

不同農耕法及輪作系統之比較研究¹

徐華盛 蔡永暉²

摘要

為建立高屏地區可使農民實際應用於作物有機栽培之輪作模式及改進 77 83 年有機農業可行性研究試驗中，部分輪作作物如甜玉米、蘿蔔等，在有機農法管理下病蟲危害程度較嚴重，生育不佳，經檢討後，自 83 年夏作起調整兩輪作系統內之作物，即第一輪作系統(R₁)採改良型，依有機農法之精神及適時、適地、適作原則選擇適合之輪作作物，第二輪作系統(R₂)則採用高屏地區農民慣行輪作制度，水稻 水稻 豆類或蔬菜，配合綠肥，以比較兩輪作系統在有機、折衷及慣行等三種農法管理下之效益。試驗結果，調整後的第一輪作體系，有機區的產量大部分超越慣行區，表現確實比第二輪作體系為佳。在病蟲害危害程度方面，第一輪作體系之秋作甘藍調整為嫩莖萵苣，春作甜玉米調整為白玉米後，病蟲害管理已獲得很好的控制。調整後的第二輪作體系以水稻為主作物，春作與夏作均種植水稻(兩年夏作中一次種植田菁)，比較春夏作水稻產量結果，發現夏作水稻的有機區比慣行區增產幅度較春作水稻為高，表示夏作水稻比春作水稻更適合於有機栽培。雜草控制方面，以水田雜草最少，水稻後作旱田作物亦有降低雜草發生效用。因此為利於雜草控制，在輪作體系中應將水稻涵蓋在內。

高雄場旗南分場經 11 年的長期試驗結果認為，配合慣行農法與有機農法之折衷式農法較具發展潛力。惟若能針對有機農法的困難，如有機肥料價格太貴，病蟲害及雜草防治等問題，逐步加以改善，相信有機農法還是具有相當大的發展空間。

關鍵語：有機農法、輪作、產量、病蟲害、雜草

前言

有機農法係指講求運用生物科技、自然生態法則，儘量少用或避免使用化學肥料及農藥，而配合豆科之綠肥作物在內的輪作制度，農場及農場外廢棄

¹本試驗承行政院農業委員會經費補助，謹致謝忱。

²高雄區農業改良場旗南分場助理研究員、副研究員兼主任。

³審查委員：王銀波教授，國立中興大學土壤環境科學系。

物以及含植物養份元素之礦石等之利用，並採用覆蓋、輪作制度、機械耕埋或人工等方法防除雜草以及利用機械、輪作或間作、忌避或誘殺及微生物等生物防治法來防除病蟲為害等綜合技術之運用，以維持地球環境品質、減少污染及保持農業持久生產力之耕作方式。先進國家美、日等國目前已有研究，且有部份農民應用有機農耕法實際從事生產，並有產品上市銷售。目前國人對有機農法尚缺確切之認識，且各試驗場所亦欠缺系統性之研究，將來本省推行時，有待解決之問題必多。以目前之農耕技術，若不用化學肥料及減少農藥(不用農藥)，如何維持土壤肥力及控制病蟲害和雜草發生，以維護生態平衡，保護環境與節約能源等，均有待加以探究。

本場於民國 77 年至 83 年進行有機農業可行性之研究，以兩種輪作制度及有機、折衷和慣行等三種農法評估長期實施有機農法，對農作物產量、病蟲害、品質、雜草發生與栽培效益之影響，發現有機農法之產量受作物種類與種植季節之影響頗大，兩輪作系統內之作物如甘藍、蘿蔔及甜玉米等在秋作以有機農法管理，分別比慣行農法減產 10.8%、29.1%、12.3%、42.6% 及 5.5%、6.9% 之間，但有機農法春作甜玉米較慣行農法增產 4.5%、26.2% 之間，然玉米螟危害甚烈。毛豆及矮性菜豆於夏作水稻之後作(即秋作)以有機農法較優。夏作水稻有機農法於前二輪迴顯著減產，但第三輪迴時則與慣行農法相近，至於折衷農法之各作物產量互有增減。供試作物在有機農法管理下，主要蟲害之危害率比慣行農法高出約 2 倍以上，惟各作物除偶有嚴重發生外，其他尚不致達無法控制之程度。又重要病害之發生，農藝作物類之有機農法亦比慣行農法嚴重，但蔬菜反而有機農法較輕微。各期作在有機農法管理之下雜草數為慣行農法之 1.5~3.6 倍，折衷農法則為其 1.2~2.0 倍。

基於可行性研究之評估結果，有機農法之肥料使用與病蟲害防治，若僅限於有機質肥料及現有之非農藥防治技術，則有秋作如甘藍、蘿蔔及甜玉米等作物養份供給不足及病蟲害控制效果不理想情形發生，故於 84 年度起調整兩輪作系統內之作物， R_1 依適時、適地、適作及有機農法之精神，選擇輪作作物， R_2 則採用高屏地區農民常用水稻、水稻、豆類或蔬菜之輪作制度，配合綠肥，以比較輪作系統之效益，三種農法則不予變動，期建立高屏地區可使農民實際應用於作物有機栽培之輪作模式，並解決上述有機農業在本省施行時遭遇之難題。

輪作制度改善後經兩年六作(83 年秋作至 85 年春作)之試驗，作物產量方面， R_1 ：田菁、嫩莖萵苣、白玉米、水稻、毛豆、白玉米，各期作有機及折衷農法之表現均比慣行農法為優，增產幅度分別在 2.9%~20.6% 及 1.0%~30.9% 之間； R_2 ：田菁、甜玉米、水稻、水稻、毛豆、水稻則兩種農法分別增產 4.5%~5.0% 及 0.4%~4.0% 之間。病蟲害方面，除夏作水稻之胡麻葉枯病和秋作毛豆之夜盜蟲危害遍及三種農法，且較為嚴重外，其他均未達妨礙作物生育之

程度。雜草發生以水田最少，旱作中以秋作雜草數較春作為多，且均以有機及折衷兩農法較多。

為確實評估兩輪作系統於有機農耕法之效益及建立輪作模式，自 85 年夏作起繼續輪作制度變更後之第二輪試驗，本文僅就 11 年來試驗之情形提出報告。

材料與方法

本試驗設置於高雄區農業改良場旗南分場(高雄縣旗山鎮)砂岩及粘板岩混合沖積土試驗田，試驗前土質為砂壤土，pH6.6，有機質 2.34%，總氮 0.15%，有效性磷酐 96mg/kg，交換性鉀 0.22cmol/kg，交換性鈣 5.31cmol/kg 及交換性鎂 0.81cmol/kg，田間採兩種輪作制度(主區)及三種農耕法(副區)相組合為六種處理，每處理面積為 0.1 公頃，全試區面積共 $0.1 \times 6 = 0.6$ 公頃。輪作系統採兩年一輪，第一輪作系統(R₁)採改良型，依適時、適地、適作及有機農法之精神，選擇輪作作物，第二輪作系統(R₂)則採用高屏地區農民慣行輪作制度，並配合綠肥，以進行輪作系統效益之比較。兩種輪作制度下分設慣行農法、有機農法及折衷農法等三種耕作方法之處理，分述如下：

一、慣行農法

依現行各作物的肥料推薦量施用化學肥料，氮肥使用尿素或硫酸銨，磷肥使用過磷酸鈣，而鉀肥使用氯化鉀。磷肥全量作基肥，氮肥及鉀肥依作物種類而留部份施用量供作追肥。於作物生長期中依照「植物保護手冊」推薦，施用殺草劑、殺蟲劑及殺菌劑等農藥。各期作物殘體均留置田間埋入土壤中。

二、有機農法

本試驗使用家畜、禽排泄物堆肥為有機質肥料，因堆肥中氮及磷多屬有機態，須經礦化作用，在一生長季中推估約 50%之養份可供給植物吸收，故依推薦量計算堆肥施用量後再乘二倍施用於田間(鉀素不另考慮，任其自然)。豆科作物接種根瘤菌等，病蟲害採用非化學農藥防治方法包括性費洛蒙、蘇力菌及寄生蜂等，田間雜草之防治採稻草或穀殼覆蓋、生育初期水田湛水、人工及農機中耕除草。各期作殘體留置在田內埋入土壤中。

三、折衷農法

基於有機農法單用堆肥供作物生長，可能主要養分元素會不足，使用少量化學肥料補充作物生長及少量農藥防治病蟲害之原則，而設置本農法。肥料用量依耕作方法一、慣行農法所用化學肥料量之半量，及二

、有機農法所用有機質堆肥量之半，其中有機質肥料及部份化學肥料分施作基肥用，而化學肥料部份氮、鉀肥供作追肥用。生育期中視需要依最低限度與施用量施用農藥，雜草防治同慣行農法。

至於其他栽培管理方法如整地、作畦、栽培、行株距、灌排水等，悉按現行農業試驗研究推薦方法實施之。

調查分析項目包括試驗前土壤分析，各期作每處理分別紀錄化學肥料用量及所有各種有機質肥料用量等，各作物分別調查農、園藝主要性狀、雜草量、病蟲害發生與防治情形、作物產量、品質及生產效益等。

表 1. 輪作體系與其栽培作物

Table 1. Cropping systems and their cultivated crops in this experiment

Cropping system	Year	Cropping sequence					
		Summer	Autumn	Spring	Summer	Autumn	Spring
R ₁	1988-1994	Green ¹ manure	Cabbage	Sweet corn	Paddy rice	Vegetable soybean ²	Sweet corn
	1994-1999	Green manure	Lettuce	Corn	Paddy rice	Vegetable soybean	Corn
R ₂	1988-1994	Green Manure	Sweet corn	Vegetable soybean	Paddy rice	Radish	Vegetable soybean
	1994-1999	Green manure	Sweet corn	Vegetable soybean	Paddy rice	Vegetable soybean	Paddy rice

1.Planted Tsuno-Kusa nemu (*Sesbania roxburgii*).

2.Since the vegetable soybean grew poorly in 1991, a processing bush bean was planted.

表 2. 各種作物施肥用量

Table 2. Rates of chemical fertilizer used in crops

Crops	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Sweet corn (corn)	178	56	60
Vegetable soybean	60	72	60
Cabbage	200	32	70
Radish	150	100	108
Lettuce	255	218	182
Paddy rice	120	40	60

結果與討論

行政院農業委員會高雄區農業改良場為進行有機農業之可行性研究，自民國 77 年起在旗南分場進行長期性試驗研究。首先在前六年試驗中，選擇農民普遍種植的作物為試驗材料，包括田菁、甘藍、甜玉米、水稻、毛豆、嫩莖萵苣、蘿蔔等。惟部分作物如蘿蔔、甜玉米等因病蟲害防治困難等因素，自民國 83 年起調整參試作物。第一輪作體系作物屬適時、適地、適作型，包括田菁、嫩莖萵苣、白玉米、水稻、毛豆等；第二輪作體系作物則為當地慣行栽培作物，用以做為對照(表 1)。茲將 11 年來之試驗結果簡單報告如下：

一、不同輪作體系在不同農耕法下之作物產量比較

1. 水稻：自民國 77 年起 6 年中，無論是第一或第二輪作體系，每二年種植水稻一次。試驗結果第一及第二輪迴之水稻產量，無論在第一或第二輪作體系，有機區有減產的趨勢，到第三輪迴(第 6 年)有機區的產量才達到慣行區的水準。六年以後，有機區的稻穀產量開始超越慣行區，且二輪作體系具有相同的趨勢(表 3 及表 4)。民國 83 年夏作起，第二輪作體系改以種植水稻為主，比較春、夏作水稻產量的結果顯示，春作之有機區有減產的趨勢，而夏作之有機區則比慣行區增產。表示有機稻米比較適合於低產環境(水稻第二期作)栽培。
2. 玉米：在前 6 年的試驗中，甜玉米分別安排在每年春作(第一輪作體系)及每二年秋作(第二輪作體系)種植(表 1)。試驗結果春作甜玉米之產量以有機區最高(10.10t/ha)，其次為折衷區(9.67t/ha)，慣行區最低只有 9.22t/ha。但在第二輪作體系之秋作甜玉米，有機區的產量比慣行區及折衷區為低；慣行區與折衷區則無明顯之差異。表示有機甜玉米比較適合在春作栽培。而春作(第一輪作體系)白玉米的產量，有機區、折衷區及慣行區則無明顯差異。
3. 毛豆：在前 6 年的試驗中，毛豆分別在每二年秋作(第一輪作體系)及每年春作(第二輪作體系)栽培(表 1)。試驗結果秋作毛豆產量以有機區最高(8.46t/ha)，其次為折衷區(7.24t/ha)，慣行法之產量最低，每公頃只有 6.76 公噸。春作毛豆則以慣行法之產量最高(6.59t/ha)，其次為折衷區(6.42t/ha)，有機區的產量最低，每公頃只有 6.17 公噸。表示有機毛豆以秋作種植較為有利。惟 88 年秋作毛豆，因遭烏鼠為害嚴重，產量難以估算，故為有效防止烏鼠為害，毛豆栽培加蓋紗網實有其必要性。
4. 甘藍、蘿蔔及嫩莖萵苣：秋作甘藍中有機區平均比慣行區減產 21.3%，秋作蘿蔔之有機區亦有減產現象，平均減少 23.5%。而秋作嫩莖萵苣則以有機區產量最高(16.33t/ha)，其次為折衷區(14.07t/ha)，以慣行區

產量最低，只有每公頃 12.27 公噸。表示秋作嫩莖萵苣較適合於有機栽培，秋作甘藍與蘿蔔則不適宜(表 3 及表 4)。

表 3. 第一輪作系統在不同農耕法下各作物產量之比較

Table 3. Comparison of crop yield under different farmings in cropping system

Cycle	Year	Crop season	Crop	CF ¹	IF	OF		
				(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)		
1st.	1988	Summer	Green manure	19.53	19.53	19.53		
		Autumn	Cabbage	81.08	82.24(+1.4) ²	61.60(-24.0)		
	1989	Spring	Sweet corn	10.52	9.84(-6.5)	11.43(+8.7)		
		Summer	Paddy rice	4.89	4.79(-2.0)	4.02(-17.8)		
		Autumn	Vegetable soybean	6.26	6.81(+8.8)	7.24(+15.7)		
2nd.	1990	Spring	Sweet corn	7.87	8.39(+6.6)	8.22(+4.5)		
		Summer	Green manure	26.38	25.00(-5.2)	26.88(+1.9)		
		Autumn	Cabbage	70.94	67.92(-4.3)	63.25(-10.8)		
		1991	Spring	Sweet corn	10.62	11.07(+4.2)	11.13(+4.8)	
			Summer	Paddy rice	6.58	5.45(-17.1)	5.27(-19.9)	
		Autumn	Processing bush bean	8.54	9.08(+6.3)	8.73(+2.2)		
		3rd.	1992	Spring	Sweet corn	7.07	8.30(+17.4)	8.92(+26.2)
				Summer	Green manure	36.63	34.63(-5.5)	41.37(+12.9)
		Autumn	Cabbage	64.72	56.39(-12.9)	45.91(-29.1)		
		1993	Spring	Sweet corn	9.40	10.20(+8.5)	10.25(+9.0)	
			Summer	Paddy rice	6.72	6.67(-0.7)	6.78(+0.2)	
		Autumn	Vegetable soybean	7.26	7.68(+5.7)	9.68(+33.3)		
		4th.	1994	Spring	Sweet corn	9.85	10.23(+3.9)	10.64(+8.0)
				Summer	Green manure	22.88	24.38(+6.5)	26.88(+17.4)
		Autumn	Lettuce	10.45	13.68(+30.9)	12.60(+20.6)		
		1995	Spring	Corn	11.21	11.55(+3.0)	12.03(+7.3)	
			Summer	Paddy rice	5.91	5.97(+1.0)	6.32(+7.0)	
		Autumn	Vegetable soybean	7.74	8.13(+5.0)	8.30(+33.3)		
		5th.	1996	Spring	Corn	10.31	10.51(+1.9)	10.61(+2.9)
				Summer	Green manure	25.98	33.85(+30.3)	32.47(+25.0)
		Autumn	Lettuce	12.03	10.77(-10.5)	13.97(+11.6)		
		1997	Spring	Corn	11.26	10.62(-5.6)	10.42(-7.5)	
			Summer	Paddy rice	3.57	4.12(+15.4)	4.42(+23.8)	
		Autumn	Vegetable soybean	6.88	7.32(+6.4)	7.97(+15.8)		
		6th.	1998	Spring	Corn	7.83	8.00(+2.2)	8.29(+5.8)
				Summer	Green manure	26.00	26.50(+1.9)	32.20(+23.8)
		Autumn	Lettuce	14.35	17.77(+23.8)	22.42(+56.2)		
		1999	Spring	Corn	7.74	8.52(+10.0)	7.49(-3.3)	
			Summer	Paddy rice	6.13	6.32(+3.1)	5.76(-6.0)	
		Autumn	Vegetable soybean	Bird-damage	Bird-damage	Bird-damage		

1.CF : Conventional farming ; IF : Intermediate farming ; OF : Organic farming.

2.Figure in the parenthesis indicated yield increase or decrease by percentage over CF.

表 4. 第二輪作系統在不同農耕法下各作物產量之比較

Table 4. Comparison of crop yield under different farmings in cropping system

Cycle	Year	Crop season	Crop	CF ¹	IF	OF
				(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)
1st.	1988	Summer	Green manure	19.53	19.53	19.53
		Autumn	Sweet corn	11.70	12.47(+6.2) ²	11.06(- 5.5)
	1989	Spring	Vegetable soybean	5.68	5.89(+3.7)	5.08(- 10.5)
		Summer	Paddy rice	5.69	5.07(- 11.0)	4.69(- 17.9)
		Autumn	Radish	29.01	23.78(- 18.0)	25.47(- 12.3)
		1990	Spring	Vegetable soybean	7.19	7.42(+3.2)
2nd.	1990	Summer	Green manure	25.00	22.88(- 8.5)	21.75(- 13.0)
		Autumn	Sweet corn	10.13	9.96(- 1.8)	9.43(- 6.9)
		1991	Spring	Vegetable soybean	6.61	6.26(- 6.3)
	1991	Summer	Paddy rice	4.77	5.23(+9.6)	5.02(+5.3)
		Autumn	Radish	29.14	26.42(- 9.3)	24.63(- 15.5)
		3rd.	1992	Spring	Vegetable soybean	6.99
Summer	Green manure			37.62	33.62(- 10.6)	42.00(+11.6)
Autumn	Sweet corn			8.89	8.49(- 4.5)	8.38(- 5.7)
1993	Spring		Vegetable soybean	6.09	5.13(- 15.8)	5.10(- 16.3)
	Summer		Paddy rice	7.13	6.73(- 5.7)	6.99(- 2.0)
	Autumn		Radish	37.09	25.45(- 31.4)	21.29(- 42.6)
4th.	1994	Spring	Vegetable soybean	6.98	6.85(- 1.9)	6.56(- 6.0)
		Summer	Green manure	29.13	23.63(- 18.9)	29.25(+0.4)
		Autumn	Sweet corn	10.34	10.24(- 1.0)	9.27(- 10.3)
	1995	Spring	Paddy rice	6.01	5.57(- 7.3)	5.24(- 12.8)
		Summer	Paddy rice	5.95	6.18(+4.0)	6.25(+5.0)
		Autumn	Vegetable soybean	7.85	7.88(+0.4)	8.20(+4.5)
5th.	1996	Spring	Paddy rice	6.42	6.35(- 1.1)	6.48(+1.0)
		Summer	Green manure	26.30	27.30(+3.8)	27.78(+5.6)
		Autumn	Sweet corn	11.82	11.96(+1.2)	12.26(+3.8)
	1997	Spring	Paddy rice	5.36	5.01(- 6.6)	5.59(+4.3)
		Summer	Paddy rice	2.24	3.26(+45.3)	3.67(+63.8)
		Autumn	Vegetable soybean	9.01	9.65(+7.1)	9.07(+0.7)
6th.	1998	Spring	Paddy rice	4.77	4.18(- 12.4)	4.19(- 12.2)
		Summer	Green manure	29.70	33.10(+11.4)	34.60(+16.5)
		Autumn	Sweet corn	8.67	8.79(+1.4)	8.54(- 1.8)
	1999	Spring	Paddy rice	6.36	5.81(- 8.7)	5.07(- 20.3)
		Summer	Paddy rice	6.20	6.45(+4.1)	6.23(+0.6)
		Autumn	Vegetable soybean	Bird-damage	Bird-damage	Bird-damage

1.CF : Conventional farming ; IF : Intermediate farming ; OF : Organic farming.

2.Figure in the parenthesis indicated yield increase or decrease by percentage over CF.

二、不同輪作系統及農耕法對作物生長情形之影響

(一)八十七年夏作 R_1 、 R_2 皆為田菁，秋作各為嫩莖萵苣及甜玉米。

- 1.田菁：不論 R_1 或 R_2 均以有機農法之生長較佳，次為折衷農法，而慣行農法之生長較差(表 5)。
- 2.嫩莖萵苣：其生長均以有機農法較高，以慣行農法顯著較低，顯示嫩莖萵苣經長期施用有機肥料之後，所建立之土壤肥力，適宜其生長。或施有機肥料比施化學肥料更有利(表 6)。
- 3.甜玉米：三種農法之生長顯著差異，而以折衷農法略高，顯示對需養分量較高之玉米而言，完全經由有機肥料提供養分不足以供其做較大之生長，即使連續使用有機肥料十餘年，所建立之肥力，對玉米之生產而言，仍然不足(表 7)。

(二)八十八年春作 R_1 為白玉米， R_2 為水稻，夏、秋作 R_1 、 R_2 各為水稻及毛豆。

- 1.白玉米：有機農法之生長情形略低於折衷與慣行農法，此與前作 R_2 之甜玉米情形相似(表 8)。
- 2.水稻：不論營養生長期或生殖生長期，春作以慣行農法，夏作以折衷農法皆有較高之趨勢，春作 R_2 及夏作 R_1 均以有機農法最低(表 9 及表 10)，惟有機農法之水稻易受鳥害，而影響產量。
- 3.毛豆：秋作毛豆生育 R_1 以有機農法較佳，次為折衷農法，以慣行農法較差，但 R_2 則以折衷農法較佳，而有機與慣行農法則相近，不論 R_1 或 R_2 毛豆根瘤數均以折衷農法最多(表 11)。惟毛豆易受鳥鼠為害，而影響產量之估算。

表 5. 各輪作系統在不同農耕法下對田菁生長之比較

Table 5. Comparison of green manure on the growth under different farmings in cropping system (1998, summei)

輪作別	農耕法	株高 (cm)	單株重 (g)	鮮重	
				地上部 (g)	地下部 (g)
R_1	CF	225	111	99	12
	IF	223	126	112	14
	OF	228	131	116	15
R_2	CF	212	120	108	12
	IF	226	124	111	13
	OF	229	132	118	14

表 6. 各輪作系統在不同農耕法下對嫩莖萵苣生長之比較

Table 6. Comparison of lettuce on the growth under different farmings in cropping system (1998, Autumn)

輪作別	農耕法	株高 (cm)	單株重 (g)	鮮重	
				地上部 (g)	地下部 (g)
R ₁	CF	44	472	450	22
	IF	50	539	517	22
	OF	62	759	729	30

表 7. 各輪作系統在不同農耕法下對甜玉米生長之比較

Table 7. Comparison of sweet corn on the growth under different farmings in cropping system (1998, Autumn)

輪作別	農耕法	株高 (cm)	穗長 (cm)	穗重 (g)	鮮重	
					地上部 (g)	地下部 (g)
R ₂	CF	187	21.6	249	381	38
	IF	187	21.2	266	421	37
	OF	191	21.4	227	373	31

表 8. 各輪作系統在不同農耕法下對白玉米生長之比較

Table 8. Comparison of corn on the growth under different farmings in cropping system (1999, Spring)

輪作別	農耕法	株高 (cm)	實穗長 (cm)	單穗重 (g)	穗合格率 (%)	採收率 (%)	葉數 (葉/株)
R ₁	CF	312	22.7	265	56.8	61	12.0
	IF	316	22.4	280	44.3	72	12.3
	OF	282	20.8	245	48.7	74	10.7

表 9. 各輪作系統在不同農耕法下對水稻生長之比較

Table 9. Comparison of paddy rice on the growth under different farmings in cropping system (1999, Spring)

輪作別	農耕法	株高 (cm)	穗數 (支)	穗長 (cm)	單穗重 (g)	單穗粒數 (粒)	稔實粒數 (粒)	稔實率 (%)	千粒重 (g)
R ₂	CF	100	24	18.0	3.29	113	108	96.0	26.8
	IF	92	15	18.5	3.65	119	114	95.7	27.8
	OF	92	14	18.1	3.58	115	110	95.4	27.5

表 10. 各輪作系統在不同農耕法下對水稻生長之比較

Table 10. Comparison of paddy rice on the growth under different farmings in cropping system (1999, Summer)

輪作別	農耕法	株高	穗數	穗長	單穗重	單穗粒數	稔實粒數	稔實率	千粒重
		(cm)	(支)	(cm)	(g)	(粒)	(粒)	(%)	(g)
R ₁	CF	106	17.1	19.8	4.55	145	125	86.9	25.8
	IF	108	18.3	19.5	4.77	137	132	96.0	26.5
	OF	108	18.3	20.1	3.48	137	122	96.0	25.8
R ₂	CF	106	17.6	19.1	4.00	114	111	97.1	25.3
	IF	108	17.6	19.6	4.26	125	120	96.1	25.7
	OF	108	18.7	20.1	4.79	147	141	95.8	25.5

表 11. 各輪作系統在不同農耕法下對毛豆生長之比較

Table 11. Comparison of vegetable soybean on the growth under different farmings (1999, Autumn)

輪作別	農耕法	株高 (cm)	莢數 (莢)	鮮莢重 (g)	鮮重		根瘤數 (粒)
					地上部 (g)	地下部 (g)	
R ₁	CF	39.8	7.2	13.72	29.46	2.56	14.6
	IF	46.4	9.8	22.02	37.84	2.56	20.6
	OF	42.8	14.0	26.66	48.64	3.84	17.8
R ₂	CF	40.0	10.4	20.66	39.28	2.78	19.6
	IF	49.4	10.8	24.78	47.10	3.52	21.0
	OF	44.0	6.2	14.06	31.36	3.14	18.0

三、不同輪作系統之土壤肥力變化

自民國 77 年夏作起至 87 年春作止，各輪作系統經十年的種植後，土壤肥力發生變化，並趨向新的平衡點。此結果可由表 12，土壤肥力的變化看出來，土壤有機質、pH 值、有效性磷、鉀、鈣、鎂含量，在有機區與折衷區有明顯增加，反之，在慣行區則明顯降低。顯示實施有機農法對土壤肥力有明顯的改善效果。

1. 土壤 pH 值的變化：二個輪作系統中，平均土壤 pH 值，以第一輪作系統(R₁)較第二輪作系統(R₂)為高；而三種不同農耕法中，pH 值以有機農法(OF)最高，其次為折衷農法(IF)，慣行農法(CF)最低。十年間，三個農耕法對土壤 pH 值只有慣行農法 R₁ 6.47 及 R₂ 5.75 比試驗前之 6.60，分別下降 0.13 及 0.85 單位，顯示土壤 pH 值受輪作系統和有機肥料施用量的影響(表 12 及圖 1)。

2. 土壤有機質含量的變化：R₁ 及 R₂ 輪作系統之土壤有機質含量十年來

有機區(OF)比試驗前呈明顯增加，而慣行區則呈下降趨勢。有機區最高已增至 41.91g kg⁻¹ 足見，施用有機質肥料，不論何種輪作系統，均可增加土壤有機質含量(表 12 及圖 2)。

3. 土壤有效性磷含量的變化：二個輪作系統中，土壤有效性磷含量，在多年耕種後比試驗前均有明顯的上升現象。平均土壤有效性磷含量，以有機區最高，次為折衷區，慣行區最低。然而有機區為全年施磷量最低者，因此土壤有效性磷含量的增加，可能是土壤 pH 值增高的結果所致(表 12 及圖 3)。
4. 土壤交換性鉀含量的變化：二個輪作系統中，土壤交換性鉀含量，有機區和折衷區略增，而慣行區則呈下降趨勢，第 10 年後土壤鉀含量僅為 0.13cmol kg⁻¹。有機區土壤含鉀量最高，此與施用有機質肥料可提高土壤交換性鉀含量有明顯關連(表 12 及圖 4)。
5. 土壤交換性鈣、鎂含量的變化：不論 R1 或 R2，試驗前後土壤交換性鈣、交換性鎂含量在有機區和折衷區均增加，而在慣行區卻降低，此顯示施用有機質肥料對土壤肥力有絕然不同的影響(表 12 及圖 5、圖 6)。

表 12. 各輪作區試驗前後土壤肥力之變化

Table 12. The chemical property of surface soil before and after oxperiment in different rotation system

Characteristics (units)	1988	1998					
		Rotation system			Rotation system		
		CF	IF	OF	CF	IF	OF
pH (1:1)	6.60	6.47	7.48	7.52	5.75	7.05	7.07
Organic matter (g kg ⁻¹)	23.40	22.31	25.65	33.20	21.37	28.41	41.91
Bray No.1 P (mg kg ⁻¹)	96.00	107.00	143.00	198.00	175.00	183.00	208.00
Exchangeable K (cmol kg ⁻¹)	0.22	0.17	0.31	0.34	0.13	0.30	0.40
Exchangeable Ca (cmol kg ⁻¹)	5.31	4.44	8.02	11.63	4.50	7.67	12.07
Exchangeable Mg (cmol kg ⁻¹)	0.81	0.61	0.98	1.14	0.57	0.87	1.20

CF : Conventional farming; IF : Intermediate farming; OF : Organic farming

圖1. 土壤pH值的變化

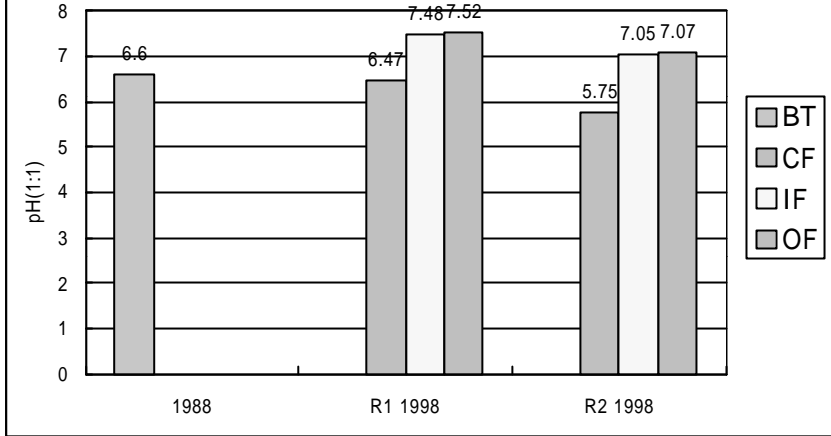


圖2. 土壤有機質含量的變化

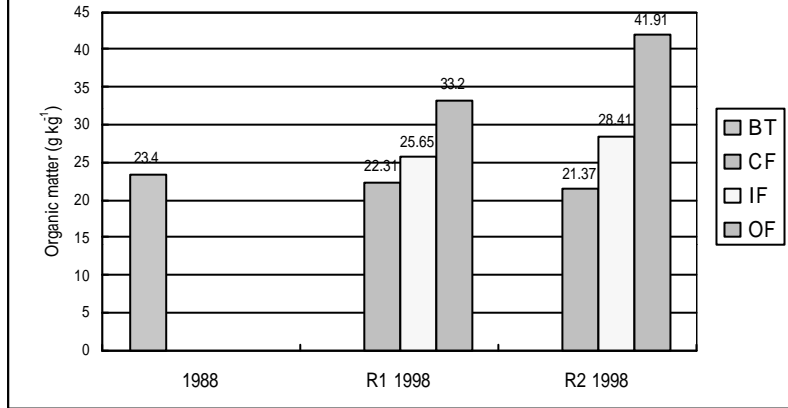


圖3. 土壤有效性磷含量的變化

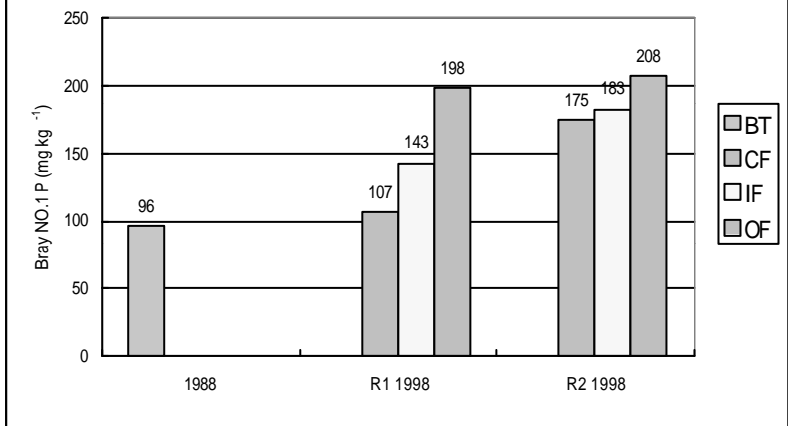


圖4. 土壤交換性鉀含量的變化

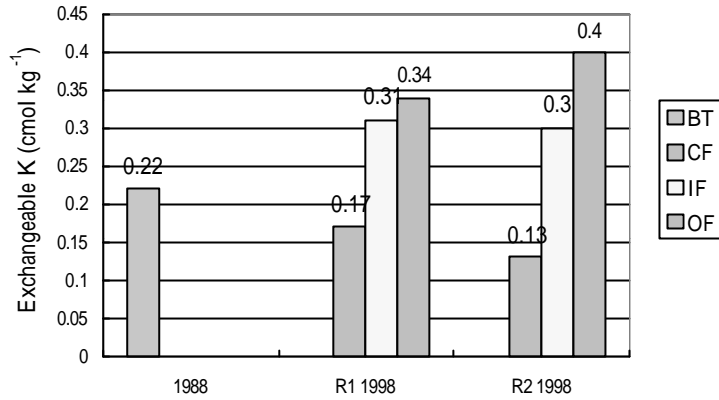


圖5. 土壤交換性鈣含量的變化

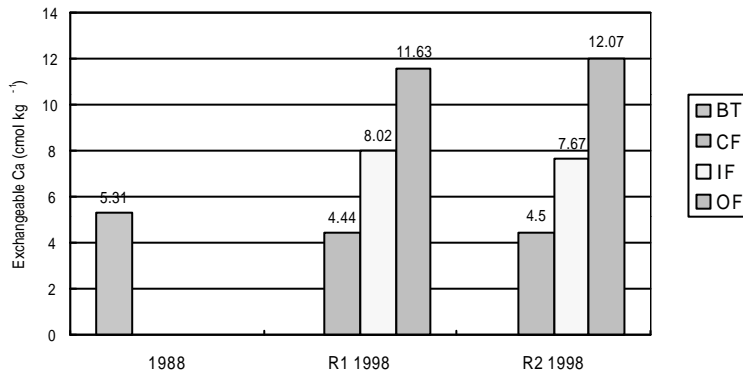
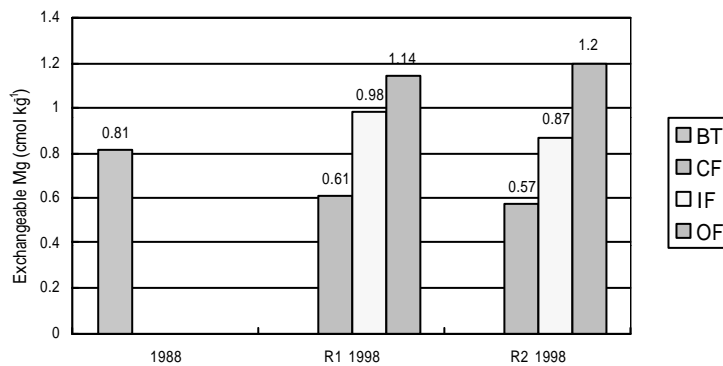


圖6. 土壤交換性鎂含量的變化



結 論

在於永續利用土地策略的理念下，高雄區農業改良場旗南分場自 1988 年起進行有機農業可行性之研究，以探討在不同輪作體系下，比較有機、折衷、慣行三種農耕法對作物之生長與土地永續利用之關係，俾供日後永續農業在肥培及田間管理的參考。

經過 11 年的長期試驗後，有機農法(OF)、折衷農法(IF)、慣行農法(CF)對土壤肥力有顯著的差異。三種耕作法中以折衷農法最有利於土壤之氮素肥力之建立，不但作物之產量較高，植物體中的硝酸態氮濃度也較高，有機農耕法次之。然而，所建立之土壤肥力對需肥較多之玉米作物而言，則仍是不足，此現象不論在 R_1 或 R_2 系統均出現，即有機肥料或已建立之土壤肥力無法使玉米有適當之生長。前 6 年兩輪作系統中，一些需氮肥較大而生育期較短的作物如甘藍、蘿蔔及甜玉米等，在秋作以有機農法管理之下，其產量表表現均不盡理想，但有機農法春作甜玉米之表現優異。有機農法之產量、品質、病蟲害與雜草控制受作物種類與種植季節之影響甚大，宜選擇病蟲害發生較少的季節種植，並加強鳥鼠防治措施，以減少危害。一些需氮肥較少的作物如毛豆及矮性菜豆，於水稻後作以有機農法較優異。

總之，有機農法增產的原因，主要是地力改善，例如土壤有機質含量 11 年來已增至 4.2%，pH 值已上升至 7.5，適合於作物生長，另外，土壤比重已降至 1.0，亦適合根群發育及微生物活動；其次是土壤病害減少，以 87 年秋作嫩莖萵苣為例，慣行區莖腐病高達 11%，而有機區幾乎沒有發生。由此可見，台灣推動有機農業確實具有可行性，值得加以推廣。

建 議

1. 綜合 11 年之試驗研究結果，證實只要如 R_1 系統慎選輪作作物，並配合現代農業科技，作物有機栽培生產力之持續均能獲得維持。
2. 由試驗證明，只要能夠選擇耐熱品種適地適栽，配合現代化農業技術和經驗，在台灣南部地區推行有機農法是可行的，而且許多作物的產量和品質都會因而大幅提高，土壤肥力也可同時獲得改善。
3. 有機農法的缺點是有機肥料的成本較高，體積較為龐大，使用操作時較不方便，但如能運用堆肥撒布機作業或種植綠肥作物，成本即可降低，工作就會變得簡單輕鬆。
4. 有機農業是未來台灣農業發展的方向，而有機農法最棘手的問題是病蟲害的防治，宜積極研發更多新的非農藥防治技術，如研究各種忌避劑、生物製劑

、天敵篩選等，以取代化學防治法，減少農藥的使用量，維護生態環境平衡。

參考文獻

- 1.王銀波、趙震慶. 1995. 有機農業之意義及有關試驗之檢討. 有機質肥料合理施用技術研討會專刊. 台灣省農業試驗所特刊第 50 號 P.95-109.
- 2.李文輝. 1991. 耕作制度影響土壤肥力及作物產量之研究. 輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專輯. 中華土壤肥料學會編印 P.95-110.
- 3.林滄澤. 1988. 轉作雜糧作物長期肥培管理試驗. 75 年度台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告 P.12-24.
- 4.連深. 1995. 有機質肥料之肥效試驗及結果判釋之若干觀點. 有機質肥料合理施用技術研討會專刊. 台灣省農業試驗所特刊第 50 號 P.110-125.
- 5.連深、王鐘和. 1991. 夏作田菁在稻田輪作制度之應用 對土壤肥力及作物產量之效果. 輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專輯. 中華土壤肥料學會編印 P.111-128.
- 6.莊作權. 1995. 不同輪作系統下施用有機質肥料對土壤肥力及作物產量之影響. 永續農業研究與推廣之進展研討會專集. 中華永續農業協會編印 P.107-118.
- 7.高銘木. 1986. 輪作系統中前後順序對作物生育之影響. 興農 215: 89-93.
- 9.黃山內. 1996. 有機農業土壤與肥培管理. 永續農業 4: 5-12.
- 10.黃山內. 1996. 土地利用型農業企業化經營的理念與作法. 農業企業化經營研討會專刊. 台灣省農業試驗所特刊第 58 號 P.57-71.
- 11.廖乾華. 1991. 不同輪作制度下長期施用綠肥和植物殘株對作物產量及土壤性質的影響. 輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專輯. 中華土壤肥料學會編印 P.44-65.
- 12.蔡永暉. 1989. 秋作施肥管理與春作輪作組合對雜糧生產量之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 2(2): 82-86.
- 13.蔡永暉、羅瑞生. 1992. 作物順序與殘體利用對輪作系統中作物產量與土壤肥力之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 4(2): 27-35.
- 14.鄧耀宗. 1996. 因應永續農業經營之水稻育種策略. 永續農業 4: 13-16.
- 15.戴順發、陳東鐘、黃賢喜. 1994. 有機農耕法與慣行農耕法對作物品質、病蟲害與雜草控制之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 5(2): 1-19.
- 16.戴順發、陳東鐘、劉英杰、黃賢喜. 1998. 作物有機栽培輪作制度之建立. 農

產廢棄物在有機農業之應用研討會專刊。桃園區農業改良場特刊第 11 號
P.172-195.

- 17.Lee, Ho Jin and Keun Yong Park. 1993. Crop production system for low-input sustainable agriculture in Korea. P.43-58. In “Low-Input Sustainable Crop Production Systems in Asia”, published by Korean Society of Crop Science, Suwon, Korea.
- 18.Wang, Yin-Po, Chen-Ching Chao, Shan-Ney Huang and Yao-Chung Teng. 1993. Research progress in organic agriculture in Taiwan. P.11-23. In “Low-Input Sustainable Crop Production Systems in Asia’ , published by Korean Society of Crop Science, Suwon, Korea.

Establishment of Crop Rotation System for Organic Farming¹

H. S. Hsu and Y. H. Tsai²

Abstract

In order to slow down the impacts of agricultural production on environment and to produce good quality of foods, the organic farming has become a topic of great concern among the farmers and the consumers in Taiwan. At present, the main problems for organic farming including higher price of organic fertilizers, hard to control of the diseases, insect pests and weeds. Thus organic farming is facing difficulties such as low yielding capacity, poor appearance of the organic produces and higher production cost. After a long term of experiments, the results indicated that the intermediate farming, of which both of the chemical and organic materials were applied, may be more feasible than the others. However, if we can solve the problems of organic farming gradually, it is believed that there is still some rooms for organic farming to be developed. In this paper, we will discuss some techniques relating to cropping systems which can be applied in organic farming.

In the first six years of the experiment, several popular crops in Chinan area were chosen for experimental materials, some of them were infected by diseases and insects severely, such as sweet corn and radish. After a series of discussion, the crop patterns were adjusted in 1994. After 1994, the crops planted in cropping system must be adapted to the local environment, while for the cropping system , a crop pattern similar to the local farmers were planted for comparison. The experimental results showed that the crop yields obtained from the treatment of organic farming were mostly higher than that of conventional farming, indicating that the performance of the cropping system after adjustment, was better than that of the cropping system . In addition, since the cabbage and sweet corn were substituted by lettuce and corn in cropping system , the damages from diseases and insects were under control. For cropping system , rice was the main crop in this cropping pattern, it was planted both for spring and summer seasons. It was found that yield increase for the summer rice, based on the yield of organic farming over conventional farming, was higher than the spring rice. It revealed that summer season looks like a more suitable season for organic rice production. Besides, the paddy field was found to be the best way for weed

control. It is also found that the upland crop after rice is tend to have smaller weed population than others. Thus, it is important to have rice within the cropping system.

It is generally understood that monoculture may reduce the yield and quality of agricultural produces, especially the Solanum crops. For maintaining and enhancing soil fertility, it used to apply cropping system. The function of cropping system based on cropping sequences and the management of soil and fertilizer, including the nutrient uptake, root excretion and the residue of the previous crop. Studying the effect of previous crop on the yield of celery indicated that the total amount of nutrient uptake of the previous crop did affect the yield of celery. For example, lettuce, vegetable soybean and green onion had lower total amount of nutrient uptake, their following crops obtained relatively higher yield. For green manure (*Sesbania roxburghii*), however, its total amount of nutrient uptake was higher than that of celery, the yield of the following crop was still higher than others. It probably means that the return of the whole plant of the green manure to the soil may help the soil to reestablish its soil fertility. Therefore, for planning the cropping systems, in addition to the market demand, the total amount of nutrient uptake, residual parts of the previous crop, damages of diseases and insect pests, weed control etc. should be considered. In fact, the organic farming is more difficult than conventional farming at this stage, a detail planning is necessary for a successful organic farming.

Key words: Cropping system, Organic farming, Yield, Weed, Diseases and Insect pests

¹This project was supported by a grant from the Council of Agriculture, Executive Yun.

²Assistant researcher and associate researcher, Chi-Nan Branch Station of KDAIS.