

耕作制度對土壤肥力及作物產量 與收益關係之研究¹

李文輝²

摘 要

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

本研究於1986～1990年在嘉義縣鹿草雙期作田進行，探討水田輪作旱作物後土壤理化性及肥力變化，以及旱作物生產潛力。以一期作或二期作水稻與旱作物輪作及全年旱作物輪作等方式，組成為(A)水稻—水稻（對照）、(B)水稻—大豆—玉米、(C)水稻—田菁—玉米、(D)大豆—水稻—玉米、(E)高粱—宿根高粱—玉米、(F)高粱—大豆—玉米等六種耕作制度，並以雙期水稻為對照，經五年同一地點試驗結果顯示，水稻與旱作物輪作可改善土壤理化性質，增加有效性磷鉀含量。水稻經輪作旱作物，作物產量呈顯著差異，輪作田菁為一期作水稻增產3%，秋作玉米增加31%，高粱輪作大豆亦可增加春作高粱產量22%。依農家勞力分配，水資源有效利用，以及作物產量與純收益考量，適宜稻田耕作制度為水稻—大豆—玉米、水稻—田菁—玉米、及高粱—大豆—玉米等三種耕作制度，分別較雙期水稻全年純收益增加42、39、及30%。以上耕作制度可依水資源供需，進行水田利用之調整及稻田轉作之參考。

關鍵詞：水稻、高粱、大豆、玉米、旱作、土壤肥力、產量、耕作制度、純收益。

接受日期：1991年12月23日。

前 言

本省糧食生產以稻米為主要目標，政府自1974年最先實施稻米保價收購，推行農業機械化，使得水稻栽培省工方便，而且獲利高於其他農藝作物，因此稻米生產從1974～1983年維持糙米年生產量240萬公噸以上。近年來由於國民所得提高，國人飲食習慣隨之改變，每人每日白米消費量由1956年之401公克降至1983年的271公克⁽¹⁷⁾，17年間減少32%，使國內稻米庫存量大增，不僅造成倉容不足問題，而且增加政府財政負擔。相反1983年由國外進口之玉米、大豆、高粱、大麥及小麥等達650萬公噸，但國內玉米、大豆、高粱、及小麥生產量僅17萬公噸⁽¹²⁾，形成稻米與雜糧生產供需不平衡，因此稻田利用勢必調整，於是政府在1984年起推行稻田轉作計畫，擬定將稻米生

1.台南區農業改良場研究報告第200號。本試驗土壤承蒙本場肥料研究室採土分析，謹此致謝。

2.本場助理研究員，台南市701林森路一段350號。

產量由240萬公噸降至180萬公噸，紓解稻米生產過剩之壓力。

雙期作田土壤粘重，一般土壤總體密度在 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上，排水及透氣性均不良，較不適宜旱作物之生長，並在二期作水稻由於前作稻株埋入土中，產生硫化氫及有機酸等毒害根部，使水稻低產及品質又差⁽³⁾。以往稻田耕作制度試驗研究，均在輪作田進行，而且著重於作物產量與收益⁽¹⁾，但在雙期作水田未有試驗過，為配合稻田轉作政策之推行，本研究以雙期作田進行水稻與旱作物輪作，探討水田轉換旱作後之土壤理化性及肥力變化情形，以及高粱、大豆、玉米等栽培方法，輪作之作物產量與收益等，以尋求發展適合於雲嘉南地區的稻田耕作制度之模式，提供稻田轉作之參考。

材料及方法

本研究自1986年1月至1990年3月，在嘉義縣鹿草雙期作田進行，土類為砂頁岩石灰性新沖積土，砂質粘壤土（SCL），底土為中質地。耕作制度區分為：A.水稻－水稻；B.水稻－大豆－玉米；C.水稻－田菁－玉米；D.大豆－水稻－玉米；E.高粱－宿根高粱－玉米；F.高粱－大豆－玉米等六項。供試作物及品種，A處理水稻為中晚熟稻台南9號；B、C、D處理水稻為台南9號（1986），早熟稻高雄141號（1987）及台梗1號（1988～1990）；高粱為台中5號，大豆春作為台農15號（1986）高雄選10號（1987～1990），夏作台農15號（1986）台南選1號（1987～1990），綠肥為田菁，秋作飼料玉米台南16號（1986～1987），台農351號（1988）及台南17號（1989～1990）。水稻以機械插秧，行株距30公分×15公分，雜糧一畦二行方式，行株距高粱60公分×15公分，大豆50公分×15公分，玉米75公分×25公分。採逢機完全區集設計，三重複，小區面積240平方公尺，作物肥料量每公頃 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ 為：水稻一期作160-54-90公斤，二期作140-54-90公斤；大豆春作60-54-64公斤，夏作40-54-60公斤；高粱春作160-54-90公斤，宿根高粱140-54-90公斤；秋作玉米200-54-120公斤。肥料種類為硫酸銨，過磷酸鈣及氯化鉀，施肥方法按農林廳作物施肥手冊⁽¹⁴⁾。

殺草劑之施用，水稻於整地時施用樂滅草乳劑每公頃3公升，插秧後7～10天再施掃丹－M粒劑30公斤；雜糧於播種後萌芽前施用殺草劑，大豆施用拉草乳劑4公升，高粱及玉米拉草乳劑4公升加草脫淨3公升使用。作物病蟲害防治視田間發生情形按植物保護手冊施藥防治⁽¹³⁾。

調查項目包括；在整地前土壤取樣，每試區逢機取五點樣品分析pH值，有機質及有效性磷鉀，每年測定一次土壤總體密，pH以玻璃電極pH計測定，有效磷用Bray No1法，有機物用比色法及有效性鉀用Mehlich's法等⁽⁶⁾，並調查作物農藝性狀、產量與純收益。

結果與討論

一、耕作制度對土壤理化性及肥力之影響：

本試驗田為砂質粘壤土，試驗前pH5.7～6.3，有機質1.24～1.62%，有效性磷66～78公斤/公頃，有效性鉀147～174公斤/公頃。經五年試驗顯示，土壤pH值在各耕作制度均呈降低，以旱作輪作區（處理E、F）由pH5.7降至4.6，降幅分別為（-0.3）至（-1.2），（處理D）降低最大幅度為1.4（圖1），雙期水稻區降幅最小，水稻與旱作區發現水稻輪作後pH值上升，轉作旱作物後pH

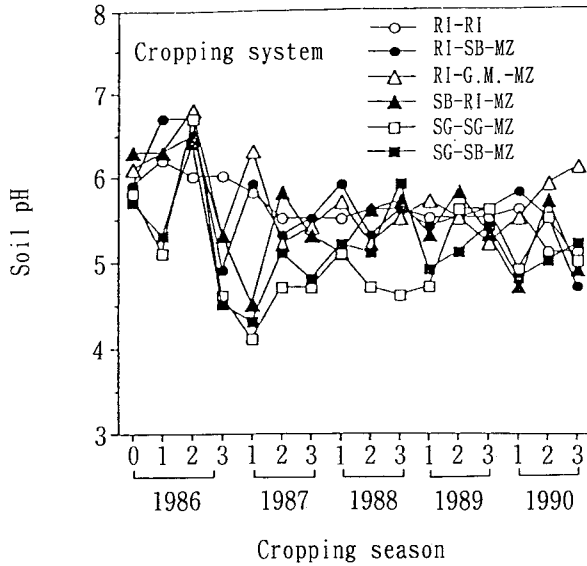


圖 1. 不同耕作制度之土壤pH期作性變化

Fig 1. Changes of soil pH value under different cropping systems. Cropping season; 0-Before test, 1-1'st crop season, 2-2'nd crop season, 3-Fall crop season. Ri-rice, SB-soybean, MZ-corn, GM-sesbania, SG-sorghum.

值又降低(圖1),結果與張氏⁽⁵⁾在多水環境中測定pH值較高之結果一致。在日本因稻田轉作,大量氮肥施用之後,土壤pH值明顯下降⁽²⁾,本研究旱作輪作區之pH值亦大幅下降。酸性土壤易產生鋁、鐵對作物毒害,磷肥被固定,鈣鎂缺乏,妨礙作物養分之吸收。適宜作物生長之pH值範圍為水稻5~6.5,大豆6~7,玉米及高粱5.5~7.5⁽⁷⁾,本研究之試區土壤pH值降至5左右,已超出作物生長範圍,應以石灰或矽酸渣渣提高pH值,並改變氮肥種類,水田宜用尿素,旱田以硝酸銨鈣施用,以及進行水旱田輪作,防止pH值降低。

土壤有機質含量在試驗後1~3年呈現降低,第4年以後田菁輪作區有機質增加,第5年雙期作水稻區亦微量上升,但旱作輪作區第1~5年平均減少。一年三作耕作制度(處理E, F)降幅最大達0.45及0.79%(圖2)。據台南場1980年土壤速測結果⁽¹¹⁾,已發現稻田有機質含量在2%以下者佔有61%。經六年稻田轉作,有機質含量亦有減少趨勢,致使轉作高粱及玉米時呈現矮化情形。輪作田菁可維持土壤有機質較高之含量(圖2)。

土壤有效性磷含量,呈現逐年增加趨勢,並隨磷肥施用量增加而提高土壤有效性磷含量,在大豆-水稻-玉米及高粱-宿根高粱-玉米區每公頃分別由72及78公斤增加到224及211公斤(圖3)。但由於土壤pH 5以下時,磷多與鐵及鋁結合形成不溶性之磷酸鐵及磷酸鋁等化合物⁽²⁰⁾,作物無法吸收。陳氏等人⁽⁸⁾之研究結果顯示,在酸性土壤施用過磷酸鈣時有90%轉變成其他形態的磷酸鹽,所以提高土壤pH值可提高磷肥效率。

土壤有效性鉀以一、二期作收穫時含量較低,秋作玉米收穫時含量較高,除雙期水稻區減少外,其他處理不同年度增增減減,其中高粱-宿根高粱-玉米區較有增加(圖4)。土壤有效性鉀極易流失,每期作應適當補充。

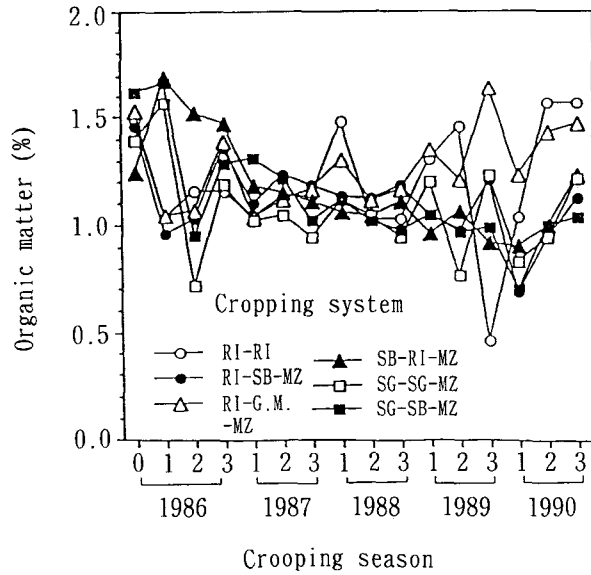


圖 2. 不同耕作制度之土壤有機質期作性變化
 Fig 2. Changes of soil organic matter under different cropping systems.
 Cropping season : 0-Before test, 1-1'st crop season,
 2-2'nd crop season, 3-Fall crop season. Ri-rice,
 SB-soybean, MZ-corn, GM-sesbania, SG-sorghum.

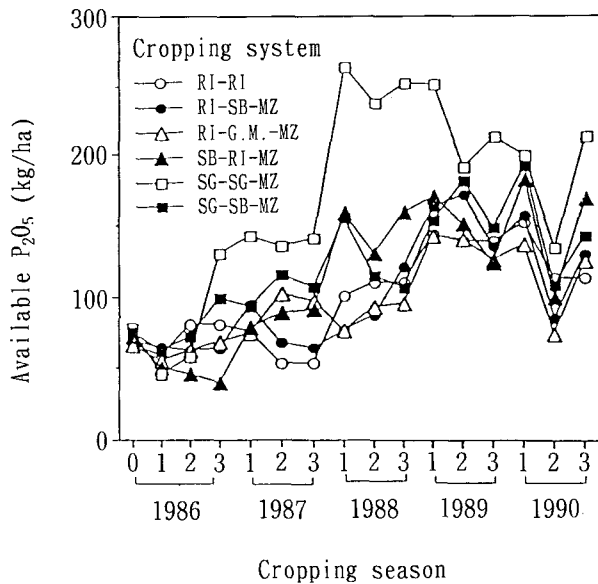


圖 3. 不同耕作制度之土壤有效磷期作性變化
 Fig 3. Changes of soil available P₂O₅ under different cropping systems.
 Cropping season : 0-Before test, 1-1'st crop season,
 2-2'nd crop season, 3-Fall crop season. Ri-rice,
 SB-soybean, MZ-corn, GM-sesbania, SG-sorghum.

土壤總體密度經旱作輪作後呈現降低，水稻—大豆—玉米及水稻—田菁—玉米區分別由 1.56g/cm^3 降到 1.33g/cm^3 及 1.55g/cm^3 降到 1.31g/cm^3 (表 1)，良好的土壤構造為 1.2g/cm^3 ，如果大到 1.4g/cm^3 就構成對根系的限制⁽¹⁸⁾，本試區土壤總體密度試驗前 1.5g/cm^3 以上，並非旱作理想土壤，經試驗後已有很大改變。

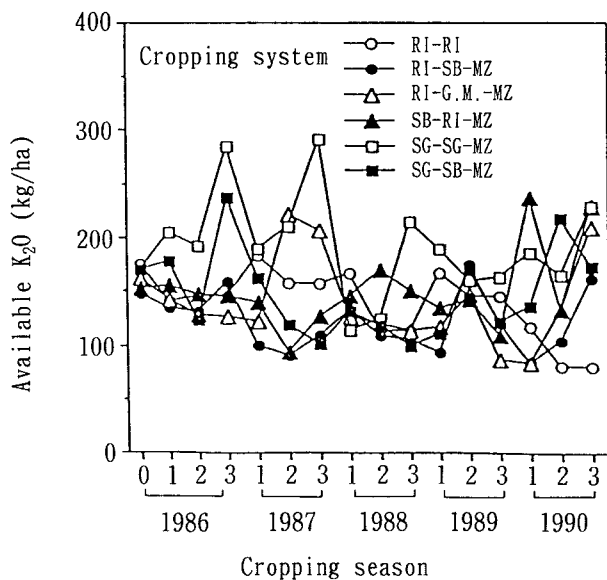


圖 4. 不同耕作制度之土壤有效性鉀期作性變化

Fig 4. Changes of soil available K_2O under different cropping systems.

Cropping season: 0-Before test, 1-1'st crop season,
2-2'nd crop season, 3-Fall crop season. Ri-rice,
SB-soybean, MZ-corn, GM-sesbania, SG-sorghum.

表 1. 不同耕作制度之土壤總體密度

Table 1. Bulk density of soil in different cropping systems

耕作制度 Cropping systems	土壤總體密度 Bulk density of soil (g/cm^3)			
	1987	1988	1989	1990
A. 水稻—水稻 Rice-Rice	1.52	1.43	1.41	1.40
B. 水稻—大豆—玉米 Rice-Soybean-Corn	1.56	1.66	1.33	1.33
C. 水稻—田菁—玉米 Rice-Sesbania-Corn	1.55	1.43	1.40	1.31
D. 大豆—水稻—玉米 Soybean-Rice-Corn	1.49	1.44	1.42	1.40
E. 高粱—宿根高粱—玉米 Sorghum-Ratoon sorghum-Corn	1.48	1.58	1.30	1.42
F. 高粱—大豆—玉米 Sorghum-Soybean-Corn	1.41	1.61	1.53	1.30

二、耕作制度對作物產量之影響：

1. 水稻

水稻產量在不同年度明顯差異，顯現受氣候之影響很大，第二期作水稻產量在不同耕作制度處理間呈極顯著（表 2 及表 4），平均產量為大豆—水稻—玉米區較雙期作水稻減產 9%。第一期水稻產量處理間差異不明顯，以田菁輪作區產量 6,329 公斤較雙期水稻增產 3%，但大豆輪作區則減產 1%（表 4）。輪作區水稻為早熟稻（處理 B.C.D），一般早熟稻較中晚熟稻低產，據筆者研究⁽¹⁾早熟稻一期作減產 10%，二期作減低 34%，及高雄場研究^(15,16)結果一、二期早熟稻分別減產 21 及 28%，但經水稻與田菁及玉米輪作，土壤理化性改變，有機質及有效性磷含量均增加，早熟稻產量反較一期作中晚熟稻增產。大豆輪作區僅減產 1~9%，顯示輪作可增加水稻產量。為一期作水稻輪作區（處理 B、C）穗數增加所致，二期作則以雙期作水稻區之一穗粒數及千粒重（表 3）增加而產量較高。

表 2. 不同耕作制度之作物產量變方分析表

Table 2. Analysis of variance of crops grain yield in different cropping systems

Source of variation	Df	Grain yield				
		1st rice	2nd rice	Spring sorghum	Summer soybean	Fall corn
Year	4	**	**	**	**	**
Error a	10					
Treat. A B C	2	Ns				
A D	1		**			
E F	1			**		
B F	1				NS	
BCDEF	4					**
Year × Treat. (8,4,4,4,16)		NS	**	NS	**	**

*, ** Significant at P=0.05 and 0.01 levels, respectively;

NS; Not significant at P=0.05

本研究在雙期作田連續五年水稻第一期作水稻產量均能維持相當高產，平均每公頃 6,152 公斤，但在第二期作受高溫、雨水、日照少及五年有四年颱風之影響，使穗數及稔實率較一期作明顯減少（表 3），平均產量僅 4,481 公斤較一期作減產 27%，台灣第二期作水稻過去研究資料顯示均較低產。據謝氏⁽²¹⁾嘉義二期作較一期作減產 28.9%，為穗數及千粒重減少所致。鄔氏⁽¹⁹⁾嘉義二期作減產 20%，要為穗數減少 23%，結實率減少 5%。黃氏⁽⁹⁾台灣第二期作較一期作低產 20~25%，係二期作初期高溫抑制分蘖數使穗數減少，後期低日照、低溫、季節風及颱風等使結實率及千粒重均降低。謝、鄔、黃氏等人研究與本研究所得結果相似。所以二期作低產為考慮轉作之對象。為配合一年三作之耕作制度，在前作玉米晚收穫之情況下，一期作宜採用早熟水稻，於 2 月中旬插秧（晚 30 天）亦可與中晚熟水稻同時收穫，二期作輪作區早熟稻可提早 16 天收穫（表 3），對於後作玉米可於 10 月上旬播種，如此；一年三作耕作制度可順利在 340 天內完成。

表 3. 不同耕作制度之水稻農藝性狀調查 (1986~1990)

Table 3. The agronomic characteristics of rice in different systems

耕作制度 Cropping systems	生育日數 Growth duration (day)	株高 Plant height (cm)	穗數 Panicle number	一穗粒數 No. of grain per panicle	稔實率 Fertility (%)	千粒重 1000 grain weight (g)	備註 Remarks
一期作 1st crop							
A. 水稻-水稻 Rice-Rice	151	99	21	84	91	24.0	中晚熟稻
B. 水稻-大豆-玉米 Rice-Soybean-Corn	120	94	23	65	91	23.5	早熟稻
C. 水稻-田菁-玉米 Rice-Sesbania-Corn	123	100	23	82	90	24.7	早熟稻
二期作 2nd crop							
A. 水稻-水稻 Rice-Rice	111	98	15	92	84	25.0	中晚熟稻
D. 大豆-水稻-玉米 Soybean-Rice-Corn	95	94	15	84	83	21.0	早熟稻

表 4. 不同耕作制度之水稻產量

Table 4. The grain yield of rice in different cropping systems

耕作制度 Cropping systems	稻 谷 產 量 Grain yield (kg/ha)					平均 Average (kg/ha)	指數 Index (%)
	1986	1987	1988	1989	1990		
一期作 1st crop							
A. 水稻-水稻 Rice-Rice	6,264 ^a	6,641 ^a	6,017 ^a	6,541 ^a	5,298 ^a	6,152	100
B. 水稻-大豆-玉米 Rice-Soybean-Corn	6,306 ^a	6,341 ^a	5,599 ^a	6,346 ^a	5,833 ^{ab}	6,085	99
C. 水稻-田菁-玉米 Rice-Sesbania-Corn	6,185 ^a	6,751 ^a	6,037 ^a	6,376 ^a	6,295 ^a	6,329	103
二期作 2nd crop							
A. 水稻-水稻 Rice-Rice	3,095 ^a	4,475 ^a	5,809 ^a	3,517 ^a	5,508 ^a	4,481	100
D. 大豆-水稻-玉米 Soybean-Rice-Corn	3,583 ^a	4,329 ^a	5,389 ^a	3,460 ^a	3,733 ^b	4,099	91

Values followed by the same letter do not differ significantly ($P=0.05$), according to Duncan's multiple range grouping test.

2.高粱：

春作高粱在兩種耕作制度處理間呈極顯著（表2），平均產量為高粱—大豆—玉米區5,326公斤較高粱—宿根高粱—玉米區增產22%，宿根高粱輪作區在連續二年以後每公頃產量由5公噸降至4公噸以下，平均產量僅4,371公斤。夏作高粱受颱風及高溫影響，以及葉斑病及不稔症嚴重，致宿根高粱產量2,198公斤，亦較春作高粱減產50%（表6），高粱連作發現pH值及有機質降幅較大，植株顯現矮小，每穗子實重及千粒重減少而致減產（表5），高粱宜採用作畦栽培，以便利灌溉排水，品種台中五號為宜。

表 5. 不同耕作制度之高梁農藝性狀調查（1986~1990）

Table 5. The agronomic characteristics of sorghum in different cropping system

耕作制度 Cropping system	生育日數 Growth duration (day)	株高 Plant height (cm)	穗長 Panicle length (cm)	穗子實重 Panicle weight (g)	千粒重 1000 grain weight (g)
春作 Spring crop					
E. 高粱—宿根高粱—玉米 Sorghum-Ratoon sorghum-Corn	111	135	22.7	40.2	27.99
F. 高粱—大豆—玉米 Sorghum-Soybean-Corn	115	135	23.2	42.8	28.48
夏作 Summer crop					
E. 高粱—宿根高粱—玉米 Sorghum-Ratoon sorghum-Corn	93	141	24.8	36.72	28.4

表 6. 不同耕作制度之高梁產量

Table 6. The grain yield of sorghum in different cropping systems

耕作制度 Cropping systems	子實產量 Grain yield (kg/ha)					平均 Average (kg/ha)	指數 Index (%)
	1986	1987	1988	1989	1990		
春作 Spring crop							
E. 高粱—宿根高粱—玉米 Sorghum-Ratoon sorghum-Corn	5,490 ^a	5,059 ^a	3,939 ^b	3,996 ^b	3,372 ^a	4,371	100
F. 高粱—大豆—玉米 Sorghum-Soybean-Corn	6,009 ^a	5,944 ^a	5,708 ^a	5,195 ^a	3,774 ^a	5,326	122
夏作 Summer crop							
E. 高粱—宿根高粱—玉米 Sorghum-Ratoon sorghum-Corn	2,825	2,333	2,017	1,688	2,129	2,198	50

Values followed by the same letter do not differ significantly ($P=0.05$) according to Duncan's, multiple range grouping test.

3.大豆

夏作大豆產量在年度間呈極顯著差異(表2及表8)，處理間產量在1987年呈顯著外，其他年度差異不明顯，但以高粱—大豆—玉米區較水稻—大豆—玉米區增產4%(表8)，大豆生長受氣候影響很大，春作在生育後期往往因下雨使豆莢受害，品質不良，夏作在初中期生育受雨水及颱風危害，發生缺株、生長不良，百粒重減少(表7)致產量不穩定，大豆栽培宜採用作畦栽培，品種春作為高雄選10號、8號，夏作台南選1號，其耐水又不倒伏，受雨水影響較小。大豆產量不高，宜在一年三作之夏季副作物栽培方式，以當綠肥或收穫考慮配合輪作。

表7. 不同耕作制度之大豆農藝性狀調查(1986~1990)

Table 7. The agronomic characteristics of soybean in different cropping systems.

耕作制度 Cropping systems	生育日數 Growth duration (day)	株高 Plant height (cm)	一株莢數 Pod per plant	一植株實重 Grain yield per plant (g)	百粒重 100 grain weight (g)
春作 Spring crop					
D. 大豆—水稻—玉米 Soybean—Rice—Corn	104	45.48	41.13	11.01	13.23
夏作 Summer crop					
B. 水稻—大豆—玉米 Rice—Soybean—Corn	94	50.39	64.26	12.71	11.40
F. 高粱—大豆—玉米 Sorghum—Soybean—Corn	96	50.71	68.33	13.23	11.47

表8. 不同耕作制度之大豆產量

Table 8. The grain yield of soybean in different cropping systems

耕作制度 Cropping systems	子實產量 Grain yield (kg/ha)					平均 Average (kg/ha)	指數 Index (%)
	1986	1987	1988	1989	1990		
春作 Spring crop							
D. 大豆—水稻—玉米 Soybean—Rice—Corn	2,365	3,523	2,638	1,747	996	2,254	103
夏作 Summer crop							
B. 水稻—大豆—玉米 Rice—Soybean—Corn	1,833 ^a	2,349 ^b	2,314 ^a	3,197 ^a	1,237 ^a	2,186	100
F. 高粱—大豆—玉米 Sorghum—Soybean—Corn	2,228 ^a	2,985 ^a	2,343 ^a	2,521 ^a	1,314 ^a	2,278	104

Values followed by the same letter do not differ significantly ($P=0.05$) according to Duncan's, multiple range grouping test.

4. 夏作綠肥田菁：

田菁不怕雨水，夏作容易栽培，生長迅速，又能抑制再生稻之生長，生育期65天翻入土中（8月20日左右），最高鮮重產量達40公噸，五年平均鮮重為30794公斤（表9）。田菁含肥料成分為N 0.43%， P_2O_5 0.06%及 K_2O 0.42%⁽¹⁰⁾，因此；輪作田菁後，不但可以增加土壤肥力，降低土壤總體密度（表1），改善土壤理化性質，增加後作物產量。1986~1990年水稻輪作夏作田菁，秋作飼料玉米增產31%（表11），接著翌年一期水稻增產3%（表4）。田菁栽培於一期作水稻收穫前，將種子均勻撒播於稻田裏，水稻收穫時以機械切斷稻草覆蓋，並進行灌水促進發芽。每公頃播種量30公斤。

表 9. 夏作田菁之鮮重產量

Table 9. The grain yield of summer sesbania

耕作制度 Cropping systems	鮮重 Grain yield (kg/ha)					平均 Average (kg/ha)
	1986	1987	1988	1989	1990	
C. 水稻-田菁-玉米 Rice-Sesbania-Corn	39,833	29,855	21,330	27,933	35,017	30,794

表 10. 不同耕作制度之玉米農藝性狀調查（1986~1990）

Table 10. The agronomic characteristics of corn in different cropping systems

耕作制度 Cropping systems	生育日數 Growth duration (day)	株高 Plant height (cm)	穗長 Panicle length (cm)	每穗乾重 Panicle weight (g)	脫粒率 Shelling percent (%)	每穗乾子實重 Grain yield per plant (g)
B. 水稻-大豆-玉米 Rice-Soybean-Corn	134	185	14.85	161	79	130
C. 水稻-田菁-玉米 Rice-Sesbania-Corn	127	206	13.66	175	82	154
D. 大豆-水稻-玉米 Soybean-Rice-Corn	140	183	14.90	176	71	128
E. 高粱-宿根高粱-玉米 Sorghum-Ratoon-Corn sorghum	131	189	12.94	138	82	131
F. 高粱-大豆-玉米 Sorghum-Soybean-Corn	137	190	14.76	159	79	129

5. 飼料玉米：

秋作玉米因耕作制度不同，使播種期有早晚之別，以及土壤肥力及理化性之差異，各耕作制度處理間產量呈顯著差異（表2），年度間產量差異更大（表11）。玉米產量表現優異為水稻-田菁-玉米、高粱-宿根高粱-玉米及高粱-大豆-玉米等耕作制度，分別較秋裡作區大豆-水

稻—玉米增加31、17及5%。本試驗顯示玉米產量處理間差異顯著，但依張氏⁽⁴⁾飼料玉米播種期試驗結果，9月下旬及10月下旬播種期產量差異不顯著，可見本試驗玉米9月中下旬及10月上旬播種產量差異係受不同耕作制度之影響。秋作適宜栽培飼料玉米，產量相當穩定，除1987年受季節風吹襲折斷致產量低外，其他四年早播（處理C.E.F.），均有5公噸以上產量；以田菁輪作區最高公頃產量達8,483及9,025公斤。輪作田菁玉米生長過程均較為粗壯，又因9月中旬適期播種，可發揮玉米生產潛力，五年都表現最高產量，值得推薦採用。玉米前作水稻因水稻晚收，宜採用不整地栽培提早播種，增加產量，10月下旬播種於抽穗時易受季節風及後期寒流氣溫下降影響株高，使一穗重量及脫粒率降低（表11），以及生育日數延長10天左右。適宜玉米栽培品種為台南17號及台農1號。

表 11. 不同耕作制度之秋作玉米產量

Table 11. The grain yield of fall crop corn in different cropping systems

耕作制度 Cropping systems	子實產量 Grain yield (kg/ha)					平均 Average (kg/ha)	指數 Index (%)
	1986	1987	1988	1989	1990		
B. 水稻—大豆—玉米 Rice-Soybean-Corn	7,232	3,352 ^b	6,472 ^b	4,620 ^b	5,677 ^{cd}	5,471	99
C. 水稻—田菁—玉米 Rice-Sesbania-Corn	8,483	4,943 ^a	9,025 ^a	5,205 ^b	8,332 ^a	7,198	131
D. 大豆—水稻—玉米 Soybean-Rice-Corn	7,671	2,890 ^b	5,721 ^b	6,727 ^a	5,131 ^d	5,508	100
E. 高粱—宿根高粱—玉米 Sorghum-Ratoon-Corn - sorghum	7,675	4,921 ^a	7,973 ^a	3,977 ^b	7,798 ^{ab}	6,469	117
F. 高粱—大豆—玉米 Sorghum-Soybean-Corn	7,522	3,062 ^b	6,306 ^b	5,400 ^{ab}	6,585 ^{bc}	5,775	105

Values followed by the same letter do not differ significantly ($P=0.05$), according to Duncan's, multiple range grouping test.

三、作物及耕作制度全年純收益：

作物純收益：在政府保價收購下，一期作物純收益處理間達極顯著差異（表12），一期作每公頃純收益以水稻31,892元~35,882元為最高，其次高粱13,625~23,260元，以大豆10,904元為最低；二期作亦以水稻12,061~16,020元高於大豆11,284~13,211元，宿根高粱呈負收益6,341元。秋裡作玉米純收益22,932~38,270元（表13），高於二期水稻及大豆純收益。作物純收益在二期轉作大豆—玉米、田菁—玉米較二期作水稻純收益增加117及91%，所以二期作水稻轉作旱作物較有利。

耕作制度純收益：經五年試驗顯示，各耕作制度全年純收益差異呈顯著（表14），五年平均純收益以水稻—大豆—玉米平均每公頃67,951元為最高，其次水稻—田菁—玉米66,725元及高粱—大豆—玉米62,244元，分別較雙期水稻對照區47,912元增加42、39及30%，每公頃可增加收益14,332~20,039元（表14）。

表 12. 不同耕作制度及季節公頃純收益變方分析表

Table 12. Analysis of variance of crops net-income

Source of variation	Df	Net return			
		Ist crop	2nd crop	Fall crop	Year
Year	4	**	**	**	**
Error a	10				
Treatment	5 (4)	**	NS	NS	NS
Year × Treatment	20 (16)	**	**	**	**
Error	50				

*, ** Significant at P=0.05 and 0.01 levels, respectively ;
NS: Not significant at P=0.05.

表 13. 不同耕作制度之作物純收益比較 (1986~1990)

Table 13. Comparison on crop net-income in different cropping systems.

耕作制度 Cropping systems	一期作 1st crop (NT\$/ha)	與一期作水稻比較 Compare with 1st rice		二期作 2nd crop (NT\$/ha)	秋裡作 Fall crop (NT\$/ha)	二期作 + 秋裡作 (NT\$/ha)	與二期作水稻比較 Compare with 2nd rice	
		指數 Index (%)	增減額 Difference (NT\$/ha)				指數 Index (%)	增減額 Difference (NT\$/ha)
A. 水稻-水稻 Rice-Rice	31,892	100	-	16,020	-	16,020	100	-
B. 水稻-大豆-玉米 Rice-Soybean-Corn	33,189	104	+1,297	11,284	23,478	34,732	217	+18,712
C. 水稻-田菁-玉米 Rice-Sesbania-Corn	35,882	112	+3,990	-7,427	38,270	30,643	191	+14,623
D. 大豆-水稻-玉米 Soybean-Rice-Corn	10,904	34	-20,988	12,061	22,932	34,993	218	+18,973
E. 高粱-宿根高粱-玉米 Sorghum-Ratoon-Corn sorghum	13,625	43	-18,267	-6,341	30,886	24,545	153	+8,525
F. 高粱-大豆-玉米 Sorghum-Soybean-Corn	23,260	73	-8,632	13,211	25,773	38,984	243	+22,964

表 14. 耕作制度之純收益 (1986~1990)

Table 14. Comparison on net-income from different cropping systems in 1986-1990.

耕作制度 Cropping systems	純 收 益 Net-income (NT\$/ha)					平均 指數 Average Index (NT\$/ha)	增 減 額 Difference (NT\$/ha)	
	1986	1987	1988	1989	1990			
A. 水稻-水稻 Rice-Rice	16,571 ^d	31,757 ^{ab}	74,745 ^b	50,122 ^{bc}	66,368 ^a	47,912	100	—
B. 水稻-大豆-玉米 Rice-Soybean-Corn	93,166 ^b	28,025 ^{bc}	72,480 ^b	96,695 ^a	49,387 ^b	67,951	142	+20,039
C. 水稻-田菁-玉米 Rice-Sesbania-Corn	95,892 ^b	37,775 ^a	70,725 ^b	61,993 ^b	67,240 ^a	66,725	139	+18,813
D. 大豆-水稻-玉米 Soybean-Rice-Corn	70,024 ^c	19,268 ^c	88,111 ^a	39,781 ^d	12,298 ^c	45,897	96	-2,015
E. 高粱-宿根高粱-玉米 Sorghum-Ratoon-Corn sorghum	87,485 ^{bc}	27,913 ^{bc}	32,429 ^c	15,665 ^e	27,359 ^b	38,170	80	-9,742
F. 高粱-大豆-玉米 Sorghum-Soybean-Corn	115,077 ^a	25,236 ^{bc}	67,278	77,843 ^b	25,785 ^{bc}	62,244	130	+14,332

Values followed by the same letter do not differ significantly ($P=0.05$), according to Duncan's, multiple range grouping test.

引用文獻

- 李文輝·1983·嘉南地區稻田輪作制度之研究。台南場學術研討會報告P. 63~73。
- 林正鈞、楊策群·1985·從土壤與肥料研究的觀點對日本水田轉種旱作做一歷史性回顧。土壤肥料通訊6:104。
- 連深·1978·第二期稻作收量低落之地點間差異及有關因子。中華農學會報101:52。
- 張新吉、顏貽淦、周讚昆·1963·玉米播種期試驗。玉米研究中心研究彙報第二號。P. 16。台南區農業改良場刊印。
- 張守敬·1972·水田土壤的化學性和肥力。科學農業第20(1,2) P. 148。
- 張愛華·1981·本省現行土壤測定方法。作物需要診斷技術P. 9~11。台灣省農業試驗所編印。
- 郭魁士·1986·水田土壤之化學性。土壤學。P. 279。大中國書局。
- 陳振興、張則周、林鴻淇·1989·酸性土壤中磷礦粉之有效性。土壤肥料通訊25。P. 11。P.9。
- 黃真生·1978·台灣水稻第二期作低產情況與低產之原因，台灣二期稻低產原因及其解決方法研討會專集P. 49~58。行政院國家科學委員會研討專集(二)，行政院國家科學委員、台北。
- 黃伯恩·1984·本省主要綠肥作物栽培簡介。P. 9。台灣省政府農林廳編印。
- 無名氏·1981·土壤肥料。P. 57。台南場70年年報。
- 無名氏·1985·雜糧與畜產138。P. 78~80。台灣區雜糧發展基金會。

13. 無名氏・1986・病蟲害水稻、大豆、玉米、高粱、雜草防除水稻、大豆，植物保護手冊。P.1~35、50~56、57~61、63~64、325、330及340。台灣省政府農林廳編印。
14. 無名氏・1986・大豆、玉米、高粱施肥。施肥手冊P. 22~29、36~44。台灣省政府農林廳編印。
15. 無名氏・1986・水稻豐歉試驗報告。稻作年報。P. 529。台灣省政府農林廳編印。
16. 無名氏・1987・水稻豐歉試驗報告。稻作年報。P. 707。台灣省政府農林廳編印。
17. 無名氏・1991・糧食消費。台灣糧食統計要覽。P. 145。台灣省糧食局編印。
18. 楊策群・土壤管理及農業生產講義。P. 9。
19. 鄔宏潘・1978・氣象因素及地區對一、二期水稻產量之影響。台灣二期稻低產原因及其解決方法研討會專集。P. 39~46。行政院國家科學委員會研討專集(二)，行政院國家科學委員、台北。
20. 趙峻田・1972・土壤中鐵鋁氧化物在土壤化學及土壤肥力上之意義及重要性。科學農業20(1,2): 137~147。
21. 謝順景・1978・台灣一、二期作水稻產量構成要素及其他性狀表現之差異，台灣二期稻低產原因及其解決方法研討會專集。P. 49~58。行政院國家科學委員會研討專集(二)，行政院國家科學委員、台北。

Effect of Cropping System on the Soil Fertility, Crop Yield and Farmers Income¹

Lee, W. H.²

Summary

This study was conducted from 1986 to 1990 in the paddy field located in Lutsao, Chiayi. The purpose of this study is to discuss the effect of rice and upland crop rotation systems on the soil physical property, soil fertility, crop yield and farmer's income. The rice-upland crop rotation systems included: (A) rice-rice (check), (B) rice-soybean-corn, (C) rice-sesbania-corn, (D) soybean-rice-corn, (E) sorghum-ratoon sorghum-corn, (F) sorghum-soybean-corn. The results of the 5-year experiments revealed that rice rotated with upland crops could improve soil physical property, increase soil phosphorus content and crop productivity. Rotation with sesbania increased yield of rice grain by 3%, corn kernel in fall crop by 31%. Sorghum rotated with soybean could increase sorghum grain yield by 22%. From the consideration based on the availability of farmer labor, the utilization of water sources, crop yield and the farmer's profit, the proper or recommended rotation systems were: rice-soybean-corn; rice-sesbania-corn and sorghum-soybean-corn, their net returns were increased by 42%, 39% and 30%, respectively, as compared with rice rotated with rice. The above rotation systems could be served as reference for the more efficient use of water source supply, and adjustment of paddy field utilization.

Accepted for publication: December 23, 1991.

1. Contribution No. 200 from Tainan District Agricultural Improvement Station.

2. Assistant Agronomist, Tainan DAIS. 350 Linsen Rd, Section I, Tainan City 701, Taiwan, R.O.C.