

다겹보온자재의 보온성 비교 및 커튼개폐장치 개발

이시영^{1*} · 김학주¹ · 전희¹ · 염성현² · 이현주³
¹원예연구소 시설원예시험장, ²농업공학연구소, ³(주)탑ENG

Comparison of Heat Insulation Characteristics of Multi-layer Thermal Screen and Development of Curtain System

Si-young Lee^{1*}, Hark-joo Kim¹, Hee Chun¹, Sung-hyun Yum², and Hyun-joo Lee²

¹Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, Busan 618-800, Rep. of Korea

²National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon 441-587, Rep. of Korea

³TOP ENG Corporation, Geongbuk Geongsan 712-842, Rep. of Korea

Abstract. This study was accomplished to compare energy saving effects of several heat insulation materials in greenhouse and to develop new automatic opening and closing equipment which is suitable to the most effective heat insulation material. To find out more effective heat insulation material, the magnitude of heat transfer occurred through aluminum screen (ALS), non-woven fabric (NWF), double-layer aluminum screen with chemical cotton sheet (DAL), and multi-layer fabric screen material quilted with non-woven fabric, chemical cotton, poly foam, and polypropylene (MLF) were compared relatively. The results showed that the relative magnitude of heat transfer occurred through MLF was lower than DAL and ALS by 23.3% and 43.0% respectively. MLF screen material was the most effective compared with other heat insulation materials. But because of thickness, there was a need of new mechanism for automatic operation in greenhouse. Accordingly, new screen system using MLF-thick but profitable for keeping warm in greenhouse was developed. Opening & closing equipment was designed to roll MLF with pipe axis during opening process and pull MLF with string during closing process with electric motors, clutches, drums, and so on. In hot pepper cultivation and energy saving test during winter time, the early stage yield of pepper under MLF screen system was higher than NWF by 27%, and gasoline consumption of MLF screen system was lower than NWF by 46%.

Key words : greenhouse, heat insulation, multi layer, thermal screen

*Corresponding author

서 언

우리나라 시설재배 면적 52,022 ha 중 난방을 하는 시설의 면적은 12,731 ha로 전체 면적의 24% 정도를 차지하고 있으며, 난방 연료로 95% 이상이 경유를 이용하고 있는 실정이다(MAF, 2005). 또한 시설원에 생산비 중 난방비가 차지하는 비중이 30~40% 내외로 매우 높고 난방유류를 전량 수입에 의존하고 있어 국제 경쟁력 면에서도 크게 불리한 입장에 있다. 더욱이 최근 중동 산유국을 중심으로 한 국제정세 불안 등으로 앞으로도 고유가 시대가 지속될 것으로 보여 시설재배 농가의 연료비 부담은 더욱 가중될 수밖에 없는

실정이다. 1990년대 정부의 지원사업으로 많이 보급된 '농가보급형 자동화 하우스 1-2W형'은 5~10년 정도 사용한 보온커튼의 보수 및 교체작업이 필요하고 교체 시에는 온실의 보온성을 향상시킬 수 있는 보온자재와 자동 커튼 개폐장치를 도입하여 난방비를 최대한 줄이고 농가소득을 향상시켜 대외적인 경쟁력을 갖추는 것이 중요하다.

일반적으로 단동형 온실은 무거운 재배가 많고 보온 형태는 2중 비닐피복과 내부 보온터널을 설치하여 수동 개폐하는 형태가 많은데, 작업성에 따라 다르겠지만 터널 덮개용으로 부직포, PE, 다겹보온자재 등 두께나 보온성이 다양한 보온자재를 선택할 수 있는 편이다.

그러나 대규모의 연동형 온실의 경우에는 기둥 높이에 부직포, 알루미늄 스크린, PE 등의 보온자재를 설치하고 예인선, 개폐축, 드럼 등을 전동모터와 연결하여 자동 개폐하는 보온커튼 형태가 대부분이므로 개폐장치를 구성하기 위한 보온자재의 선택이 제한적이다. 이러한 연동형 온실의 보온커튼에 대해 작동방식의 개선이나 그늘형성 방지, 보온성 향상에 관한 연구로서 보온자재를 접으면서 개폐하는 방식(Lee 등, 1996), 축 베어링을 이용하여 예인 권취하는 방식(Jeun 등, 1997), 난방공간을 조절할 수 있는 상하이동식 보온커튼 개폐 방식(Kim 등, 1999) 등이 보고되고 있다.

농가 현장에서는 난방연료가 많이 소요되는 연동형 온실의 보온커튼으로서 부직포나 PE를 2층 내지 3층으로 설치하여 여러 가닥의 와이어로 커튼을 끌어당기면서 개폐하는 예인식 개폐장치가 많이 이용되고 있다. 예인식 보온커튼은 완전 열림상태에서 곡부물받이 하부에 균일하게 거치되지 않아 재배작물에 그늘이 발생하기 쉬우므로 두께가 두꺼운 보온자재를 사용하기 어렵고 여러 가닥의 예인선을 이용하므로 개폐작동시 예인선 간에 균형이 맞지 않을 경우 고장이 자주 발생하고 보수 및 교체작업이 쉽지 않은 등의 단점이 있다.

본 연구에서는 연동형 온실에 사용되는 보온커튼의 보온성을 향상시키기 위해 단동형 온실의 터널 보온자재로 많이 사용되고 있는 다겹보온자재와 기존의 부직포, 알루미늄스크린 등의 열관류량을 측정하여 상대적인 보온성을 비교하고 두께가 두꺼운 다겹보온자재를 이용하여 연동형 온실에 적용할 수 있는 고장이 적고 작동이 원활한 커튼 개폐장치를 개발하여 작물재배 및 난방연료 절감효과를 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 열관류량 측정

온실의 보온용 커튼자재로 사용되고 있는 PE, 부직포, 알루미늄스크린과 알루미늄 및 화학섬의 조합자재, 다겹보온자재의 보온성을 서로 비교하기 위해 Fig. 1과 같이 두께 50 mm 스티로폼 단열소재로 가로×세로×높이 100 mm인 단위 체적의 스티로폼 단열박스를 제작하고 인공환경 제어실 내에서 단열박스 외부의 기온을 일정하게 유지하였다. 단열 박스 내부에는 전열선(1 kW, 120 m)을 바닥에 고르게 분포시켜 온도센서

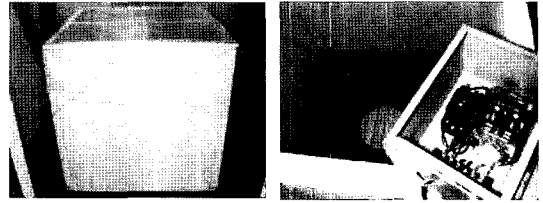


Fig. 1. Picture of adiabatic styrofoam box and heat temperature control box.

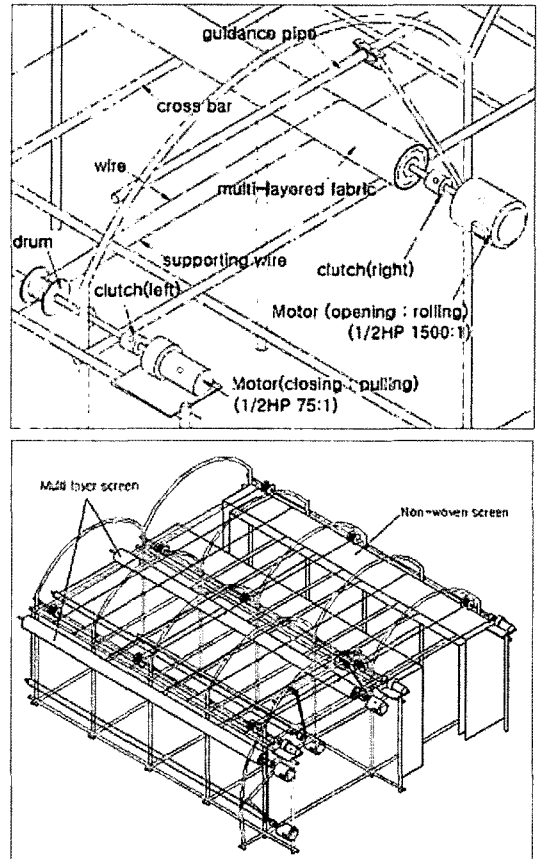


Fig. 2. Scheme of multi layer screen system and experimental greenhouse.

(PT 100 Ω)로 박스 내부 기온을 일정하게 유지할 수 있도록 구성하였으며, 열관류센서(MF-9, EKO)를 이용하여 보온자재를 통해 관류되는 열량을 상대적으로 비교하였다.

2. 커튼 개폐장치 구성 및 보온효과 비교

다겹보온자재를 이용하여 개폐모터, 개폐축, 예인선, 권취드럼, 클러치 등으로 예인 권취식 수평커튼 개폐장치를 구성하였으며, 수원에 소재한 원예연구소 탐동 포

Table 1. Heat flow amount and relative heat transfer ratio of each screen materials.

Screen materials	Thickness (mm)	Heat flow amount (W/m ² ·hr)		Heat transfer ratio (A/B) (%)
		Inner surface (A)	Outer surface (B)	
Polyfoam	0.15	2945.4	2999.4	98.2
Chemical wool	35	1251.7	1394.1	89.8
Non-woven fabric	1.2	2850.3	3093.0	92.2
Multi layered	46	776.7	1268.0	58.9

장의 ‘농가보급형 자동화 하우스 1-2W형’(폭 7 m, 높고 4.55 m, 길이 45 m) 온실에 개발한 다겹보온커튼 개폐장치와 2층 구조의 부직포커튼을 설치하여 2003년 2월부터 5월까지 꽃고추를 재배하면서 생육 및 초기수량, 온풍난방용 경유 소모량 등을 조사하여 작물재배 온실에서의 보온효과를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 다겹보온자재의 보온성

본 연구에서 사용한 다겹보온자재는 각기 다른 종류의 보온용 자재 5겹으로 구성되어 있어 보온커튼 개폐시 마찰되는 면을 보호하기 위한 폴리프로필렌 소재(12×12×160 mm)에 부직포(80 g/m²), 화학솜(170 g/m²), 폴리폼(1 mm), 부직포(40 g/m²)의 순으로 자재를 겹쳐 누빈 조합형 보온자재이다. 다겹보온자재를 구성하고

있는 자재 중 보온성을 유지하기 위해 사용되는 폴리폼, 화학솜, 부직포의 열관류 특성을 파악하기 위해 단열박스를 이용하여 각 자재별로 내부 표면과 외부 표면 사이의 열관류량을 측정하여 비율을 분석한 결과, Table 1에서와 같이 폴리폼 98.2%, 화학솜 89.8%, 부직포 92.2%, 다겹보온자재 58.9%로 나타나 단일소재의 보온자재를 여러 겹으로 누빈 조합함으로써 열관류 비율이 낮아져 다겹보온자재의 보온효과가 나타나는 것으로 판단되었다.

다겹보온자재와 부직포, 알루미늄스크린 등의 보온커튼용 자재의 보온효과를 서로 비교한 결과, 농가에서 많이 사용되고 있는 부직포(80 g/m²)와 알루미늄스크린 단일 보온자재의 열관류량을 Fig. 3에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 알루미늄스크린의 열관류량이 시간당 2,193.0 W/m², 부직포가 2,253.2 W/m²으로 나타나 상대적으로 알루미늄스크린의 보온성이 좋은 것으로 나타났다. 또한 알루미늄 + 화학솜(170 g/m²) + 알루미늄 3겹보온자재는 시간당 2,634.9 W/m²로 부직포에 비해 열관류량이 적었던 알루미늄스크린에 비해 25.6% 적었고, 다겹보온자재는 알루미늄스크린에 비해 열관류량이 적었던 3겹보온자재보다 23.3%, 알루미늄스크린보다 43.0% 적게 나타나 다겹보온자재의 보온성이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이러한 결과로 기존의 유리온실이나 플라스틱온실에 주로 설치되었던 부직포나 알루미늄스크린 보온자재는 두께가 1~3 mm 정도로 얇아 커튼 개폐장치를 자동화하는데 유리하나 다겹보온자재와 같이 두께가 30~50 mm 정도로 두꺼운 보온자재에 비해 상대적으로 열관류량이 많으므로 온실의 보온성을 향상시키기 위해서는 다겹보온자재를 이용한 보온커튼 개폐장치의 개발이 필요할 것으로 판단되었다.

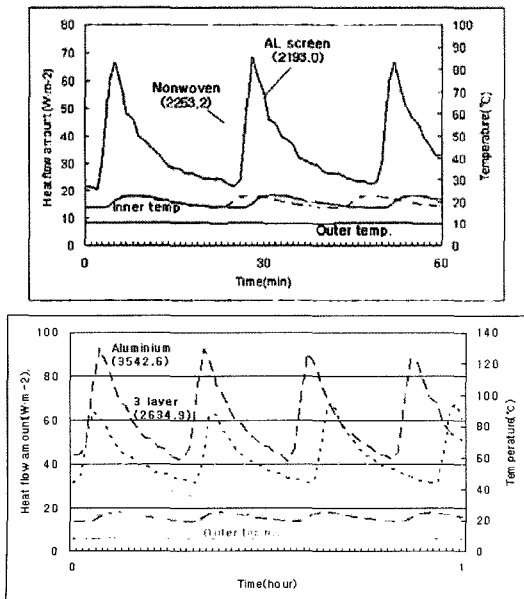


Fig. 3. Comparison of heat flow amount according to screen materials.

2. 다겹보온커튼 개폐장치의 구성

다겹보온자재는 위에서 살펴본 바와 같이 열관류량이

Table 2. Specifications of multi layer screen system.

Description	Specification	Description	Specification
Motor (pulling)	0.75 kW	Bearing	ø25
Motor (rolling)	1.125 kW	Supporting wire	ø3.2
Drum	ø 105 × 180	Pulling pipe	25 A × 2 t
Joint	ø 50 × 18t	Rolling pipe	40 A × 2 t
Supporting pole	3stage	Joint pipe	32 A × 2 t

적어 보온성이 우수하지만 여러 겹으로 누빈 조합형 보온자재이므로 두께가 두껍고 화학섬, 폴리폼 등 연신되기 쉬운 자재를 이용하므로 장기간 사용시 커튼 개폐장치의 예인선이나 보온자재가 늘어나게 될 우려가 있으므로 전동 모터를 이용한 자동 개폐장치를 구성하기가 어렵다는 단점이 있다. 전 등(1997)은 연동형 온실의 보온커튼 개폐장치를 개선하기 위해 지지롤러식, 타이밍 벨트식, 축베어링식 의 개폐방법 중 축베어링식이 효율적이라고 보고한 바 있으며, 본 연구에서는 예인선과 드럼을 이용하는 기존의 알루미늄스크린이나 부직포커튼에 주로 사용되는 예인식 개폐방법과 비닐하우스의 환기창 개폐장치 등에 주로 사용되는 권취식 개폐방법을 동시에 적용하여 두꺼운 보온자재를 원활하게 개폐할 수 있도록 수평 예인 및 권취방식 보온커튼 개폐장치를 구성하였다. 다겹보온커튼 개폐장치를 구성하는 자재에 대한 사양을 Table 2에 나타내었다.

예인식 개폐방법은 다겹보온자재를 펼쳐 온실 내부공간을 보온하는 커튼의 닫힘 작동에 적용하여 Fig. 4에서 보는 바와 같이 온실의 한쪽 기둥 측고부위에 베어링으로 회전축을 고정하고 단힘모터와 예인드럼을 부착하여 예인선이 드럼의 요홈에 감기면서 다겹보온자재를 끌어당겨 펼칠 수 있도록 설계하였다. 예인선에 전달되는 장력이 일정수준 이상으로 작용하게 되어 보온자재를 일정한 속도로 예인할 수 없게 되면 다른 예인선의 장력과 동일하게 될 때까지 예인드럼이 공회전하도록 하여 여러 가닥의 예인선이 서로 균형을 맞추면서 닫힘 작동을 원활하게 할 수 있도록 구성하였다.

권취식 개폐방법은 보온이 필요 없을 때 다겹보온자재를 걷어 외부 일사가 온실 내부로 유입되도록 하는 커튼의 열림 작동에 적용하여 Fig. 5에서 보는 바와 같이 예인드럼을 설치한 반대쪽 기둥 꼭부 물받이 아래에 다겹보온자재의 한쪽 끝을 고정시키고 권취축 파

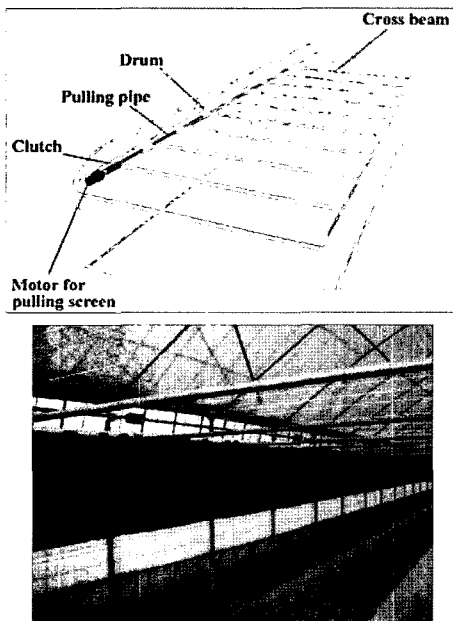


Fig. 4. Design for pulling type closing operation.

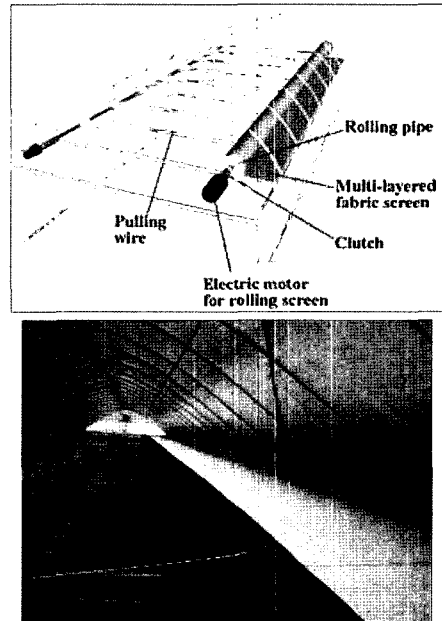


Fig. 5. Design for rolling type opening operation.

다겹보온자재의 보온성 비교 및 커튼개폐장치 개발

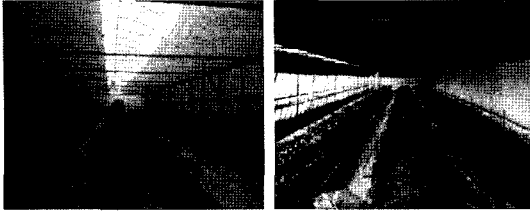
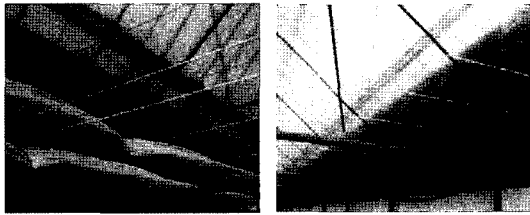


Fig. 6. Comparing view between non-woven screen and multi layer screen.



<Non-woven screen> <Multi layer screen>

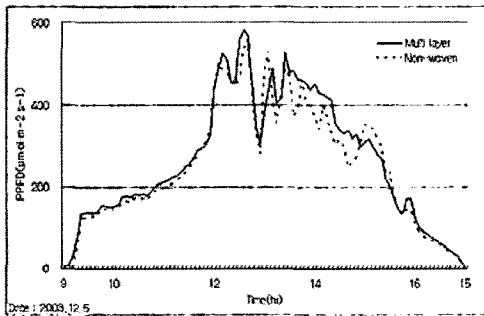


Fig. 7. Comparison of completely opened view and PPF during day time.

이프에 열림모터를 부착하여 보온자재와 예인선을 동시에 권취하도록 설계하였다. 또한 열림 작동이 완료되었을 때 곡부물받이의 하부에 밀착되어 보온커튼에 의해 식재된 작물에 형성되는 그늘면적을 최대한 줄일 수 있도록 구성하였다.

3. 다겹보온커튼의 특징 및 보온효과

기존의 연동형 플라스틱 온실에는 부직포커튼이 설치되어 있는 경우가 많은데, 다겹보온커튼은 이러한 온실의 보온성을 좀더 향상시키기 위한 목적에 중점을 두고 두가지 커튼방식에 대해 특징 및 보온효과를 비교분석하였다. 부직포커튼이 적용된 농가보급형 비닐하우스 1-2W형의 경우 온실의 폭이 7m이므로 보온자재의 폭을 3.8m 정도로 재단하여 Fig. 6에서 보는 바와 같이 온실 폭을 기준으로 중앙에서 양쪽으로 절개되도록 커튼클립으로 고정시킨 부직포를 예인하여 개

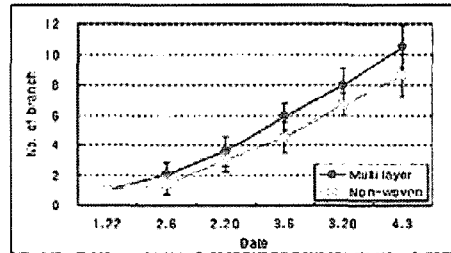
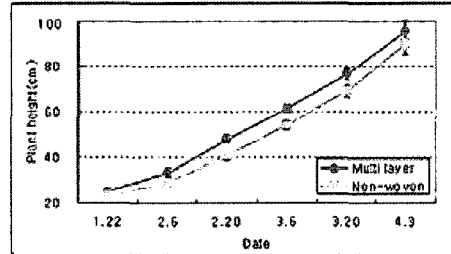
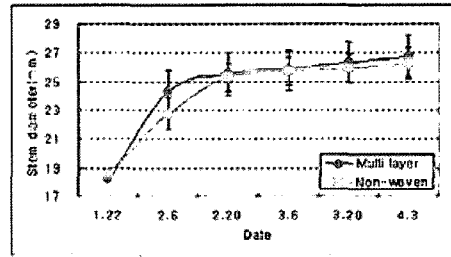


Fig. 8. Growth variation of hot pepper under multi layer and non-woven screen.

폐하는 방식이다. 그에 비해 다겹보온커튼은 보온자재를 7.3m 정도 폭으로 재단하여 한쪽 기둥에서 반대쪽 기둥까지의 온실 폭 전체를 한꺼번에 예인 및 권취하여 개폐하는 형태로 설계하였다. 또한 부직포커튼과 같은 예인식 개폐방법은 도르레와 예인선을 이용하여 여러 동의 커튼을 모터 한대로 작동시키는 방식이므로 각 동마다 개별적인 커튼개폐가 어렵지만 다겹보온커튼은 연동온실에서 각 동마다 커튼을 개폐시킬 수 있도록 구성함으로써 정지, 유인 등의 관리작업 시에도 활용할 수 있도록 하였다.

기존의 부직포커튼은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 열림 작동이 종료되어 곡부물받이 아래에 거치되어 있을 때 커튼클립에 의해 예인되기 때문에 보온자재가 접히는 폭이 넓고 일정하게 정리되지 않아 하우스 내부의 작물 식재부위에 그늘을 형성하게 되지만, 다겹보온커튼의 경우 권취축 파이프에 보온자재가 권취되어 완전 열림상태에서 곡부물받이 아래에 밀착하여 정리되므로 그늘 면적을 최소화할 수 있다. 일출직후부터 일몰까지

Table 3. Economy of multi layer screen system (Partial budget method).

Profit factor (A)	Loss factor (B)
○ Increase of early stage yield of hot pepper : 27% - 294.6 kg × 2,592 won = 763,603 won	○ Cost of multi layer screen system - (8,100,000 won - 4,431,000 won) ÷ 7 year = 524,142 won
○ Reduction of heating cost : 46% - 566.8 l × 430 won = 243,724 won	※ Cost of non woven fabric : 4,431,000 won
Total : 1,007,327 won	Total : 524,142 won
Increase of income (A-B) : 483,185 won/10a	

작물 식재부위의 유효광합성량을 비교해본 결과 다겹 보온커튼 설치 온실이 부직포커튼 설치 온실에 비해 오전, 오후에 유효광합성량이 많았고 시간대별로 고른 분포를 보였다.

다겹보온커튼과 부직포커튼 설치 온실에서 풋고추를 재배한 결과 Fig. 8과 같이 다겹보온커튼을 설치한 온실에서 풋고추의 주경장이 초기에 빠르게 증가하였고, 초장이 길었으며, 분지수도 많은 것으로 나타났다. 풋고추의 초기수량은 Fig. 9과 같이 부직포커튼 설치 온실에서 1,089.2 kg/10a, 다겹보온커튼 설치 온실에서 1,383.8 kg/10a로 나타나 27% 정도 증수되었다.

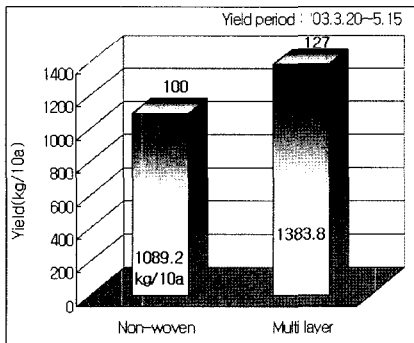


Fig. 9. Comparison of early stage yield.

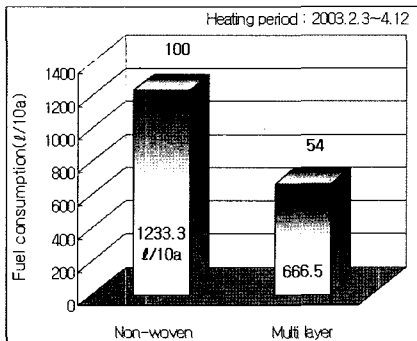


Fig. 10. Comparison of fuel consumption.

서 등(1999)은 시설원에 난방에너지 관련 연구에서 시설오이, 방울토마토, 장미의 경우 경유온풍기, 2층커튼, 3중비닐, 내외부보온덮개 등을 설치하였을 경우의 난방비 절감효과에 관해 보고한 바 있으며, 본 연구에서 부직포커튼과 다겹보온커튼 설치 온실에 경유온풍기를 이용하여 난방하면서 경유의 소모량을 조사한 결과, Fig. 10에서와 같이 기존의 부직포커튼 설치 온실의 경유 소모량은 1,233.3 l/10a, 다겹보온커튼 설치 온실은 666.5 l/10a로 나타나 다겹보온커튼을 설치한 온실에서 46% 정도의 연료절감 효과가 나타났다.

다겹보온커튼 개폐장치에 대한 경제성은 부직포커튼과 비교하여 다겹보온커튼의 설치에 따른 손실적 요소에 대한 연간비용과 풋고추의 초기수량 증가 및 난방비 절감에 따른 이익적 요소에 대한 연간비용을 부분예산법으로 비교한 결과 Table 3과 같이 연간 10a 당 483,185원의 소득이 증대되는 것으로 분석되었다.

적 요

겨울철 난방연료가 많이 소모되는 대규모 연동형 온실의 보온성을 향상시키기 위해 터널용 보온자재로 많이 사용되는 다겹보온커튼을 이용하여 기존의 부직포, 알루미늄스크린 등과 보온성을 상대적으로 비교하였다. 또한 다겹보온자재는 보온성이 높으나 두께가 두꺼워 전동모터를 이용한 자동개폐장치를 구성하기 어려운 단점이 있으므로 연동형 온실에 적용할 수 있는 고장이 적고 작동이 원활한 커튼 개폐장치를 개발하여 작물재배 및 난방연료 절감효과를 검토하였다. 다겹보온자재와 부직포, 알루미늄스크린 등의 보온커튼용 자재의 열관류량을 측정하여 상대적인 보온효과를 비교한 결과 부직포에 비해 알루미늄스크린의 열관류량이 적었고, 알루미늄 및 화학섬유의 3겹보온자재와 다겹보온자재는 알루미늄스크린에 비해 열관류량이 각각 23.3%,

다겹보온자재의 보온성 비교 및 커튼개폐장치 개발

43.0% 적게 나타나 다겹보온자재의 보온성이 우수한 것으로 판단되었다. 다겹보온자재는 여러 겹으로 누빈 조합형 보온자재이므로 두께가 두껍고 화학섬, 폴리폼 등 연신되기 쉬운 자재를 이용하므로 장기간 사용시 커튼 개폐장치의 예인선이나 보온자재가 처지게 될 우려가 있으므로 예인식과 권취식 개폐방법을 동시에 적용하여 보온커튼 개폐장치를 구성하였다. 시험용 온실에 다겹보온커튼과 부직포커튼을 설치하고 풋고추를 재배한 결과 다겹보온커튼 설치 온실에서 풋고추의 생육이 유리하였고 초기수량도 27% 정도 증수되었으며, 경유온풍기의 난방연료 소모량은 46% 정도 절감되었다.

주제어 : 난방, 다겹보온자재, 연동온실, 연료소모량, 커튼

인 용 문 헌

1. Actual results of vegetable product. 2005a. rep. of

MAF. 52-64.

2. Jeon, J. G., K. J. Choi, J. H. Yun, K. M. Lee. 1997. Development of cable driven roll type automatic horizontal curtain drive system. Proc. of KSAM. 2(1):307-312.
3. Kim, T. Y., Y. S. Kwon, Y. W. Woo, H. I. Jang, S. Y. Lee, I. H. Cho, S. C. Ji. 1999. Research on energy saving by minimizing of heating space of greenhouse. Rep. of NHRI. pp. 269-276.
4. Lee, S. Y., H. H. Kim, H. Chun, Y. S. Kwon, K. M. Lee. 1996. Research on structural improvement and optimum use of materials in protected horticulture. Rep. of NHRI. pp. 541-546.
5. Seo, G. S., J. W. Lee, J. W. Son. 1999. Research on economy for heating energy saving of protected horticulture. Rep. of JARES. pp. 434-442.
6. Status of floriculture. 2005b. rep. of MAF. 3-13.