

지역별 관개 계획기준년 선정과 기준작물 잠재증발산량 비교

Selection of Irrigation Design Year and Comparison of Reference Crop Evapotranspiration at 13 Regions

김 현 수* (농진공)

Kim, Hyun Soo

Abstract

This study is performed to select irrigation design year from 10-year return period 7-month(April to October) precipitation amount and compare reference crop evapotranspiration at 13 regions by REF-ET model

1. Seven-month growing season average reference crop evapotranspiration values showed low values of 4.1~4.2mm/day by FAO-24 Corrected Penman method. and 3.6~3.7mm/day by FAO-24 Blaney Criddle method in Chinjn and Ulsan, high values of 4.9mm/day by FAO-24 Corrected Penman method, 4.1mm/day by FAO-24 Blaney Criddle method in Mokpo and Pohang.
2. Estimated seven-month growing season average reference crop evapotranspirations are 4.6mm/day by FAO-24 Corrected Penman method., 3.9mm/day by FAO-24 Blaney Criddle method, 4.0mm/day by 1985 Hargreaves method, respectively.

I. 서론

물은 농작물의 성장에 있어 필요불가결의 요소이지만 그 필요량의 정도는 작물의 종류, 재배목적, 재배양식, 생육시기, 기상조건 및 토양조건 등에 의해 다양할 뿐만 아니라 지역에 따라서도 차이가 있다.

관개는 작물성장에 필요한 수분을 공급하기 위하여 토양에 물을 공급하는 목적 이외에도 한발시 작물생산량 감소를 방지하고 작물성장에 최적환경을 유지하기위하여 토양온도를 조절하며 토양염분을 희석 및 감소시키고 경지의 토양을 부드럽게 하는 등의 작물성장 환경을 양호하게 한다.

강우를 비롯한 기온, 바람, 일조량 등과 같은 작물성장에 영향을 미치는 기상요소들은 지역별로 상당한 차이를 나타내고 있다. 이는 작물성장에 요구되는 필요수량 또한 지역별로 다르게 나타나는 주원인이라 할 수 있다.

농지생산기반종합정비계획 수립요령(1993)¹⁾에는 보리, 양파, 마늘 등의 Type 3 작물에 대한 10년 빈도 한발년의 연간 필요수량이 서귀포가 10cm로 가장 작고, 대구가 17cm로 가장 많게 나타나 있다. 이는 대구지역의 강우량이 다른 지역에 비해 적고 기온이 높아 증발산량이 많이 발생하기 때문이라 할 수 있다. 따라서 지역별로 재배작물에 대한 필요수량을 제시하는 것은 합리적인

1999년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(1999년 10월 16일)

관개계획수립에 의한 작물의 생산량 증대 및 수로구조물 설계에 중요하다 할 수 있다.

본 연구는 전국 13개 기상관측 지점의 강우자료를 빈도분석법으로 분석하여 관개계획기준년을 선정하고 월 평균 기상자료를 활용하여 기준작물에 대한 잠재증발산량을 추정하여 지역 및 방법별 차이를 비교·검토함으로써 지역별 기상인자들의 특성과 주 재배작물 등을 고려한 적합한 잠재증발산량 추정방법 결정과 작물계수산정, 소비수량 추정의 기초자료 제공에 그 목적이 있다.

II. 연구사

증발산량에 대한 연구는 경지에 공급되는 수량을 측정하여 작물의 소비수량을 측정하는 연구로부터 시작하여 1960년대 각종 측정장비의 발달과 전자계산기의 등장으로 작물의 증발산량에 대한 본격적인 연구가 이루어지기 시작했다. 1970년대 FAO는 Penman, Blaney-Criddle, Radiation, Pan evaporation 등의, 4가지 기준작물 증발산량 추정방법을 수정하여 제시하였으며 Doorenbos⁶⁾, Frevert⁷⁾, Allen⁹⁾ 등에 의해 계속 연구·보완되어 왔다.

최근 Skaggs등(1995)⁸⁾은 Penman-Montieth 를 비롯한 5가지 방법에 의한 캘리포니아 동북부의 Morehead City, Plymouth, Tarboro 지역의 기상자료를 적용하여 지역별 기준작물 증발산량을 추정·비교 하였다.

국내에서는 날로 늘어나는 벼의 직파재배에 따른 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구(1996)²⁾에서 남, 중부지방의 조생종 벼에 대한 일평균 증발산량, 작물계수 등을 제시하였으며, 정(1997)³⁾은 논 벼의 답수 직파 재배에 따른 기준작물 잠재증발산량을 산정방법별로 작물계수를 제시하였으며 추정방법들 중 FAO-radiation 방법과 Penman-Montieth 방법이 가장 작은 값을 나타내고, Hargreaves방법과 FAO-24 Corrected Penman방법이 가장 큰 값을 나타냈다고 보고하였다.

III. 재료 및 방법

1. 지역선정

본 연구의 적용 대상지역은 기상자료 이용가능 현황, 경·위도 및 지역을 고려하여 전국 13개 관측지점을 선정하였다.

2. 잠재증발산량 추정모형

본 연구에는 REF-ET⁵⁾ Calculator V.2.15 모형을 이용 하였다. 이 모형은 1989년 미국 Utah State University의 Allen 등에 의해서 소개되었으며, FAO-24 Corrected Penman, FAO-24 Blaney-Criddle, Radiation method, 1985 Hargreaves 등을 비롯한 9가지의 다양한 잠재증발산량 추정방법들을 포함하고 있으며 이들 방법들은 표준화된 기상자료로부터 잠재증발산량을 추정하여 이들의 특징을 서로 비교·검토하는 것을 주목적으로 하고 있다.

이 모형은 목초(grass)와 알팔파(alfalfa)를 기준작물로 하고 있으며 본 연구에서는 목초를 기준작물로 선정하였다.

3. 기상자료

본 연구에 적용된 기상인자들은 기준작물 목초의 실제 생육시기로 판단되는 4월~10월까지

각 관측지점의 기온(평균, 최고, 최저), 평균이슬점 온도, 상대습도(평균, 최소), 평균풍속, 증발계증발량, 강우량, 일조시간 등 이들의 월(month) 기상자료를 파일로 작성하여 적용하였으며, '69년 ~ '98년 30년간의 강우자료부터 각 관측지점의 관개계획기준년을 선정하였다.

4. 관개 계획기준년 선정

관개 계획기준년은 과거 한발년 중에서 어느 특정년을 기준으로 정하며 한발의 피해를 극복할 수 있다고 보고있는 10년에 한번 나타나는 정도의 한발년을 보통 관개계획기준년으로 선정한다.

본 연구는 빈도분석법으로 한발 재현기간 10년에 해당하는 확률강우량을 구하고 이와 실제강우량이 가장 근사한 강우량을 기록한 해를 계획기준년으로 선정하여 그해의 월 기상자료를 모형에 적용하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 지역별 관개계획기준년

각 지역의 관개계획기준년은 1969년 ~ 1998년의 30년간의 강우자료 중에서 기준작물의 생육기간으로 판단되는 4월 ~ 10월의 7개월 총 강우량을 Weibull 확률공식을 적용하여 이들을 정규분포 확률지에 플로팅하여 재현기간 10년에 해당하는 확률강우량을 결정하였으며, 그 결과 13개 관측지점 중 목포가 525.5mm로 가장 낮고, 춘천이 774.0mm로 가장 높은 확률강우량을 나타냈다. Table-1은 각 관측지점의 빈도분석 결과 값이다.

또한, 기준년에 대한 지역별 기상인자들의 기준작물 생육시기 월 기상자료의 평균값은 Table-2와 같으며, 확률강우량은 목포, 대구를 중심으로 낮게 분포하고 있으며, 일조시간은 추풍령, 수원, 춘천 등의 지역에서 높게 나타났으며, 평균기온은 남부와 동부지역이 높게 나타났다.

Table-1. 7-month probability precipitation amount and selected design year

Region	10-return period Probability precipitation	Design year	Actual precipitation
Sokcho	763.0mm	1988	792.2mm
Chun -chon	774.0mm	1977	787.9mm
Suwon	767.0mm	1982	770.7mm
Sosan	665.0mm	1982	668.1mm
Chongju	734.0mm	1973	743.7mm
Chupung -nyong	673.5mm	1994	676.7mm
Pohang	576.0mm	1982	592.7mm
Kunsan	613.5mm	1976	647.4mm
Taegu	565.5mm	1976	555.4mm
Ulsan	638.5mm	1971	701.9mm
Kwangju	677.5mm	1988	672.2mm
Mokpo	525.5mm	1992	531.5mm
Chinju	750.0mm	1977	815.1mm

Table-2. 7-month climatologic data at 13 weather stations.

Region	T(°C)				RH(%)		Evap. (mm)	WS (m/s)	SH (hr)
	Ave.	Max.	Min.	Dcwp.	mean	Min.			
Sokcho	18.7	22.2	15.4	12.5	70.1	24.1	4.1	3.0	5.9
Chun -chon	19.0	25.4	13.9	13.6	73.6	28.3	4.4	1.6	7.0
Suwon	18.8	24.6	13.6	13.4	73.4	29.9	4.1	1.4	7.0
Sosan	19.0	24.8	13.9	14.1	76.1	28.6	4.2	2.0	7.4
Chongju	19.4	25.0	14.6	13.7	72.0	29.9	4.1	2.3	6.4
Chupung -nyong	19.9	26.4	14.0	13.0	67.0	26.3	-	1.8	7.1
Pohang	20.0	25.0	15.7	14.2	72.0	24.9	4.4	3.2	6.7
Kunsan	18.6	23.0	15.1	14.3	77.4	35.6	4.1	4.1	7.0
Taegu	19.4	25.0	14.7	12.0	65.3	23.0	4.3	2.7	6.0
Ulsan	19.6	25.0	15.0	14.9	75.3	30.3	4.5	2.3	6.3
Kwangju	20.4	26.0	15.8	14.2	70.1	23.9	4.3	2.2	6.8
Mokpo	20.1	25.2	16.1	14.4	72.6	23.3	3.9	3.7	6.5
Chinju	20.4	25.9	15.6	14.8	73.1	24.3	3.7	1.3	6.1

Note RH : Relative Humidity, Evap : Pan Evaporation
 WS : Mean Wind Speed, SH : Mean Sunshine Hours

2. 지역별 잠재증발산량 추정

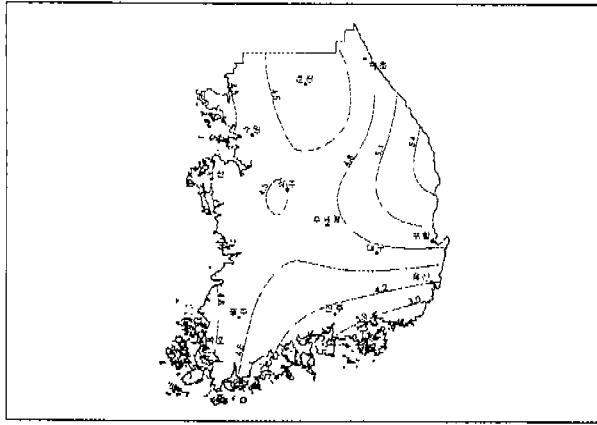
REF-ET 모형에 포함되어 있는 기준작물 잠재증발산량 추정방법 중 현재까지 국내에서 많이 사용하고 있는 FAO-24 Corrected Penman(이하 FcPn), FAO-24 Blaney-Criddle(이하 FB-C)방법과 1985Hargreaves(이하 Harg)방법을 선정하여 계획기준년에 해당하는 기상자료를 적용하여 잠재증발산량을 추정·비교 하였다.

Table-3은 지역 및 방법별 기준작물 생육시기인 4월~10월까지의 평균 일 잠재증발산량을 나타내고 있으며 Fig.1은 이들의 등치선도(iso-contour line)이며 추정 방법별로 지역적인 분포 상태를 보여주고 있다.

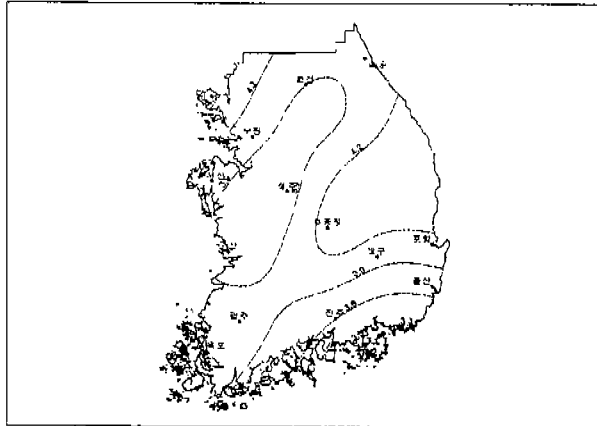
Table-3. 7-month mean daily Reference Evapotranspiration in study regions(mm/day)

Region	FcPn	FB-C	Harg
Sokcho	4.7	4.0	4.0
Chun -chon	4.3	3.9	4.2
Suwon	4.7	4.0	3.9
Sosan	4.7	4.0	4.0
Chongju	4.5	3.8	4.0
Chupung -nyong	4.7	4.3	4.5
Pohang	4.9	4.1	4.1
Kunsan	4.7	3.8	3.4
Taegu	4.7	4.0	3.9
Ulsan	4.2	3.7	3.9
Kwangju	4.6	4.0	4.1
Mokpo	4.9	4.1	3.8
Chinju	4.1	3.6	4.1
Mean	4.6	3.9	4.0

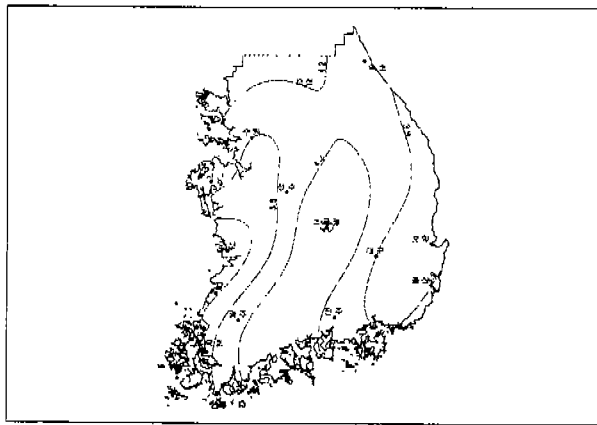
지역별 및 추정방법별로 상당한 차이가 나타나고 있는데 지역별로는 진주와 울산지역이



a) FAO-24 Corrected Penman



b) FAO-24 Blaney-Cridle



c) Hargreaves

Fig.1. 7-month reference evapotranspiration contour line of irrigation design year

FcPn방법 4.1~ 4.2mm/day, FB-C방법 3.6~3.7mm/day로 낮게 나타났고, 목포, 포항지역이 FcPn방법 4.9mm/day, FB-C방법 4.1mm/day로 높게 나타났다. 이는 목포와 포항지역의 강우량은 다른지역에 비해 상대적으로 적고, 기온, 일조시간등의 값은 상대적으로 높기 때문으로 판단된다.

추정방법별 적용대상 전지역 평균기준작물 잠재증발산량은 FcPn방법이 4.6mm/day로 FB-C방법 3.9mm/day, Harg방법 4.0mm/day 보다 높게 나타났다. 이런 결과는 ASCE Manual 70(Jensen 등. 1990)에서 각 방법의 기준식(reference ET equations)을 미국 캘리포니아를 비롯한 여러 실험대상지역에서 기준작물 알팔파에 대한 라이시미터 측정 증발산량과 이들 방법의 추정 잠재증발산량의 비(ratio)가 적용 전기간(all months) 동안은 FcPn방법이 121%로 FB-C, Harg방법의 108%보다 높게 보고하였고, 피크시기(peak month)에도 FcPn방법 111%, FB-C방법 106%, Harg방법 101%로 FcPn방법이 FB-C, Harg방법 보다 높게 나타났다고 보고 한 것과 관련이 있다.

각 방법의 지역별 잠재증발산량의 차는 FcPn 0.8mm/day, FB-C 0.6mm/day, Harg 1.1mm/day로 Harg이 가장 큰 차를 보이고 있다. 이는 FcPn과 FB-C방법이 여러기상인자가 적용된 반면 Harg은 평균기온에 따른 경험식으로 평균기온, 일조시간 2개의 기상인자만을 적용했기 때문으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 기상자료의 이용가능현황, 경·위 및 지역 등을 고려하여 전국 13개 관측지점을 선정하였으며 이들 지역의 '69년~'98년까지 30년간의 기준작물 생육기간 4월~10월의 7개월 총 강우량을 빈도해석에 의해 한발 10년 빈도의 계획기준년을 선정하고 계획기준년의 7개월간의 월 기상자료를 REF-ET 모형에 적용 잠재증발산량을 추정하고 지역 및 방법으로 비교·검토 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 지역별 잠재증발산량은 방법별로 차이는 있으나, 진주, 울산지역이 FcPn방법 4.1~ 4.2mm/day, FB-C방법 3.6~3.7mm/day로 낮고, 목포, 포항지역이 FcPn방법 4.9mm/day, FB-C방법 4.1mm/day로 높게 나타났다. 이는 목포와 포항지역의 강우량, 기온, 일조시간 등의 값이 다른 지역에 비해 상대적으로 높기 때문으로 판단된다.

2. 추정방법별 기준작물 잠재증발산량은 FcPn방법이 4.6mm/day로 B-C방법 3.9mm/day, Harg방법 4.0mm/day 보다 높게 나타났으며, 각 방법의 지역별 차는 FcPn방법 0.8mm/day, FB-C방법 0.6mm/day, Harg방법 1.1mm/day로 Harg방법이 가장 큰 차를 나타냈다

참 고 문 헌

1. 농림수산부, 농어촌진흥공사, 1993. 농지생산기반종합정비계획 수립요령. 170p
2. 농림부, 농어촌진흥공사. 1996. 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화연구 (II). 288pp.
3. 정상욱. 1997. 담수직파재배 논벼의 기준작물 잠재증발산량 산정방법별 작물계수의 변화, 한국농공학회지. 39(4) 114-121
4. 농어촌진흥공사. 1989. 소비수량산정방법별 실용화 연구. 184pp
5. Jensen, M. E., Burman, R. D., and Allen, R. G., 1990, Evapotranspiration and Irrigation water Requirements, ASAE Manual No. 70, 332pp, ASAE.
6. Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirement. Irrigation and Drainage Paper No.24, FAO, Rome. 156pp.
7. Fervert, D. k., Hill, R. E and Braten, B. C. 1983. Estimating of FAO Evapotranspiration Coefficient. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 109 (2) 265-270. ASCE.
8. Skaggs, R. W. and Gregory, J. D. 1995. Comparison of methods for Estimating REF-ET. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 121 (6) 427-435. ASCE.