

深水灌溉對涵養淺層地下水源環境效益之研究

陳鈞華

屏東科技大學木工程系副教授、水利技師

童伯倫

屏東科技大學土熱帶農業所

王良生

台灣大學生物環境系統工程所碩士

甘俊二

七星農田水利基金會董事長、水利技師

摘要

深水灌溉補注地下水效益評估：1.採用雙界間斷選擇的假想市場價格評估法，在桃園地區進行。採用「租稅之再分配」概念進行問卷設計，問卷採面訪調查。實證結果得知，每個家庭每年所願意支付之金額為2208.1元；將此評估結果乘以該區的家庭總戶數，得知總評價額為10.627億。約為該地區稻米年生產值的0.493倍。調查中有65.99%的受訪者願意贊助資金來維持此功能，結果顯示該公益機能普遍獲得該地區居民的肯定。2.各鄉鎮總願付金額之比較：較高前三名鄉鎮分別為桃園市(2.299億元)、中壢市(2.147億元)及平鎮市(1.163億元)。較低之三名為復興鄉(0.084億元)、新屋鄉(0.2767億元)及觀音(0.3166億元)。願付總價格與稻米產值之比例，一般均小於1，但桃園市、龜山鄉分別居於前一、二名。比值較低之三名分別為大園、蘆竹、楊梅鄉，表示該區原有水田公益機能仍維持良好，建議應加強綠色補貼政策，以維持整體環境品質。

有關後續研究之建議事項為：1.結合農改場專家深入研究探討，或與日本農業多加交流。2.目前台灣水稻

灌溉方式，遇到颱風時便將排水門打開排水，建議將田埂提高至可容納40公分水深的狀態蓄水。3.現地設計之滲漏桶試驗之問題為滲漏桶設計過小；牛踏層的存在影響回滲速度等，值得相關研究人員注意。

山銘水利技師事務所

公有電話：03-5559777

E-mail：hicall@ms3.url.com.tw

地址：新竹縣竹北市中正東路
371巷1號4樓

營業項目：

1. 水利工程規劃設計監造
2. 水土保持工程規劃設計監造
3. 山坡地、溫泉規劃開發申請

Study on environmental benefit of shallow groundwater resource conservation by deep water irrigation in paddy field

Abstract

As the development of new water sources in Taiwan is becoming more difficult in recent years, and the demand for non-agricultural water sectors is increasing rapidly, the available water resources is thus becoming insufficient. We expect that the area of rice paddy will be decreasing after entrancing WTO. In order to water resources and straighten up the problem that too many rice paddies fall into disuse, a deep-water irrigation, and reserving water after ditching in fallow rice paddies, is proposed in this study. Furthermore, in order to validate the feasibility of deep-water irrigation in Taiwan, a rice plantation was implemented in the experimental field of National Taiwan University. In addition, a questionnaire was conducted on irrigation management staff and professionals who have frequent direct contact with farmers, in order to better understand the consensus of the farmers. The result of this study shows that the deep-water irrigation is highly applicable in Taiwan, and the farmers' cooperation willingness is closely dependent on the amount of government's subsidy.

Inhabitant's identification of maintaining or abolishing these

functions of paddy field in different area. The discovery will be an important consultation for formulating the agricultural and environmental policy. There is existed 65.99% of agreement ratio willing to give financial assistance to the item of recharging shallow groundwater in the questionnaire investigation. The investigation result of willing to pay (WTP) in each household per year for maintaining these functions is 2208.1 NT dollar amounts. The WTP being multiplied the total households number of Tuayan, there is 1062.7 million NT dollar amounts for maintaining these functions in that area and is 0.493 times of annual paddy production value.

Key Words : environmental benefit, deep water irrigation, the Contingent Valuation Method ◦

一、前言

深水灌溉對涵養淺層地下水環境公益機能屬外部性效益評估，屬於非市場的貢獻。本研究模型理論採用雙界間斷選擇的假想市場價格法（CVM），調查範圍包括桃園地區，問卷調查採用面訪方式，支付方式採用租稅再分配方法，經由假想市場價格評估法量化估計水田具有之涵養淺層地下水功能，將此公益效益予以貨幣化，以數字金額表示水田深水灌溉對涵養淺層地下水環境公益功能。雖然本研究使用的評估方法、模型較複雜，目前仍有爭議，我們不敢求一次完美，研究須逐步修正，但求儘量反應真實現象，作為農業政策的參考。本研究所得結果期使國人進一步了解，以重視其真正效能。確保灌溉用水合理維護及國土之永續利用，以達到「生產、生態、生活」三生的目的。

二、文獻回顧

有關台灣水稻生長及水稻田滲漏及假想市場評估法的資料如下：

- (一) 曹公農業水利研究發展基金會「水田種水政策之相關策略」，探

討水稻深水栽培技術之研究，利用台灣大學滲漏計進行實地試驗，依照日本深水灌溉之水深管理，評估深水栽培對水稻產量產質之影響。

- (二) 在台灣，首先由蔡明華博士於1993年引用三菱總合研究所的方法，以替代法計算水田之地下水涵養及調洪效能外部經濟效益。民國81年評估結果為(1)對地下水涵養效能之評價201.64億元(2)對調洪效能之評價33.24億元。

三、對補注地下水試驗設計分析及效益評估模式建立

本研究主要分為兩大重點，一是為深水灌溉對提高地下水補注之試驗設計及分析，另一是針對補注地下水所得效益評估模式之建構。

3.1 滲漏試驗

本研究現地試驗場址選定於桃園縣新屋鄉東明村一戶姜姓農家之農田中。第一階段實驗室階段，首先將滲漏桶下壓至土面下約15公分，將其內土壤及水排除後，將滲漏桶外之區域維持一定水深並量測桶內回滲速度。而後再下壓至土面下30公分進行量測，圖3-1為其結果。

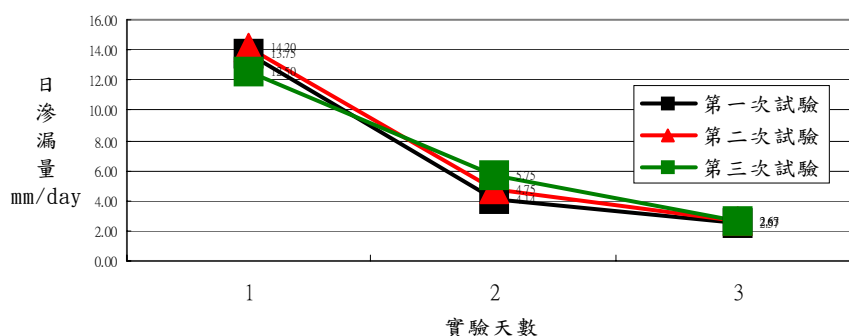


圖 3-1 挖深 30 公分日回滲圖

由圖 3-1 可以看出幾點：一、往下挖的深度越深，滲漏桶內回滲速度越快。二、滲漏桶內外水面差距越大，桶內回滲速度亦越快。三、至於破壞牛踏層所能造成滲漏增加現象則無法看出，其原因可能是因為本研究選定的滲漏計田區乃栽種兩年的新生田，牛踏層尚未形成，無法阻止田間水向下滲漏。四、本試驗求滲漏值的方法與一般有所不同，利用力學來分析，垂直方向相差至少 2 倍的重力，故本試驗所求得之數值僅能參考其趨勢，數字大小則無太大意義。

第二階段現地試驗，位址選定新屋鄉一處姜姓農家的農地，配合深水灌溉前期試作試驗，將滲漏桶預先埋入田中約 50 公分，再逐步將桶內土壤向下挖深，量測其回滲速度。結果如圖 3-2。

由現地試驗結果可證明：一、往下挖深 0、15、30 公分時，滲漏桶內一直保持與田面切齊的情況，不會隨時間（約 1~2 星期）而升高或降低，此點可以證明牛踏層為滲漏性極低的土層。二、往下挖深 0、15、30 公分

時，滲漏桶內水位均無回滲現象，其原因可能是該耕作田為栽種數十年之農田，其土壤中之牛踏層分佈深度已經超過 30 公分。三、挖至 45 公分時，水開始滲出，可以說明兩件事，一是在長期栽種水稻且牛踏層存在的情況下，依然有許多水經由田面及牛踏層入滲到地底下；另一是在水田上挖深溝加速滲漏，儲蓄多餘水資源以備不時之需的想法確實可行。四、田間滲漏量雖然存在，但在試驗時短時間內應屬於無滲漏情形，滲漏桶內之回滲水，應為以往長期耕種所形成的淺層地下水或伏流水。五、本試驗設計之初原本想利用連通管原理來幫助滲漏桶內水位回滲，但卻未考慮滲漏桶外水田牛踏層的存在，故回滲速度不如預期。六、本試驗求滲漏值的方法與一般有所不同，利用力學來分析，垂直方向相差至少 2 倍的重力，故本試驗所求得之數值僅能參考其趨勢，數字大小則無太大意義。

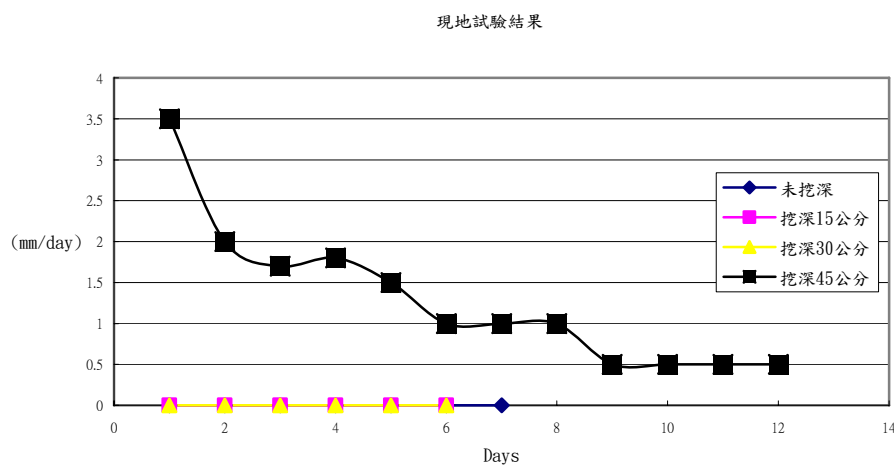


圖 3-2 現地試驗結果

3.2 補注地下水效益評估模式(-假想市場評估法 *cvm*) 建構

雙界二分選擇法中，若第 i 個受訪者對於第一次詢問的金額 (B_i) 回答為「願意支付」，則再詢以較高的金額 (B_i^H)；若受訪者回答「不願意支付」，則第二次詢價金額 (B_i^L) 會較第一次的金額低，即 $B_i^L < B_i < B_i^H$ 。因此，受訪者會有四種可能的回答情況：(1) 兩次都回答「願意」；(2) 兩次都回答「不願意」；(3) 第一次回答「願意」，第二次回答「不願意」；(4) 第一次回答「不願意」，第二次回答「願意」。這四種回答狀況的機率可分別表示為： π_{YY} ， π_{NN} ， π_{YN} ， π_{NY} 。

並且假設 G 為一累進密度方程 (cdf)，並為 logistic 分配，即：

$$G(B; \theta) = \frac{\exp(B - X\beta)}{1 + \exp(B - X\beta)}$$

，而 X 為解釋變數， $\theta = \beta$ ，為 X 之相對應之常數。

在受訪者有 N 人之情況下， B_i^L, B_i, B_i^H 為第 i 個受訪者所面臨的金額，

上式之對數概似函數可改寫為：

$$\ln L(\beta) = \sum d_i^{YY} [1 - G(B_i^H - X\beta)] + \sum d_i^{NN} G(B_i^L - X\beta) + \sum (d_i^{YN} + d_i^{NY}) [G(B_2 - X\beta) - G(B_1 - X\beta)]$$

而估計的模型為 $WTP_i = X\beta + \varepsilon$ ，本模型假設殘差項 ε 為平均值為零的常態分佈，標準差為 σ^2 ， $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ 。

四、深水灌溉及加強滲漏可行性之探討

4.1 深水灌溉

其實『深水灌溉』並非從一開始就將水深提高，而是循序進近，依照水稻的生長情形逐步加高水深。根據『超量灌溉對環境影響之研究』(1996) 指出，引灌至水田中的水 36% 蒸發散至大氣中，42% 滲漏至地底下，對淺層地下水的補注助益極大。若灌溉期距拉長為 20 天一次，灌溉水深 250mm，則每公頃一次灌溉約可補注淺層地下水量約 1050ton。

深水灌溉的優點很多，以下對稻作本身、灌溉管理及生態環境等三大項目分別說明：

- (一) 對稻作本身的優點：1. 抑制分蘖。2. 水溫的變化少。3. 寒害的防止。4. 強風之影響。5. 雜草少。6. 增加有機肥來源。
- (二) 對灌溉管理形成的優點：1. 減少掌水工人力。2. 降低除草人力。3. 降低缺水期的風險。
- (三) 對生態環境形成的優點：1. 調節微氣候。2. 提高地下水位。3. 維持物種生存。

4.2 農民對實施深水灌溉意願調查

本計畫於民國 90 年 10 月 11 日於台中水利聯合會對各農田水利會管理階層的人士進行意願調查。目的是瞭解他們對深水灌溉的認知程度及配合意願，以作為相關單位日後推行深水灌溉與否的參考。

4.3 CVM 法資料收集

研究區域為桃園縣。本文採二階段二分選擇法，以避免開放式問答中的拒答情形。本項調查結果，實際樣本 900 個，成功 474 個樣本。資料說明如下：

(一) 受訪者的基本資料

本次調查的個人基本資料顯示，男性佔 52%，女性佔 48%；受訪者平均年齡為 41 歲；教育程度以高中及高職所佔比例(39.07%)為最高。73.91% 的受訪者為已婚，平均家庭人口數為 4.6 人，而受訪者之工作年數平均為 14.5 年。在所得方面，家庭平均年所得數為 104.736 萬元；而家庭平均年支出則為 71.243 萬元。

(二) 受訪者對水田補注淺層地下水功能的評估

在全部 471 個樣本中，38 人(8.07%)的受訪者住家附近有地層下陷問題。地層下陷主要原因包括：(1) 超抽地下水；(2) 養殖用水；(3) 工程不當開發等。在全部 471 個樣本中，399 人(84.68%)的受訪者認為深層地下水較好。469 個樣本中，418 人(89.12%)的受訪者家中使用自來水。

(三) 受訪者對維持水田補注淺層地下水功能的願付價值

受訪者針對 3 組競價金額願付與否的回答比例。兩次皆回答不願意的受訪者比例最大。整體而言，有 65.99% 的受訪者願意贊助資金維持水田公益機能。

五、實證結果

5.1 深水灌溉之可行性調查

- (一) 就回答情形而言，約有 60% 的人瞭解日本實施深水灌溉行之有年且獲得不錯的成果，顯示水利會管理階層人員對於水稻之產量品質未來發展情況相當注重。另外有 40% 的人對於深水灌溉並不熟悉，顯示深水灌溉的觀念在台灣仍然需要加強宣傳。
- (二) 目前深水灌溉雖然在台灣尚未推行，但它的優點卻相當容易讓人理解，五個優點選項中僅有一個未達 80%，甚至於沒有不同意深水灌溉具有多項優點，基於此點顯示將來會全面推動時會遭遇的阻力並不會太大。

經過本計畫試驗顯示，深水灌溉在抑制雜草生長方面有相當卓越的功效。而在拉長灌溉期距方面，更是理所當然。兩者均可以對節省人力方面有卓越的貢獻。

- (三) 回答顯示若政府若願意運用各種名義支付補助金給配合深水灌溉之農民，則願意配合實施的農民將會增加許多。
- (四) 本題回答的情況顯示雖然深水灌溉是個相當好的建議，但若不能完善規劃則將是一件困難重重的任務，距離全面推行實施還有相當長的一段路要走。
- (五) 根據回答情況顯示，與會人士所持意見相當分散、歧異，不論是河川上、中、下游選項分佈平均，尤其以選項任何地方均可最多贊同者。此一情況也代表著深水灌

溉之地域性試驗尚有研究的空間，需要各地方政府農政單位搭配各地區的水資源豐枯條件進行試驗栽培。

總的來說，本計畫所提議之深水灌溉獲得了絕大多數與會專家的贊同，均認為深水灌溉是 2002 年台灣加入 WTO 後，兼顧提昇台灣農業競爭力、農業永續發展及解決水資源短缺的最佳方案。

5.2 CVM 法實驗結果

(一) 民眾對水田補注地下水之公益機能之願意支付價格

存活模型的迴歸結果見表 5-1。在維持水田補注地下水功能的迴歸結果方面。利用雙界二分選擇資料由存活模型 log-normal 分配估計結果，再加以 Heckman 之二階段選擇誤差 (selection bias)調整法修訂之，得出受訪者每年願意支付 2208.15(調整後) ~ 2209.84(調整前)元維持水田補注地下水的公益機能。

表 5-1 補注地下水公益機能未調整及調整後的迴歸結果

變數名稱	未調整迴歸結果	調整迴歸結果
教育程度	29.28*(14.14)	29.48*(14.50)
工作年數	6.18*(3.41)	6.59*(3.50)
教育程度^2	-0.98*(0.51)	-1.01*(0.42)
工作年數^2	-0.14*(0.09)	-0.17*(0.08)
家庭所得	-24.38(25.16)	-30.37(28.09)
婚姻狀況	7.01(30.65)	7.54(32.66)
性別	3.45(23.41)	-0.15(26.41)
居住地區	7.21(24.56)	-18.51(28.26)
家庭人口數	-8.45*(4.69)	-9.47(5.41)
經理	-20.54(37.31)	-33.64(35.65)
農夫	49.65(74.23)	84.51(79.17)
商人	-23.04(33.08)	-27.64(33.81)
地層下陷認知	-4.15(13.89)	-4.67(14.98)
住家飲用水費用	3.16(8.24)	6.12(9.23)
飲用水處置	-2.36(33.1)	-5.84(35.64)
常數 Constant	187.52(135.27)	-72.15(148.31)
Log likelihood	-664.581	-603.471
Number of obs	425	317
Model chi ² (15)	13.27	15.06
Prob > chi ²	0.5147	0.468
Medium WTP	2,209.84	2,208.15

說明：1.*表示通過 10%顯著水準 2.()內為 standard error

(二) 各鄉鎮之願意支付價格之比較

所願支付之價格，亦按照鄉鎮別而作調查，此結果列於表 5-2、5-3。

由於各鄉鎮之人口性質均有所差異，因此，民眾對於水田之公益機能

表 5-2 各鄉鎮居民對水田補注地下水機能所願付金額

城市	未調整之願付金額 (元)	調整後之願付金額 (元)	教育 (年)	年齡 (歲)	家戶人數 (人)
桃園市	2,474.82 (40.26)	2,257.34 (45.84)	13.89 (3.85)	39.69 (12.71)	4.26 (2.13)
中壢市	2,438.40 (20.96)	2,218.72 (39.56)	13.45 (4.12)	38.51 (9.35)	4.48 (2.61)
平鎮市	2,338.5 (40.34)	2,151.4 (45.36)	14.21 (3.57)	38.15 (12.67)	4.81 (2.35)
八德市	2,490.56 (40.25)	2,200.4 (38.12)	13.25 (2.85)	41.83 (12.40)	5.10 (3.15)
大溪鎮	2,719.51 (42.32)	2,660.38 (48.13)	13.18 (4.54)	41.93 (10.93)	4.83 (2.69)
楊梅鎮	2,286.4 (32.39)	2,200.56 (38.53)	13.26 (3.61)	39.93 (12.92)	4.89 (2.54)
蘆竹鄉	2,711.31 (40.27)	2,429.76 (54.16)	13.25 (4.43)	39.91 (11.25)	5.62 (3.95)
大園鄉	2,647.51 (34.72)	2,472.03 (49.12)	12.65 (3.23)	46.78 (16.34)	4.92 (2.11)
龜山鄉	2,586.51 (35.91)	2,384.4 (48.18)	12.95 (3.35)	41.65 (10.34)	4.67 (2.46)
龍潭鄉	2,428.1 (41.31)	2,234.6 (47.29)	13.47 (3.28)	41.27 (13.37)	4.68 (2.31)
新屋鄉	2,381.15 (51.75)	2,172.56 (64.01)	13.78 (3.14)	40.89 (12.14)	4.43 (1.64)
觀音鄉	2,438.75 (34.51)	2,161.59 (39.81)	13.1 (3.11)	41.12 (13.33)	4.77 (1.75)
復興鄉	2,603.28 (43.18)	2,486.93 (47.14)	10 (2.99)	44.00 (20.67)	5.56 (2.13)

表 5-3 各鄉鎮對水田補注地下水願付總金額及與稻米產值比率

地區	每戶願付價格(元)	戶數	願付價格(元)	稻米產值(元)	價格產值比
桃園市	2,257.34	101,838	229,878,917	59,152,566	3.89
中壢市	2,218.72	96,780	214,725,786	224,966,514	0.95
平鎮市	2,151.4	54,077	116,341,257	143,165,207	0.81
八德市	2,200.4	46,885	103,165,754	118,816,549	0.87
大溪鎮	2,660.38	23,038	61,287,991	140,762,900	0.44
楊梅鎮	2,200.56	36,839	81,067,903	257,562,780	0.31
蘆竹鄉	2,429.76	28,285	68,726,893	241,477,300	0.28
大園鄉	2,472.03	20,754	51,718,969	247,089,773	0.21
龜山鄉	2,384.4	36,055	86,041,652	17,534,746	4.91
龍潭鄉	2,234.6	29,799	66,588,845	82,185,572	0.81
新屋鄉	2,172.56	12,735	27,668,061	25,854,952	1.07
觀音鄉	2,161.59	14,647	31,660,955	270,958,323	0.12
復興鄉	2,486.93	3,566	8,366,549	-	-

以補注地下水機能而言，經由調整後之各鄉鎮之願付金額與戶數相乘得到總願付金額進行比較：較高之前三名鄉鎮分別為桃園市(2.299 億元)、中壢市(2.147 億元)及平鎮市(1.163 億元)，經查該區多為工商業都市，人口集中，民生用水需求日增，而大型蓄水設施新建往往費時日久，且又有環保等抗爭，故渴望有替代水源功能之水田存在，而反映出較高之願付金額。較低之鄉鎮分別為復興鄉(0.084 億元)、新屋鄉(0.2767 億元)及觀音(0.3166 億元)，新屋及觀音鄉該地區地勢平坦，為求可靠灌溉水源以種植水稻，而新建甚多池塘蓄水，對水田補注地下水替代功能反映出較低值。復興鄉經查該區多為山多平地少，民生用水多為河川引水，對有替代補注地下水功能之水田所認知與感受不強烈，而反映出較低之願付金額。

如以願付總價格與稻米產值之比例，比較水田補注地下水機能，一般均小於 1(桃園市、龜山鄉除外)，但桃園市、龜山鄉分別居於前一、二名。比值較低之三名分別為大園、蘆竹、楊梅鄉。

本次評估結果得知每年每戶家庭為維持水田補注地下水功能所願支付金額分別為 2,208.1 元，將此評估結果乘以桃園地區家庭總戶數，得知桃園地區居民為維持水田公益機能之總評價額為 10.627 億元。此項功能總金額約為該區稻米年產值的 0.493 倍。

六、結論與建議

6.1 結論

6.1.1 深水灌溉可行性評估

(一) 在實驗田 A 區(機耕深水)、B 區(正條深水)、C 區(機耕淺水)，量測水深變化，將不同旬別減水深取其平均耗用量做成數據，而觀測的資料如表 3-6。換算成一期作平均 120 日生長期的需水量，A 區 439.5mm、B 區 453.0mm、C 區 399.0mm，深水灌溉頂多需要再多 40~50mm 的需水量，所得的結果實屬合理。

(二) 深水灌溉獲得了絕大多數與會專家的贊同，均認為深水灌溉是台灣加入 WTO 後，兼顧提昇台灣農業競爭力、農業永續發展及解決水資源短缺的最佳方案。

6.1.2 深水灌溉補注地下水效益評估

(一) 本研究採用雙界間斷選擇的假想市場價格法評估水田之補注地下水公益機能，採用存活模型在桃園地區進行分析。並採用「租稅之再分配」概念進行問卷設計，問卷調查經由面訪調查。為維持水田補注地下水之功能，每年每戶家庭所願支付金額為 2208.1 元；將此評估結果乘以桃園地區的家庭總戶數 481273 戶，得知居民為維護水田公益機能的總評價額為 10.627 億。約為該地區稻米年生產值的 0.493 倍。

(二) 本調查的受訪者中有 65.99% 願意贊助資金來維持水田補注地下水的功能。

(三) 各鄉鎮之願付金額與戶數相乘得

到總願付金額進行比較：較高之前三名鄉鎮分別為桃園市(2.299 億元)、中壢市(2.147 億元)及平鎮市(1.163 億元)。較低之鄉鎮分別為復興鄉(0.084 億元)、新屋鄉(0.2767 億元)及觀音(0.3166 億元)，新屋及觀音鄉該地區地勢平坦，為求可靠灌溉水源以種植水稻，而新建甚多池塘蓄水，對水田補注地下水替代功能反映出較低值。

6.2 建議

- (一) 雖然本次試驗結果深水灌溉產量明顯減少，在不影響水稻生產之前提下，此類型的試驗應持續進行，必須結合農改場專家深入研究探討，經過反覆試驗始能得到合理之效果。但若能與日本農業多加交流，一定可以兼顧水稻產量、品質及增加水資源利用率等多個優點，希望有關單位能重視此一問題。
- (二) 目前台灣的水稻灌溉方式，遇到颱風來臨時便將排水門打開，將水排到排水溝中，以避免水稻淹死。本研究提出一個新想法，將田埂提高至可容納 40 公分水深的狀態，颱風或暴雨來時，將一部分的雨量截留在水田中，等颱風過後再將水排出，降低下游淹水的機率。

參考文獻

1. 三生水田利用，甘俊二、張煜權，農工學報，1995。
2. 超量灌溉對環境影響之研究，中國農業工程學會，1996 年 12 月。

3. 水田深水灌溉可行性之研究，黃昱舜，2001。
4. 加入世界貿易組織後農田水利事業因應措施，蔡明華，水稻田生態措施推廣及環境保護研討會論文集，2001 年 12 月。
5. 吳淑麗、張可盈、陳鈞華：「應用假想市場價格評估法對台灣地區水田外部效益評估之研究」，農業工程研討會論文集，PP353-358，民國 89 年。
6. 水稻增收技術，家之協光會，星川清親，1994。
7. 三菱綜合研究所(1991)：「水田のもたらず 外部經濟效果に關する 調查研究報告書」，平成 3 年 3 月。
8. 藤本高志：「稻作水田がもつ環境保全機能の經濟評價」，農業經濟研究第 68 卷第 1 號 PP1~8，1996 年。
9. Hydraulic Resistance in Puddled Rice soils : Measurement and Effects on Water Movement. , Wopereis, M.C.S. et al. , 1992。
10. Hanemann, W. M., J. Loomis, and B. Kanninen. : 「Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation」, American Journal of Agricultural Economics , pp. 1255-1263 , 1991。