

稻米品質提升與水稻多元利用 研討會論文輯

Proceedings of the Conference on
Quality Improvement and Diversified Utilization of Rice



行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印

Taichung District Agricultural Research and Extension Station,
Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan R. O. C.

李誠紘、吳以健、鄧執庸、洪梅珠、李紅曦 主編
Edited by: Cheng-Hong Li, Yi-Chien Wu, Chih-Yung Teng,
Mei-Chu Hong, and Hung-Hsi Li

中華民國 112 年 6 月
June, 2023

作者

Mei-Chu Hong

Researcher and Deputy Director, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Changhua County, 515008 Taiwan R. O. C.

洪梅珠

研究員兼副場長，行政院農業委員會臺中區農業改良場，彰化縣大村鄉松槐路 370 號

Su-Jein Chang

Researcher and Secretary, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli County, 363201, Taiwan R. O. C.

張素貞

研究員兼秘書，行政院農業委員會苗栗區農業改良場，苗栗縣公館鄉館南村 261 號

Fang-Yu Chang

Assistant Researcher, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Pingtung County 908126, Taiwan R. O. C.

張芳瑜

助理研究員，行政院農業委員會高雄區農業改良場，屏東縣長治鄉德和村德和路 2-6 號

Dong-Hong Wu

Associate Researcher, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taichung City 413008, Taiwan R. O. C.

吳東鴻

副研究員，行政院農業委員會農業試驗所作物組，臺中市霧峰區中正路 189 號

Yi-Chien Wu

Assistant Researcher, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Changhua County, Taiwan, 515008 Taiwan R. O. C.

吳以健

助理研究員，行政院農業委員會臺中區農業改良場，彰化縣大村鄉松槐路 370 號

Rong-Kuen Chen

Associate Researcher and Chief of Chiayi Branch, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Chiayi County, 611002 Taiwan R. O. C.

陳榮坤

副研究員兼嘉義分場長，行政院農業委員會臺南區農業改良場，嘉義縣鹿草鄉農改場 1 號

Hung-Yi Song

Section Chief, Agriculture and Food Agency, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei City 100212, Taiwan R. O. C.

宋鴻宜

科長，行政院農業委員會農糧署，臺北市杭州南路 1 段 15 號

Yu-Hsin Chen

Associate Researcher and Chief, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Changhua County, Taiwan, 515008 Taiwan R. O. C.

陳裕星

副研究員兼課長，行政院農業委員會臺中區農業改良場，彰化縣大村鄉松槐路 370 號

Ta-Ping Hsuan

Researcher and Secretary, Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Hualien County, Taiwan, 973044 Taiwan R. O. C.

宣大平

研究員兼秘書，行政院農業委員會花蓮區農業改良場，花蓮縣吉安鄉吉安村吉安路二段 150 號

Chao-Kai Liang

Manager, Hong Yuan Rice Factory, Puyan Township, Changhua County 516018, Taiwan R. O. C.

梁朝凱

經理，宏元米廠，彰化縣埔鹽鄉埔鹽村彰水路 2 段 165-10 號

序

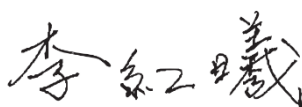
稻米是國人主食，自 1970 年代經濟起飛開始，國人對稻米品質的意識抬頭，國內乃由產官學三方積極合作，以稻米品質研究鏈結產銷需求，持續開發高品質的稻米品種與精良的栽培技術，使水稻生產目標翻轉為品質與產量兼顧，進而開創產業新局。

近年飲食西化與生活型態改變，國人年均食米量逐年下降，而氣候變遷與全球暖化的挑戰，也對稻米產銷造成影響。2021 年臺灣遭逢百年大旱，嚴重影響稻米生產安全，凸顯農產業氣候調適的重要性，為此，農委會在制度面提出「稻作四選三」及「大區輪作」政策，並開發「水稻收入保險」等措施，強化水稻產業的風險調適韌性；另一方面，試驗研究單位也透過育成具氣候韌性與健康用途的水稻品種，並強化氣候調適的栽培技術，同時開發多元利用的稻米產品，以鼓勵國人消費並提升稻米產值，進而達到照顧農民之權益目的。在未來發展方向上，因應氣候變遷與後疫情時代的消費型態改變，國內將繼續深化稻米品質、品種及栽培研究，希冀透過這些努力，進而促成糧食安全與營養健康兼顧的稻米產業的發展。

本次「稻米品質提升與多元利用研討會」，即為我國稻米品質研究近 50 年歷史的註腳，本場邀請 13 位國內水稻產業的專家，就「近年稻米品質的挑戰與因應之策」與「稻米多元利用之研究與產業應用」兩大主軸，提出演講與研究專文。首先以過去稻米品質與多元利用的研究歷程演講開場，再探討近年稻米品質提升遇到的挑戰與有效的調適策略，並論述標誌輔助育種、雜草型紅米兩項稻米品質研究相關的新興議題；另邀請產業人士與專家，介紹近年國人關心的多元米食產品及機能性研究、百年品種的復甦利用，並就稻米產業發展未來提出專文探討，以借鑑過往並策劃未來。茲將上述專文彙編成冊，冀能提供關心稻米品質的產業人士、農民及研究者參考，謹此為序。

行政院農業委員會臺中區農業改良場

場長



謹識

中華民國 112 年 6 月

「稻米品質提升與水稻多元利用研討會」議程

日期：112 年 6 月 14 日 (星期三)

地點：行政院農業委員會臺中區農業改良場綜合大樓 2 樓大禮堂

主辦單位：行政院農業委員會臺中區農業改良場

09:30-10:00	報到	
10:00-10:20	開幕致詞及團體照	
10:20-10:40	茶敘	
專題演講		主持人：蘇茂祥 副署長
10:40-11:20	順稻而行 回顧四十	農委會臺中區農業改良場 洪梅珠 副場長
11:20-12:00	談臺灣多元化利用之稻米品種開發與展望	農委會苗栗區農業改良場 張素貞 秘書
12:00-13:30	午餐	
第一節、近年稻米品質的挑戰與因應之策		主持人：呂秀英 場長
13:30-13:50	高溫環境對稻米產量與米質之影響	農委會高雄區農業改良場 張芳瑜 助理研究員
13:50-14:10	雜草稻自生苗對米質規格之影響與防除效益評估	農委會農業試驗所 吳東鴻 副研究員
14:10-14:30	因應氣候變遷之提升稻米品質策略	農委會臺中區農業改良場 吳以健 助理研究員
14:30-14:50	分子標誌技術輔助育成良質水稻新品種之實例	農委會臺南區農業改良場 陳榮坤 分場長
14:50-15:10	茶敘	
第二節、稻米多元利用之研究與產業應用		主持人：吳志文 副場長
15:10-15:30	米食多元利用產品面面觀	農委會農糧署 宋鴻宜 科長
15:30-15:50	米食與健康之研究	農委會臺中區農業改良場 陳裕星 課長
15:50-16:10	百年品種吉野 1 號之前世今生與多元利用	農委會花蓮區農業改良場 宣大平 秘書
16:10-16:30	稻米多元利用產業的現今與未來發展	宏元米廠 梁朝凱 經理
16:30-17:00	綜合討論	李紅曦場長、各節主持人及主講人

目 錄

作者

序

議程

專 題 演 講

順稻而行 回顧四十

.....洪梅珠*、李誠紘、吳以健、鄧執庸、楊嘉凌 1

談臺灣多元化利用之稻米品種開發與展望

.....張素貞*、林家玉 12

第一節、近年稻米品質的挑戰與因應之策

高溫環境對稻米產量與米質之影響

.....張芳瑜*、胡智傑、吳志文 24

雜草稻自生苗對米質規格之影響與防除效益評估

.吳東鴻*、丁芝筠、謝孟婷、王芷露、杜沛蓉、鍾雅倫、張永彬、李長沛 33

因應氣候變遷之提升稻米品質策略

.....吳以健*、李誠紘、鄧執庸、張素貞、盧虎生 44

分子標誌技術輔助育成良質水稻新品種之實例

.....陳榮坤*、林彥蓉、王聖善 58

第二節、稻米多元利用之研究與產業應用

米食多元利用產品面面觀	宋鴻宜*	68
米食與健康之研究	陳裕星*、李誠紘	79
百年品種吉野 1 號之前世今生與多元利用 …宣大平*、黃佳興、曾蟬萌、范雅鈞、杜麗華、邢禹依、魏甫錦、李睿家		95
稻米多元利用產業的現今與未來發展	梁朝凱*	111

順稻而行 回顧四十

洪梅珠*、李誠紘、吳以健、鄧執庸、楊嘉凌
行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘要

臺中區農業改良場水稻研究已逾百年，初期以育成高產與優質的‘台中 65 號’、‘台中在來 1 號’及‘台中秈 10 號’名聞遐邇。1984 年遷場至現址後，成立稻米品質研究室，是全臺第一個同時進行稻米品質、水稻育種及水稻栽培共三個面向研究的試驗單位，初期以建立稻米品質分級標準與檢驗技術，及提高稻米品質為研究目標，輔導產業生產高品質稻米，推動良質米產銷體系；也因應貿易自由化衝擊，跨域與學校合作，持續深化稻米品質研究，開發高效率稻米品質檢驗技術，成功促成國產稻米外銷日本，提振國人對國產稻米信心。近年因應氣候變遷與人均食米量減少，育成品質優良‘台中 194 號’、適用加工‘台中秈 197 號’及健康食感‘台中 200 號’，建構具氣候韌性與精準省工的栽培技術，並研究多元食米產品，強化國產稻米競爭力。面對未來挑戰，期以減碳永續與多元利用為目標，選育高品質水稻品種，開發低碳調適的栽培體系，並以米質研究為基礎，協助產業開發多元稻米產品，推動臺灣稻米產值躍升。

關鍵字：稻米品質、品種育成、栽培技術、氣候韌性、多元利用。

The 40 Years' Retrospect on the Rice Way

Mei-Chu Hong*, Cheng-Hong Li, Yi-Chien Wu, Chih-Yung Teng, Jia-Ling Yang

Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Changhua County, 515008 Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

Taichung District Agricultural Research and Extension Station (TDARES)

has been conducting rice research for over a century. In the early stages, TDARES was famous for breeding three high-yield and high-quality varieties: ‘Taichung 65’, ‘Taichung Native 1’ and ‘Taichung Sen 10’. After moving to the current location in 1984, the Rice Quality Research Laboratory was established. It is the first experimental unit in Taiwan that simultaneously conducts research in three aspects: rice quality, rice breeding, and rice cultivation. Initially, TDARES aimed to establish rice quality grading

* 通訊作者，Corresponding email: hongmeic@tdais.gov.tw

systems and evaluation techniques to improve the quality of rice, as well as to assist the industry of high-quality rice production and supply system. Also, in response to the impacts of trade liberation, TDARES engaged in cross-disciplinary and collaborative research with universities to deepen its rice quality research and develop efficient rice quality evaluation techniques. As a result, TDARES facilitated the exportation of domestically produced rice to Japan successfully, boosting the confidence in citizens to Taiwanese rice. In recent years, in response to climate change and decreasing rice consumption per capita, TDARES has not only bred high-quality ‘Taichung 194’, processing-suitable ‘Taichung Sen 197’ and healthy-taste ‘Taichung 200’, but also developed climate-resilient and precision cultivation techniques. Moreover, TDARES has explored diversified rice products, enhancing the competitiveness of Taiwanese rice industry. In the face of future challenges, the aims of TDARES are to achieve carbon reduction, promote sustainability and diversity through the selection of high-quality rice varieties and the development of low-carbon emission and adaptable cultivation systems. Further supporting the industry in developing diverse uses and functional rice products through robust research on rice quality, and promoting the value-added rice industry in Taiwan.

Keywords: Rice quality, Breeding variety, Cultivation technique,

Climate-tolerance, Diversified uses.

前言

行政院農業委員會臺中區農業改良場（簡稱臺中場）早期的稻作研究以育成適合臺灣栽培的梗稻品種與提升秈稻品種產量為主要目標，育成的‘台中 65 號’與‘台中在來 1 號’，具劃時代意義。前者成功克服溫帶型梗稻受亞熱帶低緯度日長與高溫限制，為當時臺灣第一個大面積栽培推廣的梗稻品種，取代秈稻成為栽培主流；後者係全球第一個雜交育成的半矮性 (semi-dwarf) 品種，其特性引起國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 重視，進而促成全球水稻的綠色革命，緩解 1970 年代可能發生的糧食危機。

因應國人對食米品質之需求，1971 年政府補助臺中場設置稻米品質實驗室，著手研擬稻米品質分級與食味評鑑方法。1979 年育成‘台中秈 10 號’，為第一個以食味品質優良而受歡迎的軟秈稻品種，至今仍是臺灣前十大優良栽培品種，且由於適應力強，一直是援助邦交國的稻作品種首選。1984 年由臺中市遷場至彰化縣大村鄉，添購米質分析儀器，開始著手進行高品質的品種育成、栽培技術及稻米品質的研究。

臺中場在臺灣稻作研究史上，有開拓、領航、展望未來的重要意義，遷場迄今已近 40 載，為感謝同仁與長官投注心血，俾使臺中場得以累積眾多之研發成果，藉此研討會以「水稻品種改良」、「栽培技術改進」及「稻米品質

研究」三面向摘錄重要成果編撰為文，以供各界參酌。

水稻品種改良重要成果

因應國人對米食要求從「吃飽」轉向「吃巧」，產業迫切需要具優良品質的水稻品種，臺中場以提升品質並維持產量為目標，近 40 年共育成 11 個梗稻、5 個秈稻及 5 個糯稻品種 (林，2003a；楊等，2014)。

一、梗稻品種之育成

臺中場近年育成的梗稻品種中，以「台梗 9 號」最為人稱道。該品種食味佳且耐儲藏，在 1993 年首開稻穀收穫產量雖低於對照品種，但成功命名的首例，並在之後成為水稻食味與產量試驗的對照品種，亦為米商業者票選最好吃的品種之一，更接獲日本稻米商社申請技術轉移申請，技轉金額創下全臺水稻品種最高額授權記錄，且榮膺第一屆全國稻米品質競賽總冠軍，直至今日仍是政府推薦之前十大優良水稻推廣品種 (許，2015)。

為配合產業需要極早熟水稻品種以建立輪作系統，在 2003 年與草屯鎮農會產學合作，從日本引進米質優良的早熟梗稻品種「越光」進行品種改良，命名極早熟品種「台中 191 號」，並以商品名「錦早米」製成小包裝精品禮盒 (楊等，2005)。2007 年因應產業需求，命名高產及米質優良的「台中 192 號」，推出後廣受歡迎，至今栽培面積仍是臺灣水稻優良推廣品種栽培面積第三位 (呂等，2007)。在 2008 年命名白米外觀優良且具特色的「台中 193 號」，為

國內首個植株、葉片及稻穀皆無稃毛的品種，可減少加工調製過程產生粉塵污染，有益環保與衛生 (許等，2009)。2001 年引進「巴薩瑪堤」(「Basmati」) 品種改良「台梗 9 號」，成功於 2009 年命名「台中 194 號」，為國內首個具七葉蘭清香、口感軟黏且食味極佳的品種，商品受消費者喜愛，多次入圍獲得精饌米獎肯定 (鄭等，2018)。另外，2022 年利用日本梗稻品種「牛奶皇后」(「Milky Queen」) 半糯特性進行改良，推出糙米飯與冷飯都軟黏可口的「台中 200 號」，可增進稻米健康利用價值 (鄭與鄧，2022)。

二、秈稻品種之育成

秈稻是臺灣先民最初種植的水稻品種，在臺灣文化及歷史中占重要的地位，其稻米品質多元，除鮮食用外，亦可用於加工。2017 年命名的「台中秈 197 號」，即為以加工適性為目標育成的品種，其製成的碗粿口感軟 Q，米粉絲外觀潔白素淨，食味品質極佳；僅需儲藏 6-9 個月即完成陳化，優於對照品種「台中秈 17 號」的 1 年陳化時間，可節省倉儲成本 (鄭等，2017)。2018 年命名的「台中秈 198 號」，承襲「台中秈 10 號」的優良食味品質，且稻穀收穫產量與容重量更高，受到碾米廠的喜愛 (楊與吳，2018)。2021 年以分子標誌輔助選拔技術育成「台中秈 199 號」，導入 3 個抗白葉枯病基因，並保有「台中秈 10 號」的優良特性，有助於促進農藥減量及有機友善栽培 (楊等，2020)。

三、糯稻品種之育成

糯米可以加工製成許多種類的小

吃，在米質特性的需求與一般鮮食用稻米品種不同，1984 年‘台中秈糯 1 號’命名推出後，改變以往秈糯稻低產與米質不佳等缺點，成為當時臺灣秈糯稻領先品種。1995 年命名的‘台梗糯 5 號’以加工適性佳為特色，米食製品在熱時可口，冷卻後也不會變硬，不會有「灶腳軟」現象，因此頗受歡迎（許等，2005）。2006 年‘台中秈糯 2 號’命名推出後，取代‘台中秈糯 1 號’，成為國內栽培面積最廣的秈糯稻領先品種（楊，2006）。2012 年命名‘台中糯 196 號’，承襲‘台梗糯 5 號’加工適性優良之特色，且為國內穀粒最大的品種，為稻作產業提供更多元選擇（鄭等，2015）。

栽培技術改進重要成果

良好的栽培技術，是高產與優質稻米生產體系的基石。臺中場早期探討病害對水稻生育與品質的影響，並建立提升稻米品質的栽培技術（林，2003a；楊等，2014）；近期因應氣候變遷與人口老化議題，進行有機栽培、原鄉輔導、氣候韌性、智慧省工及淨零減碳等面向的研究，開發耐候節能的高品質稻米栽培技術。

一、白葉枯病特性檢定與研究

白葉枯病為水稻嚴重病害，臺中場早期引進 IRRI 建立的白葉枯病接菌與檢定方法，為各改良場試所育成的品種（系）進行檢定，並發現白葉枯病不僅會造成水稻產量與碾米品質降低，也會降低稻米食味品質（林，1990）。臺中場亦依據此研究成果，持續進行抗白葉枯病的水稻品種改良。

二、有機與友善水稻栽培技術之研發

有機水稻產業發展早期，尚未建立完整的栽培技術。臺中場投入有機水稻栽培技術研究，探討有機質肥料性質、施用量、施用時期對水稻產量與品質的影響，發現有機栽培稻米的食味品質顯著優於慣行栽培，進而建立水稻有機栽培管理技術（李等，1999），而分次施用菜籽粕可提升稻米產量與食味，增加有機稻米產值（李等，2004）。近年因應氣候與環境變遷，在大甲區幸福里輔導建立生態友善水稻栽培，導入新品種、田埂綠色覆蓋、合理化施肥、滿江紅輪作等元素，也輔導轄區有機栽培農友建立「鴨間稻」農法，減少雜草造成的產量減損，同時以蠅翼草、心葉水薄荷與多年生花生作為田埂覆蓋植被，具有改善土壤構造、調節農田微氣候與營造害蟲天敵棲地等好處（廖等，2018）；輔導溪州上水米建置綠色圍籬及老鷹棲架，營造友善環境之栽培環境，提升有機與友善水稻栽培的永續性。

三、良質稻米栽培技術之改進

臺中場也建立以提升稻米品質為導向的一系列栽培技術，建議以育苗箱播種量 240-270 公克、栽培株距 21 公分並採合理化施肥之推薦肥料量（120-140 公斤-氮/每公頃）可達節省成本並維持優良米質與產量穩定的目標（鄭等，2014），同時，也針對提升有機水稻品質之栽培技術進行研究，建立有機追肥最佳施用量與施用時機，並建議移植秧苗數以每叢 3 支可達到較優良之稻米品質（李等，2002；李等，

2004；李等，2005；李等，2014)；為進一步提升稻米品質，也探討利用鎂肥改善稻米外觀，使直鏈澱粉含量減少，間接提升米飯食味，此一系列的栽培技術改進可作為良質米栽培管理輔導的重要參考。

四、原鄉稻米產業技術之輔導

南投縣仁愛鄉親愛村的‘伊娜谷香糯米’為部落特色的稻種，惟其近年面臨品種混雜與新興病蟲害的影響，臺中場協助進行品種純化，並建立合理化施肥及友善栽培管理技術，同時導入里山倡議概念，進行田區生態調查，發現其水田環境可作為兩生類與蜻蛉類良好的棲地，並將相關成果製成摺頁與影片供部落利用，為香糯米栽培增加保種與生態保育意義（呂等，2009；鄧，2021）。除導入栽培技術與生態概念，臺中場也與企業社會責任公司合作，在香糯米產區辦理食農教育、學童繪畫及香糯米收穫節等活動，落實環境保護 (Environment)，導入社會責任 (Social) 與公司治理 (Governance) 之 ESG 理念，以保價收購方式提升香糯米商品價值，促進地方創生與產業共榮發展。

五、韌性省工栽培技術之研究

因應氣候變遷與國內人口老化，著手進行氣候韌性、智慧省工及淨零減碳等面向之研究，並開發耐候節能、減碳永續的高品質稻米栽培技術。2015 年開發與雜糧作物輪作的水稻夏季單期作栽培技術，以夏季降雨提升水資源利用效率 (鄧等，2021)，並與產學研發團隊合作開發智慧灌溉系統、

無人機精準施用穗肥模式 (郭等，2023)及 AI 稻株辨識模式 (Sheng *et al.* 2022)等智慧農業栽培技術，建立省工的精準栽培技術。另外，也借鑑日本直播栽培，與在地農企業合作開發直播專用鐵粉與無人機直播技術，提升效率且節省人力 (吳與楊，2019)。目前正積極進行稻米生產的碳足跡建立與輔導米產品申請碳標章 (吳等，2022；吳等，2020)，並致力減碳栽培技術如間歇灌溉、精準施肥的研發與量化，對 2050 年淨零目標多一分貢獻。

稻米品質研究重要成果

品質為影響稻米商品價值的一大面向，臺中場早期建立稻米品質檢驗技術與分級標準，開發小樣本與快速的米質分析技術及育種選拔指標，提升產業的稻米品質。近期積極跨域合作深化米質研究，開發多元的稻米商品，增進稻米多元用途。

一、稻米品質之檢驗與分級

最初為因應國人對高食味稻米的需求，1971 年自 IRRI 引進美國農業部 (United States Department of Agriculture, USDA) 的稻米品質檢驗技術，建立稻米品質實驗室，研擬稻米品質分級標準，使臺中場成為最早進行米質研究的場所。1972 年稻作改進會育種技術小組決議，今後育成新品種在推廣前應先請臺中場作米質檢定，自此「米質檢定」成為臺中場米質研究最早期的任務。2003 年訂定的「水稻良質米推薦品種實施要點」，更明文規定良質米品種需經臺中場進行米質檢

定，且良質米之品質標準必須兩年兩期作食味總評達 A 級，且白米透明度 ≤ 3 級，且心腹背白之等級和 ≤ 1 (林，2003b；楊等，2014)。

稻米品質包含諸多面向，但經由人員官能測定米飯的食味表現，是最貼近消費市場需求的品質指標，因此參考日本的食味評鑑法，研擬實驗室的米飯食味評鑑法，後來被應用在國內各類稻米品質競賽。1989 年起為各試驗場所育成的水稻品種進行官能品評，將結果依統計分析分為 A、B、C 等級，分別表示參試品種的食味優於、等同於、低於對照品種。

二、應用米質研發產值躍升

品質直接影響商品的價值，臺中場以產業需求出發，俾使米質研發成果落地應用，提升產業價值。臺中場首先從生產面著手研究，探討栽培品種、土壤環境、肥培管理及收穫適期等面向對稻米品質的影響 (侯等，1988；盧等，1988)，並與農機研究室合作，提出適期收割及變溫乾燥技術，已為業界所採用 (何等，1991)。1988 年邀請國內外專家，辦理「稻米品質研討會」，並將論文彙編為專刊出版，供各界參考 (宋與洪，1988)。也進一步應用於推動良質米產銷計畫，協助轄區規劃臺中市 14,480 公頃、彰化縣 29,800 公頃及南投縣 7,030 公頃，合計近 5 萬公頃的良質米適栽區，並推薦適地適種的良質米品種 (宋等，1991)。另提出真空或二氧化碳填充包裝方法，配合低溫 (5-10°C) 貯存，可延長包裝米保存期限 (洪與宋，1994)。

隨著國人食米量減少、稻穀生產過剩，公糧稻穀的品質管控、舊米混充

新米等問題浮現，臺中場根據稻米儲藏後酸鹼值改變的原理，建立快速新鮮度判別技術 (許與宋，1991)；協助經濟部標準檢驗局修訂稻米檢驗標準；編印「糙米外觀檢定手冊」(洪與宋，1990a)；協助農糧署檢測市售小包裝米品質、培訓稻米品質檢驗人員、開發快速的糯稻純度檢驗及濕穀品質檢驗技術 (洪，1995)，對改善公糧米質檢驗效率功不可沒。此外，1995 年協助大甲鎮農會舉辦全國首場「稻米品質競賽」，鼓勵農友投入生產高品質稻米，掀起國內稻米品質競賽之序幕，為國產稻米產業注入新活力。

便利商店販售的冷藏三角飯糰為受歡迎的米食商品，此商品的貨架溫度是 18°C，然而米飯冷卻後質地容易變硬，食味變差，會影響消費者購買意願。臺中場因此探討不同產地及品種製成之 18°C 米飯食味品質，結果發現彰化生產的「越光」及「台梗 9 號」製成 18°C 米飯老化速度較慢，品質較佳，建議業者可依稻米品種與產地改善三角飯糰品質，對提升產業價值助益良多。

臺灣加入 WTO 後，為避免業者將進口之低價樹薯粉混充糯米粉，以高價糯米粉名義銷售，以及防止藉進口低價的樹薯粉之名，進行輸入高價糯米粉之行為，臺中場與中興大學合作，建立糯米粉及樹薯粉的純度檢驗技術，已應用在海關商品檢驗 (洪與盧，1997)。另比較進口米與國產米的品質差異，發現國產米新鮮度及食味較佳，提振消費者對國產米信心 (洪與洪，2002)，並探討國產米外銷可能性，執行中正農業科技社會公益基金會計畫，與花蓮區農業改良場、農糧署、臺灣大學等組成「台灣良質米外銷可行

性研究小組」，對我國稻米產業現況提出改進措施，成功促成臺灣米於 2004 年底外銷日本，使臺灣良質米飄香異國。

國內稻米品質研究成果在生產者、米商、糧政單位及加工業者多有應用實例，累積成果豐碩，因而於 2012 年辦理「良質米產業發展研討會」並將專文彙編成冊，匯集近 30 年良質米產官學界經驗與成果，拓展良質米研究與產銷量能 (許等，2013)。

三、快速小樣本之米質檢驗

新品系剛育成時，稻米樣本量不足以進行米質檢驗，也由於試驗時程緊湊，傳統較為耗時的米質分析方法難以因應，因此有改進效率的需求。臺中場在 1986 年應用近紅外光譜分析儀 (Near infrared spectrometer, NIRS) 建立快速白米蛋白質檢驗技術，取代傳統化學方法；並在 2001 年應用快速黏度測定儀 (Rapid visco analyzer, RVA)，取代傳統連續黏度測定儀檢驗方法，建立小樣品快速檢驗技術，使檢驗更具效率 (洪與郭，2001)。除食味品質外，也與農機研究室共同研發快速稻米外觀品質鑑定儀器，並取得「穀物特徵自動選別機」及「穀物特徵自動選別機結構改良」二項專利，同時辦理技術移轉 (何等，2006)。

四、高食味水稻之選拔指標

食味品質是水稻重要育種目標，但早期世代品系的稻種量較少，無法進行官能品評。為協助育種家建立選拔高食味品質品系的指標，因而研究澱粉特性、黏度特性、理化性質等性狀

與食味品質的相關性 (許與宋，1989；洪等，1989；洪，2003；Kuo *et al.* 2001)，發現以 RVA 測得澱粉黏性之回升比值 (Setback ratio) 及破裂比值 (Break-down ratio) 與食味品質有顯著相關 (洪與郭，2001)，同時建立預測臺灣水稻品種米飯食味之回歸方程式 (許與宋，1989)。此外，與臺灣大學合作研究，發現白米的醇溶性蛋白質與食味品質具負相關，可做為高食味品種的選拔指標 (洪等，2000)。也探討水稻 *Waxy* 基因型與升糖指數 (Glycemic index, GI) 之相關性，供育種家選拔低 GI 稻米品種參考 (王等，2019)。

五、跨域合作深化米質研究

早期食品加工、營養學系等研究者進行稻米相關研究時，只能從市面上取得稻米進行實驗，無法確保取得樣品之純度，導致影響研究成果。為使相關研究得以順利進行，與農場管理室合作，建立約 20 種臺灣梗稻、秈稻及糯稻的保種圃，生產純淨種原供研究人員申請應用，對提升國產稻米品質有深遠影響。此外，從穀粒萃取 DNA 時，澱粉會成為萃取量與品質的干擾源，使 DNA 樣本品質受影響，因此與生物技術研究室合作，開發「含澱粉樣品之 DNA 萃取液及其萃取方法」專利技術，可直接從單粒米樣本萃取高品質 DNA，並應用於遺傳研究、小包裝白米純度檢驗及穀物基因改造成分檢驗。

六、配合產銷開發多元米食

隨著國人年均食米量逐漸減少，為鼓勵國人消費優質國產稻米，建立

健康、多元化的米食為有效方法。最初為因應市場對胚芽米需求日漸增加，探討稻穀的外觀、碾製及貯藏對胚芽米品質之影響，建議國內胚芽米標準規格為含胚率 70%以上，碾白度比原料糙米提高 8 度為宜 (洪與宋, 1990b)。近年為增進國產稻米的多元利用，開發米酒、發芽糙米、米糠油皂之製作技術，分別研發酒香悠揚的「釀製米酒用菌粉」(洪與洪, 2007)、有益健康的「玄芽金米」及溫和滋潤的「米糠油潤膚洗臉皂」等商品，並與生物技術與農產加工研究室與特作與雜糧研究室合作開發健康保健用途「米豆米粉」及「薏仁糙米飯」配方(蘇, 2020)，並完成技術移轉。

近年國人飲食西化，臺中場篩選適製米麵包的稻米品種，提出米穀粉比例配方，以及使用‘台中 194 號’等 6 個品種製成米吐司麵包 (許等, 2011)，並與喜生食品工業股份有限公司合作，篩選適製米漢堡的稻米品種與食味指標，發現‘台中 194 號’製成米漢堡的香氣、口味及總評表現優於對照，業者已應用此結果提升商品品質 (王等, 2018)。

結語

臺中場為全臺最早投入稻米品質研究之試驗單位，以紮實的稻米品質研究為基礎，改良水稻品種並優化栽培技術，提升國產稻米品質，至今成效斐然。然而，近年面臨氣候變遷、人口老化、糧食自給率降低、生產供過於求等挑戰，水稻產業需朝向精緻化、具韌性及多元化利用等方向發展。為因應未來挑戰，在品種育成方面，擬選育具

氣候韌性、高食味品質、具機能性及適合加工的品種，並調適高溫與極端氣候對米質的影響；在栽培技術方面，因應淨零碳排議題，應以建立減碳永續的栽培模式為目標，投入耐候節水及友善環境栽培體系的研究，開發人工智慧物聯網 (Artificial intelligence of things, AIoT) 智慧化管理模式，使稻作產業能兼顧智慧優質及環境永續；在米質研究方面，持續精進檢驗技術，協助產官學開發多元、具機能性的稻米產品，滿足消費者對多樣化與健康米食的需求，力求研發成果落地產業運用，使稻米產業能兼顧優質、豐產及永續。

參考文獻

- 王柏蓉、楊嘉凌、洪梅珠。2018。梗稻品種製作米漢堡質地特性與其食味品質相關性分析。台灣農藝學會 107 年度年會。作物科學講座暨研究成果發表會論文宣讀。臺灣嘉義。
- 王柏蓉、鄭佳綺、吳東鴻。2019。初步建置國內水稻品種米質及澱粉特性相關指標資料平台。臺中區農業改良場研究彙報 143: 35-48。
- 何榮祥、宋勳、許愛娜、林國照。1991。乾燥方法與稻穀成熟度對稻米胴裂率及食味品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 30: 1-13。
- 何榮祥、萬一怒、林建銘、洪梅珠。2006。米粒外觀特徵檢測機研製。臺中區農業改良場研究彙報 91: 39-47。
- 吳以健、廖崇億、鄧執庸。2022。水稻田除草劑施用的直接與間接溫室氣體排放評估。中華民國雜草學會 111

- 年度年會。雜草科學研究成果發表會論文宣讀。臺灣臺北。
- 吳以健、楊志維、盧虎生。2020。水稻生產碳足跡之地區性與栽培系統影響評估。台灣農藝學會 109 年度年會。作物科學講座暨研究成果發表會論文宣讀。臺灣臺北。
- 吳以健、楊嘉凌。2019。應用鐵粉披衣稻種的水稻湛水直播之研究。臺中區農業改良場研究彙報 142: 77-88。
- 呂坤泉、楊嘉凌、許志聖。2007。稈稻品種臺中 192 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 97: 51-70。
- 呂坤泉、許志聖、楊嘉凌。2009。仁愛松林部落「伊娜谷香糯米」的純化與品種改進。臺中區農業改良場研究彙報 105: 1-12。
- 宋勳、洪梅珠。1988。稻米品質研討會專集。臺中區農業改良場特刊第 13 號，彰化。379pp。
- 宋勳、洪梅珠、許愛娜。1991。臺灣稻米品質之研究。臺中區農業改良場特刊第 24 號，彰化。101pp。
- 李健鋒、陳榮五、陳世雄。1999。水稻有機栽培對稻米品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 63: 31-47。
- 李健鋒、陳榮五、陳世雄、蔡宜峯。2002。有機質肥料施用量對稻米品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 74: 65-77。
- 李健鋒、陳榮五、陳世雄、蔡宜峯。2004。長期施用菜籽粕肥料對水稻生育之影響。臺中區農業改良場研究彙報 84: 29-44。
- 李健鋒、陳榮五、蔡宜峯。2005。有機追肥施用時期對稻米品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 89: 31-43。
- 李健鋒。2014。移植秧苗數對有機栽培水稻生育之影響。臺中區農業改良場研究彙報 123: 11-19。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。
- 林月金。2003a。稻作研究。p.20-35。行政院農業委員會臺中區農業改良場百年回顧。臺中區農業改良場特刊第 59 號，彰化。
- 林月金。2003b。米質研究。p.36-47。行政院農業委員會臺中區農業改良場百年回顧。臺中區農業改良場特刊第 59 號，彰化。
- 洪爭坊、洪梅珠。2007。市售釀造米酒用菌粉中酵母菌相之調查與發酵能力評估。臺中區農業改良場研究彙報 94: 51-59。
- 洪梅珠、宋勳、劉慧瑛、林禮輝。1989。稻米理化性質之研究 I.官能食味特性與米粒外貌及化學性質間相關之研究。臺中區農業改良場研究彙報 24: 53-62。
- 洪梅珠、宋勳。1990a。糙米外觀檢定手冊。臺中區農業改良場。17pp。
- 洪梅珠、宋勳。1990b。胚芽米品質之研究 III.碾白機機型對胚芽米品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 28: 43-48。
- 洪梅珠、宋勳。1994。包裝形式及貯存溫度對小包裝白米品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 43: 7-15。
- 洪梅珠。1995。糯稻品質之研究 I.濕谷狀態之糯稻與非糯稻之鑑定。臺中區農業改良場研究彙報 48: 1-9。
- 洪梅珠、盧訓。1997。糯米粉及樹薯粉純度檢驗之研究。臺中區農業改良場研究彙報 56: 11-21。

- 洪梅珠、簡珮如、盧虎生。2000。米飯食味特性與白米醇溶性及鹼溶性蛋白質間相關之研究。臺中區農業改良場研究彙報 67: 1-10。
- 洪梅珠、郭寶鏗。2001。稻米小樣品食用品質檢定法之研究（二）。臺中區農業改良場研究彙報 70: 9-19。
- 洪梅珠、洪美珠。2002。進口米與國產米品質之研究。臺中區農業改良場研究彙報 77: 43-51。
- 洪梅珠。2003。米飯食味品質與澱粉特性間相關之研究（二）。臺中區農業改良場研究彙報 79: 41-50。
- 侯福分、洪梅珠、宋勳。1988。土壤質地對稻米品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 19: 55-63。
- 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。
- 許志聖、呂坤泉、楊嘉凌。2009。臺灣第一個無稈毛水稻品種－臺中 193 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 105: 47-64。
- 許志聖、楊嘉凌、鄭佳綺。2013。良質米產業發展研討會專輯。臺中區農業改良場特刊第 119 號，彰化。212pp。
- 許志聖。2015。最具話題性的研發成果－水稻臺梗 9 號。p.52-57。遷場 30 周年紀念專刊。臺中區農業改良場特刊第 126 號，彰化。
- 許愛娜、宋勳。1989。稻米理化性與食味關係之因子分析。臺中區農業改良場研究彙報 25: 43-52。
- 許愛娜、宋勳。1991。單粒新舊米檢定方法之研究（第二報）。臺中區農業改良場研究彙報 33: 1-6。
- 許愛娜、尤虹美、洪梅珠。2011。製作適口性米吐司麵包水稻品種之篩選。臺中區農業改良場研究彙報 112: 45-56。
- 郭芝秀、吳以健、楊靜瑩、楊明德、高崇峰、吳東鴻、林家玉、賴明信。2023。應用乾濕交替灌溉與穗肥決策模式的水稻智慧管理。台灣農藝學會 112 年度年會。作物科學講座暨研究成果發表會論文宣讀。臺灣臺中。
- 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。
- 楊嘉凌。2006。長糯米品種臺中秈糯 2 號的育成。臺中區農業改良場研究彙報 92: 47-62。
- 楊嘉凌、許志聖、李健鋒、洪梅珠、鄭佳綺、王柏蓉。2014。稻作與米質研究。p.9-22。遷場 30 周年試驗研究暨推廣成果專刊。臺中區農業改良場特刊第 125 號，彰化。
- 楊嘉凌、吳以健。2018。水稻新品種台中秈 198 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 141: 1-19。
- 楊嘉凌、鄭佳綺、吳以健。2020。秈稻抗白葉枯病新品系之研發。臺中區農業改良場研究彙報 149: 43-67。
- 廖君達、白桂芳、楊嘉凌。2018。大甲遇見幸福 尋夢生態友善。農友月刊 69: 59。
- 鄧執庸、鄭佳綺、廖君達、楊嘉凌、許志聖。2021。資源節約型農藝作物生產的研究 I. 適合夏季單期作栽培的水稻品種（系）篩選初報。臺中區農業改良場研究彙報 150: 13-30。
- 鄧執庸。2021。松林部落伊娜谷香糯米友善環境資材導入及農田生態現

- 況。p.180-191。配合國土生態綠網發展中部地方特色農業研討會論文集，彰化。
- 盧訓、宋勳、吳淑靜。1988。栽培環境及品種對稻米碾米品質與物化性質影響之研究。臺中區農業改良場研究彙報 18: 41-50。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖。2014。栽植株距及育苗箱播種量對水稻米質與產量之影響。臺中區農業改良場特刊 119: 37-49。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖。2015。水稻新品種臺中糯 196 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 129: 39-53。
- 鄭佳綺、王柏蓉、楊嘉凌。2017。水稻新品種台中秈 197 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 136: 41-56。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖。2018。粳稻品種台中 194 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 141: 55-73。
- 鄭佳綺、鄧執庸。2022。水稻品種台中 200 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 156: 27-49。
- Kuo BJ, MC Hong, FS Thseng (2001) The relationship between the amylo-graphic characteristic and eating quality of Japonica rice in Taiwan. **Plant Prod. Sci.** 4: 112-117.
- Sheng, RTC., YH Huang, PC Chan, SA Bhat, YC Wu, NF Huang (2022) Rice growth stage classification via RF-based machine learning and image processing. **Agri.** 12: 2137.

談臺灣多元化利用之稻米品種開發與展望

張素貞*、林家玉

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘要

臺灣多元化利用之稻米品種開發，主要內容是依產業環境變動，所對應相關政策、計畫或研討會，延伸滾動修正或增加品種開發目標。近年來稻米產業環境由「量」到「質」切入「機能性」且需符合國際產業的走向。臺灣稻米品種的開發育種目標也歷經「量」轉「質」，「質」再加以機能性、強韌性及生態性，將稻米品種推向多元化利用的局面。稻米多元化利用可歸列於下：良質米、傳統加工米食、機能性/營養保健（釀酒）、耐逆境生物/非生物、水源涵養/環境親和等 5 項。蒐集 2002 年加入 WTO 後，重要水稻品種之育成特性屬上 5 項分別有 10、5、12、15 及 5 個品種。多元化利用之稻米品種開發是一種依環境參數改變而予時增進的。在機能性上，鑒於我國高血壓、高血糖、高血脂、洗腎者眾多及老年族群之增加，未來積極研發具低升糖指數(GI)、低蛋白、或改善肌少症之稻米品種；在環境調適上，則需要低氮投入、甲烷排放少、碳匯率高的品種。

關鍵字：稻米品種、稻米多元化利用。

Development and Prospect of Rice Varieties for Diversified Utilization in Taiwan

Su-Jein Chang*, Chia-Yu Lin

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli County, 363201, Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

The main objective of the development of rice varieties for diversified utilization in Taiwan is that the goals of rice breeding rolls according to changes in the industrial environment, and in recent

years, the rice industry environment has changed from "quantity" to "quality"; Functional rice needs to be in line with the trend of the international industry. The development of rice varieties in Taiwan has also undergone a transformation of breeding goals from "quantity" to "quality", and "quality" is combined with function, resilience and ecology, pushing rice varieties to a situation of diversified utilization. The diversified use of rice was classified in this article as follows: good rice, traditional processed rice, functional/nutritional health care, biological/abiotic stress-tolerance, water conservation/environmental affinity, etc.

* 通訊作者，Corresponding email: sujein@mdais.gov.tw

After entering the WTO in 2002, there were 10, 5, 12, 15 and 5 varieties released in the above 5 terms, respectively. The development of diversified rice varieties is enhanced by changes in environmental parameters. In terms of function, in view of the increase in hypertension, hyperglycemia, hyperlipidemia, dialysis and elderly groups in Taiwan, we will actively engage in rice varieties with low glycemic index (GI), low protein, or sarcopenia in the future; In terms of environmental adaptation, varieties with low nitrogen input, low methane emission and high carbon exchange rate are required.

Keywords: Rice varieties, Rice diversified utilization.

前言

臺灣稻米品種的發展隨著生產環境、社會現代化發展、民生需求的更迭及消費者意識抬頭等，從 1950 年代的「量」到 1980 年代的「質」，至今 (2023 年) 的環境調適或機能性的需求等，由臺灣稻米品種育成類別或特性中，就可洞察水稻育種已走向多元化的利用。臺灣稻米品種走向多元化利用的轉折點在於 2002 年加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO)，為解決加入後的衝擊，因而農糧政策依國內外稻米產業環境或氣候變遷，調適策略予時增進。行政院農業委員會 (簡稱農委會) 國合處因應加入 WTO 對策於 2001 年即提出，而稻米多元化利用為其一 (國合處，2001)。2005 年農糧署召開「台灣米產銷與經營新思維—優質、安全與高收益」研討會揭槩

「消費者是市場動向的決定者產品締造三贏」新思維 (蘇，2005)，並與中華穀類食品工業技術研究所開始共同開發米穀粉產品 (葉與林，2008)。2007 年花蓮場等辦理「全球暖化對台灣稻米產業之影響研討會」，建議加強耐熱品種選育及推動稻田多元化利用兩項 (侯等，2007)，依上述除稻米產品製作的品種外，另因環境變遷如全球暖化需求品種也可歸屬多元化利用之內。2009 年由農試所統籌啟動面對全球暖化之水稻新育種栽培技術與蟲害研究並舉開研討會，討論未來氣候變化對水稻生產的影響，找出急迫需要進行的研究，其中框列利用基因體學於抗逆境育種上 (吳等，2009)。後繼 2014 年農業生產與生物多樣性領域行動方案革新稻米產業發展策略 (高與蘇，2014) 均有相同的建議「強化耐逆境生物、品種、技術之研發」，其成為稻米品種此階段性育種重要的目標，至行政院依據聯合國「2030 永續發展目標」(Sustainable development goals, SDGs) 核定臺灣永續發展目標 17 項中與農業有關為第 2 個標的「零飢餓」(Zero Hunger)，均引導稻米品種開發晉升至永續生態經營之需求。本報告係蒐集臺灣稻米產業因時勢變化政策對應的策略，並整理多元化利用育成的稻米品種之特性，藉由此些資料闡述兩者之關係及參考國外近期發展與臺灣消費市場需求，提出稻米品種未來多元化利用的發展方向之建議。

稻米多元化利用

臺灣稻米多元化利用從傳統突破轉折點應追溯自 2002 年加入 WTO 開

始，因加入之臺灣所面臨衝擊與需調適產業面非常廣。就其產業而言，因應對策農委會於 2001 年即提出，與稻米多元化利用之重點內容：提昇食米附加價值，加強米食製品研究，開發新技術及新產品；研發方便性、即食性之米飯產品，改進溫貯存技術，加強傳統米製食品現代化等科技研究，提高米食食品在市場的競爭力（農委會國合處，2001）。2003 年花蓮場首先報導稻米產品多元化開發利用（潘，2003）及水稻多樣化利用與產品開發（宣等，2005），後續有超過 10 篇報告均有論述（吳，2005，2006a，2006b，2007；吳與林，2006；吳與柯，2006；吳等，2008；吳與許，2006；卓等，2017；林等，2013；宣等，2005；許，2011；陳，2012；黃與宋，2011；賴，2014；楊等，2018）。綜合之，盤點傳統稻米加工與現代稻米利用，就多樣化之稻米產品研發提出 7 項保健用產品研發：米酒與清酒、化妝品用、有色米、休閒食品懷舊與具歷史情懷之產品、速食產品與便當開發及傳統與現代新穎米食推廣、稻米副產物產品、開發基因改造稻米之利用、水稻之觀賞用途、農業生態休閒旅遊與農業體驗，除此之外，農糧署與中華穀類食品工業技術研究所共同開發米穀粉產品，並鼓勵各區試驗改良場參與其中，臺南場於 2011 年發表「臺灣米穀粉加工與應用」（陳與王，2011）及相關技術（賴，2014），提供相關業者參考，其減少對進口麵粉的依賴度及增加國產米之使用量。2005 年農糧署召開「台灣米產銷與經營新思維—優質、安全與高收益」研討會，所提新思維針對優質化、安全化、分眾消費及分段加值、高收益、生態化，如：利用不

同葉色的水稻彩繪稻田（卓等，2017；張等，2014）、水源涵養（羅，2016）、或創造農村景觀，以強化生態及生活等機能等（蘇，2005）。2007 年農糧署、台灣農藝學會、國立中興大學農藝系及花蓮場共同舉辦「全球暖化對台灣稻米產業之影響研討會」，以產業政策及生產策略為主軸，建議加強耐熱品種選育及推動稻田多元化利用產業創新及行銷，來降低全球暖化所帶來之衝擊（侯等，2007），以上在在顯示稻米利用多元化的面向。續上 2011-2013 年農糧署辦理稻田多元化利用計畫，至 2013 年由臺中場舉辦「良質米產業發展研討會」（鄭等，2013），農糧署提出依產業發展需求，開發稻米機能性成分之多元化米製產品等成果，如擠壓蒸煮方式生產糕仔粉、機能性米糠香鬆、米穀粉於專用麵粉、開發無麵筋糙米麵包等（李，2013）。以上均基於 WTO 後的蝴蝶效應所產生的產品，亦成為稻米品種可適性的未來育種導向。2009-2012 年由農試所統籌啟動面對全球暖化之水稻新育種栽培技術與蟲害研究並舉開研討會，因其計畫與國際稻米研究所（IRRI）及日本筑波作物研究所合作，因而迅速引進水稻抗逆境種原及交流分子輔助育種的創新技術，對國內因應全球暖化氣候變遷的品種改良有所助益。該研討會就作物生產、農業操作、環境影響和生態系統等四面項，討論未來氣候變化對水稻生產的影響，急迫需要進行的研究，其中框列水稻抗逆境育種上之急迫性（吳等，2009；張等，2020）。2014 年農業生產與生物多樣性領域行動方案革新稻米產業發展策略（高與蘇，2014）再提及因應全球氣候變遷發展

多元化育種及栽培技術，及研發推廣多元化米穀粉製品，如米麵包、米蛋糕、米泡麵、米麵條、米冰淇淋等。多元化品種開發到了 2017 年來，到農業生態永續相關倡議，農委會推動「新農業創新推動方案 (2017-2024 年)」中兼顧資源循環利用及生態環境永續即是。行政院依據聯合國 2015 年「2030 SDGs」核定臺灣永續發展目標 17 項中，與農業有關為第 2 個標的「零飢餓」，而其核心目標「確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業」(行政院國家永續發展委員會，2019)。2018 年「國家氣候變遷調適行動方案(107-111 年)」及「第 6 次全國農業會議」、2019 年農業生產及生物多樣性領域成果報告(農委會，2019)中，有相同的建議強化耐逆境生物、品種、技術之研發。農委會 2022 年 2 月 9 日舉辦「邁向農業淨零排放策略大會」，以「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸作為推動各項溫室氣體淨零排放措施之共識(農委會，2022)。2022 年 4 月 19 日立法院三讀通過「食農教育法」共計 20 條，其中第 2 條國民穩定取得糧食及第 3 條增進國民健康飲食，與稻米生產與多元化利用有關，農委會於 2022 年 6 月間舉開「零飢餓」記者會時，陳吉仲主任委員表示未來的行動方案實踐的三大策略，包括「擴大服務」、「響應惜食」及「公私協力」，其中「響應惜食」可結合食農教育向下扎根(農委會，2022)，稻米品種之開發如何協助零飢餓、淨零排放、食農等，也成為開發目標之參數，也是開發稻米品種的指引。綜合上，將加入 WTO 後稻米多元化相關政策、計畫、成果報告或研討會重要措施整理成表 1，並將

稻米多元化利用發展歸列於下：良質米、傳統加工米食、機能性/營養保健(釀酒)、耐逆境生物/非生物、水源涵養/環境親和等項。

臺灣稻米品種多元化利用

臺灣水稻品種在 1987 年在亞太糧食肥料技術中心(簡稱亞太糧肥)故黃正華主任鼓勵之下，由農林廳邀集當時各區試驗改良場所稻作核心研究人員編輯臺灣稻作品種圖誌，內含 1930 至 1987 年育成的水稻品種 230 個(黃，1987)。2010 年農業試驗所建置「作物優質生產整合資訊平台」(<https://kiscropnew.tari.gov.tw/>)，其中作物品種資訊系統/水稻至 2022 年有 206 個品種。自 2002 年起由早期的追求產量，逐漸演變為提高稻米品質與多樣化利用等方向，綜合上節稻米多元化利用可歸列於下：良質米、傳統加工米食、機能性/營養保健(釀酒)、耐逆境生物/非生物、水源涵養/環境親和等 5 項。蒐集 2002 年後重要水稻品種之育成特性整理如表 2，5 項分別有 10、5、12、15 及 5 個育成品種。其中針對機能性/營養保健利用有「台農 76 號」(黃金米)、「台農 78 號」、「台農 80 號」(巨大胚)、「台南 14 號」(低直鏈澱粉、糙米專用)、「台農秈 24 號」(紫色香糯米)、「台農秈 26 號」(紅色糯米)、「台南 15 號」(巨胚、耐熱)、「苗栗 2 號」(米麵包)、「花蓮 22 號」(紅色糯米)、「花蓮 24 號」(高米澱)、「台農 82 號」(低蛋白質 < 5%)、「花蓮 25 號」(穀蛋白低)等 12 個品種，其中「苗栗 2 號」具飯質較軟的優點適合銀髮族鮮食，甫命名因其軟 Q 經桃園場吳前助理研究員麗春建議，

可嘗試加入麵包材料中，後由苗栗市農會技轉該品種稻種繁殖技術後，積極開發混合比例 30%米麵包產品，頗受消費者青睞。低蛋白質含量適合蛋白質需求量低的族群使用水稻品種‘台農 82 號’，可為需減少蛋白質吸收者的選擇 (周等，2019)；耐逆境生物/非生物利用有‘台農 73 號’、‘台南 13 號’ (早熟、抗飛蝨蟲類)、『台農 77 號’ (耐寒)、『台農 79 號’ (耐穗上發芽)、『台農 83 號’ (耐旱)、『台農 81 號’ (抗褐飛蟲)、『台農 85 號’ (抗褐飛蟲)、『台中 199 號’ (抗白葉枯病)、『台大高雄 1 號’ (堆疊抗稻熱病基因、耐寒)、『嘉大臺南 1、2、3 號’ (以上 3 個品種均耐旱外，另分具香米、釀酒、長糯)、『興大 9 號’、『興大 10 號’ (堆疊白葉枯病基因) 等 14 個品種，其中耐早有 4 個品種，平均可節水 2 至 3 成，又以‘台農 83 號’達 30% 以上；水源涵養/環境親和利用有‘苗栗 1 號’ (釀酒、低氮需求)、『台南 17 號’ (耐高濕、綠肥水稻)、『高雄 148 號’ (友善農耕、飯糰、便當米)、『台南 19 號’ (有機栽培)、『桃園 6 號’ (有機栽培) 等 5 個品種。就其中因加入 WTO 菸酒專賣開放，育成釀酒用之品種‘苗栗 1 號’兼具低氮肥需求之特性 (吳等，2010)；‘台南 20 號’每公頃可以減少 21%約 2,500 公噸的灌溉水量，緩解近年來氣候變遷情境下的缺水危機；每年還能降低水稻田 32.5%的溫室氣體排放，相當於每公頃減少 1,111 度電力排碳量，有助益於國內水資源有效運用及農業溫室氣體減量推動 (自由時報，2022)。適合有機栽培的‘桃園 6 號’，可減少化學資材投入及碳排放，以減輕農業生產對環境之衝擊，亦可較慣行栽培減少肥料用量 20%，符合當前

農糧政策，增加有機及友善栽培面積，以及減少化學農藥用量之目標。早在‘桃園 6 號’之前苗栗場水稻育種的目標，因接納高雄場黃賢喜前副場長的建議選育適合有機米栽種的品種即具低氮肥需求之特性以有機栽種條件下篩選，於 2009 年命名水稻‘苗栗 1 號’。因當時以多元化利用釀酒用為此品種主要訴求，未列入有機米推廣品種而是列入特殊用途之品種。

結語

臺灣稻米品種成績斐然，1960 年代以量為育種目標，主流品種如‘台農 67 號’，1980 年代後以質為目標，主流品種如‘台南 9 號’及‘台梗 9 號’。自 2002 年加入 WTO 後，所育成品種朝向多元化利用，以環境調適或機能性為主。多元化利用層面可分兩大類，一為米食加工類，另為環境面，米食加工類由良質到保健至美醫等，環境面以抗逆境為主，近期則有水源涵養/環境親和利用的品種，以配合因國內外生產環境變動應對農糧政策的需求品種。稻米品種的開發是一種環境參數改變而予時增進的，在機能性上，鑒於我國高血壓、高血糖、洗腎者眾多及老年族群之增加，未來積極研發具低升糖指數 (Glycemic index, GI) 或低蛋白之稻米品種，針對老者肌少症，日本開發可降低肌少症發生品種，亦可為未來育種之參考。在環境調適上，需要低氮投入、甲烷排放少、碳匯率高的品種開發，以上均有待後進育種家努力。

誌謝

感謝能受邀參加「稻米品質及多元化利用研討會」，因將自 2002 年後稻米品種多元化開發回顧後，誠感水稻育種先進 20 年努力，成果斐然可敬可佩！雖然參與不多，但一路走來許多前輩、同儕、及後進給予的提攜、鼓勵及指正，受益良多，必銘記於心難忘！

參考文獻

- 丁文彥、林家玉、黃秋蘭、江瑞拱。2013。水稻新品種臺東 33 號之育成。臺東區農業改良場研究彙報 23: 1-16。
- 行政院國家永續發展委員會。2019。台灣永續發展目標核定版。165pp。
- 行政院農業委員會。2021。新農業創新推動方案 2.0。11pp。
- 行政院農業委員會國合處。2001。加入 WTO 稻米產業因應對策。農政與農情 112: 41-45。
- 行政院環境保護署。2022。2021 永續發展目標大會成立。
- 吳以健，陳裕星，楊嘉凌，林學詩，李紅曦。2019。臺中區農業改良場 2009~2019 年研發之農藝作物新品種簡介。臺中區農業技術專刊 200: 1-36。
- 吳永培。2005。米香胚美容皂製造技術之研發。農業試驗所技術服務季刊 62: 15-18。
- 吳永培。2006a。米系列美容保養品製造技術之研發。農業試驗所技術服務季刊 65: 15-17。
- 吳永培。2006b。高附加價值米加工產品製造技術之研發。農業世界 277: 26-33。
- 吳永培。2007。國產米的加值利用。農業試驗所技術服務季刊 71: 10-14。
- 吳永培、林致信。2006。漫談好醋。農業試驗所技術服務季刊 66: 8-10。
- 吳永培、柯佩怡。2006。淺談糧酒。農業試驗所技術服務季刊 64: 26-29。
- 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。
- 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。
- 吳永培、廖大經、邱志浩、周思儀。2019。梗型稻新品種台農 75 號的育成。台灣農業研究 68: 148-164。
- 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: 1-16。
- 吳岱融、林妤姍、王仁助、劉雲霖、吳添金、邱家玉、許志聖、張素貞。2013。水稻釀酒新品種苗栗 1 號。苗栗區農業改良場研究彙報 3: 1-10。
- 吳岱融、林妤姍、許志聖、張素貞。2016。水稻新品種苗栗 2 號。苗栗區農業改良場研究彙報 4: 1-14。
- 吳明哲、李雅琳、劉大江。2009。面對全球暖化之水稻新育種及栽培技術國際研討會專輯，臺中。120pp。
- 李長沛、吳東鴻、顏信沐、賴明信。2022。香米家族新成員-抗褐飛蝨早熟水稻新品種台農 85 號。農

- 業試驗所技術服務季刊 129: 1-6。
- 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季刊 88: 1-5。
- 卓緯玄、李長沛、賴明信、顏信沐、吳東鴻。2017。彩葉稻的大地渲染。農業試驗所技術服務季刊 110: 1-5。
- 周思儀、廖大經、邱志浩、吳永培。2019。台灣高品質水稻品種-美味米台農 82 號。農業試驗所技術服務季刊 118: 5-9。
- 李蒼郎。2013。臺灣良質米產業發展與成果。p.1-11。良質米產業發展研討會專輯。臺中區農業改良場特刊第 119 號，彰化。
- 林彥蓉、郭素真、吳泓書、周思儀、吳永培。2013。p.1-18。水稻多樣化育種與多樣化利用。良質米產業發展研討會專輯。臺中區農業改良場特刊第 115 號，臺中。
- 侯福分、黃鵬、林學詩、宣大平、潘昶儒、余宣穎。2007。全球暖化對台灣稻米產業之影響研討會專刊。花蓮。156pp。
- 宣大平、潘昶儒、余宣穎。2005。水稻多樣化利用與產品開發。p.147-159。東部稻米產銷研討會專刊，花蓮。
- 胡智傑、張芳瑜、張芯瑜、吳志文。2020。粳稻新品種高雄 148 號。農政與農情 337: 112-115。
- 高庭芳、蘇宗振。2014。因應經貿自由化策略－革新稻米產業發展策略。農政與農情 270: 8-11。
- 張素貞、劉雲霖、梁瑞旭、鄭年鈞、趙樹人。2014。臺灣稻田彩繪發展歷史及技術之建立。苗栗區農業改良場特刊 3: 79-88。
- 張素貞、賴巧娟、呂秀英。2020。氣候變遷惡化農業生產環境臺灣稻作生產韌性調整措施。農業世界 440: 12-40。
- 許愛娜。2011。糠油潤膚皂製作技術。臺中區農業專訊 75: 10。
- 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: 221-238。
- 陳榮坤、吳炳奇、李杏芳、羅正宗、許龍欣。2018。水稻新品種臺南秈 18 號之育成。臺南農業改良場研究彙報 72: 1-12。
- 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。
- 陳榮坤、蔡世宗、林順福、羅正宗、吳炳奇、李杏芳、楊智哲。2019。水稻新品種臺南 19 號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 74: 1-13。
- 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。
- 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。
- 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。
- 游昇俯。2023。水稻育種家、嘉義分所研究員吳永培猝逝 前瞻眼界培育耐旱品種 跨物種「屬間雜交」找不可能中的可能。農傳媒。

- <https://www.agriharvest.tw/archives/99094> Accessed: May 5, 2023.
- 黃正華。1987。臺灣稻作品種圖誌。臺北。339pp。
- 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。
- 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。
- 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。
- 楊志維、簡禎佑、鄭智允、林孟輝。2022。適合有機及友善栽培之水稻新品種「桃園 6 號」。農政與農情 357: 111-114。
- 楊嘉凌、吳以健。2018。水稻新品種台中秈 198 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 141: 1-19。
- 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，彰化。
- 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。
- 廖大經、陳隆澤。2016。水稻紫黑米新品種「台農秈糯 24 號」之育成。台灣農業研究 4: 430-438。
- 潘昶儒。2003。稻米產品多元化開發利用。花蓮區農業專訊 43: 2-5。
- 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。
- 鄭佳綺、王柏蓉、楊嘉凌。2017。水稻新品種台中秈 197 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報。136: 41-56。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖、呂坤泉。2014。稈稻品種臺中 195 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報。125: 63-78。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖。2013。良質米產業發展研討會專輯。臺中區農業改良場特刊第 119 號，彰化。212 pp。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖。2015。水稻新品種臺中糯 196 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 129: 39-53。
- 鄭佳綺、楊嘉凌、許志聖。2018。稈稻品種台中 194 號之育成。臺中區農業改良場研究彙報 141: 55-73。
- 賴明信、曾清山、李長沛、顏信沐、陳治官。2006。稈型糯稻新品種-台農糯 73 號的育成。台灣農業研究 55: 263-279。
- 賴喜美。2014。米食多元化加工技術-米穀粉之研究與開發。農業生技產業季刊 39: 56-62。
- 簡禎佑、楊志維、鄭智允、林孟輝。2019。優質早熟水稻新品種桃園 5 號介紹。農政與農情 333: 118-120。
- 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。

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。

羅正宗。2016。設施永續生產新利器～綠肥水稻新品種臺南 17 號。臺南區農業月刊 241: 1。

蘇宗振。2005。台灣米產銷與經營新思維--優質、安全及高收益。農政與農情 155: 42-45。

表 1. 加入 WTO 後稻米多元化發展之相關政策、計畫或研討會彙整表

年	稻米多元化相關政策、計畫或研討會	參考文獻
2001	農委會因應加入 WTO 於 2001 年即提出稻米產業對策，稻米多元化利用為其一。	國合處 (2001)
2005	農糧署召開「台灣米產銷與經營新思維—優質、安全與高收益」研討會，開發米穀粉產品。	蘇宗振 (2005)
2007	花蓮場等辦理「全球暖化對台灣稻米產業之影響研討會」，加強耐熱品種選育、推動稻田多元化利用產業創新及行銷。	侯等 (2007)
2009	農試所統籌啟動面對全球暖化之水稻新育種栽培技術與蟲害研究並舉開研討會，其中框列利用基因體學於抗逆境育種上。	吳等 (2009)
2011	農糧署辦理稻田多元化利用計畫，至 2013 年由台中場舉辦「良質米產業發展研討會」，提出開發稻米機能性成分之多元化米製產品等成果。	鄭等 (2013)
2014	農業生產與生物多樣性領域行動方案革新稻米產業發展策略。	高與蘇 (2014)
2017	推動「新農業創新推動方案」，推廣有機友善、產銷履歷。	農委會 (2021)
2018	國家氣候變遷調適行動方案，面對氣候變遷調適能力，降低脆弱度並強化韌性。	環保署 (2022)
2019	2030 永續發展目標(SDGs)-零飢餓，確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業。	國發會 (2019)
2022	2022 年 4 月 19 日立法院三讀通過「食農教育法」，推動全民共同參與。	農委會 (2022)

表 2. 2002 年後國內多元化利用稻米品種之開發

項目	命名年	品種名稱	引用文獻
良質米	2009-2022	‘台東 32 號’、‘台中 194 號’ (2009)、‘高雄 147 號’ (2010)、‘台東 33 號’、‘台南 16 號’、‘台中 195 號’ (2012)、‘台東 35 號’ (2016)、‘台農 84 號’、‘台中秈 198 號’ (2018)、‘桃園 5 號’ (2019)、‘台中 200 號’ (2022)	黃等 (2010) 楊等 (2013) 吳等 (2011) 陳等 (2011) 鄭等 (2014) 丁等 (2013)
	2005	‘台東糯 31 號’	
	2005	‘台農糯 73 號’	賴等 (2006)
	2012	‘台中糯 196 號’	鄭等 (2015)
	2017	‘台中秈 197 號’ (碗粿使用)	鄭等 (2017)
	2018	‘台南秈 18 號’ (耐熱、短期貯藏即可加工)	陳等 (2018)
機能性 / 營養保健	2009	‘台農 76 號’ (黃金米)、‘台農 78 號’、‘台農 80 號’ (巨大胚)、‘台南 14 號’ (低直鏈澱粉、糙米專用)	陳 (2011) 潘等 (2013) 周等 (2019)
	2010	‘台農秈 24 號’ (紫色香糯米)、‘台農秈 26 號’ (紅色糯米)	廖與陳 (2016)
	2011	‘台南 15 號’ (巨胚、耐熱)、‘苗栗 2 號’ (米麵包)	羅與陳 (2011) 吳等 (2016)
	2012	‘花蓮 22 號’ (紅色糯米)、‘花蓮 24 號’ (高米澱)、‘台農 82 號’ (低蛋白質 < 5%)	潘等 (2013) 黃等 (2013)
	2014	‘花蓮 25 號’ (穀蛋白低)	
耐逆境	2006-2018	‘台農 75 號’ (強抗病蟲害)、‘台南 13 號’ (早熟、抗飛蝨蟲類)、‘台農 81 號’ (抗褐飛蟲)、‘台農 85 號’ (抗褐飛蟲)	賴等 (2007) 羅等 (2009) 吳等 (2019)
	2011	‘台農 77 號’ (耐寒)、‘台農 79 號’ (耐穗上發芽)	李等 (2022) 李等 (2011)
	2019	‘台農 83 號’ (耐旱)、‘桃園 5 號’ (抗旱)	簡等 (2019)
	2021	‘台中秈 199 號’ (抗白葉枯病)、‘台大高雄 1 號’ (堆疊抗稻熱病基因、耐寒)、‘嘉大臺南 1、2、3 號’ (以上 3 個品種均耐旱外，另分具香米、釀酒、長糯)	
	2022	‘興大 9 號’、‘興大 10 號’ (堆疊白葉枯病基因)	
	2016	‘台南 17 號’ (耐高濕、綠肥水稻)	吳等 (2013)

		羅 (2016)
2019	‘高雄 148 號’ (友善農耕、飯糰、便當米)、	胡等 (2020)
	‘台南 19 號’ (有機栽培)	陳等 (2019)
2021	‘桃園 6 號’ (有機栽培)	楊等 (2022)
2022	‘台南 20 號’ (節水減碳、飯糰、便當米)	

()，重要特性或兩種特性以上。

高溫環境對稻米產量與米質之影響

張芳瑜*、胡智傑、吳志文
行政院農業委員會高雄區農業改良場

摘要

近年氣候暖化下對水稻生產的衝擊不容小覷。高溫環境影響稻米的產量及品質表現，其中高夜溫降低水稻產量程度較高日溫嚴重。本篇除了簡要論述高溫在穀粒充實期對稻米外觀品質及食味品質影響的相關研究，更從水分生理角度探究高夜溫對胚乳細胞擴張影響加以論述。高溫逆境抑制穎果內參與澱粉合成相關酵素基因表現與 ABA 合成且使蛋白質二硫鍵異構酶功能異常；提升澱粉降解能力與過氧化氫含量並改變支鏈澱粉結構等，導致白垩質粒產生。本篇也針對高夜溫影響胚乳細胞擴張的最新研究進行描述。高夜溫環境降低植株水勢，且因滲透壓調節機制抑制細胞壁與澱粉的合成，最後因伴隨著誘導生長水勢下降，使夜晚的生長速度下降，最後導致胚乳細胞變小，影響穀粒體積和粒重。現今日本稻作因應高溫多以水分管理作為調適策略，利用飽水管理模式，確保穀粒充實度以維持食味品質。然而近年臺灣稻作環境往往是高溫環境伴隨缺水逆境，如何建立一套適合臺灣稻作生產環境的調適模式是未來迫切的課題。

關鍵字：水稻、高溫、白垩質、滲透壓調節、細胞擴張。

The Impact of High Temperature on Rice Yields and Quality

Fang-Yu Chang*, Chi-Chieh Hu, Chih-Wen Wu

Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Pingtung County 908126, Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

The impact of global warming on rice production became more serious. High temperature can affect both rice yields and quality. Especially, the impact of high night temperature (HNT) on rice yield is more serious than high day temperature. In this article, we

not only reviewed the current studies of high temperature on rice quality (chalky grains and palatability), but also introduced the study of the reduction of endosperm cell size under HNT from the viewpoint of plant water relation. The formation of chalky grains under high temperature was caused by inhibiting the gene expression related to starch and ABA biosynthesis; promoting the gene expression of amylase and the content of hydrogen peroxide in caryopses. It also caused the dysfunction of protein disulfide isomerase and declining the ratio of short chain/long chain of amylopectin. Also, the current study showed that the mild shoot water deficit was occurred under HNT. Osmotic adjustment in HNT treated endosperm cells lead to a partial

* 通訊作者，Corresponding email: fychang@mail.kdais.gov.tw

inhibition of the biosynthesis of starch and cell wall. Because the declining growth-induced water potential slowed down the cell expansion under HNT, the smaller endosperm cell size and grain weight was observed at maturity. Nowadays, the water management during rice grain filling stage is one of the strategies to cope with the high temperature stress in Japan. However, recently, the rice production in Taiwan encountered high temperature stress coupled with water deficit. It is an urgent issue to setup a new cultivation method for rice production in Taiwan in the near future.

Keywords: Rice, High temperature, Chalky grains, Osmotic adjustment, Cell expansion.

前言

許多研究報告指出高溫可影響水稻產量及品質 (Yamakawa *et al.* 2007; Lin *et al.* 2010; Dhatt *et al.* 2019; Wada *et al.* 2019; Sadok *et al.* 2020)。以水稻而言，生殖器官對高溫及水逆境較營養器官敏感 (O'Toole *et al.* 1984; Morita *et al.* 2004)。尤其水稻抽穗後 20 日內為對高溫環境敏感時期 (Tashiro and Wardlaw 1991)，當這期間日均溫高於 26°C、日高溫高於 28°C、日低溫高於 22°C，將提升白垩質粒比例 (Lur and Liu 2006)。以高屏地區 1987 年至 2017 年的一、二期稻作穀粒充實期溫氣象資料而言，一期作 1 月至 3 月低溫日數有增加趨勢，這將提升水稻延後抽穗的機率，間接提升穀粒充實期遭遇高溫的風險；此外，無論一、二期作穀粒充實期間的日均溫、夜均溫皆有逐年上升趨勢，且超過良質米安全溫度臨界值 (張與胡

2018)。早期國際水稻研究中心 (IRRI) 相關研究指出當日低溫每上升 1°C 將使水稻產量下降 10% (Peng *et al.* 2004)。高夜溫環境下，稻米糙米粒重下降、胚乳細胞變小且亦伴隨白垩質粒，其中高夜溫對粒重與細胞擴張的影響大於高日溫 (Morita *et al.* 2005)，然而當時對於影響細胞擴張機制仍不清楚，尤其從細胞層級探討該議題。本篇將從水稻穀粒充實期遭遇高溫逆境，對穀粒大小 (細胞擴張)、外觀品質 (白垩質粒形成) 及食味品質之層級進行論述。

高溫促使白垩質粒生成

水稻穀粒充實期間遭遇高溫逆境時，主要產生的白垩質類型為乳白粒、背白粒及基白粒 (Morita *et al.* 2016)。高溫伴隨低日照的環境容易促使生成乳白粒 (Kobata *et al.* 2004)。但當一穗粒數或穗數降低 (Kobata *et al.* 2004; Tsukaguchi and Iida 2008)，或是提高光合作用碳水化合物供給能力 (Tsukaguchi *et al.* 2011)，可降低乳白粒發生率，由此顯示乳白粒發生主要受供源 (Source) 積存 (Sink) 能力影響 (Morita *et al.* 2016)。背白粒及基白粒的生成則是因植株氮素不足所導致 (Morita *et al.* 2016)。

高溫下水稻穎果內蔗糖轉運蛋白 (Sucrose transporter)、澱粉合成前驅物質-腺苷二磷酸葡萄糖 (ADP-glucose) 的腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶 (AGPase)、腺苷二磷酸葡萄糖轉運蛋白 (BT1) 基因與 ABA 合成相關表現量、澱粉合成相關酵素 (GBSSI, SSIIa, SSIIIa, BEIIb)、呼吸傳遞鏈的細胞色素 c 氧化酶 (Cytochrome c oxidase)、細胞色素 c 還原酶 (Cytochrome c reductase) 及 F 類三磷酸腺苷合酶 (F-type H⁺ transporting ATPase) 表現

量降低，以及胚乳細胞偏好趨向糖解作用 (Glycolysis) 而非醣質新生 (Gluconeogenesis)，影響澱粉及 ATP 合成 (Yamakawa *et al.* 2007; Yanakawa and Hakata 2010; Hakata *et al.* 2012; Suriyasak *et al.* 2017)。另一方面，也有研究觀察到高溫下水稻穎果內過氧化氫含量提升 (Suriyasak *et al.* 2017)，且促進丙胺酸轉胺酶 (Alanine aminotransferase)、乙醯乳酸合成酶 (Acetolactate synthetase) 與天門冬胺酸轉胺酶 (Aspartate aminotransferase) 及澱粉水解酶 (α -amylase) 基因表現量 (Yanakawa and Hakata 2010; Hakata *et al.* 2012; Suriyasak *et al.* 2017) 及小分子熱休克蛋白 (Small heat shock proteins, sHSP) 的表現 (Lin *et al.* 2005)。此外，蛋白質二硫鍵異構酶 (Protein disulfide isomerase, PDI) 功能缺失 (Kim *et al.* 2012) 與 13-KD prolamin 表現量下降 (Yamakawa *et al.* 2007) 亦可導致高溫下生成白堊質粒。

因高溫下白堊質表現於穀粒特定部位，而過去的研究中甚少針對白堊質發生的特定區域，甚至是以胚乳細胞層級進行探討。2019 年的研究則以細胞層級進行高溫下背白粒相關研究 (Wada *et al.* 2019)。透過穿透式電子顯微鏡觀察水稻穎果背部的胚乳細胞，抽穗後 12 天時，高溫處理下胚乳細胞 Protein storage vacuoles (PSV) 型態與常溫處理無差異；但抽穗後 20 天起，高溫處理下背部胚乳細胞的 PSV 存在許多空隙，並未被蛋白質體 II 填滿，導致成熟期時，澱粉粒與蛋白質體占胚乳細胞的面積比例較常溫處理低。然而在高溫加氮處理下，可使胚乳細胞內澱粉粒與蛋白質體的面積比例恢復類似常溫處理。儘管在抽穗後 12 天，高溫處理下 PSV 型態與常溫無差異，但此時胚乳細胞內代謝反應在處理間已有所區別。利用 Picolitre pressure-

probe electrospray-ionization mass spectrometry (PicoPPESI-MS) 在環控生長室以 Cell pressure probe 取細胞液進行即時代謝體分析。代謝體分析結果顯示，高溫處理的胚乳細胞內累積較多的半胱氨酸 (Cysteine)、抗壞血酸 (Ascorbic acid) 及穀胱甘肽 (Glutathione)，而此時累積半胱氨酸目的應是參與滲透壓調節；相反地，高溫加氮處理組，半胱氨酸則走向蛋白質合成途徑而非滲透壓調節。過去相關研究也曾發現高溫下水稻穎果有累積胺基酸之現象，使胺基酸無法順利進入蛋白質合成途徑 (Yamakawa and Hakata 2010)。藉由高溫加氮處理可穩定生成澱粉合成酵素及富含雙硫鍵的儲藏蛋白，使澱粉粒與蛋白質體 II 正常發育，進而提高完整粒比例。此外，因 PSV 體積會隨發育階段擴大，而在成熟階段，高溫處理下的 PSV 體積甚至大於常溫及高溫加氮處理。反觀高溫處理下蛋白質體 II 體積在抽穗後 20 至 40 天期間卻無明顯增加。因此，作者推測高溫下 PSV 的體積增加可能與水有關。高溫下水分子可能進入 PSV 並被保留至成熟期，使得高溫逆境下穀粒含水量較常溫處理高，而這些未被蛋白質體 II 填滿的空間最終呈現為白堊質 (圖 1；Wada *et al.* 2019)。

高夜溫對粒重及胚乳細胞擴張之影響

前人研究已指出高夜溫對水稻產量的影響程度較高日溫嚴重 (Morita *et al.* 2002; Peng *et al.* 2004; Morita *et al.* 2004; Morita *et al.* 2005; Fahad *et al.* 2016b; Xu *et al.* 2020)，但也有部分研究認為高夜溫對粒重的影響有限 (Shi *et al.* 2017; Dhat *et al.* 2019)。營養器官的碳水化合物不足，並非高夜溫下粒重下降與白堊質粒生成的原因 (Morita *et al.* 2004)。部分研究則認為

高夜溫下低輸導能力 (Translocation) 及夜間高呼吸作用導致粒重變輕 (Chowdhury and Wardlaw 1987; Shi *et al.* 2013; Bahuguna *et al.* 2017)。在 2005 年已有學者觀察到高夜溫下水稻胚乳細胞變小的現象 (Morita *et al.* 2005)，但當時相關詳細機制尚不清楚。儘管後續有許多水稻高夜溫相關研究，針對食味品質、生理反應、轉錄體學、蛋白質體學及代謝體學等面向 (Shi *et al.* 2013; Liao *et al.* 2015; Fahad *et al.* 2016a; Bahuguna *et al.* 2017; Shi *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2017; Lei *et al.* 2018)，但皆以組織或器官層級進行分析，更重要的是無任何一篇探討細胞擴張機制。長久以來，供源積存關係是探討水稻產量的重要理論 (Yoshida 1981)。實際上，水在植物生長過程亦扮演重要角色，其中以誘導生長水勢 (Growth-induced water potential, $\Delta\Psi_G$) 扮演影響生長速度的重要參數 (Nonami 2001)。直到 2021 年才從水分生理角度揭露高夜溫下胚乳細胞變小的原因 (Wada *et al.* 2021)。

如同先前高溫的研究 (Wada *et al.* 2019)，水稻穎果在高夜溫逆境下的反應具有區域性 (Site-specific)。為了排除白堊質的影響因子，僅針對高夜溫處理下細胞變小但沒白堊質產生之區塊探討細胞擴張機制。透過 Cell pressure probe 直接量測細胞膨壓 (Hüsken *et al.* 1978) 及 PicoPPESI-MS 在環控生長室進行代謝體分析，並搭配碳 13 標定及組織切片等試驗來探究高夜溫下抑制胚乳細胞擴張的原因 (Wada *et al.* 2021)。

從碳 13 標定試驗結果顯示，高夜溫處理下，白天和夜晚均加速碳水化合物從劍葉運送到稻穗及強勢穎果內 (Wada *et al.* 2021)，表示供源積存關係並非導致胚乳細胞變小之主因，而胚乳細胞擴張受阻

可能是受水分狀態影響。從水分狀態分析結果看來，高夜溫下，穗與穎果的水勢 (Water potential) 均明顯下降，滲透勢能 (Osmotic potential) 也下降，但膨壓 (Turgor) 卻維持 (Wada *et al.* 2021)，表示高夜溫下胚乳細胞啟動滲透壓調節 (Osmotic adjustment)。此外，高溫逆境下之誘導生長水勢 ($\Delta\Psi_G$) 也明顯下降 (Wada *et al.* 2021) 使生長速度變慢而影響胚乳細胞擴張。滲透壓調節為細胞因應缺水逆境所採取之策略，藉著累積物質，降低滲透勢能，驅使細胞的水勢下降以獲取更多水分並維持膨壓 (Kramer and Boyer 1995; Taiz and Zeiger 2002)。然而滲透壓調節過程導致物質累積現象往往會影響某些生理代謝合成途徑 (Kramer and Boyer 1995)。為了探究高夜溫影響哪些生理代謝途徑，透過 PicoPPESI-MS 的即時代謝體分析結果顯示，夜晚期間，高夜溫處理的胚乳細胞中累積參與細胞壁合成與澱粉合成的相關代謝物 (Wada *et al.* 2021)。在植物細胞擴張過程，細胞除了需要吸收水分，尚需要細胞壁的延展與新合成 (Kramer and Boyer 1995)。反觀白天期間高夜溫處理組的胚乳細胞累積物質較夜晚少，細胞壁合成途徑和對照組無明顯差異 (Wada *et al.* 2021)，表示高夜溫下細胞壁與澱粉合成受到短暫的影響，進而影響細胞擴張。綜合以上試驗結果，高夜溫逆境下，胚乳細胞為了進行透壓調節而暫時抑制細胞壁與澱粉的合成，並且加速了碳水化合物從劍葉運送到穀粒內，使滲透勢能下降並維持細胞膨壓，讓細胞的水勢下降，以避免水從細胞流失並從細胞外爭取水進入細胞內。此外，伴隨著誘導生長水勢下降，使夜晚的生長速度下降，最後導致細胞變小，影響穀粒體積和粒重 (圖 2；Wada *et al.* 2021)。

高溫對食味品質的影響

前人研究指出官能品評的食味值與抽穗後 35 日內的平均溫度成二次曲線關係，其中食味值表現最高值的溫度稱為「最適成熟溫度」，梗稻一般多介於 24°C-26°C (松江，2012)。相關研究也指出當穀粒充實期平均溫高於 26°C 時，米飯的物理性質 H (硬度)/-H (黏度) 數值可作為高溫逆境下的食味指標 (Morita *et al.* 2016)，且 H/-H 數值與食味呈現負相關 (松江，2012；崔等，2019)。早期研究中認為直鏈澱粉含量降低將有利於食味的提升，然而在後續相關研究裡，發現有時直鏈澱粉與食味呈負相關的關係並不存在，且直鏈澱粉對溫度的變化率因品種而異 (松江，2012)。因此，高溫逆境下對水稻食味影響，與其從直鏈澱粉含量著手，更應深入去探討澱粉結構的特性 (松江，2012；崔等，2019)。當支鏈澱粉的短臂鏈/長臂鏈比例越高，食味值越好 (松江，2012；崔等，2019)，然而在高溫下抑制 BEIIb 表現，間接影響支鏈澱粉結構，使長臂鏈支鏈澱粉在高溫逆境下增加，導致短臂鏈/長臂鏈比例下降 (Yamakawa *et al.* 2007)，此現象使 H/-H 數值數值上升，導致食味劣化 (松江，2012；崔等，2019)。此外，上述高夜溫的環境導致糙米粒厚及粒寬變小 (Morita *et al.* 2005; Wada *et al.* 2021)，表面看似僅影響產量表現，實際上可能也影響食味品質。當糙米粒厚小於 1.9 mm，不僅提高糙米內的蛋白質含量與 H/-H 數值，也降低直鏈澱粉含量及澱粉糊化的最高黏度，最終使食味下降 (松江，2012)。由於粒型變小與胚乳細胞擴張有關，且細胞擴張受植株水分狀態影響 (Morita *et al.* 2005; Wada *et al.* 2021)。如何透過水分管理維持高溫下食味品質已經成為日本因

應高溫對水稻穀粒充實期的調適作為。透過田間灌溉方式調整，在抽穗後 25 日內採取飽水管理的田區，不僅地溫相較時常湛水與間斷灌溉管理的田區低，飽水管理的田區所生產的糙米充實度最飽滿、蛋白質含量最低、米飯物理性質 H/-H 數值最低、米飯黏彈度最佳 (松江，2018)。由此可見氣候暖化下，田間水管理對根活性及米質的影響亦不容小覷。

結語

水稻因應高溫逆境可以透過選擇耐熱品種、調整栽培期、肥培管理、田間水分管理及氣象對應型栽培法來應對 (森田，2018)。其中，品種改良為因應高溫逆境最根本的解決之道，雖然某些現有的栽培品種耐熱性表現佳，但在持續暖化的環境下，終究會達到品種的極限。而新品種開發需耗費較多時間，加上近年臺灣高溫環境時常伴隨缺水逆境，雖然在日本的研究中透過飽水管理可以維持食味品質 (松江，2018) 及透過深水管理可以降低乳白粒發生機率 (Morita *et al.* 2016)，如何在短期建立一套適合臺灣的栽培模式以減緩高溫對稻米產量及品質的影響是迫切的需求。

參考文獻

- 張芳瑜、胡智傑。2018。氣候變遷下水稻高雄 145 號之栽培調整。高雄區農業專訊 105: 8-9。
- 崔晶、松江勇次、楠谷彰人。2019。優質食味米生產理論與技術。中國農業出版社。
- 松江勇次。2012。作物生産からみた米の食味学。養賢堂，東京。

- 松江勇次。2018。高温登熟条件下における増収、品質向上対策—登熟期間中の水管理と玄米仕上がり水分および玄米形状の視点から。p.383-392。米の外観品質、食味養賢堂，東京。
- 森田敏。2018。高温登熟障害の回避に向けた研究。p.297-322。米の外観品質、食味。養賢堂，東京。
- Bahuguna RN, CA Solis, W Shi, KS Jagadish (2017) Post-flowering night respiration and altered sink activity account for high night temperature-induced grain yield and quality loss in rice (*Oryza sativa* L.). **Physiol. Plant.** 159: 59-73.
- Chowdhury S, Wardlaw I (1978) The effect of temperature on kernel development in cereals. **Aust. J. Agric. Res.** 29: 205-223.
- Dhatt BK, N Abshire, P Paul, K Hasanthika, J Sandhu, Q Zhang, T Obata, H Walia (2019) Metabolic dynamics of developing rice seeds under high night-time temperature stress. **Front Plant Sci.** 10: 1443.
- Fahad S, S Hussain, S Saud, S Hassan, BS Chauhan, F Khan, MZ Ihsan, A Ullah, C Wu, AA Bajwa, H Alharby, Amanullah, W Nasim, B Shahzad, M Tanveer, J Huang (2016a) Responses of rapid viscoanalyzer profile and other rice grain qualities to exogenously applied plant growth regulators under high day and high night temperatures. **PLOS ONE** 11: e0159590.
- Fahad S, S Hussain, S Saud, S Hassan, Z Ihsan, AN Shah, C Wu, M Yousaf, W Nasim, H Alharby, F Alghabari, J Huang (2016b) Exogenously applied plant growth regulators enhance the morpho-physiological growth and yield of rice under high temperature. **Front Plant Sci.** 7: 1250.
- Hakata M, M Kuroda, T Miyashita, T Yamaguchi, M Kojima, H Sakakibara, T Mitsui, H Yamakawa (2012) Suppression of α -amylase genes improves quality of rice grain ripened under high temperature. **Plant Biotechnol. J.** 10: 1110-1117.
- Hüsken D, E Steudle, U Zimmermann (1978) Pressure probe technique for measuring water relations of cells in higher plants. **Plant Physiol.** 61: 158-163.
- Kim YJ, SY Yeu, BS Park, HJ Koh, JT Song, HS Seo (2012) Protein disulfide Isomerase-Like Protein 1-1 controls endosperm development through regulation of the amount and composition of seed proteins in rice. **PLOS ONE** 7: e44493
- Kobata T, N Uemuki, T Inamura, H Kagata (2004) Shortage of assimilate supply to grain increases the proportion of milky white rice kernels under high temperatures. **Jpn. J. Crop Sci.** 73: 315-322.
- Kramer PJ, JS Boyer (1995) Water Relations of Plant and Soils. San Diego, USA. Academic Press, Inc. 512pp.
- Lei G, HY Zhang, ZH Wang, LX Wei, P Fu, JB Song, DH Fu, YJ Huang, JL Liao (2018) High nighttime temperature induces antioxidant molecule perturbations in heat-sensitive and heat-tolerant coisogenic rice (*Oryza sativa*) strains. **J. Agric. Food Chem.** 66: 12131-12140.
- Liao JL, Zhou HW, Peng Q, Zhong PA, Zhang HY, He C, Huang YJ (2015)

- Transcriptome changes in rice (*Oryza sativa* L.) in response to high night temperature stress at the early milky stage. **BMC Genom.** 16: 18.
- Lin CJ, Li CY, Lin SK, Yang FH, Huang JJ, Liu YH, Lur HS (2010) Influence of high temperature during grain filling on the accumulation of storage proteins and grain quality in rice (*Oryza sativa* L.). **J. Agric. Food Chem.** 58: 10545-10552.
- Lin SK, MC Chang, YG Tsai, HS Lur (2005) Proteomic analysis of the expression of proteins related to rice quality during caryopsis development and the effect of high temperature on expression. **Proteomics** 5: 2140-2156.
- Lur HS, YW Liu (2006) Environmental challenge and strategy for quality rice culture in Taiwan (in Chinese with English ABSTRACT). **Crop Environ. Bioinform.** 3: 297-306.
- Morita S, H Shiratsuchi, JI Takanashi, K Fujita (2002) Effect of high temperature on ripening in rice plants: comparison of the effects of high night temperatures and high day temperatures (In Japanese with English ABSTRACT). **Jpn. J. Crop Sci.** 71: 102-109.
- Morita S, H Shiratsuchi, JI Takahashi, K Fujita (2004) Effect of high temperature on grain ripening in rice plants: analysis of the effects of high night and high day temperatures applied to the panicle and other parts of the plant (In Japanese with English ABSTRACT). **Jpn. J. Crop Sci.** 73: 77-83.
- Morita S, H Wada, Y Matsue (2016) Countermeasures for heat damage in rice grain quality under climate change. **Plant Prod. Sci.** 19: 1-11.
- Morita S, J Yonemaru, J Takanashi (2005) Grain growth and endosperm cell size under high night temperatures in rice (*Oryza sativa* L.). **Ann. Bot.** 95: 695-701.
- Nonami H (2001) Water Relations in Plant Physiology. Yokendo. Tokyo. 263pp.
- O'Toole JC, Hsiao TC, Namuco OS (1984) Panicle water relations during water-stress. **Plant Sci. Lett.** 33: 137-143.
- Peng S, Huang JE, Sheehy JE, Laza RC, Visperas RM, Zhong X, Centeno GS, Khush GS, Cassman KG (2004) Rice yields decline with higher night temperature from global warming. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 101: 9971-9975.
- Sadok W, Jagadish SVK (2020) The hidden costs of nighttime warming on yields. **Trends Plant Sci.** 25: 644-651.
- Shi W, Muthurajan R, Rahman H, Selvam J, Peng S, Zou Y, Jagadish SVK (2013) Source-sink dynamics and proteomic reprogramming under elevated night temperature and their impact on rice yield and grain quality. **New Phytol.** 197: 825-837.
- Shi W, X Yin, PC Struik, C Solis, F Xie, RC Schmidt, M Huang, Y Zou, C Ye, SVK Jagadish (2017) High day- and nighttime temperatures affect grain growth dynamics in contrasting rice genotypes. **J. Exp. Bot.** 68: 5233-5245.
- Suriyasak C, K Harano, K Tanamachi, K Matsuo, A Tamada, M Iwaya-Inoue, Y Ishibashi (2017) Reactive oxygen species induced by heat stress during grain

- filling of rice (*Oryza sativa* L.) are involved in occurrence of grain chalkiness. **J. Plant Physiol.** 216: 52-57.
- Taiz L, E Zeiger (2002) Plant physiology; 3rd ed. Sinauer Associate. USA. 690pp.
- Tashiro T, I Wardlaw (1991) The effect of high temperature on the accumulation of dry matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. **Funct. Plant Biol.** 18: 259-265.
- Tsukaguchi T, Y Iida (2008) Effects of assimilate supply and high temperature during grain-filling period on the occurrence of various types of chalky kernels in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Prod. Sci.** 11: 203-210.
- Tsukaguchi T, K Ohashi, H Sakai, T Hasegawa (2011) Varietal difference in the occurrence of milky white kernels in response to assimilate supply in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Prod. Sci.** 14: 111-117.
- Wada, H., FY Chang, Y Hatakeyama, R Erra-Balsells, T Araki, H Nakano, H Nonami (2021) Endosperm cell size reduction caused by osmotic adjustment during nighttime warming in rice. **Sci. Rep.** 11: 4447.
- Wada H., Hatakeyama Y, Onda Y, Nonami H, Nakashima T, Erra-Balsells R, Morita S, Hiraoka K, Tanaka F, Nakano H (2019) Multiple strategies for heat adaptation to prevent chalkiness in the rice endosperm. **J. Exp. Bot.** 70: 1299-1311.
- Xu J, A Henry, N Sreenivasulu (2020) Rice yield formation under high day and night temperatures-a prerequisite to ensure future food security. **Plant Cell Environ.** 43: 1595-1608.
- Yamakawa H, M Hakata (2010) Atlas of ice grain filling-related metabolism under high temperature: Joint analysis of metabolome and transcriptome demonstrated inhibition of starch accumulation and induction of amino acid accumulation. **Plant Cell Physiol.** 51: 795-809.
- Yamakawa H, T Hirose, M Kuroda, T Yamaguchi (2007) Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. **Plant Physiol.** 144: 258-277.
- Yoshida S (1981) Fundamentals of Rice Crop Science. The International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 269pp.
- Zhang HY, G Lei, HW Zhou, C He, JL Liao, YJ Huang (2017) Quantitative iTRAQ-based proteomic analysis of rice grains to assess high night temperature stress. **Proteomics.** 17: 1600365.

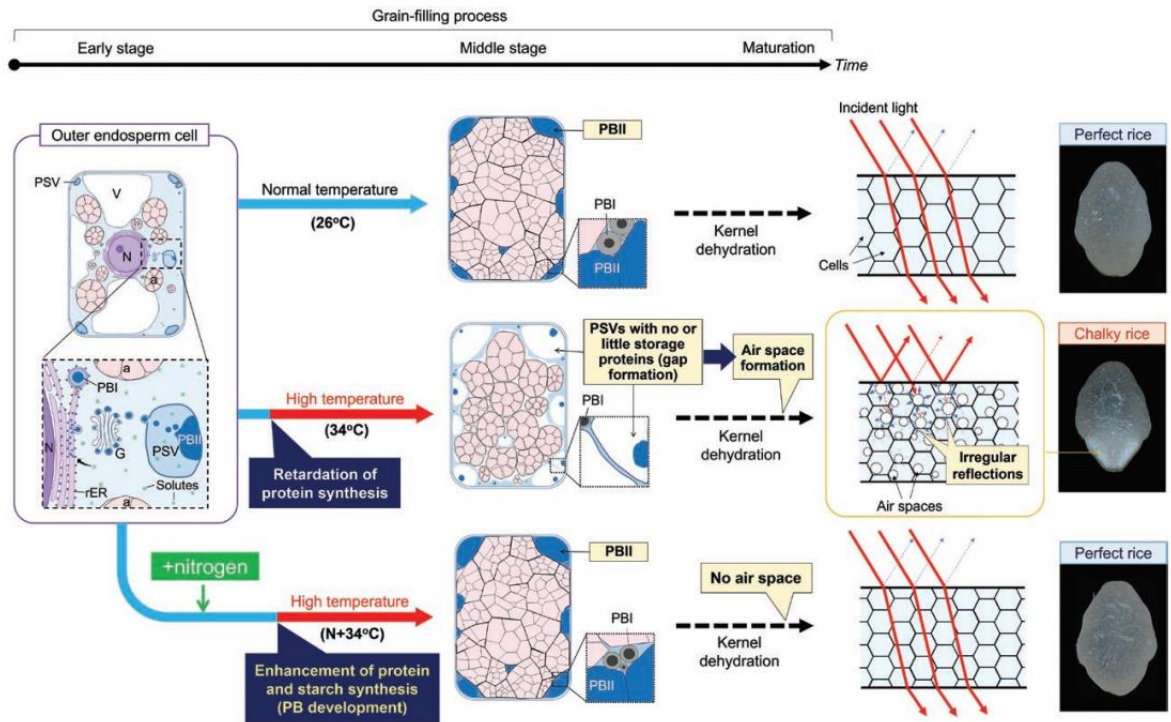


圖 1. 高溫下背白粒生成機制 (Wada *et al.* 2019)

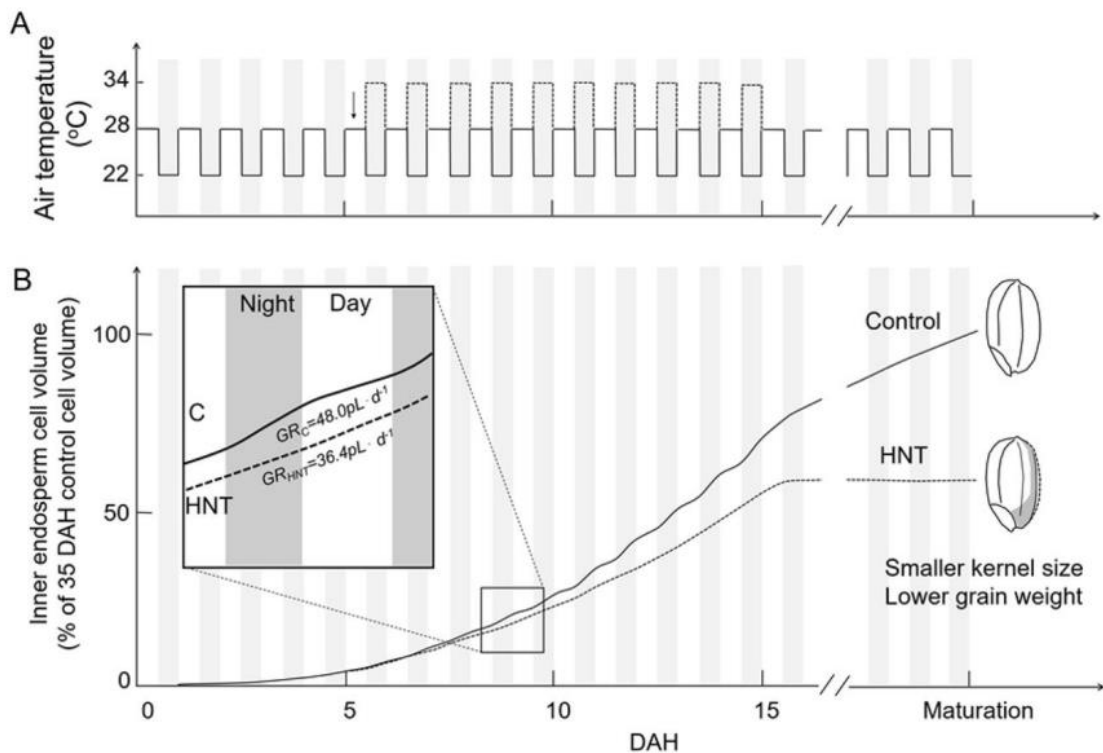


圖 2. 高夜溫影響胚乳細胞生長速度 (Wada *et al.* 2021)

雜草稻自生苗對米質規格之影響與防除效益評估

吳東鴻^{1*}、丁芝筠¹、謝孟婷¹、王芷露¹、杜沛蓉¹、鍾雅倫²、張永彬³、李長沛¹

¹ 行政院農業委員會農業試驗所作物組

² 高雄市美濃區農會

³ 高雄市杉林區農會

摘要

臺灣近年稻田紅米混雜情形日漸普遍，已知紅米混雜率上升會造成產量下降及降低商品價值，又期作間農民多數採取翻耕促進田間雜草分解，但一、二期作間隔時間短，翻耕易使土表紅米落粒稻種翻入深層土壤，危害後續期作。為提高農民防除積極性並建立有效防除方法，本研究於 2018 年起至 2020 年為止收集美濃製作、慣行區與杉林慣行區分層取樣共 4,031 個種子批，多年期圖資累計 2,375 公頃，建置混雜熱區圖資，標定重點熱區，針對高混雜熱區農民進行輔導，據統計，美濃製作區經技術導入後於 2020 年達到 285 萬之減損效益；另亦設置防除試驗圃，為期 2 年 4 期作，針對休耕、慣行及初期苗期控制圃，觀察不同栽培模組下的自生苗發生率，顯示施用除草劑有效降低自生苗發生率，然自生苗數量不減反增，推測因未立即拔除自生苗使其完成生活史而增加後續期作紅米混雜的風險並壓縮栽培稻種之生存空間。綜觀上述結果，慣行的栽培管理已無法有效控制田間紅米發生率，因而在防除策略上除使用檢定合格稻種外，亦可使用稻草分解菌，減少翻埋紅米落粒稻種且採取收穫後湛水誘導發芽與長期湛水並搭配分次施用萌前除草劑，有助於清除土壤紅米種子庫，降低混雜發生率。

關鍵字：雜草稻、紅米、稻種混雜、自生苗、稻米品質。

The Impact of Taiwan Weedy Rice Volunteers on Grain Quality and the Benefits of Contamination Control

Taichung City 413008, Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

Dong-Hong Wu*, Chih-Yun Ting, Meng-Ting Hsieh, Chih-Lu Wang, Pei-Rong Du, Ya-Lun Zhong, Yong-Bin Zhang, Charng-Pei Li
Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture, Executive Yuan,

In Taiwan, the prevalence of weedy rice (WR) contamination in Taiwan paddy field has experienced a significant increase. This weed contamination leads to a reduction in the yield and commodity value of cultivated rice. To combat this,

* 通訊作者，Corresponding email: dhwu@tari.gov.tw

many farmers use tillage to promote weed decomposition in gap between seasons. However, this practice can increase the density of soil seedbank, leading to harm in subsequent crops. To address this issue and establish effective weed control methods, we conducted a study that collected 4,031 seed lots through stratified sampling from the Meinong contract farming area, public stock paddy area, and Sanyuan public stock paddy area from 2018 to 2020. We used this data to establish a contamination map and find out the guidance of key hotspots, covering a multi-year total of 2,375 hectares. After we extended our weedy rice control guidance to the Meinong contract farming area, the control benefit reached 2.85 million NTD in 2020. Additionally, we set up a weed control experiment plot 4 rotations in 2 years to observe the occurrence rate of volunteer seedlings under different cultivation models. The results showed that while herbicides effectively controlled the occurrence of seedbank seedlings, the number of volunteer seedlings did not decrease and even increased. This increased the risk of red rice contamination in subsequent crops, compressing the growth space of cultivated rice. Based on these findings, conventional cultivation management is no longer effective in controlling the occurrence rate of weedy rice in the paddy fields. We recommend using certified rice seeds in weed control strategies, as well as rice straw degrading fungi to re-

duce the burial of weedy rice seeds during tillage. The induction of weed seed germination through post-harvest prolonged inundation followed by the application of pre-emergent herbicides can reduce the density of weed seedbank and minimize the occurrence of contamination rate.

Keywords: Weedy rice, Red rice, Seed-mediated contamination, Soil seedbank, Volunteer, Grain quality.

前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是臺灣的主要糧食作物。2021 年耕種面積為 224,022 公頃，佔全國總耕種面積的 28.5%，其中 93.8% 是屬於稈稻，6.2% 則是秈稻。在臺灣，水稻每年可種植兩次。第一期作從 2 月到 6 月，氣溫和日照時間逐漸增加，稻作面積約為 127,375 公頃，糙米總產量約為 77 萬噸，平均每公頃產量約為 6.1 噸。第二期作從 7 月到 11 月，氣溫和日照時間逐漸降低。部分稻農會選擇在第二期作休耕或種植其他作物，因此稻田面積下降至約 96,647 公頃，糙米總產量為 47 萬噸，平均每公頃產量約為 4.9 噸 (Council of Agriculture 2022)。

我國水稻生產體系以移植模式為主，稻作產業的產銷鏈發展相當成熟，每一個環節都已具備良好機械化作業和專業化分工，包括插秧、施用肥料和農藥、收穫以及乾燥調製等作業。其中移栽系統和自上世紀 60 年代開始廣泛使用的除草劑，均能有效地控制雜草數量，使稻田只剩下少數種類的雜草，

例如稗草 (barnyardgrass, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.)、尖瓣花 (chickenspike, *Sphenoclea zeylanica* Gaertn.)、水莧菜 (monarch redstem, *Ammannia baccifera* L.)、鴨舌草 (heart-shape false pickerelweed, *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) C. Presl ex Kunth)、雙穗雀稗 (knotgrass, *Paspalum distichum* L.) 與螢 藺 (rock bulrush, *Schoenoplectiella juncooides* (Roxb.) Lye) 等 (Sheu et al. 2005)。

隨稻作生產技術演替，自 1980 年代導入省工種植方法，如直播或宿根再生稻節省播種勞力，進而增加稻田中雜草的密度 (Sheu et al. 2005)，田野調查已見雜草型紅米的出現頻率也越來越高。雜草型紅米在碾米時可見碎米率較高，並且口感較差，從而減少了碾製白米的數量和規格品質。2015 年，已從公糧經收樣品觀察到紅米混雜率逐漸攀升，農委會農糧署和 3 個農業改良場共同對臺灣西半部主要稻米生產區的公糧經收樣品調查紅米混雜情形，結果發現在 125 個採集鄉鎮中，有 96.8% 的鄉鎮可見紅米混雜，混雜率從 0.02% 到 6.36%，中位數為 0.28%。進一步評估其植株形態，顯示這些紅米稻株的落粒性較高且更早熟，具備了與雜草競爭的優勢 (Cheng et al. 2017)。

雜草型紅米與雜草稻同屬同種，是少數雜草物種並可栽培株發生花粉雜交，使其防治難度更高，也導致嚴重產量危害 (Ziska et al. 2015)。世界各國稻作生產區均有雜草型紅米發生入侵的紀錄，在古巴，據推測 80% 的水稻田均可觀測到雜草型紅米的蹤跡，而在歐洲和美國，混雜率可達 30% 至

70% (Nadir et al. 2017)。在亞洲，印度、馬來西亞、越南、斯里蘭卡等國家採用直播種植方式種植水稻，也進而推升雜草型紅米族群的密度 (Delouch et al. 2007)。柬埔寨和菲律賓的研究表明，需要提高農民的意識，通過更完善的耕作模式才能防治雜草型紅米 (Tanzo et al. 2013; Chhun et al. 2020)。另一項研究也提供明顯佐證，即聯合收穫機中殘留的雜草型紅米的稻種可以在收割過程中，移動到下一個田內時擴散 6,400 平方米或者沿著 3 公里的距離傳播 (Gao et al. 2018)。

本研究冀望透過了解區域生產體系中之混雜發生熱區與混雜所減損之經濟效益，有助於收穫排程、重點輔導等防治管理；同時設置防除試驗圃，檢視紅米防除方法的有效性，再者，進一步剖析雜草型紅米對於產量、米質規格的減損概況並協助導引場域自主防除、減少混雜。

檢定稻種對區域混雜的影響

國內稻農以繳交公糧不進行商業販售，另一種契作生產則採自產自銷為商售模式，為維護品牌形象，多採特定品種小包裝米為主，因此契作專區不同於一般稻米生產，多使用特定授權稻種以維護種苗純度；為了瞭解不同稻作生產區內，是否使用檢定稻種對雜草型紅米混雜的影響，在 2018 至 2020 年針對 3 種生產樣區，分別在高雄稻米產區-美濃及杉林區進行防除輔導並同時取樣調查，各生產專區之稻作總栽培面積分別約為 300、130 及 1,200 公頃，3 個年度之取樣覆蓋率分別在美濃契作專區為 70%、84% 和

76%，杉林公糧專區是 62%、63%和 74% 及美濃公糧專區是 30%、36%及 53%，可知每一年度之取樣覆蓋率以美濃契作專區最廣，杉林公糧專區次之，最後則為美濃公糧專區。其中美濃契作專區、杉林公糧專區及美濃公糧專區分別有 13%、10%及 35%的耕地未曾調查取樣 (表 1)。

美濃契作專區 3 年試驗期間共收集 4,031 件種子批，逐年為 285、327 和 288 包，可分別對應到 1,049、1,321 和 1,228 塊坵塊，混雜率中位數分別為 0.03%、0.06%及 0%，杉林公糧專區逐年收集 137、150 和 175 包，分別對應到 459、463 和 529 塊坵塊，混雜率中位數分別為 1.6%、0.64%及 0.08%，美濃公糧專區則逐年收集 700、757 和 1,212 包，分別對應到 1,990、2,486 和 3,638 塊坵塊，混雜率中位數分別為 0.66%、0.29%及 0.04% (表 1)，雖然各生產專區內的混雜率中位數皆呈下降趨勢，但每一年度中雜草稻侵擾的危害，皆以公糧專區較嚴重，顯示農民的耕作習慣及其稻種來源皆為雜草稻混雜危害的重要因素。

耕作樣態對混雜熱區的影響

進一步將取樣坵塊標定在地圖上，整合混雜率資訊，合併繪製成混雜熱區圖資，有助於視覺化耕作田區之地理位置分布與雜草稻危害的相對關係 (圖 1)。三年來美濃契作專區中有 33%、16%及 57%的坵塊未檢出雜草稻，杉林公糧專區分別有 1%、3%及 7%，美濃公糧專區則有 10%、3%及 21%的坵塊未檢出。其中生產專區 3 年間皆有乾淨且混雜率為 0%之坵塊，而

美濃契作專區單年度各產區最高混雜率分別為 5.2%、1.6%及 1.2%，杉林公糧專區逐年為 11.3%、7.8%及 2.5%，發現此 2 個生產專區中之混雜逐漸下降，但美濃公糧專區則分別為 12.1%、15.1%及 57.6%，不僅混雜率逐年上升，更在某些區域中出現嚴重混雜的現象 (表 1)。美濃地區 3 面環山，有溪流貫穿其中，水資源豐沛且土壤潮濕肥沃，適合農業發展，經 3 年之調查發現，在美濃稻作生產區中，美濃契作專區在每年度取樣調查中的混雜率最低，且 3 年調查結果發現熱區分布相似並且有聚落的現象，然美濃公糧專區為混雜率最高且其熱區在年度間呈不規則變動，並有高度混雜現象的農地。顯示契作專區之農民經強化防除推廣教育訓練後，可有效提高控制雜草稻危害。而美濃公糧專區在生產過程中，共用農機具導致雜草稻種子在污染及無汙染田區間交叉傳播，相互混雜。相反的，杉林公糧專區位於溪流的下游處，水資源在時間上的分配不均，洪枯變化量大，冬季易出現缺水狀況，故田間種子庫之雜草稻易發生休眠度過缺水逆境，累積土壤種子庫密度時在下一期作變成田間自生苗，因此其熱區分布呈現年年相近，且鄰近溪流下游處，顯見水田中的長期湛水情形也是影響混雜率高低的一項因子。

參試品種對雜草競爭的減損特徵

因品種間的產量潛力不同、生長競爭能力也有所差異，對於氮肥反應良好的梗稻品種‘台東 30 號’，其產量潛力可達 9 公噸/公頃，係主要以產量計價的重點品種，而以優良米質見長

的‘高雄 147 號’，其產量潛力約 6 公噸/公頃，係營造特定精品米品牌專區的主要品種。本研究針對高品質均產品種-‘高雄 147 號’，及高產品種-‘台東 30 號’，於不同混雜等級下，進行輾白率、完整米率及垩白粒率等米質規格分析。根據各年度蒐集之樣品，將‘高雄 147 號’樣品之混雜等級分為 0%、0.05%、0.1%、0.2%及 0.4%，經米質分析後，發現當混雜率上升至 0.4%時，完整米率會下降約 7%，輾白率下降 6%且垩白粒率則些微上升 2.3%，此時將造成 8%的產量損失 (圖 2)。而‘台東 30 號’樣品之混雜等級則是分為 0%、0.5%、1%、1.5%、2%、3%及 8%，其米質分析結果為當混雜率上升至 8%時，其完整米率會下降 7%，輾白率下降 7%且垩白粒率會大幅上升 9%，並造成 10%的產量損耗。綜觀而言，隨著雜草稻的混雜程度提高，對於高品質品種的產量影響較劇烈，米質減損程度較低，但對於高產品種的產量減損影響較低，米質的損耗程度較嚴重。

未移除自生苗下，評估連續休耕 與連作之化學防除效益

自 2019 年起於所內設置雜草型紅米防除試驗圃，將田區劃分成休耕區、慣行區 (施用 1 次除草劑)、處理區 (施用 3 次除草劑) 並採收穫後湛水誘導發芽處理，種植面積皆為 170 平方米並統計各區塊紅米自生苗數量，但未進行人工拔除自生苗，僅仰賴萌前除草劑防治禾本科雜草，為期 2 年共 4 個期作。處理區及慣行區自生苗數量明顯低 (0.31%-1.49%) 於休耕區

(10.60%-83.17%)(圖 3)，代表施用除草劑可有效防除田間紅米自生苗，又各區之紅米自生苗數量隨期作的推進而增加，推測可能因發現自生苗時，未立即拔除，使其能夠完成生活史，又其高落粒特性使得紅米稻種易隨著收穫後的翻埋、整地累積於土中，影響下一期作。

整合管理技術並導入生產專區之 防除經濟效益

本研究剖析臺灣雜草型紅米生育週期短及高落粒性等繁殖特性，發現穩定精品米質並非僅能仰賴人工拔除雜草型紅米，最省工有效的防治方式就是在當期作結束後至整地前，進行紅米管理措施，於田區先淹水 7 天讓落粒紅米發芽後再進行翻埋，避免落粒稻種埋藏於田間；發生嚴重的田區，在新期作秧苗移植後，連續施用 3 次萌前除草劑，使埋藏不同深度的紅米自生苗延後 1 個月發生，確保田間收穫時自生苗尚未成熟；而田埂旁地勢高且易殘存的自生苗，可在抽穗期前以人工拔除、阻絕雜草型紅米蔓延。以每公頃稻穀產量、糧價與損耗的完整米率來估計產值損失 (稻穀平均產量 (公斤) × 損耗完整米率 × 糧價)，實地取樣調查結果發現當全區紅米混雜率達 0.4%，均產品種‘高雄 147 號’(稻穀產量平均 6.6 公噸/公頃、每公斤白米 83 元計價) 的完整米率會從 69%下降至約 62% (圖 2)，2018 年美濃契作專區總種植面積為 210.59 公頃，紅米混雜造成共 1,188 kg 之產量損耗與每公頃 37,744 元的產值損失 (圖 4)；而公

糧專區的高產品種‘台東 30 號’(稻穀產量平均 9 公噸/公頃、每公斤白米 40 元計價)，在杉林公糧專區總種植面積為 80.41 公頃中，則減少 8,520 kg 的總產量及每公頃 2,968 元產值損失，在美濃公糧專區總種植面積 358.59 公頃中，則導致 36,540 公斤總產量及每公頃 4,340 產值的損失。可見未引進防除管理技術時，雜草型紅米於契作專區的經濟衝擊較公糧嚴重，在兩種公糧生產專區中則美濃公糧的經濟損失較杉林公糧慘重。於 2019 及 2020 年導入防除管理技術，結果顯示，於美濃契作專區具有良好的防除效益，不僅產量損失逐年下降，且其乾淨無混雜之坵塊數及涵蓋面積比例皆於 2020 年有顯著的上升，分別約可獲得每公頃 1,290 kg 及 40,770 元的防除經濟效益，然於杉林及美濃公糧專區則僅有些微之防除成效，其中杉林公糧的產量損失亦逐年下降，乾淨無混雜之坵塊數及涵蓋面積比例皆緩慢增加，雖然美濃公糧乾淨無混雜之坵塊數及涵蓋面積比例亦漸上升，但其每一年的產量皆嚴重損失且無下降趨勢，推測可能因極端混雜之坵塊經由農機具共用而散播雜草稻種子影響鄰田。綜言之，雜草型紅米綜合防除管理技術落地實施於各生產專區具有防除效果，其中美濃契作專區具有最佳的防除經濟成效，美濃公糧專區的混雜狀況則仍需改善。

結語

依據本試驗建立之風險熱區分布圖資與減損評估，可有效找出重點區塊並優先加強防除宣導，將有助於日

後收穫排程、重點輔導等防治管理之規劃，協助農友減少損耗，進而提高產量、米質規格。另從防除試驗圃可知單施萌前除草劑之防除效益不佳，若能搭配湛水處理及施用稻草分解菌，減少翻埋紅米落粒稻種，將可有效抑制雜草型紅米混雜發生率。

參考文獻

- Cheng CY, YC Wu, BG Wu, CP Li, DR Gealy, DH Wu (2017) Morphological diversity study on Taiwan weedy red rice. **J. Agri. Assoc. Taiwan** 18: 161-188.
- Chhun S, V Kumar, RJ Martin, P Srean, BAR Hadi (2020) Weed management practices of smallholder rice farmers in Northwest Cambodia. **Crop Prot.** 135: 104793.
- Council of Agriculture (2022) Annual Report of 2018 Agricultural Statistics. <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>. Accessed: March 11, 2023.
- Delouche JC, NR Burgos, DR Gealy, GZ de San-Martin, R Labrada, M Larinde, C Rosell (2007) Weedy rices: origin, biology, ecology and control. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 144pp.
- Gao P, Z Zhang, G Sun, H Yu, S Qiang (2018) The within-field and between-field dispersal of weedy rice by combine harvesters. **Agron. Sustainable Dev.** 38: 55.
- Nadir S, HB Xiong, Q Zhu, XL Zhang,

- HY Xu, J Li, W Dongchen, D Henry, XQ Guo, S Khan, HS Suh, DS Lee, LJ Chen (2017) Weedy rice in sustainable rice production. A review. **Agron. Sustainable Dev.** 37: 46.
- Sheu CS, JL Yang, FF Hou (2005) Transform and development of paddy herbicides in Taiwan. **Weed Sci. Bull.** 26: 1-14.
- Tanzo IR, EC Martin, BS Chauhan (2013) Weedy Rice (*Oryza sativa* L.) problem in rice (*Oryza sativa* L.) based cropping systems in the Philippines. **Am. J. Plant Sci.** 4: 720-726.
- Ziska LH, DR Gealy, N Burgos, AL Caicedo, J Gressel, AL Lawton-Rauh, LA Avila, G Theisen, J Norsworthy, A Ferrero, F Vidotto, DE Johnson, FG Ferreira, E Marchesan, V Menezes, MA Cohn, S Linscombe, L Carmona, R Tang, A Merotto (2015) Weedy (Red) Rice: an emerging constraint to global rice production. **Adv. Agron.** 129: 181-228.

表 1. 美濃契作、杉林公糧與美濃公糧專區各年度 (2018-2021) 紅米混雜調查資訊

栽培地區與耕作系統	年份	種子批	坵塊數	涵蓋面積 (ha)	涵蓋率 (%)	種子批最高混雜率 (%)	種子批混雜率 (中位數) (%)	坵塊混雜率 (中位數) (%)	未檢出坵塊數 (%)
美濃契作專區	2018	285	1070	213.2	71	5.2	0.03	0.03	33
	2019	327	1321	252.4	84	1.6	0.06	0.06	16
	2020	288	1228	229.3	76	1.2	0.00	0.00	57
	2021	370	1719	303.9	87	1.4	0.01	0.01	47
杉林公糧專區	2018	137	459	80.4	67	11.3	1.44	1.6	1
	2019	150	463	82.1	68	7.8	0.63	0.64	3
	2020	175	529	96.5	80	2.5	0.07	0.08	7
	2021	99	332	65.3	54	1.8	0.05	0.05	8
美濃公糧專區	2018	700	1990	358.59	30	12.1	0.58	0.66	10
	2019	757	2486	432.96	36	15.1	0.33	0.29	3
	2020	1212	3638	631.69	53	57.6	0.05	0.04	21
	2021	506	1705	301.6	25	2.8	0.05	0.05	15

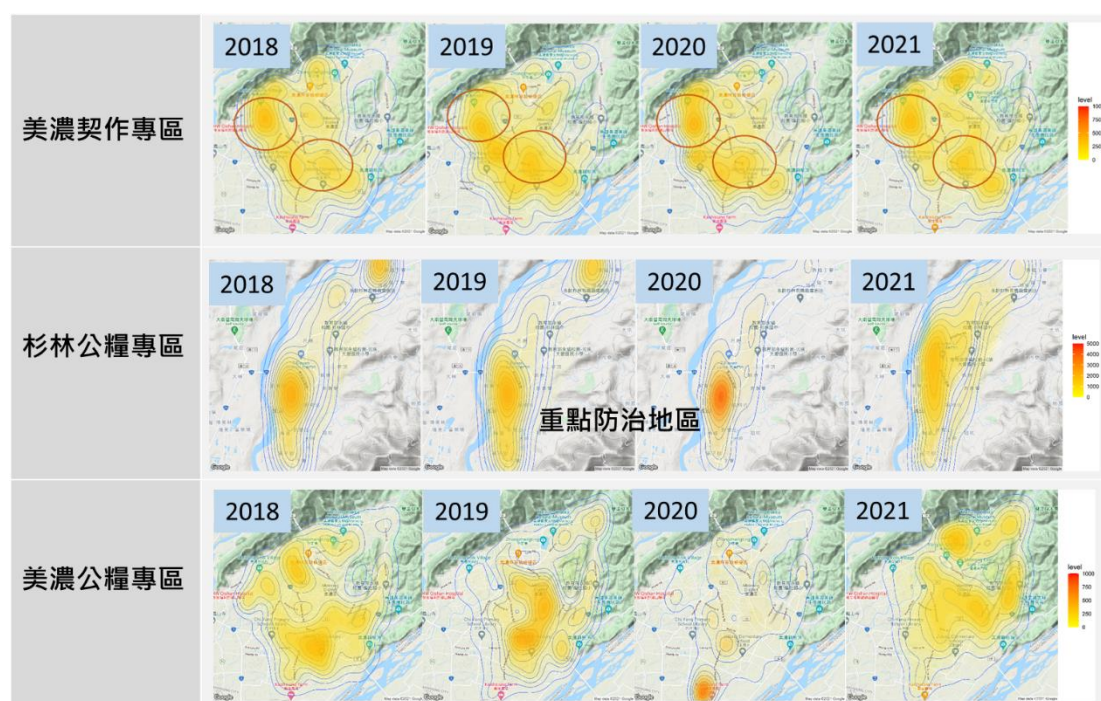


圖 1. 美濃契作、杉林公糧與美濃公糧專區各年度 (2018-2021) 紅米混雜熱區圖資

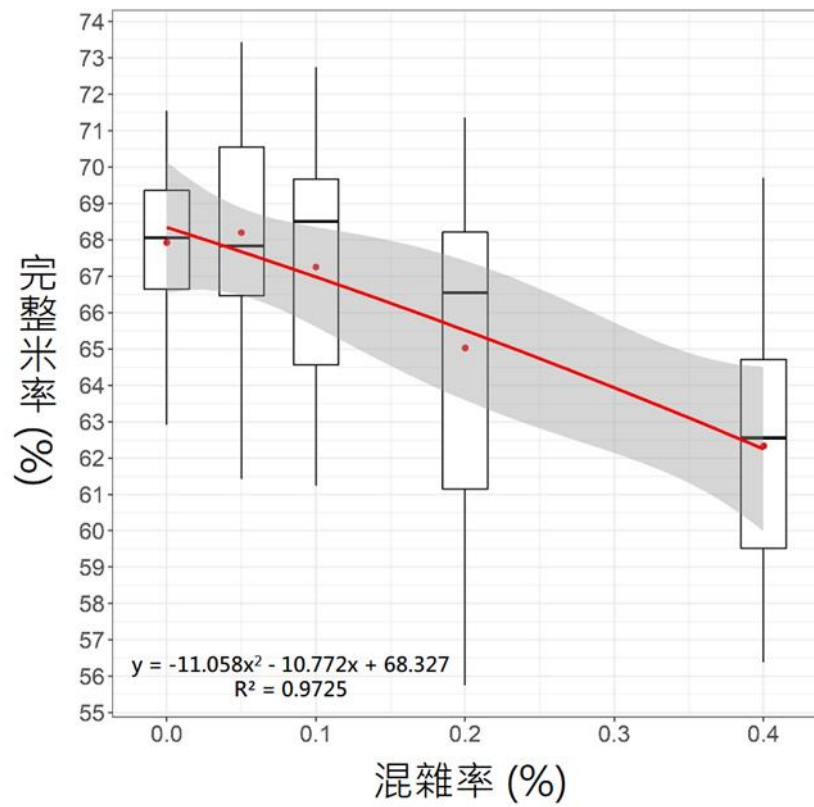


圖 2. 優良推薦品種「高雄 147 號」在紅米混雜率上升時完整米率下降之盒型圖。X 軸為混雜率 (%), Y 軸為完整米率 (%)

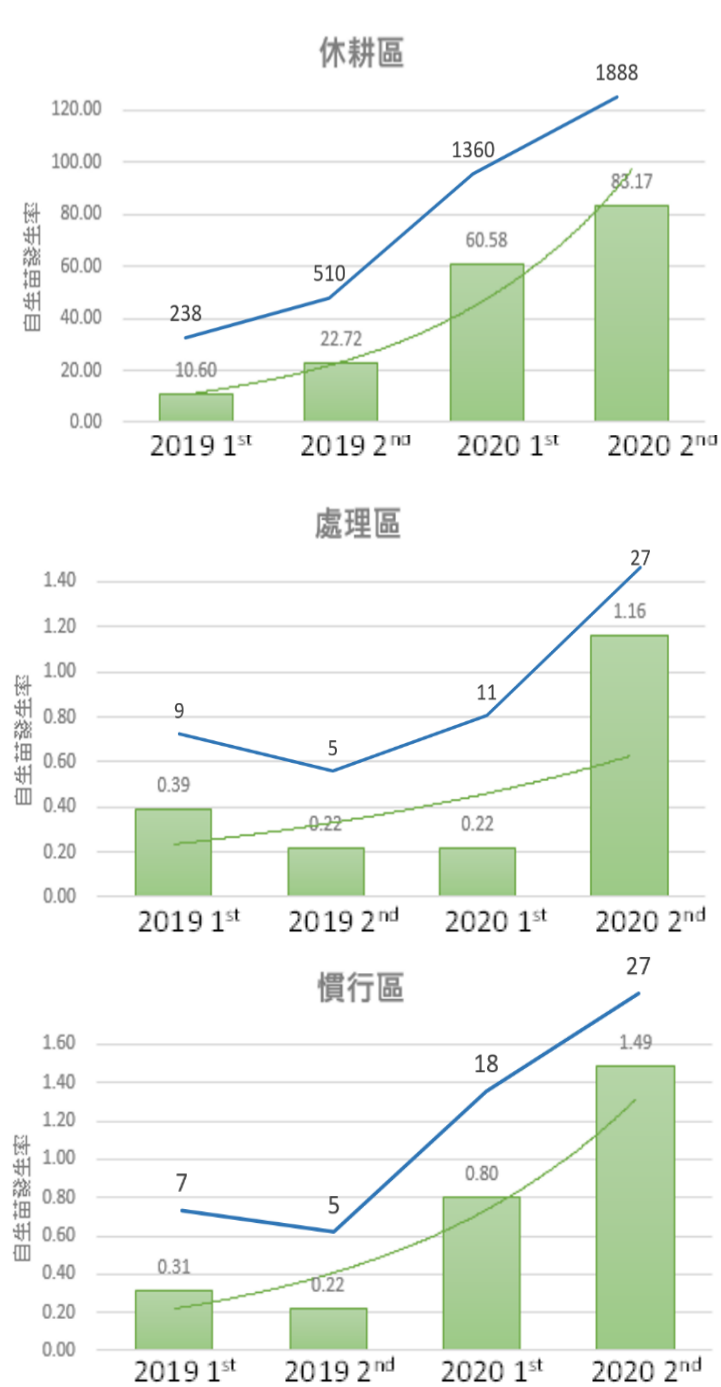


圖 3. 針對休耕耕犁、初期苗期控制與慣行移植之試驗圃，確認不同栽培模組下的紅米自生苗發生率。X 軸為期作，Y 軸為自生苗發生率。折線圖為此區塊中之各期作自生苗株數

美濃契作專區 雜草型紅米經濟損益

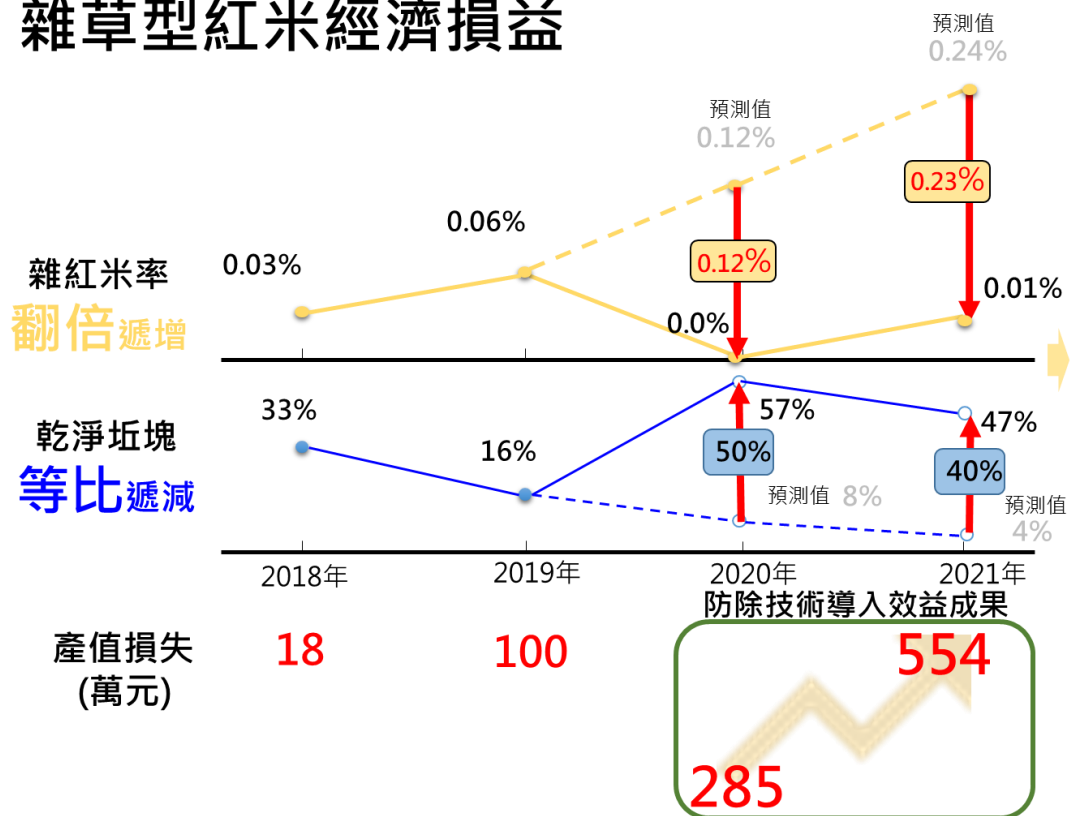


圖 4. 美濃契作區防除技術導入後效益成果趨勢圖

因應氣候變遷之提升稻米品質策略

吳以健^{1*}、李誠紘¹、鄧執庸¹、張素貞²、盧虎生³

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場

² 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

³ 國立臺灣大學生物資源暨農學院

摘要

氣候變遷與全球暖化是目前人類所面臨的最重要議題，本世紀中的氣溫將上升 2.4°C，世紀末更將面臨 4.4°C 的暖化，暖化的趨勢帶來產量與品質的顯著衝擊。稻米產業在面對未來嚴峻的氣候，亟需研擬因應之策，以穩定臺灣最重要糧食作物稻米的產銷與市場，本文將介紹稻米生產之各種因應策略，包括預警、栽培期調整、田間粒數管理、粒肥管理、灌溉管理及育種研究。預警策略則包括氣候預警與作物模式預估，結果顯示未來夜溫上升與缺水逆境更常發生，而導致稻米稔實率下降、白垩質粒率的增加與外觀品質的劣化。栽培期調整方面，可藉由一期作提早插秧或應用夏季單期作的系統來延後插秧，使穀粒充實期避開高溫風險，然而仍須考慮颱風與鳥害的風險。在田間粒數方面，以適當施肥與曬田管理來控制單位面積粒數，可提高可利用的碳水化合物，降低白垩質粒的發生。粒肥管理方面，則可在抽穗後增施適量氮肥，改善穀粒充實的生理活動，以減少白垩質粒率。灌溉管理方面，應用間歇灌溉、流水灌溉或深水灌溉，可促進根系發展以改善米質。而耐熱品種育成方面，目前許多米質相關基因已被定位且建立分子標誌，可作為育種的重要參考，但有部分基因是多基因調控或具基因多效性，在育種過程仍應謹慎注意。氣候變遷與全球暖化的趨勢與影響是動態的，稻米生產的策略擬定與執行也應該不斷進行討論與修正，這也是水稻研究人員未來主要的職責所在。

關鍵字：水稻、氣候變遷、暖化、米質、插秧期、產量構成要素、間歇灌溉、根系管理、耐熱品種。

Strategies for Improving Rice Quality in Response to Climate Change

Yi-Chien Wu*, Cheng-Hong Li, Chih-Yong Deng, Su-Jein Chang, Huu-Sheng

Lur

Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Changhua County, Taiwan, 515008 Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

* 通訊作者，Corresponding email: wuyc@tdais.gov.tw

Climate change and global warming are the most important issues at present. The temperature will rise by 2.4 °C in the middle of this century, and even up to 4.4 °C in the end of the century. The trend of warming will lead to a significant impact on grain yield and quality. Facing the harsh climate in the future, the rice industry urgently needs to develop strategies to stabilize the production and market of rice in Taiwan. This article will introduce various coping strategies for rice production, including forecasting, adjustment of cultivation period, field grain number management, grain fertilizer management, irrigation management and breeding research. forecasting strategies include climate and crop model forecasts. The results show that rising night temperatures and water shortages will occur more frequently in the future, which will lead to a decrease in rice sterility, increase in chalky grain rate, and a deterioration in appearance quality. In terms of cultivation period adjustment, it is possible to advance or delay transplanting by using a single-phase cropping system in summer, so as to avoid the risk of high temperature during the grain filling period. However, the risk of typhoon and bird damage must still be considered. In terms of grain number in the field, controlling the grain number per area with proper fertilization and drying management can increase the available carbohydrates and reduce the occurrence of chalky particles. In terms of grain fertilizer management, an appropriate amount

of nitrogen fertilizer can be applied after heading to improve the physiological activities of grain filling and reduce the chalky grain rate. In terms of irrigation management, the application of intermittent irrigation, running water irrigation or deep water irrigation can promote root development and improve rice quality. As for the breeding of heat-resistant varieties, many rice quality-related genes have been located and molecular markers have been established, which can be used as an important reference for breeding. However, some genes are polygenic or have pleiotropic effects, and caution should be paid during the breeding process. The trend and impact of climate change and global warming are dynamic, and the formulation and implementation of rice production strategies should also be discussed and revised continuously. This is also the main responsibility of rice researchers in the future.

Keywords: Rice, Climate change, Warming, Rice quality, Transplanting time, Yield component, Alternative wetting and drying (AWD), Root management, Heat-tolerant variety.

前言

氣候變遷與全球暖化是目前人類所面臨的最重要議題，自 1950 年代以來觀測的氣溫上升趨勢顯著高於過去，若不改變產業以進行溫室氣體減排，本世紀中的氣溫將上升 2.4°C，世

紀末更將面臨 4.4°C 的暖化，而 CO₂ 的濃度更持續攀升，在 2020 年已高達 414ppm (IPCC 2022)，氣溫以及 CO₂ 濃度的上升是氣候變遷中的長期趨勢與影響，並導致農作物在產量與品質的顯著衝擊，研究顯示，平均溫度每增加 1°C，水稻產量將減少 6-8% (Peng *et al.* 2004; Sheehy *et al.* 2006; Song *et al.* 2022)，且持續升溫將使減產幅度更為劇烈 (Tao *et al.* 2008)，同時帶來外觀品質與食味品質的劣化 (Oh-e *et al.* 2007)，包括胴裂粒、碎粒、白垩質粒、未熟粒等不良穀粒比例的增加 (Morita *et al.* 2005; Tsukaguchi and Iida 2008)，進而導致官能品評結果的不佳 (Morita *et al.* 2016)。而儘管 CO₂ 濃度的增加將帶來 CO₂ 增肥效應而促進產量 (Nakamoto *et al.* 2004)，但該效應在越高溫的狀況下效果越不顯著 (Cheng *et al.* 2009)，且在過去 20 年的 FACE (Free Air CO₂ Enrichment) 研究顯示，在 550ppm 的 CO₂ 濃度將會增加白垩質粒率達 26% (Hu *et al.* 2022)。也就是說，氣候變遷中的暖化與 CO₂ 增加都對稻米的品質造成明顯的損害，且在東亞季風帶的臺灣，氣候變遷的現象將更為嚴重，因此，臺灣稻米產業在面對未來嚴峻的氣候，亟需研擬因應之策，以穩定臺灣最重要糧食作物稻米的產銷與市場，本文將就近年相關研究成果進行介紹，包括預警、栽培管理與育種研究，其中預警主要著重在地區性短、中、長期的預測與因應栽培規劃；栽培管理則囊括栽培時期、田間產量構成要素管理、氮肥與粒肥管理、灌溉與根系管理；育種研究則是藉由新的育種技術、篩選技術以育成新的耐熱品種，以作為最根本的解決之策。

氣候與氣象的預警

氣候變遷是進行中的變化，要因應未來氣候變遷與異常氣象的衝擊，首先必需就發生的時機、樣態、程度及造成的影響進行預測或模擬，一般多用統計及數學模擬 (Simulation) 或模式 (Modeling) 來預測及評估未來可能發生的變化。與農業相關的是氣象模式與作物模式，氣象模式用來預估該地區未來與作物生長相關氣象因子的變化，如溫度、日射量、及溼度等。作物學上則可利用所謂的作物模式 (Crop modeling) 來預測在環境變動情形下對產量可能發生的影響。國際與臺灣對水稻已有建立作物模式以估算產量 (秦, 2013)，而且其精準度不斷的提升。在融合氣象模式的情形下，大致可預估氣候變遷對各地區主要作物的影響程度 (范, 2017)。

在臺灣的相關研究預測，過去百年來臺灣地區已發生夜溫上升、溫差減少、濕度及小雨天數減少等現象 (盧等, 2006; 盧等, 2009; 蔡, 2017)，未來此趨勢可能持續發生，尤以熱逆境與缺水乾旱發生機會增加顯著 (盧等, 2008; 李等, 2019)，這些種種趨勢都會對作物生育產生顯著的負面效應，例如日均溫、日最低溫與日最高溫分別超過 26.1、22.6 與 31.0°C 時水稻穎果的授粉成功率及稔實率將顯著下降 (Lur 2009)，且在穀粒充實期的日均溫超過 25-27°C 時，‘台梗 9 號’的白垩質粒率呈現明顯增加 (Wu *et al.* 2016)，也就是說以‘台梗 9 號’為例，在日均溫超過 26°C 的情況下，高溫對產量與品質都造成嚴峻的挑戰，未來更可依‘台梗 9 號’的案例建立其他大宗水稻品種

的產量與品質預測模式，以作為因應對策擬定的參考。

栽培期的調整

臺灣位處亞熱帶，不若熱帶地區與寒帶地區的四季溫差小，其春夏秋冬的氣溫有明顯的變化，大抵來說，1月是氣溫最低的月份，接著氣溫逐漸上升，至7月達到最高溫，再漸次下降，回到1月的最冷氣溫（圖3）。除了一些單期作的栽培地區如宜蘭或水旱輪作區之外，大多的臺灣水稻栽培為兩期作栽培，以中部地區來說，一期作在2月中旬至3月上旬插秧，在6月中旬至7月上旬收穫，二期作則在7月中旬至8月上旬插秧，11月上旬至中旬收穫。而稻米品質影響最關鍵的時期為抽穗後15日內之穀粒充實期（吳，2009），以近年氣象資料，中部地區一期稻作的穀粒充實期日均溫幾乎都高於前述的26°C之上，相較之下，二期作的穀粒充實期就較涼爽，形成兩期作品質上的明顯差異（蕭等，2009；Wu *et al.* 2016）。目前已有許多生產者藉由調整栽培期的方式，改變稻株生長遭遇的氣溫（Zhou *et al.* 2021; Tu *et al.* 2022），若是將一期作栽培期提前，可能可以避開穀粒充實期的高溫，抑或是延後插秧並搭配晚熟品種或適用的「夏季單期作品種」（鄧等，2021），將穀粒充實期延後至秋季，亦可降低穀粒充實期遭遇的高溫風險，此外，夏季單期作的栽培時期，更可避開春季降雨不穩定時期，而主要利用夏初的降雨，可減緩稻作缺水的風險，兼顧適作氣溫與水分。

然而，若要採用改變栽培期的策

略，提前至2月上旬甚至1月插秧，在中部或北部地區可能有遭遇低溫的風險，一般來說，秧苗的存活氣溫約為10-15°C，1月至2月偶有發生10-12度的低溫，儘管不至秧苗低溫致死的程度，也會抑制生長速度，甚至最後仍與一般栽培期相同生長進程。其次，若延後插秧期或使用晚熟品種，抽穗後的時期可能須面對颱風侵襲的風險，尤其是近10年的颱風侵臺有延後的趨勢，越來越多颱風在8-9月甚至10月發生。最後，改變栽培期需要大規模同時進行，若只有小面積採用，則由於生長進程與其他田區不一致，容易在成熟期遭遇鳥害，致嚴重的產量損失（吳，2009）。

田間稻株粒數管理

據前人研究的統計資料指出，由高溫引起的稻米乳白粒發生率，與每平方公尺的穀粒數目呈正相關，推測原因為每顆穀粒所分配到的碳水化合物差異（中川等，2006），高溫會導致光合作用降低與碳水化合物的運輸率下降，使葉片合成的碳水化合物實際送達穀粒者顯著減少，導致白垩質的發生（小谷與黑田，2007）。而降低粒數則可提高每顆穀粒可利用的碳水化合物，進而減少白垩質穀粒的發生（Idowu *et al.* 2023），而穀粒中碳水化合物代謝運輸與白垩質粒率的相關性亦早有許多研究證實（Yang *et al.* 2021; Lin *et al.* 2022），因此應藉由施肥方式的改變或灌溉管理以維持適當且不多的單位面積粒數，也就是可從每株分蘗數（穗數）或每穗粒數來管理。每株分蘗數方面，應先以栽培前土壤氮素

檢測結果，適量施用基肥，而插秧時每穴秧苗支數維持在 5-8 支，並藉曬田方式來控制分蘗數；每穗粒數方面，則是在適當時機施用適當的氮肥量，在幼穗分化期施用較少量氮肥，以避免每穗粒數過多 (Wei *et al.* 2022)。從上述研究可知，產量構成要素與外觀品質難以兩全，若要在高溫下提升外觀品質，勢必或多或少犧牲部分稻穀產量。

抽穗後粒肥管理

過去，為了提升穀粒充實程度，常在稻株抽穗後施用氮肥，然而，後來由於時間與人力成本考量，以及蛋白質含量增加而損害食味品質的風險，採用粒肥施用的農民已越來越少。然而，高溫逆境下，將使稻株中的蛋白質代謝發生改變，增加部分抗逆境酵素或熱休克蛋白，以致正常的代謝酵素減少，以致白堊質的發生 (Cooper *et al.* 2008; Lin *et al.* 2010)。後續也有研究指出，在抽穗後施用氮素粒肥，將有助於緩解高溫造成的白堊質穀粒 (Qiao *et al.* 2011; Tang *et al.* 2019)，且以液態氮素粒肥施用效果更好 (Wang *et al.* 2021)，原因推測為額外的氮肥投入，會使穀粒澱粉粒的形狀呈多面體，增加其數量與排列密度，使澱粉粒之間的空隙顯著降低，減少白堊質的發生 (Xiong *et al.* 2008)，然而，如此的氮肥效應，在品種差異上可能存在交感 (Idowu *et al.* 2023)。此外，增施氮素粒肥更可降低穀粒直鏈澱粉含量，可能有助食味品質，但穀粒粗蛋白質含量的提高，亦可能衝擊食味口感 (Zhu *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2021)，直鏈澱粉與粗蛋白質之間對食味品質的影響貢

獻，仍有待進一步研究以取得平衡點。

灌溉管理與根系管理

一般來說，稻株生理上可適應湛水的環境，因此栽培期間常以湛水管理提供充足的水分，同時也有效抑制田間雜草，然而稻株在各生育階段最適合的灌溉管理則不盡相同，例如幼穗形成期與抽穗開花期的需水量就很高，而孕穗期與穀粒充實期的田間只需要淺水甚至維持土壤濕潤即可 (李，2006)。研究指出水稻根系的生長，在土壤乾濕交替或間歇灌溉之下最快速，在排水不良的持續湛水狀態則受到抑制 (Yang *et al.* 2004)，促進的根系發展，有助於氮素及其他營養的吸收，呼應前述的氮素增加有助降低穀粒白堊質的研究。除了間歇灌溉之外，流水灌溉的高溶氧水分，也能維持根系健康並促進根系生長，達到顧根顧品質的目標 (西田等，2019)，此外，灌溉的時機與灌溉的深度都會有不同的影響，例如夜間排水、白天湛水的乾濕交替灌溉，或深水灌溉以營造涼爽土溫與根溫，都能促進根部健康以改善米質 (中村等，2003; Hayashi *et al.* 2011)。另外，不只改善灌溉方式，若施用生物炭 (Biochar)，也有助於改變根圈的環境，以降低高溫對稻株的衝擊 (Huang *et al.* 2021)。

因應高溫的新育種技術與方向

因應各種逆境的策略，最為有效且根本的乃是進行品種改良 (Senguttuvel *et al.* 2022)，品種改良的重點包括親本的選擇、篩選方式、新技術導入及其他

效應。親本的選擇通常為現行慣用品種作為母本，而將耐熱的品種作為父本進行雜交，耐熱親本常使用的品種如日本常用的秈稻品種‘Habataki’與‘Takanari’ (Murata *et al.* 2014; Tsukaguchi and Iida 2008)、源自印度具極優良耐熱性的品種‘Nagina22’(Ye *et al.* 2012; Manigbas *et al.* 2014)等。接著將親本雜交後的世代選拔時，需要營造暖化環境來篩選，常用的像是改變栽培期 (Sravan Raju *et al.* 2013)、不同覆蓋程度的網罩 (Senguttuvel *et al.* 2022)、溫度梯度營造 (Maruyama *et al.* 2013)等，並以稻株生理作用、生長形態與產量品質作為篩選標準。為了提升選拔的效率與精準度，近年育種家們積極應用分子標誌輔助技術 (Marker-assisted selection, MAS)，針對目標基因來作大量的篩選，而與高溫下白堊質的發生有相關性的目標基因也已有相當多被定位與建立分子標誌 (表1)，例如位在第6條染色體的qWB6與第9條染色體的qWB9，然而應注意的是，儘管此類基因已定位，仍存在多基因影響或基因多效性的現象，例如只存在qWB9的品種‘Niigatawase’對高溫仍敏感 (Kobayashi *et al.* 2013)，*Apq1* 基因改善越光的白堊質但也影響種子休眠性，*Amy1A* 與 *Amy1C* 降低穀粒背白，卻也影響儲藏性蛋白質含量 (Sreenivasulu *et al.* 2015)。儘管分子標誌輔助技術可加速育種進程與精準度，但多數文獻都指出高溫耐性的基因為數量遺傳基因座 (QTL) 且由多基因控制 (Ishimaru *et al.* 2016)，因此在篩選上仍需要謹慎進行。

結語

氣候變遷與暖化趨勢對目前水稻生產已造成顯著影響，包括產量與品質，藉由前述各種技術的應用，期望能建立具有氣候變遷韌性的水稻生產系統，然而氣候變遷為一個動態的進行式，如何預測未來趨勢並在現階段研擬相符的因應之策，實屬不易，所幸科技的進步也相當神速，且仍有部分領域是尚未挖掘的，例如野生稻的耐熱特性等。總結以上，水稻的韌性研究，包括預警、栽培管理及育種研究將持續並積極地進行，以維持糧食的永續生產。

參考文獻

- 小谷俊之、黑田晃。2007。登熟期の高温による乳白粒発生と稲体栄養条件。北陸作物學會報 42: 44-46。
- 中村啟二、橋本良一、永畠秀樹。2003。登熟期間の水管理の違いが胴割粒・乳白粒の発生に及ぼす影響。北陸作物學會報 38: 18-20。
- 中川博視、白川美翠、永畠秀樹。2006。炭水化物供給可能量と穂揃期窒素追肥がイネの白未熟粒の発生に及ぼす影響。p.12-13。第222回日本作物学会講演会要旨集。
- 西田和弘、塚口直史、柴田里子、吉田修一郎、塩澤昌。2019。低温・低窒素濃度の灌漑水を用いた掛流し灌漑が玄米タンパク質濃度および白未熟粒割合に与える影響。農業農村工學會論文集 309: 219-226。
- 吳以健。2009。氣候環境與水稻穀粒產量及品質之相關性。國立臺灣大學農藝學系碩士論文。
- 李健鋒。2006。優質安全水稻生產技術

- 之應用。臺中區農業專訊 54: 12-16。
- 李昱祺、王嘉琪、翁叔平、陳正達、鄭兆尊。2019。臺灣氣象乾旱特性未來趨勢推估。大氣科學 47: 66-93。
- 范澤昀。2017。利用品質適栽度模型探討氣候變遷對水稻外觀品質之衝擊與調適策略。國立臺灣大學農藝學系碩士論文。
- 秦松林。2013。DSSAT 作物模式與統計時間序列應用於預測臺灣氣候變化對水稻產量影響之比較。國立臺灣大學農藝學系碩士論文。
- 盧虎生、劉韻華、中央氣象局第三組農業氣象科。2006。臺灣優質水稻栽培之環境挑戰與因應措施。作物、環境與生物資訊 3: 297-306。
- 盧孟明、陳雲蘭、陳圭宏。2008。全球暖化趨勢對臺灣水稻栽培環境之影響。作物、環境與生物資訊 5: 60-72。
- 盧昭彰、林國欽、郭怡婷。2009。台灣歷年溫差變化趨勢及其原因探討。國立臺南大學「環境與生態學報」2: 15-32。
- 鄧執庸、鄭佳綺、廖君達、楊嘉凌、許志聖。2021。資源節約型農藝作物生產的研究 I. 適合夏季單期作栽培的水稻品種(系)篩選初報。臺中區農業改良場研究彙報 150: 13-30。
- 蔡怡真、劉紹臣、林沛練。2017。1961-2015 年間受全球暖化影響下臺灣不同季節降雨的變化趨勢。106 年天氣分析與預報研討會。中央氣象局，臺灣臺北。
- 蕭巧玲、李裕娟、楊純明、賴明信。2009。不同栽植期對水稻臺農 71 號米質之影響。作物、環境與生物資訊 6: 220-232。
- Cheng W, H Sakai, K Yagi and T Hasegawa (2009) Interactions of elevated [CO₂] and night temperature on rice growth and yield. **Agric. For. Meteorol.** 149: 51-58.
- Cooper NTW, TJ Siebenmorgen, PA Counce (2008). Effects of nighttime temperature during kernel development on rice physicochemical properties. **Cereal Chem.** 85: 276-282.
- Hayashi M, K Sugiura, C Kuno, I Endo, Y Tanaka, A Yamauchi. (2011) Reduction of rice chalky grain by deep and permanent irrigation method; effect on growth and grain quality of rice. **Plant Prod. Sci.** 14: 282-290.
- Hu S, K Tong, W Chen, Y Wang, Y Wang, L Yang (2022) Response of rice grain quality to elevated atmospheric CO₂ concentration: A meta-analysis of 20-year FACE studies. **Field Crops Res.** 284: 108562.
- Huang M, X Yin, J Chen and F Cao (2021) Biochar Application Mitigates the Effect of Heat Stress on Rice (*Oryza sativa* L.) by Regulating the Root-Zone Environment. **Front. Plant Sci.** 12: 711725.
- Idowu O, TK Tanaka, T Shiraiwa (2023) Nitrogen fertilizer application does not always improve available carbohydrate per spikelet but decreases chalkiness under high temperature in rice (*Oryza sativa* L.) grains. **Field Crops Res.** 290: 108741.
- Ishimaru T, H Hirabayashi, K Sasaki, C

- Ye, A Kobayashi. (2016) Breeding efforts to mitigate damage by heat stress to spikelet sterility and grain quality. **Plant Prod. Sci.** 19: 12-21.
- IPCC (2022) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 3056pp.
- Kobayashi A, J Sonoda, K Sugimoto, M Kondo, N Iwasawa, T Hayashi, K Tomita, M Yano, T Shimizu (2013) Detection and verification of QTLs associated with heat-induced quality decline of rice (*Oryza sativa* L.) using recombinant inbred lines and near-isogenic lines. **Breed. Sci.** 63: 339-349.
- Lin CJ, CY Li, SK Lin, FH Yang, JJ Hwang, YH Liu, HS Lur (2010) Influence of High Temperature during Grain Filling on the Accumulation of Storage Proteins and Grain Quality in Rice (*Oryza sativa* L.). **J. Agric. Food Chem.** 58: 10545-10552.
- Lin F, C Rensing, Z Pang, J Zou, S Lin, P Letuma, Z Zhang, W Lin (2022) Metabolomic analysis reveals differential metabolites and pathways involved in grain chalkiness improvement under rice ratooning. **Field Crops Res.** 283: 108521.
- Lur HS (2009) Effects of high temperature on yield and grain quality of rice in Taiwan. In MARCO Symposium 2009— Challenges for Agro-Environmental Research in Monsoon Asia. National Institute for Agro-Environmental Science, Japan. Retrieved from <http://www.niaes.affrc.go.jp/marco/marco2009/english/W2-06Huu-ShengLurP.pdf>
- Manigbas NL, LAF Lambio, LB Madrid, CC Cardenas (2014) Germplasm innovation of heat tolerance in rice for irrigated lowland conditions in the Philippines. **Rice Sci.** 21: 162-169.
- Maruyama A, WMW Weerakoon, Y Wakiyama, K Ohba (2013) Effects of increasing temperatures on spikelet fertility in different rice cultivars based on temperature gradient chamber experiments. **J. Agron. Crop Sci.** 199: 416–423.
- Morita S, O Kusuda, JI Yonemaru, A Fukushima, H Nakano (2005) Effects of topdressing on grain shape and grain damage under high temperature during ripening of rice. p.560-562. In Proceeding of the World Rice Research Conference “Rice is life: scientific perspectives for the 21st century.
- Morita S, H Wada, Y Matsue (2016) Countermeasures for heat damage in rice grain quality under climate change. **Plant Prod. Sci.** 19: 1-11.

- Murata K, Y Iyama, T Yamaguchi, H Ozaki, Y Kidani, T Ebitani (2014) Identification of a novel gene (Apq1) from the indica rice cultivar ‘Habataki’ that improves the quality of grains produced under high temperature stress. **Breed. Sci.** 64: 273-281.
- Nakamoto H, SH Zheng, K Tanaka, A Yamazaki, T Furuya, M Iwaya-Inoue, M Fukuyama (2004) Effect of carbon dioxide enrichment during different growth periods on flowering, pod set and seed yield in soybean. **Plant Prod. Sci.** 7: 11-15.
- Oh-e I, K Saitoh, T Kuroda (2007) Effects of high temperature on growth, yield and dry-matter production of rice grown in the paddy field. **Plant Prod. Sci.** 10: 412-422.
- Peng S, J Huang, JE Sheehy, RC Laza, RM Visperas, X Zhong, GS Centeno, GS Khush, KG Cassman (2004) Rice yields decline with higher night temperature from global warming. **PNAS.** 101: 9971-9975.
- Qiao J, Z Liu, S Deng, H Ning, X Yang, Z Lin, G Li, Q Wang, S Wang, Y Ding (2011) Occurrence of perfect and imperfect grains of six japonica rice cultivars as affected by nitrogen fertilization. **Plant Soil.** 349: 191-202.
- Senguttuvel P, V Jaldhani, NS Raju, D Balakrishnan, P Beulah, VP Bhadana, SK Mangrauthia, CN Neeraja, D Subrahmanyam, PR Rao, AS Hariprasad, SR Voleti. (2022) Breeding rice for heat tolerance and climate change scenario; possibilities and way forward. A review. **Arch. Agron. Soil Sci.** 68: 115-132.
- Sheehy JE, PL Mitchell, AB Ferrer (2006) Decline in rice grain yields with temperature: models and correlations can give different estimates. **Field Crops Res.** 98: 151-156.
- Song Y, C Wang, HW Linderholm, Y Fu, W Cai, J Xu, L Zhuang, M Wu, Y Shi, G Wang, D Chen (2022) The negative impact of increasing temperatures on rice yields in southern China. **Sci. Total Environ.** 820: 153262.
- Sravan Raju N, P Senguttuvel, SR Voleti, AS Hari Prasad, VP Bhadana, P Revathi, KB Kemparaju, S Ravi Chandran, AK Singh, P Koteswara Rao (2013) Stability analysis of flowering and yield traits to high temperature stress adopting different planting dates in rice (*O. sativa* L.). **Int. J. Agric. Res.** 8: 137-148.
- Sreenivasulu N, VM Butardo, G Misra, RP Cuevas, R Anacleto, PBK Kishor (2015) Designing climate-resilient rice with ideal grain quality suited for high-temperatures. **J. Exp. Bot.** 66: 1737-1748.
- Tang S, H Zhang, W Liu, Z Dou, Q Zhou, W Chen, S Wang, Y Ding (2019) Nitrogen fertilizer at heading stage effectively compensates for the deterioration of rice quality by affecting the starch-related properties under elevated temperatures. **Food Chem.**

- 277: 455-462.
- Tao F, Y Hayashi, Z Zhang, T Sakamoto, M Yokozawa (2008) Global warming, rice production, water use in China: Developing a probabilistic assessment. **Agric. For. Meteorol.** 148: 94-110.
- Tsukaguchi T, Y Iida (2008) Effects of Assimilate Supply and High Temperature during Grain-Filling Period on the Occurrence of Various Types of Chalky Kernels in Rice Plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Prod. Sci.** 11: 203-210.
- Tu D, Y Jiang, L Zhang, M Cai, C Li, C Cao (2022) Effect of various combinations of temperature during different phenological periods on indica rice yield and quality in the Yangtze River Basin in China. **J. Integr. Agric.** 21: 2900-2909.
- Yang D, S Peng, C Zheng, H Xiang, J Huang, K Cui, F Wang (2021) Effects of nitrogen fertilization for bud initiation and tiller growth on yield and quality of rice ratoon crop in central China. **Field Crops Res.** 272: 108286.
- Wada H, Y Hatakeyama, Y Onda, H Nonami, T Nakashima, R Erra-Balsells, K Hiraoka, F Tanaka, H Nakano (2019) Multiple strategies for heat adaptation to prevent chalkiness in the rice endosperm. **J. Exp. Bot.** 70: 1093-1106.
- Wang X, K Wang, T Yin, Y Zhao, W Liu, Y Shen, Y Ding, S Tang (2021) Nitrogen fertilizer regulated grain storage protein synthesis and reduced chalkiness of rice under actual field warming. **Front. Plant Sci.** 12: 715436.
- Wei H, J Ge, X Zhang, W Zhu, F Deng, W Ren, Y Chen, T Meng, Q Dai (2022) Decreased panicle N application alleviates negative effects of shading on rice grain yield and grain quality. **J. Integr. Agric.** In Press.
- Wu YC, SJ Chang, HS Lur (2016) Effects of field high temperature on grain yield and quality of a subtropical type japonica rice—Pon-Lai rice. **Plant Prod. Sci.** 19: 145-153.
- Xiong F, Z Wang, Y Gu, G Chen, P Zhou (2008) Effects of Nitrogen Application Time on Caryopsis Development and Grain Quality of Rice Variety Yangdao 6. **Rice Sci.** 15: 57-62.
- Yang C, L Yang, Y Yang, Z Ouyang (2004) Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. **Agric. Water Manag.** 70: 67-81.
- Ye C, MA Argayoso, ED Redoña, SN Sierra, MA Laza, CJ Dilla, Y Mo (2012) Mapping QTL for heat tolerance at flowering stage in rice using SNP markers. **Plant Breed.** 131: 33-41.
- Zhang J, Y Zhang, N Song, Q Chen, H Sun, T Peng, S Huang, Q Zhao (2021) Response of grain-filling rate and grain quality of mid-season indica rice to nitrogen application. **J.**

Integr. Agric. 20: 1465-1473.

Zhou N, J Zhang, S Fang, H Wei, H Zhang (2021) Effects of temperature and solar radiation on yield of good eating-quality rice in the lower reaches of the Huai River Basin, China. **J. Integr. Agric.** 20: 1762-1774.

Zhu D, H Zhang, B Gui, K Xu, Q Dai, H Wei, H Gao, Y Hu, P Cui, Z Huo. (2017) Effects of nitrogen level on yield and quality of japonica soft super rice. **J. Integr. Agric.** 16: 1018-1027.

Zhu, D., H. Zhang, B. Gui, K. Xu, Q. Dai, H. Wei, H. Gao, Y. Hu, P. Cui and Z. Huo. 2017. Effects of nitrogen level on yield and quality of japonica soft super rice. **J. Integr. Agric.** 16: 1018-1027.

表 1. 目前已定位的白堊質基因位置、分子標誌與來源品種 (Ishimaru *et al.* 2016)

Chr.	QTL	Position (Mb)	Nearest marker	LOD	Ad ^a	R ² (%)	Donor	References
1	<i>qWK1-1</i>	1.7	RM8068	3.4	2.9	8.9	Chiyonishiki	Tabata et al. (2007)
1	<i>qWB1</i>	15.4	RM7075	4.02	3.82	15.6	Chikushi52	Wada et al. (2015)
1	<i>qWK1-2</i>	36.3	RM5501	5.7	3.6	15.0	Koshijiwase	Tabata et al. (2007)
1	—	36.5	S13781	4.3	4.6	8.6	Tohoku168	Shirasawa et al. (2013)
2	—	4.4	RM3865	11.6	7.8	43.0	Kasalath	Ebitani et al. (2008)
2	<i>qWK2</i>	34.9	RM5916	3.8	2.8	9.3	Koshijiwase	Tabata et al. (2007)
3	<i>qWB3</i>	1.4	RM4853	8.90	8.39	30.5	Chikushi52	Wada et al. (2015)
3	<i>qWB3</i>	11.4	RM4512	4.60	0.73	25.9	Hana-echizen	Kobayashi et al. (2007, 2013)
3	—	33.5_34.0	OJ24J17-NIAS_Os_aa03002564	7.0	1.0	18.5	Nipponbare	Hori et al. (2012)
4	<i>qWB4</i>	28.0	RM3288	4.36	0.53	15.2	Hana-echizen	Kobayashi et al. (2007, 2013)
5	—	2.0	S1946	8.0	8.7	23.7	Koshihikari	Ebitani et al. (2008)
6	—	1.8	RM190	8.6	5.6	24.1	Kokoromachi	Shirasawa et al. (2013)
6	<i>qWB6</i>	4.3	RM3034	13.39	1.14	59.6	Hana-echizen	Kobayashi et al. (2007, 2013)
6	—	2.0_2.1	P548D347-NIAS_Os_aa06000223	5.1	0.8	12.9	Koshihikari	Hori et al. (2012)
6	—	2.1_2.3	NIAS_Os_aa06000223-O007020	7.7	0.4	19.6	Koshihikari	Hori et al. (2012)
7	<i>Apq1</i>	25.9	Tak6166-3_RM21971	NA	NA	NA	Habataki	
8	<i>qWK8</i>	0.1	RM2680	3.6	2.8	9.2	Koshijiwase	Tabata et al. (2007)
8	<i>qWB8</i>	7.5_19.4	RM3181_RM3689	3.30	4.40	12.9	Chikushi52	Wada et al. (2015)
8	—	15.3	NIAS_Os_aa08005271-NIAS_Os_aa08005354	6.8	0.8	21.7	Koshihikari	Hori et al. (2012)
9	<i>qWB9</i>	22.6	RM2482	7.63	0.20	6.0	Niigatawase	Kobayashi et al. (2013)
10	—	NA	E50836	3.7	3.3	7.2	Kokoromachi	Shirasawa et al. (2013)
11	—	19.3_19.4	NIAS_Os_aa11012252-NIAS_Os_aa11003517	6.2	0.8	18.0	Koshihikari	Hori et al. (2012)
11	—	NA	KT19	2.2	3.6	5.3	Kokoromachi	Shirasawa et al. (2013)
12	—	1.1	RM1208	6.0	6.1	25.1	Kasalath	Ebitani et al. (2008)

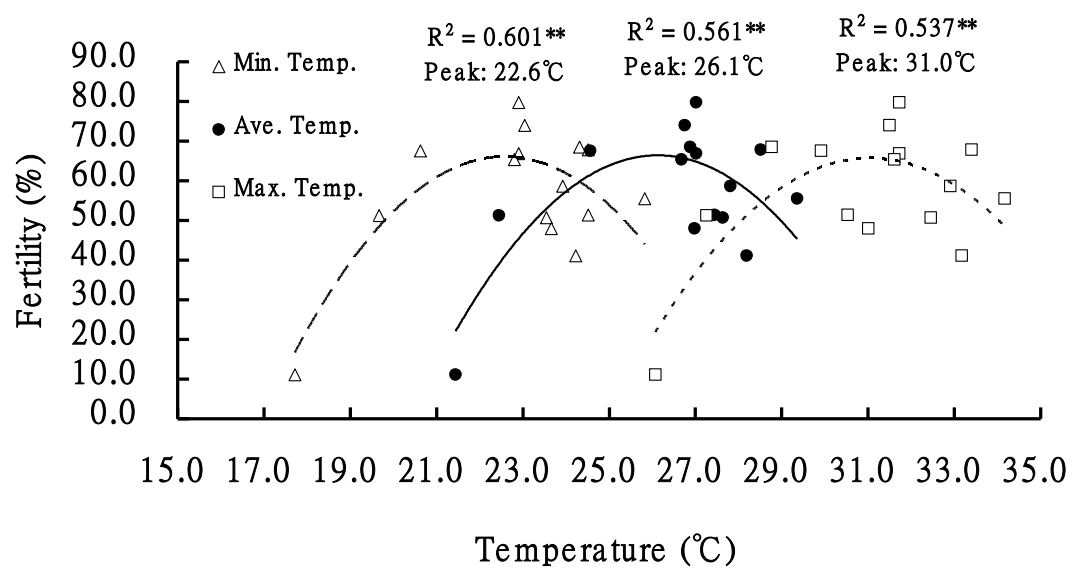


圖 1. 抽穗期日最低溫、日均溫、日最高溫與穀粒稔實率的相關性 (Lur 2009)

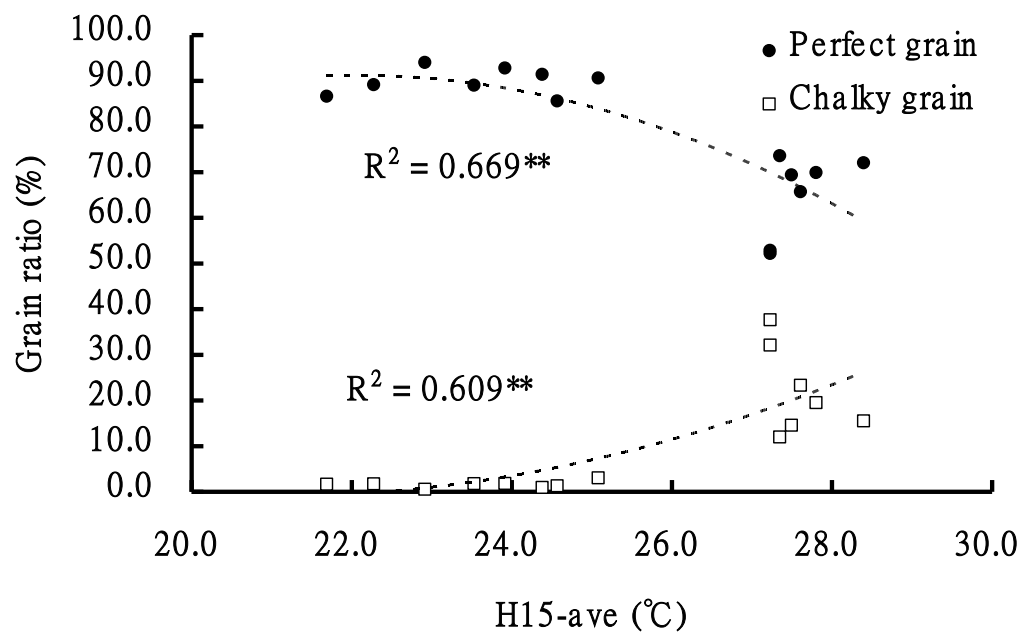


圖 2. 穀粒充實期的日均溫與完整米率及白垩質粒率的相關性 (Wu *et al.* 2016)

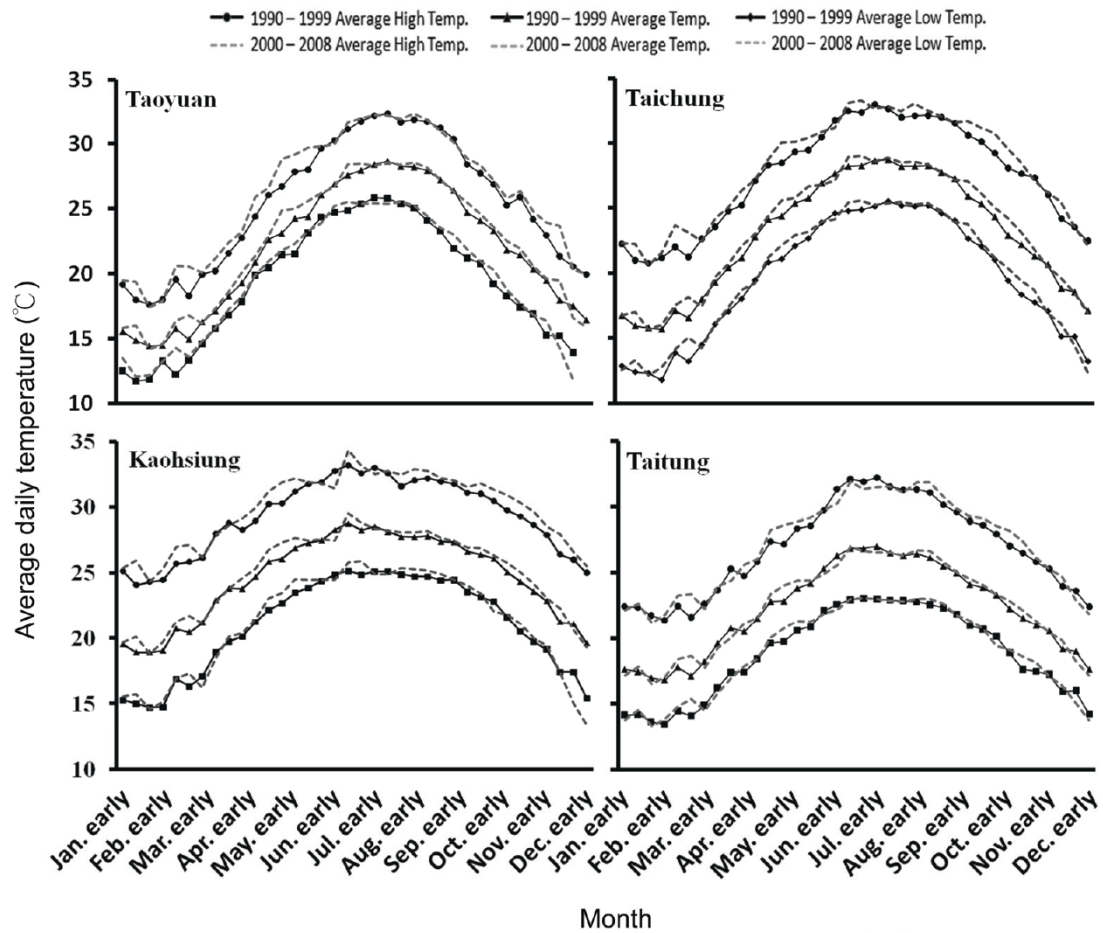


圖 3、臺灣 4 個稻作區 1990 年代與 2000 年代之日均溫年變化圖 (Lur 2009)

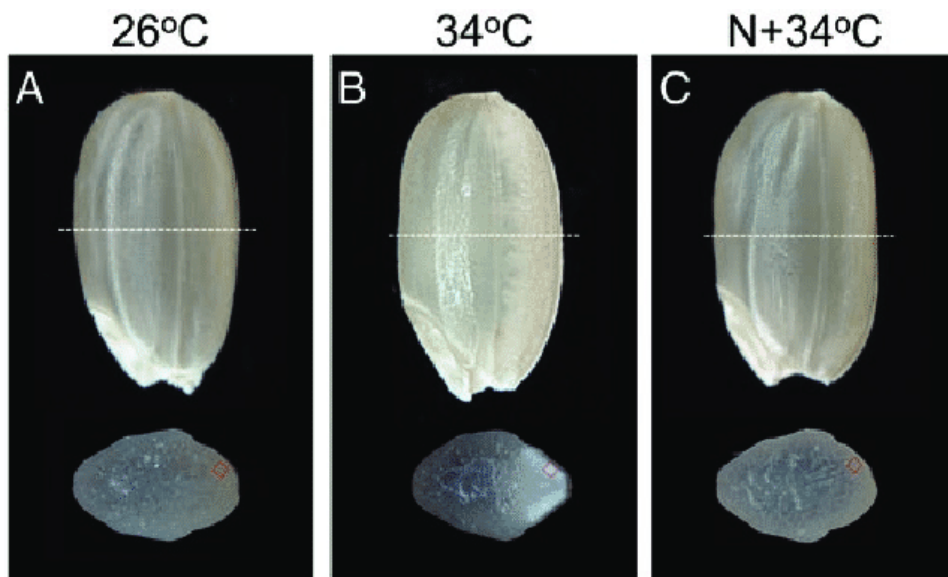


圖 4. 穀粒充實期最適溫度(26°C)、高溫(34°C)與高溫加氮肥處理(N+34°C)的白米外觀 (Wada *et al.* 2019)

分子標誌技術輔助育成良質水稻新品種之實例

陳榮坤^{1*}、林彥蓉²、王聖善¹

¹ 行政院農業委員會臺南區農業改良場

² 亞洲蔬菜研究發展中心

摘要

本研究利用分子標誌輔助育種技術，開發與選拔具有優良稻米食味品質相關之數量性狀基因座之水稻品種。以臺灣引進的日本水稻品種‘越光’為例，由於其對於光週期具有敏感性，抽穗極度提早，產量及米質降低的情形，因此利用分子標誌輔助回交育種技術，以‘台農 67 號’日長鈍感基因為 DNA 分子標誌進行前景選拔，並進行‘越光’背景選拔，把臺灣本土水稻品種的日長鈍感基因導入‘越光’，培育出一個抽穗開花期與臺灣本土水稻品種相近，但是遺傳背景大部分為‘越光’的水稻新品種，達到讓‘越光’本土化的目的。此外，也利用 8 個‘越光’抽穗期近同源系間之米飯光澤度差異，進一步比對簡單重複序列 (Simple sequence repeat) 多型性標記，發現在遺傳圖譜中第 6 條染色體短臂上的 *qGCR6* 座位明顯不同。再利用越光抽穗期近同源系間之 F_{2:3} 及 F_{3:4} 回交自交系作為定位族群，進行米飯光澤度及基因型分析，最終定位米飯光澤度 *qGCR6* 基因座在染色體 6 短臂的遠端分子標誌 SNP2171 與 SNP2215 之間，此區間為一段 43.9 kb 的染色體區間，可進一步應用於稻米食用品質的改善。

關鍵字：良質米、分子標誌輔助選種技術、米飯光澤度定位。

Example of Molecular-Assisted Technology for Developing High-Quality Rice Varieties

Rong-Kuen Chen, Yann-Rong Lin, Sheng-Shan Wang

Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Chiayi County, 611002 Taiwan R. O. C.

This study uses molecular marker-assisted breeding techniques to develop and select rice varieties with quantitative trait loci related to excellent rice taste quality. Taking the Japanese rice variety ‘Koshihikari’ introduced to Taiwan as an example, it is sensitive to light cycles, resulting in extremely early heading, decreased yield, and rice quality. Therefore, molecular marker-assisted backcross breeding techniques were used to select for the ‘Tainung 67’ gene for photoperiod insensitivity as a DNA molecular marker

ABSTRACT

* 通訊作者，Corresponding email: rkchen@mail.ndais.gov.tw

for foreground selection, and ‘Koshihikari’ background selection was carried out to introduce the photoperiod insensitivity gene from Taiwanese rice varieties into ‘Koshihikari’. This resulted in a new rice variety with a heading and flowering period similar to that of Taiwanese rice varieties, but with a genetic background mostly derived from ‘Koshihikari’, achieving the goal of localizing ‘Koshihikari’. In addition, the difference in rice glossiness between 8 ‘Koshihikari’ near-isogenic lines was further compared by SSR polymorphic markers, and a significant difference was found at the *qGCR6* locus on the short arm of chromosome 6 in the genetic map. Using F_{2:3} and F_{3:4} backcross selfing lines of ‘Koshihikari’ near-isogenic lines as a mapping population, rice glossiness and genotype analysis were carried out, and the *qGCR6* locus for rice glossiness was finally located between the molecular markers SNP2171 and SNP2215 on the distal end of chromosome 6, a 43.9 kb chromosome interval that can be further applied to improve the quality of rice for consumption.

Keywords: High-quality rice varieties, Molecular-assisted technology, Genetic mapping of cooked rice glossiness.

前言

近年來生物技術快速發展，自 2005 年水稻基因體解序以後，已快速且持續的建立分子標誌與性狀基因座分析等豐富資訊，讓稻作育種人員能

夠更精確、有效率的進行選育，以因應氣候變遷環境下之各種逆境，提升品質與產量。由於分子標誌輔助選拔 (Marker-assisted selection, MAS) 技術可以有效進行數量性狀基因型選拔，而於育種計畫的角色日益重要。MAS 是以分子標誌基因型作為選拔的依據，於植株幼苗時期即可抽取 DNA 進行檢測及選拔，並且能夠在早期世代進行篩選作業，不但避免環境的干擾，也因為可以在幼苗時期選拔，只需要種植選獲的個體，減低土地與人力的耗費，大幅提高育種效率及準確性 (陳等，2014; Collard *et al.* 2008)。

分子標誌輔助選種技術與稻米品質育種

稻米食味口感為數量性狀基因控制，基因效應小且容易受到環境交感影響，無法藉由水稻株型及米粒外觀形態進行選拔；在傳統育種選拔過程中，只能於基因型同質接合程度較高之晚期世代，藉由單一品系稻穀量化，並收穫、碾製後，才能進行稻米食味口感之檢測、篩選，選拔效率相當低落。近年來，分子標誌輔助選種技術相當發達與成熟，應用水稻食味品質相關分子標誌之育種選拔技術，在傳統育種過程中扮演相當重要角色。目前國內、外研究已開發數個與稻米品質相關之數量性狀基因座分子標誌，對於全面提升稻米品質與食味口感，將更具有選拔效益。

在米飯質地相關研究中，直鏈澱粉含量主要為第 6 條染色體上之糯性基因(*Wx*)所影響，因 *Wx* 基因座上存在不同單一核苷酸突變對偶基因會改變

直鏈澱粉的含量，進而影響食味品質 (Mikami *et al.* 2008; Isshiki *et al.* 2008; Tran *et al.* 2011)，但也有其他研究指出，糯性基因小部分也會影響凝膠展延性與糊化溫度 (Takeuchi *et al.* 2006; Lou *et al.* 2009)。鹼變性基因座 (Alk) 控制可溶性澱粉合成酶 II (Soluble starch synthase II)，進而影響糊化溫度 (Zhenyu *et al.* 2003)。此外，日本越光品種之優良食味 QTL 則定位於第 3 條染色體之短臂上及第 6 條染色體上 (Takeuchi *et al.* 2008)，而與米飯味度、光澤有關的基因座亦定位於第 6 條染色體 (Wang *et al.* 2017)。2012 年臺南區農業改良場與國立臺灣大學農藝學系合作利用分子標誌輔助選種技術改良越光品種抽穗期，以育成新品種‘台南 16 號’，為國內分子標誌輔助回交育種第一個成功實例 (陳等，2012)；2019 年相同部門以分子標誌定位及輔助選種技術，利用越光抽穗期近同源系‘台南 16 號’改善‘台南 13 號’品種之米粒外觀白垩質，育成低白垩質新品種‘台南 19 號’ (陳等，2019)。

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; Jena and Mackill 2008)。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，可以導入一個或是堆砌數個標的基因，尤其對於外表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；還能於早期世代進行單株篩選，對於米質特性的選拔特別有利。背景選拔則利用兩親本所帶的多型性分子標誌作為篩選依據，這些多型性分子標誌均勻分布於全基因

體，在分析雜交後代的個體表現以後，可以快速剔除貢獻親的基因體，以回復特定親本之基因體，特別適用於輔助回交育種，將特定性狀基因導入優良栽培品種中，大幅縮短育種時程 (陳等，2014)。因此，如能結合分子標誌輔助傳統育種以選育高品質稻米，特別是提升大面積水稻栽培品種的食味口感，將助益於國內稻米品質與消費市場的競爭力。

分子標誌輔助育種實例 ~ 水稻 「台南 16 號」之育成

但是傳統回交育種方法是以子代的外表形態表現 (如植株高低、成熟期早晚等) 作為選拔的依據，這些外表形態容易受到環境的影響，而造成無法精準選拔帶有日長鈍感特性的後代，選拔效率低落。為了提高回交子代的選拔效率，將‘台農 67 號’日長鈍感基因 (*hd6*, *hd1*, *ehd1*) 當作 DNA 分子標誌 (Yano *et al.* 2000; Takahashi *et al.* 2001; Kojima *et al.* 2002; Doi *et al.* 2004)，在每一次篩選回交子代時，選擇帶有‘台農 67 號’日長鈍感基因 (前景選拔)，而且其它背景與‘越光’相近的子代 (背景選拔)，來進行下一次的回交 (圖 1)。如此不但可以取代田間冗長費工的形態選拔，還可以在不受到栽培氣候環境影響的情況下，精準的把‘台農 67 號’日長鈍感基因導入‘越光’，大幅提升選拔的效率 (陳等，2010)。最終從 BC₄F₂ 世代挑選出 8 株抽穗期延遲，而且 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，進一步調查農藝性狀及進行產量比較試驗，分析米質外觀與食味，最終

擇優選定帶有隱性 *hd1*、*ehd1* 光週期不敏感的基因與顯性 *Hd6* 光週期不敏感基因的南粳育 1001044 號 (遺傳圖譜如圖 2 所示; 簡等, 2011), 並命名為‘台南 16 號’ (陳等, 2012)。

水稻‘台南 16 號’為‘越光’抽穗期近似同源系, 是我國第一個利用分子標誌輔助選種技術選拔出來的品種。本品種除了 2 個日長鈍感基因來自‘台農 67 號’之外, 遺傳背景與‘越光’有 94% 的相似度, 抽穗期較‘越光’延遲, 一期作延遲約 13.3 天, 二期作延遲約 20.4 天 (圖 3)。且米粒外觀晶瑩剔透, 透明度高, 白垩質粒甚少, 品質與‘越光’相近 (表 1); 米飯口感軟而黏, 富有彈性及光澤, 比‘越光’更加優異 (圖 4), 已經明顯改善‘越光’之極早熟、產量低等缺點 (陳等, 2012), 堪稱為臺灣版的越光米品種。

水稻越光品種米飯光澤度基因座 *qGCR6* 細定位

近年來已有多篇探討越光米食味品質數量性狀基因座定位相關文章被發表, 並被運用於部分水稻育種試驗中, 然而並無任何一個光澤度相關基因被選殖, 因此增加了分子標誌運用於水稻食味品質育種的困難度。在上述利用分子標誌輔助選育越光近同源系‘台南 16 號’的過程中, 曾衍生 8 個抽穗期近同源系, 其米飯光澤度可顯著區分為 2 群 (表 2), 編號 87-111、87-143 及 87-233 之米飯光澤度明顯低於其它 5 個品系; 藉由 87 個多型性 SSR 標記的表現比對, 兩群間在遺傳圖譜中第 6 條染色體短臂上的 *qGCR6* 座位明顯不同 (圖 5)。因此利用兩個具

有不同米飯品質的越光近同源系 87-155 與 87-233 雜交所衍生之 $F_{2:3}$ 及 $F_{3:4}$ 回交自交系作為定位族群, 於種子成熟採收後進行米飯光澤度分析。米飯光澤度分析是以日本食味度計 (Toyo-taste meter, MA-30A; Toyo Rice Corporation, Wakayama, Japan) 進行分析, 分析所得之米飯光澤度分數再比對各回交自交系基因型。最終, 將影響米飯光澤度的 *qGCR6* 基因座定位在染色體 6 短臂的遠端分子標誌 SNP2171 與 SNP2215 之間, 此區間為一段 43.9 kb 的染色體區間 (圖 6), 在該區域中注釋了 10 個候選基因 (Wang *et al.* 2017), 將可進一步應用於稻米食用品質的改善。

結語

透過利用分子標誌輔助選種技術, 可以在早期世代即可進行米質品種選育, 更加準確地選育出具有優良品質的稻米品種, 並且可以縮短育種週期和降低育種成本, 在稻米品質上的應用具有潛在的優勢和應用價值。此外對我國未來在因應氣候變遷環境之稻作研究亦有相當助益, 進一步強化稻米產業競爭力。

參考文獻

- 陳榮坤、林彥蓉、羅正宗。2012。水稻新品種臺南16號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 60: 1-12。
- 陳榮坤、林彥蓉、羅正宗。2014。水稻新品種分子選育技術應用。p.35-44。農業基因體科技發展現況與趨勢專題報告。休祁暉, 主編。行

- 政院農業委員會出版，臺北市。
- 陳正昇、陳榮坤、金漢煊、林彥蓉。2010。以分子輔助選種導入 *hd1*、*Hd6* 和 *ehd1* 抽穗期基因至水稻越光品種。作物環境與生物資訊 7: 1-20。
- 陳榮坤、蔡世宗、林順福、羅正宗、吳炳奇、李杏芳、楊智哲。2019。水稻新品種臺南19號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 74: 1-12。
- 簡祥庭、陳榮坤、侯藹玲、陳正昇、林彥蓉。2011。*Hd1*、*Hd6* 和 *Ehd1* 對水稻抽穗期之影響。作物、環境與生物資訊 8: 45-57。
- Collard BC, DJ 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.
- Doi K., T. Izawa, T. Fuse, U. Yamanouchi, T. Kubo, Z. Shimatani, M. Yano, A. Yoshimura. 2004. *Ehd1*, a B-type response regulator in rice, confers short-day promotion of flowering and controls *FT-like* gene expression independently of *Hd1*. **Genes Dev.** 18: 926-936
- Issshiki M, Y Matsuda, A Takasaki, HL Wong, H Satoh, K Shimamoto (2008) *Du3*, a mRNA cap-binding protein gene, regulates amylose content in Japonica rice seeds. **Plant Biotechnol.** 25: 483-487.
- Jena KK, DJ Mackill (2008) Molecular markers and their use in marker-assisted selection in rice. **Crop Sci.** 48: 1266-1276.
- Kojima S, Y Takahashi, Y Kobayashi, L Monna, T Sasaki, T Araki, M Yano (2002) *Hd3a*, a rice ortholog of the Arabidopsis *FT* gene, promotes transition to flowering downstream of *Hd1* under short-day conditions. **Plant Cell Physiol.** 43: 1096-1105.
- Lou J, L Chen, GH Yue, QJ Lou, HW Mei, L Xiong (2009) QTL mapping of grain quality traits in rice. **J. Cereal Sci.** 50: 145-151.
- Mikami L, V Dung, HY Hirano, Y Sano. (2008) Effects of the two most common *Wx* alleles on different genetic backgrounds in rice. **Plant Breed.** 119: 505-508.
- Takahashi Y, A Shomura, T Sasaki, M Yano (2001) *Hd6*, a rice quantitative trait locus involved in photoperiod sensitivity, encodes the alpha subunit of protein kinase CK2 α . **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 98: 7922-7927.
- Takeuchi Y, T Ebitani, T Yamamoto, H Sato, H Ohta, H Hirayashi, H Kato, K Ando, H Nemoto, T Imbe, M Yano (2008) Development of isogenic lines of rice cultivar Koshihikari with early and late heading by marker-assisted selection. **Breeding Sci.** 56: 405-413.
- Tran NA, VD Daygon, AP Resurreccion, RP Cuevas, HM Corpuz, MA Fitzgerald (2011) A single nucleotide polymorphism in the *Waxy* gene explains a significant component of gel consistency. **Theor. Appl. Genet.** 123: 519-525.

- Wang SS, KY Chen, YR Lin, RK Chen (2017) Genetic mapping of the *qGCR6* locus affecting glossiness of cooked rice. **Euphytica** 2017: 213-115.
- Yano M, Y Katayose, M Ashikari, U Yamanouchi, L Monna, T Fuse, T Baba, K Yamamoto, Y Umehara, Y Nagamura, T Sasaki (2000) *Hdl*, a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice, is closely related to the *Arabidopsis* flowering time gene *CONSTANS*. **Plant Cell** 12: 2473-2483.
- Zhenyu G, Z Dali, C Xia, Z Yihua, Y Meixian, H Danian, L Jiayang, Q Qian (2003) Map-based cloning of the *ALK* gene, which controls the gelatinization temperature of rice. **Sci. China Chem.** 46: 661-668.

表 1. 水稻臺農 67 號、越光及臺南 16 號之糙米外觀性狀分析

期作別	品種	乳白率 (%)	基白率 (%)	腹白率 (%)	粒長 (mm)	粒寬 (mm)
二期作 2010	臺農 67 號	12.3 ^{a*}	8.2 ^a	14.5 ^a	4.79 ^b	2.89 ^a
	越光	5.2 ^b	2.1 ^b	2.1 ^b	4.88 ^a	2.60 ^c
	臺南 16 號	5.0 ^b	1.3 ^b	1.9 ^b	4.88 ^a	2.71 ^b
一期作 2011	臺農 67 號	11.4 ^a	18.9 ^a	2.1 ^a	4.61 ^c	2.85 ^a
	越光	3.8 ^b	0.9 ^b	1.2 ^b	4.98 ^a	2.80 ^a
	臺南 16 號	3.9 ^b	2.6 ^b	0.9 ^b	4.81 ^b	2.84 ^a

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

表 2. 越光 8 個抽穗期近同源系之農藝性狀調查

Line	DTH [↗] days	PH [↗] cm	PN [↗] no.	SPP [↗] no.	GF [↗] %	GW [↗] g	PC [↗] %	GCR [↗] score
TNG67 [↗]	89 ± 0.0 [↗]	106.9 ± 2.0 [↗]	11.4 ± 1.1 [↗]	123.1 ± 3.1 [↗]	95.7 ± 0.9 [↗]	26.5 ± 0.5 [↗]	6.9 ± 0.2 [↗]	54.5 ± 2.2 [↗]
Koshihikari [↗]	74 ± 1.0 [↗]	97.8 ± 2.2 [↗]	10.6 ± 1.1 [↗]	80.4 ± 2.1 [↗]	96.3 ± 0.6 [↗]	24.2 ± 0.3 [↗]	7 ± 0.3 [↗]	69.3 ± 3.2 [↗]
85-1 [↗]	87.3 ± 0.6 [↗]	114.2 ± 1.7 [↗]	12.2 ± 1.0 [↗]	108.1 ± 6.6 [↗]	97.4 ± 0.5 [↗]	25.7 ± 0.9 [↗]	6.3 ± 0.2 [↗]	74.3 ± 2.0 [↗]
86-196 [↗]	84.7 ± 0.6 [↗]	111.9 ± 0.5 [↗]	10.8 ± 1.1 [↗]	120.2 ± 1.1 [↗]	97.4 ± 0.3 [↗]	27.9 ± 0.5 [↗]	6.7 ± 0.4 [↗]	72.5 ± 3.0 [↗]
86-269 [↗]	84.3 ± 0.6 [↗]	109.5 ± 0.3 [↗]	10.5 ± 1.5 [↗]	112.3 ± 4.9 [↗]	97.3 ± 0.4 [↗]	27.9 ± 1.0 [↗]	6.5 ± 0.2 [↗]	74.2 ± 1.3 [↗]
86-331 [↗]	87.7 ± 0.6 [↗]	113.7 ± 1.1 [↗]	11.6 ± 0.5 [↗]	105 ± 2.4 [↗]	97.4 ± 0.3 [↗]	26.3 ± 0.6 [↗]	6.5 ± 0.2 [↗]	70.5 ± 2.2 [↗]
87-111 [↗]	87.7 ± 0.6 [↗]	112.9 ± 1.3 [↗]	12.4 ± 1.4 [↗]	106.2 ± 5.5 [↗]	97 ± 0.2 [↗]	26.7 ± 0.5 [↗]	6.5 ± 0.3 [↗]	62.7 ± 2.9 [↗]
87-143 [↗]	86.3 ± 0.6 [↗]	112.8 ± 0.7 [↗]	11.7 ± 0.1 [↗]	93.6 ± 14.2 [↗]	96.9 ± 0.7 [↗]	25.9 ± 1.1 [↗]	6.3 ± 0.4 [↗]	67.8 ± 2.8 [↗]
87-155 [↗]	84 ± 0.0 [↗]	106 ± 2.2 [↗]	12 ± 0.6 [↗]	99.8 ± 2.7 [↗]	96.9 ± 0.3 [↗]	26.8 ± 0.5 [↗]	6.5 ± 0.3 [↗]	71.5 ± 0.9 [↗]
87-233 [↗]	83.3 ± 0.6 [↗]	104.7 ± 0.3 [↗]	11.1 ± 0.7 [↗]	101.7 ± 0.6 [↗]	96.7 ± 0.3 [↗]	25.9 ± 0.4 [↗]	6.5 ± 0.5 [↗]	66.2 ± 1.8 [↗]

DTH day to heading, PH plant height, PN panicle number per plant, SPP spikelet number per panicle, GF grain fertility, GW 1000 grain weight, PC protein content, GCR glossiness of cooked rice determined by Toyo-taste meter.

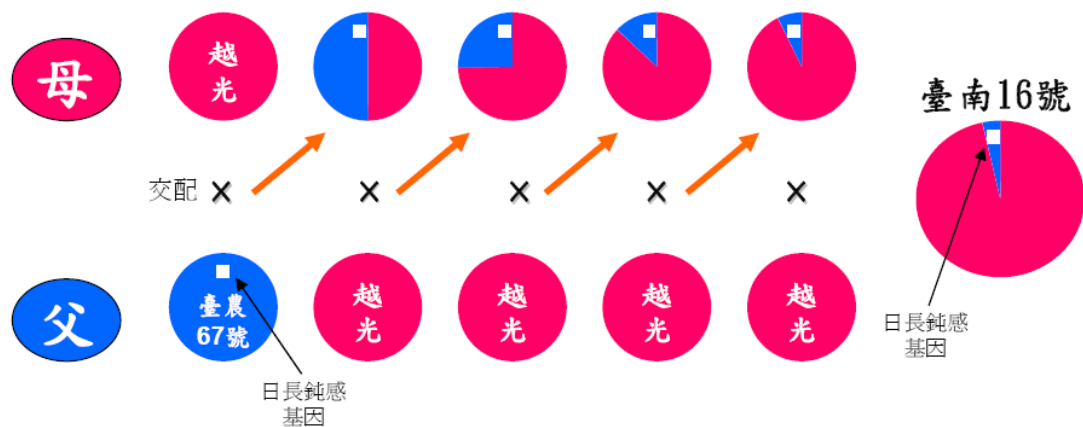


圖 1. 水稻臺南 16 號分子標誌輔助回交育種流程

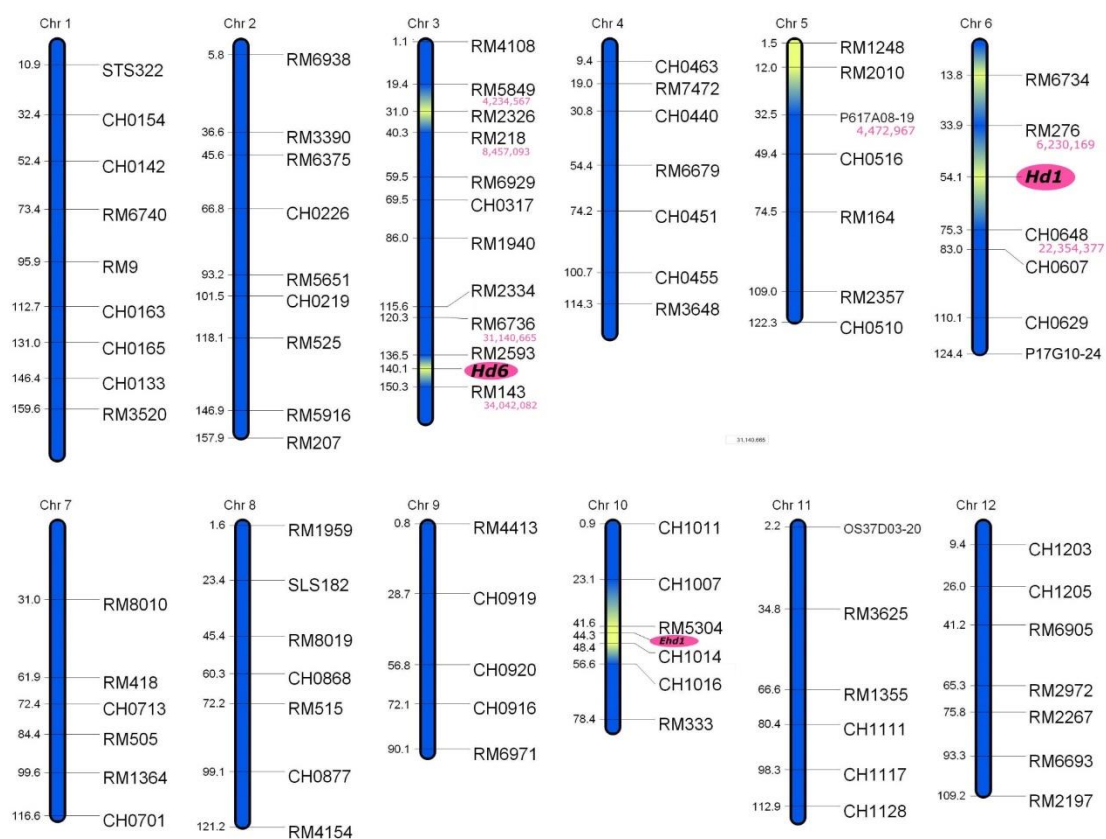


圖 2. 水稻「臺南 16 號」之遺傳圖譜。藍色及黃色染色體片段分別為越光基因體組及臺農 67 號基因體組之染色體片段

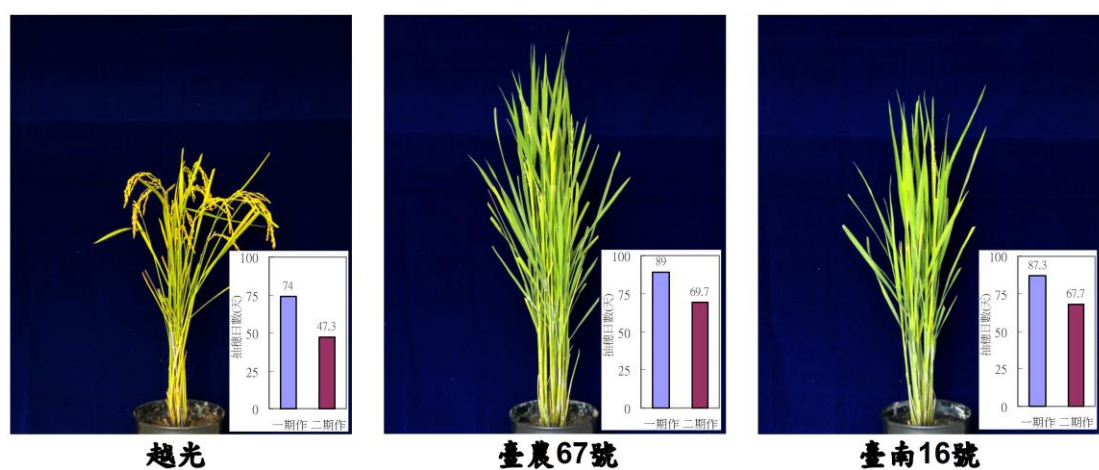


圖 3. 水稻「越光」、「臺農 67 號」、「臺南 16 號」的抽穗日數及表外型比較

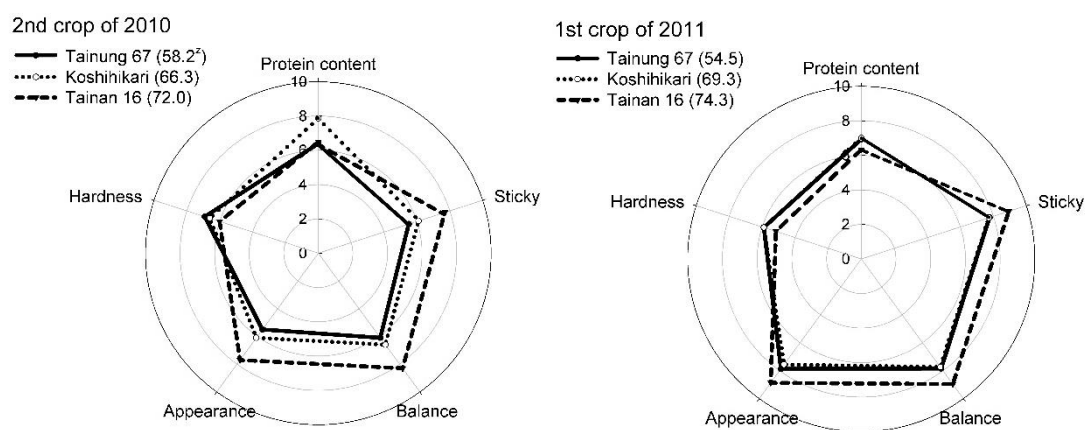


圖 4. 2010 年二期作及 2011 年一期作，水稻臺農 67 號、越光及臺南 16 號之食味品質分析

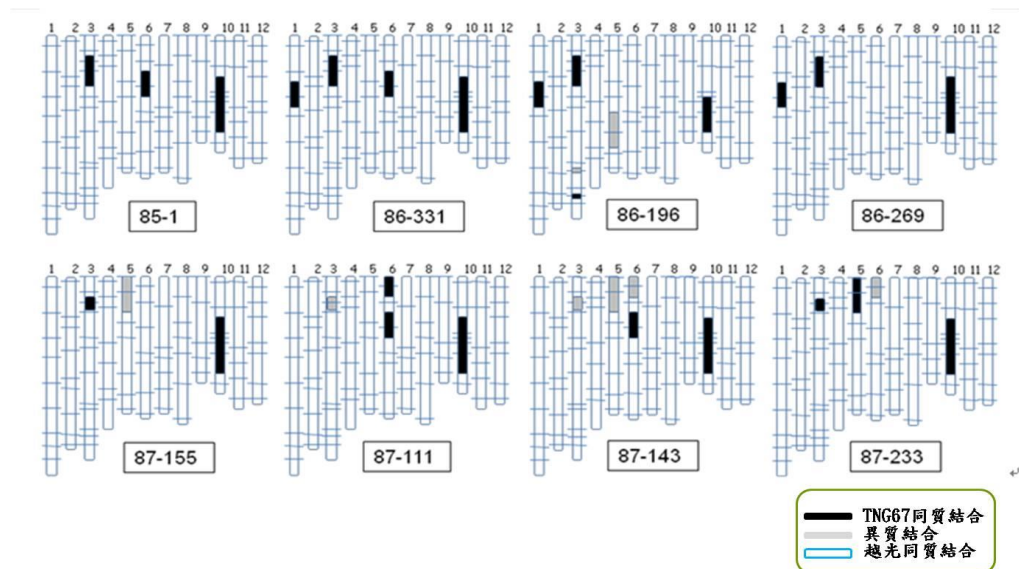


圖 5. 藉由 8 個越光抽穗期近同源系比對 87 個多型性 SSR 標記在遺傳圖譜的表現

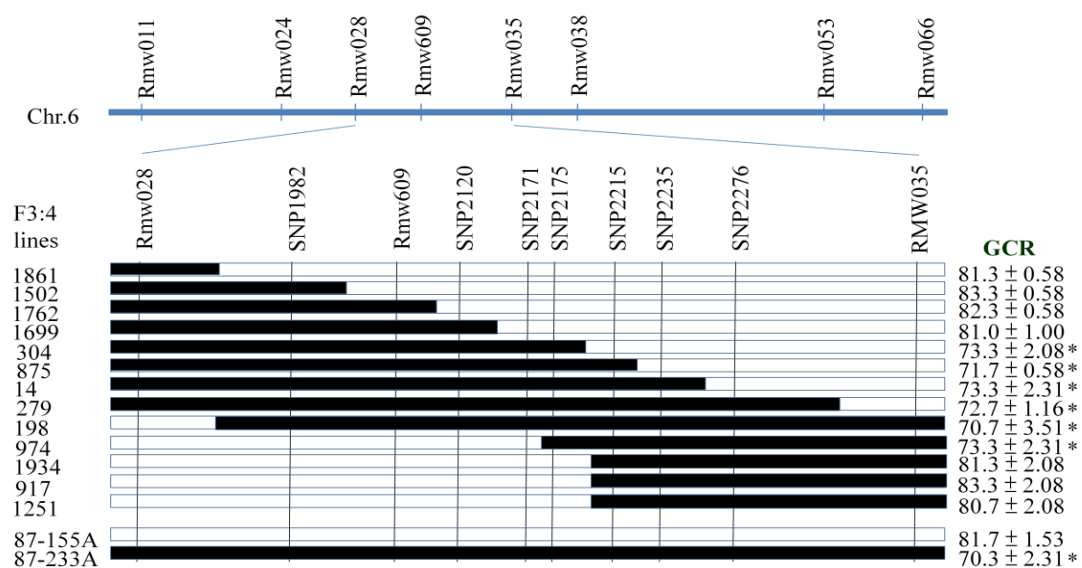


圖 6. 以 13 個不同光澤度回交自交系 F2:4 lines 進行 *qGCR6* 細定位

米食多元利用產品面面觀

宋鴻宜*

行政院農業委員會農糧署

摘要

稻米為臺灣主要糧食作物，稻穀年產量大約 130-140 萬公噸，稻米不僅作為家家戶戶廚房的主食，還作為傳統米食產品的原料，然而，隨著國內飲食因外來文化的影響而變得更加多樣化，稻米的需求量逐漸減少。傳統米食多以秈米或糯米製成，保存期短，不利儲存與運輸，米食產品需要創新突破並開發具消費潛力的新用途，才能扭轉消費下滑的趨勢。農糧署近年致力推動米食多元化利用，以國內生產量最多之粳米為原料，研磨製成米穀粉，輔導產業開發各式各樣之產品於消費通路銷售，透過建立原料供應鏈、人才培訓、講座推廣、創意競賽等方式，促進新型態米食普及化，然而米穀粉不含小麥麵筋 (gluten)，其與麵粉理化性質不同，在產品研發及製造使用上，並非可直接替換，需視目標產品性質，選擇適合之米穀粉原料規格及製程條件，方可生產具商業價值之產品。米穀粉與麵粉相比具有蛋白質品質高、吸油率低、質地光滑、保水性好等優點。隨著越來越多的業者投入開發新的米食製品，已經看到米蛋糕、米麵包、米餅乾、米籽條和米麵皮水餃等產品進入市場，創造了新的商業價值。在近年國際糧價波動遽烈之衝擊下，強化國產稻米的多元開發利用，可為產業界提供更多選擇、促進國人健康與減少對進口穀物依賴，確保糧食安全與稻米產業永續發展。

關鍵字：米穀粉、粳稻、多元米製品。

Aspects of Diversifying Processed Rice Products

Hung-Yi Song*

Agriculture and Food Agency, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei City 100212, Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

Rice has been the most important food in Taiwan. Every year, Taiwanese harvest about 1.3-1.4 million metric tons

of rice paddy. Rice has not only been served as staple food at every family's kitchen, but also used as ingredient of traditional rice products. However, as Taiwanese diet became more diversify due to foreign culture influence, the demand of the rice has gradually decreased. As most traditional rice products are made with indica rice or glutinous rice, it often suffers some major shortcomings in shelf life, distribution, and transportation. To reverse the decline of rice consumption,

* 通訊作者，Corresponding email: litahung@mail.afa.gov.tw

we need to be creative and seek new use cases of rice. The Agriculture and Food Agency (AFA) has been working to promote the diversification of rice in recent years. It uses japonica rice as raw material and grinds it into rice flour and guides the industry in developing various rice products for sale on consumer channels. The AFA promotes the popularization of novel diversifying rice products through the establishment of raw material supply chain, talent training, lecture promotion, creative competition, etc.

Keywords: Rice flour, Japonica rice, Diversifying rice products.

前言

亞大地區是稻米主要的消費地，約佔全球稻米消費量 90%，近年來受經濟成長與歐美西方飲食衝擊，我國、日本與韓國食米消費量均呈現下降情形 (Agriculture and Food Agency 2023; Ministry of Agriculture, Forestry, Fisheries Ministries 2023; Statistics Korea 2023)，2010 年至 2021 年間，日本每人每年食米消費量自 59.5 公斤下降至 51.5 公斤 (減少 8 公斤，約 14%)，韓國食米消費量自 72.8 公斤下降至 56.9 公斤 (減少 15.9 公斤，約 22%)，我國食米消費量則自 46.2 公斤下降至 43.0 公斤 (減少 3.2 公斤，約 7%；圖 1)，食米消費量下降不但衝擊農糧產業發展，連帶也影響糧食安全，如何提升食米消費也成為各國政府面臨的重大考驗。然而生活型態與飲食習慣改變，消費者對於米食有更多的選擇與期待，因此，促進米食多元化發展及加工製

品加值化應用，成為政府當前面臨的重要課題。

臺灣自早期農業社會承襲傳統米食文化，與節慶時令連結賦予不同意涵，如春節吃蘿蔔糕象徵步步高陞、清明吃紅龜粿為子孫帶財、冬至吃湯圓寓意閤家團圓等 (表 1)，這些米食多以秈米或糯米製成，保存期短，不利儲運，米食產品需要創新突破並開發具消費潛力的新用途，才能找到新的市場定位。111 年國內種植水稻約 23-24 萬公頃，生產稻穀約 130-140 萬公噸，超過 9 成為梗稻，國產梗米含優質蛋白質、消化吸收率佳，提供之飽足感優於其他主食，且不含小麥麵筋，磨製成米穀粉製成米麵包、米蛋糕、米伴手禮及米麵條等產品，不但具有營養訴求、增加產品濕潤性及口感，更可在國際糧價劇烈波動時，降低對進口糧食之依賴，減少國內廠商所面臨之價格衝擊。為促進國產米食創新化、多元化與購買便利性，農糧署長期推動新型態米穀粉產業鏈，分別由原料端、加工端及通路端規劃輔導措施，積極推動以梗稻為主之稻米產業創新與加值化，以促進國產米融入國人飲食生活，提升食米消費。

發展新興米穀粉產業鏈

確保原料穩定供應為產業鏈發展之重要因子，農糧署透過建構價格及品質穩定的原料供應鏈，輔導國內具磨粉能力、配粉能力、專業生產及品管設備且具食品技師等專業人才之磨粉廠，磨製價格及品質穩定之米穀粉，提供食品業及烘焙業使用，營業用大包裝米穀粉依磨粉製程及訂貨數量不

同，供應價格約為 20-55 元/公斤，以減少國產米穀粉與麵粉之價差，提升使用量；同時亦輔導廠商提供具產銷履歷及有機驗證之米穀粉，滿足不同消費市場需求。過去米穀粉應用範圍多以磨粉方式進行區分，隨著磨粉廠之專業技術漸趨成熟，不同製粉方式(乾磨、濕磨及半乾磨)在適當製程管制下，皆可生產出客製化、規格均一之米穀粉原料，掌握米穀粉規格已成為多元加工應用之重要影響因子，2018 年日本米粉協會提出「米粉の用途別基準」，並不是依照磨粉方式進行區分，而是界定破損澱粉含量範圍、粒徑，也針對使用於不同用途的米穀粉訂定了直鏈澱粉含量範圍(表 2)，不論用途為何，米穀粉的水分含量、粒徑與破損澱粉含量的控制都必需限制於一定範圍內，續依照是否添加小麥麵筋來呈現目標產品之組織與口感。近年研究亦發現直鏈澱粉和支鏈澱粉的組成比例會影響米穀粉的質地、膨脹能力、糊化溫度和黏著性，而內源性蛋白質和脂質可與直鏈澱粉結合形成複合物，影響膨潤性、水溶性指數、糊化溫度與凝膠速度 (Ronie and Hasmadi 2022)。農糧署透過科技計畫研究與廠商量產輔導經驗亦發現，掌握米穀粉生粉及熟粉的配比，或是運用不同粒徑米穀粉進行粉質調整，可減少連續式生產線麵糰過黏影響產能的問題，維持米麵包、米麵條之體積，並可提高終端產品商品價值；透過製程調整，將部分配方預糊化、採用中種法或液種發酵，亦有助於產品結構穩定。由於米穀粉不含小麥麵筋，研發人員需掌握米的基本物性及加工技巧，才有助於產品開發，若只是用直接取代的概念，

則商品價值恐於期待相去甚遠，農糧署每年針對食品業及加工業研發人員開辦米穀粉研發技術應用班，強化專業人才培訓，促進業界加速融入應用，每年培訓人次超過 120 人以上，受訓人員後續研發量產商品每年超過 50 項以上，涵蓋範圍包含米速食麵、米蛋糕、米麵包及米製休閒點心等，於不同通路銷售，提升國人購買便利性。

多元米食產品開創市場新機會

國內自民國 100 年起開始推動米穀粉多元利用，相關原料供應、人才培訓及製作技術等各項條件已漸趨成熟，產品種類也愈加豐富，由於米穀粉製成之產品具有低吸油率、高保水性、口感滑順、色澤天然白皙等優勢，倘能運用配粉技術與加工製程調整，所開發之產品不論在外型、香氣、口感上均與麵粉製成之產品不分軒輊，同時也為消費市場帶來更多選擇。

一、米麵包

麵包最重要的口感來源為小麥麵筋與水作用後形成的網狀結構，小麥麵筋主要成分為醇溶蛋白 (Gliadin) 以及麥穀蛋白 (Glutenin)，當與水結合時會形成氫鍵，造就了麵包的網狀結構，加上酵母的發酵作用，使得麵包膨鬆又柔軟，因此，缺乏小麥麵筋的米穀粉製作麵包有一定的技術難度，日本廠商於 2010 年推出全自動麵包機，可使用白米直接製作 100% 米麵包，關鍵係為白米直接於麵包機內粉碎後，於揉製的粉糰中額外添加約 20% 小麥麵筋，以彌補組織結構強度，一般而言，

在完全不添加小麥麵筋及膠體條件下，米穀粉製作麵包之最高添加量建議為 30% (烘焙百分比)，將米穀粉含量拉高，則易使成品體積變小，藉由添加瓜爾膠 (Guar gum)、三仙膠 (Xanthan gum) 或羥丙基甲基纖維素 (Hydroxypropyl methylcellulose) 等膠體或是天然植物澱粉如樹薯粉、蓮藕粉等，或是將米穀粉用於中種麵糰，以及調整製程條件，均可提高麵包中的米穀粉使用量，國內亦已開發出不添加小麥麵筋製成，含米量 100% 的米吐司 (圖 2)。

二、米蛋糕

蛋糕的組織結構主要靠蛋白打發形成，小麥麵筋存在與否不致於會對產品體積或口感造成太大影響，一般戚風類及乳沫類蛋糕都可以使用 100% 米穀粉製成，同時可搭配在地特色食材，如宜蘭鴨賞、臺東南瓜、南投阿薩姆紅茶等製成多種風味，相較於麵粉製成之蛋糕，米蛋糕組織較為柔軟，濕潤易吞嚥，並可吸引麩質過敏族群購買 (圖 3)，製作米蛋糕需使用破損澱粉含量低之米穀粉，吸水量較少，保水性較高，倘使用破損澱粉含量高於 10% 之米穀粉製成米蛋糕，體積較小且硬度較高。米穀粉糊化後之成膠特性，可替代蛋糕卷內餡或慕斯餡之鮮奶油，降低油脂含量及熱量，使產品更符合健康訴求。

三、米籽條、米麵條

依據優良農產品驗證管理辦法第四條附件四食米項目驗證基準之定義，「純米籽條」為以國產稻米或國產

純米穀粉為原料，不得混合其他穀粉或澱粉，再予部分或完全糊化，加工製成各種長度與粗細條狀之製品，純米籽條因為完全未使用麵粉，故不宜以米麵條稱之，製作純米籽條適合使用破損澱粉含量高於 20% 之米穀粉，透過擠壓加工技術，較易呈現消費者期待口感，日本廠商則偏愛使用直鏈澱粉含量較高之米穀粉生產米籽條，並透過添加小麥麵筋，提高產品彈性與咬勁 (Ahmed *et al.* 2016)。將米穀粉與麵粉依照不同粒徑及不同熟化程度進行配比，可生產米麥融合之米麵條及米泡麵產品，其具有胺基酸組成更豐富、快煮易熟、吸油率低等優勢，加上食用方便性，十分受到消費者喜愛。另外，以 5% 米穀粉與 95% 麵粉製成之水餃皮，經過冷凍儲存後，與 100% 麵粉製成的水餃皮相比，麵皮之抗凍能力提高，水餃皮破裂比例較低，可減少添加抗凍劑的成本支出，成分更天然 (圖 4)。

四、米製糕餅及伴手禮

米穀粉使用於中式酥餅類，除了可作為油酥及油皮配方的一部分，亦可作為豆餡之增量劑，米穀粉於酥餅類餅皮之建議摻配比，油皮為 30%，油酥為 50%，使用米穀粉製成之咖哩餃、蛋黃酥，可減少配方中油脂使用，外皮亦可呈現酥脆口感，100% 米穀粉製成鳳梨酥酥皮之技術於國內已臻成熟，結合在地製作土鳳梨，亦為國內外觀光客喜愛之伴手禮。此外，國內也有許多廠商開發 100% 純米製成之蛋捲、薄餅、奶油曲奇餅等伴手禮 (圖 5)，透過配方調整改善米穀粉製成餅乾類產品口感過硬之現象，搭配外包裝設計意

象，呈現完美商品價值。

五、米製休閒點心

國內消費市場休閒點心商品型態多以擠壓膨發為主，早期以馬鈴薯澱粉、玉米粉為主原料，近年廠商嘗試以國產米為主原料，搭配在地特色或農產品，製成不一樣的米製休閒點心，從米乖乖、米米花、米圈圈到米粒星球等，透過不同模具生產具特殊外型、不同口味之米製休閒點心，更經由聯名效益發展出地區限定、品牌限定或活動限定之相關產品；以米穀粉為主原料，經過擠壓再油炸製成的可樂果米穀酥，也以雞排便當、雞肉飯、筒仔米糕等口味攻佔消費市場；結合國產米與臺灣藜製作成之米酥片，以烘烤製成，提供高飽足感，熱量較市售巧克力酥片減少 17%，淡淡米香與濃郁巧克力風味搭配，呈現酥中帶脆，多層次之咬感，以米穀粉製成點心麵及酥脆條餅，由於吸油率低，除了提供消費者熱量降低之產效益（圖 6）。

六、油炸類點心

運用米穀粉製作油炸類點心，除了降低吸油率外，外脆內軟的組織也賦予更高的商品價值（Rosell and Col-lar 2007），以米穀粉製作唐揚雞的油炸麵衣，吸油率為 21%，與麵粉製作之麵衣相比（吸油率 38%），即使放置一段時間，仍可維持酥脆口感（Shih and Daigle 1999），日本已廣泛使用米穀粉作為油炸預拌粉之原料，國內速食業者也創新運用米穀粉的理化性質，以烘焙百分比 51%以上之米穀粉開發甜米派（紫薯甜芋米派、乳酪卡士達米

派、抹茶紅豆米派等）及米斯球等產品，口感酥脆、內餡綿密，以手拿取食用不留油漬，其中抹茶紅豆米派，米派皮與抹茶麻糬、紅豆內餡結合，口感酥中帶 Q，成為長期常態銷售產品。

七、米穀粉於居家烹飪之應用

米穀粉易溶於水、質地細緻、成份單純，加水熟化呈現柔滑性質，非常適合作為居家烹飪的多用途使用，幼兒副食品的十倍粥，可直接使用有機米穀粉與水混合後直接加熱煮熟，省去煮粥再以料理機打細之步驟；其他如粉漿蛋餅、海鮮煎餅、大阪燒、白醬、勾芡及油炸麵衣等，均可直接使用米穀粉與水或牛奶調製成不同濃稠度烹調使用（圖 8），米穀粉的使用範圍並不限於中西式麵食，透過食譜的推廣與分享，期待未來能使米穀粉成為廚房中常備的烹調用粉。

結語

農糧署近年強化推動新型態米食製品，積極輔導稻米產業轉型，透過擴大米穀粉加工應用範圍，逐步建立新興米食產業鏈所需之技術與人才，輔以科技研發與行銷策略，開發多樣化米食製品量產技術，加速提升業者研發量能，使臺灣稻米產業除原有食用米供應鏈外，能以多元化、高品質、產量穩定及高附加價值之新興米食攻佔消費市場，讓消費者能輕鬆品味國產米的創新好滋味，未來更要透過改善儲運品質、強化機能性研究、打造臺灣米品牌形象等策略，以國產米優勢為基礎，將多元米食製品拓銷全球市場。

參考文獻

- Agriculture and Food Agency (2023) Food Balance Sheet.
<https://eng.coa.gov.tw/ws.php?id=12860> Accessed: May 5, 2023.
- Ahmed I, IM Qazi, Z Li, J Ulla (2016) Rice Noodles: Materials, Processing and Quality Evaluation. **Proc. Pakistan Acad. Sci.** 53: 215-238.
- Ministry of Agriculture, Forestry, Fisheries Ministries (2022) Food Balance Sheet.
<https://www.maff.go.jp/e/data/stat/94th/> Accessed: May 5, 2023.
- Ronie ME, M Hasmadi (2022) Factors affecting the properties of rice flour: a review. **Food Res.** 6: 2550-2166.
- Rosell CM, C Collar (2007) Rice-Based Products. p.521-538. In Handbook of Food Products Manufacturing. Wiley.
- Shih F, K Daigle (1999) Oil uptake properties of fried batters from rice flour. **J. Agric. Food Chem.** 47: 1611-1615.
- Statistics Korea (2023) Per capita food grain consumption per year. **Korean Statistical Information Service (KOSIS).**
- Ahmed I, Qazi IM, Li Z, Ullah J (2016) Rice Noodles: Materials, Processing and Quality Evaluation. **Proc. Pakistan Acad. Sci.** 53: 215-238.

表 1. 節慶時令與米食

節慶時令	米食	意涵
春節	蘿蔔糕(秈米)	新春好彩頭、步步高陞
	發糕(秈米)	事業順遂、財運大發
	年糕(糯米)	五穀豐登、年年高升
拜天公 (正月初九)	麻糍、米糍(糯米)	食麻糍，吃得老老老，象徵長壽
元宵節	元宵(糯米)	圓圓滿滿、閤家美滿
清明節	紅龜糕、草仔糕(糯米)	保佑家族繁榮、子孫帶財
端午節	粽子(糯米)	紀念屈原、祭拜祖先
中元節	芋粿巧(糯米)	祭拜鬼神、祈求平安
中秋節	麻糬(糯米)	獻祭福德正神、黏住好運和錢財
冬至	湯圓(糯米)	祭天添歲、閤家團圓

表 2. 日本米粉の用途別基準

用途編號	1 號	2 號	3 號
主要用途 項目	糕點及料理用	麵包用	麵條用
粒徑(μm)	粒徑 75 μm 以下的比率佔 50%以上		
破損澱粉含量(%)	10%以下		
Amylose 含有率(%)	<20%	15%以上 20%以下	20%以上
水分含量(%)	10%以上，15%以下		
小麥麵筋添加率	-	18-20%	

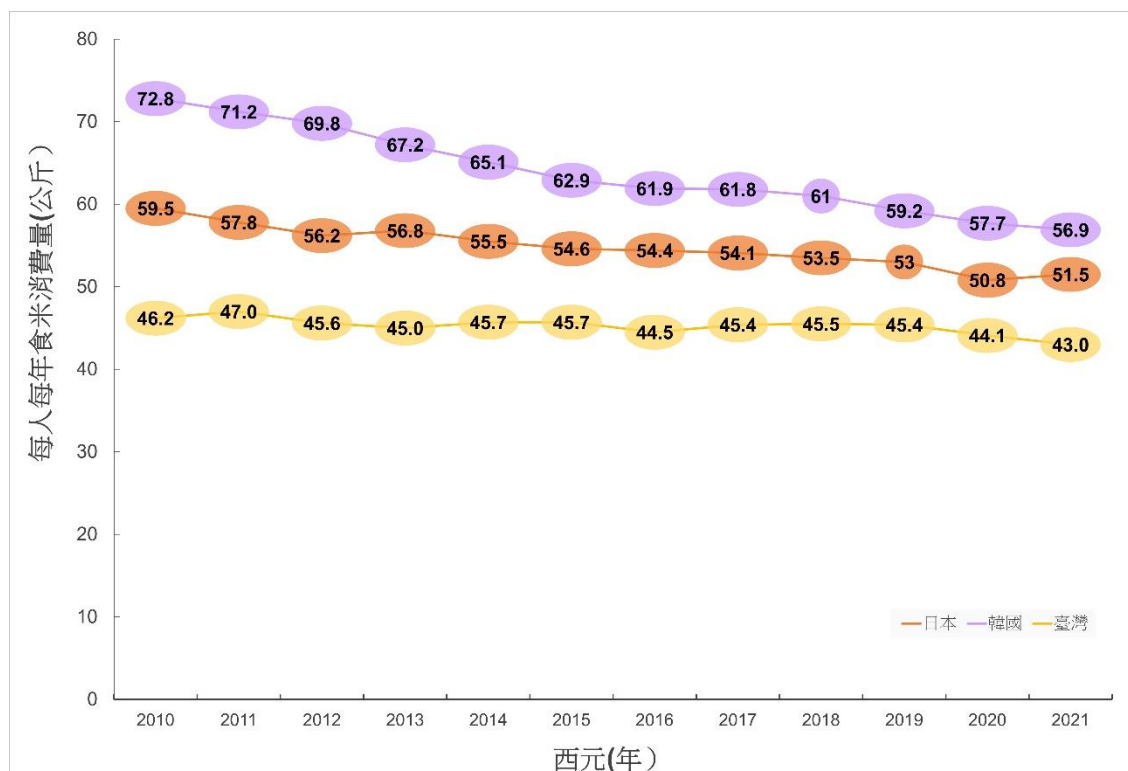


圖 1. 臺灣、日本與韓國食米消費量變化



圖 2. 含米量 100%之米吐司與雲端廚房與 Just Kitchen 雲端廚房聯名商品



圖 3. 使用 100%米穀粉可製成組織柔軟的米蛋糕（左：米樂客-鴨賞鹹蛋糕；右：禮坊-皇家牛奶米千層蛋糕）



圖 4. 米麵食產品（上左：源順食品-沒麥乾拌麵；上右：銀川有機農-義大利米寬扁麵；下：奇巧食品-打拋豬肉米麵皮水餃）



圖 5. 米製伴手禮 (左：久久津食品-紅鳥龍蘋果米餅；右：力凡烘焙坊-米的曲奇餅)



圖 6. 米製休閒點心 (左：一米特-米酥片巧克力風味；右：優雅食超脆條餅)



圖 7. 米製油炸類點心 (上：抹茶紅豆米派；下：乳酪卡士達米派)



圖 8. 米穀粉於居家烹飪之應用 (左：米漿蛋餅；右：馬鈴薯米煎餅)

米食與健康之研究

陳裕星*、李誠紘

行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘要

稻米為國人主食，然而因飲食選擇多樣化影響，稻米消費量逐年減少，又國人肥胖率逐年增加，顯示食用稻米並非導致國人肥胖的主要因子，有必要了解稻米主食與健康之關係。在稻米的健康研究顯示，糙米包含米糠層、胚乳及胚芽完整穀粒，營養與機能成分較為完整，其中米糠醇等成分，具降低血脂、減重、降血糖及增強抗氧化酵素等功能；黑米、紫米及紅米等有色米富含酚類、類黃酮及花青素等成分，在抗氧化預防肥胖與癌症等方面也相當有潛力。在升糖指數 (Glycemic index, GI) 方面，白米、糙米及預熟米的 GI 值皆顯著低於白麵包，較白麵包有利於血糖控制，其中預熟米為中-低 GI 值，受品種及製備方式影響，未來可開發糖尿病患及減重專用食品。本場與國泰醫院參考衛生福利部公布之國人飲食指南，設計營養均衡控制之白米飯主食餐盒，在連續食用 8 週後，受試者總膽固醇及低密度脂蛋白膽固醇皆顯著減少，體重亦呈現下降趨勢。大數據研究顯示米飯攝取量與肥胖呈負相關，長期 (>1 年) 前瞻研究顯示，每日攝取 300 公克以下之米飯不會增加糖尿病風險，每日增加 50 公克糙米的攝取量，可以降低 16% 第二型糖尿病之風險，由各種臨床試驗研究顯示，稻米為健康之食品，未來應持續推動米食以促進國人健康。

關鍵字：肥胖、糖尿病、多酚、預熟米。

Exploring the Health Benefits of Rice

Yu-Hsin Chen*, Cheng-Hong Li

Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Changhua County, Taiwan, 515008 Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

Rice serves as the staple food for Taiwanese citizens, with the diversified

dietary habits, Taiwan's annual rice consumption per capita has been decreasing gradually. This trend contradicts the concurrent increase in obesity rates, suggesting that rice consumption is not a principal factor contributing to obesity in Taiwan. Brown rice contains bran, embryo, and endosperm, therefore keeping the integrity of nutrients and functional metabolites. In the realm of health-related rice research over the past two decades, it has been discovered that active components

* 通訊作者，Corresponding email: ychen@tdais.gov.tw

such as gamma-oryzanol are noted for their capacity to reduce serum lipids, promote weight loss, lower blood sugar, and enhance antioxidant enzymes. Colored rice varieties, including black, purple, and red rice, are rich in phenolic compounds, flavonoids, and anthocyanins, playing a significant role in antioxidation and preventing obesity and cancer. When considering the glycemic index, various types of rice, such as polished rice, brown rice, and parboiled rice, all present a noticeably lower value than white bread. Parboiled rice is a medium-low GI food, depending on the varieties and processing conditions, and can be developed for T2D patients and weight control. Following the food pyramid guideline published by the Ministry of Health and Welfare, the intervention of designed nutrition-balanced meals with white rice as staple food were served to hyperlipidemia patients. The meals were administered twice daily, 5 days a week for 8 weeks. The results showed that total cholesterol and LDL-cholesterol are significantly reduced ($P<0.001$), and participants' body weight showed a decreasing trend. Long-term (>1 year) prospective clinical studies have indicated that a daily intake of 300g of white rice does not increase the risk of type II diabetes mellitus (T2D), intake of 50g of brown rice daily can reduce 16% risk of T2D. They echo the findings of extensive data studies suggesting a negative correlation between rice consumption and obesity. All this ev-

idence suggests rice is a healthy food option and should be promoted to improve people's health.

Keywords: Obesity, Diabetes, Polyphenols, Parboiled rice.

前言

根據聯合國糧食及農業組織 (FAO) 的統計資料，全球稻米栽培面積在 2021 年約為 1.62 億公頃，根據世界糧食計畫署 (WFP) 的資料，全球約有半數人口以稻米為主食，包括亞洲、非洲、中東和拉丁美洲等地區。稻米亦為國人之主食，然而由於人口結構及國人飲食習性變遷、家庭外食比例提高及飲食選擇多樣化的影響，每人每年稻米消費量逐年下滑。根據農委會統計資訊，在 1986-2016 年期間，國人年均稻米消費量陸續由 76 公斤降至 43-44 公斤。台灣也是亞洲國家中，人均消費米食最低的國家，對比日本的人均稻米年消費量，同時期皆比台灣高約 6-10 公斤 (郭，2021)。

米飯在一般民眾認知中，可能與澱粉及肥胖有關聯，然而根據衛福部執行的國民營養健康狀況變遷調查，我國的成人過重及肥胖率在 1996 年為 33.2%，到 2016 年則增加到 45.4 % (表 1；衛生福利部，2019、2022)，也成為亞洲肥胖率最高的國家。國人稻米消費量日益減少，肥胖率卻逐年增加，可見得吃米飯並不是造成肥胖的主要原因。然而因為民眾常將米飯與澱粉及肥胖畫上等號，也影響到國人吃飯的意願。因此本文從營養保健的觀點切入，以稻米及健康為關鍵字 (Rice AND Health)，檢索公共醫學資料庫

(PubMed) 中，有關稻米機能性成分與健康之生物醫學研究文獻，從中篩選高引用次數或發表數量豐富的主題，包括多元酚 (Polyphenols)、米糠醇 (Oryzanol) 等，另外則是搭配米食與健康的大數據關聯分析、以白米、糙米為受試材料的人體試驗結果，探討米飯對健康的效益，做為未來推廣米食的參考。

米食的營養與機能性成分

一、稻米的營養成分

稻米的營養成分包括醣類、蛋白質、脂質、維生素、礦物質、膳食纖維與植化素 (Phytochemicals) 等，許多營養與機能性成分存在於糠層 (Bran) 或是糊粉層 (Aleurone layer) 中，因此糙米精製碾成白米後，會損失部分的營養成分，根據衛生福利部公布的台灣食品營養成分資料庫 (衛生福利部食品藥物管理署，2016)，糙米和白米與其他穀物的主要營養成分整理如表 2。

1. 澱粉

澱粉包括直鏈澱粉與支鏈澱粉，消化分解後直接產生葡萄糖作為能量來源。另有一類是抗性澱粉 (Resistant starch, RS)，是指一種無法被人體內的消化酵素分解，但可在結腸中被微生物發酵的澱粉或澱粉水解產物，具有類似膳食纖維的生理功能，有利於餐後的血糖控制，調節血脂代謝、促進腸道健康等效果，糙米和白米中的總碳水化合物分別為 76.6、78.2%，比例大致相當。

2. 蛋白質

在稻米中大約含有 6-8% 的蛋白質，蛋白質是構成細胞的主要成分，可以建造新的組織，也具有修復功能，可調節生理機能如維持身體酸鹼平衡及水的平衡、幫助免疫、營養素的運輸與大腦運作等。

3. 脂質

包括脂肪與脂肪酸，脂質主要的功能在提供生長及維持皮膚健康所必需的必需脂肪酸、儲存能量、構成細胞膜以及膜的訊息傳導等，脂溶性維生素 A、D、E、K 也必須溶解在脂質中才能吸收。稻米的脂質主要存在糊粉層中，糙米脂質占重量之 2.3%，碾成白米後僅存 0.6% (表 2)。

4. 維生素

維生素又稱維他命，包括脂溶性維生素 A、D、E、K 及水溶性維生素 B 群及維生素 C，是維持人體健康不可缺少的元素。糙米中維生素 E 總量約為 3.98 mg/100g，高於小麥及燕麥，但是精製白米中僅存 0.17mg。維生素 B1、B2、B6、菸鹼酸及葉酸等水溶性維生素，在糙米中含量加總約 39.75 mg/100g，加工精製後約損失 65% 的水溶性維生素 (表 3)。

5. 膳食纖維與植化素

膳食纖維包括植物的細胞壁與果膠等多醣體，其中可溶性纖維約佔 1/3，其餘是不溶性纖維。全穀的膳食纖維中含有豐富的自由型或結合型酚酸、阿魏酸、植物固醇、木質素等各種植化素，糙米中含有 4.5% 的膳食纖維，精製為白米後約剩 0.6% 的膳食纖維。

根據學校午餐食物內容及營養基準，國小 4-6 年級午餐熱量需求為 720-830 大卡，國中為 800-930 大卡，其中 50-65% 熱量建議來自碳水化合物 (衛

生福利部國民健康署，2022)，如果每餐提供 100 公克乾重之米飯（註：100 公克乾重之白米，視添加水量烹煮後為 200-220 公克，約 1.5-2 碗飯），可提供 50%約 400 大卡之熱量。依據國人膳食營養素參考攝取量 (Dietary reference intakes, DRIs)，19-50 歲之成人每日熱量需求男女分別為 2400 及 1900 大卡，國民健康署同樣建議 50-65%的熱量來自碳水化合物，如果國人以米飯提供 50-65%之熱量，則每日可攝取 250-325 公克乾重稻米。如果以每日攝取 250 公克米飯計算，換算全年人均消費量可達 91 公斤，然目前為 43-44 公斤，僅占熱量來源 48%，顯示米飯已經不是國人飲食主要熱量來源。

有愈來愈多的國際研究顯示，多食用全穀食物包括糙米可預防心血管疾病和第二型糖尿病、預防肥胖及特定癌症如大腸直腸癌等 (Lee *et al.* 2019)，對人體營養與保健有正向的幫助，因此在衛福部國民健康署的國人飲食指南中，呼籲國人每天應該食用 1.5-4 碗的全穀根莖類食品。全穀糙米在加工碾白精製成白米之後，會損失許多的營養成分，如何維持米飯良好口感並保持糙米的營養是待解決的課題。

稻米與健康的議題在近 20 年受到相當大的關注，以稻米和健康 (Rice AND Health) 為關鍵字檢索 PubMed 資料庫，在 2000 年後即快速成長，2022 年全年達 2,281 篇 (圖 1)。內容主題包括稻米加工與升糖指數關係、多元酚、米糠醇、品種與機能性成分含量、以育種或加工達到營養強化等主題，當然也包含環境汙染如砷、鎘、汞之風險評估等，其中以米糠醇與黑米之多元酚

發表數量較高，其他如預熟米及發芽米也受到相當多的關注，本章節以發表相對豐富之米糠醇、黑米進行之細胞與動物試驗效果進行說明。

1. 米糠與保健研究

米糠含有豐富的營養成分，具有開發為健康食品的潛力。Hundemer 氏等以等量不同來源的膳食纖維，包括米糠、燕麥、大麥麩皮及黃豆等，比較其降血脂效果，發現米糠可以顯著降低血漿及肝臟的膽固醇 (Hundemer *et al.* 1991)。Kim 氏等以 40%安定化米糠添加到飼料中，對於高脂誘導肥胖的小鼠可以減重、降血糖，脂肪組織的抗氧化酵素也較高 (Kim *et al.* 2014)。(Justo 氏等添加 1%的米糠萃取物到飼料中，可以降低高脂飼料導致脂肪組織的發炎，調降 IL-6、IL1 β 發炎基因表現，回復 PPAR- γ 和脂聯素 (Adiponectin) 的濃度到健康個體的水準 (Justo *et al.* 2016)。高脂飲食中添加 5%的米糠萃取物也可以調降 TG、TC，減少動脈細胞凋亡基因的表現 (Perez-Tenero *et al.* 2017)。Gerhart 氏等針對高膽固醇志願者進行人體臨床試驗，在每日飲食中添加 84g 的安定化米糠加工食品，發現可以降血脂 (Gerhardt *et al.* 1998)。

一般認為米糠可以降血脂的成分主要是米糠的油脂，約占 12-23%的重量百分比，油脂中無法皂化的成分，包括有生育醇 (Tocopherols, tocotrienols)、米糠醇 (γ -oryzanol)、植物固醇等約佔米糠總重的 4.2%，都是可以調節血脂的成分，並且使用脫脂米糠無法降血脂，但用米糠油則可以 (Patel *et al.* 2004)。其次，一般認為可溶性膳食纖維可以吸附膽鹽 (Bile salt)，使之

無法結合膽固醇再吸收回體內，結果會促進體內低密度脂蛋白膽固醇分解，達到調節血脂的功能，表示在日常生活中多攝取膳食纖維可以減少內臟脂肪堆積，並且為負相關(Gerhardt *et al.* 1998; Panlasigui *et al.* 2006)。由於米糠中脂解酶 (Lipase) 活性相當高，會將米糠中油脂分解為游離脂肪酸，糙米在碾下米糠後，需在數小時內進行安定化處理 (Perez-Tenero *et al.* 2017)，產業上可用擠壓膨發機加熱 (Extrusion cooking) 或微波安定化。

米糠醇是極具保健潛力的機能成分，米糠醇是阿魏酸與不同植物固醇或三萜的酯化物，根據日本學者的研究 (Masuzaki *et al.* 2019)，米糠醇具有分子伴侶 (Molecular chaperone) 的功用，可抑制下視丘內質網壓力，減弱對動物脂肪的強烈偏好。在高脂飲食誘導和 STZ 誘導的糖尿病小鼠，米糠醇也可作用在胰島細胞改善內質網壓力，並保護 β 細胞免受細胞凋亡的影響。值得注意的是，米糠醇在小鼠的大腦獎賞系統 (基底核) 中，可作為去氧核糖核酸甲基轉移酶抑制劑，從而通過修飾細胞基因表現，減輕對高脂飲食的偏好。

2. 稻米多元酚與保健研究

稻米是許多亞洲國家人民的主要飲食，除了白米之外，不同顏色的米如黑米、紫米、紅米等也時常作為主食，這些含有色素的米除了提供碳水化合物、膳食纖維、脂質與蛋白質等營養素，也含有額外豐富的植化素如酚類、類黃酮、花青素等。稻米中的酚類包括羥基苯甲酸 (Hydroxybenzoic)、羥基肉桂酸類 (Hydroxycinnamic acids) 以及類黃酮 (Flavonoids)，常見的類黃酮包

括黃酮醇 (Flavonols)、黃烷醇 (Flavanols)、黃酮類 (Flavones)、異黃酮 (Isoflavones) 及花青素 (Anthocyanins) 等，常見的成分如芸香苷 (Rutin)、楊梅素 (Myricetin)、槲皮素 (Quercetin)、矢車菊素衍生物 (Cyanidin derivatives) 如 Cyanidin-3-glucoside、芍藥花素衍生物 (Peonidin derivatives) 等 (Ciulu *et al.* 2018; Hao *et al.* 2015)，常與黑米之保健功效相連結。許多研究顯示黑米在抗氧化、抗發炎、免疫調節、預防癌症與阿茲海默症均扮演重要角色 (Chen *et al.* 2015; Jang *et al.* 2012; Li *et al.* 2023; Liu *et al.* 2020)。國內學者以花蓮及彰化的黑米為材料，以 3T3-L1 細胞試驗，添加黑米的醇萃取物具有抑制脂質堆積的效果，可顯著提升 pAMPK/AMPK 和 pACC/ACC 蛋白質表現，抑制脂肪酸的合成，具有抗肥胖的效果 (Feng *et al.* 2022)。

第二型糖尿病為身體細胞對胰島素敏感度降低，產生「胰島素阻抗」使血糖無法被細胞正常吸收，因此改善胰島素阻抗是治療糖尿病重要的方向。據估計大約 75% 的餐後血糖由肌肉吸收，其中 GLUT4 蛋白促進血糖吸收轉運至肌肉，被認為是治療 T2D 的重要標的 (Sutandar *et al.* 2023)。在 C2C12 肌肉細胞試驗中加入黑米萃取物，可以促進細胞生長以及葡萄糖吸收，同時透過調節蛋白質的磷酸化如 pIRS-1/IRS-1、pAMPK/AMPK、pAkt/Akt、pERK/ERK 並導引 GLUT4 等來調節葡萄糖代謝 (Feng *et al.* 2022)。

AMPK (5'-Adenosine monophosphate activated protein kinase) 是真核生物細胞能量恆定之關鍵調節酵素，

當細胞消耗 ATP 導致 AMP 含量增加，此時 AMP 可活化 AMPK 使之磷酸化，改變細胞代謝的途徑轉為偏好代謝分解 (Martin *et al.* 2017)。AMPK 是相當上游的調控基因，受到 AMPK 磷酸化調節的作用包括促進葡萄糖吸收、糖解作用及分解代謝產生 ATP，並減少肝醣生合成；脂質代謝方面也會促進脂肪酸氧化分解 β -oxidation，抑制脂肪酸與膽固醇合成；同時會促進粒線體生合成，以順利進行葡萄糖與脂質的氧化磷酸化代謝。在進行粒線體生成過程，也會進行細胞基因複製的稽核，促進錯誤的粒線體凋亡及自我吞噬 (Autophagy) 重新生產製造，由於因為 AMPK 磷酸化可以促進 ATP 的產生，作為細胞代謝及修復能量所需，一直以來都是糖尿病與癌症研究的熱點區域，黑米及其他色素米的保健功效非常值得深入探討。

預熟米升糖指數及米飯調節高血 脂病患之人體試食試驗

一、預熟米及其升糖指數人體試驗

預熟米一種預先將稻穀或糙米蒸煮熟化加工的模式，具有許多優點，包括：先蒸熟可殺死蟲卵避免倉貯期之蟲害、破壞酯解酶 (Lipase) 活性減少品質劣變，蒸煮過程使澱粉糊化，降溫時澱粉回凝產生抗性澱粉使升糖指數降低，浸泡過程中，水分由外擴散至米粒內部，使米粒胚芽、麩皮和外殼中的營養成分轉移到米粒內部，使其更為營養豐富。同時，預熟米的製程也可以使米粒更堅硬，不易煮爛或變得黏稠。

全球糖尿病盛行率於 2019 年已達

10%，一般建議糖尿病患應避免食用高升糖指數 (Glycemic index, GI) 與高升糖負荷 (Glycemic load, GL) 食品 (Saeedi *et al.* 2019)，白米飯及糙米飯 GI 值約 80-90、50-60。長粒秈米因直鏈澱粉含量較高，消化速度慢，GI 低於粳米，糙米因保有較高的膳食纖維，GI 值也顯著低於白米飯，此外預熟米因加工程序於蒸熟冷卻過程會產生澱粉老化回凝成為抗性澱粉，使其 GI 降低，也是具有潛力的低 GI 米飯食品。

第二型糖尿病病患 (type II diabetes mellitus, T2DM) 因胰島素阻抗，其移除血糖的能力較健康的受試者低，因此有必要以糖尿病患進行不同食品的 GI 試驗。Wolever 氏等(1986)招募 18 名糖尿病患，其中 5 名為胰島素依賴型患者 (Insulin dependent diabetes mellitus, IDDM)，另外 13 名為非胰島素依賴型 (Non-Insulin dependent diabetes mellitus, NIDDM) 患者，比較了以不同方式加工和不同煮熟時間米飯的血糖反應。試驗以白麵包為控制組，GI 定為 100，普通長粒白米的平均 GI 為 83，顯著低於白麵包 (100, $P < 0.01$)，顯著高於同品種預熟米之 67 ($P < 0.01$)，並且所有糖尿病患者對米飯的升糖反應一致。

Larsen 氏等(2000)進一步探討預熟米加工過程澱粉結構的變化，以及對 T2DM 病患血糖及胰島素反應的影響。該研究納入 9 名 T2DM 病患，提供 4 種測試食品包括：白麵包 (WB) 和 3 個相同品種的米飯，分別是未預熟米 (NP)、傳統輕度預熟米 (TP) 及高壓預熟米 (PP)。受試者在隔夜禁食後分別攝入含 50 公克碳水化合物的測試餐，三種米飯樣本的餐後血糖反應

均低於白麵包 (Mean±SEM; WB: 626±80; NP: 335±43; TP: 274±53; PP: 231±37mmol/l*180mi; $P<0.001$)。換算成 GI 值, NP 為 55、TP 為 46、PP 為 39, 且 PP 顯著低於 NP ($P<0.05$)。進一步以差示掃描熱量計 (Differential scanning calorimetry, DSC) 分析顯示, 所有米飯樣本中均存在澱粉-脂質複合物, PP 中還存在老化回凝 (Retrogradation) 的支鏈澱粉 (Amylopectin), 但是在任何米飯樣本中都未檢測到老化回凝的直鏈澱粉 (Amylose), 此研究結果暗示了粳米或許為開發低 GI 預熟米的首選, 因為含有較高比例的支鏈澱粉, 在蒸熟回凝過程可產生更豐富的抗性澱粉。

二、米飯對高血脂病患調節血脂功效試驗

依據 2017-2020 年國民營養健康狀況變遷調查結果顯示, 18 歲以上國人三高盛行率為: 高血壓 27%、高血糖 11%、高血脂 26%。另依國民健康署 107 年研究結果顯示, 高血壓、高血糖、高血脂個案後續發生中風或心臟病的風險分別是 1.72 及 1.78 倍、1.43 及 1.47 倍、1.36 及 1.43 倍, 國民健康署呼籲國人應該均衡飲食、規律運動及定期檢查以預防三高及相關風險。為了解白米飯、蕎麥糙米飯及紅薏仁糙米飯等 3 種穀物主食, 在連續攝取後對高血脂病患調節血脂的影響, 農委會臺中區農業改良場及農業試驗所於 2018 年委託財團法人國泰醫院進行米飯及雜糧糙米飯對高血脂病患保健功效之評估, 血脂異常病患納入條件為具有高膽固醇血症 (血漿總膽固醇 (TC) $> 200\text{mg/dL}$) 或為混合型高脂血症

(TC $> 200\text{mg/dL}$ 且三酸甘油酯 (TG) $> 200\text{mg/dL}$), 並依據衛福部公告之「健康食品之調節血脂功能評估方法」進行試食評估。

此試食試驗為單一中心、前瞻性、隨機分配、三臂組的研究, 58 名試驗受試者以 1:1:1 的比例進行隨機分配於「白米飯 (WR)」、「蕎麥糙米飯 (BBR)」及「紅薏仁糙米飯 (JBR)」三個組別, 試驗物質由合格餐飲機構烹調製作午餐及晚餐餐盒, 每盒均提供 100g 之熟飯主食, 依試驗規劃分為白米飯 (WR)、蕎麥糙米飯 (BBR) 或紅薏仁糙米飯 (JBR) 等 3 組。佐餐之蔬菜肉類種類與份量均由營養師調配等量, 產品食材均經品質檢驗及具生產履歷, 製作過程依據 HACCP 驗證之標準作業, 並以宅配送至醫院, 由專門的人員發送, 每天提供午、晚餐, 每週 5 天共持續 8 週。在試驗的第 0、4、8 週 (Visit 1, 2 and 3) 為病患抽血檢驗生化數值, 受試者於試驗期間除接受電話訪問了解關於研究用產品之問題及遵從性, 並盡量維持良好的生活作息。

有關本試驗中雜糧糙米飯對高血脂病患保健效果評估, 雜糧飯之效果已於 2020 臺加雙邊米穀豆類營養保健與創新加工研討會中發表, 本文特別擷取該試驗中尚完全發表之白米組之檢驗數值做比較, 在第 0 周與第 8 周時, 白米組之 TC、低密度脂蛋白膽固醇 (LDL-C)、肌酸酐 (Creatinine) 具顯著差異, TC 平均降低 17.7 mg/dl ($P<0.001$)、LDL-C 平均降低 16.2 mg/dl ($P<0.001$)、Creatinine 平均降低 0.03 mg/dl ($P<0.05$; 表 4; 圖 2)。

另一方面, 在肝發炎指數、腎功能、脂肪肝及肝纖維化指數, 白米組受

試者的 AST、腎絲球過濾率、體重及 BMI 均呈現下降趨勢，雖然未達顯著水準 ($P<0.1$)，但可視為略有改善作用。其他數值在試驗前後均無顯著差異，並都在正常範圍內 (表 4)。值得一提的是，在接受指定的試驗飲食 2 個月期間，白米飯組受試者體重平均減少 0.82 公斤，雖然未達顯著水準但也相當可觀。

米食與健康大數據之關聯分析

一、傳統日本式飲食及米飯對肥胖與缺血性心臟病的關係

日本學者今井朋子教授為了瞭解飲食與健康的關係，比較了多個全球性的資料庫，包括聯合國糧農組織、聯合國統計資料庫、世界衛生組織資料庫等，篩選全球 132 個人口高於 100 萬人的國家為研究對象，取得每日食品供給量 (g/day/capita) 和熱量攝取量 (kcal/day/capita) 及全球各國肥胖盛行率資料；其中飲食因子包括米、魚類、黃豆、蔬菜、小麥、牛奶、紅肉及海帶等。同時從「2015 年全球疾病、傷害與風險因子研究」(Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2015 database) 資料庫取得缺血性心臟病、健康生活型態 (Healthy life expectancy, HALE) 與抽菸率資料；並分析世界銀行資料庫取得國民生產毛額 GDP、65 歲以上老年人口比例與健保支出等資料。在比對分析後發現以接近傳統日本飲食 (米、魚類、黃豆) 為主食的國家，人民的肥胖率及缺血性心臟病發生的比例皆較低，且與飲食狀況顯著相關 (Imai *et al.* 2019)。

在主要的飲食因子中，以米飯為主食的國家民眾肥胖程度較低，且米飯的攝取和肥胖呈負相關 ($\beta \pm SE$; -0.70 ± 0.19 , $P<0.001$)，和缺血性心臟病亦呈負相關 (-19.4 ± 4.3 , $P<0.001$)，與健康生活型態則為正相關。該學者進一步推算，只要每人每天多吃 50 公克米飯，全球的肥胖人口就可以減少 1%。這項研究在 2019 年歐洲肥胖研究大會中發表，相關研究成果也已經刊登在 2019 年的「營養、健康與老化」期刊中 (Imai *et al.* 2019)。今井教授說明，米飯為低脂食品，並含有抗性澱粉，因此為健康的食物。

二、白米、糙米與第二型糖尿病之風險

依國際糖尿病聯盟 (International Diabetes Federation, IDF) 發佈的新數據顯示，全球糖尿病發病率正以驚人的速度增長，2019 年全球約有 4.63 億成年人患有糖尿病 (Saeedi *et al.* 2019)。根據「2019 台灣糖尿病年鑑」，臺灣糖尿病罹病率為 9.3%，約有 220 萬人罹患此病。有鑑於稻米在亞洲主食中佔有主導地位，白米及糙米對健康的影響也格外受到矚目。

由於糙米是完整的穀物，保留了穀粒的糠皮、胚芽以及其中的纖維、維生素和礦物質，此外糙米中含有較高的膳食纖維和較慢的吸收速度，使其相較於白米 GI 較低，因此如果能將白米全部或部份取代為糙米，對於預防第二型糖尿病應能發揮重要作用。

依據 Sun 氏等 (2010) 分析美國超過 19.6 萬民眾飲食、生活型態與慢性疾病發生的 3 個健康調查資料庫顯示，每週攝取 5 次白米以上，有較高的

罹患糖尿病風險，相對地每週攝取 2 次以上糙米對比每個月攝取低於 1 次糙米，可以顯著減少第二型糖尿病風險，並且估計如果每天攝取 50g 糙米可減少罹患第二型糖尿病風險達 16%。

Yu 氏等 (2022) 更進一步以大數據分析白米、糙米與第二型糖尿病的風險，該研究由 PubMed、EMBASE 及 Cochrane database 等三大資料庫中，篩選 19 個嚴謹控制的臨床試驗報告，其中 8 個為超過 1 年期之前瞻世代研究 (Prospective cohort study)，分析之白米及糙米個體數分別為 577,426 及 197,228；另外 11 個為隨機對照試驗 (Randomized controlled trial, RCT)，個體數 1,034。在 19 個研究中，15 個為包含白米的試驗，將所有數據混合後，發現攝取白米的綜合相對風險值 (Pooled relative risk, RR) 為 1.16 (95% Confidence interval (CI): 1.02-1.32)，增加 16% 的風險。但是如果將攝取量納入計算，則可以發現每天攝取 300 公克白米時並無風險，每天攝取一份 (158g) 的風險值為 0.97 (95% CI: 0.92-1.02)。每日攝取 300 公克以上白米時，每增加一份份量 (158 公克) 則會增加 13% 罹患第二型糖尿病的風險。相較之下，糙米攝入與第二型糖尿病風險降低相關綜合風險 11% (95% CI: 0.81-0.97)，如果每天增加 50 公克的糙米攝入量，第二型糖尿病風險可下降 13% (95% CI: 0.80-0.94)，未來應設法推廣糙米之食用。

結語

由日本學者比對聯合國及世界衛生組織資料庫結果可知，白米作為主

食相對於其他類型主食較為健康，每天食用 300 公克白米並不會增加罹患糖尿病風險，只有過量食用才會增加。以目前國人每年消費米量 44 公斤計算，平均每天僅食用 120 公克，如果能增加到 150 公克則年均消費量約可增加到 54 公斤，與日本人均年消費量相當。在 GI 試驗中常將白麵包 GI 值訂為 100，精白米飯 GI 值約為 80-90，糙米則為 60-80，顯示米質皆為相對低 GI 的主食，此外米飯在烹調時維持原本的米粒結構，烹調後降溫過程的澱粉膠體變化，可使米飯消化較慢較有飽足感，相對於麵包是較為健康的食用模式，對比國人的稻米消費不斷下降而肥胖率逐年上升，米飯為主的飲食或許值得注意與推動。

如果能在每日主食中加入 50 公克糙米，罹患糖尿病風險可減少 13%，以目前國人的食用習慣而言，如能適度增加糙米在米飯中的比例達 25-50%，應可維持米飯口感並增進國人健康，可再探討適合的烹調方式並推廣之。針對國內及全球約 10% 的糖尿病患而言，預熟米應是低 GI 主食最佳的選擇，以不同米種粳米或秈米生產具有穩定低 GI 之米產品，應有極大的市場空間。在一般糙米之外，黑米是極具保健潛力的米種，值得國內米穀公司注意生產與試驗推廣。

國人的肥胖率逐年上升，稻米消費量則反向逐年減少，顯示攝取米飯並非造成肥胖的主因，是取代的飲食內容及總熱量攝取增加所造成的影響，本現象值得政府部門探討以米飯為主食對國人健康的影響，並應與營養主管機關及學校加強溝通，推動健康米食以促進國人健康。

參考文獻

- 郭菁芳。2021。109 年我國糧食供需統計結果。農政與農情。110 年 12 月。354: 75-78。
- 衛生福利部國民健康署。2019。國民營養健康狀況變遷調查成果報告 2013-2016 年。
- 衛生福利部國民健康署。2022。國民營養健康狀況變遷調查成果報告 2017-2020 年。
- 衛生福利部國民健康署。2022。國人膳食營養素參考攝取量第八版。
- 衛生福利部食品藥物管理署。2016。食品營養成分資料庫。<https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178>。Accessed: May 17, 2023.
- Chen XY, J Zhou, LP Luo, B Han, F Li, JY Chen, YF Zhu, W Chen, XP Yu (2015) Black rice anthocyanins suppress metastasis of breast cancer cells by targeting RAS/RAF/MAPK pathway. **Biomed. Res. Int.** 414250.
- Ciulu, M., Cádiz-Gurrea, M. D. L. L., & Segura-Carretero, A. (2018). Extraction and analysis of phenolic compounds in rice: a review. **Molecules**, 23(11), 2890.
- Feng SY, SJ Wu, YC Chang, LT Ng, SJ Chang (2022) Stimulation of GLUT4 glucose uptake by anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L.) via PI3K/Akt and AMPK/p38 MAPK Signaling in C2C12 Cells. **Metabolites**. 12: 856.
- Gerhardt AL, NB Gallo (1998) Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. **J. Nutr.** 128: 865-869.
- Hao J, H Zhu, ZQ Zhang, SL Yang, HR Li (2015) Identification of anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L.) by UPLC/Q-TOF-MS and their *in vitro* and *in vivo* antioxidant activities. **J. Cereal Sci.** 64: 92-99.
- Hundemer JK, SP Nabar, BJ Shriver, LP Forman (1991) Dietary fiber sources lower blood cholesterol in C57BL/6 mice. **J. Nutr.** 121: 1360-1365.
- Imai T, K Miyamoto, A Sezaki, F Kawase, Y Shirai, C Abe, A Fukaya, T Kato, M Sanada, H Shimokata (2019) Traditional Japanese diet score-association with obesity, incidence of ischemic heart disease, and healthy life expectancy in a global comparative study. **J. Nutr. Health Aging.** 23: 717-724.
- Jang HH, MY Park, HW Kim, YM Lee, KA Hwang, JH Park, DS Park, O Kwon (2012) Black rice (*Oryza sativa* L.) extract attenuates hepatic steatosis in C57BL/6 J mice fed a high-fat diet via fatty acid oxidation. **Nutr. Metab.** 9: 27.
- Kim JY, M Shin, YR Heo (2014) Effects of stabilized rice bran on obesity and antioxidative enzyme activity in high fat diet-induced obese C57BL/6 mice. **J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.** 43: 1148-1157.
- Kolahdouzan M, H Khosravi-Boroujeni, B Nikkar, E Zakizadeh, B Abedi, N Ghazavi, N Ayoobi, M Vatankhah

- (2013) The association between dietary intake of white rice and central obesity in obese adults. **ARYA Atheroscler.** 9: 140-144.
- Larsen HN, OW Rasmussen, PH Rasmussen, KK Alstrup, SK Biswas, I Tetens, SH Thilsted, K Hermansen (2000) Glycaemic index of parboiled rice depends on the severity of processing: study in type 2 diabetic subjects. **Eur. J. Clin. Nutr.** 54: 380-5.
- Lee JS, N Sreenivasulu, RS Hamilton, A Kohli (2019) Brown rice, a diet rich in health promoting properties. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.** (Tokyo) 65 (Supplement): S26-S28.
- Justo ML, C Claro, M Zeyda, TM Stulnig, MD Herrera, R Rodríguez-Rodríguez (2016) Rice bran prevents high-fat diet-induced inflammation and macrophage content in adipose tissue. **Eur. J. Nutr.** 55: 2011-2019.
- Li X, Y Du, C Zhang, L Wang (2023) Black rice regulates lipid metabolism, liver injury, oxidative stress and adipose accumulation in high-fat/cholesterol diet mice based on gut microbiota and untargeted metabolomics. **J. Nutr. Biochem.** 109320.
- Liu D, Y Ji, J Zhao, H Wang, Y Guo, H Wang (2020) Black rice (*Oryza sativa* L.) reduces obesity and improves lipid metabolism in C57BL/6J mice fed a high-fat diet. **J. Funct. Foods.** 64: 103605.
- Marin TL, B Gongol, F Zhang, M Martin, DA Johnson, H Xiao, Y Wang, S Subramaniam, S Chien, JYJ Shyy (2017) AMPK promotes mitochondrial biogenesis and function by phosphorylating the epigenetic factors DNMT1, RBBP7, and HAT1. **Sci. Signal.** 10: eaaf7478.
- Masuzaki H, C Kozuka, S Okamoto, M Yonamine, H Tanaka, M Shimabukuro (2019) Brown rice-specific γ -oryzanol as a promising prophylactic avenue to protect against diabetes mellitus and obesity in humans. **J. Diabetes Investig.** 10: 18-25.
- Panlasigui LN, LU Thompson (2006) Blood glucose lowering effects of brown rice in normal and diabetic subjects. **Int. J. Food Sci. Nutr.** 57: 151-158.
- Patel, M and S. N. Naik. 2004. Gamma-oryzanol from rice bran oil – A review. **J. Sci. Indus. Res.** 63:569-578.
- Perez-Tenero C, MD Herrera, U Laufs, M Alvarez de Sotomayor, C Werner (2017) Food supplementation with rice bran enzymatic extract prevents vascular apoptosis and atherogenesis in ApoE^{-/-} mice. **Eur. J. Nutr.** 56: 1-12.
- Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Malanda, B., Karuranga, S., Unwin, N., ... & IDF Diabetes Atlas Committee. (2019). Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International

- Diabetes Federation Diabetes Atlas. **Diabetes Res. Clin. Prac.**, 157, 107843.
- Sun Q, D Spiegelman, RM van Dam, MD Holmes, VS Malik, WC Willett, FB Hu (2010) White rice, brown rice, and risk of type 2 diabetes in US men and women. **Arch. Med.** 170: 961-969.
- Sutandar VH, MI Saleh, Z Maritska (2023) GLUT4 as a protein target for T2DM therapy with natural compounds. **Biol. Med. Nat. Prod. Chem.** 12: 289-293.
- Wolever T, D Jenkins, J Kalmusky, A Jenkins, C Giordano, S Giudici, R Josse, G Wong (1986) Comparison of regular and parboiled rices: explanation of discrepancies between reported glycemic responses to rice. **Nutr. Res.** 6: 349-357.
- Yu J, B Balaji, M Tinajero, S Jarvis, T Khan, S Vasudevan, V Ranawana, A Poobalan, S Bhupathiraju, Q Sun, W Willett, FB Hu, DJA Jenkins, V Mohan, VS Malik (2022) White rice, brown rice and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **BMJ Open** 12: e065426.

表 1. 1993-2016 年期間國人肥胖增加情形及主食稻米及小麥消費量變化

年度 Year	過重 over weight	肥胖 Obesity	稻米及小麥每人每年消費量 (kg) Consumption of rice and wheat per capita per year (kg)	
	24 ≤ BMI ≤ 27	BMI ≥ 27	稻米 Rice	小麥 Wheat
1993-1996	21.5%	11.8%	60-59	30
2005-2008	25.5%	17.9%	50-49	37-38
2013-2016	22.8%	23.0%	45	37-38

資料來源：農糧署統計資料及國健署「國民營養健康狀況變遷調查」。

表 2. 不同穀物主要營養成分與礦物質之比較 (資料來源：衛生福利部台灣食品營養成分資料庫，2016N5 版)

營養成分 (每 100 公克)	糙米 (台梗 9 號)	白米 (台梗 9 號)	蕎麥	糙薏仁	燕麥	小麥
熱量 (kcal)	364	353	361	387	406	362
修正熱量 (kcal)	355	352	353	379	388	338
水分 (g)	12.5	14.3	13.2	11.0	10.0	12.6
粗蛋白 (g)	7.4	6.6	11.0	13.7	10.9	14.1
粗脂肪 (g)	2.3	0.6	2.9	7.4	10.2	2.6
飽和脂肪 (g)	0.6	0.2	0.6	1.1	1.9	0.5
灰分 (g)	1.1	0.3	1.6	2.0	1.5	1.5
總碳水化合物 (g)	76.6	78.2	71.3	65.9	67.4	69.2
膳食纖維 (g)	4.5	0.6	3.5	3.8	8.5	11.3

表 3. 不同穀物維生素含量之比較 (資料來源：衛福部台灣食品營養成分資料庫，2016N5 版)

營養成分 (每 100 公克)	糙米- 益全香米	白米- 台梗 9 號	蕎麥	糙薏仁	燕麥	小麥
維生素 E						
維生素 E 總量	3.98	0.17	3.25	3.21	3.69	3.50
α -維生素 E 當量	1.68	0.14	1.05	0.36	1.55	1.65
α -生育醇	1.51	0.14	0.81	0.02	1.30	1.27
β -生育醇	0.08	0.00	0.02	0.11	0.24	0.56
γ -生育醇	1.36	0.03	2.30	2.87	1.46	1.60
δ -生育醇	1.04	0.00	0.12	0.20	0.69	0.07
維生素 B 群&C						
維生素 B1	0.33	0.06	0.53	0.43	0.50	0.41
維生素 B2	0.05	0.02	0.11	0.13	0.07	0.10
菸鹼素	5.43	1.05	4.49	4.97	0.83	5.39
維生素 B6	0.14	0.12	0.42	0.22	0.09	0.27
葉酸	27.1	12.3	69.1	62.2	61.1	73.3
維生素 C	0.1	0.0	5.0	0.0	11.9	5.1

單位為 mg/100g

表 4. 白米組受試者在穩定期(visit 1)、試食 4 週及 8 週(visit 2、3)後各項檢驗數
值之統計

白米組之數值	穩定期	第四週	第八週	P value
Test results at base line and following visit	Visit 1	Visit 2	Visit 3	Visit 1-3
	平均值 Mean			
糖化血色素分析 HbA1c (%)	5.96	5.9	5.93	0.4108
三酸甘油酯 TG (mg/dL)	149.58	155.37	157.05	0.6237
總膽固醇 TC(mg/dL)	228.74	215.47	211.05	0.0005
高密度脂蛋白膽固醇 HDL-C(mg/dL)	60.16	57.16	58	0.2387
低密度脂蛋白膽固醇 LDL-C(mg/dL)	149	136.32	134	0.0007
尿素氮 BUN(mg/dL)	13.74	13.63	12.47	0.1582
肌酸酐 Creatinine(mg/dL)	0.78	0.77	0.76	0.0218
天冬氨酸氨基轉移酶 AST(IU/L)	25.16	22.68	21.05	0.0836
谷氨酸丙酮酸轉氨酶 ALT(IU/L)	22.63	20.95	20.16	0.1597
體重 BODY WEIGHT (kg)	66.83	65.98	66.12	0.0950
身體質量指數 BMI (kg/m ²)	25.4	25.09	25.14	0.0920
空腹血糖 AC (mg/dL)	98.47	96.58	98.63	0.9105
腎絲球過濾率 eGFR (ml/min/1.73m ²)	89.23	91.65	92.56	0.0539
收縮壓 systolic blood pressure (mmHg)	129.74	127.37	127.79	0.4702
舒張壓 diastolic blood pressure(mmHg)	80.0	77.79	77.16	0.2236
脂肪肝指數 CAP (dB/m)	266.68	--	261.37	0.4942
肝纖維化 Liver fibrosis index (kPa)	4.86	--	4.89	0.8941

Abbreviations: AC: fasting blood glucose; ALT: alanine aminotransferase; AST : aspartate aminotransferase; BMI : body mass index; BUN: blood urea nitrogen; CAP : controlled attenuation parameter; CI: confidence interval; eGFR: estimated Glomerular filtration rate; HbA1c: glycosylated hemoglobin; HDL: high density lipoprotein; LDL: low density lipoprotein; LFS: liver fat score; TC: total cholesterol; TG: triglycerides.

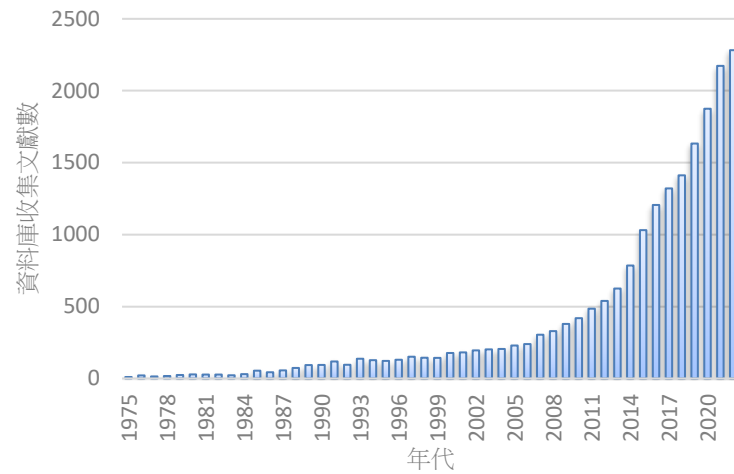


圖 1. 以「稻米和健康」為關鍵詞檢索 PubMed 資料庫之論文發表趨勢

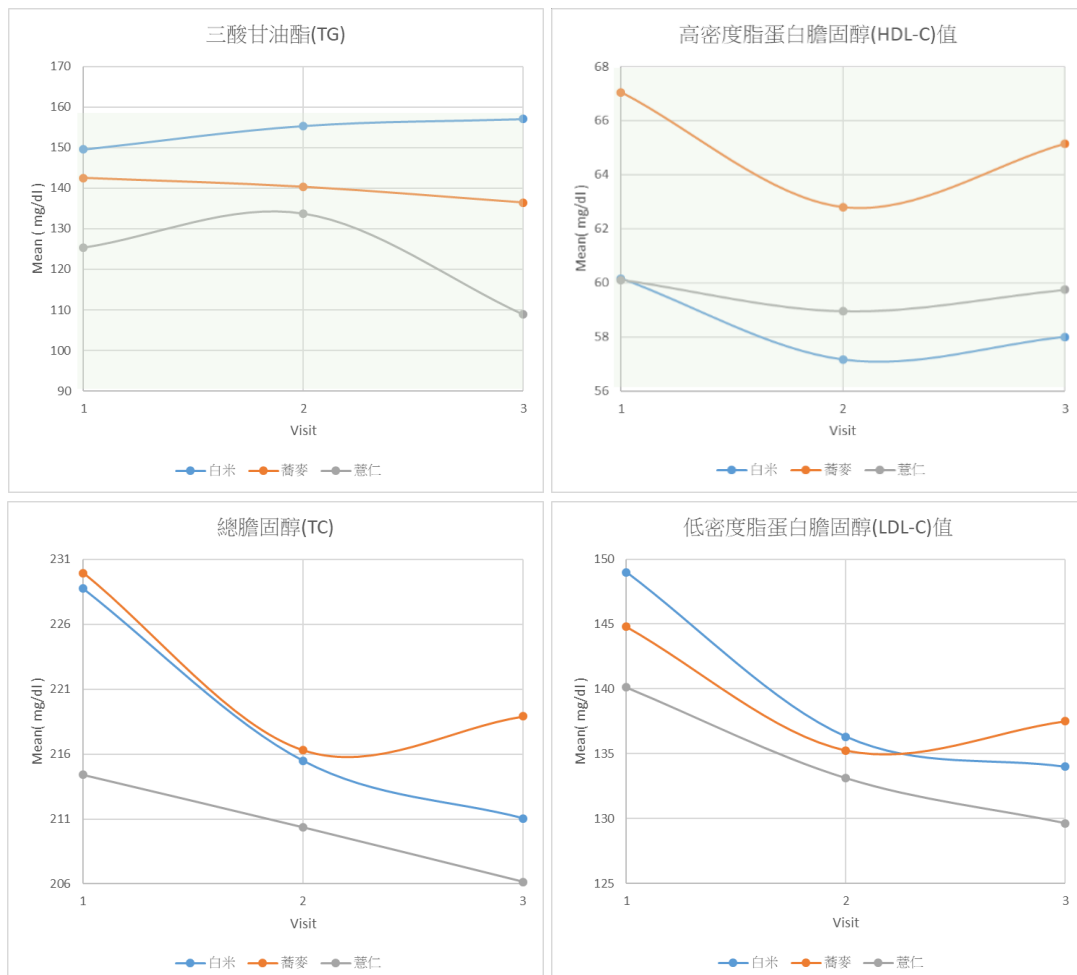


圖 2. 「白米飯(WR)」、「蕎麥糙米飯(BBR)」及「紅薏仁糙米飯(JBR)」，三個組別受試者在穩定期及試食 4 週、8 週後血脂變化的情形

百年品種吉野 1 號之前世今生與多元利用

宣大平¹、黃佳興¹、曾崢萌¹、范雅鈞²、杜麗華¹、邢禹依³、魏甫錦³、李睿家¹

¹ 行政院農業委員會花蓮區農業改良場

² 凡止文創股份有限公司

³ 中央研究院植物暨微生物研究所

摘要

水稻品種‘吉野 1 號’是臺灣最早發展成功種植的梗型品種之一，更是在臺灣梗稻栽培史上唯一能傳承超過百年，至今仍有農友實際種植，消費者也還買的到的老品種。花蓮區農業改良場（以下簡稱花蓮場）長期進行保種工作，也曾經特別針對‘吉野 1 號’進行品種純化，並提供給地方有興趣栽培之農友種植，使本品種能持續延續。

地方耆老流傳有關‘吉野 1 號’是日本移民青木繁由故鄉帶來試種改良而來，是曾進獻給日本天皇的天皇米，但其中細節皆不清楚。花蓮場為了進一步了解‘吉野 1 號’的前世今生，特別委託歷史學者范雅鈞博士協助，並成立專案小組深入發掘相關史料及訪查地方耆老，找出許多‘吉野 1 號’不為現在所知的有趣史料，並集結出版「吉野 1 號米」一書。本文將介紹‘吉野 1 號’之相關新發現，包括探討‘吉野 1 號’之來歷；‘吉野 1 號’在日據時代花蓮曾有三進獻日本天皇紀錄，其中 1928 年第 1 次獻穀田的位置竟就在花蓮場現在的水稻試驗田；臺灣光復後‘吉野 1 號’成為花蓮地區的稻米珍品，曾多次獻給當時總統；‘吉野 1 號’也被作為水稻育種材料，其中水稻台農 67 號即含有‘吉野 1 號’之遺傳背景，以至於許多臺灣水稻栽培史中有名之重要品種皆具有‘吉野 1 號’之親緣。‘吉野 1 號’曾於日據時代當時專賣局評為最適合釀製清酒之原料，並成為當時有名清酒瑞光與凱旋之主要原料。本文也確認‘吉野 1 號’是純日本品種，未與臺灣在地 *Indica* type 品種雜交。

本文主要根據花蓮場出版之「吉野 1 號米」專書為依據，介紹花蓮場發掘出來之‘吉野 1 號’新史料，並對部分細節再深入探討，也將介紹‘吉野 1 號’米近年來的利用情形，包括吉安農會之特色小包裝產品，花蓮場研發‘吉野 1 號’甘酒製作技術及相關產品，另外也發展成有品牌及特色之清酒或燒酎產品。希望藉本文能讓各界對的發展與變遷有更深入與完整的了解。

關鍵字：水稻、‘吉野 1 號’、吉野村、獻穀田、天皇米、多元化利用、清酒、甘酒。

* 通訊作者，Corresponding email: dahpyngs@hdares.gov.tw

Development and Multiple Utilization of the Rice Variety Yoshino No. 1

Ta-Ping Hsuan, Chia-Shing Huang, Ching-Meng Tseng, Ya-Jiun Fan, Li-Hwa Du, Yue-Ie C. Hsing, Fu-Jin Wei, Jui-Chia Lee

Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Hualien County, Taiwan, 973044 Taiwan R. O. C.

ABSTRACT

The rice variety "Yoshino No. 1" is one of the earliest successful Japonica rice varieties developed and cultivated in Taiwan for over a hundred years and is still actively cultivated by farmers and available to consumers. The Hualien Station has been actively involved in seed preservation work and has specifically focused on purifying the "Yoshino No. 1" variety, providing it to local farmers interested in cultivation, ensuring the continuous existence of this variety.

According to local elders, it is believed that "Yoshino No. 1" was brought to Taiwan and improved by Japanese immigrant Aoki Shigeru. It was also known as the Emperor's rice, offered as a tribute to the Emperor of Japan, although the details are unclear. To further understand the history of "Yoshino No. 1," the Hualien Station commissioned Dr. Fan Ya-Jiun, a historian, to assist in the research and established a project team to explore relevant historical records and interview

local elders. Many interesting historical materials about "Yoshino No. 1" that were previously unknown were discovered, and these findings were compiled and published in the book "Yoshino No. 1 Rice." This article will introduce the new discoveries related to "Yoshino No. 1," including finding the Japanese-era household registration data of the Aoki family, who brought "Yoshino No. 1" to Taiwan, and exploring the origin of "Yoshino No. 1." It will also discuss the records of three instances when "Yoshino No. 1" was offered as tribute rice to the Emperor of Japan during the Japanese colonial era, with the surprising revelation that the first tribute field in 1928 was located in the rice experimental field of the Hualien Station. After Taiwan's retrocession, "Yoshino No. 1" became a precious rice variety in the Hualien area, highly sought after by private rice mills and favored by affluent consumers or used for gifting, and it was even presented to the President at that time. "Yoshino No. 1" has also been used as breeding material for rice varieties, and the genetic background of "Yoshino No. 1" can be found in many important rice varieties in Taiwan, such as Tainung 67. It was also highly regarded as a raw material for making sake during the Japanese colonial era and served as the main ingredient in famous sake brands such as Zuiko and Kaisen. It has been confirmed that "Yoshino No. 1" is a pure Japanese variety and did not crossbreed with local Indica rice varieties in Taiwan.

This article is mainly based on the book "Yoshino No. 1 Rice" published by the Hualien Station, introducing newly discovered historical materials about Yoshino No. 1. It delves deeper into certain details mentioned in the book and also discusses the recent utilization of Yoshino No. 1 rice.

Keywords: Rice, Yoshino No. 1, Yoshino Village, Japanese immigrant village, Imperial Grain Fields, Emperor's rice, Multiple utilization, Sake, Amazake.

前言

‘吉野 1 號’是花蓮吉安傳奇的稻品種，地方耆老口耳相傳是日本移民青木繁由故鄉帶來改良試種成功；是曾進獻給日本天皇的天皇米，當年獻穀田在今日吉安鄉稻香國小旁；彭湧川農友多年來因為對‘吉野 1 號’的味道情有獨鍾，持續地種植‘吉野 1 號’。多年來‘吉野 1 號’吸引著許多人注意，但其中歷史細節皆不清楚。

2021 年，適逢本場籌辦 83 周年場慶、高雄餐飲大學陳千浩老師發現日據時期最高等級清酒-瑞光、凱旋的酒造米是‘吉野 1 號’，想運用日據時代最好的清酒材料‘吉野 1 號’來釀製臺灣地酒、吉安農會也要舉辦農會百年慶祝活動，於是本場、高雄餐飲大學陳千浩老師、吉安農會及在地青農藍于昇共同合作，一方面在吉安稻香國小旁地方耆老相傳當年的‘吉野 1 號’獻穀田重新種植‘吉野 1 號’5 分地，收穫後由陳

千浩老師釀製出‘吉野 1 號’清酒「神跡」；同時本場基於對‘吉野 1 號’深厚的感情與機關在地之社會責任，想找出更多史料讓這個老品種再現風華，提供地方更多文史研究，讓老品種與在地做更深的連結，成為在地食農教育的故事素材，更希望這個品種未來能再發光發熱。本場委託范雅鈞博士協助史料與老照片蒐集，本場同仁也翻箱倒櫃找檔案、探詢耆老及退休同事、找戶政事務所找日本時代戶籍資料、去地政事務所找日本地籍紀錄，耗時 11 個月努力發掘歷史，終於有了許多驚喜的發現，完成超級任務。

‘吉野 1 號’的來歷探索

‘吉野 1 號’歷史緣由及時代背景發生在日據時代的日本第一個官營移民村-吉野村。

1895 年中日甲午戰爭後，清廷割讓臺灣，臺灣成為日本的殖民地。1908 年花蓮發生七腳川事件，事件平息後，1909 年 (明治 42 年) 2 月 9 日，「荳蘭移民指導所」成立於花蓮港廳蓮鄉荳蘭社，由總督府招募日本移民。

1911 年 (明治 44 年)，正式命名「吉野村」，為第一個日本官營移民村；同年 8 月將荳蘭移民指導所改名為「吉野村移民指導所」，負責指導移民農耕技術，示範熱帶、亞熱帶作物栽培。

有關‘吉野 1 號’身世來源，發掘出之史料，最主要是根據吉野移民村最後一任村長清水半平先生《官營移民吉野村回顧錄》記載：吉野村宮前部落的年輕日本移民青木繁，1913 年入村時帶來故鄉熊本縣肥後米，經過幾年

努力試種，「清水先生，這次終於種出特級稻米了！」當時已是 1919 年秋天。種出來的米，口感與肥後米相似，為了感謝他的辛勞，最初稱為「青木種」，很快地流傳到全村，後來又不斷改良，農民收入增加。1923 年，為了表揚青木君，特地取名「吉野米」。

有關「吉野 1 號」身世第二個證據史料是根據花蓮中學第三屆畢業生、也是吉野村移民第二代岡年宣的考察資料：「吉野 1 號」創始者是 1916 年吉野村最後一批移民中「青木氏」，自故鄉熊本縣菊池郡帶來稻種，跟臺灣在來米交配之後，在吉野村馴化種植。1919 年（民國 8 年、大正 8 年）第二期種植成功，因此稱為「青木種」，吉野村民種植漸廣。1928 年花蓮港廳獻穀田種植該稻種，正式命名為「吉野 1 號」，名聲傳布全台（范，2022）。

「吉野 1 號」身世第三個證據史料，是根據日本時代《吉野村概況》一書記載，「吉野 1 號」是大正 4 年（西元 1915 年、民國 4 年）栽培之內地種米歷經改良之優良品種（圖 1）。

綜合以上資料，「吉野 1 號」為西元 1915 年（民國 4 年、大正 4 年）或 1919 年（民國 8 年、大正 8 年）試種成功於吉野村，距今 104-108 年。是超過百年的品種。

相較於大家熟知的臺灣蓬萊米發展史，1922 年台北州廳於海拔 600 多公尺台北竹子湖，成功試種「中村種」為代表的數十個品種，耕作面積約 414 公頃。但是相同品種移到平地栽培即告失敗。1923 年末永仁提出「幼苗插植法」，於平地成功栽培「中村種」水稻，本田之生育正常，延後抽穗，提高產量且穩定。1926 年選出的耐病性

品種「嘉義晚二號」開始取代「中村」普及全臺。1924 年末永仁以「龜治」與「神力」為親本進行雜交，1936 年（民國 25 年、昭和 11 年）臺中 65 號正式命名推廣，旋即成為早期臺灣蓬萊稻栽培的主流（引述自磯永吉小屋-蓬萊米溯源網頁）。

「吉野 1 號」西元 1915 年（民國 4 年、大正 4 年）或 1919 年（民國 8 年、大正 8 年）就試種成功於吉野村，較臺中 65 號於 1936 年（民國 25 年、昭和 11 年）正式命名推廣，早了 17 或 21 年！

在吉野移民村成功種植發展的「吉野 1 號」，在臺灣蓬萊米或日本型稻（*Japanica type*）發展早於久負盛名的臺中 65 號，甚至還早過 1922 年台北州廳成功試種的「中村種」。但在日本時代水稻育種專家磯永吉與末永仁的日治時期相關育種資料與文獻調查中，卻查無「吉野 1 號」相關紀錄。是不是因為「吉野 1 號」不是當年農事改良場所正式育種推廣，相關歷史資料被忽略遺忘？！

關於傳說或文獻中日本移民青木繁由日本帶來或改良育種成功「吉野 1 號」，青木繁其人是否存在？

根據吉安戶政事務所留存的日治戶籍資料中，當年吉野移民村青木繁確有其人，本籍在日本九州熊本縣菊池郡合志村，出生於 1913 年。清水半平回憶錄記載的青木繁，日治戶籍資料記載出生於在 1913 年，不可能年僅六歲就能於 1919 年成功種出「青木種」，推測應該是其父青木辰彥帶來故鄉米種、成功栽種，較為可信。

另根據岡年宣考察資料，「吉野 1 號」是日本引進後經過雜交改良說法，

也在地方廣為流傳。但當時日本移民村的農民，怎麼會具有作物雜交育種的專業能力一直是在史料探索時令人好奇之處。

根據中央研究院植物微生物研究所特聘研究員邢禹依博士團隊就‘吉野 1 號’基因序列進行分析，確認‘吉野 1 號’是純日本品種，未曾與臺灣在地 *Indica type* 品種雜交。

邢老師團隊利用次世代定序方式 (Next Generation Sequencing, NGS) 分析了包括‘吉野 1 號’、‘台農 67 號’ (TNG67)、‘台南 11 號’ (TN11)、‘台農 72 號’ (TNG72)、‘ULR85’、‘台農 71 號’ (TNG71) 、『Omachi’、‘越光’ (Koshihikari) 、『神力’、‘台中 65 號’ (TNG65) 等 10 個品種的基因序列，與‘日本晴’ (Nipponbare) 比較，計算其 SNP+indel rate。各品種 SNP+indel rate 分別為‘吉野 1 號’ 161,975、TNG67 257,259、TN11 250,458、TNG72 240,391、ULR85 233,555、TNG71 220,374、‘Omachi’ 202,824、‘Koshihikari’ 193,255、‘神力’ 135,138、‘TC65’ 103,224。‘吉野 1 號’與‘日本晴’的親緣關係較已知的純日本品種‘越光’和‘Omachi’近。分析結果也確認‘吉野 1 號’沒有與 Taiwan indica rice 品種雜交！如果有與 Taiwan indica rice 品種雜交，the SNP+indel rate 最少會大於 2 百萬。

綜合以上證據，‘吉野 1 號’應是青木家族在移民花蓮時，帶了少量的故鄉稻種，經過幾年的繁殖增量，終於在 1919 年成功種植出‘吉野 1 號’。

‘吉野 1 號’的花蓮天皇米

獻穀田探索

日本自古流傳的新穀收穫祭典有新嘗祭、大嘗祭、神嘗祭三項，與日本天皇制度與日本宗教息息相關 (范，2022)。

臺灣獻穀事務自 1922 年 (民國 11 年、大正 11 年) 由台北州開始，往後每年獻穀由全台五州二廳的逆時針順序輪值，依次新竹州、台中州、台南州、高雄州、台東廳、花蓮港廳。七年一輪，再回台北。1922-1944 年止全臺灣共有 23 次獻穀田 (圖 2)。這也是臺灣各地都有天皇米傳說的來由 (邱，2016；范，2022；張，2003)。

花蓮共有 3 次獻穀田：1928 年 (民國 17 年、昭和 3 年) 吉野村中園、1935 年 (民國 24 年、昭和 10 年) 林田村、1942 年 (民國 31 年、昭和 17 年) 吉野庄草分。其中 1928 年於吉野村，最特別的是該年也是昭和天皇即位首次的「踐祚大嘗祭」，因此擴大規模辦理，也是全臺灣 23 次獻穀田中唯一擴大辦理者。

1935 年花蓮港廳第二次輪值，獻穀田區選擇日本移民村之林田村，也是栽種‘吉野 1 號’，因為優越品質獲得「逸品」封號 (臺灣新報，1935)。1942 年吉野村第三次輪值獻穀田，位於今日吉安鄉稻香國小附近，吉安耆老都還記得那片田是「種給天皇吃的米」，九十歲以上耆老還被動員去拔過草 (范，2022)。

花蓮港廳擇定 1928 年的獻穀田，原地為臺灣總督府殖產局附屬吉野村移民指導所的農場，也是該村最早的水田地。1917 年 (大正六年) 吉野村移民指導所廢止直屬總督府之後，吉野

村改隸花蓮港廳管轄，該農場繼續作為農事研究及蓬萊米採種田（磯，1928；范，2022）。

花蓮第 1 次獻穀田地號是吉野村「吉野 950」及「吉野 951」番地。經查日治時期土地地籍，分別為今日慶豐段 1599 地號和 1597 地號。正是花蓮場目前場區內水稻育種及栽培試驗田。1939 年花蓮港廳農事試驗場成立，持續經營該農場。花蓮港廳農事試驗場即為今日行政院農委會花蓮區農業改良場前身，歷經百年，技術人員更迭，同一農場仍舊延續著試驗及保種的時代任務。

‘吉野 1 號’名稱出現的時間

《台灣日日新報》1931 年（昭和 6 年）報導，花蓮港廳移民村種植新品種‘吉野 1 號’稻米，是吉野村從九州福岡引進稻種。從去年開始獎勵栽種此米，並命名此品種為‘吉野 1 號’（台灣日日新報，1931）。

除了岡年宣考證及台灣日日新報 1931 年報導外，本文另外發現，根據 1928 年（昭和 3 年）的臺灣總督府中央研究所農業部彙報第六十號中彙整統計了前一年 1927 年（昭和 2 年）當時臺灣各州廳栽培之稻作品種及面積，在內容中就清楚列出，花蓮港有種植‘吉野 1 號’，一期作 115 公頃，二期作 149 公頃（圖 3）。這顯示在 1928 年花蓮港廳獻穀田前一年（1927 年），‘吉野 1 號’的名稱已正式出現在官方正式統計報告中，花蓮港當時即已有相當規模的‘吉野 1 號’種植，更佐證 1928 年花蓮吉野村第一次獻穀田的品種即為‘吉野 1 號’。‘吉野 1 號’名稱出現甚

至還早於 1928 年獻穀田辦理之前！

日本時代之在地清酒釀造 及全島酒造最適米—‘吉野 1 號’

1928 年花蓮港廳獻穀田，剩餘的獻上米交由專賣局台中酒工場製成「白酒」、「黑酒」，提供給全島 21 個神社新嘗祭典使用（台灣新新報，1928）。也因此專賣局注意到花東特色米種‘吉野 1 號’，特地進行幾種臺灣米的釀造試驗，發現了「全島酒造最適米」（范，2022）。

根據花蓮港酒工場以及台中酒工場的試驗報告，‘吉野 1 號’顆粒較大、米心腹白較大，屬軟質米，精米時間較短，也較易蒸煮、溶解，製麴表現理想，發酵順利效率高而且酒粕較少，製成清酒風味佳良芳香，接近吟釀等級。根據專賣局花蓮港支局酒類試驗報告，釀酒試驗成績排名第一（范，2022；圖 4）。

因此，後來高級清酒瑞光全面採用米，太平洋戰爭爆發之後的最高級清酒凱旋，也全部改用‘吉野 1 號’米（范，2022）。

光復後‘吉野 1 號’米之發展與變遷

依據 1948 年《農報》記載，當時第一期作以台中六十五號栽培最多，122,489 公頃，‘吉野 1 號’種植地區為台東與花蓮港，面積有 1,256 公頃（繆，1948）。另《台灣稻作品種圖誌》記錄，1953 年‘吉野 1 號’米第一期作種植面積為 548 公頃，第二期作為 867 公頃。這表示光復初期在日本人離開臺灣

後，‘吉野 1 號’米在東部仍有相當的種植面積，仍是花蓮地區的特色米種。

之後直至 1985 年《稻作改良年報》書中附錄才再度出現‘吉野 1 號’的栽培面積資料。1985 年一期作‘吉野 1 號’栽培面積 15 公頃，二期作 50 公頃。1986-1992 年都有零星栽培，之後就沒有栽培面積數據了。

在花蓮場的豐歉試驗報告中，民國 41 年到 62 年間‘吉野 1 號’皆為豐歉試驗品種之一，顯示這段期間仍持續為花蓮在地重要品種。

在訪問地方耆老的過程中，找到兩位關鍵耆老，也了解在民國 40-60 年間‘吉野 1 號’的發展概況 (范，2022)。

第一位是吉安耆老陳新殿先生，是吉安鄉公所第一任農業課長。

據陳新殿先生回憶，1957-1964 年期間仍有人種植‘吉野 1 號’，面積約幾百公頃，地區主要分布在吉安村、稻香村及部分福興村。當地民間私人碾米廠以較高價格收購不少‘吉野 1 號’米，專門供應社會地位較高及經濟能力較佳的中上階層家庭消費。除了家裡自用，也會購買送禮，

當年‘吉野 1 號’米的美味，至今讓陳新殿念念不忘：‘吉野 1 號’黏稠性較高，煮成稀飯非常好吃，還有一股其他米所沒有的特殊淡淡香味，也適合做壽司，用‘吉野 1 號’做成的壽司，吃起來味道就是不一樣，特別地好吃！」

第二位關鍵耆老是農糧署東區分署退休課長黃健吉。家族事業經營花蓮吉安鄉稻香村民間私人碾米廠「源益碾米廠」。當時也以較高價格收購‘吉野 1 號’，除供應花蓮本地高端消費者外，也賣到台北甚或西部！1960 至 1970 年左右，更曾將‘吉野 1 號’賣往

日本，有許多日本客戶訂購。

獻米總統府

‘吉野 1 號’米雖然只在花蓮少量種植，質佳味美的名聲卻傳揚於外地，常被當作為特別禮物送給特別貴客 (范，2022)。

花蓮場早年蔣總統華誕，花改場曾特別派專人親送‘吉野 1 號’米到總統府。先由稻作股蘇昌吉股長負責挑選‘吉野 1 號’米種、在場內種植，成熟收割後烘乾、仔細挑選後包裝，然後專人送往臺北總統府 (范，2022)。

1981 年 1 月 28 日的《更生日報》及《中央日報》都曾做相關報導。內容述及「花蓮縣長吳水雲，二十七日代表全縣三十五萬民眾，感戴蔣總統、謝副總統的德意，特選花蓮縣生產的吉安 1 號白米各二十公斤，分別呈獻蔣總統和謝副總統」(范，2022)。

‘吉野 1 號’與臺灣栽培梗稻

親緣關係之探討

以往水稻界常會提到臺灣多數水稻品種都具有‘台中 65 號’的血緣。但在花改場相關研究，發現臺灣許多重要水稻品種，也有‘吉野 1 號’的血緣，尤其是一些栽種面積頗高的品種。

在檢視臺灣水稻育種歷史後發現，光復初期即有許多場所開始利用‘吉野 1 號’作為育種雜交親本。如台東場 1949 年第二期作利用‘吉野 1 號’與光復 401 號進行雜交，並於民國 45 年育成水稻‘台東 24 號’。台中場利用台中糯 46 號及‘吉野 1 號’為親本於 1950

年第 1 期作雜交，於 1957 年育成台中 178 號推廣。花改場在 1955 年第二期作運用嘉南 24 號與‘吉野 1 號’為親本雜交，於 1965 年育成水稻「花蓮 18 號」。

台中場後續運用具有‘吉野 1 號’血緣之‘台中 178 號’為育種親本，與台中交材 15 號雜交後，1964 年 2 期作再與親本(嘉農 242 號×(台中 65 號×台中在來 1 號))雜交，民國 64 年 2 期作育成‘台中 187 號’推廣。‘台中 187 號’原名台中試 138 號，為具有台中在來一號半矮性之蓬萊米品種 (黃，1979)。

之後，‘台中 187 號’又成為水稻‘台農 67 號’親本之一，‘台農 67 號’的譜系為(台中 187 號/台農 61 號)/台農 61 號。水稻‘台農 67 號’於 1978 年育成推廣。自 1978 年至 1998 年間臺灣地區栽培面積最廣之品種，其栽培面積曾超越 70%，也為當時國內育種上常用的親本之一。由於‘吉野 1 號’是台農 67 號之親緣品種之一的緣故，臺灣很多後來育成的品種，也都帶有‘吉野 1 號’的血緣！

如‘台南 11 號’是目前占有率最高的品種。而在花蓮南區種植面積很大的‘台中 192 號’，及由花蓮場育成、在雲嘉南地區市占率曾經第二、三名且是花蓮吉安鄉農會做為吉安米品牌代表的‘台梗 16 號’品種等等，這些品種，均具有‘吉野 1 號’的血緣，也是‘吉野 1 號’的後代 (圖 8)。

本文以歷年良質米及優良水稻推廣品種及最新命名等 35 個品種來作探討，發現其中 31 個品種具有‘台中 65 號’血緣，比例高達 89%。但也發現其中 23 個品種具有‘吉野 1 號’血緣 (65%；圖 5; 6)。

‘吉野 1 號’的純化—純系選種

民國 70 年代，‘吉野 1 號’品種由於栽培年代已近 70 年，產生混雜不純現象，加上該品種植株偏高，易倒伏，抗病性弱，分蘗少，單位面積產量偏低，針對上述缺點，花改場自 1981 年第一期作起連續三年，利用純系選種法進行純化選拔，從場內保種田及場外農民‘吉野 1 號’田區選拔單株。民國 71 年一期作採選 4,500 單穗，二期作採選 2,274 單穗。依序進行穗行試驗、初級品系比較試驗和高級品系比較試驗。最後選出「吉選 6 號」和「吉選 15 號」等兩個優良品系。其中「吉選 15 號」的米粒外觀與食味等級，均優於當時國內種植最普遍的「台農 67 號」品種。惟稻穀產量 3,200 公斤/公頃仍屬偏低。

‘吉野 1 號’參與早期良質米推動

政府自 1986 年起開始推動良質米政策。當時花蓮場順勢將已完成純化的‘吉野 1 號’作為良質米推動初期的主力品種。

1985 年林富雄場長在〈花蓮地區特產吉安米之介紹〉寫道，吉安米品質優良、聞名全省，為花蓮地區主要農業特產之一，其正式名稱為‘吉野 1 號’，又名吉安 1 號。吉安米的米質優良，煮成米飯後，黏彈性及風味俱佳，為製作飯盒、壽司及稀飯的上乘材料。政府大力推廣良質米計畫，使得吉安米再度受到重視。

1986 年蘇昌吉股長〈如何生產良質米〉一文：「花蓮區改良場純化選出

之‘吉野 1 號’，其米質與食味均優，...，欲生產良質米，此等品種都值得栽培。」(蘇、1986)。順便一提，當時農林廳會議中認為‘吉野 1 號’日本意味太重，所以當時也以「吉安米」或「吉安 1 號」稱呼‘吉野 1 號’。

‘吉野 1 號’之多元化應用

民國 70 年代後，吉安鄉農會開始小量契作‘吉野 1 號’，並做成小包裝特製米於農會賣場限量供應，常供不應求。‘吉野 1 號’米也是日本灣生難忘的記憶 (圖 7)

花蓮場也嚐試發展‘吉野 1 號’多元利用產品，發現無酒精的米發酵飲料-甘酒極具發展潛力，著手測試 20 多種稻米品種，搭配不同麴菌，不斷優化發酵及糖化製程，發現‘吉野 1 號’適合釀造甘酒，建立甘酒加工技術並已技轉吉安鄉農會。讓民眾在國內就能享受‘吉野 1 號’甘酒的風味。

此外，高雄餐旅大學陳千浩老師與本場合作，推出了「神跡」在地高級清酒 (圖 8)，中福酒廠和恆器製酒皆投入‘吉野 1 號’酒品開發。中福酒廠與宜蘭深溝的青農任永旭和賴青松團隊(慢島生活公司)，以百年古稻‘吉野 1 號’為訴求，合作釀造推出「漫漫白鷺」清酒；恆器製酒與花蓮青農藍于昇合作推出「旅 I」燒酎類蒸餾酒產品，榮獲舊金山世界烈酒競賽米燒酎類雙金牌獎。‘吉野 1 號’以傳承百年的歷史底蘊，藉由酒品開發，以不同的面貌與滋味重新與世人相會。

結合地方，重返獻穀田

本場與吉安鄉農會和高雄餐旅大學陳千浩老師團隊合作，選定民國 31 年獻穀田種植‘吉野 1 號’。農會特別與地主協商租地，由本場提供保種多年的‘吉野 1 號’種子及栽培輔導，高雄餐旅大學陳千浩老師團隊利用日本酒麴、日式釀造技法，復刻釀製當年的高級清酒。另外本場特別與范雅鈞老師合作，出版「吉野一號米」專刊，以史料釀酒，釀造別具歷史風味之‘吉野 1 號’清酒「神跡」，希望讓臺灣的風土地酒逐步再生。

本場邀請稻香國小 70 名師生共同參與獻穀田插秧並解說過去‘吉野 1 號’栽培歷史故事 (圖 9)。

花蓮場並於 2022 年 7 月 27 日花蓮場 83 年場慶活動中，辦理「吉野 1 號米新書發表會」與各界分享，發表會中農委會陳吉仲主委致詞時表示，農業是有歷史、文化的，同時也是與在地結合的。已有百年歷史的吉野一號米，值得讓全國都了解這個具有文化意義的故事，他強調「因為這便是最好的食農教育！」(圖 10)。

結語

‘吉野 1 號’米流傳地方百年的美味記憶與天皇室傳說，歷年來本場兢兢業業地保種繁殖，保留住老一輩吉安人的共同歷史記憶，保存了在地的無形文化資產，彌足珍貴。

在臺灣梗型稻栽培歷史裡，只有‘吉野 1 號’這一個品種，能夠從 1919 年試種成功後，歷經超過百年，直到今日，仍有農民在田裡實際耕種著，也有商品化產品販售，消費者買得到、吃得到！如今還能品評清酒與燒酎！

展望下一個百年，本場仍將秉持初衷，攜手農友、農會與各界共同努力，讓‘吉野 1 號’長長久久傳承下去！

參考文獻

- 台灣日日新報。1928 年（昭和 3 年）9 月 4 日。光耀吉野村/新穀獻納。
- 台灣日日新報。1928 年（昭和 3 年）11 月 8 日。慶祝天皇即位大典的美酒/本島也能生產黑酒白酒/敬獻至本島 21 間神社原料來自花蓮港廳獻穀田所產稻米。
- 台灣日日新報。1931 年（昭和 6 年）3 月 4 日。花蓮港廳的稻米種植/新品種吉野 1 號/移民村生產優質米。
- 台灣日日新報。1935 年（昭和 10 年）9 月 3 日。花蓮港廳新嘗祭敬獻米穀/備受讚賞。
- 台灣神職會。1928。花蓮港廳獻穀。敬慎 2(2)昭和 3 年 5 月 28 日。
- 吉野村概況。1936。花蓮。吉野村居民會編印。
- 邱創裕。2016。「天皇米」之說的生成與再現。國立台灣師範大學台灣史研究所碩士論文。
- 林富雄。1985。花蓮地區特產吉安米之介紹。花蓮區農業推廣簡訊 2(3):1。
- 范雅鈞。2002。台灣酒的故事。貓頭鷹。台北。
- 范雅鈞。2022。吉野一號米。花蓮。行政院農業委員會花蓮區農業改良場出版。花蓮。
- 清水半平。2020。官營移民吉野村回顧錄(中文版)。蔚藍文化。花蓮。
- 黃正華等編審。1987。臺灣稻作品種圖誌。行政院農委會、臺灣省政府農林廳、亞太糧食肥料技術中心編印。台北。
- 黃真生。1979。水稻品種台農 67 號之育成。中華農業研究 28(2):57-66。
- 張素貞、黃惠娟、曾清山。2003。獻穀田水稻品種台中 65 號與 e 世代良質米品種。苗栗區農業專訊 22:6。
- 張彩泉總編。1999。台灣稻作發展史。臺灣省政府農林廳。南投。
- 臺中區農業改良場歷年育成品種專輯。2009。臺中區農業改良場特刊第 94 號。彰化。
- 臺灣總督府中央研究所。1928（昭和 3 年）。稻の品種及分布面積統計(三)。14 臺灣總督府中央研究所農業部彙報 60:1-33。
- 臺灣總督府專賣局。1930。臺灣總督府專賣局公文類纂。卷號 101125。
- 蔡承豪。2008。天工開物-台灣稻作技術變遷之研究。國立台灣師範大學台灣史研究所博士論文。
- 磯永吉小屋-蓬萊米溯源網頁。
<http://iso-house.agron.ntu.edu.tw/rice.html>。
- 繆進三。1948。台灣稻作改良及其相關因素。台灣省農業試驗所農報 2:1-10。
- 蘇昌吉。1983。良質米的生產技術。水稻吉野 1 號栽培管理講習會講義。油印本。
- 蘇昌吉、劉瑋婷。1984。水稻品種吉野 1 號純系選拔試驗。稻作改良年報 72:332-334。

蘇昌吉、劉瑋婷。1985。水稻品種吉野
1 號純系選拔試驗。稻作改良年
報 73:214-218。

蘇昌吉。1986。如何生產良質米。花蓮
區農業推廣簡訊 3:1-3。



圖1、1915年吉野村吉野一號試種成功村民慶祝情形



圖2、日治時期全臺灣23次獻穀田地點及年代(邱，2016)

二 各郡に於ける品種及作付面積

水 稻

花 蓮 港

第 一 期 作

支廳名	品	種	名	及	作	付	面	積	
花蓮港	高脚柳州	1,180.82	下脚柳州	1,025.16	烏	殼	900.00	烏尖	763.73
	竹絲朮	266.93	中村	134.39	吉野一號	115.00	佐賀萬作	56.30	
	蕃種朮	47.70	短廣花螺	11.90	埔占	7.50	白朮	5.20	
	赤殼朮	4.00	軟枝花螺	3.50	白尾葱	2.40	紅脚花螺	1.50	
玉里	高脚柳州	1,302.27	下脚柳州	553.81	烏	尖	32.00	紅脚朮	27.00
	短廣花螺	23.00	竹絲朮	16.00	白	朮	11.00	中村	9.10
研海	火燒烏尖	7.00							
	高脚柳州	10.00							

第 二 期 作

支廳名	品 種		名 及		作 付		面 積				
	幼	稿	936.11	鶯 蛋 朮	584.01	晚 清 油	583.95	格 仔	283.50		
支廳名	品 種		名 及		作 付		面 積				
花蓮港	大	鶯	226.67	白	殼	207.68	吉野一號	149.00	菁 稿	144.30	
	烏	殼	119.00	幡	州	80.00	芒 花 朮	72.00	臺中特二號	70.00	
	埔	占	61.50	中	村	37.50	下	縣	23.00	佐賀萬作	19.50
	蕃	種 朮	11.70								
玉 里	下	縣	610.56	格	仔	588.44	晚 清 油	243.89	鶯 蛋 朮	139.00	
	芒	花 朮	20.00	幼	稿	19.00	白	殼	5.50		
研 海											

圖3、臺灣總督府中央研究所農業部彙報紀載1927年(昭和2年)‘吉野1號’種植面積

花蓮港支局二於ル試驗成績
(昭和五年十一月一十二月)
(酒類試驗報告水一號一依ル)

吉野宜蘭、中南部產米仕込成績比較表
(二仕込平均)

產地別	製成酒 アルコール	製成酒 總酸	原料100% 当生成量	醱酵歩合	压榨歩合	工程分 歩合	原料100% 仕込量	成績 順
吉野米	18.1	0.248	38.9	74.9	89.8	6.04	21.9	1
宜蘭米	16.5	0.274	35.5	88.3	88.2	5.99	25.4	3
中南部米	17.2	0.244	36.9	70.9	88.5	5.46	24.6	2

專賣局花蓮港支局酒類試驗報告。

圖4、專賣局花蓮港支局酒類試驗報告，**吉野1號**成績排名第一

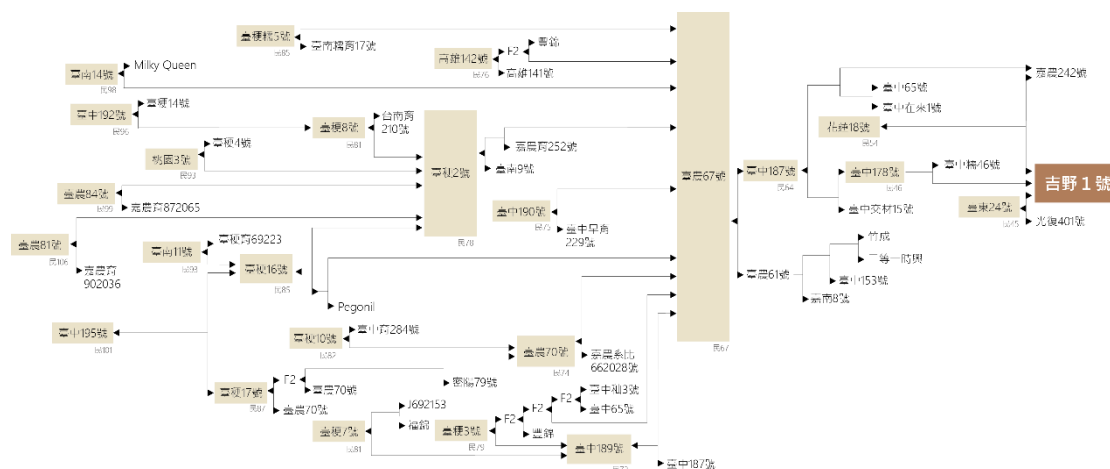


圖5、臺灣重要品種與‘吉野1號’之親緣關係圖

歷年良質米及優良水稻推廣品種 及最新命名等35個品種

臺梗2號	臺梗5號	臺梗8號	臺梗11號
臺梗14號	臺梗16號	臺梗17號	桃園1號
桃園3號	臺農81號	臺農84號	臺農86號
臺中189號	臺中192號	臺中200號	臺南11號
臺南16號	臺南19號	臺南20號	高雄146號
高雄148號	臺東30號	臺東33號	
臺梗4號	桃園4號	桃園5號	臺農71號
臺大高雄1號	高雄139號	高雄145號	高雄147號
花蓮21號	臺農77號	臺梗9號	臺中秈10號

■ 具有台中65號血緣之良質米品種：31種

■ 具有吉野1號血緣之良質米品種：23種

圖6、35種良質米及優良水稻推廣品種與台中65號與吉野1號的血緣關係



圖7、吉安農會歷年的吉野1號小包裝米



圖8、本場與陳千浩老師、在地青農、吉安農會共同合作釀製吉野1號清酒—神跡



圖9、結合地方國小學童共同參與吉野村獻穀田插秧



圖10、農委會陳吉仲主委認為吉野1號米是最好的食農教育

稻米多元利用產業的現今與未來發展

梁朝凱*

宏元米廠

摘要

稻米產業在各項農作物中最具比較利益，依性質之不同，可分為梗稻、秈稻和糯稻三類。稻米面臨主食消費量的下降與西式食品的競爭，使得消費市場呈現萎縮，因此，在生產面政策採取減產，在消費面則加強米食推廣。因稻米屬性不同，而有不同的利用途徑，為檢視近年來國內稻米的多元利用，本文將分成生產面、消費面及米穀加工類之比較來加以探討，並提出國內稻米多元化利用的改善方向。

國內的稻米生產主流是蓬萊稻和秈稻，長糯和圓糯合計之糯米比率為 4.63%，略高於秈米。各年在來米的產量變動幅度較大，其次是秈稻和圓糯，產量最穩定的是蓬萊稻。近年來每年國內供給量平均為 127.78 萬公噸，年加工用米佔國內供給的比率均維持在 3.2%至 3.9%之間，食用米佔國內供給的比率均維持在 93.7%至 94.3%之間，此顯示加工用米和食用米佔國內稻米供給的比率非常穩定。穀類作為加工用途之數量以小麥為最高，稻米次之。近年來平均每年之米食加工製品進口數量為 2,236 公噸，其中以米菓類的 1,465 公噸為最高，佔 65.50%，其次是米粉條類平均為 459 公噸，佔 20.53%，米食加工製品之進口對國內稻米消費的影響並不大。

由於米食不具方便性，且無法滿足消費者求新求變的多樣化需求，致消費量呈現下降，因此，建議未來在政策上可以多管齊下，在生產端繼續降低產量，在消費端鼓勵增加米食消費，介於生產和消費之間的米穀加工業者，則引導其投入新產品的開發和多元利用。

關鍵字：稻米產業、米食加工、多元利用。

The Current and Future Development of Diversified Use of Rice

Chao-Kai Liang*

Hong Yuan Rice Factory, Puyan Township, Changhua County 516018, Taiwan
R. O. C.

ABSTRACT

The rice industry has the most comparative advantage among various crops. According to the different natures of rice, it can be divided into three categories: Japonica rice, Indica rice and glutinous

* 通訊作者，Corresponding email: info@satc.com.tw

rice. Rice is facing competition from Western-style foods, resulting consumption of rice as stable food. Therefore, policies are adopted to reduce production on the production side, and to strengthen the promotion of rice on the consumption side. Due to the different natures of rice, there are different ways of utilization. In order to examine the diversified utilization of domestic rice in recent years, this article will discuss the comparison of production, consumption and rice processing, and propose the improvement direction of domestic rice diversified utilization.

The mainstream of rice production in Taiwan is Japonica rice and Indica rice. The ratio of glutinous rice of Japonica type and glutinous rice of Indica type is 4.63%, which is slightly higher than that of Indica rice. The output of Indica rice fluctuates greatly from year to year, followed by Indica rice (long) and glutinous rice of Japonica type, and the most stable output is Japonica rice. In recent years, the average annual domestic supply is 1,277,800 metric tons, the ratio of annual processing rice to domestic supply is maintained between 3.2% and 3.9%, and the ratio of edible rice to domestic supply is maintained between 93.7% and 94.3%. It shows that the ratio of processing rice and edible rice to domestic rice supply is very stable. The amount of cereals used for processing is highest with wheat, followed by rice. In recent years, the average annual import quantity of processed

rice products is 2,236 metric tons, of which 1,465 metric tons of rice crackers is the highest, accounting for 65.50%, followed by rice noodles with an average of 459 metric tons, accounting for 20.53%. Imports of processed rice products have little impact on domestic rice consumption.

Due to the inconvenient of rice food and unable to meet the diversified needs of consumers seeking innovation and change, the consumption has declined. Therefore, it is suggested that in the future, policies can be multi-pronged, continue to reduce production at the production side, encourage increased rice consumption at the consumption side, and guide rice processors between production and consumption to invest in the development and diversified utilization of new products.

Keywords: Rice industry, Rice food processing, Diverse utilization of rice.

前言

求新求變是現代科技發展與經濟活動中到處可見的普遍現象，在國人的飲食習慣上也不例外，早期的消費習慣是以米食為最大宗，隨著國人所得提高、貿易自由化和全球化，稻米做為國人主食的地位卻逐漸下滑，從近五年來每人每年白米消費量的下降趨勢即可看出，每人每年白米消費量從2017年的45.43公斤下降到2021年的43.03公斤，五年來下降了2.4公斤，

即下降了 5.28%，平均每年減少 1.05%。雖然國人對稻米的消費量逐年下降，但從生產面來看，稻米產業在各項農作物中仍最具比較利益的優勢，由於臺灣的天然環境和氣候條件很適合稻米的生產，因此，稻米仍然是農作物中栽培面積最廣且農戶數最多的一種作物，其在全球作物的面積排序中亦是如此，周若珍 (2015) 指出全球稻米、小麥和玉米的栽培面積最廣，其種子可供食用，有世界三大穀物之稱。

稻米依其性質之不同，可分為梗稻、秈稻和糯稻三類，按照米粒的長短又可分成短粒米俗稱蓬萊（梗稻）和長粒米如秈稻，秈稻又稱為在來稻。糯稻可分成梗糯和秈糯，梗糯又稱為圓糯，米粒圓短，秈糯又稱為長糯，米粒細長（翁瑞祐、楊志雄，2011）。以加工方式來分米的種類，可分為糙米、胚芽米和白米三種，其中從稻穀加工脫殼後即成為糙米，糙米去除部分糠層後就成為胚芽米，胚芽米去除全部糠層及胚芽後就成為白米（農糧署，2012）。

稻米不論梗稻或秈稻，均以碾成白米供人食用為主，釀酒為副，在來米可用來製作發粿、碗粿、爆米花等製品，糯米可做為製作各種點心如年糕、米糕、油飯、粽子等。由於速食店的快速發展，引進西式食品如漢堡、薯條、炸雞，讓年輕人趨之若鶩，而排擠到傳統米食產品。

稻米產業面臨主食消費量的下降與西式食品的競爭，使得消費市場呈現萎縮，而造成稻米市場供過於求的局面，有鑑於此，為追求稻米市場的供需平衡，近年來農政主管機關在政策上採取減產的措施，從供給面來降低

稻米的供給量，在消費面則加強米食推廣，稻米因為性質不同，因此，會有不同的利用途徑，如蓬萊米適合煮飯、粥和壽司，在來米適合做米粉絲、油飯、蘿蔔糕，糯米則適合製作各種傳統米食如點心、粽子、年糕。為推廣米食，農政主管機關乃透過製作傳統米食食譜，來增加稻米的消費，並配合年節應景米食製品之需求，此更凸顯稻米多樣化利用的重要性，為檢視近年來國內稻米的多元利用，本文將分成生產面、消費面及米穀加工類之比較來加以探討，並提出國內稻米多元化利用的改善方向。

臺灣稻米生產概況

根據農委會所編製的農業統計年報，稻米種類分成蓬萊、在來、秈稻、圓糯和長糯等五種。另為分析國內稻米的生產變動情況，而採用近十 (2012-2021) 年來各種稻米的產量做為比較基礎，其各年之糙米產量列如表 1，由表中可看出每年稻米之平均產量為 135.8 萬公噸糙米，其中蓬萊米佔 91.27%，為最高，其次是秈稻佔 3.34%，長糯佔 2.83%，圓糯佔 1.80%，在來米所佔的比率最低，僅為 0.76%。此顯示國內的稻米生產主流是蓬萊稻和秈稻，長糯和圓糯合計之糯米比率為 4.63%，略高於秈米。

由於每年各種稻米產量相差甚大，以 2012 年為例，產量最高的是蓬萊稻，產量最低的是在來稻，最高是最低的 80.87 倍，為比較其各年的變動幅度，宜採用變異係數 (Coefficient of variation, CV)，該係數是以標準差/平

均值*100 而得。在表 1 中 CV 最大的是在來稻為 24.63，此顯示各年在來米的產量變動幅度甚高，其次是秈稻和圓糯，分別是 15.43 和 13.25，產量最穩定的是蓬萊稻，其 CV 值低於 10 僅為 7.82，長糯的 CV 值為 10.69，顯示其每年產量的變動幅度不大。

國內之稻米消費

茲根據農委會所編製的糧食供需年報中的糧食平衡表，將近年來國內稻米的供需與利用整理如表 2，近十年來每年之平均產量是 135.82 萬公噸，其中產量最高的是 2018 年為 156.61 萬公噸，最低的是 2021 年的 124.17 萬公噸，並從 2018 年以後產量逐年下降，而呈現下降趨勢。

近年來平均每年之進口量為 14.07 萬公噸，其中進口量最高的是 2012 年的 15.68 萬公噸，最低的是 2018 年的 12.75 萬公噸，兩者相差不大。出口量平均為 9.82 萬公噸，其中最高的是 2020 年的 26.42 萬公噸，最低的是 2013 年的 2.25 萬公噸，兩者差距甚大。

國內供給量平均為 127.78 萬公噸，其中最高的是 2018 年的 129.84 萬公噸，最低的是 2021 年的 121.75 萬公噸，兩者相差不大。加工用米平均是 4.62 萬公噸，其中最高的是 2014 年的 5.05 萬公噸，最低的是 2021 年的 3.93 萬公噸，兩者相差 1.12 萬公噸，並顯示從 2014 年以後加工用米呈現逐年下降的趨勢。

國人每人每年之稻米消費量從 2012 年的 45.64 公斤，逐年下降至 2021 年的 43.03 公斤，十年間下降了 2.67 公

斤，下降 5.84%，此為國內稻米消費量減少的最大原因。另由表 2 可看出各年加工用米佔國內供給的比率均維持在 3.2%至 3.9%之間，食用米佔國內供給的比率均維持在 93.7%至 94.3%之間，此顯示加工用米和食用米佔國內稻米供給的比率非常穩定。

稻米加工利用概況

一、傳統米食加工製品

賴喜美 (2014) 依據稻米原料之使用形態及製程，將傳統米食加工製品分為米粒、米漿、米糰、熟粉及膨發等五大類，並將各類較具代表性的產品列如表 3。其中除米粒及部分膨發類製品是以米粒形態製作外，其他皆以米穀粉的方式製作，米粒類是最初步的加工，其製品尚保持米飯的原始外觀。米漿類是將米磨成米漿，再經加熱糊化與加入調味料蒸熟即為製品。米糰類是將米磨成細米漿，經脫水或壓乾成漿糰，再經蒸煮成型或搓揉定型、擠絲後蒸熟等不同程序製成。膨發類是將米倒入膨發筒內密封後加熱，使筒內的壓力持續增加至一定程度後，將壓力瞬間釋放而成。熟粉類是先將稻米加工成粉後，再與配料 (如糖、鹽、油、香料等) 混合製成各式糕點。

二、穀類作為加工用途概況

為檢視國內各種穀類作為加工原料用米的情況，乃將近十年來穀物作為加工原料用米的數量整理如表 4，由表中可看出穀類平均每年有 19.69 萬公噸作為加工原料，其中稻米有 4.62

萬公噸，佔 23.46%，小麥 6.5 萬公噸，佔 33.01%，高粱 2.58 萬公噸，佔 13.10%，玉米 1.85 萬公噸，佔 9.40%，穀類作為加工用途之數量以小麥為最高，稻米次之。若從各年數量的變動趨勢來看，稻米作為加工使用的數量從 2014 年的最高峰數量 5.05 萬公噸，逐年下降到 2021 年的 3.93 萬公噸，呈現明顯的下降趨勢。而小麥則從 2012 年的 6.23 萬公噸逐年增加到 2017 年的 6.67 萬公噸高峰，此後均維持在 6.5-6.6 萬公噸之間，堪稱為穩定狀態。近十年來高粱的加工數量均維持在 2.58-2.59 萬公噸之間，是穀類中數量最穩定的一種。玉米所佔的比率最小，但是在 2012-2017 年的使用量均為 1.5 萬公噸，但從 2018 年以後則提升為 2.37 萬公噸，呈現穩定增加的趨勢。

三、米食加工製品之進口概況

透過海關進出口統計資料庫查詢近十年來米食加工製品之進口數量整理如表 5，由表中可看出近十年來平均每年之米食加工製品進口數量為 2,236 公噸，該進口量僅佔國內加工用米 4.62 萬公噸的 5%。各類產品之年平均進口量，以米菓類的 1,465 公噸為最高，佔年平均進口量的 65.50%，其次是米粉條類平均為 459 公噸，佔年平均進口量的 20.53%，兩者合計為 1,924 公噸，佔年平均進口量的 86.03%，調製食品每年平均進口量為 162 公噸，佔 7.22%，速食粥和米紙的平均進口量分別僅為 24 公噸和 15 公噸，佔年平均進口量的比率分別 1.06%和 0.66%。由這些數據顯示米食加工製品之進口對國內稻米消費的影響並不大。

未來展望

由前述分析，顯示目前國內稻米之消費略呈現鈍化，因此，政府在政策上引導稻米減產，並想方設法要降低稻米市場供給，此在蓬萊稻和秈稻的生產量確實發揮一定的效果，但國人每人每年的稻米消費量卻仍然逐年下降，因而抵銷了政策效果，以 2020 年和 2021 年為例，梗稻和秈稻合計減產 14.03 萬公噸，但該期間每人消費量減少 3.54 萬公噸，抵銷了 25.23%，由此可看出單方面採取減產措施是不足的，而應強化稻米之多元化利用，才能達到相輔相成的加乘效果。

另由糧食消費平衡表顯示，稻米用途數量最高的是作為主食之用，因此，設法提高每人每年稻米消費量是當務之急，至少能穩住目前的消費量才是正途，其做法似可從方便性來切入，因為會造成稻米消費量下降的主要原因是米食不具方便性，且無法滿足消費者求新求變的多樣化需求，因此，建議未來在政策上可以多管齊下，在生產端繼續降低產量，在消費端鼓勵增加米食消費，介於生產和消費之間的米穀加工業者，則引導其投入新產品的開發和利用，如最近農糧署為推廣國產米糧，而舉辦炒飯、飯糰比賽，其中 2 款得獎飯糰已於超商通路販售，希望飯糰可促進 10 萬公斤 (10 公噸) 稻米消費量，若能實現將可有效提升稻米的消費利用。

參考文獻

八木宏典。2015。超圖解米的基礎知識：

了解稻米的營養、飲食文化與產業
經濟。晨星，臺中。200pp。
翁瑞祐、楊志雄。2011。咱們的台灣米。
橘子文化，臺北。208pp。
農糧署。2012。稻米達人大挑戰；稻田
生態及稻米知識問答集。遠足文化。
288pp。
賴喜美。2014。米食多元化加工技術—
米穀粉之研究與開發。農業生技產
業專刊 39: 56-62。

表 1. 近年國內各種稻米之產量

年別	蓬萊	在來	秈稻	圓糯	長糯	合計
2012	1,225,454	15,153	55,201	29,297	43,110	1,368,215
2013	1,144,375	11,324	53,335	25,101	41,320	1,275,456
2014	1,262,244	12,702	52,843	27,982	43,622	1,399,392
2015	1,145,141	10,418	45,323	25,223	34,256	1,260,362
2016	1,151,455	8,860	43,329	22,081	38,404	1,264,128
2017	1,276,230	11,141	43,710	24,058	40,932	1,396,071
2018	1,436,177	11,133	47,968	26,276	40,088	1,561,642
2019	1,324,967	8,104	39,269	24,881	31,030	1,428,251
2020	1,284,970	7,223	36,582	21,343	37,060	1,387,177
2021	1,145,729	7,138	35,585	18,244	34,971	1,241,667
平均	1,239,674	10,320	45,314	24,449	38,479	1,358,236
平均(%)	91.27	0.76	3.34	1.80	2.83	100.00
標準差	96,962	2,542	6,990	3,239	4,113	99,563
變異係數	7.82	24.63	15.43	13.25	10.69	7.33

單位：公噸

資料來源：農業統計年報，行政院農業委員會。

表 2. 近年來國內稻米之供需與利用

年別	產量	進口	出口	國內供給	加工	毛食用	食用率 (%)	每人消費量(kg)	加工米 (%)	食用米 (%)
2012	1,368.2	156.8	24.8	1,279.4	43.1	1,206.8	88.0	45.64	3.4	94.33
2013	1,275.5	138.8	22.5	1,270.7	48.0	1,192.6	88.0	44.96	3.8	93.85
2014	1,399.4	130.2	30.0	1,297.0	50.5	1,215.3	88.0	45.70	3.9	93.70
2015	1,260.4	152.9	93.3	1,298.1	50.4	1,217.8	88.0	45.67	3.9	93.81
2016	1,264.1	150.8	104.6	1,267.1	47.8	1,188.5	88.0	44.48	3.8	93.80
2017	1,396.1	154.2	28.6	1,294.4	47.0	1,216.0	88.0	45.43	3.6	93.94
2018	1,561.6	127.5	74.5	1,298.4	47.1	1,219.6	88.0	45.52	3.6	93.93
2019	1,428.3	139.7	112.5	1,295.4	45.9	1,218.1	88.0	45.43	3.5	94.04
2020	1,387.2	127.8	264.2	1,260.0	43.1	1,182.9	88.0	44.14	3.4	93.88
2021	1,241.7	127.9	227.6	1,217.5	39.3	1,147.5	88.0	43.03	3.2	94.25
平均	1,358.20	140.7	98.2	1,277.80	46.2	1,200.50	88	45	3.6	94
標準差	99.55	12.07	85.47	25.63	3.50	23.09	0.00	0.87	0.24	0.20
變異係數	7.33	8.58	87.04	2.01	7.58	1.92	0.00	1.94	6.61	0.21

單位：千公噸

資料來源：糧食供需年報，行政院農業委員會。

表 3. 傳統米食製品及其原料米種類

類別	原料米	米食製品
米粒類	糯米	飯糰、糯米腸、油飯、筒仔米糕、肉粽、鹹粽、八寶粥、豬血糕
	梗米、軟秈	飯糰、壽司、米漢堡、廣東粥、鹹粥
米漿類	糯米	甜年糕
	梗米、軟秈	米漿、發糕、倫敦糕(白糖糕)
	硬秈	板條、碗粿、蘿蔔糕、芋頭糕、河粉、倫敦糕(白糖糕)
米糰類	糯米	湯圓、麻糬、米糰、紅龜粿、鼠麴粿、芋粿巧、鳳片糕、豬油糕、糕仔崙
熟粉	糯米	糕仔崙、雪片糕、冰皮月餅
	梗米、軟秈	糕仔崙
膨發類	糯米	爆米香、米花糖、鍋巴、米粿
	梗米、軟秈	米花糖

資料來源：賴喜美 (2014)。

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

稻米品質提升與水稻多元利用研討會論文輯 = Proceedings of the Conference on Quality Improvement and Diversified Utilization of Rice / 李誠紘, 吳以健, 鄧執庸, 洪梅珠, 李紅曦主編. 第一版. 彰化縣大村鄉 : 行政院農業委員會臺中區農業改良場, 民 112.06

面 ; 公分

ISBN 9786267110836 (平裝)

CST: 稻米 2.CST: 栽培 3.CST: 農業經營 4.CST: 文集

434.111

112006079

書 名：稻米品質提升與多元利用研討會論文輯

編 者：李誠紘、吳以健、鄧執庸、洪梅珠、李紅曦

發行人：李紅曦

出版機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

地 址：51541 彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網 址：<http://www.tdais.gov.tw/>

電 話：04-8523101

傳 真：04-8528692

出版年月：中華民國 112 年 6 月

版 次：第一版 印刷 1,000 本

定 價：新臺幣 250 元整

展售書局：

五南文化廣場臺中總店

403 臺中市西區臺灣大道二段 85 號

04-22260330

<http://www.wunanbooks.com.tw>

國家書店松江門市

104 臺北市松江路 209 號 1 樓

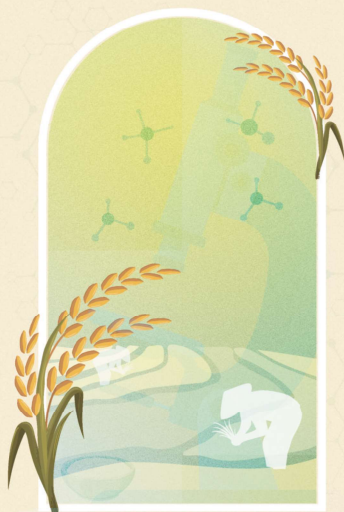
02-25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

ISBN 9786267110836

GPN 1011200436

版權所有，翻錄必究



稻米品質提升與水稻多元利用研討會

ISBN 978-626-7110-83-6



9 786267 110836

定價 新臺幣250元整
GPN 1011200436