

臺灣省灌溉水量及水源試估

Trial Estimate on Irrigation Demands and Supplies in Taiwan

農復會水利工程組技正

秦 立 德

臺灣省水資源之開發及利用，久為政府所重視，其中灌溉用水及水源狀況，全省二十四個農田水利會雖有長年記錄可供參考，唯因觀測設備良莠不齊，觀測記錄長短不一，觀測資料之可靠及可用程度均成問題，為求試估全省灌溉水量及水源供量，唯有藉灌溉地調查及灌溉水量試驗資料。本文所用灌溉面積，係參照民國五十四年完成之全省灌溉地普查報告，所用各種作物之灌溉水量及灌溉效率資料，係參考民國四十四年開始之全省水稻輪流灌溉試驗，民國五十一年開始之嘉南旱作灌溉試驗，及民國五十三年開始之全省各地旱作灌溉試驗資料。本文所述僅係初步嘗試，其灌溉地面積尚需包括農田水利會所轄灌溉區以外地區，其作物類別尚有細分餘地，作物灌溉水量及灌溉效率，亦應按照地區再予細分。最近本省在天然降雨

有效利用及土壤水份自然供應方面之研究，已在展開，將來此兩方面研究之成就，對於本省人工灌溉淨用水量進一步之估算，尚會有所發展也。

一、本省主要作物及其輪作制度分類

本省依照慣例主要作物可大別為：一（前）期水稻、二（後）期水稻、甘蔗、旱作，及裏作等五類。輪作制度亦可歸納為：雙期水稻、前單期水稻、後單期水稻、二年一作水稻、三年二作水稻、三年一作水稻、一年雙期旱作、及果園長年作物等八大類。由以上分類顯見本省過去以水稻為重心之作物及輪作分類，今後旱作灌溉漸被重視，上述分類方式容許有所變更，目前為易於說明灌溉開發之現況及遠景起見，仍按慣例分類列表如下：

表一、本省作物及輪作分類表

輪作制度	作物分類及其生育期間（作物月數 / 輪作月數）				
	一期水稻	二期水稻	甘 蔗	旱 作	裡 作
A 雙期水稻	* ⁽¹⁾ 4.5/12	⁽¹⁾ 4.0/12			⁽¹⁾ 3.5/12
B-1 前單期水稻	⁽¹⁾ 4.5/12			⁽²⁾ 7.5/12	
B-2 後單期水稻		⁽¹⁾ 4.0/12		⁽²⁾ 7.0/12	
C-1 二年一作水稻		⁽¹⁾ 4.0/24	⁽¹⁾ 14-18/24	⁽¹⁾ 3-6/24	
C-2 三年二作水稻		⁽²⁾ 8.0/36	⁽¹⁾ 14-18/36	⁽²⁾ 7-9/36	
C-3 三年一作水稻		⁽¹⁾ 4.0/36	⁽¹⁾ 14-18/36	⁽³⁾ 11-13/36	
D-1 一年雙期旱作				⁽²⁾ 10/12	
D-2 果園長期作物				⁽¹⁾ 12/12	

* ※括號內數字代表栽培次數。

二、本省輪作及灌溉制度之預期改善

輪作制度	目前以水稻為主之灌溉情形	預期水稻旱作並重之灌溉情形
A	雙期水稻有灌溉；裡作無灌溉，	雙期水稻及裡作均有灌溉
B-1	前期水稻有灌溉；兩期旱作無灌溉，	雙期水稻及裡作均有灌溉
B-2	後期水稻有灌溉；兩期旱作無灌溉，	雙期水稻及裡作均有灌溉
C-1	後期水稻有灌溉；甘蔗、旱作無灌溉，	後期水稻及甘蔗、旱作均有灌溉
C-2	三年二作後期水稻有灌溉；甘蔗、旱作無灌溉，	三年二作後期水稻及甘蔗、旱作均有灌溉
C-3	三年一作後期水稻有灌溉；甘蔗、旱作無灌溉，	三年一作後期水稻及甘蔗、旱作均有灌溉
D-1	一年雙期旱作，只有一期有灌溉，	一年雙期旱作均有灌溉
D-2	果園長年作物不充分灌溉，	果園長年作物充分灌溉

二、本省各主要作物之灌溉水量

自田間灌溉水量 (Head-ditch Irrigation Requirements) 計起，水源供水尚應顧及配水損失及輸水損失。本省灌溉配水損失，大致限於面積 30~70 公頃輪區以內之水路損失水量，水路如經妥善管理及維護，其損失水量變化不大，可以輪區水門配水量之百分率表示之，例如砂質土水路為 25%，壤質土水路為 20%，粘質土水路為 15%。但灌溉輸

水損失則與水路鑲面情形、水路長度、水路使用時間，及水路使用間斷情形，均有密切關係，甚難以水源供水之百分率表示之。本文係屬估計之初步嘗試，配水及輸水水量合估為一，其值參照本省已有之灌溉調查及經驗，除甘蔗及果園外，暫定為水源供水之 50%。甘蔗灌溉估作 33% 及果園灌溉估作 25% 者，係因前者或為臺糖農場井水灌溉或為契約農場與旱作灌溉同時進行之故，後者之灌溉設施及灌溉方法均與食糧作物迥異也。

表三、分類作物灌溉水量

作物	生長日數 (天)	灌溉日數 (天)	田間灌溉 水深(公厘)	輸水配水 損失(公厘)	水源供水 水深(公厘)
一期水稻	130	110	800mm	700mm	1,500mm
二期水稻	110	90	600mm	600mm	1,200mm
甘蔗	450~540	60/每年	400mm/每年	200mm/每年	600mm/每年
旱作	90~120	30	200mm	200mm	400mm
裡作	90~120	20	150mm	150mm	300mm
果樹	365	90	600mm	200mm	800mm

三、各類輪作制度年需水源供水之估算

根據表一之輪作分類，表二之灌溉改善標準，及

表三之分類作物灌溉水深標準，各類輪作制度以水稻抑或水稻及旱作為灌溉重心之年需水源供水，如以水深表示，可由下表說明之。

表四、各類輪作制度年需水源供水水深一覽表

輪作制度	灌溉重心	灌溉作物及其生長期間*					年需水源供水水深 (公厘)
		一期水稻	二期水稻	甘蔗	旱作	裡作	
A	水稻	(1) 4.5/12	(1) 4.0/12				2,700mm
	水稻、旱作	(1) 4.5/12	(1) 4.0/12			(1) 3.5/12	3,000mm

B-1	水 稻	(1) 4.5/12					1,500mm
	水稻、旱作	(1) 4.5/12	(1) 4.0/12			(1) 3.5/12	3,000mm
B-2	水 稻		(1) 4.0/12				1,200mm
	水稻、旱作	(1) 4.5/12	(1) 4.5/12			(1) 3.5/12	3,000mm
C-1	水 稻		(1) 4.0/24				600mm
	水稻、旱作		(1) 4.0/24	(1) 18/24			900mm
C-2	水 稻		(2) 8.0/36				800mm
	水稻、旱作		(2) 8.0/36	(1) 18/36	(1) 4-6/36		1,133mm
C-3	水 稻		(1) 4.0/36				400mm
	水稻、旱作		(2) 8.0/36	(1) 18/36	(1) 4-6/36		1,133mm
D	水 稻				(1) 4-6/36		200mm**
	水稻、旱作				(1)*** 4-12/36		600mm

* 各種作物之生長期間以作物月數 / 輪作月數表示之。

** 估計旱作面積僅半數獲得充分灌溉。

*** 估計總面積半數旱作半數果園均獲充分灌溉。

四、各類輪作制度之灌溉面積

根據臺灣省水利局民國五十三年全省灌溉地普查報告，各類輪作制度之灌溉面積，大致可歸納如表五：

五、全省灌溉需水量之概估

根據表四所示各類輪作制度以水稻及以水稻與旱作為灌溉重心之年需水源供水量，及表五所示各類輪作制度之灌溉面積等資料，臺灣全省灌溉面積 505,400 公頃所需年灌溉水量可概估如表六及表七：

表五、各輪作制度之灌溉面積一覽表

輪作制度	灌溉面積(公頃)
A. 雙期水稻	308,700
B. 單期水稻	45,200
1. 前期水稻	5,000
2. 後期水稻	40,200
C. 輪作田	122,200
1. 二年一作水稻	7,200
2. 三年二作水稻	41,200
3. 三年一作水稻	73,800
D. 其他*	29,300
合 計	505,400

* ※包括旱作田及果園。

表六 以水稻為主之灌溉所需水源水量

輪作制度	各類作物所需水源供水量(立方公尺)			
	一期水稻	二期水稻	甘 蔗	旱 作
A	308,700 公頃 @1,500公厘= 463,050×10 ⁴	308,700公頃 @1,200公厘 =370,440×10 ⁴		

B-1	5,000公頃 @1,500公厘= 7,500×10 ⁴				
B-2		40,200公頃 @1,200公厘 =48,240×10 ⁴			
C-1		7,200公頃 @ 600公厘 =4,320×10 ⁴			
C-2		41,200公頃 @ 800公厘 =32,960×10 ⁴			
C-3		73,800公頃 @ 400公厘 =29,520×10 ⁴			
D-1				14,650公頃 @ 0 公厘 = 0	
D-2				14,650公頃 @ 400公厘 =5,860×10 ⁴	
小 計	313,700公頃* 470,550×10 ⁴	404,567公頃* 485,440×10 ⁴		14,650公頃* 5,860×10 ⁴	

合 計 734,917 期作一公頃
961,850×10⁴立方公尺

* 小計面積均已折合成 期作一面積
D-1 輪作制度代表 果園或常年果樹。
D-2 輪作制度代表 旱作灌溉地區。

表七 水稻旱作並重所需加之水源水量

輪作制度	各類作物所需增加之水源水量(立方公尺)				
	一期水稻	二期水稻	甘 蔗	旱 作	裡 作
A.					308,700公頃 @ 300公厘 =92,610×10 ⁴
B-1		5,000公頃 @1,200公厘 =6,000×10 ⁴			5,000公頃 @ 300公厘 =1,500×10 ⁴
B-2	40,200公頃 @1,500公厘 =60,300×10 ⁴				40,200公頃 @ 300公厘 =12,060×10 ⁴
C-1			7,200公頃 @ 300公厘 =2,160×10 ⁴		
C-2			41,200公頃 @ 200公厘 =8,240×10 ⁴	41,200公頃 @ 133公厘 =5,490×10 ⁴	
C-3		73,800公頃 @ 400公厘 =29,520×10 ⁴	73,800公頃 @ 200公厘 =14,760×10 ⁴	73,800公頃 @ 133公厘 =9,820×10 ⁴	

D-1*				14,650公頃 @ 800公厘 =11,720×10 ⁴	
小計	40,200公頃* 60,300×10 ⁴	29,600公頃* 35,520×10 ⁴	41,933公頃* 25,160×10 ⁴	52,983公頃* 27,030×10 ⁴	353,900公頃* 106,170×10 ⁴

合計 518,616 期作一公頃
254,180×10⁴ 立方公尺

* 小計面積均已折合成期作一公頃，例如甘蔗之期作公頃折合方式如下：

C-1 7,200× $\frac{1}{2}$ = 3,600
C-2 41,200× $\frac{1}{3}$ = 13,733
C-3 73,800× $\frac{1}{3}$ = 24,600

41,933 期作一公頃。

六、全省分區水源供水及灌溉需水量之估計

根據民國四十七年出版之“Kennedy Team Study Report”對於臺灣全省水資源需量及供量之分區估計，大致分做臺北、宜蘭、新竹、臺中、嘉南、高屏、臺東及花蓮等八個地區。其後行政院經合會試做類似之估計時，亦將全省分做相仿之八個地區。為便於利用本文所估灌溉需水量資料，對照 Kennedy

Team Study Report 及行政院經合會所估全省各地區水資源供量及需量起見，茲將民國五十三年全省灌溉地普查報告所包括二十六個農田水利會灌溉面積，暫時按相同八個地區分配如表八。又將 Kennedy Team Study Report 及行政院經合會分區估計水資源需量及供量資料，歸納如表九。最後再根據前述各表資料，將本省分區以水稻為主之灌溉需水量，估計如表十，以水稻及旱作為主之灌溉需水量，估計如表十一。

表八 本省分區農田水利會及其灌溉面積一覽表（民國五十三年為準）

地區名稱	所屬農田水利會名稱	兩期作田面積 (公頃)	單期作田面積 (公頃)		輪作田面積 (公頃)			其他面積 (公頃)	合計 (公頃)
			第一期作	第二期作	二年一作	三年二作	三年一作		
I _A 臺北	新海、桃園、石門、七星、瑠公、基隆、淡水	64,589	2,870	—	—	—	—	13	67,472
I _B 宜蘭	宜蘭	19,772	604	—	—	—	—	646	21,022
II 新竹	新竹、竹南、苗栗	20,966	—	421	—	—	—	93	21,480
III 臺中	苑裡、后里、大甲、豐榮、能高、南投、彰化、竹山、嘉南（雲林縣）	107,516	15	3,788	2,359	864	822	3,110	118,474
IV 嘉南	斗六、嘉南（嘉義縣及臺南縣）	23,265	—	27,043	4,843	40,300	72,946	—	168,397
V 高屏	高雄、屏東	54,783	574	8,292	—	—	—	21,231	84,880
VI 臺東	臺東、新港	9,326	—	675	—	—	—	58	10,059
VII 花蓮	花蓮	8,483	883	—	—	—	—	4,180	13,546
合計	二十六個農田水利會	308,700	4,945	40,219	7,202	41,164	73,768	29,331	505,329

表九 臺灣省分區水源供水及各耗水標目需水量估算表

分區名稱	Kenney Team Study				行政院經合會估計						
	面積 (平方公里)	最小年流出量 (10 ⁶ m ³)	地下水年供量 (10 ⁶ m ³)	年需水量 (10 ⁶ m ³)	地表水 (10 ⁶ m ³)			地下水年供量 (10 ⁶ m ³)	可行蓄 水庫容量 (10 ⁶ m ³)	年計總需水量 (10 ⁶ m ³)	
					灌溉	都市及工業	直流出量			接流量	基流量
I _A 臺北	968	966	99	65,600	28,300	4,120	1,271	174 (15)	556 (317)	99,200	120,500
I _B 宜蘭	1,921	2,385	120	41,700	4,100	2,560	1,325	120 (0)	9 (0)	26,700	20,700

II 新竹	2,424	1,749	105	155,400	16,800	2,540	374	30 (9)	25 (9)	47,600	55,500
III 臺中	4,513	4,369	590	286,000	28,200	8,500	2,346	1,440 (823)	1,100 (286)	236,700	299,700
IV 嘉南	1,150	882	928	165,200*	31,600	4,460	648	310 (30)	823 (188)	112,700	138,800
V 高屏	2,324	1,846	422	214,700	27,500	8,700	1,353	677 (458)	1,291 (51)	124,700	141,400
VI 臺東	1,872	1,552	100	45,400	2,400	3,930	1,675	87 (0)	8 (0)	18,500	19,100
VII 花蓮	1,992	2,050	100	50,500	3,100	5,190	4,396	113 (0)	6 (0)	20,000	30,400
合計	17,186	15,799	2,464	1,024,500	142,000	40,000	13,388	2,957 (1,335)	3,818 (851)	686,100	834,100

表十 臺灣省分區以水稻爲主之年灌溉需水量估算表

(單位：10⁴ m³ 或公頃—公尺)

分區 輪作制度	I _A 臺北	I _B 宜蘭	II 新竹	III 臺中	IV 嘉南	V 高屏	VI 臺東	VII 花蓮	合計
A 雙期水稻	64,589公頃 @2,700公厘 =174,390.3	19,772公頃 @2,700公厘 =53,384.4	20,966公頃 @2,700公厘 =56,608.2	107,516公頃 @2,700公厘 =290,293.2	23,265公頃 @2,700公厘 =62,815.5	54,783公頃 @2,700公厘 =147,914.1	9,326公頃 @2,700公厘 =25,180.2	8,483公頃 @2,700公厘 =22,904.1	308,700公頃 @2,700公厘 =833,490
B-1 前單期稻	2,870公頃 @1,500公厘 =4,305.0	603公頃 @1,500公厘 =904.5	—	15公頃 @1,500公厘 =22.5	—	574公頃 @1,500公厘 =861.0	—	883公頃 @1,500公厘 =1,324.5	4,945公頃 @1,500公厘 =7,417.5
B-2 後單期稻	—	—	421公頃 @1,200公厘 =505.2	3,788公頃 @1,200公厘 =4,545.6	27,043公頃 @1,200公厘 =32,451.6	8,292公頃 @1,200公厘 =9,950.4	675公頃 @1,200公厘 =810	—	40,220公頃 @1,200公厘 =4,826.4
C-1 二年一作水	—	—	—	2,359.51公頃 @600公厘 =1,415.7	4,843公頃 @600公厘 =2,905.8	—	—	—	7,202公頃 @600公厘 =4,321.2
C-2 三年二作水	—	—	—	863公頃 @800公厘 =690.4	40,300公頃 @800公厘 =32,240	—	—	—	41,163公頃 @800公厘 =32,930.4
C-3 三年一作水	—	—	—	822公頃 @400公厘 =326.8	72,946公頃 @400公厘 =29,178.4	—	—	—	73,768公頃 @400公厘 =29,507.2
D-1 一年雙期旱	13公頃 @400公厘 =5.2	646公頃 @400公厘 =258.4	93公頃 @400公厘 =37.2	3,110公頃 @400公厘 =1,244	—	21,231公頃 @400公厘 =8,492.4	58公頃 @400公厘 =23.2	4,180公頃 @400公厘 =1,672	29,330公頃 @400公厘 =11,732
D-2 果園長期作物	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計(公厘)	178,700.5	54,547.3	57,150.6	298,540.2	159,591.3	167,217.9	26,013.4	25,900.6	967,662.3

表十一 臺灣省分區水稻、旱作並重之年灌溉需水量估算表

(單位：10⁴ m³ 或公頃一公尺)

分 區 輪作制度	分 區							合 計	
	I _A 臺北	I _B 宜蘭	II 新竹	III 臺中	IV 嘉南	V 高屏	VI 臺東		VII 花蓮
A 雙期稻田	64,589公頃 @3,000公厘 =193,767	19,772公頃 @3,000公厘 =59,316	20,966公頃 @3,000公厘 =62,898	107,516公頃 @3,000公厘 =322,548	23,265公頃 @3,000公厘 =69,795	54,783公頃 @3,000公厘 =164,349	9,326公頃 @3,000公厘 =27,978	8,483公頃 @3,000公厘 =25,449	308,700公頃 @3,000公厘 =926,100
B-1 前 單 期 稻 田	2,870公頃 @3,000公厘 =8,610	603公頃 @3,000公厘 =1,809	—	15公頃 @3,000公厘 =45	—	574公頃 @3,000公厘 =1,722	—	883公頃 @3,000公厘 =2,649	4,945公頃 @3,000公厘 =14,835
B-2 後 單 期 稻 田	—	—	421公頃 @3,000公厘 =1,263	3,788公頃 @3,000公厘 =11,364	27,043公頃 @3,000公厘 =81,129	8,292公頃 @3,000公厘 =24,876	675公頃 @3,000公厘 =2,025	—	40,220公頃 @3,000公厘 =120,660
C-1 二年一作 水 稻	—	—	—	235,951公頃 @ 900公厘 =2,123.56	4,843公頃 @ 900公厘 =4,358.7	—	—	—	7,202公頃 @ 900公厘 =6,481.8
C-2 三年二作 水 稻	—	—	—	863公頃 @ 1,133公厘 =977.78	40,300公頃 @ 1,133公厘 =45,659.90	—	—	—	41,163公頃 @ 1,133公厘 =46,637.68
C-3 三年一作 水 稻	—	—	—	822公頃 @ 1,133公厘 =931.326	72,946公頃 @ 1,133公厘 =82,647.82	—	—	—	73,768公頃 @ 1,133公厘 =83,579.14
D-1 一年雙期 旱 作	13公頃 @ 800公厘 =10.4	646公頃 @ 800公厘 =516.8	93公頃 @ 800公厘 =74.4	3,110公頃 @ 800公厘 =2,488	—	21,231公頃 @ 800公厘 =16,984.4	58公頃 @ 800公厘 =46.4	4,180公頃 @ 800公厘 =3,344	29,330公頃 @ 800公厘 =23,464
D-2 果園長期 作	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 計	202,387.4	61,641.8	64,235.4	340,477.67	283,590.42	207,931.8	30,049.4	31,442	1,221,757.62

由表九、表十、及表十一提供資料，可以窺知本省以水稻為主之灌溉需水量在水源年需 967,662×10⁴ 立方公尺（或 967,662 公頃一公尺），如要盡量使一期作水田改為兩期水田並兼顧一切旱作及裡作灌溉，則灌溉水量之水源供量需增至 1,221,758×10⁴ 立方公尺（或 1,221,758 公頃一公尺），全省灌溉地505,329 公頃年所需增加之灌溉水源254,096×10⁴ 立方公尺，大致可分作增加前期作水稻面積 40,200公頃，需增水源 60,300×10⁴ 立方公尺；增加後期作水稻面積 29,600 公頃，需增水源 35,520×10⁴ 立方公尺；增加甘蔗灌溉面積 41,933 公頃，需增水源2 5,160×10⁴ 立方公尺；增加旱作灌溉面積 27,030 公頃，需增水源 27,030×10⁴ 立方公尺；增加裡作灌溉面積 353,900 公頃，需增水源 106,170×10⁴ 立方公尺。

按照上述之估計方式，增闢水源之主要用途為增加裡作灌溉面積 353,900 公頃，所謂裡作，主為冬季裡作，據本省農林廳 1964/1965 年調查全省耕地冬季裡作期休閒情形之報告，總計裡作可能面積約 400,000 公頃之中，約半數（200,000 公頃）已有栽培，約四分之一（100,000 公頃）如有灌溉水源亦可栽培，另外四分之一（100,000 公頃）雖有灌溉亦不能栽培，

因限於氣候、土壤物理性態等因素也。故所謂裡作灌溉需增闢水源應為 106,170×10⁴×3/4 = 79,627.5×10⁴ 也。

上述五種主要灌溉作物需增闢水源其量應為 227,637.5×10⁴ 立方公尺而非 254,096×10⁴ 立方公尺。其中前期水稻、甘蔗、及雜作所需增闢水源112,490×10⁴ 立方公尺，應求諸蓄水庫調節季性河流水源變化以資供應；後期水稻，及裡作所需增闢水源 115,147.5×10⁴ 立方公尺，則可藉渠道襯砌工（內面工）、輪灌改善、地下水開發，及地面水反覆利用諸方式，尋求解決方法。所謂應由蓄水庫供應之水源流量，又可分作前期水稻 60,300×10⁴ 立方公尺、甘蔗 25,160×10⁴ 立方公尺、旱作 27,030×10⁴ 立方公尺，且大部份均為嘉南地區所需，為新建曾文水庫之主要灌溉對象。所謂應由改善灌溉效率及加強水源利用率方面解決之水源供應量 115,147.5×10⁴ 立方公尺，又可分作後期水稻 35,520×10⁴ 立方公尺及裡作灌溉 179,627.5×10⁴ 立方公尺，其主要地區為本省現有水稻單期田或雙期田灌區，所估計之水量，均係粗估數字，尚待進一步之研究分析，而為今後灌溉研究之主要對象也。