

시설원예용 중유 온풍난방기 현지 적용 실험

On-site Experiment of Space Heater for Green house Using Bunker-C Fuel

이승수* 김중진* 최규성* 김혁주* 박병식* 민경인*
비회원 정회원 비회원 비회원 비회원 비회원
S.S. Lee J.J. Kim K.S. Choi H.J. Kim B.S. Park K.I. Min

1. 서론

시설원예용 난방기의 연료단가가 높아 기존의 연료의 대체필요성이 높아 가고 있다. 초기설치비가 높더라도 저가의 연료를 사용하려는 경향이 있는데 기존의 보일러등유 전용 온풍 난방기에 중유를 사용하여 저가의 연료를 사용할 수 있는 온풍난방기를 설계하였다. 중유전용 온풍 난방기를 설계하기 위하여 실험실내 많은 연구가 이루어졌다. 위의 설계 자료를 이용하여 중유를 이용한 온풍 난방기를 개발하였고 연구실 내에 온풍 난방기의 실험은 안정성을 보여주었다. 그러나 실험실내에서 만의 난방기 실험으로는 현장에서의 안정성을 보장할 수 없기 때문에 현지 적용 실험은 필수적이다. 현지 적용 시험을 통해 실험실내에서 얻지 못한 온풍난방기의 작동상의 문제를 보완하고 난방성능을 현장에서 확인 했다.

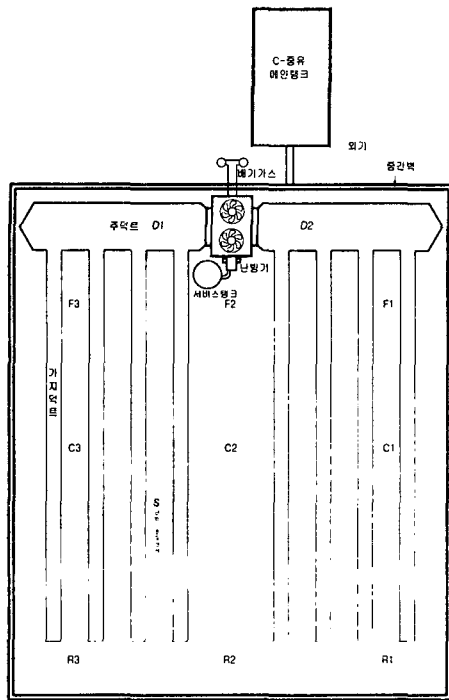
그러므로 본 실험의 목적은 저가연료 대체가 가능한 온풍 난방기의 실제 응용에 있어서의 난방기의 난방 성능을 파악하고 시제품 개발로서의 타당성을 가늠하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

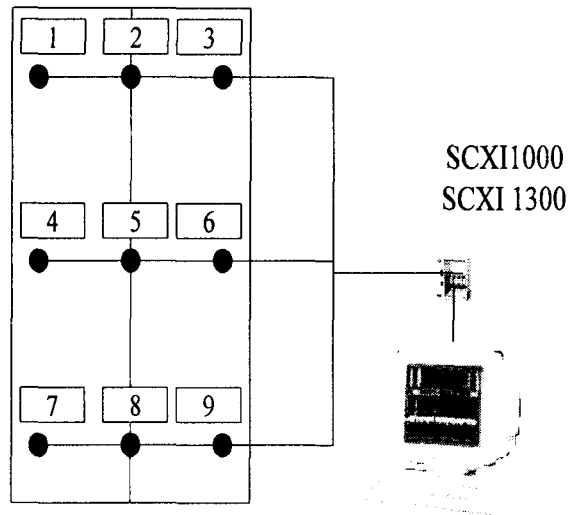
2-1. 실험장치

실험에 사용된 온풍난방기는 본 연구의 참여기업인 신흥기업사에서 제작되었고 용량은 250,000Kcal 이다. 현지적용 실험은 충북 진천의 화훼 농공단지의 한 농가에서 이루어졌다. 현지 적용실험에 이용된 장소는 600평의 비닐 하우스로 오이 재배가 끝난 2000년 1월 6일 오후에 진행되어 1월 7일에 끝났다. 다행히 1월중 가장 온도가 낮은 시기여서 다양한 저온 범위에서 실험이 가능하였다.

* 한국에너지기술연구소 에너지 효율연구부 보일러연구팀



[Fig. 1] Diagram of configuration of space heater and duct



[Fig. 2] Locations of thermocouples and data acquisition system

[Fig. 1]에서 비닐하우스 내에 난방기의 설치 장소와 난방공기의 비닐 덕트 배치를 볼 수 있다. 온풍기로부터 2개의 주덕트를 연결하고 골 사이에 $\phi 30$ 가지덕트를 연결하였다. 오이 재배 이전까지 농가에서는 100,000Kcal 용량을 가진 2대의 경유 온풍 난방기를 사용하였다. 온풍기는 하우스내의 온도에 따라 자동으로 운전하게 되어있다. 운전 온도 설정은 작물의 성장에 맞도록 농민에 의해서 설정되었고 온풍기 자체 온도센서는 경험적으로 하우스의 중간지점에 설치하였다. 현지실험동안 이상작동을 알려주는 경보시스템이 장착이 되었다. 난방공기의 균일한 배분을 위해 농민의 경험에 의해 대략 지름 10cm 의 개구를 일정간격마다 가지덕트에 두었고 가지덕트의 마지막 부분은 열어 두었다.

현지 실험중 난방기의 성능 파악을 위해 하우스 내에 온도분포가 중요한데 온도측정을 하기 위하여 [Fig. 2]에서 보이듯이 하우스 내에 9군데에 j type 열전대를 설치하고 이를 PC 와 인터페이스화 된 Data aquisition system을 통하여 실제 온도를 파악하며 저장하였다. Data aquisition system은 National instrument 사의 SCXI 1300 모듈, SCXI 1100 signal conditioner 그리고 PC 와 연결시키는 소프트웨어로 구성되었다. 난방기를 기준 하여 뒤쪽에 있는 1, 2, 3 와 앞쪽에 위치한 7, 8, 9는 높이 1.5m 하우스벽과 1.5m의 거리를 두고 설치하였으며 4, 5, 6는 하우스 중간 위치에 설치하였다.

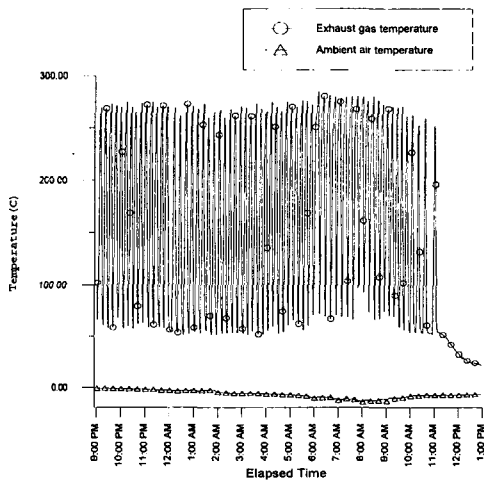
2.2 실험방법

비닐 하우스 내에는 오이 재배가 끝난 후라 작물이 자라지 않은 상태이다. 실험은 오후 3시경부터 온풍기를 작동하였다. 이미 실험실에서 온풍기 성능 실험을 마쳤기 때문에 연료량이나 공기비의 변화 없이 하우스 내에 온도가 중요 요소이다. 전원이 켜진 상태에서 온풍 난방기의 작동 온도는 15℃로 설정되었고 14℃부터 운전이 되어 16℃에서 운전이 멈추도록 하였다. 전원이 켜진 상태 이후 Data acquisition system은 하우스 내 온도를 10초마다 그래프와 수치적으로 보여주며 저장되었다. 외기온도가 낮고 온풍기 작동이 단속적이기 때문에 온도변화량이 많아 온도 측정의 시간간격을 10초로 하여 측정하였다. 온도측정은 오후 9시에서 다음날 오후 1시까지의 온도를 취하였다.

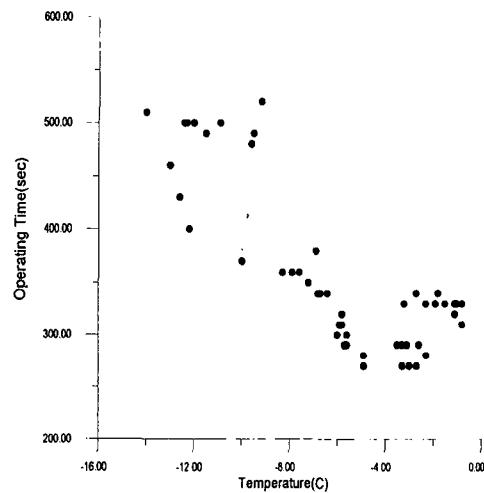
3. 결과 및 고찰

3-1. 온풍기 작동

배기가스 온도를 통하여 실험 시간동안 온풍기의 작동횟수와 운전시간을 [Fig. 3]에 도시하였다. [Fig. 3]에서 오후 9시부터 다음날 오후 1시까지 온풍기 작동 횟수는 62번이고 작동 시간은 외기 온도에 따라 다른데 외기온도가 -10에서 -15 일 때 약 500sec 이고 -10에서 0도까지는 약 300sec 동안 운전하였다.



[Fig. 3] Changes in exhaust gas temperature and air temperature outside green house



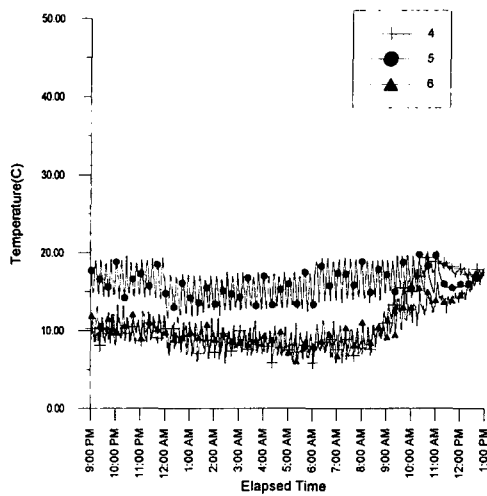
[Fig. 4] Operating time with air temperature outside green house

오전 11시 이후에는 외기온도가 영하의 온도임에도 불구하고 실험 당일의 날씨가 화창해서 태양복사에 의해 하우스 내 온도가 상승하여 더 이상 난방기는 작동하지 않음을 알 수 있

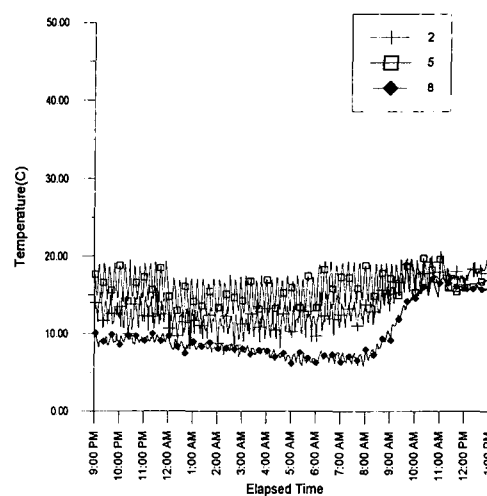
다. 외기 온도가 급격히 하락하는 오전 7시부터 9시까지는 운전 초기 배가스온도가 상대적으로 높다. 이는 낮은 외기온도로 인해 하우스 내 온도 하락 시간 또한 빨라 온풍난방기 작동주기가 짧음을 알 수 있다. 배기가스중 공기의 비는 4%대로 실험실내에 작동과 같이 잘 연소되었다.

3-2 하우스 내 온도 분포

하우스 내 설치된 9곳의 위치에서 실험기간동안 온도변화는 난방기 작동에 따라 변동하는 형태를 보였다.



[Fig. 5] Temperature changes at locations of 4, 5 and 6

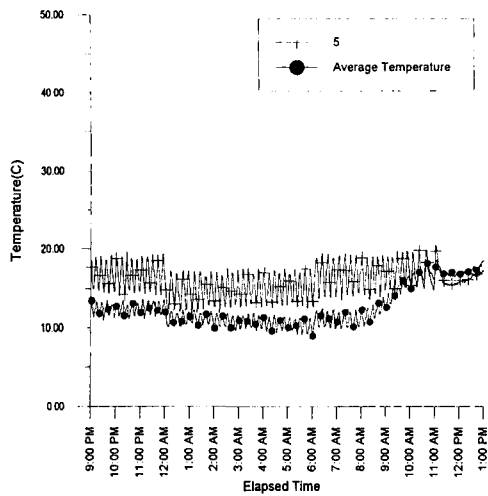


[Fig. 6] Temperature changes at locations of 2, 5 and 8

온풍기 가동전과 작동 중에 최고온도와와의 차이는 5 정도를 보이고 전체적으로 기준온도 근방의 온도에서 오르락내리락 했다. 식별을 용이하게 [Fig. 5]에 4, 5, 6의 온도를 취하였다. 하우스 중간지점인 5 지점이 온도가 가장 높고 4, 6 지점은 5 정도 낮았다. 2, 5, 8에서 온도 분포는 [Fig. 6]에서 보여진다. 5, 2, 8 의 순서로 온도는 높았다. 이는 가지덕트의 끝단에서 봉합 상태는 열려있어 비록 긴 덕트를 통과하는 동안 식었음에도 불구하고 다량의 가열공기가 분배되어 위의 형태를 보여준다.

3-3 하우스 중간지점 온도와 하우스 내 평균온도

온풍 난방기는 자체 장착된 온도센서가 하우스 중간지점(5)의 온도를 감지하여 이를 기준으로 자동 운전을 하게 하였다. 그러나 중간지점의 온도가 반드시 하우스 평균 온도를 대표한다고 할 수 없다. 중간 지점의 온도, 평균온도의 분포는 [Fig. 7]에서 보여진다. 중간 지점 온도와 평균온도의 온도차는 5°C 정도이고 이는 대략 15°C 근방에서 진동하므로 설정기준 온도에 근사했다. 그러나 5 지점의 온도를 설정온도로 할 경우 하우스 중간지점과

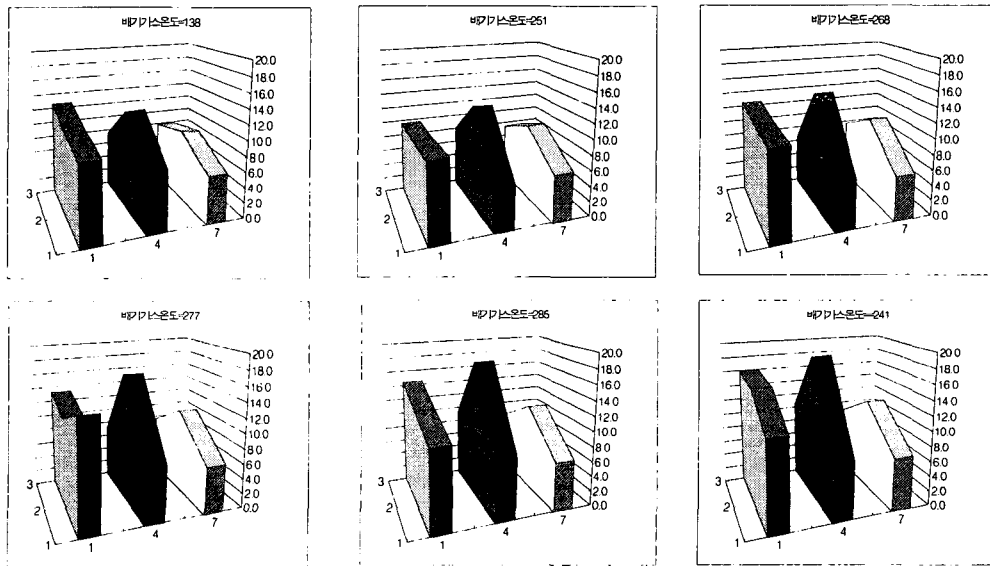


[Fig. 7] Comparison of temperature at 5 and average temperature

벽근처에서의 온도차이가 커서 보정된 설정온도가 필요하다. 이는 실험 기간동안 하우스 내에 어떠한 물체가 없고 공간이 상당히 커서 온풍기가동 중에 전체 온도가 균일하게 가열되기에는 난방기 작동 시간이 짧고 또한 외기로 방출되는 열량이 많기 때문이다. 실제 비닐 하우스의 구조는 3개의 반원형 지붕이 있어 고온의 공기가 지붕 위에 간헐 머물러 대류를 더디게 하는 점도 있다. 물론 작물이 자라게 될 경우 하우스 내 비열이 높아진다면 하우스 내 온도를 올리는데 시간이 더 걸리겠지만 그 만큼 열 보유 시간도 늘고 시간에 따른 온도 변화도 작을 것으로 추정된다.

3-4 온풍 난방기 운전중 공간 내 온도 변화

난방기 가동 중 공간내 온도 상승을 살펴보기 위하여 가열공기의 분배와 공간내 대류현상을 짐작할 수 있다. 오전 6시부터 6시 12분까지 외기 온도 -10°C 에서 온풍기가 작동하는 동안 9곳의 온도를 [Fig. 8]에 표시하였다.



[Fig. 8] Transition of house space temperatures during operation

전체적인 온도는 온풍기 가동후 4분이 흐른 뒤 상승하기 시작했다. 위에서 관찰한대로 중간,

후면, 전면 순서로 온도는 높고 하우스의 중간에서 좌우로 대칭의 온도분포를 보여준다. 하우스 벽과 거리가 가장 먼 중간지점(5)에서 온도가 가장 높았고 중간, 전면에서 온도 형태는 삼각형을 띄었다. 그러나 후면에서는 역삼각형 형태를 띄다가 마지막에는 삼각형 온도 형태를 가졌다. 이는 후면 지점에서 적은이지만 다량의 가열공기가 분배되어 대류현상이 활발하게 일어나고 있음을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

1. 배기가스 온도변화를 통해 현지 실험동안 온풍난방기의 작동 상태를 알 수 있었다. 작동 시간은 외기 온도에 좌우되는데 온도가 낮을수록 작동시간은 길어졌고 주기는 짧아졌다.
2. 하우스 내 전체 온도 분포는 설정 온도 주위에서 난방기 가동에 따라 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 로 변동이 컸고 온도 측정위치마다 온도도 달랐다
3. 온풍기 자동운전을 위한 온도센서는 하우스 중간지점에 설치하였는데 이는 정확하게 하우스 내 평균온도를 대표하지는 못했다.
4. 온풍기 가동 중 하우스 공간내 온도변화는 가지덕트 끝단에서 온도변화가 확연히 나타난 결과 대류현상이 활발하게 일어났다.

본 실험은 온풍기 오작동으로 인한 농작물에 피해를 우려해 수확이 끝난 상태에서 이루어졌다. 현지 실험에서도 온풍기는 설정온도에 따라 제대로 작동하였지만 작물이 없던 상태라 열보유 시간이 짧았고 온풍기 작동주기도 짧았다. 평균온도는 설정온도에 맞게 운전이 되었지만 하우스 벽주변에서 온도차가 커 가지덕트의 구멍내기의 변화가 필요하다고 사료된다. 온도가 낮은 벽 부근에 더 많은 출구를 내어 하우스 전체 고른 온도분포를 얻을 수 있을 것이다.

5. 참고문헌

1. 김종진, 최규성 외, 시설원예용 온풍 난방기에 관한 연구, 한국농업기계학회, 1999
2. 김종진, 이승수 외, 시설원예용 증유 온풍 난방기에 관한 실험적 연구, 한국농업기계학회, 1999
3. 김종진, 시설원예용 온풍 난방기의 온도분포에 관한 연구(1), 한국농업기계학회, 1999
4. 이승수, 김종진 외, 온풍난방기 특성 실험, 대한기계학회, 1999
5. 서정덕, 김종진 외, 보일러 등유를 이용한 시설원예용 온풍 난방기에 관한 연구, 1998
6. 김종진. 연소관리기법 기술 세미나 에너지 관리공단 충북지부, 1989