

桃園區水旱田輪作制度對土壤肥力及作物產量之影響

羅秋雄

摘 要

本研究自1994年至2000年，於桃園縣新屋鄉桃園區農業改場試驗田進行，試驗田土壤為桃園紅壤。主要在探究水旱田輪作制度對土壤理化性質及土壤肥力之影響。結果顯示，二期作休耕期間輪換不同作物之土壤管理方式對一期水稻之產量略具影響，年平均產量以種植牧草處理4.59 t/ha最高，增產4.0%，其次為種植綠肥作物處理 4.55 t/ha，增產3.0%，餘休耕期間翻耕一次及灌溉或自然蓄水之處理則與休閒區(對照)無顯著差異。對土壤理化性之影響而言，有機碳含量以全年休耕、種植綠肥作物及牧草之處理較高，有效性鉀含量全年休耕區明顯較各處理為低，且有逐年下降之趨勢，主要因鉀無供源，且易溶於水而流失，其他之土壤理化性及土壤肥力各處理間均無顯著差異。

關鍵詞：水旱田、休耕、水稻、綠肥作物、牧草、土壤管理。

前 言

稻田全面休耕或擇二期作中之一期休耕，已是今後必行之糧食政策，因此休耕對稻田土壤肥力、生物性、理化性及後作作物是否具有影響，就必須加以探討。根據試驗結果在水稻—小麥—休耕之耕作系統中土壤全氮及有機質含量會隨生物有機物含量之增加而提高^[1]。另在所有豆科輪作系統中土壤有機質及全氮含量均較其中一作休耕者為高^[2]。根據Buresh等報告^[3]指出休耕期間硝態氮會累積，並對後作水稻具有增產效果。綠肥作物為休耕農田之重要作物，其對水田及早田作物均具有增產效果^[4,7,8]、改善土壤理化性^[5,6,7,8]及供應作物所需養分^[9,10,11,12]，確為休耕期間可藉以保持地力之主要作物。本省農民大部分為兼業農，一旦休耕後必然疏於管理，對稻田土壤肥力之維持影響頗大。因此，為使休耕稻田於需要時能隨時恢復生產，並維持在高生產力狀況，就必須提供一套完整而簡便的土壤肥力管理方式，供休耕農戶採行。

材料與方法

一、田間試驗

本試驗自1994年7月至2000年7月，於桃園縣新屋鄉桃園區農業改良場試驗田進行。耕作制度為水旱田輪作：一期水稻與二期休耕或種植旱作物。試驗田土壤為桃園紅壤大竹園系，土壤之性質如表

8. Buresh, R. J. and T. T. Chua et. 1993. Fallow and sesbania effects on soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. *Agronomy Journal*. 85(2): 316-321.
9. Handbook on reference methods for soil testing. (Revised Edition). 1980. The council on soil testing and plant analysis. University of Georgia. Athens, Georgia. pp. 37-51.
10. Mahapatra, B. S. and K. C. Sharma et. 1991. Nitrogen fertility under rice-wheat-fallow system with integrated nitrogen management in lowland rice. *Indian Journal of Agronomy*. 36: 223-227.
11. Mclean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In A. L. Page et al (ed.) *Methods of soil analysis*, Part 2. 2nd ed. *Agronomy Monograph*. 9: 199-224.
12. Xu, S. C. and Y. M. Liu et. 1988. Effects of rotation of paddy rice and upland crops on the fertility of red loam paddy fields. *Fujian Agricultural Science and Technology*. 6: 8-10.

Effect of Rice-Upland Crop Rotation on the Soil Fertility and Yield in Taoyuan District

Chiu-Shyoung Lo

Summary

From 1994 to 2000 field experiments were conducted to study the effect of rice-upland crop rotation systems on the soil properties, soil fertility and yield of rice, on Taoyuan Latosol at the Taoyuan District Agricultural Improvement station, Hsinwu, Taoyuan. Grain yields of the first crop were affected by different soil management schemes, the highest yield of 4.59 t/ha was obtained from rice after alternating with pangola grass, averaging 3-4 % increase over the check, next was 4.55 t/ha obtained from rice-green manure treatment. No difference was noted between the one-tillage and flooding treatments during the fallowing season. The organic carbon content of soil was increased due to planting pangola grass, green manure and year-round fallow. The available K was significantly consistently reduced yearly by year-round fallowing, because of no application and loss of potassium.

Key words: Rice-upland field, fallow, rice, green manure crops, forage crops, soil management.

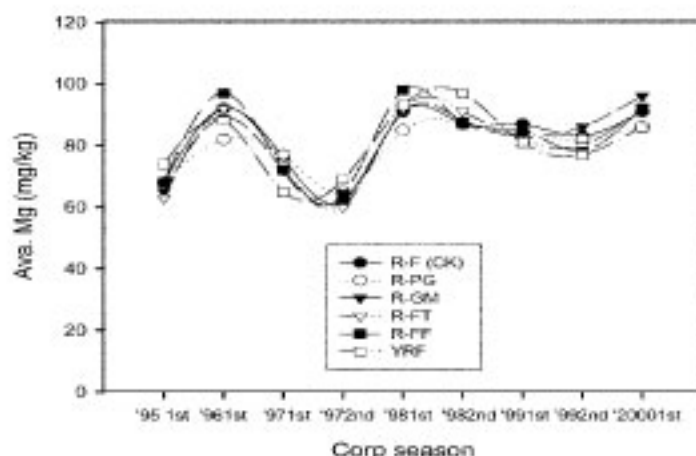


圖 5. 1995-2000 年不同水旱田輪作制度對土壤有效性鎂含量之影響

Fig. 5. Yearly changes in soil available Mg under different rice-upland crop rotation systems, 1995-2000.

(R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.)

誌 謝

本研究前四年承行政院農業委員會經費補助，試驗期間陳釗和先生及吳秋芬小姐協助田間管理及分析，文章蒙黃副場長益田及游課長俊明斧正，謹致謝忱。

參考文獻

1. 李文輝。1991。耕作制度影響土壤肥力及作物產量之研究。耕作制度對土壤肥力及作物之影響研討會專輯 pp. 95-110。
2. 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。耕作制度對土壤肥力及作物之影響研討會專輯 pp. 111-128。
3. 張愛華。1981。作物需肥診斷技術—本省現行土壤測定方法。台灣省農業試驗所編印。pp.9-26。
4. 張淑賢。1981。作物需肥診斷技術—本省現行植物分析法。台灣省農業試驗所編印。pp. 53-59。
5. 蔡永峰、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。耕作制度對土壤肥力及作物之影響研討會專輯 pp. 28-43。
6. 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。耕作制度對土壤肥力及作物之影響研討會專輯 pp. 44-65。
7. 譚增偉、張愛華。1991。水旱田輪作制度中土壤磷之利用與磷肥效應。耕作制度對土壤肥力及作物之影響研討會專輯 pp.44-65。

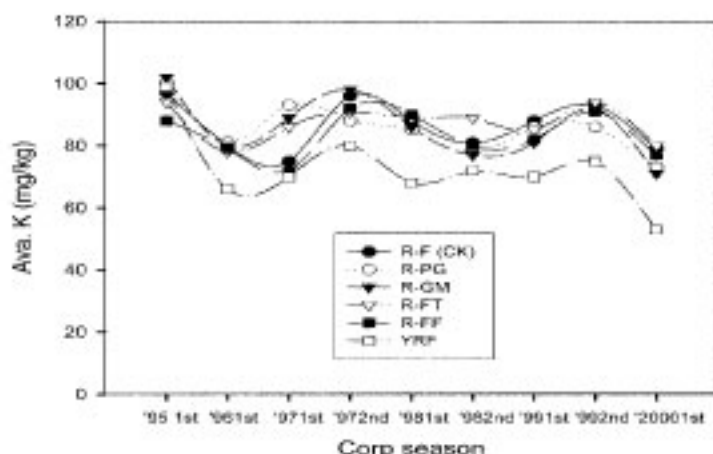


圖 4. 1995-2000 年不同水旱田輪作制度對土壤有效性鉀含量之影響

Fig. 4. Yearly changes in soil available K under different rice-upland crop rotation systems, 1995-2000.

(R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.)

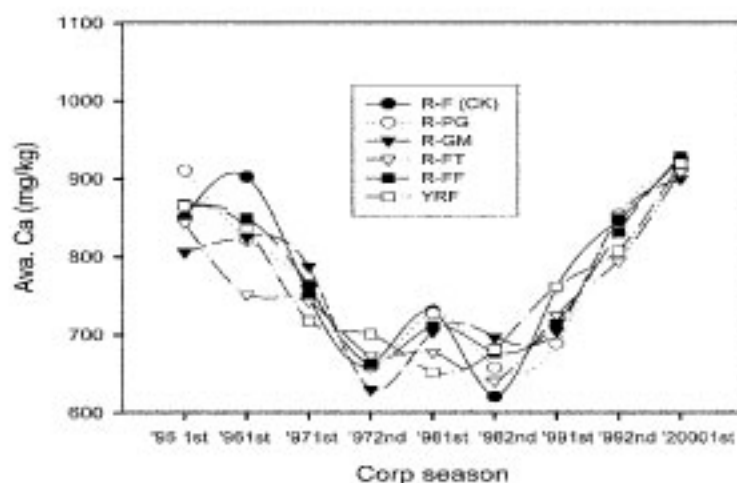


圖 5. 1995-2000 年不同水旱田輪作制度對土壤有效性鈣含量之影響

Fig. 5. Yearly changes in soil available Ca under different rice-upland crop rotation systems, 1995-2000.

(R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.)

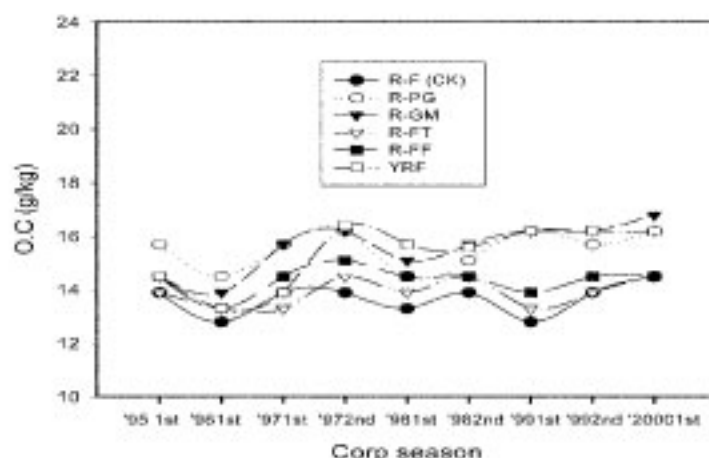


圖 2. 1995-2000 年不同水旱田輪作制度對土壤有機碳含量之影響

Fig. 2. Yearly changes in soil organic carbon under different rice-upland crop rotation systems, 1995-2000.

(R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.)

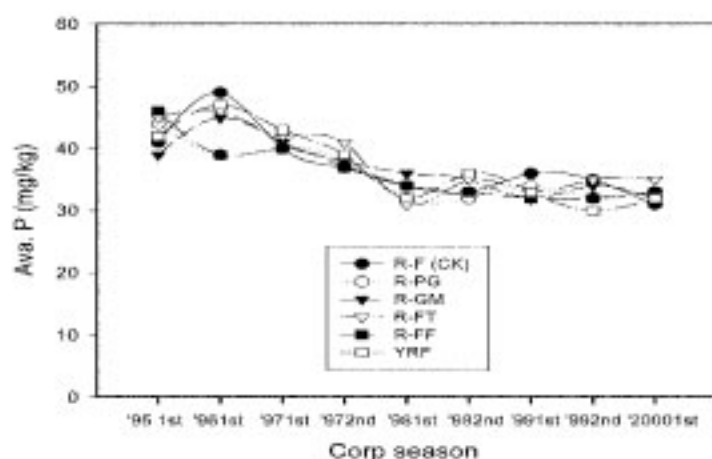


圖 3. 1995-2000 年不同水旱田輪作制度對土壤有效性磷含量之影響

Fig. 3. Yearly changes in soil available P under different rice-upland crop rotation systems, 1995-2000.

(R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.)

表 6. 不同水旱田輪作制對土壤理化性質之影響

Table 6. Effect of rice-upland crop rotation on the physicochemical properties of soil.

The properties of soil	At beginning of experiment	R - F ¹⁾ (CK)	R - PG	R - GM	R - FT	R - FF	YRF
pH (1:1)	5.5	5.4	5.4	5.5	5.4	5.4	5.3
O.C (g/kg)	13.8	14.6	16.2	16.8	14.5	14.5	16.2
Ava.P (mg/kg)	38	31	33	32	35	33	32
Ava.K (mg/kg)	85	79	73	71	80	77	53
Ava.Ca (mg/kg)	502	926	913	900	909	929	920
Ava.Mg (mg/kg)	68	91	86	96	92	92	86

z) R:Rice, F:Fallow, PG:Pangola grass, GM:Green manure crops, FT:Fallow and tillage, FF:Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.

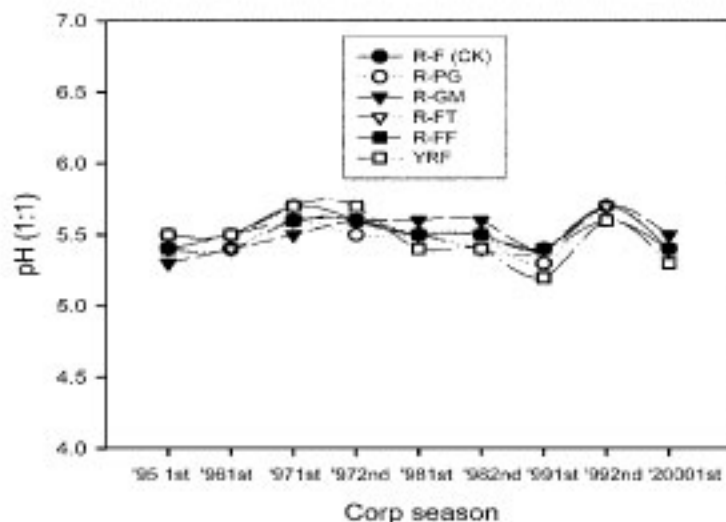


圖 1. 1995-2000 年不同水旱田輪作制度對土壤 pH 變化之影響

Fig. 1. Yearly changes in soil pH values under different rice-upland crop rotation systems, 1995-2000.

(R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.)

表4. 雜草、田菁及埃及三葉草成分含量

Table 4. Nutrients content of weeds, sesbania and Egyptian clover.

Weeds or Green manure crops	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	------(%)-----				
Weeds	1.32	0.77	2.89	0.36	0.09
Sesbania	2.41	0.34	1.72	0.65	0.11
Egyptian Clover	2.67	0.51	1.68	0.58	0.14

四、水旱輪作制度對水稻收量之效應

二期休耕期間輪作不同作物之土壤管理對一期水稻產量之影響如表5。種植盤固拉草處理區一期水稻年平均產量約為4.59 t/ha，較休閒處理區(對照)約4.42 t/ha，增產0.17 t/ha，增產率為4.0%，種植綠肥作物產量為4.55 t/ha，增產0.13 t/ha，增產率為3.0%，同休閒但期間翻耕一次處理區及同休閒但期間灌溉或自然蓄水處理區，一期水稻年平均產量4.45及4.51 t/ha與休閒處理區(對照)產量無明顯差異。種植盤固拉草年平均稻谷產量最高，其主要原因與種植期間施用肥料及大量根分解供應肥分有關，而種植綠肥作物可提高一期水稻產量也與多數研究報告²²⁾結果相符。

表 5. 不同水旱田輪作制度對第一期作水稻收量之效應

Table 5. Effect of rice-upland crop rotation on the first crop grain yield.

Year	Grain yield (t/ha) ²⁾					
	R—F(CK)	R—PG	R—GM	R—FT	R—FF	YRF
1995	4.87	4.89	4.98	4.91	4.89	-
1996	4.54	4.82	4.73	4.73	4.78	-
1997	4.34	4.44	4.36	4.36	4.44	-
1998	4.41	4.48	4.41	4.41	4.39	-
1999	4.52	4.68	4.60	4.49	4.58	-
2000	3.82	4.26	4.23	3.83	4.00	-
Avg. yield	4.42	4.59	4.55	4.45	4.51	-
Index (%)	100	104	103	101	102	-

2) R: Rice, F: Fallow, PG: Pangola grass, GM: Green manure crops, FT: Fallow and tillage, FF: Flood and fallow, YRF: Year-round fallow.

五、水旱輪作制度對土壤理化性質之效應

二期休耕稻田不同土壤管理方式對土壤理化性質之影響如表6及圖1。不同土壤管理方式對土壤pH值(圖1)之影響不大，處理間無明顯差異，然而全年休耕處理土壤pH值與試驗前比較有略為下降之趨勢。但種植牧草、綠肥作物及全年休耕之處理土壤有機碳含量(圖2)約分別較休閒區(對照)提高約2.4-3.0 g/kg，其主要來源全年休耕處理為雜草根節及植體，牧草處理為牧草地下根部、綠肥處理則為綠肥鮮草量^(56.7, 66.9, 11.12)，餘各處理則無明顯差異。土壤有效性鉀含量(圖4)全年休耕處理區明顯較各處理含量為低，試驗後含量為53 mg/kg與試驗前含量85 mg/kg比較下降32 mg/kg，其原因主要系長期鉀無供源且易溶於水流失。至於土壤有效性磷(圖3)、鈣(圖5)及鎂(圖6)含量處理間差異不明顯。

表 2. 二期休閑區(對照)雜草種類分佈、生草量及乾物量

Table 2. The distribution, fresh weight and dry weight of weeds in fallow paddy field.

Kind of weeds	6-year average		
	Distribution (%)	Total fresh wt. (t/ha)	Total dry wt. (t/ha)
母草 <i>Lindernia cirrhifolia</i> (Colsm.) Merr.	50.4		
鵝兒腸 <i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop.	20.5		
看麥娘 <i>Alopecurus aequus</i> Sobol var. <i>amurensis</i> (Komar.) Ohwi.	15.5		
早苗蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i> L.	5.5		
假吐金菊 <i>Soliva anthemifolia</i> (Juss) R. Br. Ex Less.	4.2		
小葉碎米薺 <i>Cardamine parviflora</i> L.	1.7		
龍葵 <i>Solanum nigrum</i> L.	1.3		
紫背草 <i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	0.6		
節節花 <i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br.	0.3		
雜草總重		1.8	0.34

二、綠肥作物與牧草生草量及乾物量

綠肥作物(田菁、埃及三葉草)及牧草(盤固拉草)之年平均生草量及乾物量如表3。種植盤固拉牧草處理區,收割二次年平均總鮮草產量約21.3 t/ha,總乾物量為 7.9 t/ha,移供飼料之用。種植田菁及埃及三葉草綠肥處理區,田菁年平均總鮮草產量為 16.2 t/ha,總乾物量為 2.4 t/ha,埃及三葉草年平均總鮮草產量為 14.2 t/ha,總乾物量則為 2.6 t/ha。

表 3. 綠肥作物與牧草生草量及乾物量

Table 3. Total fresh weight and dry weight of green manure crops and forage crops.

Average ^{z)}	Pangola grass	Sesbania	Egyptian Clover
Total fresh wt. (t/ha)	21.3	16.2	14.2
Total dry wt. (t/ha)	7.9	2.4	2.6

z) Data of average of 6-year.

三、雜草、田菁及埃及三葉草植體成分

雜草、田菁及埃及三葉草成分含量(乾基量)如表4。氮素成分以埃及三葉草較高約2.7%、田菁約2.4%、雜草約1.3%。磷酰含量以雜草較高約0.8%、埃及三葉草約0.5%、田菁約0.3%。氧化鉀含量則以雜草較高約2.9%、田菁及埃及三葉草約為1.7%。其餘氧化鈣及氧化鎂含量雜草分別約為0.4及0.1%,田菁分別為0.7及0.1%,埃及三葉草分別為0.6及0.15%。經換算其各別之氮素、磷酰及氧化鉀可供應之肥分量,田菁分別為57.8、8.2及41.3 kg/ha,埃及三葉草分別為69.4、13.3及43.7 kg/ha,雜草則僅4.5、2.6及9.5 kg/ha。

1. 試驗處理如下；(A)一期水稻—二期休閒區(對照)：休耕期間放任雜草滋生，期間不作任何耕犁，直至下作種植前二週翻犁入土。(B)一期水稻—二期盤古拉草區：每年休耕開始種植盤古拉草，並按所需肥料推薦量施肥，生長至一定高度時割取供飼料用，反復進行至下作種植前二週翻犁。(C)一期水稻—二期綠肥作物區：休耕開始時播種當地推廣之豆科綠肥作物，適期翻犁入土再播(可換他種豆科綠肥)，反復至下作種植前二週翻犁，後作按推薦量減施氮素60 kg/ha。(D)同(A)，但於休耕(閑)期間翻犁一次，後作按推薦量施肥。(E)同(A)，但於二期稻作生長期間採灌溉蓄水方式，以模擬水田狀態，爾後則採自然蓄水(雨水)方式，直至下作種植前二週翻犁，後作按推薦量施肥。(F)全年休耕：全年放任雜草滋生，但於一期作時翻犁一次。土壤pH值在5.5以下時，於每年休耕開始時施用石灰1 t/ha。

試驗採逢機完全區集設計，六處理，四重複，小區面積 $6.0 \times 9.5 \text{ m} = 57 \text{ m}^2$ 。一期水稻肥料推薦量氮—磷—鉀 = 120-60-90 kg/ha，即施用台肥5號複合肥料750 kg，全量於基肥時一次施用。盤古拉草施肥推薦量氮—磷—鉀 = 160-40-80 kg/ha，即施用台肥1號複合肥料800 kg，基肥及第一次收割後各施用50%。田間調查項目包括休耕田雜草種類、生草量及乾物量，綠肥作物之生草量及乾物量，以及水稻之收量。

表 1. 供試土壤條件

Table 1. Soil properties of experimental field.

Texture	FCC	pH	O.C (g/kg)	Ava. P	Ava. K	Ava. Cu	Ava. Mg
				mg/kg			
CL	Chk	5.5	13.8	38	85	502	68

二、分析方法

土壤樣本經風乾、研磨及過篩後備用。土壤有機質含量以重鉻酸鉀氧化法⁽¹⁾測定。土壤pH值以土/水 = 1/1 (W/V) 1 hr平衡後pH計測定⁽²⁾。土壤有效性磷以白雷氏第一法 (Bray-I method) 抽取，比色計測定⁽³⁾。土壤有效性鉀、鈣及鎂以孟立克氏法 (Mechlich's method) 抽取，鉀用焰光儀測定，鈣及鎂用原子吸光儀測定⁽⁴⁾。植體樣本採取後，先以自來水清洗，再以蒸餾水沖洗，最後用去離子水洗淨，並用乾紗布擦乾附著於植體表面之水分，稱取鮮重，植體置於烘乾箱中烘乾後，稱取乾重，並磨粉備用。植體分解及養分分析⁽⁵⁾：氮素用濃硫酸加硒粉為催化劑分解，分解液再以Kjeldahl方法來蒸餾，加入2%硼酸指示劑，再以標準酸標定。磷、鉀、鈣及鎂則先以三酸 ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4 = 4 : 1 : 1$) 分解至澄清液定量，磷用鉬藍法測定，鉀用焰光儀測定，鈣及鎂用原子吸光儀測定。

結果與討論

一、休耕田雜草種類、生草量及乾物量

一期水稻收穫後二期休閒區(對照)，其雜草分布、年平均生草量及乾物量如表2。主要雜草種類以母草 (50.4%)、鵝兒腸 (20.5%)、看麥娘 (15.5%)、早苗蓼 (5.5%) 及假吐金菊 (4.2%) 為主，其餘尚有細葉稗米齊、節節花、紫背草及龍葵等。雜草年平均總生草量約 1.8 t/ha，總乾物量為 0.34 t/ha。