

자갈축열 태양열 온실의 내부온·습도 변화

Inside Air Temperature and Humidity Variation of Solar-Heated Greenhouse

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

온실산업에 이용되고 있는 냉·난방에너지원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 여건상 시설재배 농가의 안정적 경영을 위해서는 냉·난방에너지를 절감하고 대체에너지의 개발 등을 통한 냉·난방비 부담을 줄일 수 있는 기술이 요구되고 있다.

온실난방에 이용되고 있는 화석에너지의 대체에너지중 태양열을 이용한 방식이 일부 연구되고 있으나 이들 시스템은 겨울철 난방에너지의 절감을 목적으로 하고 있으므로 여름철 냉방시 별도의 시스템을 구비하여야 한다. 따라서, 본 연구는 냉난방기간동안 온실에 투여되는 에너지를 절감하고자 자갈축열 태양열 온실을 설계·제작하였다. 이러한 자갈축열 태양열 온실의 냉난방에너지 절감 효과를 분석하고자 자갈축열 태양열 온실에 있어 내부온·습도 변화를 분석하였다.

실험장치 및 방법

1. 실험장치

본 연구에 사용된 자갈축열 태양열 온실은 그림 1에서 보는 바와 같이 폭(7m)×길이(11m)×동고(4.1m)의 양지붕형 유리온실로서 건설방위는 동서동이다. 자갈축열층은 폭(7m)×길이(11m)×높이(0.8m)의 규모로 온실하부에 설치되어 있으며 축열재는 150~250mm의 자갈을 사용하였다. 그리고, 축열온실의 난방효과를 분석하고자 대조온실로는 동일한 크기의 일반 유리온실을 이용하였다.

2. 실험방법

자갈축열 태양열 온실의 승온억제효과 및 난방효과를 분석하고자 자갈축열 태양열 온실과 대조온실 내부에 그림 1에서 보는 바와 같이 온실내부에 길이방향으로 6점, 폭방향으로 3점의 온습도 센서를 지면에서 높이 120cm되는 곳에 총 18점 설치하여 온실내부의 온습도 환경을 계측하였다.

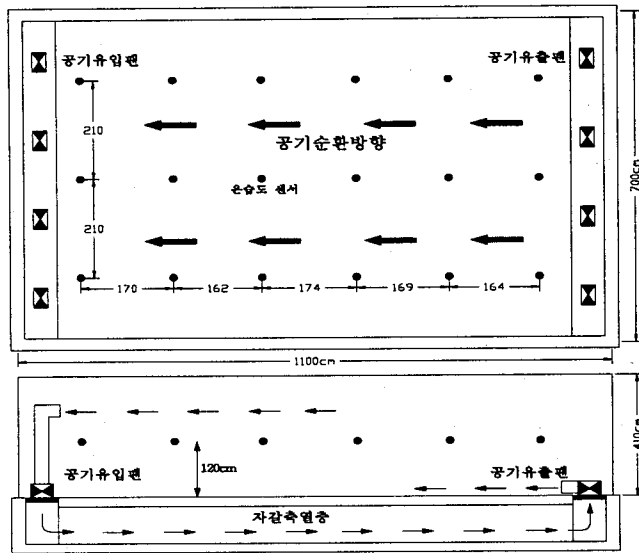


Fig. 1. 온습도센서 설치도

결과 및 고찰

1. 주간(08:00~20:00)에 있어 자갈축열 태양열 온실의 내부온·습도 변화

그림 2는 주간(08:00~20:00)동안 자갈축열 태양열 온실 및 대조온실의 내부온·습도 변화를 분석한 결과로서, 그림 2(a)는 공기유입팬을 최대용량($212\text{m}^3/\text{min}$)으로 작동시켰을 경우이며 그림 2(b)는 공기유입팬을 최대용량의 $1/2$ ($106\text{m}^3/\text{min}$)로 작동시켰을 때의 자갈축열 태양열 온실과 대조온실의 내부온·습도 변화를 나타내고 있다.

그림 2(a)에서 보는 바와 같이 유입팬의 최대용량으로 축열하였을 경우, 외기온이 $2.2^\circ\text{C} \sim 16.1^\circ\text{C}$ (평균온도 11.3°C)범위에서 변화할 때 축열온실 내부온도는 $8.3^\circ\text{C} \sim 30.9^\circ\text{C}$ (평균 22.0°C)범위였으며 대조온실 내부온도는 $2.7^\circ\text{C} \sim 44.1^\circ\text{C}$ (평균 28.6°C)범위에서 변화하였다. 자갈축열 태양열 온실은 대조온실에 비해 주간동안 최고 13.2°C , 평균 6.6°C 의 승온억제효과가 있었다. 그리고, 내부습도는 외부습도가 $9.2\% \sim 70.8\%$ (평균 24.8%)범위에서 변화할 때 자갈축열 태양열 온실의 내부습도는 $27.6\% \sim 99.3\%$ (평균 42.7%)범위였으며 대조온실의 내부습도는 $22.0\% \sim 74.0\%$ (평균 29.0%)범위에서 변화하여 축열온실의 내부습도가 대조온실과 비교하여 평균 18.7% 정도 높게 나타났다.

그림 2(b)는 공기유입팬을 최대용량의 $1/2$ 로 축열하였을 경우 온실내부의 온·습도 변화를 분석한 것으로서, 외기온이 $-1.0^\circ\text{C} \sim 7.6^\circ\text{C}$ (평균온도 4.4°C)범위에서 변화할 때 축열온실 내부온도는 $8.1^\circ\text{C} \sim 29.4^\circ\text{C}$ (평균 21.1°C)범위였으며 대조온실 내부온도는 $3.1^\circ\text{C} \sim 36.5^\circ\text{C}$ (평균 24.0°C)범위에서 변화하였다. 자갈축열 태양열 온실은 대조온실과 비교하여 주간동안 최고 7.1°C , 평균 2.9°C 의 승온억제효과가 있었다. 그리고, 내부습도는 외부습도가 $8.9\% \sim 20.5\%$ (평균 13.1%)범위에서 변화할 때 자갈축열 태양열 온실의 내부습도는 $23.7\% \sim 83.6\%$ (평균 33.5%)범위였으며 대조온실의 내부습도는 $22.5\% \sim 32.9\%$ (평균 23.8%)범위에서 변화하여

축열온실의 내부습도가 대조온실에 비해 평균 9.7%정도 높게 나타났다.

따라서, 주간동안 외부일사에 의해 대조온실의 내부온도는 시간이 경과함에 따라 급격하게 상승하였으나 축열온실의 내부온도는 완만하게 상승하였으며 대조온실의 내부습도는 외부습도에 많은 영향을 받으나 축열온실의 경우에는 온실내부와 축열층의 공기순환으로 인하여 축열층 내부습도의 영향을 받는 것으로 분석되었다..

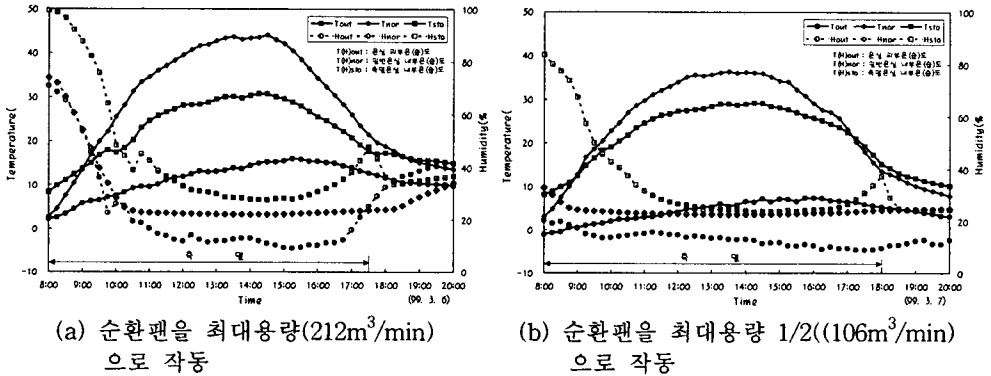


Fig. 2. 주간동안 온실의 내부온·습도 변화

2. 야간에 있어 자갈축열 태양열 온실의 내부온·습도 변화

그림 3은 야간(20:00~익일08:00)동안 자갈축열 태양열 온실 및 대조온실의 내부온·습도 변화를 분석한 결과로서, 그림 3(a)는 공기유입팬을 최대용량(212m³/min)으로 작동시켰을 경우이며 그림 3(b)는 공기유입팬을 최대용량의 1/2(106m³/min)로 작동시켰을 때의 자갈축열 태양열 온실과 대조온실의 내부온·습도 변화를 나타내고 있다.

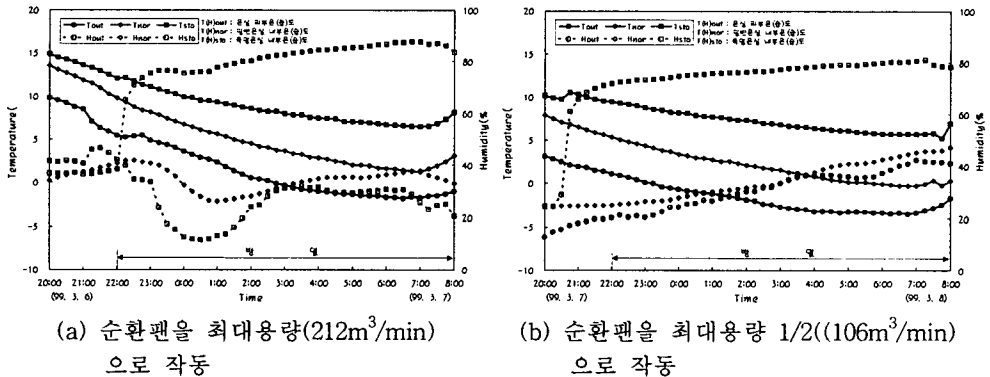


Fig. 3. 야간동안 온실의 내부온·습도 변화

그림 3(a)에서 보는 바와 같이 공기유입팬을 최대용량으로 방열하였을 경우, 외기온이 -1.8℃~9.8℃(평균온도 2.0℃)범위에서 변화할 때 축열온실 내부온도는 6.5℃~14.9℃(평균 9.3℃)범위였으며 대조온실 내부온도는 1.1℃~13.5℃(평균 5.5℃)범위에서 변화하였다. 자갈축열 태양열 온실은 대조온실에 비해 평균 3.8℃의 난방효과가 있었다. 그리고, 내부습

도는 외부습도가 11.2%~46.8%(평균 28.7%)범위에서 변화할 때 자갈축열 태양열 온실의 내부습도는 36.3%~87.8%(평균 73.5%)범위였으며 대조온실의 내부습도는 26.3%~42.0%(평균 34.7%)범위에서 변화하여 축열온실의 내부습도가 대조온실에 비해 평균 45.8%정도 높게 나타났다.

그림 3(b)에서 보는 바와 같이 공기유입팬을 최대용량의 1/2로 방열하였을 경우 외기온이 $-3.5^{\circ}\text{C} \sim 3.1^{\circ}\text{C}$ (평균온도 -1.3°C)범위에서 변화할 때 축열온실 내부온도는 $5.1^{\circ}\text{C} \sim 10.5^{\circ}\text{C}$ (평균 7.5°C)범위였으며 대조온실 내부온도는 $-0.3^{\circ}\text{C} \sim 7.9^{\circ}\text{C}$ (평균 2.5°C)범위에서 변화하였다. 자갈축열 태양열 온실은 대조온실에 비해 평균 5°C 의 난방효과가 있었다. 그리고, 내부습도는 외부습도가 12.9%~42.4%(평균 29.4%)범위에서 변화할 때 자갈축열 태양열 온실의 내부습도는 24.5%~81.0%(평균 73.3%)범위였으며 대조온실의 내부습도는 24.7%~47.2%(평균 33.4%)범위에서 변화하여 축열온실의 내부습도가 대조온실에 비해 39.9%정도 높게 나타났다.

야간동안 자갈축열 태양열 온실은 대조온실에 비해 순환팬 작동방식에 따라 평균 $3.8^{\circ}\text{C} \sim 5.0^{\circ}\text{C}$ 의 난방효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고, 야간에 축열온실의 내부습도가 다소 높게 나타나는 것은 온실내외 기온차에 기인하는 것으로 판단된다.

적 요

주·야간동안 자갈축열 태양열 온실에 있어 내부온·습도 변화를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 주간동안 자갈축열 태양열 온실은 대조온실에 비해 유입팬의 최대용량으로 축열하였을 때는 최고 13.2°C , 평균 6.6°C 의 승온억제효과가 있었으며 내부습도는 18.7%정도 높게 나타났다. 그리고, 유입팬의 최대용량 1/2로 축열하였을 때는 최고 7.1°C , 평균 2.9°C 의 승온억제효과가 있었으며 내부습도는 평균 9.7%정도 높게 나타났다.
2. 야간동안 자갈축열 태양열 온실은 대조온실에 비해 순환팬 작동방식에 따라 평균 $3.8^{\circ}\text{C} \sim 5.0^{\circ}\text{C}$ 의 난방효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고, 야간에 축열온실의 내부습도가 다소 높게 나타나는 것은 온실내외 기온차에 기인하는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 박정원, 박봉규, 안상규. 1992. 자갈식 축열조의 축열특성에 관한 연구. 한국태양에너지학회지 Vol. 12(1). pp. 81-87
2. Henning Bredenbeck, ROCK BED STORAGE INSIDE OF GREENHOUSES, Acta Horticulturae 148, 1984, pp. 739~744
3. T.Mori, UTILIZATION OF SOLAR ENERGY FOR WINTER CROPPING GREENHOUSE TOMATO, Acta Horticulturae 87, 1978, pp. 321~327
4. Walton, L.R. et al. Storing solar energy in an underground rock bed, Transactions of the ASAE 22, 1979