

원적외선 난방시스템의 난방특성 및 방울토마토·잎들깨의 생장 특성 분석

Analysis of heating properties of far infrared heating system and growth properties of Cherry tomato and Perilla

김학주^{1*} · 이시영¹ · 한충수² · 최영하¹ · 전 회¹ · 염성현¹ · 강운임¹

¹원예연구소 시설원예시험장, ²충북대학교 바이오시스템공학과

Kim, H.J.^{1*}, Lee, S.Y.¹, Han, C.S.², Choi, Y.H.¹, Chun, H.¹, Yum, S.H.¹, Kang, Y.I.¹

¹Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan, 618-800

²Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Cheongju,
361-763

서 론

우리나라 원예시설 면적은 2004년말 현재 51,873ha로 규모면에서 중국, 일본에 이어 세계 3위를 차지하고 있다. 이 가운데 난방을 하여 작물을 재배하는 면적은 지속적으로 증가하여 전체 시설면적의 24.1%인 12,370ha에 이르고 있다. 난방면적이 증가하면서 온실난방 연료 사용량도 2배 가까이 증가하였으며, 난방연료의 95% 이상을 차지하는 경유가격은 최근 3년 사이에 2배 가까이 인상되어 시설재배농가의 연료비 부담이 더욱 가중되고 있다. 최근 석탄, 전기, 폐기물연료 등을 에너지원으로 하는 난방기 개발이 활발히 추진되고 있으나 아직 본격적인 보급은 미흡한 실정이다. 또한 도쿄 협약에 따라 온실가스 배출 등에 대한 국제적인 환경규제가 강화되고 있는 추세여서 유류를 대체할 수 있는 난방시스템의 개발이 절실히 필요한 시점이다.

원적외선은 복사에너지로 가열 매체 없이 직접 작물에 조사되므로 에너지 효율이 높고, 작물 생육에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 전기를 이용하기 때문에 온도조절이 용이하고 공기 오염 및 소음 등의 환경부하가 적어 대체 난방시스템으로 부각되고 있다. 최근에는 가정용 또는 산업용 난방기, 살균장치, 사우나 등 다양한 곳에 이용되고 있으며, 농업분야에서는 건조기, 육묘온실 및 일반 온실의 난방수단으로써의 활용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 원적외선 난방시스템의 온실 적용성 검토를 위하여 원적외선 난방시스템과 경유온풍난방시스템의 작물 생육 효과 및 소요 난방에너지 비용을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

시험장소는 부산광역시 강서구 강동동 20번지에 위치한 시설원예시험장 구내 시험포장이며, 시험용 온실은 200m² 규모의 단동형 온실 4동을 사용하였다. 처리구와 대조구 온실 모두 0.1mm PE필름을 이중 피복하였으며, 피복을 비롯하여 보온, 환기, 토양조건 등을 동일한 조건으로 처리하였다. 시험작물은 방울토마토(핑클), 잎들깨(남천)이며, 60일된 묘를 방울토마토 30×120cm, 들깨는 10×20cm 간격으로 하여 각 온실에 방울토마토는 360주, 들깨는 1,200주씩 정식하였다. 원적외선 난방시스템 설치는 방울토마토 재배온실에는 550W, 잎들깨 재배온실에는 350W의 발열패널 13매씩을 각각 3열로 하여 온실마다 총 39매의 발열패널을 설치하였다. 발열패널 설치 위치는 온실의 좌우측면에 수직으로 1열씩, 중앙상부 1m 위치에 수평으로 1열을 설치하였다. 원적외선 난방시스템의 제어는 3개의 디지털 온도조절기와 온도센서(Pt-100)를 이용하여 설정된 실내기온에 의해 동작이 조절되도록 구성하였다. 경유온풍 난방시스템은 30,000 kcal 용량의 경유온풍기 1대에 가지덕트를 4열로 연결하여 온실내 양측면과 두둑사이의 고랑에 배치하였다.

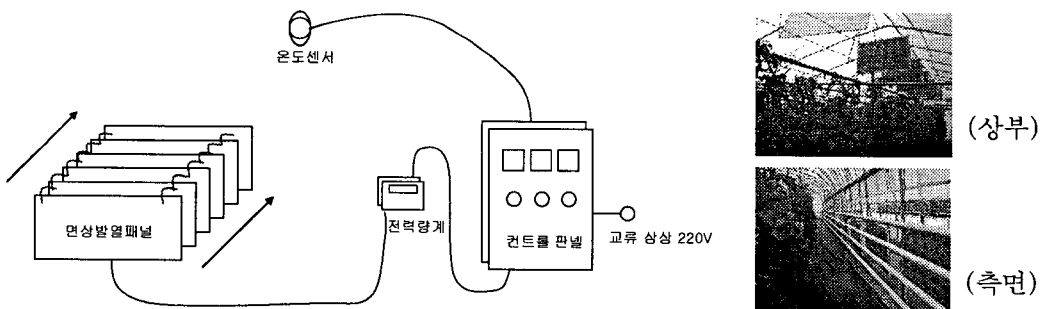


Fig. 1. Composition of far infrared heating system

결과 및 고찰

온실내의 온도를 18℃로 설정하고 각 시험구의 야간 실내 기온을 측정한 결과 Fig.2.에서 보는 바와 같이 시간별 편차가 거의 없이 균일하게 설정기온을 유지할 수 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 온실내 측정 높이에 따른 기온차이도 거의 없는 것으로 나타났다.

원적외선 발열패널로부터의 거리에 따른 식물체의 엽온 분포를 알아보기 위하여 발열패널로부터 0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0m 떨어진 위치에 식물체를 2열로 배치하고 엽온을 측정한 결과 Fig.3.에서 보는 바와 같이 원적외선 패널로부터 1.0m까지는 유효한 열이 전달되지만 1.5m를 벗어나면 열전달이 미약하여 난방효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 또한,

원적외선 패널에 의한 난방원리가 복사열전달에 의한 것이므로 다른 작물에 의해 가려지는 뒤쪽의 작물이나 하부는 상대적으로 엽온이 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 따라서 식물의 균일한 성장을 위해 반사성능이 우수한 멀칭재료 및 보온커튼의 사용 등 온실내부에서 원적외선의 균일한 복사전달을 유도하기 위한 대안의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

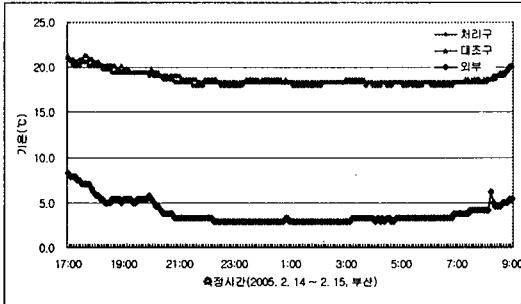


Fig. 2. Temperature of night time

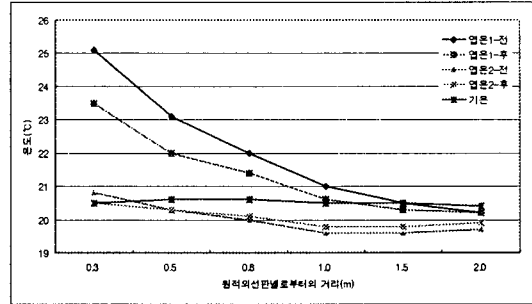


Fig. 3. Distribution of leaf temperature according to far infrared panel position

실험온실의 야간상대습도 변화를 측정된 결과 19:00 이후의 야간에 실외의 공기는 기온 저하로 인해 100%에 가까운 상대습도를 보였으나, 처리구와 대조구 온실내에서는 난방이 이루어지므로 상대적으로 낮은 상대습도를 나타냈다. 특히 55~60% 정도인 대조구에 비해 65~70%인 처리구의 경우는 원적외선 복사난방시스템이 경유온풍난방시스템에 비해 온실내 공기습도를 식물의 생육에 더 적합한 조건으로 유지시켜 주는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 처리구의 경우 피복재 표면의 결로현상이 대조구에 비해 현저하게 적게 발생하는 것으로 관측되었다. 피복재 표면에 물방울 맺힘 현상이 발생할 경우 다음날 오전의 광투과율이 떨어지고, 맺힌 물방울이 작물에 떨어져 병해 발생의 원인이 될 수 있기 때문에 이러한 제습효과는 원적외선난방시스템이 갖는 중요한 장점중의 하나로 판단된다.

원적외선난방시스템을 설치한 처리구와 경유온풍난방시스템을 설치한 대조구의 작물 생육 상태를 비교한 결과 방울토마토의 초장과 엽수에 있어서는 난방방식에 의한 처리 간에 차이가 미미하였으나 생체중은 처리구가 대조구에 비해 약 22%, 건물중은 약 14% 정도 높은 것으로 나타났다.

Fig.4.와 Fig.5.는 각각 방울토마토와 잎들깨의 처리별 수확량을 나타낸 그림이다. 방울토마토의 경우 수확초기에는 원적외선 난방패널 처리구보다 온풍난방 대조구에서의 수확량이 다소 높게 나타났으나 수확 후 한달이 경과한 이후부터는 원적외선 처리구의 수확량이 꾸준히 증가한 반면, 온풍난방 대조구의 수확량이 상대적으로 줄어드는 경향을 보여 수확기간 전체에

결친 총 수확량은 원적외선 처리구가 대조구에 비해 약 24% 증수되었다. 잎들깨의 경우도 원적외선 처리구가 온풍난방 대조구에 비해 수확량이 약 10% 많은 것으로 조사되었다.

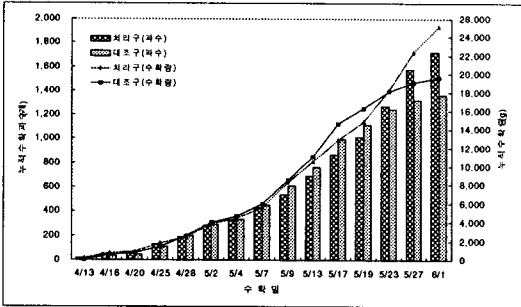


Fig. 4. Production of Cherry tomato

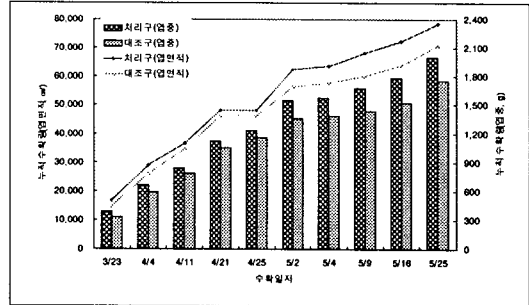


Fig. 5. Production of Perilla

치리구와 대조구의 소요 에너지비용을 비교한 결과를 Fig.6.에 나타내었다. 경우는 2005년 2월의 면세경유 가격(516원/리터, 농협중앙회)을 기준으로 하였으며, 전력량의 계산은 농사용(병)을 기준으로 1개월간의 소요에너지 비용을 분석하였다. 실내기온을 18℃로 설정한 방울토마토 치리구에서는 원적외선 난방시스템이 경유온풍난방시스템에 비해 약 13%, 실내기온을 13℃로 설정한 잎들깨의 경우는 40% 정도 난방비용이 적게 소요되는 것으로 나타났다.

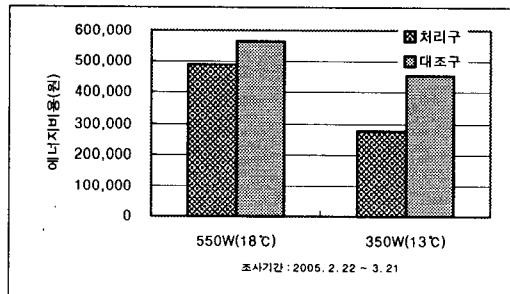


Fig. 6. Cost of heating energy

요약 및 결론

원적외선 난방시스템은 같은 열량을 소비하더라도 열효율이 높고 상대적으로 비용이 저렴한 전기를 이용하므로 경유온풍난방에 비해 운전경비 측면에서 경제적인 것으로 나타났다. 작물 수확량에 있어서도 방울토마토와 잎들깨 모두 온풍난방에 비해 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 원적외선 난방시스템은 경유온풍난방시스템에 비해 겨울철 온실내부의 환경조건을 식물의

생육에 적합한 조건으로 유지할 수 있었다. 특히 원적외선의 제습기능으로 야간에 습도를 적절히 유지하여 증으로써 병 발생을 억제하고 복사에 의한 식물체온의 상승 등의 효과가 있는 것으로 나타났다.

전기는 가스나 오염물질 발생이 없는 청정에너지로 환경부하를 최소화할 수 있고 열효율이 높은 우수한 난방에너지원이지만 농업용 전기의 경우 100kWh를 초과할 경우 별도의 수전 설비가 필요하고 이에 따른 비용부담이 크기 때문에 보급에 제약이 되고 있다. 따라서 수전설비 지원이나 자율적으로 사용할 수 있는 용량 확대 등 전기 공급정책의 개선이 필요할 것으로 판단된다. 또한 원적외선난방시스템의 실용화를 위해서는 생산단가를 낮추어야 하고 광 유입이나 작업에 지장을 주지 않는 효율적인 시스템 또는 장치개발을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. 한충수, 조성찬, 최태섭, 伊藤和彦. 1995. 원적외선 방사열의 가열, 건조 특성. 제1회 한·일원적외선심포지움. 한·원적외선응용연구회.
2. 한충수, 박완서 역. 1995. 원적외선 가열의 이론과 실제. 원적외선응용연구소.
3. 한국생산기술연구원. 세카파 원적외선 면상발열체를 이용한 시설원에 난방시스템 개발의 기술성 및 사업성 평가. 연구보고서. 2002.
4. 板木利隆. 1993. 施設園藝 - 裝置と栽培技術. 誠文堂新光社.