

# 비닐권취용 자동셔터를 이용한 보온터널의 경제성

## Economical Efficiency of Thermal Tunnel Using Automatic Rolling Shutter

유영선<sup>1</sup> 강금춘<sup>1</sup> 김영중<sup>1</sup> 백 이<sup>1</sup> 장춘환<sup>2</sup>

Y. S. Ryou<sup>1</sup> G. C. Kang<sup>1</sup> Y. J. Kim<sup>1</sup> Y. Paek<sup>1</sup> C. H. Jang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Energy Lab., National Agri. Mech. Research Institute, Suwon, 441-100

<sup>2</sup>Sung Chang Energy Saving Company, Juan Venture Center, Incheon, 402-200

### 서 론

우리 나라의 시설농업을 고부가가치 산업으로 발전시키기 위해서는 우선 우수한 품종의 육성과 효율적인 재배관리기술의 개발이 이루어져야 하며, 그 다음으로는 노력비, 난방비 등의 절감을 위한 기계기술의 개발이 뒤따라야 한다. 시설재배 농민의 대부분이 고령화 되고 있으며, 난방비가 생산비의 20~40%를 차지하고 있는 실정을 고려한다면 노동력과 난방비 절감기술의 개발은 동시에 이루어져야 할 과제라 할 수 있다.

국내의 온실설치면적은 약 50,000ha이며, 설치면적의 20%에 해당하는 10,000ha 정도는 겨울재배를 위하여 난방이 이루어지고 있다. 겨울철 온실의 난방은 경유를 연료로 이용하는 온풍난방기가 대부분을 차지하고 있으며, 대형온실에는 온수보일러를 이용하고 있다. 또한 근권부 난방을 위한 소형 온수보일러의 사용이 증가하고 있으나 아직은 보급이 미비한 실정이다. 농업용으로 공급되는 전체 면세유 공급량은 2,440,000kl(2001년)이며, 약 63%에 해당하는 1,165,000kl가 시설원예용으로 사용되고 이로 인한 시설원예농가의 연간 난방비 지출은 약 4,240억원으로 추정된다(면세가격 364원/l, 2001년).

온실의 효과적인 온도관리를 위해서는 단일효과가 우수한 보온재를 이용하거나 또는 난방공간의 체적을 최소화 할 수 있는 터널재배가 바람직하다. 지금까지는 딸기, 수박 등 키가 작은 작물에 한하여 보온터널재배가 이루어지고 있는 실정이나, 보온터널의 개폐를 인력에 의존하고 있기 때문에 노동력이 많이 들고, 개폐에 소요되는 시간도 상당한 비중을 차지하고 있다.

따라서 보온터널 개폐의 생력화가 요구되고 있으나, 지금까지 개발된 보온터널개폐장치는 고가의 시설비용, 작동의 비효율성 등으로 인하여 농가보급이 이루어지지 않고 있다. 또한 난방비가 많이 드는 토마토, 오이 등의 과채류와 화훼작물 등은 지금까지의 방법으로는 터널재배가 불가능하기 때문에 시설비가 많이 드는 2~3중의 수평커튼이나 보온커튼을 이용하여 난방비를 절감하고 있으나, 작물이 자라는 공간 뿐만 아

니라 불필요한 공간도 난방을 하기 때문에 농가의 난방비 지출이 과다한 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 개발된 자동 셔터를 이용한 보온터널 자동개폐장치는 설치비용이 저렴하고, 개폐시간의 단축은 물론 효과적인 원활한 개폐가 가능하며, 특히 주목할만한 사실은 모든 종류의 온실재배 작물에 적용이 가능하기 때문에 앞으로의 시설재배에 있어서 보온터널개폐의 생력화와 난방비 절감에 크게 기여할 것으로 예상된다.

## 재료 및 방법

본 장치는 비닐을 2겹으로 접은 상태에서 접혀진 부분을 비닐권취용 파이프에 접촉시키고, 비닐의 양끝단에는 파이프를 매달아 무게추 역할을 할 수 있도록 한 후, 온실의 구조물에 2~3m 간격으로 설치한 비닐권취파이프 홀더의 중앙에 비닐 2겹이 접착된 비닐권취용 파이프를 끼워 넣고 비닐의 양끝단에 매달아 놓은 파이프를 보온터널골조위에 올려 놓으면 설치가 완료되며, 다음에는 비닐권취용 파이프의 한쪽 끝에 개폐기 모터를 설치하여 비닐을 감거나 풀면서 보온터널을 쉽게 개폐할 수 있으며, 설치도는 그림 1에서 보는 바와 같다.

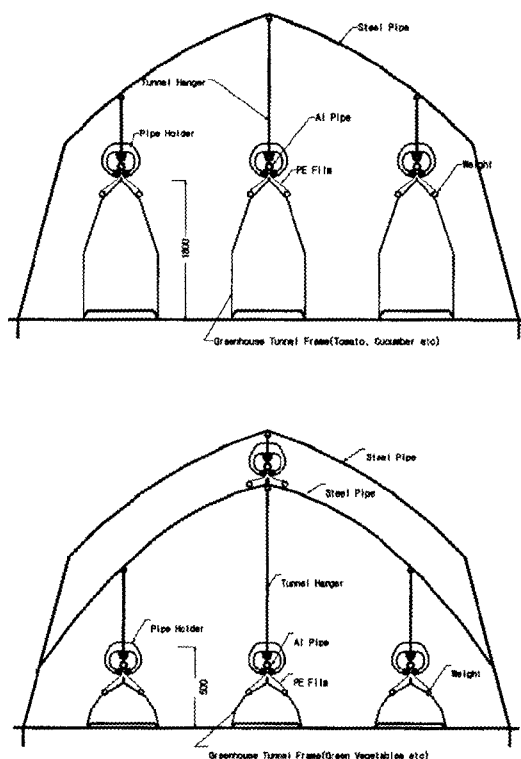


Fig. 1. Schematic diagram of opening & closing apparatus for thermal tunnel.

본 개폐장치는 그림 2, 3에서 보는 바와 같이 두둑의 폭과 재배작물의 높이에 관계 없이 설치가 가능하며, 단동온실의 경우 구조물의 서까래에 간편하게 설치할 수 있으며, 연동온실의 경우에는 골조의 중방에 설치한다.

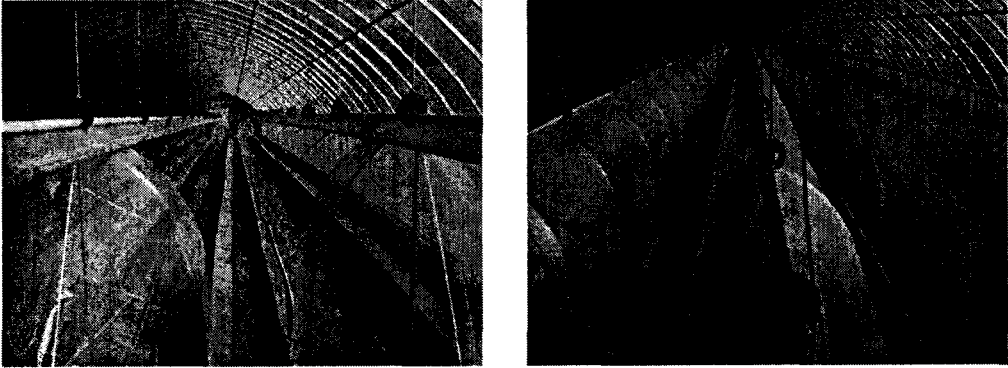


Fig 2. Photo of prototype(Big Tunnel).

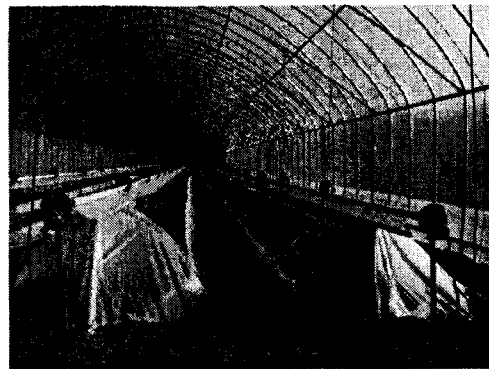
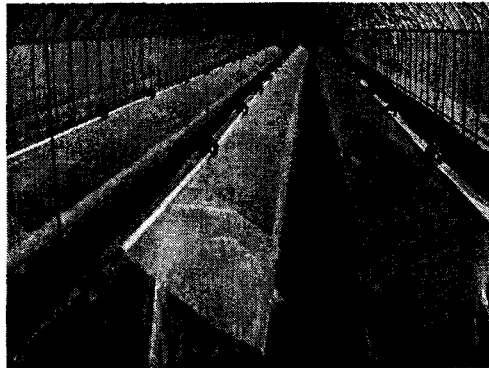


Fig. 3. Photo of prototype(Small Tunnel).

## 결과 및 고찰

본 장치를 단동온실에 설치하여 터널내부공기의 보온효과를 분석한 결과 그림 4에서 보는 바와 같이 소형터널(Small Tunnel)의 경우에는 무가온시 외기온에 비하여  $7.4 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 의 온도상승효과가 있었으며, 중형터널(Big Tunnel)은 외기온 보다  $5.3 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$  높게 나타났다.

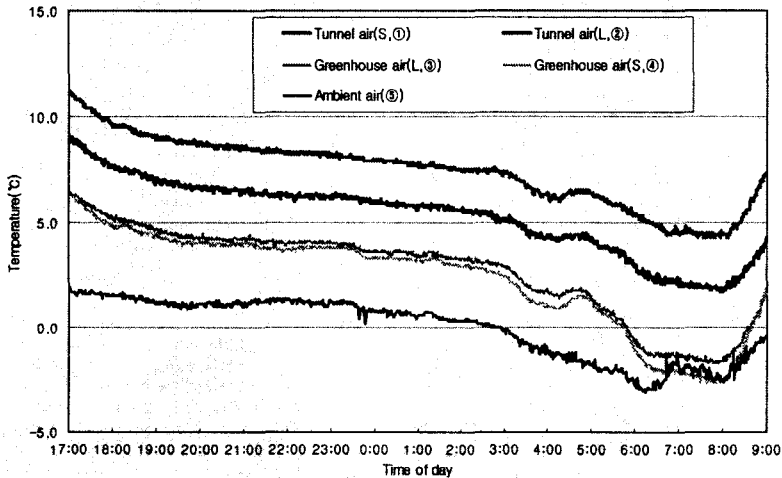


Fig 4. Thermal insulation effect by thermal tunnel.

자동셔터를 이용한 보온터널 자동개폐장치를 설치하여 개폐시에 소요되는 시간을 인력개폐와 비교하여 분석한 결과 그림 5에서 보는 바와 같이 인력개폐의 경우에는 60분이 소요되었으나, 본 개폐장치는 10분 정도 소요되었으며 모든 터널을 동시에 개폐할 수 있으므로 일괄작업이 가능하게 되었다.

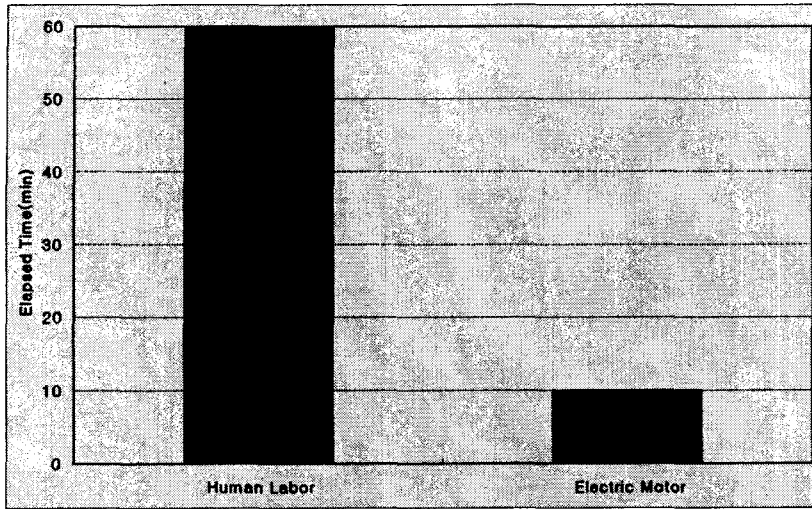
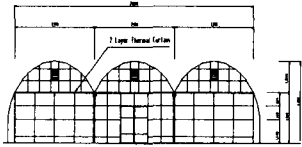
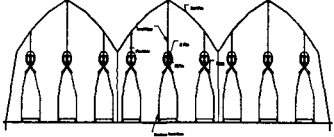
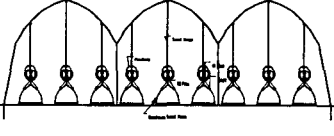


Fig. 5. Comparison of elapsed time for tunnel opening & closing.

본 자동개폐장치를 1-2W 3연동 자동화 온실에 설치하는 경우 관행의 수평커튼시설 (부직포 2겹)과 비교하면 300평당 설치비용은 중앙권취식 보온터널(오이, 토마토용)이 4,000,000원으로 수평커튼보다 약 24% 적게 소요되는 것으로 분석되었다(표 1).

또한 난방공간의 체적비율을 비교한 결과 수평커튼을 100%로 하였을 때 보온터널이 32%로 68%나 감소하였으며 온수난방을 이용한다면 터널내부 작물주위의 온도 분포를 고르게 할 수 있어 난방효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Comparison of installation cost and volume of heating space on various thermal insulation types

Thermal Insulation Types		Cost (₩/10a)	Volume of Heating Space (m <sup>3</sup> )	Volumetric Rate of Heating Space (%)	Reference
Horizontal Thermal Curtain (Contrast)	Nonwoven Fabric (2 layer)	5,250,000	2,520	100	
	Nonwoven Fabric (1 layer) + Al Screen (1 layer)	7,000,000	2,520		
Labor-saving Thermal Tunnel	Big Tunnel	4,000,000	800	32	
	Small Tunnel	3,800,000	675	27	

보온터널 자동개폐장치를 단동 비닐온실에 설치하여 단동 비닐온실(온풍난방)과 비교하여 에너지 절감효과를 분석한 결과 그림 6에서 보는 바와 같이 중형터널의 경우에는 64%(온수난방)~30%(온풍난방), 소형터널의 경우에는 70%(온수난방)의 절감효과가 있었다. 중형터널의 경우 온수난방이 온풍난방 보다 에너지 절감효과가 크게 나타난 원인은 온풍난방의 경우 터널내 강제대류에 의하여 비닐과 터널내 공기사이의 대류열전달계수가 커지기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 터널을 이용하여 난방공간의 체적을 줄이면 소규모의 시설투자로 온수난방을 할 수 있기 때문에 자연대류를 유도함으로써 비닐을 통한 대류열전달을 최소화하여 에너지 절감효과를 극대화 할 수 있다.

이상의 결과로 보아 난방공간의 체적변화에 따라 난방비용이 크게 달라짐을 알 수

있으며, 온실의 난방비를 절감하기 위해서는 보온터널재배가 추천할 만한 방법이라 판단된다.

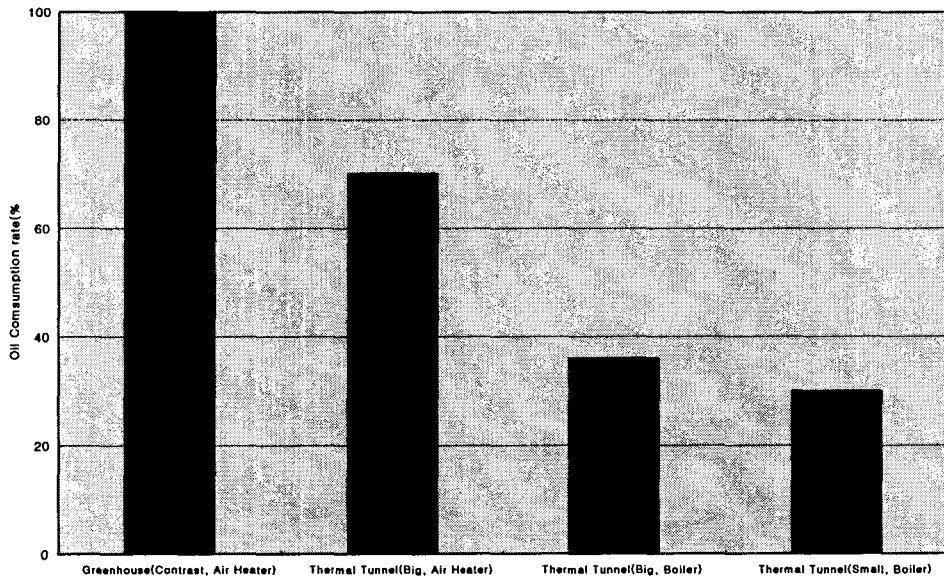


Fig. 6. Comparison of oil consumption rate among thermal insulation types.

### 요약 및 결론

현재 우리 나라의 시설농업은 겨울철 난방비를 절감하여 수익성을 높일 수 있는 보온터널 재배와 여름철 냉방에 많은 노력을 기울이고 있다. 보온터널 재배는 덩굴작물이나 엽채류에 국한되어 이루어지고 있으며, 실질적으로 난방비가 많이 소요되는 과채류나 화훼 등에 있어서는 보온터널 재배가 불가능한 실정이다. 이와 같은 원인은 보온터널의 개폐에 많은 노동력이 소요되기 때문이며, 또한 기존의 보온터널 개폐시스템이 실용성이 없기 때문이다. 또한 여름철 온실냉방을 위해서는 작물재배공간을 최소화하여 냉방부하를 줄여야 하며, 이를 위해서는 보온터널개폐의 생력화가 요구된다. 본 연구에서는 2겹의 비닐을 온실의 중앙에서 권취하여 보온터널을 개폐할 수 있는 효과적인 장치를 고안하였으며, 이를 실용화하는 과정에서 관행의 온실보온방법과 비교하여 난방에너지 절감효과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 단동온실에 설치하여 터널내부공기의 보온효과를 분석한 결과 소형터널의 경우에는 무가온시 외기온에 비하여  $7.4 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 의 온도상승효과가 있었으며, 중형터널은 외기온 보다  $5.3 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$  높게 나타났다.
- 나. 개폐시에 소요되는 시간을 인력개폐와 비교하여 분석한 결과 인력개폐의 경우

- 에는 60분이 소요되었으나, 보온터널 개폐장치는 10분 정도 소요되었으며 또한 모든 터널을 동시에 개폐할 수 있으므로 일괄작업이 가능하게 되었다.
- 다. 난방공간의 체적비율을 비교한 결과 수평커튼을 100%으로 하였을 때 보온터널이 32%로 68%까지 감소하는 것으로 나타났다.
- 라. 난방에너지 절감효과를 분석한 결과 중형터널의 경우에는 64%(온수난방)~30%(온풍난방), 소형터널의 경우에는 70%(온수난방)의 절감효과를 보였다.

## 인용문헌

1. 김태영. 2000. 온실난방공간 최소화에 의한 에너지 절감 연구. 자연에너지 축열 시스템을 이용한 온실난방기술 개발 결과보고서(농촌진흥청) pp.69-80.
2. 강금춘. 2001. 히트파이프를 이용한 온풍난방기 배기열 회수 시스템의 열회수 특성. 한국농업기계학회지 26(5) pp.441-448.
3. 유영선. 2000. 히트펌프를 이용한 온실냉방설비기술. 시설원예의 고온기 냉방관리 기계기술 세미나(농업기계화연구소) pp.69-94.
4. 민영봉. 1998. 온수난방시스템 온실의 온도제어 시뮬레이션. 한국생물환경조절학회 학술논문집 7(2) pp.5-10.