試驗所特刊 111 號 ISBN 986-00-0394-7

水稻健康管理

研討會專集

Proceedings of 2004 Symposium on

RICE HEALTH MANAGEMENT



行政院農業委員會農業試驗所 編印

中華民國九十三年十二月

2004　水稻健康管理研討會



農業試驗所特刊 111 號 ISBN 986-00-0394-7

水稻健康管理

研討會專集

Proceedings of 2004 Symposium on

RICE HEALTH MANAGEMENT



行政院農業委員會農業試驗所 編印

中華民國九十三年十二月

水稻健康管理

研討會專集

民國九十三年九月八日

在行政院農業委員會農業試驗所舉辦

賴明信、林信山 主編

補助單位：行政院農業委員會農糧署

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所

財團法人全方位農業振興基金會

環球技術學院

發行單位：行政院農業委員會農業試驗所

中華民國九十三年十二月

封面說明

健康管理的台農 71 號，在未施穗肥的條件下，稻穀產量不若傳統慣行栽培高，但品質卻大為提高，安全性更不用提，絕對保證安全—安啦！。瞧！健康管理的台農 71 號田區在成熟期金黃一片，望之不但有一種健康安心的氣氛，更有一種幸福的感覺。

目　　錄

開幕禮

致歡迎詞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・林俊義所長・・・ i
貴賓致詞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・陳建斌組長・・・ ii
貴賓致詞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・謝順景教授・・・ iv
貴賓致詞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・侯福分場長・・・ v
貴賓致詞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・柯南靖董事長・・ vi

水稻之品種與生理暨健康管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

植物健康管理之真諦及價值・・・・・・・・・・・・・・・林信山等・・・・ 3
水稻之發育過程與健康管理・・・・・・・・・・・・・・・盧虎生・・・・・ 17
國內水稻育種事業與重要栽培品種之特性簡介・・・・・・陳治官等・・・・ 33
水稻健康管理體系下之營養與水田管理・・・・・・・・・王鐘和・・・・・ 41
氣象與水稻生產之關係・・・・・・・・・・・・・・・・・楊純明・・・・・ 57

以健康管理為目標之水稻病蟲草害管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 73

台灣水稻重要病害之生態及防治要領・・・・・・・・・・張義璋・・・・・ 75
水稻主要害蟲及其防治要領・・・・・・・・・・・・・・余志儒・・・・・ 103
有機稻田雜草害防治・・・・・・・・・・・・・・・・・・陳世雄・・・・・ 119
水稻台農 71 號之健康管理・・・・・・・・・・・・・・・賴明信等・・・・ 143

綜合討論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 151

綜合討論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 153

開幕禮

林俊義所長致詞

農委會農糧署陳健斌組長，前台中區農業改良場場長謝順景，全方位農業振興基金會董事長柯南靖董事長，花蓮區農業改良場侯福分場長，亞太糧肥宋勳處長，以及在座相當多專家學者、試驗改良場所的同仁，歡迎各位蒞臨參加本研討會。

水稻是國人的主食，飲食直接影響人體健康，故有效率的生產並提供安全的良質米至爲重要，且可扮演外來米衝擊的軟堤防。水田在涵蓄水源及環保的功能無可取代，豪雨時水田是最佳緩衝區，經由水稻的光合作用更能改善空氣品質。所以確保國內稻作產業的永續發展意義非凡。

國內推廣良質米生產體系已有很好的成果，近年來有機米的生產也有相當的表現，這是國人之福，但不應以此爲滿足，冀望推動大多數農友易於採行的技術。以品種爲首要，以植物生理爲基礎，以自然平衡爲原則，重視環境因子，經由土壤管理、理性的草生栽培、不用或合理使用化學農藥、合理化施肥與營養管理、正確的田間管理及必要時的簡易設施等之匯集，結合成爲整套的植物健康管理理念與技術，朝向建立作物標準生產流程的方向努力，最終達成工作簡單化、降低生產成本、提昇產品品質、增加生產者與消費者的健康與福利的目標。

台農71號(益全香米)是本所努力十年所選育的品種，其米粒短圓飽滿，外觀晶瑩剔透，飯粒黏度適中、彈性及口感佳，還會散發濃郁的芋頭香味，米質水準直逼日本新瀉生產之越光米，是極佳的優質米種；更重要的是其對國內之主要病、蟲害都具有不錯的抗性，推廣以來品質表現深受消費者的肯定與讚美。這樣好的品種若能以健康管理的理念加以栽培，相信是一件很好的事情。

今天研討會的內容相當豐富，總共有四節，九個題目，含蓋品種栽培、生理、病態管理跟氣象的關係。這樣豐富的研討會內容應該會讓各位有很好的收穫，再次感謝各位的蒞臨，很久沒有高朋滿座，預祝我們今天研討會相當成功，最後敬祝各位身體健康，謝謝。

陳建斌組長致詞

研討會主持人陳副所長、各位貴賓、專家、學者，大家好！

首先帶給大家一個比較正面的訊息，台灣的稻米通過多重安全檢測後，在今年八月二十七日正式獲日本政府厚生省同意進口，記錄上台灣稻米整整三十三年都沒有正式出口到日本，我國是繼美國、澳洲、紐西蘭、中國大陸、泰國、埃及、越南之後，被日本政府列入許可進口稻米的新增國家名單，意義重大，給國內廣大的稻農很大的鼓勵。上週，在得知外貿協會在日本的北九洲有一個地區性國際食品展，農糧署立刻把握機會招募四家國內有意願的農會及糧商，將在十月七日帶著台粳二號、九號及「益全香米」等到北九洲促銷，並安排在會場打上強調「台灣米」的廣告，希望能好好在北九州福岡地區多爭取行銷業績。「台灣米」能成功銷日，除了感謝中正農業基金會、宋勳處長及多位專家長期的協助之外，也更要認知，如果我們的稻米產業還要有更亮麗的未來，首先一定要安全，安全是包括產品不可以有任何農藥或重金屬殘留等；第二是高品質，要好吃、香Q；第三是價錢要有競爭力。再次強調這三個要素是有排序的，安全一定是排第一，再來是高品質，最後是有競爭力的價格，這三個缺一不可，因爲全世界的米都要賣給日本，上列三個要件都要備齊方有可能順利打入日本市場。今天的水稻健康管理研討會辦的非常是時候，我們需要不斷透過專家學者的專業指導，讓台灣的稻米無論是外銷或內銷一定是安全、高品質、還有價格競爭力。

本次研討會的主軸強調自然、平衡，我非常的敬佩，個人覺得很多事情的道理都是共通的。事實上，我的專長是食品方面，看到今天大會安排主題，發現跟食品與人體的關係是一樣的。消費者大都知道喝優酪乳對胃腸不錯，因爲胃腸裡面比較不好的菌經過乳酸菌和一些成分的作用會被抑制，對身體好的菌就會增殖。優酪乳不是藥也不是抗生素，許多人如果胃腸不好，得腸胃炎什麼的，就是吃抗生素；不過抗生素是殺菌劑，腸胃裡的好菌壞菌都同時被殺滅，所以抗生素不是絕對安全的，但是喝優酪乳就很好，因爲它的功能跟今天研討會的主軸一樣，對環境友善，透過好的管理包括合理的施肥、安全的用藥、有效的田間管理，就能生產出更健康的水稻，更好的稻米產品，也會降低成本，對消費者的健康更有利。今天的研討會強調的主軸也可說是「共生」，如同我剛才所講的優酪乳跟腸胃是「共生」而不是「抗生」，「共

生」跟「抗生」是相對的。我們希望透過這個「共生」理念，將來可以全面落實到我國水稻的生產現場。

最後預祝今天與會的各位貴賓都能夠充分得到各位所需要最好的知識跟資訊並帶回到工作崗位和工作夥伴分享。謝謝。

謝順景教授致詞

農試所陳副所長炳輝、全方位農業振興基金會柯董事長南靖、各位貴賓、各位朋友，大家好。首先我要向邀請本人前來參加水稻健康管理研討會的主辦單位表示感謝的意思。本人曾經在農試所服務有15年之久，今天又能回到娘家來學習及看老朋友，感到非常的高興。本人在農試所服務期間所進行的研究以水稻之遺傳育種爲主，今天研討會的主題又以水稻之健康管理爲主，所以感到特別的親切。

台灣在水稻之研究有輝煌的成就，因此能推出高產高品質的品種來配合現代化的栽培技術，使能在65年代生產270萬公噸的最高生產記錄。近年來台米的出口受阻，因此全島的稻米生產量減爲目前的150萬公噸左右。在國際貿易競爭激烈之情形下，如何生產無農藥污染而品質優良的健康稻米成爲台灣稻米能否再度出口的重要課題。

今天農試所及全方位基金會合辦水稻健康管理研討會來討論這個問題並推出可行的方案，正是時候，也顯得特別重要。記得我在台中區農業改良場服務期間推動「有機農業」時，對農友常講的話是「有健康的土壤才能長出健康的作物，健康的作物才能提供我們健康的食品，吃了健康的食品，我們的身體才健康」，因此在農業生產過程的每一個步驟都要以健康爲考量下進行。我看了今天研討會的議程內容後知道上述因素的研討已包括在內，從土壤之管理、水稻之育種及病虫害之管理都會有專家提出報告，因此討論應該會很精彩。

剛才談到希望我們生產能在國際上競爭的高品質米才能外銷到日本去，以賺取外匯，並帶動台灣農村的發展。在本研討會中將會討論到生產有機米之外銷事情，我想這是很好的課題。根據美國有機食品消費者協會 (Organic Consumer's Association) 的報告， 2003年全球的有機食品銷售量有260億美元之多。日本有機農產品之銷售量在2003年有45億美元之多，除自己生產之外，大量由美國及中國大陸進口。只要我們能在台灣生產符合日本標準的有機米，一定可以把我們的蓬萊米賣到日本去。由於花蓮農民的努力，已經可以把高品質的富麗米出口到日本去。這是很好的開始，希望本研討會所研擬出來的稻的健康管理的方法能趕快推廣出去。

最後祝本研討會成功，並祝福與會人員身體健康、快樂。

侯福分場長致詞

大會主持人、各位貴賓、各位女士、先生大家好！

水稻爲台灣最重要作物，栽培面積最大，稻作農戶也最多，因此稻作產業之發展與農村經濟、社會安定及生態環境息息相關。光復後由於農業試驗研究單位積極投入品種改良與栽培技術研究，建立完善的稻作生產體系，促使稻米產量倍增，唯在70年代後由於國人之飲食習慣改變，對稻米的消費量逐年減少，造成稻米供過於求。因此政府開始推行水旱田利用調整政策，減少稻作栽培面積。同時稻作研究及產業活動也有減少的趨勢。在此氣氛下，今天的研討會就顯得別有意義，可以讓大家來思考稻米產業應如何發展；在WTO的架構下，國際市場更加開放，除了擴大內銷市場，外銷也是值得探討。由最近的研究發現日本是一個可以開發的市場，經由研究小組的資料搜集，了解外銷的瓶頸，並逐一突破。爲了要測試稻米外銷日本的實務操作，我們在花蓮縣富里鄉設置「外銷米先驅計畫」實驗區，搜集區內的生產環境資料，包括灌溉水、土壤、氣候等。建立標準稻作栽培體系，嚴格指導農民的施肥及病蟲害防治，特別注意收穫後稻米農葯殘留測定，在這期間日本農林水產省派人來看我們的生產環境及栽培狀況並檢測產品，結果相當滿意，我們已成功的打開日本的門戶。唯將來是否能使外銷更加擴大，先決條件是產品要安全，因此未來水稻之優良耕作程序，包括生產履歷，極爲重要。其次是價格及品質是否能與國外競爭，凡此皆影響到未來外銷的發展。透過今天的研討會建立水稻健康管理體系，使稻米更加安全，並藉此凝聚共識，找出未來稻米產業之發展方向，期待大家共同努力，最後祝與會貴賓萬事如意，研討會圓滿成功。

柯南靖董事長致詞

陳副所長、侯場長、謝教授、各位貴賓，大家早。

植物健康管理乃是全方位農業振興基金會最主要的工作項目，希望藉此營造國人居住的環境跟食物的安全與健康。我們瞭解農業的生產牽扯到生物的問題，生物性一直是非常複雜，我們必須要從各個領域去綜合農業的相關技術，把它整合在一起應用到田間實際的運作，由於運作的體系架構非常的大，幸好有很多農業機構的研究人員給了我們很多的支持，特別是農業試驗所及農糧署不論是經費、人力或者是研究設備方面的支持，我們非常感謝這些支持。我想今天台灣要走出去，要接軌全球市場是非常重要的，我相信台灣的農業科技非常精進，只要我們做好整合工作，我們就可以很穩的進入整個全球市場。但是它的契機並不是永遠的存在，所以在這個全球市場非常緊迫之下，我也非常期盼國人放棄個人眼前的成見，爲了營造台灣共同的事業爲目標一起來努力。我們全方位農業振興基金會這兩年多來都一直希望做專業區的模式，剛才陳組長也提起水稻專業區生產模式，以外銷日本爲主要市場，這時間非常吻合。我們將農民整體結合不再各自單打獨鬥，我相信在全球化後單打獨鬥的局面已經無法存在，在未來的全球市場，一定要把台灣各層面的生產者整合在一起，這樣我們才能製造永續經營的產業，也才具有全球化市場競爭力的基本要件。

有各位佳賓的熱烈參與，相信今天的研討會應有豐碩的收穫。最後敬祝各位健康、愉快。

水稻之品種與生理暨健康管理

水稻健康管理研討會 3~16 (2004)

植物健康管理之真諦及價值

林信山[1]、柯南靖[2]、郭聰欽[2]

[1]環球技術學院
[2]財團法人全方位農業振興基金會

摘　要

中國傳統文化的精髓包括崇尚自然、生活淡泊、順天應地及平衡觀等，這是天人合一以維持環境永續生存的哲學。現代文明快速發展的結果，物質重於精神，加上人口急速增加導致對物質的大量需求，過度掠取自然資源及破壞自然環境遂成爲必然的結果。當人類發現環境快速惡化引起的可怕報應如慢性病普遍發生等，亟思改善，於是地球日、永續農業、有機農業等活動或產業相繼出現，其中永續農業的概念最被大眾接受，苟能徹底執行，對生產與環保二者間或能得到較佳的平衡點，而植物健康管理是永續農業的必備理念與知識，可落實至量產及行銷，達到生產安全又營養的農產品及營造環保的環境，並提昇國人生活水準。植物健康管理之真諦乃是營造最適合植物生長的生物性、化學性與物理性環境，佐以人文、以植物生理爲基礎之栽培技術、土壤與營養管理、病虫草害綜合管理、環境調控等，針對個別作物建立一套可與時精進的標準作業流程(SOP)，使植物在無(或最少量)農藥、最適量的肥料條件下，仍能控制病虫草害之發生在可接受的程度內，並使植物生長健康，展現應有的產量與品質，甚至激發更大潛能，增加投資報酬率，進而確保健康的環境，使人類及其他生物免於(或減少)直接或間接受害。因此，植物健康管理的真諦可歸納爲整合各種農業技術成爲知識，以知識營造環保的植生環境，以預防醫學及保健概念生產安全、富功能、有風味的生機產品，產品可以是有機或一般產品，延伸知識及產品至人體健康、確保政府與生產者及消費者共贏爲目標等，所呈現的價值正是吾人最需要的。

關鍵詞：植物健康管理、永續農業、環境保護、人體保健、優質農產品、共同品牌、行銷通路。

前　言

追求美滿的生活是人類的共同目標，健康是美滿的基礎，健康的層面包括身、心、靈，前提爲營造安全的環境，才能提供安心的居家生活環境及生產安全又富含營養的食物。永續農業之被重視，即導因於此。有機農業是執行永續農業的重要策略之一，也就成爲近年來的熱門課題。無論永續農業或有機農業，都需要一些理念與技術的支撐，所以前前後後有虫害綜合管理(Integrate pests management, IPM)、合理化施肥、病虫害綜合管理等技術的佈建及策略的被推動，且都有成效，只是未竟全功。美國於1900年開始，應是體認到上述情況，認爲擴大管理的領域，整合爲成套的知識，或許能有更好的成果，於是柑桔[13]、花生[14]、馬鈴薯[15]及大麥[12]等四種作物之健康管理被編輯成書。國內農業委員會苗栗區農業改良場於1999年開始推動植物健康管理，並於2000年辦理唐菖蒲健康管理觀摩會。農業委員會農業藥物毒物試驗所於1999年開始也有數冊相關的專集出版[6,7,8,9]。

論及植物健康管理，不能忽略中醫的哲學觀及果樹產期調節的精髓。中醫重視體質，認爲將體質調整至最佳化，就能減少疾病侵襲，即便生病，復原也較快，所以重視飲食，更發展食療。1970年代台灣園藝作物的重點研究計畫包含產期調節，其中果樹產期調節的關鍵爲培養並調控樹勢[1]，重點以建立生育指標爲要務，藉土壤、水分及肥培管理、整枝修剪等技術，配合田間微氣侯之調整，促使樹體健康、生長勢處於可調控的狀態，如此方能人爲影響開花期，並避開或減少病虫爲害，最終生產高品質的果實。由此觀之，在進行果樹產期調節時，雖無健康管理之名，但有健康管理之實。

內　容

一、植物健康管理之真諦

顧名思義，植物健康管理指的是促使植物健康的管理技術或系統，但深層意義更爲週延，略述如下：

(一)植物健康管理之中心思想

基於生物共生及預防醫學的理念，以知識來增進植物的健康，進而激

發潛能，兼改善環保，生產安全、富功能、有風味的食品，最終建構生產者、經營者及消費者之生活共同體，立足寶島，放眼全球，謀求人類之福祉。

大自然有自己的運作法則，如火山爆發後的熔岩，冷卻後經不同的生物接力式的滋生，最終才能形成茂林，過程中登場的生物互相依賴生存，不但沒有那一種生物滅種，且能維持動態平衡及永續生存。反觀人類不斷干擾自然法則，投入過多化學製劑於農業生產體系，破壞了自然平衡，遂後患無窮。以人體健康爲例，若回歸較接近自然的飲食，應以富含纖維的五穀及蔬果爲主食，佐以適量的蛋白質及脂肪，避免過度加工及精緻化的美食，腸道內的微生物就應接近平衡，何須增食有益微生物才能確保健康？若增食了有益微生物，但腸道內未能提供適合有益微生物生存的環境，那效果能維持多久？

無病防病及有病防變是中醫的特色，套用於植物健康管理皆準。植物病害的發生及其嚴重性決定於寄主、環境及病源三者間的互動，栽培者較能著力處爲寄主(作物)及環境，如何增加寄主的健康及相關的耐病、耐逆境的能力就是植物健康管理的目標，再加上改良環境使適合寄主但不利於病源，病害的嚴重性就有可能被預防或大幅減輕了。

人的潛力無窮，植物也雷同。葡萄產期調節技術開發過程中，遭遇二項主要質疑，其一爲葡萄花芽形成的主要時期爲落葉後的低溫休眠期，所以高溫期不可能有完美的花穗，實際上一個完整的葡萄花穗至少有一千朵以上的小花，符合標準規格的著果數卻只要約40粒的果實，所以重點是確保著果數而不是花穗的大小。第二項質疑是台灣的葡萄普遍高產，每公頃每收約15,000 kg，每年二收產量達30,000 kg，相較於國外葡萄主要產地之年產量每公頃12,000 kg，執行產期調節後的巨峰葡萄應會逐漸衰弱並趨死亡，但實際上這種推論從未發生，可見葡萄是有潛力的，只是未被開發而已。植物健康管理的重點之一就在於激發作物的潛力，例如台農71號香米在健康管理之下，生育期減少10日[11]，這可獲得多項好處。

(二)植物健康管理產品內容

植物健康管理之對象爲作物，所以初級主產品爲農藝作物、園藝作物及特用作物產品，二級產品延伸至以一級產品爲材料的禽畜產品、水產及

加工品，三級產品爲觀光休閒及通路等服務業，即結合一級產品、二級產品及環保生產環境所創造的附加價值，最終建構產銷體系而成爲完整的價值鍊。

(三)植物健康管理產品規格

生產安全、富功能、有風味的優質生機農產品是終極目標。食療同源，要吃出健康，零風險的食物爲第一要件，若不能提供安全的食物，就等於奢言健康。當然，富含功能性營養的食品更能錦上添花，使健康加分。國人對於品質優良的定義，認知或有偏差，例如偏好大又甜的水梨，但每一個水梨品種各有特性，大未必好，糖酸比適當方有風味、多吃不膩，所以健康管理之產品以發揮品種應有的風味爲特色，生產過程並應建立生產履歷及經制式監測。健康管理之作物，產品若符合有機標準，即歸類爲有機產品，符合健康管理程序與標準，即爲健康管理產品，這二類產品均需驗證。

經植物健康管理的產品除了上述規格訴求外，其他的品質也明顯提升，例如非洲鳳仙花的花朵加大[4]、夏季唐菖蒲的花色較爲艷麗及提早切花期(圖一)等。

(四)植物健康管理體系生產規範

1.生產環境

植物健康管理所生產之產品可以是有機產品或健康管理產品，若是有機產品，生產基地需符合有機農產品之規定，健康管理產品也不得含有達到爲害人體健康程度之重金屬或其他污染，當然先決條件爲灌溉用水不得含有達到爲害人體健康程度之污染源，如此才能保護生產者的健康及消費者的權益。

2.鼓勵集團栽培

農地面積太小，容易受到週遭環境的影響，鼓勵擴大面積集團栽培不但可以紓解外來污染的困擾，也有利於共同集貨及運銷。若不能擴大面積集團栽培，建立有效的隔離亦是可行途徑之一。

3.建立標準作業流程及作物生產履歷

慣行栽培的農友，常受外在影響，管理方法多變、繁雜，施用的資材可能效果重複或抵消，導至很難分析結果。植物健康管理的目標

之一爲建立並執行與時並進的標準作業流程及作物生產履歷，才能使作業簡易化及全程追蹤。作物的生長受環境的影響，技術與資材的開發與引進是與時並進的，所以標準作業流程也應適時修正，例如台農71號益全香米的標準作業流程已訂，依此作業，既簡單又有效。唯有建立標準作業流程才能使工作簡易化，也才易於推動作物生產履歷，促進產程監控需透明化，進而建立消費者對生產者的信心。

(五)植物健康管理之基本技術

1.土壤管理

土壤管理的目標是營建富生機的健康栽培環境，讓生長於此的作物也能健康。考慮營建具有良好生物性、物理性及化學性的土壤，長期作物與短期作物的管理方式不盡相同。果園必需採行草生栽培，做合理的管理，藉草類的生質(biomass)來增加土壤有機質含量及改善物理性、生物性及化學性，梨園採行草生栽培[3]，連續二年未施有機質基肥，產量及品質反而更好，當然這個結果也許是果園土壤中含蓄很多養分的結果，應繼續追蹤觀察，若結果一直穩定，才能下定論，但土壤質地改良的事實目視即知。短期作物必需輪作，搭配種植綠肥更好，如此才能確保園地富有生機，避免土壤中養分的偏失，並減輕病虫草害。

2.肥料與營養管理

有機資材單價較貴，體積較膨鬆的有機質搬運費時且深施更難，有機肥施用後分解與肥分之釋放受天候影響很大，如果爲了生產有機產品，當然別無選擇，只能施用經驗證的有機肥。有機肥料的原材料與製作過程都要嚴格監控，才能確保品質，如果售價又能被接受，且果園的供水系統等很穩定，能控制肥分的釋放，那麼施用有機肥料是很好的選擇。但在植物健康管理體系之下，植物健康管理、環境與利潤三者必需兼顧才能永續經營[13]，所以可接受化學肥料，因有機肥料施到土壤中大部分都要轉形爲無機離子才能被植物有效的吸收，重要的是要控制施用量，避免過量施用，才不會導致污染環境，所以碳帳的計算很重要。

在合理化施肥之下，應可避免過量施肥導致的土壤惡化及污染環境，所以除了定時土壤採樣分析之外，一定要熟悉所種植的作物表徵與內在營養狀態的相關性，以便即時調控，促進作物的健康。

3.農用藥劑

植物健康管理體系並不禁止施用農藥，但施用時不但要合法、適時，更要合理。當作物被照顧得很健康(例如茶葉厚實光亮，圖二)、瞭解病虫之生態並據以閃避、做好田間衛生、應用天敵等技術有效執行時，病虫之為害程度未必嚴重到非用藥防治不可。若一定要用，當然要注意農藥毒性及殘留期的合法使用，也要留意施藥技術，更要合理使用，能不用就不用，避免過量使用等。若是草生栽培的園地，或是雜草相沒有影響主作物的產量與品質，應可免用除草劑。



圖一、夏季健康管理(左)之唐菖蒲 Princess Margaret Rose 品種花色較市售者(右)艷麗。



圖二、霧社茶園健康管理前(左)後(右)之樹相。

4.應用天敵

天生一物剋一物，自然界常保動態平衡。揣摩自然規律，營造共

生及相互制衡的環境，讓害虫的天敵發揮功能，或進而釋放人工繁殖的天敵來抑制害虫，都是很好的策略。台灣以草蛉防治草莓及木瓜的紅蜘蛛曾有不錯的結果，國外有專業生產天敵的公司，這些表示應用天敵於植物健康管理具有潛力。發展觀光休閒是台灣未來的重要方向，若是，減少化學製劑用量、提供優質的環境、強調生態之美等至關成敗，而天敵的應用就更有價值。

5.技術的流通與升級

傳統的農藝作物與園藝作物之栽培技術流通的不多，但確有互通互利之處。台灣氣候多變，栽培落葉果樹本有冬天低溫不足及夏天太熱的問題，但充足的陽光及冬天無致死的低溫卻提供發展產期調節與一年多收的契機。既可產期調節，就能避開病虫發生的高峰期。因非適地適種，特別是日夜溫差小所引起的著色不良，導致發展出調控代謝產物流向的技術。豇豆X型栽培架是空間利用的最佳設計，葡萄能一年三收就是利用X型竹架配合水平棚架才有足夠的空間[2]。所以勿拘泥於原先之模式，技術是可以流通應用的，才有大幅進步的空間。

6.關心氣候變化

栽培者無法影響大氣候，但應盡量蒐集中長期的天氣預測資訊，做爲調整田間作業及因應的參考，這在天氣多變的台灣很重要。例如第一波及最後一波寒流何時來、強度、滯留期等，對高接梨之管理影響至鉅。至於田間之微氣候，可因設施、作物行向、行株距、水稻分蘗數[11]、修剪等作業而微調，進而影響病虫害之發生。

(六)教育訓練

觀念必需跟上時代的演變，技術永遠有成長的空間，所以各行各業的從業人員均需終生學習，植物健康管理的實行者也不能例外。在觀念上最重要的是要建立共識，遵守規範，培養凝聚力，打團體戰，切不可因個人的不當得利或僥倖而害苦整體，所以應獎賞分明、違規重罰。紐西蘭的奇異果爲什麼能行銷全世界，爲栽培者爭取很高的利潤？無他，會計透明化及大家遵守遊戲規則而已。日本人到台灣與農民契作，爲何農民都很守約定？爲什麼農會辦理的共同運銷本是好事，但大多不成功？深究其中的道理並改進之，我們的農業發展才有希望，也才能永續。

栽培技術的成長當然影響收益與競爭力，除了個別技術的提昇，植物健康管理講究的是技術的統合、消化、與應用，所以必需培養核心技術人員，實行的農友也必需敞開心胸，接納新知，才易成長。

(七)植物健康管理產品之行銷通路

植物健康管理產品之行銷通路在植物健康管理產業架構[5]中已經敘明，關鍵爲產品必需認證，建立信用，才能被消費者接受，並整合認證之健康管理產品爲共同單一品牌，擴大供應品項與產量，才能符合現今連鎖通路的需求，利於內銷或外銷。以國內爲例，推廣排毒與健康的業者、大通路商、生機飲食業者、有機食品商等均有貨源不繼、不足、品項太少等困擾，可見只要執行植物健康管理的農友能在信用第一的共識下同心協力，必能創造無限商機。

二、植物健康管理的價值

(一)生產高貴不貴之優質產品

科學的特色在於用簡易及有效率的方法得到好結果，植物健康管理雷同。高接梨在台灣中部是重要的果樹產業，許多果農以此營生，多年前果價不錯時，果農勇於投資，每年施用的各種肥料、農藥等既多且雜，相對的需要很多工時，對環境的破壞當然較嚴重。東勢劉家梨園的管理比一般果農絕不遜色，但投資報酬總不能盡如預期，乃於九十年秋天試行健康管理，獲得不錯成果。於是在91~92年期全面採行健康管理，即以梨樹的生長習性爲基礎，以最大投資報酬及最小環境衝擊爲目標，配合果園土壤現況，據以檢討習慣作業及資材施用情形，重新釐定健康管理流程與資材的投入，關鍵爲發現生機旺一號肥料能顯著改良土壤之物理性與生物性，最明顯的是促使土壤鬆軟，根系強健，梨樹因而健康，因此不但較耐逆境如低溫的衝擊，配合適當之整枝與修剪後，病虫害如梨瘤蚜、梨木蝨、介殼虫、及赤星病等之爲害程度亦顯著的輕微，當然農藥用量也就減少。也因爲根系健康，吸收能力強，就容易執行合理化施肥，使肥料與營養劑的用量大量減少，並避免土壤鹽基過量及酸化。最終的表現爲資材用量減少、工時減少、環境污染減少、投資報酬增加[3]。92~93年期繼續執行健康管理，最大的改變爲發揮生機旺一號改良土壤的特色，搭配草生栽培及管理，讓草

類吸收肥料後經由根系的生滅轉移肥分至深層土壤，及剪除莖葉做爲覆蓋材料並轉變成有機肥，執行成果極爲亮麗，與91~92年期[3]比較，資材減項情形示如表一，農藥減少4項，施用的是陶斯松、夏油、可顯性硫磺、加保扶、芬瑞莫、滅大松、亞托敏、三泰芬、陶滅蝨等9種；肥料減少5項，施用的是生機旺一號、生機旺三號、台肥速溶肥料一號、台肥速溶肥料四號、台肥速溶肥料五號、台肥速溶肥料六號，沒有施用有機質肥料做爲基肥；營養劑施用速喜、愛美好(含胺基酸)、優勝(含微量元素)及美力得4項；植物生長調節劑減少3項，施用的是春雷、GA_3、加果精、百雷興旺及6-BA。無施用生物製劑。雖然資材減項或減量，但梨樹病虫爲害輕微，果實著色很好，口感佳，更重要的是整齊度高，大小較均勻，因此分級容易，搬運過程中落果率也減少。

表一、劉家梨園全期使用資材項數

年份	農藥	肥料	營養劑	植物生長調節劑	生物製劑	管理方法
84~85	14	11	22	10	3	慣行栽培
85~86	16	15	25	12	2	慣行栽培
91~92	13	11	4	8	0	健康管理
92~93	9	6	4	5	0	健康管理

總上工日如表二所示，執行健康管理後，逐年顯著的減少達20%之多。各分項中因爲採行草生栽培及未施用有機肥，也就沒有中耕。減少農藥及營養劑的施用，當然工時也相對減少。

表二、慣行管理與健康管理之橫山梨園園主上工日數

年份	施肥	中耕	高接及修剪	一般管理	噴藥或營養劑	採收	總上工日	管理方式
84~85	4	6	19	33	49 (245%)	9	120 (136%)	慣行
85~86	4	3	20	43	44 (220%)	12	126 (143%)	慣行
91~92	2	3	14	38	39 (195%)	10	106 (120%)	健康管理
92~93	4	0	14	40	20 (100%)	10	88 (100%)	健康管理

投資是爲了報酬，慣行栽培與執行健康管理對投資報酬的影響示如表三。在健康管理體系之下，91~92年期之總支出爲374,456元，淨收入(扣除園主工資)爲187,705元，投資報酬率約爲0.50；92~93年期之總支出爲

224,565元，淨收入(扣除園主工資)爲286,903元，投資報酬率約爲1.28。由此可見執行健康管理因施用的資材減少、省工、梨樹生育好，確實可以大幅降低生產成本，增加收益，因而投資報酬率顯著提昇。所以經健康管理所生產的高接梨，可說高貴不貴。其他作物執行健康管理投資額均未增加，但效益明顯，如唐菖蒲切花期集中，收入增加(觀摩會資料)；茶葉參加比賽獲得頭等獎[10]；台農71號益全香米縮短生育期10日及顯著減少紋枯病的被害度[11]等。

表三、劉家梨園執行健康管理與慣行管理之支出與收入分析

分析項目	84~85 年	85~86 年	91~92 年	92~93 年
肥料	82,180	72,210	64,880	27,000
農藥	20,240	31,250	27,000	26,250
營養劑	84,186	80,247	45,000	25,850
梨穗	42,000	58,500	49,500	49,500
工資	33,450	46,600	113,000	65,250
材料費	40,348	53,270	75,086	30,615
總支出	300,404	341,077	374,456	224,565
毛收入	553,774	489,617	562,161	511,468
淨收入	253,370	148,540	187,705	286,903
投資報酬率(EPS)	0.84	0.44	0.50	1.28

註：梨園 30a，種 100 株，樹齡 27 年。

(二)以健康的植生營造優質環境

地球只有一個，我們的子子孫孫都要生活在地球上，不破壞環境是我們的責任。農民在慣行栽培中經常迷失，多藥與多肥是常見的缺失，不瞭解生物必需共生才能營造好環境。現代農業在所謂的綠色革命之後，大量施用化學製劑，希望田地不要有雜草，病虫不要發生，過量施肥以求增產，結果卻未必盡如人意，且因破壞環境的自然平衡而帶來許多負面效應，如以前農地常見的生物已很罕見、報載農村男性精虫的活力低於都市人、國人肝病患者居高不下、每8分鐘就有一人得癌症等，這些都值得深思。健康管理體系推行合理化施肥，避免殘留過量肥分在土壤中；果園管理採行草生栽培，避免施用除草劑，使土壤維持活力；對於短期作物推荐輪作及種植綠肥，維持地力；盡量維持生態平衡，藉自然界中的天敵或釋放之天敵

來抑制虫害；以合宜的整枝修剪來改善微氣候進而減輕病害之嚴重性(10)等，如此操作，必能因減少不當的施用資材而紓解對環境的壓力，逐漸地促進環境的優質化。所以執行健康管理的農場或果園，如果環境等相關條件適合，且栽種的作物沒有非農藥不可克服的病虫害，就很容易生產有機農產品，而不僅限於健康管理產品。

(三)增進身體健康，減少醫療資源的浪費

人體的健康來自心、身、靈的無缺，環境與飲食扮演重要角色。經植物健康管理營造一個無或少污染的生活環境就是最好的風水，生活在如此優質的環境中，減少接觸污染的結果就是減少生病的機會。能享用零風險又保有原風味的食物，既能獲得充分的營養，更是精神上的享受，植物健康管理追求的目標就是生產安全、富功能、有風味的生機產品，提供這些優質產品給消費者，有助於確保消費者的健康。國人早有東亞病夫之惡名，如今健保一直虧損，原因之一當然是病人多，執行植物健康管理可以提供良好的生活環境及優質食物，必有助於國人的健康，當然也就能減少醫療資源的浪費，進而增加國力。

(四)創造生產者與消費者共贏

當今大部分國人對於食物的需求，非量的問題，而是質的問題，一些消費者基於不同訴求，需要有機食品。生產有機蔬果的條件如土壤與灌溉水等均有嚴格限制，符合者不多，所以產量有限，售價高昂，未必被大多數消費者接受，而且因某些原因偶有報載的負面消息，造成消費者與生產者的困擾。植物健康管理以生產安全、富功能及有風味的生機產品爲目標，且相對的高貴不貴，容易被消費者接受，所以對消費者及生產者均有利。

結　　語

二十一世紀是個地球村的競爭世界，強者恆強，大者愈大，自然資源匱乏的台灣如何自處及發展？特別是農業領域，我們的前景是什麼？推行植物健康管理應是正確方向，因爲工業革命之前，地球環境大多良好，適合人居，很少有所謂的文明病，之後工業發達，化學製品逐漸充斥，這也許是不得不，但從此環境逐漸惡化，加上人類平均壽命不斷提昇，文明病遂成爲醫療的最大負擔，終致人人重視健康，希望吃得安心又營養，並有好品質的生活環境，

所以普世接受永續農業，有機農法乃應運而生。但地處亞熱帶的台灣，自然環境導致推行有機農法的障礙很難突破，目標與效果相同且合理易行的植物健康管理的價值於是突顯。植物健康管理之真諦爲整合各種農業技術成爲知識、以知識配合預防醫學及保健概念生產安全又高品質的產品、以健康的植生營造優質生態環境、合理的投資報酬下可搭配設施以減輕自然災害或創造優質的生產環境、創造產品特色以佈建行銷通路、以國內市場爲基礎並延伸至末端消費地之國際市場以獲取產品之最大附加價值、延伸生產及架構至觀光休閒、並確保政府與生產者及消費者共贏爲目標等，最終建構永續發展的體系。植物健康管理的價值，在於可生產高貴不貴又營養之優質產品給國人享用，配合其所營造的優質環境來增進國人的身體健康，進而減少醫療資源的浪費，促使生產者、消費者與政府共贏，精緻農業得以永續發展，並加速台灣成爲美麗的觀光島。

引用文獻

1. 林信山、林嘉興。1985。梨之產期調節。果樹產期調節研討會專集。p.31-43。台中區農業改良場特刊第一號。
2. 林嘉興、林信山。1985。葡萄產期調節。果樹產期調節研討會專集。p.21-30。台中區農業改良場特刊第一號。
3. 林信山、劉玉麟、郭聰欽、柯南靖。2004。梨健康管理。2003國際植物健康管理研討會專集。p.85-99。2003年8月在台灣雲林縣斗六室環球技術學院舉辦。
4. 林信山、柯南靖。2004。2003國際植物健康管理研討會專集。2003年8月在台灣雲林縣斗六室環球技術學院舉辦。
5. 柯南靖、林信山、郭聰欽。2004。植物健康管理之內涵與必要性。2003國際植物健康管理研討會專集。p.1-13。2003年8月在台灣雲林縣斗六室環球技術學院舉辦。
6. 楊秀珠。2000。梨綜合管理。農業藥物毒物試驗所編印。p.317。
7. 楊秀珠。2000。桃綜合管理。農業藥物毒物試驗所編印。p.257。
8. 楊秀珠。2000。楊桃綜合管理。農業藥物毒物試驗所編印。p.273。
9. 楊秀珠。2002。柑桔整合管理。農業藥物毒物試驗所編印。p.178。
10. 陳耀森、林信山、郭聰欽、柯南靖。2004。茶健康管理。2003國際植物健康管理研討會專集。p.101-112。2003年8月在台灣雲林縣斗六室環球技術學院舉辦。

11. 賴明信、林信山、陳瑞明。2004。水稻健康管理。農試所特刊第111號。水稻健康管理研討會專集。p.145-152。2004年9月8日在農業試驗所舉辦。
12. Cook, R.J. and R.J. Veseth. 1990. Wheat health management. p.152. APS Press.
13. Duncan, L.W. 1999. The basic of citrus health management. In Citrus Health Management. Ed. By L.W. Timmer and Larry W. Duncan. p.3-13. APS Press.
14. Melouk, H.A. and F.M. Shokes. 1995. Peanut health management. p.117. APS Press
15. Rowe, R.C. 1993. Potato health management. p.171. APS Press.

Plant Health Management and its value

Hsin-Shan Lin[1], Nan-Jing Ko[2] and Chung-Chin Kuo[2]

[1] Transworld Institute of Technology.
[2] Integrated Agricultural Development Foundation.

Abstract

The beauty of traditional Chinese culture is to promote nature, pursue spiritual comfort and coexist with all creatures on earth. However, with the rapid increase of population comes high demand of all kinds of material supplies. It causes the overuse of natural resources and the destruction of our eco-system. People nowadays are beginning to become aware of these problems. Thus, many activities and businesses are showing up in order to prevent the issues from getting worse, such as the holiday Earth Day, sustainable agriculture, organic agriculture, etc. Among them, sustainable agriculture is the most acceptable to balance production and environment. Plant health management (PHM) provides the basic concept and knowledge for sustainable agriculture. It can also be applied to resolve the problem of production and marketing in order to achieve the safe and healthy environment and food for humans to enjoy their life with good quality. PHM will build up most optimal environment with best biological, physical and chemical properties. With a combination of technologies from plant physiology, soil and fertility management, pest management, and environment control, the standard operation process for each crop can be set up individually. By achieving this stage of progress, crop can grow to stimulate its potential capacity and harvest in better quality and quantity, thus, increase the final return profit. Under this process, none or minimal pesticides are used in crop production, but it is still no damages from diseases and pests. In conclusion, PHM covers following aspects: integrating broader technologies to become practical knowledge, building up an eco-sound environment for crop production, producing safe food with higher quality by preventative measures to protect plant health, and extending this knowledge and products to human health in order to satisfy the need of government, producers and consumers.

Key words: plant health management (PHM), sustainable agriculture, environment protection, health care, mutual brand name, marketing.

水稻健康管理研討會 17~32 (2004)

水稻之發育過程與健康管理

盧虎生

國立台灣大學農藝系

摘　要

水稻是台灣最主要的農藝作物，品質與產量的提昇一直是台灣稻作的研發目標。近年來在生態保育及永續理念的發展下，如何研發更精準有效的栽培策略以培育出衛生、安全及優質稻米產品已成爲稻作產業新的挑戰。作物生理是栽培管理的基礎，穩定的生理指標可提升栽培操作的精準性。本篇文章先說明台灣水稻栽培之氣象環境特性，再解釋水稻基本的生育發育期，以葉齡的發育爲主軸，利用葉與其他器官之同伸現象可推論其他器官之生長發育情形。研究與實際經驗顯示葉齡是一穩定、觀察容易的生理指標，可以作爲栽培管理措施的依據。本文章也提出一農民業者與試驗推廣單位之互動模式，可即時調整適當之栽培操作。本文並說明水稻穎果的發育性質及其與稻米品質間的相關性，說明環境因子對稻米品質形成的影響。這些訊息將提供栽培實作領域作爲規劃水稻健康管理策略，培育高產高品質之稻米產品之參考。

關鍵字：水稻、生育期、葉齡、稻米品質、健康管理。

前　言

水稻仍是目前台灣最重要的農藝作物，隨國家經濟狀態之發展，國內稻作之發展目標由產量轉至品質的提昇。近年來在環境保育永續發展的趨勢下，如何在融合環境保育下培育衛生、安全及優質稻米產品已成爲稻作產業新的挑戰。欲達這些目標必須研發精準有效的栽培健康管理策略；而有效的健康管理措施必須以作物生理爲基礎。本篇文章即以實用的觀點簡要說明水稻的基本發育生理過程，首先說明台灣的稻作環境特性，介紹基本的發育過程及生理指標的觀測與應用，並說明稻米品質的形成過程與影響因子，期望提供作爲規劃精準栽培健康管理策略之基礎。

內　容

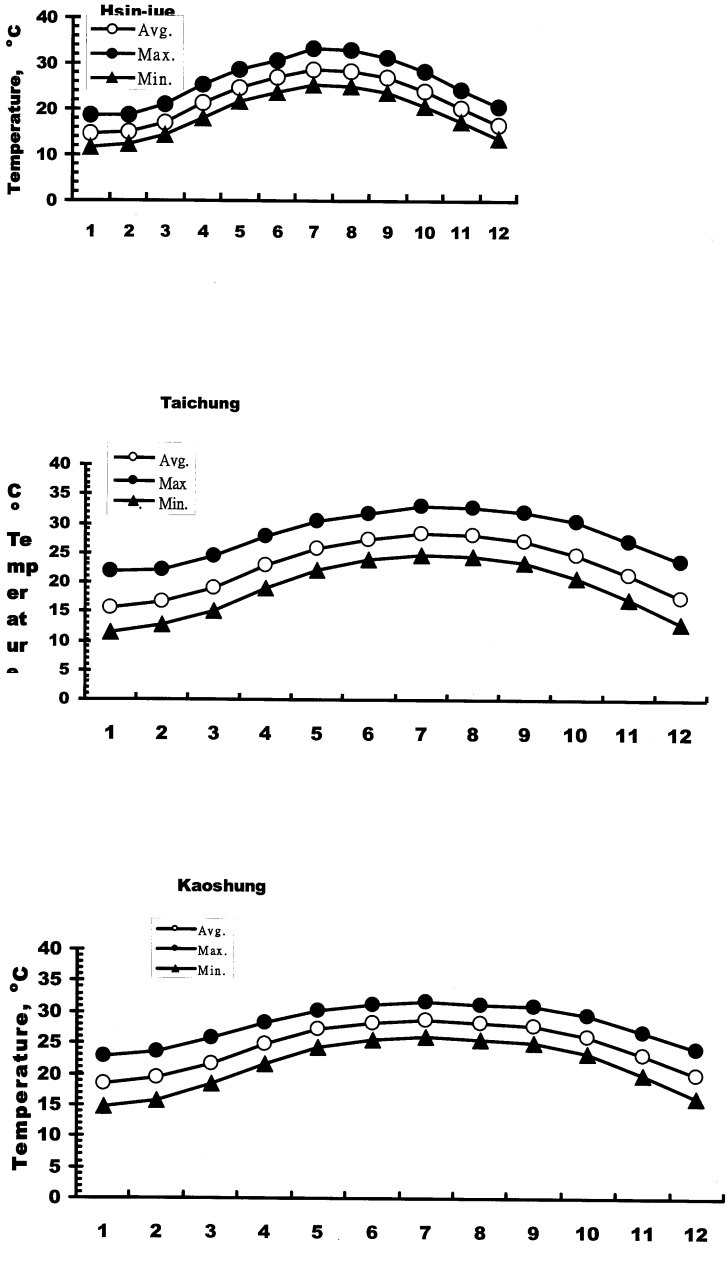
一、台灣的稻作栽培環境[2,9,10,13,14]

臺灣地處亞洲大陸及海洋交接低緯地域(北緯21至26°N)，屬熱帶、亞熱帶交接地域，籼、粳兩型稻皆可適應栽植且爲兩期稻作制，南部甚至可達三期作。栽植期因各地農作時序的不同而異，一期作約二月至六月，二期作則約七月至十一月；台灣南北種植期差異可達一個月以上，水稻營養生長與穀粒充實期間台灣北、中、南、東各區域之氣候條件(溫度及日照)具有相當差異，明顯影響稻米生產量及品質。以溫度爲例，圖一顯示出由1961至1990年，台灣北部(以新竹爲例)、中部(台中)、南部(高雄)地區之30年的月平均、最高、與最低溫度的週年變化。配合水稻在各區域的栽培期觀之，一期作水稻充實期間約由低溫趨向高溫，二期作充實期間則反之由高溫趨向低溫，兩期作的生育環境的截然不同，其中各區域的最高與最低溫甚至已超過稻穀充實的適當溫度(如日本型稻之25/20℃)，尤其以台中以北地區爲甚。以台北1993年一、二期水稻充實期間各月份之每旬平均最高與最低溫度變化爲例，其中一期作之最高溫與二期作之最低溫已達"傷害(30℃以上、18℃以下)"穎果發育的程度(中央氣象局資料)。台灣這些環境變異性質均可明顯影響水稻的生產與品質，必須要加以重視。

台灣地區栽培之水稻品種大多爲粳型稻，生理學上屬於溫帶型水稻。世界其他代表性粳稻栽培地區如日本、韓國、加州、澳洲及大陸東北多處於北緯或南緯30°以上，其稻作生長期處於4月至10月之間，其氣候條件爲高積溫、高日射強度、日夜溫差大，適合粳型稻之產量與品質性狀之發展。比較之下，台灣地區一、二期稻之生育環境處於低有效積溫、低日射強度與日夜溫差小之環境，如要達到高產量尤其是高品質之目標，必須在育種及栽培技術上更加努力，方能提升我國稻米在國際市場之競爭力。

一般而言，如台灣之亞熱帶氣候不利溫帶型粳稻生長的環境爲：

1.高溫：超過30℃的高溫可降低C3型光合作用活性、降低花粉的稔性，增加米粒白堊質，進而降低產量與品質(本研究室試驗結果)[7]。



圖一、台灣北部(以新竹爲例)、中部(台中)、南部(高雄)地區之 30 年(1961~1990)的月平均、最高、與最低溫度的週年變化[14]。

2.日夜溫差小：在台灣一期作的穀粒充實期間往往日溫超過30℃，夜溫也在25℃以上，導致呼吸作用高而光合作用低之現象，養分供應較差，穀粒充實潛力較弱。

3.日照較低：高緯度溫帶地區，其穀粒充實期間日照時間長、日照強，因而累進光能較亞熱帶地區爲佳，穀粒充實潛力高。低日照強度也將造成成熟期延遲，稻米蛋白質(鹼溶性及醇溶性)增加等現象(本研究室試驗結果)。

基於以上的因素，使得臺灣地區所生產出的粳米與國際其它地區所生產者具有若干之差異，如米質較軟及白堊質較高等。改善此種現象的基本方式爲品種改良，由近年來的新品種外觀看來，心腹白程度逐漸下降，似乎已逐漸克服環境上的障礙，也暗示我國育種家已逐漸在新品種上累積(gene piling)適應亞熱帶的基因群了。

二、產量構成要素

以農藝的眼光而言，作物的生理發育過程也是其「產量構成要素」的形成過程。作物的栽培管理以達到最佳的產量構成要素組合爲目標，因此需要瞭解水稻的產量構成要素：

單位面積產量=(株數/面積)×(穗數/株)×(充實粒數/穗)×(重量/粒)

產量的形成是由以上四個項目的乘積所組成，四個項目間具有互補的效應，受品種、栽培環境所影響，理想的栽培管理策略是在各個栽培環境下，選擇最合適的品種及栽培操作技術，產生最佳的構成要素組合。但所謂的條條道路通羅馬，在最大的產量下各要素之間可以不同，栽培管理者可依自己的經驗調整栽培方法達成之，這就是農藝學中的「藝術」之所在也。產量構成要素的組合是由品種與栽培環境交感下形成的，各品種、栽培區域及栽培方法間會產生相當的差異性，研究人員或農民業者必須在自己的栽培環境下以實際"試驗或觀察"找到最適當的組合，幾乎沒有投機的捷徑。

產量構成要素是經由發育過程所形成的，要掌握構成要素的變化必須先瞭解水稻的發育過程，說明如后。

三、水稻基本生育型[16,17]

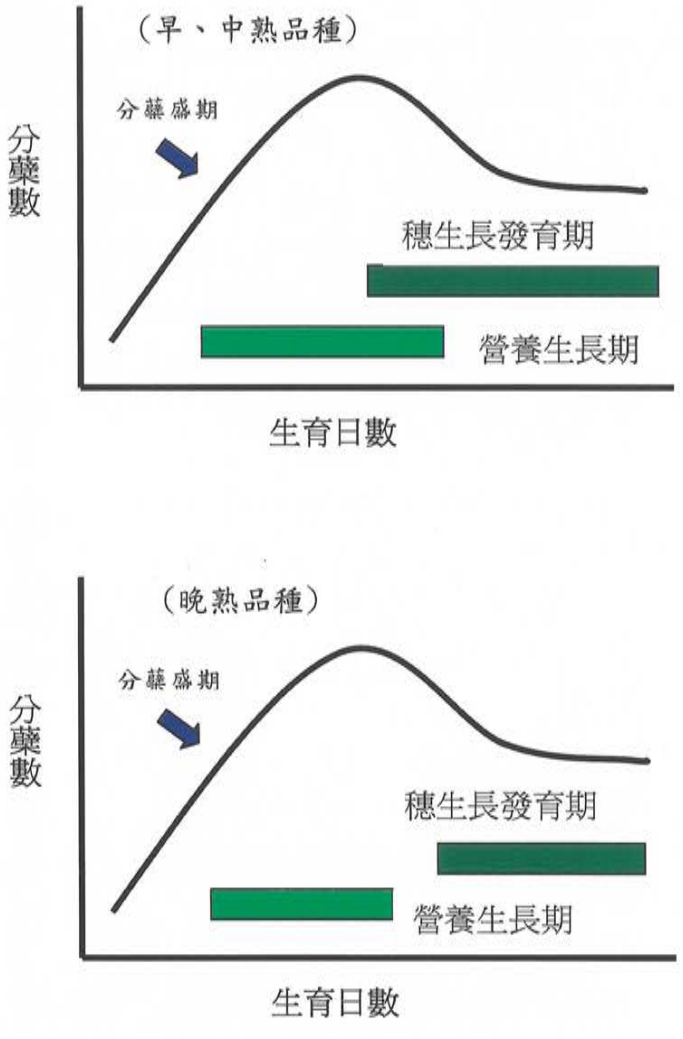
有效的栽培管理必須以精確的生理資訊爲依據。目前我國在水稻栽培方法上之推廣資料多以水稻植株之生育日數爲依據，在台灣各栽培區域氣候條

件變異性大的情形下，各品種之生長狀態差異顯著，因此依生育日數所推算之栽培措施恐無法精準掌握該品種之確實發育狀態。

一般而言，依照植株發育時「營養生長期」與「生殖生長期」之重疊與否，水稻之基本生長型可大致分爲兩類(如圖二)：重疊型與非重疊型。一般之早熟品種屬於重疊型，其「營養生長期」中後期與「生殖生長期」前期重疊;晚熟性品種之生長期長,其營養生長期(分蘖發育)中後期與生殖生長期(穗發育)之間具有相當之時間差，可稱爲營養生長遲滯期(vegetative lag period)。至於中熟性品種則介於兩類型之間，其「營養生長期」與「生殖生長期」之重疊性短於晚生性品種。由於我國對現行的品種缺乏相關的研究資料，因此難以確認各品種確實之生育類型。如果僅以觀察之生育日數推論，類似「緊早」約90天左右的品種屬於重疊型，而其他品種多在120天左右，可能屬於中熟性重疊性品種，至於各品種重疊期的長短如何，必須在各栽培區以實際試驗調查之。

在栽培管理上，「營養生長期」與「生殖生長期」之重疊與否可直接影響產量與品質的形成。對於非重疊型，營養生長期的施肥措施(如增加有效分蘖之蘗肥)不易影響生殖生長期之發育；對於重疊生長期而言，營養生長期的施肥過量即可能造成營養生長過盛、無效分蘖增加、株高過高、穗發育不整齊等現象，降低產量及品質。例如台灣栽培的「越光」，由於具有光週期敏感性，其生長期由原在日本之中晚熟型在台灣成爲早熟性品種，可能表現出相當之重疊型習性，在栽培管理上顯得非常敏感，稍不留意，容易造成營養生長過盛，容易倒伏(節間伸長過高)，及稻米蛋白質過高等不良現象。

較遺憾的是，台灣對此類基本的生理研究相當缺乏，對現行的良質米品種幾乎沒有相關的資訊可循，造成難以規劃精準的栽培管理策略，極需吾人重視。


（早、中熟品種）
分蘗盛期
分蘗數
穗生長發育期
營養生長期
生育日數
（晚熟品種）
分蘗盛期
分蘗數
穗生長發育期
營養生長期
生育日數

圖二、水稻之基本生長型

四、水稻生長發育期[5,16,17,18]

水稻生長顯著地受品種與環境所影響，需要一個可靠的指標作爲栽培管理的依據。以國內常用的所謂“插秧或移植後天數”來表示發育時期並不可靠。由於每個品種所能發育的葉數通常是固定的，目前最常用的生理指標是「葉齡」。水稻葉齡發育與其他器官之發育具有所謂的“同伸(同步發育)”現象，藉由葉片的發育狀態可推測其他重要器官的發育情形，進而掌握產量與品質形成的動態。因爲葉片的生長可用肉眼觀察，可以方便的用以觀察與掌握稻株在田間的生育階段與時期。

依葉齡與其他器官之“同伸”現象，一般有下列的原則[5,18]：

(總葉數÷2)=分蘗盛期之葉齡 (此期爲有效蘗肥之作用期，以13葉品種爲例，13÷2=6.5，大約在6到7葉齡左右)

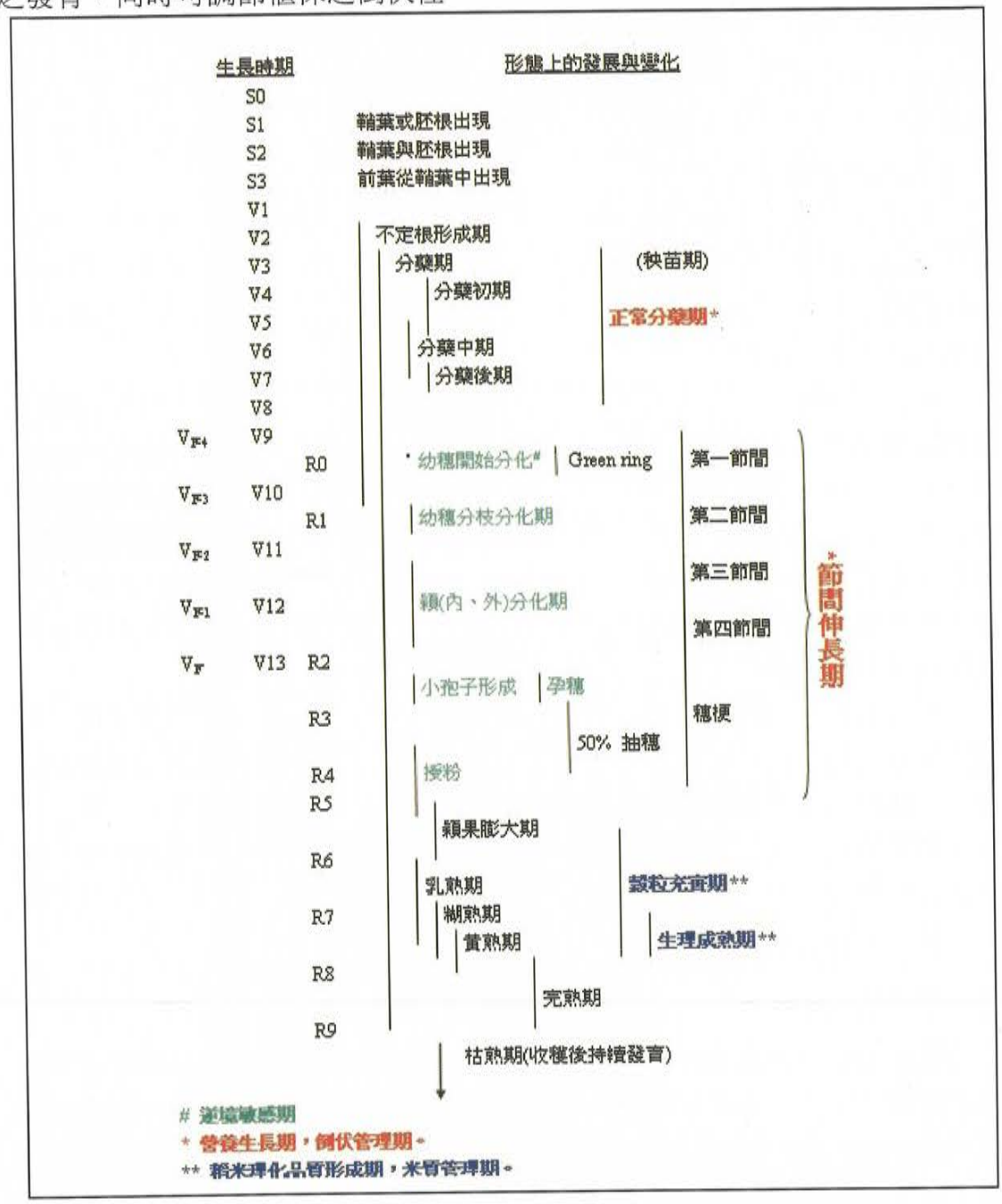
(總葉數÷3)=生殖生長期伸長之節間數 (由劍葉節間向下計算，此期爲株高及倒伏管理之關鍵期，13÷3=4.3，即生殖生長期時倒數第四節以上之節間將伸長，13-4=9，約在9葉齡時株高將開始抽長)。

(總葉數-4)=幼穗開始發生期。(此期之後爲穗肥管理之關鍵期，13-4=9，約9葉齡左右將進入幼穗發育期)

由以上之推算可知節間伸長期與幼穗發生期相當接近，穗肥施用過量或過早將發生株高過高容易倒伏之危險。此葉齡的推算理論也可用以推展至根部的發育，進而管理根部的健康發育。

圖三爲一具有13葉片之品種的完整生長發育期。整個生育期可大致劃分爲S (種子萌芽期)、V (營養生長期)及R (生殖生長期)，其中V期以發育之葉數爲依據，R期以穎果之發育程度爲依據。由於台灣是秧苗移植制度，因此以三葉齡幼苗移植後已達到V3期，其後依發育之葉數記錄爲Vn (即爲葉齡)，劍葉抽出後爲V13期。依器官同伸現象之研究，V3到V7期是分蘗期，決定有效分蘗數，即產量構成要素中之“有效穗數”。在V9至V10葉齡時也正是幼穗發生期，因此也同時進入生殖生長之R0時期。由此V9期(第9葉齡，可用肉眼看到)可作爲是否施用穗肥之一個決定時期。由V9到V11期同時也是R0到R2枝決定穗上穎花數目的重要時期，此時期決定了產量構成要素中的“每穗穎花數

目”。同理自V9期開始也進入主要節間的伸長期(直到R4之穗節伸長期)，是決定株高與倒伏性的重要時期，因此施肥及其他栽培操作是否適當不但影響穗之發育，同時可調節植株之倒伏性。



圖三、水稻生長發育期。(翻譯及修改自 Counce *et al.* 2000)

國內對此類的調查研究相當缺乏，尤其對目前的良質米品種幾乎沒有資料可供參考。筆者得知僅農業試驗所稻作研究室對其台農71號(益全香米)作過小幅的研究(賴明信博士提供)。依其資料顯示台農71號之生育期發展與本文附表相當類似，其總葉數爲14，其實際觀察之幼穗分化期發生於10至11葉齡之間，與前述14-4=10之結果相當，而且一、二期作之變化不大，顯示出葉齡指標的穩定性。農業試驗所並將以此葉齡爲基礎之管理之觀念應用於益全香米的栽培管理模式中[15]。

在環境生理上，R02到R4期是植株對環境最敏感的時期，對溫度、水分及逆境最爲敏感，是防止逆境最關鍵的時期。自幼穗伸出後，其發育已可用肉眼觀察，因此可不再以葉齡觀察，而可以穎果發育狀態爲依據。此時期也是稻米品質的形成期，決定稻米的理化性質，將再下一節中說明。

R02到R4期是稻株在環境也是對肥料最敏感的時期。一如前文中提過，臺灣地區品種大多屬於營養生長期與生殖生長期重疊型，生育氣溫越高(如二期作前期)此重疊性越高。使用於營養生長期的氮肥稍爲過多，將導致幼穗生育過盛，穗上二次支梗過多，穗重過重但米質不佳(一般二次支梗上之米粒發育較不整齊且口感品質較差)，且易於倒伏及感染穗稻熱病。因此建議，“重穗不如齊穗”，在基肥後是否施用追肥必須謹愼，宜利用葉色觀察及與農試專家討論後再決定施肥方式，以此也可累積實作經驗。

利用上述的稻株生長發育表，可清礎的判定稻株在田間的生育程度，進而實施適當地栽培操作。但一精確的生長發育表須要依實際的試驗觀察結果建立，此類的生育期表宜由各農試單位於品種育成時進行觀察分析，在品種推出時同步推行以生育指標爲基礎的栽培管理模式，供業者或農民參考。依筆者訪察所知，如美國、日本與大陸東北等具規模生產之區域，多利用如葉齡指數之生理指標作爲栽培操作之依據，值得吾人思考。

五、建立整合性的生育與栽培管理系統

理想的栽培管理系統必須融合科技與田間實務經驗，一般田間實作業者很難進行科學上的分析，因此須要配合農試單位提供科技上的動態資訊，作爲精準栽培管理之依據。

以下依據臺灣的現況，提出一各互動式的整合架構供參考：

(一)氣象資訊觀測 (氣象局或各區改良場)

1.由區域氣象觀測站收集積溫、日射量、降雨等即時資料。

2.提供氣象預測。

(二)作物生長資訊、預測及精準栽培模式(改良場所提供)

1.提供品種基本生育期表，及栽培操作策略。

2.建立參考觀察田。提供及時生育觀察資訊。

3.提供參考田區即時生長期觀察資訊，依據氣象資訊進行重要生育期如開花期、抽穗期預測。

4.建立葉色板、葉綠素計、甚至NIR輻射(或遙測)等科學化偵測技術，並據以建立各品種之精準栽培模式。

5.設立資訊站，與業界互動提供上述資訊及栽培輔導。

(三)農民業者

1.提供各自田區生育觀察資訊，依據生育期及預測資訊進行有效的栽培操作。

2.回饋田間觀察資訊，與農試單位共同修正栽培管理策略。

3.建議有心的業者設立自己的小區觀察田，在此田區內進行小型的品種生育觀察試驗，配合本文章的說明，將可歸納出屬於自己的最佳栽培技術。

(四)資訊交流方式

利用網路資訊迅速互動交流，未來更可配合生產履歷系統進行。

六、稻穀生理發育期[2,7,8,12]

若欲提高稻米品質，必須先對水稻之穎果的生長發育過程有所瞭解。在抽穗授粉後不久，水稻穎果內之胚囊細胞開始分裂，大約10天內，胚的型態已經完成，並且有足夠的發芽能力。在胚乳方面，最初的胚乳細胞核內在授粉後數小時內開始分裂，產生許多游離狀態的核，核懸浮在細胞質鞘(cytoplasmic sheath)中，被許多液泡包圍著。接著在授粉後約10天，大部分的核會經由細胞分裂發育成細胞狀(cellular)，同時開始進行澱粉、蛋白質、礦物元素及脂肪等營養儲存成份的累積。從授粉後10天至最後穀粒發育成熟，由於儲存物質的累積，所以細胞逐漸增大，胚乳的鮮重也隨之增加，最後達到收穫的重量。一般而言在授粉後的10天以內，種子內的細胞數目已經確定，

其對各種營養成份的累積潛力也大致確定了。此外，以禾穀類作物而言，其胚乳細胞核DNA會發生endoreduplication的現象，水稻胚乳細胞核在胚乳發育期間，核與核仁的體積顯著擴大，其DNA含量並未保持原本預期的3C基因體組狀態，在受粉後8天，達到30℃，在受粉後10天的胚乳細胞最高可以達到74℃，因此稻米內也含有相當豐富的核酸物質可供開發。

在水稻穀粒的發育過程中，水分含量會先迅速上升再逐漸降低，收穫時達到約25%~30%左右，而澱粉和蛋白質的總量則會逐漸上升。胚乳爲穀粒最主要的構成組器官，其乾重的增加主要歸因於澱粉的累積，其餘則爲蛋白質等。在開花後4~5天時，胚乳內已經開始有澱粉粒的累積；而在受粉後7天的胚乳內可以明顯的觀察到蛋白質體(protein body)的構造，此時蛋白質與澱粉的比例約爲1:7，惟蛋白質的分布並不平均，在胚乳周圍細胞(糊粉層)其蛋白質體的含量較高。在授粉後11天時，澱粉粒的增加速度遠大於蛋白質。在14天時，澱粉的含量已達成熟胚乳的80%，在授粉後21天時的胚乳蛋白質的含量達到最大值。至於脂肪的累積較澱粉及蛋白質晚。在大約30天時，各種營養成分累積大致完成，乾重累積已達最大值，水分含量降至30%以下，稻米之產量與品質已大致底定矣！

在水稻開花後約第15天以內，是細胞數目及貯藏性物質最快速累積的時期，此時期也是對環境最敏感的階段。任何的環境與栽培逆境皆可導致稻米發育不良而降低品質。例如在高溫(大於32℃)、低溫(小於15℃)、低日照、栽培行株距過密等環境皆可影響穀粒充實的速率，往往導致心腹白的產生，因而品質下降。

七、影響稻米品質之環境與栽培因子

除品種本身特性的影響外，外界環境如溫度、日照，栽培方式如氮肥等皆是影響稻米品質的主要因子，它們皆可顯著影響到稻米中上述各種化學成份的合成，因而影響米質的好壞。

(一)溫度方面[7,10,11,14]：高溫(高於30℃)或低溫(低於20℃)環境下發育之穀粒具有較高含量的粗蛋白質，可能使米粒經烹煮後質地較硬且較泛黃、不透明；此外澱粉粒因外圍糊粉層蛋白質增加而吸水及膨脹受干擾，進而延長米飯烹煮時間，最後導致食味值之降低。在低溫環境下蛋白質中的

醇溶性蛋白質及鹼溶性蛋白質合成量皆會增加，因而可能造成粗蛋白質含量增加，導致食味口感降低。此外，低溫尙可促進直鏈性澱粉合成酵素之活性，增加直鏈澱粉的含量而不利於食味。本研究室的研究結果顯示台灣品種之稻穀發育合適溫度宜介於30~25℃之間，發育中以乳熟期(開花後10~15天)對溫度最爲敏感。光合作用生理的研究也顯示，水稻爲C3型作物，超過30℃氣溫將使光合作用下降，而呼吸作用持續上升(尤其是夜間呼吸作用)，導致淨光合作用下降，穀粒發於不良，白堊質與不充實率升高而米質下降。台灣地區位處亞熱帶，日夜溫差較小，一期作後期(穀粒發育期)及二期作前中期(幼穗發育期)常處於高溫及日夜溫差小之環境，不利稻作之淨光合作用，養分提供能力降低，損害稻米品質。

此外，在全球環境變遷中，平均氣溫升高溫及異常溫度發生頻率增加似乎是短期間難以避免的趨勢，台灣地區也難以避免。配合目前政府的休耕措施，栽培業者較沒有每年種植兩期作的時間壓力，正可嘗試再調整每年的栽培時期，以避開穀粒充實期的高溫(第一期作)或低溫(第二期作)。

(二)日照強度與栽培密度方面[5,9,10,11]：低日照強度(或栽培密度過高)環境下，光合作用受環境抑制，導致乾物質累積減少，進而使穀粒在充實期缺少碳源的吸收而減少穀粒乾重。研究結果顯示在生殖生長期進行遮光處理，則產量減少的情形嚴重(75%的遮光下產量降低55%)。日本的調查發現在穀粒充實期低於14 MJ/m^2 day的光照環境即可顯著地增加白堊質比率，台灣的氣象資料顯示北、中、南、東各區域間的日照環境有相當的差異，但對此光照、品種與品質間的關係研究相當缺乏。依筆者粗估，如高雄地區之一、二期作穀粒充實其經常低於此平均值(高雄多低於13 MJ/m^2 day，1999，高雄農改場吳志文先生提供氣象資料)。

有關光照對稻米品質影響的研究不多，但是日本近年來發生稻作生育期間遭遇“寡日照”的現象，顯著降低品質，日照與食味品質間的關係因而受到重視。研究指出，抽穗期對水稻作遮光處理，會影響其理化特性，日本與的研究指出，遮光處理下，穀粒的千粒重下降，外觀品質變差(白堊質米粒增加)，穀粒內蛋白質含量與直鏈性澱粉含量增加，食味(如：黏度等)下降。本研究室的試驗結果也顯示50%的遮光可提高越光及

台粳9號稻米中約1/3以上的粗蛋白質含量，而且越光的反應較台粳9號敏感，因此越光對栽培密度可能也相當敏感。此外，栽培密度過高(移植之苗數/叢)過高可造成抽穗期延長，穗(穀粒)發育不整齊等現象[9]。

栽培密度可顯著的影響產量構成要素的形成及產量，其也是影響稻米品質的主要因子。一般而言較低密度之疏植可增加葉冠內的通氣性，降低病蟲害的感染機會；但是低密度栽培也可能增加單株稻株的分蘖數，這些分蘖間之穗的成熟度較不整齊，造成碾米品質之不均勻，因而降低市場價值。

(三)氮肥效應[1,2,3,4,8,6]：水稻的氮肥施用研究有如過江之鯽，一般大多認爲施用氮肥過多，易造成營養生長旺盛，植株軟弱，稻葉變寬、柔軟且下垂，葉色過於濃綠，且植株易遭受病蟲害之侵襲。又或在水稻節間伸長期時，植株吸收過多的氮肥，會造成節間伸長，植株過高，而使得稻株重心升高而易於倒伏。

氮肥對品質方面的研究也不少，一般認爲氮肥管理是良質米栽培最重要的操作。過度的氮肥施用可降低稻米的食味。研究指出當氮肥施用於基肥(B)、最大分蘖期(MT)、幼穗分化期(PI)時，對稻米蛋白質含量影響不大，但於開花時再多施加氮肥，卻可顯著提高產量及穀粒中的蛋白質含量，顯示出氮肥施用的時間對稻米品質具有決定性的影響。隨氮肥的施用增加，會使胚乳蛋白質體的形成增加，醇溶性蛋白質及鹼溶性蛋白質的含量也會增加，其中以醇溶性蛋白質對氮肥施用的反應較爲顯著。由於醇溶性蛋白質的含量與米飯的口感呈負相關，進而降低稻米的食味品質。此外，稻米中之Mg/K當量比值也可受高溫而降低，且台粳9號較越光爲敏感[8]。綜合國內外氮肥效應的研究顯示其可能是影響品質最主要的栽培因子，因此無論國內外皆將氮肥管理列爲良質米栽培的重要管理策略。

基於氮肥對產量及品質形成的重要性，又因氮肥可顯著促進葉綠素的形成，國際間多以葉色觀察分析表示植株的含氮狀態，此葉色可利用葉色板、葉綠素計值(SPAD)、甚至於光譜反應值來觀測分析，並據以進行氮肥施用管理之依據。目前的研究結果大多支持其可行性，但若需要

在台灣落實執行，必須具有適合我國品種的實際資料作爲檢量分析基礎(calibration)，此方面猶待研究人員之努力來完成。

結　　語

作物產量與品質的形成是由品種、栽培環境及栽培技術交感融合而成的。各個從業農場或田區皆具有其特殊性，必須以實驗的精神去尋求各栽培田區最佳的品種與栽培模式。本文提供了相當的學理基礎及實際的建議，期望對有心建立精準栽培管理策略之業者(尤其是低農藥栽培者、無農藥栽培或有機栽培者)產生相當的幫助。

引用文獻

1. 王伶如。1995。氮肥對稻米儲藏性蛋白質之影響。國立台灣大學農藝系碩士論文。
2. 林韶凱、盧虎生。2004。稻米品質之形成與蛋白質之功能。科學農業 53:76-83。
3. 洪梅珠、簡配如、盧虎生。2000。米飯食味特性與白米醇溶性及鹼溶性蛋白質間相關之研究。台中區農業改良場研究彙報67:1-10。
4. 洪梅珠、盧虎生、簡配如。2003。米飯質地特性與白米鹼溶性及醇溶性蛋白質間相關之研究。台中區農業改良場研究彙報80:41-49。
5. 徐一戎、邱麗瑩。1996。寒地水稻：早育稀植三化栽培技術。黑龍江科學技術出版社。
6. 許愛娜、宋勳。1989。稻米理化性與食味關係因子分析。臺中區農業改良場研究彙報25:43-53。
7. 黃基倬、盧虎生。2000。穀粒充實期間溫度對穀粒米質之影響1.溫度處理對產量構成要素、穀粒碾米性狀、及理化性質之影響。中華農學會報(新)1: 370-38
8. 陳秀惠。2000。稻米中鈣、鎂、鉀、直鏈性澱粉及粗蛋白質含量之變異。國立台灣大學農藝系碩士論文。
9. 陳烈夫、魏孟麗、鄭統龍、廖大經、陳正昌、曾東海、劉大江。1996。台灣水稻產量的一些問題。pp 79-88。台灣稻作生產改進策略研討會專刊。台灣省農業試驗所特刊59號。
10. 稻津 脩。1990。米品質の作物學。良食味品種の特性の栽培。日作紀59:611-615。
11. 簡珮如、盧虎生、朱鈞。1997。栽培時期對稻米貯存性蛋白質之影響。中華農藝7:333-342。

12. 簡珮如、盧虎生、朱鈞。1997。稻米貯藏性蛋白質性質與品質改進。科學農業45:200-2。
13. 張孟基、朱玲慧、蔡瑞珍、廖惠雅、林順福、盧虎生。2002。國內、外稻米分級、與理化性質之分析與品種DNA鑑識。穀物品質研討會論文集。pp.81-99。中國農化學會。
14. 盧虎生。1999。溫度對水稻穀粒充實發育及稻米品質的影響。環境與稻作生產：第七章。pp.105-119。中華農業氣象學會。
15. 賴明信、李長沛、曾清山、黃惠娟、陳治官、顏信沐。2003。益全香米(臺農71號)在中部地區生產之探討。農業試驗所技術服務53(3):7-11。
16. De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley and Sons Inc., New York.
17. Stansel, J. 2001. The rice plant- its growth, development and yield, Version 1.0. Texas Rice Research Foundation.
18. Counce, P.A., T.C. Keisling and A.J. Mitchell. 2000. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. Crop Science 40:436-443

Physiological Development and Healthy Management in Rice

Huu-Sheng Lur

Department of Agronomy, National Taiwan University

Abstract

Rice is the most important agronomic crop in Taiwan. Improvements of quality and yield have always been the main objectives of rice culture. In recent years, maintenance of ecology balance and producing healthy and safe quality rice have been becoming more challengeable to rice cultivation. Understanding of physiological processes of rice development should benefit the efficiency of culture management. In the present report we firstly explain physiological developmental processes of rice plant. Using the development of leaves as index, the development of other organs including tillers and panicles can also be predicated. Empirical results indicate that leaf age is a reliable physiological index for culture management. An integrated system between farmers and experimental or extension units is proposed to develop a real time adjustable culture management process. Physiology basis for rice caryopsis development and grain quality formation is also explained in the context. Researches indicate that temperature, light intensity and nitrogen are major factors crucial to rice quality formation. The proposed information is expected to be helpful to establish a practical and efficient culture management system for rice farmers or related industry participants.

Key words: rice, culture, development, growth stage, leaf age, grain quality.

水稻健康管理研討會 33~40 (2004)

國內水稻育種事業與重要栽培品種之特性簡介

陳治官、賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐

行政院農業委員會農業試驗所

摘　要

台灣稻作育種已有百年以上歷史，也因育種之進行，而由原爲秈稻栽培區逐變爲以粳稻栽培爲主的地區。截至目前，稻作育種事業都由政府經費支持，是政府維持主要糧食的重要策略。目前所有農業試驗改良場所都有稻作育種計劃執行，主要以雜交育種系譜法進行品種改良。自日據時代以來，先後命名登記稻品種已有282種，其中有105種未保留，現存177種。

關鍵字：水稻，育種，品種。

前　言

台灣稻作育種，應爲清光緒21年(1895)日本佔領台灣後的事；日本總督府於明治32年(1899)以後進行有計畫的引種、選種與雜交育種工作，奠定台灣稻作品種改良之基礎，並使台灣從秈稻栽培區，逐變爲以粳稻栽培爲主的地區。

台灣之水稻育種制度由光復前至今，已有相當變革，其中最大變革於1985年 成立稻作育種小組，1986年起展開團隊之育種工作，將本省水稻育種場所間的界線打破，全省育種人員成爲一體，以分工合作之方式，發揮團隊精神來執行育種計畫；但經過10年後稍爲修正，即1995年第二期作起，各改良場經育種小組核備後，亦可自行進行雜交及分離世代選育；農試所亦得進行產量比較試驗；修正後統一育種材料實際上已不再分發，2000年精省後稻作育種小組因無法源依據而自動解散，但各場所在農委會監督下，改以稻作育種合作試驗協調會議，繼續運作特性統一檢定試驗、區域試驗及新品種示範觀摩。儘管制度有相當變革，但稻作雜交育種程序自日據時期至今仍大同小異，僅特性統一檢定試驗於近20年來由各場分工執行有較大的效率成長。

目前國內水稻育種事業由政府公務經費支持，各改良場所執行，育成品種由中央政府無償提供原原種給縣市地方政府利用[2,4,5]。

內　容

一、國內水稻品種育成程序

國內水稻品種改良育成，目前有桃園區、苗栗區、台中區、台南區、高雄區、台東區、花蓮區等七個農業改良場及農業試驗所、農業試驗所嘉義分所等共九個單位同時進行，估不論轄區大小與重疊性，各單位在幾乎一致之育種程序進行部分育種材料與資料分享之合作，近年來育種成果相當豐富。各單位採用之程序大致爲系譜法，部分單位之雜交組合採混合法選育，由親本選擇、雜交、雜交第一代繁殖觀察、第二代分離集團栽培選拔單株、第三代至第五代分離系統選拔、一至兩期作之初級產量比較試驗、二期作之高級產量比較試驗、四個期作之區域試驗。一個新品種之育成大致快者六年，慢者需八、九年才能完成各單位進行初期世代之選拔重點爲農藝特性與外觀米質，部分單位尙進行稻熱病苗圃檢定，至高級產量比較試驗(擇優)及區域試驗時則參加各場所分工執行之超過十項之特性與病蟲害抗性之統一檢定圃。完成區域試驗與統一檢定圃後則可擇優整理相關資料，向所屬主管之農糧署申請命名登記，審查通過登記命名之新品種，並得參加國內各縣市地區辦理兩年四期作之新品種示範、擴增稻種與推廣講習。良質米品種需完成區域米質檢定並通過審查標準後，方可列爲良質米推薦品種進行推廣。擴增稻種作業目前仍採用三級繁殖制度，但爲加強良質米推廣，目前政府之原種繁殖計劃僅補助良質米推薦品種、新品種及特殊用途品種，一般品種之採種作業目前都需推廣單位自行負責。

二、育成品種試驗項目目的、試驗資料解讀與應用

育種過程中，初期世代單株栽培之系統分離選拔爲淘汰不良株系與漸進固定特性，當系統內稻株表現接近一致時可混株採種成立品系，開始進行多本植之產量潛力選拔(採種區爲單本植)，後期世代之特性統一檢定圃則爲建立客觀評估資料，供命名登記與未來推廣之重要參考資料。區域試驗之資料，可提供新品系與地區的交感反應，對於將來開始籌畫推廣地區與配合之栽培

方法有極大之參考價值。由於命名登記前區域試驗之米質相關檢定資料只有台中區農業改良場執行之區域試驗責任區一點之資料，爲正確評估新品種與地區環境交感反映之米質，乃配合各地區新品種示範進行更有參考價值之區域米質試驗，所得數據除了當作審查良質米推薦品種的重要依據外，更可爲將來各地區推廣時提供更精確之參考。

三、最近國內水稻較重要栽培品種之特性

台灣稻作育種工作自日據時代以來，先後命名登記稻品種已有280種，其中有105種未保留，現存(至2004年第一期作)175種。現存稻品種中有粳稻135種、粳(圓)糯8種、秈稻21種、秈(長)糯4種，陸稻7種，其中稻作育種小組時期共同命名登記23種(1988年起至1998年止)、以場所別命名8種，2003年起開始有各場所自行雜交材料命名登記，目前已有6種。目前栽培面積較廣的品種，粳稻爲台粳8號(目前領先品種)、台粳14號、台粳16號、台粳2號、台粳5號、台農67號、高雄139號、台粳9號、台粳11號、台粳17號、台農71號、台粳4號等，粳糯爲台粳糯1號及台粳糯3號，秈稻爲台中秈10號，秈糯爲台中秈糯1號。雖然目前國內水稻育種目標以品質爲主，但上述品種大都是過去在以產量爲主設計之試驗下選出，未來，在試驗研究方法調整後，選育出新品種的品質表現，預期會有相當的成長空間。

以下僅簡介目前栽培較廣或較特殊之品種特性及其栽培分布狀況(依命名登記年代順序)：[1,3,6]

(一)粳稻：

1.高雄139號：

1975年第一期作由高雄區農業改良場提出申請命名登記。具半矮性、豐產、米質優良、分蘗多、抗稻熱病、不易倒伏、適合機械收穫等優點，但不抗飛蝨。本品種爲良質米推薦品種，栽培主要集中於花東地區。於2004年已被日本接受爲可輸入品種。

2.台農67號：

1978年第二期作由農業試驗所提出申請命名登記。具強桿、不易倒伏、適合機械收穫、穩定高產潛力、適應性廣、對病蟲害之忍耐性強之優點，但重氮肥下外觀米質表現不佳，米粒心腹白率高。本品種於全省

都有栽培紀錄，在1980-1998年間是栽培面積最廣品種，最高約21.8萬公頃(1983年)。

3.台粳2號：

1989年第二期作由台南區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具高產、外觀米質優良、抗多種病蟲害、耐肥性佳等優點，但植株較台農67號爲高、對部份病蟲害之抵抗性仍欠理想、第二期作生育後期之耐寒性較差。本品種爲良質米推薦品種，栽培主要集中於南、東部。

4.台粳4號：

1990年第一期作由花蓮區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。爲台灣地區第二個香粳品種，具穩定高產、米質優良、株高適中，抗倒伏力強，適合機械收穫作業、對稻熱病具有抗性；但對部份病害及蟲害之抵抗性欠理想、第二期作生育後期之耐寒性較弱、穗上發芽率稍高。本品種栽培主要集中於花蓮與桃竹地區。

5.台粳5號：

1990年第二期作由高雄區區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具高產、產量效率較高、米質優良、抗病蟲害能力較台農67號略有改進、脫粒性適中等優點，但生殖生長期對低溫之反應較敏感。本品種爲良質米推薦品種，栽培主要集中於南部。

6.台粳8號：

1992年第一期作由台南區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具耐肥、高產、外觀米質優良、抗倒伏性強、抗稻熱病、再生能力強、適應性強等優點，但對紋枯病、縞葉枯病、白葉枯病、褐飛蝨、斑飛蝨之抵抗性欠理想，第二期作之耐寒性稍差。本品種爲良質米推薦品種，於全省都有栽培紀錄，是目前水稻栽培面積最廣之品種。

7.台粳9號：

1993年第一期作由台中區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。產量穩定、外觀米質尙可、食味佳、對縞葉枯病、斑飛蝨與白背飛蝨有較佳的抵抗性、株型佳、不易倒伏、氮肥施用量少之優點；但再生能力較弱、對部份病蟲害抗性仍欠理想，尤其白葉枯病栽培管理

不當時易產生心白米。本品種爲良質米推薦品種，栽培主要集中於中、北、東部，是目前國內水稻食味檢定試驗規定之對照品種。又爲了突顯良質米育種的最優先目標，國內粳稻區域試驗從93年組開始，也修改試驗規定，將本品種改列爲產量與米質之共同對照品種。於2004年已被日本接受爲可輸入品種。

8.台粳11號：

1994年第一期作由高雄區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。屬早熟品種。具產量高、穩定性佳且適應性廣、米質優良及食味好、抗稻熱病等優點，但對部份病蟲害之抵抗性仍欠理想、穗上發芽率偏高，遇雨季要把握時機收穫。本品種爲良質米推薦品種，栽培主要集中於高屏地區。

9.台粳14號：

1996年第一期作由桃園區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具抗倒伏性佳、高產、外觀及食味米質優良、脫粒性適中、稻熱病之抵抗性強、適應性強之優點，但對白葉枯病及褐飛蝨之抗性不佳，在第二期作之耐寒性較弱。本品種爲良質米推薦品種，於全省都有栽培紀錄。

10.台粳16號：

1996年第二期作由花蓮區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具高產、食味優良、對氮肥反應適中並具有較高的日產量效率、命名登記時對葉稻熱病與穗稻熱病具抗性，但面積擴大後已產生感病的生理小種、對褐飛蝨、斑飛蝨與白背飛蝨具中等以上抗性、脫粒性適中、適應性強之優點，但對紋枯病及縞葉枯不具抗性、對白葉枯病之抗性不穩定、第二期作之耐寒性較弱、稻桿細弱、在重肥下收穫期易發生倒伏。本品種爲良質米推薦品種，於全省都有栽培紀錄。

11.台粳17號：

1998年第二期作由台南區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具米質優良、食味佳、抗稻熱病、肥效性佳及適當之脫粒性等之優點，但產量稍欠穩定性、抗倒伏性不強、對病蟲害抵抗性仍欠

理想。本品種爲良質米推薦品種，栽培主要集中於雲林、台南與花蓮地區。

12.台農71號(益全香米)：

2000年第二期作由農業試驗所提出申請命名登記，是國內第一個有商品名及小包裝品牌最多之品種。具有芋頭香味、外觀優良、米飯黏彈性佳、產量較對照高且穩定、較早熟、表現病蟲害耐性、耐寒性強與中等之脫粒性等優點，但栽培不當易倒伏與穗上發芽。本品種於2003年第一期作完成示範栽培與地區米質檢定，審查通過爲良質米推薦品種，栽培主要集中於台中、雲林、台東等。於2004年已被日本接受爲可輸入品種。

(二)粳糯

1.台粳糯1號：

1990年第一期作由台南區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具高產、穀粒大而飽滿、抗多種病害、抗倒伏、肥效性佳之優點，但對紋枯病、褐飛蝨、斑飛蝨及白背飛蝨不具抗性、穗上發芽率較高。栽培主要集中於雲林。

2.台粳糯3號：

1995年第一期作由台南區農業改良場提出，台灣省稻作育種小組申請命名登記。具產量高而穩定，適應性廣、稻穀千粒重高、抗倒伏性強、脫粒性適中等修點，但病蟲害之抗性不夠理想、穗上發芽率較高。栽培主要集中於雲林。

(三)秈稻

1.台中秈10號：

1979年第一期作由台中區農業改良場提出申請命名登記。具高產、外觀米質優良、抗稻熱病、稍抗褐飛蝨等優點，屬於低直鏈性澱粉含量秈稻(軟秈)，其溫熱米飯之食味不亞於一般粳稻，頗具特色。本品種爲良質米推薦品種，於全省及世界各地都有栽培紀錄。

(四)秈糯

1.台中秈糯1號

1984年第一期作由台中區農業改良場提出申請命名登記。屬半矮性高產長糯品種。耐肥，分蘗多，抗多種病蟲害，但耐寒性較差。栽培主要集中於雲林。

引用文獻

1. 台灣稻作品種圖誌(1930~1987)。行政院農業委員會、臺灣省政府農林廳及亞太糧食肥料技術中心編印，1987年10月。
2. 台灣省政府農林廳。1999。台灣稻作發展史。豐年社。
3. 台灣稻作資訊系統(TRIS)之台灣稻作育成品種資料庫 (http://tris.tari.gov.tw:8080/index.htm)。
4. 杜金池。1995。農試所一百年來之試驗研究專刊。
5. 農藝系。1996。稻作生產改進策略研討會專刊。
6. 稻新品種命名登記資料。

Introduction of Rice Breeding Career and Property of Major Varieties in Taiwan

C. G. Chern, M. H. Lai, C. P. Li, C. S. Tseng and H. M. Yen

Agronomy Division, Agriculture Research Institute
Council of Agriculture, Executive Yuan

Abstract

Taiwan have been systematic rice breeding over one hundred years. It was Indica type rice cultivated area originally, but turn to Sinica type after breeding process. Taiwan rice breeding career almost be supported by governmental budget. It is important policy to provide main food for Taiwan. All of Taiwan agricultural experiment units execute rice breeding program, that processing by hybridization then pedigree method mainly. 282 varieties have been registered from 1899 to 2004, but only 177 varieties be reserved.

Key words: rice, breeding, variety.

水稻健康管理研討會 41~56 (2004)

水稻健康管理體系下之營養與水田管理

王鐘和[1]、林毓雯[2]、丘麗蓉[1]

[1]國立屏東科技大學農園系
[2]農業試驗所農化組

摘　要

水稻的生育受品種、氣候環境、栽培方法及土壤肥力等因素影響，本省已釐訂有稻田之氮肥、磷肥及鉀肥之推薦用量，使水稻之營養管理邁向科學化。其中土壤有效磷鉀之測定值與施肥效應之關係甚佳，爲磷、鉀肥需要量推荐之依據。氮素推薦量主要係依據栽植之品種、地區及季節。水稻對三要素之反應以氮素最爲敏感。診斷幼穗形成期植株氮素含量，據此施用氮肥可獲有效增加稻穀產量之效果，以葉綠素計於該時期測定葉片可有效的作爲判定幼穗形成期穗肥施用與否之依據。曬田可以調節水稻氮素營養，抑制水稻之無效分蘗及植株過度抽高，加強植株的強度，避免生育後期倒伏等。氮肥深施可增加氮肥利用率，減少氮肥用量。

水稻爲典型的需矽作物，施用矽酸爐渣平均可獲得5~15%之稻穀增產。水稻窒息病係由於土壤排水不良，稻根受土壤中還原性產物毒害，呼吸受阻所致。多施鉀肥及改善灌排水、避免在高溫期施用有機質肥料等措施，水稻生育可獲顯著的改善。缺鋅水田施鋅有顯著效果，一、二期作平均增產各達25%及15%。施用有機資材將使水田之還原狀態加深，不利水稻生育。連年施用有機質肥料後，除了當作所施有機質肥料之可礦化養分量外，亦要評估土壤累積之既有有機質之可礦化養分量，以二者之和作爲預期可由有機質供給之要素量，故土壤養分之診斷益加重要。

關鍵字：水稻、營養。

前　言

台灣歷年來稻作單位面積產量與肥料消費量呈密切相關之發展，常被國際間引述[40,45]。此種關係固不可以單純因果關係論，惟肥培管理之發展在台

灣稻作單位產量之發展過程中，占有很重要之角色，卻是無庸置疑的。蓋台灣位居熱帶及亞熱帶，高溫多濕，土壤中有機質分解迅速且養分易於淋失，加之土地利用十分集約，土壤養分消耗極多，故研究如何適當施肥以補充土壤養分，發揮作物產能並保持土壤永續生產力，遂成爲台灣土壤肥料工作之主要課題，近幾十年來已獲得許多提昇水稻產量之重要研究成果。本文僅就水稻之營養及水田管理蒐集整理前人研究成果，提供栽培健康水稻之參考。

內　容

一、水稻之營養特性及肥料施用要領

(一)水稻之營養

如其他作物，稻之栽培除了必需適時適量供應二氧化碳、氧氣、水及13種營養要素外，尚需足夠之矽，稻株才能正常生長、開花、結果，獲得理想之產量與品質。這些必需要素在稻株體內都有其特定而無法替代之生理功能：1.構成稻植體:如碳、氫、氧、氮、磷、 硫，爲各類碳水化合物、核酸、蛋白質、脂肪等的組成分。2.爲酵素之組成分或催化酵素反應:如鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鉬。3.維持細胞之膨壓及電解質平衡:如鉀、鈣、鎂、氯。4.維持細胞膜之完整性或控制某些生理、生化反應之路徑:如鈣、硼、氯。

以上碳、氫、氧、氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼及氯即被稱爲作物正長發育所需之16種必需元素(essential element)。其中碳、氫、氧爲構成細胞之基本成分，在植體中含量最多，合計約占作物乾物重之90%。氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂則約在0.1~5%之間。而氮、磷、鉀三種要素因稻株之需求量比較大且土壤中之有效含量常不夠作物正常生長之所需，需要靠施肥來補充，故，氮、磷、鉀就被稱爲肥料三要素;而鈣、鎂、硫需要量次之，故被稱爲次量元素。至於鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼及氯在植體中之含量甚微，故被稱爲微量元素。而矽雖不爲作物生長所需之16種必需元素之一，但因爲矽可增強稻株之直立性與抗病能力，故，矽仍被列爲水稻之有益元素(beneficial element)[20]。依據前人探討不同作物營養需求之水耕試驗

資料可知蔬菜作物需要較高濃度之養分供給才能生長正常，果樹次之，而水稻則最低[34]。

水稻對氮磷鉀三要素之反應以氮素最爲敏感，施用氮肥可獲20~25%之增產率，而磷鉀肥之增產效果則相對較低僅約1~5% (表一)[43]。氮素缺乏則發育不良，產量不高，但施用過量，或施用時期不當，易因生長過旺導致罹患病蟲害或引起倒伏而減產。水稻自播種至收穫之任何階段均可吸收氮素。前人研究指出以含有穩定低濃度氮素的養液栽培水稻，已能使水稻生長良好[24]，但就各生育階段所吸收氮素對稻穀生產之效率而言，則以分蘗盛期及幼穗形成期爲最大。分蘗盛期及幼穗形成期氮素養分充足與否，影響穗數、稔實率及千粒重，因此欲穫高產，必需在這兩個時期充分供應氮素肥料。氮肥施於稻田表面後，極易因脫氮作用而揮失，且亦有一部分流失，其損失量因土壤質地而異。因此，氮肥需分次施用，其中基肥需混入土中才能減少損失，而漏水過速之水田則不施用基肥。分蘗盛期之追肥應視分蘗狀況;穗肥應依葉色，調節施用。磷肥以一次作基肥施用爲原則，鉀肥則著重追肥分施，避免過早施用而流失[5,20]。

表一、氮、磷、鉀三要素對水稻產量之效應

Table 1. Response in terms of rice yield to nitrogen, phosphorus, potassium since 1929

試驗年代	期作	試驗點數	試驗處理			
			-N	-P	-K	**N+P+K**
1929-1942[y]	1st	117	72.6	94.0	97.6	100 (3,923)
1929-1942	2nd	117	76.4	93.3	94.9	100 (3,373)
1953-1955[x]	1st	82	66.8	94.6	97.8	100 (3,859)
1953-1955	2nd	91	75.0	94.5	95.6	100 (3,471)
1982-1983[w]	1st	80	75.2	99.4	99.3	100 (6,423)
1982-1983	2nd	80	81.2	99.2	98.5	100 (5,510)

[z] Expressed as yield index, 100 being the yield of the complete (NPK) plot. The numerical value(kg/ha)of the yield in the complete plot is shown in parenthesis. (source from: Wang 2003[43])

[y] Source: Chu 1961.

[x] Source: Tseng 1961.

[w] Source: Lin 1984, Lin 1985.

(二)三要素肥料施用要領

1.三要素肥料施用量

水稻由於品種、栽培方法以及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗亦從未間斷。由田間肥料需要量試驗求得施肥效應與土壤中有效養分含量之相關資料顯示；其中以磷鉀之測定值與施肥效應之關係甚佳，爲磷、鉀肥需要量推荐之依據(表二)[7]。

表二、水稻之土壤有效磷、鉀速測值與氮磷鉀三要素推薦用量

Table 2. Recommended rates of N,P,K for rice production

作物別	氮素推薦量 (公斤/公頃/作)	土壤有效磷 (白雷氏第 1 法) 等級 速測值 (ppm)	磷酐 推薦量 (公斤/公頃/作)	土壤有效鉀 等級 速測值 (ppm)	氧化鉀 推薦量 (公斤/公頃/作)
水稻	中南東部	極低 0~10	一期 70~80	極低 0~45	一期 60~70
(粳稻)	一期 110~140		二期 50~60		二期 80~90
	二期 100~120	低 11~30	一期 60~70	低 46~90	一期 50~60
	北部		二期 40~50		二期 60~80
	一期 100~120	中 31~65	一期 40~60	中 91~150	一期 30~50
	二期 90~110		二期 30~40		二期 40~60
(籼稻)	一期 130~150	高 66~175	一期 20~40	高 大於 150	一期 0~30
	二期 100~120		二期 0~30		二期 0~40
		極高 大於 175	一期 0~30		
			二期 0~20		

2.分施標準之確立

三要素中以氮肥對作物之增產效果最大，但過量之施用或施用不當所可能帶來之負面效果亦最大，合宜的氮肥施用具有調節作物營養生長和生殖生長以達到最適收穫指數(HI，harvest index)之意義。早期一般農家慣於插秧後不久及稻作最高分蘖期施用追肥而不施基肥。民國54~63年間各農業試驗改良場所在全省舉辦水稻氮肥分施試驗，結果証實，幼穗形成期之追肥(穗肥)可提高稻穀產量，並以基肥和分蘖盛期和幼穗形成期追肥之組合較佳[41]。鉀肥的分施試驗亦証實，分施較不分施者優，並以分蘖盛期的施用較佳[36]。至於磷肥的分施試驗則証實除特殊情形外，以全量當基肥即可。以上結果亦經綜合、釐訂爲三要素肥料之分施

標準(表三)[41]，表列於施肥手冊供推廣人員及農友應用。上述分施方法配合施肥量之推荐，亦經64~65年間全省舉辦的施肥技術示範[23]，証實較一般農家慣用區可節省肥料用量，且可提高稻穀產量約10%，顯示所推荐施肥標準之合理性。穗肥之效果和幼穗形成期之植物體全氮含量具有顯著的負相關；第一期作時幼穗形成期之植物體全氮含量如低於1.8~1.9%，則穗肥之效果顯著[15]。王鐘和(2004)[6]亦指出穗肥對水稻有明顯增產效果，以葉綠素計於該時期測定葉片可有效的作爲判定幼穗形成期穗肥施用與否之依據。

表三、水稻生育階段氮肥分施率(%)

Table 3. Nitrogen fertilizer application rates at different growth stage of rice plant(%)

品種	地區或質地	基肥	插秧後 一期 15 天 二期 10 天	插秧後 一期 30 天 二期 20 天	插秧後 一期 45 天 二期 20 天	幼穗形成期 (穗肥)
粳稻	質地較細者(黏土、黏質坋質壤土	45~50	—	30	—	25~20
	質地較粗者(砂質壤土)	25	20	30	—	25
籼稻	南部	30	—	30	40	—
	中北部	25	—	25	30	20

註：1.桃、竹苗地區質地較細土壤基肥亦可增爲 75%，穗肥照舊。

2.施用穗肥增產效果最大之時期爲穗長達 0.2 公分前後二天內，又穗肥施用與否及其施用量視葉色、葉片態勢、病蟲害以及氣候情形決定之。籼稻南部地區如在幼穗期發生葉色變黃情形，亦應施穗肥。

3.採用側條深層施肥時，僅施基肥，並根據實際需要施用穗肥。

4.一般基肥施用時，應在耕耘機第一次碎土後，把肥料撒施再行第二次碎土，肥料混入表土 12 公分內土層中。

5.早熟稻應著重基肥及早期追肥。

3.施肥位置之改進

爲減少氮肥氨化揮發或脫氮損失，日據時期即有氮肥全層施肥法之提倡，將肥料撒施後犁耕稻田使氮肥與土壤充分混合，然後插秧。惟因插秧時農民繁忙，常失去施用基肥時機而於插秧後才施追肥，即使如此，當時亦因追肥與人工中耕除草配合進行，肥料仍有機會拌入土壤中。自

從水田殺草劑普遍推廣以後，稻田不再需要人工除草，分蘗期所施追肥不再有拌入土壤機會，使氮肥損失機會大爲增加。在這種背景下，試驗結果顯示:除了漏水嚴重之粗質地仍採用肥料分施法之外，對於中或細質地土壤，則可以採用以需肥量之75%當基肥以耕耘機拌入土壤中，另25%當穗肥的施肥法；既省工又可減少氮肥損失[17]。

尿素以泥土或衛生紙包裹施於地下八公分處，每兩株水稻放一個，可使氮肥之效率顯著地提高，僅用標準量之60%氮肥即可獲得與使用100%氮肥分四次撒施之方法同樣之產量。爲使水稻能夠產生足夠之穗數與粒數以便獲得最高產量，並於幼穗形成期配合灑施一次穗肥。此外必須設法發展一些較爲簡便省工之肥料深施技術[33]。巨粒裹硫尿素(USG)深施提高氮素回收率及有稻穀產量之效果，以一期稻優於二期稻，一期稻穀增產量可達13%，氮回收率最高可達77%；二期稻穀增產量最高僅3% (屏東新埤)，而氮回收率最高亦只有41%[27]。若能將75%的需肥量於插秧時或插秧後不久，以施肥機點施於稻株間約7~10公分深處，則肥效更加顯著;高雄區農業改良場即研製「高改式水稻深層施肥機」於插秧後7~10天以人工操作將氮肥用量之75%行深層點施，另25%當穗肥，結果較標準分施方法可節省15~30%氮肥而仍可維持相同的高產量[28]。此種結果曾於61~64年(1972~1975)間在全省各地示範而獲得良好結果[29]。巨粒尿素之深施較細顆粒尿素之深施，易掌握施肥位置而獲得更佳效果[25,32,37]。惟此等肥料之機械深施因需要人工相當多，後來未見普及。近年來該場已進一步研製「插秧兼深層施肥機」，利用動力插秧機附掛深層施肥機方式，可一次完成插秧和施肥兩項作業[22]。最近之研究成果亦指出深施區水稻之乾物產量、穀粒產量、全株氮吸收量及穀粒氮量均較傳統撒施區高。幼穗形成期增施穗(氮)肥35 kg/ha明顯增加水稻生育中、後期之氮吸收量、乾物產量、氮收穫指數及收穫指數，故明顯提高穀粒產量。惟因深施區水稻氮吸收效率較高，在較高氮肥用量區增加穗(氮)肥對全乾物產量及穀粒產量反而有不利影響[6]。

(三)其他肥料之施用要領

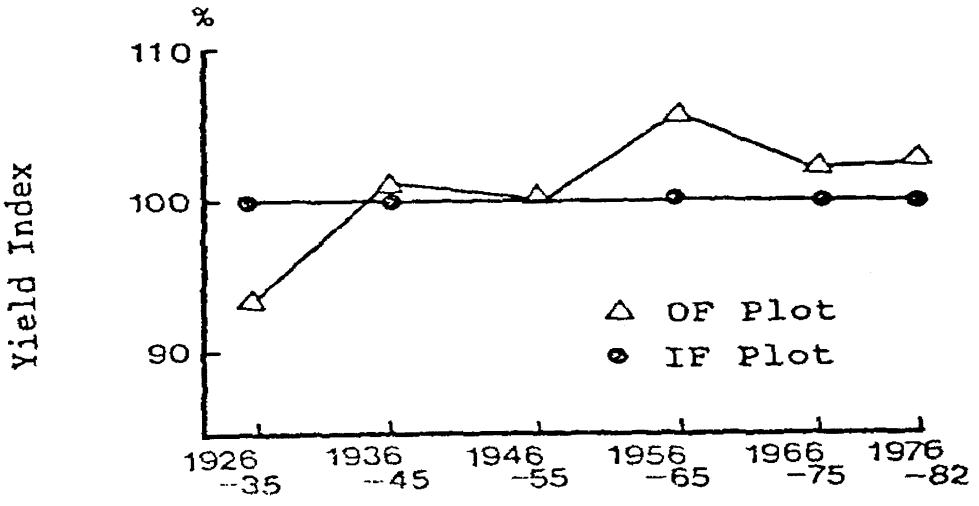
1.稻田矽酸肥料之施用

水稻爲典型的需矽作物，土壤中雖含大量矽酸，卻爲作物不易利用者。農業試驗所亦於民國48年起之數年間進行全省性試驗，結果顯示矽酸爐渣之肥效在北部的砂頁岩沖積土及紅壤最爲顯著，以每公頃施用1.25~2.5公噸，平均獲得10%之稻穀增產，並可增加稻熱病抗性;以醋酸鈉緩衝液(pH 4.0)所萃取土壤矽酸(SiO_2)含量(低於40 ppm爲缺，40~90 ppm爲準1缺)可爲判定需矽之指標[14,18,39]。惟當時因矽酸爐渣來源不多，未能推廣。中鋼公司成立後稻田之矽酸施肥再被重視，並於67~70年間進行大面積示範和推廣[31]，普遍獲得良好結果。據全省5,730個代表性稻田土壤樣本的有效態矽酸含量測定結果，低於40 ppm者占全樣本數之45%;低於90 ppm者則占全樣本數之70%[10]，可見矽是僅次於三要素在台灣稻田中易缺的要素。連深及王鐘和(1983)[19]亦指出稻田施用矽酸爐渣1.5 ton/ha可獲5-15%之增產效果。

2.有機質肥料之施用

近年來農畜產廢棄物之大量產出及有機農業之提倡，各種有機質肥料被使用於稻田中，有機肥料對旱作有其重要性，但對於稻田則尚有商榷餘地。日本之試驗資料顯示堆肥之肥效施用之初期表現雖不如化學肥料，然在長期施用情形下，其肥效有優於化學氮肥之趨勢(圖一)[42]，我國亦有類似之試驗結果[9]，但因其增產幅度不大，且有機肥料價格高於化學肥料，故除了有機水稻栽培以外，在稻田實在可以不必提倡有機肥料之使用，僅以鼓勵作物殘株還原於土壤即可。蓋在稻田狀況下，只要化學肥料使用適宜，作物生長被促進，其收割後之殘株即維持一定的有機質含量；即使多施有機質亦因分解迅速而難提高土壤有機質水準。比較50年代與60年代稻田土壤之有機質含量，可見60年代雖未施堆肥，但因化學肥料施用之增加及普遍，土壤中有機質含量並未見減低，且有提高之情形(表四)[8,11]。形成此種情形的原因是當化學肥料的供應足夠以後，作物生長顯較以前茂盛，回歸土壤中之地上殘株及地下的根量增加，當然有助於有機含量的提昇。有機質肥料中之綠肥依據以往的試驗結果，肥效與化學氮肥並無二致，故其後作應減施氮肥，以避免氮素供應過度之負效果[1,2]。王鐘和等(2002)[4]之報告指出長期連用豬糞堆肥可顯

著提昇玉米的產量，但對水稻則無增產的效果，產量低於化學肥料區，顯示有機質肥料在水田之效應明顯低於旱田。



圖一、有機質肥料與化學肥料連用試驗稻穀相對收量之變遷。
(資料來源：Suzuki et al.1990(42))

Fig. 1. Relative yields of rice over time in plots given organic or inorganic fertilizer.

表四、台灣水田土壤有機質含量之相對比率及分級表

Table 4. Comparision of the percentage distribution of surface soil orgame matler content in past years

有機質含量		1959-1967	1978-1981
分級	%	(%)	(%)
很低	>1	14.0	6.7
低	1-2	50.6	38.1
中等	2-3	26.9	33.1
高	3-4	8.3	16.0
很高	>4	—	6.1

資料來源：林家棻等，1969[8]；林家棻　1981[11]

長期過量的施用有機質肥料除了可能造成土壤中累積多量的有機質、礦化氮素量超過作物生長所需的氮素需要量，造成作物產量、品質

下降及污染環境，相關長期施用有機質肥料之試驗結果均顯示土壤中磷及鉀鈣鎂要素高量累積之現象，其對土壤環境及其他養分元素之影響，值得加以關注[3,44]。故長期施用有機質肥料時，應配合施含氮量高之有機資材，既可減少有機質肥料用量，且可避免上述現象產生[3]。此外甚多研究報告均指出；長期施用有機質肥料有提昇土壤pH值至鹼性之現象，鑑於部份營養元素在鹼性之土壤環境中有效性降低，及鹼性環境易使銨態氮肥以氨氣之型態揮散，長期施用有機質肥料時，土壤pH之變動趨勢，實需加注意。相關試驗亦指出長期施用有機肥區表土萃取性銅與鋅量顯著高於化肥區[44]，雖然禽畜糞堆肥施用於農田對土壤肥力有所助益，但長期施用時，其所含重金屬仍須加以注意，因重金屬在土壤中不易回收，且有機質肥料之施用量甚大，施用有機質肥料是否使農田土壤受重金屬污染之顧慮值得重視。

稻田施磷鉀肥之效應本就較低，且依據近年來水稻豐欠試驗之資料顯示稻田磷鉀肥力已較往年提高[21]，故理想的有機資材應採用礦化速率快且氮素含量高，磷鉀含量較低之菜籽粕、花生粕等豆粕類有機質肥料，因其礦化速率快，易於適時供應及調節水稻生育所需，不但較符合經濟成本，且能避免磷鉀過度累積及充分供應氮素。但仍要注意施用時期及施用量以求氮素供應之平衡[3]。施宗禮及謝元德(1994)[26]亦指出施用高量豆粕類有機質肥料時，因氮素供應過多，對水稻生育產生不良效果。

3.綠肥作物的應用

綠肥植物與主作物輪流耕作是常見的方式，豆科綠肥與非豆科如玉米之輪作，或與水稻輪作之水旱輪作方式。一般而言，有機物之碳：氮比愈高，表示含有較多之纖維素及木質素；且表示分解緩慢，是形成土壤中有機質之主要來源。反之，碳：氮比較低之有機物，在土壤中很快被微生物分解而變成無機態養分爲作物所吸收利用。因此，從增加土壤有機質及提高土壤地力之角度來看，應當選擇有機物總量多且碳：氮比高之綠肥較佳；即綠肥作物生長至成熟期才犁入土壤中爲宜。綠肥的施用如前所敘，其數量、性質均會影響後作作物之生長，需依綠肥的作物種類、株齡、生產量及下期作物的種類而有不同。水田施綠肥之注意事項:水稻田如過量施入綠肥，在分蘗期因過多氮素釋出，水稻吸收氮素過

量，易產生過多的無效分蘖，以及會影響穀粒生長[5]，會有不良效果出現，甚至有局部或全面倒伏之情形出現。因此，綠肥不應過量外，亦需提早翻犁綠肥，而達到提早腐熟綠肥，減少綠肥可能引起的缺失。尤其土壤排水不良區的水田，需避免過量的豆科綠肥。

水稻田栽植滿江紅亦可視爲綠肥之一種，水稻生育初期滿江紅可協助抑制雜草生長，避免雜草競爭養分，惟此時期滿江紅也略與水稻競爭養分，水稻生育中期曬田時，滿江紅大量死亡，植體經分解可釋出大量養分(尤其氮素)，應注意避免該時候水稻氮素吸收過量，對子實生產不利[3]。

(四)問題土壤之水稻營養障礙及改進

1．水稻窒息病之防治

本省宜蘭地區及屏東地區水稻均曾罹患一種生理病害，引起大家的注意。經過一系列之研究及改良試驗得知該病係由於土壤排水不良，稻根受土壤中還原性產物毒害，呼吸受阻所致，故稱窒息病;罹病水稻鉀素含量較低而鐵含量則稍高，經多施鉀肥及改善灌排水、避免在高溫期施用有機質肥料等措施，水稻生育可獲顯著的改善[35]。

2．缺鋅稻田之改良

鋅爲臺灣稻田中唯一顯現缺乏症狀之微量要素。首例於民國61年 在花蓮之石灰質片岩沖積土稻田發現[13]。經過鋅肥的施用後亦解決了該地久已存在，俗稱「水瘟」而不明原因之水稻生理病，惟面積並非很大。66年在台東長濱至成功一帶黑色土發現的水稻缺鋅則最爲嚴重，施鋅有顯著效果，面積達三千多公頃[16]。嗣經田間示範，以每公頃施用30~50公斤氧化鋅，較對照區第一、二期作平均增產各達25%及15%[30]，農民相繼倣效，遂解決該地區過去長久存在的低產問題。

3.胡麻葉枯病易發生地區之施肥改進

東部地區部分稻田易罹胡麻葉枯病問題，亦於民國66年前後發現與土壤之有效性鉀、錳、矽及陽離子交換能量低有關。遂由田間試驗証實施用矽酸爐渣對於稻穀之增產有效，施用鉀和錳亦略有效果[38]。

(五)水田曬田管理

水稻必須生長在水分充分供應的農田，由於土壤所含的水分有限，及天然雨水的供應不足且不平均，故必須有適當的灌溉才能正常生長。土壤水分如供應不足將嚴重影響水稻的生長及稻穀的產量。充分供應水分固然重要，但是稻田如長期處於浸水，將導致土壤長期處在還原狀態，土壤氧化還原電位下降，不利稻根呼吸及生長水田浸水後土壤之Eh值可降低至-150mV以下，而適宜水稻生長之Eh值爲10~120mV此種高度還原不利水稻生長(12)。故水稻生長期間必須給予適當的曬田。除了增加土壤通氣性，提高氧化還原電位，增加稻根活性。另外在最大分蘖期前給予較長時間曬田，促進空氣進入土壤中，造成土壤呈氧化狀態，土壤中氮素氧化成硝酸態氮，可獲抑制氮素吸收過量，避免分蘖過多，生長過渡茂盛，影響植株受光姿態，不利後期穀粒生產。且可避免下位節間因吸收過多氮素而過度伸長，造成倒伏，影響水稻生長。

結　語

近年來農地之過分開發，同一農地作物之多元化及肥料資材之超量投入，已使土壤肥力之變異趨於擴大，故殘留養分之掌握瞭解益加重要。更因氮素在土壤中之變化多端及過去有關研究的不足，今後有關稻田土壤中氮素轉化之預測、診斷，以及氮素對環境品質影響之監測更爲重要。此外，由於農畜產廢棄物之大量產出，卻未能平均分配於農地，以及廢棄物本身之品質問題，亦帶來氮素之環境污染問題及重金屬污染土壤之虞。稻田土壤中有機質之分解、聚積，及其與土壤生產力乃至環境污染之關係等，仍是有待量化澄清之課題。是故有機質肥料之合理施用技術，亦是今後水稻栽培需要加強之研究方向。

引用文獻

1. 王鐘和、連深、洪崑煌。1994。輪作田夏作田菁及其耕耘方式對秋作玉米生育及子實生產之影響。土壤肥料試驗研討會專輯。p.1-32。
2. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉。2000。從作物營養需求特性談有機質肥料施用要領。有機質肥料應用技術研討會專刊。p.44-64。中華永續農業協會編印。

3. 王鐘和。2002。第四章-水稻有機栽培之肥培管理要領。作物有機栽培。p.37-48。農委會農業試驗所編印。
4. 王鐘和、艾慶平、丘麗蓉、林毓雯、鍾仁賜。2002。長期施用不同有機資材對玉米、水稻輪作物生產之影響。農業土壤生態品質及生產力研討會論文集。p.181-218。中興大學土壤環境科學系。台中。台灣。施用不同有機資
5. 王鐘和、林毓雯、黃維廷、江志峰。2002。水稻合理施肥技術。作物合理化施肥技術研討會專刊。p.11-24。中華永續農業協會、農業試驗所編印。
6. 王鐘和。2004。肥料深施及穗肥對水稻產量之效應及診斷研究。台灣農業化學與食品科學。42(5)(刊印中)。
7. 行政院農業發展委員會、台灣省政府農林廳。1996作物施肥手冊。
8. 林家棻。1969。台灣農田土壤分析報告。台灣省農業試驗所編印。
9. 林家棻、李子純、張愛華、陳卿英。1973。長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響。農業研究22(4):241-262。
10. 林家棻、陳春泉。1980~81。台灣省土壤肥力能限分類之研究與校正。台灣省政府農林廳71年度稻作土壤肥料試驗示範報告(抽印本)。
11. 林家棻。1981。台灣農田土壤肥力能限分類調查報告。
12. 林良平。1978。土壤微生物學。天然書社出版。台北。台灣。
13. 邱再發、林慶喜。1972。花蓮石灰質土壤之水稻生理病之植物營養學研究:水稻之鋅缺乏。中華農學會報，新80:66-76。
14. 連深。1963。矽對水稻之效應。農業研究12(3):16-28。
15. 連深。1972。水稻之穗肥效應及診斷研究。農業研究21:71-77。
16. 連深。1977。本省主要水田土壤之水稻鋅營養狀況。台灣省農業試驗所民國六十六年年報80-82。
17. 連深、鄭榮賢、蘇春濤。1977。省產裹硫尿素及硫酸銨簡化施肥法在不同水田之肥效，台灣省農業季刊3(2):135-148。
18. 連深。1980。稻田土壤有效矽含量與水稻矽酸爐渣效應間之關係。台灣省農業試驗所民國六十九年年報64-65。
19. 連深、王鐘和。1983。長期連用矽酸爐渣對水稻收量和土壤化學性質之影響。中華農業研究32(2):185-199。
20. 連深。1996。作物施肥手冊-貳、施肥原則及參、水稻。p.10-31。農委會及農林廳編印。
21. 連深。1998。合理化施肥手冊(1)量身減肥－我們的水田需要減肥了(水稻合理化施肥技術)。p.8-13。

22. 高雄區農業改良場。1993。水稻插秧兼深層施肥機示範成果觀摩會資料(油印本)。
23. 黃武林。1978。稻作施肥改善推廣報告。台灣農業季刊14(1):111-138。
24. 張淑賢、洪崑煌。1979。氮供應形態、強度、及容量因子對水稻生育的影響。中國農業化學會誌。p.24-35。
25. 張淑賢、連深。1982。巨粒尿素與尿素深施對水稻之肥效比較。農林廳71年度土壤肥料試驗報告(油印本)。
26. 施宗禮、謝元德。1994。有機質肥料施用對稻米品質及產量之影響。八十二年度土壤肥料試驗報告。p.72-80。農林廳編印。南投。
27. 莊作權。1993。台灣水田土壤在施用尿素及土壤改良劑下對水稻產量及養分含量與土壤肥力之影響。中華農學會報159:61-74。
28. 鄒運豐、林順台。1980。水稻氮肥機械深施試驗。農林廳68年土壤肥料試驗報告35-42。
29. 鄒運豐、林順台。1980。水稻三要素機械化深層施肥試驗。農林廳68年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
30. 臺東區農業改良場。1978。東海岸低產稻田鋅肥施用法試驗。農林廳67年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
31. 臺灣省政府農林廳。1979，1980，1981。稻田施用矽酸爐渣效果示範。民國67、68及69年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
32. 鄭榮賢、羅瑞生、王明茂。1982。巨粒尿素深施觀察。農林廳71年度土壤肥料試驗示範報告(油印本)。
33. 謝慶芳、黃山內。1976。水稻氮素肥料效率改進試驗。台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。p.22-26。南投。台灣。
34. 諶克終。1986。果樹之營養診斷與施肥。徐氏基金會出版。
35. Chang, S.C. 1962. Control of suffocating disease of rice plants. in Taiwan. Soils and Fertilizers in Taiwan.The Soc. Soil Scientists and Fertilizer Technologists, Taiwan.
36. Feng, M.P. 1968. Method of potash application on paddy rice, in Taiwan.Fertilite. 31: 27-14.
37. Juang, T.C. 1980. Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea supergranules under tropical and subtropical paddy conditions. In "Increasing Nitrogen Efficiency for Rice Cultivation". FFTC Book Series No. 18: 83-99.

38. Lee, T.S., L.S. Hsu and C.H. Lin 1979.Study on relationship between soil fertility and Fertilizer. Technologists, Taiwan.
39. Lian S. 1976. Silica fertilization of rice. p. 197-220 in "The Fertility of Paddy Rice and Fertilizer Application for Rice" FFTC, ASPAC, Taipei, ROC.
40. Lian, S. 1989. Fertility management of rice soils in ROC on Taiwan, ASPAC FFTC Tech. Bull. No.293.
41. Su, N.R. 1975. Fertilizer applications to rice in Taiwan, ASPAC FFTC Extension Bull. No. 60.
42. Suzuki M., K. Kamekawa, S. Sekiya and H. Shiga. 1990. Effect of continuous application of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy field. Transactions of 14th International Congress of Soil Science, Vol. II:14-19.
43. Wang, C.H. 2003. Soil fertility management of sustainable agricultural in Taiwan. In the proceeding of The 3rd APEC Workshop on Sustainable Agricultural Development. p.245-263.
44. Wang, C.H. 2004. Improved soil fertility Management in Organic farming. in Proceeding of Seminar on organic farming for sustainable agriculture. edited by FFTC and ARI p.1-28.
45. Yamada, N. 1975. Efficiency of fertilizer utilization and soil fertility. A paper presented at a seminar on "The Maintainance of Rice Yields in the Face of a Shortage of Chemical Fertilizers", sponsored by ASPAC/FFTC in Taipei.

Nutrition and Soil Management for Wet Rice Health Management System

Chong-Ho Wang[1], Yn-Wen Lin[2] and Li-Jung Chin[1]

[1] Department of Plant Industry, National pingtung University of Science and technology
[2]Agricultural Chemistry Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

Abstract

N fertilization is the most important for wet rice. Since the type of cultivar and the climate have a profound effect on crop productivity, recommendations of N rates for rice are based primarily on the variety, the region and the cropping season. Recommendations of P and K rates are based primarily on results of soil testing for available P and K in the soil.

The response of rice to phosphate and potash is generally lower than the response to nitrogen.Analyses of canonical correlations of rice response to panicle fertilizer revealed that nitrogen concentration of rice plant and panicle fertilizer dosage were highly correlated.The chlorophyll-meter value was significantly positively associated with both leaf N concentration and rice plant N concentration at panicle initiation stage. Consequently, detection of chlorophyll concentration using chlorophyll-meter would be a good tool for determining the essential dosage of top-dressing panicle fertilizer.

The yield increases to the siliceous slag application were in the range of 5-15%. A high bicarlonate level and the poor drainage condition of soil were considered as important factors in causing the low yield of rice plant.The response to K and Zn fertilization was suggested on those soils, the improvement of drainage condition so as to promote the development of root system was also improtant decomposition and transformation of soil organic nitrogen into nitrogen available to plants is a biological

process which is affected by weather, soil texture, the presence of clay minerals, soil management, the nature of the previous crop and other variables. Leaf diagnosis and soil testing are valuable methods of determining the nutrient status of a crop and the soil in which it is growing, as a guide to what fertilizer is required.

Key words: rice, nutrition.

水稻健康管理研討會 57~72 (2004)

氣象與水稻生產之關係

楊純明

行政院農業委員會農業試驗所農藝組

摘　要

人類依靠糧食爲生，而農作物是糧食的主要來源，農作物生產的良窳則由其自身遺傳組成及環境變異共同控制。通常遺傳組成隨人爲選種育種目標改變，有其最大生產潛力(能)限制，環境變異將因栽培管理方法及環境變化而異動，造成不同的農作物生產結果。倘若人類對於農作物的選種育種，能夠沿以該地特殊環境爲依循標準，將可以預期得到最佳遺傳形質的綜合表現，彰顯遺傳潛能。所謂的理想生產環境，就是農作物能夠在此等環境下充分發揮其遺傳組成的生產潛能，得到遺傳組成所能獲得的最佳表現。惜農作物在生育過程的各環節中未必皆盡如人意生活於理想環境，常可能遭受氣象逆境干擾及氣象災害危害，導致潛在產量與品質的降低甚或災情損失。本文將現階段與農作物生產有關的氣象(候)議題歸納成五大方向，據此延伸將農業氣象科學劃分爲五大研究領域，即農業生物氣象、設施農業微氣象、農業氣象災害、農業氣象(候)資源及氣候變遷與農業生產。接著簡述臺灣地區的氣象環境，介紹一些影響農業/水稻生產的重要氣象名詞，描繪氣象環境的時空變化，闡明改變氣象環境的自然及人爲誘因。再詳細說明氣象與水稻生產之關係，讓讀者瞭解氣象環境對水稻生產影響及如何改善(進)水稻生產之氣象逆境。最後則做一簡單結論，呼籲政府各有關部門重視我國農業的經營與發展，以維持農業的生態功能、傳承農業文化，並善用農業的社會機能。

關鍵字：農業氣象、水稻生產、農業氣象逆境、農業氣象災害、全球氣候變遷。

前　言

人類依靠糧食爲生，糧食供應的多寡非僅決定人口消長與民眾健康，亦因此影響社會安定、國家興衰及世界和平，甚至擴及人類文明的發展。農作物是糧食的主要來源，農作物生產的良窳則由其自身遺傳組成及環境變異共同控制。通常遺傳組成隨人爲選種育種目標改變，是主觀的認定，有其最大

生產潛力(能)限制；環境變異將因栽培管理方法及環境變化而異動，造成不同的農作物生產結果，是客觀的事實，如今卻可經由人爲方式加以修飾與調整，減少或避免環境變異的直接衝擊。倘若人類對於農作物的選種育種，能夠沿以該地特殊環境爲依循標準，將可以預期得到最佳遺傳形質的綜合表現，彰顯遺傳潛能。如此亦將優於臺灣過去採行的全省性育種做法，這類品種雖然具有廣域的適應彈性及穩定產量，然而卻無法擁有較高生產表現的遺傳潛能。

一、農作物的理想生產環境

所謂的理想生產環境，就是農作物能夠在此等環境下充分發揮其遺傳組成的生產潛能，得到遺傳組成所能獲得的最佳表現。然而，農作物在生育過程的各環節中未必皆盡如人意生活於理想環境，常可能遭受逆境(如氣象逆境)干擾，使其生長與發育不如預期，導致潛在產量與品質的降低。而當任何環境變因造成農作物生產過程中不利、不順、不良或不當的狀況(態)時，即被歸屬於逆境(stress environment)，短期嚴重或長期不良逆境將給農作物帶來災害，危及正常的收穫而造成經濟上的損失。

二、農作物的生產環境

農作物的生產環境依空間分佈而言，可以大別分爲三大環境空間，即地面以上的氣象變因產生的氣象環境，地面上的栽培管理變因產生的栽培逆境，以及地面以下的土壤變因產生的土壤逆境[1]。引發病蟲害的病源及蟲源的流行與危害，可能同時受到超過單一環境的作用，然並非本文探討的環境項目。在自然田間生長的農作物，隨時受到環境因子的影響，也可能同時受到來自四面八方超過一種逆境因子的干擾。

三、農作物的氣象環境

農作物生產過程將無可避免的接觸氣象環境，在田間自然狀況下，從種子發芽出土、植株生長與建立、營養生長轉至生殖生長、乃至於成熟收穫及收穫物的採收調製，均與氣象變化息息相關。非僅決定農作物植株生長、發育的好壞，也左右收穫物(產品)的優劣。本文將特就氣象環境與水稻生產關係進行深入闡述，讓讀者瞭解氣象環境的複雜性及對水稻生產的宏遠影響，

亦藉此機會提出因應對策及未來研究方向就教識者，期以達到吸引更多人專注相關議題的拋磚引玉效果，並助益於國內農業的永續經營與發展。

內　容

一、農業氣象科學

昔人自古已熟知氣象與農作物生產關係的密切關聯，隨著知識的累積及氣象量測儀器設備的發展，無論農業或氣象學術均有長足精進，在學術領域中逐漸衍繹出「農業氣象科學(agricultural meteorology)」。農業氣象科學爲一跨學術領域的專業學門，主要在探討農業生產與氣象關係，並延伸出對應的改進(善)措施與策略，使其兼具學術理論與實務應用層面。

(一)天氣及氣候

農作物所處的氣象環境係瞬息萬變的，然而吾人可以從渾沌混雜中歸納出條理，演繹出模式，來釐清氣象環境的規律，並以之探討各種農作物在不同生育階段對不等強度氣象逆境所做出的反應及因應機制。

農作物的氣象環境所要考量的，同時包括接近地表空氣層在短期間或特定時間之氣象變化，即天氣(weather)，及長期的天氣變化，即氣候(climate)。但是，天氣並非一完整的形體，非肉眼或直接觀測可加以描述，必須藉由個別氣象因子(如氣溫、氣壓、日照時數、輻射量、降水、濕度、風速、風向、氣流運動、...等)的量測後再予綜合評估、判斷及預測，並予描繪出天氣的輪廓。因此，在農業氣象的研究上，可以見到對各別氣象因子的試驗研究，澄清最根本的相對互動，亦可見到綜合多氣象因子的模式方析與模擬，推估氣象因子交感的綜合效應及農作物的妥協因應。

(二)農業氣象科學五大研究領域

本文將現階段與農作物生產有關的氣象(候)議題歸納成五大方向，包括限制農作物生產的氣候變因、農作物生產的氣象環境─微氣象/大尺度氣象、模擬農作物生產的氣象模式、氣候(象)資源的開發與利用及全球氣候變遷等五項，據此延伸將農業氣象科學劃分爲五大研究領域。

1.農業生物氣象

農業生物氣象可謂是農業氣象科學與農業氣象產業的基礎，簡單說主要在探究農作物的生理代謝活性與氣象因子的關係，由農作物對氣象變化的折衷反應究明個別氣象因子或氣象因子交感引起的生理生化現象，進而釐清代謝運轉的影響機制，推演與解釋對生長與發育造成的結果。吾人可從根本理論的認識與瞭解，進一步啓發出調節氣象正面影響、緩和負面效應的實際應用，以知其所以然而利用於所必然，將理論與應用結合從事於實務栽培管理。

在田間自然狀況下，通常影響農作物生產的限制因子不止一項同時出現，因此某特定生產環境下的農作物表現，乃該生產環境影響的綜合呈現，即農作物適應該特定生產環境後的折衷反應或妥協表現。氣象因子的效應亦復如此，氣象變因之間可能產生交感作用，致使氣象環境的影響十分複雜，農作物爲求適應所做的自發性反應也相對的非常繁複。舉例而言，當空氣中的二氧化碳濃度上升時，以二氧化碳作爲光合作用原料的農作物將嘗試增大氣孔開度，提高氣體的傳導度，透過濃度差增加體內二氧化碳來促進光合成；然而氣孔阻力的降低將同時利於水蒸氣的蒸散逸失，經由氣孔內外的蒸氣壓差擴大水分的消耗；稻株蒸散作用的進行，具有必要調整植體溫度的功能，稻株因此隨時調控氣孔開度修正體溫的升降。這時農作物將進行自主性的自身折衷調節，維持在一妥協的氣孔開度下，使得二氧化碳進入及水蒸氣釋出保持在一適當的動態平衡。由此可知，農作物對某特定氣象環境呈現的適應性折衷反應，係一種多重反應，即由相關的多個作用串連發生。或許相輔相成，也可能互不關聯或相互衝突，在統計上常呈現出複雜的曲線反應而非單純的線性反應。此自發的多重反應有其限度，當農作物所承受的氣象逆境強度超過其反應能力極限時，將使農作物受到傷害或至死亡。

2.設施農業微氣象

直接影響農作物生育的氣象環境，一般被認爲係位於距離地面2米(對高大農作物則爲4米)高度空間的氣象變化，即所謂的微氣象(micro-climate)環境。而在微氣象環境以上空間的氣象變化，則被歸屬於全域氣象或大氣象(macro-climate)環境，透過對微氣象環境的影響間接干擾農作物的生產。近幾十年來設施農業興起，人們以固定或機動、精密

或簡易的設施栽培農作物，藉由對設施內微氣象環境的控制，達到對產量、品質與產期的調控。設施農業微氣象遂成爲一項新興農業氣象研究領域，此一創新做法使得農作物生產不再拘泥於必要的地理、地形、緯度、海拔條件，能夠隨意的經營農業。

當農作物遭受外在氣象環境影響時，藉由設施作爲或直接調節設施內的微氣象環境，即可以緩和或抵銷外在氣象的衝擊。在產業經營層面上，更加以提供適當的微氣象環境，依循監控-調節-改進等步驟，使農作物得以在設施內進行最佳化的生產。如此作爲對於高經濟價值農作物生產而言，仍然符合成本經濟效益，以高價的產品迴饋於升高的生產成本，並且能夠達到週年生產目的。對於低價的農作物，倘若能夠藉由設施栽培擴大生產規模，以量取勝，或以此循環生產改進利基，則仍有其利用的空間。

3.農業氣象災害

如前述，農作物生存於一複雜的環境空間，氣象環境尤其變化萬千，使得農作物常處於逆境之下。由前臺灣省政府農林廳出版之『臺灣農業年報』及行政院農業委員會出版之『農業統計年報』資料，均顯示臺灣地區農業氣象災害的頻繁及造成災情損失之嚴重。臺灣地區自1990年以來，每年的農業災害估計損失皆超過二十億元，更有70%以上年份每年災損高達一百億元以上，而氣象災害的經濟損失更占其中95%以上(扣除921震災)，顯示快速氣候變遷引起的氣象異常及對農業危害的頻繁與嚴重性，同時也忠實反應了臺灣地區農業氣象災害發生的高機率。

依據統計分類，臺灣地區前四大排名的農業氣象災害分別是颱風、水患、低溫及乾旱[3]，農政部門及農業試驗研究單位應當加以重視，謀求各種問題因應及解決的對策。從災害損失的保險立場，非常需要災害發生頻率、災情程度與經濟損失關係、以及農民因應處置相對做法等評估資料和計價公式等有關研究，這些都是政府及研究單位應當重視與討論的議題。在經營管理層面上，則當加強災害的預警、預防與防護措施研究，力求減輕災情。

4.農業氣象(候)資源

當吾人能夠清楚氣象對農作物生產的阻礙及限制所在，就可以進行順勢利導的開發與利用，將特定地區的氣象資源從事最佳化的農業生產。在實務做法上，可以將整個大區域網格化，調查各小區域的地理地形地物產生的特殊氣象環境，建置成網格氣象(候)地理資訊系統。這樣的資訊系統，若能配合農作物栽培資料庫(如氣象條件、土壤與營養需求、栽培技術與方法等)及有關決策模式系統的套疊與分析，將可獲得各區域「適地適時適作」資訊，充分利用各特定區域之氣象(候)資源，發揮適栽農作物的生產潛能。

前臺灣省政府農林廳陳武雄廳長在任內曾大力推介農產品的少量多樣化政策，作爲臺灣地區「拼盤式小農型態」的解決方案之一。在呼應特定農業區域之不同農業氣象資源景況，通過網格氣象地理資訊系統的建構及運作，將可以落實「適地適時適作」的最佳化農作生產政策，以『一鄉一特產』的高價農產品策略達到「地盡其力、物盡其用、貨暢其流」的理想市場導向境界，使農產品價格提高而真正提昇農業的競爭力。

又臺灣是一個典型的海島，亞熱帶季風氣候區的氣候分類使得年平均雨量可以達到2510公釐(係世界平均值的2.6倍)。儘管擁有如此豐沛的雨量，由於雨量在時間及空間上的分配不平均，而且地表水逕流量未能妥善存留於地面集水域(區)及地下水層，加上農、工、商產業和民生用水的大量需求，造成了水源分配不均及用水量不足問題。通常每年五月至十月期間的雨量就佔了全年的78%，雨量的過度集中使得枯水期長達六個月。再者，臺灣的河川多坡陡流急、腹地狹隘，逕流量被攔蓄而可利用的只佔全年逕流量的18%，往下滲漏至地下水層的水量也遠不及超抽量。在長年用多存少情境下，形成水資源短缺而不敷使用的結果並不令人意外，卻因此影響到臺灣地區水資源的全盤運用與配置。從氣象資源的觀點，水資源的開發、利用與管理將是臺灣目前必須面對的交纏產業、生態及民生議題，宜有未雨綢繆之智。

5.氣候變遷與農業生產

近年來全球均普遍意識到氣候的快速變遷現象，穩定的氣候型態不再，代之爲異常天氣頻率增加、氣象災害頻傳。追根究源乃歸於人造化學品及石化能源大量而長期的使用，促使大氣中的溫室效應氣體濃度(如

二氧化碳、甲烷、氧化氮、氟氯化物等)大幅升高，造成地球溫室效應的增強、紫外線照射量的增加及臭氧層的稀薄化，其結果就是地球的溫暖化及氣候的快速變遷。

全球氣候的加速變遷下，不但造就了不穩定的氣候，同時增加了災害性天氣(如雨暴、冰雪暴、沙塵暴、乾旱等)發生機率。預料未來的天氣及氣候預測將更難掌握，除了各種產業及民生活動將普遍受到影響之外，也會給農業帶來不可預期的結果。氣候變遷所產生的正面或負面作用，端視氣候變因的強弱與發生時機而定，亦隨著人爲因應調整對策而有差別。相信臺灣地區的民眾多少意識到往昔到現在天氣及氣候的差異，諸如臺灣地區上半年的春雨與梅雨降水量及分佈、下半年的午後雷雨、颱風、東北季風與冷氣團，似乎不盡符合過去的經驗；全年的乾旱期長短、氣溫高低、氣流運動等，亦有頻率、強度及時期改變的變化。

氣候變遷下產生的新農業生產情境是混沌不明的，儘管學界每以模式(組)模擬多項因子交感造成的未來輪廓與環境，終究無法清楚而肯定的描繪出真實景象。誠然如此，在多變的各種組合下，吾人仍需仰賴模式提供可能的因應策略，以延續農業生產和糧食供應。

二、臺灣地區的氣象環境

臺灣地區位於亞洲大陸東南邊緣之熱帶與溫帶交接處，分類上歸屬於副(亞)熱帶型氣候，然因四周環海，也受到海島型氣候影響。又因座落於西太平洋熱帶氣旋(颱風)通道，自五月起至十一月則進入所謂颱風季節，隨時都可能因著颱風侵襲帶來狂風暴雨。加上地區內複雜的地形地貌，使得境內氣象變化十分多樣，而且氣象災害頻繁。歸納影響臺灣地區天氣和氣候的主因，一般言以季(節)風的影響最大，全年均盛行東北季風，尤其秋冬二季最爲明顯。夏天吹西南季風，特別是經過臺灣東部地區海域的颱風離臺之後，經常引進旺盛的西南氣流製造豪、大雨，臺灣西南地區迎風面尤當注意此一現象。

臺灣地區一般性的天候型態是這樣的，中南部夏季雨量較多而冬季少雨，北部全年有雨而於平年時冬季多陰雨天氣。平均氣溫北部低而南部高，高山低而平地高，在春、冬季之天氣變化較大而夏、秋季變化較小。颱風來襲時，將帶來風雨交加天氣，影響民眾生命財產甚鉅。近年來由於水土保持

失衡，夾雜風雨的颱風或者一場豪大雨，就可能引起山崩、路塌、土石流等景況，對山坡地農作物造成極大損害。

(一)一些影響農業/水稻生產的重要氣象名詞

現代化的農業經營管理，必須依靠即時的氣象資訊，進行及時的因應處置，以維持農作物最佳的生育狀況。本文乃介紹一些影響農業/水稻生產的重要氣象名詞(請參閱交通部中央氣象局網站資料)，提醒讀者多加充實氣象知識，幫助農場經營管理。例如，當有發生豪、大雨機會時，就應該巡查水田溝渠的暢通，以免淹水危害；當有低溫寒害發生機會時，可以維持田面適量的灌溉水深或供給輻射熱源(如蔬果園)，緩和過低溫度帶來的衝擊；而當預測到乾旱發生的可能性時，或以辦理休耕、輪灌調節爲因應，或以分配水量在必要生育時期使用爲對策。諸如此類因應極端天氣或氣象狀況發生的配套做法，當在平時習練備用，俾隨時應付處置。

1.降水機率

現行降水(雨)預報，已採用較爲精確的降水機率。這是以預報區未來36小時內三個時段出現0.1 mm或以上降水機會來計算；降水機率愈高，則降水的機會就愈大。

2.豪、大雨

豪雨及大雨的分類，以每日累積的降雨量區分。當每日雨量累積達50 mm以上時，稱爲大雨；當每日雨量累積達130 mm以上時，則稱之爲豪雨。

3.強風及颱風

海面上出現平均6級或以上風力時，稱爲強風。由氣象學名詞，颱風爲一熱帶氣旋，即熱帶海洋上發生的一種非常猛烈的風暴。雖然西太平洋每年發生的颱風數目將近百個，但是每一年實際侵襲臺灣地區的數目並不一定。

4.氣團及鋒面

某段時間停滯於地表某一特定地區之廣大空氣體，其同一高度水平方向之各點溫度、濕度等物理性質頗爲一致時，稱其爲氣團。高氣壓的冷氣團與低氣壓的暖氣團交會時，將產生的帶狀介面，稱爲鋒面。鋒面涵蓋地區常有不穩定的氣流運動，造成下雨現象。當侵入的冷氣團使當

地最低氣溫降至12-14℃時，稱之爲大陸冷氣團；而當此一冷氣團促使最低氣溫降至12℃或以下時，特稱爲強烈大陸冷氣團。

5.低溫及寒流(寒潮)

如果侵入的強烈大陸冷氣團造成某地區氣溫降至10℃或以下時，則造成所謂的低溫現象。當此一冷氣團造成氣溫低於10℃或二日內下降4℃且使氣溫降至14℃以下時，稱爲寒流(或寒潮)。

6.霧、霾及煙

當極細微水滴密集懸浮於近地面空氣，使得水平方向能見度低於1 km之現象，稱爲霧。若是以塵埃或鹽類等非吸水性固體微粒懸浮於空氣中，稱爲霾。當是指經由物質燃燒後產生的固狀微細顆粒懸浮於空氣中，則形成煙。

7.乾旱

乾旱很難給予嚴格的定義，一般是指長期缺少降水(雨)或灌溉不足情況，造成農業(農作物)用水短缺，危害農業(農作物)的經營之謂。臺灣地區近年來降水分佈的紊亂，加上工商產業及民生用水需求的大幅升高，不但引發水資源分配問題，亦造成農作物生育期的乾旱。

(二)氣象環境的時空變化

氣象因子係隨著時間及空間的改變而變化，各個因子觀測值在一天當中的任一時段及一年當中的任一天都可能不同，在不同地區任一位置表現也可能不一。因此，氣象環境細微的時空變化是十分複雜而多變的，瞭解氣象因子的變化特性才能夠歸納或演繹規律性及常態性的趨勢。對於氣象環境的監測及天氣的預測，需要藉助於精密而複雜的量測硬體設備及軟體分析系統，再輔以人力經驗才能達成任務。

對水稻的栽培而言，依照育種目的可能有適合全年栽培或特定季節栽培之稻種，前者具有較大的氣象適應性，惟因未必遭逢最佳環境而不易獲得最大生產潛能表現。後者針對特定季節進行育種，遺傳歧異度可能較小，卻因特定季節變異範圍不大，比較能夠得到遺傳組成潛力的發揮。一如前述，亦有針對臺灣全區或特定地區進行品種選育者，以現行育種趨勢而言，預料將以特定目標育方向爲主流，較有機會達成品種特性的發揮。

臺灣地區目前以兩期稻栽培爲主，一期稻作在上半年，二期稻作則在下半年。對於以全年栽培爲育種目的之稻種而言，通常一期作期間氣溫及光輻射強度由低往高、光照期由短至長的特性，可以獲得較高的生產量。反之，二期作期間氣溫及光輻射強度由高往低、光照期由長至短的特性，常使生產量不如一期稻作者。爲期得到最佳稻米生產量與質的表現，建議國內宜改採特定目標育種，即依照某地區特定的氣象環境育種(包括切割兩期作)，如此將可有效改進現行水稻的生產現狀，提升水稻的競爭力。

(三)改變氣象環境的誘因

氣象環境的改變或變遷，係受到自然及人爲誘因雙重影響，包括生物性及非生物性的現象。自(天)然誘因是指非人力形成的自然活動，如火山運動、宇宙星球間吸引力、太陽塵爆、太空物體侵入地球等，非但牽動天氣、氣候、土壤及生態的變化，也會帶動海洋潮汐、物理性與生物性循環及生物行爲等的表現。人爲誘因是指因人爲因素造成的變化及變遷，如人類活動、發電廠與工業製程排放物、工商產物及能源消耗(車輛、航空器、機械運轉--)等，亦將影響天氣及氣候的規律性變化。

依目前現象，人爲誘因的負面效應遠大於自然誘因，其中尤以土地的不當或過度利用(如林地砍伐、燃燒)，以及石化能源的長期使用爲最嚴重。這些人爲因素據悉已成爲造成氣候資源失衡主因之一，並引起全球暖化、水土破壞、土質劣化、砂漠化等結果，甚至形成不可恢復的傷害。

對臺灣地區言之，由於農業產業衰退、工商產業發達興盛，使得農耕用地大幅而急劇的下降，特別是水(稻)田面積逐年遞減。在臺灣光復至1980年以前，稻田面積約有70-80萬公頃，近年已降至約35萬公頃，可以想見水田調節當地微氣候的功能如何的式微。除此之外，水田蘊涵(藏)地下水源的機能亦顯著消失，加上地下水的不斷抽取，帶來另一項消耗水資源的危機。很可能不久的未來，雨水將成爲唯一的灌溉來源，水稻在臺灣地區的栽培將從灌溉栽培體系(irrigated cultivation system)降格爲雨灌栽培體系(rainfed cultivation system)，看天栽培，靠天吃飯。而近幾十年來山坡地的不斷開墾，在水土保持不當及水泥叢林大幅增加情況下，也製造出許多環境問題，不利於局地微氣象的調節功能。據此建議農政部門及早因應，一方面發展水稻節

水栽培技術與系統，另方面從事耐旱性育種及研發陸稻栽培體系。現階段爲節省栽培水稻灌溉用水，可將栽培期配合雨季，減少水利灌溉的供水壓力。

四、氣象與水稻生產之關係

稻米爲全世界最主要的糧食之一，在熱量(能)的供應上位居首位，高於小麥及玉米。亞洲是稻米最主要的生產與消費地區，而稻的栽培種包括亞洲地區的*Oryza sativa* Linn及非洲地區的*Oryza glaberrima* Steud等二種，以前者的分佈及生產量遠高於後者，而*Oryza sativa* L.又可區分爲秈型(Indica)、粳型(Sinica or Japonica)及爪哇型(Javanica)等三類型。由於稻的生產區除了極地之外南北緯度皆有分佈，並從海平面至海拔3000米，顯示其對環境的適應性甚廣，遺傳歧異度甚高[5]。固然如此，稻株生育表現卻仍明顯受到環境影響，生產量優劣差異極大，在不利的逆境之下限制生產力的發揮。

從行政院農業委員會之『農業統計年報』(2001)[4]資料，臺灣地區在1992年的水稻收穫面積達397,000公頃(一、二期稻作各爲209,000公頃及188,000公頃)，稻穀產量總計2,070,000公噸(一、二期稻作各爲1,250,000公噸及820,000公噸)。至2001年，水稻收穫面積約332,000公頃(一、二期稻作各爲189,000公頃及143,000公頃)，稻穀產量總計約1,724,000公噸(一、二期稻作各爲1,106,000公噸及618,000公噸)。由以上資料併前述，除了說明水稻栽培面積呈現逐年下降趨勢之外，也點出了一、二期稻作在收穫面積及稻穀產量上存在差異。是的，一期稻作單位面積平均稻穀產量約爲6 ton ha^{-1}，二期稻作僅約爲4.3 ton ha^{-1}，大致上二期稻作產量只有一期稻作產量的73%。此一事實反應出兩期稻作生產環境的不同，更正確的說，問題主要在於氣象環境上的顯著差異，值得吾人詳細而深入瞭解稻作生產與氣象環境關係。從全球稻米生產的觀點，根據De Datta [6]之統計結果，單位面積最高產的地區位於溫帶，次爲介於北緯30-45° 及南緯30-40° 間之地區，熱帶地區反而較低，再次證明適栽地區氣候(象)的重要性。

(一)氣象環境對水稻生產之影響

水稻生產過程十分繁複，國內栽培採行移植方式，因此秧苗移植前必須育苗、本田整理，移植後需要灌溉、施肥及噴施農藥等作業，稻穀割刈後則要進行脫殼及水分調製等處理。綜觀水稻的全生育期程，各環節均需要主、

客觀條件的配合，諸如資材與資源的投入、人為的經營管理及外在環境的影響等，皆會改變稻株的生育及生產，都應當妥善管理及謹慎對應。其中，尤以氣象環境之影響最為深遠，也是人類難以主導的因素。從生育日數為例說明[2]，由播種至收穫在溫帶地區一般約130-150日，熱帶地區約120日，深水栽培地區可能高達150-210日，可見不同氣象環境可以決定適栽的不同成熟期稻種。除了生育日數，氣象環境當然會影響稻株營養器官的生育、生殖器官的發育及穀粒的充實與成熟，惟有瞭解這些基礎知識並加以靈活應用，才能助益於改善稻株的生長環境。

氣象環境當中的雨水(灌溉)、光輻射量、光照長短、氣溫、濕度及風速與風向等因子，皆影響水稻的生長、發育、產量與品質，因此最佳的水稻建康管理就是改善其氣象逆境及減少其氣象災害。撇開災害的預警、預防與防護之外，惟有充分瞭解臺灣地區水稻栽培常見的一般性及區域性氣象逆境，才能對症下藥研擬適當的因應之道。

1.栽培水稻可能發生的一般性氣象逆境

臺灣地區各地的氣象環境不一，對水稻栽培的氣象逆境各有不同。常見的一般性的氣象逆境為苗期的缺水、一期作前期的寒(冷)害、二期作前期的高溫與後期的季節風、以及沿海地區的風害與鹽風害。由於這些氣象逆境係普遍性發生，栽培水稻前當有認知，確定栽培地區無此等嚴重現象或可利用人為措施克服再行水稻栽培。

2.臺灣地區較著稱的地域性氣象逆境

依照地理位置及地形地貌差異，臺灣地區各不同水稻栽培區分別有特定的氣象逆境，較著稱的地域性氣象逆境分別為: (1)北部及澎湖地區的風害，(2)雲嘉地區的季節風，(3)嘉南地區的旱季缺水，(4)高屏地區一期作前期的寒(冷)害，(5)宜蘭地區二期作後期的低溫高濕，及(6)花東地區的寡日照。同樣的，地域性氣象逆境亦為當地經常性遭逢的氣象情境，必須事先擬妥對策或確定當期作無嚴重情況發生再行栽培。

(二)改善(進)水稻生產之氣象逆境

為解決這些一般性或區域性氣象逆境，可以由治本的特定目標育種開始，再搭配治標的栽培管理措施的改進。如本文前述強調，以往廣適性的水稻育種，雖能廣泛的全島栽培或全年栽培，但是生產表現卻常未盡人意，經

常無法同時兼顧產量與品質。若能針對特定地區的環境特性與特色來育種及栽培，品種遺傳潛力將更有機會發揮和表現。

「適地適時適作」原則亦是值得參考放諸各地皆準的作法，各種農作物皆有其合適的栽培環境與條件，若能配合各特定地區的土壤與氣象環境及栽培條件選用適當的農作物，或進行品種選育，將能獲得農作物最佳的生產表現，此即爲「適地適時適作」的意義和推廣目的。

再者，農政部門和農民朋友都必須具備農業氣象知識，重視農業氣象逆境、農業氣象災害及氣候變遷問題。尤其臺灣地區的農業氣象災害原本已是農業災害損失的主因，加上氣候的快速變遷，使得農業氣象災害可能日趨頻繁，農業氣象逆境可能更爲嚴峻。因此，從農民、農會、農業試驗研究單位、至農政機關，都應該關注農業氣象逆境與災害的發生及防範，謀求減少或避免災情的因應對策。本文要特別指出，農民朋友尤當具有災情觀念，切勿在嚴重農業氣象逆境發生地區或頻繁農業氣象災害區域操作農業(農耕)，明知山有虎卻偏向虎山行並不值得鼓勵，任何人都不該有投機自陷險境的做法。

結　語

有鑑於國內農業氣象逆境特性、農業氣象災害情勢及全球氣候加速變遷趨勢，農政部門應當研擬對應的農業生產政策。就農作物而言，氣象環境改變可能造成逆境或危害，可以借助人爲改善措施予以調和緩衝；氣候變遷可能帶來農業生產區的遷移、栽培制度與管理措施的調整、作物產期的失序、產量與品質的異常、病蟲害的消長更迭等等景況，需要利用模式模擬未來情境求取解決方法。在針對氣象環境的改變及氣候變遷方向前提下，本文建議以下預擬的因應對策: (1)建立氣象逆境與災害的監測及防護機制，可考慮成立專責單位或責成特定機構永續行辦理此項業務。(2)重新評估氣候變遷帶來的農業新情勢，研擬包括農作物生產區域調整、品種選育、栽培技術、病蟲害管理、產銷規畫、資源調配及氣象災害防護等項目在內的配套處置措施。其此，爲確保糧食生產及正常農作物生長，應該注重氣象環境的常態維持，以下幾點農業氣象議題值得探究: (1)保存作物種原的微氣象條件、(2)栽培作物的合適氣象環境與資源、(3)作物栽植期間氣象環境的維持、(4)氣象逆境與災害的改善措施、(5)病蟲害發生的氣象模式應用、(6)收穫與調製過程的氣象

條件、(7)設施微氣象的維護、(8)作物的生物氣象機制、(9)氣候變遷的未來情境和因應對策、及(10)農業氣象政策及試驗研究。

最後，本文願再次呼籲政府各有關機關重視我國農業的經營與發展，以維持農業的生態功能。雖然農業運作具有可能產生農業廢棄物(使用資材、作物殘留物等)、逸釋甲烷(水田爲主)與氧化亞氮(旱田爲主)等溫室效應氣體、帶來農藥與肥料等人造化學品殘留及消耗立即的地面水等負面影響，農業運作的正面影響卻遠超過其負面評價。在生態環境方面，農業具有調節局地微氣候、涵養水源、清淨空氣及維持生態的完整與多樣化等非凡功能，不是其他任一產業所能提供的。在歷史意涵和社會價值方面，農田綠化美化景觀，農村維繫傳統風俗民情，農業文化傳承並延續代代情感，農業生產兼顧國家糧食安全，農業產業勞力收納失業人口，這些都是難以量化評估的重大意義與價值。

誌　謝

作者承蒙環球技術學院林信山教授邀約參與研討會，乃融合過去研究結果、經驗與心得，加上相關文獻，彙集編撰成本文，擬藉此機會向曾經提供有關主題研究計畫經費的行政院農業委員會和行政院國家科學委員會表示由衷謝忱。

引用文獻

1. 林俊義、林富雄、楊純明。1999。第一章：總論。環境與稻作生產。p.1-6。楊純明主編。臺灣省農業試驗所/中華農業氣象學會出版，臺中縣霧峰鄉。
2. 郭益全。1999。第二章：稻米生產與氣候環境。環境與稻作生產。p.7-32。楊純明主編。臺灣省農業試驗所/中華農業氣象學會出版，臺中縣霧峰鄉。
3. 楊純明。1995。臺灣地區農業氣象災害及因應之研究方向。中華農業氣2:31-35.
4. 農業統計年報。2001。行政院農業委員會編印。臺北市。
5. Chang, T.T. 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and Africa rice. Euphytica 25:425-441.
6. De Datta, S.K. 1987. Principles and Practices of Rice Production. Reprint Ed. John Wiley & Sons, New York. 640 pp.

Climate Environment and Rice Production

Chwen-Ming Yang

Agronomy Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

Abstract

Man depend foods for living and crops are the major sources. Crop production is controlled both by its genetic composition and environmental influence. Genetic composition of a crop is determined at the time of breeding and selection with potential production limit. Environmental influence may be ameliorated by cultivation practices and surrounding modifications that resulting different production capacities. The best policy of crop breeding for the best genetic performance is to follow the local specific environment so that genetic potential can be fully fulfilled. The so-called ideal production environment is the habitat that can allow a crop to reach its potential production limit. Unfortunately no place on earth can provide such kind of environment and situation. During the growing period, crops are often encountering varied climatic stresses and disasters leading to reversed yield and quality at harvest. This paper divided climate-crop production relations into five issues and expanded them to five research areas, namely, agricultural biological meteorology, agricultural micro-climate in structure, agricultural climatic disasters, agricultural climatic resources, and climate change and agricultural production. Secondly, characteristics of climate environment in Taiwan were briefly described, meteorological terminology related to rice production was introduced, and the nature of temporal and spatial variation of climatic environment was emphasized. Thirdly, changes of natural and artificial factors to the fluctuation of climatic environment were delineated to further explain the relationships between climate and rice production. With the clear understanding of climatic effects, practices and strategies for improving the stress impacts may be derived and assessed. Finally, this paper emphasized the importance

of running agriculture in aids with its ecological, cultural and social functions and appealed such advantages to the government sectors as an ending.

Key words: agricultural meteorology, rice production, climatic stress, agricultural climatic disaster, global climate change.

以健康管理為目標之水稻病蟲草害管理

水稻健康管理研討會 75~101 (2004)

台灣水稻重要病害之生態及防治要領

張義璋

ycchang.cf@msa.hinet.net

摘　要

臺灣稻作及稻米記載共有75種病害，其中13種爲近年來常見的重要病害。依據生態特性，稻熱病及白葉枯病可定位爲流行病，其餘則爲風土病。水稻病害防治方面，以抗病品種之應用最爲有效率。然而許多抗病之稻品種推出後，病原菌會演化出新生理小種，致使抗病品種罹病化；惟區域性稻品種多樣化可有效降低病害之大流行。栽培管理工作，包括稻種處理、育苗、整地、灌排水、行株距、施肥及田間衛生等均需綜合應用。瞭解發病生態可掌握藥劑防治適機。風土病每年甚至每期稻作都會發生的病害，可依據稻生育期決定防治時機。流行病則受氣候影響，要留意病害發生預測，掌握發病初期的防治措施。

關鍵詞：稻作病害、稻病防治、生態、抗病品種、栽培管理、藥劑防治。

前　言

臺灣地處亞熱帶，高溫多濕的海島型氣候，很適合各種稻作病原菌之繁殖及爲害。文獻記載臺灣稻作及稻米共有75種病害，其中包含多種病原引起一種病害如秧苗立枯病，或同一病原引起不同病害。臺灣水稻每年因病害的損失，據估計約6%之譜。稻作病害防治與土地、耕種技術及品種等改良工作，具有同等重要性[32,53,54]。

臺灣水稻病害之種類，有源自日據時期就有記載的老病害，包括稻熱病、徒長病、小粒菌核病、紋枯病、胡麻葉枯病、葉鞘腐敗病及稻麴病等。其中，稻熱病爲存在已久的老流行病，本病曾數次嚴重發生驚動各界。據家父告知，1923年即日本裕仁太子來臺旅行當年，臺灣第一期稻作發生嚴重穗稻熱病，當時栽培之主要稻品種爲原有之在來種俗稱本島種。1899年日本政府將日本型稻種引進臺灣試種，初期只適合高冷地栽種，至1922年改善育苗技術而克服種植日本型稻的困難，平地種植日本型稻的面積自1923年起迅速擴大，隨

之在1926年日本型稻種發生嚴重稻熱病，造成幾無收成的損失，因而開啓臺灣稻熱病抗病育種的契機。而後抗病育種工作未曾間歇，在1966年葉稻熱病及穗稻熱病發病面積均達7萬公頃，各佔栽培面積二成一，當年抗稻熱病品種臺南五號適時推出，深受好評，抗病品種之重要性更受肯定(32)。

因水稻新品種育成推廣，栽培管理方式改變、耕作制度更替或氣象異常等，均會改變病原所承受的環境壓力，而改變病害種類。1960年第二期作屏東地區發生原因不明的病害，最初以爲係土壤氧化電位低落所引起之生理性窒息病，後經邱人璋教授研究證實本病經由葉蟬媒介傳播，爲未曾被記錄之新病毒病害，將之命名爲水稻黃葉病(Transitory Yellowing disease)，近年來積極防除媒介昆蟲，而能抑制本病之危害(16)。其它台灣新記錄病害，1971年第一期稻作的箱育秧苗立枯病，因能迅速找出防治方法，插秧機械化才能順利推行(70,71)。1974年第二期稻作，在嘉南及南投地區，栽培長粒型秈稻品種嘉農秈選8號及嘉農秈11號時，發生急性萎凋型白葉枯病(Kresek) (84)，其後可能因氣候環境因素，此型病害不再大發生。1976年台南縣發生嚴重水稻不稔症，後經研究發現係由稻細蠕與葉鞘腐敗病菌複合感染(68,81,82,83)，往後在乾燥氣候環境下，也常見到本病，只是罹病程度輕重有別而已。1982年第二期作，中南部水稻發生細菌性穀枯病(Bacterial Grain Rot of Rice)，經過各地調查發現本病在中南部經常發生(72,75)。1997年第二期作，中部台中秈10號水稻發生淡黃化型白葉枯病，而後各地陸續發現，本型病害主要發生在白葉枯病極感病稻品種。

台灣水稻病害之發生，除受稻品種、栽培管理及氣象因子等影響，各地區因土壤質地與肥力差異，病害種類及發病程度就會有所不同。整體來看病害的變遷，有經常會發生的風土病，如紋枯病、胡麻葉枯病、徒長病、秧苗立枯病及線蟲白尖病等屬於全面性的。例如水稻紋枯病發生面積，依據統計報告，1963至1991年期間第一期作平均發病面積率爲15.8%，第二期作爲16.7%，稻紋枯病很明顯是本省稻作之重要風土病。其他屬於地區性的風土病有：葉鞘腐敗病、褐條葉枯病、稻麴病、穗枯病、赤色菌核病及褐色菌核病等菌核病。病毒病害及近似病害之發生，受栽培管理、田間衛生之影響比較大。除風土病外，台灣有稻熱病及白葉枯病二大流行病，當遇上適合發病之流行年，常引起重大的災害損失。稻熱病在第一期作較嚴重，據統計報告，

1966至1988年共23年期間，第一期作平均葉稻熱病發生面積34,269公頃，穗稻熱病26,400公頃。近年來稻白葉枯病已逐漸普遍且日益嚴重，其破壞性已有凌駕稻熱病之勢，爲臺灣地區稻作主要流行病害之一。依據農林廳報告，1980年以前，第一期作甚少發病；第二期作亦僅1968、1970、1975及1977年等發病面積達一萬公頃以上，未超過二萬公頃。1981年後，每年第二期作發病面積均在一萬五千公頃以上，其中1985、1989及1994年等均高達四萬公頃以上，頗爲嚴重；第一期作也常有發生，如1989、1990及1992年的一期稻作，發病面積均達一萬公頃以上。是知本病害不論一期作或二期作，對臺灣稻作已造成相當程度的威脅，並嚴重地影響水稻米質及產量[53,54,55]。

內　容

一、臺灣水稻主要病害之生態

水稻病害之生態，包括病原生態、水稻生態及病原與水稻之相互作用。生態是生物存活的方式，是動態的形式，隨時變化。水稻病害當然也是動態的，含有病原感染及病害傳播蔓延，我們看到的病害只是病害當時進展到的程度。水稻病害繁多，爲了方便瞭解，我們可以依照病原生態、感染及傳播速率，將水稻病害分爲風土病及流行病兩大類。稻熱病及白葉枯病爲台灣水稻主要流行病，其他病害則可歸屬爲風土病。兩大類病害中，各病害的生態又有所不同，雖然大同小異，防治上也要依照個別病害之差異特性，做好時間與空間之拿捏。吾人想要做好水稻病害之管理與防治，務必先瞭解主要病害之生態特性。再依歷史經驗，就各地區之常發生或易發生之病害，做管理重點。臺灣水稻十三種主要病害之生態，分別整理資料簡述如下：

(一)稻熱病(blast)

病原：有性世代*Magnaporthe grisea* (Hebert) M.E. Barr.

無性世代*Pyriculuria oryzae* Cavara.

稻熱病菌在田間以無性世代存在，常以菌絲殘存在病組織中，罹病稻穀及稻草都是第一次感染源。遇到適合本菌生長的高濕環境，殘存的菌絲細胞活化長出新菌絲。新菌絲上形成分生孢子，成熟孢子彈離分生孢子梗，散佈在空氣中，藉著氣流迅速傳播。

稻熱病菌的菌絲生長及產孢的溫度，世界各地的研究報告有很大差異，除地域性差異外，菌株間也有所不同。溫度8(9)~37℃範圍內，稻熱病菌的菌絲均可生長，最適菌絲生長之溫度爲28℃。本菌之產孢溫度範圍爲10(15)~35℃，最適溫度爲28℃。雖然28℃最適合產孢，但經過9天後產孢量下降。相對的，本菌在16、20及24℃環境下，產孢量有增加的趨勢，這種趨勢可延續15天之久[10,33,86]。

稻熱病菌分生孢子發芽時，需要水膜及幾近飽和的相對濕度。溫度20~32℃及高濕度環境下，分生孢子掉落在稻體後3小時，孢子發芽率高達80% 以上。分生孢子發芽產生發芽管，發芽管先端形成附著器(appressorium)，形成附著器之溫度範圍爲12~36℃之間，而以16~24℃最適合。附著器會緊密附著於表皮，再產生侵入釘穿入組織中， 溫度20~28℃範圍內，最適宜稻熱病菌的侵入，部分孢子從掉落稻體到完成侵入只需6小時[10,33,44,69,80,86]。

稻熱病菌侵入組織後，以菌絲體在稻組織中生長蔓延，菌絲吸取稻組織的養分繁殖。經2~3日的時間，菌絲體開始形成分生孢子梗，並由稻表皮組織伸出，分生孢子梗生長4小時後，開始產生分生孢子，孢子經50~90分鐘成熟，成熟孢子脫離孢子梗爲田間第二次感染源。利用人工接種，發現稻熱病菌孢子從感染稻組織到再形成分生孢子，所需時間約4~5日。稻熱病菌感染水稻的週期短，病斑上的孢子多，病菌的散佈很快，所以容易成爲流行病[10,33,86]。

不同時期栽種的水稻，因爲生長期間氣候不同，稻株對稻熱病的抗病力就會不同，低溫、日照不足或氣溫高低不定，會降低水稻的抗病力，例如生長於20℃之水稻比生長於24~30℃者感病。另一方面，水溫較氣溫高時，稻株較感病[10,33,86]。

栽培管理方式不同也是影響稻熱病發生的主要原因，氮肥過多稻株比較感病，前期作種植蔬菜或菸草，殘留肥料多，水稻較感病，鉀肥多較抗病。乾旱後遇雨促使稻株大量吸收氮肥，使稻葉呈現濃綠，對稻熱病較感病。水稻密植，稻株間的微氣候屬於高濕，尤其露期較長，也比較容易發生稻熱病[10,33,86]。

綜合氣象因子對稻熱病菌及水稻之影響。稻熱病菌感染水稻及產孢，需要有水膜及幾近飽和之相對濕度，所以小雨或重露有利發病。山區因霧氣重、

濕度高，比開闊地區易發生稻熱病。最適病菌生長及產孢的溫度爲28℃，16~24℃可加長產孢期間，低溫及溫度高低不定，會降低稻株抗病力，所以本省梅雨期早來易發生葉稻熱病。水稻分蘗盛期後，稻株對葉稻熱病抗性增加，梅雨期晚來時，稻株對葉稻熱病已有抗病力，則較易發生穗稻熱病[10,33,86]。

(二)稻紋枯病(Sheath blight)

病原：有性世代*Thanatephorus cucumeris* A.B. (Frank) Donk

無性世代*Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn

由紋枯病菌生態學研究結果，發現其初次感染源(Primary inoculum)爲菌核，二次感染源(Secondary inoculum)則以菌絲爲主。吉村曾報告，推測有性世代之擔孢子可爲二次感染源，但尚未見試驗證明[2,4,6,7,9,15,35,86]。

杜及張報告，目前耕作方式下，植稻期間田水中菌核之漂浮量，以整田後至插秧期間最多，菌核在稻田水面之分布受風向及風速影響最大，灌溉水次之，例如第一期作初期，西北季風較強，稻田東南角水面漂浮之菌核量最多，與其他角落呈極顯著之差異。插秧後田水中漂浮之菌核數逐日遞減，一個月後就不易由水中採集到菌核，此時大部份菌核被漂流到四周之田埂上，成爲無效感染源外，少部份菌核漂流在田水中時碰到水稻植株，菌核就附著在稻葉鞘外側，其附著位置並隨水稻之生長而昇高。分蘗中期因稻叢莖數增加，稻叢間濕度加大，菌核開始發芽感染葉鞘致病，此即爲第一次感染源[6,7,9]。

從插秧至分蘗中期在田中所採集到之菌核，其發芽率約爲50~75%，分蘗期田間紋枯病之發生，與附著菌核之水稻叢數，及菌核發芽率有關。第一期作插秧30~45天後，或第二期作15~30天後，即水稻分蘗中期，紋枯病從稻叢基部開始發生。病菌侵入水稻組織後，利用菌絲在組織中蔓延，濕度大尤其遇下雨時，病斑急速往上擴展。水稻分蘗盛期以後，株間稻葉逐漸稠密，田間交織的稻葉即爲第二次感染源傳播之工具，相對濕度高、有露水或下雨時，病菌之蔓延則更迅速，水稻孕穗期及抽穗期爲紋枯病橫向病勢進展主要時期。田間觀察發現，利用發病莖之病葉爲傳染源時，因葉片基部受害，如遇天候乾燥，水份無法輸送，極易乾枯，傳染能力隨之消失；但健株之葉片伸展至發病叢受病菌感染時，無論天候乾或濕，病菌之菌絲均能順著葉片傳染到健叢上。此可說明，氣象不適合一般菌類病害發生之年份，紋枯病發生面積率尚高達10%以上之原因[6,7,9]。

環境適宜時，紋枯病菌從長出菌絲至產生成熟菌核，只需80小時。田間微氣象變化很大，病菌自侵入水稻組織後，一般需要5~10天，可陸續產生菌核。插秧後約70~80天，田間病株上陸續有菌核形成，菌核因受外力振動而掉落，因此田水中之菌核量又呈不規則升高，此時田水中之菌核發芽率高達90~100%，但這些菌核甚少感染孕穗期或抽穗期水稻。綜合上述各點，得知紋枯病以菌絲爲第二次感染源，所以本病在田間之分布型態爲叢集型，即由初次感染源菌核所感染之稻叢向外蔓延成一聚落[6,7,9,30]。

溫度低於4℃或高於40℃時，紋枯病菌即停止生長。紋枯病菌之最適生長溫度爲28℃，每小時菌絲可生長1.27公釐，即每日可生長3公分以上。在恆溫培養箱內，利用人工接種測定病勢進展，結果24~28℃最適合發病及病斑擴展，12℃以下接種7日後尚未見發病，國外報告則以28~32℃及30~32℃爲最適合發病之溫度。菌核形成則在24~28℃溫度下最快，以16~20℃之溫度範圍內所產生之菌核量最多。病莖上，紋枯病菌以24℃爲最適形成菌核之溫度。相對濕度對稻紋枯病之影響，杜及張報告相對濕度81~92%最適合稻紋枯病之發生，國外則分別有96~97%及95%左右最適合發病之報告。菌絲生長最適酸鹼度爲pH 5.0~7.0之間，偏酸至pH4.2時菌絲生長尚無顯著影響，但pH值升高至8.0時，菌絲生長已顯著緩慢，菌核形成則以鹼性較爲有利[6,7,9,30,63,86]。

水稻紋枯病原菌主要以菌核爲殘存體，簡等報告，田間紋枯病發病率28.5%時，每公頃產生菌核量高達200萬個之多[77]；杜等則報告，紋枯病發病率18%時，每公頃產生的菌核量高達300萬個之多。病株上之菌核在水稻收穫後，大部份菌核掉落於稻椿上，分析稻椿上與土表面菌核量比值平均爲7.9比1。收穫時菌核發芽率約爲90-100%，殘存至下期作插秧時降爲70-80%，到分蘗期約爲50-75%。菌核被埋入積水狀況之砂土中約可存活8個月，在土表面則可活2年之久[6,7,9]。

(三)箱育秧苗立枯病(Seedling blight)

病原：有性世代*Athelia rolfsii* (Curzi) Tu & Kimbr.

無性世代Sclerotium rolfsii Sacc.、Pythium spp.、Fusarium spp.、Mucor spp.、Rhizopus spp.

插秧機所用秧苗係於育苗箱中培育，育苗箱長60公分寬30公分高3公分，其栽培土淺，稻種播種量多，播種後堆積催芽4至5天，等待秧苗長出土面後

再移出田間綠化，此種育苗環境很適合微生物滋長，因此多種兼性寄生之弱病原菌能迅速增加族群密度並引起病害。秧苗立枯病之發生與否，非常符合植物病害發生之三角生態關係，即寄主植物、病菌及環境三者間互動結果。稻種及秧苗爲寄主植物，生長勢強則抗性強，相對生育受阻時受爲害之機會增加。本病之病菌種類很複雜，不同栽培土而有不同的病菌，各種病菌是否會引起立枯病，則視環境是否適合病菌生長而定。茲分別討論如下：

秧苗在20℃以上生長快速不易發生立枯病，在15℃以下生育受阻、抵抗力弱、易發生立枯病。簡與朱氏報告，在夜間溫度20℃之溫室內育苗至1.5葉期，再移置3℃或10℃之低溫室內，分別經3天與7天處理，發現3℃下經7天，其發病率達39.8%，處理3天爲13.6%，而10℃下處理7天者爲7.5%，處理3天僅達4.2%，溫室內對照組未發病。第一期作遇低溫時，影響秧苗之生育，抗病力弱容易罹患立枯病[48,70,71]。

稻種發芽期間需氧量高及適量水份，如以黏土爲栽培土容易造成浸水狀態，以砂土爲栽培土保水力差容易太乾，二種都會引起稻種發芽不良，也容易發生立枯病。因此栽培土之土壤質地應採取排水良好的壤土爲佳，極重黏土或砂質土壤皆不良。

秧苗立枯病之病原菌大多爲土壤棲息真菌，因此秧苗立枯病之發生與栽培土壤來源之關係密切。一般而言，旱地土壤中菌類密度比水田土壤高，所以用旱地土壤爲栽培土容易發生立枯病，以表土爲栽培土之發病率較心土爲高。作物剛收穫之田土有高密度病菌，做爲栽培土容易發生立枯病。經過休閒之田土或將採回之土壤儲放一段時間後，土中病菌密度降低，再用做栽培土，立枯病之發生將會隨之降低[48,73,74]。

溫度除了影響秧苗生長及抗病性外，亦會影響微生物之生長，溫度環境不同，土壤中微生物相也會有所不同，主導秧苗立枯病發生之病原菌亦有不同。不同種的*Pythium* spp.或*Fusarium* spp.，就有不同的生長適溫，因此各種溫度下培育秧苗均會接觸到這二屬真菌。*Pythium* spp.生長快速，各種溫度環境都有機會引起秧苗立枯病。*Fusarium* spp.生長較慢，又是弱病原菌，因此低溫環境下秧苗生育受阻時，容易被*Fusarium* spp.感染致病，高溫時因秧苗生長快速抗性強，致病機會較少。*Mucor* spp.低溫時較易引起秧苗立枯病。*Sclerotium rolfsii*、*Rhizopus* spp.及*Rhizoctonia solani*均屬於高溫菌，在高溫時

易引起秧苗立枯病，但*S. rolfsii*感染源活力較強時，在低溫環境下亦會引起秧苗立枯病[73,74]。

土壤酸鹼值對秧苗立枯病發生之影響，黃氏報告，*S. rolfii*引起之立枯病以pH 5.5~5.6之發病率最高，pH 4.5~4.7最低。對其他菌類引起之立枯病，以pH 6~7發病率最高，pH 5.1(15℃下)最少，但低於pH 3.6對稻苗生長不利，因此應以pH 4.5~5.0之土壤爲床土最佳[76]。

稻種之播種量直接影響秧苗之生育及抗性，亦間接影響秧苗立枯病之發生，如播種量過密，稻種在育苗箱中容易相互堆疊，堆積期間育苗箱之單位面積內稻種發芽時所分泌之營養份多，病原菌迅速滋長而增加發病機會。同理在育苗箱移出綠化後，播種量多其秧苗亦密，因此秧苗纖細抗病力弱，病原菌在秧苗間之生長快速，所以極易發生秧苗立枯病，適當之播種量以每箱220公克最佳[32,45,51]。

(四)稻徒長病(Bakanae disease)

病原：有性世代*Gibberella fujikuroi* (Sawada) Ito

無性世代Fusarium moniliforme J. Sheld.

稻苗徒長病之最適發病溫度，各學者專家所報導結果並不一致，瀨戶氏報告爲土壤溫度35℃，高橋氏報告土溫30℃最適發病，西門氏報告31℃最適發病，但意大利及錫蘭兩地之報告則稱低溫徒長病多而高溫35℃時發病少。台灣以往第一期稻作苗徒長病比第二期稻作爲高，因而低溫似乎比較適合徒長病之發生。綜觀各方面報告及田間發病情形，可推論凡是適合水稻生長之溫度即適合徒長病發生[28,29,86]。

大氣中相對濕度對徒長病之影響不大，土壤濕度影響則很大，湛水狀況下不適合鐮孢病菌之生長，徒長病發生較少，土壤維持一般旱作之田間含水量或略乾狀況下，較適合徒長病發生。育苗時適合徒長病菌生長之期間長短，對徒長病發生百分率影響最大，水秧田育苗之初期大部份時間爲湛水狀態，後期土壤較乾，因此老秧苗徒長病率甚高。箱育秧苗因播種量多土壤淺又非湛水狀態，因此徒長病比較多，但因箱育秧苗期間短，病株在育苗期間不易顯現，插秧後再陸續顯現徒長病徵[29]。

稻種帶菌是徒長病的主要傳播途徑，土壤傳播之機率比較小。早期人們認爲水稻開花時被徒長病菌之分生孢子感染，乳熟後成爲病穀，爲下期稻作

徒長病最主要之初次感染源。筆者及日本學者研究，均發現水稻開花時被病菌感染的機率很小[3,26,28,29]。

稻種傳播徒長病，可分爲徒長病株上的秕粒及健穀被污染二種方式。病株上的秕粒內外含大量之病菌，浸種催芽時病秕長出菌絲及孢子感染鄰接之稻種。本田期之健穀被污染時大多只有污染稻殼，健穀被污染時機除收穫時的污染，本田期也是重要時機，本田期稻穀受子囊孢子或分生孢子污染的田間環境不同。稻田常維持灌水狀態，稻株基部濕度高，病株基部容易腐敗而較快枯死，病菌在高濕下容易形成有性世代，病菌利用子囊孢子污染稻穀。稻田比較乾之環境，徒長病株較慢枯死，病菌雖然不容易形成有性世代，但是病株高度超過健株，健株抽穗時，病株上的分生孢子很容易污染健穀[13,28,29]。

被污染的穀粒播種後之發病率，張氏報告，以每顆穀粒平均帶有4.2個菌體之稻穀，播種後可得8.25%之徒長苗，證明污染於稻殼外之病菌亦可致病。宇氏報告，土壤接種徒長病菌之分生孢子，當每公克土壤含645個菌體時，即可引起稻苗徒長病。張氏報告，稻田中*F. moniliforme*之分佈不均，稻徒長病株附近的土壤含較高濃度的病菌，病組織中之病菌被埋入土中可爲感染源，但因病菌族群密度不高，所以稻苗徒長病雖可經由土壤傳播，但機會比稻種傳播爲小[3,26,28,29]。

(五)胡麻葉枯病(Brown spot)

病原：有性世代*Cochliobolus miyabeanus* (Ito & Kurib.) Drechsler ex Daster

無性世代*Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker

(*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan)

本病菌之殘存，係靠其菌絲或分生孢子。分生孢子在乾燥環境下可存活3~6個月，在高濕度下則存活約1個月而已。不過有報告指出，感染稻種之分生孢子平均可存活兩年。病組織中之菌絲，平均可存活3~4年。本病初次感染源，分別來自帶菌稻種及田間病稻草[32,86]。

稻種上帶有本病菌，經浸種催芽及播種後，其初生芽及根可能被感染，除了在育苗箱中高密度秧苗及低溫環境下，會引起秧苗枯萎外，正常狀況下，

秧苗會迅速長出葉片，病菌並未感染葉片產生病斑。病菌在稻種穀粒及子葉上增殖，所產生之分生孢子，爲感染秧苗後期葉片之第二次感染源。

本病菌之分生孢子無休眠性，只要濕度夠，雖未脫離分生孢子梗，亦會發芽。脫離分生孢子梗之孢子，一般從基部及頂端細胞長出發芽管，發芽管常覆有黏稠液有助於附著在固體表面，發芽的先端會形成附著器，形成在寄主表面之附著器，會產生侵入釘直接貫穿表皮細胞，發芽管亦可不產生附著器直接經由氣孔侵入組織內。溫度20~28℃之高濕環境下，分生孢子在稻葉表面，經4~8小時即可完成侵入過程(86)。

肥料養分對本病之影響，與其它病害略有不同，稻株缺乏氮肥比容易發生本病，足量氮肥可抑制本病發生，恰與稻熱病、紋枯病及白葉枯病等病害相反。鉀肥及矽酸肥之影響，則與其它病害相同，均可增強抗病。砂質土壤、泥炭地土壤或土壤淺之稻田，因土壤貧瘠及保肥力差所以容易發生本病(11,12,86)。

其它病蟲害發生後，造成水稻生育不良，亦會併發本病，其中以黃萎病及病毒病害最明顯，除山區環境外，稻熱病與胡麻葉枯病同時發生之情況較少。化學肥料施用過度，未施用有機肥，土壤中有機質減少，本病將漸次增多。酸性土壤易引起有效鐵及錳等缺乏，較容易發生本病。各種土壤因子對水稻產生不良影響，均會併發本病，如植物殘株等有機物在排水不良之土壤中，異常醱酵產生有害物質，造成水稻生育不良，而誘發本病。土壤過於乾早時，或地下水過高排水不良，或利用冷泉水灌溉之田地，均易因稻生理障害而發生本病(86)。

(六)稻葉鞘腐敗病(Sheath rot)

病原：*Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksw

本病菌最適生長溫度30~31℃，37℃略可生長，13℃以下不生長，50℃經5分鐘即可致死。另有報告菌絲生長適溫爲20~28℃，孢子發芽爲23~26℃(86))。

病害發生之生態研究報告不多，一般所知本病可經由稻種傳播，病菌經由氣孔或傷口侵入。其它病蟲害例如黃萎病株及螟蟲爲害後，常會併發葉鞘腐敗病。田間稻細蠕身體上有大量葉鞘腐敗病菌，一些是體外污染，另一些則是細蠕食進體內。

葉鞘腐敗病有由病菌單獨爲害之典型病徵，及與稻細蠕同時爲害形成之病徵，這二種病徵常同時存在於田間。典型葉鞘腐敗病主要常發生於劍葉之葉鞘，在包裹稻穗之葉鞘部份，初呈略顯不規則之圓形斑點，0.5~1.5公分長，邊緣褐色中間灰色，或全部灰褐色，病斑擴大成虎斑狀並常圍繞整個葉鞘，劍葉之葉鞘嚴重被害時，稻穗在葉鞘內被害枯萎後腐敗無法抽出。較後期感染本病，稻穗僅能抽出一半，並有多數穀粒被害，呈枯褐至暗褐色。病穀及葉鞘病斑上有大量之白粉紅色分生孢子及孢子梗，本病菌在病斑上菌絲少所以呈粉狀。葉鞘腐敗病菌與稻細蠕同時爲害形成之病徵，與單獨由病菌引起者並不相同，常使葉鞘全面褐變，病斑無明顯界線，稻穗之穗軸及穀粒皆呈黃褐綠色病變，稔實不良，穗軸彎曲與有機砷藥害有異。發病輕微時，乍看之下，葉鞘外觀無明顯病徵，但細看則可見整個葉鞘組織有輕微病變，呈黃褐綠色，葉鞘內部組織有褐色斑塊，由內側表面即可透視，穗軸偶有彎曲症狀，但穀粒有稔實。其它昆蟲或動物對病菌傳播所扮演角色，尚未見報告(68,81,82,83,86)。

本病菌之腐生性很強，可以與其它腐生菌競生。田間潮濕環境下，病組織內的病菌會繼續生長，並產生大量孢子，在田間繁衍後代。本病菌在稻田間隨時存在，是否發病與稻株抗感病性及稻組織傷口有關。田間觀察發現，稻品種之稻穗伸出度與本病發生有關，部分伸出及不伸出之稻品種，比較容易發生本病。一般而言，籼稻品種容易形成典型病徵，以典型病徵來說籼稻品種比粳稻感病，粳稻則較易得不稔症。施氮肥過量使稻株太濃密，稻組織較軟易引起本病(68)。

(七)稻小粒菌核病(Stem rot)

病原：有性世代*Magnaporthe salvinii* (Catt.) R.A. Krause & R.K. Webster

無性世代*Nakataea sigmoidea* (Cavara) Hara var. *sigmoidea*、*Nakataea sigmoidea* (Cavara) Hara var. *irregulare* (Cralley & Tullis)

小粒菌核病的病組織枯死後，病菌在組織中形成大量菌核，並可延續至稻收穫後。病菌在稻樁上繼續產生菌核，與零落殘留於土中的菌核，成爲下期作之初次感染源。各方研究結果，顯示小粒菌核病菌在田間，至少可存活4個月以上，均比台灣耕作方式之期作間隔爲長。本病菌之菌核在稻田中之消

長，筆者進行稻紋枯病生態研究時，同時發現本病菌與紋枯病菌相似，整地至插秧時田水中菌核量最多。每公頃小粒菌核病菌之菌核量，估計約在100億至1000億左右，插秧後每叢水稻外表上常附有數十至數千個菌核，本菌之腐生性較強，稻株上之菌核會發芽，並於植物殘體等有機物質上生長，無有機物可供生長或環境不適合時菌核發芽後隨之死亡，受稻株本身抗性及拮抗微生物之影響，只有少數菌核發芽後會感染水稻葉鞘。本病之病斑上會形成分生孢子，野中氏報告，分生孢子之感染較菌核之感染少，經由分生孢子第二次傳染，對本病不具重要性[86]。

小球菌及小黑菌接種在水稻葉片或葉鞘上，菌絲形成附著器及侵入菌絲之最適溫度爲24~28℃，在36℃以上不能形成附著器，在8℃時小球菌尙可形成少數附著器，小黑菌則不形成附著器。謝氏報告，指出小粒菌核病菌感染之最適溫度爲24℃，病斑發展之最適溫度爲30℃。無葉鞘稻莖上，刺傷後接種小球菌，在8℃及36℃尙可產生小病斑，小黑菌則無法產生病斑。對具有葉鞘之稻莖上，小球菌及小黑菌在12℃以下或36℃以上均不產生病斑。陳氏等報告，較高溫氣候下易發生小球菌核病，小黑菌則相反[36,49,86]。

本病發病與稻施肥之關係極爲密切，多方面之研究結果，氮肥施用量多於正常量時易發生小粒菌核病，多施鉀肥時可減少小粒菌核病的發生，磷肥影響不大，但同時多施鉀肥與磷肥之水稻對小粒菌核病之抵抗性比單獨多施鉀肥者較易發生，矽酸可增加稻株抗性[86]。

灌排水影響菌核之形成、發芽、感染及病勢之進展，其中以灌水深度及排水時期與小粒菌核病發病之關係，較爲密切。綜合多位學者之研究結果，稻小粒菌核病對深水區稻株之感染率比淺水區爲高，可能因深水區中之漂浮菌核被帶到較高位葉鞘、菌核易流入葉鞘內側、葉鞘組織比較纖弱易感病等因素所致。但病菌侵入葉鞘組織後，病菌在病組織中之病勢進展，則恰好相反，即淺水區之病勢進展較快，其原因可能與稻組織之水份潛勢有關。降雨時期及降雨量對稻小粒菌核病之影響，與灌排水之影響頗爲相似，感染期或感染期來臨前降雨量多，稻株被感染率增加。病勢進展期降雨量豐富，病勢進展速率就降低[1,20,36,49,86]。

稻品種對小粒菌核病之抗感病性，多篇研究報告均指出，稻品種間之抗感病性因爲年份而有差異，這種差異乃起因於稻生育期間之氣候所致。抗感

病性雖因年份有所不同，就抗感病之趨勢而言，早熟品種比晚熟品種較感病[36,86]。

水稻其他病蟲害與小粒菌核病亦有密切關係，例如有節稻熱病、紋枯病、線蟲心枯病等病害併發時，可以抑制水稻小粒菌核病之被害度。水稻受二化螟蟲及飛蝨爲害後，有助於小粒菌核病之感染及病勢進展，爲眾所周知之事實。稻胡麻葉枯病與稻小粒菌核病之間，常有共同爲害並互相增加其爲害程度之現象[49,86]。

(八)稻褐條葉枯病(Narrow brown leaf spot)

病原：有性世代 Sphaerulina oryzina Hara

無性世代Cercospora oryzae Miyake

國內外對本病之生態研究不多，大多注重於病害之致病過程，應用研究則注重寄主之抗感病性。本病之病原菌經由氣孔進入寄主組織，並在寄主之柔膜組織建立族群，在表皮細胞中縱向擴展。孢子柄由氣孔下之菌絲長出，再經由氣孔長出寄主外表。人工接種結果發現老葉片與新葉片之感病性同，但病斑之顯現需30天以上，因此本病在田間均於水稻後期出現。利用水耕液培育水稻，發現鉀含量高，稻株對本病較感病。國外報告，稻品種對本病之抗感病性有明顯差異。本省對本病僅有病菌記載，無基礎或應用性之研究，歷年亦未對其發病面積加以統計[86]。

(九)稻白葉枯病(Bacterial blight)

病原：*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings et al.

高溫高濕爲白葉枯病主要發生條件，高溫適合病菌生長，高濕有利病菌傳播及侵入。溫度25~30℃，病害發生嚴重，17℃則很少發生。颱風挾帶高雨量易造成稻白葉枯病大流行，尤其洪水淹沒稻田後，發生更爲嚴重[85,86]。一般觀念認爲係因颱風造成稻葉傷口有利病菌感染，由近年來本省稻白葉枯病日漸猖獗，第一期作發病面積逐年擴大之情形，颱風並非必要條件，長期下雨或濃霧均有利本病之傳染。農友之作業習慣也是一個影響因子，露水未乾前下田工作將成爲主要傳播工具。

稻白葉枯病菌在土壤中存活不長，本菌在土壤內之存活，受土壤含水量及溫度之影響。淹水土中存活時間比在含水20%的土壤中爲短；溫度30℃存活時間爲4~8天，20℃則可存活32天[14]。病菌在田間亦可存活在稻樁及禾本

科雜草上，而把病菌釋放到灌溉水做爲第一次感染源[38]。種子傳播一直是一個爭論問題，研究報告均已證實稻種子內含有白葉枯病菌，嚴重被害株之種子帶菌率可達100%。利用帶菌種子播種至今尚沒有人能觀察到產生病株。由田間初發病之病株分佈，卻符合種子傳播之特性[85,86]。

(十)稻細菌性穀枯病(Bacterial grain rot)

病原：*Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei) Urakami, et al.

稻細菌性穀枯病生態之研究，日本報告較多，綜合各方面結果，得知本病之發病溫度在24~35℃之間，以30~35℃最適合發病。抽穗前後氣候，日最低溫度在22~23℃以上，則細菌性穀枯病亦隨之增加。稻抽穗前後下雨有助本病之發生，下雨時間及頻度比雨量之影響爲大。臺灣第一期稻作抽穗期，雖然濕度夠高，但大部份地區之溫度皆不夠高，尤其日最低溫度(夜溫)太低，故本病發生較少。中南部第二期稻作之抽穗期氣候，很符合上述高溫多濕之條件，因而本病發生較普遍；北部地區稻抽穗期，較少同時高溫高濕，下雨時有降溫現象，重露高濕亦發生於日夜溫差大之時候，因而本病甚少發生[22,23,24,86]。

水稻孕穗後期，將病原細菌懸浮液注射進入劍葉葉鞘內側，使直接與幼穗接觸，待懸浮液自葉鞘上端處溢出爲止，結果其葉鞘從針刺處開始病變，初呈黃褐水浸狀後轉爲深褐色，葉鞘組織最後乾枯壞死，幼穗亦皆被感染，大部份抽穗不良，稻穗抽出後亦無法開花授粉，所有病穀皆成空粒之秕。由此證明，有傷痍情況下，本病菌亦可爲害葉鞘組織。水稻孕穗後期及抽穗期以噴霧法接種病菌懸浮液，葉鞘都未見有病變之現象，因此證明無傷痍下，本病菌不會感染稻葉鞘。稻穗則均表現激烈發病，並以孕穗後期至抽穗後4日期間呈極感病反應，稻穗之大部份穀粒成空秕，穗梗直立不易彎曲[72]。

本病之傳播途徑，一般認爲以稻種傳播爲主，甚少經由土壤傳播。稻種帶穀枯病原細菌，在苗期會引起苗腐敗枯死。稻種經次氯酸鈉溶液消毒後，再人工接種稻細菌性穀枯病原細菌，可得嚴重之苗腐敗症，但其發病程度受土壤中之微生物相影響甚大，未滅菌土壤或添加腐生菌則發生輕微或不發病。穀枯病原細菌引起之苗腐敗病，在日本甚爲普遍而且嚴重，臺灣並不嚴重，可能與微生物相有關[21,22,23,24,72,86]。

(十一)稻黃萎病(Yellow dwarf)

病原：Phytoplasma

稻黃萎病之病原可分別在媒介昆蟲體內、再生稻及禾本科雜草上存活，成爲下一期稻作之初次感染源。在臺灣，黃萎病之發生以第二期稻爲主，第一期稻發生相對輕微，產量蒙受損失亦較小。陳氏等於1973~1976年在台中地區黃萎病常發地東勢、大里調查黑尾葉蟬傳播黃萎病之生態指出黑尾葉蟬在田間一年出現二個傳病蟲率高峰期，第一個高峰期於2月至3月上旬出現，傳病蟲率爲29~64%不等，這些蟲源爲第一期稻水稻感染黃萎病主要之來源，但此時適值全年間黑尾葉蟬自然族群密度最低季節，實際參與傳病之蟲數相對減少，水稻感染黃萎病之機率相對降低，加以第一期水稻生育初期自然氣溫低，感病之水稻受低溫之影響，病徵往往延至生育後期方始出現，對產量影響甚少。第二個媒介蟲傳病蟲率高峰期於7月至8月上旬出現，傳病蟲率爲10~36%。此時正值全年間黑尾葉蟬自然族群密度第一個高峰期之後期，田間族群密度尙高，故第二期稻秧苗期及本田初期之水稻感病機率遠較第一期稻大。第二期稻初期高溫，罹病稻株於插秧後50~60日大量出現病徵，嚴重影響水稻產量[17,41,42,86]。

(十二)稻黃葉病(Transitory yellowing)

病原：Rice transitory yellowing virus

稻黃葉病爲系統性病害，病株生長比健株略慢，不分蘗或分蘗數減少，葉片著生角度稍大，下位葉先呈現深黃至淡黃橙色病徵，並散生銹褐色斑點，葉尖呈褐色乾枯捲曲。病株心葉的葉肉組織，病變成淡綠色，對光透視很容易辨識。黃葉病由黑尾葉蟬類媒介傳播，媒介蟲吸毒後約經1~3週之潛伏期即可傳病，帶毒蟲終生帶毒但不經卵傳播[16]。第一期作秧苗感染病毒約經3~4週潛伏後顯現病徵，第二期作秧苗被感染經1~2週即現病徵[16]。本病之病株收割後不長稻椿，田間第一次感染源均來自帶毒媒介昆蟲，因此第一期作發病比第二期作少。

(十三)稻縞葉枯病(Stripe)

病原：Rice stripe virus

本病主要由斑飛蝨媒介傳播，受氣候及蟲齡影響，斑飛蝨吸入病毒至能傳毒之潛伏期爲5~21天，經過潛伏期後之二週內傳毒能力最強，帶毒蟲終生

帶毒，部份帶毒母蟲會將病毒傳給後代。稻株被感染後，因環境及稻齡不同，潛伏期爲10~25天。斑飛蝨及本病病毒之寄主範圍均廣，因此病害之發生受斑飛蝨族群密度影響最大。田間病徵出現時期及病徵潛伏期推測第一期稻有二個主要感染期，第一次感染發生在秧苗期及本田初期，以越冬媒介昆蟲爲主要傳病蟲源。第二次感染發生於分蘗盛期，媒介蟲源爲越冬蟲遷入本田後所繁殖之第一世代成蟲或第二代若蟲。縞葉枯病在第二期稻發病均較輕微(38,39,40)。

(十四)稻白尖病(White tip)

病原：Aphelenchoides besseyi Christie

稻白尖病由病原線蟲*Aphelenchoides besseyi*所引起。本病主要經稻種傳播，稻種帶有高密度病原線蟲，將於苗期開始發病，心葉淺黃綠色或青白色，隨之乾枯，稻苗期及插秧初期健株生長快速遮掩病株，因而不易察覺發生線蟲白尖病。病原線蟲經由稻種傳播，因捲曲膠著於稻殼內表呈休眠狀態，可存活三年以上。田間水稻收穫後，病原線蟲也可在稻稈、遺落田間穀粒或秕粒存活越冬，這些帶蟲材料藉由灌溉水流到秧苗或稻株上，病原線蟲附在稻葉鞘，再轉入葉鞘內側及心葉部位繁殖生長致病。本病之病原線蟲屬於莖芽線蟲，寄主範圍廣，在田間會感染冬季裡作之作物，也會成爲下一期作的初次感染源(25,46,47,86)。

二、水稻病害之管理與防治要領

水稻病害之防治，預防重於治療。預防病害之發生，包括稻品種選擇、栽培管理、田間衛生及瞭解發病生態掌握防治適機。水稻病害之發生是動態的，所以有時間與空間的變化。風土病每年甚至每期稻作都會發生的病害，因此可以在未發病就事先做預防工作，也就是說風土病之防治要領是以時間因素爲重點。流行病則受氣候影響大，發病程度的空間範圍大，平常年病害不發生或發病輕微，流行年會引起大面積發病，造成重大損失，站在經濟立場，流行病的防治要領是以空間因子爲考慮重點，就是研判病害會不會嚴重？會不會大流行？所以流行病之防治管理要留意病害發生預測，掌握發病初期的防治措施，再配合水稻生育期及氣候之變化，決定是否繼續做防治工作。

(一)選種抗病品種

除了紋枯病尚未有抗病品種，白葉枯病抗病品種不多以外。目前推廣栽種的水稻品種，對大多數病害具有抗病性，其中對稻熱病大多具有強的抗病性。目前推廣栽種的水稻品種，育種期間都在全省各地區經過長時間的試驗，由各地區農業試驗改良場所分別檢定各種特性，各種特性表現優良才能通過命名審查，抗病是其中必備檢定工作之一。稻熱病之抗病性更是主要審查項目，因此，稻品種命名推廣時，對當時田間稻熱病菌大多有強的抗病性。稻抗病品種在田間會與病原菌抗衡，而有生態上之共同演化現象。以稻熱病爲例，新抗病品種推出後，稻熱病菌無法感染稻株繁殖後代，病原菌爲了生存就會發生變異，產生新的生理小種感染抗病品種，再引發稻熱病使抗病品種罹病化。稻熱病菌感染某一個稻品種後，就會適應這一個稻品種。也就是說，病原菌的不同生理小種菌株會感染不同的稻品種。單一種抗病品種栽種的面積越大，稻熱病菌變異產生新生理小種的機會也越大，新生理小種在沒有其他小種的競爭下生長繁殖很快，容易引發流行病[5,8,14,27,34,37,50,52,56,57,58,59,60,67,78,86]。

依據稻品種與病菌生理小種的互動關係，要防止新生理小種的快速滋長，我們可以採取的對策有二種，其一是輪種不同抗病性的稻品種，其二是種植多品系或混合品種。品種輪作防治植物病害，國外報告麥類銹病及白粉病有很好防治效果，這兩類病害都屬於絕對寄生的病原菌，只有在寄主植物活組織上才能繁殖生長。稻熱病菌屬於兼性腐生的植物病原菌，在收割後病組織上可以繼續生長並產生孢子，增加病菌的變異機會，由各地區每年稻品種輪作與稻熱病發生記錄，發現不同抗病性的稻品種輪作並不能有效控制稻熱病。不少國內外農業研究人員，努力研究利用多品系及混合品種防治植物病害，大多有不錯的防治效果，但是混合品種會影響農產品的品質。多年來，研究人員依據廣義的混合品種理論，將各地區栽種品種多樣化防治植物病害，例如大陸曾經利用稻品種多樣化降低稻熱病的大發生，證明品種多樣化確實可防止稻熱病大流行。不過，我們是民主社會，每個人都有充分的自主權選擇稻品種，各地區要實施稻品種的多樣化，就需要大家相互研商規劃[8,18,19,57,64,65,66,78,86]。

白葉枯病菌與稻熱病菌相似，具有生理型之分化。世界各地之水稻栽培區，因所栽培品種及環境的不同，其所存在之生理型亦有差異，亦即不同地區具有不同的病原群分布。各地區宜分別發展其適用之判別品種體系，進而找出合適之抗病品種。檢測國內外稻品種對臺灣白葉枯病之抗性，發現臺灣大部份菌株之致病力甚強。篩選適合做爲臺灣地區抗稻白葉枯病親本之稻品種系，結果顯示IR 4442-46-3-3-3、IR 22、IR 22082-41-2、Malagkit songsong、IR 29、IR 30、IR 20'、IR 28、IR 20、臺農秈19號、嘉農秈6號、IR 1514A、B 5354-5D-MR-1、IR 1545-339和IR 26'等15個品種系抗病性較強，IR 26、Tkm 6、臺農61號、新竹56號、嘉南8號、高雄139號、光復401號、臺中65號、稗稈稻、高雄142號、臺東29號、臺粳2號、臺粳3號和臺南9號等14個品種則屬中抗病性。由此可知，稻白葉枯病抗病育種是今後水稻育種之重點工作[34,85,86]。

(二)栽培管理

1.稻種處理：真菌或細菌引起的水稻病害以及線蟲白尖病，常會感染或污染稻穀，而經由稻種傳播病害。病原感染稻種會造成穀粒不飽實成爲秕粒，換句話說，稻穀中的秕粒帶有病原的機率很高。病秕粒帶菌量比被污染的穀粒高，病秕混在稻種中，其感染稻苗之潛勢更強。因此浸種前以硫酸銨水溶液水選健穀，去除病秕再稻種消毒。硫酸銨水溶液之比重，蓬萊稻種採用1.13，在來稻種則用1.08[45,51,56]。

2.溫湯浸種：爲了消減稻種上所攜帶之病原，可以實施溫湯浸種。溫湯浸種建議以乾稻種做處理，可以降低對稻種發芽之影響。溫湯浸種分成三個步驟，首先以54℃溫水預浸5分鐘，再以56~57℃處理15分鐘，最後迅速放進20℃以下之冷水中5分鐘，最後步驟之冷水溫度能降至10℃以下更好。未做54℃溫水預浸時，處理時間可延長爲17分鐘。溫湯處理後之稻種可以直接浸種育苗，或乾燥保存備用[32,86]。

3.浸種及育苗管理：稻種應充分浸水，第一期作浸種3~4天，第二期作則浸種2~3天，浸種後將稻種瀝乾再以濕麻布袋覆蓋催芽，稻芽長出約1 mm時播種，播種後覆土不要超過5 mm厚度，如此可縮短育苗箱堆積時間，減少病菌感染機會。第一期作催芽之溫度避免超過室外氣溫太多，以防稻種及稚苗在短時間內受溫度劇變而抗病性減弱。育苗箱所用栽培土，

以病原菌較少之水田心土較佳。如果無法取得水田心土，所用土壤最好陰乾後存放較長時間，待土中病原菌密度降低後再使用。如使用舊育苗箱，因可能附著有病原菌，其發病率比新育苗箱者爲高，所以育苗箱使用後應馬上清洗，尤其育苗箱之角落需要特別注意清洗乾淨，洗淨後應消毒，如無法消毒至少需曬乾後再使用。每一育苗箱播種量以220 g乾稻種量爲宜，播種太多秧苗太密易滋生病菌，易發生秧苗立枯病。第一期作遇寒流時，應蓋塑膠布保溫，寒流過後溫度回升時，則需將塑膠布兩端打開使能通風，避免過度潮濕促進病菌滋長。第二期作最好用尼龍網覆蓋，阻斷媒介昆蟲吸食時傳染病毒，覆蓋有色網會降低透光度造成秧苗纖弱要儘量避免，白色透光好30目以上之細網最爲理想。

4.整地：翻整田地，除了讓我們容易插秧外，同時也可以將病蟲翻埋土中，降低田間病菌及害蟲的族群。整地時將田間植物殘株翻埋土中，植物殘株在土中會腐敗醱酵，醱酵過程中會降低土壤中的氧氣，也會產生一些對稻株不好的物質。因此，我們最好採取二段式整地，二次整地的時間最好有半個月以上的間隔，一方面讓埋入土中的植物殘體醱酵，一方面讓前期作留下的過剩肥料均勻化。

5.灌排水：整地時採用淺水整地，以利將植物殘株翻埋。二段整地的間隔期，則採較深的田水，可以讓紋枯病菌等病原菌的菌核及植物殘株漂浮至下風處，撈起漂浮物曬乾燒燬，可降低病蟲密度。插秧後田中維持淺水狀態。往昔人工除草翻動田土可增加土壤中的氧氣，現今水稻栽培大多利用除草劑除草，土壤未經攪動，土壤中的氧氣會漸次減少，容易呈現還原態而有礙稻根生長。一期作插秧後25天，二期作插秧後15天，水稻分蘗初期至分蘗中期之間，即可進行排水曬田，曬田到田土輕微龜裂後，接著採用間歇性灌排水，如此可以強化稻根，稻株健壯增加抗病力。如果田間有病害發生時，必須保持適當的田水，不能乾旱而增加稻株逆境壓力。水稻抽穗期以後改以深水灌溉，水稻生育後期愈晚排水愈好。

6.行株距：行株距大，稻株比較健壯比較抗病，縱然發病也能比較耐病。那種行株距大小比較好？各地區土壤肥沃程度不同，因此，適當行株距就有不同，農友可自行測試比較。除行株距外，稻行的方向也會影響田

間的通風，插秧行向採用與季節風同向，田間通風良好，可降低水稻病害的蔓延速率。

7.施肥：肥料對水稻病害的影響，氮肥最爲密切，磷及鉀的影響較小。多施氮肥容易發生稻熱病、紋枯病及白葉枯病，氮肥多時磷肥會助長發病，鉀肥則可增加稻株抗病，氮肥多會降低鉀肥的效果。缺氮時容易發生胡麻葉枯病，顧及各種病害之防治，多施有機氮肥，可以避免缺氮肥，稻株也比較抗病。矽是稻株的重要元素，可以強化細胞增強抗病，施用矽酸鈣可增強稻株抗病，稻殼及稻草分解後也會釋出矽酸化合物。前作種植綠肥，要採用二段式整地，粗整地時每公頃加施75kg石灰，可以促進綠肥分解。前作種植蔬菜殘留過多氮肥，亦要採用二段式整地，粗整地時可加施稻殼或稻草，稻殼及稻草分解時會利用氮肥，降低氮肥過量及不均勻的風險。

8.田間衛生：水稻病害的病原常會感染田間雜草，繁殖增加病原密度，雜草也是媒介昆蟲的主要棲息處，所以清除雜草是防治病害的重要工作。病株收割後長出稻椿爲田間主要感染源，水稻收穫後應將稻椿翻犁，降低病原密度，也可避免長出稻椿供媒介昆蟲棲息。大多數病菌會殘存在病組織中，所以不能留置病稻草在田間。稻草要利用爲堆肥時，必須經過醱酵，完全腐熟後才能使用。白葉枯病除了靠稻葉接觸傳播，人在露水未乾的稻田中行走也會迅速將病害傳開，因此要避免在晨間在稻田中行走。

(三)藥劑防治

1.秧苗處理：水稻病毒病害及菌質病害之防治，以及每年都會發生稻熱病的地區，可以在插秧前1天選用各病害之登記藥劑，進行秧苗處理藥劑最能得到事半功倍的效果。選用粒劑可以直接撒佈後，以掃把輕掃秧苗使藥劑掉落，再澆水至土表面有水膜爲止。選用可濕性粉劑則先以200~500cc清水稀釋，再用澆水器澆灌。

2.本田期處理：風土病爲每年均會發生，藥劑防治以稻生育期決定防治時機。以紋枯病爲例，紋枯病之初次感染源爲本田初期附著在稻植株上之菌核，分蘗期叢間濕度增大，附著在稻植株上之菌核開始發芽感染水稻致病，發病後病菌靠菌絲在交織的稻葉間進行二次感染，所以初次感染

源多寡影響分蘗期之發病，分蘗期之發病又直接關係到後期之發病率，由此結果推論早期防治效果較佳，換言之分蘗期爲施藥的最佳時期。紋枯病初發生時就要即時防治，紋枯病菌的菌核具漂浮力，農友在水稻分蘗期時，可留意插秧期間的風尾處，因菌核密度高，發病會比較早。流行病受氣象因子等環境影響大，發病程度差異大，因此以初發病爲主要防治時機。以稻熱病爲例，稻熱病於第一期作較易發生，山區幾乎每年都會發生要提早防治。開闊的地區在平常年，稻熱病發生輕微或不發生，以經濟效益而言，可以不用施藥防治或減少施藥次數。中溫高濕的年度較易發生稻熱病，在初發生期就要立即防治，防止病害迅速蔓延成爲流行病。插秧後35~50天爲葉稻熱病主要發病期，農友可留意農政機關發佈的水稻病蟲害的警報，掌握稻熱病初發生期。另外，稻田四周也可留置少量秧砧，秧砧的稻株密度高，比較容易發生稻熱病，可以早期偵測到稻熱病，當秧砧發生稻熱病就可進行藥劑防治。利用秧砧偵測稻熱病效率好，但是也會成爲重要的感染源，所以看見稻熱病後，應將秧砧拔除埋入土中。農友無法每日巡田者，也不能利用秧砧偵測稻熱病，否則會增加稻熱病發生機會。稻熱病初發生應即施用藥劑防治，經7~10天後，若繼續蔓延再施藥一次。水稻抽穗前7天及齊穗期各施藥一次，預防穗稻熱病。每公頃施用稀釋液的藥量，防治葉熱病需1000公升稀釋藥液，穗稻熱病則爲1200公升。直接撒佈之粒劑及粉劑，以各農藥標示之用量爲準[7,10,31,43,61,62,86]。台灣有二大水稻流行病，稻熱病之藥劑防治要領已如前述，孕穗期後稻株對葉稻熱病具抗病性，如果在分蘗後期才發生葉稻熱病，氣候又轉乾燥，就可不必防治葉稻熱病，留意穗稻熱病防治即可；水稻各生育期對白葉枯病均甚感病，病原細菌感染到水稻植株後，存在稻組織中繁殖，在有露水或雨水之環境有利於白葉枯病之傳播，因此，田間發現白葉枯病後要定時做防治，才能避免病害蔓延流行。

3.藥劑種類：目前登記推廣之水稻病害防治藥劑，係經過四個不同農業試驗改良場所的試驗，有三場所以上的防治試驗效果良好，才能正式登記，農友可安心選用。不過，長期使用單一種藥劑，病原菌容易產生抗藥性菌株，藥劑輪流使用可以降低病菌產生抗藥性的機會。不同劑型藥劑之選擇，除考慮施用所需工具外，也要注意劑型對藥效的影響，一般而言，

施用粒劑防治水稻病害，水稻根部吸收藥劑再傳輸到地上部，所以時效比較慢，但藥效持續力比較久。農友使用農藥時，應依照各農藥商品標示使用方法及注意事項。

引用文獻

1. 小野小三郎。1949。稻小粒菌核病と灌排水との關係。北陸農業研究1(1):76-83。
2. 井上好之利、內野一成。1963。稻紋枯病に關する研究。第一報被害の生態ずよび藥劑防除。日本農林水產技術會議事務局山口縣農業試驗場出版。指定試驗(病蟲害) 4:136。
3. 宇國勝。1975。影響稻苗徒長病發生因子之研究。國立中興大學植病研究所第五屆畢業碩士論文。
4. 吉村彰治。1955。稻紋枯病の被害について。九州農試彙報3(1): 143-154。
5. 杜金池、張義璋。1978。*Rhizoctonia solani* Kuhn之菌絲融合群及其對水稻之病原性。水稻病蟲害：生態學及流行學。pp.263-285。邱人璋編。農復會刊印，台北。
6. 杜金池、張義璋。1981。水稻紋枯病原菌之生態及生物防治。臺南農改場研究彙報15:1-24。
7. 杜金池、張義璋。1991。水稻紋枯病之生態及防治。農試所專刊32:65-81。
8. 杜金池、張義璋。1992。作物抗病品種之培育。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。p.233-250。中華植物保護學會編印。
9. 杜金池、張義璋、王仲文。1979。水稻紋枯病菌之生態研究。科學發展月刊7(12):1208-1219。
10. 杜金池、蔡財旺、簡錦忠、蔡武雄、張義璋編。1990。稻作病蟲害發生預測專輯–稻熱病。臺灣省農業試驗所及中華植物保護學會編印。農試所專刊30號。
11. 李子純、許兩順、林慶喜。1978。土壤肥力與水稻胡麻葉枯病之關係研究。中華農學會67年度聯合年會特刊。pp.20-40。
12. 李子純、許兩順、林慶喜。1980。臺灣東部水稻胡麻葉枯病稻田肥力改進試驗。農業研究29(1):35-46。
13. 佐佐木次雄。1978。特集稻作病害の收量および品質に及ぼす影響。"イネばか苗病"。農藥研究24(3):19-24。

14. 吳信淦。1978。水稻抗稻熱病之類型。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.213-224。邱人璋編。農發會刊印，台北。
15. 吳龍溪。1971。稻紋枯病。稻作病害。pp.49-76。邱人璋編。農復會刊印，台北。
16. 邱人璋。1971。水稻黃葉病。稻作病害。pp.155-178。邱人璋編。農復會刊印，台北。
17. 邱人璋、簡錦忠。1971。水稻黃萎病。稻作病害。pp.135-154。邱人璋編。農復會刊印，台北。
18. 邱善美、鄧耀宗。1975。水稻抗稻熱病混合品種之抗病性及生產力研究。農業研究24(1,2):1-10。
19. 邱善美、鄧耀宗。1976。水稻抗稻熱病多品系品種及混合品種之抗病性、生產力及品質之研究。農業研究25(4):249-258。
20. 河合一郎。1955。稻小粒菌核病の耕種的防除法。農業及園藝30(5):705-707。
21. 茂木靜夫、對馬誠也。1984。最近のイネもみ枯細菌病多發生とその生態。昭和59年度九州農試年報。pp.47-53。
22. 茂木靜夫。1984。イネもみ枯細菌病に發生生態と防除(2)。農及園59(6):782-788。
23. 茂木靜夫。1984。イネもみ枯細菌病に對する品種耐病性(1)。農業技術39(12):537-542。
24. 後藤孝雄。1983。イネもみ枯細菌病の發生生態と研究の現狀。植物防疫37(9):395-399。
25. 洪元平。1959。臺灣稻葉白尖病。植保會刊1(4):104-109。
26. 孫守恭。1978。稻苗徒長病菌(*Gibberella fujikuroi*)之生態及生殖。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.303-317。邱人璋編。農復會刊印，台北。
27. 張萬來、王茂康、楊遜謙。1965。水稻品種(系)之稻熱病感應性。農業研究14(3):1-10。
28. 張義璋。1973。稻苗徒長病菌有性世代及生態之研究。國立中興大學植病研究所第三屆畢業碩士論文。
29. 張義璋。1984。稻苗徒長病之傳播途徑。稻種消毒研討會專刊。pp.26-37。臺灣省政府農林廳編印。
30. 張義璋。1985。影響稻紋枯病菌生長及菌核形成之因子。中華農業研究34:454-463。
31. 張義璋。1986。紋枯病罹病程度對稻穀產量之影響。中華農業研究35:202-209。

32. 張義璋。1996。本省稻作病害防治。農試所專刊59:89-98。
33. 張義璋。2001。水稻稻熱病防治手冊。行政院農業委員會農業試驗所出版。台中。13P。
34. 張義璋、謝麗娟。1999。抗臺灣地區白葉枯病之稻品種篩選。中華農業研究48(3):101-109。
35. 堀真雄。1967。稻紋枯病の被害預察と防除法。農業と園藝42: 1389-1392。
36. 陳其昌。1971。稻小粒菌核病。稻作病害。PP.77-98。邱人璋主編。農復會刊印，台北。
37. 陳隆澤。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性反應之研究。農業研究32(1):1-13。
38. 陳慶忠、柯文華 1986 水稻縞葉枯病主要感染時期之推定及適期防治試驗。台中農改場彙報12:61-68。
39. 陳慶忠、柯文華。1988。縞葉枯病對水稻產量及產量構成因素之影響。植保會刊30:259-268。
40. 陳慶忠、柯文華。1989。台灣水稻縞葉枯病流行學研究。植保會刊31:290-303。
41. 陳慶忠。1984。水稻萎凋矮化病之流行學。植保會刊26:315-321。
42. 陳慶忠。1978。水稻黃萎病之流行學。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.139-166。邱人璋編。農發會刊印，台北。
43. 彭洪江、唐地元。1990。水稻紋枯病流行動態、藥劑防治時期及指標的研究。植物病理學報20(2):153-158。
44. 梁文進。1979。氣象因子對稻熱病菌分生胞子發芽、附著器形成及侵入影響。科學發展7(8):810-818。
45. 莊商路。1983。粳稻栽培。農民淺說266A-糧作55。46頁。行政院農委會及臺灣省政府農林廳編印。
46. 黃炤雄、黃修斌。1972。水稻白尖病病原線蟲在花器及穀粒內的生態(摘要)。植保會刊14(4):189。
47. 黃修斌、黃炤雄。1973。脫水對水稻白尖病病原線蟲殘存的影響(摘要)。植保會刊15(4):188。
48. 黃益田。1975。稻苗枯病之發生及防治之檢討。農林廳編印。
49. 黃益田。1978。小粒菌核病菌之生態。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.287-301。邱人璋主編。農復會出版，台北。
50. 黃真生。1971。台灣稻抗病育種及遺傳研究近況。稻作病害。pp.297-305。邱人璋編。農復會刊印，台北。

51. 黃賢喜。1983。秈稻栽培。農民淺說267A-糧作56。48頁。行政院農委會及臺灣省政府農林廳編印。
52. 楊遜謙。1967。旱田式病圃之抗稻熱病育種試驗。農業研究16(3):1-7。
53. 臺灣省政府農林廳。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測(1966-1984)。
54. 臺灣省政府農林廳編。1960-1997。臺灣省植物保護工作總報告。
55. 臺灣省政府農林廳編。1960-1997。臺灣省農業年報。
56. 臺灣省政府農林廳。1999。臺灣稻作發展史。793頁。中華農藝學會及豐年社編印，台北。
57. 歐世璜。1971。抗稻熱病育種的新途徑。稻作病害。pp.31-48。邱人璋編。農復會刊印，台北。
58. 歐世璜、簡錦忠、曾東海。1983。抗稻熱病育種的新抗源。植保會刊5(2):115-123。
59. 鄧耀宗、許東暉。1979。水稻抗紋枯病之研究1.抗紋枯病之稻品種及其特性。中華農業研究28(3):145-150。
60. 蔡武雄。1975。水稻品種品系對紋枯病抵抗性不同檢定方法之比較。農試所研究彙報32:22-28。
61. 蔡武雄。1975。水稻紋枯病不同發病程度與產量及產量損失關係之研究。植保會刊17(4):410-417。
62. 蔡武雄。1976。紋枯病對水稻產量損失估計。植保會刊18(2):106-119。
63. 蔡武雄、游俊明。1978。水稻紋枯病之流行學及其對產量之影響。水稻病蟲害：生態學及流行學。pp.247-262。邱人璋編。農復會刊印，台北。
64. 簡錦忠。1968。稻熱病同一病斑所得菌株病原性之研究。農業研究17(1):22-29。
65. 簡錦忠。1971。稻熱病病原菌之變異。稻作病害。pp.11-30。邱人璋編。農復會刊印，台北。
66. 簡錦忠。1974。稻熱病病原菌生理型之研究(1970-1972)。農業研究23(1):16-37。
67. 簡錦忠。1978。稻熱病抗病程度對田間流行之關係。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.225-245。邱人璋編。農發會刊印，台北。
68. 簡錦忠。1980。稻葉鞘腐敗病之研究及其對不稔症發生關係。植保會刊22:31-39。
69. 簡錦忠。1984。露期對稻熱病之影響。農業研究33(1):59-64。
70. 簡錦忠、洪雲卿。1971。稻苗立枯病症之初步觀察。農業研究20(4):47-52。

71. 簡錦忠、朱啓魯。1974。水稻秧苗立枯病病因之研究。研究彙報32:1-16。
72. 簡錦忠、張義璋。1987。水稻不同齡期及品種對稻細菌性穀枯病菌之感病性。中華農業研究36 (3):302-310。
73. 簡錦忠、張義璋、謝麗娟。1987。箱育秧苗立枯病防治之研究。農試所油印。
74. 簡錦忠、張義璋、謝麗娟。1990。箱育秧苗立枯病防治之研究。農試所油印。
75. 簡錦忠、張義璋、廖英明、歐世璜。1983。臺灣水稻新病害－稻細菌性穀枯病。中華農業研究32 (4):360-366。
76. 簡錦忠、黃益田。1978。水稻苗期病害之病原與生態。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.319-331。邱人璋主編。農復會刊印，台北。
77. 簡錦忠、鍾順昌、朱啓魯。1963。稻紋枯病菌菌核脫落之數量及其發芽試驗。中華農業研究12(2):7-13。
78. 簡錦忠、謝麗娟、張義璋。1989。水稻台農七十號對稻熱病抗性之罹病化研究。農業研究38:72-79。
79. 謝式坤鈺、梁文進。1975。茭白及水稻小粒菌核病菌之異同。植保會刊17(4):372-383。
80. 謝式坤鈺、梁文進。1978。稻熱病菌感染前之行爲。水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.199-212。邱人璋編。農委會刊印，台北。
81. 謝式坤鈺、梁文進、張世英。1977。水稻不稔症原因之探討，一、葉鞘腐敗病菌與不稔症之關連初報。植保會刊19:30-36。
82. 謝式坤鈺、許美芳。1980。水稻不稔症病因之探討。III.水稻葉鞘腐敗病菌之生理及其與對不稔症之關連。植保會刊22:47-55。
83. 謝式坤鈺、許美芳、梁文進。1980。水稻不稔症病因之探討。II.水稻葉鞘腐敗病之傳播與殘存及其與對不稔症之相關性。植保會刊22: 41-46。
84. Hsieh, S.P.Y. 1979. Multiplication and translocation of *Xanthomonas oryzae* in diseased rice seedlings in relation to the occurrence of kresek. Proceedings Nat. Sci. Council 3:285-290.
85. Hsieh, S.P.Y. 1991. Recent status and future prospects on bacterial blight in Taiwan In Tu, C.C., et al ed. " The Rice Diseases " Proc. Symp. at TARI, Nov., 1990. 117-130. TARI Special bulletin no. 32
86. Ou, S.H. 1984. Rice Diseases. 2nd ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey England. p.201-222.

The ecology and Control of Major Diseases of Rice in Taiwan

Yih-chang Chang

Ycchang.cf@msa.hinet.net

Abstract

Seventy-five diseases of rice were reported in Taiwan. Thirteen of them often occurred and presented as the major diseases during recent years. According to ecological characteristics, blast and bacterial blight of rice were two major epidemic diseases, the others were considered as endemic diseases in Taiwan. Application of resistant varieties for disease control was more efficient strategy. Many resistant rice cultivars have been developed against the diseases. However, their resistance was easily lost or broken down due to the occurrence of new pathogen races. Several varieties were recommended in order to diversify the resistant genes in a local area and reduce the disease severity of epidemic diseases. Healthy seeds could be selected by salting water before seeding. Inner soil of paddy field was the best growth material for rice seedlings. Plastic covering could protect rice seedlings from chilling and insect damages in 1st crop. Field sanitation, crop rotation, adjustment of planting date, proper fertilization, good water management, soil amendment and chemical application under forecasting system have been suggested for the disease control.

Key words: rice disease, ecology, disease control, resistant variety.

水稻健康管理研討會 103~117 (2004)

水稻主要害蟲及其防治要領

余志儒、吳德忠

行政院農業委員會農業試驗所應用動物組

摘　要

台灣地區水稻的害蟲種類繁多，主要種類因水稻栽植品種、季節、地域、耕作方式及防治策略等因素而有更迭，因此有六大、五大害蟲等的稱謂。現代的害蟲防治，其精神在不必將害蟲完全滅絕，而是與之共存，並且將之控制在經濟危害基準以下。是一種以生態永續爲前題兼顧生活品質，以三生的總體效益爲原則的生產方式。防患於未然、瞭解害蟲、確實監測是害蟲防治的三要領。基於與生態環境共生、預防勝於治療的理念，可以透過耕作方式及田間管理等栽培作業，減少害蟲的入侵與增殖，並增加天敵的存活與立足，再配合對害蟲的瞭解與確實的監測，在適當時機於有效蟲期與棲息部位，適度地實施防治，達到害蟲族群密度維持在經濟危害基準以下的目標。但在必要時，不違反三生總體效益的原則下，不排除化學農藥的適當使用。

關鍵詞：水稻害蟲，害蟲防治、有害生物綜合管理。

前　言

雖然水稻在農業中扮演之重要性因大環境的改變而日趨沒落，但水稻仍是台灣農業的大宗作物。在水稻栽培過程中病蟲害佔有舉足輕重的地位，處理不當常導致經濟上的嚴重損失[47,58,59,68]。

台灣水稻栽培區多處於亞熱帶，高溫多濕，病蟲害極易孳生。臺灣地區水稻的害蟲調查研究，清朝時期即有記錄，但較具系統者則始於光復前的日據時代[15,65]。光復後水稻仍爲主要糧食作物，相關研究更投入眾多的人力物力。各學者發表的水稻害蟲種類互有重疊，總計則約有140種以上[65]。主要危害種類因水稻栽植品種、季節、地域、耕作方式及防治策略等因素影響而有更迭，例如1940年代以前的五大害蟲[9,15]中的鐵甲蟲(*Dicladispa armigera* (Olivier))與黑椿象(*Scotinophara lurida* (Burmeister))，因合成化學殺蟲劑的大

量使用於1950年代以後而幾乎消失[19]。三化螟(*Scirpophaga incrertulas* (Walker))在日據時代即爲水稻主要害蟲，但在1960年代後因水利設施改善及栽培期的提早與規律化，族群密度即大幅減少[46]，而二化螟(*Chilo suppressalis* (Walker))卻日漸猖獗[48,49]。褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))在1950年代以後開始日漸嚴重，1960年代即成爲水稻主要害蟲之一[47]，有學者認爲可能與水稻品種、密植、增肥、天敵被毒殺等因素有關，直至1980年代才逐漸緩和[65]。

作物害蟲防治，早期講求殺滅，但後來發覺主要害蟲雖然減少，次要害蟲卻代之而起[2,5,6,7,9,10,28,65]，因而有害生物綜合管理(integrated pest management, IPM)逐漸成形。近年來更因環境永續觀念的覺醒，再提升了綜合管理的層次。農業除了生產之外，更講究與生活結合、與自然生態和諧相處的觀念。而此『三生』觀念，尤其以後者最爲首要考量，不容爲了追求生產而損及另二者。故其精神在不必將害蟲完全滅絕，而是與害蟲共存，將之控制在經濟危害基準(economic injury level, EIL)之下即可。因此，更進一步的健康管理觀念即應運而生。農業健康管應該是以生態永續爲前題，兼顧生活品質，以三生的總體效益爲目的的生產方式。害蟲防治是農業生產的一環，自是被要求以健康管理的方式來配合。

內　容

一、水稻主要害蟲(另含害蟎及螺)

臺灣地區水稻的害蟲調查研究，較具系統者始於光復前的日據時代。日本人堀健與素木得一(1910)[51]報導約有70種，三輪勇四郎(1943)[1]增記達101種，光復後易希陶(1963)[21]的描述亦有80餘種。各學者發表之種類互有重疊，總計則約有140種以上[65]。其主要危害種類與程度因季節、地區、防治策略及耕作方式等因素而有差異[15,65](表一)，因此有五大、六大害蟲等稱謂。尤其在1950年後，由於水稻品種、耕作方式的改變以及合成氯化烴與有機磷劑等劇毒性殺虫劑的過度使用，主要害蟲一度以飛蝨類與葉蟬類爲主。近年來則以能長距離遷移的褐飛蝨(*N. lugens*)、白背飛蝨(*Sogatella furcifera* (Horvath))與瘤野螟(*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenéé))較受矚目。稻細蟎(*Steneotarsonemus spinki* Smiley)、水稻水象鼻虫(*Lissorhoptrus oryzophilus*

Kuschel)等較爲地區性害蟲，但後者有逐漸擴散之勢[29,30,70]。另外，福壽螺(*Ampullarium canaliculatus* Lamark)在1982年首度有危害水稻的報導[22]，至今儼然成爲水稻必要防治的主要有害動物，亦是不容忽視。茲將目前較重要的水稻害蟲簡述如下，有關其生態與爲害狀等描述，均摘錄自水稻保護[66]、臺灣水稻害蟲生態圖譜[42]、植物保護手冊[50]等內容。

表一、台灣水稻主要害蟲之變遷概要

Table 1. An outline of succession of the rice major insect pests in Taiwan

主要害蟲種類	期間	重要農耕措施背景
二化螟、三化螟、斑飛蝨、負泥虫、鐵甲虫、黑尾浮塵子、黑椿象	光復前	生物防治(鴨食鐵甲虫、人除被害株、摘除螟蛾卵塊等)
三化螟、鐵甲虫、葉蟬類、負泥虫、稻螟蛉、稻苞虫、粟夜盜虫、瘤野螟、稻椿象、台灣飛蝗、鹽水蜈蚣	光復後初期	天然藥劑(除虫菊、魚藤根等) 少量劇毒藥劑(砒酸鈣防治負泥虫)
飛蝨類、葉蟬類、二化螟、鐵甲虫、負泥虫	增產期 1950~1965	以藥劑防治爲主(合成氯化烴 DDT 及 BHC、有機磷劑過度使用)1949 引進 2.水稻栽培期漸趨整齊
飛蝨類、瘤野螟、二化螟、稻心蠅、稻細Mˀ、福壽螺	輝煌期 1966~1982	改種半矮性豐產品種 密植、高氮肥之栽培技術 收割後稻草之利用方式(覆畦)
飛蝨類、瘤野螟、水稻水象鼻虫、稻細Mˀ、福壽螺	轉作期 1983 以後	綜合防治 經濟爲害水平

(摘錄整理自朱與鄭，1996；鄭與朱，1999)

(一)飛蝨類及葉蟬類

飛蝨類與葉蟬類屬於同翅目(Homoptera)，除直接吸食稻株汁液外[59,60,75]，其分泌之蜜露亦會引發煤煙病影響光合作用，更是多種病害之媒介昆蟲[25,43,68]，間接危害可能更爲嚴重。

1.褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))

褐飛蝨爲亞洲地區水稻主要害蟲之一，在台灣是1912年時首度被記錄，此之前並未被人注意，後來才逐漸被重視進而被列爲重要水稻害蟲。至1960年代更由偶發性變成經常性發生的嚴重害蟲[12,47,64]。本蟲年發生約8~11代，性喜高溫多濕之環境，在秧苗期或本田插秧後不

久即可侵入，若蟲與成蟲喜群聚於植株基部離水面約10公分處吸食汁液，輕者植株基部黃化，重則全株枯萎，常於第二期作乳熟期間危害最烈，蟲口密度高時更可造成整片稻作倒伏之蝨燒現象。該蟲產卵於葉鞘組織內，成蟲及若蟲均棲息於隱蔽不通風的稻株基部取食，殺蟲劑不易充分觸及，又所施用之藥劑殘毒多較短，故其棲群密度回升迅速，防治實屬不易。因此應慎選藥劑性質，同時注意施藥技術以及適當防治時機，方能有較佳之防治效果。

2.白背飛蝨(*Sogatella furcifera* (Horvath))

亦與褐飛蝨同屬熱帶地區害蟲，且同樣能作長距離遷移。年發生9~11代，棲息於稻株之中、上部位，抽穗後移棲劍葉及稻穗，造成葉片由基部往上黃化。水稻分蘗後期至乳熟期間密度較高，嚴重時亦會造成蝨燒。

3.斑飛蝨(*Laodelphax striatellus* (Fallen))

屬溫帶地區的害蟲，在1904年即已是水稻五大害蟲之一，但往後即不被重視。直至1969年因發現可媒介稻槁葉枯病再受注意[67]，1984年代影響面積驟增並擴及全島[44]。本蟲年發生8~11代，亦產卵於葉片中脈或葉鞘上部組織內，爲害部位在稻株上部或稻穗，密度在乳熟期達到最高峰。可傳播水稻縞葉枯病，應特別注意秧田及本田初期之防除。

4.黑尾葉蟬(*Nephotettix* spp.)

年發生8~11代，產卵於葉鞘脊部組織內，喜群棲於稻株基部爲害。常於第二期作之乳熟期至糊熟期間危害最烈，輕者基葉黃化，重者全株枯萎。該虫可媒介水稻黃萎病、黃葉病，因其間接危害嚴重而受重視。

(二)螟蛾類

水稻螟蟲類，在日據時代主要是指三化螟(*S. incertulas*)，堪稱台灣水稻螟蟲之代表，嘉南地區尤其嚴重，光復後1960年代才較重視二化螟[46,47]。另外，瘤野螟也是目前威脅水稻的重要害蟲。

1.三化螟(*Scirpophaga incrertulas* (Walker))

又稱一點大螟，年發生4~6代，卵塊產於葉片上，幼蟲無群棲性，孵化後即藉爬行或吐絲隨風分散。幼蟲自心葉或葉鞘縫隙或穗梗蛀入稻莖取食爲害，水稻若在分蘗期被害形成枯心，若在孕穗期被害則成白穗。幼蟲亦在殘株或稻桿內越冬，殘株稻桿之處理是防治重點。

2.二化螟(*Chilo suppressalis* (Walker))

昔時爲地區性虫害，曾經一度取代三化螟之重要性，1960年代後期則逐漸變爲次要害蟲，1980年代初期才又普遍發生[16,39,48,47]。二化螟年發生4~6代，卵塊產於葉面或葉鞘上，孵化之幼蟲有群棲性，自葉鞘縫隙潛入取食葉鞘內側，致葉鞘萎黃枯死。隨後鑽入桿內爲害，造成枯心或白穗。越冬之幼蟲或蛹棲息於水稻殘株或稻桿內，因此堆積田邊或作畦面覆蓋等之稻桿就成爲該虫之擴散源，而殘株稻桿之處理也就成爲防治二化螟之重要工作。

3.瘤野螟(*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenéé))

俗稱稻縱捲葉蟲。在台灣地區雖然1912年即已被列爲水稻主要害蟲之一，但多爲偶發性，1960年以後逐漸普遍，1970年以後益形嚴重[15,34,61,65]。其原因一般認爲與栽植半矮性、豐產品種及密植、高氮肥等栽培技術有關。本蟲年發生約6~8代，在南部地區可能多達9~10代，於第二期稻孕穗期至齊穗期危害尤烈。幼蟲取食嫩葉葉肉，或潛入葉鞘啃食其內壁組織，二齡以後吐絲將葉之兩側綴合成縱行蟲苞，棲息其中沿葉脈取食，受害葉片呈縱行長條白色斑痕。

(三)稻細蠕(Steneotarsonemus spinki Smiley)

據稱1968年在台南官田鄉之局部地區即有稻不稔病發生[3]，1976年在中南部爆發嚴重，才被鑑定出來有稻細蠕之爲害[4,52]。造成水稻不稔症之原因見解不一，一般認爲是由稻細蠕與葉鞘腐敗病菌共同引起。而葉鞘腐敗病菌之感染，需經由稻細蠕的攜帶及其所造成的傷口侵入。因此，稻細蠕還是水稻不稔症的主要兇手[41,69,70]。1979年以後則鮮有發現不稔症，有學者推測可能與改植抗性品種有關。

(四)水稻水象鼻虫(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel)

水稻水象鼻蟲屬鞘翅目象鼻蟲科，原產於美國，爲害水稻。1976年入侵日本，10年之間即蔓延全日本[65]。1988年南韓亦發現該蟲，約5年有2/3的水

稻栽培區被爲害，擴散速度可謂驚人。台灣則在1990年首度在桃園發現[29,30]，一年之間即約有15,000公頃的水稻田被害，幸賴政府補助進行緊急防治，而得以緩和其蔓延速度。然而該蟲已在台灣立足，且已越過苗栗山區，向中南部擴散之中，應加以密切注意[31,32]。本蟲在台灣地區年發生二代以上，成蟲在田邊或林間之雜草、枯枝敗葉中越冬，水稻移植後而侵入爲害，白天其息於稻株基部，黃昏時爬至葉尖活動爲害葉部，沿葉脈造成寬約0.1長數公分之白色織紋狀食痕。卵產於水面下之葉鞘組織內，孵化後先在葉鞘內取食，1~3天後調入水中，並蛀入根部爲害呈碎洞狀食痕，使稻株黃化枯萎易被拔起、分蘖減少，發育明顯受阻[29]。

(五)福壽螺(*Ampullarium canaliculatus* Lamark)

福壽螺原產南美洲，屬於腹足綱(Gastropoda)，蘋果螺科(Ampullariidae)。與元寶螺(*Pila leopordvillensis* d'Orbigny)、梯狀福壽螺(*Pomacea scalaris* d'Orbigny)同爲臺灣常見之三種蘋果螺(apple snail)[38]。本螺約於1979-1980年間被非法引進養殖供作食用，後因口感不佳而被任意棄置於溝渠水田。因其適應力強、繁殖力高[20,23,37]，短時間內即有危害水稻之報導[22,40]。農作損失單在台灣1986年就達三千萬美元[73]，往後之危害更是有增無減。

福壽螺除了危害農作物之外，其體內寄生蟲也可能危及人體健康。在原產地已發現其外套腔內有寄生蟲，*Temnocephala inheringi* Haswell、*T. rochensis* Ponce de leön及*T. haswelli* Ponce de leön等扁形動物[74]。雖然被引進台灣時是以卵的形式，可能較無上述寄生蟲的疑慮，但可引起嗜伊紅性腦膜炎 (eosinophilic meningoencephalitis) 的廣東住血線蟲 (*Angiostongylus cantonensis* Dougherly)已在本地福壽螺的頭足部與內臟被發現[37]。所以，福壽螺的防治不只是農業問題，也是衛生問題。不只是農業從業人員的課題，更是應該全民參與的當務之急。

二、防治要領

有關害蟲防治方法的分類各家不一，常有重疊或歸類不同的困擾。一般而言，大致可區分爲法規(法律、檢疫等)、栽培(制度之輪作、間作、調整植期等；管理之清園、雜草、灌溉、肥培、土質、行株距等；選種之抗(耐)病蟲、抗(耐)寒或熱等)、生物(生物天敵、生物農藥、費洛蒙、生長調節劑、不

孕性處理等)、物理(溫度、濕度、光、色、套袋、障礙物、設施等)及化學(合成農藥、自然農藥等)等五類。除法規之外，其餘皆與栽培有關，而所有方法中除了合成農藥，其他都可稱爲非農藥防治。在害蟲密度超過經濟危害基準時不排除使用選擇性合成農藥的狀況下，如何在合乎三生總體效益的理想下將適當的方法適時、適度、適位地聯合應用也是一種藝術。

檢疫其實也是防疫的一環。尤其在加入WTO之後，農業方面無論是農產品、種苗、種仔、資材等的交流日益頻繁，檢疫是把關的第一防線。稍有疏忽，其影響層面難以想像。例如福壽螺，自被非法引進，大量飼養，後有因口感不佳而被任意棄置於田間，短短2、3年即造成水稻損失[40]。東南亞許多地區，如日本琉球(1981)、菲律賓(1982)、中國(1985)、韓國(1986)、蘇門答臘(1987)、印尼及泰國(1989)也陸續被發現[73]，足見檢疫把關之重要性。

防患於未然、瞭解害蟲、確實監測是害蟲防治的三要領。所謂防患於未然，即是預防勝於治療。基此原則，從栽培上著手是害蟲防治最合乎三生總體效益的理想方式。包括栽植前、栽植中及收穫後等作業，可以延緩害蟲的入侵或減少入侵的數量，並提高天敵存活與立足的機會。任何時期當害蟲密度超過經濟危害基準，甚至經濟閥值(economic threshold)[21,63]時即爲治療階段，此時瞭解害蟲與確實監測更是戰勝害蟲的關鍵。

(一)栽植前

1.慎選品種

除要符合市場需求外，選植抗病、蟲品種也是減少病蟲危害的好方法[57,71]。例如抗褐飛蝨品種嘉農秈11號、粳稻台農68號、69號及70號等[36,54,64]，但半矮性品種可能有利於瘤野螟的發生[64]。

2.種子消毒

消除與種子混存的病原，其目的除要育成健康秧苗外，亦避免萬一有病媒蟲入侵時造成病害急速擴散[45]。例如苗枯病(seeding blight)，數種真菌*Pyricularia oryzae, Helminthosporium oryzae, Curvularia lunata, Fusarium moniliforme, Trichoconis padwickii*等即爲種子傳播的病原。可用拮抗微生物、熱處理及化學藥劑等方法來消毒[66]。

3.耕作制度

從調整植期、輪作、休耕及綠肥等審慎操作[47,49]，整地時增加翻土之深度、次數及淹水、晒田之時間與次數[64]等，讓田間殘株、雜草及土中或縫隙之殘存病蟲源得以根除，可有效延緩害蟲的入侵時間與減少入侵數量。

(二)栽植中：重點在減少害蟲來源與增加天敵密度。可從五方面來著手。

1.微氣候

是指植株間的微氣候，可從行株距與每叢稻桿數加以調整。密植除影響操作、植株易徒長脆弱外，形成之微氣候可能有助於病蟲害的孳長[24]，也可能阻礙生物天敵的棲息與發揮[27]。

2.天敵保育

天敵在稻田內對害蟲密度具調節作用[26]，雖然雜草是天敵的棲所，但更是病蟲的中間寄主植物[8,11,14]，寧願以田埂覆蓋抑草蓆保育天敵[64]而不要留雜草。

3.施肥

一般多施氮肥可促進植株生長與加深葉片的色澤，但也同時提供害蟲發育與棲息的營養與微環境，反而有害[56]。磷肥有益於根部發育[18]，但也有利於螟蛾類的進駐與生長。鉀肥可增加矽的吸收，增厚細胞壁而增加稻莖的硬度[35,53]，較不易被危害稻莖的害蟲如螟蛾類、褐飛蝨等攻擊[64]。

4.灌排水

持續灌水有利於害蟲的發生，間隔排水、乾燥可降低害蟲的遷入與棲息。在直播田的幼苗期讓土壤自然乾燥至稍呈龜裂後再行間歇淺灌約1㎝，葉蟬類與飛蝨類的入侵量顯著減少，二化螟與瘤野螟之密度與危害亦明顯降低[64]。

5.選擇性用藥

近年來因爲永續經營的觀念已普遍被接受，水稻栽培的生態環境日趨穩定，施藥次數已明顯減少，害蟲天敵的種類與密度也顯著增加[A62,77]。長距遷移性的害蟲因受鄰近國家的影響，入侵數量較不易掌控，故於必要時應施用對天敵低影響的選擇性藥劑[9,28,72]，如布芬淨(buprofezin)、芬普尼(fipronil)或益達安(imidacloprid)等。

(三)收穫後

收穫後其實與栽植前在時間上有重疊，但此時主要是指清園，包括殘株、雜草之處理。殘株如稻樁提供二化螟的越冬場所[17,55]，應予焚燬或適當掩埋。或者將稻樁高度減至接近地面，再行灌水略淹過稻樁，約經2天後再行整地，一方面讓天敵有機會逃離[64]，一方面清除螟蛾的殘留。雜草通常是病蟲的中間寄主或棲息或越冬場所[13,33]。空檔處理：兩期作之間應有相當的空檔期，有足夠的時間讓上一期作殘留的害蟲蛹得以羽化出現，再加以撲滅。清園工作越確實，對於其他防治方法越有加乘的效果，絕對不可等閒視之。

當害蟲密度達到需要防治而要選擇適當的方法時，就有必要先瞭解害蟲。包括害蟲的種類、發生時期與數量消長、危害與棲息部位、以及最容易被防治的蟲期等。以此爲基礎，隨時確實監測害蟲的發生種類與數量，即可掌握適當的防治時機、部位及使用量等三個防治原則，達到事半功倍的效果。其中又以時機的把握最爲首要，在害蟲發生初期族群密度尚低，甚至尚未發現時就加以防治最爲上策。其實防患於未然也是把握防治時機的一種體現。防治部位是所謂的對症下藥，瞭解害蟲的生物特性與生活習性，針對弱點蟲期在正確部位選行適當的方法，使人力、物力得到最經濟有效的發揮。例如費洛蒙適用於害蟲的成蟲期，卵寄生蜂適用於卵期，蘇力菌則適用於鱗翅目害虫之幼蟲期。褐飛蝨喜棲於稻桿間近水面處，斑飛蝨則在稻株上部或稻穗處，二化螟蛀食稻桿[55]，瘤野螟則危害葉片。將適當的防治資材施放於標的部位，才更能經濟有效。使用量則包括單位面積之使用量、時間間隔及次數等，無論任何防治法都直接影響防治成本。

結　語

儘管水稻在農業中的重要性不比昔日，且非高經濟作物，然而稻米仍是國人之主食，有其重要地位。生產過程中，病蟲害管理常是主要的成本耗費。雖然降低生產成本是一致追求的目標，但爲了不違背三生總體效益，防治措施上確實有值得深思之處。若能透過對各種病蟲害發生特性的瞭解，並有效運作已行之有年的預測系統及其所累積之資料與經驗，結合資訊網路在時間與空間上全面性的規劃與管理，用與生態環境共生、預防勝於治療的態度將害蟲防患於未然，使所有防治措施皆能把握適時、適度、適位的原則，水稻

栽培機制將更臻完善。無論栽培前後或過程中的任何操作都具有防治的意義，而且可以合乎永續的經營。任何一個環節的疏忽怠惰，都是預防上的缺口，不但有可能降低產品品質，也可能因此要付出龐大的治療成本。

引用文獻

1. 三輪勇四郎。1943。台灣害蟲名彙。台灣農會16: 242。
2. 方敏男。1972。台中區黑尾浮塵子抗藥性之初步試驗觀測。臺灣農業8(4):105-114。
3. 方新政。1976。水稻不稔症之初步探討。台南區農業改良場報告3。
4. 方新政。1980。水稻不稔症之發生原因及其防治試驗。植保會刊22:82-89。
5. 古德業、王順成。1977。水稻褐飛蝨對常用殺蟲劑之抗藥性現狀研究。臺灣農業13(4): 9-18。
6. 古德業、王順成。1978。水稻黑尾葉蟬對常用殺蟲劑之抗藥性現狀研究(II)。植保會刊20:21-32。
7. 古德業、辛竹英、王順成。1976。常用殺蟲劑對水稻褐飛蝨和黑尾葉蟬之抗藥性研究。臺灣農業12(3):148-164。
8. 朱耀沂、何坤耀、李玉珊。1983。不同寄主植物對瘤野螟生長之影響。中華昆蟲3: 75-92。
9. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠。1975。數種殺蟲劑對褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))浮塵子(*Nephotettix cincticeps* Uhler)及其捕食性天敵六點狼蛛(*Lycosa pseudoannulata* Boes. et Str.)之相對毒性。植保會刊17:424-430。
10. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃。1976。九種防治二化螟殺蟲劑對水稻害蟲及其捕食性天敵之相對毒性。植保會刊18:369-376。
11. 朱耀沂、洪士程、賴紫薇、陳禹西。1986。台灣北部地區褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))以卵期越冬之探討。植保會刊28:123-132。
12. 朱耀沂、楊平世。1980。褐飛蝨在台灣日據時代經濟重要性之探討。昆虫會會學報15:35-44。
13. 朱耀沂、楊平世、石正人。1984。冬季水稻休耕田中褐飛蝨族群密度之調查。植保會刊27:117-134。
14. 朱耀沂、劉瑞芬。1981。僞黑尾浮塵子在不同禾本科植物上之食數及蜜露排泄量之比較。植保會刊23:243-253。
15. 朱耀沂、鄭清煥。1996。台灣光復前水稻害虫研究之沿革。植保會刊38:79-98。
16. 何火樹。1963。台中二化螟之生態觀察及其防治試驗。植保會刊5:15-36。

17. 何火樹、劉達修。1970。台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。臺灣農業7(4):77-84。
18. 吳啓東、溫西濱、林國謙。1960。氮磷化成肥料對水稻之效應試驗。農業研究9:38-44。
19. 李仍亮。1950。談臺灣水稻病蟲害防治的今昔。臺灣農林4(23):28-29。
20. 李彥錚、巫文隆。1996。台灣的福壽螺*Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819)研究。貝類學報20:43-50。
21. 易希陶。1963。經濟昆虫學。下冊。國立編譯館出版。464頁。
22. 林金樹。1985。福壽螺爲害水稻損失估計。台中區農業改良場研究會報11:43-52。
23. 林金樹。1986。福壽螺之生態觀察。台中區農業改良場研究會報13:59-66。
24. 林珪瑞。1970。稻田小氣候與稻飛蝨發生關係之觀察。植保會刊12:184-189。
25. 邱人璋。1971。水稻黃葉病。稻作病害。p.155-178。中國農村復興聯合委員會刊印。
26. 邱瑞珍。1978。水稻僞黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵。水稻病蟲害：生態與流行學。pp.47-82。邱人璋(編)。中國農村復興聯合委員會刊印。
27. 邱瑞珍、陳炳輝。1981。水稻行株距對稻褐飛蝨與其捕食性蜘蛛發生之影響。中華農業研究30:270-276。
28. 邱瑞珍、鄭清煥。1976。防治稻蟲藥劑對飛蝨葉蟬類捕食性天敵之毒性。植保會刊18:254-260。
29. 施錫彬。1991。台灣新發現之水稻水象鼻蟲生態。桃園區農業改良場研究報告7:61-67。
30. 施錫彬。1992。水稻水象鼻蟲族群變動及防治。桃園區農業改良場研究報告11:33-45。
31. 施錫彬。1996。台灣水稻水象鼻蟲防治技術之改進。桃園區農業改良場研究報告19:35-43。
32. 施錫彬。1996。桃園地區水稻水象鼻蟲之遷移及危害評估研究。桃園區農業改良場研究報告27:31-41。
33. 秦思原、楊正澤、陳明義。2004。台灣中部荒廢農地昆蟲群聚與植物防疫。新世紀植物防檢疫研討會。台灣昆蟲特刊6:293-305。
34. 貢穀紳。1954。燈光誘集瘤野螟之分析。農林學報3:77-95。
35. 張守敬、劉興兆。1959。矽酸對水稻生育之作用。科學農業8:117-123。
36. 張萬來。1982。水稻台農68號。豐年32(22):37-38。

37. 張寬敏。1986。在台灣猖獗的福壽螺。貝友10:34-43。
38. 張寬敏。1994。台灣新發現的梯狀福壽螺。貝友20:5-7。
39. 許兩順。1964。花蓮水稻二化螟蟲爲害習性調查及藥劑防治試驗。植保會刊6:36。
40. 陳武揚。1985。防除福壽螺確保農作物生產。臺中區農推專訊22。
41. 陳秋男、程建中、蘇文瀛、何坤耀。1980。稻細蟎之生態與水稻不稔症之關係。植保會刊20:63-82。
42. 陳秋男、蘇文瀛、楊惠琴、陳麗芳。1982。台灣水稻害虫圖譜。p.40。台灣植物保護中心印行。
43. 陳慶忠。1978。本省傳播水稻毒素病或類似毒素病害同翅目害虫之發生及其防治。中央研究院動物所專刊3:113-122。
44. 陳慶忠、柯文華。1989。臺灣水稻縞葉枯病流行病學研究。植保會刊31:290-303。
45. 陳慶忠、張念台、王玉沙、柯文華。1989。水稻育苗箱施用粒劑防除毒素病效果之探討研究。台中區農業改良場研究彙報(新)3: 42-47。
46. 陶家駒。1953。臺灣三化螟蟲防治問題之探討。臺灣農林7(5):12-16。
47. 陶家驊。1966。水稻害蟲。臺灣植物保護工作：昆蟲篇(1940-1965) p.285-602。。
48. 陶家驊。1966。台灣二化螟發生猖獗誘因之研究。植保會刊8:173-202。
49. 陶家驊。1966。台灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業14:273-288。
50. 植物保護手冊。2002。水稻害蟲。p.41-87。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所編印。
51. 堀健、素木得一。1910。台灣の害蟲に關する調查。台灣總督府農業試驗場特別報告。1: 228頁。
52. 曾義雄。1978。臺灣引用水稻不稔症細蟎之學名及中名用語之商榷。植保會刊20:175-176。
53. 曾憲鼎、王接皇、幫守敬。1959。鉀肥對水稻之肥效。科學農業7(11-12):248-253。
54. 黃真生、卜瑞雄、陳正昌、正清煥。1985。水稻台農69號之育成。中華農業研究34:125-1354。
55. 劉達修。1977。二化螟蟲對水稻之爲害觀察。科學發展月刊5(3):185-188。
56. 鄭清煥。1971。施用氮肥對水稻抵抗褐飛蝨之影響。農業研究20(3):21-30。
57. 鄭清煥。1976。新育成抵抗褐飛蝨水稻品種(系)室內抗蟲反應及田間表現。中華農業研究25:259-268。

58. 鄭清煥。1978。台灣第一、二期水稻害蟲發生情形及其對產量之影響。台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯。p.191-205。謝順景、劉大江(編)。行政院國家科學委員會出版。
59. 鄭清煥。1979。褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計。植保會刊18:147-160。
60. 鄭清煥。1980。第一期稻作黑尾葉蟬棲群成長型式及其直接爲害經濟防治適期之研究。昆虫學會會報15:133-144。
61. 鄭清煥。1987。嘉南地區瘤野螟虫之生態觀察。植保會刊29:135-146。
62. 鄭清煥。1995。水稻害蟲之綜合防治。永續農業研究及推廣研討會專輯。p.166-178。林俊義、洪梅珠(編)。中華永續農業協會編印。
63. 鄭清煥。2003。作物害蟲綜合管理策略的建立與實施。植物健康管理研討會專刊。印刷中。
64. 鄭清煥。2004。台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊。農業試驗所特刊106:11-38。
65. 鄭清煥、朱耀沂。1999。台灣光復後水稻害虫之發生演變及防治研究之回顧。植保會刊41:9-34。
66. 鄭清煥、羅幹成、蔣慕琰、黃益田、蔣永正、劉清和、陳治官、施錫彬、徐保雄、洪士程、林慶元、劉達修。2002。水稻保護。上冊。植物保護圖鑑系列。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局出版。
67. 謝氏拌鈺、邱人璋。1969。臺灣水稻新毒素病－稿葉枯病(摘要)。植保會刊11:75。
68. 簡錦忠。1978。台灣第一、二期水稻害蟲發生情形及其對產量之影響。台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯。p.191-205。謝順景、劉大江(編)。行政院國家科學委員會出版。
69. 簡錦忠。1980。稻葉鞘府敗病之研究及其對不稔症發生關係。植保會刊22:31-39。
70. 羅幹成、何琦琛。1980。稻細蠕之研究。植保會刊22:1-9。
71. Cheng, C.H. 1984. Studies on integrated control of brown planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stål) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 4: 149-167.
72. Heinrichs, E.A., W.H. Ressig, S. Valencia and S. Chelliah. 1982. Rates and effect of resurgence-inducing insecticides on population of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and its predators. Environ Entomol. 11: 1269-1273.
73. Mochida, O. 1991. Spread of freshwater *Pomacea canaliculata* (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. Micronesica Suppl. 3: 51-62.

74. Ponce de leön, R. 1989. Destription of *Temnocephala haswelli* n. sp. (Platyhelminthes) from the mantle cavity of *Pomacea canaliculatus* (Lamark). J. Parasitology, 75: 524-526.
75. Tao, C.H. and D.N. Ngo. 1960. Report on research of rice crop protection from insects in Vietnam, 1968-1969. J. Taiwan Agric. Res. 19(3): 1-14.

The Major Arthropod Pests on Rice and The Essential Ways of Their Control

Jih-Zu Yu and Derh-Chong Wu

Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute
Council of Agriculture

Abstract

Species of the arthropod pests on rice are numerous in Taiwan. The major species are alternate owing to the different cultural cultivars, seasons, areas, farming types, and stratagems of pest control, and thus the name of the 5 or 6 primary pests. The essence of modern arthropod pests control is that the pests are not to be completely wiped out but controlled so that their population densities are under the economic injury level and we can live with them. It is a type of agricultural production to practice the overall effectiveness of sustainable ecology, life quality, and good production. Precautions, fully understanding of arthropod pests, and reliable monitoring are the three essential ways of controlling arthropod pests. Based on the ideas of ecological living and prevention better than cure, we can use such cultural practices as framing types and field management to reduce the quantities of invading and increasing arthropod pests. By the same token we also enhance the surviving opportunities of natural enemies and their establishment. Further, along with the understanding and monitoring of arthropod pests, we carry out the proper control way on weak stages and habitats of arthropod pests during suitable times to maintain the population density of arthropod pest under economic injury level. We do not object the proper use of chemical pesticides if the principle of overall effectiveness is not violated.

Key words: rice arthropod pests, arthropod pests control, integrated pest management.

水稻健康管理研討會 119~142 (2004)

有機稻田雜草害防治

陳世雄[1]、王淑敏[1]

[1]國立中興大學農藝學系

摘　要

本研究自2001年二期作至2002年二期作連續三期作進行田間試驗，探討有機稻田不同雜草控制方法的防治效果，及其對水稻生長、產量和稻米品質之影響。

連續三期作試驗結果顯示，2002年一期作以紙膜及飼鴨處理抑制雜草效果最佳，抑制效果均達99%以上。滿江紅及米糠抑制雜草效果次之。2002年二期作試驗結果顯示，仍以紙膜敷蓋處理對雜草的防治效果最好，而飼鴨處理抑制雜草效果亦佳，抑制效果達99.5%。黃豆粉施用0.3 kg/m^{2}即可有效抑制雜草族群74.8%。施用米糠也造成相同結果，0.5 kg/m^{2}用量即可。

2001二期作、2002一、二期作均以飼鴨處理稻穀產量最高，主要是因穗數的增加。稻穀產量對鴨子飼養密度呈二次曲線關係，Y (產量)=620+58.58X－0.1445X^2，推薦最適(optimal)飼鴨密度爲每公頃飼養202隻，可獲得最高稻穀產量。各雜草控制方法間對米飯食味總評無顯著差異。

綜合試驗結果顯示，紙膜敷蓋能有效控制雜草族群，但紙膜成本太高，且其成分是否符合有機農產品生產基準尚有疑慮。一期作利用滿江紅及黃豆粉敷蓋控制雜草也可以得到不錯的效果，且成本低。在水田裡飼養鴨子不僅能防除雜草，也會捕食昆蟲及福壽螺，降低蟲害、福壽螺危害及防治成本。

關鍵字：水稻、雜草控制、鴨子、有機栽培。

前　言

雜草包括了非經傳播或對於經濟、人和禽畜有害之植物。雜草與田間農作物競爭空間、水分、養分與陽光，導致栽培作物產量與品質降低。此外，雜草也成爲病原菌、害蟲及老鼠之寄生或棲息所在，因而增加防治上的困難。有機栽培過程不能使用任何化學農藥及肥料，導致病蟲害防治不易外，雜草的控制也很困難。從雜草發生與競爭特性不難理解，雜草防治在有機栽培體

系，實爲不易克服的難題。根據估算，全球由雜草所引起的稻作產量和品質損失約爲10% [30]。稻作面積爲我國各作物之首，栽培面積332,183公頃[1]。傳統之稻作栽培，除草完全依靠人力及簡單工具。70年代晚期除草劑普遍使用，使稻作栽培雜草防除之艱辛大爲降低。2000年台灣農藥使用量39,597公噸，其中除草劑使用量15,687公噸，佔39.6% [1]。現代農業太過依賴農藥、化學肥料，導致地力衰退、農產品遭污染、水質惡化及生態不平衡等問題，威脅人類健康與生活環境。

我國已於2002年加入世界貿易組織(WTO)，政府爲因應我國加入WTO後，國外廉價稻米開放進口，對國內稻米市場所帶來的衝擊，因此極力推廣實施水稻有機栽培，提昇國產米品質，以增強市場的競爭力。國外有機農產品進口到我國時，在病蟲害的防疫檢疫上必須經過燻蒸處理，才准進口，然燻蒸過的農產品不符合我國有機農產品生產基準，因此，保障我國有機稻米的生產空間。有機米是指在栽培過程中不使用化學肥料、化學合成農藥、除草劑、生長調節劑等，且依照良質米栽培方法乾燥、碾製技術所生產之稻米稱爲有機米。農政單位自1995年積極推動水稻有機栽培，至 2003年經由台中區農業改良場統計栽培面積已達1,110公頃。有機栽培具有環境生態保育、有機質廢棄物再利用、水質源維護及土壤永續經營等多重意義。因此，爲了使我們生活品質提昇，恢復蟲鳴鳥叫的自然音符環境，施行有機栽培實爲刻不容緩的工作。

由於有機水稻栽培不能施用化學藥劑，使得雜草防治極爲困難，成爲有機水稻栽培最大的勞力負擔，也造成有機水稻推廣上的重大限制。如何改進有機稻田的雜草控制，實爲當前推廣有機水稻栽培，急待解決之重要問題。

爲了減少傳統農業對環境所帶來的污染，並節省有機稻田雜草防治成本。因此，本試驗探討有機稻田各種雜草防除方法之效果，期能做爲推廣有機水稻栽培雜草防治之參考。

材料與方法

一、試驗品種

水稻品種爲台粳9號(TK9)。於中興大學農業試驗場(台中縣霧峰鄉北溝)第一試驗區進行試驗。

二、試驗期間

2001年二期作：七月二十六日插秧，十一月十二日收穫。
2002年一期作：二月四日插秧，六月三日收穫。
2002年二期作：七月二十二日插秧，十一月八日收穫。

三、試驗方法

(一)2001年二期作：

行株距30x20公分。三重複。小區面積12平方公尺。採完全逢機設計。雜草控制處理包括紙膜敷蓋、滿江紅、穀殼、煙燻穀殼、飼養鴨子及對照等處理。紙膜爲永豐餘公司提供，規格150 g/m^2。滿江紅品種爲利馬種，接種量0.2 kg/m^2。稻殼施用量0.6 kg/m^2。煙燻穀殼施用量0.5 kg/m^2 [(4)]。飼鴨密度每公頃100隻，於插秧後10天進行飼放。對照組即不施用任何處理，其他處理於插秧後隨之施用。

(二)2002年一期作：

田間設計與2001二期作相同。上期作所有雜草控制處理均繼續進行，稻殼處理容易引來鳥類啄食，鳥糞帶來雜草種子，本期作不再列入處理。此外，生黃豆粉和米糠均爲未腐熟之有機資材，施用到水田，進行有氧發酵過程會消耗水中之氧氣致使土表之雜草種子無法發芽。因此，本期作試驗材料增加黃豆粉(N:P:K=7:0.6:2.4)及米糠(N:P:K=2.4:0.4:1.8)，施用量以能敷蓋整個田面爲原則，其使用量分別爲0.3 kg/m^2及0.5 kg/m^2。三個等級飼鴨密度，每公頃分別放飼100、200及300隻，於插秧後14天進行飼放。對照組即不施用任何處理，其他處理於插秧後隨之施用。

(三)2002年二期作：

田間設計與2002一期作相同。一期作飼鴨處理，以每公頃飼鴨密度200隻處理之稻穀產量最高，雜草控制效果佳，所以本期作飼鴨密度採行每公頃200隻，於插秧後10天進行飼放。依據上期作黃豆粉及米糠對雜草控制效果均較對照組達顯著差異。因此，本期作將黃豆粉施用量分成0.3、0.6及0.9 kg/m^2等三個等級，米糠則爲0.5、1及1.5 kg/m^2，以探討最適使用量。

四、土壤調查項目

土壤氧化還原電位

測定前一天，土壤插入自製白金電極，插入深度爲5公分，每小區5支，平衡24小時後，以pH meter測量土壤氧化還原電位。

五、水稻產量之調查

六、稻田雜草之調查

水稻收穫後，每小區逢機選取2個點，每個點面積爲1平方公尺，收割點內的所有雜草，秤量其鮮重及乾重，求其平均爲小區之單位雜草重量。

七、米飯食味品評

結果與討論

一、雜草控制方法對土壤氧化還原電位之影響

不同雜草控制處理，可能會影響到土壤與空氣中的氣體交換，因而營造出土壤氧化還原電位之變化。本試驗於2002年一、二期作之田間試驗，在水稻營養生長期間測定土壤氧化還原電位。結果顯示，一期作在插秧後10天測得之土壤氧化還原電位介於-180~-220 mv之間，僅有紙膜敷蓋處理之土壤氧化還原電位較低，爲-250 mv (圖一)。造成紙膜敷蓋處理土壤氧化還原電位最低之原因，可能在於紙膜敷蓋阻礙水中的氧氣擴散到土壤的速率所致。

在插秧後20天，以紙膜敷蓋處理之土壤氧化還原電位-283 mv最低，米糠和黃豆粉敷蓋處理之土壤氧化還原電位也很低，分別爲-259及-252 mv，此三處理之土壤氧化還原電位皆低於對照組之土壤氧化還原電位-224 mv。

三個飼鴨處理之土壤氧化還原電位介於-220~-232 mv之間，與對照組之土壤氧化還原電位差異不大。造成此時期米糠及黃豆粉敷蓋處理之土壤氧化還原電位最低的原因，歸因於這期間米糠和黃豆粉發酵旺盛，大量微生物活動消耗氧氣所致。

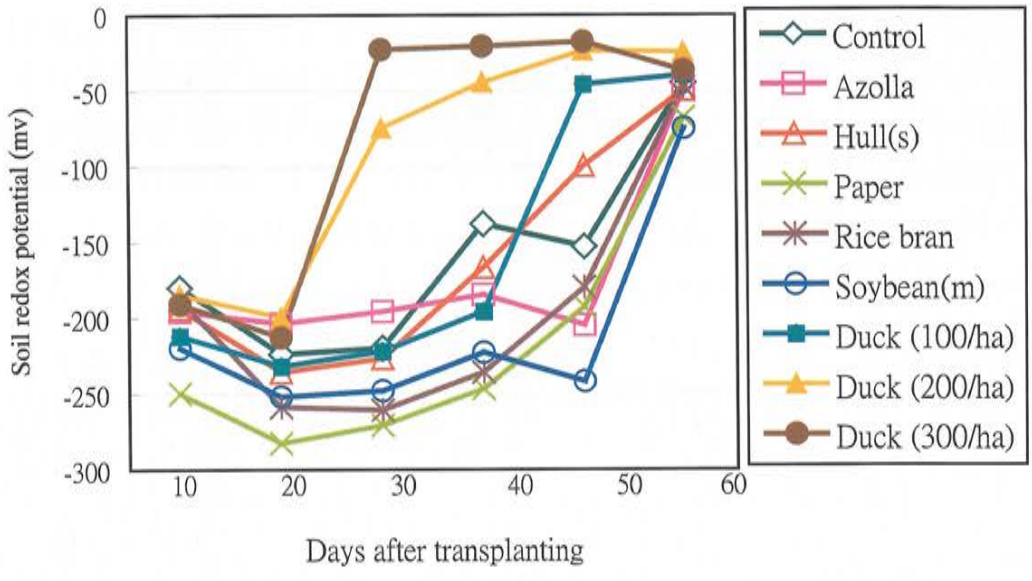
在插秧後30天，每公頃飼鴨100隻處理之土壤氧化還原電位爲-222 mv，與對照組織土壤氧化還原電位-220 mv相近，但每公頃飼鴨200及300隻處理之土壤氧化還原電位最高，分別爲-75及-23 mv，明顯比對照組高出許多。顯示鴨子在稻田行走，拍動水面，有助於稻田土壤、水與大氣介面之氣體交換。隨著鴨子的長大，活動力更加旺盛，使得在插秧後50天，三個飼鴨密度處理所測得之土壤氧化還原電位均較高，介於-18~-46mv，與對照組呈明顯差異。

在插秧後50天停止灌水，土壤氧化還原電位迅速升高，至插秧後60天所測得之土壤氧化還原電位提昇至-25~-75 mv左右(圖一)。

2002年二期作由於水稻生育初期高溫，加速微生物對米糠及黃豆粉的分解，使得米糠及黃豆粉各等級用量處理之土壤氧化還原電位皆較對照組低。米糠及黃豆粉敷蓋處理在插秧後10天之土壤氧化還原電位介於-293~-312 mv，明顯較對照組低149~168 mv。

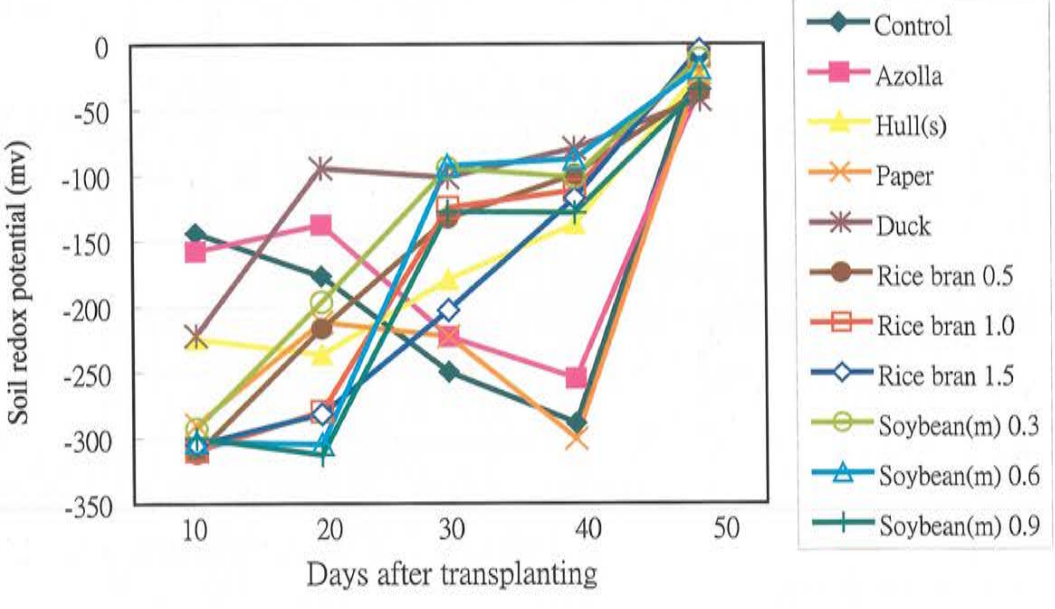
每平方公尺施用米糠0.5公斤及黃豆粉0.3公斤之處理，在插秧後20天，其土壤氧化還原電位迅速提昇，分別上升95及96 mv。在插秧後30天測得之土壤氧化還原電位，米糠及黃豆粉各等級處理皆明顯提昇，米糠敷蓋處理從-217~-282 mv提昇至-125~-203 mv，黃豆粉處理由-197~-313 mv提昇至-93~-128 mv。在插秧後40天，米糠處理更提昇至-100~-118 mv。造成土壤氧化還原電位提昇，主要是由於大部分有機質已分解，導致微生物活動趨緩。

在飼鴨處理方面，插秧後10天測得之土壤氧化還原電位是-222 mv，在插秧後20天測得之土壤氧化還原電位爲-95 mv，明顯提昇了127 mv，爾後在插秧後30及40天之土壤氧化還原皆維持在-80~-102 mv。隨著插秧後40天的曬田，土壤氧化還原電位明顯提昇，在插秧後50天測得之土壤氧化還原電位提昇至-5~-43 mv(圖二)。



圖一、不同雜草控制方法對土壤氧化還原電位之影響(2002 年一期作)。

Fig. 1. Changes of soil redox potential as affected by different mulching treatments for weed control (AES, NCHU; 1st crop, 2002).



圖二、不同雜草控制方法對土壤氧化還原電位之影響(2002 年二期作)。

Fig. 2. Changes of soil redox potential as affected by different mulching treatments for weed control (AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

綜合以上試驗結果得知，飼鴨處理後之水田土壤氧化還原電位上升，有助於水稻根系之發育。米糠及黃豆粉敷蓋處理，在初期發酵過程需大量的氧氣，進行有氧發酵作用，造成土壤氧化還原電位急劇下降，不利水稻的生長發育，甚至造成水稻幼苗死亡。所以其施用量需配合氣候條件酌量調整施用，以利水稻植株之生長。

三、不同控制方法對雜草生質量之影響

台灣由於灌溉系統發達，普遍施行雙期作栽培，但兩期作環境差異大。就田間雜草而言，最重要差別在一、二期作水稻整地前之田面雜草萌生狀況及初期溫度。一期作常有大量冬生型旱田雜草，二期作則多爲稗草及自生稻。由於一、二期作初期之平均氣溫差達10℃以上，溫度之差異對雜草萌芽及生長發育均有很大影響。一期作低溫下，雜草種子萌芽慢且期間長。稗草發育至3片真葉，一期作需18天，二期作則僅需8天。鴨舌草萌芽高峰，一期作在整地兩週之後，二期作初期由於高溫，僅需3~4日即達高峰。兩期作間，雜草營養生長之快慢差異明顯。同一種雜草，二期作整地後30天之株高及重量，約與一期作整地後60天相當。因此二期作雜草競爭之危害程度，高於一期作(6)。

2002年一期作，不同雜草控制方法間，以紙膜敷蓋及飼鴨處理防治雜草效果最佳，對雜草鮮重及乾重均達到99%的抑制效果(表一)。米糠敷蓋及接種滿江紅處理對雜草防治效果次之，相較於對照組，雜草鮮重分別減少95.5%及86.4%，平均雜草乾重分別減少95.8%及88.2% (表一)。

綜合以上試驗結果得知，飼鴨處理後之水田土壤氧化還原電位上升，有助於水稻根系之發育。米糠及黃豆粉敷蓋處理，在初期發酵過程需大量的氧氣，進行有氧發酵作用，造成土壤氧化還原電位急劇下降，不利水稻的生長發育，甚至造成水稻幼苗死亡。所以其施用量需配合氣候條件酌量調整施用，以利水稻植株之生長。

四、不同控制方法對雜草生質量之影響

台灣由於灌溉系統發達，普遍施行雙期作栽培，但兩期作環境差異大。就田間雜草而言，最重要差別在一、二期作水稻整地前之田面雜草萌生狀況及初期溫度。一期作常有大量冬生型旱田雜草，二期作則多爲稗草及自生稻。

由於一、二期作初期之平均氣溫差達10℃以上，溫度之差異對雜草萌芽及生長發育均有很大影響。一期作低溫下，雜草種子萌芽慢且期間長。稗草發育至3片真葉，一期作需18天，二期作則僅需8天。鴨舌草萌芽高峰，一期作在整地兩週之後，二期作初期由於高溫，僅需3~4日即達高峰。兩期作間，雜草營養生長之快慢差異明顯。同一種雜草，二期作整地後30天之株高及重量，約與一期作整地後60天相當。因此二期作雜草競爭之危害程度，高於一期作(6)。

2002年一期作，不同雜草控制方法間，以紙膜敷蓋及飼鴨處理防治雜草效果最佳，對雜草鮮重及乾重均達到99%的抑制效果(表一)。米糠敷蓋及接種滿江紅處理對雜草防治效果次之，相較於對照組，雜草鮮重分別減少95.5%及86.4%，平均雜草乾重分別減少95.8%及88.2%(表一)。

表一、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對雜草生質量之影響(2002 年一期作)
Table 1. Biomass of weeds (g/m^2) as affected by treatments of weed control on paddy fields of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) under organic farming (AES, NCHU; 1st crop, 2002).

Treatment	Fresh weight	Dry weight
	g/m^2	g/m^2
Control	702.6a	256.7a
Paper	0.0d	0.0c
Soybean(m)	312.6c	109.2b
Hull(s)	452.5b	142.8b
Azolla	95.3d	30.3c
Rice bran	31.8d	10.9c
Duck (100/ha)	0.0d	0.0c
Duck (200/ha)	0.0d	0.0c
Duck (300/ha)	0.0d	0.0c

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

本試驗結果顯示，雖然以煙燻稻殼敷蓋處理防治雜草效果最差，但相較於對照組，雜草生質量仍明顯減少，平均雜草鮮重及乾重分別減少35.6%及44.4% (表一)，黃豆粉敷蓋處理對雜草防治效果不佳，田間調查顯示，黃豆粉處理區雜草數量不多，雜草相以稗草爲主。由於稗草生長較水稻植株快速，與水稻競爭養分，造成水稻植株生育緩慢，導致產量下降。三個等級飼鴨密度(每公頃100、200及300隻)處理對雜草抑制效果，均較對照組佳。

2002年二期作調查之雜草鮮重及乾重。結果與前期作相同，仍以紙膜敷蓋處理防治雜草效果最好，對雜草鮮重及乾重抑制效果均達99%以上(表二)。飼鴨處理抑制雜草效果次之，相較於對照處理，雜草鮮重及乾重均減少99%。煙燻稻殼敷蓋、米糠敷蓋及接種滿江紅處理抑制雜草效果也不錯。黃豆粉敷蓋處理抑制雜草效果最差，但仍與對照區達顯著差異(表二)。

表二、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對雜草生質量之影響(2002 年二期作)
Table 2. Biomass of weeds (g/m^2) as affected by treatments of weed control on paddy fields of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) under organic farming (AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

Treatment		Fresh weight	Dry weight
	kg/m^2	g/m^2	g/m^2
Control		1592.6a	530.9a
Paper		0.0b	0.0c
Hull(s)		115.4b	28.6c
Azolla		308.6b	49.4c
Soybean(m)	0.3	401.2b	172.8b
Soybean(m)	0.6	0.0b	0.0c
Soybean(m)	0.9	0.0b	0.0c
Rice bran	0.5	228.4b	86.4bc
Rice bran	1.0	0.0b	0.0c
Rice bran	1.5	0.0b	0.0c
Duck		8.3b	2.8c

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
Soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

黃豆粉每平方公尺施用0.6及0.9公斤和米糠每平方公尺施用1及1.5公斤處理，雖都沒有雜草發生，雜草防治效果佳，對雜草鮮重及乾重抑制效果達99%，但因施用量過高，相對也會造成水稻植株傷害，施用量愈高，危害愈爲嚴重，甚至造成秧苗死亡(表二)。高用量每平方公尺施用1.5公斤米糠，造成秧苗死亡高達100%，而黃豆粉每平方公尺施用0.9公斤，也會使秧苗的死亡率達21.4%。

二期作初期適逢夏季高溫，雜草繁衍迅速，致使二期作雜草生質量較一期作增加，顯示二期作由於雜草生長旺盛，增加雜草防治的困難性。

分析2002年一、二期作黃豆粉處理抑制雜草效果不佳的原因，可能是黃豆粉中夾雜著稗草種子，導致此處理區之草種均爲稗草，稗草由於植體高大，因此鮮重及乾重均較重。黃豆粉施用量每平方公尺0.6及0.9公斤和米糠施用量每平方公尺1及1.5公尺處理抑制雜草效果佳，原因是黃豆粉及米糠均是未發酵之生鮮有機資材，施到稻田遇水即進行發酵，發酵過程會產生高溫，高溫的環境使雜草種子無法萌芽。同時也由於水中氧氣不足，發酵產生大量還原及毒害物質造成水中及土壤中的氧化還原電位急速下降，使雜草種子缺氧無法萌發，雜草幼苗的根系也無法伸長而死亡[10,29]。同樣地，施用過量的黃豆粉和米糠也會造成水稻植株的傷害，甚至死亡。日本學者指出米糠在水稻插秧後愈早施用，並配合插秧前多次的耕犁次數，對於雜草抑制效果愈好，且施用量在100~200 g/m^{2}即可達到抑制雜草效果[9,10]。台灣地處亞熱帶，夏季氣候高溫炎熱，與溫帶國家日本之氣候環境迥異。我國一期作水稻插秧前後之氣候環境與日本較相近，皆屬低溫，利用有機肥在此低溫環境下緩慢發酵，能有效控制雜草之萌發生長。二期作則由於水稻生育初期高溫，促使所施用之有機肥發酵劇烈，除可有效抑制雜草生長外，亦對水稻幼苗造成傷害。所以，我國二期作若利用生鮮有機資材來防治雜草，應提早至插秧前一至二星期施用或整地時施用至田間，以降低有機資材對水稻秧苗造成傷害，適當用量及用法，仍需進一步試驗探討。

2002年一期作煙燻稻殼處理對雜草抑制效果不佳的原因，可能是煙燻稻殼製造過程，由於經驗不足，過度燃燒造成部份稻殼灰化，施到稻田遇水即溶解，不但無法達到敷蓋抑制雜草效果，反而成爲雜草養分來源，致使雜草生長旺盛，抑制雜草效果不佳。2002年二期作特別注意改進稻殼煙燻技術，

所製造之煙燻稻殼田間觀察結果已明顯改善上述之缺點，可以有效抑制雜草族群。

2002年二期作滿江紅處理抑制雜草效果較一期作不佳的原因，主要是二期作水稻生育初期氣溫太高，影響滿江紅的生育，降低其對雜草的控制效果。對溫度適應性而言，滿江紅在溫度介於25~30℃間生長良好，當水溫高於35℃時生長緩慢，水溫高達40℃時則會死亡。滿江紅在光照9000 Lux以上生長良好，在12000 Lux以上生長成飽和狀態。pH值的適應範圍在4.5~8.5之間，以pH 5.5時生長情形最佳[14,33]。

2002年二期作鴨子處理有少許雜草，這些雜草均是稗草，在同一田區中連續飼養鴨子，利用鴨子來控制雜草，會使得某些草種成爲優勢族群。本試驗中發現，連續飼鴨處理三期作，稗草變成此區之優勢草種，如果要根除仍需利用人工拔除。日本學者指出，利用鴨子雖能有效控制水稻田中的雜草，但對雀稗、水蓼及螢藺這三種雜草較無法有效地控制[11]。在鴨子連續耕作下，鴨舌草、紅骨草及三蕊溝繁縷雜草族群會減少， 但假柳葉菜與多花水莧菜則逐年增加。本試驗田間主要雜草爲稗草、尖瓣花(*Sphenochloa zeylanica*)、球花蒿草及鴨舌草，並有少量的螢藺。稗草屬於光合作用效率較高，適應高溫強光之C_4型植物。水稻長久栽培過程中，適應力差之稗草多被淘汰，在水田中危害之稗草其外觀及生態需求與水稻極爲相近。由於對光線、養分及水分之競爭力大，繁殖及散播力強，並爲多種水稻病蟲之寄主，因此，稗草是水田中危害潛力最高之雜草。球花蒿草是水田最常見之莎草科雜草，我國80%以上之水稻田受此雜草危害，對水田環境適應力強。鴨舌草在我國各地常見，發生田區之比率相當高。種子發芽需飽和水至淹水之環境；非水田狀況極少發生。我國二期作之高溫下，萌芽及發育快速，危害潛力高，與稗草同爲水稻田重要之雜草。螢藺水生性強，土壤水分含量較低之田區不發芽或生長不良，我國各地水田均可發現，排水不良田區危害較嚴重。種子具不同程度休眠性，田間發芽及萌芽極不整齊。稻田中晚期萌芽之螢藺生長勢弱，但可忍受遮光，能在逆境下產生種子，延續後代。尖瓣花適應熱帶至亞熱帶氣候，潮濕土壤適合其生長，屬於中大型水田雜草，對水稻之危害潛力大，分佈地區及發生密度，在近十年來有明顯增加之趨勢[6]。

綜合以上結果顯示，利用鴨子與水稻共作來控制雜草，可以得到很不錯的效果，且成本低，幾乎可以完全抑制雜草萌發及生長[12,19,20,21]。鴨子覓食的習性和行爲關係到雜草的控制能力，其在行徑過程中會尋覓昆蟲及雜草等食物[13]。鴨子在清晨及黃昏的活動能力較強，鴨子從清晨三點到晚上八點(共17小時)行徑距離達3.8公里[13]。鴨子在水稻插秧後3~4星期放入稻田飼養，飼養一星期即能有效地控制雜草，其控制效果和施用除草劑的效果相當[11]。

紙膜敷蓋能有效地抑制雜草族群，但每公頃紙膜成本高達4~5萬元，對於水稻生產是否有其經濟效益，值得商榷。且鋪設紙膜插秧機價錢昂貴，目前已有業者自日本引進鋪設紙膜的插秧機，降低了鋪設紙膜的人工成本。此外，紙膜敷蓋的最大問題乃在於所使用之紙膜其來源爲再生紙，製作過程中可能加入化學藥劑處理，在水稻有機栽培上是否違反有機農產品生產基準，殆有疑慮。因此，紙膜敷蓋在水稻有機栽培上應用，仍有相當多的問題有待解決，技術上有必要進一步的改進，以降低生產成本，且再生紙漿生產過程不添加任何化學藥劑，以期能符合有機生產基準，並達到經濟效益之生產。本試驗利用稻田共作滿江紅控制雜草也可以得到不錯的效果，且成本較低。一、二期作初期溫度差異大，一期作建議滿江紅接種量每公頃1公噸，二期作接種量則增加到每公頃2公噸，方能達到抑制雜草效果。惟利用滿江紅與水稻共作來控制雜草，必需事先繁殖大量滿江紅以供插秧後本田之施用。學者指出插秧前繁殖滿江紅21天，其鮮重由每公頃0.75公噸增加到19公噸，增加了25倍[2][3]。因此，一、二期作每公頃分別以0.03及0.06公頃田地，於插秧前3~4星期，每平方公尺接種100公克滿江紅事先繁殖，就足以提供上述之建議接種量。

五、雜草控制方法對水稻產量之影響

2001年二期作以飼養鴨子處理之稻穀產量最高，平均稻穀產量爲每公頃4,366公斤，且與煙燻稻殼、紙膜敷蓋及稻殼敷蓋處理之稻穀產量無顯著差異，其平均產量分別爲4,322、4,133及4,077公斤，相較於對照組之稻穀產量3,388公斤分別增加28.9、27.6、22及20.3 %。接種滿江紅處理之稻穀產量最低，每公頃平均產量只有3,566公斤(表三)。

表三、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其農藝性狀之影響(2001 年二期作)
Table 3. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming (AES, NCHU; 2nd crop, 2001).

Treatment	Plant height	Panicle number	Panicle length	Panicle weight	Grain no. /panicle	1000-grain weight	Seed setting	Yield
	cm		cm	g		g	%	kg/ha
Control	89.3b	11.5bc	16.8a	2.29c	80.5a	26.0b	84.3ab	3388c
Duck	94.5a	13.9a	18.2a	2.47a	93.5a	27.5a	88.6a	4366a
Rice hull	94.8a	11.9abc	16.8a	2.45ab	87.1a	27.3a	86.1ab	4077abc
Hull(s)	95.3a	13.1ab	17.9a	2.25c	94.7a	26.2b	87.8a	4322ab
Azolla	91.9ab	10.7c	16.8a	2.31bc	86.7a	25.6b	81.8b	3566bc
Paper	92.5ab	12.2abc	17.7a	2.46a	94.7a	27.2a	88.3a	4133abc

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s): smoked rice hull
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

2002年一期作試驗結果顯示，以每公頃飼養200隻鴨子及黃豆粉處理之稻穀產量較高，每公頃平均產量分別爲6,556及5,789公斤，較對照組之稻穀產量增加139 %及111 %。飼養鴨子300及100隻、接種滿江紅及米糠敷蓋之稻穀產量次之，平均稻穀產量分別爲5,189、5,033、5,000及4,922公斤，相較於對照區之產量分別增加89.1、83.4、82.2及79.4 %。鴨子飼養密度對稻穀產量呈二次曲線關係，Y(產量)= 620 + 58.58X－0.1445 X^2，推薦最適(optimal)飼鴨密度爲每公頃飼養202隻，可獲得最高稻穀產量。煙燻稻殼之稻穀產量最低，每公頃平均產量僅收3,022公斤(表四)。

2002年二期作試驗結果顯示，仍以鴨子處理之稻穀產量最高，每公頃產量爲5,729公斤，與紙膜敷蓋、黃豆粉敷蓋及接種滿江紅等處理無顯著差異。較對照組之稻穀產量分別增加90.3、74.9、65.7及50.9 %。以米糠敷蓋處理之稻穀產量最低，平均產量只有2,839公斤(表五)。

黃豆粉三個等級施用量處理，以低用量每平方公尺施用0.3公斤之稻穀產量最高，平均稻穀產量爲4,989公斤，每平方公尺施用0.9公斤黃豆粉之產量較低，平均產量爲3,294公斤，且隨著施用量的增加，稻穀產量有下降的趨勢。

米糠敷蓋處理也具有相同現象，隨著米糠施用量的增加，其稻穀產量亦隨之下降，以低用量每平方公尺施用0.5公斤處理之稻穀產量較高，平均稻穀產量爲2,839公斤(表五)。

造成2001年二期作滿江紅處理產量較低的原因是二期作高溫的環境，影響滿江紅的生長。滿江紅爲一種水生蕨類植物，大部分滿江紅品種最適溫度範圍是在20-35℃之間[22]。在適合之光照及溫度下其生長極爲迅速，約4天可繁殖一倍，覆蓋性強，對水稻田雜草抑制有很強之效果[25,28,33]。一般而言，滿江紅對於溫度的忍受性平均低於40℃。因此夏天高溫繁殖滿江紅應避免水溫高於40℃，以降低高溫對滿江紅所造成的傷害，且高溫高濕的環境也容易導致病蟲害危害滿江紅。國際稻米研究所(IRRI)於1978年研究報告指出*A. pinnata*在日夜溫度37/29℃高溫下生長速度及單位面積固氮量都比*A. filiculoides*及*A. mexicana*好得多。但在29/21℃下*A. filiculoides*之生長情形比

表四、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其農藝性狀之影響(2002 年一期作)
Table 4. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming (AES, NCHU; 1st crop, 2002).

Treatment	Plant height	Panicle number	anicle length	Panicle weight	Grain no. /panicle	1000-grain weight	Seed setting	Yield
	cm		cm	g		g	%	kg/ha
Control	90.0f	12.5ef	15.6e	1.39e	83.0c	24.2e	86.0a	2744e
Paper	94.8cde	14.7de	17.2cd	2.10bc	84.3c	26.1d	85.4a	4066cd
Soybean(m)	101.5a	21.5b	17.9ab	2.22ab	96.2ab	29.8bc	85.9a	5789ab
Hull(s)	92.4ef	11.8f	16.5d	1.77d	88.5bc	25.5d	84.8a	3022e
Azolla	94.3de	14.5de	18.2a	2.49a	95.0ab	26.2d	86.8a	5000bc
Rice bran	99.3ab	14.4de	17.5bc	2.40a	97.7a	28.8c	87.0a	4922bc
Duck (100/ha)	97.5bc	15.2d	16.8d	1.89cd	90.8abc	29.5c	86.1a	5033bc
Duck (200/ha)	97.3bc	24.6a	16.8d	2.00bcd	97.1a	30.8a	86.2a	6556a
Duck (300/ha)	97.0bcd	17.4c	16.7d	1.98bcd	95.7ab	30.6ab	85.0a	5189b

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α = 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
Soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding

表五、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其農藝性狀之影響(2002 年二期作)
Table 5. Agronomic characteristics and yield components of rice cultivar Tai-keng 9 (TK9) as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming (AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

Treatment		Plant height	Panicle number	Panicle length	Panicle weight	Grain no. /panicle	1000-grain weight	Seed setting	Yield
	kg/m^2	cm		cm	g		g	%	kg/ha
Control		93.9b	12.8d	17.5c	1.76b	79.2ab	24.2d	83.1b	3011efg
Paper		96.3b	15.9b	18.1c	2.11ab	82.5ab	25.4bc	85.6ab	5267ab
Hull (s)		94.9b	14.7bc	19.1b	1.81b	78.3ab	25.5b	82.1b	4200bcde
Azolla		94.3b	14.7bc	17.9c	1.96ab	85.4ab	25.5b	84.9ab	4544abcd
Soybean (m)	0.3	105.8a	15.8b	19.3b	2.06ab	81.9ab	26.0b	84.3ab	4989abc
Soybean (m)	0.6	105.7a	13.6cd	20.3a	1.75b	76.4ab	24.1d	82.1b	3822cdef
Soybean (m)	0.9	105.1a	12.0de	21.0a	1.60b	70.2b	22.6e	79.9b	3294defg
Rice bran	0.5	105.3a	13.6cd	21.0a	1.75b	79.7ab	26.0b	84.1ab	2839fg
Rice bran	1.0	104.8a	10.9e	20.3a	1.74b	74.0b	24.3cd	80.6b	2100g
Rice bran	1.5	—*	—	—	—	—	—	—	—
Duck		105.0a	19.8a	19.1b	2.39a	89.5a	30.8a	89.1a	5729a

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at α= 0.05 by Duncan's MRT.
Hull(s) : smoked rice hull
Soybean(m): soybean meal
Paper : paper mulching
Duck : duck weeding
＊: Rice seedling were killed by fermentation of rice bran.

*A. pinnata*略好。不過就田間養殖而言，*A. pinnata*在IRRI之生長情形似乎較*A. filiculoides*爲優。我國地處亞熱帶，是*A. pinnata*的原產地之一，因此就環境適應而言，養殖*A. pinnata*應是較爲適合。學者指出*A. pinnata*品系在35℃時生長速度急劇下降[3]，是否適於二期作使用，需更進一步試驗。滿江紅各品種，品系間對溫度之適應性皆有差異，也許應尋找或培育出耐高溫及耐低溫品系分別供應一、二期作使用。

米糠及黃豆粉屬未發酵之有機肥，施用於田間會造成水田中之土壤表面氧化還原電位急劇下降，使雜草種子得不到氧氣而無法發芽，也抑制雜草幼苗根系之伸長，導致雜草幼苗死亡[10]。相對地，當米糠及黃豆粉施用過量時，也會對水稻秧苗造成傷害，尤其是對幼苗根系的生長。學者指出利用低成本

有機物質，如米糠、穀殼、蕎麥麩及小麥麩等，施用至水田均能達到抑制雜草之效果，可能是這些有機物含有剋他化學物質，而抑制雜草生長。低濃度的使用不但能有效抑制雜草的生長，還能提供水稻生長所需之氮素，促進水稻植株的生長[29]。

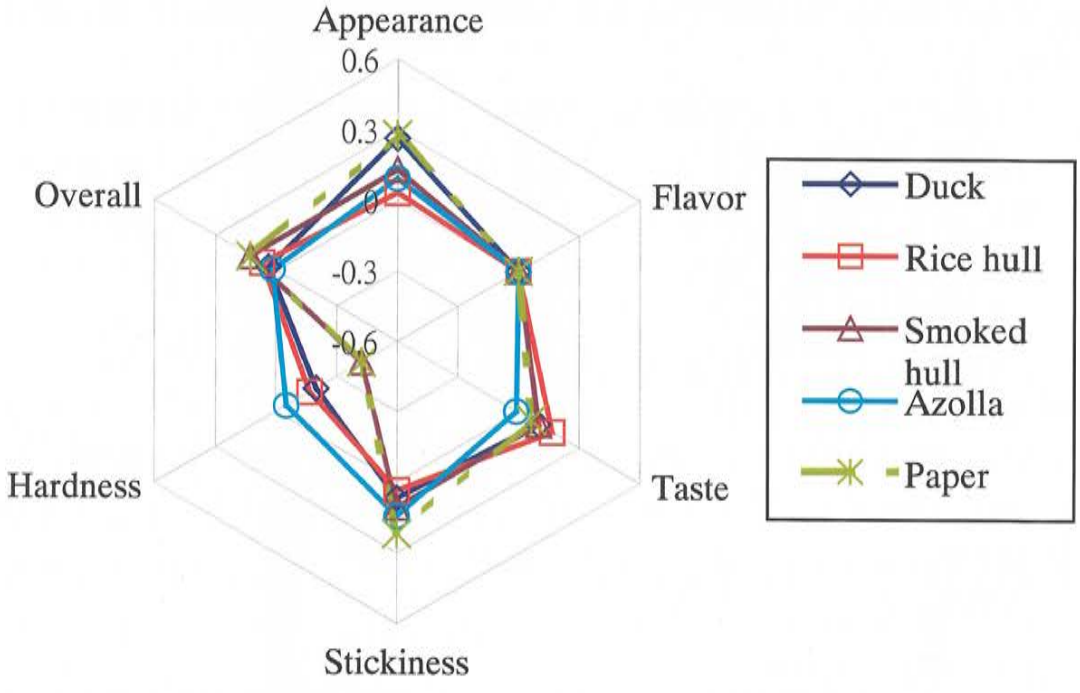
接種滿江紅能增進稻田肥力，特別是氮素的提供，進而提高稻穀產量。許多報告指出稻田接種滿江紅，不僅能減少大量化學肥料的使用，並可增進土壤肥力[18,23,32]。此外，掩埋滿江紅可增加土壤有機質含量，降低土壤密實性,促進土壤微生物活動，提高水稻有效分蘖數，也有助於提昇稻作產量[7]。

連續三期作試驗結果，均以飼鴨處理之稻穀產量最高，此與日本學者所做的結果相似，利用鴨子與水稻共作可提高稻穀產量3%[20]。其原因爲鴨子覓食過程，來回游走，攪混田水，混濁的田水使萌發的雜草幼苗，得不到陽光而無法生長，或使雜草種子無法萌發，加上鴨蹼每天踐踏，幾乎可以完全抑制插秧後萌發的雜草，同時其排泄物可作爲稻作之氮、磷、鉀及其他微量元素的補充，並改善土壤的總體密度、孔隙度和通氣性[17]。黃豆粉及米糠屬有機肥含有氮素，有助於水稻之生長[9]。

六、米飯食味品質之影響

米飯食味之好壞主要由口感支配，而口感又是由米飯複雜的物理性來決定，就官能食味特性而言，白米直鏈澱粉及蛋白質含量、米飯之咀嚼性均與食味總評呈顯著負相關，而白米之凝膠展延性、米飯之彈性、黏性、附著性、黏著性、食味結構指數則與食味總評呈顯著正相關[4] [5]。

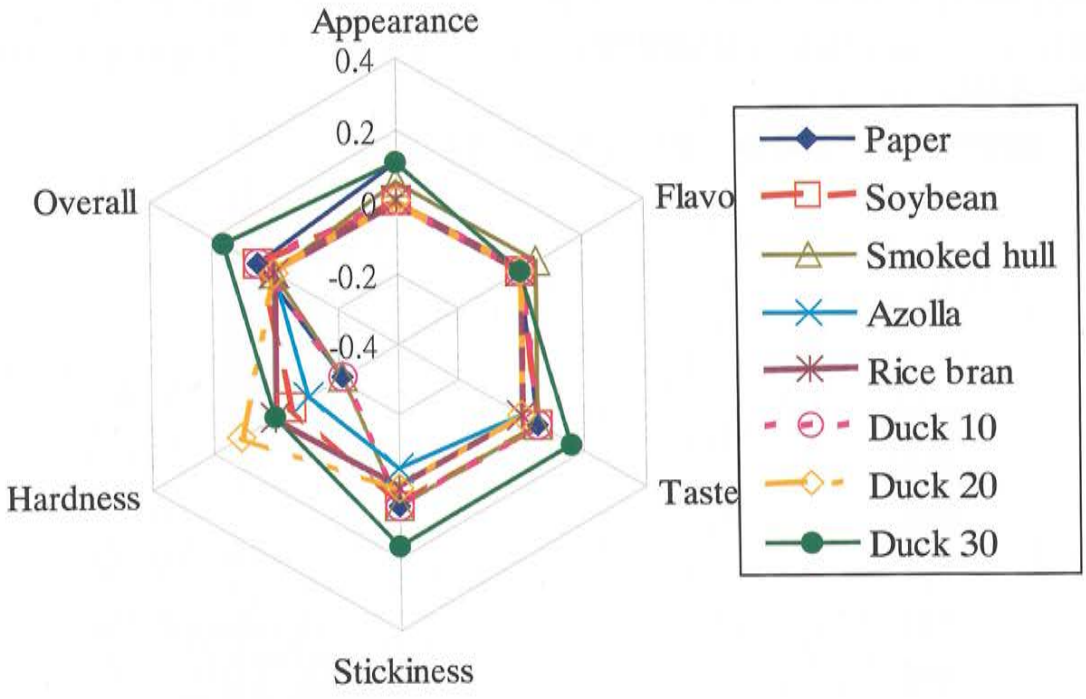
本試驗將連續三期作烹調米飯評定之外觀、香味、口味、黏性、硬度及總評等六個項目之官能品評分數，進行變方分析。食味品評皆以各期作之對照區米飯爲對照，評分+1~+3表示高於對照，數字愈大表示等級愈高，0表示與對照相同，-1~-3則評分低於對照。經由食味品評結果顯示，2001年二期作雜草控制方法間之食味品評項目中，以煙燻稻殼及紙膜敷蓋處理之米飯硬度較軟。但以紙膜敷蓋及飼鴨處理之米飯外觀表現較佳。處理間以煙燻稻殼敷蓋處理之米飯口味較佳，但接種滿江紅處理之口味稍差。紙膜敷蓋處理之米飯黏度最高，且硬度較低，推測與其直鏈性澱粉及粗蛋白含量較其他處理區低有關。在食味總評方面，各處理均與對照組之食味總評無顯著差異，但整體而言，以煙燻稻殼敷蓋及紙膜處理之食味總評較佳(圖三)。



圖三、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其米飯食味之影響(2001 年二期作)。

Fig. 3. Eating qualities of cooked rice of cultivar Tai-keng 9(TK9)as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming(AES, NCHU; 2nd crop, 2001).

2002年一期作不同雜草控制方法間之食味品評項目均無顯著差異。但結果顯示，以紙膜敷蓋及每公頃飼鴨300隻處理有較好之米粒外觀，且米飯口味也較佳，黏性較高。每公頃飼鴨200隻處理之米飯硬度卻提高，可能是其粗蛋白含量較高有關聯。整體而言，紙膜敷蓋、黃豆粉敷蓋、每公頃飼鴨100及300隻處理之食味總評優於對照組(圖四)。



圖四、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其米飯食味之影響(2002 年一期作)。

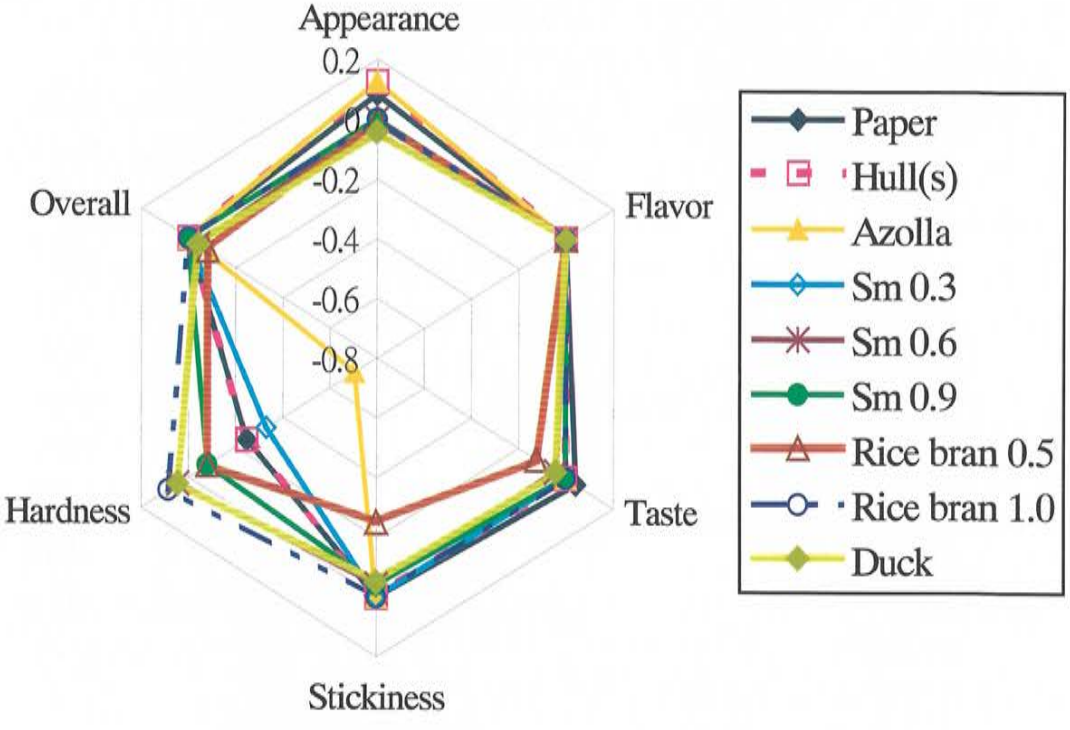
Fig. 4. Eating qualities of cooked rice of cultivar Tai-keng 9(TK9)as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming(AES, NCHU; 1st crop, 2002).

2002年二期作雜草控制方法間之食味品評項目中，僅有接種滿江紅處理之米飯硬度較軟，與其他各處理達顯著差異，其他各品評項目處理間皆未達顯著差異(圖五)。整體而言，紙膜敷蓋、煙燻稻殼及接種滿江紅處理在米粒外觀有較佳的表現，而飼鴨處理之米粒外觀較對照組差。紙膜敷蓋處理之米飯口味較佳，以米糠敷蓋及飼鴨處理之米飯較不具黏性，且硬度較高。在食味總評方面，飼鴨處理、每平方公尺施用米糠0.5公斤及黃豆粉0.6公斤較對照組表現不理想。

黃豆粉三個等級施用量，以每平方公尺施用0.6公斤之米飯口味較對照組差，在黏性方面，則以較高用量每平方公尺施用黃豆粉0.6及0.9公斤處理的米

飯黏性較低，且口感較硬，主要是因高用量之黃豆粉氮素含量過高所致。三個等級米糠施用量則以低用量每平方公尺施用0.5公斤之米飯口味表現較差，且較不具黏性，

但在米飯硬度卻較軟，食味總評仍表現較差。



圖五、水稻有機栽培利用不同雜草控制方法對其米飯食味之影響(2002 年二期作)。

Fig. 5. Eating qualities of cooked rice of cultivar Tai-keng 9(TK9)as affected by treatments of weed control on paddy fields under organic farming(AES, NCHU; 2nd crop, 2002).

七、經濟效益分析

水稻有機栽培簡單來說，就是復古的耕作栽培方式加上現代科技的結合，因此必需花費比一般化學栽培更多的人力、物力及財力。且初期稻穀收量常低於慣行栽培法，但連續施行有機栽培，產量呈穩定增加。有機稻穀因售價較高，可彌補減產的損失。

鴨子處理之雜草防治成本，包括購買幼鴨每隻15元，一公頃需200隻，幼鴨成本共需3,000元。飼料費用7公斤/隻×8.5元/公斤×200隻/公頃=11,900元，合計飼鴨除草成本爲14,900元。黃豆粉每公頃施用3,000公斤，黃豆粉市價每公斤9元，共需27,000元的成本。而米糠則每公頃施用5,000公斤，每公斤4元，合計20,000元。紙膜成本一卷180元(長×寬=100公尺×1.3公尺)，1公頃需85卷，共計成本爲15,300元。人工除草單人需花費25工作天，一天工資1,000元，人力成本共25,000元，使用除草劑每公頃需1,300元藥劑費用。

水稻生產過程除雜草防治成本外，還包括整地、插秧、施肥、福壽螺及病蟲害防治、收割、烘乾等人工費42,000元；有機肥料、秧苗、蘇力菌及苦茶粕等材料費38,250元，合計80,250元。

黃豆粉及米糠處理區節省9,000元之追肥成本，而慣行栽培區因使用化學合成肥料及農藥，所以其他生產成本僅花費64,110元。因此總生產成本支出依序爲人工除草區＞黃豆粉區＞紙膜敷蓋區＞飼鴨區＞米糠區＞煙燻稻殼區、滿江紅區、對照區＞慣行栽培區。

目前有機稻穀市價每公斤爲32元，而慣行栽培稻穀每公斤僅18元，以稻穀產量×稻穀市價可換算成稻穀產值。在飼養鴨子的處理，另有成鴨之收益，因此飼鴨處理的總產值包括稻穀產值209,792元及成鴨產值60,000元，合計產值達269,792元，總產值居各處理之冠。將總產值減去總生產成本就可以得到總收益，以飼鴨處理之總收益174,642元最高，較對照組增加22倍，亦明顯比慣行農法提高3.4倍收益。(表六)。

綜合以上結果，就經濟效益而言，實行有機栽培以飼鴨處理之總收益最高，施用黃豆粉、養殖滿江紅及施用米糠也有不錯的表現，不但整體收益較慣行栽培區高出許多。對於整個生態環境的維護，農業的永續經營發展，更是不能以金錢來加以衡量的，這是我們能夠留給下一代子孫的無價資產。

表六、水稻有機栽培雜草控制之成本效益分析

Table 6. Cost and profit analysis for measures of weed control in organic rice farming.

Treatment	Weeding cost	Other cost	Total cost	Yield	Income	Extra income	Total income	Profit
	NT$/ha	NT$/ha	NT$/ha	Kg/ha	NT$/ha	NT$/ha	NT$/ha	
Paper mulching	15,300	80,250	95,550	4,066	130,112	0	130,112	34,562
Soybean meal	27,000	71,250	98,250	5,789	185,248	0	185,248	86,998
Rice bran	20,000	71,250	91,250	4,922	157,504	0	157,504	66,254
Smoked hull	0	80,250	80,250	3,022	96,704	0	96,704	16,454
Azolla	0	80,250	80,250	5,000	160,000	0	160,000	79,750
Duck weeding	14,900	80,250	95,150	6,556	209,792	60,000	209,792	174,642
Control	0	80,250	80,250	2,744	87,808	0	87,808	7,558
Manpower	25,000	80,250	105,250	4,500	144,000	0	144,000	38,750
Herbicide	1,300	64,110	65,410	5,865	105,570	0	105,570	40,160

Control: without any weeding measure.
Manpower: weeding by human labor.

引用文獻

1. 行政院農業委員會。2001。中華民國農業統計年報。台北。台灣。
2. 林錫錦。1983。水田滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草之研究。中華農業研究 32 : 348-359。
3. 李啓彰、林錫錦、林家棻。1981。水田滿江紅*Azolla pinnata*之研究 Ⅰ. 環境因子對滿江紅生長之影響。中華農業研究 30: 405-411。
4. 洪梅珠、宋勳、劉慧瑛、林禮輝。1989。稻米理化性質之研究 Ⅰ. 官能食味特性與米粒外貌及化學性質間相關之研究。台中區農業改良場研究彙報 24:53-62。
5. 許愛娜、宋勳。1988。稻米食味與其理化性質關聯性之探討。稻米品質研討會專集。 p. 91-104。台中區農業改良場。彰化。台灣。
6. 蔣慕琰、蔣永正。1998。水田雜草生態防治。藥試所專題報導 51:1-23。
7. 賴文龍、黃山內、王錦堂。1989。稻田掩埋滿江紅對水稻生育之影響。台中區農業改良場研究彙報 24: 3-21。
8. 蘇啓懷。2001。改進有機稻田雜草防治之研究。國立中興大學農藝學系碩士論文。台中。台灣。

9. 大場伸一。2001。米糠散佈對水稻生長之影響。關東東海北陸農業研究成果情報。 p. 116-117。日本。
10. 中山幸則、北野順一。2001。米糠對水田雜草除草效果。關東東海北陸農業研究成果情報。 p. 118-119。日本。
11. Asano, H. 2001. Change in weed emergence in paddy fields with continuous Aigamo duck farming. J. Weed Sci. Tech. 46:13-18.
12. Asano, H., K. Isobe and Y. Tusboki. 1999. Eating habits and behaviour of Aigamo duck in paddy field. J. Weed Sci. Tech. 44:1-8.
13. Asano, H., K. Isobe and Y. Tusboki. 1999. Effect of harvest time on the quality and palatability of paddy rice cultivated by Aigamo duck farming system. Jpn. J. Crop Sci. 68: 375-378.
14. Becking, J.H. 1979. Enviromental requirements of Azolla for use in tropical rice production. *In* Nitrogen and Rice. p. 345-375. IRRI, Los Baños, Philippines.
15. Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
16. Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. *In* A.L. Page *et al.* (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
17. Choi, S.Y., B.W. Shin, D.H. Kim, S.J. Yoo, J.D. So and G.S. Rhee. 1996. Rice growth and improvement of soil properties following rice-duck(*Anas platyrhynchos Domesticus*) farming in a paddy field. Rda J. Agri. Sci. Soil Fertilizer 38: 382-388.
18. Grist, D.H. 1979. Common paddy plant fixes nitrogen needs. Third World Agric. 1: 14-15.
19. Isobe, K., H. Asano and Y. Tsuboki. 1998. Effects of cultivation methods on the emergence of weeds and the growth and yield of paddy rice, with special reference of using Aigamo duck. Jpn. J. Crop Sci. 67:297-301.
20. Kang, Y.S., J.I. Kim and J.H. Park. 1995. Influcene of rice-duck farming system on yield and quality of rice. Korean J. Crop Sci. 40:437-443.
21. Kim, H.D., J.S. Park, K.H. Bang, Y.C. Cho, K.Y. Park, K.C. Kwon and Y.D. Rhoe. 1994. Rice growth and yield response in a rice/duck farming system in paddy fields. Korean J. Crop Sci. 39:339-347.

22. Knudsen, O., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. p. 225-246. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc. New York.
23. Kulasooriya, S.A., W.K. Hirimburegama and S.W. Abeysekera. 1987. Use of azolla in Sri Lanka. Azolla utilization. p.131-139. IRRI, Los Baños, Philippines:
24. Lumpkin, T.A. and D.L. Plucknett. 1980. Azolla: botany, physiology and use as a green manure. Eco. Bot. 34: 111-153.
25. Moore, A.W. 1969. Azolla: biology and agronomic significance. Bot. Rev. 35: 17-34.
26. Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chemica. Acta. 27: 31-36.
27. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc. New York.
28. Rains, D.W. and S.N. Talley. 1979. Use of azolla in North American. p. 419-431. *In* Nitrogen and Rice. IRRI, Los Baños, Philiooines.
29. Sekiya, T. and N. Inoue. 2001. Effect of organic matter application on the growth of paddy rice and weeds. The Hokuriku Crop Sci. 36: 50-52.
30. Smith, R.J. 1983. Weed of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. p. 19-36. *In* Weed Control in Rice. IRRI, Los Baños, Philippines.
31. Van Lierop, W. 1990. Soil pH and lime requirement determination. p. 73-89. *In* Westerman R.L. (ed.) Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed. SSSA, NO. 3. Madison, Wis.
32. Wang, T.T., W.S. Kao and T.H. Chang. 1981. On azolla culture to increase soil fertility in rice fields of Beijing. Acta Agriculture Universitatis Pekinensis 7: 33-39.
33. Watanabe, I., C.R. Espinas., N.S. Berja and B.V. Alimagno. 1977. Utilization of the Azolla-Anabaena complex as a nitrogen fertilizer for rice. IRRI. Res. Pap. Ser. 11. 15p.

Measures of Weed Control in Organic Paddy Fields

Shih-Shiung Chen[1] and Shu-min Wang[1]

Department of Agronomy, National Chung-Hsing University

Abstract

Field experiments were conducted from the second crop season of 2001 through the second crop season of 2002 on the paddy fields, to investigate effects of several weed control methods in organic farming.

Experimental results of three continuous crops indicated that mulching of paper and ducks feeding had the highest weed control efficiency in the first crop of 2002. More than 99% weeds were controlled. The weed control efficiency of azolla and spreading with rice bran treatments were on the second rank. Experimental results of the second crop of 2002 showed that mulching of paper controlled weed with highest efficiency again. Duck treatment showed weed control efficiency as high as that 99.5% weeds were inhibited. Spreading of soybean meal (0.3 kg/m^2) efficiently controlled the weed by 74.8%. Spreading of rice bran also controlled weed well with the application rate of 0.5 kg/m^2.

Yield of rice by duck treatment was the highest in the second crop of 2001, first and second crops of 2002, mostly owing to the increase of tiller and panicles of rice. The quadratic response for yield to ducks density was $Y=620+58.58\ X-0.1445\ X^2$. Then the optimal input is suggested as 202 bird/ha.

Experimental results indicated that mulching of paper control the weed population most efficiently. Since the cost is too expensive, and its composition meet the demand of regulation of organic farming, mulching of paper is still not recommend. Spreading of soybean meal also controlled weeds well and in low cost. Raising ducks in the paddy fields efficiently controlled the weeds and insects and Fu So Snail.

Key words: rice, weed control, duck, organic culture.

水稻健康管理研討會 143~150 (2004)

水稻台農71號之健康管理

賴明信[1]、陳瑞明[2]、林信山[3]

[1]行政院農業委員會農業試驗所
[2]台中縣霧峰鄉五福水稻育苗場
[3]環球技術學院

摘　要

建立更健康的台農71號(益全香米)生產管理流程是本試驗之目的。以台農71號爲試驗材料，以健康管理的理念爲基礎，應用適當的農業自然資材進行管理，結果顯示健康管理區的收穫期提早10天，坪割稻穀產量、一穗粒數、稔實率、米粒透明度、稻穀容積重及第三節稻稈的直徑差異不顯著，而千粒重及穗數在健康管理區於未施穗肥的條件下明顯低於慣行區；但健康管理區之植株高度明顯較矮，地上部稻稈重量明顯較重。以味度計PS500(靜岡製)進行糙米與白米之成分分析，發現慣行區生產的糙米與白米之蛋白質含量、直鏈性澱粉含量及脂肪酸含量明顯高於健康管理區，健康管理區之食味參數Q值明顯高於慣行區。健康管理區的稻穀產量略低於慣行區，但統計上差異不顯著，然而稻米品質的整體表現明顯提高。由試驗結果已經初步建立台農71號在第一期作可行的健康管理標準作業流程(SOP)，此系統可以因導入新技術與適宜的資材而再精進。

關鍵詞：水稻、栽培、健康管理、永續農業、標準作業流程

前　言

在國內水稻生產由於太著重產量，大量施用化學農藥及肥料變成是一種生產常態，稻穀的農藥殘留率偏高，水田土壤鹽化及灌溉水造成污染等新聞時有耳聞。寶島只有一個，爲了保護它，政府提出生活、生產及生態三者平衡的三生農業觀念，即經由避免過度干擾自然生態，達到維持並永續經營地球的目的，讓國人能夠擁有健康又安全的生活環境。在此基礎上建構了植物健康管理的概念，所謂植物健康管理是整合各種農業技術成爲知識，以知識營造環保的植生環境，用預防醫學及保健的概念從事生產安全、高品質的產

品，確保政府及生產者與消費者共贏[4]；具體作法爲針對個別作物建立一套健康管理流程，以不施化學農藥爲原則，針對某些作物非施化學農藥不可時就必需明列與嚴格把關，以確保安全。

台農71號是台灣有史以來第一個具有商業名稱的水稻品種，更是大學入學學測的作文考題「香米碑」的主角，品質表現深受消費者肯定與讚美。在選育的過程中對於稻熱病及紋枯病的抵抗性檢定表現一直不錯，在未正式登記命名推出前，曾進行多年大面積種植，表現亦與檢定結果相符；然而，推廣栽培後品質及病蟲害抵抗性每況愈下，化學肥料的過量施用及農藥的不適時、不適當使用是造成的原因。再則台農71號容易倒伏及生育後期老化的速度很快，都與其根部生長不夠茂盛健壯有關，若能利用生物資材促進根系發展並延長活力，對於克服上述問題一定有正面幫助。因此，利用企業量產的理念，經由土壤管理及理性的草生栽培，結合合理化施肥與營養管理，不用或合理使用化學農藥，建立台農71號的標準生產流程，達成工作簡單、生產成本降低及品質提昇是本試驗的目的。

材料與方法

以台農71號爲試驗材料，在面積0.6 ha的田區以插秧機進行移植，移植密度爲30 cm×21 cm，單叢移植株數5~8株。將其區分爲兩大塊，每塊0.3 ha，進行不同的田間管理，一塊謂健康管理區，處理爲在粗整地時施用菜籽粕390 kg，於93年3月1日移植後點滴放流(圖一)施用土壤改良劑生機旺一號(肥製(複)字第0033013號) 20公升，不施用殺草劑，爾後在始蘗期(3月12日)、分蘗中期(3月24日)及幼穗分化期(4月24日)再各施用生機旺一號20公升，不施用任何化學肥料及農藥。另一塊謂慣行區，按霧峰地區水稻慣行方式進行栽培管理，粗整地時施用台肥複合肥料39號180 kg，移植後施用億草除粒劑9 kg，始蘗期施用硫酸銨60 kg，分蘗中期及幼穗分化期各施台肥複合肥料39號180 kg及130 kg，並在抽穗前及乳熟期各進行一次病蟲害防治，防治藥劑爲禾綠讚300 ml、億滅靈600 ml、双滅必蝨600 ml、福仙240 g。在成熟收穫期進行取樣調查，取樣株數每點6株，每一試驗區取5點，調查穗數、穗長、地上部株高、稻梗第三節徑粗、稻稈重量、穗重、稔實粒數、不稔實粒數及千粒重，並進行100

株的坪割調查稻穀產量及以味度計(PS500)測量糙米與白米的蛋白質及直鏈性澱粉含量。



圖一、生機旺 1 號原液點滴配合灌水流佈。

結果與討論

在民國93年3月1日進行移植，移植後20天開始分蘗，移植後45天開始幼穗分化，在移植後76天開始抽穗，抽穗期維持7天，健康管理區在移植後106天收穫，而慣行區在移植後116天收穫，健康管理區提早10天成熟，這結果與健康管理區之秧苗在插秧後之低溫期目測之生育明顯強勢應有關連。生育期短的品種在複作指數高的地區，可增加農時調配彈性空間，複作指數低的地區，可以使農地休閒的時間增加，對環境生態的保育能提供一定程度的影響；再則，台灣水稻栽培在第一期作有梅雨的問題，第二期作有颱風的侵襲，這些客觀因素的干擾是無法避免，生育期短，可以降低遭受這些侵害的機率。在生育期縮短的情形下，若根系能支撐，就能延長黃熟期，增加養分轉流入穀粒的機會，對產量與品質應會有正面影響。

表一、在健康管理下稻穀產量及產量構成性狀變化情形

Table 1. Performance of grain yield and yield components under plant health management

處理	實際產量 (kg/ha)	理論產量 (kg/ha)	千粒重 (g)	穗數 (支)	一穗粒數	稔實率 (%)
健康管理區	3,353.32	4,014.51	26.37	25.92	63.23	92.92
慣行區	4,000.50	5,530.83	29.44	33.50	60.71	92.33
t 統計(0.05)	1.57	4.99*	8.17**	17.33**	0.82	0.34

在收穫前1天取樣調查，表一爲健康管理區及慣行區之稻穀產量及產量構成要素，顯示健康管理區生產之坪割稻穀產量低於慣行區，但統計上差異不顯著，比較產量構成要素可以發現一穗粒數及稔實率兩者並沒有明顯差異存在，但千粒重及穗數則有明顯差異存在，健康管理區明顯較慣行區爲低，以產量構成要素爲參數求得理論產量，在慣行區明顯高於健康管理區。稻穀產量由穗數、一穗粒數、稔實率、千粒重等四項要素所構成，最高分蘖期前，其收量受單位面積穗數的支配，自最高分蘖期至抽穗前則主要受一穗粒數的支配，抽穗後則受稔實率與千粒重的支配[5]，顯示穗數與營養生長期的養分供應量有關，千粒重則受生殖生長期的養分供應有關；健康管理區除了在粗整地時施用菜籽粕390 kg外，沒有再施用任何有機或無機肥料，稻株的生育營養來源都是由已存在土壤的養分供應，不若慣行區營養供應充分；對品種特性表現而言，台農71號是屬於穗數型的品種，分蘖能力強[2]，爲了維持其品質，適當的栽培管理是控制分蘖數在25~30支之間，健康管理區的穗數數目對品質有正面貢獻[3]；只是穀粒千粒重輕，表示穀粒較小，就糧商收購的角度會認爲稻穀的品質不佳，因此，在田間栽培管理上健康管理區在適當生育時期尤其是在幼穗分化始期必須補充肥料，對品質及產量相信會有正面的幫助。

表二、在健康管理下農藝性狀變化情形

Table 2. Performance of agronomic characteristics under plant health management

處理	稈粗度 (cm)	稈長度 (cm)	穗長 (cm)	稈重 (g)	穗重 (g)	穀粒密度
健康管理區	0.062	62.67	14.56	3.87	1.62	4.34
慣行區	0.056	68.10	16.24	3.84	1.74	3.74
t 統計(0.05)	4.03*	5.01*	0.10	4.72*	0.98	6.43*

註：稈粗度=平均稈重/稈長度

表二爲台農71號在健康管理區及慣行區的農藝性狀表現比較。健康管理區的植株高度明顯較慣行區矮，扣除穗重之地上部稻稈重量亦明顯較重，然而第三節稻稈的直徑兩者差異不明顯。台農71號在國內的主要栽種期作爲第二期作，除了香氣穩定表現考量外，最重要的是第一期作有梅雨問題，台農71號的穀粒較其他推廣粳型品種大，但稻稈不若其他品種粗，理想的植株高度在100 cm左右，栽培管理時若不適度控制植株高度，頭重腳輕的結果，在

生育後期遭遇梅雨，就會發生倒伏，隨之而來穀粒就會發生發芽，因此，在第一期作要成功栽培台農71號最重要就是要控制株高；由試驗數據顯示在健康管理區的台農71號株高明顯的降低，而且稻稈的組織密度增加，對於抗倒伏能力提高會有正面的幫助。在稻穗性狀表現上，健康管理區的穗重與慣行區差異不明顯，但穗長在慣行區明顯長於健康管理區，而穀粒著生密度則相反，此結果可能與慣行區的分蘗數太多，高節爲分蘗的穗小穀粒數少有關。

表三、在健康管理下稻米品質變化情形

Table 3. Performance of physicochemical properties under plant health management

處理	容積重 (g/l)	透明度	糙米				白米		
			蛋白質含量(%)	直鏈性粉含量(%)	脂肪酸含量(%)	Q 值	蛋白質含量 (%)	直鏈性粉含量 (%)	Q 值
健康管理區	557.75	3.67	7.05	17.97	13.4	86.9	5.33	19.09	94.6
慣行區	552.00	3.89	8.15	18.95	15.0	76.5	6.25	19.45	84.5
t 統計(0.05)	0.58	2.15	12.79**	5.92*	4.0*	14.71**	3.46*	6.17*	3.93*

台農71號在健康管理區及慣行區的米粒品質性狀表現示如表三，健康管理區與慣行區的米粒透明度及稻穀容積重差異不顯著，稻穀容積重代表稻穀的品質，中央標準局也將容積重列爲稻穀分級的重要依據，健康管理區的台農71號雖然在幼穗分化時期沒有供應肥料，稻穀品質及外觀品質顯然沒有受到影響。以味度計PS500進行兩者的糙米與白米之成分分析，發現慣行區生產的糙米與白米之蛋白質含量、直鏈性澱粉含量及脂肪酸含量都明顯高於健康管理區，以上述米粒測量值及水分含量爲參數套入固定之回歸方程式，求得依變數值Q，以Q值之大小呈現米粒品質相對性的優劣，表三顯示健康管理區生產的糙米與白米成分品質都明顯較慣行區好。台農71號是一個以品質掛帥所選育出來的品種，但若沒有適合的栽培管理方式配合，其品質特性亦無法獲得充分表現[3]，米粒中的蛋白質含量與米飯的黏彈性成反比，蛋白質含量越高米飯越硬[1]，健康管理區的米粒蛋白質含量明顯低於慣行區，顯示健康管理區雖然損失了部分的稻穀產量，但稻米品質則較爲提高。另，健康管理區的台農71號在全生育期都完全沒有噴施農藥防治病蟲害，紋枯病的罹病度只有1.25%，噴施兩次化學農藥防治的慣行區罹病度則高達10.34%，顯示健康管理區的栽培模式對於水稻的病蟲害的抵抗性有強化的效果。

慣行法是根基於高稻穀生產的栽培管理方式，這模組是以人爲本，以追求利潤爲宗旨，不考慮生態與生活，在以往的時空環境上尚能符合需要；但在現今的大環境下，水稻田不僅負責稻米的生產，亦有維護生態平衡的責任，更須肩負涵養地下水的功能，因此如何在環境最少的負擔下從事安全性、高品質產品的生產，並讓消費者能安心的享用，是吾人應該思考的方向。農業資材商品在近年來風起雲湧的出現，這些資材的適度利用可能可以建構一套新的栽培模式，在本試驗的健康管理區，雖然稻穀產量略低於慣行區，但統計上差異不顯著，然而稻米品質的整體表現卻明顯提高，同時施用的資材爲液劑，施用時以點滴放流併入灌溉水，既簡單又省工，整套模組進行的結果也發現稻根的發育茁壯，稻株較健壯，抗病蟲能力增加。

栽培管理流程的建構隨著生育環境特性、品種的差異及使用資材不同會有不同，並沒有一套整體適用的栽培管理流程，隨著科技的日新月異，已經建構的管理流程也會不停的修正，如何讓土地、作物及人類都健康並永續的存在是終極的目的。經由試驗的結果可以初步模擬台農71號在台中縣霧峰鄉第一期作的健康管理標準作業流程(SOP)如下：

在冬季休閒期種植綠肥或施用菜籽粕130 kg，根據綠肥生長情形及農時，適時斷水，乾田後將綠肥耕犁入土，7天後淹水，同時每分地施用生機旺一號6公升，再次整地以防除雜草；插秧後施生機旺一號每分地6公升，並視生育情形施追肥，促進根系生長；插秧後28天施生機旺一號每分地6公升，增加有效分蘗；插秧後45~60天施生機旺一號每分地2公升，並視生育情形施穗肥，防止倒伏，進行輪灌；插秧後76天進行湛水管理10天，爾後進行輪灌，直至收穫。

引用文獻

1. 柯南靖、林信山、郭聰欽。2003。植物健康管理之內涵與必要性。國際植物健康管理研討會專集。p.1-14 2003。財團法人全方位農業振興基金會編印。
2. 賴明信、李長沛、曾清山、黃惠娟、陳治官、郭益全。2000。水稻台農71號(益全香米)的育成。中華農業研究 50(2):1-12。
3. 賴明信、李長沛、曾清山、黃惠娟、陳治官、顏信沐。2003。益全香米(台農71號)在中部地區生產之探討。農業試驗所技術服務季刊 53:7-11。

4. 謝順景。1978。台灣一、二期作稻產量構成要素及其他性狀表現之差異。台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。p.49-59。行政院國家科學委員會出版。
5. Juliano, B.O., L.U. Onate and A.M. Del Mundo. 1972. Amylose and protein contents of milled rice as eating quality factors. Philippiness Agriculturist. 56:44-47.

The Health Management of a Aromatic Rice-Tainung 71

M.H. Lai[1], J.M. Chen[2] and H.S. Lin[3]

[1]Agronomy Division, Agricultural Research Institute, COA.
[2]Wu-feng Rice Nursery Center, Wu-feng, Taichung
[3]Transword Institute of Technology

Abstract

The objective of this study was to elucidate the grain yield and quality improvement under plant health management. A aromatic rice cultivar, Tainung 71, belonging to japonica type was used in the study. The characters of grain yield and quality were measured at harvest day. The heading days of health management is 10 days earlier than normal management. The grain yield, spikelet numbers per panicle, seed set, grain translucency, test weight and culms diameter were not different significantly. On the contrary, 1000-grain weight and panicle number of health management were low, while the plant height decreased and culm weight was heavy. We had syntheses of brown rice and milled rice analyzed by taste meter (PS500). The protein content, amylose content and free fatty acid of heath management were lower than normal management. The eating quality characters of health management were better than normal management. It appeared that the grain yield of health management was low, but it was not statistically significant at 0.5%, while the grain quality characters were much better than normal management. Therefore it is suggested that the standard operation process (SOP) of Tainung 71 had established for the 1st crop season. But the SOP could be adapted to diverse agricultural material.

Key words: rice, plant health management, sustainable agriculture, standard operation process (SOP).

綜合討論

綜合討論

Q1：請問日本越光米的水分管理爲何？

A1：盧虎生教授：日本越光米的水分管理是非常複雜的流程，它有它的田間管理手冊，手冊上會詳細說明在幼穗分化期應該實施間接性的排灌水，後期的時候該進行斷水。水稻根的發育與水有非常密切的關係，在長期湛水狀態下，水稻根系的發展呈比較水平化，主根數目比較少而且比較淺，最高只有達到50公分。但是，在輪流灌溉或間歇灌溉，限制水分供給的時候，它的稻根會到達1米左右，往上延生表土層的根會非常少，根系生長發生改變，稻根組織會非常疏鬆，而且木質化程度加劇，根數目減少，若繼續灌溉根數目會增加。適當的稻根是從最後的第六葉開始，以後會慢慢的比較長，那時候長出來的稻根一定要木質化，會增加稻株健全不會倒伏，稻株越高的話，節間在上面，他後來長出的根會決定它的產量，所以爲什麼一直強調水稻在所有的作物裡面是最好的環境保護作物。上層根如果長期浸水的狀態下，是長得比較上層，它會形成像根墊一樣，好像踩到墊子一樣，那表示田裡泡太久了。灌排水是非常重要的，主要是照顧根的活性。另外，當你在使用有機肥的時候，很多的有機肥或特殊的成分都強調可以照顧根系的活性，要證實可以把稻株拔起來看看，是不是能增進稻根圈的健康。

張學琨前場長補充：

灌溉排水的目的是希望能夠得到最健康的稻根，健康的稻根才能夠吸收土壤養分，適當排灌水的目的是希望土壤由氧化態變成還原態。日本主張減數分蘗期絕對不能排水，排水的話一穗粒數會減少，田間試驗結果並不一定如此，若進行排水，可以促進稻根的強壯，增加養分吸收的能力，對一穗粒數有增加的作用。

Q2：溫度與稻米品質的關係？

A2：盧虎生教授：穀粒充實時期溫度高對米質有不好的影響。溫度高有一定的範圍，良好的充實溫度大概是20~25度，白天或晚上如果超過30度以上，很明顯的心、腹白就會出現。但是溫度和品種是有相關性，在實驗

室的資料來看，像越光即使溫度高一點它的透明度受溫度影響比較小，所以它是一個比較穩定的品種；台粳9號受溫度的影響就比較明顯，只要稍微的高溫，心腹白就一定會增加。低溫的影響所形成的倒不是心腹白，是發育不良，所以青米、死米及未熟米會增加，尤其在稻穗的最下半部。低溫造成的是穗的發育不整齊，高溫是造成心腹白現象的增加，影響米粒外觀。其實高溫對米粒品質的化性成分會有較好的影響，低溫則對米粒品質的影響比較大，北部二期作直鏈性澱粉比較高，粗蛋白質會變高，這時米質會比較硬、比較鬆散；而高溫主要的就是影響米粒的心腹白，直鏈性澱粉所受影響則較小。

Q3：鉀肥使用量增加，稻米品質是否會比較好？

A3：盧虎生教授：鉀肥會促進快速生長讓細胞吸收大量的養分，鉀肥如果過高會造成米粒的發展過於快速，如果不小心也會造成心腹白現象的發生。發生的原因與高溫引起的因素一樣，都是造成米粒發展過於快速，而造成澱粉粒與澱粉粒之間充實不緊密所造成的。

Q4：米飯口感跟米粒品質是否會有差異？

A4：盧虎生教授：米飯口感參考的指標是鎂和鉀的比例，鉀過高的話，鎂鉀的比例就會下降，Q度會減少，應該鎂高鉀低。台灣第二期作會比第一期作的米好吃，假使是日夜溫差不要過大，日夜溫差在可容許範圍越大越好，這樣穀粒的充實期會比較長比較好吃。爲什麼台灣生產的越光米品質與日本生產者有差距？因爲台灣的環境不像日本，日本的穀粒充實期在45天以上，台灣才35天以內，甚至越光只有32天，這都有錯綜複雜的連帶關係。

張學琨前場長補充：

水稻要高產一定要有所謂的三黃，這是一個大家公認的一個結論，沒有這個產量一定不會高。第一個時期是秧苗在插秧前不能像韭菜一樣黑黑軟軟的，在第一期作就是怕冷，碰到低溫就凍死掉；第二期作就是怕熱，秧苗很漂亮絕對不可以插秧，插秧前一定要進行硬化，每個葉都要硬化。第二個時期就是幼穗形成期(孕穗期)讓植株黃化，在一個正常

狀況，假定在幼穗形成期植株還是很綠，就一定不能下穗肥，施穗肥促進減數分蘖造成在孕穗期時穗長得很好，然後以後一定會倒伏，所以在幼穗形成的開始從2mm到5mm一定要變成黃色淡淡的，爾後再施給全生育期總氮量的20%氮肥。第三個時期是從收割前兩個禮拜開始要變黃，不能等到要收割稻葉還是綠綠的，表示氮肥施的太多了，一直到收割你的土壤中還有氮肥，這個是不行的狀況。其次要決定水稻有沒有健康要用拔根的方式。一個健康的稻根剛出來是白色的，慢慢的變成褐色，這是土壤間隙中有氧，在有排水的狀況下氧氣較多，所以它氧化得比較多，所以根是褐色的；如不排水，土壤溫度高，土壤中有機質多，尤其第一期作把稻株埋在稻田裡面缺乏空隙，這是標準還原的一個狀態，這長期下去稻根也變成黑褐色，稻株就不會分蘖，因爲稻根敗了不會吸收土壤裡的氧氣跟養分。

Q5：台農71號爲何現在產量降低味道不香？

A5：賴明信助理研究員：行政院農業委員會農糧署的水稻三級繁殖制度是第一期作設置原種田，第二期作設置採種田，每一年更新一次，因此，栽種香米者必須每年進行稻種更新。再則香米的香氣是稻株二次代謝產物，很容易受環境影響，與環境有很大的關係，已經知道在第二期作生產稻穀的香氣會比第一期好。在推廣栽種香米的時候都強調水分管理，因爲香味的產生與土壤水分管理亦有相當大的關連性，民國90年第一期作生產的香米的香氣優於歷年第一期作生產，原因乃當年非常缺水，是最好的證明。栽種香米沒有訣竅，就是要落實水分及肥料管理。

Q6：我們今天的主題是健康管理，健康管理談到的精神意義是否包括有機農業。有機農業我曾經在雜誌上看過，嚴格說起來，有機農業應該三年以內不能使用化學肥料、化學農藥、生長調節劑或是殺菌方面的藥物。剛剛提到的課程除了說用土壤改良劑外，在穗肥方面也可以用化學肥料，我覺得這方面有點矛盾？

A6：林信山教授：事實上，在台灣目前的土壤及在平地的土壤，要做有機栽培，嚴格來說沒有一家可以達到標準。如果用美國農業部的準則，首先

就沒辦法取得有機種子的來源；其次沒辦法做到緩衝區隔離帶的設置。在經濟考量之下，我們必須要走出台灣自己的路，所以我們才推動植物健康管理。事實上植物健康管理產品的品質安全性應該不輸於有機栽培，而且是以企業量產爲目標，早上林教授特別提到植物健康管理的內涵與要義，是希望農業透過整合，以後變成一個企業來執行推動。我們的農業生產不再像傳統方式，相信我們的傳統需要改變，尤其在全球化市場，我們必須要做一種整合、一個改變，植物健康管理已經沒有對環境造成負擔，爲有機農業這條路舖上基本的架構，打下基礎，然後我們才能走向有機。所以基本上它沒有任何衝突，應該是幫助台灣未來走向有機的基礎而已。

有機農業有一定規範，在美國及日本都是一樣，台灣現在已經有2003年最新版的有機農業的規範，只是還沒有經立法院通過。從一般栽培轉換到有機農業需要三年，這三年期間不能用化學農藥，要慢慢轉換過來，轉換三年以後驗證單位檢查通過，以後生產的東西才算是有機產品，這個是根據世界有機農業聯盟的規範，這個規範世界各國都通用，包括台灣在內。

Q7：如果我們今天強調有機農業，根據報導在國外一份研究報告，有機產品它的生產成本比一般生產成本高六成，產量是減少20%，當然售價相對的比較高，但因爲產品不使用化學藥物，因此在外觀跟纖維質上都比較差。我們處在21世紀經濟的時代裡，我們的農業已經日漸被扁低，有機農業到底對我們今後的農業是雪中送炭還是雪上加霜？

A7：柯南靖董事長：首先有機農業不可能全面實施，有機生產不只是針對產品也針對土地，它有一個環保的觀念在裡面，所以有機不是跟一般產品生產的概念一樣。其次有機產品在台灣推行十幾年，我們發現了這些問題，將來應該怎樣來解決？一直有很多方向可以思考，以水稻來講，大家都說如果同一區的隔離帶做的不夠，那是不是一般的栽培田施藥會污染過來，會造成消費者的信心不夠。所以我們要把它整合起來，變成一個區塊來做，在東部地區現在也在推行整個村莊來做，比如說像富里大概有三百公頃，就是每一期作有三百公頃，大概分三個地方在做，尤其

是摩山村這地方，我們希望整個村除了水稻以外，其他的作物包括果樹都用有機的方式，將來變成一個有機村。像宜蘭縣五結農會最近幾年就推日本越光米，面積是從五公頃開始做一直擴大到三十公頃，今年面積還更大，這樣子的話它的價位就拉得很高，現在一公斤可以賣到150到200元，它不是有機米，只是一般良質米的栽培法。再則農民收益情形怎樣？我們過去有做過幾年的調查，到目前爲止還是每年都在做，我們發現只要消費者認同(當然要很多條件)，例如價格同樣的話會買東部的，東部地區之所以比較吃香，因爲消費者認爲東部比較沒有污染，這也是地理上生長環境上的優勢，所以最近幾年有機農作物的生產者比一般農民的收入還要高。

有機米當然就是品質高的米，生產當然要健康管理，就是說我們不用化學農藥或是化學肥料，那麼就是會影響作物。以有機米來講，產量降低收入會不會減少？推廣有機農業到底對農民好呢？還是對農民不好呢？或是讓農民受害？我想這個問題在世界各國都存在，台灣、日本都一樣。雖然如此，現在大家對健康管理的認識都增加，就是說有機農業是現在的趨勢，以美國來講每年20%到25%的速度在增加，有機農場一直增加，銷售也一直增加，目前有機農業的銷售量全世界兩百六十億美金，這個數值還一直一直增加，爲什麼會增加？因爲有它的需要量，增加最多就是美國，然後是歐洲，第三個就是日本，日本除了自己生產以外，還有進口，但進口的時候要求非常的嚴格。

Q8：全方位基金會健康管理跟有機管理還有吉園圃管理有何不同？

A8：林信山教授：環境不好是大家公認的，爲何要做有機農業？其實有機農業是永續農業的一環。現在可以在台灣看到有三種或是兩種的產品標準，一個是有機的標準，一個則是一般的栽培，但是一般栽培以農藥的使用區隔成吉園圃認證跟一般的，目前的情況大概是這樣。健康管理就是介於有機跟吉園圃之間，但是它有一個特色，因爲我們考慮整個栽培的過程有機是很難做的，包括必須要完全使用有機肥料，本來也沒有什麼不對，可是真的很難控制。我們大概可以這樣區分，一般的栽培者如果用有機質肥料，失敗的機率不大，中階的人可能是用化學肥料，最會

栽培的人還是用有機肥，用的技術就要非常的高超，非常不容易，所以爲什麼要推廣健康管理？因爲健康管理的基本定義是准許使用化學肥料，這裡面有一個很重要的關鍵，不在於用或不用，會不會用才是關鍵，第一個用量是最重要的，今天如果到田間去看，台灣的農田缺肥不多，常常是氮肥過量，過量會造成污染，這才是問題所在，這違反永續農業的精神；就算你用有機肥，過多的話也不對，這是很重要的概念。用化學肥料比較容易控制，健康管理追求的不是只有在管理上面的永續，還有功能性的營養。今天有人提到有機栽培的產品品質到底是會變好還是變壞？如果是一個很好的栽培者不可能讓產品變壞，特別是在健康管理體系之下，我們非常強調品質。健康管理或有機栽培都不應該讓產量與品質不好，像水稻健康管理或高接梨健康管理就是例子，水稻如果是在東部的話，應該就是有機的產品，它能夠達到標準。如果這個作物現在有困難，做不到有機的條件，例如高接梨要做有機可能還要一段時間，我們就採行健康管理，這就是一個標準。標準是什麼？是農藥的使用是否合法與合理，在吉園譜是只要合法使用就可以，但是在健康管理要合理，什麼較合理？要把農藥減少到更低、更少，對人沒有影響。使用化學肥料要看情況，如果我要做有機，就避開；如果我不做有機，還是用化學肥料，因爲它比較容易掌控。未來健康管理的產品應該會有自己的標準，所以將來也許就有一個產品叫健康管理產品，它的特色是品質應該會比較好。另外就是建立SOP，如水稻健康管理的標準作業流程，未來在每一個作物我們必定會建立一個標準作業流程，這是農友比較需要的，但是這個標準作業一定要定得非常仔細。我們有一個但書加在後面，任何健康管理是在這個時間認爲是最好的方法，一旦有更新的技術、更新的資材，我們就調整，讓技術不斷更新，投資報酬率成長。

書　　名：水稻健康管理研討會專集
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
通 訊 處：台中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號
網　　址：http://www.tari.gov.tw/
電　　話：04-23302301~5
發 行 人：林俊義
主　　編：賴明信、林信山
編輯委員：王強生、申雍、宋勳、林信山、侯福分、陳秋男、
　　黃振文、楊秋忠、盧虎生、謝順景
出版年月：93年12月
版　　次：初版
定　　價：新台幣300元整
展 售 處：行政院農業委員會農業試驗所
GPN: 1009305367