農業試驗所特刊第 186 號

因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究

103 年度成果發表暨研討會

論文集

主編 王毓華 呂秀英



行政院農業委員會農業試驗所 編印
中華民國 104 年 11 月

農業試驗所特刊第 186 號

因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究—103 年度成果發表暨研討會論文集

主編

王毓華、呂秀英

行政院農業委員會農業試驗所編印

中華民國一〇四年十一月

Taiwan Agric. Res. Inst., Spec. Publ. No.186

Agricultural Innovation Studies for Coping with Climate Change and Food Security

Edited by:

Yu-Hua Wang and Hsiu-Ying Lu

Proceedings of 2014 Workshop held at
Taiwan Agricultural Research Institute (TARI),
Council of Agriculture, Taiwan ROC
on October 30, 2014

Published by TARI
November, 2015

序

農業為國家之根本，穩定的農業生產具有維護社會、安定民心、發展經濟之力量，然而農業係高度依賴天然資源與環境變異的生物產業，因此氣候變遷對於糧食生產環境更是首當其衝，進而影響糧食供應的穩定性。為提升我國因應氣候變遷之調適能力與研發能力，進而維護國內糧食安全，行政院農業委員會於101年度研提整合型計畫—「因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究」，由農業試驗所擔任統籌機關，結合跨部會、跨領域各界研發能量與研究資源，以四年期程，分由等多元面向導入，期能在氣候變遷情勢下，引領科技創新，以降低氣候變遷及糧食安全對國內農產業之衝擊，達到提升農業全球化競爭力、維護農業環境生態永續、增進農民福祉及改善國人生活品質等多元總體目標。

本計畫涵蓋農、林、漁、牧等不同領域。在政策面，將提升我國決策與應變能力；在技術面，持續強化抗耐逆境研發能量；在生產面，建立調適技術，減少對環境的負擔；在產業面，研發台灣適作之替代性飼料作物，提高自給供應能力；在環境面，加強災害預警之基礎建設與抗災能力，加強農業廢棄資源再利用，以盡可能減少對環境的消耗。本計畫自101年起，已陸續累積相當豐碩的成果，本次研討會將計畫研究產出以口頭報告、海報展示及實物展出，具體呈現本計畫之研究成果，並特別邀請台灣大學生物環境系統工程學系童慶斌教授進行專題演講，分享其研究團隊針對氣候變遷之風險與影響所提出的調適路徑。藉由本次研討會分享研發成果與互動交流，有助於強化國內產官學研之研發能量，並開啟後續新興議題之導入，對於我國農業研究發展重點之凝聚具有重大意義。

行政院農業委員會農業試驗所
所長

陳駿季

中華民國 104 年 11 月

目錄

氣候變遷的調適路徑

童慶斌 曹榮軒 林嘉佑 劉子明 1

國際糧食安全機制研究

陳威仲 12

因應經貿自由化強化糧食安全體系

林國慶 柳婉郁 施瑩艷 林信維 24

稻米民間庫存之研究與調查

李仁耀 林啟淵 張呈徽 35

提升我國糧食自給率之潛力農產品發展策略

周孟嫻 孫智麗 46

建立北部地區環境親和型水旱輪作經營模式

楊志維 56

中部地區作物栽培環境親和輪作經營模式

戴振洋 林訓仕 陳鴻堂 64

嘉南地區環境親和型旱田輪作經營模式

詹碧連 74

花蓮宜蘭地區環境親和型水旱田輪作模式之建立

余德發 楊素絲 83

應用綠肥建立水稻-硬質玉米環境親和型輪作模式

（建立硬質玉米環境親和型輪作模式）

林上湖 鄭梨櫻 92

北部地區飼料甘藷低投入省工栽培系統建立

莊淩釗 100

台中秈 17 號低投入型耕作制度應用於飼料稻米生產之評估

江志峰 108

土壤與作物營養診斷技術應用於氣候變遷下低投入型耕作制度發展

譚增偉 118

葉施養液對番石榴抗風效果及果實品質之影響

曾宥綜 賴文龍 郭雅紋 陳鴻堂 133

木瓜淹水前後栽培管理及復育技術之建立

黃士晃 144

降雨變化對茶園田間管理之影響情形

簡靖華 林儒宏 154

Contents

Adaptation Pathways to Climate Change

C.-P. Tung, J.-H. Tsao, C.-Y. Lin, and T.-M. Liu 1

A Study on International Food Security Mechanisms

W.-C. Chen 12

A Study on the Construction of the Food Security System for Adapting to Economic and Trade Liberalization in Taiwan

K.-C. Lin, W.-Y. Liu, Y-Y. Shih, and H.-W. Lin 24

A Study on the Private Sector Inventory of Rice

J.-Y. Lee, C.-Y. Lin, and C.-H. Chang 35

Development Strategies of Potential Self-sufficient Agricultural Products

M.-S. Jhou and C.-L. Sun 46

Establishment of Environmental Friendly Crop Rotation System in Northern Taiwan

Z.-W. Yang 56

Establishment of Environmental Friendly Rotation Cropping Model for Agricultural Cultivation in Central Taiwan

C.-Y. Tai, H.-S. Lin, and H.-T. Chen 64

Environmental-Friendly Mode of Upland Crop Rotation in Chia-Nan Area

B.-L. Chan 74

Establishment of Environment-Friendly Systems in Rice and Upland Crop Rotation in Hualien and Yilan Areas

D.-F. Yu and S.-S. Yang 83

Establishment of Rice-Feed Corn Environmental Friendly Crop Rotation Model by Application Green Manure

S.-H. Lin and L.-Y. Cheng 92

Establish the Low-Input Cultivation System of Sweet Potato in Northern Taiwan

C.-C. Chuang 100

Studies on the Low-Input Farming System of Yield of Forage Rice of Taichung Sen 17

C.-F. Chiang 108

Application Technique of Soil and Crop Nutrition Diagnosis on the Low Input Farming Systems Development under Climate Change

T.-W. Tan 118

Influence of Foliar Application on the Wind Resistance and Fruit Quality of Guava

Y.-H. Zeng, W.-L. Lay, Y.-W. Kuo, and H.-T. Chen 133

Establishing the Management and Restoration Techniques for Flooding Papaya

H.-S. Huang 144

Influence of Rainfall Change on The Tea Field Management

C.-H. Chien and R.-H. Lin 154

氣候變遷的調適路徑

童慶斌[1] 曹榮軒[2] 林嘉佑[3] 劉子明[4]*

摘要

近年來氣候變遷議題備受矚目，然而面對氣候變遷之威脅，各級單位與執行調適計畫之專業團隊往往不知如何才是正確之氣候變遷調適規劃。在氣候變遷與社會經濟發展之不確定性下，也缺乏系統方法與工具去擬定合適之調適方案。為此，本研究探討氣候變遷不確定性下之調適路徑擬定方法，並參考國際間針對氣候變遷所制定之調適步驟流程，說明氣候變遷調適決策六大步驟，從問題界定與目標設定、評估與分析現況風險、評估與分析未來風險、界定與評估調適選項、規劃與執行調適路徑、到監測與修正調適路徑等六大步驟。同時，提供以氣候變遷調適決策六大步驟為主軸之支援調適決策工具 AdaptCAB，做為協助調適計畫之檢核工具，提供每一步驟之細節、使用工具與產出，以作為氣候變遷調適決策之參考。

關鍵詞：永續發展、氣候變遷、調適策略、決策支援、標準流程。

前言

近年來極端天氣帶來之嚴重衝擊，使大家逐漸體認到要面對未來氣候變遷可能帶來更大之影響，必須即早與實質推動調適方案。然而，無論是氣候的變化或是社會經濟發展，都具有相當之不確定性。如何面對氣候變遷以及社會經濟發展的不確定性，考量跨領域之間的互相關聯，以擬定適當之調適方案，則需要有系統性的思考與方法，以具有強健性 (robust) 以及彈性 (flexible) 的調適路徑來逐步完成調適目標。在擬定調適計畫的過程中，需要一個共同的溝通平台呈現，無論是政府、學術研究單位、企業法人或是一般社會大眾都能夠在一定的共識下，利用相同的工具，讓利害相關者皆能參與決策。調適路徑即是在這樣的需求下所建立的工具，其概念如同捷運路線圖，在使用者了解了出發站以及目的地之後，便可以自由地選擇連接兩個點之間的路線，同時也需要配合既有路線在某些中途站進行轉乘的動作，並決定最後到達終點的路徑。如果將終點當程面對氣候變遷下所想要達成的目標，則整個乘車轉乘的過程就可

1 台灣大學生物環境系統工程學系教授 cptung@ntu.edu.tw。
2 台灣大學生物環境系統工程學系博士候選人 junghsuan@gmail.com。
3 台灣大學生物環境系統工程學系博士候選人 chiayu0119@gmail.com。
4 台灣大學生物環境系統工程學系博士後研究員 tedliu13@gmail.com。
* 通訊作者電子信箱：tedliu13@gmail.com；電話：02-33663489。

以用調適路徑來呈現。以下將介紹調適路徑之觀念，並說明系統性之調適決策步驟，同時說明調適決策過程中，如何利用工具來協助調適決策。

研究方法

(一)氣候變遷調適路徑

氣候變遷調適路徑之觀念來自於 Haasnoot (2012)，主要藉由模擬各種不同的情境配合不同的調適選項，得到系統的表現，並將系統的表現分為可以接受、中等和不可接受的狀態，當某個調適選項讓系統表現達到不可接受狀態的時間點，就可稱為系統的臨界點 (tipping point)，從開始評估的起點到達臨界點的時間，就是該調適選項的有效期 (sell-by date)。將這樣的觀念進一步延伸，當某一個調適選項到達臨界點，就可以視為該調適路徑上的轉乘點，代表該路徑已經沒有辦法讓系統維持可接受的狀態到達終點，所以必須要選擇其他的路徑。當把所有可能的調適路徑描繪出來後，可以更進一步地就每一條可行的路徑進行評估，這其中包括所花費的經費以及造成其他領域的副作用，讓最後選擇調適路徑的決策者或是利害相關者獲得足夠的資訊，選擇其中一條調適路徑做為面對氣候變遷調適未來的方針。

以圖 1 為例，ABC 三條線代表不同調適策略所得到的負荷，水平線 D 代表系統的承載，若是承載大於負荷表示系統處於一個不可接受的狀態，策略 C 在第一個星號的時間點之後就處於不可接受，故策略 C 有效期的長條長度非常短，若要使系統離開不可接受的狀態，則需在第一個星號進行轉乘的動作，可以選擇轉乘的路徑包括策略 B 和策略 A。同理，策略 B 的有效期可以到第二個星號的時間點，須在該點進行轉乘至策略 A 以確保系統的狀態，而策略 A 則始終都可以讓系統保持可接受的狀態。

如果一開始就選擇策略 A，表示一開始就認定預測的未來可能會發生，因此策略 A 可以說是較為強健的策略，然而必須面對的風險則為如果未來沒有預測那麼嚴峻，強健措施的花費可能成為浪費；一開始選擇策略 B 或 C 都是屬於較為彈性的調適路徑，原因在於未來具有極大之不確定性，可以選擇微幅增加承載力的方式因應短期內之威脅，一旦未來之威脅趨勢確認，則可以依照原訂之調適路徑執行，再加入其他方案；一旦未來之威脅不如預測之風險，則可以修正原有之調適路徑。無論是強健的調適路徑或是彈性的調適路徑，都各具優缺點，唯有將所有可行之調適路徑列出，比較不同路徑之花費、效用、附加影響等因素，透過利害關係者會議討論，來擬定未來該走之調適路徑才能客觀訂出未來調適方案與路徑。

在氣候變遷調適路徑的建置中，需要一步步將所需要的元素建構完成。首先是縱軸與橫軸的定義問題，在縱軸的設計上多是以調適策略為主 (Haasnoot，2013)，可以清楚的讓後續的決策者或是討論決策的利害相關者了解有那些可行的調適策略。此

外，也可以行動方案作為調適路徑圖的縱軸，比起策略，調適行動方案更能夠明確的提供該做什麼的訊息，但是在目前的調適路徑相關研究上，常常會出現策略與行動方案兩者交互出現的情形，定義不夠明確容易造成實際執行上的混淆 (Haasnoot, 2012;Siebentritt, 2014)。在橫軸的設計上，則可以採用時間 (Haasnoot, 2012;Siebentritt, 2014)或是氣候相關的參數 (Werners, 2013;Maru, 2014)。以時間作為橫軸的優點在於可以明確對應轉乘的時間，但是在有關於氣候變遷模擬得到的結果，多是以未來一段時間的平均情形來呈現，縱使氣候變遷模擬有提供逐年的資料，但是這些資料在這樣的時間尺度下有極高的不確定性，這是在以時間作為橫軸時會面臨到的最大挑戰。若是以氣候相關參數作為橫軸，則是以可以描述系統風險最主要的狀態變數，如海平面上升高度、洪水回歸頻率、熱浪發生頻率、供水系統承載力，此類參數型的橫軸利於描述系統的狀態，可與監測系統結合，在調適路徑的規劃上達到預警以及修正的效果。表 1 將上述縱軸與橫軸的狀況進行成對比較，並舉出現有的案例進行分析與說明。

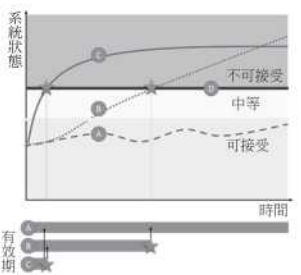


圖 1. 系統狀態與策略轉乘示意圖

表 1 調適路徑的分類

調適路徑類型	說明
策略-時間型	參考圖 2 以及圖 3，可作為大方向目標時使用，但是後續實際執行時仍需要進一步的細節排程
策略-參數型	參考圖 4，以淹水、熱浪以及乾旱的發生頻率作為橫軸風險程度的表示，定義現況的風險以及目標年的風險改變情形，較容易與監測預警系統結合
行動方案-時間型	參考圖 5，可提供非常詳細的選項轉換，但是需要解決在呈現所遭遇過於複雜的問題，如果執行的行動方案過多時，排列組合後的結果會非常複雜，在利害相關者討論時會有呈現上的困難
行動方案-參數型	在建置的過程相對複雜，必須了解每一個行動方案所對應改變的氣候參數情形，但是這樣的組合在後續結合監測系統上是最為詳細便於使用

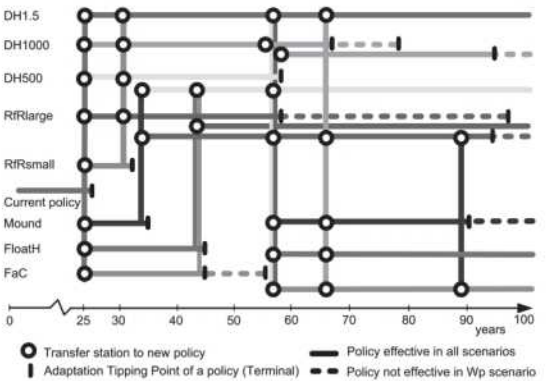


圖 2. 策略–時間型調適路徑 (Haasnoot, 2012)

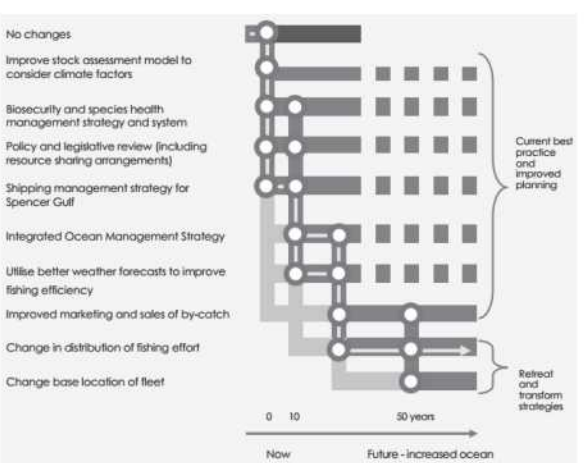


圖 3. 策略–時間型調適路徑 (Siebentritt, 2014)

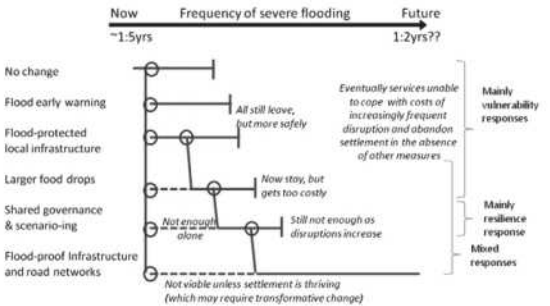


圖 4. 策略–參數型調適路徑(Maru, 2014)

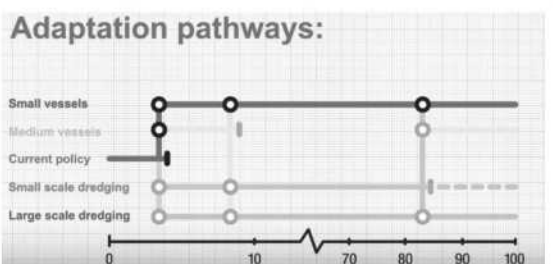


圖 5. 行動方案–時間型調適路徑 (Haasnoot, 2013)

(二)氣候變遷支援調適決策工具

調適路徑之擬訂其實已經是在調適對象完成問題界定，以及現況與未來之評估，了解氣候變遷之風險來源之後，去界定可行調適選項，然後才去擬定調適路徑。因此，要訂定完善之氣候變遷調適路徑，仍必須遵循系統性之氣候變遷調步驟與流程。在氣候變遷的調適步驟與流程上，國際上有許多已發展之決策步驟可以參考，如：聯合國氣候變遷調適政策綱領 (UNDP APF) 、英國氣候衝擊計畫的調適精靈 (UKCIP Adaptation Wizard)，以及歐洲氣候調適平台的調適支援工具 (CLIMATE-ADAPT Adaptation Support Tool) 等。上述機構之調適決策步驟，其內容雖然不盡相同，然而對於氣候變遷調適的基本精神其實是一致的。以英國氣候衝擊計畫的調適精靈為例，

共包含了：開始、現況氣候脆弱度、未來氣候脆弱度、調適選項、監測與回顧五項程序，由尋找氣候變遷可能遭遇之問題出發，並依據評估現況與未來可能面臨之風險，進而擬定可能之調適選項，並針對調適選項的執行進行與事後的回顧檢討。

本研究參考上述各機構之調適決策步驟，並參考國內氣候變遷地方調適計畫，歸納彙整出氣候變遷調適決策六大步驟，包括：(一) 界定問題與設定目標；(二) 評估與分析現況風險；(三) 評估與分析未來風險；(四) 界定與評估調適選項；(五) 規劃與執行調適路徑；(六) 監測與修正調適路徑。現階段本研究已針對上述六大步驟的內容進行定義外，並針對各步驟所包含的次步驟、細部工作項目進行分項，亦對流程中所需使用到的資料、工具以及各流程對應之產出設計了分析評估資料的檢核表，以提供上述六大調適流程的使用者以及檢核者作為確認調適流程與資料、工具產出完整性之檢核用途。此外，為進一步協助使用者在執行調適決策規劃的過程中能夠自我檢核，並依循前述氣候變遷調適六大步驟內的各項次步驟與工作項目，瞭解整個調適計畫可能出現之缺漏，進而滾動式修正調適計畫，使整體調適流程趨於完整，本研究以氣候變遷調適六大步驟為基礎，發展了適合於跨領域與各領域調適行動政策決策工具 AdaptCAB (Adaptation Capacity Builder)。為方便多數使用者皆可執行 AdaptCAB，本研究選擇以微軟的 Office Excel 作為檢核工具的建置平台，並放置於 TaiCCAT-VA (科技部計畫：氣候變遷調適科技整合研究計畫-跨領域脆弱度評估與回復力建構科技發展計畫 (III) 知識平台網站提供下載。

在 AdaptCAB 中，除了提供檢核功能外，更具備了說明與介紹調適決策步驟的附加價值。當使用者利用支援調適決策工具逐項進行檢核的同時，AdaptCAB 將依據使用者之對於各項目之填表情形，同步計算各個步驟的完成率與整體計畫的完成度，並藉由數字搭配長條圖的可視化方式呈現調適檢核之結果。針對未達成或是執行不完整之工作項目，程式亦將產生記錄報表，並整理出後續執行計畫可能遭遇的問題為何，以及現行可解決的辦法為何，使得使用者在自我檢核之餘更能理解問題所在，進而面對問題、解決問題。現階段的結果報表採用條列的方式來呈現，未來希望朝向產生出書面報告的形式發展，將各項條列結果彙整成文章形式，以方便使用者閱讀。

三、支援調適決策工具應用

本研究以氣候變遷下水資源與糧食安全之跨領域脆弱度與回復力評估研究 (科技部，2015) 為例，根據其評估報告之內容進行支援調適決策工具之操作與說明。由於該研究為 TaiCCAT-VA 的示範計畫之一，由計畫團隊來進行調適規劃，故在 AdaptCAB 的操作上將選擇以執行者的角度來進行檢核。表 2 為該研究對應支援調適決策六大步驟中的第一步驟次步驟一之執行狀況 (童慶斌等，2015)，可看出所有工作項目皆有達成，唯獨在組成專業團隊部分並未透過公開招標或邀選的方式，因此在此項上並未勾

選 (圖 6)，則該工作項目之達成律則會因為缺乏完整性而無法到達 100 %。圖 7 最下方之總體完成率由於是整合了六大步驟之綜合評分結果，其得分將隨著自我評量的進行而逐漸累計。在後續的自我評量中，使用者將依照步驟一至步驟六的各項工作項目逐一進行填選，並產出最終之評量結果。

表 2. 操作案例之第一步驟次步驟一之執行狀況 (童慶斌等，2015)

步驟	次步驟	工作項目	對應作為
1	氣候變遷調	確立主政部門與承辦	包含中央政府與地方政府，主要為管
界定問題與	適工作團隊	人	理水權與管理水資源調度之單位。
設定目標	之組成	組成專業團隊	由中央大學李明旭教授、台灣大學童慶斌教授、與中興大學石棟鑫助理教授，組成專業團隊負責執行計畫。
		組成參與的利害關係者	依據不同用水需求者，分為農業用水、民生用水、工業用水者，民間管理水資源單位以及民間關心氣候變遷的 NGO 單位組成。



圖 6. 支援調適決策工具第一步驟次步驟一之檢核畫面 (童慶斌等，2015)

圖 7 為該研究之最終檢核結果 (童慶斌等，2015)，由於該研究現階段僅進行至第四步驟之次步驟一，並未包含第五與第六步驟，可看出最終的檢核結果中最後兩大步驟的內容仍為空缺狀態。此外第四步驟的次步驟一中原有兩項工作項目，分別為「蒐集當地智慧調適選項」與「彙整調適選項」，然而該研究並未蒐集當地智慧調適選項，因此在後續的彙整調適選項部分也會缺乏相關資料，使得該次步驟的完成度偏低。由圖 7 可看出示範計畫在第二與第三步驟的執行相當完善，而第一步驟除了跨領域的部分未執行外，也有接近八成的完成度，因此即便自我檢核僅進行至第四步驟，該示範案例的完成度已達 61%。目前 AdaptCAB 暫時將各項檢核項目佔所有工作項目的分配權重設為均等，後續則考慮針對各個工作項目予以不同之權重比例，以凸顯特定工作項目在支援調適決策工具中的重要程度。

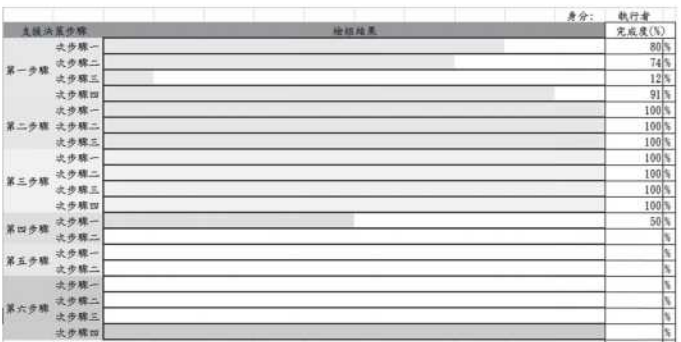
圖 8 為 AdaptCAB 針對調適範例所產出之問題分析頁面 (童慶斌等，2015)，於前述檢核過程中，AdaptCAB 將未達成的檢核項目記錄下來，並以表格形式呈現，可以藉由該表格了解該檢核範例中所遭受之困難為何，並且根據檢核項目中的資料、工具、產出等項目予以分類，以利使用者在進行問題分析之後，能夠更有效率的解決問題。現階段 AdaptCAB 僅先將未達成特定工作項目可能遭遇之困難列出，往後亦希望提供解決方法，或是提供使用者解決問題之相關資訊。

結論與建議

面對氣候變遷與未來社會經濟發展之不確定性，利用氣候變遷調適路徑圖，劃出未來強健性的調適路徑，或是較為彈性的調適路徑，可以做為擬定調適路徑之系統方式與工具。調適路徑之理論雖已完整，然而仍缺乏明確之流程以及適切之工具，以協助利害關係者在調適會議上能清楚了解如何擬定調適路徑圖以及決定未來調適路徑。

此外，調適路徑之擬定也必須建立在系統性的調適擬定步驟之上。本研究參考國內外氣候變遷調適流程之內涵，建立氣候變遷支援決策調適六大步驟，並針對各項步驟所需之資料、工具與產出進行說明。為方便調適行動之執行者與檢核者進行調適過程之檢核，本研究設計開發了 AdaptCAB 工具，適合於跨領域與各領域調適行動政策決策之說明與檢核。藉由直覺的操作方式，幫助使用者能夠循序認識與檢核調適行動。

現階段提出之調適步驟，細部工作項目、資料或工具需求標準以及規範，仍有許多尚待討論與補充之處。此外，部分工作項目的設計是否可能會導致特定調適領域在執行上會產生困難，仍須藉由其他領域的使用者進行實際操作後方能確認。因此，在支援調適決策流程的修正與補充部分，仍有待各界進行試用並給予意見回饋，以讓調適六大步驟與工具更加完整。



支援決策步驟		檢核結果	身分：執行者 完成度(%)
第一步驟	次步驟一		80 %
	次步驟二		74 %
	次步驟三		12 %
	次步驟四		91 %
第二步驟	次步驟一		100 %
	次步驟二		100 %
	次步驟三		100 %
第三步驟	次步驟一		100 %
	次步驟二		100 %
	次步驟三		100 %
	次步驟四		100 %
第四步驟	次步驟一		50 %
	次步驟二		%
第五步驟	次步驟一		%
	次步驟二		%
第六步驟	次步驟一		%
	次步驟二		%
	次步驟三		%
	次步驟四		%
		Total	61 %

圖 7. 支援調適決策工具檢核成果 (童慶斌等, 2015)

項目	步驟	未達成項目	類型 未達成可能遭遇之困難
1	一	公開招標或遴選	工具 可遴選政府人才資料庫提專長領專業能力之團隊
2	一	地方耆老、電話或網路民調等方法	工具 無法點出民意，使決策與議題互無連軟
3	一	各地關注議題	產出 無法點出民意，使決策與議題互無連軟
4	一	調適款動會議	工具 解此了解關鍵議題之急迫性
5	一	跨領域分析工具	工具 當先界定關鍵議題之跨領域影響範圍
6	一	關鍵議題跨領域影響領域與因子	產出 無法界定關鍵議題之影響領域及各領域間關聯性
7	一	專家團隊分工組成名單	產出 專家團隊成員缺乏跨領域調適規劃能力
8	一	利害關係者參工組成名單	產出 缺乏考量跨領域之利害關係者意見
9	四	能應氣候成因之調適選項列表	資料 建議由氣候成因列表配合調適選項列表，以找出可行之調適選項
10	四	專整之調適選項	產出 應集整可行之調適選項
11	四	能應氣候成因之當地智慧調適選項列表	資料 應考量當地智慧之調適選項

圖 8. 支援調適決策工具問題分析 (童慶斌等, 2015)

參考文獻

童慶斌、林李耀、蘇慧貞、盧虎生、林幸助、李明旭。2015。氣候變遷調適科技整合研究計畫(III) -跨領域脆弱度評估與回復力建構科技發展計畫(III)期中報告。行政院科技部補助專題研究計畫。

Burton, I., and Development Programme United Nations. 2005. Adaptation policy frameworks for climate change: developing strategies, policies and measures (p.258). B. Lim (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

CLIMATE-ADAPT Adaptation Support Tool website, http://climate-adapt.eea.europa.eu/adaptation-support-tool.

Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E., and Ter, M.J. 2013. Dynamic Adaptive Policy Pathways: A New Method for Crafting Robust Decisions for a Deeply Uncertain World. Global Environmental Change. 23(2):485–498.

Haasnoot, M., Middelkoop, H., Offermans, A., Van Beek, E., and Van Deursen, W.P.A. 2012. Exploring pathways for sustainable water management in river deltas in a changing environment. Clim Chang.115(3–4):795–819.

Haasnoot, M., Van Deursen, W. P. A., Guillaume, J. H. A., Kwakkel, J. H., Van Beek, E., and Middelkoop, H.2014. Fit for purpose? Building and evaluating a fast, integrated model for exploring water policy pathways. Environ Model Softw.60:99–120.

Siebentritt, M., Halsey, N., and Stafford, S. M. 2014. Regional Climate Change Adaptation Plan for the Eyre Peninsula. Report prepared for the Eyre Peninsula Integrated Climate Change Agreement Committee.

TaiCCAT-VA website, http://sdl.ae.ntu.edu.tw/TaiCCAT_VA/UKCIP. website, http://www.ukcip.org.uk/.

Werners, S.E., Pfenninger, S., Van Slobbe, E., Haasnoot, M., Kwakkel, J., and Swart, R.J.2013.Thresholds, tipping and turning points for sustainability under climate change. Current Opinion in Environmental Sustainability.5:334–340.

Y. T. Maru, Stafford, S. M., A. Sparrow, P. F. Pinhoc, andO. P. Dube.2014. A linked resilience and vulnerability framework for adaptation pathways in remote disadvantaged communities. Global Environmental Change, 28 (2014), 337–350.

Adaptation Pathways to Climate Change

Ching-Pin Tung[1], Jung-Hsuan Tsao[2], Chia-Yu Lin[3], and Tzu-Ming Liu[4]*

Abstract

In recent years, issue of climate change was highly focused. But facing of the threat of climate change, the government agencies and the adaptation planning teams often do not know how to make the adaptation plan correctly. Under the uncertainty of climate change and society development, it is also lack of systematic method and tool to help making proper adaptation plan. Therefore, this study brought the methodology of adaptation pathways under climate change uncertainty and developed the six steps of making climate change adaptation strategies, from problem definition and goal setting, current risk assessment and analysis, future risk assessment and analysis, identifying and evaluating adaptation options, planning and implementing adaptation pathway, and monitoring and adjusting adaptation pathway. Furthermore, the decision support tool, AdaptCAB, which is following the six steps of making climate change adaptation strategies, was brought out to help checking adaptation plans. It also provides the details of each step, the use of tools and outputs of the adaptation six steps as a reference of making climate change adaptation plan.

Keywords: Sustainable Development, Climate Change, Adaptation Strategy, Decision Support, Standard Procedure.

1 Department of Bioenvironmental Systems Engineering, National Taiwan University, cptung@ntu.edu.tw.

2 Department of Bioenvironmental Systems Engineering, National Taiwan University, junghsuan@gmail.com.

3 Department of Bioenvironmental Systems Engineering, National Taiwan University,chiayu0119@gmail.com.

4 Department of Bioenvironmental Systems Engineering, National Taiwan University, tedliu13@gmail.com.

* Corresponding Author, Email:tedliu13@gmail.com; Tel: 02-33663489.

國際糧食安全機制研究

陳威仲[1]*

摘要

研究問題與目的：氣候變遷導致糧食減產及天災頻仍，嚴重危害糧食安全。前者造成供需不平衡以及糧價大幅波動，後者則導致緊急應變以及短期糧食供應需求大增。本計畫藉由研析 APEC 糧食安全行動，建構 APEC 糧食緊急儲備機制 (AFERM)，推動我國與 APEC 各經濟體共同合作，提升糧食系統的韌性與對天災的應變能力。

研究方法：本計畫研析國際糧食安全機制架構與運作實例，並探討 APEC 推動糧食安全之機制與策略，以掌握我國推動 AFERM 倡議之決策環境，並據以擬定我國推動 APEC 糧食儲備機制之運作設計及策略。本計畫除蒐集 APEC 及相關國際組織文件外，並召開國內專家座談會，匯集各方意見，提出未來推動 AFERM 之策略建議。

研究發現：

(一) 我國所提出的「APEC 緊急糧食儲備機制」(AFERM) 倡議是一個亞太區域內因應天然災害的短期緊急糧食救援機制，且作為補充既有國際人道糧食救援計畫之第二道防線的虛擬糧食儲備區域網絡。AFERM 指導委員會將透過標準化的程序啟動援助機制，經由 AFERM 經濟體提供需急難救助之經濟體有效確實的糧食救助。AFERM 機制已在亞太區域內受到重視，且 AFERM 之原則與精神亦受到 APEC 各經濟體的肯定，將成為促進亞太區域糧食安全的關鍵防護角色。

(二) 惟 AFERM 的落實仍面臨以下挑戰：第一，糧食安全工作以促進農業部門永續發展，以及提升貿易與投資為主軸，糧食儲備機制角色逐漸淡化；第二，APEC 經濟體掌握糧食儲備之能力不足；第三，AFERM 機制牽涉到各經濟體需做出糧食捐助之政治承諾，不少經濟體仍未能凝聚其國內共識而持觀望態度；第四，糧食儲備機制具有穩定價格效果，部分經濟體關切對自由貿易之影響。

(三) 本研究建議 AFERM 轉型方案「APEC 糧食緊急應變機制」：協助緊急應變工作的糧食救援行動，此舉可利用我國在 PPFS 及 EPWG 的優勢，並與 APEC 正在推動的「救災人員與救濟物資通關便捷化倡議」(Emergency Response Travel Facilitation, ERTF) 結合，探討 APEC 各經濟體遭遇天然災害之標準作業程序、糧食出入境和通關之妨礙。

1 台灣經濟研究院國際事務處副研究員。

* 通訊作者 電子信箱：d27502@tier.org.tw；電話：02-25865000#523。

關鍵詞：東協加三緊急稻米儲備機制、西非經濟共同體區域糧食儲備策略、APEC緊急糧食儲備機制、糧食儲備機制、緊急應變。

前言

近年來糧食安全 (Food Security) 議題逐漸成為全球關注的焦點。由於受到氣候變遷、重大天然災害頻繁發生、國際能源價格高漲、生質能源快速發展及新興國家經濟起飛所導致糧食需求增加等因素影響，不但對全球糧食生產的穩定供給造成重大衝擊，也對全球糧食安全的確保形成嚴峻挑戰。

全球糧食安全危機所可能引發的社會、經濟及政治動亂，如 2008 年的全球糧食危機就肇因於多項因素，當次糧食危機風暴不僅橫掃全球各地，在世界十餘個國家點燃數起民眾暴動與學生示威，亦將 1 億 1 千 5 百萬人推入長期的飢餓狀態。糧食危機的影響層面不單單僅只是社會面與經濟面，且擴及政治面，造成個別國家政治動盪與鄰近區域關係緊張，甚至引發區域性的動盪與不安。因此，糧食安全之確保對於全球、區域與個別國家皆有重要之意義。

在亞太區域合作方面，作為本區域最重要的國際多邊合作組織之一，亞太經濟合作 (Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC) 在近年來對糧食安全議題的關注更勝以往。另一方面，在區域與國際層次上，為強化對區域糧食安全之保障與確保區域內對民眾之糧食供給，許多國際組織亦多設置兼具區域性及集體性之跨國糧食儲備機制，藉由集體力量的發揮、透過糧食生產之能力建構與糧食供給的急難救助等多種形式，來致力於確保及維護區域內的糧食安全。

我國一向在糧食安全議題上有著長期且持續的關注，並積極投入及參與各項 APEC 農業相關活動。為促進我國與 APEC 各經濟體共同合作，提升糧食系統的韌性與對天災的應變能力，並為提升亞太地區及我國的糧食安全，我國特別在 APEC 倡議「APEC 緊急糧食儲備機制」(APEC Food Emergency Response Mechanism, AFERM)，並陸續邀集 APEC 各經濟體代表就 AFERM 進行深入探討與交流。

材料與方法

本研究計畫主要採取文獻蒐集與分析法，及舉辦專家座談會方式，蒐集以下國內外相關資訊：

(一) 掌握 APEC 推動區域糧食安全之重要工作，及 APEC 經濟體糧食安全策略走向。

(二) 彙整與分析當前亞太及全球糧食儲備機制/計畫之發展與動態。

(三) 研擬我國推動 AFERM 倡議之相關策略方案

結果

透過上述材料與方法彙整國內外相關資訊，本報告將逐項說明 APEC 糧食安全的政策發展、國際糧食安全機制架構與運作、我國 AFERM 機制的規劃與設計，進一步瞭解目前區域糧食儲備機制所面臨之困境，並提出未來在國際社會推動 AFERM 倡議的策略建議，以作為未來落實 AFERM 倡議之參考。

一、APEC 糧食安全的政策發展

2007 年至 2008 年的全球糧食危機，以及近年來國際糧價劇烈波動的現象，深受 APEC 經濟體重視，更因此強化透過區域合作以提升糧食安全的呼籲，並促使 APEC 重新評估它在區域裡扮演的糧食安全提供者的角色。以下，便透過各屆 APEC 糧食安全部長會議及宣言之研析，說明 APEC 糧食安全的政策發展脈絡。

1. 2010 年第一屆 APEC 糧食安全部長會議及新潟宣言

2008 年，APEC 資深官員開始研議 APEC「糧食安全行動計畫」(APEC Food Security Action Plan)，後續報告和提案也都被各式各樣的工作小組和論壇討論，最後終於史無前例地在 2010 年於日本新潟召開的第一屆 APEC 糧食安全部長會議 (APEC Ministerial Meeting on Food Security) 中討論糧食安全的議題。

2010 年的 APEC 糧食安全部長會議發表之新潟宣言指出，APEC 各經濟體將一起追求兩項共同的目標，也就是農業部門的永續發展 (Sustainable development of the agricultural sector) 及投資、貿易和市場的便捷化 (Facilitation of investment, trade and markets)。他們同時也同意 APEC 的糧食安全行動中的 62 項行動項目，其中，「促進農產品的永續和成長」項目表示，透過增加經濟體的糧食供給能力、提升農業的災害準備能力、發展農村社區，以及面對氣候變遷和自然資源管理的挑戰。

總言之，2010 年 APEC 糧食安全新潟宣言為近年來 APEC 糧食安全的政策方向與藍圖願景，勾勒出明確的方向與目標，並為 APEC 各經濟體共同致力於強化區域糧食安全的工作埋下堅實的根基。此宣言可說是 APEC 在糧食安全議題上的一項重大成就與歷史里程碑，而為後來的 APEC 邁向 2020 年糧食安全路徑圖 (APEC Food Security Roadmap Towards 2020) 奠定穩固的基礎。

2. 2012 年 APEC 第二屆糧食安全部長會議及喀山宣言

俄羅斯於第二屆 APEC 糧食安全部長會議的機會，再次作出 APEC 關於糧食安全議題的第二次重大政策宣示，是為「APEC 糧食安全喀山宣言」。該宣言有下列數項重點，其中，提及與氣候變遷導致糧食安全危機部分說明如下：

(1) 體認國際糧食情勢之險峻與重申對新溫宜言目標之追求：農產品價格到 2020 年前將維持劇烈波動、全球營養不良的人口從 1990 年代晚期的 7.8 億人預計 2050 年增加為 93 億人，因而使得糧食安全的提升更為困難，並更需要提升全球的糧食生產及增加國內與國際市場的效率。再者，肇因於全球暖化及極端氣候而導致的頻繁天災，亦使得亞太區域內糧食安全情況日趨惡化。因此，APEC 糧食部長們對設定在 2020 年達成糧食系統結構之目標表示支持。

(2) 增加農業生產與生產力：APEC 部長們體認到創造一個有利環境對於促進公私部門對農業投資的重要性、負責任之私人投資所扮演的關鍵角色、以及公部門投資對於農民及其他投資者創造有利條件的催化角色。因此，部長們認為應透過此途徑來追求農業永續之基礎建設的投資。該宣言也特別指出，強化 APEC 各論壇在災害應變、農業生產復原及糧食供應鏈之討論是極為重要的。

(3) 改善社會弱勢團體的糧食取得：該宣言促請各經濟體增加對此議題的對話與合作、強化社會保護 (social protection) 及社會安全網 (social safety net)，並與聯合國糧農組織 (FAO)、世界銀行、世界糧食計畫署 (World Food Programme, WFP)、及其他國際或區域的政府及非政府組織密切合作。部長們也對我國 AFERM 之可行性研究報告表示感謝，並期待後續計畫能深入探討與現行機制相互扶持的可行途徑。

綜觀上述，喀山宣言可說是俄羅斯該年各項糧食安全議題倡議的集大成，特別是氣候變遷所造成的糧食安全危機，並促使各經濟體糧食安全部長對於災害應變、糧食貿易之穩定以及我國所提出的 AFERM 可行性報告做出重視與承諾。

3. 2014 年 APEC 第三屆糧食安全部長會議與北京宣言

2014 年 9 月，中國大陸在北京舉辦第三屆 APEC 糧食安全部長會議，發表糧食安全北京宣言及 APEC 糧食安全路徑圖 (2014 年版)，作為 APEC 落實糧食安全行動之指導綱領。北京宣言強調在龐大的人口壓力下，APEC 必須提升各經濟體之間的合作，從區域到全球體系，漸次推動各項糧食安全行動。其中，與氣候變遷相關重點工作為「透過創新科技及有利之經濟環境，提升農業生產力及食品生產永續發展」，主要係鼓勵 APEC 各經濟體應體認科學與技術創新是推動農業及糧食生產的重要基礎，同時也必須兼顧生物的多樣性；政府應建立有助於農業創新的政策環境，以提升糧食產量並降低環境的影響，且要能適應氣候變遷的趨勢及天災日益頻繁且嚴峻的挑戰。

二、國際糧食安全機制架構與運作

國際糧食安全機制的運作架構，可分為涵蓋全球各國之層次與僅涵蓋區域內各國的層次。鑒於天災或人禍所引發的飢荒及糧食短缺現象層出不窮，國際間很早就籌設增進國際糧食安全的機制，在二次大戰後，全球層次的國際安全機制則以聯合國與其旗下的相關組織主導，如世界糧食計畫署 (World Food Programme, WFP)。

但在區域層次上，近來則有多個區域糧食安全組織興起，特別是有關在區域糧食儲備機制的建制上。本段將探討目前國際間主要糧食儲備機制的規劃設計與運作現況，並鎖定在區域層次的跨國糧食儲備機制，包括東協加三緊急稻米儲備機制 (ASEAN-Plus-Three Emergence Rice Reserve, APTERR)，與西非經濟共同體區域糧食儲備策略 (ECOWAS Regional Food Reserve Strategy, RFRS) 之主要糧食儲備機制規劃設計與運作現況。

1. 東協加三緊急稻米機制 (APTERR)：APTERR 是東亞第一個以合作為基礎的永久性緊急稻米儲備機制，也是亞洲地區所建立最重要之區域糧食安全架構。該計畫由東協十國與中國大陸、日本及韓國共同參與，並歷經許多年的規劃與試行，直到 2010 年 10 月東協加三在柬埔寨簽署「東協加三緊急稻米儲備協議」後才真正落實生效，成為涵蓋東亞地區多數國家的區域糧食安全體系。

(1) 設置宗旨與原則

APTERR 以回應緊急需求與達成人道為目的，係為在與商業運作邏輯不相違背的前提下之相互援助機制。APTERR 的指導原則奠基於 1979 年通過、1980 年增修之「東協糧食安全儲備協定 (ASEAN Food Security Reserve, AFSR)」中所提「集體自賴與共同責任 (collective self-reliance and common response)」之原則，[1]強調糧食安全應在兼顧市場運作邏輯之下達成，因此 APTERR 強調區域糧食安全機制的建構，應該「避免取代稻米貿易」。基於此，APTERR 為避免扭曲貿易並降低與貿易法規之間的衝突可能，建立了以下次要原則：依循世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 規範、維持正常雙邊協商，以及不採納任何優惠待遇。

(2) APTERR 機制架構與運作

APTERR 內部組織：APTERR 的管理架構共分為三層，包括「東協加三農業與森林部長」(ASEAN Ministers on Agriculture and Forestry Plus Three, AMAF+3)、「APTERR 理事會」(APTERR Council)及「APTERR 秘書處」(APTERR Secretariat)。

- 東協加三農業與森林部長：由各成員國的農業與森林部長組成，直接管轄 APTERR 理事會，負責責成 APTERR 理事會的任期，並聽取 APTERR 理事會的報告與建議。
- APTERR 理事會：由 APTERR 締約國各自推派一名代表組成，以「理事會成員間共識決」作為決議基礎。APTERR 理事會每年必須召開一次大會，並得於發生緊急事件，需要即刻決議時召開臨時會。
- APTERR 秘書處：由東協秘書處和東協糧食安全儲備委員會秘書處所支持，任務為

[1] 英文原文為：APTERR is aimed to secure food security in an emergency caused by temporary and large-scale calamity. Therefore, APTERR is mutual assistance system to provide necessary rice to rice-needy people.

協助 APTERR 理事會會議，其中，由 APTERR 理事會指定一名總經理 (General Manager) 作為領導。

(3) 稻米儲備的方式

採用「申告預留」(Earmarked emergency rice reserves) 與「現物庫存」(Stockpiled emergency rice reserves)兩種方式並存的策略。「申告預留」係指 APTERR 締約國必須依其自願承諾，指定一定數量的稻米儲備，之後這些稻米儲備必須要接受 APTERR 理事會的定期檢視，檢視時並須將世界及區域內的糧食狀況納入考量；「現物庫存」係指APTERR締約國自願以現金 (稱 stockpiled cash) 或實物稻米儲備 (稱 stockpiled rice) 捐贈予 APTERR，並由 APTERR 秘書處在 APTERR 理事會的指導下進行管理。

(4)APTERR 稻米儲備釋放程序

- 第一層 (Tier 1)：Tier 1 可視為是一長期合約，由供給國與受援國兩者間協議訂定所需稻米的具體數量與等級、定價方法、付款與交貨條件；稻米會在緊急事件發生後從供給國運送致受援國，並按當時國際市場價格計價，而雙方長期合約中所載明的稻米量則是按照緊急事件發生後稻米短缺的情形所估計而來。
- 第二層 (Tier 2)：本層次由供給國與受援國間，透過長期借貸協定或贈與形式來釋放申告庫存的稻米，主要設計來處理非預期性的緊急事件。在此層次之下，開放 APTERR 成員國履行緊急的稻米需求，此階段主要透過供給國與受援國的現場協議來安排緊急稻米援助的交貨，計價方式與 Tier 1 類似，雙方透過協議可安排以現金、長期貸款或贈款等方式進行。
- 第三層 (Tier 3)：本層次透過成員國主動要求或自動啟動機制來釋放因應迫切需求的實物庫存，主要是因應嚴重的緊急情況。本層次主要因應突發性受災區域對於糧食的緊急需求，稻米需求的配置會在自動啟動機制下快速被追蹤。

2. 西非經濟共同體區域糧食儲備策略 (RFRS)

西非經濟共同體 (Economic Community Of West African States，簡稱 ECOWAS) 最初係為落實區域農業投資計畫 (Regional Agricultural Investment Program, RAIP) 中「透過社會安全網降低糧食不安全」的目標，並強調建構區域層級結構以支持國家能力，來預防及管理糧食危機，以減少人民受害程度，特別是強化國家級的儲備，並創造區域安全儲備機制。

ECOWAS 區域糧食儲備策略 (ECOWAS Regional Food Reserve Strategy，簡稱 RFRS)是該區域預防與管理糧食危機的要件之一，糧食儲備界於 ECOWAS 區域農業政策與人權政策兩者的管轄領域，並由 RESOGEST 機構落實相關工作。RESOGEST Initiative 係連結 ECOWAS 國家之儲備管理區域網絡合作計畫，由於大部分 ECOWAS 國家 (包括西非及薩赫勒地區) 已發展其國家糧食儲備機制，該計畫以落實該區域的糧

食安全管理為目的。

(1) 透過 ECOWAS 技術與決策小組建立架構：由 ECOWAS 國家組成指導委員會 (commission)，並透過 ECOWAS 與 UEMOA、其他社會團體與社會經濟相關的國際組織之合作，組成 ECOWAS 技術與決策小組。該小組主要工作在於建立糧食儲備機制之架構，並建立資訊平台，以供各成員國分享有關糧食儲備之知識。該小組並規劃由 CILSS 進行監督。

(2) 規劃二元之糧食儲備形式：

ECOWAS 區域儲備機制包括：一為實物儲備 (physical stock)，以滿足緊急狀況下需求之主要糧食；二為財務儲備 (financial stock)，以呈現迅速且具有彈性的介入能力，並以更多元的方式回應需求。ECOWAS 國家並可透過以下三種方式支應區域糧食儲備機制，包括資助區域緊急回應基金、國家內的借貸，以及國家內的捐贈等。

其中有關 ECOWAS 區域糧食儲備量的決定，係由糧食需求量之估計作為標準。首先是年度需求量，透過糧食可獲得性 (availability) 及市場可接近性 (accessibility) 來評估需求；其次，以每個國家 12 年內的最大需求量作為決定糧食儲備量的基準，此外，亦考量該區域至 2020 年的人口數。

(3) 機制成立與實際行動落實：儘管 ECOWAS 區域糧食儲備機制具有 G20 中的歐盟及美國、WFP、OECD 等國家及國際組織之政治支持，然因 G20 及 OECD 等先進國家認為區域糧食儲備機制應對全球市場之供需平衡做出貢獻，但 ECOWAS 國家則面臨實質糧食短缺之危機，目前有待共識形成，機制使得落實。

三、APEC 糧食儲備機制

我國農委會自 2010 年在 APEC 倡導建立一個「APEC 緊急糧食儲備機制」(AFERM)，並經由「APEC 糧食安全論壇」(APEC Food Security Forum, AFS) 與 APEC 會議期間展開雙邊協商，2011 年，AFERM 獲得 APEC 中央基金補助 (APEC Support Fund)，正式進入 APEC 議程。

1. AFERM 設立目標：AFERM 設立的目標為下列三點：第一，建立一個具備成本效益及風險分擔的亞太區域多元糧食儲備的網絡平台，以確保 APEC 經濟體因天然災害而引發糧食短缺之緊急時期，APEC 可藉由建制化之管道來提供短期人道糧食救援 (humanitarian food relief)；第二，對因遭逢天然災害而的面臨驟然食物匱乏的經濟體，提供一個支持性的緩衝與即時的人道支援救助；第三，協助與補充目前既有的國際糧食援助/儲備機制，藉以滿足無預警急難糧食救助需求。
2. AFERM 組織架構：AFERM 規劃由三個主要環節組成：以 AFERM 指導委員會 (AFERM Steering Committee) 為核心的決策單位、AFERM 秘書處 (AFERM

Secretariat)負責日常行政與聯繫事宜，另外由 AFERM 資訊系統 (AFERM Information System) 來負責相關資訊蒐集與分析之協助。

再者，AFERM 將建立虛擬之緊急糧食庫存網絡 (A Network of Virtual Emergency Food Stocks)，藉以提供分散之緊急的多種糧食庫存，來作為 AFERM 的緊急人道糧食救援；另有鑒於人道團體在 AFERM 機制中所扮演的重要角色，AFERM 將建置一項人道團體網絡 (A Network of Humanitarian Groups) 負責處理緊急糧食的遞送。

3. AFERM 啟動機制

AFERM 的啟動條件 (trigger criteria) 應以達到 AFERM 運作的正向效益為主，但仍給予 AFERM 指導委員會些許彈性以審慎判斷。啟動條件包含下列兩項：

(1) 當天然災害發生且所要求的緊急糧食援助達到稻米 1,000 至 3,000 公噸、小麥 100 公噸、或玉米 50 公噸。

(2) 當在 APEC 經濟體內發生緊急糧食短缺危機，AFERM 指導委員會以共識決 (consensus) 通過決議來提供人道糧食救援。

在儲備糧食的釋放條件與程序上，當指導委員會達成提供緊急糧食救援的決議後，秘書處將遵循決議並聯繫 AFERM 糧食捐助經濟體來釋放糧食。原則上，緊急糧食救援的數量將以 3 個月為限，但指導委員會有權予以斟酌考量。

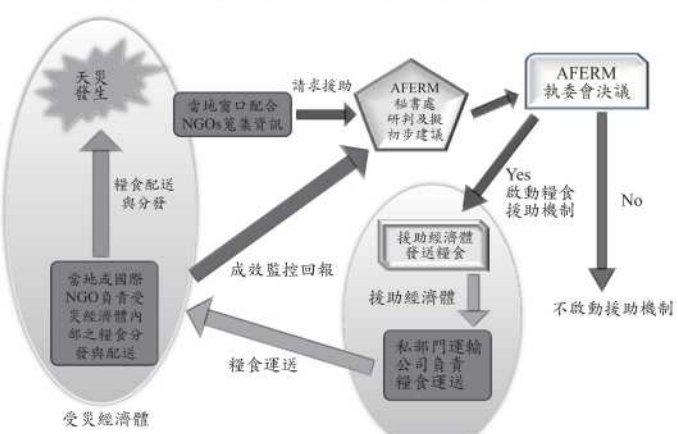


圖 1. AFERM 的運作流程圖

4. AFERM 運作程序與各階段查核點

AFERM 的運作程序共有四個階段：判讀災情與申請準備階段、提出申請與審查申請階段、執行緊急糧食援助階段，及送交成果報告階段，並可從下圖瞭解各階段之運作程序。

(1) 判讀災情與申請準備階段：當天災發生之後，受災經濟體可能忙於緊急災難處理，而無暇立即向 AFERM 秘書處提出申請，或無法在第一時間內準備相關資料向 AFERM 提出申請。經諮詢實際從事人道救援工作的人道團體，研判從災難發生至受災經濟體或 NGO 向 AFERM 正式提出申請的時間，合理時間應為一個月或更長時間。

(2) 提出申請與審查申請階段：AFERM 秘書處在接獲上述申請書與計畫書後，參考人道救援組織所提供的相關經驗，建議應在十個工作天內 (兩周)，知會 AFERM 資訊系統，並進行彙整相關資料，隨後，APEC 秘書處應通知 AFERM 指導委員會主席及代表召開視訊會議，針對申請書所載之內容、援助地區之情勢、對象及數量之適當性進行審查。援助申請審查會議需於該委員會主席及代表接到申請文件的十個工作天內 (兩周) 舉辦並完成審查程序。

(3) 執行與送交成果報告階段：糧食援助申請者應在緊急糧食援助計畫進行結束後的一個月內，檢具相關文件，向 AFERM 秘書處提交成果報告。

討論

APEC 為亞太區域重要的經濟合作論壇，也是我國在面臨外交困境下，積極參與具影響力的國際組織之一。近年來，APEC 包含的議題越來越廣泛，合作的領域以及深度皆大幅成長，對我國推動與 APEC 各經濟體，不論是多邊或雙邊，合作的範圍愈形寬廣，更增加各議題間彼此襯托、合作的可能性。因此，未來推動 AFERM 應掌握以下的要點，以爭取各經濟體之支持：

(一) 提升 APEC 經濟體掌握糧食儲備之能力：由於儲備機制之主要參與者為位居天災好發地區的發展中國家，因此推廣 AFERM 時，除應檢視組成、組織，以及運作效率外，也應考量發展中經濟體之現況，提供適當的能力建構活動。能力建構之內容除糧食儲備資料的掌握外，儲備技術，儲備的釋出機制、運送、發放等，皆應納入。

(二) 糧食儲備機制之運作應符合 WTO 對市場機制規範：本研究發現，全球各地儲備機制的運作及推動，皆需符合 WTO 對於自由市場之保障與規範，強調機制可確保自由市場機制，無扭曲價格之疑慮。同樣的，AFERM 也需明確指出依循 WTO 規定之制度設計。另一方面，AFERM 也可強調人道主義精神的發揚，說明將可在避免

干擾自由貿易的前提下，有效滿足受災難影響區域的緊急糧食需求，並與 FAO 等國際組織，共同提升區域乃至於全球的糧食安全。

APEC 的糧食安全工作雖不斷推進，但現階段糧食安全儲備機制仍未成為農業合作主流。有鑒於過去我國在此倡議已奠定堅實基礎，並凝聚 APEC 各經濟體廣大的共識，未來可在既有的紮實基礎上，待適當時機來臨時，再次推動 AFERM。

本研究團隊建議未來可以 AFERM 為藍本，思考可能的轉型工作，持續強化區域糧食鏈的韌性，並協助緊急應變行動。依此方向，可更強調糧食系統救援在緊急應變整體行動中的角色，並強化與氣候風險的管理及適應行動。因此 AFERM 轉型應彰顯的功能有三：第一，提升各經濟體掌握區域糧食供應之現況，提升國際糧食價格透明度，並研議在符合 WTO 的規範下，反映糧食需求及供給，推動糧食採購來源及流程便捷化；第二：建立溝通機制，加強聯繫管道，協助各經濟體在面對天災威脅時迅速反應，並即時連結相關的公、私，以及公民部門，進行緊急糧食援助，以彰顯國際合作及人道主義精神；第三：協助亞太區域緊急應變機制，推動糧食救援行動便捷化工作，以協助災區民眾獲得可食用糧食。

在執行方面，建議強化 APEC 跨論壇共同合作，盤點 APEC 各經濟體糧食救援機制，在符合 WTO 及彰顯人道主義精神的原則下，提升國際糧食價格透明度，並適度與 APEC 現存緊急應變機制進行結合，以強化 AFERM 有助於災區糧食救援的優點。

參考文獻

APEC. 2011. A Feasibility of APEC Food Emergency Response Mechanism. 16th Agricultural Technical Cooperation.

AIPA. 2012. "Thailand: Country Report on Disaster Management." Presented at the ASEAN INTERPARLIAMENTARY ASSEMBLY. The 4th AIPA Caucus. Bangkok, Thailand.

ASEAN. 2009. SASOP Standard Operating Procedures for Regional Standby Arrangements and Coordination of Joint Disaster Relief and Emergency Response Operations.

Banomyong, Ruth and Salilathip Thippayakraisorn. 2013. Business Continuity Management: Experiences from the 2011 Thai Floods. Unpublished Manuscript.

Bank of Thailand. 2012. Thailand floods 2011: Impact and recovery from business survey. Bangkok. Available at www.bot.or.th/English/EconomicConditions/Thai/BLP/Documents/ThaiFloodSurvey2011_Eng.pdf

FAO. 2009. The State of Agricultural Commodity Markets, p. 9, Retrieved from http://www.fao.org/docrep/012/i0854e/i0854e00.htm

FedEx. 2012. Thinking Outside the Box: 2012 Report on Global Programs in Disaster Readiness, Relief and Recovery. Federal Express. Available at http://about.van.fedex.com/sites/default/files/fedex_disaster_relief_report.pdf

Fisher, David. 2007. Domestic regulation of international humanitarian relief in disasters and armed conflict: a comparative analysis. International Review of the Red Cross. 89(866): 345–372.

G20 Mexico. 2012. Agriculture Vice Ministers/ Deputies Meeting Report. Mexico City.

IFRC. 2011. Disasters in the Americas: The Case for Legal Preparedness.

IMF. 2012. Public Information Notice: 2012 Article IV Consultation. International Monetary Fund. Available at <http://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2012/cr12124.pdf>

Thai Customs. 2011. Special Customs Measures for Flood Relief. Thailand Customs Department.

World Bank. 2012. Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.

A Study on International Food Security Mechanisms

Wei-Chung Chen[1]*

Abstract

The Asia-Pacific region is particularly at risk of different types of natural disasters which result in reduced access and food intake. Moreover, vulnerability to natural disasters is often more critical to emerging economies and low-income groups. To address these emergency food security issues and in response to APEC Leaders' instruction to build an open, inclusive partnership for the long-term food security of the Asia-Pacific region, Chinese Taipei has put forward the proposal on establishing an APEC Food Emergency Response Mechanism (AFERM).

AFERM is designed to be a cooperative, self-managed, risk-sharing, non-trade-distorting and virtual multiple food stocks network for short-term humanitarian food aid. In times of natural disasters, AFERM is to be used as a targeted and fully-grant form of food relief from earmarked reserves (in-kind and/or in-cash) to be ledged by member economies.

Serving as a second line of defense complementing the existing humanitarian food aid programs, AFERM allows for sufficient time to cooperate with humanitarian NGOs to deliver emergency food aids to meet the actual needs of the receiving economy. In so doing AFERMs would facilitate emergency food reliefs programs, enhance the resilience of the regional food system and contribute to long-term food security in the APEC region.

Keywords: (Asean-Plus-Three Emergence Rice Reserve; APTERR), (Ecowas Regional Food Reserve Strategy; RFRS), (Apec Food Emergency Reserve Mechanism; AFERM).

1 Taiwan Institute of Economic Research.

* Corresponding Author, Email: d27502@tier.org.tw ; Tel: 02-25865000#523.

因應經貿自由化強化糧食安全體系

林國慶[1] 柳婉郁[2]* 施瑩艷[3] 林信維[4]

摘要

受全球人口成長、氣候變遷、能源價格上漲等因素影響，世界糧食供需失衡風險提高，引起世人對於糧食安全之關注，我國針對此問題亦十分重視，將糧食安全提升為國安層級。近年來面對全球加速經貿自由化及區域整合之國際情勢，農業面臨市場進一步開放之壓力，糧食安全恐再受到威脅，因此我國需要強化因應經貿自由化的糧食安全體系。本研究目的為強化我國因應經貿自由化之糧食安全體系，並提出可行之糧食安全分級管理制度組織架構。本研究以經貿自由化下各國糧食安全關切議題為糧食安全體系之組成要項，建構經貿自由化下強化我國糧食安全體系之架構，並針對糧食安全子體系下之關切議題與重要缺口做檢討分析，並提出政策建議。根據分析結果，為因應經貿自由化，政府應強化對糧食安全的重視程度並形成各部會的共識、拓展農產品外銷市場、透過糧食儲備制度之改革減緩自由化對糧食安全之影響、確保低所得與脆弱族群之糧食取得等。在因應經貿自由化強化我國整體糧食安全方面，政府應積極推動有效提升農業生產力與競爭力的治本政策，加強確保農業永續生產力及發揮農業三生機能之相關政策，檢討與補強我國糧食管理相關法規，持續強化國產農產品消費體系之相關措施，增加家庭糧食安全之相關調查，建立糧食安全風險監控與管理機制，強化非平時之糧食安全應變機制與法源，農業部門應重視糧食價格與國民營養及健康之關聯等。在經貿自由化下，我國健全糧食安全之關鍵策略包括強化食品安全與食品履歷、減少食物浪費/營養不良/肥胖問題、增進社會救助、加強糧食安全雲端技術、體系建置與運用、建構糧食安全風險管理機制、強化糧食儲備、稻米儲備、強化區域儲備與海外投資、強化農業三生與農業永續、強化農業資源與水資源保育與利用等。本研究分析日本、韓國、中國、美國以及我國的糧食安全管理制度，建構我國 3 級與 4 級之糧食安全分級管理制度，並提出建立我國糧食安全分級管理制度組織架構之方式。

關鍵詞：經貿自由化、糧食安全、糧食安全體系、糧食安全分級管理體系。

1 國立台灣大學農業經濟學系教授 linkc@ntu.edu.tw。
2 真理大學觀光數位知識學系副教授 nellyliu@gmail.com。
3 國立台灣大學農業經濟學系博士 yingyenshih@gmail.com。
4 國立台灣大學農業經濟學系博士生 zenninc@gmail.com。
* 通訊作者電子信箱：nellyliu@gmail.com；電話：886914043000。

前言

一、研究動機

2006 年澳洲發生大乾旱，2007 年歐洲氣候異常與澳洲持續乾旱現象，導致國際小麥價格逐波上漲。2006 年至 2008 年間國際糧食價格巨幅上漲，引發世界各國正視糧食問題。2009 年後，世界糧食價格雖一度下降，但仍高於 2006 年起漲點之水準。2012 年 7 月起，世界糧食價格又再度上漲。聯合國糧農組織和經濟合作與發展組織於 2012 年 7 月 11 日聯合發布報告，呼籲世界各國仍應持續關注糧食安全問題，且應建立永續發展的糧食系統以保障糧食安全。我國農業資源相對缺乏，更應重視糧食安全問題 (林國慶，2010、2012；林國慶、柳婉郁，2014)。

為因應全球氣候變遷與糧食價格高漲的糧食安全問題，馬總統將糧食安全提升至國安層級。行政院農業委員會於 2010 年 6 月起陸續召開三次重要會議，包括 2010 年 6 月召開「因應氣候變遷農業調適政策會議」、2011 年 1 月舉辦「全國農業與農地研討會」以及同年 5 月召開跨部會「全國糧食安全會議」，獲致多項建構糧食安全體系之共識，作為規劃我國糧食安全政策方向之重要參考依據 (柳婉郁、林國慶，2013)。

面對全球化、自由化，及快速區域整合之國際情勢，我國農業部門面臨高度挑戰。在市場進一步開放之壓力下，我國農業部門將受到衝擊，糧食安全恐將進一步受到威脅。展望未來，我國近七成的糧食消費仍將依賴進口，因此國際情勢之演變與國際間有關糧食安全之辯證，對我國糧食安全相關政策之調整相對重要。面對全球經貿發展趨勢，自由貿易協定 (Free Trade Agreement, FTA) 與跨太平洋夥伴協定 (Trans-Pacific Partnership Agreement, TPP) 成為我國重要議題，亦會成為我國農業部門必須重視的議題。就糧食安全而言，簽署 FTA 將會對我國農業造成巨大衝擊，也會對我國糧食生產與糧食安全產生威脅，必須要有因應對策與預作準備，否則將很難順利完成 FTA 之談判。有鑒於此，面對高度自由化之國際發展，應通盤檢視現階段我國糧食安全相關體系與運作情形，強化因應經貿自由化的糧食安全體系，以及建構糧食安全分級管理制度之組織架構，以作為採取糧食安全應變與因應對策之研判依據，維護我國糧食安全。

二、研究目的

本研究目的在建構我國糧食安全策略地圖，提出可行之糧食安全分級管理體系與管理機制，以及建構因應經貿自由化糧食安全體系、架構與措施，並提出相關政策建議。研究項目包括：

1. 研析主要國家糧食安全體系，以及其因應經貿自由化在糧食安全體系與政策之調整與因應對策。

2. 分析因應經貿自由化我國糧食安全體系之架構及措施，建構因應經貿自由化我國糧食安全體系。
3. 建構我國糧食安全分級管理體系與糧食安全分級管理機制。

研究方法

本研究之重要工作項目與實施方法，可分為兩大部分：

一、建構因應經貿自由化強化我國糧食安全體系之架構，並提出因應措施與政策建議

1. 研析主要國家因應經貿自由化糧食安全體系與政策之調整與做法，提出可供我國引用之做法

本研究分析主要國家因應經貿自由化糧食安全體系與政策之調整與做法，以瞭解主要國家之戰略方向與相關政策之調整，以及我國可能遭遇的挑戰與困境，作為借鏡與參考。透過蒐集相關期刊文獻與各國政府部門網站上之官方資料作整理與分析，並作制度比較分析。在確保我國糧食安全之施政目標前提下，提出我國的戰略方向，從主要國家之相關做法中，萃取與提出可供我國引用之糧食安全政策之啟示與做法。

2. 建構因應經貿自由化強化我國糧食安全體系之架構，並提出政策建議

本研究以建構我國完整糧食安全相關體系架構為基礎，建構因應經貿自由化強化我國糧食安全體系之架構與措施。與負責糧食安全之相關業務單位進行深度訪談，以瞭解我國為因應經貿自由化糧食安全相關政策之先期準備與預先調整，以及相關業務單位對本研究提出之糧食安全體系、架構及措施之看法與意見。綜合相關分析結果後，提出因應經貿自由化我國之糧食安全體系、架構與措施，並提出政策建議，供政府決策參考。

二、建構我國糧食安全分級管理體系與糧食安全分級管理機制

1. 研析主要國家糧食安全分級管理體系與運作模式，檢視因應氣候變遷、糧食安全會議等重要會議結論，提出我國可行之糧食安全分級管理體系

本研究以世界其他國家與國際農業機構提出或執行之糧食安全分級管理體系與糧食安全分級管理機制之重要內容，作為提出我國糧食安全分級管理體系與建立我國糧食安全分級管理機制之參考。同時，檢視因應氣候變遷、糧食安全會議等重要會議結論，分析我國現行與糧食安全密切相關之法規、政策與措施之運作情形，並進一步檢討我國糧食安全體系之運作現況，研擬我國糧食安全分級管理體系與糧食安全分級管理機制草案。進一步舉辦座談會討論相關議題，綜整會議結論，建構我國糧食安全分級管理體系。

2. 建立我國糧食安全分級管理機制

根據前項所建構之我國糧食安全分級管理體系，本研究依不同糧食安全等級提出不同等級之管理機制。在提出管理機制之草案後，透過專家學者、政府官員與民間代表座談會之討論，集思廣益，再根據討論結果及本研究針對管理機制之相關分析，提出我國糧食安全分級管理機制。

結果

(一) 我國糧食安全法規盤查與關鍵缺口

1. 我國糧食供應法規非常多，最主要的相關法規包括農業發展條例與糧食管理法。我國糧食安全體系法規大多集中在糧食供應，包括生產、進出口與儲備；食品安全與檢驗體系，以及標章與品牌體系次之；營養健康體系以及糧食可得性則相對較少。
2. 關於國產農產品消費體系，在飲食教育法未通過前，僅在地食材與食農教育有法源，而農夫市集依此行政規則執行。另外，關於營養與健康體系，目前僅對產婦、嬰兒及學童營養教育與膳食營養均衡規範，而國民營養法草案仍未完成立法。
3. 目前我國正籌劃國際農業投資體系，尚無具體投資個案。目前亦無參與國際區域糧食儲備機制之實際運作，相關討論亦僅在研擬階段。
4. 糧食安全體系依法分別由行政院農業委員會、衛生福利部、經濟部、內政部、教育部、科技部、財政部、環保署、主計處等部會及國安單位執掌，目前各單位本於執掌，執行相關業務，尚缺乏有效的整合機制，較難推動相關改革。
5. 整體而言，在確保糧食安全之國家政策上，農業委員會肩負重責，應積極推動建立跨部會協調分工與考核機制，並提升決策層級，以利糧食安全體系之強化。

(二) 我國糧食安全關鍵缺口

1. 我國對於稻米之管理已建立完整的制度，但對於黃豆、玉米與小麥部分主要依賴市場機制，政府較少有積極作為，難以因應未來經貿自由化之挑戰。
2. 行政院農業委員會農糧署對「糧食」的管理僅對稻米進行完整產製儲銷管理，至於黃豆、玉米與小麥，只針對進出口與儲備之資料進行蒐集整理，而黃豆、玉米與小麥幾乎完全依賴進口。我國只有稻米公糧儲備，日本有稻米與小麥儲備體系。我國稻米消費熱量佔總熱量比例僅 16 % (日韓分別為 21 %和 28 %)，稻米公糧儲備標準只設 3 個月的消費量，我國應檢討與強化公糧儲備制度，增加公糧儲備的總熱量標準與擴大公糧儲備之種類。

3. 中國、日本與韓國糧食安全決策層級分別為國務院、內閣府與總統府，我國則是分由行政院下各部會推動，部會間協調仍有待加強。中日韓均有明訂目標的糧食自給率，但我國糧食自給率政策目標仍無法源支持。行政院農業委員會中程施政計畫與農業發展條例間關係不明確，農業發展條例立法意旨未提及確保糧食安全。政府應提升糧食安全之決策位階，並將確保糧食安全、提升糧食自給率，以及訂定糧食自給率目標列入農業發展條例中。
4. 我國缺乏家計單位糧食安全調查，無法有效評估中低收入戶、身心殘障與老年人作為糧食救助措施之適切性。政府應強化這方面的調查與分析，藉以補強相關政策措施，並強化糧食救助的施政效率。
5. 相對於日本與韓國，我國對在地食材與傳統飲食文化推廣與創新之法制建立、資源投入，以及全面性推動的積極度上，仍待加強。
6. 我國應強化非常時期糧食安全應變機制之「法源」，除糧食管理法第 12 條外，我國之緊急增產、緊急增加儲備標準、緊急進口糧食與防範國內糧食流出的相關機制仍有待強化。
7. 聯合國糧農組織、中國、日本與韓國皆重視糧食安全風險管理，並建立糧食安全風險管理體系與機制。在糧食安全風險管理體系方面，我國較欠缺的部分為緊急時期之風險管理機制。在強化糧食安全風險管理體系方面，我國仍屬研議階段，但缺乏相關研究支持。政府應強化糧食安全管理機制之相關研究，並積極改善糧食安全管理體系與機制。
8. 中國、日本與韓國屬東協加三自由貿易區，相關協議包含東協國際區域糧食儲備體系，我國目前並無參與任何國際區域糧食儲備體系，我國在 APEC 倡議之糧食儲備制度目前亦處於停頓狀態。
9. 我國目前的糧食政策仍以稻米為中心，以生產掛帥，缺乏積極推動三生農業與多功能性農業之法規、制度與整體架構，不利於資源永續利用。相較於美國、歐盟、日本與韓國，我國確保農業永續生產力之農業環境政策措施較薄弱。直接提及農業永續生產或農業生產永續經營之法規並不多，目前亦尚未設計出有效誘因機制，鼓勵農民以合理安全方式進行農業生產。

(三) 我國因應經貿自由化糧食安全分級管理制度之建構

本研究參考日本、韓國、中國與美國的糧食安全管理制度，以及目前我國的糧食安全管理制度，建構 3 級與 4 級之分級管理制度供政府決策參考。為建立有效執行我國糧食安全分級管理制度之組織架構，本研究提出三種方案：

1. 方案一

利用現行之行政院穩定物價工作小組，統籌協調各部會進行糧食安全之應

變措施，因此不須更動政府之組織架構。然而，應進行相關法規與措施缺口之補強，包括糧食生產要素徵收徵用之法規依據；非主要糧食之運銷管制與緊急進口措施；緊急生產或強制轉作熱量與蛋白質效率較高作物之措施。

2. 方案二

參考中國之糧食應急預案，將我國糧食安全分級管理納入我國災害防救體系，直接援引災害防救法作為緊急時期之相關應變措施，以及相關應變組織架構之法源依據。一旦糧食或食品列入救難物資，則其相關之生產要素皆能依法進行徵收與徵用，減少建立糧食安全分級管理因應措施所需修訂之法規。在糧食安全等級為第 3 級時，啟動糧食安全應變小組，並於糧食安全等級第 4 級之下 (假設糧食安全分為 4 級) ，進行糧食安全應變中心一級開設。

3. 方案三

參考本研究之研究成果，建構 3 級或 4 級之糧食安全分級管理體系。建構完整的糧食安全分級管理體系需要大幅度的立法或修法，以及另外建構組織架構，所需的時間較長，困難度也較高。假設糧食安全分級管理體系分為 4 級，當糧食安全等級為第 3 級時，行政院農業委員會應開設糧食安全應變總部，並在糧食安全等級為第 4 級時，由應變總部請示行政院成立行政院糧食安全應變總部。

以上三個方案並非彼此排斥，可以做適當的組合。方案一與方案二是架構在目前的法規與組織架構上，可以在較短的時間強化我國糧食安全管理體系。

(四) 我國因應經貿自由化強化糧食安全體系關鍵策略

在經貿自由化下，我國健全糧食安全之關鍵策略包括強化食品安全與食品履歷、減少食物浪費/營養不良/肥胖問題、增進社會救助、加強糧食安全雲端技術、體系建置與運用 (食品雲、農業雲、營養雲、糧食雲) 、建構糧食安全風險管理機制 (氣候變遷、戰爭威脅、糧價高漲、能源危機之緊急因應) 、強化糧食儲備、強化區域儲備與海外投資、強化農業三生與農業永續、強化農業資源與水資源保育與利用等。

強化糧食安全體系之各子體系相關策略包括：

1. 強化糧食生產體系之策略：包括完善農地資源統計及決策支援體系與農地雲端體系；定期檢討農地資源政策與制度；強化農地資源保育與保護；推動農地政策改革；推動直接給付制度；減少休耕地與廢棄耕地；擴大農場經營規模；強化農地資源利用與規劃；完善水資源統計及決策支援體系與水資源雲端體系；定期檢討水資源政策與制度；強化水資源保護與保育；推廣節約用水以及水資源回收再利用；強化農業用水安全；完善水資源資訊蒐集與掌握；合理制定水價，減少農業用水補貼，以減少水資源浪費；強化地下水資源管理；強化重要

農業發展區農業用水管理；強化水利建設與設施；防範水資源相關災害；推動農業結構改善；改善農業生產環境；建立永續且低碳農業生產模式；建立緊急時期糧食增產制度；促進國產飼料生產；推動有機農業專區；降低化學肥料補貼，改以環境給付；確保農業勞動力人口；飼料品種之研發；推動飼料大規模且自動化生產模式；強化農產品生產防（檢）疫與病蟲害防治；推動農業雲與農業雲端技術；農業科技研發；農產品資料蒐集與掌握；國內糧食種子與肥料數量之掌握；以及完善農地資源管理。

2. 強化糧食運銷體系之策略：包括穩定糧食價格；強化糧食通路與運輸；強化糧食加工與開發；糧食的促銷與宣傳，以及降低供應鏈糧食損失。
3. 強化糧食進出口體系之策略：包括降低進口關稅（但須注意農產品替代性問題）；加強國產農產品外銷；鼓勵國際海外投資；強化港口機能；增強國際貿易合作；充分掌握國際糧食市場資訊；完善運糧工具；建立糧食期貨市場；充分掌握國際糧食市場資訊。
4. 強化糧食儲備體系之策略：包括建立麵粉與其他糧食庫存制度；建立國際區域儲備；建立民間儲備制度；建立戰備儲備機制；建立企業儲備制度，以及強化稻米儲備。
5. 強化糧食風險管理體系之策略：包括建立平常與非常時期因應對策機制；建立中長期預警制度；建立短期預警制度；建立糧食安全分級管理體系；建立因應氣候變遷相關制度；強化氣候風險評估；以及加強推動食品履歷追溯雲端運用計畫。
6. 強化糧食管理體系之策略：包括完善糧食儲備體系；完善糧食進出口管理體系；完善農業金融管理體系；完善糧食生產管理體系；完善糧食消費管理體系；完善糧食運銷管理體系；以及完善糧食消費管理體系。
7. 強化糧食消費體系之策略：包括對低收入戶的糧食援助與現金援助；開拓國產農產品新行銷通路；家計單位糧食安全調查；持續推動飲食教育法；加強與餐飲以及食品加工業合作，增進國產農產品消費；推動地方農產品與學校營養午餐與早餐合作計畫；持續推動國民營養法；強化國產農產品加工與研發；促進新烹調技術之開發；減少食物浪費；以及減少國人營養不足、營養不良、飲食不均與肥胖問題。
8. 強化其他子體系之策略：包括積極進行農地政策、結構政策、稻米政策、農民福利政策、農業環境政策、農家所得穩定政策之改革；提高農業競爭力；推動對地直接給付制度；強化農業統計與農業政策決策資訊系統；成立農業政策研究院。

結論與建議

在經貿自由化下，政府應研擬相關因應對策，確保我國糧食安全與農業永續發展。為強化我國糧食安全體系，茲作以下政策建議：

1. 在經貿自由化下，經貿談判策略應建立在確保我國糧食安全的基礎上。我國為世界主要糧食進口國，應建立糧食進口國之談判策略，包括主張糧食出口國應減少對糧食出口之干預，以及我國確保糧食安全相關政策與措施之正當性。
2. 政府應重視經貿自由化對我國農業永續發展與糧食安全之衝擊，積極研擬相關對策，並強化我國糧食安全體系。糧食安全體系必須建立在永續農業的基礎上，政府應積極研擬與推動永續農業之相關政策。
3. 行政院農業委員會最重要之政策目標為確保國人之糧食安全，使得國人每日均得溫飽。在平常時期糧食供應無虞的基礎上，糧食安全的議題時常被忽視，國產農業與國產農產品沒有得到應有的重視。政府應透過各種政策與措施強化國人對於糧食安全重要性之認知與支持，以利強化糧食安全相關政策之推動。
4. 中國、日本與韓國糧食安全決策層級分別為中國國務院、日本內閣府與韓國總統府，我國則是分由行政院下各部會推動，決策層級與政策推動，以及部會間協調均有待加強。政府應提升糧食安全之決策層級，建立完整的糧食安全體系，並建立督導、協調與考核機制。
5. 政府應重視糧食自給率與國內糧食生產之重要性，訂定糧食自給率目標，提昇農業生產競爭力，增進國人對於國產農產品的認同與需求，改善糧食儲備制度，分散糧食進口來源，健全糧食安全體系。
6. 中日韓均明訂糧食自給率目標，但我國糧食自給率政策目標仍無法源支持。農業委員會中程施政計畫與農業發展條例間關係不明確，農業發展條例立法意旨未提及確保糧食安全。政府應將確保糧食安全、提升糧食自給率，以及訂定糧食自給率目標列入農業發展條例與農業基本法草案中。
7. 行政院農業委員會農糧署對「糧食」的管理僅對稻米進行完整產製儲銷管理，至於黃豆、玉米與小麥，只針對進出口與儲備之資料進行蒐集整理。我國對於稻米之管理已建立完整的制度，但對於黃豆、玉米與小麥之管理主要依賴市場機制，政府較少有積極的作為，難以因應未來經貿自由化之挑戰。建議政府應強化對於黃豆、玉米與小麥之管理，包括資訊之即時蒐集與發布，以及產製銷與儲備制度之建置。
8. 在主要穀物供應來源方面，黃豆、玉米與小麥幾乎完全依賴進口。我國只有稻米公糧儲備，日本有稻米與小麥儲備。我國稻米消費熱量佔總熱量比例僅 16% (

日韓分別為 21%和 28%)，稻米公糧儲備標準只設 3 個月的消費量。我國應檢討與強化公糧儲備制度，檢討公糧儲備的總熟量標準與擴大公糧儲備之種類。

9. 糧食安全包括永續與健康，政府應重視食品安全與食的教育，使得國人能吃得安心，吃得營養與健康。
10. 政府應研擬提升國產農產品需求之相關政策，強化國產農產的特殊價值與國民對國產農產品認同與支持。
11. 相對於日本與韓國，我國對在地食材與傳統飲食文化推廣與創新之法制建立、資源投入，以及全面性推動的積極度上，仍待加強，建議政府應積極推動在地食材與傳統飲食文化推廣與創新。
12. 政府應強化糧食消費體系及營養與健康體系之法源基礎，以及相關政策規劃與施政，並應強化食品安全檢驗與產銷履歷制度，以及強化對國人營養與健康之調查與監測。
13. 我國缺乏家計單位糧食安全調查，無法有效評估中低收入戶、身心殘障與老年人糧食救助措施之適切性。政府應強化這方面的調查與分析，藉以補強相關政策措施，並強化糧食救助的施政效率。
14. 聯合國糧農組織、中國、日本與韓國皆重視糧食安全風險管理，並建立糧食安全風險管理體系與機制。在糧食安全風險管理體系方面，我國較欠缺的部分為緊急時期之風險管理機制。在強化糧食安全風險管理體系方面，我國仍屬研議階段，且缺乏相關研究支持。政府應強化糧食安全管理機制之相關研究，並積極改善糧食安全管理體系與機制。
15. 我國應強化非常時期之糧食安全應變機制之法源，除糧食管理法第 12 條外，我國之緊急增產、緊急增加儲備標準、緊急進口糧食與防範國內糧食流出的相關機制仍有待強化。
16. 政府應建立糧食安全分級管理制度與健全糧食安全風險管理機制，強化處理糧食安全風險之速度與效率，以因應未來可能會發生的糧食危機。
17. 政府在平常時期應強化非常時期糧食安全因應對策之研擬與模擬演練，農業部門目前以稻米公糧庫存為核心之演練已不符需求，政府應擴大模擬演練範圍，以確保非常時期之糧食安全。
18. 政府應重視我國糧食安全之相關研究，包括糧食安全體系、糧食安全水準之衡量、預測、預警與評估，糧食安全分級管理，以及相關之政策性研究。
19. 政府應建立糧食安全資訊平台，包括糧食產、製、儲、銷及利用與分配，以及糧食安全施政之法規與績效之相關資訊，並應與國際的相關糧食安全資訊平台，以及國際糧食安全研究機構作有效之連結。

20. 中國、日本與韓國屬東協加三自由貿易區，相關協議包含東協國際區域糧食儲備體系。我國目前並無參與任何國際區域糧食儲備體系，我國在 APEC 倡議之糧食儲備制度目前亦處於停頓狀態。政府應積極參與國際合作計畫，增加簽訂糧食安全互助協定或安全庫存協定的可能性，以降低國際糧價波動對我國糧食價格之影響，並減緩在緊急時期時對我國糧食安全之衝擊。
21. 經貿自由化亦創造國產農產品出口，以及農業海外投資之機會。農產品出口與海外農業投資能強化我國糧食安全水準，政府應研擬相關政策促進國產農產品外銷，並協助農企業至海外農業投資。政府應充分掌握農產品進出口資訊，協助廠商分散糧食進口來源，防止農產品進出口之過度集中，以降低糧食安全風險。
22. 我國目前的糧食政策仍以稻米為中心，以生產掛帥，缺乏積極推動三生農業與多功能性農業之法規、制度與整體架構，不利於資源永續利用。相較於美國、歐盟、日本與韓國，我國確保農業永續生產力之農業環境政策措施較薄弱，直接提及農業永續生產或農業生產永續經營之法規並不多，目前亦尚未設計出有效誘因機制，鼓勵農民以環境友善方式進行農業生產。政府應研擬相關政策，積極推動多功能性農業、三生農業與永續農業。
23. 政府應考慮劃設重要農業發展區，規劃稻作專業區，提升農業資源生產效率、提升國產稻米競爭力，並增加飼料生產。
24. 政府應落實灌排分離，有效改善農業灌溉用水之質量；提升農業科技力與農業生產力；減少休耕與廢棄耕面積，擴大農場經營規模，促進農地坵塊之整合，有效提昇土地利用型農業之競爭力。

參考文獻

林國慶。2010。提升我國糧食自給水準之策略研究（行政院農業委員會 99 年度科技計畫研究報告編號：99 農科-5.1.1-企-Q2(7)）。台北市：中華民國行政院農業委員會。

林國慶。2012。建構糧食安全體系策略地圖之研究（行政院農業委員會 101 年度科技計畫研究報告編號：101 農科-14.1.1-企-Q1(1)）。台北市：中華民國行政院農業委員會。

林國慶、柳婉郁。2014。建構因應經貿自由化我國糧食安全體系之研究（行政院農業委員會 103 年度科技計畫研究報告編號：103 農科-14.1.1-企-Q1(1)）。台北市：中華民國行政院農業委員會。

柳婉郁、林國慶。2013。研析我國家計單位糧食安全水準及提升策略之研究(行政院農業委員會 102 年度科技計畫研究報告計畫編號：102 農科-14.1.1-企-Q1(2))。台北市：中華民國行政院農業委員會。

A Study on the Construction of the Food Security System for Adapting to Economic and Trade Liberalization in Taiwan

Kuo-Ching Lin[1], Wan-Yu Liu[2*], Ying-Yen Shih[3], and Hsing-Wei Lin[4]

Abstract

The significant rise of world food prices during the period of 2006 to 2008 has raised the concerns about the world food supply and food security all over the world. Due to the global population growth, economic growth in the newly developed countries, climate changes and energy price increases, the risk of the disequilibrium of food supply and demand has increased. Most of the countries in the world has paid great attention to this issue and adopted related measures to mitigate this problem. The government in Taiwan also considers this an important issue and elevates the food security issue to the national security level and held inter-ministerial meetings to formulate related measures to counter this problem. Since June 2010, the Council of Agriculture in Taiwan has consecutively held several conferences related to climate changes, food security, agricultural development and agricultural land, to discuss the issues and reached several important conclusions. Among them, one of the important one is to strengthen the food security management system in Taiwan. The objective of this study is to analyze the issues related to trade liberalization and food security and to construct and strengthen the food security system in response to the future trend of economic and trade liberalization in Taiwan and to construct a food security management system under different food insecurity levels, and its related organizational structure.

Keywords: Economic and Trade Liberalization, Food Security, Food Security System, Food Security Management System by Levels.

1 Department of Agricultural Economics, National Taiwan University.
2 Department of Tourism Information, Aletheia University.
3 Department of Agricultural Economics, National Taiwan University.
4 Department of Agricultural Economics, National Taiwan University.
* Corresponding Author, Email:nellyliu@gmail.com; Tel: 886914043000.

稻米民間庫存之研究與調查

李仁鏗[1] 林啟淵[2] 張呈徽[3]*

摘要

本研究在近 9,000 家的糧商中，利用立意抽樣，篩選出 37 家主要廠商，針對其民間稻米庫存進行調查。經由本調查發現，102 年 12 月底，其庫存稻穀為 100,792.40 公噸。同期間，其稻穀進貨量為 251,105.90 公噸，占民間進貨量的 21.22%。假設民間其餘廠商的平均存貨行為與樣本廠商相似，則可推估全體廠商的稻穀數量為 474,986.31 公噸。同時，本研究刪除不合理樣本後，所餘樣本約 22–24 個，所推估的結果差異並不大，因此，顯示本研究的樣本選擇應具備一定的代表性。此一抽樣調查方式將有效降低國內稻米民間存糧的調查成本。

關鍵詞：稻米、民間庫存。

前言

全球氣候變遷、環境急遽惡化、能源日益枯竭，常導致糧食作物生產不足，加上作物移為生質能源，致使糧食供應吃緊，糧食價格屢屢攀高。另一方面，新興經濟體崛起，世界糧食生產、消費也同時發生結構性的調整。我國為糧食淨進口國，糧食價格高漲直接影響民生，糧食安全課題受到高度重視。此外，我國積極與貿易夥伴洽談自由貿易協定，政府已宣示 10 年內加入「泛太平洋戰略經濟夥伴關係協定」，貿易自由化程度將大幅提高，其中農產品項目於相關協定將降至零關稅的目標，勢必衝擊現有農業生產結構，而農產品貿易為糧食供應來源之一，相關政策之變動亦將影響我國糧食安全。

如何因應氣候變遷與貿易自由化所導致的糧食不安全，在政策評估、制定與實施的過程中，提供完整、充分及具時效之統計資料也就相當的重要。有鑒於此，我國依循聯合國糧農組織規範，利用生產、進出口、存貨變動等資料，以簡捷合理編算方式按年編製「糧食平衡表」，並據以發展糧食自給率等 5 項統計指標，為衡量糧食安全的重要統計資料。惟其中有關存貨與各主要糧食之國內供給分配資料，或因掌握不易、或因引用資料過於久遠，導致無法反映現況，實有必要加強編算所需資訊之蒐集、更

1 國立高雄應用科技大學國際企業系教授 itjylee@kuas.edu.tw。
2 國立嘉義大學應用經濟系教授 cylin@mail.ncyu.edu.tw。
3 修平科技大學應用財務金融系副教授 chunghui@hust.edu.tw。
* 通訊作者電子信箱：chunghui@hust.edu.tw；電話：04-24961100#2401。

新，始可強化糧食平衡表資料正確性，提升政策參考價值。

在各項糧食安全指標的計算中，稻米是最重要的項目之一。稻米為國人傳統之主食，為維持產銷平衡，確保糧食供應無虞，決策單位亟需精確掌握稻米庫存數量。就我國的國情而言，早期農民所收穫的稻穀，主要透過曬穀的方式進行乾燥，然而，由於農民年齡老年化，加以烘穀設備的進步，利用傳統曬穀的方式生產已經相當的少。多數是由糧商專業化進行經營，收購農民所生產的濕穀，藉以進入稻米流通體系，因此，掌握對國內主要糧商的進銷貨及庫存變動情形，作為施政參考，並補足糧食平衡表編算需求是一項重要的工作。

林啟淵等 (2009) 針對我國與美國及日本的糧食供需統計制度中有關糧食平衡表編算之存貨進行比較分析，同時檢討我國稻米、小麥、玉米、高粱以及其他穀物的國內供給量與分配狀況的編製構成，發現小麥、玉米的存貨變動量以及國內供給量的分配狀況，存在若干不合理的情況。以稻米為例，糧食平衡表中，稻米的存貨變動量包含公糧及民間兩部分。在公糧存貨變動量方面，政府掌握期初庫存量與期末庫存量的差額資料。在民間存貨變動量方面，係指農民及各階段運銷商倉儲量的變動，亦為期初庫存量與期末庫存量的差額，但由於目前並未有進行民間的庫存量調查，因此米的民間庫存變動量，係採推估方式獲得。推估方式為編製單位斟酌平均每人每年消費量資料，評估當年每人的白米消費量，乘以該年度人口數，得到該年度國內白米總消費量，並以 1：1.1364 的比率換算為糙米後，綜合衡量當年度國內生產量、國際貿易量、公糧存貨變動量、飼料用量、種子用量、加工用量、耗損量，以及前年度第二期作的生產情況，得到當年度民間存貨的變動量。

該文認為依據過去各年的民間存貨變動量看似合理，但由累計庫存變動的角度來看並不合理。利用該文的推估方式，民國 101 年底時稻米的民間庫存量比民國 89 年初時少了 425.1 千公噸，這樣的情況並不符合一般的商業運作模式；同時，在兩種推估模式下，民國 101 年時民間庫存量分別僅有 189.1 千公噸及 80.5 千公噸，這樣的數值可能偏低。如同前述，存貨變動量的問題，主要為缺乏民間存貨變動的資料。同時，該研究認為在短期下，農委會目前對於稻米存貨變動的估計方式仍然適用。長期而言，可能必須如工商普查一般，每隔 3 年或 5 年應該針對民間存貨的變動進行調查與推估。

李元和等 (2010) 針對全台各縣市民間庫存稻米數量以及民間稻米倉容量進行調查。此一調查分析的調查資料時點為民國 98 年 12 月底、民國 99 年 5 月底及民國 99 年 8 月底民間庫存稻米數量。調查品項包含粳種、硬秈、軟秈、圓糯及長糯之稻穀、糙米、白米以及碎米。

該研究依據糧商資本額進行分層，對各縣市稻米庫存 1 千公噸以上的業者 (含農會) 逐一調查，其餘業者抽樣 5%調查。結果發現各類稻米庫存量折合稻穀的數量以民

國 98 年 12 月底的 725,579 公噸為最高，民國 99 年 5 月底的 367,631 公噸為最低，兩者相差將近一倍，也就是最低庫存量僅為最高庫存量的 50.67%。民國 99 年 8 月底估計之庫存量折合稻穀的數量為 577,076 公噸，仍較民國 98 年 12 月底的庫存量低，兩者相差約 20%。

值得注意的是，在各期的調查中，粳種稻米所占的比重最高，以折合稻穀來計算，民國 98 年 12 月底占 92.09%、民國 99 年 5 月底占 93.52%、民國 99 年 8 月底占 96.91%。也就是說，只要掌握粳種稻米的庫存量及其變動，對於我國稻米庫存的推估也就掌握了 9 成以上的資訊。

農糧署於 99 年至 103 年辦理「補助糧商公會團體協助蒐集稻米市場動態資料計畫」，每月由各縣市糧商工會團體依據「稻米市場動態資料調查表」，進行稻米庫存資料調查。該計畫早期僅針對稻穀庫存部分進行調查，自 100 年 4 月起，針對糙米以及白米庫存進行調查。調查樣本數分配係透過各縣市米穀商業同業公會所屬之糧商總家數中，針對一般糧商與有糧商執照之農會進行調查。

依據該計畫的調查可以觀察到，一般而言每年的五月份庫存水準最低，而後漸次上升，八月份大致上為年度的庫存高峰，此時一期稻作採收完成。每年九、十月為第二次的庫存減少；十一月為每年的次高峰，此時二期稻作採收完成，爾後漸次下降。

前述農糧署的調查中，雖然調查規模較大，但是容易存在由於回報廠商家數差異所造成的存貨波動、各縣市糧商對推估方式的不透明以及調查成本過高等問題；因此，本研究擬針對重要糧商進行多期的追蹤調查，據以與現有之各項稻米庫存推估成果進行比較。

研究方法

本研究依據農糧署之「糧商登記證資料查詢系統」近 9,000 家的糧商中，篩選出 967 家具有加工設備以及倉容之業者，爾後由農糧署與產業專家，針對相關業者篩選出 37 家具有代表性之業者進行抽樣，扣除不願意配合者 7 家，有效回收樣本計 30 家。調查相關業者 101 年 7–12 月以及 102 年 1–6 月與 7–12 月的自營糧進貨數量以及其年底存貨。同時，並利用其進貨數量的市場佔有率做為權重，據以推估其年底民間庫存。

相關調查規畫與調查狀況如下所述：

(一) 母體來源：農糧署之「糧商登記證資料查詢系統」。

(二) 抽樣方式：立意抽樣，抽樣樣本數 37，有效回收樣本 30。

(三) 資料時點：

	靜態資料	動態資料
調查期間一	101 年 12 月 31 日為調查標準日	101 年 7 月 1 日至 101 年 12 月 31 日全期資料為準
調查期間二	102 年 6 月 30 日為調查標準日	102 年 1 月 1 日至 102 年 6 月 30 日全期資料為準
調查期間三	102 年 12 月 31 日為調查標準日	102 年 7 月 1 日至 102 年 12 月 31 日全期資料為準

(四) 調查品項：

1. 蓬萊(粳種)、軟秈、硬秈、圓糯及長糯。
2. 稻穀、糙米與白米。

(五) 推估方式：依據所報送之初步統計資料彙總，計算整體存貨數量。

$$1.\text{折合稻穀庫存} = \text{稻穀庫存} + \frac{\text{糙米庫存}}{0.8} + \frac{\text{白米庫存}}{0.8*0.85}$$

$$2.\text{第 j 種產品庫存} = \sum_i \text{第 i 家廠商第 j 種產品庫存} \div \frac{\sum_i \text{第 i 家廠商第 j 種產品進貨量}}{\text{第 j 種產品當期整體稻穀收貨量}}$$

j = 稻穀、糙米、白米

結果

本節利用稻米的生產量、收購量等公務統計，輔以本文的稻米庫存調查資料針對稻米年底庫存進行推估。

(一) 稻米生產與收購

表 1 為台灣 99 年至 102 年稻米的生產量，以 102 年最高，達 170 萬公噸，99 年最低，為 145 萬公噸。一般而言，一期稻作生產量約為二期稻作的兩倍左右，各年基本穩定。同時，在不同的品種中，以粳稻的產量最高，約為整體稻穀的 90%。

臺灣的公糧稻穀保價收購制度從民國 63 年起實施，起因是前 1 年因為國際能源與糧食危機衝擊，造成國內稻米供需失調，政府為了掌握糧源、穩定糧價與維護農民收益，實施稻穀保價收購政策，每年按照保證價格收購農民稻穀。

現行稻穀保價收購制度自 92 年增辦餘糧收購措施後，保證價格區分為計畫收購、輔導收購與餘糧收購等三個階段，計劃收購主要是在增加稻農收益，輔導收購則是穩定市場價格與供需，餘糧收購則是保障農民基本收益，避免稻農售穀價格低於直接生產成本。其中，計畫收購的糧價最高，皆高於民間糧商的收購價。

表 2 為 99 年至 102 年稻米計畫收購數量。表 3 為 99 年至 102 年稻米輔導收購數量。一般而言，稻穀計畫收購數量以一期較高，二期較低，兩者間比例約為 2：1 左右。收購品種，以粳稻最多，其餘品種相當少。輔導收購的數量遠低於計畫收購，但是其收購的結構與計畫收購類似。同時，政府收購以外的稻穀，則由民間糧商進行收購。

表 1. 99 年至 102 年稻米生產量

單位：公噸

年度	整體稻穀			粳稻 (蓬萊) Japonica Rice			硬秈稻(在來) Indica Rice		
	合計	一期	二期	小計	一期	二期	小計	一期	二期
99	1,451,011	957,418	493,593	1,272,172	827,695	444,476	17,163	12,107	5,056
100	1,666,273	1,110,786	555,488	1,473,539	966,657	506,881	18,901	13,766	5,135
101	1,700,229	1,075,333	624,895	1,519,362	947,408	571,953	18,827	12,226	6,601
102	1,589,564	1,036,844	552,720	1,421,696	911,368	510,328	14,132	10,071	4,061
年度	軟秈稻 (秈稻) Indica Rice (long)			粳糯稻 (圓糯) Glutinous Rice of Japonica Type			秈糯稻 (長糯) Glutinous Rice of India Type		
	合計	一期	二期	小計	一期	二期	小計	一期	二期
99	84,231	61,841	22,390	33,985	21,655	12,330	43,461	34,120	9,341
100	84,141	65,004	19,136	39,339	25,127	14,212	50,353	40,231	10,121
101	71,231	53,025	18,206	35,950	21,024	14,926	54,859	41,650	13,209
102	69,804	55,204	14,599	30,957	18,338	12,619	52,975	41,863	11,112

資料來源：農業統計年報。

表 2. 99 年至 102 年稻米計畫收購量

單位：公噸

年度	稻穀			粳稻 (蓬萊) Japonica Rice			硬秈稻(在來) Indica Rice			軟秈稻 (秈稻) Indica Rice (long)		
	合計	一期	二期	小計	一期	二期	小計	一期	二期	小計	一期	二期
99	172,883	115,718	57,165	169,207	112,875	56,332	364	112	252	3,312	2,732	580
100	244,869	169,444	75,425	236,417	162,169	74,248	2,662	1,928	735	5,789	5,348	442
101	263,505	178,426	85,079	257,694	173,241	84,453	2,305	1,887	418	2,421	2,239	182
102	283,223	197,977	85,247	279,323	194,599	84,724	1,862	1,417	445	1,365	1,290	75

資料來源：農業統計年報。

表 3. 99 年至 102 年稻米輔導收購量

單位：公噸

年度	稻穀			粳稻 (蓬萊) Japonica Rice			硬秈稻(在來) Indica Rice			軟秈稻 (秈稻) Indica Rice (long)		
	合計	一期	二期	小計	一期	二期	小計	一期	二期	小計	一期	二期
99	17,571	7,860	9,710	17,265	7,582	9,683	-	-	-	306	278	27
100	100,531	74,750	25,781	97,737	72,288	25,449	1,199	900	299	1,594	1,561	33
101	111,933	84,120	27,813	109,774	82,159	27,615	1,249	1,072	178	317	297	20
102	**122,999**	**98,261**	**24,738**	**121,448**	**96,886**	**24,562**	**812**	**642**	**170**	**353**	**347**	**6**

資料來源：農業統計年報。

(二) 稻米庫存調查回收狀況

在回收樣本之稻穀進貨量方面，101 下，樣本廠商國產米總進貨量為 140,028.80 公噸、102 上為 108,345.70 公噸、102 下為 142,760.20 公噸；進口米部份僅有 101 下與 102 下，分別為 48.00 公噸與 96.00 公噸。此一資料表明，廠商在上半年進貨比較少，但是下半年進貨比較多。這樣的狀況也是合理的，由於一期稻作在 6 月起進行收成，二期稻作到 11 月底收成完畢，由於，上半年僅有 6 月份進行收成，因此，進貨量較少；至於下半年，收成則由一期與二期稻作總進貨量將會比上半年來得高。另外，在上半年時，並沒有廠商進口稻穀，但下半年時，有少數廠商也會進口稻穀。

在回收樣本之糙米進貨量方面，國產糙米部份，101 下，樣本廠商總進貨量為 2,954.12 公噸、102 上為 3,096.35 公噸、102 下 6,199.00 公噸；進口糙米部份，101 下，樣本廠商總進貨量為 2,610.50 公噸、102 上為 1,490.50 公噸、102 下為 0.00 公噸。

在回收樣本之白米進貨量方面，國產白米部份，101 下，樣本廠商總進貨量為 5,390.38 公噸、102 上為 6,263.42 公噸、102 下 13,297.20 公噸；進口白米部份，101 下，樣本廠商總進貨量為 7,240.00 公噸、102 上為 1,260.00 公噸、102 下為 1,495.00 公噸。

資料顯示，各廠商糙米與白米的進貨是相當少的，主要是各廠商應有足夠的倉容來儲存稻穀，並逐月加工銷售。這些會購入糙米或白米的廠商，可能是由於其稻穀倉容相對小於其市場銷售的需求，必須向其他廠商購入糙、白米來進行銷售。至於進口糙、白米的廠商也是相對較少的；同時，進口白米的數量高於糙米與稻穀。

在稻米庫存方面，回收樣本之稻穀庫存量部分，101 下 (101 年 12 月底)，樣本廠商國產米總庫存量為 106,459.48 公噸、102 上為 90,186.40 公噸、102 下為 100,792.40 公噸；進口米部份僅有 101 下與 102 下，分別為 27.00 公噸與 72.00 公噸。相對於稻穀進貨量，庫存量會較低，表示廠商並不會大量囤積稻穀，而是進貨後逐月加工出售。

在回收樣本之糙米庫存量方面，國產糙米部份，101 下，樣本廠商總庫存量為 497.01 公噸、102 上為 526.37 公噸、102 下 596.60 公噸；進口糙米部份，101 下，樣本廠商總庫存量為 2,000.00 公噸、102 上為 3,080.00 公噸、102 下為 1,000.00 公噸。

在回收樣本之白米庫存量方面，國產糙米部份，101 下，樣本廠商總庫存量為 1,869.38 公噸、102 上為 895.38 公噸、102 下 1,297.57 公噸；進口白米部份，101 下，樣本廠商總庫存量為 5,490.00 公噸、102 上為 3,715.00 公噸、102 下為 2,810.00 公噸。

資料顯示，各廠商糙米與白米的庫存是相當少的，主要是各廠商會逐月加工後售出。同時，糙米庫存少於白米，表示國人消費仍以白米為主，加工成糙米比例較低。同時，上半年度 (6 月底) 的稻米庫存低於下半年度 (12 月底)，這應是每年 5 月各廠庫存水準最低，但 6 月份起開始進貨，而下半年度則針對一、二期稻作持續進貨，因此，庫存較高，此一趨勢與李元和 (2010) 及農糧署近期的調查相一致。

(三) 稻米進貨市占率

由於進口的比重相當的低，我們將其忽略，僅考量國產米的部份。同時，由於廠商的稻穀購入多為初次購入，糧商間的相互調撥相對比重較低，比較能夠反映其當年度的加工量占市場的比例。同時，糙米與白米為其銷售不足時，向同業進貨，比重也較低，我們也可將其忽略，僅觀察稻穀進貨，占民間市場交易的比重。

1. 民間收購量與樣本總占有率的推估

表 4 中，為各年間稻米總產量一期與二期稻作之產量、計畫收購量、與輔導收購量，在前文的分析中，已知一期稻作的產量、收購量會高於二期稻作。將各期稻米產量，扣除政府收購量，可得到民間收購量，將樣本進貨量除上民間進貨量可得樣本總進貨量占民間進貨量的比重 (市占率)。可知 101 下與 102 下的民間市占率較高，分別為 27.35%與 32.25%，但 102 上的市占率較低，僅 14.63%。

然而，這樣的推估是有偏誤的，主要是民間進貨統計期間為 1–6 月與 7–12 月，這樣的調查方式與一、二期作並不對稱。理想上應有每一月份的資料 (包含產量與收購量)，但並沒有辦法取得政府的內部推估資料。因此，可將全年度的進貨量、收購量與產量進行計算，可得樣本廠商的市場佔有率約為 21.22%。在近 9,000 間家的糧商中，本研究篩選出 37 家廠商，有效回收樣本 30 家，但市占率已達 21.22%，顯示本研究的樣本選擇應具備一定的代表性。

2. 個別樣本占有率的推估

其次，由個別廠商進貨量與各期的民間進貨量，可得回收樣本之稻穀個別廠商進貨量占有率。其分佈狀況，大致與整體樣本相一致。以個別廠商 101 下、102 上、102 下的進貨資料除與各期的民間進貨量，仍然會出現下半年高占有率、上半年低占有率的情況。建議仍採取全年度加總的資料，做為推估依據。

表 4. 回收樣本之稻穀進貨量占有率

單位：公噸、%

	101 下(二期)	102 上(一期)	102 下(二期)	102 全
稻米產量(A)	624,895.27	1,036,844.24	552,719.98	1,589,564.23
計畫收購量(a)	85,078.50	197,976.71	85,246.65	283,223.36
輔導收購量(b)	27,812.70	98,260.56	24,738.46	122,999.02
政府收購(B=a+b)	112,891.20	296,237.27	109,985.11	406,222.37
民間進貨(C=A-B)	512,004.07	740,606.98	442,734.88	1,183,341.85
樣本進貨量(D)	140,029.00	108,346.00	142,760.00	251,106.00
市占率(D/C)	27.35	14.63	32.25	21.22

資料來源：本研究整理。

(四) 稻穀庫存的推估

方式 1.稻穀存貨推估 (不含糙米與白米)

有關於稻穀存貨量之推估部分，利用個別廠商的庫存量進行加總，可得在 102 年 12 月底，其庫存稻穀為 100,792.40 公噸。同期間，其稻穀進貨量為 251,105.90 公噸，占民間進貨量的 21.22%。假設民間其餘廠商的平均存貨行為與樣本廠商相似，則可推估全體廠商的稻穀數量為 474,986.31 公噸。

其次，由於部份廠商會出現連續 2 期進貨量加總後低於庫存量的情況，我們認為這樣的樣本並不合理，將其刪除。其次，有進貨量但是沒有庫存量的樣本，可能也有違商業行為的認知，在此也將其刪除。刪除不合理樣本後之稻穀存貨量推估，可得在 102 年 12 月底，其庫存稻穀為 93,987.40 公噸。同期間，其稻穀進貨量為 230,194.90 公噸，占民間進貨量的 19.453%。假設民間其餘廠商的平均存貨行為與樣本廠商相似，則可推估全體廠商的稻穀數量為 483,152.42 公噸。

方式 2.稻穀存貨推估 (糙米與白米折算入進貨，但不折算入庫存)

由於部份廠商，有糙米與白米之稻米進貨與庫存，我們假設其糙米與白米之進貨，係向樣本外之同業購入；同時，其庫存糙米與白米係由自家稻穀所加工。因此，將糙米與白米數量折算進入其進貨量內，但糙米與白米並不折算進入存貨，並重新計算可得其折合稻穀存貨數量分別約 409,178.96 公噸與 416,586.06 公噸。

由前述推估方式 2 中，由於假設其糙米與白米之進貨，係向樣本外之同業購入，因此，將造成樣本內廠商的總體市場占有率提高，將使得庫存估計的結果出現低估的情況。

因此，本研究認為方式 1 對於稻穀庫存推估的結果，應較具可信度，相對於過去大規模的調查，也是一種節省成本的推估方式。另外，此一推估的結果，主要僅能夠推估稻穀部份的庫存，對於糙米以及白米的推估並沒有將其納入考量。

為改善此一缺失，以下將計算樣本中的稻穀、糙米與白米經折算後，納入進貨與庫存，重新推估折合稻穀之存貨水準。

方式 3.折合稻穀存貨推估 (糙米與白米折算入進貨與庫存)

由於部份廠商，有糙米與白米之稻米進貨與庫存，我們假設其糙米與白米之進貨，係向樣本外之同業購入；同時，假設其庫存糙米與白米係由自家稻穀所加工，但也反應整體糙米與白米庫存。因此，同時將糙米與白米數量折算進入其進貨量與存貨，並重新計算可得其折合稻穀存貨數量分別約 419,952.94 公噸與 415,421.19 公噸。

然而，由於糙米與白米的進貨與庫存在本研究所抽到的樣本數較少，對於其適用性，本研究持較為保留的態度。另外，本研究刪除不合理樣本後，所餘樣本約 22–24 個，所推估的結果差異並不大，因此，樣本數量應能滿足目前的調查研究需求。

(五) 小結

經由前述的調查與分析，本研究發現：首先，各年間民間的進貨量約處於 100 萬公噸左右的水準，至於公糧收購量，則會出現較大幅度的波動。其次，主要糧商在各期間的進貨數量，占整體民間流通稻穀的比重相當穩定，同時，利用主要糧商庫存追蹤調查，所獲得的稻穀庫存，與農糧署目前委託各縣市糧商公會針對各縣市糧商進行庫存調查的結果，差異不大。第三，透過主要糧商庫存追蹤調查的糙米以及白米庫存資料較低，因此，造成整體稻米庫存經折算後，追蹤資料調查的庫存水準，將低於透過糧商公會調查的結果。

結論與建議

由研究結果顯示，利用主要糧商追蹤調查資料，估計稻米庫存不僅較為節省成本且估算的誤差亦不大，另利用糧商公會進行調查的方式需整體考量成本投入，同時，回報廠商的差異，也容易造成存貨水準估計的誤差。未來可修正主要糧商追蹤調查的抽樣，以降低糙米與白米存貨估計的偏誤。

本研究所選取之樣本，係透過專家討論，選出具有代表性的廠商，並加以抽樣。然而，目前的問卷填答雖有統計法的規範，但是缺乏實質的政策工具 (對廠商不配合的懲罰)，僅能依賴道德勸說，造成抽樣成本的提高、抽樣效率的下降，同時，政府缺乏稽核的能力。

農糧署目前辦理「103 年稻米產銷契作集團產區」計畫，計畫中每處 (區) 集團產區契作面積獎勵金上限為 700 萬元。其經費用途在於輔導稻米產銷契作集團產區資料建立 (含稻米產銷契作集團產區系統建置契作相關資料、協助公糧清冊查核及登錄作業)、環境維護、調查及評估等相關提升稻米產銷效率與附加價值之用途。103 年度計有北、中、南、東等四區，35 家稻米產銷契作集團產區。建議農糧署未來在辦理相關計畫時，應研議將是否配合稻米產銷相關資訊之回饋，納入審查評估之標準，以利提高經費使用效率。

另一方面，有鑑於政府必須掌握產銷存資訊，保障糧食安全與食品安全，建議對於此種重要民生作物的產銷、庫存應採取可溯源的申報制，並透過糧食管理法及公平交易法等相關規範，隨時取得統計決策所需資訊。

在前述的推估中，方式 1 對於稻穀庫存推估的結果，應較具可信度，但此一推估的結果，僅能夠推估稻穀部份的庫存，對於糙米以及白米的推估並沒有將其納入考量。為改善此一缺點，可行的做法有二：

1. 利用農糧署稻穀、糙米及白米的資料，進行稻穀與糙米及白米的迴歸分析，據以推估在給定稻穀數量下，可能的糙米及白米的存貨數量。

2. 由於糧商有加工型的糧商，也有流通型的糧商，本研究調查的對象主要為具有加工及倉容設備的糧商，因此，調查的進貨與庫存，主要為稻穀，缺乏糙米與白米的資料；後續應可針對流通型的糧商進行庫存調查。

其次，對於稻米生產量、收購量以及廠商庫存量的監控與推估，本研究係採取年做為主要推估頻率。但是，考量政府施政的即時性與決策的有效性，建議在稻米生產量與收購量上，目前農糧署應有利用「稻作各旬收穫面積」所推估之稻米生產量，同時，對於稻米各月分的收購量也應有統計資料，只要結合主要糧商每月回報的稻米進貨與庫存量，即可有效的推估目前市場的民間庫存狀況。

參考文獻

李元和、施順意、呂龍潭、戴孟宜。2010。民間存糧與倉容之調查分析。行政院農業委員會農糧署農糧管理計畫。

林啟淵、涂美珠、蔡建樹、李仁耀、楊壽麟。2009。糧食供需統計制度改進之研究(I)。行政院農業委員會委託研究計畫。

A Study on the Private Sector Inventory of Rice

Jen-Yao Lee[1],Chi-Yuan Lin[2], and Chung-Hui Chang[3]*

Abstract

This research aims at investigating the available stock of rice in the private sector. Of all 9000 food dealers, 37 main dealers are selected by purposively sampling. This research found that the available stock of rice, to the end of December in 2013, is 100,792.40 tons; meanwhile, the purchase volume of rice is 251,105.90 tons, accounting for 21.22% of private sector purchase volume. Suppose that the average inventory levels of other private dealers are similar to the sampling dealers, we suggest the overall stock of rice be 474,986.31 tons. The estimated inventory levels of the remaining other 22 to 24 sampling dealers, on the premise of omitting outliers, do not show great discrepancy from purposive samples. The sampling selection of this study, therefore, can make sufficient inference about the popularity. The survey cost on domestic inventory level of rice will greatly reduce through this sampling method.

Keywords: Rice, Private Sector Inventory.

1 Department of International Business, National Kaohsiung University of Applied Sciences. itjylee@kuas.edu.tw.

2 Department of Applied Economics, National Chiayi University. cylin@mail.ncyu.edu.tw.

3 Department of Applied Finance, Hsiuping University of Science and Technology. chunghui@hust.edu.tw.

* Corresponding Author, Email:chunghui@hust.edu.tw; Tel: 04-24961100#2401.

提升我國糧食自給率之潛力農產品發展策略

周孟嫻[1] 孫智麗[2]*

摘要

糧食安全是國家安全的重要一環，為確保糧食安全，我國設定 2020 年糧食自給率達 40%之目標。本文由糧食自給、生產能力、農民收益及市場需求四個面向提出篩選指標，分析提升我國糧食自給率之潛力農產品，並調查專家意見以篩選潛力農產品。綜合專家意見，本文認為能有效提升我國糧食自給率之潛力農產品為大豆、硬質玉米、芝麻、製糖甘蔗、高粱、小麥、馬鈴薯，應加以強化現行輔導措施以提升我國糧食自給率。為有效提高糧食自給率進而維護我國糧食安全，應確實考量農業生產情形與市場需求搭配相關配套政策，以擴大國產農產品消費進而提振農業生產。

關鍵詞：糧食安全、糧食自給率、國產消費。

前言

2011 年我國「全國糧食安全會議」設定 2020 年綜合糧食自給率以熱量計算達 40%之目標。為了篩選出具生產能力且有市場需求，並能有效提升綜合糧食自給率的潛力農產品，以作為鼓勵及引導農民生產之參考，本文分別從糧食自給、生產能力、農民收益、市場需求等面向提出篩選指標 (圖 1)，針對近年重點推動種植之進口替代作物或農產品，計算各面向指標之分數，以分析提升我國糧食自給率之潛力農產品，作為篩選提升我國糧食自給率之潛力農產品的基礎，接續並進行專家意見調查強化潛力農產品之篩選，最後針對篩選出之農產品提出相關發展策略。

本文從糧食自給、生產能力、農民收益、市場需求等面向，提出潛力農產品篩選指標，針對近年重點推動種植之進口替代作物或農產品，計算各面向指標之分數，作為篩選提升我國糧食自給率之潛力農產品的基礎。

材料與方法

潛力農產品篩選指標如下說明：

(一) 糧食自給面向

糧食自給面向包含「進口依賴度高」以及「自給率提升效果大」兩項指標，以篩選出大量仰賴進口且增產後能有效提升我國糧食自給率之潛力農產品。

1 台灣經濟研究院生物科技產業研究中心助理研究員 msjhou@gmail.com。
2 台灣經濟研究院生物科技產業研究中心主任 juliesun@tier.org.tw。
* 通訊作者電子信箱：juliesun@tier.org.tw；電話：02-25865000#539。



圖 1. 潛力農產品篩選指標圖
資料來源：台經院生物科技產業研究中心繪製 (2014)。

1. 進口依賴度高

進口依賴度高指該項農產品之進口量遠大於出口量與國內生產量，若進口依賴度高，則為國內生產不足而需大量仰賴進口的農產品，具推廣種植空間。本文依據「糧食供需年報」之各農產品單項自給率計算進口依賴度，若「糧食供需年報」未公布該農產品單項自給率，則依據海關進、出口數量以及農產品生產量，估算出該農產品的單項自給率與進口依賴度。各農產品之進口依賴度計算公式如下：

進口依賴度 I ＝ 1－農產品之單項自給率 i

2. 自給率提升效果大

自給率提升效果大指農產品增產對提升我國綜合糧食自給率有顯著正向貢獻，故對達成 2020 年糧食自給率達 40%之目標有事半功倍之效。本指標計算方式係依據：台經院生物科技產業研究中心對各農產品增加生產面積對提升我國綜合糧食自給率的影響效果之模擬結果進行計算，並以各農產品每百克所含熱量進行調整。各農產品之自給率提升效果計算方式如下：

自給率提升效果 I ＝ 假設維持 2013 年產銷結構不變，該農產品增加 1,000 公頃種植面積，但增產國產農產品未能取代進口品之情境下，糧食自給率增加之百分點。

(二) 生產能力面向

為避免推廣在台灣無法種植或不適合種植的農產品品項，以「生產潛能高」指標篩選在台灣具備推廣種植可行性的農產品品項。

生產潛能高：生產潛能指標藉由農業生產歷史統計資料，分析各農產品在歷史中最大生產量與目前生產量的差異，以評估其生產潛能。農產品之生產能力受到諸多因素影響，包括土壤、氣候、日照、地形、水質等風土條件之交互作用，若要依據各項風土條件來分別評估各農產品之適種性，在有限時間、物力下較不可行。相對來說，若以歷史統計資料，找出過去曾經大面積種植，但目前種植數量銳減之農產品，則代表其具有一定生產潛能，為在台灣曾經可以種植之作物，而能夠恢復過去的種植面積。各農產品之生產潛能計算方式如下：

$$\text{生產潛能}_i = \frac{\text{農產品最大歷史產量}_i - \text{2013 年農產品產量}_i}{\text{農產品最大歷史產量}_i}$$

(三) 農民收益面向

為有效增加農民生產意願，以「農民收益高」指標考量農民種植該項農產品是否具經濟效益，甚至找出不需要仰賴政府補貼也能使農民獲利的農產品。

農民收益高：農民種植各農產品每期每公頃之經濟效益同時包含農產品之成本、收益與各項「調整耕作制度活化農地計畫」農產品轉 (契) 作補貼，農民收益估算方式如下：

$$\text{農民收益}_i = \text{農產品粗收益}_i - \text{農產品生產成本}_i + \text{農產品轉 (契) 作補貼}_i$$

本文以「農產品生產成本調查報告」為農民收益估算之依據，由於各年度農產品生產成本調查報告所調查的農作物不盡相同，因此使用消費者物價指數進行調整，以將農民收益估算之基準年固定為 2013 年。若農產品生產成本調查報告未調查該農產品之成本與收益，則使用其他農業試驗單位或其他研究報告所公布之資料。另根據 2014 年 10 月 3 日舉辦之專家會議意見，修正估算之各農產品農民收益。

(四) 市場需求面向

為了增加農民種植意願，以「市場規模大」以及「具溢價效果」兩項指標分析各農產品的消費市場潛能與可能具有的溢價空間，以引導農民種植具有市場需求的品項，甚至擺脫農業生產仰賴補貼之現象。

1. 潛力市場規模大

潛力市場規模大指該農產品的國內消費量或使用量大且進口依賴度高，因此國產農產品具有替代進口農產品市場之成長空間。若某項國內消費量大的農產品其進口依賴度又高，國產農產品將具有取代進口農產品的成長空間。潛力市場規模的評估計算方式如下：

$$\text{潛力市場規模 i} = \text{農產品之市場規模 i} \times \text{農產品之進口依賴度 i}$$

2. 具溢價效果

具溢價效果係指該農產品具有特定溢價空間，而消費者在消費該農產品時不僅只以價格為單一考量，因此國產農產品相對於進口農產品能夠具有價格以外的其他競爭優勢，而能夠具較高販售價格，或國人願意特別購買國產農產品。例如：具有「非基因改造」訴求、具有特別的營養保健價值、抑或國人對於新鮮國產產品有特別需求，而使得該農產品具溢價效果。

研究結果

(一) 潛力農產品篩選指標計算結果

依據前述潛力農產品篩選指標，針對近年來我國農政單位重點推動種植之進口替代作物或相關民間機構團體著手推廣種植之農產品，例如：大豆、硬質玉米、小麥、樹薯、馬鈴薯、芝麻、紅豆、落花生、稻米、製糖甘蔗、蕎麥、薏苡、仙草、高粱、甘藷等農產品，以 2013 年相關統計資料計算糧食自給、生產能力、農民收益、市場需求等面向指標之分數，作為篩選提升我國糧食自給率之潛力農產品的基礎 (表 1)。

在糧食自給面向中，大豆、硬質玉米、小麥、樹薯、馬鈴薯、芝麻、製糖甘蔗、薏苡、高粱均為進口依賴度高的品項。相對來說，我國稻米與甘藷的單項自給率均超過或接近 100%，進口依賴度甚低，甚至稻米目前已有生產過剩現象，而可能不宜再進一步鼓勵增產。紅豆與落花生則在關稅配額、特別防衛措施與中國物品不准輸入等貿易障礙保護下，單項自給率約介於 80–90%之間，因此進口依賴度亦低，但未來經貿進一步自由化後，相關貿易障礙可能取消，紅豆與落花生等產品之產量與自給率可能無法維持目前水準。

在自給率提升效果大指標中，若增加 1,000 公頃種植面積，甘藷、製糖甘蔗、馬鈴薯具有最佳的綜合糧食自給率提升效果，芝麻、蕎麥、薏苡、仙草等品項其提升綜合糧食自給率的效果則較差。尤其，仙草屬於嗜好品不列入自給率計算，因此推廣種植仙草並無法提升我國糧食自給率。

在生產能力面向中，大豆、硬質玉米、樹薯、製糖甘蔗、高粱、甘藷等均為我國過去曾經大量種植，但目前生產數量銳減的品項之一，故具有高生產潛能。例如：我國大豆於 1967 年產量曾高達 75,226 公噸，但至 2013 年產量下滑至 879 公噸，故有恢復大量種植可能性。

農民收益面向下，加入各農產品轉 (契) 作補貼後，農民種植仙草、芝麻、甘藷、落花生等農產品具有較佳的每期每公頃經濟效益。然而，仙草、芝麻等農產品機械化程度有限，每戶農家可耕作總面積有限，因此儘管其每期每公頃經濟效益較高，但農家總收益可能反而相對較低，而無法引發農民種植意願。

表 1. 具提升自給潛力農產品篩選評估指標計算結果

評估面向參考指標	糧食自給		生產能力	農民收益	市場需求	
	進口依賴度 (%)	自給率提升效果 (百分點)	生產潛能 (%)	(新台幣萬元／期作／公頃)	潛力市場規模 (千公噸)	溢價效果
大豆	99.96	0.011	98.83	75,823 (一期作) 72,497 (二期作)	2,141.2	我國進口大豆有 93%為基改大豆，國產大豆具有新鮮、非基因改造優勢
硬質玉米	98.05	0.017	86.56	84,701	4,321.8	我國進口玉米超過 90%為基改玉米，國產硬質玉米具有新鮮、非基因改造優勢
小麥	99.97	0.018	90.95	83,700	1,298.7	聯華與喜願小麥合作推出本土小麥產品，如麵條、餅乾
樹薯	99.95	0.017	99.84	-	1,162.6	毒澱粉事件使國產樹薯有市場，進而鼓吹業者使用台灣本土生產樹薯作為澱粉原料
馬鈴薯	84.48	0.036	18.97	120,937	279.3	可製成薯片、薯條、薯餅等產品
芝麻	94.72	0.007	68.93	143,851	38.2	混油事件使國產芝麻油有市場，福壽與西港農會簽訂契作將推出台灣本土芝麻油搶市
紅豆	15.00	0.012	68.38	77,018	2.1	「紅豆水」產品引發消費熱潮
落花生	15.56	0.021	65.83	146,460 (一期作) 107,457 (二期作)	8.7	進口花生需長期運輸有黃麴毒素疑慮，國產花生相對新鮮又安全
稻米	-0.37	0.029	53.57	27,852 (一期作) 8,884 (二期作)	-4.7	特色米或機能米市場日漸重要
製糖甘蔗	92.24	0.044	95.42	128,900 (年)	543.2	台糖兩座糖廠尚有 25 萬公噸產能，國產製糖甘蔗具有獨特風味頗受好評
蕎麥	97.00	0.007	90.95	91,827	0.4	可製成蕎麥麵、蕎麥茶等多元產品
薏苡	92.30	0.007	47.46	93,924	2.7	進口紅薏仁需長期運輸有黃麴毒素疑慮，國產紅薏仁相對新鮮又安全
仙草	63.49	0.000	69.70	217,281	0.7	國產仙草風味較佳受市場歡迎，泰山與二水鄉農會契作
高粱	99.99	0.020	97.20	92,700	119.7	可製成我國著名特產高粱酒，金門高粱年銷售 2,000 萬餘公升
甘藷	0.15	0.048	94.22	147,800	0.3	具有健康、高鮮、香甜特性，瓜瓜園與全家推出「夯蕃薯」備受市場歡迎

註：1.甘蔗為長期作物，農民效益值應以年計算。
2.表無相關資訊。
資料來源：台經院生物科技產業研究中心計算分析 (2014)。

在市場需求面向中，大豆、硬質玉米、小麥、樹薯等品項為我國潛力市場規模大的農產品，不僅國內市場規模大且進口依賴度高。例如：大豆可製成大豆油或豆腐、豆漿、豆花、味噌、素肉等加工食品，榨油後的豆渣或大豆粉可作為飼料用。製糖甘蔗、馬鈴薯、高粱等農產品的潛力市場規模則次之，其中高粱可製成高粱酒，為我國重要且具特色的農產加工品。

具溢價效果評估指標部分，大豆、硬質玉米、樹薯、芝麻等具有較高的溢價空間。例如：芝麻長期被國人視為重要的養生保健食品，但 2014 年芝麻油摻雜其他油品而有標示不實之事件，亦引起消費者對於純正芝麻油之重視，而產生國產新鮮芝麻的溢價空間。

(二) 潛力農產品篩選專家意見評估結果

為進一步強化篩選結果，於 2014 年 9 月至 10 月間進行專家意見調查，以前述計算的指標分數為基礎，邀請各農政單位、農業試驗改良單位、農民團體等國內相關專家，針對各作物鼓勵種植以提升我國糧食自給率之可能性或效益，分別就進口依賴度高、自給率提升效果大、生產潛能高、農民收益高、潛力市場規模大、具溢價效果等指標，以分數 3、2、1 評估，分數愈高表示可能性或效益愈大，截至 2014 年 10 月 3 日為止共回收 17 份有效問卷。

綜合專家意見調查結果 (表 2)，在進口依賴度高指標中，鼓勵種植大豆、硬質玉米、小麥、製糖甘蔗、高粱等作物將具有較高的效益；在自給率提升效果大指標中，鼓勵種植大豆、小麥、馬鈴薯、製糖甘蔗等作物將具有較高的效益；在生產潛能高指標中，鼓勵種植大豆、硬質玉米等作物將具有較高的效益；在農民收益高指標中，鼓勵種植馬鈴薯、芝麻、仙草、高粱等作物將具有較高的效益；在潛力市場規模大指標中，鼓勵種植大豆、硬質玉米等作物將具有較高的效益；在具溢價效果指標中，鼓勵種植大豆、芝麻等作物將具有較高的效益。

除了糧食自給、生產能力、農民收益和市場需求等面向外，在具提升自給潛力之農產品篩選上，也應注重各作物的外部環境效益或衝擊。例如：大豆、落花生等豆科植物可與根瘤菌共生，進行固氮作用，而可提升地力。此外，樹薯不僅機械化程度不足、市場流通性差，且在製粉過程中因洗澱粉而容易導致水汙染，而有環境衝擊疑慮。

綜合專家意見，本文認為能有效提升我國糧食自給率之潛力農產品為大豆、硬質玉米、芝麻、製糖甘蔗、高粱、小麥、馬鈴薯，應加以強化現行輔導措施以提升我國糧食自給率。

表 2. 具提升自給潛力農產品篩選專家意見評估結果

單位：指標分數

評估面向	糧食自給		生產能力	農民收益	市場需求	
	進口依賴度高	自給率提升效果大	生產潛能高	農民收益高	潛力市場規模大	具溢價效果
大豆	3.00	2.35	2.82	2.53	3.00	2.88
硬質玉米	3.00	2.29	2.76	2.41	2.94	2.06
小麥	3.00	2.35	2.00	1.76	2.59	2.35
樹薯	2.82	1.88	2.12	1.25	2.18	1.65
馬鈴薯	2.59	2.41	1.82	2.76	2.06	2.18
芝麻	2.88	2.06	2.47	2.88	2.18	2.76
紅豆	1.29	1.82	2.18	2.41	1.76	2.29
落花生	1.29	2.06	2.00	2.71	1.71	2.29
稻米	1.00	2.24	2.06	1.82	1.41	1.82
製糖甘蔗	3.00	2.41	2.71	2.06	2.53	2.06
蕎麥	2.76	1.76	1.88	2.35	1.65	2.24
薏苡	2.82	1.82	2.00	2.41	2.00	2.65
仙草	1.94	1.53	2.18	2.82	1.65	2.35
高粱	2.94	2.06	2.53	2.36[1]	2.29	2.18
甘藷	1.00	2.24	2.71	2.53	1.76	2.41

註：1.高粱之「農民收益高」指標專家意見調查分數以釀酒高粱收益重新進行調整推估。

2.指標分數以 3 分最高，1 分最低。

資料來源：台經院生物科技產業研究中心 (2014)。

討論

(一) 各潛力農產品發展策略

為鼓勵及引導農民生產能有效提升綜合糧食自給率的潛力農產品，並擴大該國產農產品之消費，一般而言，可藉由品種選育、推動機械化與代耕制度、強化產銷體系等措施，增加農民收益、提高農民種植意願，並藉由提升國產農產品品質、加強認證或標示制度等，增加消費者購買意願。另一方面，亦需考量各農產品特性，提出能有效增加生產或擴大消費之相關發展策略。

1. 大豆

國產大豆由於生產成本高，價格較一般進口大豆為高。然而，非基改大豆具有溢價空間，例如：根據情報贏家財經資料庫，黃豆美國非基改有機中盤價 2013 年 1–12 月價格為每公斤新台幣 36.7–41.7 元，此價格已和台灣大豆契作價格接近。國產大豆可主打非基改訴求，作為推廣利基，甚至發展有機大豆。目前大豆收穫後處理仍需要人工挑選，機械化程度有待改善，不僅增加生產成本，亦降低大豆食品加工

業廠商採購意願，應加強大豆耕種、採收與收穫後處理之機械化與代耕經營模式之開發與利用。

2. 硬質玉米

2013 年台灣硬質玉米平均進口單價為每公斤新台幣 8.6 元，已相當於國內契作收購價每公斤 9 元，國產品與進口產品的價差少，有利於國產硬質玉米銷售。硬質玉米已經具有一定的機械化程度，故農民種植意願較高，但仍須進一步協助省工栽培、大規模集團化生產、代耕經營模式建立等配套措施，降低生產成本，以增加生產效率、提高農民收益，進而增加種植面積。

3. 小麥

小麥因栽培容易田間管理較粗放，可利用機械化耕作，且小麥的收割、烘乾設備和稻米幾乎通用，因此農民只要改裝原先擁有的農用機械就能運用在小麥耕作上。然而，由於小麥為溫帶作物，因此在台灣尚未有適合我國氣候生長條件之小麥品種，應加強選育能適應台灣氣候之品種，以提高小麥單位面積產量與品質。此外，小麥除品種限制之外，亦面臨嚴重鳥害問題，因此應設法解決鳥害問題，以減少農民損失。

4. 馬鈴薯

儘管馬鈴薯可加工成各式薯片、薯餅、薯條等食品，但由於加工用馬鈴薯品種形狀較長、適合截切，台灣所生產之馬鈴薯則形狀較圓，而較不適合加工，故應開發適合加工的馬鈴薯品種，以符合消費市場需求。此外，近年我國馬鈴薯主要栽培區陸續發生重要病害，導致馬鈴薯產量大減。馬鈴薯疫病易透過種薯傳播，因此選育健康種薯是確保馬鈴薯生產的首要措施。

5. 高粱

高粱可製成高粱酒，為我國著名特產，但我國所釀製的高粱酒原料大量仰賴進口而無法充分自給，因此可推廣以我國國產高粱所釀造的高粱酒。應推廣適合釀酒的釀酒高粱品種，並需和主要契作業者進一步協調其所需要的品種，以符合消費市場需求。

6.製糖甘蔗

1988 年我國製糖甘蔗收穫面積超過七萬公頃，因此製糖甘蔗應仍有進一步擴大種植之可能性。目前台糖糖廠尚有 25 萬公噸剩餘產能，未來可再進一步擴大生產規模，或增建製糖設備，並配合我國製糖甘蔗的擴大種植，增加製糖甘蔗收購量，將能對提升我國糧食自給率有顯著貢獻。

7. 芝麻

近年來食品安全與食品詐欺事件頻傳，引起消費者對於純正芝麻油之重視，甚

至已有國內食品大廠已與農民團體談定芝麻契作合約，將推出全部使用本土芝麻之頂級芝麻油搶市。本土芝麻生產所面臨之最大問題為採收費工，從採收到脫粒都無法機械化，人力成本太高，導致國產品芝麻價格甚至較進口芝麻貴五倍。因此，仍需要加強開發機械採收，以降低其生產成本。

(二) 結論

糧食安全為國家安全之重要一環，為確保糧食安全，我國設定 2020 年糧食自給率達 40%之目標。為有效提高糧食自給率，應確實考量我國農業生產情形與市場需求，搭配相關配套政策，使得消費者願意購買國產農產品取代進口農產品，由擴大國產農產品消費而提振農業生產，始能維護我國糧食安全。

參考文獻

孫智麗、周孟嫻。2014。**「具提升自給潛力農產品之經濟效益與擴大消費之研究」**，行政院農業委員會委託。

行政院農業委員會，**「糧食供需年報」**。2014 年 9 月。

行政院農業委員會，**「農業統計年報」**。2014 年 7 月。

Development Strategies of Potential Self-Sufficient Agricultural Products

Meng-Sian Jhou[1] and Chih-Li Sun[2]*

Abstract

Food security is a critically important part of national security. The food self-sufficiency rate of Taiwan is targeted at 40% in 2020. Based on dimensions of the food self-sufficiency, production capacity, farmers' incomes, and market demand, this project screened out the potential self-sufficient agricultural products are soybeans, flint corns, sesames, sugar canes, sorghums, wheat, and potatoes, and should strengthen existing coping measures to improve the food self-sufficiency rate. In order to increase Taiwan's food self-sufficiency and ensure food security, this project also makes policy recommendations to increase the supplies and demands of the potential self-sufficient agricultural products.

Keywords: Food Security, Food Self-Sufficiency Rate, Domestic Consumption.

1 Taiwan Institute of Economic Research, msjhou@gmail.com.

2 Taiwan Institute of Economic Research, juliesun@tier.org.tw.

* Corresponding Author, Email:juliesun@tier.org.tw; TEL:02-25865000#539.

建立北部地區環境親和型水旱輪作經營模式

楊志維[1]* 簡禎佑[2]

摘要

本試驗旨在利用環境親和型的作物輪作經營模式，來達到因應氣候變遷及提高糧食自給率的目的，探討輪作制度對土壤肥力、作物田間雜草及病蟲害發生，以及作物產量與收益之影響，評估水稻與旱田作物輪作之效益，以作為農民栽培管理依據。結果顯示北部地區環境親和輪作模式以第一期作不整地種植青割玉米，中間作不整地種植綠肥田菁，第二期作種植早熟水稻品種，裡作不整地種植小麥為最佳，淨收益每公頃達 56,970 元。

關鍵詞：環境親和型耕作制度、輪作。

前言

在台灣農作操作模式，以全年持續性栽培為主，早期農業因機械、農藥、化肥和工業技術等精進，創造了農業增產的奇蹟，但隨著農業操作時間越久，易因施肥及噴灑農藥等農事操作不慎，致使栽培環境惡化，面臨生產困難之瓶頸及土壤累積肥料鹽分等問題，同時也帶來了土壤退化、地下水污染、農藥污染、病蟲害嚴重、資源破壞和氣候異常等一系列環境資源負面效應也逐漸浮現。農業生產環境的問題主要是農業為高投入、高產出及高耗能的生產方式。在台灣所謂「環境親和型農業」指在栽培農作物時，不使用或盡量少使用農藥和化肥，以此謀求人與自然的親和。

由於氣候變遷造成病蟲種類及危害日趨嚴重，又糧食安全問題日益嚴重，我國雜糧大都仰賴進口，然而北部地區耕作模式向來以兩期作水稻為主，因我國每人每年食米量有逐年遞減趨勢，且糧食自給率不足，我國每年進口大量的玉米、大豆、小麥等糧食作物，且國內水資源亦漸呈不足的現象，根據金 (1995) 及林 (1998) 等人之研究顯示種植水稻其整地需水量 100–200 mm，插秧至收穫本田需水量第一期作約 1,100 mm，第二期作約 980 mm，而生產雜糧作物如甜玉米春作需水量約 120 mm，秋作需水量約 190 mm，甘藷春作需水量約 190 mm，秋作需水量約 280 mm。因此，進行水旱輪作，將整年度分為水稻時期與旱作時期，在水田時期維持其單位面積產量，旱田時期節約灌溉水，除了兼顧產量與省水，更可節能減碳、降低病蟲害、調節糧食供需。利用水旱輪作可有效利用水資源及提高糧食自給率，並以低投入方式栽培，來增加生物

1 桃園區農業改良場副研究員 zwyang@tydais.gov.tw。
2 桃園區農業改良場助理研究員 jianjenyou@tydais.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：zwyang@tydais.gov.tw；電話：03-4768216#255。

多樣性，降低病蟲危害及農業生產成本，提高土地利用效率，故急需建立北部地區環境親和型水旱輪作經營模式，達到農業永續經營。

材料與方法

本試驗於桃園區農業改良場本場場區農田進行，以水稻 (品種為越光及桃園三號)、青割玉米 (品種為臺南二十四號)、綠肥作物 (田菁及太陽麻) 及小麥 (品種為臺中選二號) 為試驗材料，試驗輪作系統為第一期作青割玉米，後作短期綠肥 (田菁)，第二期作水稻，裡作小麥。試驗輪作處理為：(A)不整地青割玉米-不整地綠肥 (田菁)-水稻 (越光)-不整地小麥。(B)不整地青割玉米-水稻 (越光)-不整地小麥。(C)整地青割玉米-整地綠肥 (田菁)-水稻 (越光)-整地小麥。(D)第一期作水稻 (桃園三號)-第二期作休耕撒綠肥 (太陽麻)。(E)第一期作水稻 (桃園三號)-第二期作休耕不撒綠肥。(F)第一期作水稻 (桃園三號)-第二期作青割玉米。試驗設計採逢機完全區集設計，4 重複。調查項目為作物輪作前後土壤取樣分析檢測項目包含酸鹼度、電導度、有機質、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂及銅、鋅、鎘、鎳、鉻、鉛等六種重金屬。水稻調查項目為秧苗生育情形、抽穗期、生育日數、成熟期、全生育日數、株高、穗數、倒伏性、穗長、穗重、病蟲害程度、肥料利用率、小區產量及品質、一穗粒數、稔實率及成本效益分析。青割玉米及小麥栽培調查項目為作物生育情形、生育日數、病蟲害程度、肥料利用率、產量、品質及成本效益分析。試驗資料之統計分析，係利用 SAS 軟體 (Version 9.1, SAS Institute)，分析處理因子間差異顯著性，處理因子達顯著差異者，再進行 Fisher 最小顯著差異性測驗 (Fisher's protected least significant difference test, LSD test)，瞭解處理因子間的差異性。

結果

作物種植前土壤肥力分析結果如表 1 所示，輪作處理土壤酸鹼值介於 5.1–5.6，電導度介於 0.1–0.2 dS/m，有機質含量介於 2.6–3.1%，氮素含量介於 0.1–0.2%，每公頃磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂分別介於 49–117、311–410、1,563–2,379 及 298–533 公斤，各處理之土壤 pH 值、有機質含量、磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂均與對照無顯著性差異，表示試驗前各處理與對照之土壤環境為同質。作物收穫後土壤肥力分析結果如表 2 所示，土壤酸鹼值介於 5.1–5.5，電導度介於 0.1–0.3 dS/m，有機質含量介於 3.2–4.2%，氮素含量介於 0.1–0.2%，每公頃磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂分別介於 47–97、251–327、1,481–1,923 及 284–395 公斤。由表 1、2 可看出經由不同輪作處理後土壤肥力變化情形，其中有機質含量顯著提高，以輪作處理 A–C 高於 D–F，土壤肥力之營養成分經過輪作處理後含量趨於穩定。

表 1. 不同輪作處理種植前土壤肥力分析。
Table 1. Physicochemical properties of soil before treatment.

輪作處理	酸鹼度 pH	電導度 dS/m	有機質 %	氮素 %	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
					----------kg/ha----------			
A*	5.4 a	0.1 a	2.7 a	0.2 a	49 a	348 a	1,563 a	364 a
B	5.6 a	0.1 a	2.6 a	0.1 a	49 a	410 a	2,379 a	533 a
C	5.4 a	0.1 a	3.1 a	0.2 a	56 a	332 a	1,664 a	330 a
D	5.1 a	0.1 a	2.7 a	0.1 a	117 a	326 a	1,797 a	317 a
E	5.2 a	0.2 a	3.0 a	0.2 a	78 a	318 a	1,765 a	323 a
F	5.3 a	0.1 a	2.7 a	0.1 a	67 a	311 a	1,577 a	298 a

[z] 同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5 %水準差異不顯著。
* (A)不整地青割玉米-不整地綠肥-水稻-不整地小麥。(B)不整地青割玉米-水稻-不整地小麥。(C)整地青割玉米-整地綠肥-水稻-整地小麥。(D)水稻-綠肥。(E)水稻-休耕。(F)水稻-青割玉米。

表 2. 不同輪作處理收穫後土壤肥力分析。
Table 2. Physicochemical properties of soil after treatment.

輪作處理	酸鹼度 pH	電導度 dS/m	有機質 %	氮素 %	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
					----------kg/ha----------			
A	5.2 a	0.2 a	4.1 a	0.2 a	52 c	276 c	1,481 c	284 c
B	5.4 a	0.1 a	4.2 a	0.2 a	47 c	308 a	1,923 a	360 a
C	5.5 a	0.1 a	4.2 a	0.2 a	89 a	289 b	1,858 b	338 b
D	5.1 a	0.3 a	3.2 b	0.1 a	92 a	327 a	1,715 b	332 b
E	5.1 a	0.2 a	3.4 b	0.1 a	78 b	299 b	1,604 c	307 c
F	5.2 a	0.1 a	3.4 b	0.2 a	97 a	251 c	1,987 a	395 a

同表 1。

不同輪作制度成本效益分析如表 3 所示，輪作處理 A：不整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 56,445 公斤，水稻收穫後每公頃產量為 2,436 公斤，不整地小麥收穫後每公頃產量為 2,148 公斤，淨收益每公頃達 56,970 元，較對照輪作處理 D 收益增加 40,494 元；輪作處理 B：不整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 42,210 公斤，水稻收穫後每公頃產量為 2,346 公斤，不整地小麥收穫後每公頃產量為 2,344 公斤，淨收益每公頃達 46,410 元，較對照輪作處理 D 收益增加 29,934 元；輪作處理 C：整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 48,138 公斤，水稻收穫後每公頃產量為 2,671 公斤，整地小麥收穫後每公頃產量為 2,784 公斤，淨收益每公頃達 47,902 元，較對照輪作處理 D

表 3. 不同輪作處理作物產量、生產成本及收益分析。
Table 3. The benefit estimation of yield and production in different crop rotation models.

輪作處理	產量			粗收益(a)	生產成本(b)	轉契作補貼(c)	淨收益	指數
	青割玉米	水稻	小麥				(a-b+c)	%
	----------kg/ha----------			----------dollar/ha----------				
A[y]	56,445	2,436	2,148	185,380[z]	163,410[z]	35,000	56,970	346
B	42,210	2,346	2,344	172,820	161,410	35,000	46,410	282
C	48,138	2,671	2,784	200,312	187,410	35,000	47,902	291
D		3,471		79,833	108,357	45,000	16,476	100
E		3,334		76,682	106,357	34,000	4,325	26
F	68,870	3,458		158,735	160,853	35,000	32,882	200

[y] 同表 1。

[z] 稻穀價格每公斤以 23 元計算；青割玉米契作價格每公斤以 1.15 元計算；小麥契作價格每公斤以 30 元計算；生產成本係依行政院農委會 102 年農業統計年報調查報告，採第一種生產費計算。

收益增加 31,426 元；輪作處理 D：水稻收穫後每公頃產量為 3,471 公斤，淨收益每公頃為 16,476 元；輪作處理 E：水稻收穫後每公頃產量為 3,334 公斤，淨收益每公頃為 4,325 元，較對照輪作處理 D 收益減少 12,151 元；輪作處理 F：水稻收穫後每公頃產量為 3,458 公斤，整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 68,870 公斤，淨收益每公頃達 32,882 元，較對照輪作處理 D 收益增加 16,406 元。試驗結果可知北部地區環境親和輪作模式以第一期作不整地種植青割玉米，中間作不整地種植綠肥田菁，第二期作種植早熟水稻品種，裡作不整地種植小麥為最佳。

討論

北部地區慣行耕作模式以第一期作種植水稻，第二期作休耕或種植青割玉米為主，而為達到因應氣候變遷及提高糧食自給率的目的，採行環境親和型的水旱田作物輪作經營模式，改以第一期作種植青割玉米，中間作綠肥作物，第二期作種植水稻，裡作小麥之輪作模式，並配合土壤檢測肥力分析採行合理化施肥、安全用藥或不整地耕作措施來減少投入量。不整地栽培法為保育耕作法之一，而保育耕作是現今世界各國極欲推廣的栽培技術，是指利用前作收穫後之作物殘餘物敷蓋田地表面，並以不整地或低整地方法栽培作物，具有把握農時、節省整地所需的費用及人力、降低雜草管理費用、減少水分散失及防止土壤沖刷之優點。這種耕作技術近年在美國頗受重視，正積極推廣中。台灣過去秋冬裡作栽培大豆、紅豆、小麥、毛豆及玉米，採用不整地

或低整地非常普遍且皆獲得良好的成效 (徐和林，1980；莊，1981；郭等，1988)。近年因為農村勞力缺乏，工資昂貴，為了降低生產成本，低整地栽培更為大家所重視及接受 (侯和林，1984；張，1994；林，1995)。採用不整地栽培經常遭遇的問題是前作收穫後有一段休閒期，以致作物栽培前雜草叢生，或沒有作物殘餘物可供敷蓋，此項問題最好的解決辦法是在休閒期間，田間先種植綠肥作物，而於作物栽培前噴施非選擇性除草劑如嘉磷塞，或以刈割方式防除綠肥作物及田面現存雜草，讓枯死植株敷蓋田面，然後以不整地方式 (不翻動地面) 栽培作物 (Raimbault *et al.*, 1990; Coffman and Frank, 1992; Decker *et al.*, 1994; Swan *et al.*, 1994)。綠肥作物採用豆科植物尚可增進土壤肥力，節省後作氮肥施用量及提高產量 (Holderbaum *et al.*, 1990; Utomo *et al.*, 1990; Myers and Wagger, 1991; Dou and Fox, 1994)。此外，前作栽培綠肥作物並可抑制雜草生長，減少除草劑施用量及降低雜草管理成本 (Johnson *et al.*, 1993; Teasdale, 1993; Teasdale and Daughtry, 1993; Galloway and Weston, 1996; Yenish *et al.*, 1996)。

青割玉米 (forage corn) 是指專供芻料用之玉米 (corn, *Zea mays* L.)，屬於一年生禾本科作物，通常在乳熟期至黃熟期時收穫地上部，此時果穗籽粒含水量約為 45%，全株含水量約為 65–68%。玉米為重要農藝作物，產量甚高，以青割玉米調製青貯草或青飼料，為一種可口性佳且營養價值頗高的芻料，總可消化養分 (TDN) 達 70%以上，用來飼餵乳牛可提高產乳量 (Miller, 1984)。台灣氣候環境雖然適合熱帶牧草生長，然而仍很難做到全年的均勻供應，特別是在冬季及初春常有缺乏青飼草現象。對於許多從事酪農及畜牧的業者而言，青割玉米是極重要的芻料來源，因其適合在台灣秋冬裡作栽培，再加上近年來畜牧事業不斷發展，對於青飼及青貯草的需求日增，青割玉米正好可以提供此項需求 (許和洪，1990；許等，1994)。

對於台灣而言，要達到農業永續經營的目標，必須朝向農業環境生物多樣化及有機耕作方式達到環境親和的栽培制度，讓作物栽培與自然環境達到一種動態平衡。北部地區作物生長過程中，由於氣候條件限制病蟲害的發生，因此農藥使用量少，配合合理化施肥，推廣生產優質健康的農產品，以供眾多的都會人口消費食用。惟農戶的生產面積小且零散，生產規模不大，導致生產成本提高，北部地區從農人口平均年齡高，偏工工資及機械代工操作之成本亦高，青壯人口不願承接續作，更使休耕面積增加。故北部地區如欲活化休耕地種植旱作作物，須朝省工栽培契作及機械化操作，降低生產成本，來達到農地永續利用及環境親和之水旱田輪作經營模式。

綜合以上成果，建議農民採行對環境友善及親和的農耕制度，降低肥料與農藥的投入，種植綠肥作物增進土壤肥力，以及合理化施肥提升肥料利用效率，減輕農耕制度對環境的衝擊，藉由環境親和型作物輪作栽培制度的建立，使水資源利用更合理化外，並增進土壤肥力，減少病蟲害滋生繁衍及肥料投入，降低生產成本及減少休耕面

積，有效控制稻米生產及提高雜糧自給率，以達成農地永續利用，提高農民收益。然而政府部門也必須其採行之措施給予補助及鼓勵，方能維持農業永續的耕作體系，達到緩解氣候變遷的目標。

參考文獻

金城。1995。水稻需水量五年試驗報告。水利通訊。3:71–81。

林孟麟、辛仲文、許苑培。1998。北部地區稻田耕作制度及灌溉方法對作物產量之影響研究。桃園區農業改良場研究報告。35:1–10。

林萬居。1995。玉米省工栽培技術之探討。雜糧作物生產改進計劃執行成果報告。11–20。

侯福分、林文龍。1984。不整地栽培法之研究及展望。科學農業。32:351–355。

徐木英、林仁德。1980。水田冬季裡作玉米省工栽培試驗。雜糧作物試驗研究簡報。21:202–203。

許福星、成游貴、李美珠。1994。芻料作物生產及利用。台灣省畜產試驗所編印。

莊濬瓊。1981。裡作玉米省工栽培法之研究。雜糧作物試驗研究簡報。22:284–288。

許福星、洪國源。1990。牧草栽培管理及利用。台灣牧草研究專討會專輯。137–152。

張建生。1994。降低玉米產銷成本技術示範與推廣。雜糧作物生產改進計劃執行成果報告。165–170。

郭能成、林萬居、黃尚義。1988。玉米不整地栽培技術之研究。雜糧作物試驗研究年報。243–247。

Coffman, C. B. and J. R. Frank.1992. Corn-weed interactions with long-term conservation tillage management. Agron. J. 84:17–21.

Decker, A. M., A. J. Clark, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and M. S. McIntosh.1994.Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. Agron. J. 84:126–135.

Dou, Z. and R. H. Fox. 1994. The contribution of nitrogen from legume cover crops double-cropped with winter wheat to tilled and non-tilled maize. European J. Agron.3:93–100.

Galloway, B. A. and L. A. Weston. 1996. Influence of cover crop and herbicide treatment on weed control and yield in no-till sweet corn and pumpkin. Weed Technol. 10:341–346.

Holderbaum, J. F., A. M. Decker, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and L. R. Vough. 1990. Fall-seeded legume cover crop for no-tillage corn in the humid East. Agron. J. 82:117–124.

Johnson, G.. A., M. S. Defelice, and Z. R. Helsel. 1993. Cover crop management and weed control in corn (Zea mays). Weed Techol. 7:425–430.

Miller, D. A. 1984.Forage crop.99pp. McGraw-Hill Book Company.

Myers, J. L. and M. G. Wagger. 1991. Reseeding potential of crimson clover as a cover crop for no-tillage corn, Agron. J. 83:985–991.

Raimbault, B. A., T. J. Vyn, and M. T. Tollennar. 1990. Corn response to rye cover crop management and spring tillage systems. Agron. J. 82:1088–1093.

Swan, J. B., R. L. Higgs, T. B. Bailey, N. C. Wollenhaupt, W. H. Paulson, and A. E. Peterson. 1994. Surface residue and in-row treatment effects on long-term no-tillage continuous corn. Agron. J.86:711–718.

Teasdale, J. R. 1993. Reduced herbicide weed management systems for no-tillage corn (Zea mays) in a hairy vetch (Viciavillosa) cover crop. Weed Technol.7:879–883.

Teasdale, J. R. and C. S. T. Daughtry. 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (Viciavillosa). Weed Sci.41:207–212.

Utomo, M., W. W. Frye, and R. L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. Agron. J. 82:979–983.

Yenish, J. P., A. D. Worshom, and A. C. York. 1996. Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn (Zea mays). Weed Technol.10:815–821.

Establishment of Environmental Friendly Crop Rotation System in Northern Taiwan

Zhi-Wei Yang[1]* and Jen-You Jian[2]

Abstract

The purpose of this study was to use of environmental friendly crop rotation model to achieve due to climate change and increasing food self-sufficiency, and to evaluate the effect of rice and upland crop rotation systems on the soil physical property, fertility, the density of weeds, disease and insect pest, and crop yield. To assess paddy rice and upland crop rotation benefit for the best culture management method to farmers. The results show the first crop season with no-tillage forage corn, and the middle crop season with no-tillage green manure crop, and the second crop season with early maturing rice varieties, and winter crop season with no-tillage wheat was the best environmental friendly crop rotation model in northern Taiwan. The net income reached NT 56,970 dollars per hectare.

Keywords: Environmental Friendly Cropping System, Crop Rotation.

1 Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. zwyang@tydais.gov.tw.

2 Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. jianjenyou@tydais.gov.tw.

* Corresponding Author, Email:zwyang@tydais.gov.tw; Tel: 03-4768216#255.

中部地區作物栽培環境親和輪作經營模式

戴振洋 [1]* 林訓仕 [2] 陳鴻堂 [3]

摘要

本試驗為探討不同作物間輪作模式一期水稻、夏作蔬菜-甘藍、秋冬作的小麥及綠肥作物對作物栽培環境之影響。本試驗顯示不同作物間輪作模式後，仍以慣行栽培方式較親和栽培產量增加，以二年期計算在水稻增加 575 kg·ha^{-1} (5.9%)，在甘藍增加 3,647 kg·ha^{-1} (10.9%)，在小麥增加 852 kg·ha^{-1} (14%)。而對不同輪作模式或不同施肥量 (慣行及親和)，就農業環境而言，不同作物間輪作模式 (一期水稻、夏作蔬菜-甘藍、秋冬作的小麥及綠肥作物後)，慣行或親和栽培對就土壤 pH 值、EC 值、全氮含量及有機質含量等土壤環境之影響，大部分無顯著差異。在水稻 (二化螟蟲) 、甘藍 (露菌病、黑腐病及小菜蛾)、小麥 (蚜蟲) 方面等病蟲害發生情形，不同處理慣行或親和栽培在病蟲害發生並無顯著差異。因此在考量不同地區、不同的氣候條件、不同的農產品 (一期水稻、夏作蔬菜、秋冬作的小麥) 需要，以創造各種不同輪作模式農民最大收益下，本試驗輪作栽培模式仍有待後續長期評估後再能定論。

關鍵詞： 栽培、環境親和、輪作。

前言

所謂「環境親和型農業」是指在栽培農作物時，不使用或儘量少使用農藥和化肥，以此謀求人與自然的親和[2,4,6]。其概念是指以有機物還田為主的培育土壤和合理的種植生產體系為基礎，適當地施用化肥、農藥且不會過分依賴，讓環境保護與農業生產維持互相調和的永續性農業[1,4,9]。在台灣農作操作模式，即以全年持續性栽培為主，易因施肥及噴灑農藥等農事操作不慎，致使栽培環境惡化，面臨生產困難之瓶頸及土壤累積肥料鹽分等問題。長期施用化學肥料，或過量施用有機質肥料，且相同作物連作容易造成土壤中某些養分含量失衡，不利作物生長或形成二次污染[7]。因此要使有土壤養分有效性發揮最大，必須使肥料的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合，才能達到經濟且有效地使用[5,12,13,14]。面對農業生態環境日益惡化的現實，重新審視現行農業操作模式，以尋求新的農業發展途徑，以積極開展環境親和型農業新技術的研究開發與普及推廣[3,8,9]。

1 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員 taijy@tdais.gov.tw。
2 行政院農業委員會臺中區農業改良場技佐 linhsuns@tdais.gov.tw。
3 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員 chenhgtg@tdais.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：taijy@tdais.gov.tw；電話：04-8531970。

本研究擬針對中部地區主要農作操作模式進行研究，探討不同作物間輪作對土壤環境之影響，藉以作為水稻-蔬菜-小麥輪作推廣之正確依據；同時就不同作物施肥對環境影響整體機制加以分析探討，期能研擬農業生產與環境親和之平衡點，兼顧農業生態永續發展。

材料與方法

(一) 試驗地區：臺中區農業改良場 (彰化縣大村鄉)。

(二) 生產環境資料分析：進行輪作生產環境資料分析，包括一期作水稻種植後、夏作甘藍種植及裡作小麥 (或綠肥作物) 種植後等之土壤採樣及分析調查。

(三) 輪作制度模式：

(1) 輪作作物：水稻、甘藍及小麥作物 (或綠肥)。

(2) 試驗處理：一期水稻 (慣行及親和施肥)，夏作蔬菜-甘藍 228 品種 (慣行及親和施肥)，秋冬作 (小麥及綠肥作物)。

(3) 參試品種：一期水稻 (101 年台稉 9 號、102 年台中 191 號)；夏作蔬菜甘藍 228；秋冬作小麥為台中選 2 號。

(4) 採逢機完全區集設計，四重複，一期作水稻 101 年於 2 月 24 日，102 年於 3 月 4 日進行一期水稻 (慣行及親和施肥) 插秧，小區面積 125 m^2，試驗處理及試區肥料施用量如表 1，其他依一般農民慣行法管理。夏作蔬菜甘藍 101 年 9 月 5 日，102 年於 8 月 12 日進行定植，試驗處理及試區肥料施用量如表 2，其他依一般農民慣行法管理。秋冬作小麥試驗處理及試區肥料施用量如表 3，其他依一般農民慣行法管理。

(四) 調查項目：

(1) 輪作栽培後進行土壤取樣分析，包括土壤 pH 值、有機質含量等。

(2) 一期水稻調查項目分別為收穫之稻穀包括產量、穗數、一穗粒數、稔實率、千粒重。同時調查稻穀之糙米率、白米率及完整米率，並利用近紅外光分析儀測定白米之粗蛋白質之含量、以及生產成本。

(3) 夏作蔬菜甘藍調查產量、品質、病蟲害發生情形、以及生產成本等變化。

(4) 秋冬作小麥調查項目分別為穗數、一穗粒數、稔實率、千粒重、產量、病蟲害發生情形、以及生產成本。

(5) 土壤分析項目及方法：土壤樣品先經風乾處理，經 2 mm 過篩後分別測定土壤化學性質，土壤全氮以濃硫酸消解，微量擴散法定量。土壤無機態氮 (NO_3^-、NH_4^+)：2N 氯化鉀萃取，土：溶液= 1：5，微量擴散法定量[10]。土壤 pH 以水:土 1:1、EC 值以水:土 1:5 分別萃取後，利用電極測定。土壤有機質含量採用 Walkley-Black 法測定[11]。

各小區所得數據資料經變方分析後，若處理差異顯著，各小區所得數據資料經變方分析後，若處理差異顯著，則以 L.S.D. (Fisher's Least Significant Difference) 測驗法或 T test 比較處理間平均值之差異性。

表 1. 一期作水稻親和栽培及慣行栽培處理之施肥量

Table 1. Amount of fertilizer application on the convention and environmental friendly cultivation system of rice at 1st cropping

處理	親和栽培(kg /0.1 ha)	慣行栽培(kg /0.1 ha)
基肥	複合肥料 39 號 20	複合肥料 39 號 20
一追	硫酸銨 20	硫酸銨 30
二追	複合肥料特 5 號 20	複合肥料特 5 號 40
穗肥	硫酸銨 20	硫酸銨 30

表 2. 夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之施肥量

Table 2. Amount of fertilizer application on the convention and environmental friendly cultivation system of cabbage at summer cropping

處理	親和栽培(kg /0.1 ha)	慣行栽培(kg /0.1 ha)
基肥	硫酸銨 40.4	硫酸銨 80
	過磷酸鈣 44.6	過磷酸鈣 80
	氯化鉀 8. 3	氯化鉀 20
	有機質肥料 400	
一追	硫酸銨 26	硫酸銨 30
	氯化鉀 5.4	氯化鉀 10
二追	硫酸銨 26	複合肥料特 5 號 40
	氯化鉀 5.4	
三追	硫酸銨 26	複合肥料 1 號 50
	氯化鉀 5.4	
四追	硫酸銨 26	複合肥料 1 號 50
	氯化鉀 5.4	

表 3. 裡作小麥親和栽培及慣行栽培處理之施肥量

Table 3. Amount of fertilizer application on the convention and environmental friendly cultivation system of wheat at intercrop

處理	親和栽培(kg /0.1 ha)	慣行栽培(kg /0.1 ha)
	複合肥料 39 號 40	複合肥料 39 號 60
基肥	硫酸銨 40	硫酸銨 40
	氯化鉀 5	氯化鉀 5

結果

(一) 一期作水稻生育情形

101 年進行一期水稻 (慣行栽培及親和栽培) 於 2 月 24 日插秧工作，收割日期為 6 月 29 日。產量調查顯示，慣行栽培處理產量較親和處理施肥每公頃增產 130 kg (1.8%)，穗長及一穗粒數亦略為增加，其它性狀則無顯著差異，而在生產成本上，每公頃慣行栽培成本較親和栽培者施肥提高 3,150 元，但因其產量亦較親和栽培者施肥增產 130 kg，故慣行栽培之每公斤生產成本僅高於親和栽培者 0.2 元 (表 4)。

102 年進行一期水稻 (慣行栽培及親和栽培) 於 3 月 4 日插秧工作，產量調查顯示，慣行小麥-慣行水稻之水稻產量最高，每公頃產量達 3,154 kg，分別高於苕子-慣行水稻 3.3%、親合小麥-親合水稻 14.4%、苕子-親合水稻 17.2%，且其株高、穗長、穗數、一穗粒數及千粒重皆顯著高於其它處理，因此生產成本最低 (每公斤 19.7 元)。在生產成本上，慣行小麥-慣行水稻栽培每公頃生產成本較親合小麥-親合水稻處理增加 1,450 元，但其產量亦增產 454 kg，致使親合栽培每公斤生產成本高於慣行栽培 2.8 元。

就產量方面來看，以二年期合併計算慣行栽培方式較親和栽培產量增加，在水稻增加 575 kg • ha^{-1} (5.9%)。

表 4. 不同年期一期作水稻親和栽培及慣行栽培處理之農藝性狀及生產成本

Table 4. Agronomic traits and production cost on the convention and environmental friendly cultivation system of rice at 1st cropping in 2012 and 2013

處理	株高 (cm)	穗長 (cm)	穗數 (支)	一穗粒數	稔實率 (%)	千粒重 (g)	產量 (kg/ha)	生產成本 (NT/kg)
	101 年一期作(台粳 9 號)							
親和栽培	100.5	19.6b*	15.8	85.8b	83.3	28.5	7,090b	10.2
慣行栽培	100.9	20.3a	16.0	88.0a	82.4	28.6	7,220a	10.4
前期作/處理	102 年一期作(台中 191 號)							
綠肥苕子/親合栽培水稻	94.3b	17.8b	6.5b	54.3b	79.0b	20.6b	2,610b	23.3
親合小麥/親合栽培水稻	97.6ab	17.7b	6.9a	58.0b	80.0ab	22.3a	2,700b	22.5
綠肥苕子/慣行栽培水稻	97.0ab	18.3ab	8.0ab	70.9ab	83.8a	21.5b	3,050ab	20.4
慣行小麥/慣行栽培水稻	102.1a	21.3a	9.6a	72.1a	84.0a	22.8a	3,154a	19.7

*同一欄位英文字母相同者表示性狀間差異不顯著。

(二) 夏作甘藍生育情形

101 年夏作甘藍於一期水稻收割後進行整地，於 9 月 5 日定植，11 月 19 日採收及調查。夏作甘藍 (228 品種) 因親和栽培施肥量較慣行栽培少，所以慣行栽培較親和栽培多 1,206 元/公頃，但產量慣行產量較親和栽培增產 3,670 kg (12.4%)，故每公斤生產成本較親和栽培可降低為 0.8 元。102 年於 8 月 12 日定植，10 月 29 日採收及調查。夏作甘藍 (228 品種) 慣行栽培較親和栽培產量增產 3,635 公斤 (10.3%)，故每公斤生產成本較親和栽培可降低為 0.58 元。就產量方面來看，以二年期合併計算慣行栽培方式較親和栽培產量增加，在甘藍增加 7,305 kg • ha^{-1} (11.2%)。

不同年期夏作甘藍之病蟲害發生情形調查，在親和栽培及慣行栽培處理，不論是露菌病及黑腐病罹病度 (%)，以及小菜蛾 (蟲數/株) 等病蟲害發生情形，101 年以慣行栽培黑腐病罹病度的 7.5%及小菜蛾 7.9 蟲數/株較高 (表 6)，但無統計上顯著性差異，102 年病蟲害發生情形也是有相同趨勢 (表 7)。

表 5. 不同年期一期作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之園藝性狀及生產成本

Table 5. Horticultural traits and production cost on the convention and environmental friendly cultivation system of cabbage at summer cropping in 2012 and 2013

處理	株高 (cm)	展幅 (cm)	最大葉長 (cm)	最大葉寬 (cm)	單球重 (g)	可溶性固形物 (Brix°)	產量 (kg/0.1ha)	生產成本 (NT/kg)
	101 年夏作							
親和栽培	29.8	59.9	31.2	31.8	895	5.3	2,963	7.9
慣行栽培	29.8	64.1	31.9a	32.4	1,009	5.5	3,330	7.1
裡期作/處理	102 年夏作							
綠肥苕子/親合栽培甘藍	23.4	59.2a*	29.2b	30.0b	1,213 b	4.6b	3,307 b	7.1
親合小麥/親合栽培甘藍	23.7	59.2b	30.6b	30.1b	1,599ab	4.9a	3,760 ab	6.2
綠肥苕子/慣行栽培甘藍	24.3	63.3a	33.8a	33.8a	2,028 a	4.6b	3,974 a	6.2
慣行小麥/慣行栽培甘藍	24.4	60.5ab	33.3a	33.3a	1,584ab	4.7ab	3,820 a	5.9

*同一欄位英文字母相同者表示性狀間差異不顯著。

表 6. 101 年夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之病蟲害發生情形[1]

Table 6. Situation of pests and diseases on the convention and environmental friendly cultivation system of cabbage at summer cropping in 2012

	露菌病罹病度 (%)	黑腐病罹病度 (%)	小菜蛾 (蟲數/株)
親和栽培	0.0	4.8	5.7
慣行栽培	0.0	7.5	7.9

[1]採收結束期調查

(三) 秋冬作小麥生育情形

101 年裡作小麥於 11 月 28 日撒播工作，因種植時間較晚，成熟後期高溫使小麥提早成熟，致使本期作小麥產量較低，慣行及親和處理每公頃產量分別為 2,680 及 2,630 kg，但在農藝性狀及產量上，處理間皆無顯著差異。但每公斤生產成本親和栽培較慣行栽培可降低 0.5 元。102 年慣行栽培產量為 4,254 kg，明顯高於親和處理施肥的 3,452 kg (23.2%)，慣行栽培每公斤生產成本 9.8 元，遠低於親和處理者施肥的 11.4 元，故每公斤生產成本較親和栽培可降低為 1.6 元。

就產量方面來看，以二年期合併計算慣行栽培方式較親和栽培產量增加，在小麥增加 852 kg • ha^{-1} (14%)。

(四) 各類輪作經營模式之收益分析

針對本次研究各類輪作經營模式進行收益分析，以探討水稻-蔬菜-小麥輪作輪作經營模式之整體收益，其中以慣行栽培 (水稻-甘藍-小麥) 兩年收益可達 554,358 NT $ / ha，其次依序為親和栽培 (水稻-甘藍-小麥) 507,031 NT $ / ha、慣行栽培 (水稻-甘藍-綠肥) 346,328 NT $ / ha、親和栽培 (水稻-甘藍-綠肥) 319,816 NT $ / ha (表 9)。因在秋冬作如

表 7. 102 年夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之病蟲害發生情形[1]

Table 7. Situation of pests and diseases on the convention and environmental friendly cultivation system of cabbage at summer cropping in 2013

	露菌病罹病度 (%)	黑腐病罹病度 (%)	小菜蛾 (危害指數/株)
親和栽培-小麥-甘藍	0.0	0.3	1.9
親和栽培-綠肥-甘藍	0.0	0.2	1.5
慣行區-小麥-甘藍	0.0	0.5	2.2
慣行區-綠肥-甘藍	0.0	0.0	1.7

[1]採收結束期調查

表 8. 不同年期裡作小麥親和栽培及慣行栽培處理之農藝性狀及生產成本

Table 8. Agronomic traits and production cost on the convention and environmental friendly cultivation system of wheat at intercrop in 2012 and 2013

處理	穗數 (No./m^2)	穗長 (cm)	一穗粒數 (No./panicle)	千粒重 (g)	產量 (kg/ha)	生產成本 (NT/kg)
			101 年裡作			
親和栽培	158	8.5	20.5	35.1	2,630	14.6
慣行栽培	175	9.2	22.2	38.5	2,680	15.1
			102 年裡作			
親和栽培	228b*	11.0	54.3b	50.1	3,452b	11.4
慣行栽培	261a	11.1	60.0a	47.5	4,254a	9.8

*同一欄位英文字母相同者表示性狀間差異不顯著。

果種植小麥的輪作模式，可以增加農民的收益，而秋冬作種植綠肥作物則無收入，該期作種植綠肥主要為增加地力、改善土壤。如單純以農民最大收益下考量，則各種不同輪作模式以水稻-蔬菜-小麥輪作經營模式之慣行栽培為最佳，但將對整體環境親和列入考量，仍有待後續長期評估，是否對栽培環境有所影響，才能定論何種輪作經營模式最佳。

(五) 對土壤理化性之影響

不同作物間輪作對土壤環境之影響：經第二年期的一期水稻、夏作蔬菜-甘藍 228 品種、秋冬作的小麥及綠肥作物後，在土壤 (土面下 0–15 cm) 在有機質含量在親合栽培區種植親合小麥者為 26.2 g/kg 最高。在土壤 (土面下 30–60 cm) 在 EC 值及全氮含量方面，以親合栽培區種植綠肥苕子者最高分別為 0.16 dS m^{-1} 及 0.148 g/kg 。其餘土壤理化性不論是慣行栽培或親和栽培在土壤 pH 值、EC 值、全氮含量及有機質含量差異不顯著。顯示就此不同作物間輪作模式，以本試驗的慣行或親和栽培等不同處理其對土壤理化性環境影響並無全面性顯著的差異 (表 10)。

討論

現在中部地區作物輪作經營栽培模式是經過前人不斷修正而後建立之輪作模式，而輪作栽培制度複雜而又要滿足不同季節人民基本生活所需求，因此在不同地區、不同的氣候條件、不同的農產品需要下，以創造各種不同輪作經營栽培模式，達到農產品多樣化、穩定生產化、高產量化以及滿足農民基本收益的目的[8]，合理的作物輪作制度，應為合理的利用該地區的農業資源，將這些資源優勢轉化為生產該農產品優勢，將此優勢轉化為全面發展，這也是作物輪作制度方面需要不斷隨時代需求進行不同輪作制度的研究。

表 9. 各類輪作經營模式兩年收益

Table 9. Revenue analysis of convention and environmental friendly cultivation system of cropping in 2012 and 2013

項目	水稻 (NT $ /ha)	甘藍 (N $ T/ha)	小麥 (NT $ /ha)	兩年收益 (NT $ /ha)
親和栽培(水稻-甘藍-綠肥)	223,638*	96,178	-	319,816
親和栽培(水稻-甘藍-小麥)	221,643	102,928	182,460	507,031
慣行栽培(水稻-甘藍-綠肥)	234,401	111,927	-	346,328
慣行栽培(水稻-甘藍-小麥)	236,706	109,632	208,020	554,358

* 收益計算方式為產量乘以當年平均價格 (水稻 101 年 23.1 元/公斤；102 年 22.17 元/公斤。甘藍 101 年 15.83 元/公斤；102 年 14.9 元/公斤。小麥契作價格 101 年 30 元/公斤；102 年 30 元/公斤)。

表 10. 輪作體系及栽培對不同土層土壤化學性之影響
Table 10. Effects of crop rotation and cultivation system on the soil characteristics in 2012 and 2013

土層深度 (土表面下)	處理	pH	EC (dS m^{-1})	OM (g / kg)	全氮 (g / kg)	NH_4^+	NO_3^-
						---- (mg / kg) --	
				101 年			
	種植前	7.80	0.34	18.3	0.84	6.0	7.0
	裡期作/處理			102 年			
0-15	綠肥苕子/親合栽培	7.92	0.16	16.9b*	0.193	7.5	11.7
公分	親合小麥/親合栽培	7.87	0.12	26.2a	0.185	7.5	9.1
	綠肥苕子/慣行栽培	7.76	0.13	16.2b	0.198	7.9	11.1
	慣行小麥/慣行栽培	7.97	0.10	20.7ab	0.173	7.4	10.0
				101 年			
	種植前	8.08	0.30	10.5	0.94	5.5	5.0
	裡期作/處理			102 年			
16-30	綠肥苕子/親合栽培	7.99	0.14	12.6	0.160	6.3	9.3
公分	親合小麥/親合栽培	7.96	0.11	16.1	0.155	6.5	8.8
	綠肥苕子/慣行栽培	7.98	0.14	18.0	0.153	6.3	8.8
	慣行小麥/慣行栽培	7.96	0.13	18.6	0.148	7.2	8.9
				101 年			
	種植前	8.01	0.18	1.7	0.29	3.9	4.0
	裡期作/處理			102 年			
31-60	綠肥苕子/親合栽培	8.15	0.16a*	8.4	0.148a	6.1	7.7
公分	親合小麥/親合栽培	8.17	0.11b	7.5	0.108b	7.1	7.5
	綠肥苕子/慣行栽培	8.15	0.13ab	8.3	0.123b	7.2	7.1
	慣行小麥/慣行栽培	8.25	0.11b	7.7	0.103b	6.1	7.7

*同一欄位英文字母相同者表示性狀間差異不顯著。

由本試驗顯示不同作物間輪作模式一期水稻、夏作蔬菜-甘藍 228 品種、秋冬作的小麥及綠肥作物後，仍以慣行栽培方式較親和栽培產量增加，以二年期計算在水稻增加 575 kg · ha^{-1} (5.9%)，在甘藍增加 3,647 kg · ha^{-1} (10.9%)，在小麥增加 852 kg · ha^{-1} (14%)。而對不同輪作模式或不同施肥量 (慣行及親和)，由本試驗顯示對農業環境親和型而言，不同作物間輪作模式 (一期水稻、夏作蔬菜-甘藍 228 品種、秋冬作的小麥及綠肥作物後)，以慣行或親和栽培對就土壤 pH 值、EC 值、全氮含量及有機質含量等土壤環境之影響，大部分無顯著差異。在水稻 (二化螟蟲)、甘藍 (露菌病、黑腐病及小菜蛾)、小麥 (螟蟲) 方面等病蟲害發生情形，不同處理慣行或親和栽培在病蟲害發生並無顯著差異。

針對本次研究之作物輪作經營栽培模式，探討水稻-蔬菜-小麥輪作推廣方式，除了不同作物間輪作對土壤環境無顯著影響外，一期作種植水稻、夏作種植蔬菜、秋冬種植小麥的輪作模式，在中部地區往往容易受到氣候因素，影響下期作物生產，因此在考量不同地區、不同的氣候條件、不同的農產品 (一期水稻、夏作蔬菜、秋冬作的小麥) 需要，以創造各種不同輪作模式農民最大收益下，此輪作經營栽培模式仍有待後續長期評估後再能定論。

參考文獻

福岡縣境保全型農業推進計畫。2009。http//：www.f-ninsyou.net。

王永靜、程廣斌。2007。日本環境保全型農業對其我國的啓示。安徽農業科學。35(16):4949–4952。

殷正華。2008。由前瞻趨勢分析日本安全農業發展願景與生技策略之運用。農業生技產業季刊。8-16。

莊同春。2006。日本環境保全型農業概述及啓迪。黑龍江農業科學。6:83–85。

都韶婷、章永松、林咸永、王月、李剛、張英鵬。2007。蔬菜積累的硝酸鹽及其對人體健康的影響。中日農業科學。49 (9):2007–2014。

楊秀平、孫東升。2006。日本環境保全型農業的發展。世界農業。9:82–130。

戴振洋。2012。食用番茄之環境親和型施肥技術。豐年。62(20):37–42 。

戴振洋、林訓仕。2015。中部地區作物栽培環境親和輪作經營模式。農業世界。382:14–20。

戴振洋、蔡宜峰。2012。以日本為例-談環境親和性農業。農業世界。342:77–83。

Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. In: Methods of Soil Analysis (A. L. Page, H. Miller & D. R. Keeney ed.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.595–624pp.

Marriott, E. E. and M. M. Wander. 2006. Total and labile soil organic matter in organic and conventional farming systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:950–959.

木村武。1999。设施園藝における環境保全型土壌、肥培管理。日本土壤肥料學雜誌。70(6):475–480。

吉田裕一、松野大樹、後藤丹十郎、高田圭太。2010。培養液濃度が根域制限－日射比例給液栽培トマトの生育・収量と果実品質に及ぼす影響。岡山大農センター報告。32:15–19。

岩崎貢三、竹尾優子、田中壯太、櫻井克年。2001。環境保全型農業導入前後における施設栽培土壌の養分集積実態の比較。日本土壤肥料學雜誌。72(2):265–267。

Establishment of Environmental Friendly Rotation Cropping Model for Agricultural Cultivation in Central Taiwan

Chen-Yang Tai[1]*, Hsun-Shih Lin[2], and Houng-Tang Chen[3]

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of rotation model 'rice-cabbage-wheat and green manure' on crop cultivation as well as environment. The results showed the yield of crops with conventional cultivation still had significant incensement than environmental friendly treatment after rotation. According to the evaluation of two-year study, 575 kg • ha^{-1} (5.9%), 3647 kg • ha^{-1} (10.9%), and 852 kg • ha^{-1} (14%) were increased in rice, cabbage, and wheat, respectively. For environmental changes, there were not significant differences in soil pH, EC, total nitrogen content, and organic content. For the pest and disease happened such as rice-stem borer, downy mildew, black rot, and moth in cabbage, and wheat border, there were also not significant difference between conventional and friendly treatments. Therefore, in consideration of different regions, different climate conditions as well as different agricultural products, the rotation model of present study still required further long-term evaluation to create the maximum income.

Keywords: Cultivation, Environmental friendly, Rotation cropping.

1 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. taijy@tdais.gov.tw.

2 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. linhsuns@tdais.gov.tw.

3 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. chenhgtg@tdais.gov.tw.

* Corresponding Author, Email:taijy@tdais.gov.tw ; Tel: 04-8531970.

嘉南地區環境親和型旱田輪作經營模式

詹碧連[1]*

摘要

試驗旨在探討旱田輪作制度各期作對土壤肥力、作物田間雜草、病蟲害發生及作物灌水量，以及作物產量與收益之評估。耕作制度有六種為：A.甜玉米－綠肥田菁－胡麻；B.甜玉米－綠肥田菁－黑豆；C.綠豆－綠肥田菁-甜玉米；D.黑豆－綠肥田菁－甜玉米；E.紅高粱－綠肥田菁－綠豆；F.薏苡－綠肥田菁－胡麻等等六種處理。試驗結果，雜草重量以處理 C.綠豆－綠肥田菁－甜玉米之 101 年田間公頃鮮株重 5,143 公斤/公頃最重。102 年春作甜玉米發生病毒病達 8.9%，103 年春作紅高粱發生莖潛蠅 10%及玉米螟蟲 8%較嚴重，秋作綠豆及黑豆發生黃毒蛾，危害率 5.2%及 7.8%。101–103 年夏作田菁發生斜紋夜盜蟲輕微僅 0.2–0.8%。輪作模式田間公頃總用水量 (灌溉水量加降雨量) 以處理 A：甜玉米－綠肥田菁－胡麻最少僅 11,729 立方公尺。作物產值以秋作胡麻 240,283 元/公頃最高。輪作模式全年淨收益以處理 A.甜玉米－綠肥田菁－胡麻之公頃淨收益 351,656 元最多；處理 F.薏苡－綠肥田菁－胡麻之公頃淨收益 327,559 元次之。

關鍵詞：耕作制度、總用水量、全年淨收益。

前言

政府加入世界貿易組織 (WTO) 後，為因應市場國際化及自由化之衝擊，農委會加強辦理水旱田利用調整工作，鼓勵農民進行稻田輪作兼補助休耕種植綠肥，以維護地力[1,3]。早期人類就發現輪作可維持地力，尤其在豆科與禾穀類的輪作制度下，作物的產量比每年均種植單一作物高。隨著科學進展發現，輪作時豆科作物扮演著將空氣中的氮轉換為可利用的氮素，同時改變土壤的理化構造及避免肥力耗損及養分枯竭，更減少雜草危害，可進一步降低土壤中雜草種子量，維護土地永續生產力[5,6,7]。

雲嘉南地區水旱田輪作模式為一期作種植水稻，夏作種植大豆，秋裡作種植硬質玉米，此耕作模式每公頃全年淨收益較雙期作種植水稻增加 42%[2]。若一期作種植毛豆，夏作種植綠肥田菁，秋作種植甜玉米的耕作模式，每公頃全年淨收益較雙期作種植水稻增加 36%[4]。近年來，我國每年進口大量的玉米、大豆、小麥等糧食作物，且國內水資源亦漸呈不足的現象，而生產雜糧作物其需水量大約是水稻的 23%。為提高

1 行政院農業委員會臺南區農業改良場技正

* 通訊作者電子信箱：blchan@mail.tndias.gov.tw；電話：05-3792606#16

國內糧食自給率，活化休耕農地轉作生產雜糧作物，積極開展環境親和型農業新技術的研究開發及推廣，建立嘉南地區農業生產及環境親和型之旱田輪作經營模式。

材料及方法

(一) 試驗期間：101 年 1 月 1 日至 103 年 12 月 31 日

(二) 試驗地點：台南場朴子分場

(三) 土壤種類及性質：

1. 地目：輪作田 (三年二作田)。
2. 土類：砂頁岩沖積土。
3. 土壤質地：砂質壤土 (SIL)。
4. 土色：灰褐色，滲透性良好。

(四)耕作制度處理：

1. 耕作制度：一期 (春) 作－夏作－二期 (秋) 作
   (1) 甜玉米－綠肥田菁－胡麻
   (2) 甜玉米－綠肥田菁－黑豆
   (3) 綠豆－綠肥田菁－甜玉米
   (4) 黑豆－綠肥田菁－甜玉米
   (5) 紅高粱－綠肥田菁－綠豆
   (6) 薏苡－綠肥田菁－胡麻
2. 試驗方法：
   (1)RCBD、六處理、三重複、小區面積 13 公尺×18 公尺＝234 平方公尺，試驗區面積 4,212 平方公尺
   (2)作物品種及行株距：
   A.甜玉米：台南 26 號，撒播種子量 10 公斤／公頃。
   B.胡麻：台南 1 號，撒播種子量 6 公斤／公頃。
   B.黑豆：台南 3 號，撒播種子量 40 公斤／公頃。
   C.綠豆：台南 5 號，撒播種子量 25 公斤／公頃。
   D 紅高粱：兩糯 1 號，撒播種子量 10 公斤／公頃。
   E 薏苡：台中 1 號，撒播種子量 50 公斤／公頃。
   F 田菁：市售品種，撒播種子量 30 公斤／公頃。
   (3)施肥法：依作物栽培技術施肥慣行法進行施用。
3. 調查項目：各輪作作物之農藝性狀、產量、生產成本及收益調查、病蟲害種類、雜草種類、作物需水量等。

結果與討論

(一) 作物田間雜草發生情形

耕作制度區之作物田間雜草管理方式，每一作物播種後施用萌前殺草劑，於生育期間人工除草一次。田區雜草發生情形 101 年以處理 C 之耕作制度田區雜草鮮株重 5,143 公斤/公頃最高，雜草種類有稗草、馬齒莧、莉莧、牛筋草、香附子、龍葵、鼠尾草。102 年以處理 D 之田區雜草鮮株重 4,240 公斤/公頃最高，雜草種類有稗草、馬齒莧、莉莧、牛筋草、香附子、小葉灰藿。103 年仍以處理 C 之田區雜草鮮株重 2,000 公斤/公頃最高，雜草種類有稗草、馬齒莧、莉莧、牛筋草、香附子、龍葵、鼠尾草。(圖 1 所示)。

(二) 各耕作制度作物病蟲害發生情形：

作物病害發生情形 (如表 1)，春作作物甜玉米於 102 年發生病毒病罹病率達 8.9%；103 年發生莖腐病罹病率達 2.5%。102 及 103 年秋作綠豆發生白粉病 5.6%。作物蟲害發生情形 (如表 2)，103 年春作紅高粱發生莖潛蠅及玉米螟蟲危害率達 10.0%及 8%，101–103 年夏作田菁發生斜紋夜盜蟲輕微僅 0.2–0.8%。秋作綠豆及黑豆發生斜紋夜盜蟲 3.5%及黃毒蛾 (5.2–7.8%)。

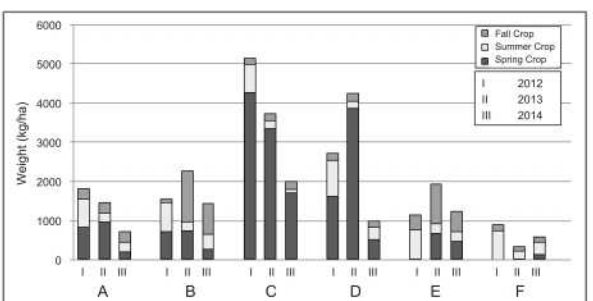


圖 1. 101–103 年各耕作制度田區雜草發生情形。(註：A.甜玉米－綠肥田菁-胡麻；B.甜玉米－綠肥田菁-黑豆；C.綠豆－綠肥田菁-甜玉米；D.黑豆－綠肥田菁-甜玉米；E.紅高粱－綠肥田菁－綠豆；F.薏苡－綠肥田菁－胡麻)

Fig. 1. Weeds change in different cropping systems from 2012 to 2014. (A) sweet corn-sesbanias-sesame; (B) sweetcorn-sesbanias-soybean; (C) mungbean-sesbanias-sweet corn; (D) soybean-sesbanias-sweet corn; (E) sorghum-sesbanias-mungbean; (F) Job's tears sesbanias-sesame.

表 1. 101–103 年各耕作制度之作物病害發生情形

Table 1. Injure percentage of disease in different cropping systemsfrom 2012 to 2014

Year	Treatment					
	A*	B*	C*	D*	E*	F*
101 年春作	甜玉米：葉斑病(0.5)[b]	甜玉米：葉斑病(0.5)[b]	綠豆：白粉病(2.0)[b]	黑豆：白粉病(0.5)[b]	紅高粱：葉斑病(2.0)[b]	薏苡：葉枯病(1.5)[b]
101 秋作	胡麻：白粉病(2.0)[a]	黑豆：白粉病(1.0)[a]	甜玉米：葉斑病(0.5)[b]	甜玉米：葉斑病(0.5)[a]	綠豆：白粉病(2.0)[b]	胡麻：白粉病(2.0)[a]
102 春作	甜玉米：葉斑病(1.0)[b] 銹病(1.5)[b] 病毒病(8.9%)[b]	甜玉米：葉斑病(1.0)[b] 銹病(1.5)[b] 病毒病(8.9%)[a]	綠豆：白粉病(2.0)[b]	黑豆：白粉病(0.5)[b]	紅高粱：葉斑病(1.5)[b]	薏苡：葉枯病(1.0)[b]
102 秋作	胡麻：白粉病(2.5)[a]	黑豆：白粉病(1.5)[a]	甜玉米：葉斑病(0.5)[b]	甜玉米：葉斑病(0.5)[a]	綠豆：白粉病(5.6)[b]	胡麻：白粉病(2.5)[a]
103 春作	甜玉米：葉斑病(1.0)[b] 銹病(1.0)[b] 病毒病(3.5%)[b] 莖腐病(2.5%)[b]	甜玉米：葉斑病(1.0)[b] 銹病(1.0)[b] 病毒病(3.5%)[b] 莖腐病(2.5%)[b]	綠豆：白粉病(2.0)[b]	黑豆：白粉病(0.5)[b]	紅高粱：葉斑病(1.5)[b]	薏苡：葉枯病(1.0)[b]
103 秋作	胡麻：白粉病(1.5)[a]	黑豆：白粉病(1.5)[a]	甜玉米：葉斑病(0.5)[b]	甜玉米：葉斑病(0.5)[a]	綠豆：白粉病(5.6)[b]	胡麻：白粉病(1.5)[a]

* a：如圖 1 (Same as Fig 1.)；b：為罹病等級 (b: disease incidence class)。

表 2. 101–103 年各耕作制度之作物蟲害發生情形

Table 2. Injure percentage of pest in different cropping systems from 2012 to 2014

Year	Treatment					
	A*	B*	C*	D*	E*	F*
101 年春作	甜玉米：—	甜玉米：—	綠豆：斜紋夜盜蟲(3.2%)	黑豆：斜紋夜盜蟲(2.4%)	紅高粱：莖潛蠅(2.0%)	薏苡：—
101 年夏作	田菁：斜紋夜盜蟲(0.2%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.2%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.2%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.2%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.2%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.2%)
101 年秋作	胡麻：—	黑豆：斜紋夜盜蟲(6.8%)	甜玉米：—	甜玉米：—	綠豆：斜紋夜盜蟲(6.8%)	胡麻：—
102 年春作	甜玉米：—	甜玉米：—	綠豆：斜紋夜盜蟲(6.8%)	黑豆：斜紋夜盜蟲(5.2%)	紅高粱：莖潛蠅(2.4%)	薏苡：—
102 年夏作	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)
102 年秋作	胡麻：斜紋夜盜蟲(2.5%)	黑豆：斜紋夜盜蟲(6.8%)	甜玉米：—	甜玉米：—	綠豆：斜紋夜盜蟲(6.8%)	胡麻：斜紋夜盜蟲(2.5%)
103 年春作	甜玉米：—	甜玉米：—	綠豆：斜紋夜盜蟲(3.5%) 黃毒蛾(5.2%)	黑豆：斜紋夜盜蟲(3.5%) 黃毒蛾(5.2%)	紅高粱：莖潛蠅(10.0%) 玉米螟蟲(8%)	薏苡：—
103 年夏作	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)	田菁：斜紋夜盜蟲(0.8%)
103 年秋作	胡麻：—	黑豆：斜紋夜盜蟲(3.5%) 黃毒蛾(5.2%)	甜玉米：—	甜玉米：—	綠豆：斜紋夜盜蟲(3.5%) 黃毒蛾(7.8%)	胡麻：—

* a：如圖 1 (Same as Fig 1.)；b：為罹病等級 (b: disease incidence class)。

(三) 各耕作制度之全年平均田間總用水量

耕作制度之全年平均田間總用水量 (灌溉水量加降雨量)，101 年春作種植作物 (甜玉米、綠豆、黑豆、紅高粱及薏苡) 田區生育期間全期不灌水；秋作種植作物 (甜玉米、綠豆、黑豆及胡麻)，田區灌溉水量最多為甜玉米，每公頃達 1,300 立方公尺；各輪作制度田間全年公頃灌溉水量為 1,120–1,300 立方公尺。102 年春作種植作物之田區公頃灌溉水量均為 1,750 立方公尺；秋作種植作物之田區公頃灌溉水量均為 3,500 立方公尺；各輪作制度田間全年公頃灌溉水量均為 5,250 立方公尺。103 年春作種植作物之田區公頃灌溉水量均為 1,750 立方公尺；秋作種植之綠豆、黑豆及胡麻之田區公頃灌溉水量均為 2,500 立方公尺，甜玉米田區公頃灌溉水量為 3,500 立方公尺；各輪作制度田間全年公頃灌溉水量為 4,250–5,250 立方公尺。(圖 2 所示)

(四) 各耕作制度作物播種前及收穫後之土壤理化性變化

101 年播種前至 103 年播種之土壤變化情形 (如表 3)，資料顯示 A、B、C 及 F 等四處理 103 年土壤導電度 (EC) 較 101 年降低，而 D 及 E 處理則有增加趨勢；土壤酸鹼度 (pH) 除 B 處理增加外，其餘處理則降低。另土壤有機質含量分析資料，顯示除 E 及 F 兩處理略上升外，A、B、C 及 D 等四處理則下降；由土壤營養分析資料顯示六處理有效性磷與鎂含量降低，而有效性鉀與鈣含量則六處理均增加。

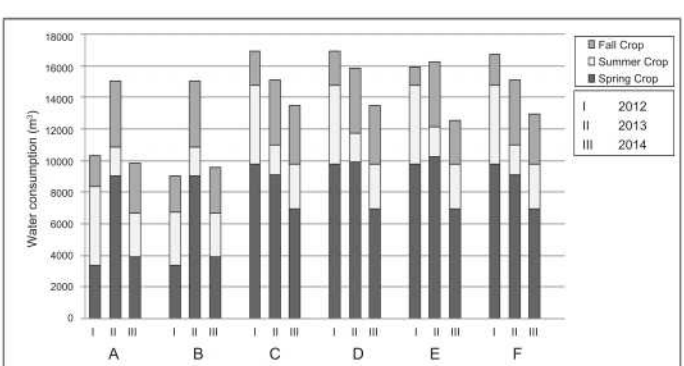


圖 2. 101–103 年各耕作制度之總用水量 (註：耕作制度處理如同圖 1)。
Fig. 2. Total water consumption for different cropping systems from 2012 to 2014.

表 3. 101–103 年各耕作制度之土壤理化性變化

Table 3 .Physical and chemical changes of soil in different cropping systems from 2012 to 2014

	Treatment	EC (1:5)	pH (1:1)	Organic matter (%)	Effectiveness phosphorous (mg/kg)	Effectiveness potassium (mg/kg)	Effectiveness calcium (mg/kg)	Effectiveness magnesium (mg/kg)
	101 年播種前	0.13	6.7	1.94	127	154	1072	229
A	102 年播種前	0.08	6.88	1.89	182	232	1313	197
	103 年播種前	0.09	6.31	1.85	60	257	1483	208
	101 年播種前	0.17	6.55	2.16	116	150	1346	251
B	102 年播種前	0.07	7.07	1.59	160	170	954	138
	103 年播種前	0.07	6.74	1.65	70	189	1431	172
	101 年播種前	0.15	5.76	2.05	117	141	892	225
C	102 年播種前	0.12	5.25	1.75	138	138	912	181
	103 年播種前	0.10	5.26	1.83	44	198	1004	166
	101 年播種前	0.08	6.46	2.13	121	187	941	208
D	102 年播種前	0.17	4.98	1.71	163	165	585	112
	103 年播種前	0.11	5.07	1.71	48	218	982	144
	101 年播種前	0.13	6.29	1.61	105	121	998	197
E	102 年播種前	0.10	5.77	2.02	133	198	643	149
	103 年播種前	0.15	5.96	1.91	45	262	1275	210
	101 年播種前	0.17	6.37	1.86	130	169	1046	243
F	102 年播種前	0.07	6.42	1.85	170	164	720	111
	103 年播種前	0.12	5.94	1.91	57	251	1355	193

(五) 各耕作制度作物公頃收益

101–103 年 3 年平均，各耕作制度作物的公頃產量、生產成本及公頃收益。春作甜玉米之公頃平均產值為 194,937 元；公頃生產成本為 86,667 元；公頃收益為 107,2700 元。綠豆之公頃產值為 83,056 元；公頃生產成本為 90,333 元；公頃收益-7,277 元。黑豆之公頃產值為 72,667 元；公頃生產成本為 56,667 元；公頃收益 16,000 元；契作補貼每公頃 45,000 元；收益為 46,000 元。紅高粱之公頃產值為 52,592 元；公頃生產成本為 55,000 元；公頃收益-2,408 元；契作補貼每公頃 24,000 元；收益為 13,583 元。薏苡之公頃產值為 145,836 元；公頃生產成本為 55,000 元；公頃收益為 90,836 元。夏作田菁生產成本 11,607 元；因無產值公頃收益為-11,607 元。秋作甜玉米之公頃平均產值為 196,106 元；公頃生產成本為 86,667 元；公頃收益分別為 109,439 元。綠豆之公頃產值為 104,000 元；公頃生產成本為 90,333 元；公頃收益 13,667 元。黑豆之公頃產值為 102,383 元；公頃生產成本為 56,667 元；契作補貼每公頃 45,000 元；收益為 75,717 元。胡麻之公頃平均產值為 310,710 元；公頃生產成本為 86,667 元；契作補貼每公頃 45,000 元；公頃收益為 251,806 元。(如表 4)。

(六) 各耕作制度之作物平均全年淨收益

101–103 年各耕作制度 3 年平均之作物全年淨收益，以處理 A.甜玉米－綠肥田菁－胡麻之公頃淨收益 351,656 元最多，處理 F.薏苡－綠肥田菁－胡麻之公頃淨收益 327,559 元次之，依次為處理 B.甜玉米－綠肥田菁－黑豆之公頃淨收益 170,670 元，處理 D.黑豆－綠肥田菁－甜玉米之公頃淨收益 133,906 元，處理 C.綠豆－綠肥田菁－甜玉米之公頃淨收益 100,482 元，處理 E.紅高粱－綠肥田菁－綠豆之公頃淨收益 15,643 元最少。(如表 5)。

表 4. 101–103 年各耕作制度之作物平均產量、成本及收益

Table 4. Crop yield, producing cost and income for different cropping systems from 2012 to 2014

Treatment Crop season	Yield (kg/ha)	Value of output (dollar/ha)	Producing costs (dollar/ha)	Net income (dollar/ha)	Subvention (dollar/ha)	Total income (dollar/ha)
(A)春作甜玉米	16,727	194,647	86,667	107,980		107,980
(A)夏作綠肥田菁	30,279	-	11,607	-11,607		-11,607
(A)秋作胡麻	1,430	301,450	86,667	240,283	45,000	255,283
(B)春作甜玉米	16,800	195,227	86,667	106,560		106,560
(B)夏作綠肥田菁	30,483	-	11,607	-11,607		-11,607
(B)秋作黑豆	1,807	102,383	56,667	45,616	45,000	75,717
(C)春作綠豆	994	83,056	90,333	-7,277		-7,277
(C)夏作綠肥田菁	34,548	-	11,607	-11,607		-11,607
(C)秋作甜玉米	17,747	206,033	86,667	119,366		119,366
(D)春作黑豆	1,334	72,667	56,667	16,000	45,000	46,000
(D)夏作綠肥田菁	29,113	-	11,607	-11,607		-11,607
(D)秋作甜玉米	16,113	186,180	86,667	99,513		99,513
(E)春作紅高粱	2,103	52,592	55,000	-2,408	24,000	13,583
(E)夏作綠肥田菁	28,644	-	11,607	-11,607		-11,607
(E)秋作綠豆	1,227	104,000	90,333	13,667		13,667
(F)春作薏苡	2,218	145,836	55,000	90,836		90,836
(F)夏作綠肥田菁	30,828	-	11,607	-11,607		-11,607
(F)秋作胡麻	1,509	319,970	86,667	233,303	45,000	248,330

註：1. 甜玉米 11.7 元/公斤，胡麻 224 元/公斤，黑豆 55 元/公斤，綠豆 80 元/公斤，紅高粱 25 元/公斤，薏苡 65 元/公斤。

2. 每公頃契作補貼：(102 年起) 黑豆 45,000 元；(102 年起) 釀酒高粱 24,000 元；(103 年起) 胡麻 45,000 元。

表 5. 101–103 年各耕作制度作物全年淨收益

Table 5.Total net income for different cropping systems from 2012 to 2014

Treatment	Cropping system	Spring cropping Net income (dollar/ha)	Summercropping Net income (dollar/ha)	Fallcropping Net income (dollar/ha)	Total Income (dollar/ha)
A.	甜玉米－綠肥田菁－胡麻	107,980	-11,607	255,283	351,656
B.	甜玉米－綠肥田菁－黑豆	106,560	-11,607	75,717	170,670
C.	綠豆－綠肥田菁－甜玉米	-7,277	-11,607	119,366	100,482
D.	黑豆－綠肥田菁－甜玉米	46,000	-11,607	99,513	133,906
E.	紅高粱－綠肥田菁－綠豆	13,583	-11,607	13,667	15,643
F.	薏苡－綠肥田菁－胡麻	90,836	-11,607	248,330	327,559

註： 公頃淨收益含轉作補貼 (黑豆契作 45,000 元/公頃，釀酒高粱契作 24,000 元/公頃，胡麻契作 45,000 元/公頃)

結論

輪作模式土壤理化性變化，處理 D 及 E 土壤導電度 (EC) 103 年較 101 年有增加趨勢；土壤有機質含量除處理 E 及 F 略上升外，A、B、C 及 D 等四處理則下降；有效性磷與鎂含量六處理均降低，而有效性鉀與鈣含量則六處理均增加。輪作模式田間公頃總用水量 (灌溉水量加降雨量) 以處理 A：甜玉米-綠肥田菁-胡麻最少僅 11,729 立方公尺。作物產值以秋作胡麻 240,283 元/公頃最高。輪作模式全年淨收益以處理 A.甜玉米－綠肥田菁－胡麻之公頃淨收益 351,656 元最多。處理 F.薏苡－綠肥田菁－胡麻之公頃淨收益 327,559 元次之。

參考文獻

台灣省政府農林廳。1995。綠肥作物栽培利用。南投：中興新村。

李文輝。1992。耕作制度對土壤肥力及作物產量與收益關係之研究。臺南區農業改良場研究彙報。28:23–37。

吳昭慧、吳文政、連大進、黃山內。2007。綠肥大豆對水稻產量級土壤肥料之影響。臺南區農業改良場研究彙報。49:49–55。

吳炎融、游添榮。2006。雲嘉南地區稻田耕作制度之研究。雜糧作物研究年報。93:235–245。

鄭書杏、白強。1995。不同輪作制度對後作水稻生產力之影響。花蓮區農業改良場研究彙報。11:1–10。

譚增偉、王鐘和。2000。輪作制度的起源、歷史、意義與範圍。農業試驗所技術服務。44:1–3。

Uchino, H., K. Iwama, Y. Jitsuyamaa, K. Ichiyama, E. Sugiura, T. Yudate, S. Nakamura,and J. Gopal. 2012. Effect of interseeding cover crops and fertilization on weed suppression under an organic and rotational cropping system 1. stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and soybean. Field Crops Res. 127: 9–16.

Environmental-Friendly Mode of Upland Crop Rotation in Chia-Nan Area

Bi-Lian Chan [1]*

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effect of upland crop rotation mode on the soil property, fertility, the density of weeds, disease, insect pest, and water demand and crop yield. 6 crop rotation systems contain: (A) sweet corn-sesbania-sesame; (B) sweet corn-sesbania-soybean; (C) mungbean-sesbania-sweet corn; (D) soybean-sesbania-sweet corn; (E) sorghum-sesbania-mungbean; (F) Job's tears -sesbania-sesame.There are 6 treatment in the program and the results are summarized as fallowed: The weeds of treatment (C) was the highest 5,143 kg/ha in 2012. Army worm harmed 0.2–0.8% in sesbania in 2012–2014. Sweet corn harmed by maize dwarf mosaic disease 8.9% in 2013spring season sorghum harmed by corn borer and stem miner for 8% and 10% in 2014 spring season. Mungbeanand soybean was harmed by tussock moth account for 5.2–7.8% in 2013 fall season The net income of sesame was the highest (NT$ 240,283) in fall season. The annual net income of treatment (A) was the highest (NT$351,656). The treatment (A) had the lowest the water demand 11,729 (m^3/ha).

Keywords: Cropping System, Total Water Consumption, Annul Net Income.

1 Tainan District Agricultural Research and Extension Station , Council of Agriculture, Executive Yuan.

* Corresponding Author, Email:blchan@mail.tndias.gov.tw ; Tel: 05-3792060#16.

花蓮宜蘭地區環境親和型水旱田輪作模式之建立

余德發[1]* 楊素絲[2]

摘要

本計畫之目的為建立花蓮、宜蘭地區適合的耕作模式，以水稻耕作模式為基礎，在花蓮地區配合雜糧作物、宜蘭地區與青蔥輪作栽培，並配合種植綠肥等之作物，期能在水旱田輪作及種植綠肥作物的情況下，提高作物生產價值，友善對待農業環境之較佳水旱田輪作模式，同時穩定農民收。花蓮地區之水旱田輪作模式初步結果顯示在一期作大豆、二期作水稻耕作模式之親和型及傳統栽培間的大豆籽粒產量無明顯差異；一期作硬質玉米、二期作水稻耕作模式之親和型的玉米籽粒產量則較傳統栽培法略為減產；一期大豆或硬質玉米，二期種植水稻的輪作模式之水稻產量以傳統栽培較親和型栽培之稻穀產量高。宜蘭地區青蔥及水稻輪作栽培模式之建立，於宜蘭縣三星鄉進行水稻與青蔥輪作之試作，101 年試驗一期作種植水稻，處理組減用 2 次化學農藥，結果顯示在產量及病害罹病率上均無顯著差異；二期作種植萬壽菊綠肥及田菁綠肥，比較其對下年度青蔥生育之影響。102 年試驗輪作青蔥，處理組前作為萬壽菊綠肥，化學農藥防治次數減少 20%，對照組前作為田菁綠肥，1 期作處理與對照間產量無顯著差異；2 期作調查處理組單欉重較對照組高 15%。103 年一期作輪作水稻，處理組減用 2 次化學農藥，結果處理組之稻穀產量較對照組高 6%，成效良好，未來可推廣農友使用非農藥防治法，減少化學農藥之使用，建立親和型栽培模式。

關鍵詞：輪作、水稻、青蔥、大豆、玉米。

前言

台灣位處於亞熱帶，氣候、雨量、日照、溫度等條件適宜週年栽培作物，一年數作的耕作制度，行之有年且非常發達，其中水田均維持種植二期作水稻 (FFTC, 1974)。水田轉作為旱田，長期栽種旱作物時，使土壤有機質分解較快，對地力消耗較大 (連及王，1988；羅及黃，1990)。在水田連續轉作旱作，土壤 pH 值及有機質含量呈下降趨勢，並有隨氮肥使用量增加而降低 pH 值之現象。因此，水田轉作制度應以水、旱輪作之耕作方式較適宜 (高，1989；鄭等，1992)。輪作制度由於作物種類不同及栽培方式不一樣，使得雜草競爭壓力改變，而造成雜草發生量與雜相之改變 (蔣及呂，1982；

1 花蓮區農業改良場作物改良課 副研究員 derfayu@mail.hdais.gov.tw。
2 花蓮區農業改良場蘭陽分場 副研究員 yangss@mail.hdais.gov.tw。
* 通訊作者 電子信箱：derfayu@mail.hdais.gov.tw；電話：038-521108#290。

蔣及蔣，1983)。青蔥及水稻為宜蘭縣主要栽培作物，宜蘭縣蔥農習慣作高畦栽培，為減輕成本，農民往往採用連作，長期下來反而會導致青蔥無法正常生長，產量減少，且病蟲害抵抗力變弱，影響甚鉅 (詹，1991)。農田輪作種植綠肥可提供許多好處，包括增加作物產量，改善作物品質，抑制雜草生長，減少病蟲害，增加土壤養分及有機質含量，避免土壤表面受雨水或鹽風沖蝕，減少化學肥的施用及環境之污染等，是經濟又有效的方法 (巫、朱，1994；周國隆，1999；鄭，1994)。適時、適地、適作原則選擇輪作作物，並配合綠肥種植，可改善土壤理化性，尤其在水旱田輪作的情況下，作物病蟲害明顯降低，可達到病蟲害防治效果 (徐及蔡，2001；蔡，2006)。在間作對青蔥有機栽培生產方面，青蔥和萬壽菊間作下的銹病感染率最低，且具有最高平均產量 (許，2008)。故本計畫擬以花蓮宜蘭地區水稻耕作模式為基礎，在花蓮地區配合雜糧作物、宜蘭地區與青蔥輪作栽培，並配合種植萬壽菊等綠肥之試驗，期能在水旱田輪作及種植具忌避功效之綠肥作物的情況化，提高作物生產價值，友善對待農業環境之較佳水旱田輪作模式，同時穩定農民收益。

材料與方法

(一) 花蓮地區禾本科或豆科與水稻輪作之水旱田輪作模式比較

1. 輪作模式：
   (1)一期作大豆—二期作水稻
   (2)一期作硬質玉米—二期作水稻
2. 品種：大豆—花蓮 1 號；硬質玉米—明豐 3 號；水稻—花蓮 21 號。
3. 栽培行株距：大豆 60 × 10 公分；硬質玉米 75 × 25 公分；水稻 30 × 20 公分。
4. 試驗方法：分為環境親和型區及傳統栽培區(對照區)，分別種植輪作模式。

   肥料用量：

   (1) 大豆傳統栽培區 N：P_2O_5：K_2O = 20:60:60 公斤/公頃，氮和鉀肥 50%及磷全量作基肥用，另氮及鉀肥 50%於開花期施用。大豆環境親和型區 N：P_2O_5：K_2O= 10:60:60 公斤/公頃於基肥一次施用，且氮肥用量較傳統栽培區減少 50%。

   (2) 硬質玉米傳統栽培區 N:P_2O_5:K_2O = 200:60:60 公斤/公頃，氮肥 30%和鉀肥 50%及磷全量作基肥用；氮肥 40%及鉀肥 50%於輪生期施用；另氮肥 30%於雄花開花期施用。硬質玉米環境親和型區 N:P_2O_5:K_2O = 160:60:60 公斤/公頃，其中氮肥用量較傳統栽培區減少 20%，氮肥 70%及鉀肥和磷全量作基肥用；另氮肥 30%於雄花開花期施用。

   (3) 水稻傳統栽培區 N:P_2O_5:K_2O= 100:60:60 公斤/公頃，氮 30%和鉀肥 20%及磷

全量作基肥用；一追為氮 20%及鉀肥 30%於插秧 10 天施用；二追為氮肥及鉀肥各 30%於插秧 20 天施用；另氮肥及鉀肥各 20%為穗肥施用。水稻環境親和型區 $N:P_2O_5:K_2O$= 80:60:60 公斤/公頃，其中氮肥用量較傳統栽培區減少 20%，氮 40%和鉀肥 30%及磷全量作基肥用；二追為氮肥 40%及鉀肥各 50%於插秧 20 天施用；另氮肥及鉀肥各 20%為穗肥施用。

田間管理：

(1) 大豆親和型區播種前地下害蟲以菸草粕取代傳統栽培區 10%福瑞松粒劑，且親和型區生育後期不作病蟲害防治，較傳統栽培區減少一次病蟲害防治。

(2) 硬質玉米親和型區播種前地下害蟲以菸草粕取代傳統栽培區 10%福瑞松粒劑，且環境親和型區硬質玉米開花前不作病蟲害防治，較傳統栽培區減少一次病蟲害防治。

(3) 水稻親和型區於水稻分蘗中期不作病蟲害防治，較傳統栽培區減少一次病蟲害防治。

5. 調查項目：各作物農藝性狀、雜草種類及鮮重、病蟲害發生情形、土壤取樣調查、產量、生產成本及收益調查、種植前後土壤取樣分析，並評估比較農藥用量及肥料施用效率等。

(二) 宜蘭地區青蔥及水稻輪作栽培模式之建立

1. 輪作處理

(1) 處理：(第 1 年) 水稻—萬壽菊綠肥—休耕— (第 2 年) 青蔥—青蔥—休耕—(第 3 年) 水稻—萬壽菊綠肥—休耕— (第 4 年) 青蔥蔥—休耕

(2) 對照：(第 1 年) 水稻—田菁綠肥—休耕— (第 2 年) 青蔥—青蔥—休耕—青(第 3 年) 水稻—田菁綠肥—休耕— (第 4 年) 青蔥—青蔥—休耕

2. 耕作方法：處理組於栽培期間配合土壤、種苗處理、非農藥資材進行病蟲害綜合防治及合理化施肥等作業，對照組採一般農友慣行栽培法，3 重複。

3. 調查項目：不同輪作制度下之作物產量、產值、生育期間病蟲草害發生情形及各作物種植前後之土壤分析，並比較農藥用量及肥料施用效率等，評估輪作制度對環境親和之影響。

結果

(一) 花蓮地區禾本科或豆科與水稻輪作之水旱田輪作模式比較

試驗田設置於花蓮縣縣吉安鄉，101 年試驗結果顯示春作大豆籽粒公頃產量親和型區為 1,960 公斤，較傳統栽培區之籽粒公頃產量 2,038 公斤略為減產；硬質玉米籽粒公頃產量親和型區為 3,235 公斤，較傳統栽培區之籽粒公頃產量 3,292 公斤略為減 (表

1)。一期大豆二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 3,935 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 4,581 公斤減產；一期硬質玉米二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 3,913 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 4,953 公斤減產 (表 2)。

102 年春作大豆籽粒公頃產量親和型區為 2,276 公斤，較傳統栽培區之籽粒公頃產量 2,287 公斤略為減產；硬質玉米籽粒公頃產量親和型區為 2,977 公斤，較傳統栽培區之籽粒公頃產量 3,157 公斤略為減產 (表 3)。一期大豆二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 4,589 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 5,164 公斤減產；一期硬質玉米二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 4,624 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 5,532 公斤減產 (表 4)。

表 1. 101 年春作大豆及玉米之農藝性狀及產量調查

作物	處理	株高 (公分)	單株莢數 (莢/株)	百粒種 (克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
大豆	親和型區	49.4±1.9	71.9±4.7	19.6±1.7	1960±82
	傳統栽培區	54.2±2.6	73.1±7.4	20.4±0.6	2038±148
		株高 (公分)	穗長 (公分)	百粒種 (克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
飼料玉米	親和型區	253.4±9.5	19.8±1.0	23.0±1.6	3235±236
	傳統栽培區	252.8±4.0	19.9±0.3	23.0±1.8	3292±312

種植日期：101 年 3 月 14 日

表 2.101 年 2 期作水稻之農藝性狀及產量調查

作物	處理	株高 (公分)	穗長 (公分)	千粒種 (克)	稻穀產 (公斤/公頃)
大豆-水稻	親和型區	89.2±1.5	14.7±06	25.5±0.6	3935±209
	傳統栽培區	103.6±6.6	16.0±05	24.9±0.2	4581±367
硬質玉米-水稻	親和型區	93.7±2.3	13.6±1.1	24.9±0.5	3913±284
	傳統栽培區	105.5±3.2	15.5±1.2	24.8±0.5	4953±210

種植日期：101 年 8 月 16 日

表 3. 102 年春作大豆及玉米之農藝性狀及產量調查

作物	處理	株高 (公分)	單株莢數 (莢/株)	百粒種 (克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
大豆	親和型區	57.1±4.1	50.6±5.4	19.9±0.2	2276±141
	傳統栽培區	59.0±2.9	54.1±6.0	20.0±0.8	2287±219
		株高 (公分)	穗長 (公分)	百粒種 (克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
飼料玉米	親和型區	198.0±3.7	18.0±0.4	21.3±0.2	2977±309
	傳統栽培區	201.5±6.2	18.4±0.7	25.1±1.5	3157±237

種植日期：102 年 3 月 13 日

103 年春作大豆籽粒公頃產量親和型區為 2,192 公斤，較傳統栽培區籽粒公頃產量 2,251 公斤略為減產；硬質玉米籽粒公頃產量親和型區為 4,465 公斤，較傳統栽培區之籽粒公頃產量 4,855 公斤減產 (表 5)。一期大豆二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 4,114 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 4,862 公斤減產；一期硬質玉米二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 3,936 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 4,747 公斤減產 (表 6)。

表 4. 102 年 2 期作水稻之農藝性狀及產量調查

作物	處理	株高 (公分)	穗長 (公分)	千粒種 (克)	稻穀產 (公斤/公頃)
大豆-水稻	親和型區	94.8±3.6	18.7±2.4	25.9±0.8	4589±181
	傳統栽培區	99.0±4.2	18.7±1.4	26.9±0.4	5164±251
硬質玉米-水稻	親和型區	94.6±1.3	18.6±1.7	26.1±0.8	4624±207
	傳統栽培區	105.8±1.8	19.9±2.0	26.6±1.0	5532±206

種植日期：102 年 8 月 5 日

表 5. 103 年春作大豆及玉米之農藝性狀及產量調查

作物	處理	株高 (公分)	單株莢數 (莢/株)	百粒種 (克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
大豆	親和型區	54.2±2.8	49.6±4.7	19.1±0.5	2192±118
	傳統栽培區	56.4±1.4	51.5±3.7	19.5±0.5	2251±120
		株高 (公分)	穗長 (公分)	百粒種 (克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
飼料玉米	親和型區	206.8±6.3	16.0±0.6	26.0±0.9	4465±294
	傳統栽培區	217.4±2.0	16.5±0.2	26.1±1.1	4855±412

種植日期：103 年 3 月 10 日

表 6. 103 年 2 期作水稻之農藝性狀及產量調查

作物	處理	株高 (公分)	穗長 (公分)	千粒種 (克)	稻穀產 (公斤/公頃)
大豆-水稻	親和型區	90.3±4.8	16.6±0.4	20.0±1.0	4114±261
	傳統栽培區	98.4±1.6	19.1±1.0	21.3±0.5	4862±563
硬質玉米-水稻	親和型區	93.8±1.0	16.5±1.1	18.5±1.0	3936±214
	傳統栽培區	96.8±3.3	18.1±1.0	20.2±0.3	4747±185

種植日期：103 年 8 月 15 日

(二) 宜蘭地區青蔥及水稻輪作栽培模式之建立

本試驗以宜蘭地區水稻耕作模式為基礎，加上與青蔥輪作栽培，在水旱田輪作及種植具忌避功效之綠肥作物的情況下，栽培期間配合土壤、種苗處理、非農藥資材進行病蟲害綜合防治及合理化施肥等作業，以達到病蟲害防治效果，建立宜蘭地區青蔥及水稻輪作栽培模式，減少農藥防治成本，提昇肥料利用效率，推廣農民採行輪作栽培，以穩定收益。試驗田設置於宜蘭縣三星鄉，三試區各 0.2 公頃為 3 重複，101 年一期作種植水稻，於 3 月 8 日插秧，種植品種為台南 11 號，定植初期因宜蘭地區低溫致生育緩慢，中後期生育情形正常，生育期間處理組施用木黴菌，較對照組少用 2 次化學農藥，於 7 月 8 日進行調查，結果顯示在產量、稻熱病及紋枯病之罹病率上均無顯著差異 (表 7)；二期作於蘇拉颱風後分別種植萬壽菊綠肥及對照田菁綠肥，持續比較其對下年度青蔥生育之影響。

102 年試驗輪作青蔥，處理組前作為萬壽菊綠肥，病蟲害防治次數減少 20%，對照組前作為田菁綠肥，本年度共進行三批次青蔥定植與調查，第一批於 3 月 1 日定植，6 月 3 日進行青蔥生育調查，結果顯示前作為萬壽菊綠肥之處理組單欉重略低於對照組，且二者間所有園藝性狀均無顯著差異 (表 8)；第二批青蔥於 5 月 8 日定植，8 月 7 日進行生育調查，結果顯示處理組之單欉重為 337 公克，明顯較對照組的 295 公克高，表現較佳，處理組之株高與對照組具顯著差異 (表 9)；第三批青蔥於 7 月 15 日定植，10 月 8 日進行生育調查，同樣以處理組之單欉重為 356 公克明顯高於對照組之 329 公克 (表 10)。

表 7. 101 年一期稻作調查結果

處理	株高 (公分)	每株穗數	稻穀產量 (公斤/公頃)	罹病率(%)	
				稻熱病	紋枯病
處理組	97.3	24.2	6589	9.5	11.4
對照組	96.6	23.7	6530	10.8	12.7

種植日期：101 年 3 月 8 日；調查日期：101 年 7 月 8 日

表 8. 102 年青蔥親和型栽培試驗調查結果

處理	單欉重 (公克)	株高 (公分)	蔥白長 (公分)	分蘗數 (支)	葉數 (片)	蔥白直徑 (公釐)
處理	258[a]	70.4[a]	18.6[a]	9.8[a]	40[a]	11.6[a]
對照	267[a]	72.1[a]	19.3[a]	9.8[a]	43[a]	11.4[a]

種植日期：102 年 3 月 1 日；調查日期：102 年 6 月 3 日

103 年一期作輪作水稻，試驗田於 2 月 27 日插秧，種植品種為台粳八號，定植後生育期間處理組施用 2 次包括木黴菌及枯草桿菌等微生物製劑，處理組較對照組少用 2 次化學農藥，於 7 月 14 日進行收穫調查，結果顯示處理組與對照組間稻熱病及紋枯病之罹病率並無顯著差異，且處理組之稻穀產量 6,910 kg/ha 較對照組 6,524 kg/ha 高，具顯著差異 (表 11)；二期作於處理組與對照組分別種植萬壽菊綠肥及對照田菁綠肥，將持續比較其對下年度青蔥生育之影響，未來可推廣農友使用非農藥防治法，減少化學農藥之使用，建立親和型栽培模式。

討論

近年來花蓮宜蘭地區不斷發生颱風、低溫寒害、水災甚至於乾旱等天然災害，對農作物收成造成極大損害。針對花蓮宜蘭地區特殊之氣候與環境，亟需建立適合花蓮宜蘭地區之環境親和型水旱田輪作制度，以維護農地利用，營造永續經營環境。花蓮區農業改良場以轄區內水稻耕作模式為基礎，在花蓮地區配合雜糧作物、宜蘭地區與青蔥輪作栽培，並配合種植萬壽菊等綠肥，期能在水旱田輪作及種植具忌避功效之綠肥作物的情況下，建立農民接受度高且可實際應用之環境親和型栽培模式，103 年度花

表 9. 青蔥親和型栽培試驗調查結果

處理	單欉重 (公克)	株高 (公分)	蔥白長 (公分)	分蘗數 (支)	葉數 (片)	蔥白直徑 (公釐)
處理	337[a]	78.8[a]	21.6[a]	6.3[a]	30[a]	11.8[a]
對照	295[b]	75.1[b]	21.3[a]	5.3[a]	27[a]	12.4[a]

種植日期：102 年 5 月 8 日；調查日期：102 年 8 月 7 日。

表 10. 102 年青蔥親和型栽培試驗調查結果

處理	單欉重 (公克)	株高 (公分)	蔥白長 (公分)	分蘗數 (支)	葉數 (片)	蔥白直徑 (公釐)
處理	356[a]	65.0[a]	17.6[a]	12.0[a]	52[a]	11.7[a]
對照	329[b]	64.4[a]	16.6[a]	10.8[a]	50[a]	10.5[a]

種植日期：102 年 7 月 15 日；調查日期：102 年 10 月 8 日。

表 11. 103 年一期稻作調查結果

處理	株高 (公分)	每株 穗數	稻穀產量 (公斤/公頃)	罹病率(%)	
				稻熱病	紋枯病
處理組	101.6[a]	26.5[a]	6910[a]	8.7[a]	10.3[a]
對照組	89.5[b]	22.3[b]	6524[b]	11.0[a]	9.5[a]

種植日期：103 年 2 月 27 日；收穫日期：103 年 7 月 14 日。

蓮地區之耕作制度一期作硬質玉米品種以明豐 3 號為品種取代台南 24 號，明豐 3 號植株高大強健，耐病蟲害及高產潛能，因此 103 度硬質玉米之煤紋病發生輕微，籽粒產量較高。宜蘭地區試作水稻經施用木黴菌及枯草桿菌等微生物製劑後，較對照組減施 2 次化學農藥，其產量表現較佳且罹病率無顯著差異，未來將建立適合宜蘭地區水旱田輪作之親和型栽培模式，建議農友使用非農藥防治法，降低農藥防治成本，減少化學農藥之使用，達到維護農地利用的目的，推廣農民採行親和型栽培模式，並增加農民收益。

參考文獻

巫嘉昌、朱鈞。1994。綠肥栽培與利用。科學農業。42:259–265。

周國隆。1999。二年制輪作制度對澎湖雜糧作物生產力之影響。高雄區農業改良場研究彙報。10(2):1–11。

徐華盛、蔡永暉。2001。不同農耕法及輪作系統之比較研究。高雄區農業改良場研究彙報。12(2):37–54。

高得錚。1989。農藝作物有機栽培法之探討。有機農業研討會專輯。臺中區農業改良場編印。117–132。

許廷宇。2008。間作對青蔥有機栽培生產之影響。國立宜蘭大學園藝學系碩士論文。宜蘭市。

連 深、王鐘和。1988。田菁中間作與耕耘方式對水稻與玉米輪作田土壤理化性質及玉米產量之影響。中華農業研究。37(4):416–423。

詹朝清、丁文彥、呂文通。1991。腐植酸及有機質肥料對青蔥生長及連作之影響。花蓮區研究彙報。7:133–145。

蔡永暉。2006。施肥對輪作田有機水稻及蔬菜生產之影響。高雄區農業改良場研究彙報。17(2):1–18。

蔣慕琰、呂理燊。1982。臺灣稻田雜草及其危害。中華民國雜草協會會刊。3:18–46。

蔣慕琰、蔣永正。1983。臺灣旱田雜草之種類生態及危害。中華民國雜草協會會刊。4:31–40。

鄭書杏。1994。利用綠肥輪作提高作物產量及品質。花蓮區農業改良場農技報導。25:1–3。

鄭書杏、簡文憲、洪汝煌。1992。水田不同耕作制度與作物生產力之關係。花蓮區農業改良場研究彙報。8:1–16。

戴振洋。2010。以日本為例-論「環境保全型農業」之啟示。台中區農業改良場 99 年專題討論專集。107–112。

戴振洋、蔡宜峰。2012。環境親和型農業介紹。台中區農業專訊。79:11–16。

羅秋雄、黃伯恩。1990。水旱田耕作制度調整對地力維護之探討。臺灣農業。26(4):65–68。

Establishment of Environment-Friendly Systems in Rice and Upland Crop Rotation in Hualien and Yilan Areas

Der-Fa Yu[1]* and Su-Szu Yang[2]

Abstract

The aim of this project is to establish rotation planting models suitable for farming in Hualien and Yilan areas that are friendly to the agricultural environment, and are able to improve the value of crops and to increase the income of the farmers. The model in Hualien area is rice rotates with upland crops. The model in Yilan area is rice rotates with green onion, upland crops and green manure. The productivity of both traditional and eco-friendly planting model (application of fertilizers and pesticides) in soybean-rice rotation and corn-rice rotation adapted in Hualien area were about the same. The productivity of both traditional and eco-friendly planting model in soybean-rice rotation indicated no significant difference on yield, in corn-rice rotation traditional cultivation planting model corn grain yield higher than eco-friendly planting model, in soybean-rice rotation and corn-rice rotation traditional cultivation planting model rice grain yield higher than eco-friendly planting model in Hualien area. The model in Yilan area is rice rotates with green onion, upland crops and green manure. Experiment on rice rotates with green onion was made in Sanxing township, Yilan county. We cultivated rice on first crop, and sowed green manure crops marigolds and sesbania on second crop this year. The investigate results indicated no significant difference on yield, occurrence of rice blast and rice sheath blight disease existed among tests. Then we planted green onion at 2013. The results showed that there is no significant difference on first crops among tests. But the yield and horticultural character of treatment were better than the control on second and third crop. At 2014, ear we cultivated rice "Taikeng No.8" on first crop, and sowed green manure crops marigolds and sesbania on second crop. The investigate results indicated the yield of treatment were better than check, and no significant difference on occurrence of rice blast and rice sheath blight disease existed among tests.

Keywords: Crop Rotation, Rice, Green Onion, Corn, Soybean.

1 Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. derfayu@mail.hdais.gov.tw.

2 Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. yangss@mail.hdais.gov.tw.

* Corresponding Author, Email: derfayu@mail.hdais.gov.tw; Tel: 038-521108#290.

應用綠肥建立水稻—硬質玉米環境親和型輪作模式（建立硬質玉米環境親和型輪作模式）

林上湖[1]* 鄭梨櫻[2]

摘要

為因應氣候變遷對台灣硬質玉米生產之考驗及現行耕作制度的衝擊，以硬質玉米品種選擇搭配環境親和型栽培方式，規劃二年一輪環境親和型水旱田輪作模式，規劃重點為輪作綠肥與水旱田輪作。試驗結果，輪作綠肥可減施化學肥料避免土壤酸化、提升土壤有效性磷含量及降低土壤電導度，減緩土壤鹽化。以土壤地力維護及輪作收益為評估指標，輪作模式 B：一期水稻－二期青皮豆－裡作晚熟玉米 (第一年) －一期青皮豆－二期水稻－裡作早熟玉米 (第二年) 為較佳之輪作模式。

關鍵詞：環境親和型耕作、綠肥、硬質玉米。

前言

氣候變遷影響玉米耕作農時。除日夜平均溫度提高及旱澇災頻仍外，秋高氣爽適合旱作栽培的秋作已不明顯，加以颱風侵台的月份延後，農民慣於秋作栽培玉米只得延至裡作栽培，惟於嘉義、台南等主要栽培地區裡作則進入旱季，除於苗期灌溉水源不足影響生長，於生育期間尚有低溫寒害的風險，因此，氣候變遷無疑對硬質玉米生產帶來嚴峻考驗。此外，以往於秋作栽培晚熟高產品種，尚可於翌年早春採收隨即播種一期稻，一期稻收割後經二個月短期休閒即進入秋作栽培玉米，目前因玉米延至裡作栽培，晚熟品種至翌年四月方能採收，玉米採收後農民只得選擇休耕輪作綠肥，因無一期水稻可配合水稻收穫作業採不整地栽培，綠肥播種不是耕犁過深影響幼苗出土，抑或種子撒播於土面未覆蓋而影響發芽，綠肥普遍生長不佳，加以休耕期長達約半年，造成休耕田區雜草叢生。農民另一個選擇則為改種早熟玉米品種，於裡作栽培尚可於翌年早春採收隨即播種一期稻，惟因一般早熟品種產量較低，一期水稻收割後農民會再栽培二期稻作或其它經濟作物，造成一年三個期作經濟作物，土壤地力負荷沉重。

1 種苗改良繁殖場副研究員 linsh@tss.gov.com.tw。
2 種苗改良繁殖場退休人員 lycheng1111@gmail.com。
* 通訊作者電子信箱：linsh@tss.gov.com.tw ；電話：04-25825490。

農田輪作綠肥對土壤保育及降低化學肥料用量有正面的效益，水旱田輪作亦為土壤管理有效措施。本計畫以水田輪作一期綠肥及一期裡作硬質玉米，規劃二年一輪環境親和型水旱田輪作模式。硬質玉米品種包含早熟品種及晚熟品種，以品種選擇搭配環境親和型栽培方式，因應氣候變遷對硬質玉米生產之衝擊。

材料與方法

一、輪作模式設計

(一) 模式 A (對照組)

一期水稻－二期水稻－裡作早熟玉米－一期水稻－二期水稻－裡作早熟玉米

(二) 模式 B

一期水稻－二期青皮豆－裡作晚熟玉米－一期青皮豆－二期水稻－裡作早熟玉米

(三) 模式 C

一期青皮豆－二期水稻－裡作晚熟玉米－一期青皮豆－二期水稻－裡作晚熟玉米

二、實施方法

(一) 實施地點：嘉義縣義竹鄉

(二) 實施材料：水稻台南十一號、玉米台農一號 (早熟品種)、玉米明豐三號 (晚熟品種)、綠肥青皮豆

(三) 播種方法：

1. 二期綠肥配合一期水稻採收作業採不整地栽培，一期綠肥採整地灑播栽培。
2. 水稻及飼料玉米按一般慣行法實施田間管理，前作為綠肥之水稻或玉米則施肥量按慣行法減施。

三、調查項目

(一) 土壤調查：有效性氮、磷、鉀、pH 值及 EC 值。

土壤採樣方法：每模式三重覆，每重覆取五個土壤樣點。於田區中心點取一點，中心點至四周邊界之中點各取一點。取樣時以土壤取樣器取表土 20 cm 土壤，五個土壤樣點混合為一樣品送農試所協助進行土壤化學性質分析。土壤取樣時間為每期作整地播種前。

(二) 成本分析：栽培成本 (種子費、施肥量、耕作及採收費、農藥噴施費)、產量及粗收益。

結果

一、土壤調查

依圖 1 調查結果，101 年一期作輪作模式 C、102 年二期作輪作模式 B 及 102 年二期作輪作模式 B 之輪作綠肥經掩施腐熟後皆可提高土壤有效性氮含量，102 年二期作

輪作模式 C 則未明顯提升，主要為田間綠肥青皮豆生育不佳所致，輪作綠肥區之後作分別減施 20%至 50%化學肥料，依圖 4 調查結果，有輪作綠肥之輪作模式 B 及 C 於 101 年裡作、102 年一期作及 102 年二期作之土壤 pH 值皆較對照模式 A 高，此結果應與輪作綠肥區減施化學肥料有關。對照組輪作模式 A 於 102 年二期作之土壤 PH 值明顯提升，可能與一期作水田環境改善土壤酸化有關。依圖 2 調查結果，有輪作綠肥之輪作模式 B 及 C 在減施化學肥料下，土壤磷肥 (Bray1) 於 102 年一期及二期作仍較對照模式 A 高，顯示輪作綠肥可有效提升土壤有效性磷肥含量。依圖 3 調查結果，不同輪作模式土壤鉀肥含量變化無明顯差異。依圖 5 調查結果，有輪作綠肥之輪作模式 B 及 C 之土壤電導度有逐漸下降之趨勢，且於 101 年裡作以後明顯較對照模式 A 低，此結果應與輪作綠肥區減施化學肥料減緩土壤鹽化有關。

依圖 1 至圖 5 之試驗結果，輪作綠肥 (模式 B 及模式 C) 相較於對照組 (模式 A) 可減施化學肥料避免土壤酸化、提升土壤有效性磷含量及降低土壤電導度減緩土壤鹽化。

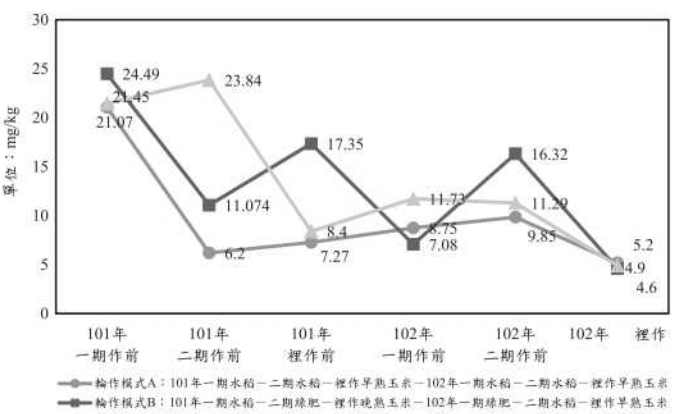


圖 1. 不同輪作模式土壤有效性氮變化情形

The Nitrogen content change of soil in different rotation cropping model.

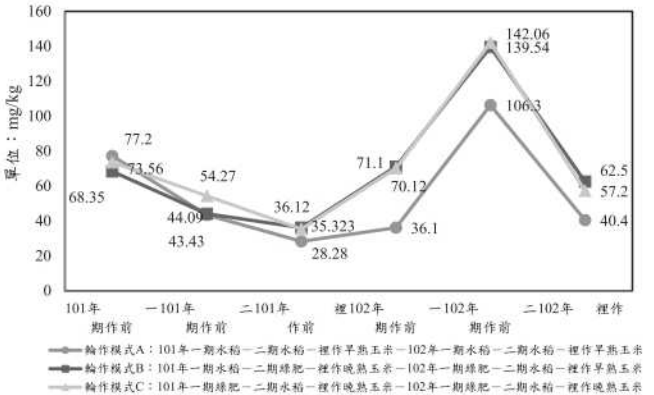


圖 2. 不同輪作模式土壤磷肥變化情形

The Phosphate content change of soil in different rotation cropping model

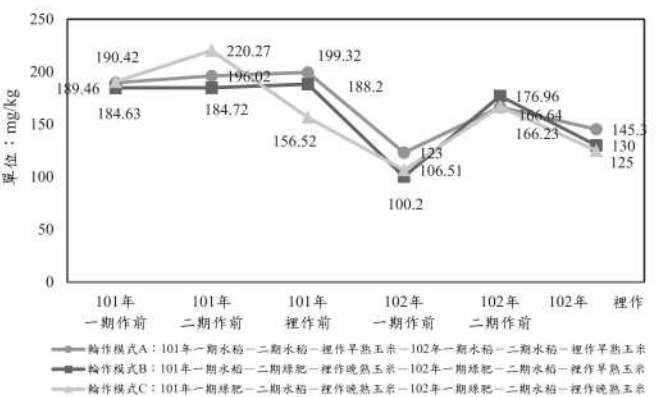


圖 3. 不同輪作模式土壤鉀肥變化情形

The Potash content change of soil in different rotation cropping model

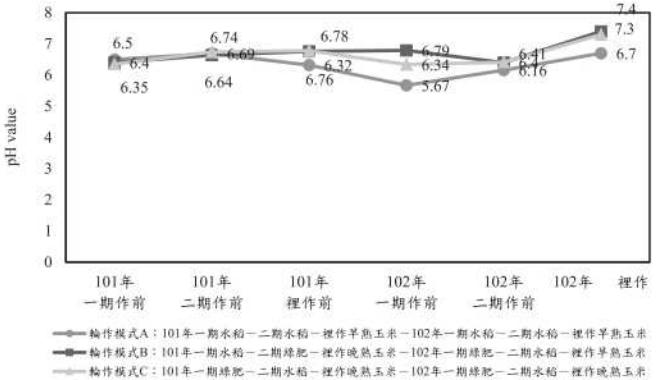


圖 4. 不同輪作模式土壤 pH 值變化情形

The change in PH value of soil in different rotation cropping model

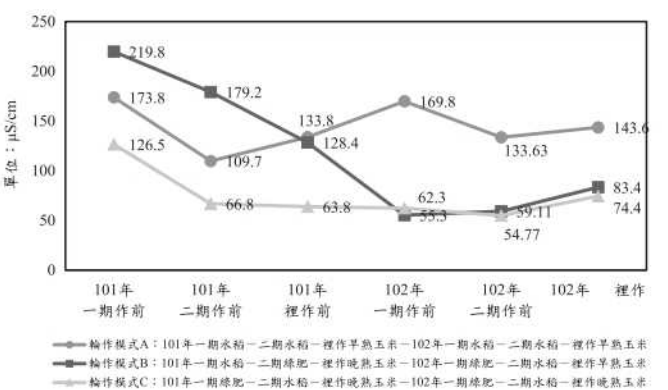


圖 5. 不同輪作模式土壤電導度變化情形

The change in EC value of soil in different rotation cropping model

二、收益分析

二項輪作綠肥之模式中，模式 B 配置一期水稻可應用不整地方式栽培二期綠肥降低輪作綠肥成本，其二期綠肥增加土壤有效性氮含量，又可降低裡作玉米 20%化學肥料施用量及提高 10%玉米產量 (與模式 C 比較) 及 25%玉米產量 (與模式 A 比較)，故 101 年至 102 年二期作之粗收益較輪作模式 C 多 8%。三項輪作模式粗收益仍以一年有三期現金收益之對照模式 A 最高(表 1)，惟輪作模式 B 若列入二期休耕輪作綠肥補助則總粗收益每分地可達約五萬元，雖為對照模式 A 之 74%，惟其於土壤地力維護卻優於對照組，因此，以土壤地力維護及輪作收益為評估指標，本試驗以輪作模式 B 為較佳之輪作模式。

表 1. 101 年至 102 年不同輪作模式收益分析

收益分析		輪作模式		
		模式 A	模式 B	模式 C
101 年一期作	乾穀產量(公斤/分)	1,022.2	1,045.9	綠肥
	栽培成本(元/分)	6,846	7,294	1,176
	粗收益(元/分)	18,709	18,854	-1,176
101 年二期作	乾穀產量(公斤/分)	896.6	綠肥	975.7
	栽培成本(元/分)	7.440	176	6.315
	粗收益(元/分)	14,976	-176	18,078
101 年裡作	玉米籽實產量(公斤/分)	744	992	887
	栽培成本(元/分)	3,275	3,190	3,330
	粗收益(元/分)	3,421	5,738	4,653
102 年一期作	乾穀產量(公斤/分)	1,043.4	綠肥	綠肥
	栽培成本 (元/分)	8,022	1,176	1,176
	粗收益(元/分)	18,058	-1,176	-1,176
102 年二期作	乾穀產量 (公斤/分)	776.2	957.3	950
	栽培成本(元/分)	7,181	6,107	6,107
	粗收益(元/分)	12,224	17,826	17,643
102 年裡作	玉米籽實產量(公斤/分)	602.8	603	605.4
	栽培成本(元/分)	3,275	3,275	3,275
	粗收益(元/分)	2,150	2,152	2,174
合計	粗收益(元/分)	69,538	43,218	40,196

輪作模式 A：101 年一期水稻－二期水稻－裡作早熟玉米－102 年一期水稻－二期水稻－裡作早熟玉米

輪作模式 B：101 年一期水稻－二期綠肥－裡作晚熟玉米－102 年一期綠肥－二期水稻－裡作早熟玉米

輪作模式 C：101 年一期綠肥－二期水稻－裡作晚熟玉米－102 年一期綠肥－二期水稻－裡作晚熟玉米

討論

農田輪作綠肥對土壤保育及降低化學肥料用量有正面的效益，為環境親和型耕作模式之可行措施。惟如何於輪作制度中配置不同作物或品種，使綠肥輪作成本降低，綠肥肥效得以有效提供後續作物生長需求，以降低栽培成本並增加作物產量，提高輪作制度收益，是為綠肥輪作重要的議題。

裡作硬質玉米生產若結合一期水稻水旱輪作，再搭配二期綠肥保養地力，實為理想之環境親和型耕作制度，惟為增加硬質玉米產量選擇種植晚熟高產品種，則無法結合一期水稻水旱輪作，若以二年一輪耕作制度，裡作硬質玉米品種採折衷方式，以一年種植晚熟品種一年種植早熟品種，於耕作制度配置一期水稻－二期青皮豆－裡作晚熟玉米（第一年）－一期青皮豆－二期水稻－裡作早熟玉米（第二年），為應用綠肥實施水稻-硬質玉米環境親和型輪作模式理想的選擇。

參考文獻

王啟柱。1956。台灣之綠肥與覆土作物。台灣銀行季刊。8(2):180。

邱怡詮。1997。覆蓋作物敷蓋及不整地栽培對青割玉米產量之影響。國立台灣大學農藝學研究所碩士論文。台北。台灣。

吳昭慧、連大進。2002。綠肥兼覆蓋用大豆品種育成及在農業永續性之利用。雜糧與畜產。338:9–13。

蔡宜峰、許愛娜。2000。綠肥青皮豆與水稻輪作對稻米產量及土壤肥力之影響。台中區農業改良場研究彙報。69:13–21。

Establishment of Rice-Feed Corn Environmental Friendly Crop Rotation Model by Application Green Manure

Shang-Hu Lin[1]* and Lee-Ying Cheng[2]

Abstract

In response to the impact of climate change on the feed corn production and existing farming systems in Taiwan, applied different feed corn varieties with environment-friendly cultivation methods, planned for 2-years a round crop rotation patterns. The rotation patterns focuses on paddy field and dry land rotation and green manure application. The results showed that compared with the control, green manure application can reduce chemical fertilizer usage to avoid acidification, improve soil phosphorus content, reduce soil EC value and slow down soil salinization. Soil fertility maintain and cash earnings of crop rotation for the assessment index, rotation model B is the preferred mode of rotation. Model B：first crop season Rice →second crop Green manure →winter crop late variety Feed corn (First year)→first crop Green manure →second crop Rice →winter crop-f early variety Feed corn (Second year).

Keywords: Environment-Friendly Cultivation, Green Manure, Feed Corn.

1 Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. linsh@tss.gov.com.tw.

2 Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. lycheng1111@gmail.com.

* Corresponding Author, Email: linsh@tss.gov.com.tw ; Tel: 04-25825490.

北部地區飼料甘藷低投入省工栽培系統建立

莊浚釗 [1]*

摘要

本試驗 101 年至 103 年於本桃園縣新屋鄉 (本場) 作業田進行，主要目的係探討北部地區飼料甘藷的低投入省工栽培技術。結果顯示，以桃園 3 號品種耕犁 2 次作畦配合塑膠軟管噴灌處理 21.5 t ha^{-1} 最高；灌溉方式以旋轉噴灌 11.6 t ha^{-1} 最高；耕犁方式則以耕犁 2 次作畦甘藷產量 13.9 t ha^{-1} 最高；品種則以桃園 3 號 13.4 t ha^{-1} 最高，造成試驗產量不佳原因，係因每年於 9 月均遭遇颱風淹水所致。另整地作畦費用每公頃 20,000 元，本試驗作畦較不作畦處理，甘藷產量高約 3,000 公斤，甘藷每公斤 10 元計，共計 30,000 元，故整地費用並無法涵蓋其產量的損失。故本試驗暫推薦北部地區甘藷栽種以塑膠軟管噴灌配合耕犁 2 次作畦為最佳方式。

關鍵詞：北部地區、飼料甘藷、低投入省工栽培系統。

前言

隨著全球人口不斷增加與不當的土地資源開發及能源使用，二氧化碳、甲烷和氧化亞氮等溫室氣體的排放量增加，該等溫室氣體造成過度的溫室效應，使地表溫度昇高及改變地球的氣候，因而影響了地球的生態系統，以及糧食作物的生產與供應，導致生物與人類面臨適應困難的危機 (張家豪，2004；林雯婷，2008；陳昱綺，2014)。台灣也正面臨全球二氧化碳及其他溫室氣體增加的威脅，氣候變遷對農糧作物生產造成影響，諸如地表溫度昇高慣種作物適應性降低、病蟲種類變遷危害加劇、長期乾旱或豪雨成災等，因此亟需建立農糧作物生產的適應模式，以因應該等極端氣候對農糧作物生產的影響 (鄧等 1998；王，2003；Bullock,1992；Crookston,1991)。台灣北部地區近年來因國民稻米取食量降低，以及灌溉水源的不足供應，導致水稻田大面積休耕，在全球面臨糧食及能源危機之際，水稻田長期休耕終必影響國內糧食供應，因此為因應氣候變遷導致糧食及能源短缺的危機，亟需有效利用及活化休耕水稻田。本研究擬針對北部地區休耕水稻田進行轉作飼料甘藷低投入省工栽培技術研究。

1 桃園區農業改良場作物環境課副研究員 chuang@tydais.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：chuang@tydais.gov.tw；電話：03-4768216#330。

材料與方法

本試驗 101 年至 104 年於桃園縣新屋鄉桃園區農業改良場試驗田進行，供試作物為甘藷 3 品種 (桃園 3 號、台農 10 號及台農 31 號)。試驗處理：以溝灌、塑膠軟管噴灌及旋轉噴灌三種灌溉方式為主試因 (主區)，副試因 (副區)為耕犁二次作畦、耕犁二次不作畦及耕犁一次不作畦三種耕犁方式。試驗設計採裂區設計 (SPD)，主試因及副試因各 3 種、3 重複，合計 27 小區，每小區 15 m×10 m＝150 m^2。施肥量及施肥方法：依作物施肥手冊肥料推薦量及施肥方法。調查項目：農藝性狀、產量、病蟲害、土壤肥力、灌水量估算及經濟效益等。

土壤 pH 值以土：水＝ 1：5 (w/v)，平衡 1 h 後以玻璃電極法測定 (McLean, 1982)。電導度 (EC) 以土：水 = 1：5 (w/v)，振盪 1 h 後過濾，以電導度計測定 (Rhoades, 1982)。土壤有機質含量以 Walkley-Black 法測定 (Nelson and Sommers, 1982)。磷以 Bray-I 法萃取，濾液以鉬藍法比色測定 (Olsen and Sommers, 1982) 。交換性鉀、鈣及鎂以 Mehlich-I 法萃取，萃取液以火焰分光光度計測定交換性鉀含量 (Knudsen *et al.*, 1982)，以感應耦合電漿原子發射光譜儀 (ICP) 測定交換性鈣及鎂含量 (Flannery and Markus, 1980) 。

測值以 SAS (Statistical Analysis System 6.10, SAS Institute, 1990) 程式進行變方分析，再以 Fisher LSD 進行處理間平均值之差異分析。

結果與討論

一、不同處理對甘藷產量之影響

由表 1–4 得知甘藷產量介於 5.4–21.5 t ha^{-1}，其中桃園 3 號塑膠軟管噴灌配合耕犁 2 次作畦 21.5 t ha^{-1} 最高，而台農 10 號塑膠軟管噴灌配合耕犁 2 次不作畦 5.4 t ha^{-1} 最低。而灌溉方式以旋轉噴灌 11.6 t ha^{-1} 最高，較溝灌 9.9 t ha^{-1}，增產 1.7 t ha^{-1}，增產率為 17.2%，次為塑膠軟管噴灌 10.6 t ha^{-1}，增產 0.7 t ha^{-1}，增產率為 7.1%，惟處理間未達 5%顯著差異。不同耕犁方式，以耕犁 2 次作畦 13.9 t ha^{-1} 最高，且與其他處理間達 5%顯著差異，次為耕犁 2 次不作畦 11.6 t ha^{-1}，較耕犁 1 次不作畦 10.6 t ha^{-1}，分別增產 3.3 t ha^{-1} 及 1.0 t ha^{-1}，增產率為 31.1%及 9.4%。不同品種以桃園 3 號 13.4 t ha^{-1} 最高，且與其他處理間達 5%顯著差異，次為台農 10 號 8.7 公噸，較最差台農 31 號 8.2 t ha^{-1}，分別增產 5.2 t ha^{-1} 及 0.5 t ha^{-1}，增產率為 63.4%及 6.1%。

甘藷蔓藤重量介於 60–87.5 t ha^{-1}，灌溉方式以塑膠軟管噴灌 76.8 t ha^{-1} 最高，較溝灌 67.3 t ha^{-1}，增產 9.5 t ha^{-1}，增產率為 14.1%，次為旋轉噴灌 75.4 t ha^{-1}，增產 8.1 t ha^{-1}，增產率為 12%，且處理間未達 5%顯著差異。不同耕犁方式，以耕犁 1 次不作畦 75.8 t ha^{-1}

最高，次為耕犁 2 次不作畦 74.3 t ha^{-1}，較耕犁 2 次作畦 69.4 t ha^{-1}，分別增產 6.4 t ha^{-1} 及 4.9 t ha^{-1}，增產率為 8.4%及 2.0%。不同品種以台農 10 號 76.6 t ha^{-1} 最高，次為台農 31 號 73.8 t ha^{-1}，較桃園 3 號 69.1 t ha^{-1} 最低，分別增產 7.5 t ha^{-1} 及 4.7 t ha^{-1}。經過 3 年 (101–103 年) 每小區 0.13 公頃的用水量以溝灌 22.2 t 最低，次為旋轉噴灌 24.8 t，用水量最多為塑膠軟管噴灌的 51.7 t。

本試驗結果之甘藷產量及藤蔓變方分析表如表 5，得知灌溉方式之甘藷藤蔓及耕犁方式與品種之甘藷產量差異均達 1%極顯著水準，另品種間之藤蔓差異達 5%顯著水準。

表 1. 不同處理對甘藷產量及藤蔓重量之影響

Table 1. Effects of different treatments on the yield and vines weight of sweet potato.

處理	蕃塊小區產量 (kg 100m^{-2})	蕃塊產量 (t ha^{-1})	藤蔓小區重量 (t ha^{-1})	藤蔓重量 (t ha^{-1})
1A(1)[z]	112.8	17.5	12.0	60.0
1A(2)	91.6	15.1	13.5	67.5
1A(3)	75.5	12.6	13.0	65.0
1B(1)	57.4	8.9	12.8	64.0
1B(2)	39.0	6.5	14.5	72.5
1B(3)	32.0	6.0	13.8	69.0
1C(1)	65.7	10.6	13.0	65.0
1C(2)	39.2	7.1	15.5	77.5
1C(3)	33.3	6.2	13.0	65.0
2A(1)	116.4	17.6	14.3	71.5
2A(2)	96.7	15.3	13.5	67.5
2A(3)	67.5	10.9	14.5	72.5
2B(1)	89.8	13.0	15.8	79.0
2B(2)	28.8	5.4	16.3	81.5
2B(3)	34.0	5.7	13.8	69.0
2C(1)	70.8	10.5	15.5	77.5
2C(2)	30.7	5.7	16.5	82.5
2C(3)	44.2	7.3	15.5	77.5
3A(1)	149.8	21.5	14.7	73.5
3A(2)	68.0	10.7	14.5	72.5
3A(3)	70.0	11.3	14.9	74.5
3B(1)	67.3	11.2	12.8	64.0
3B(2)	33.3	6.2	16.4	82.0
3B(3)	32.0	6.0	17.5	87.5
3C(1)	69.2	10.2	13.5	67.5
3C(2)	34.6	6.4	17.2	86.0
3C(3)	42.6	7.6	16.8	84.0

[z] 1、2、3：溝灌、旋轉噴灌及塑膠管噴灌。

A、B、C：耕犁 2 次作畦、耕犁 2 次不作畦及耕犁 1 次不作畦。

(1)、(2)、(3)：桃園 3 號、台農 10 號及台農 31 號。

表 2. 不同灌溉方式對甘藷及藤蔓產量之影響

Table 2. Effects of different irrigation on the yield and vines weight of sweet potato.

灌溉方式	甘藷產量 (t ha^{-1})	產量指數	藤蔓重量 (t ha^{-1})	藤蔓指數	用水量 (t/0.13ha)
1 溝灌	9.9a[x]	100	67.3b	100	22.2
2 旋轉噴灌	11.6a	117.2	75.4a	112	24.8
3 塑膠軟管噴灌	10.6a	107.1	76.8a	114.1	51.7

表 3. 不同耕犁方式對甘藷及藤蔓產量之影響

Table 3. Effects of different tillage on the yield and vines weight of sweet potato.

耕犁方式	甘藷產量 (t ha^{-1})	產量指數	藤蔓產量 (t ha^{-1})	藤蔓指數
A 耕犁 2 次作畦	13.9a[x]	131.1	69.4a	91.6
B 耕犁 2 次不作畦	11.6b	109.4	74.3a	98.0
C 耕犁 1 次不作畦	10.6b	100	75.8a	100

表 4.不同品種對甘藷及藤蔓產量之影響

Table 4. Effects of different variety on the yield and vines weight of sweet potato.

品種	甘藷產量 (t ha^{-1})	產量指數	藤蔓產量 (t ha^{-1})	藤蔓指數
(1)桃園 3 號	13.4a[x]	163.4	69.1b	93.6
(2)台農 10 號	8.7b	106.1	76.6a	103.8
(3)台農 31 號	8.2b	100	73.8ab	100

[x] LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。
Means values within column followed the same letter are not significant by LSD at 5% probability level.

表 5. 甘藷產量及藤蔓重量變方分析表

Table 5. Analysis of variance for the yield and vines weight of sweet potato

變因	自由度	產量	蔓藤
灌溉方式	2	N.S.	**
耕犁方式	2	**	N.S.
品種	2	**	*
灌溉方式×耕犁方式	4	N.S.	N.S.
灌溉方式×品種	4	N.S.	N.S.
耕犁方式×品種	4	N.S.	N.S.
灌溉方式×耕犁方式×品種	8	N.S.	N.S.
總計	26		

**、*Significant at 1% and 5%level, respectively.
N.S.: not significant.

二、不同處理對土壤肥力之影響

由表 6–8 得知不同灌溉方式對土壤肥力之影響，pH 5.4–5.7，EC 0.073–0.088 dS m^{-1}，OM:19.4–20.3 g kg^{-1}，其餘 P:6–7 mg kg^{-1}，K:85–100 mg kg^{-1}，Ca:382–429 mg kg^{-1}，Mg:87–102 Kg ha^{-1}，其中以溝灌方式最高。不同耕犁方式土壤 pH 5.5–5.6，EC 0.073–0.084 dS m^{-1}，OM:17.8–21.5 g kg^{-1}，其餘 P:5–8 mg kg^{-1}，K:81–105 mg kg^{-1}，Ca:376–422 mg kg^{-1}，Mg:92–95 mg kg^{-1}，各處間雖有差異但未有一致性。不同品種土壤 pH 5.5–5.6，EC 0.078–0.081 dS m^{-1}，OM:19.6–20.8 g kg^{-1}，其餘 P:5–8 Kg ha^{-1}，K:85–104 mg kg^{-1}，Ca:393–403 mg kg^{-1}，MgO:89–99 mg kg^{-1}，各處間雖有差異但未有一致性。

各試驗處理土壤分析數值大多較參考值為低，僅 K 及 Mg 含量尚屬充足，依據王 (2006) 報告指出北部地區農地強酸性土壤約佔 1/2，本試驗於種植前已施用石灰質材料，惟其含量仍顯不足，故仍須繼續施用以提高作物產量及品質 (孟和傅，1995)。土壤 EC 值介於 0.07–0.08 dS m^{-1}，低於 0.26–0.6 dS m^{-1} 適宜值範圍，呈現肥力不足現象，依據三好 (1978)研究指出土:水=1:5 土壤 EC 值 0.5–1.5 dS m^{-1}，對作物生長才會產生負面影響。另土壤有機質含量均低於 30 g kg^{-1}，故須仍須增施有機質肥料，以提高作物產量及品質，過去對有機質肥料合理施用、土壤肥力與重金屬累積、有機資材利用及對作物生長之影響均有深入研究與探討 (蔡，1999；王和羅，2005)，其餘大量元素以磷元素含量最低，鈣元素則略低於適宜值範圍，故須注意補充之。

表 6. 不同灌溉方式對土壤肥力之影響
Table 6. Effects of different irrigation on the soil fertility

灌溉方式	pH (1:5)	EC (1:5) (dS m^{-1})	OM (g kg^{-1})	Bray no.1 P	Mehlich no.1 K	Mehlich no.1 Ca	Mehlich no.1 Mg
				mg kg^{-1}			
溝灌	5.7a[x]	0.078ab	20.3a	7a	100a	429a	102a
旋轉噴灌	5.4c	0.088a	20.3a	7a	89a	382a	90a
塑膠管噴罐	5.6b	0.073b	19.4a	6a	85a	399a	87a
參考值	5.5–6.8	0.26–0.6	>30	11-50	30-100	570-1140	50-100

表 7. 不同耕犁方式對土壤肥力之影響
Table 7. Effects of different tillage on the soil fertility

耕犁方式	pH (1:5)	EC (1:5) dS m^{-1}	OM g kg^{-1}	Bray no.1 P	Mehlich no.1 K	Mehlich no.1 Ca	Mehlich no.1 Mg
				kg ha^{-1}			
耕犁 2 次作畦	5.5a[x]	0.084a	17.8b	6b	81b	422a	92a
耕犁 2 次不作畦	5.6a	0.073b	21.5a	5b	105a	413a	95a
耕犁 1 次不作畦	5.6a	0.081ab	20.8a	8a	89ab	376a	92a

表 8. 不同品種對土壤肥力之影響

Table 8. Effects of different variety on the soil fertility

品種	pH (1:5)	EC(1:5) (dS m^{-1})	OM (g kg^{-1})	Bray no.1 P	Mehlich no.1 K	Mehlich no.1 Ca	Mehlich no.1 Mg
				----------(kg ha^{-1})----------			
桃園 3 號	5.6a[x]	0.080a	19.6a	8a	104a	403a	90a
台農 10 號	5.6a	0.078a	19.8a	7a	85b	393a	89a
台農 31 號	5.5a	0.081a	20.8a	5a	87ab	401a	99a

[x] LSD 顯著性測驗驗在 5%水準差異不顯著。

Means values within column followed the same letter are not significant by LSD at 5% probability level.

結論

經 3 年試驗均逢北部地區颱風或大雨危害，故未作畦處理，甘藷產量極低，以整地費用並無法涵蓋其產量的損失。故本試驗暫推薦北部地區甘藷栽種以塑膠軟管噴灌配合耕犁 2 次作畦為最佳方式。

參考文獻

三好洋。1978。土壤診斷法。東京：農山漁村文化協會。

王鐘和。2003。輪作的意義與要領。農業世界。239:28–31。

王雯能、羅秋雄。2005。溫室栽培下長期施用不同有機質肥料對土壤性質影響。有機質肥料之施用對土壤與作物品質之影響研討會論文集，台北市：國立台灣大學編印。97–104。

王雯能。2006。北部地區農田土壤肥力概況。桃園區農業改良場研究彙報第 59 號。桃園縣:行政院農業委員會桃園區農業改良場。47–56。

林雯婷。2008。一般廢棄物暨農林部門產生溫室氣體之探討-以桃園縣為例。國立台灣大學。台北市。

孟賜福、傅慶林。1995。施石灰石粉後紅壤化學性質的變化。土壤學報。32:300–307。

張家豪。2004。水稻田溫室氣體排放動態模式之發展及情景評估。國立雲林科技大學。雲林縣。

陳昱綺。2014。農產廢棄物裂解製成生物探對土壤溫室氣體產生之影響。嘉南藥理大學。嘉義縣。

黃鴻章、黃振文。2004。輪作是改變農作物與微生物命運的推手-淺談輪作栽培與作物病害防治。農業世界。254:26–33。

鄧耀宗、蔡永暐、劉英杰。1998。輪作體系在有機農法中之應用。農業與生態平衡研討會專刊。台中市：中華土壤肥料學會。26–46。

蔡宜峰。1999。禽畜糞堆肥對作物生長及土壤特性之影響。農業有機廢棄物處理與應用。台南市：中華生質能源學會。

Bullock, D. G.1992. Crop rotation. Cri. Rev. Plant Sci.11:309–326.

Crookston, R. K., Kurie, J. E., Copland, P. J., Ford, J. H., and Lueschen,W. E. 1991. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. Agron. J. 83:108–113.

Flannery, R. L. and D. K. Markus. 1980. Automated analysis of soil extracts for phosphorous, potassium, calcium and magnesium. Jour. Assoc. Off. Anal. Chem.63:779–787.

Knudsen, O., G. A. Peterson, and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. In A. L. Page et al.,Eds. Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy No. 9.American Society of Agronomy, Madison, WI. 225–246.

McLean, E. O. 1982. Soil pH and Lime requirement. In A.Klute et al. (ed.) Method of Soil Analysis. Park I. 2nd edition. ASA, Madison, WI.USA. 199–224.

Murphy, J. and L. E. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica. Chimica. Acta. 27:31–36.

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organicmatter. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA. 539–579.

Olsen, S. R., and L. E. Sommers.1982. Phosphorus. In A. L. Page et al., Eds., Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed., Agron Monogr.9.ASAand SSSA,Madison,WI, 403–430. ASA, Madison, WI, USA.

Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. In A. L. Page (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA. 167–179.

SAS Institute. 1990. SAS User Guide 6.10 Edition. SAS Institute Inc., SAS Circle, Box 8000, Cary, NC, USA.

Establish the Low-Input Cultivation System of Sweet Potato in Northern Taiwan

Chun-Chao Chuang[1]*

Abstract

The field trials operating at Taoyuan County Township, the main purpose is to conduct feed sweet potato provincial industrial cultivation of low-input technology the northern region. The results showthe plows secondary plot and plastic hose sprinkler 21.5 t ha^{-1} is the highest yield of Taoyuan No3. Theirrigation method was rotating sprinkler 11.6 t ha^{-1} the highest yield. The tillage method was plows secondary plot 13.9 t ha^{-1} the highestyield. Taoyuan No.313.4 t $ha^{-1}$was the highest yield. This experiment yields low reasons was due in August and September typhoon flooding. Another ridging soil preparation costs NT 20,000 per hectare. This test is less ridging treatment; high yield about 3,000 kg of sweet potato. The NT 10 per kg, totaling NT30,000. The cost of site preparation and cannot cover the loss of its production. The test temporarily recommended potato planted in plastic hose sprinkler with plows secondary ridging is the best way in northern Taiwan.

Keywords: Northern Taiwan, Sweet Potato, Low-Input Cultivation System.

1 Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station. Council of Agriculture, Executive Yuan. chuang@tydais.gov.tw

* Corresponding Author, Email: chuang@tydais.gov.tw; Tel: 03-4768216#330.

台中秈 17 號低投入型耕作制度應用於飼料稻米生產之評估

江志峰 [1]*

摘要

溫度增高與日夜溫差減小是氣候改變趨勢，此變化對未來稻米的產業影響甚鉅。然而目前缺少建立當處於此種情境時的水稻生育階段模式，及為維持高產目標的適當的栽培診斷指標與技術措施。評估不同氣候條件與土壤特性，篩選適合品種，開發高單位面積產量之土壤管理與施肥技術，含土壤氮源診斷與營養管理等技術。包括台中秈 17 號的地區性推廣 5 個梗秈水稻品種及 5 個不同氮肥等級 (0、90、150、210、270 kg/ha)，兩重覆共 50 個處理區試驗。依不同氣候區、區域性灌溉水質及品種於全省 6 個主要水稻生產區，進行 101-103 年 6 期次水稻新品種氮肥利用效率之田間試驗。結果顯示，從南至北水稻 6 個試驗區對於氮肥的增施其增產效果並不明顯，施氮量對稻穀中粗蛋白質的累積與產量的趨勢相似；氮肥偏生產力 (PFP) 隨氮肥的增加而降低，施用 90 kg N/ha 明顯高於施高氮區 (210、270 kg N/ha) 。當因氣候變遷面臨氣溫增加，溫差縮小時，對於台中秈 17 號品種的栽培可累積於稻殼的氮量高於糙米。資料也顯示，藉由土壤營養管理與改良，削減不同土壤中水稻對氮有效吸收的逆境，以提高地區性土壤氮供應力，配合氣候條件較增施氮肥更能實質增加台中秈 17 號水稻品種的稻穀產量，以符合我國穀粒利用型的飼料稻發展策略。

關鍵詞：飼料稻米、土壤管理、氮利用效率。

前言

國內禽畜飼養業者所需求的飼料量相當大，目前大部分是自國外進口，由於國人飲食習慣的改變，飼料短缺的問題會愈來愈嚴重。由於飼料稻必須具有成本競爭力，高乾物質和營養產量是必不可少的 (Sakai *et al*., 2003; Nakano *et al*., 2008)。肥料三要素中，以氮對水稻的生長最為敏感，氮的管理成為飼料稻米栽培關鍵的技術，不同水稻品種氮的施用技術也不同。定量化農田化肥氮的去向是研究其農學效應和環境效應的基礎。過去，這些研究大多侷限於對作物的回收、土壤中殘留氮和氮總損失的評估，雖然有些研究也涉及不同損失途徑的原位定量研究，但多數針對個別損失途徑 (如氨揮失或氮排放等)、農田化肥氮的去向 (作物回收、土壤中殘留與損失)，但不能給出通

1 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組 cfchiang@tari.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：cfchiang@tari.gov.tw；電話：04-23317404。

過不同損失途徑的遷移通量與施用氮肥後農田生態系統中水稻的營養水準和氮損失量的提高程度以及土壤中氮的淨殘留量，因而難以較全面地同時定量評估化肥氮的農學效應與環境效應，更難以擴展到區域尺度 (朱，2008)。因此需要進行點的完備整合，並建立模型，擴展到區域。目前氣候變遷對我國糧食產業發展衍生的問題，包括：

(一) 溫度增高與日夜溫差減小的氣候改變趨勢，此變化對未來稻米的產業影響甚鉅。然而目前缺少建立當處於此種情境時的水稻生育階段模式，及為維持高產目標的適當的栽培診斷指標與技術措施。

(二) 評估不同氣候條件與土壤特性，篩選適合品種，開發高單位面積產量之土壤管理與施肥技術，包括土壤氮源診斷與營養管理等技術。

我國現階段以飼料稻米生產以低投入、高產量與高蛋白質含量為發展目標，為此，本研究本年度提出利用具可開發為飼料稻台中秈 17 品種在稻田生態系統中土壤氮素轉化和遷移規律、損失途徑及生態、環境效應，基本明確提出適合氮肥施用量，以作為開發調控水稻氮肥高效利用原理和方法的生物學資料依據。因此本計畫目標：

研發提高地區性土壤別之田塊自然供氮力，具發展潛力飼料稻米之單位面積乾物質產量的關鍵性管理技術。

1. 土壤供氮力：其中包括供應容量和供應強度。田間條件下，土壤供氮量是以無氮區在採樣時土壤已提供給作物的可利用態氮量作為量度的，其中包括已被作物吸收的氮量和土壤中尚未被作物吸收的速效態氮量。在作物成熟時，由於土壤中速效氮量很低，可以直接用作物吸氮量計作土壤供氮量。但實際上，其中包括了土壤來源氮和非土壤來源氮兩個部分，因此，嚴格說來，由此計得的土壤供氮量應是田塊自然供氮量 (Indigenous N)，而不是土壤供氮量 (Soil supply N)。基礎產量高的田塊，施肥所能達到的產量水平也較高。
2. 田塊自然供氮量的解析和預測：在用水稻進行的研究中，無論是培養法的礦化氮量，或是各種氮素有效性的化學萃取指標，均與盆栽試驗中的無氮區作物吸氮量之間有很高的相關性；但是，在許多水稻田間試驗中，這種相關性均很低，確定係數約為 0.3 或更低，只能達到半定量水平。其原因可能是：(1) 在田間條件下，影響土壤氮素礦化的因素多、變化大(例如，年度間和田塊間的水熱條件和耕作管理措施的變化等)；(2) 僅以耕層土壤的測試作為預測依據，忽視了下層土壤來源氮和非土壤來源氮的變異。

材料與方法

101 年與 102 年進行全國台中秈 17 號水稻品種田間試驗與 103 年進行 6 個台中秈 17 號水稻品種田間試驗，探討年度間的差異。103 年 6 個田間試驗由北至南地區及土

壤管理組類別，包括桃園新屋 (細質地排水良好紅壤)、新竹竹北 (非石灰性排水不完全沖積土)、本所霧峰試驗地 (低台地淺層排水良好沖積土)、彰化田中 (石灰性排水不完全沖積土)、花蓮玉里 (片岩石灰性淺層排水不完全沖積土、屏東萬丹 (石灰性排水良好沖積土)，氮肥等級採 0、90、150、210、270 kg/ha 等 5 級，施氮處理分別於水稻移植前、分蘗始期 (一期作移植後 15 天和二期作移植後 10 天)、最高分蘗期 (一期作移植後 30 天和二期作移植後 20 天)、幼穗分化期 (一期作移植後 56–70 天和二期作移植後 45–53 天) 施用，每公頃重分別為總氮量之 25、20、15、40%或 40、20、15、25% 施用。磷鉀肥相同量，本年預計進行總計 12 期次田間試驗。同時進一步探討對稻米品質影響 (包括產量與品質的關係)，並進行成熟期水稻土壤與地上部植體氮含量分析。

(一)調查項目：

(1)水稻成熟期植株地上部各部位含氮量及各種氮素利用率指標參數。

(2)氣候資料(包括溫度、濕度、日照強度、最大風力等級)的收集。

(二)氮素利用率指標參數 (Dobermann, A.*et al.*,1999)

(1)配因效率 (Partial factor productivity of applied nutrient, PFP)

$$PFP = Y/F \text{ or } PFP = (Y0/F) + AE$$

(2)農藝效率 (Agronomic efficiency of applied nutrient)

$$AE = (Y - Y0)/F \text{ or } AE = RE \times PE$$

(3)內部利用效率 (Internal utilization efficiency of a nutrient)

$$IE = Y/U$$

(4)生理利用效率 (Physiological Efficiency of applied N)

$$PE = (Y-Y0)/(U-U0)$$

F 養分 (肥料) 施用量 (kg/ha)

Y 養分施用作物的產量 (kg/ha)

Y0 無氮區作物的產量 (kg/ha)

U 試驗區施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

U0 試驗區不施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

(三)統計分析方法

試驗結果利用 STATISTICA 9.0 統計分析軟體 (StatSoft Holdings Inc., 2009) 進行變方分析 ($p<0.05$)，探討處理間平均值之間的差異。

結果與討論

兩年相同期作不同氮肥施用量對於產量的效應

將本年度 (103 年) 試驗資料與 101 年與 102 年一期作宜蘭三星、桃園新屋、台南東山、屏東市、屏東恆春及台中霧峰 6 個試區田不同氮肥施用量之台中秈 17 號水稻品

種於成熟期的產量進行年度間的比較，101 年與 102 年兩年度一期作均以屏東市的產量明顯高於其餘各試區，且年度間相同試區相對產量高低重覆性高，唯恆春試區於 102 年間較 101 年產量高約 25%，由於地理位置的關係，一期作水稻生長期間氣象因子的變化常較其它試區明顯，是造成年度間產量差異的主因 (如圖 1)，尤其對於台中秈 17 號水稻品種此類的秈稻品型更為敏感。相同試區不同氮肥施用量之產量表現並不明顯。宜蘭三星試區兩年度一期作維持 7000 kg/ha 以上的水準較新屋試區高約 27%，對台中秈 17 號水稻品種而言具有推廣潛力的地區。

101 年和 102 年一期作試驗其中屏東恆春與台中霧峰兩試區採相同移植時間，但收穫時間不同的屏東恆春與台中霧峰兩試區，生長期間平均日積溫與日射量等氣象條件也有所差異，其中 102 年稻穀產量於完熟期間屏東恆春高於台中霧峰試區 ($P < 0.05$)，101 年台中霧峰試區高於屏東恆春試區，但不顯著。

101 年二期作台中秈 17 號於桃園新屋、台中霧峰及台南東山 3 個試區的不同氮肥施用量的稻穀產量效應，對於產量及構成要素的表現如表 1，相同施氮等級隨水稻氣候生態區的差異而呈現台南東山＞台中霧峰＞桃園新屋，主要差異在於各試區一穗粒數的表現，但隨施氮量等級稻穀產量增加的趨勢並無規則性，桃園新屋與台南東山相較，桃園新屋試區施用 150 kg N/ha 時一穗粒數為最高，但稻穀產量僅較台南東山減少 56% 與無氮區相當。相同試區稻穀產量均隨施氮量的增加而增加的趨勢，但增加的趨勢也不一致，台中霧峰、台南東山試區稻穀產量以 270 kg N/ha 為最高，桃園新屋以 210 kg N/ha，但兩個施氮等級間並無明顯差異。

不同氮肥施用量對於氮素累積與轉運

水稻體內氮素傳輸和分配機理與乾物質累積與分配 (生產) 的過程相似。水稻生育前期的氮素分配中心主要是營養器官，即葉片、莖鞘和根，水稻吸收的氮素量與水稻葉片顏色有直觀表現，葉色較暗 (深綠) 及含氮量較多，反映稻株以氮代謝為主，光合產物用於新生器官生長，儲存少。中期分配中心開始向穗部轉移，後期的分配中心是生殖器官。穗的氮素既有新吸收的部份，又有包括抽穗前儲藏在莖鞘中氮素再分配到穗中的。抽穗期至成熟期的氮素累積量與產量呈拋物線關係。不同氮肥施用量對於氮素累積與轉運，如表 2 桃園新屋無氮區的穗部氮素的累積含量佔地上部氮素的累積含量約 59.5%低於台南東山試區的 72.9%，施用 270 kg N/ha 也是新屋試區 49.2%低於東山試區的 70.9%，但對於穗部中糙米氮素的累積率，新屋試區無論是無氮區 (87.7%) 或施用 270 kg N/ha 的處理 (82.1%) 也均高於東山試區無氮區 (80.2%) 或施用 270 kg N/ha 的處理 (76.7%)。

不同氮肥施用量對於氮肥利用效率的影響

101 年和 102 年一期作台中秈 17 號品種於 6 個不同氣候試區其不同氮肥等級處理對配因效率 (PFP) 和農藝效率 (AE) 的影響，如圖 2 及圖 3，各試區於 101 年與 102 年的 PFP 並無明顯的不同 (p<0.05)，但 AE 則有區域間的差異，顯示區域內田塊自然供氮力 (Indigenous N supply) 為兩年度水稻氣候改變而氮肥利用效率變化的主要因子。

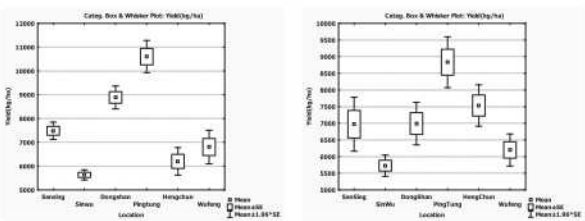


圖 1. 101 年(左)和 102 年(右)一期作台中秈 17 號品種於不同氮肥等級處理 6 個不同氣候試區之產量效應

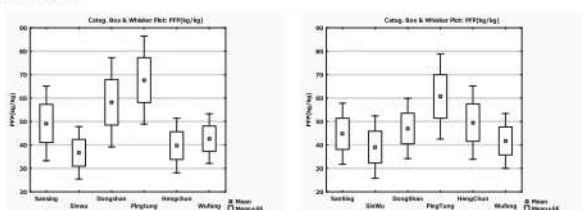


圖 2. 101 年(左)和 102 年(右)一期作台中秈 17 號品種於 6 個不同氣候試區其不同氮肥等級處理對配因效率 (PFP) 的影響

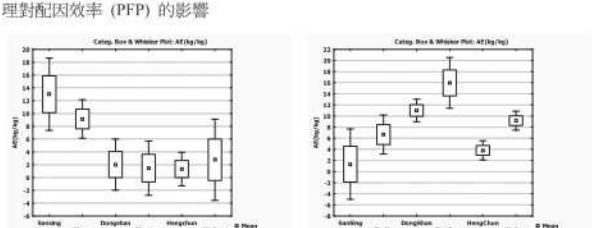


圖 3. 101 年(左)和 102 年(右)一期作台中秈 17 號品種於 6 個不同氣候試區其不同氮肥等級處理對農藝效率 (AE) 的影響

101 年二期作南部東山低台地細質地排水良好沖積土 (T1a) 與北部新屋細質地排水良好紅壤 (R1a) 試區生產台中秈 17 號飼料稻米，氮肥內部利用效率 (IE) 和生理利用效率 (PE) 對稻穀產量與氮素累積的表現，如圖 4，相同施氮量等級的氮肥內部利用效率以東山試區較新屋試區高，但新屋試區內氮肥施用 150 kg N/ha 的生理利用效率明顯高於其他施氮等級，也較東山試區為高，試區內稻穀產量隨氮肥施用量呈增加的趨勢。由以上試驗測定結果，可獲初步結論，新屋試區以現有栽培管理，以施用 150 kg N/ha 雖可增加氮肥利用效率，達一定水準的稻穀產量，但無改良紅壤對於生產諸多限制時，如強酸性造成養分供應不平衡，很難發揮現有生產潛力。

浸水栽培下水稻的需氮特徵

水稻吸收的養分有相當一部分是由土壤供給，其供給量主要取決於土壤養分的貯存量及供應量即其有效狀況及供應容量。供應容量和土壤中的有機質含量、母質成分及灌溉水質等狀況有關，根據定址養分的管理模式 (sit-specific nutrient management, SSNM) 通過對所輸入數據綜合分析後為農民提供更為經濟有效的施肥推薦。該系統的輸入項包括土壤氮磷鉀的有效供應量、產量、稻草帶走的養分量、上季作物施肥量、當地稻穀價格以及微量元素養分缺乏臨界值 (Cassman, K. G. *et al*., 1998)，農田生態系統中的氮素，不僅要考慮高產出，低成本，同時必須考慮提高投入的氮效率，減少氮的非生產損耗。氮肥在低用量和合理施氮情況下，並不至於對環境造成巨大危害，但用量過高就會有害。將 103 年一期作桃園新屋 (細質地排水良好紅壤)、新竹竹北 (非石灰性排水不完全沖積土)、本所霧峰試驗地 (低台地淺層排水良好沖積土)、彰化田中 (石灰性排水不完全沖積土)、花蓮玉里 (片岩石灰性淺層排水不完全沖積土、屏東萬丹 (石灰性排水良好沖積土) 以台中秈 17 號水稻栽培種為試驗材料，氮肥等級採 0、90、150、210、270 kg N/ha 等 5 級，6 個試區田不同氮肥施用量之台中秈 17 號水稻品種於成熟期的產量進行年度間的比較，結果各區的試驗顯示，各等級施氮量間的增產率並無明顯的差異，如圖 5，6 個試區最高產量的施氮量並不相同，考慮最高產量和氮吸收利用率的試驗資料，各區一期作可將最高產量時的施氮量減少 20–38%，達到各試區土壤施氮肥時的最高利用率。

石灰質土壤氮素供應力與微量元素缺乏臨界值推論

一般石灰性土壤常有微量元素缺乏的問題而影響氮的供應，對於土壤殘留氮與水稻吸收情形，對兩試區不同土壤氮供應力而言，恆春試區細質地石灰質土壤明顯低於霧峰試區淺層低台地沖積土，檢討土壤有效營養元素含量與供應力的關係，可能由於石灰質土壤有效鋅含量低，成為水稻吸收氮素的限制因子，降低肥效。試驗數據顯示，當石灰質土壤的有效性鋅＜12 mg/kg 時，水稻容易出現缺鋅症狀，降低台中秈 17 號品種的氮肥效應，如圖 6。對於不同土壤氮供應力而言，應加強農田土壤的檢測與診斷，並針對不同土壤營養障礙加以改良，使其發揮最大的養分供應力。

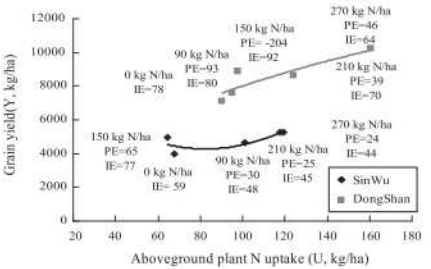


圖 4. 不同氮肥等級對台中秈 17 號於東山和新屋試區之水稻地上部累積與氮肥內部利用效率 (IE) 與生理利用率 (PE) 的表現

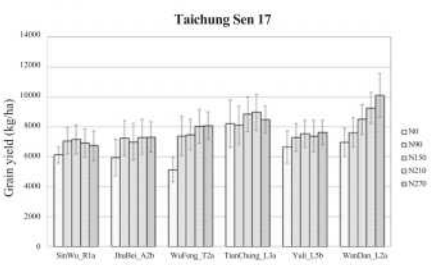


圖 5. 103 年一期作 6 個試區不同土壤類別不同等級施氮量對於台中秈 17 號水稻稻穀產量表現

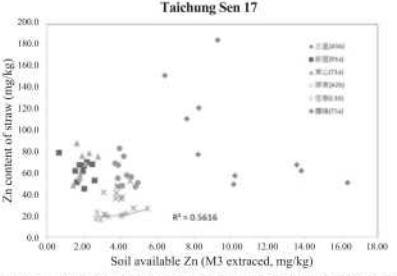


圖 6. 不同試區與土壤殘留鋅與台中秈 17 號水稻品種稻稈中鋅濃度含量關係

表 1. 不同氮肥等級處理對台中和 17 號水稻品種於 3 試區之產量與產量構成因子(2nd crop, 2012)

Location	N application (kg/ha)	Plant height (cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100-grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)	Harvest index (%)
SinWu								
	0	69[x] (10[y])	16(3)	39(14)	3.26(0.20)	96(2)	3983(807)	42(10)
	90	75(7)	18(2)	42(6)	3.16(0.27)	95(0)	4655(766)	36(8)
	150	80(11)	18(3)	45(26)	2.72(0.30)	94(3)	4944(723)	45(4)
	210	79(8)	19(2)	40(11)	3.20(0.08)	94(1)	5288(97)	35(3)
	270	84(6)	19(0)	43(16)	3.11(0.04)	93(1)	5246(462)	42(14)
WuFeng								
	0	91(0)	15(1)	71(7)	3.27(0.04)	97(1)	5186(638)	55(0)
	90	96(1)	18(1)	76(8)	3.33(0.05)	94(0)	6615(351)	54(2)
	150	96(0)	19(0)	86(8)	3.34(0.04)	96(2)	6758(230)	58(0)
	210	98(3)	20(0)	67(1)	3.31(0.04)	94(1)	7399(126)	53(6)
	270	95(1)	19(0)	71(9)	3.28(0.07)	92(4)	7432(70)	53(3)
DongShan								
	0	81(3)	16(1)	87(7)	3.25(0.07)	97(0)	7090(324)	61(1)
	90	87(2)	17(1)	87(13)	3.27(0.07)	96(1)	7620(435)	63(4)
	150	83(0)	18(0)	82(0)	3.24(0.07)	95(0)	8852(221)	62(1)
	210	86(2)	20(2)	88(7)	3.26(0.06)	94(1)	8651(1329)	65(4)
	270	92(5)	21(0)	88(1)	3.42(0.05)	98(0)	10198(899)	61(0)

[x]: average of replicate [y]: standard deviation of replicate.

表 2. 不同氮肥等級處理對台中和 17 號水稻品種於 3 試區之氮素吸收累積與轉運(2nd crop, 2012)

Location	N application (kg/ha)	Total leaves accumulated N (mg/hill)	Panicle			Total
			Total brown accumulated N (mg/hill)	Total husk accumulated N (mg/hill)	Total	
SinWu						
	0	172[x](36[y])	222(55)	32(4)	253	425
	90	333(154)	266(3)	34(3)	300	633
	150	153(64)	223(17)	29(4)	253	406
	210	403(85)	290(42)	45(13)	334	737
	270	380(129)	302(100)	66(24)	368	748
WuFeng						
	0	146(36)	294(100)	43(7)	338	483
	90	214(48)	314(61)	91(9)	405	619
	150	179(38)	342(41)	104(76)	446	625
	210	249(81)	362(25)	106(11)	467	717
	270	284(34)	401(139)	111(15)	512	796
DongShan						
	0	154(8)	332(9)	82(6)	414	568
	90	158(16)	359(24)	78(13)	437	596
	150	162(26)	359(38)	91(21)	451	613
	210	187(0)	475(116)	118(34)	594	781
	270	294(14)	549(40)	166(21)	716	1010

[x] average of replicate.
[y] standard deviation of replicate.

參考文獻

朱兆良. 2008. 'Research on soil nitrogen in China.' Acta Pedologica Sinica. 45(5).

Cassman, K. G., Peng, S. B., Olk, D. C., Ladha, J. K., Reichardt, W., Dobermann, A., &Singh, U. 1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. Field Crops Res. 56:7–39.

Dobermann, A., White, P. F.1999. Strategies for nutrient management in irrigated and rainfed lowland rice systems. Nutr. Cycl. Agroecosystems. 53:1–18.

Hossain, M. F., White, S. K., Elahi, S. F., Sultana, N., Choudhury, M. H. K., Alam, Q. K., Rother, J. A., & Gaunt, J. L. 2005. The efficiency of nitrogen fertilizer for rice in Bangladeshi farmers' fields. Field Crops Res. 93:94–107.

Jiang, L. G., Jiang, T. B. D. 2004. Characterizing physiological Nuse efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. Field Crops Res. 88:239–250.

Nakano, H., Morita, S. 2007. Effects of twice harvesting on total dry matter yield of rice. Field Crops Res. 101:269–275.

Nakano, H., Hattori, I., Sato, k., &Morita, S. 2009. Effects of double harvesting on estimated total digestible nutrient yield of forage rice. Field Crops Res. 114:386–395.

Nakano, H., Morita, S., Hattori, I., &Sato, k.2008. Effects of planting time and cultivar on dry matter yield and estimated total digestible nutrient content of forage rice in southwestern Japan. Field Crops Res. 105:116–123.

Nakano, H., Morita, S.2008. Effect of time of first harvest, total amount of nitrogen, and nitrogen application method on total dry matter yield in twice harvesting of rice. Field Crops Res. 105:40–47.

Witt, C., Dobermann, A., Abdulrachman, S., Gines, H. C., Wang, G., Nagarajan, R., Satawatananont, S., Tran,Thuc Son, Pham Sy Tan, Le van Tiem, Simbahan, G. C., & Olk D. C. 1999. Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. Field Crops Res. 63:113–138.

Studies on the Low-input Farming System of Yield of Forage Rice of Taichung Sen 17

Chih-Feng Chiang[1]*

Abstract

It's self-produced a serious shortage of feed supply source, a large number of imports each year, cultivation of forage rice technology developed to address the shortage of self-produced feed and stable feed production. From the fallow fields (including: low-yielding rice fields, marginal land) of the soil characteristics to start with selection of suitable varieties, development of high yield per unit area of soil management and fertilization techniques, including diagnosis and soil nutrient management technologies. The variety and nitrogen (N) management play a vital role in rice production and nitrogen use efficiency (NUE). In order to optimize N application patterns for variety of Taichung sen 17 of rice, we have conducted fertilization experiments with five N applied rates, include 0, 90, 150, 210 and 270 $kgNha^{-1}$ in 6 locations in Taiwan. The establishment of the forage rice production adjustment mechanism, enhance the active use of paddy fields. The results reveal effect of sit and applied rate of N on grain yield for variety of Taichung sen 17 were significant ($p<0.05$). The N efficiency was highest under applied rate of 90 $kgNha^{-1}$ among various applied rates. The higher mean temperature has significant effect on the transfer and accumulation of biomass and nitrogen to panicle of most experiments. Nevertheless, the higher mean temperature decrease the transfer of those to the grain.

Keywords: Forage Rice, Soil Management, Nitrogen Use Efficiency.

1 Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Executive Yuan.

* Corresponding Author, Email: cfchiang@tari.gov.tw; Tel: 04-23317404.

土壤與作物營養診斷技術應用於氣候變遷下低投入型耕作制度發展

譚增偉 [1]*

摘要

本研究主要利用本所農場 68 號田區設立的長期不同耕作制度與肥力監測試驗田，旨在應用土壤與作物營養診斷技術於低投入型耕作制度發展，以因應氣候變遷下耕作制度調適。試驗田土壤屬砂頁岩粘板岩非石灰性混合沖積土，研究顯示：1.長期旱作嚴重影響土壤酸化，水田種植水稻為防止或減緩土壤酸化與維持土壤肥力平衡穩定之自然方法。2.作物殘株處理方式不論是移除、掩埋或焚燒，三者間對土壤有機質含量的影響，差異並不顯著；相反的，三種殘株處理方式均造成土壤中有機質含量呈逐年遞增趨勢。3.完成不同耕作制度下，水土環境親和指標之建立，及其量化影響；如土壤有機質分解與 pH 變化與溫度有關，可作為氣候變遷下溫度變化之影響指標監測；土壤有效性鉀可作為防範旱作水患之臨界濃度為 80 mg/kg。4.灌溉水與土壤中之有效性氮 (銨態氮與硝酸態氮) 含量嚴重影響水稻之 N 管理，包括 N 肥用量、倒伏、穗肥需要與無 N 區產量百分率等；其相關臨界濃度分別為 6 與 30 ppm。5.強酸性土壤施苦土石灰可有效調節改善土壤營養元素之有效態含量，顯著提高水稻、玉米、大豆與小麥產量。6.土壤質地、土壤有效水份供應 (土層深度) 及土壤 pH 嚴重影響缺水環境下旱作 (小麥、玉米、大豆) 之生育，可為發展旱作適栽區規劃之考量因子。

關鍵詞：耕作制度、連作、輪作、土壤肥力、土壤酸化。

前言

氣候變遷對未來影響以全球溫度上升為主；降雨量在各地變化不一，但趨勢為無雨的旱日天數增加，且破紀錄的降雨量卻不斷出現。氣候是土壤生成的五大重要因子之一，不同的氣溫與降雨也造就不同的生態環境。因此，氣候變遷勢必對土壤環境造成一定程度的衝擊。Pal 在 2009 年的研究指出，氣候會影響土壤生成化育、物理、化學以及生物性質。隨著氣候逐年上升，土壤中的土壤有機質也會遭受分解 (Martin *et al.*, 2010; Wan *et al.*, 2011)，或是提高土壤中的微生物及土壤酵素活性 (Sowerby *et al.*, 2005)。

1 行政院農業委員會農業試驗所副研究員 tsengweitan@tari.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：tsengweitan@tari.gov.tw；電話：04-23317413。

土壤中有機質及殘留物，其分解速率受土壤溫度、氧氣及土壤水分的影響。若在水分足夠的情況下，高溫將會提高土壤微生物的活性，有助於有機質分解及微生物的呼吸作用而損失碳 (Hutchunson *et al*., 2007; Martin *et al*., 2010)。降雨也影響有機碳的累積，降雨多的地區植生多，土壤有機碳含量也高。Bottner (2000) 的研究結果也顯示在乾旱地區的土壤，即使溫度上升 2℃，其礦化作用並沒有顯著差異，顯示除溫度外，水分也是一項重要因子。

1. 在氣候變遷中，我國遭遇缺水 (乾旱) 與極端氣候機率大增，如何善用及配合各地區的水土資源，以衡量耕作制度的調整，從糧食增產的角度，發揮其貢獻度而彌補如缺水地區的糧食嚴重減產，甚或達成互補與平衡性，以因應氣候變遷下之整體性糧食生產安全。
2. 各地區考量氣候條件、水資源供應之外，如何發揮土壤特性及配合栽培技術，以調節與適應氣候變遷。
3. 氣候變遷中如溫度增加與水分問題，均可嚴重影響作物之生育與滋長病蟲之發生，如何從土壤、營養與營栽培管理策略及技術著手，減輕其危害程度是為要策。

故本研究目的，應用土壤與作物營養診斷技術於低投入型耕作制度發展以因應氣候變遷下耕作制度調適。

材料與方法

試驗田區平均分割為 4 部分，各部分不同連、輪作區，一年兩期作計：(I)水稻連作，即兩期作均水稻；(II) 一期水稻、二期旱作 (玉米)；(III) 一期旱作 (玉米)、二期水稻；(IV) 旱作連作，即兩期作均為玉米。各部分內之處理均為 3 種：(1) 僅施化學肥料+作物殘體移除；(2) 施化學肥料+作物殘體掩埋；(3) 施化學肥料+作物殘體燒灰。計 2 重複，24 小區，小區面積 10 m × 10 m。水稻採人工插秧，行株距 24 cm × 24 cm；玉米整地播種，行株距 70 cm × 25 cm。前述作物殘體移除，意指作物收穫後，將地上部份之莖稈移除田區，其中水稻以聯合收割機收穫後，稻草不經切碎直接留於地表，再以人工移除之，但仍保留地上部經收割機收穫後切留稻株之稻草頭 (約 10 cm 長)，而玉米稈則以人工用鐮刀自地表約 10 cm 切下移除之；作物殘體掩埋，意指以聯合收割機收穫水稻後，經切碎之稻草留於地表，玉米稈則以人工用鐮刀切成小段留於地表，二者於整地時再分別以曳引機隨碎土混合而掩施土中；作物殘體燒灰，意指未經切碎之稻草與玉米稈留於地表，乾後點火燒之，整地時再分別以曳引機隨碎土混合而掩施土中。本試驗田完全使用化學肥料；氮肥用硫銨、磷肥用過磷酸鈣，鉀肥用氯化鉀。一、二期水稻三要素用量均為 124 kg N/ha (基肥、一追、二追各 27.7%及穗肥 17%)，140 kg P_2O_5 /ha (100%作基肥)，70 kg K_2O/ha (基肥及一追各 50%)。春、秋作玉米三要

素用量均為 270 kg N/ha (基肥，一追各 50%)，140 kg P_2O_5/ha (100%作基肥)，70 kg K_2O/ha (基肥，一追各 50%)。即玉米之氮肥用量為水稻的 2 倍，磷、鉀用量則相同。每年一、二期作後 (玉米為秋作後) 各小區分別採取表、底土樣本，每期計 48 個土樣。有效性氮 (土壤交換性 NH_4^+、$NO3^-$) 用 2 M KCl 抽出 (水土比 1:10)，再以氮自動分析儀測定；交換性陽離子用中性醋酸銨法，以 ICP 測定鈣、鎂、鉀。

結果

環境親和耕作制度之環境指標建立 (監測) 及其量化指標之影響程度

(一) 土壤與灌溉水之環境親和指標

其中灌溉水部份包括 pH、EC，總氮量與 9 種重金屬元素；土壤則為 pH、EC、有機質、有效性氮、有效性磷、有效性鉀、交換性鈣鎂與重金屬元素等。連續 2 年多監測結果，重金屬並未超過灌溉用水水質標準，唯總 N 量則在各年度月份內均有非連續性出現超過灌溉用水水質標準者 (3.0 mg/L) 如圖 1 所示，此有效性氮 (銨態氮與硝酸態氮)與土壤中之有效性氮含量嚴重影響水稻之 N 管理，包括 N 肥用量與無 N 區產量百分率。本試區，土壤硝酸態 N 在極低等級 (<5 mg/kg) 下，101 與 102 年水稻一期作之無 N 區產量百分率為 37.49%、33.7%，土壤 N 提升至低等級 (<15 mg/kg) 則為 41% (102 年一期作)；101 年二期水稻土壤極低 N 者無 N 區百分率則為 48.2%當土壤 N 提升至低等級則高達 51.9%，均較一期為高，乃因二期作初期溫度有利於土壤之礦化作用釋出有效性氮。在此灌溉水與土壤有效性氮條件下，水稻最高產量之氮需要量為 210 kg/ha，如圖 1。

(二) 耕作制度對土壤 pH 及交換性鈣鎂含量之影響

不同耕作制度間造成土壤 pH、交換性鈣、鎂含量與鈣鎂比呈明顯差異，以水稻連作者最高，且穩定無逐年減少或增加之情形，水旱田輪作者次之，旱作連作者最低並呈逐年減少趨勢，表示不同耕作制度中水田作用對穩定土壤肥力的重要性。更顯示多氮肥之旱作連作，土壤酸化及伴隨之鈣鎂離子淋洗強烈，此時 pH 可從水田連作之 5.8 下降至 3.5，交換性鈣、鎂含量更出現減少至小於 200 與 30 mg/kg 者，並嚴重影響交換性鈣鎂比值，可從水稻連作區的最小比值 6:1 增加至 20:1；影響並及底土。

1. 土壤 pH 變化：

在完全施用化學肥料下，不同耕作制度試驗結果在連續 20 年間不論一、二期作以水稻連作區的 pH 最高，介於 5.4–6.2，平均為 5.8±0.2，且保持穩定狀態沒有逐年升高或下降的趨勢；水旱田輪作，不論一期水田二期旱作或一期旱作二期水田則居中，前者介於 4.1–5.4，平均為 4.9±0.4，平均下降 0.9±0.4，後者介於 4.2–5.6，平均為 5.1±0.35，平均下降 0.7±0.4；旱作連作區者最低，介於 3.5–5.1，平均為 4.3±0.4，平均下降 1.5±0.5，

且在開始的數年間呈逐年快速下降趨勢，此為肥料所導致之土壤酸化，而下降的速度如此之快，則與原土壤為非石灰性，對 pH 的緩衝作用較小有關，致與水田之差異幅度亦擴大，1995 年後旱作連作區硫銨肥料用量減半，致後幾年 pH 保存在一較低範圍稍有回升，並無繼續下降。又對水旱田輪作而言，旱作後的 pH 必較水田後的 pH 為低，旱作後再經種水稻，pH 又上升，但仍較水稻連作區為低，如圖 2。

2. 土壤交換性鈣含量變化：

在連續 20 年間不論一、二期作以水稻連作區 (I) 者最高，1155–1710 mg/kg，平均為 1382±137 mg/kg；水旱田輪作，不論一期水田二期旱作 (II) 或一期旱作二期水田 (III) 則居中，前者介於 611–1110 mg/kg，平均為 883±142 mg/kg，與水稻連作區比較，平均減少 499±175 mg/kg，後者介於 589–1210 mg/kg，平均為 923±174 mg/kg，平均減

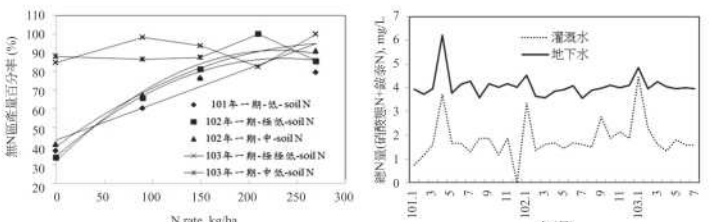


圖 1.氮施用量與無氮區產量百分率之關係及灌溉水與地下水中有效性氮含量分佈。

Fig. 1. The distribution of available nitrogen in irrigation and ground water and relationship between nitrogen applied and % of yield.

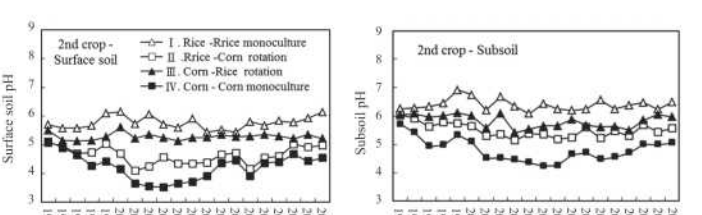


圖 2. 長期不同耕作制度對二期作後表底土酸鹼度之影響。

Fig. 2. Effect of long-term cropping systems on surface and subsoil pH after 2nd crop.

少 459±180 mg/kg；旱作連作區 (IV) 介於 186–850 mg/kg，平均為 469±186 mg/kg，平均減少增至 469±186 mg/kg，且在開始的數年間呈逐年快速下降趨勢。又對水旱田輪作而言，不論一期水田二期旱作或一期旱作二期水田，旱作後的交換性鈣含量在大多數年度均顯示小於水田後之測值，故圖 3 中 II 之測值一期＞二期，III 之二期＞一期及 II 之一期＞III 之一期，III 之二期＞II 二期，此一影響亦及於底土。

3. 土壤交換性鎂含量變化：

本試區土壤在連續 20 年間，表土交換性鎂含量平均為鈣之 13%；不同耕作制度間表土交換性鎂含量一開始即呈明顯差異，在連續 20 年間不論一、二期作以水稻連作區者最高，介於 173–240 mg/kg，平均為 205±15 mg/kg；水旱田輪作，不論一期水田二期旱作或一期旱作二期水田則居中，前者介於 52–162 mg/kg，平均為 110±29 mg/kg，與水稻連作區比較，平均降幅 34.4%，後者介於 54–184 mg/kg，平均為 126±34 mg/kg，與水稻連作區比較，平均降幅 38.5%；旱作連作區者最低，介於 21–100 mg/kg，平均為 47±18 mg/kg，平均降幅增至 70%，且在開始的數年間呈逐年快速下降趨勢，又對水旱田輪作而言，不論一期水田二期旱作或一期旱作二期水田，旱作後的交換性鎂含量如同交換性鈣者明顯低於水田後之測值。至於底土，在連續 20 年間，其交換性鎂含量亦如表土僅及鈣之 14%；長期施用化學肥料的結果，對各耕作制度下交換性鎂含量變化的影響，如同鈣者，亦及於底土，如圖 4。

本長期試驗，土壤酸化過程伴隨鈣鎂離子的的淋洗作用，致不同耕作制度間 pH 與交換性鎂及交換性鈣之分佈及差異性相當一致 (圖 2–4)，致 pH 與交換性鎂、交換性鈣含量間呈明顯直線正相關 (圖 5)，而交換性鈣與交換性鎂間之相關更顯著，此時 Ca 直線之斜率雖遠大於鎂者，但對 Mg 而言尤其在低 pH 時含量已屬極低等級(Landon 1984)，

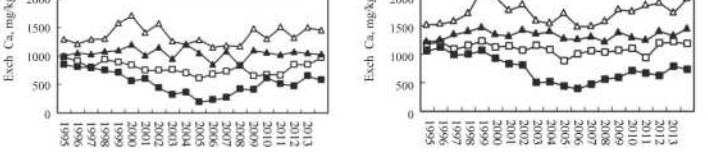


圖 3. 長期不同耕作制度對表底土二期作交換性鈣含量之影響。

Fig. 3. Effect of long-term cropping systems on surface and subsoil exchangeable Ca content after 2nd crop.

而 pH 每下降 0.2 單位，交換性鎂即減少 17 ppm (圖 9-A)，又 Mg 在大多數土壤交換性位置上的吸附力樣比鈣小的多 (Barber 1984)，故在土壤酸化淋洗的過程對鎂的影響不可謂不大。

4. 不同耕作制度下土壤有機質含量變化

不同耕作制度在完全施用化學肥料下，表土有機質含量如圖 6 所示 (二期作後之測值)，剛開始的二期作後測值僅兩期結果而差異極小，其後即差異明顯且擴大，在連續 20 年間以旱作連作區者表土有機質含量最高，介於 15.5–30.0 g/kg，平均為 22.7±4.6 g/kg；水稻連作區者次之，介於 15.4–23.1 g/kg，平均為 19.1±2.5 g/kg，較旱作連作平均減少 3.7±2.4 g/kg；水旱田輪作最低，其中一期旱作二期水田者又較一

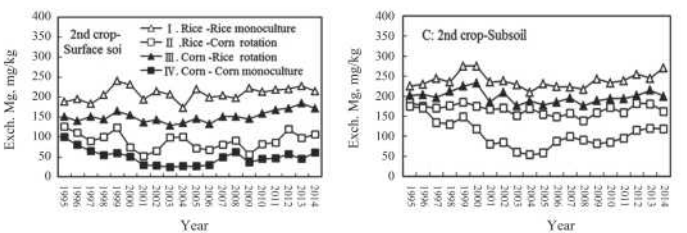


圖 4. 長期不同耕作制度對表底土二期作交換性鎂含量之影響。

Fig. 4. Effect of long-term cropping systems on surface and subsoil exchangeable Mg content after 2nd crop.

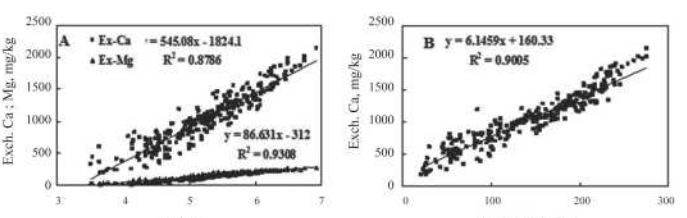


圖 5. 連續 20 年之土壤交換性鈣、鎂含量間及其與土壤酸鹼度的關係。

Fig. 5. Relationship between soil exchangeable Ca、Mg content and soil pH, and between exchangeable Ca and exchangeable Mg during 1987–2006.

期水田二期旱作者略高，前者介於 15.8–21.5 g/kg，平均為 18.1±1.9 g/kg，較水田連作平均減少 1.0±0.9 g/kg；後者介於 13.8–20.7 g/kg，平均為 16.6±2.2 g/kg，較水田連作平均減少 2.4±0.9 g/kg。上述各耕作制度，表土有機質含量隨年度間呈增加趨勢如 6，其中又以旱作連作者最大，則各年度增加之幅度介於 0.4–14.5 g/kg，20 年間平均增加 7.6±4.4 g/kg；水稻連作者次之，各年度增加之幅度介於 0.2–7.7 g/kg，平均增加 3.9±2.4 g/kg；輪作者最低，其中一期旱作二期水田者，各年度增加之幅度介於 -0.1–5.6g/kg，平均增加 2.3±1.8 g/kg；而一期水田二期旱作者增加最小，各年度增加之幅度介於 -0.6–6.3 g/kg，平均增加 2.2±2.1 g/kg。

至於底土有機質含量變化如圖 6 之右，顯示年度間各不同耕作制度之底土有機質含量及其分佈幅度遠不及表土，且在不同耕作制度間並不如表土之差異明顯，其中水稻連作者有機質含量介於 11.1–15.0 g/kg，平均為 13.2±0.9 g/kg；一期水田二期旱作者介於 10.4–13.9 g/kg，平均為 12.6±0.9 g/kg；一期旱作二期水田者介於 10.1–13.2 g/kg，平均為 11.8±0.9 g/kg；旱作連作者介於 11.1–16.7g/kg，平均為 13.6±1.7 g/kg。

(三) 不同作物殘體管理之土壤有機質含量變化

各耕作制度下，作物殘株不同處理方式下土壤有機質含量變化如圖 7，顯然殘株處理之間，不論是移除，掩埋或焚燒，差異趨勢並不明顯，即圖之顯示，並非每個年度均以殘株掩埋者之土壤有機質含量最高，抑或殘株移除者其有機質含量就一定最低，但均隨年度呈增加趨勢。其中水稻連作區 (圖 7)，殘株掩埋、殘株移除、殘株焚燒者其有機質含量分別平均為 19.6±3.1 g/kg、18.8±2.3 g/kg、18.8±3.3 g/kg；旱作連作區

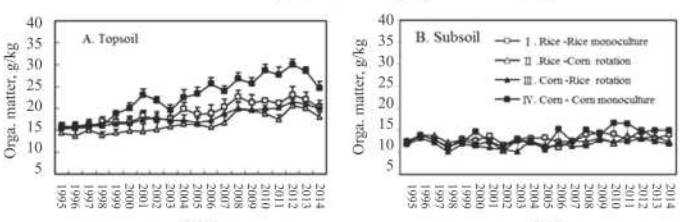


圖 6. 長期不同耕作制度對二期作後表底土有機質含量之影響。

Fig. 6. Effect of long-term cropping systems on content of soil organic matter in topsoil (A) and subsoil (B) tested after the second crop in each year. The experiment was conducted from 1987 to 2006 and, for each year, there were four treatments, including: I. Rice-Rice monoculture; II. Rice-Corn rotation; III. Corn-Rice rotation and IV. Corn-Corn monoculture.

，殘株掩埋、移除、焚燒者其有機質含量分別平均為 22.8±4.7 g/kg、22.6±4.4 g/kg、22.8±5.2 g/kg；一期水田二期旱作者各為 16.8±3.1 g/kg、16.9±2.7 g/kg、16.2±1.9 g/kg；一期旱作二期水田者則為 18.4±2.0 g/kg、18.0±2.8 g、17.8±3.1 g/kg。此表示 20 年間，各耕作制度間有機質含量雖有差異，但同一耕作系統下之殘株掩埋、移除、焚燒，三者間對有機質含量之影響趨勢不明顯。

在不分耕作制度下，比較各殘株處理方式對土壤有機質含量變化，此時不同殘株處理方式之差異趨勢並不明顯，其中殘株掩埋處理者，20 年間土壤有機質含量介於 15.3–23.5 g/kg，平均為 19.4±2.8 g/kg；殘株移除者有機質含量介於 15.2–23.6 g/kg，平均為 19.1±2.7 g/kg；殘株焚燒者有機質含量介於 14.6–23.5 g/kg，平均為 18.9±2.9 g/kg。三者之差異趨勢雖不一致，但有機質含量均隨年度呈增加趨勢，以 1987 年為基準，殘株掩埋處理者各年度增加之幅度介於 0.3–9.1 g/kg，20 年間平均增加 4.3±2.7 g/kg；殘株移除者各年度增加之幅度介於-0.4–8.0 g/kg，20 年間平均增加 3.7±2.6 g/kg；殘株焚燒者各年度增加之幅度介於-0.4–8.5 g/kg，20 年間平均增加 4.1±2.8 g/kg。換言之，作物殘株處理方式不論是移除、掩埋或焚燒，三者間對土壤有機質含量的影響，差異並不顯著；即使將作物殘株移除或焚燒，並不會恆使土壤有機質含量少於將作物殘株掩埋於土壤中者，亦不會使土壤有機質含量逐年遞減，相反的，三種殘株處理方式均造成土壤中有機質含量呈逐年遞增趨勢。

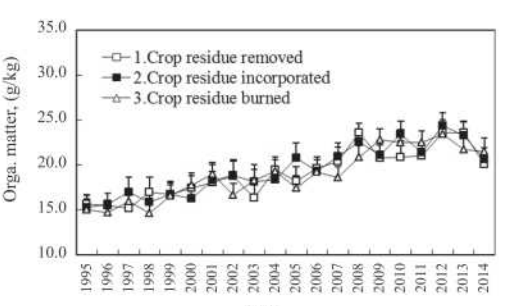


圖 7. 長期作物殘體管理對二期作後表土有機質含量分佈趨勢及差異比較。

Fig. 7. Effects of long-term crop residue managements on content of organic matter in top soil survey each year after the second crop during 1987–2006. The methods for residue management in each year were: crop residue removed, crop residue incorporated in the soil and crop residues burned.

(四) 連輪作下之水稻與玉米產量

水稻產量：長期試驗的 20 年間，在僅施化學肥料下，水稻一、二期作在不同連作、輪作制度下的產量如圖 8 所示；其中水稻連作區，一期作產量介於 4110–6027 kg/ha，平均為 5445 kg/ha±417 kg/ha，二期作產量介於 3533–5570 kg/ha，平均為 4398 kg/ha±490 kg/ha 而恆低於一期作，約為一期作的 72–94%，平均約為 81±7%；水旱田輪作區，一期作產量介於 5343–6800 kg/ha，平均為 6266±354 kg/ha，二期作產量介於 4120–5757 kg/ha，平均為 5214±417 kg/ha 亦恆低於一期作，約為一期作的 76–96%，平均約為 83±6%。。顯然水稻之自耐性極強，可連作而不致減產，雖已連作了 20 年，不論一、二期作並無產量逐年下降趨勢。而在與旱作玉米輪作 (水稻-玉米及玉米-水稻) 的情形下，此時輪作區水稻的產量不論一、二期作均恆較水稻連作區為高，其中輪作區一期作水稻增產最大的年度為 2001 年及 2003 年的 30%，增產最少的為 1988 年的 4%，20 年間平均約增產 16±6%；輪作區二期作水稻增產最大的為 1992 年的 35%，最小的為 1988 年的 2.9%，平均約為 19±9%。此顯示，水稻與旱作輪作時顯著提高了土壤之水稻生產潛力。雖輪作二期產量大於連作二期作，但其產量仍無法超過連作一期作 (圖 8)。

水稻之養分含量：水稻成熟時稻草中巨微量營養要素濃度除鈣外，輪作者明顯高於連作 (表 1)，其中以錳最明顯，輪作為連作的 2.4 倍；其次為氮、磷與銅，達連作的 1.5 倍；再其次為鋅，其濃度亦有連作的 1.3 倍；鐵與鎂最小，至少亦有 10%的增加，顯見輪作有促進水稻對養分吸收的效果，唯鈣之濃度，輪作者僅為連作的 87%，顯示輪作時氮對鈣的吸收有拮抗作用。

玉米產量：連續 20 年的春作及秋作連、輪作玉米產量結果比較如圖 8-B 所示，其中 2000 年以前為飼料玉米台農 351 號，之後則為台農 1 號飼料玉米。顯然，玉米連作障礙極其明顯而嚴重，尤其是台農 351 號品種，前 14 年間春、秋作產量分別從 4260、5240 kg/ha 減產至 2000 年的幾無產量即 95 kg/ha 及 794 kg/ha；而輪作產量雖明顯高於連作，但產量亦呈下降趨勢，唯下降速率不如連作者嚴重 (圖 8-B)，此表示在水旱田輪作下，與玉米連作相比，輪作區雖然產量較高，但因輪作週期較短，仍無法完全除去連作障礙，致不論是水稻－玉米或玉米－水稻之玉米產量仍呈下降趨勢，但與連作不同，在連作幾無產量的年度，輪作區玉米尚有 1000 kg/ha 收穫。玉米連作障礙，產量不佳的情形，並非田間玉米發芽率低，而是發芽後，幼苗生長受阻，約在 30–40 cm 高度即枯萎而死，致造成缺株極其嚴重。2001 年春作開始改種台農 1 號，卻不見連作區出現上述株高 30 cm 即枯死情形，反見植株生長良好，玉米產量則不論連輪作，均可達 4000 kg/ha 以上，完全不顯旱作連作的障礙，或水－旱作輪作週期太短的問題，尤其是改種台農 1 號當年的春作，連作產量達 4243 kg/ha，遠高於前作玉米 (秋作) 僅 794 kg/ha 之產量，甚至並不低於當年輪作之 4251 kg/ha，而與連作下期秋作產量之 4342

kg/ha 者相當；秋作才開始顯現輪作區產量較高。2005 及 2006 年秋作，甚至出現連作產量並不低於輪作的情形。

討論

不論是連作或輪作，均以較長期的觀察與試驗所獲得的資料才有參考價值，尤其在當大氣中臭氧減少與 CO_2 等濃度增加帶予全球環境之變遷與農業的衝擊，更加深了永續土壤資源與農業生產的重要性。最早即關注長期耕作對土壤及作物產量會產生什麼影響者為英國人 John Bennet Lowes，其建立了世界上歷史最悠久之試驗農場，仍有

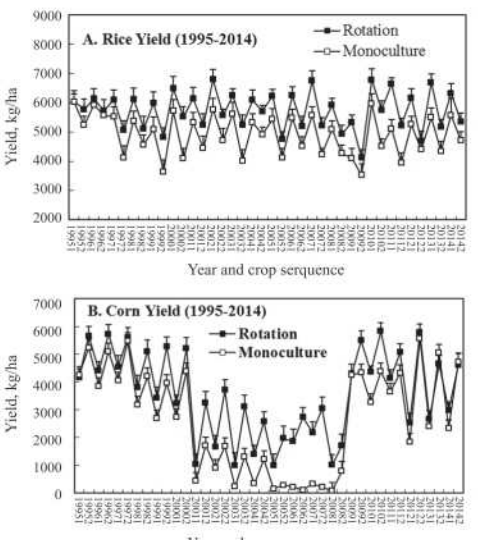


圖 8. 連作與輪作對水稻及玉米連續 20 年間產量之影響。19951、19952 分別表示 1995 年一期作 (水稻或春作玉米) 及 1995 年二期作 (水稻或秋作玉米)。

Fig. 8. Effect of monoculture and crop rotation on yields of rice and corn during 1995-2014. 19951、19952 represent lst crop in 1995 (rice or spring corn) and 2nd crop in 1995 (rice or fall corn), respectively.

多個長期試驗仍在進行 (Jenknson 1991; Blair *et al*. 2006; De Nobili *et al*. 2008)，有的甚至長達 150 年之久。也因此，世界各地仍有許多和土壤環境與作物生產有關的長期田間試驗在進行。(Schwab *et al*. 1990; Campbell *et al*. 1991 Jenknson 1991; Izaurralde *et al*. 1995; Blake *et al*. 1999)，涉及的項目包括耕作制度、連作、輪作、耕犁、有機質與化學肥料，作物殘株利用等問題。

有感於土壤資源永續利的重要，故從 1987 年起於本所設立了長期肥力田間試驗；探討耕作制度對土壤與作物之影響。

水稻係自耐性極強的作物，可連作而不致減產；事實上，世上水稻栽培可連作百餘年而未聞有減產情事者 (Raymundo 1978)。本試驗顯示，水稻在連作的情形下，不論一二期作，產量雖然沒有逐年遞減趨勢，這並不表示連作的障礙不存在，因輪作的產量不論一、二期作恆大於連作 (圖 8-A)，即表示水稻連作障礙是存在的，只是其以較低且非逐年遞減性的產量在一定範圍內浮動，此即為其自耐性，當此障礙一旦除去或減輕，產量即可徒然增加。Chou (1984) 即指出本省水稻第二期作之產量恆低於第一期之部分原因是由於植物相剋作用所引起。雖然如此，本結果輪作二期產量雖高於連作二期作，但仍無法使其產量超過連作一期者 (圖 8-A)，此表示二期作之產量恆低於一期作，還有別的原因如氣候等 (Wu 1979)。

有關輪作之增產效果與影響機制，至少涉及與促進根系活性、減少土壤中毒物質產生與增加某些養分的有效性有關 (Kao *et al*. 1983; Karlen *et al*. 1994; Gupta *et al*. 2007)；本試驗分析收穫期稻草之元素含量，顯示輪作區水稻除鈣外，多量與微量營養要素濃度均明顯高於水稻連作者 (表 1)，此即表示輪作確有促進水稻根系吸收養分效果，唯鈣者相反，輪作者僅為連作的 87%，可能與輪作時水稻根系活性大增，氮吸收能力增加，在氮吸收太多情形下 (稻草中氮含量輪作者為 0.92%，是連作的 1.5 倍，表 4) 反而抑制鈣的吸收有關。

灌溉水栽培期間內，每期作水田 10 公畝中，平均供給約 100 萬公升之灌溉水。灌溉水中成分的濃度雖小，但稻作期間內，從灌溉水供給水田中之無機成分的總量則大，故不可忽視之。我國河川含 Ca、K、SiO_2 平均為 8.8、1.12、19.02 mg/L 則表示一

表 1. 不同耕作制度對水稻蔪桿巨微量營養要素含量的影響
Table1. Effect of cropping systems on uptake of macro-and micronutrient in rice straw after harvest

Cropping system	Concentration in rice straw (mg / kg)								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Rice monoculture	6155±263	577±30	10440±665	3224±127	1572±95	184±7	401±37	31±5	4.1±0.8
Rice rotation	9191±438	885±111	12399±490	2807±107	1764±63	202±8	61± 96	40±1	6.5±0.7

季稻作中，對 10 公畝水田，灌溉水可供給碳酸鈣 22 Kg，氯化鉀 23 Kg 及矽酸約 19 Kg，仍可維持相當高的收量，且這收量通常比旱田者為高。這是因於灌溉水可供給多量的天然養分之故。

一般灌溉水如濁水溪流域可補充鈣、鎂等鹼性成分，種植水稻不但可藉帶豐富之灌溉水而補充多量鹼性成分，且因土壤在浸水狀態下受還原作用之影響而消耗 H^+ (Garrison Sposito 1989)，故水田種植水稻為防止或減緩土壤酸化之自然方法。

土壤酸化過程伴隨鈣鎂離子的的淋洗作用，致不同耕作制度間 pH 與交換性鎂及交換性鈣之差異性相當一致，即 pH 與交換性鎂、交換性鈣含量間呈明顯直線正相關而交換性鈣與交換性鎂間更呈極明顯直線正相關 (R^2 =0.7762)。而 pH 每下降 0.2 單位，交換性鈣即減少 25 ppm，又 Mg 在大多數土壤交換性位置上的吸附力樣比鈣小的多 (Barber 1984)，故在土壤酸化淋洗的過程對鎂的影響不可謂不大。

由於水稻兩個期作歷經之溫度分佈不同，本調查一期作由低溫至高溫，二期作則由高溫至低溫，其中一期作之平均溫度較高，平均為 25.3±0.3 ℃，二期作之平均溫度較低，平均為 21.5±0.57 ℃，恒較一期作平均低 4.4±0.68 ℃，此種差異，有可能一、二期作後土壤有機質含量不同。通常溫度會嚴重影響土壤有機質的分解，自然亦影響有機質含量的高低，及地區性、季節性的差異分佈 (Tanaka 1978; Spoisito 1989; Spoisito and Zabel 2003; Yadvinder-Singh *et al*. 2004; Hartemink 2006)，即使是少量的溫度變化，亦足以影響土壤中有機質的生化反應 (Karlen *et al*. 1994)。

綜合以上討論本研究

1. 長期旱作嚴重影響土壤酸化，水田種植水稻為防止或減緩土壤酸化與維持土壤肥力平衡穩定之自然方法。
2. 作物殘株處理方式不論是移除、掩埋或焚燒，三者間對土壤有機質含量的影響，差異並不顯著；相反的，三種殘株處理方式均造成土壤中有機質含量呈逐年遞增趨勢。
3. 完成不同耕作制度下，水土環境親和指標之建立，及其量化影響；如土壤有機質分解與 pH 變化與溫度有關，可作為氣候變遷下溫度變化之影響指標監測；土壤有效性鉀可作為防範旱作水患之臨界濃度為 80 mg/kg。
4. 灌溉水與土壤中之有效性氮 (銨態氮與硝酸態氮) 含量嚴重影響水稻之 N 管理，包括 N 肥用量、倒伏、穗肥需要與無 N 區產量百分率等；其相關臨界濃度分別為 6 與 30 ppm。5.強酸性土壤施苦土石灰可有效調節改善土壤營養元素之有效態含量，顯著提高水稻、玉米、大豆與小麥產量。6.土壤質地、土壤有效水份供應 (土層深度) 及土壤 pH 嚴重影響缺水環境下旱作 (小麥、玉米、大豆) 之生育，可為發展旱作適栽區規劃之考量因子。

參考文獻

Barber, S.A. 1984. Chapter 12. Magnesium. p.275–296. in: Soil nutrient Bioavailability. John Wiley & Sons. Inc. 398 pp.

Blake, L., K. W. T. Goulding, C. J. B. Mott, and A. E. Johnston. 1999. Changes in soil chemistry accompanying acidification over move than 100 years under woodland and grass at Rothamsted Experimental Station, UK. Eur. J. Soil Sci. 50:401–412.

Bottner, P., M.M. Couteaux, J. M. Anderson, B Berg, G. Billes, T. Bolger, H. Cassabianca, J. Romanya, and P. Rovira. 2000. Decomposition of C-labelled plant material in a European 65–40 latitudinal transect of coniferous forest soils simulation of climate change by translocation of soils. Soil Biol. Biochem. 32:527–543.

Campbell, C. A., M. Schnitzer, G. P. Lafond, R. P. Zentner, and J. E. Knipfel. 1991. Thirty-year crop rotation and management practices effects on soil and amino nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J.55:739–745.

Chou, C. H.1984. Allelopathy in tropical agroecosystems in Taiwan. In the Proceeding of Sysposium on Tropical Plants. Academia Sinica Monograph Series. 6:29–43.

De Nobili, M., M. Contin, N. Mahieu, E.W. Randall, P. C. Brookes. 2008. Assessment of chemical and biochemical stabilization of organic C in soils from the long-term experiments at Rothamsted (UK). Waste Manage. 28:723–733.

Hartemink, A. E. 2006. Assessing soil fertility decline in the tropics using soil chemical data. Adv. Agron. 89:179–225.

Hutchunson, J. J., C. A. Campbell, and R. L. Desjardins. 2007. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture in agriculture. Agr. Forest Meteorol.142:288–302.

Ju, X., and G. Cheng.2009. Climate change effects on soil carbon dynamics and greenhouse gas emissions in Abies fabric forest of subalpine, southwest China. Soil Biol. Biochem. 41:1015–1021.

Pal, D. K., T. Bhattacharyya, P. Chandran, S. K. Pay, P. L. A. Satyavathi, S.L. Durge, P. Raja, and U..K. Maurya.2009. Vertisols (cracking clay soils) in a climosequence of Peninsular India: Evidence for Holocence climate changes. Quatern. Int. 209:6–21.

Izaurralde, R. C., Y. Feng, J. A. Robertson, W. B. McGill, N. G. Juma, and B. M. Olson. 1995. Long-term influence of cropping systems, tillage methods, and N sources on nitrate leaching. Can. J. Soil Sci, 75:497–505.

Jenknson, D. S. 1991. The Rothamsted long-term experiments: Are they still of use? Agron. J. 83:2-10.

Kao, M. M., T. S. C. Wang, W. C. Liu, S. W. Li, and J. J. Shiue.1983. The concept and improvement of the yield decline of monoculture sugarcrne in the TSC farm during the past 30 years. Rep. Taiwan Sugar Res. Inst, 100:25–43. (in Chinese with English summary)

Karlen, D. L., G.. E. Varvel, D. G.. Bullock, and R. M. Cruse. 1994. Crop rotations for the 21st century. Adv. Agron. 53:1–45.

Martin, D., T. Lal, C. B. Sachdev, and J. P. Sharma. 2010. Soil organic carbon storage changes with climate change, landfrom and land use conditions in Garhwal hills of the Indian Himalayan mountails. Agr. Ecosyst. Environ. 138:64–73.

Pathak, H. 2007. Yield and phosphorus transformations in a rice-wheat system with crop residue and phosphorus management. SSSAJ. 11:1500–1507.

Raymundo, M. E.1978.Rice soil of the Philippines. p.115-134. in: Soil & Rice. TRRI. Los Banos. Laguna, Philippines.

Schwab, A. P., C. E. Owensby, and S. Kulyingyong. 1990. Changes in soil chemical properties due to 40 years of fertilization. Soil Sci. 149:35–43.

Sowerby, A., B. Emmett, C. Beier, A. Tietema, J. Penuelas, M. Estiarte, M. J. M. Van Meeteren, S. Hughes, and C. Freeman. 2005. Microbial community changes in heathland soil communities along a geographical gradient: interaction with climate change manipulations. Soil Biol. Biochem. 37:1805–1813.

Sposito, G.. and A. Zabel. 2003. The assessment of soil quality. Geoderma. 114:143–144.

Sposito, G. 1989. Electrochemical phenomena. p.106-126. Soil acidity. p.209–225. in: The chemistry of soils. Oxford University Press, Inc. 277 pp.

Wan, Y., E. Lin, W. Xiong, Y. Li, and L. Guo. 2011. Modeling the impact of climate change on soil organic carbon stock in upland soils in the 21st century in China. Agr. Ecosyst. Environ. 141:23–31.

Wu, H. P. 1979. Influence of climate and locality on rice yield difference between two crop seasons. p.39–48. in the Proceeding of Symposium on the Causes of Low Yield of the Second Crop Rice in Taiwan and the Measures for improvement. National Sci. Council. Pub. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English summary.)

Yadvinder,S., B. Singh, J. K. Ladha, C. S. Khind, R. K. Gupa, O. P. Meelu, and E. Pasuquin. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice-wheat rotation. Soil Sci. Am. J. 68:845–853.

Application Technique of Soil and Crop Nutrition Diagnosis on the Low Input Farming Systems Development under Climate Change

Tseng Wei Tan[1]*

Abstract

A long-term experiment was conducted from 1987 to 2014 in a field of noncalcareous sandstone and slate alluvial soil at the experimental farm of Taiwan Agriculture Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, to evaluate the effects of cropping systems on soil fertility and farming adjustment with climate changes. In this study, there were four cropping systems including Rice-Rice monoculture; Rice-Corn rotation; Corn-Rice rotation; and Corn-Corn monoculture. Research shows: 1. The prolonged upland cropping seriously affected soil acidification, paddy rice cultivation was the best natural method to prevent or mitigate soil acidification and the maintenance of soil fertility balance and stability. 2. Crop redisues treatment whether removal, incorporation or burning, among the three effects on soil organic matter content, the difference is not significant; on the contrary, three types of stubble soil organic matter content has an increasing trend. 3. Completed establishment of soil and water environment compatible pointer, and quantify impact under different cropping systems, such as soil organic matter decomposition and changes in pH and temperature, can be used as monitoring the effects of temperature changes in the climate change pointer; effectiveness of potassium in soils as a precaution upland flooding critical concentration of 80 mg/kg. 4. Available nitrogen (ammonium nitrogen and nitrate nitrogen) of irrigation water and soil in severely affected n management in rice, including n-fertilizer dosage, lodging, fertilizer needs and percentage yield; its threshold concentration was 6 and 30 ppm. 5. Applying magnesium oxide- lime can improved or regulated the strongly acidic soil on the nutrient content of effective state, and significantly improve the production of rice, corn, soybeans and wheat.6. Soil texture , soil available water supply (soil depth), soil pH with serious impact on water environment in dryland (wheat, corn, soybeans) to produce, are consideration factors for the development of suitable planting in dryland areas.

Keywords: Cropping System, Monoculture, Rotation, Soil Fertility, Soil Acidification.

1 Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Executive Yuan.

* Corresponding Author, Email: tsengweitan@tari.gov.tw; Tel: 04-23317413.

葉施養液對番石榴抗風效果及果實品質之影響

曾宥綡[1]* 賴文龍[2] 郭雅紋[3] 陳鴻堂[4]

摘要

臺灣農業生產常遇颱風侵襲，風災常導致農作物受損並影響農業經濟。本研究於颱風前行葉面噴施養液以增強樹體強韌性，探討降低果樹災損之可行性。番石榴修剪後於植株之東、西、南、北面選取枝條長度類似之結果枝做為調查標的，颱風來臨前之 4 月及 7 月，每 7-10 天葉面噴施不同養液處理 1 次，連續噴施 3 次，共計 6 次。並調查颱風前後番石榴葉片及果實性狀及元素養分含量。番石榴葉片噴施養液處理可增加葉片厚度，噴施 10 mM 硝酸鉀 + 10 mM 磷酸一鉀、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀可增加葉片比葉重，且葉體鉀鈣含量有明顯增加。麥德姆颱風後，未採防風網防護之葉片破損率以施用 10 mM 硝酸鉀 +10 mM 硫酸鈣、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀有顯著降低。番石榴盆栽受風測試結果顯示，葉面噴施 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀可顯著減少強風對葉片之傷害。果實糖度及硼含量則以施用 10 mM 硝酸鉀 + 10 mM 硫酸鈣 + 10 mM 磷酸一鉀有顯著增加，果粒數以施用 10 mM 硝酸鉀 + 10 mM 硫酸鈣 + 10 mM 磷酸一鉀、10 mM 硝酸鉀+10 mM 硫酸鈣、10 mM 硫酸鈣 + 10 mM 磷酸一鉀及 60 mM 磷酸一鉀有顯著增加。本研究綜合各項分析結果顯示，葉面噴施 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀具有做為颱風前果樹營養管理以降低風災對果樹傷害之潛力。

關鍵詞：颱風、葉面施肥、番石榴。

前言

臺灣地處於亞熱帶與熱帶交會地區，四面環海，屬於高溫多濕的海島型氣候，其氣候多變常影響作物生產。例如颱風發生，對農作物經常造成災害而導致重大的損失，此天然災害對園藝作物之生產影響甚劇 (張等人，2009；黃，2010)。番石榴為熱帶及亞熱帶重要經濟果樹，且可於不同生長時期經整枝修剪、疏花、疏果、摘心、施肥及灌溉管理等栽培法以達到周年生長的特性 (陳，2011)。番石榴的周年生長特性常導致

1 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員 zengyh@tdais.gov.tw。
2 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員 laywc@tdais.gov.tw。
3 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員 kuoyw@tdais.gov.tw。
4 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員 chenhgtg@tdais.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：zengyh@tdais.gov.tw；電話：04-8523101#311。

土壤養分的快速消耗，因此除以土壤施肥管理以提高肥料效率外，搭配葉面施肥以適時補充番石榴的養分需求亦為重要的施肥管理課題。由於葉面施肥可快速補充作物缺乏的養分，且無根部對養分吸收受養分拮抗效應之影響，因此養分利用率高且可減少肥料施用至土壤後流失之優點 (Kittmer *et al*., 2012)。前人研究指出葉施氮、磷、鉀肥可增加番石榴葉片數及重量 (Al-qurashi, 2005)，而葉施氮、鉀肥可增加番石榴果實產量及品質 (Pal *et al*., 2008)。鉀離子為植物所需必要養分離子，植物缺少鉀離子將增加其呼吸率及蒸散率並減少光合作用，將導致光合產物的減少，如澱粉及纖維素等，因此植物缺鉀將會影響其莖幹強度 (Kant and Kafkafi, 2002)。鉀離子於植物中參與厚壁細胞之木質化，因此可強化植株莖桿強度並減少其倒伏的發生 (Datta and Mikkelsen, 1985)。鉀離子的補充應具有增強作物抵抗物理傷害之效果。鈣於葉片中可與果膠酸結合而形成果膠酸鈣且為細胞壁中膠層之組成分 (Rahman and Punja, 2009)，因此鈣離子可提高植物細胞壁的強度，進而增強細胞對物理傷害的抵抗力，故而葉施鈣肥具有提高葉片物理傷害之抗性的潛力。前人研究亦提及葉面噴施硝酸鈣可增加番石榴採收後的儲藏時期 (Goutam *et al*., 2010)。本研究以葉面噴施不同氮、磷、鉀及鈣養液，以瞭解是否可提高番石榴對風災等物理傷害之抗性，並試圖明瞭其對番石榴產量及品質之影響，可作為日後風災前番石榴葉面施肥營養管理之參考。

材料與方法

一、樣區設置及試驗處理

本研究以 8 種處理進行番石榴葉面施肥，包括 (1)控制組以自來水代替養液作為葉面施肥。(2)葉施 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀。(3)葉施 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣。(4)葉施 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 磷酸一鉀。(5)葉施 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀。(6)葉施 60 mM 硝酸鉀。(7)葉施 15 mM 硫酸鈣。(8)葉施 60 mM 磷酸一鉀。

田區設置於彰化縣溪洲番石榴產區，以番石榴為試驗果樹，試驗設計採完全逢機區集，8 處理，3 重複，每一處理每一重複 4 株果樹，於當年 4 月及 7 月每 7–10 天葉施養液 3 次，共 6 次。養液施用時期為 2014 年 4 月 30 日、5 月 9 日、5 月 15 日、6 月 26 日、7 月 4 日、7 月 10 日。

二、土壤肥力分析項目

土壤採取表土 0–20 cm，樣品經風乾過篩 (2 mm) 後進行土壤肥力分析，其中土壤 EC 及 pH 值以水：土 1:1 萃取，用電極法測定 (張，1981)。土壤有機質含量採用 Walkley-Black 法測定 (Nelson and Sommers, 1982)。交換性鉀、鈣、鎂以 1 M 中性 (pH 7) 醋酸銨萃取，用燄光分析儀 (Sherwood flam photometer 410) 測土壤交換性鉀含量

(Kundsen *et al*., 1982)，用感應耦合電漿光譜儀 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry; ICP-AES，HORIBA JOBIN- YVON ULTIMA 2) 測土壤交換性鈣及鎂含量 (Lanyon and Heald, 1982)。土壤有效性磷以 Bray No.1 方法抽取並用鉬藍法測定 (Olsen and Sommers, 1982)。微量元素經 0.1N 鹽酸萃取 (吳，2008)，用感應耦合電漿光譜儀測定銅、錳、鋅及鐵含量 (Baker and Suhr, 1982)。

三、防風網處理

颱風來臨前將進行防風網處理，每一重複處理擇半覆蓋防風網。

四、葉片性狀及果實品質調查

分別於植株之東、西、南、北面選取葉面大小及枝條長度類似之結果枝，於颱風災害前後調查其葉面長、寬、厚、葉破損率，及調查全株之著果率，以了解試驗處理對番石榴抵擋颱風災害之效果。比葉重分析於每一植株採取 5 片第 1 次摘心分枝處葉片，每一處理每一區集共採取 20 片葉，總共採取 3 區集之葉片於實驗室進行葉面積分析 (LI-3100C Area Meter) 後，置於 70 ℃烘箱至恆重後，秤取每一葉片之乾葉重。比葉重為乾葉重除以葉面積，並統計各處理之差異。果實性狀調查果粒重、果長、果寬、果肉厚、果肉率、糖度及硬度。

五、植體分析項目

番石榴葉片採樣為選取幼果期結果枝條果粒上方第 1 葉片，葉片樣品先經蒸餾水清洗，再以 70 ℃烘乾磨粉後，經硫酸及雙氧水分解後 (Lowther, 1980)，以微量擴散法測定全氮量 (Keeney and Nelson, 1982)；利用鉬黃法呈色及分光光度計於 420 nm 下比色，測定其磷濃度 (Olsen and Sommers, 1982)；利用燄光分析儀 (Sherwood flam photometer 410)測定其全鉀濃度；利用原子吸收光譜儀 (Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000) 測定其鈣、鎂濃度 (Baker and Suhr, 1982)。微量元素銅、錳、鋅及鐵則以 1 N 鹽酸反應 (Yoshida, 1976)，並以原子吸收光譜儀分析。

六、統計分析

以 Least Significance Difference (LSD) 法進行，相同字母代表無顯著差異 ($p=0.05$)。

結果

一、番石榴葉片性狀調查及風災後葉片破損率

本研究經葉面噴施 6 次養液後，番石榴葉片性狀如表 1 所示，葉片厚度因養液施用明顯增厚，葉片長度及寬度以 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀處理明顯增加。葉

表 1. 番石榴葉面噴施養液後之葉片性狀調查
Table 1. The guava leaf characteristics after foliar fertilization

Treatment*	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Fruit number	Non-cover treatment Breakdown rate (%)**	Cover treatment Breakdown rate (%)	Specific leaf weight (mg/cm^2)
1	102.8^{c***}	51.2^{b}	0.35^{c}	54^{a}	11.10^{a}	15.50^{ab}	13.64^{b}
2	105.0^{bc}	52.6^{ab}	0.40^{ab}	57^{a}	10.13^{ab}	10.17^{b}	13.84^{ab}
3	103.9^{bc}	51.6^{ab}	0.41^{ab}	54^{a}	6.77^{bc}	11.96^{ab}	14.05^{ab}
4	105.5^{abc}	53.7^{ab}	0.42^{a}	54^{a}	9.77^{ab}	10.34^{b}	14.30^{a}
5	104.0^{bc}	51.8^{ab}	0.41^{ab}	62^{a}	7.37^{abc}	13.28^{ab}	13.59^{b}
6	106.7^{abc}	52.9^{ab}	0.41^{ab}	58^{a}	10.82^{a}	12.88^{ab}	13.95^{ab}
7	109.6^{ab}	53.9^{a}	0.39^{b}	55^{a}	6.54^{bc}	18.09^{a}	14.40^{a}
8	111.5^{a}	53.9^{a}	0.41^{ab}	52^{a}	5.60^{c}	11.53^{ab}	14.37^{a}

* 1.control, 2. 10 mM KNO_3+10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4 , 3. 10 mM KNO_3+10 mM $CaSO_4$, 4. 10 mM KNO_3+10 mM KH_2PO_4 , 5. 10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4 ,6. 60 mM KNO_3, 7. 15 mM $CaSO_4$, 8. 60 mM KH_2PO_4

**Leaf breakdown rate, % after typhoon Matmo.

***Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

面噴施 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 磷酸一鉀、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀可明顯增加比葉重。

本研究發現葉面噴施養液有增長葉片效果，且葉片長度的增加可導致葉片受損率的降低，其相關性如圖 1 所示，推測為葉片長度的增加與葉片比葉重增加有相關性所致，由葉片長與比葉重相關性分析 (圖 2)，初步得到論證。

麥德姆颱風後未施用防風網處理之葉片破損率以施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀有明顯降低，而施用防風網處理則因為葉片與防風網磨擦而導致葉片破損率較未施用防風網處理為高，且各養液處理與對照組間無顯著差異，另因無法預測颱風於區域中的實際風速，在風速未達某一限值時，防風網處理反而易導致葉片及果實磨擦受損。本研究結果顯示葉面噴施養液 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀可增加番石榴葉片比葉重，並可減少麥德姆颱風對葉片之損害，具有增強番石榴葉片抗風能力的效果。

二、番石榴盆栽受風測試

番石榴盆栽經 6 次養液處理後，隨機定置於貨車後端，行駛於臺 76 線快速道路，由埔心至埔鹽來回，貨車行駛固定時速為 90 km，平均風速落於 11–22 m/s 之間，最大風速為 18.88–30.65 m/s，達到輕度颱風 17.2 m/s 的標準。盆栽受風後之結果顯示，施用 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀可顯著降低葉片破損率 (表 2)。

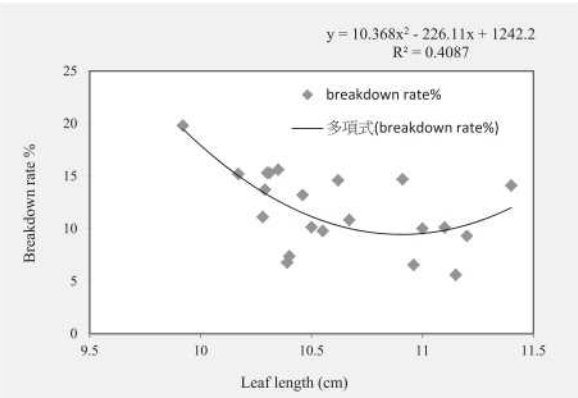


圖 1. 番石榴葉片長與葉片破損率之關係

Fig. 1.The correlation between guava leaf length and leaf breakdown rate (%).

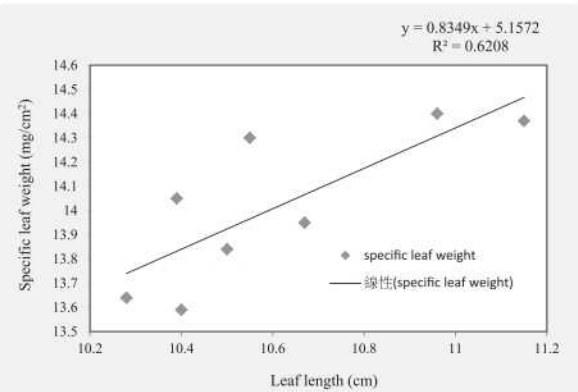


圖 2. 番石榴葉片長與比葉重之關係

Fig. 2. The correlation between guava leaf and specific leaf weight

三、葉片及果實養分分析

番石榴葉片氮含量以施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀而顯著降低，葉片磷含量以施用 10 mM 硝酸鉀+磷酸一鉀、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀顯著增加，葉片鉀含量以施用 60 mM 磷酸一鉀而增加，葉片鈣含量以施用 10 mM 硝酸鉀+磷酸一鉀及 15 mM 硫酸鈣明顯增加，葉片硼含量以施用 60 mM 硝酸鉀而顯著增加，鎂、銅、錳、鋅及鐵含量於各處理無顯著差異 (表 3)。鈣參與植物細胞壁組成，而鉀則與厚壁組織增厚有關，本研究發現葉片比葉重以施用 10 mM 硝酸鉀+磷酸一鉀、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀有明顯增加，推測與葉片中鈣及鉀含量增加有關。果實養分分析結果顯示以施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀可增加果實硼含量外，其他養分含量不因養液處理有顯著差異 (表 4)。

四、果實品質調查

麥德姆颱風後，調查果實品質顯示葉面噴施 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀會些微降低果實重量，而施用 15 mM 硫酸鈣可些微增加果實重量，兩者間達顯著差異。果實長度因施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀及 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀而縮短，果肉厚度除施用 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀無顯著變化外，施用其他五種養液反而導致果肉厚度降低。果實硬度因施用 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀而顯著降低，果實糖度則以施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀而增加 (表 5)。番石榴於採收前 27 日果粒數於各處理間無顯著差異，然果實

表 2. 葉施不同養液之番石榴盆栽葉片受損率

Table 2. The leaf breakdown rate (%) of guava pot after different foliar fertilization

Treatment	Leaf breakdown rate % (one way)	Leaf breakdown rate % (two way)
1 (water)	34.42^{ab**}	44.05^{ab}
2 (10 mM KNO_3+$CaSO_4$+KH_2PO_4)	31.32^{ab}	35.94^{bcd}
3 (10 mM KNO_3+$CaSO_4$)	31.89^{ab}	35.67^{bcd}
4 (10 mM KNO_3+KH_2PO_4)	25.59^{abc}	38.53^{abc}
5 (10 mM $CaSO_4$+KH_2PO_4)	35.81^{a}	51.01^{a}
6 (60 mM KNO_3)	24.86^{bc}	33.28^{bcd}
7 (15 mM $CaSO_4$)	16.87^{c}	30.86^{cd}
8 (60 mM KH_2PO_4)	19.52^{c}	24.61^{d}

*The leaf breakdown rate of guava pot was analyzed by truck travel from interchange Puhsin to Puyan and return in fast road line 76

* * Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

表 3. 番石榴葉面施用不同養液後之葉片養分含量

Table 3. The elemental nutrient contents of guava leaf after applying different foliar fertilizer

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
	g/Kg					mg/Kg				
1 (water)	11.4^{a*}	1.5^{c}	7.3^{bcd}	19.8^{c}	3.7^{a}	10.7^{a}	117^{a}	21^{a}	201^{a}	32^{b}
2 (10 mM KNO_3+$CaSO_4$+KH_2PO_4)	9.77^{b}	1.6^{bc}	6.5^{d}	20.4^{abc}	3.8^{a}	12.0^{a}	143^{a}	21^{a}	242^{a}	34^{b}
3 (10 mM KNO_3+$CaSO_4$)	10.5^{ab}	1.5^{c}	7.1^{bcd}	19.5^{c}	3.6^{a}	10.3^{a}	118^{a}	19^{a}	212^{a}	32^{b}
4 (10 mM KNO_3+KH_2PO_4)	11.0^{ab}	1.8^{ab}	6.8^{cd}	21.5^{ab}	3.9^{a}	13.7^{a}	121^{a}	21^{a}	203^{a}	34^{ab}
5 (10 mM $CaSO_4$+KH_2PO_4)	10.7^{ab}	1.5^{c}	8.4^{ab}	19.1^{c}	3.4^{a}	9.7^{a}	140^{a}	20^{a}	225^{a}	34^{ab}
6 (60 mM KNO_3)	10.7^{ab}	1.4^{c}	7.9^{abc}	20.6^{abc}	3.8^{a}	10.0^{a}	123^{a}	19^{a}	259^{a}	38^{a}
7 (15 mM $CaSO_4$)	10.5^{ab}	1.8^{ab}	7.1^{bcd}	21.6^{a}	3.9^{a}	12.0^{a}	125^{a}	19^{a}	196^{a}	34^{b}
8 (60 mM KH_2PO_4)	9.9^{ab}	2.0^{a}	8.9^{a}	19.8^{bc}	3.9^{a}	10.7^{a}	125^{a}	21^{a}	244^{a}	35^{ab}

* Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

表 4. 番石榴葉面施用不同養液後之果實養分含量

Table 4. The elemental nutrient contents of guava fruit after applying different foliar fertilizer

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
	g/Kg					mg/Kg				
1 (water)	9.57^{a*}	1.8^{a}	20.6^{a}	2.7^{a}	1.4^{a}	7.0^{a}	9.0^{a}	11^{a}	32^{a}	8.0^{b}
2 (10 mM KNO_3+$CaSO_4$+KH_2PO_4)	10.07^{a}	1.8^{a}	21.1^{a}	2.5^{a}	1.3^{a}	7.3^{a}	8.0^{a}	12^{a}	30^{a}	10.1^{a}
3 (10 mM KNO_3+$CaSO_4$)	10.17^{a}	1.8^{a}	21.9^{a}	2.0^{a}	1.2^{a}	5.7^{a}	7.3^{a}	12^{a}	31^{a}	9.5^{ab}
4 (10 mM KNO_3+KH_2PO_4)	11.0^{a}	1.9^{a}	23.3^{a}	2.5^{a}	1.3^{a}	6.3^{a}	7.0^{a}	13^{a}	32^{a}	9.7^{ab}
5 (10 mM $CaSO_4$+KH_2PO_4)	10.0^{a}	1.6^{a}	20.9^{a}	2.4^{a}	1.2^{a}	5.0^{a}	7.0^{a}	11^{a}	28^{a}	9.6^{ab}
6 (60 mM KNO_3)	10.97^{a}	1.9^{a}	23.7^{a}	2.8^{a}	1.4^{a}	5.3^{a}	7.3^{a}	12^{a}	29^{a}	8.7^{ab}
7 (15 mM $CaSO_4$)	10.63^{a}	2.0^{a}	23.4^{a}	2.2^{a}	1.4^{a}	5.7^{a}	7.3^{a}	13^{a}	29^{a}	8.9^{ab}
8 (60 mM KH_2PO_4)	12.03^{a}	2.0^{a}	26.0^{a}	2.7^{a}	1.4^{a}	5.7^{a}	8.0^{a}	13^{a}	30^{a}	9.4^{ab}

* Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

表 5. 番石榴果實性狀調查

Table 5. The characteristics of guava fruit after different foliar treatments

Treatment*	Weight (g)	Length (cm)	Width (cm)	Pulp thickness (cm)	sugar content upper part (°Brix)	Sugar content middle part (°Brix)	Sugar content down part (°Brix)	Pulp Weight (g)	Hardness (kg cm^{-2})	Pulp percentage (%)	Fruit number
1	372.5^{bc**}	9.49^{a}	8.83^{a}	2.15^{a}	7.38^{b}	9.11^{b}	10.44^{c}	298.8^{a}	6.1139^{a}	80.4^{a}	91.8^{c}
2	365.8^{ab}	8.97^{b}	8.72^{a}	1.97^{bc}	7.75^{ab}	10.06^{a}	11.91^{a}	289.5^{a}	5.5528^{ab}	79.3^{a}	130^{a}
3	366.4^{ab}	9.24^{ab}	8.57^{a}	1.87^{cd}	7.77^{ab}	9.41^{ab}	10.65^{bc}	294.3^{a}	5.8069^{ab}	80.5^{a}	125^{a}
4	362.3^{ab}	9.27^{ab}	8.59^{a}	1.87^{cd}	7.37^{b}	9.48^{ab}	11.12^{abc}	290.6^{a}	5.8347^{ab}	80.4^{a}	103^{bc}
5	347.3^{b}	8.97^{b}	8.55^{a}	1.76^{d}	7.71^{ab}	9.92^{ab}	11.73^{a}	278.2^{a}	5.3681^{b}	80.1^{a}	116^{ab}
6	374.9^{ab}	9.41^{ab}	8.71^{a}	1.82^{cd}	7.52^{ab}	9.86^{ab}	11.60^{ab}	299.0^{a}	5.6602^{ab}	80.0^{a}	111^{abc}
7	386.4^{a}	9.63^{a}	8.79^{a}	2.13^{ab}	7.79^{ab}	9.61^{ab}	11.17^{abc}	305.1^{a}	5.7208^{ab}	79.0^{a}	112^{abc}
8	352.7^{ab}	9.35^{ab}	8.58^{a}	2.10^{ab}	8.05^{a}	9.81^{ab}	11.18^{abc}	278.9^{a}	5.4986^{ab}	79.1^{a}	118^{ab}

*1. control, 2. 10 mM KNO_3+10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4 , 3. 10 mM KNO_3+10 mMCaSO_4 ,4. 10 mM KNO_3+10 mM KH_2PO_4 , 5. 10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4 , 6. 60 mM KNO_3, 7. 15 mM $CaSO_4$, 8. 60 mM KH_2PO_4

** Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

採收日之果粒數以施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀、10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣、10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀及 60 mM 磷酸一鉀較對照組有顯著增加 (表 5)。

討論

前人研究提及樹木生長於迎風帶將導致其葉片型態的轉變，在迎風帶的生長環境中其葉片厚度將會增加 (Armbrust and Retta, 2000)，顯示葉片厚度的增加可減少風對葉片所造成的物理傷害。本研究之葉面養液處理皆有增厚葉片之效果，應具有減少葉片遭受風害之效果;此外前人研究提及比葉重亦為評估葉片抵抗風害之指標，其值越大則抗風效果越佳 (郭與李，2003)，葉面噴施 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 磷酸一鉀、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀可明顯增加比葉重。植體抵禦物理傷害之能力與其鉀、鈣含量有顯著相關，如 Li 等人曾以氯化鈣噴施於芍藥後，發現可增加芍藥莖部鈣、木質素、纖維素及半纖維素含量，且需更大外力作用方能將其折斷，結果顯示鈣離子的作用有增強植體強度的效果 (Li *et al*., 2012)。鉀離子於植物中參與厚壁細胞之木質化，因此可強化植株莖桿強度並減少其倒伏的發生 (Datta and Mikkelsen, 1985)。本研究發現番石榴葉片鈣、鉀含量增加而導致比葉重的增加，推測有助於番石榴植體強度的提升。此外，前人研究提及葉面施肥會刺激作物根對土壤養分吸收的增加 (Kannan, 2010)，本研究葉片硼含量因施用 60 mM 硝酸鉀而增加，可能為根對硼吸收增加所致。麥德姆颱風後葉片破損率以施用 10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣、15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀有明顯降低。盆栽受風測試結果顯示以噴施 15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀

可減少強風對葉片之傷害，總結葉片厚度、比葉重、盆栽及田間受風測試，結果顯示15 mM 硫酸鈣及 60 mM 磷酸一鉀具有增強番石榴葉片抗風能力的效果。番石榴因葉面噴施 10 mM 硝酸鉀+10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀、10 mM 硝酸鉀+ 10 mM 硫酸鈣、10 mM 硫酸鈣+ 10 mM 磷酸一鉀及 60 mM 磷酸一鉀可顯著增加果粒數，前人研究指出番石榴枝條強剪後，葉面噴施 4%硝酸鉀可顯著增加新梢數、花苞數、著果率及產量(Shaban and Haseeb, 2009)，顯示強剪後提供葉面養分補充，有助於整期作果實生產，本試區番石榴亦採強剪模式以求高產，經本研究於強剪後葉面噴施硝酸鉀等養液，可增加果粒數，有增產效果，與前人研究相符。本研究結果顯示葉面噴施養液可應用於颱風來臨前增強番石榴抵禦風災之潛力，並可補充強剪高產栽培模式之番石榴營養需求，不論颱風來臨與否，皆具施用功效之葉面營養管理技術。

參考文獻

吳正宗。2008。微量要素。土壤與肥料分析手冊 (一)。土壤化學性質分析。台中市:中華土壤肥料學會編印 67–69。

張致盛、陳怡靜、張林仁。2009。臺灣果樹農業氣象災害與因應策略。作物、環境與生物資訊。6:61–71。

張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。作物需肥診斷。台灣農業試驗所特刊 13 號。台中：農業試驗所。9–26。

陳鴻堂。2011。番石榴肥培技術之研究。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文輯。彰化縣：行政院農委會臺中區農業改良場。113–125。

郭耀綸、李彥屏。2003。臺灣南部南仁山迎風與背風分布樹種葉片耐脫水性能力。台灣林業科學。18(4):283–292。

黃子彬。2010。全球氣候變遷對台灣果樹產業之影響與因應對策。宜蘭地區果樹產業發展研討會專刊。花蓮縣:行政院農委會花蓮區農業改良場。1–25。

Al-qurashi, A. D. S. 2005.The effect of foliar fertilization of NPK on early growth and nutrient concentrations of guava (*Psidiumguajava* L.) plants. Assuit Journal of Agricultural Sciences. 36:121–128.

Armbrust, D. V. and Retta,A. 2000. Wind and sandblast to growing vegetation. Annal Arid Zone. 39:273–284.

Baker, D. E, and Suhr, Norman H. 1982. Atomic absorption and flame emission spectrometry. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (methodsofsoilan2). 13–27.

Datta, S. K. & Mikkelsen, D. S. 1985. Potassium nutrition of rice. In: Munson, R. D. (eds.).Potassium in agriculture (potassiuminagri). ASA. Madison. Wisconsin. USA.

Goutam, M., Dhaliwal, H. S. and Mahajan, B. V. 2010. Effect of pre-harvest calcium sprays on post-harvest life of winter guava (*Psidiumguajava* L.). Journal of Food Science and Technology. 47(5):501–506.

Kannan, S. 2010. Foliar fertilization for sustainable crop production.p.371–402. In: Lichtfouse, E. (eds.). Sustainable agriculture reviews, 1. Genetic Engineering, Biofertilization, Soil quality and Organic Farming.

Kannan, S. 2010. Foliar fertilization for sustainable crop production Genetic engineering, biofertilisation, soil quality and organic farming.Springer.371–402

Kant S.and Kafkafi, U.2002. Potassium and abiotic stresses in plants.In: Pasricha N. S. &S. K. Bansal. (eds.). Potassium for sustainable crop production. Potash Institute of India.Gurgaon. 233–251.

Keeney, D. R, and Nelson, D W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (methodsofsoilan2). 643-698.

Kittmer, D., Drach, M., Vosskamp, R.,Trenkel, M. E.,Gutser, R.andSteffens, G. 2012andFertilizers, 2.Types.p.199–246. In: Gerhartz, W., Y.S. Yamamoto, F.T. Campbell, R. Pfefferkom, J.F. Rounsaville (eds.). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, John Wiley and Sons, New York.

Kundsen, D., Peterson, G. A.andPartt, P. F. 1982. Lithium, Sodium and Potassium.p.225–246. In: Page, A. L. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2.2nd edition. ASA. Madison. Wisconsin. USA.

Lanyon, L. E. and Heald, W. R. 1982. Magnesium, Calcium, Strontium, and Barium.p.247–262. In: Page, A. L. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2.2nd edition. ASA. Madison. Wisconsin. USA.

Li, C. Z., Tao, J., Zaho, D., You, C.andGe, J. 2012. Effect of Calcium Sprays on Mechanical Strength and Cell Wall Fractions of Herbaceous Peony (*PaeoniaLactiflora* Pall.) Inflorescence Stems. International Journal of Molecular Sciences. 13:4704–4713.

Lowther, J. R. 1980. Use of single sulfuric acid hydrogen peroxide digest for the analysis of Pinusradiata, needles.CommunicationsinSoil Science and Plant Analysis.11:175–188.

Nelson. D. W. andSommers, L. E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter, p.539–579. In: Page, A. L. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA. Madison. Wisconsin. USA.

Olsen, S. R. andSommers, L. E. 1982. Phosphorus. p.403–430. In: Page, A. L. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA. Madison. Wisconsin. USA.

Pal, A.,Pathak, R. K.,Pal, K.andSingh, T. 2008. Effect of foliar application of nutrients on yield and quality of Guava (*Psidiumguajava* L.) fruits cv. sardar. Progressive Research, 3(1):89–90.

Rahman, M. and Punja, Z. K. 2009. Calcium and plant disease. p.57–78. In: Datnoff, L. E., W. H. Elmer, and D.M. Huber (eds.). Mineral Nutrient and Plant Disease.

Shaban, A. E. A. andHaseeb, G. M. M. 2009. Effect of pruning severity and spraying some chemical substances on growth and fruiting of guava trees. Journal of Agricultural and Environmental Sciences.5:825–831.

Yoshida, S., Forno, D. A., Cock, J. H. and Gomez, K. A. 1976. Procedures for routine analysis of zinc, copper, manganese, calcium, magnesium, potassium, and sodium by atomic absorption spectrophotometry and flame photometry. p.27–34. In: Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez (eds.). Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI. Philippines.

Influence of Foliar Application on the Wind Resistance and Fruit Quality of Guava

You-Hong Zeng[1]*, Wen-Lung Lay, Ya-Wen Kuo, and Hong-Tang Chen[4]

Abstract

Typhoons often damage crops and then influence agricultural economy in Taiwan. In this study, foliar application on fruit trees before typhoon season would be implemented for increasing strength of fruit trees and clarifies the possibility of foliar application on decrease fruit trees damage by typhoons. The four new born and similar branches respectively in the east, west, south and north aspect of the guava tree would be labeled for investigation after severe pruning. Foliar application was applied once every 7–10 days and continuous three times respectively in April and July before typhoon and then investigation of the horticultural characteristics and elemental contents of leaf and fruit before and after typhoon. The guava leaf thickness was significantly increased after spaying nutrient solutions by comparison with spaying water. The specific leaf weight was increased by foliar application of 10 mM KNO_3 combined with KH_2PO_4, 15 mM $CaSO_4$ and 60 mM KH_2PO_4. After typhoon Matmo, the leaf breakdown rates were significantly decreased by applying 10 mM KNO_3 combined with 10 mM $CaSO_4$, 15 mM $CaSO_4$ and 60 mM KH_2PO_4 in non-windbreak net covered field. Foliar application of the 15 mM $CaSO_4$ and 60 mM KH_2PO_4 can decrease leaf breakdown rate of guava pot after exposure to wind. The total soluble solids and boron content of guava fruits were increased by applying 10 mM KNO_3+10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4. Fruit number was significantly increased by spaying the10 mM KNO_3+10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4, 10 mM KNO_3+10 mM $CaSO_4$,10 mM $CaSO_4$+10 mM KH_2PO_4 and 60 mM KH_2PO_4. The study results showed the foliar application of 15 mM $CaSO_4$ and 60 mM KH_2PO_4 would be high applied potential in decrease typhoon damage on fruit tree.

Keywords: Typhoon, Foliar Application, Guava.

1 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. zengyh@tdais.gov.tw.

2 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. laywe@tdais.gov.tw.

3 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. kuoyw@tdais.gov.tw.

4 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. chenhgtg@tdais.gov.tw.

* Corresponding Author, Email: zengyh@tdais.gov.tw; Tel: 04-8523101#311.

木瓜淹水前後栽培管理及復育技術之建立

黃士晃[1]*

摘要

本計畫針對木瓜淹水前後建立栽培管理及災後復育技術，以減輕木瓜淹水災害損失及對植株生長之影響。在預防措施上，木瓜幼苗接種菌根菌或再配合亞磷酸處理對淹水受害程度均有減輕效果；木瓜不同種苗 (實生苗、扦插苗、嫁接苗及組培苗) 經淹水後，實生苗雖黃化落葉較為快速，然於淹水後有較佳的根系恢復能力。在復育技術上，根據木瓜淹水後不同受損程度，可建立 5 級木瓜淹水損害指標；木瓜實生苗於淹水後隔日進行除葉，可降低植株淹水損害程度，並有助於淹水後植株生長之恢復；田間木瓜結果株淹水後，利用除葉及疏果等復育處理可降低木瓜植株受損及死亡情形，並加速植株恢復葉片生長、重新開花及結果。

關鍵詞：木瓜、淹水、菌根菌、亞磷酸、復育技術。

前言

木瓜是半草本熱帶果樹，根系屬肉質根，不耐淹水，臺灣每年梅雨季至颱風季的豐沛雨水常造成木瓜根系受損與腐爛，尤其在高溫潮濕環境下，更助長疫病發生，導致樹勢衰弱甚至死亡，需配合相關防災措施加以預防，並於災後建立適當復耕措施，以降低災害程度 (黃，2009；黃，2014)。叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 為存在於土壤內之有益真菌，能與多種作物共生形成菌根，有助植物吸收水分及營養，尤其能增進磷肥吸收，因而節省磷肥施用 (吳及林，1998)，此外對於耐乾旱及病害逆境也有很好的效果 (黃等人，2006)，能提高木瓜移植成活率並促進木瓜之生長 (邱等人，2004；王，2007)。亞磷酸是一種緩效性磷肥，已有許多報告指出亞磷酸具有誘導植物增強抗病性的間接防病功效，田間試驗也顯示對於許多作物之疫病、露菌病等均有相當良好之抗病效果 (安，2001；鄭及吳，2009)。為減輕淹水災害對木瓜生產造成的傷害，維持穩定生產優質與安全之果品，需加強災害預防措施及復育技術的研發，因此本計畫擬建立木瓜淹水前後栽培管理及復育技術，以降低災害對木瓜產業造成的損失及影響。

1 行政院農委會臺南區農業改良場助理研究員 shhuang@mail.tndais.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：shhuang@mail.tndais.gov.tw；電話：06-5912901#508。

材料及方法

一、降低災害損害之栽培管理模式建立

1. 菌根菌接種配合亞磷酸處理

臺農 2 號木瓜播種育苗時接種菌根菌，再取苗齡 1–2 個月植株以亞磷酸與氫氧化鉀 1000 倍中合液進行葉面噴灑處理，每周進行 1 次，共處理 3 次，進行淹水 24 小時，每試驗處理 5 株，4 重複，淹水後調查處理植株與對照組受損情形。

2. 不同淹水時間下菌根菌接種及亞磷酸處理

接種菌根菌及接種菌根菌配合亞磷酸處理臺農 2 號木瓜幼苗，分別進行淹水 24 及 48 小時處理，每試驗處理 3 株，4 重複，淹水後調查不同處理植株受損情形。

3. 不同種苗對淹水災害之影響

臺農 2 號木瓜實生苗、扦插苗、嫁接苗及組培苗，以 4 吋高軟盆上盆培育，進行淹水 48 小時，每試驗處理 3 株，4 重複，淹水後調查不同處理植株受損及恢復情形。

二、災害復育技術之建立

1. 木瓜淹水損害指標建立

依據木瓜淹水後植株受損情形建立木瓜淹水受損級數之損害指標。

2. 木瓜受損植株除葉試驗

臺農 2 號木瓜實生苗 2 個月苗齡，進行淹水 48 小時，並於淹水結束後隔日，每株除葉 3 片，每試驗處理 3 株，4 重複，調查不同處理植株受損及恢復情形。

3. 田間淹水復育試驗

臺農 2 號定植 10 個月之木瓜植株，於颱風淹水受損後第 3 日，選取淹水損害指標第 3 級植株，分別進行以下處理：(A) 疏除所有下垂葉及全部果實；(B) 疏除所有下垂葉及 1/2 數量之果實；(C) 疏除黃化萎凋葉及 1/3 數量之果實；(D) 不除葉且不疏果，每處理 1 株，三重複，淹水後第 1 週全區噴施亞托敏藥劑 2500 倍，第 2 及第 3 週噴施亞托敏藥劑 2500 倍、必達肥 (20-20-20) 1000 倍及新根毛王 1000 倍，每週調查植株生長恢復情形至淹水後第 10 週止。

結果

一、降低災害損害之栽培管理模式建立

1. 菌根菌接種配合亞磷酸處理

試驗結果 (表 1) 顯示於淹水結束後第 3 日，中下位葉葉片之葉綠素計值明顯降低，下位葉甚至呈現黃化或萎凋現象，處理組累計黃葉率及落葉率為 18.9%

及 2.2%，對照組為 15%及 0.6%。平均受損級數處理組為 2.8 級，對照組為 3.2 級。於淹水結束後第 10 日，處理組累計黃葉率及落葉率提高為 26.7%及 35%，對照組為 17.2%及 74.4%。平均受損級數處理組為 3.2 級，對照組為 4.3 級，植株根腐死亡率處理組與對照組分別為 45%與 20%。

2. 不同淹水時間下菌根菌接種及亞磷酸處理

試驗結果 (表 2) 顯示淹水結束後第 3 日，在淹水 24 小時處理，兩處理組或對照組不論是葉片葉綠素計值變化或淹水受損級數均無明顯差異，且落葉率均為 0%；在淹水 48 小時處理，對照組之下位葉葉綠素計值低於兩處理組，淹水受損級數為 2.9 級，高於兩處理組之 2.3 級，在落葉率上，對照組為 22.6%，亦高於菌根菌處理組之 8.7%及菌根菌配合亞磷酸處理之 10.7%。

3. 不同種苗對淹水災害之影響

試驗結果 (表 3) 顯示臺農 2 號不同種苗木瓜進行淹水 48 小時，淹水後第 3 日，多數新根受損腐爛，植株呈現葉片下垂、萎凋黃化等急性受害徵狀，不同種苗間，以實生苗之淹水損害指標 3.0 級為最高，組培苗、扦插苗及嫁接苗分別為 2.3、2.4 及 2.5 級，黃葉率亦以實生苗 27.1%為最高，組培苗、扦插苗及嫁接苗分別為 11.8、15.3 及 11.1%；淹水後第 7 日，下位葉開始大量落葉，落葉率以實生苗 25.7%為最高，其次分別為嫁接苗 20.8%、組培苗 17.4%及扦插苗 14.6%，受損較輕微植株，根群開始萌發新根，以維持植株生理機能，新葉並恢復膨壓；淹水後第 14 日，多數植株恢復生長，淹水損害指標以嫁接苗 2.8 級為最高，其次組培苗 2.3 級、扦插苗 2.2 級及實生苗 1.5 級，累計落葉率以嫁接苗 38.9%為最高，其次為扦插苗 34.7%、組培苗 31.3%及實生苗 29.9%，新根級數以實生苗 2.6 級為最高，其次為扦插苗 1.7 級、組培苗 1.5 級及嫁接苗 0.8 級。

表 1. 菌根菌接種配合亞磷酸處理對木瓜淹水後植株損害情形之影響

Table 1. Effect of mycorrhizal fungi inoculation combined with neutralized phosphorus acid treatment on the flooding damage of papaya seedlings.

項目	時期	葉數	累計黃葉率 (%)	累計落葉率 (%)	淹水受損級數	植株死亡率 (%)
CK	淹水前	9.0±0	-	-	-	-
	淹水後 3 日	9.0±0.2	15 ± 19.8	0.6±2.5	3.2±0.9	0
	淹水後 10 日	2.6±0.7	17.2 ± 19.6	74.4±5.2	4.3±0.8	45
菌根菌+亞磷酸	淹水前	9.0±0	-	-	-	-
	淹水後 3 日	8.8±0.8	18.9 ± 23.1	2.2±4.6	2.8±0.8	0
	淹水後 10 日	6.2±2.4	26.7 ± 21.4	35±24.8	3.2±1.1	20

表 2. 不同淹水時數對菌根菌接種及亞磷酸處理木瓜於淹水後 3 日植株損害之影響
Table 2. Effect of flooding duration and mycorrhizal fungi inoculation combined with neutralized phosphorus acid treatment on the flooding damage of papaya seedlings for 3 days following flooding.

淹水時數	處理項目	葉綠素計值			淹水受損級數	落葉率 (%)
		第 3 葉	第 5 葉	第 7 葉		
24	CK	53.6±5.1	43.4 ± 2.2	37.9 ± 3.8	1.3±0.4	0
	菌根菌	51.9±4.3	42.8 ± 3.8	39.7 ± 11.4	1.2±0.8	0
	菌根菌+亞磷酸	49.7±4.7	45.6 ± 2.9	37.8 ± 1.7	1.3±0.4	0
48	CK	43.8±9.5	36.7 ± 10.3	15.8 ± 14.8	2.9±0.5	22.6±15.6
	菌根菌	48.6±4.1	38.3 ± 3.3	26.6 ± 9.6	2.3±0.7	8.3±9.0
	菌根菌+亞磷酸	43.9±8.3	41.1 ± 2.8	24.6 ± 12.3	2.3±0.9	10.7±18.9

二、災害復育技術之建立

1. 木瓜淹水損害指標建立

根據木瓜淹水受損反應，建立以下 5 級指標 (圖 1) 。1 級：為正常植株，葉片具膨壓，無明顯黃化或下垂現象。2 級：為受損輕微植株，葉片具膨壓，部份中下位葉下垂，未明顯萎凋。3 級：為中度受損植株，下位葉下垂萎凋或明顯黃化，上位葉葉片仍具有部分膨壓及維持綠色。4 級：為重度受損植株，全株葉片喪失膨壓，下位葉萎凋及黃化，並伴隨落葉，上位葉呈現半萎凋狀態。5 級：植株嚴重落葉並枯萎死亡。其根系表現情形為：1 級植株為根系正常，2 級植株新根部分腐爛，3 級植株為新根及支根半數腐爛，4 級植株為新根及支根全數腐爛，5 級植株為主根腐爛。

2. 木瓜受損植株除葉試驗

試驗結果 (表 4) 顯示淹水後第 3 日，葉片明顯出現萎凋及落葉等急性受害徵狀，淹水損害指標方面，處理組與對照組分別為 3.2 級與 3.7 級，累計落葉率方面，分別為 41.7% (含人為除葉部分) 及 44.4%；淹水後第 7 日，植株落葉趨緩，部分植株開始恢復新根生長，淹水損害指標方面，處理組與對照組分別為 2.3 級與 3.2 級，累計落葉率方面，分別為 55.6% (含人為除葉部分) 及 64.8%；淹水後第 14 日，植株多數恢復正常生長，淹水損害指標方面，處理組與對照組分別為 1.1 級與 1.6 級，累計落葉率方面，分別為 55.6% (含人為除葉部分) 及 65.7%；新根級數方面分別為 2.3 級與 1.4 級，新葉數分別為 2.5 片及 2.1 片葉。

3. 田間淹水復育試驗

試驗結果 (表 5) 顯示 C 及 D 處理均有 33.3%之死亡率，恢復正常生長所需週數以 A 處理 4 周為最快，C 及 D 處理 7 週為最慢；重新開花所須週數及重新結果所須週數，均以 A 處理分別為 5 周及 6.7 周為最快，D 處理截至淹水後 10 週仍未重新開花結果。在淹水後淹水受損級數之變化上 (圖 2) ，A、B、C 及 D 處理分別於第 1、2、2 及 3 週達到最大受損級數，之後再開始逐漸下降，並以 A 及 B 處理之下降幅度大於 C 及 D 處理；在葉數變化上 (圖 3) ，A 及 B 處理分別在第 2 及 3 週起反彈逐漸增加，C 及 D 處理則遲至第 5 及 6 週才有明顯回升增加；在果數變化上 (圖 4) ，各處理在 3 週內明顯下降，A 及 B 處理在第 7 及 8 週開始回升增加，CD 處理則未有增加。本試驗木瓜植株為第 3 級受損植株，於田間淹水後 1 週內明顯呈現中下位葉下折，隨著時間增加，第二週起由下位葉往上位葉，會產生葉色下降或黃化，並伴隨萎凋及落葉，新葉也因蒸散作用而導致葉片膨壓下降，呈現半萎凋狀，受害植株之果實，提早大量黃化轉色，甚或軟化掉落，3 週內，所有果實幾乎均黃熟，然果實多數品質不良，除第 1–2 週果實糖度尚有 10 °Brix 外，第 3 週之果實均為 7–8 °Brix，並且容易發生果實病害。



圖 1. 木瓜淹水損害指標
Fig 1. Flooding injury indexes of papaya.

表 3. 木瓜不同種苗淹水後受損情形之比較

Table 3. Comparison of 4 different kinds of papaya seedlings on the flooding damage after 3, 7 and14 days of flooding.

淹水後天數	種苗類別	損害指標	總葉數	累計落葉率	累計新葉	新根級數
3	實生苗	3.0±0.7	12.1±0.5	1.4 ± 3.2	0.2±0.4	0
	組培苗	2.3±0.8	12.1±0.3	0.7 ± 2.4	0.2±0.4	0
	扦插苗	2.4±1.2	12.6±0.5	0	0.3±0.5	0
	嫁接苗	2.5±0.7	12.0±0.4	0.7 ± 2.4	0.2±0.4	0
7	實生苗	1.9±0.7	9.2±1.7	25.7 ± 13.5	0.4±1.6	2.1±0.9
	組培苗	2.2±0.8	10.2±2.1	17.4 ± 16.8	0.4±2.0	1.5±1.2
	扦插苗	2.8±1.1	10.9±2.0	14.6 ± 15.5	0.7±1.9	1.3±1.4
	嫁接苗	2.8±1.1	9.6±2.5	20.8 ± 18.6	0.3±2.2	1.0±1.0
14	實生苗	1.5±0.7	9.4±2.0	29.9 ± 14	1.1±0.7	2.6±0.7
	組培苗	2.3±1.1	9.0±2.5	31.3 ± 21.7	0.8±0.6	1.5±1.0
	扦插苗	2.2±1.2	8.8±3.2	34.7 ± 24.1	1.3±0.8	1.7±1.2
	嫁接苗	2.8±1.5	8.8±3.6	38.9 ± 25.7	0.7±0.7	0.8±0.9

表 4. 除葉處理對木瓜淹水後受損情形之影響

Table 4. Effect of defoliation on the flooding damage of papaya seedlings after 3, 7, 14 and 21 days of flooding.

淹水後天數	處理	損害指標	葉數	累計新葉數	累計落葉率	新根級數
3	CK	3.7±0.5	5.2±1.4	0	44.4 ± 13.4	0
	除葉	3.2±0.7	5.8±0.9	0	41.7 ± 9.6	0
7	CK	3.2±0.8	3.8±0.8	0.7±0.5	64.8 ± 10.4	0.6±0.5
	除葉	2.3±1.0	4.9±1.3	0.9±0.5	55.6 ± 16.4	1.4±0.9
14	CK	1.8±0.8	4.2±1.0	1.1±0.5	65.7 ± 10	1.8±0.9
	除葉	1.3±0.8	5.6±1.4	1.6±0.5	55.6 ± 10.4	2.5±0.8
21	CK	1.6±0.7	5.2±0.6	2.1±0.7	65.7 ± 10.0	1.8±0.8
	除葉	1.1±0.3	6.4±1.6	2.5±0.7	56.5 ± 16.0	2.5±0.8

表 5. 木瓜不同除葉與疏果處理對受損植株生長恢復情形之比較

Table 5. Comparison of 4 different kinds of defoliation and fruit thinning treatments on the growth of leaf, flower and fruit of damaged papaya plants.

處理[z] 項目	植株死亡率	生長恢復所需週數	重新開花所需週數	重新結果所需週數
A	0	4.0	5.0	6.7
B	0	5.0	6.7	7.7
C	33.3	7.0	9.0	10.0
D	33.3	7.0	-	-

[z] A：疏除所有下垂葉及全部果實；B：疏除所有下垂葉及 1/2 量果實。
C：疏除黃化萎凋葉及 1/3 量果實；D：不除葉且不疏果。

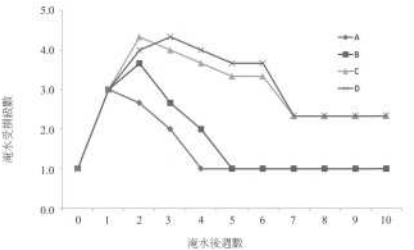


圖 2. 木瓜不同除葉與疏果處理於淹水後之淹水受損級數變化

Fig. 2. Changs in flooding injury indexes of the papaya plants treated with different kinds of defoliation and fruit thinning after flooding.

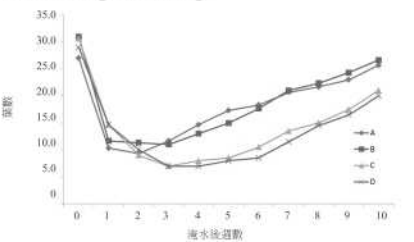


圖 3. 木瓜不同除葉與疏果處理於淹水後之葉數變化

Fig. 3. Changs in leaf numbers of the papaya plants treated with different kinds of defoliation and fruit thinning after flooding.

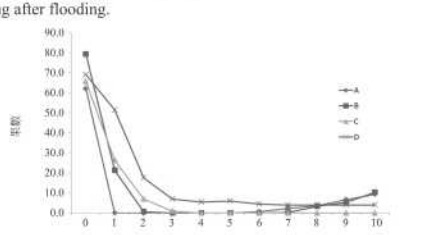


圖 4. 木瓜不同除葉與疏果處理於淹水後之果數變化

Fig. 4. Changs in fruit numbers of the papaya plants treated with different kinds of defoliation and fruit thinning after flooding.

討論

一、降低災害損害之栽培管理模式建立

木瓜幼苗以菌根菌接種再以亞磷酸處理，對於淹水後之植株之受損情形具有減輕效果，植株因淹水及疫病感染死亡之比率也相對降低，推測與接菌植株樹勢與根系發展較佳，以及亞磷酸處理可降低病害發生有關。若以不同時間淹水處理，可發現於 11 月相對低溫季節，淹水 24 小時對處理組與對照組均無明顯受損影響，可能與溫度和日照量相對較低，植株淹水後之葉片水分散失和緩、根部呼吸量較低且病害不易發生有關 (蕭及李，2012)。同試驗淹水 48 小時則對木瓜幼苗產生明顯損害，下位葉發生黃化萎凋及落葉現象，單純接菌植株與接菌配合亞磷酸處理相較於對照組均能減輕淹水損害程度，然兩處理並無明顯差異，由於本試驗木瓜植株均無未因病害死亡，推測與低溫季節病害發生率不高有關，因此亞磷酸處理之效應並未顯現。

阮 (2005) 指出不同品種的木瓜依淹水之耐受性不同可分為 3 群，臺農 2 號木瓜屬於中度淹水適應族群，目前臺農 2 號木瓜商業生產之種苗包括實生苗、扦插苗、嫁接苗及組培苗等 4 種，後 3 者屬於無性繁殖苗，扦插及組培苗之根系為不定根，實生苗及嫁接苗之根系則為原生根系，理論上實生苗及嫁接苗之根系較為強健及完整，幼年性較高，遭遇淹水逆境後之根系生長能力應較佳 (黃等人，2009)，本試驗結果顯示實生苗的確具有較佳的根系恢復能力，然而嫁接苗於淹水後之根系發育卻不佳，推究其原因可能與砧木苗根系老化及接穗幼年性較低有關。由相關試驗觀察中也發現只要是生長勢強健及根系發育良好之植株或種苗，於淹水後之受損程度均較輕微，也較快恢復生長。

二、災害復育技術之建立

木瓜對淹水極為敏感，淹水後因根部缺氧腐爛，無法補給生理及蒸散所需水分，葉片會快速產生下垂、黃化、萎凋及落葉等生理現象，一般會由下位葉往上位葉產生上述生理反應，並藉由葉片逐漸黃化落葉之過程來減少水分喪失，不同植株狀態、不同淹水時間及不同氣候條件等對於木瓜淹水後之受損反應皆明顯不同，於淹水後之受損情形亦可能隨時間而有不同變化，因此建立木瓜淹水受損級數之指標，利用地上部損害情形來評估根系受損情況，提供降低損害處理之評估依據，也能針對不同淹水程度植株，選擇適合之復育處理條件，對於未來提供農民實行復育技術時，可提供較清楚及明確的判斷原則。

木瓜幼苗淹水後雖自體會快速黃化及落葉以減少水分散失，若於淹水後立即進行人工部分除葉，以下垂萎凋葉優先除葉，降低樹體水分散失，可減輕樹體缺水傷害，1 週後即能開始恢復新根生長，供應地上部葉片生理所需水分，當葉片逐漸恢復膨壓，

正常進行光合作用，隨後就能回饋根部營養以促進新根持續發育，並開始萌生新葉，促進植株樹勢恢復。田間結果株遇淹水逆境時，葉片下垂、萎凋、黃化及落葉，植株及花果生長明顯受到抑制，造成開花結果停止，果實也經由提早黃化落果來降低營養需求，這些都是木瓜植株為求生存所進行之生理調節，因此藉由人為方式提早進行除葉及疏果處理，減輕樹體及根群之負擔，並配合噴施營養劑、發根藥劑及殺菌劑等，避免淹水受損情形惡化，且藉由促進葉片及根系恢復正常生長，即可加速植株樹勢恢復，當葉片數逐漸恢復至 15–18 片葉以上時，植株即可具備重新開花結果之能力。由試驗結果也可知疏除之下垂葉片數及果數越多，越能促進樹勢提早恢復，但在經濟考量上，疏除下垂葉片及半數以上中小果，除能有效降低樹體負擔，且因下方接近成熟之果實品質較不受淹水影響，營養積儲能力較低，能在淹水後 2 週內採收販售，對農民而言是較有利且可行之作法。

參考文獻

王均琍。2007。菌根菌應用於經濟果樹之栽培。農業生技產業季刊。12:42–48。

安寶貞。2001。植物病害的非農藥防治品-亞磷酸。植物病理學會刊。10:147–154。

吳繼光、林素楨。1998。囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊。農委會農業試驗所。pp.54。

阮一月。2005。番木瓜在淹水逆境下之生長及生理反應。(未出版之博士論文)。國立中興大學，臺中市。

邱展臺、黃天民、柯天雄、王均琍。2004。繖球屬叢枝菌根菌對木瓜植株生長及果實生產之促進。植物種苗。6(2):42–55。

黃士晃。2009。木瓜災害復耕技術。農業世界。313:22–25。

黃士晃。2014。木瓜防災管理要點。農業世界。376:26–32。

黃士晃、張錦興、林棟樑。2009。番木瓜種苗及繁殖方式簡介。臺南區農業改良場農業專訊。70:3–6。

黃瑞彰、林晉卿、黃山內。2006。內生菌根菌對番茄生育及逆境之評估與利用。臺南區農業改良場研究彙報。48:23–34。

鄭安秀、吳雅芳。2009。天然災害後木瓜病害的發生與管理。「天然災害作物復育之病害管理」研討會專刊。pp.141–149。

蕭元彰、李國譚。2012。土壤水分逆境對果樹生理之影響。臺灣園藝。58(3):185–197。

Establishing the Management and Restoration Techniques for Flooding Papaya.

Huang Shih-Huang[1]*

Abstract

The main purpose of this study was to establish the management and restoration techniques for papaya to reduce flooding lose and damage. The result showed that arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and it combined with neutralized phosphorus acid treatment can reduce the flooding injury. We used 4 kinds of papaya seedlings to test flooding tolerance. The leaves of the true seedlings turned yellowing and were falling more quickly than other seedlings, but the growth of new roots of true seedlings were higher than other seedlings after flooding. We set five flooding injury indexes according to the wilting and damage degree on the papaya plants. Using defoliation treatment on the next day after flooding can reduce flooding damage degree of papaya and increase the recovery growth of damaged plants. Using defoliation and fruit thinning can reduce flooding injury and death rate of damaged papaya plants. This restoration technology also can accelerate the regrowth of leaf, flower and fruit of damaged papaya plants.

Keywords: Papaya, Flooding, Arbuscular mycorrhizal Fungi, Phosphorous Acid, Restoration technology.

1 Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.

* Corresponding Author, Email: shhuang@mail.tndais.gov.tw; Tel: 06-5912901#508.

降雨變化對茶園田間管理之影響情形

簡靖華[1]* 林儒宏[2]

摘要

茶是臺灣重要經濟作物之一，茶區由北至南分佈於不同緯度、海拔及氣候型態，因此降雨變化亦有區域性之差別；調查 93 至 102 年降雨變化，近 10 年之年雨量變化幅度較大，其中以南部茶區最為明顯，東部茶區變化幅度較小，觀察年中降雨分佈，近 2 年年中雨量枯水期與豐水期差異明顯增加，尤其以中部及南部茶區最明顯，造成春茶及冬茶萌芽期缺水，茶芽萌發受影響並造成減產，降雨日數平均以北部茶區最高，近 2 年北部及東部茶區降雨日數稍增，中南部茶區之變化較小，近 2 年北部、中部及南部茶區強降雨之發生皆有增加之情形，而東部茶區則稍緩，強降雨之發生使茶園之土壤及肥料容易流失，增加管理之成本及困難度亦影響製茶品質，茶園排水不及造成根系浸水受傷影響茶樹生長勢，使茶樹無法正常吸收水分而影響產量；赤葉枯病及枝枯病受雨量與溫度之交互影響，而小綠葉蟬遇降雨較少之年度則發生較為嚴重，強降雨過後小綠葉蟬之數量較少，本調查提供茶農做為田間栽培及產製管理調整之參考，期能減少因降雨變化帶來之農業損失。

關鍵詞：茶、降雨量、強降雨。

前言

近年由於全球暖化及氣候變遷，極端氣候使得各地氣象災害頻傳，農業災損慘重。茶是臺灣重要經濟作物之一，茶樹之田間栽培管理及採摘時期與氣候因素息息相關。臺灣茶區由北至南分佈於不同緯度、海拔及氣候型態，因此遭遇到的氣象災害也有區域性之差別，近年來臺灣曾發生之重要茶園災害包含焚風、旱害、寒害、颱風及澇害等 (林等，2007)，其中以旱害最常發生 (李，2005；林等，2007)；而近年颱風及西南氣流發生常帶來罕見豪雨，造成坡地茶區發生土壤沖蝕、土石崩落等災害，使茶農損失慘重。

氣候變化亦對於茶園病蟲害之發生造成影響，臺灣夏季高溫、乾旱，茶樹根部因缺水造成傷害，導致植株抵抗外界惡劣環境能力降低，造成茶枝枯病之發生嚴重 (曾，2005)；而高溫多濕之環境對於茶小綠葉蟬之危害亦為助長因子 (蕭等，2005)。

1 茶業改良場助理研究員 chinghua@ttes.gov.tw。
2 茶業改良場副研究員 jhlin@ttes.gov.tw。
* 通訊作者電子信箱：chinghua@ttes.gov.tw；電話：049-2855106。

本研究藉由了解主要茶區降雨強度變遷趨勢，以及對病蟲害發生影響情形，搭配各項預防措施，提供茶農做為田間栽培管理、茶菁採收及製茶過程調整之參考，期能減少因氣候變遷帶來之農業損失，提升臺灣優質茶葉之產量與品質。

材料與方法

(一)雨量觀測資料調查:

1. 篩選出中央氣象局所設置之位於或鄰近主要茶區之氣象觀測站，調查各觀測站自民國 93 年至今之降水量紀錄，調查之觀測站分別為：新北市坪林、石碇；新竹縣峨眉；臺中市梨山；南投縣翠峰、翠巒、神木村、日月潭、鳳凰、埔中及六分寮；雲林縣草嶺；嘉義縣瑞里、奮起湖、頭崁；花蓮縣舞鶴及臺東縣太麻里、鹿野等共 19 個氣象觀測站。
2. 將觀測站依其位置區分為北部、中部、南部及東部茶區，根據各茶區觀測站之降水量紀錄平均值，分析近 10 年 (民國 93 年至 102 年) 北部、中部、南部及東部茶區之年雨量、逐月雨量分布、降雨日數及強降雨發生次數之變化，並比較 101 年及 102 年各茶區之降雨變化情形。

(二)病蟲害發生情形與降雨變化之關係:

根據近年名間茶區之病蟲害疫情監測數據，調查降雨變化對於病蟲害疫情發生之影響情形。

結果

(一) 雨量觀測資料調查：

1. 年雨量:

調查近 10 年氣象站降水量紀錄，平均年雨量以南部茶區 3801.9 mm 為最高，其次分別為北部茶區年雨量 3182.47 mm、中部茶區年雨量 3063.07 mm，而花東茶區平均年雨量較低，僅 1922.45 mm；比較各茶區近 10 年之年雨量變化趨勢 (圖 1)，北部茶區年雨量於 93 年至 98 年有減少之趨勢，98 年以後呈現增加的趨勢；中部茶區於 94 年至 100 年區間之年雨量亦有減少之情形；而南部茶區由 97 年至 100 年年雨量呈現明顯逐年減少之現象，且變化幅度較為劇烈，北部、中部及南部之茶區於 101 年及 102 年之降雨量均較 100 年明顯增加，而東部茶區之 93 年至 100 年之年雨量變化有增加之趨勢，但至 100 年之後呈現逐年減少之情形，且變化趨勢幅度較其他各茶區為小。

2. 逐月雨量分布：

北部茶區全年降雨分布較均勻，6 月至 9 月降雨量稍多；中部茶區降雨集中於 5 月至 9 月，10 月之後雨量明顯減少，至隔年 4 月始增加；南部茶區與中部茶區相似，而花東茶區降雨則較集中於 6 月至 10 月，12 月至隔年 4 月雨量較少 (圖 2)；由 101 年及 102 年之降雨分布情形顯示近 2 年年中降雨變化較往年劇烈，尤其以中部茶區及南部茶區最為明顯，年中雨量豐水期與枯水期間差異變大，雨量分布不均的情形更劇烈 (圖 3、圖 4)，101 年 3 月、9 月及 10 月降雨不足，對於春茶及冬茶茶芽萌發及產量造成嚴重影響，102 年 1 月、2 月及 10 月份以後降雨量亦偏低，同樣影響該年春茶及冬茶之生長及產量，春茶及冬茶為部分發酵茶品質及價格較佳時期，春茶產量占全年生產比例為各季中最高，故近兩年之降雨變化除增加茶農田間管理之困難度之外，春茶及冬茶減產亦帶來茶農收益之損失。

3. 降雨日數：

計算各觀測站一年之中雨量大於 0.5 mm 之日數，調查各茶區降雨日數之變化情形，北部茶區近 10 年平均降雨日數為 173.4 日，為各茶區降雨日數之冠，中部茶區平均降雨日數為 138.4 日，南部茶區為 146.4 日，而東部茶區平均降雨日數為 148.2 日。101 年各茶區降雨日數皆為近 10 年最高，分別為北部茶區 201.0 日、中部茶區 151.4 日、南部茶區 160.2 日、東部茶區 172.3 日；102 年降雨日數較 101 年稍少，但仍高於 10 年平均降雨日數 (表 1)，其中北部及東部茶區近 2 年之降雨日數相較過去稍增加，而中部及南部茶區之變化幅度則較小。

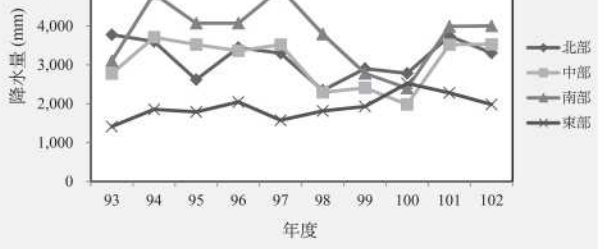


圖 1. 各茶區近 10 年年雨量變化趨勢

Fig. 1. Year precipitation trends from 2004 to 2013 of each tea-growing area

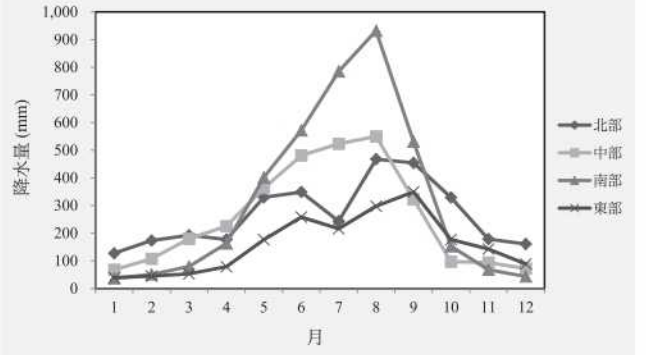


圖 2. 各茶區近 10 年平均降雨分布情形

Fig. 2. The average rainfall distribution of tea-growing areas from 2004–2013

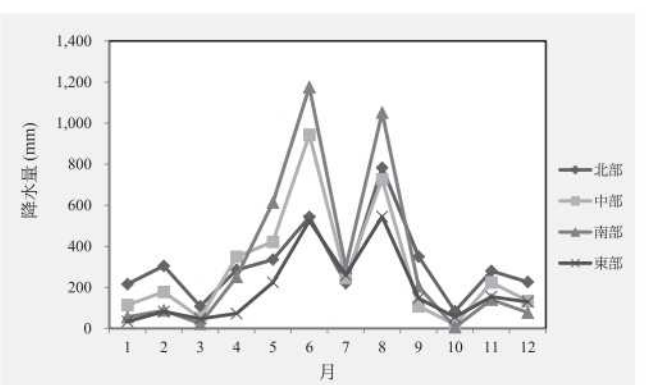


圖 3. 各茶區 101 年降雨分布情形

Fig. 3. The rainfall distribution of tea-growing areas in 2012

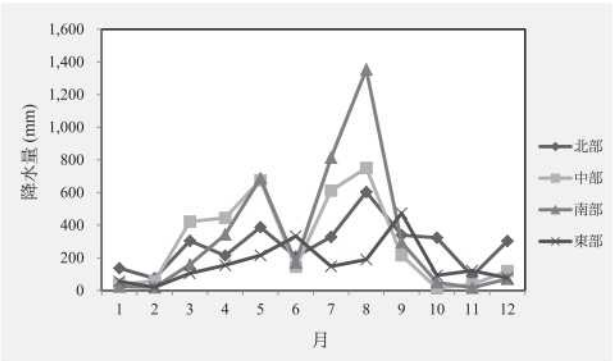


圖 4. 各茶區 102 年降雨分布情形

Fig. 4. The rainfall distribution of tea-growing areas in 2013

表 1. 各茶區近 10 年平均降雨日數調查

Table1. Average number of rainy days of tea-growing area in 2004–2013

年度	北部	中部	南部	東部
93	154.0	116.3	126.2	119.3
94	171.0	142.7	154.2	147.3
95	169.0	149.6	158.0	150.7
96	179.0	150.9	147.8	150.3
97	173.3	144.9	156.2	152.0
98	151.7	104.0	122.4	133.3
99	166.3	146.3	153.4	152.7
100	183.3	135.4	131.0	144.0
101	201.0	151.4	160.2	172.3
102	185.7	142.4	154.6	160.0
平均值 (Days)	173.4	138.4	146.4	148.2

4. 強降雨發生次數

根據中央氣象局現行雨量分級制度 (104 年 9 月 1 日之前)，豪雨定義為 130 mm/24 hr 以上，大豪雨為 200 mm/24 hr 以上而超大豪雨則為 350 mm/24 hr 以上。調查各茶區近 10 年降雨達豪雨等級以上之各級強降雨每年平均發生次數 (表 2)，並比較各茶區平均強降雨次數 10 年間之變化情形，以南部茶區發生強降雨之機率較高，平均 4.5 次，北部及中部茶區皆為 3.7 次，而東部茶區為 2.0 次；

達大豪雨等級之降雨次數中部茶區及南部茶區皆為 1.6 次，北部茶區為 1.2 次，東部茶區為 0.7 次；超大豪雨之降雨次數以南部茶區最高為 1.4 次，其次為中部茶區 0.5 次，北部茶區則為 0.2 次，東部茶區 0.1 次；觀察各茶區逐年發生強降雨之次數變化情形，西半部之茶區於 95 年、99 年及 100 年發生強降雨次數較少，而 101 年及 102 年即大幅增加，而東部茶區則除 97 年及 101 年強降雨次數較少，100 年平均強降雨次數達 4.3 次，其中有 2.7 次為大豪雨等級；綜合各茶區之強降雨發生情形可知近 10 年以南部茶區最常發生強降雨，降雨強度達超大豪雨等級之次數亦高於其他茶區，強降雨易造成茶園土壤沖刷流失，土壤保肥能力降低，故須加強肥培管理適時補充流失之養分。另降雨過於集中易因茶園排水不及造成根部浸水的情形發生，導致根系受傷影響茶樹生長勢，而後遇到缺水情形將導致茶樹無法吸收足夠水分，亦造成茶樹衰弱大量開花且茶芽嚴重減產。

(二) 病蟲害發生情形與降雨變化之關係：

1. 赤葉枯病：

茶樹赤葉枯病為高溫高濕型病害，名間茶區自 93 年至 101 年之赤葉枯病發生情形之調查，93 年至 95 年發生情形較嚴重，自 96 年後較輕微，至 101 年調查點之赤葉枯病發生為零 (圖 5)。

表 2. 各茶區近 10 年降雨達豪雨等級以上平均次數

Table 2. Occurrences average of the precipitation that reach heavy rain grade and above of tea-growing area in 2004-2013

		93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
豪雨	北	4.0	3.3	1.7	2.7	2.3	2.3	1.3	2.0	1.7	2.0
	中	2.1	2.3	2.5	2.3	1.9	1.5	1.0	0.6	1.0	1.6
	南	0.0	2.5	2.5	2.0	0.5	0.0	0.5	1.0	4.0	2.0
	東	0.0	1.3	1.3	2.0	0.3	2.7	1.3	1.7	0.0	1.7
大豪雨	北	1.3	2.0	0.0	0.3	2.3	0.7	1.3	0.0	2.3	1.3
	中	1.8	2.4	1.6	1.6	3.1	1.0	0.3	0.2	1.9	1.9
	南	3.5	2.5	1.5	2.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5
	東	0.7	1.0	0.7	1.0	0.0	0.0	0.3	2.7	0.3	0.0
超大豪雨	北	0.7	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
	中	0.9	0.4	0.4	0.3	1.0	0.8	0.0	0.0	0.6	0.3
	南	1.5	2.0	1.0	1.5	2.5	3.0	0.0	0.0	1.0	1.0
	東	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3

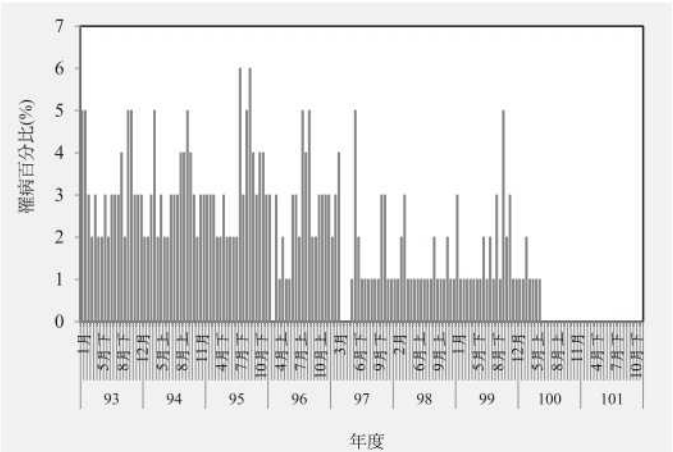


圖 5. 名間茶區赤葉枯病罹病百分比變化

Fig. 5. The diseased percentage change of brown blight in Mingjian (2004–2012)

2. 枝枯病：

茶樹枝枯病常發生於夏季高溫乾旱之環境，名間茶區之疫情監測調查結果於 98 年及 99 年發生較為嚴重，其餘年度之罹病狀況皆為輕微或無 (圖 6)。

3. 小綠葉蟬：

茶小綠葉蟬之發生 5 至 7 月最為嚴重，其次為 9 至 10 月，以通風不良或雜草叢生之茶園較易受害，根據疫情監測調查名間茶區之小綠葉蟬發生情形自 97 年起逐漸嚴重，98 年為歷年發生蟲害最嚴重之年度，99 年受害情形降低但 100 年至 101 年仍嚴重發生 (圖 7)。

調查 93 年至 101 年之逐月降雨情形，發現赤葉枯病及枝枯病與逐月降雨變化之相關性較小，因其罹病除受雨量影響外，溫度亦是重要影響因子；小綠葉蟬之發生較容易受降雨情形之影響，遇降雨較少之年度則小綠葉蟬之發生較為嚴重，而強降雨過後小綠葉蟬之數量亦較少，應是茶樹受雨水淋洗減少小綠葉蟬在植株上之數量。

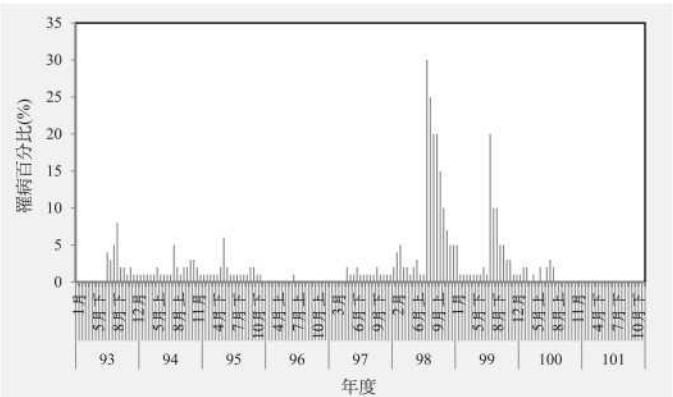


圖 6. 名間茶區枝枯病罹病百分比變化

Fig. 6. The diseased percentage change of die-back blight in Mingjian (2004–2012)

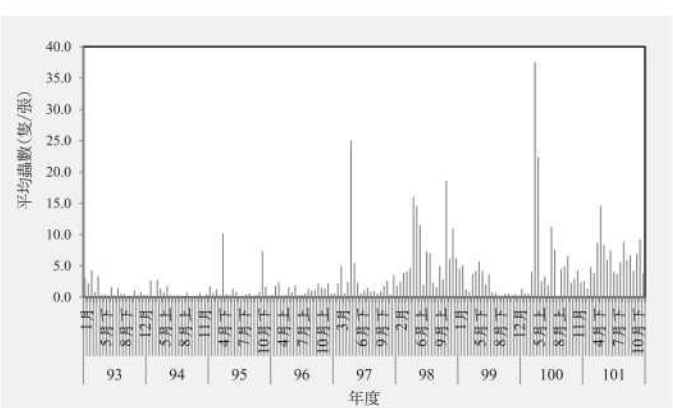


圖 7. 名間茶區小綠葉蟬蟲數變化

Fig. 7. The leafhopper number changes in Mingjian (2004–2012)

討論

根據 93 年至 102 年各茶區降雨紀錄之質量分析顯示，近年極端降雨之發生的確有增加之趨勢，各茶區皆有可能遭遇乾旱及強降雨；北部茶區以降雨不足發生乾旱之機率較高，應加強灌溉設施，或利用敷蓋物減少茶園土壤水分蒸散，且坡度較緩若遇強降雨時排水較緩慢易造成茶樹根系受損，因此應加強茶園水分管理措施，另外減少施用殺草劑及化學肥料可維持土壤良好團粒構造保持土壤孔隙亦可減少根系受損，若遇淹水時亦可較快排除多餘水分。

中南部茶區多位於較高海拔之高山茶區，降雨較為劇烈且集中，常見茶園坍方及土壤肥份流失問題，於開墾時應注意坡度不可過陡以免強降雨造成坍方，另應加強水土保持措施及開設排水溝減少逕流造成茶園土壤流失，坡度較大之茶園較少發生淹水，但土壤養分保持不易，於強降雨後應適度追加有機追肥補充土壤養分，而坡度較平緩之茶園亦須保持土壤良好理化性質避免淹水造成根部浸水之損傷；中南部茶區缺水較常發生於冬季，此茶區灌溉設施較為普遍，若無灌溉設施亦可使用敷蓋物減少土壤水分蒸散，而較低海拔之茶區亦可搭配灌溉設施或草生栽培減少乾旱及強降雨之影響。

東部茶區降雨量較少變化較小，但較常遭遇高溫焚風之侵襲，高溫加上乾旱為茶枝枯病及小綠葉蟬之好發條件，因此搭配灌溉設施及良好管理模式，亦可減少夏季乾旱帶來之損失。

參考文獻

李臺強。2005。茶園寒害的成因及預防改善措施。茶業專訊。51:7–8。

李淑美。2005。茶園旱害的發生及防護對策。茶樹氣象災害調查及防護技術研討會專刊。行政院農業委員會茶業改良場。9–20。

林木連、謝靜敏、陳玄。2007。茶園農業氣象災害與因應策略。作物、環境與生物資訊。4(1):35–40。

曾方明。2005。高溫乾旱對茶枝枯病的影響。茶樹氣象災害調查及防護技術研討會專刊。行政院農業委員會茶業改良場。35–54。

蕭建興、蕭素女、江正亨、曾信光。2005。氣象因子對茶小綠葉蟬族群發生的影響。茶樹氣象災害調查及防護技術研討會專刊。行政院農業委員會茶業改良場。79–88。

Influence of Rainfall Change on the Tea Field Management

Ching Hua Chien[1]* and Ru Hong Lin[2]

Abstract

Tea is an important economic crop in Taiwan, tea-growing area from north to south, located in different latitude, altitude and weather patterns, changes in rainfall therefore also with regional differences. Survey precipitation changes in 2004–2013, annual precipitation of nearly 10 years with greater change, the southern tea-growing areas was the most significant and eastern tea-growing areas was lesser extent. Observation of the rainfall distribution in each month between years, 2012 and 2013 the difference of dry season and wet season was more significant, especially in central and southern tea-growing areas, resulting in water shortage during tea leaf emergence stage of spring and winter, affected tea leaf bud germination and cause reduced production. The average of rainy days is highest in northern tea-growing areas, rainy days number in northern and eastern tea-growing areas increased slightly in nearly two years, the change of central and southern tea-growing areas was small, the heavy rainfall was occurs more frequently in northern, central and southern tea-growing areas than the eastern in 2012 and 2013, heavy rainfall cause the soil and nutrient loss and increased the management costs, reduced the tea production quality. Tea plantation drained too slow cause the tea root system injured and infect the tea growing, tea plants can't absorption of water normally and reduced the yield. Tea brown blight and die-back blight infected effected by the interaction of rain and temperature, and the years with less precipitation the leafhopper occurs more serious. This investigation provides farmers as a reference of cultivate and product managed to reduce agricultural losses due to precipitation change.

Keywords: Tea, Precipitation, Heavy Rainfall.

1 Tea Research and Extension Station, chinghua@ttes.gov.tw.

2 Tea Research and Extension Station, jhlin@ttes.gov.tw.

* Corresponding Author, Email:chinghua@ttes.gov.tw; Tel: 049-2855106.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究：成果發表暨研討會論文集. 103 年度 / 王毓華, 呂秀英主編. -- 初版. -- 臺中市：行政院農業委員會農業試驗所, 2015.11
面：19*26 公分. --（農業試驗所特刊：第 186 號）

ISBN 978-986-04-6408-5 (平裝)

1.農作物 2.農業經營 3.文集
434.207 104022787

編　　號：農業試驗所出版品 2015 年 003 號
書　　名：因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究—103 年度成果發表暨研討會論文集
發 行 人：陳駿季
編　　輯：王毓華、呂秀英
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：臺中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網　　址：http://www.tari.gov.tw
電　　話：(04) 23302301
出版年月：2015 年 11 月
版　　次：初版
展售門市：1. 行政院農業委員會農業試驗所圖書館 (04)23317035
2. 國家書店 / 104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
3. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路 6 號 (04)22260330
定　　價：新台幣 350 元(平裝)
承 印 者：學安文化事業有限公司
地　　址：臺中市南區仁和二街 78 號
電　　話：(04) 22861600
ISBN 978-986-04-6408-5 (平裝)
GPN 1010402177
版權所有、轉載須經本所同意



定價：新台幣 350 元（平裝）
GPN 1010402177