

# 지역기후특성을 고려한 비닐온실에 관한연구

## Study on the palstic green houses depending on regional weather conditions

우 병 관\*                      이 성\*\*                      김 세 환\*\*\*                      김 삼 열\*\*\*\*  
 Woo, Byung Kwan              Lee, Sung                      Kim, Se Hwan                      Kim, Sam Yeol

### Abstract

Most Plastic Green Houses in Korea are made according the European weather condition, which lead to have very low solar energy efficiency. Moreover, the function of green houses, as well as the structure of them, has not changed for Korean weather condition. Therefore, the structure and function of them should adopt the regional weather condition in order to improve the energy efficiency.

This paper investigates the current plastic green housesin Korea, and presents an alternative for improving the energy efficiency. The elements of green houses were investigated. When using a partial opaque insulation with a thermal storage body, the difference of indoor air temperature became 20C during daytime, and 5C during night, which will save massive fossil fuels.

키워드 : 비닐온실, 축열, 에너지효율, 단열, 투명외피

Keywords : Plastic green house, thermal storage, energy effiiciency, insulation, transparent envelope

### 1. 서 론

태양열을 이용한다는 온실에서 전천후 식물재배 등의 이유로 화석연료를 사용하고 있고, 현재는 온실에서 사용되는 에너지소비가 재배 식물의 가격 결정에 주요 요인이 될 만큼 증가하여 국가적으로 에너지 수입 부담과 환경오염을 가중시키고 있기에 원래의 온실기능을 되 찾아 화석 에너지 소비 감소가 될 수 있는 온실에 대한 연구가 절실히 요구되는 시점이다.

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

현재 국내에서 사용되는 온실은 온화한 기후의 영국이나 화란 등에서 개발된 것으로 유럽기후에 맞게 제작되었으며, 모든 온실의 기본 모체가 된다.

이러한 온실의 가장 큰 문제점은 그러나 사용되는 지역기후에 맞게 재구성 되지 않았다는 것이며, 이러한 온실은 구조와 기능면에서 크게 변화(발전)없이 그대로 사용되고 있어 우리기후 특성에 맞지 않아 에너지 효율이

매우 저조하여, 온실의 열효율을 개선하기 위해 온실의 구조와 기능이 지역기후에 맞게 연구되어야 하는 것이다. 어느 구조물을 막론하고 에너지 절약을 효과적으로 하기 위해서는 가장 기본적으로 그 지역기후에 맞는 구조물의 연구와 기능 개선에 관한 것이며, 그 다음에 주어진 에너지 지원의 효율적인 이용방법에 관한 연구이며, 마지막으로 단열에 관한 것이다. 그리고도 열공급이 부족하면 화석연료에 의존된 최소의 난방시스템 설치라고 볼 수 있다. 당연히 온실도 이와 같은 방법으로 연구 되어야 함에도 불구하고 지금까지는 이러한 연구가 부진하였다 해도 과언이 아닐 것이다.

따라서 우리 기후조건에서 기존 비닐온실의 현 실태를 조사하고 문제점들을 도출하여, 이에 대한 대안을 제시하고 실측하여, 온실의 에너지 이용효율을 개선하는데 본 연구의 목적이 있다.

#### 1.2 연구의 동향 및 방법

##### - 온실연구의 동향

국내에서 국내 기후에서의 에너지효율 향상을 위한 온실 구조에 대한 기술개발 혹은 연구 등은 조사된 바 없다. 국외에서는 환기구 개폐장치 등 국부적인 부분에 대해서 주로 연구되어 본 연구와는 관계가 없으며, 국외에서의 온실에 대한 기술은 지금 우리가 사용하고 있는 온실과 큰 차이가 없다.

\* 동의대학교 건축설비공학과 겸임교수 (bkwool18@hanmail.net)

\*\* 교신저자, 동의대학교 건축설비공학과 교수 (slee@deu.ac.kr)

\*\*\* 동의대학교 건축설비공학과 교수 (ksh@deu.ac.kr)

\*\*\*\* 동의대학교 건축설비공학과 교수 (skim@deu.ac.kr)

- 연구방법

우리 기후조건에서 기존온실의 구조에 따른 특성과 열적성능에 대해 이론적인 분석을 하고 실측을 하여, 문제점을 도출하고 이에 대한 대안을 제시하고 실측자료를 제시하기 위해서 실제 비닐온실을 제작하여 실험하였다. 온실의 열적 성능을 측정하기 위해서 적외선 화상기와 데이터수집기(Data Scan)를 이용하여 온실내의 온도를 24시간동안 30분 간격으로 측정하여 PC에 자동으로 입력시켜, 외기온의 변화에 따른 온실내의 온도 변화, 외피 변화에 따른 온실내의 온도변화, 축열체의 유무에 따른 온실내의 온도변화 등을 분석하여 온실의 에너지 효율을 개선하고자 하였다.



그림 1. 비닐온실 전경

2. 기존 온실의 이론적 고찰

2.1 온실의 기능과 특성

농작물이나 기타 식물을 재배하는 온실의 중요한 기능은 첫째로, 태양광선의 단파는 통과시켜 식물이나 지면에서 열로 변해 장파가 된 상온의 열선은 통과시키지 않는 비닐이나 유리의 기능에 의해 열이 실내에서 외부로 나가지 못하게 하는 것이다. 이러한 비닐이나 유리의 열선 차단효과는 열선이 외부로 나오는 것을 막아주어 실내의 온도를 높여주지만 재료 자체는 열전도율이 매우 높아 날이 흐리거나, 야간동안에 열관류율을 통한 열손실은 높아 많은 에너지가 소비되는데 이러한 주야간의 온도차에 의한 열손실을 감소시켜야 온실의 에너지효율이 향상될 수 있다[2]. 기존 온실들은 이 이유로 이중유리나 이중비닐의 공기층에 의한 단열역할을 기대하고 있지만, 아직 매우 미흡한 상태이다. 둘째로, 외기와 차단시켜 열이 대류에 의해 손실되는 것을 막아준다. 셋째로, 온실 내를 일정한 온도 이상 유지시킬 수 있다.

이러한 온실의 기능수행에서 겨울과 여름에 직사광선이 많지 않은 유럽의 경우에는 여름의 과열현상도 적고, 온화한 겨울에는 투명외피를 통한 열손실이 크지 않은 반면 중간에는 확산광선에 의한 열취득이 많아 유리하지만, 우리와 같이 고온다습한 여름에서 저온 건조한 겨울로 변화되는 지역에서는 기후변화가 시시각각 온실에 많은 영향을 미치게 되므로, 여름의 냉각 문제(환기, 차양 등)와 겨울의 보온문제가 반드시 병행해서 고려 되어야 한다.

또한 비닐온실의 외피재료로 일본 등지에서는 염화비닐필름이 많이 사용되었기 때문에 비닐온실이라는 이름이 붙게 된 것인데, 현재 우리는 폴리에틸렌필름을 사용하고 있는데, 이것은 단파인 태양광의 투과율은 거의 비슷하나 온실 내에서 열로 바뀐 장파의 경우에는 큰 차이가 있다. 열선의 투과율이 가장 높은 것은 폴리에틸렌필름이고 가장 낮은 것은 염화비닐필름이므로, 주야간의 보온을 고려한다면 염화비닐필름이 유리하다. 또한 폴리터널 등에는 아세트산비닐이, 지면의 보온과 습도 유지를 위해 사용되는 멀칭 재료에는 폴리에틸렌필름이 사용되고 있다.

2.2 한국기후조건에서 비닐온실의 열적성능

기존 비닐온실에서 사용되는 폴리에틸렌필름은 장파의 열선 투과율이 95%에 달해[1] 사실상 온실내로 유입된 태양열을 다시 외기로 많은 양을 전자파로 방출한다는 말이고 심지어는 야간에 실내에 난방기에 의해 공급된 열까지도 외기로 잘 빠져나가는 구조로 돼 있다고 볼 수 있다. 이에 반해 염화비닐은 단파의 투과율은 비슷하면서 장파의 투과율은 5% 정도에 달해 열적으로 매우 유리하다고 볼 수 있다.

2.2.1 기존 비닐온실의 이론적 열적성능

온실에서 철 구조물은 비닐을 유지시키기 위한 작은 기둥 역할을 할 뿐 그 이외에는 모든 외피가 비닐로 구성되어 있다. 따라서 열적 성능이라 하면 비닐온실에서는 비닐의 열 저항과 공기층의 열 저항에 의해 좌우되고 유입되는 태양에너지 양에 의해서도 결정된다.

비닐의 열전도율은 두께가 매우 얇아(0.03 -0.1mm) 수치로 환산할 수 없을 만큼 크므로[1] 여기서는 일반적으로 공기층의 열 저항 값으로 그 기준을 삼고 있다. 공기층의 열 저항 값은 두께와 방향에 따라 0.14-0.18로 산정되므로 여기서는 평균치인 0.16 (m<sup>2</sup>h°C)/(Wh)으로 산정하고자 한다. 따라서 비닐 온실이 공기층을 두고 이중으로 구성되었다 해도 열관류율은 약 6.25(Wh)/(m<sup>2</sup>h°C)가 [3] 된다. 겨울철의 일사량은 동지를 기준으로 정오의 고도가 30도면 맑은 날 온실내부로 유입되는 일사량은 바닥 면적을 A라하면 1993년 12월 22일 정오를 기준으로 서울의 수평면 일사량은 약 440A Wh 가 된다.

온실외피의 면적은 규모와 구조에 따라 많은 차이가 있지만 일반적으로 바닥면적의 1.6배 이상 되고 있다. 따라서 단위 바닥면적당 태양열 취득 열량은 외기온과 무관하게 440Wh가 되지만, 손실열량은 [1.6\*6.25\*온도차]가 될 것이다. 겨울철의 외기온을 -5 도(주간온도) 온실 온도를 영상 15도라 가정하면 온도차는 20도가 되어 손실열량은 시간당 바닥단위면적당 약 2000Wh가 될 것이다. 그러나 맑은 겨울 서울의 일일 수평면 일사량이 약 2000Wh 정도에 불과하고, 비닐의 반사율과 투과율(오염도와 향에 따라 큰차이) 등을 고려한다면 온실내로 유입

되는 일사량은 약 80%-90%[1] 정도에 불과하여 일평균 단위면적당 약 1600 Wh(80%가정)의 태양열만이 공급되어, 일조시간 8시간 기준으로 시간당 약 200Wh 정도 이므로 주간에도 외기온이 -5도 이하 일 때는 화석연료에 의한 난방이 필요하며, 오후 5시부터 다음날 아침 9시까지 16시간 동안은 태양열도 없고 외 기온은 더욱 내려가 온실내의 온도 유지를 위해 화석연료에 100% 의존할 수밖에 없는 실정이다. 그러나 외 기온이 상승되어 주간외기 온도가 -5도 이상 되면 주간에는 태양열만으로 온실 난방이 가능한 것으로 나타났다. 이와 같은 이론 연구하에 다음과 같이 기존 온실에서 실측을 수행하였다.

2.2.2 기존 비닐온실의 실측

처음에는 기존 비닐온실과 동일한 구조로 제작하여 실측을 시작하여 점차 대안에 의한 요소를 보완하며 실측을 하였기에 본 온실은 후에 대안제시에 의한 실측에도 동일한 크기로 이용되었다.

위치: 부산광역시 기장군 (남향)

온실구조: 철제구조물 및 폴리에틸렌필름

비닐재료: 폴리에틸렌필름 홑겹

측정방법(시간간격 등) : 15분 간격

측정 장비명: Almemo

측정위치도면: 온실의 측정 점은 다음그림과 같다

측정기간 : 2008년 12월10일 ~2009년 3월 25일

평면도

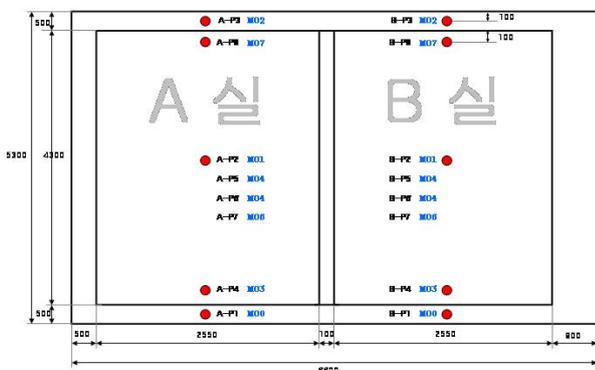


그림 2. 온실평면도

정면도

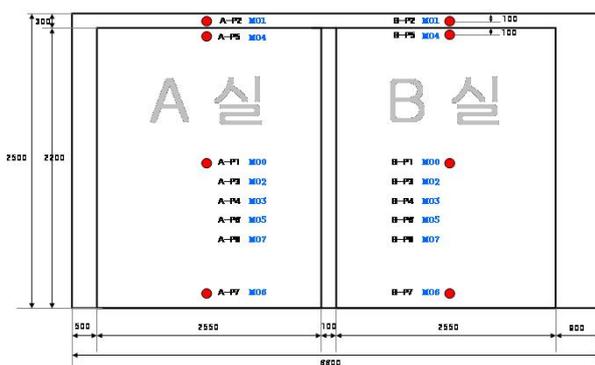


그림 3. 온실남측 정면도

측면도

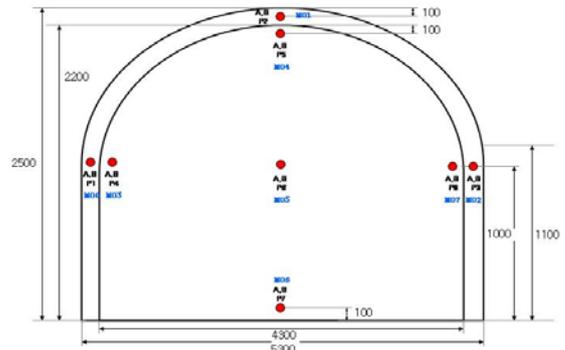
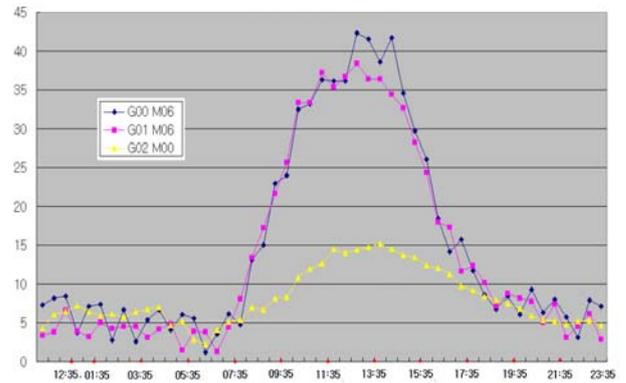


그림 4. 온실동측 측면도

위와 같은 기본적인 조건에서 실험한 결과는 다음과 같다.

2.2.3 실측결과

2009년 2월 5일 측정된 폴리에틸렌필름 한겹의 기존온실 열적성능은 다음 그림5, 그림6과 같다.



2월5일 006번  
G00M06: 온실좌측중앙온도, G01M06: 온실우측중앙온도, G02M00:외기온도  
그림 5. 2월 5일 기존 온실의 온도변화

여기서 온실내 온도는 모든 측정점에서 외기온 변화에 민감하게 반응하며, 야간에는 외기온보다 낮게 내려가는 경우도 있는데, 이것은 외기온의 상승이 온실내로 바로 영향을 못 미치기 때문인 것으로 풀이된다.

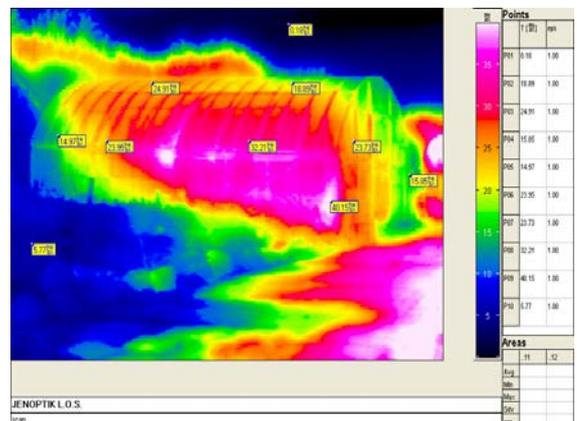


그림 6. 2월 5일 11시 적외선 카메라에 의한 외피를 통한 열손실 현황

### 2.3 이론과 실측결과에 따른 기존 온실의 문제점

기존온실에서 도출된 문제점은 다음과 같다.

- A. 온실내 시간과 기후변화에 따른 온도변화
  - B. 온실내에서 일몰 후 온도변화.
  - C. 환절기와 여름철의 과열
- 이에 대해 연구되어야 할 사항은 다음과 같다.
1. 외피의 높은 열 관류율 보완.
  2. 실내의 열적성능(온도변화) 보완.
  3. 여름철의 과열현상에 대한 대책

### 3. 대안온실의 이론적 고찰

대안 온실은 기존 온실에 대한 문제점을 해결하기 위해, 기 도출된 문제들에 그 대안을 제시하고자 한다.

#### 3.1 태양광 입사를 위한 투명의피

온실이 전부 투명해도 태양광선이 유입되는 방향과 면적은 항상 일정하다. 확산광선까지 고려한다면 전체적으로 투명한 것이 유리하겠지만 우리 기후의 겨울은 외 기온이 매우 낮아 취득보다 손실되는 에너지가 더 많아 외피를 계획할 때는 투명의피의 불필요한 부분의 단열외피 면적 비를 합리적으로 계획해야 한다. 또한 환절기나 여름에는 불필요한 에너지가 온실내로 유입되어 과열현상을 유발시키는 원인이 되므로, 불필요한 투명의피는 단열보강된 불투명의피로 계획 되어 한다.

이러한 태양광 입사를 위한 비닐온실의 투명의피 면적은 태양 궤적도에서 쉽게 그 답을 찾을 수 있는데, 겨울에 태양고도가 가장 높을 때가 지역에 따라 약간의 차이는 있으나 어느 지역에서도 30도를 초과하지는 않는다. 따라서 겨울 기준으로 30도의 입사각을 기준으로 온실내의 난방을 위해 태양을 필요로 하는 봄가을을 까지를 생각할 때 40도의 입사각을 초과하지 않으므로, 이러한 각도를 온실에 적용시켜보면 투명의피의 범위가 그림7과 같이 결정될 수 있다.

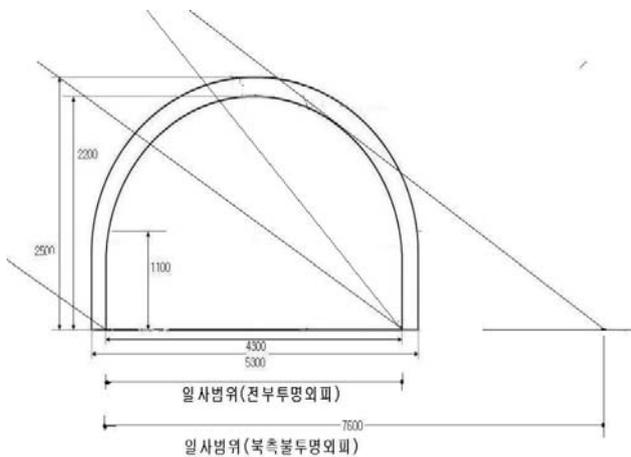


그림 7. 전체투명의피와 1/2 불투명의피에서의 일사유입면적

또한 투명외피의 면적은 모든 계절에서 온실중앙부를 기점으로 남쪽은 투명외피로 북쪽은 불투명의피로 구성하여도 일사취득에는 아무런 영향을 받지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

그러나 이 영역은 재배 식물의 종류에 따라 다소 차이가 있을 수 있어, 예를 들면 늦봄까지 높은 온도를 유지해야 하는 식물이라면, 투명의피의 면적을 좀 더 여름 쪽으로 넓혀야 될 것이고, 초봄에 이미 난방을 필요로 하지 않는 식물이라면 투명의피의 면적을 겨울쪽으로 좀더 줄이는 것이 효과적일 것이며, 식물의 방향성을 고려하여 불투명의피에 반사재가 사용되어야 한다.[14]

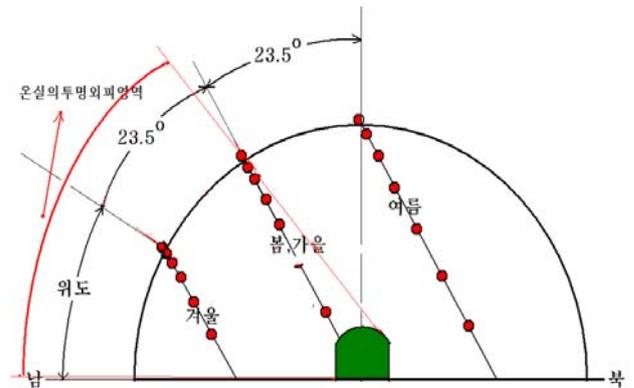


그림 8. 태양고도를 고려한 온실의 투명의피 범위

이러한 투명의피 범위를 고려하여 투명의피의 면적을 기존의 1/2로 하여 즉 온실 중앙부분을 기점으로 남쪽은 투명하게, 그리고 북쪽은 불투명하게 단열하여 그 효과를 표1과 같이 분석하였다.

표 1에서 보면 온실의 전체 외피가 투명할 경우에는 유입되는 일사량은 수평면 일사량을 기준으로 할 때 바닥면적과 동일하여 한 겹의 비닐일 경우에는 투과율이 0.9[3]가 적용되어  $2.5 \times 5.3 \times 1800 = 23850 \text{ Wh}$  가되며, 두겹일 경우에는 투과율이 0.8[3]이 적용되어  $2.5 \times 4.3 \times 200 \times 8 = 17200 \text{ Wh}$  가 된다.

북측을 단열보강하여 불투명하게 되면 위 그림8에서와 같이 입사되는 모든 태양광선은 불투명의피와 접촉하여 열로 변하여 온실내의 온도를 상승시켜주므로 태양광의 입사면적이 전체투명의피의 경우보다 높아져 온실내로 유입되는 일사량은 증가하게 된다. 즉  $2.5 \times 7.6 \times 200 \times 8 = 30400 \text{ Wh}$  가 된다.

또한 투명의피면적은 온실 높이에 따라 차이가 있지만 약 바닥면적의 1.6배 정도가 되므로 비닐 두겹의 경우 열관류 손실은 바닥 열손실을 제외하면 전부투명의피의 경우 주간엔  $2.5 \times 4.3 \times 1.6 \times 6.25 \times 10 \times 8 = 8600$ , 야간에  $2.5 \times 4.3 \times 1.6 \times 6.25 \times 20 \times 16 = 34400 \text{ Wh}$ 가 되어 일일 열손실량은 43000 Wh 가 된다. 그러나 만약 북측에 전체 외피의 1/2을 불투명 단열했을 경우에는 주간엔  $2.5 \times 4.3 \times 1.6 \times 0.64 \times 10 \times 8 \times 0.5 = 440.32$ 와 4300을 합하여 4740.32가되며, 야간에는

표 1. 투명외피와 불투명외피의 열관류율과 일사유입량에 대한 비교표 그리고 야간의 열손실량

		열관류율 [W/m <sup>2</sup> hoC]	온실내 일사유입량/일[W/d]	관류열손실량 [W] [온실 15oC]	
				주간(5oC)	야간(-5oC)
전부투명외피	한 겹	-	23850	-	-
	두 겹	6.25	17200	8600	34400
북측반 불투명외피	5cm 단열	0.64	30400	4740.32	18961.28

2.5\*4.3\*1.6\*0.64\*20\*16\*0.5= 1761.28과 17200을 합하여 18961.28이 되어 일일 열손실량은 23701.6Wh 가 된다. 이 결과로 볼 때 온실을 적절히 불투명단열을 하고 축열체를 사용한다면 유입일사량 만으로도 온실내의 온도를 하루종일 15도 이상 유지시킬 수 있는 것으로 나타난다. 그러나 투명외피만을 사용했을 경우에는 야간이 되면서 온실내의 온도가 바로 15도 이하로 내려간다는 것을 알 수 있다. 즉, 불필요한 투명외피는 한국 기후 조건에서는 반드시 불투명단열을 필요로 한다.

### 3.2 온실내의 급격한 온도변화에 대한 고찰

기존온실의 이론분석결과나 실측결과를 볼 때 대륙성 기후의 영향을 받는 한국의 기후조건에서 기존의 비닐온실은 온실 내 온도가 시간이나 기후변화에 따라 매우 크게 변화되는 것으로 나타났다. 이러한 현상의 가장 큰 원인이 축열체의 부족과 단열능력 부족이라고 볼 수 있고, 태양에너지 이용을 위해 축열체는 필수적인 것인데 그 이유는

- 태양에너지의 불규칙한 공급으로 온실의 과열 혹은 과부족을 방지 한다
- 지속적인 외기온의 변화 때문에 일정하게 태양광선이 공급 되도록 온실의 온도가 변화한다. 또한 한국은 주야간의 온도차가 심하여 야간의 열손실이 매우 크다.

온실의 태양열 공급면적은 그림8에서 보는바와 같이 전부 투명외피인 경우에는 온실바닥을 초과하는 외피를 투과한 광선은 열로 변할 매체가 없어 다시 투명외피를 통과하여 외부로 나가게 되어 온실내의 온도상승에 기여하지 못하게 되므로 바닥면적과 동일한 면적만큼의 수평면 일사를 받게 된다.[5] 그래서 수 축열체의 표면적은 약 2.5\*4.3\*0.5= 5.4m<sup>2</sup> [1]가 된다. 두께는 약 14-15cm[1]가 적당하므로 전체 수축열체의 체적은 약 0.7m<sup>3</sup>가 된다. 그러나 비닐 온실의 투명외피는 열관류율이 높아 열손실이 크므로, 굳이 투명외피가 필요치 않은 북측에는 불투명하지만 단열성능이 좋은 재료로 구성하여 온실내부의 온도상태를 개선시켜 온실내부의 시간과 외 기온 변화에 따른 온도변화를 감소시킨다.

### 3.3 온실외피의 재료

국내에서 비닐온실에 주로 사용되는 외피재료는 폴리에틸렌필름이라는 것인데, 합성수지 필름은 모든 태양광선을 잘 투과시키고 온실내부에 유입된 태양광선은 식물

이나 흙에 부딪쳐 상온에서 저온의 열선으로 변하게 되며 이러한 열선은 파장이 매우 길게 된다. 다른 유리나 일반 필름은 이러한 장파의 열선을 잘 차단시키는 기능을 가지고 있으나 폴리에틸렌필름 만큼은 다른 필름과 달리 장파의 열선도 잘 투과시키는 기능을 가지고 있어 태양열을 가두기 위해 만들어진 온실에는 사실상 효율이 매우 낮아지는 단점을 갖게 된다[7]. 따라서 외피재료는 염화비닐을 사용하는 것이 바람직하다.

### 3.4 여름철의 환기

식물의 원만한 성장을 위해서나 여름에 내부가 과열되는 것을 막기 위해서나 외기로 나가는 배기구가 상부와 하부에 반드시 필요하다. 온실 하단부의 유입구 면적은 남쪽을 면한 투명외피 면적(온실의 경우 바닥면적)의 약 5% 이상이 되어야하고 상부의 배기도 5% 이상이 되어야 하지만, 팬이 작동된다면 개구부의 크기는 중요치 않다. 그러나 이러한 환기장치는 겨울에 유입되는 공기가 예열되도록 하여 온실내의 온도변화에 큰 영향을 주지 않도록 고려해야 할 것이다. 그러나 환기시설의 변수는 별도의 연구가 필요하다고 생각되어 본 연구에서는 생략하였다.

### 3.5 소결

기존 비닐 온실의 에너지효율을 개선하기 위해 다음과 같이 대안온실을 제안 한다.

- 열손실을 줄이기 위해 투명외피의 면적을 1/2로 줄이고 나머지1/2은 불투명 외피로 개조하여 단열재를 5cm 이상 사용하여 북측의 단열효과를 개선한다.
- 온실내의 온도변화폭과 야간의 에너지 절약을 위해 온실 북측 하단부에 축열체를 설치하여 태양열을 축열시킬 수 있게 한다. (축열체의 표면적은 약 2.7m<sup>2</sup>, 체적을 약 0.5m<sup>3</sup>로 제작하여 실측 )
- 온실의 외피에 입사되는 태양광선은 겨울에 고도가 너무 낮아 외피를 수평보다는 수직에 가깝게 하는 것이 유리하지만 기존의 온실과 형태면에서 호환성이 결여되어 이 부분은 기존온실과 동일하게 적용하였다.
- 외피재료 또한 염화비닐로 바꾸어 동일한 조건에서 염화비닐과 폴리에틸렌과의 비교도 가능토록 하였다.
- 온실외피를 이중으로 하여 열손실을 감소시켰다.

## 4. 대안온실의 실증적 고찰

실측을 위해 기존 비닐 온실을 개조하여 위에서 연구

된 대안대로 북측에 면한 투명외피의 면적을 (전체의1/2) 단열재 5cm를 사용한 불투명외피로 개조하여 북측 외피의 단열효과를 높였다. 또한 북측 하단부에 축열체를 설치하여 태양열을 축열시킬 수 있게 하였다. 외피재료 또한 염화비닐로 바꾸어 동일조건인 경우 염화비닐과 폴리에틸렌과의 비교도 가능토록 하였다.

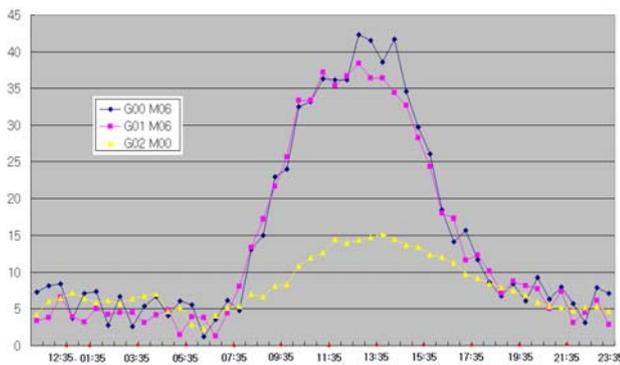
실측요소: 온실구조, 외피재료, 등의 변화에 따른 온실내 온도변화, 온실 외부 열적외선 측정

실측위치: 실측점의 위치는 처음 기존온실과 동일하며, 실측시간은 1/2시간마다 측정하여 실측요소를 변경하며 측정되었다.

#### 4.1 외피구성에 따른 기존온실과 대안온실의 실내 온도변화 비교

A: 단일 투명외피만으로 구성

온실의 양쪽 모두 폴리에틸렌필름 한 겹으로 구성된 내부의 온도변화를 비교하였다. 그 결과 양쪽 모두 큰 차이 없이 온도변화가 일사량에 따라 그리고 주야간의 외기온도차에 의해 심하게 변화되는 것을 알 수 있다.(그림9 참조)



2월5일 006번  
G00M06(좌), G01M06(우): 폴리에틸렌 필름 온실 중앙부의 온도,  
G02M00:외기온도

그림 9. 폴리에틸렌 필름 한 겹만으로 구성된 온실 중앙부분의 온도변화 비교

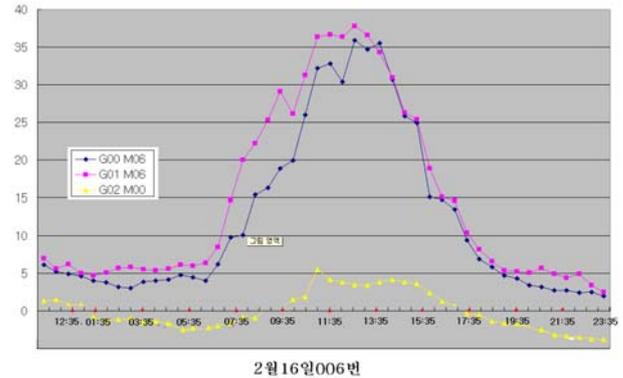
B. 외피재료에 따른 이중투명외피 온실의 온도비교

폴리에틸렌필름과 염화비닐재료 자체의 열전투과에 대한 사실은 이론적으로 그 효율을 정량적으로 산정하기는 불가능 하지만, 동일한 조건에서의 열 취득 효과는 실측에 의해 비교 될 수 있으며 그 결과는 다음 그림과 같다. 이러한 열선의 차단효과를 비교하기 위해서 폴리에틸렌 필름과 국외에서 비닐 온실재료로 가장 많이 사용되고 있는 염화비닐이 외피 재료로 사용되었다.[18]

온실전체가 폴리에틸렌필름으로 구성된 외피의 내부를 2등분하여, 한쪽은 폴리에틸렌필름으로(G00), 그리고 다른 한쪽은 염화비닐(G01)을 사용하여 이중외피로 만들어 비닐사이에 공기층이 구성되었을 경우, 온실의 내부 온도변화를 비교하였다.

그림10과 같이 비닐 한 겹일 때에 비해 내부에 비닐을 씌울 경우 외기온도와 차이가 현저하게 나기 시작했고 염화비닐을 사용한 G01에서의 온도가 폴리에틸렌을 사용

한 G00 보다 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 외기온도와는 투명외피가 한 겹일 때는 특히도 야간의 온도에서 큰 차이가 나는 것을 알 수 있는데 이중외피의 경우 재질에 무관하게 외기온도와 약 5도 이상 차이가 나는 것을 알 수 있다. 또한 재질에 따라서는 주야간 모두에서 염화비닐 이중외피가 단열성능이 우수하여 폴리에틸렌필름 온실과 평균 약 3도 정도 차이가 나는 것을 알 수 있다.



M00M06: 폴리에틸렌필름으로 구성된 이중외피온실의 온도,  
M01M06: 외기쪽은 폴리에틸렌필름, 내부쪽은 염화비닐을 사용한 이중외피 온실의 온도,  
G02M00: 외기온도

그림 10. 2009년 2월16일 이중외피 온실의 온도변화 비교

C. 이중 투명외피와 불투명외피로 구성

2번과 동일하게 이중외피로 구성된 온실에서 염화비닐로 구성된 온실의 북측외벽에 5cm 두께의 폴리스티렌 단열재로 단열 보강된 상태와 북측이 단열되지 않은 이중 폴리에틸렌필름으로 구성된 온실과의 온도를 비교한 결과는 다음과 같다.

북측에 5cm 두께의 스티로폼으로 단열했을 경우 단열되지 않은 쪽의 온도보다 주간 경우 높게는 약 20도 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있으며 야간의 경우에도 유리하게 나타나고 있다. 오후에는 오전에 비해 온도차가 약 1/2정도로 작아지는데, 이것은 이미 외기 온도가 상승하여 온실 내외의 온도차가 작아졌고 온실내에서도 흡에 어느 정도 축열이 되어 온도가 유입일사량에만 의존되지 않기 때문인 것으로 풀이된다.

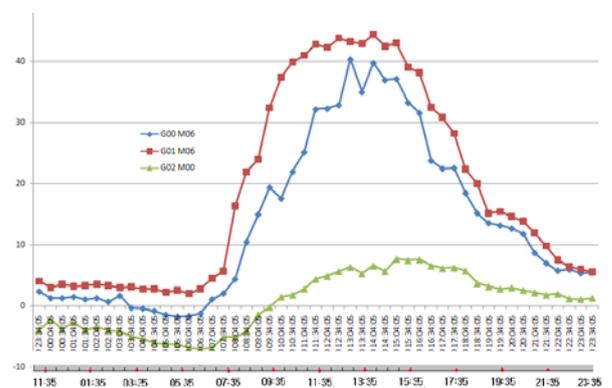


그림 11. 2009년 2월21일 북측에 단열된 온실과 비 단열된 온실의 온도변화 비교

## 4.2 축열온실과 비 축열온실의 실내 온도변화 비교

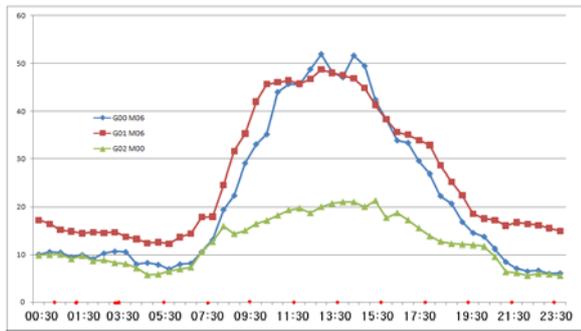


그림 12. 2009년 3월 17일 006번의 온도변화

축열 매체를 사용한 온실에서는 지금까지의 온도변화와는 다른 양상을 보이고 있다. 주간의 온도변화에서 축열체가 없는 온실에서는 온도가 50도 이상 상승하는데 반해 축열체 온실에서는 50도 이하에서 머물고 있으며 특이할 점은 야간의 온도가 비교적 일정하게 큰 온도변화 없이 비 축열체 온실에 비해 높게 유지된다는 것이다. 이미 외기온도가 많이 상승한 후에 측정하였기 때문에 축열체가 없는 온실의 온도는 새벽에 외기와 비슷한 온도분포를 보이고 있지만 축열체가 있는 온실의 경우에는 야간에도 외기와 거의 일정한 온도차를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 온실내에 별도의 축열체가 있어 주간의 과열을 방지하고 야간의 온도는 상승시켜 에너지 절약에서 매우 좋은 효과를 나타낸다고 판단된다.

## 5. 결론

온실의 에너지 이용효율 개선을 위한 이론적, 실험적 연구 결과는 다음과 같다.

- 온실의 투명외피로 폴리에틸렌필름을 사용했을 때보다 염화비닐 필름을 사용했을 때 온실내부의 온도차가 주간에 평균 약 3도 이상 차이가 나는 것으로 나타났다.

- 이중외피로 했을 경우에는 온실의 온도는 외기온도와 차이가 현저하게 나기 시작했고 염화비닐을 사용한 G01에서의 온도가 폴리에틸렌을 사용한 G00 보다 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 외기온도와는 투명외피가 한 겹 일 때는 특히도 야간의 온도에서 큰 차이가 나는 것을 알 수 있는데 이중외피의 경우에는 재질에 무관하게 약 5도 이상 차이가 나는 것을 알 수 있다. 또한 재질에 따라서는 주야간 모두에서 평균 약 3도 정도 차이가 나는 것을 알 수 있다.

- 이중외피로 구성된 온실의 북측에 5cm 두께의 스티로폼으로 단열했을 경우 단열되지 않은 쪽의 온도보다 주간의 경우 높게는 약 20도 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있으며 야간의 경우에도 열적으로 매우 유리하게 나타나고 있다

- 축열매체를 사용한 온실에서는 주간의 온도변화에서 축열체가 없는 온실에서는 온도가 50도 이상 상승하는데 반해 축열체 온실에서는 50도 이하에서 머물고 있으며

특이할 점은 야간의 온도가 비교적 일정하게 큰 온도변화 없이 비축열체 온실에 비해 높게 유지된다는 것이다. 즉, 온실내에 별도의 축열체가 있어 주간의 과열을 방지하고 야간의 온도는 상승시켜 에너지 절약에서 매우 획기적인 효과를 나타낸다고 판단된다. 이론적으로 축열체의 체적을 적당하다고 계산된 만큼의 체적을 이용했지만, 이러한 축열체의 체적 계산방법도 유럽에서 작성된 것이어서, 우리기후와는 잘 맞지 않는 것 같으므로, 이와 같은 축열체의 체적을 증감시켜 좀 더 온도를 일정하게 유지시킬 수 있도록 적정 축열체의 체적에 대한 연구가 된다면 온실 에너지 절약에서는 매우 획기적인 것이 될 수 있을 것이다.

이상의 결과로 보아 온실의 구조 및 재료 등의 개선으로 실내온도를 충분히 상승시킬 수 있어, 그 에너지 절약 효과는 막대할 것으로 판단된다. 다만 축열체 등을 사용할 경우 어디에 어떤 종류의 축열체를 사용할 것인가에 대한 연구는 필요할 것으로 보인다. 왜냐하면 온실내에는 축열체의 장소가 식물의 지속적인 성장관계로 적당치 않기 때문이다.

향후 온실에서 태양에너지를 연중 저장하여 사용할 수 있는 시스템이 연구된다면 보다 많은 에너지를 절약할 수 있음은 물론 100% 대체도 가능할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- Schild, Casselmann, Dahmen, Pohlenz, Bauphysik, 1996 Vieweg
- N. Lechner, Heating, Cooling, Lighting, 2001, John Wiley & Sons Inc
- 이성 : 건축환경공학, 2006, 보성각
- Banham, Reyner, The Architecture of the Well-Tempered Environment, 1984, Architectural Press
- Bennett, Robert, Sun Angles for Design, Bala Cynwyd, 1978
- Olgay, Solar Control and Shading Devices, 1957, Princeton University Press
- Olgay, V., Design with Climate, 1969, Princeton University Press
- Beyer, W., Besonnung von Bauwerken, 1970, Deutsche Bauzeitung
- Freyruth, H., Sonne und Raumklima, 1994, Heizung-Lüftung-Haustechnik, Heft 7
- Frank, Gertis, Kuenzel, Snatzke, Sonneneinstrahlung-Fenster-Raumklima, 1970, Berichte aus der Bauforschung, Heft 66
- Givoni, Baruch. Man, Climate and Architecture, 2nd ed. New York, Van Nostrand Reinhold, 1976
- Heschong, Lisa, Thermal Delight in Architecture, Cambridge, MIT Press, 1979
- Jones, R.W. : The Sunspace Primer, A Guide of Passive Solar Heating, New York, Van
- Nostrand Reinhold, 1984
- Kachadorian, James: The Passive Solar House, Using Solar Design to Heat and Cool Your

16. Home, White River Junction, Chelsea Green Publishing, 1997
17. Mazria, Edward : The Passive Solar Energy Book, Rodale Press, 1979
18. McIntyre, Maureen: Todea's Technologies for a Sustainable Future, Boulder, CO:Ases, 1997
19. Scheer, Hermann : The need for total energy supply and how to provide it, London, James & James, 1994
20. Steven Winter Associates: The Passive Solar Design and Construction Handbook, John Wiley & Sons, 1998

---

투고(접수)일자: 2009년 8월 24일

심사일자: 2009년 8월 25일

게재 확정 일자: 2009년 10월 22일