

# 시설원예용 태양열 시스템의 효율적 이용과 자동화 장치 개발(1)

- 시설재배 지중가온의 온도변화 연구 -

## A Development of Automation System and a Way to use Efficiency of Solar Energy System in Greenhouse

-Study on temperature variation of soil heating in greenhouse-

김진현·김철수\*·명병수·최중섭·구건호\*\*·김태욱

상주대학교 이공학부 기계공학과, \*토목공학과, \*\*구미전문대학 원예과

Kim, J.H · \*Kim, C.S, J.Y · Myung, B.S · Choi, J.S · \*\*Koo, G.H · Kim, T.W

Dept. of Mach. Eng., Sangju National Polytechnic Univ.

\*Dept. of Civil Eng., Sangju National Polytechnic Univ.

\*\*Dep. of Horticultural science, Kumi College, Kumi, Gyeongbug, Korea

### 1. 서 론

시설재배의 생육은 지상부의 온도에 주로 영향을 받지만, 토양이 저온일 경우에는 양분의 흡수가 불량하고, 토양미생물의 활동이 떨어진다. 특히 세균의 발달이 억제될 뿐만 아니라 코르크화가 촉진되고, 정식후 묘의 활착이 지연되어 토양수분의 흡수가 불량해지므로 생육이 저하된다<sup>1)</sup>.

일반적으로 시설채소는 근권에 적합한 지온이 18~22℃로 알려져 있고, 시설오이의 경우 최저한계지온이 13℃~15℃이며 최고한계는 25℃로 알려져 있다<sup>2) 3)</sup>

<sup>4)</sup>. 25℃ 이상에서는 뿌리의 호흡에 의한 소모가 촉진되어 생육이 불량하게 된다

<sup>5)</sup>. 겨울철 시설내의 난방상태에서 토양의 무가온시 지중의 최저온도는 약 15cm에서 대략 15℃로 나타나 시설오이의 경우 최적 지온에 비하면 약 3℃~7℃가 떨어지므로 묘의 활착 증진과 생장촉진을 위해 지온의 상승이 절실하다고 볼 수 있다. 그러나 실용화를 전제로한 지중가온의 연구와 동절기 지온변화의 연구는 대단히 미흡한 실정이며, 최근 공해문제와 에너지 절감 측면에서 태양열의 이용은 그 중요성이 강조되고 있다. 일반적으로 단기축열의 경우 온실면적의 20%를 집열판의 면적으로 설계<sup>6)</sup>하고 있으나 비용이 지나치게 높아 태양열 에너지의 효과적인 이용방법의 연구개발이 절실한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 저밀도의 태양열 에너지의 효율적인 이용을 위하여 토양을 순환수로 가온할 경우 파이프의 주변과 지중에 변화하는 온도를 연속 계측하는 시스템의 개발과 얻어진 기초자료로 부터 지중온도의 특성을 구명하여 시설재배의 지중가온 기술을 보급하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### (1) 실험장치

#### 가. 지중가온 장치

시설내의 지중가온수의 온도 변화에 따른 지중전열효과를 연구하기 위하여 폭과 길이가 15m×35m인 무기등 온실에 그림과 같이 장치하였다.

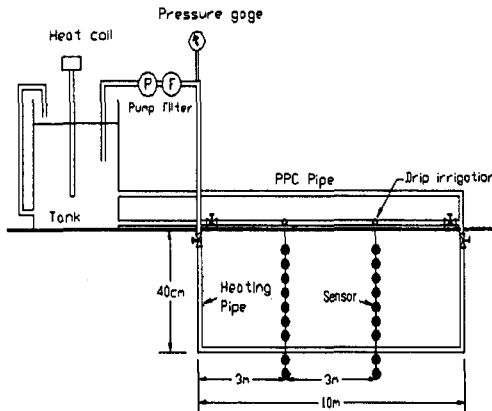


Fig. The experimental device for the soil heating.

그림에서와 같이 토양을 일종의 축열장치로 이용할 목적으로 가온관을 매설하였다. 지중온도의 변화를 계측하기 위하여 재배토양 40cm 하단에 PPC 파이프(지름 15mm)를 10m 길이로 매설하고, 파이프의 매설 시작점에서 6m 위치에 온도센서를 설치하였다. 수조는 100ℓ용 플라스틱 용기를 이용하였고, 전열은 1.5kW의 히터를 사용하여 가온하였다. 온도의 계측은 수조의 온도, 순환수의 유입구 및 유출구 온도, 지온 등 모두 59점을 계측하였다.

#### 나. 지중온도 계측점

가온관 주위의 토양온도를 계측하기 위하여 수직 5cm, 수평 5cm 간격으로 제작된 격자망에 온도센서를 그림 2와 같이 부착시켰다. 지중축열의 효과를 지하부로의 열전달을 고려하여 그림과 같이 지중 60cm까지 설치하였다. 지온의 계측 센서는 지름 3mm, 길이 30mm의 T-type 보상도선을 이용하였다.

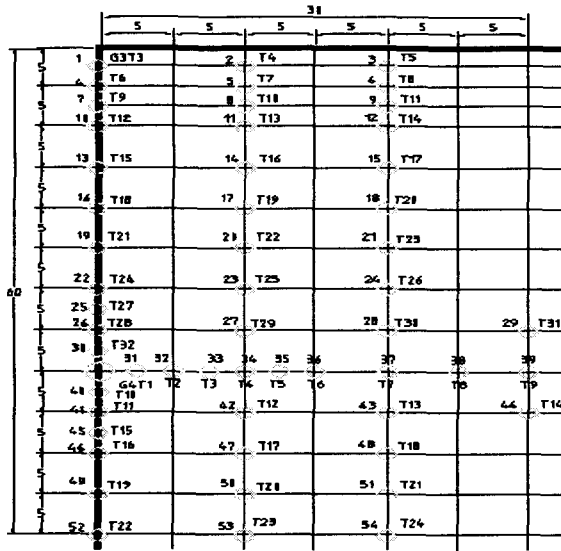


Fig. The sensor positions for the soil temperature measurement.

## (2) 실험방법

지중가온 시험은 시설하우스내의 재배용 토양에서 실시하였고, 순환수의 가온은 전기히터(1.5 Kw)를 사용하였으며, 100 ℓ용 수조를 통하여 공급온도를 60℃, 50℃, 40℃로 하였다. 온도는 하우스내기온과 공급입구온도, 출구온도, 수조의 온도 그리고 지중가온의 주변온도를 측정하였다. 측정점은 55 Points 이며 관의 주변에는 변화가 민감할 것으로 보아 2.5cm의 간격으로 센서를 설치하고 주변에는 5cm의 간격으로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### (1) 무가온구의 1일 지중온도변화

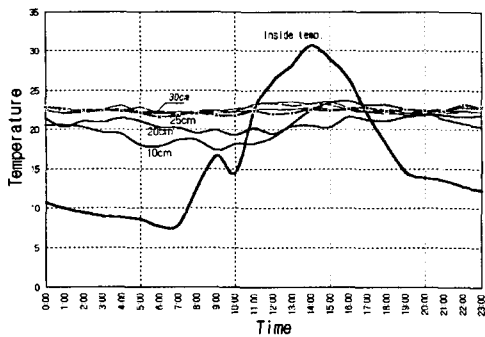


Fig. Soil temperature changes as the the inner ambient temperature changes in the greenhouse(1996.10.13).

(2) 공급수의 온도에 따른 지온의 변화

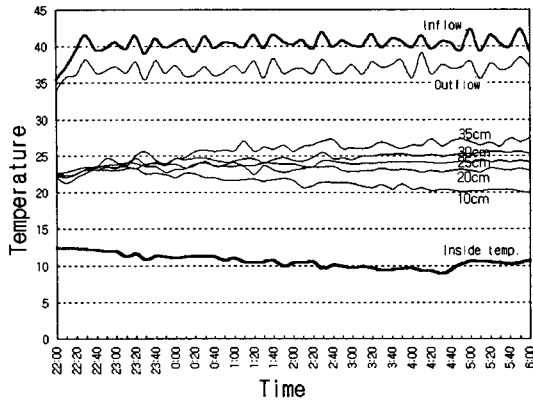


Fig. Soil temperature changes as the inflow supplied water temperature is 40°C.

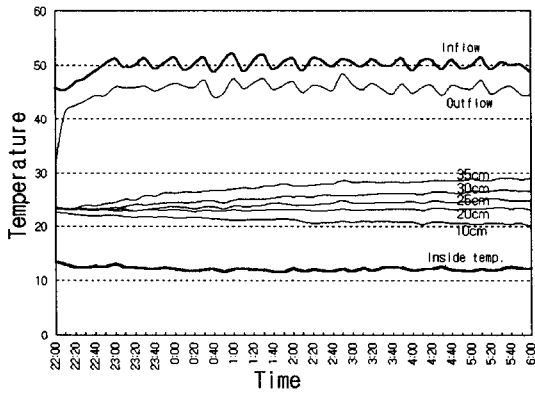


Fig. Soil temperature changes as the inflow supplied water temperature is 50°C.

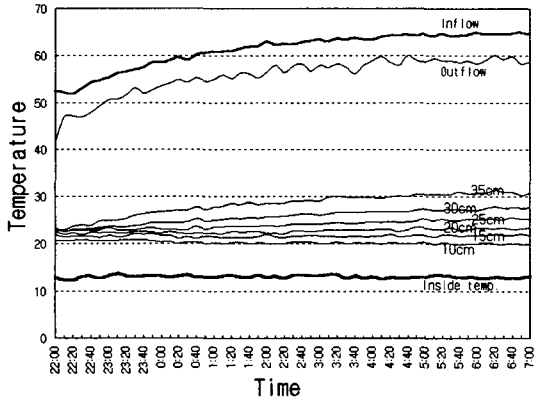


Fig. Soil temperature changes as the inflow supplied water temperature is 60°C.

가온온도가 40°C, 50°C, 60°C로 변화하였음에도 불구하고 지중 10cm의 최저온도는 약 20°C, 지중 20cm의 최저온도는 약 23°C로 나타났다. 따라서 가온온도가 40°C 이상일 경우 가온온도에 따른 지중 10cm~20cm사이의 온도변화는 미세하여 가온온도의 영향이 적었다. 그러나 최저온도를 20°C 이상으로 상승시킬 수 있어 지중가온의 효과가 뚜렷이 나타났다.

(3) 동절기 지중가온 및 무가온시의 지중온도변화

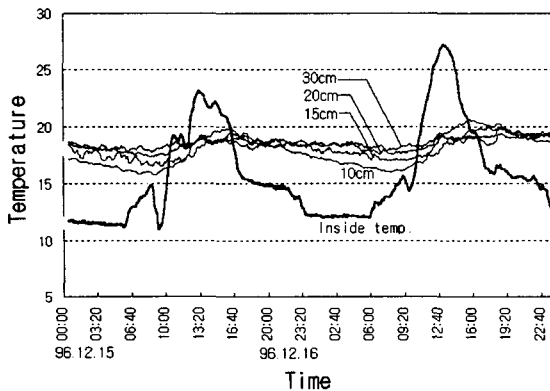


Fig. Soil temperature changes during the growing period.

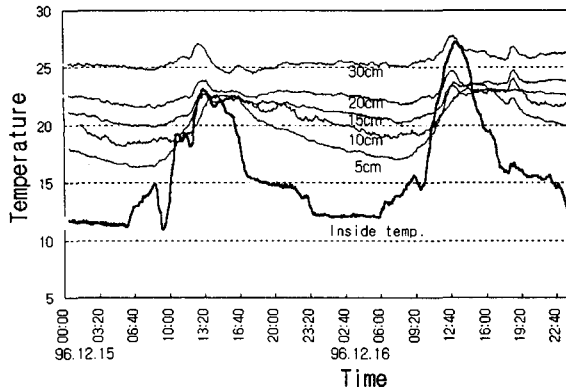


Fig. Soil temperature changes as the inflow supplied water temperature is 28°C during the growing period.

#### 4. 요약 및 결론

지금까지 시설재배에서는 지상부 환경제어를 주로 하였으나 최근 근역의 적온 유지가 식물체내의 전류(轉流)를 촉진시켜 생장에 큰 영향을 주고 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나 근역의 적온 유지를 위하여 지중가온을 할 경우 지온변화에 대한 기초적인 자료가 부족하여 재배농가에서는 많은 어려움을 느끼고 있다.

본 연구는 태양열 에너지의 효율적인 이용과 자동화 장치의 개발을 목표로 시설재배 지중가온의 온도변화 특성을 실험한 결과는 다음과 같다.

- 1) 환절기인 10월중의 1일 하우스 내기온이 주야간에 24°C의 차이가 있으며 무가온시 지온변화는 지중 10cm 부근에서 6°C, 지중 20cm 부근에서는 3°C정도의 차이를 보이고 있다.
- 2) 무가온구의 지중 25cm에서 하우스 내기온의 온도차에 따른 지온의 변화가 적어 지중 25cm 이하에서 활착되는 작물에서는 지중가온의 효과가 클 것으로 판단되었다..
- 3) 오후 20시경에 내기온과 지온도차가 가장 작은 것으로 나타났으며, 지중 20cm 부근의 온도변화는 내기온이 가장 낮은 오전 7시부터 약 3시간이 경과된 오전 10시에 최저가 되었다.
- 4) 공급수의 온도를 40°C, 50°C, 60°C로 변화하였을 때 지중 10cm의 최저온도는 약 20°C, 지중 20cm의 최저온도는 약 23°C로 나타나 가온온도가 40°C 이상일 경우 가온온도에 따른 지중 10~20cm사이의 온도차는 매우 작았다.
- 5) 공급수의 온도가 40°C, 50°C, 60°C이고 파이프 매설 깊이가 12m일 경우 유입구와 유출구의 1일 평균온도차는 40°C일 경우 3.5°C, 50°C일 경우 4.4°C, 60°C일

경우 5.4℃정도로 이 구간에서 온도변화식은  $\Delta T = 0.09591T + 2.5451$  ( $R^2 = 0.9966$ )로 거의 선형적으로 변화하였다.

6) 공급수 온도가 40℃의 경우 지중 15~20cm, 50℃의 경우는 지중 13~19cm, 60℃의 경우는 12~17cm 부근이 경계영역으로 판단되었다.

7) 재배기간중 하우스 내기온을 11℃ 이상으로 유지하고, 공급수의 온도를 28℃로 순환한 결과 지중 15cm 이하에서 최저지온을 20℃ 이상의 온도를 유지할 수 있어 저온수공급에 의한 온도상승효과 뚜렷이 나타났다.

8) 공급수의 온도를 28℃로 하여 지중가온한 결과 지중 15cm에서 20cm사이에 온도변화는 무가온구에 비하여 공히 4℃~7℃가 상승되었다.

## 참고문헌

1. 엄기태 외14인. 1991. 우리나라 주요토양의 지온과 동결심도 예측모델 개발 연구. 과학기술처연구보고서. pp. 11-12.
2. 이재욱. 1994. 온수 지중가온이 동계 시설오이의 근권환경, 생육 및 수량에 미치는 영향. 박사학위논문. pp. 7-8.
3. 高橋和彦. 1983. 溫度環境と作物(1). 野菜,施設園藝學. 朝倉書店. pp. 128-129.
4. 김문기외 13인. 1993. 新制施設園藝學. 향문사. pp. 90-96
5. 古在豊樹外 9人. 1995. 新施設園藝學. 朝倉書店. pp. 88-89.
6. 한국태양에너지학회. 1991. 태양에너지핸드북. 태림문화사. pp. 691.
7. 정상욱. 1987. 토양 속의 물과 열의 흐름에 대한 모델링. 한국농공학회지 29(3). 96-104.
8. 寺田俊郎,吉野蕃人. 1980. 施設園藝の太陽熱利用システム. 施設農業生産技術協會. pp. 4-5.
9. 吉野蕃人,寺田俊郎,青木宣明,帶刀奈律子. 1980. 施設園藝に對する太陽熱利用に關する研究(1)(短期蓄熱システムについて).施設農業生産技術協會. pp. 20-21.