

시설재배를 위한 기준작물증발산량 산정에 관한 연구

Estimation of Reference Crop Evapotranspiration in the Greenhouse

오 승 태* · 이 남 호(한경대)

Oh, Song Tae · Lee, Nam Ho

Abstract

In order to provide basic information for the estimation of reference crop evapotranspiration in the greenhouse, an lysimeter experiment was performed. Kentucky Blue Grass was used as a reference crop. Relationships between measured reference crop evapotranspiration and weather factors were analyzed. A multi-regression model was developed and tested.

I. 서론

시설재배의 중요성에 대한 인식이 고조되면서 시설재배면적이 증가되고 있는데 이와 같은 시설재배의 양적인 증가에 맞추어 질 높은 생산기술이 요구된다. 온실 내에서 작물을 재배하는 것은 가장 집약적인 농업생산활동중의 하나이다. 이 시설재배에서의 농업생산기반은 인위적인 환경조절이 생산량을 결정하는 직접적인 요인으로 작용한다. 이들 환경요인 중에서 작물에 필요한 적정 토양수분을 유지하는 것인데, 이것은 작물에 필요한 소비수량이다. 이는 식물의 일차적인 생존과 관련되어 있다. 시설재배의 관개는 노지재배에서의 강우량을 이용하고 나머지 부족량만을 공급한다. 그러나 시설재배는 노지재배와 달리 전량의 물을 공급해야한다. 이에 따른 노지재배를 위한 기준증발산량산정에 관한 연구결과들이 많이 제시되었는데 시설재배를 위한 기준증발산량산정에 관한 연구결과들은 매우 적다. 노지에 대한 기준작물 증발산량은 Blaney & Criddle, Penman, Doorenbos & Pruitt, Hargreaves, Jensen & Haije(Doorenbos, J., and W. O. Pruitt, 1977)등에 의해서 그 추정방법들이 제시되었고 또한 국내외 적으로 많은 작물에 대한 작물계수들이 제시되고 있다.

시설재배에 의한 증발산량은 일부 실측된 예가 있으나 시설환경이나 재배방식들을 고려해서 정량적으로 파악된 예는 거의 찾아 볼 수 없다. 시설재배가 발달된 일본의 경우에는 토마토, 메론, 오이, 상추, 샐러드 및 화훼 등에 대한 생육시기별 평균일 증발산량과 증발산비 등이 제시되고 있다(鵜田福也,1997). 우리나라의 경우는 허(1997)는 시설내 환경요인과 오이의 증발산량과의 관계를 조사하여 회귀모형을 개발한 바있고 남 등(1998)은 시설재배 상추 및 오이의 재배방식 및 생육단계별 증발산량을 실측조사 하였다. 특히 국내외 적으로 시설내에서의 증발산량을 추정하기 위한 기준작물 증발산량의 개념이 도입된 적은 없는 실정이다. 본 연구에서는 기준작물의 증발산량을 측정하고 앞으로 시설재배에서의 관개시설의 계획 및 운영에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하는 것을 기본 목적이다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 경기도 안성시 소재 환경대학교 농촌공학과 야외시험포장내에 있는 PE 온실(3×6m)이 사용되었다. 기준작물로는 한지용인 Kenturky Blue Grass가 사용되었는데 Fig. 1과 같이 전 면적에 걸쳐 잔디가 식재되었다. 시험은 1999년3월1일부터 2000년 2월28일까지 실시되었다. 기준작물의 증발산량의 측정을 위해 직경 25cm, 높이 30cm 인 라이시메타(Fig.2)에 잔디를 식재하여 매일 오전 10시경에 저울을 이용하여 라이시메타의 무게를 측정하였다.



Fig.1 실험온실 내부

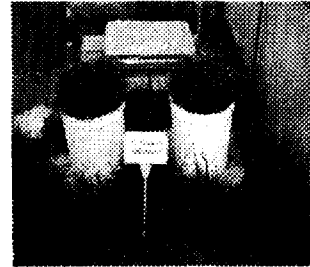


Fig.2 실험에 사용된 라이시메타

기준작물의 증발산량과 외부 환경인자와 내부 환경인자의 관계규명을 환경인자들이 측정되었는데 외부 환경인자로는 강우, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 증발계증발량이 내부 환경인자로는 온실내의 온도, 습도 일사량, 증발계증발량 등이 측정되었다. 외부 환경인자는 안성농업기술센터 기상대에서 자료를 이용하였고, 내부 환경인자는 Fig.3과 같이 온실내에 설치하여 사용하였다.

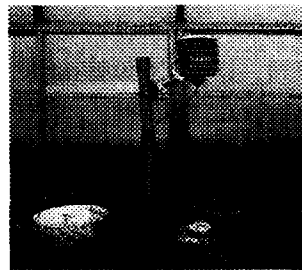
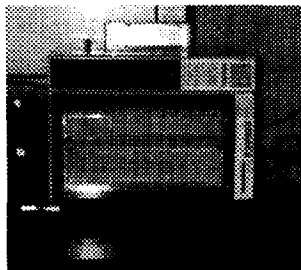


Fig.3 타이타 기록장치와 온실내 관측기기

실측한 기준작물의 증발산량에 대한 각 환경인자들의 영향을 분석하여 중요한 환경인자들 도출하기 위해서, 환경인자별 상관분석을 실시하였다. 기준작물 증발산량의 추정을 위한 모형을 개발하기 위해서 환경인자들을 고려한 다중회귀분석이 이루어 졌고 이를 토대로 하여 통계 모형이 선정되었다. 또 추후 개발 예정인 전산모형의 구성에 필요한 기초 자료로 활용하기 위하여 현재 개발되어 노지의 기준작물 증발산량의 산정에 사용되고 있는 공식들의 적용 가능성을 검토하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 환경인자와 실측 기준작물의 증발산량과의 관계

실측기준작물 증발산량과 환경인자와의 상관관계를 분석한 결과가 Fig.4와 Table1에 정리되어 있다. Fig.4에서는 실험 전기간에 걸쳐서 각종 환경인자들과 실측증발산량과의 관계를 도시하였다.

가. 기온

온실내부의 기온이 기준작물 증발산량에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table.1에서 보듯 봄 기간의 기온이 R^2 가 0.49로 가장 높은 상관성을 나타내고, 겨울, 가을, 여름 순으로 상관성을 나타내고 있다. 여름에는 R^2 이 0.02를 나타내고 있는데 이는 온도가 25~30℃의 범위에 주로 형성되고 증발산량은 0~9mm/day의 나타내고 있어 기온의 영향이 없는 것으로 나타났다. 1년간 기온과의 영향은 R^2 가 0.49로서 상당한 정도로 상관관계가 있는 것으로 보인다.

나. 습도

Table.1에서 보는것과 같이 봄기간의 습도가 R^2 가 0.81로 가장 높은 상관성을 보이고 가을, 여름, 겨울 순으로 상관성을 나타내고 있다. 겨울기간의 습도가 R^2 가 0.03을 나타내고 있는데 이는 습도가 20.92~21.01%범위내에서 기준작물의 증발산량이 0~2.5mm/day나타내고 있어 습도의 영향이 없는 것으로 나타났다. 전기간의 습도의 영향은 R^2 가 0.71로서 매우 높은 상관관계를 보이고 있다. 습도가 증가에 따라 증발산량이 감소가 나타나고 있다.

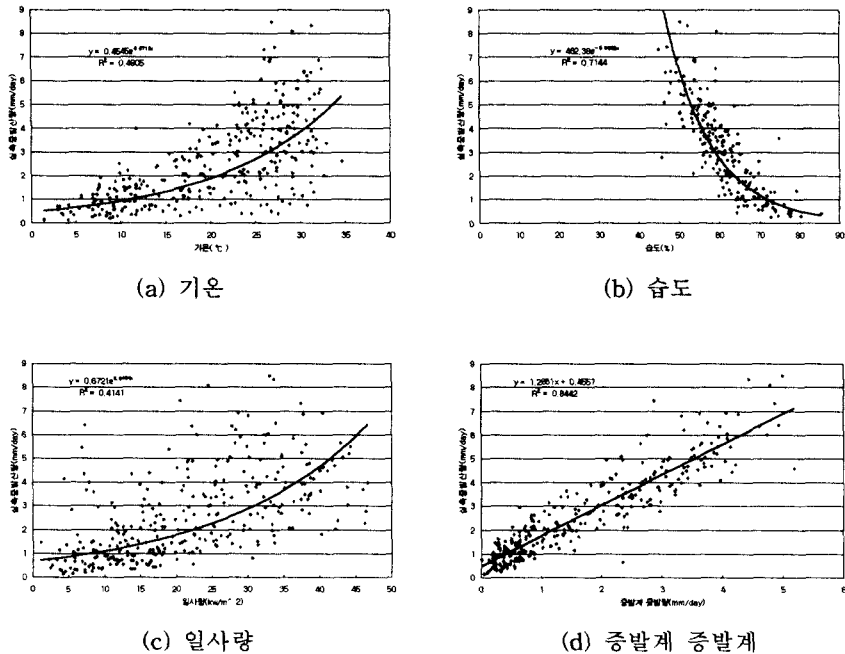


Fig.4 전기간 실측증발산량과 환경인자와의 관계

Table.1 계절별 환경인자와 기준작물의 증발산량과의 상관분석(R^2) 결과

계절별	기온	습도	일사량	증발계증발량
봄	0.489	0.812	0.829	0.923
여름	0.02	0.683	0.366	0.815
가을	0.229	0.711	0.051	0.575
겨울	0.269	0.025	0.297	0.529
전기간	0.491	0.714	0.414	0.810

다. 일사량

일사량도 Table.1에서 보는것과 같이 기온과 습도의 경우와 마찬가지로 봄기간의 R^2 가 0.83으로 가장 높은 상관성을 보이고 여름, 겨울, 가을 순으로 상관성을 나타내고 있다. 가을의 R^2 가 0.05로 낮은 상관성을 보이고 전기간의 일사량의 영향은 R^2 가 0.41의 상관관계를 보이고 있다.

라. 증발계 증발량

증발계 증발량도 마찬가지로 Table.1에서 보는것과 같이 기온, 습도, 일사량의 경우와 같이 봄기간에서 R^2 가 0.92로 가장 높은 상관성을 보이고 여름, 가을, 겨울 순으로 상관성을 나타내고 있다. 대체적으로 결정계수가 0.53~0.92로 높은 상관성을 나타내고 있는데 전기간의 영향은 Fig.4(d)와 같이 R^2 가 0.81로 환경인자 중에서 가장 높은 값을 보이고 있다.

2. 노지의 기준작물 증발산량 산정공식의 적용

기존의 기준작물의 증발산량 산정에 널리 쓰이고 있는 Penman 공식과 Blaney-Criddle 공식이 시설 작물의 증발산량 산정에 적용 가능한지를 검토하였다.

가. Penman 공식의 적용

본 연구에서는 FAO 수정 Penman 공식이 사용되었다. 기상자료는 안성시 농업기술센터에서 측정된 값을 사용하였다. Penman 공식과 기상자료를 이용하여 증발산량을 추정하고 이를 실측 기준작물의 증발산량과 비교한 결과 Fig.5에 도시되었다. Penman 공식에 의한 추정결과와 RMS오차는 1.2mm/day로 나타났다.

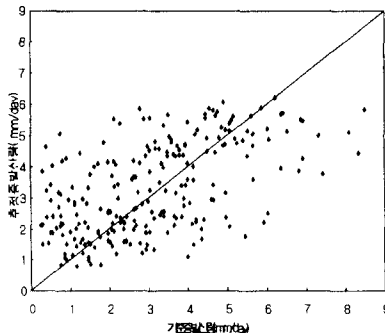


Fig.5 Penman 공식에 의한 추정증발산량과 기준작물 증발산량과의 관계

나. Blaney-Criddle 공식의 적용

내부 기상자료와 외부 기상자료를 이용하고 SCS수정 Blaney-Criddle 공식을 사용하여 순별 일평균 증발산량을 계산하고 그결과는 Fig.6와 Fig.7에 도시되었다. Fig.6은 온실내부 기상인자를 사용하여 모의발생한 순별 일평균 증발산량을 실측 기준작물 증발산량과 비교한 것이고 Fig.7은 외부 기상인자를 사용한 결과이다. SCS수정 Blaney-Criddle 공식을 이용한 모의발생 결과 외부기상인자를 이용한 결과가 내부인자를 사용한 결과 보다 더 실측치에 접근하는 것으로 나타났는데 모의발생한 결과는 모두 실측 기준작물의 증발산량 보다 높게 나타났다.

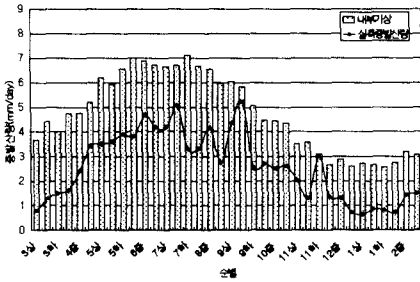


Fig.6 Blaney-Criddle공식과 내부기상을 이용한 추정 순별증발산량

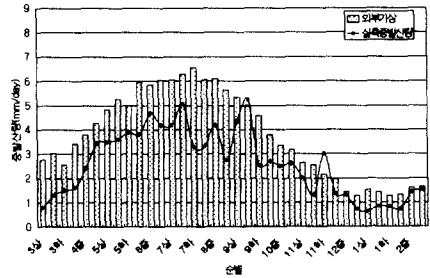


Fig.7 Blaney-Criddle공식과 외부기상을 이용한 추정 순별증발산량

다. 기준작물 증발산량 산정모형

실측한 기준작물의 증발산량과 온실내부 기상인자를 이용하여 기준작물의 증발산량 산정모형을 개발하기 위해서 다중회귀분석을 실시하였다. Table.2와 같이 계절별로 실시되었는데 기상인자로 기온 습도 일사량을 고려한 모형이 가장 적합한 것으로 나타났다. 다중회귀분석결과에 의한 통계모형은 다음 식과 같다.

$$ET_{ref} = 0.069 \times T - 0.162 \times H + 0.015 \times R_a + 11.015 \quad \text{-----(1)}$$

여기서, ET_{ref} = 기준작물 증발산량(mm/day)

T = 일평균기온(°C)

H = 일평균습도(%)

R_a = 일사량(Kw/m^2)

Table.2 계절별 환경인자와 기준작물 증발산량과의 관계(R^2)

계절별	기온+습도	습도+일사량	기온+일사량	기온+습도+일사량
봄	0.797	0.770	0.782	0.821
여름	0.544	0.564	0.356	0.570
가을	0.728	0.802	0.235	0.728
겨울	0.226	0.284	0.398	0.418
전기간	0.694	0.665	0.426	0.700

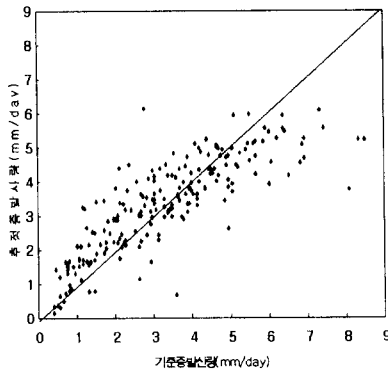


Fig.8 추정증발산량과 기준작물 증발산량과의 관계

다중회귀분석결과에 의한 통계모형식과 기상자료를 이용하여 증발산량을 모의발생한 결과는 Fig.8과 같으며 RMS오차는 0.85mm/day였다.

IV. 결론

시설재배에서 관개시설의 계획 및 운영에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 잔디를 이용하여 기준작물 증발산량을 측정하고 온실내부의 환경인자들과 기준작물 증발산량에 대한 영향을 분석하고 기준작물 증발산량을 추정 할 수 있는 모형을 개발하는 것이 목적으로 실시되었는데 그 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기준작물의 증발산량은 기상인자들에 영향을 받고 계절별로 변화하는 것으로 나타났다.
2. 기상인자들 중에 기준작물의 증발산량에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 습도이고 기온 일사량의 순으로 나타났다.
3. 온실내부의 환경인자중에 증발계 증발량은 다른 환경인자들 보다 매우 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.
4. 노지의 기준작물의 일증발산량 산정모형인 Penman 공식은 온실내부의 증발산량의 변화를 잘 나타내지 못하고 월증발산량 산정모형인 Blaney-Criddle 공식은 실측치 보다 높은 값을 보이나 비슷한 변화 형태를 보이고 있다.
5. 다중회귀분석 결과에 의한 선정된 기준작물 증발산량 산정모형은 사용 가능한 것으로 나타났다.

V. 참고문헌

1. 김문기외, 1997, 원예시설의 환경설계기준 작성 연구, 농어촌진흥공사.
2. 정현교, 이기명, 박규식, 1996. 경북지역 현대화 원예시설의 관리실태 조사분석. 한국생물생산시설환경학회 5(2) : 174-186.
3. 허노열, 1997. 시설내 원예작물의 합리적인 물관리. 시설원에 관수와 시비 기술 심포지엄 :57-103.

4. 남상운외 5인, 1997, 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 증발산량, 생물생산시설환경. 6(3) : 168-175.
5. 鵬田福也.1997. 원예시설내의 수분순환과 소비특성. 시설원예 관수와 시비기술 심포지엄 : 25-41.
6. Aldrich, R.A. and Bartok, J.W. 1992. Greenhouse engineering. NRAES-33. pp.212.
7. Doorenbos, J., and W. O. Pruitt. 1997. Guidelines for predicting crop water requirements, Irrigation and Drainage paper24, FAO, United Nations.
8. NRAES. 1994. Greenhouse system : automation, culture, & environment. Proc. greenhouse systems international conference, New Jersey, July 20-22, 1994. pp.1-29.
9. Reed, D.W. 1996. Water, media, nutrition for greenhouse crops, Ball Publishing, pp.1-29.
10. Weiler, T.C. 1996. Water and nutrient management for greenhouse, NRAES-56. pp.102.