

# 미스트 분무 및 스프링클러 관수가 단동 플라스틱 하우스에 미치는 냉각효과

강 정 윤\* · 임 홍 성\*\* · 최 동 호\*\*\* · 허 중 철\*\*\*\*

## A Study on Cooling Effects of Spray Mist or Sprinkler on Single Span Plastic Greenhouses

Jeong-Yun Kang\*, Hong-Sung Im\*\*, Dong-Ho Choi\*\*\* and Jong-Chul Huh\*\*\*\*

### ABSTRACT

As crops recently can be cultivated all the year in greenhouses, we need to improve the environment in which crops are able to grow in the summer. Therefore, in this study, we quantitatively got the cooling effects of 4 single span plastic greenhouses in the following ways: by spraying mist or sprinkler, or by opening the side window, and with those variables, we simultaneously did experiments at 4 greenhouses under equivalent conditions to reduce the temperature of the greenhouses in the summer. The results of the experiments are as following: 1) The temperatures of the greenhouses were effectively reduced by both spraying mist and sprinkler. 2) When the mist is intermittently sprayed, the indoor temperature has decreased by 4 degrees centigrade, meanwhile, in the greenhouse to make experiments using sprinkler, the temperature of that has been reduced by 2 degrees centigrade. Therefore, we can see the cooling effects of smaller mist in size as more effective than those of sprinkler. 3) When the greenhouse is naturally ventilated by opening the side window, we have to apply another cooling system because the indoor temperature is higher than the outdoor one.

**Key words** : Mist, Sprinkler, Evaporative cooling, Indoor thermal environment

### 1. 서론

최근에는 온실의 현대화, 대형화, 고정화 및 자동

화와 함께 주년생산을 위한 연중재배체제가 도입되면서, 여름철 작물의 생육환경을 개선하기 위한 대책이 필요하다. 외기온이 상승하는 5월에서 9월의 기간동안 하우스내 온도는 온실효과로 인하여 적정실온을 크게 상회하는 고온상태가 된다.<sup>1,2)</sup> 고온시 작물은 증산작용과 광합성 작용의 정상적인 기능을 잃을 수 있으며, 고온의 피해가 심한 경우에는 원형질의 파괴, 세포의 기능 저하, 단백질의 불활성현상 등의 고온장애를 가져온다. 실온상승은 작물의 생장을 저해하고 실내 작업환경을 악화시키는 등 막대한 경제적 손실, 작업효율 저하 등의 문제점을 초래하고 있다.<sup>3)</sup> 따라서 실온상승을 억제하기 위

\* 제주대 산업대학원

Graduate School of Industry, Cheju Nat'l Univ.

\*\* 제주대 산업기술연구소 연구조교

Research Assistant, Research of Institute Industrial Technology, Cheju Nat'l Univ.

\*\*\* 제주대 건축공학과

Dept. of Architectural Eng., Cheju Nat'l Univ.

\*\*\*\* 제주대 기계공학과

Dept. of Mechanical Eng., Cheju Nat'l Univ.

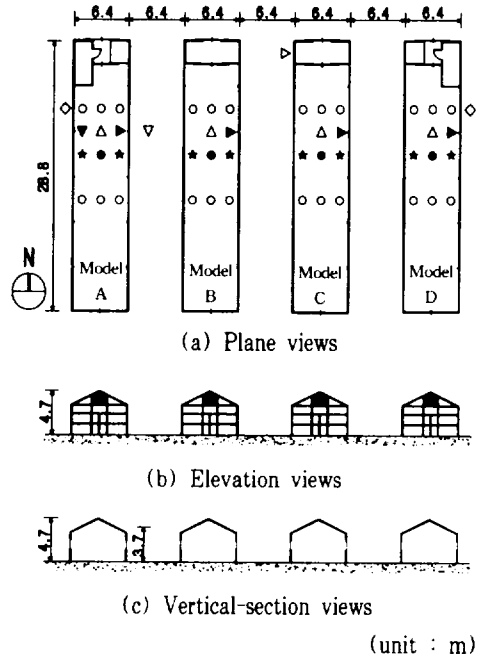
한 냉방문제가 주요 현안으로 대두되고 있다. 관행적인 차광에 의한 자연환기나 강제환기 방식으로는 환기량에 불문하고 온실내의 온도를 외기온에 최대한 근접시키는 것은 한계가 있다.<sup>45)</sup> 따라서 보다 적극적인 온실냉각 방식을 채택하지 않는 한 온실내부 기온을 외기온 이하로 내릴 수 없다. 대안으로서 천·측창 개방과 환기팬에 의한 환기, 유입일사량 조절, 증발냉각 등의 방법이 실온상승 억제대책으로 제시되고 있다.<sup>6,7)</sup> 이러한 방법들은 비교적 설치비용 및 유지관리비가 저렴하여 하우스 냉각방식으로 널리 보급되어 왔으나, 환기량 부족에 따른 실온상승, 과도한 수분공급으로 인한 부작용 등 시급히 개선되어야 할 문제점 또한 많이 지적되고 있다.<sup>3,8)</sup>

본 연구에서는 하우스의 실온저하를 도모하기 위하여 동일부지 내에 설치된 4개동의 단동 플라스틱 하우스를 대상으로 측창 개폐에 따른 냉각효과와 미스트분무, 스프링클러 관수에 따른 냉각효과를 실험에 의해 정량적으로 비교, 분석하였다. 따라서 본 연구에서는 각 하우스별 온도분포상의 문제점을 파악하고, 설정조건별 냉각효과를 분석함으로써 하우스 냉각시스템 선정과 하우스 온열환경 개선에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

## II. 실험개요

### 2.1 실험용 하우스

실험용 하우스는 Fig. 1에 나타난 바와 같이, 농촌진흥청 제주농업시험장에 위치한 6.4×28.8×4.7m 규모의 경질판 PC(Poly Carbonate)구조 단동 플라스틱 하우스(이하에서는 약칭하여 하우스로 표기함) 4개동으로 구성되어 있으며, 동일 부지 내에서 동일한 인동간격, 크기, 향으로 배치함으로써 최대한 동일한 환경조건이 유지될 수 있도록 설계하였다. 각 하우스의 중앙 최상부에는 길이 방향으로 부분적으로 개폐할 수 있는 천창이, 각 하우스의 양측면에는 권취형 측창이 설치되어 있고, 각 측창이 개폐되는 폭은 0.7m이다. 그리고, 하우스 단변방향 양측 출입구 상부에는 환기팬을 각각 설치하였다. 하우스 내부에는 과수(단감, 배)가 식재되어 있으며, Fig. 2, 3에 나타난 바와 같이 환경조절을 위하여 미스트 분무장치, 스프링클러



- (unit : m)
- Temperature
- Two measuring point. (0.8 and 2.0m above the ground.)
  - ★ Five measuring point. (0.4, 0.8, 1.2, 2.0 and 2.8m above the ground)
  - Six measuring point (0.4, 0.8, 1.2, 2.0, 2.8 and 4.0m above the ground.)
  - ◇ Measurement of outdoor air-temp.
  - △ Measurement of globe temp. (1.0m above the ground.)
- Solar radiation
- ▼ Indoor solar radiation.
  - ◆ Outdoor solar radiation.
- Relative humidity
- ▶ Indoor relative humidity
  - ▽ Outdoor relative humidity

Fig. 1 Shapes and measuring points of green house models

러 관수장치를 설치하였다. 미스트 노즐과 스프링클러 헤드는 지상 2~3m 높이에 길이방향으로 각각 3개 라인, 5개 라인으로 일정간격마다 설치하였다. 또한 이들은 피스톤 펌프에 의해 가압된다. 미스트 노즐 및 스프링클러 헤드에서 분무되는 물입자의 입경을 현수법(懸漚法)<sup>9)</sup>에 의해 측정된 결과, Table 1. 2

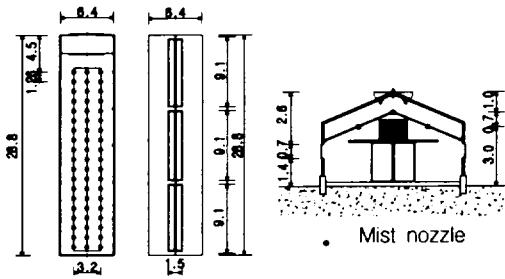


Fig. 2 Location of mist in greenhouse

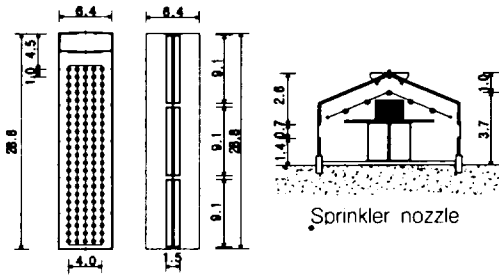


Fig. 3 Location of sprinkler in greenhouse

Table 1. Mist particle size

Particle size	Number	Ratio(%)
0 ~ 15 $\mu\text{m}$	4	2.5
15 ~ 30 $\mu\text{m}$	22	14.0
30 ~ 45 $\mu\text{m}$	43	27.4
45 ~ 60 $\mu\text{m}$	40	25.5
60 ~ 75 $\mu\text{m}$	27	17.2
75 ~ 90 $\mu\text{m}$	16	10.2
90 $\mu\text{m}$ 이상	5	3.2
Sum	157	100

Table 2. Sprinkler particle size

Particle size	Number	Ratio(%)
0 ~ 300 $\mu\text{m}$	1	0.7
300 ~ 600 $\mu\text{m}$	78	53.8
600 ~ 900 $\mu\text{m}$	43	29.7
900 ~ 1200 $\mu\text{m}$	15	10.3
1200 ~ 1500 $\mu\text{m}$	1	0.7
1500 ~ 1800 $\mu\text{m}$	6	4.1
1800 ~ 2100 $\mu\text{m}$	1	0.7
Sum	145	100

에 나타난 바와 같이 미스트 및 스프링클러분무입자의 평균입경은 각각 49 $\mu\text{m}$ , 680 $\mu\text{m}$ 로 계측되었다. 현수법은 분무되는 물입자의 밀도보다 밀도가 큰 실리콘 오일을 유리판에 균일하게 도포한 후, 이 곳에 물 입자를 점착시켜 그 직경을 측정하는 방법이다. 현수법을 이용함으로써, 분무된 물입자를 형태가 왜곡되지 않은 진구상태(眞球常態)에서 측정할 수 있었다.

## 2.2 온도, 상대습도 측정

Fig. 1에 나타난 바와 같이 하우스내 온열환경을 파악할 수 있는 최소한의 공간만을 측정대상공간으로 선정하였다. 실내의 공기온도, 흑구온도 등은 각 센서로부터 데이터 로거(Datascan 7320, Datascan사)를 통해 매분마다 컴퓨터에 입력된다. 하우스내 공기온도, 흑구온도 및 외기온도는 열전대(T-type)를 이용하여 측정하였다. 온도 측정점은 하우스 내부공간의 온열환경을 상세히 파악할 수 있도록 하우스 4개동에 총 140여점을 선정하였다. 연직방향 온도는 각 하우스마다 길이 방향으로 1개 연직단면을 상세 측정단면(3개의 측정군)으로 선정하고, 각 측정군당 지상 0.4, 0.8, 1.2, 2.0, 2.8, 4.0m높이에 열전대를 설치하여 측정하였다. 또한, 수평방향에 대해서도 각 하우스마다 9개의 측정군을 선정하고, 각 측정군당 상하 2개의 측정점(재배되는 작물의 높이를 2단계로 가정, 지상 0.8m높이와 지상 2.0m높이)을 설치하였다. 또한, 다수의 실내공기온도 이외에 지상 0.8m높이(1개소)에 흑구온도계(Vernon식, SATO사)를 설치하여 하우스내 복사환경까지 복합적으로 평가하였으며, 외기온도는 하우스 외부 2개소에서 측정하였다. 정확한 온도측정을 위하여 모든 온도센서의 직상부에 일사차폐물을 설치하여, 센서부가 직접적으로 일사에 노출되지 않도록 배려하였다. 또한, 상대습도를 계측하기 위하여 Fig. 1에 나타난 바와 같이 각 하우스 내부와 외부에 각 한 점씩 상대습도계(HD8608TC /150, Delta OHM사)를 설치하였다.

## 2.3 실험대상 하우스의 대칭성 실험

동일 부지내에 위치한 4개동 하우스에서 실시한 실험결과들을 보다 객관적으로 비교하기 위하여 본

Table 3. Temperature comparison of each greenhouse by pre-test

(August. 1, 1999)

House \ Time	0:00~3:00	3:00~6:00	6:00~9:00	9:00~12:00	12:00~15:00	15:00~18:00	18:00~21:00	21:00~0:00
Model A	-0.1	-0.1	1.6	4.0	3.1	1.9	0.2	-0.2
Model B	0.4	0.4	2.1	4.3	4.2	3.3	1.0	0.3
Model C	0.1	0.1	1.9	4.2	4.0	3.4	0.6	0.1
Model D	-0.2	-0.2	0.9	3.2	3.2	2.6	0.3	-0.3

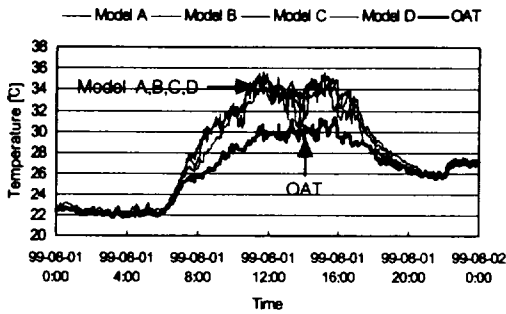


Fig. 4 Comparison of IAT and OAT with time (IAT : Indoor air-temp., OAT : Outdoor air-temp.)

실험에 앞서 각 하우스간 온도분포의 발생여부를 확인하는 대칭성 실험을 실시하였다. 대칭성 실험은 모든 하우스의 천·측창을 개방한 상태에서 동시에 온도를 측정하여, 각 하우스간에 발생하는 온도차를 비교하였다. 기준높이(지상 0.8m높이)에서 측정된 공기 온도를 각 하우스의 대표온도로 설정하였으며, 측정된 대칭성 실험결과를 Table 3 및 Fig. 4에 나타내었다. 각 하우스의 온도분포는 시간대에 따라 다소 차

이를 나타내고 있으나, 비교적 실온이 상승한 12~15시의 하우스간 온도차는 최대 1.1°C를 나타내었다. 이러한 온도차는 주로 외측(하우스A, D)과 내측(하우스B, C)에 위치한 하우스간에 발생한 온도차로서, 외측에 위치한 하우스의 경우 내측보다 천·측창을 통한 자연환기가 원활하여 상대적으로 낮은 온도를 나타낸 것으로 추정된다.

#### 2.4 실험종류 및 설정조건

실험종류 및 설정조건의 상세를 Table 4에 나타내었다. 측창 개폐여부 및 미스트, 스프링클러 작동여부를 주요 실험변수로 설정하였으며, 실험은 동일 시간대에 동시에 실시함으로써 각 변수간의 냉각효과를 정량적으로 비교할 수 있도록 하였다. Case 1은 측창 개폐여부 및 수분무에 따른 하우스내 증발냉각 효과를 도모하기 위하여 설정된 실험으로서 수분무의 경우 분무입자의 입경변화에 따른 냉각효과를 검토하였다. 하우스A는 측창을 인위적으로 폐쇄하여 하우스 개폐장치고장 등의 극한 상태에서의 하우스내 온열환경을 검토하기 위해 설정된 실험이다. 하우스B는 측

Table 4. Experimental conditions

Item	Condition					Working time of sprinkler [min]	Pause time of sprinkler [min]	Working time of mist [min]	Pause time of mistr [min]
	Roof vent	Side vent	Fan	Sprinkler	Mist				
Case 1	Model A	x	x	x	x	x	-	-	-
	Model B	x	o	x	x	o	-	-	1.5
	Model C	x	o	x	o	x	1.5	5	-
	Model D	x	o	x	x	x	-	-	-
Case 2	Model A	x	x	x	x	x	-	-	-
	Model B	x	o	x	x	o	-	-	1.5
	Model C	x	o	x	o	x	30	-	-
	Model D	x	o	x	x	x	-	-	-

창을 개방하고 미스트 분무시간을 90초, 휴지시간을 300초로 설정하여 미스트를 단속적으로 작동시킨 경우이고, 하우스C는 하우스B와 동일한 실험조건에서 분무입자가 미립자인 미스트 대신 입경이 큰 스프링클러를 작동시킨 경우이며, 하우스D는 축창을 개방하여 자연환기가 이루어질 수 있도록 설정하였다. Case 2는 스프링클러 관수시에 수반되는 냉각효과를 검토하기 위해 설정된 실험으로서 스프링클러를 30분간 연속적으로 작동시켜 하우스내 온도하강 정도를 평가하였다. 그 밖의 하우스 A, B, D의 실험조건은 Case 1과 동일한 조건으로 설정하였다. 실험은 1999년 10월 초순의 맑은 날을 선택하여, 하우스내 온도가 상승하는 낮 시간에 국한하여 단속적으로 실시하였다. 실험결과는 각 하우스마다 지상 0.8m높이를 기준높이로 가정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균공기온도(기준면온도)를 실내기준온도로 정의하여 정리하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1. 축창 개폐여부 및 수분무시 분무입자의 입경변화가 하우스내 온열환경에 미치는 영향(Case 1)

##### 3.1.1 실내기준온도

각 하우스의 실내기준온도를 Table 5, Fig. 5에 나타내었다. 천·축창 개폐장치 및 환기팬 작동 불능시를 가정하여 천·축창 및 환기팬을 가동시키지 않은 하우스A의 경우, 실내기준온도는 외기온도보다 21.5°C가 높은 41.2°C로서 하우스내 재배작물의 적정 생육온도를 크게 상회하는 사실상 극한 환경을 형성하였다. 축창을 개방한 상태에서 미스트를 단속적으로 작동시킨 하우스 B의 실내기준온도는 미스트가 분무됨과 동시에 급격히 하강한 후 미스트작동이 멈춤과 동시에 온도는 반전하기 시작하여 시간이 경과함에

Table 5. Relative comparison of experimental results

Item		0.8m <sup>4</sup> [°C]	2.0m <sup>4</sup> [°C]	Outdoor air temp. [°C]	Globe temp. [°C]	Indoor Relative humidity [%]	Outdoor Relative humidity [%]	
Case 1	Model A	WB <sup>Y</sup>	39.3	39.9	18.7	54.1	60.2	20.0
		WA <sup>X</sup>	41.2	42.3	19.7	57.9	54.6	18.0
	Model B	WB <sup>Y</sup>	22.9	23.2	18.7	37.2	60.9	20.0
		WA <sup>X</sup>	18.7	18.3	19.7	34.4	83.2	18.0
	Model C	WB <sup>Y</sup>	23.1	23.5	18.7	37.1	50.6	20.0
		WA <sup>X</sup>	19.7	19.6	19.7	24.3	100	18.0
	Model D	WB <sup>Y</sup>	23.3	24.0	18.7	37.1	50.8	20.0
		WA <sup>X</sup>	25.1	26.3	19.7	46.1	49.1	18.0
Case 2	Model A	WB <sup>Y</sup>	31.1	31.3	20.1	36.5	77.7	39.4
		WA <sup>X</sup>	31.5	31.8	20.2	38.1	75.0	33.8
	Model B	WB <sup>Y</sup>	22.3	22.3	20.1	27.1	74.5	39.4
		WA <sup>X</sup>	18.7	18.6	20.2	21.6	87.3	33.8
	Model C	WB <sup>Y</sup>	21.6	22.0	20.1	26.7	70.7	39.4
		WA <sup>X</sup>	18.2	18.0	20.2	19.6	100	33.8
	Model D	WB <sup>Y</sup>	22.1	21.9	20.1	27.6	71.6	39.4
		WA <sup>X</sup>	22.5	22.1	20.2	30.0	65.7	33.8

<sup>Y</sup>0.8(or 2.0)m : Indoor air temp. at 0.8(or 2.0)m height on the ground

<sup>Y</sup>WB : Working Before

<sup>X</sup>WA : Working After

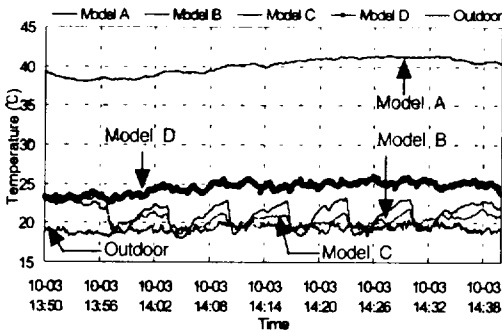


Fig. 5 Variations of indoor air temp at each models(Case 1)

따라 미스트 작동전의 온도까지 상승하였다. 그 후, 재차 미스트가 분무됨에 따라 실내기준온도는 약 18.7~22.7°C를 나타내어 약 4°C의 온도변화폭을 나타내었다. 하우스B의 미스트 분무시와 동일한 조건에서 물입자의 입경이 큰 스프링클러를 작동시킨 하우스 C의 경우는 스프링클러 작동과 동시에 온도가 급격히 하강하였다. 스프링클러 작동후 실내기준온도는 약 19.4~21.4°C를 나타내어 전술한 하우스 B(미스트 분무시)의 온도하강폭인 4°C보다 적은 약 2°C의 온도하강폭을 나타내었다. 이것은 분무입자가 큰 스프링클러 작동시에는 자체 비중에 의해 분무입자의 하강속도가 증가하여 미립자인 미스트의 경우보다 주변공기와의 접촉시간(증발냉각)이 크게 감소한 반면, 미스트의 경우 분무입자는 분무와 동시에 에어로졸(Aerosol)상태를 유지함으로써 증발냉각작용이 보다 촉진되었기 때문으로 풀이된다. 또한, 휴지시간에 실내기준온도는 스프링클러를 작동한 하우스 C가 미스트를 분무한 하우스 B보다 완만히 상승하는 것으로 나타났다. 이것은 노즐입경이 현저히 큰 스프링클러 작동시에는 물입자가 지면을 적셔줌으로서 휴지시간 중에도 증발냉각이 지속되었기 때문으로 추정된다. 미스트 분무시에는 휴지시간대에 비교적 빠른 온도상승을 나타냄으로 하우스를 일정실온으로 유지하기 위해서는 미스트 분무시간 및 휴지시간의 조정이 중요한 역할을 할 것으로 추정된다. 미스트 분무시 고온장애와 습도장애를 극복하고 보다 쾌적한 실내환경을 유지하기 위해서는 미스트 분무량 및 분무시간과 휴지시간을 적절히 고려해야 한다.<sup>10)</sup> 자연환기에 의한

냉각효과를 검토하기 위한 하우스 D의 경우 실내기준온도는 25.1°C로서 측창을 개방하지 않은 하우스 A와 비교하면 무려 16.1°C나 낮은 온도를 나타냈으나, 외기온보다는 약 5°C정도 높게 나타났다. 이상의 결과에서 하우스내 온도를 외기온 이하로 유지하기 위해서는 자연환기만으로는 불가능하며 미스트 및 관수에 의한 수분증발에 따른 증발냉각효과를 이용한 시스템의 적용이 유효한 것으로 조사되었다.

### 3.1.2 실내혹구온도

하우스내의 복사환경과 기온을 복합적으로 반영한 온도지표인 혹구온도는 하우스내 작물의 체감온도에 근사한 온도를 나타내므로 온열환경평가시 중요한 온도지표로 활용된다. 각 하우스별 실내혹구온도를 Table 5, Fig. 6에 나타내었다. 천·측창 및 환기팬을 가동하지 않은 하우스 A의 경우 실내혹구온도는 57.9°C로서, 실내기준온도보다 약 16°C정도 높은 고온을 나타내었다. 측창을 개방하고 미스트를 작동한 하우스 B의 혹구온도는 미스트 분무전 37.2°C에서 분무후 34.4°C로 하강하여 약 3°C의 냉각효과를 나타내었고, 하우스 B의 미스트 분무시와 동일한 조건에서 스프링클러를 작동시킨 하우스 C의 경우에는미스트 분무시보다 분무입자가 큰 스프링클러 헤드에서 분출된 물입자가 혹구온도계의 혹구표면에 수막을 형성시켜 혹구온도계 표면으로 유입되는 태양복사 에너지와 주변공기로부터의 전달열량이 기화열로 치환됨으로서, 실내혹구온도는 미스트 분무시보다 비교적 저온을 나타내었다. 스프링클러 작동전 37.1°C를 나타낸 혹구온

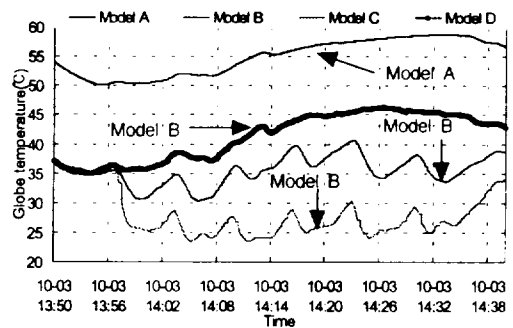


Fig. 6 Variations of globe temp. with time (Case 1)



도는 작동후 24.3°C까지 하강하여 약 13°C의 온도저하를 나타내었다. 축창을 개방하여 자연환기를 실내로 도입한 하우스 D의 환구온도는 46.1°C로 실내기 준온도보다 21°C 높게 나타났으며, 하우스 A의 실내 환구온도보다 약 12°C 낮은 온도를 나타내었다.

### 3.1.3 실내 연직 및 수평온도분포

각 하우스별 연직, 수평온도분포를 Fig. 7에 나타내었다. 천·축창을 폐쇄한 하우스 A의 상하온도차는 약 4°C 이내로서 현격한 온도차는 관측되지 않았으나, 다량의 일사가 실내로 유입됨에 따라 하우스내에는 40°C 이상의 고온을 나타내었다. 미스트를 작동한 하우스 B와 스프링클러를 작동시킨 하우스 C의 연직온도분포는 분무헤드가 설치된 지상 2~3m 높이보다 하부공간에서는 위치에 관계없이 상하온도차 1°C 이내의 극히 균일한 온도분포를 나타내었으며, 상부공간에는 분출된 물입자가 상대적으로 적게 도달되므로 그 하부보다 높은 온도를 나타내었다. 축창만을 개방한 하우스 D의 경우는 지상 3.7m 이하에서는 약 2°C 이내의 비교적 균일한 상하온도를 나타내었으나, 실 상부에서는 축창에 의한 자연환기의 영향을 거의 받지 않기 때문에 약 10°C 내외의 비교적 큰 온도차를 나타내었다. 즉, 자연환기효과를 보다 촉진시키기 위해서는 하우스 축창뿐 아니라 이에 연동하여 천창을 개방한다면 상부에 정체된 열기를 보다 효과적으로 배출할 수 있을 것으로 추정된다. 한편, 수평온도분포는 모든 하우스에서 1°C 이내의 균일한 온도를 나타내었다.

### 3.1.4 상대습도

옥내의 상대습도를 Table 5, Fig. 8에 나타내었다. 계측된 옥외 상대습도는 18%로서 다소 건조한 날에 실험이 실시되었다. 축창을 폐쇄한 하우스 A의 상대습도는 54.6%를 나타내었으며, 축창을 개방한 하우스 D의 상대습도는 비교적 건조한 외기가 실내로 유입됨으로서 다소 낮은 49.1%를 나타내었다. 미스트를 분무한 하우스 B의 상대습도는 약 58~83.2% 범위로서 최고최저상대습도의 차이는 약 25%를 나타내었으며, 작동전보다 약 22% 높게 나타났다. 식물의 생장은 낮은 상대습도에서보다 높은 여름철 하우스내 온도에 의해서 크게 영향을 받고 작물의 광합성에 대한

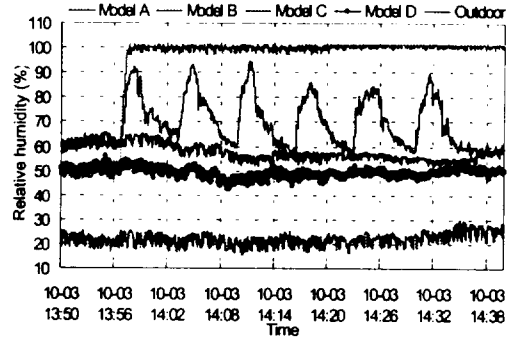


Fig. 8 Variations of relative humidity (Case 1)

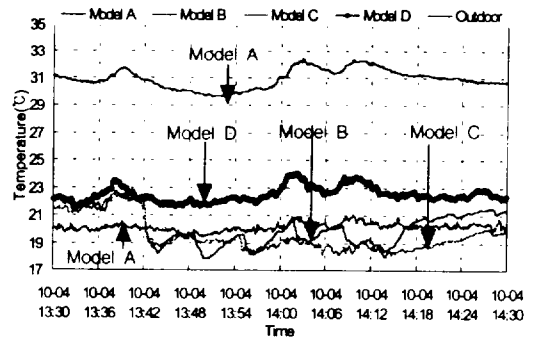


Fig. 9 Variations of indoor air temperature at each model (Case 2)

영향도 온도에 비하여 그다지 크지 않기 때문에 일반적으로 40~90% 범위에서는 그 영향을 무시할 수 있으므로 미스트 분무에 따른 과습은 없는 것으로 판단된다.<sup>11)</sup> 스프링클러를 작동시킨 하우스 C의 상대습도는 작동과 동시에 급격히 상승하여 상대습도 100%에 근접한 값을 나타내었다. 이것은 스프링클러 헤드에서 분출된 물입자가 비교적 단시간에 실내에 설치된 습도계의 센서부에 정착한 후 수막을 형성(과포화 상태)하므로서, 실제 상대습도보다 높게 계측된 것으로 풀이된다. 이러한 현상은 스프링클러 작동이 중단된 후에도 센서부에 형성된 수막이 증발하기까지(수분이 평형상태로 되는데 걸리는 시간)는 지속되고 있으므로, 정확한 습도측정을 위해서는 센서부의 수막형성을 억제할 수 있는 차폐물을 설치하는 등의 적절한 대책을 강구하여야 할 것으로 사료된다.



### 3.2. 측창 개폐여부 및 스프링클러관수에 따른 냉각효과(Case 2)

관수용 스프링클러를 작물에 수분을 공급할 때와 같이 30분동안 연속적으로 작동하였을 경우에 수반되는 하우스냉각효과를 검토하기 위한 실험이다.

#### 3.2.1 실내기준온도

각 하우스의 실내기준온도를 Table 5, Fig. 9에 나타내었다. 천·측창 및 환기팬을 가동하지 않은 하우스A의 경우, 실내기준온도는 31.5°C로서 외기온도보다 11°C 정도 높게 나타났다. 측창을 개방한 상태에서 미스트를 작동시킨 하우스B의 실내기준온도는 작동전보다 3.6°C 낮은 18.7°C를 나타내었다. 관수를 목적으로 설치된 스프링클러를 30분동안 연속적으로 작동시킨 하우스 C의 경우는 스프링클러 작동과 동시에 온도가 급격히 하강하여 작동전보다 3.4°C 낮은 18.2°C를 유지하였으며, 온도변화폭 또한 비교적 적은 안정된 온도를 나타내었다. 이상의 결과에서 미스트를 분무한 하우스 B와 스프링클러에 의해 관수한 하우스C를 비교하면 온도하강 정도는 미스트를 단속적으로 분무한 경우와 거의 유사한 것으로 조사되었다. 미립자를 분무한 미스트의 경우는 단속적으로 분무하더라도 하우스 증발냉각에 효과적으로 대응하였으며, 스프링클러 또한 관수시에는 물론 관수종료후에도 일정시간동안 저온상태를 유지하였다. 이같은 결과는 고온기에 관수시간대를 적절히 설정한다면 관수가 하우스 실온저하에 크게 기여할 수 있음을 입증한 것으로 풀이할 수 있다. 자연환기에 의한 냉각효과를 검토하기 위한 하우스 D의 경우 실내기준온도는 22.5°C로 측창을 개방하지 않은 하우스A와 비교하면 9°C가 낮은 것으로 나타났다.

#### 3.2.2 실내혹구온도

각 하우스별 실내혹구온도를 Table 5, Fig. 10에 나타내었다. 전술한 바와 같이, 천·측창 모두를 폐쇄한 하우스 A의 실내혹구온도는 34~40°C 범위의 높은 온도를 나타내었다. 미스트를 작동시킨 하우스 B는 20.2~23.8°C 범위에서 최고최저혹구온도의 차이는 3.6°C를 나타냈다. 스프링클러를 작동시킨 하우스 C

의 혹구온도는 19.6°C로 최고최저온도차가 없이 균일한 혹구온도를 유지하였다. 이것은 관수용 간이 스프링클러 헤드에서 분출된 물입자가 혹구온도계의 표면을 적게 하여 습윤상태를 지속시킴으로 인해 혹구온도계 표면으로 유입되는 태양복사열량과 주변공기로부터의 전달열량이 기화열로 치환됨으로서, 하우스 C의 혹구온도가 가장 낮은 온도를 나타낸 것으로 풀이된다. 하우스 D의 혹구온도는 26.2~33.1°C 범위로 외기온보다 약 10°C 상승한 것으로 나타났다.

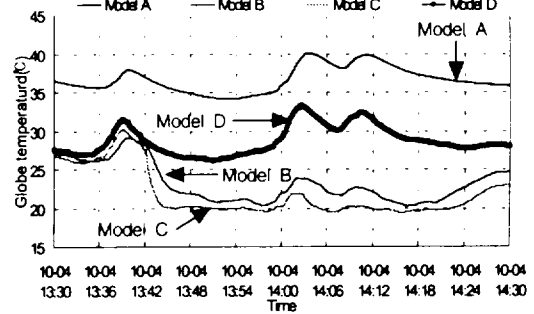


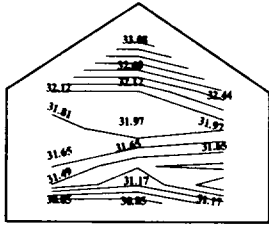
Fig. 10 Variations of globe temp. with time (Case 2)

#### 3.2.3 실내 연직 및 수평온도분포

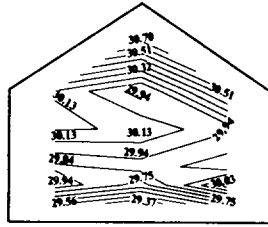
각 하우스별 연직, 수평온도분포를 Fig. 11에 나타내었다. 천·측창을 폐쇄한 하우스 A의 상하온도차는 약 1°C이내로서 거의 균일한 온도를 나타내었다. 미스트를 작동시킨 하우스 B와 스프링클러를 작동시킨 하우스C에서는 분무헤드가 설치된 지상 2~3m보다 하부공간에서는 위치에 관계없이 상하온도차 1°C이내의 극히 균일한 온도분포를 나타내었으며, 측창만을 개방한 하우스 D의 경우는 약 2°C이내의 상하온도차가 관찰되었다. 수평온도분포는 모든 하우스에서 1°C이내의 균일한 온도를 나타내었다.

#### 3.2.4 상대습도

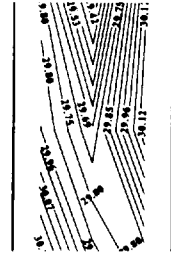
각 하우스별 실내의 상대습도를 Table 5, Fig. 12에 나타내었다. 계측된 옥외상대습도는 33.8%로서, 다소 건조한 날에 실험이 실시되었다. 천·측창을 폐쇄한 하우스 A의 상대습도는 75%를 나타내었으며, 측창을 개방한 하우스 D의 상대습도는 비교적 건조



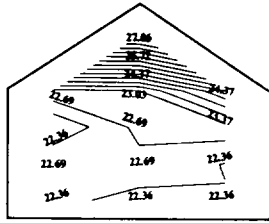
Elevation contour before sprinkler and mist operation (13:30)



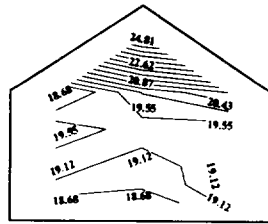
Elevation contour after sprinkler and mist operation (13:56)  
(a) Model A



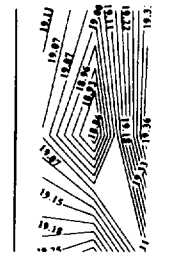
Plan contour after sprinkler and mist operation (13:56)



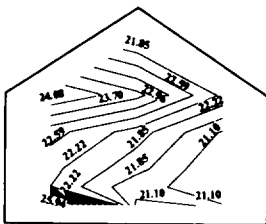
Elevation contour before sprinkler and mist operation (13:30)



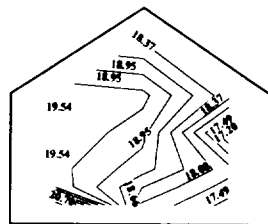
Elevation contour after sprinkler and mist operation (13:56)  
(b) Model B



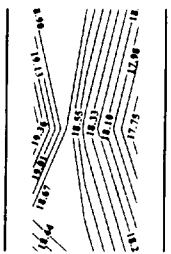
Plan contour after sprinkler and mist operation (13:56)



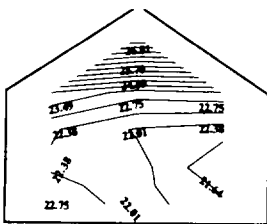
Elevation contour before sprinkler and mist operation (13:30)



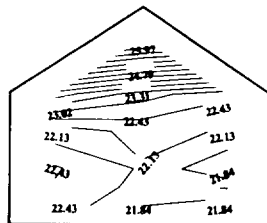
Elevation contour after sprinkler and mist operation (13:56)  
(c) Model C



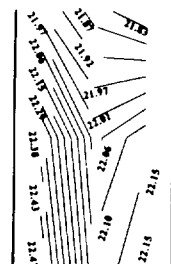
Plan contour after sprinkler and mist operation (13:56)



Elevation contour before sprinkler and mist operation (13:30)



Elevation contour after sprinkler and mist operation (13:56)  
(d) Model D



Plan contour after sprinkler and mist operation (13:56)

Fig. 7 Temp. distributions in plastic greenhouse (Case 2. 1999. 10. 4)

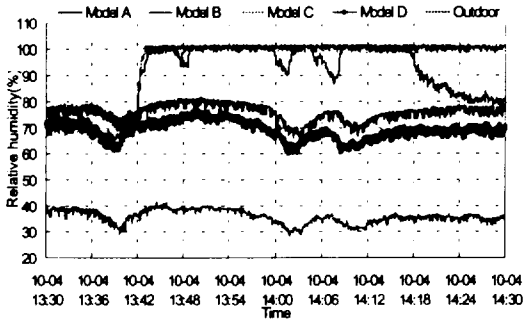


Fig. 12 Variations of relative humidity (Case 2)

한 외기가 측창을 통해 유입됨으로서 비교적 낮은 65%를 나타내었다. 미스트를 작동시킨 하우스 B의 상대습도는 작동과 동시에 급격히 상승하여 상대습도 100%에 근접한 후 휴지시간 때에는 90%로 하강하였다. 스프링클러를 작동시킨 하우스 C의 상대습도는 전술한 바와 같이 스프링클러 관수와 동시에 상대습도 100%에 근접한 값을 나타내었다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 하우스의 실온저하를 도모하기 위하여 측창 개폐여부 및 스프링클러, 미스트 분무를 변수로 한 냉각효과를 검토하였다. 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 미스트, 스프링클러에 의한 냉각효과를 검토한 결과 모두 탁월한 냉각효과를 발휘하였으며, 측창만을 개방하여 실내에 자연환기를 도입한 경우보다 6~7°C정도 낮은 온도를 나타내었다.
2. 분무되는 물입자의 입경을 달리하였을 경우, 미스트를 분무한 하우스 B와 스프링클러로 관수한 하우스 C의 냉각효과는 온도하강폭이 각각 4°C, 2°C로 나타나 미스트에 의한 냉각효과가 보다 우수한 것으로 조사되었다.
3. 하우스내 작물체감온도에 근사한 온도지표인 실내육구온도는 비관수시의 경우 실내공기온도보다 현저히 높게 나타났으며, 미스트 분무 및 스프링클러 관수시의 육구온도는 실내공기온도에 근접한 온도를 나타내었다.

4. 미스트를 작동시킨 경우의 하우스내 상대습도는 83%로서 적정습도를 유지하였다. 미스트 분무 및 휴지시간은 실내온도는 물론 상대습도에 직접적인 영향을 미치므로, 미스트 분무 및 휴지시간은 재배작물의 습해 및 생육특성을 면밀히 검토하여 결정되어야 할 것으로 사료된다.
5. 측창에 의한 냉각효과(자연환기)는 우수하지만 하우스내 온도를 외기는 이하로 유지하기 위해서는 자연환기만으로는 불가능하며 미스트 및 관수에 의한 수분증발에 따른 증발냉각효과를 이용한 냉각시스템의 적용이 유효한 것으로 나타났다.
6. 미스트 분무 및 스프링클러를 관수한 경우, 물입자의 입경크기와는 상관없이 하우스내 온도 분포는 연직방향, 수평방향 모두 1~2°C 정도의 극히 작은 온도차만이 측정됨으로서, 하우스내 는 극히 균일한 온도를 유지하고 있음을 알 수 있었다.
7. 미스트 분무 및 스프링클러를 관수한 경우, 온도하강 정도는 거의 유사한 것으로 조사되었다. 또한, 미립자인 미스트의 경우는 단속적으로 분무하더라도 하우스중 발냉각에 효과적으로 대응하였으며, 스프링클러 또한 관수시에는 물론 관수종료 후에도 일정시간동안 저온상태를 유지하였다. 즉, 고온기에는 스프링클러 관수시간을 적절히 설정한다면 관수가 하우스 실온저하에 크게 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1) 우영희, 이정명, 남윤일, 1995. 여름철 유리온실의 목표온도 유지를 위한 강제환기 회수, 생물생산시설환경학회지, 제4권 제2호.
- 2) 최동호, 허종철, 임종환, 서효덕, 1999. 관수, 천·측창 개폐 및 환기팬 조작에 따른 단동 플라스틱 하우스의 냉각효과 검토(제1편), 한국생물환경조절학회 학술논문발표요지, 제8권 제2호.
- 3) 박중춘, 민영봉, 서원명, 정한택, 김진일, 1995. 온실의 고온극복을 위한 몇가지 실험적 분석, 경상

- 대학교 시설원예연구.
- 4) 농촌진흥청, 1994. 시설원예 현대화 하우스 모델 선정 및 재배효과에 관한 연구보고서.
  - 5) 농촌진흥청, 1993. 시설재배지 관수, 관비, 방제 종합시스템의 자동제어장치 개발, 제 3차년도 보고서.
  - 6) 김영중, 유영선, 윤진하, 오권영, 김승희, 1997. 포그노즐을 이용한 온실냉방 시스템 분석, 생물생산시설환경학회지, 제6권 제1호.
  - 7) 서원명, 윤용철, 박중춘, 손영걸, 1995. 우리나라 온실의 냉방시스템 도입 검토, 경상대학교 시설원예연구.
  - 8) 최동호, 허종철, 임종환, 1998. 일사량 조정이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향, 대한건축학회 논문집, 제14권 제12호
  - 9) 佐藤豪, 福井直静, 1974. 液體の微粒化の基礎と應用. 經營開發センター經營教育部.
  - 10) 허종철, 최동호, 임종환, 서효덕, 1999. 미스트 분무 시간 및 휴지시간 변화에 따른 하우스 냉각효과 검토, 한국생물환경조절학회논문집, 제8권 제2호.
  - 11) 농촌진흥청, 1993. 시설재배지 관수, 관비, 방제 종합시스템의 자동제어장치 개발, 제 3차년도 보고서.