

단동 플라스틱 하우스의 차광막 설치위치에 따른 냉각효과 검토

An Examination on Cooling Effects according to Locations of Solar Shade of Single Span Plastic Greenhouses

허종철¹ · 최동호² · 임종환¹ · 이창수¹ · 황기성³

¹제주대학교 기계공학과, ²건축공학과, ³농촌진흥청 제주농업시험장

Huh, Jong-Chul¹ · Choi, Dong-Ho² · Lim, Jong-Hwan¹ · Lee,

Chang-Soo¹ · Hwang, Ki-Sung³

¹Dept. of Mech. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

²Dept. of Arch. Eng., Cheju National Univ., Cheju, Korea

³Cheju Agricultural Experiment Station, RDA, Cheju, Korea

서 론

하절기 시설원예용 하우스의 실내온열환경 형성에는 다수의 환경인자들 중 하우스로 유입되는 일사량이 결정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 유입일사로 부터 여름철 하우스내 고온현상에 대처하기 위한 냉방시스템은 환풍팬, 차광막, 미스트분무등이 일반적으로 채용되고 있다. 이들 냉방시스템중 차광막을 실외, 실내에 설치하여 일사 차광막의 설치위치에 따른 온도하강 효과 즉, 동일 차광율의 차광막을 단동 플라스틱 하우스의 지붕 상부(외측)와 하우스내 공간 상부(실내측)에 각각 설치하여 설치위치 변화에 따른 하우스내 온열환경의 정량적인 검토가 필요한 실정이다. 필자들은 하우스 외부에서 일사의 흡수와 반사, 투과가 일어나는 외부차광의 경우와 일사가 일단 하우스 내부로 유입된 후 하우스 내부에서 일사의 흡수, 반사, 투과가 수반되는 내부차광시 기온상승 및 억제효과등을 정량적으로 평가 검토한다. 또한, 이들 결과를 무차광 상태에서 측창을 개방하여 자연환기를 도입한 조건 및 천·측창 모두를 폐쇄시켜 천·측창 조작불능시에 형성될 수 있는 극단적인 실온 상승시와도 상호 비교하였다

재료 및 방법

1. 실험대상 하우스

실험대상 하우스는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 6.4×28.8×4.7 m 규모의 경질판 PC(Poly Carbonate)구조 단동 플라스틱 하우스 4개동으로 구성되어 있으며 차광막은 A동 하우스의 외부 지붕 그리고 B동하우스의 내부(지상으로부터 약 2.2 - 3.7 m)에 각각 설치하였다. 내부차광막의 높이는 식재 과수를 고려하였다. 4개동하우스의 측창은 지상 1.4 m

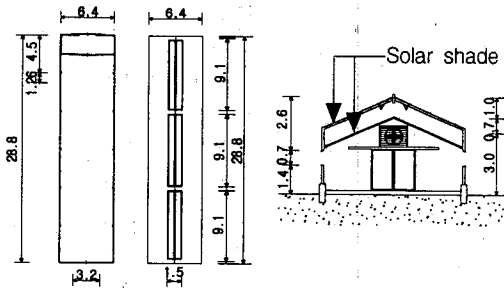


Fig. 1. Location of solar shade in greenhouse.

높이에서 0.7 m 정도 개폐가 가능하며 하우스 단변방향 양쪽 출입구 상부에는 환기를 위한 환기팬을 각각 설치하였다.

2. 실험조건

실험종류 및 실험조건을 상세를 Table 1에 나타내었다. 실험은 일사 차광막(혹색)의 설치위치 변화에 따른 냉각효과 및 하우스내 온열환경을 파악하기 위한 실험조건으로 구성하였다. 각 실험은 4개동의 하우스에서 동시에 실시하여 실험 결과에 대한 하우스 상호간의 객관적인 비교가 가능케 하였다. 하우스 A는 차광율이 55%인 일사 차광막을 하우스 옥외 상부에 설치한 경우이고, 하우스 B는 동일 차광율의 차광막을 하우스 실내 상부공간(지상 2.2m~3.7m높이에 경사지게 설치)에 설치를 하였다. 하우스 C는 측창 및 개구부를 폐쇄하여 개폐장치의 조작불능시를 가정한 경우이며, 하우스 D는 측창을 개방하여 자연환기에 의한 냉각효과를 검토하기 위한 실험이다. 이상과 같이 차광막의 설치위치 및 측창의 개폐여부에 따른 실내 냉각효과 및 하우스내 온도분포 특성을 검토할 수 있도록 실험조건을 설정하였다. 실험은 1999년 9월 하순, 7일간 실시되었으며 그 가운데 일기가 양호하고 일사량이 비교적 많은 날을 대표일로 설정하여 실험결과를 정리하였다. 각 하우스마다 지상 0.8, 2.0m높이를 기준높이로 가정하여, 각각의 기준높이에 설치된 9개의 평균공기온도(기준면 온도)를 해석하였다(혹구 온도, 일사량, 상대습도의 측정위치는 1편 참조).

결과 및 고찰

Table 1. Experimental conditions.

Item	Conditions				Duration of experiment	Representative day
	Side windows	Solar shading rates	Location of solar shading net	Fan		
Model A	Open	55 %	Roof(outside)	Off	1999.09.22 ~ 09.29	09.28
Model B	Open	55 %	Roof(inside)	Off		
Model C	Closed	-	-	Off		
Model D	Open	-	-	Off		

외기온도 및 각 하우스의 실내온도분포는 Table 2와 Fig. 3에 나타내었다. 대표일의 외기온도는 최저 15°C, 최대 27°C로 나타나고 있으나, 실내온도는 일사량이 증가하는 07시경부터 실내온도가 상승한 후, 외기온도 및 일사량이 증가하는 오후시간대로 접어들수록 실내외온도차는 증대되었다. 그 후 일사량이 감소하는 저녁시간대에는 비교적 급속히 하강하여, 야간시간대에는 측창을 폐쇄한 하우스 C를 제외하고는 각 하우스의 온도는 거의 동일한 온도를 나타내었다. Fig. 3과 Table 2에서 A, B 두 하우스간 주간시간대의 온도차는 지상 0.8m 높이에서 하우스 A가 하우스 B보다 약 0.3°C 높은 온도분포를 나타내고 있

Table 2. Summary of experimental results.

Item	Time	$z_{0.8\text{ m}}$ [°C]	$z_{2.0\text{ m}}$ [°C]	Outdoor air temp. [°C]	Globe temp. [°C]	Indoor relative humidity [%]	Outdoor relative humidity [%]	Indoor solar radiation [W · m ⁻²]	Outdoor solar radiation [W · m ⁻²]
Model A	10~12	28.3	29.1	25.2	33.0	64.9	30.6	158.1	723.6
	12~14	28.7	29.3	26.2	32.7	74.5	34.4	208.0	763.1
	14~16	28.9	29.6	26.3	35.5	69.0	35.5	342.1	583.0
Model B	10~12	28.1	29.7	25.2	34.6	69.9	30.6	193.5	723.6
	12~14	28.4	29.9	26.2	33.7	77.8	34.4	197.3	763.1
	14~16	28.5	30.1	26.3	34.5	73.3	35.5	332.3	583.0
Model C	10~12	41.2	42.6	25.2	55.0	65.3	30.6	570.9	723.6
	12~14	43.7	44.9	26.2	55.2	69.6	34.4	651.8	763.1
	14~16	44.9	45.9	26.3	58.5	62.4	35.5	464.3	583.0
Model D	10~12	29.1	30.0	25.2	44.8	54.9	30.6	497.1	723.6
	12~14	30.6	31.3	26.2	42.8	64.3	34.4	638.3	763.1
	14~16	30.6	31.4	26.3	44.4	57.1	35.5	376.9	583.0

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

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

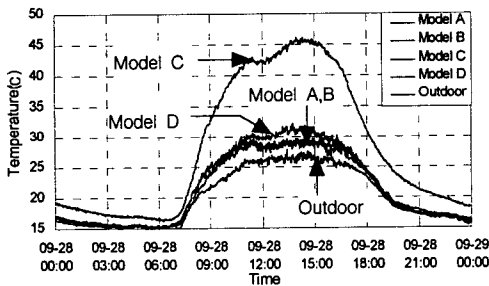


Fig. 3. Variations of indoor air temp. at each model(0.8 m).

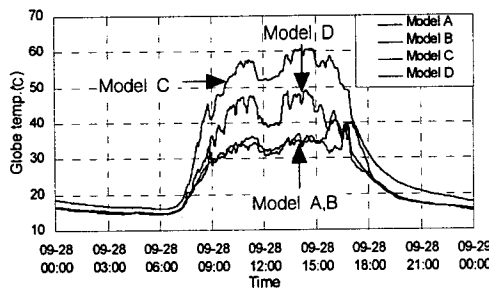


Fig. 4. Variations of globe temp. with time

도는 일사량이 증가하는 07시경부터 급상승하여 14시 경에는 각 하우스 모두 최대 온도에

을 뿐 거의 온도분포가 같다. 그러나 지상 2.0m 높이의 온도는 하우스 B가 하우스 A보다 0.6°C정도 높은 온도를 나타내었다. 이 같은 결과는 일사에 의해 가열된 공기가 부력에 편승하여 상승하기 때문에 0.8m에서는 실내공기온도가 서로 비슷했지만, 2.0m에서는 가열된 공기에 의해 이러한 온도차가 생긴 것으로 풀이된다. 즉, 차광막을 옥외에 설치했을 경우 미약하나마 실내에 설치했을 경우보다 추가적인 냉각효과를 기대할 수 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 하우스의 개폐장치 조작불능시를 가정한 하우스 C와 자연환기만을 도입한 하우스 D의 지상 0.8m 높이의 실내온도를 보면 하우스 C는 최대 45°C의 온도를 나타내었지만, 하우스 D는 32°C의 현저히 낮은 온도를 나타내었다. 이것은 하우스내로의 일사유입으로 실온이 상승한 공기를 자연환기에 의하여 외기로 순환시켜 주기 때문에 큰 폭의 온도차가 생기는 것으로 풀이되어진다. 또한, 이러한 온도는 2.0m 실내온도일 경우 더욱 증가되어 나타난다. 각 하우스별 실내 흑구온도를 Fig. 4, Table 2에 나타내었다. 실내복사환경과 실내공기온도를 복합적으로 반영한 흑구온

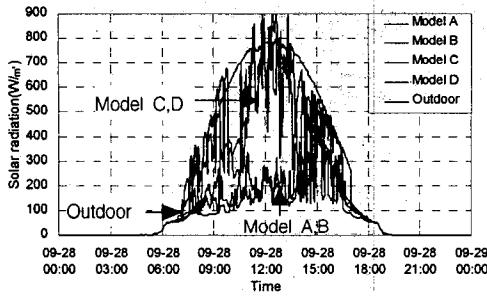


Fig. 5. Variations of solar radiation.

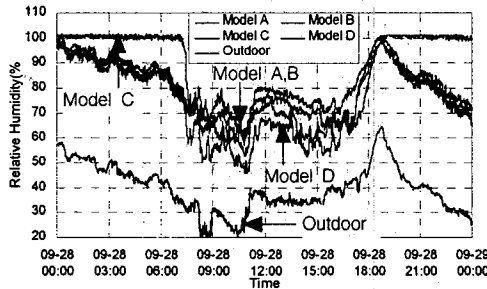


Fig. 6. Variations of relative humidity

로 높게 분포를 나타내고 있다(Fig 10, Table 2). 대표일의 주간 평균외기상대습도는 33.5%를 나타내었으며, 차광막을 설치한 하우스 A, B는 70% 내외의 상대습도를 보였다. 또한 하우스 C는 65%, 하우스 D는 58%의 실내 상대습도를 나타냈다. 그러나, 온도가 하강하는 야간시간대의 경우, 하우스 C는 거의 100%에 달하는 상대습도를 보이고 있다. 즉, 폐쇄상태의 하우스에서는 주·야간간의 현격한 습도차 및 과도한 습윤상태로 인한 재배작물에 피해가 예상되므로, 자연환기등을 통한 습도조절 방법이 필요할 것이라고 생각된다.

결 론

본 연구는 단동하우스를 대상으로 차광막의 설치 위치에 따른 실내온열환경 및 축창 개구부를 폐쇄시킨 경우의 고온피해 발생여부를 검토한 실험으로 결과를 요약하면,

1) 단동 플라스틱 하우스에 차광율이 55%인 일사차광막을 하우스의 외부에 설치한 경우에는 실내로 유입되는 일사량의 감소로 인하여 차광막을 설치하지 않은 하우스 D보다 지상 0.8m 높이의 실내온도가 최대 2.8℃정도 하강함을 알 수 있었다. 그리고 차광막을 실내에 설치한 하우스 B는 최대 3℃정도 하강하고 있다.

2) 실제 하우스 내 재배작물의 체감온도인 흑구온도는 차광막을 설치하지 않은 경우 최대 50℃까지 상승하나 차광막을 설치하고 축창을 개방한 경우 최대온도는 약 30℃로 나타나 차광막에 의한 냉각효과가 현저하였다.

3) 하우스내 공간 상부(실내측) 또는 지붕 상부(외측)에 차광막을 설치한 경우 각각의 실내온도분포, 흑구온도, 상대습도 및 일사량은 유사한 경향을 보여 차광막의 설치 위치에 따른 실내온열환경 변화는 거의 나타나지 않았다.

이르게 된다. 이후 일사량이 감소하면서 흑구 온도도 급격히 하강하는 온도분포를 나타내고 있다. 차광막을 설치하지 않은 하우스인 경우 즉 하우스 C는 최대 60℃, 하우스 D는 최대 48℃의 고온을 나타내고 있다. 반면 하우스 A, B인 경우 실내최대 흑구온도는 약 35℃이다. 따라서 흑구온도는 실제 하우스내 재배작물이 느끼는 체감온도와 가까운 온도임을 감안한다면, 차광막을 설치하여 하우스내 고온화에 따른 재배작물에의 피해를 경감시킬 수 있을 것으로 기대된다. 각 하우스의 일사량은 Fig 5, Table 2에 나타내었다. 대표일의 주간시간대 옥외평균일사량이 690 $[W \cdot m^{-2}]$, 하우스 A는 236.1 $[W \cdot m^{-2}]$, 하우스 B는 241 $[W \cdot m^{-2}]$ 로 차광막 설치위치에 상관없이 거의 동일한 값을 나타내었다. 그리고, 차광막을 설치하지 않은 하우스 C와 D는 각각 562 $[W \cdot m^{-2}]$, 504 $[W \cdot m^{-2}]$ 의 일사량을 나타내었다. 각 하우스의 상대습도는 실내온도의 변화에 따라 온도가 상승하는 주간시간대에는 50%~80%로 낮게, 온도가 낮은 야간시간대에는 80%~100%