

배추 用 水 量 에 關 한 研 究

Study on The Water Requirements of Chinese Cabbage.

金 顯 喆*, 鄭 斗 浩*
Hyun Chul Kim, Doo Ho Chung

Summary

It is very important to know the water consumption of crops in planning irrigation works and practicing suitable soil moisture management. For the purpose of making it clear that how much water be consumed to cultivate the Chinese cabbage, Chamber method has been applied. Main equipments in the transpiration chamber are flowers, manometer and electric thermograph.

The chamber made of vinyl plate has a small entrance at the base and an exit at the top, and the ventilation in the chamber was carried out by a flower through the entrance and exit. Air-flow adjusted by an orifice manometer enters the chamber from the outside over the crop canopy through the pipe like a chimney and finally goes out to the outside. Two sets which consist of a pair of dry and wet bulb made by thermistor are installed in the entrance and exit tube, and record air temperature automatically.

Evapotranspiration amount is computed from the air-flow quantity and difference in absolute humidity between at the entrance and exit of the chamber by the following equation:

$$ET = (X_2 - X_1) \times Q$$

where ET=evapotranspiration amount

X_1 =absolute humidity at the entrance(g/m^3)

X_2 =absolute humidity at the exit(g/m^3)

Q=air-flow quantity(m^3)

This study was carried out at the upland farm of the Institute of Agriculture Engineering and Utilization, Suwon, Korea. from 1971 to 1973.

The results obtained in this experiment are as follows:

1. The total amount of evapotranspiration of Chinese Cabbage that is cultivated in autumn is 408.1mm during growth period.
2. Chinese cabbage rapidly grows up in the second ten days of September, 40th

* 農工利用研究所

to 50th days after seeding. At the same time, the maximum amount of evapotranspiration of Chinese cabbage is 61.6mm/10 days

3. The correlation between Pan-evaporation and evapotranspiration is high, coefficient of correlation $r=0.88^{**}$, and can be shown as The following regression equation:

$$ET=0.913E+20.273$$

4. Evapotranspiration is closely related with meteorological factors: $r=0.85^{**}$ for insolation, $r=0.76^{**}$ for air temperature, respectively.
5. The percentage of evapotranspiration amount, at the beginning of growth stage, gradually increases in proportion as the Chinese Cabbage grows but is largely affected by meteorological factors after the green cover formation.
6. By Blaney and Griddle formula, evapotranspiration coefficient "K" are within from 0.85 to 1.27.

I. 結 論

都市의 菜蔬需要量이 주로 都市近郊에서만 供給되어오던 것이 最近 新品種의 育成, 農業用비닐하우스(Vynyl House)의 出現, 輸送機關의 發達等에 따라서 地方으로 擴大되어 現在는 여러모양의 環境에서 여러가지의 菜蔬가 栽培되고 있는 實情이며 菜蔬中에서도 배추는 그 需要量이 많은 關係로 經營規模가 크고 栽培技術도 發達된 作物이라고 할 수 있다. 또한 배추는 1日 10a當 187.5kg~225kg의 生體가 增加하기 때문에 多量의 水分이 必要하며 特別히 本葉이 5~6枚일 때와 結球開始當時에 旱魃이 계속되는 경우에는 灌溉를 實施하여야 하는 作物이다.

一般으로 灌溉라 하면 水稻에만 局限되는 것으로 生覺되어 왔으나 밭에도 灌溉를 實施하므로써 作物이 生育하는데 必要한 水分을 供給하여 주며 土壤의 溫度를 調節하고 土壤의 構造를 改善하는 등의 結果로 增產은 勿論 農産經營의 安定 내지는 品質을 向上시킬 수가 있기 때문에 밭灌溉에 對한 認識이 漸次 높아지는 傾向이다. 그러나 밭에 灌溉를 實施하려면 우선 各作物別 用水量이 究明되어야 合理的인 灌溉計劃을 樹立 할 수가 있는 것인데 우리나라에서는 이 方面의 研究가 거의 없는 實情이어서 灌溉計劃을 樹立할 때는 부득이 氣候風土가 다른 外國成績을 引用하는 등의 矛盾이 있다. 그러므로 灌溉實施에 앞서서 各作物別 用水量을 究明하는 것은

무엇보다도 重要한 일이나, 그렇다고 短期間內에 여러 作物에 對한 用水量을 모두 實測한다는 것은 어려운 일이며, 한작물, 한작물씩 段階의으로 이 方面의 研究가 이루어져야 할것이다. 그래서 本研究는 菜蔬類中에서 우선 널리 栽培되고 있는 배추에 對한 生育時期別 水分消費特性을 究明코져 1971년부터 1973년까지 三箇年에 걸쳐 試圖된 것이며, 아울러 蒸發散에 영향을 미치는 諸般 要因들과의 關係를 밝히고져 한다.

II. 究 研 史

우리나라에서 水稻에 對한 用水量 測定試驗은 大學과 研究所等 몇군데에서 實施하여 그 實測值가 이미 發表된 바 있으나, 밭作物의 用水量에 關한 實測試驗은 實施한 實例가 거의 없는 實情이다. 그러나 外國에서는 오래전 부터 이 方面의 研究가 여러 가지 方法으로 遂行되어온바, 1939年 Thorthwaite⁹⁾는 大氣中의 水蒸氣 濃度의 差와 風速變動으로부터 空氣力學의 方法에 依하여 作物의 蒸發散量을 求한 바 있고, 1956年 penman¹⁰⁾은 地表面에 주어진 熱量의 收支計算으로 부터 蒸發散에 使用되어진 熱量을 求하는 熱收支法을 發表한바 있다. 1956年 美國의 King, Tanner, Soumi¹¹⁾ 등은 Lysimeter를 水槽에 뜨게하고 水位變化를 測定토록한 Floating Lysimeter 法을 考案하여 蒸發散量을 測定하였으며, 1963年 日本의 烏瀧¹²⁾는 定水位裝置에 依하여 蒸發散量

을 測定한바 있다. 또한 日本의 東海近畿農業驗場, 今井富藏(現在鳥取大學教授)은 1957년부터 Chamber로서 作物을 被覆하고 Chamber의 入口와 出口의 濕度를 測定하여 蒸發散量을 求하는 Chamber法을 研究하기 始作하였고 이 方法은 그후 繼續해서 日本의 內藤文男¹¹⁾이 1961년부터 1966년까지 各種 밭 作物에 對한 蒸發散量을 測定하는데 使用되어진바 있다.

Ⅲ. 材料 및 方法

1. 供試品種 및 栽培法

- 가. 試驗品種: 경기3호
- 나. 播種時間: 가을배추(8월상순)
- 다. 栽植距離: 이랑사이 90cm, 포기사이 45cm
- 라. 施肥量: N=25kg/10a
 $P_2O_5=20''$
 $K_2O=30''$

其他 諸 處理는 園藝試驗場 標準栽培法에 準하였다.

2. 試驗方法

Chamber法에 의거 배추의 蒸發散量과 蒸散量을 測定하였으며 이에 對한 各部分名稱은 그림에서 보는 바와 같다.

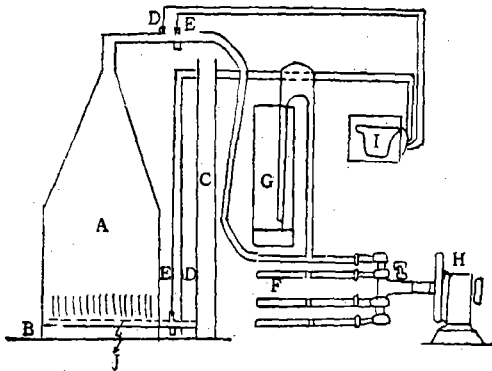


Fig 1. Names of APPAratus

- A: Chamber B: 포장매설통 C: 흡기통
- D: 전구온도계 E: 습구온도계 F: 오리피스유량계
- G: manometer H: Blower I: 온도기록제
- J: 환상부배판

증발산량 측정장치

가. Chamber의 材質과 形狀

Chamber의 材質은 두께가 約 3mm인 透明한 "아

크릴"로 製作하였으며 Chamber의 形狀은 그림에서 보는 바와 같이 圓筒部와 圓錐部로 크게 區分되고 規格은 表에서 보는 바와 같다.

Table- 1. Type and material of chamber.

아크릴판 두께 (mm)	圓筒部		圓錐部		容積 (l)
	直徑 (cm)	高 (cm)	高 (cm)	頂角度	
3	70	50	80	22	518.5

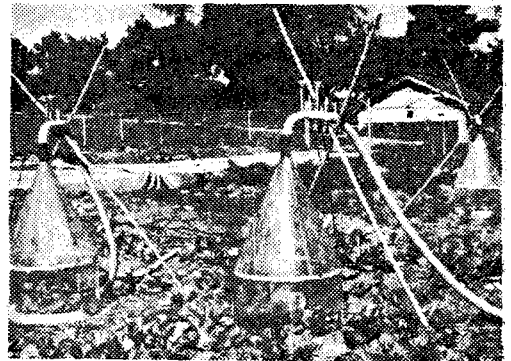


Fig 2. Apparatus to measure the mount of evapotranspiration by the Chamber method.

나. 通氣裝置와 風量測定裝置

Chamber內의 通氣裝置는 三相3馬力 電動機에 連結된 遠心式 Blower를 利用하고 風量은 Bernoulli의 定理를 利用하여 다음과 같이 計算하였다.

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2g}{\rho} (P_1 - P_2)} \dots \dots \dots (1)$$

- 但, Q=風量(m³)
- α =Coefficient of Discharge
- A=Throat 斷面(m²)
- g=重力加速度(9.8m/sec²)
- ρ =空氣의 密度(kg/m³)
- P_1, P_2 =Throat前後의 空氣의 壓力(kg/m²)

(1)式에 아래와 같은 값을 代入하면 風量 400l/min 通氣를 행할경우 manometer의 水頭差 h=248.9mm 가 된다.

$$Q = 400 \text{ l/min } (0.00667 \text{ m}^3/\text{sec})$$

$$\alpha = 0.6 \dots \dots \left(\frac{d}{b} = \frac{1.52}{5.08} = 0.3 \right)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 1.52^2}{4} = 0.000181 \text{ m}^2$$

$$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

$$\rho = 1.293 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

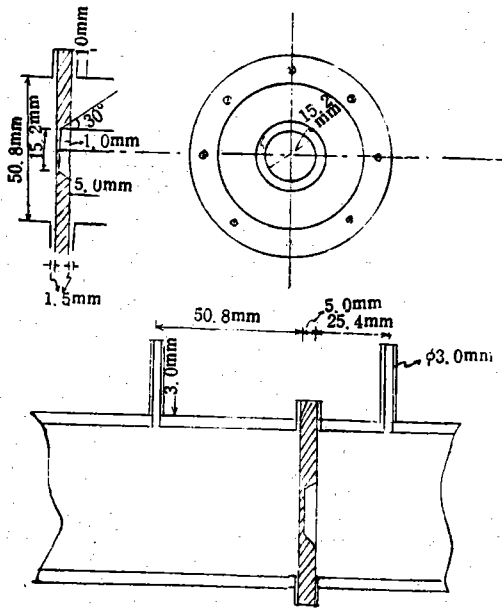


Fig 3. Detail diagram of orifice.

다. 溫濕度測定記錄裝置

Chamber가 設置된 現地으로 부터 約 50m 距離에 있는 計測室에 12點式 自己溫度計를 設置하고 溫濕度를 測定하였다.

라. 蒸發散量의 計算

Chamber入口와 出口의 空氣中 絶對濕度를 X_1, X_2 (g/m^3)라 하면 蒸發散은 다음과 같이 計算된다.

$$ET = \Sigma(X_2 - X_1)Q \dots\dots\dots(2)$$

但, Q = 通氣量(m^3)

$$X = \frac{e}{760} \cdot \frac{\sigma \delta}{1 + at} \dots\dots\dots(3)$$

e = 水蒸氣張力(mmHg)

σ = 760mm 0°C에 있어서 乾燥空氣의 比重 ($1.293 \times 10^3 g/m^3$)

t = 空氣의 溫度(°C)

a = 溫度 1°C에 對한 空氣의 膨脹率 (0.00367)

δ = 水蒸氣의 空氣에 對한 比重(0.622)

위의 값을 (3)式에 代入하여 정리하면

$$X = \frac{e}{760} \cdot \frac{1.293 \times 10^3 \times 0.622}{1 + 0.00367t} = \frac{1.0582e}{1 + 0.00367t} \dots\dots\dots(4)$$

여기서 水蒸氣張力 e 는 Angot式을 通用하였다.

$$e = e' [1 - 0.0159(t - t')] - P(t - t') [0.000776 - 0.000028(t - t')] \dots\dots\dots(5)$$

e' = 濕球溫度에 對한 最大水蒸氣張力(mmHg)

t = 乾球溫度(°C).....每 30分平均値

t' = 濕球溫度(°C).....每 30分平均値

P = 氣壓(mmHg)..... 6時間마다 測定

(5)式을 (4)式에 代入하면 未知數는 $t - t'$, t, e', p 로 된다. (4)式의 計算을 迅速히 하기 위하여 $t - t', t, e', p$ 의 實測값을 input data로 program을 作成 Computer로 計算하였다.

마. Chamber內的 環境條件

1) Chamber內的 日射量 및 純輻射量

Chamber外部의 日射量과 純輻射量을 100으로 할 때 Chamber內的 日射量은 外部에 比하여 約 91%가 되며, 이는 時刻에 따라 差異가 있어 12:00時前에는 72-75%로 低下하는 實情이고 午後에는 다시 上昇을 하여 17:00~17:30分에는 92~95%에

Table- 2. Sieve analysis of soil of experimental plots.

區分 粒徑(mm)	V.C.S	C.S	M.S	F.S	V.F.S	Silt	Clay	Textural Class
	土層	2-1	1.0.5	0.5~0.25	0.25~0.10	0.10~0.05	0.05~0.002	
表土(0~10cm)	7.8%	12.9%	17.0%	8.3%	3.3%	26.5%	24.2%	SCL
心土(20~30cm)	5.1	12.7	14.9	9.8	5.4	24.7	27.4	SCL

Table- 3. Apparent specific gravity and water content.

區分	保水力 (%)			觀比重 (gr/cc)
	1/10 氣壓	1/3 氣壓	15 氣壓	
土層				
表土(0~10cm)	35.5	23.8	11.8	1.34
心土(20~30cm)	32.8	22.8	8.9	1.46

달한다. Chamber內 純輻射量은 Chamber外部에 比하여 날씨가 맑을때는 約 91%구름이 길때는 約 71%가 된다.

2) Chamber內的 溫度

Chamber 內的 通氣量을 400l/min로 하였을때 Chamber內的 溫度는 外部溫度에 比하여 1°C程度 높았다.

Table- 5. Meteorological factors.

월별	구분 순별	평균기온 (°C)			상대습도 (%)			일사량 (cal/cm')	풍속 (m/sec)	강우량 (mm)			증발량 (mm)
		금년	평년	비	금년	평년	비			금년	평년	비	
8	중순	23.6	25.5	-2.1	86	83	3.0	331.09	1.3	470.1	88.2	381.9	38.6
	하순	21.3	24.7	-3.4	82	31	1.0	318.31	1.2	164.5	101.8	62.7	34.0
9	상순	19.7	22.4	-2.7	83	84	-1.0	287.84	1.2	76.2	113.7	-37.5	26.3
	중순	20.1	19.8	0.3	78	79	-1.0	357.73	1.4	8.6	43.5	-34.9	35.8
	하순	16.0	17.7	-1.7	79	78	1.0	333.44	1.4	70.3	13.8	56.5	34.6
10	상순	15.2	14.4	0.8	84	76	2.0	279.85	1.4	25.2	14.3	10.9	20.8
	중순	13.6	12.8	0.8	77	78	-1.0	188.57	1.2	4.2	19.6	-15.4	22.6
	하순	9.8	10.7	-0.9	87	78	0	225.21	1.4	27.7	37.6	-9.9	19.0
11	상순	9.7	8.4	1.3	85	76	9.0	137.51	1.1	52.2	39.5	12.7	15.1
	계	-	-	-	-	-	-	-	-	899	472	427	246.8

주. ○본표는 수원 농업기상관측소의 1972년도 수원지방 기록치임
○평균기온, 상대습도, 일사량, 풍속은 순별 평균임
○강우량, 증발량은 순별 합계임

3. 供試土壤

4. 試驗期間中 氣象現況

IV. 試驗結果 및 考察

Table- 4. Evapotranspiration of Chinese Cabbage

區分 月	旬	蒸發散量	蒸發計蒸發量	蒸發散係數
		(mm)	(mm)	
8	中	49.1	38.6	1.27
	下	48.4	34.0	1.42
9	上	46.3	26.3	1.76
	中	61.6	35.8	1.72
	下	52.7	34.6	1.52
10	上	37.3	20.8	1.79
	中	42.3	22.6	1.87
	下	35.8	19.0	1.88
11	上	34.6	15.1	1.29
計	또는 平均	408.1	246.8	1.65

1. 蒸發散量

배추 生育期間中 蒸發散量의 變化過程은 그림에서 보는 바와 같이 生育初期인 8月中旬에서부터 배추가 成長함에 따라 漸次 蒸發散量도 增加하여 蒸發散量은 作物의 生育과 密接한 關係가 있는것으로 나타난다. 그러나 蒸發散이 Peak를 이루는 9月中旬부터는 배추의 生育狀況은 繼續 旺盛한 實情인

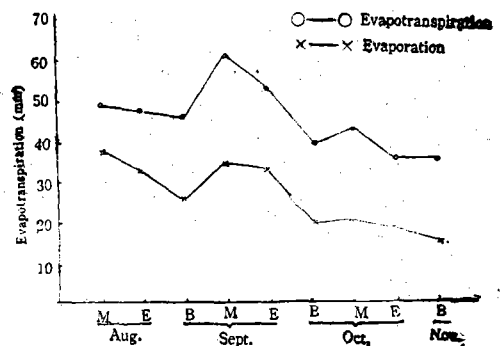


Fig. 4. The fluctuation of the amount of evapotranspiration during growth stage.

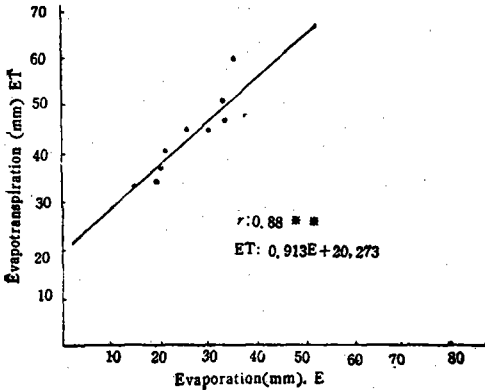


Fig 5. Correlation between the amount of Pan-evaporation and evapotranspiration.

데도 불구하고 氣象要因 즉, 氣溫, 日射量 등이 下降함에 따라 蒸發散量도 減少하는 傾向을 나타내어 生育初期와는 달리 氣象要因이 蒸發散에 密接한 영향을 미치고있는 것으로 生覺된다.

2. 蒸發計蒸散量과 蒸發散量과의 關係

Fig 4. 에서 보는 바와 같이 生育時期別蒸發散量의 變化와 蒸發計蒸發量의 變化는 거의 同一한 變化傾向을 나타내고 있으며 日本의 內藤文男이 發表한 바 처럼 이들간에는 $r=0.88^{**}$ 로 高度의 相關關係가 成立이 되고 이때 回歸直線方程式은

$$ET = 0.913E + 20.273$$

但, $ET =$ 蒸發散量

$E =$ 蒸發計蒸發量

이다.

3. 蒸發散量과 氣象要因과의 關係

蒸發散量에 영향을 미치는 것은 作物要因보다도 氣象要因이 더 크다는 것은 앞에서 말한바 있으나 이들 氣象要因間에도 直接 또는 間接의 서로 영향을 미치고 있는 實情이므로 어느한 要因만이 獨自의 蒸發散에 영향을 미친다고는 할수 없다. 다만 이들 氣象要因들중 蒸發散에 密接한 영향을 미치는 몇가지 要因만을 選擇해서 이들 서로간의 相關關係 與否를 나타낸바 Fig 6, 7, 8 및 Table 5와 같으며 蒸發散에 영향을 미치는 順序는 日射量 > 氣溫 > 相對濕度의 順序로 나타난다.

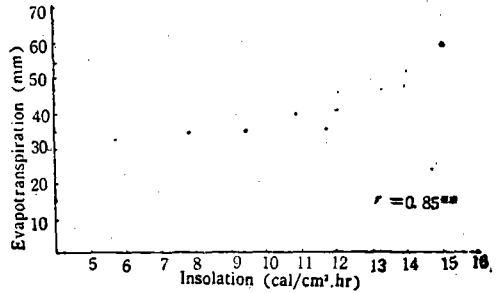


Fig 6. Correlation between the amount of evapotranspiration and Insolation.

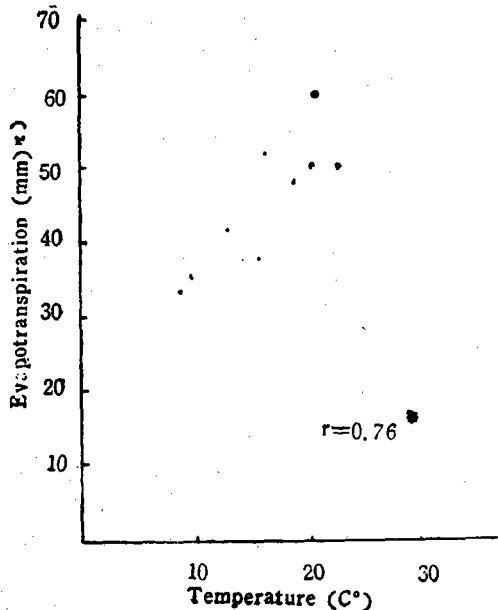


Fig. 7. Correlation between the amount of evapotranspiration and air temperature.

Table-5. Correlation between the amount of evapotranspiration and meteorological factors.

구 분	증발산량	일사량	기온	습도	증발계 증발량
증 발 산 량	1.00	0.85	0.76	-0.27	0.88
일 사 량		1.00	0.80	-0.24	0.61
기 온			1.00	0.27	0.62
습 도				1.00	-0.01
증발계 증발량					1.00

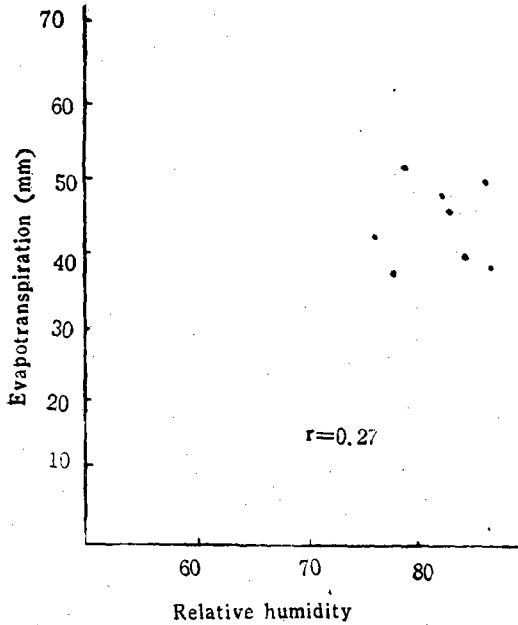


Fig 8. Correlation between the amount of evapotranspiration and relative humidity.

4. Blaney and Criddle公式에 따른 K 값 算定

本公式은 $U=K.F=K \frac{p.t}{100} \times 25.4$ 로 K값과 氣溫(t), 晝間時間百分率(p)이 既知이면 蒸發散量이 決定되는 것으로 어느 地域의 作物에 對한 蒸發散量 實測值로부터 K값이 算定되면 其他地域에서는 實測을 하지 않고도 蒸發散量을 算定할 수 있게 된다.

本試驗結果는 土壤과 品種이 制限되어 있으며 배추의 栽培時期로 보아서 가을 배추에 該當되므로 봄 배추 및 여름에 栽培하는 배추의 蒸發散量과는 다소 相異한 점이 있을 것이다. 그러므로 本結果가 배추의 蒸發散量을 代表할수 있는 成績이라고는 할수 없으나 가을배추 栽培를 目的으로 灌溉計劃을 樹立코적 할 경우에 限하여서는 Table 6에 있는 K값을 其他地域의 배추 用水量算定에 우선 適用하여도 무방할 것이다.

Table- 6. Experimental coefficient of the amount of evapotranspiration "K"

실험번	순별	구분	T (°C)	U	P	$a = \frac{U}{P}$	b	$K = \frac{a}{b}$
8	중	순	23.6	49.1	3.054	16.07	18.91	0.85
	하	순	21.6	48.4	3.265	14.82	17.86	0.83
9	상	순	19.7	46.3	2.878	16.08	17.13	0.93
	중	순	20.1	61.6	2.790	22.08	17.32	1.27
	하	순	16.0	52.7	2.702	19.50	15.44	1.26
10	상	순	15.2	37.3	2.613	14.27	15.07	0.95
	중	순	13.6	42.3	2.527	16.74	14.34	1.17
	하	순	9.8	35.8	2.682	13.34	12.61	1.06
11	상	순	9.7	34.6	2.356	14.68	12.56	1.16

備考: ① T=溫度 (°C)

② U=作物(배추)의 蒸發散量

③ P=晝間時間百分率, 이는 經도에 관계없이 緯도에 따라 一定하며 U.S.S.C에서 各緯度別로 決定한 晝間時間百分率을 適用(水原: 緯度 37°16')

④ K=作物(배추)에 對한 蒸發散量 經驗計數

$$K = \frac{u}{p.t} \times \frac{100}{25.4} = \frac{a}{b} (b=0.457t+8.128)$$

5. 生育狀況

育에 支障을 받은 일이 없으며 一般圃場에서 栽培한 배추보다는 生育狀況이 良好한 편이었다.

生育期間동안 病虫害나 其他의 障害로 因하여 生

Table 7. Plant growth

生體重 (g)	乾物重 (g)	葉 數		葉 長		葉 巾		根	
		結球部	非結球部	結球部	非結球部	結球部	非結球部	直徑	長
3,557	266.1	個 44	個 14	cm 27.8	cm 45.9	cm 15.1	cm 29.4	cm 5.5	cm 29.5

V. 摘 要

배추의 生育期間別 蒸發散量을 實測하여 灌溉計劃 樹立에 基礎가 되는 用水量을 算定하고, 아울러 蒸發散에 影響을 미치는 諸般要因들과의 關係를 究明코져 最近에 開發된 Chamber法을 利用하여 本試驗을 遂行한바 그結果는 다음과 같다.

1. 가을배추의 生育期間을 통한 總蒸發散量은 408.1mm이다.
2. 最大蒸發散이 일어나는 時期는 播種後 40~50日이 經過한 9月 中旬이며 이時期는 배추의 生育이 급작히 旺盛하여지는 時期로 最大蒸發散量은 61.6mm/10일이다.
3. 蒸發計蒸發量과 蒸發散量과는 $r=0.88^{**}$ 로 高

度의 相關關係가 있으며 이에 對한 回歸直線方程式은

$$ET=0.913E+20.273이다.$$

4. 蒸發散은 氣象要因들의 變化와 密接한 關係를 갖고 있으며 그중 日射量과는 $r=0.85^{**}$ 로 高度의 相關關係가 있고 氣溫과도 $r=0.76^{*}$ 의 相關關係가 있다.
5. 生育初期에는 배추가 成長함에 따라 蒸發散量도 增加를 하지만 배추가 成長하여 잎이 地面을 덮은후 부터는 氣象要因이 蒸發散에 큰 影響을 미친다.
6. Blaney and Criddle公式에 따르는 作物(배추) 蒸發散量體係 "K"를 生育期間으로 算定한바 $K=0.85\sim 1.27$ 이다.

引 用 文 獻

- 1) King, K.M, C.B. Tanner and V.E. Soumi(1956) : A floating lysimeter and its evaporation recorder. Trans.Amer. geophys. Union 37(6) : p738~742.
- 2) 金駁錫(1970) : 園藝學. p61, 81
- 3) 大枝益賢外 3人 (1957) : 畑地灌溉に關する研究 (1), p. 343
- 4) Penman, H.L (1956) : Evaporation, An introductory survey. Netherland J. of Agri. Sci. 4 (1) p 9.
- 5) 椎名乾治 (1963) : 蒸發散にする畑地水分の減少機構に關する研究農土試報告 第1號 p 83.
- 6) _____, 小管考利 (1965) : 合理的畑地かん水方式に關する研究, 通土試報告 p 61.
- 7) 種田行男 (1955) : 蒸通發量に關する實驗的研究 (1), 農土研, 第2卷 4號 p 31
- 8) _____ (1956) : _____ (11) 通土研, 第24卷 3號, P 21.
- 9) Thornthwaite, C.W. and B. Holzman (1939) : The determination of evaporation from land water surface monthly weather review 67(1), p 4~11.
- 10) 烏瀉博高, 豊田一郎, 中條昭存, 天野二天夫 (1963) : 温州ミカンの蒸通發量, 園學雜32(1). p1.
- 11) 內藤文男 (1969) : 作物の蒸散量すよび蒸發散量に關する研究, 東海近畿農試研報告, 第18號 p 49.
- 12) 山崎不二夫, 長谷川新一 (1959) : 畑地かんがい p. 244.