

# 단동 플라스틱 하우스의 일사 차광율 변화에 따른 냉각효과 검토

## An Examination on Cooling Effects according to Variations of Solar Shading rates of Single Span Plastic Greenhouses

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

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

Choi, Dong-Ho\* · Huh, Jong-Chul<sup>1</sup> · Lim, Jong-Hwan<sup>1</sup>

Lee, Chang-Soo<sup>1</sup> · Hwang, Ki-Sung<sup>2</sup>

\*Dept. of Arch. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

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

<sup>2</sup>Cheju Agricultural Experiment Station, RDA, Cheju, Korea

### 서론

비교적 고온상태를 유지하고 있는 하절기 시설원예용 하우스내 온열환경을 개선하기 위한 방법으로 환기나 차광에 의한 방법이 농업일선에서 주로 이용되고 있다. 자연환기에만 의존한 경우 고온억제에 한계가 있으므로, 일반적으로 하우스내로 유입되는 일사에너지 효과를 차단하는 수법을 병행하고 있다. 그러나, 차광에 의한 방법을 채용할 경우 지나친 차광은 작물의 생육을 저해하므로, 작물생육에 필요한 광강도를 유지하면서 광량을 줄여 열의 집적을 막아주는 적정 광강도로 설정되어야 한다. 이처럼 차광법이 시설

원예용 하우스의 적온유지를 위한 방법으로 폭넓게 채용되고 있음에도 불구하고, 일사 차광막의 차광율 변화에 따른 실온저하 효과를 정량적으로 파악한 연구 사례는 그다지 많지 않다. 이러한 맥락에서, 필자들은 이미 차광막의 냉각효과에 관한 연구논문을 발표한 바 있으나, 연동 플라스틱 하우스를 대상으로 단일종류 차광조건에 국한하여 검토되었으므로 차광조건에 따른 다양한 평가결과는 얻지 못하였다. 따라서, 본 논문에서는 동일 부지내에 위치한 단동 플라스틱 하우스 4개동의 지붕상부에 무차광, 차광율 35%, 55%, 75%의 각기 다른 차광율을 가진 차광막을 설치하여 차광율 변화에 따른 하우스 냉각효과를 정량적으로 검토하였다.

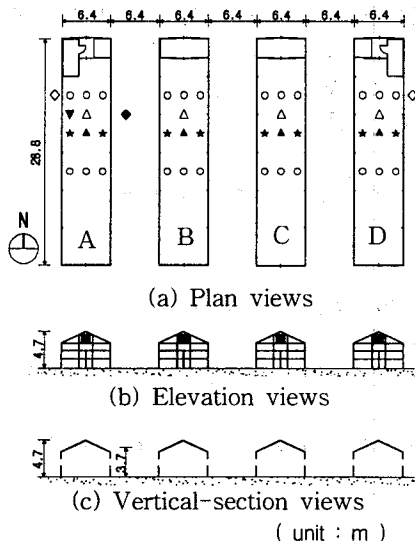


Fig. 1. Shapes and measuring points of greenhouse models

### 재료 및 방법

Table 1. Experimental conditions.

Item	Conditions				Duration of experiment	Representive day
	Side windows	Solar shading rates	Location of Solar shading net	Fan		
Model A	open	55 %	Roof (outside)	off	1999.09.09 ~ 09.12	09.12
Model B	open	75 %	Roof (outside)	off		
Model C	open	35 %	Roof (outside)	off		
Model D	open	-	-	off		

### 1. 실험대상 하우스

실험대상 하우스는 Fig. 1에 나타난 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 배치함으로써 최대한 동일한 환경조건이 유지될 수 있도록 설계, 시공하였다. 각 하우스의 중앙 최상부에는 길이방향으로 개폐할 수 있는 천창과 각 하우스의 양측면에는 권취형 측창, 그리고 하우스 단변방향 양쪽 출입구 상부에는 환기를 위한 환기팬을 각각 설치하였다. 하우스 내부에는 과수(단감, 배)를 식재하였으며, 차광율의 변화를 주기 위해서 각 하우스 외측 상부에 각각 무차광, 차광율 35%, 55%, 75%인 일사 차광막(흑색)을 설치하였다.

### 2. 하우스별 실험조건

실험종류 및 실험조건 상세를 Table 1에 나타내었다. 본 실험은 일사 차광막의 차광율 변화에 따른 하우스 냉각효과 및 하우스 내 온도분포를 파악하기 위한 실험조건으로 구성하였다. 각 실험은 4개동의 하우스에서 동시에 실시되었으므로, 실험 결과에 대한 하우스 상호간의 객관적인 비교가 가능하였다. 하우스 A는 차광율이 55%인 일사 차광막을, 하우스 B는 차광율이 75%인 일사 차광막을, 그리고 하우스 C는 차광율이 35%인 일사 차광막을 하우스 지붕 상부(외측)에 각각 설치한 경우이다. 하우스 D는 일사 차광막을 설치하지 않음으로서, 다양한 차광율의 변화에 따른 실내 냉각효과 및 무차광시의 하우스내 온도분포를 복합적으로 검토할 수 있도록 하였다. 실험은 하절기보다 외기온 상승이 둔화된 1999년 9월 중순에 실시되었으므로, 하절기의 환경특성을 제대로 재현하지는 못하였으나, 실험이 비교적 맑은 날씨에 실시되었으므로 하절기의 하우스내 온열환경을 상당부분 반영할 수 있을 것으로 추정된다. 실험은 약 3일간 모든 하우스에서 동시에 실시되었으며, 그 가운데 비교적 일기가 양호한 하루를 대표일로 설정하여 실험결과를 정리, 고찰하였다. 각 하우스마다 지상 0.8 m 높이를 기준높이로 가정하여, 기준높이에 설치된 9개의 평균 공기온도(기준면 온도)를 실내기준온도로 정의하였다.

## 결과 및 고찰

하우스 A에는 차광율 55%인 차광막을, 하우스 B는 75%, 그리고 하우스 C는 35%의 차광막을 하우스 지붕 상부(외측)에 설치한 경우이며, 하우스 D에는 일사 차광막을 설치하지 않은 경우로서, 차광율 변화에 따른 각 하우스의 냉각정도를 파악할 수 있었다. 유입일사량은 실내 온열환경 형성에 가장 큰 영향을 미치는 환경변수이므로, 본 실험에서는 유입일사량을 결정하는 차광막의 차광율을 변화시킴으로서 그에 따른 영향을 검토하기 위한

Table 2. Summary of experimental results.

Item		$z_{0.8}$ m [°C]	$z_{2.0}$ m [°C]	Outdoor air temp. [°C]	Globe temp. [°C]	Indoor Relative humidity [%]	Outdoor Relative humidity [%]	Indoor Solar Radiation [W · m <sup>-2</sup> ]	Outdoor Solar Radiation [W · m <sup>-2</sup> ]
Model A	10~12	27.8	28.1	25.7	31.0	86.2	51.2	136.5	352.6
	12~14	28.4	28.5	26.8	31.4	83.2	46.9	141.4	344.8
	14~16	29.4	29.8	27.4	33.0	81.7	47.4	167.4	320.8
Model B	10~12	27.2	27.6	25.7	29.2	92.8	51.2	108.7	352.6
	12~14	28.0	28.4	26.8	29.9	88.8	46.9	117.5	344.8
	14~16	28.6	29.0	27.4	30.7	89.3	47.4	136.1	320.8
Model C	10~12	27.9	28.5	25.7	33.2	80.1	51.2	212.1	352.6
	12~14	28.7	29.3	26.8	33.8	76.4	46.9	224.4	344.8
	14~16	29.3	29.9	27.4	34.6	77.1	47.4	228.3	320.8
Model D	10~12	28.4	29.0	25.7	35.9	78.3	51.2	266.8	352.6
	12~14	29.5	30.1	26.8	36.5	75.3	46.9	265.8	344.8
	14~16	30.1	30.7	27.4	37.4	75.6	47.4	237.7	320.8

$z_{0.8}$  m : Indoor air temp. at 0.8m height above the ground

$z_{2.0}$  m : Indoor air temp. at 2.0m height above the ground

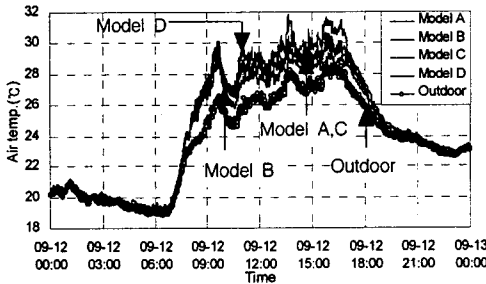


Fig. 2. Variations of indoor air temp. at each model(0.8 m).

다. 이것은 지붕 상부에 설치된 차광을 75%인 일사차광막에 의해 실내로 유입되는 일사량이 크게 감소한 것에 따른 결과로서, 차광막이 없는 하우스 D와 비교하면 최대 2.6°C의 온도차가 발생하였다. 또한, 차광율이 55%인 하우스 A는 하우스 D보다 1.2°C, 차광율이 35%인 하우스 C는 1.0°C 낮은 온도를 나타내었다. 각 하우스의 실내온도는 일출시간대인 07시경부터 급격하게 상승하여 차광율이 낮은 하우스 D, C, A, B의 순으로 온도가 높게 나타났다. 그리고, 오후시간대로 접어들수록 각 하우스간의 온도차는 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 일몰시간대를 전후하여 실내온도가 급격히 하강한 후, 야간시간대에는 미약하나마 주간시간대의 온도분포와는 역전된 하우스 B, A, C, D의 순서로 실내온도가 높게 나타났다. 이것은 차광막에 의한 효과로서, 주간시간대에는 일사차광막이 유입일사량을 효과적으로 차단함으로써 실온저하에 크게 기여하였으나, 이와는 반대로 야간시간대에는 상대적으로 온도가 높은 지표면에서 천공으로 향하는 야간복사를 차광막이 효과적으로 차단함으로써 미약하나마 실온저하를 억제한 것으로 추정된다. 복사효과 및 주변 공기온도를 복합적으로 반영한 온도지표인 실내흑구온도는(Fig. 3, Table 2), 무차광인 하우스 D

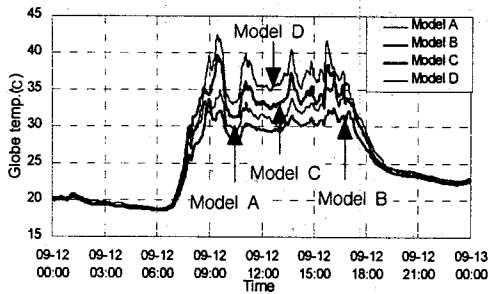


Fig. 3. Variations of globe temp. with time. 도는 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이상의 결과를 종합하면, 일사차광은 하우스내 기온 및 흑구온도 저하에 크게 기여할 뿐만 아니라, 차광정도가 증가함에 따라 하우스내 평균온도 및 흑구온도는 이에 연동하여 저하하였으나, 차광막 사용시에는 반드시 하우스내 재배작물의 특성을 고려하여 작물에 따른 적정 광량을 확보하기 위한 충분한 배려가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

### 적 요

1. 차광율의 변화에 따른 주간시간대의 실내공기온도는 무차광시의 온도에 비해 차광율이 35%, 55%, 75%일 때 각각 0.7°C, 0.8°C, 1.4°C 낮은 온도를 나타내었으며, 그리고 외기온보다는 각각 2.0°C, 1.9°C, 1.3°C 높은 온도를 나타내었다. 실내공기온도는 차광율의 급격한 증가에 따른 온도저하 폭보다는 오히려 차광막 설치유무에 따른 온도변화폭이 보다 크게 나타났다.
2. 무차광시의 주간시간대 하우스내 공기온도는 외기온보다 2.7°C 높은 29.3°C를 나타냈으나, 하우스내 재배식물의 체감온도와 근사한 온도지표인 흑구온도는 최고 42°C를 상회하는 고온을 나타내었다.
3. 차광율 변화에 따른 실내흑구온도는 실내공기온도보다 현저한 온도차를 나타내어, 차광율이 35%의, 55%, 75%의 경우 무차광시보다 각각 2.7°C, 4.8°C, 6.7°C 낮게 나타났다.
4. 차광막을 설치한 경우, 야간시간대에는 상대적으로 온도가 높은 지표면에서 천공으로 향하는 야간복사를 효과적으로 차단함으로써 미약하나마 실온저하를 억제하는 효과를 얻을 수 있었다.

### 인용문헌

1. 박중춘, 민영봉, 서원명, 정한택, 김진일. 1995. 온실의 고온 극복을 위한 몇가지 실험적 분석. 경상대학교 시설원예연구 2 : 107-121.
2. 서원명, 윤용철, 박중춘, 손영걸. 1995. 우리나라 온실의 냉방시스템 도입 검토. 경상대학교 시설원예연구 2 : 123-145.
3. 우영희, 이정명, 남윤일. 1995. 여름철 유리온실의 목표온도 유지를 위한 강제환기 회수. 생물생산시설환경학회지 4(2) : 223-231.
4. 최동호, 허중철, 임중환. 1998. 일사량 조절이 시설원예용 하우스내 온열공기환경에 미치는 영향. 대한건축학회 논문집 14(12) : 219-230.