

北中南東地區環境親和型作物輪作經營模式之建立

楊志維^{1,5} 戴振洋² 詹碧連³ 余德發⁴

摘要

本試驗旨在探討利用環境親和型的作物輪作經營模式，來達到因應氣候變遷及提高糧食自給率的目的。在北部地區將二期連作水稻模式規劃成一期水稻，秋作旱作（落花生、硬質玉米及甘藷）的耕作模式，結果顯示種植水稻可減少農藥施用量，旱田則採用不（低）整地耕作措施來達到農地永續利用及環境親和之水旱田輪作經營模式；中部地區探討不同施肥量對作物生長與土壤環境之影響，結果顯示水稻-蔬菜-小麥輪作可降低施肥量來達到生產與環境兼顧；南部地區探討不同旱田輪作模式之經濟效益，結果顯示以薏苡-綠肥田菁-胡麻輪作模式之公頃淨收益最多；東部地區探討不同肥料及農藥投入量對於水旱輪作物生長之影響，結果顯示可減少肥料及農藥投入、利用忌避作物及非農藥防治法達到環境親和水旱輪作經營模式的建立。

關鍵詞：環境親和型耕作制度。

前言

氣候變遷是近幾年影響人類生活與世界各國關切的議題，其顯著的影響包括全球暖化與極端異常氣候對生存環境所帶來的威脅。農業是人類維持生命存續的必要產業活動，然而，相較於其它產業，由於農業高度依賴自然資源，對於氣候變化也相對敏感，為最明顯感受暖化問題嚴重性的產業，因此，該如何因應氣候變遷的衝擊已是刻不容緩的事，也為世界各國在面對 21 世紀全球人類最大挑戰時的重要課題。農業在面對氣候變遷所帶來環境改變的衝擊與影響時，該如何運用農業科技作好萬全的準備，讓衝擊與損害降到最低，以及結合永續發展基礎，使農業朝向永續、安全的未來，為全民共同面對的一大考驗。

在台灣農作操作模式，以全年持續性栽培為主，易因施肥及噴灑農藥等農事操作不慎，致使栽培環境惡化，面臨生產困難之瓶頸及土壤累積肥料鹽分等問題。然而，近年來，我國每年進口大量的玉米、大豆、小麥等糧食作物。且國內水資源亦漸呈不足的現象，種植水稻其生長過程需要較多的水量，而生產雜糧作物如玉米、胡麻、黑

1 桃園區農業改良場。

2 台中區農業改良場。

3 台南區農業改良場。

4 花蓮區農業改良場。

5 通訊作者 電子信箱：zwyang@tydais.gov.tw；電話：03-4768216#255。

豆、綠豆、薏苡等其需水量是水稻的 23%。因此，面對農業生態環境日益惡化的現實，需重新審視現行農業操作模式，以積極開展環境親和型農業新技術的研究開發與普及推廣。

故本試驗為因應氣候暖化及環境變遷對農業之衝擊，並期符合節能、低污染之環保趨勢，擬開發並建立適合之作物輪作經營模式，探討不同肥料及農藥投入量對土壤環境之影響，採用不(低)整地栽培方式，減少耕犁對土壤環境的破壞，種植綠肥作物來提高土壤有機質含量並降低肥料用量，作物輪作制度對雜草與病蟲害發生種類及密度之消長變化，作物輪作所需灌溉水量以及評估輪作經營模式之經濟效益。期望藉由環境親和型作物輪作栽培制度的建立，使水資源利用更合理化外，並增進土壤肥力，減少病蟲害滋生繁衍及肥料投入，降低生產成本及減少休耕面積，有效控制稻米生產及提高雜糧自給率，以達成農地永續利用，提高農民收益。

材料與方法

一、北部地區：

1.試驗材料：水稻、硬質玉米、甘藷、落花生。2.試驗處理：(1)水稻-秋作甘藷；(2)水稻-秋作落花生；(3)水稻-秋作硬質玉米，並以；(4)水稻-二期水稻為對照。

二、中部地區：

1.輪作作物：水稻、甘藍及小麥作物（或綠肥）。2.試驗處理：一期水稻（慣行及合理化施肥），夏作蔬菜-甘藍（慣行及合理化施肥），秋冬作（小麥及綠肥作物）。

三、南部地區：

耕作制度為：1.甜玉米-綠肥田菁-胡麻；2.甜玉米-綠肥田菁-黑豆；3.綠豆-綠肥田菁-甜玉米；4.黑豆-綠肥田菁-甜玉米；5.紅高粱-綠肥田菁-綠豆；6.薏苡-綠肥田菁-胡麻等。

四、東部地區：

花蓮地區以一期作大豆、二期作水稻與一期作飼料玉米、二期作水稻兩種耕作模式，分為環境親和型區（減肥減藥）及傳統栽培區（對照區）。以宜蘭地區水稻耕作模式為基礎，並與青蔥輪作栽培，配合種植具忌避功效之綠肥作物。

五、資料統計分析：

以統計軟體 SAS 9.1 程式進行變方分析 (SAS Institute, 1999)，並以 Fisher 的最小顯著差異性測驗 (Fisher's protected least significant difference test, LSD test) 比較平均值之差異顯著性。

結果與討論

一、北部地區

第一期作種植水稻之環境親和為不施用、半量及全量農藥處理，種植前土壤分析結果土壤酸鹼值為 6.0，電導度為 0.1 dS m^{-1} ，有機質為 2.6%，每公頃磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂分別為 67、291、2388 及 516 公斤，收穫後水稻每公頃產量介於 2506~2915 公斤，結果顯示全量及不施農藥水稻收穫後產量無顯著性差異 (表 1)；種植水稻收穫後土壤分析結果土壤酸鹼值介於 5.1~5.5，電導度介於 $0.12\sim 0.15 \text{ dS m}^{-1}$ ，有機質介於 2.9~3.4%，每公頃磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂分別介於 63~122、183~236、2242~3095 及 567~721 公斤，秋作種植硬質玉米、甘藷及落花生之環境親和為不 (低) 整地及整地處理，結果顯示產量並無顯著性差異 (表 2)。

北部地區作物栽培的有利條件為作物生長過程病蟲害發生情況不若中、南部嚴重，農藥使用量少，化學肥料亦合理施用，可推廣生產優質健康的作物，以供眾多的都會人口消費食用。惟農戶的生產面積小且零散，生產規模不大，導致生產成本提高，北部地區從農人口平均年齡高，僱工工資及機械代工操作之成本亦高，青壯人口不願承接續作，更使休耕面積增加。故北部地區如欲活化休耕地種植旱作作物，必須以產銷班為單位，朝省工栽培契作及機械化操作，降低生產成本，建議北部地區種植水稻

表 1. 北部地區施用不同農藥量處理對水稻農藝性狀及產量構成要素之影響。

Table 1. Effects of different amounts of pesticides on agronomic characters and yield components of paddy rice in northern Taiwan.

農藥處理	株高 cm	穗數 no. plant ⁻¹	每穗粒數 no. panicle ⁻¹	稔實率 %	千粒重 g	產量 kg ha ⁻¹
全量	93.4 a ^z	19.8 a	77.7 a	89.0 a	28.7 a	2,915 a
半量	92.2 a	18.9 a	75.9 a	89.8 a	28.4 a	2,530 a
不施用	94.0 a	20.0 a	74.1 a	88.1 a	27.6 a	2,703 a

^z同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5% 水準差異不顯著。

表 2. 北部地區不同耕犁處理對甘藷、硬質玉米及落花生產量之影響。

Table 2. Effects of different tillage on yield of sweet potato, corn and groundnut in northern Taiwan.

作物 耕犁處理	甘藷		硬質玉米		落花生
	桃園 3 號	台農 57 號	台南 24 號	農興 688	台南選 9 號
	----- kg ha ⁻¹ -----				
整地	20,222 a ^z	15,895 a	5,868 a	5,125 a	1,054 a
不(低)整地	19,800 a	15,020 a	5,700 a	5,010 a	1,040 a

^z同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5% 水準差異不顯著。

可減少農藥施用量，旱田則採用不(低)整地耕作措施來達到農地永續利用及環境親和之水旱田輪作經營模式。

二、中部地區

由試驗結果顯示，一期作水稻，不同處理間對水稻生育影響不顯著，但穀粒粗蛋白質含量以慣行栽培處理較高，致使食味較親和栽培處理差 (表 3)。水稻栽培後對土壤化學性質方面，以慣行栽培在土層 15-30 公分處銨態氮 (NH_4^+) 含量最高，硝酸態氮 (NO_3^-) 在不同土層間 (地面下 15 公分、30 公分及 60 公分) 處理間，以慣行栽培處理略高於親和栽培處理，但差異不顯著 (表 4)。後續輪作栽培甘藍方面，不同栽培處理除了在葉球徑有顯著性差異外，分別為 18.9 公分及 17.9 公分，其餘性狀差異不顯著 (表 5)，生產成本則慣行栽培處理每公斤平均成本為 7.1 元，而親和栽培處理 7.9 元 (表 6)。裡作小麥種植，結果顯示小麥台中選 2 號慣行栽培處理產量為 2,680 公斤，較環境親和栽培處理 2,630 公斤略增產 1.9%。研究顯示適當降低肥料的施用量，對作物生長表現及產量等並無顯著差異，不同作物輪作顯示可降低施肥量達到生產與環境兼顧。

表 3. 中部地區水稻親和栽培及慣行栽培處理之品質分析。

Table 3. The quality of different cropping system on rice in central Taiwan.

處理	糙米率%	白米率%	完整米率%	粗蛋白質含量%
慣行栽培	81.17 a ^z	71.33 a	62.32 a	5.93 a
親和栽培	80.77 a	71.57 a	61.84 a	5.71 b

^z同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5% 水準差異不顯著。

表 4. 中部地區水稻親和栽培及慣行栽培處理對土壤化學性質之影響。

Table 4. Effect of different cropping system on the concentration of element in soil after 1st crop rice experiment in central Taiwan.

處理別	土層 cm	pH 值	EC dS m ⁻¹	OM g kg ⁻¹	全氮 g kg ⁻¹	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	
						-----mg kg ⁻¹ -----	
慣行栽培	15	7.87 a ^z	0.57 a	16.4 a	1.24 a	8.5 a	12.3 a
親和栽培	15	7.84 a	0.46 a	16.3 a	1.14 a	7.0 a	8.3 a
慣行栽培	30	8.01 a	0.45 a	11.8 a	1.03 a	8.0 a	8.0 a
親和栽培	30	8.08 a	0.36 a	12.4 a	0.98 a	6.0 b	7.0 a
慣行栽培	60	8.01 a	0.17 a	0.7 a	0.43 a	5.0 a	4.0 a
親和栽培	60	7.96 a	0.17 a	2.4 a	0.32 a	4.0 a	2.6 a

^z同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5% 水準差異不顯著。

表 5. 中部地區夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之產量與園藝特性。

Table 5. The effects of different cropping system on yield and fruit characteristics of cabbage at summer in central Taiwan.

處理	株高 cm	展幅 cm	最大 葉長 cm	最大 葉寬 cm	單球 重 g	葉球 高 cm	葉球徑 cm	糖度 Brix°	產量 kg 0.1ha ⁻¹
慣行栽培	29.8 a ^z	64.1 a	31.9 a	32.4 a	1,009 a	11.3 a	18.9 a	5.45 a	3,330 a
親和栽培	29.8 a	59.9 a	31.2 a	31.8 a	895 a	16.9 a	17.9 b	5.30 a	2,953 a

^z 同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5% 水準差異不顯著。

表 6. 中部地區夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之生產成本。

Table 6. The production cost of different cropping system on cabbage at summer in central Taiwan.

項目	慣行栽培 NT \$ ha ⁻¹	親和栽培
種苗費	26,400	26,400
肥料費	29,440	28,234
農藥費	51,114	51,114
人工費	110,543	110,543
機工費(整地、採收)	18,468	18,468
總生產成本	235,965	234,759
總產量	33,300 公斤	29,630 公斤
每公斤平均成本	7.1 元	7.9 元

三、南部地區

旱田輪作制度各耕作模式全年淨收益，依次為薏苡-綠肥田菁-胡麻之公頃淨收益 506,830 元最多，其次為甜玉米-綠肥田菁-胡麻之 441,850 元，紅高粱-綠肥田菁-綠豆 46,310 元，甜玉米-綠肥田菁-黑豆 209,030 元，綠豆-綠肥田菁-甜玉米 109,820 元，黑豆-綠肥田菁-甜玉米 101,260 元 (表 7)。旱田輪作制度全年田間公頃總用水量 (灌溉水量加降雨量)，甜玉米-綠肥田菁-胡麻 10,319 立方公尺；甜玉米-綠肥田菁-黑豆 10,690 立方公尺；綠豆-綠肥田菁-甜玉米 16,897 立方公尺；黑豆-綠肥田菁-甜玉米 16,904 立方公尺；紅高粱-綠肥田菁-綠豆 15,925 立方公尺；薏苡-綠肥田菁-胡麻 16,717 立方公尺 (表 8)。故作物產值以秋作胡麻 338,550 元/公頃最高，輪作模式全年淨收益以薏苡-綠肥田菁-胡麻之公頃淨收益最多。輪作模式田間公頃總用水量 (灌溉水量加降雨量) 以甜玉米-綠肥田菁-胡麻最少。因此，在南部地區轉作生產雜糧 (胡麻、薏苡) 等作物活化休耕農地，取代進口作物，並有效的利用水資源，提高國內糧食自給率。

四、東部地區

花蓮地區試驗結果顯示春作大豆籽粒公頃產量親和型區為 1,960 公斤，較傳統栽培區之大豆籽粒公頃產量 2,038 公斤略為減產 (表 9)；硬質玉米籽粒公頃產量親和型區為 3,235 公斤，較傳統栽培區之硬質玉米籽粒公頃產量 3,292 公斤略為減產 (表 9)。一期大豆-二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 3,935 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 4,581 公斤略為減產 (表 10)；一期硬質玉米-二期水稻之水稻公頃穀粒產量親和型區為 3,913 公斤，較傳統栽培區之公頃穀粒產量 4,953 公斤略為減產 (表 10)。

宜蘭縣地區水稻生育期間親和型區施用木黴菌等非農藥防治，較對照區少用 2 次化學農藥，試驗結果顯示在產量、稻熱病及紋枯病之罹病率上均無顯著差異；輪作青蔥，親和型區前作為萬壽菊綠肥，病蟲害防治次數減少 20%，對照組前作為田菁綠肥，產量調查顯示處理與對照間無顯著差異。因此，在花蓮地區之水旱田輪作模式結果顯示大豆及硬質玉米栽培可採用環境親和型的栽培方式達到作物生產的目的。而宜蘭地區可建議農友使用非農藥防治法，以減少化學農藥之使用，建立親和型栽培體系。

表 7. 南部地區旱田輪作制度之全年淨收益。

Table 7. Average net income for different cropping systems in southern Taiwan.

耕作制度	春作	夏作	秋作	合計
	淨收益	淨收益	淨收益	淨收益
	----- (元/公頃) -----			
甜玉米-綠肥田菁-胡麻	122,740	-10,940	330,050	441,850
甜玉米-綠肥田菁-黑豆	118,320	-10,940	101,650	209,030
綠豆-綠肥田菁-甜玉米	-5,230	-10,940	125,990	109,820
黑豆-綠肥田菁-甜玉米	23,000	-10,940	89,200	101,260
紅高粱-綠肥田菁-綠豆	-1,150	-10,940	58,400	46,310
薏苡-綠肥田菁-胡麻	133,960	-10,940	249,850	506,830

表 8. 南部地區旱田輪作制度田間總用水量。

Table 8. Average irrigation water volume for different cropping systems in southern Taiwan.

耕作制度	灌溉水量	田間降雨量	總用水量
	----- m ³ -----		
甜玉米-綠肥田菁-胡麻	1,120	9,199	10,319
甜玉米-綠肥田菁-黑豆	1,120	9,570	10,690
綠豆-綠肥田菁-甜玉米	1,300	15,597	16,897
黑豆-綠肥田菁-甜玉米	1,300	15,604	16,904
紅高粱-綠肥田菁-綠豆	1,120	14,805	15,925
薏苡-綠肥田菁-胡麻	1,120	15,597	16,717

結論

台灣近年來稻田的利用遭遇許多問題，特別是北部地區二期稻作農民常因栽培利潤偏低而休耕，南部地區一期稻作經常遭遇缺水而宣佈休耕，這些休耕稻田的利用及維護是值得重視的問題。再加上推行水旱田調整計劃，釋放大面積休耕田，在這些休耕田上種植綠肥作物如春夏季之田菁、青皮豆，秋冬季之埃及三葉草、油菜等，可保護土壤、增加肥力、抑制雜草滋生。利用生物肥料來栽培水稻，實為一減輕化學肥料對土壤環境的衝擊，並增加土壤微生物相，達到土壤環境生物多樣性的環境親和型栽培方式，確保土壤對於氣候變遷的緩衝能力，使得作物栽培得以少施用農藥。而對於台灣而言，要達到農業永續經營的目標，必須朝向農業環境生物多樣性及盡量以有機耕作方式來達到環境親和的栽培制度，讓作物栽培與自然環境達到一種動態平衡。綜合以上成果，可建議農民採行對環境友善及親和的農耕制度，降低肥料與農藥的投入，種植綠肥作物增進土壤肥力，以及合理化施肥提升肥料利用效率，減輕農耕制度對環境的衝擊，然而政府部門也必須其採行之措施給予補助及鼓勵，方能維持農業永續的耕作體系，達到緩解氣候變遷的目標。

表 9. 東部地區春作大豆及硬質玉米環境親和型和傳統栽培之農藝性狀及產量調查。

Table 9. The agronomic traits and yield of spring cropping soybean and corn with environment friendly and traditional culture in eastern Taiwan.

作物	處理	株高 (公分)	單株莢數 (莢/株)	百粒種(克)	籽粒產量 (公斤/公頃)
大豆	環境親和型區	49.4±1.9	71.9±4.7	19.6±1.7	1,960
	傳統栽培區	54.2±2.6	73.1±7.4	20.4±0.6	2,038
硬質玉米	環境親和型區	253±9.5	19.8±1.0	23.0±1.6	3,235
	傳統栽培區	253±4.0	19.9±0.3	23.0±1.8	3,292

表 10. 東部地區秋作水稻環境親和型和傳統栽培之農藝性狀及產量調查。

Table 10. The agronomic traits and yield of fall cropping rice with environment friendly and traditional culture in eastern Taiwan.

作物	處理	株高 (公分)	穗數 (穗/株)	千粒種(克)	穀粒產量 (公斤/公頃)
大豆-水稻	環境親和型區	89.2±1.5	14.7±06	25.5±0.6	3,935
	傳統栽培區	104±6.6	16.0±05	24.9±0.2	4,581
硬質玉米-水稻	環境親和型區	93.7±2.3	13.6±1.1	24.9±0.5	3,913
	傳統栽培區	106±3.2	15.5±1.2	24.8±0.5	4,953

引用文獻

- 木村武，1996。設施園藝環境保全型土壤肥培管理，日本土壤肥料學雜誌，70（6）：475-480。
- 王永靜、程廣斌，2007。日本環境保全型農業對其我國的啓示，安徽農業科學，35（16）：4949-4952。
- 宋勳、洪梅珠、許愛娜，1991。台灣稻米品質之研究，台中區農業改良場，5-36。
- 巫嘉昌、朱鈞，1994。綠肥栽培與利用，科學農業，42：259-265。
- 吳詩都、許東暉、宋勳、曾富生，1986。期作分裂淘汰及不同栽培地區對水稻雜種集團育種行為之影響，農林學報，35：1-36。
- 吳純宜、蔡永暉，2006。有機蔬菜連作與輪作組合之研究，高雄區農業改良場研究彙報，17(1)：42-50。
- 吳昭慧、吳文政、連大進、黃山內，2007。綠肥大豆對水稻產量級土壤肥料之影響，臺南區農業改良場研究彙報，49:49-55。
- 周國隆，1999。二年制輪作制度對澎湖雜糧作物生產力之影響，高雄區農業改良場研究彙報，10(2): 1-11。
- 林萬居，1995。玉米省工栽培技術之探討，雜糧作物生產改進計劃執行成果報告，11-20。
- 林孟輝、辛仲文、許苑培，1998。北部地區稻田耕作制度及灌溉方法對作物產量之影響研究，桃園區農業改良場研究報告，35：1-10。
- 岩崎貢三、竹尾優子、田中壯太、櫻井克年，2001。環境保全型農業導入前後設施栽培土壤之養分累積型態之比較，日本土壤肥料學雜誌，72（2）：265-267。
- 侯福分、林文龍，1984。不整地栽培法之研究及展望，科學農業，32:351-355。
- 徐木英、林仁德，1980。水田冬季裡作玉米省工栽培試驗，雜糧作物試驗研究簡報，21:202-203。
- 徐華盛、蔡永暉，2001。不同農耕法及輪作系統之比較研究，高雄區農業改良場研究彙報，12(2): 37-54。
- 殷正華，2008。由前瞻趨勢分析日本安全農業發展願景與生技策略之運用，農業生技產業季刊，8-16。
- 高得錚，1989。農藝作物有機栽培法之探討，謝順景、謝慶芳主編，有機農業研討會專輯，臺中區農業改良場編印，117-132。
- 許福星、成游貴、李美珠，1994。芻料作物生產及利用，台灣省畜產試驗所編印。
- 許廷宇，2008。間作對青蔥有機栽培生產之影響，國立宜蘭大學園藝學系碩士論文。
- 許福星、洪國源，1990。牧草栽培管理及利用，台灣牧草研究專討會專輯，137-152。
- 莊濬瓊，1981。裡作玉米省工栽培法之研究，雜糧作物試驗研究簡報，22:284-288。
- 莊同春，2006。日本環境保全型農業概述及啓迪，黑龍江農業科學，6：83-85。
- 張建生，1994。降低玉米產銷成本技術示範與推廣，雜糧作物生產改進計劃執行成果報告，165-170。
- 連深、王鐘和。1988。田菁中間作與與耘方式對水稻與玉米輪作田土壤理化性質及玉米產量之影響中華農業研究 37(4)：416-423。
- 郭能成、林萬居、黃尚義，1988。玉米不整地栽培技術之研究，雜糧作物試驗研究年報，243-247。

- 陳世雄，1991。曬田對水稻磷之吸收及分蘖之影響，中華農藝，1：277-291。
- 陳世雄，1992。土壤還元電位對水稻根活性與光合作用之影響，中華農藝，2：169-181。
- 都韶婷、章永松、林咸永、王月、李剛、張英鵬，2007。蔬菜積累的硝酸鹽及其對人體健康的影響，中日農業科學，49(9)：2007-2014。
- 詹朝清、丁文彥、呂文通，1991。腐植酸及有機質肥料對青蔥生長及連作之影響花蓮區研究彙報，7:133-145。
- 詹碧連、吳炎融、游添榮，2011。有效利用水資源建立雲嘉南地區適當的耕作制度，臺南區農業專訊第 78 期，25-27。
- 詹碧連、王培珊、詹雅勛，2012。雲嘉南地區稻田耕作制度之研究，台南區農業改良場研究彙報，59: 15-25。
- 楊秀平、孫東升，2006。日本環境保全型農業的發展，世界農業，9：82-130。
- 蔣慕琰、呂理燊，1982。臺灣稻田雜草及其危害，中華民國雜草協會會刊，3:18-46。
- 蔣慕琰、蔣永正，1983。臺灣旱田雜草之種類生態及危害，中華民國雜草協會會刊，4:31-40。
- 蔣汝國、黃小珍，2004。直播及節水栽培對水稻用水量及產量之影響，台南區農業專訊第 50 期，13-16。
- 蔡永暉，2006。施肥對輪作田有機水稻及蔬菜生產之影響，高雄區農業改良場研究彙報，17(2): 1-18。
- 鄭書杏，1994。利用綠肥輪作提高作物產量及品質，花蓮區農業改良場農技報導，25:1-3。
- 鄭書杏、簡文憲、洪汝煌，1992。水田不同耕作制度與作物生產力之關係，花蓮區農業改良場研究彙報，8:1-16。
- 鄭書杏、白強，1995。不同輪作制度對後作水稻生產力之影響，花蓮區農業改良場研究彙報，11: 1-10。
- 錦斗美夫、長谷川愿、芳賀靜雄、神保惠志郎，1988。水稻生長與深水管理，農及園，63：723-731。
- 戴振洋、蔡宜峰，2012。以日本為例-談環境親和性農業，農業世界，342：77-83。
- 戴振洋，2012。食用番茄之環境親和型施肥技術，豐年半月刊。
- 羅秋雄、黃伯恩，1990。水旱田耕作制度調整對地力維護之探討，臺灣農業，26(4): 65-68。
- 譚增偉、王鐘和，2000。輪作制度的起源、歷史、意義與範圍，農業試驗所技術服務，44: 1-3。
- Coffman, C. B. and J. R. Frank. 1992. Corn-weed interactions with long-term conservation tillage management. *Agron. J.* 84: 17-21.
- Decker, A. M., A. J. Clark, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and M. S. McIntosh. 1994. Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. *Agron. J.* 84: 126-135.
- Dou, Z. and R. H. Fox. 1994. The contribution of nitrogen from legume cover crops double-cropped with winter wheat to tilled and non-tilled maize. *European J. Agron.* 3: 93-100.
- Galloway, B. A. and L. A. Weston. 1996. Influence of cover crop and herbicide treatment on weed control and yield in no-till sweet corn and pumpkin. *Weed Technol.* 10: 341-346.
- Holderbaum, J. F., A. M. Decker, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and L. R. Vough. 1990. Fall-seeded legume cover crop for no-tillage corn in the humid East. *Agron. J.* 82: 117-124.
- Johnson, G.. A., M. S. Defelice, and Z. R. Helsel. 1993. Cover crop management and weed control in

- corn (*Zea mays*). Weed Technol. 7: 425-430.
- Miller, D. A. 1984. Forage crop. 99pp, McGraw-Hill Book Company.
- Myers, J. L. and M. G. Wagger. 1991. Reseeding potential of crimson clover as a cover crop for no-tillage corn, Agron. J. 83: 985-991.
- Raimbault, B. A., T. J. Vyn, and M. T. Tollennar. 1990. Corn response to rye cover crop management and spring tillage systems. Agron. J. 82: 1088-1093.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT User's guide. Releases 9.1.3 Ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Soane B. D., B. C. Ball, J. Arvidsson, G. Basch, F. Moreno, and J. Roger-Estrade. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil Till. Res. 118:66-87.
- Swan, J. B., R. L. Higgs, T. B. Bailey, N. C. Wollenhaupt, W. H. Paulson, and A. E. Peterson. 1994. Surface residue and in-row treatment effects on long-term no-tillage continuous corn. Agron. J. 86: 711-718.
- Teasdale, J. R. 1993. Reduced herbicide weed management systems for no-tillage corn (*Zea mays*) in a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop. Weed Technol. 7: 879-883.
- Teasdale, J. R. and C. S. T. Daughtry. 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). Weed Sci. 41: 207-212.
- Utomo, M., W. W. Frye, and R. L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. Agron. J. 82: 979-983.
- Yenish, J. P., A. D. Worshom, and A. C. York. 1996. Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn (*Zea mays*). Weed Technol. 10: 815-821.

Establishment of Environmental Friendly Crop Rotation System in Taiwan

Zhi-Wei Yang ^{1,5}, Chen-Yang Tai ², Bi-Lien Chan ³, and Der-Fa Yu ⁴

Abstract

The purpose of this study was to use of environmental-friendly cropping rotation model to achieve due to climate change and increasing food self-sufficiency. In the northern region will be two cropping rice pattern planning into a rice, autumn crop dry farming (groundnut, corn and sweet potatoes) farming model, the results showed rice cultivation can reduce pesticide application rate, upland is adopted without (low) site preparation tillage practices to achieve the sustainable use of agricultural land and water environment field rotation affinity business model; explore different fertilizer effects on crop growth and soil environment of the central region, showed that rice- vegetables-wheat rotation can reduce the amount of fertilizer to achieve both production and the environment ; the southern region to explore the economic benefits of different upland cropping patterns, the results are displayed in Job's tears-green manure sesbania-sesame crop rotation patterns of hectares up to a net gain; eastern region to explore the different inputs of fertilizers and pesticides impact of floods, droughts and crop rotation, the results show can reduce fertilizer and pesticide inputs, use repellent and non-crop pesticide prevention act to achieve environmental affinity upland rotation model.

Keywords: Crop Rotation, Environmental Friendly Cropping System.

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

2 Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

4 Hualien District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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