

## 不同輪作制度對土壤理化性及水田雜草相之影響<sup>1</sup>

鄭書杏<sup>2</sup>

### 摘要

本研究之目的在探討雙期作水田經多年施行不同輪作制度後，對水田生態環境及恢復種植雙期作水稻的生產之影響。試驗係利用台灣省花蓮區農業改良場所施行之連續七年之水田不同輪作制度試驗，包括：(A).水稻 水稻，(B).落花生 水稻，(C).水稻 大豆及(D).玉米 大豆後之試驗田進行。水稻以梗稻之臺梗六號(TK.6)供試，供試驗之雙期作水田，其土壤質地為坩質壤土(silt loam)，土系屬三棧系(Sanchan Series, Sc)。本試驗經七年輪作處理後之雙期作水田經轉作旱作物後，不論對土壤理化性或雜草相均有影響。再恢復種植雙期作水稻，田間尖葉類雜草之發生不論第一、第二期作都是以連續水田發生量最高，而以第二期作尖葉類雜草之發生量高於第一期作。闊葉類草僅發生於連續旱田處理後之水稻第一期作，其餘輪作制度後之一、二期作水稻田則無闊葉類草之發生。pH 值變化雖經多年不同輪作制度後而有差異，但恢復種植二期作水稻後，差異不明顯。經一期作種植水稻後，土壤中有效養分之差異，除有效性鉀以外，均不顯著。養分的吸收情形有明顯之影響，再種植水稻不但可加以改善，對水稻產量亦可提昇。因此，水田轉作制度以水旱輪作方式最佳；而以豆科作物加入輪作系統中更可以改善地力。

(關鍵字：輪作制度，水田，雜草，土壤理化性)

<sup>1</sup>花蓮區農業改良場研究彙報第 129 號，本試驗經費承國科會及農委會補助，謹此誌謝。

<sup>2</sup>花蓮區農業改良場作物改良課助理。

### 前言

現代作物的栽培，偏重周密的整地、肥料的合理使用、病蟲害及雜草的防除、品種的改良等，雖然可以維持相當高之產量，但卻忽略連作的為害。適當的輪作，不但能經濟且合理的利用土壤養分，且能防止病蟲害及雜草的發生與蔓延，而增進生產及改善地力。利用不同的作物輪作，對產量的增進早為人們所熟悉，且已應用數世紀之久，人們可以透過良好的規劃設計，選擇適當的輪作制度，更有效率地生產食物，同時也能提供一個當環境問題限制生產時的解決方法，並可維護土地的永續生產力(Francis et al., 1989; Crookston et al., 1991)。

臺灣位於亞熱帶，氣候、溫度、日照及雨量等條件適宜周年栽培作物，一年數作的耕作制度行之有年，且非常發達，尤其水田均種植兩期作水稻，部分地區也利用休閒期間種植玉米、大豆、高粱、蔬菜及菸草等作物，增加收益，甚至種植綠肥，增進地力(FFTC, 1974; Chiu, 1987)。然而近年來，因消費形態改變，稻米消費量漸減，使得稻米生產過剩，因此，稻田轉作，調整資源利用，成為本省農業上急待解決之重要問題。但稻田一轉作，亦即改變傳統兩期作水稻之耕作制度，不但影響耕地與農業勞動力之生產效率，更可能改變長期的土壤生產

力(蔡等, 1992)。又水田轉為旱田, 長期栽種旱作物時, 使土壤有機質分解較快, 恐對地力消耗較大(連及王, 1988a; 羅及黃, 1990)。根據林(1988)在水田連續轉作旱作之研究中指出, 經三年九期作後, 土壤 pH 值及有機質含量呈下降趨勢, 並有隨氮肥使用量增加而降低 pH 值之現象。因此, 水田轉作制度應以水、旱輪作之耕作方式較適宜(高, 1989; 鄭等, 1992)。而水旱田狀態交互使用之土地利用方式, 因土壤屬還原、氧化不同狀態, 將改變土壤中養分之有效性, 而影響作物適應性及產量(農文協, 1990)。游(1988)亦指出輪作可以增產的原因很複雜, 如旱作與水田輪作, 土壤 pH 值改變而影響作物對營養之吸收能力, 以及土壤微生物相之改變等, 均可影響病害之發生。除此之外, 更有學者指出, 輪作制度由於作物種類不同及栽培方式不一樣, 使得雜草競爭壓力改變, 而造成雜草發生量與雜草相之改變(蔣及呂, 1982; 蔣及蔣, 1983)。

稻米由於兼具易調理、營養及多樣化等特點, 已由長久以來被亞洲地區人民視為主食穀物, 一躍而成為目前廣受世界注目之穀類糧食(郭, 1994)。然而, 過去幾年, 有關於水稻栽培之試驗研究, 大多注重與環境因子之交感, 或者針對轉作後旱田作物之表現及其可能遭遇之限制因子(李, 1988; 陳, 1987; 連, 1986; 連及王, 1988b), 但對於水旱田在長期輪作情況下, 作物生產力與環境因子之交感作用尚少研究, 有必要針對此一方面問題再加以探討。本研究之目的即在探討水田經多年施行不同輪作制度後, 對雜草相、土壤理化性及再恢復種植水稻等之影響。

## 材料與方法

本試驗之水稻材料採用梗稻臺梗六號(TK.6), 為臺灣省花蓮區農業改良場於 80 年 11 月 27 日命名通過之新品種, 該品種具有產量高, 米質、食味良好及適合機械作業之優點(臺灣省農林廳, 1991)。本試驗係利用本場已連續施行七年之不同輪作田進行。這些輪作制度包括 A.水稻 水稻, B.落花生 水稻, C.水稻 大豆, 及 D.玉米 大豆等四種輪作方式。八十二年第一期作, 2 月 21 日插秧, 7 月 13 日收穫; 八十二年第二期作, 8 月 4 日插秧, 12 月 2 日收穫。田間試驗設計採用逢機完全區集設計(randomized complete block design, RCBD), 四種前作輪作處理, 三重複, 小區面積 22m×4m, 計 88 m<sup>2</sup>。試驗採用機械插秧, 4 6 本植, 行株距 30×15cm, 每小區共 12 行。水稻一期作施用硫酸銨 600kg/ha, 過磷酸鈣 330kg/ha, 氯化鉀 100kg/ha; 二期作施用硫酸銨 550kg/ha, 過磷酸鈣 330kg/ha, 氯化鉀 100kg/ha, 分別按比例依基肥及追肥二次施用。本試驗於水稻插秧後 5 天, 按慣行法施用殺草劑防除雜草, 採用藥劑為 5% 丁基拉草粒劑(Butachlor), 每公頃 30kg。其它田間管理按現行栽培法實施。

試驗在整地前及水稻收穫後調查土壤理化性, 每小區逢機取五個土壤樣品, 取樣表土 20 公分之土壤, 分析土壤中有機質、pH 值、有效性磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅及鋅之含量, 並利用實容積法測定土壤之總體密度。將收穫之植株稈葉部份, 烘乾(70 , 72 小時)後磨粉, 分析其氮、磷、鉀、鈣及鎂之含量。雜草調查於一期作插秧後 30 天及 50 天, 二期作插

秧後 20 天及 40 天，分別各取樣一次，每小區逢機取樣三點，每點 1 m<sup>2</sup>，記錄雜草類別（分尖葉類草及闊葉類草），並分別秤量鮮重及乾重。

## 結果

### 一、不同輪作制度對水田土壤理化性之影響

本試驗之試驗田原為雙期作水田，土壤質地為坩質壤土。茲將恢復種植水稻後，試驗田土壤之理化性質變化情形敘述如下：

#### （一）pH 值之變化：

試驗前，土壤 pH 值在輪作制度 C 及 D 之試區分別為 7.92 及 7.88，輪作制度 A 及 B 之試區則分別為 7.67 及 7.69。八十二年一期作水稻收穫後，輪作制度 A 及 B 之試區分別上升 0.15 及 0.13，而輪作制度 C 後之試區則下降 0.10，輪作制度 D 後之試區不變；八十二年二期作水稻收穫後，輪作制度 C 及 D 後之試區分別下降 0.22 及 0.29，輪作制度 B 之試區則下降 0.11，而輪作制度 A 試區下降 0.08（圖一）。因此，pH 值之變化經多年輪作後雖有差異，但恢復種植水稻後，則差異並不明顯。

#### （二）有機質含量變化：

試驗前，土壤有機質含量在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 2.26%、1.89%、2.07% 及 1.99%。八十二年一期作收穫後，土壤中有機質含量均呈下降趨勢，降幅以輪作制度 D 之 0.32% 最大，而輪作制度 B 之降幅 0.15% 最小；八十二年二期作收穫後，土壤中有機質含量在輪作制度 C 及 D 分別上升 0.44% 及 0.62%，而輪作制度 A 及 B 分別減少 0.26% 及 0.01%（圖一）。

#### （三）有效性磷含量變化：

試驗前，土壤有效性磷含量在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 6.16ppm、11.01ppm、16.05ppm 及 24.43ppm。八十二年一期作收穫後，除輪作制度 D 下降 5.61ppm 外，其餘之輪作制度 A、B 及 C 分別增加 3.31ppm、4.46ppm 及 1.72ppm；八十二年二期作收穫後，均呈現下降情形，即輪作制度 A、B、C 及 D 分別下降 2.60ppm、5.86ppm、0.78ppm 及 4.02ppm（圖一）。與試驗前比較，除輪作制度 A 及 C 分別增加 0.71ppm 及 0.94ppm 外，輪作制度 B 及 D 分別減少 1.39ppm 及 9.63ppm。

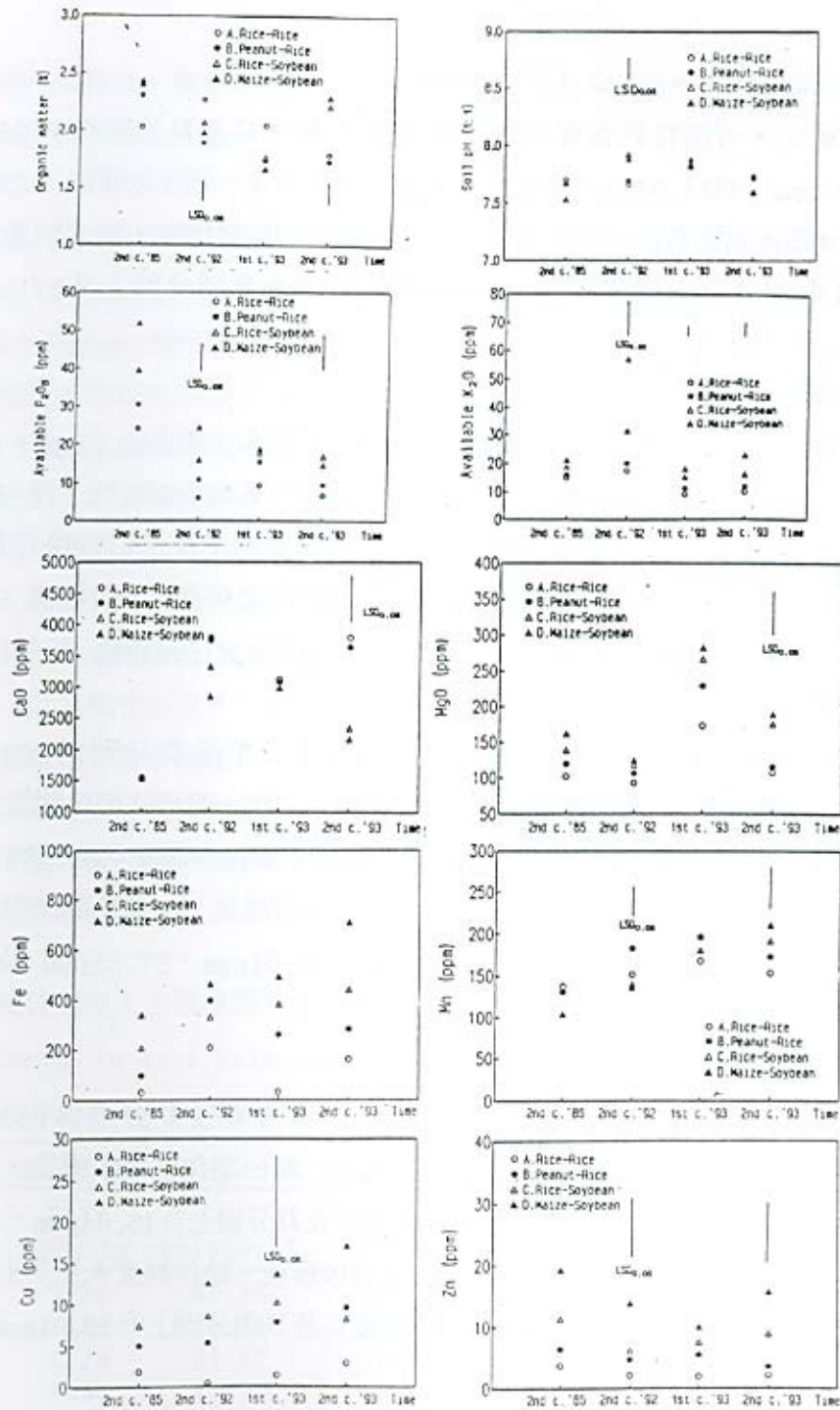
#### （四）有效性鉀含量變化：

試驗前，有效性鉀含量在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 17.53ppm、20.05ppm、31.44ppm 及 56.93ppm。八十二年一期作收穫後，土壤中有有效性鉀均呈下降趨勢，而以輪作制度 D 減少 38.77ppm 降幅最大，其次為輪作制度 C 減少 16.03ppm，而輪作制度 A 及 B 分別減少 8.41ppm 及 8.78ppm；八十二年二期作收穫後，各輪作制度均呈上升趨勢，而以輪作制度 D 上升 4.72ppm 最高，其它輪作制度 A、B 及 C 分別上升 0.93ppm、0.57ppm 及 0.88ppm，變化較小（圖一）。

#### （五）可溶性鈣含量變化：

試驗前，可溶性鈣含量在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 3791.40ppm、3752.87ppm、3331.07ppm 及 2841.53ppm。八十二年一期作收穫後，土壤中有有效性鈣趨於一致，大約在

3000ppm 左右；八十二年二期作收穫後，輪作制度 C 及 D 分別下降 646.28ppm 及 811.12ppm，而輪作制度 A 及 B 則分別上升 672.69ppm 及 571.78ppm（圖一）。



圖一、不同輪作制度土壤理化性分析之變化（橫軸為取樣時期，分別代表各期作收穫後）

Fig.1. Change in properties of soils after consecutive years of cropping under different cropping systems.

(六) 可溶性鎂含量變化：

試驗前，可溶性鎂含量在輪作制度 A B C 及 D 分別為 92.79ppm 106.79ppm 118.48ppm 及 125.15ppm。八十二年一期作收穫後，各輪作制度均上升，但處理間差異不顯著；八十二年二期作收穫後，各輪作制度均下降，而以輪作制度 A 降幅 65.68ppm 最小（圖一）。試驗前後相比較，輪作制度 C 及 D 上升幅度 55.52ppm 及 64.11ppm 較高，而輪作 A 及 B 分別上升 14.87ppm 及 8.81ppm 較低。

（七）鐵含量變化：

試驗前，土壤中鐵含量在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 207.79ppm、398.61ppm、332.33ppm 及 465.40ppm。八十二年一期作水稻收穫後，輪作制度 A 下降 175.35ppm，輪作制度 B 下降 137.35ppm，而輪作制度 C 上升 53.00ppm，輪作制度 D 上升 29.87ppm；八十二年二期作水稻收穫後，各輪作制度均上升，即輪作制度 A、B、C 及 D 分別上升 128.65ppm、23.04ppm、57.65ppm 及 215.91ppm（圖一）。

（八）錳含量變化：

試驗前，土壤中錳含量在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 152.07ppm、183.00ppm、140.80ppm 及 136.8ppm。八十二年一期作水稻收穫後，各輪作制度土壤中錳含量均上升，即輪作制度 A、B、C 及 D 分別上升 16.04ppm、13.54ppm、40.05ppm 及 60.95ppm；八十二年二期作水稻收穫後，輪作制度 A 及 B 土壤中錳含量分別下降 14.27ppm 及 23.53ppm，而輪作制度 C 及 D 則分別上升 10.94ppm 及 13.23ppm（圖一）。

（九）銅含量變化：

試驗前，土壤中銅含量在輪作制度 A、B、C 和 D 分別為 0.44ppm、5.35ppm、8.53ppm 及 12.65ppm。八十二年一期作收穫後，土壤中銅含量，各輪作制度均上升，即輪作制度 A、B、C 及 D 分別上升 0.91ppm、2.47ppm、1.73ppm 及 1.11ppm；八十二年二期作收穫後，輪作制度 A、B 及 D 分別上升 1.54ppm、1.84ppm 及 3.43ppm，而輪作制度 C 下降 1.94ppm（圖一）。

（十）鋅含量變化：

試驗前，土壤中鋅含量在輪作制度 A、B、C 和 D 分別為 2.21ppm、4.73ppm、6.22ppm 及 13.87ppm。八十二年一期作水稻收穫後，輪作制度 A 及 D 分別下降 0.18ppm 及 3.79ppm，輪作制度 B 和 C 分別上升 0.76ppm 及 1.36ppm；八十二年二期作水稻收穫後，除輪作制度 B 下降 1.97ppm 外，其它輪作制度 A、C 及 D 分別上升 0.19ppm、1.35ppm 及 5.56ppm（圖一）。

（十一）總體密度變化：

試驗前，總體密度在輪作制度 A、B、C 及 D 分別為 1.26、1.34、1.24 及 1.30（表一）。八十二年一期作水稻收穫後，除輪作制度 B 下降 0.01 外，其它輪作制度 A、C 及 D 分別上升 0.01、0.10 及 0.07；八十二年二期作收穫後，除輪作制度 C 上升 0.01 外，其它輪作制度 A、B 及 D 均分別下降 0.01、0.03 及 0.04。比較試驗前後之總體密度變化，輪作制度 C 上升幅度 0.11 最大，其次輪作制度 D 上升 0.03，而輪作制度 B 下降 0.04，輪作制度 A 則不變（表一）。

根據以上結果，在土壤總體密度變化上，水田施行輪作後，其土壤總體密度上升，雖再恢復種植二期作水稻，仍高於連續水田之對照處理。

表一、不同輪作制度下土壤總體密度之變化

Table 1. Change in soil bulk density after consecutive years of cropping under different cropping systems.

Season Cropping systems	After 2nd crop 1992		After 1st crop 1993		After 2nd crop 1993	
	Bulk density	Soil moisture*	Bulk density	Soil moisture	Bulk density	Soil moisture
A	1.26	49.34	1.27	47.52	1.26	48.31
B	1.34	48.74	1.33	45.42	1.30	48.15
C	1.24	41.47	1.34	46.55	1.35	47.58
D	1.30	40.19	1.37	46.08	1.33	47.76
LSD(0.05)	0.06		0.09		0.08	

\*Percentage by volume basis.

## 二、不同輪作制度對水田雜草相之影響

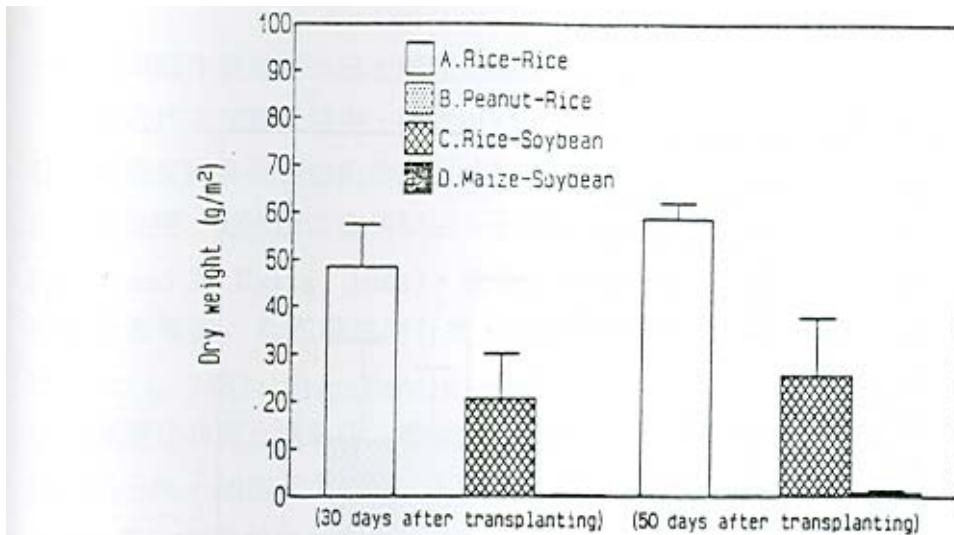
根據本試驗調查結果顯示，水田在插秧前雖經二次的耕犁整地作業及插秧後使用殺草劑，但在水稻生育期間，仍有不同程度之雜草發生。八十二年第一期作第一次調查（插秧後 30 天），單位面積雜草乾重尖葉類草以輪作制度 A 試區之發生量  $48.5g / m^2$  最高，其次為輪作制度 C 後之試區發生量  $20.6g / m^2$ （圖二）。闊葉類草則以輪作制度 D 後之試區發生量  $9.8g / m^2$  最高，其它輪作制度之後沒有闊葉類草之發生（圖三）。第二次調查（插秧後 50 天），雜草發生情形與第一次調查類似，而量則明顯增加（圖二及三），與第一次調查稍有不同者，即闊葉類草在第二次調查中，輪作制度 B 及 C 後之試區之發生量增加，而對照之輪作制度 A 試區則沒有闊葉類雜草發生（圖三）。

八十二年二期作第一次調查（插秧後 20 天），尖葉類草仍以對照區之發生量  $50g / m^2$  最高，其次為輪作制度 B 試區後之  $24.8g / m^2$  及輪作制度 C 試區後之  $18.6g / m^2$ ，輪作制度 D 後之試區沒有尖葉類草（圖四）。第二次調查（插秧後 40 天）與第一次調查類似，所不同的是各輪作制度中之雜草發生量增加，而輪作制度 D 後之試區沒有雜草。第二期作之闊葉類草則沒有發生。

## 三、不同輪作制度對水稻植體成分之影響

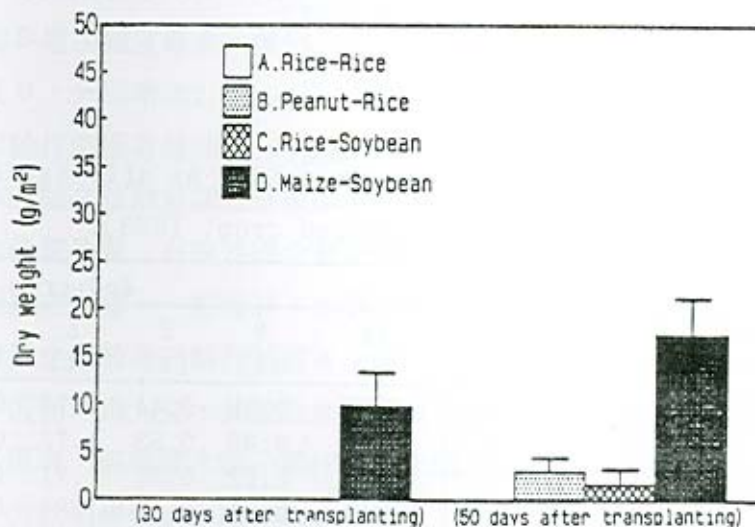
水稻生長所需之各種養分，幾乎全部取自土壤。由於土壤在水、旱田不同狀態之變化下，會造成氮、磷肥有效性降低，及其它微量元素之不同變化，除了直接反應在水稻生理功能及生長外，亦由於土壤物理性狀之變化而間接影響水稻之生長。根據植體成分分析結果（表二）顯示，八十二年一期作，水稻植體之氮含量以輪作制度 D 之 0.8% 最高，其次為輪作制度 C 之 0.64%，均高於對照之輪作制度 A；植體磷含量以輪作制度 D 之 0.63% 最高，其次為輪作制

度 A，而以輪作制度 B 之 0.43% 最低，但差異不顯著；鉀含量，仍以輪作制度 D 之 2.07% 最高，其次為輪作制度 C 之 1.87%，而輪作制度 A 之 1.57% 最低，差異顯著；鈣含量，以輪作制度 D 之 0.42% 最高，其次為輪作制度 C 之 0.37% 及輪作制度 B 之 0.23%，均高於對照輪作制度 A 之 0.18%；至於鎂含量亦有類似情形，以輪作制度 D 之 0.26% 最高，其次為輪作制度 C 之 0.22%，而高於輪作制度 A 之 0.17%。



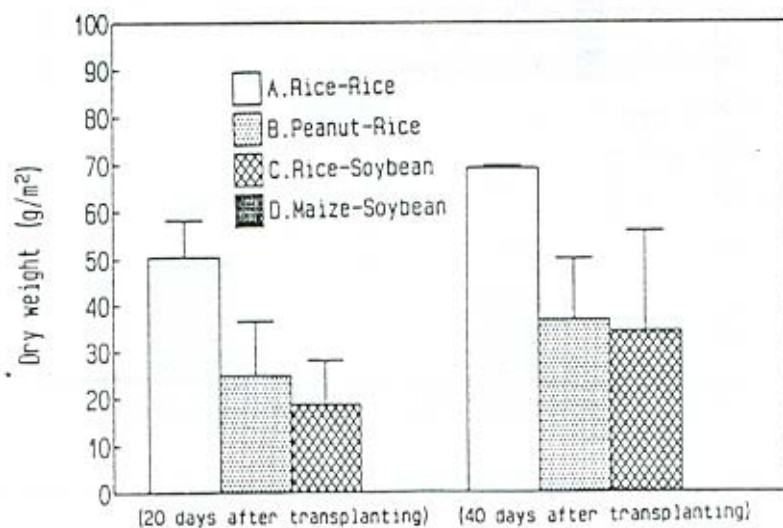
圖二、不同輪作制度下水田尖葉類草發生量（八十二年一期作）

Fig.2. Dry weight of narrow leaf weeds at 30 and 50 days after transplanting of rice (1st crop, 1993).



圖三、不同輪作制度下水田闊葉類草發生量（八十二年一期作）

Fig.3. Dry weight of broad leaf weeds at 30 and 50 days after transplanting of rice (1st crop, 1993).



圖四、不同輪作制度下水田尖葉類草發生量（八十二年二期作）

Fig.4. Dry weight of narrow leaf weeds at 20 and 40 days after transplanting of rice (2nd crop, 1993).

八十二年二期作，水稻植體成分含量雖與一期作分析結果有相同趨勢，除磷含量外均以輪作制度D為最高，但是僅有鈣之含量差異達顯著水準。

表二、不同輪作制度下水稻植體分析

Table 2. Plant analysis of rice cultivars TK. 6 as affected by various cropping systems (1st and 2nd crop, 1993).

Season Cropping systems	1st crop					2nd crop				
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
A	0.50	0.50	1.57	0.18	0.17	0.59	0.44	1.73	0.24	0.20
B	0.58	0.43	1.73	0.23	0.21	0.69	0.53	1.73	0.32	0.20
C	0.64	0.48	1.87	0.37	0.22	0.62	0.51	1.77	0.35	0.19
D	0.80	0.63	2.07	0.42	0.26	0.91	0.52	1.87	0.41	0.21
LSD(0.05)	0.13	0.19	0.21	0.04	0.05				0.05	

### 討論

#### 一、不同輪作制度對水田土壤理化性及水稻養分吸收之影響

在近代之作物栽培中，雖然由於化學肥料的使用，使得傳統輪作制度失去其卓越性，但是有許多因素由前作所造成的後效，仍然相當重要。而這些因素包括土壤之物理性狀改變，



如水田之濕耕犁法，土壤化學性質中養分不均衡(Tiwari et al., 1980; Flinn and De Datta, 1984)，造成土壤結構之改變，使土壤在無空氣狀態下，有效性磷含量降低，犁底層密度升高，使得後來之旱作物生育困難(Syarifuddin and Zandstra, 1981; Syarifuddin, 1982; Carand and, 1982; Zandstra, 1982)。土壤 pH 值變化亦與土壤氧化、還原狀態有關，連續種植旱作，土壤 pH 值下降，但其後種植水稻三作，pH 值回復原值(蘇等，1991)。本試驗田經七年不同輪作模式試驗後之土壤，其 pH 值在輪作制度 C 及 D，分別增加 0.2 及 0.4 外，輪作制度 A 及 B 則未變(圖四)。因此，pH 值之變化雖經多年輪作後而有差異，但恢復種植水稻後，其差異即消失。種植旱作大豆可明顯增加土壤之有效性鉀、鈣、鎂及錳等含量，而種植水稻則明顯降低土壤之有效性鉀、鈣及鎂等含量(蔡等，1991)。根據本試驗調查有效性磷含量，以輪作制度 D 之 24.43ppm 最高，其次為輪作制度 B 和 C，分別為 11.01ppm 及 16.05ppm，以輪作制度 A 之 6.16ppm 最低。有效性鉀含量，在四種輪作制度均增加，以輪作制度 D 增加幅度最大，達 35.74ppm，其次為輪作制度 C，增加 12.57ppm，而輪作制度 A 及 B，分別增加 2.52ppm 及 3.93ppm(圖一)。錳含量經長期輪作後均呈現增加，其中以輪作制度 B 增加 51.67ppm 幅度最大。而鋅含量則以連續旱田增加最高。

根據本試驗之試驗前調查結果顯示，土壤有效成分含量，因長期輪作後而有不同，尤其是在有機質含量、有效性磷含量及有效性鉀含量方面，對於一期作水稻養分的吸收情形有明顯之影響。一般而言，土壤中有效成分高，水稻之吸收量亦較高，但對於土壤中有機質含量較高之輪作制度 A(圖一)而言，水稻之氮吸收量卻最低，而輪作制度 C 及 D 因前作為大豆，其後之水稻氮吸收量亦較高，顯示大豆確有固氮以提供後作之效果。再者，經種植水稻一期作後，土壤中有效成分之差異，除有效性鉀以外，均不顯著，因此植體中成分之差異也不顯著。因此在豆科作物如落花生、大豆之後種植水稻，可由水稻產量之不同表現看出其對地力增進之效果，其中以玉米 大豆輪作區之產量表現最佳，此乃因受到輪作之效應外，應與土壤理化性之改變有很大的關係。因此，雙期作水田經多年輪作後，對地力確有增進之效果(鄭及白，1995)。而其中鈣之成分雖然在土壤中之含量漸趨於一致，但是不同輪作後之水稻，仍有不同程度之吸收量，似乎與土壤中之有效性含量無關。但是二期作收穫後，分析土壤中之鈣含量發現，輪作制度 C 及 D 之土壤中鈣含量明顯降低(圖一)，因此有可能是被水稻大量吸收之結果。根據本試驗兩期作水稻產量之綜合表現，發現在不同作物輪作情形下，落花生 水稻輪作後再種植水稻當期作產量表現高於連續水田，而次期作之水稻產量已經與連續水田之表現相同。水稻 大豆輪作後種植水稻產量表現高於連續水田，而再繼續種植水稻其產量之表現仍高於連續水田(鄭及白，1995)。

## 二、不同輪作制度對水田雜草量及雜草相之影響

輪作制度由於作物種類不同及栽培方式不一樣，使得雜草競爭壓力改變，而造成雜草發生量與雜草相之改變(蔣及呂，1982；蔣及蔣，1983)。根據本試驗田前七年輪作試驗中，尖葉類草之發生，不論第一、二期作均以連續水田高於水旱輪作田(鄭等，1994)。而本試驗之結果，尖葉類草之發生不論第一、二期作亦以連續水田之發生量最高。種類則以一年生

球花蒿草(*Cyperus difformis*)為主，其中二期作發生量高於一期作（圖二及四），與往年輪作試驗之結果相同。以水田雜草相而言，主要的決定因素是整地和水分管理，一般而言，其種類較旱田為少，在期作間和地區上有明顯的差異（蔣及呂，1982），且一般夏季以禾本科雜草較多，冬季則以闊葉類雜草較多（行政院農委會，1990）。闊葉類草在水田發生量較少，以水旱輪作田發生量高於連續水田。本試驗僅在一期作的連續旱田後之處理有發生，其它則沒有闊葉類草之發生（圖三）。

過去施行輪作為防治雜草的主要方法之一，因為任何一種優勢雜草，在作物種類及栽培方式改變後，由於競爭壓力的改變，而轉變了其在雜草中所出現的頻度。施行水旱輪作，由於水生雜草和旱生雜草對於環境的要求不同，故水旱田輪作可抑制其繁殖和生長，降低其生長優勢（行政院農委會，1990）。另外耕作系統也會影響雜草的發生，尤其是一年生草在耕犁後造成土壤水分蒸發之增加，以及改變了深淺不同土層之種子含量的比例後，往往會使禾草類增加(Pollard and Cussans, 1976; Wrucke and Arnold, 1985)，及闊葉類草的增加(Pollard and Cussans, 1976)或減少(Frond-Williams et al., 1981; 1983)。輪作制度中對雜草的有效管理方法，視作物的前後次序、作物種類以及田間殺草劑之選擇與使用而定(Francis et al., 1989)。根據本試驗調查結果，水田經多年不同作物輪作後，再恢復種植水稻，尖葉類草發生量增加，闊葉類草發生量則明顯減少（圖二、三及四），而二期作之雜草卻有增加之趨勢，尤其是尖葉類草。因此在輪作系統中，可利用水旱輪作方式控制雜草。

Buresh et al.(1993)報告指出，休閒期間雜草和水稻之前作物（如綠肥田菁）的土壤氮素損失，是由雜草或前作物吸收了硝酸態氮所造成，而後經由植物殘體循環給土壤，氮素快速礦質化並被水稻所吸收利用。本試驗中，八十二年一期作，由於輪作制度 C 及輪作制度 D 之前作為大豆，因此對於尖葉類草及闊葉類草之發生均比輪作制度 B（前作水稻）發生量多（圖二及三）。此可能與土壤中氮素含量或者不同雜草種子含量之比例有關。就本試驗而言，八十二年一期作輪作制度 C、D 之前作為大豆，於 81 年 11 月 8 日收穫後，即任其休閒，至 82 年 12 月 10 日第一次耕犁時田間雜草發生量多。而輪作制度 A 及 B 之作為水稻，於 81 年 11 月 27 日收穫後，至 82 年 12 月 10 日耕犁，田間雜草量發生較少。此種情形可能係受不同雜草發生量影響土壤氮素之變化，由於沒有分析土壤中氮素含量，此一部份仍有待探討。

綜合本試驗結果，水田經多年不同輪作後，對土壤理化性質均有影響，尤其在 pH 值及有效磷、鉀含量均高於連續水田。恢復種植二期作水稻後，雖有下降趨勢，但仍高於連續水田。其它元素除鈣以外，也有相同趨勢。不同輪作制度輪作後，一期作水稻產量明顯增加，以輪作制度 D 最高，其次為輪作制度 C；二期作產量變化亦同（鄭及白，1995）。但不同輪作制度之土壤總體密度，不論試驗前、後，均高於連續水田。雜草發生一期作之尖葉類以連續水田發生量最高，其次為輪作制度 C，闊葉類草則以連續旱作後發生量較高。二期作之尖葉類草發生與一期作相似，但輪作制度 B 則明顯增加，而闊葉類草均明顯減少。

## 參考文獻

- 1.行政院農委會。1990。臺灣農家全書。雜草。p.123-151,P.218-220。植物保護專輯。
- 2.李子純。1988。轉作玉米田土壤肥力限制因子研究。中華農業研究 37(2)：165-176。
- 3.林滄澤。1988。轉作雜糧作物長期肥培管理試驗。p.12-24。75 年度農林廳土壤肥料試驗報告。
- 4.高得錚。1989。農藝作物有機栽培法之探討。p.117-132。謝順景、謝慶芳主編。有機農業研討會專輯。臺中農業改良場編印。
- 5.連深。1986。轉作田玉米肥料需要量與土壤肥力之關係。中華農業研究 35(3)：318-334。
- 6.連深、王鐘和。1988a。田菁中間作與耕耘方式對水稻，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。
- 7.連深、王鐘和。1988b。轉作田玉米生育特性及肥培管理 1.子實收量之期作間和土壤間差異及有關因素。中華農業研究 37(4)：32-46。
- 8.陳世雄。1987。臺灣轉作田土壤物理性限制因子之診斷及改良。國立中興大學博士論文。
- 9.郭益全。1994。美國稻米產銷及品質改良現況簡介。科學農業 42(1.2):1-12。
- 10.游俊明。1988。赴美國研究土壤傳播性病害防治報告。臺灣農業 24(6):47-50。
- 11.臺灣省農林廳。1991。稻台梗 6 號育成經過。p.1-29。稻作改良年報。
- 12.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。
- 13.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。
- 14.蔡永皞、羅瑞生、高銘木。1991。作物順序及肥培管理對輪作系統中作物產量與土壤肥力之影響。p.28-43。輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討論文專輯。
- 15.蔡俊雄、楊小慈、賴森雄、鄒虎生。1992。p.3-19。耕作制度研究資料的儲存系統分析與應用之探討。p.3-9。水稻旱作輪作制度與土壤理化性病蟲害發生及作物生產力關係試驗報告。
- 16.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?G1-16。
- 17.鄭書杏、余德發、洪汝煌。1994。水旱田輪作制度之研究。83 年度農建計畫報告。
- 18.鄭書杏、白鏗。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 11：1-11。
- 19.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。
- 20.蘇楠榮、王錦堂、吳懷國。1991。臺灣多作制度下土壤肥力之變化。p.1-27。輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討論文專輯。
- 21.農文協。1990。水田高度 利用技術體系。pp.231-242。稻作大百科。栽培樣式 / 管理實際。農山漁村文化協會。

22. Buresh, R. J., T. T. Chua, E. G. Castillo, S. P. Liboon, and D. P. Garrity. 1993. Fallow and sesbania effects on soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. *Agron. J.* 85:316-321.
23. Chiu, C. C. 1987. Evolution of farming systems in Taiwan. FFTC EB 265.
24. Carandang, D. A. 1982. Methods of applying fertilizer on upland crops after wetland rice. IRRI Report of a workshop on cropping systems research.
25. Crookston, R. K., J. E. Kurle, P. J. Copeland, J. H. Ford, and W. E. Lueschen. 1991. Rotational cropping sequence affects of corn and soybean. *Agron. J.* 83:108-113.
26. FFTC. 1974. Multiple cropping systems in Taiwan. 77p. Taipei, Taiwan, R.O.C.
27. Flinn, J. C., and S.K. De Datta. 1984. Trends in irrigated rice yields under intensive cropping at Philippine research stations. *Field Crop Res.* 9:1-15.
28. Francis. C. A., M. D. Clegg, and S.C. Mason. 1989. Alternatives to monocultural Sustainable systems for U.S. crop production. FFTC EB 301.
29. Frond-Williams, R.J., D.S.H. Drennan, and R.J. Chancellor. 1983. Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *J Appl. Ecology.* 20:187-197.
30. Frond-Williams, R.J., R.J. Chancellor, and D.S.H. Drennan. 1981. Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation systems for cereal production in temperate regions. *Weed Res.* 21:99-109.
31. Pollard, F., and G.W. Cussans. 1976. The influence of tillage on the weed flora of four sites sown to successive crops of spring barley Proc. 1976. Br. Crop Prod. Conf. Weed.
32. Syarifuddin, A.K. 1982. Tillage practices and methods of seeding upland crops after wetland rice. p.33-42. In Report of a workshop on cropping systems research in Asia. IRRI, Los Banos, Philippines.
33. Syarifuddin, A., and H.G. Zandstra. 1981. Soil fertility, tillage, and mulching effects maize grown after rice. IRRI research serious No.6
34. Tiwari, K.N., A.N. Pathak, and S.P. Tiwari. 1980. Fertilizer management in cropping systems for increased efficiency, *Fertil. News* 25(3):3-20.
35. Wrucke, M.A., and W.E. Arnold. 1985. Weed species distribution as influence by tillage and herbicides. *Weed Sci.* 33: 853-856.
36. Zandstra, H.G. 1982. Effect of soil moisture and texture on the growth of upland crops after wetland rice. p.43-54. In: Report of a workshop on cropping systems research in Asia. IRRI, Los Banos, Philippines.