

良質水稻的健康管理

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

¹行政院農業委員會農業試驗所、²行政院農業委員會苗栗區農業改良場

*通訊作者信箱：mhlai@tari.gov.tw

摘 要

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

關鍵詞：水稻、健康管理、生育指標、秧苗、栽植密度。

前 言

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

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

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

材料及方法

一、水稻生育指標建立：試驗於2006年及2007年在苗栗、臺中、及嘉義進行，材料為水稻品種臺粳9號及臺農71號(益全香米)，其由種子發芽生長至結實收穫之主要生育期為秧苗期、成活期、分蘖期、幼穗形成期、幼穗分化期、節間伸長期、孕穗期、抽穗期、成熟期等。以4葉齡秧苗單株種植於水田中，種植行株距為30×15 cm，田間管理方式以慣行栽培法為之，施肥氮磷鉀三要素用量為N：K₂O：P₂O₅ = 120：56：60 (kg/ha)。調查3重複，每重複調查20株，試驗設計採逢機完全區集設計。於每一片新葉完全展出時記錄日期，至劍葉完抽出為止。記錄不同生育期之葉數即葉齡，及計算葉數/全葉數×100為葉齡指數，並同時記錄氣象資料。

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

結果與討論

一、擬定栽培管理曆

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

表 1.健康管理區之擬定栽培曆(試驗時間 2011 年)

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

二、水稻生育指標建立

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

三、栽植密度與肥料施用量的影響

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

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

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

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

四、健康管理體系之建立

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

表 3. 參試品種在不同地區的各生育期之生育日數及有效累積生育度數

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

表 4. 疏植與輕肥對稻熱病的影響

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

*：同欄位字母相同者表示統計分析無顯著性差異存在。

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

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

表 5. 健康管理下米粒成份及外觀品質

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



圖 1、慣行管理(左)與健康管理

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

表 6. 健康管理區之病、蟲發生情形

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

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

表 7.健康管理之投入成本分析及效益

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

註：稻穀每公斤 27.1 元

結 論

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

參考文獻

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

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

ABSTRACT

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

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