

耕作制度對土壤理化性及作物產量之影響

林文龍 彭武男 邱發祥 戴堯城

摘要

本試驗於 1986-1990 年在桃園縣新屋鄉雙期作稻田實施，目的為探討水田輪作旱作物後土壤理化性，肥力變化以及作物生產潛力。以水稻—水稻，玉米—水稻，水稻—落花生，高粱—高粱四種耕作制度進行，以雙期水稻為對照，經五年在同一地點試驗結果兩期作均種植水稻其土壤 pH 值略為上昇，水田轉種旱作物則其土壤 pH 值下降，而以連續種植旱作物之土壤 pH 值下降更為顯著種植旱作物後恢復種水稻則土壤 pH 值上昇。各耕作制度所測之土壤有機質及有效性氧化鉀含量均略有增加，有效性磷鉀含量則隨栽培作物及施肥量之不同而有變化。在水田狀況下田間雜草以鴨舌草、瓜皮草居多，轉作旱作物後則雜草相發生變化而以雙穗雀稗、升馬唐、滿天星、牛筋草、加拿大蓬、山芥菜、山萹苳等發生於田間。在旱作田發生之多年生雜草如雙穗雀稗、滿天星常遺留水稻田造成藥劑防治上之困難。水稻與旱作物輪作可提高水稻產量。各種耕作制度之全年純收益以水稻—落花生為最高。由於旱作播種時期降雨量高及降雨日數之頻繁，以及旱作物缺乏機械之收穫等因素，農民仍採種植兩期水稻之栽培模式。

關鍵詞：耕作制度、土壤肥力、理化性、稻田轉作。

前言

政府為紓解稻米生產過剩自 1984 年開始推行六年稻米生產與稻田轉作計劃，從此本省各試驗研究場所即開始進行各種旱作物如玉米、高粱、落花生、甘藷等作物與水稻輪作可行性之系列試驗，以建立該地區之最適水稻與旱作物之輪作模式。北部地區稻田轉作旱作物受地區環境之影響而有差異，以玉米、落花生及甘藷等旱作物與水稻輪作較為可行且獲益較高^(2,6)。然而北部地區屬於強酸性黏重之黃棕壤及紅棕壤，其土壤容積重平均在 1.48-1.52 g/cm³ 水田面積分佈極廣⁽¹⁰⁾。此種強酸性黏重之土壤以旱作物玉米、高粱、落花生、甘藷等與水稻之長期輪作對各作物之產量有何影響？又長期之水稻、旱作輪作對土壤理化性、雜草等會發生何種變化？則尚缺資料，本試驗即在探討雙期作稻田與旱作物輪作之土壤理化性，肥力及田間雜草變化情形，以及作物產量與收益，供本區稻田輪作之參考。

材料及方法

本試驗於 1986 年一期作至 1990 年二期作，在本場同一田區進行試驗，耕作制度採(1)水稻→水稻、(2)水稻→落花生、(3)玉米→水稻、(4)高粱→高粱等四種制度，供試作物及品種：水稻為新竹 64 號、高粱為台中 5 號、玉米為台農 351 號、落花生為台南 11 號或台農 4 號。

試驗採逢機完全區集設計，三重複，小區面積 $15 \times 15 = 375\text{m}^2$ 。上述各作物之栽培方法：水稻以機械插秧，行株距 $30\text{公分} \times 15\text{公分}$ 。落花生以畦式栽培，一畦二行，畦寬 90公分 ，株距 15公分 每穴一粒。玉米採畦式栽培，一畦二行，行株距為 $70\text{公分} \times 25\text{公分}$ ，每穴一株。高粱亦採畦式栽培，一畦二行，行株距 $60\text{公分} \times 15\text{公分}$ 。作物施肥量：水稻每公頃一期作硫酸銨 700公斤 、二期作 600公斤 ；過磷酸鈣一期作 400公斤 、二期作 300公斤 ；氯化鉀一期作 100公斤 ，二期作 120公斤 。落花生每公頃硫酸銨 100公斤 、過磷酸鈣 400公斤 、氯化鉀 100公斤 。玉米每公頃硫酸銨 700公斤 、過磷酸鈣 500公斤 、氯化鉀 150公斤 。高粱每公頃硫酸銨 600公斤 、過磷酸鈣 400公斤 、氯化鉀 150公斤 。施肥方法按農林廳作物施肥手冊施行。殺草劑之施用，水稻於插秧後 $7-10\text{天}$ 施用掃丹-M粒劑每公頃 30公斤 。雜糧作物於播種後萌芽前施用殺草劑拉草乳劑每公頃 4公升 稀釋 400倍 。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。

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土壤 pH 值，有機質及有效性磷鉀，每年測定一次土壤總體密度。以水:土=1:1 玻璃電極測土壤 pH 值；有效性磷用 Bray No.1 法；有機質用比色法，有效性鉀用 Mehlich's 法測定。雜草於一期作種植後 50 天及二期作種植後 40 天調查雜草相，每小區取樣 3 點，每點一平方公尺，調查雜草種類及數量，並調查作物產量與收益以利探討。

結果與討論

一、耕作制度對土壤理化性之影響

本試驗田屬黏質壤土，試驗前分析土壤之理化性，其 pH 值之範圍在 $4.9-5.2$ 間屬強酸性土壤，有機質含量介於 $1.6-2.1\%$ ，有效性磷酐(P_2O_5)含量為 $27-50\text{ kg/ha}$ ，有效性氧化鉀(K_2O)含量為 $89-116\text{ kg/ha}$ (表1)。經五年之水稻與玉米、落花生輪作及連續長期種植高粱其土壤之理化性變化分述如下：

土壤 pH 值在各種不同輪作制度下之變化如圖 1。土壤在湛水狀況下可使其 pH 值上昇^(5,7,12)。兩期均種植水稻土壤之 pH 值略為上昇，水田轉作旱作物之玉米、落花生及高粱使土壤 pH 值下降。恢復種植水稻則 pH 值回昇。水田連續長期轉作旱作物使土壤 pH 值下降幅度增大。水田轉作旱作物時則土壤變為酸性，尤其在連續轉作旱作物其酸化程度加劇。本區強酸性及酸性土壤分佈極廣，對於鉛、鐵之毒害及磷之被固定已極需改良土壤之酸性，而稻田轉作旱作後使土壤之酸性增強，施用石灰或矽酸爐渣以矯正土壤中之 pH 值促進作物養分之正常吸收更為迫切^(1,4)。

表1.不同輪作制度試驗前土壤理化性
Table 1. Physicochemical properties of experimental field.

Cropping system	Texture	pH	O.M (%)	P_2O_5 (kg/ha)	K_2O (kg/ha)
Rice—Rice	L	5.1	2.1	41.0	116
Rice—Peanut	L	5.1	1.6	48.0	100
Corn—Rice	L	4.9	1.6	50.0	89
Sorghum—Sorghum	L	5.2	1.9	27	115



圖1.不同耕作制度之土壤pH值之變化

Fig.1. Changes of soil pH Value in different cropping systems.

土壤有機質含量經五年之試驗結果，各不同耕作制度均略有增加，而以玉米—水稻、水稻—落花生之輪作方式增加較其他輪作制度略高(圖2)。一般水田在湛水狀況下轉為旱田如不施用有機物，因受氧化之影響土壤中之有機質分解加速，其含量有降低之趨勢，但受耕作制度及管理方法而有差異，故為保持土壤肥力，稻田轉作旱作施用有機物極為重要。為防止土壤中之有機質消耗殆盡將作物收穫後之殘株回歸于土壤中是增加有機質之重要來源⁹⁾。本試驗各耕作制度于作物收穫後均將殘株施回田中，故有機質含量略有提高。而以玉米—水稻之耕作制度對有機質含量增加較高。可能係因玉米與水稻兩作物之植株總量高于其他作物。



圖2.不同耕作制度之土壤有機質之變化

Fig. 2. Changes of soil organic matter content in different cropping systems.

土壤有效性磷酐含量與栽培作物種類及施肥量不同而變化，其含量隨磷肥施用量之增加而提高(圖3)。



圖3.不同耕作制度之土壤有效性磷酐含量

Fig 3. Changes of soil available P₂O₅ in different cropping systems.

土壤有效性氧化鉀之含量在各種不同耕作制度下略有增加現象，如玉米—水稻栽培方式其含量由1985年試驗前之80 kg/ha至1990年增為224.7 kg/ha(圖4)。但此可能亦與作物別及施肥量有關。

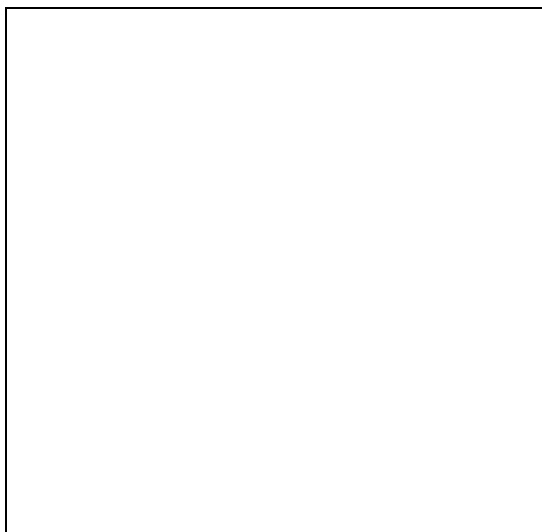


圖4.不同耕作制度之土壤有效性氧化鉀含量

Fig. 4. Changes of soil available K₂O in different cropping systems.

土壤總體密度在水稻栽培下均維持在1.4 g/cm³以上，稻田轉作旱作之玉米、落花生、或高粱後則呈現下降，而以長期栽培高粱之旱作區之土壤總體密度較其他各耕作制度低(表2)。

表2.不同耕作制度之土壤總體密度

Table 2.Changes of soil bluk density in different cropping systems.

	Unit: g/cm ³			
Cropping system	1987	1988	1989	1990
Rice	1.41	1.43	1.48	1.58
Rice	1.36	1.45	1.40	1.47
Rice	1.40	1.47	1.46	1.53
Peanut	1.34	1.34	1.28	1.44
Corn	1.37	1.44	1.44	1.37
Rice	1.39	1.45	1.39	1.49
Sorghum	1.36	1.36	1.27	1.26
Sorghum	1.28	1.28	1.30	1.38

二、耕作制度之田間雜草發生變化情形

雜草發生隨耕作制度期限與耕作制度之不同有明顯之變化(表3)。第一年其發生總重量耕作制度間差異不大，第二年以後則發生極明顯之差異，水稻栽培區使用殺草劑控制調查結果雜草發生量極少甚或無發生。一般旱作雜草發生種類較多且頑強致防治較困難⁽⁹⁾。水田轉作旱作之玉米、落花生及高粱區雜草大量發生，尤以落花生、高粱及宿根高粱區發生最嚴重。水田之雜草以闊葉之鴨舌草、紅骨草居多，其次為多年生之瓜皮草及少量之禾本科之稗草。由旱作所遺留之禾本科雙穗雀稗及莧科之滿天星無法以殺草劑控制，須用人工拔除成為水田轉作旱作後雜草防治之問題。旱作雜草以禾木科之牛筋草、升馬唐、雙穗雀稗、莧科之滿天星、石竹科之鵝兒腸、菊科之加拿大蓬、山萵苣、台灣黃瓜菜及十字花科之山芥菜等普遍發生。水稻收穫時穀粒掉落田間之水稻自生苗亦普遍發生於旱作田區，尤以落花生區最多。

表3.不同耕作制度之田間雜草重量

Table 3. Fresh weight of weeds in different cropping systems.

Cropping system	Unit: g/m ²				
	1986	1987	1988	1989	1990
Rice	6.65*	3.10	106.8	70.0	4.5
Rice	6.29	0	155.8	620.0	64.0
Rice	6.62*	0	0	50	0
Peanut	6.27	2166.9	565.0	230.0	98.0
Corn	10.70*	151.3	564.0	230.0	310
Rice	6.17	0	133.8	260.0	455.0
Sorghum	9.47*	849.1	48.4	730.0	271.7
Sorghum	9.07	2231.0	339.7	580.0	716.7

* Measured in dry weight.

三、耕作制度之作物產量

水稻產量不同年度及期作差異很大，雙期作水稻區第一期作產量差異較小，平均每公頃產量5131公斤，但二期作產量最高每公頃4870公斤，最低3200公斤平均每公頃4262公斤，五年平均二期作較一期作減產16.9% (圖5)。「水稻－花生」輪作栽培方法由第一期水稻公頃產量五年平均為5496公斤較雙期水稻同期作之5131公斤增產7.1%，「玉米－水稻」輪作制度第二期水稻五年每公頃平均產量為4700公斤較雙期水稻同期作增加10.3%(圖6)顯示水稻與旱作物輪作對水稻增產有所助益。玉米、落花生、高粱在不同耕作制度之產量如圖7，玉米子實產量以1989年每公頃5340公斤為最高，其餘各年度除1988年外均維持在4.6噸以上。落花生產量以1990年每公頃之2930公斤最高，各年度之產量尚平穩。各作物在不同耕作制度下五年之平均產量玉米為4754公斤、落花生為2426公斤(圖5)。玉米在桃園區由適栽地區產量調查平均產量為4380公斤/公頃⁽⁸⁾。本試驗結果產量仍在適栽平均之上。高粱長期連續種植下如無增加施肥量(氮肥)或與其他作物輪作產量降低⁽¹¹⁾。本試驗1986年第一期作高粱每公頃產量4430公斤，第二期作採用宿根產量為3880公斤連作5年後每公頃產量降至2320公斤，減產率高達47.4%。高粱連作致發芽後幼苗逐漸枯死，單位面積株數少，植株生育參差不齊。此結果可能係土壤受長期旱作之影響，pH值大幅度降低使土壤成為強酸性，造成養分吸收失去平衡。

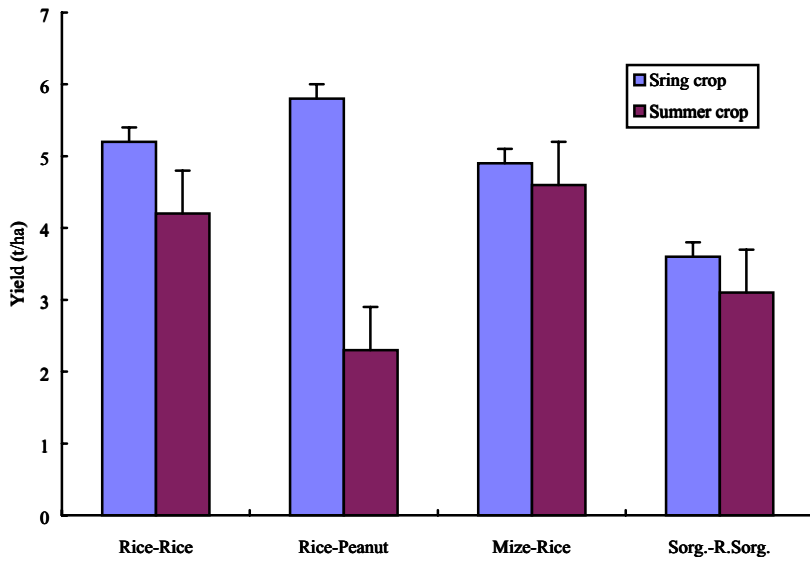


圖5. 各作物在不同耕作制度中五年平均之產量
fig. 5. Rice yield in different cropping systems.

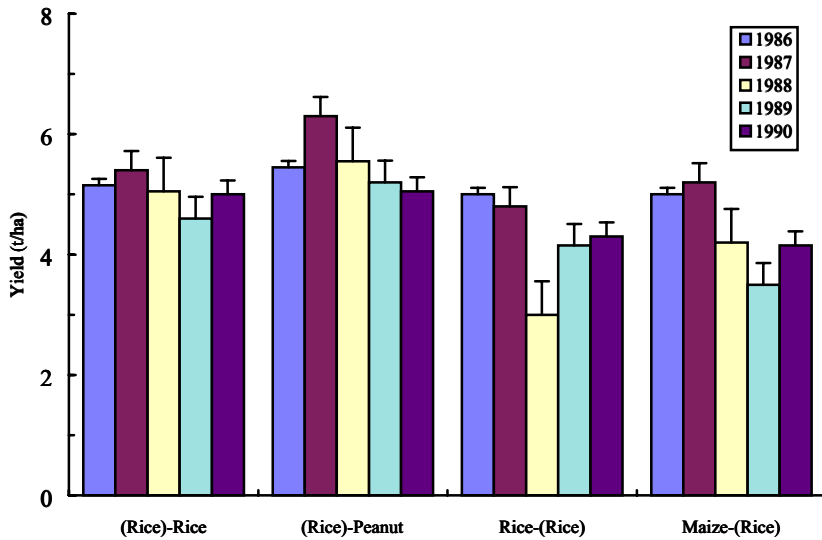


圖6. 不同耕作制度中水稻產量之比較
Fig. 6. Rice yield in different cropping systems.

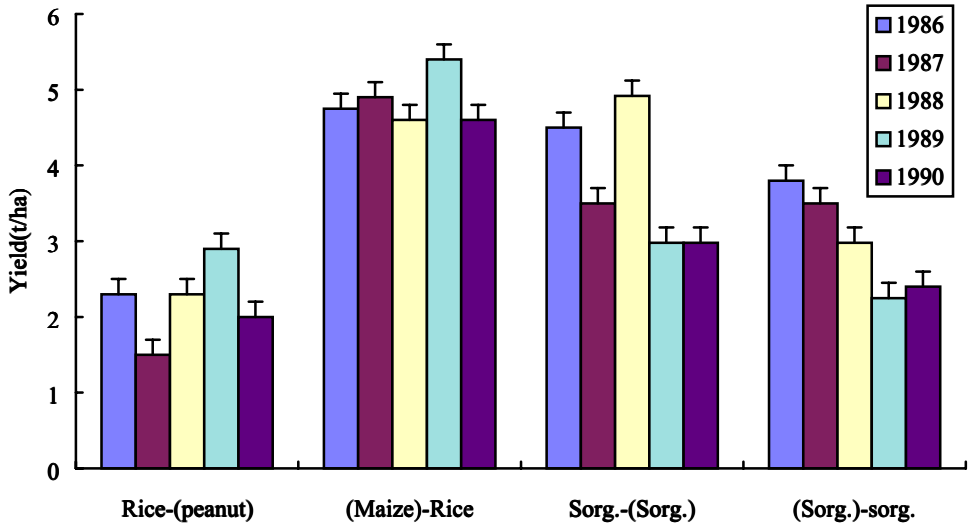


圖7. 玉米、落花生、高粱在不同耕作制度中之產量

Fig. 7. Yield of corn, peanut, and sorghum in different cropping systems.

四、耕作制度之作物總收益

五年平均全年之純收益以「水稻－落花生」方式之每公頃62,138元較對照雙期水稻之55,365元增加12.2%。「玉米－水稻」輪作制度之公頃年收益47,906元較對照雙期水稻減少13.6%。「高粱－高粱」連續種植公頃之年收益僅為6,972元，其收益只為對照之12.6% (圖8)。

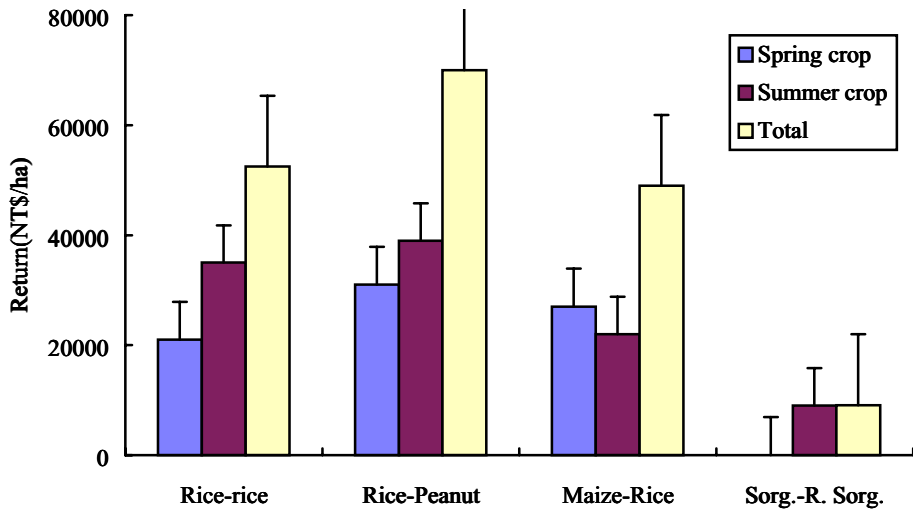


圖8. 不同耕作制度五年之平均純收益

Fig. 8. Average net income in different cropping systems.

綜觀五年十期作試驗結果，總收益以「水稻－落花生」之輪作制度為最高，且對地力之維護及水稻之生產均有良好之效果，但因落花生僅適合於排水良好之砂質土壤之地區栽培，同時落花生之收穫耗工，在農村缺乏勞力之情形下，如無機械可供收穫作業，落花生之栽培面積難以推廣。「玉米－水稻」之輪栽方式雖種玉米後栽培水稻亦可增加產量，唯其純收益仍不及雙期稻作，且北部地區春作降雨量及降雨日數較多(表4)，使玉米播種工作受阻，限制玉米之栽培。故本區水稻田欲轉作旱作物之玉米、高粱、落花生相當困難，農民以兩期水稻之栽培方式較易實施。

表4.桃園地區降雨量及降雨日數(2月21日至3月31日)

Table 4. Rainfall and rain days in Taoyuan district.

	21, Feb. - 31, March	
	Rainfall (mm)	Rain days (day)
1986	463.5	22
1987	305.6	22
1988	275	25
1989	102.5	13
1990	234	14

參 考 文 獻

1. 李子純。1987。不同耕作制度下農田肥力變遷趨勢。農試所年報 p.93-94。
2. 邱發祥、許東暉、李國明、鄭志波。1984。一般雙期作稻田耕作制度之改善試驗。雜糧簡報 26:257-260。
3. 林寶鑫。1980。台灣之有害雜草。中華民國雜草學會會刊 p.81-85。
4. 林家棻。1982。本省農田肥力(pH值與有機物)之變遷。農試所年報 p.72-75。
5. 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。
6. 黃炳文、陳正男、李祿豐、邱發祥。1985。稻田栽培制度之調整－低產稻田轉作雜糧之探討。雜糧簡報 27:332-337。
7. 張守敬。1972。水田土壤的化學性與肥力。科學農業 20 (1.2): 148。
8. 台灣省政府農林廳。1988。桃園區玉米適栽地區簡介。p.11。
9. Kazuo Ishic.. 1987. Soil management of paddy-upland rotation. Taichung DAIS. Special publication No.7:139-153.
10. Leung, K.W.. 1977. The genesis and characteristics of the paddy field in Taiwan. Jour. Agric. Asso. Of china, New Series No.XCVII, 61-75.
11. Peterson. T.A. and G.E..Varvel. 1989. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. II Grain sorghum. Agron. J. 81:731-734.
12. Ponnampuruma, F. N..1955. The chemistry of submerged soils in relation to the growth and yield of rice. Thesis cornen uni. 207.

Studies on the Soil Fertility and Crop Yield as Affected by Cropping Systems

Wen-long Lin, Wu-nan Pong, Fun-shi Chiu and You-cheng Tai

Summary

Field experiments were conducted during the period of 1986-1990 at Taoyuan DAIS Hsinwu experimental farm to study the soil fertility and crop yield as affected by cropping systems. Four Patterns, rice-rice, corn-rice, rice-peanut and sorghum-sorghum were included in this experiment. Results revealed that soil pH value increased in rice-rice cultivation pattern, but decreased in upland crop conditions. Decrease of pH value was more pronounced under the condition of long term conversion paddy field to upland crop. The soil pH value also increased as rice was grown after the harvest of upland crops. The contents of organic matter and available K_2O increased in all patterns. While the available P_2O_5 content in the soil varied with crops cultivated and amount of fertilizer applied. Kinds and fresh weight of weeds changed greatly when paddy field was shifted to upland crop. More perennial weeds were found in the paddy field remained from upland crop field. Conversion of paddy field to cultivate upland crop followed by planting rice could increase rice grain yield.

The highest net income was obtained by the rotation of rice with peanut. However, due to the abundant rainfall during the seeding stage and lack of suitable farm machines for harvesting upland crops, most of farmers, still favored to adopt double rice crop system.

Key words: Cropping system, Soil fertility, Physicochemical properties, Paddy field conversion.