

水稻田休耕蓄水操作方法探討

Investigation of Operation Method for Retaining Water in Fallow Paddy Field

國立屏東科技大學
土木工程系教授
坡地防災與水資源
工程研究所合聘教授

高苑科技大學
土木工程系
副教授

國立屏東科技大學
土木工程系
副教授

國立屏東科技大學
環境工程與科學系
副教授

葉 一 隆*

Yi-Lung Yeh

張 東 炯

Tung-Chiung Chang

鄧 祿

I Tsou

陳 庭 堅

Ting-Chien Chen

摘 要

水稻田除具有生產功能外，還具有生活與生態功能。為維持水稻田在休耕期間之生態功能與土壤肥力，本文探討水稻田休耕期間種植綠肥作物以增加土壤肥力外，並於田區蓄水以維護水稻田區原有之生態機能之操作方式，並說明在此種操作過程所遭遇之問題與提出改善之方法，此外，本文亦說明水稻田休耕蓄水推廣之方案，以期此操作流程之建立與方案之研擬，可提供政府對水稻田休耕蓄水政策推動之參考。

關鍵詞：休耕水稻田，綠肥，土壤肥力，蓄水，生態功能。

ABSTRACT

The paddy fields have not only productive function but also have living and ecological functions. It is important to maintain ecological function and soil fertility during temporary fallow period. This paper investigate operating methods to enhance soil fertility with planting green manure and to maintain ecological function with temporary retain water within fields during fallow period. In practice, these processes may face some unusual operation difficulties that resolve methods will be discussed and will be proposed. Furthermore, the paper also discuss the popularized strategies of retaining water in field during fallow period that expect to provide government to build standard processes during fallow period.

Keywords: Fallow paddy field, Green manure, Soil fertility, Retaining water, Ecological functions.

*通訊作者，屏東科技大學土木工程系教授，912 屏東縣內埔鄉學府路 1 號，yalung@mail.npust.edu.tw

一、前言

台灣加入國際貿易組織(WTO)後，國外稻米進口需逐步開放，另外，因從事農業人口之老化，產生對農業生產結構之衝擊與改變。為因應此一情況，政府推行諸多政策來調整水稻田耕作方式，使得水稻田面積因而與日銳減。再加上近年來大環境的氣候改變，台灣許多地區發生了嚴重的缺水問題，迫使水利單位以灌溉用水作為替代水源，也致使許多農田休耕以調配農業用水作為其他標的使用。而休耕的農田除在移撥用水所產生之休耕外，其他之休耕水稻田區需顧及水稻田原有之生態與生活機能。在休耕水稻田進行『種水』，以調節該區域之氣溫，並提供生物棲息場所；此外，農民也利用休耕期間種植綠肥，以維護田地之土壤肥力。

近年來，對水稻田在生態環境方面的貢獻研究逐漸受重視。蔡明華(1994)提出水田灌溉公益機能，包括生產性、生態性及生活性機能，並研提水稻田生態環境維護有關對策。吳富春與許銘熙(1995)描述水稻田之生態與環境之關係進行初步探討，以了解水稻田之水資源循環利用及水稻田土壤之理化性質描述。吳祖揚(1996)提出水田價值評估之方法並敘述其可行之法則。吳瑞賢和張嘉軒(1996)于研究水田逕流影響之評估，結果發現田埂高度對調節洪峰流量有相當大之影響，同時亦發現就長期推估水田之存在會使得深層滲漏增加，逕流量減少。甘俊二等(1997)以水資源有效利用的立場，由水田即水庫為出發點，配合農業用水的架構與鄰近國家稻作用水量比較，在不改變原有灌溉系統前提下，由臺灣傳統輪作田的特性及我國未來加入 WTO 後所面臨之衝擊，研議三生水田利用的模式。其次，在水田灌溉蓄水過程中，因施肥增加土壤肥力並促進生產，然而也可能對環境造成負面之影響；Kanfit 等(1983)、Hanley(1990)與 Haruvy 等(1997)討論超量施肥而使肥料隨水分入滲，因而造成地下水污染等問題。葉一隆等(2002)說明水稻田休耕蓄水對土壤肥力之影響，試驗結果顯示休耕後水稻根系腐化，造成土壤有機質以及有效磷顯著的增

加。蓄水後天然蓄水田區有機質及有效磷分別增加 51%及 88%，連續蓄水田區分別增加 13%及 69%。而天然蓄水田區鎂、鉀、鈉分別降低 35%，24%，及 47%，連續蓄水田區分別降低 29%，14%及 41%。吳富春與李長穎(2004)在水稻田生態環境微氣候的研究中指出，水稻田在夏季具有涼化環境之功效，而冬天則有暖化的效果，若水稻田休耕時能作為蓄水池，則調節氣候的效益會更明顯。

水稻田與土壤水分涵養的相關研究，Takagi (1960)首先探討灌溉水分移動指出水稻田灌溉之水分入滲可以非飽和穩態流來推估。Sanchez (1973)利用土壤水平衡來計算水田之滲漏率。溫理仁(1995)在水田、地下水與地盤下陷的報告中指出，水稻田具有涵養地下水、淨化水質及防止地盤下陷的功效。陳世楷等(1998)在水田入滲水力特性之試驗研究也指出，水稻田灌溉因需長時間的湛水，這是地下水之重要來源。在現地實驗中也發現了打破牛踏層或增加湛水深，可以增加入滲率。Hamada 與 Komae(1998)利用 ^{222}Rn 來當做追蹤劑來瞭解水田蓄水之水分移動情形。Wopereis (1994)利用微型張力計以及入滲筒，觀測入滲率與土壤水分的關係。葉一隆等(2000)提出地表裂縫會加速水分在土層中的入滲，在 24 小時內，有裂縫時的入滲量約是無裂縫的 4.5 倍；而地表有裂縫達到基本入滲率之時間較地表無裂縫之所需時間約長 1.65 倍；地表有裂縫達基本入滲率為無裂縫之基本入滲率的 5.45 倍。劉振宇等(2000)利用了實測的數據及 FEMWATER 數值模式，探討水田開裂與田埂特性對入滲的影響，在其研究指出，入滲率會與水田開裂深度成正比關係。Chen 與 Liu(2002)在彰化田中現地量測水田蓄水之水分有效滲漏量與測流量。在 Tabuchi (1968)在其報告中曾記載著水稻田在收割後，經過曬田的過程，土表的水份便逐漸的降低。若此時沒有再補充水分，這將使得水稻田的表面產生裂縫，並向下發展。在田區種植綠肥方面，本計劃選用了田菁與大豆台南四號，其中大豆台南四號為台南區農業改良場所育成的品種，具有覆蓋率佳、莖葉繁茂、生育期長、耐病

蟲害等特色。葉一隆等(2004)在其報告中指出，大豆台南四號與田菁都有耐浸水的能力，而大豆的作物需水率為 $Y = 0.1151e^{0.0596X}$ ，其中的 X 為植株的高度， Y 為作物需水量。

本文之目的在建立水稻田休耕蓄水推廣工作之流程與蓄水於田區過程中水利會操作作業程序，並分析不同推廣模式所產生之利弊，以做為推廣實施之參考。

二、水稻田休耕蓄水作業流程

水稻田休耕種植綠肥並蓄水之操作方式，依方案執行時程而異，在執行初期則須由農田水利會將河川取水灌溉之區域標示，再依圖 1 之步驟執行，各步驟說明如下：

(1) 召開會議討論可執行本計劃灌區

依農田水利會標示可執行本方案區域，與縣政府農業局討論該些區位是否有其他計畫方案執行，若無其他方案執行而農民亦有休耕計畫，則可推行本方案，而本會議之召開建議由農業委員會負責。

(2) 召開說明會

依前述之結論在可推行本方案區域舉行說明會，使農民瞭解本方案之目的與執行方式，使農民瞭解其應負之責任與工作，並說明將來認定標準與認定時程，本會議之召開建議由鄉公所邀請相關單位負責。

(3) 噴灑綠肥種子

在稻米收割前約三天在田區播灑綠肥種子，在稻米收割後利用稻桿覆蓋綠肥，以提高其發芽率。

(4) 稻米收割

水稻收割後，將稻桿覆蓋於田區。

(5) 田區管理

農民於休耕期間需至田區進行維護工作，以免雜草叢生，田埂之雜草亦需拔除，以避免草種蔓延進入田區，田埂之裂縫與破洞需修補；其次，於雨季來臨時，需將田區之排水口封閉，以蓄存雨水。

(6) 休耕田區蓄水

在綠肥種植後約三星期，植枝高度約 20 公

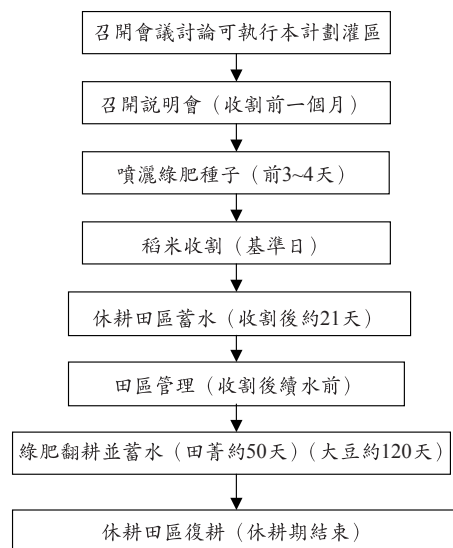


圖 1 水田休耕蓄水作業操作流程與作業時間概估圖

分以後，田區即可進行蓄水，蓄水方式為灌溉後蓄水數日，讓水分入滲以增加土壤水分涵養後，晒田數日，以使空氣進入壤孔隙，以提供綠肥根系所需之氧氣。蓄水與晒田時間依土壤質地而異，在透水性佳之土壤因滲透速率快，連續蓄水之時間可較長，滲透性差之土壤，其蓄水時間可縮短。

(7) 綠肥翻耕並蓄水

當綠肥生長一定高度，如田菁約 120 公分，需將綠肥翻耕，並將田區蓄水，以增加土壤肥力。

(8) 休耕田區復耕

休耕田區翻耕後於休耕期限內均需蓄水，以避免雜草叢生。以彰化縣花壇鄉為例，該區以一年二期作為主，因此，每年 11、12 月正是農民曬田的季節，部分田區在田菁綠肥翻耕後，持續種植冬季綠肥三葉草，以增加土壤的養分。

三、推動方案研擬

水稻田休耕蓄水以涵養土壤水分並種植綠肥以維護田區土壤肥力之推動方式可分成兩種方式，一種由農民自主管理田區並引水灌溉，農田水利會與以往一樣，只負責灌溉水源之供應。另一種方式為農民於休耕期間負責田區之維護，而田區之灌溉配水工作則由農田水利會聘請

表 1 水稻田休耕蓄水推廣方案比較表

方 案	優 點	缺 點
農民自主管理執行	1. 對用心維護自己田區農民可全心照顧田區環境，避免田埂雜草生長。 2. 農民獲得休耕補助之費用較高。 3. 可增加農民與農田水利會之互動。 4. 農民可實際瞭解政府之政策。	1. 人力老化，對田區管理無法全力執行。 2. 執行程序不熟悉，認定工作恐生糾紛。 3. 灌溉配水工作不易落實。 4. 水稻田休耕蓄水之量化效益較不易掌控。
水利會負責執行	1. 對政策執行較易落實且對認定工作可較公正執行。 2. 灌溉配水計畫之執行可完全掌控。 3. 水稻田休耕蓄水之生態效益評估之量化效益較易執行且精確。	1. 增加水利會之配水與管理之工作量。 2. 農民無法瞭解政府所要推動之政策。 3. 田區管理不當將衍生農民與農田水利會間之爭執。

表 2 94 年度鼓勵休耕以維護地利之補償標準

	項 目	給付(獎勵)金額	備註
直接給付	一、特殊休耕地基礎給付 (污染地等每年可兩期)	27,000 元	
	二、休耕地翻耕給付 (限第二期作辦理)	34,000 元	1. 休耕田第二期作可選擇辦理翻耕或種綠肥。 2. 含翻耕整地補助費。
	三、種植綠肥作物及維護生態給付	45,000 元	含綠肥種子及田間作業管理等費用。
輪作獎勵	四、輪作地區性特產及雜項作物獎勵	22,000 元	
	五、集團輪作地區性特產及雜項作物獎勵	26,000 元	

資料來源：行政院農業委員會網頁，2005。

掌水工負責，以完全掌控田區蓄水工作之進行。各方案之優缺點與可能遭遇之問題說明如表 1 所列。

本案若採農民自主管理方式執行，農民除需負責田區之維護外，尚須配合環境維護之需而蓄水於田區，故建議分離現行鼓勵休耕以維護地利之補償標準中之「種植綠肥作物及維護生態給付」項目，將種植綠肥項目維持現有補償標準。但維護生態項目則需加入蓄水操作後，提高其補償標準，而提高之補償額度需由行政單位適確評估後再定案。若由農田水利會負責執行本方案，則農田水利會將增加配水操作人力與將來休耕認定作業工作，故建議提撥農田水利會掌水管理與配水之負擔費用，而 94 年度「水旱田利用調整後續計畫」中鼓勵休耕以維護地利之補償標準如表 2 所列。

四、實例說明與效益分析

本文之現地推廣試驗係於 94 年於彰化縣花壇鄉進行，試驗範圍如圖 2 所示，以中山高速公路為標的，兩側所繪出塗黑的區域為配合推廣水田二期作休耕蓄水所進行試驗的田區，總共面積為 14.69 公頃，試驗區在推廣期間田區的使用情形列如表 3。

為了配合水稻田二期作休耕蓄水在田區施灑田菁和大豆當作綠肥，綠肥是綠色植物整體或植體之部份於幼嫩期或成熟期供翻犁掩埋入土壤中當作肥料及改善土壤理化性質之作物。綠肥作物生長期間可吸收土壤養分(豆科綠肥更可固定空氣中氮素於植物體)，減少養分之淋洗及土壤之流失，並可抑制田間雜草之生長。當其被翻犁掩埋則可釋出其所含之營養元素及分解較慢

表 3 試驗田區使用情形

時 間	工作項目
94 年 7 月 7 日	田區播灑田菁和大豆
94 年 7 月 10 日	第一期作收成
94 年 7 月 7 日~ 94 年 9 月 13 日	田菁和大豆的生長期(其中經歷 颱風,導致部份田菁與大豆總共 播種兩次)
94 年 9 月 14 日	田菁與大豆種植區進行翻耕
94 年 9 月 15 日~ 94 年 10 月 13 日	翻耕後的田區進行蓄水, 導致福壽螺大量生長
94 年 10 月 14 日	田區施灑苦茶油消滅福壽螺
94 年 10 月 14 日~ 94 年 12 月 31 日	田區曬田

之纖維質、木質素,可增加土壤肥力及改善土壤理化性質,有益於作物生長,提高產量。在水稻收割前約三天在田區播灑綠肥種子,在水稻收割後利用稻桿覆蓋綠肥,可以提高其發芽率。而水稻田休耕期種植綠肥的優點包括(1)減少休耕期,降雨對於農地之沖刷。(2)改善土壤條件,增加土壤中有機質含量,節省施用化學肥料之成本。(3)提高農地合理利用。(4)提供休耕田及果園之覆蓋。(5)抑制雜草生長。(6)淨化空氣,美化景觀。本研究採用田菁作為綠肥作物,主要是因為田菁對土壤改良及後作增產效果明確,其栽培好處包括(1)生長的期間短,而綠肥的有機質產量可達到最高,勝過其他作物。(2)對雜草的抑制效果大,對土壤具有覆蓋保育作用。(3)固氮效率佳,提供作物所需氮素來源。(4)栽培容易,適應本省春、夏作高溫多濕環境生長。(5)適宜本省任何土壤質地(黏盤土、鹽漬、砂質土)栽培,兼具改善土壤理化性及生物性。並根據連大進(1992)之研究結果表示,栽培田菁對一期作水稻增產 3%,秋作玉米增產則達 31%,且較雙期水稻全年純收益增加 39%。以往農作物生產所施用之肥料,均著重於氮、鉀、磷三要素,以本研究之彰化縣花壇鄉一期作所使用的肥料為例,將每一分地所施灑的量與每一包的價格整理如表 4。肥料一包重量為 40 公斤,經由計算可得一分地必須使用 620 元的肥料費,若在水稻田二期作休耕種植綠肥,翻耕後由綠肥所產生的養分將足以供給

表 4 氮、鉀、磷三要素在田區施灑的量與價格表

	氮	鉀	磷
施灑量(台斤/分)	100	10	20
價格(元/包)	180	330	175

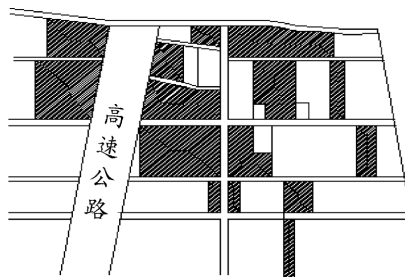


圖 2 推廣水田休耕蓄水之試驗區域

下一年度一期作種植水稻時所需要的養分;因此,最少可減少一分地所使用的 620 元肥料費,可降低生產成本間接增加經濟效益。

五、結論與建議

由本文之探討可得知以下之結果與建議：

1. 由本方案之執行不但可兼顧以往水田於二期作種植水稻以維護田區之生態環境,亦可兼顧土壤肥力之保持,若長期操作改善土壤性質,減少農藥之使用,可改善田區為有機生產田區。
2. 建立推廣機制及改善土質與生產環境說帖,以告知農民配合本政策推廣之操作方式。
3. 綠肥播灑時機與蓄水時程應隨各地之水文與土壤質地而異,因此,推廣時需因地制宜。
4. 綠肥翻耕前需蓄水,並濕土翻耕且翻耕後立即蓄水,以避免雜草生長。

誌 謝

感謝行政院農業委員會之經費支持(計劃編號: 94 農發-5.1-利-05),彰化農田水利會黃輝峰先生,該會花壇工作站許振裕站長,彰化縣花壇鄉公所李坤明先生,水利小組長林樹竹先生等人協助推動,國立屏東科技大學土木工程系碩士班

研究生黃意真、賴建元、顏瑞龍與張聖麒等同學之協助紀錄與觀測，使本研究得以順利進行，謹致謝忱。

參考文獻

1. 甘俊二，張煜權，陳焜耀，1997，永續農業－三生水田灌溉之芻議，農業工程學報，Vol.43, No.1, pp.1-8。
2. 行政院農業委員會，2005，
<http://bulletin.coa.gov.tw/view.php?catid=2621>。
3. 吳富春，許銘熙，1995，水稻田生態與環境，農業工程學報，Vol.41, No.4, pp.13-19。
4. 吳富春，李長穎，2004，水田生態環境微氣候之量測與數值模擬，農業工程學報，Vol.50, No.2, pp.64-84。
5. 吳祖揚，1996，水田價值評估法芻議，農業工程學報，Vol.42, No.2, pp.1-7。
6. 吳瑞賢，張嘉軒，1996，水田對逕流系統之影響評估，農業工程學報，Vol.42, No.4, pp.55-66。
7. 連大進，1992，田菁對土壤改良功效與栽培法，台南區農業專訊，Vol.2, pp.4-6。
8. 陳世楷，劉振宇，黃偉哲，1998，水田入滲水力特性之試驗研究，臺灣水利，Vol.46, No.4, pp.52-64。
9. 溫理仁，1995，水田、地下水與地盤下陷，臺灣水利，Vol.43, No.2, pp.1-23。
10. 葉一隆，許美芳，陳庭堅，黃國禎，鄒禕，2002，休耕水稻田蓄水對土壤肥力影響試驗，水科學進展，Vol.13, No.4, pp.478-483。
11. 葉一隆，陳庭堅，王裕民，2000，地表裂縫對水分入滲影響，台灣水利，Vol.48, No.4, pp.64-69。
12. 葉一隆，陳庭堅，許美芳，2004，水田休耕種植綠肥之耐浸水性與對地下水補注影響分析，水田永續經營與生態維護研討會。
13. 蔡明華，1994，水稻田生態環境保護對策之研究，農田水利，Vol.41, No.9, pp.10-13。
14. 劉振宇，陳世楷，黃偉哲，2000，水田開裂及田埂特性對入滲之探討，臺灣水利，Vol.48, No.2, pp.25-38。
15. Chen S.K., Liu C.W., 2002, Analysis of water movement in paddy rice fields (I) experimental studies, Journal of Hydrology, Vol.260, pp.206-215.
16. Hamada H., Komae T., 1998, Analysis of recharge by paddy field irrigation using ^{222}Rn concentration in groundwater as an indicator, Journal of Hydrology, Vol. 205, pp.92-100.
17. Hanley N., 1990, The economics of nitrate pollution, Eur. R. Agric. Econ., Vol.17, pp.29-51.
18. Haruvy N., Hadas A., 1997, Cost assessment of various means of averting environmental damage and groundwater contamination from nitrate seepage, Agric. Water Manag., Vol.32, pp.307-320.
19. Kanfit Y., Ronen D., Magaritz M.G., 1983, Nitrate trends in the coastal plain aquifer of Israel, J. Hydrol., Vol.66, pp.331-341.
20. Sanchez P.A., 1973, Puddling tropical rice soil, 2. Effects of water losses, Soil Science, Vol.115, pp.303-308.
21. Tabuchi, T., 1968, Studies on drainage in clayey paddy fields : 8. A method of calculation of drainage and its fluctuations due to the precipitation, Trans. Jpn. Soc. Irrig. Drain. Reclam. Eng., Vol.25, pp.50-56.
22. Takagi S., 1960, Analysis of the vertical downward flow of water through a two-layered soil, Soil Science, Vol.90, pp.98-103.
23. Wopereis, M.C.S., 1994, Water use efficiency of flooded rice fields. (I) Validation of the soil-water balance model SAWAH., Agricultural Water Management, Vol.26, pp.291-304.

收稿日期：民國 95 年 2 月 10 日

修正日期：民國 95 年 2 月 27 日

接受日期：民國 95 年 3 月 1 日