

# 電子計算機計算旱作灌溉有效雨量方法之再研究及岡山地區旱作灌溉有效雨量之探討

## A Further Study on the Calculation and Estimation of Effective Rainfall for Upland Crops by use of Electronic Computer and the Effective Rainfall in Kang Shan Area

台大農工系副教授

曹 以 松

### Abstract

Effective rainfall is very useful index of irrigation in humid and subhumid regions. In last year, a method is suggested by the writer to calculate and estimate the effective rainfall by the use of electronic computer, and the effective rainfall in the Hou-lung area was used as an example.

In order to study the characteristics of effective rainfall in more detail and to make this method more practical, many new improvements are made in this study. The effective rainfall under an assumptive irrigation in Kang-shan area is calculated as it was in the report of last year for the Hou-lung area, however, the effective rainfall in the same area when no irrigation is provided is also calculated for comparison. At the same time, the degree of drouth, when no irrigation water is applied, is revealed as the number of days of which the soil moisture is below a certain level is counted for every month. The two levels used in this study are the permanent wilting point and the point where the soil moisture is equal to  $1/4$  available moisture of that particular soil.

The effective rainfall with irrigation and without irrigation are then compared, the effective rainfalls in Kang-shan area and in Hou-lung area are also compared. Finally, the calculated soil moisture and the actual measured soil moisture in the experimental station are put into a table for comparison.

### 一、前 言

旱作灌溉之有效雨量極為複雜，利用電子計算機加以估算，實為最理想之途徑，筆者去年曾以電子計算機估算後龍地區之旱作灌溉有效雨量，所得結果堪稱良好，（詳細方法及結果請參閱中國農業工程學報第十五卷第一、二期合刊「電子計算機計算旱作灌溉之有效雨量方法及後龍地區旱作灌溉有效雨量之探討」一文）。唯該文係就後龍地區之氣象環境而加以研究，不能代表整個臺灣。在臺灣其他地區之情形又屬如何？殊值得研究，又後龍地區位於北部除氣溫之相差外，其降雨之分佈型態亦與南部各地迥然不同，又前文中之灌溉為一假想的機動灌溉，即在土壤水分

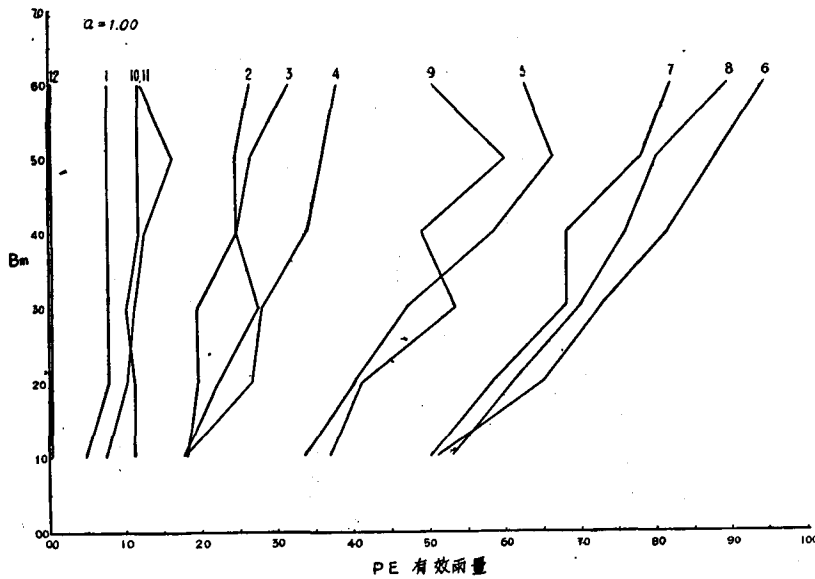
降至立即可用水分 (Readily available Moisture) 用盡時即自動加以灌溉，補足其水分至田間容水量，此種灌溉純屬理想，與目前本省各處實際使用之方法不同，因此實際上之有效雨量假想灌溉所得者必有差異，本研究因此選擇一南部地區較為乾旱而缺水之地區——岡山作為研究之對象，同時除用以前所用之方法，即在一種假想的灌溉情形下計算其有效雨量灌溉需水量及有效雨量率在外，並另行計算無灌溉情形下之有效雨量。比較在有灌溉與無灌溉二種情形之有效雨量。同時亦比較岡山地區與後龍地區之有效雨量與灌溉需水量，更進一步將計算所得之有效雨量，與實地試驗所得之結果相比較。因此對利用此種方法之計

算有效雨量之可靠性以及岡山地區之有效雨量，灌溉需水量可有充分之瞭解。

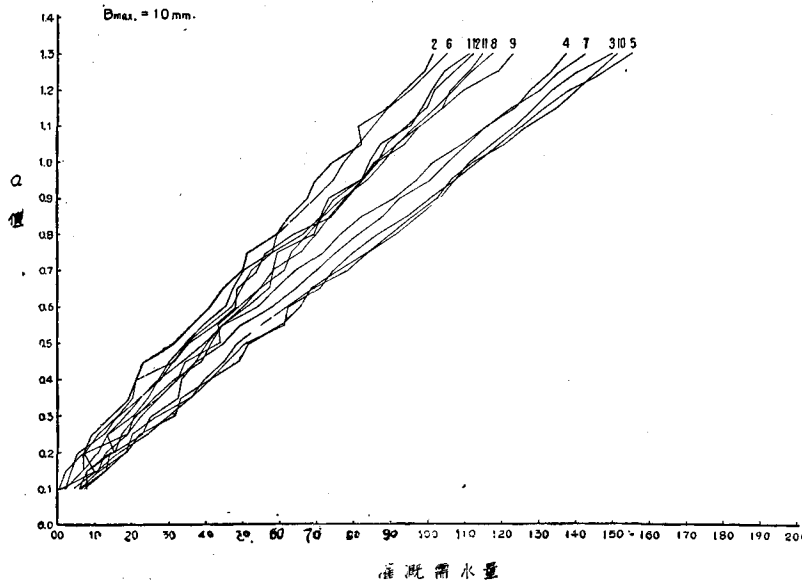
## 二、有灌溉時之有效雨量

有灌溉時之有效雨量依照如列表之計算方法，用電子計算機加以計算。過去在計算後龍地區之有效雨量時所用之電子計算機為 IBM 1620型，自民國五十九年元月起臺大電子計算機中心換用較大較新較速之 CDC 3150 型電子計算機，因此在電子計算機之程式

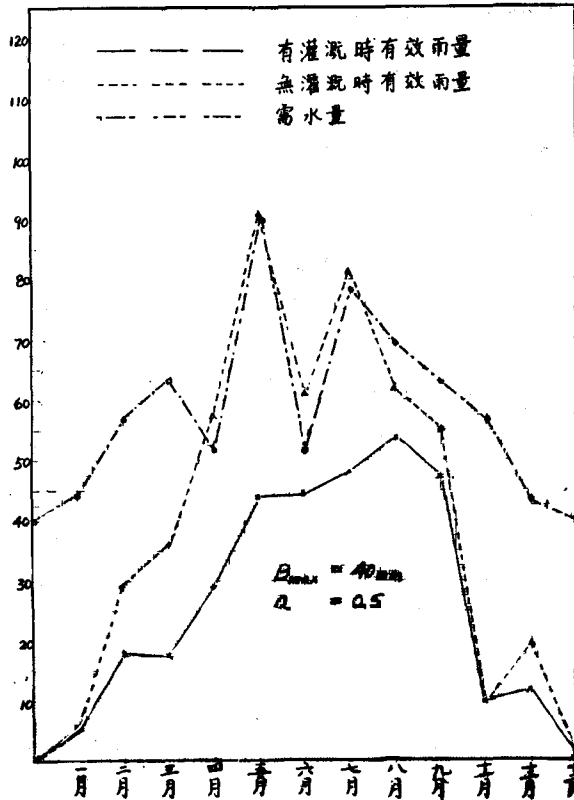
方面稍有改變，惟此種改變極為微小而不足道也。同時，因為去年計算後龍地區之有效雨量時，使用電子計算機之時間超過 108 小時，今年因必須繳付電子計算機租費，且岡山地區雨量及蒸發量之記錄達五年，較後龍地區多出一年，同時今年除計算有灌溉時之有效雨量，灌溉需水量及有效雨量率外，增加計算之項目有無灌溉時之有效雨量；有效雨量率；土壤水分在  $\frac{1}{2}$  立即可用水分以下之日數；土壤水分在永凋萎點以下之日數；土壤水分在  $\frac{1}{2}$  立即可用水分以下之最大連



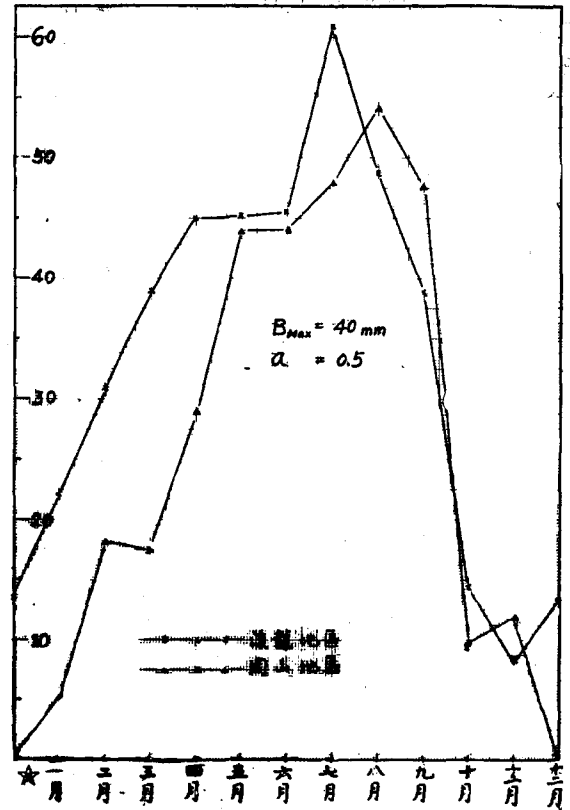
圖一 岡山地區旱作各月有效雨量與 $\alpha$ 值之關係



圖二 岡山地區旱作各月灌溉需水量與  $B_{max}$  之關係



圖三 岡山地區有灌溉及無灌溉時之有效雨量與作物需水量之比較



圖四 岡山地區與後龍地區有效雨量之比較

續日數；土壤水分在永久凋萎點下之最大連續日數等項。因此為節省電子計算機之使用時間起見，計算之  $B_{max}$  值僅計算 10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm, 60mm 等六種。

計算有灌溉時有效雨量之方法及電子計算機程序可參閱參考文獻(一)，無灌溉時之電子計算機流程則如表一所示，計算之結果則如附表一至三六所示，分別為一至十二月所算得之有效雨量，灌溉需水量及有效雨量率，因表格數量太多，在此每種僅選一張以為例子，如列表一至列表四。

列表一、岡山地區四月份有灌溉時之有效雨量，灌溉需水量及有效雨量率

有效雨量 mm						
$B_{max}$	10	20	30	40	50	60
0.10	11.46	15.55	14.78	18.72	16.71	22.47
0.15	9.18	15.56	13.93	13.64	24.05	25.62
0.20	13.17	17.04	18.81	20.50	23.57	24.66
0.25	12.24	16.10	23.91	24.16	27.28	33.62

0.30	15.13	16.49	25.45	24.70	29.14	24.81
0.35	11.87	17.38	16.56	30.00	32.85	40.89
0.40	12.99	19.87	20.67	31.57	27.97	34.04
0.45	16.23	22.87	26.81	26.44	40.30	45.06
0.50	16.64	19.15	26.95	28.95	32.27	40.02
0.55	16.10	22.31	27.70	31.50	31.33	29.01
0.60	15.12	25.88	27.52	31.29	29.74	41.40
0.65	13.47	18.64	25.16	31.81	34.40	36.76
0.70	15.90	19.76	30.56	33.42	37.77	32.47
0.75	17.70	18.84	30.98	40.56	39.82	40.85
0.80	17.46	19.83	34.12	32.75	37.11	43.24
0.85	15.16	22.06	33.20	32.28	39.45	31.29
0.90	16.57	24.52	32.47	32.68	45.40	50.03
0.95	15.43	23.91	31.81	34.58	39.75	45.09
1.00	17.83	26.36	27.90	33.36	36.14	37.90
1.05	18.95	25.10	31.43	54.85	40.68	51.59
1.10	18.51	29.41	31.47	40.89	42.62	40.55
1.15	18.44	25.21	30.81	42.71	42.55	42.31
1.20	19.08	25.19	23.78	36.02	43.53	50.04
1.25	19.72	25.99	32.25	44.34	48.47	50.24
1.30	20.36	25.34	34.12	29.11	47.75	47.75

灌溉需水量 mm

Bmax a	10	20	30	40	50	60
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	9.66	0.00	5.92	7.83	0.00	0.00
0.20	7.64	3.81	5.93	7.93	0.00	11.93
0.25	18.93	11.71	5.95	7.90	0.00	0.00
0.30	20.16	15.50	0.00	7.87	9.81	0.00
0.35	27.46	23.01	17.59	0.00	0.00	0.00
0.40	32.06	26.16	23.01	7.92	19.62	0.00
0.45	37.14	26.52	23.51	15.33	9.61	11.60
0.50	44.28	41.61	23.52	23.15	19.60	0.00
0.55	48.96	48.80	34.11	30.44	29.29	34.89
0.60	57.67	44.27	40.14	31.05	39.30	23.29
0.65	64.15	55.89	45.82	38.34	38.66	34.90
0.70	69.18	59.14	56.36	45.33	38.40	46.47
0.75	74.24	65.11	62.24	38.03	39.27	34.98
0.80	80.29	75.59	68.58	54.58	47.76	46.76
0.85	87.62	79.68	72.48	60.42	68.37	57.77
0.90	92.56	83.98	72.96	76.26	56.77	58.36
0.95	100.07	91.80	83.88	83.60	67.18	57.07
1.00	105.40	93.81	93.79	98.55	85.18	93.00
1.05	110.56	100.80	87.74	90.01	75.59	69.02
1.10	116.85	99.25	98.73	90.10	83.34	91.17
1.15	123.15	115.63	104.86	94.15	92.22	92.46
1.20	127.38	122.54	123.64	109.50	104.05	79.41
1.25	133.25	123.39	122.40	106.18	121.66	92.41
1.30	137.64	135.63	130.02	125.39	111.58	101.68

有效雨量率 %

Bmax a	10	20	30	40	50	60
0.10	26.28	37.81	43.20	41.48	32.44	58.29
0.15	22.54	35.33	26.91	32.92	60.79	55.35
0.20	26.12	36.78	37.46	39.89	54.74	44.82
0.25	21.70	29.37	50.32	41.12	54.02	68.21
0.30	29.01	30.77	57.00	41.43	44.05	54.64
0.35	27.88	31.94	28.77	71.02	72.66	78.22
0.40	27.78	36.38	38.51	73.68	64.19	76.71
0.45	33.92	46.54	52.03	60.27	69.07	72.54
0.50	31.41	31.97	57.31	60.26	55.03	82.57
0.55	34.90	36.55	48.15	66.14	67.71	61.47
0.60	32.30	50.99	50.91	62.63	54.71	66.70
0.65	27.76	37.11	47.68	65.07	58.28	75.81
0.70	31.26	46.97	58.35	68.99	52.58	54.60
0.75	36.15	36.13	54.17	77.63	75.81	78.37
0.80	33.86	36.93	63.86	61.25	72.92	77.14

0.85	31.67	48.47	52.69	56.83	61.46	52.20
0.90	34.83	46.58	54.76	56.15	73.05	85.84
0.95	33.84	45.35	57.71	66.48	73.66	86.38
1.00	39.51	49.11	51.67	72.53	74.54	64.77
1.05	39.13	44.26	68.59	72.72	68.96	93.12
1.10	39.02	60.94	67.75	69.81	76.04	81.12
1.15	38.60	50.65	68.71	85.70	78.12	67.24
1.20	39.81	53.81	42.67	73.21	84.69	88.32
1.25	41.01	55.53	51.99	75.62	87.92	83.35
1.30	42.22	55.49	58.30	53.35	80.51	80.51

列表二、岡山地區無灌溉時之有效雨量及有效雨量率

四月

PE (mm)

Bmax a	10	20	30	40	50	60
0.10	15.84	22.47	22.47	22.47	22.47	22.47
0.15	18.59	28.55	35.77	38.17	38.17	38.17
0.20	20.86	31.60	39.60	47.60	52.10	53.45
0.25	22.45	33.82	42.11	51.58	55.54	56.28
0.30	23.69	36.03	45.54	55.41	59.48	59.62
0.35	24.93	38.25	48.58	56.08	59.62	59.62
0.40	26.27	40.46	49.74	56.69	59.62	59.62
0.45	27.42	42.07	50.71	57.10	59.62	59.62
0.50	28.57	43.15	51.68	57.51	59.62	59.62
0.55	29.71	44.22	52.64	57.91	59.62	59.62
0.60	30.86	45.30	53.61	58.32	59.62	59.62
0.65	31.92	46.38	54.57	58.73	59.62	59.62
0.70	32.44	47.46	55.13	59.13	59.62	59.62
0.75	32.95	48.49	55.52	59.52	59.62	59.62
0.80	33.39	49.25	55.91	59.62	59.62	59.62
0.85	33.84	49.64	56.29	59.62	59.62	59.62
0.90	34.29	50.04	56.68	59.62	59.62	59.62
0.95	34.74	50.44	57.07	59.62	59.62	59.62
1.00	35.18	50.84	57.46	59.62	59.62	59.62
1.05	35.59	51.23	57.84	59.62	59.62	59.62
1.10	35.86	51.63	58.23	59.62	59.62	59.62
1.15	36.12	52.03	58.62	59.62	59.62	59.62
1.20	36.39	52.42	59.00	59.62	59.62	59.62
1.25	36.66	52.82	59.39	59.62	59.62	59.62
1.30	36.92	53.16	59.62	59.62	59.62	59.62

		EFF (%)					
a	Bmax	10	20	30	40	50	60
	0.10	39.08	58.29	58.29	58.29	58.29	58.29
0.15	43.63	63.89	69.97	72.97	72.97	72.97	72.97
0.20	47.64	67.54	73.89	80.23	85.40	87.08	87.08
0.25	50.05	70.92	77.93	87.69	91.36	92.29	92.29
0.30	51.52	74.30	84.12	94.80	99.82	100.00	100.00
0.35	52.99	77.67	89.40	95.58	100.00	100.00	100.00
0.40	54.49	81.05	90.34	96.33	100.00	100.00	100.00
0.45	55.75	83.21	91.04	96.85	100.00	100.00	100.00
0.50	57.01	84.17	91.74	97.36	100.00	100.00	100.00
0.55	50.26	85.13	92.44	97.87	100.00	100.00	100.00
0.60	59.52	86.09	93.13	98.37	100.00	100.00	100.00

0.65	60.72	87.04	93.83	98.88	100.00	100.00
0.70	61.48	88.00	94.39	99.39	100.00	100.00
0.75	62.22	88.85	94.87	99.88	100.00	100.00
0.80	62.94	89.46	95.36	100.00	100.00	100.00
0.85	63.66	89.95	95.84	100.00	100.00	100.00
0.90	64.38	90.44	96.33	100.00	100.00	100.00
0.95	65.10	90.93	96.81	100.00	100.00	100.00
1.00	45.82	91.41	97.29	100.00	100.00	100.00
1.05	66.53	91.90	97.78	100.00	100.00	100.00
1.10	67.19	92.39	98.26	100.00	100.00	100.00
1.15	67.84	92.87	98.75	100.00	100.00	100.00
1.20	68.50	93.36	99.23	100.00	100.00	100.00
1.25	69.16	93.85	99.71	100.00	100.00	100.00
1.30	69.82	94.26	100.00	100.00	100.00	100.00

### 三、岡山地區與後龍地區之有灌溉時之有效雨量比較

二地區有效雨量之比較可自下表得其大概。如選定  $B_{max}=40mm$ ， $a=0.5$ 時之有效雨量加以比較則得：

月份		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	總計
地	區	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	
岡	山	5.3	18.2	17.6	29.0	44.1	44.3	48.0	54.0	47.5	9.9	11.9	0.36	330.2
後	龍	21.9	31.0	38.9	45.0	45.1	45.5	61.1	48.8	38.8	14.3	8.2	13.9	412.5

若將其有效雨量率加以比較則得

月份		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	
地	區	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	
岡	山	100	44.0	25.2	60.3	34.6	9.37	29.6	12.3	55.3	54.8	59.5	100	
後	龍	65.3	49.6	46.5	35.5	20.8	18.8	79.8	24.0	77.0	78.9	95.8	66.2	

由以上之二表，可知後龍地區之有效雨量極有規律以十一月份之  $8.2mm$  為最低然後逐月增加至七月之  $61.1mm$  為最高，有效雨量除十至一月等四月外其餘各月均在  $30mm$  以上，自三月至九月共七個月，每月有效雨量均在  $38mm$  以上。即最低之十一月有效雨量亦在  $8mm$  以上。

岡山地區之有效雨量亦頗有規律，最低為十二月，該月之有效雨量實際上為零。以後逐月增加（唯三月較二月略低）至八月之  $54mm$  為最高，以後又逐月降低（唯十一月較十月反略高）。其中有效雨量在  $30mm$  以上之月份僅為五月至九月等五個月，實際上此五個月之有效雨量每月俱在  $44mm$  以上。可見岡山地區乾季及雨季極為分明，有效雨量集中於此五個月，計佔全年總有效雨量之三分之二強，一月與十二

月幾無有效雨量可言。

比較此二地區有效雨量之情形，可知後龍地區之有效雨量較為平均，大致而言每月之有效雨量均較岡山地區為高（八、九及十一月三月例外）。年總有效雨量後龍地區亦較岡山地區高出  $82.3mm$ ，約合岡山地區年總有效雨量之百分之25。

### 四、岡山地區旱作灌溉需水量與後龍地區之比較

南部地區氣候較為炎熱，因此作物之用水量必較北部為高，今岡山地區之有效雨量既較後龍地區為少，則旱作之灌溉需水量自然應較後龍地區為多。現將此次計算之結果，與後龍者相比較。（仍採用  $B_{max}=40$   $a=0.5$  時之值）而得下表。

月份		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
地區		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
岡	山	39.3	39.0	45.9	23.1	46.6	7.8	30.5	15.8	15.8	47.1	31.4	39.5
後	龍	0	9.7	0	0	29.1	0	37.3	28.6	29.5	48.3	38.8	29.4

由上表可知後龍地區之上半年除五月份外均可毋須灌溉，下半年之各月與五月份，除十月外，所需之灌溉均不足一次(40mm)。反觀岡山地區則全年均須灌溉，除四月六月八月與九月等四月灌溉需水量不足一次灌溉外，其餘各月所需灌溉均在一次上下，以總灌溉需水量而論，岡山地區為 366.0mm 而後龍地區

則為 250.7mm，二者相差 115.3mm。亦即岡山地區之灌溉需水量較後龍地區多45%。

### 五、岡山及後龍兩地區旱作田間需水量之比較

如仍以  $B_{max}=40mm$  及  $a=0.5$  時之情形作為比較，則後龍與岡山地區之田間需水量如下表所示：

月份		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
地區		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
岡	山	44.6	57.2	63.5	52.1	90.7	52.1	78.5	69.8	63.3	57.0	43.3	40.0
後	龍	21.9	40.7	38.9	45.0	74.2	45.5	98.4	77.4	68.3	62.6	47.2	43.3

從上表可見一頗為奇怪之現象即上半年各月中，岡山地區之田間需水量大以後龍地區之田間需水量，而在下半年之各月中則後龍地區之田間需水量大於岡山地區之田間需水量，此種情形並無一月例外，殊堪驚異也。又其一年內各月田間需水量之總和，岡山地區為 696.2mm，後龍地區則為 663.2，相差僅 33mm。以二地區氣溫之差別而言，殊為不多也。

### 六、岡山地區有灌溉與無灌溉時有效雨量之比較

在無灌溉之情形下之有效雨量應較有灌溉時之有效雨量為大。現仍以  $B_{max}=40mm$ ， $a=0.5$  時為例加以比較，下表即為二種情形下有效雨量之比較：

月份		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	總計
情形		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	
有	灌溉	5.3	18.2	17.6	29.0	44.1	44.3	48.0	54.0	47.5	9.9	11.9	0.36	330.2
無	灌溉	5.3	29.5	36.3	57.5	90.9	61.1	81.6	61.9	55.4	9.9	19.6	0.36	489.8

由上表可見在無灌溉之情形下，除少數雨量稀少之月份外，一般有效雨量較有灌溉時高出甚多，在雨量較高而非雨量極豐之月份如五月，此種情形尤為顯著。以一年內總有效雨量而論，在無灌溉時較有灌溉

時要多出 159.6mm，相當於有灌溉時之 48.5% 或全年田間需水量之 22.8% 不可謂不多也。以有效雨量率之比較而言，則如下表所示：

月份		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
有無灌溉		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
有		100	44.0	25.2	60.3	34.6	9.37	29.6	12.3	55.3	54.8	59.5	100
無		100	80.0	65.8	97.4	54.0	16.2	37.9	14.6	66.1	54.8	93.1	100

例表三、岡山地區無灌溉時土壤乾旱之情形及程度(四月份)

土壤水分在永久凋萎點或以下之日數															
a	B <sub>max</sub>	10	20	30	40	50	60	0.20	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	1.8
	0.10	2.4	2.4	0	0	0	0	0.25	4.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
0.15	3.2	3.2	3.2	2.6	0	0	0.30	7.4	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	
							0.35	9.2	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	
							0.40	10.4	4.2	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	
							0.45	11.8	5.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	
							0.50	12.4	6.8	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	

0.55	14.0	8.0	6.2	5.8	5.8	5.8	0.50	16.8	11.6	10.2	11.2	12.8	14.6
0.60	15.4	9.2	7.2	6.4	6.4	6.4	0.55	18.0	12.6	11.6	12.4	13.4	15.8
0.65	16.2	10.2	8.0	6.8	6.8	6.8	0.60	18.4	14.4	12.8	13.4	14.4	17.0
0.70	17.0	11.2	8.6	7.6	7.2	7.2	0.65	19.4	15.6	14.2	15.0	15.4	17.2
0.75	17.8	12.2	10.0	9.0	8.2	8.2	0.70	19.8	16.2	15.6	16.0	16.8	17.6
0.80	18.0	13.4	11.2	10.2	9.2	9.2	0.75	20.2	17.2	16.6	16.8	17.6	17.8
0.85	18.8	14.0	12.2	11.2	10.4	10.0	0.80	21.0	18.0	17.2	17.6	18.6	18.6
0.90	19.2	15.0	13.2	12.2	11.4	10.8	0.85	21.4	18.6	18.0	18.8	18.8	18.8
0.95	19.8	15.4	13.8	12.6	11.8	11.0	0.90	22.2	19.2	18.6	19.0	19.2	19.2
1.00	20.2	15.2	14.6	13.6	12.6	12.0	0.95	22.8	19.6	19.0	19.8	19.6	19.6
1.05	21.0	16.6	14.8	14.0	13.0	12.4	1.00	22.8	20.4	19.6	20.4	20.2	20.2
1.10	21.2	17.0	15.4	14.4	13.6	13.0	1.05	23.2	21.0	20.2	20.6	21.2	20.8
1.15	21.4	18.0	16.2	15.4	14.6	14.0	1.10	23.2	21.2	20.6	21.0	21.4	21.4
1.20	22.2	18.2	16.4	15.6	14.8	14.2	1.15	23.8	21.8	21.2	21.6	21.6	21.8
1.25	22.4	18.4	16.8	16.0	15.2	14.6	1.20	21.0	22.2	21.2	21.8	22.4	22.6
1.30	22.4	19.0	17.0	16.2	15.6	14.8	1.25	24.4	22.2	21.6	22.6	22.8	23.0
							1.30	24.4	22.8	22.4	22.8	23.0	23.2

土壤水分在 $\frac{1}{2}$ 立即可用水分以下之日數

Bmax a	10	20	30	40	50	60
0.10	4.0	4.0	3.4	0	0	0
0.15	4.2	5.2	5.2	5.2	3.4	1.0
0.20	6.6	5.2	5.2	5.6	5.2	5.8
0.25	9.6	5.2	5.2	5.6	5.8	7.2
0.30	11.6	5.2	5.2	5.8	6.4	8.0
0.35	13.0	6.4	5.4	6.8	7.8	8.4
0.40	14.0	8.4	7.0	9.0	11.4	10.6
0.45	15.8	10.0	8.4	10.4	12.2	14.2

由上表可知有效雨量率在無灌溉之情形下遠較有灌溉時為高。

### 七、岡山地區有效雨量與田間需水量之比值

岡山地區有效雨量之情形既如前述，但在有灌溉時之有效雨量佔田間需水量之百分比為若干？在無灌溉時，僅憑有效雨量能否充分供應作物所需之水分？現仍以  $B_{max}=40$   $a=0.5$  時為例，加以比較：

有效雨量與田間需水量之比	月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	總計
有灌溉時	月	11.8	31.6	27.8	54.6	48.8	84.8	61.1	77.5	75.0	17.4	27.4	0.9	47.5
無灌溉時	月	11.8	51.5	57.2	63.5	100	117	104	89.9	87.5	17.4	45.2	0.9	70.2

(單位：百分比)

由上表可知除五月，六月，七月等三月降雨足敷作物用水之需求外，六月及七月除足應付田間需水量外，尚有數餘以增加土壤中水份，其餘各月仍必須依賴灌溉水之補給，現再觀各月缺水之情況（仍以

$B_{max}=40$ ， $a=0.5$  時為例）。各月土壤水分在  $-\frac{1}{2}B_{max}$  以下及永久凋萎點 ( $-B_{max}$ ) 以下之日數如下表所示：

土壤水分缺水情形	月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	總計
在 $-\frac{1}{2}B_{max}$ 以下日數	月	31	24.4	23.8	11.2	12	0.8	3.0	0.8	1.6	8.4	23.8	26	166.8
在永久凋萎點以下日數	月	27.4	17.8	16.4	5.2	3.8	0.6	0.8	0	0	2.8	14.6	24.4	113.8

由上表可知岡山地區缺水之情形殊為十分嚴重，在一年三百六十五日中有一百六十七天，土壤水分小於  $-\frac{1}{2}B_{max}$ ，而其中又有一百十四日土壤水分等於

永久凋萎點或在永久凋萎點以下，尤其一月份全部31日土壤水分均在  $-\frac{1}{2}B_{max}$  以下，其中在永久凋萎點以下之日數為二十七天。如  $B_{max}$  小於 40mm 或

時於 0.5 時此種情形為嚴重由此可見岡山地區之旱作灌溉已接近絕對灌溉而非單純之補充灌溉矣。

### 八、利用本法計算之岡山地區有效雨量與水利局實際田間測算所得結果相比較

應用本法電子計算機所得之結果，以水利局岡山旱作灌溉試驗站之實地資料代入，加以計算而得之各次旱作之有效雨量，與水利局在該站實地測算所得之結果相比較。其情形如附表所示。可見計算所得與水利局實地測算所得之結果極為接近。其中五十六年春植玉米與五十六年春植高粱所得之結果差異較大，但在此二次旱作中，水利局之七種方法，即 A<sub>1</sub>，A<sub>2</sub>，A<sub>3</sub>，A<sub>4</sub>，B，C，及 D 等七種不同之處理間，本身

法所得之結果，惟年春植高粱本即有甚大之差異。56 屬水利局所得各值之中間，似甚合理，而五十六年春植玉米則利用本法所得之結果較為偏高。

### 九、利用本法計算所得之岡山地區灌溉需水量與水利局實際田間測算結果相比較

利用本法計算所得之岡山地區灌溉需水量與水利局各種方法實際在田間測算所得之結果如附表所示。由此表下各種方法結果之比較，可知利用本法計算所得之灌溉需水量較水利局各法所算之結果為大。其中尤以五十五年秋植甘藷及五十六年春植玉米二作相差更多，此種情形部份想係因地下水補給水分之關係，尚待深入研究。

例表四、岡山推行站實測土壤水分與用本法計算所得土壤水分之比較

年 月 日	降 雨 量 (mm)	蒸 發 量 (mm)	a 值	作用 物水 量 (mm)	剩餘 灌溉 水量 (mm)	有 效 雨 量 (mm)	灌 溉 水 量 (mm)	實 際 灌 溉 水 量 (mm)	土壤實測水分		計算土壤水分 與實測值之差		備 註	
									張力計	烘乾法	張力計	烘乾法		
56. 11. 1		4.2	0.40	1.68	22.60									
2		3.8	0.40	1.52	21.08									
3		3.8	0.40	1.52	19.56									
4	4.3	3.3	0.40	1.32	22.54	4.30								
5	11.1	1.4	0.40	0.56	33.08	11.10								
6		1.7	0.40	0.68	32.40									
7		3.5	0.40	1.40	31.00				38.8	46.8	-7.80	-15.80		
8		3.2	0.575	1.84	29.16									
9		3.8	0.575	2.18	26.98									
10		3.5	0.575	2.10	24.88									
11		2.5	0.575	1.44	23.44									
12		3.8	0.575	2.18	21.26				20.8	39.6	+0.46	-18.34		
13		3.4	0.575	1.95	20.31									
14		3.7	0.575	2.12	18.19									
15		3.0	0.575	1.73	16.46									
16		2.9	0.575	1.67	14.79									
17		3.0	0.575	1.73	13.06				14.4	36.0	-1.34	-22.94		
18	0.5	3.0	0.575	1.73	11.83	0.50								
19		2.4	0.575	1.38	10.45									
20		4.2	0.725	3.05	7.40									
21		2.7	0.725	1.96	5.44				10.4	22.9	-4.96	-17.46		
22		3.3	0.725	2.39	3.05			20.60						
23		3.0	0.725	2.18	0.87				45.2	55.7	-44.33	-54.83		
24		3.1	0.725	2.25	38.02		40.00							
25		2.7	0.725	1.96	36.16									
26		3.6	0.725	2.61	34.05									
27		3.3	0.725	2.39	31.46									
28		3.8	0.725	2.76	28.70									
29		3.8	0.725	2.76	25.94									
30		2.2	0.725	1.60	24.34				18.4	25.4	+5.94	-1.06		



## 十、結 論

本研究之目的，不但在計算岡山地區之有效雨量及灌溉需水量，同時，並將利用電子計算機以計算旱作灌溉有效雨量之方法，作進一步的改善。在考慮有灌溉之情形以外，復對無雨量情形下之有效雨量，有效雨量率及缺水日數加以研究。在實用上之價值因此益臻重大，將來在岡山地區之灌溉管理，阿公店水庫之運行均宜參考此一方法而加以改善，對於此一地區水資源之加強利用當有相當之神益也。

## 十一、後 記

本研究之經費係得農復會及水利局輪灌小組之補助，又承陳維龍先生林國綱先生之協助，始得完成，謹於此誌謝。

## 十二、參考文獻

- (一) 曹以松，「電子計算機計算旱作灌溉之有效雨量之方法及後龍地區旱作灌溉有效雨量之探討」中國農業工程學報第十五卷第一二期合刊本，民國五十八年六月一日。
- (二) 秦立德，「有效雨量研究」農業工程學報叢刊第一號民國五十五年十一月十二日。
- (三) 曹以松，「旱作灌溉之有效雨量」農業工程學報第十二卷

第一期，民國五十五年三月一日。

- (四) 臺灣省水利局，作物灌溉試驗紀錄，五十九年。
- (五) Jean-Marie Pouzoulet. "The Determination of Water Requirements of Crops" Trans. 7th Congress of International Commission on Irrigation and Drainage. 1969
- (六) Enrique Palacios Velez "Estimate of Consumptive use of water based on evaporation data in a Class A evaporation Pan" Trans. 7th Congress ICID, 1969.
- (七) W.A. Hall and W.S. Butcher "Optimale Timing of Irrigation" Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 94, No. 2, June 1968.
- (八) D. M. Hershfield "Effective Rainfall and Irrigation Water Requirement" Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, June 1964.
- (九) Zdenek Kos, "Simulation Models of Water supply for for Irrigation in Water Resources Systems" ICID Bulletin, Jan. 1970.
- (十) P. Rogers and D. V. Smith "An Algorithm for Irrigation Pnroject Plannig" ICID Bulletin, Jan. 1970

# 承包土木、水利、建築工程

## 新 星 記 營 造 廠

總經理 王 興 仁

地 址：臺北市新生北路二段一五巷三號

電 話：五 四 三 三 三 四