

# 여름철 자갈축열 태양열 온실의 축열층 온·습도 변화

## The Variation of Air Temperature and Humidity of Rock Bed Storage for Solar-Heated Greenhouse in Summer Season

이석건, 이종원\*, 이현우, 김길동  
경북대학교 농업토목공학과

S. G. Lee · J. W. Lee\* · H. W. Lee · G. D. Kim  
Department of Agricultural Engineering, Kyungpook National University

### 서 론

온실재배에 있어 시급하게 해결하여야 할 당면과제중 하나가 에너지 문제이다. 특히, 겨울철 난방에 소요되는 에너지원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 국내여건상 국제원유가의 불안정은 계획재배를 불가능하게 할 뿐만 아니라 온실재배의 성패여부까지 좌우하게 된다. 또한, 국내 기후조건상 여름철 고온기에 휴작하는 온실이 많을 뿐만 아니라 냉방장치와 이에 소요되는 에너지 비용 등으로 인하여 고품질의 농산물 생산과 주년재배가 어려운 실정이다. 현재, 온실재배에 투여되는 에너지를 절감할 수 있는 연구들이 많이 수행되고 있으며 일부 실용화되고는 있지만 아직 명확한 해결책이 제시된 것은 아니다. 자연에너지원중 태양에너지를 이용하는 방법이 일부 연구되고 있으나 겨울철 난방에너지의 절감만을 목적으로 하고 있으므로 여름철 냉방시 별도의 시스템을 구비하여야 한다. 따라서, 겨울철 난방에너지와 여름철 냉방에너지 절감을 목적으로 자갈축열 태양열 온실을 제작하여 실험하였다.

본 연구는 자갈축열 태양열 온실에 있어 냉방효과를 보다 효율적으로 얻기 위한 방법을 모색하고자 여름철 외기온 변화에 따른 자갈축열층의 온·습도 변화를 분석하였다.

### 실험장치 및 방법

#### 1. 자갈축열 태양열 온실의 축열시스템

본 연구에 사용된 자갈축열 태양열 온실의 축열층은 7m(폭)×11m(길이)×0.8m(높이)의 크기로 온실하부에 설치되어 있으며 축열재는 150~250mm의 자갈을 사용하였다. 그리고, 축열층 내부에 두께 10cm의 폴리스티렌 폼으로 단열처리를 하였으며 온실내부와 자갈축열층의 공기순환을 위하여 축열층 좌우에 53m<sup>3</sup>/min의 공기유입팬 및 유출팬을 각각 4대씩 설치하였다. 그리고, 온실외부와 자갈축열층의 공기순환을 위해 온실외부에 직경이 30cm인 외기유입구와 배기팬을 측창쪽에 각각 3개씩 설치하였다.

#### 2. 자갈축열층 온·습도 계측방법

자갈축열 태양열 온실에 있어 효과적인 냉방에너지 절감방안을 모색하고자 주·야간에

축열 및 배기시스템의 작동방식을 각각 다르게 하였을 때 온실외부 환경변화에 따른 자갈 축열층 내부의 환경변화를 분석하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 자갈축열층의 온·습도를 분석하기 위해 축열층 내부에 온실길이방향으로 6점, 폭방향으로 3점의 온·습도 센서를 축열층 높이 40cm되는 곳에 총 18점 설치하였으며 외부기상은 실험온실이 위치한 지역에 설치되어 있는 종합기상관측장비를 이용하였다.

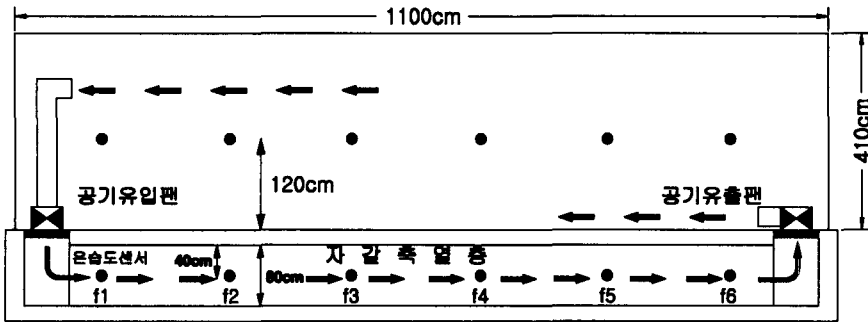
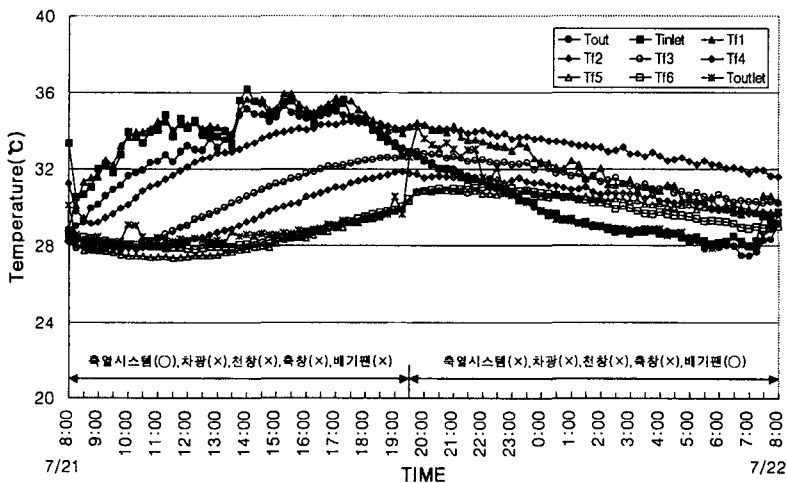


Fig. 1. 축열층내 온·습도센서 설치도

## 결과 및 고찰

### 1. 축열층의 온도변화

그림 2는 08:00~익일 08:00(2000. 7. 21~22)까지 자갈축열층내의 온도변화를 나타낸 것으로서, 08:00~19:30(2000. 7. 21)까지 온실내부에 설치되어 있는 축열시스템을 작동하고, 19:30~익일 08:00까지 온실외부에 설치되어 있는 배기구와 배기팬을 작동하였다.



(Tout : 외기온, Tinlet : 유입온도, Toutlet : 유출온도, T1~T6 : 유입→유출구순의 축열층내부온도)

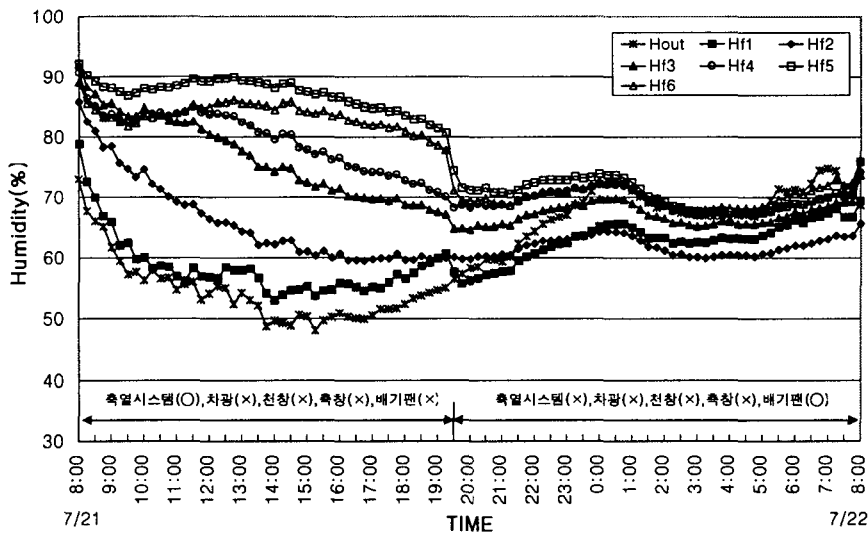
Fig. 2. 자갈축열층 내부온도 변화 (유입팬 : 212m<sup>3</sup>/min, 유출팬 : 212m<sup>3</sup>/min)

그림 2에서 보는 바와 같이, 주간(08:00~18:00)에 외기온이 28.5℃~35.3℃(평균 33.1℃) 범위에서 변화하고 자갈축열층내에 유입되는 공기의 온도가 30.5℃~36.2℃(평균 34.1℃)범위일 때 자갈축열층에서 온실내부로 유출되는 공기의 온도는 28.2℃~30.1℃(평균 28.6℃) 범위였으며 축열층 내부온도는 27.4℃~35.9℃(평균30.3℃)범위였다. 또한, 10시간 축열시 자갈축열층 내부온도는 축점에 따라 1.7℃~7.0℃의 온도상승이 있었다. 그리고, 유입구에서 멀어질수록 축열층 온도는 낮게 나타났으며 온도상승 속도 또한 감소하는 경향으로 나타났다.

야간(18:00~익일 08:00)에 축열시스템을 작동하지 않고 배기팬만을 작동하였을 경우, 외기온이 27.4℃~34.4℃(평균 30.1℃)범위에서 변화할 때 자갈축열층 내부온도는 29.7℃~34.9℃(평균 31.4℃)범위였으며 온실외부에 설치되어 있는 배기구와 배기팬의 영향으로 축열층 내부온도는 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향으로 나타났으며 축점에 따라 2.2℃~5.1℃(평균 2.8℃)의 온도하강 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 2. 자갈축열층의 습도변화

그림 3은 08:00~익일 08:00(2000. 7. 21~22)까지 자갈축열층내의 습도변화를 나타낸 것으로서, 08:00~19:30(2000, 7, 21)까지 온실내부에 설치되어 있는 축열시스템을 작동하고, 19:30~익일 08:00까지 온실외부에 설치되어 있는 배기구와 배기팬을 작동하였다.



(Hout : 외부습도, Hf1~Hf6 : 유입→유출구순의 축열층 내부습도)

Fig. 3. 자갈축열층 내부습도 변화 (유입팬 : 212m<sup>3</sup>/min, 유출팬 : 212m<sup>3</sup>/min)

그림 3에서 보는 바와 같이, 주간(08:00~18:00)에 외부습도가 48.1%~73.0%(평균 54.5%) 범위에서 변화할 때 자갈축열층 내부습도는 53.1%~92.3%(평균 75.9%)범위였으며 10시간 축열시 자갈축열층 내부습도는 축점에 따라 8.1%~26.3%의 감소현상이 있었다. 또한, 유

입구에서 멀어질수록 축열층 습도는 높게 나타났으며 습도감소 속도 또한 감소하는 경향으로 나타나 유입구에서 멀어질수록 외부습도의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. 그리고, 야간(18:00~익일 08:00)에 축열시스템을 작동하지 않고 배기팬만을 작동하였을 경우, 외부습도가 52.4%~74.8%(평균 66.0%)범위에서 변화할 때 자갈축열층 내부습도는 55.7%~83.6%(평균 67.3%)범위였으며 배기시스템으로 유입되어지는 외기의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

## 적 요

자갈축열 태양열 온실에 있어 여름철 냉방에너지의 효과적인 절감 방안을 모색하고자 축열 및 배기시스템의 작동방식을 다르게 하여 주·야간 축열과 방열시 자갈축열층의 온습도환경을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 주간에 외기온이 28.5℃~35.3℃범위에서 변화할 때 자갈축열층내로 유입되는 공기의 온도는 30.5℃~36.2℃, 자갈축열층에서 온실내부로 유출되는 공기의 온도는 28.2℃~30.1℃, 축열층 내부온도는 27.4℃~35.9℃ 범위였다. 또한, 10시간 축열시 자갈축열층 내부온도는 축점에 따라 1.7℃~7.0℃의 온도상승이 있었으며 유입구에서 멀어질수록 축열층 온도는 낮게 나타났으며 온도상승 속도 또한 감소하는 경향으로 나타났다. 그리고, 야간에 축열시스템을 작동하지 않고 배기팬만을 작동하였을 경우, 외기온이 27.4℃~34.4℃범위일 때 자갈축열층 내부온도는 29.7℃~34.9℃(평균 31.4℃)범위였으며 온실외부에 설치되어 있는 배기구와 배기팬의 영향으로 축열층 내부온도는 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향으로 나타났으며 축점에 따라 2.2℃~5.1℃(평균 2.8℃)의 온도하강 효과가 있는 것으로 나타났다.
2. 여름철 주간에 10시간 축열시 자갈축열층 내부습도는 축점에 따라 8.1%~26.3%의 감소 현상이 있었다. 또한, 유입구에서 멀어질수록 축열층 습도는 높게 나타났으며 습도하강 속도 또한 감소하는 경향으로 나타나 유입구에서 멀어질수록 외부습도의 영향을 적게 받는 것으로 분석되었다. 하지만, 야간에는 배기시스템의 영향으로 자갈축열층의 습도는 외기의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. 박정원, 박봉규, 안상규. 1992. 자갈식 축열조의 축열특성에 관한 연구. 한국태양에너지 학회지 Vol. 12(1). pp. 81~87
2. 이석건, 이종원, 이현우, 김길동. 1999. 태양열 온실 설계를 위한 축열자갈층의 모형 실험. 한국농공학회 학술발표회 발표논문집. pp. 393~398
3. 이석건, 이종원, 이현우, 김길동. 1999. 자갈축열 태양열 온실의 축열층 온·습도 변화. 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 9(1). pp. 90~93