

이중피복온실의 보온용 충전재로서 버블의 물리적 특성

Physical Characteristics of Bubble As a Tamping for Greenhouse Keeping Warm

윤남규* 김학주* 이시영* 염성현* 남윤일* 최상진**
정희원 정희원 정희원

N. K. Yun H. J. Kim S. Y. Lee S. H. Yum Y. I. Nam S. J. Choi

1. 서론

1970년대 백색혁명 이후 급속하게 확산되어온 국내 시설원예산업은 최근 들어 날로 증가하고 있는 난방비에 대한 부담으로 그 경영이 날로 위축되어 가고 있다. 통계자료에 의하면 2001년 우리나라 전체 시설원예 면적 52,135ha 중 난방을 하고 있는 시설원예 면적은 12,710ha로서 약 24%정도를 차지하고 있다. 또한, 시설재배면적의 지역분포를 비교해 보면, 시설채소의 경우 중부 이북지역에 44%, 남부에 56%의 비율로 분포해 있으며, 시설화훼의 경우 중부 이북 58%, 남부 42%인 것으로 보고되었다. 따라서, 국내 시설원예의 분포는 난방비가 많이 소요되는 지역이라도 수도권을 중심으로 유통이나 지리적 면에서 유리한 지역에 시설재배면적이 많이 분포해 있는 소비지중심형 분포임을 알 수 있다.

또한 난방연료의 90% 이상이 경유나 등유와 같은 유류로 한정되어 있어 농가에서는 면세유 가격에 대해 아주 민감한 반응을 보이고 있다. 면세경유가격이 '96년 201원에서 '99년 330원, 2002년 10월 394원으로 상승함에 따라 난방비의 부담 때문에 작물 재배 포기 의향을 갖고 있는 농가가 속출하고 있는 실정이다.

이와 같이 현재, 국내 시설원예 산업은 석유연료를 이용한 기존의 난방방식으로는 더 이상 에너지비용의 증가를 막기 힘든 상황에 처해 있다. 이에 따라 시설원예 경영의 난방비 부담을 줄이기 위한 방편으로 보온에 대한 인식이 더욱 높아져 단열이 우수한 보온자재 및 온실의 고효율 보온시스템에 대한 요구도가 점차 증가하고 있다. 따라서, 현재 국내 시설원예산업의 유지 또는 발전을 위해서는 난방에너지 절감을 위한 대체 에너지자원의 개발과 더불어 고효율 보온 및 난방시스템의 도입이 절실한 실정이다. 지금까지 시설원예의 난방기술과 관련하여 많은 연구들이 수행되어 왔으나 시설투자에 대한 부담이 상대적으로 커서 개발된 기술들을 적극적으로 도입하지 못하는 경우가 많으므로 경제적인 보온시스템의 개발은 국내 시설원예분야의 가장 시급한 당면과제인 것으로 판단된다.

본 연구는 이중피복온실의 보온용 충전재로서 버블의 사용가능성을 검토하기 위하여 단열효과 및 물리적 특성을 실험적으로 구명하기 위하여 수행되었다.

*농촌진흥청 원예연구소 시설재배과, **(주)바투환경기술

2. 재료 및 방법

온실의 단열 및 보온을 위한 충전재료로서 가장 중요한 버블의 물리적 특성으로는 버블층의 R값과 광투과율을 꼽을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 버블층의 두께별 실내온도변화와 광량의 변화를 실험을 통해 측정하고, 측정결과를 이용해 버블층의 R값과 광투과율을 계산하였다.

버블층의 보온성능 및 광투과율을 측정하기 위한 시험장치는 Fig. 1 ~ Fig. 2와 같이 구성하였다.

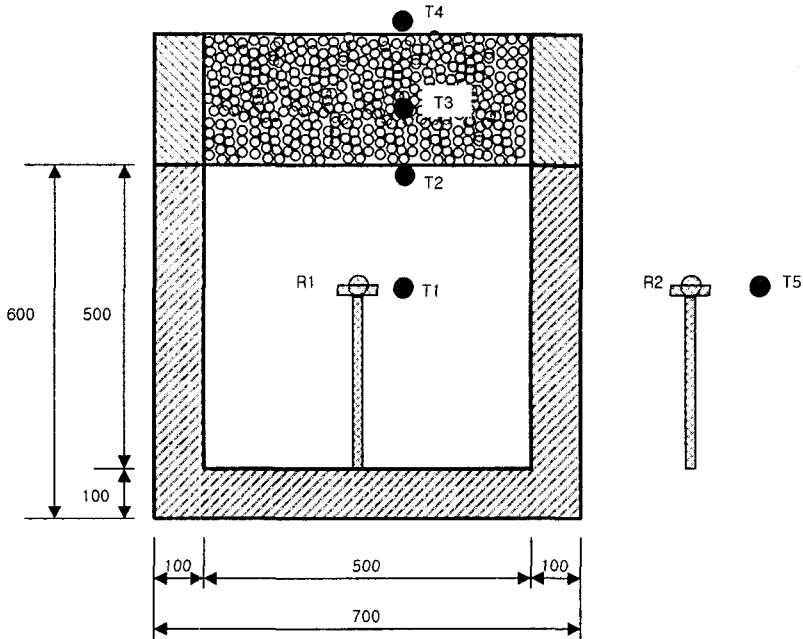


Fig. 1. Layout of the experimental box and sensors

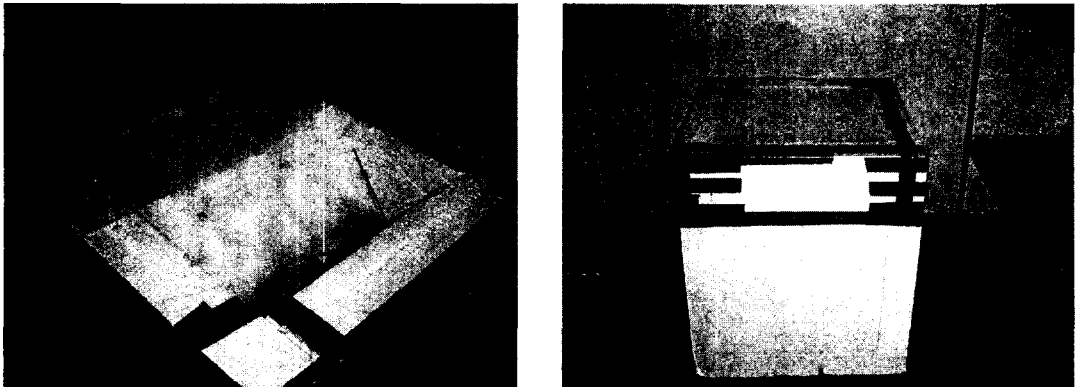


Fig. 2. The pictures of experimental box

시험상자 규격은 내부가 500mm(W)×500mm(D)×500mm(H)로 하였고, 벽면 및 바닥은 두께 100mm의 스티로폼으로 제작하였다. 그리고, 0.1mm PE 필름을 각각 10cm, 20cm, 30cm 간격으로 이중으로 피복하고, 각 이중피복 사이에 버블을 충전하여 3가지 두께에 대하여 실험을 실시하였다.

버블층의 보온성능실험은 저온상태의 외기온(겨울철 야간)을 유지하기 위하여 저온창고내부에서 실시하였으며, 저온창고는 실내기온 0~2℃ 범위내에서 운전되었다. 온도센서는 HOBO(H08-004, Onset)와 K-type 열전쌍을 사용하였고, 일사센서는 측정범위 0~1500W의 제품(원예연구소·인텍텔레콤 공동개발, 출력신호 0~250mV)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

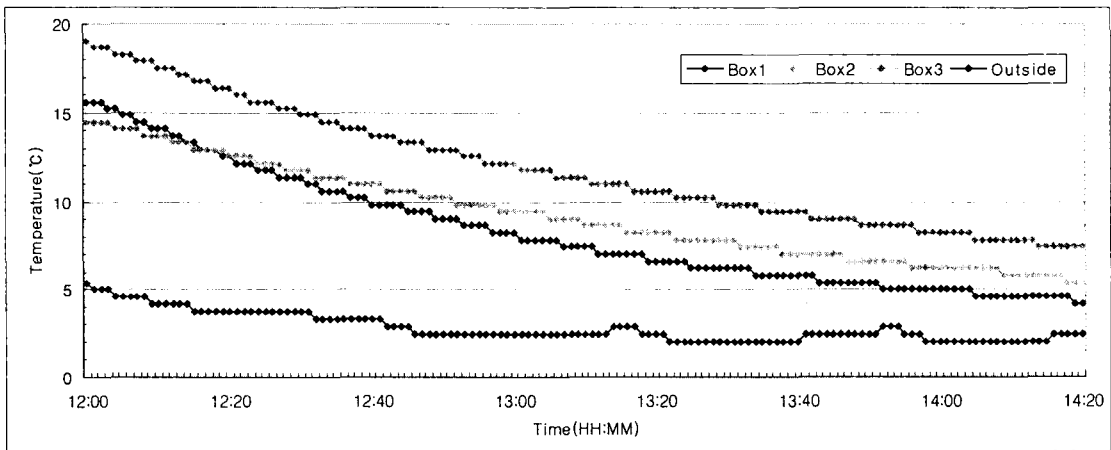


Fig. 3. Temperature change in each experimental box and outside with no heat source.

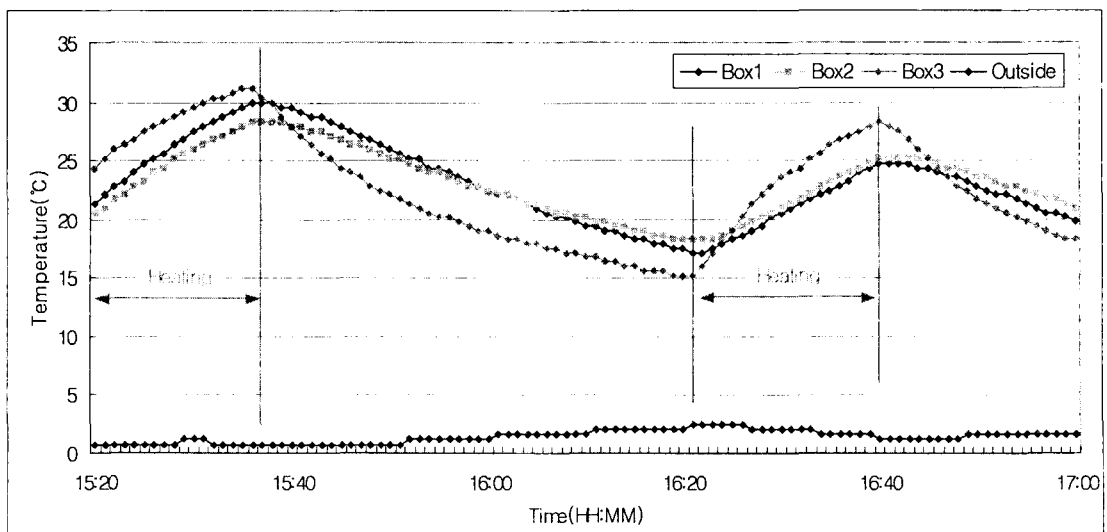


Fig. 4. Temperature change in each experimental box and outside with heat source.

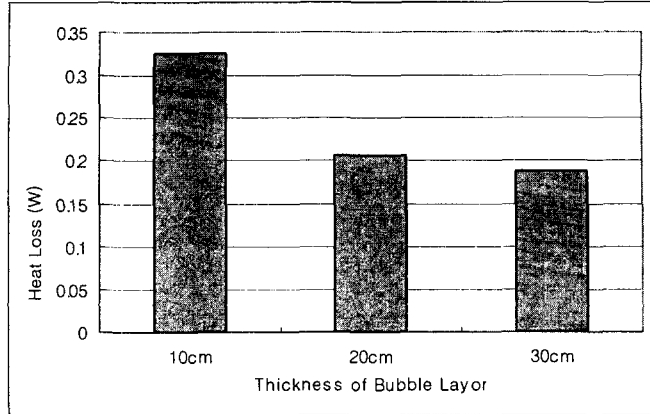


Fig. 5. Heat loss of each experimental box.

실내기온이 2~3℃인 저온저장고 내부에 버블층의 두께가 10cm, 20cm, 30cm인 실험상자를 넣어두고, 상자내부의 온도변화를 측정된 결과, Fig. 3과 같이 버블층의 두께에 따라 상자내부의 온도가 2~3℃의 차이를 보였다. 이 결과를 통해 버블층의 두께와 보온성능이 정비례의 관계가 있음이 확인되었다. 또한, 버블층의 두께별 단위시간당 손실열량(W)을 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5와 같이 열손실은 버블층의 두께가 가장 얇은 10cm 상자에서 가장 컸고, 30cm 상자에서 가장 작았으므로 보온성능이 가장 큰 것으로 나타났다. 버블의 단열성능을 나타내는 R값은 약 $38.11 \text{ m}^2 \cdot \text{℃} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 계산되었다.

버블층의 두께별 광투과율을 측정된 결과는 Fig. 6과 같다. 버블층의 두께별 평균투과율은 10cm 63%, 20cm 62%, 30cm 60%로 버블층의 두께에 따른 큰 차이는 보이지 않았다. 따라서 버블에 의해 차광율은 약 10~15% 정도 증가하는 것을 알 수 있었다. 버블을 충전하기 이전의 이중피복 PE층의 광투과율은 약 75%로 측정되었다.

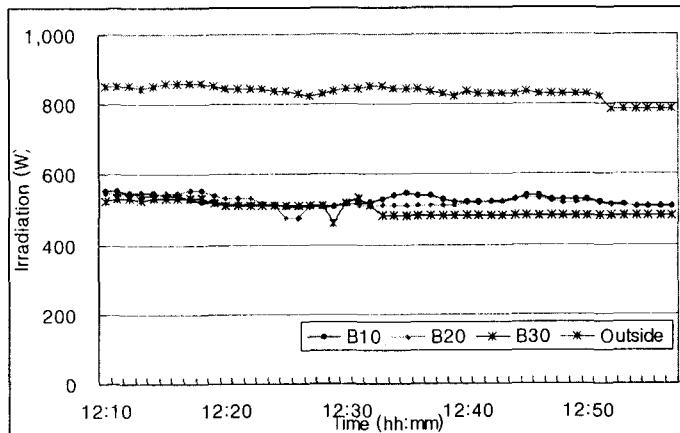


Fig. 6. Light transmittance through experimental bubble layers.

4. 요약 및 결론

버블의 온실 보온용 충전재로서의 사용가능성을 조사하기 위해 보온 및 단열성능과 광투과율을 실험을 통해 분석한 결과, 버블층의 R값은 약 $38.11 \text{ m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 계산되었고, 버블층의 두께와 보온성능은 정비례하는 것으로 나타났다. 그러나 저온조건하에서 내부열원이 있을 경우에는 버블층의 두께와 실험상자 내부기온 사이에 유의점이 발견되지 않았다.

버블층의 광투과율은 두께별로 큰 차이가 없었으며, 평균 10~15%의 추가적인 차광이 발생하는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김문기 외. 2001. 농업시설공학. 향문사
2. 이병일 외. 1993. 신제 시설원예학. 향문사.
3. J. P. Holman. 1992. Heat Transfer. McGraw-Hill Publishing Company.
4. Midwest Plan Service. 1983. Structures and Environment Handbook.
5. T. Takakura. 1993. Climate under Cover. Kluwer Academic Publishers.