

하이브리드 지열 시스템 온실 냉·난방 적용 사례

- 남원 파프리카 유리온실(9917 m²)에의 설치사례 -

■ 김 성 수 / (주)경인에너텍, 5911seng@hanmail.net

시설 재배용 온실에 적용된 냉온수 축열이 결합된 지열 히트펌프시스템에 대하여 설치사례를 소개하였다.

머리말

시설 재배용 온실의 난방비 증가는 농가의 생산성 및 경제성 저하로 이어져 농가 소득이 감소하고 있으며, 정부는 신·재생 에너지인 지열 히트펌프시스템을 농가에 보급하여 농가 소득을 증가시키도록 하고 있다. 특히 하절기 고온 기후조건에서 자연적인 냉방으로는 작물의 생육에 문제가 발생하여 온실의 냉방이 별도로 필요하므로 냉·난방이 가능한 지열 히트펌프시스템이 적합하며, 정부가 시행하는 온실의 주 연료인 B/C유의 소비를 줄여 면세유 지원 축소 및 탄소 배출량 저감 정책에 부응하여 녹색 성장을 이루는 데에 적극 동참할 수 있다.

현재까지 지열 냉·난방 시스템은 일반 건물에 주로 보급하여 설계 기준이나 시공 기술이 건물의 냉, 난방 기준이며, 온실 특성에 맞는 시스템이 보급되지 못하고 있는 실정이다.

온실의 냉·난방은 일반 건물과 달리 작물의 상태와 외기 기후에 맞추어 냉·난방 조건이 자동으로 설정되고 운전되도록 설치된 환경제어 프로그램의 지배를 받으며 운전되는 특성이 있다.

특히 외기의 기온에 따라 동절기 1일 난방시간이 24시간을 유지하는 경우도 있으며, 또는 주간 온실의 온도가 높아 냉방을 위하여 온실의 천창이 열리면서 온실의 열을 대기 중으로 방출하면서 온실의 온·습도를 조절하면서 운전되어지고 있다.

또한 작물의 성장을 위하여 주간 온실내에 양약과 CO₂를 환경제어에서 자동으로 공급하도록

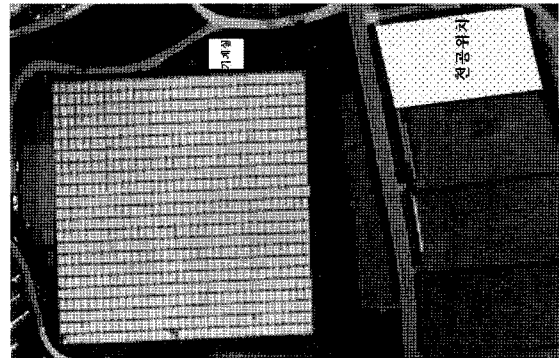
제어되고 있는데, 특히 온실의 CO₂ 농도가 작물에 따라 다르지만 파프리카의 경우 300 ppm ~ 800 ppm까지 강제로 공급하므로 천창이 열리면 온실내에 공급한 CO₂가 대기 중으로 방출되어 CO₂ 소비량이 증가하여 대기 오염을 유발하고 CO₂ 비용이 증가하는 상황이다.

그 밖에 온실의 조건으로 연중 습도조절이 필요하며, 과일의 상태에 따라 온수가 필요하기도 하므로 온실에 맞는 하이브리드 지열 히트펌프 시스템을 소개하고자 한다.

본 론

설계 개요

- 사업자명 : 탐그린 영농조합(안병울)
- 위 치 : 전라북도 남원시 대강면
- 온실면적 : 9917 m²(3,000평)
- 재배작물 : 파프리카
- 설계기본방향 : 주·야간 자동 냉·난방 전환 운전이 가능 하도록 하며, 습도 조절을 위하여



[그림 1] 파프리카 영농단지 항공사진

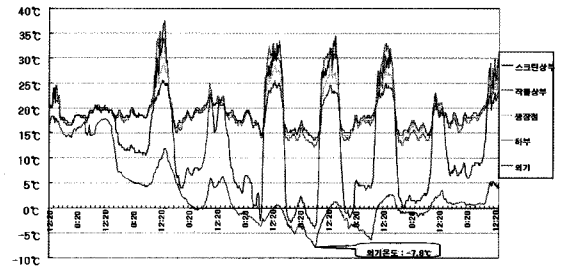
냉·난방을 동시에 할 수 있는 시스템으로 구성하고, 현재 지열 보급사업 기준으로 지열 천공을 할 경우 피크시 기존 연료를 사용하여야 하므로 온실의 폐열을 이용하여 축열을 하므로 화석 연료 사용을 줄이고 온실의 CO₂ 소비량을 줄여 환경 오염을 방지하고 운전비 절감을 줄이면서 생산성을 향상시켜 실질적 농가 소득을 향상시키는 시스템 구성

온실 온·습도 유지 조건(표 1, 2 참조)

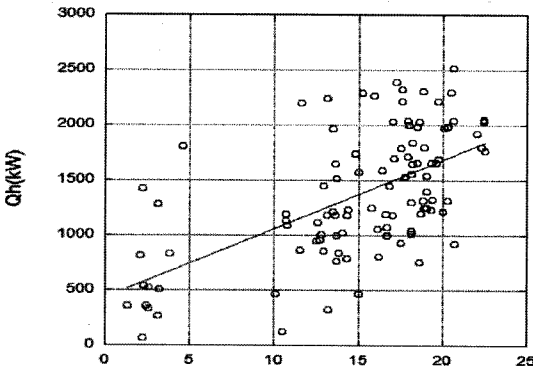
동절기 온실온도 분포

그림 2는 동절기 온실온도 분포를 나타낸 것이다. 온실 내부의 온도는 외기 온도가 낮아도 주간

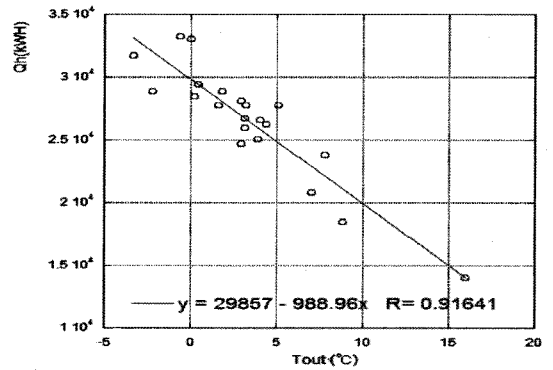
에 광량에 의하여 온도가 상승하는 것을 알 수 있다. 온실 내부의 온도가 25℃ 이상 되면 천창이 열려 온실의 열을 대기 중으로 방출하면서 온도를 일정 온도 이상이 되지 않도록 조절하게 되는데, 이



[그림 2] 동절기 온실온도 분포



a) 실내외 온도차에 따른 난방열량(18:20 ~ 07:20)



b) 외기에 따른 1일 난방열량

[그림 3] 유리온실 내 난방열량

<표 1> 파프리카의 생육온도

작물명	최저 한계온도	야간온도	생육 적정온도	최고한계온도
파프리카	15℃	18℃	25 ~ 30℃	35℃

<표 2> 온실 내 시간에 따른 온·습도 조건

구 분	시 간	유지 온도	습 도	비 고
일출 직전	오전 5시 ~ 9시	18℃ ⇒ 22℃	70 ~ 80%	균등 승온
주 간	오전 9시 ~ 일몰직전	25℃ ~ 28℃	70 ~ 80%	
일몰 직후	일몰직후	15℃ ~ 18℃	70 ~ 80%	
야 간	야간 시간	18℃ 이상	70 ~ 80%	



때 온실 내부의 CO₂가 외부로 방출하게 된다.

야간 난방부하표

그림 3 a)는 유리 온실 27,768 m²(8,400평)의 야간에 실내 온도와 외기 온도 차에 따른 난방 부하를 나타내는 실험 데이터를, 그림 3 b)는 외기 온도에 따른 난방 부하를 나타내는 실험 데이터이다. 현재

설치된 보일러 용량은 피크부하를 감안하여 2배 이상으로 설치되어 있으며 잦은 시동/정지 운전으로 효율이 낮은 상태로 운전되고 있는 실정이다.

기존 장비 사양(표 3 참조)

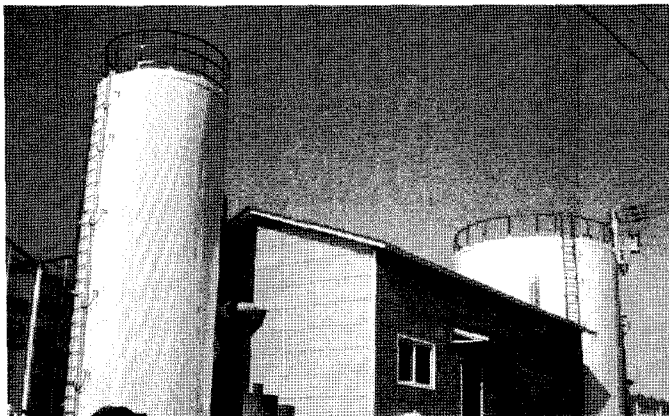
하이브리드 지열시스템 장비 사양(그림 4, 표 4)

<표 3> 기존 장비 사양

구분	규격 및 사양	수량
온수 보일러	1,800,000 Kcal/hR	2 대
연료	B/C 유	240 ton
난방 방식	튜브레일	-
온수 순환펌프	400 LPM × 5 HP	4 대

<표 4> 하이브리드 지열시스템 장비 사양

장비명	시원 기준 용량 및 규격	실제 설치 용량
지열 히트펌프	240 RT	240 RT
축열조	120 ton	240 ton
폐열조	없음	48 ton
지열 열교환기	일반 건물 부하 기준	일반 건물 부하 기준(밀폐형)
지열 열교환기	-	150M × 80공
냉·난방 선택	계절에 따른 수동절환 방식	온도에 따른 자동절환 방식
온실 내부 방식	덕트 및 FCU	상하 교반형 FCU
온실 온도제어 방식	자체 온도조절 시스템	환경제어에 의한 온도조절 시스템



[그림 4] 하이브리드 지열시스템 구성사진

시스템 흐름도

• 시스템 운전 방법

- 히트펌프는 2개의 냉온수 탱크를 이용, 축열 탱크의 온도에 의하여 운전된다.
- 지열 열교환기는 폐열탱크의 온도에 의하여 냉·온열을 자동으로 절환하며 운전한다.
- 온실 제어용 환경제어열에 의하여 온실의 냉·난방 운전이 자동으로 절환되면서 운전 한다.
- 환경제어에 의하여 튜브레일 순환 펌프 및 3WAY 밸브가 조절되면서 운전한다.
- 온수 축열조에 의하여 보일러 운전이 자동으로 운전한다.
- 각 3WAY 밸브는 온도 설정값에 의해 자동 조절되면서 운전 된다.
- 각 2WAY 밸브는 운전 조건에 따라 ON/OFF 되면서 운전 된다.

• 시스템 특징

- 히트펌프는 탱크의 운전 설정 값에 의하여 운전되어 발정 운전이 없으므로 운전 효율이 좋아지며, 냉·온수 입구의 온도를 일정하게 조절하여 히트펌프로 공급하므로 일정한 온도

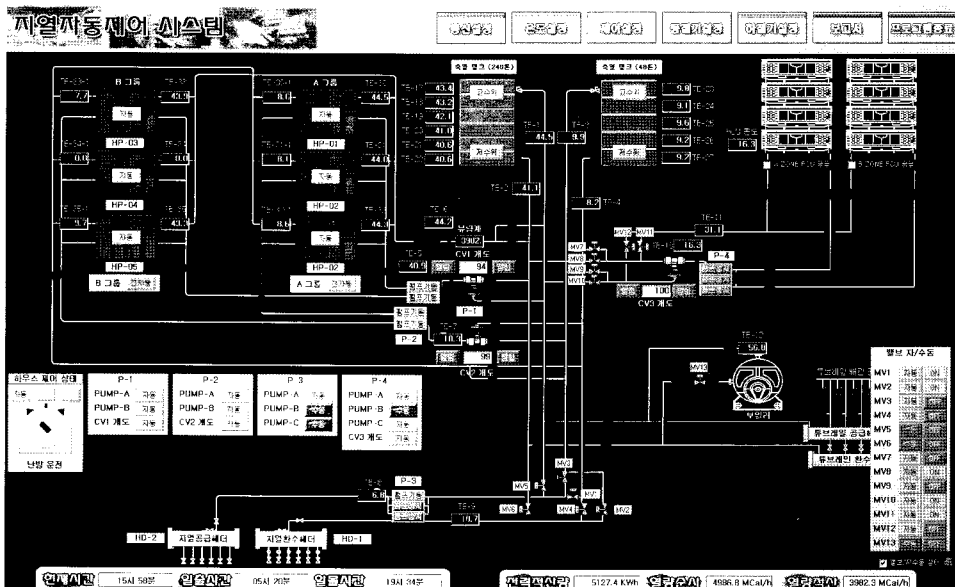
를 생산하여 축열조로 공급하여 성층화가 잘 되는 특징이 있다.

- 온실의 온도에 따라 난방시 온수를 순환하여 난방 운전을하며, 온실의 온도가 높으면 냉수를 순환하여 냉방 운전을 하게 된다. 이때 온실의 폐열을 회수하여 히트펌프의 열원으로 사용하므로 지열 열교환기의 휴면시간을 확보하여 히트펌프의 성능과 시스템 효율을 상승시켜 일반 연료를 사용하지 않는 특징이 있다.

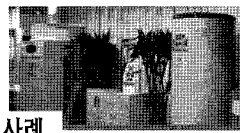
축열 탱크 온도 추이도

• 축열 탱크 추이도

온수 축열조는 온수의 성층화 온도가 48℃에서 30℃로 온도차가 18℃ 이상 운전 되는 것으로 축열조의 열저장 용량이 많은 것을 나타내고 있다. 또한 냉수 축열조의 경우 온도가 주간에 20℃까지 상승 하는 것을 볼 수 있다. 이는 주간에는 온실이 난방운전을 하므로써 배관내의 온수와 온실의 폐열을 냉수 축열조로 회수하는 것을 나타내는 것으로서 회수한 폐열을 이용, 히트펌프를 가동하여 온수를 축열하면서 난방 운전을 하는 것을 알 수 있다.



[그림 5] 하이브리드 지열시스템 운전계통도



온수 축열이 끝나면 야간에 축열조 온수로 난방 운전을 하면서 지열 열교환기 운전이 정지되어 냉수 축열조의 온도가 일정하며, 축열한 온수를 일정 부분 사용하면 히트펌프가 운전되는 것을 볼 수 있다.

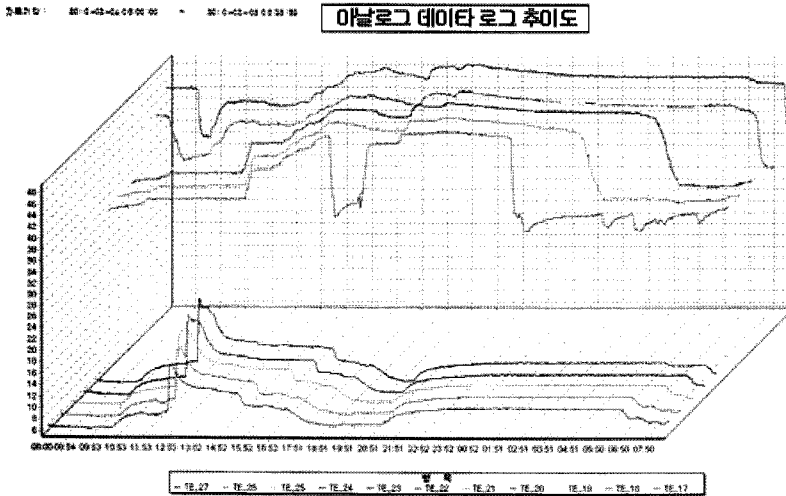
이러한 운전 방법으로 지열 열교환기의 용량 부족을 보완하며, 폐열로 히트펌프를 운전하

로 시스템 효율을 향상 시킬 수 있는 온실에 적합한 시스템 구성이 필요하다.

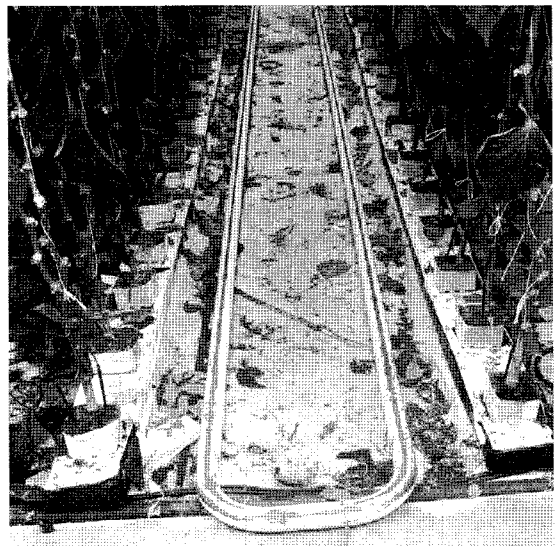
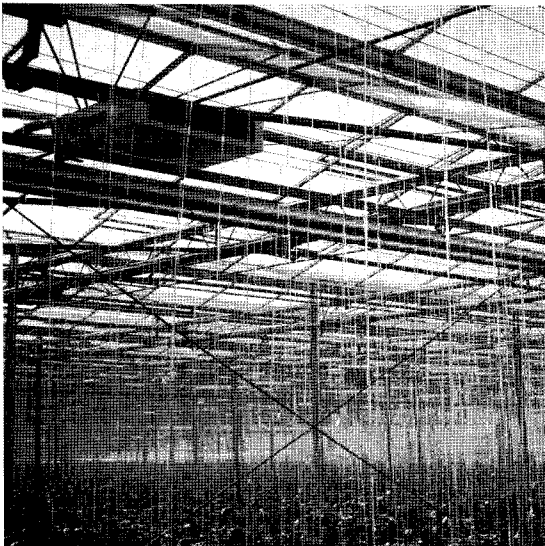
온실 내부 시스템

• 시스템 운전 방법

- 하부에 설치된 튜브레이로 온실 하부의 온도를 일정하게 유지하며, 온실 상부의 외부하



[그림 6] 축열탱크 온도 추이도(2010년 2월 4일 08시 ~ 2월 5일 08시)



[그림 7] 온실 내부 시스템

<표 5> 운전비 비교

구 분	기존 시스템(2009년도 기준)	하이브리드 지열 시스템
연간 B/C 유 사용량	330,000 L	
연료 운전비	2 억 5 천만원	
연간 CO ₂ 사용 금액	5 천만원	2 천 5 백만원
전력 금액(2,3,4월)		1 천 5 백만원
예상 연간 전력 요금		5 천만원
연간 총 운영비	3 억원	7 천 5 백만원
감소율		75%

접한 면적이 전체의 80% 이상 되어 천창에서 침입하는 냉열을 상부에 설치된 상하 교반형 FCU로 차단하여 운전하므로 온실 상·하부의 온도차를 줄이는 특징이 있다.

- 주간에 상부의 높은 온도의 열을 상부에 설치된 상하교반형 FCU로 냉수를 순환시켜 냉방 운전을 하므로 하부의 온도가 필요 이상 낮게 운전되는 것을 방지하면서 상부의 폐열을 회수 할 수 있는 특징이 있다.
- 온실의 습도가 높을 경우 하부의 튜브레일로 가온을 하면서 상부에 설치된 FCU로 냉수를 공급하여 온실의 습도를 제거하여 온실의 제습 운전이 가능하여 쾌적한 환경을 유지 할 수 있는 장점이 있다.
- 주간에 온실의 냉방 및 제습 운전으로 회수한 폐열을 이용하여 240 ton의 온수탱크에 온수를 생산하는데 필요한 폐열로 사용하므로 히트펌프의 성능을 향상시키며, 지열 열교환기의 가동 시간을 줄여 지열 열교환기의 성능을 향상시키는 장점이 있다.

또한 히트펌프에서 생산되는 냉수가 부족 할 경우 지열 열교환기로 냉수를 생산하여 온실의 냉방 운전을 하므로 지열 열교환기의 온도 복원이 되는 특징이 있다.

결 론

작물 재배용 온실은 일반 건물과는 전혀 다른 부

하와 운전 방법을 요구하고 있다. 특히 작물에 따라 냉·난방 온도가 다르며, 작물 성장에 필요한 CO₂를 강제로 공급하는데 공급한 CO₂가 대기 중으로 방출되어 운영비 증가 및 대기 오염을 가중시키고 있다.

현재 지열식 히트펌프시스템은 일반건물에 적용하는 시스템으로 온실 특성에 맞는 지열 히트펌프 시스템이 필요하다. 본 시스템은 온실 특성을 반영하여 동절기에도 온실의 냉방을 할 수 있도록 구성하여 일반건물에 비해 난방 시간이 길어 지열 열교환기의 용량이 부족한 것을 보완 하였다. 이러한 운전 방법으로 온실의 폐열을 회수하여 히트펌프를 가동하므로 히트펌프 성능 향상과 온실 냉방을 하므로 온실 상부의 천창 개도를 억제하여 온실내의 CO₂가 대기로 방출되는 것을 방지하여 대기 오염 방지 및 운영비 절감을 이룰 수 있었다.

또한 주간에 온실의 온도가 40℃ 이상 되므로 지열로 온실용 냉수로 사용하여 실질적인 에너지 절감을 가져오므로 국가적 에너지 절감과 탄소 배출을 감소시킬 수 있다. 농가의 지열 히트펌프 시스템 보급 사업은 국가적 지원 사업으로 실질적인 농가에 필요한 시스템 보급이 되어 에너지 절감은 물론 4계절 작물재배가 가능하여 지속적인 물량 공급으로 농작물을 수출하는 데 애로 사항을 해결하며, 단위 면적당 생산량을 증대시켜 농가 소득을 향상시킬 수 있도록 지열 히트펌프 시스템을 보급하는 우리 업계가 지속적 노력이 필요할 것으로 사료된다. ㉔