

# Development of an automatic covering system of thermal tunnels in non-heating plastic film greenhouse

이기명 · 박규식\* · 남상헌 · 최원환  
경북대학교 농업기계공학과

Lee, K.M · Park, K.S\* · Nam, S.H · Choi, W.H  
Dept. of Agri. Machi. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.

## 서론

1998년말 현재 우리나라의 시설원에 면적은 48,612ha이고 전체의 90.2%인 43,852ha가 단동비닐온실을 비롯한 관행온실이고, 9.8%인 4,760ha만이 자동화 온실이다. 관행의 단동비닐온실은 태양광에 의존하여 무가온으로 재배하고 있으며, 대부분 2중 하우스로 하거나 내부에 터널을 설치하여 보온덮개를 개폐하는 방식의 보온을 위주로 하여 온실의 온도를 관리한다.

우리나라는 참외, 수박 재배의 경우 대체로 1농가가 10동(1,500평) 정도의 온실을 경영하고 있는데 아침에 보온덮개를 걷고 저녁에 덮는데 3.5시간 정도의 작업시간이 소요되며 매일 정시에 작업을 해야 한다. 따라서 단동비닐 온실의 관리작업 중 가장 많은 노동력을 필요로 하고 아침 저녁으로 정해진 시간에 맞추어 해야 하기 때문에 정신적 스트레스가 큰 작업이다. 또한 보온덮개의 개폐작업은 가족노동력으로 경영할 수 있는 온실의 면적을 제한하는 요인이 되고 있다. 따라서 기계적 시스템에 의한 보온덮개 개폐의 자동화가 요구되었다.

단동온실 내부에 설치하는 터널 보온덮개는 부직포와 카시미론, PE폼 등을 지역이나 작물에 따라 여러겹 누벼서 만든 것으로 단동온실 시설비 전체의 약 50%를 차지하고 있다. 야간의 보온과 주간 광합성을 위하여 매일 보온덮개를 개폐하는데 현재 농가에서 사용하고 있는 보온덮개는 두께가 두껍고 온실의 야간과습으로 무게가 무거워져 개폐에 불편한 점이 많아 이의 개선이 요구되었다. 또한 사용 후 장기간 보관하여 다음 작기에 사용해야 하기 때문에 내구성이 좋은 보온덮개의 개발이 필요하였다.

따라서 본 연구는 보온덮개 개폐작업을 기계적 시스템을 도입하여 자동화를 시도하였으며 또한 기계적 개폐장치에 적응성이 좋고 보온력과 내구성이 뛰어난 보온소재의 개발을 시도한 연구로서 구체적 목적은 다음과 같다.

1. 기계적 시스템에 의한 단동온실의 보온덮개 자동개폐장치 개발
2. 다수동 보온덮개 개폐의 동시 제어를 위한 제어장치 개발
3. 기계적 개폐장치에 적응성이 좋고 보온력과 내구성이 좋고 가격이 저렴한 보온덮개의 개발

## 재료 및 방법

### 1. 단동온실 모델 선발

단동온실은 지역이나 작물에 따라 다양한 형태로 시설되어 있기 때문에 모든 단동온실에 적용할 수 있는 보온덮개 개폐장치의 개발은 곤란하므로 현재 가장 많이 보급되어 있는 보온덮개를 사용하는 일반적인 단동온실을 보온덮개 개폐 시스템 개발 대상 모델로 선

발하였다.

## 2. 보온덮개 자동 개폐장치 개발

단동온실내에는 대체로 중앙 통로를 중심으로 양쪽에 2개의 터널을 설치하고 일사와 온도를 기준으로하여 아침 저녁으로 개폐한다. 길이가 대체로 100m인 단동온실의 내부 터널 2개를 동시에 개폐하는 시스템으로 롤업 방식과 와이어 풀리 방식 및 모노레일을 이용한 예인 지퍼 방식의 3가지 보온덮개 자동 개폐장치의 개발을 시도하였다.

## 3. 행거 모노레일 개발

폭이 좁고 길이가 긴 단동온실은 온실의 길이방향으로 온실 골격에 쉽게 설치할 수 있는 모노레일 시스템을 개발하여 예인 지퍼 방식의 보온덮개 개폐와 각종 운반, 방제 등 일반적인 관리 작업 등 다목적으로 이용할 수 있도록 하였다.

## 4. 다수동 온실의 제어 시스템 개발

다수동의 온실을 경영하는 경우 각각에 설치된 모노레일 시스템을 이용하는 보온덮개 개폐 장치를 동시에 구동하는 제어 시스템을 개발하였다.

## 5. 보온자재 개발 및 보온효과 구명

단동온실 내의 터널 보온덮개로 사용하고 있는 누빈 보온덮개는 두껍고 무거워서 기계적 개폐에 장애 요인이 되며 장기간 보관에 따라 내구성이 떨어진다. 본 연구에서는 가볍고 취급이 용이하여 기계적 개폐장치에 적응성이 좋고 보온력과 내구성이 좋은 보온덮개를 개발하였다.

# 결과 및 고찰

우리나라 농업종사자는 점점 노령화되고 여성화되어가고 있고 시설원예의 대부분을 차지하는 단동온실은 대부분의 관리 작업이 인력으로 이루어지고 있어 어려움이 많다. 단동온실의 작업중에서 보온덮개 개폐작업은 매일 정시에 해야 하기 때문에 가장 많은 노동력을 필요로 하고 정신적 스트레스가 큰 작업이다. 본 연구는 이와 같은 보온덮개 개폐작업을 기계적 시스템을 도입하여 자동화 한 연구로 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

## 1. 단동온실 모델 선발

우리나라 시설원예의 대부분을 차지하는 단동온실은 전국적으로 분포되어 있어 지역이나 재배하는 작물에 따라 규격이 다양하다. 따라서 본 연구에서는 농협을 통하여 용자 공급되고 있어 단동온실 모델로 가장 많이 보급되어 있는 폭 5.0m 높이가 3m 골조간격 0.8m (외경25.4mm 길이9m 두께1.5t 아연도금 파이프)를 공시 단동온실 모델로 선정하여 터널 보온덮개 개폐 시스템 개발의 모델로 하였다.

## 2. 보온덮개 자동 개폐장치 개발

### 가. 보온덮개 개폐장치

보온덮개의 사용기간은 12월경의 정식 시부터 4월까지 단동온실 외기온이 생육적온보다 낮은 시기이며, 주로 일출과 함께 광합성이 필요한 일사가 확보되면 걷고, 오후에는 야간 보온을 위하여 일몰전 온실내 온도가 떨어지기 전에 보온덮개를 덮는다. 대체로 길이 100m인 단동온실 10동(1,500평)의 보온덮개를 인력으로 걷는데 1.5시간, 덮는데 2시간 정도의 시간이 소요되며 매일 정시에 개폐를 하는 것이 중요하다. 이와 같은 단동온실의 보온덮개 개폐를 위하여 3가지 방식의 개폐장치 개발을 시도하였다.

### 1) 롤업 방식

롤업 방식의 개폐 시스템은 온실의 길이방향으로 설치한 파이프 축계에 개폐 가이드용 로프웨이와 보온덮개를 권취하는 시스템을 설치하여 개폐 감속기의 정역회전에 따라 보온덮개를 권취식으로 개폐하도록 구성한 것이다.

롤업방식은 단동온실에 설치된 2개의 보온덮개를 각각 권취하는 2대의 개폐감속기와 로프웨이를 구동하는 개폐감속기등 3대가 필요하고 시설비의 과다하고 복잡한 로프웨이로 구성되어 설치 및 철거가 번거롭고 노동력이 많이 소요되는 단점이 나타났다.

## 2) 와이어 풀리 방식

와이어 풀리 방식의 보온덮개 개폐 시스템은 U자형 형강으로 단동온실의 터널골조와 같은 크기의 가이드 프레임을 제작하여 이 프레임의 일단에 구동 풀리, 다른 일단에 중동 풀리를 설치하고 프레임에 연하여 와이어를 걸어 보온덮개의 개폐를 구동하도록 하였다. 이 가이드 프레임을 10m 간격으로 설치하여 보온덮개 개폐시스템을 구성한 것이다. 각 가이드 프레임의 구동 풀리를 파이프 축으로 연결하여 구동하면 각 가이드 프레임간의 와이어에 설치된 길이 방향의 가이드 와이어에 고정된 보온덮개가 개폐되도록 구성된 시스템이다.

가이드 프레임의 매설부에서 발생하는 부등침하로 인하여 구동 축파이프의 굴곡이 발생하고 구동토크가 크게 증가하였고, 터널의 철거시 구동 파이프의 분해 운반 등의 어려움으로 실용화의 가능성은 낮다고 판단되었다.

## 3) 예인지퍼 방식

예인지퍼식 보온덮개 개폐장치는 보온덮개의 온실 중앙 통로측 변에 직경12mm PE사의 로프를 PE시트로 감싼 개폐 유인트랙을 부착하고, 온실 길이 방향으로 중앙 천정부에 설치한 모노레일의 자주장치에 의해 전후진하는 롤러 조합의 슬라이딩 탭(sliding tab)으로 유인트랙을 온실 상부로 끌어 올렸다가 개 또는 폐의 위치로 유인하여 보온덮개의 자중에 의해 지면에 내려뜨려 개폐되도록 구성한 것이다.

여기서 롤러조합 슬라이딩 탭은 모노레일의 자주장치의 진행방향에 직각인 바를 설치하고 바에 경사진 아암의 전후부에 2조의 롤러 조합을 설치한 것으로 전방 롤러는 온실의 양측부에 후방 롤러는 온실의 중앙 통로부위로 하여 구성한 것이다.

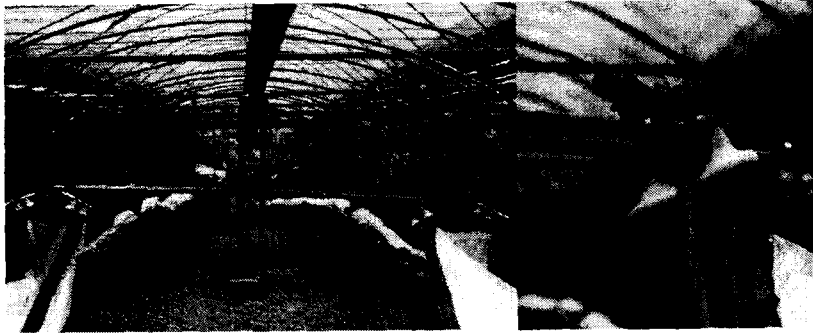


그림 1 예인지퍼식 보온덮개 개폐장치와 슬라이딩 탭 및 유인트랙

### 나. 개폐 유인트랙

개폐 유인트랙은 T자형의 고무제품과 O형의 PE사 로프를 PE시트로 감싸서 보온덮개의 변에 재봉하여 부착하였으며, 개폐성능은 두 제품 모두 양호하였으나 로프가 구입이 용이하고 가격이 고무 제품에 비하여 1/3 정도로 저렴하여 경제적이었다.

개발한 개폐 유인트랙은 보온덮개 철거시 보온덮개와 분리시키지 않고 부착된 그대로 말아서 보관하는 것이 가능하고 보관 후 다시 사용할 때 변형이 없어 롤러 조합 슬라이딩 탭에 의한 개폐에 지장이 없었다.

### 다. 온실 마무리 양단부의 개폐 처리

온실의 마무리 양단에서는 별도의 동력을 사용하지 않고 자주장치의 이동에 연동하는 슬라이딩 아암을 설치하여 보온덮개를 걷을 때는 온실 중앙 통로부의 개폐 롤러 조합이 온실의 양측부로, 보온덮개를 덮을 때는 온실 양측부의 개폐 롤러 조합이 온실 중앙 통로부위로 이동하도록 하여 온실 양단부의 개폐불능 구역이 없도록 하였다. 그러나 이 부분은 실용화를 위하여 좀 더 간단한 장치의 개발이 요구되었다.

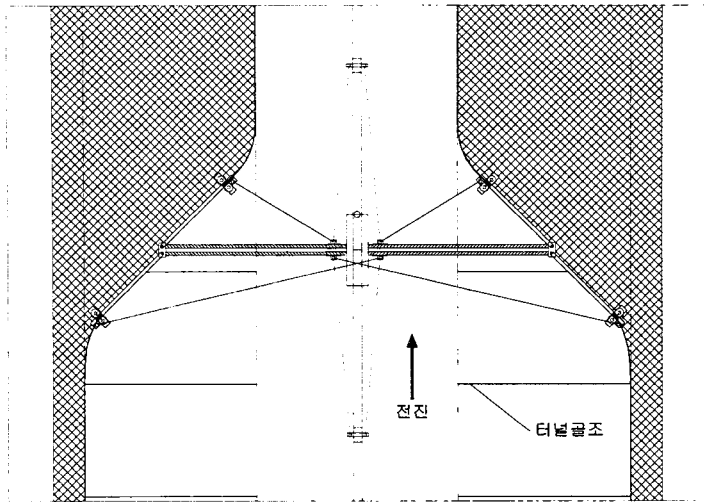


그림 2 온실 마구리 양단부의 개폐 처리부

### 3. 행거 모노레일 개발

단동온실 내의 양쪽 2개의 터널에 보온덮개를 개폐하는 장치를 개발하기 위하여 단동온실의 길이방향으로 단동온실의 골격파이프에 쉽게 설치할 수 있는 행거 모노레일을 개발하였다. 모노레일은 습기가 많은 온실내 환경을 감안하여 AC 220V의 전원을 DC 24V의 전원으로 정류하여 공급하여 감전의 염려가 없도록 하였으며 레일 형강 내에 +극 전선을 격납하고 레일을 -극 전선으로 하여 다른 작업에 장애가 되지 않도록 하였다.

본 연구에서 개발한 행거 모노레일은 보온덮개 개폐작업 외에 운반, 방제 등 일반 관리 작업에도 사용할 수 있도록 구성하여 시스템을 다목적으로 이용하는 것이 바람직하다고 생각한다.

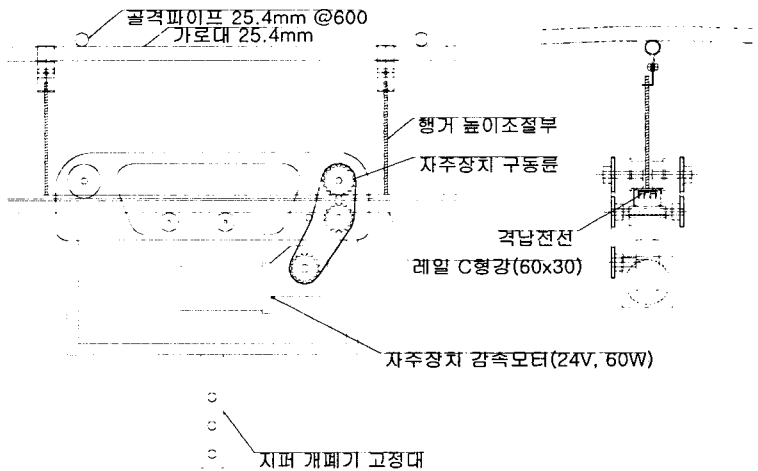


그림 3 전선 내장형 C형강 모노레일

### 4. 제어 시스템 개발

터널 보온덮개의 개폐제어를 위한 기초시험을 통하여 일출, 일몰을 1차적 기준으로 하고 온실내 온도가 온도보상점으로 되는 시점을 2차적 기준으로 하는 알고리즘의 개폐제어 소프트웨어와 하드웨어를 개발하였다. 또한 다수동의 온실을 경영하는 경우 각각에 설치된 보온덮개 개폐 시스템을 동시에 제어하는 제어 시스템을 개발하였다.

## 5. 보온자재 개발 및 보온효과 구명

대부분의 단동온실 농가에서 사용하고 있는 누빈 보온덮개는 부직포와 카시미론 등을 여러겹 누벼서 제작하므로 무겁고 두꺼워서 부피가 크고 단동온실 시설자재비의 50% 정도를 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 비닐과 비닐 사이에 부직포를 넣고 접착하는 방법으로 보온덮개를 개발하였다. 이것은 보온덮개가 기존의 누빈 보온덮개에 비해 보온 효과가 좋고 가볍고 부피가 적어서 기계적 개폐장치에 적응성이 좋았다.

## 인용문헌

1. 고재균, 김문기, 이석건, 서원명, 최홍림. 1988. 농업시설공학. 서울대학교 출판부.
2. 고학균, 김문기, 김용현. 1989. 플라스틱 하우스의 직달 및 산란 일사량 해석. 한국태양에너지학회지 9(3). pp.13~24.
3. 권영삼. 1993. 원예시설 환경관리 기술의 현황과 전망. 서울대학교 농업개발연구소. 국내 시설원예산업 발전을 위한 심포지엄 자료집 pp.63~81.
4. 김문기 외. 1997. 원예시설의 환경설계기준 작성연구(II). pp.106~122.
5. 농림수산부. 1995. 농가보급형 자동화 온실 표준설계서.
6. 박상근. 1988. 우리나라 시설원예의 현황과 문제점. 시설원예연구 1(1). pp.3~11.
7. 박중춘, 1992, 한국형 원예시설 모델 설정과 개발, 시설원예에 있어서 고효율 생산 시스템에 관한 심포지엄, 시설원예연구회
8. 이기명, 오중열, 김진현, 송재관, 구건효, 박규식, 1999, 원예 시설 환경제어 및 관리자동화, 91-94
9. 이석건, 1995, 기상재해방지를 위한 플라스틱하우스의 구조설계에 관한 연구, 경상북도 농촌진흥원 용역연구보고서
10. 이용범. 1997. 보온력 향상 기술의 국내현황과 개발방향. 시설원예 난방에너지절감에 관한 세미나. 한국시설원예연구회. pp.47~68.
11. 정순주, 1988, 시설재배시 광환경과 작물생육반응, 시설원예연구 제1권 2호:41-53
12. 古在豊樹. 1974. 溫室の構造と透過光量に關する理論的解析. 農業氣象 30(2). pp71~79.
13. 一田益巳. 1980. 溫室設計の基礎と實際. 養賢堂. pp.172~204.
14. (社)日本施設園藝協會編, 1991, 施設園藝における被覆資材導入の手引
15. 三原義秋. 1972. 施設園藝の氣候管理. 誠文堂新光社. pp.111~126.