

밭에의 土壤水分 消費機構에 關한 研究

A Study on Mechanism of Consumed Water in the Farm Land

柳 能 桓* 閔 丙 燮**
Neung Hwan Yoo Byung Sup Min

Summary

This experiment of which aim contribute to plan irrigation system so as to increase forage crop yields, was conducted to estimate evapotranspiration amount of forage crops and to find out system of consumed water in a pasture-ground.

The results obtained by this study are as follows:

1. The general weather conditions which, were closely related to the evapotranspiration of forage crops were nearly same as those of the average year with the exception that temperature of May and June were slightly low.
2. According to the investigation of potential evapotranspirations (P.E) of forage crops and its changes during growing periods, changes of tenday P.E. were high significant according to the harvesting period. P.E of Alfalfa of which yield was the largest was the biggest.
3. Although the correlations between P.E. and meteorological factors were irregular owing to three-time harvesting, correlation between ten-day evapotranspiration amount and copper plated pan evaporation or solar radiation was high positive significant.
4. Predicting formulas of P.E. were led by weathrr factors, and also relations between P.E. and weather factors were showed as figure. from the these formula#, P.E. may be calculated by weather factors.
5. Predicting formulas of P.E. were led by mean temperature and copper plated pan evaporation, and by mean temperature and solar radiation. As computed values and measured values showed in figure, these formulas were high significant.
6. In the total consumed soil water duration of 10 days which, was non-rain period from 12th to 21th of August, Alfalfa was the largest 48.1mm, second, Orchard grass 40.1mm and Fescue 37.6mm, and Ladino clover was the smallest 37.1mm, also, order of each forage crop yield amount. was same to the abov. Order of

* 大田 實業高等學校

**前忠南大 農科大學

soil moisture extraction rate of soil layer of all the for forage crops duration of ten-day was soil layer 1 which was largest, soil layer 2, 3, and 4
 Reviewing the the first five-day and the second five day, in the first five-day, order of that of all the forage crops was same to the above, but in the second five-day, that of soil layer 2 or 3 was more than that of soil layer 1.

I. 서 론

II. 연구사

작물이 재배되고 있는 밭에 있어서의 수분변화는 토양면에서의 증발과 옆면으로 부터의 증산에 따른 계속적인 작물근계의 흡수작용 및 이에 대응하는 토양의 수분공급력에 의하여 정하여 진다.

그러나 토양면증발량과 옆면을 통한 증산량을 구분하여 추정하거나 계산한다는 것은 매우 곤란하므로 이들 양자를 합한 량 즉 증발산량을 구하는것이 합리적인 수단이라 하겠으며 이들을 구하는 방법에는 작물별로 실측하는 방법(18)(23)(27)(28)(24)(31)(39)(83)(40)(44)(52)(58)(60)과 기상제요인의 기록치를 이용하여 계산하는 방법(3)(4)(13)(17)(25)(33)(34)(49)(51)(86)(87)이 있다.

증발산위(Potential Evapotranspiration:P.E.)에 대하여는 외국에서 연구가 계속되고 있으며 이를 합리적인 관계에 이용하고 있다. 또한 토양 작물근계에 대한 수분 공급력은 토양의 조성, 구조 및 수분량에 따라 정해지는 수분 에너지에 좌우된다.

실제로 전지에서의 토양수분변화는 작물의 생장과정, 기상조건의 변화(21), 토양수분 에너지 상태의 변화등 이들 세가지의 생물적 물리적 요인의 상호관계를 밝히는 방향으로 연구가 진행되어야 한다고 여겨진다. 따라서 작물의 종류, 기상조건 및 토양구조등이 다른 곳에서는 전술한 3요인의 상호관계도 달라질 것이다.

현재 외국에서는 풍부한 경험과 이론을 바탕으로 효율적인 관계가 실시되고 있는데 우리나라에서는 아직 적용할수 있는 이론이 적립되지 않았으므로 각종 전작물 관개의 기본이 되는 토양수분의 소비기구에 관한 연구는 중요한 과제중의 하나라고 본다.

따라서 본 시험은 전작물 특히 낙농진흥의 기반인 곡초에 관한 증발산위와 기상 제요인과의 상관관계를 구명하여 각 요인별 영향력을 검토하고 이들에 관한 추정식을 구하고 또한 토양의 토층별 수분소비상태를 파악하고자 시도하였다.

이것은 앞으로 계속 연구할것이나 몇 가지 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

전작물의 증발산 작용과 토양의 수분 공급력에 관한 연구는 구미의 경우 1910년대 부터 시작되었으나⁵⁾ 1940년대에 이르러 활발하게 진행되기에 이르렀고 일본에서는 1950년대에 시작하여⁶⁾ 1960년대에 이르러 본격화 되었으며³⁾ 우리나라에서는 현재 초기시험 단계에 있다²⁾.

Briggs의 Shantz⁶⁾ (1912)의 영구위조점에 관한 유명한 실험을 시발점으로 하여 이들⁶⁾ (1961)은 정상적인 생육기간에 있어서의 매일의 증발량과 또한 이것과 기상요인과의 상관관계에 대하여, Harding¹⁾(1930)은 관개용수의 소비과정에 있어서의 증발산량공식을 기온과 소비계수와의 관계로 발표하였다.

이 외에 기상요인과 증발산량의 상관관계 및 기상요인에 의거하여 증발산량을 추정하는데 관해서 Lowry²⁵⁾(1942), Blaney⁶⁾(1942, 1950) Thornthwaite⁶¹⁾(1944, 1954), Penman⁸³⁾(1948), Albrecht (1950), Halkias⁶²⁾(1955), Hargreaves¹⁷⁾(1956), Rider⁴⁴⁾(1957), DrinBwater,¹⁾(1957), 篠邊¹⁴⁾(1961) Jensen¹⁹⁾(1963), 種田⁴⁷⁾(1963), 田邊¹⁰²⁾(1964, 1967), 吉良¹¹⁾(1961), 安³⁾(1972) 등이 연구 보고한바 있으며, 작물의 증발산량에 관한 연구에는 Davis¹²⁾(1940) Martin⁹⁾(1940), Thornthwaite⁶⁾ (1942), Veihmeyer⁵⁵⁾(1954, 1955), McCloud⁸⁾ (1954), 種田⁴¹⁾(1955, 56, 57, 59, 71), 八畝⁶⁷⁾(1956), 金子²⁰⁾(1961), 豊田⁵⁴⁾(1961), 竹中⁸²⁾(1961) 등의 보고가 있고 증발산량의 측정장치에 대하여는 Mather²⁷⁾(1951), Thornthwaite⁶²⁾ (1951), Veihmeyer⁵³⁾(1954), Gibert¹³⁾(1955), King²²⁾(1956), 種田⁴⁰⁾(1957), 吉良⁶⁾(1958, 1964), 立花⁴⁰⁾ (1958), 小博²⁸⁾(1966, 1967), 白井⁸³⁾(1967)등이 발표한바 있다.

또한 松田²⁹⁾(1960)는 작물의 증발산량에 Energy Balance의 이론을 적용하였고, Tenner⁴⁹⁾(1960)도 역시 Energy Balance를 적용한 증발산량 공식을 발표한 바 있으며, Ogata³²⁾(1960) 등은 토양함수

량의 변화를 측정하여 알팔파의 증산량을 시험한바 있다.

한편 椎名²³⁾(1963)는 증발산에 의한 전지에서서의 수분감소기구에 대하여 연구보고 한바 있다.

이상 전작물 관계에 관한 연구의 발자취를 개찰 하였거니와 증발산량과 기상요인과의 상관관계의 규명은 전작물 관계에 있어 기본적인 사항이며 이것이 전지에서서의 수분소비를 지배하는 중요한 요인이므로 우리나라에서도 이에 관한 연구가 절실히 요청된다고 본다.

II. 재료 및 시험방법

1. 시험포의 설치

(1) 시험구의 배치

충남대학교 농과대학 시험포장에 구광면적 7.5m (3.0m×2.5m)로 16개구를 설정 (총면적 120m²)하고 각구의 중앙에 種田식 이동형 증발산계²⁴⁾를 1개씩 매설하였다.

(2) 시험포장의 토양조건

시험은 전 시험구에서 임의로 4개 지점에서 채취 혼합하여 1점으로 하였으며 이에 대한 물리적 및 화학적성질은 다음과 같다.

Table 1. Mechanical analysis of soil

Gravel	Sand	Silt	Clay	Uniformity Coeff.	Soil Classification by triangle	Unified soil Classification
72.0mm 3(%)	2.00~0.05mm 37(%)	0.05~0.005mm 39(%)	<0.005mm 21(%)	(Ca) 28	Clay loam	CL

Table 2. Physical properties of soil

Specific gravity	Atterberg limit				Compaction test		Permeability test for compacted soil			
	G.S.	L.L.	P.L.	P.I.	O.M.C	γ_{dmax}	Moisture content	Dry density	Void ratio	Coeff of Permeability
2,605	34(%)	22.7(%)	11.3(%)	18.2(%)	1,694(g/cm ³)	19.4(%)	1,653(g/cm ³)	0.576	6.79×10 ⁻⁸ (cm/sec)	

Table 3. Chemical properties of soil

PH	O.M.(%)	Exchange capacity ml/100g				P ₂ O ₅ (ppm)
		Ca	Mg	K	Al	
6.7	1.5	9.0	0.8	0.28	0.1	130

(3) 공시초종 및 파종

공시초종으로는 Table.4에서 보는바와 같이 菴科의 라디노 크로바와 알팔파 및 禾本科의 쉐커키 31

페스큐와 오오처드 그라스의 4종이며 특히 두과목 초는 작근류균을 함유한 흙을 혼합하여 산파하였다.

Table 4. Kind of forage crops and seeding

Forage crop	Repetition	Seeding amount(kg/10a)	Seeding period
Ladino clover	4	1.5	5th April, 1972
Alfalfa	4	2.5	"
Ky31fescue	4	2.5	5th April, 1974: transplant
Orchard grass	4	2.5	20th March, 1974

(4) 시비량 및 시비방법

시비량 및 시비방법은 축산시험장 사료작물 경종

기준에 준하였으며 특히 알팔파 파종구는 봉사를 2kg/10a씩 살포하였고 연 시용량은 Table 5와 같다.

Table 5. Amount of fertilization kg/10a

Forage crop	Nitrogen	Phosphoric acid	Potassium	Lime	Com post
Ladino clover	3.0	12.5	16.3	400	1,300
Alfalfa	2.5	10.5	13.5	400	1,300
Ky31 fescue	12.0	10.0	12.5	400	1,300
Orchard grass	13.5	10.0	13.5	400	1,300

2. 시험방법

(1) 기상조사: 기상관측은 본 시험포장에 중앙관상대의 협조로 종합자기 기상계를 설치하여 관측하였으며 조사항목은 다음과 같다.

- 가. 순별강수량 나. 순별평균기온
- 다. 순별최대기온 라. 순별최저기온
- 마. 순별증발계증발량 바. 순별상대습도
- 사. 순별지중온도(0.2m) 아. 순별일사량
- 자. 순별풍속

(2) 생육조사

가. 초장·초장은 매 예취일에 30개 개체를 측

정하여 그 산술평균치를 구하였다.

나. 생초 및 건초수량: 생초 및 건초수량은 매 예취기마다 이동형 증발산계(2,453cm²) 내의 것을 예취하여 10a당의 수량으로 환산하였다.

다. 증발산위 조사: 각 시험구의 중앙에 설치한 이동형 증발산계에서 매일 오전 10시에 관측하였으며 수위관측의 정확을 기하기 위하여 특히 고안된 측심계(測深計)를 사용 하였다.

라. 수분소비율의 조사: 토층별(0.0~10.0cm, 10.0~20.0cm, 20.0~30.0cm, 30.0~40.0cm)수분 소비량을 건조법과 Tensiometer로 관측 하였다.

Table 6. General weather condition for the period of ten days, 1974

Period	Factors of weather	Precipitation (mm)	Mean temperature (°C)	Max temperature (°C)	Min temperature (°C)	Copper plated pan evaporation (mm)	Relative humidity (%)	Underground temperature (°C)	Solar radiation (cal/cm ² min)	Wind velocity (m/sec)
May	E	46.4	14.6	21.4	8.1	4.9	63	14.1	410.5	1.8
	M	136.4	17.4	23.2	12.2	3.3	76	16.6	303.2	1.6
	L	11.4	18.7	24.7	14.0	4.1	73	18.5	372.4	2.4
June	E	27.8	18.4	24.1	14.0	3.9	75	19.0	323.7	2.8
	M	25.2	20.8	26.9	15.0	4.9	69	21.4	395.7	2.0
	L	6.8	20.8	26.6	16.0	5.1	76	22.0	397.2	2.2
July	E	214.7	22.0	25.7	19.4	2.2	85	22.5	256.9	2.1
	M	84.8	23.3	27.2	21.1	2.5	89	23.8	312.5	1.6
	L	92.0	24.2	28.3	21.3	3.3	84	24.6	355.6	1.6
August	E	2.0	26.7	31.1	23.6	5.0	82	26.6	537.4	2.1
	M	2.9	27.4	32.7	23.2	5.8	76	27.6	557.4	1.8
	L	83.0	22.5	27.8	18.7	3.8	84	24.8	360.3	1.6
Septe.	E	62.1	22.0	27.0	18.4	3.4	84	23.9	436.5	1.5
	M	12.1	18.0	24.8	12.5	3.8	78	21.7	423.0	1.3
	L	21.1	17.9	25.9	12.1	3.6	79	20.4	409.5	0.9
Dcte	E	22.0	15.2	20.7	10.9	2.5	80	18.4	271.9	1.6
	M	17.6	12.3	20.0	6.2	2.2	80	16.0	229.9	1.0

다 다소 낮았을 뿐 만 기상요소는 평년과별 차이가 없었다.

IV. 결과 및 고찰

1. 기상개황

본 시험의 증발산위 관측 기간의 기상개황은 Table 6과 같으며 이를 통하여 알수있는바와 같이 시험기간중의 기상개황은 기온에 있어 5,6월에 평년

2. 목초의 생육조사

(1) 초 장

초종별 예취기별로 조사된 초장의 평균치는 Table 7과 같다.

Table 7. Length of Forage Crops.(cm)

Forage crop	Period	1st harvest (5th April~30th May)	2nd harvest (1st June~20th July)	3rd harvest (21th July~20th Oct)
Ladino clover		33.72	30.22	30.27
Alfalfa		134.52	118.50	72.97
Ky31fescue		78.47	63.55	47.28
Orchard grass		49.12	67.20	44.85

(2) 생초 및 건조수량

생산량은 Table 8과 같다.

전체 생육기간에 3회 예취하여 수확하였으며 그

Table 8. Yield of green forage crops and hay (kg/10a)

Forage crop	Period Yield	1st harvest		2nd harvest		3rd harvest	
		Green forage crop	Hay	Green forage crop	Hay	Green forage crop	Hay
Ladino clover		1782.5	220.1	938.9	133.3	822.4	105.1
Alfalfa		2295.1	720.5	2114.8	516.5	2004.6	440.6
Ky31fescue		1478.8	324.1	1143.5	258.9	1092.3	222.6
Orchard grass		1820.6	571.1	1730.5	475.9	1326.7	328.4

3. 초종별 증발산위

초종별, 순별 증발산위는 Table 9와 같으며 그의 변동상황은 Fig.1과 같다.

Table 9. Potential evapotranspiration of forage crop (mm/day)

Harvesting time	Forage crop Period	Ladino clover	Alfalfa	Ky31 fescue	Orchard grass
		1st May	E 4.12*	8.03**	3.45**
	M	3.70	5.79	5.76	3.68
	L	5.04	6.81	6.34	5.54
	E	3.40*	4.60**	3.80**	4.20**
	M	3.56	5.34	3.65	4.70

2nd	June	L	4.92	7.32	5.02	6.34
		E	5.50	7.31	6.56	8.50
	July	M	5.07	6.84	4.39	4.69
		L	3.69**	5.03**	3.67**	4.25**
3rd	Aug	E	5.21	6.51	4.41	4.78
		M	6.27	9.74	4.94	6.22
		L	5.01	6.99	4.37	4.34
	Sep	E	5.72	6.42	4.64	6.08
		M	5.54	7.36	5.34	7.01
		L	6.14	7.56	4.48	5.92
Det	M	3.44	4.84	3.19	3.64	

* means significant difference among periods by F-test at 5% level.

** means significant difference among periods

by F-test at 1% level.

순별 증발산위의 변이에 대한 분산분석 결과 제 1기에 따라 고도의 유의차를 보였으며 5월 초 순에 있어서의 증발산위가 떨어지는 것은 이식한 관계로 활착기그 뒤지기 때문인 것으로 여겨진다. 그리고 3회의 예취마다 알팔파의 증발산위가 가장 높았으며 이는 Table 8의 수확량에서도 입증되고 있다.

또한 5월 중순에 증발산위가 떨어진것은 Table 6에서 보는바와 같이 많은 강수로 인하여 억제된 증발과 일사량의 부족으로 여겨지며 또 제2생육기에서 7월 중순에 증발산위가 떨어지는 것은 전 생육기간중 가장 높게 나타난 상대습도의 영향이라 여겨진다.

제3생육기에 들어가서 8월 하순에 증발산위가 떨어진것은 Table 6에서 보는바와 같이 일사량이 갑자기 떨어졌기 때문이며 이에 따라 평균기온이나 증발계 증발량도 8월 중순에 비하여 상당히 떨어진 까닭에 영향을 받은 것으로 여겨진다.

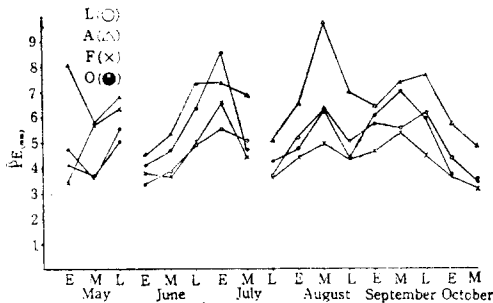


Fig 1. Relationship between potential evapotranspiration and growing period.

4. 증발산위와 기상제요인간의 상관관계

Tab.6과 Table 9에 의해 각 기상요인과 증발산위간의 상관 관계를 조사한바 Table 10과 같다.

여러 기상요인과 증발산위의 관계에 대해서는 Blany²¹⁾(1950)등은 증발산량은 평균기온 및 가조 시간과 상관관계가 있다고 하였으며 Thronthwaite²²⁾(1954)는 평균기온과 상관관계가 있으나 이를 월별, 위도별로 보정하여야 한다고 하였으며 Harding²³⁾, Lowry²⁵⁾는 최저기온만이 증발산량과 상관관계가 있다고 하였으며 種田²⁴⁾(1946)은 최고기온이 가장 상관성이 높다고 하였고, Penman²⁶⁾은 포화수 증기압, 최저기온 및 증발계 증발량에 의거하여 증발산량공식을 유도하였으며 Albrecht²⁷⁾와 Rider²⁸⁾는 풍속과 증기압에 의한 증발산량공식을 유도하였고 松田²⁹⁾, Jensen³⁰⁾ 및 田邊, 등은 일사량, 吉良³¹⁾ 등은 일사량과 평균기온, 安³²⁾은 평균기온과 증발계 증발량이 가장 많이 증발산위에 영향을 미친다고 보고하고 있는데 본 시험에서는 Table 10에서 보는 바와 같이 4월에서 10월 사이에 3차의 수확을 하였던 관계로 각 생육기간의 변이수가 작어 통계처리상 자유도가 작았으며, 또한 5월 하순에 1차의 예취를 하였던바 6월 초, 중, 하순에는 모든 기상요인은 좋았으나 목초가 싹이트면서 새로 움돋아 나기때문에 증발산위가 적고, 7월 중순에 다시 제2차의 예취로 인하여 7월 하순과 8월 상순의 적은 증발산위의 영향이 있기 때문에 Table 10의 상관계수가 불규칙하며 또한 상관관계도 제3생육기의 증발계 증발량과 일사량만이 가장 높은 유의상관을 나타내고 있다.

Table 10. Correlation between potential evapotranspiration and the factors of weather.

Harvesting period	Factors of weather Forage crop	Mean	Max.	Min.	Copper	Relative	Undergr-	Solar	Wind
		temperat- ure	temperat- ure	temperat- ure	plated pan evapora- tion	humidity	ground temperat- ure (0.2m)	radiation	Velocity
1st	Ladino clover	0.5199	0.6377	0.4992	0.2986	0.0223	0.6174	0.4520	0.9939
	Alfalfa	-0.7036	-0.5849	-0.7128	0.9988*	-0.9619	-0.6059	0.9771	0.1921
	Ky 31 fescue	0.9909	0.9582	0.9925	-0.7620	0.9291	0.9653	-0.6446	0.4432
	Orchard grass	0.2027	0.3522	0.1898	0.5931	-0.3044	0.3276	0.7178	0.9197
2nd	Ladino clover	0.8175	0.4878	0.8318	-0.5471	0.7400	0.8484	-0.4323	-0.6331
	Alfalfa	0.7477	0.5452	0.7122	-0.3351	0.6172	0.8175	-0.2212	-0.5938
	Ky 31 fescue	0.4262	0.0051	0.5397	-0.5434	0.5423	0.4410	-0.6120	-0.1640
	Orchard grass	0.3639	0.0546	0.4046	-0.3774	0.3500	0.3899	-0.4639	-0.1432

3rd	Ladino clover	0.4309	0.5541	0.3552	0.6877*	-0.4616	0.4955	0.7727*	0.0987
	Alfalfa	0.4903	0.6173	0.4001	0.8100**	-0.6163	0.5493	0.7463*	0.1873
	Ky 31 fescue	0.4634	0.5569	0.3939	0.6877	-0.3450	0.5639	0.7652	0.1828
	Orchard grass	0.3026	0.4231	0.2242	0.5371	-0.4283	0.3833	0.6751	-0.0706

5. 기상요인에 의한 증발산위의 추정

Table 10 에 각 기상요인과 증발산위의 상관계수를 제시하였거니와 다음에 각 기상요인에 대한 증

발산위의 추정식을 유도하기 위하여 각 기상요인을 독립변수로 하고 증발산위를 종속변수로 하여 직선 회귀(直線回歸)를 구하면 Table 11과 같다.

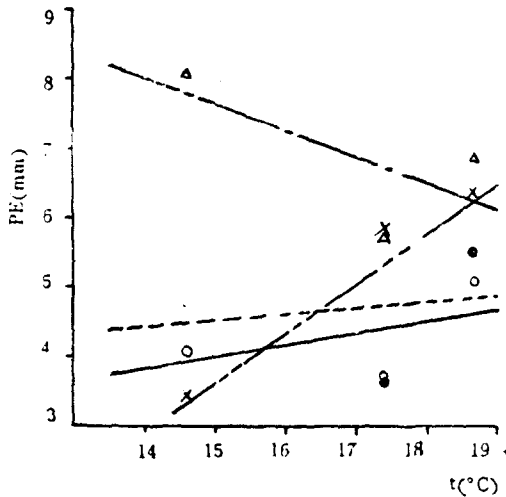
Table 11. Predicting formulas of potential evapotranspiration

Harvesting period	Factors of weather		Mean temperature (t)	Max. temperature (t _{max})	Min. temperature (t _{min})	Copper plated pan evaporation (E)
	Forage crop					
1st	Ladino clover		PE=0.170t+1.410	PE=0.265t _{max} -1.339	PE=0.113t _{min} +2.991	PE=0.255P+3.233
	Alfalfa		PE=-0.378t+13.261	PE=-0.399t _{max} +7.795	PE=-0.266t _{min} +9.914	PE=1.406E-1.108
	Ky 31 fescue		PE=0.723t-7.032	PE=0.887t _{max} -15.303	PE=0.502t _{min} -0.552	PE=-1.456E+11.157
	Orchard grass		PE=0.091t+3.122	PE=0.199t _{max} +0.063	PE=0.059t _{min} -3.985	PE=0.694E+1.815
2nd	Ladino clover		PE=0.278t-1.173	PE=0.005t _{max} +4.551	PE=0.211t _{min} +1.074	PE=-0.480E+6.468
	Alfalfa		PE=0.360t-1.916	PE=0.078t _{max} +3.630	PE=0.240t _{min} +1.552	PE=-0.506E+7.548
	Ky 31 fescue		PE=0.061t+3.026	PE=0.090t _{max} +1.905	PE=0.044t _{min} +3.570	PE=0.420E-2.729
	Orchard grass		PE=0.158t+1.328	PE=0.122t _{max} +1.867	PE=0.045t _{min} +4.363	PE=0.591E-2.904
3rd	Ladino clover		PE=0.085t+3.278	PE=0.133t _{max} +1.515	PE=0.059t _{min} +4.074	PE=0.624E+2.721
	Alfalfa		PE=0.142t+3.744	PE=0.217t _{max} +0.936	PE=0.098t _{min} +5.082	PE=1.078E+2.682
	Ky 31 fescue		PE=0.399t-3859	PE=0.345t _{max} -4.461	PE=0.243t _{min} -0.389	PE=-0.362E+5.891
	Orchard grass		PE=0.519t-4.660	PE=0.547t _{max} -8.007	PE=0.296t _{min} +5.764	PE=-0.315E+7.442

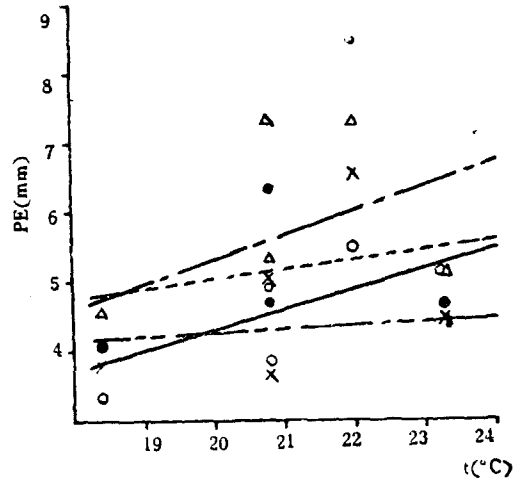
Harvesting period	Factors of weather		Relative humidity (H)	Underground temperature (tg)	Solar radiation (S)	Wind velocity (v)
	Forage crop					
1st	Ladino clover		PE=0.002H+4.141	PE=0.192tg+1.134	PE=0.006S+2.111	PE=1.631v+1.130
	Alfalfa		PE=-0.158H+18.054	PE=-0.309tg+11.941	PE=0.020S-0.368	PE=0.517v+5.874
	Ky 31 fescue		PE=0.207H-9.462	PE=0.669tg-5.785	PE=-0.018S+11.704	PE=1.620v+2.056
	Orchard grass		PE=-0.042H+7.632	PE=0.139tg+2.380	PE=0.012S+0.316	PE=2.057v+0.684
	Ladino clover		PE=0.080H-1.641	PE=0.294tg-1.710	PE=-0.012S+8.723	PE=-0.447v+5.639

2nd	Alfalfa	$PE=0.078H$ -3.499	$PE=0.395tg$ -2.921	$PE=-0.014S$ +10.387	$PE=-0.592v$ +6.933
	Ky 31 fescue	$PE=-0.0081H$ +10.832	$PE=0.101tg$ +1.999	$PE=0.005S$ +2.298	$PE=0.334v$ +3.791
	Orchard grass	$PE=0.181H$ +91.720	$PE=0.123tg$ +2.309	$PE=0.008S+$ 1.913	$PE=-0.232v$ +5.442
3rd	Ladino clover	$PE=-0.140H$ +16.347	$PE=0.131tg$ +2.068	$PE=0.007S$ +2.251	$PE=0.267v$ +4.639
	Alfalfa	$PE=-0.315H$ +32.131	$PE=0.213tg$ +1.854	$PE=0.010S$ +2.703	$PE=0.744v$ +5.574
	Ky 31 fescue	$PE=0.081H$ -1.858	$PE=0.424tg$ -4.674	$PE=-0.006S$ +6.567	$PE=-1.292v$ +7.309
	Orchard grass	$PE=0.096H$ -1.318	$PE=0.581tg$ -6.361	$PE=-0.005S$ +7.956	$PE=-1.723v$ +9.957

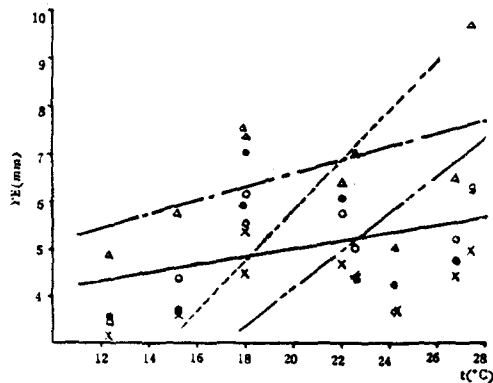
또한 증발산위와 각 기상요인과의 관계를 도시하면 Fig. 2~Fig. 9와 같다.



(a) 5th April~30th May

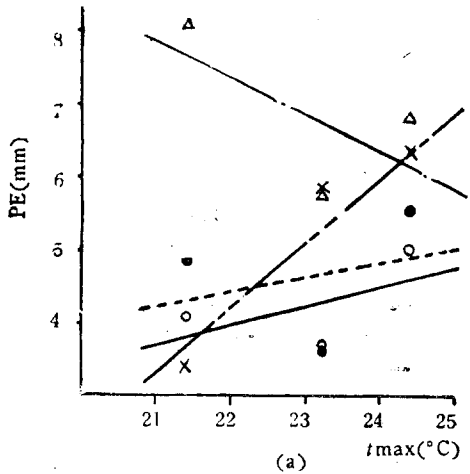


(b) 1st June~20th July

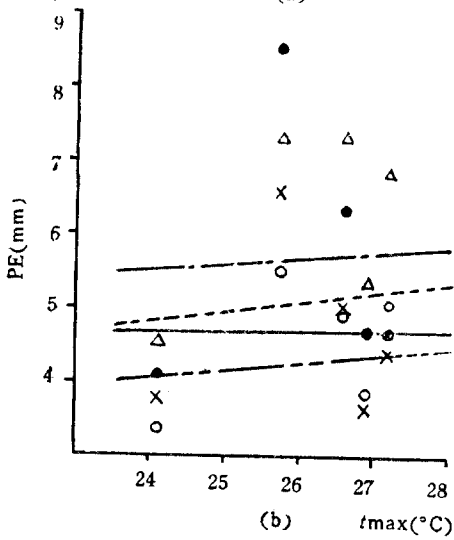


(c) 21th July~20th October

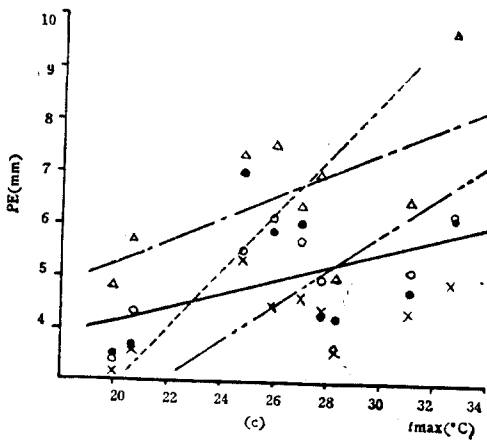
Fig. 2. between mean temperature (t) and potential evapotranspiration (PE)



(a)

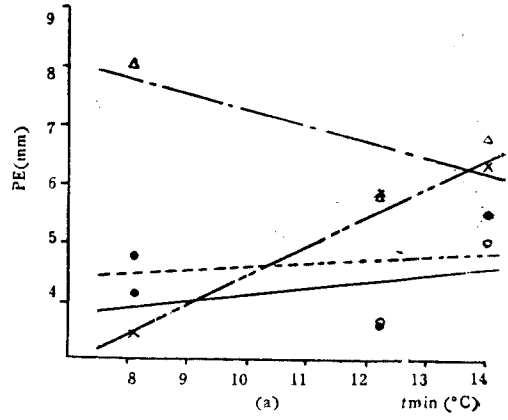


(b)

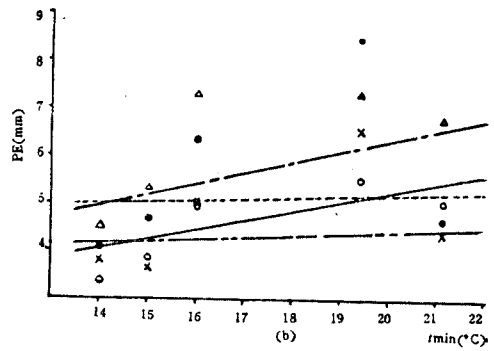


(c)

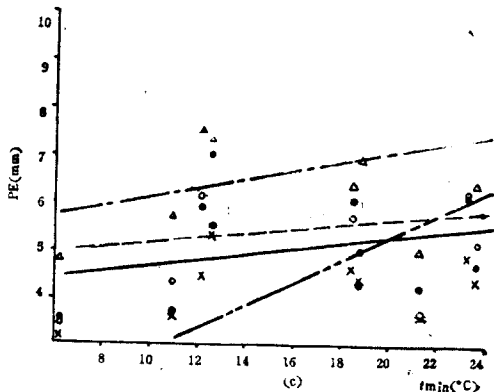
Fig 3. 최고기온과 증발산위와의 관계
[Relationship between max. temperature (t_{max}) and potential evapotranspiration (PE).]



(a)



(b)



(c)

Fig 4. 최저기온과 증발산위와의 관계
[Relationship between min. temperature (t_{min}) and potential evapotranspiration (PE).]

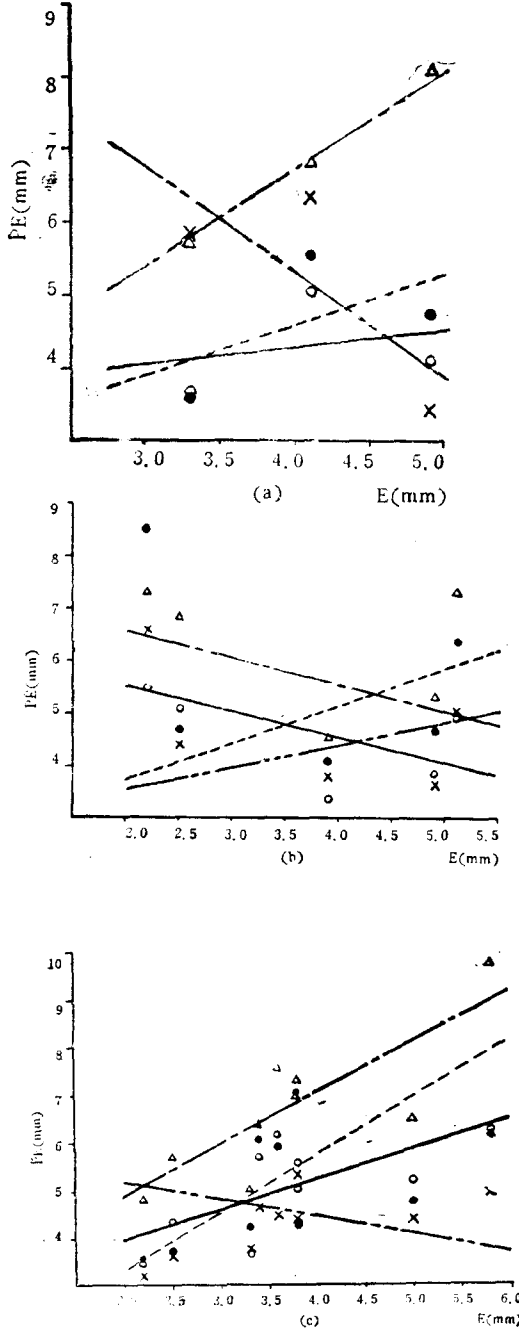


Fig 5. 증발계증발량과 증발산위의 관계
[Relationship between copper plated pan evaporation(E) and potential evapotranspiration(PE).]

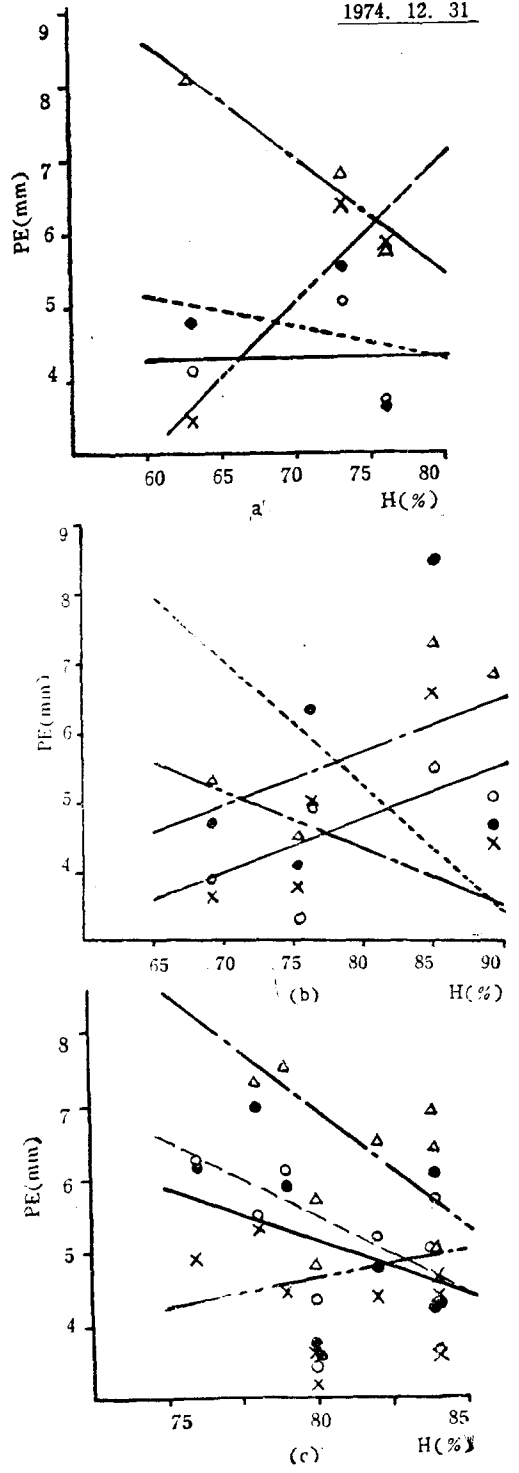


Fig 6. 상대습도와 증발산위의 관계
[Relationship between relative humidity(H) and potential evapotranspiration (PE)].

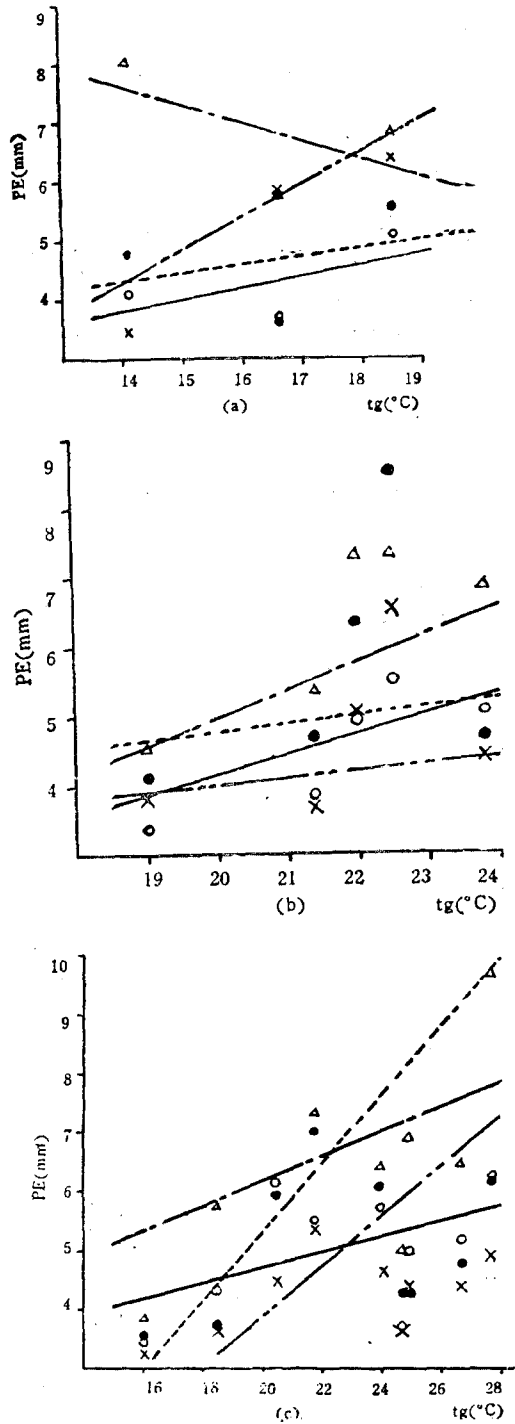


Fig 7. 지하온도(0.2m)와 증발산위와의 관계 [Relationship between underground temperature(tg) and potential evapotranspiration (PE)].

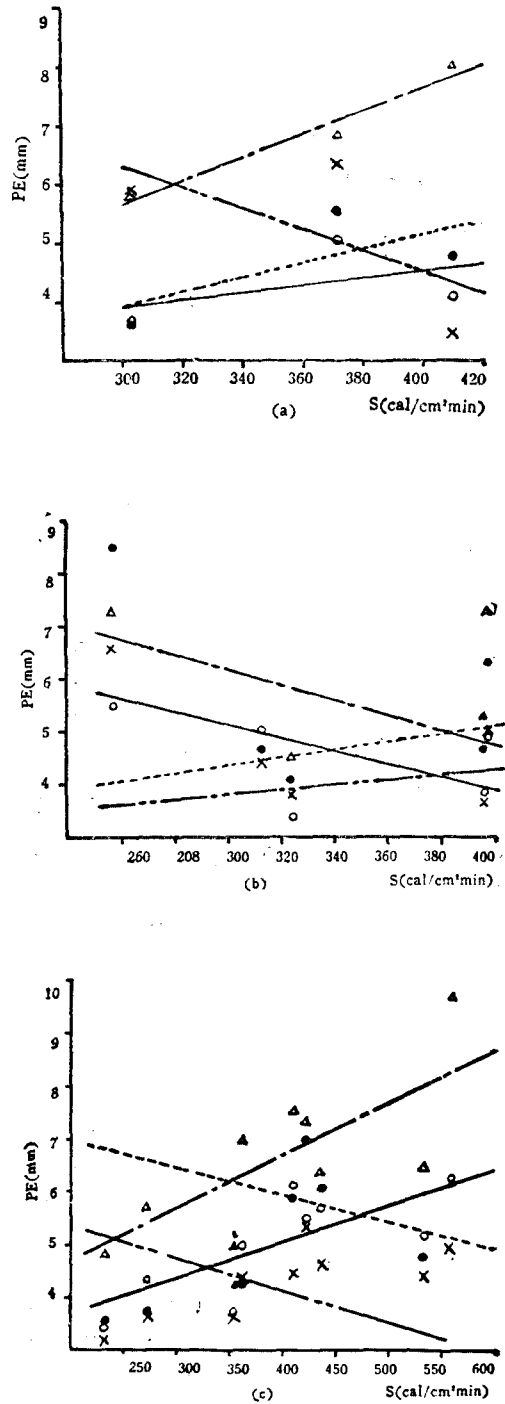


Fig 8. 일사량과 증발산위와의 관계 [Relationship between solar radiation (S) and potential evapotranspiration (PE)].

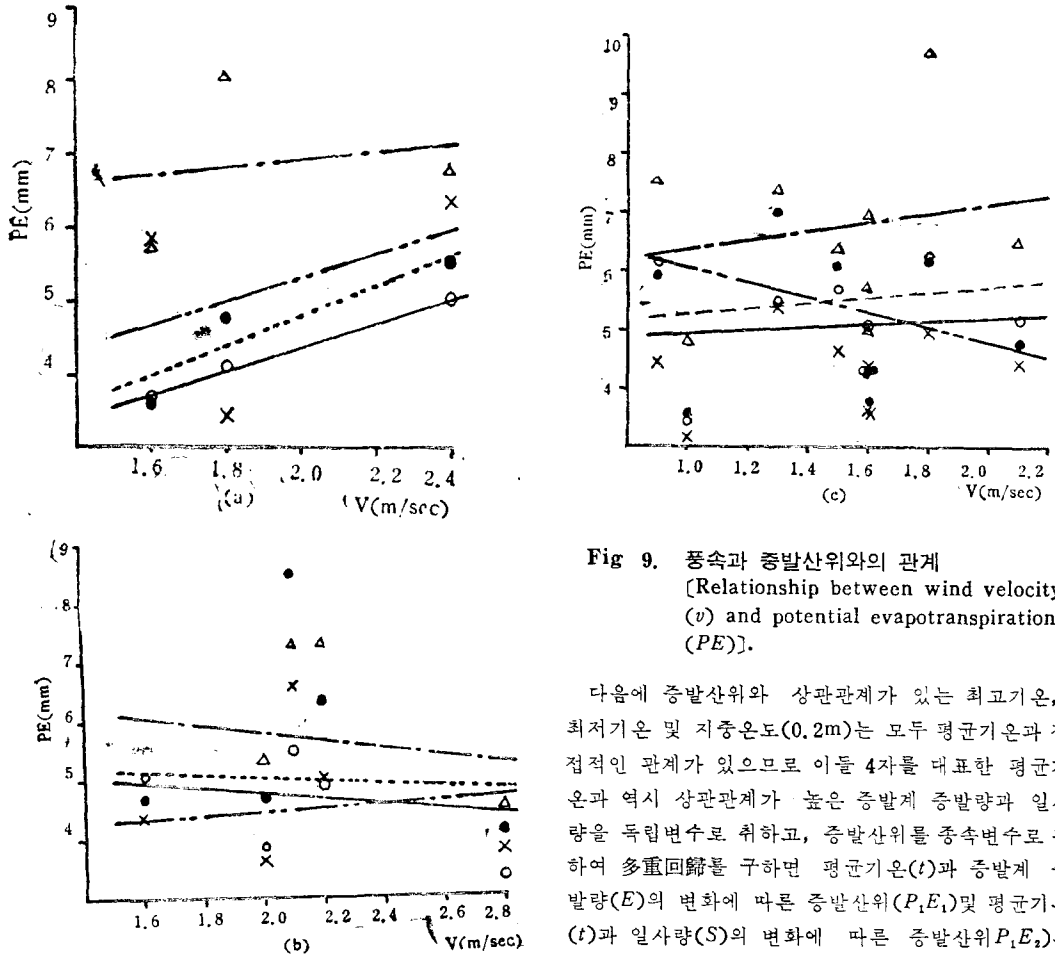


Fig 9. 풍속과 증발산위와의 관계
[Relationship between wind velocity (v) and potential evapotranspiration (PE)].

다음에 증발산위와 상관관계가 있는 최고기온, 최저기온 및 지중온도(0.2m)는 모두 평균기온과 직접적인 관계가 있으므로 이들 4자를 대표한 평균기온과 역시 상관관계가 높은 증발계 증발량과 일사량을 독립변수로 취하고, 증발산위를 풍속변수로 취하여 多重回歸를 구하면 평균기온(t)과 증발계 증발량(E)의 변화에 따른 증발산위(P₁E₁) 및 평균기온(t)과 일사량(S)의 변화에 따른 증발산위 P₁E₂의

Table 12. Predicting formulas of potential evapotranspiration by multiple regression analysis

Harvesting period	Forage crop	Predicting formula	
		t & E	t & S
1st	Ladino clover	$PE_1 = 0.426t + 1.002E - 7.024$	$PE_2 = 0.114t + 0.0013S - 2.350$
	Alfalfa	$PE_1 = -0.016t - 1.725E + 14.216$	$PE_2 = -0.419t - 0.003S + 15.040$
	Ky 31 fescue	$PE_1 = 0.635t - 0.345E - 4.130$	$PE_2 = 0.661t - 0.004S - 5.968$
	Orchard grass	$PE_1 = 0.483t + 1.540E - 9.817$	$PE_2 = 0.368t - 0.020S - 8.800$
2nd	Ladino clover	$PE_1 = 0.119t - 0.391E + 4.615$	$PE_2 = 0.430t - 0.016S + 1.021$
	Alfalfa	$PE_1 = 0.222t - 0.341E + 2.260$	$PE_2 = 0.449t - 0.018S + 2.280$
	Ky 31 fescue	$PE_1 = -0.058t + 0.648E + 3.083$	$PE_2 = -0.075t + 0.008S + 2.656$
	Orchard grass	$PE_1 = 0.177t - 0.102E + 1.814$	$PE_2 = 0.078t + 0.005S + 1.433$
3rd	Ladino clover	$PE_1 = 0.109t + 1.052E + 3.388$	$PE_2 = -0.136t + 0.013S + 2.678$
	Alfalfa	$PE_1 = -0.207t + 1.888E + 3.959$	$PE_2 = -0.123t + 0.015S + 3.258$
	Ky 31 fescue	$PE_1 = 0.361t - 0.093E - 2.713$	$PE_2 = 0.369t - 0.003S - 2.215$
	Orchard grass	$PE_1 = 0.560t + 0.10E - 5.003$	$PE_2 = 0.518t - 0.0009S - 4.609$

다중회귀방정식을 다음과 같이 얻게 된다.

Table. 12(별 21)

6. 토양 수분 소비율

관개를 합리적으로 하려면 그 토양의 수분소비형

을 알아야만 한다. 따라서 본 시험은 시험포장에서 직접 포장용수량에 달하도록 관개를 한 후, Table. 6에서 보는바와 같이 강수량이 없었던 8월 12일 부터 8월 21일에 이르기 까지 10일간의 토양수분을 토층별 관측치로부터 조사하였다.

Table 13. Measured soil moisture : (%)

Forage crop	Soil layer (cm)	Date									
		12thAug	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ladino clover	0~10	41.0	38.2	36.7	35.5	33.7	33.1	31.9	30.9	29.8	28.4
	11~20	41.2	40.0	39.2	37.5	35.7	35.0	33.7	32.1	31.4	29.6
	21~30	43.0	42.2	41.0	39.5	38.2	36.9	35.0	33.9	35.5	34.5
	31~40	44.8	44.6	43.5	41.7	41.0	40.2	39.7	38.8	38.0	37.0
Alfalfa	0~10	41.5	40.2	39.0	35.2	34.1	32.6	30.2	28.8	27.1	27.0
	11~20	42.3	41.0	39.7	37.0	35.7	34.6	32.2	30.1	29.1	28.0
	21~30	43.0	41.3	40.7	39.3	37.7	35.9	34.4	32.4	31.4	30.2
	31~40	44.1	42.5	41.3	39.7	38.7	37.5	35.0	33.7	32.9	32.0
Ky 31 fescue	0~10	43.6	41.2	39.2	38.3	37.7	35.2	34.2	33.1	32.1	31.0
	11~20	44.0	42.0	40.3	39.7	38.7	37.0	35.2	34.4	33.1	32.4
	21~30	44.6	43.3	41.3	40.7	40.0	38.0	37.4	36.2	35.2	33.7
	31~40	45.3	44.3	42.6	41.7	41.0	39.3	38.2	37.4	36.2	34.9
Orchard grass	0~10	37.5	34.7	32.6	30.7	29.8	28.5	28.1	26.1	24.8	24.5
	11~20	38.2	37.4	33.7	31.7	31.2	30.6	29.6	28.1	27.3	26.4
	21~30	40.8	39.3	38.3	36.5	35.0	33.9	33.1	30.9	30.1	29.4
	31~40	42.2	41.3	40.8	39.7	38.8	38.2	36.7	35.7	35.2	34.7

관측한 포장의 토성은 Table 1과 같고 물리 및 화학적 성질을 Table 2, Table 3과 같다.

Table 13에서 각 토층의 5일 간격의 소비수량과 그 비율을 계산하면 Table 14와 같다.

Table 14. Amount of consumed water and extraction pattern.

(1) 12th Aug.~16th Aug.

Soil layer	Ladino clover		Alfalfa		Ky31 fescue		Orchard grass	
	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.
0~10cm	7.3mm	34.1%	7.4	30.0	5.9	29.6	7.7	32.2
11~20	5.5	25.7	6.6	26.7	5.3	26.5	7.0	29.3
21~30	4.8	22.4	5.3	21.4	4.6	22.4	5.8	24.3
31~40	3.8	17.8	5.4	21.9	4.3	21.5	3.4	14.2
Total	21.4	100.0	24.7	100.0	20.1	100.0	23.9	100.0

(2) 17th Aug.~21th Aug.

Soil layer	Ladino clover		Alfalfa		Ky 31 fescue		Orchard grass	
	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.
0~10cm	4.7mm	29.9%	5.6	23.9	4.2	24.0	4.0	24.7

11~20	5.4	34.4	6.6	28.2	4.6	26.5	4.2	25.9
21~30	2.4	15.3	5.7	24.4	4.3	24.6	4.5	27.8
31~40	3.2	20.4	5.5	23.5	4.4	25.0	3.5	21.6
Total	15.7	100.0	23.4	100.0	17.5	100.0	16.2	100.0

Table 14 (1) (2)에서 보는 바와 같이 토층별 수분소비량은 작 품중구 공히 초기에는 제1층이 가장 많고 하층에 갈에 따라 감소되고 있는데 이는 초기에는 옆면증발과 아울러 토양면증발도 왕성하기 때문이며 후기에는 토양수분이 감소되어 토양수분의 소비는 주로 옆면증발에 기인하기 때문에 표층보다

제2 또는 제3층에서 보다 많이 생기고 있다. 전체 토층에서 총 소비수량은 Table 15에서 보는 바와 같이 알팔파가 가장 많고 오오차아드 그래스, Ky31 페스큐, 라디노 크로바의 순으로 적다. 이는 그 생산량의 다소와 일치하고 있다.

Table 15. Amount of consumed water during the 10 days.

Forage crop	Ladino clover	Alfalfa	Ky 31 fescue	Orchard grass
Amount of consumed water(mm)	37.1	48.1	37.6	40.1
Yeilds of hay (kg/10a)	458.5	1,677.6	805.6	1,375.8

각 품종 토층별 소비 비율 즉 토양수분 소비율은 Table 16과 같다.

Table 16. Pattern of consumed soil moisture

Forage crop soil layer	Ladino clover		Alfalfa		Ky 31 fescue		Orchard grass	
	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.	A.C.W.	E. P.
0~10cm	12.0mm	32.0%	13.0	27.0	10.1	26.8	11.7	29.0
11~20	10.9	30.0	13.2	27.5	9.9	26.5	11.2	28.0
21~30	7.2	19.1	11.0	22.9	8.9	23.5	10.3	26.0
31~40	7.0	18.9	10.9	22.6	8.7	23.2	6.9	17.0
Total	37.1	100.0	48.1	100.0	37.6	100.0	40.1	100.0

Table 16에서 보는 바와 같이 알팔파 만이 제2층의 소비 비율이 제1층의 그것보다 약간 큰데 이는 그 일이나 줄기가 가장 많이 번성하여 토양면증발이 억제될 뿐만 아니라 뿌리도 많이 뻗어 뿌리의 흡수작용이 왕성하기 때문인 것으로 여겨진다.

예취기에 따라 고도의 유의차를 보였으며 알팔파의 증발산위가 가장 큰데 이는 Table 8에서 보는 바와 같이 수확량에서도 알팔파가 가장 많은 것과 일치하고 있다.

3. 증발산위와 기상요인 사이의 상관관계는 Table 10과 같은데 3회에 걸쳐 예취한 관계로 상관계수가 불규칙이기는 하지만 순별 증발산량은 증발계 증발량 및 일사량과는 높은 유의 상관성을 보여주고 있다.

4. 기상요인에 의한 증발산위의 추정식을 유도한 결과는 Table 11과 같으며 증발산위와 각 기상요인과의 관계는 Fig.2~Fig와 같다.

이들 식으로 증발산량을 각 기상요소에 의거하여 산정할수 있다.

V. 종합결론

1. 목초의 증발산량과 밀접한 관계가 있는 금년의 기상 상황은 Table 6에서 보는 바와 같이 5,6월의 기온이 평년보다 다소 낮았을 뿐 만 기상요소는 평년의 그것들과 별 차이가 없었다.

2. 초종별 증발산위는 Table 9, 그 생육기별 변화 상황은 Fig. 1과 같거니와 순별 증발산위의 변위는

5. 평균기온과 증발계 증발량 및 평균기온과 일사량에 의거하여 증발산위를 추정하는 식을 유도하면 Table 12와 같다.

6. 주강우 기간인 8월 12일 부터 21일에 이르는 10일간의 토양수분 소비상황을 조사한 결과는 Table. 15에서 보는바와 같이 알팔파가 가장 많은 48.1mm (1일 평균 4.8mm), 다음에 오오차아드 그래스의 40.1mm, 케스큐의 37.6mm이고 래디노 크로바가

가장 적었으며 그 양은 37.1mm인데 이들 초종의 수확량도 위와 동일한 순서를 보여주고 있다.

또 토층별 소비수량의 비율은 Table 14 및 Table 16에서 보는 바와 같으며 전기 5일간에는 각 품종 공히 제1층의 소비수량이 가장 많으나 토양수분의 감소에 따라 후기 5일간에는 제1층보다 제2층 또는 제3층에서 보다 많이 소비되고 있다.

참 고 문 헌

- (1) Albrecht, F. (1950) : Die Methoden zur Bestimmung der Verdunstung der natürlichen Erdoberfläche, Arch. Met. Geophys. Biokl. B 2 : 1~38
- (2) 安秉基(1972) : 牧草의 蒸發散位에 關한 研究 研究報告集(忠南大學校 大學院) 1 : 36
- (3) Blaney, H.F. and K.V. Morin (1942) : Evaporation and consumptive use of water empirical formulas, Trans. Am. Geophys. Union 23(pt. I) : 76~83
- (4) _____, and W.D. Criddle (1950) : Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data, U.S. Dept. Agr. Div. Irrigation and water conserv. V—, scs. TP—96.
- (5) Briggs, L.T. and H.L. Shantz(1912) : The wilting coefficient for different plants and its indirect determination, V.S. Dept. Agr. Bur. plant Ind. Bull, 230
- (6) _____, _____ (1916) : Daily transpiration during the normal growth period and its correlation with the weather, J. Agr. Res. 7; 155~212
- (7) Dainkwater, W.O. and B.E. Janes.(1957) : Relation of potential evapotranspiration of environment and kind of plant, Trans, Am, Geophys, Union, 38(4)
- (8) 竹中 肇(1961) : 土壤水分의 變化から 求めた 알팔파의 蒸發散量. 農業土木研究 29(1) : 22
- (9) 田邊邦美, 野村安治(1964) : 作物의 蒸發散量 曲線에 について(Ⅰ) 農業土木研究 別冊(9) : 21~24
- (10) _____, _____ (1964) 作物의 蒸發散量曲線에 について(Ⅱ) 農業土木研究 別冊(9) : 25~30
- (11) _____, 坂東攻郎, 梅崎哲哉(1967) : ミカンの 蒸發散量と 日射量との關係, 農業土木研究 35(4) : 216
- (12) Davis, C.H. (1940) : Absorption of soil moisture by maize root, Bot. Gaz.(101) : 791~805
- (13) Gihert, M.T.(1955) : A simple field installation for measuring maximum evapotranspiration, Trans, Am. Geophys, Union, 35(6) : 937~942
- (14) 篠邊三郎(1961) : 青森縣に おける 氣象統計 よりみた 畑地カンガイ의 必要性と 蒸發散量測定例, 農業土木研究 29(1) : 30
- (15) Halkias, N.A.(1955) : Determining water needs for crops from climatic data, Hilgardia 24 : 207~233.
- (16) Harding, S.T.(1930) : Consumptive use of water in irrigation : progress report : Duty of water committee of the Irrigation Trans, Am. Soc. Civil Engrs. 94 : 1349~1399
- (17) Hargreaves, G.H. (1956) : Irrigation requirements based on Climatic data, Proc. Am. Soc. Civil Zngrs. Jour. Div. Irrigation and Drainage, 82(No. IR,) : 1~10
- (18) 石橋 外 6人 共著 : (1971) : 農業水利學(朝倉書店), 90~92
- (19) Jensen, M.E. and H.R. Haise(1963) : Estimating evapotranspiration from solar radiation, Proc. A.S.C.E. 89(1R,) : 15~41
- (20) 金子 良, 上村 春美(1961) : 砂質地に おける 蒸發의 水文學的考察, 農業土木研究 29(3) : 13~18

- (21) 金建洙, 卮鍾煥(1971): 農業氣象學(先進文化社), 194
- (22) King, K.M., Tanner, C.B. and V.E. Suomi (1956): A floating lysimeter and its evaporation recorder, *Trans. Am. Geophys. Union*, 37: 738~742
- (23) 小樽 康雄, 中川弘三郎(1966): 中川流域における蒸發散量の測定について, *農業土木研究* 34(2): 41
- (24) _____, 外2人(1967): チェンバ法による蒸發散量の測定について, *農業土木研究* 35(7): 416
- (25) Lowry, R.L., Jr. and A.F. Johnson(1942): Consumptive use of water for agriculture, *Trans. Am. Soc. Civil Engrs.*, 107: 1243~1266
- (26) Martin, E.V.(1940): Effect of soil moisture on growth and transpiration in *helianthus annuus*, *plant physiol*, 15: 449~466
- (27) Mather J.R. (1951): Design and evaluation of a modified evapotranspirometer, J.H.U. Labo. of Clina., *Inter. Rep.*, (15): 11~15
- (28) _____, (1954): The measurement of potential evapotranspiration, J.H.U. VI(I): 1~25
- (29) 松田 松二(1960): 作物の蒸發散に對する Energy Balanceの適用, *農業土木研* 28(3): 38~39
- (30) Mc Cloud, D.E., and L.S. Dunavin, Jr. (1954): Agrohydrologic balance studies at Gainesville, Florida *Publ. in Climatology*, 7(1): 55~68
- (31) 究農業振興公社 調査設計部(1972)農業用水開發必要水量基準, (農林部, 農業振興公社)1~15
- (32) Ogata, G., Richards, L.A. and W.R. Gardner(1960): Transpiration of Alfalfa determined from soil water content changes, *soil sci.* 89: 177~183
- (33) Penman, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil, and grass, *proc. Roy. Soc. London, Ser. A*, 193: 120~145
- (34) Rider, N.E. (1957): Water losses from various land surfaces, *Quart. J. Ray. Meteor. Soc.* 83: 181~193
- (35) 椎名 乾治(1963): 蒸發散による畑地水分の減少機構に關する研究, *農土試驗場報告* (1): 83~156
- (36) _____(1965): 畑地カンガイ調査計画法(I), *農業土木研究* 33(1): 24~29
- (37) _____, (1965): 畑地カンガイ調査計画法(II), *農業土木研究* 33(2): 61~67
- (38) 白井 清恒(1967): フローティングライシメータに對する温度の影響について, *農業氣象學會 東海支報*(13): 24~28
- (39) 水資源局(1970): 水資源開發調査年報(建設部) 2: 50~55
- (40) 立花 一雄(1958): ライシメータについて, *農土研究* 26(5): 46~48
- (41) 種田 行男(1955): ソーンズウイト法による灌溉, 土地改良 5(3): 16~19
- (42) _____, (1955): 蒸通發量に關する實驗的研究(I), *農業土木研究* 23(4): 13~15
- (43) _____, (1956): 蒸通發量に關する實驗的研究(II), *農土研究* 24(3): 145~147
- (44) _____, (1957): 移動型蒸通發計について *農土研究* 24(7): 396~397
- (45) _____, (1957): 蒸通發量に關する實驗的研究(III), *農土研究* 25(4): 211~214
- (46) _____, (1959): 蒸通發量に關する實驗的研究(IV), *農土研究* 27(1): 1~6
- (47) _____, (1963): 蒸通發量に關する實驗的研究(V), *農土研究* 31(2): 73~79
- (48) _____, 村上 康藏(1971): 内陸地域における蒸發散について, *農土學會論文集* 38: 13~17
- (49) Tanner, C.M. (1960): Energy balance approach to evapotranspiration from crops, *soil sci. Soc. Am. Proc.* 24: 1~9
- (50) Thornthwaite, C.W. and B. Holzmon(1942): Measurement at evaporation from land and water surface, *U.S. Dept. Agr. Tech. Bull.* 817
- (51) (1944): Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, *Trans. Am. Geophys. Union*, 25(pt V): 683~693
- (52) _____, and J.R. Mather(1951): The role of evapotranspiration in Climate, *Ar-*

- ch, Met. Geophys. Boikl., B, 3 : 16~39
- (53) _____, (1954) : The determination of potential evapotranspiration, Publ. in Climatology, 5(1) : 218~225
- (54) 豊田 久承(1961) : 燕發散位と 環境および 植物の種類との 關係, 農土研究 29(4) : 170
- (55) Veihmeyer, F.J. and F.A. Brooks(1954) : Measurements of cumulative evaporation from bare soil, Tran, Am. Geophys, Union, 35 : 601~607
- (56) _____, and A.H. Hendrckson(1955) : Does transpiration decrease as the moisture decrease? Trans. Am. Geophy, Union, 36 : 425~448
- (57) へ楸利助, 山本晃一(1956) : 燕發散位の 測定について, 北大農學部紀要 2(4) : 23~27
- (58) 吉良芳夫(1958) : 自己燕發散計 および散水浸透測定裝置, 農土研究 26(3) : 36~38
- (59) _____, (1959) : 畑地カンガイ, 農土研究 27(5) : 64~66
- (60) _____, (1964) : フローライニング ライシナータ, 農土研究 32(6) : 324
- (61) _____, 白井 清恒(1971) : 燕發散量と 氣象諸因子との 關係, 農土學會 論文集 38 : ~12