

국외의 에너지 절약형 온실 시스템



이 종 원
경북대학교 농업과학기술연구소 연구교수
leewon@knu.ac.kr



이 현 우
경북대학교 농업토목공학과 교수
whlee@knu.ac.kr

1. 서론

2007년 말 국내 원예시설 면적은 53,036ha로 중국, 일본에 이어 세계 3위를 차지하고 있으며, 작목별로는 채소가 49,828ha로 94%, 화훼가 3,208ha로 6%를 차지하고 있다. 한편, 난방재배 면적은 13,418ha로 총 시설면적의 약 25%를 차지하고 있으며 대부분이 유류에 의한 가온방법을 택하고 있다.

에너지원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 국내 여건상 국제 원유가의 상승은 시설재배 농가의 소득 감소와 직결되어 있다. 우리나라가 주로 수입하는 두바이산 원유 가격은 2006년 평균 배럴당 61.55달러로 2005년 49.50달러보다 24% 상승하였으나 2007년 들어 50달러 선으로 하락하였다가 2008년 4월 배럴당 100달러를 사상 최초로 돌파한 후 6월말 136.16달러까지 상승한 후 8월말기준으로 112.99달러를 유지하고 있는 실정이다.

최근 유가 상승은 과거의 고유가와와는 다른 특성을 가지고 있다. 과거의 고유가는 대부분 산유국의 정치적 불안, 군사적 충돌, 에너지 공급시설의 사고로 인한 공급 교란과 그로 인한 일시적·단기적인 가격 상승이었다. 이와 같은 원인으로 유가 상승은 소비감소를 유발하고 공급이 정상적으로 돌아오면 가격이 곧바로 하락하였다. 그러나 최근 유가 동향은 기본적으로 중국, 인도를 비롯한 신흥 경제개발 국가의 높은 경제성장과 세계 경기회복으로 인한 수요 급증에 기인한 것이어서 유가 상승이 장기간 지속되고 있다.

이러한 국제유가 급등은 시설재배 경영비에 직접 영향을 미치는 면세유 가격 상승을 유발하고 있으며, 특히 시설채소의 경우 경영비에서 차지하는 광열동력비 비중은 유가상승에 따라 지속적으로 증가하고 있는 실정이다(표 1, 2).

따라서, 유가가 상승할 경우 광열동력비의 상승으로 농가의 경영비 부담이 가중될 것이며 이로 인하여 소득

표 1. 주요 시설채소의 경영비 중 광열동력비 비중

(단위 : %)

재배작목 \ 년도	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
시설고추	25.6	36.9	35.6	30.5	31.9	30.1	36.3	38.1
시설오이(축성)	30.7	31.3	32.2	26.0	26.2	31.0	38.8	36.8
시설토마토(축성)	24.6	26.9	31.9	26.3	25.5	25.3	36.5	35.0
시설호박	11.5	20.2	16.8	13.1	15.9	19.6	22.7	25.0
시설딸기(축성)	5.7	4.1	4.9	4.5	5.1	5.7	6.2	8.1

자료 : 농촌진흥청, '농축산물소득자료집', 각연도

표 2. 국제원유가별 시설채소 농가의 경영비 중 광열동력비 비중

(단위 : %)

재배작목 \ 국제원유가	\$68.4	\$85.4	\$94.2	\$102.8
시설고추	42.0	47.2	49.5	51.6
시설오이(축성)	39.1	46.1	48.3	50.1
시설토마토(축성)	37.6	42.4	44.5	46.5
시설호박	25.4	28.9	31.9	34.4
시설딸기(축성)	8.5	12.5	13.7	15.2

자료 : 한국농촌경제연구원, '유가상승이 시설채소 농가에 미치는 영향', 2008

또한 감소할 것이다. 시설재배의 특성상 적정 온도 유지가 관건으로 유가가 상승하여도 유류소비를 줄이기는 힘든 상황이다. 유류소비 축소를 통한 난방비 절감은 재배작물의 품질 저하와 가격하락을 가져와 농가 소득의 감소 요인으로 작용하기 때문이다. 그러므로 재배작물의 품질과 생산량의 변동없이 국제유가 상승에 따른 시설원예의 대응책을 마련하여야 한다.

시설원예를 중심으로 에너지 절감을 위한 대응방안은 여러 측면에서 고려할 수 있다. 시설의 보온력 향상, 고효율 난방기술 개발, 재배방법 개발 및 재배관리 기술의 실천, 재배작물이나 온실 여건에 맞는 경제적인 난방에

너지 선택, 난방보조장치 등의 도입으로 에너지 효율 증대 및 난방부하를 기준으로 적지적작 등의 방안 중 가장 기본적이고 핵심적인 방법은 시설의 보온력 증대 방안이다.

온실은 낮에 태양으로부터 방사되는 에너지를 작물이 광합성에 직접 이용하거나 토양이나 기타 축열이 가능한 물질에 에너지를 축적하였다가 밤에 서서히 축적된 에너지를 방출하면서 온실 내부의 공기를 데워 기온을 상승시킨다. 온실 내부에 있는 공기 중의 열은 대부분 피복자재 표면이나 창문과 출입문 등의 틈새를 통하여 밖으로 빠져나게 된다. 따라서 온실내부의 열에너지가 밖으로 쉽게 빠져나가지 않게 하기 위해서는 장파방사가 억제되는 피복자재를 사용하고, 창문이나 출입문 등의 틈새가 생길 수 있는 요인을 철저히 방지하여야 한다. 이와 같이 온실의 보온력을 향상시킬 수 있는 방안으로는 광투과 극대화, 피복자재의 열관류 최소화, 환기 전열 최소화, 난방공간의 최소화 및 북쪽 내부 벽면에 반사필름 설치 등이 있다.

온실의 보온력 향상을 통한 난방에너지 절약을 목적으로 개발된 온실은 수막온실, 펠레트하우스, 이중에어 온실, 이중막온실, 일광온실, 버블하우스 등이 있으며

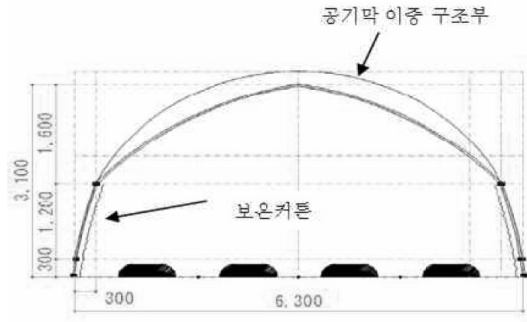


그림 1. 이중에어온실



그림 2. 초기 이중에어온실(미국)



그림 3. 이중에어온실(미국)

자연에너지의 이용을 통한 에너지 절약형 온실시스템은 지중열 교환 온실 및 자갈축열 온실 등이 있다.

2. 에너지 절약형 온실 시스템

가. 이중에어온실

이중에어온실은 온실의 지붕면 및 측면의 피복재를 이중으로 하여 송풍기를 이용하여 온실표면에 공기막을 형성하여 보온력을 증대시키는 구조의 온실이다. 이중에어온실은 1964년 Roberts와 Mears 교수에 의해 처음 개발되어져 지속적인 연구가 이루어졌으며 현재 각국

에서 에너지절약형 온실의 대표적인 시스템으로 자리 잡고 있다. 미국의 경우에는 플라스틱하우스의 약 65%가 이중에어온실이며 캐나다에서는 온타리오주 등에 많이 보급되어 있다. 그리고, 일본, 인도, 중국 등에서도 많은 연구가 수행되고 있으며 점차 보급면적이 늘어나고 있는 추세이다.

이중에어온실은 보온효과가 우수하고 장치가 간단하여 설치비가 저렴하며 유지관리도 비교적 용이하다. 그리고 난방에너지 절감율은 30~50% 범위이며 강풍이나 적설에 대한 구조적인 안전성이 기존 온실보다 높은 장점이 있다.



그림 4. 이중에어온실(캐나다 온타리오주)

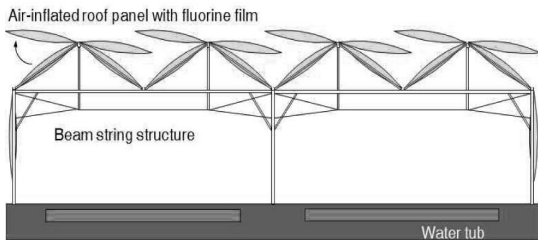


그림 5. 이중에어온실(일본)

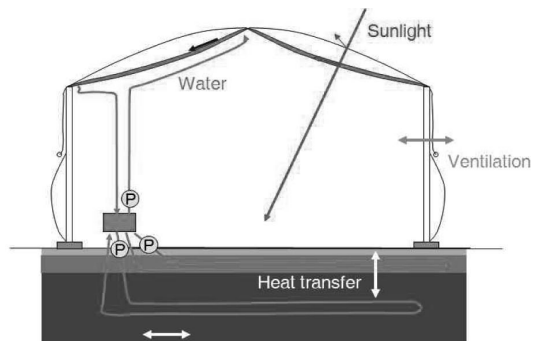


그림 6. 삼중에어온실(일본)

한편, 이중에어온실은 피복재의 물방울 맺힘현상 등으로 인한 광투과율의 저하, 자연환기성능 저하 등의 문제점을 가지고 있다. 그러나 최근에는 자연환기성능을 개선한 이중에어온실이 개발되어 보급되고 있으며

지중축열을 이용한 삼중에어온실이 개발되고 있는 실정이다.

나. 페어하우스

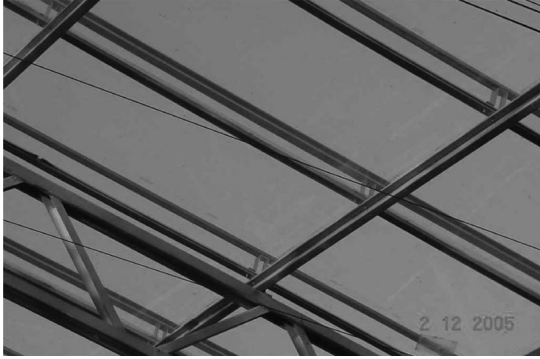


그림 7. 페어하우스(일본)

페어하우스는 경량철골을 뼈대구조로 하여 지붕면은 이중구조로 불소필름으로 피복한 것으로 피복재의 간격은 60~70mm의 정도이다. 페어하우스의 난방에너지 절감율은 40.9~52.4%로 보온효과가 우수한 장점이 있으나 불소필름의 가격이 고가이므로 초기설치비가 많이 들어가는 단점이 있다.

에 보온커튼으로 보온력을 증대시킨 구조이다.

주간에 온실내로 입사되는 태양에너지는 북쪽면의 단열재에 저장되었다가 야간에 3,000~50,000nm의 장파인 열에너지를 방사함으로써 온실 내부의 기온을 높게 한다. 이러한 원리에 의해 일광온실의 난방에너지 절감율은 약 20%정도 인 것으로 보고되고 있다.

다. 일광온실

일광온실은 중국의 전통적인 에너지 절약형 온실 시스템으로 온실의 북쪽면을 황토 등으로 단열처리하고 남쪽면에 비닐로 피복한 편지봉형 온실로 피복재 외부

라. 자갈축열온실

자갈축열온실은 주간에 온실내로 유입되는 태양에너지를 자갈축열층에 저장하는 것으로서 축열층의 위치에 따라 지하축열과 지상축열 방식으로 구분할 수 있다. 자갈축열온실은 지중열 교환 온실과는 달리 열교환 파이프를 매설하지 않더라도 공기유동이 비교적 원활하여 자갈과 공기간에 열교환이 직접 이루어 진다.

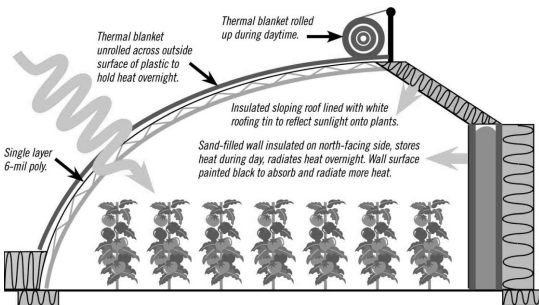


그림 8. 일광온실 개념도(중국)

자갈축열온실의 난방효과는 겨울철 야간의 외기온이 평균 -2.6℃일 때 온실 내의 평균기온이 8.9℃로 매우 우수하여 난방에너지 절감효과는 약 24%이며 여름철에 기존온실에 비해 약 5℃ 정도의 승온억제효과가 있는 것으로 나타났다.

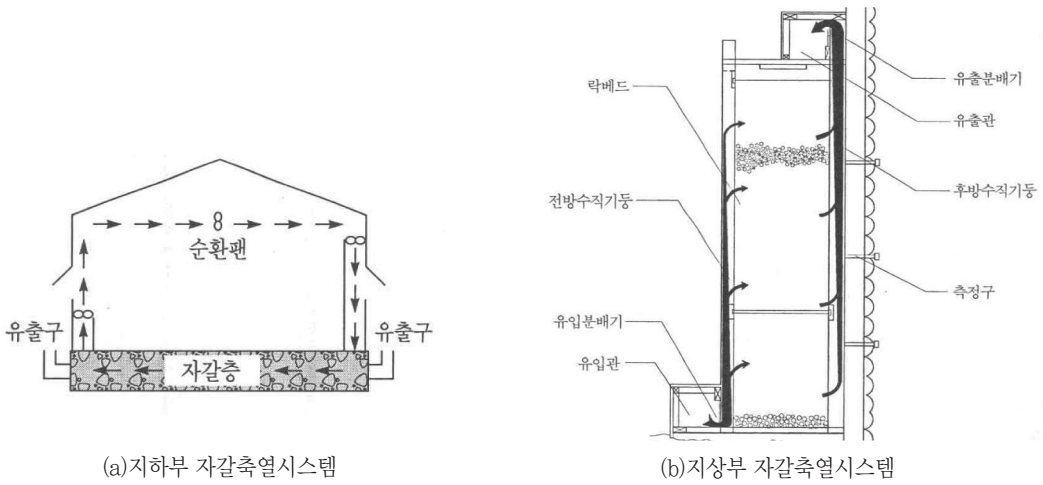


그림 9. 자갈축열온실 시스템 구상도

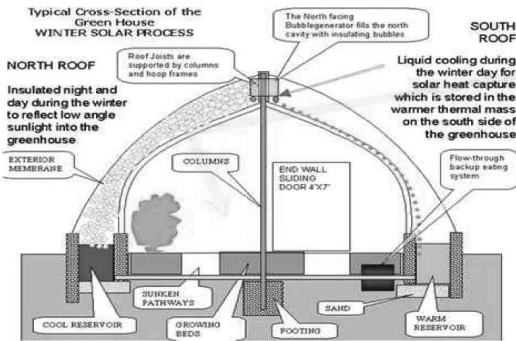


그림 10. 버블하우스

마. 버블하우스

버블하우스는 이중 구조로 된 피복면 사이에 단열성 능이 우수한 거품을 충전하여 단열층을 형성하는 온실 시스템으로 주간에는 북쪽 부분을 버블로 충전함으로써 열손실을 최소화하며 야간에는 남향 부분에 버블을 충전함으로써 북쪽과 남쪽 모두를 버블로 충전시켜 보온 력을 증대시키는 원리이다.



캐나다 온타리오주에 단동버블하우스를 설치하여 운 영한 결과, 겨울철 연료비가 약 1137.5달러이었던 것이 약 146.25달러로 감소하여 보온성능이 우수한 것으로 나타났다. 그러나 초기설치비의 부담과 이중벽 사이의 고른 버블의 충전 등에 대한 문제점으로 광범위하게 실 용화되지 못하고 캐나다 일부지역 등에만 시범 적용되 고 있는 실정이다.

3. 맺음말

최근 국제 유가의 급등에 따라 시설원에 생산비 중 난방비가 차지하는 비중이 크게 증가하여 시설원예농가에 매우 큰 부담이 되고 있어 겨울철 시설원에 작물의 효율적 생산과 지구 온난화에 대응하여 시설난방에너지 비용을 줄일 수 있는 에너지 절약형 온실시스템을 소개하였다.

대부분의 에너지 절약형 온실시스템은 피복재에 의해 손실되는 열을 차단시키기 위한 피복면의 단열성능을 향상시키기 위한 구조와 태양에너지의 이용을 통한 난방에너지 절감시스템 구조이다. 이러한 온실시스템의 장단점을 파악하여 국내에 적합한 에너지 절약형 온실시스템의 연구와 실용화를 위한 연구가 필수적으로 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업의 연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

- 가. 김영섭, 안상돈, 손황제. 2008. 국제 원자재 가격 급등과 농업(II). 농협경제연구소 CEO Focus 제189호.
- 나. 정은미, 정학균, 김수림, 윤선희. 2008. 유가상승이 시설채소 농가에 미치는 영향, 한국농촌경제연구원 농정연구속보 제46권.
- 다. 남상운, 서원명, 윤용철, 이석건, 이인복, 이현우, 조병관. 2008. 개정판 생물환경조절공학. 청솔. pp210~212.
- 라. Roberts. W. J. and D. R. Mears. 2004. Story of the double poly greenhouse. The 43rd ASAE Landmark Dedicatkon to the Air-inflated Duble Poly Greenhouse.
- 마. <http://www.greensistem.com>
- 바. <http://www.tokan.co.jp>
- 사. <http://organic.yukonfood.com/bubblehouse.htm>

기획: 이현우 whlee@knu.ac.kr