

# 休耕水稻田蓄水对土壤肥力影响试验

叶一隆<sup>1</sup>, 许美芳<sup>2</sup>, 陈庭坚<sup>2</sup>, 黄国祯<sup>1</sup>, 邹<sup>1</sup>

(1 屏東科技大学, 台湾 屏東 912; 2 大仁技术学院, 台湾 屏東 917)

**摘要:** 主要探讨水稻田休耕期间蓄水对休耕后土壤肥力之影响。选择两块水稻田区, 在水稻收割后, 将田区翻耕一次。一田区以人工连续灌溉, 蓄存水量于田区; 另一田区则为天然蓄水。在每一田区四边及中央处, 以 10 cm 为一层采取土样, 取至 60 cm。再将每一层土样气干后, 通过 0.42 mm 筛网土样混合, 分析田区同一层在不同时段与不同深度下之 pH 值、电导度值、有机质、全氮、有效磷、钙离子、镁离子、钾离子及钠离子之变化。试验结果显示: 休耕后水稻根系腐化, 造成土壤有机质以及有效磷显著的增加。蓄水后天然蓄水田区有机质和有效磷分别增加 51% 及 88%, 连续蓄水田区分别增加 13% 和 69%。而天然蓄水田区镁、钾、钠分别降低 35%、24% 和 47%, 连续蓄水田区分别降低 29%、14% 及 41%。

**关键词:** 休耕水稻田; 蓄水; 生态功能; 生产功能; 土壤肥力

中图分类号: S 158.5; S 152.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-6791(2002)04-478-06

水稻田在农业社会时代, 往往被定位于生产机能, 而忽略其对生态机能之贡献。随着时代演进, 人类对环境品质要求愈来愈高。另外, 饮食习惯改变后, 水稻田被释出成为其它产业用途。因为水稻田区需大量引水灌溉, 而使人有耗费水资源产业之感受。事实上, 水稻田所用之水量并非全部由植物消耗, 而是另具其它生态性之机能。

蔡明华<sup>[1]</sup>指出水稻田之生态性机能项目, 而这些生态性机能为农业生态系统之一部分。吴富春与许铭熙<sup>[2]</sup>指出水稻田具有生态功能, 并提出农田中使用之化学肥料、农药与灌溉排水设施以及农田中所产生之有机废弃物对生态环境有负面影响。吴祖扬<sup>[3]</sup>提出水田价值评估之方法及其可行之法。甘俊二等<sup>[4]</sup>以水资源有效利用的立场, 研议三生水田利用的模式。吴瑞贤与张嘉轩<sup>[5]</sup>以短期降雨径流模式来评估水田之蓄洪功能, 结果发现, 田埂高度对于调节洪峰流量及延迟出水时间有相当大之影响。叶一隆等<sup>[6]</sup>在台湾省屏东县坎顶乡选择试验田区进行水田对地下水补注及调洪功能试验, 发现水稻田在植生情形下, 不但具有蓄存雨水之效益, 亦因植生存在, 而使水流之径流速率减缓而达到调洪之效益。水稻田具有涵养土壤水分及调蓄洪水之功能, 在水稻田灌溉蓄水过程中, 因施肥增加土壤肥力, 并促进生产, 然而也可能对环境造成负面影响。Kanfit 等<sup>[7]</sup>、Hanley<sup>[8]</sup>及 Haruvy 等<sup>[9]</sup>讨论超量施肥而使肥料随水分入渗, 因而造成地下水污染等问题。

因此, 了解水稻田休耕田区在休耕期间操作方式对土壤肥力之影响, 可了解土壤肥力对休耕结束后种植作物之影响。本文主要目的在于探讨水稻田休耕期间, 水稻田持续蓄存水分以及天然蓄水操作方式对土壤化学性质之影响。

收稿日期: 2001-07-02; 修订日期: 2001-11-30

作者简介: 叶一隆(1959-), 男, 台湾台南人, 屏東科技大学副教授, 博士, 主要从事地下水环境研究。

## 1 试验田区配置

试验场址位于台湾省云林县 刺桐乡下新庄 (如图 1), 于第二期耕作之休耕田区中选择两个丘块做为试验区, 其中一田区以人工灌溉方式, 使田区持续蓄存水分, 作为连续蓄水田区; 另一丘块则除降雨外, 不施以任何灌溉, 作为天然蓄水田区, 两块田区之面积分别为  $0.30 \text{ hm}^2$  与  $0.23 \text{ hm}^2$ 。田区选定后, 先将田区灌水并进行一次翻耕, 以避免水稻收割后, 因根部留于土壤中而长出再生稻, 并于两田区内

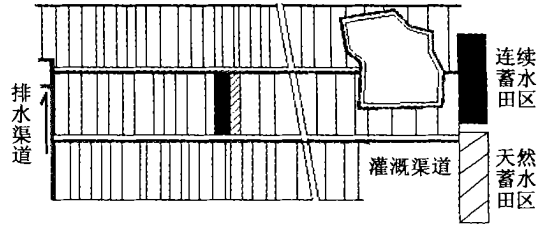


图 1 试验取样田区位置

Fig. 1 Location of the sampling region

距离田埂 1 m 及田埂上分别埋设土壤水分张力计, 以了解水分之移动情形。试验田区之灌溉模式采用引灌蓄水, 灌溉用水取自浊水溪, 取水样量测  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{++}$ 、 $\text{Ca}^{++}$  与  $\text{Cl}^-$  之浓度分别为 0.005、0.0005、0.007、0.015 与 0.001  $\text{cmol/kg}$ 。灌溉期间配合取样需求, 分成两阶段: 第一阶段自 1999/08/09 至 1999/08/24 (共 16 d), 第二阶段自 1999/09/03 至 1999/09/28 (共 16 d)。灌溉蓄水期间, 每天分早晚两次于同一地点量取田间之减水深, 并记录降雨量。试验期间之总降雨量为 289.6 mm, 另连续蓄水田区蓄水深度维持在 6~12 cm, 并由土壤水分张力计之量测得知水分主要为垂直方向移动, 横向移动量相当小。

本试验共分三次进行取土样工作: 第一次为田区翻耕后, 日期为 1999/07/27, 此次取样所得结果作为休耕田区肥力变化评估之背景值; 第二次取样时间为 1999/08/30; 第三次取样时间为 1999/10/03。取样位置为田区之四边及中央位置, 共选择五个取样点, 每一取样点以取土器钻取土样, 并以 10 cm 为一层, 取至 60 cm 处, 即每一取样点区分 6 个土层取样。取得之土样送至实验室气干后, 土壤通过 0.42 mm 的筛, 将同一田区同一深度之五点土样混合, 再自其中取出所需重量进行试验, 以作为该田区该深度之试验平均值。试验的项目有 pH 值、电导度、有机质、全氮、有效磷以及交换性阳离子 (包括钙离子、镁离子、钾离子、钠离子)。

## 2 试验结果分析与讨论

为了解休耕水稻田蓄水在不同时段与不同处理方式对土壤肥力之影响, 于试验田区取土样分析, 结果列于表 1。各种土壤化学性质随深度之变化分析结果如图 2~ 图 10 所示。

土壤中各种性质受不同蓄水操作影响分析如下:

(1) pH 值变化 由结果显示: ①两种田区土壤地表的 pH 值最低, 随着深度增加 pH 值升高, 至 40 cm 后 pH 值的变化减缓; 此乃因地表土壤易受淋洗及风化作用, 使阳离子流失, 因而 pH 值较低; 而深层土壤受风化的程度较少, 因此土壤 pH 维持中性。②蓄水前土壤 pH 值高于蓄水后, 第一次蓄水后之 pH 值降低, 再蓄水后土壤 pH 值又略为升高。由于阳离子 Mg、K、Na 在蓄水后呈现降低的趋势 (图 8、9、10, 及表 1), 碱性阳离子的流失会使土壤增加酸性。另土壤有机质虽然略有增加, 增加土壤有机质会增加土壤酸碱缓冲能力。在两种因素作用下, 土壤 pH 值仍呈现降低的趋势。③蓄水后连续蓄水田区两次土壤平均 pH 值为 6.35, 而天然蓄水田区为 6.17 (表 1)。两次蓄水后阳离子平均浓度与背景值比较, 天然蓄水田区流失比例高于连续蓄

水田区，因此天然蓄水田区的 pH 值降低较为显著。

表 1 水稻田休耕期间不同操作方式对土壤化学性质影响

Table 1 Effects of different operations on soil chemical properties in sabbath paddy field

项 目	pH	导电度 / (ds · cm <sup>-1</sup> ) / %	有机质 / %	全 氮 / %	有效磷 / ppm	交换性阳离子/ (cmol · kg <sup>-1</sup> )				
						Ca	Mg	K	Na	
连续 蓄 水	背景值	6.77	0.55	0.943	0.087	26.66	0.89	1.19	0.202	0.308
	第一次蓄水后土样	6.18	0.42	1.098	0.069	52.30	1.079	0.845	0.200	0.157
	第二次蓄水后土样	6.52	0.486	1.026	0.100	37.85	0.991	0.837	0.146	0.205
	蓄水后平均值	6.35	0.453	1.062	0.085	45.08	1.035	0.841	0.173	0.181
	蓄水后平均值/背景值	94%	82%	113%	97%	169%	116%	71%	86%	59%
天然 蓄 水	背景值	6.823	0.54	0.968	0.094	32.74	0.916	1.289	0.245	0.36
	第一次蓄水后土样	6.035	0.355	1.675	0.083	73.05	0.987	0.849	0.187	0.159
	第二次蓄水后土样	6.312	0.408	1.241	0.112	49.9	0.658	0.825	0.186	0.223
	蓄水后平均值	6.17	0.381	1.458	0.098	61.5	0.82	0.837	0.187	0.191
	蓄水后平均值/背景值	91%	71%	151%	104%	188%	90%	65%	76%	53%

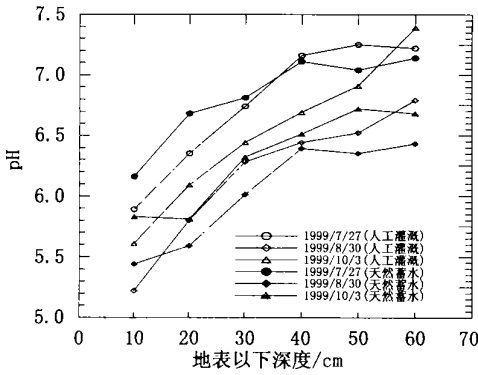


图 2 休耕水稻田不同处理之土样 pH 值变化

Fig. 2 pH variation for different operations in sabbath paddy field

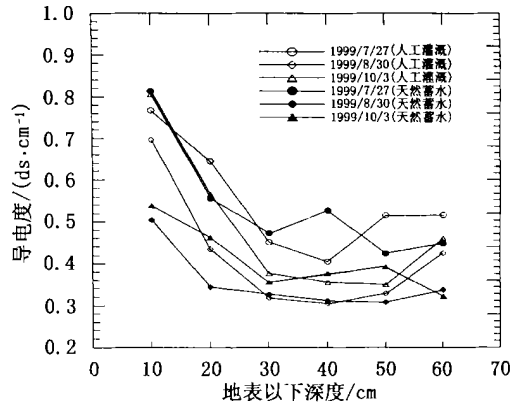


图 3 休耕水稻田不同处理之土样导电度值变化

Fig. 3 EC variation for different operations in sabbath paddy field

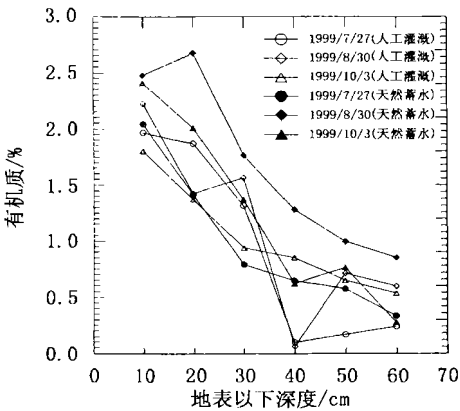


图 4 休耕水稻田不同处理之土样有机质含量变化

Fig. 4 Natural organic matters variation for different operations in sabbath paddy field

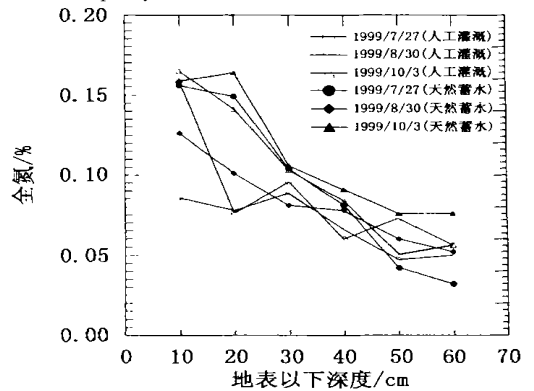


图 5 休耕水稻田不同处理之土样全氮含量变化

Fig. 5 Total nitrogen variation for different operations in sabbath paddy field

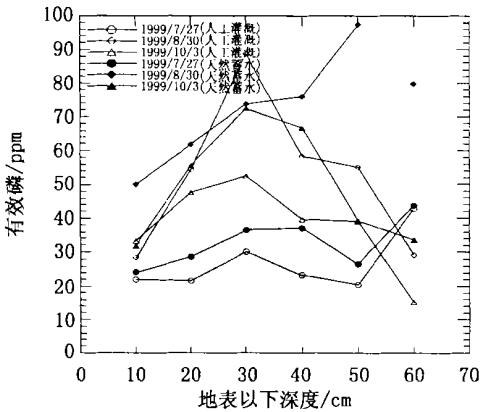


图 6 休耕水稻田不同处理之土样有效磷含量变化

Fig. 6 Effective phosphorus variation for different operations in sabbath paddy field

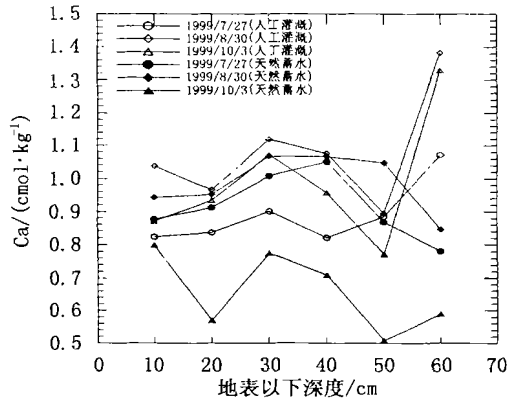


图 7 休耕水稻田不同处理之土样钙离子含量变化

Fig. 7 Ca cation variation for different operations in sabbath paddy field

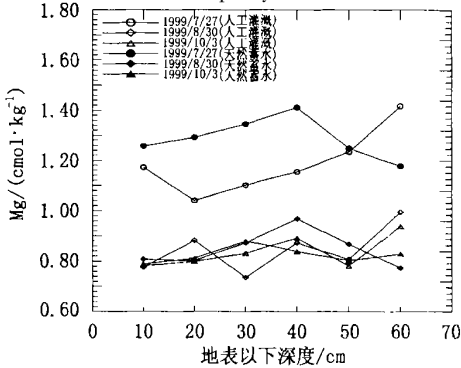


图 8 休耕水稻田不同处理之土样镁离子含量变化

Fig. 8 Mg cation variation for different operations in sabbath paddy field

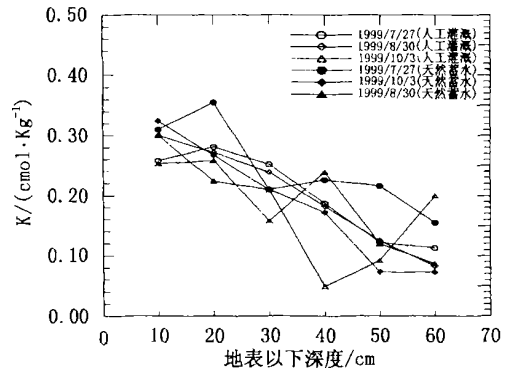


图 9 休耕水稻田不同处理之土样钾离子含量变化

Fig. 9 K cation variation for different operations in sabbath paddy field

(2) 导电度之变化 由分析结果显示:

①两种田区的导电度随深度而减低, 至深度 30 cm 后趋于稳定。地表因为风化作用的程度较高, 土壤表面离子易解离, 使得导电度较高, 此与 pH 值的变化相似。②第一次蓄水后土壤导电度降低, 第二次蓄水后土壤的导电度又稍微升高。与土壤 pH 值变化的比较可以看出, 因为蓄水后可溶性离子已经被淋洗, 造成土壤 pH 值降低, 因此导电度减低。③蓄水后两次土壤导电度平均值天然蓄水田区降低比率较大。

(3) 土壤有机质含量之变化 试验结果

显示: ①土壤有机质含量随土壤深度而减少。

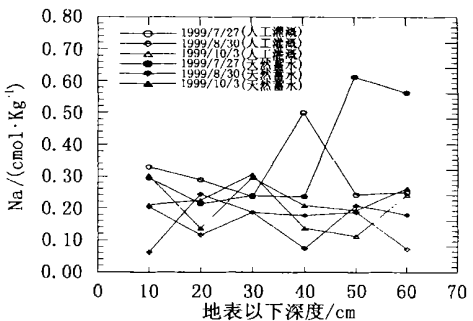


图 10 休耕水稻田不同处理之土样钠离子含量变化

Fig. 10 Na cation variation for different operations in sabbath paddy field

②蓄水前两种田区土壤有机质含量相当接近,而蓄水后两种田区土壤有机质含量皆增加。尤其,天然蓄水田区蓄水后的两次土壤有机质平均值 1.46% (增加 51%) 高于连续蓄水田区的 1.06% (增加 13%) (表 1)。可能因为蓄水田区为水层覆盖处于厌氧状态,作稻根系的腐化较为缓慢。天然蓄水田区处于好氧状态,微生物分解作用较为快速。

(4) 全氮含量的变化 分析结果显示: ①土壤样品全氮随着土壤深度而减少,与土壤有机质的变化相似。②两种田区第一次蓄水后的全氮降低,蓄水后第二次取样土壤全氮又升高(表 1)。③蓄水后天然蓄水田区的全氮平均值 0.098%,略高于连续蓄水田区 0.085%。此与土壤有机质含量变化类似。

(5) 土壤中有效磷含量之变化 由分析结果得知: ①两种田区土壤有效磷在蓄水后先增加再降低(表 1),而且都高于未蓄水前。此因作物根系的腐化增加有效磷的成分,致使土壤有效磷增加。②蓄水后两次土壤有效磷平均值天然蓄水田区 61.5 ppm (增加 88%) 高于连续蓄水田区 45.1 ppm (增加 69%),此因天然蓄水田区为好氧的条件,因此,有机质转变为有效磷的速率较快。

(6) 土壤中钙离子含量的变化 土壤钙离子含量随土层深度有相当的变异,连续蓄水田区由 0.77~ 1.33 cmol/kg,而天然蓄水田区则由 0.51~ 1.08 cmol/kg。连续蓄水田区土壤平均钙离子含量蓄水后略高于未蓄水前,第一次蓄水后增加 21%,而第二次蓄水后增加 11%,由于钙离子于土壤中的吸附能力较强,因此受淋洗的作用较小。而天然蓄水田区第一次蓄水后土壤钙离子先增加(8%),第二次蓄水后则显著的降低,与背景值比较降低 28%。此可能为天然蓄水田区微生物的作用较为活跃,使得钙离子的流失较为严重。

(7) 土壤中镁离子含量的变化 土壤中镁离子含量并没有随着土层深度有显著的变化(图 8),然而两种蓄水田区,土壤中镁离子背景浓度显著高于蓄水后的土壤。镁、钾、钠等离子与钙离子比较,与吸附于土壤为弱结合,因此较易流失。蓄水后连续蓄水田区两次土壤镁离子平均值低于背景 29%,而天然蓄水田区降低 35%。

(8) 土壤中钾离子含量的变化 土壤钾离子浓度随着土层深度而逐渐减少(图 9)。两种蓄水田区在两次蓄水后钾离子浓度逐渐降低(表 1)。虽然,两次蓄水后钾离子平均浓度天然蓄水田区略高于连续蓄水田区。与背景值比较,因为连续蓄水田区的背景值较低,连续蓄水田区降低 14%,而天然蓄水田区降低 24%。

(9) 土壤中钠离子含量的变化 图 10 为钠离子浓度随土壤深度的变化。除了少数土层(天然蓄水田区 40~ 60 cm 深度土层以及连续蓄水田区 30~ 40 cm 处钠离子浓度高于平均值),土壤钠离子浓度随着土层深度并没有显著的变化趋势。两种田区蓄水后钠离子浓度低于背景钠离子浓度,连续蓄水田区降低 41%,而天然蓄水田区降低 47%。由于钠离子对土壤的吸附能力最弱,因此易受淋洗作用的影响。蓄水后两种田区的钠离子平均浓度相近(0.18 与 0.19 cmol/kg)。

### 3 结 论

试验结果显示休耕后水稻根系腐化,造成土壤有机质以及有效磷显著的增加,而全氮的变化不显著。另风化以及淋洗作用使得弱结合的阳离子镁、钾、钠流失比率明显的高于强结合的钙离子。由于阳离子的流失,使得 pH 值以及导电度降低。天然蓄水田区由于风化以及微生物作用

较为显著,因此有机质、有效磷以及全氮增加的比率高出连续蓄水田区。然而阳离子降低的比率也高出连续蓄水田区。

#### 参考文献:

- [1] 蔡明华. 水稻田生态环境保护对策之研究[J]. 农田水利, 1994, 41: 10- 13
- [2] 吴富春, 许铭熙. 水稻田生态与环境[J]. 农业工程学报, 1995, 41: 13- 19.
- [3] 吴祖扬. 水田价值评估法刍议[J]. 农业工程学报, 1996, 42: 1- 7.
- [4] 甘俊二, 张煜权, 陈 耀. 永续农业- 三生水田灌溉之刍议[J]. 农业工程学报, 1997, 43: 1- 8
- [5] 吴瑞贤, 张嘉轩. 水田对径流系统之影响评估[J]. 农业工程学报, 1996, 42: 55- 66.
- [6] 叶一隆, 邹 , 王裕民. 水稻田对地下水补注与调洪功能试验——以屏東县顶试区为例[J]. 国立屏东科技大学学报, 1998, 7: 207- 215.
- [7] Kanfit Y, Ronen D, Magaritz M G. Nitrate trends in the coastal plain aquifer of Israel[J]. J Hydrol, 1983, 66: 331- 341.
- [8] Hanley N. The economics of nitrate pollution[J]. Eur R Agric Econ, 1990, 17: 29- 51.
- [9] Hanuy N, Hadas A, Hadas A. Cost assessment of various means of averting environmental damage and groundwater contamination from nitrate seepage[J]. Agric Water Manag, 1997, 32: 307- 320.

## Influence of irrigation methods on soil fertility during the sabbath period

YEH Yi lung<sup>1</sup>, SHUE Meer fang<sup>2</sup>, CHEN Ting- chien<sup>2</sup>, HUANG Kuor chen<sup>1</sup>, Tsou I<sup>1</sup>

(1. National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan, Pingtung 912, China;

2. Tajen Institute of Technology, Taiwan, Pingtung 907, China)

**Abstract:** The purpose of this study is to investigate the influence of irrigation methods on soil fertility during the sabbath period. This study chose two blocks of paddy field, whose soil were turned over after the harvest. One of the blocks was irrigated continually to maintain ponding water and was called continual irrigation field. The other was without irrigation except natural precipitation and was called natural irrigation field. The sampling locations were at four corners and the center of the block. Each location was withdrawn six samples at six layers. Each layer was 10 cm in depth to a totality of 60 cm below ground surface. The soil samples in each layer were air-dried and mixed homogeneously by passing 0.42 mm sieve. The mixed soils were analyzed for their pH, EC, organic matter, total nitrogen, effective phosphorous, Ca, Mg, K, and Na. The results showed that organic matter and effective phosphorous increased significantly after sabbath period due to the decay of rice roots. In natural irrigation field, the organic matter and effective phosphorous increased 51% and 88%, respectively. In continual irrigation field, the organic matter and effective phosphorous increased 13% and 69%, respectively. However, in the natural irrigation field, Mg, K, and Na decreased 35%, 24%, and 47%, respectively. In continual irrigation field, Mg, K, and Na decreased 29%, 14%, and 41%, respectively.

**Key words:** sabbath paddy field; impoundment; ecology function; production function; soil fertility