

# 차광 방법에 따른 온실내부의 온도 변화

## Variations of the Inside Temperature of Greenhouse According to Shading Methods

이 현우 · 이 석 건 · 김 길 동\* · 이 종 원(경북대)

Lee, Hyun Woo · Lee, Suk Gun · Kim, Kil Dong · Lee, Jong Won

### Abstract

This study was performed to analyze the variation of inside temperature of greenhouse according to shading methods. We used two shading method of external and internal method.

The shading effect of external screen was superior to internal screen. Soil temperature of greenhouse without screen was higher than outside soil temperature, but the value of greenhouse with internal and external screen was lower than outside.

### 1. 서론

시설원예의 궁극적인 목적은 인위적인 환경조절을 통하여 주년생산과 단위면적당 생산성을 증대시키면서 품질향상을 극대화시키는 것이라 할 수 있다. 특히, 시설원예의 주년생산과 관련하여 냉·난방에너지의 절약에 관한 많은 연구가 수행되어 왔으며, 현재 많은 냉·난방장치들이 실용화되어지고 있다. 그 중에서, 여름철의 적극적인 냉방방법(증발냉각방식, 히터펌프, 에어컨 등)이 농가에 보급되어 널리 이용되고 있으나 항상 경제성에 있어서 문제점으로 제기되고 있다. 따라서 이런 경제적인 문제를 해결하기 위한 보조적 수단으로 저비용의 냉방장치인 차광시스템이 많이 이용되고 있다. 차광시스템은 온실내로 유입되는 일사량을 일부 또는 전부 차단함으로써 고온기의 승온억제효과, 고광도로 인한 소엽방지, 화훼나 채소의 화아분화 및 개화시기 조절, 겨울철 야간의 단열효과 등 많은 장점을 지니고 있지만, 국내의 차광시스템 연구는 대부분 내부차광방법에 국한된 것으로, 외부차광방법에 의한 온실내부의 환경변화에 관한 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서, 본 연구는 차광재를 온실내부에 수평으로 설치하는 방법, 온실외부에 지붕과 평행하게 설치하는 방법 및 지붕위에 수평으로 설치하는 방법에 따른 온실내부의 환경변화를 구명하고자, 온실 내·외부에 알루미늄스크린이 설치된 실험온실에서 차광 방법에 따른 온도 변화 및 광 투과율을 분석하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

가. 실험온실 및 실험방법

1) 실험온실

그림 1은 본 실험에 사용된 실험온실의 제원을 나타낸 것으로 실험온실A, B는 경북대학교 부속농장내에 위치한 폭(7m)×길이(11m)×축고(2.3m)×동고(4.0m)인 양지붕형 단동유리온실이다. 이 실험온실의 건설방위는 동서동이며 천창과 3-way방식의 측창으로 구성되어 있다. 또한, 실험온실A는 온실바닥이 콘크리트로 피복되어 있고, 차광율이 55%인 알루미늄 스크린으로 내부차광시설이 구비되어 있다. 실험온실B는 토경재배온실로서 차광율이 85%인 알루미늄 스크린으로 내부차광시설이 구비되어 있으며, 외부차광시설로서는 차광율이 50%인 알루미늄 스크린을 이용하여 온실의 용마루에서 연직방향으로 70cm, 지붕경사면에서 연직방향으로 40cm에 각각 수평방향과 지붕경사방향으로 외부차광시설을 구비하고 있다.

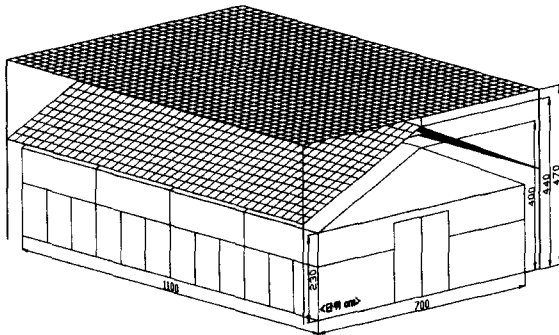
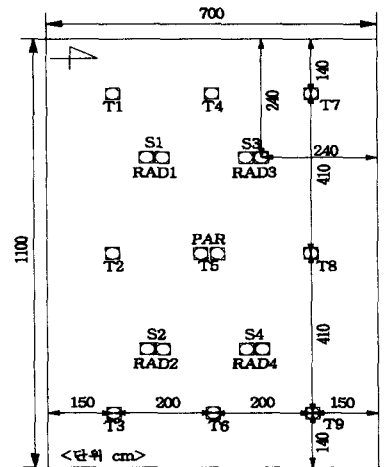


그림 1. 실험온실의 제원



T : 온도, S : 지온, RAD : 일사  
PAR : 광합성유효복사량

그림 2. 센서의 설치위치

2) 실험방법

차광방법에 따른 온실내부의 온도 변화와 광 투과율을 분석하기 위해 그림 2와 같이 온·습도, 지온 및 일사센서를 각각 설치하였다. 지면으로부터 1.2m 높이에 온·습도센서 9점과 지면으로부터 3m 높이에서 온실길이방향으로 온·습도센서 3점을 각각 설치하였으며, 온실내의 작물생육 높이에서 일사량 변화와 광합성에 직접적인 영향을 주는 광합성유효복사량의 변화를 분석하고자 지면으로부터 0.8m 높이에 일사센서(LI-200X : 300~1100nm) 4점과 광합성유효복사량(PAR : Photosynthetically Active Radiation)센서 1점을 실험온실A와 B에 그림 2와 같이 각각 설치하였다. 또한, 차광으로 인한 온실내의 지온변화를 분석하고자 지면으로부터 10cm 아래 지온센서 4점을 설치하였다. 온실외부의 기상자료는 경북대학교 부속농장 내에 설치된 종합기상관측장비를 이용하였으며, 데이터는 15분 간격으로 계측·기록 되도록 측정시스템을 구성하였다. 그리고, 차광시 자연환기가지 미치는 영향을 분석하고자 천창과 측창을 개방하지 않은 무환기상태와 천창을 모두 개방하고 측창을 1/3개방하여 자연환기상태에서의 차광효과를 분석하였다

### 3) 계측기간

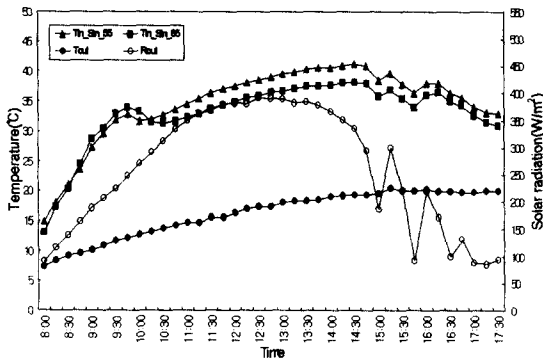
차광방법에 따른 온실내부의 온도 변화를 분석하기 위한 계측은 2000년 4월 상순에서~8월 하순까지 계측한 것으로, 이 실험기간중 맑은날을 대상으로 하여 온실내의 온도 변화와 광 투과율을 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 내부차광하에서의 환기조건에 따른 온도

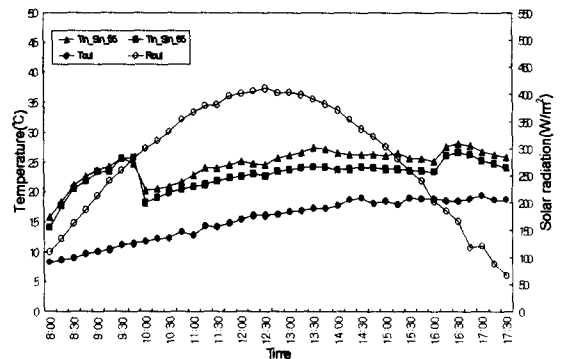
그림 3과 그림 4는 환기조건에 따른 온실내부의 온도 변화를 나타낸 것이다. 그림 3은 10:00~16:00시까지 무환기상태에서 차광을 실시한 것으로 차광시간동안 85%차광온실의 내부온도는 55%차광온실보다 평균 2.4℃(최대 3.1℃)정도 낮게 나타났다. 특히 무환기차광시 온실의 내부온도가 외부온도보다 평균 20℃ 높은 것으로 나타났다. 이는 온실내부로 유입된 열량이 온실외부로 방출되지 못한 영향이 큰 것으로서, 차광시에는 이런 열량을 제거할 수 있는 환기가 필요할 것으로 판단된다.

그림 4는 10:00~16:00시까지 실험온실의 천창을 완전히 개방하고 측창을 1/3 개방한 자연환기상태에서 온실내부의 온도 변화를 나타낸 것이다. 자연환기상태에서 차광으로 인한 온실내부온도는 외부온도보다 55%차광온실에서는 평균 9.0℃, 85%차광온실에는 평균 6.8℃ 높게 나타났다. 즉, 자연환기상태에서 85%차광은 55%차광보다 온실내부온도를 평균 2.2℃(최대 3.0℃) 승온억제효과가 있는 것으로 분석되었다. 이는 55%차광제와 85%차광제의 승온억제효과의 차이를 비교해 볼 때 자연환기 온실과 무환기 온실에서 비슷하게 나타남을 알 수 있었다.



(T : 온도, R : 일사량, S : 차광)

그림. 3. 무환기상태에서 온도 변화(4월 1일)



(T : 온도, R : 일사량, S : 차광)

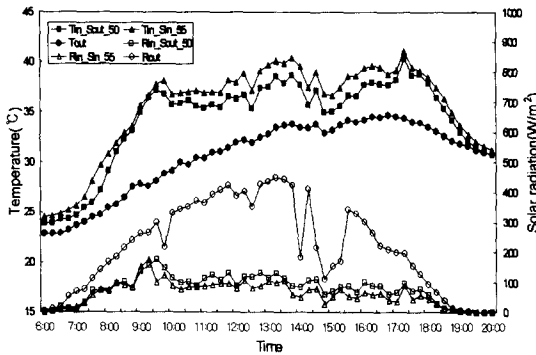
그림. 4. 자연환기상태에서 온도 변화(4월 8일)

### 나. 외부차광방법에 따른 온도 변화

그림 5와 그림 6은 온실의 천창과 측창(1/3)을 개방한 자연환기상태에서 외부차광방법에 따른 온실내의 온도 및 일사량 변화를 나타낸 것이다. 그림 5는 10:00~17:00시까지 온실의 지붕 위 수평방향으로 외부차광을 실시한 것으로 차광시간동안 외부차광온실의 내부온도는 내부차광온실보다 평균 1.8℃ 승온억제효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한, 차광시간동안 온실내의

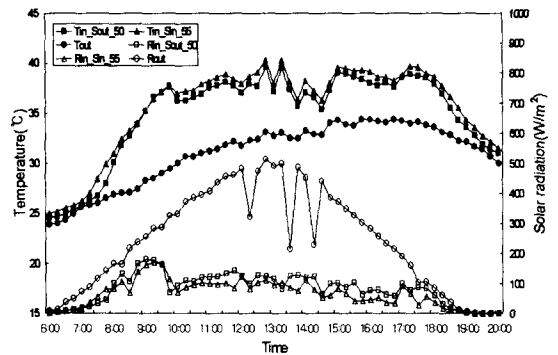
광 투과율은 외부차광온실에서 평균 33%, 내부차광온실에서 평균 24%인 것으로 나타났다. 즉, 외부차광온실의 광 투과율이 내부차광온실보다 평균 9% 높게 나타났지만, 온실내의 승온억제 효과는 외부차광온실이 더 우수한 것으로 분석되었다. 이런 원인은 외부차광을 하므로서 차광재가 흡수한 열이 온실내부로 전달되지 않으며, 재방사가 없고, 환기효율이 내부차광보다 우수한 때문인 것으로 판단된다.

그림 6은 10:00~17:00시까지 외부차광을 지붕경사방향과 평행하게 설치하여 차광한 것으로 차광시간동안 외부차광온실내의 온도는 내부차광온실보다 평균 0.8℃ 낮게 나타났다. 이는 동일한 차광재를 이용하여 수평으로 외부차광 했을 때와 비교해 볼 때 평균 1℃ 승온억제효과가 낮은 것으로, 외부차광방법은 지붕경사방향 보다는 지붕위 수평방향으로 차광하는 것이 더 효과적일 것으로 판단된다.



(T : 온도, R : 일사량, S : 차광)

그림 5. 온도 및 일사량 변화(8월 11일, 수평)

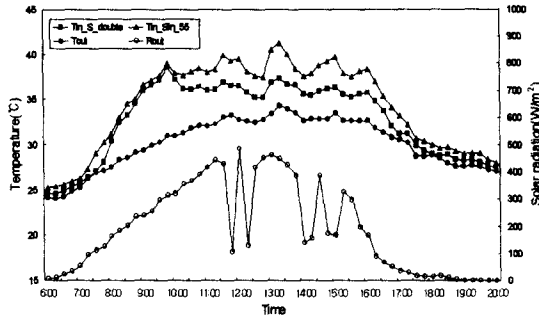


(T : 온도, R : 일사량, S : 차광)

그림 6. 온도 및 일사량 변화(8월 12일, 지붕경사)

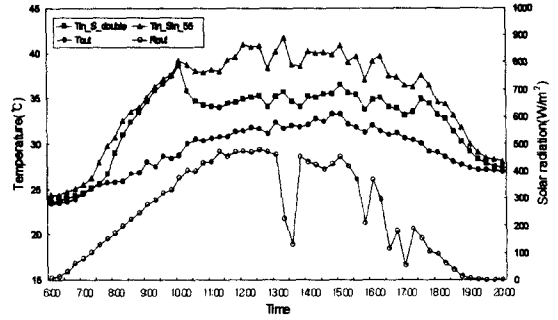
다. 이중차광방법에 따른 온도 변화

그림7, 그림8은 10:00~17:00시까지 이중차광(85%내부차광, 50%외부차광)을 실시했을 때 온실내의 온도 변화를 나타낸 것으로, 차광시간동안 평균풍속은 1.5~1.8m/s 였다. 그림 7은 내부차광상태에서 외부차광을 지붕위 수평방향으로 했을 때 온도 변화를 나타낸 것으로 차광시간동안 55%내부차광온실보다 평균 2.7℃ 낮게 나타났으며, 그림 8은 내부차광상태에서 외부차광을 지붕경사방향으로 실시한 것으로 차광시간동안 55%내부차광온실보다 평균 4.5℃ 낮게 나타났다. 이는 내부차광상태에서 차광율에 따른 승온억제효과가 85%차광온실이 55%차광온실보다 평균 2.4℃ 높은 것을 고려해 볼 때, 외부차광을 수평과 지붕경사방향으로 설치하므로 얻는 승온억제효과는 각각 0.3℃, 2.1℃인 것을 알 수 있었다. 이런 결과는 앞서 검토된 외부차광방법에 따른 승온억제효과와는 다른 결과를 나타내는 것으로서, 그 원인에는 차광시간동안 지붕경사방향의 외부차광이 수평방향의 외부차광보다 온실내의 투영면적이 큰 것에 의한 것으로 판단되지만 추후 더 자세한 검토가 요망된다.



(T : 온도, R : 일사량, S : 차광)

그림 7. 이중차광시 온도 변화(8월 12일, 수평)



(T : 온도, R : 일사량, S : 차광)

그림 8. 이중차광시 온도 변화(8월 13일, 지붕경사)

라. 차광재의 광 투과율

표 1은 실험기간중 청명한 날 8일간을 선택하여, 차광시간(10:00~17:00)동안 온실내의 광 투과율을 나타낸 것이다. 무차광시 온실내의 평균투과율은 70.9%로 나타났으며, 50%외부차광과 85%내부차광은 기준투과율 보다 평균 3.3%, 1.6% 낮게 나타났다. 또한, 55%내부차광은 기준투과율 보다 평균 8.3% 낮게 투과시키는 것으로 분석되었다. 따라서 차광재를 온실에 설치하여 사용할 경우, 온실에서 측정된 투과율이 제조사에서 제시한 값과 다르기 때문에 환경제어 목적으로 차광재를 사용할 경우 정확한 투과율을 미리 확인해야 할 것이다.

표 1. 차광방법에 따른 차광재의 투과율(맑은 날 8일)

구분	차광방법	55%내부차광 투과율(%)	85%내부차광 투과율(%)	50%외부차광 투과율(%)	무차광 투과율(%)
1		23.9	10.2	32.1	72.8
2		24.0	8.5	32.6	72.1
3		23.0	8.5	31.3	70.0
4		23.3	8.3	31.6	70.5
5		24.4	7.9	32.0	70.0
6		24.1	8.3	31.2	70.6
7		23.2	9.5	33.1	71.5
8		23.0	10.8	33.0	70.2
	평균 투과율	23.6	9.0	32.1	70.9
	기준투과율 (무차광투과율×(100-차광율))	31.9	10.6	35.5	70.9
	차이=기준투과율 - 평균투과율	8.3	1.6	3.4	

마. 차광방법에 따른 지온 변화

그림 9는 자연환기상태에서 차광방법에 따른 온실내·외부의 최고지온을 나타낸 것이다. 무차광상태에서 온실내부의 최고지온은 외부지온보다 1.4°C 높게, 85%내부차광상태에서는 4.9°C 외부지온보다 낮게 나타났다. 또한, 수평방향과 지붕경사방향의 50%외부차광은 외부지온보다 각각 4.6°C, 5.5°C 낮게 나타난 것으로, 85%내부차광으로 인한 지온의 승온억제효과와 유사한

결과를 나타내었다. 따라서, 온실내부의 지온변화는 차광재의 차광율보다는 온실의 차광유무에 따라 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

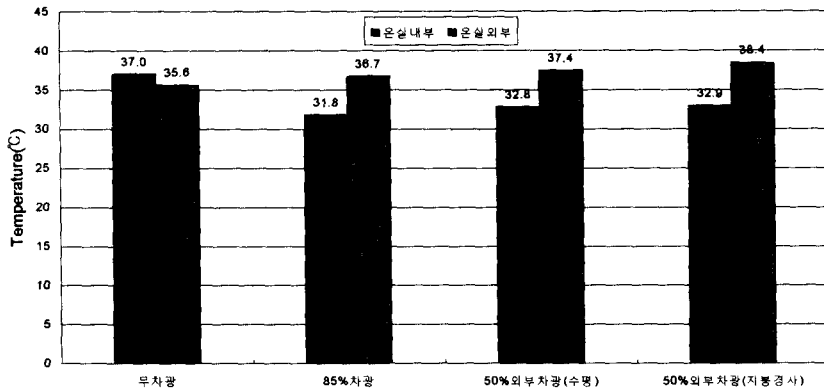


그림 9. 차광방법에 따른 온실내의 지온 변화

#### 4. 결론

차광재의 설치방법에 따른 온실내부의 온도 변화, 광 투과율 및 지온 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 무환기와 자연환기상태 모두에서 85%내부차광이 55%내부차광보다 약 2°C 정도 승온억제효과가 있는 것으로 분석되었다.
2. 외부차광방법에 따른 승온억제효과는 지붕위 수평방향이 지붕경사방향보다 높게 나타났다. 또한, 50%외부차광이 55%내부차광보다 온실내의 승온억제효과는 높게 나타났지만, 투과율은 50%외부차광이 55%내부차광보다 높은 것으로 분석되었다.
3. 이중차광시 지붕경사의 외부차광이 지붕위 수평방향의 외부차광보다 승온억제효과가 더 있었다.
4. 실제 현장에서 측정된 투과율은 제조사에서 제시한 값과 다르기 때문에 환경제어 목적으로서 차광재를 사용할 경우 정확한 투과율을 미리 확인할 필요가 있을 것이다.
5. 온실내부의 지온변화는 차광재의 차광율보다는 온실의 차광유무에 따라 많은 영향을 받는 것으로, 차광시 온실내부의 지온은 외부지온보다 약 5°C 승온억제효과가 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. 최용한, 이재한, 박동금, 권준국, 엄영철. 2000. 고온기 유리온실의 냉방방법이 토마토 생육 및 수량에 미치는 영향. 생물환경조절학회지. 9(1) p. 60-65
2. 권준국, 엄영철, 박동금, 이재한, 강광윤. 1998. 과채류 여름재배시 자동차광 효과 구명. 농업과학논문집(원예). 40(1). p. 1-7.
3. 김문기 외, 1997. 원예시설의 환경 설계기준 작성연구(II). 농어촌진흥공사 p.75-125.
4. 우영희, 남윤일, 송천호, 김동희. 1994. 하절기 효율적인 하우스 온도 습도 관리에 관한 연구. 생물생산시설환경학회지. 3(1). p. 58-65
5. 三原義秋, 1972. 施設園藝の氣候管理, 誠文堂新光社 p. 73-82.