

田作物의 灌溉法에 關한 比較研究 (I)

A Comparison Study on Irrigation Methods for Upland Crops (I)

劉	漢	烈
Han	Yeol	Ryu
高	在	君
Chae	Koon	Koh

Summary

In this experiment furrow and fixed nozzle methods in irrigating chinese cabbages were compared on the grounds of yields and amounts of irrigation water. A simple electric device was used to measure soil moisture contents.

As a result, the following items were derived :

- 1) A slight significance was observed between the yield produced at the furrow irrigation test plot and that at the sprinkler irrigation plot.
- 2) The ratio of the amount of irrigation water applied at the furrow irrigation plot to that at the sprinkler irrigation plot was approximately 2.7 : 1.

I. 序 論

灌溉는 植物成長에 있어서 必要한 水分을 土壤에 人工의이고 조직적으로 供給하는 것이다. 灌溉는 지금까지 畚作에 對해서만 計劃하고 또 實行하여 왔었다. 生活樣式의 變化와 農業技術의 發展으로 영양분이 많은 作物을 栽培하게 되고 또 必要에 따라 人工의인 施設에 의하여 栽培하기에 이르렀다. 따라서 灌溉는 畚作뿐만 아니라 田作에 있어서도 重要視하게 되었다. 또 우리들은 山間地를 開墾하여 耕作面積을 넓혀 왔으나 大部分의 경우는 그 利用率이 效果的이 못 된다. 耕作地가 있다고 하여 作物이 잘 자랄 수 있는 것은 아니며 作物의 品種, 肥料, 土壤의 肥沃度等 여러가지 要因이 가추어지야 하나 무엇보다도 作物의 生育期間에 있어서 물의 供給이 重要한 問題이다. 우리나라의 年平均 降雨量은 約 1,200mm 이지만 作物이 利用할 수 있는 量은 極히 적으며 1968년과 같은 旱魃이 있을 때는 거의 全滅狀態가 되는 것이다.

이러한 때에 우리에게 주어지는 큰 문제는 새로

운 貯水池의 築造나 地下水의 開發에 의하여 물의 供給源을 찾는 것과 效率的인 물의 管理에 있게 된다. 旱魃期間이라 하여 必要하고 그렇지 않다고 하여 不必要한 것은 아니다. 같은 水量으로 灌溉面積을 넓힐 수도 있고 作物이 必要한 때에 알맞는 量을 供給하자는 것이 灌溉의 目的이다. 그러므로 田作에 있어 農家に 收益性이 높은 特殊作物을 栽培하려면 品質이 좋은 商品을 만들어야 하므로 自然에 順應하는 것 보다 自然의 條件을 改善利用하는 새로운 技術을 研究普及하여야 마땅할 것이다. 外國에 있어서는 여러가지 方法의 灌溉에 對한 技術과 施設이 研究發達되어 있다. 그러나 우리나라에 있어서는 아직 機械化의 段階에 들어 서지 못 하고 있는 實情이다. 河川에 가까운 곳에서는 양수기로 물을 퍼서 灌溉하고, 또 貯水池의 惠澤을 입거나 하여 一部地域에서만 田作物에도 灌溉를 한다. 그러나 傾斜地에서나 水分을 長期間 保有하지 못하는 地域은 새로운 灌溉方法을 강구하여야 할 것이다.

灌溉方法에 있어서는 越流灌溉(Flooding irrigation) 고랑灌溉(Furrow irrigation), 地下灌溉(Sub irrigation), 撒水灌溉(Sprinkler irrigation), 등으로 나눌 수 있다. 이들 각 方法은 또한 土壤의 種類, 地形의 狀態, 물의 供給 可能性, 作物의 種類와 地域의 習慣 등에 따라 變化를 가지게 된다. 越流灌溉, 고랑灌溉나 地下灌溉는 地方과 地形의 條件에 따라서 그 中 어느 方法을 쓸 것인가가 정해지며 比較的 손쉽게 할 수 있는 方法들이다. 그러나 撒水灌溉는 前者들에 比하여 施設費가 相當히 많이 드나 作物이 必要로 하는 물을 根域에만 供給을 計劃하므로 不必要한 물을 最少限으로 주릴 수 있으며 土地의 利用面積을 넓힐 수 있을 뿐 아니라 動力과 勞動力을 감소시킬 수 있다. 물을 作物의 根域에만 供給하는 것은 물을 節約할 뿐 아니라 作物生育에 있어

※ 筆者 劉漢烈 : 서울大學校 農科大學
高在君 : 서울大學校 農科大學

뿌리에 被害를 적게 주므로 成長을 促進하게 된다.

이러한 撒水灌溉法은 1900年頃에 始作되었으며 初期에는 잔디栽培에 使用되었으나 조금씩 發展해 오다가 第2次大戰以後에 급격한 發展을 이룩하였다. 撒水灌溉法에서 쓰는 裝置는 Perforated pipe, Fixed nozzle attached to pipe, Rotating-head sprinkler와 Fixed-head sprinkler 로 나누어진다.

本試驗에서는 作物生育期間에 降雨量이 적절하지 못한 우리나라의 氣候條件下에서 作物의 被害를 最少限으로 줄이고 農民의 부담을 적게 하면서 地形에 따른 多樣的인 利用을 考慮하여 作物에 對한 물 供給에 대하여 適切한 方案을 세우고져 基礎的인 比較試驗을 하였다. 따라서 우리나라에서 主로 使用하고 있는 灌溉法인 고랑灌溉와 管에 노즐 (Nozzle) 을 붙인 撒水器에 依한 撒水灌溉와 의 作物收穫量比較, 灌溉水量的 比較 및 撒水器의 經濟性을 比較하는데 目的이 있다.

II. 材料 및 試驗方法

- 1) 品種: 배추 新佛岩 3號 (단생종)
- 2) 播種日: 1968年 8月 12日
- 3) 試驗區: 各 試驗區는 10m 평방으로 하였으며 區와 區사이는 비닐로써 깊이 80cm로 묻어 外部로 물의 流出 또는 流入되는 것을 막았다. 各 區內에 배추를 심는 두럭의 폭을 85cm로 하여 7두럭을 만들었고 各 두럭에는 60cm 간격으로 從橫列로 배추의 씨앗을 點播하였다. (그림-1 참조)
- 4) 處理: 本 試驗에서는 撒水灌溉區와 高랑灌溉區로 區分하여 各各 3反覆으로 하였다.

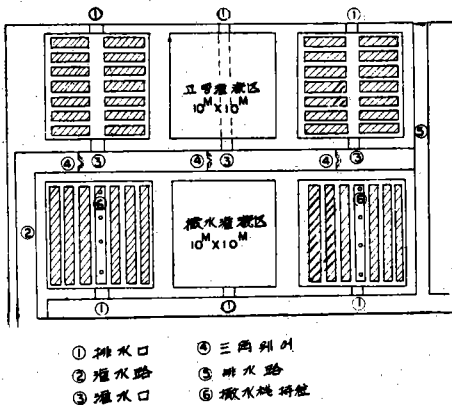


그림-1 試驗區 配置圖

5) 灌溉方法

1. 撒水灌溉區에서는 노즐 撒水器를 만들어 撒水를 하였다. 撒水器는 1m 간격으로 3/4인치 主管에 노즐을 부착하였으며 撒水時에는 主管을 1.0m되는 支柱위에 언저놓고 노즐의 회전각도를 水平에 對하여 45°~135° (90°)로 手動式方法에 依하여 조정하도록 하였다. 여기서 支柱는 試驗區의 中央地點에 直線으로 세웠고 또 水源은 一般用 수도물을 使用하였으며 고무호스를 통하여 主管으로 유도되었다. 主管의 첫머리에 수도용 량수계 (量水計)를 연결하여 使用된 水量을 읽게 하였다. 또 노즐은 물의 分撒을 조정할 수 있는 것으로 되어있다. (그림-2 참조)

2. 高랑灌溉區는 一般的으로 많이 使用되는 三角堰 (weir)로써 水量을 測定하였으며 堰을 통하여 물을 흘려 보낼때 初期에는 流量이 一定치 않으므로 流量이 一定할 때를 기다렸다가 一定하게 된 후에 試驗區에 들어가게 하였으며 이때의 水深을 測定하여 流量을 計算하였다. (그림-3 참조)

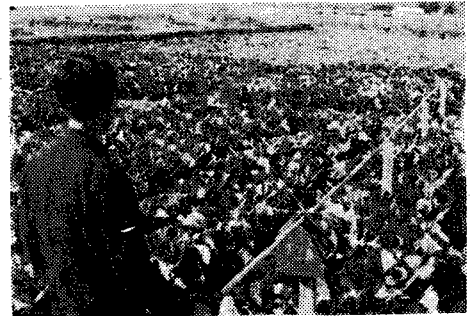


그림-2. 撒水灌溉區 全影



그림-3. 高랑 灌溉區 全影

6) 土壤分析

土壤은 全試驗區에서 任意의 4個地點에서 採取

하여 物理的, 化學的인 方法으로 分析하였다. 다음은 그 結果이다.

表-1. 土壤의 化學分析

成分 試料No	PH	OM. (%)	K (me/100g)	P ₂ O ₅ (P.P.M.)
1	5.2	4.12	0.10	98
2	5.1	4.06	0.10	95
3	5.3	3.98	0.09	96
4	5.2	3.86	0.09	95
平均	5.2	4.00	0.095	96

表-2. 土壤粒子分布表

試料No	粒子크기 (mm)									
	2.0	1.0	0.50	0.25	0.2	0.10	0.05	0.02	0.002	
1	100.97.7	93.382.7	80.563.7	53.040.3	12.9					
2	100.97.7	93.482.8	80.463.9	52.241.8	12.9					
3	100.98.0	93.882.8	80.564.6	53.341.9	14.5					
4	100.98.0	93.883.8	81.466.5	55.843.3	14.5					

위의 表-1과 表-2에서 보아 이 土壤은 loam 으로 약간의 酸性을 나타내었다.

7) 施肥量 및 其他

表-3. 施肥量表

肥料種類	요소	중과석	염화加里	퇴비
區分				
가비추비	10kg	10kg	10kg	50kg
추비	10kg			
추비	10kg			

퇴비는 닭똥으로 하였으며 추비는 葉面施肥를 포함 한 것이다

表-4. 게이지 讀値와 土壤含水量

회수	土壤含水量	게이지 讀値	30.37	21.32	24.68	24.63	27.66	20.69	26.54	26.99	28.14
1회	게이지 讀値	2.6	3.6	4.0	3.8	3.2	2.2	3.0	3.6	2.8	
2회	土壤含水量	29.30	29.94	33.90	37.55	32.46	37.98	36.91	36.93	33.66	
2회	게이지 讀値	3.2	2.7	1.8	1.2	2.4	0.8	1.4	1.0	1.6	
3회	土壤含水量	25.49	26.44	26.84	25.19	27.94	26.25	24.38	24.77	27.60	
3회	게이지 讀値	3.0	3.2	2.8	4.6	3.1	3.0	4.0	3.2	2.8	
4회	土壤含水量	27.91	25.10	26.88	39.81	33.47	31.15	29.73	31.29	33.05	
4회	게이지 讀値	3.6	4.4	3.8	3.0	2.2	2.7	2.9	2.7	2.0	

推肥에는 뇨소 0.5% 수용액을 葉面施肥한 것을 包含하였다. 그리고 藥劑는 一般的으로 使用하는 다이메크론을 썼다.

III. 試驗結果 및 考察

1) 土壤水分調査

土壤水分은 電氣回路를 利用한 간단한 土壤水分測定器를 製作하여 썼으며 그 測定器의 讀値와 土壤水分量과의 關係는 表-4에 있다. 測定器는 그림-4에서 보는 바와같이 손잡이, 자눈, 구리판, 건전지, 음(ohm)메타로 構成되어 있으며 作動은 전기 회로의 스위치를 넣은 다음 測定하고자 하는 곳에 알고져 하는 깊이 만큼 자눈에 일치하도록 구리판을 土壤中에 삽입하면 이때 음메타에 나타난 數値를 읽도록 되어있다. 이 讀値가 곧 土壤의 含水量을 나타내는 것이 아니므로 같은 土壤에 있어서 土壤水分變化에 따라 음메타의 讀値와 그때의 試料를 여러번 取하여 讀値와 土壤의 含水量과의 關係를 얻는다. 이 關係式은 최소자승법에 依하여 얻었으며 이것은 本試驗區內의 土壤에 있어서만 적용되는 式이 된다. 따라서 任意의 地點에서도 讀値만 알면 含水量을 알수 있게 된다. (그림-5 참조) 表-4는 4회에 걸친 測定讀値와 土壤含水量과의 關係를 나타낸 값이다.



그림-4 土壤水分測定器 使用 光景

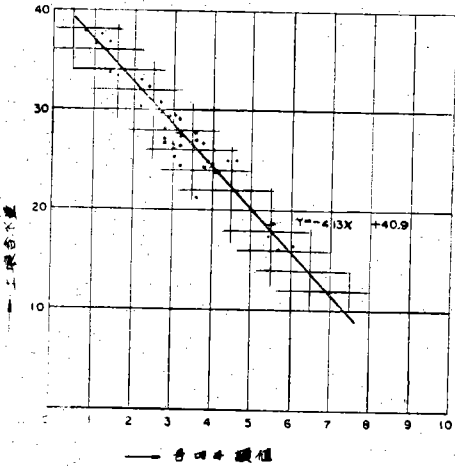


그림-5 음메타 讀值와 土壤含水量과의 關係

그런데 우리는 作物生育에 必要한 水量을 間接的인 Moisture Equivalent(Meq)의 값을 얻어 이 값의 55%~100%가 되도록 하면 최적수분함량이 된다. Meq는 現地含水量과 거의 一致한다. 또한 委測點

表-8 배 추 成 長 調 査

		1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
9월	A	重量	14.7	13.9	14.2	14.3	13.8	14.1	14.1	14.0	14.0	14.5	13.7	14.1
		葉數	10	9	10		9	10	10		10	10	9	
		葉長	19	17	19		17	18	18		17.5	19	16	
15일	B	重量	13.2	14.2	13.9	13.8	13.8	13.6	14.2	13.9	14.3	13.8	14.1	14.1
		葉數	8	10	9		9	9	10		10	9	10	
		葉長	16	19	18		17	16	19		19.5	18	19	
9월	A	重量	141.1	138.9	140.1	140.0	142.7	140.7	138.3	140.6	139.5	141.7	140.5	141.6
		葉數	16	16	15		16	16	15		15	16	17	
		葉長	32	30	30		32	31	29		30	31	32	
24일	B	重量	140.8	138.9	137.5	139.1	139.7	141.5	132.7	138.0	137.7	142.6	139.4	139.9
		葉數	16	15	15		15	16	15		15	16	15	
		葉長	30	29	28.5		30	31	27		30	31	30	

은 Meq의 값이 40%~54%이므로 이 범위에 도달하기 전에 作物에 灌溉를 하면 되는 것이다. 다음의 表-5는 本試驗圃場에서 採取한 土壤의 Meq의 값이다. 本試驗에서는 灌溉水量과 灌溉時期도 이 Meq의 값을 利用하여 實施하였다.

表-5 Moisture Equivalent

試料 NO.	Moisture Equivalent (%)
1	29.9
2	29.7
3	29.8
4	29.6

그러므로 每日 水分測定器의 讀值와 土壤含水量을 土壤의 깊이 5, 10, 15, 20cm로 區分하여 測定하였다. 여기서 20cm는 根域(Root zone)의 깊이는 아니다. 뿌리의 깊이를 確實히 알 수 없었으므로 편의상 20cm까지만 택한 것이다. 이에 對한 測定値는 부록 表-6에 있으며 全生育期間中의 降雨量과 氣溫의 變化는 부록 表-7에 있다.

2) 배추의 收量調査

다음의 表-8은 배추의 生育期間中의 生育過程을 보여 준다. 生育初期에 심한 降雨로 因하여 發育狀態가 極히 不良하여 成長이 늦게 되어 모든 조사가 늦게 되었다. 여기에 나타난 結果를 보면 初期生長에 있어서는 別差異가 없었으나 末期에 들어서면서 부터 약간의 유의성을 나타내었다. 이러한 현상은 灌溉水에 依하여 나타난 것만은 아니고, 土壤의 構造關係에서도 기인된 듯 하다. 表-9는 撒水灌溉區와 高랑灌溉區와의 成長過程에 있어서 比較分析한 것이다.

10 3 일	A	重 葉 數	1280	1445	1070	1248	1030	1160	995	1062	1305	1045	1351.3	1233.4
		葉 長	38	40	36		34	36	34		38	36	38	
B	重 葉 數	927.4	968.4	865	916.9	860.4	936.5	912.4	904.4	998.9	1190.0	968.9	1052.6	
	葉 長	36	39	38		37	39	39		40.5	42	40		
10 18 일	A	重 葉 數	2350	2650	2250	2416.7	2550	250.0	2400	2483.3	2200	2230	3450	2626.7
		葉 長	45	45	44		46	47	42		43	47	49	
B	重 葉 數	2350	2390	2350	2363.3	2250	2000	2100	2116.7	1980	2440	2330	2250	
	葉 長	45.5	46.5	47		42	41	41		42	45	41		
10 25 일	A	重 葉 數	3505	3500	3445	3483.3	3350	3150	3550	3350	3350	3650	4050	3650
		葉 長	53	49	50		54	53	53		53	52	52	
B	重 葉 數	3000	3000	2900	2966.7	3140	2800	3200	3150	2950	3450	3150	3183.3	
	葉 長	47	48	47		48	47	49		46	48	47		

여기서 A: 撒水灌溉區 B: 고랑灌溉區 重量: gr 葉長: cm

表-9. 배추의 成長 比較分析

		m	df	\bar{x}	ss	t 값
1	A	3	2	14.13	0.05	1.55
	B	3	2	13.93	0.05	
	合計		4		0.10	
2	A	3	2	140.73	1.31	2.40
	B	3	2	139.00	1.83	
	合計		4		3.13	
3	A	3	2	1,181.13	21,395.71	t 0.05 <2.92*
	B	3	2	957.96	13,511.33	
	合計		4		34,907.04	
4	A	3	2	2,508.90	23,033.04	t 0.05 <2.81*
	B	3	2	2,243.33	30,472.45	
	合計		4		53,505.49	
5	A	3	2	3,494.43	45,186.00	t 0.05 <3.59*
	B	3	2	3,100.00	27,207.78	
	合計		4		72,393.78	

여기서 A: 撒水灌溉區 B: 고랑灌溉區

t 0.05(4) = 2.766이다.

3) 灌溉水量的 比較調査

7. 撒水灌溉區

土壤水分測定器로서 土壤水分을 測定하고 이에 따라 灌溉水량을 決定하였다. 그러나 灌溉되는 水량이 모두 作物에 利用되는 것이 아니고 土壤面과 葉面에서의 蒸發과 노즐에서 일어나는 損失로 一部는 利用되지 못한다. 葉面蒸發量은 大氣의 溫度, 濕度, 바람등에도 그 原因이 되며, 잎이 작은 어린 作物과 成長이 나쁜 成숙된 作物보다 무성하게 자라고 밀집하고 葉面이 豊富한 作物이 더 많게 된다. 따라서 이러한 증발량현상으로 보통 每灌溉時마다 0.2mm~0.5mm의 損失을 생각할 수 있다. 노즐에 있어서도 精確한 값을 測定할 수는 없지만 使用되는 물의 約 5%는 損失되는 것으로 본다. 이러한 많은 여러 要因들을 包含하여 여기에서는 試驗區가 적고 氣溫이 높지 않았고 바람도 많지 않았다. 本試驗區에 灌溉를 하는데 있어서 全損失을 30%로 計算하였다. 다음 表-10은 撒水灌溉區에 對한 有效水量이다.

表-10

撒水灌溉區의 灌溉水量

灌溉日	灌溉水量 (l)				損失水量 (l)				利用된水量 (l)			
	1區	2區	3區	平均	1區	2區	3區	平均	1區	2區	3區	平均
9.27	408	410	406	408	123	123	123	123	285	285	285	285
10.2	407	402	408	405.7	123	120	123	122	284	281	284	281
10.5	300	303	309	304	90	92	93	92	210	208	207	208
10.13	401	404	402	402	120	120	120	120	281	284	282	282
10.22	202	200	203	201.7	60	60	60	60	142	140	142	141.7

ㄴ. 고랑灌溉區

고랑灌溉는 撒水灌溉에서 오는 달리 고랑을 약간의 傾斜를 두어야 한다. 그렇게 하므로 損失水量을 減少시킬 수가 있으며 流速도 줄 수가 있다. 보통 이 傾斜를 100m에 1~3m 程度로 하며 土壤의 種類에 따라 약간씩 다르게 할 때가 있다. 本試驗區에서는 傾斜도를 1/100로 하였다. 고랑의 配置는 고랑의 길이는 짧게 하고져 主水路에서 5m以內에 되게 하였다. 고랑의 나비는 作物의 種類에 따라 다르

며 本試驗區에서는 排水를 考慮하여 두리의 나비를 85cm로 하고 고랑의 길이와 나비를 各各 20cm와 18cm로 하였다. 灌溉水量 測定은 三角錐어로 測定하였으므로 流量方程式 $Q=1.42H^{5/2}$ 를 使用하였다 表-11은 水深과 流量과의 關係와 利用水量을 보여 준다. 고랑灌溉에서는 土壤面의 증발과 作物의 葉面蒸發을 考慮하여 全體水量의 20%를 損失로 보았다. 여기에서는 水路損失은 극히 적은 것으로 일단 試驗區內에서의 損失水量만을 생각했다.

表-11

고랑 灌溉區의 灌溉量

灌溉日	區	水深 cm	流量 (cm ³ /sec)	時間(min)	全灌溉水量 (l)	損失水量(l)	利用水量(l)	平均값(l)
9.27	1	9.3	374.54	42	943.74	188.74	755.00	754.36
	2	9.2	364.54	43	940.4	188.08	752.32	
	3	9.2	364.54	43.2	944.78	188.76	755.82	
10.2	1	9.5	395.00	40	948.00	187.6	758.4	754.72
	2	9.5	395.00	40.8	966.96	193.4	773.56	
	3	9.5	395.00	40.2	952.74	190.54	762.2	
10.5	1	8.8	326.20	32	626.24	125.24	501.00	492.63
	2	8.7	317.01	32.2	612.44	122.48	489.96	
	3	8.7	317.01	32	608.64	121.92	486.92	
10.13	1	9.7	416.12	38	948.74	189.74	759.00	760.4
	2	9.7	416.12	38.2	958.73	191.74	766.99	
	3	9.6	405.48	38.8	944.00	188.80	755.2	
10.22	1				589	117.8	471	472.8
	2		(量水計를 使用)		592	118.4	473.0	
	3				593	118.6	474.4	

이상에서 미루어 볼때 撒水灌溉區와 고랑灌溉區에 있어서 물의 量을 比較하여 볼때 土壤含水量이 같은 경우에 있어 約 2.7:1의 比를 나타낸다. 노즐式撒水器로서 灌溉時에는 1인이 主管을 운반할 수 있는 길이는 材料에 따라 다르나 5m~10m로 하는 것이 좋다.

灌溉水量과 時間은 作物의 根域에 따라 다르나 이것을 30cm로 보고 作物이 必要로 하는 水量이 7.6mm/day이고, 土壤의 種類가 loam이면 이 土壤

의 물利用量이 10cm/m, 最大滲透量이 12.7mm/hr이다. 또 灌溉效率이 75%라고 하면 灌溉에 利用되는 물의 量은 $10cm/m \times 0.30m = 3cm$ 이고, 다음 灌溉까지 지낼 수 있는 日數는 $3cm / 0.76cm/day = 4$ day가 되며, 實際 灌溉에 必要한 물은 $3cm / 0.75 = 4cm$ 이다. 1時間의 平均滲透量이 0.8cm/hr라 하면 $4cm / 0.8cm = 5hr$ 로 5時間 계속灌溉를 해야 한다. 따라서 1時間에 機械運搬을 한다고 하면 1일에 4個 地域의 같은 面積을 灌溉할 수 있게 된다.

本試驗에서는 圃場이 적으므로 回轉式撒水器를 使用하지 못하고 手動式 노즐 撒水器를 使用하였으며 材料費에 있어서도 비싼값을 지루었다. 器材의 材料費가 비싼 主原因은 主管이 水道用을 使用하였기 때문이다. 外國에서는 알미늄관을 使用하므로 運搬하기 쉽고 가격에 있어서도 싼 값으로 구할 수 있기 때문에 一般農家에서 많이 利用하고 있다. 또한 노즐은 撒水하는 주 조정장치로서 效果는 있으나 가격면에 있어 비싸서 全撒水器의 3/5의 價비를 차지한다. (양수는 제외) 그러나 主管의 길이를 50m 以上으로 하고 灌溉地域이 넓어 계속해서 쉬지 않고 灌溉를 할 수 있다면 人件費에 있어서나 水量에 있어서 經濟的인 것이며 이것은 또한 一次投資로서 長期間使用할 수 있다는 면에서 주목된다. 관계해야 할 地域이 넓을 때는 主管의 길이를 길게 하여 灌溉面積을 넓힐 수 있고 材料費에 있어서도 小量일때에 比하여 값이 싸게 될 것이다. 作物의 根域이 40cm이고 滲透時間이 10mm/hr이면 1일에 3회 灌溉는 할 수 있고 主管의 길이가 100m라 하면 1일에 約 90坪을 灌溉 할 수 있고 이에 對한 材料費 즉 主管, 노즐, 고무호수, 부속품을 합하여 50,000원~55,000원이 들게 된다.

IV. 結 論

이상의 試驗을 通하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 옴메타의 讀値와 土壤含水量과의 關係는 $y = -4.13x + 40.9$ 를 얻었다.
- 2) 배추의 成長을 撒水灌溉區와 高랑灌溉區에 對

한 比較에서 初期에서는 많은 차이가 없었으나 成熟期에 접어 들면서 兩區間에는 유의성을 나타내었다.

3) 灌溉水量 比較에 있어서 同一條件下에서 撒水 灌溉區와 高랑灌溉區의 比는 2.7:1로 나타났다.

4) 노즐을 부착한 管撒水器는 우리나라에 있어서는 노즐의 價格이 전체비용의 3/5을 차지한다. 따라서 노즐의 價格개선과 管의 重量이 가벼운 알미늄관의 製作이 要求된다.

참 고 문 헌

1. 유한열; "土壤水分測定用 Aquaprobe에 關한 試驗" 서울大學校 論文集, 1965.
2. 유한열; "大學水理"
3. 閔丙燮; "農業水利" 富民文化社, 1962.
4. 狩野德太郎; "灌溉排水" 養賢堂, 1926.
5. Scott H. V; "Sprinkler Irrigation" Calif Agr:Exp. Sta. Extension service circular 456. Div. of Agr Sciences Univ. of Calif.
6. Roe, H. B; "Moisture Requirments in Agriculture"
7. Frevert, R. K. and Schwab, G. O. and Edminister T. W. and Borneo K. K.; "Soil and Water Conservation Engineering"
8. Christiansen, J. E; "Irrigation by Sprinkling" Agric. Eng. Vol 18, NO, 12, 1937.
9. Christiansen, J. E; "Measuring Water for Irrigation" Calif. Agrice. Exp. Sta. Bul, 588, 1947.