

## 보온단열재의 설치방법에 따른 보온성 효과 분석

김영복<sup>1\*</sup> · 이시영<sup>2</sup> · 정병룡<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과, 농업생명과학연구원,

<sup>2</sup>농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장,

<sup>3</sup>경상대학교 농업생명과학대학 농생명학부 원예학전공, 농업생명과학연구원

## Analysis of the Insulation Effectiveness of the Thermal Insulator by the Installation Methods

Young-Bok Kim<sup>1\*</sup>, Si-Young Lee<sup>2</sup>, and Byoung Ryong Jeong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Bio-machinery Engineering, CALS, IALS,

<sup>2</sup>Protected Horticultural Experimental Station, NHRI, RDA

<sup>3</sup>Department of Horticulture, CALS, IALS

**Abstract.** In this study, the thermal insulation effectiveness of the greenhouse insulators by the installation methods was investigated to find the right installation way of the insulation materials. Physical properties of the insulators such as thickness, air transmissivity, apparent density, ultraviolet rays cutoff ratio, reflectance, thermal conductivity, moisture absorptivity were evaluated and the insulation ability of the insulators were measured by the module experiments. For the same insulator, the insulation ability of the case with the outward direction of the black colored face, i.e., with the inward direction of the white colored face, was better than that of vice versa. The case of the black colored both surfaces was better than the case of the white colored both surfaces. For aluminium reflection material, the case with the outward direction of the lustre face, i.e., with the inward direction of the non-lustre face, was better than that of vice versa. For the same material with the inner thin polyethylene foam (or polyester) and the chemical wool, the case with the outward direction of the inner thin polyethylene foam (or polyester), i.e., with the inward chemical wool, was better than that of vice versa. Addition of the inner thin polyethylene foam increased the insulation effect very much.

**Key words :** effectiveness, greenhouse, installation method, insulator, thermal curtain

### 서 론

우리나라 농업에너지 중 약 45% 이상이 시설원예의 난방을 위해 사용되고 있다(RDA, 2005). 시설원예를 비롯한 시설농업의 필요성은 농업생산의 계절성을 극복하고, 소비자의 안전하면서도 고품질의 농산물 요구에 부응하여 계속적으로 요청될 것이므로 시설농업에 투입되는 에너지의 절감방안이 지속적이고 적극적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다. 시설농업에서의 에너지절감방안 중 가장 우선적이며 적극적으로 논의되어

야 할 분야가 난방에너지를 많이 소모하는 겨울철 온실의 보온성향상이라 할 수 있다. 이와 관련하여 Kim 등(2007), Ko(2009)는 알루미늄반사재의 설치방향연구에서 무광표면을 안쪽으로 유광표면을 바깥쪽으로 향하게 하는 것이 보온성이 좋다고 하였다. 그리고 Chang 등(1996)은 시설하우스에 이용되고 있는 보온커튼의 종류별, 두께별로 물리적, 광학적 특성을 시험 분석하였다. 그 결과 보온 커튼재의 인장응력 시험결과를 보면 인장하중은 3.4~13.4kg 범위이고 인장응력은 0.32~1.82kg/mm<sup>2</sup> 범위에서 커튼이 두꺼워짐에 따라 인장하중은 증가하나 인장응력은 큰 차이가 나타나지 않았으며, 폴리프로필렌계가 신장율이 크고, 폴리에스테르계는 인장 하중과 응력이 큰 경향을 보였다. 또한,

\*Corresponding author: youngkim@gnu.ac.kr  
Received October 23, 2009; Revised November 2, 2009;  
Accepted November 17, 2009

## 보온단열재의 설치방법에 따른 보온성 효과 분석

광투과성은 390~1100nm 파장대 범위에서 평균 50.3~81.7% 범위로 보온커튼재가 두꺼울수록 광투과율이 낮고 상대적으로 차광율이 높아지며, 비슷한 두께에서 폴리프로필렌계가 폴리에스테르계보다 광투과율이 20~30% 더 높은 것으로 나타났다. 보온율은 18.2~41.1% 범위에서 보온재가 두꺼워질수록 증가하였으며, 폴리프로필렌계가 폴리에스테르계보다 보온율이 다소 높은 경향을 보였다. 그리고, 보온커튼재는 폴리프로필렌계가 신장율, 보온성, 광투성 측면에서 우수하고 폴리에스테르계가 인장응력이나 차광성 측면에서 우수하다고 하였다. Kim 등(2000)과 Chandra와 Albright(1989)는 온실의 보온을 위한 보온커튼의 겹수와 반사율 등 물리적 특성이 보온성에 미치는 영향에 대하여 이론적으로 분석한 바 있다. 그리고 Lee(2003)는 온실 커튼소재별 보온효과 및 설치방법 구명연구에서 온실용 보온커튼소재별 보온력은 알루미늄스크린이 부직포보다 열관류량이 적어 보온성이 높은 것으로 나타났으며, 알루미늄 + 화학섬 + 알루미늄 3겹보온소재가 알루미늄스크린에 비해 열관류량이 34% 적었고, 조합형 다겹보온소재(부직포 + 폴리폼 + 화학섬 + 폴리폼 + 부직포 + 폴리프로필렌)가 3겹보온소재에 비해 열관류량이 30% 적어 조합형 다겹보온소재의 보온효과가 가장 좋은 것으로 나타났다고 하였다. Kwon 등(2004)은 보온피복 재료 및 방법이 플라스틱하우스의 보온력과 토마토의 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하고자 수행한 연구에서 다겹보온덮개(카시미론 8온스 1겹 + 폴리폼(1mm) 4겹 + 부직포 2겹 + 폴리프로필렌 1겹 + 흑색네트차광망 1겹)를 이중하우스 구조의 외면에 피복한 것이 이중하우스 구조의 내부에 피복한 것에 비해 하우스내 야간의 기온과 지온은 낮았으나 광투과율이 높아서 토마토 상품수량이 약 2% 증가한다고 하였다. 그리고 다겹보온덮개를 피복하지 않고 이중하우스 구조의 내부에 EVA커튼을 설치한 것에 비해서는 하우스내 야간기온이 3°C 높게 유지되어 수확기가 약 1일 빨라지고 토마토 과실

도 19% 증수된다고 하였다. 한편, 이중하우스 외면에 다겹보온덮개를 피복하고 내부에 보온커튼(알루미늄 + 직물)을 설치한 것은 다겹보온 덮개를 피복하고 보온커튼을 설치하지 않은 것과 이중하우스에 다겹보온덮개를 피복하지 않고 EVA커튼만 설치한 것에 비해 하우스내 기온이 각각 2.2°C와 4.5°C 높게 유지된다고 하였다. 또한, 이러한 보온효과에 의해 토마토 과실수량도 각각 18%와 37%가 되었다고 하였다. 따라서 남부지역에서 저온기에 다겹보온덮개를 이중 플라스틱하우스 구조의 외면에 피복하고 내부에 보온성이 높은 커튼자재를 사용하면 기온을 하지 않거나 최소한의 난방비로 토마토를 재배할 수 있음을 시사해 준다고 하였다.

본 연구에서는 농업현장에서 사용하는 보온재를 개발하고 사용하는 과정에서 그 사용방법상의 차이에 따라 보온성이 어떻게 변하는가를 분석하여 올바른 사용방법을 제시하고자 하였다. 즉, 보온재를 구성하는 재료가 비록 같은 재료라 하더라도 보온재간의 색깔이 다른 경우, 그리고 동일한 보온재의 앞뒤의 색깔이 다른 경우, 알루미늄반사재와 같이 앞뒤가 그 특성이 다른 경우 각각의 경우에 대하여 재료가 어느 방향을 보도록 설치하는가에 따라 보온성이 어떻게 달라지는가를 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

여러 가지 보온재의 상대적인 보온성 비교분석을 위하여 실험장치를 제작하고 실험 분석하였다. 보온단열재의 색깔, 방향, 구성재료 등의 영향을 분석하기 위하여 Table 1에 나타난 바와 같이 모듈을 구성하고 실험과 분석을 실시하였다. 즉, 재료가 동일하다고 하더라도 설치방법에 따라 보온성이 어떻게 달라지는가를 분석하기 위하여 흑색과 백색의 방향에 따른 효과를 분석하였고, 구성물질이 동일하면서 색깔이 다른 경우

**Table 1.** Comparison items for the effect analysis.

Effect analysis item	Module
Surface color	Black or white
Direction of the color	Inward/outward, Black/white
Number of the inside material layer	Two or three layers of polyethylene foam (1mm)
Direction of the inside materials	Inward/outward, Black fabric polyester (40g)/Chemical wool (4 ounces)
Direction of the lustre face of the Alluminium foil	Inward/outward, lustre face/non-lustre face

도 분석하였다. 아울러 알루미늄의 반사면의 방향에 따른 영향을 분석하였으며, 동일재료이라 하더라도 내부재료의 구성물질 방향에 따른 영향도 분석하였다. 그리고 내부구성물질의 겹수에 따른 영향 등을 분석하였다.

실험은 실제의 사용 농업시설을 고려하여 목재로 모듈을 만들어 바깥 박스에는 비닐을 씌우고 안쪽 박스에는 여러 종류의 보온재의 설치방법을 달리하여 각 모듈별로 보온성을 분석하였다.

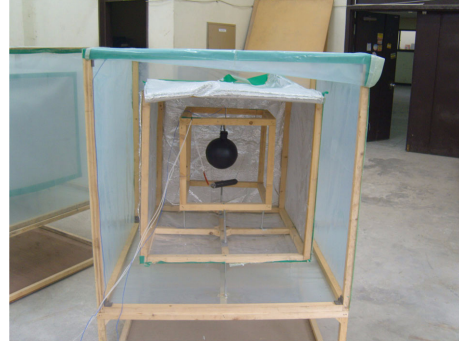


Fig. 1. Experimental module inside view showing the electrical heating rod, black globe, sensors of the air temperature and relative humidity.

### 1. 실험 모듈

실험에 사용된 모듈은 정육각형의 모듈 15개를 만들어 이용하였다. 각 실험모듈은 사각형박스 2개로 구성되며, 2개의 사각형박스의 크기는 가로 × 세로 × 높이가 각각 1,000 × 1,000 × 1,000mm(Box1000), 700 ×

700 × 700mm(Box700)로 하였다. 그리고 Box1000 안에는 Box700이 들어가고, 박스간 6면 사이의 거리는

Table 2. Components of insulators used for the experimental modules.

Module number	Components of insulation material
1	White polyester (Apparent density 479.9kg/m <sup>2</sup> , Thickness 0.2mm, called as minimat 300*300 in market)
2	White polyester (Apparent density 890.1kg/m <sup>2</sup> , Thickness 0.4mm, called as Oxford 300*600 in market)
3	White polyester (Apparent density 884.7kg/m <sup>2</sup> , Thickness 0.44mm, called as Oxford 600*600 in market)
4	4A Alluminum foil-outward direction of the lustre face with the inward direction of the non-lustre face
	4B Alluminum foil-Inward direction of the lustre face with the outward direction of the non-lustre face
5	5A Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Chemical wool (4 ounces) + White fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> )
	5B White fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Chemical wool (4 ounces) + Black fabric polyester (80 g/m <sup>2</sup> )
6	6A Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Black fabric polyester (40g) + Chemical wool (4 ounces) + Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> )
	6B Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Chemical wool (4 ounces) + Black fabric polyester (40g) + Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> )
7	7A White polyester (module 1 material)+ White polyethylene foam (1mm*1layer)+ Chemical wool (4 ounces) + White polyester (module 1 material)
	7B White polyester (module 1 material)+Chemical wool (4 ounces)+ White polyethylene foam (1mm*1layer) + White polyester (module 1 material)
8	White polyester (module 1 material) + Polyethylene foam (1mm*3 layers) + White polyester (module 1 material)
9	White polyester (module 1 material) + Polyethylene foam (1mm*2 layers) + White polyester (module 1 material)
10	White fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Polyethylene foam (IT*3 layers) + White fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> )
11	11A Black polyester (module 1 material) + White threads + White polyester (module 1 material)
	11B White polyester (module 1 material) + White threads + Black polyester (module 1 material)
12	White polyester (module 1 material) + White threads + White polyester (module 1 material)
13	Black polyester (module 1 material) + Black threads + Black polyester (module 1 material)

보온단열재의 설치방법에 따른 보온성 효과 분석

모두 150mm가 되도록 하였다. 각 박스는 가로와 세로가 각각 25mm인 각목을 이용하여 후레임을 제작한 후, Box1000의 주위에는 농업용필름(두께 0.1mm)을 씌우고, Box700 주위에는 분석하고자 하는 보온재를 모듈별로 각각 둘러싸서 조립하였다. 조립과정에서 측정을 위한 계측부가 설치되었으며, 조립된 Box1000은 실험실바닥으로부터 400mm 높이의 사각박스위에 설치하여 바닥으로부터 분리하였다.

모듈내 열량의 공급은 전기히터를 이용하였으며, 전기히터는 모듈내부온도와 안전을 고려하여 40W로 하였다. 그 크기는 직경 20mm, 길이 350mm이며, 핀을 달아 열전달이 촉진되도록 하였다. 설치위치는 내부의 대류 등에 의한 공기온도분포를 고려하여 전기히터를 하단에 설치하였다. 모듈내부의 모양을 나타내면 Fig. 1과 같다.

2. 실험재료

실험재료는 Table 2에 나타낸 바와 같이 13가지로써 앞뒤 색깔이 다른 재료로 구성된 모듈, 보온재내부의 재료가 같은 재료일지라도 그 배치순서가 다른 재료로 구성된 모듈 등으로 구성되어 있다. 보온재의 앞뒤면이 다른 경우는 그 사용방법에 따라 보온성이 달라지는가를 분석하기 위하여 각각 따로 배치된 모듈을 배치하여 비교실험하였다.

3. 실험재료의 물성치

실험재료는 시료를 채취하여 KATRI(한국의류시험연구원) 산업환경연구센터에 보내어 열물리적 특성을 측정하였다. 측정항목은 KATRI와 위탁시험기관인 한국전자재료시험연구원에서 측정가능한 항목 중 보온과 관련된 항목을 중심으로 하여 두께(KS K0506:2006),

Table 3. Physical properties of the insulators.

Module no.	Thickness (mm)	Air transmittance (cm <sup>3</sup> /min/cm <sup>2</sup> )	Apparent density (kg/m <sup>2</sup> )	Light shade rate (%)	UV-A cut rate (%)	UV-B cut rate (%)	Thermal conductivity (W/mK)	Moisture absorption rate (%)
1	0.20	2136.0	479.9	75.93	76.9	91.1	0.0041	136.7
2	0.40	781.2	890.1	80.50	86.3	95.7	0.0123	193.8
3	0.44	1028.4	884.7	81.83	87.2	96.2	0.0101	198.9
4A/4B	1.05	2653.2	680.3	97.73	96.7	97.4	0.0381	44.6
5A/5B	6.40	4471.2	1754.7	99.77	99.9	99.9	0.0206	317.4
6	5.02	2660.4	2236.0	99.83	99.9	99.9	0.0226	289.6
7A/7B	3.96	1388.4	2198.2	89.13	97.7	99.4	0.0212	331.7
8	3.78	112.2	2434.0	93.30	95.5	98.9	0.0338	144.9
9	2.59	8.2	1648.8	86.30	94.9	98.6	0.0248	183.9
10	4.49	101.5	1130.8	83.43	85.4	88.7	0.0388	318.9
11A/11B	1.10	2279.8	1442.1	99.47	99.8	99.8	0.0237	294.6
12	1.53	2786.4	1274.5	83.60	91.8	97.8	0.0210	381.4
13	1.21	2803.2	1462.5	99.87	99.9	99.9	0.0231	320.2

Table 4. Physical properties of the insulators (outward surface).

Module no.	Far infra red emissivity	Far infra-red emissivity energy (W/m <sup>2</sup> )	Reflectance	Module no.	Far infra red emissivity	Far infra-red emissivity energy (W/m <sup>2</sup> )	Reflectance
1	0.886	3.57*10 <sup>2</sup>	54.5	7A			77.2
2	0.884	3.56*10 <sup>2</sup>	64.6	7B	0.883	3.56*10 <sup>2</sup>	77.3
3	0.886	3.57*10 <sup>2</sup>	66.6	8	0.865	3.49*10 <sup>2</sup>	76.4
4A	0.351	1.42*10 <sup>2</sup>	80.7	9	0.868	3.50*10 <sup>2</sup>	76.5
4B	0.444	1.79*10 <sup>2</sup>	75.7	10	0.884	3.40*10 <sup>2</sup>	68.3
5A	0.874	3.53*10 <sup>2</sup>	3.5	11A	0.886	3.57*10 <sup>2</sup>	5.6
5B	0.850	3.43*10 <sup>2</sup>	59.8	11B	0.881	3.55*10 <sup>2</sup>	66.7
6	0.872	3.52*10 <sup>2</sup>	3.2	12	0.883	3.56*10 <sup>2</sup>	74.2
				13	0.887	3.58*10 <sup>2</sup>	2.7

공기투과도(KS K 0570:2006), 결보기밀도(KS M ISO 845:2002), 차광율(KS K 0819:2004), 자외선차단율(KS K 9850:2004), 반사율(Lambda900 UV/VIS/NIR Spectrometer with Integrated Sphere), 열전도율(KS K 0466:2002), 수분흡수율(KS K 0434:2006), 원적외선 방출량(방사율 및 방사에너지, KICM-FIR-1005)으로 하였다. 측정결과는 아래 Table 3, 4와 같다. 표에 나타난 반사율은 380~780nm 파장대에서의 평균을 나타내고 있다.

**4. 계측부 및 실험수행**

실험분석을 위해 계측한 항목은 건구온도, 상대습도 이었다. 모듈내부의 광성분을 측정하였으나 가시광선은 나타나지 않았고, 적외선 범위의 열복사도 일부 모듈에서는 감지되었으나 전체적으로는 안정된 측정값으로 나타나지 않았다. 이는 실험을 모듈내 온도차조성의 필요 때문에 야간실험을 하였고 모듈내 가온 전열봉에 의한 열복사 적외선이 크지 않았기 때문으로 보인다.

외기 온도와 습도는 바닥으로부터 1400mm 위치에서 측정하였다. 열전대는 K 타입의 열전대를 사용하였다. 내부온도 및 습도는 Box700 하단으로부터 500mm

위치에서 측정하였다. 온도와 습도의 측정을 위한 온습도 및 온도로거는 Testo 177-H1, Sato SK-L200TH- $\alpha$ , Testo 177-T4를 사용하였다. 실험은 외부의 바람과 같은 기상조건 영향을 받지 않도록 실내에서 수행하였다.

실험은 2008년 10월 7일부터 2009년 2월 11일까지 여러 차례에 걸쳐 실시하여 명확한 결과가 나오도록 하였다. 실험은 전열봉을 켜기 전부터 데이터를 기록하기 시작하여 전열봉을 켜지 2시간 이후까지 데이터를 측정하였으며, 측정간격은 2분간격으로 측정 저장하였다. 온습도의 변화는 실험기간 중 초기에 변화한 후 거의 일정한 상태를 유지하였으며, 결과에 대한 분석은 내부온도가 일정하게 유지되는 기간의 자료를 이용하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 보온재별 모듈내부건구온도**

모듈내의 경시별 온도변화는 Fig. 2와 같다. 모듈내의 온도는 전열봉을 켜기 시작한 실험초기에 외기온도에서부터 상승하기 시작하여 약 30분이 지나면서부터는 비교적 정상상태에 도달하여 유지되고 있었으며 모

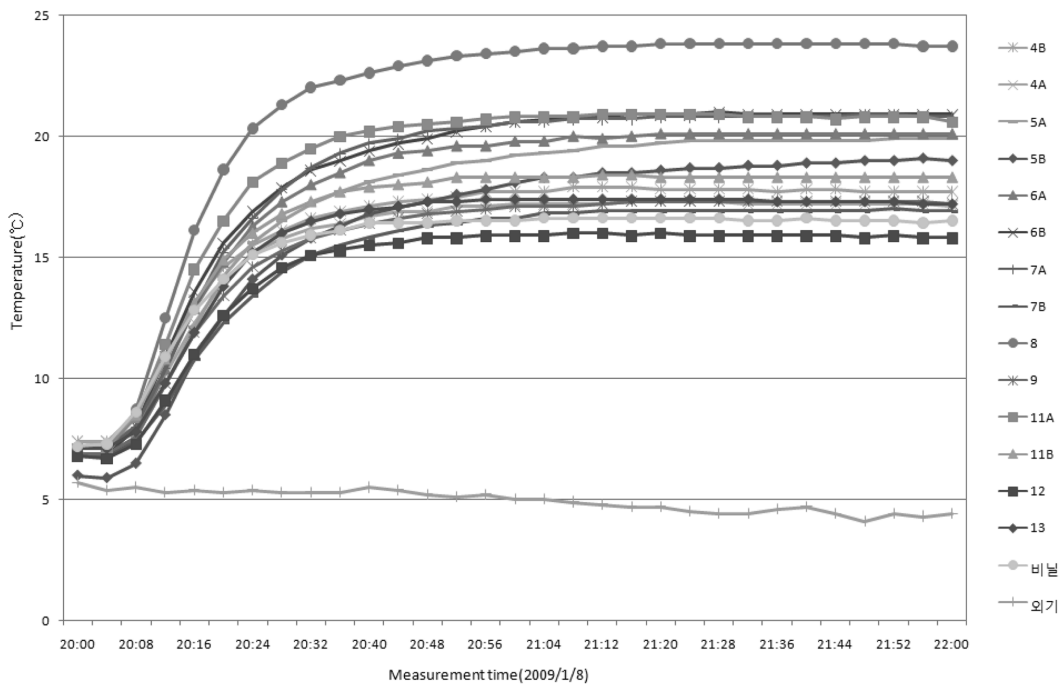


Fig. 2. Variation of the air temperatures inside of the modules depending on time duration.

둘별로 온도차를 유지하고 있었다. 외기온이 약 4°C 정도일 때 모듈내부는 15.8°C에서 23.7°C 사이의 범위에 있었으며, 외기와의 온도차는 모듈별로 12°C에서 19°C의 차이를 나타내었다.

**2. 보온재별 모듈내 상대습도의 변화**

모듈내 상대습도의 변화는 Fig. 3과 같다. 본 실험에서는 겨울실험으로서 전체적으로 상대습도가 상당히 낮은 값을 나타내고 있었다. 실험시작단계에서도 모듈별 내부 건구온도차이에 의해 모듈별 다른 값을 나타내었으며 이런 경향은 4번의 반복실험과정에서 비슷한 현상을 나타내었다.

**3. 보온재설치방법에 따른 보온성 비교**

보온재를 구성하는 재료가 같아 하더라도 색깔이 다른 경우, 앞뒤의 색깔이 다른 경우 설치방법 등에 따라서 보온성의 차이를 알아보기 위하여 비교 실험한 결과는 Fig. 4와 같다.

가장 뛰어난 보온력을 보인 것은 8번 모듈이며 각

실험변수에서 알루미늄반사재의 경우 반짝이는 유광면이 바깥쪽을 향하도록 설치하는 것이 보온성이 좋은 것으로 나타났다. 이 결과는 Kim 등(2007)에 의한 연구, Ko(2009)에 의한 연구결과와 같으며, 유광면은 비유광면과 비교할 때 반사율이 높은 반면 원적외선 방사율과 에너지강도가 낮은 것으로 분석되었다(Table 4 참조).

동일한 재료라 하더라도 색깔의 내외방향에 따라서 보온효과가 어떻게 달라지는가를 알아보기 위한 실험에서 모듈 5A와 모듈 5B는 같은 재료로서 모듈 5A는 흑색이 외향이며 백색이 외향인 경우의 5B보다 상당히 보온효과가 좋은 것으로 나타났다. 뿐만아니라 모듈 11A와 모듈 11B도 같은 재료이지만 모듈 11A는 흑색이 외향인 경우로서 역시 백색이 외향인 모듈 11B보다 매우 좋은 보온성을 나타내었다. 그 물리적 특성을 살펴보면 원적외선 방사율이나 원적외선 방사 에너지는 큰 차이가 없으나 반사율의 경우 두 재료의 경우 모두 흑색이 백색표면에 비해 매우 반사율이 낮으며 반사율이 낮은 표면을 외향으로, 반사율이 높은

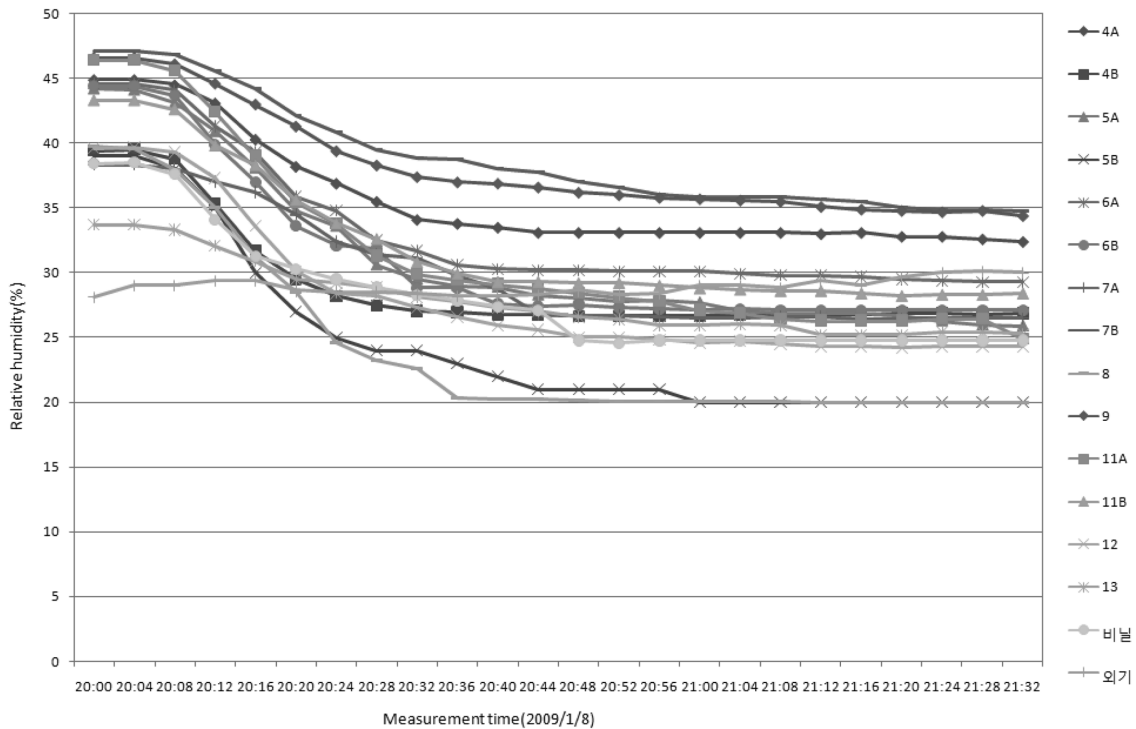


Fig. 3. Variation of relative humidity inside of the module depending on time duration.

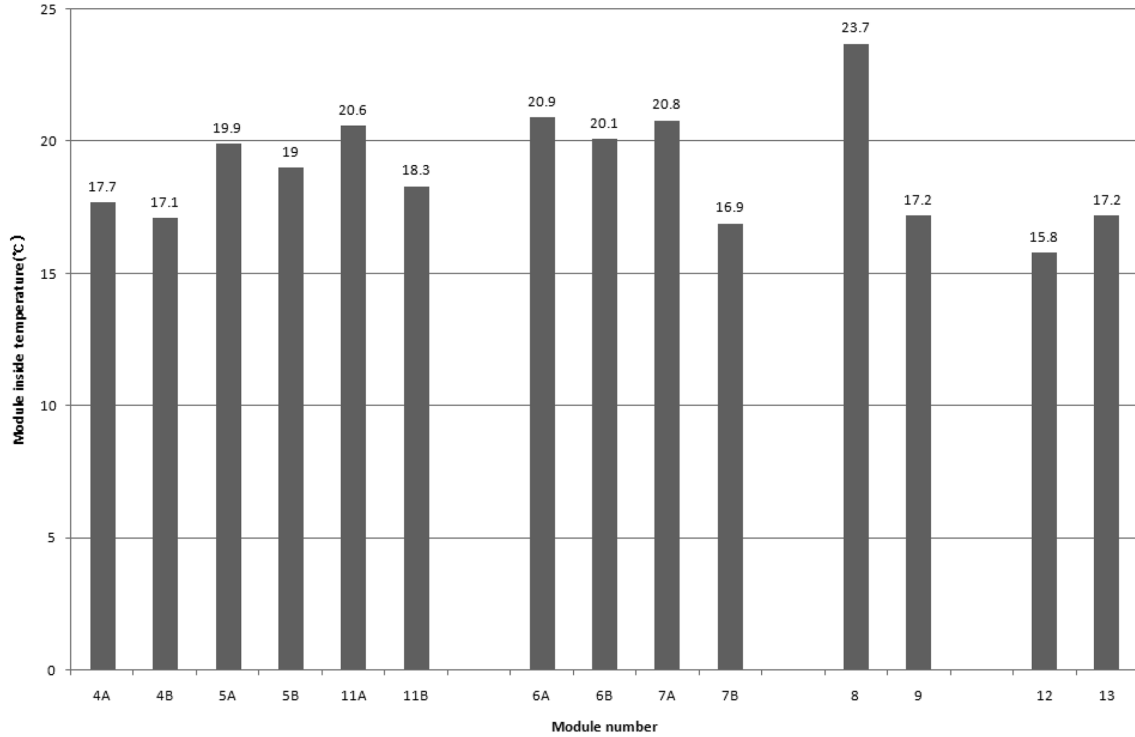


Fig. 4. The insulation effectiveness comparison depending on the installation methods and materials.

Table 5. Effect of the direction of the lustre surface on the inside air temperature for the same material compositions.

Module no.	Module inside temperature (°C)	Material properties of module (From Table 4)		
		Far infra red emissivity	Far infra-red emissivity energy (W/m <sup>2</sup> )	Reflectance (%)
4A	17.7	0.351	1.42*10 <sup>2</sup>	80.7
4B	17.1	0.444	1.79*10 <sup>2</sup>	75.7

Table 6. Effect of the direction of the surface material color on the inside air temperature for the same material compositions.

Module no.	Module inside temperature (°C)	Material properties of module (From Table 4)		
		Far infra red emissivity	Far infra-red emissivity energy (W/m <sup>2</sup> )	Reflectance (%)
5A	19.9	0.874	3.53*10 <sup>2</sup>	3.5
5B	19.0	0.850	3.43*10 <sup>2</sup>	59.8
11A	20.6	0.886	3.57*10 <sup>2</sup>	5.6
11B	18.3	0.881	3.55*10 <sup>2</sup>	66.7

표면을 내향으로 설치하는 것이 보온성이 좋은 것으로 나타났다.

그리고 같은 재료라 하더라도 내부재료의 배치위치에 따른 보온성을 알아보면 모듈 6의 경우 바깥쪽에 부직포를 두고 안쪽에 화학솜과 얇은 흑색부직포(40g) 한 겹을 넣어 만든 재료인데 이 경우 안쪽의 얇은 부직포

가 바깥쪽에 놓이도록 설치하는 것이 안쪽에 놓이도록 설치하는 것보다 보온성이 좋은 것으로 나타났다. 특히, 모듈 7의 경우는 양쪽에 미니마트를 두고 안쪽에 화학솜과 백색 피폰(폴리에틸렌폼 두께 1mm) 한 겹을 넣어 만든 재료인데 이 재료의 경우도 백색 피폰이 바깥쪽에 놓이도록 설치하는 것이 그 반대의 경우보다 매

보온단열재의 설치방법에 따른 보온성 효과 분석

**Table 7.** Effect of the surface color on the inside air temperature for the same material compositions.

Module no.	Specification	Module inside temperature (°C)
6A	Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Black fabric polyester (40g) + Chemical wool (4 ounces) + Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> )	20.9
6B	Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> ) + Chemical wool (4 ounces) + Black fabric polyester (40g) + Black fabric polyester (80g/m <sup>2</sup> )	20.1
7A	White polyester (module 1 material) + White polyethylene foam (1mm*1layer) + Chemical wool (4 ounces) + White polyester (module 1 material)	20.8
7B	White polyester (module 1 material) + Chemical wool (4 ounces) + White polyethylene foam (1mm*1layer) + White polyester (module 1 material)	16.9

**Table 8.** Effect of layer number of the polyethylene foam (1mm) inside the insulator on the inside air temperature.

Module no.	Specification (From Table 4)	Module inside temperature (°C)	Temperature difference (°C)
8	White polyester (module 1 material) + Polyethylene foam (1mm*3 layers) + White polyester (module 1 material)	23.7	+6.5
9	White polyester (module 1 material) + Polyethylene foam (1mm*2 layers) + White polyester (module 1 material)	17.2	

**Table 9.** Effect of the insulator material color on the inside air temperature.

Module no.	Module inside temperature (°C)	Temperature difference (°C)	Material properties of module(From Table 4)		
			Far infra red emissivity	Far infra-red emissivity energy (W/m <sup>2</sup> )	Reflectance (%)
12	15.8		0.883	3.56*10 <sup>2</sup>	74.2
13	17.2	+1.4	0.887	3.58*10 <sup>2</sup>	2.7

우 큰 차이로 보온성이 높음을 알 수 있었다.

그리고 모듈 8번과 모듈 9번은 각각 같은 재료를 사용하면서 안쪽에 피폰(폴리에틸렌폼 1mm)을 두겹 넣은 경우와 세 겹 넣은 경우로서 한겹을 더 넣은 모듈 8번이 모듈 9번에 비해 매우 보온성이 좋은 것을 알 수 있었다.

동일한 재료이면서 표면이 색깔이 다른 경우를 비교하기 위한 실험에서 모듈 12번은 전체가 백색, 모듈 13번은 전체가 흑색으로서 흑색인 경우가 백색인 경우에 비해 보온성이 매우 좋은 것으로 나타났다. 이는 역시 원적외선방사율이나 원적외선방사에너지의 크기는 거의 같지만 반사율이 적은 쪽이 훨씬 보온성이 좋은 것으로 나타났다.

**적 요**

보온단열재의 열물리적 특성에 따라 보온성이 어떻

게 달라지는가를 분석하여 그 개발방향과 올바른 사용 방법을 알아보고자 실험장치를 제작하고 실험 분석하였다. 그 내용을 요약정리하면 다음과 같다.

실험은 실제의 사용 농업시설을 고려하여 목재로 모듈을 만들어 바깥 박스에는 비닐을 씌우고 안쪽 박스에는 보온재를 씌운 다음 모듈내부에서 가열되는 과정에서 각 모듈의 보온성을 측정 분석하고, 보온재의 열물리적 특성을 측정하고 비교함으로써 보온재의 종류와 물리적 특성에 따른 보온효과를 분석하였다.

실험재료의 열물리적 특성은 KATRI(한국의류시험연구원)와 한국전자제시험연구원에서 측정가능한 항목 중 보온과 관련되는 항목을 중심으로 하여 두께, 공기투과도, 걸보기밀도, 차광율, 자외선차단율, 반사율(380~1200nm), 열전도율, 수분흡수율, 원적외선방사율 및 원적외선방사에너지를 측정하였다. 모듈내의 건구온도는 전열봉을 켜기 시작한 실험초기에 외기온도에서부터 상승하기 시작하여 약 30분이 지나면서부터는 비교적 정



상상태에 도달하여 유지되고 있었으며 모듈별로 다른 온도차를 유지하고 있었다. 보온재별 모듈내외의 온도차는 모듈별로 최저 8.4°C에서 최대 17.5°C까지의 온도차이를 나타내고 있었다. 가장 보온성이 좋은 모듈은 모듈 8번으로서 다른 모듈들보다 현격하게 좋은 보온성을 나타내었으며, 모듈 8번은 양쪽 표면을 미니마트로 하고 내부에 백색폴리에틸렌포움 1mm 두께 세겹을 넣은 것이었다. 보온재의 표면 색깔이 앞뒤가 다를 때에는 흑색이 바깥방향을 향하도록 하고 백색이 안쪽을 향하도록 하면 그 반대의 경우보다 보온성이 상당히 커지는 것을 알 수 있었고, 양쪽면이 흑색인 경우가 양쪽면이 백색인 경우보다 더 보온성이 좋은 것으로 나타났다. 실험모듈 전체에서 흑색의 경우 백색에 비해 반사율이 훨씬 적은 값을 나타내었다. 알루미늄반사재의 경우 반짝이는 유광면이 바깥쪽을 향하도록 설치하는 것이 보온성이 좋은 것으로 나타났다. 같은 재료라 하더라도 내부의 재료가 어느 방향을 보도록 하는가에 따라서도 보온성이 달라지는 것으로 나타났다. 바깥쪽에 부직포를 두고 안쪽에 화학솜과 얇은 흑색부직포(40g) 한겹을 넣어 만든 재료의 경우 안쪽의 얇은 부직포가 바깥쪽에 놓이도록 설치하는 것이 안쪽에 놓이도록 설치하는 것보다 보온성이 좋은 것으로 나타났다. 그리고, 양쪽에 미니마트를 두고 안쪽에 화학솜과 백색 피폰(폴리에틸렌포움 두께 1mm) 한겹을 넣어 만든 재료의 경우 백색 피폰이 바깥쪽에 놓이도록 설치하는 것이 그 반대의 경우보다 매우 큰 차이로 보온성이 높아지는 것을 알 수 있었다. 보온재를 구성하는 겹수의 효과를 알아보기 위한 실험에서 재료는 같은 재료를 사용하면서 안쪽에 피폰(폴리에틸렌포움 1mm)을 두겹 넣은 경우와 세 겹 넣은 경우에서 한겹을 더 넣은 모듈이 매우 보온성이 좋은 것을 알 수 있었다.

**주제어** : 단열재, 보온커튼, 설치방법, 온실, 효율

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 현안기술연구사업단 과제(과제번호: 20070301-036-001-001-02-00)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

1. Chang, Y.S., K.Y. Oh, S.H. Kim, J.G. Jeun, K.C. Kang, and D.H. Chyong. 1996. Study on the physical properties of the greenhouse thermal curtains. *Journal of Bio-Environment Control* 5(1):34-42 (in Korean).
2. Kim, Y.B. 2000. *Bio-systems simulation*. Gyeongsang national University Press (in Korean).
3. Kim, Y.B., J.C. Park, M.R. Huh., S.Y. Lee, and S.W. Jeong. 2007. Effectiveness of the aluminum thermal screens depending on the allocation type. *Journal of Bio-Environment Control*. 16(4):284-290 (in Korean).
4. Ko, K.D. 2009. Insulation effectiveness depending on the greenhouse insulation methods. RDA. <http://blog.naver.com/hyjjung?Redirect=Log&logNo=140066786847> (in Korean).
5. Kwon, J.K., J.H. Lee, N.J. Kang, K.H. Kang, and Y.H. Choi. 2004. Effectiveness study on the insulation effect and yields of tomato depending on the thermal insulator materials and methods of the plastic house. *Journal of Bio-Environment Control* 13(4):251-257 (in Korean).
6. Lee, S.Y. 2003. Study on the thermal insulation effectiveness and installation method depending on the thermal curtains. RDA (in Korean).
7. Pitam Chandra and L.D. Albright. 1989. Analytical determination of the effect on greenhouse heating requirements of using night curtains. *TRANSACTIONS of the ASAE* 23(4):994-1000
8. RDA. 2005. *The principle and application of the Agricultural energy technology* (in Korean).