

농식품연구성과후속지원사업 최종보고서

발간번호 :

11-1543000-002866-01

에너지자립형 온실모델 개발 최종보고서

2019. 7. 30.

주관연구기관 / 가천

협동연구기관 / (주)중원냉열

에너지자립형

온실모델개발

최종보고서

2019

농림식품기술평가원

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “에너지자립형 온실모델 개발”(개발기간 : 2018. 4. 30 ~ 2019. 4. 29)

과제의 최종보고서로 제출합니다.

20 19. 7. 30.

주관연구기관명 : 가천

(대표자) 조흥석



협동연구기관명 : (주)중원냉열

(대표자) 허예희 (인)

주관연구책임자 : 조흥석

협동연구책임자 : 문종철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

보고서 요약서

| | | | | | |
|------------------|---------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| 과제고유번호 | | 해 당 단 계 연 구 기 간 | | 단 계 구 분 | (해당단계)/ (총 단 계) |
| 연구 사업 명 | 단 위 사 업 | 농식품기술개발사업 | | | |
| | 사 업 명 | 농식품연구성과후속지원사업 | | | |
| 연구 과제 명 | 대 과 제 명 | (해당 없음) | | | |
| | 세부 과제명 | 에너지자립형 온실모델 개발 | | | |
| 연구 책임자 | 조흥석 | 해당단계 참여연구원 수 | 총: 5 명 내부: 3 명 외부: 2 명 | 해당단계 연구개발비 | 정부: 70,000천원 민간: 천원 계: 70,000천원 |
| | | 총 연구기간 참여연구원 수 | 총: 5 명 내부: 3 명 외부: 2 명 | 총 연구개발비 | 정부: 70,000천원 민간: 천원 계: 70,000천원 |
| 연구기관명 및 소속부서명 | 가천 | | 참여기업명 (주) 종원냉열 | | |
| 국제공동연구 | 상대국명: | | 상대국 연구기관명: | | |
| 위탁연구 | 연구기관명: | | 연구책임자: | | |

| | |
|-------------------------|--|
| 연구개발성과의 보안등급 및 사유 | |
|-------------------------|--|

9대 성과 등록·기탁번호

| 구분 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구시설 ·장비 | 기술요약 정보 | 소프트 웨어 | 화합물 | 생명자원 | | 신품종 | |
|-------------|----|----|-----------|-------------|------------|-----------|-----|----------|----------|-----|----|
| | | | | | | | | 생명 정보 | 생물 자원 | 정보 | 실물 |
| 등록·기탁 번호 | | | | | | | | | | | |

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

| 구입기관 | 연구시설·장 비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | NTIS 등록번호 |
|------|--------------|-------------|----|-------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>요약</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 시설농업생산시설의 년중 안정된 생산환경 구현을 위한 난방, 냉방 시스템 구현 ○ 이를 위해 농업용 소형 히트펌프를 이용한 축열과 시설내 공기유동 시스템 도입 ○ 농사용전기와 태양전기를 경용하여 전력사용량 절감효과 구현 ○ 기존보온, 난방에 부족한 난방부하량을 보충 ○ 자연환기, 작물잠열발산, 공기유동 배기팬, 차광제 외 히트펌프이용냉방 병행 ○ 동절기 평균 약 3.1°C 상승, 하절기 평균 약 1.6°C 하강 효과 확인 | <p>보고서 면수</p> <p style="text-align: center;">31</p> |
|---|---|

<요약문>

시설농업 생산시설의 년중 안정된 생산을 위해 겨울철 난방, 여름철 냉방에 대한 해결방안이 매우 중요하다. 보통 겨울철은 온풍난방이나 온수난방에 의존하여 12월부터 2월까지 사용되는 난방용 연료비용은 전체 경영비의 약 25%에 달하고 있는 실정이다. 또한 여름철 냉방의 필요성은 주년생산을 위해 필요성은 절감하나 주간 실내로 인입되는 일사량에 대응한 냉방효율이 낮으며 초기투자비용이 너무 과다하여 도입자체가 어려운 실정이다. 이를 위해 기존의 난방과 냉방방법에 농사용 히트펌프와 태양전지를 이용한 동절기야간 난방, 하절기야간 냉방의 효율을 검토하여 냉난방 프로토타입을 구현하고 이를 이용해 추가적인 시스템을 확장하여 실용화하기 위하여 본 연구개발을 수행하였다. 동절기야간의 경우 최대 5.8°C, 최소 1.8°C, 평균 3.1°C의 난방효과를 확인하였고, 하절기의 경우 최대 최대 3.4°C, 최소 0.8°C, 평균 1.6°C의 기온하강효과를 확인하였다. 본 개발은 시험면적 6m x 20m = 120m² 의 작은 시험면적을 대상으로 실시한 바 시험규모를 2,000m² 급 생산단위로 확대하고 설비를 증설하여 추가적 기술개발을 통해 사업화를 계획하고 있다.

| | | | | | |
|------------------------------------|--|---------|-----------|--------------|--|
| <p>연구의 목적 및 내용</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 히트펌프를 통한 온실의 냉방과 난방을 병행하는 기술개발 ○ 태양전지를 이용한 가온열 이용기술 개발 ○ 축열에너지를 이용해 소형발전기를 가동하여 전기를 생산하고 판매와 자가소비를 병행하는 기술개발 ○ 냉방과 동시에 온실상부의 잉여열을 포집하여 축열을 병행하는 기술개발 | | | | |
| <p>연구개발성과</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 난방구성요소로 태양열 및 온실잉여열 집열, 소형 열발전과 축전, 난방용 히트펌프와 AHU, 냉방용 히트펌프와 AHU, 백업용 보일러를 통한 열보충과 CO2공급, 온실복합환경제어 시스템으로 통합관제가 전체구소임 ○ 본 개발기간동안 관련 소형발전기술 보유한 협력사의 기술보안 등의 이유로 시제품 구성에 참여하지 못하여 다음과 같이 시스템을 변경하였음 ○ 즉 태양광 발전 패널 및 축전, 난방 및 냉방 겸용 히트펌프 도입, 축열조 도입, 냉방난방 겸용 실내공기순환 AHU 도입, 백업보일러를 통한 1차적 열관리, 온실복합환경제어 시스템으로 통합관제 등으로 구성요소를 갖추었음 ○ 이를 통한 난방 에너지 절감효과 및 냉방효과는 전체 에너지 사용량의 약 8~10%로 추정됨 | | | | |
| <p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 기술개발을 토대로 1단계단 난방, 냉방, 발전, 통합의 분리된 에너지 사업전개 ○ 시험면적을 1,000, 2,000, 3,000m2 급으로 확대하여 추가 기술개발 ○ 이를 통한 자립형 온실모델을 구현하고 개발하여 보급함 ○ 전체 에너지 비용의 약 50% 절감효과 기대 | | | | |
| <p>국문핵심어</p> | 난방 | 냉방 | 히트펌프 | 축열 | |
| <p>영문핵심어</p> | heating | cooling | heat pump | heat storage | |

<본문목차>

< 목 차 >

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. 연구개발과제의 개요 | 8 |
| 2. 연구수행 내용 및 결과 | 10 |
| 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 | 22 |
| 4. 연구결과의 활용 계획 | 29 |
| 붙임. 참고 문헌 | 31 |

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제1장 연구개발과제의 개요

1) 난방 냉방 제어 시퀀스 개요

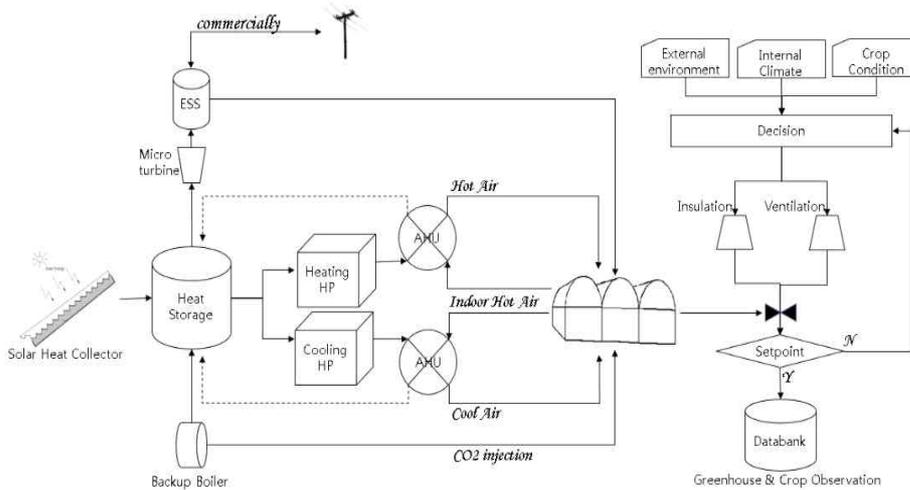
- 시설농업 생산시설(주로 유리온실 또는 비닐하우스 중심)은 년중 안정된 생산을 위해 겨울철 난방, 여름철 냉방에 대한 해결방안이 필수적이다.
- 겨울철은 온풍 난방에 주로 의존하며 이는 등유를 사용하며 동절기(12월 ~ 2월 동안 사용하는 난방비는 전체 경영비의 25 % 이상으로 매우 큰 부담으로 작용하고 있다.
- 여름철 냉방에 대한 필요성은 절감하나 실내로 인입되는 일사량에 대응하는 냉방효율 및 초기투자비 문제로 도입자체가 어려운 실정이다
- 이 같은 문제를 해결하기 위하여 “에너지 자립형 온실모형 개발(농기평 ‘18바우처창업 과제)” 을 통해 태양열 에너지와 온실내 상부잉여열을 이용한 냉난방 시스템 시제품을 개발하고 그 효과를 검증하고자 한다.

2) 난방 냉방 제어 시퀀스 개요

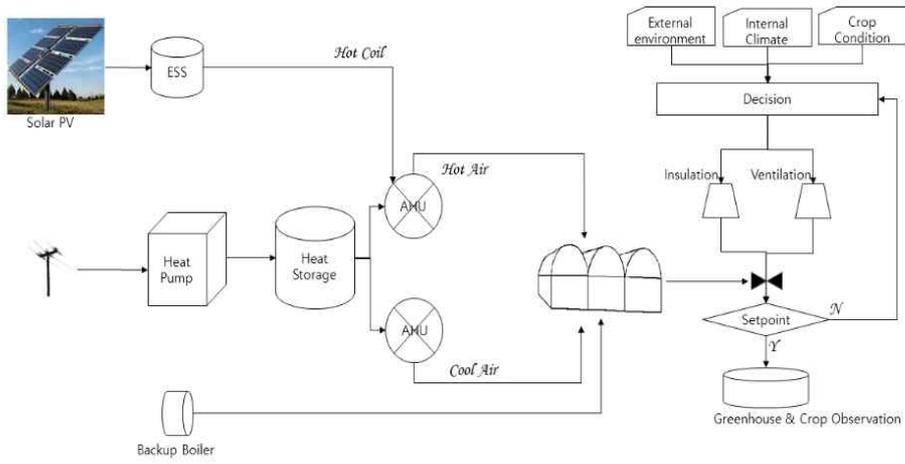
- 난방 : ① 1중피복, ② 2중피복, ③ 3중 보온용 다겹커튼 등을 통한 보온(insulation)을 우선 setting 하고 이후 부족한 난방부하량을 ④ 화석연료를 이용한 보일러 가온, ⑤ 본 시제품시스템을 통한 2차 가온을 통해 부족한 난방량을 보충
- 냉방 : ① 1중피복, ② 2중피복, ③ 3중 보온용 다겹커튼 개방을 통한 자연환기, ④ 작물 증발산에 의한 잠열 발산, ⑤ 내부순환팬을 통한 공기유동, ⑥ 배기팬을 통한 강제환기, ⑦ 외피복 차광제 코팅(약 30% 차광효과) 등을 통한 냉방부하량 저감대책을 우선 시행하며, 또한 주간 온도보다 야온 냉방을 주된 제어대상으로 간주
- 또한 시제품 개발을 위한 히트펌프 용량을 감안하여 총 2,640m²공간중 일부인 120m²에 한하여 난방과 냉방효과를 시험하여 그 효익을 산출함

3) 시제품 사양

- 최초 과제제안시 시스템의 기본 구성도는 다음과 같았다.



- 구성요소 : ① 태양열 및 온실 잉여열 집열 , ② 소형 열발전 및 축전, ③ 난방용 히트펌프 및 AHU, ④ 냉방용 히트펌프 및 AHU, ⑤ 백업보일러를 통한 열보충 및 CO2 공급, ⑥ 온실복합환경제어 시스템을 통한 통합관제,
- 그러나 관련기술을 보유한 협력사의 기술보안 등 사유로 시제품 구성에 참여치 못하여 다음과 같이 시스템을 변경하였다



- 구성요소 : ① 태양광 발전 패널 및 축전지 , ② 난방 및 냉방 겸용 히트펌프, ③ 축열조, ④ 냉난방용 실내 공기순환용 AHU, ⑤ 백업보일러를 통한 열관리, ⑥ 온실복합환경제어 시스템을 통한 통합관제,

제 2장 연구수행 내용 및 결과

1) 시험장소 및 재배환경

(1) 지역

수원 권선구 당수동 625-43





(2) 시설

비닐하우스 2,800 m² (약 788평), 측고 2.5m 천고 4.0m, 1,2중 장수비닐, 다겹보온커튼



(3) 대상작물

완숙토마토(품종명 : 데이로스, 공급사 : 신젠타코리아)



(Typlv, Tocv 저항성)

(3) 작형 :

초겨울작형(11월정식) → 2월 첫수확 → 5월 종료 → 사이심기(interplanting) 3월 정식 →
5월 첫수확 → 7월(현재) 수확 진행중



(4) 수경재배

고형배지형 수경재배(코코피트 배지, 비순환식 수경재배 방식 채용)



(5) 재배방법

- 주간재배(主幹栽培; 측지를 제거하고 원줄기만으로 밀식재배하는 방식)
- 재식밀도 : 2.5주/m²(조간 160cm, 주간 15cm)
- 비배관리 : 그론단 처방 준용(N : P : K : Ca : Mg = 10.7 : 3.4 : 5.9 : 6.0 : 2.5)

- 온도조건 : 주간 25℃ 내외, 야간 14℃ 이상
- 습도조건 : 상대습도 기준 60 ~ 80% 범위 이내
- CO₂ 농도 : 320 ~ 680 ppm 범위 이내

(6) 에너지 독립형 온실냉난방시스템 구성요소

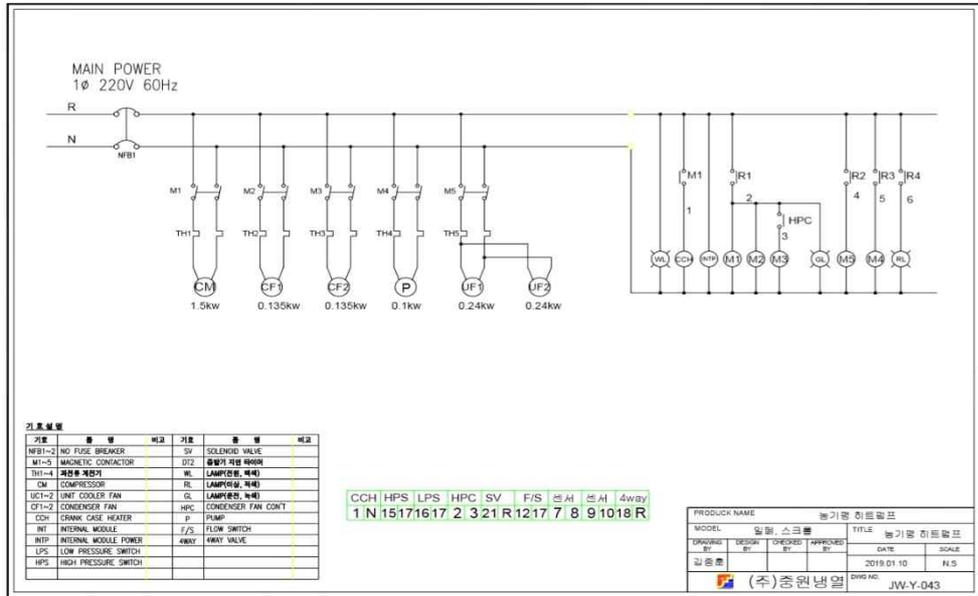
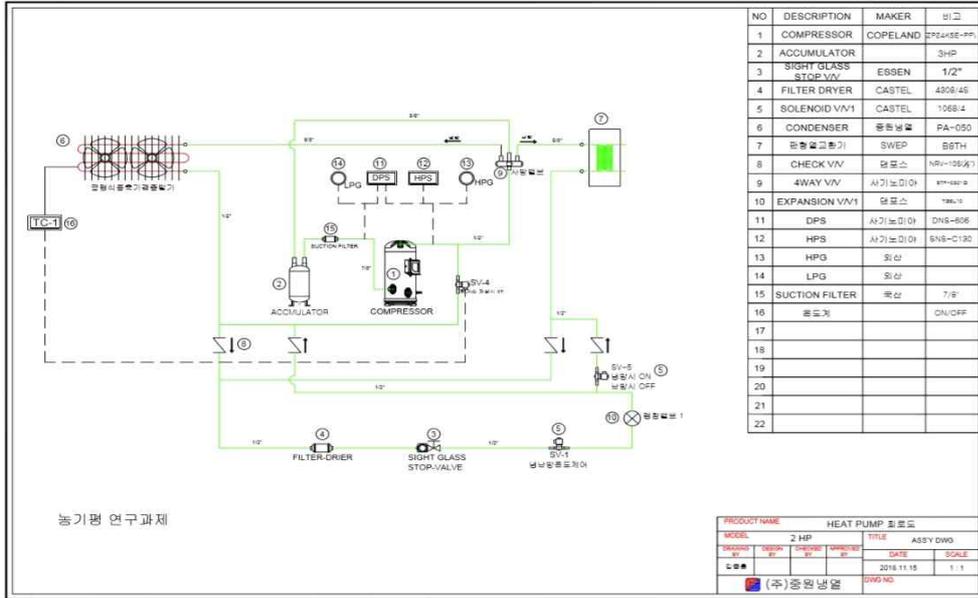
(1) 발전

- 축열 : FRP 탱크 (2톤)
- 별도 단열된 2톤탱크 x 4대 = 8톤과 동절기 연동하여 사용
- 축열매체는 지하수



(2) 히트펌프

- 용량 : 3RT급
- 냉난방겸용



(3) AHU

- Fan : 300 W급 x 6 대
- Coil : 태양전지 PV에서 생성된 전기를 이용한 heating



(4) 백업보일러

- 50,000kcal급 LPG보일러
- 축열온도 조절용



(5) 환경제어 설비

- Vent : 권취형 천창개폐모터(1중, 2중), 측창개폐모터(동측, 서측), 내부 순환팬
- 보온재 : 다겹보온커튼
- Mist 발생장치 : 10um 급 미세입자
- 배양액 조제 및 공급기



(6) 복합환경제어기

- 센서 : 온실내부 온도, 습도, 외부 광량, 온도, 풍향, 풍속, 강우, 감우
- 제어 : 1중천창 개/폐, 2중천창 개/폐, 커튼 개/폐, 난방기 on/off, 냉방기 on/off



제 3 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

(1) 냉방효과

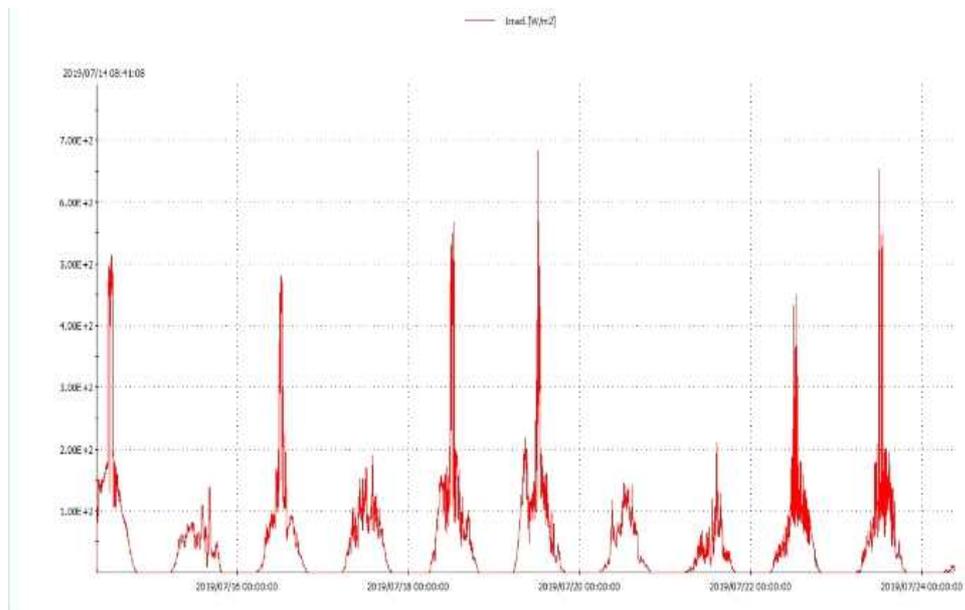
- 하절기 사례로 7월 23일 야간온도 약 25.8℃로 열대야 현상 유발
- 본 시스템 가동구역은 24.8℃ 추가로 약 ▼ 1℃의 하강효과 확인
- 주간 온도, 주간 일사량, 주간 관수량, 공중 절대습도량(AH)에 따라 효과정도가 다르므로 지속적 검토 필요







<그림 1> 7/23의 주야간 시스템 가동구역 온도변화 추이(붉은색 plotting)



<그림 2> 7/23의 온실내 투광량 일사량(W/m²)

주) 왼쪽 두번째가 7/23 데이터, 주간 일사량 강함

| Date | Time | In Temp | CO2 | RH | W | CO2 | PF | W | W | Out Temp | Out Light | Wind Spd | Wind Dir | Rain | Edge | H | H | Host | Sec | Cool | Sec | Humidity | CO2 | Humidity | Temperature | Humidity | EVENT 1 | EVENT 2 |
|------------|------|---------|------|----|---|------|----|---|---|----------|-----------|----------|----------|------|------|---|---|------|-----|------|-----|----------|-----|----------|-------------|----------|---------|---------|
| 2019-07-23 | 9:12 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:15 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:16 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:17 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:18 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:19 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:20 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:21 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:22 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:23 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:24 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:25 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:26 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:27 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:28 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:29 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2019-07-24 | 9:30 | 26.5 | 96.5 | 1 | 1 | 25.6 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 25 | 8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | |

<그림 3> 7/23 의 온실 환경데이터

주) 첫번째 항목이 실내온도 값, 7/23 저녁 ~ 7/24 아침까지 야간최저온도 25.8°C

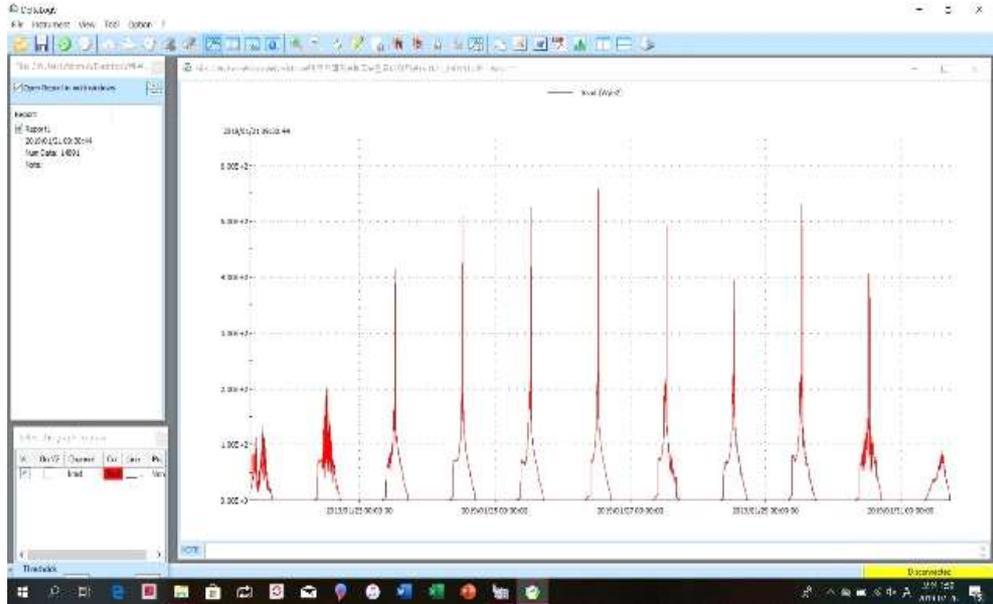
(2) 난방효과

- 동절기 사례로 1월 21일 야온 8.4℃, 주간 21.9℃로 완속토마토 생육 최저 기온
- 본 시스템 가동구역은 야온 8.6℃, 주간온도는 24.4℃로 야간 가온효과는 미미하나 주간가온의 효과가 ▲2.5℃ 정도 인정됨
- 동절기의 가온효과 역시 주간 온도, 주간 일사량, 주간 관수량, 공중 절대습도량(AH)에 따라 효과정도가 다르므로 지속적 검토 필요



<그림 4> 1/21의 주야간 시스템 가동구역 온도변화 추이

주) 붉은색 plotting, 왼쪽 첫번째 패턴, 야간 최저온도 8.6℃



<그림 5> 1/21의 온실내 투광량 일사량(W/m²)

주) 왼쪽 첫번째가 1/21 주이선, 날씨 흐린날

| Date | Time | In Temperature | In Humidity | CO2 | PPFD | Out Light | Wind Speed | Wind Dir | Rain | Espoint I | Heat | Seta | Coo | Seta | Humidity | Dew | mich | Temperature | Humidity (VENT) | |
|------------|-------|----------------|-------------|-----|------|-----------|------------|----------|------|-----------|------|------|-----|------|----------|-----|------|-------------|-----------------|---|
| 2019-01-21 | 08:50 | 9.3 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 08:54 | 9.3 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 08:58 | 9.3 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:01 | 9.3 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:04 | 9.3 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:07 | 9.3 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:08 | 9.2 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:11 | 9.2 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:14 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:17 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:20 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:23 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:26 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:29 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:32 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:35 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:38 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:41 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:44 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:47 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:50 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:53 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:56 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 09:59 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:02 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:05 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:08 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:11 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:14 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:17 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:20 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:23 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:26 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:29 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:32 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:35 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:38 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:41 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:44 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:47 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:50 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:53 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:56 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 10:59 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:02 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:05 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:08 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:11 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:14 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:17 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:20 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:23 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:26 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:29 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:32 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:35 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:38 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:41 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:44 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:47 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:50 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:53 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:56 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-21 | 11:59 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-22 | 08:50 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-22 | 08:54 | 9.1 | 52 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 2019-01-22 | 08:58 | 9.1 | 52 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 21 | 0 | 19 | 0 | 3 | 0 |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

제 4 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

- 본 과제는 냉방 난방의 제어가능 임계치를 찾기 위해 시험구 면적을 60m², 120m², 180m², 240m²로 진행한 바 최종 120m²이 적당함을 확인함
- 하절기 야간냉방의 경우 약 ▼ 1 ~ 2°C의 온도 저하효과 기대되며 이로 인해 약 15%가량 전기료상승이 예상되나 식물 호흡량 감소, 개화/결실 호조로 인해 생산량 증가로 약 30% 잉여수익이 예상됨
- 난방의 경우 약 ▲ 2 ~ 5 °C의 온도 상승효과 기대며 이로 인해 약 15%가량 전기료상승이 예상되나 광합성 증가와 저온장해 감소로 인한 생산량 증가로 약 30% 잉여수익이 예상됨
- 현 단계는 3RT 급 히트펌프로 120m²에 국한된 구역에 대한 열관리 시험이었으나 보다 큰 규모로 scale-up될 경우 그 효익은 더욱 클 것으로 기대됨
- 온실의 난방, 냉방 가능 임계점(critical point)를 찾을 수 있고 이를 통해 냉난방기의 부하용량을 설계하고 초기투자비용을 산출할 수 있다.
- 년중 안정적인 생산을 위한 기본적인 열관리 기준이 정립될 것이며 또한 작물 생산일정의 조만 을 조절할 수 있다.
- 호흡량을 줄이고 광합성 효율을 극대화함으로써 생산성과 품질을 담보할 수 있다.
- 태양열과 온실내 잉여열을 발전에 이용함으로써 경영비를 대폭 경감할 수 있다.
- 시제품 개발에 채용된 round형 토마토 뿐 아니라 타 품목, 타 작물로 확대 적용할 수 있다.
- 2019 ~2020년 시제품규모를 30RT급, 600m²으로 scale-up 지속적인 개발을 진행하고, 효율적 축열용량과 열교환에 대한 추가 기술개발을 실시
-

○2020년 하반기 특허출원

- 시스템 보급가는 600m²기준 6,000천원선에 최적화 시키고 태양발전 모듈은 별도로 옵션화 함
- 관련기술의 보급을 위하여 지역별 시범사업을 기획한다.
(농진청, 산하연구소, 지자체 연계프로그램)
- 국내외 온실시공업체와 공조하여 신규시설물 설계 와 시공에 직접 참여한다.
(국내 4대 권역, 해외 한대 권역, 열대 권역)

[붙임] 참고문헌

- 공기열원 히트펌프 컨트롤러 매뉴얼, 2013, (주)두텍
- 유리온실내 잉여태양열에너지 분석, 2014, 신익수, 상지대학교 박사학위논문
- 자연환기 제어를 이용한 3중 외피온실의 열환경 해석, 2017, 진태환, 영남대학교 석사학위논문
- 온수난방시스템 온실의 온도제어 시뮬레이션, 1997, 민영봉 등, 원예학회

<뒷면지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 00000사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 00000사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.