

二、簡介臺灣省水利局旱作灌溉推行計劃

臺灣省水利局工程師

黃金全

一、引言

本省灌溉事業發展的歷史可以回溯到公元一七〇〇年代初期。根據文獻所載，本省最先具有規模的灌溉工程為現今彰化水利會八堡圳及嘉南水利會的道將圳，都是公元一六八〇年到一七一七年之間，由民間人士出資建設，距今有將近三〇〇年的歷史。在此三〇〇年的發展過程中，由於社會經濟環境及省民主食生活上的習慣，整個農業可以說以米穀生產為主體，而灌溉事業也以水田灌溉為主要對象。水稻以外的作物有系統實施灌溉的只有一九二八年以後的甘蔗和零星特用作物及蔬菜作物。另一方面就本省農業土地利用情況而言，自公元一九〇〇年以來，本省的耕地面積中旱田面積始終佔有三十萬公頃左右(參閱表一)，佔全省耕地總面積的比率在四八% (一九〇三) 至三九% (一九六四) 之間。以本省有限土地資源中佔有如此重大百分率的旱田從事粗放的農業生產是為一項重大損失。

表一 本省歷年來耕地面積及灌溉面積統計表

單位：公頃

年度	耕 地 面 積			灌溉面積
	水 田	旱 田	共 計	
1896				104,485
1900				141,272
1905	304,933	319,620	624,553	194,238
1910	332,400	341,656	674,156	226,725
1915	342,976	357,364	700,340	242,474
1920	367,207	382,273	749,480	305,295
1925	373,660	401,872	775,532	350,500
1930	396,703	415,430	812,183	441,514
1935	478,728	352,343	831,071	464,988
1940	529,665	330,863	860,528	530,158
1945	474,842	292,885	767,727	519,640
1950	(533,474)	(340,397)	873,871	619,462
1955	532,688	340,314	873,002	650,861
1960	525,580	343,643	869,223	652,626*
1964	530,790	350,449	882,239	552,753
1965			896,347	556,650

資料來源：「臺灣之水利問題」臺灣銀行金融研究室編印。
* 已發現原始資料臺東水利會所列灌溉面積錯誤。待改正。

近年來本省社會經濟隨著外銷貿易的拓展而有長足與迅速的發展，促使農業生產的基本觀念有了明顯的改變，由原來的稻米優先逐漸注意到「適地適種」的問題。同時為提高單位面積的生產量，各種作物的綜合性栽培技術改良，也引起普遍的重視。灌溉是作物栽培技術改良的基礎，沒有確實可靠的灌溉水源與適宜的灌溉設施無法保障各項技術改良的成果。由是旱作灌溉技術研究，以及進而如何配合灌溉工程而付諸實施，成為當前急迫的需要。

民國五十二年八月，本局基於上述需要，在農復會協助下開始辦理旱作灌溉推行計劃。依照計劃原意，在全省若干有水利開發地區中具有代表性地點設立旱作灌溉推行站(參閱表二)，以推行站為核心示範旱作灌溉的效益，以加強農民的認識與信心，同時藉推行站的設備辦理各項灌溉試驗，以求得灌溉計劃設計與實施管理所需要的基本資料。

表二 旱作灌溉推行計劃各地推行站一覽表

站 名	地 點	代 表 地 區	設立時間
石門推行站	中壢鎮十一份	石門大圳高低揚灌區	55年3月
苗栗推行站	後龍鎮大山脚	後龍水庫灌溉地區	55年1月
彰化推行站	二林鎮頂埔仔	彰化海岸旱作地區	53年1月
岡山推行站	岡山鎮五甲尾	二仁灌溉計劃區	53年7月
瑞穗推行站	瑞穗鄉紅葉鄉	瑞穗大圳灌溉區	53年7月

二、計劃任務及主要工作項目

旱作灌溉推行計劃的主要任務有下列四大項目：

(1) 辦理作物灌溉試驗，以探求作物需水量及灌溉處理對作物產量的影響，作物需水量與各種氣象因子之關係等，提供將來擬定灌溉計劃及用水管理的依據。

(2) 辦理土壤物理性質，土壤滲透率，及各種灌溉方法調查試驗，以釐訂標準灌溉方法，提高灌溉效率。

(3) 創立有灌溉的輪作制度，提高複作指數，並分析經濟效益做為推廣的藍本。

(4) 示範灌溉效果及標準栽培方法以引起附近農民的重視與效法。

爲了達成上述工作任務，每一推行站擁有約五公頃土地，其中〇、二~〇、三公頃係租用農民土地，稱爲標準區，每年每期作按二至三種輪作制度同時舉辦四種不同灌溉處理效果試驗。其耕種栽培方式受農業改良場所指派的指導員負責指導，因此，改良場認爲最好的耕種技術可以在標準區示範。標準區以外的土地稱爲試作區，爲負有試辦意義的一區，其耕種栽培均由農民模仿標準區的方法自行辦理，而由推行站指導灌溉。

推行站詳細工作項目和工作基準都依據本局專爲本計劃編訂的推行站工作規範辦理。其主要工作項目有下列八項：

(1)辦理作物的灌溉處理試驗事項。灌溉處理在過去試驗過程中，曾有多次修正，目前所採用的田間灌溉處理爲四處理四重複。

①第一處理爲機動灌溉處理區：作物種植後嚴密觀測有效土層土壤水分，當水分消耗到二分之一有效水分 $[1/2(FC-WP)]$ 含水率時予以灌溉，以便恢復到田間容水量爲原則。

②第一種定期灌溉處理區：在作物種植之前，依照作物生理特性，在其灌溉臨界期計劃實施灌溉。倘期距過長，經由土壤保水率核算結果，土壤水分無法維持供應作物消耗時，予以增加灌溉次數。一次施灌水深可由作物蒸發散量與灌溉期距計算。

③第二種定期灌溉處理區：灌溉次數與②同，但一次灌水深予以減少二〇%，以觀節水灌溉的後果。

④比較處理區：原則上不予灌溉，用以比較有灌溉處理區之增產效果。對若干作物無灌溉時無法發芽生長者，則爲維持生機予以一次成最少水量的灌溉。

(2)負責標準區作物栽培管理工作。

(3)指導試作區農民對各種作物之灌溉栽培工作。試作區面積較廣，機動灌溉處理方式不符實用，所以灌溉次數與水深都仿照標準區第一種定期灌溉處理區實施。惟試作區垃圾塊遠較標準區爲長，同樣灌水深在試作區無法達到和標準區相同的施灌效率。影響灌溉施灌效率的因素很多，最主要的是土壤物理性質中保水性與透水性兩項以及田間垃圾塊長度。各推行站試作區土壤物理性與田間垃圾塊長度均不相同，只能根據各站以往田間試驗分析結果予以規定施灌效率。以此項施灌效率除一次灌溉水深求得田間實際施灌水深。

(4)辦理作物生育調查與病蟲害防治工作。

(5)調查測定土壤水分變化情形。作物根系土層爲作物所需要的水分貯留的地方。水分缺乏時除了仰賴降雨或灌溉以外，在毛管作用範圍內可以由地下水補給。在高溫多濕、地下水位高的地區，此項毛管作用補給水分往往成爲作物蒸發散量的最主要來源，所以在作物生長期間根系土層土壤水分消長情形的調查測定，成爲推行站最重要的工作之一，測定結果亦可用來計算作物蒸發量的田間需要值。

爲了上述目的，土壤水分測定工作分定期測定與臨時測定兩類，所用的方法亦有採土烘乾法及土壤水分張力計法兩種。

(6)農業氣象資料之觀測調查與資料分析工作。當地農業氣象資料可以從各推行站附設氣象觀測設備觀測，有日降雨量、日蒸發量、氣溫、地溫、相對濕度及地下水位等項目。

(7)協助辦理灌溉方法試驗。在試作區定期灌溉時以不同大小的流量灌溉而觀測水流前進率與滲透消退情形，同時調查分布狀況以分析最適當流量，最大畦長和施灌效率等，做爲地表灌溉設計的基本資料。

(8)召開耕種及灌溉技術觀摩會以增進農民的認識。

三、計劃辦理的成果

在計劃自開辦以來迄今已歷六年。依照工作任務和宗旨所定，在嘉南灌溉區以外地區設立了若干推行站辦理所規定的工作項目，並已獲得初步成果。茲將其中若干比較重要事項報告於下供爲參考。

(1)截止民國五十七年夏作止已完成一三六作灌溉試驗，以雜糧作物爲主，間有若干園藝蔬菜作物。各種供試作物在生育期間之平均日蒸發散量均已分別求出。表三及表四分別以各站季作別及各季作物別表示作物需水量概值。雖然表三由於作物種類之不同，及表四由於站址之不同，各有相當幅度的變化，但仍可歸納爲下述三要點：①作物需水量較之一般外國所測定結果爲低。這是由於所用的土壤水分追蹤測定法只能測定當時土壤含水率，前後兩次土壤含水率的差值並不包含在測定間斷期間由地下水補給而已消耗的水分的緣故。此種現象在地下水補給量大的低三角洲或沿海地區可能更爲明顯。②苗栗、彰化二站位在沿海地區，地下水位高，地下水補給量大，所求得作物需水量一概爲低，石門站雖然在苗栗、彰化二站之北，但位在高台地，地下水補給量少，所求得作物需水量反而高。③一般生長期間在一〇〇~一二〇天的雜糧作

物全生長期間作物需水量約在二〇〇~四〇〇公厘之間。關於地下補給水量問題，自民國五十七年秋作起已在各推行站田間埋設簡易滲透筒進一步觀測無地下補給之作物需水量，以資比較研究。

表三 歷年來各推行站主要雜糧作物季作別作物需水量統計表 單位：公厘(mm)

季別	站別	石門	苗栗	彰化	岡山	瑞穗
春作		270~400	160~300	170~290	220~290	200~250
夏作		280~380	160~250	170~300	—	230~330
秋作		300~400	160~250	150~200	190~280	200~300

表四 歷年來各推行站作物別作物需水量統計表 單位：公厘(mm)

作物別	季別	春作	夏作	秋作
大豆		220~400	160~310	150
玉米		160~300	250	200~280
高粱		200~300	250~370	
花生		170~350	160~300	240

表五 各推行站歷年來各處理別最高產量發生次數統計表

處理別	站別	石門			苗栗			彰化			岡山			瑞穗			合計		
		季別			季別			季別			季別			季別			季別		
		春作	夏作	秋作	春作	夏作	秋作	春作	夏作	秋作	春作	夏作	秋作	春作	夏作	秋作	春作	夏作	秋作
1/2 有效水分區 (A)		1		1	1	4		2		3	3		3		1		7	5	7
定時定量區 (B)		8	8	2	3	3	1	7	9	7	7	6	8	8	5	33	28	21	
定時定量區 (C)			1		3	2	4	1	1		1	1			2	5	4	7	
對照區 (D)				1	2	3	3	2	2	1	1	1		1	2	5	6	8	
計		9	9	4	9	12	8	12	12	11	12	11	8	10	9	50	43	43	

(3)上述配合作物灌溉臨界期的灌溉方法對一般雜糧作物而言，只要三次已足。苗栗、彰化二站土壤砂質，保水率低，除上述灌溉臨界期以外尚需增加灌溉次數二~三次，石門站下層土壤含多量礫石，保水率亦低，灌溉次數亦需略予增加。

(4)灌溉效果受當年雨量影響很大，但約在增產一〇~五〇%之間(參閱表六)。以標準區產量與無灌溉區比為增產指數，以灌溉水量與有效雨量及灌溉水量和之比為灌溉補給率，圖一表示此兩者關係。春秋作田間土壤水分缺乏，灌溉補給率增加，增產指數也有明顯增加趨勢。夏作由於田間土壤水分來源比較複雜，灌溉補給率與增產指數之間尚無明確關係。

甘藷	300~380	150~400
西瓜	200	
油菜		150~250
小麥		160~170
瓜子瓜	150	
豌豆		150~250
蘿蔔		170~200
胡蘿蔔		170~200
花豆		170
芝麻		230
蠶豆		320
蠶菜		200
葱	160	
胡椒	100	

(2)配合作物灌溉臨界期施灌的第一種定期灌溉處理區灌溉效果最為明顯。在一三六作試驗中有八二作第一種定期灌溉處理區產量最高(參閱表五)。就各季別而言，春作已試驗五〇作中第一種定期灌溉處理區有三三作產量最高佔六六%，夏作六五%，秋作雖只有四九%，但仍然十分明顯。

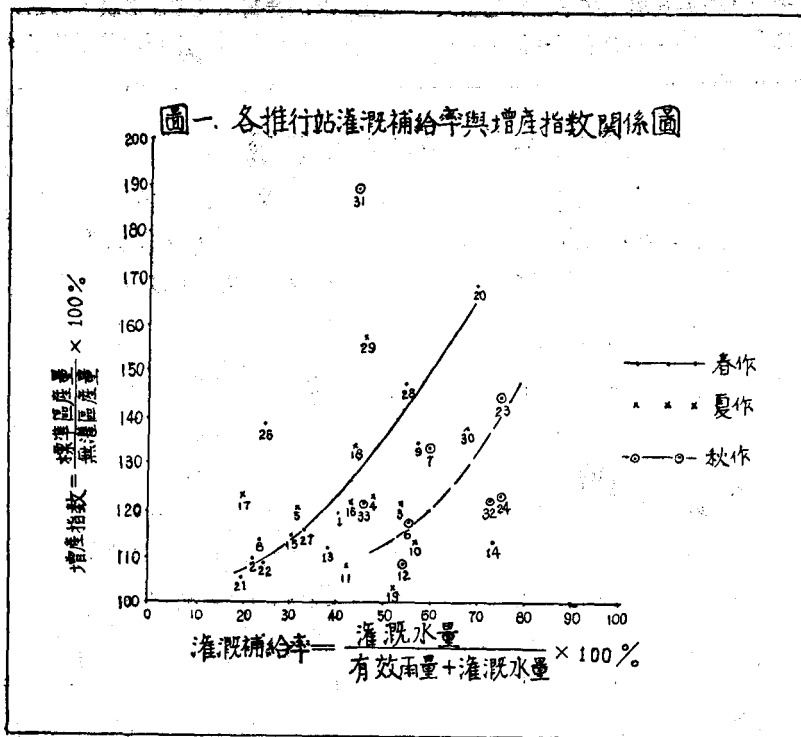
(5)有灌溉的輪作制度可以由原來的一年二作改變為一年三作。高雄水利會曹公圳灌區由於灌溉程序的安排增加冬季裏作灌溉一次，結果不但裏作物有灌溉的保障因而奠定裏作種植制度，提高廣大面積的複作指數，同時也由於後期稻作灌溉配水的改善，提高稻作單位面積產量。兩項改善結果每年產生總收益達二千萬元以上。

(6)早作需水量遠不如水稻多。雖然早作物出售單價不如稻米穩定，但就以盛產期市價估計每單位體積水量所產生的農業生產淨效益仍然頗高。表七列出各推行站經濟輪作方式與一般輪作方式年效益之比較，其中岡山站玉米、水稻、大豆輪作方式每單位水量純

效益約高出二期水稻方式之單位水量純效益4.7倍之多

表六 各推行站歷年來供試作物灌溉效果統計表

站別	季別	作物別	標準區				無灌區		指數	編號
			有效雨量 (公厘)	灌溉次數 (次)	灌溉用水量 (公厘)	單位面積 (公斤/公頃)	有效雨量 (公厘)	單位面積 (公升/公頃)		
石門	春作	高粱	258.6	3	171.9	6,786	187.6	5,714	119	1
		玉米	191.3	1	54.0	4,762	200.8	4,381	109	2
	夏作	宿根高粱	157.9	3	183.0	5,445	133.6	4,595	121	3
		甘藷	138.7	2	126.0	18,214	143.9	14,833	123	4
		大豆	294.9	2	90.0	2,002	317.3	1,666	120	5
秋作	甜菜	124.4	3	154.8	8,143	168.8	7,619	117	6	
	油菜	215.0	5	318.1	762	230.1	571	133	7	
苗栗	春作	玉米	133.9	1	40.0	4,273	165.9	3,878	113	8
		高粱	119.7	*	160.0	2,861	130.5	2,138	134	9
	夏作	玉米	76.6	2	100.0	4,258	65.4	3,295	113	10
		宿根高粱	56.6	1	40.8	3,968	56.2	3,680	108	11
秋作	甘藷	132.5	3	158.4	13,295	132.5	12,308	108	12	
彰化	春作	玉米	134.6	3	81.5	6,348	208.9	5,715	111	13
		高粱	64.6	3	174.0	4,700	111.0	3,620	113	14
		大豆	144.5	3	61.8	1,945	213.3	1,700	114	15
	夏作	瓜子	126.9	2	96.0	337	136.7	278	121	16
		大豆	159.5	1	40.0	2,095	159.5	1,708	123	17
秋作	甘藷	87.1	1	69.6	25,275	103.6	18,875	134	18	
	花生	101.2	4	110.0	2,494	102.8	2,420	103	19	
岡山	春作	大豆	68.6	2	154.2	3,678	115.9	2,182	168	20
		花生	358.1	2	87.4	2,179	357.6	2,067	105	21
		高粱	259.9	2	83.1	5,946	282.0	5,518	108	22
山	秋作	玉米	42.2	3	120.6	5,917	42.2	4,144	143	23
		甘藷	42.2	3	120.6	23,475	42.2	19,123	123	24
		大豆	0	3	120.0	2,384	0	989	241	25
瑞穗	春作	花生	159.6	1	50.4	2,130	173.7	1,580	138	26
		玉米	131.9	2	63.4	3,315	187.9	2,885	115	27
		高粱	72.6	2	86.4	3,665	87.3	2,485	147	28
	夏作	花生	133.0	3	114.8	2,265	165.0	1,443	157	29
大豆		94.5	3	195.0	1,800	146.4	1,300	138	30	
秋作	豌豆	68.9	2	54.0	625	108.5	486	189	31	
	甘藷	47.3	3	124.3	15,650	91.3	12,850	122	32	
	秋作	花生	88.9	3	71.3	737	90.0	610	121	33

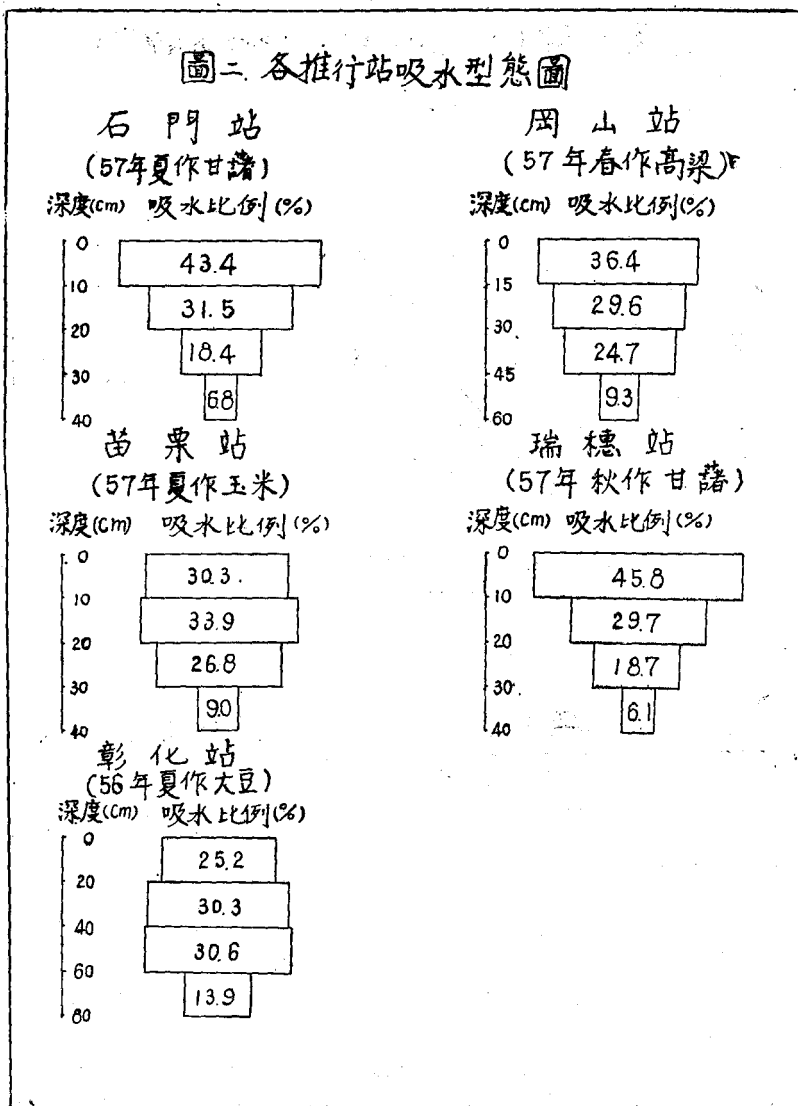


表七 各推行站經濟輪作方式與一般輪作方式年效益比較表

站別	輪作方式	年生產總值 元/公頃	年耕作成本 元/公頃	年純效益 元/公頃	總用水量 立方公尺/公頃	單位水量 純效益 元/立方公尺	
石門	經濟輪作	高粱—宿根高粱—油菜	46,449	31,906	14,543	6,730	2.2
	一般方式	水稻—水稻	24,842	28,207	-3365	45,606	
苗栗	經濟輪作	花生—西瓜—甘藷	40,209	25,386	14,823	4,507	3.3
	一般方式	西瓜—甘藷	19,200	12,150	7,070		
彰化	經濟輪作	玉米—甘藷—大豆	51,275	28,332	22,943	4,670	4.9
	一般方式	花生—甘藷	22,344	11,356	9,988		
岡山	經濟輪作	玉米—水稻—大豆	65,939	28,255	37,684	5,439	6.9
	一般方式	水稻—水稻	28,408	15,482	12,926	10,912	1.2
瑞穗	經濟輪作	高粱—花生—豌豆	39,340	13,741	25,599	3,996	6.4
	一般方式	花生—大豆	22,187	10,940	11,247		

(7)一般雜糧作物吸水型態在壤土深厚土層地區大約四〇、三〇、二〇、一〇、的標準型相似，在砂

土地區則變為比較細長形狀。圖二列舉推行站在田區生長盛期所測得吸水型之若干例子。



(8)本省現行最普遍的灌溉方法是地表灌溉，其中漫灌及溝灌法均已若干實驗資料。單就灌溉水的分布而言，漫灌遠較溝灌不經濟。同樣畦溝長度同樣畦溝灌溉亦因所用的流量不同而需要不同的灌溉水深。

(9)根據苗栗站試驗結果，砂質土壤地面帶有坡度地區地表灌溉的適用很受限制。坡度在一%以上無黏性砂土對任何畦溝流量皆無法避免溝底及側坡的冲刷，而不生冲刷的安全流量無法達到一〇公尺以上的畦長。

上述各節說明水利局辦理旱作灌溉推行計劃的概況與若干年來所獲得成果的要點。在基本上旱作灌溉是以水土與作物三者間有機關係為對象，所以無論那一項單純的結果都有錯綜複雜的問題等待繼續發掘與研究。在應用上它却受自然與社會環境的影響，發展與推廣甚受限制。筆者根據最近若干年來辦理旱作灌溉推行計劃所學習心得，就當前本省旱作灌溉業務推行所面臨的一項困難提出就教於各位先進，做為本報告的結語。

(1)旱作灌溉的意義和基本觀念：

四、結 語

旱作灌溉的意義可以分由下列三方面來加以敘述：

①在作物生育上的意義而言：

旱作灌溉如果適時適量的實施可以增加作物產量。對於幾年一次可能遭遇的旱年，召以防止減產。

②在農業經營上的意義來說：

i 旱作灌溉可以促進施肥效果，做為積極投資增產的基本條件。

ii 旱作灌溉可以控制作物生育時間，增加複作指數。

iii 旱作灌溉可使勞力的生產效果提高，可以從事集約栽培。

③在灌溉工程上的意義而言：

i 旱作灌溉是高度的灌溉技術，以研究輸水系統到田間作物根系吸收之間水的傳遞貯留與消耗等問題為對象，併同過去的水源及輸水工程技術成為灌溉技術的完整系列。

ii 灌溉用水量比起傳統的水田灌溉為少，所以在灌溉工程計劃設計上研究如何提高用水的經濟性，更加具有意義。

上述旱作灌溉的意義雖然從三方面加以敘述，可是在基本觀念上，其意義應該是整體的。本省農業的自然與社會環境特殊，單獨意義的旱作灌溉事業開發將伴同很多困難，甚至無法成立。要了解其中的困難，必先了解本省農業環境所造成的旱作灌溉特徵。

(2)本省旱作灌溉特徵：

本省旱作灌溉的特徵大體有下列五項：

①本省位居亞熱帶，深受海洋氣候的影響，氣溫高而雨水多。作物的灌溉必要性乃基於降雨分布之不均勻，和短暫乾旱期間因高溫而引起之凋萎。此種氣溫與雨量的影響只能使作物發生部分的減產或遭受偶然的旱災，但不至於變成無法耕種的程度。這是不

能單以作物生育上的意義推行旱作灌溉的原因之一。

②由於年降雨量高，雖然雨量分布不均勻，但是地下水以及表層土層中含有豐富的土壤水分，可以維持作物某一程度的生育，也減少作物對人工灌溉的依賴性。

③本省旱作栽培地區可有平地輪作田區與坡地旱田及砂丘地區之分，在技術上各有甚多困難問題。平地輪作田的旱作灌溉為本省所特殊，田間都已具有水田形狀與水田灌溉系統。田區區劃大多長而平坦，小給水路則無適當水頭，田間表土下面大多已形成不透水層，使表層土壤保水率比較以其機械組成所應有的保水率為大。此項特徵使農民難得接受在田間使用灌溉工具的觀念，也不容易提高灌溉效率。倘如單以灌溉工程上經濟用水的意義辦理旱作灌溉，則在輪作田區推廣的意義甚少。坡地旱田及砂丘地區農業比較落後，灌溉水源限制亦大，同時多半需要依賴動力抬高水頭，因此，若非種植經濟價值高的作物，配合經濟有效的灌溉系統，則旱作灌溉恐無法在此等地區實施。

④本省目前勞工工資比起歐美工業國家為低，對省力化旱作灌溉系統不如歐美國家之迫切。若不是從整個農業經營的觀點來講，則例如安全省力的噴灌的方式在本省無法適用。

⑤本省農村為小農制度，農民經營規模與資金都有限，加之旱作農產品價格無所保障，運銷制度不甚健全，使旱作灌溉的農業經營有很大的風險，影響旱作灌溉的推廣。

以上五點說明本省以單獨意義發展旱作灌溉事業之困難。要使三十萬公頃旱田能够充分發揮土地生產力，要使本省旱作農業有輝煌的發展，綜合技術改良是一種先決條件，而旱作灌溉的推廣只有在企業化農業經營，以整體的意義為基本觀念才有發展的前途。