

수평공기흡입형 온풍난방기의 온실난방효과

Heating Effects for Inhaling Horizontal Air of Hot Air Heater in Greenhouse

장유섭* 김동억* 김종구* 김현환* 이동현* 김성기*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
Y. S. Chang D. E. Kim C. G. Kim H. H. Kim D. H. Lee S. G. Kim

1. 서론

겨울철 저온기에 온실의 작물재배는 많은 에너지가 소요되어 저온기의 에너지비용을 최소화하는 것이 온실의 운전비용의 절감과 이용효율이 증대되어 농가소득을 높일 수 있다.

저온기에는 작물의 수확량이 적정 온도조건의 80%수준으로 최소 에너지 투입방법 기술을 개발하여 수확량을 증대시킬 필요가 있다. 기존의 난방방법인 온수보일러는 온도유지 안정성은 좋으나 시설비용이 많이 들고 온풍난방은 설치비용은 저렴하나 온도 유지안정성이 다소 떨어지는 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 덕트를 통해 온실에 온풍을 공급할 수 있는 온풍난방 방법을 통해 저온기의 온실온도관리 기술을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 난방 시험장치

작물국소 난방장치는 공기 흡입구를 개량하여 덕트에 의해 온풍공급이 원활하도록 하였으며, 난방장치의 최대 난방용량이 22,000kcal/h, 열교환부 3단, 송풍량이 120m³/min인 수평공기흡입식 온풍난방기를 제작하였다.



그림 1 . 시험용 온풍난방기

* 농업기계화연구소 식물생산공장연구팀

표 2. 난방시험장치의 주요 제원

크기 (폭*높이*길이,cm)	난방용량 (kcal/h)	송풍기		열교환부	온도조절	흡기구 (가로*세로,cm)
		팬직경 (\varnothing ,cm)	풍량 (m^3/min)			
76*145*80	22,000	47	120	3단형	4단변온	70*40

나. 시험 방법

시험에 사용된 측정기기는 data logger (DA100, YOKOGAWA CO)를 사용하였고, T형 섬머커플을 사용 온도를 측정하였으며, 습도는 HOBO센서, 풍속측정은 TESTO 450 풍속계와 0~40m/s 범위의 풍속측정이 가능한 베인형 센서를 사용하였으며, 측정된 자료는 PC에 바로 입력되도록 하였다. 난방장치의 적정 흡기구와 덕트 구멍의 특성을 평가하기 위하여 시험처리는 공기 흡기구 면적을 0~0.497 m²의 범위에서 4수준, 덕트 구멍직경 \varnothing 20~50의 범위에서 4수준으로 시험하였으며, 공기흡입구 크기별과 덕트구멍 크기별 흡입온도, 토출온도와 연료소모량을 측정하여 난방효과를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 덕트 구멍크기별 토출온도 변화

온풍을 토출하는 덕트구멍의 크기가 토출온도 변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여, 덕트 구멍크기별로 난방 토출구의 온도변화를 측정한 결과를 그림 19에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 토출구 직경 \varnothing 20, \varnothing 30, \varnothing 40mm에서는 40~50℃범위에서 온도가 서서히 상승하여 15분경과 후에 토출구의 온도가 40℃수준으로 떨어지는 패턴을 나타내었다. 그림 17은 온실의 온도를 14℃로 설정하고 온풍난방기의 흡입온도와 토출구온도의 차를 나타낸 것으로 토출구직경 \varnothing 20, \varnothing 30, \varnothing 40mm에서의 토출구온도차는 33.0~43.0℃의 범위에서 계속 반복되는 경향을 나타내고 있다.

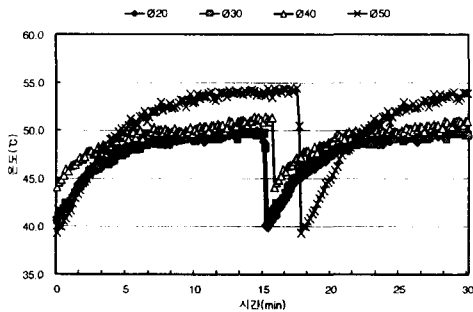


그림 2. 덕트구멍크기별 토출온도변화

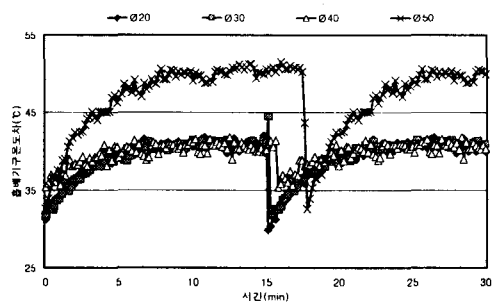


그림 3. 온실과 토출구 온도차

따라서, 그림 16, 17의 결과로 볼 때에 흡입구의 흡입온도는 같더라도 공기 토출구의 크기가 작으면 더운 공기의 토출량이 적어지고 온실내 온도가 균일하지 못하므로 버너의 작동이 빈번해지는 것으로 판단되었다.

나. 흡기구별 토출 온도변화

덕트의 토출 온도변화를 구명하기 위하여, 흡기구 크기별로 토출구 온도변화를 측정된 결과를 그림 18에 나타내었다. 흡기구 크기 $\square 71 \times 70\text{cm}$ 경우는 $45.0 \sim 61.0^\circ\text{C}$ 범위에서 6분마다 온도상승과 하강을 반복하며, 흡기구 크기 $\square 71 \times 50\text{cm}$ 경우에는 $45.0 \sim 56.0^\circ\text{C}$ 범위에서 16분 주기로 온도상승과 하강을 반복 하는 것으로 나타났다. 흡기구 크기 $\square 71 \times 70\text{cm}$, 기존의 경우는 덕트 토출구온도가 $38.0 \sim 54.0^\circ\text{C}$ 의 범위에서 30분이상의 주기로 온도상승과 하강이 반복되는 것으로 나타났다.

한편, 흡기구와 토출구의 온도차를 그림 19에 나타냈다. 그림에서 흡입구 크기 $\square 71 \times 30\text{cm}$ 의 경우는 $36.0 \sim 50.0^\circ\text{C}$ 의 범위에서, $\square 71 \times 50\text{cm}$ 의 경우에는 $34.0 \sim 50.0^\circ\text{C}$ 범위에서 각각 6분, 16분의 주기로 온도상승과 하강을 반복하며 일정한 온도 유지가 다소 어려운 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 버너에서 연료분사와 점화가 자주 일어나므로 연료소모도 많아지게 된다.

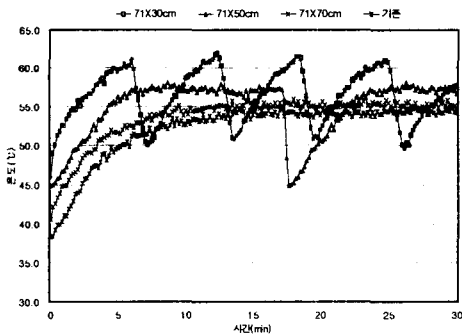


그림 4. 흡기구별 토출온도변화

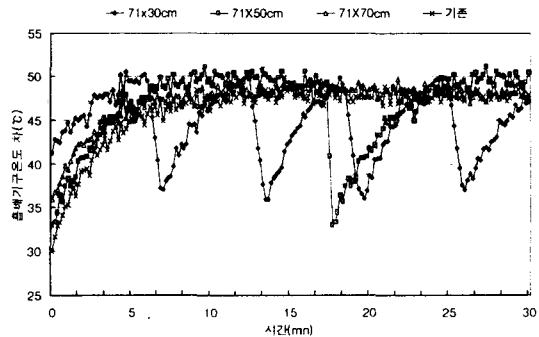


그림 5. 흡기구별 온실과 토출구온도차

다. 연료소모량

토출구 직경 크기별 흡입구 크기별 연료소모량의 변화는 그림 20에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 토출구 직경과 흡입구의 크기가 커짐에 따라 대체로 연료소모량도 점차 감소하는 것으로 나타났다. 덕트의 공기토출구 크기별로 보면 $\text{Ø}20\text{mm}$ 에서 $\text{Ø}50\text{mm}$ 로 커질 경우에 연료소모는 5.0 l/h 에서 2.8 l/h 로 감소하는 경향이었으며, 흡입구의 크기별로는 연료소모량이 대체로 $\square 71 \times 70\text{cm}$, $\square 71 \times 50\text{cm}$, $\square 71 \times 30\text{cm}$ 기존의 순서로 나타났다. 이것은 기존의 경우는 상부로부터 저온의 찬 공기를 흡입하기 때문에 상대적으로 연료소모가 많은 것으로 판단되었다.

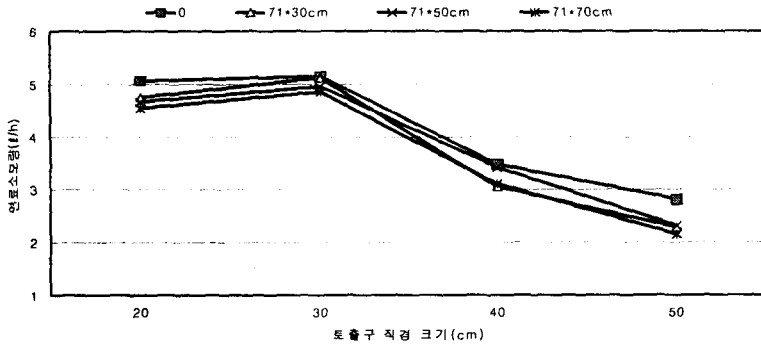


그림 6. 토출구직경별, 홀기구크기별 연료소모량 비교

라. 난방 성능시험

덕트에 의한 난방 시험은풍난방기의 잎상추를 수확하기 전10일 경부터 수확할 때까지 온실내의 온도를 17℃로 설정하여 온실내외의 온도와 습도 변화를 측정한 결과를 그림 25에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 외기온이 -4.0℃에서 11.0℃에서 변화할 때의 온실내 온도는 16.0~28.0℃범위에서 변화하였다. 온실온도가 야간에는 난방설정온도 17℃수준에서 변화하였으며, 주간온도는 외기온이 상승함에 따라 계속 상승하다 하강하여 난방설정온도 17.0℃에서 최고 28.0℃까지 상승하다 하강하는 경향을 반복하였으며, 난방설정온도범위에서 야간온실온도가 잘 유지되는 것으로 나타났다. 한편, 온실내외의 습도변화는 실외 28.0~68.0%RH 범위에서, 온실내부는 48.0%RH~83.0%RH 범위에서 주간 하강, 야간에 상승하는 경향이 반복되었다.

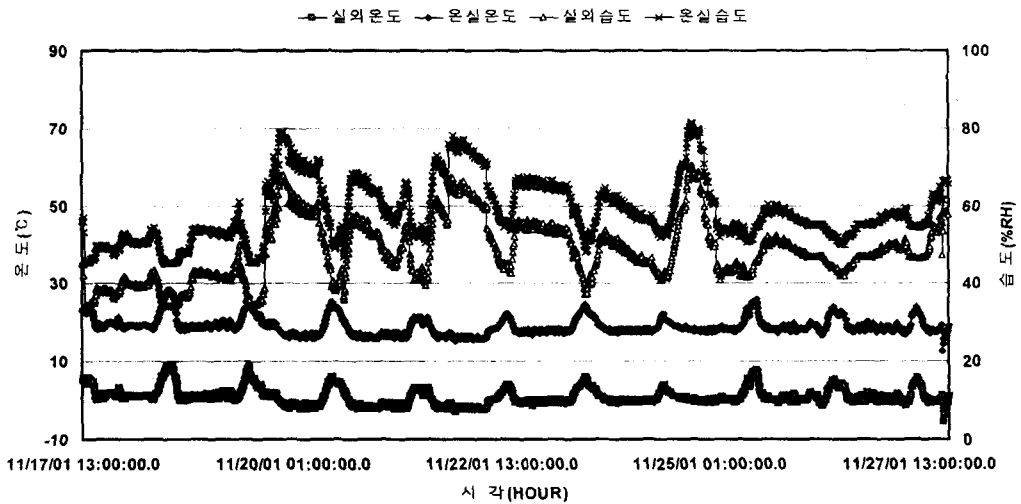


그림 7. 국소 난방시 온실내외의 온·습도변화

4. 요약 및 결론

- 가. 난방장치는 공기 흡입구를 개량하여 난방연료와 덕트온풍공급을 원활하도록 제작하였으며, 최대 난방용량이 22,000kcal/h, 열교환부 3단, 송풍량이 120m³/min인 수평공기흡입식 온풍난방기를 제작하였다.
- 나. 흡입구를 기존으로 고정하고 덕트의 토출구를 Ø50, Ø40, Ø30, Ø20 mm 등 4수준으로 나누어 난방시험한 결과, 토출구 크기가 Ø40, Ø30, Ø20 mm일 경우 토출온도가 40.0~50.0℃범위에서, Ø50의 경우는 40.0~54.5℃의 범위에서 변화하였으며, 흡입구와 토출구의 온도차는 토출구크기가 Ø50인 경우가 다른 Ø40, Ø30, Ø20mm 인 경우보다 0~7℃ 더 높은 것으로 나타났다.
- 다. 토출구의 크기를 Ø50mm로 고정하고 흡기구 크기를 □71×70, □71×50, □71×30 cm, 기존 등 4수준으로 나누어 난방시험한 결과, 흡기구크기가 □71×70cm 일 때 38.0~54.0℃범위에서 온도조절이 가장 균일하였으며, 흡입과 토출구의 온도차도 크게 나타나 토출온도가 다른 처리보다 높은 것으로 나타났다.
- 라. 처리간 연료소모량을 비교한 결과, 흡기구와 토출구가 클수록 연료소모량이 적은 것으로 나타났으며, 흡기구 크기가 □71×70cm, 토출구 크기가 Ø50mm일 경우 2.61 l/h로 기존 온풍난방기의 2.81 l/h보다 7.1%가 적게 소모되는 것으로 나타났다.
- 마. 난방설정온도를 17℃로 설정하고 작물 국소난방시험을 한 결과 외기온이 -4.0~11.0℃ 범위에서 변화할 때에 16.0~28.0℃범위에서 온실의 온도가 조절되어 온도조절이 대체로 균일하게 유지할 수 있었다.

5. 참고문헌

- 가. 농림부, 2000년 채소생산 실적
- 나. 송현갑외 5인, 1993, 시설원예 자동화, 문운당 : p85~144
- 다. 三原義秋, 1980, 溫室の 基礎と 實際, 養賢堂 : p17~29
- 라. 位田勝久太郎 編著, 1977, 施設園藝の 環境と 栽培, 誠文堂新光社 : p141-168.
- 마. 立花一雄, 1980, 溫室の 放射收支と 熱收支, 農業氣象 36(1) : p 25~35