

我國稻米科技前瞻發展 規劃

撰文/孫智麗·劉依蓁

稻米為全球重要糧食作物，與氣候變遷、糧食安全等議題密切相關。因應區域經貿整合之趨勢，為了提升我國稻米產業的國際競爭力，本文針對具提升我國稻米產業國際競爭力之重要科技發展課題辦理專家意見調查活動，調查專家包括學研界、科技政策及農糧政策等專業領域，以「全球市場開發潛力」、「未來臺灣社會需求」、「目前臺灣具發展優勢」、「未來臺灣具發展潛力」等面向來分析各稻米科技發展課題在臺灣推動之重要性與可行性；最後，針對特定稻米科技發展議題對我國研發計畫之重要性予以評分。本研究期望透過專家意見調查，從科技、產業、政策等層面掌握研發重要趨勢，規劃我國稻米科技發展藍圖，提供各界研議稻米科技發展策略之參考。

科技前瞻運作架構

科技前瞻是指透過系統性的方法，經由廣泛的討論與溝通，評估未來可能會影響產業競爭、所得創造以及生活品質的科技發展趨勢，設計研究方法將專家意見加以收斂，以形成國家科技發展之目標。前瞻雖源自於技術預測，但是更強調以開放性思考的態度出發，藉由兼具科學的嚴謹性與創造性的方式進行預測，期以探索長期的發展機會，進而利用未來願景反饋至階段性之目標與命題。在知識經濟與全球化的衝擊下，掌握科技創新趨勢並形成前瞻性發展策略，才能維持國際競爭優勢。對農業

來說，科技創新對未來發展趨勢尤為重要，以稻米產業為例，在生產面所面對的挑戰包括全球氣候變遷、糧食安全議題等，在大環境的變動下，將有賴發動稻米科技的力量來突破重圍；從消費面來看，近年來特色米市場的興起以及國內稻米消費量減少之趨勢，尤其在我國面對經貿自由化之情勢，如何透過科技來提升我國稻米產業競爭力，便成為稻米科技發展的重要目標。

台灣經濟研究院生物科技產業研究中心於 2014 年進行稻米科技前瞻規劃，邀請學研界、科技政策及農糧政策等相關領域專家，針對本研究所蒐集之稻米科技發展項目進行專家意見調查活動。本次調查 17 位專家包括嘉義大學生物農業科技學系古森本教授、中央研究院植物暨微生物學研究所邢禹依特聘研究員、行政院農委會農業試驗所吳東鴻助理研究員、中央研究院分子生物研究所余淑美院士、行政院農委會農業試驗所林大鈞副研究員、亞洲大學健康學院林俊義院長、中央研究院農業生物科技研究中心施明哲主任、臺灣大學農藝學系暨研究所胡凱康副教授、臺灣大學農藝學系暨研究所張孟基副教授、中興大學分子生物學研究所陳良築教授、臺灣大學農藝學系暨研究所陳凱儀副教授、行政院農委會農業試驗所陳駿季所長、中央研究院植物暨微生物學研究所賀端華院士、行政院農委會臺中區農業改良場楊嘉凌副研究員、財團法人農村發展基金會鄒箴生資深顧問、行政院農業委員會臺南區農業

改良場鄭安秀研究員、行政院農業委員會農糧署糧食產業組蘇宗振組長等。

產業發展環境分析

本研究蒐集並研究國際水稻相關權威機構所發表之趨勢資料，包括聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)、國際水稻研究所 (International Rice Research Institute, IRRI)、國際稻作科學組織 (Global Rice Science Partnership, GRiSP)、Web of Science 等，以掌握全球水稻產業現況、科技發展現況及研發策略；本研究亦針對國內稻米產業現況及科技研發計畫進行盤點分析，藉以洞悉我國稻米產業所面臨之問題以及科技發展脈動，提供作為我國稻米科技前瞻規劃之參考。

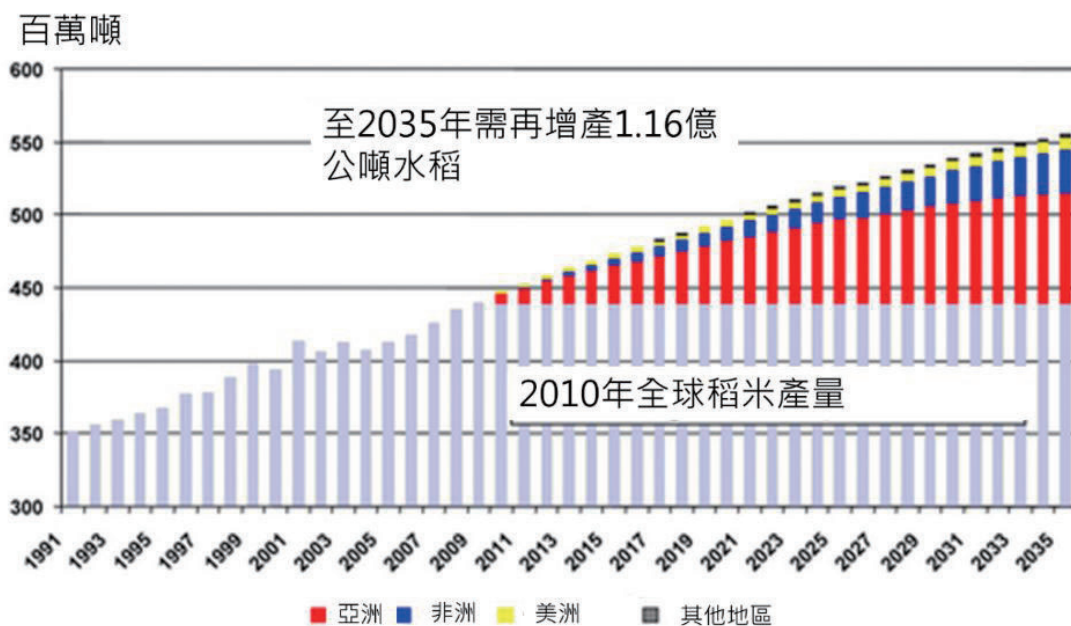
(一) 全球稻米產業現況

稻米為全球主要糧食作物之一，根據 FAO 統計，2012 年全球產量達到 7.2 億公噸，其中九成集

中於亞洲地區。以國家別來看，中國為最大稻米生產國，占全球稻米產量的 28%，其次為印度，占 21%，印尼、越南、泰國則分別占全球稻米產量的 10%、6%、5%。從需求面來看，隨著全球人口增加，全球糧食需求量也逐年提升，根據 IRRI 研究報告指出，至 2035 年全球稻米產量必須增產 1.16 億公噸才能滿足全球稻米需求量，其中以亞洲地區為主要需求增加地區，其次為非洲。(圖一)

(二) 我國稻米產業現況及因應策略

2012 年臺灣稻米產量約 136.8 萬公噸，占全球產量的 0.19%，產值為新臺幣 397.5 億元。針對國內稻米產業面臨之問題進行分析，我國於 2002 年加入世界貿易組織 (WTO)，我國稻米產業首當其衝，在 2002 年即由稻米出超國轉為入超國，未來在農產品貿易自由化趨勢之下，可能將擴大國外糧食進口，對國內稻米產業造成衝擊；消費面部分，我國受到飲食習慣西化及膳食多元化影響，國人食米量逐年減



資料來源：IRRI (2010)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心翻譯。

圖一 全球水稻需求量分析

少，每人每年食米消費量由民國 80 年 62.50 公斤至 98 年下降為 48.09 公斤，因此如何提升我國稻米消費量為當前稻米產業的重要議題。

針對目前國內外產業現況及未來趨勢，本研究嘗試歸納產業問題之因應策略，首先在面對經貿自由化趨勢之下，建議可以多樣化稻米或副產物開創新商機；而在國內稻米消費量減少，國內農糧署以開發加工米食產品為提升米食消費的重要策略，另外隨著健康飲食之風潮盛起，特色米市場逐漸受到重視，如能開發出具有保健功能之機能稻米，或許也有助於解決公糧稻穀存量增加以及增加米食消費量；而因應全球氣候極端化、全球糧食供應不穩定，站在糧食安全的角度，建議應開發耐逆境之稻米；最後為因應食品安全議題，使用友善環境之栽培方式也成為農業科技重要發展方向之一。

(三) 全球稻米科技發展趨勢

根據 Web of Science 資料顯示，近十年稻米相關的科技期刊文獻共 55,448 篇，以國家別區分，以中國占第一位，產出 1.3 萬篇文獻，占比為 23.8%，第二位美國，發表超過 9 千篇文獻，占比為 16.9%，其次為日本及印度，分別占 14.5% 及 10.8%。(表一)

若依研究領域分析，則以植物科學 (Plant sciences) 和農業 (Agriculture) 為主要研究領域，分別占比 23.8% 及 23.4%，其次則為食品科學技術 (Food science technology) 以及生物化學及分子生物 (Biochemistry molecular biology)，分別占比 10.7% 及 10.5%。(表二)

水稻基因組約有 3.8 萬個基因，但目前已知的基因功能仍相當有限，隨著科技的發展，被選殖出的水稻基因數量逐年增加，以 2009-2010 年來看就包括將近 250 個水稻基因被選殖出來(圖二)。全球水稻基因研究的性狀及研究方向相當多元，根據 Biotechnology Advances (2012) 資料顯示，全球水稻基因研究以水稻產量相關之研究為主要，約占 36%，其次為非生物性抗性(耐熱、耐旱、耐鹽等)，占 16%，第三位則是抗病及抗蟲害等研究，約

表一 近十年稻米相關期刊文獻國家別分析

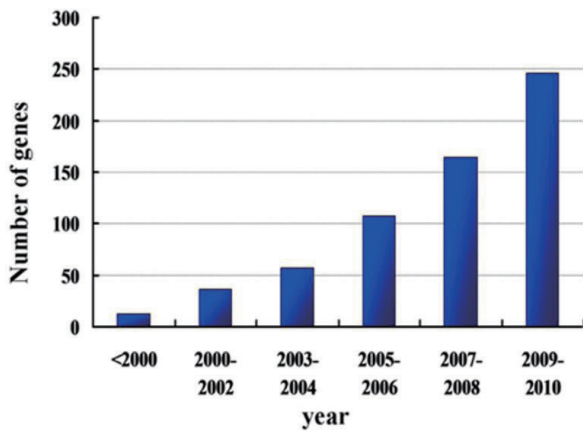
| 排名 | 國家/地區 | 記錄數 | 佔比 % |
|----|-------|--------|-------|
| 1 | 中國大陸 | 13,210 | 23.8% |
| 2 | 美國 | 9,347 | 16.9% |
| 3 | 日本 | 8,021 | 14.5% |
| 4 | 印度 | 6,002 | 10.8% |
| 5 | 南韓 | 3,321 | 6.0% |
| 6 | 巴西 | 2,391 | 4.3% |
| 7 | 德國 | 2,059 | 3.7% |
| 8 | 澳洲 | 1,828 | 3.3% |
| 9 | 英國 | 1,668 | 3.0% |
| 10 | 法國 | 1,569 | 2.8% |
| 13 | 臺灣 | 1,240 | 2.2% |

資料來源：Web of Science (2014/12查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

表二 近十年稻米相關期刊文獻研究領域分析

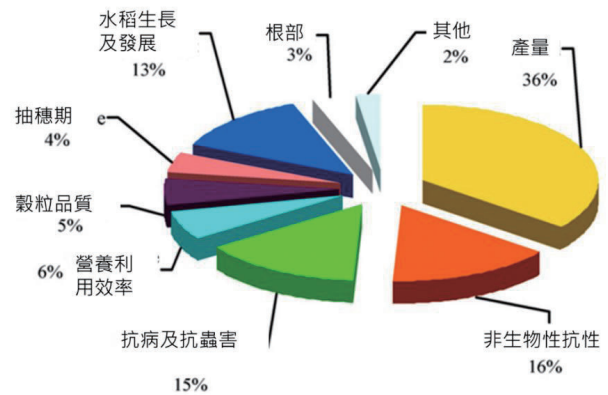
| 研究領域 | 記錄數 | 佔比 % |
|----------------------------------------------|--------|-------|
| 植物科學Plant sciences | 13,214 | 23.8% |
| 農業Agriculture | 12,981 | 23.4% |
| 食品科學技術Food science technology | 5,908 | 10.7% |
| 生物化學及分子生物Biochemistry molecular biology | 5,800 | 10.5% |
| 化學Chemistry | 5,507 | 9.9% |
| 生物技術應用微生物學Biotechnology applied microbiology | 5,039 | 9.1% |
| 環境科學生態學Environmental sciences ecology | 4,628 | 8.3% |
| 基因遺傳學Genetics heredity | 3,328 | 6.0% |
| 工程Engineering | 3,235 | 5.8% |
| 其他科學技術Science technology other topics | 2,080 | 3.8% |

資料來源：Web of Science (2014/12查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。



資料來源：Biotechnology Advances (2012)。

圖二 2000-2010年水稻基因選殖數量分析



資料來源：Biotechnology Advances (2012)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心編譯。

圖三 2000-2010年選殖之水稻基因功能分析

占 15% (圖三)。而基因研究有賴於水稻突變庫之建立，表三彙整全球主要水稻突變庫及其相關資料，包括臺灣中央研究院以臺農 67 號所建立之 TRIM 水稻突變庫，為水稻功能基因組研究提供突變族群

搜尋。在後基因組時代，水稻是用於功能基因組研究的理想作物，因此水稻基因的研究將有助於水稻甚至其他作物之品種改良與開發。

經以上研究分析可得知，因應糧食安全等議

表三 全球水稻突變庫盤點分析

| 突變庫/來源/研究單位 | FSTs | 基因型 | 誘變劑 |
|---------------------------------|---------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| POSTECH RISD | 106,110 | Dongjin, Hwayoung | T-DNA (promoter trap, activation-tagging), Tos17 |
| RMD | 37,887 | Zhonghua 11, Zhonghua 15, Nipponbare | Tos17, T-DNA (enhancer trap) |
| NIAS (RTIM) | 17,985 | Nipponbare | Tos17 |
| Zhejiang University | 1,009 | Zhonghua 11, Nipponbare | T-DNA |
| CIRAD-INRA-IRD-CNRS, Genoplante | 41,159 | Nipponbare | T-DNA (enhancer trap), Tos17 |
| Sundaresan Lab | 17,684 | Nipponbare | Ac-Ds (gene trap), Spm/dSpm |
| Gyeongsang National University | 1,047 | Dongjin Byeo | Ac/Ds (gene trap) |
| CSIRO | 592 | Nipponbare | Ac/Ds (gene trap, enhancer trap) |
| EU-OSTID | 1,315 | Nipponbare | Ac/Ds (enhancer trap) |
| Taiwan (TRIM) | 11,794 | Tainung 67 | T-DNA (activation-tagging) |
| SHIP | 10,281 | Zhonghua 11 | T-DNA (enhancer trap) |

資料來源：Biotechnology Advances (2012)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

題，產量相關研究為目前水稻基因之重要議題，其中 IRRI 主導的 C4 水稻開發計畫，透過基因體學、基因改造技術及傳統育種技術，改造水稻的光合作用模式，可望使水稻的產量提升 50% 以上，並提高 30-50% 的水、氮使用效率，以解決未來糧食不足的問題。

除了糧食安全之議題外，近年為因應消費市場的多元需求，逐漸重視新特性以及具有機能性的稻米開發。日本自古以稻米為主食，水稻育種技術於全球具代表性地位，自 1984 年以來，多數的新特性米（機能性米）品種已依照農林水產省的種苗法進行品種登記。其中有香米、紅米、紫黑米、低直鏈澱粉米、糖質米、高直鏈澱粉米、低穀蛋白米、低球蛋白米、高離氨酸 (lysine) 米、巨胚米、細長粒米、加工調理用米等。除此之外，日本與臺灣相同存在國人食米量逐年下降的問題，因此在科技研發上也著重於米食加工研究，例如依據不同直鏈澱粉含量之米穀粉開發適當的用途，作成米麵條、米麵包等加工技術。

（四）我國稻米科技發展現況

本研究檢索農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統 GRB 及農業生技產業資訊網，蒐集 101-103 年共 284 個稻米科技研發計畫，並根據稻米產業價值鏈，分別盤點國內稻米科技在育種、農業生產、加工 / 產品開發等三個階段之研發計畫，透過盤點及分析瞭解我國目前稻米科技之發展現況。

稻米產業供應鏈包括上游的育種研究、中游的農業生產到中下游的加工及產品開發等階段，最後商品進入行銷通路市場。在育種研究階段，本研究根據研發的目的及內容進一步分為三類：包括對生產者有益或對消費者間接有益的輸入性狀 (input traits)、對消費者直接有益的輸出性狀 (output traits)、以及研究技術平臺 (platform technology)。(圖四)

藉由盤點分析，我國稻米科技研究計畫在育種研究階段，共有 132 個科技研究計畫執行，占整體的 46%；其次為農業生產階段，共有 122 個相關計畫執行，占比為 43%；在加工 / 產品開發階段，則有 77 個相關計畫執行，占整體的 27%。其中部分計畫研究內容可能跨兩個以上階段。(表四)



資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心 (2014)。

圖四 稻米產業價值鏈

表四 國內稻米科技計畫之各階段盤點統計

| 計畫研究階段 | 計畫數量 | 占整體計畫比例 |
|---------|------|---------|
| 育種 | 132 | 46% |
| 農業生產 | 122 | 43% |
| 加工/產品開發 | 77 | 27% |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統 GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

以下分別就育種、農業生產、加工 / 產品開發等三個階段之研究計畫進行分析：

1. 育種階段

101-103 年國內共有 132 個育種相關科技計畫執行，根據其研究內容分析，其中以 input traits 相關領域最多，共有 80 個計畫，占整體的 61%。其次為 output traits 相關領域，共有 55 個計畫執行，占比為 42%；最後為 platform technology 相關領域，共有

表五 國內稻米育種階段之科技計畫盤點統計

| 應用導向 | 計畫數量 | 占育種階段計畫比例 |
|---------------------|------|-----------|
| Input traits | 80 | 61% |
| Output traits | 55 | 42% |
| Platform technology | 54 | 41% |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統 GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

54 個計畫執行，占比為 41%。(表五)

(1) Input traits

國內育種相關計畫之 input traits 性狀包括耐熱、耐旱、耐鹽、抗蟲抗病、高產及其他耐逆境抗性，本研究根據計畫研究經費進行分析，篩選新臺幣 400 萬元以上之研究計畫，其研究重點主要為耐逆境以及抗白葉枯病等研究。(表六)

表六 101-103年國內稻米育種研究(Input traits)之重要計畫

| 計畫名稱 | 主持人 | 主持機關 |
|-----------------------------------------------|-----|-------------------|
| 水稻優質耐逆境及多樣化之品種選育與種原評估 | 卓緯玄 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 因應氣候變遷之國際農業科技交流合作-抗、耐逆境水稻品種之開發 | 張孟基 | 國立臺灣大學 |
| 水稻白葉枯病抗性之功能基因體學研究 | 林大鈞 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 良質米研究團隊-北部地區水稻良質米育種及栽培技術改進 | 簡禎佑 | 農委會桃園區農業改良場 |
| 良質、耐逆境水稻之開發與研究 | 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 |
| 良質米研究團隊-水稻品種及栽培技術改良 | 潘昶儒 | 農委會花蓮區農業改良場 |
| 良質米團隊-良質、耐逆境水稻之開發與研究 | 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 |
| 良質米研究團隊-良質、耐逆境水稻之開發與研究 | 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 |
| 優質硬秈稻米品種及其栽培技術與產品之研發 | 楊嘉凌 | 行政院農業委員會臺中區農業改良場 |
| 臺中區水稻良質米育種及栽培技術改良 | 鄭佳綺 | 行政院農業委員會臺中區農業改良場 |
| 桃園區水稻作物品種改良及生產技術改進 | 簡禎佑 | 行政院農業委員會桃園區農業改良場 |
| 水稻突變種原庫及基因資料庫之建置、管理與推廣-水稻突變種原庫及基因資料庫之升級、管理與推廣 | 賀端華 | 中央研究院植物暨微生物學研究所 |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統 GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

(2) Output traits

國內育種相關計畫之 output traits 性狀包括米質改良、機能性、利於加工、飼料用等，本研究根據計畫研究經費進行分析，篩選新臺幣 400 萬元以上之研究計畫，其研究重點主要為米質改良、機能性以及加工適性等研究。(表七)

(3) Platform technology

國內育種相關計畫之 platform technology 研究領域包括分子選種、種原庫以及其他技術平臺等，本研究根據計畫研究經費進行分析，篩選新臺幣 300 萬元以上之研究計畫，其研究重點主要為分子選種技術、種原庫建置。(表八)

表七 101-103年國內稻米育種研究(Output traits)之重要計畫

| 計畫名稱 | 主持人 | 主持機關 |
|----------------------------|-----|-------------------|
| 台中區水稻良質米育種及栽培技術改良 | 許志聖 | 行政院農業委員會臺中區農業改良場 |
| 良質米研究團隊-北部地區水稻良質米育種及栽培技術改進 | 簡禎佑 | 農委會桃園區農業改良場 |
| 良質、耐逆境水稻之開發與研究 | 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 |
| 良質米研究團隊-水稻品種及栽培技術改良 | 潘昶儒 | 農委會花蓮區農業改良場 |
| 良質米團隊-良質、耐逆境水稻之開發與研究 | 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 |
| 良質米研究團隊-良質、耐逆境水稻之開發與研究 | 吳永培 | 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所 |
| 優質硬秈稻米品種及其栽培技術與產品之研發 | 楊嘉凌 | 行政院農業委員會臺中區農業改良場 |
| 良質米研究團隊-臺東地區優質與低白垩質水稻育種 | 丁文彥 | 行政院農業委員會台東區農業改良場 |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

表八 101-103年國內稻米育種研究(Platform technology)之重要計畫

| 計畫名稱 | 主持人 | 主持機關 |
|-----------------------------------------------|-----|------------------|
| 水稻優質耐逆境及多樣化之品種選育與種原評估 | 卓緯玄 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 因應氣候變遷之國際農業科技交流合作-抗、耐逆境水稻品種之開發 | 張孟基 | 國立臺灣大學 |
| 水稻分子標誌輔助育種技術之建立與應用 | 李長沛 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 良質米研究團隊-水稻重要功能性基因之研究 | 林大鈞 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 良質米研究團隊-應用分子標誌輔助選拔提高水稻育種效率 | 李長沛 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 桃園區水稻作物品種改良及生產技術改進 | 簡禎佑 | 行政院農業委員會桃園區農業改良場 |
| 水稻突變種原庫及基因資料庫之建置、管理與推廣-水稻突變種原庫及基因資料庫之升級、管理與推廣 | 賀端華 | 中央研究院植物暨微生物學研究所 |
| 水稻突變種原庫及基因資料庫之建置、管理與推廣-水稻突變種原庫及基因資料庫之升級、管理與推廣 | 余淑美 | 中央研究院分子生物研究所 |

(待續)

表八 101-103年國內稻米育種研究(Platform technology)之重要計畫(續)

| 計畫名稱 | 主持人 | 主持機關 |
|---------------------------------------|-----|------------------|
| 種苗研究團隊-分子標誌輔助加工用途水稻產量及洋桔梗重瓣選種模式之建立與應用 | 王聖善 | 行政院農業委員會臺南區農業改良場 |
| 應用分子標誌輔助選拔提高水稻育種效率 | 李長沛 | 行政院農業委員會農業試驗所 |
| 分子標誌輔助加工用途水稻產量模式之建立與應用 | 王聖善 | 行政院農業委員會臺南區農業改良場 |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

2. 農業生產階段

101-103年國內共有122個農業生產相關科技計畫執行，其中以栽培技術(含育苗技術)領域為主要，共有85個計畫，占整體的70%。其次為病蟲害防治領域，共有32個計畫執行，占比為26%；另外包括環境汙染影響研究、飼料用、以及機能性研究等領域，占比分別為9%、5%、2%。(表九)

3. 加工/產品開發階段

101-103年國內共有77個加工/產品開發相關科技計畫執行，其中以米食加工、生產領域為主要，共有48個計畫，占整體的62%。其次為機能性領域，共有29個計畫執行，占比為38%；另外包括非食用加工品、包裝儲藏以及飼料用等領域，占比分別為16%、13%、8%。(表十)

經由本研究之盤點分析，我國101-103年稻米科技研究計畫以育種研究階段最多，其中在input traits 性狀主要是耐逆境以及抗白葉枯病等研究；而在output traits 性狀則以米質改良為主；在platform technology 層面則以分子選種技術開發、種原庫建置為主要研究方向。在農業生產以及加工/產品開發等階段，則分別以栽培技術(含育苗技術)以及米食加工、生產等技術開發為主。

(五) 全球稻米科技研發策略

國際稻作科學組織(GRiSP)為一全球性研究組織，其合作夥伴包括IRRI、國際熱帶農業中心(International Center for Tropical Agriculture, CIAT)、非洲水稻研究中心(The Africa Rice Center)

表九 國內稻米農業生產階段之科技計畫盤點統計

| 應用導向 | 計畫數量 | 占農業生產階段計畫比例 |
|-------------|------|-------------|
| 栽培技術(含育苗技術) | 85 | 70% |
| 病蟲害防治 | 32 | 26% |
| 環境汙染影響研究 | 11 | 9% |
| 飼料用 | 6 | 5% |
| 機能性研究 | 3 | 2% |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

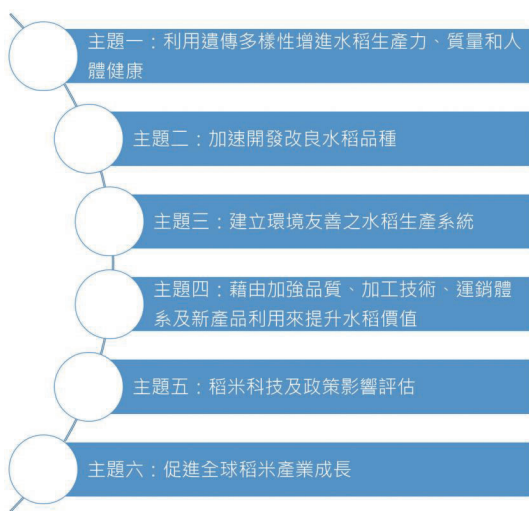
表十 國內稻米加工/產品開發階段之科技計畫盤點統計

| 應用導向 | 計畫數量 | 占加工/產品開發階段計畫比例 |
|---------|------|----------------|
| 米食加工、生產 | 48 | 62% |
| 機能性 | 29 | 38% |
| 非食用加工品 | 12 | 16% |
| 包裝、儲藏 | 10 | 13% |
| 飼料用 | 6 | 8% |

資料來源：農委會農業計畫管理系統、政府研究資訊系統GRB、農業生技產業資訊網(2014/9查詢)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

等 900 個研究組織。2010 年 GRiSP 與其合作夥伴針對全球稻米產業所面臨之問題，提出六項水稻科技發展戰略及研究主題（圖五），同時設定 2020 年及 2035 年預定達成目標，期望透過國際水稻研究之合作，達成減少貧困和飢餓、改善人類健康和營養、減少環境足跡、提高水稻生產系統的生態系統彈性等。其中六項水稻科技發展主題分別為「利用遺傳多樣性增進水稻生產力、質量和人體健康」、「加速開發改良水稻品種」、「建立環境友善之水稻生產系統」、「藉由加強品質、加工技術、運銷體系及新產品利用來提升水稻價值」、「稻米科技及政策影響評估」、「促進全球稻米產業成長」等，在各主題下再分別設立三至六項具體科技發展項目。

藉由以上六項發展主題，GRiSP 以南亞為例進行效益推估，若每年投入 4,000 萬美元之研究經費，預估至 2020 年可得到 15 億美元的研究效益，其中以高產能雜交水稻以及耐淹水稻最高。然而隨著 C4 水稻的開發，至 2050 年整體研究計畫更可達到 50 億美元的研究效益，以 C4 水稻、高產能雜交水稻、高產能自交水稻為主。（圖六）

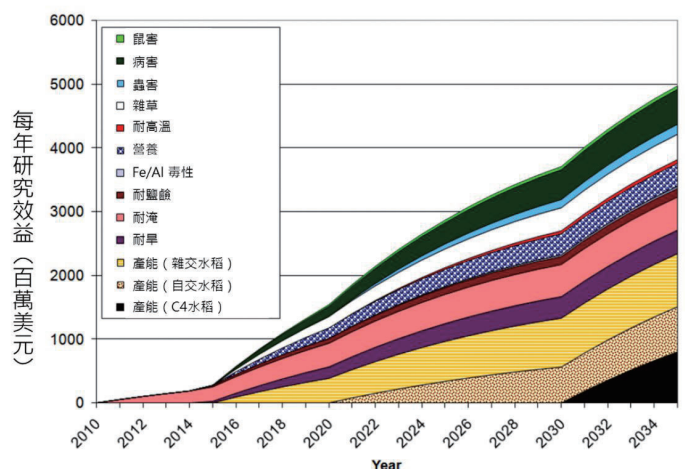


資料來源：GRiSP (2010)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心翻譯。

圖五 GRiSP 水稻科技發展主題

科技需求及潛力分析-專家意見調查統計

基於 GRiSP 於 2010 年提出之稻米科技發展策略係以整體稻米產業問題來設定科技發展標的，其層面廣泛，且應包含具提升我國稻米產業競爭力之科技項目，因此本研究根據 GRiSP 所提出的技術發展報告 Sustainable Crop Productivity Increase for Global Food Security-A CGIAR Research Program on Rice-Based Production Systems，將其稻米科技發展主題之細項進行篩選整理，選定 22 項稻米科技發展課題（議題）進行專家意見調查，包括「水稻種原保存及供應」、「遺傳多樣性和創造新的基因庫」、「抗逆境及植物營養吸收之基因多樣性研究」、「C4 水稻」、「育種資訊學及多重環境試驗」、「特定性狀之基因 /QTLs 及其供應親之研究」、「抗逆境水稻品種開發」、「適用於集約栽培管理的水稻品種改良」、「機能米開發」、「建立水稻高效單一化生產系統之管理模式」、「建立節約技術及多樣化生產系統」、「逆境及貧瘠地區之低投入栽培管理技術」、「因應氣候變遷之防治措施及減緩地球暖化」、「改善稻米收穫



資料來源：GRiSP (2010)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心翻譯

圖六 各種稻米科技之研究效益分析-以南亞(South Asia)為例

後處理、加工技術及運銷體系」、「稻稈和稻殼的創新利用」、「米質改良及米食產品加工」、「建置空間分析系統」、「社會經濟和技術分析評估」、「全球稻米資訊系統之建立」、「稻米科技研究之策略規劃及影響評估」、「知識平臺創新及技術服務」、「建置稻米科技之大規模應用之生產系統」等。

專家意見調查統計分析

本研究篩選整理自 GRiSP 之 22 個稻米科技發展課題（議題），分成兩部分進行調查，第一部分邀請專家針對其中 17 項稻米科技發展課題以「全球

市場開發潛力」、「未來臺灣社會需求」、「目前臺灣具發展優勢」、「未來臺灣具發展潛力」等面向來分析這些稻米科技發展課題在臺灣推動之重要性與可行性，並將所有回收問卷分數進行加總統計。（表十一）

其中「全球市場開發潛力」係指專家主觀認為全球市場開發潛力大、或估計全球市場規模可能超過美金 10 億元以上；「未來臺灣社會需求」係指專家主觀認為臺灣社會需求大、或預期未來臺灣市場規模可能超過新臺幣 10 億元以上；「目前臺灣具發

表十一 本次專家意見調查17項科技發展課題及調查結果統計

| 科技發展課題 | 全球市場開發潛力 | 未來臺灣社會需求 | 目前臺灣具發展優勢 | 未來臺灣具發展潛力 |
|----------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| 水稻種原保存及供應 | 10.0 | 10.0 | 8.0 | 9.0 |
| 遺傳多樣性和創造新的基因庫 | 13.0 | 6.0 | 7.5 | 9.5 |
| 抗逆境及植物營養吸收之基因多樣性研究 | 11.0 | 10.0 | 7.0 | 14.0 |
| C4水稻 | 9.0 | 1.0 | 3.5 | 3.5 |
| 育種資訊學及多重環境試驗 | 8.0 | 11.0 | 4.5 | 11.5 |
| 特定性狀之基因/QTLs及其供應親之研究 | 10.0 | 10.0 | 7.5 | 13.5 |
| 抗逆境水稻品種開發 | 11.0 | 10.0 | 7.0 | 12.0 |
| 適用於集約栽培管理的水稻品種改良 | 8.0 | 7.0 | 5.5 | 5.5 |
| 機能米開發 | 9.0 | 9.0 | 4.5 | 8.5 |
| 建立水稻高效單一化生產系統之管理模式 | 7.0 | 11.0 | 7.5 | 8.5 |
| 建立節約技術及多樣化生產系統 | 6.0 | 10.0 | 8.0 | 9.0 |
| 逆境及貧瘠地區之低投入栽培管理技術 | 9.0 | 4.0 | 2.5 | 6.5 |
| 因應氣候變遷之防治措施及減緩地球暖化 | 11.0 | 9.0 | 3.5 | 9.5 |
| 改善稻米收穫後處理、加工技術及運銷體系 | 10.0 | 8.0 | 10.0 | 9.0 |
| 稻稈和稻殼的創新利用 | 10.0 | 6.0 | 3.0 | 7.0 |
| 米質改良及米食產品加工 | 11.0 | 15.0 | 10.0 | 12.0 |
| 建置空間分析系統 | 10.0 | 8.0 | 3.5 | 9.5 |

註1：粗體字為該課題分數高於平均值

資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心調查(2014)

展優勢」係指跟美歐日等科技先進國家相較，專家主觀認為目前臺灣具發展該項科技或產品技術之相對優勢；「未來臺灣具發展潛力」係指專家主觀認為臺灣可能開發出該項科技或產品技術、或未來臺灣具發展該項科技或產品技術之潛力高。

本次調查共 17 位專家如前所述，以下針對分數高於平均值之科技發展課題進行說明：

（一）全球市場開發潛力大

以「遺傳多樣性和創造新的基因庫」得分最高，其次高分為「抗逆境及植物營養吸收之基因多樣性研究」、「抗逆境水稻品種開發」、「因應氣候變遷之防治措施及減緩地球暖化」、「米質改良及米食產品加工」，其他還包括「水稻種原保存及供應」、「特定性狀之基因/QTLs 及其供應親之研究」、「改善稻米收穫後處理、加工技術及運銷體系」、「稻稈和稻殼的創新利用」、「建置空間分析系統」等。

（二）未來臺灣社會需求高

以「米質改良及米食產品加工」得分最高，其次高分為「育種資訊學及多重環境試驗」、「建立水稻高效單一化生產系統之管理模式」，其他還包括「水稻種原保存及供應」、「抗逆境及植物營養吸收之基因多樣性研究」、「特定性狀之基因/QTLs 及其供應親之研究」、「抗逆境水稻品種開發」、「建立節約技術及多樣化生產系統」、「機能米開發」、「因應氣候變遷之防治措施及減緩地球暖化」等。

（三）目前臺灣具發展優勢

以「改善稻米收穫後處理、加工技術及運銷體系」、「米質改良及米食產品加工」得分最高，其次高分為「水稻種原保存及供應」、「建立節約技術及多樣化生產系統」，其他還包括「遺傳多樣性和創造新的基因庫」、「特定性狀之基因/QTLs 及其供應親之研究」、「建立水稻高效單一化生產系統之管理模式」、「抗逆境及植物營養吸收之基因多樣性研究」、「抗逆境水稻品種開發」等。

（四）未來臺灣具發展潛力

以「抗逆境及植物營養吸收之基因多樣性研究」得分最高，其次高分為「特定性狀之基因/QTLs 及其供應親之研究」，其他還包括「抗逆境水稻品種開發」、「米質改良及米食產品加工」、「育種資訊學及多重環境試驗」、「遺傳多樣性和創造新的基因庫」、「因應氣候變遷之防治措施及減緩地球暖化」、「建置空間分析系統」等。

此外，本調查根據 5 項稻米科技發展議題對我國研發計畫之重要性請專家予以評分，本調查將各問卷分數進行加總統計，其中以「稻米科技研究之策略規劃及影響評估」、「全球稻米資訊系統之建立」兩項為相對重要之科技發展議題。（表十二）

除了本次調查問卷之科技發展課題（議題）之外，專家另提出以下 7 項為其他重要發展項目，包括「雜交稻議題」、「稻種繁殖系統」、「提高水資源利用效率之生產系統」、「水資源利用效率評估」、「水稻為主的作物制度」、「導入 Big data 及智慧型農業」、「建置安全、品質、環境友善之稻米產業」等。

結論與建議

基於國內外之產業及科技發展程度不同，因此我國稻米科技的發展在國內和國外應有不同的優先發展順序，應分成國內和國際發展策略。以國內

表十二 本次專家意見調查5項科技發展議題之重要性及調查結果統計

| 科技發展議題 | 對於我國稻米科技研發計畫之重要性 |
|-------------------|------------------|
| 社會經濟和技術分析評估 | 13.7 |
| 全球稻米資訊系統之建立 | 14.7 |
| 稻米科技研究之策略規劃及影響評估 | 15.3 |
| 知識平臺創新及技術服務 | 13.7 |
| 建置稻米科技之大規模應用之生產系統 | 12.7 |

註1：粗體字為該議題分數高於平均值

資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心調查(2014)

來看，產銷失衡為主要的問題，因此在科技發展策略上應走向高品質策略，從事食品安全及健康之研究，並以價格合理反應其品質，高產並非國內主要研發的方向；另外在生產栽培部分，應該以環境友善為核心，建立節水、合理施肥、少用農藥等栽培模式，甚至包括農業廢棄物的加值應用。至於因應全球糧食供應不足之趨勢，建議將國內稻米高產的技術輸出到國外，進行國民外交及國際貢獻，甚至可考慮把技術轉至國外大廠進行產業化、以收取權利金來挹注研發資源。

本研究針對國內稻米科技發展規劃提出建議，透過科學及系統性方式將專家意見進一步收斂及凝聚，期望能協助我國稻米科技發展之定位並研擬出我國稻米科技之前瞻規劃藍圖，有助於形成我國稻米科技發展提出短中長程目標與發展策略，以提升我國稻米科技與產業之國際競爭力。

AgBio

孫智麗 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 主任
劉依棻 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 專案經理

參考文獻

1. 孫智麗(2014)，「因應人口結構變遷下之科技發展規劃：論科技前瞻與決策支援系統」，《前瞻科技與管理》，4卷1期，1-40頁。
2. 孫智麗(2009)，「前瞻2020臺灣重要科技發展：新興科技前瞻與社會經濟需求專家意見量化統計分析」，《臺灣經濟研究月刊》，32卷12期：頁100-107。
3. 台灣經濟研究院生物科技產業研究中心(2014)，「稻米科技前瞻規劃專家座談會」會議紀錄，2014年12月19日。
4. 周孟嫻、許嘉伊(2013)，「國內外稻米產業結構與發展趨勢」，《農業生技產業季刊》，第36期，1-7頁。
5. 賴志遠、朱閔聖、邱錦田、洪文琪、葉乃菁、王玳琪、吳悅、康美鳳、陳嬾妃(2006)，「從技術預測走向技術前瞻：以日本第八次前瞻為例」，《科技發展政策報導》，2期：頁241-260。
6. Martin, B. (2008), Technology foresight - Some lessons from the UK and elsewhere. 科技前瞻趨勢演講暨科技管理國際期刊發表策略研討會，臺北市：國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心。
7. 行政院農業委員會。
8. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
9. Georghiou, L.(1996), "The UK Technology Foresight Programme," Future, 28(4), 359-377.
10. GRiSP (2010), Sustainable crop productivity increase for global food security A CGIAR Research Program on Rice-Based Production Systems
11. Yunhe Jiang, Zhaoxia Cai, Weibo Xie, Tuan Long, Huihui Yu, Qifa Zhang, (2012), "Rice functional genomics research: Progress and implications for crop genetic improvement," Biotechnology Advances, 30, 1059-1070.