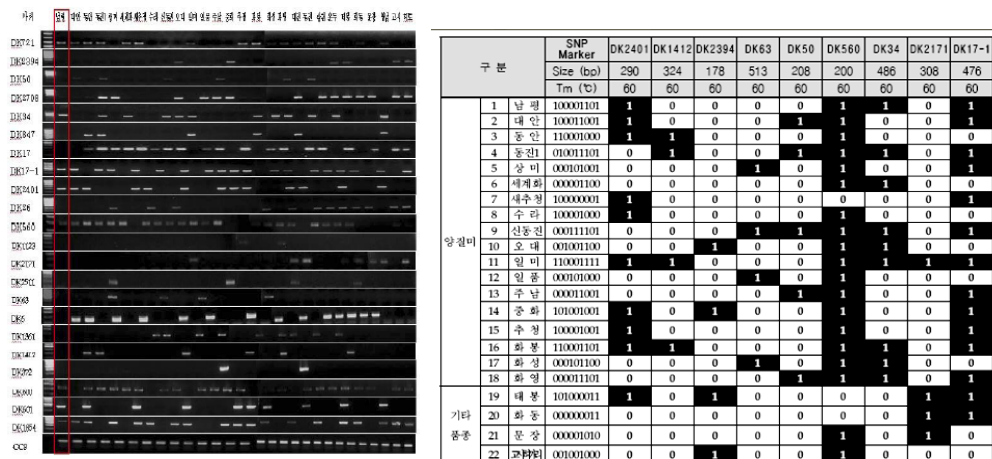


圖 1. 2006 年韓國國立農產物品質管理院以 SNP 為基礎開發 22 組 CAPS markers 鑑別 126 種中 112 種(約 90%)的韓國稻米原原種(<http://www.naqs.go.kr/>)

利用微衛星標誌鑑別臺灣市售米常見品種

為追溯、偵測並防止混米之目的，本實驗室利用微衛星標誌(SSR)來鑑別臺灣常見市售國產米及國外進口食米品種(Chuang *et al.* 2011)。共使用23個國內及13個國外食米品種(表1)及32組微衛星標誌進行水稻多型性之DNA指紋分析。

表 1. 本研究使用稻米品種

Country of origin	Total numbers	Cultivar name
Taiwan	23	<i>Japonica</i> : TaiKen 2 (TK 2), TaiKen 4 (TK 4), TaiKen 5 (TK 5), TaiKen 6 (TK 6), TaiKen 8 (TK 8), TaiKen 9 (TK 9), TaiKen 11 (TK 11), TaiKen 12 (TK 12), TaiKen 14 (TK 14), TaiKen 16 (TK 16), Tainung 67 (TNG 67), Tainung 71 (TNG 71), Kaohsiung 139 (KH 139), Kaohsiung 145 (KH 145), Tainan 11 (TN 11), Taichung 191 (TC 191), Taoyuan 3 (TY 3), Taitung 30 (TD 30), Hualian 19 (HL 19) <i>Indica</i> : Taichung Sen 2 (TS 2), Taichung Sen 10 (TCS 10), Tainung 1 (TN 1), Tainung 22 (TN 22)
Thailand	6	<i>Indica</i> : Jasmine 85 (J 85), Pathumithani (Path), Hom Mali (Hom), K 17032, K 17050, KDML 105
Japan	3	<i>Japonica</i> : Koshihikari (Koshi), Koshiibuki (Ibuki), Akitakomachi (Aki)
USA	3	<i>Japonica</i> : M 202, M 401 <i>Indica</i> : Southern Long Grain (SL)
Australia	1	<i>Japonica</i> : SunWhite (Sun)

結果顯示於32個基因座上共得到306個不同之等位基因。每個基因座可有3至21個片段，平均每個基因座為9.6個片段。多態性訊息含量Polymorphic information value (PIC)，介於0.205 (RM7023)至0.926 (RM333)，平均為0.75(表2)。

表 2. 32 個微衛星標誌所在染色體、PIC 值、等位基因數及產物大小

SSR marker	Chr. location	SSR motifs	PIC value	Allele number	Size range (bps)	SSR marker	Chr. location	SSR motifs	PIC value	Allele number	Size range (bps)
RM21	11	(GA) ₁₈	0.809	10	123–169	RM3412	1	(CT) ₁₇	0.495	7	205–242
RM22	3	(GA) ₂₂	0.574	5	163–199	RM3501	2	(CT) ₂₅	0.778	9	181–216
RM72	8	(TAT) ₃ C(ATT) ₁₅	0.762	8	157–209	RM3892	4	(TG) ₁₄	0.901	19	184–359
RM101	12	(CT) ₃₇	0.875	13	134–309	RM3912	9	(GT) ₂₂	0.728	9	190–218
RM276	6	(AG) ₈ A ₃ (GA) ₃₃	0.725	7	88–137	RM5428	8	(TC) ₁₆	0.656	6	90–396
RM333	10	(TAT) ₁₀ (CTT) ₁₉	0.926	21	160–287	RM5704	11	(AAT) ₂₀	0.873	15	160–215
RM475	4	(TATC) ₈	0.856	12	175–230	RM5755	3	(ACT) ₂₆	0.752	11	203–261
RM496	10	(TC) ₁₄	0.724	6	268–297	RM5862	2	(ATA) ₂₈	0.869	12	144–237
RM580	1	(CTT) ₁₉	0.77	8	205–266	RM6515	1	(GCG) ₈	0.329	3	220–227
RM1089	5	(AC) ₃₃	0.741	11	200–249	RM6971	9	(TTC) ₁₃	0.775	6	193–232
RM1353	7	(AG) ₂₃	0.807	9	169–276	RM7023	6	(AAAG) ₁₁	0.205	4	209–232
RM1359	4	(AG) ₂₅	0.847	10	114–151	RM7180	1	(ATAG) ₆	0.662	4	175–219
RM1387	1	(AG) ₄₄	0.801	8	114–151	RM7271	5	(ATCT) ₈	0.716	6	197–222
RM1388	4	(AG) ₄₆	0.889	14	165–240	RM7545	10	(TATG) ₁₈	0.829	14	167–256
RM2835	3	(AT) ₃₆	0.781	10	173–267	RM7565	3	(TCGA) ₆	0.526	3	203–212
RM3152	10	(CA) ₂₃	0.83	12	232–334	RM8006	7	(AT) ₆₄	0.9	14	131–310

其中RM101、RM333、RM475、RM1387、RM1388、RM2835、RM5428及RM5704微衛星標誌可有效區別臺灣國產米。經由主座標principle coordinate analysis (PCA)及集群分析(clustering analysis)，發現來自不同國家之食米品種可分為國內梗米、國外梗米、國內秈米及國外秈米4大群(圖2)。

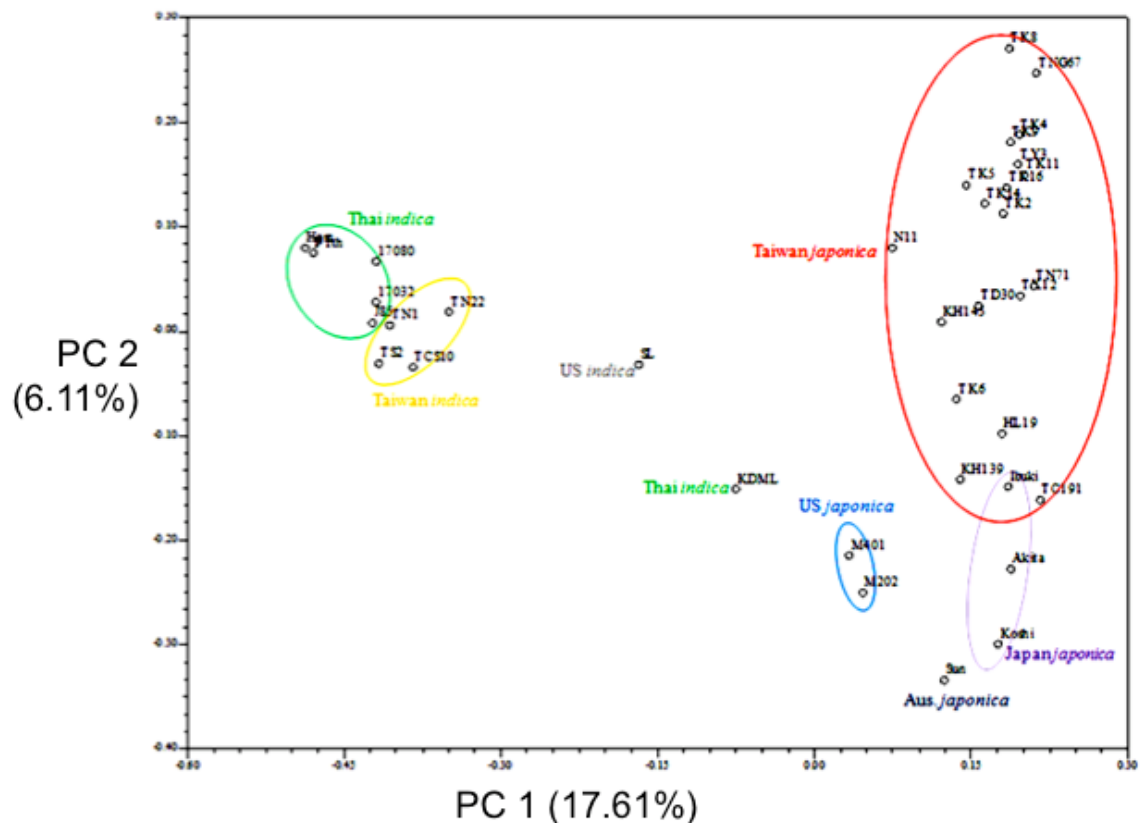


圖 2. 利用 32 組 SSR 分子標記對 36 個不同之國、內外品種進行主成份分析

最後為防範混米，本研究也利用上述結果建立了使用不同SSR標誌對食米品種檢索流程表，以利實際檢測應用(圖3)。

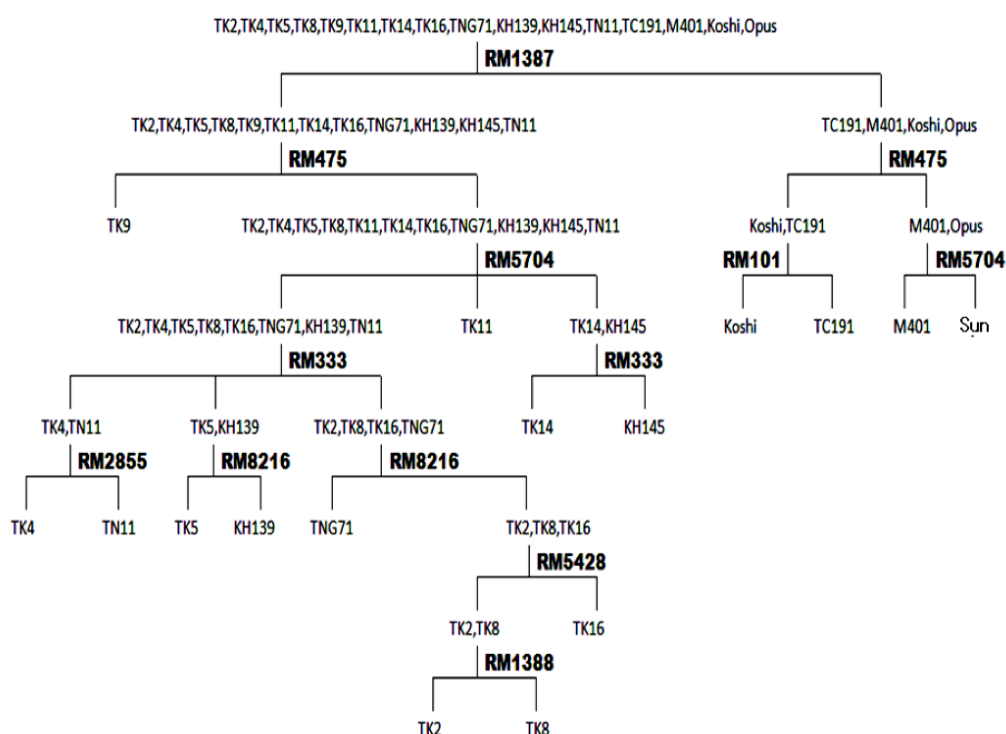


圖 3.食米品種檢索流程表

利用多重單一核苷酸多型性基因定型平臺鑑定臺灣稻米品種

本實驗室以過去建立之國內外稻米品種SNP資料庫(中華民國專利發明第I 365925號)，先行開發Tetra primer ARMS PCR技術(中華民國專利發明第I 349104號)，並從其衍生出以15或10個專一SNP位點之引子對於單一反應中進行多個PCR產物的增幅，再以毛細管電泳或電泳膠片分析產物大小，以確認該些SNP位點之多型性之15-plex SNP PCR及改良版10-plex SNP PCR兩種方法。

此技術應用於國內水稻品種DNA資料庫之建立、市售米生產過程中易產生品種混雜階段之檢出，以及檢測不同階段的稻米混雜比率(張, 2012)。材料來自各改良場及農試所，以及大米廠代表A公司及區域性代表B碾米場(圖4)。

利用簡單重覆性序列及多重單一核苷酸基因定型技術鑑別國、內外食米品種



圖 4.本試驗合作之各農試單位與碾米廠位置分布圖

本試驗分析了50個品種225個姊妹系，其中21個品種具有一致性的DNA指紋表現、19個品種有一主要表現型、10個品種則具有2-3種主要表現型，顯示來自不同農試單位育種者同一稻種之不同姊妹系間仍有差異(圖5)。

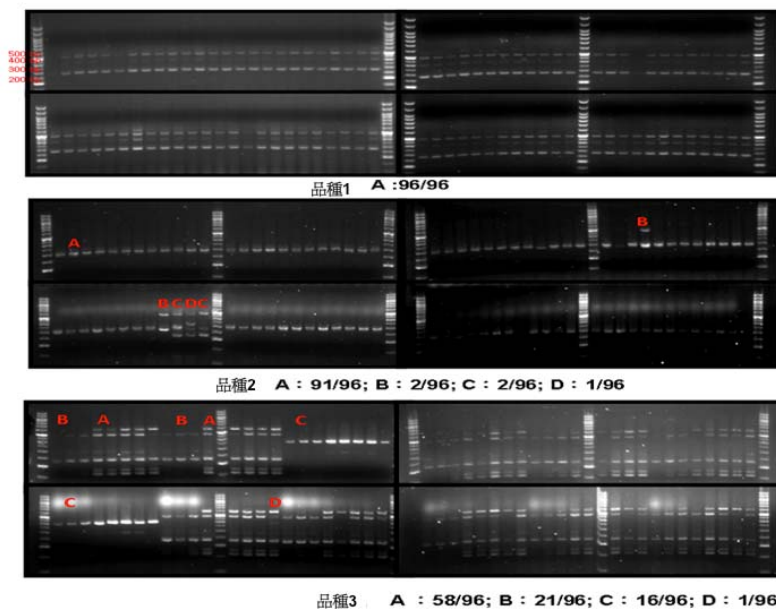


圖 5.品種內之 DNA 指紋變異

市售米生產過程混米階段之檢出使用稻種主要來自A公司及B碾米廠。A公司參試品種為竹塘農戶契作之臺梗9號及向二崙農民收購之臺農71號；B碾米廠參試品種為契作之臺農71號與非契作之高雄145號。分析結果(表3)得知，A公司提供11批試樣僅有一件易品種比例為13.04%，其餘樣本混雜率皆小於10%，更有4批異品種率0%。B碾米廠樣本5批，其餘樣本混雜率皆小於10%。

表 3.A 公司及 B 碾米廠穀粒與白米取樣之 DNA 指紋分析結果

樣本	粒數	分型	異品種比率	樣本	粒數	分型	異品種比率
B碾米廠台農71號白米_20110415	48	A : 48/48	0%	A公司台農71號白米_霧峰b007	48	A : 45/48 B : 2/48 C : 1/48	6.25%
B碾米廠台農71號白米_20110430	48	A : 44/47 B : 1/47 C : 1/47 D : 1/47	6.38%	A公司台梗9號白米_20110719	24	A : 21/22 B : 1/22	4.55%
B碾米廠台農71號白米_20110509	48	A : 43/46 B : 1/46 C : 1/46 D : 1/46	6.52%	A公司台梗9號白米_20110730	24	A : 20/23 B : 1/23 C : 1/23 D : 1/23	13.04%
B碾米廠台農71號白米_20110529	48	A : 44/48 B : 2/48 C : 1/48 D : 1/48	8.33%	A公司台梗9號白米_20110803	24	A : 21/23 B : 2/23	8.70%
B碾米廠高雄145號白米_20110429	24	A : 21/22 B : 1/22	4.55%	A公司台梗9號白米_20110812	24	A : 24/24	0%
A公司台農71號穀粒_二崙採種田	48	A : 44/47 B : 2/47 C : 1/47	6.38%	A公司台梗9號白米_20110817	24	A : 20/20	0%
A公司台農71號穀粒_乾燥b007	48	A : 44/45 B : 1/45	2.22%	A公司台梗9號白米_20110824	24	A : 22/22	0%
A公司台農71號白米_後壁b007	48	A : 46/47 B : 1/47	2.13%	A公司台梗9號白米_20110901	24	A : 20/20	0%

結 論

本實驗室已建立近90多個臺灣及國外稻米品種之DNA指紋分析資料庫，目前已可運用單粒米法及多粒米法，以SSR或multiplex-SNP genotyping技術平臺鑑別臺灣常見市售國產米及國外進口食米品種，有效達成追溯、偵測並防止混米之目的。

各品種姊妹系之間的DNA指紋表現大部分非為單一種條帶表現；由於各農事單位慣行的育種方式不同，造成種子DNA指紋的表現也有所差異。品種內的指紋表現型還是過於複雜，不易建立標準DNA資料庫做為比對之用。各水稻育成單位可實施進一步之種子純化工作，讓品種內的表現型趨於單一。

白米生產過程中過後一階段「包裝」的步驟，由結果發現大部分樣本均維持小於10%的異品種混雜率，顯示水稻正常生產過程中發生混雜的比率不高。國產水稻生產過程中，異品種檢出之最大容許量可 $\leq 10\%$ 。

誌 謝

感謝農委會農糧署之經費支持。

參考文獻

1. 張靜華 (2012) 以多重單一核苷酸多型性基因定型技術建立臺灣稻米品種DNA指紋資料庫及其用於品種純度檢測之可行性研究. 國立臺灣大學農藝學系碩士論文. 64pp.
2. Alves DMT, RW Pereira, SCM Leal-Bertioli, MC Moretzsohn, M Guimaraes, DJ Bertioli (2008) Development and use of single nucleotide polymorphism markers for candidate resistance genes in wild peanuts (*Arachis* spp) genetics and Molecular Research 7 (3) : 633-642.
3. Ayres NM, AM McClung, PD Larkin, HFJ Bligh, CA Jones, WD Park (1997) Microsatellites and single-nucleotide polymorphism differentiate apparent amylase classes in and extended pedigree of US rice germ plasm. Theor. .Appl. Genet. 94 : 773-781.
4. Blight HFJ (2000) Detection of adulteration of Basmati rice with non-premium long-grain rice. International urnal of Food Sciences and Technology 35 : 257-265.

5. Chuang HY, HS Lur, KK Hwu, MC Chang (2011) Authentication of domestic Taiwan rice varieties based on fingerprinting analysis of microsatellite DNA markers. *Botanical Studies* 52 : 393-405.
6. Fitzgerald M, S Rahman, A Resurreccion, J Concepcion, V Daygon, S Dipti, K Kabir, B Klingner, M Morell, A Bird. (2011) Identification of a major genetic determinant of glycaemic index in rice. *Rice* 4 :66-74.
7. Giarrocco LE, MA Marassi, GL Salerno (2007) Assessment of the genetic diversity in argentine rice cultivars with SSR markers. *Crop Science* 47 : 835-858.
8. Gupta PK, JK Roy, M Prasad (2001) Single nucleotide polymorphisms : a new paradigm for molecular marker technology and DNA polymorphism detection with emphasis on their use in plants. *Current Science* 80(4) : 524-535.
9. Hashimoto Z, N Mori, M Nawamura, T Ishii, S Yoshida, M Ikegami, S Takumi, C Nakamura (2004) Genetic diversity and phylogeny of Japanese sake-brewing rice as revealed by AFLP and nuclear and chloroplast SSR markers. *Theor. .Appl. Genet.* 109 : 1586-1596.
10. Jain S, R Jian, SR McCouch (2004) Genetic analysis of India aromatic and quality rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using panels of fluorescently-labeled microsatellite markers. *Theor. .Appl. Genet.* 109 : 965-977.
11. Lu H, MA Redus, JR Coburn, JN Rutger, SR McCouch, TH Tai (2005) Population structure and breeding patterns of 145 U.S. rice cultivars based on SSR marker analysis. *Crop Science* 45 : 66-76.
12. Moore SS, LL Sargeant, TJ King, JS Mattick, M Georges, DJS Hetzel (1991) The conservation of dinucleotide microsatellites among mammalian genomes allows the use of heterologous PCR primer pairs in closely related species. *Genomics* 10 : 645-660.
13. Twyman RM and SB Primrose. (2003) Techniques patents for SNP genotyping. *Pharmacogenomics* 4(1) : 67-79.

14. Yamanaka S, I Nakamura, KN Watanabe, YI Sato (2004) Identification of SNPs in the waxy gene among glutinous rice cultivars and their evolutionary significance during the domestication process of rice. Theor. .Appl. Genet. 108 : 1200-1204.

ABSTRACT

In order to maintain genetic purity of rice seeds, detect and trace admixture rice that sold in market, and increase the competitiveness and marketing segment of Taiwan's domestic rice, the DNA fingerprinting technique based on DNA molecular markers for rice varieties identification has become a commonly used platform. In this study, we took advantage of SSRs and a core SNP marker set from previously established rice SNP database to develop different genotyping analysis platforms for domestic and foreign rice varieties characterization. First, a panel of 32 SSR DNA markers and 36 rice varieties from different countries were used for comparative polymorphism analysis. A total of 306 alleles were observed in 32 loci. The number of alleles per locus ranged from 3 to 21, with an average of 9.6. Polymorphic information content (PIC) values varied from 0.205 (RM7023) to 0.926 (RM333), with an average of 0.75. Principle component analysis (PCA) score plot and clustering analysis were sufficient to discriminate between two different groups of rice varieties based on geographic origins. In addition, using 12 sets of allelic-specific SNP primer pairs in the same PCR reaction and analysis PCR amplicons by capillary or regular gel electrophoresis, we were able to distinguish specific SNP loci among various rice cultivars. The DNA fingerprinting generated by multiplex-SNP genotyping analysis from rice grain sample can be further compared with available database to confirm specific rice identity. The multiplex SNP genotyping technique can further increase the sensitivity and accuracy of rice varieties identification. This genotyping platform has also been applied to establish an up-dated DNA fingerprinting database of domestic and foreign rice, to access the admixture ratio along production processes and set up a standard for tolerance of mixed-rice ratio in rice market. Finally, a mass array-based rice cultivars identification platform was also built up. With 20-plex suitable

combination of primer designs, totally 71 domestic Taiwan and 33 foreign rice samples can be effectively separated. These techniques can be practically and routinely used in identification of rice authenticity and benefit the development of progress of rice industry.

Keywords: Simple sequence repeat (SSR), multiplex single nucleotide polymorphism (SNP) PCR, rice varieties identification.

良質米育種的演變與成果

楊嘉凌^{1*}、鄭佳綺¹、賴明信²、吳永培³、楊志維⁴、
張素貞⁵、羅正宗⁶、吳志文⁷、丁文彥⁸、宣大平⁹

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場 ² 行政院農業委員農業試驗所

³ 行政院農業委員會農業試驗所嘉義農試分所 ⁴ 行政院農業委員桃園區農業改良場

⁵ 行政院農業委員會苗栗區農業改良場 ⁶ 行政院農業委員臺南區農業改良場

⁷ 行政院農業委員會高雄區農業改良場 ⁸ 行政院農業委員會臺東區農業改良場

⁹ 行政院農業委員花蓮區農業改良場

*通訊作者信箱：jialing@tdais.gov.tw

摘 要

臺灣良質米育種早在民國60年代末期悄悄進行，當時以良質親本選擇與白米外觀選拔為育種重點，臺中189號、臺農70號與臺南9號可為其中的代表。民國74年至87年由稻作育種小組主導良質選育，採統一雜交、分區汰選品系的育種方式，總計育成17個梗稻品種、1個秈稻品種、4個糯稻品種，曾列入良質米推薦品種有9個，惟其中有9個為小組成立前由各場所選拔者。此時期的良質選育多以糙(白)米外觀與產量為主，其他米質特性則在穩定世代後檢定。民國87年恢復各場所自行雜交、選育與命名，總計87~95年間育成的品種有臺農71號、臺東30號等22個品種，曾列入良質米推薦品種有5個，而在育種小組之下選育者有8個。在此期間各場所的良質米選拔指標除糙(白)米外觀外，也運用食味計、味度計等相關儀器作為食味選拔的指標，新品種的白米外觀明顯的優於舊品種，食味也增進中。在良質育種目標漸傾向地區性的品種與多樣化與營養成份的領域，此種情形在95年水稻品種納入植物品種及種苗法規範後更為明顯，累計至今已有19個品種申請品種權。調查試驗改良場所對育種目標的排序，並進行加權平均後，各場所對育種目標的重視程度分別為食味品質>外觀品質>產量或株型>抗(耐)生物逆境>抗(耐)環境逆境>貯藏性。

關鍵詞：良質米、育種、食味品質、抗逆境。

前 言

稻米是國人的主食，民國70年代開始的「良質米」各項計畫，將臺灣稻米由「吃飽」提升到「吃巧」的境界。這期間由試驗改良場所進行各項調查、分析與研究，臺灣省農林廳、糧食局與農委會農糧處(後整併為行政院農業委員會農糧署)將此等研究結果轉化為政策施行，才有現今結果的呈現，此等工作包括：充實研究發展，確立米質檢驗流程；廣泛進行檢驗，建立稻米分級制度；嚴檢品種特性，建立良質米推薦品種；篩檢稻米產區，規劃良質米適栽區；強化產銷聯繫，健全稻米產銷制度等等措施。而由日本的經驗與日本農林水產省崛末登博士對臺灣稻米品質的建議均指出良質品種的研發是良質米工作最重要、也是最基本的一環(崛與謝，1983)，經過個試驗改良場所的研發，新品種的米質不斷的超越現有品種，國人米食的要求也由安全、衛生、糧食，跨入優質，並朝向營養的境界邁進。本文彙整良質米育種的歷史流程，並調查各試驗改良場所的水稻育種目標，期望藉由探討良質米育種演變能聚焦良質米育種的目標，再次提升國產稻米的品質，強化我國稻米產業競爭力。

稻作育種小組時期的良質米育種

二次大戰後，臺灣稻米經過計畫的「農業成長期」、「農工並重持續增產期」的政策推動下，已由「自給自足」到「生產過剩」，部分試驗改良場所的育種者也尋求在「產量」的目標外，另闢「品質」或「加工」的目標。也可以說，臺灣良質米產銷計畫雖由民國74年起推行，但各場所的良質米育種卻早在民國60年代末期就悄悄進行，當時在良質親本選擇以日本品種為指標，除引進日本品種進行育種與栽培研究外，並在雜交後裔的選拔以白米外觀為選拔指標，唯越光等日本良質品種在臺灣氣候下，抽穗期提早、產量偏低，育種利用率較低，但仍有利用

自有育種材料育成的若干良質品種，臺中189號、臺農70號與臺南9號可為其中的代表。

隨著稻田轉作計劃的推行，稻作育種小組在當時臺灣省政府的法源齊備下，也在民國74年成立施行，建立「梗稻由農試所與嘉義農試分所、秈稻由臺中場統一進行雜交並選拔至穩定世代後，再將育成的品系交由各改良場進行品系的汰選」的制度，並維持各項特性由各試驗改良場所分別進行的分工概念。由於自雜交到品種命名不全在同一場所進行，所以品種名稱以「臺梗○號」、「臺秈○號」、「臺梗糯○號」、「臺秈糯○號」表示。此舉雖有助於節省人力與育成廣適應性的品種，但育種者的創意較難有表現、地區性的品種也較難有育成的空間。為消弭各試驗改良場所與各育種者觀念與做法的差異，農試所每年辦理工作檢討會議及田間品系觀摩與研討，但恢復各場所自行育種的爭議仍然不斷。主因在於由雜交到品種育成在同一場所時，育種者可隨時下田觀察其育種概念下的各世代後裔，並進行補救與改進，對品種的加速育成與育種者自身理念的實踐都有相當的幫助。於是在民國86年稻作育種小組開放各場所針對個別育種目標進行雜交選拔，87年臺灣省精省後，育種小組失去法源，統一雜交與選拔的限制不復存在，總計其間內育成17個梗稻品種、1個秈稻品種、4個糯稻品種，曾列入良質米推薦品種有9個，為其中有9個為小組成立前由各場所選拔者(表1)。唯此時期已將良質米選育列為優先重點，但選拔指標仍以糙(白)米外觀與產量為主，其他碾米特性、理化分析等米質特性多在穩定世代後才進行檢定。使用之良質親本大多是各試驗改良場所育成之品種，如：臺南9號、臺中189號、臺農68號、臺中秈10號等，亦有育成良質親本後，陸續被使用為雜交親本者，如：臺梗2為臺梗8與臺梗16的親本。日本的良質品種雖早在66年至68年間就由臺中場引進，但由日本品種直接育成的品種僅有臺梗9號，該品種至今仍為良質米育種食味品評的對照品種。

表 1.民國 75 年~87 年間命名水稻品種之親緣、選出與育成場所

種類	育成 年代	品種名稱	親緣	選出場所	命名 場所	備註
梗稻	77	臺梗 1	F ₃ (臺南早系 158/臺農 67)//嘉農育 252	臺南場	臺南場	
	78	臺梗 2	臺農 67/嘉農育 252//臺南 9	臺南場	臺南場	良質米推薦品種
	79	臺梗 3	F ₂ (F ₂ (F ₂ (臺中秈 3/臺中 65)//臺農 67)///豐錦)///臺中 189	臺中場	臺中場	良質米推薦品種
	79	臺梗 4	臺農 72/嘉農育 258	嘉義分所、 花蓮場	花蓮場	
	79	臺梗 5	高雄 142/臺農 68	高雄場	高雄場	良質米推薦品種
	80	臺梗 6	嘉農系比 J702361/嘉農育 263	嘉義分所、 花蓮場	花蓮場	
	81	臺梗 7	J692153/福錦//臺中 189	嘉義分所	臺東場	
	81	臺梗 8	臺南育 210/臺梗 2	臺南場	臺南場	良質米推薦品種
	82	臺梗 9	北陸 100/臺農秈育 2414	臺中場	臺中場	良質米推薦品種
	82	臺梗 10	臺中育 284/臺農 70	農試所	花蓮場	
	83	臺梗 11	臺南育 212/高雄 141//高雄 141	農試所	高雄場	良質米推薦品種
	83	臺梗 12	臺農 72/J722302//J732020	嘉義分所	高雄場	
	84	臺梗 13	臺農 67/C46-15//C46-15	農試所	臺東場	
	85	臺梗 14	臺梗育 2011/臺中育 418	嘉義分所	桃園場	良質米推薦品種
	85	臺梗 15	臺南育 212/高雄 141//高雄 141	農試所	臺中場	
	85	臺梗 16	臺梗 2//臺農 67/Pegonil	農試所	花蓮場	良質米推薦品種
	87	臺梗 17	F ₂ (臺農 70/Milyang 79//臺農 70)///臺農 70	嘉義分所	臺南場	良質米推薦品種
秈稻	77	臺秈 1		臺中場	臺中場	
	87	臺秈 2	臺中秈 10//臺中秈 10/臺秈糯育 738	臺中場	高雄場	
梗糯 稻	79	臺梗糯 1	F ₂ (嘉農育 252/臺南早系 148)//臺南早系 174	臺南場	臺南場	
	84	臺梗糯 3	J752019/臺梗糯 1	嘉義分所	臺南場	
	84	臺梗糯 5	臺農 67/臺南糯育 17	嘉義分所	臺中場	
秈糯 稻	83	臺秈糯 2	臺中秈糯 1/臺農秈 20	高雄場	高雄場	

民國87年至95年間的良質米育種

由於各場所希望能針對各自區域進行雜交，以選育具區域性的優質品種，稻作育種小組於民國86年開放各場所可針對個別育種目標進行雜交選拔，但區域試驗與各項特性統一檢定仍由農試所與嘉義分所彙辦。民國87年政府進行臺灣省政府功能業務與組織調整(簡稱精省)，稻作育種小組成立之法源消失，水稻命名業務

由臺灣省政府農林廳移撥至行政院農業委員會，水稻命名也列入「行政院農業委員會所屬各試驗研究機構育成植物新品種審查作業要點」規範，各場所可自行雜交、選育品系直到命名，品種名稱也回復之前各場所之稱號，即「臺農○號」、「臺中○號」、「臺東○號」等，總計87~95年間育成的品種有臺農71號、臺東30號等22個品種，其中在稻作育種小組之下選育者有8個，而列入良質米推薦品種有5個(表2)。

表 2.民國 88 年~95 年間各試驗場所命名水稻品種之親緣、特性、選出場所

種類	育成年代	品種名稱	親緣	選出場所	命名場所	備註
梗稻	89	臺農 71	絹光/臺梗 4	農試所	農試所	良質米推薦品種
	90	桃園 1	臺梗 1/臺梗育 4156//臺梗育 3578	嘉義分所	桃園場	良質米推薦品種
	90	高雄 143	臺梗 5/臺農育 82649	農試所	高雄場	
	90	臺東 30	臺梗 6/臺梗育 35025	嘉義分所	臺東場	良質米推薦品種
	90	花蓮 19	臺梗育 3984/臺梗 6	嘉義分所	花蓮場	
	92	臺中 191	臺農育 81815/越光	農試所	臺中場	
	92	高雄 144	高雄 1/M 301//臺梗育 30464	高雄場	高雄場	
	93	桃園 3	臺梗 4/臺梗 2	農試所	桃園場	
	93	臺南 11	臺梗育 69223/臺梗 16	臺南場	臺南場	良質米推薦品種
	93	高雄 145	高雄 139/絹光	高雄場	高雄場	良質米推薦品種
	93	花蓮 20	絹光/臺梗育 35031	花蓮場	花蓮場	
	94	桃園 4	千代錦/新竹 64	桃園場	桃園場	
	95	臺農 74	臺農 71/臺梗育 30904	嘉義分所	嘉義分所	
	95	臺農 75	TM6/臺梗 2	農試所	農試所	
秈稻	93	臺農秈 22	臺農秈 20/臺中秈 10	嘉義分所	嘉義分所	
梗糯 稻	91	桃園糯 2	臺農 67/臺南糯育 19	嘉義分所	桃園場	
	92	臺南糯 10	臺梗育 30404/臺梗育 55499	臺南場	臺南場	
	93	臺農糯 73	臺梗糯 1/臺梗 16	農試所	農試所	
	94	臺南糯 12	臺梗糯 3/臺梗 16	臺南場	臺南場	
	94	臺東糯 31	臺梗糯 5/臺梗 9	臺東場	臺東場	
秈糯	93	高雄秈糯 8	臺秈糯育 2846/臺梗育 5031	臺中場	高雄場	
稻	95	臺中秈糯 2	臺中秈糯 1//臺中秈 17/臺梗 16	臺中場	臺中場	

70年代，日本相繼開發出將若干米質性狀檢測結合在一個機器，以糙米、白米或米飯檢測就可以得出食味成績的簡易食味計，最早由嘉義農試分所引進使用，各試驗改良場所也引進不同機型的食味計，如：臺中場引進之進紅外光分析

儀等，此等儀器在80年後也陸續作為各場所食味選拔的指標。因此在87~95間的良質米選拔指標除糙(白)米外觀外，也進行食味的機器檢測作為選拔工具，新品種的白米外觀已明顯的優於舊品種，食味也增進中。而香米品種雖早有臺農秈20號與臺梗4號命名，但在臺農71號於民國89年推出後，由於其食味獨特且育成者郭益全博士在命名前因病辭世，營造的話題與風潮，使得香米在臺灣稻米市場佔有一席之地，陸續推出的品種有桃園3號、臺農秈22號與臺農74號等品種，但仍以臺農71號最受注目。

在良質親本的運用上，除各場所育成的良質品種(臺梗5、9、16號、高雄1、139號與臺中秈10號等)作為雜交親本外，各試驗改良場所也陸續使用日本與美國的良質種原，如：日本的越光、秋田小町、絹光等，美國的S 301、M 401等品種均常被作為雜交親本，但以日本的絹光育成的品種較多，臺農71號、高雄145號與花蓮20號均以其為親本所選育出的品種，其中臺農71號與高雄145號為良質米推薦品種。另外，鮮使用的誘變育種也成為水稻育種的常見方法之一，臺農75號母本的TM 6就是使用疊氮化鈉處理臺農67號所選出抗褐飛蝨的品系。

民國95年後的良質米育種

由於在80年代各場所的良質米育種目標漸有傾向育成地區性品種的趨勢，並將育種目標延伸至多樣化與營養成份的領域，因此在民國95年水稻品種納入植物品種及種苗法規範後，為試驗場所開闢直接申請品種權的另一種命名方式，從此各試驗改良場所不經由傳統的產量試驗程序而命名的多樣化利用品種增多。總計95年至今育成的品種有臺中192號、臺南16號等28個品種，其中有臺中192號與花蓮21號被列入良質米推薦品種，另有臺農76號等11個品種未經區域試驗程序而直接申請品種權者，高雄146號等8個品種則是完成區域試驗與命名程序再申請品種權的品種，總計申請品種權的品種有19個品種(表3)。

多樣化利用除傳統的粳類、米粉等食材上的利用外，更擴及釀酒、營養與保健等品種的推出，如：苗栗1號是第1個釀酒用水稻品種、臺農78號、80號與臺南

表 3.民國 88 年~95 年間各試驗場所命名水稻品種之親緣、特性

種類	育成 年代	品種名稱	親緣	選出場所	命名場所	備註
梗稻	96	臺中 192	臺梗 14/臺梗 8	臺中場	臺中場	良質米推薦品種
	97	臺中 193	臺梗 9//臺梗 9/中梗育 10578	臺中場	臺中場	
	97	高雄 146	越光/高雄育 1364	高雄場	高雄場	
	97	花蓮 21	S301/臺中秈 10//臺梗 9	花蓮場	花蓮場	良質米推薦品種
	98	臺農 76	臺農 67 NaN ₃ 誘變選拔	嘉義分所	嘉義分所	黃色胚乳(黃金米)
	98	臺農 78	臺農 72 N-methyl-N-nitrosoreoa (NMU)誘變選拔	嘉義分所	嘉義分所	巨大胚、保健
	98	臺農 80	高雄 143/嘉農育 891032//Haiminori	嘉義分所	嘉義分所	巨大胚、保健
	98	苗栗 1	Nortai/臺梗 6	苗栗場	苗栗場	釀酒用
	98	臺中 194	臺梗 9/中梗育 10368	臺中場	臺中場	
	98	臺南 13	南梗育 42/臺農 71	臺南場	臺南場	
	98	臺南 14	Milky Queen/臺農 67	臺南場	臺南場	低直鏈澱粉、糙米專用
	98	臺東 32	東陸 3/臺農秈育 2414	臺東場	臺東場	
	99	臺農 84	臺梗 2/嘉農育 872065	嘉義分所	嘉義分所	
	99	高雄 147	高雄 145/臺農 74	高雄場	高雄場	
	100	臺農 77	農林 22/農林 1	農試所	農試所	
	100	臺農 79	臺農 71/Ya A Bi	農試所	農試所	
	100	臺農 82	臺農 67NaN ₃ 誘變選拔	嘉義分所	嘉義分所	低蛋白質含量
	100	苗栗 2	臺梗育 47359//越光/臺中秈 3	苗栗場	苗栗場	
	100	臺南 15	F2(高雄 143/嘉農育 891032)//Haiminori	臺南場	臺南場	巨大胚、保健
	101	臺東 33	臺東 30/Basmati 370	臺東場	臺東場	
	101	臺南 16	越光/臺農 67//越光 ⁴	臺南場	臺南場	
	101	臺中 195	臺梗 16/臺梗 17	臺中場	臺中場	
	101	花蓮 22	花蓮原住民紅糯地方種純化選拔	花蓮場	花蓮場	紅色糯米
	101	花蓮 23	玉里臺農 71 田間紫色株變異純化	花蓮場	花蓮場	紫色稻葉、稻田彩繪
	101	花蓮 24	花蓮原住民陸稻地方種純化選拔	花蓮場	花蓮場	高蛋白質含量、保健
秈稻	99	臺農秈 24	臺秈糯 2/泰國黑糯	嘉義分所	嘉義分所	紫色香糯米
	99	臺農秈 26	臺中秈糯 1//F ₆ (臺梗育 7139/泰國紅糯)	嘉義分所	嘉義分所	紅色糯米
梗糯	96	臺農秈糯 21	臺農 67 NaN ₃ 誘變選拔	農試所	農試所	
稻	101	臺中糯 196	北陸 130/臺梗糯 5	臺中場	臺中場	

15號均是以具有巨大胚，可以產生較多的GABA胺基酸作為心血管保健為訴求等。在良質育種上，除良質米推薦品種廣泛被使用作為雜交親本外，更多的種原作為雜交親本，有日本的越光、北陸130號、Haiminori、Milky Queen，美國的S 301、

Nortai、泰國黑糯、泰國紅糯與原住民的陸稻Ya A Bi等。在育種方法上，除傳統的雜交育種外，誘變育種持續加強，育成的品種有臺農76號等4個品種，臺南場首次採用近年來盛行的分子輔助育種育成臺南16號，但採集種原純化比較後命名的品種也有花蓮22號等3個品種。

由於個試驗改良場所育成的良質品種成果豐碩，計有16個品種曾被列為良質米推薦品種，若將此等品種命名資料登錄的米質特性平均與宋等(1991)調查臺灣各時期主要栽培品種的米質特性相比較，發現：良質米推薦品種在白米率、心白、腹白、直鏈澱粉含量與粗蛋白含量普遍優於70年以前的主要栽培品種(表4)，而白米率為碾米品質的一環，心白與腹白為白米外觀的項目，直鏈澱粉含量與粗蛋白含量與食味有顯著的關係，顯見由70年開始的良質米育種在各方面的米質特性均有明顯的進步。

表 4、臺灣各時期育成水稻品種的米質

育成年代	糙米率	白米率	完整米率	透明度	心白	腹白	直鏈澱粉含量	粗蛋白含量
50 以前*	81.5	70.4	66.7	3.0	0	1.0	19.9	6.8
50~59*	81.8	72.0	68.0	2.2	0	0.6	19.6	6.9
61~69*	81.6	71.6	64.6	3.0	0.6	1.0	19.4	7.0
70~79*	82.7	73.6	67.8	2.8	0.4	0.6	17.8	6.4
良質米推薦品種	81.6	72.9	65.8	3.2	0.4	0.3	18.0	6.7

*為宋等(1991)的調查資料。

各試驗改良場所良質米育種的重點

臺灣雖然地狹小，但各地區的地形、氣候等農業因素所營造的水稻生育環境略有差異，因此各試驗改良場對水稻育種目標的重視程度各有差異，在產量、株型、外觀米質、食味品質、貯藏性、抗(耐)生物與環境逆境等7項育種目標，將食味品質列為首要目標有4個場所，將株型與外觀米質列為首要目標的各有2個場

所，僅桃園場因位屬北部東北季風強勁地區，抗(耐)環境逆境反成為該場的首要目標。若將各試驗改良場所對育種目標的重視程度排序進行加權平均後，各場所對育種目標的重視程度分別為食味品質>外觀品質>產量或株型>抗(耐)生物逆境>抗(耐)環境逆境>貯藏性(表5)。

表 5、臺灣各試驗場所對水稻育種目標重視程度排序

場所	產量	株型	外觀米質	食味品質	貯藏性	抗(耐)生物逆境	抗(耐)環境逆境
農試所	4	7	1	3	6	2	5
嘉義農試分所	4	5	2	1	6	3	7
桃園場	3	2	4	5	6	7	1
苗栗場	3	1	6	2	7	4	5
臺中場	3	4	2	1	6	7	5
臺南場	3	7	1	2	4	6	5
高雄場	5	6	2	1	7	3	4
臺東場	4	1	2	3	7	5	6
花蓮場	4	3	2	1	7	5	6
首位的場所數	0	2	2	4	0	0	1
末位的場所數	0	2	0	0	4	2	1
加權平均	3.89	3.89	2.44	2.11	6.22	4.67	4.89

結 語

良質米育種雖緣起於70年代的良質米產銷計畫，但基於人類對食品的層次需求，應早在60年代水稻生產過剩就已開始，至今成果斐然。然而，近年氣候變遷，強降雨、高溫等異常與劇烈氣候變化對稻作生產形成威脅，對稻米品質的影響更是巨大。各試驗改良場所應擴大利用秈稻等種原的遺傳育種與加工利用，並針對未來環境資源的缺乏，開發氮素利用效率高與耐旱型的品種。各試驗改良場也應對遺傳資源進行整體評估，重視田間外表型與基因型的連結，並利用分子輔助選

拔的方式，加速良質與抗(耐)逆境優質品種的育成。如此方可確保臺灣在良質育種上的成果，持續奠定亞熱帶梗稻的經濟生產，也可增加稻農收益，確保國產米的競爭力。

參考文獻

1. 丁文彥、林家玉、黃秋蘭、江瑞拱 2013 水稻新品種臺東32號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 23: 1-16。
2. 江瑞拱 1996 梗稻臺梗13號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 7: 67-79。
3. 余宣穎、潘昶如、黃井約、宣大平 2009 豐產、省肥、香Q及抗稻熱病的水稻新品種花蓮21號 花蓮區農業專訊 67: 5-7。
4. 吳永培、許志聖 2006 擴大稻米多樣化利用的研究 農業世界 276: 32-35。
5. 吳永培、柯佩怡、吳泓書 2008 水稻多樣化育種及開發產品之應用 農業世界 300: 16-24。
6. 吳志文 2005 秈糯新品種—高雄秈糯8號 高雄區農業改良場研究彙報 16(1): 1-12。
7. 吳志文、張芯瑜、邱運全 2011 水稻新品種-高雄147號(香鑽)之育成 高雄區農業改良場研究彙報 22(2): 1-16。
8. 吳志文、邱運全、鄧耀宗、林富雄、林再發 1998 秈稻新品種—臺秈2號之育成 高雄區農業改良場研究彙報 9(2): 1-13。
9. 吳岱融、林妤姍、劉雲霖、許志聖、張素貞 2012 水稻優質新品種—苗栗2號 101年作物科學講座暨研究成果發表會專刊 Pp.57 中華農藝學會 2012年4月26日 臺灣臺北。
10. 呂坤泉、楊嘉凌、許志聖 2007 梗稻品種臺中192號之育成 臺中區農業改良場研究彙報 97: 51-70。
11. 宋勳、洪梅珠、許愛娜 1991 臺灣稻米品質之研究 臺灣省臺中區農業改良場特刊第24號。
12. 李長沛、賴明信、曾東海 2011 水稻新品種臺農77號之介紹 農業試驗所技術服務 88: 1-5。

13. 李長沛、賴明信、顏信沐、卓緯玄、吳東鴻、曾清山 2012 水稻新品種－臺農77號 豐年 62: 31-36。
14. 李超運、劉瑋婷、丁全孝、鄭明欽、陳正昌、曾東海、劉大江 1998 水稻新品種臺梗16號之育成及其特性 花蓮區農業改良場研究彙報 16: 1-22。
15. 李超運、劉瑋婷、宣大平、潘昶如、侯福分、陳隆澤、陳一心 2003 水稻新品種花蓮19號之育成及特性 花蓮區農業改良場研究彙報 21: 31-46。
16. 李祿豐、莊義雄、陳正昌、曾東海、林富雄 1994 水稻新品種臺梗10號之育成及其特性 花蓮區農業改良場研究彙報 10: 1-20。
17. 卓緯玄、賴明信、顏信沐、曾清山、曾東海、陳治官、吳東鴻、李長沛 2012 優質水稻新品種臺農79號之育成 59頁 臺灣農藝學會101年度年會專刊 臺灣大學、臺北。
18. 林泰佑、黃佳興、潘昶儒、宣大平 2013 原鄉部落高營養的紅寶石－水稻花蓮24號之育成與特性簡介 花蓮區農業專訊 83: 9-12。
19. 林富雄 2006 水稻產量、品質及抗病蟲害育種的回顧及展望 作物、環境與生物資訊 3: 285-296。
20. 林國清 2004 水稻新品種臺南糯10號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 44: 1-23。
21. 林國清 2004 水稻新品種臺南11號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 45: 1-25。
22. 林國清 2007 水稻新品種臺南糯12號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 49: 1-23。
23. 林國清、侯福分、陳隆澤 1996 水稻新品種臺梗糯3號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 33: 15-33。
24. 林國清、侯福分、陳隆澤 1999 水稻新品種臺梗17號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 36: 1-19。
25. 邱運全、吳志文 2004 水稻新品種－高雄144號(勝光) 高雄區農業改良場研究彙報 15(3): 1-14。

26. 邱運全、吳志文 2005 水稻新品種－高雄145號(晶鑽) 高雄區農業改良場研究彙報 16(3): 1-14。
27. 邱運全、林富雄 1995 香糯新品種－臺和糯2號之育成 高雄區農業改良場研究彙報 7(1): 1-11。
28. 邱運全、陳正昌、曾東海 1994 水稻新品種－臺梗11號 高雄區農業改良場研究彙報 6(1): 1-13。
29. 邱運全、吳志文、林富雄、陳治官、賴明信 2001 梗稻新品種－高雄143號之育成 高雄區農業改良場研究彙報 12(2): 1-14。
30. 宣大平、潘昶如、余宣穎、侯福分 2005 水稻新品種花蓮20號之育成及特性 花蓮區農業改良場研究彙報 23: 93-110。
31. 胡宗仁、江瑞拱 1994 梗稻臺梗7號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 5: 47-59。
32. 張芯瑜、吳志文、邱運全 2008 水稻新品種高雄146號之育成 高雄區農業改良場研究彙報 19(1): 1-21。
33. 崛末登、謝順景 1983 稻米之米質改良、檢定、分級及運銷 臺灣農業 19: 24-40。
34. 莊耿彰、張明郎 2007 植物品種保護與檢定 植物種苗 9(4): 60-68。
35. 莊商路、林國清 1986 水稻新品種臺南9號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 20: 1-10。
36. 莊商路、林國清 1992 水稻新品種臺梗8號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 29: 1-22。
37. 莊商路、郭金條 1990 水稻新品種臺梗1號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 24: 1-19。
38. 莊商路、郭金條 1991 梗型糯稻新品種臺梗糯1號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 26: 1-21。
39. 莊商路、林國清、吳文政 1990 水稻新品種臺梗2號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 25: 1-20。

40. 莊豐鳴、盧虎生 2013 高溫對水稻產量及品質之影響：從生理層次到田間環境之探討 作物、環境與生物資訊 10(1): 75-83。
41. 許志聖 2009 水稻‘臺梗9號’從推廣到境外授權 植物品種權授權與管理研討會專刊 Pp.33-39 中興大學園藝學系 2009年11月4日 臺灣臺中。
42. 許志聖、楊嘉凌 2005 臺灣水稻育種的演變與未來方向(上) 農業世界 264: 28-34。
43. 許志聖、楊嘉凌 2005 臺灣水稻育種的演變與未來方向(下) 農業世界 265: 10-13。
44. 許志聖、呂坤泉、楊嘉凌 2009 臺灣第一個無稃毛水稻品種—臺中193號之育成 臺中區農業改良場研究彙報 105: 7-64。
45. 許志聖、張素貞、陳隆澤、陳一心 2005 早熟糯稻臺梗糯5號之育成與推廣 臺中區農業改良場研究彙報 88: 1-17。
46. 陳素娥、黃振增 2002 水稻「桃園一號」之育成 桃園區農業改良場研究彙報 48: 1-17。
47. 陳素娥、黃振增、林孟輝 2003 水稻「桃園糯二號」育成 桃園區農業改良場研究彙報 54: 1-19。
48. 陳素娥、黃振增、林孟輝、鄭隨和 2004 水稻桃園3號之育成 桃園區農業改良場研究彙報 56: 1-17。
49. 陳素娥、黃振增、林孟輝、鄭隨和 2007 水稻新品種桃園4號之育成 桃園區農業改良場研究彙報 61: 1-16。
50. 陳素娥、黃振增、林芳洲、張學琨、林文龍 1996 水稻新品種「臺梗十四號」之育成 桃園區農業改良場研究彙報 26: 1-17。
51. 陳榮坤 2012 保健用稻米品種的發展概況 臺南區農業專訊 82: 4-7。
52. 陳榮坤、林彥蓉、羅正宗 2012 水稻新品種臺南16號之育成 臺南農業改良場研究彙報 60: 1-12。
53. 陳榮坤、羅正宗 2010 水稻低直鏈澱粉品種臺南14號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 55: 1-11。

54. 陳隆澤、廖大經、黃守宏、卓緯玄、顏信沐、羅正宗、陳榮坤 2011 梗稻新品種臺農84號之育成 臺灣農業研究 60(4): 221-238。
55. 陳隆澤、羅正宗、吳永培、陳一心 2004 水稻新品種臺農秈22號之育成 農業試驗所技術服務 59: 10-13。
56. 陳隆澤、羅正宗、陳榮坤、陳一心、黃守宏、鄭清煥 2009 水稻香米品種臺農74號之育成 臺灣農業研究 58: 283-301。
57. 黃怡仁、宋鴻宜 2011 水稻機能性成份之研究成果 農政與農情 232: 91-94。
58. 黃佳興、林泰佑、潘昶儒、宣大平 2013 觀賞紫稻—水稻花蓮23號之育成及特性介紹 花蓮區農業專訊 83: 6-8。
59. 黃秋蘭、江瑞拱 2003 水稻新品種臺東30號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 14: 49-68。
60. 黃秋蘭、丁文彥、江瑞拱 2006 水稻新品種臺東糯31號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 16: 1-20。
61. 黃秋蘭、丁文彥、江瑞拱 2010 水稻新品種臺東32號之育成 臺東區農業改良場研究彙報 20: 1-18。
62. 楊嘉凌 2006 長糯米新品種臺中秈糯2號的育成 臺中區農業改良場研究彙報 92: 47-62。
63. 楊嘉凌、許志聖、張素貞 2005 極早熟品種臺中191號的育成 臺中區農業改良場研究彙報 86: 47-62。
64. 楊嘉凌、鄭佳綺、許志聖 2011 我國與日本水稻多樣化育種的研究 臺中區農情月刊第148期。
65. 楊嘉凌、鄭佳綺、許志聖、呂坤泉 2013 水稻臺中194號及臺中195號的育成 p.219-231 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號。
66. 潘昶儒、林泰佑、黃佳興 2013 紅色香糯—水稻花蓮22號之育成及特性介紹 花蓮區農業專訊 83: 2-5。

67. 鄭明欽、劉瑋婷、林富雄 1996 水稻新品種臺梗六號之育成及其特性 花蓮區農業改良場研究彙報 12: 1-18。
68. 賴明信、李長沛、曾清山、黃惠娟、陳治官、郭益全 2001 水稻臺農71號(益全香米)的育成 中華農業研究 50: 1-12。
69. 賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐、陳治官 2006 梗型糯稻新品種－臺農糯73號的育成 臺灣農業研究 55(4): 263-279。
70. 賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐、卓緯玄、曾東海 2007 梗型稻新品種臺農75號的育成 臺灣農業研究 56: 79-98。
71. 賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐、陳治官 2007 梗型糯稻新品種－臺農糯73號的育成 臺灣農業研究 55: 263-279。
72. 羅正宗、林國清、侯福分 2009 水稻新品種臺南13號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 54: 1-13。
73. 羅正宗、陳榮坤 2010 水稻低直鏈澱粉品種臺南14號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 55: 1-11。
74. 羅正宗、陳榮坤 2011 巨大胚水稻新品種臺南15號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 58: 1-10。
75. 羅正宗、林國清、侯福分 2009 水稻新品種臺南13號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 54: 1-13。
76. 鍾德月、邱運全、蕭光輝、林富雄、吳育郎 1992 良質米新品種臺梗五號之育成 高雄區農業改良場研究彙報 4(1): 1-14。

ABSTRACT

The good-quality rice breeding, was selected good-quality parents for crossing and good rice appearance during breeding process, was started in the late 1970' decade. Taichung 189, Tainung 70 and Tainan 9 were breeding in this way at that time. The good-quality rice breeding was organized by The Rice Breeding Team, set up according to the policy of Taiwan Province Government, during 1985-1998, was crossed in the Taiwan Research Institute and Taichung District Agricultural Improvement Station and selected in different station during breeding descendants. The yield and rice appearance were the goals of good-quality rice and total 17 japonica, 1 indica, 4 glutinous rice varieties had been released during that time. 9 varieties had been selected by each station before 1985 and 9 varieties had been recommended good-quality rice by government. After 1998, the crossing and selecting of rice breeding are returned to each institutes and stations. Beside rice appearance, the eating quality, detected by AN-800 and MA-30A machines, were the goals of good-quality rice and total 22 rice varieties had been released during that time. 8 varieties had been selected by Taiwan Rice Breeding Team before 1998 and 5 varieties had been recommended good-quality rice by government. The rice appearance and eating quality of new varieties is better than that of olds'. After 2006, rice releasing system has been followed The Seeds and Seedlings of Plant Variety Law. The good-quality rice goal is extending to nutrition and alternative utilization. From that time, 19 varieties have been applied in this system. The good-quality rice breeding goals of research institute and stations have been investigated recently. The rank of good-quality rice breeding goals is follow by eating quality > rice appearance > yield or plant type > biological stress tolerance > physiological stress tolerance > storage tolerance.

Key words: Good-quality rice, Breeding, Eating quality, Stress tolerance.

水稻多樣化育種與多樣化利用

林彥蓉¹、郭素真²、吳泓書²、周思儀²、吳永培^{2*}

¹國立臺灣大學農藝學系

²農業試驗所 嘉義農業試驗分所

*通訊作者信箱：wuypei@dns.caes.gov.tw

摘 要

隨著經濟的發展，國內消費者口感及喜好隨之改變，又加入世界貿易組織國內稻米市場開放進口等，國內水稻的栽培及利用受到相當大的衝擊及改變，為順應改變及衝擊，提高水稻多樣化育種與利用便成為當前水稻育種及加工上的首要目標。

米品種在澱粉特性、蛋白質、脂肪酸、色素、胺基酸、礦物元素、維他命、心白大小、胚、胚乳形態及構造上等具有相當大的變化，未來對於這些新形態的開發及利用是擴大稻米利用上重要的途徑，農試所自89年利用誘變育種及雜交育種進行米多用途品種的開發，經多年的努力已獲致數種多用途米種，其中包括具有保健營養效果或適製釀酒的米種，諸如黃金米、巨胚米、釀酒米、香米、低蛋白質米、糯性、半糯性、紫香糯米、及紅糯米等米種，初步已完成含特殊營養成份之加工原料米種的開發。

米的營養價值相當完整且均衡，可做為優良食品加工原料來源，以米為原料的釀造產品出現很大的揮灑空間，農試所進行米酒及米醋產品的開發，已建立高級鮮飲米酒、香草酒、茶酒及米醋等製造技術，由於產品質優味美，可提供未來米釀造產品研發的重要基礎。至於米除可做為食品用途外，其萃取物有除皺、滋潤、護理、滋養、保濕、抗氧化、深層清潔、修護、控油等多項功能，以其作為化妝品原料是相當值得嚐試及開發的方向，而利用米多用途品種為原料目前則開

發多種優質的美容保養品，諸如米香胚美容皂、酒粕美顏皂、磨砂膏、化妝水、精華液、乳液、酒粕面膜、蜜粉及眼影等多種以米為原料的美容保養產品。

關鍵詞：水稻、誘變育種、多樣化、加工。

緒 言

水稻的栽培歷史相當悠久，是世界上重要的糧食作物之一，尤其在亞洲地區是多數國家的主要糧食與能量來源。台灣地區由於屬於高濕、多雨的亞熱帶氣候，所以相當適合水稻的生產，一年可以生產兩期作且同時可生產多種用途之稻穀，栽培面積約有40萬公頃。而隨著全球暖化等重大環境的變遷，石油等民生及工業原料價格均快速飛漲，而近期生質酒精及柴油的發展更促使部份糧食流向酒精製造，造成高通膨的現象雪上加霜，也形成全球糧食短缺的危機，故而水稻未來的發展除了因應經濟民生面的需求，而持續發展精緻農業外，稻米育種宜及早規劃因應糧食短缺上的需求，如此方能順應改變及衝擊，由此觀之未來國內水稻育種除傳統的良質米育種外，亦著重於環境暖化後，水稻栽培條件發生改變，在高的環境壓力下，抗旱、抗鹽、抗熱及抗病蟲害等逆境忍受力的水稻品種將會需求更形殷切。

當前水稻育種雖仍以品質為改良上的首要目標，但提高水稻單位面積產量，因應未來世界糧食危機，尤其是在國內糧食的安全庫存考量下，高產仍是不能忽略的重要目標。而休耕地、旱地及鹽分地等可藉由抗逆境的水稻新品種的利用，充分提高土地使用效率及增加國內稻穀生產量，這是水稻栽培上未來可嚐試的途徑。至於逆境下生產之稻米雖有品質較差的疑慮，卻可以種植加工用途稻米或將生產之稻米導向加工產業利用，如此便可減少因多樣化水稻的發展，衝擊了良質米的栽培上的需求，而另一方面經由特殊加工用途稻米產業的發展，國產稻米亦能提供國內消費上的多樣化需求，進而提升國產稻米的競爭力以避免遭淘汰之命運。因此展望國內稻米育種未來的發展上宜針對：1.高產品種的育成。2.抗逆境品

種之選育。3.高食味的良質米選育。4.多用途米種的開發。而加工上則宜朝向：1. 稻米副產物的利用。2.保健養生食品的開發。3.美容保養品的研發等，即利用多樣用途的米原料為基礎，開發具有市場區隔性的高競爭力產品。本文將針對多樣化水稻育種及加工產品的開發進行論述，以期國內稻作界之學者及專家的共同關注。

多樣化水稻育種的方法及新形態稻米的育成

不同形質或特性的種原是多樣化的水稻育種的基礎，成功與否的首要關鍵則是育種家利用既有遺傳變異進行改良及選拔，而造成水稻變異主要區分為自然及人為兩種方式，其中自然變異是水稻經數千年的演化、栽培及選育等自然突變逐漸累積而來，因此種原的蒐集、保存及利用便成為悠關育種成敗的重要因素，而選育方式則影響新品種育成效率的好壞。至於人為變異主要是利用物理和化學誘變所造成，近三十年來國內外誘變在農業應用的研究開啟了多樣化品種改良的新途徑，選育了農藝特性、抗病蟲、抗逆境及多種新形質材料，目前國外已有相當多的育種成果出現。其中中國大陸及日本便有相當多的品種直接或間接經誘變方式而選育成功；因此未來宜就水稻在澱粉特性、蛋白質、脂肪酸、色素、胺基酸、礦物元素、維他命、心白大小、胚、胚乳形態及構造上的變異加以創造或發揮利用，藉由豐富的多用途的特性種源，選育優質且用途多多的水稻新品種，一方面藉由多用途稻米來開發不同消費形或式樣的新加工產品。

誘變育種應用於水稻多樣化育種

誘變為增加遺傳變異的常用方法之一，過去在水稻的產量增進上，此方法的應用有限，近年來在分子生物技術迅速進展及稻米品質改良與創新的發展趨勢下，誘變創造特殊而多樣化性狀的能力又受到遺傳與育種界的重視。而水稻常用的誘變方式為1.輻射誘變，2.化學誘變劑誘變，3.跳躍子誘發之生物誘變；其中位輻射性質可分為電磁輻射和粒子輻射兩類，電磁輻射較常用於誘變試驗者的包括X射線、

γ 射線和無線電波等；粒子輻射可分為帶電的 α 和 β 射線，和不帶電的中子(neutrons)等兩種，目前以 γ 射線、 β 射線及中子輻射誘變較常用於水稻輻射誘變育種。

至於常用的化學誘變育方式主要為利用疊氮及烷基化合物，前者以疊氮化鈉為代表，後者以EI (ethylene imine), EMS (ethyl methane sulphonate)及NMU (N-methyl-N-nitroso-urea)，其中疊氮化合物是一種使用量少而誘變效率高，能在土壤中分解很快，殘效少、致癌能力低，且價格便宜，能誘發極高的突變率的誘變劑，因此相當符合育種人員在誘變育種上的需求。而烷基化合物會與DNA氮基上的鍵結位置，或與氮基形成連結形式，造成氮基轉換(transition)、顛換(transversion)、除嘌呤作用(depuration)、移除不穩定去氧核糖(deoxyribose)、多核苷酸鏈的裂解和DNA骨架斷裂等機制，進而造成遺傳物質發生改變。

本研究室曾以疊氮化鈉、EMS及NMU處理臺灣的栽培稻，結果於早期世代田間種植便可發現晚熟、葉綠體、黃葉、各類短桿、短穗、不稔等突變株出現，而在晚期世代進行胚乳突變體之篩選，目前則已選獲黃金米、巨胚米、低心腹白、低直鏈澱粉(半糯性)、大心白、低蛋白質(5.6%)、食味口感佳、糯稻、低直鏈澱粉含量(8~12%)及粉狀質突變體及香米等各式突變體(表1)，顯示化學誘變劑在誘發水稻品質特性突變上有相當的效果，由於大部份突變體其植株的生育情形、農藝特性及稔實率均頗為正常，因此這些突變體可供未來國內良質米育種及米多用途研究上利用。

新形態的稻米

開發及利用是擴大稻米利用上重要的途徑，農試所自89年利用誘變育種及雜交育種選育具有保健營養效果或適製釀酒的米種，而各類多用途米的種類及利用分述如下：

(1)酒米：酒米具有米粒大、心白發生情形高、蛋白質含量低、吸水性高、蒸飯時消化性好等特徵。可利用酒米做為釀造清酒原料，開發以國產酒米(圖 1)為原料之優質清酒。

表 1、台農 67 號利用疊氮化鈉誘發水稻胚乳突變體種類、名稱和數目摘要

類型	突變系名稱	數目	特徵
黃金米	CNY921304, CNY921305, CNY921306, CNY921307, CNY921308, CNY921309	6	精米後米粒呈黃色，植株稍矮化，穗較短。
巨胚米	CNY922301~CNY922306	6	胚較台農 72 號親本大 2-3 倍
低蛋白質	CNY911363	1	糙米粗蛋白質 5.8%，台農 67 號為 7.2%；白堊質發生率低、食味口感佳，產量為台農 67 號 85%。
大心白	CNY921387	1	心白大且發生率高，其餘農藝特性表現正常。
香米	CNY911303, CNY921310, CNY912336, CNY912357, CNY921311, CNY921312, CNY921313, CNY921314, CNY921315, CNY921316, CNY921317, CNY921318	12	12 個品系均為芋頭香味，最後 2 個品系為淡香型。其中外觀品質及食味接近台梗 9 號，而產量二期作均與台農 67 號接近
糯性	CNY921388, CNY921389, CNY921390	3	外觀白色不透明，直鏈澱粉含量接近 0%
低直鏈澱粉	CNY921391, CNY921392, CNY921393, CNY921394, CNY921395	5	外觀白色不透明，直鏈澱粉含量介於 8~12%
粉狀質	CNY921397, CNY921398, CNY921399, CNY921400, CNY921401, CNY921402, CNY921403, CNY921404, CNY921405, CNY921406	10	外觀白色不透明，直鏈澱粉含量與台梗 8 號相近。
紫香糯	CNY922401	1	紫米誘變選育，高產且芋頭香味濃
紅糯	CNY922402	1	利用紅糯米與台中秈 10 號雜交得到

(2)香米：香米(圖1)目前仍然以米飯食用為主要用途，而利用香氣特性開發出香米酒，而利用香米之米胚及糠層亦可製造出品質良好的米香胚美容皂。

(3)黃金米：含黃金米的維生素A及 β -胡蘿蔔素含量較台農67號高1.7倍，顯示黃金米確實含有類胡蘿蔔素，且高於台農67號，而糙米的部份黃金米及台農67號則均未檢測出維生素A及 β -胡蘿蔔素。且黃金米在米糠中維生素E、A、K1、B1及B2含量較台農67號高，米糠清除DPPH自由基能力、葉酸、灰分、粗脂肪、粗纖維及游離胺基酸組成含量亦均較台農67號高，因此黃金米可供保健營養米或作為稻米加工用原料(圖1)。

(4)巨胚米：可於營養劑、健康劑、胚芽茶、保健米、發芽米及化妝原料上利用，進而開發出高營養價值米製產品(圖1)。

精米外觀比較

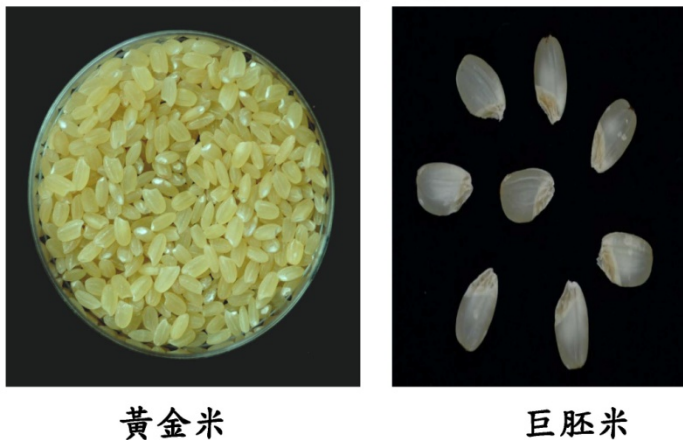


圖1. 黃金米精米外觀，左：黃金米；右：巨胚米

1

(5)低蛋白質含量米：低蛋白質含量之米種食味相當優良，可供發展良質米品種利用；而以低蛋白質特性之原料亦可釀製優質的鮮飲白酒(圖2)。

(6)有色米：紅米及黑米等可用於米飯、米餅、黑米酒、紅米酒及色素劑等用途，尤其是維他命B群及無機成份(Fe, Ca)等營養成份含量較高(圖2)。

(7)半糯米：半糯米飯甜軟香Q，具有相當高的鮮食價值，而半糯性之極低直鏈澱粉含量特性則適於米菓及加工米飯利用，特別是製成米菓產品的膨化性較佳，具有米新形態利用上的潛能(圖2)。

(8)糯米：主要用於傳統糕點、飯糰、湯圓、粽子及釀酒等利用(圖2)。



圖2. 多樣化水稻米粒外觀圖示

水稻多樣化產品之開發

稻米是世界上主要糧食作物，因此產能相當高，而主要用途除了食用的白米部分外，其副產物的量能相當驚人，諸如稻稈、稻殼、米糠等，使得目前各產米國紛紛以新的技術加強稻米加工產品開發，而創造之產值亦十分龐大。其中包括米製食品加工技術、主要成分加工技術、活性機能性物質的萃取、米糠的加工及稻殼的加工等部分。

米製食品加工技術

以米為原料轉化之食品種類相當繁多，目前在米食品加工上主要有米粉、速煮米飯、冷凍米飯、保鮮米飯、米粥、米點心(餅乾、年糕、仙貝)、麵包、麵條、飲料、高蛋白嬰兒食品、嬰兒營養米糊及醱酵食品等，其中米粉是指以米為原料，經浸泡、蒸煮及壓條等形成之絲狀或條狀製品；速煮米飯則是米飯蒸熟後，再經脫水乾燥而成，產品只需簡單蒸煮或直接加熱水沖泡即可食用的一種方便食品；冷凍米飯係利用食品凍藏原理將米飯加工保鮮的產品，它可用微波解凍加熱後食

用，口感及形態上與新鮮米飯相似。糕點生產主要係米浸泡、磨漿、壓濾後之粉體經蒸煮延展成形並冷卻後的產品，是中國傳統美食，如湯圓、水磨年糕、糯米年糕及糙米年糕等。米營養飲料有將糙米或米糠經焙炒、浸泡萃取成糙米茶或米糠茶者；亦有經抽取米營養後，再以微生物進行發酵而製成飲料。米休閒食品則有米菓、薄片、麵包、餅干及發芽糙米等產品，其中米菓的產品數量最大；發芽糙米則經日本研發並產業化及商品化後，因富含 γ -氨基丁酸(GABA)、纖維素及IP6等營養成分頗受歡迎及重視，國內亦有農會及廠商進行相關生產；而發酵食品主要係透過酵母菌發酵成米酒、紅麴菌發酵成紅糟、紅麴酒、醋酸菌發酵成米醋等。

主要成分加工技術

稻米主要成分為澱粉、蛋白質兩大類，其中米澱粉含量占80~90%，而蛋白質含量約5~8%左右。其中米澱粉的生產主要係利用碎米或劣質米為原料，透過0.2%~0.5% NaOH鹼漬後，將米粒軟化後，再以研磨方式將米粒磨碎，過篩而澱粉漿液，最後經水洗、脫水及干燥後即得米澱粉。由於米澱粉的顆粒細，有稜角，可以很好的附著在紙或人的皮膚上，進而達到表面光澤平滑的效果，尤其是吸附鹼性色素有很好的效能。因此目前米澱粉可於照相紙、拷貝用感光紙、彩色印刷等特殊用紙的填料、塗料、食品及藥品上利用。至於應用於在彩妝產品開發上，目前國外已有蜜粉產品的上市，而筆者亦利用國產粳米為原料萃取米澱粉，並以米澱粉搭配滑石粉及雲母粉等開發出優質的蜜粉、粉底液及眼影等三項產品(圖6)，由於產品中之米澱粉顆粒細緻，對皮膚的附著性佳，因此在進行臉部彩粧時，不但可使臉上的豐富多彩色澤不易脫妝掉落，更因臉部彩粧明亮且光澤粉嫩，使得米澱粉產製之蜜粉、粉底液及眼影成為未來彩妝利用上深具商業潛力之產品。

米中蛋白質主要分布在糊粉層、蛋白體、細胞壁中，在米中會與米澱粉顆粒以複粒的形式緊緊連結包裹在一起。而此種結合力可透過熱將澱粉糊化而破壞，亦可以酵素將澱粉液化而釋放蛋白質，或可經蛋白酶作用將蛋白質分解成較小分子(胜肽)，而破壞結構而使蛋白質得到釋放，而傳統上則透過酸處理後，經離子交

換及離心處理，最後經乾燥而得高蛋白質原料以供飼料利用。而透過酵素法純化蛋白質時，由於米蛋白是優質的蛋白質，除了可直接供作高蛋白飼料外，亦可進一步加工成米醬油、高蛋白質米粉、蛋白質飲品、蛋白凍、蛋白質發泡粉等產品；而若經蛋白質水解短的胜肽或胺基酸後，則可以開發成營養價值高的氨基酸營養液，進而於保健飲料、調味品及化妝品上利用。

活性機能性物質的利用

稻米依用途可加工區分為稻穀、糠層、白米等三大部分，而米糠是指稻穀脫除後，依附於糙米外部之表面層，它是由外果皮、中果皮、交聯層、種皮及糊粉層組成，約占稻穀5~7%左右。其占稻米的比率並不高，唯約有64%的營養成分存在於米糠中，聯合國工業發展組織(UNIDO)將把米糠和米胚稱之為一種未充分利用的資源，因此水稻活性機能物質的利用大都針對米糠中所含有豐富的碳水化合物(35~50%)、蛋白質12~17%)、脂肪(13~22%)、不飽和脂肪、礦物質及維生素A、D、E、K、B群、膳食纖維(23~30%)、生育酚、生育三烯醇、脂多醣、 α -硫辛酸、28碳烷醇、 γ -穀維素，用途上諸如米糠營養素、米糠營養纖維、米糠蛋白，米糠多醣等均可開發出以米糠為原料的保健品和美容護膚產品，因此未來應用的潛力及發展前景十分強勁。

米糠在美容護膚產品的功效上首推 γ -穀維素，主要功用在於抑制黑色素生成及保濕為稻米纖維油衍生物，屬抗氧化劑，有助維持皮膚酸鹼平衡，而 α -硫辛酸，是一種類似維他命的物質，硫辛酸是一種存在於粒線體的酵素，硫辛酸在體內經腸道吸收後進入細胞，兼具脂溶性與水溶性的特性，因此可以在全身通行無阻，到達任何一個細胞部位，提供人體全面效能，是唯一兼具脂溶性與水溶性的萬能活氧劑；而角鯊烯對於修護唇紋、修護唇痕有效益；神經酰胺則是一種存在於肌膚角質層的細胞間隙間，脂質的43%，是屏障脂質的生物分子，它互相結合的連鎖系統，可形成防水的隔離體，達到保溫，並防止養份流失，使肌膚柔滑結實等生理功能卓越的活性物質。

米糠機能成分對保健養生亦具有相當之功效，可預防心血管疾病、調節血糖、減肥減肥、預防腫瘤、抗疲勞等多種功能，其中米糠由於不含膽固醇，蛋白質的氨基酸種類齊全，營養品質可與雞蛋蛋白媲美，而且米糠所含脂肪主要為不飽和脂肪酸，必需脂肪酸含量達47%，並含有70多種以上的抗氧化成分，可抽取製成含有天然抗氧化物質、維他命E、米糠醇及含不飽和脂肪酸的高級米糠油外，從米胚芽中亦可提取 γ -氨基丁酸成分可作為各種保健食品的應用。提取蛋白及澱粉供為食品及加工原料。而米糠纖維則可製成高纖保健食品；米糠多醣在抗腫瘤、免疫增強、抗細菌感染及降血糖上具有生物活性，可研製保健食品或藥品。穀維素及米糠醇類則用於肝臟保健、抗氧化及老化等醫藥用途，另外在化妝品原料、食品添加劑、飼料添加劑紙張塗膠及印刷油墨製造等也不錯的揮灑的空間。至於飼料利用則以豬、牛及魚餌為主，但家禽及小動物因米糠含有植酸成分，會阻礙消化及降低金屬離子的生理有效性，進而會影響發育而不適用。因此對多種現代文明病及流行病具有顯著的功效，由於米糠的利用範圍非常廣泛，包括食品、藥品和飼料。

稻米的加工

米的營養價值相當完整且均衡，可做為優良食品原料來源，尤其自從民間酒廠開放設立後，以米為原料的酒類釀造產品乃出現很大的揮灑空間，農試所亦進行米酒及米醋產品的開發(圖4、圖5)，目前已建立諸如高級鮮飲米酒、香草酒及米醋等製造技術，由於產品質優味美，可提供未來米釀造產品研發的重要基礎。至於米除可做為食品用途外，其萃取物有除皺、滋潤、護理、滋養、保濕、抗氧化、深層清潔、修護、控油等多項功能。以其作為化妝品原料亦是相當值得嚐試及開發的方向。利用米多用途品種為原料目前亦已開發多種優質的美容保養品，諸如米香胚美容皂、酒粕美顏皂、磨砂膏、化妝水、精華液、乳液、酒粕面膜(圖5)、蜜粉及眼影等多種以米為原料的美容保養產品(圖6)。

(1)米酒產品的開發：米酒、清酒及甜酒釀等是以米為原料的釀造產品，其中以米酒及清酒最多，米酒主要於料理使用，附加價值較有限，故須再開發飲用型的高級米酒。農試所自民國92年度起便開始進行米釀造技術的建立，主要利用熟料及生料二種方式進行蒸餾酒的釀製，產製的酒品在經三至六個月的陳釀後，產品具有酒質溫和、酒體醇厚及不嗆鼻等優點，又因酒香怡人，飲後回甘等特色，因此適合發展成優質高級白酒(圖3)。而結合香草作物及保健植物的利用亦成功研製出鼠尾草酒、香蜂草酒及迷迭香等近十種香氣濃郁的香草酒。

(2)米醋產品的開發：米醋是米釀造產品另一主流(圖4)，米醋在營養、日常保健及美容上等具有多項功效，是值得推廣的保健飲品，而國內米醋釀製因菌種及釀造技術差異，使得市場上的米醋品質參差不齊，為提高國產米醋的品質，以提供國人優質的健康米醋飲品，利用優良之稻米經酒精發酵後，再接種醋酸菌進行醋酸發酵，之後經一定時間陳釀得到優質米醋(圖4)。可利用它為基礎進一步發展出水果或香草等各式釀造醋，在農產品發生產銷供需失調時，米釀造的利用方式可適度降低農產品的庫存壓力，並將農產品轉化成高附加價值的加工品，進而有效提升米的利用價值。



圖 3. 米釀造產品，米酒



圖 4. 米釀造產品，左:米酒，右：米醋

- (3)米香胚美容皂：**米香胚美容皂是米美容保養品研發上的第一個產品，它是利用黃金米、巨胚米、梗香米及紫香米等材料所開發的產品(圖5)，特色上具有1.泡沫柔細，好沖洗。2.洗後不緊繃，不乾澀，感覺清爽。3.具有美白、保濕等功能。4.清潔能力強，在去污、殺菌、除臉上油脂及預防青春痘上均有不錯效果。5.油、中、乾性皮膚及敏感膚質均可適用。6.香味天然柔和宜人。此技術已移轉草屯鎮農會及五結鄉農會，產品已公開上市販售，市場反應不錯。
- (4)酒粕美顏皂：**本項產品研發主要基於酒粕含有保濕及美容保養功效等100多種營養成分，因此利用米酒粕及紅麴酒粕為主要原料，搭配米糠、無患子、蘆薈...等9種植物精華乃研製出美容保養品之第二個產品(圖5)。產品具有：1.泡沫柔細，好沖洗，洗後不緊繃，不乾澀，感覺清爽。2.產品未添加介面活性劑，不會引起過敏反應，可長期使用。3.清潔能力佳，滋潤保濕效果好。4.各種膚質均適用。目前技術亦已移轉南投縣奕青酒莊及西螺鎮農會並授權使用本技術生產，產品正公開上市販售，市場反應佳。
- (5)米香胚美白化妝水：**利用米香胚萃取精華，搭配玻尿酸、甘油、桑白皮萃取液、金縷梅萃取液、熊果素萃取液、蘆薈萃取液及小黃瓜萃取液等7種原料開發而成。本項產品除米萃取精華具有保濕、美白及補充營養效果外，其中桑白皮萃取液具協助抑制及預防肌膚黑色素積存及老化的功能。熊果素萃取液減少黑色素形成。蘆薈萃取液具滋潤、保溼及賦予肌膚光澤的功效。而小黃瓜萃取液則具柔軟、消除充血、清潔、鎮靜等作用。集合多種植物的萃取精華乃研製米香胚美白化妝水(圖5)。
- (6)米香胚保濕精華液：**利用米香胚萃取精華，搭配玻尿酸等原料開發完成。即利用米的萃取精華，搭配保濕效果佳的玻尿酸研製而成(圖5)。由於精華液中有米萃取精華的營養補充，加上保濕效果一級棒的玻尿酸，使得本產品兼具營養與保濕效果。精華液由於吸收迅速，清爽而不油膩的觸感，對於講求效率且忙碌的現代人是非常適用的產品。

(7)米香胚美白保濕乳液：利用米香胚萃取精華，搭配Q10、玻尿酸及桑白皮等多種原料開發完成。即利用米的萃取精華，搭配活膚效果佳的Q10、保濕功效果好的玻尿酸及美白功能強的植物性萃取液研製而成(圖5)。由於本產品兼具營養、保濕及美白效果，使用後不但清爽宜人，且不會有油膩及過敏反應，對於呵護及寶貝肌膚的現代女性是非常優質的產品。



圖 5. 米系列化妝品

(8)米酒粕面膜：一般認為酒粕富含天然保溼因子，能深度滋潤及維持肌膚水平衡，清潔及改善肌膚黯沈，淨白膚色，抗菌，預防青春痘，淡化肌膚斑點，肌膚較緊實等諸多功能。而酒粕面膜膏之原料經多重程序處理而除去酒精後，搭配天然植物配方、小麥胚芽油、甘油、桑白皮萃取液...等8種配方研發，因此產品不會因含有酒精成分而引起皮膚過敏反應(圖5)，又使用時不油膩，不乾澀，感覺清爽，使用後更不會有緊繃的感覺，可協助去除老化角質，所以細緻肌膚效果佳。其特色為1.未添加介面活性劑，故不會引起過敏反應，可長期使用作為美容保養用品。2.清潔毛孔、平衡油脂有不錯效果，美容保養效益佳。3.油、中、乾性皮膚及敏感膚質均適用。4.產品香味可依使用香精種類不同而多樣化。5.具有深層清潔功能，過程溫和不傷肌膚，能幫助去除角質，促進細嫩新皮膚的形成。

(9)米彩妝產品的開發：米澱粉的顆粒細緻，有稜角，可以均勻的附著在紙或人的皮膚上，進而達到表面光澤平滑的效果，尤其是吸附鹼性色素有很好的效能。而一般彩妝過程中之粉底製品主要為粉底液、粉底霜、粉條、粉餅、蜜粉及眼影等，主要是使用於上彩妝前的打底，功用以改善膚色，掩飾斑點瑕疵及皮膚粗糙紋理的修飾底妝為考量。為配合於彩妝需求，對於粉底製品的粉體原料特性的要求則應具有被覆力、附著性及光澤度佳，使用上對皮膚是安全、無毒、無刺激性，可緩衝對光線、溫度變化、油脂及香料等加入的變化，即具有相當的安定性。而使用時的展延性、分散性更是要良好，如此才能開發優質的粉底產品。

米顆粒澱粉不但細緻、安全、無毒，其使用時更是展延性好、附著性佳及被覆力高，因此米澱粉應用於在彩妝產品開發上深具潛力，目前國外已有米蜜粉產品的上市，市場反應良好。而農試所亦於95年度利用國產梗米為原料萃取米澱粉，並以米澱粉搭配滑石粉及雲母粉等開發出優質的蜜粉及眼影等產品(圖6)，由於產品中之米澱粉顆粒細緻，對皮膚的附著性佳，因此在進行臉部彩粧時，不但可使臉上的豐富多彩的色澤不易脫妝掉落，更因臉部彩妝明亮且光澤粉嫩，使得米澱粉產製之蜜粉及眼影成為未來彩妝利用上深具商業潛力之產品。



圖6. 米之蜜粉及眼影

結 語

國產稻米具有質優且高產的優點，然隨著人民生活水準日漸提高，人們的要求除口感、優質及安全外，更要具有保健營養及藥膳等功能。因此未來唯有擴大稻米多樣性的利用，方能使國產稻米再創綠色的春天。展望未來國產米的加值利用除研發有調節人體生理功能、適合食用但又不以治療疾病為目的的保健營養米外，另一方面亦因朝向滿足不同人群之保健及美容保養等需要上努力，藉以提高國產米的經濟價。

參考文獻

1. 吳永培、盧虎生 2002 水稻誘變育種 中華農藝 12(4): 219-239。.
2. 吳永培、盧虎生 2002 稻米品質育種 中華農藝 12(2): 93-124。
3. 吳永培、林鉉穎、林彥蓉 2009 水稻新的半糯性基因之定位 台灣農藝學會九十八年度年會 第35頁 九十八年四月二十三日 台北，國立台灣大學農藝學系。
4. 吳永培、郭素貞、林佩瑩、邢禹依、林彥蓉 2008 控制黃金米之定位選殖 台灣農藝學會九十七年度年會 第39頁 九十七年四月十七日 台北，國立台灣大學農藝學系。
5. 吳永培、柯佩怡、吳泓書 2008 水稻多樣化育種及開發產品之應用 農業世界 300: 16-25
6. 吳永培 2007 國產米的加值利用 技術服務季刊 71: 10-14。
7. 吳永培、林致信 2006 漫談好醋 技術服務季刊 66: 8-10。
8. 吳永培、柯佩怡 2006 淺談糧酒 技術服務季刊 64: 26-29。
9. 吳永培、許志聖 2006 擴大稻米多樣化利用的研究 農業世界 276: 32-35。
10. 吳永培。2006。高附加價值米加工產品製造技術之研發。農業世界 277:26-33。
11. 吳永培 2006 米系列美容保養品製造技術之研發 技術服務季刊 65(16): 15-17。

12. 吳永培 2005 米香胚美容皂製造技術之研發 技術服務季刊 62(16): 15-18。
13. Chiang, S. H., Y. P. Wu, Y. R. Lin. 2009. Fine mapping of the giant embryo gene *Ge2*. The 6th International Rice Genetic Symposium and 7th International Symposium on Rice Functional Genomics. Nov 16-19. Manila, Philippines
14. Lin, Y. R., S. H. Chiang, Y. P. Wu. 2009. Fine mapping of the giant embryo gene *GE2* in rice. International Symposium on Rice Research in the Era of Global Warming. p.23-36. Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung, Taiwan. October 6~7, 2009.
15. Chiang, S. H., Y. P. Wu, Y. R. Lin. 2009. Fine mapping of the giant embryo gene *Ge2*. The 6th International Rice Genetic Symposium and 7th International Symposium on Rice Functional Genomics. Nov 16-19. Manila, Philippines
16. Lin, H. Y. Lin, P. Y. Ko, Y. P. Wu, Y. I. Hsing and Y. R. Lin. 2008. Linkage Analysis of a new rice dull gene, *dull8*. The 6th International Symposium of Rice Functional Genomics. November 10-12, 2008. International Convention Center Jeju, Republic of Korea.

ABSTRACT

The rice cultivation and utilization has been encountered impact and changes because of domestic economic development, different consumers' tastes and preference, and the import of rice after joining WTO (World Trade Organization) in Taiwan. To increase diversified breeding and multipurpose utilizations in rice are becoming the most important objectives in current rice breeding and process.

Rice varieties exhibit diversely in starch properties, proteins, fatty acids, pigments, amino acids, minerals, vitamins, the size of white core, embryo, endosperm morphology and structure. How to develop and use new forms are important to increase multipurpose utilization of rice in the future. Taiwan Agriculture Research Institute (TARI) has been employing mutation breeding and cross breeding for developing multipurpose utilization of rice varieties since 1990. After great efforts of several years, we obtain several new rice varieties with multipurpose utilization, including those for nutrition supplements or rice brewing, i.e. golden rice, giant-embryo rice, brewers rice, aromatic rice, low-protein rice, glutinous rice, dull rice, black-aromatic rice, red glutinous rice, and so on. We accomplished the development of rice varieties with special nutrients as raw materials for industrial processing in initial.

The nutrition of rice is quite complete and balanced, and rice can be served as excellent raw materials for processing. Rice can be used as raw materials for brewing extensively. TARI is ongoing the development of rice liquor and rice vinegar, and has established several techniques of making premium rice liquor, herbal liquor, tea liquor, and rice vinegar. Because of the high-quality and good tastes of those rice processed products, the techniques provide the important foundation for R&D of rice brewing in the future. Besides of food, rice extracts have other function, such as anti-wrinkle, moisturizing, nourishing, hydrating, antioxidant, deep cleaning, repair, and oil control.

It is worthwhile to try and develop rice as the raw materials for cosmetics and skincare. As the result, we develop several premium cosmetic and skincare products from rice, such as rice-embryo-fragrance beauty soap, sake-kasu beauty soap, exfoliator, toner, essence, lotion, sake-kasu mask, powders and eyeshadow.

Keywords: Multipurpose, Mutation breeding, Process, Rice.

分子輔助育種實例－臺南16號

陳榮坤^{1*}，林彥蓉²，陳正昇²，簡祥庭²，羅正宗¹

¹臺南區農業改良場

²國立臺灣大學

*通訊作者信箱：rkuen@mail.tndais.gov.tw

摘 要

水稻新品種臺南16號原品系名稱為南梗育1001044號，係本場與臺灣大學農藝學系藉由分子輔助育種技術為工具，選育具有日本梗稻品種越光之優良稻米品質，且對光週期不敏感而能於臺灣廣泛種植的育種目標下，所選育的優良稻米品種。於2007年二期作利用越光為母本，抽穗期之貢獻親臺農67號為父本進行雜交，獲得之F₁再與輪迴親本越光回交四次，分別產生BC₁F₁、BC₂F₁、BC₃F₁及BC₄F₁，每一個回交世代輔以分子標誌輔助進行前景篩選與背景篩選，確定導入臺農67號抽穗期基因，並挑選帶有較多越光基因體背景之個體進入下一世代的回交。2010年一期作於BC₄F₂世代選定9個單株，於2010年二期作及2011年一期作進入產量比較試驗及米質分析檢定，從中擇優選出南梗育1001044號。本品種抽穗期較越光延遲13.3~20.4天，屬於中晚熟品種，米粒外觀晶瑩剔透、白垩質率低，食味品質甚於越光，以及產量高於越光30%以上等優良特性，已明顯改善越光在臺灣栽培之極早熟、產量低等缺點，為適合於臺灣環境下栽培的優質品種。本品種之命名，代表良質米研究團隊現正積極推動分子輔助育種技術作為水稻特性改良之育種工具，具有高度可靠性，可提升水稻育種效率，對我國稻米品質持續提昇、建立本土稻米品牌及增加農民收益等方面均有所助益，深具強化稻米產業競爭力。

關鍵字：水稻、稻米品質、育種、分子標誌輔助選種。

前 言

水稻傳統育種選拔一般自雜交選拔至新品種育成，期間約八至十年，耗時費力。外表型性狀表現容易與環境產生交感，選拔效率不彰，近年來生物技術快速發展，2005年水稻基因體解序後，分子標誌輔助選拔(marker-assisted selection, MAS)可有效進行數量性狀基因型選拔而於育種計畫的角色日顯重要。MAS是以分子標誌基因型作為選拔的依據，於植株幼苗即可進行檢測及選拔，並能在早期世代進行篩選作業，減少土地、人力的耗費，大幅提高育種效率及準確性(Collard *et al.*, 2008)。分子標誌應用於育種選拔可分為前景選拔(foreground selection)和背景選拔(background selection)，前景選拔是根據基因的功能性分子標誌或緊密連鎖的分子標誌作為篩選依據，可導入一個或是堆砌數個標的基因，尤其對於形態不容易鑑定的性狀之利用性最大，或同時堆砌數個不同數量性狀的基因以開發新品種亦十分有利；背景選拔則利用均勻分布於全基因體之多型性分子標誌作為篩選依據，以回復特定親本之基因體，特別適用於輔助回交育種，可大幅縮短育種時程。目前分子標誌輔助選種已廣泛應用於水稻育種研究中，如抗病、抗蟲、耐淹水、耐旱、耐鹽、半矮性、株高、穀粒重及抽穗期等(Collard *et al.*, 2008; Jena *et al.*, 2008)。

日本水稻梗型品種越光(*Oryza sativa* ssp. *japonica* cv. Koshihikari)自1956年登錄命名以來，即以米粒透明度高、低心腹白、黏性強及食味佳等優點，自1979年登上日本水稻栽培面積首位之後，至2005年仍為日本栽培面積最大的品種，栽培面積達38%，亦為其它新品種育成之主要親本(日本水稻品種特性檢索網站，<http://ineweb.narcc.affrc.go.jp/index.html>)。然而日本國土狹長，不同緯度所造成的溫度與日長差異，對於越光的品質有很大的影響。為使廣受市場歡迎的光敏感性品種越光可廣泛種植於日本各地，日本國內的農業試驗研究單位以越光為輪迴親，利用MAS導入秈稻品種Kasalath喪失功能的*Hd1* (Yano *et al.*, 2000)及在長日下具有延遲抽穗功能的*Hd4*、*Hd5*與*Hd6* (Lin *et al.*, 2003)，育成4個越光近似同源系(nearly isogenic lines, NILs)，分別命名為Kanto IL1 (*Hd1*)、Wakei 367 (*Hd6*)、Wakei 370 (*Hd4*)

與Wakei 371 (*Hd5*)。這些NILs除了抽穗期，其它農藝性狀與生理特性，幾乎與越光沒有差別，可適應日本不同地區的栽培環境(Takeuchi *et al.*, 2006)。臺灣越光米深受消費市場歡迎，價格居高不下。直接自日本引種越光種植於臺灣環境時，由於對光週期的敏感性，在臺灣短日照環境下，呈現抽穗極度提早，產量及米質降低的情形，不利於農民栽培生產與市場行銷。目前臺灣的栽培品種經過長年的一、二期作連續選育後，大部份均對於光週期呈現不敏感，可作為改良越光對光週期敏感性所需之光不敏感性基因的種原。

為選育具有越光優良品質，且對光週期不敏感而能於臺灣廣泛種植的優良稻米品種，將光不敏感性的梗稻臺農67號品種作為導入光不敏感性基因的種原，並以越光為輪迴親本，利用MAS輔助回交選種，於2011年選育出抽穗期比越光延遲之中晚熟越光近似同源系南梗育1001044號，於2012年命名為臺南16號。臺南16號於臺灣氣候環境條件栽種，其糙米心、腹白少，具有越光優異的米質外觀特性，米飯食味及稻穀產量更甚於越光，可迎合消費者對高品質米飯的需求，頗具推廣價值。

親本來源及特性

選擇日本水稻品種越光為輪迴親(母本)，對日長不敏感的臺灣栽培品種臺農67號為父本，利用分子標誌技術輔助選拔後代，以回交法進行育種。兩親本特性如下：

越光：原產於日本的水稻梗型品種，具有白垩質低、黏性強及口感風味佳等優點的食用米種，因此常作為高級食米輸出日本海外，價格較其他種類的食米高昂。在臺灣栽培環境下，對日長敏感導致極早熟、生育期短，穀粒脫粒性低，植株軟弱、易倒伏，產量低下。

臺農67號：農業試驗所於1978年登記命名的品種，對日長不敏感，中晚熟，強悍不易倒伏，適應性廣，具有穩定高產潛力，為1980~1999年間臺灣地區主要栽培品種。

育成經過

臺南16號原品系名稱為南梗育1001044號，係利用越光為母本，抽穗期之貢獻親臺農67號為父本，於2007年二期作進行種植與雜交，獲得之 F_1 再與輪迴親本越光回交四次，分別產生 BC_1F_1 、 BC_2F_1 、 BC_3F_1 及 BC_4F_1 ，每一個回交世代輔以MAS前景篩選與背景篩選，確定導入抽穗期基因，並挑選帶有較多越光基因體背景之個體進入下一世代的回交。2010年一期作於 BC_4F_2 世代選定9個單株，於2010年二期作及2011年一期作進入產量比較試驗及米質分析檢定，從中擇優選出南梗育1001044號。其親源系譜圖及選育過程分別如圖1及圖2所示。

(一)貢獻親之抽穗期基因型判定

分析已選殖的6個抽穗期基因(*Hd1*、*Hd3a*、*Hd6*、*Ehd1*、*Ghd7*與*SE5*)，發現越光與臺農67號於*Hd1* (染色體6)、*Hd6* (染色體3)及*Ehd1* (染色體10)等3個基因存在序列與功能上的差異(Chen *et al.*, 2010)，並將該3個基因作為導入越光的抽穗期目標基因。

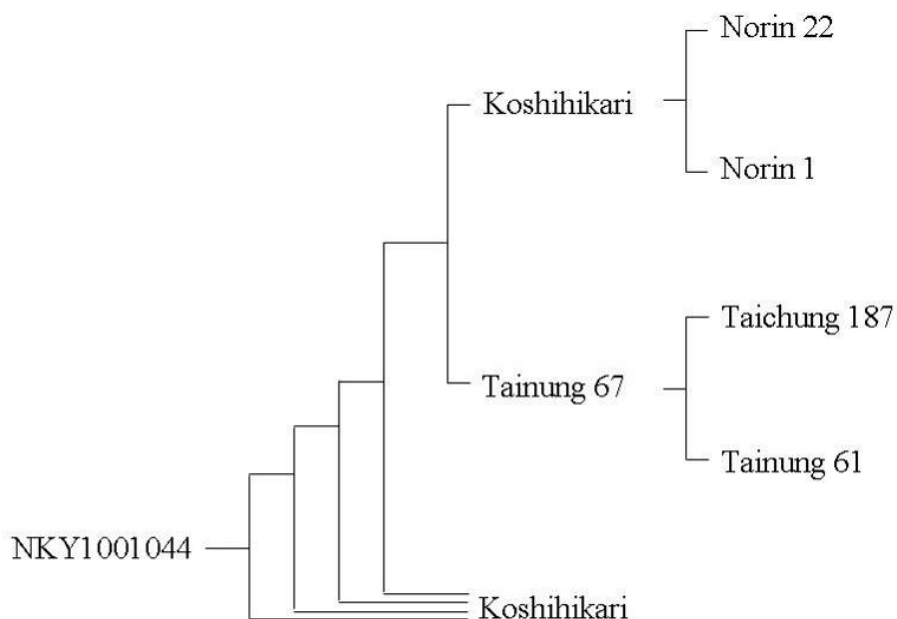


圖 1.水稻品系南梗育 1001044 號之譜系

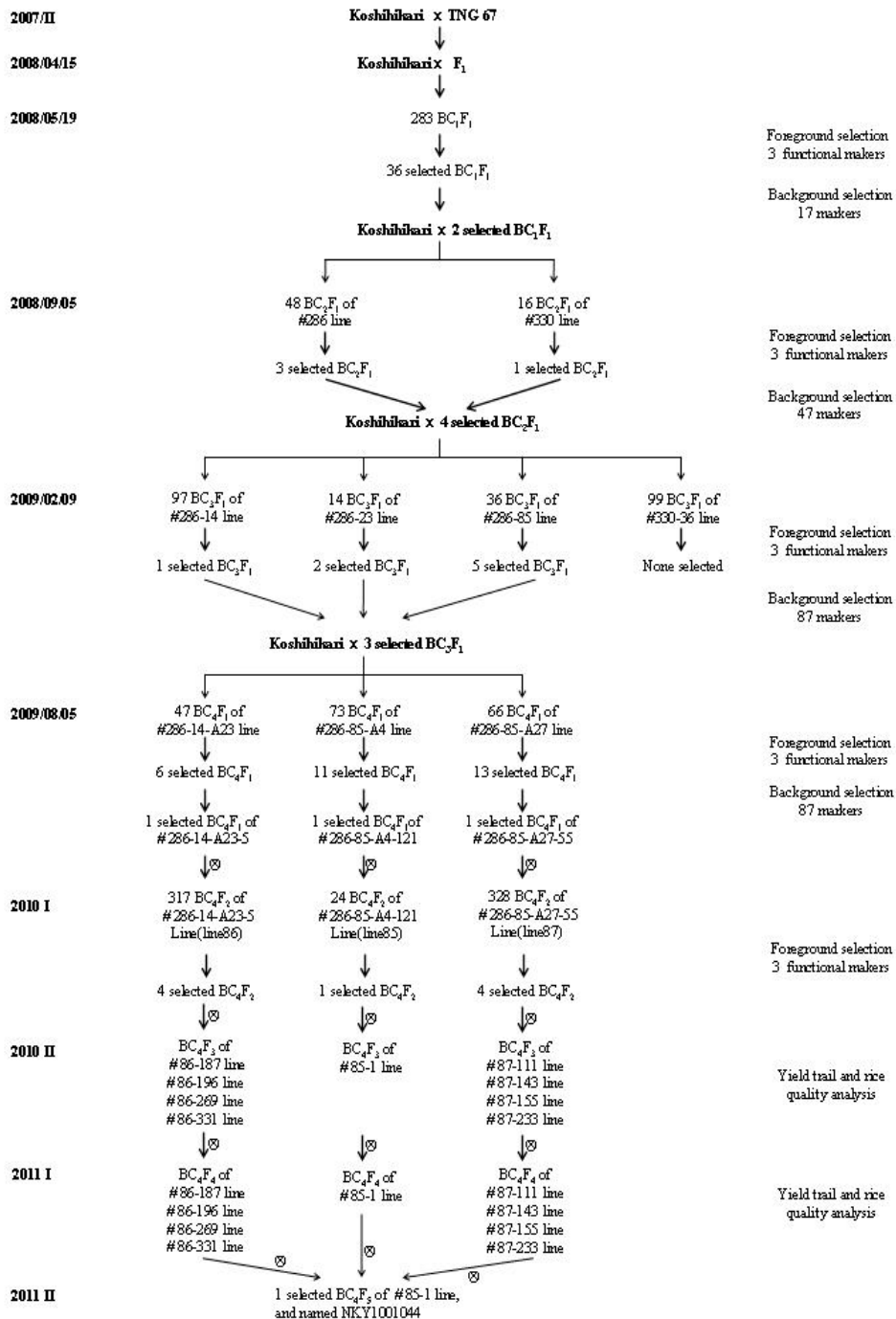


圖 2.水稻品系南梗育 1001044 號之選育過程

(二)前景選拔與背景篩選

依3個抽穗期目標基因設計3個功能性分子標誌做為前景篩選，分別為indel形式的*Hd1*功能性分子標誌、CAPs形式的*Hd6*功能性分子標誌與dCAPs形式的*Ehd1*功能性分子標誌。背景篩選的分子標誌則有87個，為越光與臺農67號之間具多型性的SSR和indel分子標誌，其平均間距為17.3 cM。育種流程中，於BC₁F₁、BC₂F₁、BC₃F₁及BC₄F₁世代使用3個功能性分子標誌選拔異質結合個體(*Hd6hd6/Hd1hd1/Ehd1ehd1*)，BC₄F₂世代使用3個功能性分子標誌選拔同質結合個體(*hd6hd6/hd1hd1/ehd1ehd1*)，並於各世代進行數量不等的多型性分子標誌篩選越光基因體背景。由283株BC₁F₁、64株BC₂F₁、和147株BC₃F₁分別選拔出2株、4株和3株做為父本與越光回交，再從186株BC₄F₁挑選出# 286-14-A23-5、# 286-85-A4-121與# 286-85-A27-55，分別帶有94.05%、97.49%與97.08%之越光基因體(Chen *et al.*, 2010)。最後從BC₄F₂挑選出9株抽穗期延遲且3個功能性分子標誌為隱性同質結合之個體進行族群種植，以調查農藝性狀及進行產量比較試驗，並分析米質外觀與食味。

(三)產量比較試驗及農藝性狀分析

產量比較試驗於臺南區農業改良場嘉義分場(嘉義縣鹿草鄉)進行，田間種植採逢機完全區集設計(randomized complete block design)，三重複，每小區56株，行株距30×15公分。以小區族群內單株抽穗達50%之移植後天數作為抽穗期，收穫前每小區逢機量測株高及穗數各10株，於成熟期各小區逢機收取3株進行產量構成因素調查，最後將剩餘稻株收割脫粒、烘乾並稱取乾穀重量，依行株距及株數推算產量。各小區調查完畢之稻穀再進一步分析米質外觀與食味。

(四)米質外觀與食味分析

1.糙米外觀分析：

每小區稻穀稱取樣品500 g，碾製成糙米後，以米粒外觀品質判別器(rice quality selector, model RGQI 10B, Satake Co., Hiroshima, Japan)進行乳白率、腹白

率、基白率、長度、寬度及厚度檢測，每樣品2000粒糙米。

2.糙米粗蛋白質含量分析：

每小區之糙米樣品以穀粒成分分析儀(grain composition analyzer, model AN 800, Kett Co., Tokyo, Japan)進行粗蛋白質含量分析。

3.白米味度分析：

每小區稱取糙米樣品300 g，依重量碾除糙米外層10%，所得白米稱取33 g 利用味度計(taste meter, model MA-30, Toyo Co., Wakayama, Japan)測定味度值(palatability score of MA-30)，每樣品測定需時15分鐘。

4.白米食味計分析：

每小區稱取30 g白米樣品，以炊飯食味計(rice taste analyzer, model STA1A, Satake Co., Hiroshima, Japan)依機械操作程序煮飯後，檢測米飯之外觀光澤、黏度、硬度及平衡度。

(五)統計分析：

農藝性狀、產量構成因素及米質外觀調查資料以SAS統計軟體(statistical analysis system)以GLM (general linear model)程式進行最小差異顯著性(least significant difference)測驗分析。

抽穗期基因型分析及抽穗期比較

不同抽穗期基因型組合會形成不同日數的抽穗期(表1)，日本梗稻越光品種帶有顯性的*Hd1*、*Ehd1*光週期敏感基因與隱性的*hd6*光週期敏感基因(在長日照下)，栽種於日本時具有良好的品質與產量；但是在臺灣環境下栽培時，對光週期敏感而提早抽穗，於2010年二期作抽穗期為47.3天，2011年一期作抽穗期為74.0天。臺農67號為臺灣育成之優良栽培品種，帶有隱性*hd1*、*ehd1*光週期不敏感的基因與顯性*Hd6*光週期不敏感基因，於2010年二期作抽穗期為69.7天，2011年一期作抽穗期為89.0天。

利用分子輔助選種將臺農67號三個抽穗期基因*hd1*、*Hd6*和*ehd1*導入越光中，經由BC₃F₂之抽穗期分析後，基因型*hd1hd1 hd6hd6 ehd1ehd1*個體之抽穗期為最長(Chien *et al.*, 2011)。而衍生帶有不同抽穗期基因的近似同源系，經產量試驗及品質檢定後，於BC₄F₅選拔出南粳育1001044號。南粳育1001044號帶有臺農67號隱性*hd1*、*ehd1*光週期不敏感基因與越光隱性的*hd6*光週期不敏感基因，其抽穗期無論是一、二期作，均介於二親本之間，而且差異顯著；本品系抽穗期於2010年二期作為67.7天，2011年一期作為87.3天，比越光抽穗延遲13.3~20.4天，較臺農67號提早抽穗僅1.7~2.0天。

表 1. 於 2010 年二期作及 2011 年一期作，水稻臺農 67 號、越光及南粳育 1001044 號之抽穗期基因型、抽穗日數及產量比較

Crop season	Accession	Genotype of heading date genes	Heading date (days)	Yield (kg/ha)	Yield index (%)
Second crop of 2010	TNG 67	<i>Hd6Hd6-hd1hd1-ehd1ehd1</i>	69.7 ^{az}	4530.6 ^a	100.0
	Koshihikari	<i>hd6hd6-Hd1Hd1-Ehd1Ehd1</i>	47.3 ^c	1502.7 ^b	33.2
	NKY1001044	<i>hd6hd6-hd1hd1-ehd1ehd1</i>	67.7 ^b	4211.4 ^a	93.0
First crop of 2011	TNG 67	<i>Hd6Hd6-hd1hd1-ehd1ehd1</i>	89.0 ^a	6825.5 ^a	100.0
	Koshihikari	<i>hd6hd6-Hd1Hd1-Ehd1Ehd1</i>	74.0 ^c	5657.0 ^b	82.9
	NKY1001044	<i>hd6hd6-hd1hd1-ehd1ehd1</i>	87.3 ^b	7348.5 ^a	107.7

^z Values of same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % level of least square difference test.

產量比較試驗及農藝性狀分析

以臺農67號為對照品種，進行南粳育1001044號及越光之產量比較試驗。試驗結果顯示(表1)，南粳育1001044號稻穀產量於2010年二期作較臺農67號減產7%，較越光增產180.3%，2011年一期作則分別較臺農67號及越光增產7.7%與29.5%；南粳育1001044號與臺農67號之稻穀產量在一、二期作差異均不顯著，而與越光之稻穀產量呈顯著差異，尤其在二期作，產量達越光2.8倍以上。顯示南粳育1001044

號在臺灣栽培環境下之稻穀產量，具有明顯優於越光並且與臺灣栽培品種相近的優良特性。

南梗育1001044號、越光及臺農67號之農藝性狀分析結果如表2所示。南梗育1001044號之株高無論在一、二期作均為最高，臺農67號次之，越光最矮；單株穗數在2010年二期作以南梗育1001044號最多，2011年一期作則無顯著差異；穗長、穗重、一穗穎花數及千粒重以臺農67號最高，南梗育1001044號次之，越光最低；南梗育1001044號之稔實率於2011年一期作略高，2010年二期作則無顯著差異。顯然南梗育1001044號株高較越光稍高而適於機械採收，並且在單株穗數、穗長、穗重、一穗穎花數及千粒重等農藝性狀的表現均較越光優良。

表 2. 於 2010 年二期作及 2011 年一期作，水稻臺農 67 號、越光及南梗育 1001044 號之農藝性狀分析

Crop season	Cultivar	Plant height (cm)	Panicle number (no.)	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	Spikelet per panicle (no.)	Fertility (%)	1000 grain weight (g)
Second crop of 2010	TNG 67	92.9 ^{az}	9.0 ^b	19.6 ^a	2.85 ^a	114.1 ^a	87.5 ^a	25.2 ^a
	Koshihikari	75.8 ^b	9.2 ^b	17.5 ^b	1.47 ^c	67.5 ^c	90.8 ^a	23.4 ^b
	NKY1001044	97.0 ^a	11.3 ^a	18.9 ^a	2.29 ^b	97.4 ^b	88.3 ^a	23.7 ^b
First crop of 2011	TNG 67	106.9 ^b	11.4 ^a	19.7 ^a	3.38 ^a	123.1 ^a	95.7 ^b	26.5 ^a
	Koshihikari	97.8 ^c	10.6 ^a	16.9 ^c	2.18 ^c	80.4 ^c	96.3 ^{ab}	24.2 ^b
	NKY1001044	114.2 ^a	12.2 ^a	18.1 ^b	2.91 ^b	108.1 ^b	97.4 ^a	25.7 ^a

^z Values of same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % level of least square difference test.

糙米外觀品質檢定

以產量比較試驗之稻穀為材料，進行糙米外觀品質分析，分析結果如表3所示。南梗育1001044號糙米外觀在乳白率、腹白率及基白率的表現相當優異，介於3.9~5.2 %之間，與越光無顯著差異，明顯優於臺農67號，在一、二期作皆然。南梗育1001044號之粒形表現，其糙米長度於2010年二期作與越光相同，2011年一期

作則稍短於越光，臺農67號糙米粒形最短；南梗育1001044號之糙米寬度介於臺農67號與越光之間，然而在2011年一期作差異未顯著；南梗育1001044號糙米厚度在2010年二期作表現較薄，低於臺農67號與越光，然而在2011年一期作之糙米厚度與越光相同。整體而言，南梗育1001044號之糙米外觀品質與越光相近而優異，但粒形受不同期作環境影響而與越光稍有差異。

表 3. 於 2010 年二期作及 2011 年一期作，水稻臺農 67 號、越光及南梗育 1001044 號之糙米外觀性狀分析

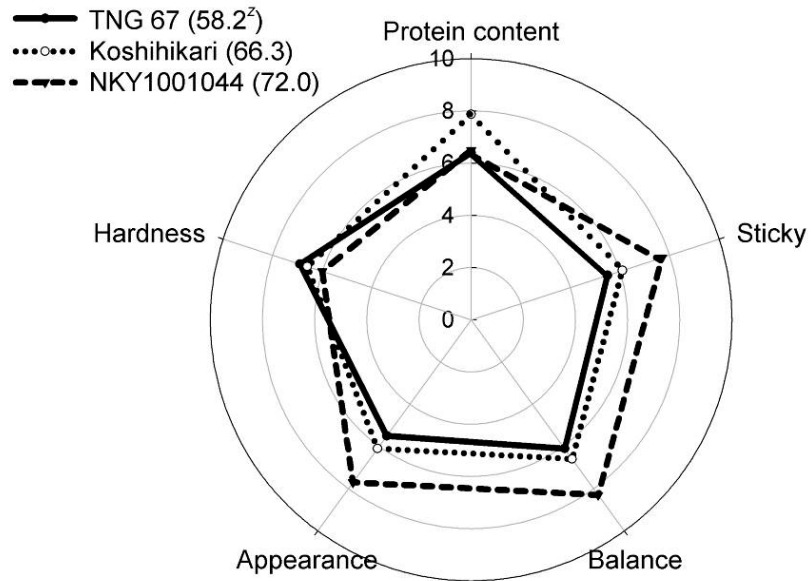
Crop season	Cultivar	Milky white (%)	Base white (%)	White belly (%)	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)
Second crop of 2010	TNG 67	12.3 ^{az}	8.2 ^a	14.5 ^a	4.79 ^b	2.89 ^a	1.87 ^a
	Koshihikari	5.2 ^b	2.1 ^b	2.1 ^b	4.88 ^a	2.60 ^c	1.88 ^a
	NKY1001044	5.0 ^b	1.3 ^b	1.9 ^b	4.88 ^a	2.71 ^b	1.83 ^b
First crop of 2011	TNG 67	11.4 ^a	18.9 ^a	2.1 ^a	4.61 ^c	2.85 ^a	1.83 ^b
	Koshihikari	3.8 ^b	0.9 ^b	1.2 ^b	4.98 ^a	2.80 ^a	1.90 ^a
	NKY1001044	3.9 ^b	2.6 ^b	0.9 ^b	4.81 ^b	2.84 ^a	1.90 ^a

^z Values of same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % level of least square difference test.

食味品質檢定

以產量比較試驗之稻穀為材料，檢測糙米粗蛋白質含量，以及白米米飯之食味特性與味度值，分析結果如圖3所示。當糙米粗蛋白質含量愈高，則米飯之官能食味表現可能愈差。南梗育1001044號之糙米粗蛋白質含量均為最低，優於越光及臺農67號，而且無論在一、二期作，表現均相當穩定。此外，南梗育1001044號米飯硬度最低，口感相對較軟，米飯外觀光澤、口感平衡度及黏度均比越光及臺農67號佳；味度值於2010年二期作及2011年一期作分別為72.0分及74.3分，優於越光的66.3分及69.3分，更遠高於臺農67號的味度值。綜合以上結果顯示，南梗育1001044號之食味品質不但承襲越光的優良特性，並且有更優於越光的品質表現。

2nd crop of 2010



1st crop of 2011

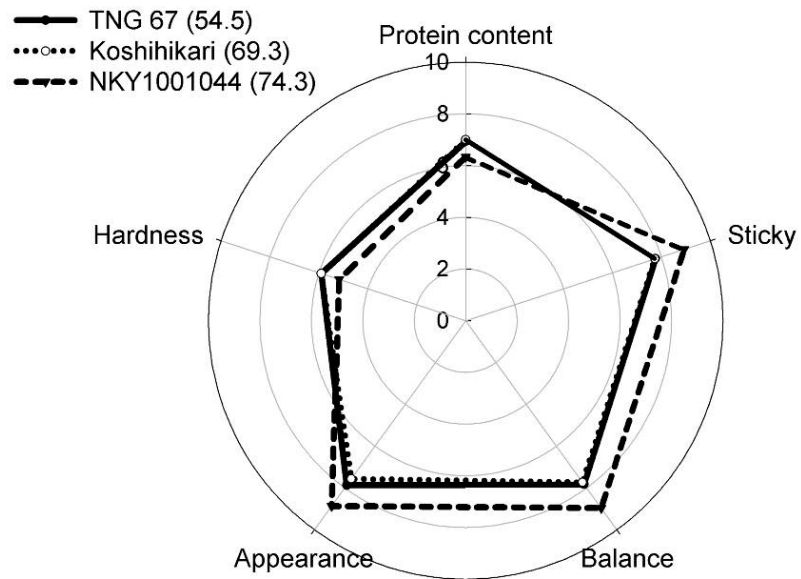


圖 3. 於 2010 年二期作及 2011 年一期作，水稻臺農 67 號、越光及南梗育 1001044 號之食味品質分析

^z Palatability score

結 語

水稻新品種臺南16號為日本越光品種之抽穗期近似同源系，是臺灣第一個利用分子標誌輔助選種技術育成的品種。本品種抽穗期較越光延遲，屬於中晚熟品種，米粒外觀晶瑩剔透，食味品質甚於越光，並且具有產量穩定的特性，已明顯改善越光之極早熟、產量低等缺點，適合臺灣地區栽培。本品種之命名，代表良質米研究團隊現正積極推動分子輔助育種技術作為水稻特性改良之育種工具，具有高度可靠性，可提升未來水稻育種效率，對我國稻米品質持續提昇、建立本土稻米品牌及增加農民收益等方面均有所助益，深具強化稻米產業競爭力。

參考文獻

1. Chen C. S., R. K. Chen, H. H. Chin, and Y. R. Lin. 2010. Introgression of three heading date genes, *hd1*, *Hd6*, and *ehd1*, to *Oryza sativa* L. *japonica* cv. Koshihikari by marker-assisted selection. Crop Environ. Bioinform. 7: 1-20.
2. Chien H.T., R. K. Chen, A. L. Hour, C. S. Chen, and Y. R. Lin. 2011. The Effects of *Hd1*, *Hd6*, and *Ehd1* on rice heading date. Crop Environ. Bioinform. 8: 45-57
3. Collard B. C. and D. J. Mackill. 2008. Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 363: 557-572.
4. Jena K. K. and D. J. Mackill. 2008. Molecular markers and their use in marker-assisted selection in rice. Crop Sci. 48: 1266-1276.
5. Lin H. X., Z. W. Liang, T. Sasaki, and M. Yano. 2003. Fine mapping and characterization of quantitative trait loci *Hd4* and *Hd5* controlling heading date in rice. Breed Sci. 53: 51-59.
6. Takeuchi Y., T. Ebitani, T. Yamamoto, H. Sato, H. Ohta, H. Hirayashi, H. Kato, K. Ando, H. Nemoto, T. Imbe, and M. Yano. 2006. Development of isogenic lines of rice cultivar Koshihikari with early and late heading by marker-assisted selection. Breeding Sci. 56: 405-413.

7. Yano M., Y. Katayose, M. Ashikari, U. Yamanouchi, L. Monna, T. Fuse, T. Baba, K. Yamamoto, Y. Umehara, Y. Nagamura, and T. Sasaki. 2000. *Hd1*, a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice, is closely related to the *Arabidopsis* flowering time gene *CONSTANS*. Plant Cell 12: 2473-2483.

ABSTRACT

A new rice variety “Tainan 16” originated from NKY1001044 was developed by marker-assisted backcrossing. Tainan 16 which inherits the excellent eating quality from *japonica* rice variety, Koshihikari, but without photoperiod sensitivity, is expected to be cultivated in Taiwan broadly. Koshihikari as the female parent was crossed to Tainung 67 (TNG 67) as the male parent in the second crop season of 2007, and then the F_1 was backcrossed to the recurrent parent, Koshihikari, for four times. The progeny of each generation, BC_1F_1 , BC_2F_1 , BC_3F_1 , and BC_4F_1 , were selected for backcross by implementation of marker-assisted selection, for which three heading date alleles of TNG 67 were used as foreground selection, and homozygous Koshihikari genotypes of markers covered rice genomes were used as background selection. Nine selected BC_4F_2 individuals were planted in first crop season of 2010 and were assessed for agronomic traits, yield components, and grain quality in the second crop season of 2010 and first season crop of 2011. As the consequence, NKY1001044 was selected for further field trials. NKY1001044 is middle-late mature and headed later than Koshihikari did for 13.3-20.4 days. The grain appearance of NKY1001044 is translucent and little chalky, the eating quality of NKY1001044 was better than Koshihikari's. In addition, NKY1001044 produced 30% of grain yield more than Koshihikari did. We expect that the implementation of marker-assisted selection can enhance rice breeding efficiency, increase the revenue of farmers, and strengthen the competence of rice industry in Taiwan.

Key words: Rice, grain quality, breeding, marker-assisted selection.

良質水稻的健康管理

賴明信^{1*}、李長沛¹、卓緯玄¹、顏信沐¹、吳東鴻¹、呂椿棠¹、張素貞²

¹行政院農業委員會農業試驗所、²行政院農業委員會苗栗區農業改良場

*通訊作者信箱：mhlai@tari.gov.tw

摘 要

作物健康管理的基本理念是以環境友善型生產管理概念，為生產安全良好農產品的方法。本研究以水稻為試驗材料，施已插秧密度為30×24 cm，比傳統的密度30×16 cm為疏，肥料的總量應用在各個生長階段，健康管理田比對照田減少15%。結果顯示，在健康管理中稻熱病可減少12%的感染，雖然稻穀產量降低19.7%、但米粒外觀較白且透明約提高12%、及食味品質增加3%。綜合而論，健康管理模式以培育健全秧苗、寬行寬植及適當肥量營造通風的植株群落環境，因此農藥及肥料施用少1~2次，總支出成本因而減少32.1%，且此生產模式可減少環境污染，是一種環境友善型的生產管理。

關鍵詞：水稻、健康管理、生育指標、秧苗、栽植密度。

前 言

水稻為臺灣種植面積最多之糧食作物，雖然產業直接產值每年只有300餘億元，但稻作產業之發展與農村經濟、社會安定及生態環境息息相關。國內之水稻生產體系相較於其他作物完善，經農業試驗改良與農政單位多年悉心輔導，力推合理化施肥與農藥安全用量，國產稻米的品質及安全備受消費者肯定與接受。惟，高稻穀產量等同高收入，是稻農希望之所寄，為了提高並確保產量，施肥量及噴藥次數一再提高，導致稻米農藥殘留過量、水田土壤鹽化及灌溉水受到污染等新聞時有耳聞，造成消費者產生食用安全疑慮，國人整體健康受到影響；近年全球氣

候變遷，農業生產環境日益惡劣，病蟲害等生物逆境無預警好發；預期過量施用肥料與農藥，將越加日趨嚴重。寶島臺灣只有一個，土地與資源都相當有限，農業的角色不應侷限在生產面，如何維持自然生態平衡，提供國人健康、安全及休閒的生活環境，並達到永續經營產業的目的，是新農業的時代使命。簡言之，落實生活、生產及生態三者平衡的三生農業觀念的生產技術，達到生產者、消費者、生產環境及政府四者皆贏的境地，是吾輩無法推卸的責任。

水稻健康安全生產體系建構的基本精神是營造健康的植株，降低化學藥劑的使用量，減低對生產環境的污染，達到食品安全、農民健康、高品質及合理利潤兼顧的栽培。經由盤點與整合水稻品種特性、栽培管理技術、耕地土壤優化、肥培管理、水分管理、病蟲害防治藥劑選擇等測量技術與知識，加上順應天氣變化資料與環境生態原則，來營造環保的生產環境及創造產業利潤。方法是透過試驗與推廣的結合，從種苗量產一直到作物栽培及栽培環境之管理，參照量化的測量數據，建構一套可以參照的動態標準作業流程(SOP, Standard Operate Procedure)，期能減少或合理施用化學藥劑，穩定量產適合人類安心食用且具經濟效益之農產品，同時營造健康安全的生存環境及改善生活的品質。

材料及方法

一、水稻生育指標建立：試驗於2006年及2007年在苗栗、臺中、及嘉義進行，材料為水稻品種臺梗9號及臺農71號(益全香米)，其由種子發芽生長至結實收穫之主要生育期為秧苗期、成活期、分蘖期、幼穗形成期、幼穗分化期、節間伸長期、孕穗期、抽穗期、成熟期等。以4葉齡秧苗單株種植於水田中，種植行株距為30×15 cm，田間管理方式以慣行栽培法為之，施肥氮磷鉀三要素用量為 $N : K_2O : P_2O_5 = 120 : 56 : 60$ (kg/ha)。調查3重複，每重複調查20株，試驗設計採逢機完全區集設計。於每一片新葉完全展出時記錄日期，至劍葉完抽出為止。記錄不同生育期之葉數即葉齡，及計算葉數/全葉數×100為葉齡指數，並同時記錄氣象資料。

- 二、栽植密度與肥料施用量：試驗品種為臺南11號，種植位於苗栗市維新里環保志工教室旁水田，面積約0.36公頃，分為健康管理區及慣行區。健康管理插秧苗數為6~9支、栽植密度24 cm；慣行法則為10~12支及栽植密度為6吋，田間施肥氮磷鉀三要素用量為 $N : K_2O : P_2O_5 = 120 : 56 : 60$ (kg/ha)。試驗慣行法中插秧秧苗數為10~12支，栽植密度以16 cm，且再分重肥(健康管理氮素加25%)與輕肥(健康管理氮素減25%)。調查項目為株高、分蘗數、葉綠素計值、及葉稻熱病罹病程度(%)等。
- 三、比較健康管理與慣行農法病蟲害發生與稻米品質之差異：以臺農71號為材料，種植位於臺中市霧峰區五福里新埔路上，水田面積約1.08公頃，其中一個小區面積約0.20公頃，當作對照組，施以當地農民的慣行法，另外一個小區約0.86公頃為健康管理處理區。健康管理處理區種植前，進行土壤的酸鹼值及氮、磷、鉀含量測定，作為田間土壤改良及田間肥培管理施用量的參考，發現健康管理處理區的pH值為5.5，顯示土壤酸化嚴重；以每0.1公頃施用150公斤苦土石灰，改善土壤狀況；另為因應酸性土壤中缺矽，提升植體對稻熱病的抗性，每0.1公頃施用矽酸鈣200公斤，上述兩種資材混合，於第一次整地前施用。依土壤檢測所得的氮、磷、鉀含量，以及品種最適稻穀產量，進行施肥量及施肥時期的擬定，施肥量氮素120 kg/ha，磷肥40 kg/ha，鉀肥25 kg/ha，皆以單質肥料進行施用；以1次基肥、2次追肥及2次穗肥的方式施用，氮肥施用量的比例0%、20%、30%、20%，磷肥於基肥時一次施用，鉀肥則於基肥與追肥時施用，每次比例為33%。病蟲害發生調查為葉稻熱病及穗稻熱病；稻米品質調查項目為稻穀產量、產量構成因素(一穗粒數、千粒重、稔實率、千粒重)及稻米品質(容重量、化學成分、外觀品質及食味品質)。

結果與討論

一、擬定栽培管理曆

好的開始是成功的一半，水稻產業在臺灣已經是一個非常成熟的產業，插秧移植期每個栽培地區都有一定時序，好發性的病蟲害及時期也大略都清楚，若加上對於栽種品種基本資料的了解，就可以擬定期作的栽培曆，以作為田間操作管理的依據與參考(如表1)。栽培曆包含整地的時間、施用資材的數量、秧苗移植的時間、移植的密度、肥料施用的時間、水分管理的時間、曬田的時間、穗肥施用的時間以及病蟲害防治的時間。這些規劃都是預定，雖然隨著氣候環境的變化，管理的方式都要跟著調整，但卻能讓經營者內心概略的清楚每個時期的工作，對於田間的工作內容及資材能及早準備。

表 1.健康管理區之擬定栽培曆(試驗時間 2011 年)

日期	田間作業項目
1 月 10 日	粗整地
2 月 10 日	矽酸鈣 200 公斤/分；苦土石灰 150 公斤/分
2 月 15 日	基肥(硫酸銨 20 公斤/分；過磷酸鈣 20 公斤/分；氯化鉀 5 公斤/分；除草劑，丁基拉草 1 罐/分)
2 月 16 日	細整地
2 月 17 日	插秧(8 寸；23 盤/0.1 公頃)，福壽螺防治(苦茶粕；3 公斤/0.1 公頃)
2 月 18 日	斷水 2 天
2 月 20 日	灌水
3 月 1 日	追肥(硫酸銨 20 公斤/分；氯化鉀 1.25 公斤/分)
3 月 2 日	斷水
3 月 17 日	追肥(硫酸銨 10 公斤/分；氯化鉀 1.25 公斤/分)
3 月 30 日	斷水
4 月 22 日	曬田
4 月 27 日	穗肥(硫酸銨 10 公斤/分)
5 月 9 日	穗肥(硫酸銨 10 公斤/分)
5 月 12 日	防治病蟲害(亞賜圃 40%；百滅寧 10%)
5 月 17 日	抽穗

二、水稻生育指標建立

以葉齡為發育階段之依據，利用葉齡與其他器官同伸現象來推論其他器官生長發育情形，建立水稻栽培品種與其栽培環境之生理反應基本資料，進而為水稻管理栽培操作之參考。例如水稻良質米代表品種臺梗9號，生育期為中晚熟，在苗栗地區第一期作抽穗期約為92天、成熟期約為126天；第二期作抽穗期約為71天、成熟期約為118天。再例如集色、香、味於一身，全國稻米品質比賽獲獎最多的品種臺農71號，為早熟品種，第一期作抽穗期約為87天，成熟期約為119天；第二期作抽穗期約為68天、成熟期為100天(如表2)。生育期與葉齡指數關係顯示，第一、二期作各品種間差異不大，臺梗9號的葉齡指數在分蘗期為35~77%，85~94%之間為幼穗分化期，抽穗期94~100%；臺農71號的分蘗期為39~67%，84~93%之間為幼穗分化期，抽穗期93~100%；2品種除分蘗期之葉齡指數差異較大外達10%，其餘生育期期作間差異不大，表示葉齡指數可以為生育期之指標，但須建立品種個別的資料(如表2)。將生育階段所需基礎溫度累積為積溫，一般作物各生育階段皆有其固定的積溫(如表3)；比較嘉義、臺中及苗栗地區之第一、二期作，中晚熟品種臺梗9號及早熟品種臺農71號之積溫，除臺梗9號第二期作嘉義地區為1,333度外，臺農71號第一期作臺中地區為961度外，餘皆在1,016~1,198度之間，表示積溫來預測水稻生長階段是可行的。農業試驗所建立水稻健康生產整合資訊系統(<http://kiscrop.tari.gov.tw/KISCROP/>)，透過資通訊技術讓農民栽種水稻時可利用該系統預測各生育期及收穫期，掌握田間各項管理工作的時間，對大面積水稻種植者之工作與人力調度頗有幫助。全球暖化溫度升高，積溫累積快，預期未來作物生育期也會縮短，可利用上述資料庫之各品種的葉齡、發育期、與積溫的資訊，精準掌握水稻的田間生育狀況，進行有效的栽培管理。

三、栽植密度與肥料施用量的影響

將臺南11號種植兩區，一區的插秧苗數為6~9支、栽植密度24 cm，稱為健康管理區；另一區插秧苗數為10~12支，栽植密度為16 cm，稱為慣行管理區。田間

施肥量氮、磷、鉀三要素用量為120：56：60 (kg/ha)。慣行管理區分重肥(氮素加25%)與輕肥(氮素減25%)，調查田間植株的株高、分蘗數、葉綠素計值、及葉稻熱病罹病程度(%)，探討不同栽植密度對水稻生長與發育級品質之影響。試驗結果(如表4)顯示第一、二期作栽種密度對稻穀產量及稻米品質影響均不大，於分蘗盛期調查水稻生育情形及稻熱病結果，發現稻熱病重肥區較健康管理區高出11%，輕肥區比健康管理區少3%，惟第一期做重肥密植稻熱病發生嚴重，雖同屬密植但輕肥者，其病害發生與健康管理相當，故推測肥料施用與栽植密度在健康管理上，前者比後者影響水稻生產更為明顯。

表 2. 苗栗地區參試水稻品種在不同生育期之葉齡、葉齡指數及插秧後天數(試驗時間 2006 年及 2007 年)

期作	品種	性狀項	成活期	分蘗期	幼穗分化期	節間伸長期	抽穗期	成熟期
第一期作	臺梗 9 號	葉齡	5	6~13	14~16	10~17	15~18	15~18
		葉齡指數	29.6	35.4~76.8	85.4~91.5	67.1~94.1	94.1~100	100
		插秧後天數	22	22~52	64	52~79	92	127
	臺農 71 號	葉齡	5	6~11	13~14	9~15	14~16	15~16
		葉齡指數	33.3	40.0~66.7	86.7~93.3	60.0~93.3	93.3~100	100
		插秧後天數	21	21~39	61	39~72	87	115
第二期作	臺梗 9 號	葉齡	5	6~13	14~15	11~16	16~17	16~17
		葉齡指數	29.4	35.3~76.5	82.4~88.2	64.7~94.1	94.1~100	100
		插秧後天數	11	11~30	50	30~55	71	106
	臺農 71 號	葉齡	5	6~11	13~14	9~15	14~16	16~17
		葉齡指數	32.3	38.8~67.9	84.0~90.4	61.3~93.6	93.6~100	
		插秧後天數	14	14~29	49	29~50	68	102

四、健康管理體系之建立

在2011年第一期作，以臺農71號水稻品種為材料，種植位於臺中市霧峰區的兩區農地上，一區稱之為健康管理區，種植前進行土壤的酸鹼值及氮、磷、鉀含

表 3. 參試品種在不同地區的各生育期之生育日數及有效累積生育度數

期作	品種	地區	天數/度數	移植～ 分蘖始期	分蘖始期～ 幼穗分化期	幼穗分化期～ 抽穗期	總計
第一期作	臺梗 9 號	苗栗	插秧後天數	21.6	63.5	89.2	
			生育天數	21.6	41.9	25.7	89.2
			生育積溫度數	204.9	490.4	434.4	1129.7
		臺中	插秧後天數	18.7	60.8	81.3	
			生育天數	18.7	42.2	20.5	81.3
			生育積溫度數	195.4	516.4	317.5	1029.2
		嘉義	插秧後天數	17.0	64.3	83.3	
			生育天數	17.0	47.3	18.8	83.1
			生育積溫度數	187.2	609.4	309.6	1106.2
	臺農 71 號	苗栗	插秧後天數	21.0	61.0	85.9	
			生育天數	21.0	40.0	24.9	85.9
			生育積溫度數	202.6	473.7	389.6	1065.9
		臺中	插秧後天數	16.7	58.0	77.2	
			生育天數	16.7	41.3	19.2	77.2
			生育積溫度數	175.7	491.3	295.0	961.9
		嘉義	插秧後天數	19.0	61.7	78.7	
			生育天數	19.0	42.7	17.3	79
			生育積溫度數	193.5	544.2	278.7	1016.4
第二期作	臺梗 9 號	苗栗	插秧後天數	10.9	48.0	69.9	
			生育天數	10.9	37.2	22.2	70.3
			生育積溫度數	200.5	622.5	296.5	1119.5
		臺中	插秧後天數	12.5	48.0	68.2	
			生育天數	12.5	35.5	20.2	68.2
			生育積溫度數	225.0	640.1	326.8	1191.9
		嘉義	插秧後天數	14.8	53.6	69.9	
			生育天數	14.8	39.1	18.2	72.1
			生育積溫度數	280.8	746.2	306.5	1333.5
	臺農 71 號	苗栗	插秧後天數	13.9	48.4	67.5	
			生育天數	13.9	34.5	19.2	67.6
			生育積溫度數	249.6	541.7	261.3	1052.6
		臺中	插秧後天數	12.0	42.8	63.3	
			生育天數	12.0	30.8	20.5	63.3
			生育積溫度數	216.9	552.8	349.6	1119.3
	嘉義	嘉義	插秧後天數	14.8	59.4	76.9	
			生育天數	14.8	34.6	17.5	66.9
			生育積溫度數	278.0	630.4	290.2	1198.6

表 4. 疏植與輕肥對稻熱病的影響

管理方式	株高 (公分)	分蘗數 (支/叢)	葉綠素計值	葉稻熱病 (%)
重肥密植	76.5±5.4	25.9±0.5	37.8±3.1	23.2±2.3
健康管理	71.2±3.4	28.2±2.4	37.5±1.2	12.2±3.1
輕肥密植	70.3±6.7	22.3±1.7	37.1±2.1	9.2±0.8

*：同欄位字母相同者表示統計分析無顯著性差異存在。

量測定，作為田間土壤改良及田間肥培管理施用量的參考，發現農土的pH值為5.5，顯示土壤酸化嚴重，以每0.1公頃施用150公斤苦土石灰，改善土壤狀況；另為因應酸性土壤中缺矽，提升植體對稻熱病的抗性，每0.1公頃施用矽酸鈣200公斤，上述兩種資材混合，於第一次整地前施用。依土壤檢測所得的氮、磷、鉀含量，以及品種最適稻穀產量，進行施肥量及施肥時期的擬定，施肥量氮素120 kg/ha，磷肥40 kg/ha，鉀肥25 kg/ha，皆以單質肥料進行施用；以1次基肥、2次追肥及2次穗肥的方式施用，磷肥於基肥時一次施用，鉀肥則於基肥與追肥時施用；另一區施以當地農民的慣行法，當作對照組。

比較結果顯示健康管理區之成熟期較慣行區早(圖1)，健康管理區的稻穀產量雖低於慣行區，僅為慣行區之80.4%，收穫的稻穀容重為635.7g/L，明顯重於慣行管理的594.6 g/L，但稻穀的碾糙率兩者沒有差別。健康管理區之糙米蛋白質含量低於慣行管理區(如表5)，兩者的糙米直鏈性澱粉含量沒有差異，脂肪酸含量則健康管理區微高於慣行管理區；健康管理區的Q值高於慣行管理區，Q值代表米飯的食用品質高低，越高代表食味品質越好，健康管理區的米飯食味品質明顯優於慣行管理區。同時健康管理區的米粒白度低於慣行管理區，透明度大於慣行管理區，顯示以健康管理區的米粒外觀品質優於慣行管理區，對於稻米品質的提升有正面的幫助。

表 5. 健康管理下米粒成份及外觀品質

處理	分數	蛋白質(%)	直鏈性澱粉(%)	脂肪酸(%)	白度	透明度
健康處理區	69	7.8	18.8	17.7	41.8	3.80
慣行管理區	67	8.7	18.7	16.9	47.7	3.40



圖 1、慣行管理(左)與健康管理

在病蟲害的發生情況上，每個管理區隨機調查10個取樣點，每點調查25叢中的罹病穗數，代表田間穗稻熱病發生的情形；健康管理區的罹病的比例為3.8%，而慣行管理區為5.4%，對穗稻熱病的抗性上，健康管理區顯著優於慣行管理區。另在每處理區逢機掃網20次，進行田間斑飛蟲及褐飛蟲調查，發現健康管理區的斑飛蟲平均25隻、褐飛蟲平均18隻，低於慣行管理區的斑飛蟲平均29隻、褐飛蟲平均23隻，健康管理區之飛蟲類害蟲的數量較慣行管理區少(如表6)。在整個生育期間，健康管理區僅在始穗前進行一次的病蟲害防治，次數遠低於慣行管理區的3次，然而，健康管理區的病蟲害的發生明顯低於慣行管理區，原因除了健康管理區施用矽酸鈣強化稻株抗病能力外，與健康管理區的稻株葉片直立，葉片不會生長過分茂盛及通風性佳有密切關聯。

表 6. 健康管理區之病、蟲發生情形

蟲相種類	健康管理區	慣行管理區
斑飛蟲	25.0	29.0
褐飛蟲	18.0	23.0
稻熱病	24.8	39.9

就成本效益進行分析上，因健康管理區及慣行管理區在田區的整備工作都一樣，在進行兩處理區的成本比較時，沒有將這些固定成本列入考量。表7為健康管理區與慣行管理區的投入成本分析結果，健康管理區的資材投入成本每0.1公頃需2,294元，較慣行管理區的3,380元低；若以坪割的稻穀產量進行估算，稻穀每公斤以27.1元計算，健康管理區的每0.1公頃收入約20,077元，相較於慣行管理區的24,987元為低，扣除投入的資材成本，健康管理區的每0.1公頃收入約17,783元，不如慣行管理區的21,607元，兩者每0.1公頃相差3,824元，初步顯示似乎健康管理體系對農民不具有誘因。然而，健康管理區的稻穀品質、米粒外觀及食味品質都優於慣行管理區，而且投入的農藥及肥料都遠低於慣行管理區，對生產農田的生態親合性很大，這一部分無法以經濟的角度呈現，導致成本收益無法正確呈現；而健康管理的稻米品質優於慣行管理，其價格不應與慣行管理區相同，也低估了健康管理的效益。以三生的經營觀念思考，水稻健康管理的推行是時代趨勢，其技術是動態的，一定要持續的專研與改進，經由示範與研究的結合，不但栽種管理模式可以因應修正，亦能快速落實在產業應用上。

表 7.健康管理之投入成本分析及效益

資材	費用	健康管理區	慣行管理區
土壤改良劑	施用工資	387.5 元	0 元
	資材成本	567.5 元	0 元
肥料	施肥工資	375 元(5 次)	630 元(6 次)
	肥料成本	539 元	1060 元
農藥	噴藥工資	350 元(1 次)	1050 元(3 次)
	農藥費用	75 元	640 元
總支出		2294 元	3380 元
	稻穀產量	741.3(公斤)	922.6(公斤)
	收入	20,077(元)	24,987(元)
純收益		17,783	21,607

註：稻穀每公斤 27.1 元

結 論

農業科技之發展大幅度提昇農產品的產量與品質，改善了我們的生活，造就了社會的富麗繁榮。但農業精耕卻對大自然造成相當大的衝擊，基於經濟與效率考量，農藥及肥料經年累月地大量投施於農田，對生態環境及人類生活品質造成莫大的負面影響。稻米是國人的主食，直接影響人體健康，與大眾的生活息息相關，有效率的生產及提供健康安全的食米非常重要，亦扮演著進口米衝擊的軟堤防；水田在涵蓄水源及環保的功能無可取代，豪雨時水田是最佳緩衝區，經由水稻的光合作用更能改善空氣品質，密切的影響你我周遭生態景觀，確保並永續國內稻作產業的發展意義非凡。落實農業永續發展的觀念，經營的理念是著眼循環利用資源及維護生態平衡，建立一個健全而平衡的農業生態環境，進而生產健康及安全的農產品以提供給消費大眾。

參考文獻

1. 林信山、柯南靖、郭欽聰，(2004)，植物健康真諦及價值，水稻健康管理研討會專輯，pp.3-16，臺中霧峰：農委會農業試驗所。
2. 凌啟鴻、張洪程、蘇祖芳、凌勵，1994，稻作新理論-水稻葉齡模式，科學出版社。
3. 張素貞、吳登楨，(2012)，農委會作物健康管理服務團隊啟動發表會，苗栗區農情月刊 146：1。
4. 陳列夫、曾東海、卓緯玄，(2002)，活用水稻葉齡生理特徵，農業試驗所技術服務季刊 52：26-30。
5. 曾德賜，(2008)，臺灣生物農藥之研發與產業化應用－問題與展望，節能減碳與作物病害管理研討會專刊，農業試驗所特刊第133號: 155-173。
6. 鄭清煥、黃守宏，(2009) 水稻害蟲防治之省思，臺灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，農業試驗所特刊第138號: 65-82。
7. 盧虎生，(2004)，水稻之發育過程與健康管理，水稻健康管理研討會專輯，pp.17-32，臺中霧峰：農委會農業試驗所。

8. 賴明信、陳瑞明、林信山，(2004)，水稻臺農71號之健康管理，水稻健康管理研討會專集，(pp.143~150)，臺中霧峰：農委會農業試驗所。
9. Goto, Y. and K. Hoshikawa (1988). Tillering behavior in *Oryza sativa* L., 1. Growth relationships between the main stem and tillers. Japan. Jour. Crop Sci. 57: 496-504.

ABSTRACT

Crop healthy management (CHM) is based on integrated management of environment-friendly method to product safe and good quality foods. Rice is a major staple food in the world as well as in Taiwan. At transplanting, plant density was adjusted to 30 x 24 cm from the conventional density of 30 x 16 cm. Total amount of fertilizers was decreased 15% from the control field. The results showed that infection of blast was reduced by 12% and the eating quality of rice was increased by 3%, although the yield was decreased by 19.7%. In conclusion, the developed health management may create a better ventilation environment through using the healthy seedlings, wider planting space, and appropriate amount of fertilizer. The management system had less pesticide and fertilizer application, then the net input was reduced by 32.1%. The present results suggested that the developed system has potential to be beneficial for both environment and farmers income.

Keyword: Rice (*Oryza sativa* L.), health management, growth index, seedling, plant density.

利用累積溫度與資通訊技術提升稻作田間管理效率

呂椿棠^{1*}，卓瑋玄¹，呂秀英¹，魏夢麗¹，林汶鑫²

¹農業試驗所作作物組、²國立屏東科技大學農園生產系

*通訊作者信箱：tang@tari.gov.tw

摘 要

本研究以水稻臺梗9號與臺農71號為參試品種，探討水稻自插秧後生長至分蘗始期、幼穗分化期、始穗期及生理成熟期等四個生育階段之生長日數與溫度之間的關係。本研究採用10℃為水稻生育的基礎溫度，利用生育階段所獲得生育日數與累積溫度計算積溫指標，以積溫指標對生育階段進行回歸分析，針對一、二期作分別進行三次多項式、非線性與多項式非線性等三種回歸模式配適，並依據積溫殘差評估兩品種在各期作的估計效率。結果顯示，多項式非線性模式對兩品種的一、二期作皆有良好的預測能力，均可準確估計四個生育階段所需的累積溫度。為將此研究成果應用於水稻栽培，利用本所與各區農業改良場完成的作物優質生產整合資訊平臺，開發一套水稻電子化栽培管理作業曆，根據前所完成之臺梗9號與臺農71號的積溫模式，建立一、二期作各生育階段所需的累積溫度資料。本作業曆透過農業氣象諮詢系統自動取得距離該農地最近的氣象測站資料，經由系統自動計算累積溫度，便可顯示目前水稻的生育階段，同時配合該生育階段相關的施肥、病蟲害防治、田間管理等工作，提供農民栽培的參考。

關鍵字：水稻、累積溫度、回歸模式、資訊系統、栽培管理作業曆。

前 言

水稻的生育過程受氣象因子的影響甚大，國內外學者對於氣象因子中的溫度、日長、日射量等皆有許多相關研究，氣象因子中以溫度及日長為最主要的影響因

子。國內水稻栽培分為一、二期作，而水稻育種選拔過程亦未採用分期選拔之作法，目前的推廣品種在各地區正常栽培期下皆對光週期鈍感，溫度遂為影響水稻生長發育的重要因子。國內現有推廣品種依其成熟性，概分為中晚熟與略早於中晚熟兩類居多，不同品種間除成熟期有別外在各生育階段亦不盡相同，因此若能了解不同品種各生育階段所需的時間，則可有效運用於田間管理，施肥效率達到最佳化，病蟲害亦可有效控制，使稻穀產量與品質獲得最高收益。國內在水稻氣候發育模式之研究已20餘年，利用有效積溫觀念建立重要品種在幼穗分化期的有效累積溫度。然，早期在水稻栽培區氣象資料獲得之即時性與配合水稻生長發育之資通訊技術開發與應用尚未成熟，因此無法將此研究成果實際應用於水稻栽培者。目前國內已建置農業氣象觀測網與試驗型之氣象監測器佈置，幾乎涵蓋重要之農業栽培區，這些氣象資料經由資通訊設備自動傳送至農業試驗所的農業氣象諮詢系統，提供相關研究人員利用。現有水稻推廣品種之生育階段累積溫度模式與栽培現地之氣象資料經由資通訊技術整合，即可提供水稻栽培農戶在田間管理工作上的參考。

材料與方法

本研究之水稻試驗資料，於2006至2008年在農業試驗所試驗田區進行三年六期作的生長發育研究，參試品種為臺梗9號(TK9)與臺農71號(TNG71)，試區採逢機完全區集設計4重複，單本植種植。兩品種水稻於插秧後調查分蘖始期、幼穗分化期、始穗期及生理成熟期等四個生育階段所需的生長日數，生育時期之氣象資料則採用農業試驗所之農業氣象站蒐集的氣象觀測資料。

本研究採用 10°C 為水稻生育的基礎溫度，每日有效累積溫度採當日最高溫度加最低溫度之平均值，如果平均溫度低於 10°C 則以 10°C 。兩個品種各區分為一、二期作，利用生育階段所獲得生育日數與累積溫度計算積溫指標，以積溫指標對生育階段進行回歸分析，分別進行三次多項式、非線性與多項式非線性等三

種回歸模式配適，爾後，並依據積溫殘差評估此三種回歸模式在這兩個品種於各期作的估計效率，各項試驗資料之分析使用SAS統計分析軟體。

結果與討論

利用水稻在各生育階段所獲之生育日數與對應的累積溫度計算積溫指標，並與各生育階段建立統計回歸關係，三次多項式、非線性與多項式非線性等三種回歸模式的配適結果，示如表1。臺梗9號一期作4個生育階段之累積溫度預測值，比較始藥到生理成熟期這4個階段的積溫殘差值，三次多項式模式預測提早27.9 °C延後30.3 °C非線性模式為預測提早55.7 °C延後33.2 °C多項式非線性模式的基溫殘差值由預測提早13.0°C到延後19.4 °C誤差大約是2日前後，此3個模式以多項式非線性模式的預測結果最為準確。同此評估方式檢視臺梗9號二期作與臺農71號一、二期作，此3種模式的預測能力仍以多項式非線性模式的預測結果最為準確，臺梗9號二期作之誤差為預測提早21.6 °C延後17.5 °C臺農71號一期作4個生育階段之誤差在預測提早7.2 °C延後11.7 °C二期作之誤差在預測提早13.8 °C延後9.1 °C均可準確估計四個生育階段所需的累積溫度，誤差大約在1-2日間。崛江與中川(1990)等學者指出水稻幼穗分化期的預測誤差，若在3日以內還算合理，而本研究獲得結果顯示誤差大約在1-2日間，因此可將此結果應用於實際的水稻田間生育階段估計。

農業試驗所與各區農業改良場共同開發的作物優質生產整合資訊平臺，針對水稻設計一套視窗介面的電子化動態栽培管理作業曆(圖1)，將水稻各生育階段所需管理工作予以資訊化，使用者可透過網際網路設備進行水稻田間管理規劃與生產履歷紀錄。水稻生長發育受氣象因子影響甚大，當中又以氣溫之影響為最，農委會所屬氣試驗單位與中央氣象局共同佈署農業氣象觀測網，及各場所自行架設農業氣象監測站，這些觀測資料大部分已透過自動傳輸技術，彙整於農業試驗所建置的農業氣象諮詢系統，提供各研究人員應用與一般民眾查詢使用。本研究遂將水稻生育階段所需累積溫度之研究成果整合於水稻優質生產整合資訊系統，透

表 1.臺梗 9 號與臺農 71 號兩期作不同生育階段在三種回歸模式的預測結果

品種/期作	生育期 Growth stage	平均 生育日數 Growth days (Avg.)	平均 積溫 (Actual value)	The third order polynomial		NLIN		PNLIN	
				積溫估值 (Predicted value)	積溫殘差 (Residual)	積溫估值 (Predicted value)	積溫殘差 (Residual)	積溫估值 (Predicted value)	積溫殘差 (Residual)
TK9/I	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	20.3	188.1	183.8	-4.3	185.3	-2.9	189.7	1.6
	幼穗分化	61.3	689.7	712.9	23.1	700.7	11.0	682.7	-7.0
	50%抽穗	82.2	1000.8	979.6	-21.2	1034.5	33.6	1020.3	19.4
	生理成熟	126.3	1722.8	1730.7	7.9	1669.0	-53.9	1709.8	-13.0
TK9/II	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	12.6	224.6	211.8	-12.8	229.1	4.5	225.6	1.0
	幼穗分化	48.2	845.4	928.4	83.0	814.8	-30.7	856.7	11.3
	50%抽穗	67.8	1155.4	1078.6	-76.9	1117.6	-37.8	1133.8	-21.6
	生理成熟	114.1	1746.8	1780.6	33.8	1859.3	112.5	1764.3	17.5
TNG71/I	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	18.2	166.5	162.5	-3.9	165.2	-1.3	168.2	1.7
	幼穗分化	57.9	643.0	668.1	25.1	652.4	9.4	636.8	-6.2
	50%抽穗	77.6	929.4	907.1	-22.3	951.2	21.8	941.1	11.7
	生理成熟	111.1	1460.1	1468.1	8.0	1425.5	-34.6	1452.9	-7.2
TNG71/II	插秧	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50%始蘗	12.0	216.1	202.5	-13.6	217.9	1.8	215.6	-0.6
	幼穗分化	42.8	751.9	824.0	72.1	733.1	-18.9	758.8	6.9
	50%抽穗	63.3	1089.6	1019.1	-70.6	1065.3	-24.3	1075.9	-13.8
	生理成熟	102.3	1638.0	1665.8	27.8	1705.6	67.6	1647.0	9.1

過資通訊技術將農業氣象諮詢系統的每日溫度資料自動匯入本系統，利用電腦系統運算功能計算水稻自插秧後迄今的累積溫度並對應到正確的生育階段。使用者設定各生育階段應進行的農務工作，如施肥、病蟲害防治、田間管理等工作可進行線上查詢與紀錄工作內容；施肥項目則連結肥料資訊系統，提供使用者挑選目前市面上販售之肥料商品，依農地面積計算所需之肥料用量與成本(圖2)；病蟲害防治項目則連結防檢局疫情通報系統，能隨時了解相鄰縣市與所在縣市是否有疫情發生，以便提早因應預防並減少損害。本系統提供各生育階段不同農務工作之

任何支出紀錄，區分為一般管理成本、肥料成本、防治成本等項目，所有登錄資料可依類別產出管理事項查詢、施肥料管理查詢、防治事項查詢、病蟲害警示查詢、栽培效益查詢、施肥效益查詢等，這些資料除提供報表外亦可轉出至EXCEL軟體進行編輯。

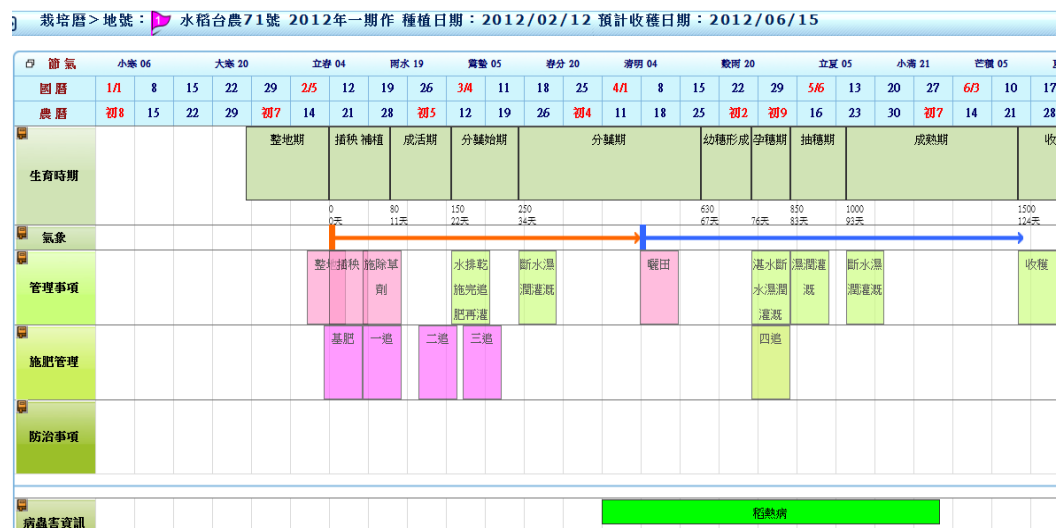


圖 1.栽培管理作業曆



圖 2.肥料施用量計算

結 語

國內水稻農戶之生產面積太小，並不符合農業經營效益，若能配合小地主大佃農政策擴大經營規模並利用本系統進行農業生產經營之管控，能合理控制成本支出及了解各項工作所產生之報表，再與水稻、肥料、病蟲害等專家討論，提升個人的栽培管理經驗，並加速企業化之稻作經營體系的建立。

參考文獻

1. 邱運全。1993。臺灣地區水稻幼穗分化期的預測。國立中興大學農藝學研究所碩士論文。
2. 張瑪利、羅正宗、劉景平。2006。日長對水稻栽培品種抽穗及農藝性狀之影響。作物、環境與生物資訊 3: 147-158。
3. 蔡金川、沈美珍、陳建山、劉大江。1984。日射量對水稻抽穗期、營養要素濃度、乾物質生產與產量的影響。臺灣省農業試驗所特刊16：83-98。
4. Frizzell, D. L., J. D. Branson, C.E. Wilson Jr., R. J. Norman, K. A. K. Moldenhauer, J. W. Gibbons. 2010. Development of degree day 50 thermal unit thresholds for new rice cultivars. p. 187-193. In R.J. Norman and T.H. Johnston (ed.) B.R Wells Rice Research Studies 2010 Res. Ser. 591. Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR.
5. Horie, T. and H. Nakagawa. 1990. Modelling and prediction of development process in rice. I. Structure and method of parameter estimation of a model for simulating development process toward heading. Jpn. J. Crop Sci 59 : 687-695.
6. Slaton, N. and R. Norman. 1994. DD50 computerized rice management program. p. 31-36. In R.S. Helms (ed.) rice production handbook. Misc. Publ. Arkansas Coop. Ext. Service, Univ. of Arkansas, Little Rock, AR.
7. Wilson Jr., C. E., R. J. Norman, K. A. K. Moldenhauer, J. W. Gibbons, D. L. Frizzell, and A. L. Richards. 2005. Development of degree day 50 thermal unit thresholds for new rice cultivars. p. 356-363. In R.J. Norman and T.H. Johnston (ed.) B.R Wells Rice Research Studies 2005 Res. Ser. 540. Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR.

ABSTRACT

Investigate the relationship between growth days and temperature for rice growth stages: tillering, panicle initiation, heading and physiological maturity by TK9 and TNG71 variety. Calculate the growth days and cumulative temperature accumulated temperature index, rice growth and development base temperature by 10 °C. Regression analysis on the accumulated temperature index and growth stages. Modeling fits of third order polynomial regression, nonlinear regression and polynomial nonlinear regression model for two crops, assessment of two varieties based on accumulated temperature residuals in each period for the estimated efficiency. The result showed that the polynomial nonlinear model for TK9 and TNG71 varieties of two crops for prediction capabilities, can accurately estimate the accumulated temperature of four growth stages. Apply the results of the rice cultivation, we further cooperated with the researchers of all Agricultural Research and Extension Stations of the Council of Agriculture for the joint establishment of the Integrated Information System for High-quality Crop Production. The creation process started from the establishment of the relationship model between plant growth and weather factors. First, we gathered meteorological data from the agricultural weather stations of the Central Weather Bureau and our improvised weather stations. Next, we applied a built-in model to compute and attain the correct growth period in order to create a dynamic cultivation management schedule. Up to now, we have applied the estimation of the accumulated temperature measurements during the growth period to predict the growth period of TK9 and TNG71 varieties. In this way, we can adjust the management work, such as irrigation, drainage, weeding, fertilization, and disease and pest control, at anytime pursuant to different growth periods.

Keywords: rice, cumulative temperature, regression model, information system, cultivation management schedule.

優質水稻肥培管理

賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾*

行政院農業委員會臺中區農業改良場

*通信作者信箱：laywe@tdais.gov.tw

摘 要

水稻肥培管理依據現行稻田土壤肥力及合理施肥基準推薦施肥用量，氮肥推薦用量應考慮水稻品種、期作、氣候、土壤質地及土壤生產力等因素，磷、鉀肥則依土壤磷、鉀含量推薦用肥量。酸性土壤(pH 5.0以下)之稻田施用矽酸爐渣每分地150~300公斤，可提高土壤pH值、有效性矽酸、交換性鈣、鎂之含量，並可降低有毒之鋁、鐵離子危害，稻穀產量增加6.8~9.7%。矽酸爐渣施後對後作亦有殘效，連用3年後，停施2年仍可提高稻穀產量4.9~6.7%。水稻栽培對土壤質地之適應性，以壤土至粘質壤土質地為宜，質地較細而粘重土壤之稻穀產量高，粗質地之疏鬆土壤產量較低。氮肥施用於稻田之肥效，可因土壤質地產生不同土壤滲漏速率，進而影響氮肥流失及後續肥效。水稻任何生育階段均可吸收氮素，但以分蘖盛期及幼穗形成期之氮素肥效最高，可獲高產；因此，水稻肥培過程中，須於基肥、追肥(分蘖盛期及幼穗形成期)充分供應氮肥。為使水稻能夠產生足夠之穗數，於第二次整地前施基肥，將氮肥、磷肥混入土層中，提供水稻生育初期足夠養分，再配合穗肥施用，可提高稻穀產量9.1~11.1%。試驗結果，氮肥用量對水稻產量之影響經二次迴歸分析，施用130 kg N ha⁻¹，即足夠水稻生育期之養分，可達最高產量之90% (7,000 kg ha⁻¹)。另糙米之氮含量隨著氮肥用量而增加，鉀含量則因氮肥用量增加而減少，顯示氮肥用量會影響糙米品質。

關鍵詞：水稻、產量、氮肥。

前 言

水稻生產者需要將品種、栽培技術及氣候條件等三因素作良好的配合，才能獲得最高的單位面積產量，同時在相同的人力、物力投資下，稻穀的生產量愈多，則利潤愈高(宋，1980)。三要素肥料之投入以氮肥為促進水稻生育最有效之肥料，反應最為敏感，氮肥不足生長不良產量低，多施氮肥會使水稻株高伸長及分蘗數增多。栽培水稻的最終產物是稻穀，施用高量氮肥致使水稻分蘗數增多而植株抽穗成熟期參差不齊，形成米的澱粉不足，使穀粒充實度下降，空穀粒增加，稔實率降低，對產量、米質都有不利影響，並且增施氮肥量提高水稻植株易倒伏及誘病之風險(黃等，1980)。現今水稻肥培管理之氮用量為滿足水稻生育期養分所需，且水稻不倒伏及不誘發病蟲害發生範圍內，自行加以調整，均有施用量過多的現象。為獲得高產、米質佳與收益，應加強水稻合理化施肥，減少氮肥施用量。臺灣各地區土壤普遍缺乏氮，在相同水稻品種條件，對於氮肥效應最大，一般稻田氮用量約在 $100\sim 210\text{ kg ha}^{-1}$ 之間(Su, 1975)。據黃等人(1983)之研究顯示，不同土壤需要不同氮用量，而底土質地不同，則氮肥用量亦異，底土質地愈粗，需氮量愈大。臺灣地區一、二期作水稻產量差異懸殊，除與氣象條件及品種有關，在營養管理上，顯示氮肥之施用過量及施用時期不當情形。水稻施肥技術之關鍵在氮肥之施用，而氮肥之需要性，受土壤間差異之影響很大(謝等，1976)。臺灣地區於1965~1974年間由各農業試驗改良場所在各地舉辦水稻氮肥分施試驗，結果證實水稻幼穗形成期之穗肥，可提高稻穀產量，以基肥、追肥、分蘗盛期及幼穗形成期組合較佳(Su, 1975)。據王等(2003)於農試所農場進行試驗結果以增施穗肥與否後對稻穀有增產之效果。

水稻肥培管理依據現行稻田土壤肥力狀況及合理化施肥基準推薦施肥用量。由土壤管理組知悉了解稻田之土系、土壤性質、土壤pH值、土壤生產力等因素，氮肥用量應考慮水稻品種、期作、氣候、土壤質地及土壤肥力狀況，依水稻生長勢靈活調整氮肥用量；土壤磷、鉀依土壤肥力分析數值含量(張，1981)，依作物施

肥手冊(2005)水稻推薦用量，避免盲目施肥，累積土壤中，影響養分有效性。臺灣地區耕地有33.2%屬於強酸性土壤，pH值低於5.0以下之稻田施用矽酸爐渣，提升土壤pH值及鈣、鎂、矽增加，降低土壤鋁、鐵離子危害，施用矽酸爐渣增產之潛力似乎不小(林等，1962)。

水稻對土壤質地之適應性，以種植在壤土至粘質壤土質為宜，質地較粘重者稻穀產量愈高，粗質地疏鬆的土壤稻穀產量較低。依土壤肥力能限土壤質地對稻穀產量高低順序為 $L \geq LC > LS > S$ (黃等，1984)。水稻在任何生育階段均可吸收氮素，須以基肥、追肥(分蘖盛期及幼穗形成期)之氮素肥效最高，須充分供應氮肥，方可獲得高產(Su, 1975)。王等(2003)研究氮肥施分基肥、一、二追肥三次，與增施穗肥 $N\ 30\ kg\ ha^{-1}$ 量，可增產11~23.4%，另黃(1984)於彰化縣低氮深施區於不同土壤質地可增產0.5~7.8%，但粗質地土壤則減產15.2%。水稻抽穗後因受豪雨、颱風等氣候因素而倒伏，則隨著倒伏時期往後者對稻穀成熟度及千粒重及產量影響較小(侯，1988)。土壤質地結構是氮肥肥效限制因子之一，稻田土壤滲漏速率，進而影響氮肥流失及後續肥效，據張等(1989)試驗指出表、底土粘重土壤(CL/CL)滲漏速率0.95 mm/day最少，而L/CL 1.54 mm/day次之，而壤土(L/L)滲漏率8.48 mm/day最大，建議以淺水狀態施氮肥減少深水肥效流失，以提升肥效。

材料與方法

針對水稻氮需要用量分為五級處理(表1)，2011年於臺中市大雅區上楓里進行田間試驗，其土壤為砂頁岩非石灰性沖積土上楓樹系(TSg)(臺中、南投縣土壤調查報告，1976)；試區土壤為坵質壤土(王，1981)，試驗前之土壤肥力性質如表2所示。試驗採用逢機完全區集設計，五處理，四重複，計20小區，小區面積 $3\ m \times 10\ m = 30\ m^2$ 。種植之水稻品種為台農71號。化學氮肥用量分五級，分別為0、90、150、210及 $270\ kg\ N\ ha^{-1}$ 。磷、鉀用量依照當地條件及土壤速測結果推薦，磷肥用量為 $30\ kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$ 、鉀肥用量為 $30\ kg\ K_2O\ ha^{-1}$ 。肥料施用法依作物施肥手冊(2005)推薦法行之。氮肥以硫酸銨分別於基肥25%、插秧後15天施第一次追肥20%、插秧後30天，

磷肥全量於基肥以過磷酸鈣施用，鉀肥以氯化鉀分別於第一次追肥40%、第二次追肥60%予以施用。

表 1.試驗處理

Table 1. Fertilization treatments

Treatment	Application rate
N 0	0 kg N ha ⁻¹
N 90	90 kg N ha ⁻¹
N 150	150 kg N ha ⁻¹
N 210	210 kg N ha ⁻¹
N 270	270 kg N ha ⁻¹

表 2.試區一般土壤性質

Table 2. Soil properties of experimental plot

Soil series	pH	EC	OM	Bray-1	Exchangeable cation		
	1 : 1	1 : 1		P	K	Ca	Mg
	Soil : H ₂ O	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		
TSg ¹	5.42	0.51	29	64	98	618	113

¹ TSg: ShangfengShu Series.

氮肥用量對土壤性質之影響

於臺中市大雅區上楓里砂頁岩沖積土之稻田，增施氮肥(硫酸銨)後，土壤電導度(EC值)較無氮區提高0.19~0.34 dS m⁻¹ (表3)；施用氮肥後土壤pH值下降0.06~0.14單位；土壤有機質含量亦減少0.1~0.7 g kg⁻¹；土壤鉀含量降低13~26 mg kg⁻¹；土壤鎂含量降低2~14 mg kg⁻¹；而土壤交換性鈣含量則增加44~77 mg kg⁻¹，但各處理間並未達顯著差異。顯示施用不同量之氮肥後，除提供水稻生育所需之氮外，對土壤肥力反應會降低養分有效性，使土壤酸鹼度(pH值)呈下降趨勢，但此差異未達顯著水準。據羅和林(1985)研究指出於強酸性土壤，凡不施穗肥者均使水稻減產，而施穗肥者，則產量隨著施用量多少而增減。

表 3. 氮肥用量對水稻收穫後土壤肥力之影響

Table 3. Effect of nitrogen levels on the fertility of soil after harvest of rice plants

Treatment ¹	pH	EC	OM	Bray-1	Exchangeable Cation		
Nitrogen	1 : 1	1 : 1		P	K	Ca	Mg
(kg N ha ⁻¹)	Soil:H ₂ O	dSm ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹			
N0	4.61a ²	1.34b	33a	118a	177a	910a	109a
N90	4.54a	1.68a	33a	112a	164a	955a	107a
N150	4.55a	1.53ab	32a	111a	151a	987a	109a
N210	4.49a	1.57ab	33a	117a	161a	973a	107a
N270	4.47a	1.54ab	33a	123a	155a	954a	95a

¹ The same as table 1.² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

氮肥用量對水稻生育之效果

水稻生育期分蘗數及穗數調查結果(表4)顯示，第一期作插秧後40天之生育調查顯示，以N270及N210兩處理較對照處理之分蘗數增加較多，其次為施用N150及N90之處理，且處理間差異顯著。成熟期(110天)與插秧後40天時之分蘗數(穗數)分布有相同趨勢。據宋(1980)之研究，施肥量增加，可增加水稻穗數或一穗粒數。林(1998)之研究顯示，施氮肥量120 kg ha⁻¹之一期作水稻分蘗數比施氮肥量60 kg ha⁻¹者多10%，可見提高氮肥用量有提高水稻分蘗數之效果。

表4顯示，水稻之有效分蘗率(成熟期穗數/插秧後40天之分蘗數)，施氮肥處理之平均值(72%)較對照組(84%)低甚多。可能與本試區土壤肥力之狀況佳，又因臨近上楓社區，當污水放流時，不慎之引灌造成對照處理的水稻，在插秧40天之分蘗數就高達20支以上，且增施不同用量氮肥之處理，亦徒增水稻無效分蘗數高達7.5~11.6支。羅和林(1985)之研究指出，在水稻初期生長對氮肥反應敏感之土壤，應少施氮肥以降低無效分蘗，而保持適當分蘗數，在生長後期給予適當養分管理。

表 4. 氮肥用量對水稻株高及分蘖之影響

Table 4. Effect of nitrogen levels on rice plant height and tiller number

Treatment ¹		N0	N90	N150	N210	N270
40 DAT	Plant height (cm)	65c ²	70b	72ab	74a	75a
	Tiller (number)	25c	30bc	34ab	33b	38a
Maturity stage	Plant height (cm)	98c	98c	110b	109b	114a
	Panicle number	21c	22b	23b	25ab	27a
Effective tiller (%)		84	75	69	76	70

¹ The same as table 1.² Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

不同生育期株高調查結果顯示(表4)，插秧後40天生育調查以施N270及N210處理株高較高，其次為N150及N90處理均顯著較對照(N0)高。成熟期之株高以N270處理者最高，其次為N210和N150處理，而以N90和N0的株高較低。施用氮肥之處理的水稻平均株高(108 cm)較對照處理增高約10 cm；顯示增施氮肥促進水稻對氮吸收，致株高增高，惟收穫前因受氣候影響而造成N210及N270之處理的水稻植株倒伏產量降低。本地區種植之水稻氮肥施用量在90~150 kg N ha⁻¹間，即足夠生育所需。由此可知，施不同量氮肥使水稻株高之增加，若逢聖嬰年氣候異常時，可減少氮肥用量以避免倒伏所造成稻穀產量及稻米品質的下降。

氮肥用量對水稻產量之影響

表5顯示，各處理之稻穀產量，以N90、N150和N210處理之產量顯著高於未施氮肥之對照組，但三處理之水稻產量間無顯著差異。施用N270處理之水稻產量反而較低，而與對照組相近。由此推知，本試驗地種植臺農71號水稻的氮肥施用量介於90~150 kg 即可達較高產量。

表5顯示每公頃施以N210及N270 (重氮)處理之稻草產量較對照組平均增產29%，N90 (低氮)處理之稻草產量則較對照組增產約16%。顯示氮肥用量對稻草增產效果與稻穀相似。

表 5. 氮肥用量對水稻產量之關係

Table 5. Effect of nitrogen level on rice yield

Treatment ¹	N0	N90	N150	N210	N270
Grain yield (kg ha ⁻¹)	6,599b ³	7,333a	7,200a	7,308a	6,566b
Index (%) ²	100	111	109	111	100
Straw yield (kg ha ⁻¹)	5,494d	6,351bc	5,740cd	7,259a	6,881ab
Index (%)	100	116	105	132	125
Grain straw ratio ²	1.20	1.15	1.25	1.01	0.95

¹ The same as Table 1.² Grain straw ratio = (yield of each treatment/yield of No) × 100.³ Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

臺中地區砂頁岩沖積土之稻田氮肥需要量，每公頃氮肥90~150 kg之用量足可提供臺農71號水稻生育所需之養分。90~150 kg N ha⁻¹用量即可產出7,267 kg ha⁻¹之稻穀，且較N0處理增產10%；其稻草平均產量(6,045 kg ha⁻¹)則較N0處理增產10%。因此，水稻的氮肥施用，宜隨氣候變化、水稻植株生長所需與葉片姿態靈活調整用量。

圖1為氮肥用量與水稻稻穀產量之二次迴歸分析結果，顯示兩者之間呈極顯著相關。以稻穀最高產量(7,364 kg ha⁻¹)之氮肥施用量為依歸，以迴歸程式求得最高產量的90%之氮肥用量，為125~139 kg N ha⁻¹。據黃等(1976)之研究指出，一般平地之水稻一期作的氮肥推薦量約為120~140 kg N ha⁻¹。由此推之，130 kg N ha⁻¹氮肥施用量已足夠水稻生長所需，而一般農民高達200 kg N ha⁻¹以上，應屬過量。

氮肥用量對糙米無機養分含量之關係

糙米之養分含量如表6所示。稻穀脫殼後糙米之氮含量以施用N210及N270處理(重氮區)顯著較高，再依次為N150、N90和N0，且處理間有顯著差異，顯示水稻生育期間，施氮肥會增加水稻氮吸收量，此與林(1998)研究結果一致；即稻穀氮含量隨著氮肥用量增加而增加，且一期作者比二期作者高。另，邱和黃(1970)之研究

顯示，晚施及過量施用氮肥，會使水稻氮吸收量增加，植株生長旺盛而易致倒伏且影響稻米品質。

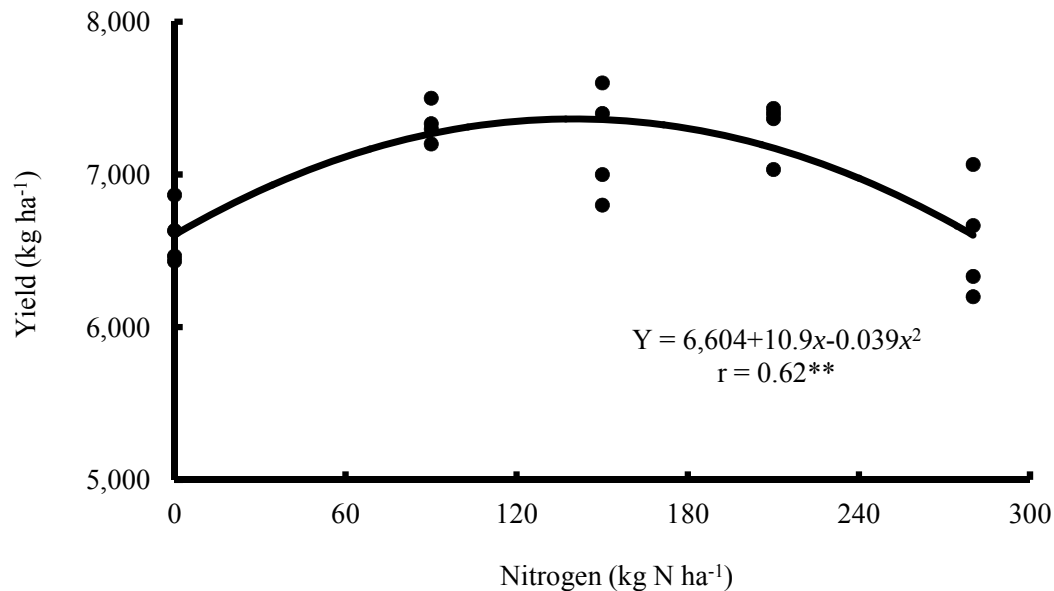


圖 1. 氮肥用量對水稻產量之相關。

Fig. 1. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amounts and rice yield.

表 6. 氮肥用量對糙米養分之影響

Table 6. Effect of nitrogen level on the nutrient contents of brown rice

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Nitrogen (Kg N ha ⁻¹)	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				
N0	9.5d ²	2.8a	2.7a	2.6a	1.3a	3.0c	18a	31a	16a
N90	11.0c	2.6a	2.5ab	2.9a	1.3a	3.8ab	17a	30a	16a
N150	12.3b	2.7a	2.5ab	2.8a	1.3a	3.5b	16a	29a	15a
N210	12.6ab	2.5a	2.4b	3.0a	1.3a	4.0a	16a	30a	16a
N270	13.5a	2.5a	2.4b	2.2a	1.2a	4.0a	16a	31a	16a

¹ The same as Table 1.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

糙米之鉀含量以對照組最高，其次為N90及N150處理，而N210及N270處理(重氮區)之糙米鉀含量較低，且處理間達顯著差異。糙米之氮含量隨著氮肥用量增加而增加，但糙米之鉀含量則反之，係隨著氮肥用量增加而有減少之趨勢。

本試驗中氮肥施用量處理包括五級(0、90、150、210及270 kg N ha⁻¹)，氮肥用量與糙米氮之間有極顯著的線性相關(圖2)；表6亦顯示糙米之氮含量隨氮肥用量的增加而增加，因此，氮肥用量會直接影響到水稻產量及稻穀品質。

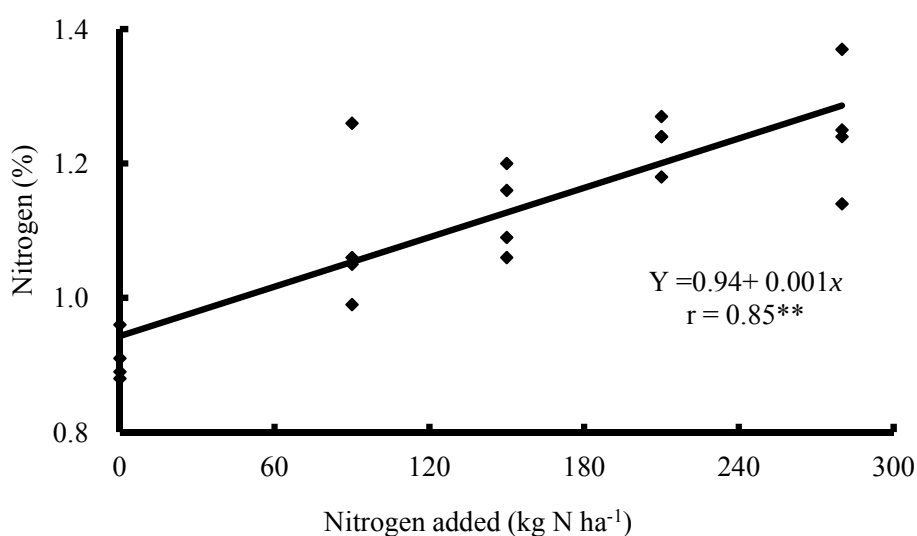


圖 2. 氮肥用量對糙米氮含量之相關。

Fig. 2. Correlation regression between different nitrogen fertilizer amounts and nitrogen content in brown rice.

致 謝

本研究承蒙作物環境課土壤肥料研究室同仁的協助，謹致謝忱。

參考文獻

1. 王新傳 1981 鮑氏土壤機械分析法 p.27-29 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊第13號。

2. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉、陳琦玲、劉滄琴 2003 肥料深施及穗肥對水稻產量之效應及診斷研究 農試所特刊 105: 105-120。
3. 宋勳 1980 施肥法影響水稻碾米品質之研究 臺中區農業改良場研究彙報 3: 20-24。
4. 作物施肥手冊 2005 水稻 p.16-20 中華肥料協會 臺中。
5. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61: 13-23。
6. 林國謙、連深、李蘭帝 1962 矽酸對水稻產量之效應 中華農業研究 11: 45-47。
7. 邱再發、黃文良 1970 水稻氮肥施肥技術之研究(I)氮肥晚施用對水稻產量及養分吸收之影響 中華農業研究 19: 26-41。
8. 侯福分 1988 肥料對稻米品質之影響 稻米品質研討會專集 臺中區農業改良場特刊 13: 242-248。
9. 張茂盛、周泰鈞、黃宣鵬、劉慧瑛 1989 良質米與非良質米稻田土壤性質差異之研究 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告 p.1-7。
10. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 p.9-26 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊第13號。
11. 黃山內、黃祥慶、王錦堂 1983 酸性稻田連用矽酸爐渣之效果及其成效之研究 臺中區農業改良場研究彙報 7: 53-65。
12. 黃山內、謝慶芳、黃祥慶 1976 稻作施肥改善推廣 臺灣農業季刊 12: 38-52。
13. 黃山內、顏正益、蘇復茂、胡南輝、黃宣鵬 1980 水稻新育成品種之氮肥需要量 p.58-70 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告。
14. 黃明輝 1982 影響水稻生產之土壤物理性檢定 中華農業研究 31: 347-352。
15. 黃祥慶、王錦堂、黃山內 1984 彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之氮肥效應 臺中區農業改良場研究彙報 8: 41-58。
16. 臺中縣、南投縣土壤調查報告 1976 國立中興大學農學院土壤學系 臺中。

17. 謝慶芳、黃山內 1976 水稻氮素肥料效率改進試驗 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告 p.22-26。
18. 羅瑞生、林聰德 1985 性質迥異稻田土壤之氮肥營養管理技術之研究 p.1-18 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告。
19. Su, N. R. 1972. The Fertility status of Taiwan soils ASPAC/FFTC technical bulletin No. 8 8: 16-95.

ABSTRACT

According to the soil fertility analysis and reasonable fertilizer management, rice nitrogen fertilizer recommendation rate should take into consideration of the following factors, such as rice variety, cropping number, weather, soil texture and soil productivity. The factors of that in considering rice phosphorus and potassium fertilizer should be soil phosphorus and potassium contents. In acid soils ($\text{pH} < 5.0$), it is suggested to apply 150-300 silica slag for 0.1 hectare to raise soil pH, available silicate acid, exchangeable calcium and magnesium, 6.8-9.7% of rice grain production and to reduce toxic effect of aluminium and ferric ion. Silicate slag is effective in 3 years of concessive application, and 2 years of non-applying (rice grain production increased for 4.9-6.7%). It is suggested to plant rice in loam to sandy loam soil. The rice production is higher in fine soils than in coarse soils. Nitrogen fertilizer is more effective in fine soils because of lower leaking. Nitrogen can be used in all rice growth stages, but only at the tillering and panicle formation period, the utilization of nitrogen was highest. Therefore, during rice growth stages, we should provide sufficient nitrogen in ground fertilizing and topdressing (tillering and panicle formation period). The rice grain production can be raised for 9.1-11.1%. The result showed that 130 kg N ha^{-1} of nitrogen fertilizer applied was sufficient in supporting all the rice growth stages to reach 90% of highest production. The content of nitrogen in brown rice was increased with the applying of nitrogen fertilizer, while that of potassium was decreased, showing nitrogen fertilizer can influence on the quality of rice.

Key words: Rice, Yield, Nitrogen.

建立水稻幼苗期耐旱相關外表性狀指標

劉佩欣¹，陳榮坤²，曾信嘉¹，羅正宗²，黃文理^{1*}

¹國立嘉義大學農藝學系；²臺南區農業改良場嘉義分場

*通信作者信箱：wlhuang@mail.ncyu.edu.tw

摘 要

本研究選取120個水稻(*Oryza sativa* L.)種原，以水耕栽培模式於幼苗期階段調查各種原之地上部與根部性狀，進一步於木村氏水耕液中添加20% PEG模擬乾旱處理，依IRRI標準觀察葉片捲曲程度判斷對乾旱逆境之耐受性。試驗結果顯示幼苗期之根數、根長、根鮮重、根乾重、地上部鮮重與乾重等農藝性狀在不同水稻參試種原間均呈現顯著差異。依在PEG處理下之反應，可明顯區分出不同種原幼苗對乾和逆境之耐受性明顯不同。以逆境處理下葉片捲曲程度到達7時所需天數(Days to IRRI7; DIR7)，作為幼苗期之耐旱指標，顯示DIR7與幼苗之根數、根鮮重、根乾重及地上部乾重等性狀有顯著正相關。上述結果可作為水稻耐旱育種篩選系統之參考依據，此結果可作為後續耐旱關聯性QTL定位之應用。

關鍵詞：水稻、乾旱逆境、相關性分析、外表型指標、幼苗期。

前 言

水稻(*Oryza sativa* L.)是全球最主要的糧食作物之一，據估計約有50%以上的稻作生產地區長年處於乾旱逆境之威脅(Hanson *et al.* 1990; Fukai *et al.* 1999)。臺灣地區雖雨量豐沛，但因雨量分配不平均，因缺水造成水稻休耕仍時有所聞，尤其隨著全球氣候變遷，極端乾旱與強降雨的頻率有愈來愈明顯的趨勢，影響稻作生產與糧食安全甚鉅。乾旱耐受性被認為是所有生物性與非生物性逆境中最為複雜的機制(Hanson *et al.* 1990; Mackill *et al.* 1996; Mitchell *et al.* 1998; Jongdee *et al.* 2002;

Cairns *et al.* 2009), 為一數量性狀, 影響耐旱相關之數量性狀基因座(quantitative trait loci; QTL)數量眾多, 已有許多與耐旱相關之QTLs被鑑定出(Steele *et al.* 2006; Qu *et al.* 2008; Lang and Buu 2008; Zhang *et al.* 2008; Cairns *et al.* 2009), 惟不同種原或篩選系統可能篩選到不同之QTLs, 使得水稻耐旱品種的選育工作進展緩慢。

近年來, 由於分子生物技術的快速演進, 利用基因轉殖技術導入有用基因與開發重要農藝性狀相關之DNA分子標誌以輔助新品種選育, 已廣泛在許多先進國家的育種計畫中施行, 唯在許多消費者仍對基因改造技術存有疑慮的現今, 更突顯分子標誌輔助選拔技術(marker assisted selection; MAS)的重要性與可行性。要利用DNA分子標誌輔助耐旱特性之選拔, 除須先釐清種原特性外, 乾旱處理之篩選系統與鑑定指標, 也是影響選拔成效之重要因子。一般言之, 水稻幼苗期與生殖生長期對乾旱逆境最為敏感, 前者遭遇乾旱時會影響幼苗地上部與根部之生長勢及分蘖數(Mitchell *et al.* 1998; Jongdee *et al.* 2002; Gowda *et al.* 2011)。水稻不同生育階段對乾旱逆境之反應與耐受能力也不同, 耐旱相關鑑定指標中, 又以逆境下葉片捲曲之外表形態指標最為普遍(Standard Evaluation System: IRRI 1996; Mitchell *et al.* 1998), 常被用來表示水稻遭受乾旱逆境時的傷害指標且廣泛的運用於水稻抗旱育種的選拔系統(Mitchell *et al.* 1998; Pantuwan *et al.* 2004)。

本研究擬利用關聯性定位(association mapping)之研究策略(Tuberosa and Salvi 2006)進行後續耐旱相關QTLs篩選, 試驗首先需建立耐旱相關辨別指標。以臺南區農業改良場所蒐集的120個不同稻種原為材料, 以水耕栽培模式調查各種原3-4葉齡幼苗之農藝性狀, 並以水耕液中添加聚乙二醇(polyethylene glycol; PEG)滲透調節劑模擬乾旱處理(Michel and Kaufmann 1973; Hardegree and Emmerich 1990), 比較各種原幼苗期階段之耐旱性, 試驗以IRRI葉片捲曲指標延伸而來的DIR7(Days to IRRI 7)為耐旱之判斷指標, 進一步利用相關性分析(correlation analysis)釐清幼苗期階段農藝性狀與乾旱逆境耐受性之相關性。

材料與方法

(一)試驗材料

本試驗以臺南區農業改良場所提供之120個水稻與陸稻種原作為試驗材料 (如表1)。種原包括國內栽培梗稻、秈稻、及糯稻、嘉義茶山地區、山美地區收集之陸稻品系、及種原庫中收集自IRRI、日本地區、美國及中國大陸之種原等。

(二)植株栽培

本試驗利用木村氏水耕液系統進行水稻幼苗之栽培。參試種原種子於35℃水浴槽內浸種48 h，各種原挑選催芽種子移至不鏽鋼網架上，置於27℃、高光強度(20000 lux)、相對溼度65%之植物生長箱中進行水耕栽培，三重複。每隔3天更換水耕液，約14天後，幼苗可達3~4葉齡，進行農藝性狀調查。

(三)農藝性狀調查

將120個水、陸稻試驗種原以水耕栽培至3~4葉齡時，分別調查幼苗地上部與根部特性，包括地上部鮮重、乾重，根部之根長、根數、根鮮重、及根乾重，每種原至少調查5單株，試驗重複三次。

(四)PEG滲透壓處理與外觀觀察

將上述生長至3~4葉齡之水稻幼苗移至含20% PEG 6000木村氏水耕液中進行模擬乾旱處理。參考國際水稻研究所訂定之水稻乾旱分級標準(Standard Evaluation System: IRRI 1996)，每日觀察並依水稻葉片捲曲程度分為0、1、3、5、7及9等不同等級進行目視調查(如Fig. 1)，紀錄各品系水稻幼苗葉片之捲曲程度(leaf rolling score)，本試驗以葉片捲曲程度到達7時所需天數(Days to IRRI7; DIR7)，作為幼苗期之耐旱指標。

(五)統計分析

以SAS (Statistical Analysis System) 9.2版本之套裝軟體進行DIR7耐旱指數與上述幼苗期調查之各農藝性狀間相關性分析。

表 1. 本試驗之 120 個水稻品種(系)

Table 1. 120 Rice lines used in this study.

No.	Variety	Origin	Type	No.	Variety	Origin	Type
1	H91-38-1	Japan	Japonica	31	Nato	USA	Japonica
2	H91-38-3	Japan	Japonica	32	KFAW	Taiwan	Native germplasm
3	Ochikara	Japan	Japonica	33	NHAW	Taiwan	Native germplasm
4	H87-43	Japan	Japonica	34	TNAW	Taiwan	Native germplasm
5	D6	Taiwan	Native germplasm	35	Ku 2986	Taiwan	Native germplasm
6	D8	Taiwan	Native germplasm	36	Kabasicco	Philippines	indica
7	Milyang 23	China	Indica	37	Azucena	Philippines	Japonica
8	KHS 139	Taiwan	Japonica	38	Khao-lo-1	Taiwan	Native germplasm
9	TYW 2	Taiwan	Glutinous	39	Ku79-2	Taiwan	Native germplasm
10	TCW 70	Taiwan	Glutinous	40	Hseng-Ma-Tsam	Taiwan	Native germplasm
11	TNGS14	Taiwan	Indica	41	Hung-Mi-Hsiang-Ma-Tsam	Taiwan	Native germplasm
12	TNGSY2414	Taiwan	Indica	42	Basmati 370	India	Indica
13	IR72	Philippines	Indica	43	Jasmine 85	Thai	Indica
14	IR65598-112-2	Philippines	Indica	44	DYAJ	Taiwan	Native germplasm
15	IR66159-189-5-5-3	Philippines	Japonica	45	Aromatic Lemont	USA	Indica
16	IR68003-45-2-2	Philippines	Japonica	46	NBW	Taiwan	Native germplasm
17	IR61608-3B-20-2-2-1-1	Philippines	Indica	47	JPAW	Japan	Glutinous
18	B6490	Philippines	-	48	CYPAW	Taiwan	Native germplasm
19	BSI324	Philippines	Japonica	49	CKRW	Taiwan	Native germplasm
20	BSI325	Philippines	Japonica	50	CPRW	Taiwan	Native germplasm
21	BSI328	Philippines	Japonica	51	TDGW	Taiwan	Native germplasm
22	H3340	Philippines	Japonica	52	Pankaj	Taiwan	Native germplasm
23	H3308	Philippines	Japonica	53	Ching Chueh Chin yu	Taiwan	Native germplasm
24	IR71694-39-2-5-2	Philippines	Indica	54	IR76-83-3-1	Philippines	Indica
25	IR76904-7-19	Philippines	Indica	55	TL3	Taiwan	Native germplasm
26	IR75286-AC5	Philippines	Indica	56	FKR 19	Philippines	Indica
27	IR61608-3B-20-2-2-1-2	Philippines	Indica	57	Guizhao	China	Indica
28	R95-899	Philippines	Indica	58	NER 10A KEAN 2	Africa	NERICA
29	Annada	Japan	Japonica	59	RASI	Africa	NERICA
30	Lemont	USA	Japonica	60	WAB 56-50	Africa	NERICA

表 1. (續)

Table 1. (Cont.)

No.	Variety	Origin	Type	No.	Variety	Origin	Type
61	WAB365-B-1-1-H1-HB	Africa	NERICA	91	SM 1	Taiwan	Native germplasm
62	WAB450-1-B-P-163-4-1	Africa	NERICA	92	SM 2	Taiwan	Native germplasm
63	WAB450-11-1-1P31-HB	Africa	NERICA	93	SM 3	Taiwan	Native germplasm
64	TS 1	Taiwan	Indica	94	TS 1	Taiwan	Native germplasm
65	GY 1	Taiwan	Native germplasm	95	CD-13	Taiwan	Native germplasm
66	KHS 143	Taiwan	Japonica	96	CD-2	Taiwan	Native germplasm
67	TC 191	Taiwan	Japonica	97	CD-3	Taiwan	Native germplasm
68	STW	Taiwan	Indica	98	CD-1	Taiwan	Native germplasm
69	G 9	Taiwan	Indica	99	CD-20	Taiwan	Native germplasm
70	A 23	Taiwan	Native germplasm	100	SM 5	Taiwan	Native germplasm
71	TK 2	Taiwan	Japonica	101	SM 6	Taiwan	Native germplasm
72	TK 4	Taiwan	Japonica	102	SM 7	Taiwan	Native germplasm
73	TK 8	Taiwan	Japonica	103	SM 8	Taiwan	Native germplasm
74	TK 9	Taiwan	Japonica	104	SM 9	Taiwan	Native germplasm
75	TK 11	Taiwan	Japonica	105	SM 10	Taiwan	Native germplasm
76	TK 14	Taiwan	Japonica	106	SM 11	Taiwan	Native germplasm
77	TK 16	Taiwan	Japonica	107	SM 12	Taiwan	Native germplasm
78	TNG 71	Taiwan	Japonica	108	TS 2	Taiwan	Native germplasm
79	TY 1	Taiwan	Japonica	109	TS 3	Taiwan	Native germplasm
80	TN 11	Taiwan	Japonica	110	TS 4	Taiwan	Native germplasm
81	TT 30	Taiwan	Japonica	111	TS 5	Taiwan	Native germplasm
82	TKW 3	Taiwan	Glutinous	112	TS 6	Taiwan	Native germplasm
83	TNW 10	Taiwan	Glutinous	113	TS 7	Taiwan	Native germplasm
84	TNG 67	Taiwan	Japonica	114	TS 8	Taiwan	Native germplasm
85	TNGW 73	Taiwan	Glutinous	115	TS 9	Taiwan	Native germplasm
86	TCS 10	Taiwan	Indica	116	TS 10	Taiwan	Native germplasm
87	Mudgo	India	Indica	117	TS 11	Taiwan	Native germplasm
88	SM 4	Taiwan	Native germplasm	118	TS 12	Taiwan	Native germplasm
89	Kasalath	India	Indica	119	TS 13	Taiwan	Native germplasm
90	YM	Taiwan	Native germplasm	120	IR64	Philippines	Indica

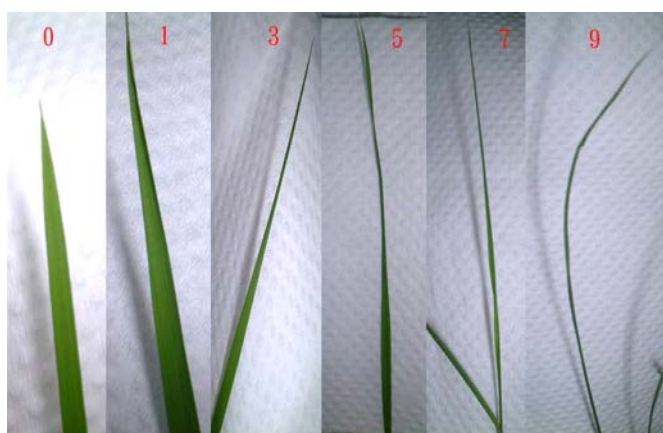


圖 1. 乾旱逆境處理下水稻幼苗葉片捲曲程度等級

本等級主要參照IRRI於1996年所訂定之水稻標準評估系統(Standard Evaluation System for Rice, SES)。

三、結果與討論

(一)不同水稻種原幼苗期之農藝性狀

將水耕栽培120個種原3~4葉齡之幼苗取出，進行各項幼苗形態觀察與性狀調查，結果如表2。試驗結果顯示不同品種間根長、根數、根鮮重、根乾重、地上部鮮重與乾重均呈現顯著差異，其中又以地上部與根部鮮重在各品種間之變異範圍最大；此外，部分種原之根數超過10個(Fig. 2 A, B)、部分則僅有5~6個根(Fig. 2 C, D)，顯示幼苗農藝性狀為各種原之重要品種特性，值得進一步分析其與幼苗期耐旱能力之相關性。

表 2. 水稻參試種原幼苗地上部與根部農藝性狀之調查

Table 2. Agronomic characters of shoot and root in different rice germplasms seedling

	Root length (cm)	Root number	Root fresh weight (mg)	Root dry weight (mg)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (mg)
Mean	10.26	9.00	33.70	5.00	226.14	52.68
S.E	2.83	2.52	16.10	1.60	92.18	17.95
C.V	27.6%	28.0%	47.8%	32%	40.8%	34.1%
Range	2.95~18.71	3.0~16.0	3.50~72.70	0.40~9.40	65.2~451.2	7.23~79.60

(二)水稻不同種原幼苗以PEG模擬乾旱處理之比較

於木村氏水耕液中添加20% PEG -6000模擬乾旱處理，比較對不同水稻種原3-4葉齡幼苗之影響，結果顯示處理兩天後，有5個品種葉片捲曲程度達index 7，4天後有10個品種葉片捲曲已達到index 9 (Fig. 3)，將其歸為乾旱敏感型品種。反之，有12個參試種原在含PEG水耕液中處理14天後，葉片捲曲指數仍維持在index 5，呈現乾旱耐受型(如Fig. 3)。較耐旱品種(系)中，以國內收集之陸稻居多；而較不耐旱之品種(系)中，則以糯稻為主。

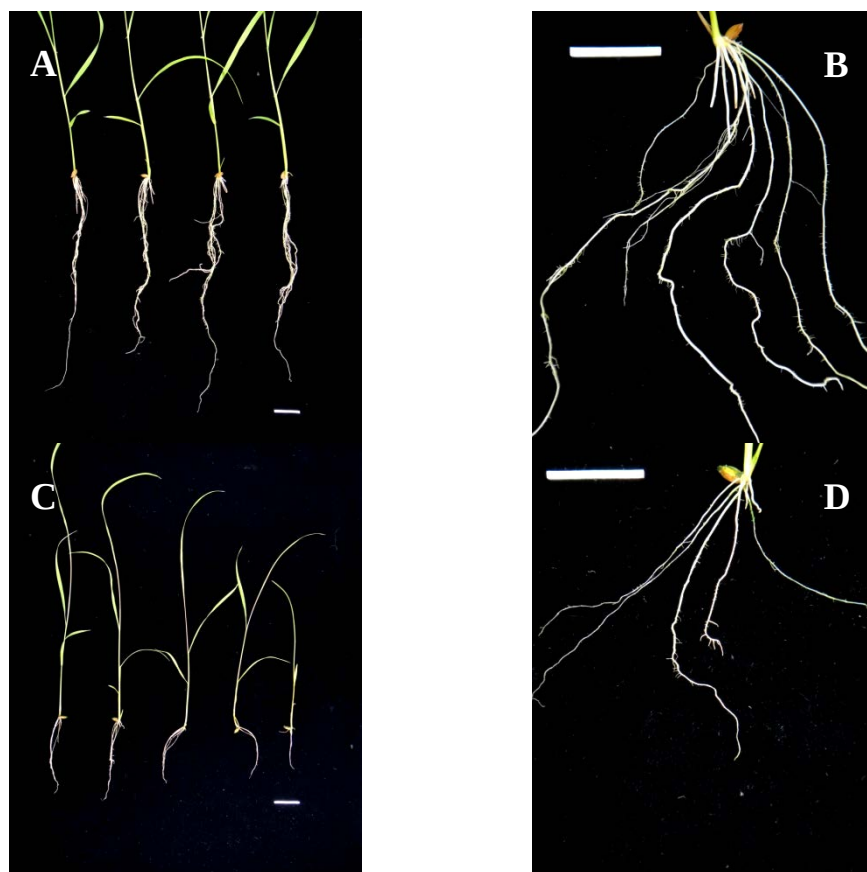


圖 2. 不同水稻種原水耕栽培下之幼苗性狀比較

Fig. 2. Phenotype of rice seedling with hydroponic culture. A and B, CD-20; C and D, DYAJ. Bar = 2 cm

(三)水稻幼苗期農藝性狀與DIR7耐旱指數之相關性

本試驗分別調查120水稻品系之幼苗期根長、根數、地上部鮮重、地上部乾重、根部鮮重及根部乾重，並以乾旱處理後葉片捲曲達到IRRI指標7的天數(Days to IRRI 7; DIR7)作為耐旱評估指標。針對PEG處理後葉片捲曲之反應，進一步選取上述乾旱敏感型與耐受型水稻種原之幼苗農藝性狀與DIR7耐旱指數進行相關性分析，結果如表2所示。分析結果顯示DIR7耐旱指標與根數、根鮮重、根乾重及地上部乾重均呈現顯著相關，這些性狀極有潛力可作為水稻幼苗期耐旱性之重要參考。

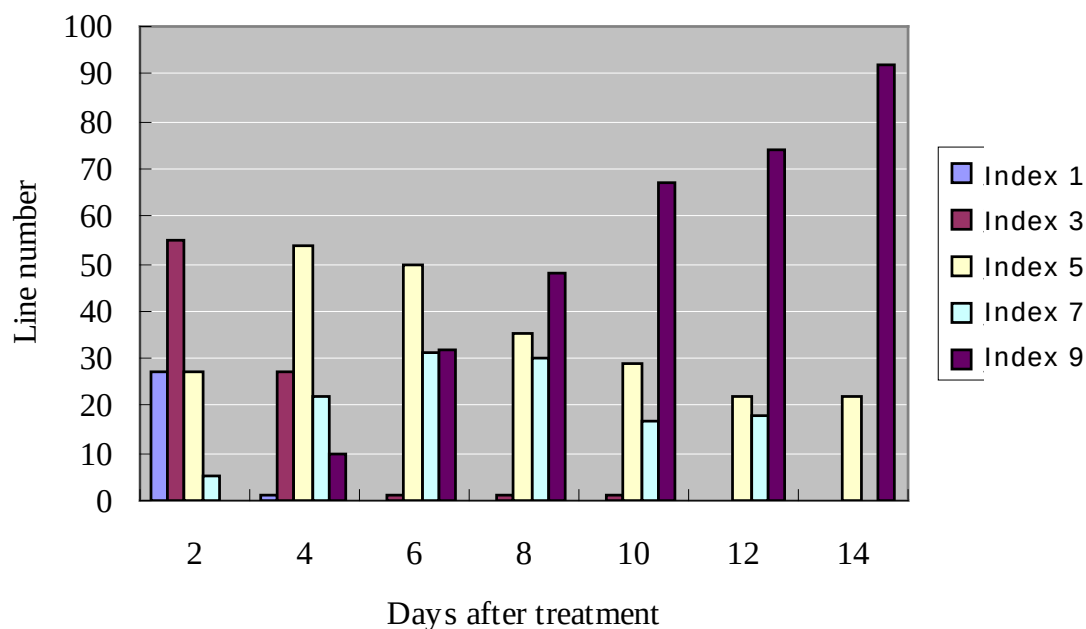


圖 3. 水稻不同種原幼苗於 20% PEG 處理下葉片捲曲程度之變化

Fig. 3. Changes of leaf rolling index in rice seedling under 20% PEG treatment

表 2. 水稻幼苗期農藝性狀與耐旱指數之相關性分析

Table 2. Correlation coefficient among seedling characters and drought tolerance index

	RL	RN	RFW	SFW	RDW	SDW	RRFW/RSFW	RRDW/RSDW	RRFW/TFW	RRDW/TDW
DIR 7	0.10526	0.41581*	0.49846**	0.17887	0.51246**	0.41206*	0.51459**	0.35568*	0.53275**	0.36232*
	0.5473	^z 0.013*	0.0023**	0.3039	0.0016**	0.0139*	0.0016**	0.036*	0.001**	0.0324*

DIR 7: Days to IRRI index 7.

RL: root length; RN: root number; RFW: root fresh weight; SFW: shoot fresh weight; RDW: root dry weight; SDW: shoot dry weight; RRFW/RSFW: root fresh weight/shoot fresh weight; RRDW/RSDW: root dry weight/shoot dry weight ; RRFW/TFW: root fresh weight / total fresh weight; RRDW/TDW: root dry weight / total dry weight.

^z * Significant at $P < 0.05$.

** Significant at $P < 0.01$

水稻不同生育階段對乾旱逆境之反應與耐受能力也不同(Boonjung and Fukai 1996)，耐旱相關鑑定指標中，又以逆境下葉片捲曲之外表形態指標最為普遍，常被用來表示水稻遭受乾旱逆境時的傷害指標且廣泛的運用於水稻抗旱育種的選拔系統 (Mitchell *et al.* 1998；Pantuwan *et al.* 2004)。本試驗為了釐清不同生長時期、不同水稻品種間的耐旱能力是否一致，進一步將葉片捲曲指數標準設定在IRRI index 7，主要原因是多數品種在超過此指數後，持續逆境處理下就不易再恢復正常生長。相關研究也顯示，當乾旱逆境分別發生於水稻幼苗期與分蘖盛期這兩個不同時期時，水稻對於乾旱逆境的反應也不相同，幼苗期耐旱能力佳的品系，於成熟期遭遇乾旱逆境時不一定具有好的耐旱能力(Shih *et al.* 2012)。

本試驗以水耕液中添加滲透調節劑栽培系統，調查水稻幼苗期根系與地上部性狀，結果顯示幼苗期根系性狀的生長勢與根部/地上部之比值對於水稻的耐旱能力具有很大的影響。綜合上述結果，水稻利用不同篩選系統、不同生育階段對乾旱耐受性之機制可能不同，因此進行耐旱育種選拔時，應該要明確說明其篩選系統或篩選指標。本研究選取120個水稻品種(系)，於幼苗期與分蘖盛期分別進行乾旱處理，希望釐清水稻兩生育階段對乾旱耐受性之相關性，以做為耐旱育種篩選指標之依據。此外，調查120個水稻品系幼苗期農藝性狀與耐旱性之相關性，結果顯示根數、根鮮重、根乾重與地上部乾重等性狀與耐旱性(DIR7)有顯著正相關，值得進一步探討，此結果可作為水稻耐旱性育種篩選系統之依據。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會農糧署經費補助，特誌謝忱。

參考文獻

1. Boonjung, H. and S. Fukai. 1996. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions. 1. Growth during drought. Field Crops Res. 48: 37-45.

2. Cairns, J. E., A. Audebert, C. E. Mullins, and A. H. Price. 2009. Mapping quantitative trait loci associated with root growth in upland rice (*Oryza sativa* L.) exposed to soil water-deficit in fields with contrasting soil properties. *Field Crops Res.* 114: 108-118.
3. Fukai, S., G. Pantuwan, B. Jongdee, M. Cooper. 1999. Screening for drought resistance in rainfed lowland rice. *Field Crops Res.* 64, 61–74.
4. Gowda, V. R. P., A. Henry, A. Yamauchi, H. E. Shashidhar, R. Serraj. 2011. Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice. *Field Crop Res.* 122:1–13
5. Hanson, A. D., W. J. Peacock, L. T. Evans, C. J. Arntzen and G.S. Khush. 1990. Drought resistance in rice. *Nature*, 345:26-27.
6. Hardegree, S. P. and W. E. Emmerich. 1990. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper. *Plant Physiol.* 92: 462-466.
7. IRRI (1996) Drought sensitivity. p.37–38. *In: Standard Evaluation System for Rice.* IRRI, Los Banos, Philippines.
8. Jongdee, B., S. Fukai and M. Cooper. 2002. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. *Field Crops Res.* 76: 153-163.
9. Lang, N. T. and B. C. Buu. 2008. Fine mapping for drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Omonrice* 16: 9-15.
10. Mackill, D.J., W. R. Coffman, D. P. Garrity. 1996. Rainfed Lowland Rice Improvement. International Rice Research Institute, Manila, Philippines, 242 pp.
11. Michel, B. E. and M. R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of Polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914-916.
12. Mitchell, J. H., D. Siamhan, M. H. Wamala, J. B. Risimeri, E. Chinyamakobvu, S. A. Henderson and S. Fukai. 1998. The use of seedling leaf death score for evaluation of drought resistance of rice. *Field Crops Res.* 55: 129-139.

13. Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, J. C. O'Toole and J. Basnayake. 2004. Yield response of Rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands 4. Vegetative stage screening in the dry season. *Field Crop Res* 89: 281-297.
14. Qu, Y. Y., P. Mu, H. L. Zhang, C. Y. Chen, Y. M. Gao, Y. X. Tian, F. Wen, and Z. C. Li. 2008. Mapping QTLs of root morphological traits at different growth stages in rice. *Genetica* 133: 187-200.
15. Shih, C. L., R. K. Chen, C. N. Tsai, P. H. Liu, J. C. Lo, and W. L. Huang. 2012. Correlation analysis for drought tolerance between seedling stage and active tillering stage in rice. *J. Agric. Forest., NCYU*. 9(1): 55-69.
16. Steele, K. A., A. H. Price, H. E. Shashidhar, and J. R. Witcombe. 2006. Marker-assisted selection to introgress rice QTLs controlling root traits into an Indian upland rice variety. *Theor. Appl. Genet.* 112: 208-221.
17. Tuberosa, R. and S. Salvi. 2006. Genomics approaches to improve drought tolerance in crops. *Trends Plant Sci.* 11: 415-412.
18. Zhang, B. S., L. Yang, C. Z. Mao, Y. J. Huang, and P. Wu. 2008. Comparison of QTLs for rice seedling morphology under different water supply conditions. *J. Genet. Genomics* 35: 473-484.

ABSTRACT

The main objectives of this study were to establish the screening system for drought stress at seedling stage in rice with hydroponic culture. Total of 120 rice (*Oryza sativa* L.) lines provided from Tainan District Agricultural Research and Extension Station were used in this study. The agronomic characters of rice seedling including shoot fresh weight, shoot dry weight, root number, root length, root fresh weight and root dry weight, were determined. Besides, the DIR7 (Days to IRRI index 7) which based on the leaf rolling score was used as the assessment standard of drought tolerance. The 20% of polyethylene glycol was supplemented into Kimura solution to mimic the drought stress. The results showed all the seedling characters were highly variants among rice germplasms. Besides, the root number, root fresh weight, root dry weight, and shoot dry weight were highly correlated to drought tolerance index, DIR7. They are possible as the phenotypic indicators for drought tolerance screening. Our preliminary results are very useful for further study on drought tolerance QTL mapping with association mapping strategy.

Key words: *Oryza sativa* L., Drought stress, Correlation analysis, Phenotypic indicator, Seedling stage.

臺灣水稻抗白葉枯病研究回顧與育種策略

楊嘉凌¹、吳東鴻²、陳純葳²、朱盛祺³、王強生⁴、張素貞³

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場

²行政院農業委員會農業試驗所

³行政院農業委員會苗栗區農業改良場

⁴國立中興大學農藝系

摘 要

水稻白葉枯病係由*Xanthomans oryzae* pv. *oryzae*所引起的一種細菌性維管束病害，其病原細菌在維管束中孳生繁殖及產生阻塞多醣體。初期病癥呈水浸狀，後葉片維管束阻塞嚴重營養水份因而無法運輸，水浸狀病癥進而轉為波浪枯黃之病斑。枯萎葉片相對減少水稻植株光合作用能力，間接影響稻米產量及品質。目前水稻白葉枯病在臺灣每年將近2萬公頃稻田發生此病害，世界水稻生產區如亞洲、非洲等地區均受其害。相關的研究在臺灣始自1968年，本報告將過去的研究，整理分類為3部份，分別為病原發現及其生態、抗病種原遺傳與檢定、抗病育種及防治策略，將之節錄後，再與國外相關研究相比較後，對未來臺灣抗白葉枯病育種研究提出策略。

關鍵字：臺灣、水稻、白葉枯病、抵抗性。

前 言

水稻白葉枯病係由*Xanthomans oryzae* pv. *oryzae*所引起的一種細菌性維管束病害，其病原細菌在維管束中孳生繁殖及產生阻塞多醣體(Kumar *et al.* 2003; Shen and Ronald 2002; Sutton and Williams 1970; Watabe *et al.* 1993)。初期病癥呈水浸狀，後葉片維管束阻塞嚴重營養水份因而無法運輸，水浸狀病癥進而轉為波浪枯黃之病斑。枯萎葉片相對減少水稻植株光合作用能力，間接影響稻米產量及品質。發生

期可由秧期枯萎至分蘖盛期造成葉片白枯等徵狀，可造成20至80%產量損失(Ou 1985; Singh *et al.* 1977)。目前水稻白葉枯病在臺灣每年將近2萬公頃稻田發生此病害，世界水稻生產區如亞洲、非洲等地區均受其害。相關的研究在臺灣始自1968年，本報告將過去的研究，整理分類為3部份，分別為病原發現及其生態、抗病種原遺傳與檢定、抗病育種及防治策略，將之節錄後，再與國外相關研究相比較後，對未來臺灣抗白葉枯病育種研究提出策略。

病原發現及其生態

水稻白葉枯病係由*Xanthomans oryzae* pv.*oryzae*所引起的一種細菌性維管束病害，國際間最早於1950年印尼發生(Hashioka 1951)，臺灣早期此病並不嚴重，於1968年代才有零星發生報導(謝，1971)。病原菌係於1968年郭等提出第一篇報告，並利用寄生於此菌的噬菌體不同品系區分該病原菌菌系。與植物病理有關研究人才早期有常駐國際稻米研究所歐世璜博士、徐世典教授、郭宗德博士、及謝氏坪鈺教授等專家，且於1971年邱人璋博士編輯之稻作病害專刊中，3篇報告為白葉枯病的論述，對於往後的20年發展頗有幫助。1980年代簡錦忠博士投入白葉枯病研究，帶領謝麗娟小姐協助相關試驗研究，初定臺灣暫定判別品種；1990年張義章博士承接簡博士工作，仍由謝麗娟小姐協助，並定期提供病原菌為水稻育種團隊之檢定菌原之來源(謝等，2005)，於2005年之後由謝麗娟小姐擔綱一面至2010年。目前由陳純葳小姐負責(陳及許，2009)。水稻白葉枯病在臺灣每年將近2萬公頃稻田發生此病害，世界水稻生產區如亞洲、非洲等地區均受其害。

白葉枯病病原菌田間傳播可經灌溉水及土壤為傳播管道，病害在田間通常發生於分蘖盛期之後，有時在苗期就可發現病徵。在溫帶地區水稻白葉枯病只發生在高溫季節，當溫度25~35℃時發生嚴重，17℃則很少發生，熱帶地區則整年皆會發生。當高溫多雨時可增加本病的嚴重性，尤其是遭遇過多雨水淹沒的稻田病害發生更嚴重。高溫高濕環境有利水稻白葉枯病病原菌繁殖，若遇大風雨吹打則病菌可隨雨滴飛濺擴散到達很遠的地方而造成流行性病害。水稻行株距若太窄容易

在生長早期就發生病害，又高氮肥會使植株柔弱降低對病害的抵抗力。水稻白葉枯病菌可在多種禾本科雜草、再生稻、稻樁或堆積稻草上越冬，來年經雨水流入灌溉水中，通常為次耕種的第一次感染源。本病原菌在土壤及種子中存活不久，所以一般認為經土壤及種子傳播並不是主因(謝，2004)。

抗病種原遺傳與檢定

水稻抗白葉枯病已知基因座有34個以上如*Xa33(t)*(Korinsak *et al.* 2009)及*Xa34(t)*(Chen *et al.* 2011)，其中 *Xa1* (ch04; Yoshimura *et al.*, 1998)、*xa5* (ch05; Iyer-Pascuzzi *et al.*, 2008)、*xa13* (ch08; Chu *et al.*, 2006)、*Xa21* (ch11; Song *et al.*, 1995)、*Xa26* (ch11; Cao *et al.*, 2007)、*Xa27* (ch06; Gu *et al.*, 2005)、等抗病基因均已分析完備，且這些基因分別存在不同品種，並對特定病原菌生理小種具專一抗性 (collected from website Oryzabase, <http://www.shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase/genes/traitGeneClasses.jsp>)。各生物技術分析成本能經濟規模分析，能應用過去定位數量性狀基因座之遺傳研究的成果，藉由分子標誌輔助選拔目標基因型，使得育種家利用分子生物技術快速準確的選出標的性狀的個體，縮短育種年限。依據謝(1971)、許等(1976)、簡等(1989)及林與張(1993)等報告指出臺灣水稻種原中嘉農秈6號品種具有白葉枯病抵抗力，其與TKM6的抗病基因有關。簡及謝(1989)及Hsieh(1991)均發現*Xa4*、*xa5*及*Xa7*抗病基因在臺灣抵抗力表現較佳。1976年許等2篇研究報告發現BJ1在臺灣具抗病性且為顯性基因：1995年張氏以水稻全互交探討臺灣品種(系)抗病性遺傳發現部分顯性加性顯性作用均有存在(張等，1996a)。

謝(1971)與簡及謝(1989)皆認為1970年代臺灣抵抗力品種全為粳型稻，秈型稻則大屬感性品種(謝，1971)，至1980年代，則發現較抗品種皆為秈型稻(臺南秈15號、臺農秈12、18、19號及嘉農秈6號，推測係白葉枯病菌變異所致)(簡及謝，1989)。若比對謝(1971)及簡及謝(1989)報告，兩篇所得結果是有所出入的，但結論是相同的，後由簡及謝(1989)初建立暫定臺灣判別品種(Table 1)。

Table 1. The reaction of 5 temporary differential varieties of rice to 20 isolates of *Xanthomans oryzae* pv. *oryzae* in Taiwan (簡及謝，1989)

Temporary differential varieties	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
Tainung 67	S	S	S	S	S
Tainung 70	S	S	S	S	R
Taichung Sen 10	S	S	S	R	R
Taichung 186	S	S	R	R	R
Tainung Sen 18	S	R	R	R	R

1971年謝式垵鈺老師建議：建立檢定圃(1975臺中場負責)專門機構負責蒐集保存菌株確定各地區所存病菌之病原力，取其代表性菌株。篩選抵抗性品種，並擴大到其他地區重新檢定(張及謝，1999)。為尋找出抗臺灣地區稻白葉枯病之稻品種系，以17株白葉枯病菌株接種111個稻品種系，共3年5期作之試驗。接種源以濃度 10^9-10^{10} cells/ml做剪葉接種。結果病原菌以XF 17、XM 1、XH 2、XM 10及XH 24-b等5株菌株之致病力較強。稻品種系以IR 4442-46-3-3-3、IR 22、IR 22082-41-2、Malagkit songsong、JR 29、IR 30、IR 20'、IR 28、IR 20、臺農秈19號、嘉農秈6號、IR 1514A、B 5354-5D-MR-I、IR 1545-339、IR 26等15個稻品種系之抗病性較強，可供抗病育種之參考。其中IR 20和IR 26皆為1992年自IRRI再引進之品系，該等抗病基因為*Xa4*。

檢定結果常與接種菌株與環境有密切關係，2009至2011年臺中場利用農業試驗所提供之XM42及XF89b接種最近主要栽培品種發現，臺南11號在2010曾表現出中抗級，而在2009及2011年接種結果則為感級(Table 2)，接種結果不穩定造成育種者之困擾，要如何在環境與菌株選擇判斷上，得到基因真實表現，是未來檢定工作上應檢討與修正之處。

Table 2. The response of popular cultivars to different isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* from 2009 to 2011 in Taiwan

Cultivar	2009				2010				2011			
	XM42		XF89b		XM42		XM42		XF89b		XM42	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
Taikeng 9	MR	S	MR	S	MS	S	MS	MS	MS	S	MS	S
Taoyuan 3	MR	MS	MR	S	MS	S	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Tainnan 11	HS	S	S	S	MS	MR	MS	MR	MS	S	MS	MS
Kaohsiung 145	MR	MS	MR	MS	MS	MS	S	MS	MS	S	MS	MS
Tainung 67	S	S	S	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Tainung 71	MR	S	R	S	MS	S	MS	HS	MS	S	MS	S
Taichung-sen 10	HS	S	HS	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Taichung-sen 17	HS	S	HS	HS	MS	S	MS	S	S	S	MS	S

抗病育種及其防治策略

自從謝(1971)建議抗白葉枯病種原後，水稻臺灣育種者陸續將抗病基因導入，因當時栽培秈稻品種較不具抵抗性，所以許多育種家針對秈稻改良，而忽略了粳型稻育種。自簡及謝(1989)建議各地(國)應建立一個共同之判別品種，並提出臺灣暫定別品種，至此臺灣抗白葉枯病育種似有判別水稻品種之依據，但事實上，該暫定判別品種具何種基因並未知，此應需進一步的瞭解後對育種者才有助益。2012年國際稻米研究所及臺大合作委辦農委會計畫給予農委所屬研究人員接種調查標準化訓練時，我方人員曾提出"共同判別品種"之問題，IRRI病理遺傳專家Dr. Vera Cruz即明白表示利用目前已開發具不同抗病基因的IRBB近同源系為之即可。但目前IRBB近同源系分有印度型稻、粳型稻及秈粳型稻，粳型稻組較適合臺灣之參考，未來應將之引進臺灣，並利用堆疊基因育成耐病品種(王及王等，2009)；或是由國際間發現抗病基因導入臺灣流行感病品種，建立本土近同源系判別品種。

依據張等(1996b)表示臺灣水稻的抗白葉枯病性遺傳行為為複合式基因(multiplicative gene action)，其中加性作用、顯性作用、以及加性與顯性交感作用

均相當重要。此些抗病基因之表現度與水稻栽培型式及種植環境有密切的關係，在實際抗病育種篩選應用上，基因綜合效應以及栽培環境對抗病性之表現度的潛在影響均應為評估要點。白葉枯病防治最佳策略以抗病品種降低病害為害，但目前普遍栽培品種對白葉枯病均無抗病性，所以建議防治方法：1.在曾嚴重發生及風大地區，應避免種植極感病品種，例如臺梗9號；2.因病原菌由傷口侵入，應儘量採用直播，減少移植時感染病原菌。3.避免清晨露水未乾前行走於已發病之稻株間，施肥或噴藥工作盡可能在下午進行。4.種植前施用矽酸爐渣及生育期間減施氮肥，以增加葉片強度，減少傷口發生。5.可於風雨來襲前後，選用克枯爛、鏈四環黴素、克枯三賽唑、或撲殺熱等藥劑進行預防防治。

結 語

白葉枯病是一種細菌性病害，遍及全世界主要稻米產區，臺灣發生面積最高可達8%，影響產量約30% (林，1990)。本報告將臺灣過去相關研究，就病原發現及其生態、抗病種原遺傳與檢定、抗病育種及防治策略等於此篇報告回顧之，若有遺漏之處尚期日後補強。近年臺灣研究白葉枯病團隊形成相關研究計畫，目標是將主要抗病 $Xa7$ 及 $Xa21$ 基因轉入或堆疊至臺灣流行栽培品種，如臺梗9號及臺南11號。參考Lee *et al.* (2003)報告方法，應先釐清所用品種(系)與臺灣白葉枯病生理小種之關係。首要工作將抗白葉枯病種原收集與確定、抗病種原對主要現行白葉枯病菌株之抗性進行檢定、及利用及雜交育種與分子遺傳育種技術，工作分配為由中興大學主導分子輔助育種，苗栗場及臺中場負責種原及雜交選拔等，農試所負責病株動態研究，目標在育成臺灣耐病品種，即所謂的橫式抗病。耐病性品種為育種策略之一，當一個品種廣泛被推廣，在無防治之下其對特定病害並無大發生的現象，即可認定其為一個耐病品種(Johnson, 1981)。因為抗病品種大面積推廣，會誘導白葉枯病原病致病性改變，所以動態育種計畫是抗病育種必需考量的；藉由動態育種策略將耐病性導入栽培品種。如何達栽培品種及管理與病原菌族群的平衡，是未來育種發展所需注意的，如栽培管理寬植與合理化施肥，耐病品種

多樣化及更新速率等皆是達到兩者生態平衡之手段。2007年中國章琦主筆由科學出版社發行「水稻白葉枯病抗性的遺傳及改良」一書，綜合運用植物病理學、遺傳育種學和分子生物學知識，系統論述水稻品種白葉枯病抗性及其遺傳改良研究的一部專著，是近期要瞭解中國此方面進展最好專書。至於我國方面，建立臺灣白葉枯病菌多年在各地區的分布群落變化資料，篩選每個群落菌種的代表菌株，進而推薦各地抗白葉枯病育種接種株菌株，取代統一固定菌株在全國進行抗性育種的方式。建立現行國際已知 Xa 基因近同源系對各群落菌株廣幅抗性的表現資料，為未來推廣近同源系抗病品種之參考，避免短期間推出同時具有5個抗性基因座的品種，其會誘導加速白葉枯病原菌的演化，進而導致抗病品種迅速退勢(林大均，個人通訊)。利用病原菌與品種之間適應競爭能力，以預測模擬方式，偵測田間主要菌株並釋出應對抗病品種(Leach *et al.* 2000; Ver Cruz *et al.* 2001)，彰顯動態育種策略的道高一尺魔高一丈之能耐，但誰是道誰又是魔？鹿又死誰手，尚且未知，請待下回分解。

參考文獻

1. 王子明、王強生 2009 以基因體育種策略開發水稻白葉枯病及稻熱病之耐久抗性品種 農林學報 58: 11-24。
2. 林金樹、張素貞 1992 水稻抗白葉枯病之研究 I.新品系對不同病原群之反應 中區農業改良場研究彙報 35: 25-31。
3. 林再發 1990 白葉枯病對水稻產量與米質之影響及抗病品系之育成 臺中區農業改良場研究彙報 29: 29-38。
4. 郭宗德、楊晴美、楊玉雲、謝式垵鈺 1968 臺灣水稻白葉枯病病原菌及其噬菌體之品系與分佈 中華植物保護學會會刊 10: 1-8。
5. 張素貞 1995 水稻抗白葉枯病生理及遺傳之研究 農學博士論文 172pp 臺中。
6. 張素貞、曾德賜、李成章 1996a 水稻抗白葉枯病抗病性之全互交分析 中華農藝 6: 111-122。

7. 張素貞、曾德賜、李成章 1996b 水稻抗白葉枯病抗病性之世代平均法分析 中華農藝 6: 255-265。
8. 張素貞、曾德賜、李成章 1998 施用氮、鈣及矽對水稻抗白葉枯病抵抗性之影響 中華農藝 9: 195-207。
9. 章琦 2007 水稻白葉枯病抗性的遺傳及改良 科學出版社 北京。
10. 許東暉、鄧耀宗、邱善美 1976 秈稻白葉枯病抗病育種及遺傳之研究-I. 新育成秈稻品系對白葉枯病抵抗性及產量之探討 中華農業研究 25: 191-198。
11. 許東暉、鄧耀宗、邱善美 1976 秈稻白葉枯病抗病育種及遺傳之研究-II. 水稻品種BJ 1 對白葉枯病抗病性之遺傳 中華農業研究 25: 269-272。
12. 陳純蕓、許秀惠 2009 臺灣水稻細菌性病害之發生與防治 臺灣水稻保護成果及新展望研討會專刊 p.45-64 農業試驗所特刊第138號 臺中 霧峰。
13. 謝式垠鈺 1971 稻白葉枯病抗性檢定 水稻病害研討會稻作病害專輯 邱人璋主編 371pp。
14. 謝式垠鈺 2004 水稻白葉枯病 植物保護圖鑑系列 p.325-340 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局(出版品編號BAPHIQ110-093-03-056)。
15. 謝麗娟、張義璋、謝廷芳 2005 水稻白葉枯病抗病檢定方法之改良 臺灣農業研究 54(1): 15-22。
16. 簡錦忠、謝麗娟 1989 水稻白葉枯病原群之研究I.判品種探討 中華農業研究 38: 216-228。
17. Cao, Y., X. Ding, M. Cai, J. Zhao, Y. Lin, X. Li, C. Xu, and S. Wang. 2007. The Expression Pattern of a Rice Disease Resistance Gene *Xa3/Xa26* Is Differentially Regulated by the Genetic Backgrounds and Developmental Stages That Influence Its Function. *Genetics* 177: 523-533.
18. 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.

19. Chu, Z., Fu, B., Li, Z., Zhang, Q. and Wang, S. 2006. Targeting recessive rice gene, *xa13*, for bacterial blight resistance to a 14.8-kb DNA fragment. *Theor. Appl. Genet.* 112: 455-461.
20. Gu, K., Tian, D., Yang, F., Wu, L., Sreekala, C., Wang, D., Wang, G. L. and Yin, Z. 2004. High-resolution genetic mapping of *Xa27(t)*, a new bacterial blight resistance gene in rice, *Oryza sativa* L. *Theor. Appl. Genet.* 108: 800-807.
21. Gu, K., Yang, B., Tian, D., Wu, L., Wang, D., Sreekala, C., Yang, F., Chu, Z., Wang, G. L., White, F. F. and Yin, Z. 2005. R gene expression induced by type-III effector triggers disease resistance in rice. *Nature* 435: 1122-1125.
22. Hashioka, Y. 1951. Bacterial leaf blight of rice and its control. *Agr. And Hort.* 26: 644-648. (in Japanese)
23. Hsieh, S. P. Y. 1991. Recent status and future prospects on bacterial blight in Taiwan (Tu, C. C., *et al.*, ed.). p.117-130. "The Rice Diseases" Proc. Symp. at TARI, November, 1990. TARI Special Bulletin No. 32.
- Johnson, R. 1981. Durable resistance: Definition of genetic control and attainment in plant breeding. *Phytopathology* 71:567-568.
24. Iyer, A. S. and McCouch, S. R. 2004. The rice bacterial blight resistance gene *xa5* encodes a novel form of disease resistance. *Mol. Plant Microbe. Interact.* 17: 1348-1354.
25. Johnson, R. 1981. Durable disease resistance. In: J .F. Jenkyn & RT Plumb (Eds.), *Strategies for the control of cereal diseases*, pp. 55-63. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
26. Kim, J. S., J. G. Gwang, K. H. Park, and C. K. Shim. 2009. Evaluation of bacterial blight resistance using SNP and STS marker-assisted selection in aromatic rice germplasm. *Plant Pathol. J.* 25(4): 408-416.
27. Korinsak, S., S. Sriprakhon, P. Sirithanya, J. Jairin, S. Korinsak, A. Vanavichit, and T. Toojinda. 2009. Identification of microsatellite markers (SSR) linked to a new

- bacterial blight resistance gene *xa33(t)* in rice cultivar ‘Ba7’ Maejo Int. J. Sci. Technol. 3: 235-247
28. Kumar, A., R. Sunish Kumar, and N. Sakthivel. 2003. Compositional difference of the exopolysaccharides produced by the virulent and virulence-deficient strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Current Microbiology* 46: 251-255.
 29. Leach, J. E., C. M. Vera Cruz, J. Bai, and H. Leung. 2001. Pathogen fitness penalty as a predictor of durability of disease resistance genes. *Ann. Rev. of Phytopath.* 39: 187-224.
 30. Lee, K. S., S. Rasabandith, E. R. Angeles, and G. S. Khush. 2003. Inheritance of resistance to bacterial blight in 21 cultivars of rice. *Phytopathology* 93: 147-152.
 31. Lu, C. T., H. Y. Lu, and C. T. Chen. 2007. Evaluation of gene prediction programs in finding rice bacterial blight resistance genes and establishment of the analytical platform. *Crop, Environment & Bioinformatics* 4: 246-258. (in Chinese with English summary)
 32. Ou, S. H. 1985. *Rice Diseases*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
 33. Perumalsamy, S., M. Bharani, M. Sudha, P. Nagarajan, L. Arul, R. Saraswathi, P. Balasubramanian, and J. Ramalingam. 2010. Functional marker-assisted selection for bacterial leaf blight resistance genes in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breeding* 129: 400-406.
 34. Porter, B. W., J. M. Chittoor, M. Yano, T. Sasaki, and F. F. White. 2003. Development and mapping of markers linked to the rice bacterial blight resistance gene *Xa7*. *Crop Sci.* 43: 1484-1492.
 35. Shen Y. W. and P. Ronald. 2002. Molecular determinants of disease and resistance in interactions of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and rice. *Microbes and Infection* 4: 1361-1367.
 36. Singh, S. 2001. Pyramiding three bacterial blight resistance genes (*xa5*, *xa13*, *Xa21*) using marker assisted selection into indica rice cultivar PR106. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1011-1015.

37. Singh, G. P., Srivastaba, M. K., Singh, R. V., and Singh, R. M. 1977. Variation and qualitative losses caused by bacterial blight in different rice varieties. *Indian Phytopathol.* 30: 180-185.
38. Song, W. Y., Wang, G. L., Chen, L., Kim, H. S., Holsten, T., Zhai, W. X., Zhu, L., Fauquet, C. and Ronald, P. 1995. The rice disease resistance gene *Xa21*, encodes a receptor kinase-like protein. *Science.* 270: 1804-1806.
39. Sutton, J. C. and P. H. Williams. 1970. Comparison of extracellular polysaccharide of *Xanthomonas campestris* from culture and from infected cabbage leaves *Canadian Journal of Botany* 48: 645-651.
40. Vera Cruz, C. M., J. Bai, I. On, H. Leung, R. J. Nelson, T. W. Mew, and J. E. Leach. 2000. Predicting durability of a disease resistance gene based on an assessment of the fitness loss and epidemiological consequences of avirulence gene mutation. *PNAS* 97: 13500-13505.
41. Watabe, M., M. Yamaguchi, S. Kitamura, O. Horino. 1993. Immunohistochemical studies on localization of the extracellular polysaccharide produced by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in infected rice leaves. *Canadian Journal of Microbiology* 39: 1120-1126.
42. Yoshimura S., A. Yoshimura, N. Iwata, S. R. McCouch, M. L. Abenes, M. R. Baraoidan, T. W. Mew, R. J. Nelson. 1995. Tagging and combining bacterial blight resistance genes in rice using RAPD and RFLP markers. *Mol. Breed.* 1: 375-387.

ABSTRACT

Bacterial blight (BB) is a serious disease caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) for rice production in Taiwan. Every year, around 20,000 ha or 10 percent of total rice field suffered from the epidemics of this disease in Taiwan. Breeding for varieties resistance to this disease has been utmost important in Taiwan. To cope with this problem, an integrated scheme of screening the resistance of breeding lines and varieties has been set up through cooperative efforts among different research units in Taiwan since 1975. Rice bacterial blight disease caused by a bacterial vascular disease, pathogenic bacteria propagated in the vascular bundles and produced many polysaccharides to block the vascular. Early symptoms were flooding-shaped and leaf vascular occlusion after high levels to inhibit the water and nutrient to be transported in the plants. Bacterial blight of rice currently in Taiwan occurs every year nearly 20,000 hectares of paddy fields. Bacterial blight was occurred in Taiwan began in 1968, reviews of past researches in this report, and departed in 3 parts, respectively for pathogen detection and ecology, disease resistant resource and its detection testing, and strategies of disease-resistant breeding and its control technology research and development. The strategy of disease-resistant breeding would be concerned to challenge the variation of the pathogen in the future.

良質米栽培的蟲害管理

廖君達^{1*}、黃守宏²、戴淑美³

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場、²行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所、³國立中興大學
*通訊作者信箱：liaoct@tdais.gov.tw

摘 要

水稻栽培期間面臨十數種昆蟲的危害，其中包括刺吸性的飛蟲類(包括褐飛蟲、白背飛蟲及斑飛蟲)、蛀莖性的蛾類幼蟲(包括二化螟、大螟)及取食葉片的瘤野螟等，對於水稻產量才足以造成實質的經濟損失。因此，無論在抗蟲育種過程的檢定作業、害蟲抗藥性研究及防治對策的擬定與執行等，上述害蟲均成為主要考量的標的。臺灣自1968年開始進行水稻抗褐飛蟲育種工作，至今約有40個抗褐飛蟲品種已命名及推廣。然而，臺灣育成之抗褐飛蟲品種與亞洲許多國家一樣，多以*Bph1*及*bph2*為主，造成能適應上述兩個抗蟲基因之相對應生物小種在臺灣已普遍發生。未來應積極引入其他不同之抗性基因，並加強選育具多個抗性基因之水稻品種，以減緩生物小種所造成之為害。二化螟及瘤野螟的水稻抗性品種檢定同樣也積極進行。噴施化學藥劑是防治水稻害蟲的主要策略之一，農藥長期大量使用後，無論是當地發生的水稻二化螟及大螟，或是隨著氣流長距離遷移的飛蟲類均對不同藥劑產生不同程度的抗藥性。例如二化螟與褐飛蟲，均已分別對不同藥劑產超過百倍的抗藥性。因此必須藉著持續性的監測抗藥性發展動態、適時輪替使用防治藥劑與輪作來延緩抗藥性發生與害蟲族群的增加。此外，因應水稻栽培農民年輕化、專業農民栽培面積擴大化的趨勢及稻米產銷專業區的需求，並考量到生產成本及營運風險，促使農民在蟲害管理決策品質的提升更是相形重要。農民經過病蟲害管理課程的訓練後，可以成為善用各項監測技術的專家，主動定期的資訊蒐集，並配合農業環境、害蟲生態學及經濟危害基準的知識，統合相關訊息進行分析，據以作出最佳的病蟲害管理決策及農藥的合理使用。

關鍵詞：水稻、蟲害、抗蟲育種、抗藥性、作決策。

前 言

水稻栽培期間面臨十數種昆蟲的危害，在不同地區或不同水稻生育時期存在明顯地差異性，然而，重要的害蟲包括褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* Stål)、白背飛蝨(*Sogatella furcifera* Horváth)及斑飛蝨(*Laodelphax striatella* Fallen)、蛀莖性的蛾類幼蟲，包括二化螟(*Chilo suppressalis* Walker)、大螟(*Sesamia inferens* Walker)及取食葉片的瘤野螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guene'e)等，對於水稻產量才足以造成實質的經濟損失。因此，無論在抗蟲育種過程的檢定作業、害蟲抗藥性研究及害蟲防治對策的擬定與執行等，上述害蟲均成為主要考量的標的。

抗蟲育種是蟲害管理常用的策略，水稻品種抗性檢定是抗蟲育種及研究抗蟲機制的基礎。選育出抗病蟲之水稻品種為水稻育種重要目標之一(Khush, 1979; Bonman *et al.*, 1992; Jena and Mackill, 2008)，特別是對許多亞洲地區國家，產量高且抗病蟲之水稻品種，成為維持糧食安全生產不可或缺的要件(Brar *et al.*, 2009)。褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨為臺灣地區水稻的主要害蟲，由於此類害蟲世代短、繁殖快速，成、若蟲均聚集於水稻吸取汁液為害，若疏於防治或防治不當，常導致水稻局部或全部枯萎倒伏，俗稱「蝨燒」，影響水稻生產至鉅，其中又以褐飛蝨之為害性最大(鄭，1986；黃等，2009)。農友為防治此類害蟲，二期作水稻常需噴藥4~6次，才可以有效抑制此蟲為害所造成之損失(鄭，1980)。二化螟蟲在1960年代曾為臺灣水稻之主要害蟲，嚴重為害可造成30~50%產量損失(何及劉，1970；陶，1966a)。其幼蟲潛入葉鞘內為害造成側黃葉，再蛀入稻莖內為害，於分蘖期形成枯心，孕穗期以後造成白穗及半白穗(何及劉，1970；陶，1966b)。由於1970~1980年代水稻耕作制度及稻藁之處理方式改變，加上化學合成藥劑之使用，使其族群大幅下降成為次要害蟲(何及劉，1970；鄭，1986；劉等，1991)。但在1984年來，臺灣勵行稻田轉作，二化螟蟲之為害面積又有逐漸增加之趨勢(鄭及朱，1999；鄭及黃，2003；黃等，2008)。此外，瘤野螟近年來成為二期稻作重要的害蟲，幼蟲

會將水稻葉片縱捲成苞，隱匿其中取食上表皮及葉肉部位，造成18~24%的產損失(鄭等，2002；顏，1981)。

化學防治是農民管理水稻害蟲的基本手段。就臺灣地區而言，截至目前為止登記使用於主要水稻害蟲的防治藥劑超過60種，主要包含有機磷、氨基甲酸鹽、合成除蟲菊、新類尼古丁與其他新穎殺蟲劑。在這些藥劑當中以褐飛蝨的推薦藥劑數量最多，其次是黑尾葉蟬、二化螟與瘤野螟(戴，2011)。在長期大量使用這些藥劑之後，無論是當地發生的水稻螟蟲類或是隨著氣流長距離遷移的飛蝨類均對不同藥劑產生高低不等的抗藥性，致使衍生出害蟲抗藥性的課題。

有關蟲害的管理，整合性防治的觀念(Integrated control concept)最早在1959年被提出來(Stern *et al.*, 1959)。聯合國糧食及農業組織(Food and Agriculture Organization)的專家小組於1974年作出較廣義的定義：整合性害物管理是一種害物管理系統，內容與環境及害物的族群動態有關，應用所有適當的技術及相容可行的方法，來維持害物族群低於造成經濟損失的水平(FAO, 1975)。然而，完整的整合性的害物管理牽涉到極為繁瑣的調查及各項技術的導入，對於臺灣從事水稻栽培的小農而言，不容易落實為實際應用的蟲害管理技術。然而，因應近年來水稻栽培農民年輕化、專業農民栽培面積擴大化的趨勢及稻米產銷專業區的需求，並考量到生產成本及營運風險，促使農民在良質米栽培蟲害管理決策品質的提升相形重要。

水稻品種抗蟲性檢定成果

褐飛蝨

臺灣進行水稻抗蟲育種研究早在1968年開始進行，嘉義農業試驗分所自國際稻米研究所(IRRI)引入抗蟲種原，1975年設置抗蟲檢定圃，進行抗蟲篩檢工作，其中包含一般病圃(初級品系)之秧苗檢定，及統一病圃(高級品系)之秧苗及成株檢定。於1973及1982年選育出第一個抗褐飛蝨之秈稻(嘉農秈11號)及粳稻(臺農68號)品種(張，1982；Chang and Cheng, 1974)。之後，各試驗改良場所也相繼投入抗蟲

育種工作，也陸續選育出其他抗褐飛蟲之品種，至今年(2012)已育成抗飛蟲之水稻品種計有45個，其中秈、粳、秈糯及粳糯稻各有16, 21, 4及4個(表1)。惟分析各抗蟲品種之抗性基因來源，秈稻品種之抗源較廣且多樣，而粳稻則相對較為狹窄。目前臺灣主要栽培抗褐飛蟲之秈、粳稻，大多來自Mudgo之*Bph1*基因及IR9-60之*bph2*基因；臺農69號及臺南糯10號其抗性來自野生稻*O. rufipogon*，但其抗蟲基因有待鑑定；臺農75號除具有Mudgo之*Bph1*基因外，可能尚具有TM抗源(臺農67號疊氮化鈉誘變品系)；臺中秈17號、臺農秈糯2號、臺秈1號、高雄秈糯8號及臺中秈糯2號等可能含有野生稻*O. nivara*之抗蟲基因(陳等，2009)。目前主要栽培之良質米推薦品種中，臺粳16號、臺南11號、臺中秈10號、花蓮21號及臺中192號具抗蟲性(表2)。

表 1.臺灣育成水稻對褐飛蟲、白背飛蟲及斑飛蟲之抗性品種

Table 1. The rice varieties resistant to brown planthopper, white backed planthopper and smaller brown planthopper released in Taiwan during 1973-2012

Variety	Released year	Response		
		Brown planthopper	White backed planthopper	Smaller brown planthopper
Chianung Sen 6	1973	S	R	R
Chianung Sen 8	1973	S	MR	R
Chianung Sen 11	1973	R	R	R
Taichung Sen 3	1976	S	MR	R
Taichung Sen 5	1977	S	MR	R
Kaohsiung Sen 7	1978	R	S	S
Taichung Sen 10	1979	MR	S	R
Tainung Sen 12	1979	R	-	R
Tainan Sen 15	1980	S	S	MR
Taichung Sen 16	1981	MR	R	R
Tainung Sen 14	1982	R	MR	R
Tainung 68	1982	MR	S	S
Taichung Sen 17	1984	R	S	MR

表 1.臺灣育成水稻對褐飛蟲、白背飛蟲及斑飛蟲之抗性品種(續)

Table 1. The rice varieties resistant to brown planthopper, white backed planthopper and smaller brown planthopper released in Taiwan during 1973-2008 (continued)

Variety	Released year	Response		
		Brown planthopper	White backed planthopper	Smaller brown planthopper
Tainung Sen 18	1984	R	MR	MR
Tainung Sen 19	1984	R	MR	R
Taichung Sen Glu. 1	1984	MR	MR	MR
Tainung Sen Glu. 2	1984	R	S	MR
Tainung 69	1984	R	R	MR
Tainung 70	1985	MR	MR	S
Tainung Sen 20	1986	R	S	R
Tainung 72	1987	R	S	R
Taikeng 1	1988	MR	S	S
Taisen 1	1988	MR	S	R
Taikeng 2	1989	MR	MR	S
Taikeng 5	1990	MR	S	S
Taisen Glu. 2	1994	S	MR	R
Taikeng 16	1996	R	R	R
Taisen 2	1998	MR	S	MR
Taitung 30	2002	R	MR	S
Tainan Glu.10	2003	R	S	S
Tainan 11	2004	MR	MR	R
Taoyuan 3	2004	S	MR	MR
Taitung Glu. 31	2004	MR	MR	MR
Tainung Sen 22	2004	MR	S	MR
Kaohsiung Sen Glu. 8	2004	MR	MR	MR
Tainan Glu.12	2005	S	MR	S
Tainung 75	2006	MR	MR	MR
Tainung Sen Glu.2	2006	MR	MR	R
Taichung 192	2007	MR	S	S
Hualien 21	2008	MR	S	S
Kaohsiung 146	2008	S	MR	S
Taichung 194	2009	S	S	MR
Taitung 32	2009	MR	S	MR
Tainan 13	2009	MR	MR	MR
Tainung 84	2010	MR	S	MR

表 2.優良水稻推薦品種對稻飛蝨之反應(101 年 1 期作)

Table 2. Response of the good quality and recommend rice varieties to three rice planthoppers (first rice crop, 2012)

Variety	Brown planthopper		White backed planthopper	Smaller brown planthopper
	Seedling stage	Adult stage		
Taikeng 2	S	S	MR	S
Taikeng 8	S	S	S	S
Taikeng 9	S	S	S	S
Taikeng 14	S	S	S	MR
Taikeng 16	R	MR	S	MR
Tainung 71	S	S	S	S
Tainan 11	R	MR	S	MR
Kaohsiung 139	S	S	S	S
Kaohsiung 145	S	S	S	MR
Taitung 30	S	S	S	S
Hualien 21	MR	MR	S	S
Taichung 192	MR	MR	S	S
Taichung Sen 10	S	MR	S	S

臺灣目前栽植抗褐飛蝨水稻品種(含有*Bph1*及*bph2*抗性基因)之種植面積，佔水稻總栽培面積之51%左右(Agriculture and Food Agency, Taiwan)。偵測於臺灣發生之褐飛蝨生物小種，能適應於具*Bph1*及*bph2*抗性基因之相對應第二型及第三型生物小種，所佔發生比例之80%以上，此情況意味著含此兩種抗性基因之水稻品種可能業已失去原有之抗性成效(黃等，2009)。有關白背飛蝨及斑飛蝨因無政策性之育種計畫進行，故僅有進行統一病圃(高級品系)之秧苗檢定，其真正抗蟲基因來源，有待進一步確定。

二化螟

抗二化螟育種研究於1970年開始進行，惟其主要利用田間自然發生族群進行檢測(林，1971，1972，1973；邱，1971)，此結果易受到環境及田間害蟲族群等因

子之影響。二化螟蟲抗蟲檢定圃於1989年設置於嘉義農業試驗分所，直至1995年，嘉義農業試驗分所成功發展出人工飼料配方(鄭，1995)，可大量培育檢定用蟲源，並利用人工接種方式，篩檢各試驗改良場所篩選之高級品系水稻，所得之抗性結果供該品系命名推廣栽培之參考。惟此計劃執行至2003年，因無持續性計畫經費支持而被迫停止(陳等，2009)。

初步檢定結果顯示梗稻對二化螟之抵抗力較秈稻強，此結果可能因二化螟偏好稻桿較粗之秈稻有關，惟二化螟為害較低之品種係因逃避或真正呈現抗性，有待進一步確認。自1989年以來，臺灣育成之水稻品種並無真正具有抵抗力者(陳等，2009)。

瘤野螟

臺灣的抗瘤野螟檢定始於1978年，田間自然發生族群檢測(陳及王，1978)。廖等(2006)針對良質米推薦品種進行品種抗性檢定，僅有臺梗8號有較佳的抗性。臺中區農業改良場2010年自菲律賓國際稻米研究所(IRRI)取得TKM6、Ptb33、IR5685-26-1、Darukasail、Balam、Gora、Gorsa及Choorapundy等8個對瘤野螟具抗性的水稻品種，另由行政院農業委員會農業試驗研究所(TARI)取得DV85、GEB24、IR74、Ptb9、Tetep9645及Tetep10046等6個對瘤野螟具抗性品種；於99年第一期作種植於行政院農業委員會臺中區農業改良場試驗田進行栽培適應性評估，選出 DV85、IR74、Ptb9、Tetep9645、Tetep10046、IR-5685-26-1及TKM6等7個品種作為後續檢定的試驗材料。2011~2012年於進行為期2年的水稻品種對瘤野螟之抗性檢定，已確認多個穩定的抗性品種(TKM6、轟早生、光復香糯等)。

水稻害蟲抗藥性發展現況

以幼蟲蛀入水稻莖幹危害的螟蟲類為例，1990年代即發現一品松(EPN)、加保扶(Carbofuran)與培丹(Cartap)無法有效的防治臺灣的二化螟。2006~2008年的調查研究證實臺灣嘉義與彰化地區的二化螟已對加保扶產生超過一千倍的抗藥性，而

臺中地區的二代螟也約有400倍的抗藥性(圖1)。另外，嘉義地區的二代螟也對培丹產生約60倍的抗藥性(Cheng *et al.*, 2010)。在中國大陸則發現田間二代螟對阿巴汀等27種藥劑產生2~220倍的抗藥性(圖1)，其中對殺蟲單(Monosultap)的抗藥性最高，三落松(Triazophos)次之，對不同合成除蟲菊殺蟲劑則有5~155倍抗藥性(戴，2011)。近十餘年來，因甘蔗的種植面積大量降低而在臺灣中南部成為最重要水稻蛀心害蟲的大螟(Li *et al.*, 2011)，對二代螟的防治藥劑尚未具發展出顯著性的抗藥性，但對未曾登記使用於水稻的賜諾殺(Spinosad)則產生約17倍的抗藥性(圖2)。此外，對二代螟防治效果優異的芬普尼對大螟則毫無效果(Fang *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2011)。

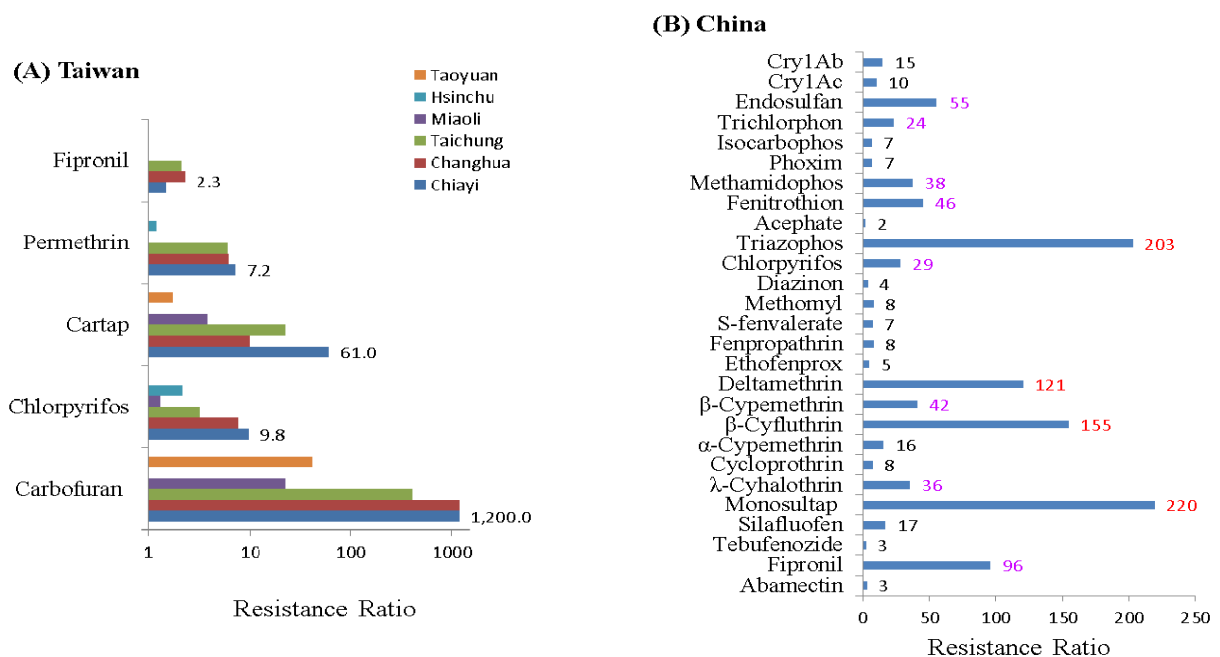


圖 1.臺灣與中國各地區二代螟對不同防治藥劑的最高抗藥性比。(資料整理自 Cheng *et al.*, 2010; Dai, 2011)

Fig. 1. The highest insecticide resistance ratios of stripe stem borers collected from Taiwan (A) and China (B). (Data adapted from Cheng *et al.*, 2010; Dai, 2011)

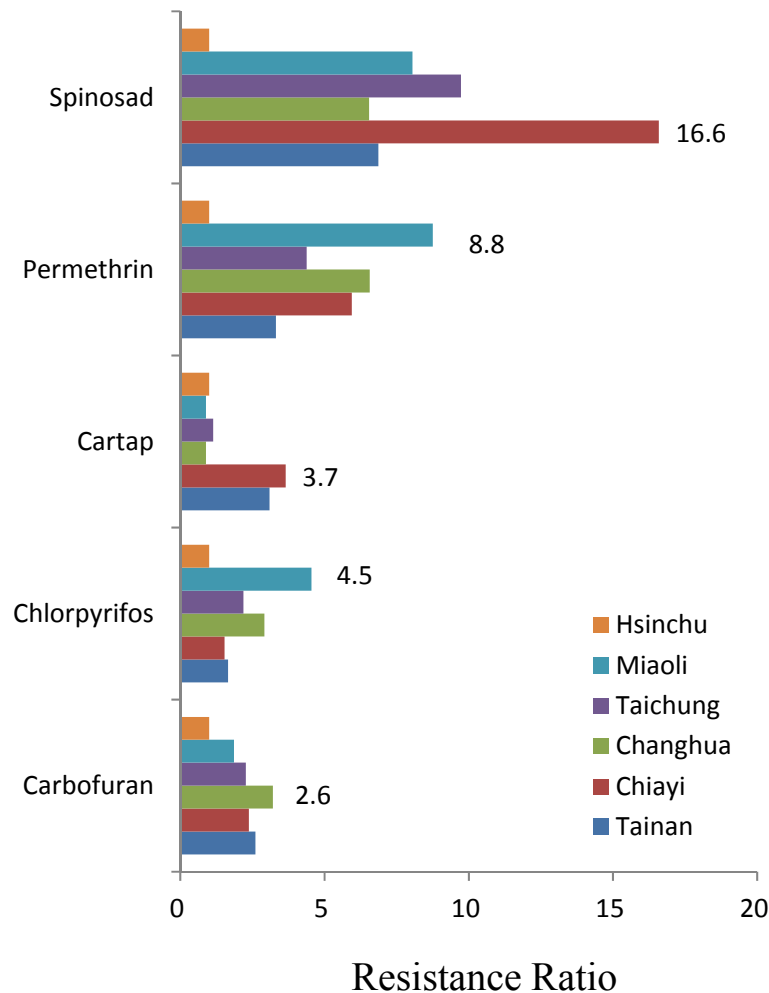


圖 2.臺灣西部地區大螟對不同防治藥劑的最高抗藥性比。(資料整理自 Li *et al.*, 2011)

Fig. 2. The highest insecticide resistance ratios of pink stem borers collected from west coast of Taiwan. (Data adapted from Li *et al.*, 2011)

至於隨著氣流長距離遷移的飛蟲類，早在1980年代即發現臺灣的褐飛蟲對有機磷、氨基甲酸鹽與合成除蟲菊殺蟲劑等有數十到數百倍的抗藥性(Chung *et al.*, 1982; Dai and Sun, 1984)，最高抗藥倍率如圖3所示。Matsumura等人於2006年調查發現臺灣地區的褐飛蟲對BPMC、芬普尼、益達胺與賽速安的抗藥性相對於東南亞

地區較敏感族群分別有3-5, 2-9, 38-71與6-8倍的抗藥性(圖4)。東南亞各地的褐飛蝨對BPMC、芬普尼與賽速安的抗藥性不高，大致在1.2~13倍之間；但是相較於菲律賓地區的褐飛蝨，日本、大陸、臺灣與越南地區的褐飛蝨對益達胺則有24-134倍的抗藥性，其中以越南Long Dinh、Tien Giang的褐飛蝨抗藥性最高，其次是越南Hoa Ninh、Tien Giang的褐飛蝨(Matsumura *et al.*, 2008)。另外，王等人從1996~2006年調查大陸地區褐飛蝨對布芬淨的抗藥性發展情形，發現除了南京地區褐飛蝨於2005 年對布芬淨有28.1的抗藥性之外，其他地區褐飛蝨截至2006年對布芬淨的抗藥性均低於10倍(Wang *et al.*, 2008)。

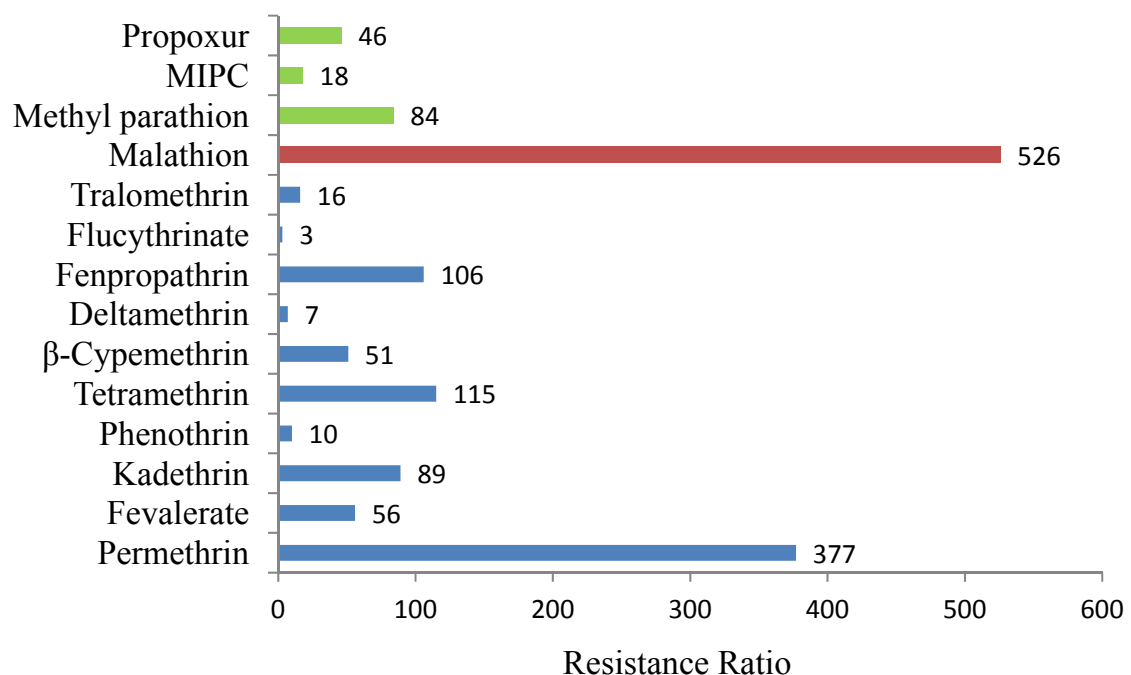


圖 3.臺灣褐飛蝨對馬拉松，胺基甲酸鹽與合成除蟲菊殺蟲劑的最高抗藥性比。(資料整理自 Chung *et al.*, 1982; Dai and Sun, 1984)

Fig. 3. The highest resistance ratio of the brown planthoppers against malathion, carbamates and pyrethroids in Taiwan. (Data adapted from Chung *et al.*, 1982; Dai and Sun, 1984)

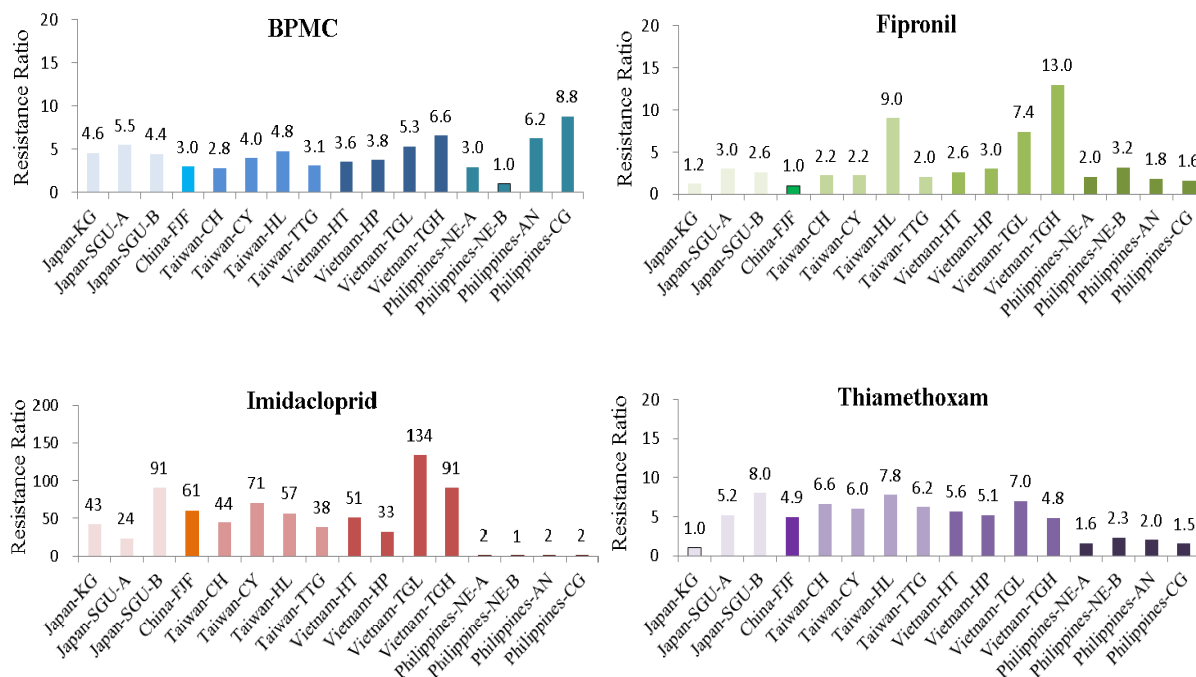


圖 4.亞洲各地褐飛蝨對 BPMC，芬普尼，益達胺與賽速安的相對抗藥性比。(資料整理自 Matsumura *et al.*, 2008)

Fig. 4. The resistance ratios of Asian brown plant hoppers against BPMC, fipronil, imidacloprid and thiamethoxan. (Data adapted from Matsumura *et al.*, 2008)

日本、大陸、臺灣、越南與菲律賓地區的白背飛蝨對BPMC與益達胺的抗藥性不高，對芬普尼則有2-1,693倍的抗藥性(圖5)，其中以越南地區的白背飛蝨對芬普尼的抗藥性最高，319-1,693倍(Matsumura *et al.*, 2008)。Tang *et al.* (2009)進一步利用芬普尼篩選田間抗芬普尼的白背飛蝨，發現抗芬普尼的白背飛蝨不會對益達胺與MPMC產生交互抗性。另外，日本地區的斑飛蝨對芬普尼大約有11倍的抗藥性(Nakao *et al.*, 2011)，大陸地區的斑飛蝨對陶斯松則約有200倍的抗藥性(Wang *et al.*, 2010)。

至於瘤野螟，由於此害蟲不易於實驗室大量繁殖，因此相關的抗藥性資料極其有限，目前僅知中國部分地區的瘤野螟對蘇力菌毒素Cry1Ab與Cry1Ac具有較高的抗藥性(Han *et al.*, 2008)。於2009年調查臺東市、臺南後壁、臺中霧峰、臺中烏

日與南投草屯等地區的瘤野螟成蟲對系統性殺蟲劑加保扶、觸殺兼胃毒劑陶斯松、系統性兼觸殺胃毒的歐殺松與芬普尼，及觸殺劑賽洛寧與第滅寧的感受性資料。結果顯示：芬普尼對田間瘤野螟的防治效果最好，其次依序為陶斯松、加保扶、歐殺松、賽洛寧、第滅寧、培丹(戴，2011)。

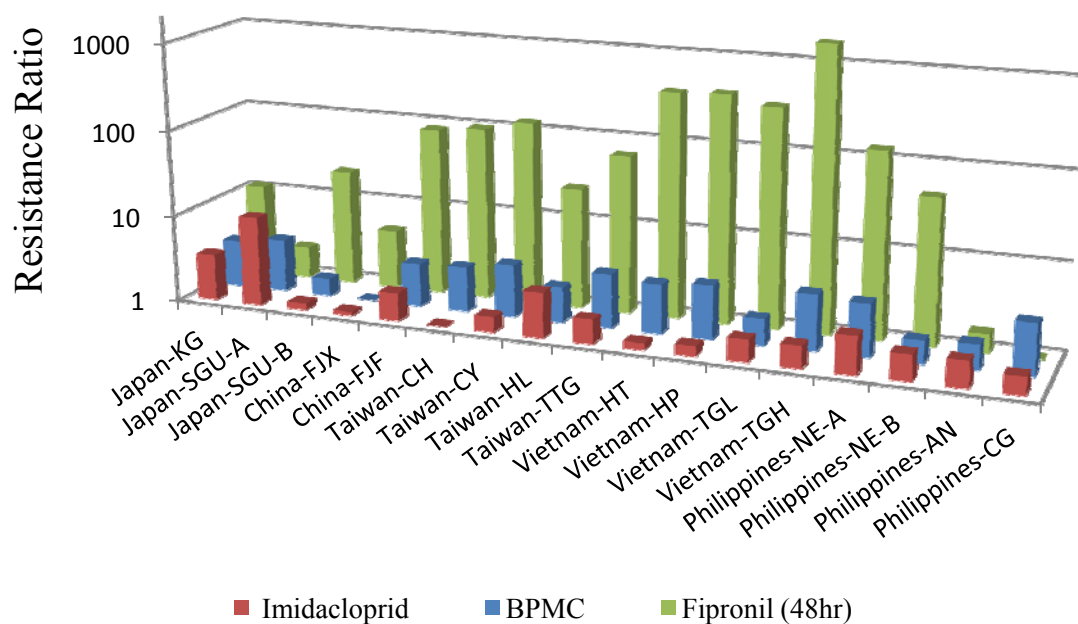


圖 5.亞洲各地白背飛蟲對 BPMC，芬普尼與益達胺相對抗藥性比。(資料整理自 Matsumura *et al.*, 2008)

Fig. 5. The resistance ratios of Asian *Sogatella furcifera* against BPMC, fipronil and imidacloprid. (Data adapted from Matsumura *et al.*, 2008)

因應抗藥性發展的對策

目前對於任何害蟲的管理均無法避免殺蟲劑的使用，因此如何避免或延緩害蟲抗藥性的產生已成為當前最重要的課題之一。現行的害蟲抗藥性管理策略包括：(一)杜絕長期使用同種或相同作用機制的藥劑。(二)監測害蟲抗藥性發展趨勢，適時輪用或混用不同作用機制的防治藥劑。(三)避免不需要的藥劑施用，使用可以

減少抗性害蟲存活的施用比率、時間選擇與實踐。(四)利用輪作避免害蟲、雜草與病原菌的累積。(五)使用非農藥防治方法等。除此之外，完善的害蟲抗藥性管理也應該注意下列兩個問題：(一)相同危害特徵的不同害蟲對相同藥劑的差異性感受性。*Matsumura et al.* (2008)的調查結果即顯示褐飛蝨與白背飛蝨對芬普尼的感受性差異極大，半致死劑量相差364倍(圖3A)。類似的情形也發現於會造成水稻枯心與白穗的大螟與二化螟(*Li et al.*, 2011)。這些具有相同危害特徵的不同害蟲對防治藥劑顯然具有不同的感受性，因此在田間實際防治上必須特別注意是哪一種害蟲危害，才能選用有效的藥劑防治。若這些具有相同危害特徵的不同害蟲同時或先後出現在同一地區，則必須選用對這些害蟲均有效果的藥劑。(二)確認防治對象是否因解毒酵素活性增強或表現量增加而對不同作用機制的藥劑產生交互抗性。

为了避免可用的防治藥劑越來越少，甚至於出現無藥可用的窘境，應該進一步確認害蟲是否會對同一類藥劑(例如除蟲菊殺蟲藥劑)或不同類卻具有相同作用機制的藥劑(例如有機磷與氨基甲酸鹽殺蟲藥劑)產生交互抗性。從圖1大陸二化螟對9種與圖3臺灣褐飛蝨對10種合成除蟲菊劑的抗藥程度來看，害蟲對同一類的藥劑不必然會產生嚴重的交互抗性(cross-resistance)，因為即使是同一類的藥劑，結構上仍有一定程度的差異。對於不同類型卻具有相同作用機制的藥劑來說，引發交互抗性的風險也可能更小。最好的例子是對加保扶具有超過千倍抗藥性的二化螟，對同屬於乙醯膽鹼酯酶抑制劑(acetylcholinesterase inhibitor, AChEI)的陶斯松卻只有低於10倍的交互抗性(*Cheng et al.*, 2010)。類似的情形也發生於使用三落松篩選之二化螟，此品系二化螟對三落松的抗藥性雖然高達200倍，但對納乃得(Methomyl)卻只有8.4倍的交互抗性(*Qu et al.*, 2003)。此二發現無論在害蟲抗藥機制的基礎研究或是在害蟲抗藥性管理策略的實際應用上均具有十分重要的意義。另外，也應該多篩選具有負交互抗性(negative cross-resistance)藥劑，以利於害蟲抗藥性管理。目前已知的負交互抗性藥劑對有蘇力菌的Cry1Ac與Cry1F，合成除蟲菊與dihydropyrazoles或amides (表3)等(*Pittendrigh et al.*, 2008)。

表 3.成對藥劑對於生物具有負相關或負交互抗性的例子(引用自 Pittendrigh et al., 2008)

Table. 3. Examples of organisms where toxin pairs have been observed to cause negatively correlated or negative cross-resistance (Cited from Pittendrigh et al., 2008)

Organism	Toxin pair(s)	References
Insects		
<i>Drosophila melanogaster</i>	DDT and deltamethrin ^a DDT and phenylthiourea ^b	Pedra et al. (2004) Ogita (1961a, b, c)
<i>Plodia interpunctella</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) toxins	Van Rie et al. (1990)
<i>Helicoverpa zea</i>	Bt toxins CryIAC and CryIF	Marcus (2005)
<i>Helicoverpa armigera</i>	Bt toxins	Liang et al. (2000)
<i>Pectinophora gossypiella</i>	Bt toxin and gossypol	Carrière et al. (2004)
<i>Musca domestica</i>	Pyrethroids and dihydropyrazoles ^c Pyrethroids and amides ^d	Khambay et al. (2001) Elliott et al. (1986)
<i>Heliothis virescens</i>	AaIT and pyrethroids ^e	McCutchen et al. (1997)
<i>Haematobia irritans</i>	Pyrethroids and diazinon ^f	Sheppard and Marchiondo (1987)
<i>Nephotettix cincticeps</i>	N-propylcarbamate and N-methylcarbamate ^g	Yamamoto et al. (1993)
<i>Tetranychus urticae</i>	Organo-phosphates and synthetic pyrethroids	Chapman and Penman (1979)
Plants		
<i>Conyza Canadensis</i> and <i>Echinochloa crus-galli</i>	Atrazine and triazine	Gadamski et al. (2000)
<i>Amaranthus hybridus</i>	Pyriothiac and imazethapyr	Poston et al. (2002)
Fungi		
<i>Ustilago maydis</i>	Benzimidazoles and diethofencarb ^h	Ziogas and Girgis (1993)
<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Venturia nashicola</i> and <i>Venturia inaequalis</i>	Benzimidazole and N-phenylanilines	Josepovits et al. (1992)
<i>Botrytis cinerea</i>	Benzimidazoles and phenylcarbamates ⁱ	Hollomon et al. (1998)
<i>Mycosphaerella graminicola</i>	Triazoles and pyrimidine derivatives/triflumizole ^j	Leroux et al. (2000)

The following alleles, genes, or loci are associated with the respective toxin pairs given above: ^a*para^{ts-1}* (voltage sensitive sodium channel); ^b*Rst(2)DDT* (differential expression of one or more cytochrome 450s); ^c*super-kdr* (super-knock-down resistance); ^{d,e}*kdr* (knock-down resistance); ^fcytochrome P450; ^gAChE (acetylcholinesterases); ^{h,i} β -tubulin (single amino acid changes); and ^jP450 sterol 14 α -demethylase.

決策資訊導向的蟲害管理

臺灣水稻栽培農民的平均年齡約為63歲，平均耕地面積為1.1公頃，對於水稻病蟲害的管理作為，多數仍是以噴施化學藥劑為主要的防治手段，少數能夠與由水稻病蟲害防治講習會或向各地區試驗改良場所獲得病蟲害防治的資訊及技術，提升對於病蟲害管理的決策品質。近年來，政府為強化國產米產銷競爭力及提升稻農收益，自2005年起輔導優良稻米產區中具有行銷潛力的農會或業者建置「稻米產銷專業區」。2012年全國建置37處稻米產銷專業區，推行面積15,772公頃。稻米產銷專業區的營運主體考量到產品檢驗出農藥殘留對於品牌及商譽的營運風險，開始重視契作農民的農藥使用情形。另外，截至2102年5月，政府推動的「小地主大佃農」政策，大佃農平均年齡降至42歲，平均耕作耕地已達8.26公頃，計有7,681公頃栽種水稻。這些年輕及專業化的大佃農除了擴大經營規模外，對於降低生產成本更不遺餘力，尤其對於水稻病蟲害的防治時機的掌控著力最深。有鑑於此，如何透過教育訓練，輔導農民成為善用各項監測技術的專家，主動定期的資訊蒐集，並配合農業環境、害蟲生態學及經濟危害基準的知識，統合相關訊息進行分析，據以作出最佳的病蟲害管理決策及農藥的合理使用。

有關決策資訊導向的蟲害管理可區分為下列6個步驟，流程如圖6所示。

- (一)**確認防治對象**：水稻第一期作及第二期作所面臨的害蟲不盡相同，第一期作營養生長期以蛀莖性螟蟲為防治對象，生殖生長期則為螟蟲及斑飛蟲；第二期作營養生長期防治對象包括瘤野螟及螟蟲，生殖生長期則包括瘤野螟、螟蟲、褐飛蟲及白背飛蟲等。
- (二)**蒐集資訊**：多元的資訊可以協助農民作出最佳的決策，相關資訊包括試驗改良場所依據大範圍監測結果及綜合氣候資料所發布的蟲害發生警報、目標害蟲的基礎生態行為、及農民每週一次的定期田間調查以掌握耕作田區的害蟲密度及生育期，並運用包括二化螟性費洛蒙誘餌等監測工具，以掌握害蟲的族群動態。

- (三) **考量面臨風險**：農民依據蒐集資訊進行害蟲管理決策前，需要考量害蟲經濟危害基準、害蟲抗藥性及農藥殘留等可能面臨的風險。經濟危害基準(economic threshold)常用來判斷害蟲是否對作物產量足以造成實質損失的工具，當預測主要害蟲危害可能超越經濟危害基準，於害蟲造成危害前進行必要的防治手段。水稻重要害蟲的經濟危害基準已經全數建立(表4)。而害蟲抗藥性的產生，影響到藥劑對害蟲的防治效果，可能無法有效壓制害蟲族群的增長。此外，若水稻正值生殖生長期，對於防治藥劑的選擇須考量到安全採收期，方能避免農藥殘留的疑慮。
- (四) **作決策**：經過審慎的資訊分析及面臨風險的評估，農民得以作出害蟲管理的決策。若預期害蟲不會對作物造成經濟損失，即可節省當次的防治成本；若決定必須進行防治措施，則須訂定適當的管理時機，並擬定正確的管理方式。
- (五) **行動**：進行必要的害蟲管理手段，包括農藥的施用及栽培管理流程的改善。
- (六) **回饋**：每次執行害蟲管理措施畢，約10~14天後，觀察水稻是否持續受到害蟲的為害，紀錄成功或失敗的情形，並探討成敗的可能因素，作為後續改善的依據。

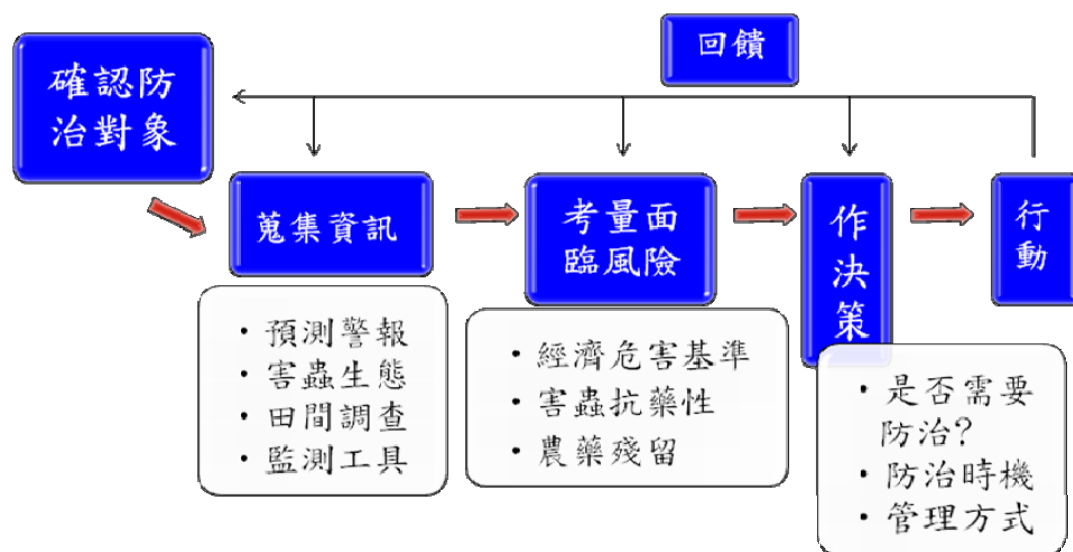


圖 6.決策資訊導向的蟲害管理。

Fig. 6. Information orientation for decision-making on pest management.

表 4.重要水稻害蟲的經濟危害基準(資料整理自鄭等，2002)

Table 4. The economic threshold of important rice insect pests (Data adapted from Cheng *et al.*, 2002)

Kind of insects	Survey period	Economic threshold
<i>Nilaparvata lugens</i>	Rice booting stage	5-10 / hill
	Rice milking stage	10-20 / hill
<i>Sogatella furcifera</i>	Rice booting to ripening stage	5-10 / hill
<i>Laodelphax striatella</i>	Rice middle booting stage	10-20 / sweep
	After rice heading date	1-2 / spike
<i>Chilo suppressalis</i>	After rice transplanting	12-15% yellow stem
	Rice maximum tillering stage	5-10% dead heart
	After rice heading date	2-3% white head
<i>Cnaphalocrocis medinalis</i>	Rice booting to heading stage	1 larvae / hill or
		3 damaged leaves/hill

結論與展望

所謂抗蟲品種並非指害蟲無法在該品種上生存及繁殖，而是指害蟲生存及繁殖受到抑制(抗生性)，或是害蟲不喜於在該品種上棲息(抗棲性)，甚至是該品種較其他品種能忍受較多害蟲之為害能力(容忍性) (Painter, 1951; Smith, 1989)。在水稻上，栽植抗蟲品種可大量減少殺蟲藥劑之使用量，隨褐飛蟲發生之情況，每期作可減少1~3次之施用藥劑次數(鄭，1986)。由於栽植抗蟲品種並不增加任何費用於生產者，同時對人、畜及環境不具危險性，更可配合其他任何防治方法使用而獲得相乘的防治效力(Kogan, 1982; Panda and Khush, 1995)。在生態環境品質日益受重視，倡導農業永續經營的今日，抗蟲品種的開發與利用更顯重要。

然而，要選育出抗蟲品種作為害蟲防治的基礎，需有團隊合作且政策及經費的持續支持下方可達成，並非一蹴可幾。加上有關抗褐飛蟲之種原多為秈稻，欲將秈稻之抗蟲基因轉移至梗稻，一般必須先育成梗稻中間親本，再逐漸與梗稻雜

交，才能將抗性基因轉移至梗稻。由於中間親本之育成頗為費時，且其績效並不受肯定，大部分育種者通常以農藝性狀較佳之抗蟲品種做為親本並連續使用，以致目前所育成之抗蟲品種，多為同一抗蟲基因所支配，若有相對生物小種產生，則全部抗蟲品種即將面臨被嚴重為害而瓦解之命運(陳等，2009；黃等，2009)。

由於褐飛蝨係長距離遷移害蟲，主要由中國華南、北越及菲律賓呂宋島等地區遷移進入臺灣(鄭及盧，1990；Huang *et al.*, 2010)，而發生於臺灣之褐飛蝨生物小種，除受當地抗蟲品種之種植造成改變外，海外遷出地區蟲源特性之改變亦可能影響遷入地區生物小種之變遷(黃等，2009；Medrano and Heinrichs, 1985; Rombacher and Gallagher, 1994; Sogawa *et al.*, 1987; Tanaka and Matsumura, 2000)。在臺灣，目前已偵測到水稻褐飛蝨第二型(biotype 2)及第三型(biotype 3)生物小種現已普遍發生，第四型(biotype 4)及第五型(biotype 5)生物小種發生比例也逐漸增加，如何使用水平抗性、容忍抗性及抗性基因交互循環種植之方式，甚至是混植含有不同抗蟲因子之水稻抗性品種，以有效的減緩有害生物小種之演化，成為未來褐飛蝨發生及管理之重要課題(黃及鄭，2008；黃等，2009；Cheng, 1985; Heinrichs, 1994; Panda and Khush, 1995)。

臺灣目前缺乏具其他抗褐飛蝨基因之種原，今後除應加強搜集水稻抗蟲種原外，可配合分子標誌輔助選拔技術之應用，除可在雜交後之早期世代能進行抗蟲選拔，減少人力、物力及時間之花費及提高育種效率與準確性，並可應用於堆疊不同抗性基因於優良水稻品種上，使該品種不僅具有優良特性，更可抵抗害蟲之為害。在國外，目前已有應用分子輔助育種技術於選育出具多種病蟲害抵抗性之品種(Brar *et al.*, 2009)，此方面之發展與經驗，可提供我們學習與借鏡。

化學防治是水稻害蟲的重要防治方法，也是無法避免的手段之一，因此如何合理正確的使用防治藥劑，並避免或延緩害蟲抗藥性的發生，是我們必須持續努力達成的目標。實際的作法，除了落實教育宣導與督導用藥的農民確實遵行指令，也要有完整的學術研究與田間試驗結果做後盾，並注意鄰近國家相關害蟲對不同藥劑的抗藥性發展情形，特別是可隨著氣流長距離遷移的害蟲。若實際操作使用

防治藥劑的農民能落實應用學術研究與田間試驗結果，相信不但能有效控制相關害蟲，也可避免或延緩抗藥性的發生。

蟲害管理作為是一個不斷作決策的過程，農民在這個過程中扮演關鍵的角色。如何讓農民不再只是依賴農藥零售業者來決定水稻蟲害的防治時機及施藥的種類，唯有讓農民成為病蟲害管理決策的專家。近年來，稻米產銷專業區及小地大佃農政策的推動，恰好提供了良好的介面及誘因，期能持續提升水稻栽培過程的病蟲害管理的決策品質，全面地生產安全高品質的稻米。

參考文獻

1. 何火樹、劉達修 1970 臺中地區水稻二化螟蟲之生態研究 臺灣農業 6: 1-21。
2. 林再發 1971 水稻品種對二化螟抵抗性之研究 臺灣農業 7: 163-170。
3. 林再發 1972 水稻品種對二化螟蟲及褐飛蝨抗性之選拔 臺灣農業 8: 213-214。
4. 林再發 1973 水稻品種特性及環境因素對二化螟蟲發生之影響 臺灣農業 9: 59-66。
5. 邱明德 1971 水稻品種對二化螟感受性初步觀察 植保會刊 13: 121-126。
6. 陶家驊 (1966a 臺灣二化螟蟲發生猖獗誘因之研究 植保會刊 8: 407-436。
7. 陶家驊 1966b 水稻害蟲 p.285-302 臺灣植物保護工作-昆蟲篇 劉廷蔚先生六十歲紀念文集。
8. 張萬來 1982 水稻臺農68號 豐年 32: 37-38。
9. 陳隆澤、黃守宏、鄭清煥 2009 水稻病蟲害抗性檢定工作回顧 p.83-103 臺灣水稻保護成果及新展望研討會專刊 農業試驗所印 臺中 臺灣。
10. 黃守宏、鄭清煥 2008 水稻品種抗蟲育種的成果與未來展望 農業世界 300: 34-41。

11. 黃守宏、鄭清煥、陳秋男、吳文哲 2009 臺灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望
臺灣水稻保護成果及新展望研討會專刊 p.131-147 農業試驗所印 臺中
臺灣。
12. 黃守宏、鄭清煥、楊繡瑛 2008 臺灣中部地區蛀食水稻螟蟲類之發生趨勢調
查 植保會刊 50: 37-46。
13. 鄭清煥 1980 可能影響水稻害蟲藥劑防治效果及收益之若干因素 p.89-118
農藥研究專題研論會講稿集。
14. 鄭清煥 1986 臺灣稻作害蟲與防治 p.199-218 四十年來臺灣地區稻作生
產改進專輯。
15. 鄭清煥 1995 人工飼料防腐劑之篩選及二化螟蟲在人工飼料上發育之溫度
需求 植保會刊 37: 29-40。
16. 鄭清煥、朱耀沂 1999 稻作蟲害及其防治 p.423-466 臺灣稻作發展史 臺
灣省農林廳出版 南投 臺灣。
17. 鄭清煥、黃守宏 2003 嚴重危害水稻第一期作之二化螟蟲 技術服務 56:
24-27。
18. 鄭清煥、盧瑞良 1990 褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣
象條件 中華昆蟲 10: 301-324。
19. 鄭清煥等 2002 水稻保護 植物保護圖鑑系列8 行政院農業委員會動植物
防疫檢疫局出版 448頁。
20. 廖君達、林金樹、陳啟吉 2006 瘤野螟族群消長、防治適期及水稻品種抗性
臺中區農業改良場研究彙報 91: 31-38。
21. 劉達修、王文哲、王玉沙 1991 臺中地區二化螟蟲多發生地區猖獗因子之研
究 中華昆蟲 11: 300-309。
22. 戴淑美 2011 水稻害蟲之抗藥性 有害生物抗藥性研討會專刊: 83-108 臺
中 臺灣。
23. 顏福成 1981 水稻瘤野螟之發生與防治適期研究 臺南區農業改良場研究
彙報 15: 81-93。

24. Agriculture and Food Agency, Taiwan (http://www.afa.gov.tw/GrainStatistics_index.asp?CatID=289)
25. Brar, D. S., P. S. Virk, K. K. Jena, G. S. Khush. 2009. Breeding for resistance to planthoppers in rice. pp. 401-427. In: Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia. Int. Rice Res. Inst, Los Baños, Philippines.
26. Bonman, J. M., G. S. Khush, R. J. Nelson. 1992. Breeding rice for resistance to pests. Annu. Rev. Phytopathol. 30: 507-528.
27. Chang, W. L., C. H. Cheng. 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. p.14 International Rice Research Conference, IRRI, Philippines.
28. Cheng, C. H. 1985. Interactions between biotypes of the brown planthopper and rice varieties. J. Agric. Res. China 34: 299-314.
29. Cheng, X., C. Cheng, S. M. Dai. 2010. Responses of striped stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae), from Taiwan. Pest Manag. Sci. 66(7): 762-766.
30. Chung, T. C., C. N. Sun, C. Y. Hung. 1982. Pyrethroid Resistance and Synergism in *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae) in Taiwan. J. Econ. Entomol. 75: 199-200.
31. Dai, S. M., C. N. Sun. 1984. Pyrethroid Resistance and Synergism in *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae) in Taiwan. J. Econ. Entomol. 77: 891-897.
32. Fang, Q., C. H. Huang, G. Y. Ye, H. W. Yao, J. A. Cheng, Z. R. Akhtar. 2008. Differential fipronil susceptibility and metabolism in two rice stem borers from China J. Econ. Entomol. 101: 1415-1420.
33. Food and Agriculture Organization. 1975. Rep. FAO Panel of Experts on Integrated Pest Control, 5th, Oct. 15-25, 1974. Rome, Italy: FAO-UN, Meeting Rep. 1975/M/2. 41 pp.

34. Han, L. Z., P. L. Liu, M. L. Hou, Y. F. Peng. 2008. Baseline susceptibility of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) to *Bacillus thuringiensis* toxins in China. *J. Econ Entomol.* 101: 1691-6.
35. Heinrichs, E. A. 1994. Impact of insecticides on the resistance and resurgence of rice planthoppers. pp. 571-598. In: *Planthoppers: Their Ecology and Management*. Chapman & Hall, New York, USA.
36. Huang, S. H., C. H. Cheng, C. N. Chen, W. J. Wu, A. Otuka. 2010. Estimating the immigration source of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae), in Taiwan. *Appl. Entomol. Zool.* 45(3): 521-531.
37. Jena, K. K., D. J. Mackill. 2008. Molecular markers and their use in marker-assisted selection in rice. *Crop Sci.* 48: 1266-1276.
38. Khush, G. S. 1979. Genetics of and breeding for resistance to brown planthopper. pp. 321-332. In: *Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia*. Int. Rice Res. Inst, Los Baños, Philippines.
39. Kogan, M. 1982. Plant resistance in pest management. pp. 93-134. In: *Introduction to Insect Pest Management*. John Wiley and Sons, New York, USA.
40. Li CX, X Cheng, SM Dai. (2011) Distribution and insecticide resistance of pink stem borer, *Sesamia inferens* (Lepidoptera: Noctuidae), in Taiwan. *Formos. Entomol.* 31: 39-50.
41. Matsumura, M., H. Takeuchi, M. Satoh, S. Sanada-Morimura, A. Otuka, T. Watanabe, and D. Van. 2008. Species-specific insecticide resistance to imidacloprid and fipronil in the rice planthoppers *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* in East and South-east Asia. *Pest manag. Sci.* 64: 1115-1121.
42. Medrano, F. G., E. A. Heinrichs. 1985. Response of resistant rices to brown planthoppers (BPH) collected in Mindanao, Philippines. *Int. Rice Res. Newl.* 10: 14-15.

43. Nakao, T., A. Kawase, A. Kinoshita, R. Abe, M. Hama, N. Kawahara, K. Hirase. 2011. The A2#N Mutation of the RDL #-aminobutyric acid receptor conferring Fipronil resistance in *Laodelphax striatellus* (Hemiptera: Delphacidae). J. Econ. Entomol. 104(2): 646-652.
44. Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. Macmillan, New York.
45. Panda N, G. S. Khush (1995) Host Plant Resistance to Insects. CAB International, Wallingford. 431 pp.
46. Pittendrigh *et al.*, 2008. Negative Cross-Resistance: Past, Present and Future Potential. In “Insect Resistance Management” Edited by David W. Onstad 2008. pp305.
47. Rombacher, M. C., K. D. Gallagher. 1994. The brown planthopper: promises, problems, and prospects. pp. 693-709. In: Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India.
48. Smith, C. M. 1989. Plant resistance to insects – A fundamental approach. John Wiley & Sons, New York.
49. Sogawa, K., Soekirno, Y. Raksadinata. 1987. New genetic makeup of brown planthopper (BPH) populations in Central Java, Indonesia. Int. Rice Res. Newl. 12: 29-30.
50. Stern, V. M., R. F. Smith, R. van den Bosch, K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29: 81-101.
51. Tanaka, K., M. Matsumura. 2000. Development of virulence to resistant rice varieties in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), immigrating into Japan. Appl. Entomol. Zool. 35: 529-533.
52. Tang, J., J. Li, Y. Shao, B. Yang, Z. Liu. 2009. Fipronil resistance in the whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera*): possible resistance mechanisms and cross- resistance. Pest Manag Sci. 66: 121-125.
53. Wang, Y., C. Gao, Z. Xu, Y. C. Zhu, J. Zhang, W. Li, D. Dai, Y. Lin, W. Zhou, J. Shen. 2008. Buprofezin susceptibility survey, resistance selection and preliminary

- determination of the resistance mechanism in *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). Pest Manag. Sci. 64: 1050-1056.
54. Wang, L., Y. Zhang, Z. Han, Y. Liu, J. Fang. 2010. Cross-resistance and possible mechanisms of chlorpyrifos resistance in *Laodelphax striatellus* (Fallén). Pest Manag. Sci. 66: 1096-1100.

ABSTRACT

More than 10 insect pests attacked during rice cultivated period. Among those, sucked planthopper, including brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål), white backed planthopper (*Sogatella furcifera* Horváth), smaller brown planthopper (*Laodelphax striatella* Fallen), moth borer, including stem borer (*Chilo suppressalis* Walker), purple stem borer (*Sesamia inferens* Walker), leaf feeder, rice leaf folder (*Cnaphalocrocis medinalis* Guene'e), etc. could caused indeed economic injury to rice yield. Therefore, the former pests have be became targets for insect-resistant variety breeding, insects insecticide-resistant research and the outline and practice for different control strategies. Since 1968, varietal resistance to brown planthopper has been conducted in Taiwan, and about 40 varieties have been released for commercial cultivation so far. Because most resistant varieties carried with *Bph1* or *bph2* resistant gene in Taiwan as well as other countries in Asia, as the result, inducing the virulent biotype 2 and 3 became dominant in the population in most paddy fields in Taiwan. Therefore, we need urgently to breed the resistant varieties with polygene in nature to cope with the virulent biotypes for ensuring the rice safety production in the future. Screening of rice varieties resistance to rice stem borer and leaf folder have also been investigated in Taiwan. Chemical control is one of the most important management strategies of rice insect pests, however, it is hard to avoid the development of insecticide resistance after frequent application of insecticides. Some major rice insect pests, like *C. suppressalis* and *N. lugens* have been developed more than 100-folds resistance to certain insecticides. Therefore, it is important to delay the occurrence of insecticide resistance and insect pest population by monitoring the dynamics of insecticide resistance development, alternative use of insecticides with different mode of action and crop rotation. Otherwise, the young and professional farmers increased gradually, they

enhance their cultivation area and would like to decrease the cost for pesticide application. And, the rice production and market areas have considered the risk of management, the enhanced the decision-making quality for pest management is more important than past. We offered the pest management training classes for farmers to become an expert, has facilitated many monitoring techniques, active gather information at regular intervals, then compatible with agricultural environment, insect ecology and the knowledge of economic threshold, to analyze the related information to make a better insect pest management strategy and reasonable application of pesticides.

Key words: Rice, insect pest, variety-resistance, pesticide-resistance, decision-making.

氣候變遷下的良質米生產與展望

蘇宗振

農委會農糧署

摘 要

氣候變遷對於農業環境造成：(1)氣候暖化；(2) CO₂濃度增高；(3)極端氣候頻率增加；(4)水資源變動等影響。臺灣在全球暖化下，災害性的天氣與劇烈的氣候變化可能會增加。因此，在良質米的生產需有下列之因應對策：(1)確保「糧食安全及糧價穩定」政策；(2)提高農地利用，提高生產力；(3)選育優良品種、抗(耐)逆境及病蟲害品種；(4)推廣節能高效及防逆境等栽培技術；(5)合理栽培管理作業及調整耕作制度；(6)加強氣候變化趨勢的預測和農業氣象預報。

關鍵詞：良質米、氣候變遷、抗逆境、栽培管理。

前 言

氣候變遷造成氣候暖化，進而引發洪水、乾旱、豪雨或暴風等極端氣候頻率增加，對於農作物的產量與食用安全品質將造成極大的影響。

綜觀百年來臺灣地區氣候暖化的趨勢亦極為明顯，按氣象局表示，全球暖化是事實，二十世紀全球平均溫上升0.6 ℃年，臺灣陸地平均溫度則從1901至2000年上升1.3 ℃暖化速度是全球總平均兩倍，增溫趨勢在夏季(1.3 ℃年)比冬季(0.8 ℃年)明顯，且夜溫上升的幅度大於日間，因此日夜溫差呈現下降趨勢。

臺灣的暖化程度，在同緯度的國家中，與美國加州相當，但比東南亞、非洲略為嚴重。若以海島型國家相較，則與日本相當。學者分析臺灣暖化較嚴重的原因，主要是臺灣都市密集、人口密集，加上工業化程度高，導致暖化的速度快、程度高。未來，臺灣地區的氣候有可能變為高溫及冬乾夏濕的氣候型態。

氣候變遷對糧食生產的影響

依據IPCC (2001)氣候變遷對全球的衝擊影響報告，農業生產與糧食安全受全球氣候變遷影響很大。未來，熱帶和亞熱帶地區將因溫度升高而導致農作物產量降低，臺灣地處亞熱帶同樣受到影響。此外，極端氣候發生的頻率將會增加，嚴重性也會增強，進而影響糧食生產與供應的穩定性。

一般來說，氣候變遷對於農業環境所造成重大的影響有：(1)氣候暖化，即氣溫升高，尤其是夜溫升高對水稻(C3型作物)影響大；(2) CO₂濃度增高；(3)極端氣候頻率增加；(4)水資源。

農業生產受環境條件的影響很大，尤其是氣候條件與土壤資源，並伴隨著作物品種及耕作模式而有不同的差異。其中，以氣候條件的變化對農業的生產力、穩定性及耕作制度所產生的影響最為重大。舉例亞洲鄰國皆積極朝科技研發及政策制訂等方面發展。

日本對於糧食生產受氣候影響之研究成果豐碩，並認為稻米是世界上主要的農作物之一，2010年全球稻米產量約為4.4億噸，隨著人口成長預計到2035年還額外需求1.16億噸的稻米，因此面對氣候變遷的影響，為了維持稻米產量其環境適應力必須提高例如淹水容忍度、乾旱容忍度與耐熱度等，稻秧若低於水面則會降低光合作用與呼吸作用，一旦淹水超過10~14天即會枯萎，因此為改善淹水容忍度，在稻米基因中加入sub 1基因進行改良，可提高淹水容忍度至17天，另外改良過的二合一稻米品種，即同時提高淹水與鹽度容忍度，可淹沒於海水中超過10天。此外，亞太地區面臨嚴重乾旱的地區逐漸增加，因此各國陸續開始種植耐旱性高的農作物，為使稻米提高耐旱性主要從作物根系改良著手，根系越深入地表越容易取得土壤中的含水量。耐熱度改良方面，由於稻米在抽穗期受到熱度的影響最甚，通常超過攝氏38度的高溫持續一小時後，部分稻穗會出現未成熟完全的現象，因此將稻米的開花期提早至日出時分，可大幅提高稻穗的耐熱度，減低高溫對稻穗的負面影響。

南韓則認為隨著全球氣候變遷加劇，過去100年來全球平均溫度上升攝氏0.74度而南韓平均溫度上升攝氏1.5度，同時面臨能源危機，估計原油供應會在43年後枯竭，天然氣則是在62年後枯竭，因此不論已開發或開發中國家，全球都在推動綠成長工作，擬定綠地栽培策略與環境維持計畫以因應未來環境趨勢。南韓總統李明博於2008年明確指示推動節能減碳，創造人與環境和平共處，並後續推動5年綠成長計畫。所謂「綠成長」的意涵即節能減碳以減輕氣候變遷對環境的傷害，並確保再生能源的供應，以及提供足夠的工作機會以維持經濟與環境的和諧。為了達到綠成長與經濟成長的平衡點，首先要改變消費型態與生產模式，輔導產量過剩的作物轉為其他需求作物，同時要鼓勵節能減碳的生產方式例如工業節電，另外也要降低環境衝擊例如生產對環境影響較低的作物與開發可回收利用的能源。南韓綠成長的目標有降低原本每年1,840萬噸二氧化碳的排放量，以及生質能源所占比例從6.6%提高到15.7%，還有親環境的農業型態比重從3%提高到15%，主要策略為推動工業實施3R (Reduce, Recycle, Reuse)達到節能減碳、自然資源永續經營與加強環境保育。

氣候暖化對臺灣水稻生產及因應對策

臺灣在全球暖化下，未來災害性的天氣可能會增加，颱風強度也可能會增強。此外，強風、豪雨的次數也會攀升。換言之，臺灣的氣候變異大，劇烈天氣次數也可能會愈來愈多。氣候暖化對臺灣地區水稻生產的影響如下：

- (一)臺灣栽培之水稻品種約九成以上為粳型稻，而高溫多濕不利於粳型稻之品質與產量，因此，氣候暖化對臺灣地區糧食生產的影響將大於溫帶地區。
- (二)農作物生育期縮短，產量下降；尤其是夜溫的升高，對水稻的產量及品質影響極大。
- (三)氣候暖化對臺灣地區水稻栽培期尚未有明顯的影響，但「暖冬」常讓農民在初春時提前插秧，導致秧苗發生嚴重寒害，造成重新種植及資源浪費。

(四)造成全臺病蟲害發生期間、頻率及分佈趨於一致，倘未採取共同防治，將降低防治效果，造成資源浪費及降低農民收益。

(五)造成水、旱災等極端氣候事件增多及總產量的下降與供給的不穩定性。

為適應臺灣地區氣候變遷並實現農業永續經營，擬從政策制訂、科技研發及執行等層面，採取適當的政策目標及因應對策，分述如下：

(一)確保「糧食安全及糧價穩定」政策：糧食政策為農政策重要一環，我國糧食政策的核心價值為滿足國人對於糧食的質與量的需求，糧食政策目標為「確保糧食安全及糧價穩定」。未來，政府將持續加強糧食政策之推動，提高國內糧食自給率。

(二)提高農地利用，提高生產力：糧食生產的基礎是耕地。配合氣候及土壤條件，調整糧食生產區域及生產面積，並促進休耕農地活化利用，為糧食生產的重要因素。維持適當耕地，確保受氣候因素影響時，得隨時恢復生產，維持糧食穩定供應。此外，實際從農人口高齡化且年青一代無營農意願，因此，推動「產銷專業區」及「小地主大佃農」正是時機，藉由農業產業結構之調整與轉型，政府積極導入專業訓練、輔導企業化經營及建立產銷供應鏈，以達擴大經營規模及提升產業競爭力。

(三)選育優良品種、抗耐(逆境及病蟲害)品種：選育優良作物品種及抗耐品種是克服天候逆境的首要策略，目前應適當運用傳統育種或生物科技，儘速達到選育新品種以提升品質及適應新的暖化環境。

(四)推廣節能高效及防逆境等栽培技術：目前油價及原物料價格高漲，農業經營成本偏高，應加速推動合理化施肥、施藥，以降低肥料、農藥不當使用或浪費。積極研發節水技術，以提高水分利用率及效能，以在有限的水資源下獲得最大生產效益。另建立防寒及降溫技術，以避免早春的寒害及夏季高溫逆境的傷害。

(五)合理栽培管理作業及調整耕作制度：稻田產生甲烷受到水稻品種、溫度、灌溉、肥料及生育階段的影響，調整水稻灌溉管理方式、選用適當品種及多使用有機

肥，將可減少甲烷產生。另使用選用適當肥料、減少施肥量、適時施肥及改進水分管理，可減少稻田產生 N_2O 。此外，配合臺灣地區水源變化或氣候異常，推廣農民適當的耕作栽培模式及調整作物種類與品種，創造有利農作物生育條件，除可減少需水量外，亦可減輕病蟲害的危害，以穩定糧食生產及增加農民收益。

(六)加強氣候變化趨勢的預測和農業氣象預報：氣候變遷具高度不確定性，現行科學方法也不可能準確預報氣候。但短期的氣象預報及媒體傳播速度，農民多能掌握動態，惟缺乏主動採取防範措施，以減少損失。政府有必要加強研發農作物防護技術並推廣農民使用，俾提高農民收益。

結 語

IPCC對全球暖化警告指出，氣候變遷已「急遽且不可逆轉」，各國要努力適應，學習與氣候變遷共存。

水稻為臺灣最主要之農作物，除供食糧並兼具多項生態功能，應適度維持於國內發展，以確保國內糧食安全及稻米產業永續發展。在全球暖化及經貿自由化之情勢下，臺灣稻米產業必須不斷以提升品質、改進栽培及加工技術、強化品牌及運銷通路等措施，以提升競爭力。並在考量面臨新的衝擊，包括新興國家糧食需求大增、全球性氣候異常致使地區性的糧食生產不穩定，造成糧食大國之出口量銳減、及油價高漲促成生質能源蓬勃發展，排擠了人類糧食的供應等因素，致使我國糧食政策除應持續加強推動外，亦應隨時檢討現行農業政策與措施，確立臺灣米永續經營的基礎。

註：本文引用氣候變遷下臺灣糧食生產因應對策(農政與農情第 200 期, 2009)及 2012 年 APEC 糧食安全保障研討會報告(2012)。

參考文獻

1. 林彥蓉、郭素真、吳永培 2011 全球暖化下臺灣耐逆境水稻之育種策略與發展 65-78 吳東鴻、陸明德、曾東海、王怡玓、蕭巧玲編 因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊 農業試驗所特刊第156號 臺灣 臺中。
2. 姚銘輝、陳守泓 2009 氣候變遷下水稻生長及產量之衝擊評估 作物、環境與生物資訊 6: 141-156。
3. 許志聖、楊嘉凌 2012 日本面對全球暖化之水稻創新育種與栽培研究 1-5 蔡宜峰、洪惠娟、王茗慧編 臺中區農業改良場100年專題討論專集 臺灣 彰化。
4. 廖志翔 1998 全球氣候變遷對全球與臺灣地區氣象環境之影響與因應策略 7-32 林俊義、楊純明編 氣候變遷對農作物生產之影響 農業試驗所特刊第71號 臺灣 臺中。
5. 楊純明 2009 氣候變遷與糧食生產 作物、環境與生物資訊 6: 134-140。
6. 蘇宗振 2009 氣候變遷下臺灣糧食生產因應對策 農政與農情 200: 1-16。

ABSTRACT

The agricultural effects of climate change are weather warm, water resource changing, increasing the concentration of CO₂ and extreme weather. Under the globe climate change, it's increasing the extreme weather in Taiwan in the future. Therefore, the good-quality rice production stratagem should be following: (1) insure the policy of the food production and stable (2) increasing the productivity through the land utilization (3) breeding the physiological and biological stress tolerance outstanding varieties (4) extending the energy-saving and stress tolerance cultural practices (5) adapting the reasonable practices and cropping system (6) improvement the weather forecast.

Key words: Good-quality rice, Climate change, Stress tolerance, Cultural practice.

優良水稻品種與品種權

胡凱康

臺灣大學農藝系

通訊作者信箱：khwu@ntu.edu.tw

摘 要

水稻品種的管理方式，自光復以來歷經數次變革，「臺灣省作物新品種登記命名辦法」自民國39年開始實施，參酌植物新品種保護國際聯盟可區別性、一致性與穩定性的精神，並考慮糧食作物對於國計民生的重要性，規範只有經過多年期多地區試驗，且表現較當時主要品種優異的新品種始得以命名推廣。94年起，政府為使我國植物品種權利之保障能與國際接軌，參考UPOV 1991年公約制訂「植物品種與種苗法」，該法特別著重品種的可區別性，立法精神在於鼓勵創新，並保障育種者之權利，對於可區別性的性狀是否有產業價值則不在規範之內。現階段農糧管理單位對於牽涉糧食安全的主要作物有推廣之責，唯現行法規對於主要作物的規範尚有未竟之處，100年遂有「植物新品種育成推廣整合機制」之倡議。

綜觀國際上的作法，植物品種權之授與僅為保障育種家之利益，與該品種是否可以在市場販售無關。以歐盟所屬愛爾蘭、荷蘭與英國為例，只有列名於國家品種目錄(亦稱國家清單)或歐盟共同目錄上的品種才得以在市場上販售。目前可於網路上查到具有國家清單相關規定的國家，除歐盟27個會員國之外，還有南非開發組織15個會員國，以及澳洲、巴西、印度、孟加拉、迦納等國。蔬菜與觀賞類作物通常通過DUS檢定即可列名於國家清單，但主要農藝作物或法定特定作物則必需於通過DUS與確認品種栽培價值的VCU (Value for Cultivation and Use)檢定後方得以列名於國家清單。VCU檢定可與DUS合併舉行，通常需時2年，通過2年VCU檢定與1年額外的檢定，方可列名於推薦清單之上，並取得「暫時推薦」的資格。

暫時推薦的狀態最多只能授與3年，如果暫時推薦品種在後續的1，2年或某些情況下需3年的試驗表現優良，就可以升級至「完整推薦」清單。在任何階段中某一品種皆可能因表現欠佳自推薦清單中移除；或在任何一個階段或狀態下，如果一個品種的種子不再流通，該品種即直接自推薦清單中移除。建議國內主管機關在擬定「新品種推廣審議制度」時，宜釐清其與品種權之關係，並對於審議制度的適用作物種類、審議項目與實施規範審慎考慮。

前 言

水稻新品種的管理方式，自光復以來歷經數次變革。民國39年開始實施的登記命名管理制度，於民國94年植物品種與種苗法實施後廢除。然而由於在種苗法的單一規範下，水稻新品種育成與糧食作物繁殖推廣制度間失去關連性，近年遂有新品種育成推廣整合機制之倡議。本文將針對各階段制度的主要精神，討論管理上的特點或缺失，並參考國際上的作法，以建議我國未來制度訂定的可能方向。

登記命名

光復後臺灣地區水稻新品種於育成後，依據民國39年公告的「臺灣省作物新品種登記命名辦法」，需先經過登記命名之後方得以推廣。此辦法歷經多次修訂，並於民國70年改名為「臺灣省農業用動植物及微生物新品種登記命名辦法」。依據民國78年最後修訂的版本，一個新品種必須「具有與現有品種能辨別之一個以上顯著重要特性，且其主要性狀具有遺傳性與穩定性者」，並且「申請命名之品種，應具備下列條件之一：一、單位產量價值較已登記之品種優良。二、品質較已登記之品種優良。三、具有特殊性狀或病蟲(疾病)免疫效果優點。四、具有學術研究或應用價值者。」在審查實務上，不論是民國40年組成的「臺灣省稻作改進會育種技術小組」，或民國75年起由各稻作研究單位組成的「稻作育種小組」，皆要求申請命名的水稻品系需提供足以佐證該品系優良表現的資料，前者為二年四期的高級試驗與一年以上區域試驗資料，後者為二年四期的區域試驗資料。

本階段的新品種管理制度，已參酌植物新品種保護國際聯盟 (the International Union for the Protection of New Varieties of Plants，簡稱UPOV)有關可區別性、一致性與穩定性的精神，並考慮糧食作物對於國計民生的重要性，規範只有經過多年期多地區試驗驗證，且表現較目前品種優異的新品種得以命名推廣。

植物品種與種苗法

政府為使我國植物品種權利之保障能與國際接軌，參考UPOV 1991年公約制訂「植物品種與種苗法」，自94年6月30日起正式施行，並同時廢止前述登記命名辦法。該法立法要旨為保護植物品種之權利，促進品種改良，並實施種苗管理，以增進農民利益及促進農業發展。由主管機關農委會農糧署組織植物品種審議委員會進行審查，該法規定申請植物品種權保護實質要件為可區別性 (Distinctness)、一致性 (Uniformity) 與穩定性 (Stability)，此即為一般所熟知的DUS檢定；而形式要件則為新穎性與適當品種名稱。實質要件中除了農業生產上對於品種特性應有一致性與穩定性的一般性要求之外，特別著重於品種的可區別性。判定可區別性的性狀必須為可以加以辨識和敘述者，比對時採相對主義，比對之對象是目前已於市面流通之最接近品種，而該性狀是否有產業價值則不在規範之內。

植物品種與種苗法的立法精神在於藉由保障育種者之權利鼓勵創新，並取消區域試驗的相關規定，而將品種改良的驅動力完全賦予自由市場機制決定。這樣的立法精神與規範對於幾乎全部在自由市場上交易的蔬菜與花卉單雜交種種子或花卉與果樹之種苗而言，有促使新品種得以快速上市以順應快速變動的市場價值之功效，可促使產業的發展。然而對於栽培面積大、生產農家數多、且生產情形對於國計民生有重大影響的糧食作物，如水稻，產業管理單位本來就負有輔導推廣之責，由政府補助與管理的三級良種繁殖制度即為此一輔導責任的具體實踐。糧食管理法(99年11月24日修訂)第十三條規定「主管機關應輔導優良品質稻米之產銷」及該法施行細則(100年9月26日修訂)第十四條第二項規定「主管機關應辦理推薦優良之稻作品種」；然而由於水稻新品種農藝特性的優越性並不在品種權審查

規範之內，而且在登記命名辦法廢除之後由各育成機構各自申請品種權，並無替代的登記機制，導致輔導推廣的主管機關在與育成新品種的機構之間缺乏制度化聯繫的情況下，無法確定現有水稻品種的數量與特性，在產業輔導上面臨困難。

農委會為了擴大良質米推薦品種栽培面積、加速提升國產稻米品質、增強其市場競爭力，自92年起發佈實施的「水稻良質米推薦品種實施要點」，其中規範農委會所屬試驗研究機關申請水稻良質米推薦品種時，必須於良質米適栽區進行4個期作示範，每期作至少10處取樣地點，逢機取樣兩次，調製後送交分析。品質標準包括米飯食味，透明度，以及心白、腹白、背白比率。該實施要點雖然僅著重於稻米品質的分析，但在植物品種與種苗法實施後，因缺乏相對應登記制度所造成的法治空窗期，仍有效提供相當程度的彌補，然該實施要點已於100年廢止。

水稻品種推廣審議制度

依據100年農委會通過的「植物新品種育成推廣整合機制」，為於推廣前審議其所屬試驗研究機關培育之水稻新品種，確認品種特性並配合產銷政策，訂定「水稻新品種推廣審議作業程序」(草案)。該作業程序草案中規定農委會所屬試驗研究機關育成水稻新品種進行授權或推廣前，應向水稻推動小組提出申請，並由推動小組召開品種推廣審議會，依據新品種之育種目標、特性、用途、兩期作以上適當面積試種數據、產銷影響評估、市場推廣策略及運用佈局等項目進行審議。值此討論時期，廣泛參酌國際上相關管理辦法，可做為我國制訂審議制度之借鏡。

品種權、國家清單與推薦清單

新品種通過DUS檢定之後便可列名於國家的品種登錄 (national register or catalogue) 並受到品種權的保護，但此一登錄的唯一目的僅係公告受到品種權保護的品種，不應與國家清單 (National lists/catalogues，或稱為國家品種目錄) 混淆 (國際種子商聯盟 International Seed Federation, ISF網站)。列名於國家清單為主要農作物與蔬菜品種可在市場流通的法律要件，唯有列名於國家清單上的品種才得以販

售流通 (marketing)。建立國家清單的目的在於確保新的品種，以及(對於農作物)在本國栽培環境中比現有品種表現更優異的品種才得以販售流通。歐盟國家有關國家清單的法令為歐盟指令COUNCIL DIRECTIVE 2002/53/EC，目前可於網路上查到具有國家清單相關規定的國家，除歐盟27個會員國之外，還有南非開發組織15個會員國，以及澳洲、巴西、印度、孟加拉、迦納等國。

VCU (Value for Cultivation and Use) 檢定係用來決定作物新品種是否具有栽培的價值；與CVE (Crop Variety Evaluation) 檢定為同義詞。綜合愛爾蘭、英國與荷蘭等歐盟國家的相關規定，對於蔬菜與觀賞類作物，通過DUS檢定即可獲得品種權，並列名於國家清單之內；對於主要農藝作物，VCU 檢定與DUS 檢定同等重要，通過DUS檢定可以取得品種權，但兩者均通過才能列名於國家清單。VCU 檢定通常需時至少2年，必須包括廣泛的地理區域(氣候、土宜與其他條件)，評估項目包括產量、品質、抗病性與其他農藝性狀。VCU檢定可以與DUS檢定同時實施以節省申請人的時間。

完成2年VCU檢定並表現優良的新品種可以列名於國家清單之上，並取得可以販售流通的法定地位，但通常還需要通過額外的推薦清單試驗，才會被列於各國政府所發佈的推薦清單之上。以愛爾蘭的規定為例，完成3年國家清單/推薦清單合併試驗(NL/RL Trials)並表現優良的品種，得以賦予「暫時推薦」(Provisional Recommendation)的狀態，並列名於推薦清單之上。暫時推薦的狀態最多只能授與3年。如果這些暫時推薦品種在後續的1，2年或某些情況下3年的試驗中表現優良，就可以升級至「完整推薦」(Full Recommendation)清單；在任何階段中某一品種皆可自推薦清單中移除。

英國的規定更為明確，春大麥與春燕麥經過2年國家清單與1年推薦清單的試驗表現良好者，可以授與暫時推薦狀態；一個品種通常在列於暫時推薦狀態下2年，才能被授與完整的推薦資格。因此春大麥與春燕麥品種須經過至少5年的試驗才會被授與完整的「推薦」狀態。冬大麥、冬小麥與冬燕麥經過2年的試驗就可以授與

「暫時推薦」狀態，再經過2年試驗才能被授與「完整推薦」狀態。因此冬大麥、冬小麥與冬燕麥品種須經過至少4年的試驗才會被授與完整的「推薦」狀態。

英國有關推薦清單的規定更指出，暫時推薦的狀態必需每年評估，如果在第1年暫時推薦之後被判定為不適合就會自推薦清單中移除。如果在暫時推薦的狀態下維持2年或更多年才被判訂為不合格，通常會暫時被歸類到觀察名單(outclassed category) 1年，如果繼續被判訂為不合格，就會被自推薦清單中移除。在任何一個階段或狀態下，如果一個品種的種子不再流通(becomes unavailable)，該品種直接自推薦清單中移除。

相關建議

綜合國際上有關國家清單與推薦清單的規定，對於制訂品種審議制度有以下的建議：

1. 其名稱宜為「品種審議制度」而非「新品種審議制度」，因為即使不是新品種，如果要停留在「推薦清單」上，仍須持續的接受審議。
2. 建立國家清單制度，並釐清國家清單對於品種權的上位關係；任何品種皆可以申請品種權，但只有列名於品種清單上的品種才得以在國內販售或推廣。
3. 建立VCU檢定的適用範圍，對於特定作物(如水稻)，必須通過DUS與VCU檢定兩者才能列名於國家清單，其他作物則只需要通過DUS檢定就可以列名於國家清單。
4. VCU檢定的項目應包括產量、生育期與抗倒伏性等農藝性狀，對稻熱病與穗上發芽等生物與非生物逆境的抗性，以及口感、外觀等品質性狀。
5. 建立推薦清單制度，並制訂推薦清單的維護機制，與品種的退場機制。

參考文獻

1. <http://www.naktuinbouw.nl/en/topic/agricultural-crops-plant-breeders-rights-and-listing-national-list>

2. <http://www.agriculture.gov.ie/farmingsectors/crops/cropvarietyevaluationcve/>
3. <http://www.afbini.gov.uk/index/services/services-specialist-advice/reclists-homepage/reclists-cereal-homepage/reclists-cereals-background.htm>
4. <http://www.fera.defra.gov.uk/plants/plantVarieties/nationalListing/>
5. <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=5556>
6. http://www.worldseed.org/isf/intellectual_property.html

ABSTRACT

Since The Plant Variety and Plant Seed Act came to be effective at 2005 in Taiwan, the development of new varieties were over-emphasize on novelty disregarding the class of crops. Preliminary search results of available codes in English on the internet indicated that a satisfactory value for cultivation and use (VCU) is also required for agriculture crops to be enlisted on the national list. Members of European Union and Southern African Development Community, as well as several other countries mandate that all plant varieties must be on the national list in order to be lawfully marketed in the country and union/community. While passing DUS test for ornamental and vegetable crops is sufficient for them to be listed on the national list, agriculture crops need also pass the VCU test in addition to the DUS test. VCU test generally takes two years to complete, but may be conducted along with DUS test in order to save time for the applicants. Varieties on the national list which complete an additional year of VCU test with superior performance may be put on the recommended list with “Provisional Recommendation” status. Two more years of VCU test are required for the variety to obtain the “Full Recommendation” status. However, the recommendation may be revoked during the process and should be revoked at any time when the seeds became unavailable. It is recommended to the authority of food management agency in Taiwan that a system analog to national list and recommended list should be adopted for rice, the most important food crop in Taiwan.

Keywords: Value for Cultivation and Use (VCU), Crop Variety Evaluation (CVE),
National lists, Recommendation lists

稻米產銷專業區的推行與成果

黃怡仁

行政院農業委員會農糧署

*通信作者信箱：hyj@ms2.food.gov.tw

摘 要

稻米產銷專業區為我國稻米產業結構調整最重要的一環，其以推動品牌行銷為中心，結合生產、收購、儲放、加工及品牌銷售等稻米產業供應鏈的各個環結，自稻米生產源頭即加以控管，可確保品質，作為建立品牌信譽之基礎。此外，稻米產銷專業區對於生產者而言，是屬於生產前契約，亦即農民在投入生產前即已瞭解其稻穀銷售對象，可專心於田間管理等工作，而糧食業者於生產前與農民契作，除可以掌握重要糧源，對於相關農友亦可加強衛生安全檢驗等工作；其次，對於政府單位也有較明確的政策推動對象，如近年來的「合理化施肥」、「新品種試種」等工作都可利用稻米產銷專業區進行示範與推廣。截至101年為止，稻米產銷專業區計有37處，契作面積約為1.6萬公頃。

關鍵字：產銷專業區、良質米、品牌、契作。

前 言

我國為因應加入世界貿易組織(WTO)及稻米開放進口對我國稻米產業的衝擊，並有效區隔進口與國產稻米之市場，突顯產地及品牌特色，乃由行政院農業會農糧署積極進行稻米結構調整工作，自94年開始輔導優良稻米產區具有行銷能力之農民團體或糧商，以契作方式結合轄區內稻農、育苗業者及加工碾製業者等共同建置稻米產銷專業區。稻米產銷專業區設置至今不但減少政府公糧收購的支出，更使農民所得增加，也改善營運主體的貨源結構與品牌的建立，成效斐然。

稻米產銷專業區政策目的

稻米產銷專業區的政策規劃係考量業者、農戶與政府三贏的方式進行，對農民而言，在產銷專業區的框架下，所收穫之稻米不繳交公糧，由營運主體依契作品種分級加價收購，確保並提高稻農收益。在業者而言，可依產銷專業區方式協助農民生產高品質稻米，並以契作方式掌握高品質食米原料來源，結合產、製、銷一貫化經營體系，擴大稻米產業經營規模、降低生產成本、增進經營效益，在產品行銷上也可以建立品牌化營運模式行銷，突顯產地及品牌特色。對政府而言，產銷專業區的運作下，收穫之稻米不繳交公糧，可減少公糧收購的支出，且可以有效區隔進口與國產稻米之市場，突顯產地及品牌特色，建構具內外銷競爭力的稻米產銷體系。

稻米產銷專業區的計畫審查與組織規範

自民國94年起，稻米產銷專業區的計畫實施在每年開會檢討後，訂定稻米產銷專業區的獎勵方式與基準，經由農糧署各區分署依規定辦理各營運業者所提出的計畫初審作業後，再由農糧署邀集學者、專家召開複審會議，並將核定結果函知相關單位據以實施。參與稻米產銷專業區的成員包括稻農、育苗業者及加工碾製業者、行銷人員等，為強化專業區營運效益，專業區應設立執行長一名，由營運主體推舉擔任，並依業務分工設置企劃、生產、品管、產品開發及行銷等組推動執行專業區營運計畫並於企劃案內詳細說明。

稻米產銷專業區遴選條件與設置規範

稻米產銷專業區遴選條件與設置規範雖自民國94年起有小部分的更替，但以結合稻農、育苗中心與加工碾製業者的中心主旨不變，將其遴選條件與設置規範分述如下：

一、稻米產銷專業區的遴選條件

由具備下列條件之農會、合作社及(或)糧商擔任營運主體，並負責與農民進行契作及營運等各項業務：

- (一)具協調整合、企劃、行銷能力之農民團體或依糧食管理法辦理糧商登記之營利事業或團體。
- (二)自備稻米碾製加工相關之設備機具及產銷推廣中心，且具完整明確之財務會計機制與經商標註冊之自有商業品牌。
- (三)參與成員應包括稻農、育苗業者及加工碾製業者、行銷人員等。
- (四)專業區單期作區生產面積至少達50公頃。
- (五)99年度起試辦非稈或秈種之專業區，每處(區)以單期作至少10公頃。
- (六)專業區水質及土壤經抽樣檢測須符合安全性。

二、稻米產銷專業區的設置規範

- (一)專業區所有農戶均應參加契作，倘不具繳交公糧資格者，其耕地須符合：合法耕地或承租登記有案之公有土地，且非屬河川地、宜林山坡地、林班地、海埔新生地、軍事用地或其他未登記之土地，且其土壤及水源符合安全標準。專業區生產稻穀由營運主體依品種契作收購，其收購價格係由農糧署分署(或辦事處)依據當地交易特性及行情輔導營運主體與農戶議定。
- (二)須設置產銷推廣中心(30坪以上)，供農民推廣教育及產品行銷使用。

稻米產銷專業區的輔導措施

依據稻米產銷專業區的規劃，農糧署為專業區計畫的主辦單位，直接或間接透過各縣(市)政府、農業試驗場所的協助，對稻米產銷專業區進行下列的主要輔導措施：

- 一、輔導農民團體、合作社或糧商與稻農結合建置專業區，採共同經營及集中管理之模式，從事集團栽培生產。所收穫之稻米不繳交公糧，由營運主體加價收購，確保並提高稻農收益。

- 二、輔導辦理栽培管理技術、合理化施肥與安全用藥技術講習，辦理區內、外田間觀摩活動以提昇農友栽培管理技術。
- 三、集中育苗，辦理農藥、肥料等生產資材統一採購，確保稻種品質並降低生產成本。
- 四、實施產銷履歷制度、輔導營運主體申請「CAS優良農產品-食米類」驗證標章並進行農藥殘留抽檢，嚴格控管產銷流程，以提昇產品品質及安全性。
- 五、輔導辦理新產品品牌註冊登記，並輔導參加國內或國際商展拓展行銷通路。
- 六、辦理專業區評鑑，由學者專家、改良場、縣市政府進行評鑑後，選拔出績優稻米產銷專業區5家、優良稻米產銷專業區5家。除頒發績優稻米產銷專業區牌匾、優良稻米產銷專業區獎狀外，並優先納入各項行銷推廣暨展售活動推薦對象，以茲鼓勵，同時改善及藉以提昇經營效益，另亦藉由媒體宣傳進而提高消費者對國產米之認同與消費。

稻米產銷專業區的獎勵標準及用途

政府推動稻米產銷專業區，除藉由經營主體將補助金應用於稻農外，亦對經營主體訂定獎勵金的標準及其用途規範，避免經營主體對獎勵金的浮濫發用。正如一般計畫之推行方式，稻米產銷專業區推行之初，以較優渥的補助與獎助標準以吸引營運主體的加入，待其步入正軌後，補助與獎助已漸恢復正常標準。

一、稻米產銷專業區的獎勵標準

(一)民國94年

- 1.甲級專業區(全年最小營運規模200公頃，單期作需100公頃以上)。依核定契作面積補助計算，每公頃補助1萬元，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金6千元。
- 2.乙級專業區(全年最小營運規模100公頃，單期作需50公頃以上)。
- 3.無補助金額上限。

(二)民國95年

- 1.全年兩期作合計120～200公頃，每公頃補助9千元，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金為6千元。
- 2.無補助金額上限。

(三)民國96年

- 1.全年兩期作合計120～200公頃，每公頃補助9千元，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金為4.8千元。
- 2.每處以300萬元為上限。

(四)民國97年

- 1.對於已輔導逾3年(94至97年)之專業區營運主體，以面積150～200公頃(含)以內，每公頃核發4千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金2千元。
- 2.對於輔導未逾3年者，以面積120～200公頃(含)以內，每公頃核發8千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金4千元。

(五)民國98年

- 1.對於已輔導逾3年以上(94至97年)之專業區營運主體，每公頃核發4千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金為4千元，每處以250萬元為上限。
- 2.對於輔導未逾3年者，以面積120～200公頃(含)以內，每公頃核發8千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金4千元，每處亦以250萬元為上限。

(六)民國99年

- 1.對於已輔導逾3年以上(94至99年)及本(99)年度新成立之專業區營運主體，200公頃(含)以內，每公頃核發6千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金為4千元，每處並以400萬元為上限。

- 2.未逾3年者，暫以面積200公頃(含)以內，每公頃核發8千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金4千元，每處亦以400萬元為上限。

(七)民國100年

- 1.對於200公頃(含)以內，每公頃核發6千元獎勵金，面積達200公頃以上者，每增加1公頃，獎勵金為4千元，每處並以400萬元為上限。另亦納入有機米專區，有機米專區另計。
- 2.專業區契作農民獎勵，100年二期作凡參與專業區契作之農民，補助烘乾費每公斤乾穀1元，每公頃最高補助2,300元。

(八)民國101年

- 1.依核定專業區契作特色品種(臺梗2、8、9、14、16號、高雄139、145號、臺農71號、臺中192號、臺東30號、臺中秈10號、桃園3號、臺梗4號、越光)及契作面積作分段獎勵：200公頃(含)以下，每公頃6千元；201~400公頃，每公頃7千元；401公頃以上，每公頃8,000元；至於契作其他推廣品種，每公頃3千元。每處以600萬元為上限。
- 2.專業區契作農民獎勵，凡參與專業區契作之農民，補助運費每公噸乾穀250元，每公頃最高補助1千元(依實際契作收購面積之比例計算)。

二、稻米產銷專業區的獎勵金用途規範

- (一)專業區環境維護、調查及評估。
- (二)補助農民購買合格稻種(苗)、肥料及農藥等生產資材及烘乾補助費等，以提升稻米品質及用於生產管理所需費用。
- (三)新成立專業區之產銷推廣中心相關軟體設施(已成立之產銷專業區不得運用於此)。
- (四)辦理專業區成員講習訓練等相關費用(含CAS食米類驗證相關宣導講習會)。
- (五)充實品質檢驗相關儀器設備。

(六)強化品牌行銷體系所需之廣宣與設計費用(通路產品上架相關費用除外)。

(七)辦理專業區衛生安全及品質提升等相關驗證費用(如CAS驗證)、團體品質競賽及提供農民獎勵金。

稻米產銷專業區歷年執行成果

稻米產銷專業區對政府端的效益可由公糧的支出衡量，由於參加稻米產銷專業區的農民不得繳交公糧，所以政府可以減少支付收購產銷專業區契作面積的公糧收購費用。自94年實施以來，隨著契作面積的增加，政府節省支付公糧的費用也由94年每年2億餘元至100年的8億餘元，分別說明如下：

- 一、94年輔導建置27處專業區，稻穀收購數量28,509公噸，減少政府公糧收購(計畫與輔導及發芽穀)數量計13,644公噸，節省計畫與輔導等收購支出27,037萬元。
- 二、95年輔導建置25處專業區，稻穀收購數量48,157公噸，減少政府公糧(計畫與輔導)收購量計22,298公噸，節省(計畫與輔導)收購支出44,326萬元。
- 三、96年輔導建置33處專業區，稻穀收購數量57,582公噸，減少政府公糧(計畫及輔導)收購量28,290公噸，節省公糧收購支出56,238萬元。
- 四、97年輔導建置33處專業區，稻穀收購數量57,564公噸，減少政府公糧(計畫及輔導)收購量26,811公噸，節省公糧收購支出58,663萬元。
- 五、98年輔導建置32處專業區，稻穀收購量59,881公噸，減少政府公糧(計畫與輔導)收購數量28,610公噸，節省收購支出62,588萬元。
- 六、99年輔導建置39處專業區，稻穀收購量80,299公噸，減少政府公糧(計畫與輔導)收購數量34,437公噸，節省收購支出75,353萬元。
- 七、100年輔導建置42處專業區，稻穀收購量90,913公噸，減少政府公糧(計畫與輔導)收購數量34,734公噸，節省收購支出88,727萬元。本年度第1期作增加收購價格3元，第2期作起再加2元烘乾與包裝等費用2元。

另外，再估算農民參加契作不繳交公糧可節省公糧購銷之淨效益，以農糧署年平均(94至98年)國產公糧銷售成本及收益情形為例國產公糧年平均銷售數量202,040公噸糙米(稻穀折糙率0.7781計)，銷貨成本55.524億元(平均每公噸糙米為27,482元)，銷貨收入28.354億元。依此計算98年專業區實際契作面積10,487公頃，估算節省公糧(計畫與輔導)之收購量： $10,487 \times 2.68(\text{公噸/公頃}) = 28,105$ 公噸(稻穀)，折糙量21,869公噸，該公糧銷售成本為 $21,869 \times 27,482 = 6$ 億100萬元(政府收購支出含購儲加工費等)；該公糧銷貨收入為 $(21,869 \div 202,040) \times 28.354$ 億元 = 3億691萬元，成效更加顯著。惟在實務上，通常僅計算收購之成本而不計入銷貨時所產生之各項其他成本。

而在農民部份，由於專業區廠商的契作價格高於市場價格，所以參加產銷專業區契作的農民收益均較一般農民高，估計自94年實施稻米產銷專業區以來，隨著契作面積的增加，增加農民的總收益也由94年每年0.8億餘元至100年的3億餘元

表一、94 至 100 年間稻米產銷專業區的成果

年度	輔導處 數(處)	參與農民 數	契作面積 (公頃)	稻穀收購量 (公噸)	農民增加收益 (萬元/公頃)	契作增加 總收益(萬元)
94	27	2,436	5,115	28,509	1.70	8,707
95	25	3,032	8,270	48,157	1.26	10,411
96	33	4,069	10,480	57,582	1.86	19,512
97	33	3,539	9,967	57,564	1.12	11,152
98	32	4,170	10,487	59,881	1.25	13,108
99	39	4,911	13,978	80,299	1.35	18,870
100	42	5,234	14,357	90,913	2.6	37,328

綜合評估專業區效益方面

稻米產銷專業區不但節省政府公糧收購上的支出、增加稻農的收益，對經營業者、消費者呈現不同效益，是一個「三贏」的政策，不同層面的效益分述如下：

一、對農民：

專業區的生產資材可以統籌採購、病蟲害也可以共同防治，降低農民的生產成本，營運主體以高於市價契作分級收購，更可確保並提高農民收益。

二、對經營業者：

- (一)營運主體採用契作生產收購，可以穩定貨源，擴大經營規模，提昇經營效率，降低營運成本。
- (二)生產的產品若採用精緻、高品質小包裝或禮盒販售，其白米產品單價每公斤約70至150元，較一般白米的平均市價(34至47元)，每公斤多36至103元，產值提高。
- (三)稻米產銷專業區可以提昇形象信譽，有利拓展內外銷通路。

三、對消費者：

- (一)專業區的產品均經過農藥殘留檢測合格才可以加工販售(98年農藥殘留檢測260件，僅1件不合格且已控管，合格率99.6%)，且有產銷履歷及CAS食米驗證把關(98年有30處專業區通過產銷履歷驗證，驗證面積2,892公頃，13家通過CAS食米驗證)，除可提供消費者對於購買資訊透明化、並可確保品質及保障消費者食的安全，且透過政府的網站及媒體的宣傳，消費者容易購買質優且安全產品。
- (二)透過專業區評鑑頒獎活動各項媒體之宣傳，有效向國人宣導專業區國產優質良質米產品，提高消費者對國產米之認同與消費。

四、政策實踐：

- (一)合理化施肥等優質栽培的示範與宣導，均可藉由稻米產銷專業區為基礎，進行示範，有效達到示範目的。
- (二)藉由稻米產銷專業區進行新品種之試種與品種權之非專屬授權，有效達成新品種品質與特色商品化之目的，並加速消費者認同新品種。

(三)稻米產銷專業區是政策推廣與示範之核心，並為稻米產業之核心組織架構，也是稻米產業永續發展之重點。

參考文獻

1. 吳淑慧 2005 規劃建置稻米產銷專業區與輔導措施 農政與農情 152: 43-46。
2. 林珠鳳、陳博惠 2012 「稻米產銷專業區與推廣米製食品績優單位」表揚活動記要 農政與農情 235: 8-10。
3. 陳博惠 2008 稻米產銷履歷制度推動現況與展望 農政與農情 194: 40-43。
4. 陳博惠 2008 推動稻米產銷專業區執行成果 農政與農情 196: 23-28。
5. 陳博惠 2010 98年度績優稻米產銷專業區評鑑頒獎典禮 農政與農情 214: 19-22。
6. 陳博惠 2011 99年度稻米產銷專業區評鑑暨產品展售會活動記要 農政與農情 223: 24-27。
7. 黃怡仁、張金榮 2013 績優稻米產銷專業區 農政與農情 247: 75-78。
8. 楊明憲 2008 稻米產銷專業區執行績效評估 農政與農情 198: 56-60。
9. 蔡清德 2010 臺灣「稻米產銷專業區」生產效率之研究 臺灣大學農業經濟研究所碩士論文。

ABSTRACT

The specialized rice production and distribution zones, is combined the rice value chain of culture, purchase, process and trademark selling, is the important part of rice industry adjustment in Taiwan. Since it's controlled from the upper stream of rice production, rice quality can insure and trademark can sell easily. For the farmer of specialized rice production and distribution zones, they can cultivate rice without worried, because the contract had done before rice culture. For the company, it's easy to control the source of paddy and investigate the food safe items, as chemicals remains etc. For the government, many agricultural policy, the policy of reasonable fertilizer application and new varieties adaptation, had been extent through the specialized rice production and distribution zones. Up to 2012, there are 37 specialized rice production and distribution zones and total 16,000 ha of contract farming area had been done.

Keywords: Specialized rice production and distribution zone, Good-quality rice, Trademark, Contract farming.

專業區的農民凝聚力與產品品質提升

陳恆學

億東企業股份有限公司

*通信作者信箱：henry@rice.com.tw

摘 要

農糧署自94年起輔導具有行銷能力的農民團體或糧商，結合稻農、育苗業者及加工業者建置稻米產銷專業區，期望將國產米和進口米做出有效的區隔，以突顯產地及品牌特色。億東公司基於服務消費大眾的使命，提升國人食米品質的宗旨，自始就積極投入稻米產銷專業區的運作，將專業區打造成為契作農民的軟硬體(知識與產品等)交流平臺，並選定臺梗9號等良質米品種作為產品主體，藉由專業區的各項運作提升產品的品質。在提升契作農民的栽培管理技術上，本專業區營運初期辦理栽培與病蟲害防治等各項教育訓練提升農民技術，並舉辦各產區與優良農民之觀摩研習會，藉以交流心得，也透過經營良好的班長辦理田間訪視與指導，以拉抬整體班之栽培管理技術。在產品品質提升方面，專業區採取品種純度管理、品種純度檢驗、農藥殘留檢驗與品質加價獎勵措施進行生產源頭的控管，在公司內部則落實品質管理制度，以貫徹「品種、品質、品牌」為中心的「三品管理」。

關鍵字：產銷專業區、良質米、臺梗9號、契作。

前 言

行政院農業委會農糧署自2005年起積極輔導具有行銷能力的農民團體或糧商，結合稻農、育苗業者及加工業者建置稻米產銷專業區，將國產米和進口米做出有效的區隔，突顯產地及品牌特色。各碾米廠商可依照消費者的喜愛與需求，在種

植前就和農友簽定契約，保障收購，也可以要求農友注重品質，提供消費者好品質的臺灣米。億東企業股份有限公司自計畫初始就加入稻米產銷專業區的建置與營運，透過專業區契作的方式，從生產、加工到銷售連結成「一條龍」的管理模式，並配合凝聚農民對專業區的向心力與提升產品的品質等各項措施，提升產品的競爭力，建立公司品牌與企業形象。

強化專業區農民的凝聚力

良好的團體必然有完善的組織規劃，三好米稻米產銷專業區的組織架構以執行長為核心，執行長負責整體目標規劃並協調整合各組的工作，以達成營運目標及最佳營運效益。執行長下設生產組、品管組、財務組、企劃組與行銷組，其中生產組依水稻生產程序又分為稻作生產與加工碾製兩小群，各小組依職務分工，並進行橫向聯繫，達到以專業區為整體的組織概念。

稻米產銷專業區雖是以營運廠商為主體，但卻是以農民為基層組成，農民的凝聚力有助於各項工作的推行。三好米稻米產銷專業區針對廣大的契作農民規畫班組織，運用現有的農事小組或鄰里組織集合鄰近的農民組成班，再遴選德高望重或田間管理傑出的農民為班長，有效協助產銷專業區各項事務的推行。在農民心態方面，臺灣農民具有很強的榮譽感，也就是俗稱的「好面子」，若能善加導引必能有助於產銷專業區優質好米的生產。三好米產銷專業區除在每期作栽培前辦理契作說明會外，於生育期間辦理教育訓練講習會、舉辦優秀農民或產區觀摩會、邀請專家進行田間指導與訪視達到對農民栽培管理的提升，並有助於農民凝聚力的形成。

- 一、辦理教育訓練講習會：在產銷專業區成立初期，邀請農業改良場所的專家針對品種特性、栽培管理、病蟲害防治等項目進行詳細的說明講習，以齊一農民對優質好米生產的觀念，此種教育訓練講習會最多一年辦理14場次。
- 二、舉辦觀摩會：結合參觀、旅遊等行程，辦理優秀農民或產區的觀摩會，引導農民見賢思齊的想法，激發其「有為者亦若是」的決心。

三、進行田間指導與訪視：由於班長對水稻的栽培管理認知與作為通常較班員強，所以賦予班長有平時引導與教育班員的責任，在田間狀況關鍵時期(如：曬田期、穀粒充實期等)，則會邀請農業改良場所專家進行田間指導，針對栽培管理或病蟲害防治給於適時且正確的指導。

產品品質的提升

據研究：契作農戶的利潤與效益較一般稻農為高，且稻米產銷專業區的導入會使得輔導契約農戶在收入和利潤效益均優於一般稻農(林, 2006)，所以本公司在三好米稻米產銷專業區內與稻農訂定生產契作，生產優質臺梗9號等品種，並訂定稻穀收購與品質分級檢驗標準如下：

1. 繳交之稻穀內含非契作品種超過5%，視為一般品種收購。
2. 繳交之稻穀成熟度應達85%以上。
3. 繳交之濕穀水份應為30%以內，乾穀應為14.5~15%以內。
4. 稻穀倒伏或發芽0.5%以上，不予收購或減價收購。
5. 乾穀碾白後，碎粒應在5%以內，白粉質粒應在10%以內。
6. 農藥殘留檢驗不合格者不予收購(98年後實施)。
7. 一期作蛋白質應低於7.5%，二期作應低於8%。
8. 為獎勵白米蛋白質含量較低的農民，分兩級品質加價收購，A級5%~5.5%每臺斤加價0.5元、B級5.6%~6.2%每臺斤加價0.3元(96年後實施)。

為求不斷進步、精益求精，收購標準自94年參加稻米產銷專業區不斷增加新項目，實施至今績效卓著。尤其影響食味最重要的米粒蛋白質含量，自96年起實施品質加價措施後，年平均蛋白質含量由96年的7.6%，逐年降低，100年的年平均蛋白質含量已降至6.7%；而領取品質加價獎勵金的農民也由96年的7人，逐年增加，100年已有97人領到品質加價獎勵金(表1)。契作面積也由94年的200公頃增加至100年的843公頃，漸達到公司預定之契作面積1000公頃目標。

表 1.三好米產銷專業區契作面積與品質加價獎勵措施成果

年度	契作面積	平均蛋白質含量			品質加價領獎人數		
		1 期作	2 期作	年平均	1 期作	2 期作	年總計
94	200	—	—	—	—	—	—
95	520	—	—	—	—	—	—
96	440	7.3	7.8	7.6	3	4	7
97	450	6.9	7.8	7.4	31	1	32
98	462	6.7	7.4	7.1	47	15	62
99	847	6.5	7.0	6.8	50	33	83
100	843	6.6	6.8	6.7	59	38	97

另外，產銷專業區也加強內部的品質控管，98年購入生化農藥快速檢測儀器，進行契作農戶收穫前的農藥殘留檢測，合格比例達90%以上且逐年增加，101年1期作已有98%的合格比例(表2)，對消費者提供更完善的保證。產銷專業區也進行品種純度管理，除在契約書上明定異品種不得超過5%外，也透過秧苗補助，誘導農民至簽約育苗場領取秧苗，也加強宣導不得補植非契作品種；而為確保收購與碾製過程的品種純正，除在稻穀進倉時由專業品檢人員取樣進行純度檢查，在卸料口增加1名品檢人員的雙重檢測外，99年起實施品種純度自我管理，自行抽查庫存稻穀與未出場區之產品委託食品工業研究所進行10粒樣品之DNA純度檢測，99~100年共檢測32件，僅1件低於農糧署規定之80%的合格標準(表2)。100年起更參與品種三級繁殖制度之採種田行列，自行繁殖契作稻種。

表 2.三好米產銷專業區農藥殘留與品種純度自我管理

年度	生化農藥殘留快速檢測				10 粒樣品 DNA 品種純度測定				
	總件數	合格	不合格	合格比率	總件數	10:0	9:1	8:2	7:3
98	614	553	61	90	—	—	—	—	—
99	830	775	55	93	14	9	4	1	0
100	1607	1494	113	93	18	9	7	1	1
101/1 期	495	486	9	98	—	—	—	—	—

結 語

農糧署自94年起輔導具有行銷能力的農民團體或糧商，結合稻農、育苗業者及加工業者建置稻米產銷專業區，期望將國產米和進口米做出有效的區隔，以突顯產地及品牌特色。此種稻米產銷專業區可藉由營運團體落實「三品管理」的行銷管理，所謂「三品管理」就是慎選品種(項)、嚴控品質與建立品牌，藉由此三者的管控，可以建立營運團體的品牌商譽。億東公司本著此種信念，自94年起就加入稻米產銷專業區的營運，並選擇食味優良且國人熟知的臺梗9號作為契作品種，並藉由教育農民、流程與廠區自我管理做好品質管控，期望藉由專業區好產品的推出能建立起好品牌的形象，真正做到「三品管理」的精神。

參考文獻

1. 吳淑慧 2005 規劃建置稻米產銷專業區與輔導措施 農政與農情 152: 43-46。
2. 陳博惠 2008 稻米產銷履歷制度推動現況與展望 農政與農情 194: 40-43。
3. 陳博惠 2008 推動稻米產銷專業區執行成果 農政與農情 196: 23-28。
4. 陳博惠 2011 99年度稻米產銷專業區評鑑暨產品展售會活動記要 農政與農情 223: 24-27。
5. 黃怡仁、張金榮 2013 績優稻米產銷專業區 農政與農情 247: 75-78。
6. 楊明憲 2008 稻米產銷專業區執行績效評估 農政與農情 198: 56-60。
7. 蔡清德 2010 臺灣「稻米產銷專業區」生產效率之研究 臺灣大學農業經濟研究所碩士論文。
8. 黃智彥、張文龍、李蕙玲、賴明信 2011 以社會網絡分析驗證稻米產業的創新擴散 東吳農業經濟學報 73:67-108。
9. 林聖超 2006 一般稻農與契作稻農之利潤效益分析比較 臺灣大學農業經濟研究所碩士論文。

10. 楊明憲、李孟訓、邱美玲 2011 臺灣稻米產銷專業區營運關鍵成功因素與策略規劃之研究 農業經營管理年刊 17:1-26。
11. 張宏政、林淑婷、陳儀甄 2011 農村產業文化創新輔導策略之研究 25:269-272。

ABSTRACT

The specialized rice production and distribution zones, which was organized by farmer association and milling company and farmer and rice seedling nursing center, were assisted by Agriculture and Food Agency, Council of Agriculture since 2005. The distinction of Taiwan rice and import rice and the rising of good-quality rice producing area and trademark is the goal of specialized rice production and distribution zones. Base on the consumer service and good-quality Taiwan rice objective, our company join in the specialized rice production and distribution zones in 2005. We had made a Taikeng 9 excellent culture contract with farmer. For rise the good practice of farmer, excellent culture training course and farming investigation and assistance were hold by company. For rise the rice product quality, two quality control systems were done. In upper stream of rice production, the rice quality and chemical remain in paddy are investigated in purchase areas. For the outstanding farmer, who had cultured low protein content of rice, were got the extra bounty. In the down streams of rice process of factory, the variety purification and quality maintain were carried out. It's "the three principle of management", means to selected remarkable varieties, good quality control, and made the trademark.

Key words: Specialized rice production and distribution zone, Good-quality rice, Taikeng 9, Contract farming.