

因應乾旱危機提升國產糧食自給率之稻田耕作制度調整研究

詹碧連、劉居全

行政院農委會台南區農業改良場

摘 要

本試驗旨在探討不同耕作制度對土壤肥力、作物田間雜草及病蟲害發生，以及作物產量與收益之影響。各耕作制度分為：A.水稻—水稻—蕎麥(對照)、B.水稻—綠肥田菁-硬質玉米、C.硬質玉米—綠肥田菁—大豆、D.青割玉米-甘藷、E.大豆-綠肥田菁—硬質玉米、F.大豆—甘藷等六種處理。試驗結果，春作以處理 F 之大豆田區雜草公頃鮮株重 500 公斤最高，春作大豆發生紫斑病 3.2%。夏作田菁發生斜紋夜盜蟲，危害率 0.2%。秋作硬質玉米發生葉斑病及銹病罹病率 0.5 級，秋作甘藷猿葉蟲危害率 5.8%。作物產值以春作水稻 185,087 元/公頃最高。耕作模式全年淨收益以處理 B:水稻—綠肥田菁-硬質玉米之公頃淨收益 138,513 元最多。耕作模式田間節省灌溉水以處理 E.大豆-綠肥田菁—硬質玉米灌溉水量最少，較處理 A:水稻-水稻-蕎麥(對照)節省灌溉水效益 75,600 元。耕作模式全年淨收益加節省灌溉水效益以處理 D:青割玉米-甘藷之 187,114 元最多，較處理 A:水稻—水稻—蕎麥(CK)之 121,708 元增加 54%。

關鍵詞：耕作制度、水稻、綠肥田菁、硬質玉米、青割玉米、大豆、甘藷、蕎麥。

前 言

根據日本平野曉研究指出，水旱田輪作其土壤係處於還原(湛水)與氧化(排水)相互交換狀態，因此土壤養分及水分發生很大之變化，與水田連作相比較其土壤理化性變化大，水田因灌溉水有多量的鹽基及鈣、鎂、鉀離子之聚積，以及藻類之繁殖，稻田之利用使有機質蓄積，造成磷酸被固定，利用率降低，因此水田之土壤肥力較佳，如轉作旱作物可增加產量，而且水旱田輪作土壤水分發生環境急劇變化，水旱田輪作之水田及旱田雜草受抑制而減少，可節省除草劑及工資降低生產成本，而水稻及旱作物產量可達到穩定，水旱田輪作也可減低病蟲害發生之程度，如水稻紋枯病、葉斑病及稻飛蟲，高粱葉斑病及大豆紫斑病、青割玉米莖腐病、毛豆及紅豆之立枯病等，旱作物需水量

為水稻 20%，可節省灌溉水量。

材料及方法

一、試驗期間：

101 年 1 月 1 日至 101 年 12 月 31 日

二、試驗地點：台南場朴子分場

三、土壤種類及性質：

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

四、耕作制度處理：

1. 耕作制度：一期(春)作—夏作—二期(秋)作
 - A. 水稻—水稻—蕎麥
 - B. 水稻—綠肥田菁—硬質玉米
 - C. 硬質玉米—綠肥田菁—大豆
 - D. 青割玉米—甘藷

E. 大豆—綠肥田菁—硬質玉米

公斤/公頃。

F. 大豆—甘藷

G. 甘藷:台農 57 號, 行株距 100 公分 × 15 公分。

2. 試驗方法:

(1) RCBD、六處理、三重複、小區面積 11 公尺×18 公尺=198 平方公尺, 試驗區面積 3,564 平方公尺

(3) 施肥法:依作物栽培技術施肥慣行法進行施用。

(2) 作物品種及行株距:

A. 水稻:台南 11 號, 機械插秧行株距 30 × 15 公分。

3. 調查項目:各輪作物之農藝性狀、產量、生產成本及收益調查、病蟲害種類、雜草種類、作物需水量等。

B. 硬質玉米:(春作)台南 24 號, 撒播種子量 25 公斤/公頃。

結 果

一、稻田耕作制度作物田間雜草發生情形

C. 硬質玉米:(秋作)台農 1 號, 撒播種子量 25 公斤/公頃。

春作以處理 F 之大豆田區雜草公頃鮮株重 500 公斤最高, 雜草種類有荊莧、馬齒莧、香附子。夏作綠肥田菁田區雜草重以處理 C 之 710 公斤/公頃最多, 雜草種類有稗草及馬齒莧, 秋作則以處理 C 之大豆田區雜草重 350 公斤/公頃最重, 雜草種類有荊莧、龍葵、馬齒莧 (如表 1)。

D. 青割玉米:台南 24 號, 撒播種子量 25 公斤/公頃。

E. 田菁:市售品種, 撒播種子量 30 公斤/公頃。

F. 大豆:高雄選 10 號, 撒播種子量 30

表 1. 101 年度稻田耕作制度調整研究作物雜草發生情形調查

處理 期作別	雜草名稱	株數 (株/公頃)	重量 (公斤/公頃)
A. 春作水稻	稗草	200	175
A. 夏作水稻	稗草	310	250
A. 裡作蕎麥	馬齒莧、小葉灰翟、香附子、鼠麴草	3,010	75
B. 春作水稻	稗草	1060	42
B. 夏作綠肥田菁	稗草、馬齒莧	50,500	680
B. 秋作硬質玉米	荊莧、鼠麴草、馬齒莧	19,800	15
C. 春作硬質玉米	稗草、馬齒莧、香附子、廣東葶藶	19,000	13
C. 夏作綠肥田菁	稗草、馬齒莧	59,300	710
C. 秋作大豆	馬齒莧、龍葵、荊莧	5,130	350
D. 春作青割玉米	小白花鬼針、稗草、馬齒莧	164,000	35
D. 秋作甘藷	小葉灰翟、龍葵、荊莧	470	80
E. 春作大豆	荊莧、馬齒莧、香附子	263,330	450
E. 夏作綠肥田菁	稗草、馬齒莧	48,000	530
E. 秋作硬質玉米	荊莧、鼠麴草、馬齒莧	12,300	10
F. 春作大豆	荊莧、馬齒莧、香附子	346,000	500
F. 春作大豆	荊莧、馬齒莧、香附子	346,000	500
F. 秋作甘藷	小葉灰翟、龍葵、荊莧	310	50

二、稻田耕作制度病蟲害發生情形

春作處理 E 之大豆發生紫斑病 5.8% 及斜紋夜盜蟲 6.4%，蟲害在春作水稻發生二化螟蟲危害，危害率 1.5%。春作青割玉米及硬質玉米發生台灣黃毒蛾危害，危害率 2%。夏作水稻發生捲葉蟲及二化螟蟲危害，危害率 1.5%，夏作綠肥田菁發生斜紋夜盜蟲，危害率 0.2%。秋作硬質玉米發生葉斑病及銹病罹病率 1.5 級及 2 級。秋作甘藷猿葉蟲危害，危害率 5.8% (如表 2)。

三、稻田耕作制度作物之成熟日數

春作以水稻之生育日數 127 天最長，硬質玉米為 120 天，大豆為 116 天，青割玉米為 99 天，夏作水稻生育日數 121 天，綠肥田

菁 43 天，秋作硬質玉米為 120 天，大豆為 102 天，甘藷為 135 天，裡作蕎麥為 75 天。各耕作模式均可配合輪作栽培。

四、稻田耕作制度全年田間總用水量 (灌溉水量加降雨量)

以處理 A：水稻—水稻—蕎麥(CK)之公頃總用水量 31,114 立方公尺最多，各處理之田間總用水量依序為處理 B：水稻—綠肥田菁-硬質玉米之 22,305 立方公尺，處理 C：硬質玉米—綠肥田菁—大豆之 17,136 立方公尺，處理 E：大豆—綠肥田菁—硬質玉米之 16,790 立方公尺，處理 F：大豆—甘藷之 12,464 立方公尺，處理 D：青割玉米—甘藷之 6,156 立方公尺。

表 2. 101 年度稻田耕作制度調整研究作物病蟲害發生情形調查

處理 期作別	病害名稱	罹病等級(級)	害蟲名稱	危害率(%)
A.春作水稻	-	-	二化螟蟲	1.5
A.夏作水稻	-	-	二化螟蟲、捲葉蟲-	1.5
A.裡作蕎麥	-	-	-	-
B.春作水稻	-	-	二化螟蟲	1.5
B.夏作綠肥田菁	-	-	斜紋夜盜蟲	0.2
B.秋作硬質玉米	銹病	2 級		
	葉斑病	1.5 級		
C.春作硬質玉米	銹病	0.5 級	台灣黃毒蛾	2
	葉斑病	0.5 級		
C.夏作綠肥田菁			斜紋夜盜蟲	0.2
C.秋作大豆	紫斑病	0.8%	斜紋夜盜蟲	8.9
D.春作青割玉米	銹病	0.5 級	台灣黃毒蛾	2
D.秋作甘藷	葉斑病	0.5 級	猿葉蟲	5.8
	-	-		
E.春作大豆	紫斑病	5.8%	斜紋夜盜蟲	6.4
E.秋作硬質玉米	銹病	2 級		
	葉斑病	1.5 級		
F.春作大豆	紫斑病	5.8%	斜紋夜盜蟲	6.4
F.秋作甘藷			猿葉蟲	5.8

表 3. 101 年度稻田耕作制度調整研究作物成熟日數調查

處理 期作別	播種日期	收穫或翻埋日期	生育日數
A.春作水稻	2月24日	7月2日	127
A.夏作水稻	7月25日	11月22日	121
A.裡作蕎麥	11月23日	102年2月5日	75
B.春作水稻	2月24日	7月2日	127
B.夏作綠肥田菁	7月5日	8月16日	43
B.秋作硬質玉米	9月10日	102年1月7日	120
C.春作硬質玉米	3月8日	6月26日	120
C.夏作綠肥田菁	7月5日	8月16日	43
C.秋作大豆	9月10日	12月20日	102
D.春作青割玉米	3月8日	6月5日	99
D.秋作甘藷	9月24日	102年2月5日	135
E.春作大豆	3月8日	6月22日	116
E.夏作綠肥田菁	7月5日	8月16日	43
E.秋作硬質玉米	9月10日	102年1月7日	120
F.春作大豆	3月8日	6月22日	116
F.秋作甘藷	9月24日	102年2月5日	135

表 4. 101 年度稻田耕作制度調整研究作物生育期間田間總用水量 (灌溉水量加降雨量) 調查

處理 期作別	生育日數 (日)	降雨天數 (日)	降雨量 (m ³)	灌溉水量 (m ³)	總用水量 (m ³)
A.春作水稻	127	39	10,216	5,050	15,266
A.夏作水稻	121	22	5,341	9,600	14,941
A.裡作蕎麥	75	17	907	-	907
合計			<u>16,464</u>	<u>14,650</u>	<u>31,114</u>
B.春作水稻	127	39	10,216	5,150	15,366
B.夏作綠肥田菁	43	17	5,008	-	5,008
B.秋作硬質玉米	120	19	1,281	650	1,886
合計			<u>16,505</u>	<u>5,800</u>	<u>22,305</u>
C.春作硬質玉米	120	35	9,851	-	9,851
C.夏作綠肥田菁	43	17	5,008	-	5,008
C.秋作大豆	102	17	1,187	1,090	2,277
合計			<u>16,046</u>	<u>1,090</u>	<u>17,136</u>
D.春作青割玉米	99	20	3,543	-	3,543
D.秋作甘藷	135	20	1,423	1,190	2,613
合計			<u>4,966</u>	<u>1,190</u>	<u>6,156</u>
E.春作大豆	116	35	9,851	-	9,851
E.夏作綠肥田菁	43	17	5,008	-	5,008
E.秋作硬質玉米	120	19	1,281	650	1,886
合計			<u>16,140</u>	<u>650</u>	<u>16,790</u>
F.春作大豆	116	35	9,851	-	9,851
F.秋作甘藷	135	20	1,423	1,190	2,613
合計			<u>11,274</u>	<u>1,190</u>	<u>12,464</u>

五、稻田耕作制度作物播種前及收穫後之土壤理化性變化

播種前之土壤與收穫後之土壤，各處理之 pH 值均維持在微酸至微鹼，有利於作物對肥料的吸收。有機質含量以處理 B、E 及 F 些微增加，有效性磷以處理 E 及 F 些微增加，有效性鉀各處理均有增加，有效性鈣及有效性鎂各處理差異變化不大，顯示此六種耕制度度的設計及施肥量是合理的 (如表 5)。

六、稻田耕作制度作物的公頃收益

春作處理 A、B 水稻之公頃產量分別為 7,500 公斤及 7,900 公斤，每公斤稻穀 23.43 元，公頃產值分別為 175,725 元及 185,087 元，公頃生產成本為 88,600 元，公頃收益分別為 87,125 元及 96,497 元。春作硬質玉米公頃產量為 6,643 公斤，每公斤 10.14 元，公頃產值為 67,370 元，公頃生產成本 55,000 元，每公頃政府契作補貼 45,000 元，公頃收益為 57,360 元。春作大豆公頃產量分別為 1,460 公斤及 1,370 公斤，每公斤 40 元，公頃產值分別為 58,400 元及 54,800 元，公頃生產成本

47,000 元，公頃收益分別為 11,400 元及 7,800 元。夏作水稻公頃產量 6,390 公斤，每公斤 22.47 元，公頃產值 143,583 元，生產成本 94,500 元，公頃收益為 49,083 元。夏作綠肥田菁公頃產量為 325,000 公斤及 290,000 公斤/公頃，生產成本 10,940 元，無產值，公頃收益為 -10,940 元，秋作硬質玉米公頃產量分別為 5,520 公斤及 5,680 公斤，每公斤 11.34 元，公頃產值分別為 62,596 元及 64,411 元，公頃生產成本 55,000 元，每公頃政府契作補貼 45,000 元，公頃收益分別為 52,596 元及 54,411 元。秋作大豆公頃產量為 2,250 公斤，每公斤 40 元，公頃產值分別為 90,000 元，公頃生產成本 47,000 元，公頃收益分別為 43,000 元。秋作甘藷公頃產量分別為 20,770 公斤及 22,050 公斤，每公斤 (大塊根:10 元、中塊根:6 元)，公頃產值分別為 18,180 元及 18,240 元，生產成本 120,000 元，公頃收益分別為 61,180 元及 62,340 元。裡作蕎麥公頃產量為 20,370 公斤，無產值，公頃生產成本 14,500 元，公頃收益為 -14,500 元 (如表 6)。

表 5. 101 年度稻田耕作制度調整研究之土壤理化性分析結果

處理	調查時期	E/C(1:5) (ds/m)	pH 值 (1:1)	有機質 (%)	有效性磷 (mg/kg)	有效性鉀 (mg/kg)	有效性鈣 (mg/kg)	有效性鎂 (mg/kg)
A	一期作播種前	0.24	5.91	1.59	211	187	1,064	168
	二期作收穫後	0.20	5.82	1.56	200	287	1,068	152
B	一期作播種前	0.24	5.96	1.53	253	199	841	143
	二期作收穫後	0.30	5.68	1.60	222	264	1,209	152
C	一期作播種前	0.26	5.98	1.46	249	220	889	156
	二期作收穫後	0.25	5.90	1.31	245	273	898	155
D	一期作播種前	0.20	5.46	1.36	234	121	670	116
	二期作收穫後	0.12	5.86	1.29	243	204	941	150
E	一期作播種前	0.26	5.43	1.42	222	202	1,015	167
	二期作收穫後	0.24	5.57	1.48	229	282	950	163
F	一期作播種前	0.15	5.11	1.25	226	163	778	160
	二期作收穫後	0.09	5.25	1.31	261	198	787	129

表 6. 101 年度稻田耕作制度調整研究之作物產量、成本及收益

處理 期作別	產量 (公斤/公頃)	產值 (元/公頃)	生產成本 (元/公頃)	淨收益 (元/公頃)	轉作補貼 (元/公頃)	總收益 (元/公頃)
A.春作水稻	7,500	175,725	88,600	87,125	-	87,125
A.夏作水稻	6,390	143,583	94,500	49,083	-	49,083
A.裡作蕎麥	20,370	-	14,500	-14,500	-	-14,500
B.春作水稻	7,900	185,087	88,600	96,497	-	96,497
B.夏作綠肥田菁	325,000	-	10,940	-10,940	-	-10,940
B.秋作硬質玉米	5,520	62,596	55,000	7,596	45,000	52,596
C.春作硬質玉米	6,643	67,370	55,000	12,360	45,000	57,360
C.夏作綠肥田菁	290,000	-	10,940	-10,940	-	-10,940
C.秋作大豆	2,250	90,000	47,000	43,000	-	43,000
D.春作青割玉米	43,800	54,750	36,500	18,250	35,000	53,250
D.秋作甘藷	20,770	181,180	120,000	61,180	-	61,180
	(大:14,140、中:6,630)					
E.春作大豆	11,460	58,400	47,000	11,400	-	11,400
E.夏作綠肥田菁	328,000	-	10,940	-10,940	-	-10,940
E.秋作硬質玉米	5,680	64,411	55,000	9,411	45,000	54,411
F.春作大豆	1,370	54,800	47,000	7,800	-	7,800
F.秋作甘藷	22,050	182,340	120,000	62,340	-	62,340
	(大:12,510、中:9,540)					

註：1. 稻穀每公斤一期作 23.43 元、二期作 22.47 元，飼料玉米每公斤製作價格春作 10.14 元、秋作 11.34 元，青割玉米每公斤 1.25 元，大豆每公斤 40 元、甘藷每公斤(大:10 元、中:6 元)。

2.轉作補貼(轉作綠肥作物 45,000 元/公頃，轉作青割玉米 35,000 元/公頃，製作飼料玉米 45,000 元/公頃)。

七、稻田耕作制度全年淨收益

以處理 B:水稻—綠肥田菁-硬質玉米之公頃淨收益 138,513 元最多，較處理 A 增加 13%，依次為處理 A:水稻—水稻—蕎麥(CK)之公頃淨收益 121,708 元，處理 D:青割玉米-甘藷之公頃淨收益 114,430 元較處理 A 減少 6%，處理 C：硬質玉米—綠肥田菁—大豆之公頃淨收益 89,420 元較處理 A 減少 27%，處理 F:大豆—甘藷之公頃淨收益 70,140 元較處理 A 減少 42%，處理 E：大豆—綠肥田菁—硬質玉米之公頃淨收益 54,871 元較處理 A 減少 55% (如表 7)。

八、稻田耕作制度田間節省灌溉水效益

以農業用水每立方公尺移用工業用水費 5.4 元計算 (如表 8)，以處理 E：大豆—綠肥田菁—硬質玉米減少灌溉量 14,000(m³/ha)較

處理 A:水稻-水稻 (CK) 節省灌溉水效益 75,600 元。

九、稻田耕作制度全年淨收益加節省灌溉水效益

以處理 D：青割玉米-甘藷之 187,114 元最多，較處理 A:水稻—水稻—蕎麥 (CK) 之 121,708 元增加 54%。依次為處理 B:水稻—綠肥田菁-硬質玉米之 186,303 元較處理 A 增加 53%，處理 C：硬質玉米—綠肥田菁—大豆之 162,644 元較處理 A 增加 33%，處理 F:大豆—甘藷及處理:E 大豆—綠肥田菁—硬質玉米分別為 142,824 元及 130,471 元均較處理 A 分別增加 17%及 7% (如表 9)。

討 論

稻田耕作制度全年田間總用水量(灌溉水量加降雨量)，以處理 D：青割玉米-甘藷

之 6,156 立方公尺最少，較處理 A：水稻－水稻－蕎麥(CK)之 31,114 立方公尺節省灌溉水 159%。稻田耕作制度全年作物淨收益，處理 B：水稻－綠肥田菁－硬質玉米之公頃淨收益 138,513 元較處理 A 增加 13%。稻田耕作制度全年作物淨收益加節省灌溉水效益，以處理 D：青割玉米-甘藷之 187,114 元最多，較處理 A：水稻－水稻－蕎麥(CK)之 121,708 元增加 54%。考量提高國內糧食自給率及氣候異常缺水環境下，處理 B：水稻－綠肥田菁－硬質玉米及處理 D：青割玉米－甘藷之耕作制度可供參考。

引用文獻

台灣省政府農林廳編印。1995。綠肥作物栽培利用。中興新村，南投，台灣。

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

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

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

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

羅秋雄。1987。作物施肥手冊。農林廳編。玉米 P38、向日葵 P46。

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

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

表 7. 101 年度稻田耕作制度調整研究之全年淨收益

處理	耕作制度	春作淨收益 (元/公頃)	夏作淨收益 (元/公頃)	秋裡作淨收益 (元/公頃)	合計淨收益 (元/公頃)	指數 (%)
A.	水稻－水稻－蕎麥	87,125	49,083	-14,500	121,708	100
B.	水稻－綠肥田菁－硬質玉米	96,497	-10,940	52,596	138,513	113
C.	硬質玉米－綠肥田菁－大豆	57,360	-10,940	43,000	89,420	73
D.	青割玉米－甘藷	53,250	-	61,180	114,430	94
E.	大豆－綠肥田菁－硬質玉米	11,400	-10,940	54,411	54,871	45
F.	大豆－甘藷	7,800	-	62,340	70,140	58

備註：公頃淨收益含轉作補貼(轉作綠肥作物 45,000 元/公頃，轉作青割玉米 35,000 元/公頃，製作飼料玉米 45,000 元/公頃)

表 8. 101 年度稻田耕作制度調整研究試驗作物田間灌溉水量(立方公升)

處理	耕作制度	灌溉水量 (m ³ /ha)	指數 (%)	減少水量 (m ³ /ha)	減少灌溉水效益 (元/ha)
A.	水稻－水稻－蕎麥	14,650	100.0	-	-
B.	水稻－綠肥田菁－硬質玉米	5,800	39.6	8,850	47,790
C.	硬質玉米－綠肥田菁－大豆	1,090	7.4	13,560	73,224
D.	青割玉米－甘藷	1,190	8.1	13,460	72,684
E.	大豆－綠肥田菁－硬質玉米	650	4.4	14,000	75,600
F.	大豆－甘藷	1,190	8.1	13,460	72,684

註：節省灌溉水效益：農業用水每立方公尺移用工業用水費 5.4 元計算。

Study on Cropping System of Rice Field for Increasing the Domestic Food Self-Sufficiency Ratios in Response to the Crisis of Drought

B. L. Chan and J. C. Liu

Tainan DARES, COA, Excutive Yuan

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effect of rice and uplandcrop rotation systems on the soil property, fertility, the density ofweeds, disease, insect pest, and crop yield. Six crop rotation systemscontain:(A)Rice-Rice-buckwheat,(B)Rice-Sesbanias- Field corn,(C)Field corn - Sesbanias-Soybean,(D)Forage Corn- sweet potato, (E) soybean- Sesbanias Field corn, (F) soybean- sweet potato .The results are summarized as follow:The heaviest weight of weeds was 500kg/ha of treatment F in the spring crop season.and disease incidence of purple speck on soybean was 3.2%,the damage by cutworm on sesbanis was 0.2%,in the summer crop season. Rust diseased 0.5 level, The damage by leaf beetle on sweet potato was 5.8%, in the fall crop season. The output vaule of rice in the spring crop season was the highest among all crops. The top annual net income was NT\$138,513 by the treatment B, In the treatment E, the amount of irrigation water was least, It was 95% less than the treatment A, and saved producing cost NT\$75,600 ,the effect of annual net income and amount of irrigation water was highest in the treatment D, which 54% more than than the treatment A.

Key words:Cropping System, Rice, Sesbanis, Field Corn, Forage Corn, Soybean, Sweet potato, buckwheat.