

# 온실 재배 꼬리고추의 필요수량

## Water Requirement of Twisted Sweet Peppers in Greenhouse

윤 용 철\* · 이 근 후\* · 서 원 명\*  
Yoon, Yong Cheol · Lee, Keun Hoo · Suh, Won Myung

### Abstract

This study was carried out to investigate the water requirement of twisted sweet peppers which are cultivated in a green house. The meteorological conditions during the experiment period was close to that of normal year except the temperature and relative humidity. The growth status was improved with the increased saturation ratio. The range of the variation of daily water requirement were very large. The peak consumption occurred in the early August. And the higher saturation ratio resulted in higher water requirement. The total water requirement were about 57,180g/d/plant for pot with 100%(P100) of saturation, about 38,700g/d/plant for pot with 80%(P80) of saturation, about 23,720g/d/plant for pot with 60%(P60) of saturation, and about 53,390g/d/plant for field cultivation in the green house, respectively. The water requirement was correlated with average ambient temperature and growing status, while no significant correlation were found between water requirement and minimum relative humidity or intensity of solar radiation. And the higher correlation was shown as the saturation ratio was increased. The transpiration coefficients of twisted sweet pepper were 378.0g/g for field cultivation in the green house, 363.3g/g for P100, 338.7g/g for P80 which was the smallest among pot cultivation, and 472.1g/g for P60, respectively.

### I. 서 론

최근 우리 나라의 시설재배 면적은 꾸준히 증가하여 현재 약 50,000ha 정도에 달하고 있으나, 물관리의 측면에서 개선될 여지가 매우 많다. 작물생육에 있어서 수분환경은 광이나 온도 등과 함께 중요한 환경요소 중의 하나이며, 특히 시설재배의

경우는 피복물에 의해 강우가 완전히 차단된 상태에서 작물이 재배되기 때문에 관개가 불가피하다. 또한 증수, 품질의 향상, 노동력 절감 등을 위하여서도 시설내 물관리는 매우 중요하고, 관개의 기계화, 자동화 및 작물재배의 생력화를 위해서는 관개의 량과 빈도에 대한 정량적인 기초자료가 필요하다.

\*경상대학교 농과대학

키워드 : 필요수량, 꼬리고추, 관개, 물관리, 증발산량, 증산계수, 용수량, 온실

국내의 경우, 노지재배하에서의 연구사례는 시설재배에 비하여 상대적으로 많이 있지만,<sup>2~4,7)</sup> 시설재배하에서의 연구사례는 노지에 비하여 매우 적은 실정이다. 그리고 국외의 경우는 주로 일본에서의 보고사례가 많다.<sup>6),8~10)</sup> 관개는 일반적으로 지역, 토성, 재배작물 및 재배시기에 따라 다르기 때문에 기존의 연구보고 결과를 그대로 이용하는 데는 문제가 있다.<sup>6),8~10)</sup> 따라서 시설내·외 환경 등을 고려한 시설재배 작물을 국내의 현지에서 직접적으로 구명하여 자료를 축적 또는 이용하여야 할 것이다.

이에 본 연구는 시설내 재배작물의 최적 수분환경을 구명하고, 관개자동화 시스템의 보급과 작물 재배 생력화에 필요한 기초자료를 얻는데 목적을 두었고 수행하였다. 이를 위하여 우선 서부경남 지역의 주요 시설재배 작물인 파리고추를 대상<sup>1)</sup>으로 필요수량을 실측 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

경상대학교내에 설치된 폭 5.4m, 길이 20m, 측고 3m, 등고 5m인 1-2W형 파이프 2연동 온실에서 1998년 5월 25일~9월 7일까지 실험을 실시하였다. 온실은 2중 피복으로 되어 있는데, 1층은 경질 플라스틱(PET)이고, 2층은 플라스틱(PE)이다. 온실의 환기는 자연환기방식으로 하였다.

### 1. 공시작물 및 실험구 처리

공시작물은 "홍농" 파리고추로서, 4월 8일에 파종하고 5월 25일에 정식하였다. 재배방식은 포트재배(pot cultivation)로 하였으며, 온실내 포장재배(field cultivation)를 대비구로 하였다. 포트재배의 경우는 직경 25cm, 높이 30cm인 와그너 포트(a/2,000)를 이용하였다. 그리고 포장재배의 경우는 이랑넓이를 160cm로 하여 1이랑 2줄심기로 하였으며, 재식거리 및 밀도는 각각 30~40cm, 3~4주/m<sup>2</sup>로 하였다. 이랑은 흑색 PVC 필름으로 멀칭하였다.

토양함수비는 포트재배의 경우 습윤도기준 100% (P100), 80% (P80), 60% (P60)의 3개 수준, 5반복으로 처리하였다. 포장재배는 4반복으로 측정하였다. 그리고 토양수분함량(무게단위 함수비)은 습윤도를 기준으로 나타내면, 각각 29.3~33.4%, 23.7~25.6%, 18.8~20.3% 정도의 범위에 있었다.

관개방법은 포장재배의 경우, 다지식 점적관개 파이프(polyethylene LD pipe, 13mm)를 이랑 중앙 멀칭필름 밑에 매설한 후, 작물과 작물사이에 1개의 드립퍼(dripper)를 설치하여 토양수분측정결과에 따라 생장저해 수분점인 토양수분 19% 전후에 도달하면 포장용수량이 될 때까지 실시하였다. Fig. 1은 관개시스템을 나타낸 것으로, 관개용 물은 물 탱크(1t), 펌프(PA-408, 780W) 및 여과기(40mm)를 순차적으로 통과하도록 하였고, 용수량은 유량계(최소눈금 0.1 l)로 실측하였다.

포트재배의 경우는 매일 아침 8시를 기준으로, 중량법에 의해 전일의 필요수량 만큼을 공급하되 설정된 습윤도 기준을 충족시켜 줄 수 있도록 조절하였다. 중량의 측정에는 최대 용량 40kg, 감도 1.0g의 저울(IQplus 800)을 이용하였다.

고추의 재배에는 표준재배법을 사용하였다.

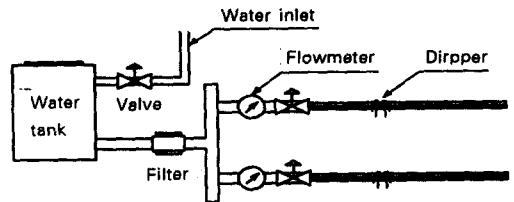


Fig. 1. Schematics of irrigation system

### 2. 공시토양의 이화학적 성질

각 시험구 토양의 이화학적 성질은 Table 1에서 보는 바와 같으며, 토성은 삼각분류법에 의하여 sandy loam으로 분류되었다.

Table 1. Physicochemical properties of soil used

Classification	Specific gravity	Bulk density	pH (1:5)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Mechanical analysis			Soil texture
						Sand	Silt	Clay	
Field soil	2.63	1.32	6.1	19.1	475	75	20	5	sandy loam
Pot soil	2.65	1.36	-	-	-	69	25	6	

### 3. 필요수량, 생육, 수확량 조사

포장재배의 경우는 지표면하 10~15cm 지점의 토양수분을 채토건조법에 의해 측정하였고, 토양 수분추적법에 의해 필요수량을 산정하였다. 즉, 미리 선정된 4개의 표본작물 주변의 토양을 3~4일 간격으로 일정량의 교란시료를 채취하여 중량법으로 토양수분을 측정하였다. 이 결과 토양함수비가 19% 전후에 도달하면 관개를 실시하였다.

포트재배의 경우는 각 처리별로 매일 포트의 중량을 측정하여 전일의 증량에서 감한 값을 전일의 증발산량으로 하였다. 토양면 증발량은 작물은 정식하지 않은 포트를 습윤도기준 P100, P80 및 P60의 3개 수준, 3반복으로 처리, 증발산량과 동일한 방법으로 측정하였다. 따라서 포트재배시의 필요수량은 증발산량에서 토양면 증발량을 뺀 값으로 하였다. 이것은 온실재배의 경우, 토양면을 멀칭하는 것이 관행이므로 온실에서의 필요수량은 작물자체의 증산량에 가까운 값이 되기 때문이다. 그리고 실험기간동안 측정된 토양면 증발량은 P100, P80 및 P60의 경우, 각각 12,240g, 11,220g 및 11,000g 정도였다.

생육상태는 생육단계별로 옆면적, 초장, 옆장, 옆수, 고추의 수확량 및 품건중량 등을 조사하였다. 이 때 수확량 및 품건중량은 최대 용량 4kg, 감도 0.1g인 저울(TP4KS)을 이용하여 측정하였다. 그리고 옆면적은 옆장이 서로 다른 여러 개의 표본을 채취하여 옆면적계로 옆면적을 계산하고, 옆장과 옆면적의 관계를 수식으로 나타낸 후, 옆장만을 측정하여 이 관계식으로부터 계산하였다.

### 4. 기상 조사

온실 내·외부의 기상환경으로는 온도, 습도, 일

사량, 풍속 및 강우 등을 측정하였다. 단, 실험기간동안 측정하였거나 실측하지 않았던 일부 기상자료는 실험장소에서 약 4km 정도 떨어진 진주축후소의 기상자료로 보완하였다.

본 실험에 사용된 측정장치는 온도 측정용 센서부, 데이터 처리부 및 컴퓨터로 구성되어 있다. 온도 및 습도 측정은 온도센서인 열전대를 이용하였다.

수평면 일사량은 열전대를 이용한 일사량계로 측정하였으며 온실 외부는 실험온실에 인접한 약 3m 높이의 건물옥상에서, 온실 내부는 온실바닥에서 약 1m 높이에 설치한 일사량계로 측정하였다.

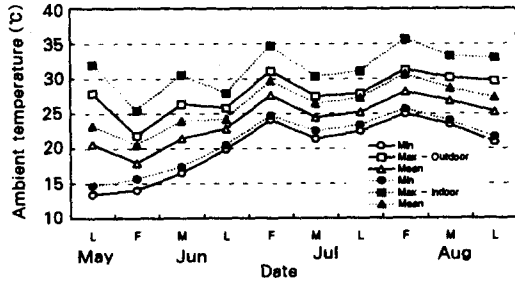
## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 기상환경

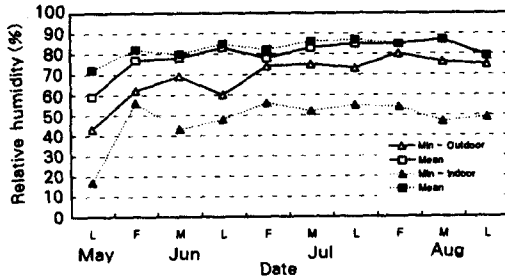
Fig. 2는 온실내·외의 기상관측 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 측정기간 중의 외기온은 최저 13.4°C에서 최고 31.3°C 범위에서 변동하였고, 평균 23.7°C로서 평년과 대체로 비슷한 범위에 있었다. 실내 기온은 최저 14.6°C, 최고 35.7°C이었으며, 평균 25.4°C로서 외기온보다 1.7°C 높았다.

외부 상대습도는 최저 43%, 평균 79%이고, 실내의 경우는 정식직후에 최저 17%로 가장 낮았으나, 그 이후에는 43~56% 정도의 범위에서 변동하였고 평균습도는 83%로서 외부에 비하여 약 4% 정도 높게 나타났다.

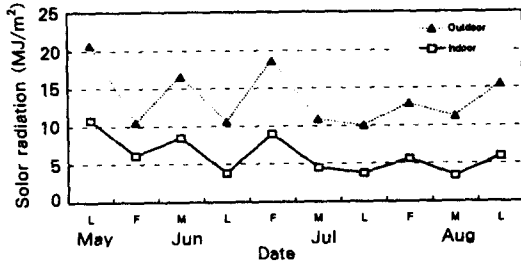
수평면 일사량은 외부가 평균 13.76MJ/m<sup>2</sup>, 온실내가 평균 6.77MJ/m<sup>2</sup>로서 평균 투과율은 약 50%이었다. 이 결과는 남 등(1998)의 연구결과 60%보다 낮은 값이다.



(a) ambient temperature



(b) relative humidity



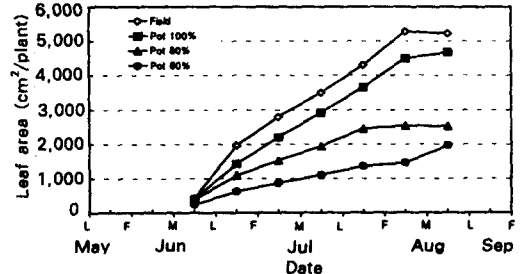
(c) solar radiation

Fig. 2. Variation of selected meteorological elements

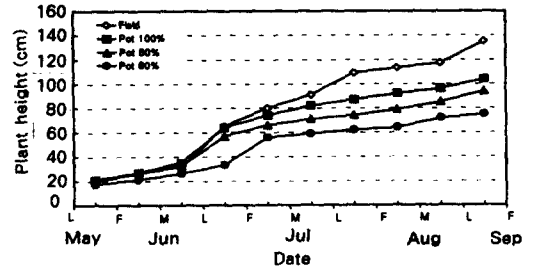
## 2. 생육 상황

재배방식과 토양수분의 습윤도별 생육상황을 나타낸 것이 Fig. 3과 같다. 첫 수확은 정식 후 32일째 되던 날이었으며, 그 후 3~4일 간격으로 수확하였다. 이 때 고추 한 개의 길이는 8~11cm, 무게 4~5g 전후였다.

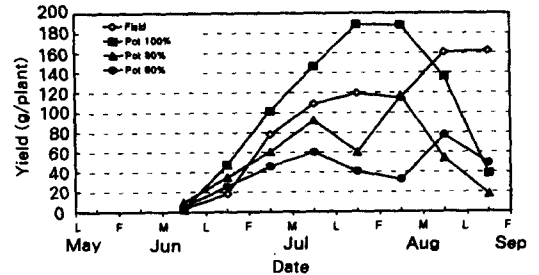
주당 엽면적과 초장은 대체로 포장 및 포트 재배 모두 7월 하순까지는 급격하게 증가하다가 그 이후에는 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있다. 최성기의 엽면적은 P60, P80, P100, 포장의 순으로 커졌다. 최종 초장은 포장재배의 경우가 135cm



(a) leaf area



(b) plant height



(c) yield

Fig. 3. Variation of the growth status and yield

이고, 포트재배시에는 습윤도별 간장 평균값이 91cm로서 포장재배시의 간장이 월등하게 컸다.

포트재배시는 습윤도가 클수록 초장도 커지는 양상을 보였다. 전체적으로 엽면적과 초장의 처리별 변화는 비슷한 경향이었다.

수확량의 경우는 7월 중·하순까지 엽면적 및 초장과 마찬가지로 증가하다가 그 이후는 감소하는 경향을 보이고 있다. P100의 경우가 수확량이 가장 많았고 다음으로 포장재배, P80, P60의 순으로 감소하였다. P100의 수확량은 포장보다 24%가 많았고 P80 및 P60은 포장보다 각각 약 22% 및

58%정도 적었다.

포트재배의 경우는 습윤도가 높을수록 많은 수확량을 나타냈다.

### 3. 일별, 순별 필요수량, 총필요수량

파리고추의 필요수량을 일별 및 순별로 나타낸 것이 Fig. 4 및 Fig. 5이다. 본 연구에서 언급하는 소비수량은 파리고추 1주당 필요수량(g/d/plant)을 말한다. 주당 관개수량을 택한 이유는 시설재배의 경우, 점적관개가 관개방법의 주종을 이루고 있어 종래의 관개수심 단위의 관개량은 의의가 적기 때문이다. 즉, 점적관개의 경우는 종래의 수심 단위 관개량을 채택하여 관개하게 되면 재배작물 개체사이의 불필요한 공간에도 관개를 하는 결과가 되어 과잉 관개라는 결과를 초래하게 되는 것이다.

필요수량의 일 변화양상의 특징은 다양하고 편차가 큰 일변화에 있다. 전체적으로 6월 중순까지는 11.1~169.7g/d/plant이내의 범위에서 변화하다가 그 이후부터 8월 하순까지는 89.8~1,466.1g/d/plant의 범위에서 변화하고 있다.

포트재배의 경우 필요수량은 습윤도가 클수록 커지는 경향을 보였다. P100의 경우가 가장 크고 이어서 P80, P60의 순으로 감소하였다. 필요수량의 일별변화 진폭이 큰 것은 일사량, 기온, 상대습도 등의 기상조건과 열면적, 간장, 수확량 등의 작물조건이 생육시기별로 다르기 때문인 것으로 추정된다. 일변화 양상을 순별로 압축하여 나타내

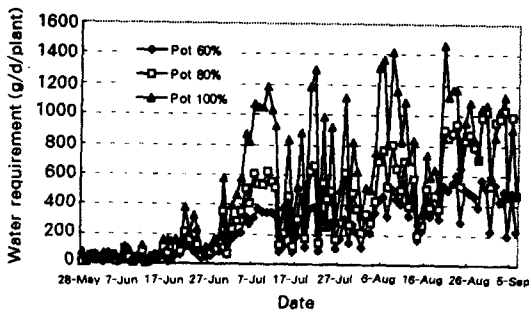


Fig. 4. Variation of daily water requirement of the twisted sweet pepper

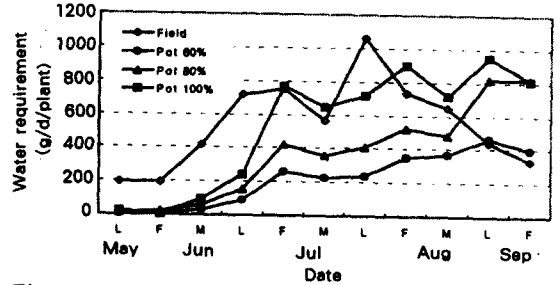


Fig. 5. Variation of ten-day average water requirement of the twisted sweet pepper

보면, 변화의 추세를 보다 자세히 알 수 있다. 즉, Fig. 5에서 포트재배시의 순별필요수량을 보면 작물의 생육초기인 6월 하순까지는 주당 4.4~239.6g/d/plant에서 변화하고, 7월 초순부터 8월 하순까지의 생육왕성기에는 224.8~944.5g/d/plant의 변화를 보였다. 습윤도별로는 생육초기에 P100이 8.3~239.6g/d/plant, P80이 13.3~151.2g/d/plant, P60이 4.4~85.9g/d/plant로서 습윤도가 크면 필요수량도 컸으며, 생육왕성기에도 같은 경향으로서 P100이 644.1~944.5g/d/plant, P80이 356.4~813.4g/d/plant, P60이 224.8~462.4g/d/plant의 변화를 보였다. 전반적으로 습윤도가 크면 필요수량도 큰 양상을 보였다.

한편 포장재배의 경우, 생육초기인 6월하순까지는 194.4~718.2g/d/plant, 그 이후는 330.4~1,058.4g/d/plant의 변화를 보였다.

Fig. 6은 관개기간 중의 총필요수량을 나타낸 것이다. 즉, 처리별 주당 총필요수량은 P100이 57,180.8g, P80이 38,702.6g, P60이 23,723.4g으로서 P100 : P80 : P60의 비율은 약 100 : 70 : 40 정도로 습윤도가 크면 총필요수량도 많아 졌다. 대비구인 포장재배의 경우, 총필요수량이 52,388.8g으로서 포트재배의 P60과 P80보다는 많고 P100과는 비슷하였다.

이상과 같이 P100의 경우가 포장재배에 비해 총필요수량이 비교적 많은 것은 뿌리의 분포상황, 즉, 포트재배의 경우가 포장재배에 비해 뿌리의 발달이 현저하기 때문이다. 이와 같은 결과는 앞으로 포트를 이용한 재배시험에서는 반드시 고려

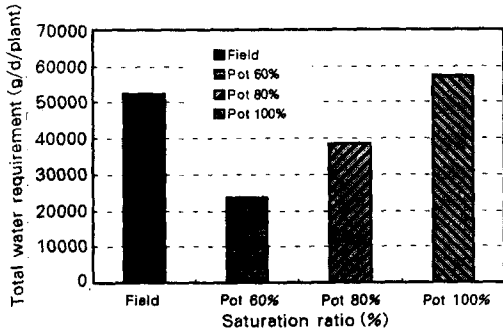


Fig. 6. Comparison of total water requirement of the twisted sweet pepper

되어야 할 것이다. 다른 하나의 이유는 포장재배의 경우, 멀칭에 의하여 토양면 증발량이 억제되었기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 환경요소와 필요수량간의 상관분석

##### 가. 기상환경과 필요수량

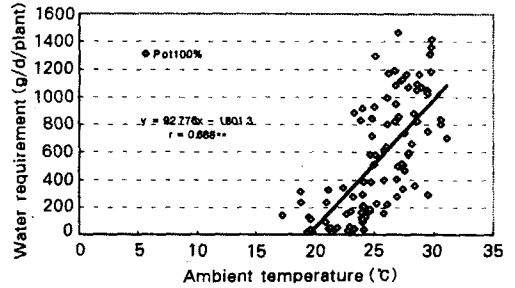
기상요소와 필요수량간에 상관이 있는 것은 널리 알려진 사실이다.<sup>5),10)</sup> Fig. 7은 P100을 예로하여 기온, 상대습도, 일사량의 변화에 상응하는 필요수량의 변화를 그린 것이고, Table 2는 상관분석 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 7과 Table 2의 결과를 보면 온실내 평균기온과 필요수량간에는 깊은 상관이 있으며 직선적인 회귀관계가 성립함을 알 수 있다.

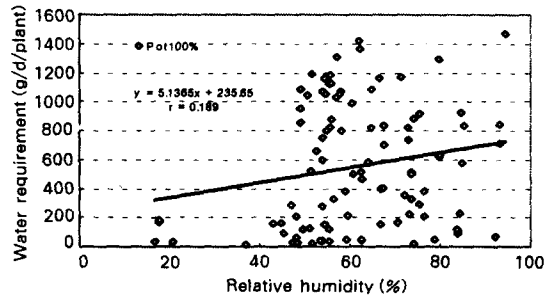
그러나 온실내 최소 상대습도 및 일사량과 필요수량간에는 상관이 거의 없거나 낮은 것을 알 수 있다. 이 결과는 온실에서 오이 및 상치를 양액 및 포장재배를 한 결과 일사량과 필요수량간에는 깊은 상관이 있었다고 보고한 결과와는 다소 차이가 있다.<sup>4),9)</sup> 이것은 재배방식의 차이때문인 것으로 판단되나 앞으로 좀 더 많은 실험자료를 확보한 후, 충분한 검토를 하여야 할 것으로 사료된다.

##### 나. 작물생육과 필요수량

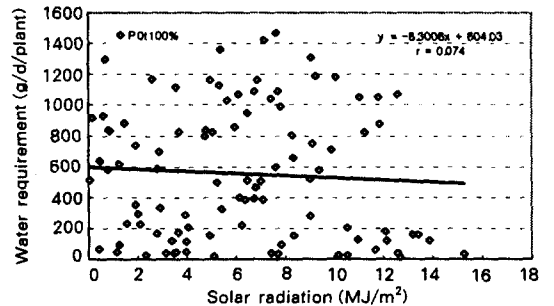
본 연구의 경우 작물의 생육상황과 필요수량간에는 깊은 상관이 있는 것으로 나타났다. 이는 기존의 노지에서의 관측결과와 같은 경향을 보이는 것이다. Fig. 8은 P100을 예로하여 엽면적, 간장,



(a) ambient temperatures and water requirement



(b) relative humidity and water requirement



(c) solar radiation and water requirement

Fig. 7. Relationships between meteorological factors and water requirement

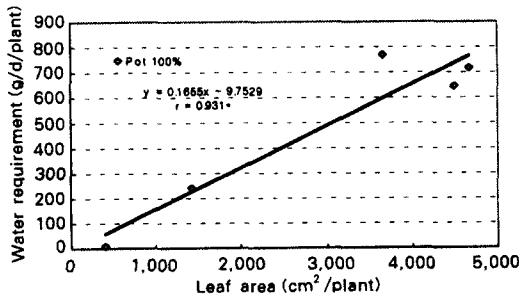
수확량의 변화에 상응하는 필요수량의 변화를 그린 것이다. 그리고 Table 3은 상관분석 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 8과 Table 3에서 알 수 있듯이 작물환경요소와 필요수량과는 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 그리고 일반적으로 토양의 습윤도가 높을수록 더 큰 상관관계가 있음을 알 수 있다.

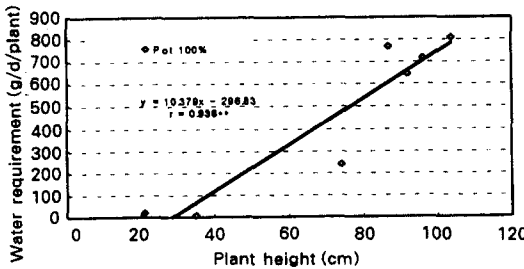
Table 2. Results of correlation analysis between meteorological factors and water requirement

Meteorological factors	Saturation ratio	Coefficient of correlation	Regression equation
ambient temperature	100	$r = 0.688^{**}$	$y = 92.776x - 1,801.3$
	80	$r = 0.666^{**}$	$y = 61.842x - 1,216.7$
	60	$r = 0.715^{**}$	$y = 40.200x - 795.22$
relative humidity	100	$r = 0.189$	$y = 5.1365x - 235.65$
	80	$r = 0.150$	-
	60	$r = 0.167$	-
solar radiation	100	$r = 0.074$	$y = -8.3006x - 604.03$
	80	$r = 0.061$	-
	60	$r = 0.092$	-

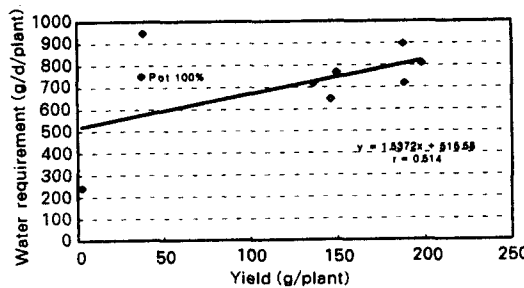
Remarks \*\*: 1% significant level



(a) leaf area and water requirement



(b) plant height and water requirement



(c) yield and water requirement

Fig. 8. Relationships between growing statuses and water requirement

Table 3. Results of correlation analysis between growth factors and water requirement.

Growth factors	Saturation ratio	Coefficient of correlation	Regression equation
leaf area	100	$r = 0.931^*$	$y = 0.166x - 975.2$
	80	$r = 0.973^{**}$	$y = 0.186x - 49.28$
	60	$r = 0.921^*$	$y = 0.148x - 379.6$
plant height	100	$r = 0.936^{**}$	$y = 10.38x - 296.8$
	80	$r = 0.888^{**}$	$y = 9.147x - 266.3$
	60	$r = 0.896^{**}$	$y = 5.756x - 132.8$
yield	100	$r = 0.514$	$y = 1.537x - 515.58$
	80	$r = 0.449$	-
	60	$r = 0.539$	-

Remarks \*\*: 1% significant level

\* : 5% significant level

### 5. 증산계수

증산계수는 작물의 풍건물중과 총증산량의 비를 말한다. Fig. 9는 각 처리별 증산계수값을 나타낸 것이다. 여기서 풍건물은 지상부만을 고려한 경우 (stalk)와 지상부와 지하부를 모두 고려한 경우 (stalk+root)로 나누어 각기 증산계수를 계산하였다.

Fig. 9에서 알 수 있듯이 지상부와 지하부를 기준으로 하는 경우 포트재배의 경우는 P100이 363.3g/g, P80이 338.7g/g, P60이 472.1g/g이었다. P60의 증산계수가 가장 크고 P80이 가장 작았다. 그리고 포장재배의 경우, 증산계수는 378.0g/g정도로 P60보다는 작지만, P100과 P80보다는 약간 크

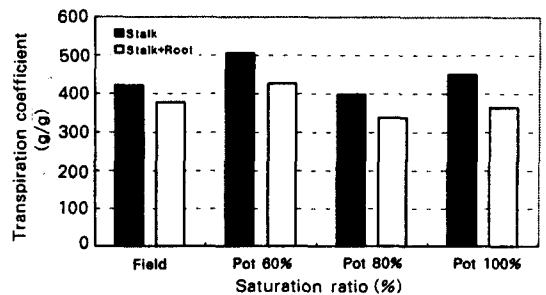


Fig. 9. Comparison of water transpiration coefficients depending on the saturation ratio

게 나타났다. 그리고 지상부만의 증산계수는 지상부+지하부의 경우보다 약간 크게 나타났으나 처리별 변화경향은 같았다.

#### IV. 결 론

본 연구는 은실재배 파리고추의 필요수량을 구명하기 위하여 수행되었다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 실험기간 중 외기온은 평년과 대체로 비슷하였고, 실내 평균기온과 상대습도는 외부보다 각각 1.7°C 및 4.0% 정도 다소 높게 나타났다. 그리고 일사량 투과율은 약 50% 정도였다.

2. 포트재배의 경우, 습윤도가 클수록 주당 옆면적, 간장 및 수확량이 많았다. 그리고 포장의 총수확량은 843g/plant로서 포트재배 평균 726g/plant보다 많게 나타났다.

3. 포트재배시 필요수량의 일변화를 보면 생육이 왕성한 시기인 8월 상순에는 주당 약 110~1,420g/d/plant에서 변화하였다. 습윤도별 필요수량의 최대치는 습윤도 100%의 경우 1470g/d/plant, 80%에서 1,040g/d/plant, 60%에서 790g/d/plant 정도로 습윤도가 클수록 증발산량의 최대치도 크게 나타났다.

4. 포트재배의 경우, 처리별 주당 총필요수량을 보면, 습윤도 100%에서 57,180g, 80%에서 38,700g이고 60%에서 23,720g정도로서 습윤도가 클수록 필요수량이 많았다. 그리고 은실내 포장재배의 경우는 약 53,390g이었다.

5. 실내 평균기온, 최저상대습도 및 일사량과 필요수량과의 상관관계를 살펴보면, 평균기온과는 깊은 상관이 있었으나, 그 이외에는 상관이 거의 없는 것으로 나타났다.

6. 작물생육상태와 수확량은 필요수량과 밀접한 관계가 있었는데, 습윤도가 높을수록 상관관계가 더 컸다.

7. 증산계수는 은실내 포장재배의 경우가 378.0g/g 이었고, 포트재배의 경우는 습윤도별로 각각 363.3, 338.7 및 472.1g/g으로서 80%인 경우가 가장 작게

나타났다.

본 연구는 '98년도 교육부 학술 연구조성비(농업과학연구)에 의하여 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

1. 경상대학교 시설원에 연구소, 1998, 시설원에 신기술도입과 에너지 절약방안, p. 18.
2. 金始源, 金善柱, 金俊錫, 1987, Floating Lysimeter에 의한 가을배추의 消費水量 調査 研究, 한국농공학회지, 29(2), pp. 23~29.
3. 金始源, 金善柱, 1988, 밭 灌溉의 計劃用水量 및 施設容量의 定立에 관한 研究, 한국농공학회지, 30(4), pp. 23~44.
4. 金哲基, 金鎮漢, 崔洪奎, 1988, 밭 作物消費水量에 관한 基礎的 研究, - 토마토 및 가을배추-, 한국농공학회지 30(3), pp. 25~37.
5. 남상운, 이남호, 전우정, 황한철, 홍성구, 허연정, 1997, 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 증발산량, 생물생산시설환경, 6(3), pp. 168~175.
6. 李庚熙, 金炳友, 1982, 水稻少肥栽培時의 增收 對策 및 必要水量決定에 관한 연구 및 菜蔬增收을 爲한 效果的 灌溉方法, 건국대학술지, 26, pp. 325~337.
7. 정상옥, 1998, 관계계획을 위한 기준작물 증발산량 산정, 한국농공학회지, 40(1), pp. 43~48.
8. 五島康, 市川裕雄, 荒木陽一, 柴田明, 1981, 施設野菜のかん水開始点とかん水量に関する 연구, 野菜試驗場報告, A(9), pp. 133~141.
9. 古在豊樹, 林眞紀夫, 鈴木等, 渡部一郎, 1982, 溫室水耕栽培キュウリの蒸發散量と環境要因の關係, 農業氣象, 38(2), pp. 153~159.
10. 久富時男, 1973, 野菜類の施設栽培における水分管理, 農業及園藝, 48(3), pp. 459~463.