

## 시설하우스용 보온커튼재의 물리적 특성에 관한 연구

장유섭 · 오권영 · 김승희 · 전종길 · 강금춘 · 정두호  
농업기계화연구소

## Study on the Physical Property of Thermal Curtains for Greenhouse

Chang, Y. S. · Oh, K. Y. · Kim, S. H. · Jeun, J. G. · Kang, K. C. · Chyong, D. H.  
National Agricultural Mechanization Research Institute, RDA

### Abstract

This study was conducted to investigate the physical and optical properties of polypropylene and polyester thermal curtains, in which tensile strength, heat reservance and light transmission of two different materials were measured.

The results from this study are as follows.

1. The tensile weight of different materials were ranged from 3.4kg to 13.4kg, according to the thickness of materials, but that no difference in the tensile strength was appeared between the two materials. The Elongation of polypropylene materials and the tensile weight and strength of polyester materials were greater than any other materials.

2. The light transmittances of two materials were ranged from 50.3% to 81.7%, light transmittances in polypropylene were higher by 20 ~ 30%, than those in polyester.

3. The heat reservances of two materials were ranged from 18.2% to 41.2%, in which polypropylene showed better performance than polyester.

4. From the results of the test, the polypropylene thermal material was better in elongation, heat reservances and light transmittances, but polyester thermal material was better in tensile strength and light isolation than the other material.

키 워 드 : 보온커튼, 인장응력, 신장율, 보온성, 광투과성

Key words : thermal curtain, tensile strength, elongation, heat reservance,  
light transmittance

### 서 론

우리 나라 시설원예는 현대화 대형화 사업

추진으로 매년 증가하고 있는 추세에 있으며, 시설하우스의 보온커튼도 대형시설의 보급과 더불어 증가하고 있다. 보온커튼재로 이용되

고 있는 부직포의 보급은 1990년 910.9ha에서 1994년 5,008.8ha로 5년 사이에 약 5배 증가하였으며 매년 급증하고 있다<sup>16)</sup>. 시설하우스 보온커튼재는 저온기 온실 열에너지 절감 차원에서 매우 중요한 시설자재이며 보온커튼자재인 부직포를 온실에 설치하면 25% 이상의 에너지 절감효과를 얻을 뿐만 아니라 습도를 낮추어 각종 병발생을 현저히 줄여서 작물의 품질을 높이는 효과가 있다<sup>1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13)</sup>. 그러나 보온커튼재의 중요성에 비추어 시설원의 구조와 환경관리에 관한 연구에 비하여 보온커튼재의 부직포에 관한 물리적, 기계적 성질이나 광투과성 및 보온성에 관한 연구는 매우 미진한 실정이다. 특히 부직포는 압축성형소재로써 설치 사용시 내력저하, 인장후 회복력이 없고 가격이 비싸고 파손이 우려되며 회사별로 압축성형 과정 차이로 물리성이 저하되고 제조형상에 따른 재료별, 두께별로 광투과성 및 보온성의 차이로 실제 농가에서 선택에 많은 애로가 있어 이러한 문제점에 대한 검토가 절실하게 요구되고 있다<sup>4, 5, 6, 7, 14, 17, 18)</sup>. 따라서 본 연구에서는 시판 사용되고 있는 보온커튼재의 재료별, 두께별특성을 구명하여 자재규격화에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법



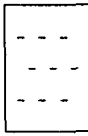
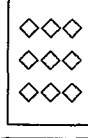
### 1. 공시재료

본 시험에서 사용된 공시재료는 원예용시설에서 보온커튼재료로 많이 이용되고 있는 부직포로서 폴리프로필렌(polypropylene) 3종과 폴리에스터(polyester) 1종을 Table 1과 같이 공시하였으며, 보온커튼재의 형상 및 두께별로 3~5수준으로 하고 재료별 두께별로 인장강도 등 물리적 특성, 광투과성, 반사성 등 광학적특성 및 보온성 시험 등을 하였다.

### 2. 시험방법

가. 보온커튼재의 인장 및 신장시험  
보온커튼재의 인장 및 신장시험은 Fig. 1에

Table 1. Specification of experiment material (Non-woven fabrics).

Item	Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness per weight (g/m <sup>2</sup> /mm)	
Polypropylene	A 	0.22	41.14	187.00
		0.37	80.37	213.22
		0.47	101.23	215.38
	B 	0.24	38.52	160.48
		0.31	48.32	161.06
		0.36	59.17	164.35
		0.41	79.71	194.41
	C 	0.27	41.79	154.78
		0.40	67.57	168.94
		0.39	81.80	209.73
		0.66	153.36	232.36
	<polyester>	D 	0.16	41.07
0.24			58.80	245.00
0.28			79.29	283.19
0.39			100.91	258.74

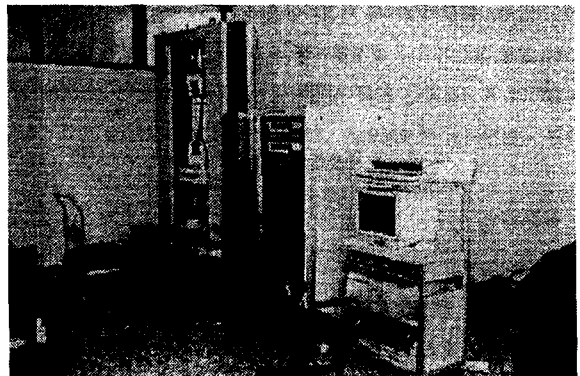


Fig. 1. Experimental equipment for tensile load and elongation measurement.

에서 보는 바와 같이 하중, 속도, 신장율을 검출하는 측정부, 크로스헤드속도, 하중범위 및 재료를 선택하는 제어부 및 측정데이터를 저장하고 인쇄하는 출력부로 구성된 만능재료시험기(UTM-30, 대광기전)를 사용하여 한국공업규격 KS k 0520의 인장시험용 래블스트립(Ravellestrip Method)으로 시험하였다<sup>4)</sup>. 시험편은 보온커튼재가 외부에서 어떤 물리적인 힘이 가해지지 않은 부위에서 시료를 채취하여 가로 2.5cm, 길이 13cm로 제작하였으며 재료시험기기의 크로스헤드속도는 시편이 20초 이내에 절단될 수 있도록 30mm/min로 하여 정속 인하식방법으로 시험하였다.

최대인장하중, 항복하중 측정은 시험편의 상태가 결합력이 완전히 손상된부분에서 절단으로 간주하여 분석하였으며, 신장율은 최대하중이 작용할 때의 표선간의 거리를 시험전 표선간의 거리로 나누어 산정하였다.

나. 광투과성시험

광투과성 및 반사율 측정에 이용한 시험장치는 파장대 영역이 390~110nm 이며 표준파장밴드 폭이 6nm인 분광분석계로서 할로겐램프를 광원으로 사용하는 것으로 Fig. 2와 같다.

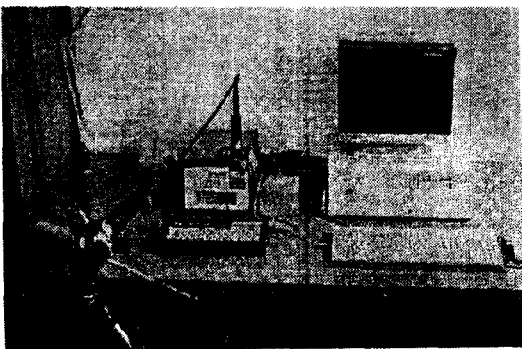


Fig. 2. Experimental equipment for light transmission measurement.

본 측정장치는 할로겐램프에서 시험샘플에 광원을 조사하여 투과광과 반사광을 수감하는

적분구(LI 1800-12B)와 적분구에서 수감한 광을 파장대별로 저장하는 방사계(LI 1800)로 구성되어 있다, 시험에 이용한 시험편은 보온재를 펼친 상태에서 광에 의한 노화영향이 적은 중앙부위에서 3편의 시료를 채취하였다. 시험방법으로 광투과율은 샘플포트에 시험편을 설치하고 램프포트 A에 광램프, 램프포트 B에 Hollow black, 램프포트 C에 백색플러그를 설치하였으며, 돛트색상(Dot color)은 황색으로 시험편을 투과하는 광량이 방사계에 입력저장 되도록 하였다. 광투과율(식 1)과 광반사율(식 2)은 표준광의 출력과 센서에 의해 감지된 출력의 비로 분석되며, 흡수율(식 3)은 표준광의 출력에서 광투과율과 반사율을 제외한 출력값으로 분석된다.

$$R_s = \frac{(I_{st} \cdot R_r)}{I_r} \times 100(\%) \dots\dots\dots (1)$$

$$R_s = \frac{(I_{sr} \cdot R_r)}{I_r} \times 100(\%) \dots\dots\dots (2)$$

$$I_s = (1 - (I_{sr} + I_{sr}) \cdot \frac{R_r}{I_r}) \times 100(\%) \quad (3)$$

여기서,

$I_r$  : reference material에 조사된 적분구 출력 ( $W/m^2$ )

$I_{st}$  : 시험편을 투과한 광출력 ( $W/m^2$ )

$I_{sr}$  : 시험편에서 반사한 광출력 ( $W/m^2$ )

$R_r$  : 적분구 반사도 ( $\approx 1$ )

다. 보온성시험

보온성시험장치는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 한국공업규격 KS0466에 준하여 가열부의 온도, 전압 및 시간을 조절하고 이때 흐르는 전류를 측정할 수 있는 측정부와 시험편에 열량을 공급하는 시험판과 보호판, 열량을 공급하는 열선 및 시험판과 보호판의 온도를 일정하게 유지시켜 주는 밀판과 열선으로 구성된 가열부로 구성되어 있으며, 시험방법은 시험편을 시험판과 보호판을 덮을 수 있는 300×300mm로 보호커튼재료의 중앙부위에서 채취하여, 가열부 상부에 설치하고 측정부에서 시험판, 보호판 밀판의 온도를 35℃로 조정하고 가열부 보호상자내 온도를 19.5~20.5℃로 유

지하도록 하였다<sup>5,6)</sup>. 이때 전력이 소요되는 총 시간을 1시간으로 하였으며 시험관에서 소비되는 전력량을 타이머로 측정하였으며, 보온율의 분석은 다음 식으로 산정하였다.

$$\text{보온율} = (1 - \frac{b}{a}) \times 100(\%) \dots\dots\dots (4)$$

여기서,

a : 시험관의 공시험시 발열량(Watt)

b : 시험관의 설치시 발열량(Watt)

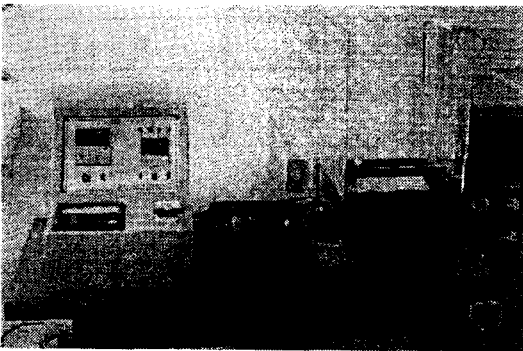


Fig. 3. Experimental equipment for heat reservation measurement.

## 결과 및 고찰

### 1. 보온 및 커튼의 인장하중과 신장율

재료, 두께별 인장하중은 길이방향과 폭방향으로 구분하여 Table 2에 나타내었고, 인장응력은 Table 3에 나타내었다.

인장하중은 재료의 종류와 두께뿐만 아니라 방향에 따라 영향을 받기 때문에 커튼재가 두꺼워짐에 따라 인장하중이 증가하고 폭방향보다는 길이방향의 인장하중이 더 큰 경향이 나타났으며, 인장응력에서는 재료간에 상당한 차이를 보이고 있으나 두께별로는 큰 차이가 나타나지 않았다.

재료 및 방향별 인장하중의 변화를 보면, 인장하중은 폴리프로필렌 계열이 3.4~13.2kg, 폴리에스터는 7.3~13.4kg의 범위에서 커튼재

가 두꺼워짐에 따라 인장하중이 증가하며, 폴리에스터가 폴리프로필렌보다 두께에 비하여 인장하중이 높게 나타나고, 길이방향이 폭방향보다 인장하중이 더 큰 것을 알 수 있다.

커튼재의 인장응력은 0.32~1.82kg/mm<sup>2</sup> 범위로 나타났으며, 커튼재가 두꺼워짐에 따른 차이는 크게 나타나지 않았고, 재료별의 인장응력에서 차이가 크게 나타난 것을 볼 수 있다. 이것은 Table 4에서 보는 바와 같이 재료소재의 인장응력이 상당히 크게 나타난 것을 볼 수 있으며, 이 소재를 원료로 하여 장식유화 공정을 거쳐 압축성형 하였기 때문에

Table 2. Tensile load for the different materials of thermal curtains.

Item(mm)	Lengthwise		Crosswise	
	Yield point load (kg)	Ultimate load (kg)	Yield point load (kg)	Ultimate load (kg)
Polypropylene				
A 0.22	5.06	6.23	4.05	5.14
0.37	6.67	8.64	4.20	5.74
0.47	9.12	12.35	5.68	7.86
B 0.24	2.44	3.40	1.14	2.01
0.31	2.62	5.52	1.65	2.31
0.36	3.31	4.34	1.86	2.82
0.41	3.98	5.52	2.74	2.94
0.50	4.64	5.32	3.04	4.17
C 0.27	4.05	5.04	1.72	2.33
0.39	4.09	5.71	3.86	5.34
0.40	5.34	6.51	4.28	5.74
0.65	9.76	13.17	7.93	10.17
<Polyester>				
D 0.16	5.43	7.28	4.33	5.91
0.24	8.05	9.45	7.08	7.63
0.28	10.44	11.95	8.66	11.48
0.39	12.40	13.39	10.22	13.51

Table 3. Tensile strength for the different materials of thermal curtains.

Item(mm)	Lengthwise		Crosswise	
	Yield point strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Ultimate strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Yield point strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Ultimate strength (kg/mm <sup>2</sup> )
<b>Polypropylene</b>				
A 0.22	0.92	1.13	0.74	0.93
0.37	0.72	0.93	0.45	0.62
0.47	0.96	1.34	0.61	0.85
B 0.24	0.41	0.57	0.24	0.34
0.31	0.34	0.46	0.21	0.30
0.36	0.37	0.48	0.21	0.31
0.41	0.45	0.52	0.27	0.29
0.50	0.32	0.44	0.24	0.33
C 0.27	0.6	0.65	0.25	0.36
0.39	0.42	0.59	0.40	0.55
0.40	0.53	0.65	0.43	0.57
0.66	0.59	0.80	0.48	0.65
<b>&lt;Polyester&gt;</b>				
D 0.16	1.36	1.82	1.08	1.48
0.24	1.34	1.57	1.18	1.27
0.28	1.49	1.71	1.24	1.64
0.39	1.27	1.37	1.05	1.39

Table 4. Tensile strength and elongation rate of the materials<sup>4, 7)</sup>.

Item	Tensile strength(kg/mm <sup>2</sup> )	elongation rate (%)
Polypropylene	3.0~3.9	200~700
Polyester	18~35	0.5~2.0

2차 가공된 커튼재료에서도 같은 경향을 보인 것으로 판단되었다.

한편, 보온재의 신율을 보면, 장섬유의 조직이 파손되는 순간을 항복신율로 하고 섬유소의 결합이 완전히 상실되는 부분에서 최대신율로 설정하여 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 커튼재의 형식별로 보면, 재료별 신율은 폴리프로필렌이 14.7~163.5 % 범위이고, 폴리에스터는 5.1~34.6 % 범위로서 폴리프로필렌이 신장을 측면에서는 매우 우수한 것을 알 수 있으며, 특히 C형의 0.27, 0.39mm는 다른 커튼재보다 첨가제와 압축성형 방법이 다소 다르기 때문에 나타난 결과였다. 재료별, 두께별 인장하중과 신장율을 길이방향과 폭방향으로 나누어 Fig. 4, Fig. 5에 예시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 길이방향과 폭방향의 인장하중과 신장율의 관계가 재료별, 두께별 특성을 잘 나타내고 있다.

## 2. 보온커튼재의 광투과성

재료별, 두께별 광투과율과 반사율은 Table 6에 나타내었다. 광투과율은 재료의 종류, 두께 또는 제조형상에 따라 영향을 받기 때문에

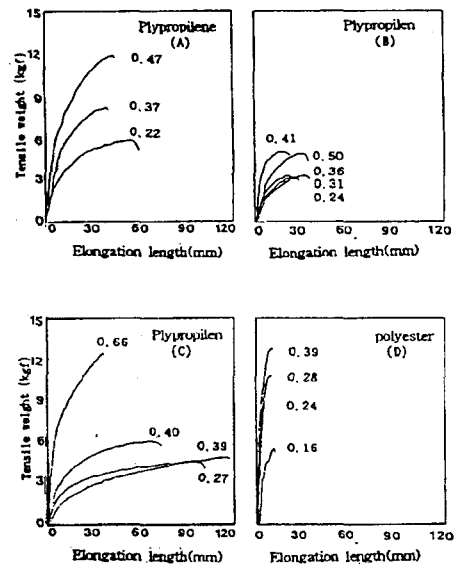


Fig. 4 Elongation length to tensile weight for the material of thermal curtains (Lengthwise).

Table 5. Elongation for the different materials of thermal curtains.

Item	Lengthwise		Crosswise	
	Yield point elongation (%)	Ultimate elongation (%)	Yield point elongation (%)	Ultimate elongation (%)
Polyethylene				
A 0.22	33.1	77.3	33.1	77.2
0.37	24.6	56.7	31.3	71.7
0.47	25.7	59.4	32.3	75.2
B 0.24	16.9	37.8	20.2	45.9
0.31	14.7	32.5	20.0	45.4
0.36	19.8	45.0	20.6	46.8
0.41	20.1	45.5	17.4	39.1
0.50	9.3	19.3	25.4	58.6
C 0.27	54.5	129.5	36.9	86.5
0.39	68.5	163.5	68.5	163.5
0.40	41.3	97.4	59.5	141.7
0.66	22.8	52.2	33.2	77.4
Polyester				
D 0.16	7.9	15.9	8.2	16.5
0.24	5.1	8.9	15.6	34.6
0.28	6.4	12.1	7.2	14.1
0.39	6.3	11.9	7.6	15.0

두께가 증가함에 따라 감소하며, 반사율은 증가하는 경향으로 나타났다.

광투과율을 재료별로 보면, Table 6에서 보는 바와 같이 폴리프로필렌 계열은 두께가 0.22~0.66mm 범위에서 광투과율이 평균 50.3~81.7%로 두께가 증가할수록 감소하였으며 폴리에스터 계열은 두께가 0.16~0.39mm 범위에서 평균 42.2~63.2%로 나타나 비슷한 두께에서 폴리에스터가 폴리프로필렌보다 광투과율이 20~30% 더 낮은 것으로 나타났다. 이것은 폴리에스터수지의 특성으로 투명도가 폴리프로필렌보다 낮기 때문에 나타나는 경향으로 판단된다<sup>16,17)</sup>.

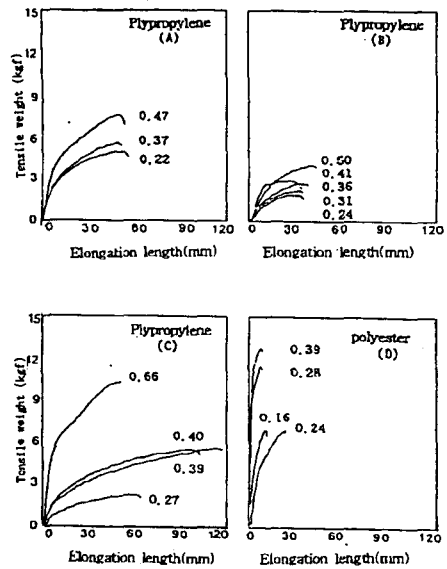


Fig. 5. Elongation length to tensile weight for the material of thermal curtains (Crosswise).

Table 6에서 보는 바와 같이 반사율은 광투과율이 높을수록 상대적으로 낮아지며, 두께가 증가할수록 흡수율이 다소 높아지는 것으로 나타났다. 한편, 커튼재 A, B 형은 제시된 자료와 본 시험을 비교하여 보면, 폴리프로필렌 가운데 A형은 두께위집에 따라 차광율이 25~45% 범위에서 증가하여 반사율과 흡수율을 고려한 시험결과는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 투광율로 표시된 B형과 비교하여 보면, 시험결과는 투광율이 60~81%의 범위로 표시된 투광율보다 다소 크게 나타났는데, 이와 같은 현상은 보온커튼 장삼유를 압축성형하는 과정을 거쳐 직포화하고, 투광도를 부여하기 위하여 직포에 사각형의 작은 반투명 부분을 부여하여 압축한 결과 두께가 균일하게 제작되지 않았기 때문으로 판단된다.

Table 6. Measured light transmission rate, light reflection rate and light absorption rate for the two different materials.

Item	Light transmission rate (%)	Light reflection rate (%)	Light absorption rate (%)
Polypropylene			
A 0.22	74.8~76.1	23.2~23.9	0.1~1.4
0.37	62.9~64.3	35.7~36.5	0.1~1.1
0.47	59.6~61.5	38.0~39.2	0.1~1.6
B 0.24	79.4~81.3	19.1~19.8	0.4~1.6
0.31	75.3~77.9	22.7~23.4	0.1~1.4
0.36	74.8~76.0	24.9~25.9	0.1~0.4
0.41	70.4~71.7	28.7~29.5	0.1~0.4
0.50	59.4~60.6	38.0~39.2	1.2~1.8
C 0.27	80.8~82.8	17.7~18.8	0.1~0.7
0.39	66.9~68.8	31.9~33.2	0.1~0.2
0.40	51.2~60.4	37.9~44.2	1.4~7.3
0.65	48.8~50.7	47.1~47.7	1.8~3.7
Polyester			
D 0.16	56.1~65.6	34.0~40.2	0.1~3.7
0.24	54.7~64.0	38.0~45.1	0.1~0.3
0.28	41.1~48.4	51.4~57.6	0.6~1.4
0.39	35.7~44.5	55.4~61.9	0.1~2.8

### 3. 보온커튼재의 보온성

재료별, 두께별 보온율시험 결과와 분석한 결과를 Table 8에 나타내었다. 보온성 시험에서 공급전력 변화는 41.9 ~ 43.0W로 거의 일정하고, 시험관의 온도와 공기온도도 각각 35.0 ~ 36.0℃, 19.5 ~ 20.8℃의 범위였으며, 1시간 동안 전력소모시간은 폴리프로필렌 249 ~ 282 sec의 범위였고, 폴리에스터는 285 ~ 354sec 범위로 전력소모가 많았다. 재료별 보온율을 보면, 폴리프로필렌은 25.4~41.1%, 폴리에스터는 34.9~41.1% 범위로 두께가 증가할 수록 보온율이 증가하였으며, 재료별, 두

Table 7. Thickness, light transmission, light isolation rate of the two different materials<sup>20)</sup>.

Item	Thickness (mm)	Light transmission rate (%)	Light isolation rate (%)
Polypropylene			
A	0.22	(70~75)	25~30
	0.37	(60~65)	35~40
	0.47	(55~60)	40~45
B	0.24	70~75	(25~30)
	0.31	65~70	(30~35)
	0.36	60~65	(35~40)
	0.41	50~55	(45~50)
Polyester			
D	0.16	(65~70)	30~35
	0.24	(55~60)	40~45
	0.28	(50~55)	45~50
	0.39	(40~50)	50~60

계별로 비교하여 보면 큰 차이는 없었으나 폴리프로필렌중 A형의 경우가 다소 크게 나타났는데 이것은 Table 1에서 보는 바와 같이 B, C형 보다 비슷한 두께에서 10~20% 더 원자재를 성형압축하였기 때문에 단위면적당 중량이 무겁고 상대적으로 열손실이 적었던 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하면, 보온커튼재의 물리성은 폴리프로필렌 소재가 신율, 보온성, 광투과성 측면에서 우수하고, 폴리에스터 소재가 인장용력이나 차광성 측면에서 우수하기 때문에 농가가 시설하우스의 형태나 재배하는 작물의 특성에 따라 보온커튼재를 신중히 선택하여야 할 것으로 판단되었다.

## 적 요

시설하우스에 이용되고 있는 보온커튼의 기

Table 8. Supplied electricity, time requirement, temperature in protection case and heat reservation rate in heat reservation test.

Item	Electricity supplied (W)	Time requirement (sec)	Temp. of heating plate (°C)	Air temp. in protection case(°C)	Heat reservation rate(%)
Polyproylene					
A 0.22	42.9	276	35.0	20.6	34.9
0.37	43.0	270	35.4	20.5	38.6
0.47	43.0	249	35.6	20.5	41.1
B 0.24	43.0	315	35.4	19.5	25.4
0.31	42.8	282	35.8	19.5	33.3
0.36	42.7	279	35.4	19.7	34.3
0.41	42.8	279	35.6	19.7	34.5
0.50	42.9	276	36.0	19.8	34.7
C 0.27	42.6	279	35.2	20.8	33.8
0.39	41.9	279	35.2	20.5	34.0
0.40	42.4	276	35.2	20.7	35.0
0.65	42.9	255	35.2	20.6	40.8
Polyester					
D 0.16	42.4	354	36.0	19.7	18.2
0.24	42.7	331	35.7	19.7	23.1
0.28	42.7	315	35.5	19.8	26.7
0.39	42.6	285	35.5	19.9	33.9
Heating plate	42.9	423	35.0	20.1	-

초자료를 얻고, 시공기준을 설정하기 위하여 종류별, 두께별로 물리적, 광학적 특성을 시험 분석하였다. 시설하우스용 보온재는 광투과성, 차광성 및 인장응력을 비교시험 하였으며, 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 보온 커튼재의 인장응력 시험결과를 보

면 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, 폴리에스터계는 인장하중과 응력이 큰 경향을 보였다.

2) 광투과성은 390~1100nm 파장대 범위에서 평균 50.3~81.7% 범위로 보온커튼재가 두꺼울 수록 광투과율이 낮고 상대적으로 차광율이 높아지며, 비슷한 두께에서 폴리프로필렌계가 폴리에스터계보다 광투과율이 20~30% 더 높은 것으로 나타났다.

3) 보온율은 18.2~41.1% 범위에서 보온재가 두꺼워질수록 증가하였으며, 폴리프로필렌계가 폴리에스터보다 보온율이 다소 높은 경향을 보였다.

4) 보온 커튼재는 폴리프로필렌계가 신장율, 보온성, 광투과성 측면에서 우수하고 폴리에스터계가 인장응력이나 차광성 측면에서 우수하기 때문에 농가가 시설하우스 형태나 재배하는 작물의 특성에 따라 신중히 선택하여야 할 것으로 판단된다.

## 인 용 문 헌

1. 송현갑 외 6인. 1993. 시설원에 자동화. 문운당. pp. 109-128.
2. 이병주 외14인. 1993. 시설원예학. 향문사. pp. 60-70.
3. 이석건 역. 1992. 농업환경 조절공학. 교보문고. pp. 28-33.
4. 한국공업규격. KS k 0522. 직물인장시험방법.
5. 한국공업규격. KS k 0560. 직물의 보온율 측정방법.
6. 한국공업규격. KS k 0466. 직물 또는 편성물 보온성 시험방법.
7. 한국공업규격. KS k 2616. 부직포.
8. 日本施設園藝協會. 1987. 新訂 施設園藝ハンドブック. pp. 90-108.



9. 日本施設園藝協會. 1994. 三訂 施設園藝  
ハンドブック. pp. 94-105, 188-197.
10. 三原義秋. 1972. 施設園藝の氣候管理. 成文  
堂新光社. pp. 7-20, 56-68.
11. 三原義秋. 1983. 溫室設計の基礎と實際. 養  
賢堂. pp. 102-117.
12. 林水産技術會事務局. 1981. 高能率施設園  
藝 に関する綜合研究. 農林弘濟會. pp. 44  
-50.
13. 日本農業氣象學會關東支部. 1981. 農業氣  
象 測器 測定法. 農業氣術協會. pp. 213-  
219.
14. 趙庸伯. 1989. 夜間の 플라스틱溫室내 保  
溫커튼의 保溫效果分析. 서울大學校大學  
院 pp. 10-16.
15. 朴重春 외10인. 1992. 施設園藝現代化하우  
스 모델設定 및 栽培效果에 관한 研究 農  
村振興廳, pp. 49-50, 73-76.
16. 플라스틱材料研究會 譯. 1994. 플라스틱材  
料讀本, 機電研究社, pp. 37-39, 156,  
169, 426.
17. 禹福均 譯. 1990. 最新 플라스틱技術. 大光  
書林 pp. 231, 255.
18. 農產物流通局. 1995. '95菜蔬生產實績, 農  
林水産部. pp. 46-47.
19. LI 1800, LI 1800-12B. 취급설명서. LI-  
COR사.
20. 부직포 카다로그 A, B, C, D사.