

성주지역 참외전용 온실의 모델개발 및 환경분석(1)¹⁾
-성주 시설 참외단지 단동하우스의 온도 분포 특성-

구건호* · 송재관 · 박규식
구미1대학 시설원예과

**Modelling Development and Environmental Analysis of Oriental
Melon Greenhouse in SUNGJU(1)**
**-Characteristics on distribution of air temperature for cultivating
oriental melon in tunnel type greenhouse in Sungju-**

Koo, G.H* · Song, J.K · Park, G.S
Dept. of Protected Horticultural science, Kumi College,
Kumi, Kyongbuk, Korea

Abstract

This study was conducted to analyze the temperature characteristics under tunnel type greenhouse to cultivate watermelon in Sungju region. Air temperature of tunnel type greenhouse was descending rapidly after sunset, and the time required the air temperature inside greenhouse nearly reached the outside air temperature was about 2.5 hours. The maximum air temperature in tunnel type greenhouse, in case of high air temperature day, was exceeding 40°C during day time. Air temperature inside greenhouse during night time could sustain about 2-3°C higher than the outside air temperature. But it was necessary to supply supplemental heat when the air temperature was below optimum growth temperature. Soil temperature in the depth of 20cm under soil surface could maintain higher than 20°C and the variation range in a day was 3-5°C, and the soil temperature descending due to irrigation was about 5-6°C.

주제어 : 수박, 터널형하우스, 보온, 관수

Key words : watermelon, tunnel type greenhouse, heat conservation, irrigation

* Corresponding author

¹⁾이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단의 학술연구조성비(지역개발연구과제)에 의하여 연구되었음

서론

경북지역(특히 성주, 구미, 김천)은 터널형 하우스를 이용한 참외 및 수박재배로 유명한 지역으로 시설재배 면적이 지속적으로 증가하고 있다. 시설재배하우스를 형태별로 살펴보면 단동형(터널형)이 85%, 연동형이 15%를 차지하고 있다. 1동의 폭은 4.0~5.4m, 동고는 1.6~2.0m 정도이다. 이러한 하우스는 보온성이 크고, 내풍성이 강하며 광이 고르게 입사하는 등의 장점을 가지고 있으나, 참외나 수박재배의 생육특성상 실내온도가 고온다습하게 관리되고 있으며, 방제작업의 자동화나 터널 개폐작업의 생력화 설비가 곤란하며 환기능률이 떨어지고 내설성이 약한 단점을 가지고 있다.

토양의 열용량은 커서 주간에 축적된 열량이 야간에 조금씩 온실내로 방출되며, 야간에 무거운 온실에서 지표면 온도는 온실내 기온보다 높으며 작물이 존재할 경우 초장이 클수록 온도상승은 작고 야간은 저온으로 경과한다고 하였다(三原, 1980). 시설하우스내의 지온에 관한 연구에서 모든 시설채소는 15~20℃의 지온이 적온이고 13℃ 이하에서는 무기양분 중 인산의 흡수가 급격히 낮아져서 인산결핍증이 나타나며, 10℃ 이하가 되면 칼리(K)나 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 흡수가 현저히 낮아진다고 하였다. 또 25℃ 이상의 고온에서는 뿌리의 호흡에 의한 소모가 촉진되기 때문에 생육이 불량하게 된다고 하였다(이 등, 1993). 특히 밀폐된 하우스의 실내 온도는 사막의 기후와 같이 밤과 낮의 온도차가 크다는 것과, 하우스내의 기온분포가 항상 고르지 않다는 특징이 있다.

작물이 번무한 하우스내의 지온은 기온에 비하여 일변동폭이 작고 日中은 기온보다 數度 낮고 야간은 역으로 높게 되며, 최저 및 최고지온이 나타나는 시간이 기온과 비교하

여 수시간 지연되며 작물이 성장하여 지표면에 도달하는 일사량이 감소하면 지온은 낮게 된다고 하였다(古在 등, 1995).

소형하우스에서는 낮의 외기온 10℃에서 2.5~3배, 20℃에서는 2.8배, 30℃에서는 2.2배 정도의 고온이 된다고 하였다. 또 면적과 기상특성면에서 연동 하우스는 보온력이 높고 설비비가 저렴하나, 하우스의 연중이용면에서 생각할 때 반드시 좋은 환경은 아니며 품질이 중요시되는 시설재배 특성상 환경조건이 양호한 독립대형식으로 옮겨지고 있다고 하였다(유, 1995). 이러한 하우스의 환경 및 관리작업을 개선하기 위하여 1-2W형의 연동비닐 온실이 보급되어 재배되고 있는데, 생력화 장치를 설비하여 환경조절 및 작업관리 등에 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 수박 및 참외재배 환경조절을 위해서는 많이 이용되고 있지 않는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 경북지역의 참외 및 수박재배를 위한 전용재배온실 모델개발을 목적으로 기존 터널형 수박재배 하우스의 온도관리 특성을 분석하였으며 과채류 재배시 많은 노동력이 소요되는 관리작업(농촌진흥청, 1994)을 개선할 수 있는 모델개발을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시시설과 환경계측

1) 하우스 및 온도계측 센서

Fig. 1은 본 연구에 이용한 대형터널하우스로 폭×길이×높이가 4.7×120×2.0m인 구미지산동에 위치한 참외재배 하우스이다. 이 하우스에 환기용으로 측창에 수동식 개폐기와 천정부분에 환기구가 설치되어 있다. 재배이랑은 중앙통로를 제외하고 좌·우측에 평휴를 만들어 45cm 간격으로 수박을 정식하였으며, 정식위치는 하우스 중앙으로부터 2/3되는

지점이며, 백색 PE film으로 멀칭되어있다.

온도계측을 위한 센서의 위치는 지상 10cm에 6점(T1, T3, T6, T11, T13, T17), 60cm 위치에 4점(T2, T8, T12, T18), 90cm 이상에 5점(T4, T9, T14, T19, T20)을 Fig. 1과 같이 설치하였고, 지온을 계측하기 위하여 지하 20cm 깊이에 1점(T15), 5cm 깊이에 1점(T5), 멀칭안 지표온도를 계측하기 위하여 2점(T7, T16)을 매설하였으며 외기온을 1점(T10) 입력하였다. 온도센서로서 정확도, 안정성, 응답성이 우수하고 원격측정이 가능한 T-type thermocouple(이, 1992)을 사용하였으며, 센서와 계측기와의 거리를 감안하여 센서 하나에 30m의 보상도선을 연결하였다(김 등, 1998; 김 등, 1998).

2) 계측 시스템

하우스내 온도변화를 계측하기 위한 계측기로서 Portable Hybrid Recorder(DR130, YOKOGAWA)를 이용하였으며, 계측점은 20points이다. 사용가능한 Thermocouple은 B, R, S, T등 여러 가지가 가능하고 입력범위는 20mv~50v까지 가능하다. 정확도는 0.05%이며 계측간격은 2~60초 정도이다.

계측기는 노이즈를 제거하기 위한 Low-pass filter 기능을 가지고 있고, 기록간격은 2초 정도이며 화면상에 2라인으로 온도를 display 할 수 있으며, 데이터 변환 소프트웨어는 로터스 1-2-3 및 엑셀로 처리 가능하다.

Fig. 2는 본 연구를 수행하기 위하여 장치한 계측시스템의 개략도를 나타내고 있다.

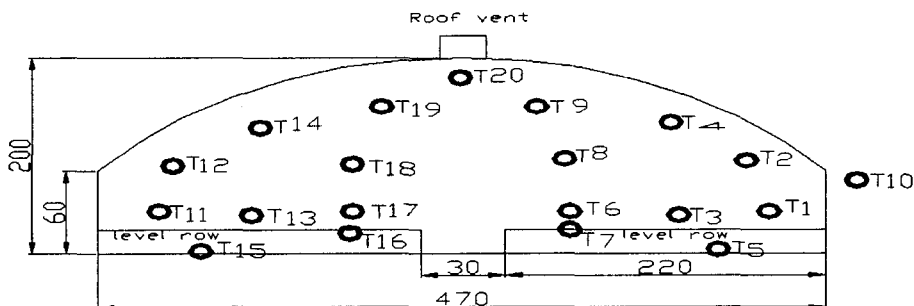


Fig. 1. The sensor position and tunnel type greenhouse.

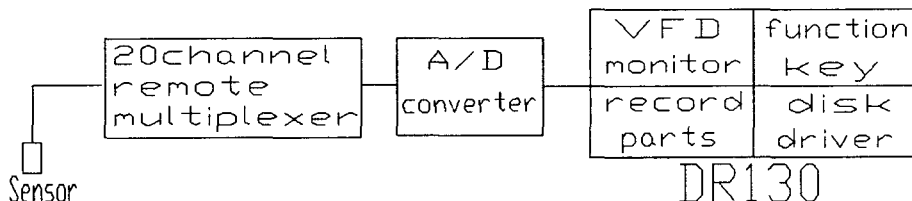


Fig. 2. The schematic diagram of measurement system.

Fig. 2에서와 같이 센서로부터 입력되는 아나로그 신호는 멀티플렉스와 A/D 변환기를 통하여 디지털로 변환된 다음 레코더에 그래프 또는 디지털로 기록되도록 되어있다.

2. 실험방법

1) 재배방법

본 연구에 이용한 수박재배는 2월 말경에 파종하여 3월 말경에 정식하고 6월 말~7월 초에 수확하는 대형터널 조숙재배 방식이다. 주요 재배과정 및 시기는 Table 1과 같다.

2) 계측 및 분석

계측기간은 3월 22일부터 6월말까지 전 재배기간 동안 약 110일 정도이며, 계측간격은 30분마다 기록되도록 하여 재배기간 동안 연속 계측하였다. 기록된 데이터는 Coplot Program을 이용하여 등온선으로 분석하였다(구, 1993).

결과 및 고찰

1. 월별 日中 온도변화 특성(기온 및 지온)

1) 4월 일변화

가) 저온일의 기온 및 지온의 경시적 변화('98. 4. 25)

Fig. 3은 4월중 13시의 외기온이 최저인 날(18.7℃)의 온도변화를 나타내고 있다. 계측기간중 흐린 날이 많아 온실내 최고기온이 36℃ 정도까지 상승되는 시간대도 있지만 전체적으로 낮에는 25℃를 전후한 온도를 유지하다가 일몰 후부터 온실내 기온은 급격히 강하하여 20시 이후부터는 외기온과 2~3℃ 정도의 기온차를 나타내고 있다. 그러나 20cm의 지온은 20~24℃로 유지되고 있어 실내기온과 6~8℃ 정도의 차이를 유지하고 있다.

경과시간에 의한 20cm 깊이의 지온 및 멀칭내 지표온도의 변화에서 멀칭내의 온도는

Table 1. The main process of oriental melon cultivation.

Growing period	Period	Management
Seeding	'98. 2. 20	regulation of air temperature, irrigation
Planting	3. 22	
Secondary vine elongation period	3. 22~4. 30	pinching, secondary vine, lateral branch, supplementary manuring
Fruiting period	5. 1~5. 15	
Enlargement period	5. 16~5. 31	supplementary manuring
Muturation period	6. 1~6. 27	

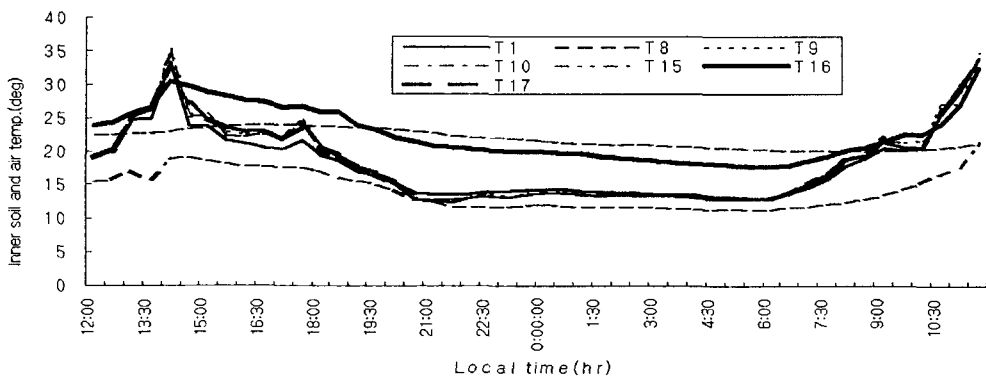


Fig. 3. The inner soil and air temperature change on minimum air temperature day.(April 25. 1998)

오전에는 급격히 상승하고 일몰 후부터는 20℃ 이하로 유지되다가 오전 6시경에 최저치를 나타내고 있다(김 등, 1998).

나) 고온일의 기온 및 지온의 경시적 변화('98. 4. 28)

Fig. 4는 4월중 13시의 외기온이 최고온인 날(31.7℃)의 온도변화를 나타내고 있다. 외기온이 최고온일 때 실내기온은 외기온보다 전체적으로 4~7℃ 정도 높은 것이 특징이나 야간에는 외기온과의 차이가 거의 없거나 1~2℃ 정도 높게 유지되고 있다.

외기온이 최고치를 나타낼 때 지온변화는 Fig. 4에서와 같이 멀칭내 온도는 기온과 함께 급상승한 후 일몰과 함께 급강하고 있으며, 21시를 지나면서 20cm 지온보다 낮게 유지되고 있다. 그러나 지온과의 온도차가 최고 2℃ 정도인데 최저온일보다 차이가 작으며, 지온과 역전되는 시각도 약 2시간 정도 늦은 것이 특징이다. 이것은 낮의 일사량이 많아서 많은 에너지가 토양에 축적된 결과이며, 아침에 역전되는 시각도 약 2시간 정도 빠른 경향을 보이고 있다(김 등, 1998).

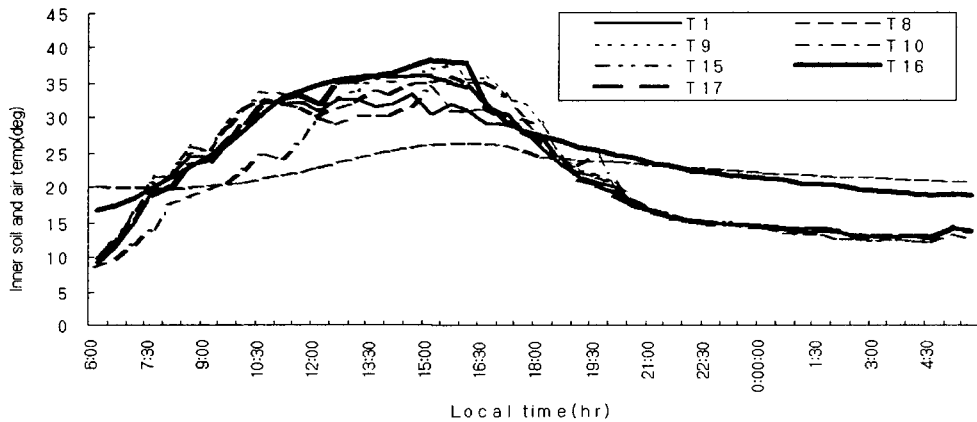


Fig. 4. The inner soil and air temperature change on maximum air temperature day.(April 28, 1998)

Table 2. Comparison of air and soil temperatures at different locations of sensors when outside air temperature reached minimum or maximum in April.

Sensor Time & Temp.	Sensor																				Ave. Temp.	Difference between max. and min. air temp.		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20				
12:00	Min.	19.5	19.1	19.7	18.9	23.8	19.8	24.7	19.4	19.5	15.6	20.4	19	19.9	18.9	22.5	23.8	19.1	18.8	19	19.1	19.07	11.95	
	Max.	30.9	29	29.5	30.5	30.5	31.5	34.9	30	31.2	30.1	32.5	30.4	30.3	31.6	22.9	34.7	32.1	31.9	32.8	33.1	31.02		
15:00	Min.	23.9	23.9	24.2	24.9	26.8	25.3	31.5	25.3	25.3	18.7	25.6	25.1	25.4	25.1	23.6	28.8	24.9	24.9	25.5	25.7	23.93	11.05	
	Max.	30.5	33.2	33.9	34.9	32.9	33.4	37.9	35.1	37.3	34.3	35.8	36.6	34.7	36.3	26.2	38.3	36	36.4	37	38.9	34.98		
18:00	Min.	19.4	19.5	19.3	20.3	22.8	20.5	26	20.3	20.8	17.3	19.8	19.8	20.3	20.1	23.9	25.7	20.8	20.1	20.4	20.7	19.85	8.24	
	Max.	25.8	28.1	27.9	28.4	27.8	26.7	30.4	28.9	29.4	27.5	29	29.2	26.8	28.6	24.6	27.5	26.7	29.2	29.6	29.7	28.09		
21:00	Min.	12.7	12.6	12.6	12.6	16.7	13.6	20	12.8	12.9	12.6	12.2	12.3	12.3	12.3	12.3	22.9	20.8	13.5	12.6	12.5	12.8	13.52	4.20
	Max.	16.7	16.5	16.9	16.6	20.5	17.5	22	16.6	16.9	17	16.2	16.1	15.9	16.2	23.4	23.4	16.5	16.4	16.4	16.8	17.72		
24:00	Min.	13.7	13.7	13.7	13.8	16.8	14.5	19.1	13.8	13.9	12.2	13.3	13.4	13.5	13.4	21.7	19.8	14.1	13.6	13.6	13.8	14.08	1.45	
	Max.	14.4	14.2	14.4	14.3	18.1	15.3	20	14.4	14.6	14.2	13.9	14	13.9	14	22.3	21.3	14.4	14.2	14.2	14.5	15.53		
03:00	Min.	13.3	13.3	13.5	13.4	16.4	14.5	18.4	13.5	13.6	11.7	13	13.1	13.1	13.1	20.9	18.5	13.6	13.3	13.2	13.5	13.67	0.54	
	Max.	13	13	13.1	13	16.7	14	18.5	13.2	13.1	12.5	12.7	12.7	12.7	12.8	21.5	19.6	13.2	12.9	13	13.1	14.21		
06:00	Min.	13	12.8	13.1	12.8	15.7	13.7	17.6	13	13.1	11.3	12.4	12.5	12.6	12.6	20.3	17.8	13	12.7	12.7	13	13.13	-2.32	
	Max.	9.2	9.2	9.5	9.3	13.2	10.7	15.8	9.4	9.5	8.6	8.9	9	9.1	9.1	20.2	16.7	10	9.4	9.9	9.5	10.81		
09:00	Min.	20.6	21.6	21	21.7	21.8	21.5	22.3	22	21.8	13.6	21.3	21.5	21.3	21.5	20.2	21.5	21.5	21.8	21.7	22	20.01	3.70	
	Max.	24.5	21	20.7	25.9	21.8	23.8	26	25.3	25.7	19.9	23.5	23.4	24.5	24.3	20.3	24.4	23.8	24.2	25.4	25.9	23.71		

Table 2는 4월중 외기온이 최저, 최고인 날의 시간대별 온도를 나타낸 것이다. 시간경과에 따른 하우스내 평균온도 차이가 주간에는 높게 나타나지만, 야간에는 최저, 최고온일에 관계없이 거의 같은 온도로 유지되고 있음을 알 수 있다. 이것은 T10 이 외기온을 나타내는데 주간에는 10~14℃, 야간에는 온도차가 3℃ 내외로 큰 차이가 없기 때문이다.

2) 5월 일변화

가) 저온일의 기온 및 지온의 경시적 변화('98. 5. 3)

Fig. 5는 5월중 13시의 외기온이 최저인 날(24.5℃)의 기온변화를 나타내고 있다. 이 시기는 착과기인데 하우스재배의 최적온도인 낮 25~30℃, 밤 15℃ 이상, 지온 18℃ 이상과 비교하면 야간온도는 목표온도와 상당한 차이를 나타내고 있다. 10℃ 이하의 저온이 되면 생장점이 장해를 받아서 순뫼이가 되는 경우가 있으므로 재배자는 온도관리 대책을 강구해야 할 것으로 사료된다(유, 1995).

최저온일 지온변화는 멀칭내 온도와 지온의 최고차가 일출전 시각에 약 6℃정도이며 저온일인데도 지온의 변화폭이 작음을 보여

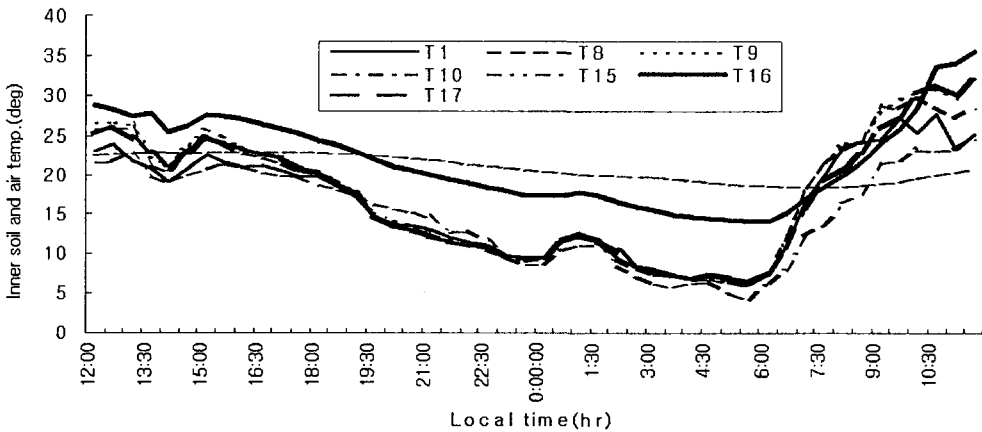


Fig. 5. The inner soil and air temperature change on minimum air temperature day.(May 3. 1998)

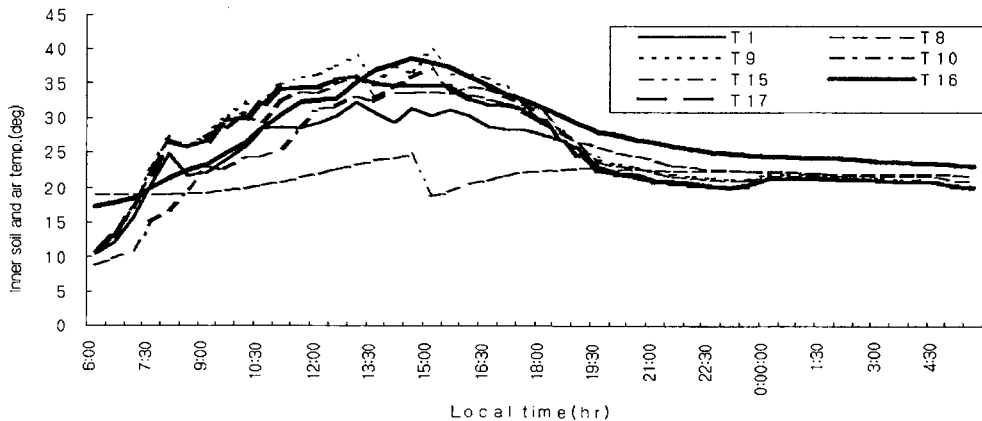


Fig. 6. The inner soil and air temperature change on maximum air temperature day.(May 6. 1998)

Table 3. Comparison of air and soil temperatures at different locations of sensors when outside air temperature reached minimum or maximum in May.

Sensor Time & Temp.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	Ave. Temp.	Difference between max. and min. air temp.	
12:00	Min.	23.2	23.6	23.8	25.9	24.3	24.4	28.7	25.8	26.6	21.5	25.4	24.9	25.3	25.3	22.5	28.7	25.1	25.5	26.6	26.6	23.85	7.59
	Max.	29.3	31.4	33.1	34.9	28.6	34.3	31.6	33.7	36.3	31.5	35.1	34.1	33.9	35.6	22	32.5	34.3	35.1	36	37	31.44	
15:00	Min.	22.5	22.6	23.9	24.1	24	24.5	27.1	24.5	25.7	20.8	25.3	25.3	25.6	25	22.9	27.6	24.7	24.4	25.5	25.4	23.30	9.69
	Max.	30.4	34.2	34.6	35.8	23.9	34.2	32.9	37.1	39.9	34	35.5	38	35.1	37.7	18.8	38	34.5	37.9	39	41.3	32.99	
18:00	Min.	19.6	19.7	19.9	19.8	21.7	20.4	24	20.1	20.4	18.6	19.9	20	19.9	20.1	22.9	24.4	20.4	20.1	20.2	20.4	19.60	8.49
	Max.	27.5	29.8	30	30.1	25.9	28.1	30.9	30.8	30.8	29.4	29.4	31.1	28.7	30.5	22.4	31.5	29.4	31	31.5	31.2	28.09	
21:00	Min.	13	12.6	12.1	12.8	16.4	12.5	19.3	12.7	13.1	14.7	11.3	12.3	11.5	12.4	21.9	19.9	12.1	12.6	12.6	13	13.29	7.91
	Max.	21.1	21.8	21.9	22	22.5	21	25.8	22.1	22.4	23.9	20.6	21.7	20.5	21.7	22.7	26.4	20.9	21.9	21.9	22.4	21.20	
24:00	Min.	9.4	9	8.9	9.1	13.8	9.9	16.9	9.2	9.4	8.6	8.9	8.8	9	8.8	20.5	17.3	9.5	9	8.9	9.2	10.24	10.58
	Max.	21.2	21.5	21.2	21.7	22.1	21.4	24.5	21.7	21.9	22.5	21	21.5	21	21.4	22.2	24.5	21.2	21.5	21.5	21.8	20.82	
03:00	Min.	7.5	7.2	7.5	7.4	12.6	8.6	15.8	7.5	7.7	6.3	6.8	6.9	7	7	19.6	15.5	8	7.2	7.2	7.5	8.66	11.80
	Max.	21.1	21.1	21	21.2	22	21.2	23.6	21.3	21.5	21.8	20.8	21	20.6	21.1	21.9	23.8	21	21.2	21.1	21.4	20.46	
06:00	Min.	7.4	7	7.5	7.4	11.5	8.5	14.5	7.4	7.7	6.3	6.7	6.9	6.9	6.9	18.6	14.1	7.6	7	7	7.3	8.34	2.75
	Max.	10.3	10.2	10.9	10.4	13.9	11.1	15.6	10.7	10.8	8.9	10.1	10.1	10.7	10.1	19.1	17.2	10.8	10.6	10.9	10.6	11.09	
09:00	Min.	24.6	23.3	27.2	27.6	23.5	27.4	27.6	28.8	28	21.3	24.7	25.2	24.2	26.7	18.8	23.9	26	27.1	27.8	28.4	24.18	-0.76
	Max.	22.1	20.5	23.9	27.3	21.7	25.8	24.7	27.2	27.3	23	24.1	24.3	23.5	26.6	19.3	23.2	26.7	24.9	27.4	28.7	23.43	

주고 있다.

나) 고온일의 기온 및 지온의 경시적 변화('98. 5. 6)

Fig. 6은 5월중 14시의 외기온이 최고인 날(34℃)의 기온변화를 나타내고 있다. 마찬가지로 외기온과 함께 기온이 상승하다가 일몰 후부터 급냉하고 있지만, 야간에 실내기온의 최저치는 20℃ 이상 유지하고 있다. 또 15시 경에 지온이 갑자기 강하하는 것은 관수로 인한 결과이며, 초여름인데도 약 5℃ 정도 강하하는 경향을 보여 관수시 수온을 고려한 재배법을 강구해야 할 것으로 사료된다(김 등, 1998).

최고온일에 지온은 주간에 상승하다가 관수와 함께 강하되어 약 2시간 후에 회복되는 경향을 나타내고 있으며, 야간에도 약 22~23℃ 정도의 지온을 유지하고 있는데 지온과 지표온도는 역전되지 않고 있다.

Table 3은 5월중 외기온이 최저, 최고인 날의 시간대별 온도를 나타낸 것이다. 하우스내 평균온도가 주야 모두 최고인 날이 상당히 높은 온도차를 나타내고 있으며, 일출전후 시간대에는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이것

은 외기온 T10의 주간온도차는 10~13℃, 야간온도차는 9~14℃로 오히려 야간온도차가 크게 나타났기 때문이다.

3) 6월 일변화

가) 저온일의 기온 및 지온의 경시적 변화('98. 6. 2)

Fig. 7은 6월중 13시의 외기온이 최저인 날(16.3℃)의 기온변화를 나타내고 있다. 외기온은 16℃ 정도 유지되고 있는데 반해 지온은 20℃ 정도를 유지하고 있는 것이 특징이며, 일변동도 거의 없는 경향을 보여주고 있다.

최저온일의 지온변화는 지온과 지표온도가 최저, 최고 시간대에 약 1℃ 정도의 차이를 나타내고 있으며, 지온은 20℃ 전후로 유지되어 재배에 지장을 주지 않을 것으로 판단된다.

나) 고온일의 기온 및 지온의 경시적 변화('98. 6. 17)

Fig. 8은 6월중 13시의 외기온이 최고인 날(33.6℃)의 기온변화를 나타내고 있다. Fig. 8에서와 같이 기온이 급상승하였다가 일몰과 함께 급냉하여 야간에는 외기온과 2~3℃ 전

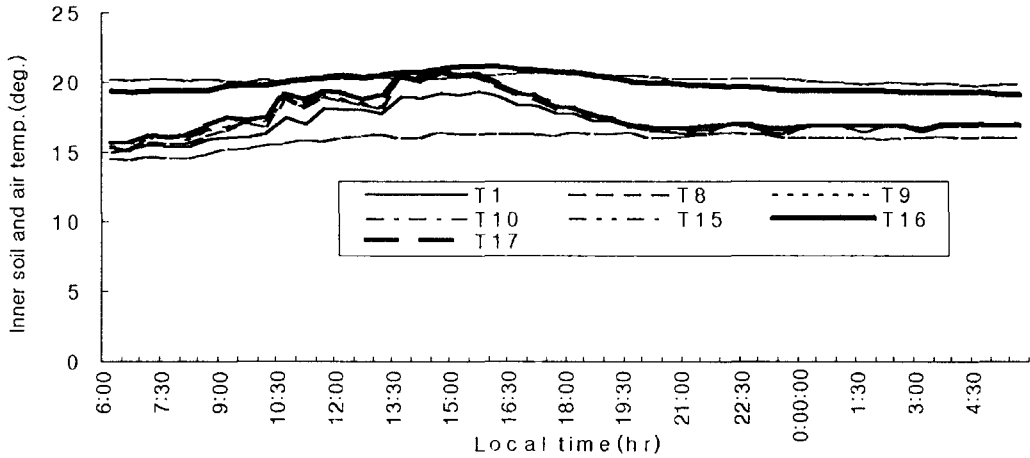


Fig. 7. The inner soil and air temperature change on minimum air temperature day.(June 2, 1998)

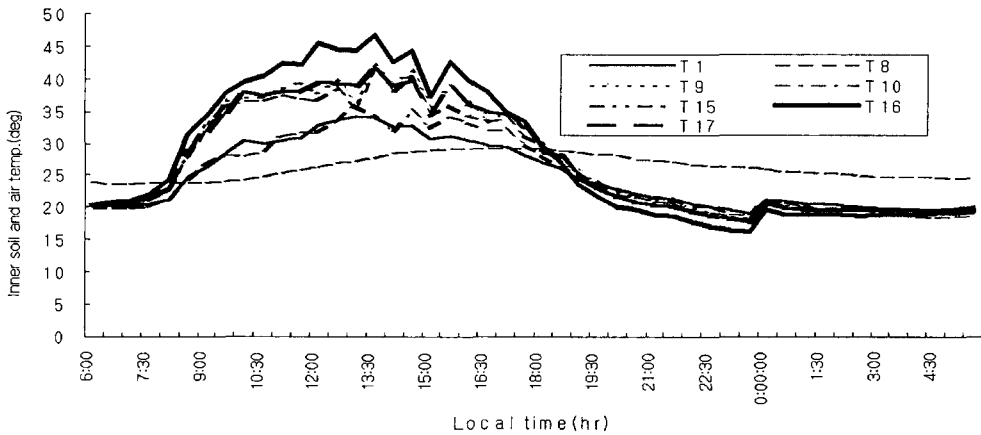


Fig. 8. The inner soil and air temperature change on maximum air temperature day.(June 17, 1998)

후의 온도차를 나타내고 있다. 또 지온은 25℃ 정도로 유지되고 있어 성숙기의 최적지온인 23~25℃를 유지할 수 있음을 보여주고 있다. 최고온일의 지온변화는 지표온도는 급상승 후 급냉하는 경향을 나타내고 있으며, 야간에 지온과의 차이는 5℃이상으로 나타났

이것은 외기온 T10의 주간온도차는 11~16℃, 야간온도차는 3~5℃ 정도로 나타나 하우스내 야간온도는 외기온의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 그러므로 외기온을 이용하면 월별 하우스 내기온을 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4는 6월중 외기온이 최저, 최고인 날의 시간대별 온도를 나타낸 것이다. 평균온도가 주간에는 높은 온도차를 나타내지만 야간에는 2~3℃ 정도의 차이를 나타내고 있다.

2. 월별 저온일 지상 10cm 온도변화 특성

1) 4월 기온변화('98. 4. 25)

Fig. 9는 4월중 최저온일 하우스내 작물이 자라고 있는 지표부근(지상 10cm)온도의 일

Table 4. Comparison of air and soil temperatures at different locations of sensors when outside air temperature reached minimum or maximum in June.

Sensor Time & Temp	Sensor																				Ave. Temp	Difference between max. and min. air temp.		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20				
06:00	Min.	15	14.9	15.2	15.4	16.1	16.1	18.8	15.4	15.5	14.6	15.3	15	15.3	15.1	20.3	19.3	15.7	15.1	15.2	15.3	15.93	3.76	
	Max.	20.2	19.9	19.9	20.2	20.9	21.7	24.6	20.2	20.4	19.9	20.2	20.1	20.4	20.1	24.1	20.3	20.3	20.2	20.2	20.3	19.69		
09:00	Min.	16	16	16.7	16.3	17.4	17.4	18.9	16.6	16.8	15.3	17	17	17.9	17	20.1	19.7	17.5	16.8	16.9	16.8	17.20	11.63	
	Max.	26.4	28.2	28	32	31.3	32.9	26.6	32.4	32.9	26.6	30.3	30.6	32.5	31.7	23.9	34.1	32	31.3	32.9	33.6	28.83		
12:00	Min.	18	18.5	18.8	18.6	19.5	19.4	19.6	18.7	18.8	16.1	18.3	18.5	19.1	18.6	20.2	20.4	19.2	18.9	18.7	18.8	18.83	16.16	
	Max.	32.8	34.6	34.7	36.4	40.5	41.4	34.3	36.5	37.8	31.5	37.4	37.5	39	38.1	26.4	45.5	39.4	37.6	38.5	40	34.99		
15:00	Min.	19.1	20.2	20.4	20.3	20.9	20.9	20.3	20.5	20.6	16.3	19.4	19.9	20	20.1	20.4	21	20.4	20.2	20.4	20.5	20.09	12.44	
	Max.	30.6	32.2	31.5	33.6	35.6	37.2	39	34.2	35.5	32.3	33.7	34.7	33.7	34.9	28.9	37.3	35	35	35.8	36.4	32.53		
18:00	Min.	17.7	17.9	18	18	18.9	18.9	20	18.1	18.2	16.4	17.6	17.7	17.7	17.8	20.5	20.6	18.1	17.9	17.9	18.1	18.30	9.9	
	Max.	27	28.3	27.6	28.7	30.2	32.2	36.7	29.6	29.8	28.1	29.5	30.4	28.2	29.7	29.1	29.7	29.2	30	30	30.1	28.20		
21:00	Min.	16.6	16.2	16.4	16.2	17.2	17.3	19.3	16.3	16.5	16.2	16.2	16.2	16.2	16.3	16.3	20.3	19.7	16.7	16.4	16.3	16.5	16.95	3.64
	Max.	21.6	21.1	21.1	21.1	20.6	22.3	30.3	21.1	21.3	21.9	20.1	20.6	19.6	20.8	27.4	18.8	20.3	21	20.9	21.3	20.59		
24:00	Min.	16.8	16.7	16.7	16.7	17.3	17.5	19.1	16.8	16.9	16	16.5	16.6	16.5	16.6	20.1	19.4	16.8	16.7	16.7	16.9	17.16	3.14	
	Max.	21.4	20.8	20.8	20.8	21.1	22.2	27.1	20.8	20.9	21.1	20.3	20.5	20.1	20.6	26	19.7	20.5	20.7	20.8	20.30			
03:00	Min.	16.6	16.3	16.4	16.3	17.1	17.3	18.8	16.4	16.5	16.1	16.2	16.2	16.2	16.3	19.9	19.2	16.6	16.4	16.4	16.5	16.88	2.26	
	Max.	19.9	19.4	19.6	19.5	20.1	21.2	25.5	19.7	19.6	19.3	19.2	19.2	19.1	19.3	25	18.9	19.5	19.4	19.4	19.6	19.14		

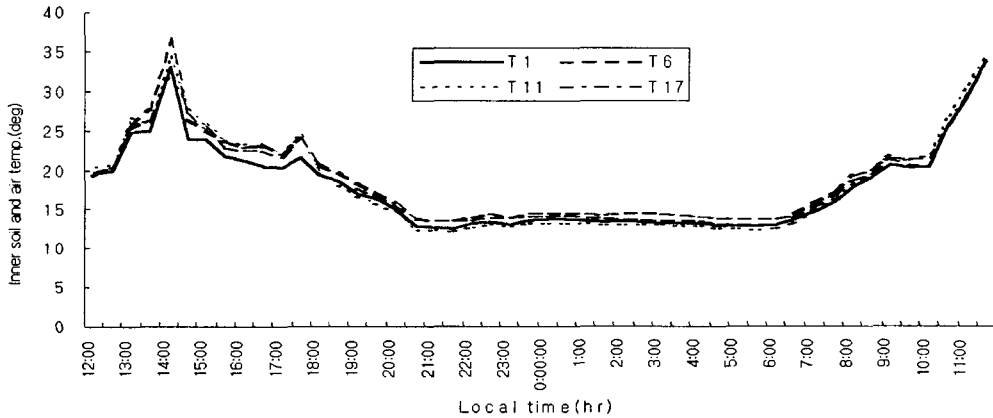


Fig. 9. The inner air temperature change at above-ground 10cm on minimum air temperature day.(April 25, 1998)

변화를 나타내고 있다. 오후 6시경부터 온도가 급강하하는 특징을 나타내고 있으며, 야간은 12~15℃ 정도로 유지되고 있다. 하우스를 중심으로 중앙통로 쪽의 온도가 좌·우측의 온도 보다 1~2℃ 높게 유지되고 있다.

이상과 같이 4월중 외기온이 최저온인 날의 하우스내 높이별 기온변화를 보면 주간최고온도는 약간의 차이가 있으나, 야간은 거의 같은 온도로 유지되는 경향을 보였으며 일몰과 함께 급냉하는 시간은 2시간 30분 전후였다.

2) 5월 기온변화('98. 5. 3)

Fig. 10은 5월중 최저온일의 지상 10cm의 온도변화를 나타내고 있는데 주간은 날씨가 고르지 않았기 때문에 온도 변화폭이 심하며, 야간에는 10℃ 이하로 유지되어 참외 하우스 재배의 최적온인 15℃ 이하보다 상당히 낮기 때문에 생장점이 저온장애를 받을 우려가 있다고 판단된다(유, 1995).

3) 6월 기온변화('98. 6. 2)

Fig. 11은 6월 최저온일 지상 10cm의 온도변화를 나타내고 있다. 초여름 인데도 주간

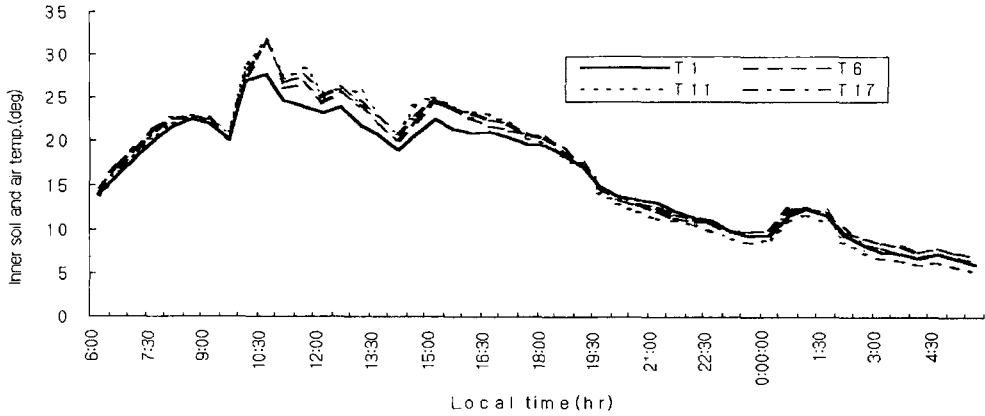


Fig. 10. The inner air temperature change at above-ground 10cm on minimum air temperature day.(May 3, 1998)

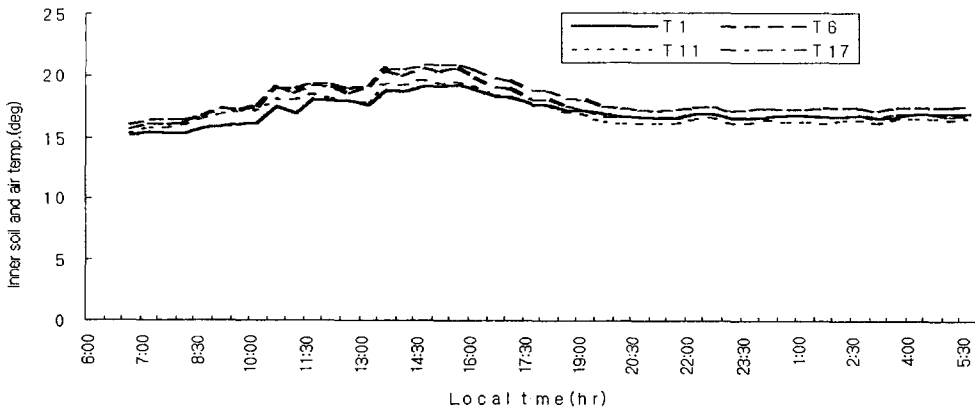


Fig. 11. The inner air temperature change at above-ground 10cm on minimum air temperature day.(June 2, 1998)

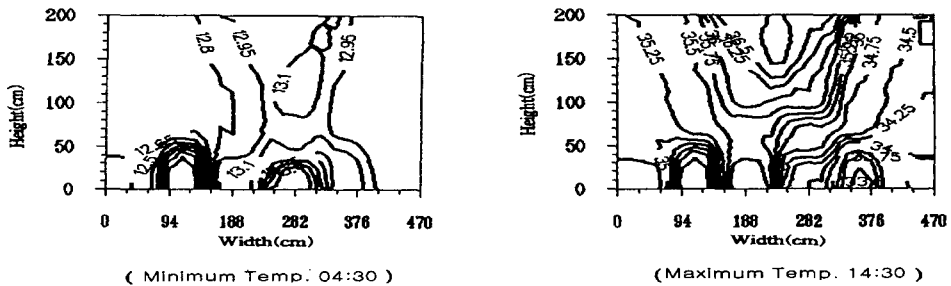


Fig. 12. The isotherms of min. and max. temperature during the period of culm internode elongation.

최고 기온이 20℃ 전후이며, 야간의 온도는 16~17℃ 정도를 유지하여 주·야 온도차가 크게 나타나지 않았다.

3. 생육단계별 최저·최고 시간대의 등온분포
1) 자만 신장기(3. 22~4. 30)

Fig. 12는 자만 신장기의 최저온 시간대인

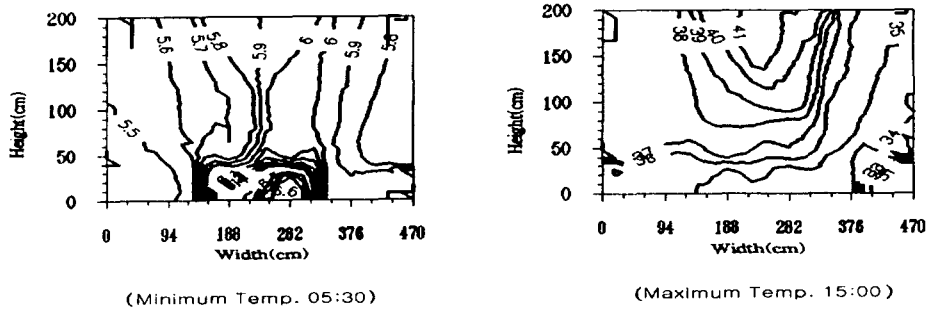


Fig. 13. The isotherms of min. and max. temperature during the period of fruit setting.

3월 23일 04시 30분과 최고온 시간대인 4월 28일 14시 30분의 등온분포를 나타내고 있다. 본 연구의 자만신장기는 3월22일부터 4월30일 정도이며, 이 시기의 주간온도는 25~30°C, 야간온도는 15°C 이상을 목표로 하는데 4월30일의 야간온도는 12~13°C로 유지되어 적온을 유지하기가 어려웠다.

최적온도는 낮 27~30°C, 밤 18°C 정도가 되면 오전 6시경 개화되며, 야간온도가 15°C 이하로 되면 개화는 물론 개약(開藥)도 늦어진다(유, 1995). 5월 4일의 최저온 시간대에서 실내기온은 5~6°C 정도로서 야간온도는 상당한 문제가 있다고 판단되며, 최고온일에는 31°C 이상을 유지하는 것으로 나타났다.

2) 착과기(5.1~5.15)

Fig. 13은 착과기의 최저, 최고시간대의 등온 분포를 나타내고 있다. 개화, 착과기의

3) 과실비대기(5. 16~5. 31)

Fig. 14는 과실비대기의 최저온일인 5월 28일의 등온 분포를 나타내고 있다. 주간에는

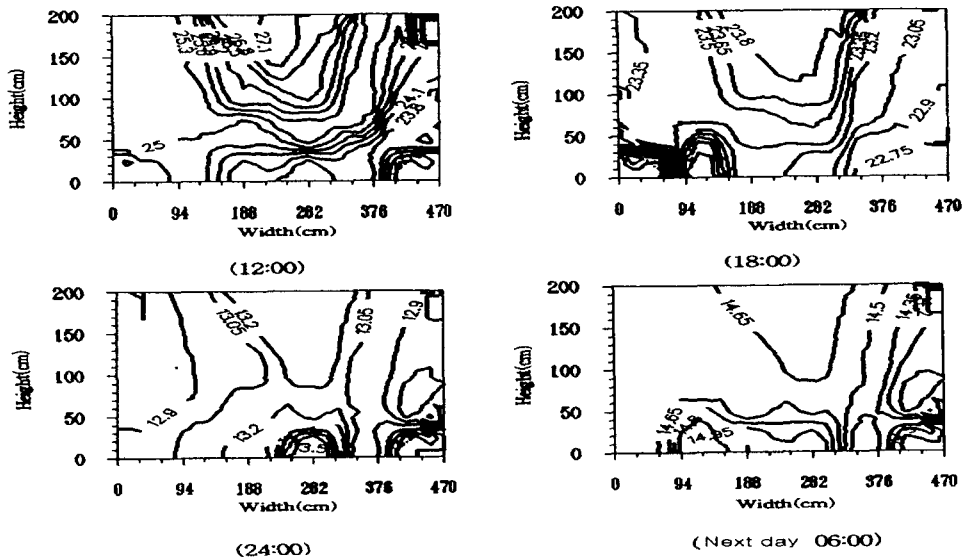


Fig. 14. The isotherms of minimum temperature during the period of enlargement.(May 28, 1998)

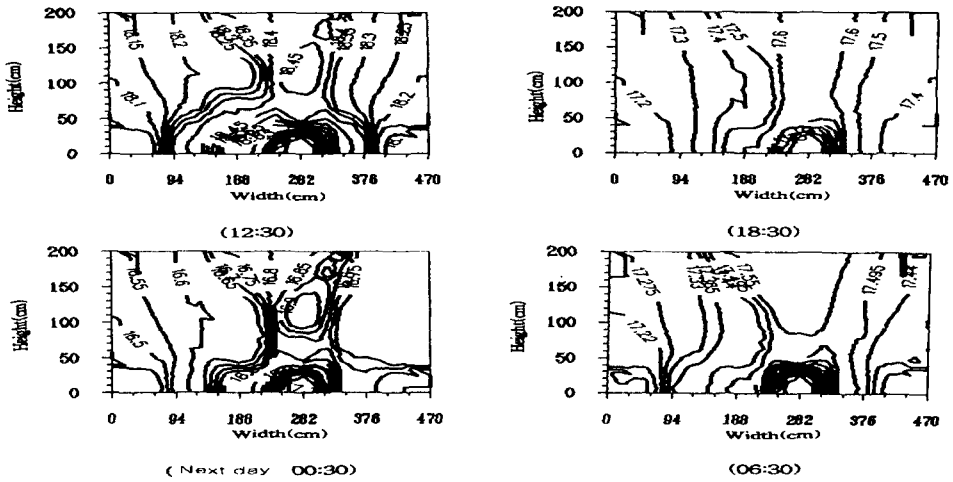


Fig. 15. The isotherms of minimum air temperature during the period of maturation. (June 2, 1998)

22~27℃ 정도를 유지하나, 야간에는 12~14℃ 정도를 유지하여 비대기의 야간온도인 18~23℃(이 와 박, 1998)와는 많은 온도차가 있음을 알 수 있다.

4) 성숙기(6. 1~6. 27)

Fig. 15는 성숙기인 6월 1일부터 6월 27일 사이에서 최저온인 6월 2일의 등온분포이다. 최저온일에는 주·야 모두 16~18℃ 정도로 유지되고 있어 성숙기 주야 최적온도인 28~30℃, 18~23℃의 확보가 어려우며, 성숙기에 저온일이 계속되면 주간 광합성과 오후부터 전반야에 걸친 전류도 문제시된다고 본다(이 와 박, 1998).

적요

현재 경북지방의 수박 및 참외재배에 가장 많이 이용되고 있는 대형터널 하우스의 온도 변화를 분석한 결과, 터널하우스 내 기온은 일몰과 함께 강하하여 외기온과 비슷한 온도를 유지하는 시간은 일몰 후 약 2시간 30분 전후로 나타났으며, 자연환기장치인 환기공

및 수동식 측창이 설치되어 재배기간중 하우스내 최고기온은 40℃ 이상 유지되지는 않았다. 하우스 야간온도는 높이별 위치에 관계없이 거의 같은 온도로 유지되었으며, 재배기간중 야간온도는 외기온보다 2~3℃정도 높게 유지할 수 있었지만, 외기온이 적은 이하일 때는 보온의 필요성이 있었다. 또 재배기간중 20cm 깊이의 지온은 20℃ 이상을 유지할 수 있어서 적정지온 확보에는 문제가 없었으며, 일변동폭은 3~5℃ 정도이고 관수로 인한 지온저하는 5~6℃ 정도였다.

인용문헌

1. 구건효. 1993. 시설원예의 환경제어 시스템 개발을 위한 기초연구. 경북대학교 박사 학위논문.
2. 김진현, 김철수, 명병수, 최중섭, 구건효, 김태욱. 1998. 시설원예용 태양열 시스템의 효율적 이용과 자동화 장치개발 (1) - 시설재배시 지중가온의 온도변화 연구 -. 생물생산시설환경 7(1) : 15-23.
3. 김진현, 오중열, 구건효, 김태욱. 1998. 시

- 시설예용 태양열 시스템의 효율적 이용과 자동화 장치 개발 (2) - 지중가온에 의한 오이 생육 및 수량성 향상에 관한 연구 - . 생물생산시설환경 7(1) : 25-33.
4. 농촌진흥청. 1994. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간. p. 56-57.
 5. 유성철. 1995. 시설채소재배. 오성출판사. p. 78-88.
 6. 이기명, 박규식. 1998. 생물산업시설 환경 제어. 일일사. p. 99-104.
 7. 이병일 외. 1993. 신제 시설원예학. 향문사. p. 90-95.
 8. 이석건. 1992. 농업환경조절공학. 교보문고. p. 67-73.
 9. 전종길. 1995. 우리나라 시설원예산업의 육성방안에 관한 연구. 경북대학교 석사학위논문.
 10. 古在豊樹 外. 1995. 新施設園藝學. 朝倉書店. p. 88-89.
 11. 三原義秋. 1980. 施設園藝の氣候管理. 誠文堂新光社. p. 95-97.
 12. 高辻正基. 1997. 植物工場 ハンドブック. 東海大學出版會. p. 11-12.