

시스템을 설계하고 제작하였다.

원적외선 면상발열체에 의한 열량은 면상발열체의 효율과 소비전력량에 의해 환산 하였으며, 이 시스템의 효과 분석을 위해 동일한 크기의 대조구를 2동 더 건설하였다. 대조구 중 하나는 온풍기에 의한 열풍난방 시스템(모델 KEH-20, 국제정밀, Korea)으로 열용량은 76,350 kJ/hr이고, 또 다른 난방시스템은 원적외선 면상발열체를 하우스벽면에 수직으로 설치하여 실험값을 비교분석함으로써 타당성을 검증하고자 하였다.

공기온도, 태양강도, 토양온도, 상대습도, 원적외선 면상발열체의 표면온도, 원적외선 면상발열체로부터 조사거리별 온도, 소비전력량 및 연료소모량 등을 분석하였다. 토양은 사양토로 건조한 상태를 유지하였으며, 날씨는 겨울철(1월~3월)중 청명하고 외기 온도가 낮은 날(-7℃ 이하)을 선택하여 분석하였다.



Table 1 Specification of far infrared heater for heating system

Component	Specification
Electronic power	3 Phase 220 V 60 Hz
Size	1000×400×0.8 mm
Consumption Power(1 sheet)	350 W
Adiabatic thickness	8 mm
Number of far infrared plate heater	20
Maker	MAGICYURA, Korea

Fig. 1 Far infrared heater heating system.

나. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용한 원적외선 면상발열체(1000 × 400 × 0.8mm)는 직사각형으로 제작하였으며 주요한 사양은 표 1과 같다.

본 원적외선 면상발열체 난방시스템은 발열장치와 콘트롤 장치로 구성되어 있고, 콘트롤 장치는 타이머, 온도센서, 차단기 등으로 구성되어있다. 발열장치로는 원적외선 방열판과 단열면 등으로 되어있다. 콘트롤 장치에서는 실내온도를 피이드백 받아 on-off 로 제어되도록 하였다. 온실의 크기는 6000 × 8000 × 3400이고 바닥면적은 48m² 이었다. 이때 보온비는 0.65로 하였다. 난방 설정 온도는 최저온도를 12℃ 이하가 되지 않도록 설정하였다.

본 실험의 측정항목은 온실 실내온도 (상, 중, 하, 앞, 중앙, 뒤; 9지점), 온실 내·외 수평면 태양강도, 토양깊이(표면, 50, 100, 150, 200, 300, 500, 700 mm)별 온도, 상대습도, 원적외선 면상발열체의 표면온도, 원적외선 면상발열체로부터 조사거리(200, 400, 600, 800, 1000 mm)별 온도, 소비전력량 및 대조구의 연료소모량, 풍속 등 이다. 온풍기로부터의 방열량은 팬 출구 24 개소에서 온도와 풍속을 측정하고, 공기비열, 보일러 흡입구와 배출구의 온도차

를 이용한 현열 교환량으로 구했다. 풍속은 열선 풍속계(V-01-AN, IET, JAPAN)로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 열특성 분석

그림 2는 온실 내에 원적외선 면상 발열체를 설치한 경우의 열흐름 특성과 실온변화를 보여주고 있다. 이 그림에서 보는 바와 같이 50~1480 kJ/m².hr의 태양열이 9시간 동안 온실 내에 공급되었고, 300~320 kJ/m².hr의 열이 면상 발열체에 의하여 24시간 동안 온실 내에 공급되었다. 그 중에서 야간에는 면상 발열체에서 300~320 kJ/m².hr의 열에너지가 방출되어 온실 난방열원으로 활용되고 있었다. 이 공급되는 열에너지 중 주간에는 100~150 kJ/m².hr의 열이 토양과 공기 중에 저장되었다.

손실 열량은 주간에 300~580kJ/m².hr가 온실 밖으로 손실되었고, 야간에는 300~400.4kJ/m².hr의 열에너지가 온실 밖으로 손실되어 야간보다 주간의 열손실이 1.0~1.4배 큰 것을 알 수 있었다.

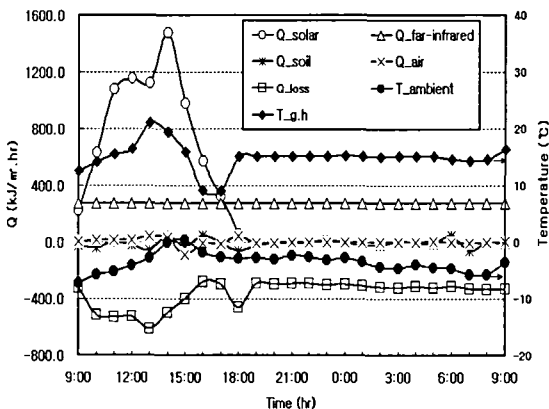


Fig. 2 Heat flow and air temperature variation in the greenhouse installed far infrared heater.

외기온은 주간에 -4~7℃였고, 야간에는 -8~2℃이었다. 최저 외기온은 05~07시 사이에 -8℃~-7℃이었고, 이때의 온실내 공기 온도는 12~16℃로 실내온과 외기온 차는 20℃를 보였으며, 이는 온실 내부로 공급되는 열원에 의하여 낮은 외기온에서도 온실 내부 공기온도가 주간에는 18~20℃로 유지되었으며, 야간에는 12~16℃로 보온되는 결과를 얻을 수 있었다. 이상의 분석 결과로부터 원적외선 면상발열체를 이용한 난방이 가능할 것으로 판단된다.

나. 외기온을 기준으로 한 온실 난방 효과

온실 난방 시스템의 난방효과는 외기온을 기준으로 한 온실의 실내온과 외기온과의 차로 분석하였다.

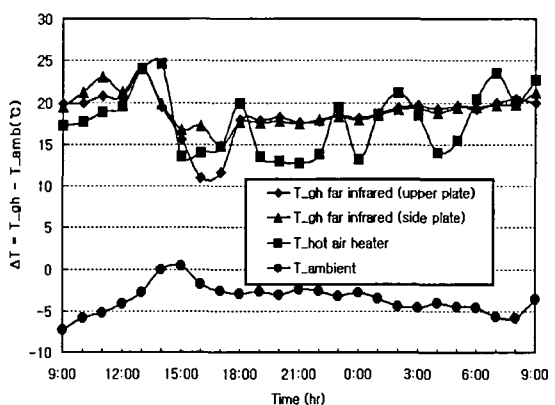


Fig.3 Greenhouse heating effect on the basic of the ambient air temperature.

그림 3에서는 외기온을 기준으로 한 3가지 형태로 된 각 시스템의 온실 난방 효과에 대하여 분석한 결과를 나타내고 있다.

이 그림에서 보는바와 같이 주간에는 3가지 형태의 시스템(원적외선 면상발열체 상단수평 설치형, 원적외선 면상발열체 측면 수직설치형, 온풍기)중 원적외선 면상발열체 시스템이 온풍기보다 0~5℃ 높았고, 야간에는 원적외선 면상 발열체 시스템이 온풍기보다 5℃ 높은 상태로 일정하게 유지되었다. 이것은 원적외선 면상발열체를 이용한 시스템이 안정적인 실온을 유지할 수 있음을 나타내 주는 것이다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 온실의 원적외선 면상발열체 난방시스템을 개발하고 실용화를 위한 기초 자료를 얻기 위하여 원적외선 면상발열체에 의한 온실 난방시스템을 구성하였으며, 난방 시스템에 대한 열특성을 분석하였다. 온실 난방시스템의 열특성과 토양의 열특성 분석을 위하여 온도, 수평면태양강도, 상대습도, 풍속 등의 주요 인자를 변수로 하여 실험 분석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

가. 원적외선 면상발열체에 의한 온실 난방시스템에서 온실내 공기온도는 원적외선 면상 발열체시스템이 온풍기 난방시스템 보다 5℃ 높았다.

나. 원적외선 면상발열체의 설치 방법에 따른 야간난방 효과는 단열 보온덮개에 의한 보온 효과와 단열로 인하여 차이가 없는 것으로 나타났다.

다. 원적외선 면상발열체에 의한 온실 난방시스템에서 주간의 열손실은 야간의 열손실보다 1.0~1.4배 큰 것으로 나타났다.

라. 원적외선 면상발열체에 의한 온실 난방시스템에서 최저 외기온이 -8℃~-7℃일때, 온실내 공기온도는 12~15℃로 실내온과 외기온 차는 20℃를 보여, 원적외선 면상발열체에 의한 난방이 가능한 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 송현갑, 금동혁, 유관희, 이기명, 이종호, 정두호. 1998. 시설원예자동화. 문운당.
2. 한충수, 박완서역. 1995. 원적외선 가열의 이론과 실제. 한국원적외선 응용연구소.
3. 한국생산기술연구원. 2002. 세카파 원적외선 면상발열체를 이용한 시설원예난방시스템 개발의 기술성 및 사업성평가 연구보고서.
4. Mathanee Sriarj, Seishu Tojo, Kengo Watanabe, Fusakazu Ai.1993. Simulation Model of Drying System in Solar House. Journal of The Society of Agricultural Structures, 25(3):147-158.