

稻田消失水何在？

～我國加入GATT後，稻米開放進口，水稻 田減少後對地下水資源影響初探。

初小組地球科學科第一名

台北市士東國民小學

作 者：許韶芸、許韶芝、謝政勳、陳子豪

指導教師：林華葵、許文化

一、研究動機

(一)82年12月9日聯合報11版報導：

『環保—或許可作美國米的擋箭牌』，我們覺得很有道理，也感到很有興趣，因為它有關環保、水資源等，和我們生活有密切關係，更重要的，也許我們真的可以提出一些研究的結果，來作為美國米的擋箭牌。

(二)82年12月6日聯合報3版報導：

『如果水田消失—我們無法承受』，中央研究院植物研究所陳宗憲先生也說明了水田對台灣生態環境的重要性，更使我們覺得這個問題值得研究。

二、研究目的

我們要探討的是：

- (一)水稻田的種植過程中對涵養地下水的貢獻有多少？
- (二)水稻田的種植過程中對蒸散水氣量的貢獻有多少？
- (三)不同土質對地下水的涵養貢獻有何不同？
- (四)不同土層深度對地下水的涵養貢獻有何不同？
- (五)不同覆水深度對地下水的涵養貢獻有何不同？

三、文獻探討

- (一)我們利用假日到圖書館尋找有關資料，但是找到能用的不多。
- (二)我們再到農業科學資料中心去找，在農業工程技術類中有些資料但偏重在節省灌溉水上的研究。
- (三)台大農學院研究報告中曾提及水田滲漏量研究，但是內容太深，我們小學生無法了解。

四、研究材料與工具

- (一)材料：大長方盆、角鋼架、保特瓶、水稻、粗鐵絲、水管、大蒸餾水瓶、大型水管、不織布。
- (二)工具：相機、雨量計、最高最低溫度計、濕度計。

五、研究過程

(一)水稻田的種植過程中對地下水的涵養貢獻有多少？

1. 試驗階段83年9月～83年10月

- (1)在文獻探討過程中我們發現有關水稻方面的研究都注意在增加收穫量、節省灌溉水、病蟲防害等很少人特別在涵養地下水的貢獻上做研究，因此我們只好自行設計一些實驗。
- (2)由於決定做這個研究時，已超過水稻栽培期，所以我們是向一位林伯伯借用他稻田的一個角落來做實驗。
- (3)我們在83年9月初把已長大的水稻移植入我們的大栽培盆中，移入土層先是高30公分，結果發現土層太淺無法進行實驗，後來重做為46公分。
- (4)這個階段的發現與遇到困難：
- ①在重做大栽培盆中發現水稻生命力很強，我們把移入大栽培盆中的水稻一星期後挖起來重種，發現在短短一星期之間新生根已經穿過不織布層，相當厲害。
 - ②這個階段的泥土還沒到達穩定狀態，漏水情況嚴重，無法測量滲水量。
 - ③無法持續給大栽培盆中補充水份，因水田距離學校約三公里路程，無法隨時補水，又因要方便搜集滲水量，大栽培盆必須架高，離灌溉水溝高約110公分，無法直接供水。
 - ④我們採取補救辦法是用大水桶架高供水，並用保特瓶緊急補充，以保持適當水平面。
 - ⑤結果我們發現：由於水田的灌溉水太髒，大水桶出水口經常被堵塞，補水效果不好。

2. 第二階段83年10月～83年11月

- (1)我們把第一階段的缺點做了改進，我們增加了保特瓶的數量，並且把保特瓶瓶口加大使補水效果更好。
- (2)由於仍然無法24小時供水，所以我們改為測量6小時的滲水量。

(3)經過改進後，加上土層已較穩定，所以我們開始測量6小時的滲水量，結果如下表一：

(4)我們發現仍有下面的缺點：

測量6小時的滲水量以外的時間大栽培盆有時為缺水狀態，偶而有乾裂情形，測量到的資料可能不是很準確。

3.第三階段83年11月～83年12月7日

- (1)我們將裝蒸餾水用的大水瓶做了改良，代替原來的大水桶，效果非常好。
- (2)我們用裝蒸餾水用的大水瓶後，成功的做了24小時供水。所以我們開始測量24小時的滲水量，結果如下表二：

表一：六小時的滲水量

測量日期	六小時的滲水量 (單位 cc)	星期
10月12日	6880	三
10月16日	7050	日
10月19日	6820	三
10月22日	7130	六
10月23日	7000	日
10月29日	6940	六
11月2日	6720	三
11月5日	7150	六
11月6日	6950	日
11月9日	6940	三
11月12日	6850	日
11月13日	7030	一
總滲水量	83460	
平均滲水量	6955	

表二：二十四小時的滲水量

測量日期	二十四小時的滲水量 (單位 cc)	星期
11月19日	29840	六
11月20日	26750	日
11月21日	28400	一
11月22日	24100	二
11月23日	28980	三
11月24日	27550	四
11月25日	26990	五
11月26日	28860	六
11月27日	28580	日
11月28日	30500	一
11月29日	27150	二
11月30日	28100	三
12月1日	29420	四
12月2日	28720	五
12月3日	28780	六
12月4日	27550	日
12月5日	30050	一
12月6日	28680	二
12月7日	27760	三
總滲水量	536760	
平均滲水量	27720	

(3)這一段期間我們再做了一個測量蒸發量的大栽培盆，測量蒸發量的大栽培盆照片、測量蒸發量得到的資料在研究過程(二)中詳細說明。

(4)這一段期間我們也做了最高最低溫、濕度、雨量的測量。

(5)由上面得到的各項資料中我們發現：

長時間的累積起來滲水量非常大，對地下水的補注有非常大的貢獻。

(6)我們還利用假日去農業資料科學中心查一些資料，其中一份資料記錄各年度水稻栽種面積，我們採用做為推測全國水稻田對地下水補注量的依據。

我們測量了實驗栽培盆的長、寬資料，並計算出面積結果如下：

我們的實驗大栽培箱資料：

長0.72公尺

寬0.50公尺

面積= $0.72 \times 0.50 = 0.36$ 平方公尺

全省82年水稻種植面積為

第一期211790公頃換算為平方公尺

為2117900000平方公尺

第二期179137公頃換算為平方公尺

為1791370000平方公尺

總計為3909270000平方公尺

由算我們的實驗資料換算估計

1平方公尺 $\div 0.36$ 平方公尺=2.78倍。

由表二中我們實驗得到24小時平均滲水量

27720CC=27.72公升=0.0272立方公尺

可以推算出1平方公尺一天平均滲水量為

0.0272立方公尺 $\times 2.78 = 0.076$ 立方公尺

根據我們查到資料估計一期水稻覆水灌溉（湛水）約30天，我們估算出一年水稻對地下水補注量：

$0.076 \times 30 \times 3909270000$

=8913130000立方公尺

大約90億立方公尺

這個數量相當大，實際情形如何？我們將找資料驗證

(7)原來我們想做更長期的測量記錄，但在12月7日，林伯伯的稻田收割以後，灌溉水溝的水流量大量減少，又受到附近修車廠排出廢油嚴重污染

，只好暫停測量記錄，改做另外一個小主題。

(二)水稻田的種植過程中對蒸散水氣量的貢獻有多少？

1.在上面研究第三階段83年11月～83年12月7日期間，我們同時對水稻田的種植過程中，對蒸散水氣量的貢獻做了實驗，並且記錄了19天的蒸散水氣量資料，有關資料如下表四

表三：濕度記錄表

測量日期	濕 度	星期
11月19日	61	六
11月20日	68	日
11月21日	50	一
11月22日	74	二
11月23日	76	三
11月24日	61	四
11月25日	75	五
11月26日	68	六
11月27日	75	日
11月28日	75	一
11月29日	73	二
11月30日	75	三
12月1日	76	四
12月2日	76	五
12月3日	76	六
12月4日	74	日
12月5日	75	一
12月6日	76	二
12月7日	72	三

表四：二十四小時的蒸發量

測量日期	二十四小時的蒸發量 (單位 cc)	星期
11月19日	970	六
11月20日	820	日
11月21日	1350	一
11月22日	1050	二
11月23日	1000	三
11月24日	1250	四
11月25日	1060	五
11月26日	720	六
11月27日	750	日
11月28日	760	一
11月29日	810	二
11月30日	720	三
12月1日	590	四
12月2日	680	五
12月3日	970	六
12月4日	750	日
12月5日	700	一
12月6日	620	二
12月7日	810	三
總蒸發量	16380	
平均蒸發量	809	

2.由表四中我們發現：

(1)水稻田的種植過程中，對蒸發水氣量的貢獻我們根據實驗數據，做了下

面估算：

由表四中我們實驗得到24小時平均蒸發量為809cc

可以推算出1平方公尺一天平均蒸發量為

$$809\text{cc} \times 2.78 = 2249.02\text{cc}$$

$$= 2.249\text{公升}$$

根據我們查到資料估計一期水稻覆水灌溉（湛水）約

30天，我們估算出一年水稻田蒸發量：

$$2.249 \times 30 \times 3909270000$$

$$= 263758440000\text{公升}$$

$$= 263758440\text{立方公尺}$$

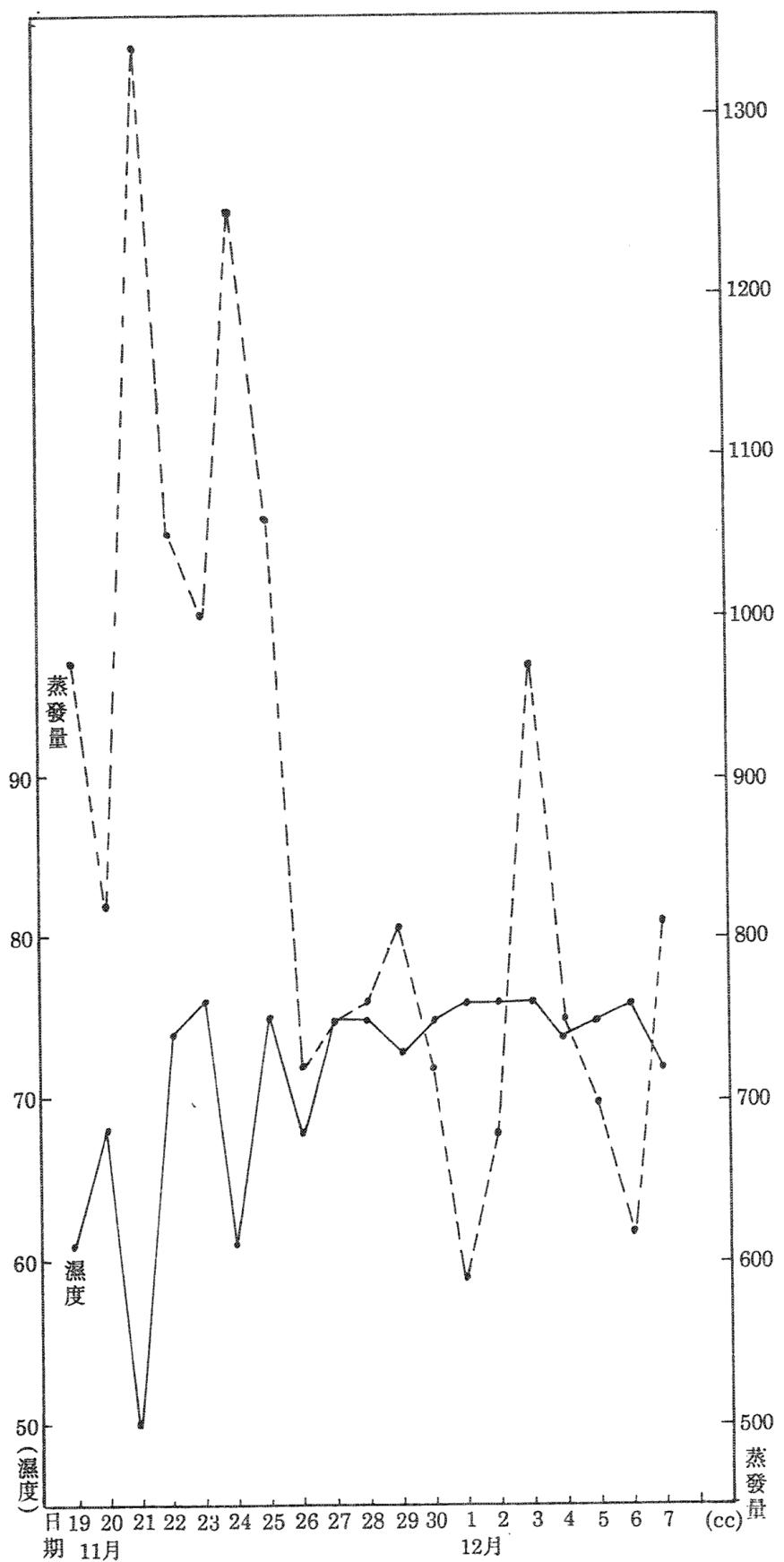
大約2億6000萬立方公尺

這個數量相當大，實際情形如何？我們將找資料驗證

(2)蒸發量和空氣中的濕度有很大關係：

空氣中的濕度越大蒸發量越小，它的相互關係資料如下表：

表五：蒸發量和空氣中的濕度關係折線圖



(三)不同土質對地下水的涵養貢獻有何不同？

這個部份，我們的研究過程如下：

- 1.我們分別在實驗田中、台中沙鹿、南投竹山各取一些稻田中泥土做為實驗樣品。

我們並且發現三種土質不同，外觀上的不同列表如下：

表六：不同土質外觀觀察

1號泥土 (實驗田中土)	2號泥土 (台中沙鹿土)	3號泥土 (南投竹山土)
1.黏性很大	1.鬆散易碎	1.黏性中等
2.深灰色	2.咖啡色	2.淺灰色
3.不易捏碎	3.容易捏碎	3.容易捏碎
4.摸起來細粉狀感覺	4.摸起來顆粒較粗感覺	4.摸起來顆粒較1號粗感覺

- 2.取三個大小相同的圓形長桶子，底部分別鑽一樣的小孔，並鋪上一層不織布。
- 3.由於在研究過程(二)中我們採用大塊泥土直接放入實驗盆中，有兩盆空隙太大而實驗失敗，所以這次實驗我們採取把泥土都弄成較小塊的方式，並採用大蒸餾水瓶做自動補水系統。
- 4.經過一段時間實驗記錄後，我們得到資料如下表。

表七：不同土質滲水量觀測紀錄

滲水量 記錄日期	1號泥土 (實驗田中土)	2號泥土 (台中沙鹿土)	3號泥土 (南投竹山土)
2月12日	4550	11850	7250
2月13日	4100	10000	6850
2月14日	4430	9830	6430
2月15日	4850	9000	6570
2月16日	4275	9300	6720
2月17日	4500	8750	6400
2月18日	4470	9260	6670
2月19日	4120	9730	6100
總滲水量	35295	77720	52990
平均值	4412	9715	6624

由表七中我們發現：

- (1)三種泥土中第二號泥土（台中沙鹿）滲水量最大，第三號泥土（南投竹山）次之，第一號泥土（實驗田中）滲水量最少，這個結果和實驗開始前觀察的結果一樣。
- (2)由於採用大蒸餾水瓶做自動補水系統，所以可以全天24小時供水不間斷，但是我們仍然發現每天量到的水量變化不小，可能是土層還沒穩定的關係。
- (3)這個實驗裝置設在自己家樓頂上，觀察記錄都很方便，我們將做較長期觀察記錄，希望得到更完整的資料。

(四) 不同土層深度對地下水的涵養貢獻有何不同？

這個部份，我們的研究過程如下：

- 1.我們從實驗田中取一批泥土，把泥土都弄成較小塊的方式，準備裝入實驗盆中。
- 2.準備三種不同高度，但直徑相同的大水管，一端用不織布封住固定。
- 3.將上面步驟1的泥土放入桶中，高度分別為：
23公分——實驗田泥土高度的一半。
46公分——實驗田泥土高度。
92公分——實驗田泥土高度的二倍。
- 4.經過一段時間實驗記錄後，我們得到資料如下表：

表八：不同土層深度滲水量觀測記錄

記錄日期 滲水量	第一種深度 土壤深23公分	第二種深度 土壤深46公分	第三種深度 土壤深92公分
2月12日	5450	2570	1440
2月13日	5600	2730	1470
2月14日	6150	2580	1330
2月15日	5860	2700	1570
2月16日	6270	2450	1720
2月17日	5500	2650	1600
2月18日	5470	2460	1670
2月19日	6120	2730	1470
總滲水量	46420	20870	12270
平均值	5803	2609	1534

由表八中我們發現：

- (1)三種不同土層深度滲水量以第一種深度（土壤深23公分）滲水量最多，第二種深度（土壤深46公分）滲水量次之，第三種深度（土壤深92公分）滲水量最少。
- (2)我們試著把平均值畫成折線圖

由折線圖中我們發現土層深度和滲水量沒有直線式的關係，也許是實驗時間不夠長，以及實驗精確度不理想，但是可以發現土層越厚滲水能力越小。

(五)不同覆水深度對地下水的涵養貢獻有何不同？

這個部份我們的研究過程如下：

- 1.我們取實驗田中一批泥土，分別裝入三個大小相同的圓形長桶子裡，底部分別鑽一樣的小孔，並舖上一層不織布，其中三桶的土層深度都一樣。
- 2.將三桶土層深度相同的實驗桶，分別覆水深度為
(1)3公分 (2)6公分 (3)12公分
- 3.在裝設自動補水系統時，發現第(1)桶水面離桶面太高，大蒸餾水瓶自動補水系統不易控制好水面高度，因此改用一小保特瓶補水，並以一段時間（約5小時）檢查一次的方式來避免水面過度降低，其餘兩桶用大蒸餾水瓶來做自動補水系統。
- 4.經過一段時間實驗記錄後，我們得到資料如下表九

表九 不同覆水深度滲水量觀測記錄

滲水量 記 錄 日 期	1號實驗桶 覆水深度 3公分	2號實驗桶 覆水深度 6公分	3號實驗桶 覆水深度 12公分
3月13日	1920	2640	2950
3月14日	2080	2720	3020
3月15日	2020	2840	2980
3月16日	2110	2610	3050
3月17日	1950	2770	3120
3月18日	1880	2720	3270
3月19日	1820	2640	3020
3月20日	1930	2810	3110
總滲水量	15710	21750	24520
平均值	1964	2719	3065

5.由表九中我們發現

覆水深度12公分時滲水量最大，覆水深度3公分時滲水量最小。

6.我們試著把不同覆水深度得到的滲水量平均值畫成折線圖。

(1)由表中我們發現：

覆水深度和平均滲水量沒有直線式關係，在覆水深度3公分及6公分中間平均滲水量差距大；6公分和12公分中間平均滲水量差距小。

(2)由這個結果可以發現，覆水深度越深可以增加滲水量，但效果不是呈等比例關係。

六、討 論

(一)我們發現：測量6小時的滲水量，和測量24小時的滲水量得到的結果平均值有差距，應該以那個為準？

我們討論結果應以24小時的滲水量為準，但6小時的滲水量可以做為水稻田放乾水後，再灌水初期滲水量的參考值，因為我們發現這兩個情形水稻田都有龜裂現象，情形相似。

(二)如何使測量24小時的滲水量有更常久、更多資料？

我們討論結果因稻田收割以後，灌溉水溝的水流量大量減少，又受到嚴重污染的情況無法改進，只好：

1.等新水稻下種後再繼續測量。

2.在家裡或學校做較小規模實驗，方便測量，不必每天趕路但因泥土很重無法大量搬運，這個實驗得到資料可能較不準確，可能還要再改進。

七、結 論

(一)水稻生命力很強，在短短一星期之間新生根已經穿過不織布層，相當厲害。

(二)長時間的累積起來滲水量非常大，由研究過程(一)中我們

估算出一年水稻對地下水補注量：

$$0.076 \times 30 \times 3909270000$$

$$= 8913130000 \text{立方公尺}$$

大約90億立方公尺

可見水稻種植對地下水的補注有非常大的貢獻。

(三)長時間的累積起來蒸發量非常大，由研究過程(一)中我們

估算出一年水稻田蒸發量：

$$263758440 \text{立方公尺}$$

大約2億6000萬立方公尺

對空氣中水氣的保持有非常大的貢獻。

(四)蒸發量和空氣中的濕度有很大關係，空氣中的濕度越大蒸發量越小。

(五)不同種類泥土的滲水量不相同，我們實驗結果發現黏性越大滲水量越小，我們實驗田中泥土算是滲水量比較小的一種泥土。

(六)土層深度和滲水量沒有直線式的關係，但是土層越厚滲水能力越小。

(七)為水資源著想，加入GATT後保留適量的水稻田是很必要的。

(八)由我們的研究結果顯示：

『環保』或許可作美國米的擋箭牌。』

『如果水田消失 我們無法接受』

都很有道理，我們的確可以考慮以環保作美國米的擋箭牌。

八、未來發展

接下來我們想繼續研究：

(一)長時間，最好全期的水稻栽培，完整的滲水量以及蒸發量測量以得到更精確的結果。

(二)試著在各種不同土壤上做水稻栽種實驗，以便得到更完整的結果。

九、參考資料

著作名稱	出版者
1.台灣地區缺水期救旱措施之研究	經濟部水資源統一規畫委員會
2.水稻耐旱性及節水措施之系統研究	經濟部水資源統一規畫委員會
3.農田水利期刊第八篇	

評語

本作品對於水稻田在水份的滲入、涵養、蒸散等方面都有仔細的思考、評估和實驗，很有參考價值。

在農業因加入關貿總協而需要轉型時，本作品提醒國人在短期的經濟因素之外，也應考量到水文、環境等較為深遠的問題。