

온실지붕 차광과 수막 수준에 따른 냉방효과 분석

김영복¹ · 박중춘^{2*} · 이승규¹ · 김성태¹ · 나우정¹ · 허무룡² · 정성우²

¹경상대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과, 경상대학교 농업생명과학연구원
²경상대학교 농업생명과학대학 식물자원환경학부 원예학전공, 경상대학교 농업생명과학연구원

Analysis of Cooling Effect on the Plastic Film Cover of Greenhouse Module Depending on the Shade and Water Curtain

Young-Bok Kim¹, Joong-Chun Park^{2*}, Seung-Kyu Lee¹, Sung-Tae Kim¹,
Woo-Jung La¹, Moo-Ryong Huh², and Sung-Woo Jeong²

¹Department of Bio-machinery engineering, College of Agriculture and Life Science, Institute of Agriculture and Life Science,

²Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Science, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. In this study, the effect of the shade level, water flow rate applied to the shades and the temperature of water on the greenhouse cooling was investigated depending on the shade level of 0, 35, 55, 75%, and water flow rate and water temperature by the test on the small wooden frames to find out the low cost cooling method. With increasing of the dry bulb temperature of outside air, the dry bulb temperature in the wooden frames increased. For the frames with the shade and water, inside temperatures of the frames were lower of $-0.2 \sim -1.2^{\circ}\text{C}$ than the temperature of the outside air and higher than the water temperature. For the frames without water, inside temperatures of the frames were higher of $1.7 \sim 4^{\circ}\text{C}$ than the outside and not affected by the shade level very much. The water flow rate and the temperature of the water were not the important factors to decrease the inside temperatures in the frames. The black globe temperature became lower with increasing of shade level. The shade frames with water curtain showed the best cooling effect because of reducing thermal radiation and cooling the plastic film cover. The surface temperatures of the plastic film cover for the water supplied modules became lower with increasing of the shade level. The relative humidity was decreased with the dry bulb temperature in the frame increasing and not affected by the dry bulb temperature of the outside air for the frames with the shade and water.

Key words : black globe temperature, dry bulb temperature, greenhouse cooling, relative humidity, shade, water evaporation

*Corresponding author

서 언

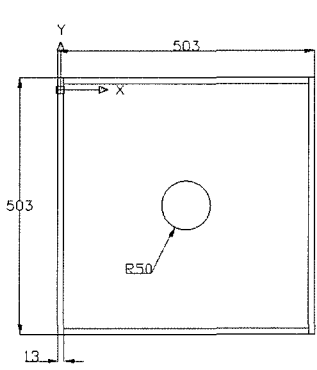
하절기 온실재배가 늘어나고 적극적인 온실냉방이 필요해짐에 따라 저비용의 냉방법 개발이 매우 중요해졌다. 온실의 경우 단열이 쉽지 않아서 손실이 많고, 온실냉방을 위해 냉동기를 구동하는 것은 경제적인 부담이 크기 때문에 주로 복사광의 차단, 증발냉각, 환기, 물분무 등이 도입되어 왔다. 국내기업들에서는 공장지붕에 스프링클시스템을 설치하여 예산을 절감하고 있

으며(조선일보, 2006), 온실지붕에 차광막과 물흐림을 동시에 시행하는 것이 차광막을 단독으로 설치할 때보다 훨씬 냉각효과가 좋다는(Willits, 2002) 연구결과도 보고되고 있다. 차광막 효과에 대해서 설치위치를 외부에 설치하는 것이 좀더 냉각효과가 크다고(Huh, 2000) 하였으며, 온실내 팬과 포그를 병행하는 것이 물의 증발잠열이용과 경제적인 관점에서 유리하다는 보고(최, 2000)도 있다. 국내 온실냉방법으로는 환기와 차광법을 많이 채택하고 있으며, 유리온실의 경우 약 33% 정도

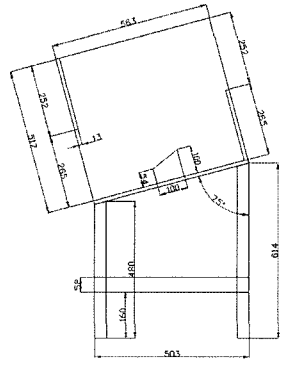
지붕스프링클링을 채택하고 있는 것으로 보고 되고 있다(남, 2000). 본 연구에서는 경제적인 냉방법을 개발하기 위하여 차광을 수준과 물흘림의 상태가 냉각효과에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 실험분석을 위해 온실모형 모듈을 제작하여 차광을수준과 물흘림수준을 조합 변화시켜가며 경시별 측정을 수행하고 변수의 수준별로 비교분석하였다. 분석항목은 외기건구온도와 수온의 변화에 따른 온실모형내의 건구온도와 흑구온도, 상대습도의 변화, 물흘림의 유량과 차광율의 수준에 따른 각 변수의 변화, 필름커버 표면온도의 변화와 다른 변수와의 관계, 무차원온도변화 등이며, 이러한 분석을 통하여 수온의 영향, 차광율수준의 영향, 물흘림 유량의 영향, 그 조합의 영향을 비교분석함으로써 합리적인 최적 냉방조건을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

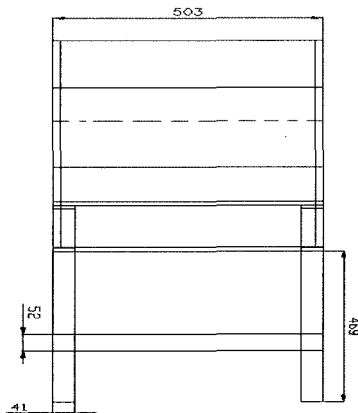
본 연구에서는 온실외부피복재의 차광막의 수준과 물흘림수준에 따른 냉방효과를 비교분석하는 것이다. 온실모형 모듈을 합판으로 제작한 후 상단에 필름커버와 차광막을 설치하고 탱크내에 수돗물을 저장하여 물흘림이 되도록 하여 그 수준에 따른 냉방효과를 비교 분석하는 것이다. 실험모듈의 제작은 상단을 플라스틱 필름커버로 덮은 다음 차광율수준별로 차광막을 덧씌워 처리하였다. 모듈의 크기는 가로×세로×높이 503×503×517mm로 하고 합판의 두께는 13mm로 하였다. 사각형모듈은 바닥으로부터 480mm 높이에 배치하였으며, 장치의 도면은 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 사각형모형은 전면의 하반부를 개방하여 외부공기가 들



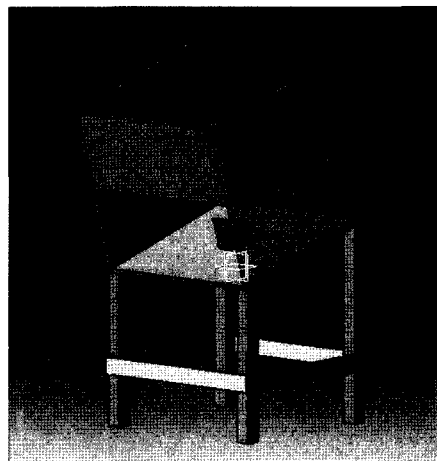
(a) Upper view



(b) Right hand side view



(c) Front view



(d) Three dimensional view

Fig. 1. Drawing of the experimental module.

어오도록 하고 후면의 상단부를 개방하여 내부공기가 외부로 나가도록 하였다. 그리고 태양광이 수직으로 입사하도록 입사각을 고려하여 모듈사각형의 바닥이 수평으로부터 15° 경사지도록 제작하였다. 모듈은 수준별로 하여 전부 8개를 제작하였다. 차광율의 수준은 차광막을 전혀 설치하지 않은 것과 차광율수준이 각각 35, 55, 75% 되는 것을 사용하였으며, 차광막은 경안섬유회사에서 제작한 폴리프로필렌으로 제조된 검은색 차광막을 모듈크기에 맞추어 잘라 부착하였다. 물홀림은 크기가 가로×세로×높이가 830×510×650mm인 물탱크를 바닥에서 2m 높이에 설치하여 중력에 의하여 물이 배관을 따라 공급되도록 하였으며, 밸브 개폐량에 따라 유량조절이 되도록 하였다. 물의 유량의 영향을 알아보기 위하여 물홀림이 있는 3개 모듈, 즉, C00WF1~C00WF3 모듈의 차광막을 차광율수준이 55%인 것으로 설치하고 물홀림수준을 각각 조절하여 3수준으로 하였다. 물의 유량은 밸브로 조절하였으며, 유량의 계측은 정량비커로 흐르는 물을 받아 치는 시간을 재어 계산하였다. 공급유량은 차광막의 섬유가 젖는 것을 전제로 하여 F1은 1.0L/min, F2는 1.2L/min, F3는 1.4L/min 정도로 하였으나 F1은 차광막섬유의 모세관현상에 의해 모듈 옆으로 흐르는 양이 많아서 모듈의 아래로는 떨어지는 물은 많지 않았다. 차광막섬유의 모세관현상에 의해 물이 균일하게 공급되지 못하는 점과 차광막섬유 사이의 공간을 고려하면 최소한의 물로서 충분한 물공급효과를 보기 위해서는 물을 흘러주기 보다는 분무하여 골고루 분산시켜주는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 오전 물유량수준에 따른 분석을 위한 실험에서의 물탱크 물공급량은 4.7L/min이었다. 오전의 유량영향 실험에서 모듈은 Table 1에 나타난 바와 같이 C00WF2 모듈은 차광막이 없이 유량을 F2 수준으로 하여 차광막이 있으면서 유량 F2인 경우와

비교하도록 하였으며, 차광막이 있는 경우 차광율수준을 모두 55%로 하고 유량수준을 각각 F1, F2, F3의 3수준으로 하여 비교하였다. 이때의 모듈명은 각각 C55WF1, C55WF2, C55WF3으로 하였다. 동시에 물홀림이 없는 경우의 무차광과 차광율수준에 따른 분석을 위해 각각 C00, C35, C55, C75 모듈을 설치하였다. 오후의 저온영향실험을 위해 물홀림이 있는 모듈은 차광막의 수준을 각각 0, 35, 55, 75%로 하고 제조된 저온수를 공급하여 실험하였으며, 이때 물홀림이 없는 모듈은 오전과 동일하게 배치하여 실험하였다. 물의 온도는 물공급탱크내에 시판되는 7kg 무게단위의 얼음덩어리를 약 140kg을 주기적으로 넣어서 조절하였다. 실험기간내의 물온도는 10~20°C 범위에서 표준편차 약 2.8°C범위로 제어되었다. 이때의 물홀림이 있는 모듈명은 C00WL, C35WL, C55WL, C75WL으로 하였다. 오후의 물홀림량의 수준은 각 모듈에서 각각 1,000cc/min으로 하였다. 냉방효과분석을 위하여 측정할 항목은 건구온도, 흑구온도, 이슬점온도, 공급수온, 필름커버표면온도, 모듈내 바닥표면온도, 상대습도이었다. 냉방방법도입에 따른 광품질을 평가하기 위해 조도, 광량, 파장대별 광강도를 측정하여 추가분석에 사용하고자 하였다. 건구온도는 K 타입의 열전대를 사용하였으며, 각 항목의 측정을 위해 Testo 177-H1 온습도로거, Testo 177-T4 온도로거, Sato SK-L200TH-α 온습도로거, Testo 545 Luxmeter, 흑구온도계와 같은 계측기를 사용하였다. 실험은 경상대학교 농장에 8개의 모듈을 설치하여 수행하였고, 측정방법은 오전 8시 50분부터 물을 공급하면서 9시부터 10분간격으로 데이터를 측정 저장하였다. 오후 12시 40에는 얼음을 넣어 공급수 온도를 저온으로 공급하기 시작하였으며, 일사량변화가 거의 종료된 오후 5시30분에 실험을 종료하였다.

Table 1. Experimental modules.

| Water characteristics | | Shade level | | | |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
| | | 0% | 35% | 55% | 75% |
| Test for water flow rate and cold water | Without water | C00 | C35 | C55 | C75 |
| Test for water flow rate | Water flow rate level F1, F2, F3 | C00WF2 | C55WF1 | C55WF2 | C55WF3 |
| Test for cold water | With cold water for flow rate of 1.2L/min each | C00WL | C35WL | C55WL | C75WL |

결과 및 고찰

1. 건구온도

실험모델내의 건구온도를 외기온도에 대한 분산형으로 나타내면 물유량실험의 경우 Fig. 2와 같다. 전체적으로 외기건구온도가 상승하면 모델살내온도도 상승하는 경향이지만 변동이 상당히 있으며, 차광막이 있고 물흐림이 있으면 대체적으로 외기온보다는 낮고 물은 온도보다는 높은 수준을 나타내고 있다. 한편, 물흐림이 없는 경우에는 차광율의 수준간 건구온도변화가 크지

않은 것으로 나타나고 있다. 각 위치에서의 건구온도평균을 살펴보면 Fig. 3과 같다. 외기온도평균이 29.9°C인 유량실험의 경우 물흐림이 없이 차광막만 있는 경우 차광율의 수준이 35%에서 75%로 높아질수록 평균내부온도는 낮아졌지만 외부보다는 1.7~4°C 정도의 높은 온도를 나타내었다. 그러나 물흐림과 차광이 동시에 이루어지는 경우 전체적으로 외부온도보다 낮은 가운데 그 차이가 -0.2~-1.2°C정도로 외기평균보다 낮게 나타났다. 그러나 물흐림 수준에 따라서는 차이가 나타나지 않았으며, 물흐림은 골고루 분포되도록 분부

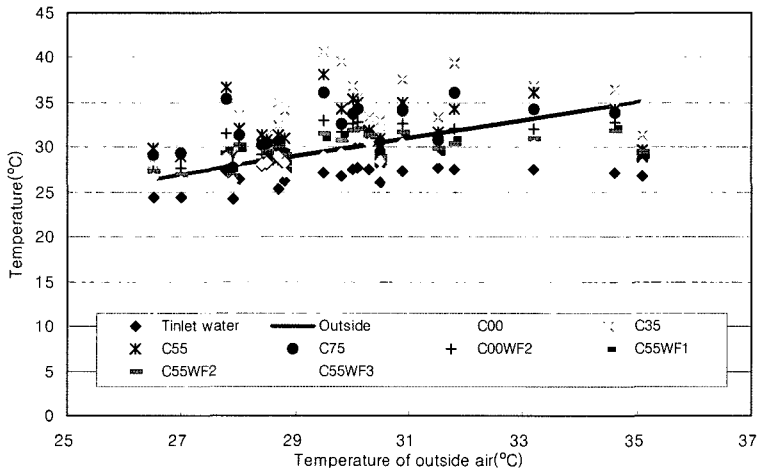


Fig. 2. Dry bulb temperature variation depending on the temperature of outside air for the water flow rate test.

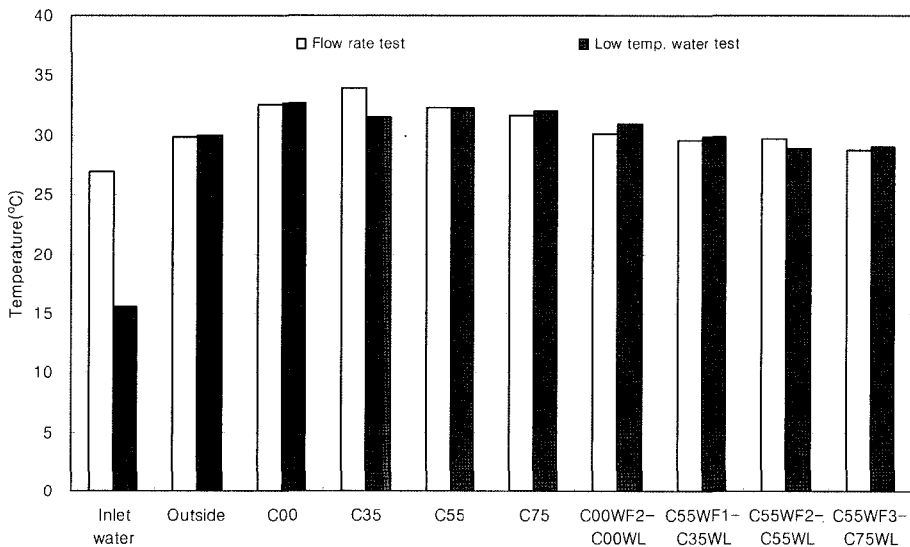


Fig. 3. Average dry bulb temperature for the water flow rate and low temperature water test.

해주면 문제가 없는 것으로 판단된다. 그런데 물홀림이 없는 C00와 C35의 경우를 서로 비교해 보면 C00의 평균값이 C35보다 오전에는 높게 나타났는데 이것은 차광이 있는 경우가 차광이 없는 경우보다 고온으로 된 경우로서 오후에는 또 다르게 나타난다. 실험오차라고 보기는 어렵고 복사광과 결합되어 나타난 특이한 현상으로 보인다.

저온실험인 오후에서도 물홀림이 없는 세가지 모듈의 경우 차광율수준에 따라 외기건구온도보다 약 1.4~2.3°C 높게 나타났으나 물홀림과 차광이 있는 3모듈의 경우 외기온과의 차이가 -0.2~-1.2°C 정도로서 낮게 나타났다. 그러나 공급되는 물의 평균온도가 오전 오후 각각 26.9, 14.1°C인 점을 감안하면 공급되는 물의 온도는 실내온도에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 판단된다. 이것은 오전 유량실험자료를 상관분석을 수행하여 본 결과 물홀림이 있는 모듈에서의 상관계수가 0.55~0.68 범위로 나타난 것으로 보아도 알 수 있다. 그러나 오전 유량실험자료를 물의 온도와 건구온도를 모두 무차원화하여 분석한 결과 물홀림이 있는 모듈에서의 상관계수가 0.71~0.86 정도로 높아지는 것을 알 수 있으며 이러한 경향은 차광율의 수준이 높아질 수록 커지는 것으로 나타났다. 이러한 경향의 원인은 외기온에 따라 물탱크속의 물온도가 서서히 상승하고, 동시에 모듈실내온도도 외기건구온도에 상당한 영향을 받기 때문으로 판단된다.

온도의 무차원화는 외기온도와 수온의 영향에 따라 모듈 실내의 온도가 변화하는지 분석하고자 할 때 대 상온도를 외기온도로 나누어 무차원온도로 만든 다음

그 무차원온도가 수온이나 다른 변수에 따라 어떻게 변하는지 분석할 때 매우 유리하다. 여기서는 외기온이 상승함에 따라 실내온도도 상승한다고 보고 실내온도를 외기온도로 나누어 무차원온도로 변환하여 분석하여 보았다. 무차원온도로 변환할 때의 기준온도는 측정 시점의 외기건구온도에 273.15를 더한 절대온도로 하여 변환하였는데 그 이유는 물리에서의 상태변화는 절대온도에 따라 변하기 때문이다. 오전유량실험에서의 수온대 무차원온도변화를 나타내면 Fig. 4와 같다. 그림을 살펴보면 각 모듈내 무차원건구온도의 변화는 수온과는 비교적 상관없이 0.98~1.04의 범위로 나타났으며, 차광율의 수준이 높을 수록 낮은 무차원온도값을 나타내고, 특히, 물홀림이 있는 경우 대부분 외기온도보다 낮은 1.0 이하의 값을 나타내고 있다.

외기건구온도와 모듈내 건구온도의 차이가 외기건구온도에 따라 변하는 경향을 알아보면 Fig. 5와 같다. 그림은 오전 유량실험에서의 온도차를 나타낸 것으로서 C35모듈의 경우 외기보다 최대 11°C정도 높은 온도를 나타내기도 하고, 물홀림과 차광이 있으면 외기온도보다 최대 -7°C정도까지 낮은 온도를 나타내기도 하였다. 온도차의 경향은 기분석한 바대로 차광율수준이 높고 물홀림이 있으면 외기온도보다 낮은 경향을 보였다.

2. 흑구온도

흑구온도는 복사광의 정도를 가늠하게 해 주는 변수로서 흑구온도계로 유입되는 광은 거의 흡수되어 그 흑구온도계 내부의 온도가 복사광의 정도를 알게 해준

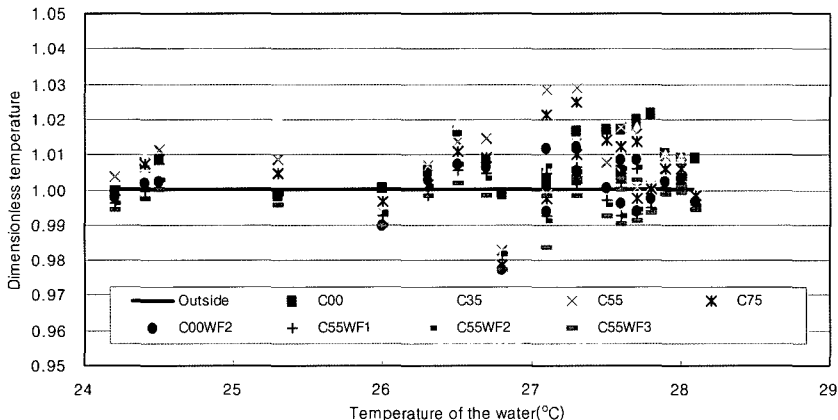


Fig. 4. Dimensionless temperature depending on the water temperature for the water flow rate test.

온실지붕 차광과 수막 수준에 따른 냉방효과 분석

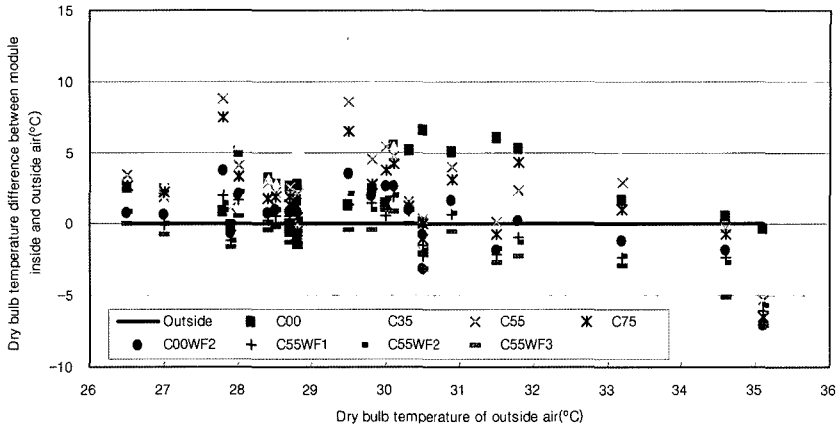


Fig. 5. Dry bulb temperature difference between module inside and outside air depending on the dry bulb temperature of the outside air for the water flow rate test.

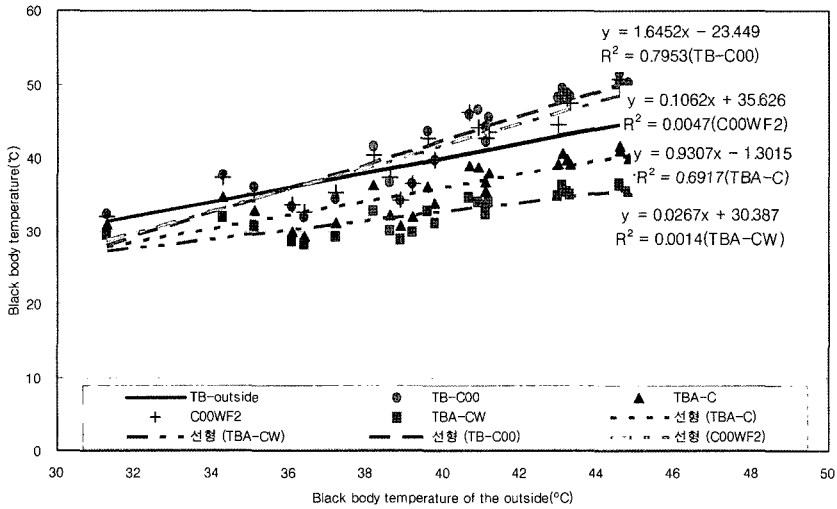


Fig. 6. Black body temperature in the module depending on the black body temperature of the outside.

다. 외부 흑구온도의 변화에 따라 오전 물유량실험 모듈내의 흑구온도를 평균치로 나타내면 Fig. 6과 같다. 그림에서 평균치는 측정시점에서의 값들을 물흐림이 있는 경우와 물흐림이 없는 경우로 나누어 차광막만 있는 경우의 모듈평균값은 TBA-C로 나타내었고, 차광막과 물흐림이 동시에 작용하는 경우의 평균치는 TBA-CW로 나타내었다. 그리고 평균치가 아닌 모듈내 값을 비교하기 위해 각각 C00와 C00WF2의 값을 나타내었다. 그림을 살펴보면 외기 흑구온도가 상승함에 따라 차광막이 없고 물흐림도 없는 C00모듈의 경우 그 온도가 높을수록 더욱 높은 흑구온도를 나타내었으며, 차광막은 있으나 물흐림이 없는 TBA-C의 경우 외기 흑

구온도에 따라 기여율 0.69로서 비교적 선형적으로 증가하였다. 그러나 물흐림이 있는 경우는 평균값이든 모듈 C00WF2이든 기여율(R^2) 0.01 이하로서 외기의 흑구온도와의 상관이 없는 것으로 나타났다. 따라서 차광막만 설치하여서는 외부의 복사광 차단에 의한 냉각효과를 기대하기 어려우며 차광막과 함께 물흐림을 병행해야 복사광 차단과 함께 복사냉각효과를 함께 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 유량실험 중의 평균흑구온도들을 살펴보면 Fig. 7에 나와 있는 바와 같이 모든 흑구온도는 외기건구온도보다 높았으며 외기 흑구온도에 비해 차광막이 있는 모듈 내부흑구온도는 낮게 나타났다. 그러나 차광막이 없는 경우 물흐림유무에 관

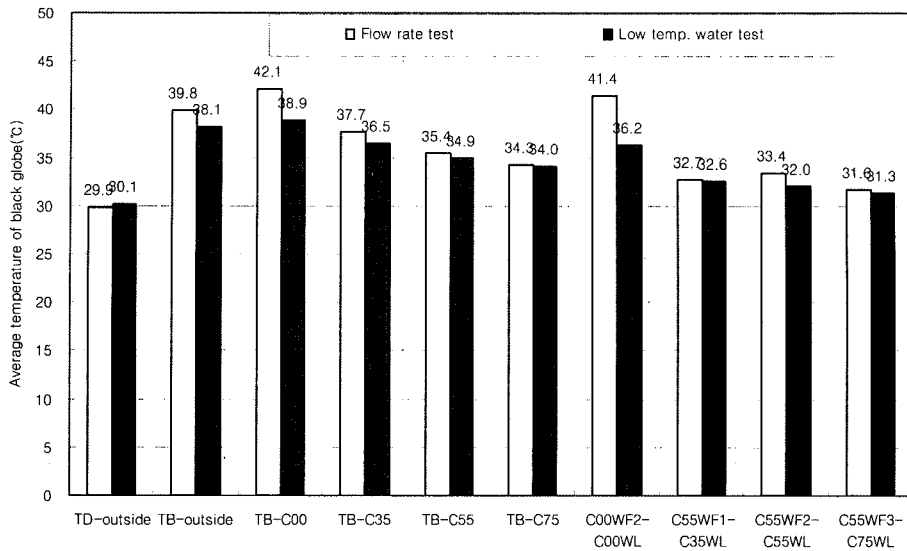


Fig. 7. Average temperature of black globe for the test of water flow rate and low temperature water.

계없이 외기흑구온도보다 높게 나타나 차광막의 효과가 확실하게 나타났고, 차광율수준이 높을 수록 모듈내 흑구온도는 낮게 나타났다. 이러한 경향은 그림에 나타난 오후의 저온실험에서도 같은 경향으로 나타났다.

그리고 차광막과 물홀림이 있는 경우와 차광막만 있는 경우의 실험기간 중 총 평균흑구온도 차이는 유량 실험과 저온실험의 두가지 모드의 실험기간 중 약 3.2°C를 나타내었으며, 차광막이 없는 경우만을 비교하면 유량실험의 경우 약 0.7°C, 저온실험의 경우 약 2.6°C를 나타내었다.

3. 필름커버온도

모듈상단을 구성하는 필름커버의 온도는 실내와 대류열전달 및 복사열전달에 영향을 미치기 때문에 그 온도의 수준을 분석해볼 필요가 있다. 필름커버의 온도가 외기에 따라 변하는지 공급된 수온에 따라 변하는지 알아보면 다음과 같다. 우선 수온에서 표면온도를 빼 그 차이를 구해 그 평균치를 나타내면 Table 2와 같다. Table 2를 살펴보면 오전의 유량실험에서 물홀

림이 없는 경우는 표면온도가 수온이상으로 유지되었으며, 차광수준이 높을 수록 높게 나타났다. 그리고 물홀림이 있는 경우 표면온도는 수온이하로 나타났으며, 물유량이 클수록 차이가 많았다. 물홀림이 있는 경우 필름표면온도가 수온이하로 나타난 것은 물이 기화하는 과정에서 포화되어 공기의 습구온도(Twd-C75W) 가까이 냉각되기 때문으로 판단되었다. 그리고, 오후의 저온실험에서는 물홀림이 있더라도 표면온도가 수온보다 높게 나타났으며, 이것은 물의 기화에 의해 외기의 건구온도와 상대습도상태에서 결정되는 포화온도 가까이 표면온도가 냉각되더라도 물의 온도가 낮기 때문으로 판단된다.

한편, 유량수준실험에서의 수온별 각 모듈의 필름아랫면 표면온도를 살펴보면 Fig. 8과 같다. 그림을 살펴보면 물홀림이 있는 경우 표면온도는 수온이하로 나타났으며, 물홀림이 없는 경우 수온이상으로 유지되었다. 물홀림이 있는 경우 물유량이 충분하면 표면온도가 좀더 낮은 것으로 나타났다. 물홀림이 있는 경우 필름 표면온도가 수온이하로 나타난 것은 물이 기화하는 과

Table 2. Average of temperature difference (Vinyl temperature minus water temperature) (°C).

| Module | C00 | C35 | C55 | C75 | C00WF2-C00WL | C55WF1-C35WL | C55WF2-C55WL | C55WF3-C75WL |
|----------------------|------|------|------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Flow rate test | 1.3 | 3.8 | 4.7 | 5.8 | -1.5 | -0.7 | -1.2 | -2.2 |
| Low temp. water test | 11.8 | 14.0 | 14.1 | 14.0 | 0.8 | 1.2 | 1.2 | 0.0 |

온실지붕 차광과 수막 수준에 따른 냉방효과 분석

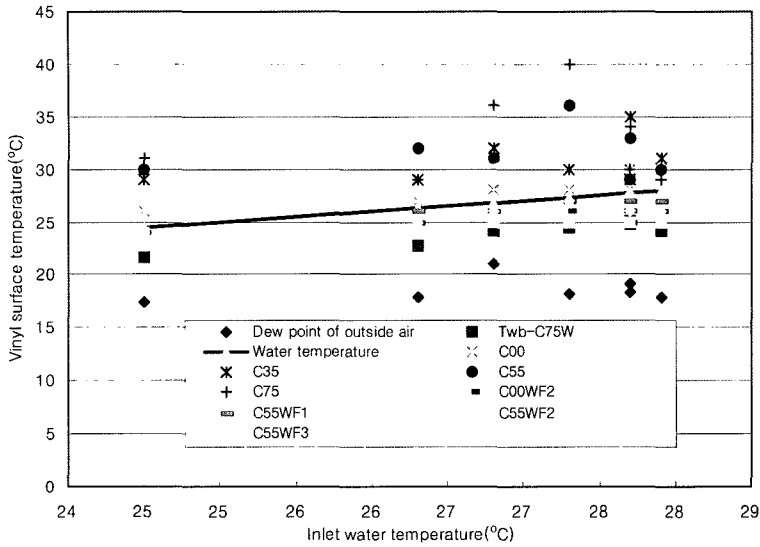


Fig. 8. Temperature of plastic film cover surface depending on water temperature for water flow rate test.

정에서 포화되어 그림에 나타난 바대로 공기의 습구온도(Twd-C75W) 가까이 냉각되기 때문으로 판단되었다. 유량실험의 경우 물흐름이 있는 네 모듈 전부 0.8 이상, 저온실험의 경우 물흐름이 있는 네 모듈 전부 약 0.7 이상의 정의 상관관계로서 수온이 필름표면온도 영향을 주는 것으로 나타났다. 필름표면온도의 평균을 살펴보면 Fig. 9와 같은데 물흐름이 있는 경우는 오전 실험이나 오후 실험에서 각각 차광막의 수준에 관계없이 비교적 일정한 값을 나타내었으나 물흐름이 없는

경우 차광율의 수준이 높을 수록 평균온도는 높게 나타났던 바 이는 차광에 의해 외부 복사광이 차광막에 흡수되었기 때문으로 판단되었다. 필름표면온도는 외기 건구온도에 따라 Fig. 10과 같이 변하는 것으로 나타났는데 그림에는 오전과 오후 실험을 함께 나타내었다. 그림을 살펴보면 물흐름이 있는 경우는 외기보다 낮았고 물흐름이 없는 경우에도 차광막이 없는 경우는 대체적으로 외기건구온도보다 낮았다. 그러나 차광막이 있으면서 물흐름이 없는 경우는 외부 복사광이 차광막

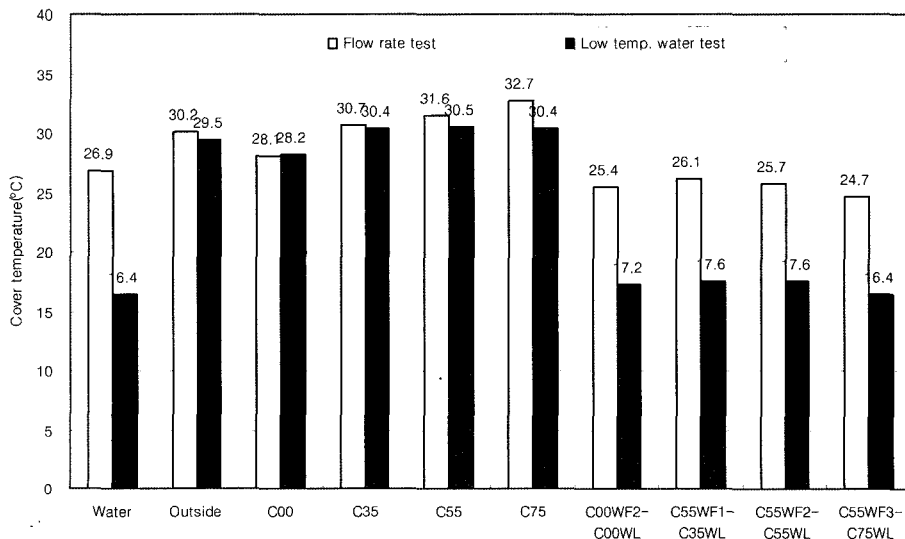


Fig. 9. Average temperature of plastic film cover surface for the test of water flow rate and low temperature water.

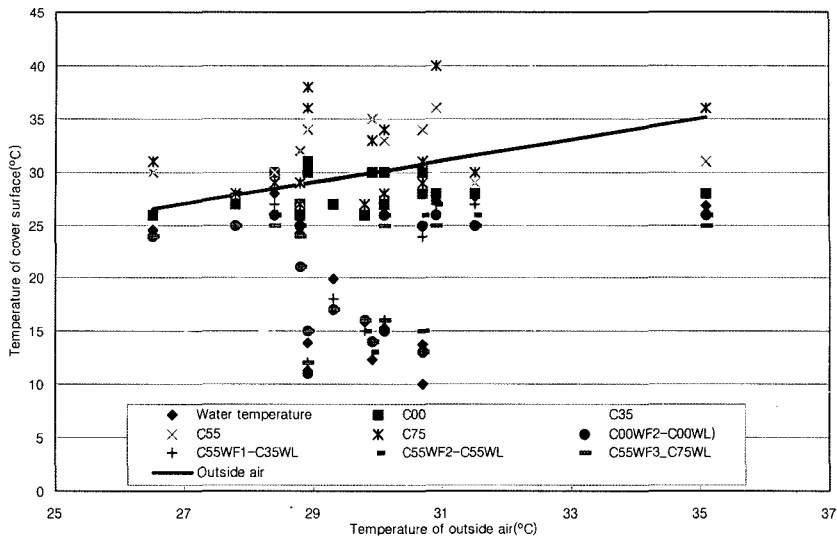


Fig. 10. Temperature of plastic film cover surface depending on outside air temperature.

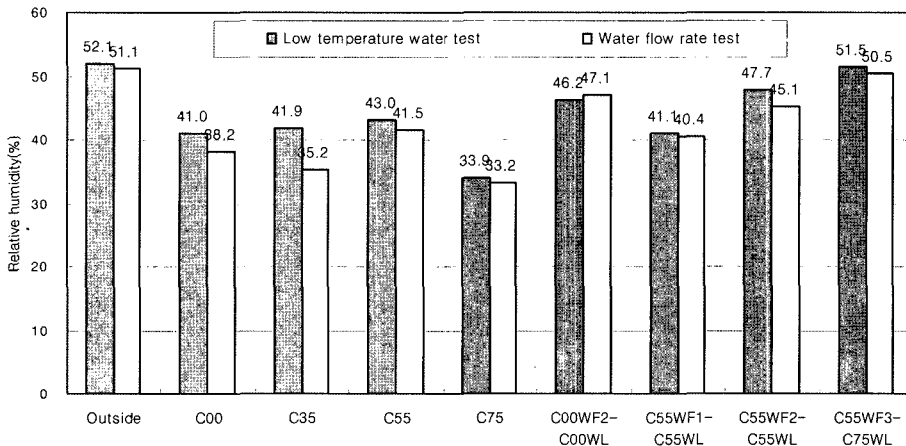


Fig. 11. Average relative humidity depending on the dry bulb temperature in module.

에 흡수되어 필름온도를 상승시키기 때문에 전체적으로 외기건구온도보다 높은 것으로 나타났다.

4. 상대습도

모듈실내 상대습도의 평균치를 모듈별로 살펴보면 Fig. 11과 같다. 모듈조건에 따라 모듈실내의 건구온도가 변하게 되는데 실내의 건구온도가 상승하는 경우 상대습도는 증가하게 되고 이러한 경향이 평균치에 반영되어 물흐림이 있는 모듈의 경우 상대습도가 높게 나타났다. 그러나 실내의 상대습도는 전 모듈에 걸쳐 외기의 평균보다 낮게 나타났다. 상대습도의 변화를 모

듈내 건구온도에 따라 나타내면 Fig. 12~13과 같다. 그림을 살펴보면 상대습도는 건구온도가 증가함에 따라 비교적 직선적으로 하강하고 있으며 이는 수분의 공급이 따로 이루어지지 않는 한 절대습도가 일정하기 때문에 건구온도가 상승하면 자연스럽게 하강하게 되는 것으로 판단된다. 이러한 경향은 오전 오후의 실험 유형에 관계없이 동일한 현상으로 나타났으며, 건구온도와 상대습도 변화의 상관계수는 외기의 경우 모두 -0.89 정도이었으며, 모듈내의 경우 모두 -0.91~-0.96의 범위내에 있었다. 상관계수는 저온수공급실험인 오후의 경우 더욱 강한 상관관계를 나타내었다. 외기 건

온실지붕 차광과 수막 수준에 따른 냉방효과 분석

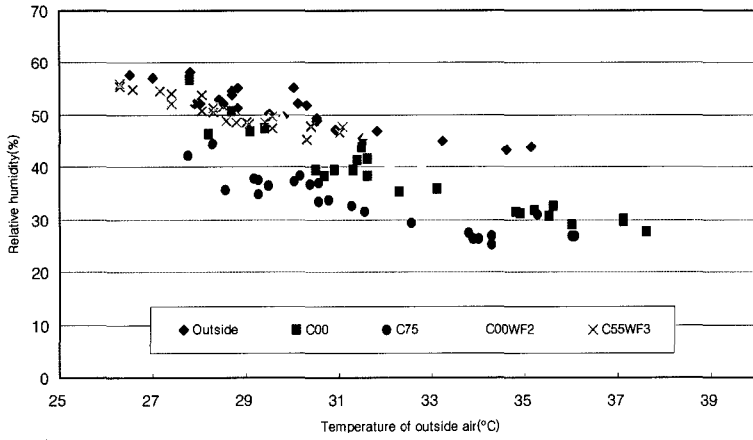


Fig. 12. Relative humidity variation depending on the dry bulb temperature in module for the water flow rate test.

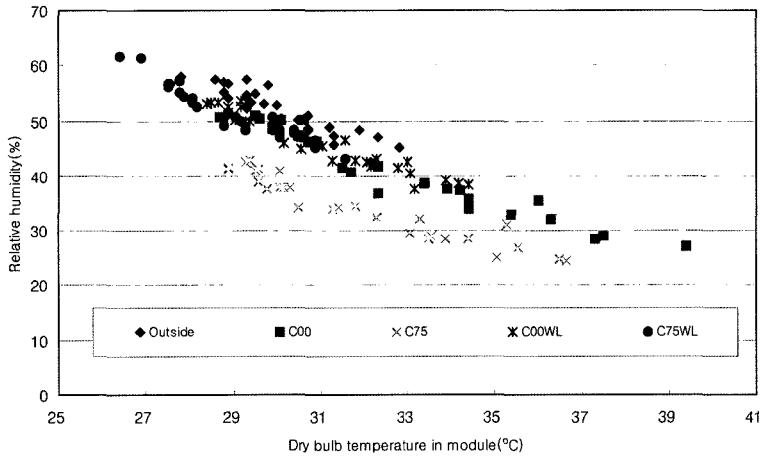


Fig. 13. Relative humidity variation depending on the dry bulb temperature in module for the test of low temperature water.

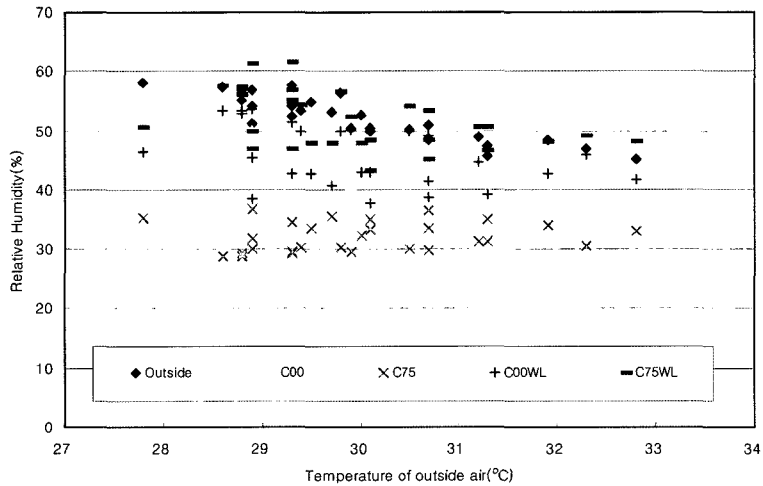


Fig. 14. Relative humidity variation depending on the dry bulb temperature in module for the test of low temperature water.

구온도변화에 따른 모듈내 상대습도의 변화를 살펴보면 Fig. 14와 같다. 그림은 오후의 저온수 실험모드에서의 외기건구온도대 모듈내 상대습도의 변화를 나타내고 있는데 외기상대습도와 필름커버만 있는 C00의 경우에는 외기건구온도의 영향을 받는 것으로 나타나지만 차광막이 있거나 물홀림이 있는 경우에는 외기건구온도의 영향에는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 차광막이 있거나 물홀림이 있는 경우에는 모듈내 건구온도에 따라 변하는 것으로 나타나게 된다.

적 요

하절기 온실재배가 늘어나고 적극적인 온실냉방이 필요해짐에 따라 저비용의 냉방방법 개발이 매우 중요해졌다. 경제적인 냉방방법을 개발하기 위하여 차광율 수준과 물홀림의 상태가 냉각효과에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 실험분석을 위해 온실모형 모듈을 제작하여 차광율수준과 물홀림수준을 조합 변화시켜가며 경시별 측정을 수행하고 변수의 수준별로 비교분석하였다.

1. 외기건구온도가 상승하면 모듈내온도도 상승하는 경향이며, 차광막이 있고 물홀림이 있으면 대체적으로 외기온보다는 낮고 물온도보다는 높은 수준을 나타내고 있다. 한편, 물홀림이 없는 경우에는 차광율의 수준간 건구온도변화가 크지 않은 것으로 나타나고 있다. 물홀림이 없이 차광막만 있는 경우 차광율의 수준이 35%에서 75%로 높아질수록 평균내부온도는 낮아졌지만 외부보다는 1.7~4°C 정도의 높은 온도를 나타내었다. 그러나 물홀림과 차광이 동시에 이루어지는 경우 전체적으로 외부온도보다 낮은 가운데 그 차이가 -0.2~-1.2°C 정도로 외기평균보다 낮게 나타났다. 그러나 물홀림 수준에 따라서는 차이가 나타나지 않았으며, 물홀림은 골고루 분포되도록 분무해 줄 필요가 있는 것으로 판단되었다. 공급되는 물의 온도는 실내온도에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

2. 차광율수준이 높을 수록 모듈내 후구온도는 낮게 나타났다. 그러나 차광막만 설치하여서는 외부의 복사광 차단에 의한 냉각효과를 기대하기 어려우며 차광막과 함께 물홀림을 병행해야 복사광 차단과 함께 복사 냉각효과를 함께 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

3. 물홀림이 있는 경우 표면온도는 수온이하이거나

수온보다 높더라도 1.2°C 이상을 넘지 않았으며, 차광수준이 높을수록 표면온도는 더 낮게 나타났다. 그 이유는 물의 증발냉각에 의해 표면이 냉각되기 때문으로 분석되었다. 필름표면온도의 평균은 차광막의 수준에 관계없이 비교적 일정한 값을 나타내었으나 물홀림이 없는 경우 차광율의 수준이 높을 수록 평균온도는 높게 나타났던 바 이는 차광에 의해 외부 복사광이 차광막에 흡수되었기 때문으로 판단되었다.

4. 상대습도는 건구온도가 증가함에 따라 비교적 직선적으로 하강하였으며, 이는 수분의 공급이 따로 이루어지지 않는 한 절대습도가 일정하기 때문에 건구온도가 상승하면 자연스럽게 하강하게 되는 것으로 판단되었다. 차광막이 있거나 물홀림이 있는 경우에는 외기건구온도의 영향에는 영향을 받지 않고 모듈내 건구온도에 따라 변하는 것으로 나타났다.

주제어 : 건구온도, 물홀림, 상대습도, 온실냉방, 차광막, 후구온도

사 사

본 연구는 2006년 농촌진흥청 시설원예분야 특화사업겸임연구관사업의 일환으로 수행된 것입니다.

인 용 문 헌

1. Choi, Y.H., *et al.* 2000. Effect of greenhouse cooling method on the growth and yield of the tomato cv. Momotaro in warm season. *Journal of Bio-Environment Control.* 9(1):60-65.
2. Chosunilbo. 2006. Articles on the summer cooling. 2006/6/19.
3. Huh, J.C., *et al.* 2000. An examination on cooling effects according to locations of solar shade of single span plastic greenhouses. *Proceeding of the spring season conference of society of the Bio-Environment Control.* 9(1):22-25.
4. Nam, S.W. 2000. Actual utilization and thermal environment of greenhouse according to several cooling methods during summer season. *Journal of Bio-Environment Control.* 9(1):1-10.
5. Willits, D.H. 2002. The effect of shade cloth temperature on the cooling efficiency of shade cloths in greenhouses. 2002 ASAE annual international meeting. Paper number: 024113.