

보안 과제( ), 일반 과제( ● ) / 공개( ● ), 비공개( )발간등록번호( ● )  
첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

|                      |
|----------------------|
| 발간등록번호               |
| 11-1543000-003541-01 |

# IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발

---

2021.06.03.

주관연구기관 / 제주대학교  
협동연구기관 / (주)인터텍  
협동연구기관 / (주)에코브레인  
협동연구기관 / (주)한국중부발전

농림축산식품부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

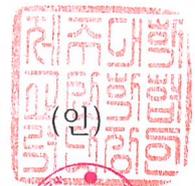
본 보고서를 “IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발” (개발기간 : 2018. 07. ~ 2020. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020 . 12 . 31 .

주관연구기관명 : 제주대학교 산학협력단

(대표자) 도 양 회

(인)



협동연구기관명 : (주)인터텍

(대표자) 임 연 주



협동연구기관명 : (주)에코브레인

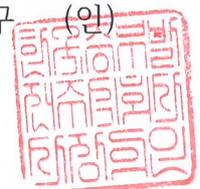
(대표자) 이 영 미



협동연구기관명 : (주)한국중부발전

(대표자) 박 형 구

(인)



주관연구책임자 : 현 명 택

협동연구책임자 : 임 연 주

협동연구책임자 : 오 상 울

협동연구책임자 : 백 진 우

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

|                  |                      |                                       |   |  |  |
|------------------|----------------------|---------------------------------------|---|--|--|
| 과제고유번호           | 318059-03            | 해 당 단 계<br>연 구 기 간                    | 3차년도<br>2018.07.31.<br>~<br>2020.12.31. | 단 계 구 분                                  | 3차년도/3차년도  |
| 연구사업명            | 단 위 사 업              | 첨단생산기술개발사업                            |   |  |  |
|                  | 사 업 명                | 첨단생산기술개발사업                            |   |  |  |
| 연구과제명            | 대 과 제 명              | (해당 없음)                               |   |  |  |
|                  | 세부 과제명               | IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발 |   |  |  |
| 연구책임자            | 현 명 택                | 해당단계<br>참여연구원<br>수                    | 총: 28명<br>내부: 28명<br>외부: 0명             | 해당단계<br>연구개발비                            | 정부: 400,000천원<br>민간: 188,000천원<br>계: 588,000천원     |
|                  |                      | 총 연구기간<br>참여연구원<br>수                  | 총: 34명<br>내부: 34명<br>외부: 0명             | 총<br>연구개발비                               | 정부: 1,000,000천원<br>민간: 443,000천원<br>계: 1,443,000천원 |
| 연구기관명 및<br>소속부서명 | 제주대학교 산학협력단<br>기계공학과 |                                       |   | 참여기업명<br>(주)인터텍<br>(주)에코브레인<br>(주)한국중부발전 |  |
| 국제공동연구           | 상대국명:                |                                       |   | 상대국 연구기관명:                               |  |
| 위탁연구             | 연구기관명:               |                                       |   | 연구책임자:                                   |  |

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

|                      |  |
|----------------------|--|
| 연구개발성과의<br>보안등급 및 사유 |  |
|----------------------|--|

9대 성과 등록·기탁번호

| 구분          | 논문 | 특허 | 보고서<br>원문 | 연구시설<br>·장비 | 기술요약<br>정보 | 소프트<br>웨어 | 화합물 | 생명자원     |          | 신품종 |    |
|-------------|----|----|-----------|-------------|------------|-----------|-----|----------|----------|-----|----|
|             |    |    |           |             |            |           |     | 생명정<br>보 | 생물자<br>원 | 정보  | 실물 |
| 등록·기탁<br>번호 |    |    |           |             |            |           |     |          |          |     |    |

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

[요약]

- 친환경 온배수열 활용 기반, 시설온실 냉난방시스템 운용 및 효율적 에너지 사용을 통한 농가의 냉난방비 절감
- 생육정보, 기상정보, 농기자재 정보를 실시간으로 획득하여 농업 생산 활용을 정밀하게 자동화하여 생산량 극대화
- IoT 기반의 센싱 및 시설장비 구축을 통한 자동환경제어 시스템 구축 및 빅데이터 분석 맞춤형 환경제어 모델개발을 통한 인공지능 환경제어기술 개발 및 적용

[보고서 면수]

218

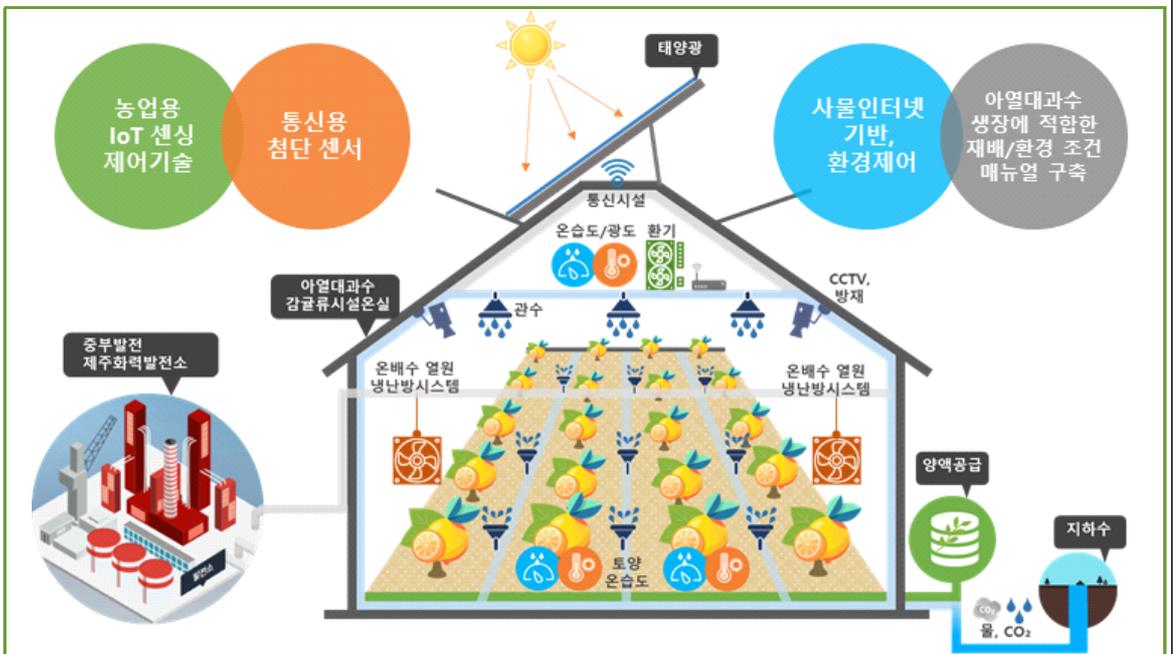
<요약문>

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>연구 개발 목표</b> | 고소득 작물인 아열대 과수의 생산성 향상을 위한 재배환경변수를 복합적으로 고려하여, 온배수 활용 온실의 자동제어가 가능한 인공지능 환경제어 기술 개발 |
|-----------------|---|

|            |  |
|------------|--|
| <b>과제명</b> | <b>IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발</b> |
|------------|--|

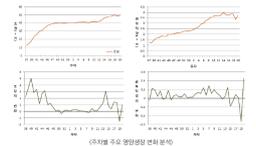
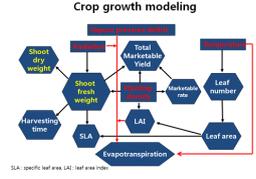
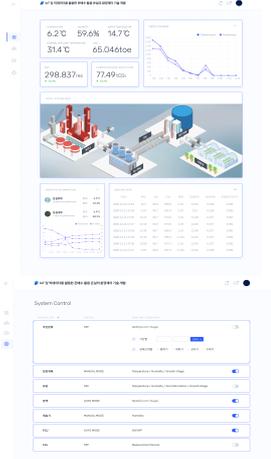
|                   |                                   |                                  |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <b>연구 내용 및 전략</b> | 아열대과일 재배를 위한 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화 | 성장/광합성 등 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화    |
|                   | 온배수를 활용한 인공지능 기반 환경제어 기술 및 개발     | 빅데이터 기반, 온실 생육환경 제어 및 통합관리시스템 개발 |
|                   | 온배수활용 아열대과수 시설온실 실증 및 경제성 분석      | 온배수활용 감광류 시설온실 실증 및 경제성 분석       |

연구 개발 내용



고소득 작물인 아열대과수의 생산성 향상을 위한 재배환경변수 복합적으로 고려하여,  
**온배수 활용 온실의 자동제어가 가능한 인공지능 환경제어 기술 개발**

| 제주대학교  | (주)인터텍  | (주)에코브레인  | 한국중부발전  | 감광류 시설온실                  |
|--|---|---|---|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 사업 총괄</li> <li>■ 온배수 활용, 과수재배 시설온실 실증 연계</li> <li>■ 아열대과수 최적환경 모델링 및 관수고도화</li> <li>■ 생체계측정보 수집 및 분석</li> <li>■ 온배수 &amp; 빅데이터 기반, 시설온실 현장 실증 및 경제성 분석</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수 활용 기반, 만감류 생육환경제어 및 통합관리시스템 개발</li> <li>■ 빅데이터 분석에 따른 온실 환경제어/자동화 기술 개발</li> <li>■ IoT 기반, 온실 복합환경 조절 및 시설장비제어 통합SW개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수 열원, 시설온실, 환경 기상 등 빅데이터 수집 및 분석</li> <li>■ 빅데이터 활용, RNN 기반, 온실환경 제어 모듈 개발</li> <li>■ 환경, 과수, 생육, 병충해 등 분석, 상태모니터링 및 예측제어 모듈 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수</li> <li>■ 농가 열량공급량 확인을 위한 모니터링 시스템 추가</li> </ul> | <p><b>실증 및 결과활용기관</b></p> |

| Step 1.<br>감귤류 시설농가  | Step 2.<br>정보수집 및 저장  | Step 3.<br>빅데이터 분석 및 가공  | Step 4.<br>서비스 제공 및 활용  |
|--|---|--|---|
| 온배수 활용, 감귤류 시설온실 재배농가 확보   | 데이터 측정 및 수집, 안정적인 데이터 수집 체계 마련, 표준화   | 빅데이터 분석 및 가공, 온실환경, 온실구조, 환경, 기상, 재배조건 등 빅데이터 분석   | 재배시설농가 온배수 열원활용 및 환경제어 시스템 서비스 활용   |
|  <p>실증 및 결과활용기관</p> |  <p>IoT 기반의 센서 및 통신시설, 제어장비 등</p>  <p>생육-환경정보</p> |  <p>빅데이터 분석 및 가공</p>  <p>생육 및 환경조건 모델링</p> |  <p>웹/모바일 기반 서비스 제공 및 활용</p> |

<연구개발성과 유형>

| 구분         | 논문 | 특허 | 보고서<br>원문 | 연구<br>시설<br>· 장비 | 기술<br>요약<br>정보 | 소프트<br>웨어 | 화합물 | 생명자원     |          | 신물질 |    |
|------------|----|----|-----------|------------------|----------------|-----------|-----|----------|----------|-----|----|
|            |    |    |           |                  |                |           |     | 생명<br>정보 | 생물<br>자원 | 정보  | 실물 |
| 성과<br>(NY) | Y  | Y  | Y         | Y                | N              | Y         | N   | N        | N        | N   | N  |

<연구개발목표별 성과>

| 평가항목         | 단위                       | 목표치 | 성과지표  |      |      | 평가방법      |           |
|--------------|--------------------------|-----|-------|------|------|-----------|-----------|
|              |                          |     | 1차년도  | 2차년도 | 3차년도 |           |           |
| 지식<br>재산권    | SW개발 및 등록<br>(모니터링 및 제어) | 건   | -     | -    | 1    | SW 저작권등록증 |           |
|              | 특허(출원/등록)                | 건   | 2/1   | -    | 2    | 특허증       |           |
| 기술실시(이전)     |                          | 건   | 1     | -    | 2    | 기술이전계약서   |           |
| 사업화          | 제품화                      | 건   | 1     | -    | 1    | 제품화확인서    |           |
|              | 관련매출액                    | 백만원 | 3,000 | -    | 74   | 1,500     | 세금계산서     |
|              | 고용창출                     | 명   | 3     | 2    | 2    | -         | 4대보험가입증명서 |
|              | MOU                      | 건   | -     | -    | 1    | -         | MOU증서     |
| 기술인증         |                          | 건   | 2     | -    | 3    | 인증서       |           |
| 학술<br>성과     | 논문(비SCI)                 | 건   | 1     | 1    | -    | 1         | 논문 실적     |
|              | 학술발표                     | 건   | 3     | -    | 4    | 1         | 학회포스터실적   |
| 홍보전시         |                          | 건   | 1     | -    | -    | 2         | 참여실적      |
| 기타(타 연구활용 등) |                          | 건   | 1     | -    | 1    | 1         | 참여실적      |

연구  
개발  
성과

|                           |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|
|                           | <p><b>빅데이터 &amp; 복합환경제어 개발 및 적용</b></p> <p>정량화된 계측정보, 진단, 모니터링, 분석, 제어 등 빅데이터 분석과 예측을 통한 아열대과수 최적환경도출과 원격 자동제어를 통한 시설관리, 환경유지</p>  |  | <p><b>자동화 &amp; 편의성</b></p> <p>인력 및 반복노동 기반의 농업활동에서 탈피. 최소의 인력으로 최적의 생산효과 고취. 실시간 모니터링 및 제어시스템을 통해 자동성과 편의성 도모</p>                               |  |  |  |
|                           | <p><b>에너지 활용</b></p> <p>아열대 과수 생육 및 품질향상에 필요시 되는 시설내 냉·난방시스템은 온배수 수열원 재활용. 시설온실 내 물, 비료, 양액, 광합성, 온습도 제어 등 모두 빅데이터 기반의 효율적 에너지활용 도모</p>  |  | <p><b>IoT 기술 융합</b></p> <p>물, 광합성, 비료, 햇빛, 온습도, 토양 함수율, 생장 등 계측 및 설치된 설비들은 모두 IoT기반의 센서로 자동 측정, 데이터화, 최적생육상태에 맞게 자동제어 ⇒ 실시간 모니터링 및 원격자동제어 실현</p> |  |  |  |
| <p><b>활용계획 및 기대효과</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 온배수열원을 활용한 에너지신산업 창출 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 발전소 온배수열원을 활용하여 농가의 냉·난방비 절감 효과</li> <li>■ 발전소 온배수 열회수 이용을 통해 온배수로 인한 해양생태계 오염저감에 기여하고, 화석에너지 사용량 절감으로 온실가스 감축 목표 달성에 기여</li> </ul> </li> <li>○ 미래 성장동력 육성을 위한 지능형 정보기술 기반 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 빅데이터 활용 농업서비스 플랫폼 등을 통해 재배환경 데이터 등을 수집하고 시장 선호도를 분석하여 시장 판매추이 파악 가능</li> </ul> </li> <li>○ ICT 융·복합 기술을 통한 농업생산성 증대 및 노동력 감축 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ IoT 기반의 센싱 및 시설장비 구축을 통한 자동환경제어시스템 구축 및 빅데이터 분석 맞춤형 환경제어 모델개발을 통한 인공지능 환경제어기술 개발 및 적용</li> </ul> </li> <li>○ 첨단 자동화 시스템 기술 확산을 위한 스마트 농업인력 양성</li> <li>○ 센서, 정보시스템, 기계, 정보관리 등 다양한 기술이 융·복합된 농업생산 시스템으로 자원의 효율적 이용이 가능 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 생육정보, 기상정보, 농기자재 정보를 실시간으로 획득하여 농업 생산 활용을 정밀하게 자동화하여 생산량 극대화</li> </ul> </li> <li>○ 과학적 영농생산기법 도입으로 인한 농가소득 향상 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 제주도 감귤류 생산지원 맞춤형 온실환경 제어시스템의 개발을 통한 지역특화상품의 지역경쟁력 향상은 물론 감귤농가의 생산성과 소득향상에도 이바지</li> <li>■ 제주도 감귤류 맞춤형 농업생산기술과 환경제어시스템을 통해 우수품질 및 생산성 향상을 고취하고, 우수수출 상품화 도모 가능</li> </ul> </li> </ul> |  |  |  |  |  |
|                           | <p><b>핵심어 (5개 이내)</b></p>  | <p><b>국문</b></p> <p>온배수</p> <p>시설온실</p> <p>빅데이터</p> <p>스마트팜</p> <p>IoT</p> | <p><b>영문</b></p> <p>Hot Waste Water</p> <p>GreenHouse</p> <p>BigData</p> <p>Smart Farm</p> <p>Internet of Things</p>                             |  |  |  |

<본문목차>

< 목 차 >

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 제 1 장 연구개발 개요 .....             | 1   |
| 제 1 절 연구개발 개요 및 목적 .....        | 1   |
| 1. 연구개발 최종목표 .....              | 1   |
| 2. 연구개발 기술개요 .....              | 2   |
| 3. 연구개발 배경 및 필요성 .....          | 3   |
| 4. 연구개발 추진 전략 .....             | 4   |
| 5. 연구개발내용 및 범위 .....            | 5   |
| <br>                            |     |
| 제 2 장 연구수행 내용 및 결과 .....        | 10  |
| 제 1 절 연구개발 추진일정 .....           | 10  |
| 제 2 절 연구수행 내용 및 결과 .....        | 13  |
| 1. 1차년도 연구수행 내용 및 결과 .....      | 13  |
| 2. 2차년도 연구수행 내용 및 결과 .....      | 46  |
| 3. 3차년도 연구수행 내용 및 결과 .....      | 105 |
| <br>                            |     |
| 제 3 장 목표달성도 및 관련 분야 기여도 .....   | 200 |
| 제 1 절 목표 달성도 .....              | 200 |
| 1. 목표 달성도 .....                 | 200 |
| 2. 목표 달성여부 .....                | 201 |
| 3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 사후대책 ..... | 202 |
| <br>                            |     |
| 제 4 장 연구결과의 활용 계획 등 .....       | 203 |
| 제 1 절 시장 현황 및 전망 .....          | 203 |
| 1. 시장 현황 및 전망 .....             | 203 |
| 제 2 절 사업화 목표 및 계획 .....         | 206 |
| 1. 사업화 목표 및 계획 .....            | 206 |

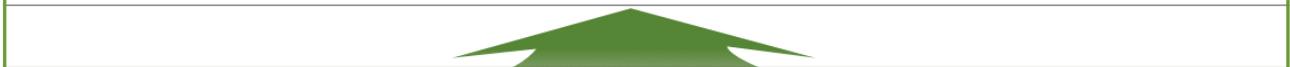
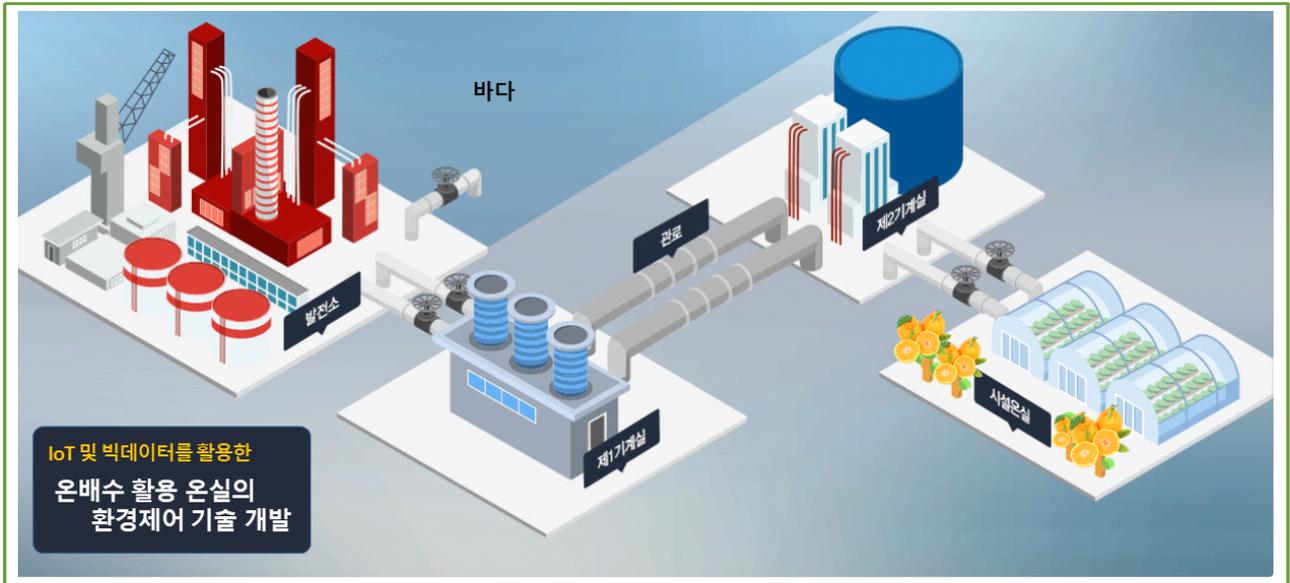
<별첨> 부록. 연구결과 및 성과자료

# 제 1 장. 연구개발 개요

## 제 1 절. 연구개발 개요 및 목적

### 1. 연구개발 최종목표

| 과제명       | <b>IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발</b> |  |
|-----------|--|--|
| 연구내용 및 전략 | 아열대작물 재배를 위한 최적 환경 모델링 및 관수시스템 고도화           | 생장/광합성 등 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화              |
|           | 온배수를 활용한 인공지능 기반 환경 제어 기술 및 개발               | 빅데이터 기반, 온실 생육환경 제어 및 통합관리시스템 개발           |
|           | 온배수 활용 아열대작물 시설온실 실증 및 경제성 분석                | 온배수활용 만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 시설온실 실증 및 경제성 분석 |



고소득 작물인 아열대작물의 생산성 향상을 위한 재배환경변수 복합적으로 고려하여, 온배수 활용 온실의 자동제어가 가능한 인공지능 환경제어 기술 개발

| 제주대학교  | (주)인터텍  | (주)에코브레인  | 한국중부발전  |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 사업 총괄</li> <li>■ 온배수 활용, 과수재배 시설온실 실증 연계</li> <li>■ 아열대작물 최적환경 모델링 및 관수고도화</li> <li>■ 생체계측정보 수집 및 분석</li> <li>■ 온배수 &amp; 빅데이터 기반, 시설온실 현장 실증 및 경제성 분석</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수 활용 기반, 만감류 생육환경제어 및 통합 관리시스템 개발</li> <li>■ 관수, 양액 및 지하 공기열 기반 CO<sub>2</sub> 공급 알고리즘 및 시스템 구축</li> <li>■ 빅데이터 분석에 따른 온실 환경제어/자동화기술 개발</li> <li>■ IoT기반, 온실 복합 환경 조절 및 시설장비제어 통합(솔루션) SW개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수 열원, 시설온실 환경, 기상 등 빅데이터 수집 및 분석</li> <li>■ 빅데이터 활용, RNN 기반, 온실환경 제어 모듈 개발</li> <li>■ 환경, 과수, 생육, 병충해 등 분석, 상태모니터링 및 예측제어 모듈 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수</li> <li>■ 농가 열량공급량 확인을 위한 모니터링 시스템 추가</li> </ul> |

## 2. 연구개발 기술개요

|                 |                                    |   |
|-----------------|------------------------------------|---|
| 연구내용<br>및<br>전략 | 아열대작물 재배를 위한 최적 환경 모델링 및 관수시스템 고도화 | 생장/광합성 등 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화               |
|                 | 온배수를 활용한 인공지능 기반 환경 제어 기술 및 개발     | 빅데이터 기반, 온실 생육환경 제어 및 통합관리시스템 개발            |
|                 | 온배수활용 아열대작물 시설온실 실증 및 경제성 분석       | 온배수 활용 기반, 고부가가치 아열대작물 시설농가 대상 현장실증 및 경제성평가 |

### ■ 아열대작물 재배를 위한 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화

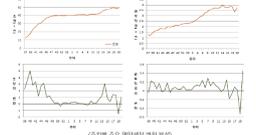
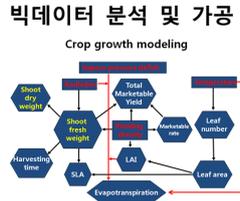
- 아열대작물의 생산성 및 품질향상을 위한 성장 및 광합성 모델 분석
- IoT 기반의 아열대작물 생체 계측 정보(데이터) 수집 기술 개발
- 데이터 기반 아열대작물 관수 알고리즘 및 제어 기술 고도화

### ■ 온배수를 활용한 인공지능 기반, 환경 제어 기술 및 개발

- 온배수 활용 기반, 빅데이터 수집 및 정보 정량화
- 빅데이터 활용 및 RNN(Recurrent Neural Network)기반의 온실 냉·난방시스템 제어 기술 개발
- 환경 분석 및 예측을 통한 생육환경 제어/분석 자동화 기술 개발
- 시설온실 인근의 지하수 공을 활용하여, 지하공기열 축적 및 CO<sub>2</sub> 공급설비 개발
- 고품질 아열대작물의 생육 최적화를 위한 온실의 복합 환경조절 통합 SW개발

### ■ 현장실증 및 경제성 분석

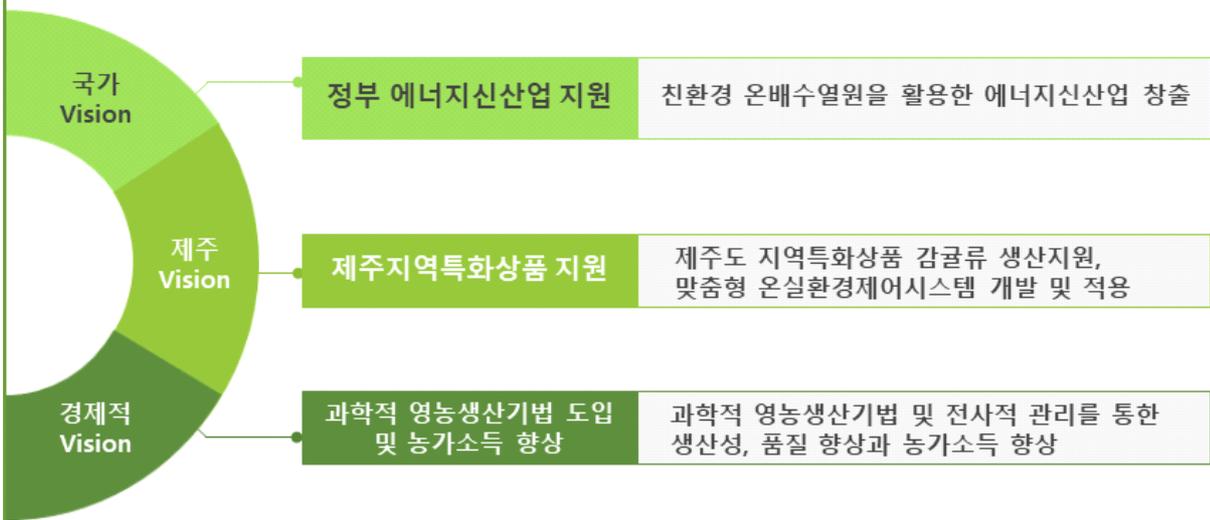
- 온배수 활용 기반, 고부가가치 아열대작물인 블러드오렌지-타로코 품종(600평), 미하야(200평), 황금향(450평), 진지휘-레드향골드(250평)에 대한 시설재배농가 대상 현장실증 및 운영
  - ※ 사업비 여건 상, 유리온실 (1000평)과 비닐온실(200~300평)에 테스트 베드 구축
- 관행 재배방법 대비 경제성 분석

| Step 1.<br>만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 시설농가 확보   | Step 2<br>정보수집 및 저장  | Step 3.<br>빅데이터 분석 및 가공  | Step 4.<br>서비스 제공 및 활용   |
|--|--|--|--|
| 온배수 활용, 만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 시설온실 재배농가 확보   | 데이터 측정 및 수집, 안정적인 데이터 수집 체계 마련, 표준화  | 빅데이터 분석 및 가공, 온실 환경, 온실구조, 환경, 기상, 재배 조건 등 빅데이터 분석   | 재배시설농가 온배수 열원 활용 및 환경제어 시스템 서비스 활용   |
|  <p>실증 및 결과활용기관</p> |  <p>IoT기반의 센서 및 통신시설, 제어장비 등</p>  <p>생육-환경정보</p> |  <p>빅데이터 분석 및 가공</p>  <p>생육 및 환경조건 모델링</p> |  <p>복합환경제어시스템</p> <p>모니터링 /원격제어</p> <p>웹/모바일 기반 서비스 제공 및 활용</p> |

### 3. 연구개발 배경 및 필요성

|             |  |
|-------------|--|
| 연구 배경 및 필요성 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 친환경 온배수 열원을 활용한 에너지신산업 창출 및 에너지 절감, 환경개선 도모</li> <li>■ IoT 및 빅데이터 기반, 제주도 아열대작물 시설온실 환경제어를 통한 고품질의 제주도 지역특화상품 생산 지원 및 지역경제 활성화</li> <li>■ 과학적 영농생산기법 및 전사적 관리를 통한 생산성, 품질 향상과 농가 소득 향상</li> </ul> |
|-------------|--|

|   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
| 국가  | 정부 에너지신산업 지원             | 친환경 온배수열원을 활용한 에너지신산업 창출                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화 대응 기술개발과 에너지신산업 창출을 위한 발전소 온배수열 활용 필요</li> <li>• 화력발전소 온배수열을 인근 복합영농단지에 공급하여, 식물성장 촉진 및 고부가가치의 작물생산을 지원하는 사업</li> <li>⇒ 2018년 현재, 제주시 삼양동에 위치한 <u>한국중부발전 제주화력발전소 인근에 위치한 만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 시설온실에 온배수 열원 제공 및 냉·난방시스템 설치 및 활용 중</u></li> </ul> |                          |   |
| 제주  | 제주 지역특화상품 지원             | 제주도 지역특화상품 만감류 및 백합 등 아열대작물 생산지원, 맞춤형 온실환경제어시스템 개발 및 적용 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 제주도 지역특화상품인 만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 산업의 경쟁력 강화를 위해, <u>만감류 [블러드오렌지(타로코)], 미하야 고부가가치 아열대작물 생산지원 맞춤형 온실환경제어시스템 개발 및 적용</u></li> <li>• IoT 기반의 센싱 및 시설장비 구축을 통한 자동환경제어시스템 구축 및 빅데이터 분석 및 맞춤형 환경제어 모델개발을 통한 인공지능 환경제어기술 개발 및 적용</li> </ul>                   |                          |   |
| 경제성   | 과학적 영농생산기법 도입 및 농가 소득 향상 | 과학적 영농생산기법 및 전사적 관리를 통한 생산성, 품질 향상과 농가 소득 향상            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고부가가치 아열대작물류 생산지원 맞춤형 온실 환경제어시스템의 개발을 통한 <u>지역특화상품의 지역경쟁력 향상은 물론 기타 아열대작물 생산성과 소득 향상에도 이바지</u></li> <li>• 블러드오렌지, 미하야 등 고부가가치 아열대작물 맞춤형 농업생산기술과 환경제어시스템을 통해 <u>우수품질 및 생산성 향상을 고취하고, 우수수출 상품화 도모 가능</u></li> </ul>                                    |                          |   |



#### 4. 연구개발 추진 전략

### 컨소시엄 구성



기계공학과  
현명택교수 | 박윤철교수  
생명자원과학대학  
조영열교수

#### 제주대학교 산학협력단

사업 총괄 / 온배수 시설온실 활용 선행실적 보유/ 아열대과수 환경모델링 등

- 온배수 활용, 과수재배 실증사이트 연계
- 온배수 수열원 활용 기반, 시설온실 온습도 조절 및 냉·난방시스템 적용
- 아열대과수 최적 환경 모델링 및 광합성모델 분석, 모의환경 구축 및 시뮬레이션
- 아열대과수 생체계측 정보수집 및 최적재배조건 환경모듈 도출(관수시스템)
- 시설온실 현장 실증 및 경제성 분석



#### (주)인터텍

에너지 및 환경/시설 제어, 통합 관리시스템 전문 개발

- 온배수 활용 기반, 환경제어 및 통합관리시스템 개발
- 빅데이터 분석에 따른 온습도, 관수, 냉·난방/가습/제습 등 환경 및 시설 제어기술 개발
- 온배수 활용 모니터링 & 원격제어, 통합관리시스템 구축 및 개발
- 과수생장을 위한 CO<sub>2</sub> 공급 설비 개발 및 적용
- 친환경 에너지설비 보급



#### (주)에코브레인

기상/환경 계측 기반, 빅데이터 분석 및 모듈화

- 온배수 열원 요소별, 시설온실 환경, 기상 등 환경계측 및 생체, 생육관련 빅데이터 정보 수집
- 빅데이터 분석 및 RNN 기반, 온실 환경상태모니터링 및 예측모듈 개발 (온배수 냉·난방, 온실환경, 온습도, 과수 생육, 병충해 등 )



#### 한국중부발전(주) 제주발전본부

기상/환경 계측 기반, 빅데이터 분석 및 모듈화

- 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수
- 농가 열량공급량 확인 및 온배수열원 설비 유지보수를 위한 중부발전의 제어 및 모니터링시스템 추가



#### 1. 발전소 온배수 기반, 시설온실 냉·난방열원 활용

- 중부발전 제주화력본부 인근, 발전소 온배수 열원 활용을 통한 시설온실 등의 냉·난방비 절감
- 단위면적당 생산량 증대, 품질 향상, 비용 절감 등

#### 2. 제주도 지역특화산업 지원, 아열대작물 및 만감류/화훼 등 시설온실 복합환경제어 기술 및 통합시스템 보급, 확대

5. 연구개발내용 및 범위

| 1차년도                   | 온배수 활용 및 재배환경 변수를 고려한 환경제어시스템 설계   |
|------------------------|--|
| <p>제주대학교<br/>산학협력단</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 아열대과수 환경 및 생체 계측정보 수집 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온배수 활용한 아열대 과수농가의 내·외부 환경계측시스템 설치 및 데이터 수집</li> <li>- 아열대 과수의 생체 정보 계측 시스템 설치 데이터 수집</li> <li>- 재배작물에 적정생육 환경 분석 및 광합성 모델 개발</li> <li>- 빅데이터 기반 관수 알고리즘 및 제어 기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ 모의환경구현 실험장치 개발 계획 수립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- IoT 시설온실 환경제어시스템 설계를 위한 모의환경 실험장치 개발 개요</li> <li>- 모의환경 Test 및 시뮬레이션 개발 계획</li> </ul> </li> <li>■ 실증사이트 구축 계획               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온배수 활용 기반, 냉·난방시스템 시설온실 분석</li> <li>- 복합 환경제어시스템 적용 및 실증사이트 구축 계획 수립</li> </ul> </li> </ul> |
| <p>(주)인터텍</p>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 실증사이트 제어 및 설비 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증사이트 구축 및 설비 및 제어시스템 설계(안) 기준 수립</li> <li>- 실증사이트의 에너지 소비 패턴 분석 및 설계(온배수/태양광 등)</li> <li>- 생육환경 최적화를 위한 시설온실 복합환경제어 통합 SW 개발 계획 수립 및 모니터링 서버 구축</li> </ul> </li> <li>■ 온배수 활용, 환경제어시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증사이트 시설온실 환경 및 생체 계측 개발</li> <li>- 광합성, 품질향상(당도, 산도, 과수크기 등)을 위한 적정생육 환경 분석</li> </ul> </li> </ul>   |
| <p>(주)에코브레인</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 온배수를 활용한 인공지능 기반 환경 제어 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온배수 활용 기반, 빅데이터 수집 및 정보 정량화</li> <li>- 빅데이터 수집 및 분석을 통한 단계별, 계절별 최적 환경정보 접목 및 설계</li> </ul> </li> <li>■ 빅데이터 활용 및 RNN기반의 온실 냉·난방시스템 제어 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빅데이터 활용 및 순환신경망 RNN 모델 기반, 온실 냉·난방 시스템 및 환경제어 기술 설계</li> <li>- 통합센서 및 외부기상 정보 수집 및 DB 및 IoT기반의 내·외부 정보 수집 및 모니터링</li> </ul> </li> </ul>   |

제주대학교  
산학협력단

- 데이터 기반 생산성 및 품질향상을 위한 IoT 알고리즘 및 제어 기술 고도화
  - 모의환경 실험을 통한 환경 제어시스템 성능 개선 및 실증사이트 적용
  - 온배수 활용 기반, 냉·난방시스템 시설온실 적용 및 실증 데이터 수집
    - ☞ 온도/습도(제습)/CO<sub>2</sub>/광도·광량/토양 온·습도 (과수 근권부 함수율) 통합제어
- 고품질 아열대작물의 생육 최적화를 위한 온실의 복합 환경제어시스템 실증 적용
  - 다양한 환경 변수를 고려한 온배수, 냉·난방, 제습, 가습 CO<sub>2</sub> 공급, 관수, 조명, 커튼 등 시설온실 장비 및 통합센서 간 IoT 통신을 통한 자동제어가 가능한 환경제어 알고리즘 및 소프트웨어의 실증사이트 적용
- 다양한 아열대작물별 온배수 활용 & 복합환경제어시스템 융합 개발
  - 원격 제어 및 APP 등을 활용한 실시간 모니터링시스템 개발
  - 다양한 작물별, 시설온실의 환경에 따른 다양한 제어시스템 구축
- 생체정보와 환경정보와의 상관분석과 생육모델링
  - 통계적 방법과 신경회로망을 이용한 상관 및 회귀분석으로 모델 구축

(주)인터텍

- 실증사이트 통합제어시스템 구축 및 수정
  - IoT를 위한 표준 통신 프로토콜 개발
    - ☞ 시설온실 및 통합 제어 ↔ 모니터링시스템 간 양방향 통신 알고리즘 개발
  - 최적 환경제어의 실증을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석
    - ☞ 관수, CCTV, 자동제어시스템, CO<sub>2</sub> 설비 등
  - Web 기반, 현장 적용을 통한 최적 환경, 상태 모니터링시스템 개선 및 보완
  - 테스트 사이트 구축을 통한 실증 데이터 제시 및 시스템 보완
- CO<sub>2</sub>, 방제, 제습 환경제어시스템 개발 및 구축
  - 습도 제어시스템 개발 및 구축
  - 광합성 제어시스템 및 품질향상을 위한 생육 감시 시스템 설치 및 실증
  - 통합 환경제어시스템 구축 및 시운전을 통한 수정 및 보완

(주)에코브레인

- 온배수+외부 환경+시설온실 빅데이터 활용 및 RNN기반 통합 환경 제어시스템 구축
  - 온배수 사용 시기, 전력사용량 등의 빅데이터 분석을 통한 시스템 구축
  - 실증데이터 분석을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석
  - 외부환경 변화에 유동적인 시설온실 환경제어시스템 구축 및 데이터 분석
    - ☞ 냉·난방, 습도, CO<sub>2</sub>, 환기 등 환경요소 제어 변수 설정 및 분석
    - ☞ 실증 데이터 분석 기반 단계별, 계절별, 작물별 다양한 환경 제어 방안 도출
- 통합관리 시스템 구축
  - 외부/내부 기상 환경의 빅데이터를 활용한 생육관리 모델 개발

한국중부발전  
(2차년도부터  
컨소시엄에  
참여)

- 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수
  - 신뢰도 확보를 위한 다수의 열원 공급이 필요한 경우를 위한 빅데이터 분석 기반의 설비 개선 (히트펌프 운전 제어, 열량 분배 등)
  - 농가의 안정적인 열원공급을 위한 계절별 수요값 예측 모델 개발
  - 내부식성 및 저파울링 성능을 갖는 고집적 고성능 열교환기 관리 및 유지보수의 기술 확보 및 기술 매뉴얼 작성
  - 수용가의 요구를 만족시키기 위해서는 난방용 고온출수에 대한 내구성 확보가 필요하며, 그 외 냉방 및 제습 등 작물특성에 맞는 생육조건을 조성함으로써 농가 생산성 향상을 통한 수익 증대
- 농가 열량 공급량 확인을 위한 모니터링시스템 추가
  - 온배수, 열교환기를 통한 열회수, 관로를 통한 이송, 히트펌프 성능 등에 대한 통합 모니터링 기술
  - 고집적화를 위한 열교환 집적도  $200\text{kW}/\text{m}^2$ , 총괄열전달계수  $5,000\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , 용량  $700\text{kW}$ 급 열교환기 및 파울링 해석 툴 개발
  - 국내 최초, 온배수를 활용한 신재생에너지 REC 발급을 위한 온배수 활용 모니터링시스템 및 수열원 공급에 따른 농가 경제적 효과 분석

제주대학교  
산학협력단

- 온배수 활용 기반, 아열대작물 시설재배 능가 대상 현장실증 및 운영
  - 온배수 활용 기반, 냉난방시스템 시설온실 적용 및 실증 (실증데이터 수집 및 분석)
  - 통합센서(온도/습도/CO<sub>2</sub>/광도·광량/토양 온습도(과수 근권부 함수율) 및 최적환경 제어를 위한 시설장비(관수, CCTV, 자동제어시스템, 태양광, CO<sub>2</sub> 설비 등)의 시설재배 현장적용 및 실증을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석
  - 실증사이트 데이터 분석 및 제어 알고리즘 수정 및 시스템 성능 향상
  - 다양한 시설온실에 적용 가능한 표준화 방안 및 세부계획 도출
- 생체 정보와 환경 정보와의 생육 모델 검증 및 관수 제어 기술 고도화
  - 회귀분석과 신경회로망 분석을 통한 모델 검증
  - 관수, 광합성, 제어 기술 고도화
- 온배수 활용 기반, 인공지능 최적 환경제어시스템의 경제성 분석
  - 기존 재배방법(공기열 지열 등) 대비 과학적 지배 최적 환경제어를 통한 품질 및 생산성 비교
  - 아열대작물의 환경 및 생체 계측, 제어 정보의 데이터화를 통한 효율적 재배 시스템 구축
  - 기존 재배방법 대비 농가소득 및 경제적 효과 분석
    - ☞ 경제성 분석을 통한 시스템의 운영비, 소득 등 시스템 성능 입증

(주)인터텍

- 실증사이트 통합제어시스템 운영을 통한 개선 및 고도화
  - 통합제어 모듈 개발 및 실증사이트 데이터 분석을 통한 수정 및 보완
  - 현장 적용을 통한 최적 환경/상태 모니터링시스템 및 사용자 APP 적용
    - ☞ 농가용 APP의 활용을 통한 실시간 시설온실 감시 및 제어시스템 적용
- 온배수 기반, 인공지능 환경 제어시스템 실증을 통한 고도화
  - 광량, CO<sub>2</sub>, 환기 시스템을 통합제어시스템을 통한 광합성 제어시스템 고도화
    - ☞ 제주도의 지질적 환경을 활용한 지중공기의 다양한 사용방안 제시
    - ☞ 광합성(CO<sub>2</sub>), 습도, 온도(보조열원), 공기 순환 등의 활용 모델 제시
- 품질향상을 위한 생육 감시 시스템 설치 및 실증
  - 고품질 아열대작물의 생육 최적화를 위한 온실의 복합 환경조절(솔루션) S/W 개발

(주)에코브레인

- 온배수 활용 기반, 인공지능 최적 환경제어시스템의 경제성 분석
  - 실증 데이터 분석을 통한 빅데이터 기반 인공지능 설비 효율성 입증
  - 경제성 분석을 통한 시스템의 운영비, 소득 등 시스템 성능 입증
  - 기존 재배방법 대비 농가소득 및 경제적 효과 분석
- 실증 데이터 및 경제성 분석을 통한 사업화 모델 개발
  - 회귀분석과 신경회로망 분석을 통한 모델 검증
  - 빅데이터 활용 및 RNN기반 통합 환경 제어시스템 구축 실증 및 고도화
- 온배수 기반, 환경 제어시스템 실증을 통한 고도화
  - 재배 작물의 종류별 생육관리의 데이터를 바탕으로 가이드라인 수립
  - 아열대작물의 환경 및 생체 계측, 제어 정보의 데이터화를 통한 효율적 재배 시스템 구축

한국  
중부발전

■ 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수

- 신뢰도 확보를 위한 다수의 열원 공급이 필요한 경우를 위한 빅데이터 분석 기반의 설비 개선 (히트펌프 운전 제어, 열량 분배 등)
- 농가의 안정적인 열원공급을 위한 계절별 수요값 예측 모델 개발
- 내부식성 및 저파울링 성능을 갖는 고집적 고성능 열교환기 관리 및 유지보수의 기술 확보 및 기술 매뉴얼 작성
- 수용가의 요구를 만족시키기 위해서는 난방용 고온출수에 대한 내구성 확보가 필요하며, 그 외 냉방 및 제습 등 작물특성에 맞는 생육조건을 조성함으로써 농가 생산성 향상을 통한 수익 증대

■ 농가 열량 공급량 확인을 위한 모니터링시스템 추가

- 온배수, 열교환기를 통한 열회수, 관로를 통한 이송, 히트펌프 성능 등에 대한 통합 모니터링 기술
- 고집적화를 위한 열교환 집적도  $200\text{kW}/\text{m}^2$ , 총괄 열전달 계수  $5,000\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , 용량  $700\text{kW}$ 급 열교환기 및 파울링 해석 툴 개발
- 국내 최초, 온배수를 활용한 신재생에너지 REC 발급을 위한 온배수 활용 모니터링시스템 및 수열원 공급에 따른 농가 경제적 효과 분석

## 제 2 장. 연구수행 내용 및 결과

### 제 1 절. 연구개발 추진일정

| 1차년도     |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 책임자<br>(소속<br>기관) |
|----------|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------------------|
| 일련<br>번호 | 연구내용                                      | 월별 추진 일정 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                   |
|          |   | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                   |
| 1        | 아열대과수 환경 및 생체<br>계측정보 수집 기술 개발            |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교<br>산학협력단    |
| 2        | 모의환경구현 실험장치 개발                            |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교<br>산학협력단    |
| 3        | 실증사이트 구축 계획                               |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교<br>산학협력단    |
| 4        | 실증사이트 제어 및 설비<br>설계                       |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 5        | 온배수+지중공기 시스템<br>활용한 환경제어시스템 개발            |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 6        | 온배수를 활용한 인공지능<br>기반 환경 제어 기술 개발           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜에코브레인            |
| 7        | 빅데이터 활용 및 RNN기반의<br>온실 냉난방시스템 제어 기술<br>개발 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜에코브레인            |

| 2차년도     |   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 책임자<br>(소속<br>기관) |
|----------|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------------------|
| 일련<br>번호 | 연구내용  | 월별 추진 일정 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                   |
|          |   | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                   |
| 1        | 데이터 기반 생산성 및 품질향상을 위한 IoT 알고리즘 및 제어 기술 고도화    |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교 산학협력단       |
| 2        | 고품질 아열대과수의 생육 최적화를 위한 온실의 복합 환경 제어시스템 실증 적용   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교 산학협력단       |
| 3        | 온배수 활용 & 복합환경제어시스템 융합 개발                      |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교 산학협력단       |
| 4        | 생체정보와 환경정보와의 상관분석과 생육모델링                      |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교 산학협력단       |
| 5        | 실증사이트 통합제어시스템 구축                              |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 6        | CO <sub>2</sub> 방제, 제습 환경제어시스템 개발 및 구축        |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 7        | 온배수+외부환경+시설 온실 빅데이터 활용 및 RNN기반 통합 환경 제어시스템 구축 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜에코브레인            |
| 8        | 통합관리 시스템 구축                                   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜에코브레인            |
| 9        | 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수                  |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 한국중부발전            |
| 10       | 농가 열량 공급량 확인을 위한 모니터링시스템 추가                   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 한국중부발전            |

### 3차년도

| 일련<br>번호 | 연구내용   | 월별 추진 일정 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 책임자<br>(소속<br>기관) |
|----------|--|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------------------|
|          |  | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                   |
| 1        | 온배수 활용 기반,<br>아열대(감귤 또는 만감류)<br>시설재배농가 대상 현장실증<br>및 운영 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교<br>산학협력단    |
| 2        | 생체 정보와 환경<br>정보와의 생육 모델 검증<br>및 관수 제어 기술 고도화           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교<br>산학협력단    |
| 3        | 온배수 활용 기반,<br>인공지능 최적<br>환경제어시스템의 경제성<br>분석            |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 제주대학교<br>산학협력단    |
| 4        | 실증사이트<br>통합제어시스템 운영을<br>통한 개선 및 고도화                    |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 5        | 온배수 기반, 인공지능<br>환경 제어시스템 실증을<br>통한 고도화                 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 6        | 품질향상을 위한 생육<br>감시 시스템 설치 및 실증                          |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ㈜인터텍              |
| 7        | 온배수 활용 기반,<br>인공지능 최적<br>환경제어시스템의 경제성<br>분석            |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | (주)에코브레인          |
| 8        | 실증 데이터 및 경제성<br>분석을 통한<br>사업화 모델 개발                    |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | (주)에코브레인          |
| 9        | 온배수 기반, 환경<br>제어시스템 실증을 통한<br>고도화                      |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | (주)에코브레인          |
| 10       | 온배수를 활용한 열원<br>공급설비 성능개선 및<br>유지보수                     |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 한국중부발전            |
| 11       | 농가 열량 공급량 확인을<br>위한 모니터링시스템 추가                         |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 한국중부발전            |

## 제 2 절. 연구수행 내용 및 결과

### 1. 1차년도 연구수행 내용 및 결과

| 1차년도 연구목표                  |                | 온배수 활용 및 시설온실 실증사이트 재배환경 변수를 고려한 환경계측 및 빅데이터 분석, 제어알고리즘 설계 및 구축(구축범위 : 관수, 양액, 환기시스템) |  |   |
|----------------------------|----------------|---|--|---|
| 구분                         | 기관명            | 세부연구목표  | 연구개발 수행내용  | 연구결과  |
| 1<br>차<br>년<br>도<br>(2018) | 제주대학교<br>산학협력단 | 고부가가치 아열대작물 재배 환경 및 생체계측정보 수집 기술 개발   | 온배수 활용한 아열대과수 농가의 내·외부 환경, 생체 계측센서 설치 및 데이터 수집<br>재배작물에 적정생육 환경 분석 및 광합성 모델 개발<br>빅데이터 기반 관수 알고리즘 및 제어 기술 개발 | 아열대과수 시설온실 내, 계측센서 설치 및 데이터 수집 (3지점-기온, 습도, CO <sub>2</sub> 농도, 토양수분 등)<br>수확기 적정생육환경분석 및 실험자료수집, 온실 내외부 환경계측자료 수집 및 분석 |
|                            |                | 모의환경구현 실험장치 개발 계획 수립  | IoT 시설온실 환경제어시스템 설계를 위한 모의환경 구축<br>모의환경 Test 및 시뮬레이션 개발 계획   | 아열대과수 비교대조군 모의실험환경 구축 및 시뮬레이션 계획 수립   |
|                            |                | 실증사이트 구축 계획   | 온배수 활용 기반 냉난방시스템 시설온실 분석<br>복합 환경제어시스템 적용 및 실증사이트 구축 계획 수립 (관수, 양액, 환기)                                      | 온배수 수열원 기반, 아열대 과수 시설온실 냉·난방시스템 적용 분석<br>시설온실 난방성능 논문 1건<br>아열대과수 실증 시설온실 확약서 및 협의                                      |
|                            | (주)인터텍         | 실증사이트 온배수 활용기반, 생육환경 제어 및 통합관리 시스템 개발   | 실증사이트 구축 및 설비 및 제어시스템 설계(안) 기준 수립<br>생육환경 최적화를 위한 시설온실 복합 환경제어 통합 시스템 개발 및 구축                                | 실증사이트 시설온실 관수 및 양액 시스템 설계 및 구축<br>빅데이터 기반, 다양한 환경 제어 변수의 멀티(동시) 설계  |
|                            |                | 실증사이트 구축 및 시운전을 통한 수정 및 보완  | Web 기반 통합 관리시스템 구축   | Web기반, Data 모니터링 및 관리시스템 1차 설계, 구축  |
|                            |                | 실증사이트 구축 및 시운전을 통한 수정 및 보완  | 관수 및 양액 환기 시스템 설치에 따른 시운전 및 수정 및 보완  | Web기반, 환경모니터링 및 제어가능요소 확인, 시운전  |
|                            | (주)에코 브레인      | 온배수를 활용한 인공지능 기반 환경제어기술 개발 계획 수립  | 온배수 활용 기반 데이터 수집 및 정보 정량화<br>빅데이터 수집 및 분석을 통한 단계별 계절별 최적 환경정보 접목 및 설계  | 온실내부 기온, 습도 데이터 수집<br>온실내부로 투입되는 온배수 온도 데이터 수집<br>당해연도 연구기간(8~12) 시설온실 내외부계측자료 수집 및 시간별, 계절별 환경정보 분석                    |
|                            |                | 빅데이터 활용 및 RNN기반의 온실 냉난방시스템 제어 기술 개발   | 온실 내부, 외부 기상데이터 및 온배수 온도정보를 기반으로 RNN 모델 구동<br>통합센서 및 외부기상 정보 수집  | 빅데이터를 기반으로 한 예측자료 생성<br>기상청 ASOS(제주,184), 제주 농업기술원 AWS(신촌) 자료수집   |

가. 고부가가치 아열대작물 재배 환경 및 생체계측정보 수집 기술 개발

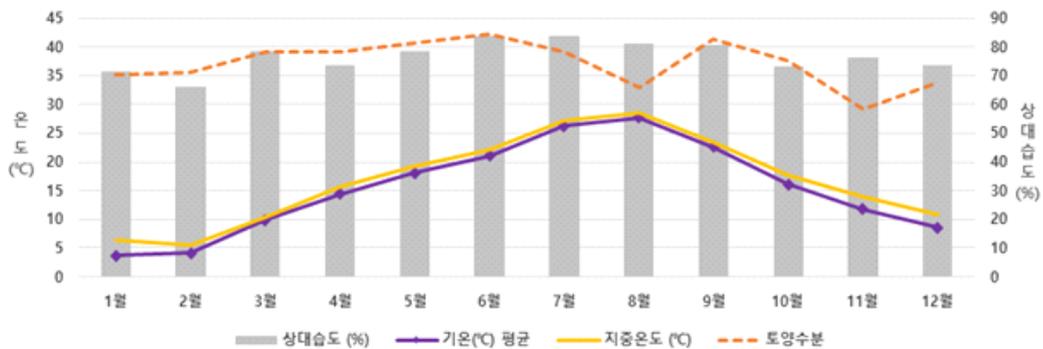
(1) 외부 환경 측정(2018년)

: 사업대상 및 시설온실 인근 기온, 상대습도, 일사량, 강수량 등 / 온배수 관로 및 수열원 온도 등

| 구분   | 측정항목   |           |
|--|--|-----------|
| 아열대과수 시설온실<br>외부환경데이터 수집   | 평균온도, 최고온도, 최저온도, 주간평균온도, 야간평균온도, 최고일사량,<br>누적일사량, 상대습도, 강수량 등 / 온배수 관로 및 수열원 온도 |           |
| <b>기상청 제주기상대 ASOS - 184</b>  |  |           |
|  <p>온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실 인근,<br/>외부기상 자료수집을 위한 최근10년(2008~2017년)<br/>제주기상대(기상청) ASOS 자료 수집 및 외부환경 분석</p> | 연평균기온(°C)  | 16.21°C   |
|  | 연평균최고기온(°C)  | 35.45°C   |
|  | 연평균강수량(mm)   | 1426.59mm |
|  | 상대습도(%)  | 68.54     |
|  | 평균풍속(m/s)  | 3.25m/s   |
|  | 일조시간(hr)   | 1780.92hr |

※ 년도별 기상정보는 부록 1.1 참조

| <b>농업기술원 신촌리 AWS</b>  |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|
|  <p>온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실 인근,<br/>외부기상 자료수집. 당해연도 2018년 농업기술원<br/>제주시 신촌리 AWS자료 수집 및 외부환경 분석</p> | 연평균기온(°C)       | 15.4°C          |
|   | 최고/최저기온(°C)     | 35.5°C / -5.2°C |
|   | 연평균 토양<br>수분함유량 | 446.3           |
|   | 초상온도(°C)        | 16.2°C          |
|   | 지중온도(°C)        | 16.7°C          |
|   | 상대습도(%)         | 76.9%           |



※ 월별 기상정보는 부록 1.1 참조

■ 온배수 수열원 활용 시스템의 요소별 온습도 데이터



온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실에 제공되는 겨울철 가온(난방열원) 활용 및 시스템 운영, 실증을 위해, 당해연도(2018년)의 지점별, 요소별, 설비별 온도/습도 등의 환경데이터 수집 및 온배수 수열원 활용에 따른 시설온실의 가온 상태, 환경정보 분석

| 일시 및 시간    | 외기온도(°C) | 수온(°C) | 온배수온도(°C) | 축열조(°C) | 시설온실(°C) |
|------------|----------|--------|-----------|---------|----------|
| 2018-08-05 | 29.45    | 28.5   | 32.25     | 15.43   | 27.07    |
| 2018-08-15 | 30.35    | 24.7   | 31.51     | 12.18   | 28.72    |
| 2018-08-23 | 25.83    | 24.5   | 26.5      | 14.72   | 26.42    |
| 2018-09-05 | 25.09    | 23.4   | 28.43     | 15.74   | 26.07    |
| 2018-09-15 | 23.34    | 21.7   | 28.9      | 16.9    | 22.7     |
| 2018-11-25 | 10.09    | 17.5   | 28.9      | 15.5    | 19.1     |
| 2018-12-06 | 8.57     | 17.8   | 27.22     | 17.85   | 11.51    |
| 2018-12-09 | 2.67     | 17.6   | 21.53     | 47.38   | 13.66    |
| 2018-12-15 | 4.13     | 16.6   | 21.06     | 46.94   | 14.76    |
| 2018-12-24 | 7.14     | 17.1   | 21.79     | 46.44   | 14.08    |
| 2018-12-28 | 2.39     | 17     | 21.45     | 43.63   | 11.08    |

※ 온배수 활용, 냉난방 운전 데이터의 경우 2018년도 데이터를 대표적으로 제시함

■ 8월 냉방운전기간

- 7, 8월은 온배수를 활용하여 시설온실에 냉방운전을 진행
- 축냉을 통하여 약 15°C의 물을 저장하여 시설온실에 공급하였으며, 냉방운전을 하지 않은 다른 온실과의 온도 차이는 약 5~7°C 차이로 냉방효과가 있음.
- 냉방온실의 조건은 공기순환을 위하여 외부와 통하는 창문을 전부 개방하여 진행

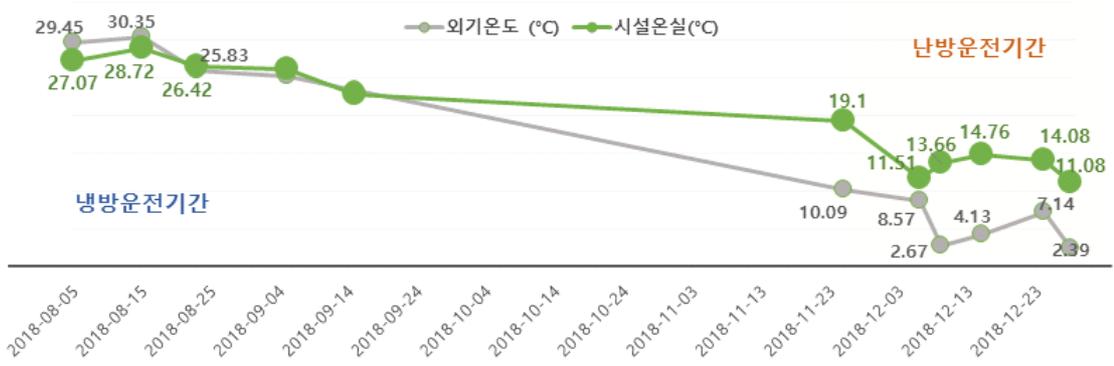
■ 9/1 ~ 12/5 온배수 사용 중지기간

- 9월 12월 초, 시설온실에서 냉·난방운전이 필요치 않아 휴기

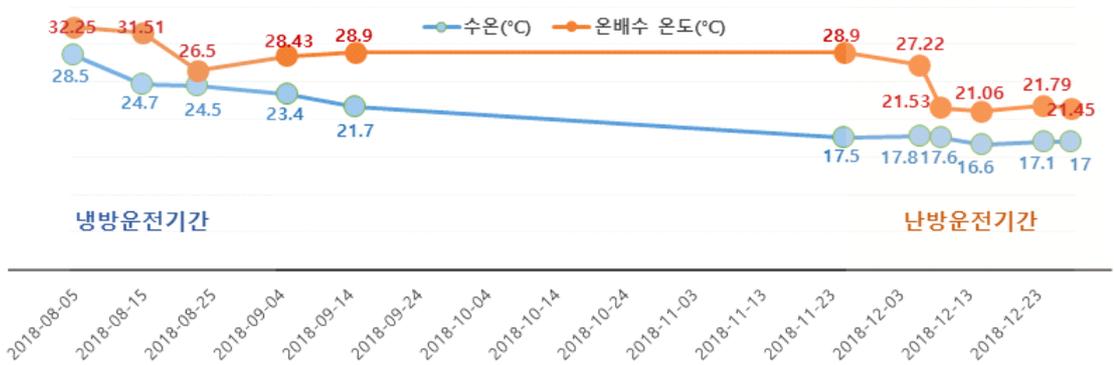
■ 12/6 ~ 난방운전기간

- 12월 6일부터 난방운전을 실시, 축열조에 47.38°C 가량의 물을 저장하고, 안정적으로 온배수 난방열원을 공급함.
- 아열대과수 시설온실 환경이 10°C 이상 되도록 자동운전 및 제어를 함.

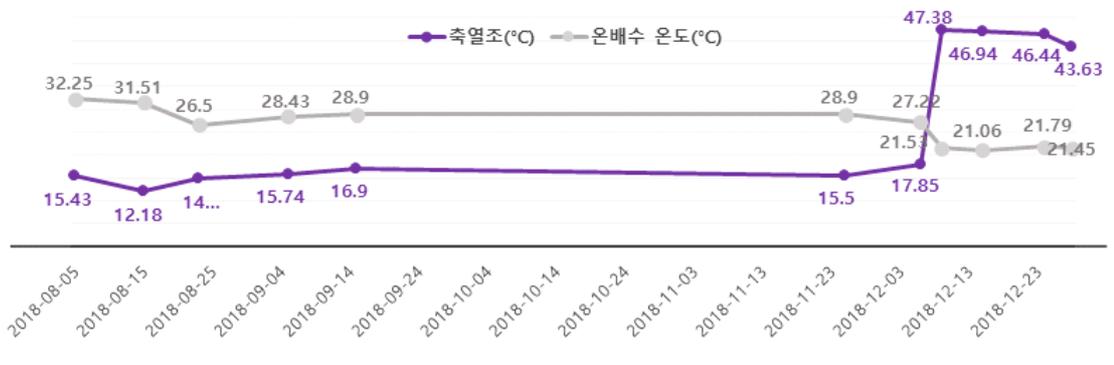
<온배수 수열원 활용에 따른 외기온도 vs 시설온실 내부온도>



<온배수 수열원 활용에 따른 해수온 vs 온배수 온도>



<온배수 수열원 활용에 따른 축열조 온도 vs 온배수 온도>

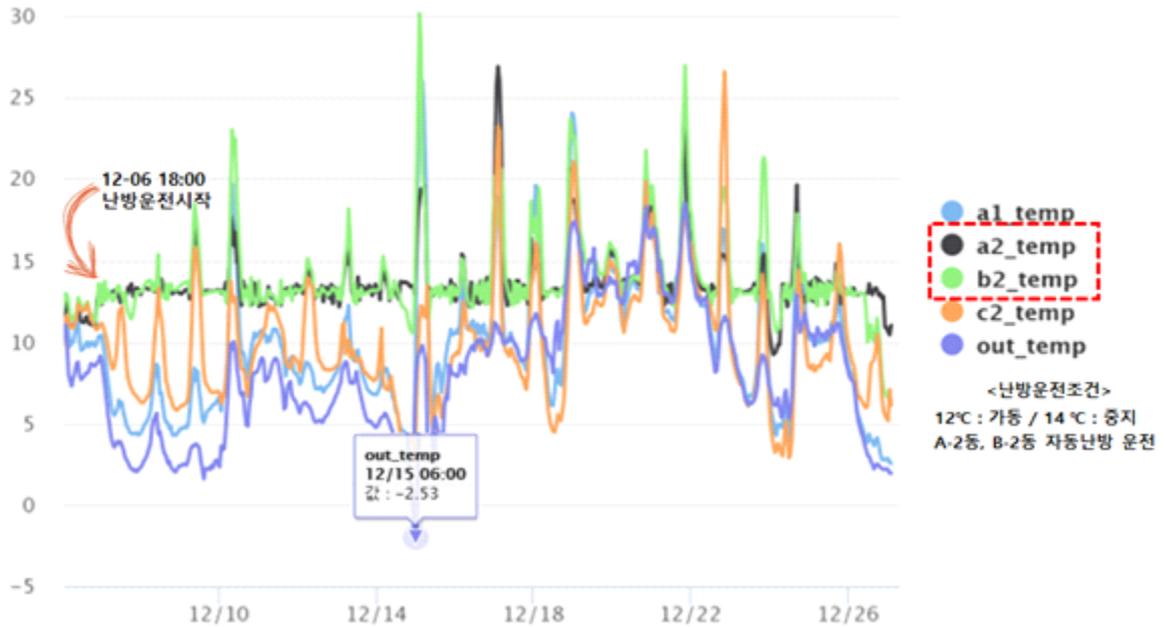


온배수 수열원 활용, 아열대과수 시설온실 겨울철 난방운영정보



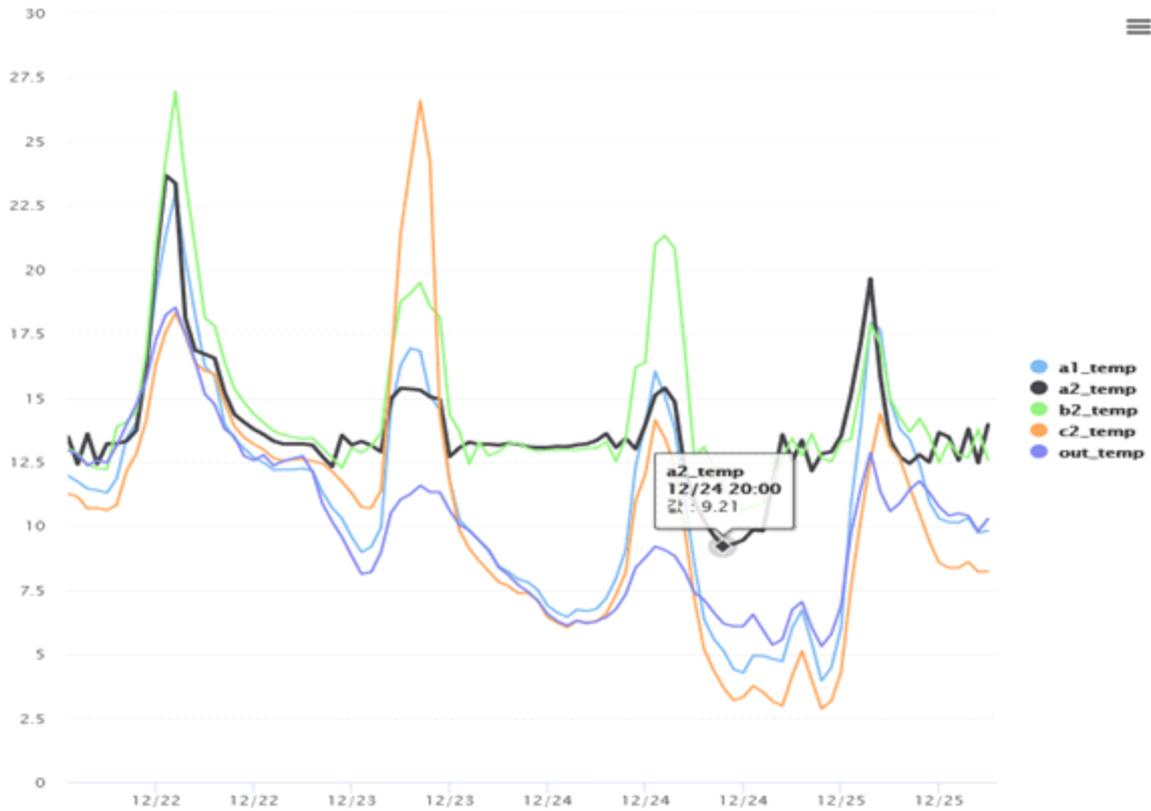
온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실에 제공되는 겨울철 가온(난방열원) 활용 및시스템 운영, 실증을 위해, 1차년도(2018년)의 지점별, 요소별, 설비별 온도/습도 등의 환경데이터수집 및 온배수 수열원 활용에 따른 시설온실의 가온상태, 환경정보 분석  
(관수 및 시설온실 가온환경정보 수집)

- 2018년 12월 6일 18:00부터 A-2동 B-2동만 난방을 시작 하였으며, 이는 비교데이터 확보를 위함
- A, C동은 비닐하우스, B동은 유리온실이며, 제어 운전 범위는 12°C 이하일 경우 난방가동, 14°C 이상 난방중지



■ 비닐온실인 A-2동(백합)과 유리온실 B-2동(만감류) 난방운전

- 2018년 12월 6일 18시부터 자동난방운전을 시작하였으며, 제어운전 조건은 12°C에서 작동, 14°C에서 중지하도록 설정하였음.
- 또한 관측 기간 중 12월 15일 06:00에 외부온도 최저값인 -2.53°C(1시간 평균데이터)가 관측되었으며 이때 A-1동 2.18°C, A-2동 13.33°C, B-2동 12.09°C, C-2동 1.07°C로 난방운전 결과를 보임.
- 이는 난방제어가 정상적으로 작동하였으며, 추후 만감류 생육정보를 분석 후, 겨울철 최적의 운전조건을 찾을 수 있을 것으로 사료됨.



■ 2018년 12월 24일 20시 난방제어범위 오차 이벤트 발생

- 12월 24일 20시 외기온도 6.81°C에서 A-2동 온도 9.21°C, B-2동 11.56°C로 가동온도 밑으로 떨어지는 이벤트 발생함.
- 히트펌프 가동횟수를 줄이기 위해 작동제어를 축열조 상부온도로 설정하여 순간적인 부하증가로 제어 오차가 발생하였으며, 이후 히트펌프 제어를 축열조 중상부 값으로 변경하여 정상 작동하도록 하였음.

(2) 아열대과수 시설온실, 내부 환경 측정

: 아열대과수 시설온실 인근 기온, 상대습도, 일사량, 내부 CO<sub>2</sub> 농도 등

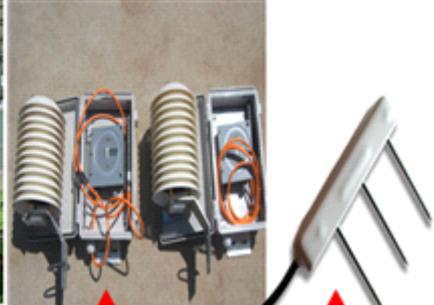
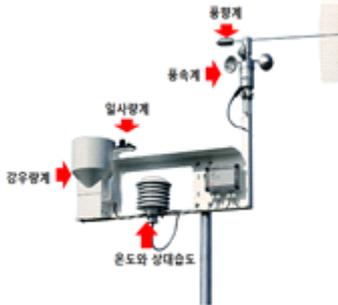
| 구분                 | 측정항목  |
|--------------------|---|
| 아열대과수 시설온실 내부환경 측정 | 평균온도, 최고온도, 최저온도, 주간평균온도, 야간평균온도, 평균상대습도, 최고상대습도, 최저상대습도, 주간평균상대습도, 야간평균상대습도, 내부 CO <sub>2</sub> 농도, 조도 |

■ 아열대과수 시설온실 내부환경 관측을 위한 센서구입 및 설치

- 기온, 일사량, 습도, 내부 CO<sub>2</sub> 농도, 토양수분량 등 내부실내환경 관측을 위한 센서구입

■ 시설온실 내부환경 관측을 위한 계측센서 품명 및 규격

| 품명   | 규격                      | 수량   |
|--|-------------------------|------|
| Vaisala Temperature/RH Probe                 | HMP60 (50미터 기준)         | 3Set |
| Solar Radiation Shield                       | 41303                   |      |
| Quantum Sensor                               | LI-190R-SMV-50 (50M 기준) |      |
| Mounting & Leveling Fixture                  | 2003S                   |      |
| CO <sub>2</sub> Probe                        | GMT252 (10M 기준)         |      |
| 12cm Water Content Reflectometer Plus for ET | CS655 (50미터 기준)         | 1EA  |
| Data Logger                                  | CR1000                  |      |



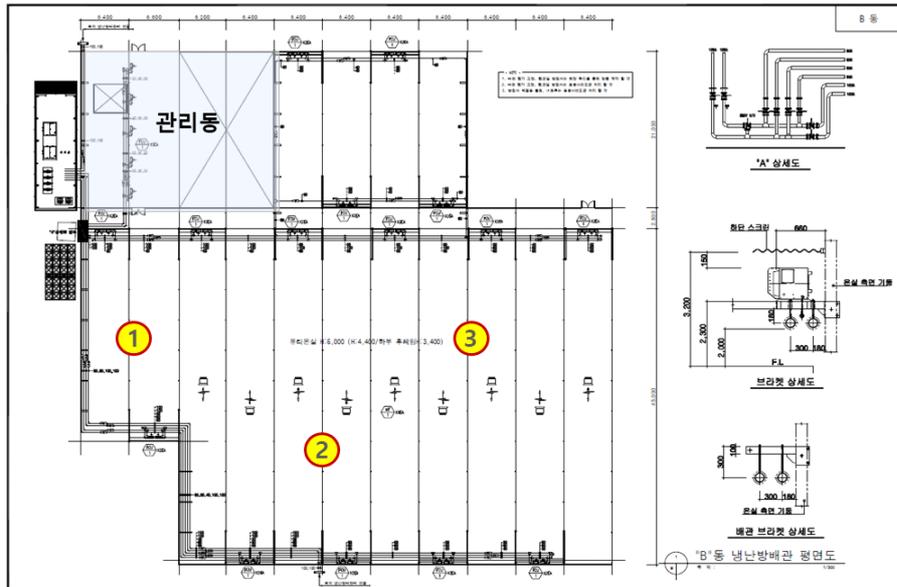
<온실 내·외부 기상환경관측>

<이산화탄소 센서 토양수분, 온도센서>

|  |                  |  |
|--|------------------|--|
| <p><b>Data</b></p> <p><b>CR1000 Measurement and Control Datalogger</b></p> <p>The CR1000 provides precise measurement capabilities in a rugged, battery-powered package. It consists of a measurement and control module with a long-life, battery-powered range of up to 100% in a typical range of 10% to 100% is available.</p> <p><b>Logger(CR 1000)</b></p> | <p>토양수분측정 센서</p> | <p>온습도, 강수량, 조도, CO<sub>2</sub> 농도</p> |
|--|------------------|--|

■ 시설온실 내부환경 관측을 위한 계측센서설치

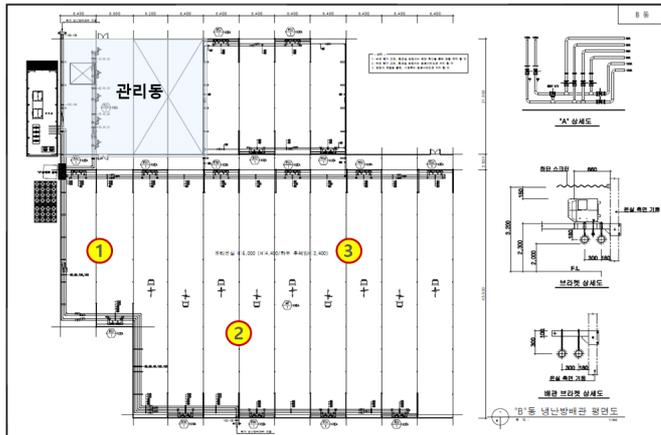
아열대과수 시설온실 내부환경관측 설치 지점



아열대과수 시설온실 내부환경관측 설치 지점



# 온배수 수열원 활용, 아열대과수 시설온실 내 환경계측



재배작물에 적정생육 환경 분석 및 광합성 모델 & 빅데이터 기반 관수 알고리즘 제어 기술개발을 위한 수확기 적정 생육환경분석 및 실험자료 수집, 온실 내외부 환경계측자료 수집 및 분석

| TOAS       | Smart farm | CR1000 | 80207    | CR1000.563.32.03 | CPUjejununiver.CR1  | 15492.00000000000000 | Table1              |                     |                                |        |       |                                |          |         |                                |          |         |  |  |
|------------|------------|--------|----------|------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------|-------|--------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------|---------|--|--|
| TIMESTAMP  | TIMESTAMP  | RECORD | Temp_Avg | RH_Avg           | Quantom             | Quantom_Avg          | Quantom_Tot         | CO2_Avg             | VWC_Avg                        | EC_Avg | T_Avg | VWC_2_Avg                      | EC_2_Avg | T_2_Avg | VWC_3_Avg                      | EC_3_Avg | T_3_Avg |  |  |
| TS         | hh:mm      | RN     | °C       | %                | umol/m <sup>2</sup> | umol/m <sup>2</sup>  | mmol/m <sup>2</sup> | mmol/m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | dS/m   | °C    | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | dS/m     | °C      | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | dS/m     | °C      |  |  |
|            |            |        | Avg      | Avg              | Smp                 | Avg                  | Tot                 | Avg                 | Avg                            | Avg    | Avg   | Avg                            | Avg      | Avg     | Avg                            | Avg      | Avg     |  |  |
| 2018-11-05 | 12:00:00   | 3436   | 10.75    | 89.2             | 0.135               | 0.12                 | 0.0000035881240     | 560.4               | 0.337                          | 0.192  | 15.97 | 0.171                          | 0.093    | 12.8    | 0.243                          | 0.085    | 15.54   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:01:00   | 3437   | 10.72    | 89.4             | 0.135               | 0.124                | 0.0000037204110     | 558.5               | 0.337                          | 0.192  | 15.96 | 0.171                          | 0.093    | 12.8    | 0.243                          | 0.085    | 15.53   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:02:00   | 3438   | 10.72    | 89.5             | 0.135               | 0.124                | 0.0000037204090     | 566.1               | 0.337                          | 0.192  | 15.96 | 0.171                          | 0.092    | 12.8    | 0.243                          | 0.085    | 15.53   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:03:00   | 3439   | 10.71    | 89.5             | 0.135               | 0.131                | 0.0000039233510     | 566.6               | 0.337                          | 0.192  | 15.95 | 0.171                          | 0.093    | 12.79   | 0.243                          | 0.085    | 15.52   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:04:00   | 3440   | 10.72    | 89.7             | 0.135               | 0.12                 | 0.0000035881760     | 562.6               | 0.337                          | 0.192  | 15.94 | 0.171                          | 0.093    | 12.79   | 0.243                          | 0.085    | 15.52   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:05:00   | 3441   | 10.74    | 89.7             | 0.135               | 0.129                | 0.0000038557520     | 560.2               | 0.337                          | 0.192  | 15.94 | 0.171                          | 0.093    | 12.78   | 0.243                          | 0.085    | 15.5    |  |  |
| 2018-11-05 | 12:06:00   | 3442   | 10.7     | 89.4             | 0.068               | 0.115                | 0.0000034499760     | 563                 | 0.337                          | 0.192  | 15.94 | 0.171                          | 0.093    | 12.78   | 0.243                          | 0.085    | 15.49   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:07:00   | 3443   | 10.69    | 89.2             | 0.135               | 0.115                | 0.0000039823080     | 559.5               | 0.337                          | 0.192  | 15.93 | 0.171                          | 0.092    | 12.78   | 0.243                          | 0.085    | 15.49   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:08:00   | 3444   | 10.69    | 89.4             | 0.068               | 0.133                | 0.0000039896460     | 559.1               | 0.337                          | 0.192  | 15.92 | 0.171                          | 0.092    | 12.77   | 0.243                          | 0.085    | 15.49   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:09:00   | 3445   | 10.7     | 89.4             | 0.135               | 0.117                | 0.0000035174650     | 562.1               | 0.337                          | 0.192  | 15.92 | 0.171                          | 0.092    | 12.77   | 0.243                          | 0.085    | 15.48   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:10:00   | 3446   | 10.66    | 89.6             | 0.068               | 0.113                | 0.0000033821810     | 559.4               | 0.337                          | 0.192  | 15.91 | 0.171                          | 0.092    | 12.76   | 0.243                          | 0.085    | 15.48   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:11:00   | 3447   | 10.7     | 89.7             | 0.068               | 0.116                | 0.0000034496640     | 554.4               | 0.337                          | 0.191  | 15.91 | 0.171                          | 0.092    | 12.75   | 0.243                          | 0.085    | 15.47   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:12:00   | 3448   | 10.66    | 89.9             | 0.135               | 0.108                | 0.0000032459460     | 563.9               | 0.337                          | 0.191  | 15.9  | 0.171                          | 0.092    | 12.75   | 0.243                          | 0.085    | 15.46   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:13:00   | 3449   | 10.65    | 89.9             | 0.068               | 0.108                | 0.0000032459090     | 562.2               | 0.337                          | 0.192  | 15.89 | 0.171                          | 0.092    | 12.75   | 0.243                          | 0.085    | 15.46   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:14:00   | 3450   | 10.69    | 89.8             | 0.068               | 0.104                | 0.0000031161410     | 560.8               | 0.337                          | 0.191  | 15.89 | 0.171                          | 0.092    | 12.75   | 0.243                          | 0.084    | 15.45   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:15:00   | 3451   | 10.64    | 90               | 0.068               | 0.106                | 0.0000031791690     | 558.5               | 0.337                          | 0.191  | 15.89 | 0.171                          | 0.092    | 12.74   | 0.243                          | 0.084    | 15.45   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:16:00   | 3452   | 10.69    | 90.1             | 0.068               | 0.11                 | 0.0000031445200     | 561.1               | 0.337                          | 0.191  | 15.88 | 0.171                          | 0.092    | 12.74   | 0.243                          | 0.084    | 15.45   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:17:00   | 3453   | 10.65    | 90.1             | 0.068               | 0.108                | 0.0000032462330     | 561.5               | 0.337                          | 0.191  | 15.88 | 0.171                          | 0.092    | 12.73   | 0.243                          | 0.084    | 15.43   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:18:00   | 3454   | 10.63    | 90.2             | 0.068               | 0.115                | 0.0000034497420     | 558.7               | 0.337                          | 0.191  | 15.87 | 0.171                          | 0.092    | 12.73   | 0.243                          | 0.084    | 15.43   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:19:00   | 3455   | 10.68    | 90.2             | 0.135               | 0.11                 | 0.0000031443430     | 560.6               | 0.337                          | 0.191  | 15.86 | 0.171                          | 0.092    | 12.72   | 0.243                          | 0.084    | 15.42   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:20:00   | 3456   | 10.62    | 90.2             | 0.135               | 0.115                | 0.0000034497090     | 562.7               | 0.337                          | 0.191  | 15.86 | 0.171                          | 0.092    | 12.72   | 0.243                          | 0.084    | 15.41   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:21:00   | 3457   | 10.65    | 90.3             | 0.135               | 0.122                | 0.0000036526190     | 557.5               | 0.337                          | 0.191  | 15.86 | 0.171                          | 0.092    | 12.72   | 0.243                          | 0.084    | 15.42   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:22:00   | 3458   | 10.65    | 90.3             | 0.068               | 0.122                | 0.0000036263630     | 556.2               | 0.336                          | 0.191  | 15.85 | 0.171                          | 0.092    | 12.71   | 0.243                          | 0.084    | 15.4    |  |  |
| 2018-11-05 | 12:23:00   | 3459   | 10.62    | 90.2             | 0.068               | 0.122                | 0.0000036527050     | 561.4               | 0.337                          | 0.191  | 15.84 | 0.171                          | 0.092    | 12.71   | 0.243                          | 0.084    | 15.39   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:24:00   | 3460   | 10.61    | 90.2             | 0.203               | 0.122                | 0.0000036527140     | 560.8               | 0.337                          | 0.191  | 15.84 | 0.171                          | 0.092    | 12.71   | 0.243                          | 0.084    | 15.39   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:25:00   | 3461   | 10.62    | 90.2             | 0.068               | 0.113                | 0.000003821470      | 556.9               | 0.337                          | 0.191  | 15.84 | 0.171                          | 0.092    | 12.7    | 0.243                          | 0.084    | 15.39   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:26:00   | 3462   | 10.59    | 90.2             | 0.135               | 0.113                | 0.0000038219910     | 556.2               | 0.337                          | 0.191  | 15.83 | 0.171                          | 0.092    | 12.7    | 0.243                          | 0.084    | 15.38   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:27:00   | 3463   | 10.59    | 90.1             | 0.068               | 0.106                | 0.0000031793330     | 557.4               | 0.336                          | 0.191  | 15.83 | 0.171                          | 0.092    | 12.7    | 0.243                          | 0.084    | 15.38   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:28:00   | 3464   | 10.63    | 90.1             | 0.135               | 0.113                | 0.0000038219710     | 554.5               | 0.336                          | 0.191  | 15.82 | 0.171                          | 0.092    | 12.7    | 0.243                          | 0.084    | 15.37   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:29:00   | 3465   | 10.58    | 90.1             | 0.135               | 0.11                 | 0.0000038145270     | 557.5               | 0.336                          | 0.191  | 15.82 | 0.171                          | 0.092    | 12.69   | 0.243                          | 0.084    | 15.37   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:30:00   | 3466   | 10.58    | 90.2             | 0.135               | 0.11                 | 0.0000038145200     | 562.6               | 0.336                          | 0.191  | 15.81 | 0.171                          | 0.092    | 12.69   | 0.243                          | 0.084    | 15.36   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:31:00   | 3467   | 10.6     | 90               | 0.135               | 0.122                | 0.0000036527280     | 560.2               | 0.336                          | 0.191  | 15.81 | 0.171                          | 0.092    | 12.68   | 0.243                          | 0.084    | 15.35   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:32:00   | 3468   | 10.56    | 89.8             | 0.135               | 0.12                 | 0.0000038581420     | 555.1               | 0.336                          | 0.191  | 15.8  | 0.171                          | 0.092    | 12.67   | 0.243                          | 0.084    | 15.35   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:33:00   | 3469   | 10.56    | 89.9             | 0.068               | 0.113                | 0.000003822130      | 555.6               | 0.336                          | 0.191  | 15.79 | 0.171                          | 0.092    | 12.67   | 0.243                          | 0.084    | 15.34   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:34:00   | 3470   | 10.58    | 90.1             | 0.135               | 0.12                 | 0.0000038581520     | 556.5               | 0.336                          | 0.191  | 15.79 | 0.171                          | 0.092    | 12.66   | 0.243                          | 0.084    | 15.34   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:35:00   | 3471   | 10.54    | 90               | 0.068               | 0.104                | 0.0000031164630     | 554.5               | 0.336                          | 0.191  | 15.78 | 0.171                          | 0.092    | 12.66   | 0.243                          | 0.084    | 15.33   |  |  |
| 2018-11-05 | 12:36:00   | 3472   | 10.54    | 89.9             | 0.068               | 0.104                | 0.0000031164650     | 559.4               | 0.336                          | 0.191  | 15.78 | 0.171                          | 0.092    | 12.65   | 0.243                          | 0.084    | 15.33   |  |  |

|            |         |       |       |       |       |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 2018-12-26 | 2:56:00 | 77772 | 14.77 | 64.95 | 137.3 | 144.4 | 0.0043333500000 | 475.1 | 0.195 | 0.093 | 13.9  | 0.053 | 0.015 | 12.87 | 0.17 | 0.065 | 13.57 |
| 2018-12-26 | 2:57:00 | 77773 | 14.71 | 65.52 | 120.2 | 128.2 | 0.0038456290000 | 475.6 | 0.195 | 0.093 | 13.9  | 0.054 | 0.015 | 12.84 | 0.17 | 0.065 | 13.57 |
| 2018-12-26 | 2:58:00 | 77774 | 14.69 | 64.23 | 106.1 | 112.5 | 0.0037378620000 | 474.1 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.054 | 0.015 | 12.81 | 0.17 | 0.065 | 13.57 |
| 2018-12-26 | 2:59:00 | 77775 | 14.64 | 65.19 | 98.2  | 101.4 | 0.0030425380000 | 474   | 0.195 | 0.093 | 13.9  | 0.053 | 0.015 | 12.79 | 0.17 | 0.065 | 13.57 |
| 2018-12-26 | 3:00:00 | 77776 | 14.56 | 64.05 | 92.1  | 95.1  | 0.0028228600000 | 476.5 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.053 | 0.015 | 12.75 | 0.17 | 0.065 | 13.57 |
| 2018-12-26 | 3:01:00 | 77777 | 14.53 | 63.93 | 85.7  | 88.7  | 0.0026608820000 | 476.7 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.053 | 0.015 | 12.72 | 0.17 | 0.065 | 13.57 |
| 2018-12-26 | 3:02:00 | 77778 | 14.46 | 64.19 | 79.82 | 82.4  | 0.0024711000000 | 473.7 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.053 | 0.015 | 12.68 | 0.17 | 0.065 | 13.56 |
| 2018-12-26 | 3:03:00 | 77779 | 14.4  | 64.67 | 77.66 | 78.26 | 0.0023478520000 | 478.3 | 0.195 | 0.093 | 13.9  | 0.053 | 0.015 | 12.63 | 0.17 | 0.065 | 13.56 |
| 2018-12-26 | 3:04:00 | 77780 | 14.39 | 64.59 | 80.5  | 78.61 | 0.0023582660000 | 475.3 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.053 | 0.015 | 12.59 | 0.17 | 0.065 | 13.56 |
| 2018-12-26 | 3:05:00 | 77781 | 14.31 | 65.12 | 90.1  | 85.1  | 0.0025449900000 | 474.3 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.053 | 0.015 | 12.54 | 0.17 | 0.065 | 13.56 |
| 2018-12-26 | 3:06:00 | 77782 | 14.25 | 65.11 | 100.2 | 95.9  | 0.0026766830000 | 482.2 | 0.195 | 0.093 | 13.89 | 0.053 | 0.015 | 12.5  | 0.17 | 0.065 | 13.55 |
| 2018-12-26 | 3:07:00 | 77783 | 14.2  | 64.85 | 101.2 | 101.4 | 0.0030419850000 | 478.5 | 0.195 | 0.093 | 13.88 | 0.053 | 0.015 | 12.47 | 0.17 | 0.065 | 13.55 |
| 2018-12-26 | 3:08:00 | 77784 | 14.18 | 65.61 | 97    | 99.4  | 0.0029297600000 | 477.4 | 0.195 | 0.093 | 13.88 | 0.053 | 0.015 | 12.43 | 0.17 | 0.065 | 13.56 |
| 2018-12-26 | 3:09:00 | 77785 | 14.09 | 65.68 | 91.7  | 93.9  | 0.0028179760000 | 477.7 | 0.195 | 0.093 | 13.88 | 0.053 | 0.015 | 12.4  | 0.17 | 0.065 | 13.55 |
| 2018-12-26 | 3:10:00 | 77786 | 14.1  | 65.86 | 92.4  | 91.6  | 0.0027469870000 | 474.3 | 0.195 | 0.093 | 13.88 | 0.053 | 0.015 | 12.36 | 0.17 | 0.065 | 13.55 |
| 2018-12-26 | 3:11:00 | 77787 | 14    | 64.8  | 96    | 94.4  | 0.0026318120000 | 481   | 0.195 | 0.093 | 13.88 | 0.053 | 0.015 | 12.32 | 0.17 | 0.065 | 13.55 |
| 2018-12-26 | 3:12:00 | 77788 | 13.95 | 64.31 | 86.6  | 97.2  | 0.0029168980000 | 482.6 | 0.195 | 0.093 | 13.88 | 0.053 | 0.015 | 12.28 | 0.17 | 0.065 | 13.55 |
| 2018-12-26 | 3:13:00 | 77789 | 13.91 | 65.38 | 104.1 | 101.3 | 0.0030388340000 | 479.4 | 0.195 | 0.093 | 13.87 | 0.053 | 0.015 | 12.25 | 0.17 | 0.065 | 13.54 |
| 2018-12-26 | 3:14:00 | 77790 | 13.86 | 64.95 | 113.2 | 108.9 | 0.0032661520000 | 481.3 | 0.195 | 0.093 | 13.87 | 0.053 | 0.015 | 12.21 | 0.17 | 0.065 | 13.54 |
| 2018-12-26 | 3:15:00 | 77791 | 13.79 | 65.59 | 119.9 | 117.2 | 0.0035168570000 | 477.8 | 0.195 | 0.093 | 13.87 | 0.053 | 0.015 | 12.17 | 0.17 | 0.065 | 13.53 |
|            |         |       |       |       |       |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |

## 나. 모의환경구현 실험장치 개발 계획 수립

### (1) 모의환경 구축 및 계획수립

- 제주특별자치도 농업기술원 아열대과수(블러드오렌지) 대상, 모의실험환경 구축 및 시뮬레이션을 위한 가상환경요소/변수/제어 등 모의환경 Test 계획 수립

### (2) IoT 시설온실 환경제어시스템설계를 위한 모의환경 실험장치 개요 및 계획수립

#### ■ 시설온실 환경제어모듈 로직 및 개요도

- 정적생육 및 복합환경제어를 위한 모의실험 환경조절 및 변수 산정
- 온배수 수열원 활용을 통한, 냉·난방 온도 상한값/하한값 설정
- 시설온실 내부, 아열대과수(만감류) 종류 및 특징, 시기별(발화기, 성장, 과수, 수확기) 등 최적환경을 위한 습도 / CO<sub>2</sub> 농도 / 토양수분 / 광도 등의 상한값 / 하한값 설정 및 Input
- 최적환경조절을 위한 필요 설비 및 운전, 가동중지, 제어값 조절 등을 위한 모듈 초기 셋팅

#### ■ 모의환경 Test 및 시뮬레이션

- 온실 내 환경 자료 DB화 필요함
- 빅데이터 자료를 활용한 시뮬레이터 개발 : 환경자료와 식물 생육과의 관계를 Input값으로 프로그램에 넣어 재배 일수에 따른 생육 진행 정도를 알 수 있는 시뮬레이터를 개발하고자 함.
- 최적 환경 생육 조건이 제시될 경우, 설정값에 따라 시뮬레이터 결과값이 나올 것이고 이를 비교함으로써 농가에 활용할 수 있을 것으로 기대됨.
- 1차년도(2018년) 사업기간이 8~12월(약 5개월)에 해당하므로, 본 실증대상인 아열대과수 및 만감류의 생육 및 과수의 품질을 좌우하는 복합생육환경조건에 대한 기초Data는 수집이 불가하므로, 모의환경 및 시뮬레이션은 초기셋팅 후, 차년도부터 시뮬레이션 및 환경변수 조절을 통한 실측값과의 비교 검증을 실시함.

## 다. 온배수 활용기반, 아열대과수 실증사이트 구축

### (1) 온배수 활용 기반, 냉·난방시스템 시설온실 분석 및 설계

- 온배수 활용 기반, 아열대과일(블러드오렌지, 미하야 등) 만감류 시설재배농가 대상 운영 현황
- 중부발전 제주화력발전소 온배수열 활용 기반, 인근 아열대작물(만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 또는 만감류) 시설온실에 냉·난방열원 제공 및 활용

### (2) 복합 환경제어시스템 적용 및 실증사이트 구축

- 온배수 열원 활용 기반, 인근 아열대작물(블러드오렌지, 미하야, 레드향골드, 백합 등) 시설온실에 냉·난방열원 제공 및 본 연구사업을 통한 복합 환경제어기술 적용 및 실증사이트 구축을 위한 개요 다음과 같음.
- 기 구축된 ‘발전소 → 제1기계실 → 관로 → 제2기계실 → 아열대작물 재배 시설온실’에 이르는 온배수 활용 냉·난방시스템이 적용된 시설온실에 IoT 기반의 제어시스템이 융합되도록

설계 및 실증사이트 연계

- 시설온실 내부 온습도, 관수, 광도 및 광량, 환기, 방재, 토양 온습도, 양액공급 및 CO<sub>2</sub> 등의 복합 환경 및 시설관리 자동제어 지원



<발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술 개발 사업\_한국에너지기술평가원>

(3) 온배수 열원 활용, 아열대작물 시설온실 재배농가 - 제주대학교산학협력단의 업무 협약 체결

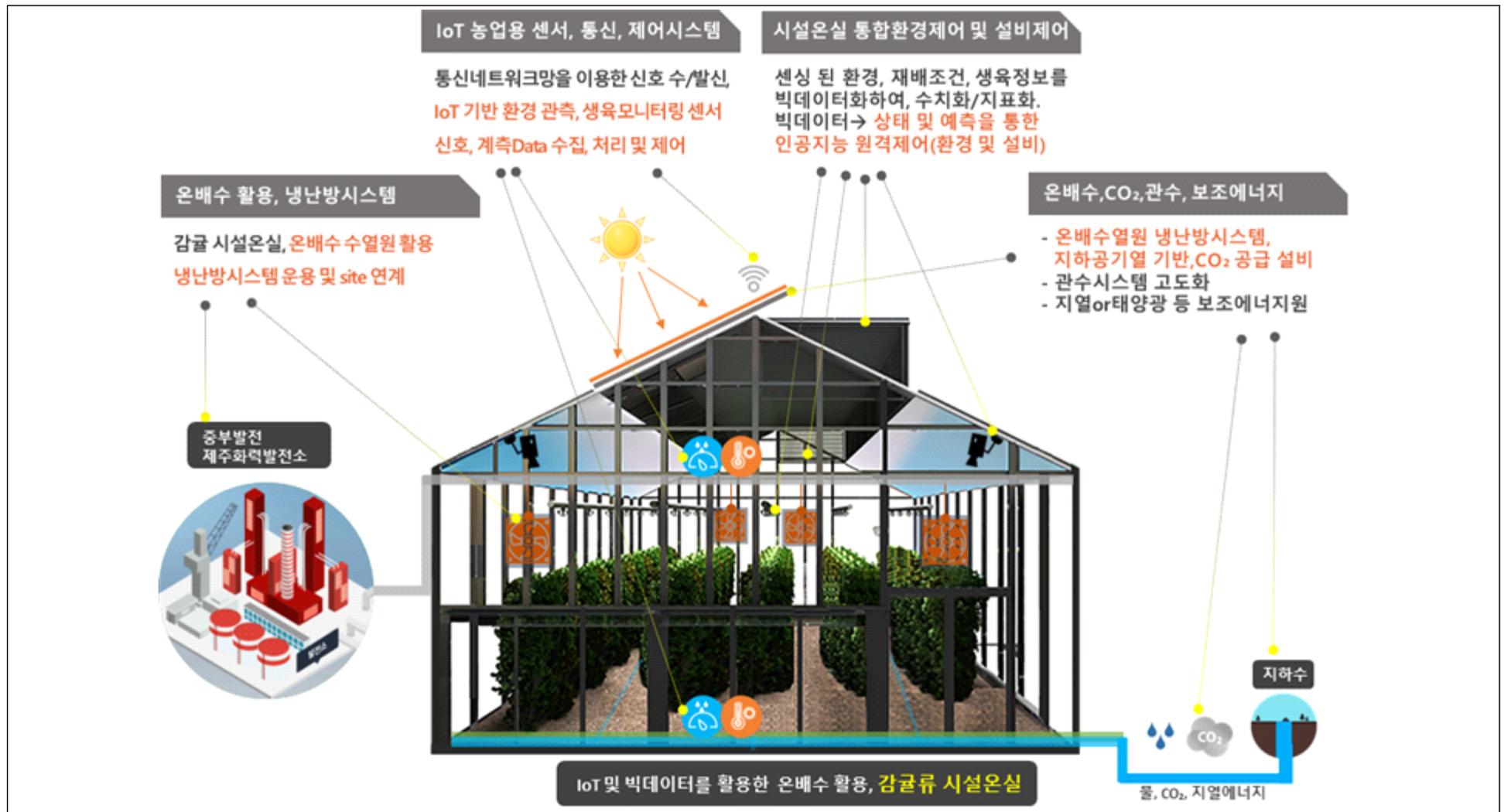
확 약 서

지(박경근)는 제주대학교 산학협력단이 주관하여, 추진 중인 2018년도 농림축산식품부 대상과제 공고(농림축산식품부 공고 제2018-2244호)의 지정과제인 "IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수활용 온실의 환경제어 기술 개발"의 연구사업과 관련하여, 최종평가 선정 시 아열대과수 시설 온실에 온배수 활용 수열원활용 시스템 및 환경제어(스마트 팜)구축을 위한 부지를 제공하여 성능평가를 수행할 수 있도록 적극적으로 협조할 것을 약속합니다.

또한 연구사업이 성공적으로 종료되었을 시, 인근 시설 재배지(아열대과수 및 백합단지 등)에 개발된 'IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용, 온실의 환경제어 기술'을 적극적으로 도입 및 활용할 수 있도록 노력할 것을 약속합니다.

2018. 7.

신촌화훼영농조합법인 박 경 근



<온배수 & 복합 환경제어시스템이 융합된 실증사이트 구축 모식도>

라. 온배수 활용 기반, 실증사이트 생육환경제어모니터링 및 통합관리시스템 개발

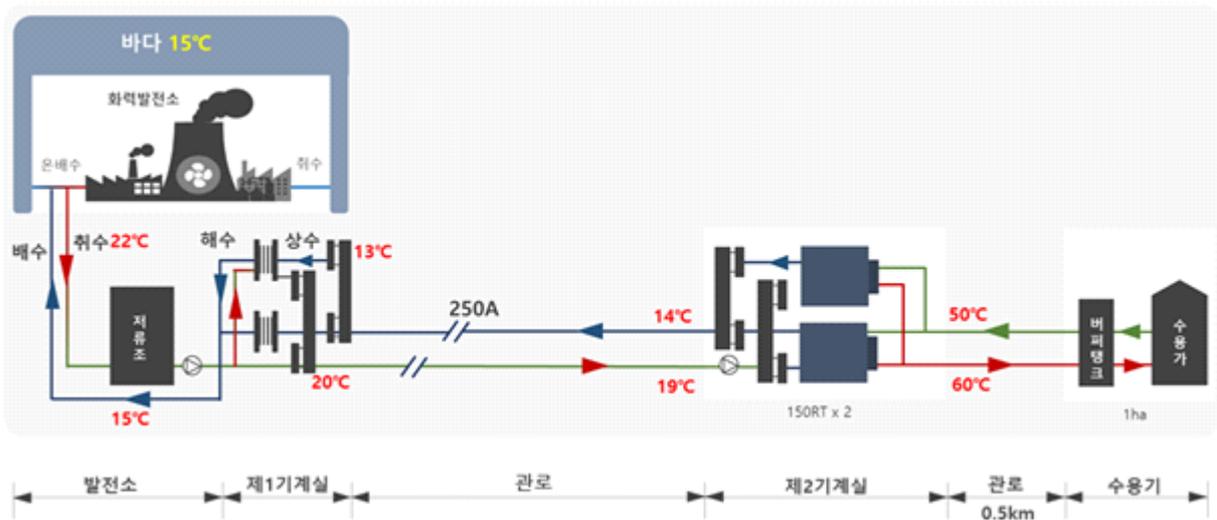
(1) 실증사이트 구축 및 설비 및 제어시스템 설계(안) 기준 수립

■ 실증사이트 제어 및 설비 설계

|  |  |
|--|--|
| <p><b>농업용 IoT 센싱 제어기술</b></p>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>IoT기반의 환경관측, 생육상태모니터링 센서의 신호, 계측데이터, 자료처리 등을 처리할 수 있는 제어</li> </ul>   |
| <p><b>통신용 첨단 센서</b></p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>통신 네트워크망을 이용한 신호 수/발신</li> </ul>  |
| <p><b>사물인터넷 기반, 환경제어</b></p>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>센싱된 신호를 빅데이터하여 수치화, 지표화하고 아열대작물의 생육 및 품질향상에 최적 환경으로 조절, 유지가 가능하도록 상태 제어</li> <li>DB 정보 및 누적된 경험, 정보처리를 통해 성장예측 모델 생성</li> <li>인공지능의 자동제어가 가능하도록 복합환경제어시스템 설계</li> <li>최첨단기술만을 태블릿 및 패널 '터치' 방식 외, 농민들의 조작/ 직관적 이해/ 작동의 편리성을 위해 창문 개폐 및 시설, 관수 제어 등 일부는 다이얼, 밸브조작 등의 아날로그 방식과 터치 방식을 융합한 하이브리드형(자동+수동) 제어방식을 수렴</li> </ul> |
| <p><b>아열대작물 성장에 적합한 재배/환경조건 매뉴얼 구축</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>프로세스화된 시스템의 단계별 환경조건, 성장데이터를 빅데이터 분석을 통해 효과적인 관리 매뉴얼을 정형화</li> <li>'환경-생육-성장-품질 간'의 상관관계를 분석, 작업오류와 변수 감지, 예측을 통해 정형화된 작업이 가능하도록 매뉴얼 구축</li> </ul>  |

(2) 실증 대상 사이트 재배 작물 및 온배수 냉·난방 시스템 시설 현황

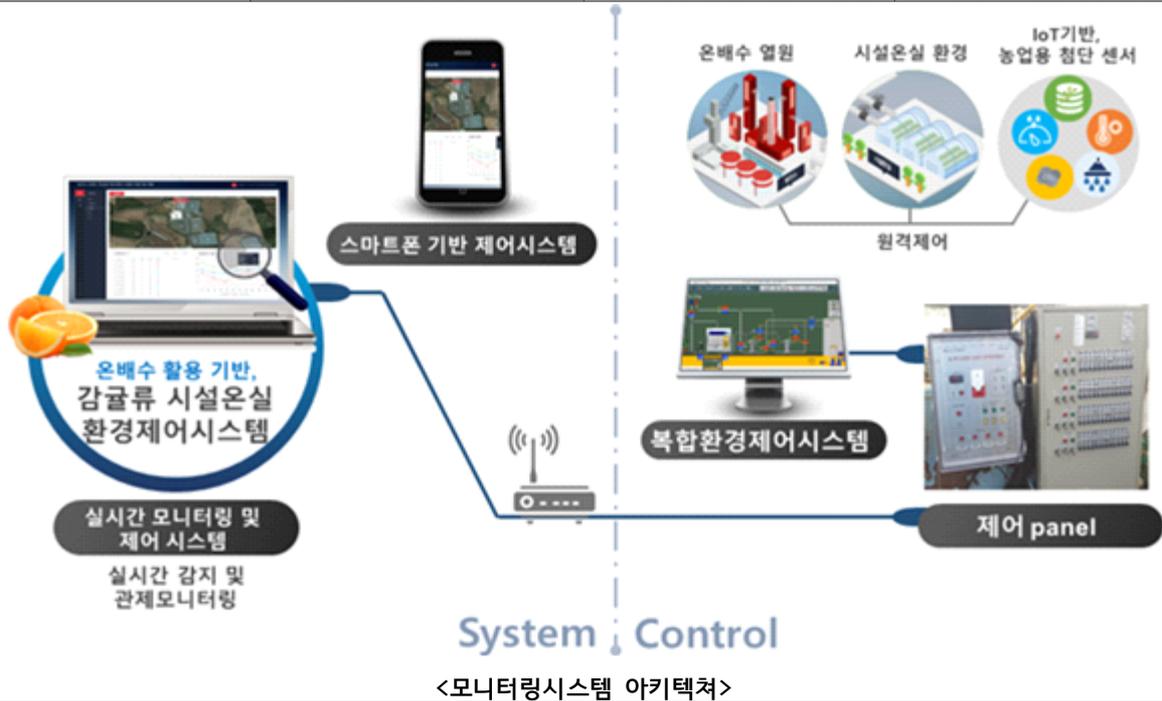
|                      |                  |  |                           |                              |                                     |                       |
|----------------------|------------------|--|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| <b>대상지 적정성</b>       |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>본 사업을 통하여 아열대작물 시설온실 재배에 맞는 환경친화적 에너지원 및 환경제어 기술 개발 및 보급</li> <li>전력수요의 분산 및 에너지 이용 효율성 제고</li> <li>중부발전 제주화력본부 인근 아열대작물 재배 시설온실</li> </ul> |                           |                              |                                     |                       |
| <b>일반 현황</b>         |                  | 테스트베드 시설온실 현황  |                           | 작물                           | 크기(평)                               |                       |
|                      |                  | A동 (비닐하우스)   | A-1                       | 미하야                          | 200                                 |                       |
|                      |                  |  | A-2                       | 백합                           | 400                                 |                       |
|                      |                  | B동 (유리온실)  | B-1                       | 블러드오렌지(타로코)                  | 400                                 |                       |
|                      |                  |  | B-2                       | (애플망고 또는 백합과 같은 아열대작물 재배 예정) | 500                                 |                       |
|                      |                  |  | B-3                       | 블러드오렌지(타로코)                  | 200                                 |                       |
| C동 (비닐 하우스)          | C-1              | 진지휘(레드향골드)   | 250                       |                              |                                     |                       |
|                      | C-2              | 황금향  | 450                       |                              |                                     |                       |
| <b>시설의 최대 냉/난방부하</b> |                  | <b>난 방</b>   | 879,134kcal/h (약 1,022kW) |                              |                                     |                       |
|                      |                  | <b>냉 방</b>   | 419,538kcal/h (약 488kW)   |                              |                                     |                       |
| <b>시설 현황</b>         | <b>히트 펌프 현황</b>  | <b>용 량</b>   | 150 RT (527kW)            | <b>소비전력</b>                  | 난방 158 kW                           |                       |
|                      |                  | <b>수 량</b>   | 2 대 (1,054kW)             |                              | 냉방 102 kW                           |                       |
|                      | <b>온배수 평균 온도</b> | <b>하 계</b>   | 약 26.6 °C                 | <b>축열탱크</b>                  | 각형 약 100 Ton (100mm단열, Diffuser 적용) |                       |
|                      |                  | <b>동 계</b>   | 약 21.9 °C                 |                              |                                     |                       |
|                      | <b>온배수 저류조</b>   | <b>규 격</b>   | 2.5(W) x 1.2(L) x 9(H)    |                              | <b>팬코일 유닛</b>                       | 10,000 kcal/h x 144ea |
|                      |                  | <b>용 량</b>   | 27 ~ 45 Ton (최저~최고수위)     |                              |                                     |                       |
| <b>개념도</b>           |                  |  |                           |                              |                                     |                       |



- (3) 생육환경 최적화를 위한, 시설온실 복합환경제어 통합 SW 개발 계획 수립 및 모니터링 서버 구축
- 온도, 습도, 광도, CO<sub>2</sub>, 토양 온·습도 등 환경 변수 등을 고려한, 온배수/냉·난방/제습/가습/CO<sub>2</sub> 공급/관수/조명/커튼 등 시설온실 장비 및 통합센서 간 자동제어가 가능한 환경제어 알고리즘 및 소프트웨어 개발 계획 수립

※ 제주도의 경우 일반 노지 재배보다 시설온실에서의 동파피해가 자주 발생하여 농가 큰 손실이 발생함.  
→ 이는 낮은 실내온도에서 공기의 흐름이 정체되어 나타나는 현상으로 환기 시스템이 필수적으로 필요함

| <b>Step 1.</b><br><b>아열대작물 시설농가</b>   | <b>Step 2</b><br><b>정보수집 및 저장</b><br><b>(모니터링 서버 구축)</b>  | <b>Step 3.</b><br><b>빅데이터 분석 및</b><br><b>가공</b>  | <b>Step 4.</b><br><b>서비스 제공 및 활용</b><br><b>계획 수립 및 설계</b>  |
|---|---|--|--|
| <p>온배수 활용, 아열대작물<br/>(블러드오렌지 및 미하야 등)<br/>시설온실 재배농가 확보</p>  | <p>데이터 측정 및 수집,<br/>안정적인 데이터 수집<br/>체계 마련, 표준화,<br/>모니터링 서버 구축</p>  | <p>빅데이터 분석 및 가공,<br/>온실환경, 온실구조,<br/>환경, 기상, 재배조건 등<br/>빅데이터 분석</p>  | <p>재배시설농가 온배수<br/>열원활용 및 환경제어<br/>시스템 서비스 활용<br/>계획(기획)안 수립 및 설계</p>   |
|  <p>실증 및 결과활용기관</p> |  <p>IoT기반의 센서 및<br/>통신시설, 제어장비 등</p> <p>생육-환경정보</p> |  <p>빅데이터 분석 및 가공</p> <p>생육 및 환경조건 모델링</p> |  <p>웹/모바일 기반<br/>서비스 제공 및 활용</p> |



(4) 웹 기반, 환경모니터링 및 관리시스템 1차 구축

- IoT 기반 온배수 수열원설비 및 관로, 시설온실 냉·난방시스템운영을 위한 모니터링 정보
- 아열대과수 시설온실 내외부 환경계측 정보 수집 및 통계처리 및 빅데이터 분석결과 개제를 위한 시스템 1차 구축
- 생육환경 최적화를 위한 시설온실 복합환경제어가 가능하도록, 멀티(동시제어) 설계안 수립 및 시스템 구축
- IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 구축
  - 위치별, 기능별, 장비별 실시간 상태 계측자료 수집 및 DataBase화
  - DB시스템 및 자료처리, 통계 등 데이터베이스 구축 및 서버에 저장
  - 에너지 관리자 및 사용자별 시스템 관리분배
  - 보안로그인(Spring Security 적용)
- 웹 기반 환경모니터링시스템 디렉토리 / DB 구조

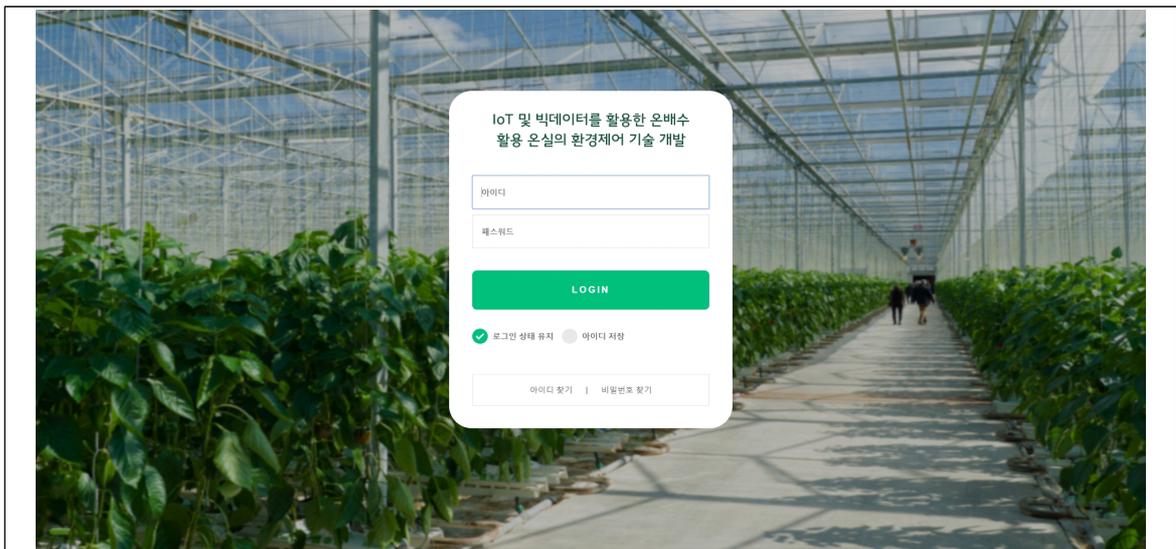
|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p>&lt;모니터링시스템 디렉토리 구조&gt;</p> <pre> monitor ├── tiles │   └── tiles.xml ├── views │   ├── layout │   │   └── layout.jsp │   ├── page │   │   └── page.jsp │   └── user │       ├── findPassword.jsp │       ├── leave.jsp │       ├── profile.jsp │       ├── profileModify.jsp │       ├── register.jsp │       ├── registerSuccess.jsp │       ├── snsRegister.jsp │       ├── updatePassword.jsp │       ├── alarm.jsp │       ├── dataPrint.jsp │       ├── fac1.jsp │       ├── fac2.jsp │       ├── index.jsp │       ├── login.jsp │       ├── pipeline.jsp │       ├── powerMonitor.jsp │       └── tempHumidity.jsp                     </pre> | <p>&lt;모니터링시스템 데이터베이스 구조&gt;</p> <pre> ao calc_monitor comtccmnnclcode comtccmnncode comtccmnnndetailcode comtcczip comtccopseq comthemalldspstchmanage comthprogrmchangedtIs comthsysHist comthtrsmrcvmtrngloginfo comtnauthorgroupinfo comtnauthorinfo comtnauthorrolerelate comtnbanner comtnbbs comtnbbsmaster comtnbkmkmenumanageresult comtnctncinstt comtnctncservice comtnctncsystem comtnpcyrhtinfo comtnndaustats comtnemplyrinfo comtnemplyrscrtystbs comtnentrprsmber comtnfile comtnfiledetail comtngrnImber comtnindvdlInfolpolicy comtnloginlog comtnmenucreatdtIs comtnmenuinfo comtnorgnztinfo comtnpopupmanage comtnprivacylog comtnprogrmlist comtnqestnrinfo comtnqstnrriem comtnqstnrqesitm comtnqstnrrespondinfo comtnqstnrspnsresult comtnqstnrtrmplat comtnreprtstats comtnrestde comtnroleinfo comtnroles_hierarchy comtnsitemap comtnstplatinfo                     </pre> | <pre> comtnsyslog comtnsystemcntc comtntrmplatinfo comtntrsmrcvlog comtntrsmrcvmtrng comtnuserlog comtnweblog comtrdnmadrzIp comtstbssummary comtstsyslogsummary comtstsrsmrcvlogsummary comtstusersummary comtstweblogsummary data fac1_di fac1_di_2 fac1_pb fac1_tb fac2_pa fac2_ta fac2_tc flow_meter hibernate_sequence house_ai house_di hp_control hp_temp hp1_temp hp1_temp3333 hp2_temp ids inv_dc kpa_pa ks_board ks_board_auth ks_board_comment ks_board_item ks_board_item_copy1 ks_board_item_hist ks_board_item_hist_copy1 ks_dup_check ks_file ks_file_detail ks_group ks_group_role ks_hibernate_sequence ks_lang ks_menu ks_menu_auth                     </pre> | <pre> ks_menu_grade ks_menu_group ks_meta ks_options ks_posts ks_posts_backup ks_role ks_site ks_site_relation ks_term_relationships ks_term_taxonomy ks_terms ks_user ks_user_group ks_user_pass_reset ks_user_role ks_user_sns ks_visit pipe_line power_monitor prop_control pump_di temp_humidity                     </pre> |
|--|--|--|---|

■ 웹 기반, 환경모니터링 메뉴 및 콘텐츠

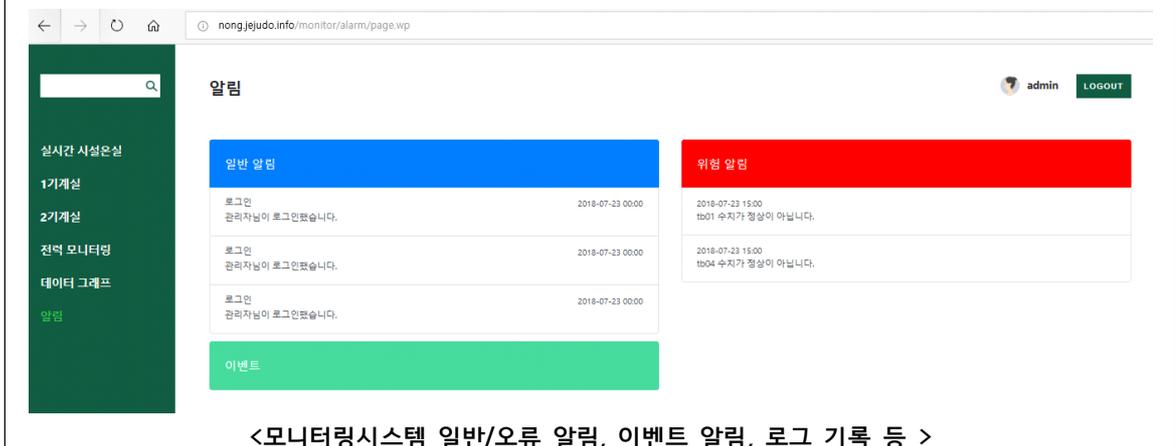
| 메뉴       | 콘텐츠 및 서비스                                       | 비고        |
|----------|---|-----------|
| 사용자 로그인  | 관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인                           | 로그인       |
| 실시간 시설온실 | 시설온실 CCTV 및 광량, CO <sub>2</sub> , 온도, 수분 실시간 확인 | Main page |
| 1기계실     | 1기계실 데이터 실시간 모니터링                               | 페이지       |
| 2기계실     | 2기계실 데이터 실시간 모니터링                               | 페이지       |
| 전력 모니터링  | 히트펌프 및 기계실 펌프 데이터 실시간 확인                        | 페이지       |
| 데이터 그래프  | 전체 데이터 이력 및 데이터 다운로드                            | 페이지       |
| 알림       | 로그인 이력 및 위험 알림 확인                               | 페이지       |

■ 웹 기반, 환경모니터링 메뉴 및 콘텐츠

- 사용자 로그인 : 관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인



<모니터링시스템 사용자 로그인>



<모니터링시스템 일반/오류 알림, 이벤트 알림, 로그 기록 등 >

■ 시설온실 실시간정보

- 실시간 시설온실 정보

|          |   |
|----------|---|
|          |   |
| <p>1</p> | <p>동 별 온도, 토양수분, 광량, CO<sub>2</sub> 농도 등 실시간 확인(A동/B동/C동/관리동 등)</p> |
| <p>2</p> | <p>FCU, 관수, 양액, 난방 및 냉방 가동상태 실시간 확인</p>                             |

■ 1기계실

- 1기계실 모니터링 정보 및 설비/운전상태 등

|          |  |
|----------|--|
|          |  |
| <p>1</p> | <p>1기계실 계통도 및 설비별 상태모니터링 / 온배수 수열원 열교환 및 흐름도</p> |
| <p>2</p> | <p>열교환기 모식화 및 입·출수에 따른 온도변화양상 모니터링</p>           |
| <p>3</p> | <p>펌프가동/운전/정지 상태모니터링</p>                         |
| <p>4</p> | <p>시간별, 일별, 요소별 데이터 조회 컨트롤박스</p>                 |
| <p>5</p> | <p>표, 그래프 등 정보표출 및 가시화</p>                       |

■ 2기계실

- 2기계실 모니터링 정보 및 설비/운전상태 등

The screenshot displays a monitoring interface for the 2nd floor. It includes a schematic of the heating system with callouts 1-4. Callout 1 points to the heat pump units (HP1, HP2). Callout 2 points to the thermal storage tank. Callout 3 points to the room temperature sensors (A, B, C). Callout 4 points to the data table and graph. The data table shows the following information:

| Time             | hp1 냉온수압 | hp1 냉온수온 | hp1 냉온수유량 | hp1 냉온수온 | hp2 냉온수압 | hp2 냉온수온 | hp2 냉온수유량 | hp2 냉온수온 |
|------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| 2018-12-04 00:00 | 21.37    | 22.52    | 20.71     | 21.5     | 21.63    | 22.5     | 21.42     | 20.9     |
| 2018-12-04 02:00 | 21.4     | 22.58    | 20.74     | 21.51    | 21.69    | 22.5     | 21.5      | 20.91    |
| 2018-12-04 03:00 | 21.41    | 22.6     | 20.75     | 21.53    | 21.7     | 22.5     | 21.5      | 20.94    |
| 2018-12-04 04:00 | 21.43    | 22.6     | 20.76     | 21.55    | 21.7     | 22.51    | 21.52     | 20.99    |
| 2018-12-04 05:00 | 21.44    | 22.6     | 20.78     | 21.56    | 21.7     | 22.53    | 21.55     | 21       |
| 2018-12-04 06:00 | 21.46    | 22.6     | 20.79     | 21.58    | 21.7     | 22.54    | 21.57     | 21       |
| 2018-12-04 07:00 | 21.43    | 22.57    | 20.78     | 21.56    | 21.7     | 22.52    | 21.56     | 21       |
| 2018-12-04 08:00 | 21.37    | 22.48    | 20.7      | 21.49    | 21.69    | 22.47    | 21.52     | 20.91    |

■ 전력 모니터링

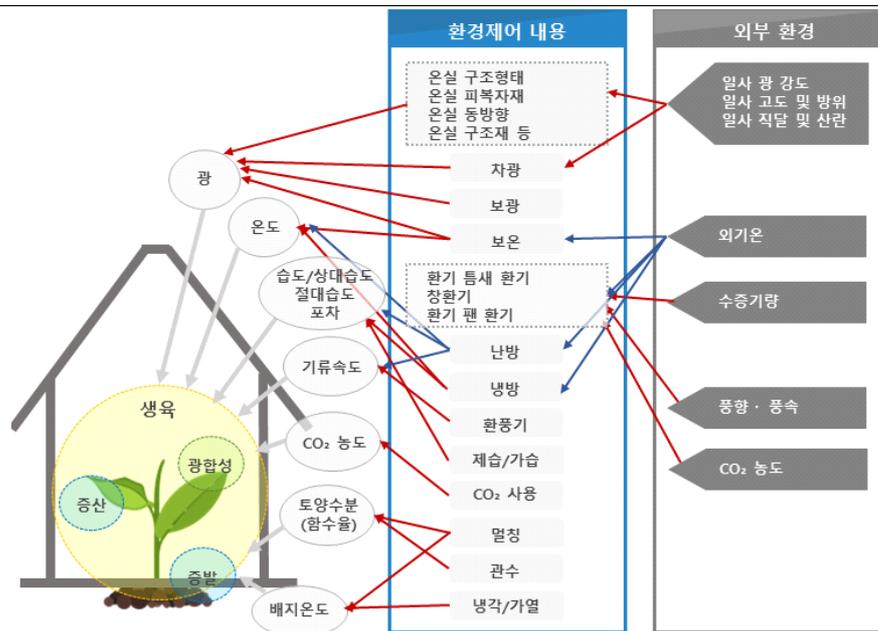
- 전력 모니터링 정보 및 통합누적전력량 모니터링 등

The screenshot displays a power monitoring interface. It shows real-time data for heat pumps and pumps. Callout 1 points to the heat pump #1 data table. Callout 2 points to the 2nd floor pump data table. The data tables are as follows:

| 히트펌프 #1  | 히트펌프 #2 |        |        |            |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
|--|---------|--------|--------|------------|-------|----|--------|--------|--------|-------|----|----|----|------|------------|----|-----|--|-----|------|---|----|----|----|------|-------|----|--------|--------|--------|-------|----|------|------|------|------------|----|-----|--|-----|------|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>5상</th> <th>T상</th> <th>유류전력</th> <th>누적전력량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>전압</td> <td>392.2V</td> <td>392.3V</td> <td>392.9V</td> <td>0kW</td> </tr> <tr> <td>전류</td> <td>0A</td> <td>0A</td> <td>0A</td> <td>19761.6kWh</td> </tr> <tr> <td>역률</td> <td colspan="2">0%</td> <td>주파수</td> <td>60Hz</td> </tr> </tbody> </table>     | 구분      | 5상     | T상     | 유류전력       | 누적전력량 | 전압 | 392.2V | 392.3V | 392.9V | 0kW   | 전류 | 0A | 0A | 0A   | 19761.6kWh | 역률 | 0%  |  | 주파수 | 60Hz | <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>5상</th> <th>T상</th> <th>유류전력</th> <th>누적전력량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>전압</td> <td>391.9V</td> <td>392.1V</td> <td>392.2V</td> <td>0kW</td> </tr> <tr> <td>전류</td> <td>0A</td> <td>0A</td> <td>0A</td> <td>15005.6kWh</td> </tr> <tr> <td>역률</td> <td colspan="2">0%</td> <td>주파수</td> <td>60Hz</td> </tr> </tbody> </table>        | 구분 | 5상 | T상 | 유류전력 | 누적전력량 | 전압 | 391.9V | 392.1V | 392.2V | 0kW   | 전류 | 0A   | 0A   | 0A   | 15005.6kWh | 역률 | 0%  |  | 주파수 | 60Hz |
| 구분   | 5상      | T상     | 유류전력   | 누적전력량      |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전압   | 392.2V  | 392.3V | 392.9V | 0kW        |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전류   | 0A      | 0A     | 0A     | 19761.6kWh |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 역률   | 0%      |        | 주파수    | 60Hz       |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 구분   | 5상      | T상     | 유류전력   | 누적전력량      |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전압   | 391.9V  | 392.1V | 392.2V | 0kW        |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전류   | 0A      | 0A     | 0A     | 15005.6kWh |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 역률   | 0%      |        | 주파수    | 60Hz       |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>5상</th> <th>T상</th> <th>유류전력</th> <th>누적전력량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>전압</td> <td>392.1V</td> <td>392.4V</td> <td>392.5V</td> <td>0.1kW</td> </tr> <tr> <td>전류</td> <td>0A</td> <td>0A</td> <td>0.5A</td> <td>6196.7kWh</td> </tr> <tr> <td>역률</td> <td colspan="2">91%</td> <td>주파수</td> <td>60Hz</td> </tr> </tbody> </table> | 구분      | 5상     | T상     | 유류전력       | 누적전력량 | 전압 | 392.1V | 392.4V | 392.5V | 0.1kW | 전류 | 0A | 0A | 0.5A | 6196.7kWh  | 역률 | 91% |  | 주파수 | 60Hz | <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>5상</th> <th>T상</th> <th>유류전력</th> <th>누적전력량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>전압</td> <td>391.7V</td> <td>391.1V</td> <td>391.4V</td> <td>1.6kW</td> </tr> <tr> <td>전류</td> <td>1.3A</td> <td>1.4A</td> <td>5.3A</td> <td>15515kWh</td> </tr> <tr> <td>역률</td> <td colspan="2">68%</td> <td>주파수</td> <td>60Hz</td> </tr> </tbody> </table> | 구분 | 5상 | T상 | 유류전력 | 누적전력량 | 전압 | 391.7V | 391.1V | 391.4V | 1.6kW | 전류 | 1.3A | 1.4A | 5.3A | 15515kWh   | 역률 | 68% |  | 주파수 | 60Hz |
| 구분   | 5상      | T상     | 유류전력   | 누적전력량      |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전압   | 392.1V  | 392.4V | 392.5V | 0.1kW      |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전류   | 0A      | 0A     | 0.5A   | 6196.7kWh  |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 역률   | 91%     |        | 주파수    | 60Hz       |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 구분   | 5상      | T상     | 유류전력   | 누적전력량      |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전압   | 391.7V  | 391.1V | 391.4V | 1.6kW      |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 전류   | 1.3A    | 1.4A   | 5.3A   | 15515kWh   |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |
| 역률   | 68%     |        | 주파수    | 60Hz       |       |    |        |        |        |       |    |    |    |      |            |    |     |  |     |      |   |    |    |    |      |       |    |        |        |        |       |    |      |      |      |            |    |     |  |     |      |

(5) 광합성, 품질향상(당도, 산도, 과수크기 등)을 위한 적정생육 환경 분석

- 제주도 아열대작물(만감류) 재배는 동해피해, 저온, 서리, 한파 등의 기후변화 대응과 더불어 동일 면적을 재배할 경우, 노지보다 시설농사 소득이 높아 시설온실(비닐 및 유리 시설온실), 대형난방기 및 관련 장비 등을 구입하여 설치하는 등 시설온실에 대한 투자가 늘고 있음.
- 화석연료를 사용하는 가온방식은 농가의 난방비 부담을 늘린다는 단점으로 일부 아열대작물 재배농가에서는 지열을 이용한 히트펌프를 사용하거나 화력발전소에서 온배수의 형태로 배출되는 폐열을 열원으로 활용하기도 함.
- 제주도 시설온실은 잦은 태풍 및 강풍으로 인한 피해 방지를 위해, 다량의 철골 구조물을 사용하고 있어, 온실내부의 공간적 제약 및 과수생산량 증대를 위한 광합성, 생육에 적합한 온·습도 제어, 환기, 관수 등의 환경적 제어가 필수적임.
- 빅데이터 기반, 관수 알고리즘 제어 설계
  - 온배수 활용 아열대과일 시설온실의 환경, 작물의 생육, 생장의 정밀 관리를 위해 복합환경제어 기술을 개발하고 시스템 구축
  - 복합환경제어 기술 개발을 위해서는 측정된 환경데이터가 실시간으로 수집, DB화가 선행됨.
  - IoT 기반의 센싱되는 환경 데이터로는 온도/습도/CO<sub>2</sub>/광도-광량 측정센서, 토양 온도/습도, 풍속, 일사량 등이 있으며, 시설온실 환경 조절을 위한 외기온도, 천창 설정, 천창고도 등 시설온실의 환경을 측정하는 제어값 등이 함께 DB화
  - 또한 환경, 주·야간, 시간, 시기, 계절 등의 변화에 따라 생육상태 및 생산량이 달라지므로 과수의 생육항목도 함께 DB화 되어야 함.(생장길이, 잎길이, 잎수, 줄기, 개화시기, 개화수, 착과화방, 착과수, 수확화방, 수확개수, 병충해 발생 등)

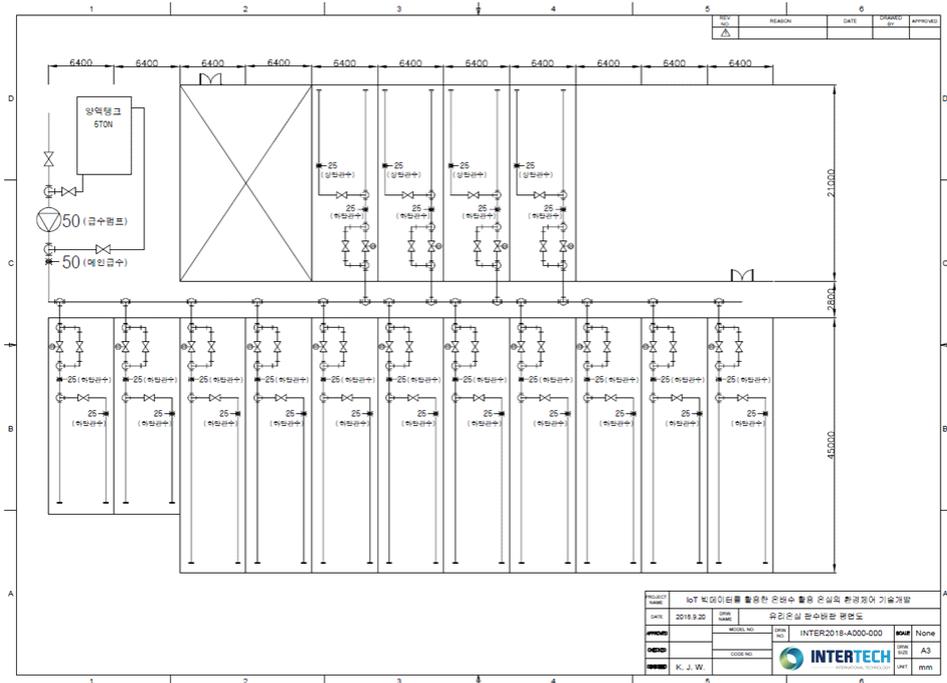


<아열대과수 시설온실 환경제어 특성과 외부환경 변수를 고려한 복합환경제어 모듈화>

(6) 관수시스템 구축 및 설계

■ 관수시스템 설계 및 설비 구축

관수시스템 구축 및 설계



| 품명           | 규격               | 수량    |
|--------------|------------------|-------|
| PE수도관        | 25*90m*3.5T      | 15    |
| 우레탄 에어호스     | 8*5*100m         | 6     |
| 미니쿨러 헤드(상향식) | k-100            | 1,000 |
| 미니쿨러 헤드(하향식) | k-100            | 500   |
| 쿨러용 신주구찌     | 미니동니플            | 1,500 |
| PE물탱크        | 5TON*1830Φ*2310h | 1     |
| 항동볼밸브        | 25A              | 130   |



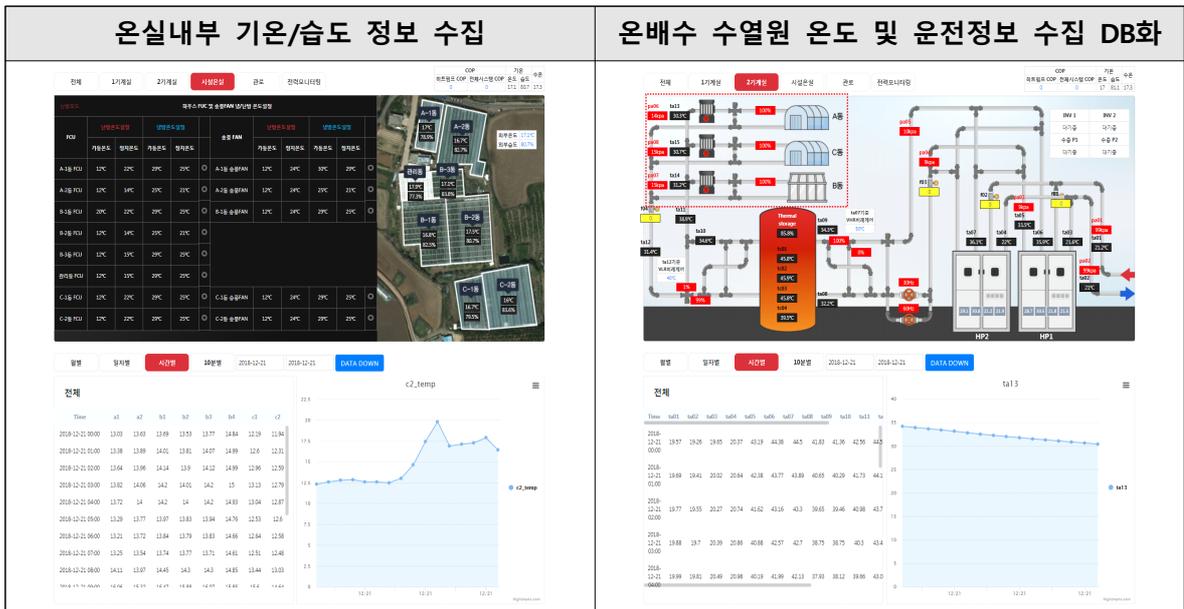
관수시스템 구축 사진



**마. 온배수 활용 기반, 인공지능 환경제어기술개발계획 수립**

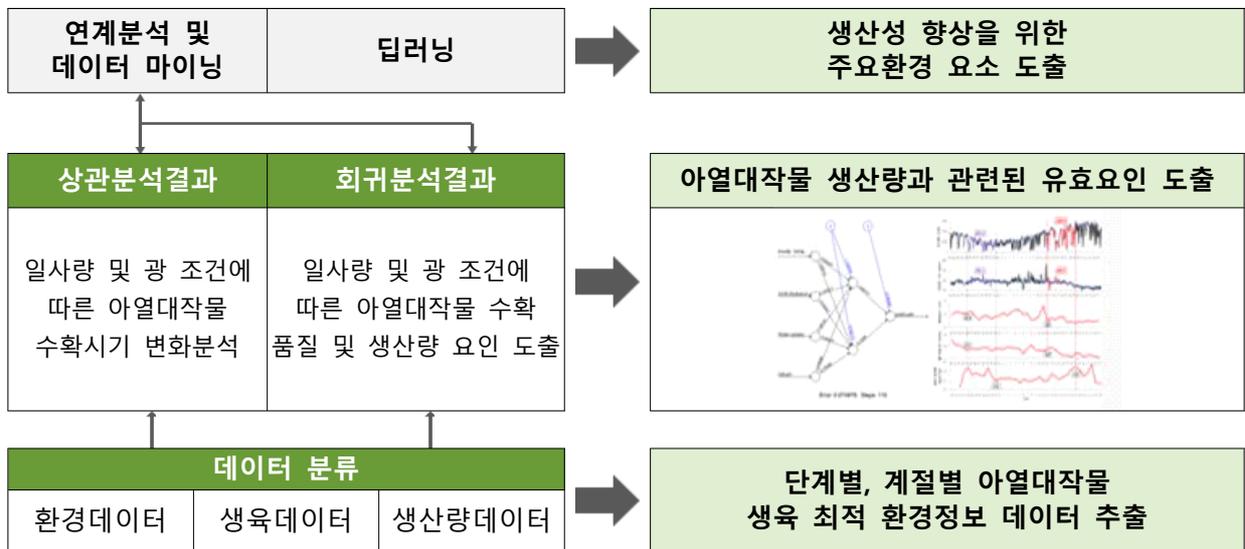
(1) 온배수활용 기반, 시설온실 내외부 환경계측정보 수집 및 정보 정량화

- 온배수 수열원 실증대상 시설온실의 다양한 환경요인을 모니터링함으로써, 시설온실 환경 및 설비가동, 운전상태를 파악하고 제어가 가능한 방법과 생육단계별, 작물 및 과수 성장상태를 빅데이터 기반의 분석을 실시
- 온배수 수열원 열에너지원 온도, 시기별(계절별) 열에너지원 활용가능온도 및 변수 산정, 시설온실 상태에 따른 필요적정온도 및 온배수 설비 운전 제어값 설정
- 아열대과수별 생육, 품질, 생산량 적정환경정보 유추 및 변수값 제어를 통한 정량화
- 시설온실 내부의 기온/습도 등 1차년도에 습득가능한 기본환경정보 수집 및 정량화



■ 빅데이터 분석, 제어 알고리즘 설계 및 구현화

- 빅데이터 분석 방법은 일반적 통계, 상관&회귀분석, 딥러닝, RNN 모델수행을 통해 지능형 의사결정시스템으로 구현화



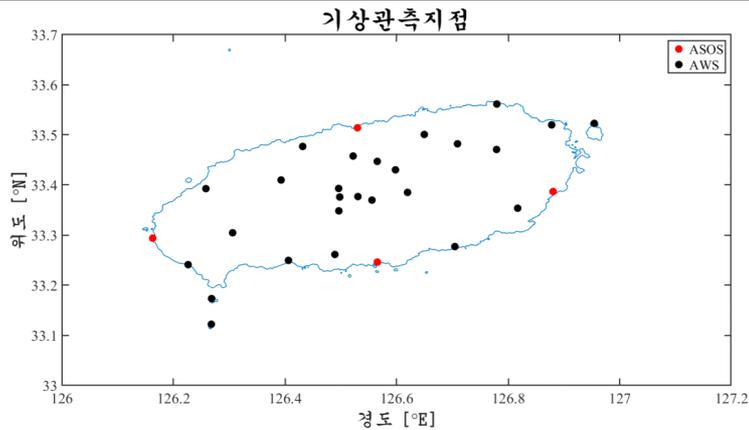
- 아열대과수 실증대상 시설온실 인근, 외부기상데이터 수집
  - 기상청 ASOS(제주 184) 자료 수집 및 분석



제주 ASOS(184) 기상관측자료

| 지점  | 일시              | 기온(°C) | 누적강수량(mm) | 풍향(deg) | 풍속(m/s) | 현지기압(hPa) | 해면기압(hPa) | 습도(%) | 일사(MJ/m <sup>2</sup> ) | 일조(Se) |
|-----|-----------------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-------|------------------------|--------|
| 184 | 2018-01-01 0:01 | 6.8    | 0         | 298.8   | 4.7     | 1023.5    | 1026      | 43.9  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:02 | 6.8    | 0         | 310.4   | 3.5     | 1023.5    | 1026      | 44.2  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:03 | 6.9    | 0         | 313.9   | 2.2     | 1023.5    | 1026      | 44.9  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:04 | 6.9    | 0         | 346.8   | 1.5     | 1023.5    | 1026      | 45.1  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:05 | 6.8    | 0         | 336.8   | 3.7     | 1023.4    | 1025.9    | 45.2  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:06 | 6.9    | 0         | 290     | 3.1     | 1023.4    | 1025.9    | 45.3  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:07 | 6.9    | 0         | 273.6   | 4.4     | 1023.4    | 1025.9    | 45.5  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:08 | 6.8    | 0         | 294     | 4.9     | 1023.4    | 1025.9    | 45.4  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:09 | 6.9    | 0         | 301.6   | 4.9     | 1023.4    | 1025.9    | 44.8  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:10 | 6.9    | 0         | 308.7   | 4.1     | 1023.4    | 1025.9    | 44.7  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:11 | 6.9    | 0         | 320.6   | 3.9     | 1023.4    | 1025.9    | 45.1  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:12 | 7      | 0         | 314.8   | 4.9     | 1023.4    | 1025.9    | 45    | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:13 | 7      | 0         | 302.7   | 3.6     | 1023.4    | 1025.9    | 45.1  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:14 | 7      | 0         | 307.1   | 3.4     | 1023.4    | 1025.9    | 46    | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:15 | 7      | 0         | 291.6   | 2.5     | 1023.4    | 1025.9    | 46.3  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:16 | 7      | 0         | 288.5   | 3.1     | 1023.4    | 1025.9    | 46.1  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:17 | 6.9    | 0         | 291.2   | 5.6     | 1023.4    | 1025.9    | 45.9  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:18 | 7      | 0         | 311.9   | 5.1     | 1023.4    | 1025.9    | 45.5  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:19 | 7      | 0         | 320.5   | 5.3     | 1023.4    | 1025.9    | 45.3  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:20 | 7      | 0         | 333.5   | 4.3     | 1023.4    | 1025.9    | 45.2  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:21 | 7      | 0         | 301.7   | 6       | 1023.5    | 1026      | 44.3  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:22 | 7      | 0         | 312.1   | 4.6     | 1023.4    | 1025.9    | 43.5  | 0                      | 0      |
| 184 | 2018-01-01 0:23 | 7      | 0         | 310.8   | 3       | 1023.4    | 1025.9    | 42.3  | 0                      | 0      |

- 제주도 전지역 대상, 개괄저 기상관측데이터 분석



| 분류  | 관측지점 |     | 평균(°C) | 기울기(X1000) |
|-----|------|-----|--------|------------|
| AWS | 328  | 중문  | 16.01  | 0.14       |
|     | 329  | 산천단 | 12.66  | 0.35       |
|     | 330  | 대흘  | 14.46  | 0.30       |
|     | 685  | 강정  | 15.87  | 2.60       |
|     | 725  | 우도  | 15.62  | 0.17       |
|     | 726  | 마라도 | 16.23  | 0.21       |
|     | 727  | 유수암 | 13.43  | 0.01       |
|     | 751  | 선흘  | 13.75  | 0.01       |
|     | 752  | 서광  | 15.45  | -0.08      |
|     | 753  | 어리목 | 9.77   | 0.19       |
|     | 779  | 한림  | 16.06  | 0.01       |

| 분류  | 관측지점 |       | 평균(°C) | 기울기(X1000) |
|-----|------|-------|--------|------------|
|     | 지점번호 | 지점명   |        |            |
| AWS | 781  | 구좌    | 15.91  | -0.03      |
|     | 782  | 성판악   | 11.04  | 0.03       |
|     | 792  | 표선    | 15.37  | 0.05       |
|     | 793  | 대정    | 16.19  | 0.10       |
|     | 855  | 가파도   | 16.41  | 0.13       |
|     | 861  | 월정    | 16.26  | 6.60       |
|     | 862  | 송당    | 15.23  | 8.50       |
|     | 863  | 외도    | 15.25  | 6.40       |
|     | 865  | 오등    | 14.44  | 6.10       |
|     | 866  | 한라생태  | 11.97  | 6.30       |
|     | 867  | 삼각봉   | 7.69   | 6.50       |
|     | 868  | 사제비   | 7.97   | 6.00       |
|     | 869  | 영실    | 10.08  | -2.20      |
|     | 870  | 진달래밭  | 7.49   | 0.05       |
|     | 871  | 윗세오름  | 6.10   | 0.15       |
|     | 880  | 금악    | 14.00  | 6.80       |
|     | 883  | 새별오름  | 13.93  | 6.30       |
|     | 884  | 기상(과) | 15.31  | 2.50       |
|     | 885  | 태풍센터  | 14.06  | 0.71       |
|     | 890  | 신례    | 14.93  | 7.40       |
| 891 | 색달   | 13.79 | 6.80   |            |

■ 제주도 지점별 기온 분석

제주도 평균주도 평균기온을 분석하기 위해 수집된 AWS 자료 중에서 평균기온의 시계열과 선형경향 기울기(빨간선)를 계산하여 그에 따른 아노말리를 나타냄  
가장 낮은 평균기온을 나타낸 지점은 871(윗세오름)이고 6.1°C를 나타내었고, 가장 높은 평균을 보인 지점은 855(가파도)로 16.41°C로 나타남  
선형경향을 계산했을 때 3지점(752:서광, 781:구좌, 869:영실)을 제외하고 나머지 지점은 선형경향 기울기가 양수를 나타내어 평균기온의 증가하는 경향을 보임

- 제주농업기술원 AWS(신촌) 자료 수집 및 분석



제주농업기술원 AWS(신촌) 농업기상관측자료

| 관측일    | 시온    | 습도   | 풍속 | 풍향   | 강수량   | 일조시간 | 누적일조시간 | 최저온도 | 최고온도 | 평균기온 | 최저풍속 | 최대풍속 | 평균풍속 | 최고풍속 | 최소습도 | 최대습도 | 평균습도 | 최고습도 | 최저강수량 | 최고강수량 | 평균강수량 | 최고강수량 | 일조시간 | 누적일조시간 |
|--------|-------|------|----|------|-------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| 180101 | 0     | 89.9 | 0  | 31.4 | 119.5 | 5.0  | 5.8    | 8.8  | 9.7  | 5.7  | 8.7  | 0    | 85.5 | 47.2 | 33.4 | 33.3 | 30.4 | 5.3  | 8.8   | 8.8   |       |       |      |        |
| 180101 | 1000  | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.8  | 6.4  | 5.9  | 4.9  | 0.5  | 32.1 | 48.6 | 33.4 | 33.3 | 31.7 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 2000  | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.6    | 8.6  | 6.4  | 5.9  | 6.4  | 0.5  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.7 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 3000  | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.4  | 5.9  | 6.4  | 0.5  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.7 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 4000  | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.4  | 5.9  | 6.4  | 0.5  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.7 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 5000  | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.5  | 5.9  | 6.4  | 0.5  | 32.5 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.9 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 10000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.9    | 8.4  | 6.6  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 11000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 6      | 8.4  | 6.6  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 31.9 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.5 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 12000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 6      | 8.4  | 6.6  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 13000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 6      | 8.4  | 6.6  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 14000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 6.1    | 8.4  | 6.7  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 15000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.9    | 8.4  | 6.7  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 20000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.9    | 8.4  | 6.7  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 21000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.8    | 8.4  | 6.7  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 22000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.8    | 8.4  | 6.7  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 23000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.8    | 8.4  | 6.7  | 5.9  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 24000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 25000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.8    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.4  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 30000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.8    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 31000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.8    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 32000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.9    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 33000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 34000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.7  | 5.7  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 35000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.7  | 5.6  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 40000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.7    | 8.4  | 6.7  | 5.6  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 41000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.6    | 8.4  | 6.7  | 5.6  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |
| 180101 | 42000 | 89.9 | 0  | 31.4 | 0     | 0    | 5.6    | 8.4  | 6.7  | 5.5  | 6.4  | 0.2  | 32.1 | 47.6 | 33.4 | 33.3 | 31.6 | 5.5  | 8.6   | 8.6   |       |       |      |        |

■ 실증대상 시설온실 인근 농업기술원 기상관측자료 분석

- 제주농업기술원에서 관리하는 농업기상관측지점은 실증대상 시설온실에서 1.5km 떨어진 곳에 위치.
- 본 과제 및 외부기상자료 분석을 위해, 제주농업기술원의 협조를 받아 과거 2년간의 기상관측 자료를 수집, 분석함. 차후 지속적인 농업기상관측자료 수집 및 DB화를 위해, 제주농업기술원과 협업
- 기상관측지점 정보

| 지역명 | 위도(°N) | 경도(°E)  | 기간         | 소재지         |
|-----|--------|---------|------------|-------------|
| 신촌리 | 33.31' | 126.37' | 2016~2017년 | 조천읍 신촌리 715 |

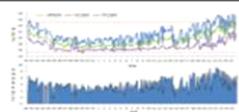
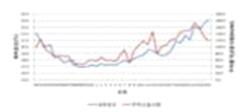
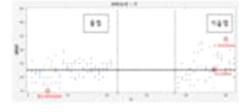
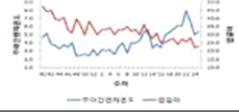
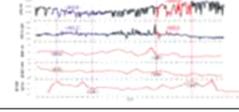
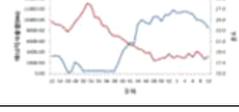
| 기온  | 그래프 |
|---|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2년 주기로 2개의 사이클이 존재하는 것으로 분석됨</li> <li>- 1~2월에 기온이 낮고, 7~8월에 기온이 높은 패턴</li> <li>- 10분 자료를 월평균한 그림을 보면 2016년은 2월보다 1월이 더 낮은 기온을 보였고, 2017년은 1월보다 2월이 더 낮은 기온양상을 보임.</li> <li>- 2년 동안 가장 높은 월평균기온은 신촌은 7월에 나타났고, 2017년 자료 중 일부자료는 누락되어 분석에서 제외</li> <li>- 최고·최저기온 분석 결과, 2017년 7월에 30.15°C로 가장 높은 최고기온을 기록하였고, 2017년 1월에 1.72°C로 가장 낮은 최저기온을 기록한 것으로 분석됨</li> </ul> |     |
| 풍속  | 그래프 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 월 평균풍속 분석은 2.35m/s, 월별 평균풍속이 1.5~2.0m/s 가량의 바람이 부는 것으로 나타남</li> <li>- 겨울철에는 4~5m/s의 강한 바람이 부는 것으로 나타나, 노지의 과수농장에서는 동해 및 서리를 동반한 강풍의 2차 피해에 주의를 요함</li> </ul>   |     |
| 습도  | 그래프 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 겨울철 상대습도는 50~70%가량으로 나타나고, 여름철 상대습도는 60~80%정도 나타나, 대개의 경우 여름철 습도가 높은 것으로 분석됨</li> </ul>  |     |
| 강수  | 그래프 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2016년 강수량 분석 결과, 주로 봄과 가을에 강수량이 많은 것으로 나타났으며, 2016년 8월엔 39mm로 비가 가장 적게 내린 것으로 나타남</li> <li>- 2017년 강수량 분석 결과, 8월 127.5mm, 10월 190.5mm를 제외한 나머지 기간에는 100mm이하의 강수량을 기록 함</li> </ul>  |     |

(2) 빅데이터 수집 및 분석을 통한 단계별, 계절별 최적 환경정보 접목 및 설계

■ 빅데이터 요소별, 단계별 정보수집 및 설계

| 구분   | 항목                    | 주기                               | 방법 |    |
|------|-----------------------|----------------------------------|----|----|
| 환경정보 | 내부환경                  | 온습도, 광량, CO <sub>2</sub> 등 9개 항목 | 분  | 자동 |
|      | 외부환경                  | 풍향, 풍속, 일사량, 일조시간 등 9개 항목        | 분  | 자동 |
|      | 토양정보                  | 토양 온습도, 토양 EC 등 6개 항목            | 분  | 자동 |
|      | 수경정보                  | 토양 온습도, 수분함수율 등 7개 항목            | 분  | 자동 |
|      | 양액정보                  | 배액 EC, 배액 PH 등 5개 항목             | 분  | 자동 |
| 제어정보 | 천장, 커튼, 유동팬 등 13개 항목  | 분                                | 자동 |    |
| 생육정보 | 엽수, 경경, 화방거리 등 13개 항목 | 주                                | 수동 |    |

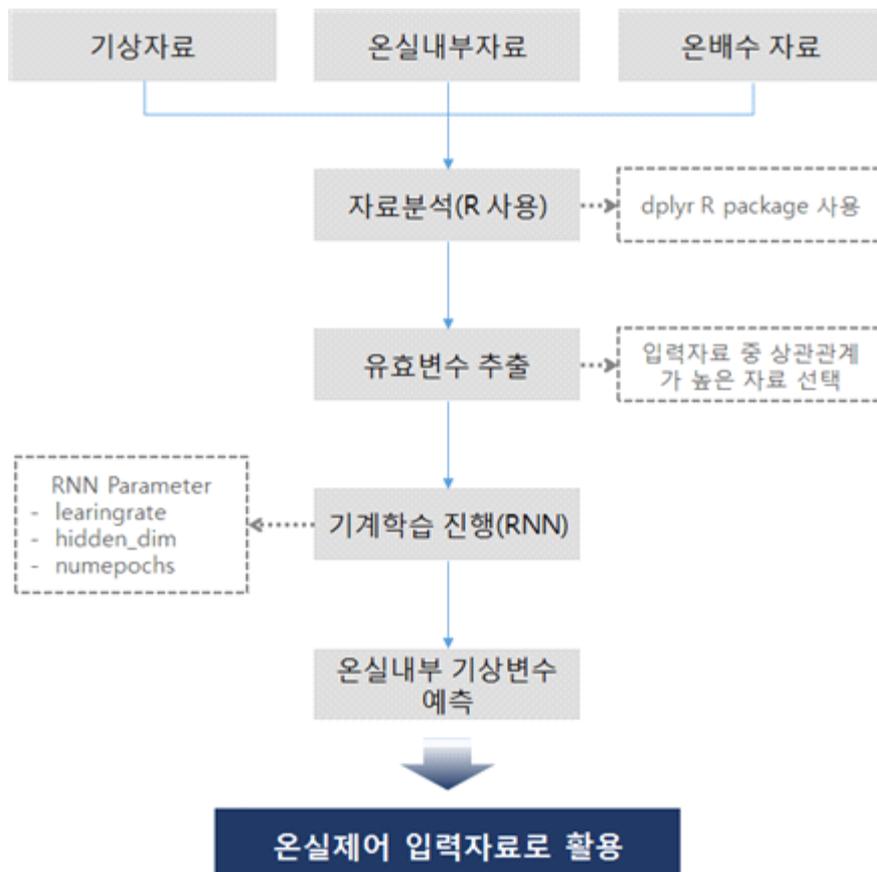
- 다양한 환경요인을 모니터링함으로써 농장 상태를 파악하고 제어가 가능한 방법과 생육단계별 영양 및 생식 생장을 표와 그래프로 표현하여 본인의 작물 성장 상태를 파악하고 환경설정에 따른 생육상태를 그래프에 나타내 다양한 환경요인과 생육항목을 접목하여 어떤 요인이 영향을 주는지 동시비교와 상관관계를 분석하여 생산량에 영향을 주는 적합한 생육상태 및 환경요인 도출

| 목적               | 레이아웃  |
|------------------|---|
| 온도관리             | 주차/월별 온실 외부 및 내부 온도 비교, 일일 내 온도 변화 비교, 주/야간 온도 편차 비교<br> |
| 습도 관리            | 시기별 온실 내부 습도 비교, 환경 설정 방식에 따른 습도 변동 편차<br>               |
| 광(일사량) 관리        | 내부온도와 일사량의 관계 모니터링, 일사량 온도 및 CO <sub>2</sub> 관계<br>      |
| 생육정보 모니터링        | 생육정보(성장길이, 줄기 굵기 등)의 시간변화 및 산점도 주차별 생육 모니터링(영양/생식)<br>   |
| 환경과 생육과의 관계      | 환경요인과 생육항목의 관계 모니터링<br>                                  |
| 환경, 생육, 생산량 간 관계 | 주요 환경, 생육, 생산량 동시 시각화 환경 및 주요 생육항목 상관분석<br>              |
| 에너지 비용 절감        | 온도 유지를 위한 에너지 사용량 비교<br>                                 |

- (3) 빅데이터 활용 및 RNN기반 온실 냉·난방시스템 및 복합환경제어기술 개발 계획 수립
- 온실 내외의 온도, 습도, 토질습도, 기상정보, 생육상태 등을 데이터화 하여 수집서버에 저장, 기계학습(RNN, Recurrent Neural Network)의 입력자료로 정리
  - 기계학습(순환신경망)을 통해 생육에 필요한 최적 환경변수, 조건 추출 및 예측모델 설계 및 모듈 생성
  - RNN기반 과수 품질 향상을 위한 바이오 센싱 특성을 감안한 신경망 노드수는 10개 내외로 설정하고, 핵심 타겟노드는 아열대 과수의 생육정보를 목표로 설정함.
  - 빅데이터 기반, 아열대작물의 정적생육 및 환경제어를 위한 냉·난방시스템 제어알고리즘 개발
  - 기계학습 개요도

√ 빅데이터 분석을 위한, 자료수집 및 분석 개요

- 기상자료 : 2018년 8월 1일 ~ 12월 10일의 외부 기상자료  
(기상청 ASOS 자료 및 제주농업기술원 AWS 자료)
- 온실내부자료 : 2018년 8월 1일 ~ 12월 10일의 시설온실 내부 기온, 습도 데이터
- 온배수 자료 : 2018년 8월 1일 ~ 12월 10일의 시설온실로 유입되는 온배수 온도 데이터
- 자료 분석 : R package 중 dplyr package를 사용하여 자료를 매칭 분석하였음.
- 자료분석 중 일사량, 운량 강수량의 결측값(NA)은 0으로 대체하였고 시설온실의 내부의 기온 습도 데이터중 결측값은 제거함.
- 또한 온배수 온도가 이상치(온도가 0°C 인 경우)를 가진 경우와 시설온실의 기온이 일정한 경우도 사례에서 제외함.



(4) 빅데이터 활용 및 RNN 기계학습 결과

■ R을 이용한 자료분석 및 이상자료 필터

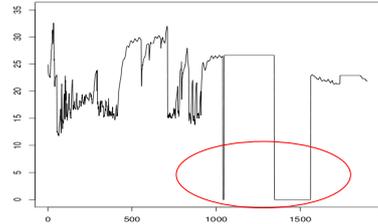
```
data0<-read.csv(paste0(wpath,"hot_waste_water_data_m7-11.csv"),header=TRUE,fileEncoding = "CP949", encoding = "UTF-8")
data0<-rename(data, TM=dataTime)
data0$TM<-gsub(":", "", gsub("-", "", data0$TM))
head(data0)

obs0<-read.csv(paste0(wpath,"ASOS_JEJU_201807-201811.csv"),header=TRUE,fileEncoding = "CP949", encoding = "UTF-8")
obs0<-rename(obs0, TM=온시)
obs0<-obs0[which(obs0$pt==stn0$pt[1]),]
obs0$TM<-gsub(":", "", gsub("-", "", obs0$TM))
obs0<-rename(obs0, temp=기온..C.)
obs0<-rename(obs0, rain=강수량..mm.)
obs0<-rename(obs0, wind=풍속..m.s.)
obs0<-rename(obs0, solar=복사..MJ.m2.)
obs0<-rename(obs0, cloud=구름량..10분율.)
obs0<-rename(obs0, humid=습도..%)
obs0<-rename(obs0, dewtemp=이슬점온도..C.)
obs0<-rename(obs0, pres=면적기압..hPa.)
obs0<-rename(obs0, gtemp=지면온도..C.)

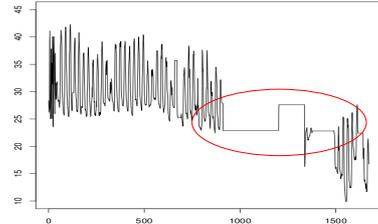
datax<-merge(obs0, data0, by="TM", all=FALSE)
```

<R을 이용한 자료분석 화면>

|   | TM           | temp | rain | wind | solar | cloud | humid | dewt | pres   | gtemp | wtemp | al    | temp |
|---|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|--------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 201807062100 | 22.0 | 0    | 4.0  | NA    | 10    | 90    | 20.2 | 1004.4 | 21.6  | 24.89 | 28.34 |      |
| 2 | 201807071600 | 22.3 | NA   | 3.4  | 0.59  | 10    | 79    | 18.4 | 1006.4 | 23.2  | 23.78 | 27.19 |      |
| 3 | 201807072000 | 20.8 | NA   | 4.7  | 0.01  | NA    | 86    | 18.3 | 1007.2 | 20.2  | 23.51 | 26.20 |      |
| 4 | 201807072200 | 20.7 | NA   | 3.8  | NA    | NA    | 88    | 18.6 | 1007.7 | 20.1  | 23.40 | 26.50 |      |
| 5 | 201807080200 | 19.6 | 0    | 3.5  | NA    | 10    | 98    | 19.2 | 1007.8 | 19.9  | 23.15 | 26.98 |      |
| 6 | 201807080800 | 20.2 | 0    | 3.4  | 0.28  | 10    | 98    | 19.8 | 1008.3 | 21.3  | 22.90 | 39.34 |      |



<온배수 자료 이상치>



<시설온실 자료 이상치>

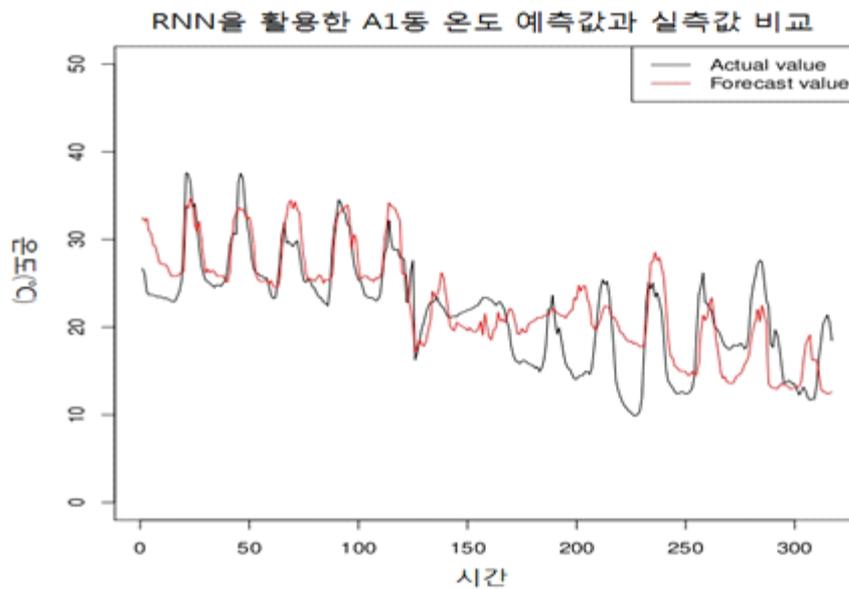
■ RNN을 활용한 기계학습 진행

```
model <- trainr(Y=trainyy, X=trainxx, learningrate=0.5, hidden_dim=16, numepochs=50)
f <- predictr(model, testxx)
fc <- f * ((max(trainn[,length(testn)])-min(trainn[,length(testn)])) + min(trainn[,length(testn)]))
```

<R을 사용하여 RNN 기계학습 구동 코드 및 결과>

■ RNN을 사용하여 시설온실의 내부 기온 예측 결과

- RNN 기계학습을 사용하여 예측된 데이터를 바탕으로 온실 내부 제어 알고리즘 입력 데이터로 활용



| TM              | Actual | Forecast |
|-----------------|--------|----------|
| 201808221000.00 | 26.70  | 33.25    |
| 201808221100.00 | 26.07  | 32.93    |
| 201808221200.00 | 24.03  | 33.26    |
| 201808221300.00 | 23.67  | 31.87    |
| 201808221400.00 | 23.71  | 31.53    |
| 201808221500.00 | 23.66  | 30.25    |
| 201808221600.00 | 23.57  | 30.11    |
| 201808221700.00 | 23.43  | 29.10    |
| 201808221800.00 | 23.51  | 28.29    |
| 201808221900.00 | 23.41  | 28.21    |
| 201808222000.00 | 23.24  | 28.25    |
| 201808222100.00 | 23.32  | 28.12    |
| 201808222200.00 | 23.16  | 27.55    |
| 201808222300.00 | 23.00  | 26.92    |
| 201808230000.00 | 22.92  | 26.78    |
| 201808230100.00 | 22.97  | 26.83    |
| 201808230200.00 | 23.54  | 26.81    |
| 201808230300.00 | 24.09  | 27.04    |
| 201808230400.00 | 25.31  | 27.29    |
| 201808230500.00 | 30.36  | 27.36    |
| 201808271100.00 | 37.61  | 34.48    |
| 201808271200.00 | 37.44  | 34.30    |
| 201808271300.00 | 36.43  | 35.44    |

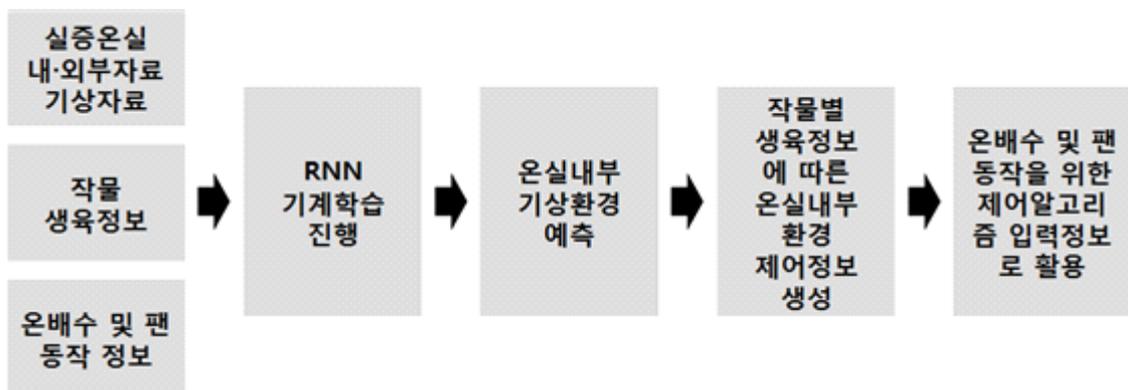
<RNN을 활용한 A동 온도 예측값과 실측값 비교결과>

■ 정확도 검증

- 실제 관측값과 모델 예측값의 정확도를 확인하기 위해 평균제곱근오차(Root Mean Square Error, RMSE)값을 사용하여 검증
- RMSE 식은 다음과 같음

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}}$$

- 관측값은 온실의 실내온도 관측값(Accure value)며 모델 예측값은 실내온도 예측값 (Forecast value)을 적용하였음.
- 검증결과 RMSE 값은 4.26으로 대체적으로 높은 정확도를 나타내었음.
- RNN 기계학습을 사용하여 예측된 데이터를 바탕으로 온실 내부 제어 알고리즘 입력데이터로 활용



바. 목표달성을 위한 업무협의 및 전략수립

| 구분       | 회의내용   |  |
|----------|--|--|
| 8월 착수회의  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 사업착수 및 수정사업계획서 작성 및 협약</li> <li>▶ 온배수열원 활용 및 아열대작물(만감류 과수)군 시설온실 대상, 업무협의</li> <li>▶ 중부발전 및 온배수열원 활용을 위한 사전업무사항 검토 및 협조 요청</li> </ul> |  |
| 회의<br>개요 | 일 시  | 2018년 8월 31일   |
|          | 회의 장소  | 제주대학교 공과대학 4호관   |
|          | 참 석 자  | 제주대학교 총괄책임자 외 교수진, 참여연구원 / (주)인터텍 / (주)에코브레인   |
|          | 회의 내용  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 주관기관(제주대학교 산학협력단 / 현○택교수) 및 참여기관간 업무협의</li> <li>- 사업착수 및 사업계획서 수정, 업무재분장 및 협약사항 검토</li> <li>- 아열대과수(감귤 및 만감류 등)의 온배수 수열원 냉·난방시스템 효과 검토</li> <li>- 1차년도 사업대상기간의 아열대과수 주요 생육시기별 업무추진내용 검토</li> <li>• 실증대상 아열대과수 시설온실에 설치대상 업무협조 요청 계획 수립</li> </ul> |

| 구분             | 회의내용  |   |
|----------------|---|---|
| 스마트팜<br>세미나 참석 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 기후변화에 따른 산업변화 대응 심포지엄 참석</li> <li>▶ 미래기후에 변화에 대응하는 제주 스마트팜 현안과 해법제안</li> </ul> |   |
| 회의<br>개요       | 일 시   | 2018년 9월 6일   |
|                | 회의 장소   | 제주 오션스위츠 호텔   |
|                | 참 석 자   | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍   |
|                | 회의 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 제주도 스마트팜 현황과 과제(농업기술원 홍○철 지도사)</li> <li>• 기상데이터와 농산물 생산성과의 연관성(한국품질재단 강○협 수석연구원)</li> <li>• 식물생체정보의 마이크로 측정과 이용(서울대학교 이○훈 교수)</li> <li>• 온실환경과 생육과의 관계(제주대학교 조○열 교수/ 본과제 참여연구원)</li> </ul> |



| 구분       | 회의내용                                    |   |
|----------|---|---|
| 농가 방문    | ▶ 온배수 활용 시설온실 농가 방문 및 선행 연구/ 기 개발 기술 검토 |   |
| 회의<br>개요 | 일 시                                     | 2018년 9월 7일   |
|          | 회의 장소                                   | 제주시 조천읍 신촌리 3224-2  |
|          | 참 석 자                                   | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍, (주)에코브레인, 시설농가   |
|          | 회의 내용                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 제주화력발전소(중부발전) 온배수활용 시설온실농가 방문 : 제주시 조천읍 신촌리 3224-2</li> <li>• 1기계실 및 2기계실 등 온배수활용 설비 및 기계실 방문</li> </ul> |



| 구분      | 회의내용  |  |
|---------|---|--|
| 9월 업무회의 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 온배수 수열원 실증운영 자료 분석 및 검토</li> <li>▶ 실증데이터 기반, 모니터링시스템 자료 및 구축내용 분석</li> </ul> |  |

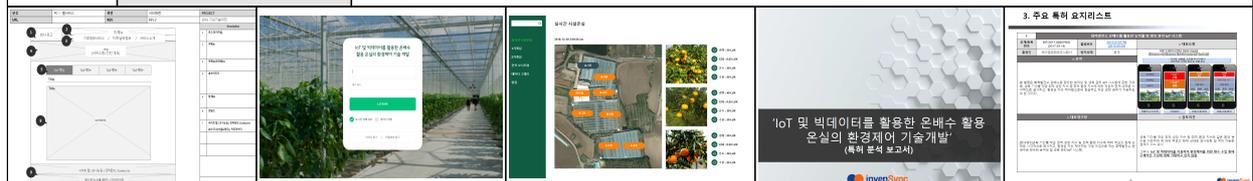
|          |       |   |
|----------|-------|---|
| 회의<br>개요 | 일 시   | 2018년 9월 20일  |
|          | 회의 장소 | 중부발전 제주지사 인근  |
|          | 참 석 자 | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍, 온배수 수열원 활용 선행연구기관 등  |
|          | 회의 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농림축산식품부 연구과제 추진사항 공유</li> <li>• 시설농가 온배수 수열원 실증운영자료 수집 및 분석</li> <li>• 온배수 모니터링시스템 내, 자료 검토 및 재분석</li> <li>• 향후 추진 사항 협의 및 보고</li> </ul> |



| 구분                   | 회의내용  |  |
|----------------------|---|--|
| <b>11월 업무회의 및 추진</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 시설온실 환경계측을 위한 센서 설치</li> <li>▶ 중부발전 본부장, 시설온실 방문 및 2차년도 참여의사 확인</li> </ul> |  |
| <b>회의 개요</b>         | <b>일 시</b>  | 2018년 11월 2일   |
|                      | <b>회의 장소</b>  | 제주시 조천읍 신촌리 3224-2   |
|                      | <b>참 석 자</b>  | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍, (주)에코브레인, 시설농가, 중부발전  |
|                      | <b>회의 내용</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설온실 환경계측을 위한 센서 설치</li> <li>• 중부발전 본부장, 시설농가 방문 및 설비구축사항, 업무추진 사항 보고</li> <li>• 향후, 본 과제 관련 업무 협조 제안 및 2차년도 사업참여의사 타진</li> </ul> |



| 구분                    | 회의내용  |   |
|-----------------------|---|---|
| <b>11월 교육 및 특허컨설팅</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 농림부 시설온실 복합환경제어 관련 시스템 구축 업무회의 및 진행</li> <li>▶ 특허관련 전문가 자문 및 특허컨설팅 진행</li> </ul> |   |
| <b>회의 개요</b>          | <b>일 시</b>  | 2018년 11월 수시 진행   |
|                       | <b>회의 장소</b>  | 제주대학교 공과대학 4호관  |
|                       | <b>참 석 자</b>  | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍, 테크로이드, (주)인벤티스   |
|                       | <b>회의 내용</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농림부 시설온실 복합환경제어 관련 시스템 구축 업무회의 및 진행               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 착수, 스토리보드 제작, 웹 기반 모니터링시스템 구축 및 협의</li> </ul> </li> <li>• 특허관련 전문가 자문 및 특허컨설팅 진행</li> </ul> |



2. 2차년도 연구수행 내용 및 결과

| 2차년도 연구목표                  |  | 생산성 향상을 위한 재배환경변수를 복합적으로 고려한 인공지능 환경제어시스템의 온배수 활용, 아열대과수 실증사이트 구축 및 운영(구축 범위 : CO <sub>2</sub> , 방재, 제습, CCTV) |   |  |
|----------------------------|--|--|---|--|
| 구분                         | 기관명  | 세부연구목표   | 연구개발 수행내용                                       | 연구결과   |
| 2<br>차<br>년<br>도<br>(2019) | 제주대학교<br>산학협력단                                   | 데이터 기반, 생산성 및 품질향상을 위한 IoT 알고리즘 제어 기술 고도화  | 모의환경실험을 통한 환경제어 시스템 성능개선, 실증사이트 적용              | 온배수 수열원 활용 및 실증 vs 미활용 대조군 농업기술원 실험데이터수집 및 분석 (모의환경실험)<br>아열대과수의 시설온실의 냉·난방제어 및 복합환경제어 실증, 생육계측데이터 수집                    |
|                            |  |  | 온배수활용 기반, 냉·난방 시스템 시설온실 적용 및 실증데이터 수집           | 온배수 활용, 시설온실 냉·난방운전데이터 수집, 냉·난방에 따른 생육데이터 계측   |
|                            |  | 고품질 아열대작물의 생육 최적화를 위한 온실 복합환경 제어시스템 실증적용   | 다양한 변수를 고려한 환경제어 시스템 구축 및 실증사이트 적용              | 온배수, 냉·난방, 제습, 가습, CO <sub>2</sub> 공급, 관수, 조명, 커튼 등 시설온실 장비 및 통합센서 간 IoT 통신을 통한 자동제어가 가능한 환경제어 알고리즘 및 소프트웨어의 실증사이트 적용    |
|                            |  | 다양한 아열대작물별 온배수 활용, 복합환경제어시스템 융합 개발   | 블러드오렌지, 레드향 등 다양한 작물별 온배수 활용 & 복합환경제어시스템 융합 개발  | 원격 제어 및 APP 등을 활용한 실시간 모니터링시스템 개발<br>다양한 작물별, 시설온실환경에 따른 다양한 제어시스템 구축  |
|                            |  | 생체정보와 환경정보와 상관분석 및 생육모델링   | 통계적 방법과 상관,회귀분석을 통한 생체정보vs환경정보 분석               | 생체정보vs환경정보 분석과 관수알고리즘 도출 및 고도화   |
|                            | (주)인터텍   | 실증사이트 온배수 활용기반, 생육환경 제어 및 통합관리 시스템 개발  | 시설농가 대상, 실증사이트 통합제어 및 모니터링시스템 구축                | IoT 기반, 표준통신 프로토콜 개발<br>최적환경제어 실증을 위한 관측설비 및 환경제어설비 적용<br>-관수, CO <sub>2</sub> 제어반, CCTV 등 웹기반, 통합모니터링시스템 구축<br>시스템 유지보수 |
|                            |  | CO <sub>2</sub> , 방재, 제습, 환경제어시스템 구축   | 시설농가 온실 내, CO <sub>2</sub> , 방재, 제습, 환경제어시스템 구축 | 시설농가 온실 내, CO <sub>2</sub> 공급 설비 구축, 제습 및 환기 설비 적용, 자동방재감시용 CCTV 적용<br>광합성제어를 위한 생육계측 및 시운전, 수정 보완                       |
|                            | (주)에코 브레인  | 온배수+외부 환경+시설온실 빅데이터 활용 및 RNN기반 통합 환경 제어시스템 구축  | 온배수 사용 시기, 전력사용량 등 빅데이터 분석                      | 온배수 시기별, 냉·난방운전 모드, 전력사용량 등 빅데이터 분석 및 처리   |
|                            |  |  | 실증데이터 분석 기반, 주요 정량적 영향인자 및 요소값 도출               | 실증데이터 분석 기반, 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등 정량적효과 수집, 분석   |
|                            |  |  | 외부환경변화에 유동적인 시설온실 환경요소 분석                       | 냉·난방, 습도, CO <sub>2</sub> , 환기 등 환경요소 제어 변수 설정<br>실증 데이터 분석 기반 단계별, 계절별, 작물별 다양한 환경 제어 방안 도출                             |
| 통합관리시스템 내, 빅데이터 분석 및 모듈 적용 | 온배수 vs 외부환경 vs 시설온실 등 복합환경 빅데이터 분석을 통한 생육관리모델 개발 | 복합환경 빅데이터 분석을 통한 생육관리모델의 통합시스템 내 적용 및 가시화  |   |  |

| 구분                         | 기관명        | 세부연구목표   | 연구개발 수행내용  | 연구결과  |
|----------------------------|------------|--|--|---|
| 2<br>차<br>년<br>도<br>(2019) | 한국<br>중부발전 | 온배수를 활용한 수열원<br>공급설비 성능개선 및<br>유지보수            | 다수열원 공급을 위한 설비 개선                                | 다수 열원 공급에 대한 Case분석<br>히트펌프 운전제어, 열량분배 등<br>다수 열원제어 분석  |
|                            |            |  | 농가 안정적 열원공급을 위한<br>열원공급계획 수립                     | 농가 안정적 열원공급을 위한<br>계절별 수요값 예측 모델 개발   |
|                            |            |  | 열교환기 관리 및 유지보수를<br>위한 기술확보, 매뉴얼 작성               | 내부식성, 저파울링 성능을 갖는<br>고집적 고성능 열교환기 관리,<br>유지보수 기술 확보와 매뉴얼화   |
|                            |            |  | 난방용 고온출수에 대한 내구성<br>기술 확보                        | 시설농가 및 수용가 Needs에<br>적합한 난방용 고온출수의<br>내구성 기술 확보   |
|                            |            | 시설농가 수열원 활용,<br>열량 공급량 확인을 위한<br>설비, 기술모니터링시스템 | 온배수 수열원 설비 및 기술<br>모니터링시스템 구축                    | 온배수, 열교환기를 통한 열회수,<br>관로를 통한 이송, 히트펌프 성능<br>등에 설비시스템 구축 및<br>통합 모니터링 내 적용   |
|                            |            |  | 열교환기 파울링 해석 Tool개발                               | 고집적화를 위한 열교환 집적도<br>200kW/m <sup>2</sup> , 총괄열전달계수 5000W/mK,<br>700kW급 용량의 열교환기 및<br>파울링 해석 툴 개발  |
|                            |            |  | 국내 최초, 온배수를 활용한<br>신재생에너지 REC 발급을 위한<br>제반 업무 추진 | 국내 최초 온배수를 활용한 신재생<br>에너지 REC 발급을 위한 온배수 활용<br>모니터링시스템 및 수열원 공급에<br>따른 농가 경제적 효과 분석<br><br>REC 인증서 발급을 위한 제반업무 추진<br>(MOU/기술이전 및 기부체납, 정책<br>활동 연계 등) |

가. 데이터기반, 생산성 및 품질향상을 위한 IoT 알고리즘 및 제어기술 고도화

(1) 모의환경 실험을 통한 환경제어시스템 성능 개선 및 실증사이트 적용

- 제주특별자치도 서귀포농업기술원 아열대과수(블러드오렌지) 대상, 모의실험환경 구축 및 시뮬레이션을 위한 가상환경요소 / 변수 / 제어 등 모의환경 실험 실시



<서귀포농업기술원 모의실험군(블러드오렌지)>  
생육정보 계측을 위한 잎 채취 및 과실 크기 측정

<제주도 조천읍 시설농가  
실증사이트(블러드오렌지)>  
생육정보 계측을 위한 잎 채취 및 과실 크기 측정

■ 모의환경시험을 위한 시뮬레이션 설정 및 Test

- 서귀포농업기술원의 아열대과수(블러드오렌지) 및 실증사이트 블러드오렌지의 생육상태 및 시설온실 환경에 따른 비교검증 및 Test를 위해 각각의 생육정보 계측 및 시설온실 내 복합환경계측 데이터 수집 및 DB화가 필요
- 빅데이터 자료를 활용한 시뮬레이터 개발 : 환경자료와 식물 생육과의 관계를 Input값으로 프로그램에 넣어 재배 일수에 따른 생육 진행 정도를 알 수 있는 시뮬레이터를 개발하고자 함.
- 최적 환경 생육 조건이 제시될 경우, 설정값에 따라 시뮬레이션 결과값이 나올 것이고 이를 비교함으로써 농가에 활용할 수 있을 것으로 기대
- 본 실증대상인 제주도 조천읍 시설농가 실증사이트 아열대과수(블러드오렌지)와 서귀포농업기술원 아열대과수(블러드오렌지)의 생육 및 과수의 품질을 좌우하는 생육환경조건에 대한 기초 데이터를 수집하고, 시뮬레이션 및 환경변수 조절을 통한 실측값과의 비교 검증을 실시
- 아열대과수(블러드오렌지)의 생육에 영향을 미치는 생육환경요소로는 온도/습도/CO<sub>2</sub> 농도/ 토양함수율/토양영양/ 광도 등의 요소가 있으며, 두 실험군에 대한 환경의 차이에 따라 과실의 생육 및 품질, 수확시기 등의 영향을 파악하기 위해 비교분석 및 데이터 시뮬레이션을 위한 모의환경시험의 input data로 적용하였음.



<온실 환경 자료와 재배 일수 설정으로 모의 시뮬레이션>

■ 아열대과수(블러드오렌지) 대상, 서귀포농업기술원과 실증사이트의 생육, 환경계측 데이터 수집



실증사이트

- 온배수 수열원 활용, 실증사이트 시설온실은 제주특별자치도 제주시 조천읍 신촌리 3224-2에 위치하고 있으며, 블러드오렌지를 재배중인 시설온실은 B동으로 인근에 온배수 수열원 활용설비 및 설비제어시스템이 구축된 제2기계실과 관수, 양액설비가 설치되어 있음.
- 서귀포농업기술원의 아열대과수(블러드오렌지)와 본 연구의 실증사이트의 아열대과수(블러드오렌지)의 환경변화에 따른 생육변화를 비교 분석함. 서귀포농업기술원 블러드오렌지 나무군(이하, D나무군)과 생육상태가 가장 유사한 나무군으로 실증사이트 블러드오렌지나무(이하, A나무군)의 과실크기 및 잎의 생육변화를 비교 분석함.



<A나무>

<B나무>

<C나무>



<아열대과수(블러드오렌지) 생육 및 환경측정>

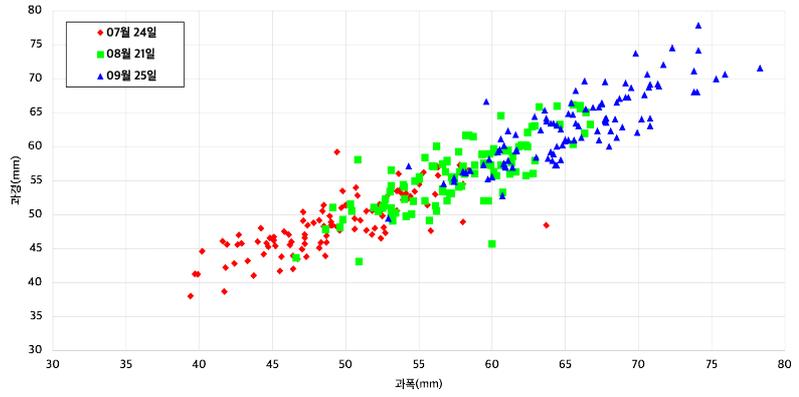
- 서귀포농업기술원 블러드오렌지(이하, D나무군)를 동서남북 4방향으로 5개씩 총 20개의 과실크기를 측정하고 라벨링함. 또한 같은 방법으로 서귀포농업기술원의 잎을 샘플 채취하고, 생육정보를 측정함.(보통 잎은 새 순이 나는 시점에 채취함. 봄순 또는 여름순)

※ 블러드오렌지 생육데이터의 경우 부록 1.3 참조

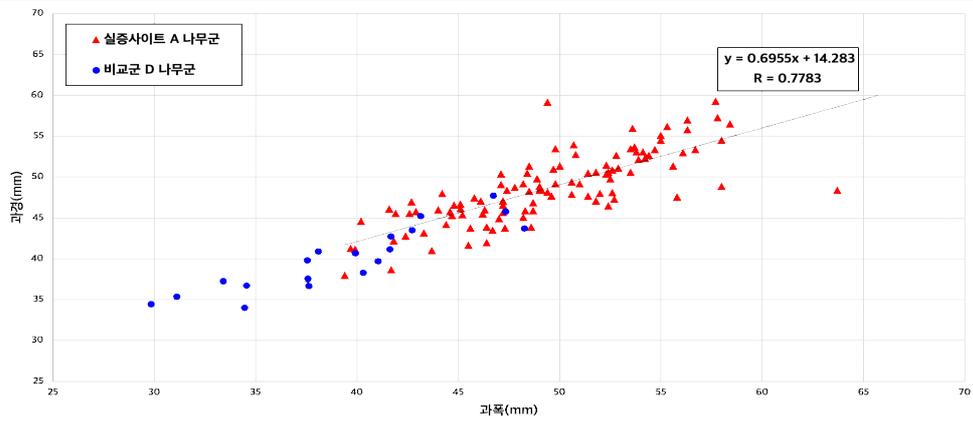
D나무군(서귀포 농업기술원) vs A나무군(온배수 수열원 실증사이트) 과실크기 비교



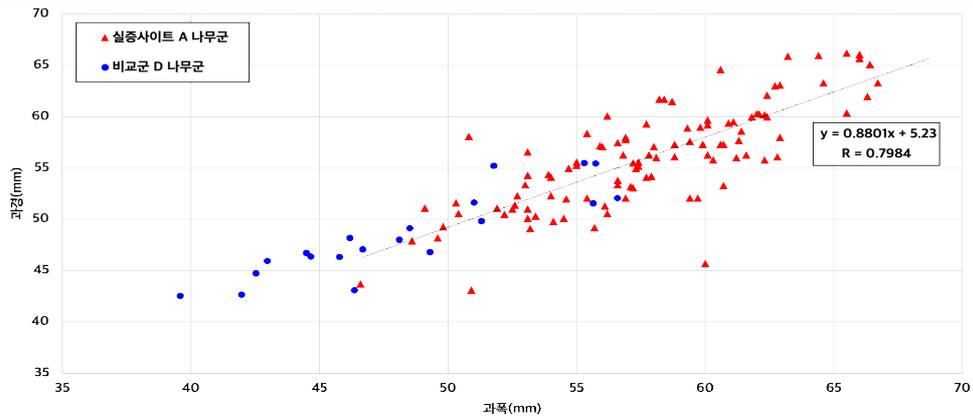
실증사이트 A 나무군 과실크기



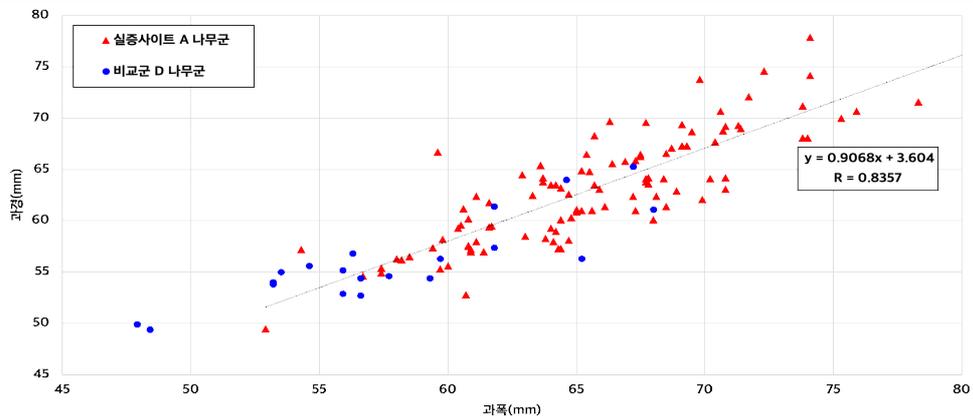
7  
월  
24  
일



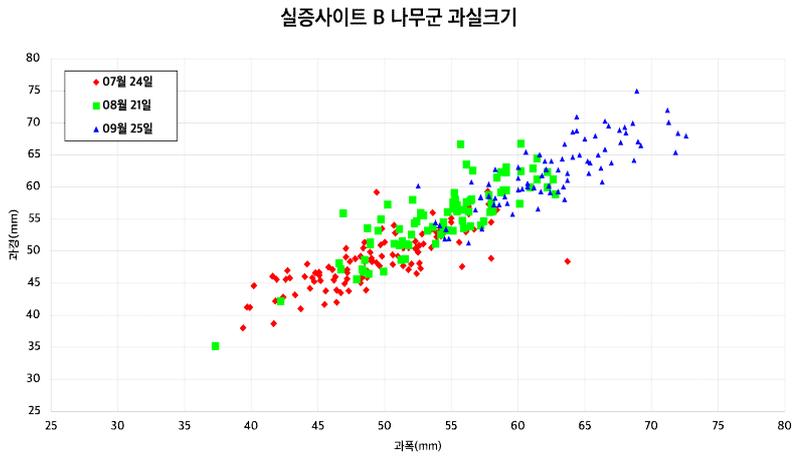
8  
월  
21  
일



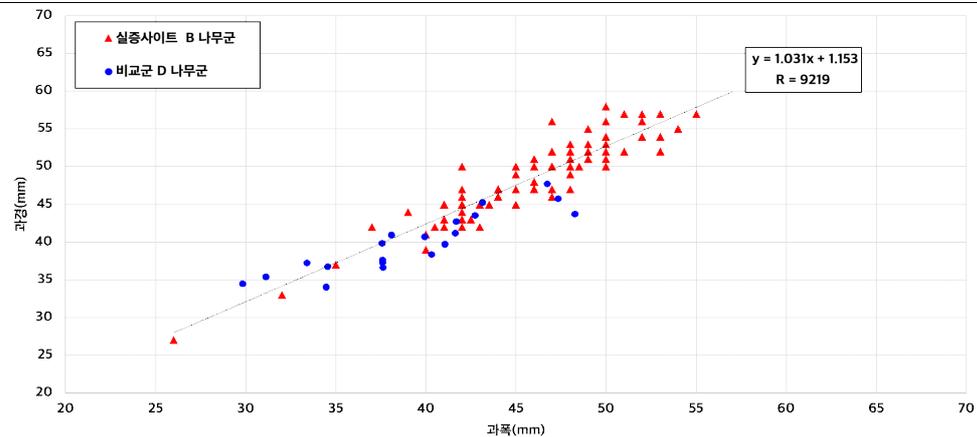
9  
월  
25  
일



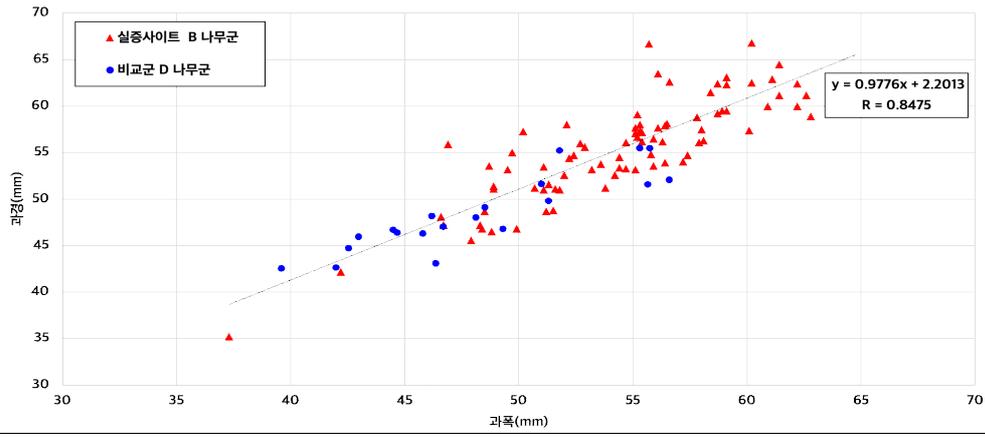
D나무군(서귀포 농업기술원) vs B나무군(온배수 수열원 실증사이트) 과실크기 비교



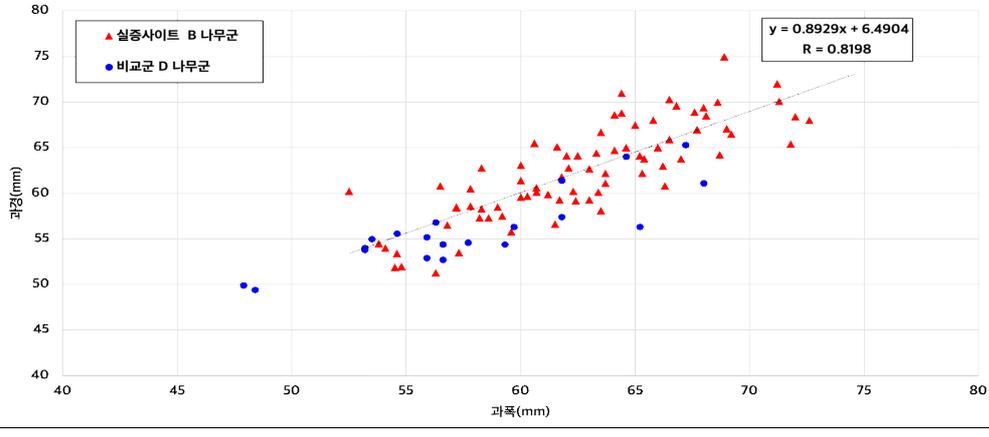
7  
월  
24  
일



8  
월  
21  
일



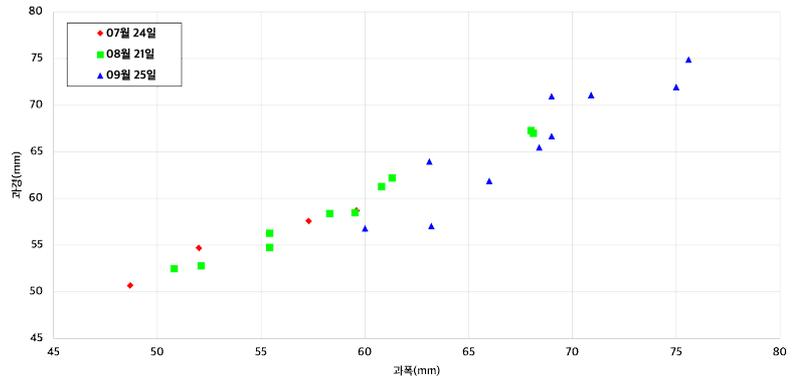
9  
월  
25  
일



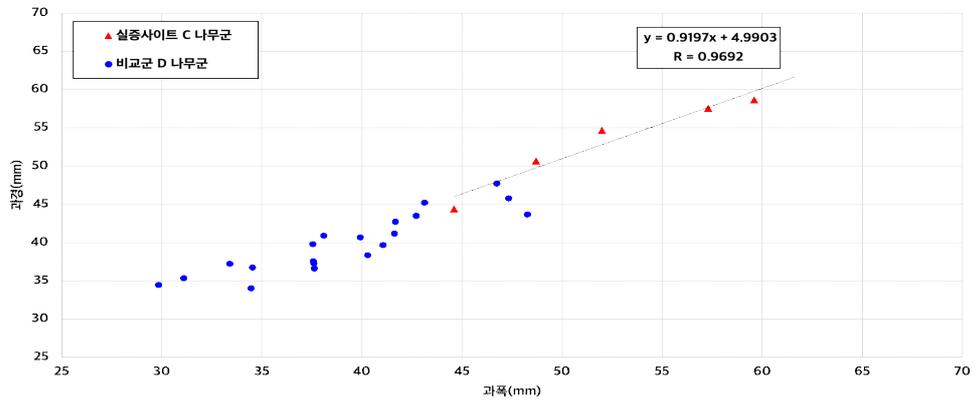
D나무군(서귀포 농업기술원) vs C나무군(온배수 수열원 실증사이트) 과실크기 비교



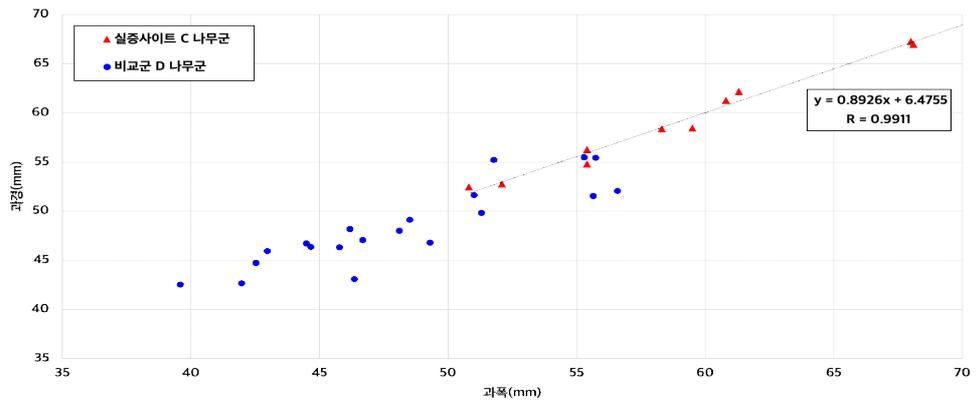
실증사이트 C 나무군 과실크기



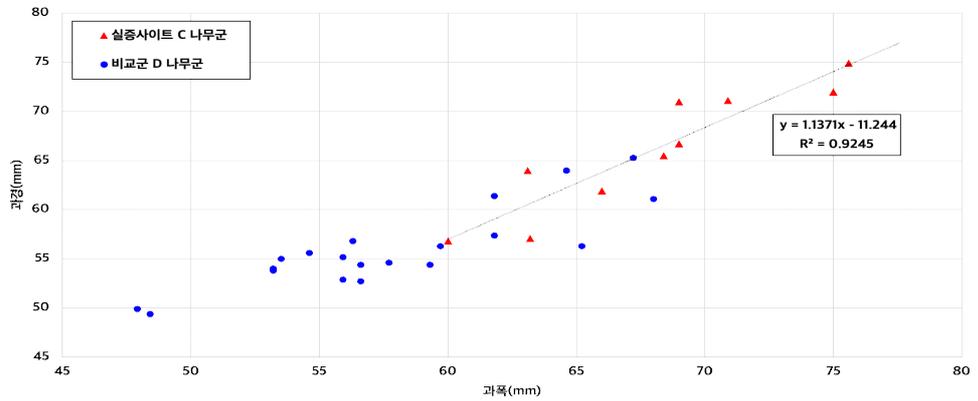
7  
월  
24  
일



8  
월  
21  
일

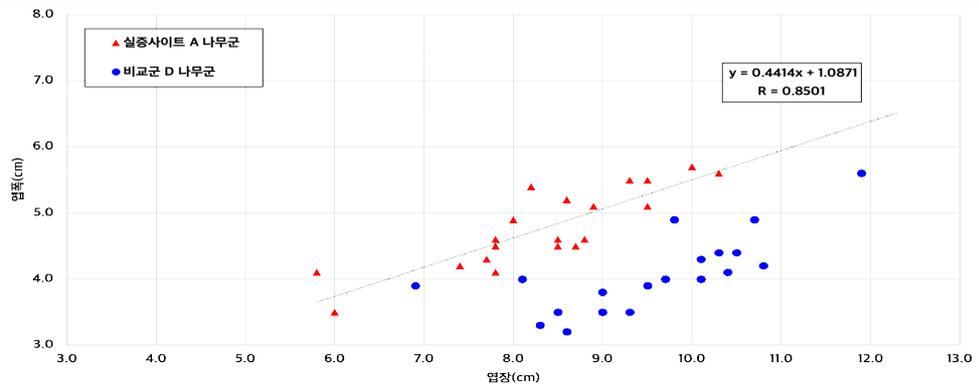


9  
월  
25  
일

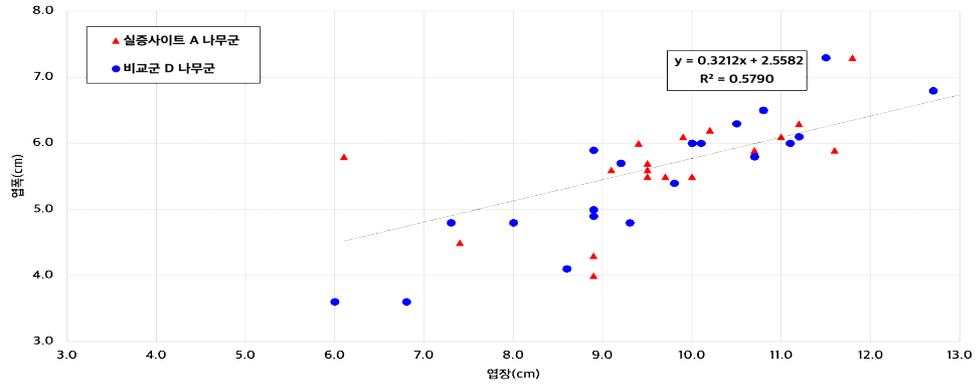


### D나무 vs A나무 생육변화 - 엽장 및 엽폭

7  
월  
24  
일

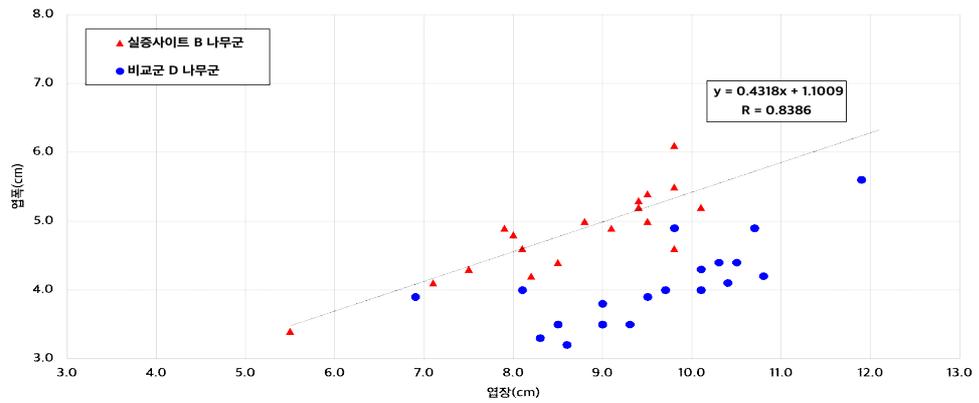


9  
월  
25  
일

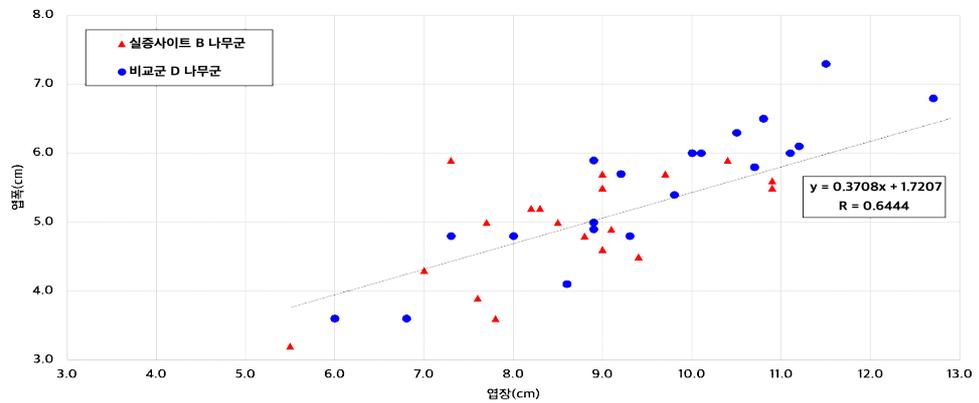


### D나무 vs B나무 생육변화 - 엽장 및 엽폭

7  
월  
24  
일

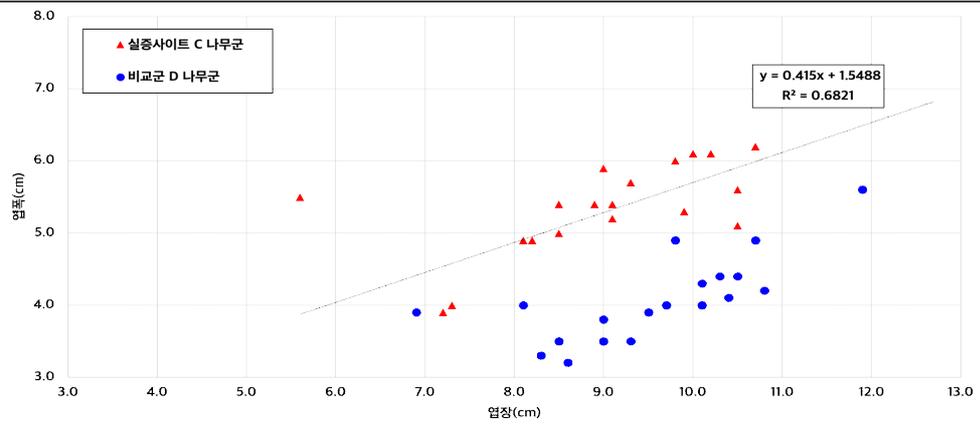


9  
월  
25  
일

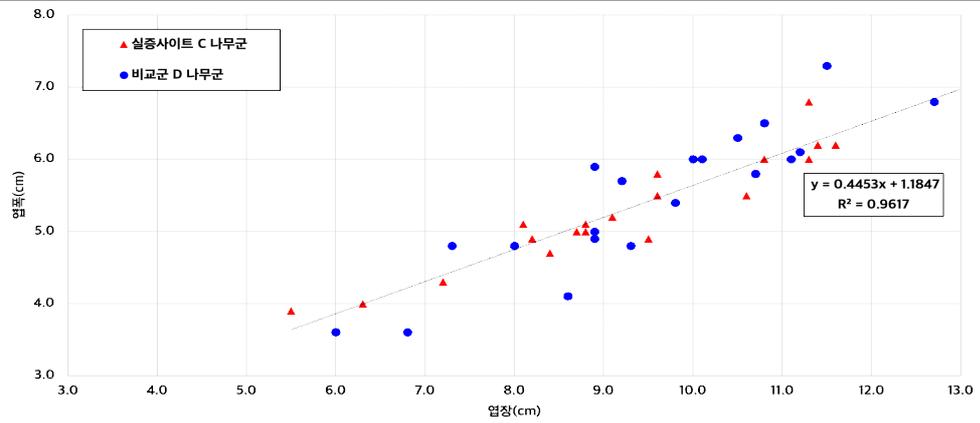


### D나무 vs C나무 생육변화 - 엽장 및 엽폭

7  
월  
24  
일



9  
월  
25  
일



- (2) 온배수 수열원 활용 기반, 시설온실 냉·난방시스템 운전 및 실증데이터 수집 및 분석
- 온배수 수열원 활용 실증사이트 인근, 외부기상데이터 수집 및 분석 - 제주기상대(제주 184)

**기상청 ASOS(제주 184) - 외부기상데이터 분석**

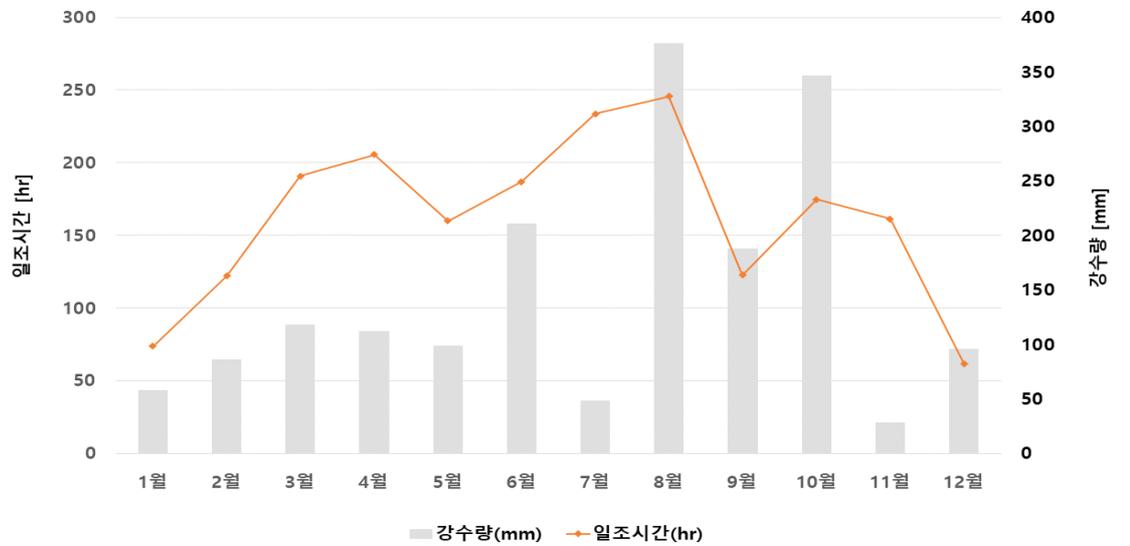
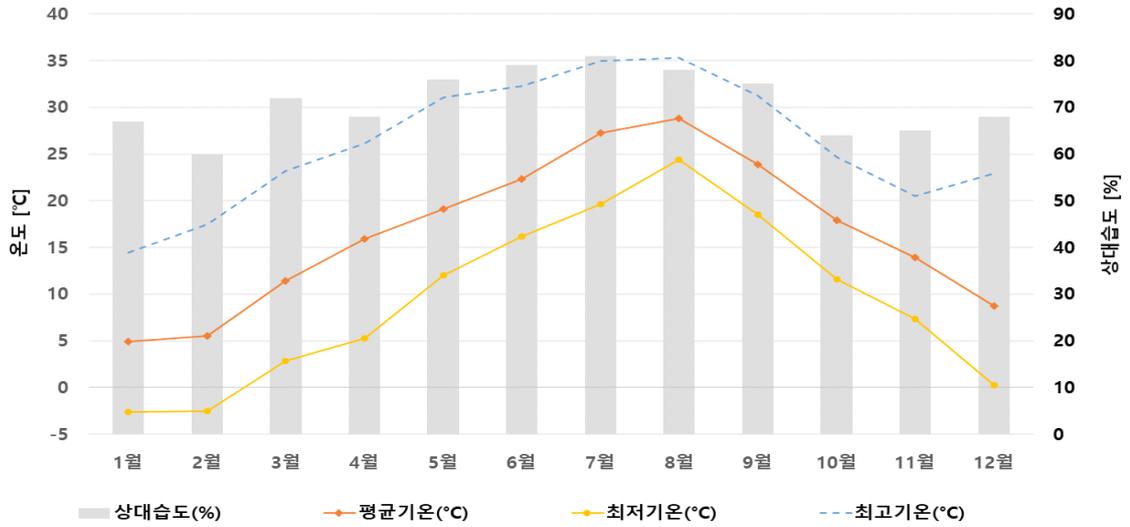


온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실 인근, 외부기상 자료 수집을 위한 2018, 2019년 제주기상대(기상청) ASOS 자료 수집 및 외부환경 분석

| 구분    | 평균기온 (°C) | 평균최고기온 (°C) | 연간강수량 (mm) | 평균상대습도 (%) | 평균평균풍속 (m/s) | 연간일조시간 (hr) |
|-------|-----------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|
| 2018년 | 16.63     | 26.18       | 1769.5     | 71.08      | 3.10         | 1939.7      |
| 2019년 | 17.78     | 26.87       | 1904.2     | 71         | 2.96         | 1647.9      |

※ 월별 기상정보는 부록 1.1 참조

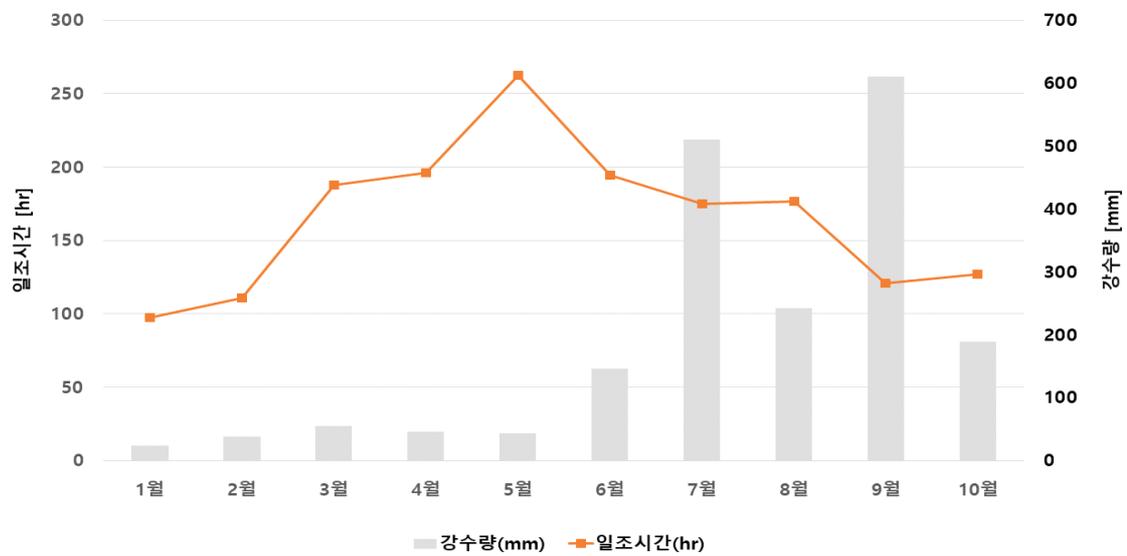
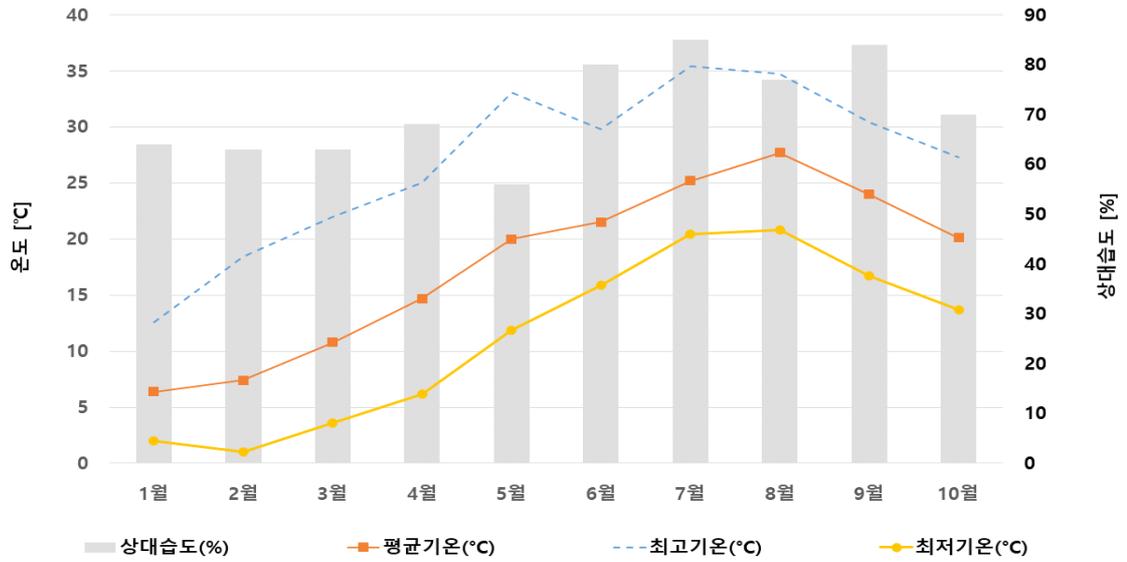
기상청 ASOS(제주 184) - 2018년 외부기상데이터 분석



■ 2018년 제주기상대 ASOS 기상데이터 특성

- 2018년 상대습도는 7월이 81%로 가장 높고, 2월이 60%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 28.8°C로 가장 높고 1월이 4.9°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 24.4°C로 가장 높고 1월이 -2.6°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 35.3°C로 가장 높고 1월이 14.4°C로 가장 낮음.
- 일조시간은 8월이 245.7hr로 가장 높고 12월이 61.9hr로 가장 낮음.
- 강수량은 8월이 376.5mm로 가장 높고 11월이 28.6mm로 가장 낮음.

기상청 ASOS(제주 184) - 2019년 외부기상데이터 분석



■ 2019년 제주기상대 ASOS 기상데이터 특성

- 2019년 상대습도는 7월이 85%로 가장 높고, 5월이 56%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 27.7°C로 가장 높고 1월이 6.4°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 20.8°C로 가장 높고 2월이 1°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 35.4°C로 가장 높고 1월이 12.6°C로 가장 낮음.
- 일조시간은 5월이 262.3hr로 가장 높고 1월이 97.5hr로 가장 낮음.
- 강수량은 9월이 610.6mm로 가장 높고 1월이 24.2mm로 가장 낮음.

■ 서귀포농업기술원 시설온실 인근, 외부기상데이터 수집 및 분석 - 서귀포기상대(서귀포 189)

기상청 ASOS(서귀포 189) - 외부기상데이터 분석

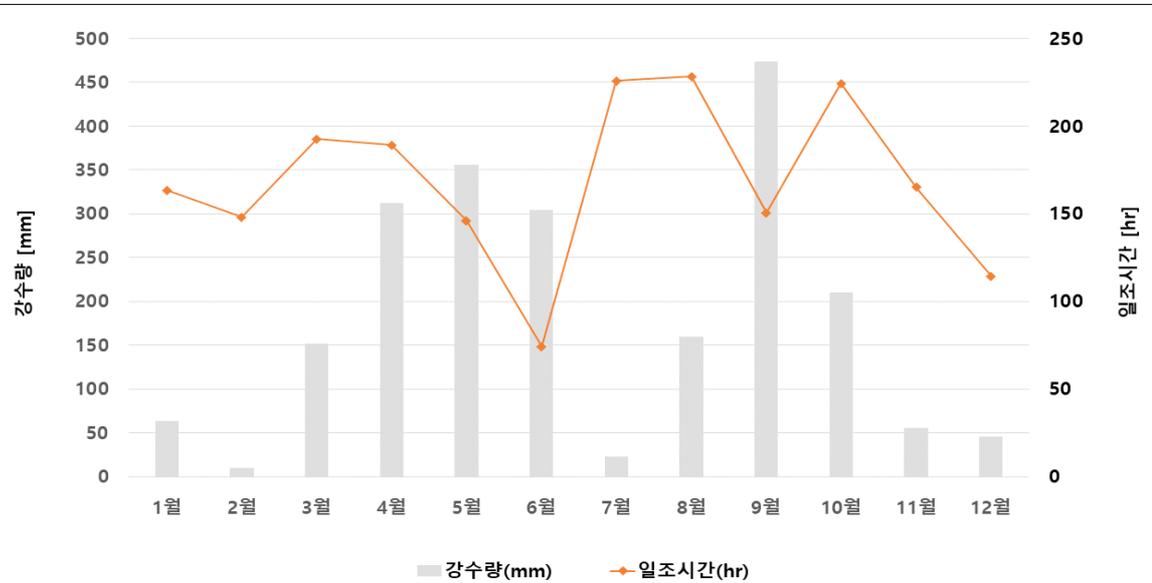
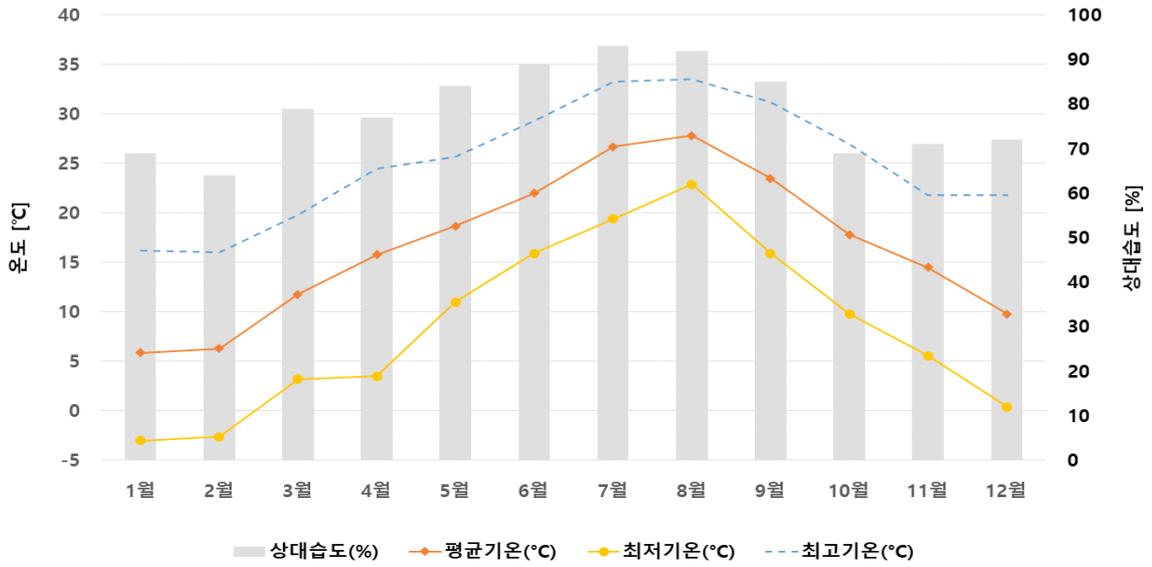


비교대조군의 서귀포농업기술원 시설온실 인근, 외부기상 자료 수집을 위한 2018, 2019년 서귀포기상대(기상청) ASOS 자료 수집 및 외부환경 분석

| 구분    | 평균기온 (°C) | 평균최고기온 (°C) | 연간강수량 (mm) | 평균상대습도 (%) | 평균평균풍속 (m/s) | 연간일조시간 (hr) |
|-------|-----------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|
| 2018년 | 16.72     | 25.01       | 8.5        | 2166.2     | 78.67        | 1.81        |
| 2019년 | 18.12     | 25.75       | 11.08      | 2094.1     | 78.7         | 1.78        |

※ 월별 기상정보는 부록 1.1 참조

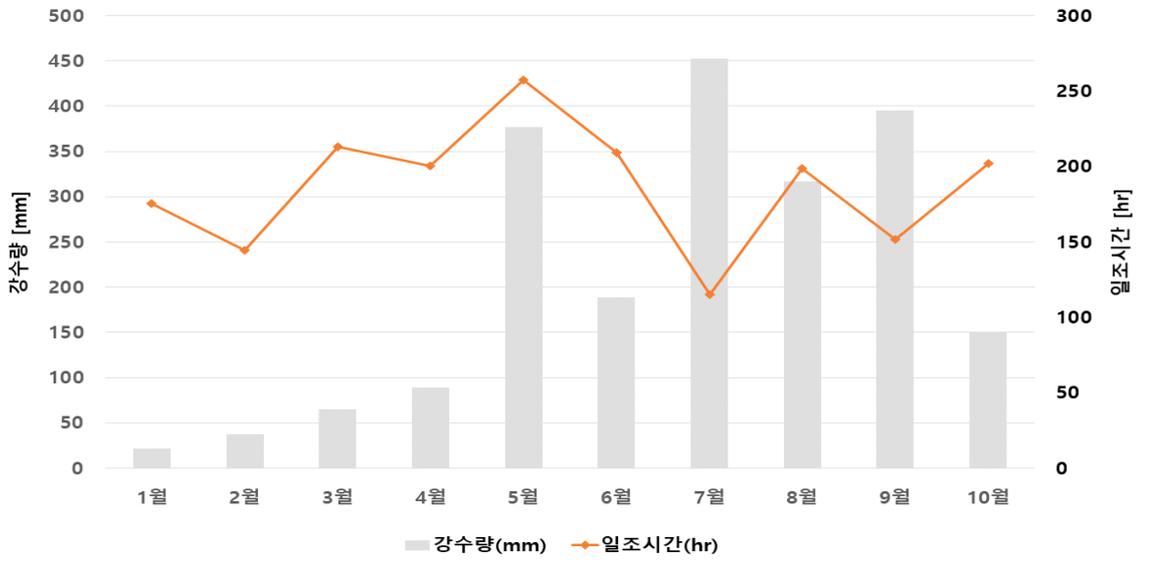
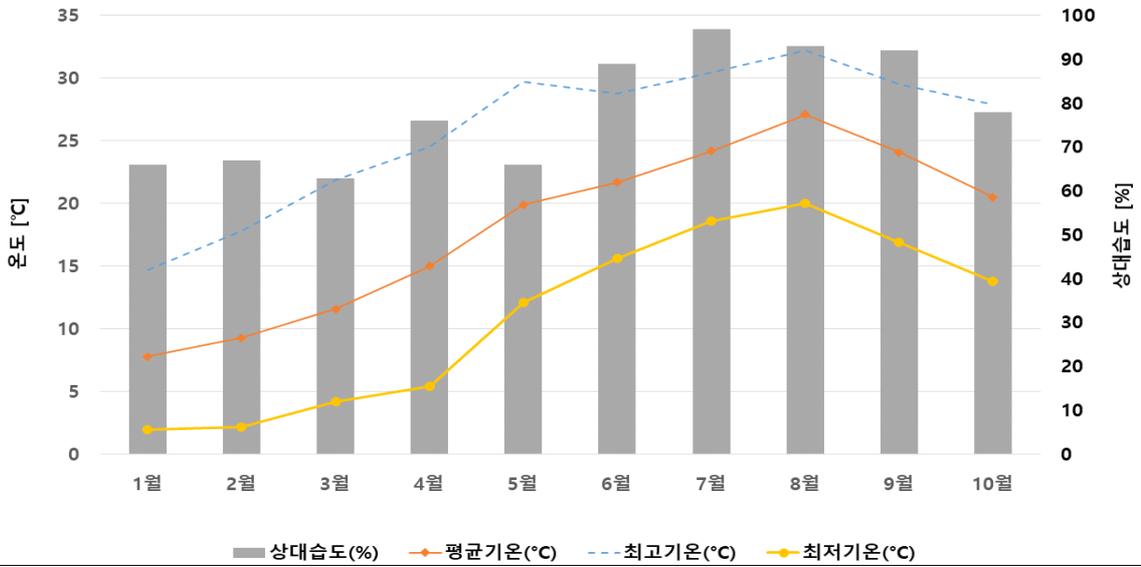
기상청 ASOS(서귀포 189) - 2018년 외부기상데이터 분석



■ 2018년 서귀포기상대 ASOS 기상데이터 특성

- 2018년 상대습도는 7월이 93%로 가장 높고, 2월이 64%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 27.8°C로 가장 높고 1월이 5.9°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 22.9°C로 가장 높고 1월이 -3°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 33.5°C로 가장 높고 2월이 16°C로 가장 낮음.
- 일조시간은 8월이 228.4hr로 가장 높고 6월이 74.4hr로 가장 낮음.
- 강수량은 9월이 473.8mm로 가장 높고 2월이 10.5mm로 가장 낮음.

기상청 ASOS(서귀포 189) - 2019년 외부기상데이터 분석



■ 2018년 서귀포기상대 ASOS 기상데이터 특성

- 2019년 상대습도는 7월이 97%로 가장 높고, 3월이 63%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 27.1°C로 가장 높고 1월이 7.8°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 20°C로 가장 높고 1월이 2°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 32.2°C로 가장 높고 1월이 14.7°C로 가장 낮음.
- 일조시간은 5월이 257.3hr로 가장 높고 7월이 115.3hr로 가장 낮음.
- 강수량은 7월이 452.1mm로 가장 높고 1월이 21.7mm로 가장 낮음.

■ 온배수 수열원 활용 실증사이트 인근, 외부기상데이터 수집 및 분석 - 농업기술원 신촌리 AWS

농업기술원 신촌리 AWS - 외부기상데이터 분석



온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실 인근, 외부기상 자료 수집을 위한 2018, 2019년 서귀포기상대(기상청) ASOS 자료 수집 및 외부환경 분석

| 구분    | 평균기온 (°C) | 평균최고기온 (°C) | 연간강수량 (mm) | 평균상대습도 (%) | 평균평균풍속 (m/s) | 연간일조시간 (hr) |
|-------|-----------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|
| 2018년 | 15.30     | 26.63       | 37.33      | 16.18      | 16.70        | 76.70       |
| 2019년 | 16.51     | 27.20       | 39.25      | 17.57      | 17.86        | 76.23       |

※ 월별 기상정보는 부록 1.1 참조

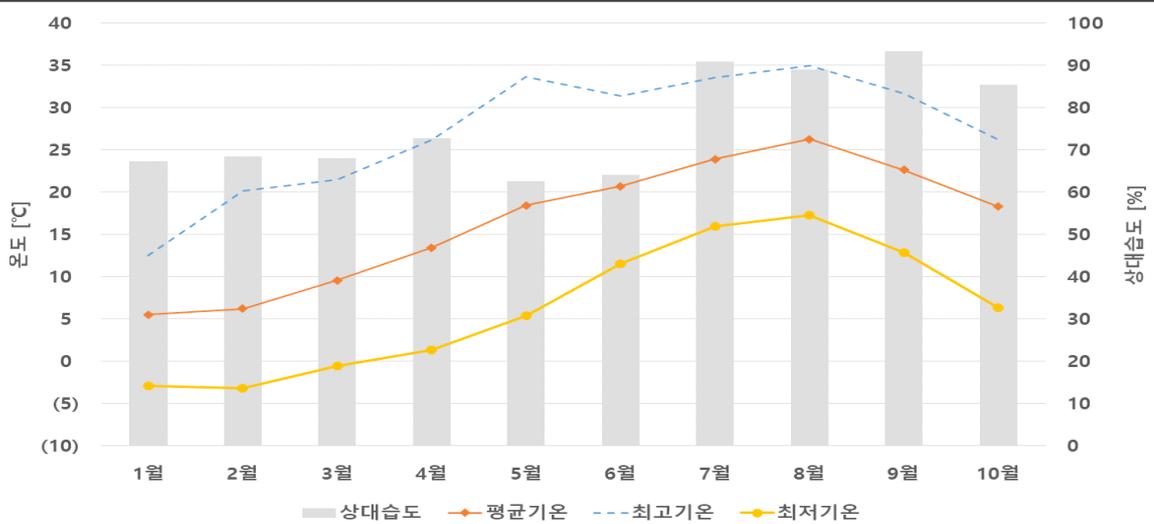
농업기술원 신촌리 AWS - 2018년 외부기상데이터 분석



■ 2018년 농업기술원 신촌리 AWS 기상데이터 특성

- 2018년 상대습도는 7월이 83.93%로 가장 높고, 2월이 66.22%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 27.72°C로 가장 높고 1월이 3.8°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 21.7°C로 가장 높고 2월이 -5.2°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 35.5°C로 가장 높고 1월이 15.3°C로 가장 낮음.

농업기술원 신촌리 AWS - 2019년 외부기상데이터 분석



■ 2019년 농업기술원 신촌리 AWS 기상데이터 특성

- 2019년 상대습도는 9월이 93.3%로 가장 높고, 5월이 62.69%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 26.31°C로 가장 높고 1월이 5.52°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 17.3°C로 가장 높고 2월이 -3.2°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 35°C로 가장 높고 1월이 12.5°C로 가장 낮음.

■ 온배수 수열원 활용 실증사이트 인근, 외부기상데이터 수집 및 분석 - 농업기술원 서귀포 AWS

농업기술원 서귀포 AWS - 외부기상데이터 분석

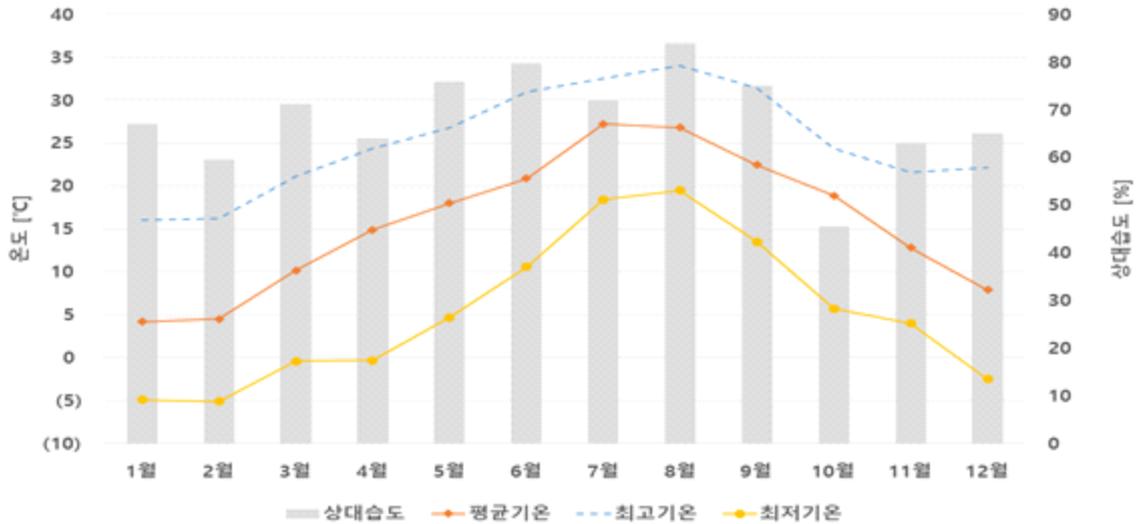


비교대조군의 서귀포농업기술원 시설온실 인근, 외부기상 자료 수집을 위한 2018, 2019년 농업기술원 서귀포 AWS 자료 수집 및 외부환경 분석

| 구분    | 평균기온 (°C) | 평균최고기온 (°C) | 평균토양수분 함유량 | 평균초상온도 (°C) | 평균지중온도 (°C) | 평균상대습도 (%) |
|-------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| 2018년 | 15.30     | 26.63       | 37.33      | 16.18       | 16.70       | 76.70      |
| 2019년 | 16.51     | 27.20       | 39.25      | 17.57       | 17.86       | 76.23      |

※ 월별 기상정보는 부록 1.1 참조

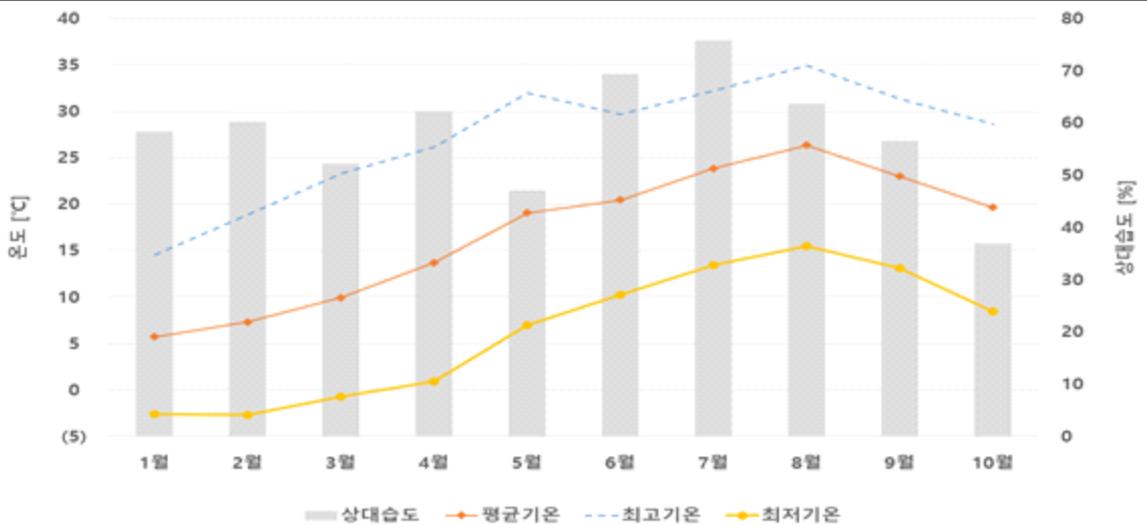
### 농업기술원 서귀포 AWS - 2018년 외부기상데이터 분석



#### ■ 2018년 농업기술원 서귀포 AWS 기상데이터 특성

- 2018년 상대습도는 8월이 83.98%로 가장 높고, 2월이 59.56%로 가장 낮음.
- 평균기온은 7월이 27.24°C로 가장 높고 1월이 4.19°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 19.5°C로 가장 높고 2월이 -5.1°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 34°C로 가장 높고 1월이 16°C로 가장 낮음.

### 농업기술원 신촌리 AWS - 2019년 외부기상데이터 분석



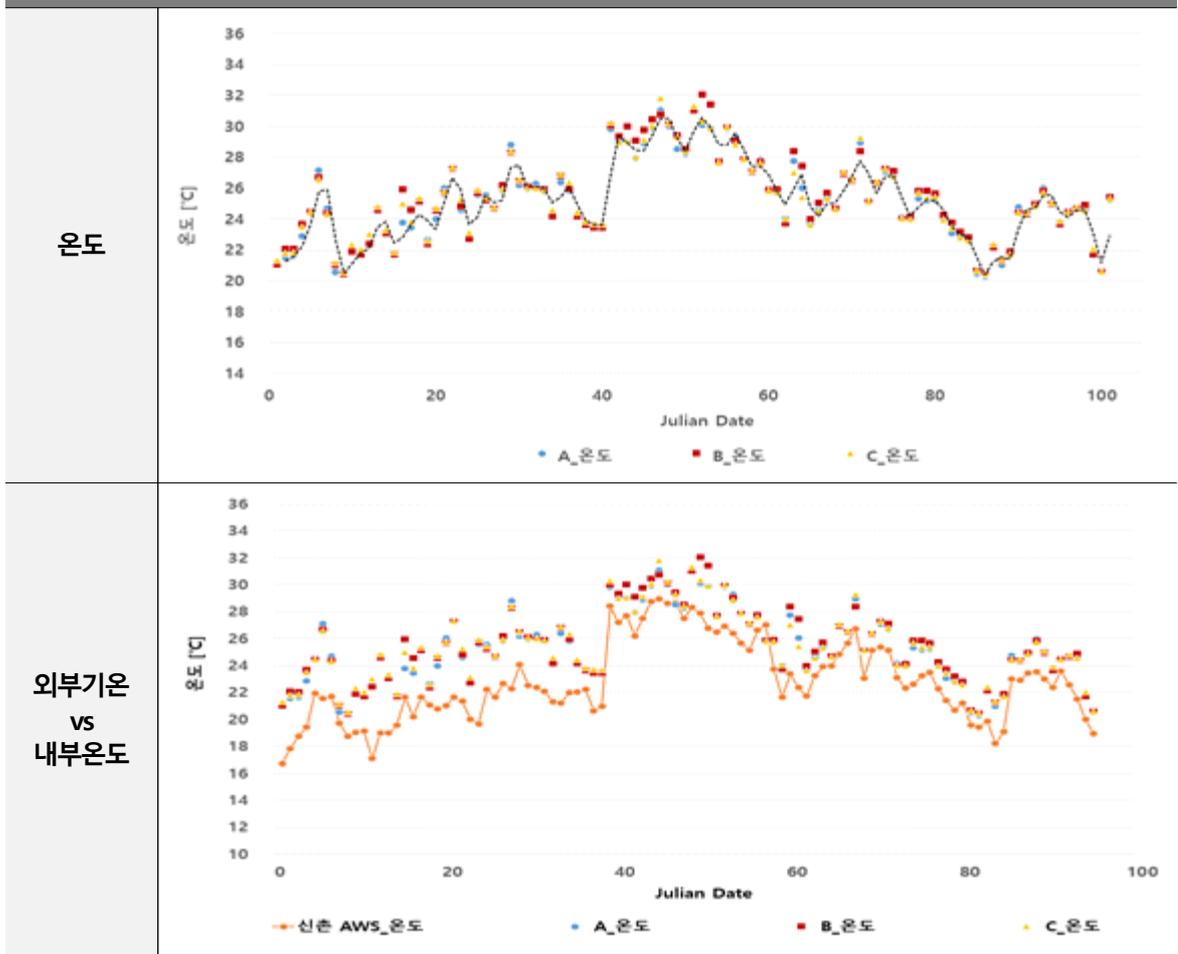
#### ■ 2019년 농업기술원 서귀포 AWS 기상데이터 특성

- 2019년 상대습도는 7월이 75.76%로 가장 높고, 10월이 36.9%로 가장 낮음.
- 평균기온은 8월이 26.35°C로 가장 높고 1월이 5.74°C로 가장 낮음.
- 최저기온은 8월이 15.4°C로 가장 높고 2월이 -2.7°C로 가장 낮음.
- 최고기온은 8월이 34.9°C로 가장 높고 1월이 14.5°C로 가장 낮음.

■ 아열대과수(블러드오렌지) 생육계측데이터

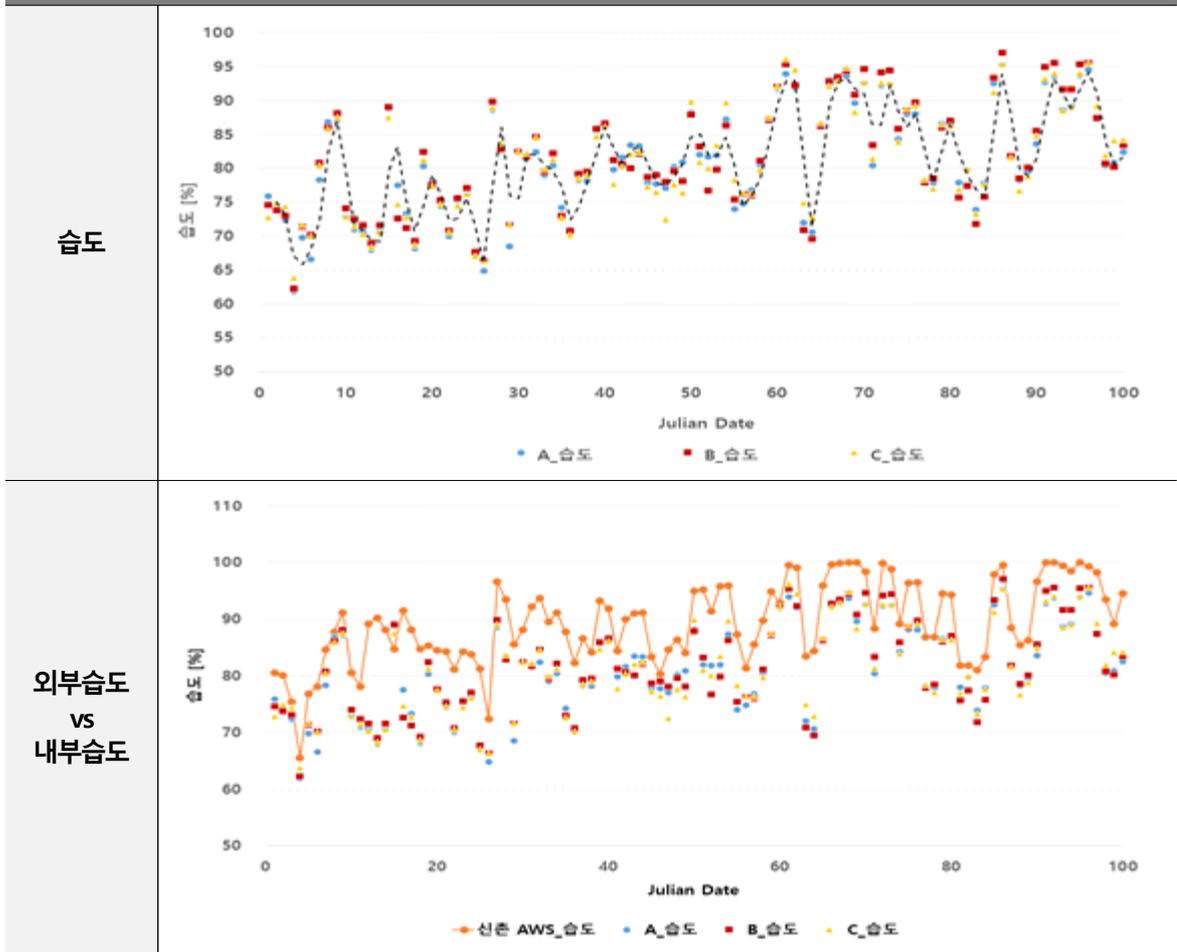
| 위치 | 기온 (°C) | 습도(%) | CO <sub>2</sub> (ppm) | 토양수분 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | 토양전기전도도 (dS/m) | 토양온도 (°C) | 광량값 (umol/s/m <sup>2</sup> ) |
|----|---------|-------|-----------------------|--|----------------|-----------|------------------------------|
| A  | 25.22   | 81    | 491.85                | 0.34                                   | 0.22           | 24.66     | 179.61                       |
| B  | 25.41   | 81.4  | 499.59                | 0.29                                   | 0.19           | 24.95     | 190.81                       |
| C  | 25.34   | 81.21 | 512.3                 | 0.37                                   | 0.26           | 24.77     | 171.95                       |
| 평균 | 25.32   | 81.20 | 501.25                | 0.33                                   | 0.22           | 24.79     | 180.79                       |

시설온실 외부(농업기술원 신촌리 AWS) vs 시설온실 내부(내부 계측데이터) 비교 분석



- 시설온실 외부(농업기술원 신촌리 AWS) vs 시설온실 내부(내부 계측데이터) 비교 분석
  - 시설온실 외부기온(농업기술원 신촌리 AWS 기준) 대비, 시설온실의 A관측지점(A나무군)의 온도는 평균 2.45°C 높고, B관측지점(B나무군) 온실의 온도는 평균 2.64°C 가량 높으며, C관측지점(C나무군)의 온도는 평균 2.57°C가량 높음.

시설온실 외부(농업기술원 신촌리 AWS) vs 시설온실 내부(내부 계측데이터) 비교 분석



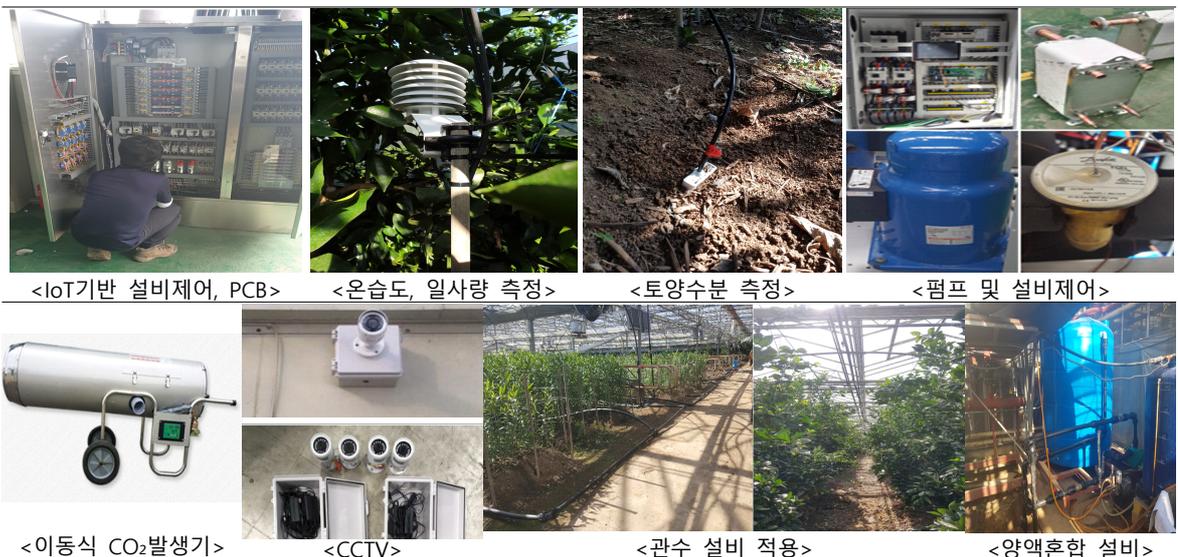
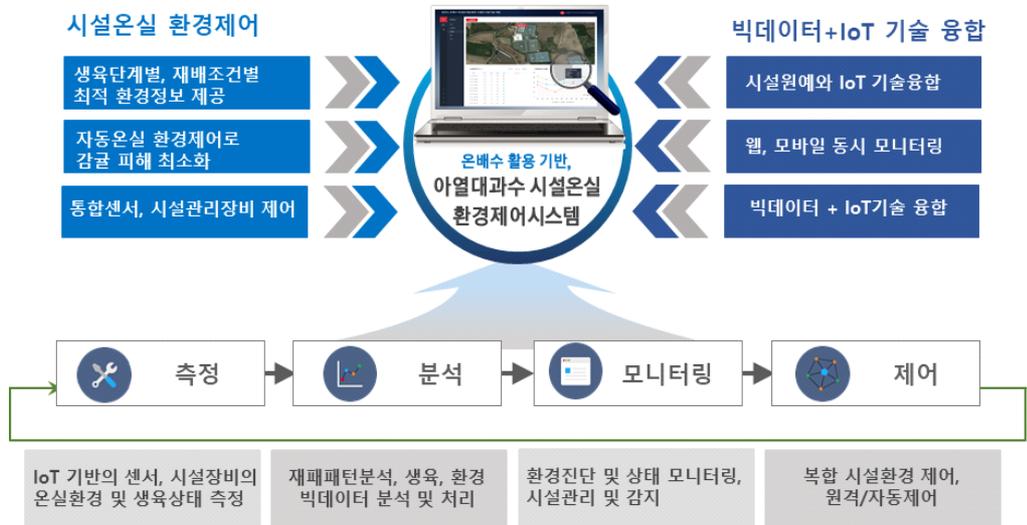
- 시설온실 외부(농업기술원 신촌리 AWS) vs 시설온실 내부(내부 계측데이터) 비교 분석
  - 시설온실 외부습도(농업기술원 신촌리 AWS 기준) 대비, 시설온실의 A관측지점(A나무군), B관측지점(B나무군), C관측지점(C나무군)의 습도는 각각 8.3%, 7.9%, 8.1%가량 낮게 나타남.
  - 시설온실의 내부습도가 온실외부에서 측정된 값보다 대부분 낮게 나타난 것은 2018년 제주도에 지속된 강우와 태풍 등 날씨의 영향때문인 것으로 분석됨.

나. 고품질 아열대작물의 생육 최적화를 위한 온실 복합환경 제어시스템 실증 적용

■ 다양한 변수를 고려한 환경제어시스템 구축 및 실증사이트 적용

- 온배수 수열원 설비, 시설온실 외 냉·난방설비, 제습, 가습, CO<sub>2</sub> 공급, 관수, 조명 등 시설온실 장비 및 통합센서 간 IoT 통신을 통한 자동제어가 가능하도록 적용하고 개발함.

| 구분                           | 내용   |
|------------------------------|--|
| 농업용 IoT 센싱 제어기술              | • IoT 기반의 환경관측, 생육상태모니터링 센서의 신호, 계측데이터, 자료처리 등을 처리할 수 있는 제어, 통신네트워크망을 이용한 신호 수/발신  |
| 사물인터넷 기반, 환경제어               | • 센싱된 신호를 빅데이터화하여 수치화, 지표화, 아열대작물의 생육 및 품질향상에 최적 환경으로 조절, 유지가 가능하도록 상태 제어<br>• DB화 정보 및 누적된 경험, 정보처리를 통해 성장예측 모델 생성<br>• 온배수 수열원 설비, 냉·난방설비, 제습, 조명, 관수 등 시설온실장비와 통합센서의 IoT 통신 기반 자동제어 |
| 아열대작물 생장에 적합한 재배/환경조건 매뉴얼 구축 | • 프로세스화된 시스템의 단계별 환경조건, 성장데이터를 빅데이터 분석을 통해 효과적인 관리 매뉴얼을 정형화<br>• 환경-생육-성장-품질 간의 상관관계를 분석, 작업오류와 변수 감지, 예측을 통해 정형화된 작업이 가능하도록 매뉴얼 구축  |



다. 다양한 아열대작물별 온배수활용, 복합환경제어시스템 융합 개발

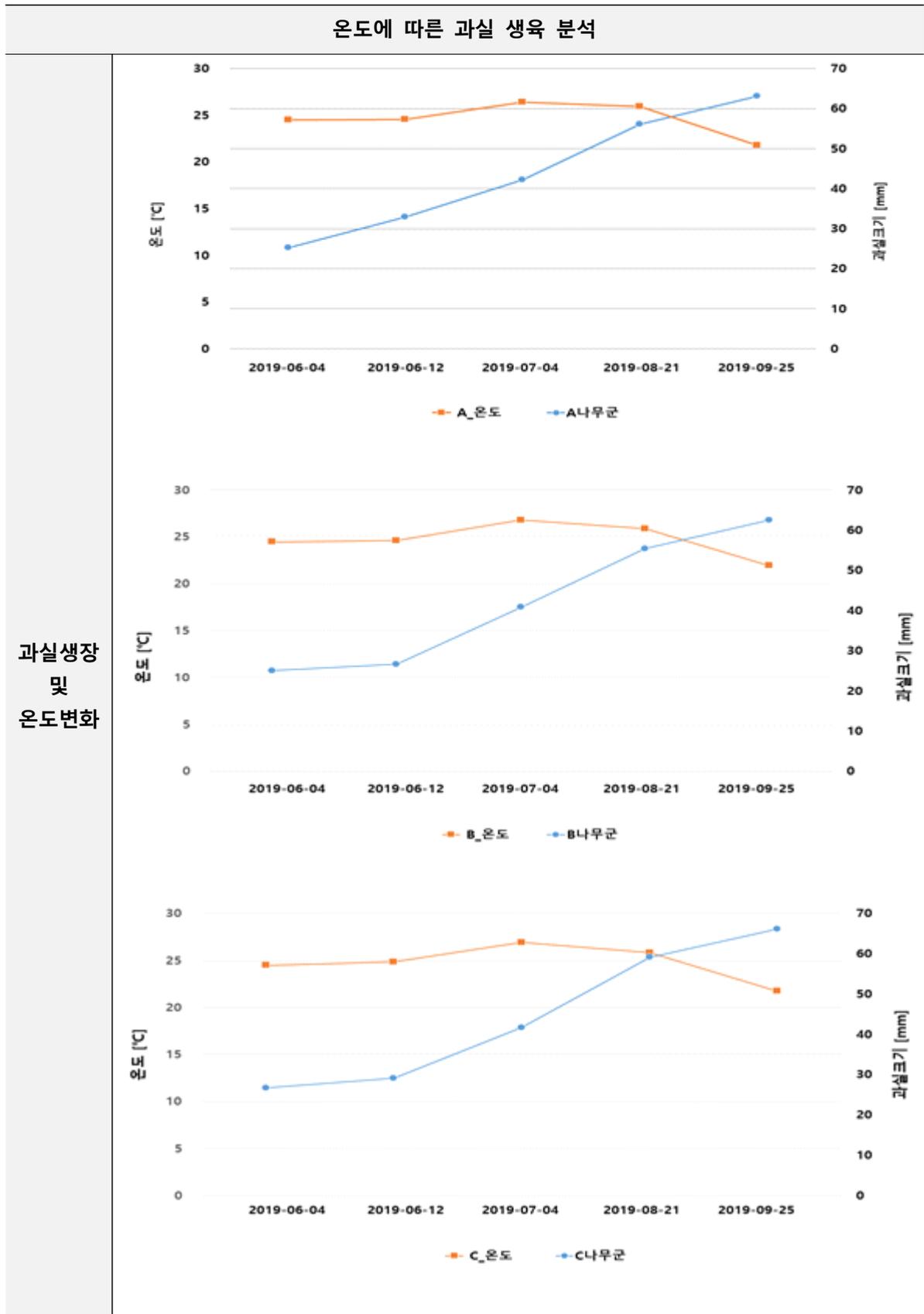
- 블러드오렌지, 레드향, 백합 등 다양한 작물별 온배수 수열원활용 냉·난방 적용과 복합환경제어시스템 융합
  - 온배수 수열원 활용 기반, 아열대작물 및 과수 등 농가 시설온실 재배에 맞는 복합환경제어
  - 실증사이트 시설온실은 비닐하우스 2동, 유리온실 1동으로 약 3,000평가량의 재배시설로 이루어져있으며, 재배하고 있는 작물로는 블러드오렌지, 레드향, 레드향골드, 황금향 등의 아열대과수 및 백합 화훼를 재배하고 있음.
  - 본 연구에서는 블러드오렌지의 생육정보에 주안점을 두고 있음.

| 테스트베드 시설온실 현황 |     | 작물                           | 크기(평) |
|---------------|-----|------------------------------|-------|
| A동 (비닐하우스)    | A-1 | 미하야                          | 200   |
|               | A-2 | 백합                           | 400   |
| B동 (유리온실)     | B-1 | 블러드오렌지(타로코)                  | 400   |
|               | B-2 | 블러드오렌지(타로코)                  | 500   |
|               | B-3 | (애플망고 또는 백합과 같은 아열대작물 재배 예정) | 200   |
| C동 (비닐 하우스)   | C-1 | 진지휘(레드향골드)                   | 250   |
|               | C-2 | 황금향                          | 450   |

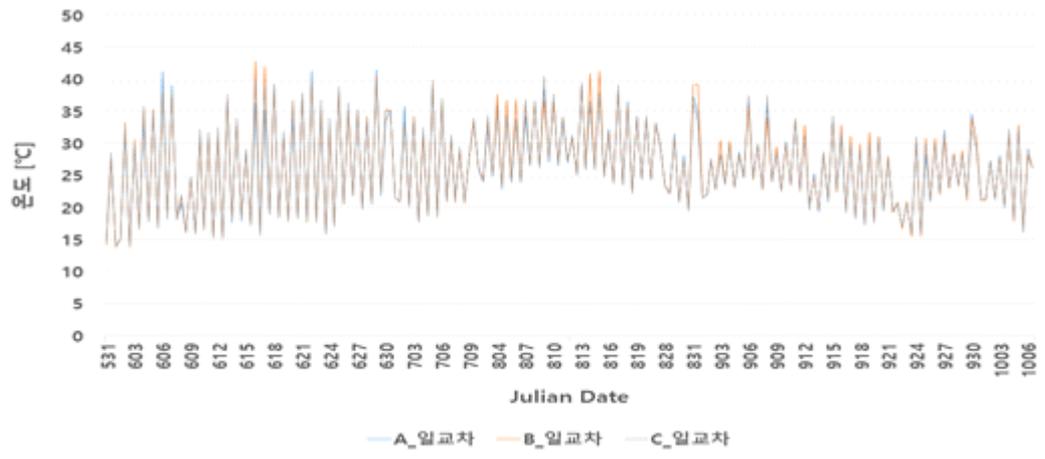


라. 생육정보와 환경정보 상관분석 및 생육모델링

■ 생육정보 vs 환경정보 분석



주야간  
온도관리

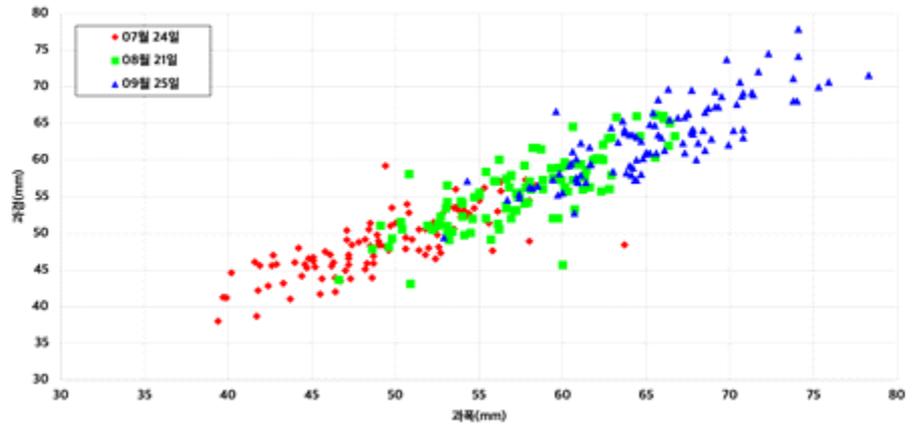


- 주야간의 온도차는  $-1.27 \sim 15.7^{\circ}\text{C}$ 로 분포되어 있음.

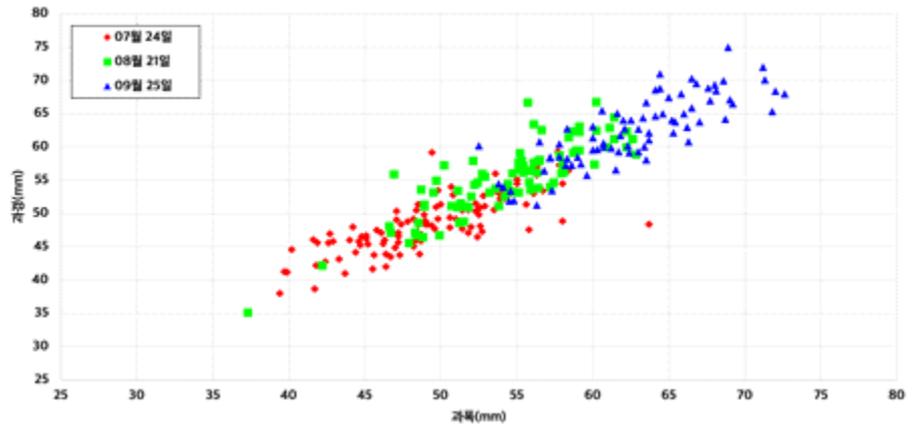
앞, 과실 생장에 따른 생육 분석

시간별  
생육정보 변화

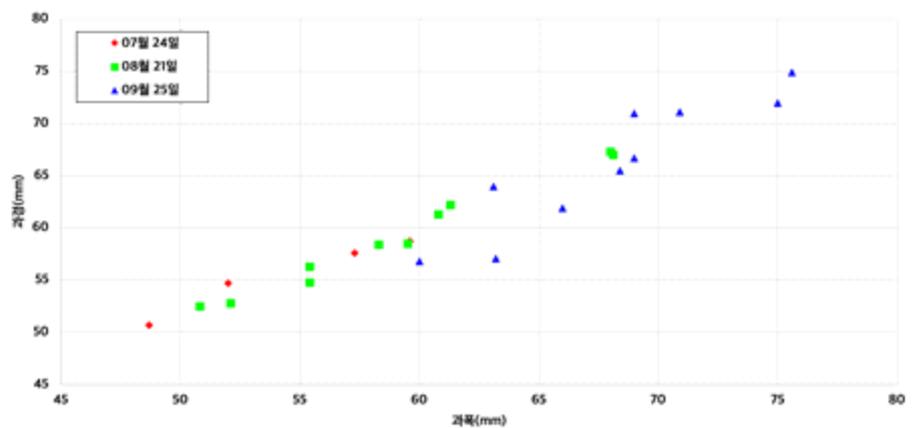
실증사이트 A 나무군 과실크기



실증사이트 B 나무군 과실크기



실증사이트 C 나무군 과실크기

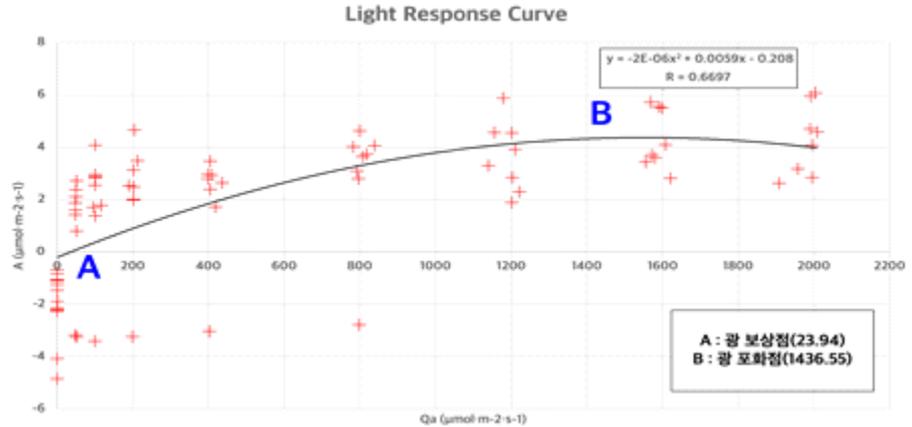


■ 시설온실의 과실 크기 측정

- 과실 크기 측정 시 비교군과 동일한 일정에 측정
- A 나무군의 경우 비교군 D 나무군과 가장 유사한 성장을 보이며, 실증사이트 B 나무군의 경우 성장 속도가 D 나무군보다 빠름.
- C 나무군의 경우 과실수가 적어 데이터 비교가 무의미함.

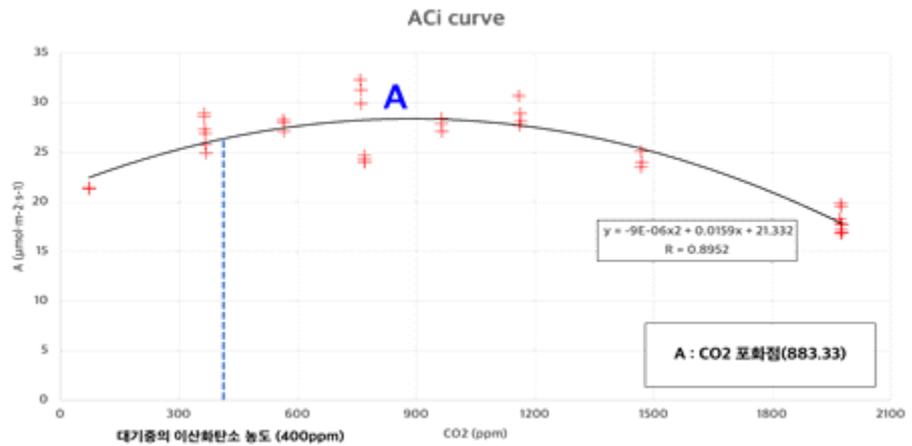
광합성에 따른 생육 분석

광합성에 따른 생육분석



- 광량에 따른 광합성량 측정
  - 측정 나무의 중심부 위치에서 측정하였음.
  - CO<sub>2</sub> 400ppm(대기중), RH(습도) 40~60% 유지, 온도 25°C 로 세팅하여 측정함.
  - 광 보상점 : 23.94 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, 광 포화점 : 1436.55 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>
  - 광 보상점과 광 포화점 기울기의 60% 인 847.57 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> 광량을 기준으로 미만일 시 보광을 해주어야 하며, 광 포화점인 1436.55 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>을 넘기지 않아야 함.

CO<sub>2</sub>농도에 따른 광합성량 분석



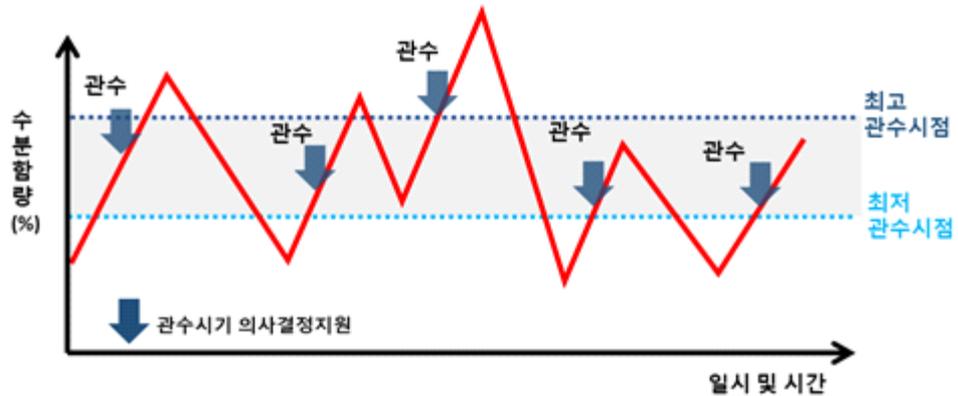
- CO<sub>2</sub>농도에 따른 광합성량 측정
  - 측정 나무의 중심부 위치에서 측정하였음.
  - 광량 1200umol(온실내부 광량 측정 값), RH(습도) 40~60% 유지, 온도 25°C로 세팅하여 측정함.
  - CO<sub>2</sub> 포화점 : 883.33 ppm
  - 대기중 CO<sub>2</sub> 농도는 400 ppm이므로 CO<sub>2</sub> 농도는 400 ~ 883.33 ppm 으로 유지(CO<sub>2</sub> 포화점인 883.33 ppm 이상으로 CO<sub>2</sub> 공급하지 않아도 됨을 유의)

- 다양한 환경요인을 모니터링하고, 시설온실의 환경제어가 가능한 방법과 생육단계별 성장변화 및 과실의 성장을 분석함. 과수 및 잎의 성장상태를 파악하고, 농가 시설온실의 환경 설정에 따른 생육상태를 표 또는 그래프로 가시화하여 다양한 환경요인과 생육항목에 접목하여, 환경 요인에 따른 영향정도를 동시에 비교분석하고 모델링을 위한 기초 자료를 정량화 함.

■ 아열대과수(블러드오렌지) 시설온실 관수관리 방안 설계

- 본 실증사이트의 아열대과수 시설온실에 대한 관수는 토양수분센서 및 온도값에 따라 제어가 가능하며, 블러드오렌지의 관수에 따른 수분함량 등을 분석하여 관수시기를 결정함.
- 또한 물관리는 생육시기별로 달리해야 하며, 토양특성과 작과량을 고려하여 관수기간과 관수량을 결정하도록 함.

| 생육단계별 과실 생육특성 및 관수관리 방안 설계 |       |    |       |    |       |    |       |    |            |     |     |     |
|----------------------------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------------|-----|-----|-----|
| 생육단계                       | 1월    | 2월 | 3월    | 4월 | 5월    | 6월 | 7월    | 8월 | 9월         | 10월 | 11월 | 12월 |
|                            |       |    | 발아 개화 |    | 생리 낙과 |    | 과실 비대 |    | 당도증가       |     |     | 수확기 |
| 토양수분                       |       |    | 많이    | 적게 |       | 많이 |       |    |            |     |     |     |
|                            | 매우 적게 |    |       |    |       |    |       |    | 적게 ~ 매우 적게 |     |     |     |
| 관수시기 의사결정지원                |       |    |       |    |       |    |       |    |            |     |     |     |



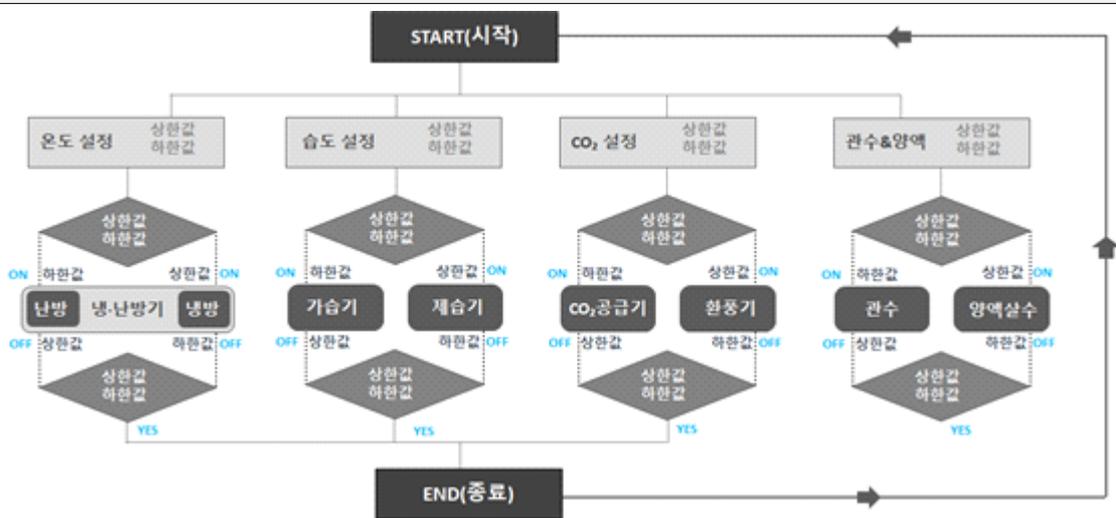
- 특히 블러드오렌지의 맛과 품질을 위해서는 8월하순 ~ 착색전(9월하순)에는 절수관리가 필요하며, 이 시기에 절수를 하지 않을 경우 최소 1.0Brix정도가 낮아지게 됨. 2차년도부터는 수확기에 당산도를 측정할 것이며, 이를 데이터화할 것임.
- 더불어 9월하순~수확기에는 품질향상, 착색을 위해 하부관수로 물을 매우 적게 주어, 열과 발생을 줄이도록 함.



■ 시설온실 환경요인에 따른 생육 복합환경제어 모듈 구조화

- 적정생육 및 복합환경제어를 위한 모의실험 환경조절 및 변수 산정
- 온배수 수열원 활용을 통한, 냉·난방 온도 상한값/하한값 설정
- 시설온실 내부, 아열대과수(만감류) 종류 및 특징, 시기별(발화기, 성장, 과수, 수확기) 등 최적환경을 위한 습도 / CO<sub>2</sub> 농도/ 토양수분/ 광도 등의 상한값/하한값 설정 및 Input
- 최적환경조절을 위한 필요 설비 및 운전, 가동중지, 제어값조절 등을 위한 모듈 초기 셋팅
- 당해연도 연구 및 사업수행결과, 블러드오렌지에 대한 생육시기별 정량적데이터 특히, 수확기의 생육크기, 당산도 및 품질, 수확량 등의 데이터도 수집되기 전으로 생육 복합환경제어에 대한 제어값을 도출할만한 자료의 수집이 충분치 않음. 따라서 당해연도는 농가 및 제주특별자치도 농업기술원의 자문을 받아 제어값을 셋팅하고, 지속적인 냉·난방운전 및 생육계측, 시설온실 내부환경계측 및 분석을 통한 실질적 최적환경제어값을 도출하고자 함.

온도/습도/CO<sub>2</sub> 농도에 따른 관수, 냉·난방운전, CO<sub>2</sub>공급, 환기 및 제습 등 생육 복합환경제어 로직



a. 온도관리에 따른 냉·난방운전 제어값

무리한 조기가온은 품질, 열과 발생 등 영향을 줄수 있으므로, 아열대작물 특성에 따라 가온재배 적정온도 및 환경 분석이 필요시 되며, 생육시기별로 온도관리가 필수적

|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
| <p><b>생육초기</b><br/>(발아 - 개화기, 3~4월)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 뿌리활동 시작</li> <li>• 새순,꽃순 형성</li> <li>• 새순 발아</li> <li>• 개화 및 만개</li> </ul>  | 주간 20℃, 야간 10℃     |
| <p><b>생리낙과기 - 과실대비기</b><br/>(5월)</p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 봄순 선장, 개화 및 생리낙과</li> <li>- 잎 녹화 시작, 가지 성장</li> <li>- 5월상순 개화, 1차 생리낙과 시작</li> <li>- 5월 하순 1차 낙과 피크</li> <li>- 새뿌리 발생 시작</li> <li>• 온도 상승에 따라 병해충 발생</li> <li>- 총채벌레, 진딧물, 곰팡이 등</li> </ul> | 28℃ 이하<br>(천측장 개방) |
| <p>※ 여름철</p>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 여름철, 하우스 내 온도상승 최대한 억제</li> <li>• 주야간, 자연온도 유지</li> <li>• 고온 : 과도한 증산작용은 수세 및 품질에 악영향을 줌</li> <li>저온 : 초생재배, 부초피복 등</li> </ul>  |                    |
| <p><b>성숙기</b></p>                       | 15℃ ~ 20℃유지(자연온도)  |                    |
| <p><b>수확기</b></p>                       | 2℃ 유지(난방기 없을시, 측창 개방)  |                    |

b. 토양관리

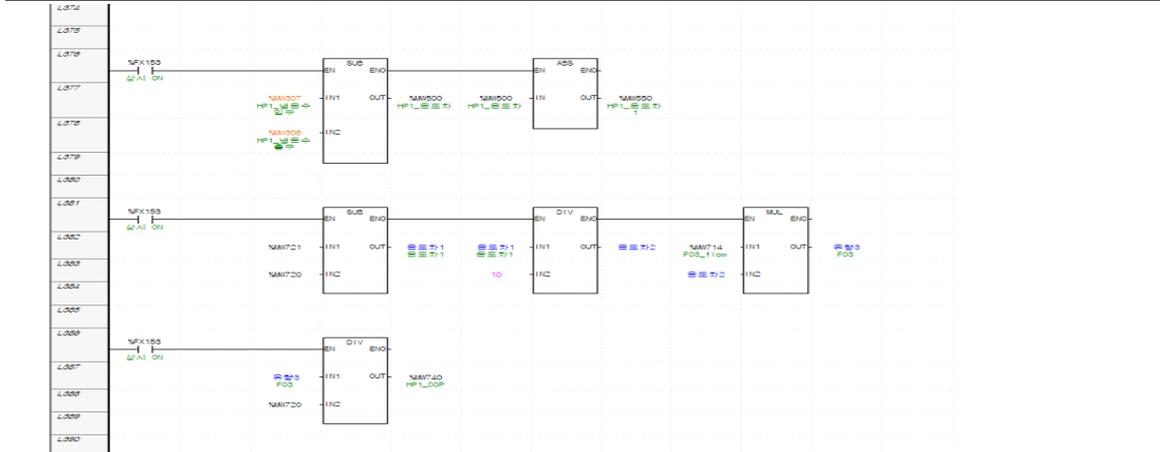
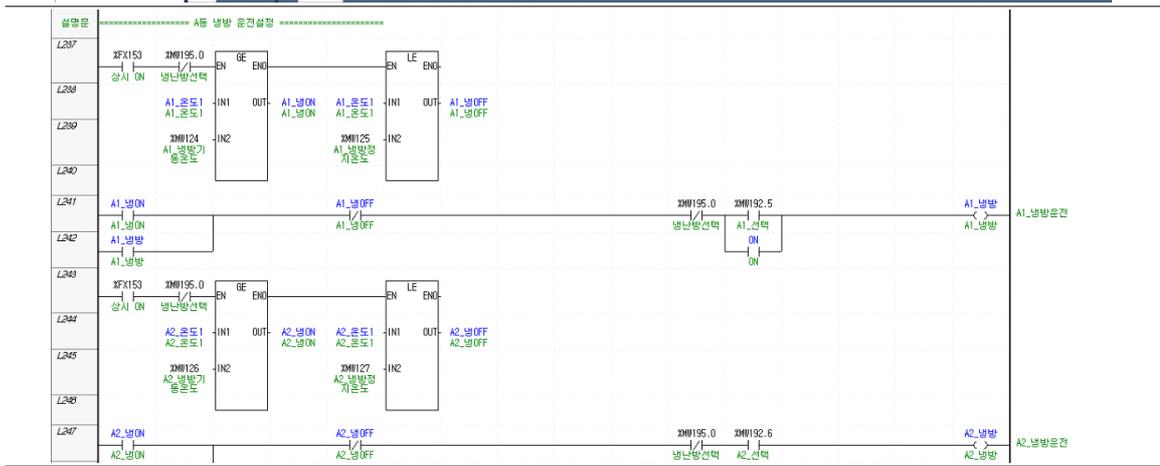
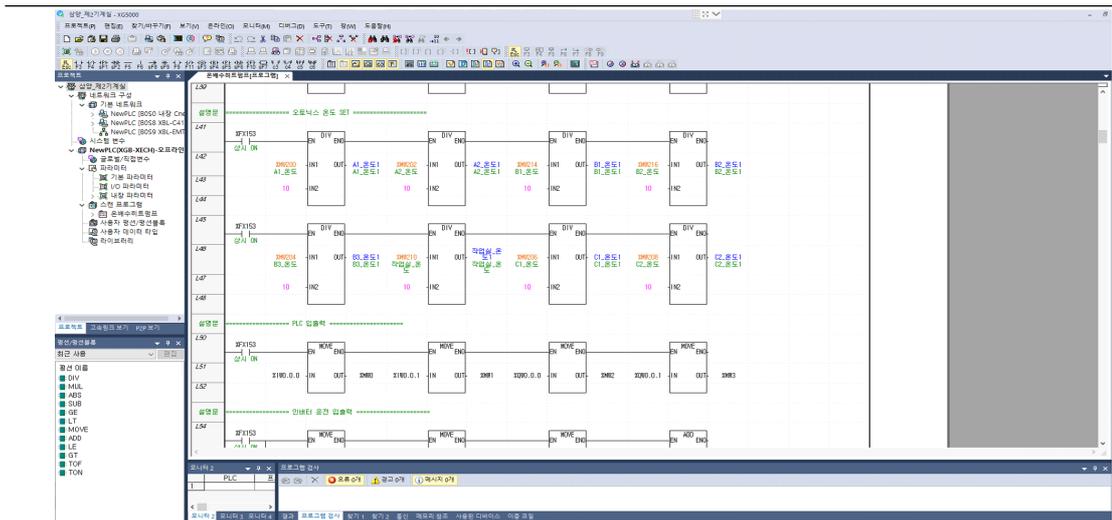
|      |  |
|------|--|
| 토양관리 | 토양개량제 시비, 유기물 시비 및 경운                        |
| 정지전정 | 밭아 또는 가온 1주일 전 완료. 너무 빠를 경우, 동해 및 탄수화물 결핍 우려 |
| 시비   | 가온 또는 밭아 1주일 전, 시비 후 관수                      |

c. 관수관리

블러드오렌지의 경우 제주도 환경에 맞는 관수관리 방법에 대한 기준이 확립되지 않아 서귀포농업기술원과의 협의끝에 만감류 중 가장 유사한 레드향을 기준으로 관수 제어값을 산출함.

| 한라봉         |        |        |            |             |
|-------------|--------|--------|------------|-------------|
| 생육시기        | 생육상황   | 관수방법   |            | 비고          |
|             |        | 간격     | 관수량(톤/10a) |             |
| 수확기~밭아전     | 휴면기    | 2~3주   | 5~10       | 수세유지 및 밭아촉진 |
| 3~4월        | 밭아기    | 5~7일   | 20         | 생육촉진        |
| 4월 하        | 만개기    | 5~7일   | 5~10       | 젯빛곰팡이병 방지   |
| 4월 하~6월 하   | 생리낙과기  | 5~7일   | 15~20      | 충분한 관수      |
| 7월 상~10월 상  | 과실비대기  | 3~5일   | 20         | 과실비대촉진      |
| 10월 중~11월 하 | 착색기    | 10~15일 | 10         | 산함량에 따라 조절  |
| 12월상~수확기    | 성숙기    | 10~15일 | 5~10       | 산함량에 따라 조절  |
| 수확 후        | 수확종료 후 | 1~2회   | 20         | 수세회복        |
| 레드향         |        |        |            |             |
| 생육시기        | 생육상황   | 관수방법   |            | 비고          |
|             |        | 간격     | 관수량(톤/10a) |             |
| 수확기~밭아전     | 휴면기    | 2~3주   | 5~10       | 수세유지 및 밭아촉진 |
| 3월중~4월상     | 밭아기    | 5~7일   | 20         | 생육촉진        |
| 4월 하        | 만개기    | 5~7일   | 5~10       | 젯빛곰팡이병 방지   |
| 4월 하~6월 하   | 생리낙과기  | 5~7일   | 20         | 충분한 관수      |
| 7월 상~10월 하  | 과실비대기  | 3~5일   | 20         | 열과방지        |
| 11월 상~11월 하 | 착색기    | 10~15일 | 10         | 산함량에 따라 조절  |
| 12월 상~2월 중  | 성숙기    | 10일    | 5          | 물이 끊어지지 않도록 |
| 2월 하~3월중    | 수확종료 후 | 1~2회   | 20         | 수세회복        |
| 천혜향         |        |        |            |             |
| 생육시기        | 생육상황   | 관수방법   |            | 비고          |
|             |        | 간격     | 관수량(톤/10a) |             |
| 수확기~밭아전     | 휴면기    | 2~3주   | 5~10       | 수세유지 및 밭아촉진 |
| 3월중~4월상     | 밭아기    | 3~5일   | 20         | 생육촉진        |
| 4월 중~5월하    | 만개기    | 5~7일   | 5~10       | 젯빛곰팡이병 방지   |
| 6월 상~10월 하  | 과실비대기  | 3~5일   | 20         | 충분한 관수      |
| 11월 상~수확기   | 착색/성숙기 | 3~5일   | 5~10       | 산함량에 따라 조절  |
| 수확후         | 수확종료 후 | 1~2회   | 20         | 수세회복        |
| 황금향         |        |        |            |             |
| 생육시기        | 생육상황   | 관수방법   |            | 비고          |
|             |        | 간격     | 관수량(톤/10a) |             |
| 수확기~밭아전     | 휴면기    | 2~3주   | 5~10       | 수세유지 및 밭아촉진 |
| 3월중~4월상     | 밭아기    | 3~5일   | 20         | 생육촉진        |
| 4월 하        | 만개기    | 5~7일   | 5~10       | 젯빛곰팡이병 방지   |
| 6월 상~9월 하   | 과실비대기  | 3~5일   | 15~20      | 충분한 관수      |
| 10월 상~수확기   | 착색/성숙기 | 10~14일 | 3          | 당함량에 따라 조절  |
| 수확후         | 수확종료 후 | 1~2회   | 20         | 수세회복        |

- 작물별 요구되는 시설온실 최적환경 구축을 위해, 시설온실 실증사이트 시설온실에 온배수 수열원설비를 통해 가온 및 냉방을 통한 생육환경구축을 도모하였으며, 현재 본 연구과제를 진행을 위한 온배수열원 기반 IoT센서 및 냉·난방설비, 관수 및 양액설비, 방재(cctv), 생육환경 계측센서 등은 아열대과수 및 작물이 재배중인 B동 유리시설온실에 적용, 실증 적용함.
- 또한 생육시기별 과실나무의 관리, 잎 생장 및 광합성, 꽃, 과실의 생장 등을 관측하고 데이터를 수집하여, 생육데이터와 시설온실 생육환경에 따른 상관분석과 생육모델링 도출을 위한 기초 자료를 DB화함.



< 실증사이트 생육정보기반 환경제어 구성도 : 내부온도, 습도, CO<sub>2</sub> 일부 >

■ 난방운전

- 가동온도 : 7°C
- 정지온도 : 13°C

■ 냉방온도 설정

- 가동온도 : 25°C
- 정지온도 : 20°C
- 일교차 운전 시, 일몰 후 타이머 제어를 통하여 낮 동안 시설온실의 내부 온도를 20°C를 유지하고 야간 운전을 통해 일교차 5°C 유지 설정 가능

■ 광합성 모델

- 광 보상점 : 23.94  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 광 포화점 : 1436.55  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- CO<sub>2</sub> 포화점 : 883.33 ppm
- 대기중 CO<sub>2</sub> 농도는 400 ppm이므로 CO<sub>2</sub> 농도는 400 ~ 883.33 ppm 으로 유지(CO<sub>2</sub> 포화점인 883.33 ppm 이상으로 CO<sub>2</sub> 공급하지 않아도 됨)
- 광 보상점과 광 포화점 기울기의 60% 인 847.57  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  광량을 기준으로 미만일 시 보광을 해주어야 하며, 광 포화점인 1436.55  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 을 넘기지 않음.

■ 습도

- 40~60% 유지

■ 관수 및 양액

- 현재 1년 주기 사이클 데이터가 충분하지 않아 농가의 기존의 경험적 사용방법을 사용하고 있으며, 관수시기와 관수 시, 사용되는 유량과 실제 토양수분 데이터를 비교하여, 생육작물의 시기별 최적 관수 제어 포인트 계측함.
- 현재 구축된 시스템은 관수, 양액 펌프(인버터) 제어를 바탕으로 원하는 관수 파이프, 노즐까지 원하는 물의 양과 양액 혼합 비율을 사용자가 설정하여 제조, 살포가 가능함.

■ 무인방제

- 기존에 사용하던 장비를 활용하여 통합제어시스템을 통해 스케줄 운전, 수동-자동 제어 가능

■ 기타

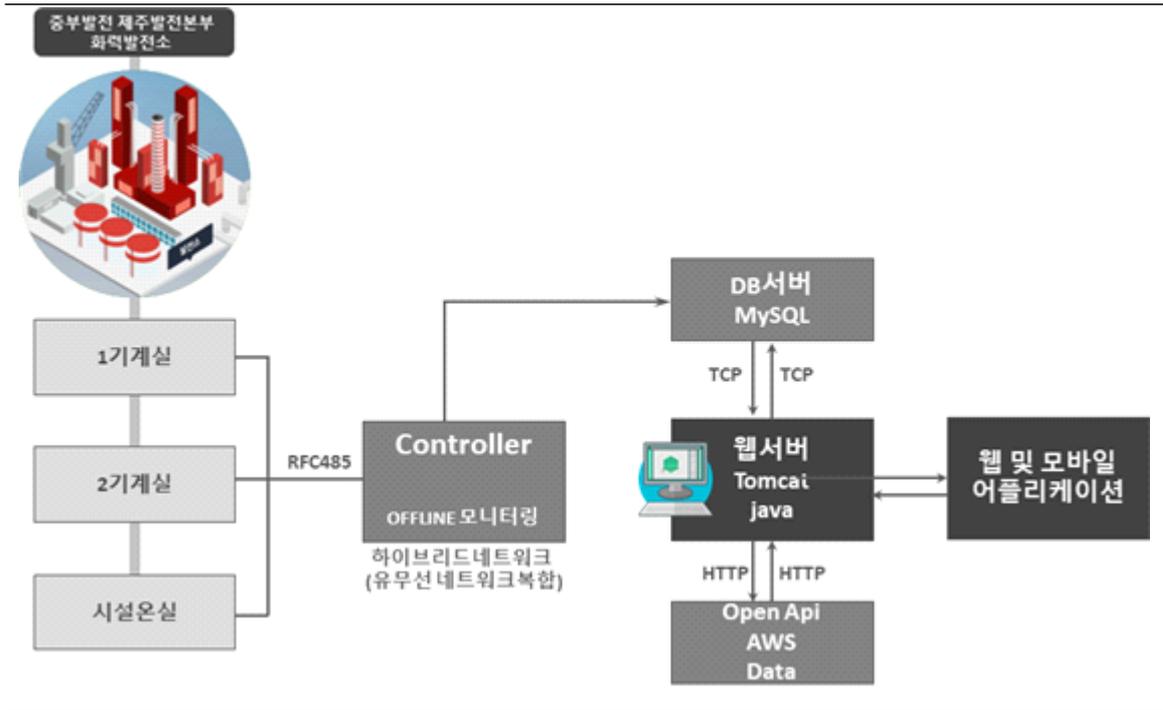
- 모든 제어 포인트는 수동과 자동운전이 가능하며 자동운전의 경우 스케줄 운전과 데이터 기반의 자동제어가 가능함.
- 스케줄 운전 : 방제, 환기, 양액 등
- 실시간 운전 : 광합성(광, CO<sub>2</sub>), 온도, 습도 등
- 자동제어는 사용자가 편히 UI 적용을 통하여 쉽게 설정이 가능함.

마. 실증사이트 온배수 활용 기반, 생육환경제어 및 통합관리 시스템 개발

(1) IoT 기반, 표준 통신 프로토콜 개발

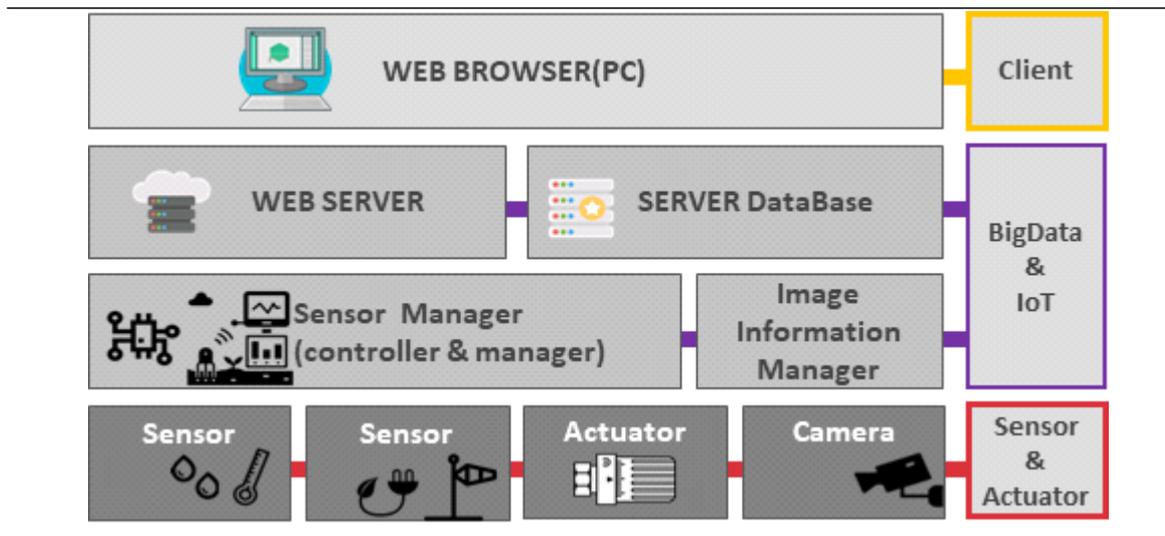
■ 실증사이트 통합모니터링시스템 구축

- IoT 기반 온배수 열원설비, 시설온실 시설 및 생육환경설비, 계측 등 생육환경제어 및 통합 관리시스템을 구축하기 위해 통신프로토콜을 구축하고자 함.
- 제어박스 안에 메인, 서버, 컨트롤러, 통신시스템 등을 개발하여 시설온실과 외부정보를 통신프로토콜로 제어 및 연계



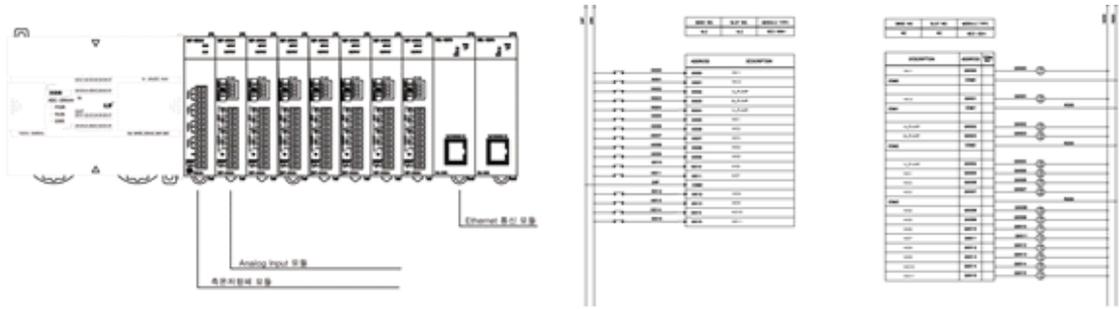
- 시설온실과 사용자(농가 및 모니터링관리자)간 온실내외부환경 정보의 습득과 활용을 도모하기 위해 제어 및 모니터링 네트워크시스템은 데이터 전송과 실패에 민감함. 각종 센서 및 이미지 판독, 시설제어, CCTV 영상 전송 등의 부재와 제어불량 등의 원인이 됨. 또한 무선 네트워크에만 의존할 경우, 고장 및 결선 등의 이슈 발생에 대응할 수 없으므로 상황에 따라서는 필수적 모니터링 속성을 보완하는 유무선 하이브리드 형태를 적용
- 실증사이트인 시설온실 내부의 통합제어시스템은 물리적, 응용계층으로 구성됨. 물리계층은 센서와 카메라 등으로 구성되며, 응용프로그램 계층은 시설온실 내부의 환경을 측정, 감시하는 CCTV영상 및 센서데이터 관리프로그램 등이 포함되고, 중간계층은 물리적 계층과 응용 계층간의 통신을 지원하고 제공하기 위한 구조를 가짐.
  - 물리계층 : 물리계층은 시설온실 내, 환경정보를 수집하는 센서, 영상을 취득하는 카메라 등으로 구성됨. 내부환경 계측센서는 온도,습도, 광량, CO<sub>2</sub>농도, 토양수분함수량 등 이열대과수(블라드오렌지)의 생육에 영향을 미치는 다양한 환경요소를 계측함. CCTV는 시설온실 내부에 설치되어, 이미지 정보를 취득하고 재난방지 및 시설온실 내부 설비의 작동 감시 등의 기능을 함.

- 중간계층 : 중간층은 센서에 의해 계측 및 수집된 환경, 생육데이터를 관리하기 위한 센서 관리, CCTV 카메라로부터 수집된 이미지 정보 관리, 시설온실내부 설비 정보 등을 저장하는 데이터베이스로 구성되며, 물리계층에서 측정된 데이터를 적합한 단위로 변환하여 처리한 데이터는 DB서버에 저장함. 중간계층의 서버는 사용자와 시설온실계측센서, 설비 등의 데이터베이스 사이에 위치하며, 웹 또는 모바일 어플리케이션으로 가시화 또는 정보제공서비스를 구현하기 위한 진단계
- 응용계층 : 웹 또는 모바일서비스를 통해 제공하는 프로그램 또는 솔루션, 이미지 등으로 구성되며, 사용자 및 통합제어, 모니터링관리자가 활용하는 실질적 정보임.



#### ■ 온배수 수열원 활용 설비 및 생육환경제어를 위한 제어시스템 구축

- 온도 제어시스템에서 온도 센서로부터 이상 신호를 수신하면 SCR(Solid state Control Relay)를 통해 FCU에 전력을 점차적으로 공급함. 온실 내 온도는 3°C 내외로 컨트롤 하도록 설정하였으며, 처음 구동 시 온배수 시스템 FCU와 지열공 난방기, CO<sub>2</sub>발생기의 난방기 같이 구동하도록 하여, 급격한게 떨어진 내부 온도를 제어가 가능함.
- 원격지에서도 제어시스템의 온도 정보를 5초에 한 번씩 취득하여 데이터베이스에 시간 정보와 함께 저장하고 난방(냉방)이 가동되는지 등의 모니터링 및 온도 제어 기능을 제공함.
- 통합모니터링시스템은 직관적인 UI를 통하여 각각의 존(zone) 위치와 각각의 존의 대상작물의 근권부의 온도측정을 통하여 내부온실과 식물의 근처의 온도차이를 최소한으로 제어가 가능하도록 2차 검증 설비를 구축함.



<시설온실 자동제어반 설계>

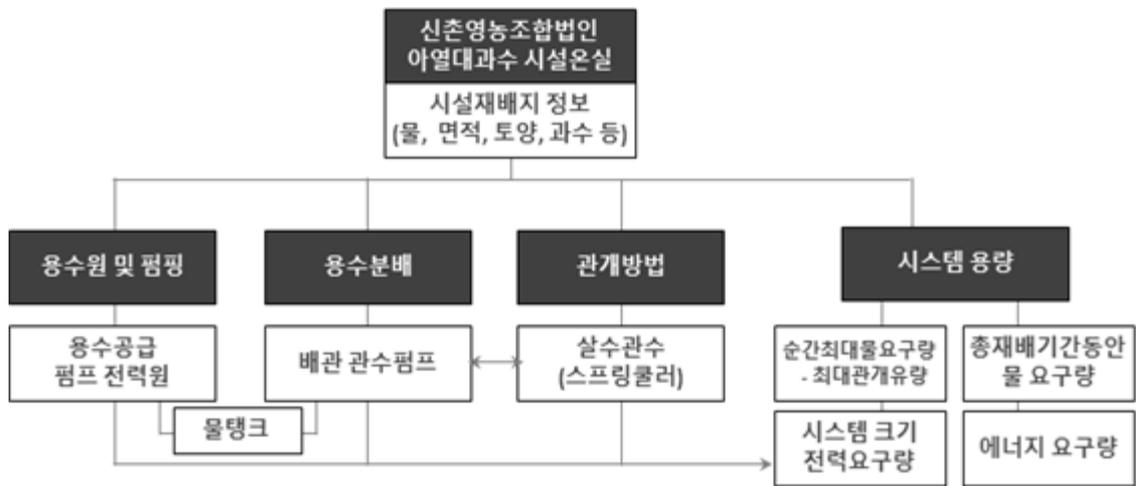


<시설온실 자동제어반 설치 및 적용>

(2) 시설온실 최적환경제어 구축을 위한 관측설비 및 환경제어설비 적용

■ 관수 및 양액설비

- 아열대과수(블러드오렌지) 시설온실의 관수 시, 관개균일도 93%이상의 양호한 수준을 유지하려면 가지관 종점에서 살수간은 약 2.0bar 이상의 수압이 필요함.  
본 실증사이트 시설재배지 시설온실 6.5m X 70m 단동에 필요한 관수에 최소 구비펌프와 관수배관의 규격은 점적관수일 경우 220V 단상 1.2~2.0마력이상의 펌프, 주관 Φ40~50mm, 가지관 Φ13mm 이상이 필요하며, 살수관수일 경우 220V 단상 2.3마력 이상의 펌프, 주관 Φ50mm, 가지관 Φ30mm 이상이 필요함.
- 실증사이트 아열대과수의 생육에 필요시되는 관수 및 양액제공을 위해, 시설온실의 관개요소 조사·분석하고 가이드(안)을 설정



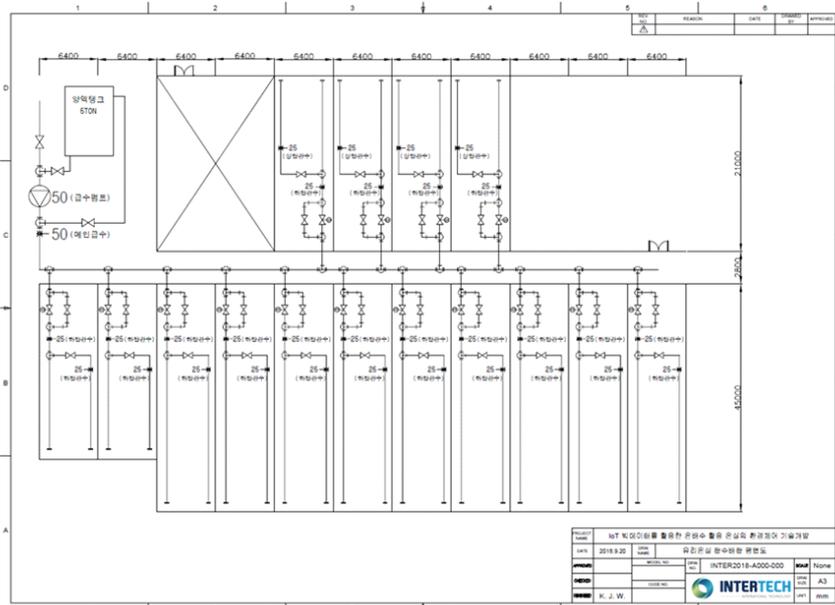
<온배수 수열원 활용, 아열대과수시설온실 관수 및 양액공급을 위한 관수 가이드>

- 본 연구의 실증대상작물인 블러드오렌지는 제주도내 유입된 아열대과수로 제주특별자치도 서귀포농업기술원 및 신촌영농조합법인에서 시험재배 및 상품으로 재배되고 있으며, 제주감귤 및 만감류 대비 경험적, 연구적 자료가 부족한 실정임. 따라서 본 연구에서는 서귀포농업기술원의 선행연구 및 자문을 바탕으로 작물의 생육 및 현상이 유사한 만감류인 레드향의 관수 및 양액관리, 토양, 온도관리를 경험적 자료의 기초 셋팅으로 지속적인 데이터를 수집, DB화하고 패턴화하고자 함. 본 과제를 통해 블러드오렌지의 생육정보의 누적, 경험적 자료와 최적환경모델링을 점진적으로 개발할 경우, 당산도 높고 석류빛깔의 짙고 아름다운 블러드오렌지의 상품성 향상과 더불어 고부가가치의 작물로 인정 가능
- 시설온실의 관수 및 양액 공급 및 살포를 위해 관수량을 설정하고, 물 및 양액의 충분한 공급을 위해 시설온실의 상하부에서 공급, 살수 되도록 관수설비 및 배관을 설계함.



<블러드오렌지 시설온실 물소모량 산출 및 관개량 산출 모듈>

| 황금향의 관수관리 방안에 따른 블러드오렌지의 관수모델링 초기설정 |        |        |            |             |
|-------------------------------------|--------|--------|------------|-------------|
| 생육시기                                | 생육상황   | 관수방법   |            | 비고          |
|                                     |        | 간격     | 관수량(톤/10a) |             |
| 수확기~발아전                             | 휴면기    | 2~3주   | 5~10       | 수세유지 및 발아촉진 |
| 3월중~4월상                             | 발아기    | 3~5일   | 20         | 생육촉진        |
| 4월 하                                | 만개기    | 5~7일   | 5~10       | 젯빛곰팡이병 방지   |
| 6월 상~9월 하                           | 과실비대기  | 3~5일   | 15~20      | 충분한 관수      |
| 10월 상~수확기                           | 착색/성숙기 | 10~14일 | 3          | 당함량에 따라 조절  |
| 수확후                                 | 수확종료 후 | 1~2회   | 20         | 수세회복        |



<블러드오렌지 시설온실 관수 및 양액설비 공급 및 관개 설계>



<관수 및 양액설비 적용 및 상·하 살수관수 설비 설치>

### ■ CO<sub>2</sub> 공급장치

- 일사량(광)은 온도와 함께 과수의 수확량, 품질, 작물의 생육에 영향을 주므로, 광에 대한 관리가 필요함. 광합성으로 일사량이 높으면 CO<sub>2</sub>가 낮아지므로 온도와 함께 환경 분석을 실시하는 것이 좋으며, 온실내부의 일사량, 온도, CO<sub>2</sub>의 농도를 함께 복합 제어하는 것이 효과적임.
- CO<sub>2</sub>와 일사량은 반대경향으로 누적일사량이 낮을 경우, 잔존 CO<sub>2</sub>의 농도가 높아지는 경향을 보이고, 계절에 따라 일사량에 따른 잔존 CO<sub>2</sub>의 양이 달라짐.
- 과수의 품질, 생산량 증대를 위해서는 광합성에 의한 동화산물이 증대되어야 하며, 고농도의 CO<sub>2</sub>에 노출시켜 광합성속도를 증가시키는 등 과수의 생육 및 품질향상을 위한 기술이 필요함 따라서 광합성 증진을 위한 CO<sub>2</sub> 공급설비를 적용하고 품질개선을 도모함.

■ 환기, 제습을 위한 환기팬 및 통풍구 설치

- 시설온실 환기, 제습을 위한 환기팬 및 통풍구 설치

- 유리온실 체적계산

바닥면적 : 4,225m<sup>2</sup> / 높이 : 4.5m / 체적 : 4,225 \* 4.5 = 19,016m<sup>3</sup>

- 환기횟수

시간당 환기량 : 5,500m<sup>3</sup>/h \* 15대 = 82,500m<sup>3</sup>/h

환기횟수 : 82,500/19,016 = 4.34회/h

- 환풍기 제품 규격사항

FANZIC 환풍기 TFP-G45 ES(단상 220V 60Hz)

| 모델명         | 널개치수 (mm) | 전원           | 극수 (P) | 최대풍량 (m <sup>3</sup> /h) | 소비전력 (W) | 정격전류 (A) | 중량 (kg) |
|-------------|-----------|--------------|--------|--------------------------|----------|----------|---------|
| TFP-F20 ASE | 210       | 1Ø 220V 50Hz | 4      | 520                      | 30       | 0.16     | 3       |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 750                      | 30       | 0.25     |         |
| TFP-F25 ASE | 250       | 1Ø 220V 50Hz | 4      | 880                      | 40       | 0.12     | 4       |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 1,200                    | 40       | 0.3      |         |
| TFP-F30 BSE | 300       | 1Ø 220V 50Hz | 4      | 1,250                    | 49       | 0.24     | 5       |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 1,500                    | 60       | 0.3      |         |
| TFP-F35 CSE | 350       | 1Ø 220V 50Hz | 4      | 2,250                    | 87       | 0.58     | 8       |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 2,800                    | 95       | 0.5      |         |
| TFP-F40 DSE | 400       | 1Ø 220V 50Hz | 4      | 3,500                    | 126      | 0.7      | 9       |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 4,000                    | 190      | 0.9      |         |
| TFP-G45 ES  | 450       | 1Ø 220V 50Hz | 6      | 4,800                    | 125      | 0.7      | 16      |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 5,500                    | 170      | 0.8      |         |
| TFP-F45 ES  | 450       | 1Ø 220V 50Hz | 4      | 5,500                    | 330      | 1.8      | 16      |
|             |           | 1Ø 220V 60Hz |        | 6,700                    | 400      | 2.0      |         |
| TFP-F45 ET  | 450       | 3Ø 380V 50Hz | 4      | 5,800                    | 290      | 0.7      | 16      |
|             |           | 3Ø 380V 60Hz |        | 6,400                    | 390      | 0.8      |         |



<제품규격사항>

- 환풍기 및 통풍구 시설온실 적용



■ CCTV

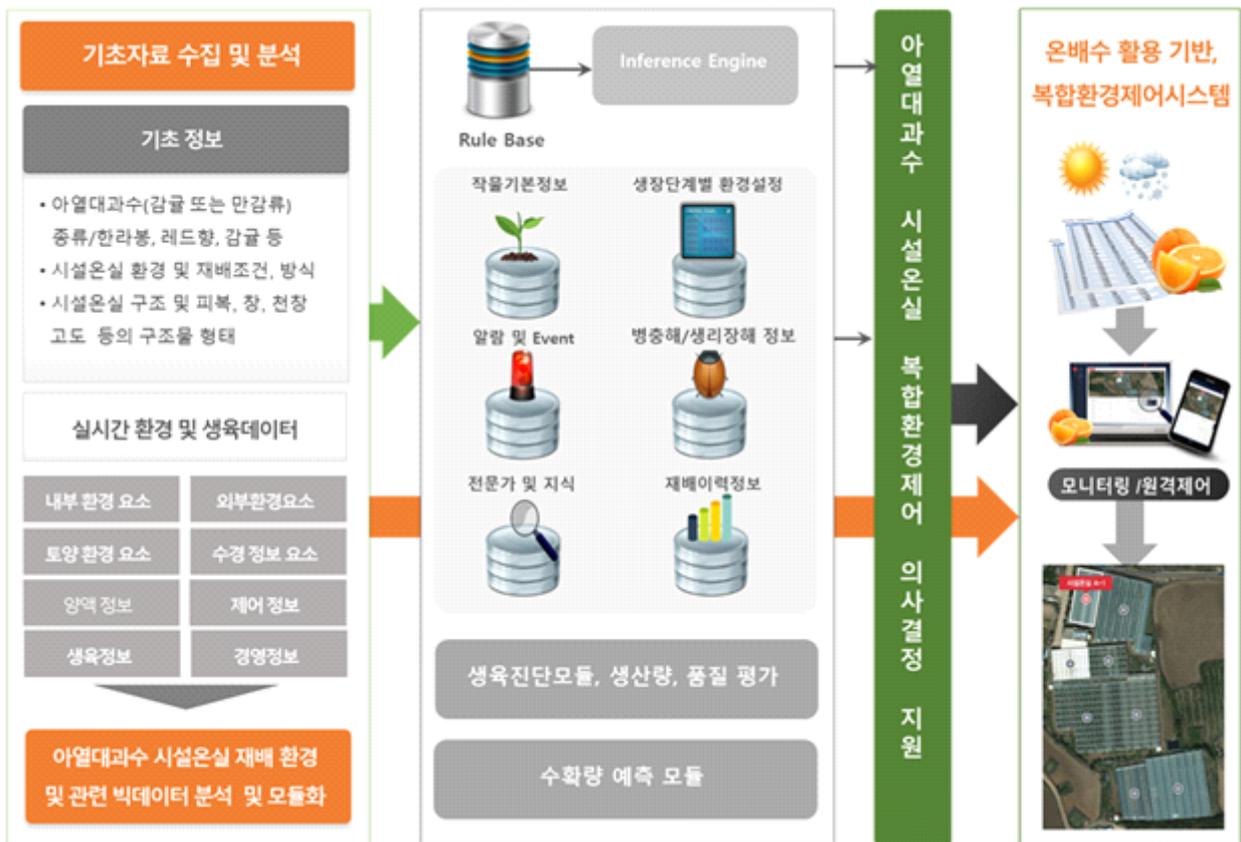
- 방재 및 나무와 과실 생육감시를 위한 영상이미지 수렴을 위한 카메라 설치



(3) 실증사이트 시설농가 대상, 온배수 수열원 냉·난방설비 및 관수, 시설설비 통합제어시스템구축

■ 통합제어시스템 구축

- 최적 환경제어를 위한 시설장비의 시설재배 현장적용 및 실증을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용 효과 정보 수집 및 정량적 분석 : 관수, CCTV, 자동 제어시스템, 태양광, CO<sub>2</sub> 설비 등
- 온배수를 활용한 냉·난방 및 복합환경제어시스템 구축 및 설치
- 현장 적용을 통한 최적 환경/상태 모니터링 (web 기반) 시스템 개선 및 보완
- 재배시설 및 농가 사용자 맞춤형 복합환경제어시스템 구현을 위해, 재배농가 현장경험 및 know-how 입력



(4) 웹 기반, 환경모니터링 및 관리시스템 구축

- IoT 기반 온배수 수열원설비 및 관로, 시설온실 냉·난방시스템운영을 위한 모니터링 정보
- 아열대과수 시설온실 내외부 환경계측 정보 수집 및 통계처리 및 빅데이터 분석결과 개제를 위한 시스템 1차 구축
- 생육환경 최적화를 위한 시설온실 복합환경제어가 가능하도록, 멀티(동시제어) 설계안 수립 및 시스템 구축
- IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 구축
  - 위치별, 기능별, 장비별 실시간 상태 계측자료 수집 및 DataBase화
  - DB시스템 및 자료처리, 통계 등 데이터베이스 구축 및 서버에 저장
  - 에너지 관리자 및 사용자별 시스템 관리분배
  - 보안로그인(Spring Security 적용)
- 웹 기반 환경모니터링시스템 디렉토리 / DB 구조

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <p>&lt;모니터링시스템 디렉토리 구조&gt;</p> | <p>&lt;모니터링시스템 데이터베이스 구조&gt;</p> |
|--------------------------------|----------------------------------|

■ 웹 기반, 환경모니터링 메뉴 및 콘텐츠

| 메뉴             | 콘텐츠 및 서비스                        | 비고     |
|----------------|----------------------------------|--------|
| 사용자 로그인        | 관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인            | 로그인    |
| HOME           | 메인페이지 및 시설온실 생육 및 환경모니터링 한눈보기    | 메인페이지  |
| 온배수 수열원 모니터링   | 온배수 수열원 설비 모니터링                  | 페이지    |
| 측정 및 환경모니터링    | 시설온실 생육 및 복합환경데이터, 외부기상 및 해수온데이터 | 페이지    |
| 온실 환경 및 시스템 제어 | 복합온실환경을 위한 제어사항                  | 페이지    |
| 옵션 및 기타        | 데이터 다운로드, 옵션 및 관리자, 환경설정         | 별도 페이지 |

■ 웹 기반, 환경모니터링 메뉴 및 콘텐츠 (http://117.17.101.198:8091/)

- 사용자 로그인 : 관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인

**<모니터링시스템 사용자 로그인>**

**알림** admin [LOGOUT](#)

| 일반 알림                               | 위험 알림                               |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 로그인 관리자님이 로그인했습니다. 2018-07-23 00:00 | 2018-07-23 15:00 tb01 수지가 정상이 아닙니다. |
| 로그인 관리자님이 로그인했습니다. 2018-07-23 00:00 | 2018-07-23 15:00 tb04 수지가 정상이 아닙니다. |
| 로그인 관리자님이 로그인했습니다. 2018-07-23 00:00 |                                     |

**<옵션 및 기타 - 알림, 이벤트, 공지, 환경설정, 관리자페이지 등>**

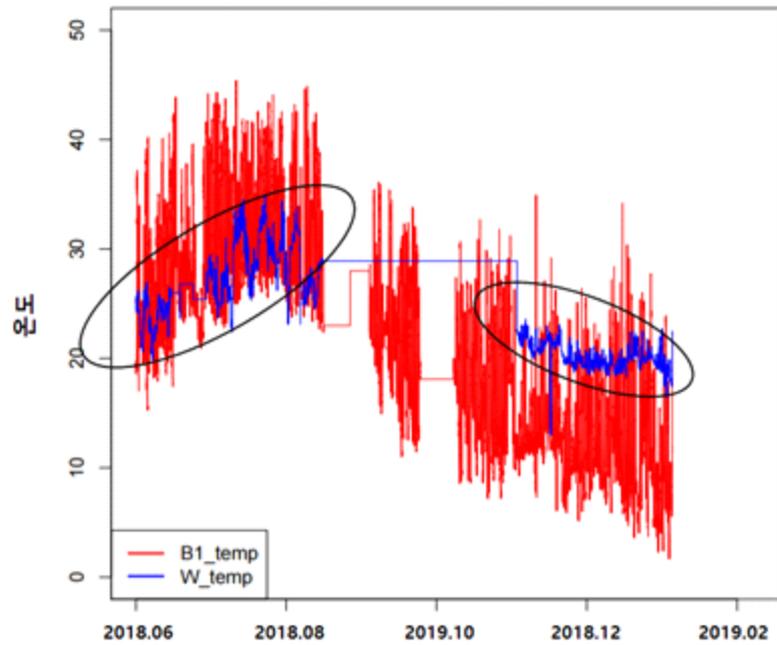
※ 통합제어모니터링 시스템 매뉴얼은 부록 1.4 참조

바. 온배수+외부 환경+시설온실 빅데이터 활용 및 RNN기반 통합 환경 제어시스템 구축

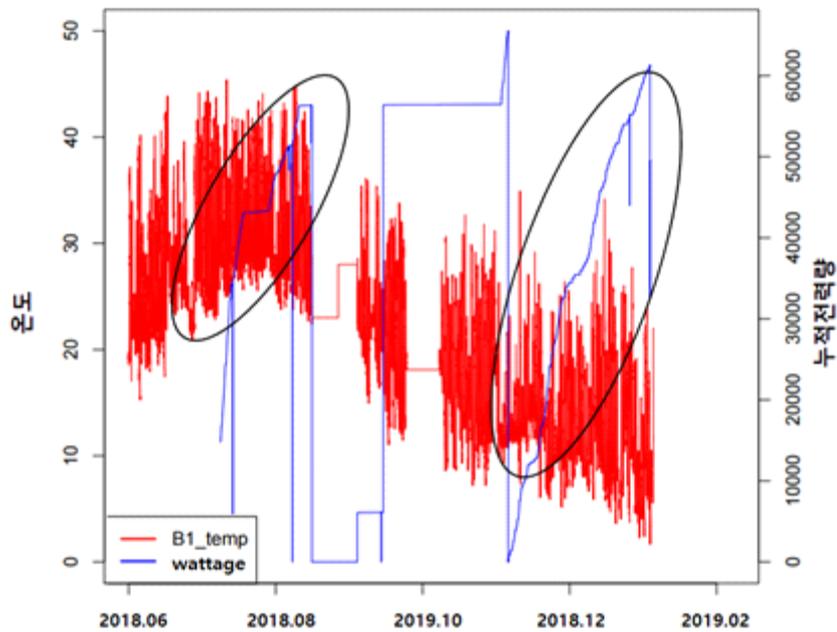
(1) 온배수 사용시기, 전력사용량 등 빅데이터 분석

■ 온배수와 온실 내부 온도 분석

- B1\_tem는 온실내부 온도, W\_temp는 온배수 온도, wattage는 전력량
- 여름철 온실 내부 온도 상승 시 온배수만으로 제어가 어려워 냉방기 가동으로 전력량이 상승
- 겨울철 온실 내부 온도 유지를 위해 온배수 활용 및 온풍기 가동으로 인한 전력량 상승



<온배수와 온실 내부 온도 상관관계>

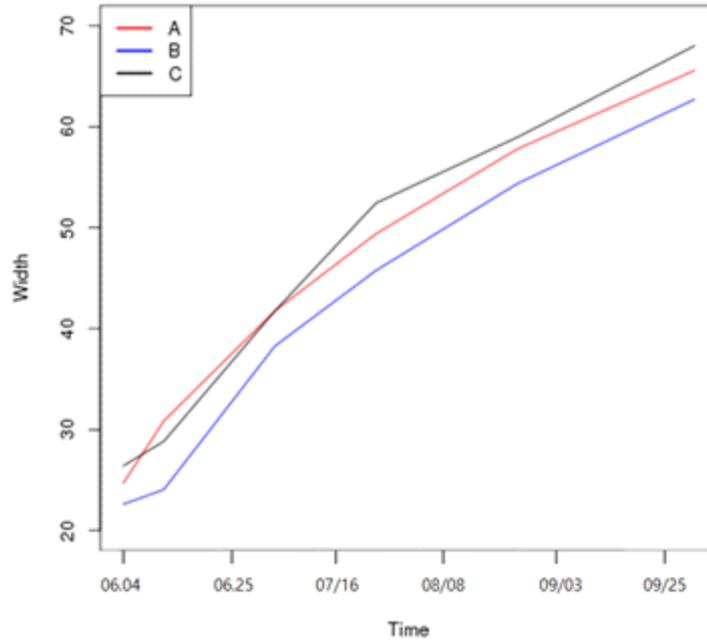


<온실 내부 온도와 전력량 상관관계>

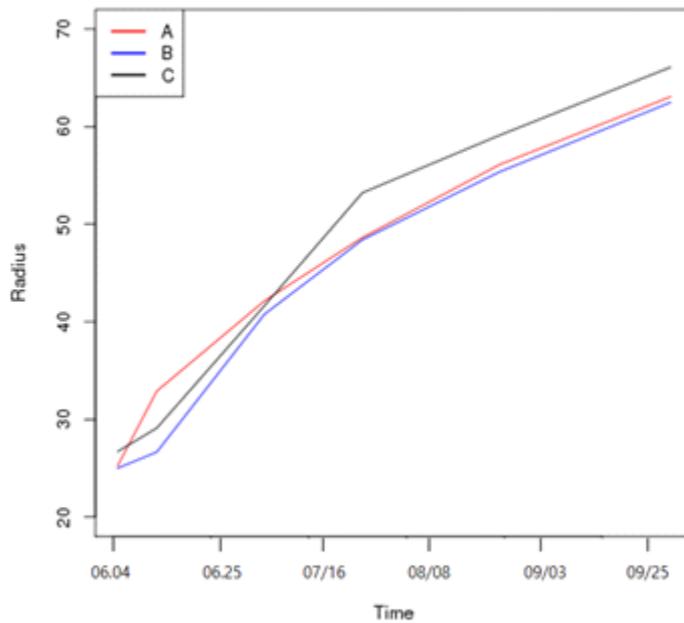
(2) 실증데이터 분석 기반, 주요 정량적 영향인자 및 요소값 도출

■ 과수 생육정보 확인

- 과수 생육 측정은 6/4, 6/12, 7/12, 7/24, 8/21, 9/35 6회 진행
- 온실 내부 환경정보와 비교를 위한 과수 생육정보 선형 보간하여 일별 데이터 생성



<과수 생육 정보 - 과폭>



<과수 생육 정보 - 과경>

- 일별 과수 생육 데이터

| 일자      | A 나무군 |      | B 나무군 |      | C 나무군 |      |
|---------|-------|------|-------|------|-------|------|
|         | 과폭    | 과경   | 과폭    | 과경   | 과폭    | 과경   |
| 06월 04일 | 24.7  | 25.2 | 22.6  | 25.0 | 26.4  | 26.7 |
| 06월 05일 | 25.4  | 26.2 | 22.8  | 25.2 | 26.7  | 27.0 |
| 06월 06일 | 26.2  | 27.1 | 23.0  | 25.4 | 27.0  | 27.3 |
| 06월 07일 | 27.0  | 28.1 | 23.1  | 25.6 | 27.3  | 27.6 |
| 06월 08일 | 27.8  | 29.1 | 23.3  | 25.8 | 27.6  | 27.9 |
| 06월 09일 | 28.5  | 30.0 | 23.5  | 26.0 | 27.9  | 28.2 |
| 06월 10일 | 29.3  | 31.0 | 23.7  | 26.2 | 28.2  | 28.5 |
| 06월 11일 | 30.1  | 31.9 | 23.9  | 26.4 | 28.5  | 28.8 |
| 06월 12일 | 30.8  | 32.9 | 24.0  | 26.6 | 28.8  | 29.1 |
| 06월 13일 | 31.3  | 33.3 | 24.7  | 27.3 | 29.4  | 29.7 |
| 06월 14일 | 31.8  | 33.7 | 25.3  | 27.9 | 30.0  | 30.3 |
| 06월 15일 | 32.3  | 34.2 | 26.0  | 28.6 | 30.6  | 30.8 |
| 06월 16일 | 32.8  | 34.6 | 26.6  | 29.2 | 31.2  | 31.4 |
| 06월 17일 | 33.3  | 35.0 | 27.3  | 29.9 | 31.8  | 32.0 |
| 06월 18일 | 33.8  | 35.4 | 27.9  | 30.5 | 32.3  | 32.5 |
| 06월 19일 | 34.3  | 35.8 | 28.6  | 31.1 | 32.9  | 33.1 |
| 06월 20일 | 34.8  | 36.3 | 29.2  | 31.8 | 33.5  | 33.7 |
| 06월 21일 | 35.3  | 36.7 | 29.9  | 32.4 | 34.1  | 34.2 |
| 06월 22일 | 35.8  | 37.1 | 30.5  | 33.1 | 34.7  | 34.8 |
| 06월 23일 | 36.3  | 37.5 | 31.2  | 33.7 | 35.3  | 35.4 |
| 06월 24일 | 36.8  | 37.9 | 31.8  | 34.4 | 35.9  | 36.0 |
| 06월 25일 | 37.3  | 38.4 | 32.5  | 35.0 | 36.5  | 36.5 |
| 06월 26일 | 37.8  | 38.8 | 33.1  | 35.6 | 37.0  | 37.1 |
| 06월 27일 | 38.3  | 39.2 | 33.7  | 36.3 | 37.6  | 37.7 |
| 06월 28일 | 38.8  | 39.6 | 34.4  | 36.9 | 38.2  | 38.2 |
| 06월 29일 | 39.3  | 40.0 | 35.0  | 37.6 | 38.8  | 38.8 |
| 06월 30일 | 39.8  | 40.5 | 35.7  | 38.2 | 39.4  | 39.4 |
| 07월 01일 | 40.3  | 40.9 | 36.3  | 38.9 | 40.0  | 39.9 |
| 07월 02일 | 40.8  | 41.3 | 37.0  | 39.5 | 40.6  | 40.5 |
| 07월 03일 | 41.3  | 41.7 | 37.6  | 40.1 | 41.2  | 41.1 |
| 07월 04일 | 41.8  | 42.1 | 38.3  | 40.8 | 41.8  | 41.7 |
| 07월 05일 | 42.1  | 42.5 | 38.6  | 41.2 | 42.3  | 42.2 |
| 07월 06일 | 42.5  | 42.8 | 39.0  | 41.5 | 42.8  | 42.8 |
| 07월 07일 | 42.9  | 43.1 | 39.4  | 41.9 | 43.4  | 43.4 |
| 07월 08일 | 43.3  | 43.4 | 39.8  | 42.3 | 43.9  | 44.0 |
| 07월 09일 | 43.7  | 43.8 | 40.1  | 42.7 | 44.4  | 44.5 |
| 07월 10일 | 44.0  | 44.1 | 40.5  | 43.1 | 45.0  | 45.1 |
| 07월 11일 | 44.4  | 44.4 | 40.9  | 43.4 | 45.5  | 45.7 |
| 07월 12일 | 44.8  | 44.7 | 41.3  | 43.8 | 46.0  | 46.3 |
| 07월 13일 | 45.2  | 45.1 | 41.6  | 44.2 | 46.6  | 46.9 |
| 07월 14일 | 45.6  | 45.4 | 42.0  | 44.6 | 47.1  | 47.4 |
| 07월 15일 | 46.0  | 45.7 | 42.4  | 45.0 | 47.6  | 48.0 |
| 07월 16일 | 46.3  | 46.0 | 42.8  | 45.4 | 48.2  | 48.6 |
| 07월 17일 | 46.7  | 46.4 | 43.1  | 45.7 | 48.7  | 49.2 |
| 07월 18일 | 47.1  | 46.7 | 43.5  | 46.1 | 49.2  | 49.7 |
| 07월 19일 | 47.5  | 47.0 | 43.9  | 46.5 | 49.8  | 50.3 |
| 07월 20일 | 47.9  | 47.3 | 44.3  | 46.9 | 50.3  | 50.9 |
| 07월 21일 | 48.2  | 47.7 | 44.6  | 47.3 | 50.8  | 51.5 |
| 07월 22일 | 48.6  | 48.0 | 45.0  | 47.6 | 51.4  | 52.1 |
| 07월 23일 | 49.0  | 48.3 | 45.4  | 48.0 | 51.9  | 52.6 |
| 07월 24일 | 49.4  | 48.6 | 45.8  | 48.4 | 52.4  | 53.2 |
| 07월 25일 | 49.7  | 48.9 | 46.1  | 48.6 | 52.7  | 53.4 |
| 07월 26일 | 50.0  | 49.2 | 46.4  | 48.9 | 52.9  | 53.6 |
| 07월 27일 | 50.3  | 49.4 | 46.7  | 49.1 | 53.1  | 53.9 |

| 일자      | A 나무군 |      | B 나무군 |      | C 나무군 |      |
|---------|-------|------|-------|------|-------|------|
|         | 과폭    | 과경   | 과폭    | 과경   | 과폭    | 과경   |
| 07월 28일 | 50.6  | 49.7 | 47.0  | 49.4 | 53.4  | 54.1 |
| 07월 29일 | 50.9  | 50.0 | 47.3  | 49.6 | 53.6  | 54.3 |
| 07월 30일 | 51.2  | 50.2 | 47.6  | 49.9 | 53.8  | 54.5 |
| 07월 31일 | 51.5  | 50.5 | 47.9  | 50.1 | 54.1  | 54.7 |
| 08월 01일 | 51.8  | 50.8 | 48.2  | 50.4 | 54.3  | 54.9 |
| 08월 02일 | 52.1  | 51.0 | 48.5  | 50.6 | 54.5  | 55.1 |
| 08월 03일 | 52.4  | 51.3 | 48.8  | 50.9 | 54.8  | 55.3 |
| 08월 04일 | 52.7  | 51.6 | 49.1  | 51.1 | 55.0  | 55.5 |
| 08월 05일 | 53.0  | 51.8 | 49.5  | 51.4 | 55.2  | 55.7 |
| 08월 06일 | 53.3  | 52.1 | 49.8  | 51.6 | 55.5  | 56.0 |
| 08월 07일 | 53.6  | 52.4 | 50.1  | 51.9 | 55.7  | 56.2 |
| 08월 08일 | 53.9  | 52.6 | 50.4  | 52.1 | 55.9  | 56.4 |
| 08월 09일 | 54.2  | 52.9 | 50.7  | 52.4 | 56.2  | 56.6 |
| 08월 10일 | 54.5  | 53.2 | 51.0  | 52.6 | 56.4  | 56.8 |
| 08월 11일 | 54.8  | 53.4 | 51.3  | 52.9 | 56.6  | 57.0 |
| 08월 12일 | 55.1  | 53.7 | 51.6  | 53.1 | 56.9  | 57.2 |
| 08월 13일 | 55.4  | 54.0 | 51.9  | 53.4 | 57.1  | 57.4 |
| 08월 14일 | 55.7  | 54.2 | 52.2  | 53.6 | 57.3  | 57.6 |
| 08월 15일 | 56.0  | 54.5 | 52.5  | 53.9 | 57.6  | 57.8 |
| 08월 16일 | 56.3  | 54.8 | 52.8  | 54.1 | 57.8  | 58.1 |
| 08월 17일 | 56.6  | 55.0 | 53.1  | 54.4 | 58.0  | 58.3 |
| 08월 18일 | 56.9  | 55.3 | 53.5  | 54.6 | 58.3  | 58.5 |
| 08월 19일 | 57.2  | 55.6 | 53.8  | 54.9 | 58.5  | 58.7 |
| 08월 20일 | 57.5  | 55.8 | 54.1  | 55.1 | 58.7  | 58.9 |
| 08월 21일 | 57.8  | 56.1 | 54.4  | 55.4 | 59.0  | 59.1 |
| 08월 22일 | 58.0  | 56.3 | 54.6  | 55.6 | 59.2  | 59.3 |
| 08월 23일 | 58.3  | 56.5 | 54.9  | 55.8 | 59.5  | 59.5 |
| 08월 24일 | 58.5  | 56.7 | 55.1  | 56.0 | 59.7  | 59.7 |
| 08월 25일 | 58.7  | 56.9 | 55.3  | 56.2 | 60.0  | 59.9 |
| 08월 26일 | 58.9  | 57.1 | 55.6  | 56.4 | 60.3  | 60.1 |
| 08월 27일 | 59.1  | 57.3 | 55.8  | 56.6 | 60.5  | 60.3 |
| 08월 28일 | 59.4  | 57.5 | 56.0  | 56.8 | 60.8  | 60.5 |
| 08월 29일 | 59.6  | 57.7 | 56.3  | 57.0 | 61.0  | 60.7 |
| 08월 30일 | 59.8  | 57.9 | 56.5  | 57.2 | 61.3  | 60.9 |
| 08월 31일 | 60.0  | 58.1 | 56.8  | 57.4 | 61.6  | 61.1 |
| 09월 01일 | 60.2  | 58.3 | 57.0  | 57.6 | 61.8  | 61.3 |
| 09월 02일 | 60.5  | 58.5 | 57.2  | 57.8 | 62.1  | 61.5 |
| 09월 03일 | 60.7  | 58.7 | 57.5  | 58.0 | 62.3  | 61.7 |
| 09월 04일 | 60.9  | 58.9 | 57.7  | 58.2 | 62.6  | 61.9 |
| 09월 05일 | 61.1  | 59.1 | 58.0  | 58.4 | 62.8  | 62.1 |
| 09월 06일 | 61.4  | 59.3 | 58.2  | 58.6 | 63.1  | 62.3 |
| 09월 07일 | 61.6  | 59.5 | 58.4  | 58.8 | 63.4  | 62.5 |
| 09월 08일 | 61.8  | 59.7 | 58.7  | 59.0 | 63.6  | 62.7 |
| 09월 09일 | 62.0  | 59.9 | 58.9  | 59.2 | 63.9  | 62.9 |
| 09월 10일 | 62.2  | 60.1 | 59.1  | 59.4 | 64.1  | 63.1 |
| 09월 11일 | 62.5  | 60.3 | 59.4  | 59.6 | 64.4  | 63.3 |
| 09월 12일 | 62.7  | 60.5 | 59.6  | 59.8 | 64.7  | 63.5 |
| 09월 13일 | 62.9  | 60.7 | 59.9  | 60.0 | 64.9  | 63.7 |
| 09월 14일 | 63.1  | 60.9 | 60.1  | 60.3 | 65.2  | 63.9 |
| 09월 15일 | 63.4  | 61.1 | 60.3  | 60.5 | 65.4  | 64.1 |
| 09월 16일 | 63.6  | 61.3 | 60.6  | 60.7 | 65.7  | 64.3 |

■ 온실 내부 환경정보와 과수 생육정보 상관분석 진행

- 온실 내부 환경 측정 장비가 태풍의 영향으로 장비에 문제가 발생하여 7월부터 8월 초 까지 관측을 하지 못하였음. 데이터 분석 시 결측 기간은 제외하고 데이터 분석 진행
- 온실 내부 데이터와 과수 생육정보 빅데이터 분석을 위해 머신러닝기법 중 랜덤포레스트 기법 적용
- 분석은 R을 사용하여 분석진행

```
[root@eco20 work]# Rscript proc_rnn_new.R
Attaching package: 'lubridate'
The following object is masked from 'package:base':
  date

Attaching package: 'dplyr'
The following objects are masked from 'package:lubridate':
  intersect, setdiff, union

The following objects are masked from 'package:stats':
  filter, lag

The following objects are masked from 'package:base':
  intersect, setdiff, setequal, union

randomForest 4.6-14
Type rfNews() to see new features/changes/bug fixes.
Attaching package: 'randomForest'
The following object is masked from 'package:dplyr':
  combine

Loading required package: lattice
Loading required package: ggplot2
Attaching package: 'ggplot2'

The following object is masked from 'package:randomForest':
  margin

      %IncMSE IncNodePurity
Temp_1    4.9214660      65.03202
Humd_1    3.0334681      37.96166
CO2_1     -0.8289812      24.28324
WaterVapor_1 3.5655352      38.04125
InsLight_1 1.2037701      34.37136
AvgLight_1 2.7459145      36.59944
CumLight_1 3.0843540      40.75723
Smois_1   12.8670263     215.36256
Scond_1   17.5523227     259.74372
```

<R을 사용한 랜덤포레스트 머신러닝 기법>

- 변수중요도 산정 결과  
☞ 6월 4일 ~ 7월 8일

| 변수명             | A 나무군 |       | B 나무군 |       | C 나무군 |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 과목    | 과경    | 과목    | 과경    | 과목    | 과경    |
| 온도              | 5.64  | 4.92  | 7.18  | 6.77  | 5.19  | 3.87  |
| 습도              | 1.72  | 3.03  | 1.81  | 2.43  | 3.55  | 2.91  |
| CO <sub>2</sub> | -1.38 | -0.83 | -1.15 | 0.07  | -0.98 | 2.64  |
| 누적광량값           | 2.42  | 3.08  | 2.24  | 1.31  | 1.84  | 1.57  |
| 토양수분            | 12.40 | 12.87 | 17.39 | 17.38 | 10.09 | 10.50 |
| 토양 전기전도도        | 19.26 | 17.55 | 17.07 | 15.85 | 20.10 | 20.19 |
| 토양온도            | 6.56  | 8.95  | 5.20  | 5.41  | 11.38 | 10.42 |

- ☞ 8월 2일 ~ 9월 25일

| 변수명             | A 나무군 |       | B 나무군 |       | C 나무군 |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 과목    | 과경    | 과목    | 과경    | 과목    | 과경    |
| 온도              | 19.59 | 19.23 | 19.83 | 18.92 | 20.89 | 19.32 |
| 습도              | 4.13  | 4.77  | 5.56  | 5.88  | 7.02  | 4.20  |
| CO <sub>2</sub> | 6.73  | 6.90  | 5.55  | 4.01  | 14.28 | 13.41 |
| 누적광량값           | 3.34  | 4.13  | 4.15  | 3.61  | 6.15  | 5.51  |
| 토양수분            | 12.24 | 12.34 | 14.32 | 15.13 | 3.58  | 6.22  |
| 토양 전기전도도        | -0.03 | 3.15  | 13.51 | 12.53 | 14.12 | 0.66  |
| 토양온도            | 19.69 | 19.01 | 16.91 | 18.34 | 6.15  | 15.67 |

#### ■ 주요 정량적 영향인자 도출

- 변수중요도 산정 결과 과목의 양분을 흡수하는 6월에는 토양 전기전도도가 가장 높게 나타났으며 그 뒤로 토양수분, 토양온도 순으로 나타남. (해당기간의 토양 전기전도도는 0.30 dS/m 이하를 지속적으로 나타내고 있어 작물이 자라는데 적합한 비염류토양으로 확인됨)
- 과실이 비대해지는 8~9월에는 변수 중요도 중 온도가 가장 높게 나타났으며, 그 뒤로 토양온도, 토양수분 순으로 나타남.
- 과목 및 과실의 생육시기에 따라 생육에 영향을 주는 변수들이 달라지므로 차후 생육 모델 개발 및 고도화 진행 시 생육시기별 맞춤 모델 개발이 필요함.

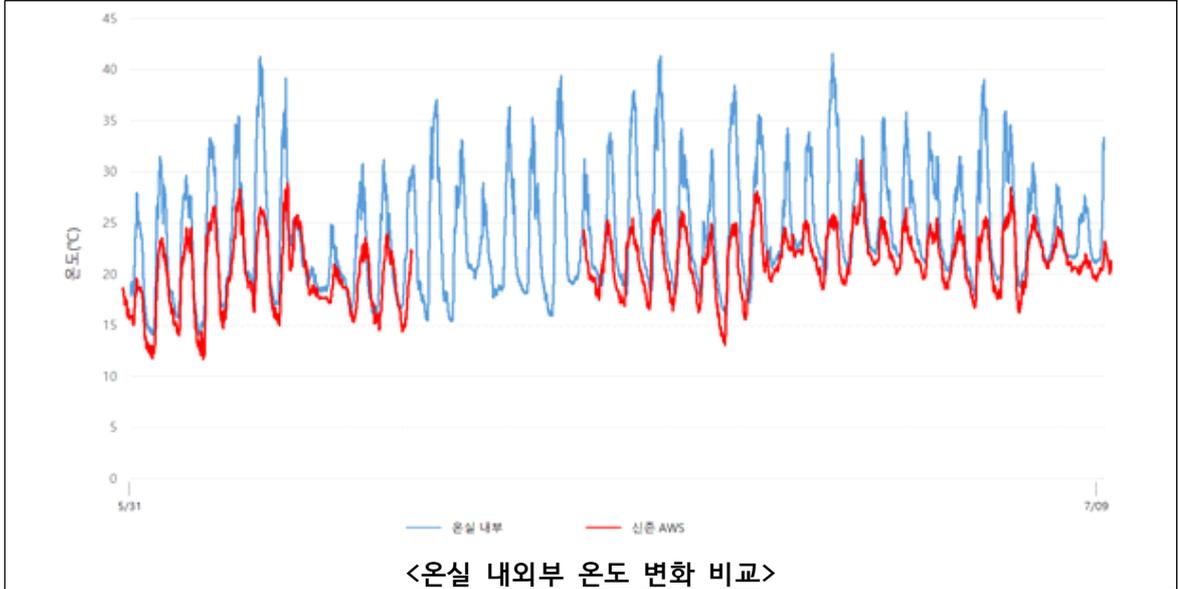
(3) 외부환경변화에 유동적인 시설온실 환경 요소 분석

■ 냉·난방, 습도, CO<sub>2</sub>, 환기 등 환경요소 제어 변수 설정

- 온실 내·외부 온도 비교 분석

☞ 온실 외부 온도 변화에 따라 온실 내부 온도 변화

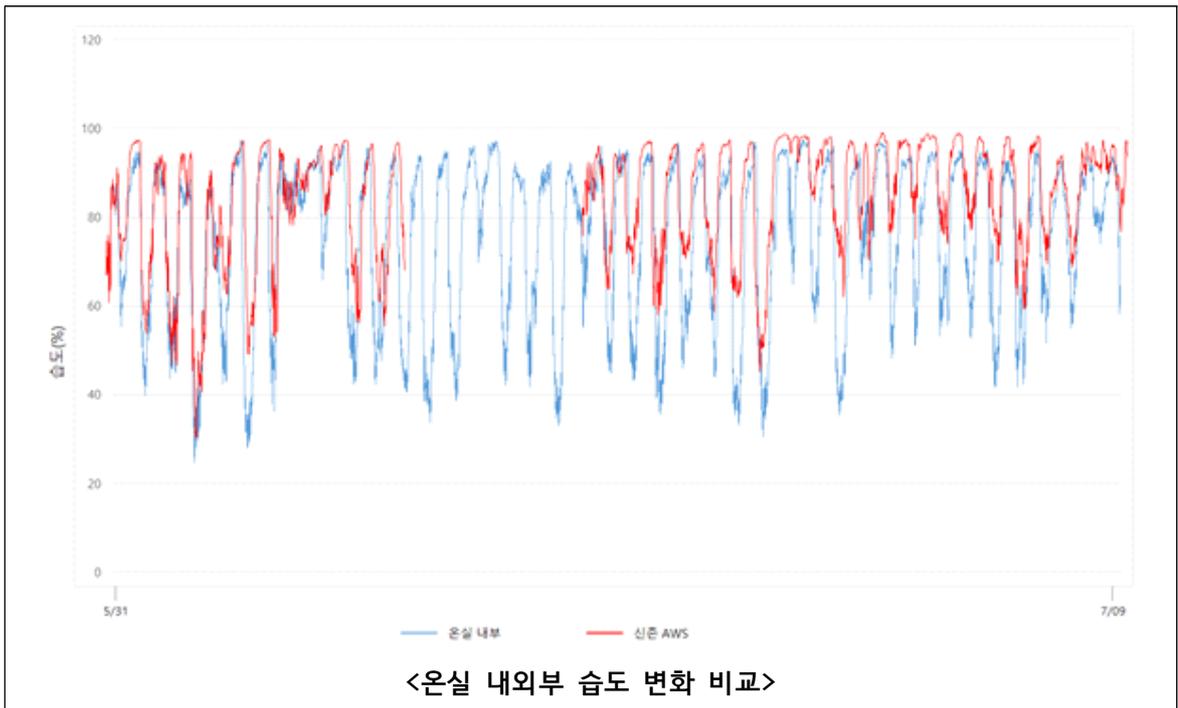
☞ 외부 온도에 따른 온실 내부 온풍기/냉풍기 제어 필요



- 온실 내·외부 습도 비교 분석

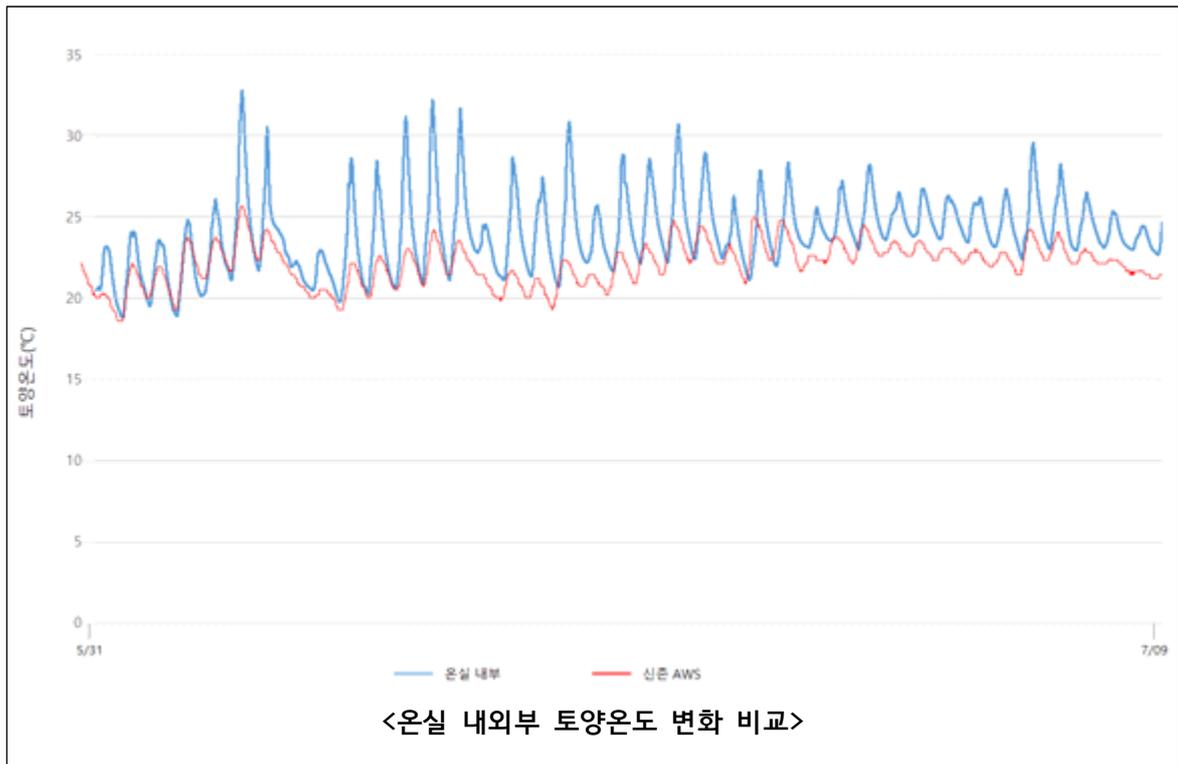
☞ 온실 외부 습도 변화에 따라 온실 내부 습도 변화

☞ 온실 내부 관수로 시기에 따라 내부 습도 변화 폭이 큼.



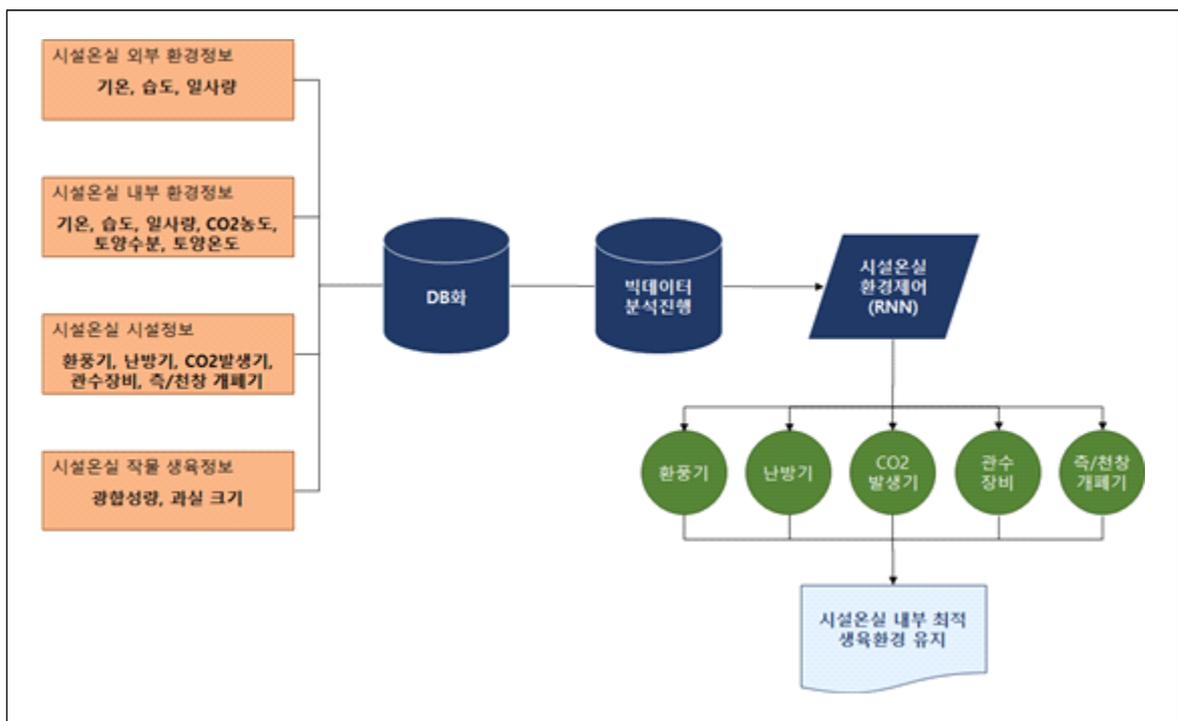
- 온실 내외부 토양온도 비교 분석

- ☞ 온실 외부 토양온도 변화폭은 크지 않으나, 온실 내부 토양온도 변화폭은 큰 편
- ☞ 온실 내부 온도의 변화에 더 큰 영향을 받음.

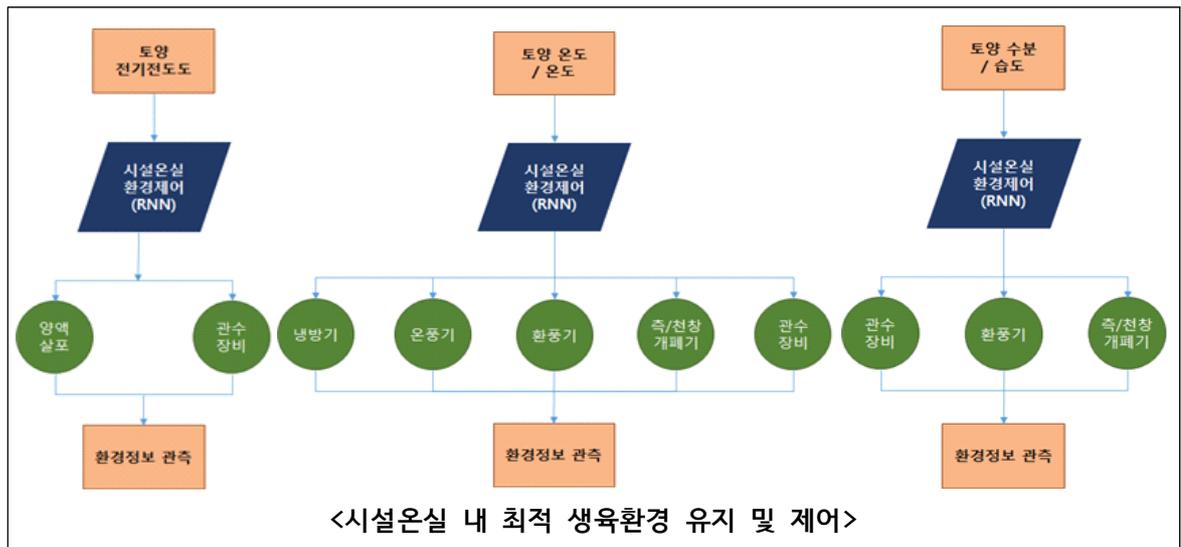


■ 실증데이터 분석 기반, 단계별, 계절별, 작물별 다양한 환경 제어 방안 도출

- 온실 환경제어를 위해 RNN기반의 환경제어 기본 알고리즘 구성



- 토양 전기전도도 제어 : 시설환경 제어 모듈을 통해 양액 살포 및 관수장비를 제어 토양 내의 유기질 및 무기질 함량을 늘려 전기전도도를 높임.
- 토양온도, 온도제어 : 냉방기, 온풍기, 환풍기, 측/천창 개폐기, 관수장비를 제어하여 온실 내부의 토양온도, 온도를 제어
- 토양수분, 습도 제어 : 관수장비, 환풍기, 측/천창 제어를 통해 온실 내부 토양수분 및 습도를 조절



## 사. 온배수를 활용한 수열원 공급설비 성능개선 및 유지보수

### (1) 다수열원 공급을 위한 설비 개선

#### ■ 다수열원 공급을 위한 설비 개선

- 저류조 용량 및 시설능가 보급 확대

: 본 연구에 적용할 시설능가 저류조의 용량은 최소 1분간 10ha 부지의 열량공급에 필요한 유량인 25,000리터 이상의 수용이 가능함.

#### ■ 히트펌프 운전제어, 열량분배 등 다수 열원제어 분석

- 발전소 온배수는 실질적인 재생 에너지원이지만 그동안 국내에서는 이용사례가 거의 없어 열원(발전소 온배수)과 부하측(시설원예)의 특성을 고려한 히트펌프 기술 필요
- 경제적 측면에서 대규모 집합시설에 특히 유리하기 때문에, 150RT 이상의 대용량, 고효율 히트펌프 개발 기술이 필요함. 또한 장비에 대한 신뢰도 확보를 위해 다수의 개별 사이클을 융합한 시스템 설계 및 용량 제어 기술이 요구됨.
- 수용가의 요구를 만족시키기 위해서는 난방 시 고온출수(60°C 이상)에 대한 내구성 확보가 필요하며, 또한 냉방 및 제습 운전 효율을 증대시켜 감귤 및 만감류 과수 생육 특성에 맞게 조건을 조성함으로써 생산성 향상에 기여

### (2) 농가 안정적 열원공급을 위한 열원공급계획

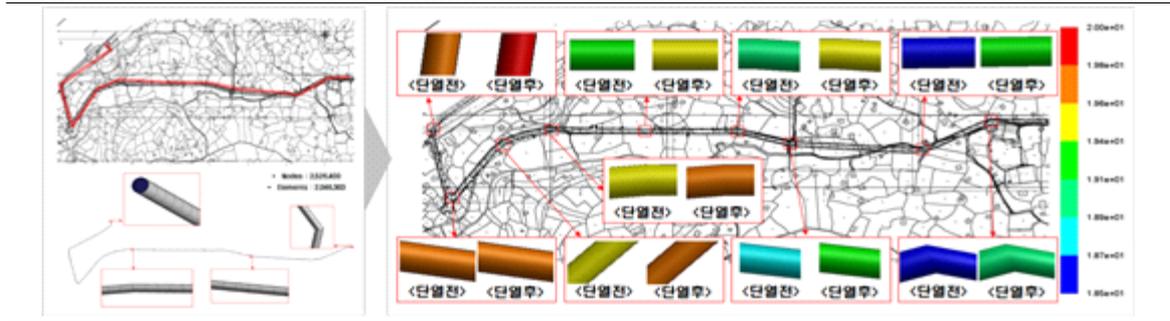
#### ■ 농가 안정적 열원공급을 위한 계절별 수요값 예측 모델 개발

- 하루의 기온 변화와 비교할 때 인근 해수의 온도 변화는 상당히 미미하며, 취수 해수 온도 대비 약 3~4°C 상승된 온배수를 저류조에 열원으로 확보할 수 있었음. 제주 화력본부의 온배수를 이용하여 동계에도 20°C 가량의 열원을 지속적으로 공급할 수 있다는 점은 난방용 열펌프 시스템 실증사업 대상지로서의 적합성을 입증하는 것으로 볼 수 있음.
- 히트펌프 시스템 가동 시 저류조로부터 유입된 온배수는 열교환기로 공급되어 담수와의 열교환 과정에서 온도가 4°C 가량 감소하여 저류조로 반송되었음. 열원 이송관로 내 담수는 온배수와의 열교환을 통해 약 5°C 상승되어 열펌프로 열을 수송하며, 히트펌프 시스템 가동 시간을 기준으로 18~20°C의 온도로 열교환기로부터 출수되었음.
- 상기 모니터링 결과를 통해, 구축된 온배수 취수 시스템이 열원을 안정적으로 담수로 공급할 수 있음을 입증함.

아. 시설농가 수열원 활용, 열량 공급량 확인을 위한 설비, 기술모니터링시스템

(1) 온배수 수열원 설비 및 기술 모니터링시스템 구축

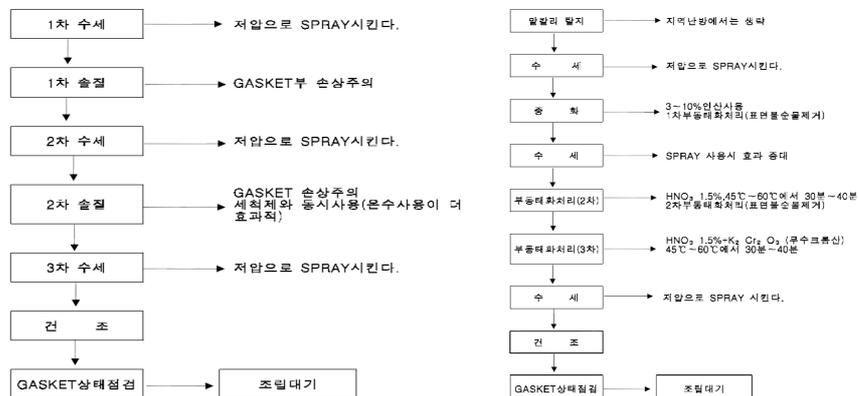
- 온배수, 열교환기를 통한 열회수, 관로를 통한 이송, 히트펌프 성능 등에 설비시스템 구축 및 통합 모니터링 내 적용



<발전소 온배수 공급 관로 설계/시뮬레이션>

(2) 열교환기 파울링 해석 Tool개발

- 고집적화를 위한 열교환 집적도  $200\text{kW/m}^2$ , 총괄열전달계수  $5,000\text{W/m}^2\text{K}$ ,  $700\text{kW}$ 급 용량 열교환기 및 파울링 해석 툴 개발
  - 파울링 제거기술은 기계적 방법과 화학적 방법을 적용하며, 연중 가동정지 기간이 없는 시스템의 경우 화학적 방법의 적용검토가 필요하나, 춘계 및 추계 기간에 가동정지 기간이 충분한 본 시스템의 경우 기계적 세척방법이 권장됨.
  - 파울링 제거 절차는 기계적 및 화학적 파울링 제거방식으로 진행하며, 전체공정은 3회 이상의 수세-직접식(기계적) 또는 화학적 태화 처리(화학적)-건조-점검 순서로 진행함.
  - 발전소 온배수 시스템의 제1기계실에서 진행한 파울링 구현 실험과 실험실에서 진행한 열성능 측정실험의 결과를 토대로 적정 제거주기를 산출함.
    - 열교환기 설계 여유율 - 열교환기 열량 감소율  $< 0$  (정속펌프시),  $-20$  (가변펌프시)
    - 가변펌프의 경우 인버터를 통해 순환유량을 20% 이상 증가시킬 수 있다고 가정하면 파울링 세정의 주기를 좀 더 늦출 수 있음.



<기계적 세척 및 화학적 세척 공정도>

(3) 국내 최초, 온배수를 활용한 신재생에너지 REC 발급을 위한 제반 업무 추진

■ 국내 최초 온배수를 활용한 신재생에너지 REC 발급을 위한 온배수 활용 모니터링시스템 및 수열원 공급에 따른 농가 경제적 효과 분석

- 기존 재배방법(온배수 열원 활용 냉·난방, 공기열, 지열 등) 대비 과학적 지배, 최적 환경제어를 통한 품질 및 생산성 비교, 경제성 분석을 통한 시스템 운영비, 소득 향상 등 경제성 분석

|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| <p><b>에너지 수요 및 공급조절, 에너지소비절감</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 아열대 과수에 필요한 온도관리, 냉·난방 및 제습, 관수, 시설관리 등 필요한 에너지와 에너지를 비교</li> <li>• 기존 에너지 사용                     <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 온배수열원 활용 냉·난방, 공기 및 지열에너지의 보조열원 활용, 태양광 설비 등</li> <li>☞ 효율적 에너지 활용 및 재순환, 청정에너지 활용, 화석연료비 절감 및 생산비 절감</li> </ul> </li> </ul> |  |
|--------------------------------------|--|--|

- 청정에너지 온배수 활용 기반, 냉·난방시스템 운용을 통한 에너지 절감 및 탄소배출 저감량 비교분석
- 기존 재배방법 대비 농가소득 및 경제적 효과 분석

| 구분                 | 사례 및 경제적 효과  |
|--------------------|--|
| <b>전남화순 한울농장</b>   | <p><b>생육환경 및 데이터 기반, 토마토 생산</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3.3㎡ 당 토마토 생산량 65 ⇒ 101kg 증가(55% 생산량 증대)</li> <li>- 농가 직접 관리 시간 50% 절감, 연료비 35% 절감</li> </ul>   |
| <b>전북김제 유연영농조합</b> | <p><b>빅데이터 및 생육환경제어 기반, 파프리카 생산</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10a 당 18 ⇒ 24톤으로 생산량 증대</li> <li>- 에너지 비용은 639만원→ 340만원으로 50% 감소, 상품률 70→90%로 향상</li> </ul> |

■ REC 인증서 발급을 위한 제반 업무 추진

- 제주발전본부 온배수 이용 협약 MOU 추진
  - 제주대학교 산학협력단이 추진하는 국책사업과 관련하여, 한국중부발전(주) 제주발전본부의 온배수를 신촌백합영농조합법인이 경영하는 시설하우스에 제공함으로써 국가연구사업을 지원하는데 있어서, 상호간의 업무사항과 제반 절차를 규정화
  - 신촌백합영농조합법인은 해당 시설농기부지 및 기타 아열대작물의 연구활용에 동의하는 등의 업무협약 체결



- 제주대학교 산학협력단의 중부발전 제주발전본부 온배수 활용 설비 기술이전 및 기부체납
  - 기 구축된, 온배수 수열원 활용설비의 기술이전 및 소유권 이전
  - 중부발전의 지속적인 온배수 공급 및 활용, 신재생에너지원 활용설비로 거듭나기 위한 업무추진



기본에 충실한 대학, 미래를 준비하는 대학  
**제 주 대 학 교**

창학NO! 창정YES!  
창정은 무척바람길입니다

수신자 한국중부발전(주) 사장  
(경유) 제주발전본부 환경화학부  
제목 「신재생에너지핵심기술개발사업」 구축 설비 소유권 이전 안내

---

1. 관련 : 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제 20조(연구개발성과의 소유)

2. 한국에너지기술연구원 신재생에너지핵심기술개발사업 「발전소온배수 특성분석을 통한 수열원 이용 기술 개발」 과제를 성공적으로 수행 완료함에 따라, 과제수행 중 구축된 시설물에 대한 소유권을 다음과 같이 이전하고자 합니다.

가. 과 제 명 : 발전소온배수 특성분석을 통한 수열원 이용 기술 개발  
나. 연구책임자 : 제주대학교 권영덕 교수  
다. 총 연구기간 : 2016.05.01.~2018.12.31.  
라. 상세사항 : 성공적 과제수행을 위한 구축된 설비 소유권 이전  
- 한국중부발전(주) 제주발전본부 내 제1기계실 및 설비  
- 온배수열원 이용권료  
- 수열원 활용 시설능가 인건, 제 2기계실 및 축열조 등 열원 활용 설비 등

붙임 1. (공문) 신재생에너지핵심기술개발사업 최종평가 확정안내 공문 1부.  
2. [협약서] 한국중부발전(주) 제주발전본부와의 온배수 이용 협약서 1부. 끝.



**산학협력단장**

---

실무권 **홍주재** 연구관리1팀장 **부호수** 산학협력과장 **양정** 2019.08.16  
교보번호

협조자  
 시 명 산학협력과-12096 ( 2019.08.16. ) 접 수 ( )  
 후 63243 제주특별자치도 제주시 제주대학교 102 (946)영동, 제주대학교 / www.jju.ac.kr  
 전화번호 0647542470 팩스번호 / jhthong415@jju.ac.kr / 중계

- 발전소 온배수 수열원의 신재생에너지 인증 및 REC발급을 위한 한국에너지관리공단과의 업무협의를 및 제반절차를 진행 중

- REC 발급을 위한, 한국에너지관리공단과의 업무협약 및 회의사항

|          |                                     |
|----------|-------------------------------------|
| 일시 및 참석자 | 제주대학교 현명택 교수, 김대영 연구원 / 중부발전 이한규 차장 |
|----------|-------------------------------------|

**가. 한국에너지공단 회의**

- 한국에너지관리공단 신재생에너지센터 『공고 제2019-1호 공급에너지 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙\_개정전문』 수열설비인증 검토
- 본 과제의 설비는 『농업·농촌 및 식품산업 기본법』제3조 제1호에 따른 농업과 『수산업·어촌 발전 기본법』제3조 제1호에 따른 어업용 에너지로 이용하기 위하여 공급하는 경우에만 한하여 인정되므로 진행 절차 확인

나. 『계량에 관한 법』에 따라 형식승인 및 검정 등을 받은 열계량 장치(열량계) 등을 설치하여 수요처 사용열량의 측정 모니터링이 가능하여야 함으로 열량계 추가 설치 및 모니터링시스템 구축 필요

다. 대상에너지 및 기준에 따른 공급인증서 가중치 검토는 아래와 같음

| 구 분 | 공급인증서 가중치 | 참고사항                                   |
|-----|-----------|--|
| 수열  | 1.5       | · 발전량(MWh)=[공급 인정량(Gcal) × 0.1] ÷ 0.23 |

※ 공급 인정량(수용처 사용열량)을 발전량(MWh)으로 환산하여 공급인증서 발급

- 열생산용량 계산방법 [시행 2015.6.26.][산업통산자원부고시 제2015-123호, 2015.6.26.일부개정]
- 열교환기(증기보일러, 소각로, 폐열보일러 등의 열원을 이용하는 열교환기로서 온수를 생산하는 것을 말함), 온수보일러 및 열공급펌프의 경우에는 다음의 계산식과 같음

$Q2 = (h2 - h1) \times V - Q''$

Q2 는 열생산용량(kcal/h를 단위로 함)

h2 는 열교환기, 열공급펌프 또는 온수보일러 출구의 물의 엔탈피, 즉 공급열매체의 엔탈피(Kcal/kg를 단위로 함)

h1 은 열교환기, 열공급펌프 또는 온수보일러 입구의 물의 엔탈피, 즉 공급열매체의 엔탈피(Kcal/kg를 단위로 함)

V 는 가열된 물, 즉 공급열매체의 양(Kg/h를 단위로 함)

Q'' 는 소내소비열량(자가공정용포함)(Kcal/h를 단위로 함)

**라. 진행 내용**

- 한국에너지관리공단 협의
- 제주대학교 - 시설온실 설비 이전 진행
- 설비인증을 위한 설비수정 및 통합모니터링 진행
- 2020년 REC 발급 목표

※ REC 발급을 위한 설비 사항

| 확 인 사 항  |                 | 내 용   |  |          |       |
|----------|-----------------|---|--|----------|-------|
| 열펌프1     |                 | 모델명   |  | 정격용량(kW) | 수량(대) |
| 열펌프1 압축기 |                 | 냉매  |  | 정격용량(kW) | 수량(대) |
| 열펌프2     |                 | 모델명   |  | 정격용량(kW) | 수량(대) |
| 열펌프2 압축기 |                 | 냉매  |  | 정격용량(kW) | 수량(대) |
| 형식       |                 | <input type="checkbox"/> 전공기방식 <input type="checkbox"/> 전수방식                          |  |          |       |
| 해수열원     | 취수배관<br>규격      | ○ 길이 ( )m × 직경 ( )mm × ( )개<br>○ 간격 ( )m<br>○ 취수구 설치수심 ( )m,<br>○ 설치위치 : 위도( ), 경도( ) |  |          |       |
|          | 파이프재질           | <input type="checkbox"/> HDPE <input type="checkbox"/> 기타( )                          |  |          |       |
|          | 총냉·난방용량         | ( )kW   |  |          |       |
|          | 해수공급<br>펌프      | ○ 종류 :<br>○ 용량 : ( )LPM<br>○ 공급펌프 : ( )kW × ( )대 = ( )kW (total)                      |  |          |       |
|          | 고형물 및<br>생물방치장치 | ○ 종류 :<br>○ 형식 :  |  |          |       |
|          | 취수배관<br>세정장치    | ○ 종류 :<br>○ 형식 :  |  |          |       |

3. 3차년도 연구수행 내용 및 결과

| 3차년도 연구목표                  |                       | 고소득 작물인 아열대작물의 생산성 향상을 위한 재배환경변수를 복합적으로 고려하여, 온배수 활용 온실의 자동제어가 가능한 인공지능 환경제어 기술 개발 및 경제성 분석 |   |  |   |
|----------------------------|-----------------------|---|---|--|---|
| 구분                         | 기관명                   | 세부연구목표  | 연구개발 수행내용   | 연구결과   |   |
| 3<br>차<br>년<br>도<br>(2020) | 제주대학교 산학협력단           | 온배수 활용 기반, 아열대작물 (블러드오렌지, 미하야)시설재배 농가 대상 현장실증 및 운영  | 온배수 활용 기반, 냉난방시스템 시설온실 적용 및 실증(데이터 수집 및 분석)       | 온배수 활용 기반, 냉난방시스템 시설온실 적용 및 실증으로 에너지 이용량 데이터 수집 및 기존대비 에너지 절감                    |   |
|                            |                       |   | 통합센서 및 최적 환경제어를 위한 시설장비의 현장적용 및 실증                | 기온, 일사량, 습도, CO <sub>2</sub> , 농도, 토양수분량 등 통합센서로 최적 환경제어를 위한 시설장비 현장 적용 및 데이터 수집 |   |
|                            |                       |   | 실증사이트 데이터 분석 및 제어 알고리즘 수정 및 시스템 성능 향상             | 빅데이터 기반 제어 알고리즘 값을 개선하여 통합제어 모니터링 시스템에 적용  |   |
|                            |                       |   | 다양한 시설온실에 적용 가능한 표준화 방안 및 세부계획 도출                 | 다양한 시설온실에 적용 가능한 표준화 방안 및 세부계획 도출  |   |
|                            |                       | 생체 정보와 환경 정보와의 생육 모델 검증 및 관수 제어 기술 고도화  | 회귀분석과 신경회로망 분석을 통한 모델 검증                          | 과실 생육정보, 환경 정보에 대하여 회귀분석과 신경회로망 분석을 통해 관수 및 통합제어 시스템 모델 검증                       |   |
|                            |                       |   | 관수, 광합성, 제어 기술 고도화                                | 생육단계별 관수시점을 통해 최적 관수 제어값을 도출하여 제어기술 고도화  |   |
|                            |                       | 온배수 활용 기반, 인공지능 최적 환경제어 시스템의 경제성 분석   | 기존 재배방법 대비 과학적 재배, 최적 환경제어를 통한 품질 및 생산성 비교        | 최적 환경제어를 통한 아열대과수의 품질 및 생산성 비교 시 과실 수확량이 4.68배 가량 증가함. 과피, 과육색 또한 전년대비 붉은색을 띠    |   |
|                            |                       |   | 아열대 작물의 환경 및 생체 계측, 제어 정보의 데이터화를 통한 효율적 재배 시스템 구축 | 시설온실 생육정보, 외부환경, 내부환경 데이터 수집 및 분석을 통해 최적 환경 제어 조건에 따라 재배시스템을 구축                  |   |
|                            |                       |   | 기존 재배방법 대비 농가소득 및 경제성 효과 분석                       | 기존 재배방법 대비 농가 에너지 사용량 31% 이상, 탄소배출량 52% 이상의 절감효과 발생                              |   |
|                            |                       | (주)인터텍  | 실증 사이트 통합제어 시스템 운영을 통한 개선 및 고도화                   | 통합제어 모듈 개발 및 실증사이트 데이터 분석을 통한 수정 및 보완  | 생육단계별 최적환경 제어값을 통해 통합제어모듈 개발 및 적용                                   |
|                            |                       |   |   | 최적 환경/상태 모니터링 시스템 적용   | 최적 환경/상태 모니터링 시스템 UI 및 접근성 개선 및 적용                                  |
|                            |                       |   | 온배수 기반, 인공지능 환경 제어 시스템 실증을 통한 고도화                 | 광량, CO <sub>2</sub> , 환기시스템을 통한 통합제어 시스템으로 광합성 제어 시스템 고도화                        | CO <sub>2</sub> 농도 및 일사량 분석을 통해 천장개폐기, CO <sub>2</sub> 공급기 등 복합환경제어 |
| 품질향상을 위한 생육 감시 시스템 설치 및 실증 | 품질 향상을 위한 생육 감시시스템 개발 |   | 시설온실 아열대 작물의 생육환경 최적화를 위한 통합제어모니터링 시스템 개발         |  |   |

| 구분   | 기관명  | 세부연구목표                                    | 연구개발 수행내용  | 연구결과  |
|--|--|---|--|---|
| 3<br>차<br>년<br>도<br>(2020)                                 | (주)에코<br>브레인   | 온배수 활용 기반, 인공지능<br>최적 환경제어 시스템의<br>경제성 분석 | 실증 데이터 분석을 통한 빅데이터<br>기반 인공지능 설비 효율성 입증  | 2018~2020년 시설온실 냉난방시스템<br>누적 데이터를 통하여 설비 에너지<br>효율성 입증                  |
|  |  |   | 경제성 분석을 통한 시스템<br>운영비, 소득 등 시스템 성능 입증  | 기존 재배방법 대비 농가 에너지<br>사용량 31% 이상, 탄소배출량<br>52% 이상의 절감효과 발생               |
|  |  |   | 기존 재배방법 대비 농가소득 및<br>경제적 효과 분석   |   |
|  |  | 실증 데이터 및 경제성<br>분석을 통한 사업화 모델<br>개발       | 회귀분석과 신경회로망 분석을<br>통한 모델 검증  | 과실 생육정보, 환경 정보에<br>대하여 회귀분석과 신경회로망<br>분석을 통해 관수 및 통합제어<br>시스템 모델 검증     |
|  |  |   | 빅데이터 활용 및 RNN기반 통합<br>환경 제어시스템 구축 실증 및<br>고도화  | RNN 모델학습 및 온실제어값을<br>도출하여 환경 제어시스템 구축<br>실증 및 고도화                       |
|  |  | 온배수 기반, 환경 제어<br>시스템 실증을 통한 고도화           | 재배 작물의 종류별 생육관리의<br>데이터를 바탕으로 가이드라인<br>수립  | 개발된 온실내부환경 제어시스템을<br>타 시설과수작물에 적용이<br>가능하도록 가이드라인 수립                    |
|  | 아열대작물의 환경 및 생체 계측,<br>제어 정보의 데이터화를 통한<br>효율적 재배 시스템 구축   |   | 실시간 DB화를 통해 지속적인<br>기계학습을 진행하여 정확도<br>향상 및 효율적 재배 시스템을<br>구축                                     |   |
|  | 한국<br>중부발전   | 온배수를 활용한 열원<br>공급설비 성능개선 및<br>유지보수        | 다수열원 공급을 위한 빅데이터<br>분석기반의 설비 유지보수 및 개선   | 다수농가에 열원 공급을 위해<br>빅데이터 기반 농가 에너지<br>수요량 분석과 운영 모니터링 및<br>기반시설을 점검·유지보수 |
|  |  |   | 농가의 안정적 열원공급을 위한<br>계절별 수요값 예측 모델 개발   | 농가 안정적 열원공급을 위해<br>온배수 열원 확보 및 취수기술<br>고도화                              |
|  |  |   | 열교환기 관리 및 유지보수를 위한<br>기술확보, 매뉴얼 작성   | 내부식성, 저파울링 성능을 갖는<br>고집적 고성능 열교환기 관리,<br>유지보수 기술 확보와 매뉴얼화               |
|  |  |   | 난방용 고온출수에 대한 내구성<br>기술 확보  | 시설농가 및 수용가 Needs에<br>적합한 난방용 고온출수의<br>내구성 기술 확보                         |
|  |  | 농가 열량 공급량 확인을<br>위한 모니터링 시스템 추가           | 온배수 열원 농가 열량 공급량<br>확인을 위한 통합모니터링 개발   | 온배수 수열원 활용 농가의 열량<br>공급량 및 누적 REC 발급량 등<br>설비시스템 구축 통합모니터링 개선           |
| 열교환기 및 파울링 해석 툴 개발   |  |   | 고집적화를 위한 열교환 집적도<br>200kW/m <sup>2</sup> , 총괄열전달계수 5000W/mK,<br>700kW급 용량의 열교환기 및<br>파울링 해석 툴 개발 |   |
| 수열(온배수)를 활용한<br>신재생에너지 REC발급을<br>위한 모니터링시스템 및 경제성<br>효과 분석 | 운전 기간동안 220.8REC 산출<br>가중치는 1.5로 8,832,548원의<br>REC수익이 발생함<br>단기간 운전데이터로 보았을 때<br>경제성을 판단하기 어렵지만<br>유류비 절감, 탄소 저감 비용<br>등을 고려하였을 때 환경적,<br>미래적 가치가 있다고 판단함 |   |  |   |

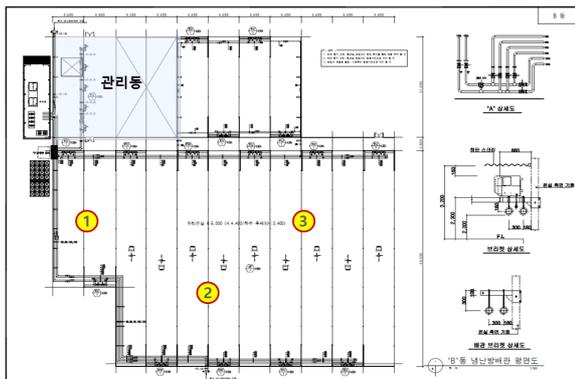
가. 온배수 활용 기반, 아열대작물 시설재배 농가 대상 현장실증 및 운영

(1) 온배수 활용 기반 냉·난방시스템 시설온실 적용 및 실증

- 온배수 수열원 활용 기반의 아열대작물(블리드오렌지, 미하야) 시설재배 실증사이트 농가의 아열대 작물별 생육정보, 외부환경데이터, 시설온실 내부환경데이터를 수집을 통해 생육 최적 환경모델링 및 관수모델링 제어기술로 냉·난방시스템, 시설온실 내부 환경제어 시설설비(CO<sub>2</sub> 공급기, 천장개폐기, 제습기, 양액 공급기, FCU, 관수설비)의 빅데이터 분석기반 복합 환경 자동제어시스템 및 원격제어 기술을 실증 및 운영

| 온배수 활용 기반, 아열대작물(만감류, 백합, 기타 아열대작물) 시설재배농가 대상 현장실증 및 운영 |  |                                      |                  |
|---|--|--------------------------------------|------------------|
| 현장실증<br>및<br>운영   | 아열대작물별 생육과 환경데이터 기반, 최적생육환경 조성             | 아열대작물 품질과 생산성 제고, 농가 시장경쟁력 강화, 소득 향상 | 기<br>대<br>효<br>과 |
|   | 노동력, 에너지, 노자재 등 투입 최소화                     | 비용절감, 환경보전, 지속가능한 과학적 농업기술 보급        |                  |
|   | 온배수활용 아열대작물 시설온실 냉·난방운영 및 에너지 절감           | 기후변화 대응, 효율적에너지 활용, 해양생태계 보전 등       |                  |
|   | 복합환경제어시스템의 원격제어에 의한 정밀진단, 감지, 제어 및 최적환경 유지 | 농가 삶의 질 향상, 반복작업 및 위험요인 제거           |                  |

온배수 활용 기반 냉·난방시스템 및 내부환경제어시스템 적용

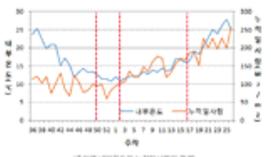
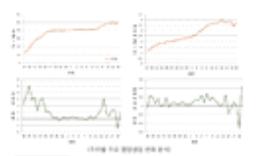
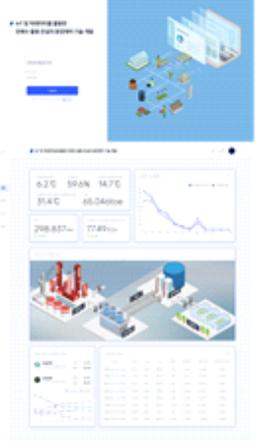


온배수 활용 기반 냉·난방시스템 및 내부환경제어시스템 시설설비 현황



(2) 통합센서 및 최적 환경제어를 위한 시설장비의 현장적용 및 실증

- 기온, 일사량, 습도, 내부 CO<sub>2</sub> 농도, 토양수분량 등 내부실내환경 관측을 위한 센서 설치
- 통합센서 및 최적환경제어를 위한 시설장비의 시설재배 현장 적용 및 실증을 통해 생육단계별 장애요인을 제거하며, 주기적인 외부환경, 시설온실 내부환경, 과실 생육정보를 계측하여 시설온실 과실의 품질, 생산성 등의 성과 및 효과를 정량적으로 분석함.

| <b>Step 1.</b><br>만감류 및 백합 등<br>기타 아열대작물류<br>시설농가  | <b>Step 2.</b><br>정보수집 및 저장  | <b>Step 3.</b><br>빅데이터 분석 및 가공   | <b>Step 4.</b><br>서비스 제공 및 활용  |
|--|--|--|--|
| 온배수 활용, 아열대작물<br>(블러드오렌지 등)<br>시설온실 재배농가 확보  | 데이터 측정 및 수집,<br>안정적인 데이터 수집<br>체계 마련, 표준화  | 빅데이터 분석 및 가공,<br>온실환경, 온실구조,<br>환경, 기상, 재배조건 등<br>빅데이터 분석  | 재배시설농가 온배수<br>열원활용 및 환경제어<br>시스템 서비스 활용  |
|  <p>실증사이트 현장적용</p> |  <p>IoT기반의 센서 및<br/>통신시설, 제어장비 등</p>  <p>생육-환경정보</p> |  <p>빅데이터 분석 및 가공</p>  <p>생육 및 환경조건<br/>모델링</p> |  <p>웹/모바일 기반<br/>서비스 제공 및 활용</p> |

아열대과수 시설온실 내부환경관측 및 통합제어시스템



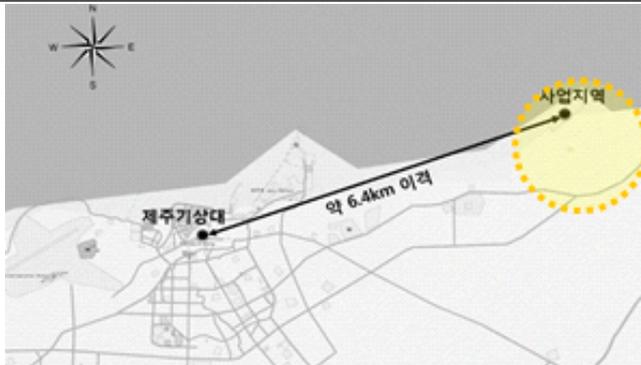
나. 생체 정보와 환경정보와의 생육 모델 검증 및 관수 제어 기술 고도화

(1) 외부 기상데이터 수집 및 분석

- 2018년부터 2020년까지의 사업대상 및 시설온실 인근의 기상정보 분석을 통해 생체 정보, 환경 정보와의 생육모델 검증과 관수 제어 기술 고도화에 적용
- 활용한 외부기상데이터는 기상청 ASOS 제주 지점과 농업기술원 AWS 신촌리 지점에 해당하며, 3년간 두 지점의 기상데이터의 월별 평균을 비교 및 분석
- 데이터는 기상청 기상자료 개방포털과 농업기술원 병해충방제 정보시스템을 통해 수집하였으며 수집 및 분석한 기상자료는 기온, 상대습도, 강수량, 풍속 등에 해당

| 구분                       | 측정항목   |
|--------------------------|--|
| 아열대과수 시설온실<br>외부환경데이터 수집 | 평균기온, 최고기온, 최저기온, 일강수량, 상대습도,<br>평균풍속, 최대풍속, 일조시간, 일사량 |

기상청 제주기상대 ASOS



온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실 인근, 외부기상 자료수집을 위한 최근 3년(2018~2020년) 제주기상대(기상청) ASOS 자료 수집 및 외부환경 분석

| 연평균<br>(2018~<br>2020) | 평균기온(°C)  | 16.7 |
|------------------------|-----------|------|
|                        | 최고기온(°C)  | 19.9 |
|                        | 강수량(mm)   | 10.5 |
|                        | 상대습도(%)   | 70   |
|                        | 평균풍속(m/s) | 3.1  |
|                        | 일조시간(hr)  | 5.2  |

| 연도    | 1월   | 2월   | 3월   | 4월   | 5월   | 6월  | 7월   | 8월  | 9월   | 10월 | 11월 | 12월 | 연평균 |
|-------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 2018년 | 16.6 | 19.8 | 13.9 | 10.5 | 71.1 | 3.1 | 11.6 | 5.3 | 13.8 |     |     |     |     |
| 2019년 | 16.8 | 19.9 | 14.2 | 12.8 | 69.8 | 3.0 | 11.5 | 5.2 | 13.7 |     |     |     |     |
| 2020년 | 16.7 | 20.0 | 14.0 | 8.2  | 69.2 | 3.1 | 12.7 | 5.2 | 13.7 |     |     |     |     |
| 평균    | 16.7 | 19.9 | 14.0 | 10.5 | 70.0 | 3.1 | 11.9 | 5.2 | 13.7 |     |     |     |     |

- 농업기술원의 기온과 습도 자료의 경우 2019년 6월에 8일간 자료 이상값이 기록되었으며, 이상값은 모두 결측값으로 전처리하여 분석 진행

| 구분                       | 측정항목   |
|--------------------------|--|
| 아열대과수 시설온실<br>외부환경데이터 수집 | 평균기온, 최고기온, 최저기온, 일강수량, 상대습도,<br>평균풍속, 순간최고풍속, 토양온도, 일사량 |

**농업기술원 신촌리 AWS**

|  |                        |           |      |
|--|------------------------|-----------|------|
|  <p>중부발전 제주화력발전본부, 농업기술원 신촌리AWS, 아열대과수 시설온실</p> | 연평균<br>(2018~<br>2020) | 평균기온(°C)  | 16   |
|  |                        | 최고기온(°C)  | 20.7 |
|  |                        | 강수량(mm)   | 4.7  |
|  |                        | 상대습도(%)   | 77.1 |
|  |                        | 평균풍속(m/s) | 1.2  |
|  |                        | 토양온도(°C)  | 17   |

온배수 수열원 제공 및 아열대과수 시설온실 인근, 외부기상 자료수집을 위한 최근 3년(2018~2020년) 제주시 신촌리 AWS자료 수집 및 외부환경 분석

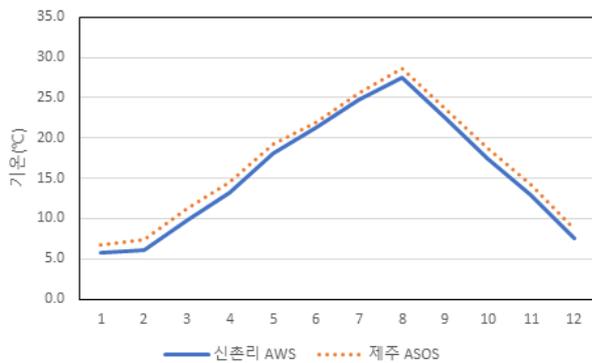
|       |      |      |      |     |      |     |     |      |      |
|-------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|
| 2018년 | 16.6 | 19.8 | 13.9 | 5.1 | 76.8 | 1.5 | 6.9 | 16.8 | 14.2 |
| 2019년 | 16.8 | 19.9 | 14.2 | 5.5 | 78.1 | 1.3 | 6.5 | 17.1 | 14.1 |
| 2020년 | 16.7 | 20.0 | 14.0 | 3.5 | 77.8 | 0.8 | 5.8 | 17.3 | 13.7 |
| 평균    | 16.7 | 19.9 | 14.0 | 4.7 | 77.1 | 1.2 | 6.4 | 17.0 | 14.0 |

- ASOS 서귀포 지점과 AWS 신촌리 지점의 기상데이터 비교 및 분석을 위해 중복되는 기상요소의 그래프를 그려 그 차이를 확인
- 두 지점의 이격거리는 9km이며, 사업대상 지점을 중심으로 기상청 제주 ASOS 지점은 서쪽에, 농업기술원 신촌리 AWS 지점은 동쪽에 위치
- 실증사이트는 두 지점 중간 지점에 위치해 있으며, 실증사이트와 제주 ASOS 지점 간 이격거리는 약 7.5km, 실증사이트와 농업기술원 신촌리 AWS 지점 간 이격거리는 약 1.5km에 해당

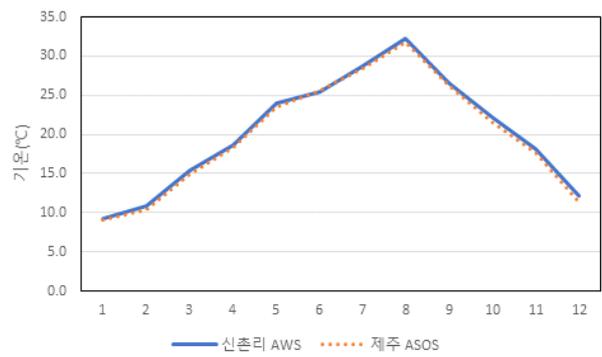


<외부환경 데이터 수집 지점 간 이격거리>

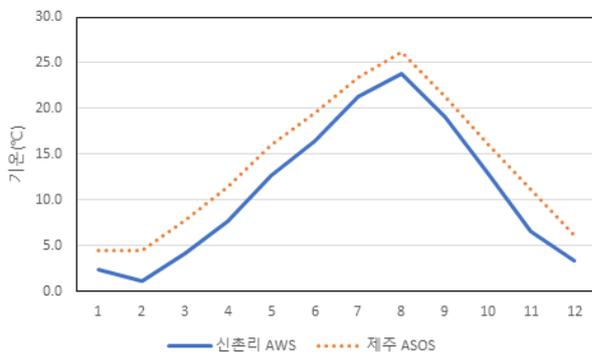
- 기상청의 제주 ASOS 지점의 기상데이터와 농업기술원의 신촌리 AWS 지점의 기상데이터 중 중복되는 6가지의 기상데이터에 대한 비교 분석 수행
- 평균기온, 최고기온, 최저기온, 상대습도, 일강수량, 평균풍속, 일사량의 7가지 항목에 해당하며, 최대풍속의 경우 기상청 데이터는 관측시각을 기준으로 10분간 측정된 최대풍속을 의미하고, 농업기술원의 데이터는 순간 최고풍속을 의미하므로 이 데이터는 분석에서 제외
- 기온의 경우 농업기술원의 AWS 데이터에서 이상값을 발견하고 이를 결측값으로 처리하여 분석하였으며 평균기온, 최고기온, 최저기온 모두 비슷한 값을 보였으나, 평균기온과 최저기온에서 제주 ASOS 지점의 데이터가 조금 높은 값을 기록
- 상대습도의 경우에도 농업기술원의 AWS 데이터에서 일부 이상값이 있어 결측값으로 처리하였으며, 그럼에도 다른 월에 비해 6월의 상대습도가 제주 ASOS 지점보다 낮게 분석
- 다른 월과 다른 차이를 보이므로 이는 관측자료에서는 확인할 수 없는 신촌리 AWS 관측기기의 오차가 있었을 것으로 판단됨.
- 일강수량과 평균풍속의 경우 기상청의 제주 ASOS 지점의 값이 높게 관측되었으며, 특히 평균풍속의 경우 그 차이가 약 2%로 큰 차이를 보임.
- 풍속은 지형적, 고도적 영향을 가장 많이 받는 기상요소 중 하나로 두 관측지점 간의 위치적 요인이 상당부분 작용하였을 것으로 사료
- 일사량의 경우에는 두 지점 간 차이가 가장 작았으며 거의 같은 값을 기록



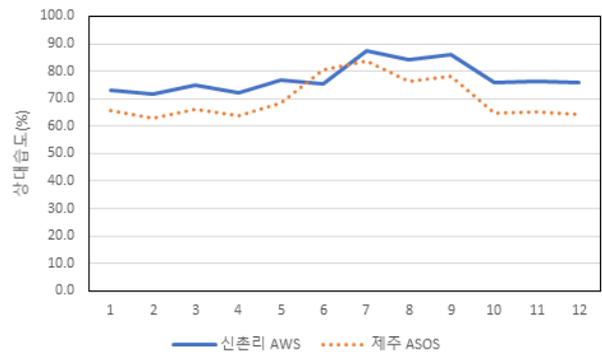
평균기온



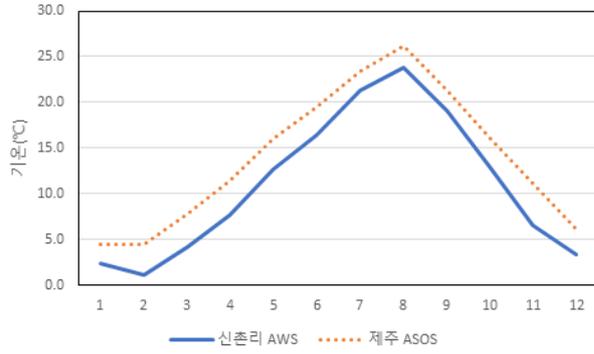
최고기온



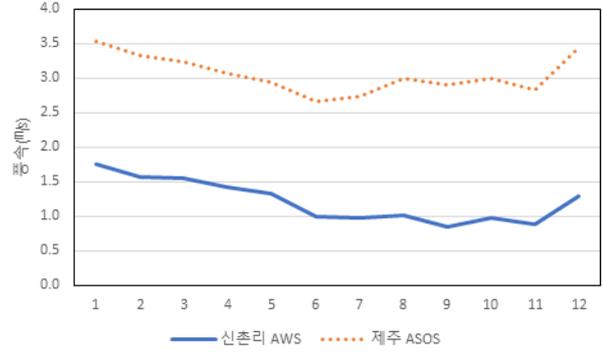
최저기온



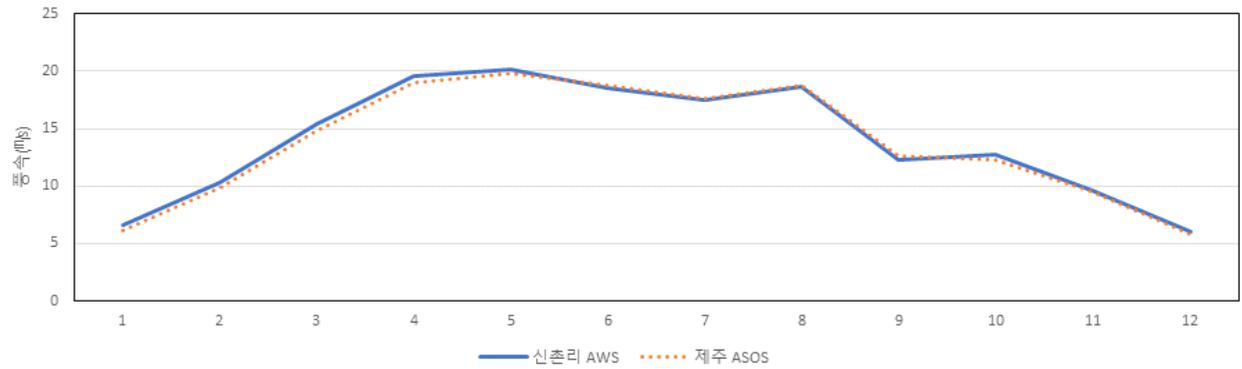
상대습도



일강수량



평균풍속



일사량

<외부환경 데이터 수집 지점 간 데이터 비교 분석>

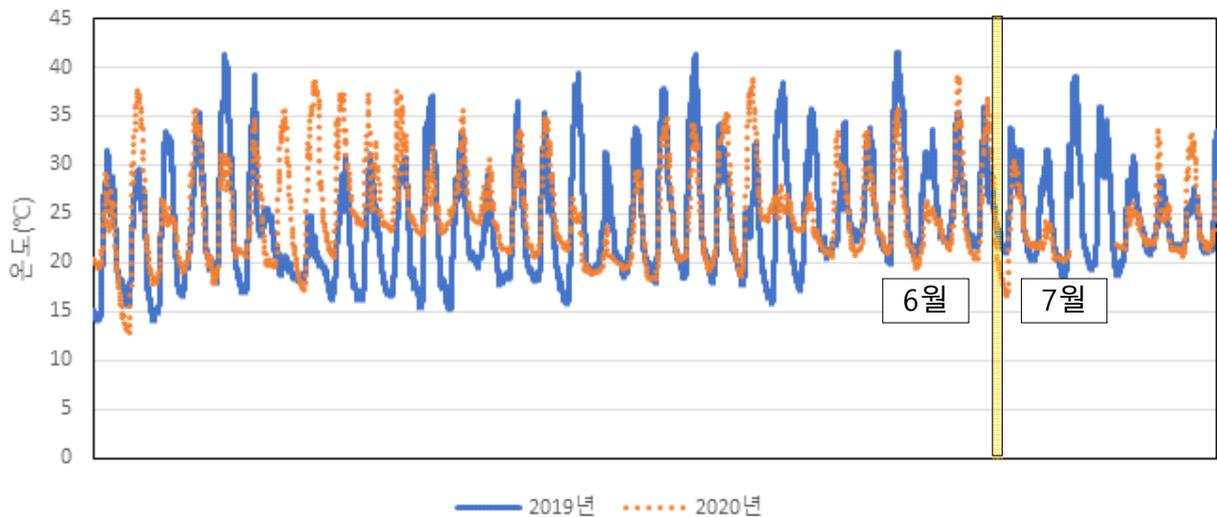
(2) 실증사이트의 생육정보 비교 및 분석

- 실증사이트에서 측정된 생육정보의 비교와 분석을 위해 2019년과 2020년 동일 나무 위치에 대한 비슷한 시기의 생육정보를 수집하여 분석
- 총 데이터 수집 날짜는 2019년 5월 31일부터 2020년 8월 3일까지에 해당하나, 이 중 결측일을 제외하고 2019년과 2020년이 중복되는 날짜의 6월, 7월의 분별 생육정보 분석

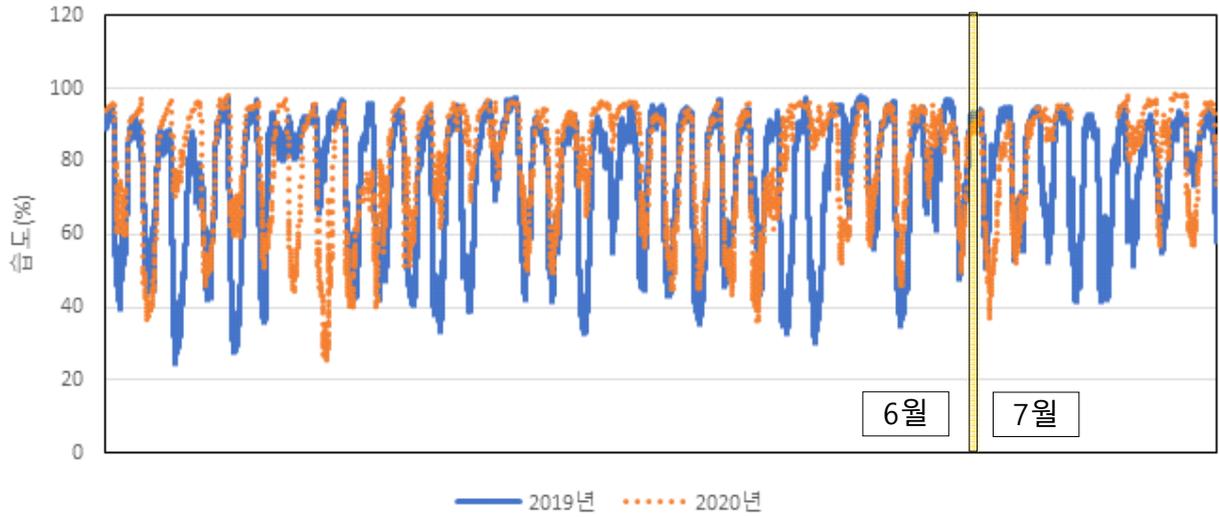
<실증사이트 생육정보 분석일자>

| 구분 | 2019년    | 2020년    |
|----|----------|----------|
| 6월 | 1일 ~ 30일 | 1일 ~ 30일 |
| 7월 | 1일 ~ 9일  | 1일 ~ 9일  |

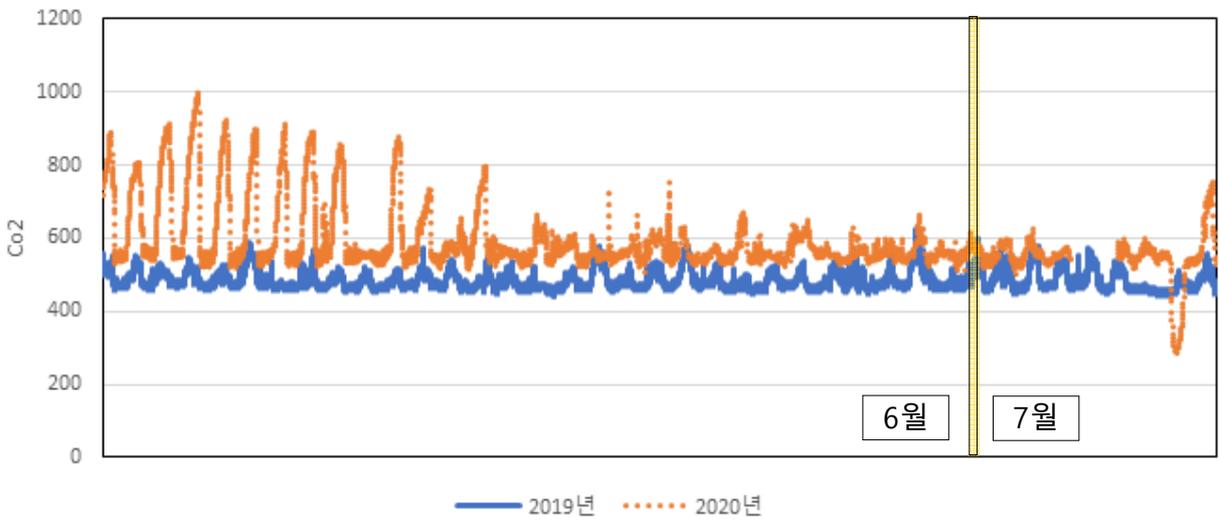
- 생육정보 분석 나무는 총 3그룹이며 A, B, C 나무군 각각에 대한 온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 수증기압, 순간광량값, 평균광량값, 누적광량값, 토양수분, 토양전기전도도, 토양온도, 엽온, 센서온도의 12개 요소에 해당하지만 이 중 엽온과 센서온도는 2019년 8월 이후 관측값만 측정되어 본 분석에서는 제외하고 총 10개의 생육정보 분석
- 2020년 자료의 경우 일부 결측값이 존재하였으며, 해당 일자의 데이터는 공란으로 처리하여 분석하였으며, A, B, C 나무군 중 A 나무군에 대한 값을 대표적으로 분석하여 확인
- 온도의 경우 대체로 비슷했지만 차이가 나는 구간이 일부 있었으며, 습도는 2019년이 대체로 낮은 편이었으며, CO<sub>2</sub>의 경우 2020년에 더 높은 값을 기록
- 수증기압차 또한 대체로 비슷했지만 일부에서 차이를 보였고 뚜렷한 특징은 나타나지 않았으며, 순간광량값과 평균광량값도 뚜렷한 패턴은 없었으나 누적광량값의 경우 2020년의 값이 높게 분석
- 토양수분과 토양 전기전도도는 2019년의 값이 대체로 높았으며, 토양온도의 경우 2020년 값의 변화폭이 큰 폭을 보임



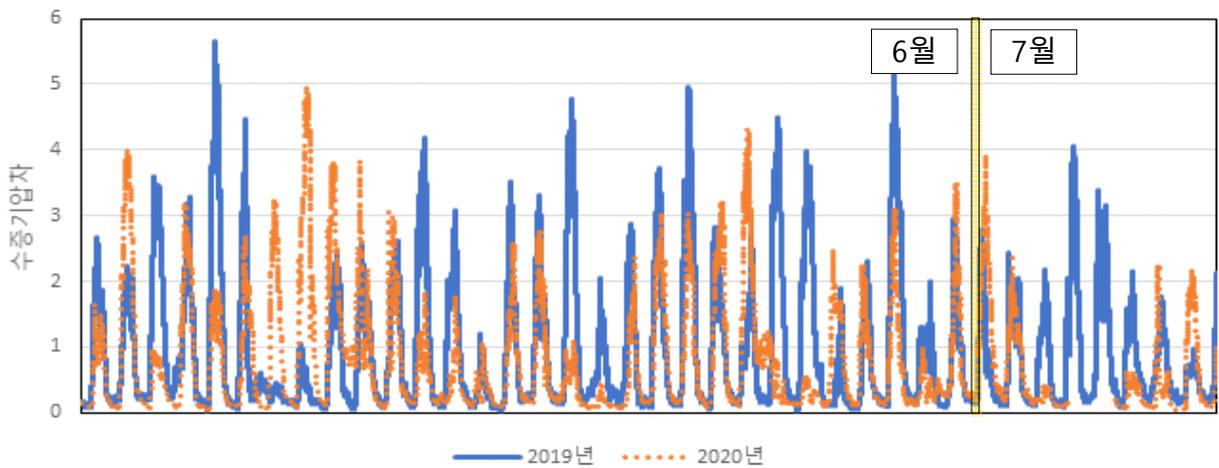
A 나무군 2019년, 2020년 온도 비교



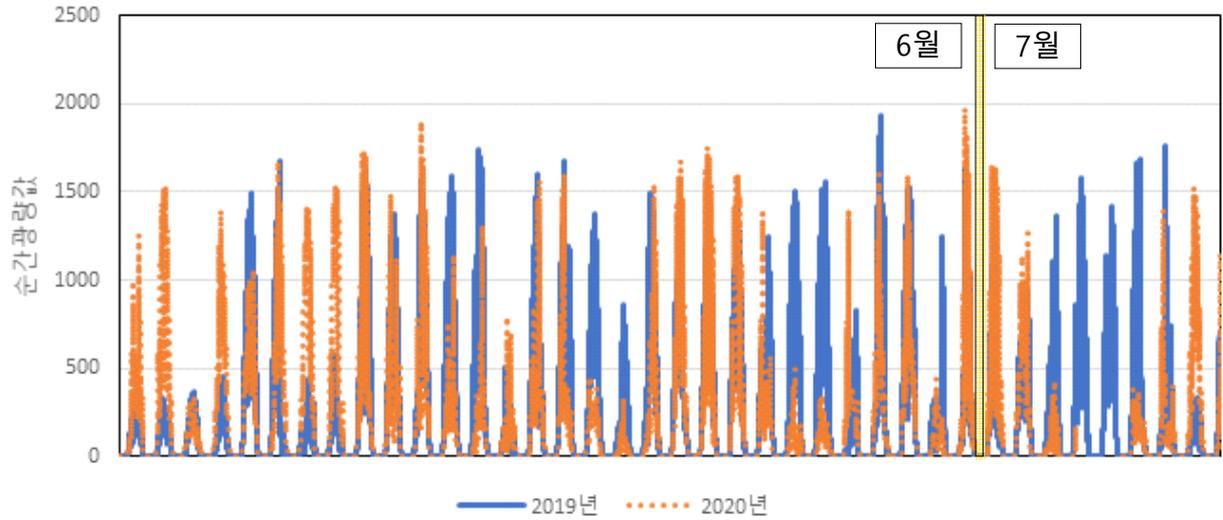
A 나무군 2019년, 2020년 습도 비교



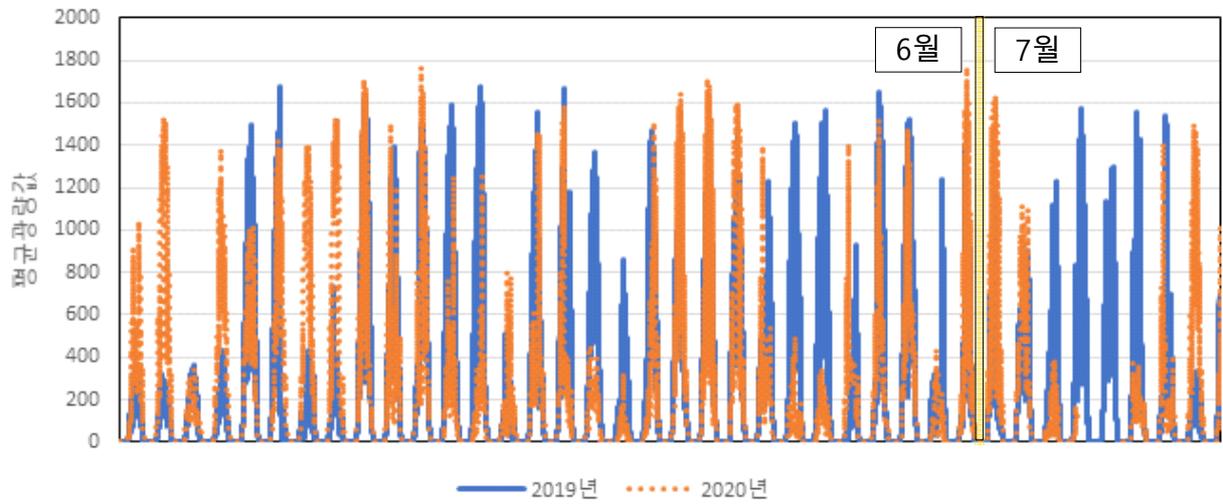
A 나무군 2019년, 2020년 CO<sub>2</sub> 비교



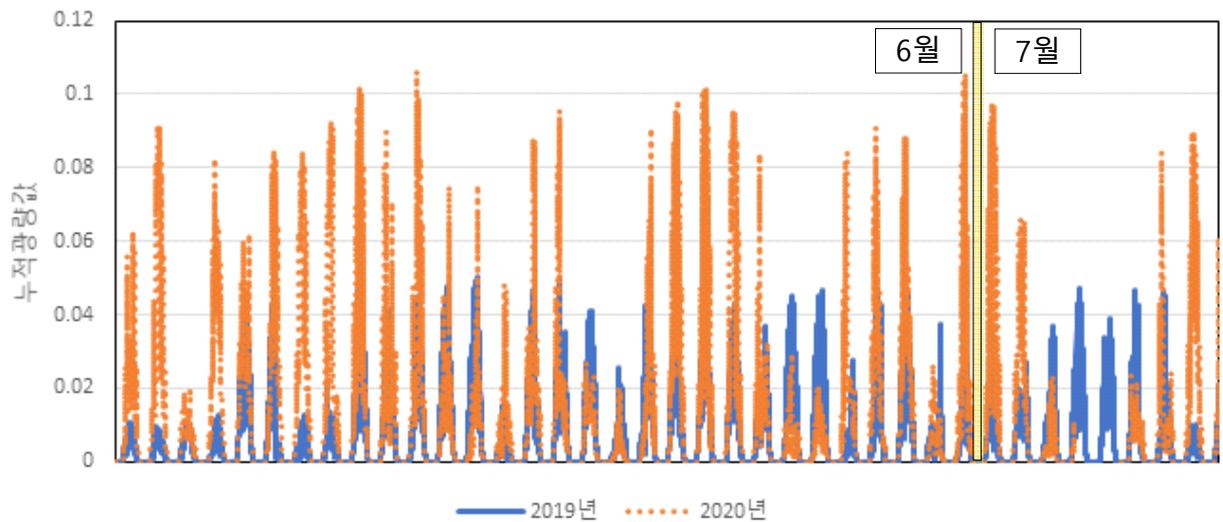
A 나무군 2019년, 2020년 수증기압차 비교



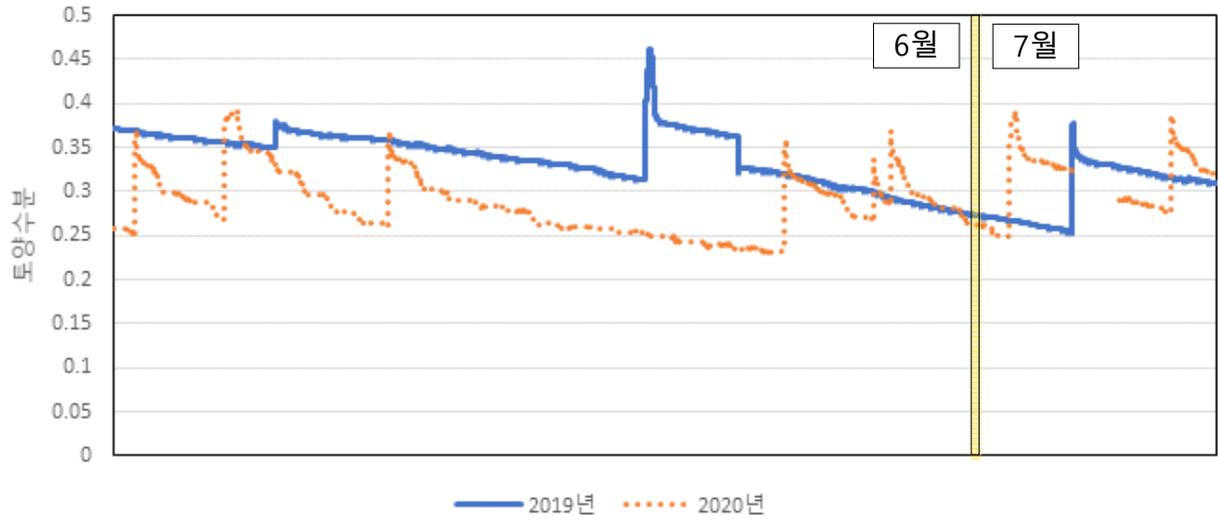
A 나무군 2019년, 2020년 순간광량값 비교



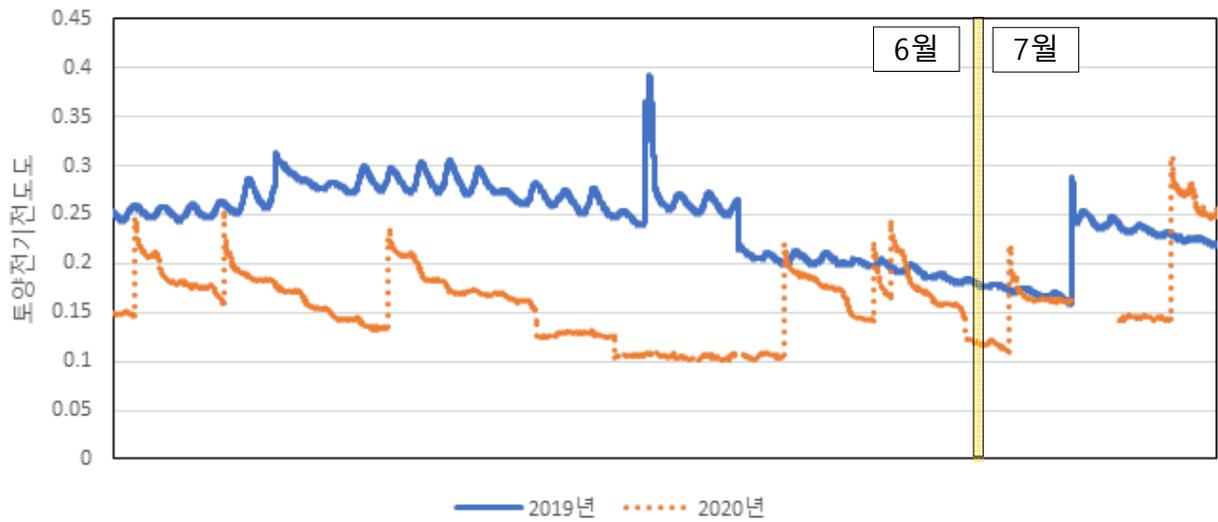
A 나무군 2019년, 2020년 평균광량값 비교



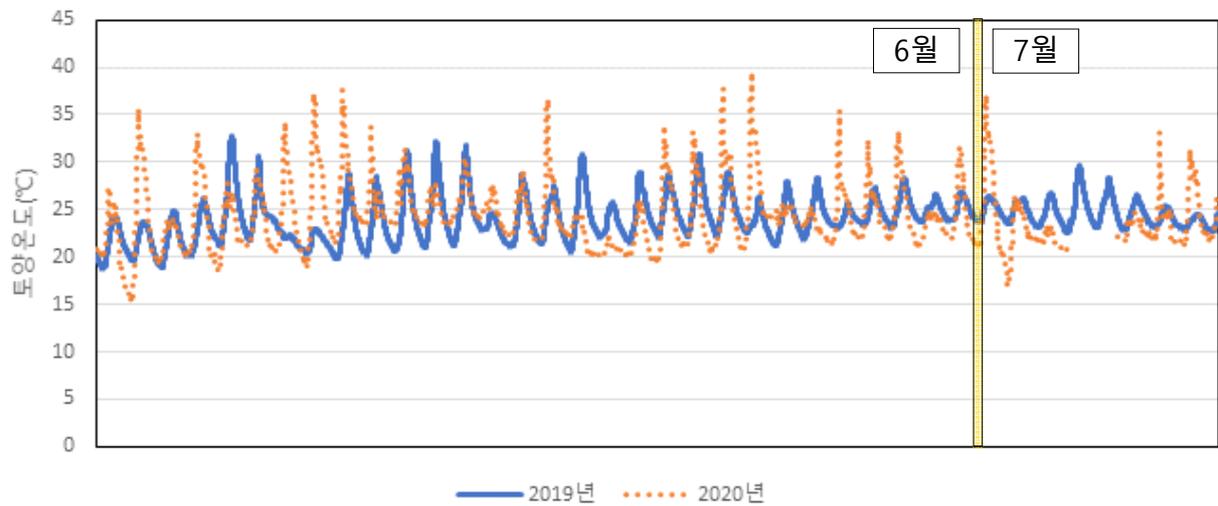
A 나무군 2019년, 2020년 누적광량값 비교



A 나무군 2019년, 2020년 토양수분 비교



A 나무군 2019년, 2020년 토양전기전도도 비교

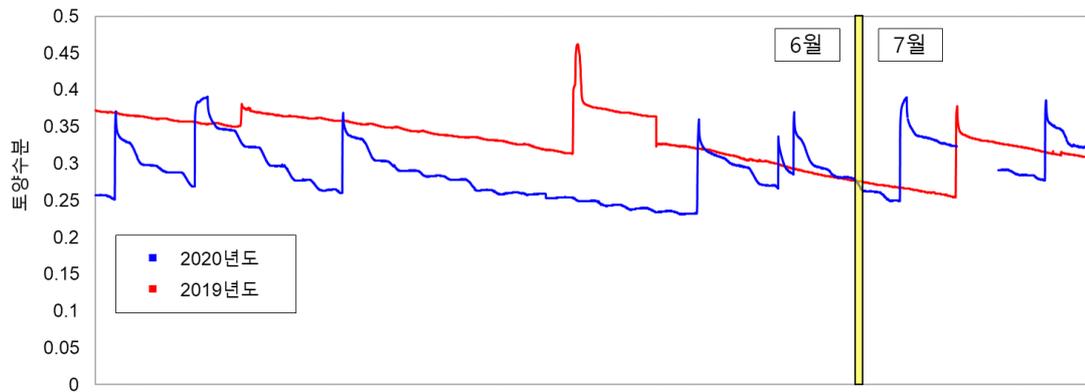


A 나무군 2019년, 2020년 토양온도 비교

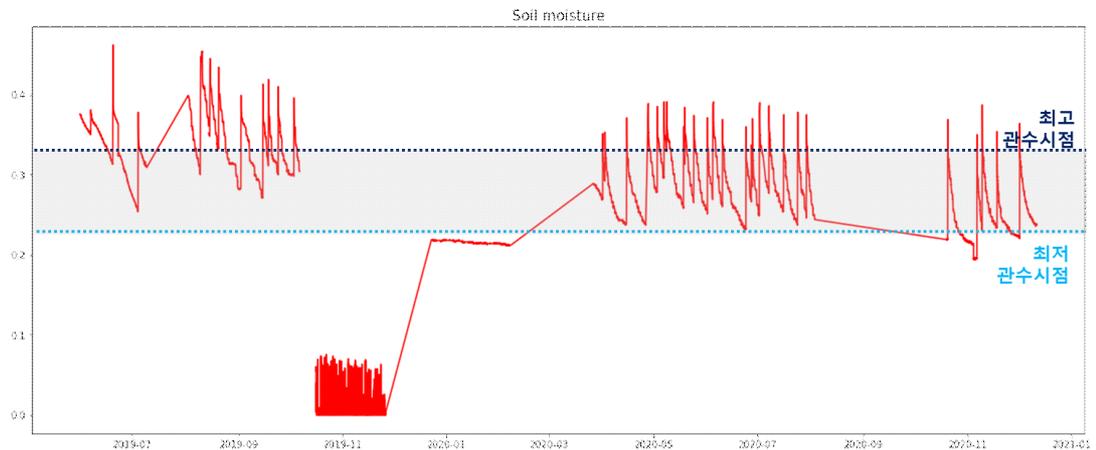
(3) 관수 제어 기술 고도화

- 본 실증사이트의 아열대과수 시설온실의 과실 생육 특성에 따른 관수관리 매뉴얼을 구축하였으며, 생육단계별 관수시점을 통해 최적 관수제어값을 도출함.

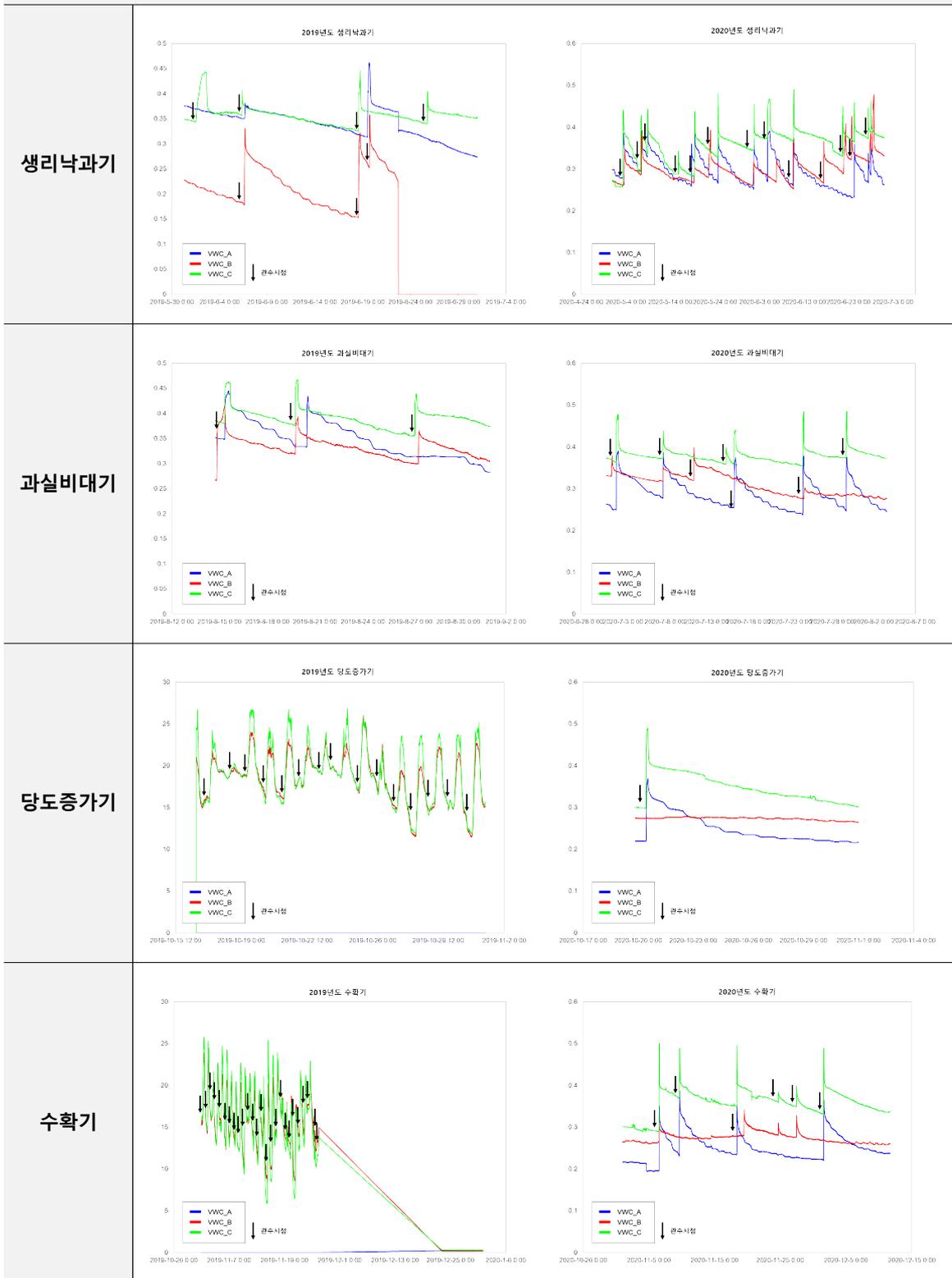
| 과실 생육 특성에 따른 관수관리 매뉴얼 구축 |       |    |       |    |       |    |       |    |            |     |     |     |
|--------------------------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------------|-----|-----|-----|
| 생육단계                     | 1월    | 2월 | 3월    | 4월 | 5월    | 6월 | 7월    | 8월 | 9월         | 10월 | 11월 | 12월 |
|                          |       |    | 발아 개화 |    | 생리 낙과 |    | 과실 비대 |    | 당도증가       |     |     | 수확기 |
| 토양수분                     | 매우 적게 |    |       | 적게 |       | 많이 |       |    | 적게 ~ 매우 적게 |     |     |     |
|                          | 매우 적게 |    |       | 적게 |       | 많이 |       |    | 적게 ~ 매우 적게 |     |     |     |



최적 생육환경 고려, 관수량 산정



## 생육단계별 관수시점



다. 온배수 활용 기반, 인공지능 최적 환경제어시스템의 경제성 분석

(1) 아열대 작물의 환경 및 생체 계측, 제어정보의 데이터화를 통한 효율적 재배 시스템 구축

■ 제어정보 데이터 상관분석

상관계수

|         |              | 과폭      | 과경      | 생체중     | 건물중     | 당도평균     | 파괴측정    | 산도       | 당산비      | 과피(밝기)   | 과피(적색)   | 과피(노란색)  |
|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 과폭      | Pearson 상관계수 | 1       | 0.797** | 0.967** | 0.913** | -0.054   | 0.038   | 0.180    | -0.197   | -0.006   | -0.085   | -0.063   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 61      | 61      | 61      | 29      | 59       | 31      | 31       | 31       | 59       | 59       | 59       |
| 과경      | Pearson 상관계수 | 0.797** | 1       | 0.898** | 0.739** | -0.238   | -0.286  | -0.065   | -0.202   | 0.050    | -0.007   | 0.029    |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 61      | 61      | 61      | 29      | 59       | 31      | 31       | 31       | 59       | 59       | 59       |
| 생체중     | Pearson 상관계수 | 0.967** | 0.898** | 1       | 0.914** | -0.111   | -0.002  | 0.155    | -0.207   | 0.002    | -0.73    | -0.060   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 61      | 61      | 61      | 29      | 59       | 31      | 31       | 31       | 59       | 59       | 59       |
| 건물중     | Pearson 상관계수 | 0.913** | 0.739** | 0.914** | 1       | 0.161    | .b      | .b       | .b       | -0.1771  | 0.104    | -0.039   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 29      | 29      | 29      | 29      | 29       | 0       | 0        | 0        | 29       | 29       | 29       |
| 당도 평균   | Pearson 상관계수 | -0.054  | -0.238  | -0.111  | 0.161   | 1        | 0.451*  | 0.436*   | -0.142   | -0.342** | 0.106    | -0.051   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 59      | 59      | 59      | 29      | 59       | 30      | 30       | 30       | 59       | 59       | 59       |
| 파괴 측정   | Pearson 상관계수 | 0.038   | -0.286  | -0.002  | .b      | 0.451*   | 1       | 0.773**  | 0.006    | -0.388*  | 0.280    | -0.346   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 31      | 31      | 31      | 0       | 30       | 31      | 31       | 31       | 30       | 30       | 30       |
| 산도      | Pearson 상관계수 | 0.180   | -0.065  | 0.155   | .b      | 0.436*   | 0.773** | 1        | -0.622** | -0.257   | 0.076    | -0.244   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 31      | 31      | 31      | 0       | 30       | 31      | 31       | 31       | 30       | 30       | 30       |
| 당산비     | Pearson 상관계수 | -0.197  | -0.202  | -0.207  | .b      | -0.142   | 0.006   | -0.622** | 1        | -0.076   | 0.217    | -0.033   |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 31      | 31      | 31      | 0       | 30       | 31      | 31       | 31       | 30       | 30       | 30       |
| 과피(밝기)  | Pearson 상관계수 | -0.006  | 0.050   | 0.002   | -0.171  | -0.342** | -0.388* | -0.257   | -0.076   | 1        | -0.644** | 0.582**  |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 59      | 59      | 59      | 29      | 59       | 30      | 30       | 30       | 59       | 59       | 59       |
| 과피(적색)  | Pearson 상관계수 | -0.085  | -0.007  | -0.073  | 0.104   | 0.106    | 0.280   | 0.076    | 0.217    | -0.644** | 1        | -0.352** |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 59      | 59      | 59      | 29      | 59       | 30      | 30       | 30       | 59       | 59       | 59       |
| 과피(노란색) | Pearson 상관계수 | -0.063  | 0.029   | -0.060  | -0.039  | -0.051   | -0.346  | -0.244   | -0.033   | 0.582**  | -0.352** | 1        |
|         | 유의확률 (양쪽) N  | 59      | 59      | 59      | 29      | 59       | 30      | 30       | 30       | 59       | 59       | 59       |

※ 블러드오렌지 생육데이터의 경우 부록 1.3 참조

- 과폭은 과경, 생체중, 건물중과 유의미한 상관성을 보임.
- 산도는 비파괴 당도측정과의 상관성은 0.436, 파괴측정과는 0.773의 상관성이 나타나고 있으며, 산도측정은 파괴측정의 경우 더 높은 상관성이 나타나고 있음.
- 과피(밝기)는 파괴측정치와 음의 상관성이 나타남.
- 과피(적색)과 과피(노란색)은 음의 상관성이 나타남.

■ A, B, C 나무군 생육정보 비교분석

|             |    | N  | 평균       | 표준편차     | 표준오차     | 평균에 대한 95% 신뢰구간 |          | 최소값    | 최대값    |
|-------------|----|----|----------|----------|----------|-----------------|----------|--------|--------|
|             |    |    |          |          |          | 하한값             | 상한값      |        |        |
| 과목          | A  | 32 | 75.3819  | 5.55154  | 0.98138  | 73.3803         | 77.3834  | 62.41  | 85.79  |
|             | B  | 20 | 78.6650  | 5.07052  | 1.13380  | 76.2919         | 81.0381  | 65.58  | 88.78  |
|             | C  | 9  | 78.9867  | 4.73739  | 1.57913  | 75.3452         | 82.6281  | 69.75  | 83.83  |
|             | 합계 | 61 | 76.9902  | 5.47447  | 0.70093  | 75.5881         | 78.3922  | 62.41  | 88.78  |
| 과경          | A  | 32 | 72.9697  | 5.80528  | 1.02624  | 70.8767         | 75.0627  | 62.54  | 85.04  |
|             | B  | 20 | 77.4840  | 5.91172  | 1.32190  | 74.7172         | 80.2508  | 64.41  | 87.56  |
|             | C  | 9  | 77.9356  | 7.12356  | 2.37452  | 72.4599         | 83.4112  | 67.13  | 85.93  |
|             | 합계 | 61 | 75.1825  | 6.38431  | 0.81743  | 73.5474         | 76.8176  | 62.54  | 87.56  |
| 생체중         | A  | 32 | 216.1891 | 44.73018 | 7.90725  | 200.0621        | 232.3160 | 119.98 | 299.06 |
|             | B  | 20 | 247.7195 | 41.77265 | 9.34065  | 228.1693        | 267.2697 | 143.43 | 308.24 |
|             | C  | 9  | 243.7756 | 44.18556 | 14.72852 | 209.8115        | 277.7396 | 167.50 | 298.26 |
|             | 합계 | 61 | 230.5970 | 45.61926 | 5.84095  | 218.9134        | 242.2807 | 119.98 | 308.24 |
| 건물중         | A  | 15 | 33.1220  | 6.38825  | 1.64944  | 29.5843         | 36.6597  | 23.30  | 42.31  |
|             | B  | 10 | 36.4730  | 1.07479  | 0.33988  | 35.7041         | 37.2419  | 34.25  | 37.81  |
|             | C  | 4  | 28.9075  | 6.29052  | 3.14526  | 18.8979         | 38.9171  | 21.67  | 34.43  |
|             | 합계 | 29 | 33.6962  | 5.58769  | 1.03761  | 31.5708         | 35.8216  | 21.67  | 42.31  |
| 당도1차        | A  | 30 | 13.0100  | 0.92535  | 0.16895  | 12.6945         | 13.3855  | 10.70  | 14.80  |
|             | B  | 20 | 11.5750  | 1.03562  | 0.23157  | 11.0903         | 12.0597  | 9.60   | 14.30  |
|             | C  | 9  | 10.9000  | 0.62249  | 0.20750  | 10.4215         | 11.3785  | 10.00  | 11.90  |
|             | 합계 | 59 | 12.2169  | 1.26275  | 0.16440  | 11.8879         | 12.5460  | 9.60   | 14.80  |
| 당도2차        | A  | 30 | 12.9900  | 0.86875  | 0.15861  | 12.6656         | 13.3144  | 10.90  | 14.70  |
|             | B  | 20 | 11.7750  | 1.16523  | 0.26055  | 11.2297         | 12.3203  | 8.50   | 13.70  |
|             | C  | 9  | 10.9333  | 0.63048  | 0.21016  | 10.4487         | 11.4180  | 10.10  | 11.90  |
|             | 합계 | 59 | 12.2644  | 1.22752  | 0.15981  | 11.9445         | 12.5843  | 8.50   | 14.70  |
| 당도평균        | A  | 30 | 13.0150  | 0.86624  | 0.15815  | 12.6915         | 13.3385  | 10.80  | 14.65  |
|             | B  | 20 | 11.6750  | 1.02694  | 0.22963  | 11.1944         | 12.1556  | 9.05   | 14.00  |
|             | C  | 9  | 10.9167  | 0.55565  | 0.18522  | 10.4896         | 11.3438  | 10.10  | 11.90  |
|             | 합계 | 59 | 12.2407  | 1.20654  | 0.15708  | 11.9263         | 12.5551  | 9.05   | 14.65  |
| 파괴측정        | A  | 16 | 11.2875  | 1.66568  | 0.41642  | 10.3999         | 12.1751  | 10.20  | 17.20  |
|             | B  | 10 | 11.2600  | 1.25892  | 0.39811  | 10.3594         | 12.1606  | 9.70   | 13.10  |
|             | C  | 5  | 9.5400   | 0.60663  | 0.27129  | 8.7868          | 10.2932  | 8.70   | 10.20  |
|             | 합계 | 31 | 10.9968  | 1.52763  | 0.27437  | 10.4364         | 11.5571  | 8.70   | 17.20  |
| 산도          | A  | 16 | 0.6338   | 0.11913  | 0.02978  | 0.5703          | 0.6973   | 0.50   | 1.02   |
|             | B  | 10 | 0.5717   | 0.08811  | 0.02786  | 0.5087          | 0.6347   | 0.48   | 0.78   |
|             | C  | 5  | 0.5278   | 0.09080  | 0.04061  | 0.4151          | 0.6405   | 0.39   | 0.64   |
|             | 합계 | 31 | 0.5967   | 0.11072  | 0.01989  | 0.5561          | 0.6373   | 0.39   | 1.02   |
| 당산비         | A  | 16 | 18.0114  | 1.96220  | 0.49055  | 16.9658         | 19.0570  | 15.19  | 22.02  |
|             | B  | 10 | 19.8843  | 2.22309  | 0.70300  | 18.2940         | 21.4746  | 16.71  | 23.85  |
|             | C  | 5  | 18.4033  | 2.47271  | 1.10583  | 15.3330         | 21.4735  | 15.89  | 22.42  |
|             | 합계 | 31 | 18.6788  | 2.22656  | 0.39990  | 17.8620         | 19.4955  | 15.19  | 23.85  |
| 과피<br>(밝기)  | A  | 30 | 65.5173  | 1.61622  | 0.29508  | 64.9138         | 66.1208  | 62.40  | 70.65  |
|             | B  | 20 | 66.1730  | 1.17074  | 0.26179  | 65.6251         | 66.7209  | 63.92  | 68.07  |
|             | C  | 9  | 67.6211  | 2.24212  | 0.74737  | 65.8977         | 69.3446  | 64.49  | 70.99  |
|             | 합계 | 59 | 66.0605  | 1.72724  | 0.22487  | 65.6104         | 66.5106  | 62.40  | 70.99  |
| 과피<br>(적색)  | A  | 30 | 29.4927  | 2.44336  | 0.44609  | 28.5803         | 30.4050  | 21.72  | 34.46  |
|             | B  | 20 | 30.2795  | 1.77495  | 0.39689  | 29.4488         | 31.1102  | 27.27  | 33.27  |
|             | C  | 9  | 26.7756  | 3.79255  | 1.26418  | 23.8603         | 29.6908  | 19.77  | 32.77  |
|             | 합계 | 59 | 29.3449  | 2.70884  | 0.35266  | 28.6390         | 30.0508  | 19.77  | 34.46  |
| 과피<br>(노란색) | A  | 30 | 63.0087  | 3.21066  | 0.58618  | 61.8098         | 64.2075  | 54.36  | 71.27  |
|             | B  | 20 | 62.4280  | 3.03164  | 0.67789  | 61.0092         | 63.8468  | 55.94  | 68.29  |
|             | C  | 9  | 63.5944  | 1.76821  | 0.58940  | 62.2353         | 64.9536  | 59.68  | 65.75  |
|             | 합계 | 59 | 62.9012  | 2.95871  | 0.38519  | 62.1301         | 63.6722  | 54.36  | 71.27  |

※ 블러드오렌지 생육데이터의 경우 부록 1.3 참조

|             |    | N  | 평균       | 표준편차     | 표준오차     | 평균에 대한 95% 신뢰구간 |          | 최소값    | 최대값    |
|-------------|----|----|----------|----------|----------|-----------------|----------|--------|--------|
|             |    |    |          |          |          | 하한값             | 상한값      |        |        |
|             |    |    |          |          |          |                 |          |        |        |
| 과목          | A  | 32 | 75.3819  | 5.55154  | 0.98138  | 73.3803         | 77.3834  | 62.41  | 85.79  |
|             | B  | 20 | 78.6650  | 5.07052  | 1.13380  | 76.2919         | 81.0381  | 65.58  | 88.78  |
|             | C  | 9  | 78.9867  | 4.73739  | 1.57913  | 75.3452         | 82.6281  | 69.75  | 83.83  |
|             | 합계 | 61 | 76.9902  | 5.47447  | 0.70093  | 75.5881         | 78.3922  | 62.41  | 88.78  |
| 과경          | A  | 32 | 72.9697  | 5.80528  | 1.02624  | 70.8767         | 75.0627  | 62.54  | 85.04  |
|             | B  | 20 | 77.4840  | 5.91172  | 1.32190  | 74.7172         | 80.2508  | 64.41  | 87.56  |
|             | C  | 9  | 77.9356  | 7.12356  | 2.37452  | 72.4599         | 83.4112  | 67.13  | 85.93  |
|             | 합계 | 61 | 75.1825  | 6.38431  | 0.81743  | 73.5474         | 76.8176  | 62.54  | 87.56  |
| 생체중         | A  | 32 | 216.1891 | 44.73018 | 7.90725  | 200.0621        | 232.3160 | 119.98 | 299.06 |
|             | B  | 20 | 247.7195 | 41.77265 | 9.34065  | 228.1693        | 267.2697 | 143.43 | 308.24 |
|             | C  | 9  | 243.7756 | 44.18556 | 14.72852 | 209.8115        | 277.7396 | 167.50 | 298.26 |
|             | 합계 | 61 | 230.5970 | 45.61926 | 5.84095  | 218.9134        | 242.2807 | 119.98 | 308.24 |
| 건물중         | A  | 15 | 33.1220  | 6.38825  | 1.64944  | 29.5843         | 36.6597  | 23.30  | 42.31  |
|             | B  | 10 | 36.4730  | 1.07479  | 0.33988  | 35.7041         | 37.2419  | 34.25  | 37.81  |
|             | C  | 4  | 28.9075  | 6.29052  | 3.14526  | 18.8979         | 38.9171  | 21.67  | 34.43  |
|             | 합계 | 29 | 33.6962  | 5.58769  | 1.03761  | 31.5708         | 35.8216  | 21.67  | 42.31  |
| 당도1차        | A  | 30 | 13.0100  | 0.92535  | 0.16895  | 12.6945         | 13.3855  | 10.70  | 14.80  |
|             | B  | 20 | 11.5750  | 1.03562  | 0.23157  | 11.0903         | 12.0597  | 9.60   | 14.30  |
|             | C  | 9  | 10.9000  | 0.62249  | 0.20750  | 10.4215         | 11.3785  | 10.00  | 11.90  |
|             | 합계 | 59 | 12.2169  | 1.26275  | 0.16440  | 11.8879         | 12.5460  | 9.60   | 14.80  |
| 당도2차        | A  | 30 | 12.9900  | 0.86875  | 0.15861  | 12.6656         | 13.3144  | 10.90  | 14.70  |
|             | B  | 20 | 11.7750  | 1.16523  | 0.26055  | 11.2297         | 12.3203  | 8.50   | 13.70  |
|             | C  | 9  | 10.9333  | 0.63048  | 0.21016  | 10.4487         | 11.4180  | 10.10  | 11.90  |
|             | 합계 | 59 | 12.2644  | 1.22752  | 0.15981  | 11.9445         | 12.5843  | 8.50   | 14.70  |
| 당도평균        | A  | 30 | 13.0150  | 0.86624  | 0.15815  | 12.6915         | 13.3385  | 10.80  | 14.65  |
|             | B  | 20 | 11.6750  | 1.02694  | 0.22963  | 11.1944         | 12.1556  | 9.05   | 14.00  |
|             | C  | 9  | 10.9167  | 0.55565  | 0.18522  | 10.4896         | 11.3438  | 10.10  | 11.90  |
|             | 합계 | 59 | 12.2407  | 1.20654  | 0.15708  | 11.9263         | 12.5551  | 9.05   | 14.65  |
| 파괴측정        | A  | 16 | 11.2875  | 1.66568  | 0.41642  | 10.3999         | 12.1751  | 10.20  | 17.20  |
|             | B  | 10 | 11.2600  | 1.25892  | 0.39811  | 10.3594         | 12.1606  | 9.70   | 13.10  |
|             | C  | 5  | 9.5400   | 0.60663  | 0.27129  | 8.7868          | 10.2932  | 8.70   | 10.20  |
|             | 합계 | 31 | 10.9968  | 1.52763  | 0.27437  | 10.4364         | 11.5571  | 8.70   | 17.20  |
| 산도          | A  | 16 | 0.6338   | 0.11913  | 0.02978  | 0.5703          | 0.6973   | 0.50   | 1.02   |
|             | B  | 10 | 0.5717   | 0.08811  | 0.02786  | 0.5087          | 0.6347   | 0.48   | 0.78   |
|             | C  | 5  | 0.5278   | 0.09080  | 0.04061  | 0.4151          | 0.6405   | 0.39   | 0.64   |
|             | 합계 | 31 | 0.5967   | 0.11072  | 0.01989  | 0.5561          | 0.6373   | 0.39   | 1.02   |
| 당산비         | A  | 16 | 18.0114  | 1.96220  | 0.49055  | 16.9658         | 19.0570  | 15.19  | 22.02  |
|             | B  | 10 | 19.8843  | 2.22309  | 0.70300  | 18.2940         | 21.4746  | 16.71  | 23.85  |
|             | C  | 5  | 18.4033  | 2.47271  | 1.10583  | 15.3330         | 21.4735  | 15.89  | 22.42  |
|             | 합계 | 31 | 18.6788  | 2.22656  | 0.39990  | 17.8620         | 19.4955  | 15.19  | 23.85  |
| 과피<br>(밝기)  | A  | 30 | 65.5173  | 1.61622  | 0.29508  | 64.9138         | 66.1208  | 62.40  | 70.65  |
|             | B  | 20 | 66.1730  | 1.17074  | 0.26179  | 65.6251         | 66.7209  | 63.92  | 68.07  |
|             | C  | 9  | 67.6211  | 2.24212  | 0.74737  | 65.8977         | 69.3446  | 64.49  | 70.99  |
|             | 합계 | 59 | 66.0605  | 1.72724  | 0.22487  | 65.6104         | 66.5106  | 62.40  | 70.99  |
| 과피<br>(적색)  | A  | 30 | 29.4927  | 2.44336  | 0.44609  | 28.5803         | 30.4050  | 21.72  | 34.46  |
|             | B  | 20 | 30.2795  | 1.77495  | 0.39689  | 29.4488         | 31.1102  | 27.27  | 33.27  |
|             | C  | 9  | 26.7756  | 3.79255  | 1.26418  | 23.8603         | 29.6908  | 19.77  | 32.77  |
|             | 합계 | 59 | 29.3449  | 2.70884  | 0.35266  | 28.6390         | 30.0508  | 19.77  | 34.46  |
| 과피<br>(노란색) | A  | 30 | 63.0087  | 3.21066  | 0.58618  | 61.8098         | 64.2075  | 54.36  | 71.27  |
|             | B  | 20 | 62.4280  | 3.03164  | 0.67789  | 61.0092         | 63.8468  | 55.94  | 68.29  |
|             | C  | 9  | 63.5944  | 1.76821  | 0.58940  | 62.2353         | 64.9536  | 59.68  | 65.75  |
|             | 합계 | 59 | 62.9012  | 2.95871  | 0.38519  | 62.1301         | 63.6722  | 54.36  | 71.27  |

※ 블러드오렌지 생육데이터의 경우 부록 1.3 참조

- A,B,C나무에서 측정되는 데이터에 대한 요인별 분산분석결과 과정, 생체중, 당도, 과피(밝기), 과피(적색)에서 차이가 나타남.
- 과정에서 A나무의 평균은 72.96, B나무의 평균은 77.48, C나무의 평균은 77.93으로 나타나고 있으며, A나무의 평균치가 다소 낮은 유의성( $p < 0.05$ )이 나타남.
- 생체중에서 A나무의 평균은 216.18, B나무의 평균은 247.71, C나무의 평균은 243.77로 나타나고 있으며, A나무의 평균치가 다소 낮은 유의성( $p < 0.05$ )이 나타남.
- 당도에서는 당도측정1차, 당도측정2차, 당도 평균, 과피측정치 모두에서 유의한 차이가 나타나고 있으며, 전반적으로 A나무에서 가장 높은 당도가 나타나고 있으며, C나무에서 낮은 당도 수치가 나타남.
- 과피(밝기, 적색)에서 유의한 차이가 나타나고 있으며, 과피(밝기)에서는 C나무가 가장 높은 수치가 나타나고 있으며 (적색)에서는 C나무가 가장 낮게 나타남.

■ 블러드오렌지의 연간 과폭 변화 분석

2019년

|           | N   | 최소값   | 최대값   | 평균    | 표준편차  |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 6월 평균 과폭  | 107 | 13.40 | 40.30 | 27.19 | 5.683 |
| 7월 평균 과폭  | 228 | 24.26 | 58.30 | 43.37 | 5.385 |
| 8월 과폭     | 219 | 37.30 | 68.10 | 55.68 | 5.522 |
| 9월 과폭     | 210 | 47.90 | 78.30 | 63.91 | 5.487 |
| 10월 과폭    | 199 | 55.40 | 83.90 | 69.85 | 5.604 |
| 11월 과폭    | 162 | 56.70 | 83.30 | 71.89 | 5.384 |
| 12월 과폭    | 138 | 58.00 | 86.40 | 73.77 | 5.593 |
| 1월 과폭     | 108 | 58.90 | 90.00 | 75.11 | 5.630 |
| 유효수 (목록별) | 43  |       |       |       |       |

2020년

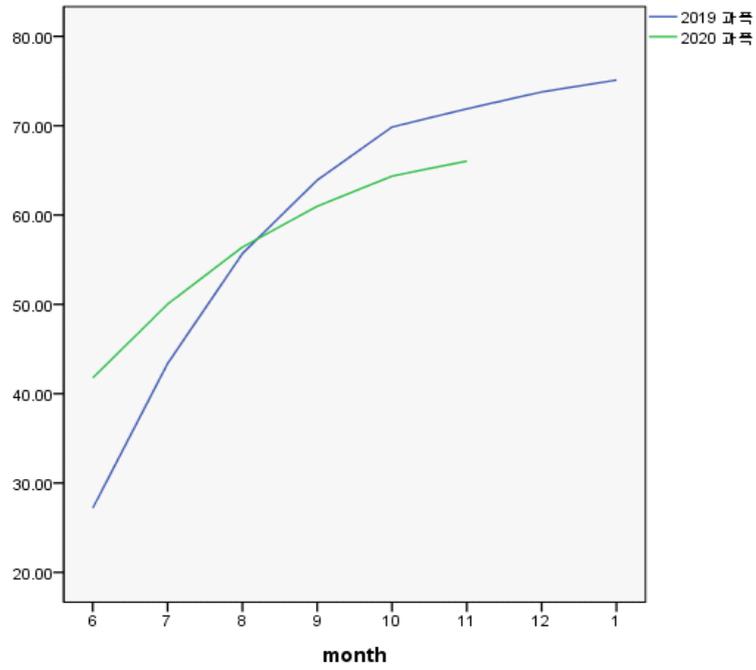
|           | N   | 최소값   | 최대값   | 평균    | 표준편차  |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 6월 평균 과폭  | 968 | 10.30 | 61.10 | 41.77 | 5.445 |
| 7월 평균 과폭  | 934 | 34.30 | 69.60 | 50.03 | 5.504 |
| 8월 과폭     | 924 | 40.30 | 75.30 | 56.41 | 5.716 |
| 9월 과폭     | 916 | 43.20 | 78.70 | 60.98 | 5.990 |
| 10월 과폭    | 877 | 49.50 | 81.50 | 64.36 | 5.823 |
| 11월 과폭    | 785 | 51.20 | 85.50 | 66.04 | 5.795 |
| 12월 과폭    | 0   |       |       |       |       |
| 1월 과폭     | 0   |       |       |       |       |
| 유효수 (목록별) | 0   |       |       |       |       |

대응표본 통계량

|      |          | 평균      | N | 표준편차     | 평균의 표준오차 |
|------|----------|---------|---|----------|----------|
| 대응 1 | 2019년 과폭 | 55.3199 | 6 | 17.28135 | 7.05508  |
|      | 2020년 과폭 | 56.6005 | 6 | 9.29243  | 3.79362  |

대응표본 검정

|      |                                 | 대응차      |         |             |                 |         | t      | 자유도 | 유의확률<br>(양쪽) |
|------|---------------------------------|----------|---------|-------------|-----------------|---------|--------|-----|--------------|
|      |                                 | 평균       | 표준편차    | 평균의<br>표준오차 | 차이의 95%<br>신뢰구간 |         |        |     |              |
|      |                                 |          |         |             | 하한              | 상한      |        |     |              |
| 대응 1 | 2019년<br>과폭<br>-<br>2020년<br>과폭 | -1.28060 | 8.00274 | 3.26710     | -9.67896        | 7.11776 | -0.392 | 5   | 0.711        |



- 블러드오렌지의 과폭 변화에서는 2019년과 2020년의 차이에서는 6월경과 10월경 평균의 차이가 나타나고 있으나, 전체적인 평균의 차이는 나타나고 있지 않음.

■ 블러드오렌지의 2019년도 과폭 변화량

모형 요약<sup>b</sup>

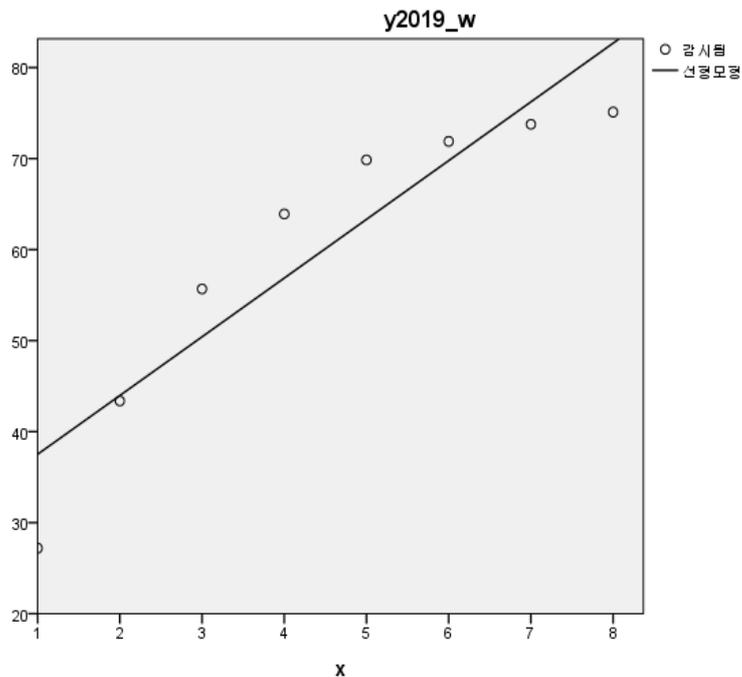
| 모형 | R                  | R 제곱  | 수정된 R 제곱 | 추정값의 표준오차 | Durbin-Watson |
|----|--------------------|-------|----------|-----------|---------------|
| 1  | 0.925 <sup>a</sup> | 0.856 | 0.832    | 7.007     | 0.675         |

분산분석<sup>a</sup>

| 모형 | 제공합   | 자유도      | 평균 제곱 | F        | 유의확률   |                    |
|----|-------|----------|-------|----------|--------|--------------------|
| 1  | 회귀 모형 | 1748.660 | 1     | 1748.660 | 35.616 | 0.001 <sup>b</sup> |
|    | 잔차    | 294.589  | 6     | 49.098   |        |                    |
|    | 합계    | 2043.249 | 7     |          |        |                    |

계수<sup>a</sup>

| 모형 |      | 비표준화 계수 |       | 표준화 계수 | t     | 유의확률  |
|----|------|---------|-------|--------|-------|-------|
|    |      | B       | 표준오차  | 베타     |       |       |
| 1  | (상수) | 31.060  | 5.460 |        | 5.689 | 0.001 |
|    | x    | 6.453   | 1.081 | 0.925  | 5.968 | 0.001 |



- 블러드오렌지의 2019년 과폭의 변화에 대한 분석에서는 과폭은 월의 변화에 따른 상관계수는 0.925( $p < 0.05$ )로 매우 높게 나타나고 있으며, 이를 기반으로 분석한 회귀모형은  $F=35.616$ ( $p < 0.05$ )로 유의미한 모형임. 이에 따른, 회귀계수는 6.453( $p < 0.005$ )이며, 이는 월별 6.453만큼 증가함.

■ 블러드오렌지의 2020년도 과폭 변화량

모형 요약<sup>b</sup>

| 모형 | R                  | R 제곱  | 수정된 R 제곱 | 추정값의 표준오차 | Durbin-Watson |
|----|--------------------|-------|----------|-----------|---------------|
| 1  | 0.972 <sup>a</sup> | 0.944 | 0.930    | 2.45284   | 1.091         |

a. 예측값 : (상수), x

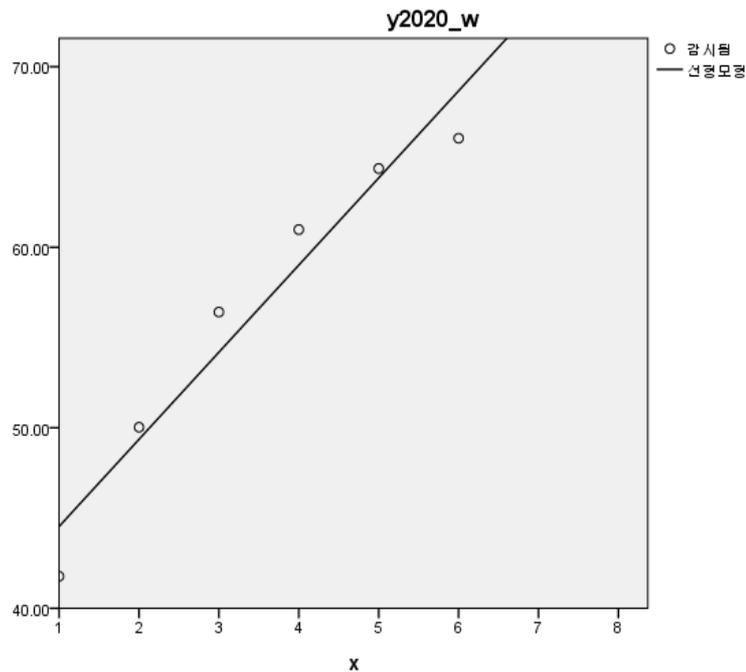
b. 종속변수 : y2020\_w

분산분석<sup>a</sup>

| 모형 | 제곱합   | 자유도     | 평균 제곱 | F       | 유의확률   |                    |
|----|-------|---------|-------|---------|--------|--------------------|
| 1  | 회귀 모형 | 407.580 | 1     | 407.580 | 67.745 | 0.001 <sup>b</sup> |
|    | 잔차    | 24.066  | 4     | 6.016   |        |                    |
|    | 합계    | 431.645 | 5     |         |        |                    |

계수<sup>a</sup>

| 모형 | 비표준화 계수 |        | 표준화 계수 | t     | 유의확률   |       |
|----|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
|    | B       | 표준오차   | 베타     |       |        |       |
| 1  | (상수)    | 39.707 | 2.283  |       | 17.389 | 0.000 |
|    | x       | 4.826  | 0.586  | 0.972 | 8.231  | 0.001 |



- 블러드오렌지의 2020년 과폭의 변화에 대한 분석에서는 과폭은 월의 변화에 따른 상관계수는 0.972( $p < 0.05$ )로 매우 높게 나타나고 있으며, 이를 기반으로 분석한 회귀모형은  $F=67.745$ ( $p < 0.05$ )로 유의미한 모형임. 이에 따른, 회귀계수는 4.826( $p < 0.005$ )이며, 이는 월별 4.826만큼 증가함.

■ 블러드오렌지의 연간 과경 변화

2019

|           | N   | 최소값   | 최대값   | 평균    | 표준편차  |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 6월 평균 과경  | 107 | 16.10 | 41.50 | 29.34 | 5.619 |
| 7월 평균 과경  | 228 | 25.22 | 56.20 | 44.35 | 5.188 |
| 8월 과경     | 219 | 35.20 | 67.30 | 55.26 | 5.591 |
| 9월 과경     | 210 | 49.40 | 77.90 | 62.33 | 5.618 |
| 10월 과경    | 199 | 53.60 | 82.80 | 68.26 | 5.953 |
| 11월 과경    | 162 | 58.50 | 85.30 | 70.91 | 6.009 |
| 12월 과경    | 138 | 59.50 | 88.20 | 72.74 | 6.236 |
| 1월 과경     | 108 | 59.50 | 89.00 | 74.03 | 6.467 |
| 유효수 (목록별) | 43  |       |       |       |       |

2020

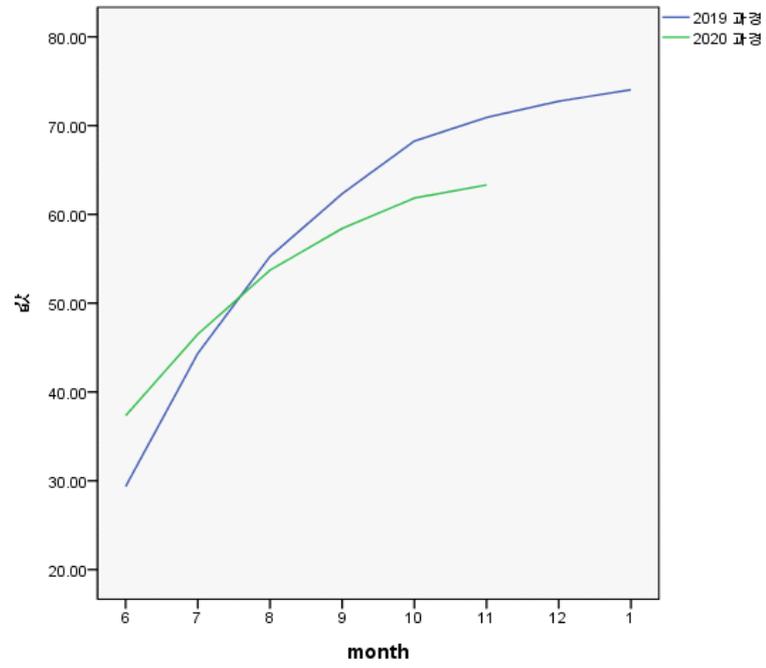
|           | N   | 최소값   | 최대값   | 평균    | 표준편차  |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 6월 평균 과경  | 969 | 19.20 | 56.20 | 37.34 | 5.397 |
| 7월 평균 과경  | 934 | 30.40 | 67.20 | 46.51 | 5.422 |
| 8월 과경     | 924 | 38.60 | 72.20 | 53.72 | 5.440 |
| 9월 과경     | 916 | 42.30 | 75.20 | 58.41 | 5.337 |
| 10월 과경    | 877 | 47.10 | 78.30 | 61.84 | 5.027 |
| 11월 과경    | 785 | 49.60 | 80.30 | 63.31 | 4.956 |
| 12월 과경    | 0   |       |       |       |       |
| 1월 과경     | 0   |       |       |       |       |
| 유효수 (목록별) | 0   |       |       |       |       |

대응표본 통계량

|      |         | 평균      | N | 표준편차     | 평균의 표준오차 |
|------|---------|---------|---|----------|----------|
| 대응 1 | 2019 과경 | 55.0798 | 6 | 15.84223 | 6.46756  |
|      | 2020 과경 | 53.5276 | 6 | 9.99993  | 4.08246  |

대응표본 검정

|      |                         | 대응차     |         |             |                 |         | t     | 자유도 | 유의확률<br>(양쪽) |
|------|-------------------------|---------|---------|-------------|-----------------|---------|-------|-----|--------------|
|      |                         | 평균      | 표준편차    | 평균의<br>표준오차 | 차이의 95%<br>신뢰구간 |         |       |     |              |
|      |                         |         |         |             | 하한              | 상한      |       |     |              |
| 대응 1 | 2019 과경<br>-<br>2020 과경 | 1.55220 | 5.84800 | 2.38743     | -4.58489        | 7.68929 | 0.650 | 5   | 0.544        |



- 블러드오렌지의 과경 변화에서는 2019년과 2020년의 차이에서는 6월경과 10월경 평균의 차이가 나타나고 있으나, 전체적인 평균의 차이는 나타남.

■ 블러드오렌지의 2019년 과정 변화량

모형 요약<sup>b</sup>

| 모형 | R                  | R 제곱  | 수정된 R 제곱 | 추정값의 표준오차 | Durbin-Watson |
|----|--------------------|-------|----------|-----------|---------------|
| 1  | 0.934 <sup>a</sup> | 0.872 | 0.851    | 6.11355   | 0.700         |

a. 예측값 : (상수), x

b. 종속변수 : y2019\_c

분산분석<sup>a</sup>

| 모형 | 제공합   | 자유도      | 평균 제공 | F        | 유의확률   |                    |
|----|-------|----------|-------|----------|--------|--------------------|
| 1  | 회귀 모형 | 1534.040 | 1     | 1534.040 | 41.044 | 0.001 <sup>b</sup> |
|    | 잔차    | 224.253  | 6     | 37.376   |        |                    |
|    | 합계    | 1758.293 | 7     |          |        |                    |

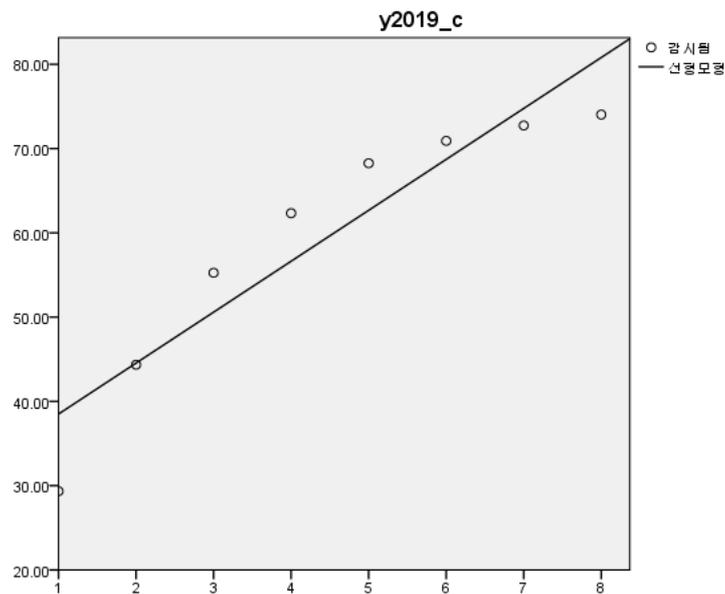
a. 예측값 : y2019\_c

b. 종속변수 : (상수), x

계수<sup>a</sup>

| 모형 | 비표준화 계수 | 표준화 계수 |       | t     | 유의확률  |       |
|----|---------|--------|-------|-------|-------|-------|
|    |         | B      | 표준오차  |       |       | 베타    |
| 1  | (상수)    | 32.456 | 4.764 |       | 6.813 | 0.000 |
|    | x       | 6.044  | 0.943 | 0.943 | 6.407 | 0.001 |

a. 종속변수 : y2019\_c



- 블러드오렌지의 2019년 과정의 변화에 대한 분석에서는 과정은 월의 변화에 따른 상관계수는 0.934( $p < 0.05$ )로 매우 높게 나타나고 있으며, 이를 기반으로 분석한 회귀모형은  $F = 41.044$  ( $p < 0.05$ )로 유의미한 모형이다. 이에 따른, 회귀계수는 6.044( $p < 0.005$ )이며, 이는 월별 6.044만큼 증가함.

■ 블러드오렌지의 2020년 과정 변화량

모형 요약<sup>b</sup>

| 모형 | R                  | R 제곱  | 수정된 R 제곱 | 추정값의 표준오차 | Durbin-Watson |
|----|--------------------|-------|----------|-----------|---------------|
| 1  | 0.965 <sup>a</sup> | 0.931 | 0.914    | 2.93105   | 1.080         |

- a. 예측값 : (상수), x  
 b. 종속변수 : y2019\_c

분산분석<sup>a</sup>

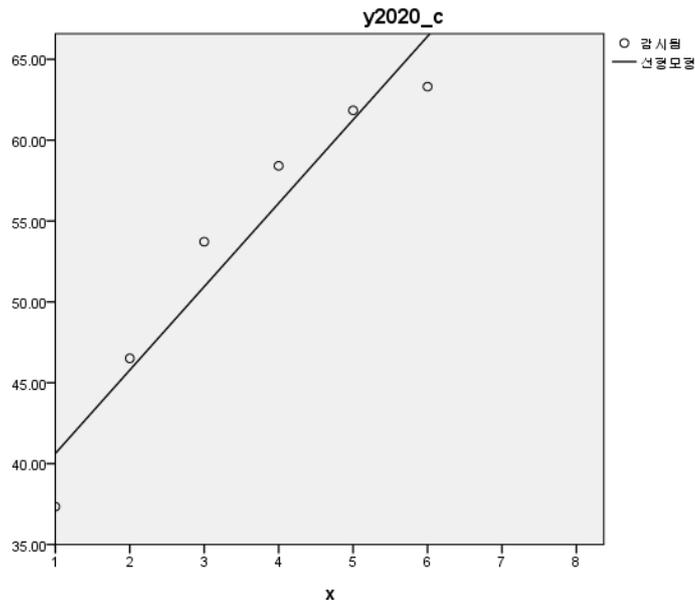
| 모형 | 제곱합   | 자유도     | 평균 제곱 | F       | 유의확률   |                    |
|----|-------|---------|-------|---------|--------|--------------------|
| 1  | 회귀 모형 | 465.587 | 1     | 465.587 | 54.194 | 0.002 <sup>b</sup> |
|    | 잔차    | 34.364  | 4     | 8.591   |        |                    |
|    | 합계    | 499.951 | 5     |         |        |                    |

- a. 예측값 : y2019\_c  
 b. 종속변수 : (상수), x

계수<sup>a</sup>

| 모형 | 비표준화 계수 | 표준화 계수 |       | t     | 유의확률   |       |
|----|---------|--------|-------|-------|--------|-------|
|    |         | B      | 표준오차  |       |        | 베타    |
| 1  | (상수)    | 35.469 | 2.729 |       | 12.999 | 0.000 |
|    | x       | 5.158  | 0.701 | 0.965 | 7.362  | 0.002 |

- a. 종속변수 : y2019\_c



- 블러드오렌지의 2020년 과정의 변화에 대한 분석에서는 과정은 월의 변화에 따른 상관계수는 0.965( $p < 0.05$ )로 매우 높게 나타나고 있으며, 이를 기반으로 분석한 회귀모형은  $F=54.194$ ( $p < 0.05$ )로 유의미한 모형임. 이에 따른, 회귀계수는 5.158( $p < 0.005$ )이며, 이는 월별 5.158만큼 증가함.

■ 온실환경데이터 현황 (온도, 습도, 수증기압차)

2019

| V1 | 온도1  | 온도2    | 온도3    | 습도1    | 습도2     | 습도3    | 수증기압차1 | 수증기압차2 | 수증기압차3 |        |
|----|------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 평균   | 21.034 | 21.032 | 21.339 | 513.908 | 74.556 | 72.809 | 0.000  | 0.549  | 0.626  |
|    | N    | 1022   | 1022   | 1022   | 1022    | 1022   | 1022   | 1022   | 1022   | 1022   |
|    | 표준편차 | 3.670  | 3.854  | 3.954  | 27.793  | 11.339 | 11.504 | 0.000  | 0.575  | 0.606  |
| 2  | 평균   | 24.044 | 24.202 | 24.265 | 74.921  | 75.564 | 75.393 | 0.000  | 0.903  | 0.899  |
|    | N    | 43200  | 43200  | 43200  | 43200   | 43200  | 43200  | 43200  | 43200  | 43200  |
|    | 표준편차 | 5.916  | 6.104  | 6.077  | 18.717  | 18.714 | 18.349 | 0.000  | 1.191  | 1.176  |
| 3  | 평균   | 24.945 | 24.924 | 25.157 | 78.944  | 79.677 | 79.190 | 0.000  | 0.708  | 0.739  |
|    | N    | 12129  | 12129  | 12129  | 12129   | 12129  | 12129  | 12129  | 12129  | 12129  |
|    | 표준편차 | 4.422  | 4.551  | 4.659  | 14.178  | 14.306 | 14.367 | 0.000  | 0.911  | 0.946  |
| 4  | 평균   | 28.441 | 8.729  | 28.497 | 81.210  | 56.809 | 81.188 | 21.612 | 0.670  | 0.859  |
|    | N    | 32411  | 32411  | 32411  | 32411   | 32411  | 32411  | 32411  | 32411  | 32411  |
|    | 표준편차 | 4.150  | 31.784 | 4.224  | 12.159  | 38.505 | 13.551 | 14.832 | 0.874  | 0.801  |
| 5  | 평균   | 24.462 | 24.585 | 24.508 | 86.205  | 86.950 | 86.180 | 23.610 | 0.461  | 0.482  |
|    | N    | 43162  | 43162  | 43162  | 43162   | 43162  | 43162  | 43162  | 43162  | 43162  |
|    | 표준편차 | 3.593  | 3.688  | 3.540  | 11.073  | 12.004 | 11.710 | 3.821  | 0.513  | 0.520  |
| 6  | 평균   | 20.302 | 20.257 | 20.220 | 79.307  | 79.764 | 81.074 | 20.361 | 0.530  | 0.495  |
|    | N    | 30773  | 30773  | 30773  | 30773   | 30773  | 30773  | 30773  | 30773  | 30773  |
|    | 표준편차 | 5.146  | 5.191  | 5.121  | 14.143  | 14.438 | 13.713 | 4.570  | 0.477  | 0.458  |
| 7  | 평균   | 16.296 | 15.958 | 16.449 | 78.359  | 79.662 | 78.237 | 16.646 | 0.450  | 0.517  |
|    | N    | 36622  | 36622  | 36622  | 36622   | 36622  | 36622  | 36622  | 36622  | 36622  |
|    | 표준편차 | 5.068  | 5.078  | 5.324  | 15.837  | 15.432 | 16.468 | 5.700  | 0.471  | 0.578  |
| 8  | 평균   | 13.167 | 12.893 | 13.584 | 82.554  | 83.597 | 82.820 | 13.623 | 0.259  | 0.295  |
|    | N    | 12841  | 12841  | 12841  | 12841   | 12841  | 12841  | 12841  | 12841  | 12841  |
|    | 표준편차 | 3.182  | 2.938  | 3.216  | 10.973  | 11.236 | 10.988 | 3.412  | 0.240  | 0.301  |
| 합계 | 평균   | 22.299 | 19.263 | 22.415 | 80.104  | 77.048 | 80.442 | 20.093 | 0.593  | 0.636  |
|    | N    | 212160 | 212160 | 212160 | 212160  | 212160 | 212160 | 155809 | 212160 | 212160 |
|    | 표준편차 | 6.484  | 14.451 | 6.532  | 14.993  | 22.509 | 15.229 | 8.526  | 0.786  | 0.788  |

※ 온실 내부환경 데이터의 경우 부록 1.2 참조

2020

| V1 | 온도1  | 온도2        | 온도3    | 습도1    | 습도2    | 습도3    | 수증기압차1 | 수증기압차2 | 수증기압차3 |        |
|----|------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 평균   | 13.277     | 12.885 | 13.575 | 82.460 | 83.349 | 82.142 | 13.642 | 0.285  | 0.333  |
|    | N    | 44636      | 44636  | 44636  | 44636  | 44636  | 44636  | 44636  | 44636  | 44636  |
|    | 표준편차 | 4.218      | 3.861  | 4.263  | 12.129 | 11.972 | 11.842 | 4.420  | 0.298  | 0.384  |
| 2  | 평균   | 12.184     | 11.279 | 12.692 | 76.105 | 76.918 | 74.407 | 12.985 | 0.382  | 0.492  |
|    | N    | 9513       | 9513   | 9513   | 9513   | 9513   | 9513   | 9513   | 9513   | 9513   |
|    | 표준편차 | 5.369      | 4.594  | 5.647  | 16.338 | 16.896 | 15.810 | 6.127  | 0.406  | 0.540  |
| 3  | 평균   | 253693.000 | 17.223 | 16.232 | 16.763 | 79.046 | 80.425 | 17.048 | 0.464  | 0.386  |
|    | N    | 7221       | 7221   | 7221   | 7221   | 7221   | 7221   | 7221   | 7221   | 7221   |
|    | 표준편차 | 2084.667   | 5.462  | 4.695  | 5.175  | 20.286 | 19.809 | 5.795  | 0.886  | 0.771  |
| 4  | 평균   | 278086.033 | 18.427 | 17.729 | 18.935 | 70.847 | 70.178 | 19.609 | 0.798  | 0.745  |
|    | N    | 41149      | 41149  | 41149  | 41149  | 41149  | 41149  | 41149  | 41149  | 41149  |
|    | 표준편차 | 12213.165  | 6.528  | 6.180  | 7.350  | 24.558 | 24.495 | 8.407  | 1.089  | 1.041  |
| 5  | 평균   | 322790.500 | 22.365 | 21.792 | 22.592 | 75.204 | 76.046 | 23.166 | 0.805  | 0.741  |
|    | N    | 44640      | 44640  | 44640  | 44640  | 44640  | 44640  | 44640  | 44640  | 44640  |
|    | 표준편차 | 12886.602  | 5.478  | 5.228  | 5.986  | 20.123 | 19.757 | 6.870  | 1.055  | 1.007  |
| 6  | 평균   | 366699.500 | 24.992 | 24.575 | 24.875 | 80.049 | 82.016 | 25.111 | 0.725  | 0.637  |
|    | N    | 43178      | 43178  | 43178  | 43178  | 43178  | 43178  | 43178  | 43178  | 43178  |
|    | 표준편차 | 12464.559  | 4.985  | 4.767  | 4.837  | 16.158 | 15.785 | 5.381  | 1.007  | 0.930  |
| 7  | 평균   | 411493.690 | 25.665 | 25.826 | 25.555 | 83.164 | 83.660 | 25.716 | 0.540  | 0.554  |
|    | N    | 42304      | 42304  | 42304  | 42304  | 42304  | 42304  | 42304  | 42304  | 42304  |
|    | 표준편차 | 12634.918  | 3.828  | 4.132  | 3.647  | 11.465 | 12.174 | 4.053  | 0.685  | 0.740  |
| 8  | 평균   | 434779.500 | 28.971 | 29.814 | 28.605 | 79.523 | 79.501 | 28.885 | 0.821  | 0.981  |
|    | N    | 3736       | 3736   | 3736   | 3736   | 3736   | 3736   | 3736   | 3736   | 3736   |
|    | 표준편차 | 1078.635   | 4.117  | 5.285  | 3.731  | 11.677 | 14.207 | 4.258  | 0.875  | 1.177  |
| 합계 | 평균   | 264621.651 | 20.461 | 20.354 | 36.279 | 78.548 | 78.751 | 23.290 | 0.616  | 0.595  |
|    | N    | 236377     | 236377 | 236377 | 236377 | 236377 | 236377 | 182228 | 236377 | 236377 |
|    | 표준편차 | 151821.892 | 7.127  | 6.930  | 25.954 | 18.086 | 18.038 | 6.877  | 0.886  | 0.861  |

※ 온실 내부환경 데이터의 경우 부록 1.2 참조

■ 온실환경데이터 현황 (순간 광량값, 평균 광량값, 토양 전기전도도)

2019

| V1 |      | 순간<br>광량값1 | 순간<br>광량값2 | 순간<br>광량값3 | 평균<br>광량값1 | 평균<br>광량값2 | 평균<br>광량값3 | 토양전기<br>전도도1 | 토양전기<br>전도도2 | 토양전기<br>전도도3 |
|----|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| 1  | 평균   | 54.243     | 71.386     | 51.061     | 54.250     | 71.337     | 50.992     | 21.904       | 0.000        | 0.000        |
|    | N    | 1022       | 1022       | 1022       | 1022       | 1022       | 1022       | 1022         | 1022         | 1022         |
|    | 표준편차 | 56.152     | 74.474     | 53.504     | 56.129     | 74.235     | 52.998     | 0.864        | 0.000        | 0.000        |
| 2  | 평균   | 241.848    | 236.260    | 230.361    | 241.876    | 236.165    | 230.415    | 24.343       | 0.000        | 0.000        |
|    | N    | 43200      | 43200      | 43200      | 43200      | 43200      | 43200      | 43200        | 43200        | 43200        |
|    | 표준편차 | 368.209    | 360.509    | 352.605    | 366.775    | 358.901    | 351.378    | 2.627        | 0.000        | 0.000        |
| 3  | 평균   | 191.762    | 185.956    | 183.778    | 191.478    | 185.780    | 183.551    | 25.535       | 0.000        | 0.000        |
|    | N    | 12129      | 12129      | 12129      | 12129      | 12129      | 12129      | 12129        | 12129        | 12129        |
|    | 표준편차 | 282.222    | 275.850    | 268.336    | 279.911    | 273.890    | 266.394    | 1.784        | 0.000        | 0.000        |
| 4  | 평균   | 179.668    | 218.861    | 152.752    | 179.599    | 218.850    | 152.844    | 26.973       | 0.214        | 0.276        |
|    | N    | 32411      | 32411      | 32411      | 32411      | 32411      | 32411      | 32411        | 32411        | 32411        |
|    | 표준편차 | 301.857    | 365.452    | 237.140    | 299.552    | 363.460    | 236.778    | 3.053        | 0.021        | 0.018        |
| 5  | 평균   | 137.927    | 154.679    | 146.035    | 137.819    | 154.526    | 146.015    | 23.728       | 0.225        | 0.265        |
|    | N    | 43162      | 43162      | 43162      | 43162      | 43162      | 43162      | 43162        | 43162        | 43162        |
|    | 표준편차 | 274.721    | 295.209    | 288.550    | 270.861    | 291.848    | 285.082    | 2.528        | 0.024        | 0.027        |
| 6  | 평균   | 132.433    | 89.607     | 139.688    | 132.434    | 89.654     | 139.603    | 19.565       | 0.181        | 0.184        |
|    | N    | 30773      | 30773      | 30773      | 30773      | 30773      | 30773      | 30773        | 30773        | 30773        |
|    | 표준편차 | 244.080    | 184.776    | 260.748    | 241.979    | 183.483    | 258.461    | 3.219        | 0.021        | 0.056        |
| 7  | 평균   | 115.035    | 80.764     | 122.651    | 114.957    | 80.656     | 122.570    | 15.783       | 0.128        | 0.111        |
|    | N    | 36622      | 36622      | 36622      | 36622      | 36622      | 36622      | 36622        | 36622        | 36622        |
|    | 표준편차 | 211.184    | 169.715    | 230.913    | 209.209    | 168.118    | 228.714    | 3.050        | 0.034        | 0.039        |
| 8  | 평균   | 56.290     | 51.398     | 53.023     | 56.368     | 51.432     | 53.072     | 13.479       | 0.094        | 0.137        |
|    | N    | 12841      | 12841      | 12841      | 12841      | 12841      | 12841      | 12841        | 12841        | 12841        |
|    | 표준편차 | 117.629    | 90.369     | 113.554    | 117.236    | 90.370     | 113.232    | 1.890        | 0.002        | 0.015        |
| 합계 | 평균   | 158.449    | 154.034    | 155.345    | 158.397    | 153.961    | 155.330    | 21.848       | 0.133        | 0.150        |
|    | N    | 212160     | 212160     | 212160     | 212160     | 212160     | 212160     | 212160       | 212160       | 212160       |
|    | 표준편차 | 285.246    | 289.250    | 277.375    | 283.090    | 287.368    | 275.538    | 5.076        | 0.091        | 0.112        |

※ 온실 내부환경 데이터의 경우 부록 1.2 참조

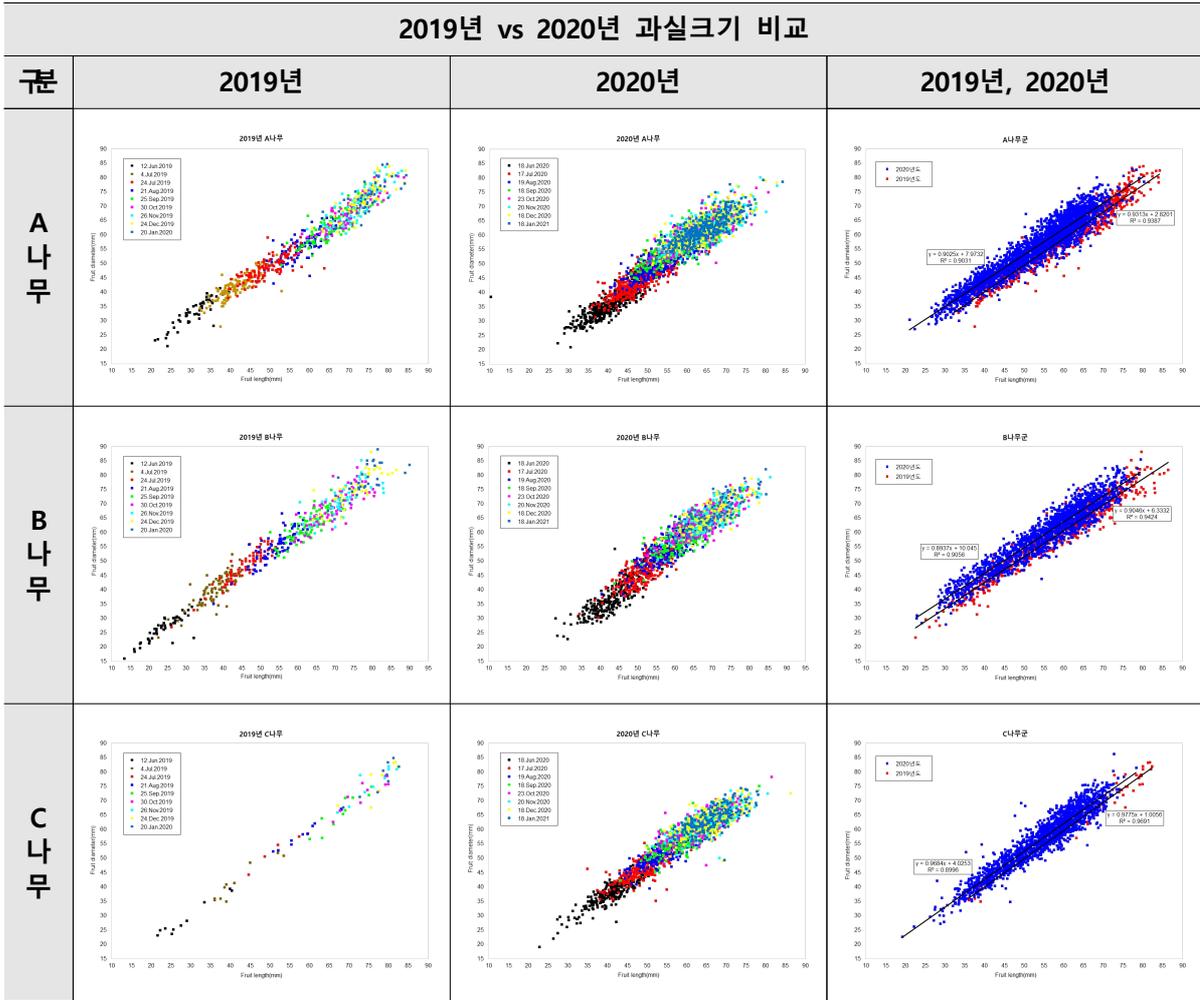
2020

| V1 | 순간<br>광량값1 | 순간<br>광량값2 | 순간<br>광량값3 | 평균<br>광량값1 | 평균<br>광량값2 | 평균<br>광량값3 | 토양전기<br>전도도1 | 토양전기<br>전도도2 | 토양전기<br>전도도3 |        |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 1  | 평균         | 70.307     | 62.072     | 65.295     | 70.313     | 62.072     | 65.293       | 13.359       | 0.091        | 0.105  |
|    | N          | 44636      | 44636      | 44636      | 44636      | 44636      | 44636        | 44636        | 44636        | 44636  |
|    | 표준편차       | 145.104    | 108.695    | 136.183    | 144.150    | 108.183    | 135.205      | 2.471        | 0.003        | 0.006  |
| 2  | 평균         | 128.492    | 144.409    | 139.933    | 128.268    | 144.255    | 139.851      | 12.482       | 0.085        | 0.091  |
|    | N          | 9513       | 9513       | 9513       | 9513       | 9513       | 9513         | 9513         | 9513         | 9513   |
|    | 표준편차       | 218.509    | 253.953    | 248.458    | 217.161    | 252.188    | 246.876      | 3.062        | 0.003        | 0.005  |
| 3  | 평균         | 0.400      | 130.765    | 147.057    | 125.699    | 130.842    | 147.015      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
|    | N          | 7221       | 7221       | 7221       | 7221       | 7221       | 7221         | 7221         | 7221         | 7221   |
|    | 표준편차       | 0.782      | 234.865    | 257.868    | 235.449    | 234.567    | 257.127      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
| 4  | 평균         | 0.827      | 272.029    | 303.731    | 198.139    | 272.165    | 303.893      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
|    | N          | 41149      | 41149      | 41149      | 41149      | 41149      | 41149        | 41149        | 41149        | 41149  |
|    | 표준편차       | 1.198      | 418.899    | 456.432    | 334.173    | 418.009    | 455.357      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
| 5  | 평균         | 0.816      | 264.716    | 293.739    | 153.712    | 264.307    | 293.375      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
|    | N          | 44640      | 44640      | 44640      | 44640      | 44640      | 44640        | 44640        | 44640        | 44640  |
|    | 표준편차       | 1.089      | 416.616    | 440.375    | 201.254    | 414.458    | 438.206      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
| 6  | 평균         | 0.676      | 222.695    | 244.710    | 157.547    | 222.450    | 244.467      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
|    | N          | 43178      | 43178      | 43178      | 43178      | 43178      | 43178        | 43178        | 43178        | 43178  |
|    | 표준편차       | 0.948      | 375.800    | 392.609    | 231.514    | 373.545    | 390.432      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
| 7  | 평균         | 0.492      | 87.872     | 196.165    | 140.903    | 87.833     | 196.158      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
|    | N          | 42304      | 42304      | 42304      | 42304      | 42304      | 42304        | 42304        | 42304        | 42304  |
|    | 표준편차       | 0.637      | 225.536    | 317.943    | 198.771    | 224.163    | 315.827      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
| 8  | 평균         | 0.775      | 32.808     | 247.215    | 145.814    | 32.745     | 247.022      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
|    | N          | 3736       | 3736       | 3736       | 3736       | 3736       | 3736         | 3736         | 3736         | 3736   |
|    | 표준편차       | 0.822      | 49.527     | 397.724    | 163.861    | 49.140     | 396.659      | 0.000        | 0.000        | 0.000  |
| 합계 | 평균         | 18.982     | 175.799    | 214.516    | 142.101    | 175.688    | 214.421      | 3.025        | 0.021        | 0.023  |
|    | N          | 236377     | 236377     | 236377     | 236377     | 236377     | 236377       | 236377       | 236377       | 236377 |
|    | 표준편차       | 84.474     | 335.458    | 370.182    | 231.288    | 334.023    | 368.563      | 5.688        | 0.038        | 0.043  |

※ 온실 내부환경 데이터의 경우 부록 1.2 참조

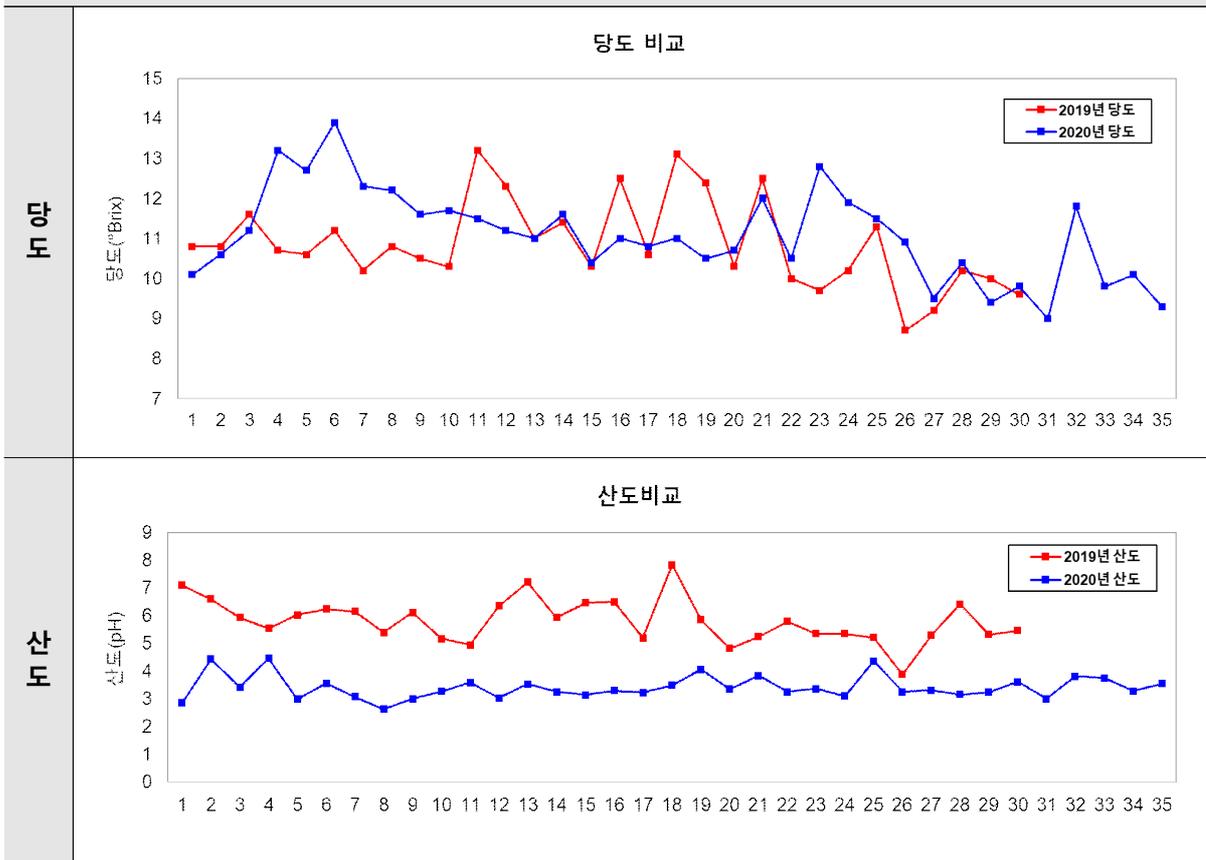
(2) 온배수 활용 기반, 최적 환경제어를 통한 아열대과수의 품질 및 생산성 비교

- 아열대과수 시설온실은 2018년 12월 6일 18시부터 2019년 12월 31일까지 12°C에서 작동, 14°C에서 중지하도록 제어하여 자동난방운전을 시행하였으며, 2020년도에는 난방온도 외 아열대과수 생육에 영향을 미치는 환경조건을 복합적으로 제어하였음.



- 최적 환경제어를 통한 아열대과수의 품질 및 생산성 비교 결과, 제어조건을 온도만 고려한 2019년도의 과실 개수에 비해 환경적 요인을 복합적으로 고려하여 제어한 2020년도의 생산성이 4.68배 가량의 수치를 보였음.
- 과실크기의 경우 소과에서 특대과까지 일정하지 않은 크기의 생산성을 보인 2019년과 달리 중소과(145-165g)에서 중과(180-220g) 사이의 일정한 크기의 과수를 생산함.

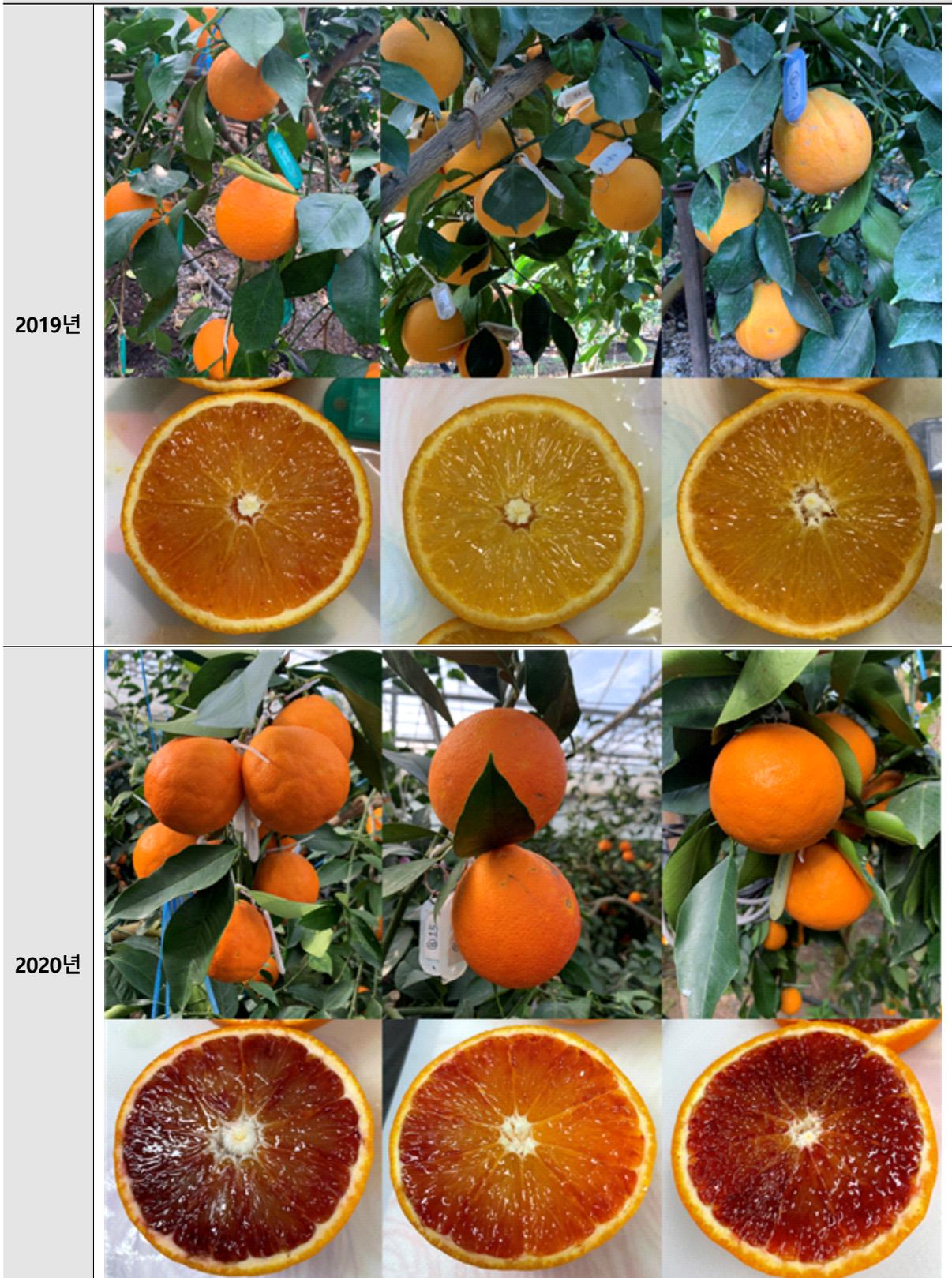
2019년 vs 2020년 과실당산도 비교



- 과실 당도의 경우 2019년도 평균 당도는 10.9°Bx이며, 2020년도 평균 당도는 11.1°Bx으로 19년도 대비 0.2°Bx 더 높은 결과를 나타냄.
- 과실 산도의 경우 2019년도 평균 산도는 5.8pH, 2020년도의 평균 산도는 3.4pH로 나타났음
- 과실 당산도 비교를 통해 최적 생육환경조건에 맞는 시스템 제어를 통해 생육 품질이 향상됨을 확인할 수 있음.
- \* 과실 당도의 경우 휴대용 당도 측정기로 측정하였으며, 산도측정의 경우 「감귤 산함량 정밀. 간이 측정방법 - 농사로」의 방법으로 측정하였음.
- \* 「감귤 산함량 정밀.간이 측정방법 - 농사로」 산함량 계산법 :  

$$\text{산함량}(\%) = 0.1N \text{ 수산화나트륨 들어간 량}(\text{mg}) \times 0.64 \div \text{시료량}(\text{mg})$$

2019년 vs 2020년 과피 및 과육색 비교



- 과피 및 과육색은 A, C, B 나무군 순서대로 붉은색을 띄며, 2019년도 과실보다 2020년도 과실이 더욱 붉은 색을 띠.

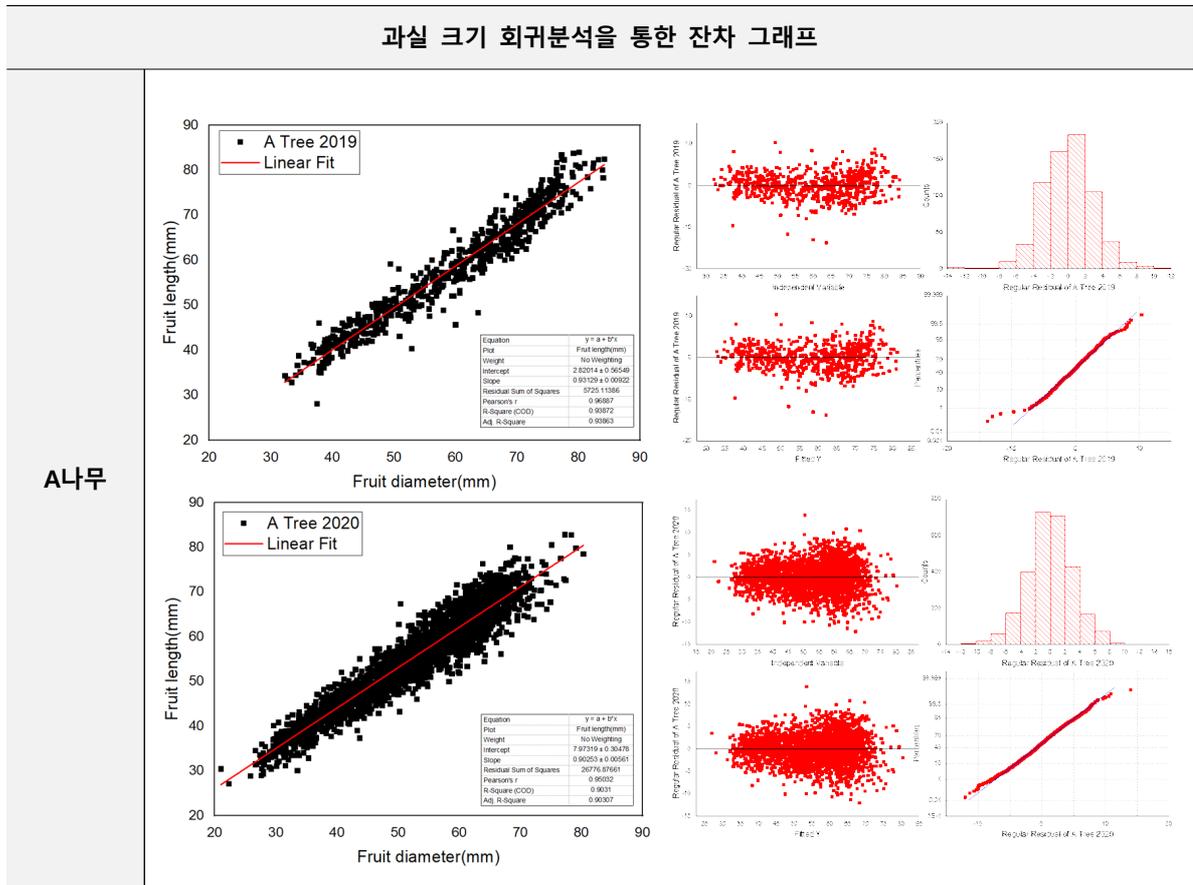
라. 실증사이트 통합제어시스템 운영을 통한 개선 및 고도화

(1) 통합제어 모듈 개발 및 실증사이트 데이터 분석을 통한 수정 및 보완

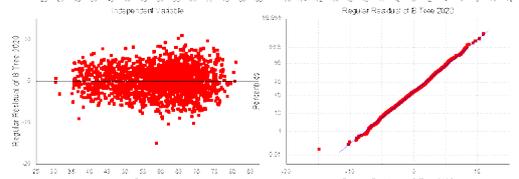
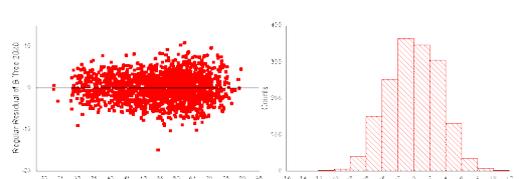
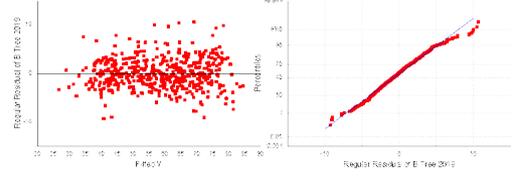
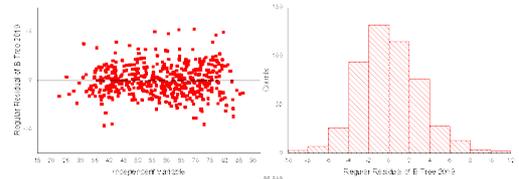
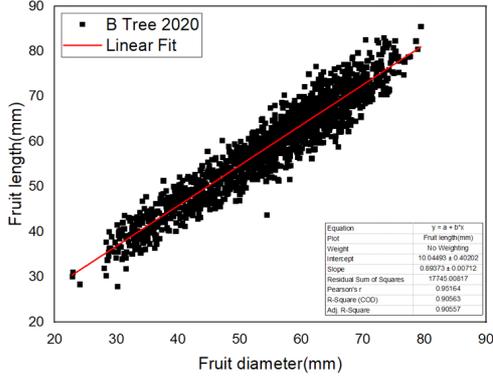
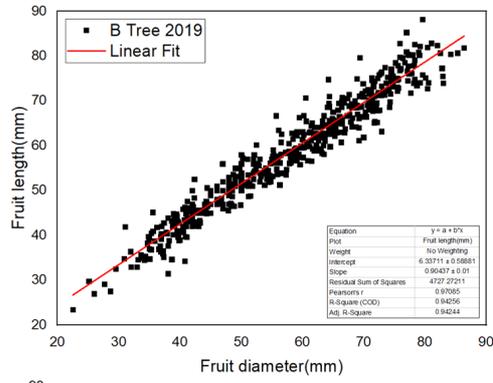
- 생육 데이터 계측 기반, 아열대과수(만감류) 생육단계별 제어 조건 산정
- 실증사이트 아열대과수(블러드오렌지) 대상, 생육 데이터 수집

※ 블러드오렌지 생육데이터의 경우 부록 1.3 참조

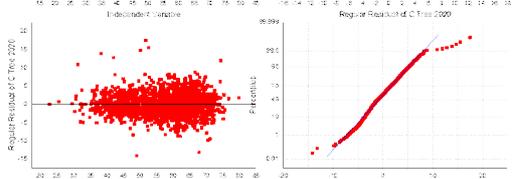
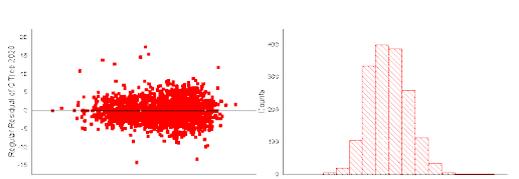
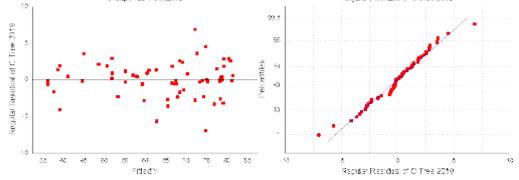
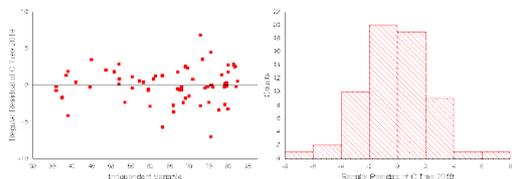
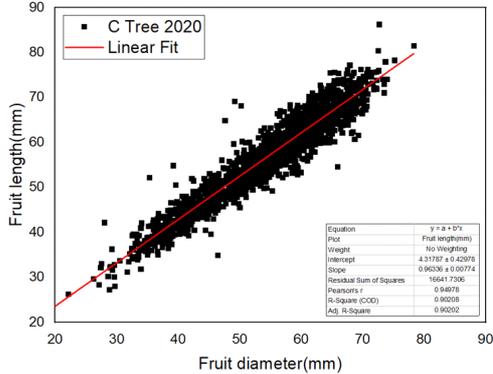
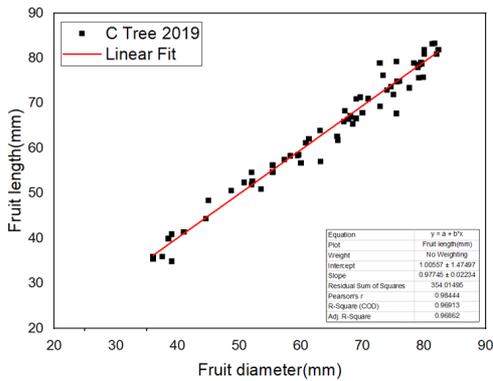
■ 시설온실의 2019년도와 2020년도 과실 크기 회귀분석 수행



**B나무**



**C나무**

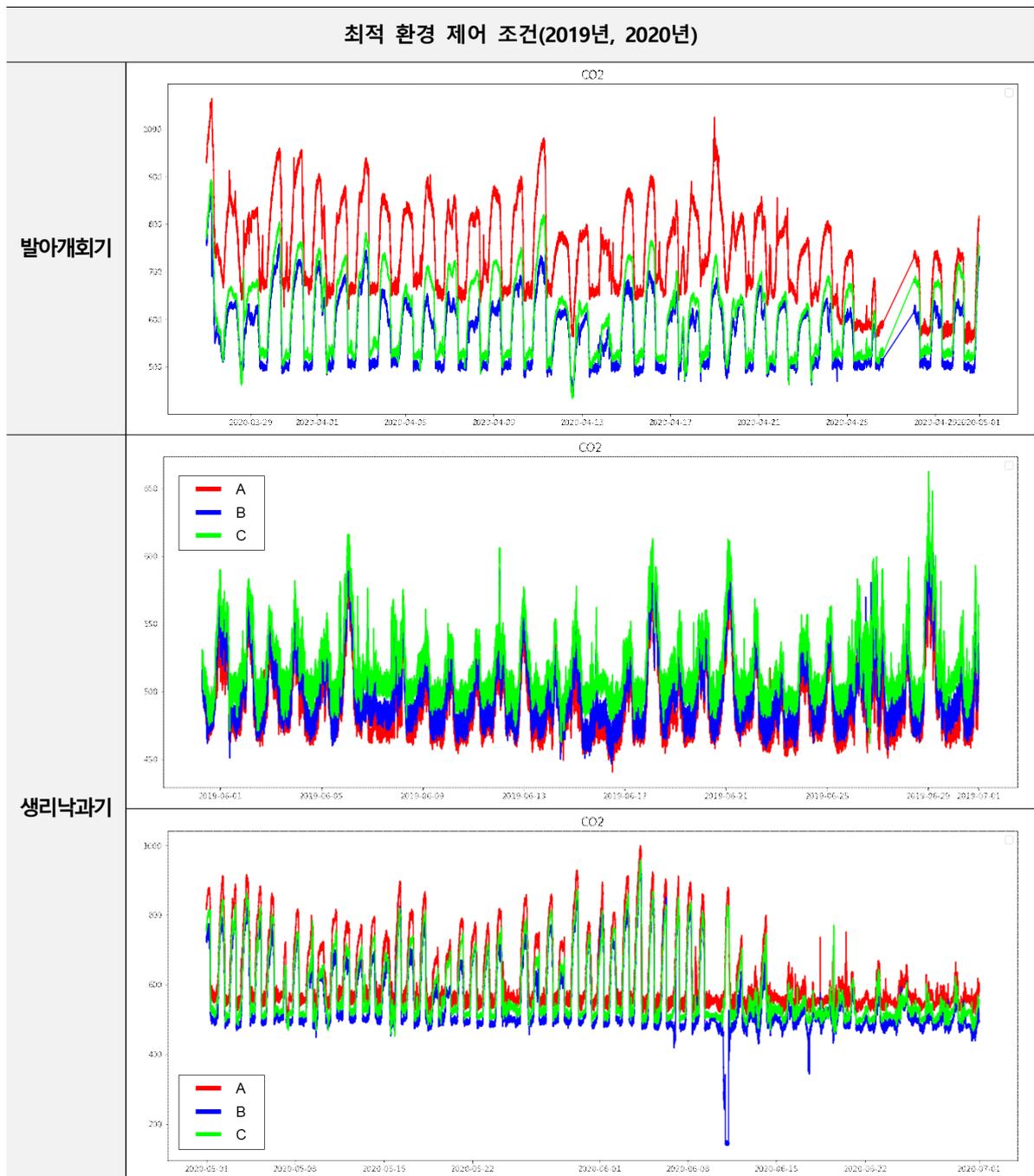


■ 시설온실의 2019년도와 2020년도 잎 생육정보 비교 및 분석

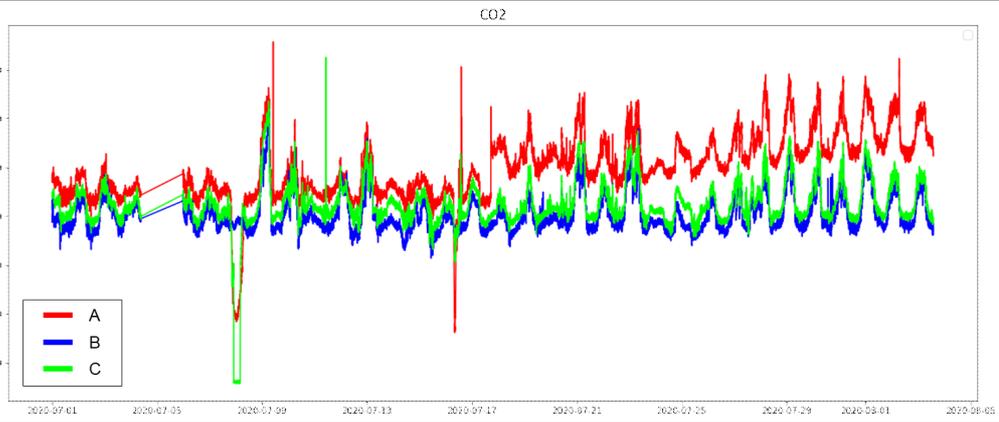
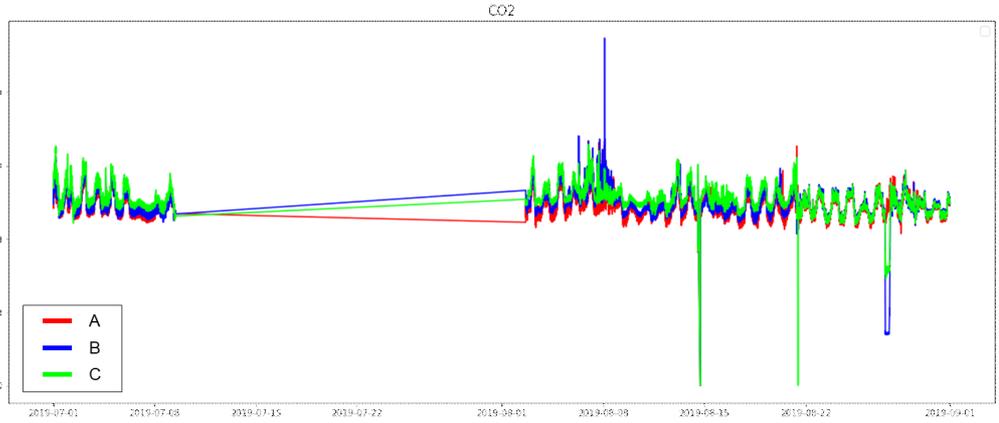


- 
- 2019년 7월 24일, 2020년 6월 18일에 채취된 봄 순의 경우 2020년 C나무의 평균 엽면적이 34.45cm<sup>2</sup>으로 가장 크며, 2020년 A나무의 평균 엽면적이 25.15cm<sup>2</sup>로 가장 작음.
  - 2020년도 나무의 평균 엽면적은 30.70cm<sup>2</sup>으로 2019년도 나무의 평균 엽면적보다 12%의 큰 수치를 나타낸 반면, 2020년도 A나무의 평균 생체중은 0.60g으로 가장 작음.
  - 2020년도 나무의 평균 생체중은 0.71g, 평균 건물중은 0.31g으로 작년 대비 12%, 31% 더 높게 나타남.
  - 2019년 9월 25일, 2020년 8월 19일에 채취된 여름 순의 경우 2020년 C나무의 평균 엽면적이 37.83cm<sup>2</sup>로 가장 크며, 2019년 B나무 평균 엽면적이 27.24cm<sup>2</sup>로 가장 작음.
  - 평균 생체중은 2019년도 C나무가 0.82g으로 가장 컸으며, 2020년도 A나무가 0.56g으로 가장 작음.
  - 2020년도 나무의 생체중은 0.64g으로 2019년도 나무보다 16% 작지만, 평균 엽면적과 평균 건물중은 35.17cm<sup>2</sup>, 0.35g으로 12%, 27% 더 높게 나타남.
  - 2019년도와 2020년도 잎의 생육정보를 비교 및 분석한 결과 2019년도 대비 2020년도의 잎이 영양성분을 다량 함유됨을 확인함.
-

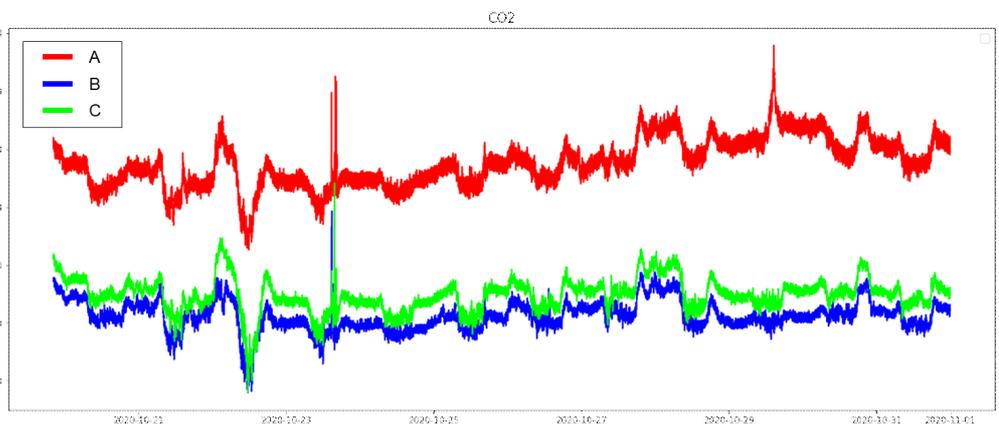
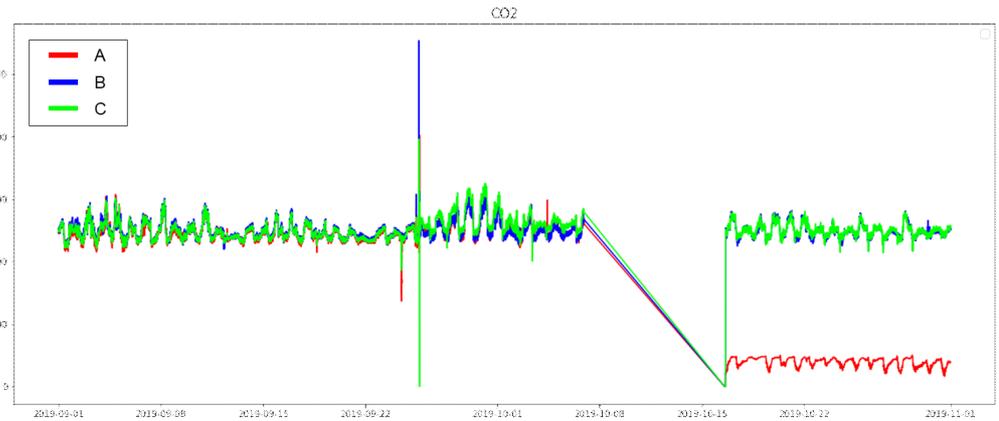
■ 아열대과수(블루드오렌지) 생육단계별 CO<sub>2</sub> 제어조건



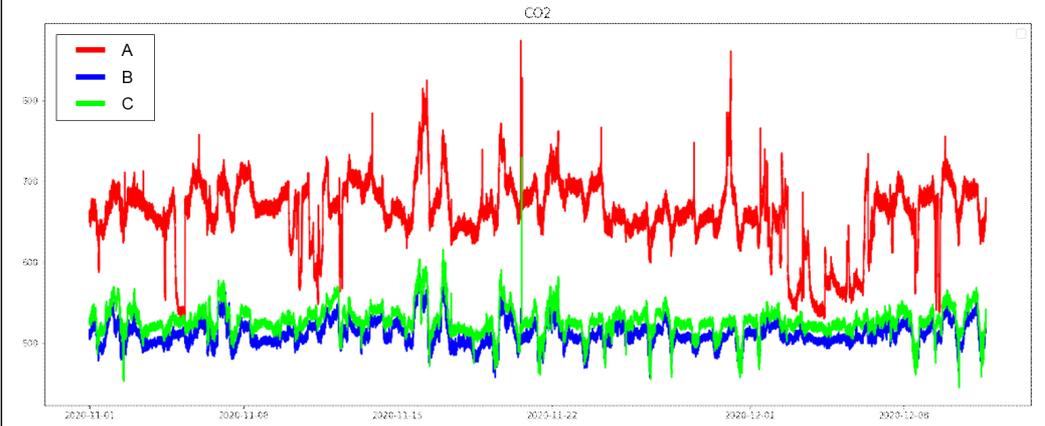
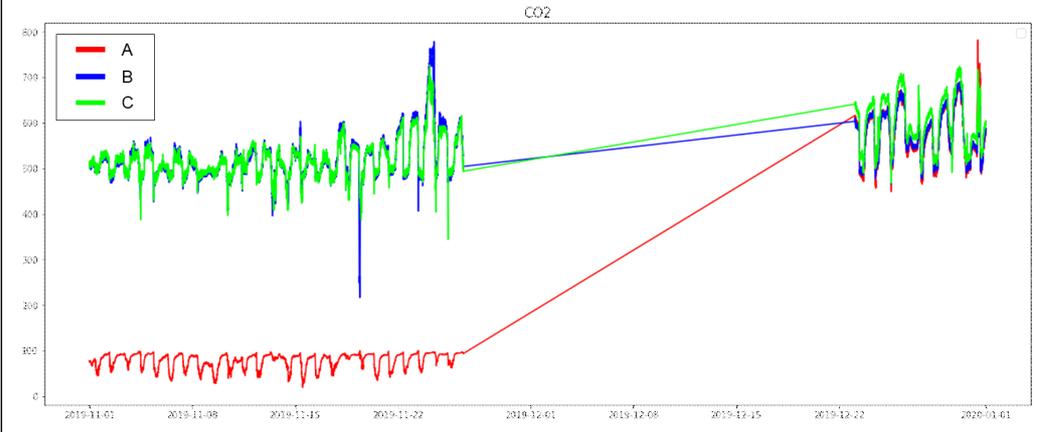
과실비대기

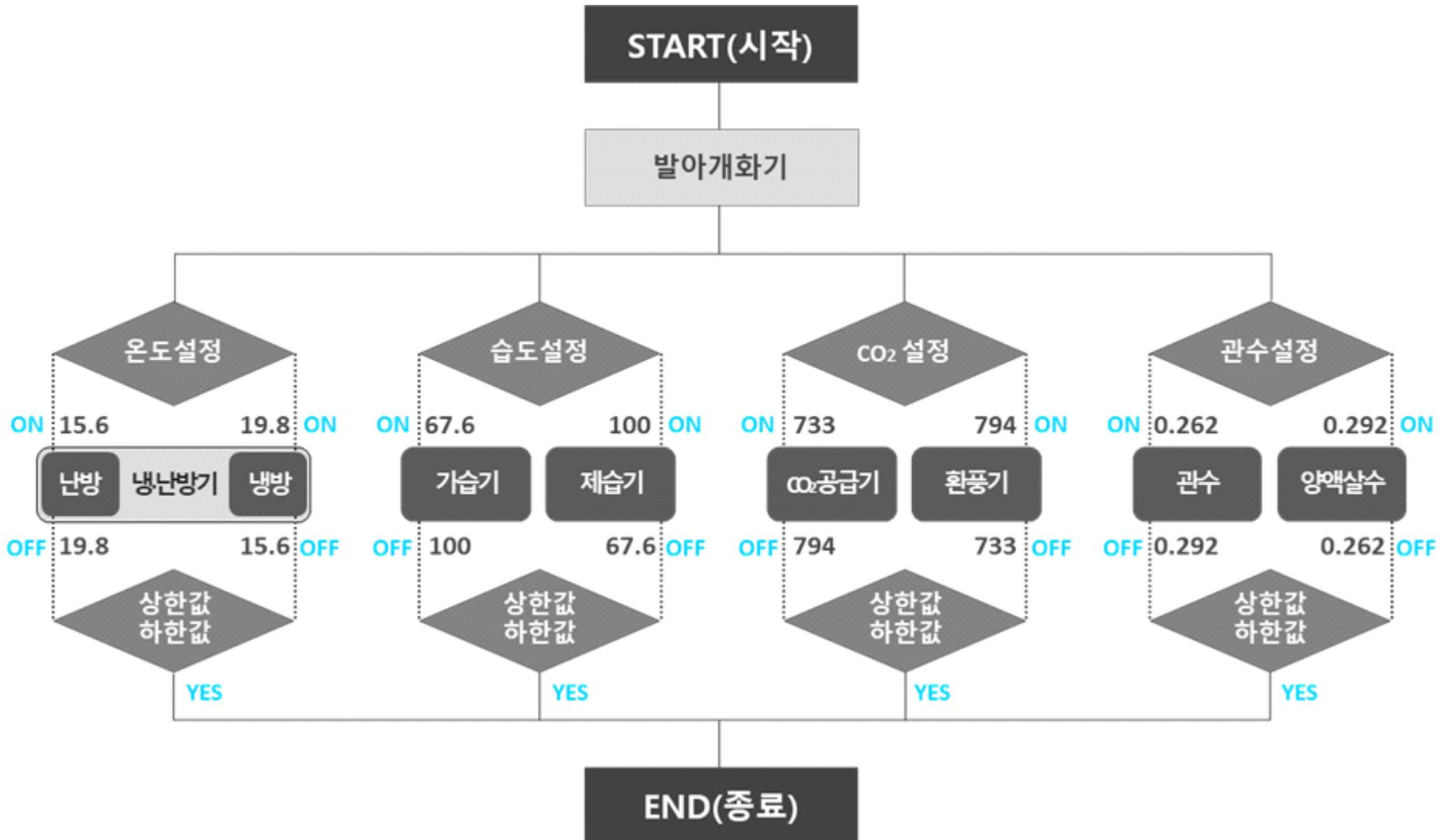


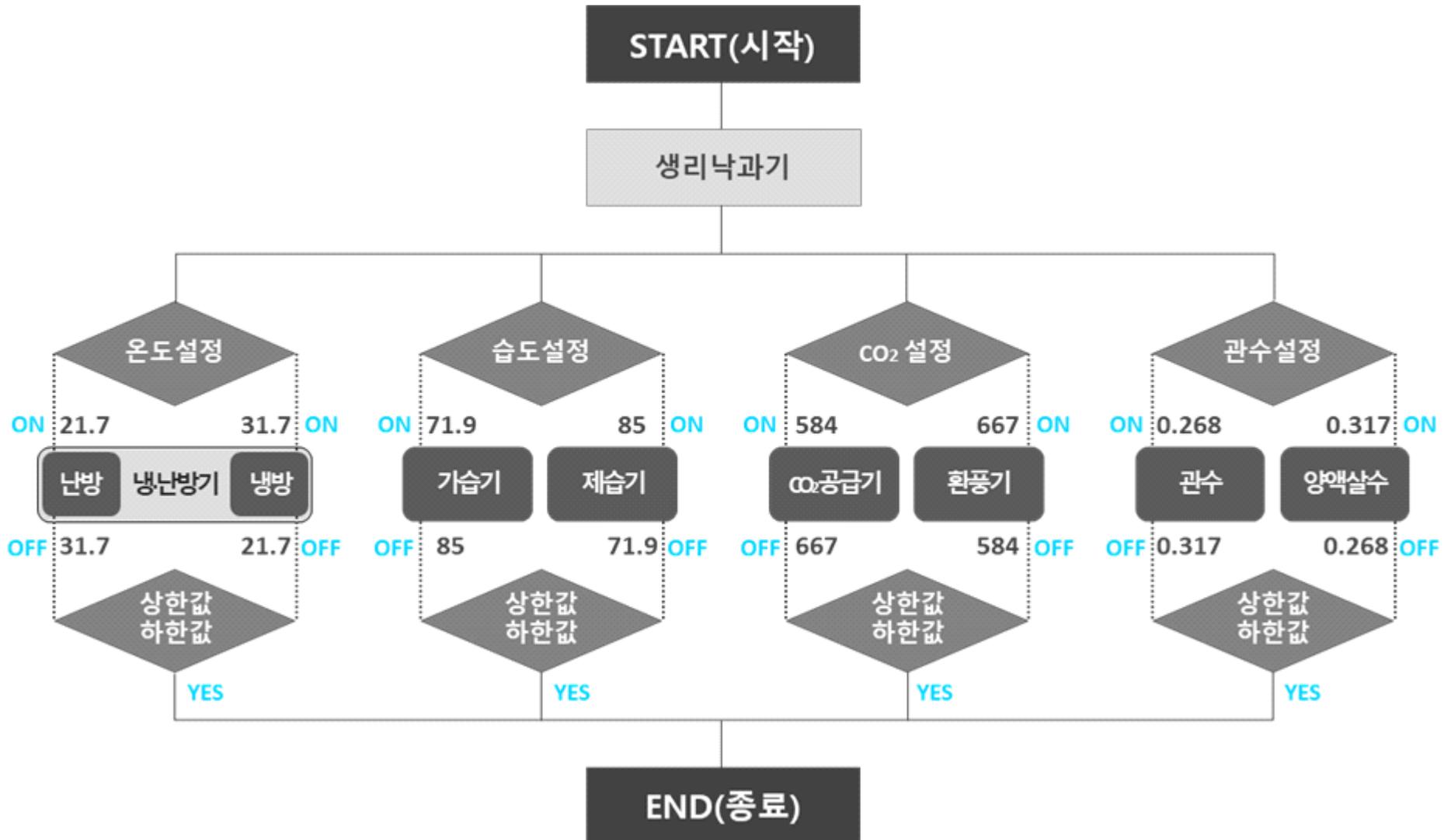
당도증가기

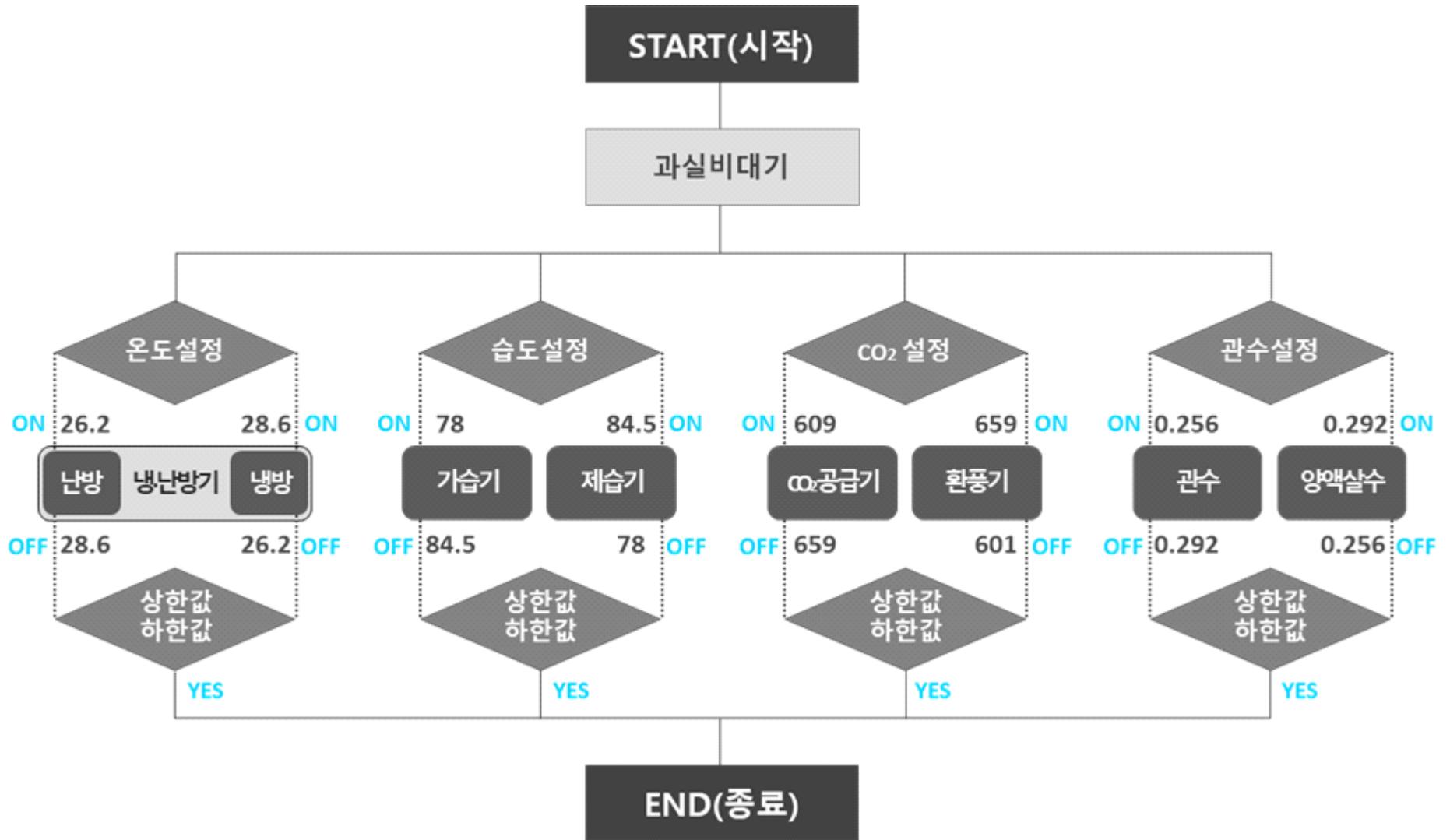


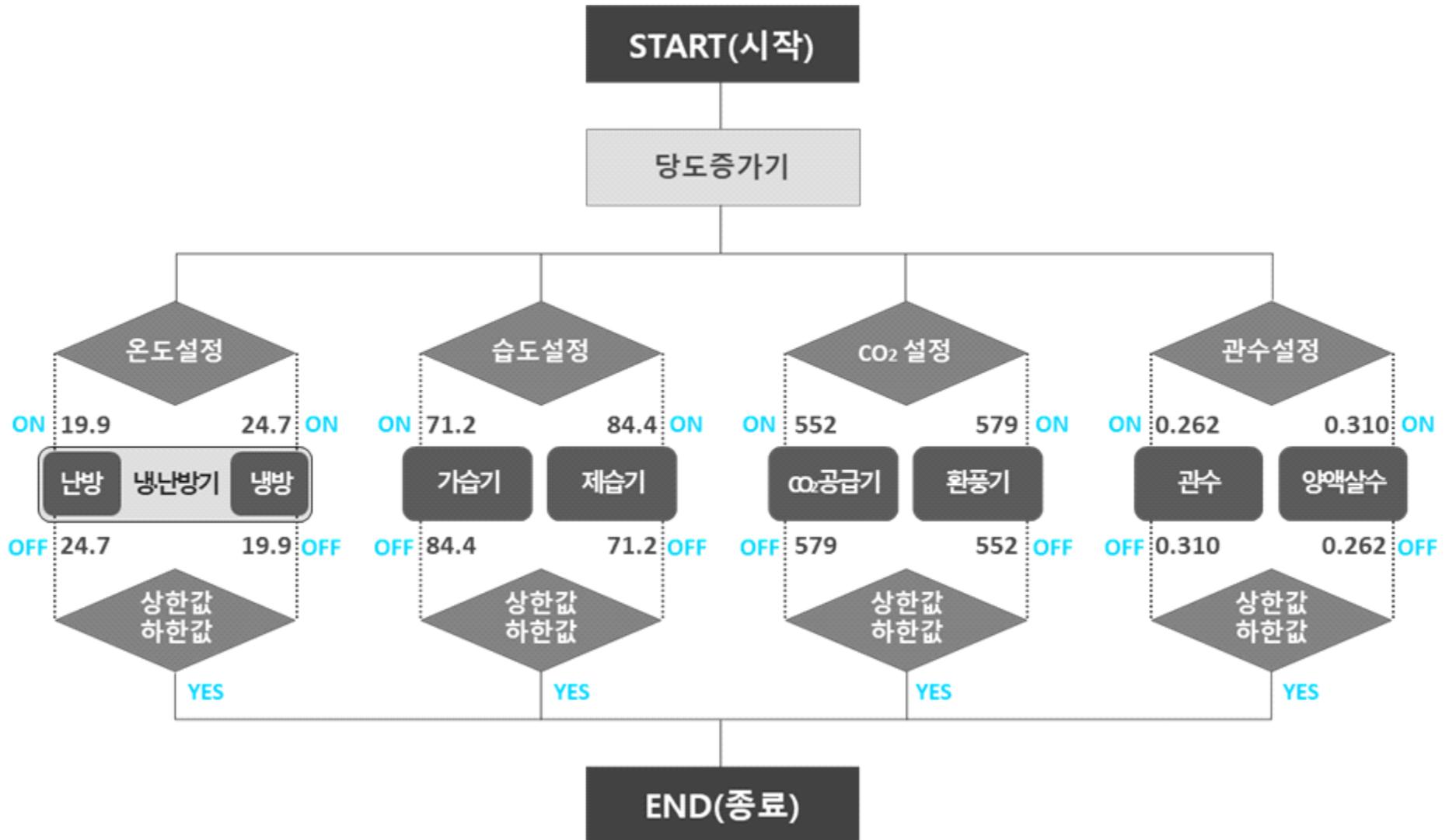
수확기

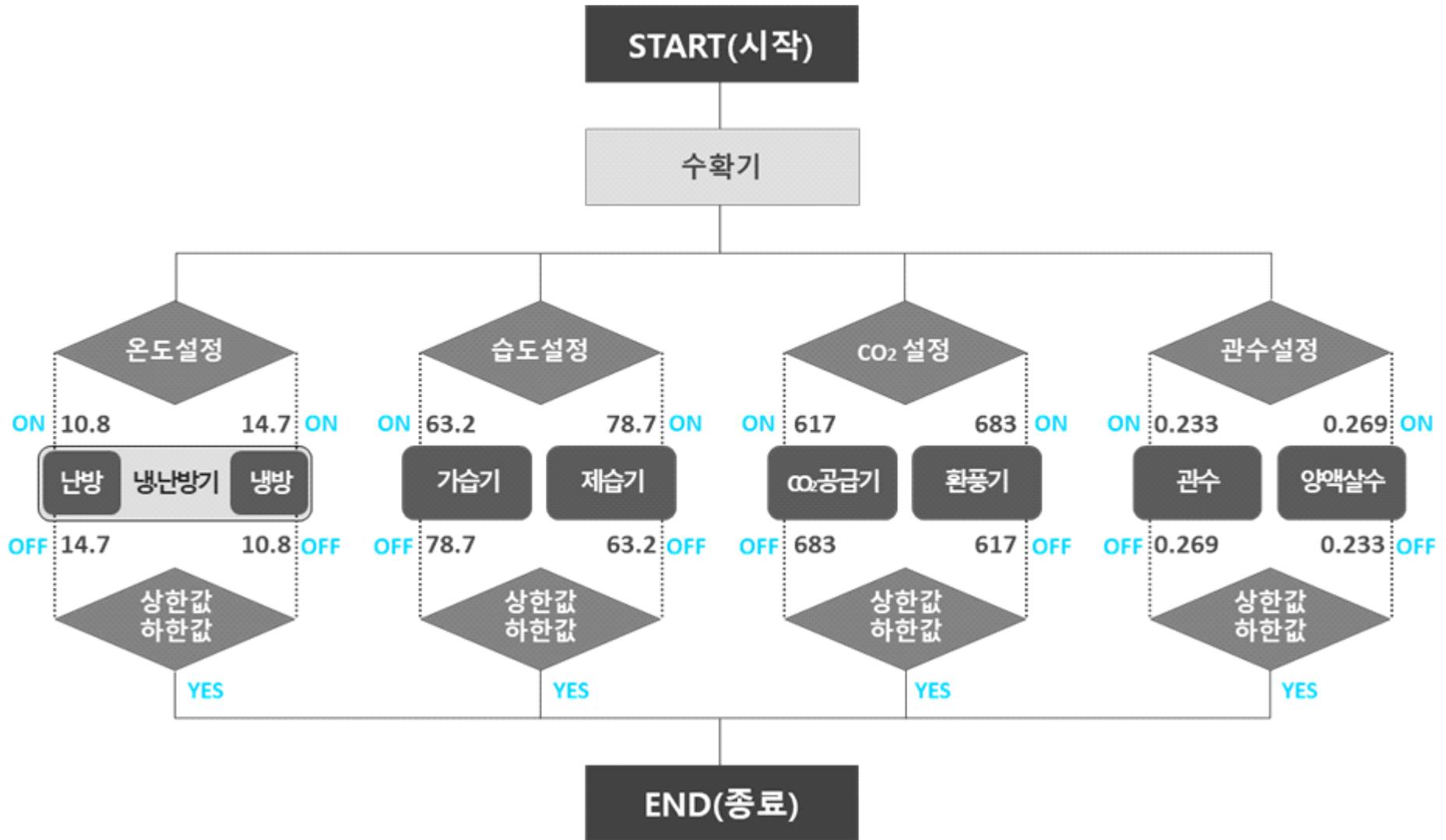












(2) 최적 환경/상태 모니터링시스템 적용

- 측정 및 환경모니터링 전체보기 : 시설온실 생육 및 환경모니터링 한눈에 보기

**IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발**

### Greenhouse Monitoring

5.8°C Temperature | 86.9% Humidity | 469ppm CO<sub>2</sub> | 290.2 Light Intensity | 0.309 Soil Moisture

**WEATHER INFORMATION**  
 Temperature: 8.9 °C  
 Humidity: 69.0 %

**SENSOR**  
 Sensor: Temperature  
 Type: Per minute  
 Date: 2020.12.31-2020.12.31

**BLOOD ORANGE**

**TABLE**

| Time       | A-D  | A-L  | B-D  | B-L  | C-D  | C-L  |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 2020-12-18 | 49.7 | 51.2 | 69.3 | 73.0 | 72.3 | 75.7 |
| 2020-12-18 | 61.9 | 66.7 | 67.7 | 74.6 | 67.8 | 67.5 |
| 2020-12-18 | 65.5 | 71.2 | 71.0 | 71.7 | 56.4 | 56.9 |
| 2020-12-18 | 65.5 | 70.5 | 72.5 | 76.3 | 59.9 | 66.3 |
| 2020-12-18 | 59.3 | 60.0 | 75.6 | 81.6 | 61.2 | 59.7 |
| 2020-12-18 | 63.1 | 67.7 | 66.4 | 63.3 | 57.2 | 57.1 |
| 2020-12-18 | 67.7 | 71.3 | 69.0 | 71.7 | 53.9 | 49.8 |
| 2020-12-18 | 65.0 | 64.3 | 72.5 | 72.4 | 59.0 | 58.4 |
| 2020-12-18 | 68.8 | 74.0 | 72.2 | 74.4 | 64.5 | 62.7 |

**TABLE**

| Time       | area | length | width | fresh weight | dry weight |
|------------|------|--------|-------|--------------|------------|
| 2020-12-18 | 25.6 | 10.0   | 3.7   | 0.29         | 0.2682     |
| 2020-12-18 | 25.2 | 9.5    | 3.7   | 0.28         | 0.2591     |
| 2020-12-18 | 23.3 | 8.7    | 4.1   | 0.41         | 0.3121     |
| 2020-12-18 | 19.5 | 7.2    | 3.4   | 0.20         | 0.1821     |
| 2020-12-18 | 28.5 | 10.5   | 3.7   | 0.34         | 0.2472     |
| 2020-12-18 | 36.2 | 10.8   | 5.1   | 0.43         | 0.2844     |
| 2020-12-18 | 24.1 | 10.0   | 3.6   | 0.29         | 0.2299     |
| 2020-12-18 | 18.2 | 7.5    | 3.4   | 0.18         | 0.1542     |
| 2020-12-18 | 20.3 | 8.3    | 4.4   | 0.26         | 0.2066     |

**GRAPH**

**GRAPH**

**GRAPH**

**<측정 및 환경모니터링 전체보기>**

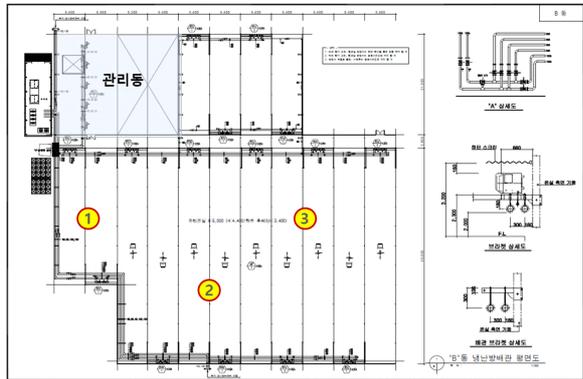
※ 통합제어모니터링 시스템 매뉴얼은 부록 1.4 참조

**마. 생체 정보와 환경정보와의 생육 모델 검증 및 관수 제어 기술 고도화**

(1) 광량, CO<sub>2</sub>, 환기시스템을 통한 통합제어시스템으로 광합성 제어시스템 고도화

- 과수의 품질, 생산량 증대를 위해서는 광합성에 의한 동화산물이 증대되어야 하며, 고농도의 CO<sub>2</sub> 에 노출시켜 광합성 속도를 증가시키는 등 과수의 생육 및 품질 향상을 위한 기술이 필요함. 따라서 광합성 증진을 위한 CO<sub>2</sub> 공급설비를 적용하고 천장개폐, CO<sub>2</sub> 공급기, 환기 시스템의 통합 제어를 통하여 아열대과수의 품질을 개선함.
- 일사량(광)은 온도와 함께 과수의 수확량, 품질, 작물의 생육에 영향을 주므로 광에 대한 관리가 필요함. 광합성으로 일사량이 높으면 CO<sub>2</sub> 가 낮아지므로 온도와 함께 환경 분석하여, 온실내부의 일사량, 온도, CO<sub>2</sub> 의 농도를 함께 복합 제어하는 것이 효과적
- CO<sub>2</sub> 와 일사량은 반대경향으로 누적일사량이 낮을 경우, 잔존 CO<sub>2</sub> 의 농도가 높아지는 경향을 보이고, 계절에 따라 일사량에 따른 잔존 CO<sub>2</sub> 의 양이 달라짐.

**아열대과수 시설온실 광량, CO<sub>2</sub>, 환기시스템 제어를 위한 시설 설비지점**



**아열대과수 시설온실 광량, CO<sub>2</sub>, 환기시스템 제어를 위한 시설 설비현황**



(2) 복합환경제어 및 CO<sub>2</sub> 농도에 따른 광합성 제어 (과실성숙기 및 수확기, 10~12월)

**Step. 1 환경측정 및 상태 모니터링**

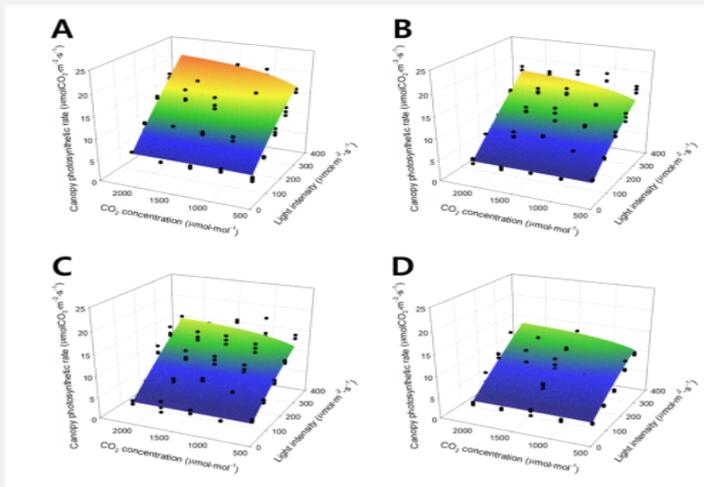
CO<sub>2</sub> 함량 측정센서를 이용하여, 실시간으로 시설하우스 내부 CO<sub>2</sub> 농도를 측정  
(과실 성숙기인 9~10월, 수확기인 11~12월 등)

**Step. 2 빅데이터 분석을 통한 최적환경 제어 도출 및 자동제어기술 개발**

빅데이터 분석에 따라, 아열대작물(만감류 및 백합 등 기타 아열대작물 또는 만감류)  
생육 최적의 CO<sub>2</sub> 농도를 도출

→ 이산화탄소 농도 미달 시, 기준시간 이내에 최적의 이산화탄소 농도에 도달할 수 있도록 설비 구성

☞ 사례) 광합성 속도 및 광합성량 증대, 생육촉진을 위해 적정량의 CO<sub>2</sub> 주입 시, 품질 향상 및  
생산량 증대 등 긍정적인 효과 획득



※ 단, 일반적으로 습도는 80~100%로 높아지면 과습에 의한 피해를 입을 수 있음.

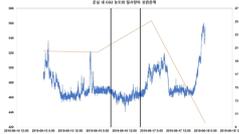
따라서, CO<sub>2</sub>를 공급할 경우에는 주입시간 제어 또는 제습기 및 냉방가동과 같은 복합  
환경자동제어를 실증 적용함.

(3) 일사량, CO<sub>2</sub> 와의 상관관계 분석

- 2019년, 2020년 외부 적산 일사량과 온실 내 CO<sub>2</sub> 와의 상관관계 분석

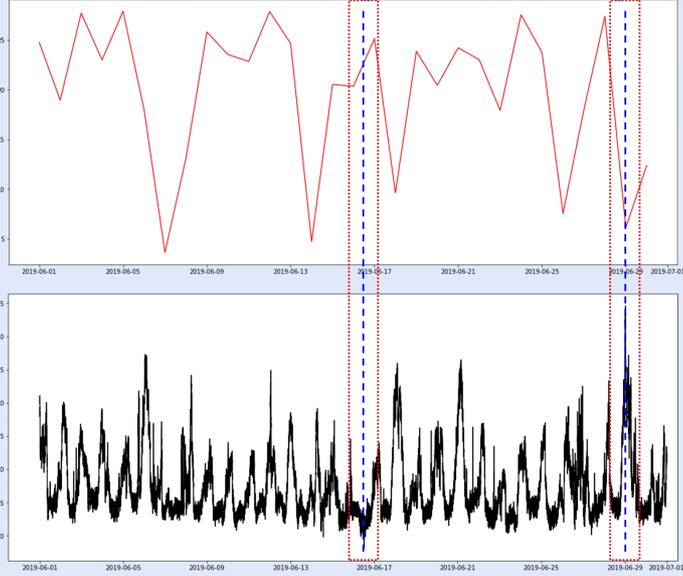
2019년 외부 적산 일사량과 온실 내 CO<sub>2</sub>와의 상관관계

**2019년 6월 16일**



적산 일사량 : 20.35 MJ/m<sup>2</sup>  
CO<sub>2</sub> : 440.5 ppm

➡ 진단 : 일사량 높은 날  
CO<sub>2</sub> 적게 투입



**2019년 6월 29일**

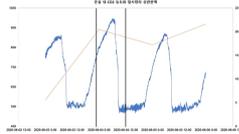


적산 일사량 : 6.14 MJ/m<sup>2</sup>  
CO<sub>2</sub> : 623 ppm

➡ 진단 : 일사량 낮은 날  
CO<sub>2</sub> 과다 투입

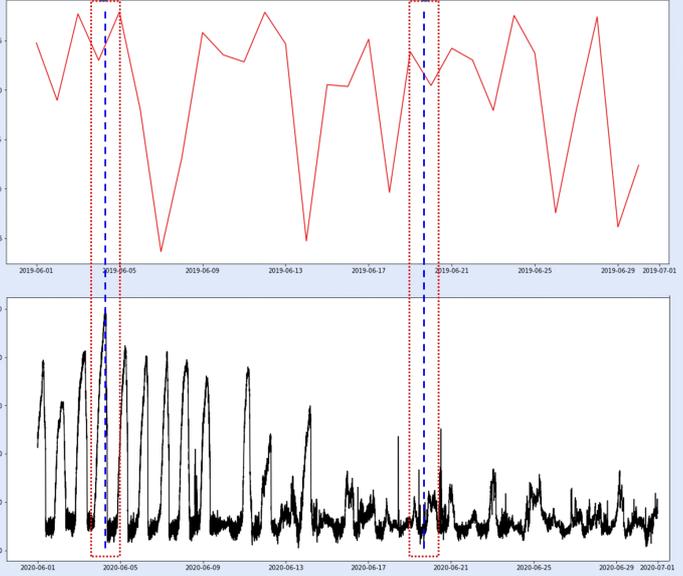
2020년 외부 적산 일사량과 온실 내 CO<sub>2</sub>와의 상관관계

**2020년 6월 4일**

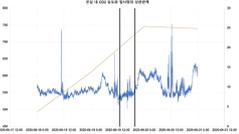


적산 일사량 : 20.49 MJ/m<sup>2</sup>  
CO<sub>2</sub> : 999 ppm

➡ 진단 : 일사량 높은 날  
CO<sub>2</sub> 과다 투입



**2020년 6월 19일**



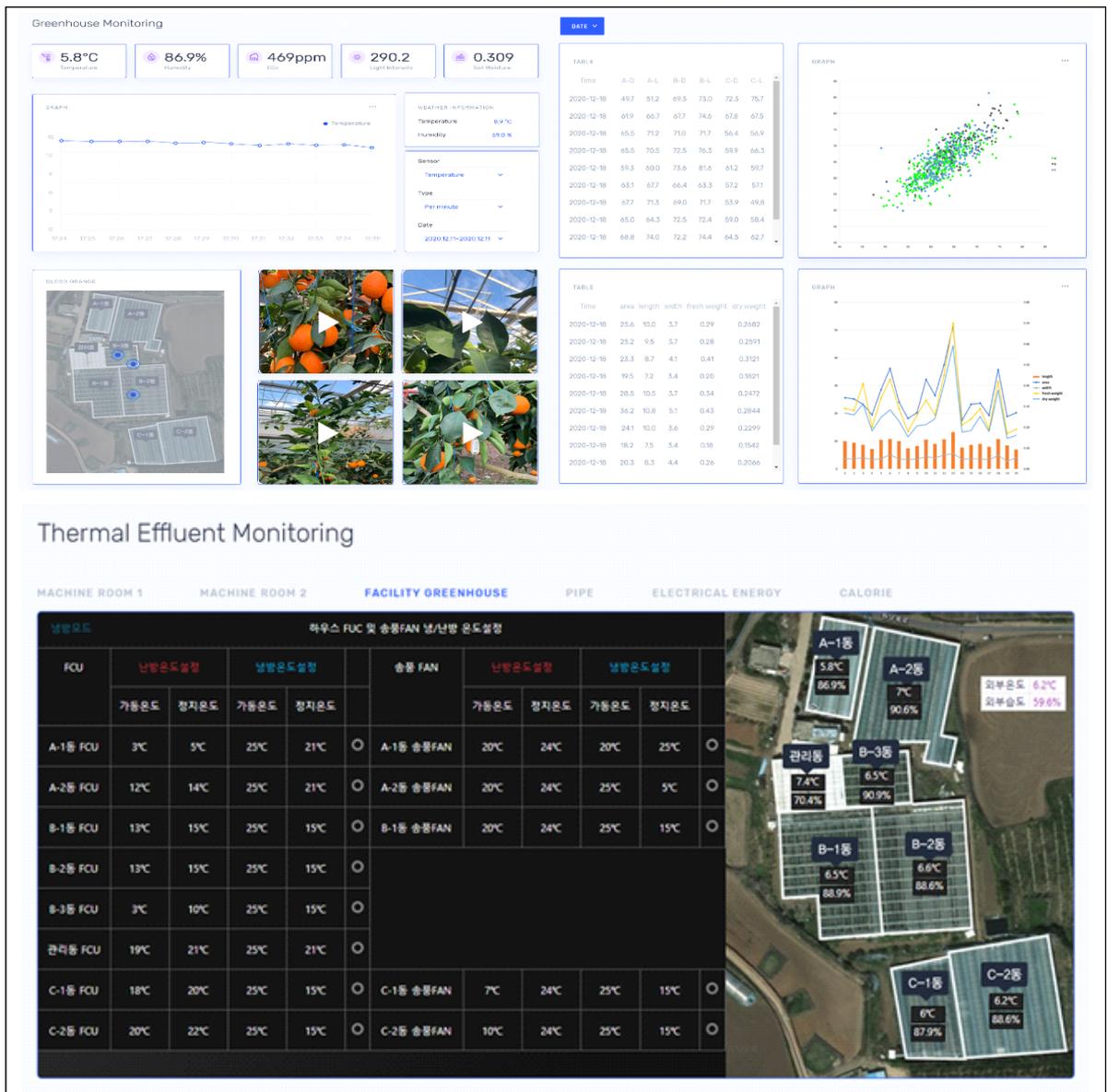
적산 일사량 : 13.7 MJ/m<sup>2</sup>  
CO<sub>2</sub> : 503.2 ppm

➡ 진단 : 일사량 낮은 날  
CO<sub>2</sub> 과다 투입

## 바. 품질향상을 위한 생육 감시 시스템 설치 및 실증

### (1) 품질 향상을 위한 생육 감시시스템 개발

- 재배작물의 품질 향상을 위해 실증사이트에 설치된 CCTV 4개소를 통해 시설온실 내 실시간 과실 생육상태를 감시하며, 작물 생육상태 센서(CO<sub>2</sub>, 광량, 토양수분, 온습도 등)로 내부 생육환경 정보를 실시간으로 수집하여 IoT 통신망 기반 빅데이터를 분석하여 아열대 작물의 생육환경 최적화에 통합제어모니터링시스템을 설치 및 적용함.
- 또한 난방운전, CO<sub>2</sub>공급기, 천장개폐기, 환풍기, 양액공급기 등 블러드오렌지 생육시기별 최적 환경조건을 복합적으로 자동제어하여 2019년도 기존 농가재배방법에 대비하여 4.68배 가량 생산량이 증가하였으며, 중소과(145-165g)에서 중과(180-220g) 사이의 일정한 크기의 과수를 생산함.
- 더불어 블러드오렌지의 특징인 과피 및 과육색에 있어 전년도 2019년도와 비교했을 때 더욱 붉은 색을 띄며 차이점을 보임.



**사. 온배수 활용 기반, 인공지능 최적 환경제어시스템의 경제성 분석**

- 본 연구를 통해 개발된 「IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술」의 시스템에 대한 경제성 분석을 실시하였음.
- 온배수 사용 시기, 전력사용량 등의 빅데이터 분석을 통한 시스템을 구축하여 2018년 7월 21일부터 2020년 6월 9일까지 실증 운영기간의 기존 에너지 사용량 대비 에너지 절감량, 탄소 저감량을 확인하였음.

(1) 경제성 분석

■ 신재생에너지 생산량

- 신재생에너지 생산량 누적  $Q_{Ht}$  계산 :

$$Q_{Ht} = Q_{H1} + Q_{H2} = 880.37 \text{ MWh} = 757.12 \text{ Gcal} = 75.7 \text{ TOE} \quad (1)$$

$$Q_{H1} = \rho \cdot \dot{V} \cdot C_p \cdot (T_{a.6} - T_{a.5}) = 152,762 \text{ kWh} \quad (2)$$

$$Q_{H2} = \rho \cdot \dot{V} \cdot C_p \cdot (T_{a.7} - T_{a.6}) = 727,605 \text{ kWh} \quad (3)$$

※ 환산계수 : 1 kWh=860 kcal, 1 TOE =  $10^7$  kcal

■ 에너지 절감량

- 등유보일러 사용 시 1차에너지 TOE 계산 :

$$\begin{aligned} \text{등유보일러 1차에너지(TOE)} &= \text{난방생산열량}(625.74 \text{ Gcal})/0.85/10 \\ &= 73.62 \text{ TOE} \end{aligned}$$

※ 보일러 효율 85%

- 전기압축식 히트펌프 1차에너지 TOE 계산 :

$$\text{히트펌프 1차에너지(TOE)} = 235.9(\text{MWh}) \times 0.215(\text{TOE/MWh})^1 = 50.7 \text{ TOE}$$

- 등유보일러 1차에너지 - 히트펌프 1차에너지 = 22.89 TOE

※ 에너지 절감량은 난방만 고려

■ 온실가스 절감량

- 등유보일러 사용 시 CO<sub>2</sub> 배출량 :

$$\begin{aligned} \text{등유보일러 1차에너지} \times \text{환산계수} & [0.812(\text{TC/TOE}) \times (44/12)(\text{TCO}_2/\text{TC})] \\ & = 73.62 \times 0.812 \times 44/12 = 219.18 \text{ tCO}_2 \end{aligned}$$

- 전기압축식 히트펌프 사용 시 CO<sub>2</sub> 배출량 :

$$\begin{aligned} \text{히트펌프 총 소비전력} \times \text{환산계수} & (0.4448) (\text{tCO}_2/\text{MWh}) \\ & = 235.9 \times 0.4448 = 104.94 \text{ tCO}_2 \end{aligned}$$

- CO<sub>2</sub> 저감량 : 등유보일러 CO<sub>2</sub>배출량 - 전기압축식 히트펌프 CO<sub>2</sub>배출량 = 114.24 tCO<sub>2</sub>

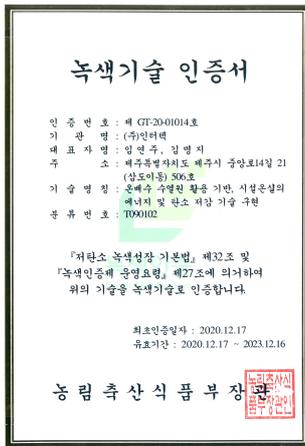
1) 발전효율 고려한 변환계수, 에너지기술평가원 에너지절감량 계산 방법 참고

■ 기존 냉·난방시스템(등유보일러) 대비 본 시스템의 우수성

- 2018년 누적 운전을 통해 신재생에너지 생산량 17.7 TOE, 에너지 절감량 3.9 TOE, 온실가스 저감량 16.23 tCO<sub>2</sub> 달성
- 2019년 누적 운전을 통해 신재생에너지 생산량 12.2 TOE, 에너지 절감량 3.72 TOE, 온실가스 저감량 20.53 tCO<sub>2</sub> 달성
- 2020년 누적 운전을 통해 신재생에너지 생산량 45.8 TOE, 에너지 절감량 15.28 TOE, 온실가스 저감량 77.49 tCO<sub>2</sub> 달성

| 등유보일러  | 구분                           | 본 시스템 적용 |
|--------|------------------------------|----------|
| 73.62  | 1차 에너지 (TOE)                 | 50.7     |
| 219.18 | 온실가스 배출량 (tCO <sub>2</sub> ) | 104.94   |

- 본 시스템은 기존 화석연료(등유) 대비 에너지사용량 31% 이상, 탄소배출량 52% 이상의 절감효과가 있는 것으로 확인되었으며, 농림축산식품부로부터 농업에너지 절감 기술로 그 녹색성을 인증받아 「온배수 수열원 활용 기반, 시설온실의 에너지 및 탄소 저감 기술 구현」 녹색기술 인증(인증번호 GT-20-01014)을 획득함.



**온배수 수열원 활용 기반, 시설온실의 에너지 및 탄소 저감 기술 구현**

녹색기술 인증번호 GT-20-01014

| 구분       | 실증사이트에서 사용되는 기존 화석연료(등유)의 에너지 사용량(TOE) 및 이산화탄소 배출량(tCO <sub>2</sub> )  |
|----------|--|
| 기존 화석연료  | <p>에너지 사용량: 73.62 TOE</p> <p>이산화탄소 배출량: 219.18 tCO<sub>2</sub></p>   |
| 수열원 적용효과 | <p>실증사이트에서 사용되는 수열원 히트펌프의 에너지 사용량(TOE) 및 이산화탄소 배출량(tCO<sub>2</sub>)</p> <p>에너지 사용량: 50.7 TOE (▼22.89)</p> <p>이산화탄소 배출량: 104.94 tCO<sub>2</sub> (▼114.24)</p> |

**vs 약 31%, 52% 이상의 절감효과!!**

INTERTECH

※ 냉·난방에너지 일일 생산량 데이터는 부록 1.5 참조

아. 온배수 활용 기반, 인공지능 최적 환경제어시스템의 경제성 분석

■ 블러드오렌지 생육정보 확인 및 분석

- 블러드오렌지는 우리나라에서 재배를 시작한지 얼마 되지 않아 자세한 생육정보 확인이 어려움.
- 제주농업기술원과의 협의 결과 블러드오렌지 재배 방법은 레드향과 유사하게 적용하는 것이 적절하다는 결론에 이르러 레드향 생육정보를 활용함(상세내용은 아래표와 같음.)
- 측정 기간 : 2018.12.06 - 2018.12.31

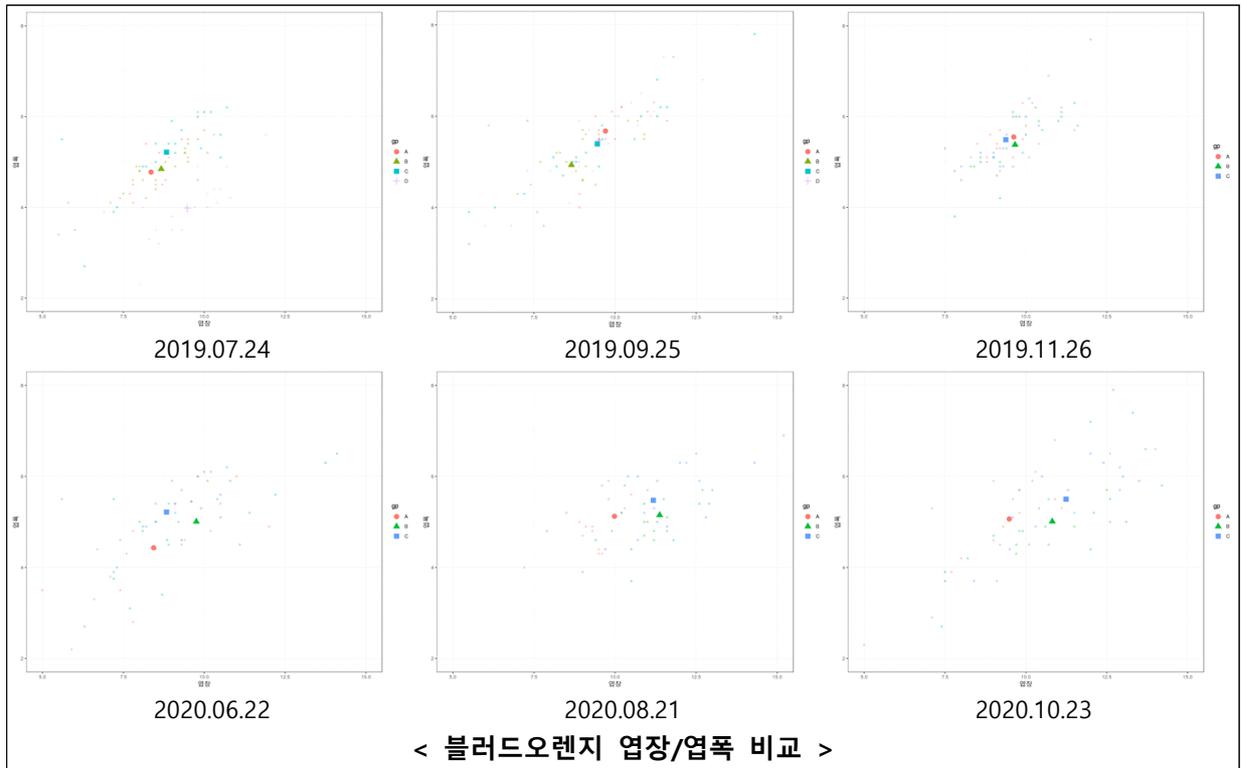
| 구분      |             | 1월        |      | 2월      |      | 3월           |       | 4월              |    | 5월           |    | 6월           |       | 7월           |       | 8월           |       | 9월           |       | 10월          |       | 11월         |       | 12월         |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|---------|-------------|-----------|------|---------|------|--------------|-------|-----------------|----|--------------|----|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|
|         |             | 상         | 중    | 하       | 상    | 중            | 하     | 상               | 중  | 하            | 상  | 중            | 하     | 상            | 중     | 하            | 상     | 중            | 하     | 상            | 중     | 하           | 상     | 중           | 하     | 상   | 중      | 하   |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
| 발아 후 일수 |             | 280       | 290  | 300     | 310  |              |       | 0               | 10 | 20           | 30 | 40           | 50    | 60           | 70    | 80           | 90    | 100          | 110   | 120          | 130   | 140         | 150   | 160         | 170   | 180 | 190    | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 |  |  |  |
| 생육 상태   | 꽃, 열매       | 형태적 화아분화기 |      |         |      |              | 개화기   |                 |    |              |    | 생리낙과         |       |              |       |              | 과실비대기 |              |       |              |       | 착색기         |       |             |       |     | 완전 착색기 |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 순           |           |      |         |      |              | 새순발아  |                 |    |              |    | 여름순 발생       |       |              |       |              | 여름순낙화 |              |       |              |       | 가을순 발생      |       |             |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 부리          |           |      |         |      |              | 새부리산장 |                 |    |              |    | 양분흡수 활발      |       |              |       |              | 새부리산장 |              |       |              |       | 새부리산장       |       |             |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
| 품질 목표   | 과실 크기(mm)   | 85        |      |         |      |              |       |                 |    | 10           |    | 30           |       | 45           |       | 55           |       | 65           |       | 75           |       | 80          |       | 83          |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 당도(°Bx)     | 13.0      |      |         |      |              |       |                 |    |              |    |              |       |              |       | 7.5          |       | 8.0          |       | 9.5          |       | 11.5        |       | 12.5        |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 산함량(%)      | 1.1       |      |         |      |              |       |                 |    |              |    |              |       |              |       |              |       | 4.5          |       | 3.0          |       | 2.5         |       | 1.6         |       | 1.3 |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
| 재배 관리   | 온도(°C)      | 최고        |      | 자연 온도   |      | 26           |       | 28              |    | 28           |    | 28           |       | 28           |       | 28           |       | 28           |       | 15-20        |       | 15          |       | 15          |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         |             | 최저        |      | 1-2     |      | 10           |       | 13-15           |    | 13-15        |    | 13-15        |       | 13-15        |       | 13-15        |       | 13-15        |       | 자연 온도        |       | 1-2         |       | 1-2         |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 물 관리(Bt/Oa) | 절수관리      |      | 수확 후 1회 |      | 20 (5-7일 간격) |       | 10-20 (5-7일 간격) |    | 20 (5-7일 간격) |    | 20 (5-7일 간격) |       | 20 (5-7일 간격) |       | 20 (3-5일 간격) |       | 20 (3-5일 간격) |       | 20 (3-5일 간격) |       | 10 (7일 간격)  |       | 5 (10일 간격)  |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 과원 관리       | 최과        |      | 수확      |      | 일식원 간벌       |       | 정자전정            |    | 꽃따기          |    | 꽃따기          |       | 꽃따기          |       | 여름전정         |       | 여름전정         |       | 마무리적과        |       | 갈음재살포(3-4회) |       | 갈음재살포(3-4회) |       |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |
|         | 시비          |           | 토양개량 |         | 1차시비 |              |       |                 |    |              |    |              | 2차 시비 |              | 2차 시비 |              | 2차 시비 |              | 3차 시비 |              | 3차 시비 |             | 4차 시비 |             | 4차 시비 |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |

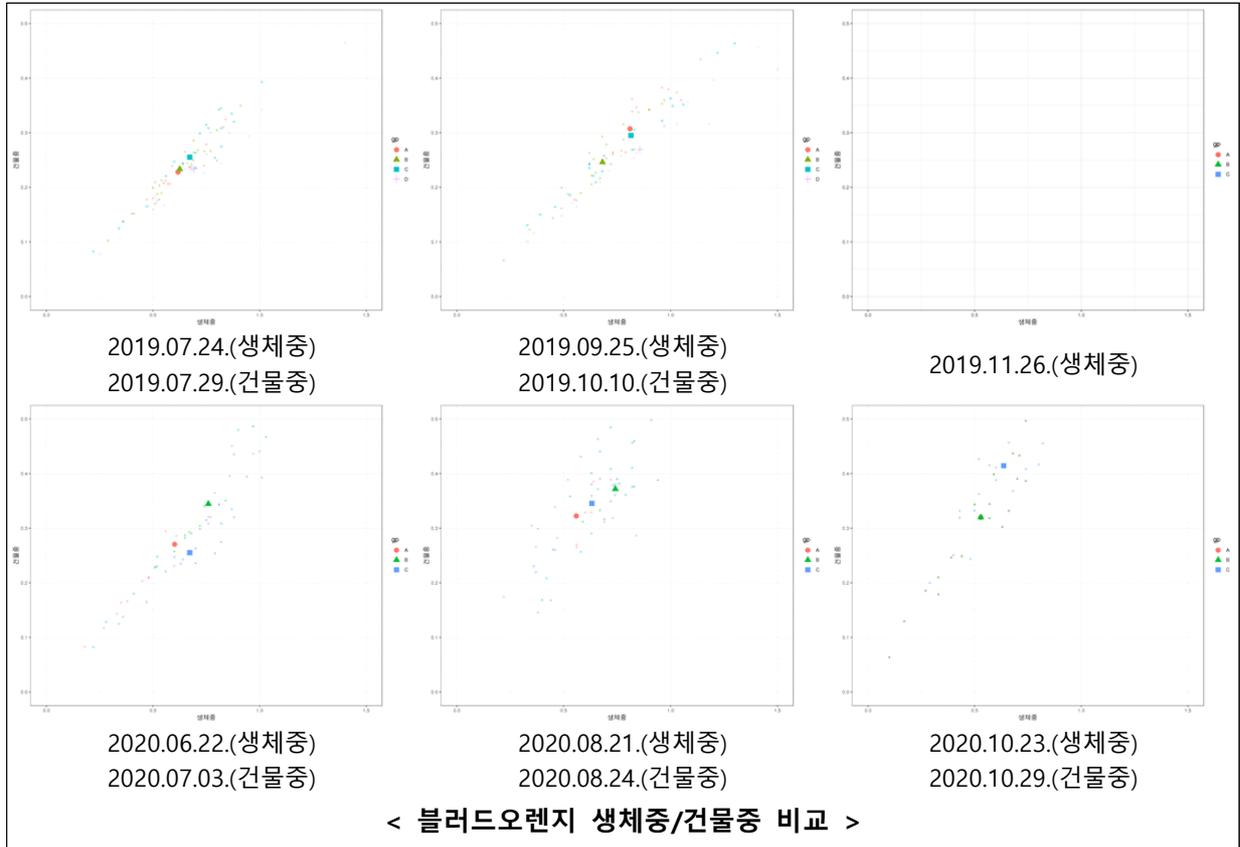
< 레드향 생육정보 >

- 레드향 생육정보와 농가의 경험적 지식을 바탕으로 블러드오렌지 재배를 하였으며, 2019년 1차 생육정보를 수집하여 분석을 진행, 이후 온실 자동환경제어시스템 알고리즘을 개선하여 2020년 블러드오렌지 재배에 적용함.
- 2019년과 2020년 샘플로 지정한 블러드오렌지 과수 A군, B군, C군에서 엽 및 열매 크기를 직접 관측한 결과를 분석
- 블러드오렌지 과수의 엽 관측은 2019년, 2020년 각각 3회씩, 과수의 엽 샘플 20개를 선정하여 크기 및 무게 측정
- 비슷한 측정일자끼리 비교 결과 2019년보다 2020년 과수 엽의 성장이 더 잘 된 것을 확인할 수 있음.
- 이는 2019년에 개발된 기존 시스템보다 2020년 개선된 알고리즘을 적용한 온실자동 환경제어시스템이 온실 내부 환경을 블러드오렌지 생육에 최적화되도록 조절하였다고 확인할 수 있음.

<블러드오렌지 엽 측정 결과(평균)>

| 과수                    | A군              |                  | B군               |                  | C군               |                  |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 관측년월                  | 2019년<br>07월24일 | 2020년<br>06월 22일 | 2019년<br>09월 25일 | 2020년<br>08월 21일 | 2019년<br>11월 26일 | 2020년<br>10월 23일 |
| 엽면적(cm <sup>2</sup> ) | 30.35           | 30.35            | 32.49            | 37.83            | 32.96            | 41.90            |
| 엽장(cm)                | 8.84            | 8.84             | 9.46             | 11.18            | 9.38             | 11.24            |
| 엽폭(cm)                | 5.22            | 5.22             | 5.40             | 5.48             | 5.49             | 5.50             |
| 생체중(g)                | 0.67            | 0.67             | 0.82             | 0.63             | 0.84             | 0.64             |
| 건물중(g)                | 0.225           | 0.255            | 0.295            | 0.345            | -                | 0.414            |

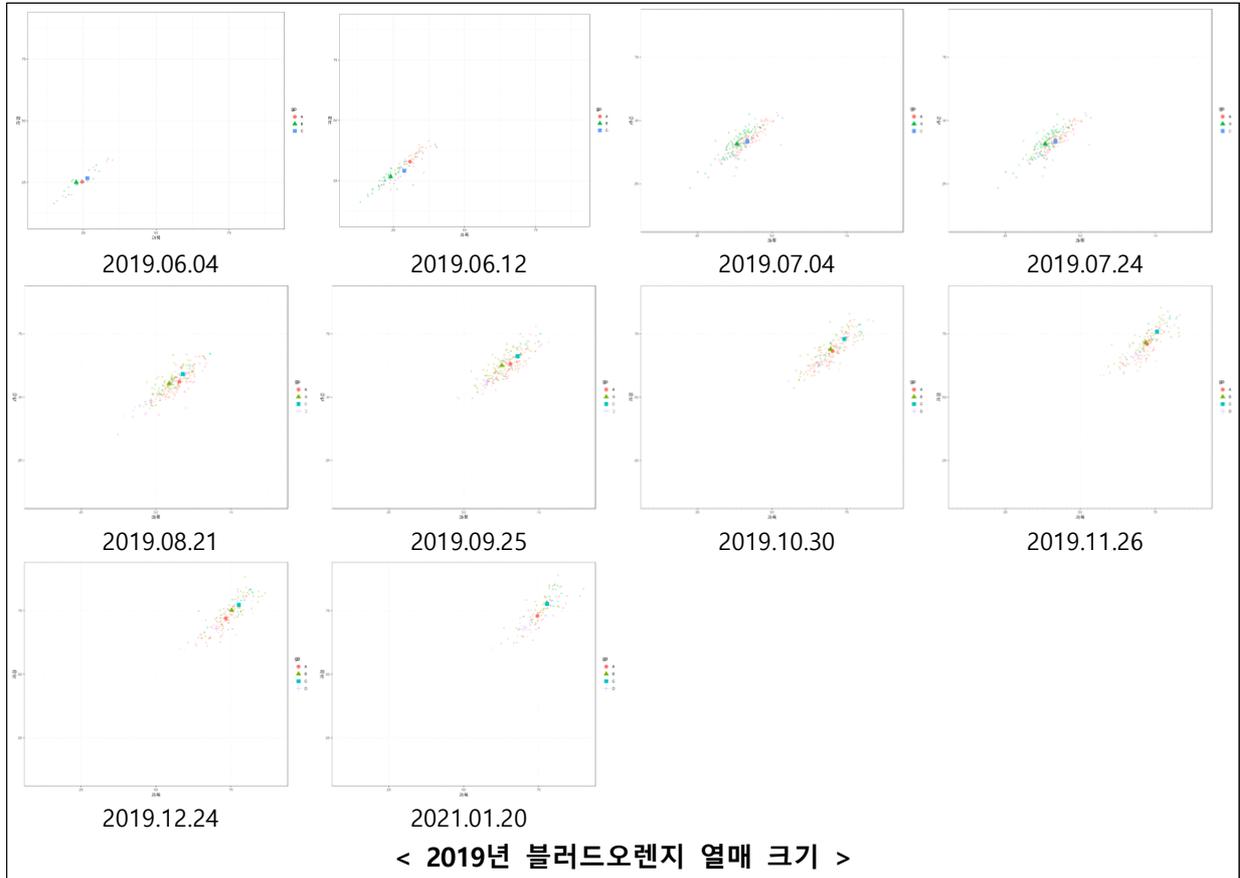




- 2019년 블러드오렌지 열매 관측은 총 2019년 6월부터 2020년 1월까지 총 10번에 걸쳐 이뤄짐.
- 각 해당 측정일 평균값은 하기 표와 같음.

**< 2019년 블러드오렌지 열매 크기(단위:mm) >**

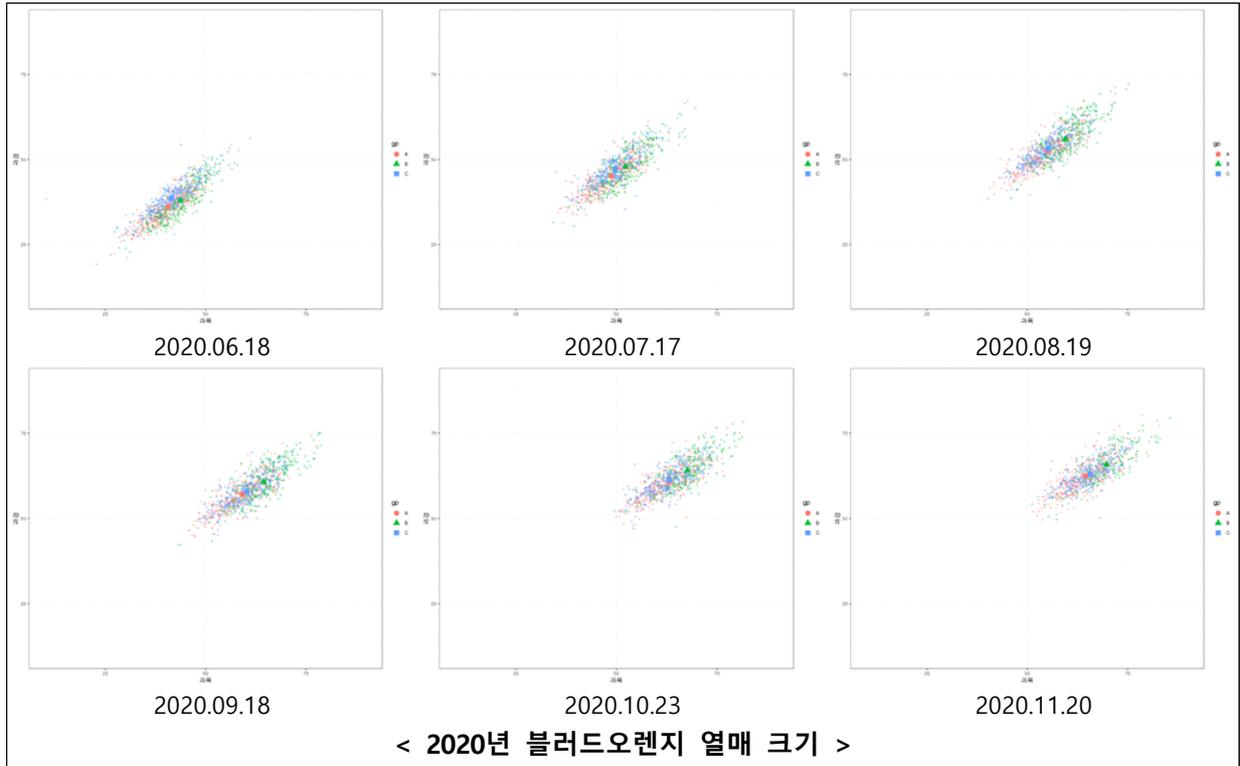
| 관측일 | 06월 04일 |      | 06월 12일 |      | 07월 04일 |      | 07월 24일 |      | 08월 21일 |      |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| 구분  | 과폭      | 과경   |
| A   | 24.7    | 25.2 | 30.8    | 32.9 | 41.8    | 42.1 | 49.4    | 48.6 | 57.7    | 56.1 |
| B   | 22.6    | 25.0 | 24.0    | 26.6 | 38.3    | 40.8 | 45.8    | 48.4 | 54.4    | 55.4 |
| C   | 26.4    | 26.7 | 28.8    | 29.1 | 41.8    | 41.7 | 52.4    | 53.2 | 59.0    | 59.1 |
| 관측일 | 09월 25일 |      | 10월 30일 |      | 11월 26일 |      | 12월 24일 |      | 01월 20일 |      |
| 구분  | 과폭      | 과경   |
| A   | 65.6    | 63.1 | 70.3    | 68.2 | 72.3    | 70.9 | 73.3    | 72.0 | 74.6    | 72.9 |
| B   | 62.7    | 62.5 | 69.6    | 68.9 | 71.8    | 71.6 | 75.2    | 75.1 | 77.8    | 78.0 |
| C   | 68.0    | 66.1 | 74.2    | 72.9 | 75.6    | 75.9 | 77.6    | 77.3 | 77.8    | 77.6 |



- 2020년 블러드오렌지 열매 관측은 총 2020년 6월부터 2020년 11월까지 총 6번의 관측값을 분석에 적용
- 각 해당 측정일 평균값은 하기 표와 같음.

**< 2020년 블러드오렌지 열매 크기(단위:mm) >**

| 관측일      | 06월 18일 |      | 07월 17일 |      | 08월 19일 |      | 09월 18일 |      | 10월 23일 |      | 11월 20일 |      |
|----------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| 구분       | 과폭      | 과경   |
| <b>A</b> | 40.7    | 36.2 | 48.7    | 45.2 | 55.1    | 52.5 | 59.1    | 57.1 | 63.1    | 60.8 | 64.6    | 62.4 |
| <b>B</b> | 43.8    | 37.9 | 52.3    | 47.9 | 59.5    | 56.0 | 64.5    | 60.8 | 67.6    | 64.1 | 69.8    | 65.8 |
| <b>C</b> | 41.4    | 38.6 | 49.7    | 47.2 | 55.2    | 53.2 | 60.2    | 58.0 | 63.2    | 61.3 | 65.7    | 63.0 |



- 6월 관측값을 비교하면 2020년에 측정한 열매가 크기가 크나 11월 관측값을 보면 2019년 측정한 열매가 크기가 큰 것을 확인할 수 있음.
- A, B, C군 과수 모두 2020년 열린 열매 개수가 2019년보다 약 3~5배(C군의 경우 약 25배) 많이 달려 열매 각각의 성장이 2019년보다 작게 나타남.
- 2019년과 2020년 블러드오렌지 과수의 당도 비교 결과는 아래 표와 같음.
- 당도 측정 자료는 블러드오렌지 최종 수확 후 파괴측정 자료를 사용
- 당도는 A, C나무군은 2019년보다 2020년 당도가 높게 나타났으며, B나무군은 2019년과 2020년 당도가 비슷한 값을 보임.

< 2019년, 2020년 블러드오렌지 당도 비교 >

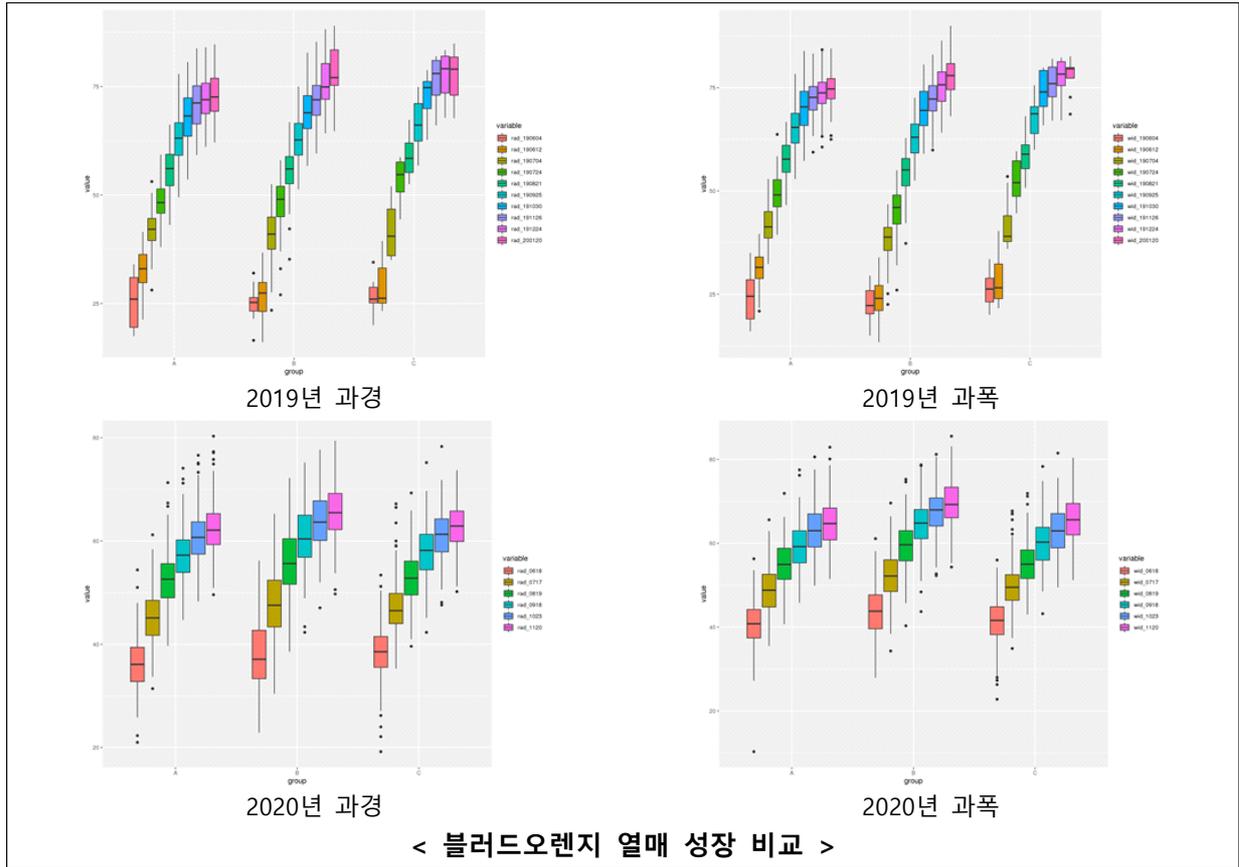
(단위, °BX)

| 구분 | A나무군   |               | B나무군         |        | C나무군  |             |
|----|--------|---------------|--------------|--------|-------|-------------|
|    | 2019년  | 2020년         | 2019년        | 2020년  | 2019년 | 2020년       |
| 당도 | 11.287 | <b>11.711</b> | <b>11.26</b> | 11.191 | 9.54  | <b>10.0</b> |

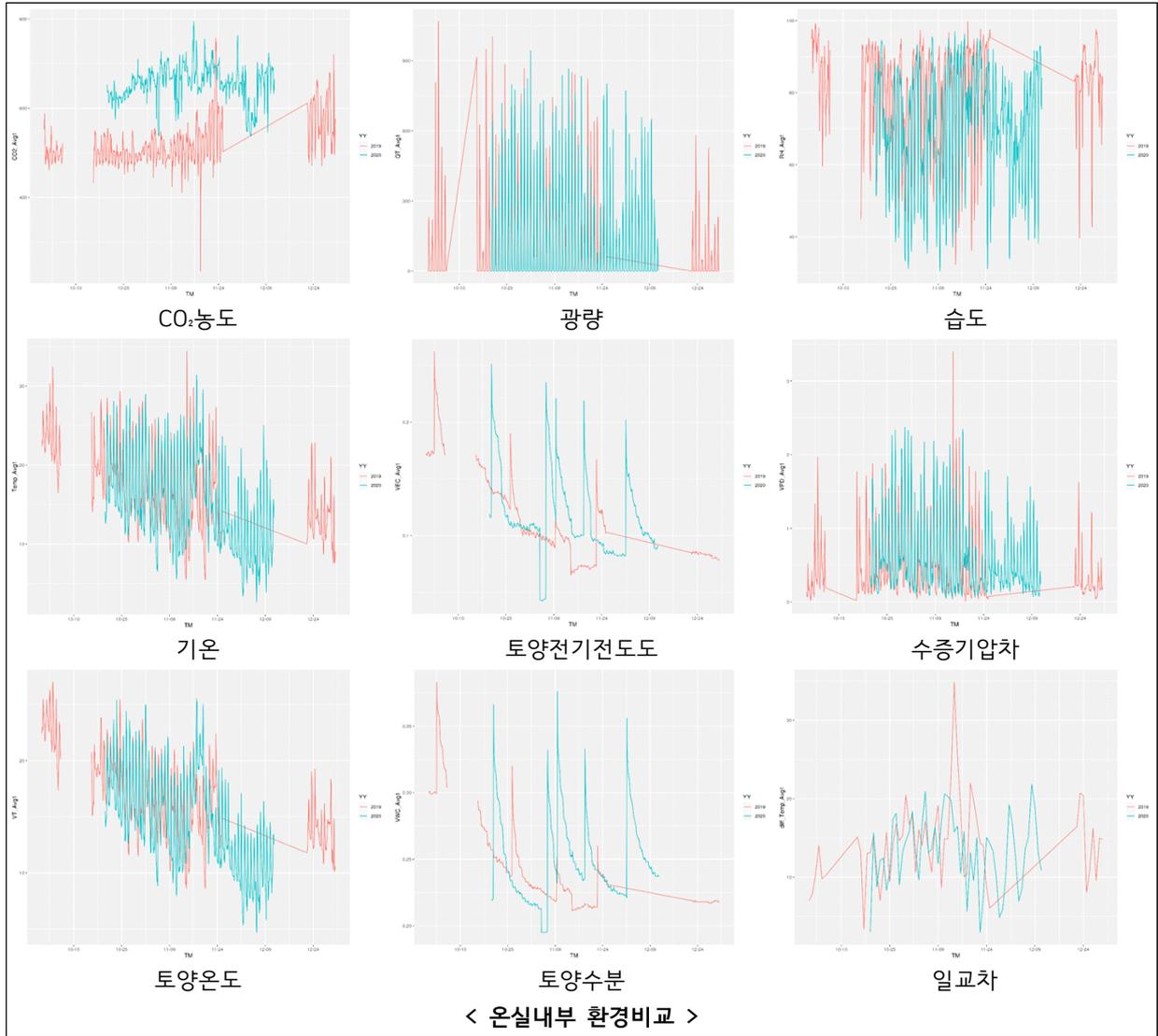
- 블러드오렌지 성장률을 확인하기 위해 블러드오렌지 크기에 열매 달린 개수 정보를 반영하여 부피정보를 계산하였고 그 차이를 확인함.
- 과수 크기의 평균만을 가지고 성장률을 확인하기에는 열매 개수의 차이가 많이 나 소비되는 영양분 또한 차이가 많이 날 것으로 사료되어 열매 개수를 반영

< 블러드오렌지 열매 성장률 비교(단위:mm³) >

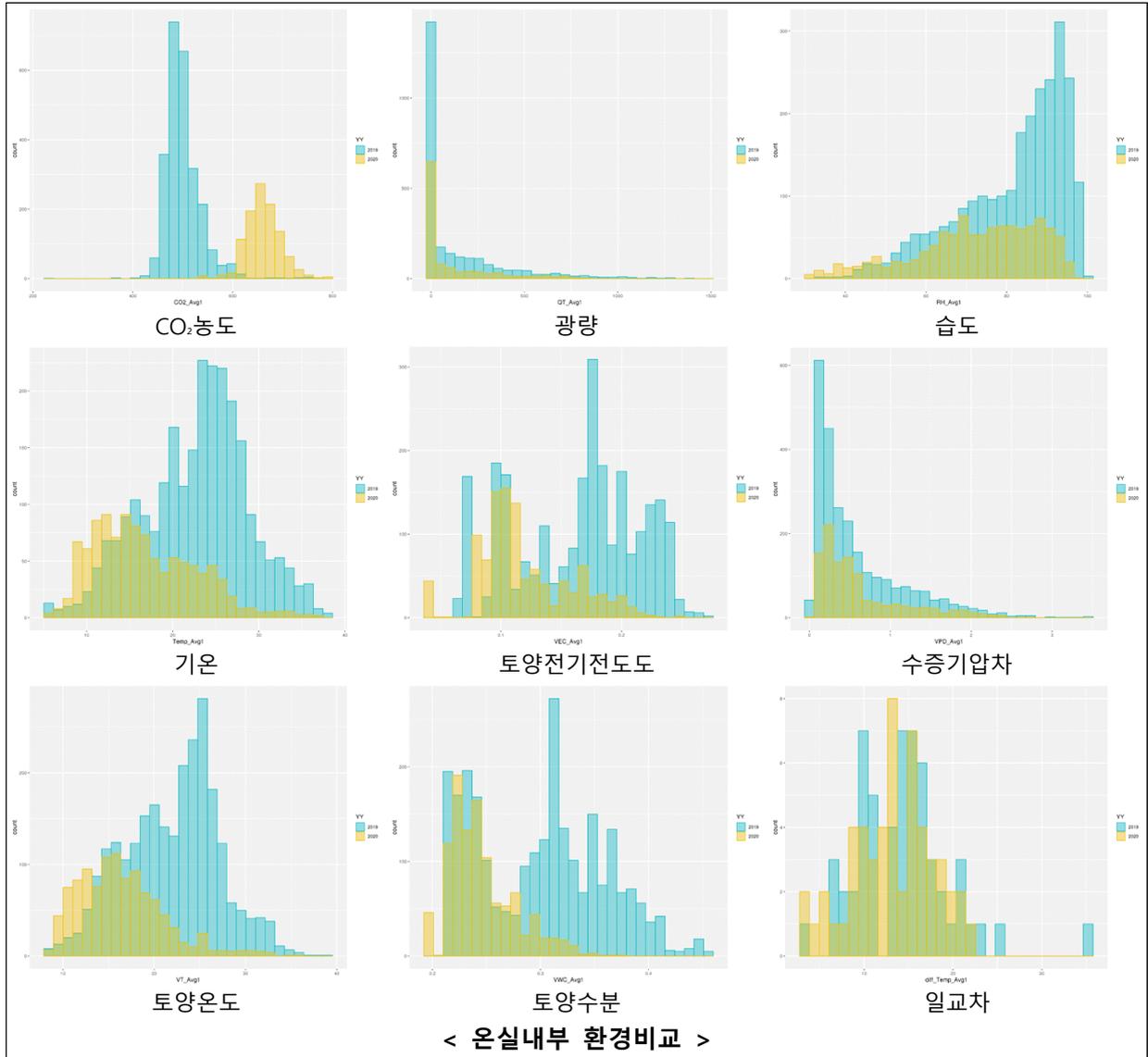
| 구분   | 6~7월   |       | 7~8월  |       | 8~9월  |       | 9~10월 |       | 10~11월 |       |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|      | 2019년  | 2020년 | 2019년 | 2020년 | 2019년 | 2020년 | 2019년 | 2020년 | 2019년  | 2020년 |
| A나무군 | 3649.7 | 59.3  | 47.21 | 48.3  | 31.5  | 23.1  | 4.7   | 14.8  | -39.9  | -3.2  |



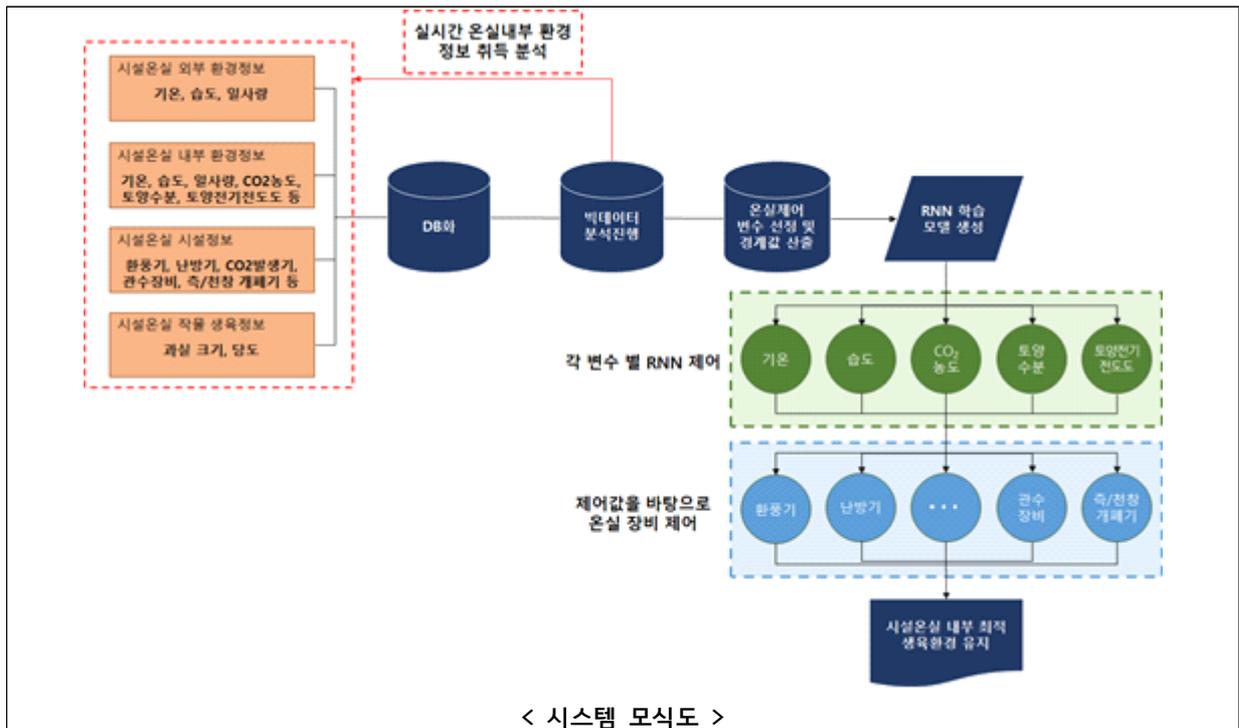
- 6~7월 성장률 값은 수치 차이가 너무 커 분석에서 제외하였으며, 10~11월 성장률이 마이너스값으로 나온 이유는 직전달 보다 관측달에 낙과가 많이 발생하여 계산 시 마이너스 값이 나왔음.
- 성장률이 차이가 나는 9~12월 온실 환경을 시계열 및 히스토그램으로 분석 진행
- 시계열로 확인결과 2019년보다 2020년이 CO<sub>2</sub> 농도가 높게 나타나고 있으며, 일교차 또한 이상값을 제외하면 2020년이 높게 나타남.



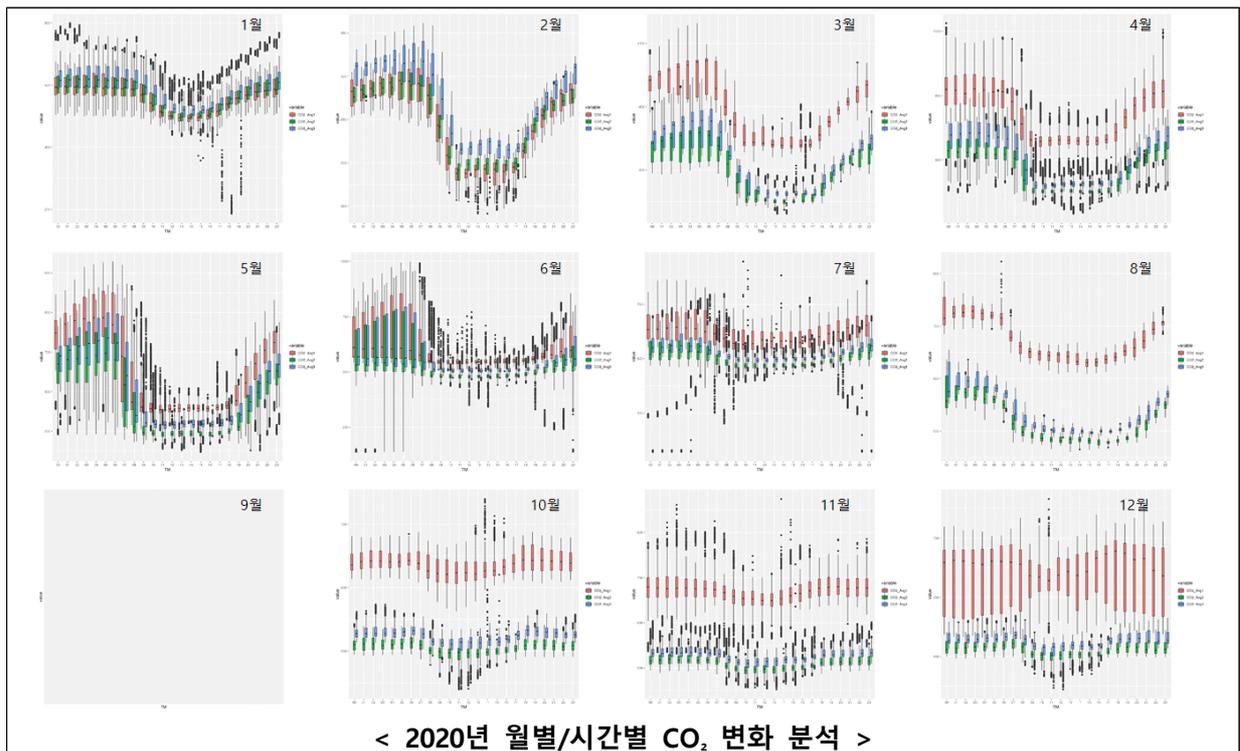
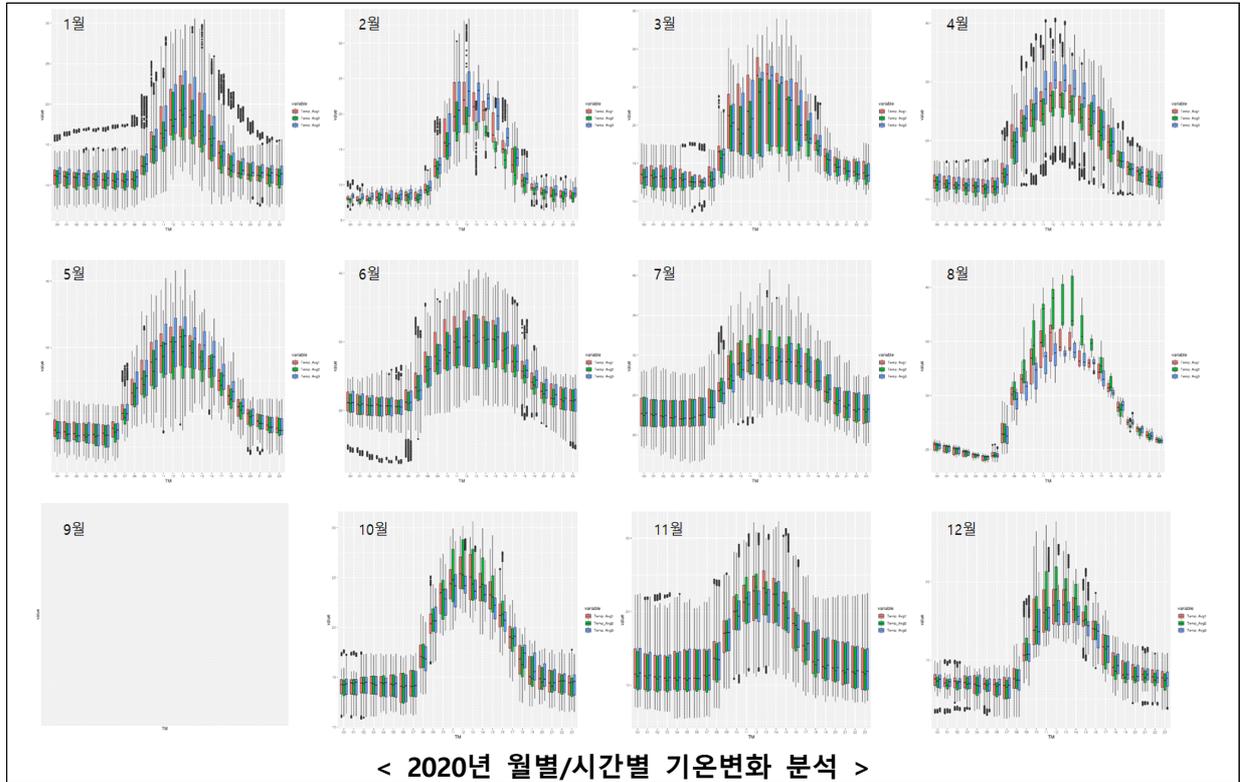
- 2019년과 2020년 온실 환경요소 값의 발생빈도를 히스토그램으로 나타냄.
- 히스토그램을 보면 2019년보다 2020년이 CO<sub>2</sub> 농도가 높은 날이 더 많이 나타남.
- 그 외의 기온, 습도, 과량, 토양전기전도도, 토양수분, 수증기압차, 일교차 등의 높은 날은 2019년이 2020년보다 더 많이 발생함.
- 온실환경 분석결과 CO<sub>2</sub> 농도 값은 높은 값을 유지하면서 다른 온실 내부 환경은 적당값을 찾아 유지하는 것이 과수 생육에 좋은 영향을 미침.

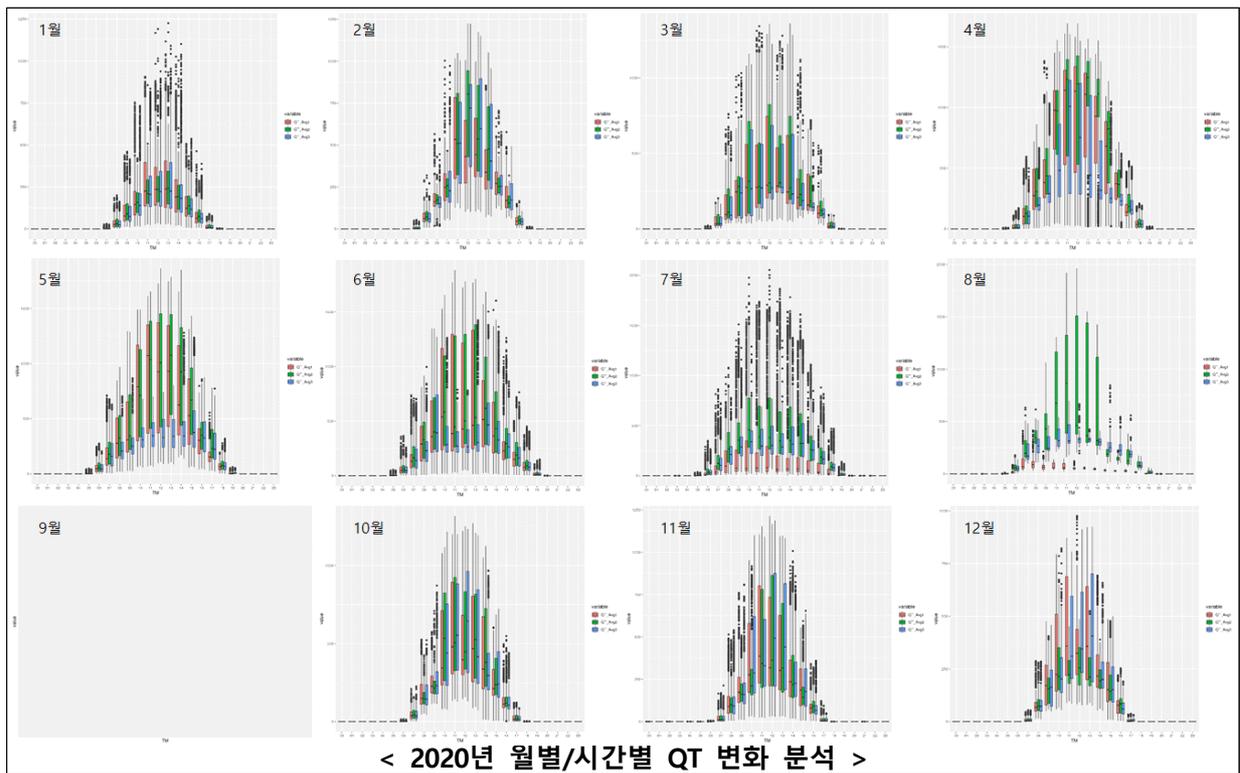
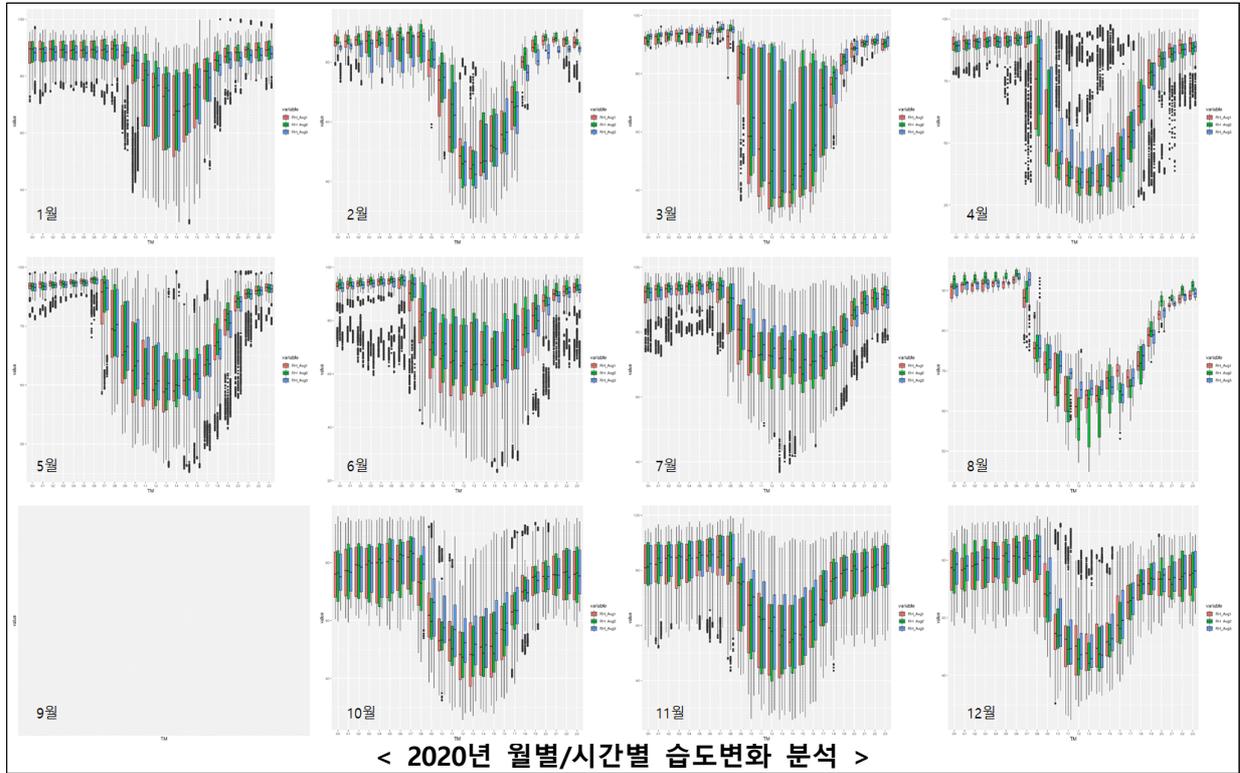


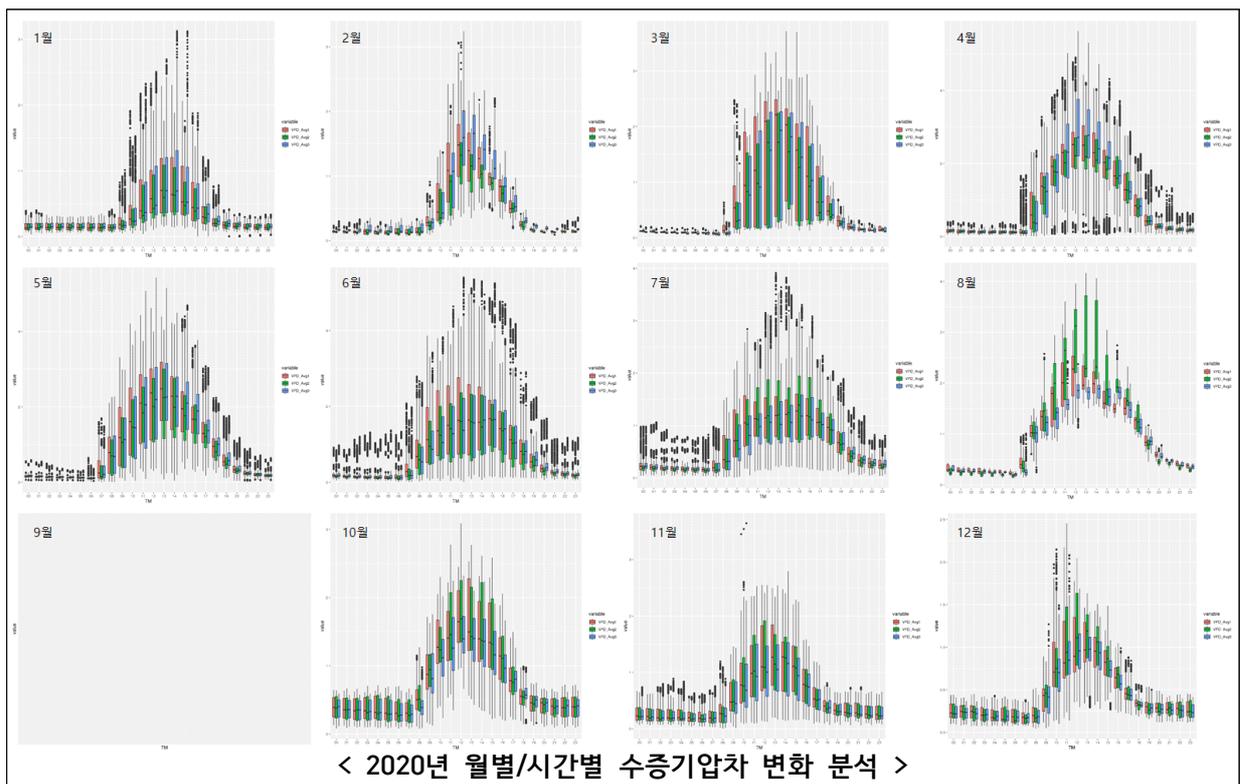
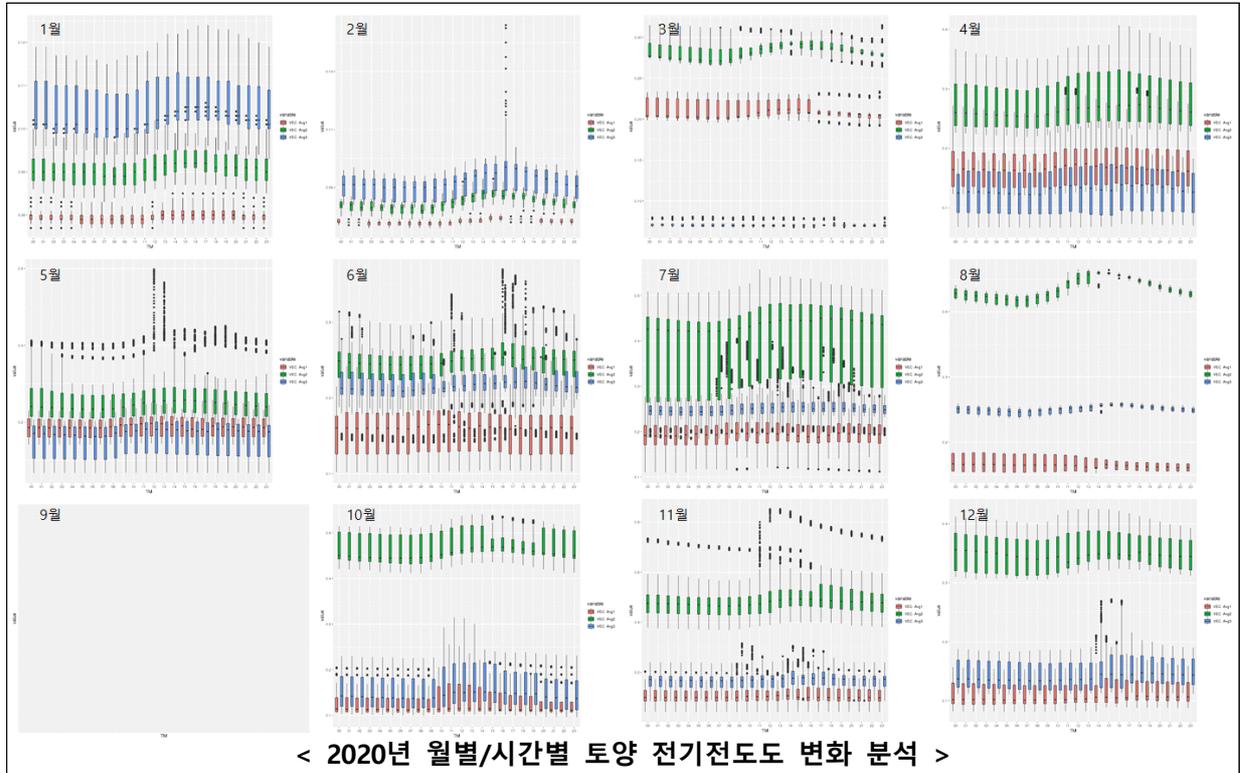
## ■ 빅데이터 분석을 통한 시스템 구축

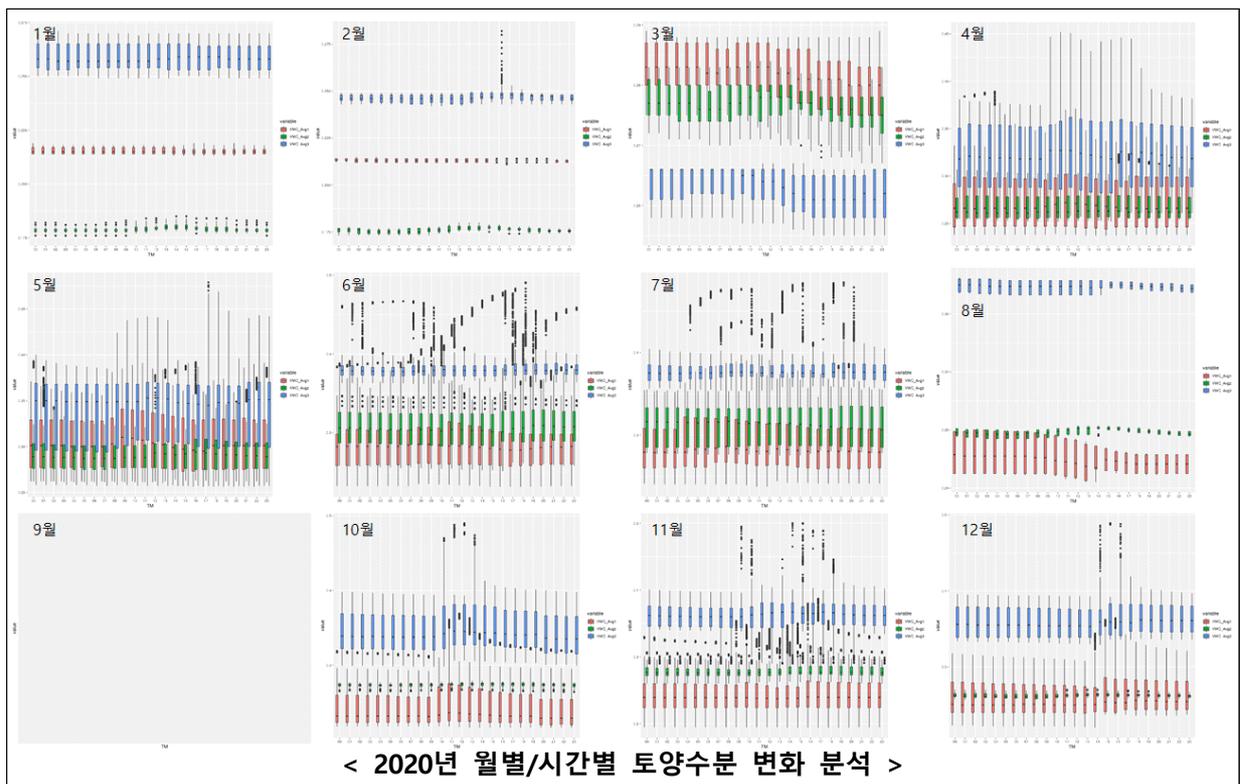
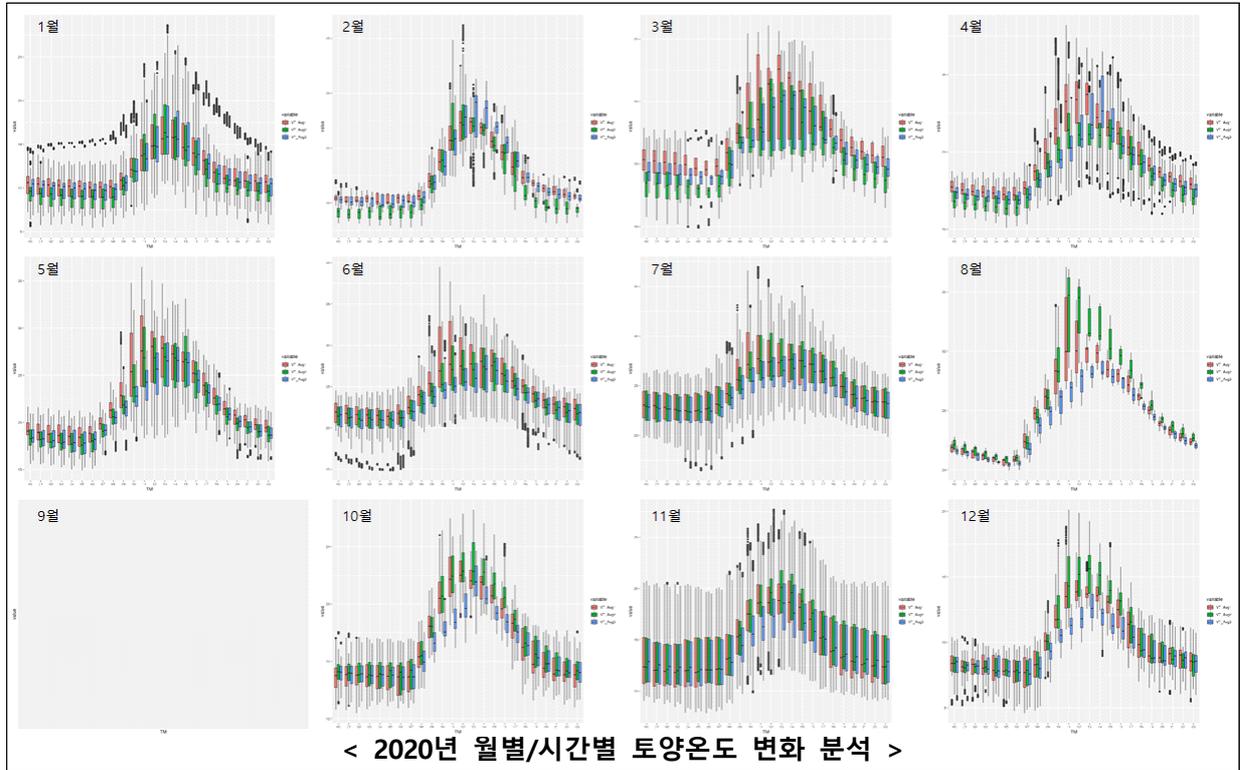


- 2차년도에 선정한 온실 내부 환경제어 요소(기온, 습도, CO<sub>2</sub> 농도, 토양수분, 토양전기전도도)를 2020년 추가 확보한 데이터를 반영하여 분석 진행
- 분석은 boxplot을 사용하여 각 제어요소를 월별/시간대별로 분석하여 시간대 및 월별 변화가 적용되도록 분석 진행
- 분석 진행 시 2020년 9월 데이터 수집 누락으로 분석작업은 제외하였으며 2019년 자료로 대체하였음.
- 온실데이터를 월별 분석을 통해 월별 온실 내부 환경변화에 대한 결과 반영
- 온실데이터를 월별 분석을 통해 생육단계별 작물의 변화에 대한 결과 반영
- 각 요소별 시간대별 분석을 통해 각 시간대별 온실 내부 환경변화에 대한 결과 반영



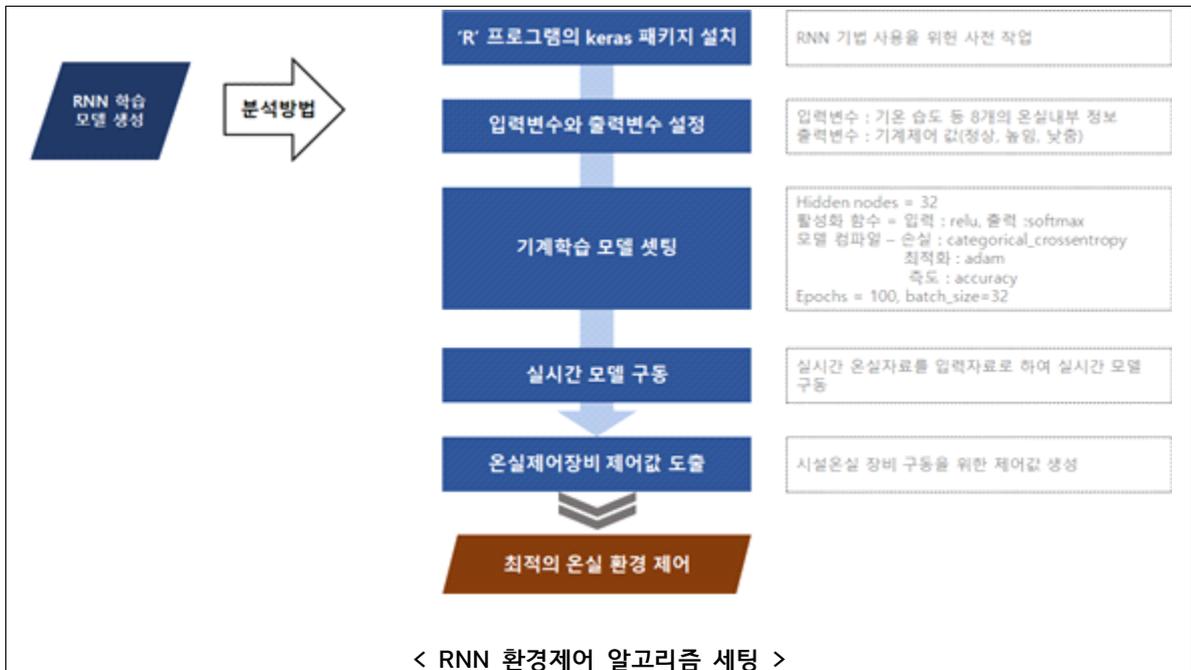






- 분석을 통해 각 요소별 온실내부 최적환경 조건 범위 설정(각각의 환경요소를 월별/시간별 최댓값, 최솟값 설정하여 온실 내부환경을 최적으로 유지할 수 있도록 설정값 제공)

■ 온실 환경제어를위한 RNN 학습 및 세팅



- RNN 모델을 사용하기 위해 “R” 프로그램의 ‘keras’패키지 사용
- 온실환경정보를 입력변수로 하고 온실 시설 제어값을 출력값으로 설정
- 온실 환경제어 알고리즘 코드

```
library(openxlsx)
library(lubridate)
library(plyr)
library(dplyr)
library(ggplot2)
library(bigreadr)
library(tidyverse)
library(scales)
library(keras)
library(reticulate)
library(tensorflow)
df<-fread2("./greenhouse_envdata.csv",data.table=FALSE,nThread=getOption("bigreadr.nThread"))
p <- c(0.25,0.75)
p_names <- map_chr(p, ~paste0(.x*100))
p_funs <- map(p, ~partial(quantile, probs = .x, na.rm = TRUE)) %>% set_names(nm = p_names)
df1<-df %>% filter((TIMESTAMP>="2019-09-01 00:00:00" & TIMESTAMP<"2019-10-01 00:00:00") |
(TIMESTAMP>="2020-01-01 00:00:00" & TIMESTAMP<"2021-01-01 00:00:00")) %>%
mutate(mm=format(as.POSIXct(TIMESTAMP),format="%Y-%m-%d
%H:%M:%S"),format="%m"),hh=format(as.POSIXct(TIMESTAMP),format="%Y-%m-%d
%H:%M:%S"),format="%H")) %>%
group_by(mm,hh) %>%

summarize_at(vars(Temp_Avg1,RH_Avg1,CO2_Avg1,VPD_Avg1,QT_Avg1,VWC_Avg1,VEC_Avg1,VT_Avg1),
funs(!p_funs)) %>% mutate_if(is.numeric,round,3) %>% as.data.frame
#df2<-df %>%
select(TIMESTAMP,Temp_Avg1,RH_Avg1,CO2_Avg1,VPD_Avg1,QT_Avg1,VWC_Avg1,VEC_Avg1,VT_Avg1) %>%
filter((TIMESTAMP>="2019-09-01 00:00:00" & TIMESTAMP<"2019-10-01 00:00:00") |
(TIMESTAMP>="2020-01-01 00:00:00" & TIMESTAMP<"2021-01-01 00:00:00")) %>%
mutate(mm=format(as.POSIXct(TIMESTAMP),format="%Y-%m-%d
%H:%M:%S"),format="%m"),hh=format(as.POSIXct(TIMESTAMP),format="%Y-%m-%d
%H:%M:%S"),format="%H")) %>% filter(TIMESTAMP=="2020-05-01 12:00:00") %>% na.omit
##df30<-left_join(df2,df1,by=c("mm","hh"))
###var1<-c("CTRL_TEMP","CTRL_RH","CTRL_CO2","CTRL_VEC","CTRL_VWC")
##for (jj in 1:length(var1)){
##for (mm0 in sprintf("%02d",c(1:12))){
##for (hh0 in sprintf("%02d",c(0:23))){
#var1<-c("CTRL_TEMP")
#jj<-1
#mm0<-"04"
```

```

#hh0<-"12"
##df3<-df30 %>% select(Temp_Avg1,RH_Avg1,CO2_Avg1,VPD_Avg1,QT_Avg1,VWC_Avg1,VEC_Avg1,VT_Avg1)
##df3 <- as.matrix(df3)
#dimnames(df3) <- NULL
#test <- normalize(df3[,c(1:8)])
##pred<-data.frame()
##for (jj in c(1:length(var1))){
##model <- load_model_hdf5(paste0("model/",var1[jj],"_m",mm0,"_h",hh0,".h5"))
##pred_mat <- model %>% predict(test) %>% as.data.frame
##pred_mat <- pred_mat %>%
# mutate(max_prob = max.col(., ties.method = "last")-1)
##pred<-pred_mat$max_prob
#pred
#if (jj==1){
#pred<-pred_mat$max_prob
#} else if (jj!=1) {
#pred<-cbind(pred,pred_mat$max_prob)
#}
#}
#pred<-pred %>% as.data.frame
#colnames(pred)<-var1
#df4<-df30 %>%
select(TIMESTAMP,Temp_Avg1,Temp_Avg1_25,Temp_Avg1_75,RH_Avg1,RH_Avg1_25,RH_Avg1_75,CO2_Avg1,CO2_Avg1_25,CO2_Avg1_75,VEC_Avg1,VEC_Avg1_25,VEC_Avg1_75,VWC_Avg1,VWC_Avg1_25,VWC_Avg1_75)
#pred<-cbind(df4,pred)
#df30<-df3 %>% mutate(CTRL_TEMP=ifelse(Temp_Avg1>=Temp_Avg1_25 &
Temp_Avg1<=Temp_Avg1_75,"Normal",ifelse(Temp_Avg1<Temp_Avg1_25,"Upper",ifelse(Temp_Avg1>Temp_Avg1_75,"Lower",NA))) %>%
# mutate(CTRL_RH=ifelse(RH_Avg1>=RH_Avg1_25 &
RH_Avg1<=RH_Avg1_75,"Normal",ifelse(RH_Avg1<RH_Avg1_25,"Upper",ifelse(RH_Avg1>RH_Avg1_75,"Lower",NA))) %>%
# mutate(CTRL_CO2=ifelse(CO2_Avg1>=CO2_Avg1_25 &
CO2_Avg1<=CO2_Avg1_75,"Normal",ifelse(CO2_Avg1<CO2_Avg1_25,"Upper",ifelse(CO2_Avg1>CO2_Avg1_75,"Lower",NA))) %>%
# mutate(CTRL_VWC=ifelse(VWC_Avg1>=VWC_Avg1_25 &
VWC_Avg1<=VWC_Avg1_75,"Normal",ifelse(VWC_Avg1<VWC_Avg1_25,"Upper",ifelse(VWC_Avg1>VWC_Avg1_75,"Lower",NA))) %>%
# mutate(CTRL_VEC=ifelse(VEC_Avg1>=VEC_Avg1_25 &
VEC_Avg1<=VEC_Avg1_75,"Normal",ifelse(VEC_Avg1<VEC_Avg1_25,"Upper",ifelse(VEC_Avg1>VEC_Avg1_75,"Lower",NA)))
##### RNN
#var1<-c("CTRL_TEMP","CTRL_RH","CTRL_CO2","CTRL_VEC","CTRL_VWC")
#for (jj in 1:length(var1)){
#for (mm0 in sprintf("%02d",c(1:12))){
#for (hh0 in sprintf("%02d",c(0:23))){
##df3<-df30 %>%
select(mm,hh,Temp_Avg1,RH_Avg1,CO2_Avg1,VPD_Avg1,QT_Avg1,VWC_Avg1,VEC_Avg1,VT_Avg1,all_of(var1[jj]))
%>% filter(mm==mm0 & hh==hh0) %>% select(-mm,-hh) %>% na.omit
##df3[,9] <- as.numeric(as.factor(unlist(df3[,9]))) -1
#df3 <- as.matrix(df3)
#dimnames(df3) <- NULL
##df3_x <- normalize(df3[,c(1:8)])
#mat <- cbind(df3_x, df3[,9])
##training <- mat[, c(1:8)]
#trainingtarget <- mat[,c(9)]
##### One-Hot 인코딩: 훈련예측변수
#trainLabels <- to_categorical(trainingtarget)
##set.seed(777)
##### 3.2.1. 모형 초기화
#model <- keras_model_sequential()
##### 3.2.2. 모형에 계층 추가
## 8 inputs -> [16 hidden nodes] -> 3 outputs
#model %>%
# layer_dense(units = 32, activation = 'relu', input_shape = 8) %>%
# layer_dense(units = 3, activation = 'softmax')
##### 3.2.4. 모형 컴파일
#model %>% compile(
# loss = 'categorical_crossentropy',
# optimizer = 'adam',
# metrics = 'accuracy'
#)
#summary(model)
##### 3.2.5. 모형 적합
#model %>% fit(
# training,
# trainLabels,
# epochs = 100,

```

```

#   batch_size = 32,
#   validation_split = 0
#)
##model %>% save_model_hdf5(paste0("model/",var1[jj],"_m",mm0,"_h",hh0,".h5"))
#}
#}
##df<-fread2("./greenhouse_data.csv",data.table=FALSE,nThread=getOption("bigreadr.nThread"))
###str(df)
##p <- c(0.25, 0.5, 0.75)
###p_names <- map_chr(p, ~paste0(.x*100, "%"))
##p_names <- map_chr(p, ~paste0(.x*100))
##p_funs <- map(p, ~partial(quantile, probs = .x, na.rm = TRUE)) %>% set_names(nm = p_names)
##
##df1<-df %>% filter(TIMESTAMP<="2019-12-31 23:00:00") %>%
##      mutate(mon=format(as.POSIXct(TIMESTAMP,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),format="%m"))
%>%
##      group_by(mon) %>%
summarize_at(vars(Temp_Avg1,Temp_Avg2,Temp_Avg3,RH_Avg1,RH_Avg2,RH_Avg3,CO2_Avg1,CO2_Avg2,CO2_Avg3,VPD_Avg1,VPD_Avg2,VPD_Avg3,QT_Avg1,QT_Avg2,QT_Avg3,VWC_Avg1,VWC_Avg2,VWC_Avg3,VEC_Avg1,VEC_Avg2,VEC_Avg3,VT_Avg1,VT_Avg2,VT_Avg3), funs(!!!p_funs)) %>% as.data.frame
##
###str(df1)
##df2<-df %>% filter(TIMESTAMP<="2019-12-31 23:00:00") %>%
##      mutate(mon=format(as.POSIXct(TIMESTAMP,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),"%m"))
##df3<-merge(df2,df1,by=c("mon"),all=F) %>% arrange(TIMESTAMP) %>%
##      mutate(Temp_UP_CT=ifelse(Temp_Avg1 <= Temp_Avg1_25,1,0)) %>%
##      mutate(Temp_DW_CT=ifelse(Temp_Avg1 >= Temp_Avg1_75,1,0)) %>%
##      mutate(RH_UP_CT=ifelse(RH_Avg1 <= RH_Avg1_25,1,0)) %>%
##      mutate(RH_DW_CT=ifelse(RH_Avg1 >= RH_Avg1_75,1,0)) %>%
##      mutate(CO2_UP_CT=ifelse(CO2_Avg1 <= CO2_Avg1_25,1,0)) %>%
##      mutate(CO2_DW_CT=ifelse(CO2_Avg1 >= CO2_Avg1_75,1,0)) %>%
##      mutate(VWC_UP_CT=ifelse(VWC_Avg1 <= VWC_Avg1_25,1,0)) %>%
##      mutate(VEC_UP_CT=ifelse(VEC_Avg1 <= VEC_Avg1_25,1,0)) %>%
##      select(-ends_with("_25")) %>% select(-ends_with("_50")) %>% select(-ends_with("_75"))
##df3 %>% select(TIMESTAMP,mon,Temp_Avg1,Temp_UP_CT) %>%
##      group_by(mon) %>% str
#####
array(Temp_Avg1,dim=c(100,10,1))
####N = 400
##step = 10
##set.seed(123)
###X = array(x, dim=c(N,step,1))
##
##model = keras_model_sequential() %>%
##   layer_lstm(units=128, input_shape=c(step, 1), activation="relu") %>%
##   layer_dense(units=64, activation = "relu") %>%
##   layer_dense(units=32) %>%
##   layer_dense(units=1, activation = "linear")
##
##model %>% compile(loss = 'mse',
##                 optimizer = 'adam',
##                 metrics = list("mean_absolute_error"))
##
##model %>% summary()
##fn<-c("1.온도","2.습도","3.CO2","4.수증기압차","5.평균광량","6.토양수분","7.토양전기전도도","8.토양온도")
##
##id<-c(2:4)
##for (vv in 1:length(fn)){
##df1<-df %>% select(TIMESTAMP,id) %>%
##      gather(key="variable",value="value",-TIMESTAMP) %>%
##      mutate(TM=format(as.POSIXct(TIMESTAMP,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),"%Y-%m")) %>%
##      mutate(TIMESTAMP=as.POSIXct(TIMESTAMP,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"))
##str(df1)
##
###print(df1)
##temp_plot=ggplot(data=df1) +
##      geom_boxplot( aes(x=TM, y=value, fill=variable))
###+scale_fill_grey()
##ggsave(temp_plot, file=paste0("/home/cmko/ST14/3yrs/work/fig/",fn[vv],"_boxplot.png"), width = 25, height = 20, units = "cm")
##
##temp_plot=ggplot(data=df1) +
##      geom_line( aes(x=TIMESTAMP, y=value, color=variable))
###+scale_fill_grey()
##ggsave(temp_plot, file=paste0("/home/cmko/ST14/3yrs/work/fig/",fn[vv],"_line.png"), width = 25, height = 20, units = "cm")

```

```

##id<-id+3
##}
#####p <- c(0.25, 0.5, 0.75)
##p_names <- map_chr(p, ~paste0(x*100, "%"))
##p_funs <- map(p, ~partial(quantile, probs = .x, na.rm = TRUE)) %>% set_names(nm = p_names)
##
##df %>% mutate(mon=format(as.POSIXct(tm,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),format="%m")) %>%
##  group_by(mon) %>%
##  summarize_at(vars(Temp_Avg1,Temp_Avg2,Temp_Avg3), funs(!!!p_funs)) %>%
##  as.data.frame %>% head(n=12)
##
##df %>% mutate(mon=format(as.POSIXct(tm,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),format="%m")) %>%
##  group_by(mon) %>%
##  summarize_at(vars(RH_Avg1,RH_Avg2,RH_Avg3), funs(!!!p_funs)) %>%
##  as.data.frame %>% head(n=12)
##
##df %>% mutate(mon=format(as.POSIXct(tm,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),format="%m")) %>%
##  group_by(mon) %>%
##  summarize_at(vars(CO2_Avg1,CO2_Avg2,CO2_Avg3), funs(!!!p_funs)) %>%
##  as.data.frame %>% head(n=12)
##
##df %>% mutate(mon=format(as.POSIXct(tm,format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),format="%m")) %>%
##  group_by(mon) %>%
##  summarize_at(vars(VPD_Avg1,VPD_Avg2,VPD_Avg3), funs(!!!p_funs)) %>%
##  as.data.frame %>% head(n=12)
###write.csv(df1,"test.csv",quote=F,row.names=F)
###ggplot(df1, aes(x = tm, y = value)) +
##  geom_line(aes(color = variable, linetype = variable))
##  scale_color_manual(values = c("darkred", "steelblue"))

```

< RNN 환경제어 알고리즘 코드 >

- 2019년~2020년 자료를 학습 진행하였으며, 검증자료로 활용하였음.

```

236/236 [=====] - 0s 379us/step - loss: 0.7022 - accuracy: 0.6700 - val_loss: 0.8237 -
  val_accuracy: 0.4414
Epoch 92/100
236/236 [=====] - 0s 816us/step - loss: 0.7115 - accuracy: 0.6606 - val_loss: 0.7258 -
  val_accuracy: 0.6579
Epoch 93/100
236/236 [=====] - 0s 799us/step - loss: 0.7037 - accuracy: 0.6731 - val_loss: 0.8292 -
  val_accuracy: 0.3589
Epoch 94/100
236/236 [=====] - 0s 798us/step - loss: 0.7155 - accuracy: 0.6654 - val_loss: 0.8069 -
  val_accuracy: 0.4797
Epoch 95/100
236/236 [=====] - 0s 981us/step - loss: 0.7099 - accuracy: 0.6676 - val_loss: 0.8130 -
  val_accuracy: 0.4557
Epoch 96/100
236/236 [=====] - 0s 800us/step - loss: 0.7022 - accuracy: 0.6699 - val_loss: 0.7519 -
  val_accuracy: 0.6089
Epoch 97/100
236/236 [=====] - 0s 789us/step - loss: 0.7022 - accuracy: 0.6764 - val_loss: 0.8554 -
  val_accuracy: 0.2967
Epoch 98/100
236/236 [=====] - 0s 767us/step - loss: 0.7026 - accuracy: 0.6685 - val_loss: 0.7710 -
  val_accuracy: 0.5754
Epoch 99/100
236/236 [=====] - 0s 1ms/step - loss: 0.7170 - accuracy: 0.6616 - val_loss: 0.7641 - v
  al_accuracy: 0.5766
Epoch 100/100
236/236 [=====] - 0s 824us/step - loss: 0.7059 - accuracy: 0.6640 - val_loss: 0.7761 -
  val_accuracy: 0.5742

testtarget   0   1   2
            0  914 325  13
            1  743 1517 55
            2    2   13   0

112/112 [=====] - 0s 485us/step - loss: 0.7092 - accuracy: 0.6787
      loss accuracy
0.7091824 0.6786711

```

< RNN 환경제어 알고리즘 검증 >

- 각 요소별 기계제어 자료를 이용하여 모델 성능평가 검증 진행
- 검증은 Accuracy 값을 기준으로 진행 함, Accuracy는 1에 가까울수록 정확도가 높음을 나타냄
- 각 요소별 검증결과 기온, 습도, 토양수분은 Accuracy가 0.9이상으로 높게 나왔으며, 토양전기전도도는 0.867, CO<sub>2</sub> 는 0.739의 정확도를 보임.
- 전체 평균으로 약 0.865으로 높은 정확도를 보임.

**< RNN 환경제어 알고리즘 검증 결과 >**

| 요소       | 기온    | 습도    | CO <sub>2</sub> | 토양수분  | 토양전기전도도 |
|----------|-------|-------|-----------------|-------|---------|
| Accuracy | 0.905 | 0.911 | 0.739           | 0.904 | 0.867   |

■ **경제성 분석**

- 시스템 설치 후 생산량 분석을 위해 2019년과 2020년 과실수량 및 당도 비교

**< 과수 생산량 분석 >**

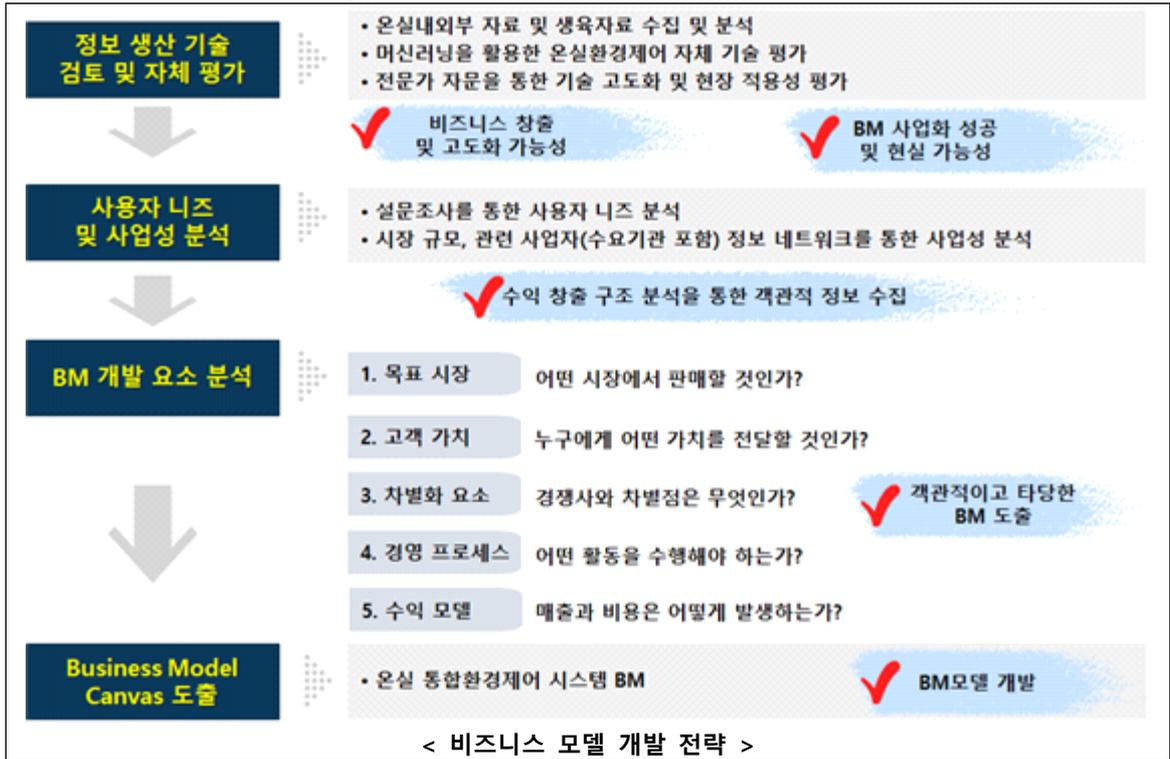
(단위, °BX 개)

| 구분   | A나무군   |               | B나무군         |            | C나무군  |             |
|------|--------|---------------|--------------|------------|-------|-------------|
|      | 2019년  | 2020년         | 2019년        | 2020년      | 2019년 | 2020년       |
| 당도   | 11.287 | <b>11.711</b> | <b>11.26</b> | 11.191     | 9.54  | <b>10.0</b> |
| 과실수량 | 79     | <b>381</b>    | 54           | <b>171</b> | 9     | <b>233</b>  |

- 과수 생산량 분석 자료중 당도 측정 자료는 블러드오렌지 최종 수확 후 파괴측정 자료를 사용
- 생산량 분석 자료중 과실수량 자료는 2019년은 11월 26일 측정자료와 2020년은 11월 20일 측정자료를 사용
- 블러드오렌지 당도는 2019년보다 2020년이 A, C 나무군이 약 0.5°BX 높게 나타났으며 B 나무군은 비슷한 값을 보임.
- 과수의 수량은 2019년보다 2020년이 3배 ~ 5배 많이 달려있음.
- 온실 환경 자동제어시스템을 적용한 결과 과수 생산량이 크게 증가했을 뿐 아니라 당도 또한 높게 나타난 것을 확인
- 생산량 증가 및 당도 향상은 농가의 소득 향상에 직결됨 .
- 그 외에도 온실 환경자동제어시스템 설치를 통해 시스템 미설치 때보다 노동력이 약 25% 절감되는 효과를 보임.
- 또한 자동제어시스템의 작물 맞춤형 환경 제어로 인해 불필요한 온실 시설장비 가동을 줄일 수 있어 추가 비용 절감효과가 나타남.

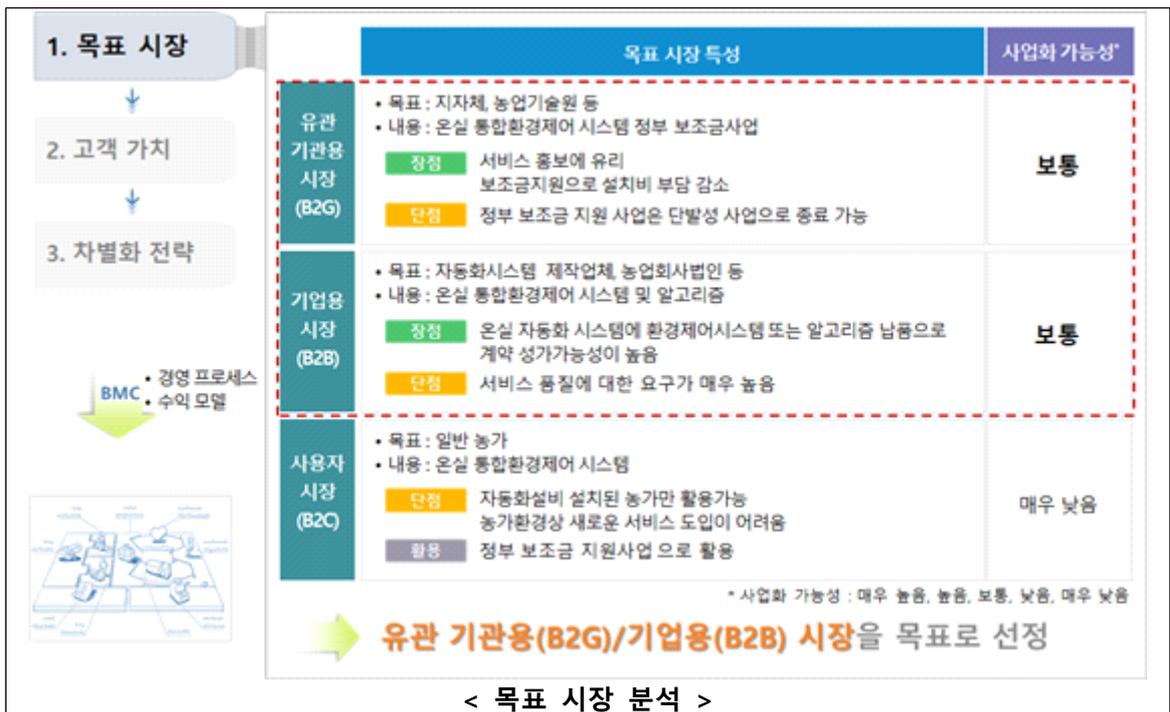
(2) 실증 데이터 및 경제성 분석을 통한 사업화 모델 개발

■ 비즈니스 모델 개발 전략



■ BM 개발 요소별 분석

- 목표 시장



- 고객 가치



< 고객 가치 분석 >

- 차별화 전략



< 고객 가치 분석 >

■ 비즈니스 모델 캔버스(Business Model Canvas, BMC)



(3) 온배수 기반, 환경 제어시스템 실증을 통한 고도화

■ 재배 작물의 종류별 생육관리의 데이터를 바탕으로 가이드 라인 수립

- 본 사업에서 개발한 블러드오렌지 맞춤형 온실 내부환경제어시스템을 다른 고소득 시설과수 작물에 적용
- 우선 제주도에 많이 재배하고 있는 시설 과수 작물 중 만감류인 한라봉, 천혜향 등 작물적용
- 과수생육 데이터 확보

**한라봉 생육정보**

| 구분      | 1월          |                  |          | 2월  |     |   | 3월 |                  |              | 4월 |    |    | 5월 |                |                    | 6월 |    |    | 7월  |                  |              | 8월  |     |     | 9월  |                 |                       | 10월 |     |     | 11월 |                |               | 12월 |     |     |  |                 |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|---------|-------------|------------------|----------|-----|-----|---|----|------------------|--------------|----|----|----|----|----------------|--------------------|----|----|----|-----|------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|---------------|-----|-----|-----|--|-----------------|------------------|--|--|--|--|------|----|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|
|         | 초           | 중                | 하        | 초   | 중   | 하 | 초  | 중                | 하            | 초  | 중  | 하  | 초  | 중              | 하                  | 초  | 중  | 하  | 초   | 중                | 하            | 초   | 중   | 하   | 초   | 중               | 하                     | 초   | 중   | 하   | 초   | 중              | 하             | 초   | 중   | 하   |  |                 |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 밭아 후 일수 | 280         | 290              | 300      | 310 | 320 |   |    |                  | 0            | 10 | 20 | 30 | 40 | 50             | 60                 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110              | 120          | 130 | 140 | 150 | 160 | 170             | 180                   | 190 | 200 | 210 | 220 | 230            | 240           | 250 | 260 | 270 |  |                 |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 생육 상태   | 꽃, 열매       | 성숙기              |          |     |     |   |    | 형태적 화아분화기        |              |    |    |    |    | 개화기            |                    |    |    |    |     | 생리낙과(6월 하순까지)    |              |     |     |     |     | 과실 비대기(9월 하순까지) |                       |     |     |     |     | 착색개시           |               |     |     |     |  | 성숙기             |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 순           |                  |          |     |     |   |    |                  |              |    |    |    |    | 봄순 발생          |                    |    |    |    |     | 어름순 발생(7월 하순까지)  |              |     |     |     |     | 어름순 녹화          |                       |     |     |     |     | 가을순 발생         |               |     |     |     |  |                 |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 뿌리          |                  |          |     |     |   |    | 뿌리 수분 흡수력 상승     |              |    |    |    |    | 새뿌리 신장         |                    |    |    |    |     | 양분흡수 활발(7월 하순까지) |              |     |     |     |     | 새뿌리 신장          |                       |     |     |     |     | 새뿌리 신장         |               |     |     |     |  | 뿌리수분흡수력 저하      |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 품질 목표   | 과실 크기(mm)   | 85               |          |     |     |   |    |                  |              |    |    |    |    | 10             |                    |    |    |    |     | 30               |              |     |     |     |     | 45              |                       |     |     |     |     | 55             |               |     |     |     |  | 65              |                  |  |  |  |  | 75   |    |  |  |  |  | 80   |       |  |  |  |  | 83   |  |  |  |  |  |
|         | 당도(Bx)      | 13               |          |     |     |   |    | 13.5             |              |    |    |    |    |                |                    |    |    |    |     |                  |              |     |     |     |     |                 |                       |     |     |     |     | 8.0            |               |     |     |     |  | 9.0             |                  |  |  |  |  | 10.0 |    |  |  |  |  | 11.5 |       |  |  |  |  | 12.5 |  |  |  |  |  |
|         | 산함량(%)      | 1.2              |          |     |     |   |    | 1.1              |              |    |    |    |    |                |                    |    |    |    |     |                  |              |     |     |     |     |                 |                       |     |     |     |     | 4.0            |               |     |     |     |  | 3.0             |                  |  |  |  |  | 2.0  |    |  |  |  |  | 1.5  |       |  |  |  |  | 1.3  |  |  |  |  |  |
| 재배 관리   | 온도(°C)      | 최고               | 자연 온도    |     |     |   |    |                  | 25           |    |    |    |    |                | 27 ~ 30            |    |    |    |     |                  | 28 ~ 30      |     |     |     |     |                 | 30                    |     |     |     |     |                |               |     |     |     |  |                 | 자연 온도 관리         |  |  |  |  |      | 20 |  |  |  |  |      | 10-15 |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         |             | 최저               | 0~2      |     |     |   |    |                  |              |    |    |    |    |                | 15(6월 하순까지)        |    |    |    |     |                  |              |     |     |     |     |                 |                       |     |     |     |     |                |               |     |     |     |  |                 |                  |  |  |  |  |      | 15 |  |  |  |  |      | 0-2   |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 물 관리(L/10a) | 정기적 품질검사         | 절수관리     |     |     |   |    |                  | 20톤(3~5일 간격) |    |    |    |    |                | 15~20톤(5~7일 간격)    |    |    |    |     |                  | 20톤(3~5일 간격) |     |     |     |     |                 | 20톤, 엽면살수 병행(3~5일 간격) |     |     |     |     |                | 10톤(3~15일 간격) |     |     |     |  |                 | 5~10톤(10~15일 간격) |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         |             | 착과               | 정기적 품질검사 |     |     |   |    |                  | 수확           |    |    |    |    |                | 간벌, 정지 전정(3월 중순까지) |    |    |    |     |                  | 꽃따기          |     |     |     |     |                 | 열매숙기 및 가지매달기(8월 하순까지) |     |     |     |     |                |               |     |     |     |  |                 | 정기적인 품질검사        |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 시비      | 토양개량제       | 2월 상순까지(2월 상순까지) |          |     |     |   |    | 3월 상순까지(3월 상순까지) |              |    |    |    |    | 1차 시비(5월 상순까지) |                    |    |    |    |     | 2차 시비(5월 상순까지)   |              |     |     |     |     | 3차 시비(7월 상순까지)  |                       |     |     |     |     | 4차 시비(9월 상순까지) |               |     |     |     |  | 5차 시비(11월 중순까지) |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 시비          |                  |          |     |     |   |    |                  |              |    |    |    |    |                |                    |    |    |    |     |                  |              |     |     |     |     |                 |                       |     |     |     |     |                |               |     |     |     |  |                 |                  |  |  |  |  |      |    |  |  |  |  |      |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |

**< 한라봉 생육정보 >**

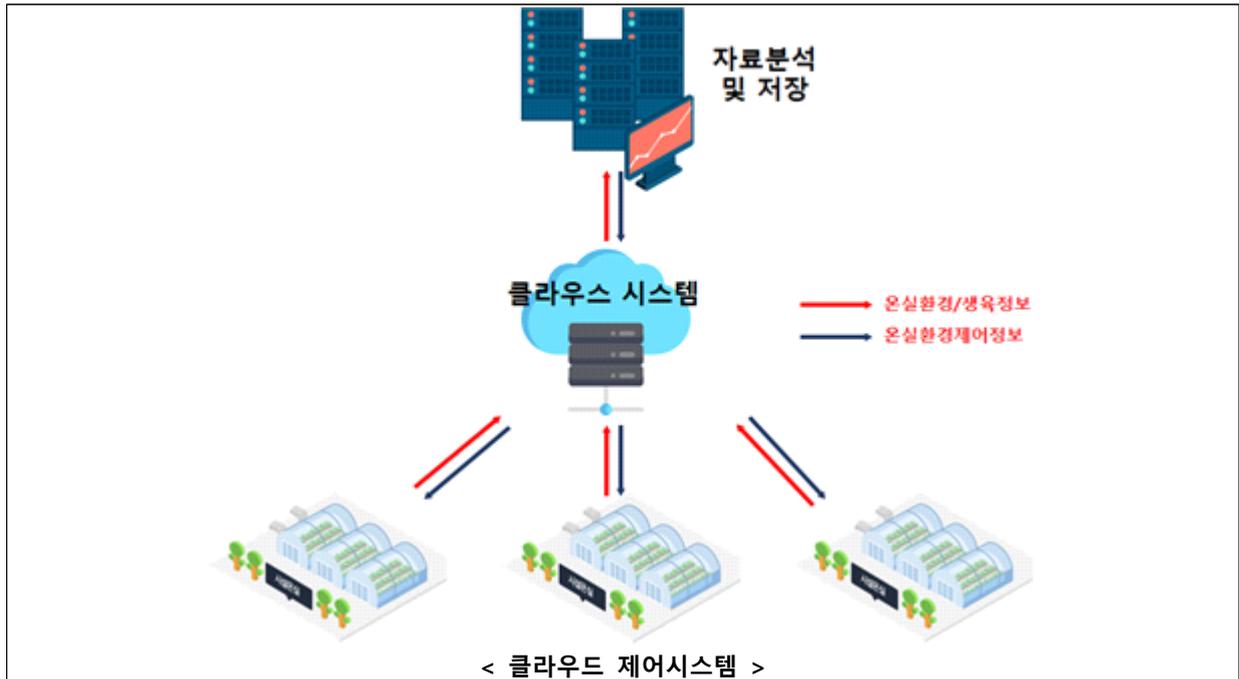
**천혜향 생육정보**

| 구분      | 1월          |          |       | 2월  |     |     | 3월  |           |             | 4월 |    |    | 5월 |                     |              | 6월 |    |    | 7월  |                 |             | 8월  |     |     | 9월  |                  |             | 10월 |     |     | 11월 |                  |                 | 12월 |     |     |  |                 |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|---------|-------------|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-------------|----|----|----|----|---------------------|--------------|----|----|----|-----|-----------------|-------------|-----|-----|-----|-----|------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|------------------|-----------------|-----|-----|-----|--|-----------------|---------------|--|--|--|--|-----|-----------|--|--|--|--|-----|------------------|--|--|--|--|-----|-------|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|
|         | 초           | 중        | 하     | 초   | 중   | 하   | 초   | 중         | 하           | 초  | 중  | 하  | 초  | 중                   | 하            | 초  | 중  | 하  | 초   | 중               | 하           | 초   | 중   | 하   | 초   | 중                | 하           | 초   | 중   | 하   | 초   | 중                | 하               | 초   | 중   | 하   |  |                 |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 밭아 후 일수 | 280         | 290      | 300   | 310 | 320 | 330 | 340 | 350       | 0           | 10 | 20 | 30 | 40 | 50                  | 60           | 70 | 80 | 90 | 100 | 110             | 120         | 130 | 140 | 150 | 160 | 170              | 180         | 190 | 200 | 210 | 220 | 230              | 240             | 250 | 260 | 270 |  |                 |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 생육 상태   | 꽃, 열매       |          |       |     |     |     |     | 형태적 화아분화기 |             |    |    |    |    | 개화기                 |              |    |    |    |     | 만개기(5월 중순까지)    |             |     |     |     |     | 생리낙과(6월 하순까지)    |             |     |     |     |     | 과실 비대기(9월 하순까지)  |                 |     |     |     |  | 착색개시            |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 순           |          |       |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    | 새순발아, 가지제거(4월 중순까지) |              |    |    |    |     | 어름순 발생(5월 하순까지) |             |     |     |     |     | 어름순 발생(5월 하순까지)  |             |     |     |     |     | 가을순 발생(10월 상순까지) |                 |     |     |     |  |                 |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 뿌리          |          |       |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    | 새뿌리 발생              |              |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     | 양분흡수 활발(7월 중순까지) |             |     |     |     |     | 새뿌리 신장(8월 하순까지)  |                 |     |     |     |  | 뿌리 신장           |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 품질 목표   | 과실 크기(mm)   | 83       |       |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    |                     |              |    |    |    |     | 10              |             |     |     |     |     | 20               |             |     |     |     |     | 35               |                 |     |     |     |  | 54              |               |  |  |  |  | 65  |           |  |  |  |  | 75  |                  |  |  |  |  | 80  |       |  |  |  |  | 83   |  |  |  |  |  |
|         | 당도(Bx)      | 11.7     |       |     |     |     |     | 12        |             |    |    |    |    |                     |              |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     |                  |             |     |     |     |     |                  |                 |     |     |     |  | 7.0             |               |  |  |  |  | 7.3 |           |  |  |  |  | 8.2 |                  |  |  |  |  | 9.2 |       |  |  |  |  | 10.4 |  |  |  |  |  |
|         | 산함량(%)      | 1.2      |       |     |     |     |     | 1         |             |    |    |    |    |                     |              |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     |                  |             |     |     |     |     |                  |                 |     |     |     |  | 5.2             |               |  |  |  |  | 4.8 |           |  |  |  |  | 3.6 |                  |  |  |  |  | 2.5 |       |  |  |  |  | 1.7  |  |  |  |  |  |
| 재배 관리   | 온도(°C)      | 최고       | 자연 온도 |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    |                     | 25(6월 하순까지)  |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     |                  |             |     |     |     |     |                  | 자연 온도 관리        |     |     |     |  |                 |               |  |  |  |  |     | 15~20     |  |  |  |  |     | 15-20            |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         |             | 최저       | 2     |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    |                     | 15(6월 하순까지)  |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     |                  |             |     |     |     |     |                  |                 |     |     |     |  |                 | 자연 온도 관리      |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     | 2                |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 물 관리(L/10a) | 정기적 품질검사 | 수확    |     |     |     |     |           | 간벌(4월 중순까지) |    |    |    |    |                     | 20톤(3~5일 간격) |    |    |    |     |                 | 10톤(10일 간격) |     |     |     |     |                  |             |     |     |     |     |                  | 20톤(5~7일 간격)    |     |     |     |  |                 | 5톤(10~15일 간격) |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         |             | 착과       |       |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    |                     | 정지 전정        |    |    |    |     |                 | 꽃따기         |     |     |     |     |                  | 적과(7월 상순까지) |     |     |     |     |                  | 가지 매달기(8월 상순까지) |     |     |     |  |                 |               |  |  |  |  |     | 정기적인 품질검사 |  |  |  |  |     | 칼슘제 살포(11월 하순까지) |  |  |  |  |     | 온도 관리 |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
| 시비      | 토양개량제       | 1차 시비    |       |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    | 2차 시비               |              |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     | 3차 시비(7월 상순까지)   |             |     |     |     |     | 4차 시비            |                 |     |     |     |  | 5차 시비(11월 중순까지) |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |
|         | 시비          |          |       |     |     |     |     |           |             |    |    |    |    |                     |              |    |    |    |     |                 |             |     |     |     |     |                  |             |     |     |     |     |                  |                 |     |     |     |  |                 |               |  |  |  |  |     |           |  |  |  |  |     |                  |  |  |  |  |     |       |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |

**< 천혜향 생육정보 >**

- 확보한 생육정보를 온실 환경제어시스템에 적용하여 작물별 맞춤형 알고리즘 수정
- 실제 한라봉, 천혜향 재배 온실에 적용하여 검증 진행

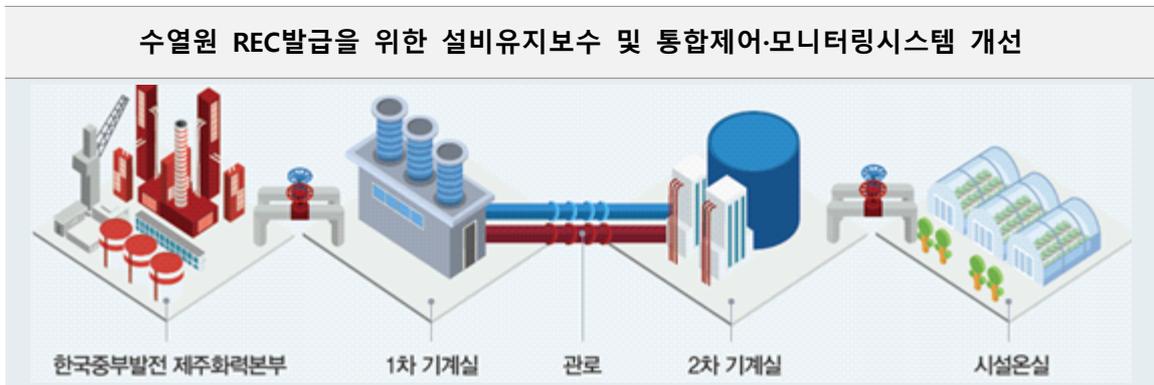
- 아열대작물의 환경 및 생체 계측, 제어 정보의 데이터화를 통한 효율적 재배시스템 구축
  - 시스템 설치 온실의 환경정보 및 과수 생육정보를 실시간 DB화 진행
  - 확보된 DB를 활용하여 지속적인 기계학습 진행하여 정확도 향상
  - 차후 여러 온실의 자료를 클라우드 시스템을 활용하여 통합 DB화 진행하여, 보다 정확한 생육 환경을 유지할 수 있도록 시스템 구축



## 자. 온배수를 활용한 열원 공급설비 성능개선 및 유지보수

### (1) 발전소 온배수 수열원에너지 다수 공급을 위한 설비

- 본 과제를 통해 한국중부발전 제주발전본부의 온배수 수열원에너지를 활용하여 발전소 인근의 아열대 작물 시설온실의 냉·난방에너지로 활용되며 개발된 기술을 바탕으로 농촌 광역복합단지로 확대 적용이 가능하도록 다수 농가에 에너지 공급과 이를 통한 시설농가의 에너지 사용량을 줄이고 발전소 수열원에너지 이용시설의 REC인증 및 REC 열거래 시스템 구축을 통해 발전소와 주변 농가 간의 경제성을 활성화함.
- 한국중부발전 제주발전본부의 온배수 열에너지원을 활용하여 발전소 인근의 농가 또는 어가에 냉·난방에너지를 안정적으로 공급하기 위해서는 계절별 수요값 예측 모델 기반을 통한 열원 공급 제어 개발이 필수적으로 필요함.
- 하지만 수요처마다 다양한 작물, 시설환경, 생육조건, 재배방법에 따른 최적의 온도 기준과 필요한 시기가 달라 현 시스템으로 한계가 있어 효율적 에너지 공급을 위해 에너지 수요량 분석 및 에너지 활용 모니터링시스템 개발을 수행하였음.



- ① 온배수 열원 확보 및 취수기술 고도화
- ② 부문별 설비점검 및 유지보수 메뉴얼 개발
- ③ 한국에너지공단의 수열 분야 REC발급을 위한 공급설비 성능개선
- ④ 통합제어·모니터링시스템 고도화
- ⑤ 온배수 활용 수열원 경제성 분석·예측 툴 개발

※ 자세한 내용은 부록 1.6 참조

### (2) 농가의 안정적 열원공급을 위한 계절별 수요값 예측 모델 개발

- 온배수 수열원에너지를 다수의 농가에 안정적으로 열원을 공급하기 위하여 계절별, 시기별 에너지 사용 수요값을 예측하기위해 농가마다 각기 다른 재배 작물의 생육조건과 재배방법으로 인한 최적 온도 기준과 필요 열량이 각각 다르기 때문에 해당 농가의 축열조의 온도를 최적으로 유지하기 위하여 발전소의 제1기계실부터 메인관로를 통해 제2기계실 축열조로 들어와 필요 에너지를 저장 후 각 농가 필요시점별 수요 에너지 공급이 필요함.
- 다만, 각 농가가 개별적으로 발전소에서 공급되는 온배수 수열원 에너지를 사용 시 메인 관로 전체를 가동하게 되고, 이에 따른 전력 소비 증가로 인해 전체적인 에너지 효율이 떨어지는 문제점을 발전소와 시설농가의 중간지점인 2기계실의 축열조에 에너지 저장을 통해 문제점을 해결함.

- 따라서 다수의 시설농가의 재배 작물 특성을 고려하고 최적 생육환경 조성과 이에 필요한 효율적 에너지 공급을 위해, 농가 에너지 수요량 분석 및 농가 공급열량, 에너지 사용량을 모니터링하고 스케줄링을 위한 통합모니터링시스템을 구축함.

|  |   |
|--|---|
| <b>농가 에너지<br/>수요량 분석</b>                 | 재배 작물의 최적 생육조건을 유지하기 위한 냉·난방 시스템의 열원 부하 빅데이터 분석을 통한 시설온실별 열원 및 전력 부하 예측 |
| <b>농가 에너지 활용<br/>및 운영모니터링</b>            | 시설 농가에 구축된 설비의 축열조 간 상태 비교 분석   |
| <b>농가 수열원·분산전원<br/>융복합 운영 및<br/>스케줄링</b> | 전체 시스템 가동과 지하수 열원 및 분산전원을 활용 개별 축열조 온도제어 간, 경제성 분석을 통해 최적 운영 스케줄링 결정    |

- 특히 통합제어 및 모니터링시스템의 고도화를 통해 농가 에너지 수요량 분석, 에너지 활용 및 운영 모니터링, 수열원·분산전원 융복합 시스템의 실증운영을 통하여 『2030 한국중부발전 기후변화 대응전략 수립』에 반영하였음.
- 이를 기반으로 안정적인 열원공급을 모니터링을 포함하는 융·복합 시스템을 구축 및 실증하여 지역 전체 농가로 확산할 수 있는 기반을 마련하고자 함.

(3) 수열(온배수) REC 설비인증을 위한 기존 설비(배관) 내, 계측기기 유지보수

■ 온배수 열원 확보 및 취수기술 고도화

- 다수의 시설농가의 재배 작물 특성을 고려한 최적 생육환경 조성과 이에 필요한 효율적 에너지 공급을 위해, 농가 에너지 수요량 분석 및 에너지 활용을 위해 축열조 온도제어 간, 제어 운영 기술 고도화
- 각 농가에 구축된 축열조에 저장된 온배수의 온도가 상이하게 되며 해당 축열조의 온도를 최적 온도로 유지하기 위해 발전소의 제1기계실로부터 연동된 메인 관로 전체를 가동하게 되고 이에 따른 전력 소비 증가로 인해 전체적인 에너지 효율이 떨어지는 문제가 예상되어 각 축열조와 시설온실, 외부환경에 따른 열량 예측이 축열조 수위레벨, 온실측 압력센서, 축열조 out라인 유량계 및 온도센서(350L) 추가를 통한 열원 관리 부분 고도화를 수행하였음.

■ 부문별 설비점검 및 유지보수 매뉴얼 개발

- 저류조, 제1기계실, 관로, 제2기계실, 계측센서, 제어설비 등 온배수 열원 제반 설비 점검(유지보수) 및 유지보수 매뉴얼 개발
- 온배수 수열원 설비에 대한 유지보수 매뉴얼이 없어, 본 과업을 통해 유지보수 매뉴얼 가이드 라인을 수립함.
- 특히 판형열교환기의 스트레인 여과망, 저류조 준설 등과 같은 점검시기, 적정볼트 토크값, 순환펌프 압력, 통신 등과 같은 다양한 설비의 유지보수 점검표 제안

| 온배수 수열원 설비 유지보수 점검표 (1차점검)   |    |                               | 일    | 담당  | 팀장 |
|--|----|-------------------------------|------|-----|----|
| 2020년 12월 21일 월요일  |    |                               | 12   | 이종우 | 김민 |
| 점검사항   | 상태 | 점검결과                          |      |     |    |
| <b>지류호 / 순환펌프</b>  |    |                               |      |     |    |
| 점검내용   | 정상 | 불량                            | 특이사항 |     |    |
| 수중펌프 작동여부 확인   | ○  | 정상 작동 / 이상없음                  |      |     |    |
| 배관 연결부 누수확인  | ○  | 배관 연결부 누수 이상없음 / 보온 1호 보수완료   |      |     |    |
| 지류호 탈린 부식상태 확인   | ○  | 탈린 상태 양호                      |      |     |    |
| STRAINER 청소  | ○  | 필소 상태 양호                      |      |     |    |
| STRAINER 보존제 및 불연제   | ○  | 보온 상태 양호 / 불연제 결함 양호          |      |     |    |
| STRAINER 내부 이물질 제거   | ○  | STRAINER 내부 오래 제거             |      |     |    |
| STRAINER 내부 세척양 청소   | ○  | 세척양 상태 양호                     |      |     |    |
| 지류호 주변 정리  | ○  | 지류호 주변 정돈 실시 / 오래 및 이물질 제거 완료 |      |     |    |
| <b>반형 열교환기</b>   |    |                               |      |     |    |
| 점검내용   | 정상 | 불량                            | 특이사항 |     |    |
| 온도수 - 1차측 사입 확인  | ○  | 3kg/cm <sup>2</sup> 이내        |      |     |    |
| 배관 연결부 누수 점검   | ○  | 배관 연결부 누수 이상없음                |      |     |    |
| Plate 외부 누수 점검   | ○  | Plate 외부 누수 이상없음              |      |     |    |
| 조일물보 보온 측정   | ○  | 817.50K                       |      |     |    |
| 환열원 가스켓 점검   | ○  | 환열원 가스켓 이상없음                  |      |     |    |
| 액 온배 확인  | ○  | 이상없음 / 주류 내부 순환 제방 계획         |      |     |    |
| 반형 열교환기 점검   | ○  | 이상없음                          |      |     |    |
| * 액 온배가 확인 될 경우 순환열 (Plate) 보온 불능 확인한다. Stone Part 미요유로 인해 Plate 제거 시 온배(Plate) 비복합된 Plate를 총시제거하. 특수의 제조한다. |    |                               |      |     |    |
| <b>1차측 순환펌프</b>  |    |                               |      |     |    |
| 점검내용   | 정상 | 불량                            | 특이사항 |     |    |
| 온전 중 압력점검  | ○  | 6.8kg/cm <sup>2</sup> 이내      |      |     |    |
| 필트 진동 및 소음 점검  | ○  | 진동 및 소음 양호                    |      |     |    |
| 배관 연결부 누수 및 부식 점검  | ○  | 배관 연결부 누수 및 부식 이상없음           |      |     |    |

| 온배수 수열원 설비 유지보수 점검표 (2차점검)        |    |   | 일    | 담당  | 팀장 |
|-----------------------------------|----|---|------|-----|----|
| 2020년 12월 21일 월요일                 |    |   | 12   | 이종우 | 김민 |
| 점검사항                              | 상태 | 점검결과  |      |     |    |
| <b>히트펌프</b>                       |    |   |      |     |    |
| 점검내용                              | 정상 | 불량  | 특이사항 |     |    |
| 압축기 오일레벨 상태                       | ○  | 압축기 상태 양호   |      |     |    |
| 중입/토출 압력                          | ○  | 중입 : 10kg/cm <sup>2</sup> 이내 , 토출 : 35kg/cm <sup>2</sup> 이내 |      |     |    |
| 냉매배관 고정상태, 기밀 유지                  | ○  | 상태 양호   |      |     |    |
| 전선류 고정상태                          | ○  | 상태 양호   |      |     |    |
| 상간 점검 확인                          | ○  | 3상 380V±10% 이내  |      |     |    |
| 온전 중 진동, 소음 확인                    | ○  | 진동 및 소음 양호  |      |     |    |
| <b>2차측 순환펌프, 온실(A,B,C 등) 순환펌프</b> |    |   |      |     |    |
| 점검내용                              | 정상 | 불량  | 특이사항 |     |    |
| 온전 중 압력                           | ○  | 3kg/cm <sup>2</sup> 이내                                      |      |     |    |
| 필트 진동 및 소음                        | ○  | 진동 및 소음 양호  |      |     |    |
| 배관 연결부 누수 및 부식                    | ○  | 배관 연결부 누수 및 부식 이상없음   |      |     |    |
| STRAINER 청소                       | ○  | 필소 상태 양호  |      |     |    |
| STRAINER 보존제 및 불연제                | ○  | 보온 상태 양호 / 불연제 결함 양호  |      |     |    |
| STRAINER 내부 이물질 제거                | ○  | STRAINER 내부 오래 제거   |      |     |    |
| STRAINER 내부 세척양 청소                | ○  | 세척양 상태 양호   |      |     |    |
| 에어필트 작동 여부                        | ○  | 에어필트 작동 정상  |      |     |    |
| <b>제어반 및 분전함</b>                  |    |   |      |     |    |
| 점검내용                              | 정상 | 불량  | 특이사항 |     |    |
| 조명기구 정상 작동 확인                     | ○  | 상태 양호   |      |     |    |
| 합속부 열화, 변색 확인                     | ○  | 열화, 변색 이상없음   |      |     |    |
| 전선, 전류 제어기 확인                     | ○  | 3상 380V±10% 이내, 배전차단기 용량 확인시 이상없음                           |      |     |    |
| POWER SUPPLY 점검                   | ○  | 이상없음  |      |     |    |
| DEVICE 접속 상태                      | ○  | 이상없음  |      |     |    |

| 온배수 수열원 설비 유지보수 점검표 (2차점검) |    |                                   | 일    | 담당  | 팀장 |
|----------------------------|----|-----------------------------------|------|-----|----|
| 2020년 12월 21일 월요일          |    |                                   | 12   | 이종우 | 김민 |
| 점검사항                       | 상태 | 점검결과                              |      |     |    |
| <b>제어반 및 분전함</b>           |    |                                   |      |     |    |
| 점검내용                       | 정상 | 불량                                | 특이사항 |     |    |
| 조명기구 정상 작동 확인              | ○  | 상태 양호                             |      |     |    |
| 합속부 열화, 변색 확인              | ○  | 열화, 변색 이상없음                       |      |     |    |
| 전선, 전류 제어기 확인              | ○  | 3상 380V±10% 이내, 배전차단기 용량 확인시 이상없음 |      |     |    |
| POWER SUPPLY 점검            | ○  | 이상없음                              |      |     |    |
| DEVICE 접속 상태               | ○  | 이상없음                              |      |     |    |

| 온배수 수열원 설비 유지보수 점검표 (2차점검)        |    |   | 일    | 담당  | 팀장 |
|-----------------------------------|----|---|------|-----|----|
| 2020년 12월 21일 월요일                 |    |   | 12   | 이종우 | 김민 |
| 점검사항                              | 상태 | 점검결과  |      |     |    |
| <b>히트펌프</b>                       |    |   |      |     |    |
| 점검내용                              | 정상 | 불량  | 특이사항 |     |    |
| 압축기 오일레벨 상태                       | ○  | 압축기 상태 양호   |      |     |    |
| 중입/토출 압력                          | ○  | 중입 : 10kg/cm <sup>2</sup> 이내 , 토출 : 35kg/cm <sup>2</sup> 이내 |      |     |    |
| 냉매배관 고정상태, 기밀 유지                  | ○  | 상태 양호   |      |     |    |
| 전선류 고정상태                          | ○  | 상태 양호   |      |     |    |
| 상간 점검 확인                          | ○  | 3상 380V±10% 이내  |      |     |    |
| 온전 중 진동, 소음 확인                    | ○  | 진동 및 소음 양호  |      |     |    |
| <b>2차측 순환펌프, 온실(A,B,C 등) 순환펌프</b> |    |   |      |     |    |
| 점검내용                              | 정상 | 불량  | 특이사항 |     |    |
| 온전 중 압력                           | ○  | 3kg/cm <sup>2</sup> 이내                                      |      |     |    |
| 필트 진동 및 소음                        | ○  | 진동 및 소음 양호  |      |     |    |
| 배관 연결부 누수 및 부식                    | ○  | 배관 연결부 누수 및 부식 이상없음   |      |     |    |
| STRAINER 청소                       | ○  | 필소 상태 양호  |      |     |    |
| STRAINER 보존제 및 불연제                | ○  | 보온 상태 양호 / 불연제 결함 양호  |      |     |    |
| STRAINER 내부 이물질 제거                | ○  | STRAINER 내부 오래 제거   |      |     |    |
| STRAINER 내부 세척양 청소                | ○  | 세척양 상태 양호   |      |     |    |
| 에어필트 작동 여부                        | ○  | 에어필트 작동 정상  |      |     |    |
| <b>제어반 및 분전함</b>                  |    |   |      |     |    |
| 점검내용                              | 정상 | 불량  | 특이사항 |     |    |
| 조명기구 정상 작동 확인                     | ○  | 상태 양호   |      |     |    |
| 합속부 열화, 변색 확인                     | ○  | 열화, 변색 이상없음   |      |     |    |
| 전선, 전류 제어기 확인                     | ○  | 3상 380V±10% 이내, 배전차단기 용량 확인시 이상없음                           |      |     |    |
| POWER SUPPLY 점검                   | ○  | 이상없음  |      |     |    |
| DEVICE 접속 상태                      | ○  | 이상없음  |      |     |    |

■ 한국에너지공단의 수열분야 REC발급을 위한 공급설비 성능개선

- 수열분야 REC 설비인증을 위해 배관, 계측기기 유지보수 진행
- 한국에너지공단 신·재생에너지센터에서 요청하는 계측기기(온도, 유량, 전력량)의 위치 추가
- 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제12조 9항 등의 규정 『공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙(개정 2019.01.31. 18차)』에 의하면 공급인증서 발급 대상 설비(이하 "대상설비")란 신·재생에너지센터의 장이 공급인증서를 발급받을 수 있는 설비임을 확인하고 관리시스템에 등록한 설비를 말함.

## <수열에너지설비 시공 기준>

### 가. 설비의 적용범위

#### 1) 적용범위

본 기준은 수열에너지를 이용한 단위사업별 설비용량 17.5kW 초과 냉·난방설비 및 해수온도차에너지를 이용하는 기타 설비에 적용한다.

### 나. 해수 취수시설

#### 1) 취수·배수관

#### 2) 해수펌프

3) 해수의 안정된 공급을 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 설비를 설치하여야 한다.

4) 해수 간접열교환 방식일 경우 STS 또는 동등이상(방식능력) 재질의 해수열교환기를 설치하여야 한다.

### 다. 수열열펌프 유닛

#### 1) 사양

인증받은 설비를 설치하여야 한다. 다만, 인증대상설비가 아닌 경우에는 “KS B 8292~8294”에 따라 최소성능기준(COP) 등을 만족하는 시험결과가 포함된 시험성적서를 센터로 제출하고, 위원회 심의를 거쳐 센터의 장이 인정할 경우 사용할 수 있다.

2) 진동감쇄, 3) 유닛 구성요소, 4) 안전장치

### 라. 관련 부품 및 기기

1) 열펌프 유닛 및 탱크류 등은 기계실에 설치하여야 한다.

2) 팽창탱크

3) 순환펌프 관련 사항은 “5. 지열에너지설비 시공기준” 아.항을 준용한다.

4) 밸브류

5) 상태확인을 위한 계측기를 아래의 위치에 모두 설치하여야 한다.

### 마. 배 관

1) 기계실 배관의 배관지지대 및 볼트, U볼트 등 부속자재는 STS재질 또는 부식방지를 위한 절연재가 부착된 재질을 사용하여야 한다.

2) 배관은 보온하여야 하며, 관 및 이음쇠 부분에 누수가 없어야 한다.

3) 취수·배수관 및 열원·부하측 공급·환수관에는 배관명과 유체의 흐름방향을 표시하여야 한다.

4) 기계실 배관은 탱크(버퍼탱크, 축열조 등) 또는 헤더가 있는 경우 열펌프 유닛으로부터 유닛에서 가까운 탱크나 헤더까지의 연결부위를 적용범위로 한다.

### 바. 보온공사

1) 배관의 보온재 및 두께 기준, 배관마감 관련 사항은 “5. 지열에너지설비 시공기준” 차.항을 준용한다.

### 사. 전기설비

1) 규격, 2) 전기설비 시설

### 아. 수산양식 관련 사항

- 현재 수열 분야 REC 발급을 위한 1차 설비인증 현장 실사를 진행하였으며, 현 시스템 설비는 대상설비 사항을 모두 만족하는 것으로 확인됨.
- 하지만 한국에너지공단의 설비사항에 의하면 신에너지 및 재생에너지로 전력을 생산하는 발전사업자를 의미하나, 수열원의 경우 에너지 절감 시설로 현행 규칙에 적용하기엔 어려움이 있어, 추가 운영데이터 확보를 통해 설비인증, 규격사항, 현장점검, 발급량 등과 같은 세세한 협의를 진행 중에 있음.

**가. 한국에너지 관리공단 협의 쟁점 도출**

- 한국에너지관리공단 신재생에너지센터 『공고 제2019-1호 공급에너지 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙\_개정전문』 수열설비인증 검토
- 본 과제의 설비는 『농업·농촌 및 식품산업 기본법』제3조 제1호에 따른 농업과 『수산업·어촌 발전 기본법』제3조 제1호에 따른 어업용 에너지로 이용하기 위하여 공급하는 경우에 한하여 인정되므로 진행 절차 확인

**나. 『계량에 관한 법』에 따라 형식승인 및 검정 등을 받은 열계량 장치(열량계) 등을 설치하여 수요처 사용열량의 측정 모니터링이 가능하여야 함으로 열량계 추가 설치 및 모니터링시스템 구축 필요**

**다. 대상에너지 및 기준에 따른 공급인증서 가중치 검토는 아래와 같음**

| 구 분 | 공급인증서 가중치 | 참고사항                                  |
|-----|-----------|---------------------------------------|
| 수열  | 1.5       | ·발전량(MWh)=[공급 인정량(Gcal) × 0.1] ÷ 0.23 |

※ 공급 인정량(수용처 사용열량)을 발전량(MWh)으로 환산하여 공급인증서 발급

- 열생산용량 계산방법 [시행 2015.6.26.][산업통산자원부고시 제2015-123호, 2015.6.26.일부개정]
- 열교환기(증기보일러, 소각로, 폐열보일러 등의 열원을 이용하는 열교환기로서 온수를 생산하는 것을 말함), 온수보일러 및 열공급펌프의 경우에는 다음의 계산식과 같음.

**Q2 = (h2 - h1) x V - Q"**

Q2 는 열생산용량(kcal/h를 단위로 함)

h2 는 열교환기, 열공급펌프 또는 온수보일러 출구의 물의 엔탈피,  
즉 공급열매체의 엔탈피(Kcal/kg를 단위로 함)

h1 은 열교환기, 열공급펌프 또는 온수보일러 입구의 물의 엔탈피,  
즉 공급열매체의 엔탈피(Kcal/kg를 단위로 함)

V 는 가열된 물. 즉 공급열매체의 양(Kg/h를 단위로 함)

Q" 는 소내소비열량(자가공정용포함)(Kcal/h를 단위로 함)

**라. 진행 내용**

- 한국에너지관리공단 협의
- 제주대학교 - 시설온실 설비 이전 진행
- 설비인증을 위한 설비수정 및 통합모니터링 진행

- 1기계실 유지보수 점검



저류조



저류조 내부 준설작업



판형 열교환기1,2



1차측 순환펌프1,2



관로 7개소 중 5개소 누수점검



관로 7개소 중 5개소 누수점검

- 2기계실 유지보수 점검



히트펌프1,2



온실측 순환펌프 6개 작동점검



축열조 배관연결부 누수점검



압력센서(8개소) : pa01 ~ pa08



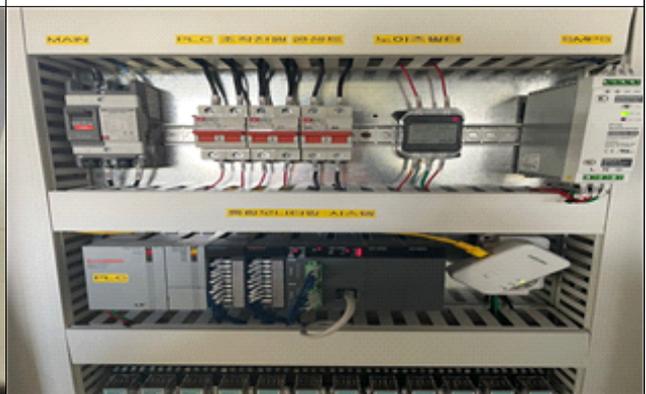
유량계(4개소) : f01 ~ f04



온도센서 350L(15개소) : ta01 ~ ta15



2기계실 시설온실 자동제어 통합모니터링 제어반



2기계실 시설온실 자동제어 통합모니터링 제어반

### 차. 농가 열량 공급량 확인을 위한 모니터링시스템 추가

(1) 온배수 열원 농가 열량 공급량 확인을 위한 통합모니터링 개발

- 1차 기계실 및 2차 기계실의 온배수, REC 발급량, 펌프 동작 모니터링의 사용자 활용매체 다각화 및 범용적 사용을 위한 시스템 접근성 강화 (PC, 모바일, 테블릿 등 시스템 접근성 개선)
- 사용자 편의성을 위한 인터페이스 개선 및 모바일 이미징 작업
- REC 가격동향, 기간별, REC, 공급·생산 열량, 신재생에너지 발전량을 제시하고 데이터 분석을 통해 운전기간의 경제성 분석을 진행함.
- 또한 데이터관리, 그래프와 같은 시각화 기능을 통해 비교분석, 고장 진단 등에 활용이 가능하도록 성능 개선을 하였음.

- 웹 기반, 모니터링시스템 메뉴 구성 및 콘텐츠

| 메뉴      | 컨텐츠 및 서비스                     | 비고    |
|---------|-------------------------------|-------|
| 사용자 로그인 | 관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인         | 로그인   |
| Main    | 메인페이지 및 전체 온배수 수열원 활용 계통도     | 메인페이지 |
| 제1기계실   | 1기계실 데이터 실시간 모니터링             | 서브페이지 |
| 제2기계실   | 2기계실 데이터 실시간 모니터링             | 서브페이지 |
| 관로      | 관로 내부 온배수 수열원 온도 데이터 실시간 모니터링 | 서브페이지 |
| REC     | REC 동향가격 및 REC 발급량 정보 제공      | 서브페이지 |
| 홍보영상    | 온배수 활용 온실 환경제어 기술개발 홍보영상      | 서브페이지 |
| 데이터 다운  | 온배수 수열원 전체 센서별 데이터 다운로드       | 서브페이지 |
| 알림      | 모니터링시스템 전체 알림                 | 서브페이지 |

- 사용자 로그인

|         |                              |
|---------|------------------------------|
|         |                              |
| 사용자 로그인 | 한국중부발전 제주발전본부 온배수 열원 모니터링시스템 |
| 1       | 농림축산식품부 공동연구개발 및 컨소시엄        |
| 2       | 관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인        |

※ 통합제어모니터링 시스템 매뉴얼은 부록 1.4 참조

(2) 온배수 활용 수열원 운영데이터 분석

- 개발된 모니터링시스템을 통하여 2020년 1월에서 4월까지 약 4개월간의 난방운영데이터를 통해 예상 전력사용량과 실제 한전에서 발부된 전력사용고지서 비교분석을 통해 신뢰도 검증을 진행하였음.
- 제1기계실, 제2기계실, 관로의 온도, 압력, 유량을 실시간으로 계측이 가능하며, 발전소 온배수의 열공급량과 농가에서 실제로 사용한 열량을 계산하기 위한 분석을 통해, 통합모니터링시스템 실시간 사용량, 누적사용량을 확인 가능함.

$$(f01 + f02) * 1000 * (ta01 - ta02) = \text{발전소 온배수 열 공급량}(kcal/h)$$

$$f04 * 1000 * (ta12 - ta11) = \text{농가 실제 사용 열량}(단위: kcal/h)$$

- 온배수 시스템을 통해 실증사이트의 2020-01-01 ~ 2020-03-31까지 난방운전에 대한 운영데이터는 아래 표와 같으며, 이때 평균 난방운전 C.O.P는 3.2, 농사용(을) 고압A 요금은 41.9원/KWh, 기본요금 390,830원, 전력기금 3.7%로 조건에서의 예상전기 사용료를 산출하였음.
- 실 사용량과 예측 사용량의 오차는 8.13%로 나타났으나, 실제 사용량은 당월 13일부터 익월 12일까지의 전력요금이 청구되고 있고, 예측 사용량은 열생산을 위한 히트펌프의 전력요금만 계산하였으나, 실제 청구는 전구, 천장계폐기 등등 기타 전력요금이 추가된 것으로 사료되어 5%미만의 오차율로 예상됨.

| 구분        | 생산열량 [ Mcal]   | 예상 전력량 [KWh]   | 실제 사용량 [KWh]   | 예상 전기료 [원]       | 실제 청구금액 [원]      |
|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| 2020-01   | 145,980        | 53,045         | 63,682         | 2,917,912        | 3,48,190         |
| 2020-02   | 120,544        | 43,802         | 41,280         | 2,477,586        | 2,358,690        |
| 2020-03   | 72,057         | 26,184         | 28,066         | 1,578,679        | 1,74,510         |
| <b>합계</b> | <b>338,581</b> | <b>123,031</b> | <b>133,028</b> | <b>6,974,177</b> | <b>7,132,930</b> |

계약 종합정보 내역

DATE: 2020/12/07

TIME: 15:48:44

(전압 : 고압)

■ 고객 및 계약정보

|      |              |       |     |       |              |       |               |
|------|--------------|-------|-----|-------|--------------|-------|---------------|
| 계약번호 | 08-0419-8310 | 고객명   | 박경근 | 전화번호  | 064-784-**** | 휴대폰번호 | 010-5285-**** |
| 저고압  | 고압           | 변대주번호 |     | 인입주번호 | 원당지31R34     |       |               |

|        |   |                  |                   |      |                       |        |                    |
|--------|---|------------------|-------------------|------|-----------------------|--------|--------------------|
| 사업소    | 제주본부직할                                    | 검침일              | 19 일              | 납기일  | 10 일                  | 주민등록번호 | *****              |
| 계약상태   | 휴지  | 계약종별             | 431 농사용(을)<br>고압A | 계약전력 | 600 kW                | 공급방식   | 삼상4선<br>(22.9kV-y) |
| 신설일    | 1996-12-13                                | 해지일              |                   | 상호   |                       |        |                    |
| 주소     | 제주특별자치도 제주시 조천읍 신촌리 3224-2                |                  |                   |      |                       | 공동주택명  |                    |
| 지불지주소  | 제주특별자치도 제주시 조천읍 원당북로 146 (조천읍 신촌리 3309-2) |                  |                   |      |                       | 공동주택명  |                    |
| 용도     | 농사용                                       | 기구수<br>(TV등록/고지) | 0(1/1)            | 계기번호 | 05142026613           | 계기배수   | 480                |
| 검침원/분구 | 고오봉/19060                                 | 주생산품             | 비닐은실              | 산업분류 | 01159/기타 시설<br>작물 재배업 | 보증설정금액 | 0 원                |

|         |    |        |        |           |           |            |                  |
|---------|----|--------|--------|-----------|-----------|------------|------------------|
| 2020-05 | 정상 | 733.31 | 21,782 | 1,439,440 | 1,439,440 | 2020-06-10 | 32 실시간자동이체(세물뱅크) |
| 2020-04 | 정상 | 687.93 | 28,066 | 1,724,510 | 1,724,510 | 2020-05-11 | 32 실시간자동이체(세물뱅크) |
| 2020-03 | 정상 | 629.46 | 41,280 | 2,358,690 | 2,358,690 | 2020-04-10 | 32 실시간자동이체(세물뱅크) |
| 2020-02 | 정상 | 543.46 | 63,632 | 3,484,190 | 3,484,190 | 2020-03-10 | 32 실시간자동이체(세물뱅크) |
| 2020-01 | 정상 | 410.79 | 49,771 | 2,817,380 | 2,817,380 | 2020-02-10 | 32 실시간자동이체(세물뱅크) |

- 2020-01-01 ~ 2020-03-31 기간동안 본 시스템의 생산열량을 경유보일러로 사용하였다고 가정하였을 때, 3개월간의 난방운전비용은 49,686,939원으로 42,554,009원의 운전비용 절감을 보였음.  
→ 경유 보일러의 효율은 90%, H.H.V는 9,010kca, 리터(L)당 1,190원으로 계산하였음.

| 구분        | 생산열량 [Mcal]    | 연료 사용량 [L]    | 경유 운전비용 [원]       |
|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| 2020-01   | 145,980        | 18,002        | 21,422,642        |
| 2020-02   | 120,544        | 14,865        | 17,689,895        |
| 2020-03   | 72,057         | 8,886         | 10,574,403        |
| <b>합계</b> | <b>338,581</b> | <b>41,754</b> | <b>49,686,939</b> |

- 한국에너지공단 신재생에너지센터 고시의 열생산용량<sup>2)</sup> 계산방법으로 운전 기간동안 220.8REC로 산출되었으며, 가중치는 1.5, REC 가격은 4만원으로 계산하였을 경우 8,832,548원의 REC수익이 발생할 것으로 예상함.
- 3개월간 사용된 전기요금과 예상 REC수익, 유지보수 비용 등을 고려하였을 때, REC만의 경제성은 없는 것으로 판단되나, 유류비 절감비용, 에너지, 탄소 저감 비용등을 고려하였을 때 환경적, 미래적 가치는 있을 것으로 판단되나, 한국에너지공단의 수열원 REC의 산출방법, 가중치 등 다양한 관점에서의 논의가 필요할 것으로 보임.

2)한국에너지공단 신재생에너지센터 [시행 2015.6.26.][산업통상자원부고시 제2015-123호, 2015.6.26.일부개정]

| 구분      | 생산열량 [Mcal]    | 변환 전력량 [KWh]   | 신재생에너지 발전량 [MWh] | REC 발전량×1.5(가중치) |
|---------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| 2020-01 | 145,980        | 169,744        | 63,470           | 95.2             |
| 2020-02 | 120,544        | 140,167        | 52,410           | 78.6             |
| 2020-03 | 72,057         | 83,787         | 31,329           | 47               |
| 합계      | <b>338,581</b> | <b>393,699</b> | <b>147,209</b>   | <b>220.8</b>     |

(3) 사회적가치·환경경영·기후변화 대응

- 한국중부발전 제주발전본부의 미활용 온배수를 활용하여 발전소 인근의 시설온실의 냉·난방 에너지로 활용하고 결과를 바탕으로 한국 중부발전의 사회적가치·환경경영·기후변화 대응전략을 수립하였음.
- 한국 중부발전은 온실가스 감축의무를 달성하기 위해 기후변화 중장기 대응전략을 수립하여 적극 추진하고 있으며 신기후체제 출범에 따라 2030년까지 배출전망치(BAU) 대비 31.2% 감축목표 수립
- 본 사의 신사업의 분야는 다섯 가지로 각각 『폐자원을 활용한 신재생 연료자원 개발 및 운영』, 『이산화탄소 포집·저장 및 이용 기술개발』, 『고효율 발전소 운영을 통한 온실가스 감축 달성』, 『해외 신재생에너지 사업 개발 및 운영』, 『발전소 부설(온배수·석탄재·CO<sub>2</sub>) 산업별 맞춤형 재활용 사업』으로 에너지절감, 탄소저감을 통해 신성장 동력과 글로벌 경쟁력을 확보하고자 함.

(4) IoT 및 빅데이터 기반의 온배수를 활용한 Eco-Farm 보급 사업 신설 및 추진

- 본 연구과제의 『탄소경영체제구축에는 기후대응 네트워크 구축 및 R&D 성과공유』, 『기후신기술 확보에는 전력부하 최소화 시스템 및 신재생에너지 기술개발』 라는 성과를 바탕으로 발전소 온배수 농업분야 맞춤형 재활용 사업을 신설하였으며 『농업분야의 Eco-Farm 개발 - IoT기반 신개념 스마트 온실시스템개발·보급』을 통해 제주지역 감귤농장 등 15건의 사업을 선정하고 5년간 에너지절약형 히트펌프를 보급해 배출권거래제와 연계한 온실가스 감축 실적을 정부로부터 인증받고자 함.

카. 목표달성을 위한 업무협약 및 전략수립

| 구분   |         | 업무추진내용  |
|--|---------|---|
| 과실 성숙도 확인  |         | ▶ 과실 내부 색 변화 확인   |
| 업무 추진 개요   | 일 시     | 2020년 2월 15일  |
|  | 장 소     | 제주대학교 감귤화훼센터 연구실  |
|  | 참 석 자   | 제주대 및 ㈜인터텍 참여연구원  |
|  | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수확한 블러드오렌지의 내부 색 변화를 관찰하기 위해 절단하여 관찰함.</li> <li>• 내부 색이 블러드오렌지만큼 빨강지 않음을 확인함.</li> </ul> |
|    |         |   |
| 구분   |         | 업무추진내용  |
| 온실 점검 및 과실 생육상태 확인   |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 시설온실 방문 및 장치 점검</li> <li>▶ 과실 생육상태 점검</li> </ul>   |
| 업무 추진 개요   | 일 시     | 2020년 2월 15일, 2020년 2월 26일  |
|  | 장 소     | 제주시 조천읍 신촌리 3224-2 시설온실   |
|  | 참 석 자   | 제주대학교 참여연구원, ㈜인터텍, 시설농가   |
|  | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실 장치 정상 작동 점검</li> <li>• 수확된 과실 생육상태 확인</li> </ul>                                      |
|  |         |   |

| 구분       | 업무추진내용            |   |
|----------|-------------------|---|
| 과실 측정 실험 | ▶ 과실 당산도 측정 실험 진행 |   |
| 업무 추진 개요 | 일 시               | 2020년 5월 21일, 5월 26일, 5월 29일, 6월 1일   |
|          | 장 소               | 제주대학교 감귤화훼센터 연구실  |
|          | 참 석 자             | 제주대 및 (주)인터텍 참여연구원  |
|          | 업무추진 내용           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2차년도에 수확한 과실의 당산도를 측정함.</li> <li>• 당도를 높이고 산도를 낮추는 방안을 모색함. (생육주기에 따른 CO<sub>2</sub> 농도 등 조절)</li> </ul> |



| 구분          | 업무추진내용                        |   |
|-------------|-------------------------------|---|
| 온실 과수 생장 측정 | ▶ 블러드오렌지 생육 상태를 측정하기 위해 온실 방문 |   |
| 업무 추진 개요    | 일 시                           | 2020년 6월 3일, 6월 18일, 7월 16일, 8월 19일, 9월 18일, 10월 23일, 11월 20일, 11월 20일, 12월 18일, 2021년 1월 18일 |
|             | 장 소                           | 제주시 조천읍 신촌리 3224-2 시설온실   |
|             | 참 석 자                         | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍, 시설농가   |
|             | 업무추진 내용                       | • 버니어캘리퍼스를 통한 각 나무군 블러드오렌지의 가로, 세로 길이 측정  |



| 구분        | 업무추진내용                    |   |
|-----------|---------------------------|---|
| 잎 생육정보 측정 | ▶ 블러드오렌지 잎의 생육정보 측정 실험 진행 |   |
| 업무추진개요    | 일시                        | 2020년 6월 22일, 8월 19일, 10월 26일   |
|           | 장소                        | 제주대학교 감귤화훼센터 연구실  |
|           | 참석자                       | (주)인터텍  |
|           | 업무추진 내용                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 블러드오렌지 나뭇잎의 가로, 세로, 엽면적 치수 측정함.</li> <li>• 측정한 치수를 그래프화 하여 비교 분석 진행함.</li> </ul> |



| 구분             | 업무추진내용                          |  |
|----------------|---------------------------------|--|
| 3차년도 과실 데이터 측정 | ▶ 수확한 과실의 색, 당산도, 생육상태 확인 실험 진행 |  |
| 업무추진개요         | 일시                              | 2021년 1월 28일 ~ 2월 4일   |
|                | 장소                              | 제주대학교 감귤화훼센터 연구실   |
|                | 참석자                             | 제주대학교 참여연구원, (주)인터텍  |
|                | 업무추진 내용                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 당산도 측정, 색깔 비교, 크기 비교를 통해 전년도 과실과 비교 데이터를 분석함.</li> <li>• 전년도에 비해 색깔이 붉고, 당도가 증가한 것을 확인함.</li> </ul> |



| 구분       |         | 업무추진내용  |
|----------|---------|---|
| 전략 수립    |         | ▶ 온배수 재이용설비 무상 양도양수 계약 체결   |
| 업무 추진 개요 | 일 시     | 2020년 3월 31일  |
|          | 참 석 자   | 한국중부발전 제주발전본부(백○우 차장, 김○룡 주임)<br>제주대학교(현○택 교수, 김○영 연구원)   |
|          | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>온배수 재이용설비 무상 양도양수 계약 체결</li> <li>한국에너지기술평가원의 지원으로 제주대학교에서 수행한 에너지기술개발 사업의 성과물인 "온배수 재이용설비"에 대하여 한국중부발전(주) 제주발전 본부로 무상 양도하고자 계약 체결</li> <li>양도자 제주대학교 산학협력단, 양수자 중부발전 제주발전본부</li> </ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p>제주대학교</p> <p>산학협력단장</p> | <p><b>온배수 재이용설비 무상 양도양수계약서</b></p> <p>제주대학교 산학협력단(이하 "양도자")과 제주대학교 산학협력단(이하 "양수자")은 양수자가 양도자의 온배수 재이용설비(이하 "설비")를 무상으로 양도받기 위하여 양도자와 양수자 사이에 체결하기로 합의하고, 양도자와 양수자 사이에 체결하기로 합의한 사항을 계약서로 작성하여 양수자에게 양도한다.</p> <p>본 계약에서 "양수자"란 양도자의 산학협력단(이하 "협력단")을 의미한다.</p> <p>"양수자"란 양도자의 산학협력단(이하 "협력단")을 의미한다.</p> <p>본 계약에서 "양수자"란 양도자의 산학협력단(이하 "협력단")을 의미한다.</p> <p>본 계약에서 "양수자"란 양도자의 산학협력단(이하 "협력단")을 의미한다.</p> | <p>본 계약에서 "양수자"란 양도자의 산학협력단(이하 "협력단")을 의미한다.</p> |
|--|--|--|

| 구분       |         | 업무추진내용   |
|----------|---------|--|
| 업무 추진    |         | ▶ 삼양 온실 천장개폐설치   |
| 업무 추진 개요 | 일 시     | 2020년 6월 29일 ~ 2020년 6월 30일(예정)  |
|          | 장 소     | 제주시 조천읍 신촌리 3224-2 시설온실  |
|          | 참 석 자   | (주)인터텍   |
|          | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>삼양 온실 실증사이트에 자동 천장개폐설치</li> </ul> |





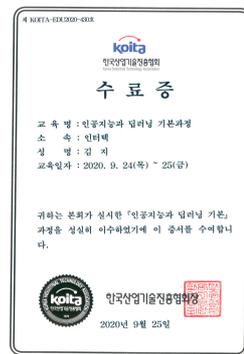
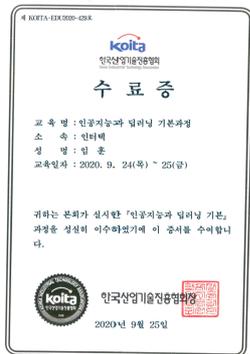
| 구분       |         | 업무추진내용  |  |
|----------|---------|---|--|
| 업무 협의    |         | ▶ 모니터링 웹 페이지 전면 수정 및 개편   |  |
| 업무 추진 개요 | 일 시     | 2020년 9월 14일  |  |
|          | 장 소     | (주)인터텍 기업부설연구소  |  |
|          | 참 석 자   | (주)인터텍 (오○석 차장, 김○지 선임연구원)<br>제주대학교 (현○택 교수, 김○영 연구원)   |  |
|          | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>모니터링 웹페이지 전면 수정을 위한 회의</li> <li>기존 사용하고 있던 모니터링 웹 페이지를 가시성을 더 높이기 위한 수정 사항 논의</li> </ul> |  |



| 구분 |  | 교육내용 |  |
|----|--|------|--|
|----|--|------|--|

|       |  |               |  |
|-------|--|---------------|--|
| 전략 수립 |  | ▶ 인공지능 딥러닝 교육 |  |
|-------|--|---------------|--|

|       |       |   |  |
|-------|-------|---|--|
| 교육 개요 | 일 시   | 2020년 9월 24일 ~ 2020년 9월 25일   |  |
|       | 교육 장소 | 한국산업기술진흥협회  |  |
|       | 참 석 자 | (주)인터텍 (임○훈 연구소장, 김○지 선임연구원)  |  |
|       | 교육 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>한국산업기술진흥협회에서 주최한 인공지능과 딥러닝 기본 교육 수료</li> </ul> |  |



| 구분             | 업무추진내용           |   |
|----------------|------------------|---|
| 과제 참여          | ▶ 한국생산기술연구원 용역과제 |   |
| 업무<br>추진<br>개요 | 일 시              | 2020년 11월 13일   |
|                | 참 석 자            | 제주대학교 참여연구원   |
|                | 업무추진 내용          | <ul style="list-style-type: none"> <li>한국생산기술연구원에서 발주한 용역 과제 참여 논의</li> <li>제주지역 현안문제 분석 및 본부 대표기술 도출 방안 마련을 위한 과제 참여</li> <li>제주지역 신재생에너지 이슈 및 미활용에너지 도입 현황 분석</li> <li>분석 내용을 바탕으로 한 미활용 에너지 활성화 방안 제시</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
| <p>제주지역 현안문제 분석 및<br/>제주본부 대표기술 도출방안 마련</p> <p>2020. 11.</p>  | <p>제 출 문</p> <p>한국생산기술연구원 제주본부 귀하</p> <p>본 보고서를 『제주지역 현안문제 분석 및 제주본부 대표기술 도출방안 마련』 용역 최종보고서로 제출합니다.</p> <p>2020년 11월 13일</p> <p>제주대학교교장학박명현</p> <p>연구책임자 제주대학교 기계공학전공 교수 권영택<br/>공동연구원 제주대학교 기계공학전공 교수 이교철<br/>보조연구원 제주대학교 기계공학전공 석사 김대영<br/>보조연구원 제주대학교 기계공학전공 석사 김홍우</p> |
|--|--|

| 구분             | 업무추진내용                     |  |
|----------------|----------------------------|--|
| 전략 수립          | ▶ 그린뉴딜 사업화 확장을 위한 적용사이트 방문 |  |
| 업무<br>추진<br>개요 | 일 시                        | 2020년 11월 24일  |
|                | 장 소                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>소길리 타운하우스</li> <li>카멜리아힐</li> </ul>   |
|                | 참 석 자                      | (주)인터텍 참여연구원, 제주대학교 참여연구원  |
|                | 업무추진 내용                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>그린뉴딜 사업화 실증사이트 선정을 위한 적용사이트 방문</li> <li>실증사이트 선정을 위해 논의 중인 소길리 타운하우스 방문</li> <li>실증사이트 선정을 위해 논의 중인 카멜리아힐 방문</li> </ul> |



| 구분    | 업무추진내용   |
|-------|--|
| 업무 협의 | ▶ 중부발전 설비 정비 시행에 따른 온배수 공급 중단 협조 요청<br>(발전설비 공통정지에 따른 온배수 공급중단 공문) |

|          |         |   |
|----------|---------|---|
| 업무 추진 개요 | 일 시     | 2020년 11월 25일 ~ 2021년 1월 8일   |
|          | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>발전설비 공통정지에 따른 온배수 공급중단 공문</li> <li>한국중부발전 제주발전본부 기력 2, 3호기 공통설비 정비 시행으로 인한 온배수 공급중단</li> </ul> |

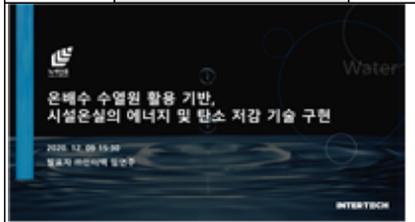
**한국중부발전**  
수신 수신자 번호 (영문)  
본 국 발전설비 공통정지에 따른 온배수 공급중단 일장 알림

**제주발전본부**  
주요사항: 제주발전본부(신재생에너지) 신재생에너지부



| 구분    | 업무추진내용             |
|-------|--------------------|
| 전략 수립 | ▶ 녹색기술인증 발표평가(온라인) |

|          |         |   |
|----------|---------|---|
| 업무 추진 개요 | 일 시     | 2020년 12월 9일  |
|          | 장 소     | 인터텍 연구소   |
|          | 참 석 자   | ㈜인터텍 임○주 대표이사   |
|          | 업무추진 내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>코로나19로 인한 녹색기술인증 온라인 발표평가</li> <li>온배수 수열원 활용 기반, 시설온실의 에너지 및 탄소 저감 기술 구현 발표</li> <li>수열원 및 IoT를 적용한 그린농업 히트그리드 실증과 확산모델 개발</li> </ul> |



# 제 3 장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 제 1 절. 목표 달성도

### 1. 목표 달성도

(단위 : 건수, 백만원, 명)

| 성<br>목<br>과<br>표 | 사업화 지표    |      |      |                  |     |     |        |     |      |      | 연구기반 지표 |      |      |            |      |      |            |          |                    |          |
|------------------|-----------|------|------|------------------|-----|-----|--------|-----|------|------|---------|------|------|------------|------|------|------------|----------|--------------------|----------|
|                  | 지식<br>재산권 |      |      | 기술<br>실시<br>(이전) |     | 사업화 |        |     |      |      | 기술인증    | 학술성과 |      |            | 교육지도 | 인력양성 | 정책<br>활용홍보 |          | 기타<br>(타연구<br>활용등) |          |
|                  | 특허출원      | 특허등록 | 품종등록 | 건수               | 기술료 | 제품화 | 매출액    | 수출액 | 고용창출 | 투자유치 |         | SCI  | 비SCI | 논문<br>SC I |      |      | 학술발표       | 정책<br>활용 |                    | 홍보<br>전시 |
|                  |           |      |      |                  |     |     |        |     |      |      |         |      |      |            |      |      |            |          |                    |          |
| 단위               | 건         | 건    | 건    | 건                | 백만원 | 건   | 백만원    | 백만원 | 명    | 백만원  | 건       | 건    | 건    | 건          | 명    | 건    | 건          |          |                    |          |
| 가중치 (%)          | 10        | 10   |      | 10               |     | 10  | 10     | 5   | 10   |      | 5       |      |      | 10         |      |      | 10         | 10       |                    |          |
| 최종<br>목표         | 3         | 3    |      | 1                |     | 2   | 13,000 | 200 | 7    |      | 3       |      | 3    | 4          |      |      | 4          | 1        |                    |          |
| 1차년도             | 목표        |      |      |                  |     |     |        |     | 1    |      |         |      |      |            |      |      |            |          |                    |          |
|                  | 실적        |      |      |                  |     |     |        |     | 2    |      |         | 1    |      |            |      |      |            |          |                    |          |
| 2차년도             | 목표        | 2    |      |                  |     |     |        |     | 2    | 1    |         | 1    | 2    |            |      |      |            | 1        |                    |          |
|                  | 실적        | 2    |      |                  |     |     | 74     |     | 2    | 0    |         | 0    | 4    | 1          |      | 1    |            | 1        |                    |          |
| 3차년도             | 목표        |      | 1    |                  | 1   | 1   | 3,000  |     |      | 1    |         |      | 1    |            |      |      | 1          |          |                    |          |
|                  | 실적        |      | 1    |                  | 2   | 1   | 1,500  |     |      | 3    |         | 1    | 1    | 1          |      |      | 2          | 1        |                    |          |
| 목표 소계            |           | 2    | 1    |                  | 1   | 1   | 3,000  |     | 3    | 2    |         | 1    | 3    |            |      |      | 1          | 1        |                    |          |
| 실적 소계            |           | 2    | 1    |                  | 2   | 1   | 1,574  |     | 4    | 3    |         | 2    | 5    | 2          |      | 1    | 2          | 2        |                    |          |
| 종료 1차년도          |           |      | 1    |                  |     |     | 1,000  |     |      |      |         |      |      |            |      |      |            | 1        |                    |          |
| 종료 2차년도          |           |      |      |                  |     | 1   | 1,500  |     |      | 1    |         | 1    |      |            |      |      |            |          |                    |          |
| 종료 3차년도          |           | 1    |      |                  |     |     | 2,000  | 100 | 2    |      |         |      | 1    |            |      |      |            | 1        |                    |          |
| 종료 4차년도          |           |      | 1    |                  |     |     | 2,500  |     |      |      |         |      |      |            |      |      |            | 1        |                    |          |
| 종료 5차년도          |           |      |      |                  |     |     | 3,000  | 100 | 2    |      |         | 1    |      |            |      |      |            |          |                    |          |
| 목표 소계            |           | 1    | 2    |                  |     | 1   | 10,000 | 200 | 4    | 1    |         | 2    | 1    |            |      |      | 3          |          |                    |          |
| 목표 합계            |           | 3    | 3    |                  | 1   | 2   | 6,000  | 300 | 7    | 3    |         | 3    | 4    |            |      |      | 4          | 1        |                    |          |

## 2. 목표 달성여부

### 가. 사업수행기간 내 성과지표 달성여부

| 성과목표           | 비중(%)      | 달성도(%)    | 달성내용  |
|----------------|------------|-----------|---|
| 특허출원 - 2건      | 10         | 100       | <b>특허출원 2건</b><br>- 2차년도 특허출원(2건) : 에너지 공급 시스템, 순환신경망을 이용한 온실내부 환경제어 기술   |
| 특허등록 - 1건      | 10         | 100       | <b>특허등록 1건</b><br>- 3차년도 특허등록(1건) : 에너지 공급 시스템  |
| 기술이전 - 1건      | 10         | 100       | <b>기술이전 2건</b><br>- 2차년도 제주대학교에서 한국중부발전으로 개발 시설물 기술이전(기부체납) 진행 중<br>- 3차년도 기술이전(2건) : 제주대학교에서 인터텍으로 특허권 이전          |
| 제품화 - 1건       | 10         | 100       | <b>제품화 1건</b><br>- IoT 및 빅데이터 기반 시설온실 통합환경 모니터링시스템  |
| 매출액 - 3,000백만원 | 10         | 52.5      | <b>매출액 1,574백만원</b><br>- 2차년도 매출액 : 74백만원<br>- 3차년도 매출액 : 1,500백만원  |
| 수출액 - 200백만원   | 5          | 100       | - 사업종료 후 5년 이내  |
| 고용창출 - 3명      | 10         | 100       | <b>고용창출 4명</b><br>- 1차년도 고용창출(2명) : 오○석, 정○윤<br>- 2차년도 고용창출(2명) : 김○택, 김○택  |
| 기술인증 - 2건      | 5          | 100       | <b>기술인증 3건, 진행 중 1건</b><br>- 2차년도 REC 인증발급 기술이전 협의 중<br>- 3차년도 기술인증(3건) : 녹색기술인증, 소프트웨어품질인증, 지식재산경영인증               |
| 논문 - 1건        | -          | -         | <b>논문 2건</b><br>- 1차년도 논문(1건) : 시설원예용 난방온실의 온열환경 분석에 관한 연구<br>- 3차년도 논문(1건) : 발전소 온배수 난방시스템을 적용한 아열대과수의 생육정보에 대한 연구 |
| 교육지도           | -          | -         | <b>교육지도 2건</b><br>- 1차년도(1건) : R을 활용한 Data Analysis 교육<br>- 2차년도(1건) : R을 활용한 예제 중심의 데이터 분석 실습과정                    |
| 정책활용           | -          | -         | <b>정책활용 1건</b><br>- 2차년도 정책활용 및 연계(1건) : 제주도 미활용 에너지원(온배수, 지열 등) 활용 방안  |
| 학술발표 - 3건      | 10         | 100       | <b>학술발표 5건</b><br>- 2차년도 학술발표(4건) : 한국농업기계학회, 한국에너지학회, 한국신재생에너지학회, 한국지열에너지학회<br>- 3차년도 학술발표(1건) : 한국신재생에너지학회        |
| 홍보전시 - 1건      | 10         | 100       | <b>홍보전시 2건</b><br>- 3차년도 그린뉴딜 관련 기술세미나 홍보전시(2건)   |
| 기타(타연구활용) - 1건 | 10         | 100       | <b>타 연구활용 2건</b><br>- 2차년도 타 연구활용(1건) 농림부R&D<br>- 3차년도 타 연구활용(1건) 그린뉴딜R&D   |
| <b>합 계</b>     | <b>100</b> | <b>95</b> |   |

### 나. 세부 성과달성에 대한 자료

- 세부 성과에 대한 자료는 부록 2 참조

### 3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책

#### 가. 사업화 매출액

| 목표       | 성과       | 달성도   |
|----------|----------|-------|
| 3,000백만원 | 1,574백만원 | 52.5% |

- 기존 사업화 매출액은 3,000백만원으로 목표하였지만 코로나19 영향으로 인한 시장 판로 개척의 어려움으로 인하여 목표하였던 매출액의 52.5%인 1,574백만원을 달성함.
- 사업 종료 후 본 과제에서 개발된 IoT 및 빅데이터기반 시설온실 통합환경제어시스템 보급 확산을 위해 그린뉴딜 R&D과제와 연계하여 실증사이트 인근 시설농가에 수열원 및 IoT 활용기술을 보급하여 그린농업 히트그리드 실증과 확산 계획
- 또한 개발 원천기술을 통하여 제품화된 IoT 통합제어모니터링 시스템으로 농·어업 및 축산업에 보급확대, 환경감시분야(환경감시 바이오/화학 센서 시스템)에 신산업 창출 및 사업화 계획
- 참여기업 (주)한국중부발전 제주본부에서 『농업분야의 Eco-Farm 개발 - IoT기반 신개념 스마트 온실시스템개발·보급』을 통해 제주지역 감귤농장 등 15건의 사업을 선정하고 5년간 에너지절약형 히트펌프를 보급해 배출권거래제와 연계하여 사업화 계획



**그린뉴딜 프로그래밍 성장전략서 (R&D 분야)**

주요사업명: 스마트온실 IoT 통합환경제어시스템 개발·보급

사업기간: 2020.10.01 ~ 2023.09.30

사업예산: 1,562.5백만원

주요사업내용: 스마트온실 IoT 통합환경제어시스템 개발·보급

주요사업효과: 스마트온실 IoT 통합환경제어시스템 개발·보급

주요사업담당: (주)한국중부발전 제주본부



**중소기업 기술개발사업 협약서**

□ 사업명: 중소기업기술혁신개발사업(시장확대형)

□ 과제명: 수열원 및 IoT를 적용한 그린농업 히트그리드 실증과 확산모형 개발

□ 총 기술개발기간: 2020년 10월 01일 ~ 2023년 09월 30일 (총 36개월)

□ 총 기술개발사업비

| 구분                    | 정부출연금     | 민간투자금  |         | 합계        |
|-----------------------|-----------|--------|---------|-----------|
|                       |           | 현금     | 신용      |           |
| 2020.10.01~2023.09.30 | 1,250,000 | 31,250 | 281,250 | 312,500   |
|                       |           |        |         | 1,562,500 |

(단위: 천원)

TIPA 중소기업기술정보진흥원

**그린뉴딜 유망기업 100 선정서**

주식회사 인어택  
대표이사 임 주

귀사는 녹색산업을 선도할 유망 중소기업으로서, 기후변화와 환경위기에 적극 대응하고 신성장동력 창출에 기여할 그린뉴딜 유망기업 100으로 선정합니다.

2020년 11월 3일

중소벤처기업부      환경부

## 제 4 장. 연구결과의 활용 계획 등

### 제 1 절. 시장 현황 및 전망

#### 1. 수열에너지 시장 현황 및 전망

##### ■ 국내 수열에너지 시장 및 선진국대비 기술 수준

- 국내 수열에너지 적용 기술은 선진국 대비 80%의 기술수준과 기술격차는 3년가량으로 조사됨.
- 국내 최고기술수준은 한국수자원공사인 K-water의 기술력이 가장 우수한 것으로 평가됨. (출처 : K-water 기술수준 평가 총괄보고서)
- 국내 수열에너지 및 열교환기, 히트펌프를 활용한 기술개발과 활용사례는 해수, 광역상수도, 지하수열을 활용한 건물냉난방이 다수에 해당하며, 제로에너지하우스 및 녹색건축물 적용과 시설온실, 양식장 등의 가온설비에 주로 활용하는 것으로 조사됨.

| 국내 수열원별 기술개발적용 사례 |                    |        |           |
|-------------------|--------------------|--------|-----------|
| 구분                | 시설명                | 용량(RT) | 적용 및 준공년도 |
| 하천수 및 지하수         | 서울 롯데월드타워 수열냉난방시스템 | 3,000  | 2014      |
|                   | 낙동강 화훼단지           | 4      | 2000      |
| 해수                | 부산 롯데타운 수열냉난방시스템   | 1,600  | 2015      |
|                   | 여수엑스포 주제관          | 230    | 2012      |

##### ■ 국외 기술수준 및 시장현황

- 수열에너지 국외 기술수준은 미국과 일본이 공동으로 최고 기술 보유국으로 평가되며, 캐나다의 Enwave기업의 기술수준이 가장 높은 것으로 평가됨. (출처 : K-water 기술수준 평가 총괄보고서)
- 일본, 유럽, 북미 등 기술선진국에서 수열에너지를 활용하여, 하천수는 냉난방으로 심층호소수는 냉방전용으로 활용하고 있음. 수열에너지 적용기술에 대한 특허는 미국에서 가장 많이 보유하고 있으며, 다음으로 유럽과 일본에서 지식재산권으로 확보하고 있는 것으로 조사됨.

| 국외 수열원별 기술개발적용 사례 |  |        |           |
|-------------------|--|--------|-----------|
| 구분                | 시설명  | 용량(RT) | 적용 및 준공년도 |
| 하천수 및 지하수         | [일본] 하코자키(Hakozaki) 지구 열공급센터                 | 4,800  | 1989      |
|                   | [일본] 오사카(Osaka) Amenity Park 냉난방 공급          | 3,000  | 1996      |
|                   | [프랑스] 세느강 이용 냉난방 공급                          | 42,000 | 1991      |
| 호소수               | [미국] 코넬대학 Lake Source Cooling System         | 20,000 | 2000      |
|                   | [캐나다] Enwave사 Deep Lake Water Cooling System | 75,000 | 2004      |

■ 스마트팜 국내의 기술현황

- 현재 시설원예와 축산분야를 중심으로 스마트팜을 추진하고 있으며 이미 스마트팜을 도입한 농가는 생산성과 효율성 향상 등의 효과가 입증되고 있음.

| 구분 | 내부온도(°C)   | 추진 내용  |
|----|------------|--|
| 생산 | 시설원예 환경제어  | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 센싱기반 시설물 제어 및 성장환경 관리</li> <li>- 환경센서 : 온·습도, CO<sub>2</sub>, pH, LED</li> <li>- 시설센서 : 정전센서, 창문, 차양, 환풍기 등</li> </ul>                      |
|    | 지능형 축사관리   | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 센싱기반 축사환경 제어 및 사양·질병관리</li> <li>- 환경 및 시설센서: 온습도, 암모니아, CCTV 등</li> <li>- Web 기반 cloud서비스</li> </ul>  |
| 유통 | 산지유통센터 ERP | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 유통센터 경영 및 생산·가공·유통 관리</li> <li>◦ POS-Mall 및 가상스토어를 통한 농산물 전자거래</li> <li>- ERP(입고-선별-가공-포장-저장-출하)</li> <li>- SCM(수발주), POS, NFC 등</li> </ul> |
| 소비 | 식재료 안심유통   | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 학교급식 등 식재료 안전·안심 정보 모니터링</li> <li>◦ 생산/가공/유통 이력·인증정보 제공</li> <li>- RFID 기반 이력추적관리(Farm 2 Table)</li> </ul>                                  |
| 농촌 | u-농촌관광     | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 농촌관광(체험정보, 주말농장, 문화, 축제 등)</li> <li>- GIS/GPS기반 위치정보 서비스</li> <li>- 문화재, 관광지 등 화재센서 서비스</li> </ul>  |

- 1세대가 원격관리를 통한 노동력 부족을 해결하기 위한 것이었다면 2세대는 생산성 극대화하기 위해 정밀기술을 도입하는 단계임. 3세대는 에너지의 효율화로 무인 자동화 시스템을 구축하기 위한 기반기술의 도입과 시행
- 1세대 스마트팜은 원격관리에 의한 농가의 편이성 향상을 주목적으로 하여, 현재까지 개발된 자동화 및 ICT기술들을 시설수준에 맞춰 적용하도록 기본형과 선택형으로 구분하여 모델을 제시하고 농가의 필요에 따라 알맞은 모델을 선택하여 구성
- 2세대 스마트팜은 식물의 생육시기별 환경요인 변화에 따라 생장을 예측하고 최종적으로 수확 시기와 수확량을 예측함으로써 시기별 최적 환경관리와 양분·수분관리를 정밀하게 할 수 있는 생육모델 기반 기술 적용
- 3세대 스마트팜은 한국형 스마트팜을 기술적으로 완성하는 단계로 1세대의 편이성 향상과 2세대의 생산성 향상 기술을 토대로 생산에 소요되는 에너지를 최소화하고 로봇 및 자동화기술을 통해 농작업의 생력화와 통합제어를 실현

| 구분     | 1세대        | 2세대                           | 3세대                              |
|--------|------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 제어 주체  | 관리자(사람)    | 컴퓨터+사람                        | 컴퓨터(인공지능)                        |
| 목표(효과) | 편의성 ↑      | 생산성 ↑                         | 플랜트수출                            |
| 주요 기능  | 원격 모니터링+제어 | 지능형 정밀생육관리                    | 전 과정 시스템화/자동화                    |
| 기술개발내용 | 기존기술+ICT   | 1세대+빅데이터 생육모델활용<br>정밀 생육관리 기술 | 2세대+로봇·무인자동화 및<br>지능형 시스템 통합제어기술 |
| 기술구현시기 | 2016년      | 2018년                         | 2020년                            |

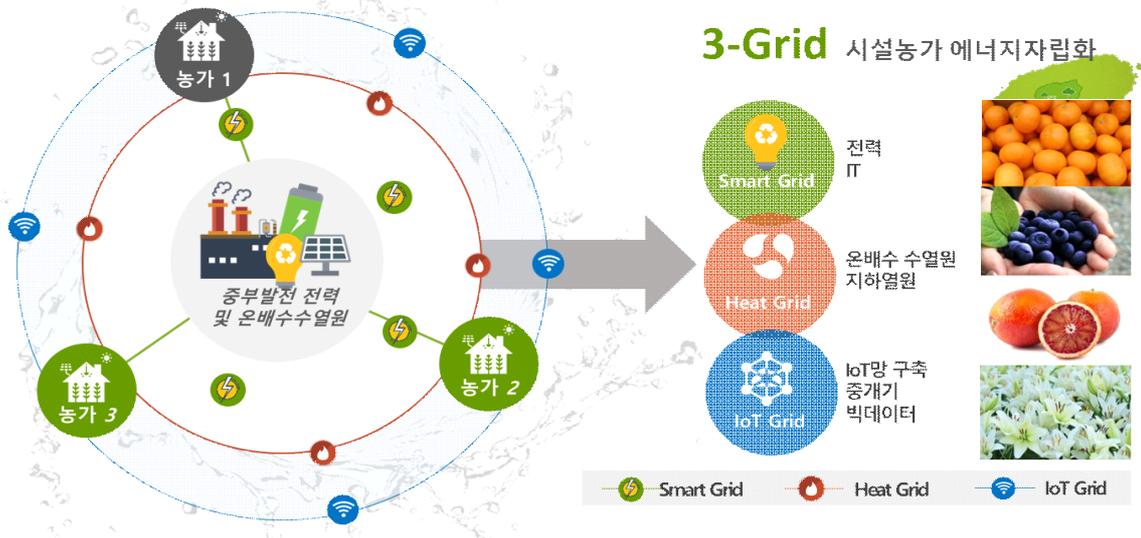
### ■ 스마트팜 국내의 시장현황

- 생산량 증대를 위한 양수분 기술에 대한 연구는 많이 진행되고 있으며, 대부분의 농가에서는 타이머에 의한 공급 방식과 누적 광량 공급 방식으로 양수분을 공급하고 있는 실정임.
- 이러한 방식은 작물의 수분 생리반응에 대해 충분히 반영하지 못한 실정임. 따라서 고품질 아열대 작물의 생산성 및 품질 향상을 위해서는 식물체 내외부 환경 요인에 따른 생육 모델과 관수 시스템 개발 및 제어가 필요함.
- 전라북도, 광주시, 남양주시, 부천시가 식물공장 사업을 선도적으로 추진
- 전북은 LED 융합기술 농업, 생물, 식품, 부품소재 분야와 융복합해 부가가치를 높이는 차원으로 식물공장 사업을 추진
- 광주시는 광산업을 농업에 접목한 그린산업을 미래 전략산업으로 집중 육성
- 경남 창원시 농업기술센터는 전국 지자체 최초로 2011년 식물공장을 시범 설치
- 농촌진흥청은 지난 2004년부터 식물공장 운영에 필요한 요소기술을 개발, 현재 250㎡ 규모 수평형 식물공장을 가동 중
- 2010년 1월 남극 세종기지에는 컨테이너형 식물공장 설립. 길이 5.9m, 너비 2.4m 컨테이너에선 LED와 형광등을 이용해 매달 채소 10kg 생산
- 경기도농업기술원은 2011년 국비와 도비 등 10억원을 투자하여 국내 최초로 태양광 발전시스템과 땅속의 무한한 지열을 이용한 지열 히트 펌프 등 신재생에너지를 이용하여 태양광 병용형 스마트 식물공장 구축 예정. IT기술과 로봇을 이용한 첨단식물공장을 국내 최초로 구축
- 또한 식물공장 실용화를 위하여 다양한 작물을 재배 연구 중에 있으며 이러한 기술력을 바탕으로 올해 새로운 에너지 절감형 식물공장 개발에 박차를 가하고 있음.

## 제 2 절. 사업화 목표 및 계획

### 1. 사업화 목표 및 계획

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| 연구내용<br>및<br>전략 | 시설농가 대상, 수열원 및 IoT를 적용한 에너지공급시스템 및 통합 플랫폼 개발 | 집단에너지의 효율적인 공급을 통한 에너지 절감 및 농가 수익 향상                                 |
|                 | ICT기반의 농촌 지역 단위 통합 운영 관리 시스템 개발              | 최적의 시설작물 재배 환경 제공 및 주민자치형 유지보수 시스템 보급                                |
|                 | 신재생 융복합 에너지 기반 영농복합단지화 Biz 모델 개발 및 확산        | 신재생에너지 영농복합단지화를 통한 에너지비용절감 및 고품질 작물생산 도모<br><b>시설농가 에너지 자립 기회 마련</b> |



### 수열원 및 IoT를 적용한 그린농업 히트그리드 실증과 확산

(주)인터텍

#### IoT Grid & Heat Grid 구축

융복합에너지 및 복합환경제어 설비

- 온배수 활용 기반, 시설농가 내 수열원 활용기술 보급 및 확대
- 중개기 기반 IoT망 구축
- 시설온실 온배수 수열원 제어
- 시설온실 냉난방시스템 복합환경제어
- 빅데이터 기반, 설비고장 예지 진단 및 유지보수 토탈 솔루션 도출
- 온배수 수열원 확대 적용을 위한 토목공사 및 관로 매설
- 온배수 수열원 및 지하열원 등 에너지 공급을 위한 효율적 열원 공급 배관설계

한국중부발전 제주발전본부

#### Smart Grid 전력 및 온배수열원공급 사업참여 및 기술이전을 위한 협의

- 온배수 수열원 공급 및 안정적 전력공급 운영
- 온배수 수열원 및 신재생에너지 거래 모델을 통한 수익창출 및 농가환원 (REC 또는 탄소배출권)
- 본 연구 및 개발기술에 대한 기술이전 및 사후 운영관리

한국산업기술시험원(KTL)

- 재배작물 및 외부환경에 따른 단장기간 융복합 에너지 사용량, 탄소배출량 예측 모델 개발
- 융복합 신재생에너지 적용에 따른 경제성 분석
- IoT기반 에너지소비모니터링 및 통합운영관리 시스템 구축 및 개발
- 에너지 저장-소비까지의 전 에너지 (엑서지) 흐름 최적화를 통한 전체 설비 고도화

제주대학교 산학협력단

- 신재생에너지 융복합 관련, 시설농가 선행연구 기반 실증사이트 연계
- 열에너지 설비(열교환기, 관로, H/P) 핵심설비, 부품 열에너지 손실 해석
- 에너지자립 확대 모델 구축
- 기술 협약 및 업무협약체결, 기술이전 등

영농복합단지화 실증

#### 신재생융복합 실증 시설농가 신촌영농조합법인



국가 에너지효율화 및 신재생에너지 활용을 통한  
그린에너지 1차산업 적용에 따른 농어가 경쟁력 향상

그린에너지 활용 biz모델 구축 및 확산



그린에너지

- 온배수 수열원 보급 및 확산을 통한 Heat-Grid 신재생에너지 적용 확대
- 미활용에너지 활용 기술개발 및 실증을 통한 효율성 고취, 에너지순환 구조
- 1차에너지(화석연료 기반, 전력 등) 절감 및 온실가스 감축 효과

농업

- 가온 및 냉방에너지 원가절감으로 경쟁력 제고
- 작물별 맞춤형 복합환경제어를 통한 고품질 작물생산 및 생산량 증대
- 대단위 고품질 작물재배로 소득 증대

지역사회

- 마을 공동체 및 신재생에너지 적용 기반, 지역사회 에너지복지 실현 및 순환
- 3-Grid 모델 구축을 통한 에너지산업 지원
- 지역사회 상생으로 발전소 및 에너지시설 NIMBY 해소
- 지역주민 공동시설지원, 에너지경제 실현
- 전력 및 열거래 수익창출 → 지역 환원

정부, 지자체, 발전사, 산학연 협업과 파급

영농조합법인 (농가)

**신충영농조합법인 (아열대과수, 만감류, 백합 등)**

- 온배수열원 기 구축 농가 1개소 (3000평) + 시설농가 2개소(2000평)

온배수열원 설비 기 구축된 3000평의 아열대과수, 백합농가 외 2개 시설 농가(2000평)에 수열원 공급 및 그린에너지 시스템 구축

정부기관

**정부, 농림축산식품부 제주특별자치도 등**

- 국가 예산 및 정책 지원
- 기반 시설 및 인프라 구축
- 신재생에너지 융복합 및 사업확산 기반 구축, 보급
- 에너지 경제 실현

발전사 및 산업계, 연구기관

**한국중부발전 제주발전본부 외 수열원 기반 지역 산업체 등**

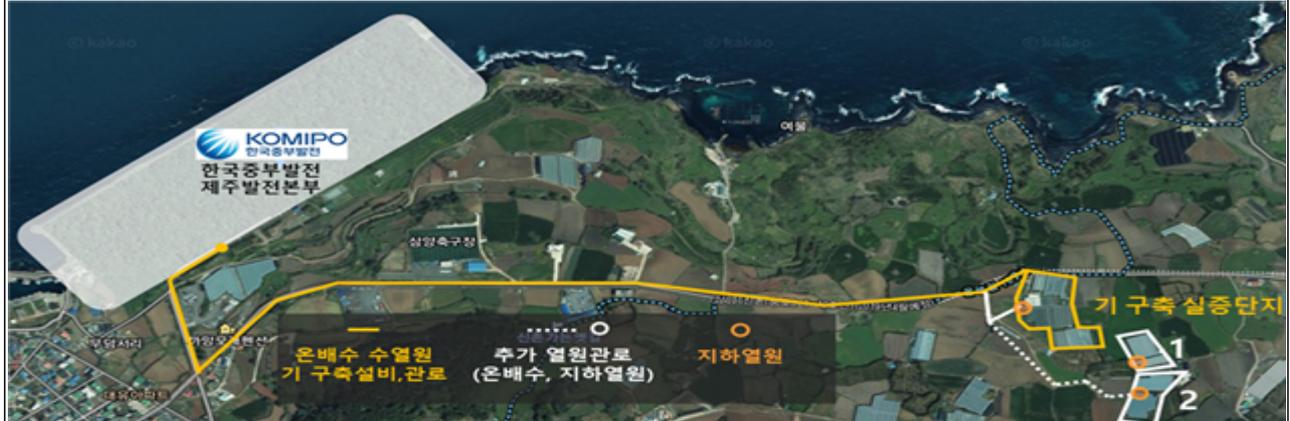
- 온배수 수열원 설비, 열원공급
- 수열원, 폐열원 기반, 열에너지 설비 및 공급
- 한국중부발전 제주발전본부, (주)인터텍, 제주대학교, 한국산업기술시험원(KTL) 등
- 농업기술원 등 전문자문 연계

3-Grid 농업에너지자립화



■ 그린뉴딜 유망기업 프로젝트 수행 기반, 그린에너지 활성화 및 보급을 위한 Biz 모델구축

2020년 그린뉴딜 유망기업 프로젝트를 통한 수열원 및 IoT를 적용한 그린농업 히트그리드 실증과 확산모델 개발



- **농작물 및 주민친화형 수열원-분산전원 융복합시스템 실증 운영 및 유지보수**
  - 신촌영농조합법인, 삼양화훼수출사업단 등의 농가 시설온실의 신재생에너지 융복합 실증 및 운영
  - 시설농가 대상, 에너지설비 및 환경설비, 센서, IoT 설비 운영 및 관리 매뉴얼 구축
  - 신재생에너지 통합운영유지보수(O&M) 시스템 구축
- **실증운영을 통한 농작물 시설관리, 생육환경 제어, 매출 및 품질향상 등의 농가수익성, 에너지 절감효과, 온실가스저감, 운전 및 패턴학습, 고장예측, 발전 및 안정적 에너지원 공급을 위한 DATA 축적 및 분석 실시**
- **통합운영유지보수 모니터링을 위한 설비 구축 및 교육 및 홍보**
  - 신재생에너지 융복합 설비 및 시설온실 환경모니터링, 이상감지, 운영현황 등의 실시간 감시 지원
  - 통합모니터링 및 설비 이상 감시, 제어를 위한 체계적 매뉴얼 제작 및 배포
  - 정기적 설비 교육 및 유지보수 운영, 농업대상 3Grid in JEJU의 사업화 확산을 위한 홍보실시
- **한국중부발전 제주발전본부의 수열원 관리 체계 및 설비 이전**
  - 지속적이고 안정적 관리를 위한 온배수 수열원 활용 설비 및 인프라, 관리체계, 기술 이전 등
  - 수열원 기반, REC 거래 및 탄소배출권 거래 등을 통한 발전사 신재생에너지 의무화 할당량 제고 및 수익에 대한 주민 복지 실현 및 환원

그린에너지 활용 biz모델, 영농복합단지화 구축을 위한 지속적인 운영방안 강구

|  |   |
|--|---|
|  | <p><b>그린에너지</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 온배수 수열원 보급 및 확산을 통한 Heat-Grid 신재생에너지 적용 확대</li> <li>• 미활용에너지 활용 기술개발 및 실증을 통한 효율성 고취, 에너지순환 구조</li> <li>• 1차에너지(화석연료 기반, 전력 등) 절감 및 온실가스 감축 효과</li> </ul> <p><b>농업</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가온 및 냉방에너지 원가절감으로 경쟁력 제고</li> <li>• 작물별 맞춤형 복합환경제어를 통한 고품질 작물생산 및 생산량 증대</li> <li>• 대단위 고품질 작물재배로 소득 증대</li> </ul> <p><b>지역사회</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 마을 공동체 및 신재생에너지 적용 기반, 지역사회 에너지복지 실현 및 순환</li> <li>• 3-Grid 모델 구축을 통한 에너지산업 지원</li> <li>• 지역사회 상생으로 발전소 및 에너지시설 NIMBY 해소</li> <li>• 지역주민 공동시설지원, 에너지경제 실현</li> <li>• 전력 및 열거래 수익창출 → 지역 환원</li> </ul> |
|--|---|

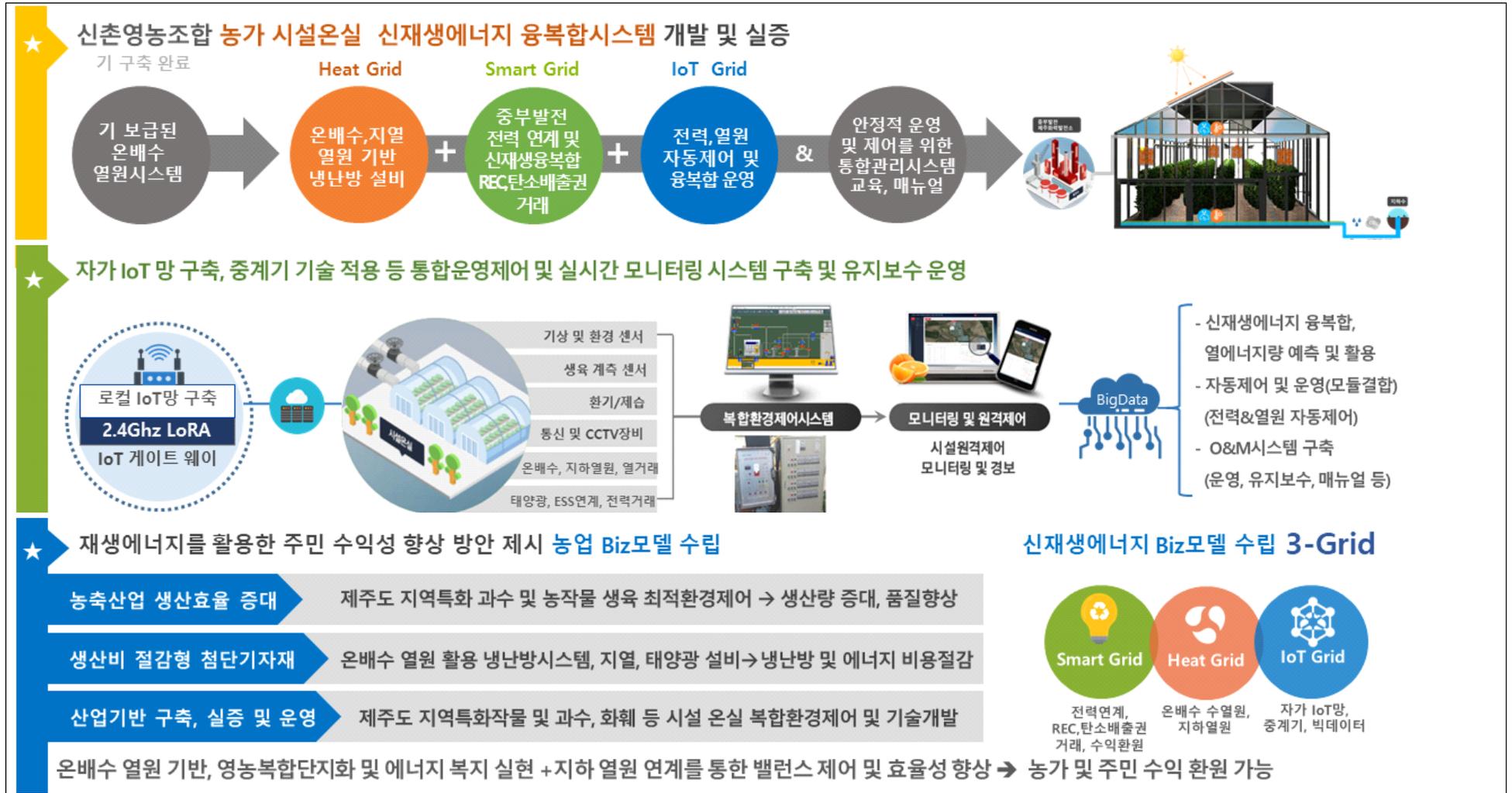


시설농가 에너지자립을 위한 온배수 수열원 및 지하열원 융복합시스템 개발

| 통합서비스 플랫폼 | 계측 및 정보수집  | 분석 및 모니터링, 모듈화   | 운영 및 제어  | 통합서비스 및 관리, 거래  |
|-----------|--|--|--|---|
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 온배수 수열원 유량, 온도, 압력, 관로 누수 등</li> <li>• 시설온실 내외부 환경계측</li> <li>• 실증사이트 환경정보</li> <li>• 시설농가 작물별생육 및 시기별 관수, 환경 계측</li> <li>• 전력 및 열원 부하 등</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작물 특성별 에너지 소비패턴 분석</li> <li>• 시설농가별 작물재배면적 및 작물별, 시기별 에너지 수요량 및 소비량 분석, 모니터링</li> <li>• 열원 부하 예측</li> <li>• 전력 부하 예측</li> <li>• Smart Grid, Heat Grid, IoT Grid 등 Grid 설계 및 분석</li> <li>• 재배작물 특성을 고려한 시설온실 복합환경 제어 및 에너지활용 및 운영 모듈</li> <li>• 효율성 기반, 열원 공급 및 분산전원간 밸런스 운전 및 스케줄링 모듈 설계</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 그린에너지 적용 기반, 시설온실 냉난방 및 관련 설비제어</li> <li>• 온배수 수열원 활용 및 냉난방시스템 제어</li> <li>• 시설농가 및 작물별 온배수 수열원 운전 및 저온저장창고 적용에 따른 상시모니터링 및 제어</li> <li>• IoT 및 빅데이터 기반 시설농가 냉난방 및 복합 환경제어 구축 및 제어</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 온배수 관로누수 감시 모니터링</li> <li>• 수열원 및 설비 고장진단</li> <li>• 시설온실 운영 현황 모니터링</li> <li>• 수열원 및 설비요소별 센싱 및 데이터 분석</li> <li>• 시설농가 내외부 복합환경계측</li> <li>• 빅데이터 분석에 따른 농가별, 작물별 최적환경 도출</li> <li>• REC 및 열원거래 모델 분석을 통한 중부발전 수익모델 창출 및 농가 환원</li> </ul> |

■ 시설농가 3개소. 그린에너지 확산보급 및 효과적인 운영을 통한 3-Grid BIZ 플랫폼 구축

- 신촌영농조합법인 5,000평 가량의 시설농가 3개소에 그린에너지 확산 보급 및 효과적인 에너지운용으로 3-Grid 플랫폼 및 Biz 모델 수립



[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

|               |  |           |                  |                                    |    |
|---------------|--|-----------|------------------|------------------------------------|----|
| 과 제 명         | (국문) IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발   |           |                  |                                    |    |
|               | (영문) Development of environmental control technology for hot waste water utilization greenhouse using IoT and big data |           |                  |                                    |    |
| 주 관 연구 기관     | 제주대학교 산학협력단  |           | 주 관 연 구 자        | (소속) 제주대학교 산학협력단                   |    |
| 참 여 기 업       | (주)인터텍<br>(주)에코브레인<br>(주)한국중부발전  |           | 책 임 자            | (성명) 현 명 택                         |    |
| 총 연구개발비       | 계  | 1,443,000 | 총 연 구 기 간        | 2018. 07. 31 ~ 2020. 12. 31(2년6개월) |    |
| (1,443,000천원) | 정부출연<br>연구개발비  | 1,000,000 | 총 참 여 수<br>연 구 원 | 총 인 원                              | 34 |
|               | 기업부담금  | 443,000   |                  | 내부인원                               | 34 |
|               | 연구기관부담금  | -         |                  | 외부인원                               | 0  |

■ 연구개발 개요

- 온배수 수열원 활용 기반, 시설온실 냉난방 시스템 운용 및 효율적 에너지 사용
- IoT 및 빅데이터 기반, 온배수 활용 아열대과수 시설온실 환경 제어 기술 개발
  - 빅데이터 기반, 측정/데이터수집/상태진단/복합환경제어 기술 개발
  - 빅데이터 및 RNN 기반, 온실 냉난방제어 기술 개발
- 고품질 아열대과수의 생육최적화를 위한 온실의 복합 환경조절 SW 개발
  - 온·습도, 광도, CO<sub>2</sub>, 토양 온·습도 등 환경 변수 등을 고려한 온배수/냉·난방/제습/가습/CO<sub>2</sub> 공급/관수/조명/커튼 등 시설온실 장비 및 통합센서 간 자동제어가 가능한 환경제어 알고리즘 및 소프트웨어 개발

■ 연구내용 및 결과

- 아열대과수 재배를 위한 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화
  - 본 실증사이트 아열대과수 시설온실의 과수 생육 특성에 따른 관수관리 매뉴얼 구축 및 생육 단계별 관수시점을 통해 최적 관수제어값 도출(RNN 환경제어 알고리즘 검증 결과 Accuracy 0.904)
  - 온실 내 환경제어 요소를 아열대과수 생육기간별로 최댓값과 최솟값을 설정하여 온실 내부의 최적환경을 유지하는 조건 범위 및 제어값을 도출(평균 Accuracy 0.865)
  - [밭아개화기] 온도 15.6~19.8℃, 습도 67.6~100%, CO<sub>2</sub> 733~794, 관수(토양수분함량) 0.262~0.292
  - [생리낙과기] 온도 21.7~31.7℃, 습도 71.9~85%, CO<sub>2</sub> 584~667, 관수(토양수분함량) 0.268~0.317
  - [과실비대기] 온도 26.2~28.6℃, 습도 78~84.5%, CO<sub>2</sub> 609~659, 관수(토양수분함량) 0.256~292
  - [당도증가기] 온도 19.9~24.7℃, 습도 71.2~84.4%, CO<sub>2</sub> 552~579, 관수(토양수분함량) 0.262~0.310

- [수확기] 온도 10.8~14.7℃, 습도 63.2~78.7%, CO<sub>2</sub> 617~683, 관수(토양수분함량) 0.233~0.269
- 빅데이터 기반, 온실 생육환경 제어 및 통합관리시스템 개발
  - 웹 기반, 실증사이트 시설온실 생육환경 제어 및 모니터링 시스템 개발
  - 통합 제어 모니터링시스템 UI 변경 및 접근성 개선을 위한 모바일 버전 작업
  - 시설온실 내 환경 제어값 수동조절 및 자동 운전 상태 확인 및 조작 가능
- 온배수 활용 아열대과수 시설온실 실증 및 경제성 분석
  - 최적 환경제어를 통한 아열대과수의 생산성은 4.68배 가량의 수치를 기록하였으며, 품질의 경우 평균 당도는 11.1°Bx로 0.2°Bx 증가하였고 평균 산도는 3.4pH로 2.4pH 감소하여 생육 품질이 높은 것으로 나타남.
  - 2018년 누적 운전을 통해 신재생에너지 생산량 17.7 TOE, 에너지 절감량 3.9 TOE, 온실가스 저감량 16.23 tCO<sub>2</sub> 달성
  - 2019년 누적 운전을 통해 신재생에너지 생산량 12.2 TOE, 에너지 절감량 3.72 TOE, 온실가스 저감량 20.53 tCO<sub>2</sub> 달성
  - 2020년 누적 운전을 통해 신재생에너지 생산량 45.8 TOE, 에너지 절감량 15.28 TOE, 온실가스 저감량 77.49 tCO<sub>2</sub> 달성
  - 실증운영기간 동안 기존 화석연료(등유) 대비 에너지사용량 31% 이상, 탄소배출량 52% 이상 절감됨을 확인하여, 녹색기술인증(인증번호 GT-20-01014) 획득

## ■ 연구성과

- 기술적 성과
  - (논문) 비SCI 2건 게재
  - (학술발표) 5건 (한국농업기계학회, 한국에너지학회, 한국신재생에너지학회(2), 한국지열에너지학회)
  - (특허) 출원 2건, 등록 1건
  - (기술이진) 2건
  - (기술인증) 녹색기술인증 1건, 소프트웨어품질인증 1건, 지식재산경영인증 1건
  - (제품화) 「IoT 및 빅데이터 기반 시설온실 통합환경 모니터링 시스템」 1건
  - (홍보진시) 2020년 그린뉴딜 관련 기술세미나 홍보전시 2건
  - (기타) Web 기반 통합 모니터링시스템 구축 1건, 타 연구활용 2건(2차년도 농림부 R&D, 3차년도 그린뉴딜 R&D)
- 경제적 성과
  - 고용창출 : 4명
  - 매출액 1,574백만원
  - 정책활용 : 2차년도 「제주도 미활용 에너지원(온배수, 지열) 등 활용 방안」 1건
  - 2018~2020년 누적 운전을 통해 생산량 75.7 TOE, 에너지 절감량 22.89 TOE, 온실가스 저감량 114.24 tCO<sub>2</sub> 달성

## ■ 파급효과 및 기대효과

- 파급효과
  - 친환경 온배수열 활용 기반, 시설온실 냉난방시스템 운용 및 효율적 에너지 사용을 통한 농가의 냉난방비 절감
  - 생육정보, 기상정보, 농기자재 정보를 실시간으로 획득하여 농업 생산 활용을 정밀하게 자동화하여 생산량 극대화
  - 원격 모니터링 및 제어 등 통합관리시스템의 신뢰성을 개선하고 안정적인 장기운전을 통해

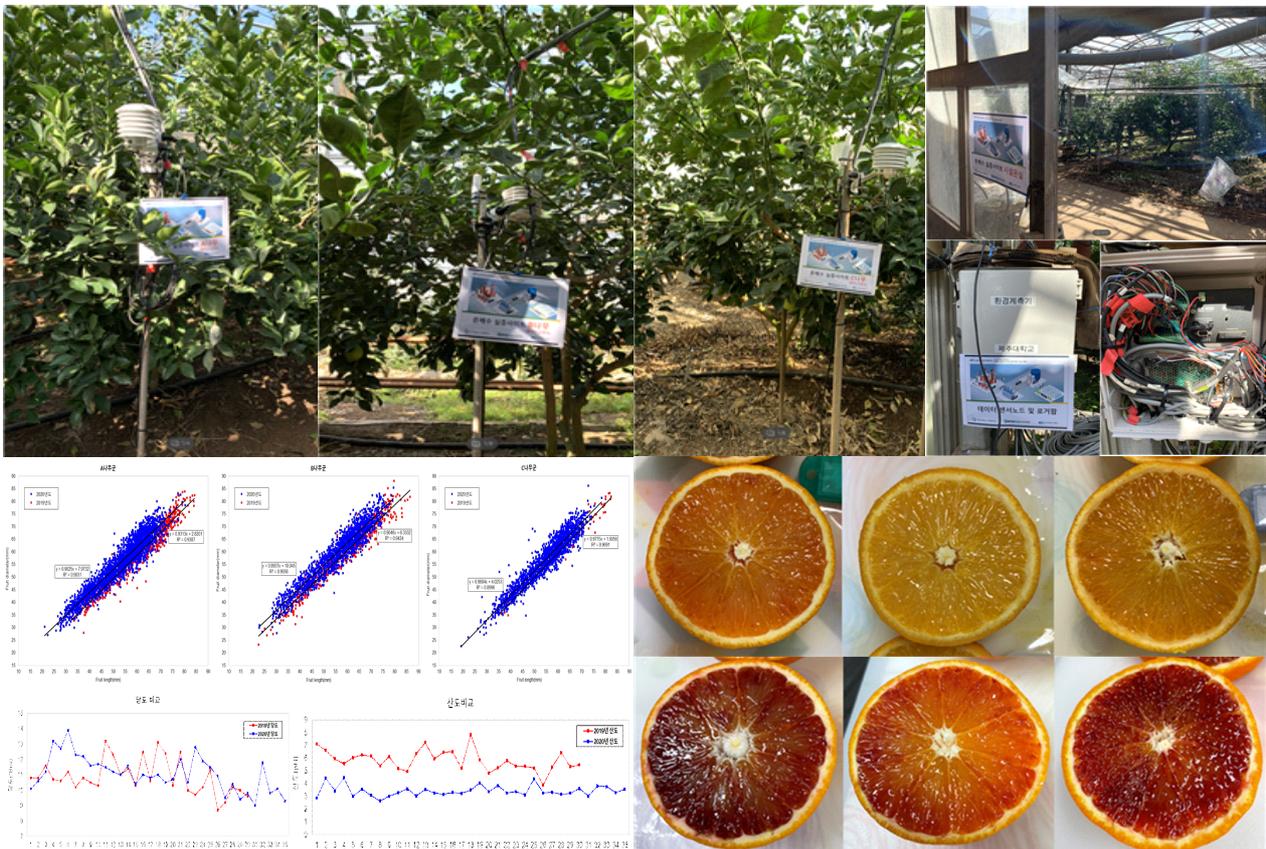
체계적인 데이터베이스 구축

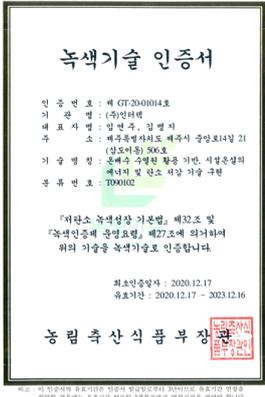
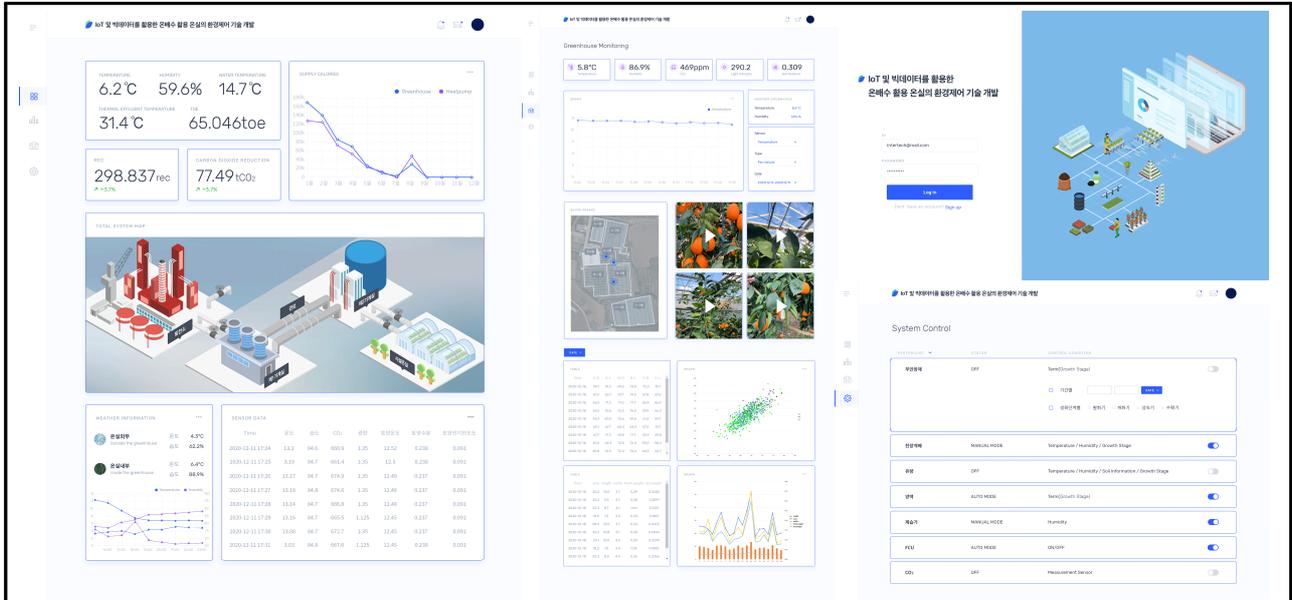
- IoT 기반의 센싱 및 시설장비 구축을 통한 자동환경제어 시스템 구축 및 빅데이터 분석 맞춤형 환경제어 모델개발을 통한 인공지능 환경제어기술 개발 및 적용

○ 기대효과

- 발전소 온배수 열회수 이용을 통해 온배수로 인한 해양생태계 오염 저감에 기여하고, 화석에너지 사용량 절감으로 온실가스 감축 목표 달성에 기여
- 센서, 정보시스템, 기계, 정보관리 등 다양한 기술이 융·복합된 농업생산 시스템으로 자원의 효율적 이용이 가능
- 과학적 영농생산기법 도입으로 인한 농가소득 향상
- IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술개발은 지역사회 수익을 보장하는 생산기술로서 농업분야 생산인구의 유입과 이들의 경제활동, 그리고 연관 지역 기업들의 경기 활성화에 기여함으로써 지역 경제 발전에 도움이 되며, 도시와 농촌의 지역 격차를 줄일 수 있을 것으로 기대
- (6차산업화 효과) 제주도의 지역적 특성을 활용한 아열대과수의 재배는 1차 산업의 고부가가치화 뿐만 아니라 관광산업과의 연계성도 확보할 수 있어 시장규모를 더욱 확대할 수 있음.

■ 연구개발 관련 사진





**온배수 수열원 활용 기반, 시설온실의 에너지 및 탄소 저감 기술 구현**

녹색기술 인증번호 GT-20-01014

**기존 화석연료**

실증사이트에서 사용되는 기존 화석연료(등유)의 에너지 사용량(TOE) 및 이산화탄소 배출량(tCO<sub>2</sub>)

- 에너지 사용량: 73.62 TOE
- 이산화탄소 배출량: 219.18 tCO<sub>2</sub>

**vs 약 31%, 52% 이상의 절감효과!!**

**수열원 적용효과**

실증사이트에서 사용되는 수열원 히트펌프의 에너지 사용량(TOE) 및 이산화탄소 배출량(tCO<sub>2</sub>)

- 에너지 사용량: 50.7 TOE (▼22.89)
- 이산화탄소 배출량: 104.94 tCO<sub>2</sub> (▼114.24)

INTERTECH

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

|                     |                                       |                            |           |           |           |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                     |                                       | 과제번호                       |           | 318059-03 |           |
| 사업구분                | 첨단생산기술개발사업                            |                            |           |           |           |
| 연구분야                | 농업기계·시스템                              |                            | 과제구분      | 단위        |           |
| 사업명                 | 첨단생산기술개발사업                            |                            |           | 주관        |           |
| 총괄과제                | 기재하지 않음                               |                            | 총괄책임자     | 기재하지 않음   |           |
| 과제명                 | IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발 |                            | 과제유형      | 개발        |           |
| 연구기관                | 제주대학교 산학협력단                           |                            | 연구책임자     | 현명택       |           |
| 연구기간<br>연구비<br>(천원) | 연차                                    | 기간                         | 정부        | 민간        | 계         |
|                     | 1차연도                                  | 2018.07.31.<br>~2018.12.31 | 200,000   | 67,000    | 267,000   |
|                     | 2차연도                                  | 2019.01.01.<br>~2019.12.31 | 400,000   | 188,000   | 588,000   |
|                     | 3차연도                                  | 2020.01.01.<br>~2020.12.31 | 400,000   | 188,000   | 588,000   |
|                     | 계                                     |                            | 1,000,000 | 443,000   | 1,443,000 |
| 참여기업                | (주)인터텍, (주)에코브레인, (주)한국중부발전           |                            |           |           |           |
| 상대국                 |                                       | 상대국연구기관                    |           |           |           |

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020.12.31

3. 평가자(연구책임자) :

|             |    |     |
|-------------|----|-----|
| 소속          | 직위 | 성명  |
| 제주대학교 산학협력단 | 교수 | 현명택 |

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

|    |   |
|----|---|
| 확약 |  |
|----|---|

# I. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 아주 우수

- IoT 및 빅데이터 기반 농업 생육환경 제어와 재생에너지인 온배수를 활용한 스마트 농업의 기술로 실증결과에 따라 창의성과 우수성이 뛰어남
- 본 연구과제 종료에서 끝나는 것이 아니라, 그린뉴딜 사업과 녹색기술인증, GS 인증 획득 등 농업 현장, 산업현장, 정부정책에 필요한 기술로 사업성이 높음
- 아열대작물은 타 작물과 비교하여 높은 수익을 보장하지만, 높은 운영비, 에너지 비용, 생육환경에 따른 품질관리 등에 어려움이 있으나 본 과제에서 제시한 데이터 분석 기반에 환경제어 분석틀은 추후 다른 농가나 작물재배에 큰 도움이 될 것으로 보임

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 아주 우수

- 미활용 에너지였던 온배수 수열원을 활용해 온실에서 난방운전 실증 결과 **녹색기술인증 획득 『화석원료(등유) 대비, 에너지 절감 31%, 탄소배출 52%, 에너지비용 70% 이상 절감』**
- IoT 및 빅데이터 기반, 아열대작물인 블러드 오렌지(타로꼬)의 재배방법 제시  
외국에서 다량 재배 및 수입되는 아열대작물을 국내환경에 맞는 재배방법 개발 성공  
**『IoT 및 빅데이터 활용 기존 재배법 비교 시, 품질향상으로 당도는 증가하고 산도는 감소하였으며, 블러드오렌지의 특성인 과피 및 과육색이 더욱 붉게남. 또한 생산성은 4.68배 증가』**
- 참여기업 (주)인터텍 탄소저감 기술로 **그린뉴딜 유망기업 선정(중소벤처기업부)**  
온배수, 지하수 등 수열원을 통한 탄소저감 기술로 **10대 녹색기술분야 그린벤처로 인정**

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 아주 우수

- 수열에너지가 그린뉴딜 정책의 핵심 사업을 부상하고 있는 가운데 미활용 에너지인 온배수를 활용하여 농가의 **에너지 예측과 절감, 탄소저감 등 빅데이터 분석을 통한 효율적 관리**가 가능하고 아열대 작물 등과 같은 고소득작물을 효율적 관리가 가능함
- 한국중부발전은 온실가스 감축, 탄소경영체제 구축, 기후신기술 확보를 위한 기후변화대응을 위해 온배수 활용 체계를 구축하였으며, **본 과제의 성과를 바탕으로 농업 『Eco-Farm-IoT기반 신개념 스마트 온실시스템 보급 사업』을 추진** 중에 있음
- 본 연구과제는 IoT와 빅데이터 분석을 통해 농업의 생산성 향상 → 농가의 수입 증대를 목표로 하고 있음. 블러드오렌지라는 정확히 재배방법이 없던 작물로 IoT 기술을 통해 데이터의 수집, 빅데이터 분석을 통해 알고리즘 개발, 통계를 통한 데이터처리를 통한 패턴 도출과 시각화를 통해 작물의 관리 방향 제시가 가능하여 추후 인공지능 및 빅데이터 기술을 활용해 농업 시스템의 효율화 가능할 것으로 보임

#### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 아주 우수

- 폴리페놀 안료인 안토시아닌 때문에 과육이 검붉은 아열대 작물인 블러드오렌지는 국내에 생소한 작물이고 정확한 재배방법이 없어 검붉은 과육색을 생성 요인을 정확히 알 수 없었으나, 본 과제 연구팀은 생육환경 조절이 가능한 설비를 구축하고 각 요인에 따라 과육의 성장을 모니터링 하였음
- 직접 수기로 과육의 개수와 크기를 직접 측정하고 당산도 측정 등 다양한 노력을 통해 기존 재배 방법 대비 높은 생산성과 품질 좋은 작물 재배에 성공하였음
- 수열원 분야 REC 인증을 위해 한국에너지공단 등과 2년동안 꾸준히 협의를 진행
- 국내 REC발급은 전기생산설비(ex. 태양광, 풍력 등) 중심으로 되어 있어, 에너지절감설비에 대한 REC발급 규정이 명확히 않음
- 이에 본 연구팀은 수열분야(온배수)가 REC발급 규정에 문제점과 경제성 부분을 공단에 제출하였으며 최근 정부의 그린뉴딜사업 등과 연계하여 수열분야 규정개선을 진행하고 국내최초 수열 REC발급을 목표로 진행하고 있음
- IoT를 기반으로 빅데이터 분석을 통한 생육환경제어 개발과 실증 내용이 사업내용에 맞게 충실하게 수행되었음

#### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 아주 우수

- 기술이전 : 1건 초과달성
- 고용 : 1명 초과 고용
- 기술인증 : 녹색기술인증, GS인증, IP경영인증 등 초과 1건 달성
- 논문 : 1건 초과 달성
- 교육지도 2건, 정책활용 1건, 홍보전시 1건, 타연구 활용 1건 등 초과 달성

## II. 연구목표 달성도

| 세부연구목표<br>(연구계획서상의 목표) | 비중<br>(%) | 달성도<br>(%) | 자체평가  |
|------------------------|-----------|------------|---|
| 특허출원 2건                | 10        | 100        | 특허출원 2건   |
| 특허등록 1건                | 10        | 100        | 특허등록 1건   |
| 기술이전 1건                | 10        | 100        | 기술이전 2건<br>(지식재산권 이전)<br>(1건 초과달성)                  |
| 제품화 1건                 | 10        | 100        | 제품화 1건  |
| 매출액 3,000백만원           | 10        | 52.5       | 매출실적 1,574백만원<br>(1,426백만원 부족)                      |
| 수출액 200백만원             | 5         | 100        | 사업 종료후 목표로 현재 미달성                                   |
| 고용창출 3명                | 10        | 100        | 신규고용 4명<br>(1명 추가고용)                                |
| 기술인증 2건                | 5         | 100        | 녹색기술인증 1건<br>소프트웨어품질인증 1건<br>IP경영인증 1건<br>(1건 초과달성) |
| 논문 1건                  | -         | 100        | 논문 2건<br>(1건 초과달성)                                  |
| 학술발표 3건                | 10        | 100        | 학술발표 5건<br>(2건 초과달성)                                |
| 교육지도                   | -         | 100        | 교육 2건<br>(초과달성)                                     |
| 정책활용                   | -         | 100        | 정책활용 1건<br>(초과달성)                                   |
| 홍보전시 1건                | 10        | 100        | 홍보전시 2건<br>(1건초과달성)                                 |
| 기타(타연구활용) 1건           | 10        | 100        | 타연구활용 2건<br>(1건 초과달성)                               |
| 합계                     | 100점      |            |   |

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 대부분은 성과는 초과달성하였으며, 본 연구개발을 통해 그린뉴딜 유망기업, 녹색기술인증, 중부발전 Eco-Farm 보급사업, 탄소저감 사업, 제주 CFI2030의 정책활용 등 결과가 우수함
- 매출부분의 미달성에 대해서는 Eco-farm 보급사업과 탄소배출권 외부사업, 녹색기술인증을 통한 공공기관 연계 추가 사업 가능성이 매우 우수할 것으로 보임
- 또한, IoT 및 빅데이터 기반의 통합 환경, 모니터링시스템은 생소한 아열대 작물인 블러드 오렌지의 생산성과 품질향상의 결과를 바탕으로 추후 다양한 작물, 환경에서 고품질 작물 생산을 통한 농가 소득증대가 가능할 것으로 보임
- 또한, 농가에 사용되는 화석연료 대신 온배수열을 사용함에 따라 기존대비 80%이상의 냉·난방이 절감과 재생에너지를 통한 탄소저감으로 인한 탄소거래가 가능하여 농가의 직·간접적인 소득 창출이 가능할 것으로 보임
- 본 연구과제로 개발된 통합제어 및 모니터링 시스템은 IoT 기술과 빅데이터 분석기반으로 개발되었으며 이를 통한 GS 인증을 획득함에 따라 추후 사업성이 높음. 또한 미활용 온배수를 이용하여 농가의 냉·난방에너지원으로 활용하고 본 기술이전을 통해 참여기업의 녹색기술인증을 획득함에 따라 정부정책과 농업현장에 활용성이 높음

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 과제 종료 이후 사업의 지속성, 활용성, 사업성 평가 필요
- 또한 본 연구과제는 탄소저감, 에너지절감 등 탄소중립을 위한 정부의 정책방향과 미래 농가의 필요한 기술로 발전소의 온배수 문제와 농가의 에너지절감 등 다양한 관점에서 평가가 필요함
- 실증농가와 대상 작물인 블러드오렌지의 품질, 생산성 향상 결과는 외부환경과 온실내부의 생육환경 제어가 충실하게 제어가 된 것으로 판단됨
- 추후 시설온실, 비닐하우스 뿐만아니라, 노지 환경에서도 적용이 가능할 것으로 보임
- 기존에 온배수 활용은 온배수를 직접 필요한 농가에 이송하는 방식을 사용했으나, 본 기술은 온배수를 발전소에서 직접 열교환을 하고 필요한 농가에 이송하는 중앙집중식 방식으로 대규모 시설에 적합하고 농업뿐만아니라 에너지자립마을 등 그 활용성이 매우 높음

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 과제를 통한 수열원 분야 최초 REC발급을 추진하였으나, 현 REC발급 정책은 전기생산업(풍력, 태양광 등)에 초점이 맞추어져 있어, 열에너지 활용에는 적합하지 않음
- 시설인증까지 2차년도에 진행하였으나, 온배수와 같은 열에너지는 전기를 생산하지 않고 공급을 통해 에너지를 절감하고 탄소를 저감하는 기술로 현 한국에너지공단의 규정에 적합하지 않음
- 이에 따라 온배수나 지열, 태양열은 농업분야에 매우 필요한 기술임에도 불구하고 REC 발급이 쉽지 않아 농림부와 산자부의 관련 부처의 협의가 필요함
- 열에너지에 대한 재생에너지의 REC 발급이 쉽게 가능할 경우, 농가, 어가 등에서는 농업에 필요한 냉·난방에너지를 재생에너지로 사용하고, 에너지절감, 탄소저감을 통한 신재생에너지 발전차익과 탄소판매 등이 가능하여 부가적 수입 뿐만아니라 친환경 농업이 쉽게 가능할 것으로 보임

#### IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음.

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

해당사항 없음.

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

|        |  |         |         |           |
|--------|--|---------|---------|-----------|
| 사업추진형태 | <input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제   |         | 분 야     |           |
| 연구과제명  | IoT 및 빅데이터를 활용한 온배수 활용 온실의 환경제어 기술 개발  |         |         |           |
| 주관연구기관 | 제주대학교 산학협력단  |         | 주관연구책임자 | 현 명 택     |
| 연구개발비  | 정부출연<br>연구개발비  | 기업부담금   | 연구기관부담금 | 총연구개발비    |
|        | 1,000,000  | 443,000 | -       | 1,443,000 |
| 연구개발기간 | 2018.07.31. ~ 2020.12.31. (30개월)   |         |         |           |
| 주요활용유형 | <input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(R&D연계 및 사업화)<br><input type="checkbox"/> 미활용 (사유: ) |         |         |           |

### 2. 연구목표 대비 결과

| 당초목표                                | 당초연구목표 대비 연구결과   |
|-------------------------------------|--|
| ① 아열대과수 재배를 위한 최적 환경모델링 및 관수시스템 고도화 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 실증사이트 아열대과수 시설온실의 과수 생육 특성에 따른 관수관리 매뉴얼 구축 및 생육 단계별 관수시점을 통해 최적 관수제어값 도출(RNN 환경제어 알고리즘 검증 결과 Accuracy 0.904)</li> <li>- 온실 내 환경제어 요소를 아열대과수 생육기간별로 최댓값과 최솟값을 설정하여 온실 내부의 최적환경을 유지하는 조건 범위 및 제어값을 도출(평균 Accuracy 0.865)</li> </ul>             |
| ② 빅데이터 기반, 온실 생육환경 제어 및 통합관리시스템 개발  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 웹 기반, 실증사이트 시설온실 생육환경 제어 및 모니터링 시스템 개발</li> <li>- 통합 제어 모니터링시스템 UI 변경 및 접근성 개선을 위한 모바일 버전 작업</li> <li>- 시설온실 내 환경 제어값 수동조절 및 자동 운전 상태 확인 및 조작 가능</li> <li>- 개발된 통합관리시스템 : GS인증 득</li> </ul>   |
| ③ 온배수 활용 아열대과수 시설온실 실증 및 경제성 분석     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 환경제어를 통한 아열대과수의 생산성은 4.68배 가량의 수치를 기록하였으며, 품질의 경우 평균 당도는 11.1°Bx로 0.2°Bx 증가하였고 평균 산도는 3.4pH로 2.4pH 감소하여 생육 품질이 높은 것으로 나타남.</li> <li>- 실증운영기간 동안 기존 화석연료(등유) 대비 에너지사용량 31% 이상, 탄소배출량 52% 이상 절감됨을 확인하여, 녹색기술인증(인증번호 GT-20-01014) 획득</li> </ul> |

### 3. 연구목표 대비 성과

| 성과<br>목표      | 사업화지표        |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  | 연구기반지표   |         |              |                        |                  |          |          |                  |                  |                            |
|---------------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|----------|---------|--------------|------------------------|------------------|----------|----------|------------------|------------------|----------------------------|
|               | 지식<br>2재1산권  |              |              | 기술<br>실시<br>(이전) |             | 사업화         |             |             |                  |                  | 기술<br>인증 | 학술성과    |              |                        |                  | 교육<br>지도 | 인력<br>양성 | 정책<br>활용-홍보      |                  | 기타<br>(타<br>연구<br>활용<br>등) |
|               | 특<br>허<br>출원 | 특<br>허<br>등록 | 품<br>종<br>등록 | 건<br>수           | 기<br>술<br>료 | 제<br>품<br>화 | 매<br>출<br>액 | 수<br>출<br>액 | 고<br>용<br>창<br>출 | 투<br>자<br>유<br>치 |          | 논문      |              | 논<br>문<br>평<br>균<br>IF | 학<br>술<br>발<br>표 |          |          | 정<br>책<br>활<br>용 | 홍<br>보<br>전<br>시 |                            |
|               |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          | SC<br>I | 비<br>SC<br>I |                        |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 단위            | 건            | 건            | 건            | 건                | 백<br>만<br>원 | 건           | 백만<br>원     | 백<br>만<br>원 | 명                | 백<br>만<br>원      | 건        | 건       | 건            | 건                      | 명                | 건        | 건        |                  |                  |                            |
| 가중치           | 10           | 10           | 10           | 10               | 10          | 10          | 5           | 10          |                  | 5                |          |         | 10           |                        |                  |          | 10       | 10               |                  |                            |
| 최종목표          | 2            | 1            |              | 1                | 1           | 3,000       |             | 3           |                  | 2                |          | 1       | 3            |                        |                  |          | 1        | 1                |                  |                            |
| 연구기간내<br>달성실적 | 2            | 1            |              | 2                | 1           | 1,574       |             | 4           |                  | 3                |          | 2       | 5            | 2                      |                  | 1        | 2        | 2                |                  |                            |
| 달성율(%)        | 100          | 100          |              | 100              | 100         | 50          |             | 100         |                  | 100              |          | 100     | 100          | -                      |                  | -        | 100      | 100              |                  |                            |

### 4. 핵심기술

| 구분 | 핵심기술명                         |
|----|-------------------------------|
| ①  | 아열대과수 재배를 위한 최적 환경모델링 및 관수시스템 |
| ②  | 빅데이터 기반 온실 생육환경 제어 및 통합관리시스템  |
| ③  | 온배수 활용 아열대 과수 시설온실 냉난방시스템     |

### 5. 연구결과별 기술적 수준

| 구분    | 핵심기술 수준  |          |                |               |               | 기술의 활용유형(복수표기 가능) |                |                |          |    |
|-------|----------|----------|----------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|----------------|----------|----|
|       | 세계<br>최초 | 국내<br>최초 | 외국기술<br>복<br>제 | 외국기술<br>소화·흡수 | 외국기술<br>개선·개량 | 특허<br>출원          | 산업체이전<br>(상품화) | 현장애로<br>해<br>결 | 정책<br>자료 | 기타 |
| ①의 기술 |          |          |                |               | √             | √                 |                |                |          |    |
| ②의 기술 |          |          |                |               | √             |                   |                |                |          | √  |
| ③의 기술 |          |          |                |               | √             | √                 |                |                |          |    |

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

| 핵심기술명 | 핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과  |
|-------|--|
| ①의 기술 | 친환경 온배수열 활용 기반, 시설온실 냉난방시스템 운용 및 환경모델링 제어기반 관수시스템 적용으로 효율적 에너지 사용을 통한 농가의 냉난방비 절감<br>센서, 정보시스템, 기계, 정보관리 등 다양한 기술이 융·복합된 농업생산 시스템으로 농가의 효율적 재배로 품질 및 생산성 향상 & 농가소득 증대    |
| ②의 기술 | 생육정보, 기상정보, 농기자재 정보를 실시간으로 획득하여 농업 생산 활용을 정밀하게 자동화하여 생산량 극대화<br>원격 모니터링 및 제어 등 통합관리시스템의 신뢰성을 개선하고 안정적인 장기운전을 통해 체계적인 운영관리<br>GS인증, 녹색기술인증 등을 통한 농어촌공사, 지자체 등 수의계약 통한 사업화 |
| ③의 기술 | 친환경 온배수열 활용 기반, 시설온실 냉난방시스템 운용 및 효율적 에너지 사용을 통한 농가의 냉난방비 절감<br>발전소 온배수 열회수 이용을 통해 온배수로 인한 해양생태계 오염 저감에 기여하고, 화석에너지 사용량 절감으로 온실가스 감축<br>탄소저감 기술 그린유망 기술로 탄소배출권 시장 진입      |

7. 연구종료 후 성과창출 계획

| 성과목표           | 사업화지표  |       |       |            |     |     |        |     |       |      | 연구기반지표 |         |         |          |       |       |          |       |                |       |
|----------------|--------|-------|-------|------------|-----|-----|--------|-----|-------|------|--------|---------|---------|----------|-------|-------|----------|-------|----------------|-------|
|                | 지식 재산권 |       |       | 기술 실시 (이전) |     | 사업화 |        |     |       |      | 기술 인증  | 학술성과    |         |          | 교육 지도 | 인력 양성 | 정책 활용·홍보 |       | 기타 (타 연구 활용 등) |       |
|                | 특허 출원  | 특허 등록 | 품종 등록 | 건수         | 기술료 | 제품화 | 매출액    | 수출액 | 고용 창출 | 투자유치 |        | 논문 SC I | 논문 SC I | 논문 평균 IF |       |       | 학술 발표    | 정책 활용 |                | 홍보 전시 |
|                |        |       |       |            |     |     |        |     |       |      |        |         |         |          |       |       |          |       |                |       |
| 단위             | 건      | 건     | 건     | 건          | 백만원 | 건   | 백만원    | 백만원 | 명     | 백만원  | 건      | 건       | 건       | 건        | 명     |       |          |       |                |       |
| 가중치            | 10     | 10    |       | 10         |     | 10  | 10     | 5   | 10    |      | 5      |         |         | 10       |       |       |          | 10    | 10             |       |
| 최종목표           | 2      | 1     |       | 1          |     | 1   | 3,000  |     | 3     |      | 2      |         |         | 3        |       |       |          | 1     | 1              |       |
| 연구기간내 달성실적     | 2      | 1     |       | 2          |     | 1   | 1,574  |     | 4     |      | 2      |         |         | 5        | 2     |       |          | 1     | 2              | 2     |
| 종료 1차년도        |        | 1     |       |            |     |     | 1,000  |     |       |      |        |         |         |          |       |       |          |       | 1              |       |
| 종료 2차년도        |        |       |       |            |     | 1   | 1,500  |     |       |      | 1      |         |         |          |       |       |          |       |                |       |
| 종료 3차년도        | 1      |       |       |            |     |     | 2,000  | 100 | 2     |      |        |         |         | 1        |       |       |          |       | 1              |       |
| 종료 4차년도        |        | 1     |       |            |     |     | 2,500  |     |       |      |        |         |         |          |       |       |          |       | 1              |       |
| 종료 5차년도        |        |       |       |            |     |     | 3,000  | 100 | 2     |      |        |         |         | 1        |       |       |          |       |                |       |
| 연구종료 후 성과창출 계획 | 1      | 2     |       |            |     | 1   | 10,000 | 200 | 4     |      | 1      |         |         | 2        |       |       |          |       | 3              |       |

## 주 의

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