

피동식태양열온실에서 겨울철열매남새재배가능성 : CFD모의

안 철 호

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《인민들에게 남새를 사철 공급하려면 적극적으로 달라붙어 남새온실을 건설하고 온실 남새농사를 잘하여야 합니다.》(《김일성전집》 제92권 518페이지)

지금까지 순수 피동식태양열체계로는 온대이북지역에서 겨울철에 열매남새를 재배할 수 없다고 인정되어왔다.[1-3]

논문에서는 CFD방법으로 새벽기온이 -15°C 로 내려갈 때 비닐박막온실의 온도를 12°C 이상으로 보장하여 겨울철열매남새를 재배할수 있다는것을 확증하였다.

1. 재료와 방법

1) 기하학적모형

실험온실의 기하학적모형은 그림 1과 같다.

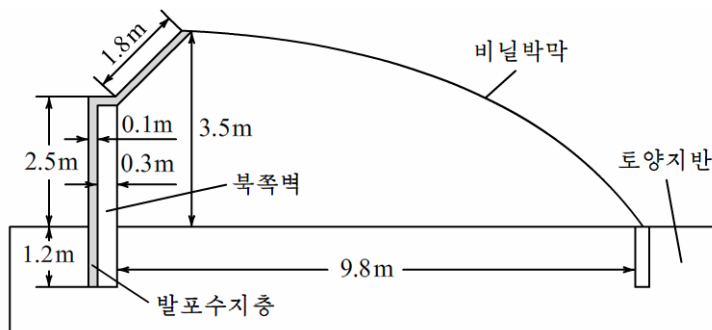


그림 1. 실험온실의 기하학적모형

실험온실은 경도 $185^{\circ}22'$, 위도 $39^{\circ}22'$, 해발고 85m인 위치에 놓여있는데 해비침방향은 동서방향이다.

온실은 처마높이 2.5m, 롱마루높이 3.5m, 벽을 포함한 전체 너비 10.7m, 보조건물을 포함한 전체 길이 106.4m, 포전면적 1000m^2 , 공기체적 2800m^3 이고 북쪽벽은 콘크리트 0.3m, 발포수지 0.1m, 콘크리트 0.1m의 층으로 되어있다.

2) 수학적 및 물리적모형

전처리도구 GAMBIT로 그림 1의 2차원구역에 대한 그물모형을 작성하고 FLUENT6.0에 읽어들여 수값모형화를 진행한다.

기본방정식들로는 연속방정식, 운동방정식, 에네르기방정식, 개선된 $k-\varepsilon$ 난류모형, 리산등위(DO)복사모형들을 취한다.[1]

3) 경계조건 및 물성파라미터

복사-대류혼합경계조건을 설정한 비닐박막남쪽벽에서 5cm의 보온솜이불을 아침 9시에 벗겼다가 저녁 17시 30분에 덮는다.

비닐박막을 포함한 외벽의 열전달계수는 $22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 로, 박막에 보온이불을 덮는 시간에는 $4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 로 설정하였다. 지반바닥은 5°C 의 일정한 온도경계조건으로, 지반수직 경계의 열흐름세기 는 령으로 가정하였다. 그리고 토양결면의 복사도는 0.6으로, 나머지 벽 결면에서는 0.8로 설정하였다.

우리 나라의 소한추위를 포함하는 48시간의 태양복사세기(FLUENT의 자료기지값)와 대기온도(측정값)를 리용자정의함수로 온실외벽경계조건에 설정하였다.(그림 2)

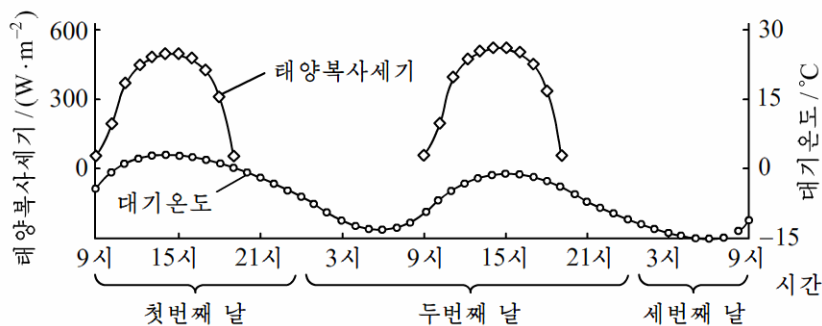


그림 2. 태양복사세기와 대기온도

온실재료들의 특성량은 다음의 표와 같다.

표. 온실재료들의 특성량

재료명	밀도 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	비열 $/(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	열전도계수 $/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$	태양빛 흡수계수
공기	1.22	1 006	0.024	0.0~0.15
물	998.2	4 182	0.6	0.8
수지박막	1 360	1 050	0.15	0.1
보온이불	400	820	0.08	0.1
콩크리트	2 400	840	1.45	0.6
발포수지	40	1 470	0.04	0.5
자갈	1 840	1 600	0.36	0.5
흙	1 900	2 200	2.0	0.5

2. 결 과 분 석

1) 모의모형의 유효성

온실포전중심의 1m 높이에서 각이한 온도에 대한 공기흡수계수 α 에 따르는 수값제 산값과 측정값을 비교하였다. 결과로부터 측정값에 가까운 수값모의결과를 주는 α 의 값은 $\alpha=0.1$ 이라는것을 알수 있다. 따라서 모의에서 $\alpha=0.1$ 로 취한다. 또한 측정점의 온도대신 전체 온실공기의 체적평균온도를 기본지표로 정한다.

2) 보강대책의 효과

온실의 북쪽벽외부에 토양벽을, 내부에 자갈층(0.3m)을 보강하고 물관체계, 소온실, 2중박막을 하나씩 확대하면서 온실평균온도의 개선정도를 검토하였다. 온실의 자름면적이 28.06m^2 라면 물관체계는 5.7%, 소온실은 24.5%를 차지한다.(그림 3)

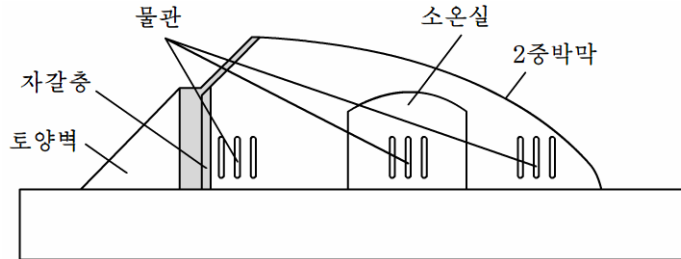


그림 3. 보강대책의 기하학적모형화

48시간에 대한 수값모의결과는 위에서 제시한 5가지 보강대책을 다 취해도 대기온도가 -15°C 까지 내려가는 세번째 날의 새벽 4~7시사이의 체적평균온도를 9°C 이상 올릴수 없다는것을 보여준다.

17시 30분에 보온이불을 덮을 때 13°C 이상의 물을 소온실물관에 갈아넣자. 이 조작을 두번째 날에만 한다고 하자. 이것을 위해 해당 시간에 계산을 멈추고 소온실물관온도만 바꾸고 모의를 계속한다. 이때 소온실의 체적평균온도변화는 그림 4와 같다.

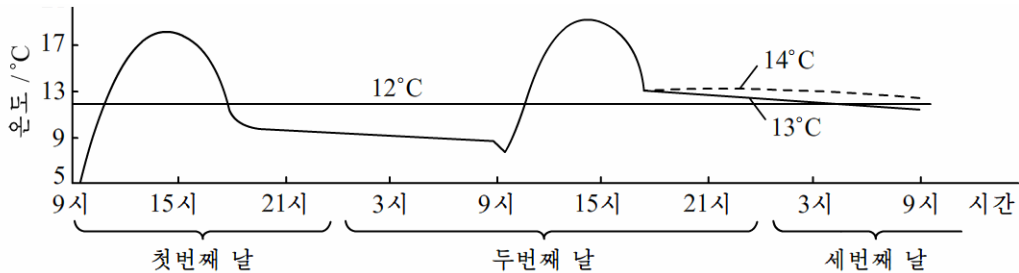


그림 4. 소온실의 체적평균온도변화

결과에 의하면 13, 14°C 의 물공급에 따르는 소온실의 최저체적평균온도는 각각 11.8, 12.3°C 이다. 15, 16, 17°C 의 물을 공급하면 최저체적평균온도는 각각 12.9, 13.8, 15.0°C 로 된다.

맺는 말

14°C 이상의 물을 소온실물관에 공급하면 새벽기온이 -15°C 까지 내려가는 추운 날씨에도 열매남새재배공간을 얻을수 있다. 소온실의 최저체적평균온도는 저녁에 공급한 물온도보다 약 2°C 떨어진다. 그러므로 태양열물가열기 등으로 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 더운물을 소온실물관에 공급한다면 새벽온도가 -20°C 이하로 내려가도 12°C 이상의 열매남새재배공간을 얻을수 있다. 즉 선행연구결과[1-3]와 달리 순수 피동식태양열체제로 온대이북지역에서 겨울철에 열매남새를 재배할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] G. Tong et al.; Computer and Electronics in Agriculture, 68, 1, 129, 2009.
- [2] N. Couto et al.; World Journal of Mechanics, 2, 181, 2012.
- [3] F. Ayuga; Journal of Agricultural Engineering, 436, 1, 2015.

주제106(2017)년 12월 5일 원고접수

Possibility for Winter-Cultivating Fruit Vegetables in a Passive Solar Heating Tunnel-Type Greenhouse : CFD Simulations

An Chol Ho

In scientific literatures cultivating fruit vegetables in winter of the Temperature Zone is held to be impossible by only passive solar system: it is to supply warmer water than 14°C to the water tubes of small vinyl-film greenhouse while covering the parent greenhouse with the thermal coverings.

Key words: vinyl-film greenhouse, passive solar system, wintertime, fruit vegetable, CFD