

# 일사 차광막 및 미스트 분무가 단동 플라스틱 하우스에 미치는 냉각효과 검토

## An Examination on Cooling Effects on Single Span Plastic Greenhouses by Solar Shade and/or Mist Spray

이창수\* · 허종철<sup>1</sup> · 최동호<sup>2</sup> · 임종환<sup>1</sup> · 황기성<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup>제주대학교 기계공학과, <sup>2</sup>건축공학과, <sup>3</sup>농촌진흥청 제주농업시험장

Lee, Chang-Soo\* · Huh, Jong-Chul<sup>1</sup> · Choi, Dong-Ho<sup>2</sup>

Lim, Jong-Hwan<sup>1</sup> · Hwang, Ki-Sung<sup>3</sup>

<sup>\*1</sup>Dept. of Mech. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Arch. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

<sup>3</sup>Cheju Agricultural Experiment Station, RDA, Cheju, Korea

### 서론

시설원예용 하우스의 하절기 고온억제를 위한 방법으로 차광, 환기, 미스트 분무에 의한 증발냉각 등의 환경제어 수법들이 일반적으로 이용되고 있다. 이들 패시브적 제어수법들은 어느 정도 그 냉각효과가 확인되었을 뿐 아니라 손쉽게 이용할 수 있는 이점 때문에 농가에 널리 보급되어 실질적으로 이용되고 있다. 그러나, 상술한 하우스 냉각수법들의 개별 냉각효과에 대해서는 이미 다수의 연구논문 등이 발표되어 그 성능을 확인하고 있으나, 이들 냉각수법들 상호간의 냉각성능을 객관적으로 비교, 검토한 연구사례는 그다지 많지 않다. 따라서, 본 논문에서는 동일부지 내에 설치된 4개동의 단동 플라스틱 하우스에 일사차광막에 의한 차광과 미스트 분무에 의한 냉각효과를 정량적으로 비교, 분석하기 위한 실험조건을 설정하여, 각 하우스별 냉각기여도에 대하여 검토하였다. 특히, 미스트 분무의 경우 휴지시간을 달리 설정함으로써 휴지시간의 변화가 하우스 환경특성에 미치는 영향에 대해서도 검토하고 있다.

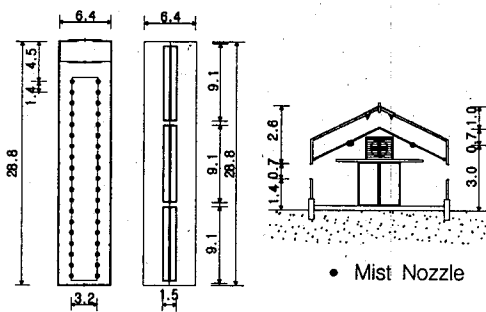


Fig. 1. Location of mist spray in greenhouses

### 재료 및 방법

#### 1. 실험대상 하우스

실험대상 하우스는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이, 농촌진흥청 제주농업시험장에 위치한 6.4×28.8×4.7 m 규모의 경질판 PC(Poly Carbonate)구조 단동 플라스틱 하우스 4개동으로 구성되어 있다. 각 하우스는 동일 부지내에서 동일한 인동간격, 크기, 향으로 배

Table 1. Experimental Conditions

Item		Conditions				Spraying time [sec]	Non-spraying time [sec]
		Side windows	Solar shading rates	Fan	Mist		
Case 1	Model A	Open	55%	off	on	45	150
	Model B	Open	55%	off	off	-	-
	Model C	Open	-	off	on	45	150
	Model D	Open	-	off	off	-	-
Case 2	Model A	Open	55%	off	on	45	300
	Model B	Open	55%	off	off	-	-
	Model C	Open	-	off	on	45	300
	Model D	Open	-	off	off	-	-

치함으로서 최대한 동일한 환경조건이 유지될 수 있도록 설계, 시공하였다. 각 하우스의 중앙 최상부에는 길이방향으로 개폐할 수 있는 천창과 각 하우스의 양측면에는 권취형 측창을 각각 설치하였다(Fig. 1). 하우스 내부에는 과수(단감, 배)를 식재하였으며, 지상 2~3 m높이에 길이방향(2개 라인)으로 일정간격 마다 미스트 분무노즐을 설치하였다. 미스트 분무노즐에는 피스톤펌프에 의해 가압된 청수가 공급되며 펌프의 토출압력은 25 kg/cm<sup>2</sup> 이고, 분무노즐의 직경은 0.24 mm이다.

## 2 하우스별 실험조건 및 설정조건

실험종류 및 실험조건의 상세를 Table. 1에 나타내었다. 각 실험은 단동 플라스틱 하우스 4개동에서 동시에 실시되었다. 하우스 A, B는 일사차광막을 지붕상부(옥외)에 설치한 상태에서 미스트 작동여부에 따른 냉각효과를 검토하기 위한 조건이며, 하우스 C, D는 무차광 상태에서 미스트 작동에 따른 냉각효과를 검토하기 위해 설정된 조건이다. 그리고 Case 1, 2는 차광조건, 환기조건, 미스트 분무조건을 동일하게 설정한 상태에서 미스트 분무 및 휴지시간의 변화가 하우스 내의 온열환경에 미치는 영향을 검토하기 위해 설정된 실험이다. 각 하우스마다 지상 0.8m높이를 기준높이로 가정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균 공기온도(기준면 온도)를 실내기준온도로 정의하였다.

## 결과 및 고찰

Case 1은 미스트를 45초간 분무하고 휴지시간을 150초로 하였을 때, 일사차광막과 미스트 분무에 의한 하우스내 온열환경 변화를 검토하기 위한 실험이다. 실내기준온도와 흑구 온도 분포를 Fig. 2, 3에 나타내다. Fig. 2를 보면 외기온은 28℃내외의 비교적 균일한 분포를 나타내고 있다. 지붕상부에 차광을 55%의 차광막을 설치한 하우스 B의 실내온도는 외기온보다 2.0℃ 높은 30.2℃를 나타내었다. 이에 반하여 무차광인 하우스 D의 경우, 실내온도는 32.9℃로서, 두 하우스간에는 4.6℃의 비교적 큰 온도차가 발생하였다. 무차광 상태에서 미스트만 분무한 하우스 C의 실내온도는 미스트 분무 전 34.2℃에서 미스트 분무 후 28.8℃로 급격히 하강하였다. 이 후 미스트 분무 및 휴지시간에 따라 약 2.5℃의 온도

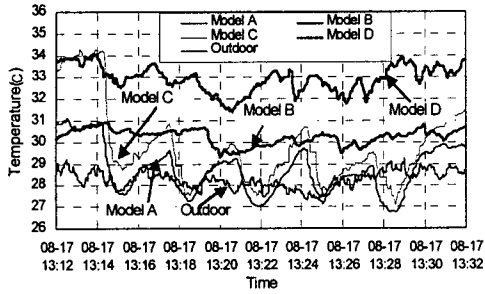


Fig. 2 Variations of indoor air temp. at each model(Case 1).

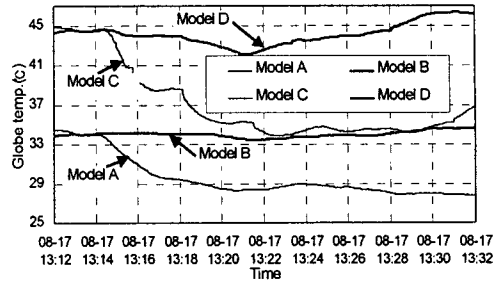


Fig. 3 Variations of globe temp. with time(Case 1).

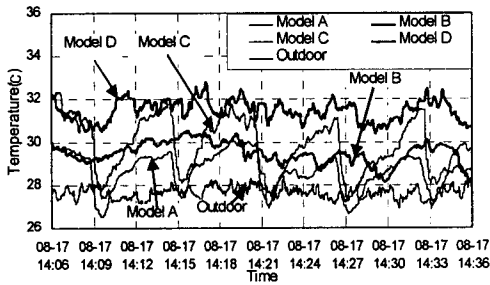


Fig. 4 Variations of indoor air temp. at each model(Case 2).

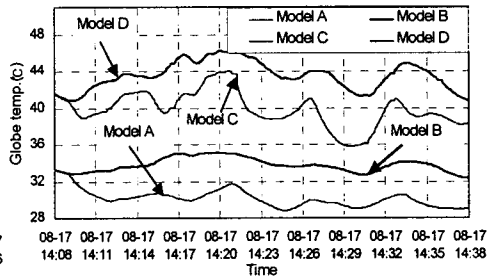


Fig. 5 Variations of globe temp. with time(Case 2).

변화폭을 나타내었다. 그리고 차광막을 설치한 하우스 A의 경우, 미스트 분무 및 휴지시간에 따라 27°C~29.6°C의 온도변화를 보이고 있다. 또한, 무차광상태에서 미스트만을 분무한 하우스 C와 비교를 하면 온도변화폭은 2.5°C로 비슷하게 나타났으나, 차광막을 추가한 하우스 A의 실내공기온도가 무차광인 하우스 C보다 약 0.5°C 낮은 온도이다. 즉 차광막을 설치한 후 미스트를 분무한 경우에는 무차광 분무시보다 미약하나마 0.5°C 정도의 추가적인 냉각효과를 기대할 수 있었다. 하우스내 재배작물의 체감온도에 근사한 온도지표인 실내흑구온도(Fig. 3)는 측창만을 개방하여 자연환기를 도입한 하우스 D의 경우 최고 46°C의 고온을 나타내었으며, 일사차광막만을 설치한 하우스 B는 34°C로서 두 하우스간 12°C의 흑구온도차가 계속되었다. 흑구온도는 복사환경(일사) 및 주변 공기온도를 복합적으로 반영한 온도이므로 전술한 실내공기온도 보다 더욱 큰 온도차를 보이고 있다. 미스트 분무시의 흑구온도를 살펴보면 무차광의 하우스 C는 분무전 44.5°C에서 분무후 34.3°C로 하강하여 10°C의 냉각효과를 볼 수 있고, 차광막을 설치한 상태에서 미스트를 분무시킨 하우스 A의 흑구온도는 미스트 분무시 미스트의 입자가 흑구온도계의 흑구표면에 수막을 형성시킴으로서 휴지시간대에도 비교적 저온을 나타내었다. 미스트 분무후 흑구온도는 34.5°C에서 28°C까지 하강하여 6.5°C의 온도차를 나타내었다. 또한 하우스 A와 하우스 D를 비교해보면 일사차광막과 미스트분무를 동시에 채용한 경우의 흑구온도는 측창개방에 따른 자연환기시보다 약 18°C의 온도저하를 관찰할 수 있었다.

Case2는 Case 1과 동일한 하우스 조건하에서 휴지시간을 150초에서 300초로 변경한 경우의 실내온열환경을 검토하기 위한 실험이다. Case 2의 실내기준온도를 Fig. 4에 나타내

었다. 무차광의 미스트 분무만을 실시한 하우스 C의 온도는 분무전 31.5℃에서 분무후 27.5℃까지 실내온도가 하강하여 4.0℃의 온도변화를 나타냄으로서 휴지시간이 150초인 Case 1의 2.5℃보다 큰 폭의 온도차를 나타내었다. 차광막을 설치한 하우스 A의 경우 미스트 분무 및 휴지시간에 따라 27~29.5℃로 2.5℃의 온도변화를 볼 수 있으며 Case 1의 하우스 A와 유사한 현상을 보이고 있다. 이것은 일사차광막 설치에 따른 실온저하 및 미스트 분무로 인한 하우스내 상대습도가 증가함으로서 미스트 분무후 비교적 짧은 휴지시간 동안에 하우스내 수분증발이 해소되지 않은 것에서 기인한 결과로 사료된다. Fig. 5는 하우스 내의 흑구온도를 나타낸 것으로서 무차광 상태에서 미스트만을 분무한 하우스 C의 경우 최대 8℃의 온도차를 나타내었고 차광막을 설치하여 미스트를 분무시킨 하우스 A의 경우 미스트 분무의 영향으로 실내흑구온도는 약 4.5℃의 온도변화를 나타내었다.

### 적요

본 연구는 제주지역의 시설원예용 하우스를 대상으로 일사차광막 및 미스트 분무·휴지시간에 따른 하절기 하우스의 냉방효과에 대해 실측을 통해 검토하였다.

1. 차광율이 55%인 일사차광막을 설치한 하우스 B의 경우 무차광의 하우스 D동보다 4.6℃의 냉방효과를 볼 수 있었고 차광막을 설치한 후 미스트를 분무시킨 하우스 A는 무차광인 상태에서 분무시킨 하우스 C보다 0.5℃의 추가적인 냉방효과가 있었다.
2. 휴지시간이 150초인 Case 1의 경우, 무차광에 미스트를 분무시킨 하우스 C의 미스트 분무 및 휴지시간에 연동하여, 2.5℃의 온도차를 보였다. 반면 휴지시간이 300초인 Case 2는 휴지시간에 실내온도가 상승하여 4℃의 비교적 큰 온도차를 보였다.
3. 실내복사환경을 나타내는 흑구온도의 경우 일사차광막과 미스트 설비를 설치하지 않은 D동은 42~46℃의 고온이 나타나지만, 일사차광막을 설치하여 미스트를 분무시킨 A동은 34.5℃에서 미스트 분무 및 휴지시간에 따라 28℃까지 내려가 최고 18℃의 현격한 온도차를 보여주었다.
4. 차광막을 설치한 상태에서 미스트를 분무시켰을 때 Case 1, 2의 실내온도는 모두 27~29.5℃의 유사한 온도변화를 보였는데 이는 일사차광막과 미스트 분무에 의해 실내상대습도가 증가하여 100%에 도달하면 증발잠열로 인한 더 이상의 냉각효과가 일어나지 않기 때문이며 작물의 습도장애와 시설원예하우스의 효율을 고려하여 적절한 휴지시간이 필요하며 이에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 사료된다.

### 인용문헌

1. 남상운. 1998. 증발냉각시스템의 온실냉방 적용성 평가. 한국생물생산시설환경학회 논문집 제7권 4호.
2. 윤남규, 김문기, 남상운. 1998. 냉수파이프에 의한 온실의 제습 및 증발냉각효율. 한국생물생산시설환경학회 논문집. 제7권 3호.
3. 허중철, 최동호, 임중환, 서효덕. 1999. 미스트 분무시간 및 휴지시간 변화에 따른 하우스 냉각효과 검토. 한국생물환경조절학회학술논문발표요지. 제8권 2호.