

과제번호
319085-
02

사
막
기
후
적
응
형
스
마
트
온
실
및
냉
방
패
키
지
실
증
모
델
개
발

2021

농
림
축
산
식
품
부
농
림
식
품
기
술
기
획
평
가
원

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

발간등록번호

11-1543000-003999-01

사막기후 적응형 스마트 온실 및 냉방패키지 실증모델 개발

2022년 03월 30일

주관연구기관 / (주)그린플러스
공동연구기관 / (주)우원엠앤이
공동연구기관 / 한국농어촌공사

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “사막기후 적응형 스마트온실 및 냉방패키지 실증모델 개발”(개발기간 : 2019. 07. 10. ~ 2021. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2022년 3월 30일

주관연구기관명 : 박 영 환 (대표자)

협동연구기관명 : 이 병 호 (대표자)

협동연구기관명 : 변 운 섭 (대표자)



주관연구책임자 : 정 순 태
협동연구책임자 : 이 철 성
협동기관책임자 : 장 근 호

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

| 최종보고서 | | | | | | | 보안등급 | |
|-------------------------|----------------|-----------------------|---|--|---|-----------------------------|--------------|--|
| | | | | | | | 일반[○], 보안[] | |
| 중앙행정기관명 | | 농축산식품부 | | 사업명 | | | | |
| 전문기관명 (해당 시 작성) | | 농림식품기술기획평가원 | | 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | |
| 공고번호 | | | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | | | |
| | | | | 연구개발과제번호 | | 319085-02 | | |
| 기술 분류 | 국가과학기술 표준분류 | 1순위 소분류 코드 명 | % | 2순위 소분류 코드명 | % | 3순위 소분류 코드명 | % | |
| | 농림식품과학기술 분류 | 1순위 소분류 코드 명 | % | 2순위 소분류 코드명 | % | 3순위 소분류 코드명 | % | |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | | 국문 | | | | | | |
| | | 영문 | | | | | | |
| 연구개발과제명 | | 국문 | | 사막기후 적응형 스마트 온실 및 냉방패키지 실증모델 개발 | | | | |
| | | 영문 | | Development of a Field Test Model for Adaptive Type Smart Greenhouse and Cooling Package in Desert Climate | | | | |
| 주관연구개발기관 | | 기관명 | | (주)그린플러스 | | 사업자등록번호 | | |
| | | 주소 | | (우)32446 충청남도 예산군 용봉면 용봉로 50-42 ㈜ 그린플러스 | | 법인등록번호 | | |
| | | | | | | 124-81-52399 | | |
| | | | | | | 13811-0033605 | | |
| 연구책임자 | | 성명 | | 정순태 | | 직위 | | |
| | | 연락처 | | 041-332-6421 | | 이사 | | |
| | | 직장전화 전자우편 | | | | 휴대전화 | | |
| | | | | | | 국가연구자번호 | | |
| 연구개발기간 | | 전체 | | 2019. 07. 10 - 2021. 12. 31. | | | | |
| | | 단계 (해당 시 작성) | | 1단계 | | 2019. 07. 10 - 2020. 07. 09 | | |
| | | | | 2단계 | | 2020. 07. 10 - 2021. 12. 31 | | |
| 연구개발비 (단위: 천원) | | 정부 지원 연구 개발비 | | 기관부담 연구개발비 | | 그 외 기관 등의 지원금 | | |
| | | 현금 | | 현금 | | 지방자치 단체 | | |
| | | 현물 | | 현물 | | 기타() | | |
| | | 합계 | | 합계 | | 합계 | | |
| | | 현금 | | 현금 | | 현금 | | |
| | | 현물 | | 현물 | | 현물 | | |
| | | 합계 | | 합계 | | 합계 | | |
| 총계 | | 1,800,000 | | 60,000 | | 540,000 | | |
| | | 930,000 | | 30,000 | | 270,000 | | |
| 1단계 | | 900,000 | | 30,000 | | 270,000 | | |
| | | 930,000 | | 30,000 | | 270,000 | | |
| | | 930,000 | | 30,000 | | 270,000 | | |
| | | 930,000 | | 30,000 | | 270,000 | | |
| 공동연구개발기관 등 (해당 시 작성) | | 기관명 | | 책임자 | | 직위 | | |
| | | 휴대전화 | | 휴대전화 | | 전자우편 | | |
| | | 전자우편 | | 비고 | | 역할 | | |
| | | | | | | 기관유형 | | |
| 참여연구개발기관 | | (주)우원엠앤이 | | 장근호 | | 본부장 | | |
| | | 한국농어촌공사 | | 이철성 | | 선임 연구원 | | |
| | | | | | | 공동 | | |
| | | | | | | 공동 | | |
| 연구개발담당자 실무담당자 | | 성명 | | 김영준 | | 직위 | | |
| | | 연락처 | | 041-332-6421 | | 책임연구원 | | |
| | | 직장전화 전자우편 | | | | 휴대전화 | | |
| | | | | | | 국가연구자번호 | | |
| | | | | | | 11076389 | | |

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

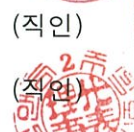
2022 년 02 월 01 일

연구책임자: 정 순 태

주관연구개발기관의 장: 박 영 환

참여연구개발기관의 장: 이 병 호

참여연구개발기관의 장: 변 운 섭



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

| | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------|---|--|--------------------|---|--------------------------|---|-----------|--|
| 사업명 | | | | | | 총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성) | | | |
| 내역사업명 (해당 시 작성) | | | | | | 연구개발과제번호 | | 319085-02 | |
| 기술분류 | 국가과학기술 표준분류 | 1순위 소분류 코드명 | % | 2순위 소분류 코드명 | % | 3순위 소분류 코드명 | % | | |
| | 농림식품 과학기술분류 | 1순위 소분류 코드명 | % | 2순위 소분류 코드명 | % | 3순위 소분류 코드명 | % | | |
| 총괄연구개발명 (해당 시 작성) | | | | | | | | | |
| 연구개발과제명 | | 사막기후 적응형 스마트 온실 및 냉방패키지 실증모델 개발 | | | | | | | |
| 전체 연구개발기간 | | Development of a Field Test Model for Adaptive Type Smart Greenhouse and Cooling Package in Desart Climate | | | | | | | |
| 총 연구개발비 | | 총 2,400,000 천원 (정부지원연구개발비: 1,800,000 천원, 기관부담연구개발비 : 600,000 천원) | | | | | | | |
| 연구개발단계 | | 기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[] | | 기술성숙도 (해당 시 기재) | | 착수시점 기준() 종료시점 목표() | | | |
| 연구개발과제 유형 (해당 시 작성) | | | | | | | | | |
| 연구개발과제 특성 (해당 시 작성) | | | | | | | | | |
| 연구개발 목표 및 내용 | 최종 목표 | | 사막기후 적응형 스마트온실 및 냉방패키지 실증모델 개발 | | | | | | |
| | 전체 내용 | | <ul style="list-style-type: none"> ○ 열대 사막지역 기후 조건에 적합한 스마트온실 모델 개발 및 시공 · 운영기술 정립 - 사막지역 환경을 고려한 기초설계를 바탕으로 구조물 설계 및 구조 안정성 분석 - 사막기후 적응형 스마트온실 모델 개발 - 사막형 스마트온실 모델 현지 시공 및 성능평가 - 스마트온실 모델의 운영 매뉴얼 작성 ○ 사막기후 맞춤형 온실 냉방 패키지 기술 개발 및 성능평가 - 해당지역 재배환경을 반영한 온실 냉방패키지 기술 선정 및 예비시험 - 냉방패키지 기술 구성 및 국내 시험온실 적용과 성능 평가 - 현지 실증온실에 냉방패키지 설치 및 냉방 성능평가 - 사막형 온실 냉방패키지 운영·관리 기술 정립 | | | | | | |
| | 1단계 (해당 시 작성) | 목표 | | | | | | | |
| | | 내용 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 실증예정 부지의 기후환경, 토질, 인프라 현황조사 및 정보수집 ○ 사막형 스마트온실 설계 및 설비 선정 ○ 플라스틱 온실의 풍하중 분석 등의 구조 안정성 평가 ○ 적용 예정 냉방 패키지 기술 비교 분석 및 선정 ○ 실증온실 및 냉방패키지 현지 시공 | | | | | | |
| | 2단계 (해당 시 작성) | 목표 | | | | | | | |
| 내용 | | <ul style="list-style-type: none"> ○ 실증온실 내부환경 측정, 데이터 분석 ○ 실증온실 작물 별 생육특성, 온습도 변화, 수확량 증대 조사 ○ 시공성, 내부환경, 냉방패키지 성능평가 ○ 사막형 스마트온실 모델의 운영 매뉴얼 작성 ○ 개선요인 발굴 및 보완 ○ 실증온실 성과 검증 및 BM(Business Model) 개발 | | | | | | | |

| 연구개발성과 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 사막 적응형 스마트온실 및 최적 냉방 패키지 기술 개발 ○ 건축, 설비, 실내환경 요소를 고려한 냉방 패키지 설계자료 구축 ○ 모니터링 분석을 통한 정부 정책, 제도 및 관련연구의 기초자료 구축 ○ 초기투자비, 운영비, 유지관리비를 고려한 경제성 평가 <p style="text-align: center;"><예상되는 연구개발성과 유형></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설 ·장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">생명자원</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정보</th> <th>실물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예상성과 (N/Y)</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | 구분 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구 시설 ·장비 | 기술 요약 정보 | 소프트 웨어 | 화합물 | 생명자원 | | 신품종 | | 생명 정보 | 생물 자원 | 정보 | 실물 | 예상성과 (N/Y) | Y | Y | Y | Y | Y | | | | | | |
|-----------------------------|--|-------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|-----|----|--|----------|--------------|-------------|---------------------|-----------------|----------------|-------------|--------------|--------------|-----|-----|--|----------|----------|----|----|---------------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
| 구분 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구 시설 ·장비 | 기술 요약 정보 | 소프트 웨어 | 화합물 | 생명자원 | | 신품종 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 생명 정보 | 생물 자원 | 정보 | 실물 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 예상성과 (N/Y) | Y | Y | Y | Y | Y | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과 활용계획 및 기대 효과 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 사막기후 적응형 스마트온실 실증적용 및 검증 후 규모별, 기후대별 냉방 패키지 기술 확대적용(Scale-up)이 가능함 ○ 안정 성장 온도 목표치 별 냉방 패키지 시스템 및 최적안 선정으로 다양한 작물 재배에 확대 적용이 가능함 ○ 냉방 패키지 기술 적용 효과를 초기 설계 단계에 검토할 수 있도록 하여 여름철 작물 재배 생산성 예측이 가능함 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과의 비공개여부 및 사 유 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구개발성과의 등록·기탁 건수 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설 · 장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">표준</th> <th colspan="2">생명자원</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정보</th> <th>실물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구 시설 · 장비 | 기술 요약 정보 | 소프트 웨어 | 표준 | 생명자원 | | 화합물 | 신품종 | | 생명 정보 | 생물 자원 | 정보 | 실물 | | | | | | | | | | | | |
| 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구 시설 · 장비 | 기술 요약 정보 | 소프트 웨어 | 표준 | 생명자원 | | 화합물 | 신품종 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 생명 정보 | 생물 자원 | | 정보 | 실물 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>구입 기관</th> <th>연구시설 ·장비명</th> <th>규격 (모델명)</th> <th>수량</th> <th>구입 연월일</th> <th>구입가격 (천원)</th> <th>구입처 (전화)</th> <th>비고 (설치장소)</th> <th>ZEUS 등록번호</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | 구입 기관 | 연구시설 ·장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | ZEUS 등록번호 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 구입 기관 | 연구시설 ·장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | ZEUS 등록번호 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 국문핵심어 (5개 이내) | 온실 | | 토마토 | | 냉방 패키지 기술 | | 현장실증 | | 사막기후 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 영문핵심어 (5개 이내) | Greenhouses | | Tomato | | Cooling package technology | | Field test | | Desert climate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

〈 목 차 〉

| | |
|--|-----|
| 1. 연구개발과제의 개요..... | 12 |
| 1-1. 연구개발의 개요..... | 12 |
| 1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황..... | 14 |
| 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용..... | 21 |
| 2-1. 연구개발의 수행과정 및 수행내용(1차년도: 그린플러스)..... | 21 |
| 2-2. 연구개발의 수행과정 및 수행내용(1차년도: 우원엠앤이)..... | 53 |
| 2-3. 연구개발의 수행과정 및 수행내용(1차년도: 농어촌공사)..... | 101 |
| 2-4. 연구개발의 수행과정 및 수행내용(2차년도: 그린플러스)..... | 138 |
| 2-5. 연구개발의 수행과정 및 수행내용(2차년도: 우원엠앤이)..... | 196 |
| 2-6. 연구개발의 수행과정 및 수행내용(2차년도: 농어촌공사)..... | 228 |
| 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도..... | 256 |
| 1)연구수행결과..... | 256 |
| 2)목표 달성 수준..... | 263 |
| 4. 목표 미달 시 원인분석..... | 264 |
| 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도..... | 265 |
| 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획..... | 265 |

〈 표 목 차 〉

| | |
|-------|-----|
| 표 1. | 53 |
| 표 2. | 54 |
| 표 3. | 56 |
| 표 4. | 57 |
| 표 5. | 57 |
| 표 6. | 58 |
| 표 7. | 58 |
| 표 8. | 59 |
| 표 9. | 66 |
| 표 10. | 69 |
| 표 11. | 73 |
| 표 12. | 92 |
| 표 13. | 93 |
| 표 14. | 97 |
| 표 15. | 98 |
| 표 16. | 104 |
| 표 17. | 110 |
| 표 18. | 121 |
| 표 19. | 128 |
| 표 20. | 128 |
| 표 21. | 138 |
| 표 22. | 139 |
| 표 23. | 171 |
| 표 24. | 172 |
| 표 25. | 174 |
| 표 26. | 177 |
| 표 27. | 179 |
| 표 28. | 181 |
| 표 29. | 183 |
| 표 30. | 183 |
| 표 31. | 184 |
| 표 32. | 186 |
| 표 33. | 187 |
| 표 34. | 192 |
| 표 35. | 199 |
| 표 36. | 200 |
| 표 37. | 205 |
| 표 38. | 207 |
| 표 39. | 221 |

| | |
|-------|-----|
| 丑 40. | 221 |
| 丑 41. | 221 |
| 丑 42. | 221 |
| 丑 43. | 222 |
| 丑 44. | 223 |
| 丑 45. | 225 |
| 丑 46. | 226 |
| 丑 47. | 227 |
| 丑 48. | 229 |
| 丑 49. | 233 |
| 丑 50. | 234 |
| 丑 51. | 235 |
| 丑 52. | 236 |
| 丑 53. | 238 |
| 丑 54. | 238 |
| 丑 55. | 239 |

〈 그림 목 차 〉

| | |
|--------|----|
| 그림 1. | 21 |
| 그림 2. | 22 |
| 그림 3. | 22 |
| 그림 4. | 23 |
| 그림 5. | 23 |
| 그림 6. | 24 |
| 그림 7. | 26 |
| 그림 8. | 28 |
| 그림 9. | 30 |
| 그림 10. | 31 |
| 그림 11. | 32 |
| 그림 12. | 33 |
| 그림 13. | 34 |
| 그림 14. | 35 |
| 그림 15. | 35 |
| 그림 16. | 36 |
| 그림 17. | 36 |
| 그림 18. | 37 |
| 그림 19. | 37 |
| 그림 20. | 38 |
| 그림 21. | 38 |
| 그림 22. | 40 |
| 그림 23. | 42 |
| 그림 24. | 43 |
| 그림 25. | 44 |
| 그림 26. | 45 |
| 그림 27. | 46 |
| 그림 28. | 48 |
| 그림 29. | 49 |
| 그림 30. | 50 |
| 그림 31. | 51 |
| 그림 32. | 52 |
| 그림 33. | 60 |
| 그림 34. | 61 |
| 그림 35. | 62 |
| 그림 36. | 62 |
| 그림 37. | 63 |
| 그림 38. | 63 |
| 그림 39. | 64 |

| | |
|--------|-----|
| 그림 40. | 64 |
| 그림 41. | 65 |
| 그림 42. | 65 |
| 그림 43. | 66 |
| 그림 44. | 67 |
| 그림 45. | 68 |
| 그림 46. | 69 |
| 그림 47. | 70 |
| 그림 48. | 70 |
| 그림 49. | 70 |
| 그림 50. | 71 |
| 그림 51. | 71 |
| 그림 52. | 72 |
| 그림 53. | 74 |
| 그림 54. | 75 |
| 그림 55. | 76 |
| 그림 56. | 77 |
| 그림 57. | 78 |
| 그림 58. | 79 |
| 그림 59. | 80 |
| 그림 60. | 81 |
| 그림 61. | 82 |
| 그림 62. | 83 |
| 그림 63. | 84 |
| 그림 64. | 85 |
| 그림 65. | 86 |
| 그림 66. | 87 |
| 그림 67. | 88 |
| 그림 68. | 89 |
| 그림 69. | 90 |
| 그림 70. | 91 |
| 그림 71. | 101 |
| 그림 72. | 101 |
| 그림 73. | 102 |
| 그림 74. | 102 |
| 그림 75. | 103 |
| 그림 76. | 103 |
| 그림 77. | 103 |
| 그림 78. | 104 |
| 그림 79. | 104 |
| 그림 80. | 105 |

| | |
|---------|-----|
| 그림 81. | 105 |
| 그림 82. | 106 |
| 그림 83. | 106 |
| 그림 84. | 107 |
| 그림 85. | 107 |
| 그림 86. | 109 |
| 그림 87. | 110 |
| 그림 88. | 112 |
| 그림 89. | 113 |
| 그림 90. | 115 |
| 그림 91. | 116 |
| 그림 92. | 117 |
| 그림 93. | 117 |
| 그림 94. | 118 |
| 그림 95. | 119 |
| 그림 96. | 120 |
| 그림 97. | 122 |
| 그림 98. | 122 |
| 그림 99. | 123 |
| 그림 100. | 123 |
| 그림 101. | 124 |
| 그림 102. | 125 |
| 그림 103. | 126 |
| 그림 104. | 126 |
| 그림 105. | 130 |
| 그림 106. | 130 |
| 그림 107. | 131 |
| 그림 108. | 132 |
| 그림 109. | 133 |
| 그림 110. | 133 |
| 그림 111. | 134 |
| 그림 112. | 135 |
| 그림 113. | 135 |
| 그림 114. | 136 |
| 그림 115. | 136 |
| 그림 116. | 137 |
| 그림 117. | 138 |
| 그림 118. | 142 |
| 그림 119. | 144 |
| 그림 120. | 147 |
| 그림 121. | 149 |

| | |
|---------|-----|
| 그림 122. | 150 |
| 그림 123. | 152 |
| 그림 124. | 153 |
| 그림 125. | 155 |
| 그림 126. | 159 |
| 그림 127. | 160 |
| 그림 128. | 169 |
| 그림 129. | 170 |
| 그림 130. | 172 |
| 그림 131. | 172 |
| 그림 132. | 173 |
| 그림 133. | 187 |
| 그림 134. | 188 |
| 그림 135. | 189 |
| 그림 136. | 191 |
| 그림 137. | 192 |
| 그림 138. | 193 |
| 그림 139. | 194 |
| 그림 140. | 195 |
| 그림 141. | 196 |
| 그림 142. | 196 |
| 그림 143. | 143 |
| 그림 144. | 198 |
| 그림 145. | 198 |
| 그림 146. | 200 |
| 그림 147. | 201 |
| 그림 148. | 202 |
| 그림 149. | 203 |
| 그림 150. | 203 |
| 그림 151. | 204 |
| 그림 152. | 205 |
| 그림 153. | 205 |
| 그림 154. | 206 |
| 그림 155. | 206 |
| 그림 156. | 207 |
| 그림 157. | 209 |
| 그림 158. | 209 |
| 그림 159. | 210 |
| 그림 160. | 210 |
| 그림 161. | 211 |
| 그림 162. | 211 |

| | |
|---------|-----|
| 그림 163. | 212 |
| 그림 164. | 212 |
| 그림 165. | 213 |
| 그림 166. | 214 |
| 그림 167. | 215 |
| 그림 168. | 216 |
| 그림 169. | 216 |
| 그림 170. | 217 |
| 그림 171. | 219 |
| 그림 172. | 220 |
| 그림 173. | 223 |
| 그림 174. | 224 |
| 그림 175. | 224 |
| 그림 176. | 225 |
| 그림 177. | 227 |
| 그림 178. | 228 |
| 그림 179. | 229 |
| 그림 180. | 230 |
| 그림 181. | 231 |
| 그림 182. | 231 |
| 그림 183. | 232 |
| 그림 184. | 232 |
| 그림 185. | 232 |
| 그림 186. | 232 |
| 그림 187. | 241 |
| 그림 188. | 242 |
| 그림 189. | 243 |
| 그림 190. | 244 |
| 그림 191. | 246 |
| 그림 192. | 247 |
| 그림 193. | 248 |
| 그림 194. | 249 |
| 그림 195. | 249 |
| 그림 196. | 250 |
| 그림 197. | 251 |
| 그림 198. | 252 |
| 그림 199. | 252 |
| 그림 200. | 253 |
| 그림 201. | 254 |
| 그림 202. | 254 |
| 그림 203. | 255 |

1. 연구개발과제의 개요

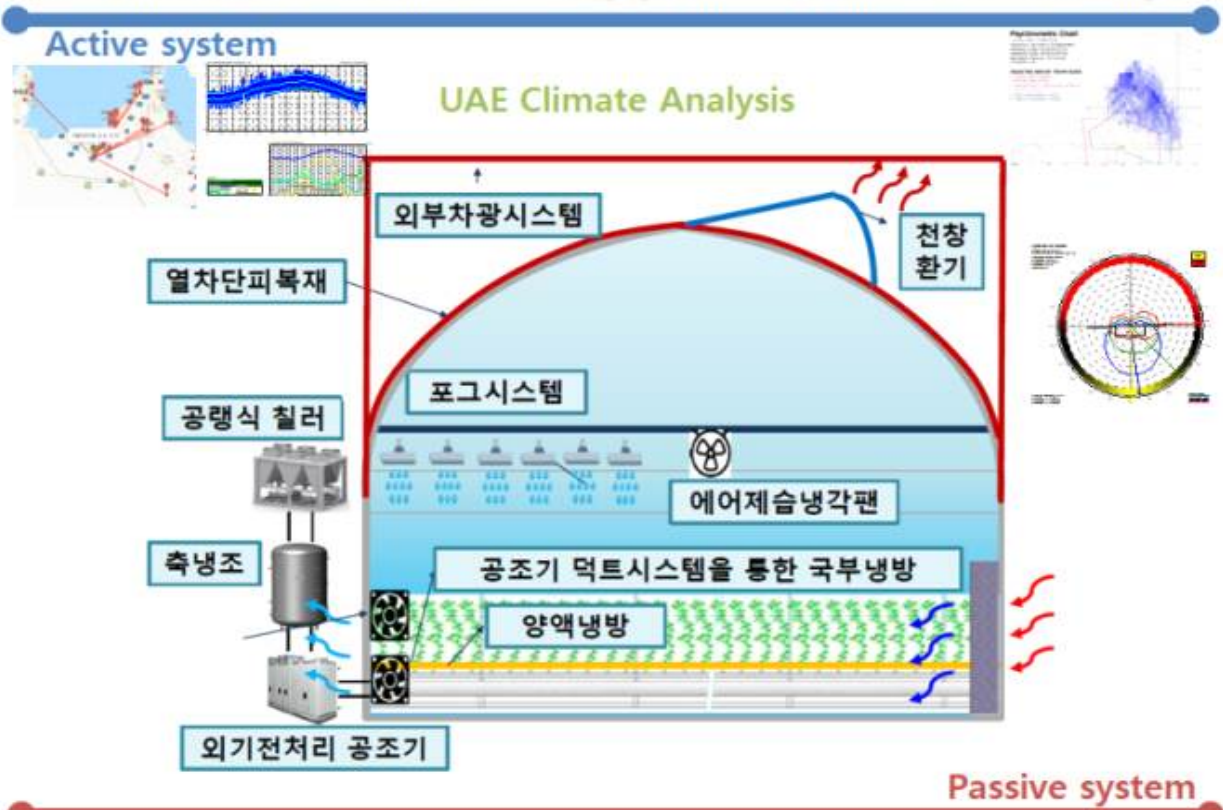
1-1. 연구개발 개요

가. 연구개발 목표 시스템

- 열대 사막지역 기후 조건에 적합한 플라스틱 온실 모델 개발 및 시공·운영 기술 정립
- 사막기후 맞춤형 온실 냉방 패키지 기술 개발 및 성능평가



Air cooled chiller AHU + Thermal tank Fog system Circulation fan Extracting fan



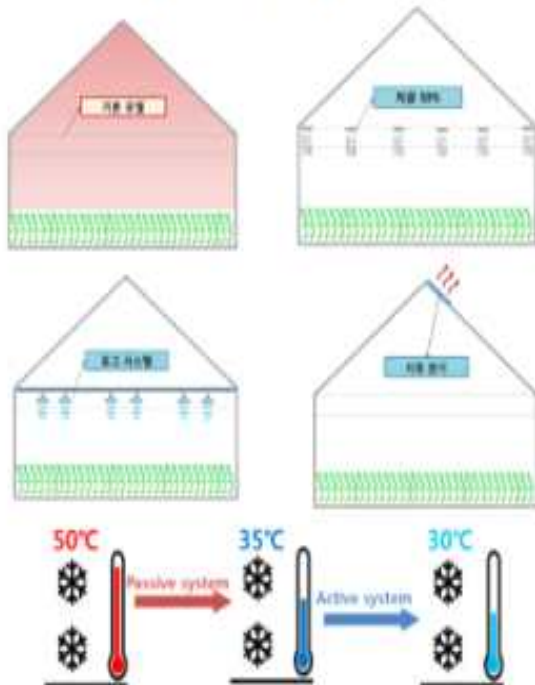
Evaporative cooling pad Roof ventilations External shading Thermal screen

플라스틱 온실 냉방 패키지 조합 기술

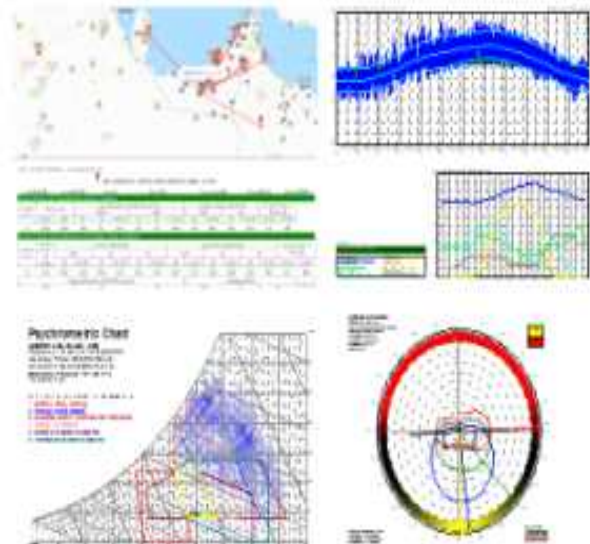
나. 연구개발의 기술 특징

- 사막기후 특성을 고려한 공랭식냉동기+축냉조+공조기로(액티브 시스템) 구성
- 그 외에 국부냉각, 양액냉각, 증발냉각, 열차단 피복, 차광, 외부 및 내부 포그시스템, 기류 순환팬, 강제 배기팬 등으로 구성
- 증발냉각 원리를 활용한 냉각패드(동력이 들어가는 경우 액티브), 지붕 환기, 차광막으로 구성(패시브 시스템)
- 비 냉방 시 온실 실내온도가 50℃ 이상 상승하는데 이를 1차로 패시브 시스템으로 낮추고, 2차로 액티브 시스템으로 낮춰서 현지 관행 재배 작물(토마토, 파프리카 등)의 생육 적정온도 30℃를 만족

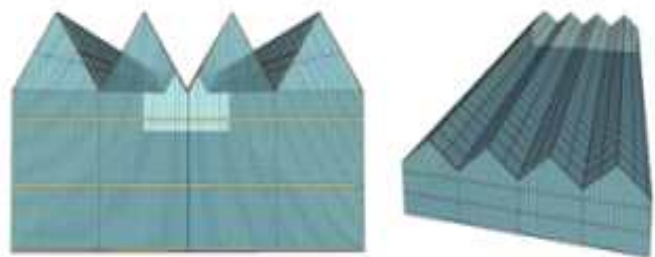
<냉방 기술 별 성능평가>



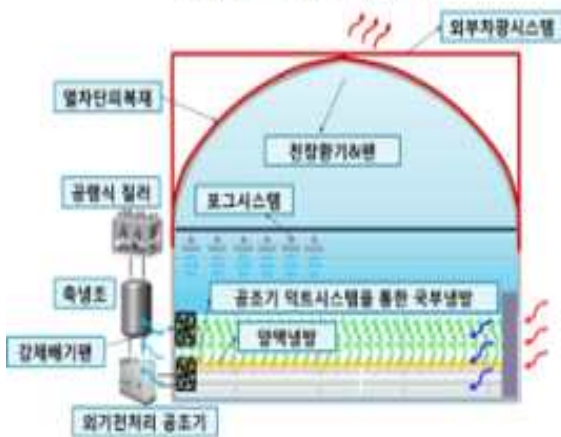
<플라스틱 온실 기후분석>



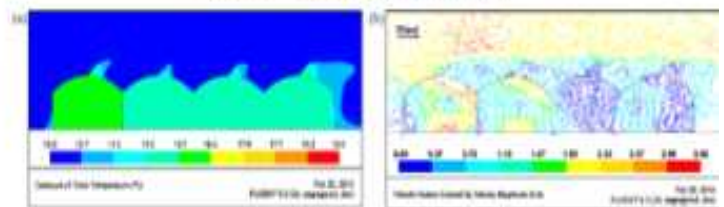
<플라스틱 온실 부하분석>



<최적 냉방패키지 선정>



<플라스틱 온실 유동해석>



플라스틱 온실 최적 냉방패키지 기술 선정 과정

1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

1) 스마트팜 국내 시장규모 및 전망

- 국내 스마트팜 생산 관련시장은 2012년 2조 4,295억원에서 연평균 10.5%로 성장하여 2020년에는 5조4,048억원 규모에 이를 것으로 전망
- 2020년 스마트팜 생산시스템 관련 시장은 2조2,475억원으로 전체시장의 약 41.6%를 차지 할 것으로 전망
- 지능형 농작업기 관련시장은 2조7,997억원(51.8%), 시장 형성 초기단계인 식물공장 관련시장은 3,576억원(6.6%)으로 성장 할 것으로 예상

(단위: 억 원, %)

| 구분 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | CAGR (2013~2015) |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| 스마트팜 | 16,251 | 17,340 | 18,502 | 19,741 | 21,064 | 22,475 | 6.7 |
| 식물공장 | 1,800 | 2,759 | 2,944 | 3,141 | 3,352 | 3,576 | 53.3 |
| 지능형 농작업기 | 18,000 | 21,600 | 2,307 | 24,591 | 26,239 | 27,997 | 20.0 |
| 합계 | 36,051 | 41,699 | 44,493 | 47,474 | 50,655 | 54,048 | 14.5 |

자료: World Agricultural Equipment(2011)

2) 국내시장 규모 및 수출·입 현황

- 현재 국내의 첨단온실 및 스마트팜의 수출·입은 극히 미미한 수준이며, 최근 스마트팜 모델을 정립하고 수출활성화를 위한 시도가 이루어짐(농림축산식품기술기획평가원의 '지능형 스마트팜 플랫폼 수출연구사업단' 등)
- 국내 원예시설의 철골재 등은 국산화 되었으나, 유리온실 및 양액관리 등 ICT 설비는 외산 의존도가 높은 수준(농림축산식품부 '시설원예 산업의 현황과 선진화 정책방향')
 - * 유리온실의 55%(벤로형), 환경제어분야의 85%를 외국산이 차지

3) 우리나라 온실 현황

- 전체 온실 중 비닐온실이 99%, 유리온실이 0.7% 차지('2010 기준)
- 2010년 말 기준으로 국내 원예시설면적은 53,136ha로 단동 비닐하우스가 88.6%, 연동 플라스틱 온실이 10.1%, 유리온실이 0.7%를 차지하고 있는 현실이며, 경쟁력을 확보한 시설작물 재배 및 생산을 위해서는 자동화 및 복합환경제어시스템 등을 갖춘 첨단온실 및 스마트팜의 비율 증가 등 시설구조 변화가 절실함
- 국내 연동 온실의 80% 이상이 사용연수 15년 이상 된 것으로 시설 노후화로 인하여 생산성이 떨어짐과 동시에 최적 환경 제어를 위한 투자에 한계가 발생하고 있으며, 최근 하우스의 노후화와 온실 축고를 높이기 위한 방편으로 구조 리모델링 사업이 진행되고 있으나 이러한 방법은 신규 온실 등에는 적용하기 힘든 한계가 있음

4) 온실 냉방 환경 도입 배경

가) 냉방기술 도입 필요성

- 자동화 연동 온실과 같이 첨단화된 대규모 온실은 투자수익의 제고와 안정생산을 목표로 적극적인 냉방이 필요

| 온실 | 플라스틱 온실 | 유리온실 |
|----------|---------|-------------------------|
| 냉방 도입 비율 | 4% | 48% |
| 냉방 시스템 | - | 증발냉각시스템 60%, 지열히트펌프 40% |

5) 온실 냉방부하 산출

가) 냉방부하 산출의 중요성

- 냉방시스템 도입을 위해서는 온실의 냉방설계를 통한 설비용량의 결정이 중요
- 설비용량의 부족은 혹서기에 작물의 성장장애를 유발할 수 있으며, 과대설계는 설치비나 에너지효율 측면에서 불리하므로 정확한 냉방부하 산정을 통하여 적정 설비용량을 결정해야 함
- 최근에 지열 히트펌프를 이용한 냉방의 보급 추세를 감안하면 온실의 냉방부하 산정방법을 포함하는 새로운 설계기준의 제정이 필요한 실정

나) 선진국 사례

- 미국의 온실 냉방설계 기준은 강제환기와 증발냉각시스템으로 구성되어 있으며 열수지식을 이용하여 기온과 환기율 관계를 구하는 방법으로 설계(ASABE, 2008)
- 일본의 온실 냉방설계 기준은 증발 냉각법으로 구성되어 있으며, VETH(Ventilation Evaporation Temperature Humidity) 선도를 이용하여 설계

다) 냉방 부하산출 기준 정보

- 기상대의 관측치 30년의 기상자료 (기온, 풍속, 일사량, 강수량, 적설량, 운량 및 기압) 이용
- 환기의 경우, 설정온도는 우선 환기팬의 작동에 의하여 온도를 조절하기 위하여 저속 환기 (0.5회/분)와 고속 환기 (1.0회/ 분)로 구분하며, 각각의 설정온도는 25.0 ℃ 및 27.0 ℃ 임

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

1) 국외 기술 동향 및 수준

가) 선진국 대비 기술 수준

| 국가 | 최고기술품 대비 기술수준(%) | 최고기술품 대비 기술격차(년) |
|------|------------------|------------------|
| 미국 | 100.0 | 0.0 |
| 독일 | 96.6 | 1.0 |
| 네덜란드 | 94.3 | 1.4 |
| 일본 | 94.3 | 1.5 |
| 영국 | 91.4 | 2.0 |
| 프랑스 | 90.6 | 2.1 |
| 호주 | 85.3 | 3.6 |
| 한국 | 76.1 | 5.6 |
| 중국 | 66.2 | 7.8 |

| | |
|-------------|---|
| 스마트팜 글로벌 시장 | 프리바, 훌티맥스, 호겐도프(네덜란드), 네타팜(이스라엘), 맥시마이저(캐나다), 세이와, 후지쯔, 카카시(일본)등이 경쟁하고 있으며 최근에 몬산토와 듀폰에서도 lot기반기술에 대한 거액의 자금 투자가 진행되는 것으로 알려짐 |
|-------------|---|

| | |
|----|--|
| 유럽 | 선도기업 점유율이 매우 높은 상태로 중국, 중앙아시아, 동남아시아, 중동 등의 시장에서 선진국 시스템과의 경쟁에 박차를 가하고 있는 상황으로 기술, 품질 경쟁력은 아직 미흡한 실정이나, 가격경쟁력 등을 앞세워 맞춤형 시장을 개척하는 단계 |
| 미국 | 농업 생산환경의 차이가 많고, 아프리카, 남미, 인도 등이 장기적 시장으로 예상됨 |

* 빅데이터 기반 스마트 농업 현황 및 추진 방향(농림수산식품교육문화정보원, 2017)

나) 중동지역 온실 현황(쿠웨이트)

- 종류: 폴리에틸렌 플라스틱(92%), 유리섬유(6%), Roclairne 그물(2%)과 유리 온실의 4종류임

2014/2015년 계절 별 · 온실 종류 별 개수

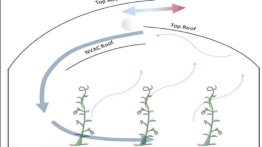
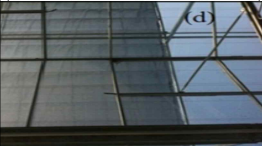


| 계절별 | 폴리에틸렌 | 그물 | 유리섬유 | 유리 | 온실 총개수 |
|-----|--------|-------|-------|-----|--------|
| 겨울 | 11,280 | 486 | 802 | 99 | 12,667 |
| 초여름 | 5,816 | 486 | 867 | 56 | 7,225 |
| 늦여름 | 4,432 | 432 | 287 | 30 | 5,181 |
| 합계 | 21,528 | 1,404 | 1,956 | 185 | 25,073 |

(출처: PAAFR 통계치 2016년)

다) 온실 냉방시스템 기술 현황

(1) 건축적 냉방 패키지 기술과 효과

- 자연 환기, 외부 차양, 내부 차양 등은 여름철 온실의 실내온도를 낮추기 위한 건축적 기술로 가장 많이 활용되고 있음
- 태양광은 온실의 실내온도를 상승시키는 주요 요인으로 차양을 통해 광량을 감소시킬 경우 실내온도는 하강시킬 수 있으나 작물 생육에 필요한 충분한 광량을 확보할 수 없어 냉방 기술로서 활용에는 한계가 있음

| 기술 | 개념도 | 설명 | 물성치 | 효과 | 평균효율 | 평가방법 | 위치 | 기후 |
|----------|---|--|---------------|------------------------|----------|------|----|--------|
| 자연 환기 |  | 자연환기 모드에서 지붕과 문을 개방 | - | 기본 | | | | |
| 외부 차양 |  | 검정 외부 차양은 실험 온실에서 70% 음영을 제공하는 고밀도 UV 폴리에스테르 조각으로 구성 | 70% 차광 | 좋음 | 2~3°C 감소 | 실험 | 중국 | 습한 아열대 |
| 내부 차양 |  | 내부 차양은 50% 그늘 반사 알루미늄 섬유로 구성 | 50% 차광 | 우수 | | | | |
| 다겹 보온 커튼 |  | 유리온실용 알루미늄 다겹 보온 커튼 | 알루미늄 다겹 보온 커튼 | 2.2°C 감소 / 난방비용 87% 감소 | | 실험 | 한국 | - |


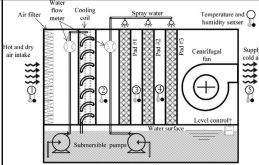
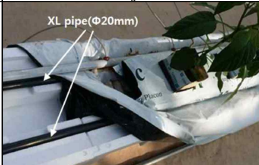
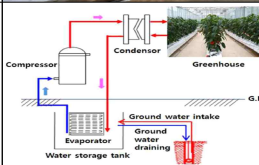

- 일반적으로 온실 구조물과 내·외부 차양에 의해 실외의 광량에 15~50%가 감소하여 유입
- 자연 환기는 지붕과 창문 등의 개방을 통해 실외의 공기를 실내로 유입하고, 이를 통해 작물의 적정 생육온도 및 CO2 농도, 습도 유지 등의 기능을 하지만 필요 환기량과 온실


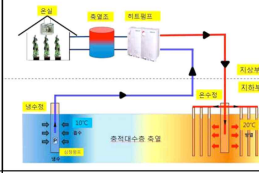
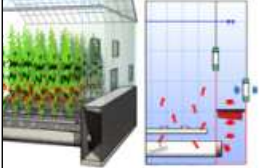
전체의 원활한 기류순환을 유도하는데 어려움이 있음

- 건축적 냉방 기술은 초기투자비가 상대적으로 저렴하고 동력 사용이 거의 없어 대부분의 온실 농가에서 적용하고 있지만, 설비적 냉방 기술과 대비하여 여름철 온실의 실내온도 하강 효과가 작음
- 건축적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 위 표와 같음

(2) 설비적 냉방 패키지 기술과 효과

- 강제환기팬, 증발냉각시스템, 히트펌프, 지하수 활용, 근권부나 작물체 주위 국부냉방, 지붕살수 등은 여름철 온실의 실내온도를 하강하기 위한 설비적 기술로 활용되고 있음
- 증발냉각시스템은 가장 경제적인 냉방 방법으로 패드시스템과 포그시스템이 대표적임
- 패드시스템은 강제환기 팬이 필요하며 온실의 한쪽 벽면에 패드를 설치하고 반대 벽면에서 배기하기 때문에 패드와 거리가 멀어질수록 온도가 상승하여 실내온도의 편차가 생기는 단점이 있음
- 포그시스템은 포그노즐을 온실 전체에 고르게 배치하면 균일한 실내온도를 조성할 수 있지만 포그노즐의 구멍이 막히지 않도록 적절한 필터와 화학적인 처리제 사용 및 수질 확보가 필요함
- 히트펌프를 활용한 냉방은 화훼류 및 육묘생산 등에서 일부 이용되고 있으나 경제성의 문제로 야간냉방에만 국한되어 적용되고 있음
- 기존 중동지역의 팬-패드 방식의 문제를 극복하기 위하여 최신 공조 시스템으로 반밀폐형 공조시스템(Semi-closed air conditioning system)이 개발되었음
- 반밀폐형 공조시스템은 기본 팬-패드 대비 효율 200%(근거 : 네덜란드 D.L.V. 2000년)로 생육기간을 -1~+1 개월 늘리기 위하여 도입이 요구됨
- 설비적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 아래 표와 같음

| 기술 | 개념도 | 설명 | 물성치 | 효과 | 평균 효율 | 평가 방법 | 위치 | 기후 |
|--------------|---|---|-----------------------|--------------------------------|-----------|-------|------|--------|
| 기류 순환팬 |  | 공기와 식물 사이의 열교환을 향상시키기 위해 안정적이고 적당한 공기 흐름을 제공하기 위해 순환 팬 설치 | 90W | 약함 | 2~3 °C 감소 | 실험 | 중국 | 습한 아열대 |
| 간접직접 증발냉각 유닛 |  | 증발식 냉각장치는 간접 증발식 냉각 열교환기와 3개의 패드로 구성되어 직접 증발식 냉각장치로 설계 | 물 25 L 용량, 2 개의 순환 펌프 | 12.1 ~ 21.6 °C 감소 / 효율 30.5%상승 | 실험 | 이라크 | 바그다드 | |
| 국소난방 장치 |  | 유리온실용 양액재배 배지 국소난방장치 | 105kW (GSHP 난방용량) | 4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소 | 실험 | 한국 | - | |
| 지하수 열원 히트펌프 |  | 지하수열원 히트펌프 파프리카 재배 베로형 유리온실에 적용 | 105kW (GSHP 난방용량) | 4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소 | 실험 | 한국 | - | |
| 증발 냉각 패드 |  | 길이 42.1m, 너비 1.9m의 셀룰로오스 종이 패드가 북쪽 벽에 위치. 남쪽 벽에는 10개의 1.1kW 강제배기팬이 설치 | 1.1 kW (10개) | 보통 | 2~3 °C 감소 | 실험 | 중국 | 습한 아열대 |

| | | | | | | | |
|--------------|---|---|---------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|------------|
| 포그 시스템 |  | 토마토 재배용 상업용 온실에 포그노즐 적용 | 2분 분사 1분 정지 | 온도 개선 크지 않음 | 0.9 °C 감소 | 실험 | 한국 (논산) |
| 계간축열 (히트 펌프) |  | 냉열을 냉수로 전환하여 냉수정을 통해 저장하여 여름철 냉방에 사용 (야간만 냉방) | 50RT 2대 히트펌프, 축열조40 m³ | 토마토 26% 증수 | | 한국 (부여) | - |
| 반밀폐형 공조시스템 |  | 외부 공기가 흡입되어, 내부코일로 흐르는 냉수로 인해 차가워진 공기가 전체 덕트를 통하여 온실 내부로 균일하게 공급되어 냉각 | - | 기존 팬-패드 대비 200% 효율 | | 실험 네덜 란드 | - |

(3) 각국 별 · 온실 공정별 비교

· 각국 별 대표 온실을 비교하기 위하여, 공정별로 아래와 같이 구분함

| 번호 | 공정명 | 한국 스마트온실 | 중동(쿠웨이트) | 유럽형(스페인) |
|----|-------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | 온실형태 | 벤로형 | 원파이프 연동형 | 원파이프 와이어형 |
| 2 | 재배작물 | 토마토, 파프리카 등 | 토마토, 오이, 휘 등 | 토마토, 오이, 파프리카 |
| 3 | 재배기간 | 9월~7월 | 10월~4월 | 10월~4월 |
| 4 | 토마토 수확량(m2) | 50kg | 8~10kg | 10월~4월 |
| 5 | 온실축고(동고)m | 6~7(8.2) | 2~2.5(3.5) | 2~2.5(3.5) |
| 6 | 줄기초 | 콘크리트연속기초 | 콘크리트연속기초 | × |
| 7 | 독립기초 | 콘크리트독립기초 | X(흙속에 매립) | X(흙속에 매립) |
| 8 | 내부기둥 | 각 파이프/흰색도장 | 아연 원파이프 | 아연 원파이프 |
| 9 | 트러스 구조 | 환봉, 각 파이프 | × | × |
| 10 | 지붕알미늄시스템 | 용마루, 천창외 | × | × |
| 11 | 측벽알미늄시스템 | 측벽 서까래외 | × | × |
| 12 | 지붕서까래 | 알미늄 | 원파이프 | 격자와이어 |
| 13 | 지붕피복재 | 유리, 경질필름 | 비닐 | 비닐 |
| 14 | 측벽피복재 | 유리, 경질필름 | PC골판 | 비닐+방충망 |
| 15 | 피복재교체 주기 | 영구적(20년이상) | 3년 | 3년 |
| 16 | 천창개폐 | 랙&피니언방식 | × | 고정식 방충망 |
| 17 | 측창개폐 | 대규모(무),소형(유) | × | 방충망+비닐 |
| 18 | 천창방충망 | 선별적사용 | × | 고정식방충망 |
| 19 | 측벽방충망 | 선별적사용 | × | × |
| 20 | 수평스크린 | 2중스크린 | × | × |
| 21 | 외부차광막 | × | 지붕면에 설치 | 지붕면에 설치 |
| 22 | 온실통로 | 콘크리트 | 콘크리트 | 흙 |
| 23 | 온실바닥재 | 그라운드시트 | X | 모래 |
| 24 | 재배방식 | 행잉거터 재배 | 바닥, 스탠딩거터 | 바닥재배 |
| 25 | 재배배지 | 코코피트, 큐브 | 상토 | 흙 |
| 26 | 유동팬 | 0 | × | × |
| 27 | 유황훈증기 | 0 | × | × |
| 28 | 냉방시스템 | 선별적(지열) | 팬-패드 | 포그시스템 |

| | | | | |
|----|-----------------|--------|--------|--------|
| 29 | 난방(튜브레일) | 0 | × | × |
| 30 | 난방(그로우튜브) | 0 | × | × |
| 31 | 난방(측벽반방) | 0 | × | × |
| 32 | 양액시스템 | 0 | 간단한 구조 | 간단한 구조 |
| 33 | 관수시스템 | 0(드리퍼) | 점적관수 | 점적관수 |
| 34 | 양액재활용(UV) | 0 | × | × |
| 35 | CO2 | 0 | × | × |
| 36 | 포그시스템 | 0 | × | △ |
| 37 | 복합환경제어 | 0 | × | × |
| 38 | 전기설비(패널외) | 0 | 기본설비 | 기본설비 |
| 39 | 관리동 | 0 | × | × |
| 40 | 수확장비 | 0 | ×(인력) | ×(인력) |
| 41 | 외부 및 내부계측기 | 0 | × | × |
| 42 | 한국스마트온실 대비 구축도% | 100% | 60% | 50% |

참고사항 : 1. 각국 온실은 재배온실의 기준으로 비교함
 2. 중동지역은 난방이 필요 없음
 3. 42항의 스마트온실 대비는 전문가의 주관적인 판단임

라) 관련 국외 특허

- 관련 국외 특허를 보유한 국가는 일본, 중국, 미국, 러시아 등이 주를 이룸
- 지붕자동 개폐시스템, 식물재배시스템 등이 있으며 최근에는 신재생(태양광)에너지와 연관된 특허가 등록되고 있음

2) 시장현황

가) 스마트 온실 시장의 변화

- 신기술: HVAC 기술, LED조명, 관개 시스템, 밸브 제어시스템, 센서 및 카메라 기술, 지리정보 기술, 스마트 예측 기술
- 시장 규모 (스마트 온실 시장)
 - 글로벌 시장은 2018년의 39.3억 달러에서 2018년과 2020년 사이에 9.9% 성장하여 2020년까지 49.2억 달러로 성장할 것으로 예상

(단위 : 억 달러, %)

| 구분 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | CAGR (2013~2015) |
|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| 세계시장 | 28.1 | 31.4 | 35.2 | 39.3 | 44.0 | 49.2 | 11.8 |

자료: Global Information, '세계의정밀농업시장:시장점유율예측, 동향(2015~2020년)', 소프트웨어정책연구소

• HVAC 및 LED는 스마트 온실의 주요 기술

- HVAC 시스템은 식물 성장에 이상적인 온도를 유지하고 외부 온도의 변화로 인한 악영향을 없애고 일년 내 내 재배를 가능하게 함으로써 온실에서 중요한 역할
- LED 조명은 온실 환경에서 보조 조명으로 작동하고 HVAC는 환기 및 조명과 같은 다른 활동과 함께 난방 및 냉방을 제공하여 식물에 적절한 환경을 제공

• 시장 환경 변화

- 유럽은 전통적으로 온실 원예에서 첨단 기술을 구현하는 선두 주자이며, 2017년에 전반적인 스마트 온실 시장의 가장 큰 몫을 가지고 있음
- 네덜란드, 스페인, 이탈리아와 같은 국가는 많은 온실 재배시설을 가지고 있음
- 실내 원예는 주요 국가에서 재배된 농작물에서 신선한 농산물을 얻기 위해 빠른 추진력을 얻고 있으며, 가까운 미래에 통제된 환경 농업에 대한 거대한 수요를 창출 할 것으로 기대

나) 스마트 온실 HVAC 기술 전망

- 1980년 대비 온실 에너지 사용을 2010년 까지 40% 이하 절감
- 2020년 까지 에너지 절감을 위해 재배법 개선과 인공광 이용기술 개발, 태양광, 지열, 바이오연료 등 다각적 접근 중
 - 소형 열병합 발전기(CHP)
 - 공랭식 칠러를 이용한 냉난방
 - 반 밀폐형 온실 공조 시스템(Semi-closed air conditioning system)
 - 인공광 기술

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

[1차년도]

제 1 세부과제(그린플러스): 사막기후 적응형 스마트온실 실증 모델 개발

가. 사막형 스마트온실 설계

1) 해당지역 토질을 고려한 기초 설계

- 테스트 베드 구축을 위한 시공에서 가장 먼저 이루어지는 것은 기초 시공이다.
- 19년 9월 연구팀은 UAE 출장으로 방문한 현지 온실 시공모습을 확인하였으며, 기초시공방법 역시 참고하였다.
- 본 연구과제의 온실 시공 예정지의 토질을 육안으로 확인하고 온실의 여러 시공방법 중 스틸 돌리 기초를 선정하여 설계를 진행하였다.



그림 1. 현지 운영 중인 온실 및 본 과제 온실 시공 예정지



그림 2. 테스트온실 시공 위치 및 규모

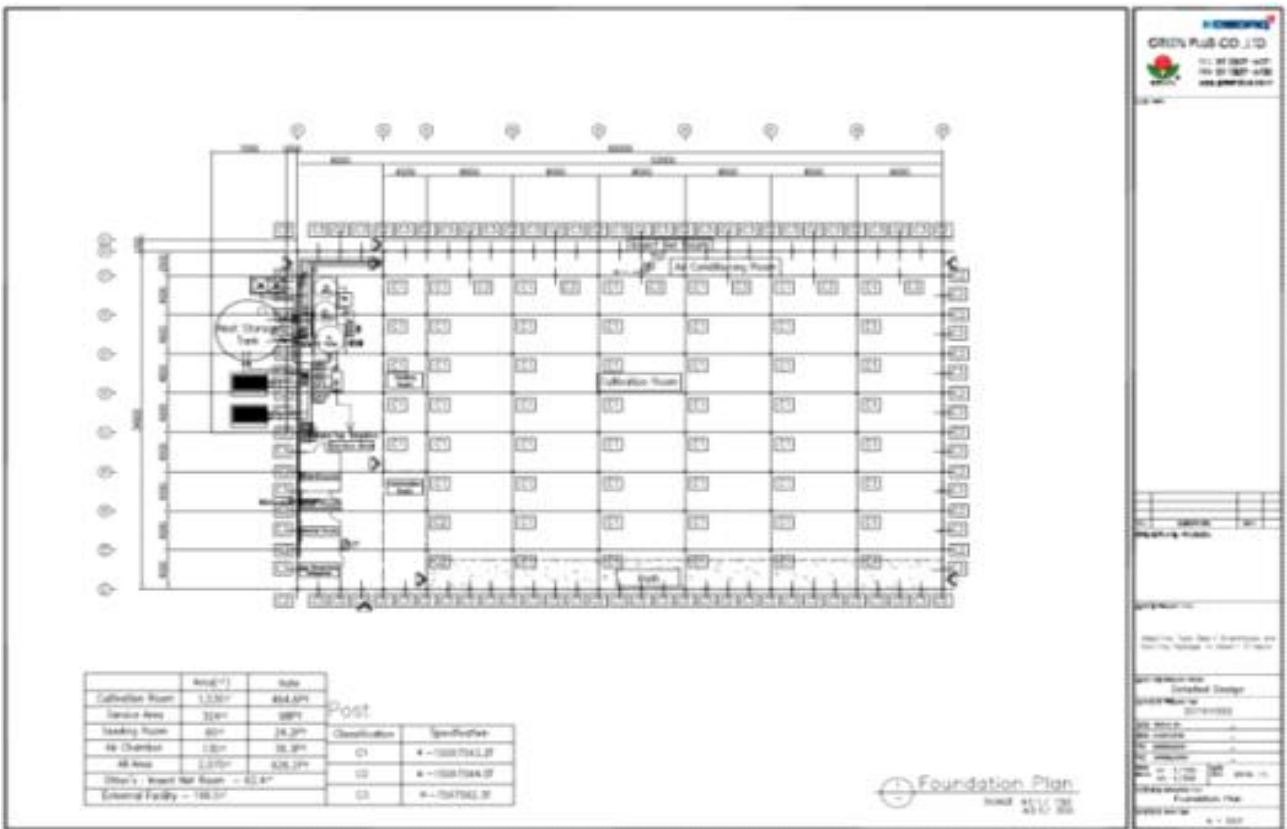


그림 3. 테스트온실 시공 규모

2) 주요 온실 기초 시공법



그림 4. 주관기관 온실 기초공사 예시

- 본 과제에서는 한국과 토질이 상이한 고운 모래층의 예정지 특성을 고려해 스틸 돌리 기초시공법을 적용하였다.
- 테스트 온실 기초 시공 및 기타 지중 매설 재료 및 방법을 상세하게 도면에 작성하였다.
- 또한, 스틸 돌리 기초 시공 매뉴얼을 작성하여 현지 시공 시 참고하도록 할 예정이다.

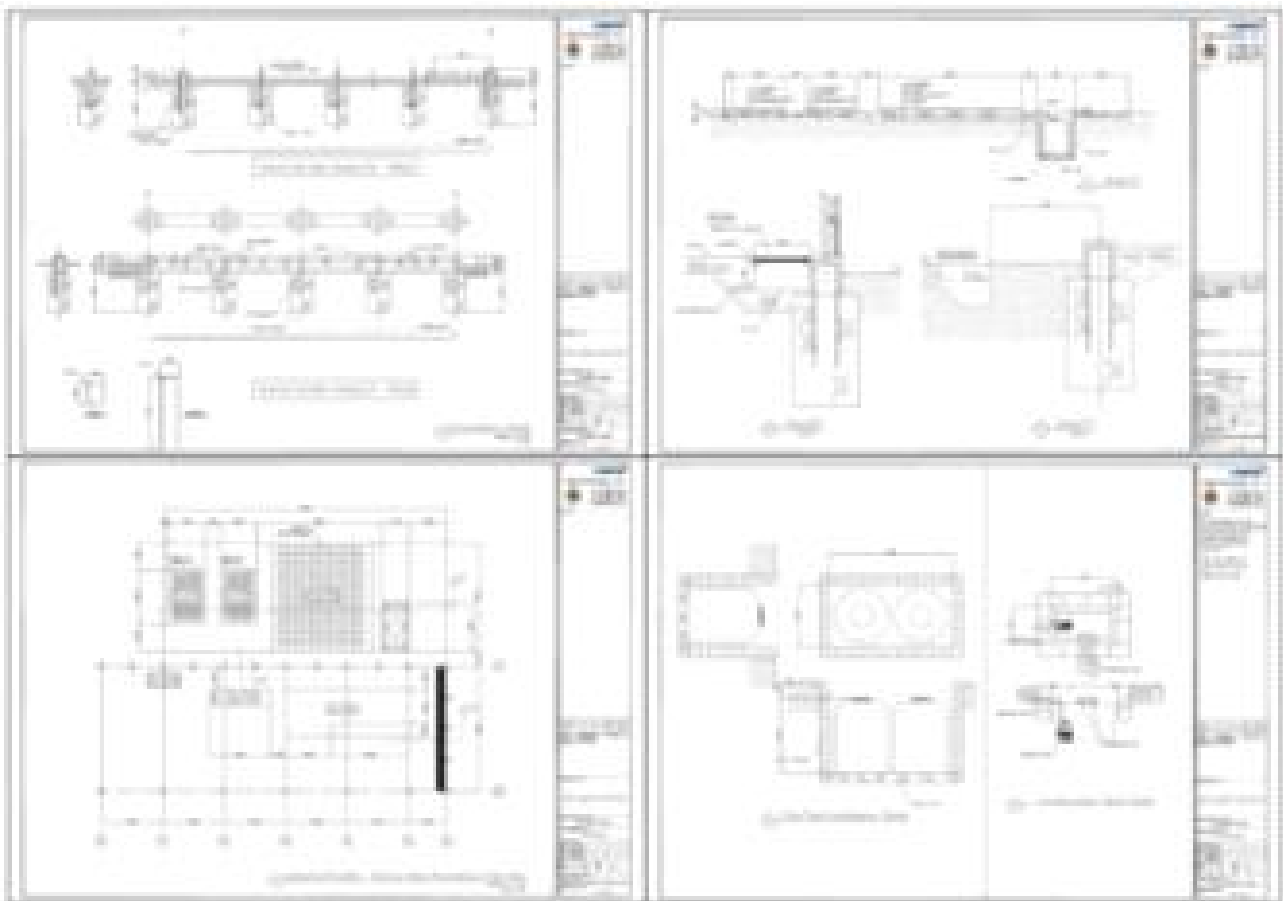


그림 5. 테스트온실 기초 시공 도면 제작



그림 6. 테스트온실 기초 시공 메뉴얼 제작

3) 구조안정성(풍하중) 및 재배 환경을 고려한 골조 설계

- 온실의 프레임을 구성하는 철골 및 알루미늄 설계를 진행하였다. 메인기둥, 트러스, 퍼린 등을 표준 규격 자재 기반으로 설계를 진행하였으며, 알루미늄 자재의 경우는 철골 프레임에 맞추어 구조 안정성을 고려하여 설계 및 직접 생산하였다.


주행아주구조기술 제정번호 : 1
 AJU STRUCTURE ENG. 분서번호 : 2020-5-76

1. 구조설계개요

1.1 구조개요

| 구분 | 내 용 |
|------|--|
| 공사업 | Adaptive Type Smart Greenhouse and Cooling Package in Desert Climate |
| 구조형식 | 연료형 온실 |
| 규모 | 지상1층 |
| 구조형식 | 지내력기조(MAT기조) |
| 풍속도 | 풍속도 3 |
| 특이사항 | 유정용차 순간최대풍속(3초) : 30 m/s 재설사공은 없음 |

1.2 구조설계방법 및 적용기준

| 구분 | 내 용 |
|------|---|
| 설계방법 | 강도 설계법(KC-U2D42) |
| | 한계상태설계법(KSC-LSD16) |
| 관련법규 | 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 |
| | KDS 41 10 골조설계기준, 국토교통부(2019) |
| | KDS 41 11 지반설계기준, 국토교통부(2019) |
| 적용기준 | KDS 41 14 구조설계기준, 국토교통부(2019) |
| | 콘크리트 구조설계 기준(안), 국립농업과학원(2015) |
| 참고기준 | 건축물 적용기준 및 제식, 대한건축학회(2000) |
| | 건축물 내진설계기준에 따른 비구조요소 내진설계 제재식, 대한건축학회(2019) |

1.3 구조재료의 종류 및 설계기준

| 구분 | 재 호 | 강 도 | 비 고 |
|--------------|-----------|--|----------------------------|
| 콘크리트 | KS D 3500 | $f_{ck} = 21 \text{ MPa}$ | |
| 철근 | KS D 3504 | $f_y = 400 \text{ MPa}$ | (S275) |
| 철골 | KS D 3503 | $f_y = 275 \text{ MPa}$ $f_u = 470 \text{ MPa}$ | 세리코를 제외한 일부부재 |
| 비닐하우스용 아연도금판 | KSD 3760 | $f_y = 295 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$ | (SPV45) 적용하지 않음 시용기준이다. |


주행아주구조기술 제정번호 : 1
 AJU STRUCTURE ENG. 분서번호 : 2020-5-76

1.4 지원조건

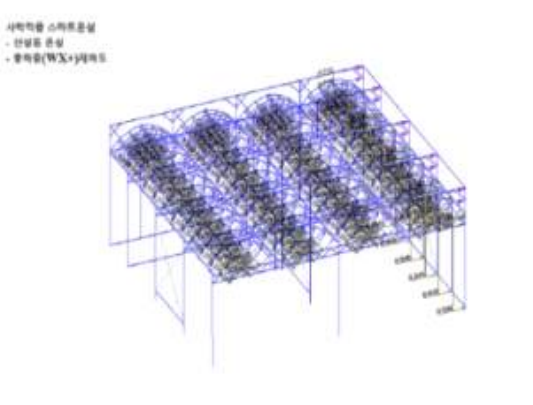
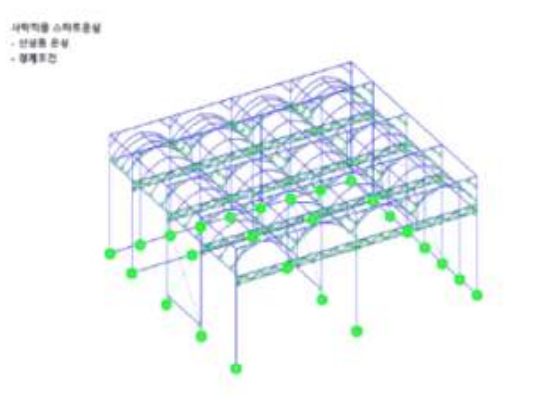
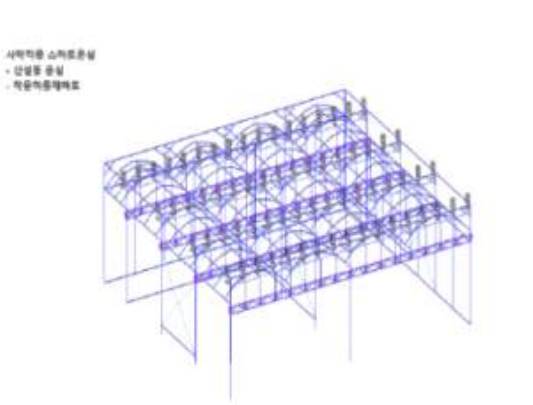
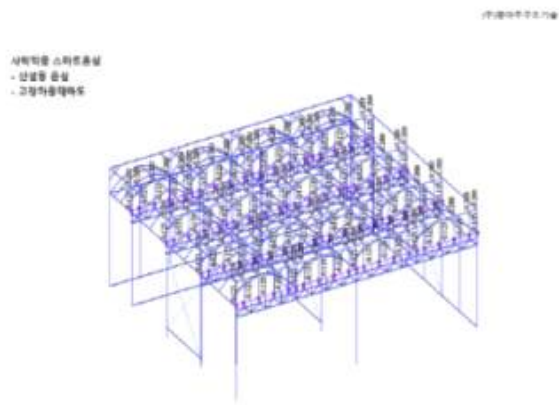
| 작업 프로그램 | 사용유무 | 비고 |
|---------|--------------------------|------------------------|
| GEN | <input type="checkbox"/> | 3D MODELING & ANALYSIS |
| AD5 | <input type="checkbox"/> | |
| SD5 | <input type="checkbox"/> | |
| DESIGN+ | <input type="checkbox"/> | MEMBER DESIGN |
| Best | <input type="checkbox"/> | MEMBER RESULT DATA |
| Excel | <input type="checkbox"/> | |
| etc. | | |

1.5 적용부하조건

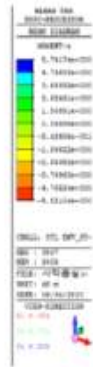
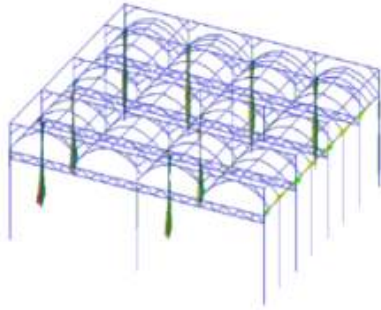
| 구분 | 내 용 |
|---------|---|
| 작용지내력 | $f_w \leq 100 \text{ kN/m}^2$ |
| | * S.O.G 지내력은 30 kN/m^2 이상 확보할 것 |
| 지반조사보고서 | 지반조사보고서 없음(중량화) |
| 지하설계수위 | GL ± 0.00 이하 (가정) |

1.6 기타

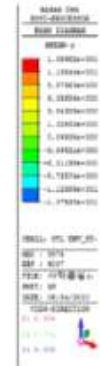
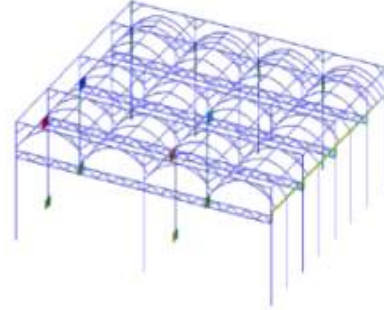
- 지하타파기후 지원조건 및 지하수위기 상기 사항과 다를 시에는 반드시 구조형의 후 재설계 하여야 한다.
- 현장에서는 분간재하시설 및 파일등재하시설 등을 통하여 기초지반의 허용지내력 및 파일 분담 허용내력을 반드시 확인하여야 한다.
- 시공 중 변경 사항에 대해서는 반드시 구조형의 및 확인을 받은 뒤 시공하여야 한다.



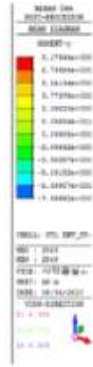
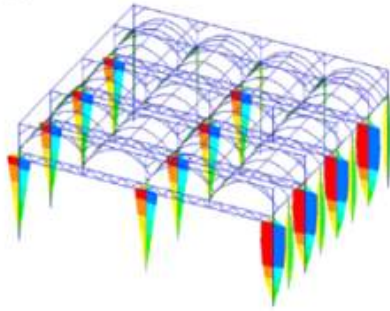
사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



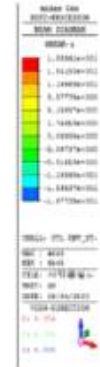
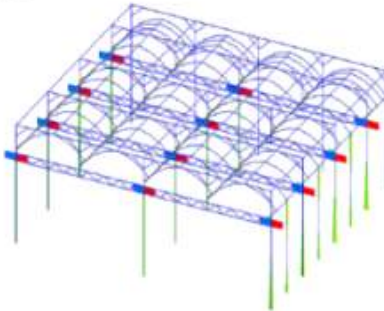
사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



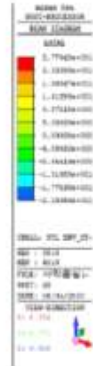
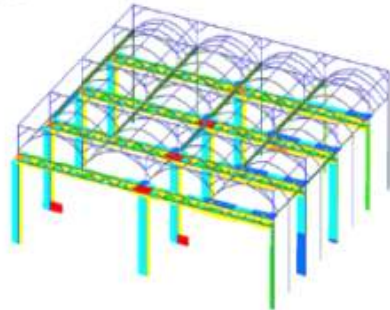
사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



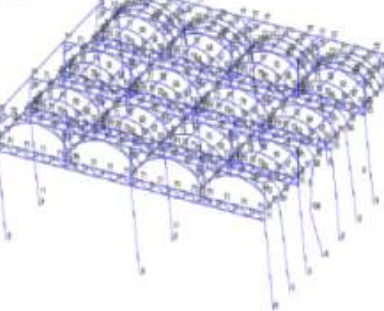
사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



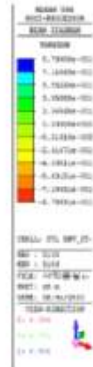
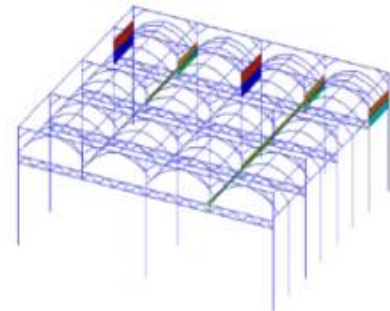
사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석



사각각을 스키폴트형
- 선성률 분석

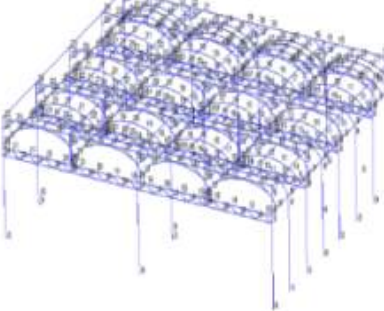
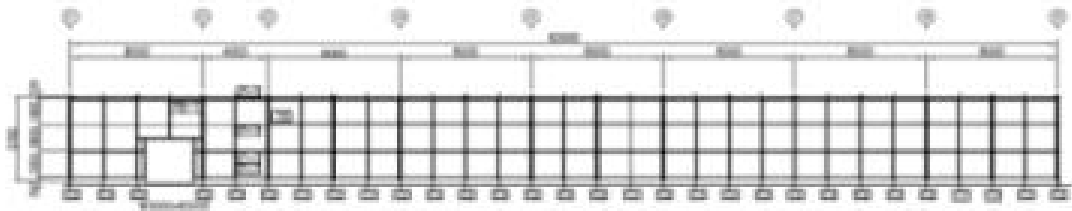
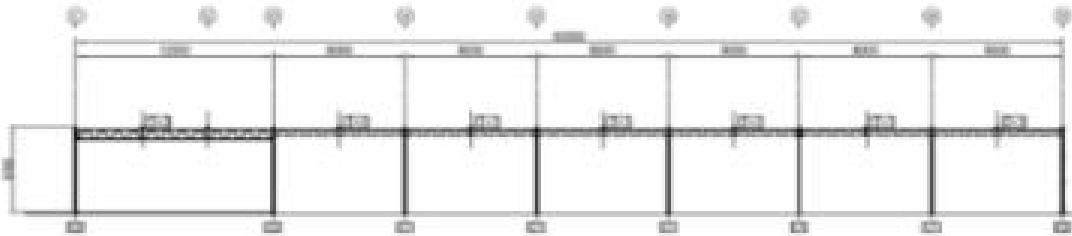


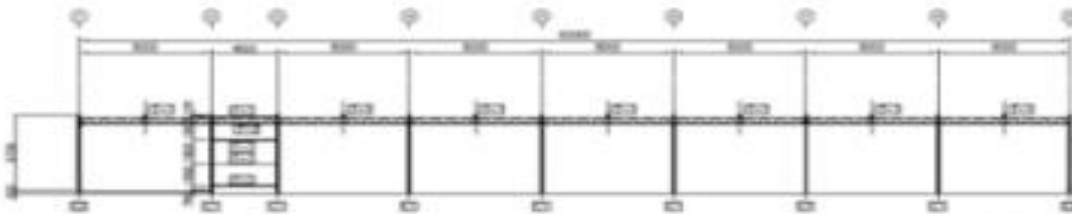
그림 7. 풍하중에 대한 구조 안전 계산



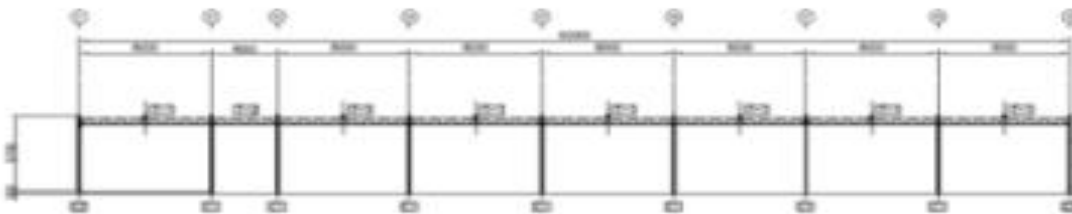
Front Structure(Y11Line)
PAGE 43/48



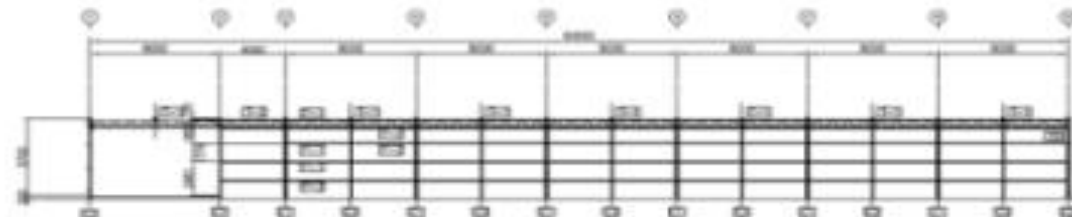
Structure(Y9~Y10Line)
PAGE 43/48



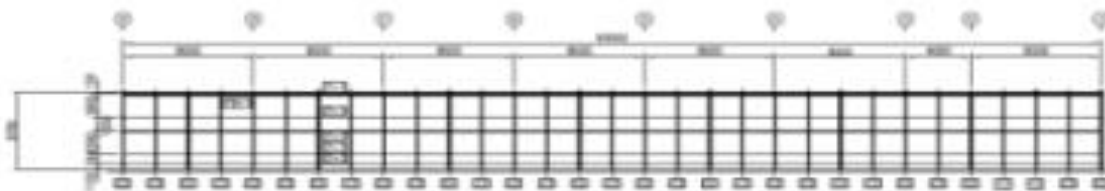
Structure(Y8Line)
PAGE 43/48



Structure(Y4~Y7Line)
PAGE 43/48



Structure(Y3Line)
PAGE 43/48



Back Structure(Y2Line)
PAGE 43/48

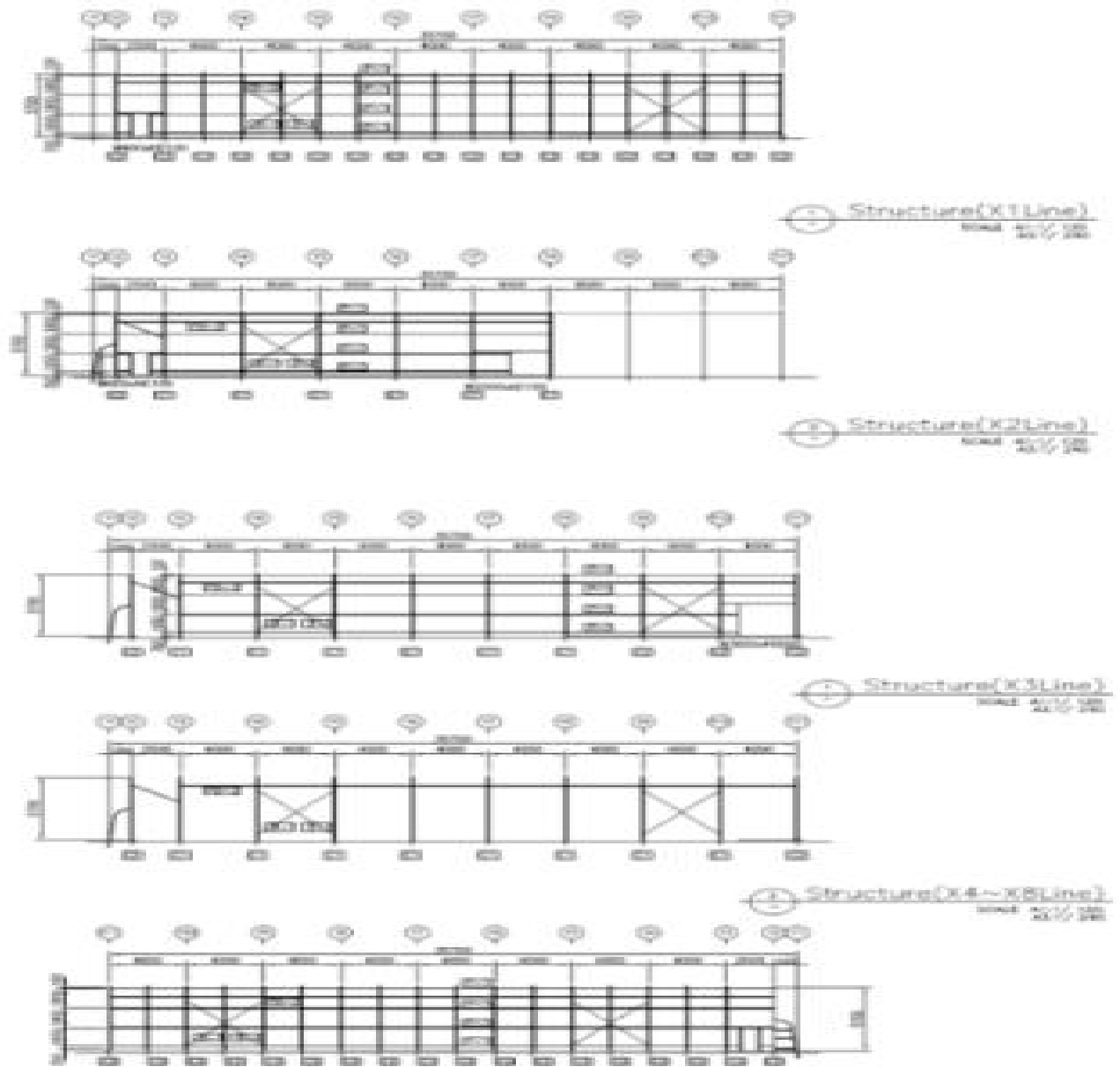
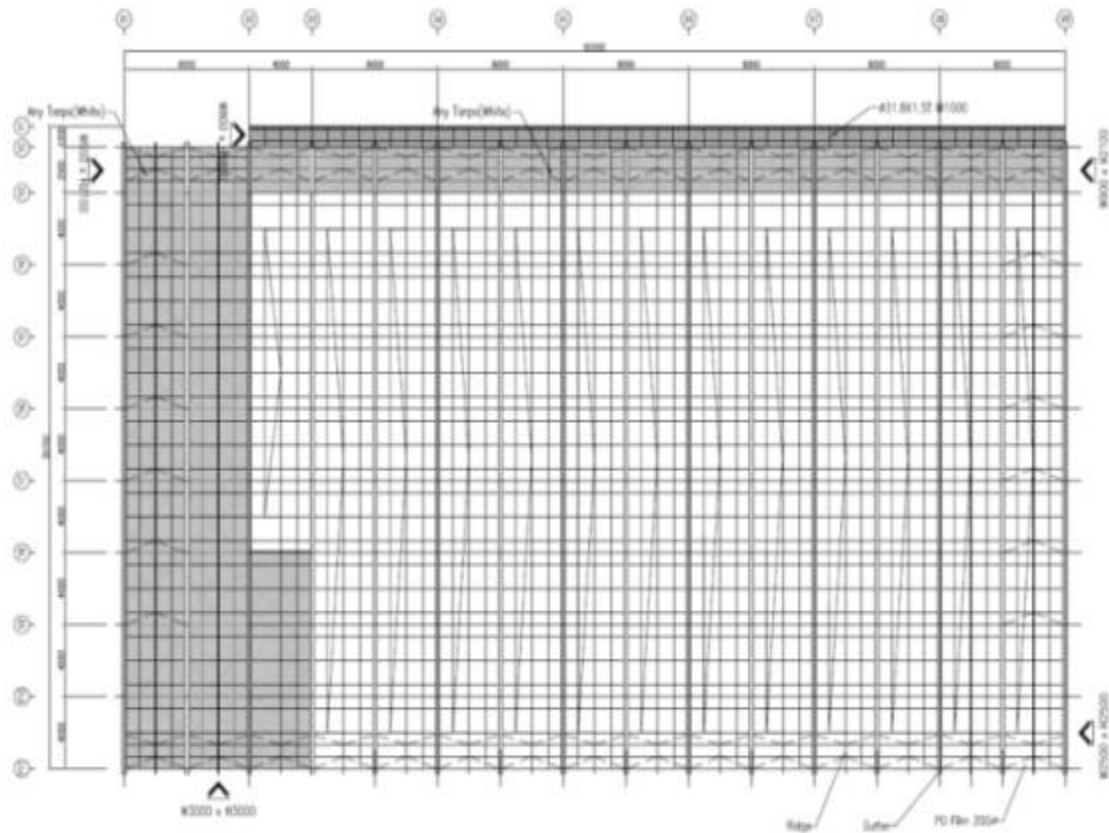
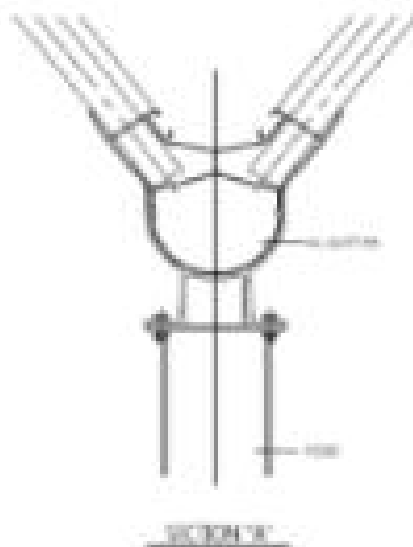
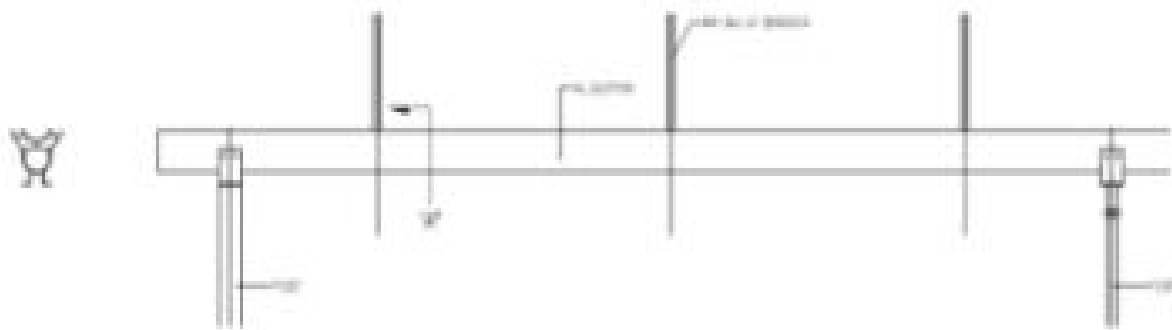


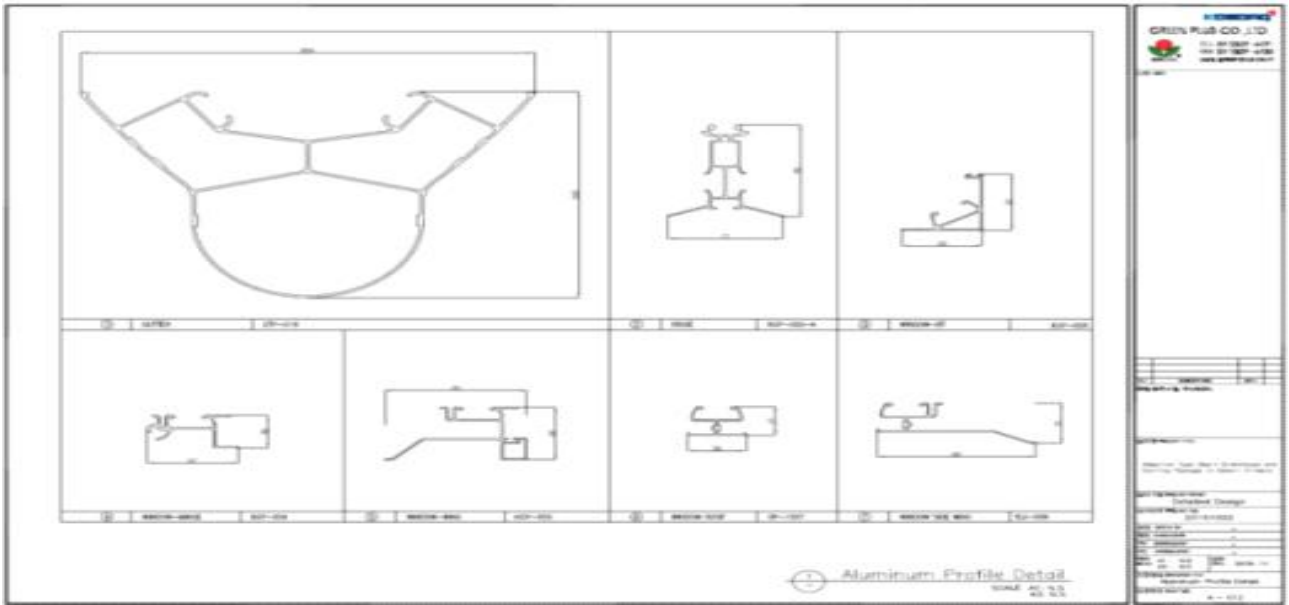
그림 8. 테스트온실 골조 설계도면 제작(철골)



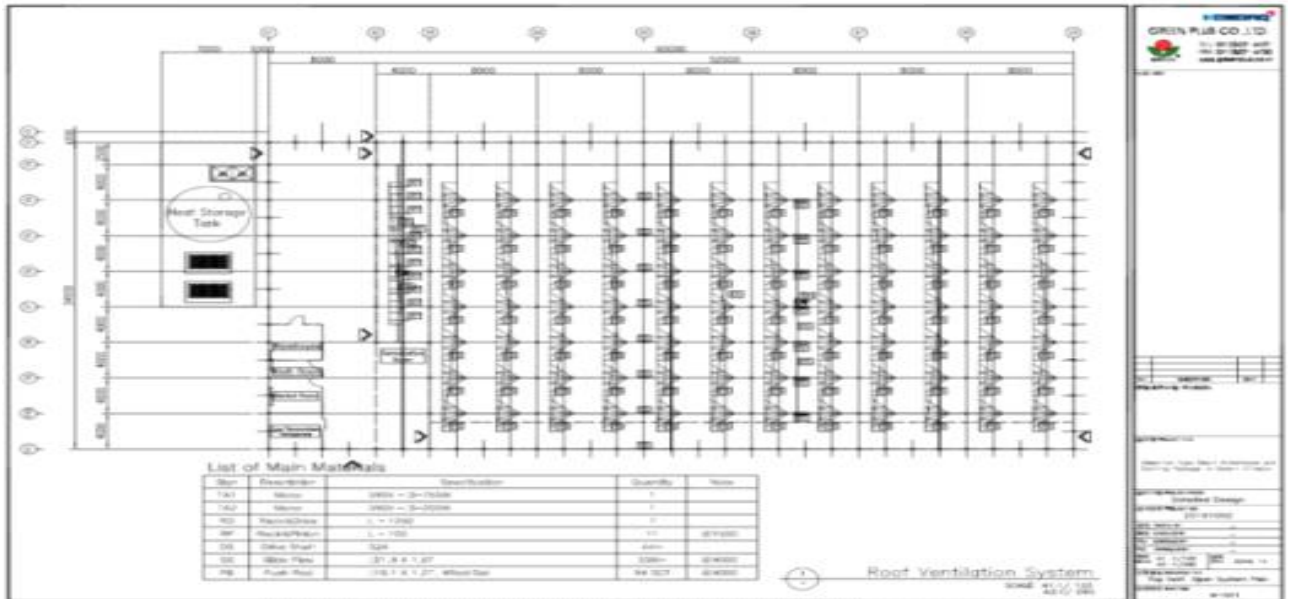
지붕평면도



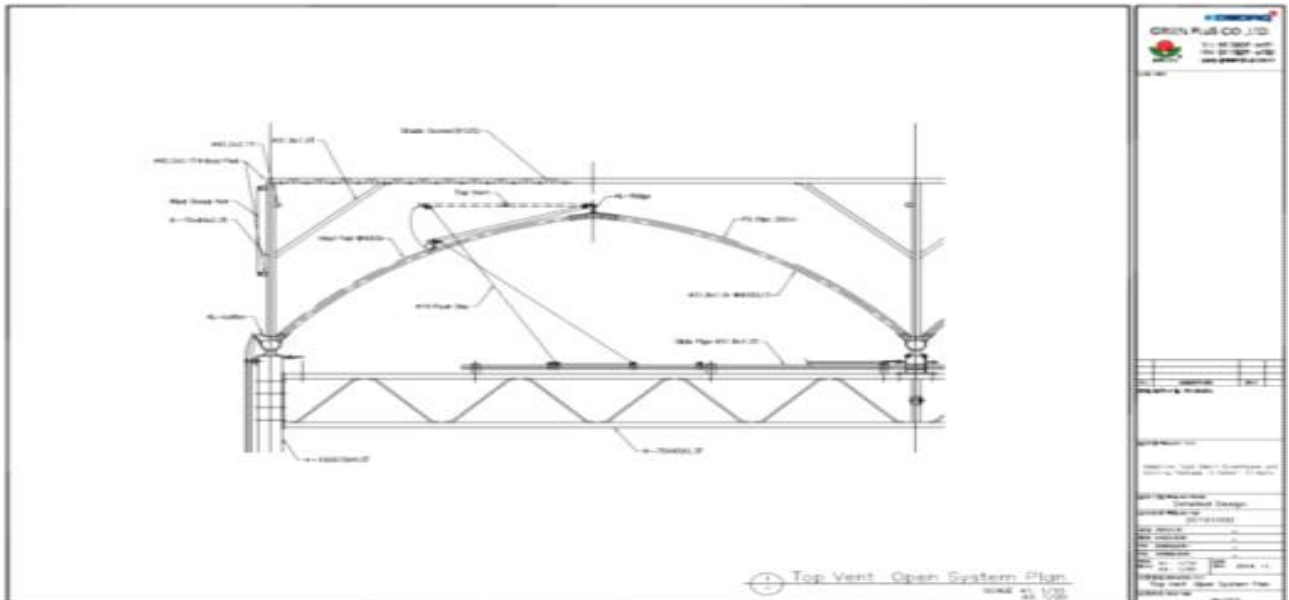
알루미늄 자재 주요 체결부



알루미늄 프로파일 디테일



천창 배치도



천창 전개도

그림 9. 테스트온실 골조 설계도면 제작(알루미늄)

- 4) 재배 예정 작물의 생육환경을 고려한 재배시스템 및 관행 온실 대비 고 축고 설계
- 19년 9월 현지 연구기관인 ADAFSA를 방문하여 회의한 결과, 재배 예정 작물은 '오이'로 결정 되었다(농진청 재배 연구팀과 협의).
 - 총 4개 품종이며, 2개 품종은 한국품종, 나머지 2개는 현지에서 주로 재배되는 오이 품종으로 재배하기로 결정되었다.
 - 시공 온실의 구조 및 생육환경을 고려하여 행잉거터 재배시스템을 아래와 같이 설계하였다.
 - 또한, 현지 관행 온실(2.5m ~ 3m)보다 축고를 높게(약 5.7m) 설계하여, 다양한 작물의 재배가 가능하도록 하였다.

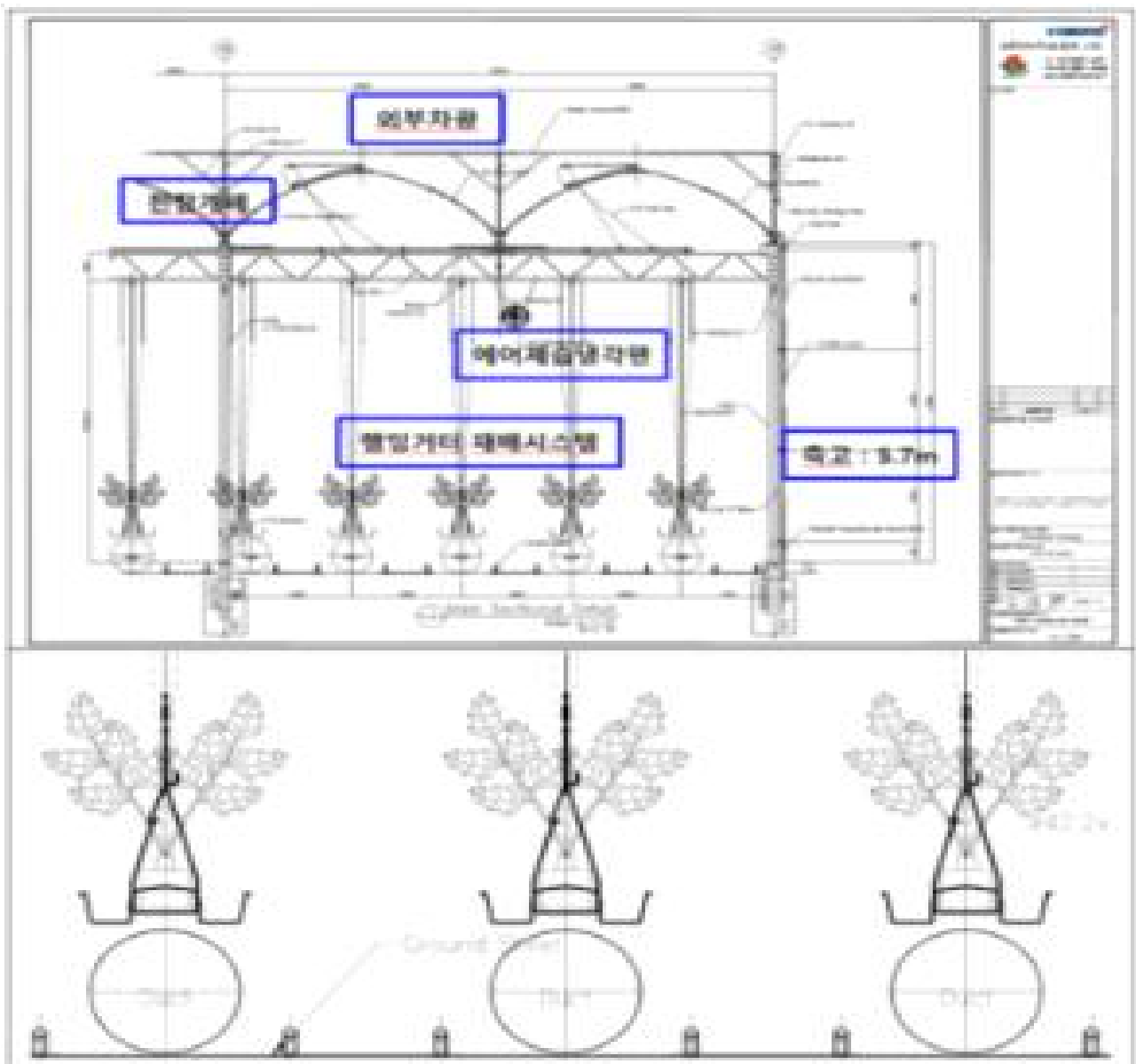


그림 10. 재배시스템 및 고 축고 설계

나. 사막 기후에 적합한 피복자재 및 차광스크린 선정

1) 현지 기후에 적합한 피복자재 선정

- 현지의 광조건을 고려하여 국내에서 주로 쓰이는 피복재 중 열 차폐형 PO필름을

적용하였다.

- 국내 개발/생산 제품을 우선순위로 두었으며, 하절기의 매우 높은 현지 온실 내부의 온도를 고려하여 열 차폐 기능이 있는 국내업체 개발 PO필름을 적용하였다.
- UAE 현지 실증 온실에 적용한 필름은 시설 내로 유입되는 태양복사에너지를 차단하여 실내 온도 상승을 억제하며, 식물생산에 유용한 가시광선을 최대한 투과한다.

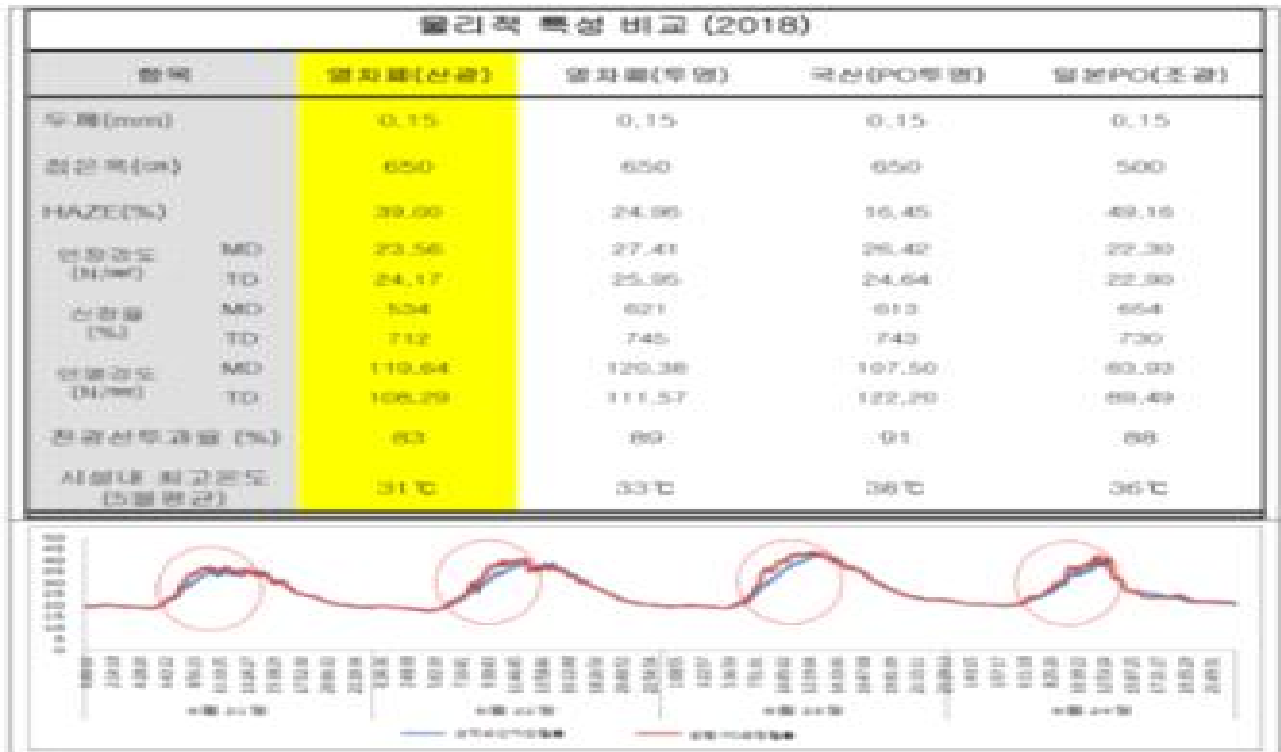


그림 11. 온실 피복필름 특성 비교(자료제공: 일신화학㈜)

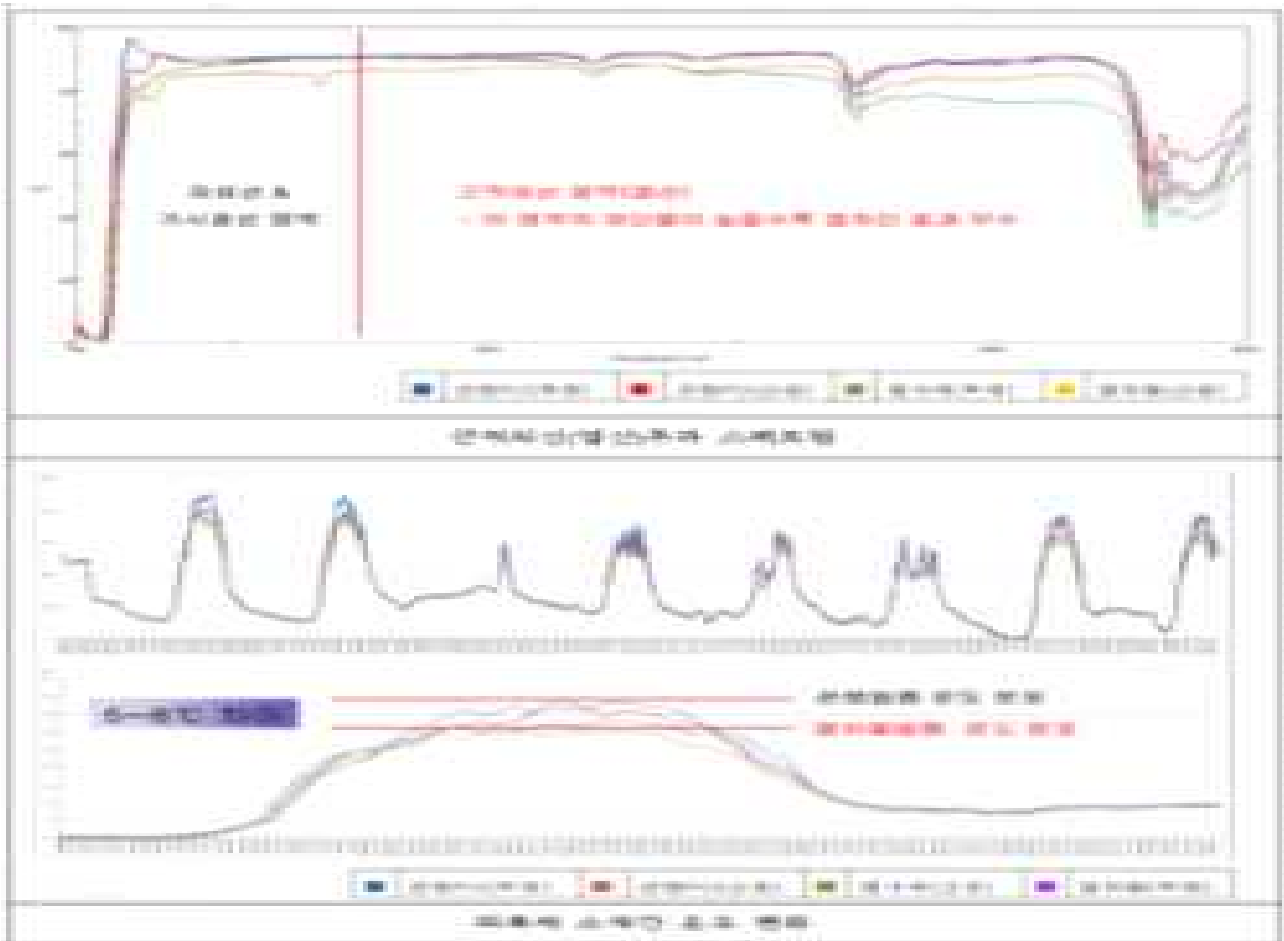


그림 12. 시공 시 적용 예정 피복재 성능 비교(자료제공: 일신화학㈜)

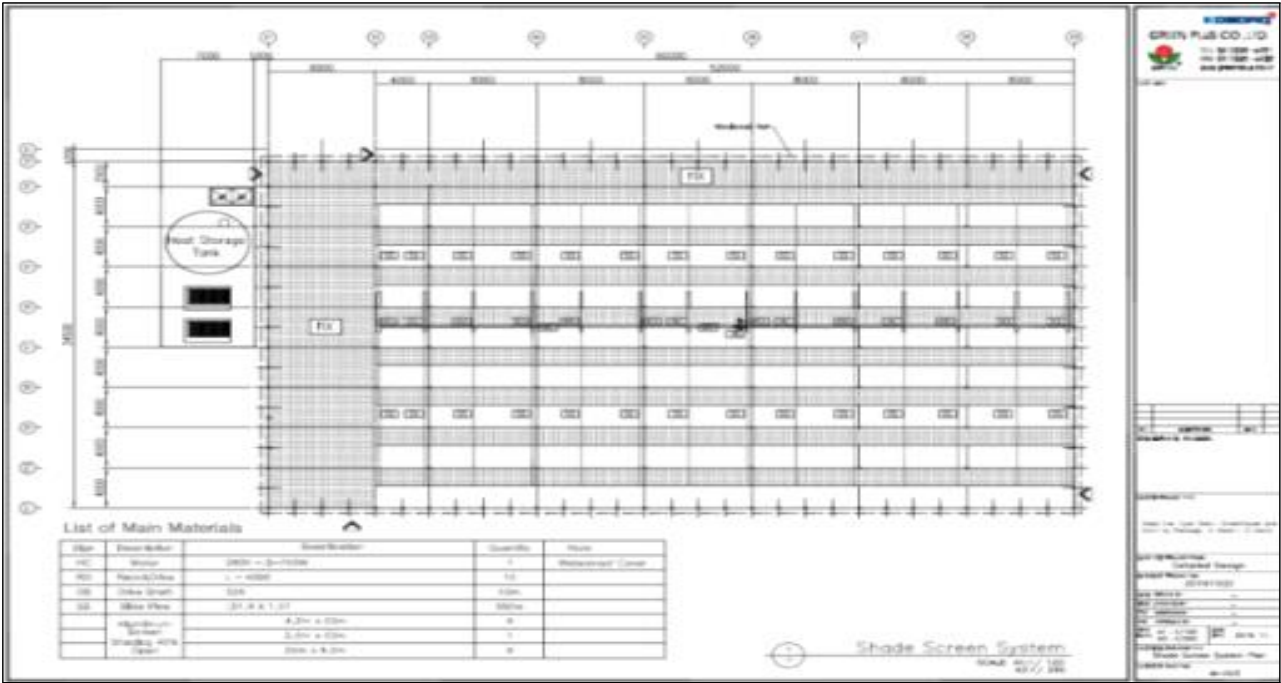
2) 현지 광 환경에 적합한 차광스크린 선정

- 다양한 스펙의 차광스크린 중 현지의 강한 일사량을 고려하며 재배 대상 작물의 생육에 적합한 제품 선정하였다.
- 국내 차광스크린 제조사의 경우 차광율이 10%부터 99%까지 다양한 제품을 생산하고 있으며, 농가의 경우 온실의 입지 및 방향, 기후에 따라 필요한 제품을 선택하여 쓰고 있다.
- 현지 시공 실증온실은 국내업체가 생산 한 차광스크린을 적용 하였으며, 냉방효율을 높이기 위해 일반적으로 사용하는 내부 차광이 아닌 외부 차광을 적용하였다.
- 외부차광은 내부차광에 비해 냉방효과가 월등히 뛰어나지만, 강풍, 우천 등 기상에 유의해야하는 단점이 있다.
- UAE 현지 출장 시 외부차광에 대해 현지 공동 연구기관과의 협의를 하였으며, 현지 기상과 설계된 온실의 구조를 고려하여 외부 차광 스크린 시스템을 새롭게 설계하였다.
- 온실에 설치가 용이한 구조로 Rack&pinion 타입의 구동방식을 채택 하였으며, 적정 규격의 모터, 샤프트, 파이프를 이용해 자동으로 전개 되도록 설계하였다.



| | |
|-------|------------|
| 제품 사진 | 제품 적용 예 |
| 특징 | |
| 적용방식 | 외부 |
| 시스템 | 권취식, 예인식 |
| 방염 | 해당 |
| 소재 | 폴리올레핀 100% |
| 차광 | 38% |
| 보온 | 15% |
| 패턴 | 흰색/검은색 필름 |

그림 13. 현지 실증온실 적용 차광스크린(자료제공: (주)부전)



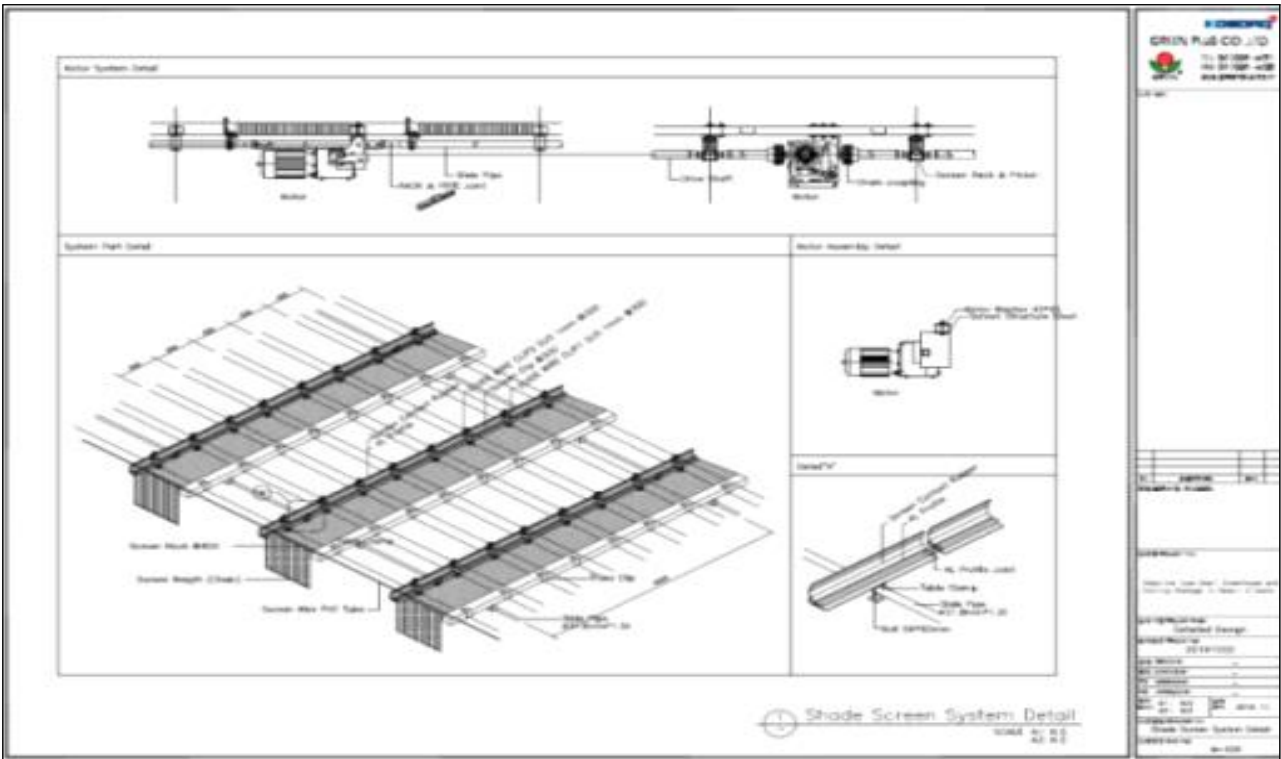


그림 14. 외부 차광스크린 시스템 도면 설계

다. 현지 수자원을 고려한 최적 양액 재활용 시스템 설계 및 적용

- 본 연구과제의 실증 온실은 UAE에 구축이 될 예정이며 해당 국가는 수자원 문제로 다양한 연구가 진행되고 있다.
- 실증 온실의 설계단계에서 물 절약을 고려하여 설비 자체에 소비된 물을 재사용할 수 있도록 적용하였다.

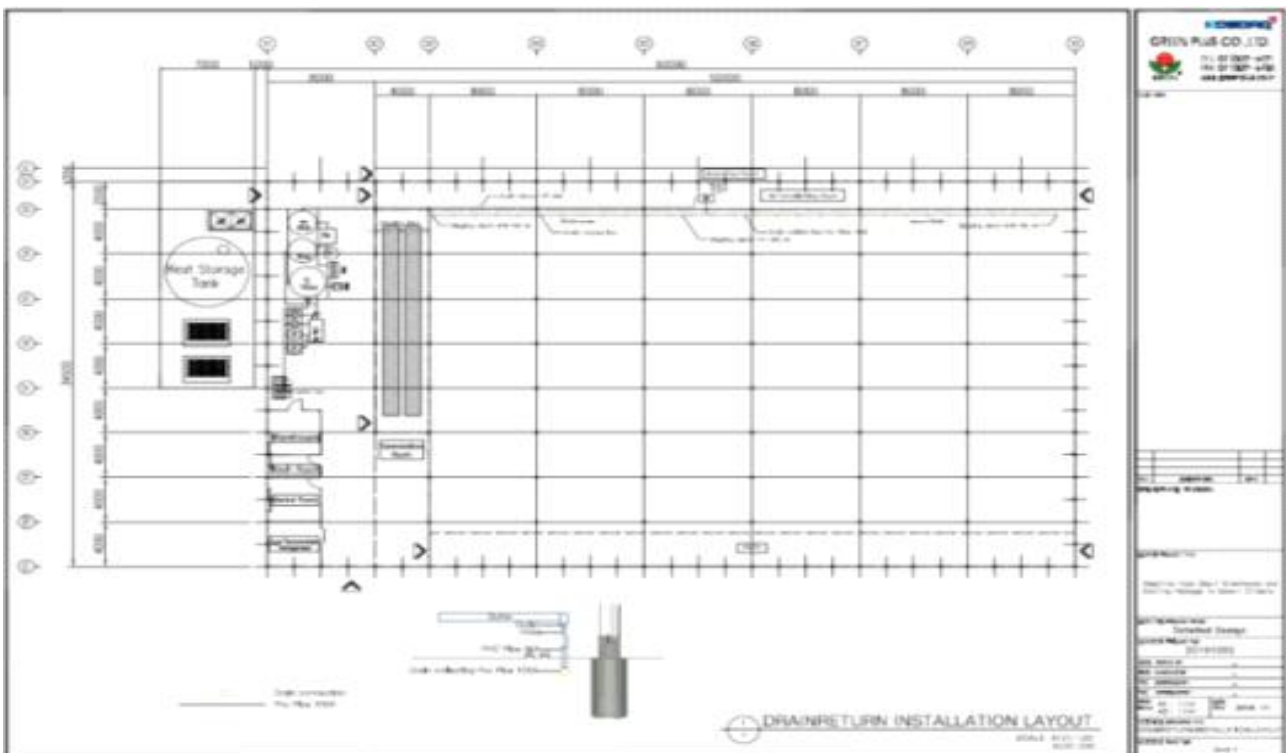


그림 15. 집수 후 재활용을 고려한 설비 설계

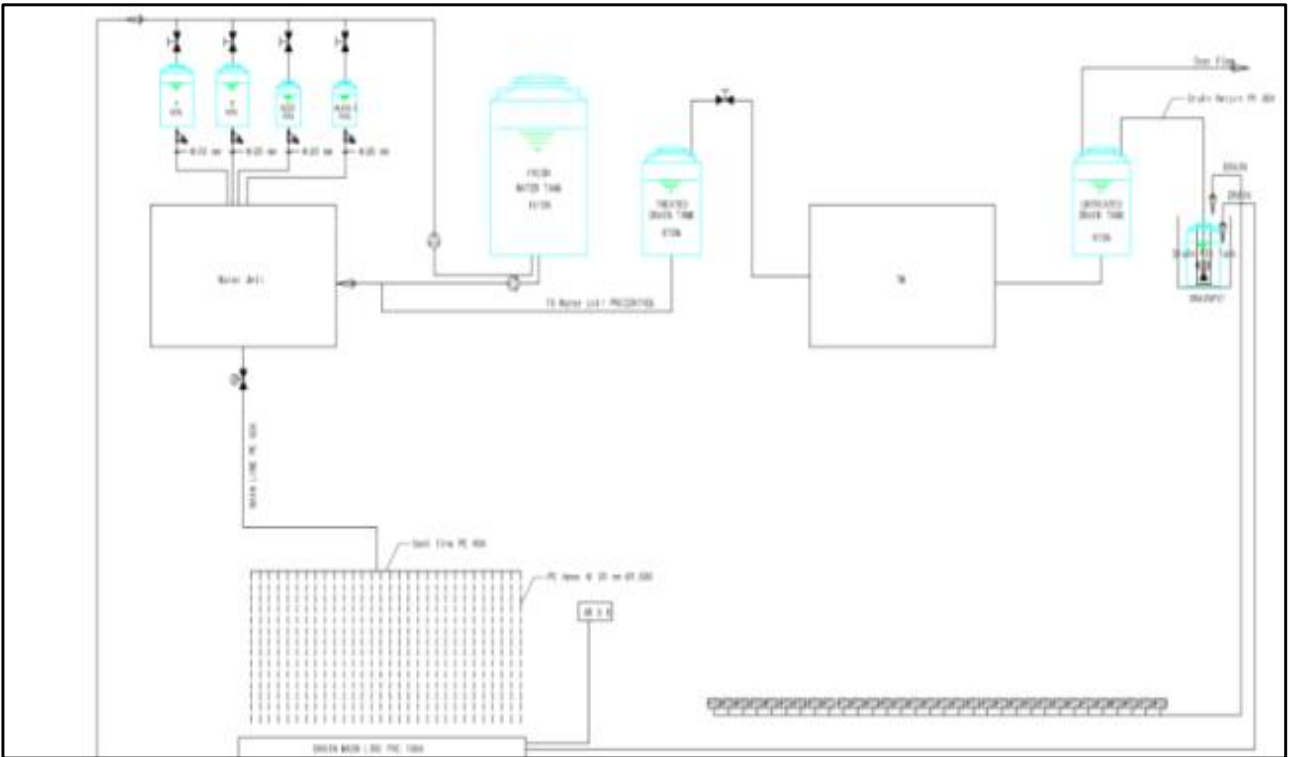


그림 16. 물 절약을 고려한 온실 내부 순환 다이어그램

1) 에어제습팬을 활용한 집수 및 재활용 설계 및 적용

- 실증 온실에 국내 업체의 에어제습팬을 적용하여 공기 유동 및 제습, 집수와 재활용은 아래 도면과 같이 온실 내부에 설치된 에어제습팬을 통하여 집수된 물은 파이프를 통하여 작물 재배 거터로 내려와 집수되어 T6의 모터를 통해 T2 집수 탱크로 모여 재활용이 가능하다.

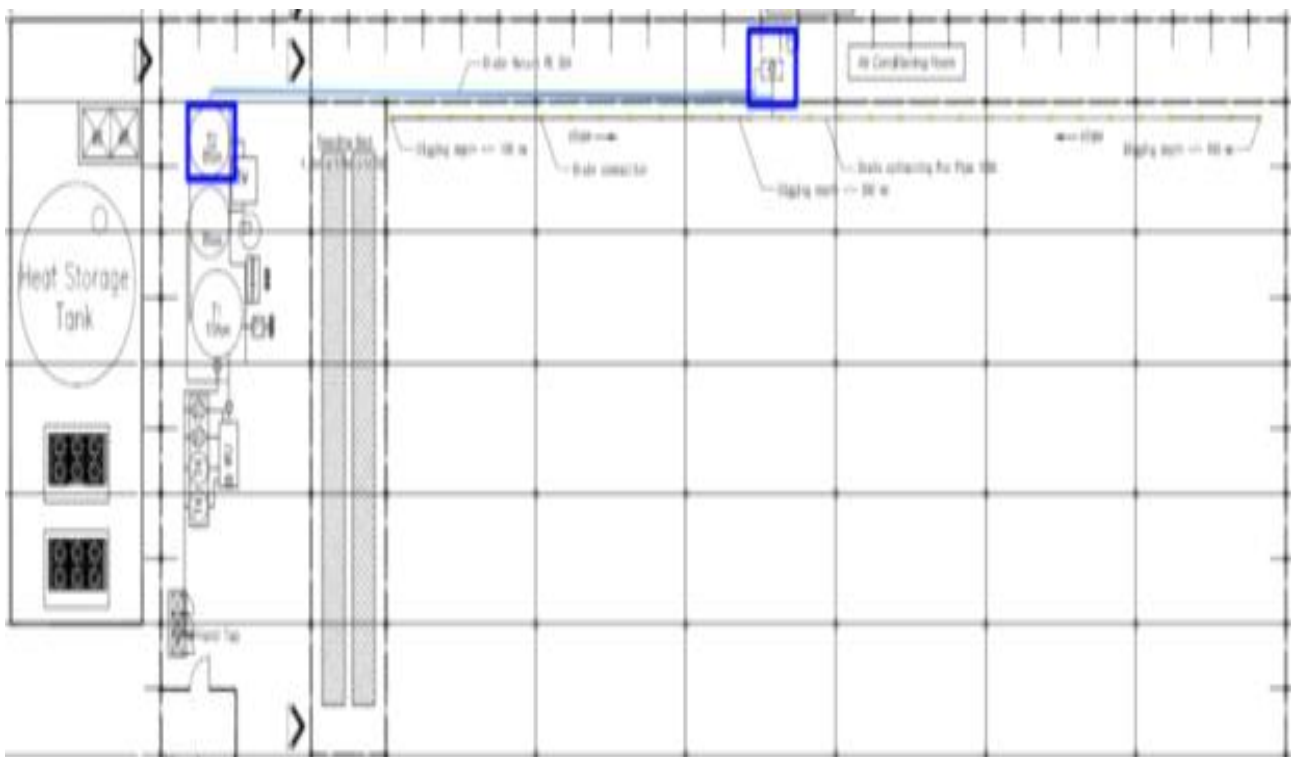


그림 17. T6 1차 배관을 통한 T2 집수탱크로 이동

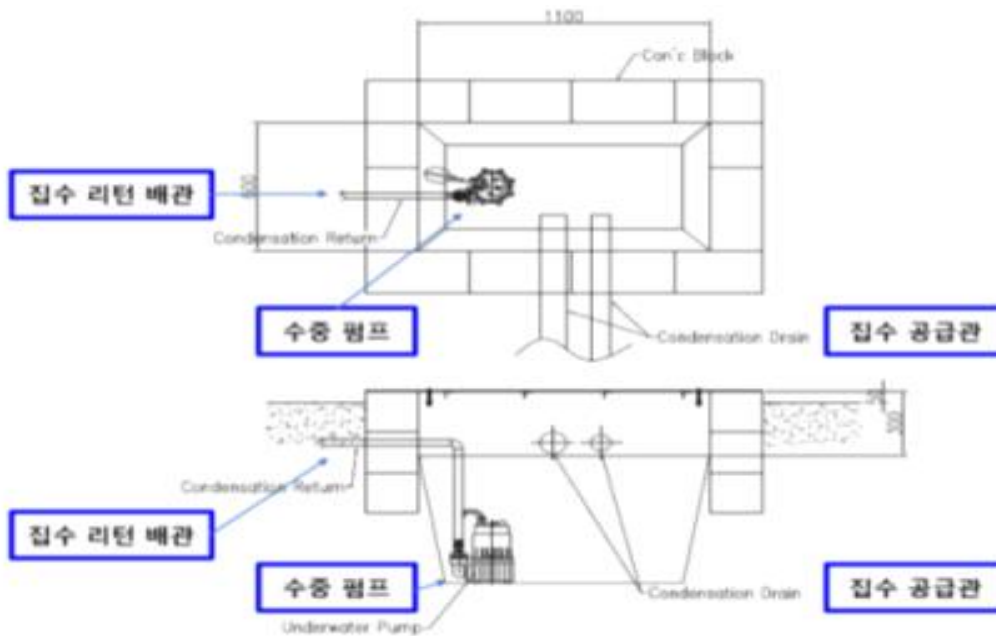


그림 18. 팬코일유닛 및 에어제습팬 1차 집수 탱크(T6)

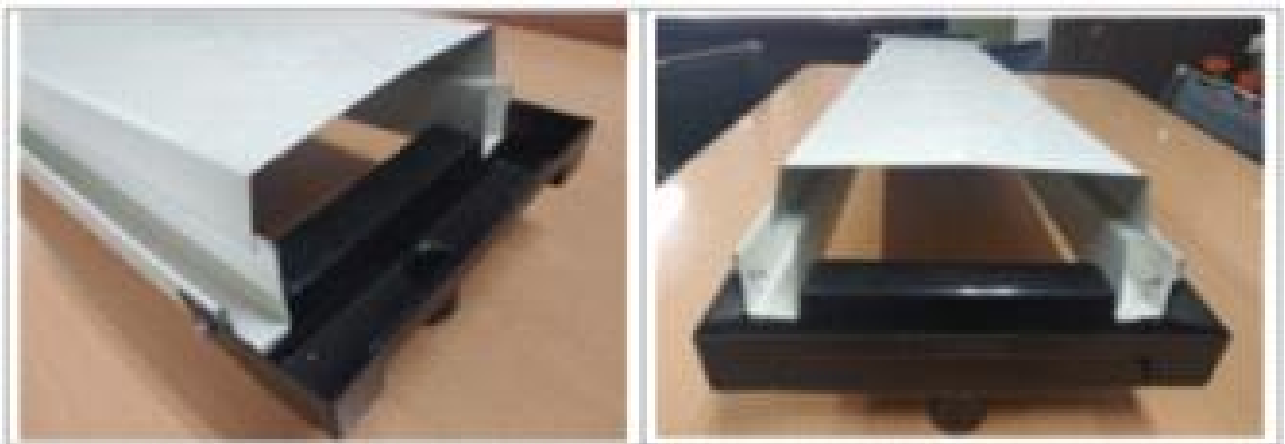


그림 19. 집수 후 재활용을 고려한 재배시스템

2) 팬코일 유닛 결로수 집수 및 리사이클링 설계 및 적용

- 실증 온실에 국내 업체의 팬코일 유닛을 적용하여 냉방 성능을 극대화하고, 결로수를 집수하여 재활용한다.
- 에어제습팬과 마찬가지로 팬코일 유닛의 결로수는 연결된 파이프로 집수되어 T6 탱크의 수중 모터를 통해 T2 집수 탱크로 모여 재활용이 가능하다.

3) 패드시스템을 적용한 냉방 및 집수

- 냉방패키지 중 하나의 냉방 모듈 기술인 팬-패드를 본 연구에 맞게 개량한 시스템을 적용하여, 냉방성능을 강화하고 수자원 재활용을 꾀하였다.
- 팬-패드는 한국에서는 널리 사용되지 않으며 수자원의 소모도 큰 냉방 방식이지만, UAE의 경우에는 상당수의 온실에 적용이 되어있으며, 설비 개량을 위한 연구가 진행 중이다.
- 패드에 리턴배관을 패드 탱크와 연결하여 패드 아래로 집수되는 물은 리턴배관을 통해 패드 탱크로 다시 공급되는 방식으로 적용된다.



그림 20. 패드 공급수 회수 및 재활용

4) 현지 수자원 인프라를 고려한 양액 재활용 시스템

- 현지 실증 온실 설계 단계부터 농촌진흥청의 “사막 지역 온실 작물 재배를 위한 순환식 수경재배시스템 고도화”연구팀과 협력하였으며, 배액 재활용 순환식 수경재배시스템을 현지 실증 온실에 적용할 수 있도록 협의하였다.
- 순환식 수경재배를 위한 배액 재활용 시스템은 배액 재활용, 모니터링, 살균 시스템으로 구성되며, 순환식 수경재배시스템의 주요 장비는 살균기, 여과기, 저장 탱크, 순환 펌프, 전자밸브, 컨트롤러이다.
- 모니터링 센서를 이용하여 설정값을 초과하는 배액은 방류하며 원수와 함께 배출하여 배출 양액의 농도 조절이 가능하다. 재활용되는 배액은 원수와 희석되어 관수된다.

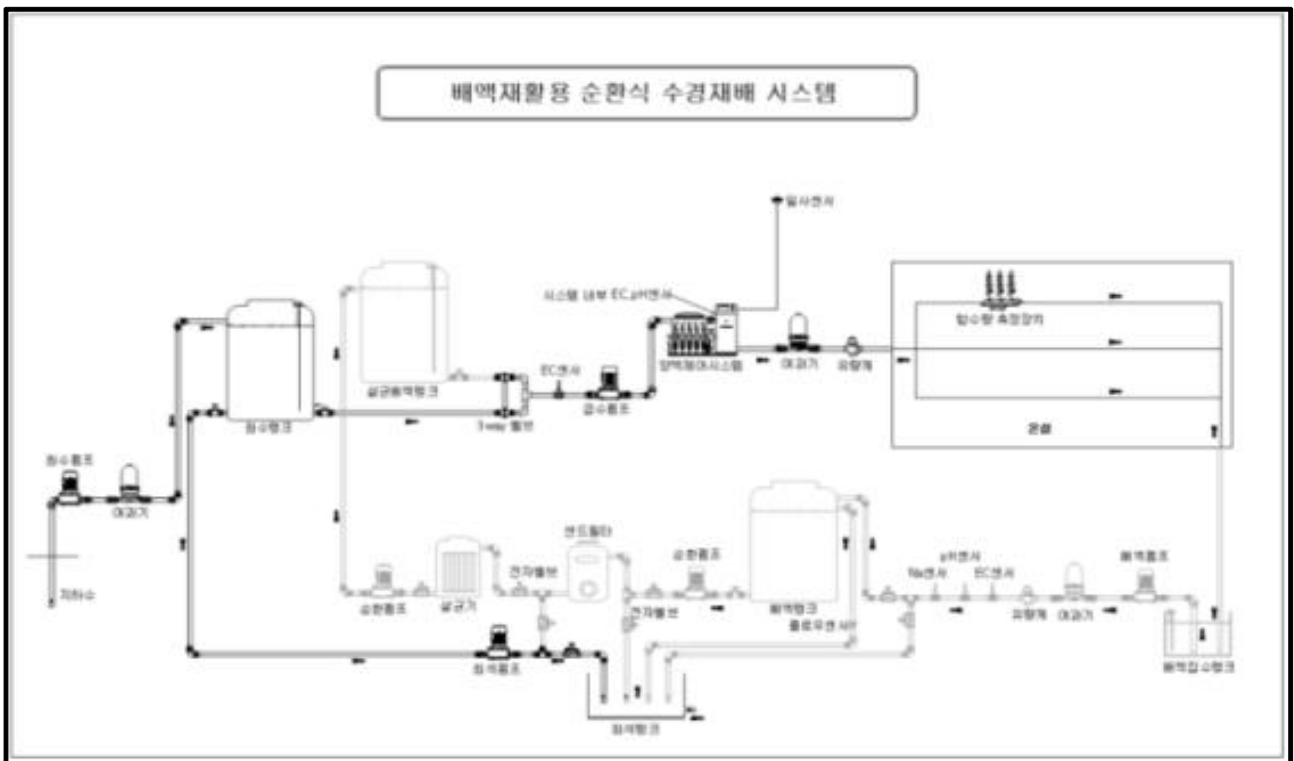


그림 21. 배액재활용 순환식 수경재배 시스템(자료제공: 그린CS)

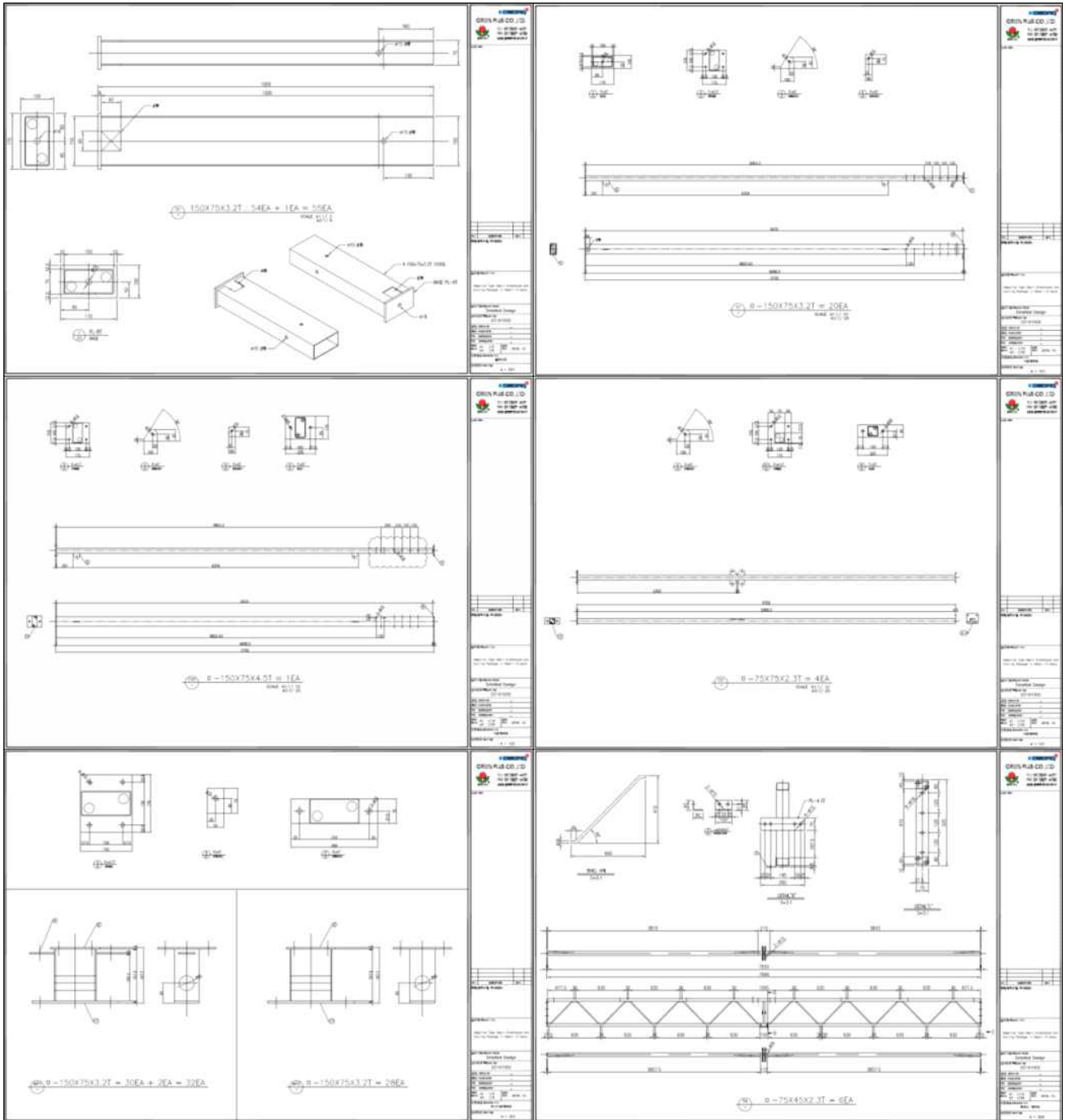
라. 실증온실 구축을 위한 자재 및 설비 제작

1) 완료된 설계도서를 바탕으로 한 자재 및 부품 제작

- 현지 실증 온실의 기초 시공을 위한 자재를 비롯하여 철골 구조물 설치를 위한 철골 자재

제작 및 알루미늄 자재 제작을 수행하였다.

- 완성된 온실 설계 도면을 바탕으로 자재 제작도면을 설계하였으며, 제작도에 기반하여 제품을 제작하였다.
- 철골 자재의 경우 제작 완료 후 미관 및 부식방지를 위한 용융 아연 도금 처리 후 포장하여 출고되는 과정으로 진행된다.



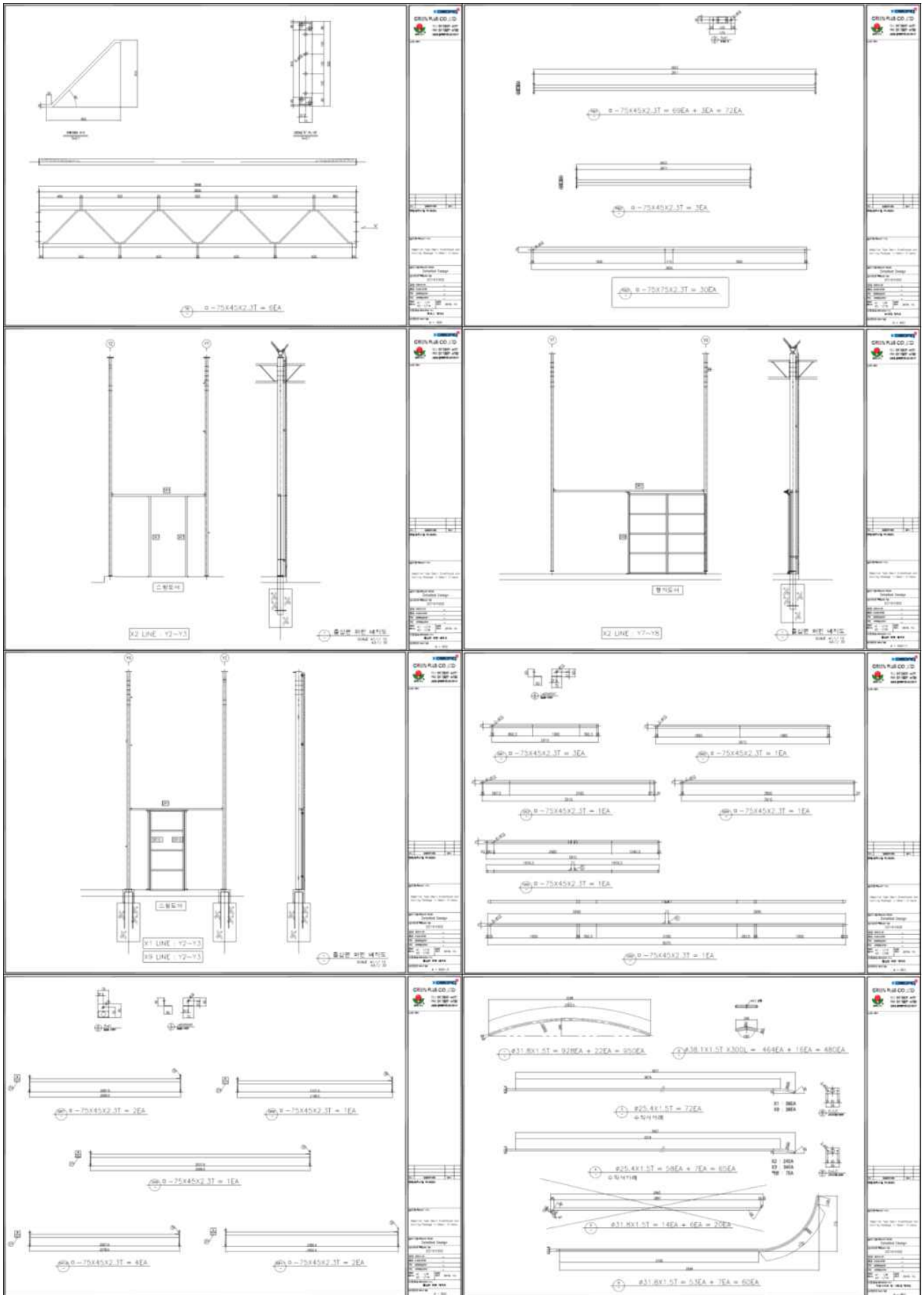
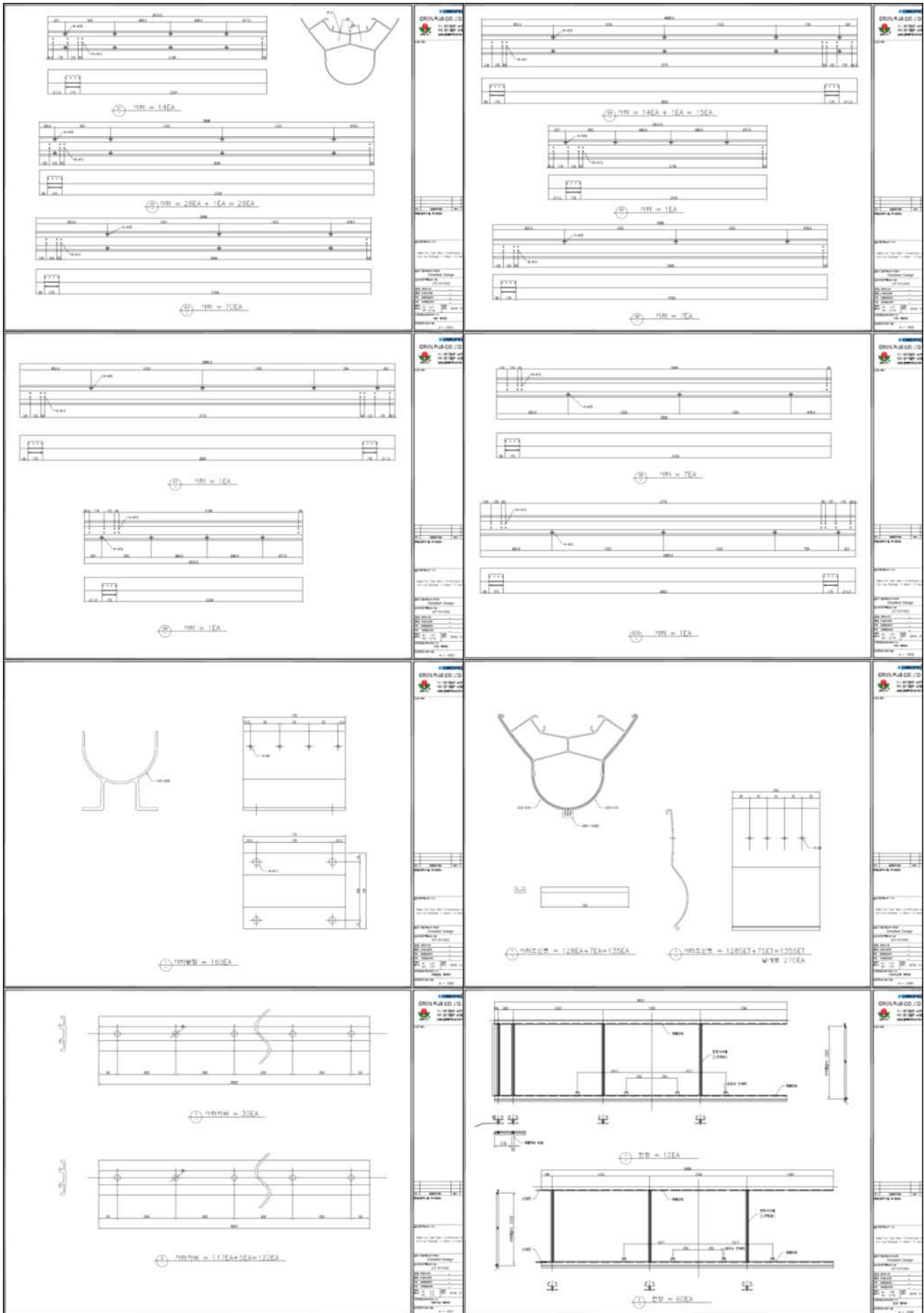


그림 22. 제작 도면(철골)



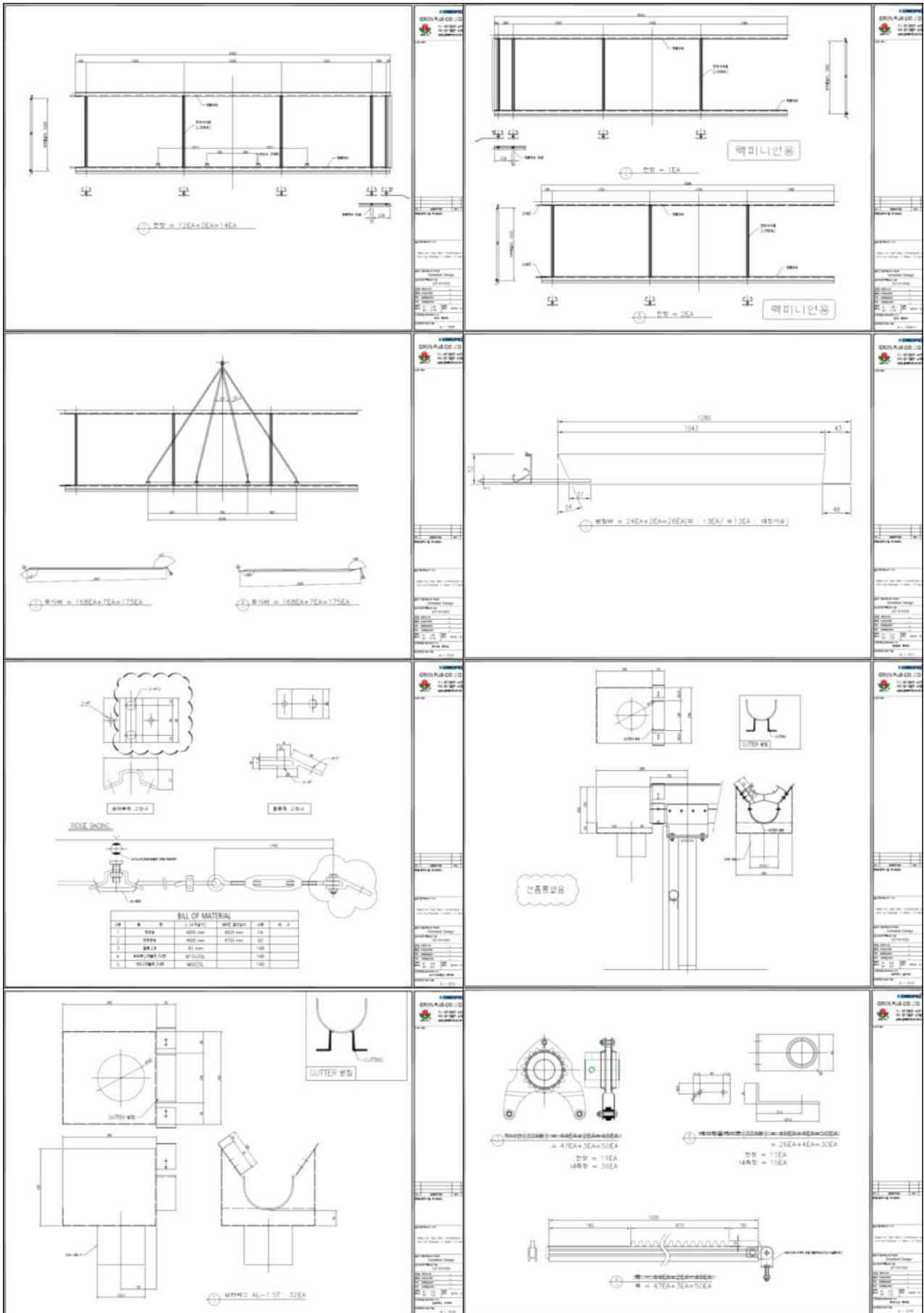


그림 23. 제작 도면(알루미늄)

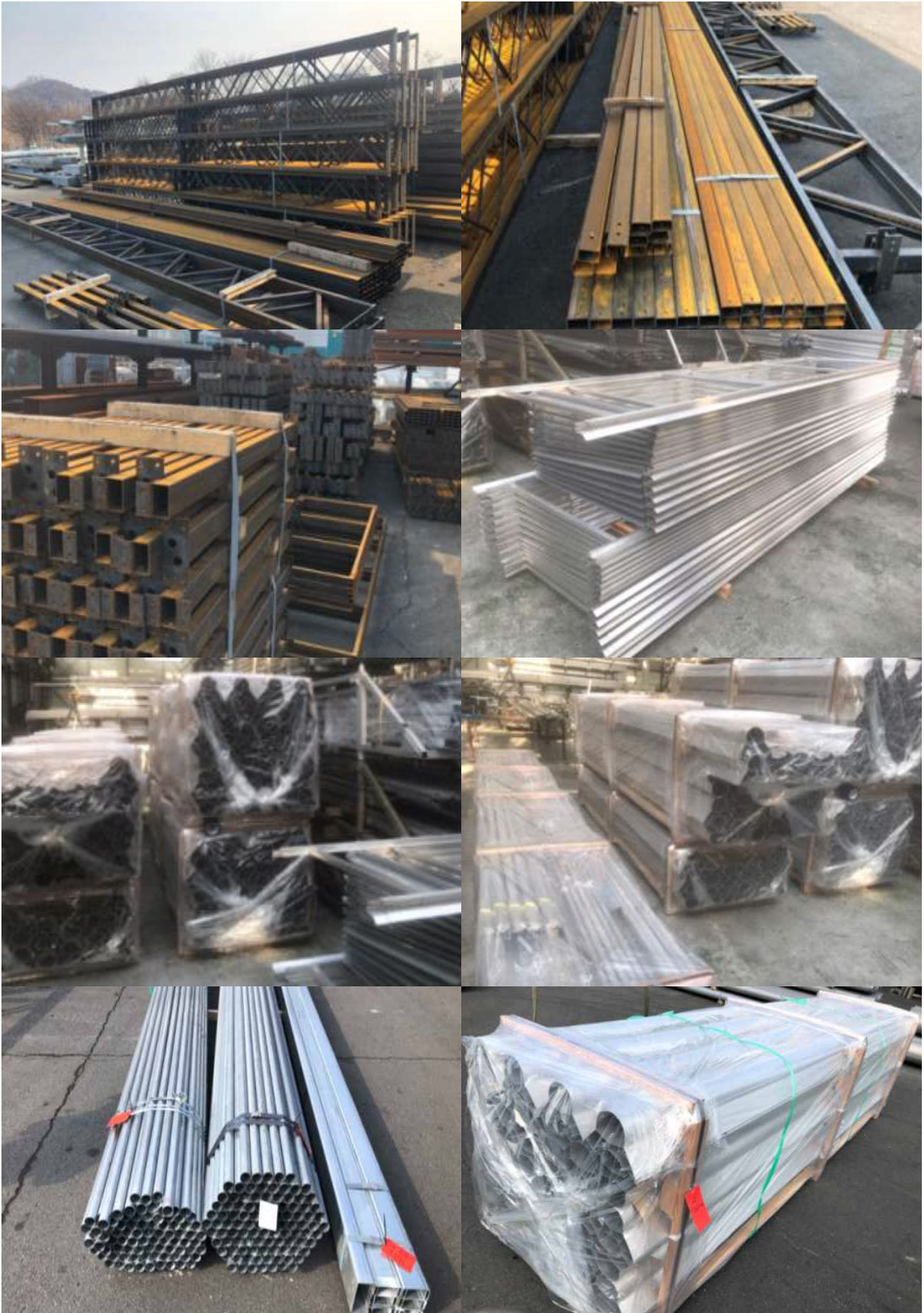


그림 24. 설계도면에 기반한 자재 제작

2) 현지 환경조건을 고려한 골조 후처리 공정

- 온실 시공에 사용되는 철골 구조물은 미관 및 부식방지를 위하여 도금처리 후 시공에 사용된다.
- 주로 사용되는 도금방법은 용융 아연 도금이며, 녹이 발생할 수 있는 환경에서, 아연이 철 대신 산화를 하게 되고 철의 부식을 1차적으로 막아줘 구조물의 내구성과 수명을 연장시킬 수 있다.
- 아연은 산화할 경우 일반적인 철의 녹 발생과 달리 백태 현상이 보이는 수준에 그치므로 미관상에도 보기 좋아 많이 사용된다.
- 실증 온실 철골 구조물에 적용한 용융 아연 도금은 아연을 고온으로 가열해 녹인 용탕에 도금 대상 제품인 온실의 철골 구조물을 넣고 뱀 후 냉각시키는 방법이다.
- 전기도금과 달리 두께가 두꺼워 온실 철골 구조물에 주로 사용한다.

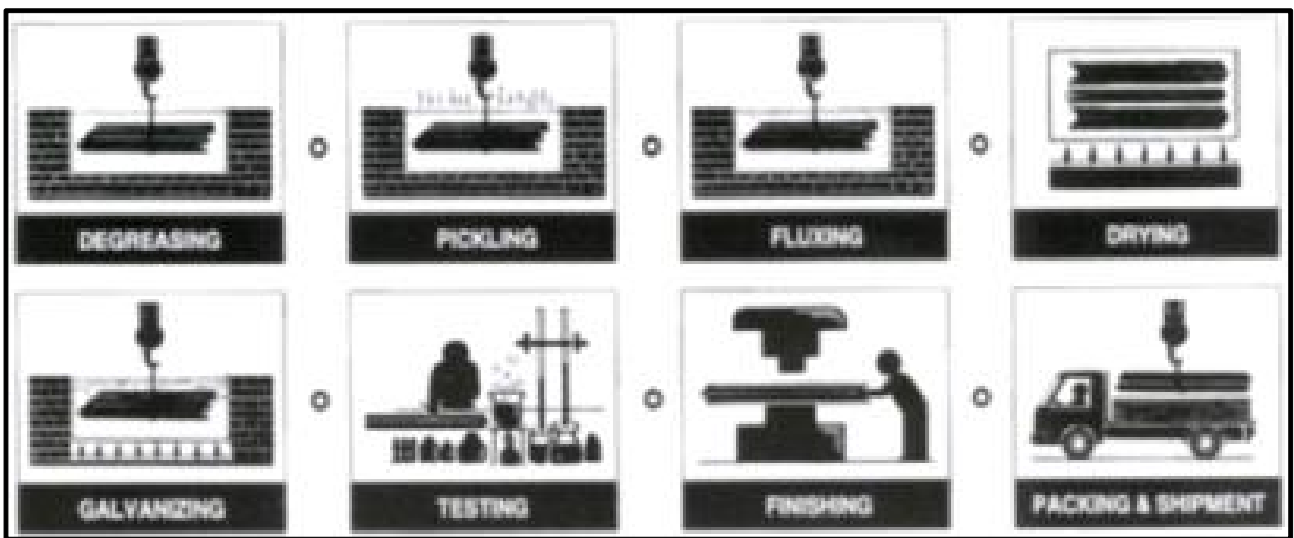


그림 25. 온실 철골 구조물의 표면처리 순서 (자료제공 : 수림산업(주))



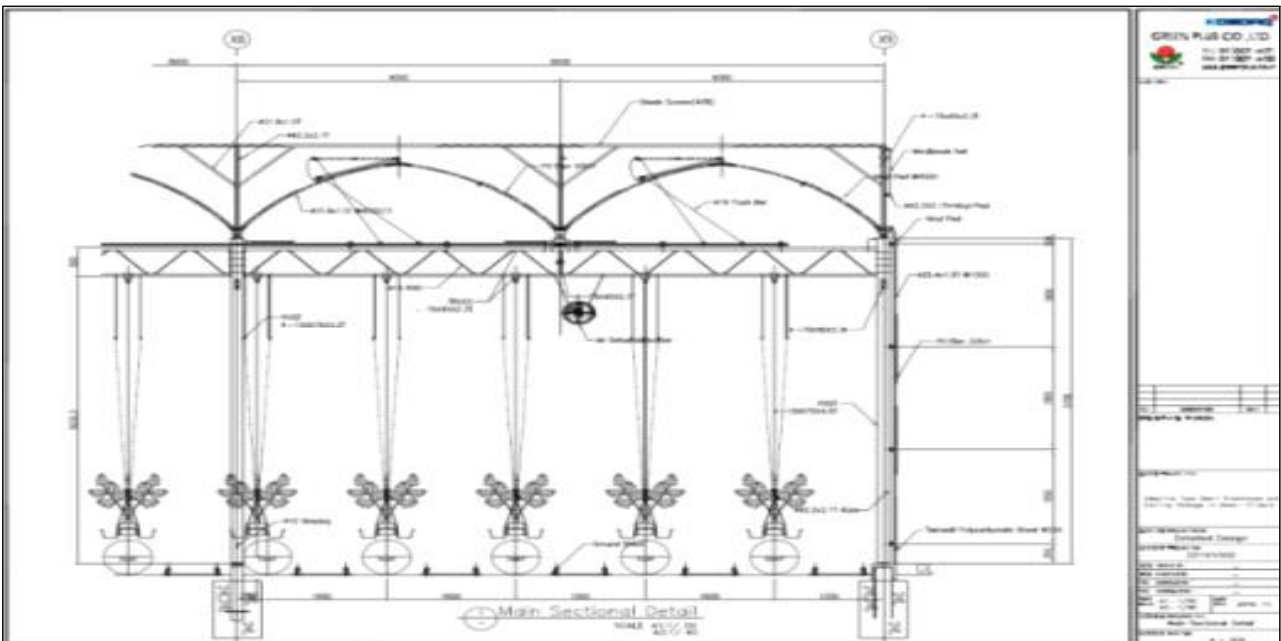
표면처리 전



표면처리 후
그림 26. 실증온실 철골 구조물의 표면처리

3) 재배 예정 작물의 재배시스템 제작

- UAE 현지 공동연구기관 회의 결과 재배시스템은 행잉거터 시스템을 적용하기로 협의하였다.
- 농촌진흥청 연구팀 및 현지 기관에 해당 도면을 제공하였으며, 상호 협의 하에 재배시스템을 새로 설계 및 제작하였다.
- 재배시스템은 작물 재배의 특성, 다양한 작물 재배 적용 가능성, 온실 규모 및 내부 높이, 물 절약 시스템 배관 설치, 철골 구조물 하중 등 다양한 기술과 요소들을 고려하여 설계하였다.



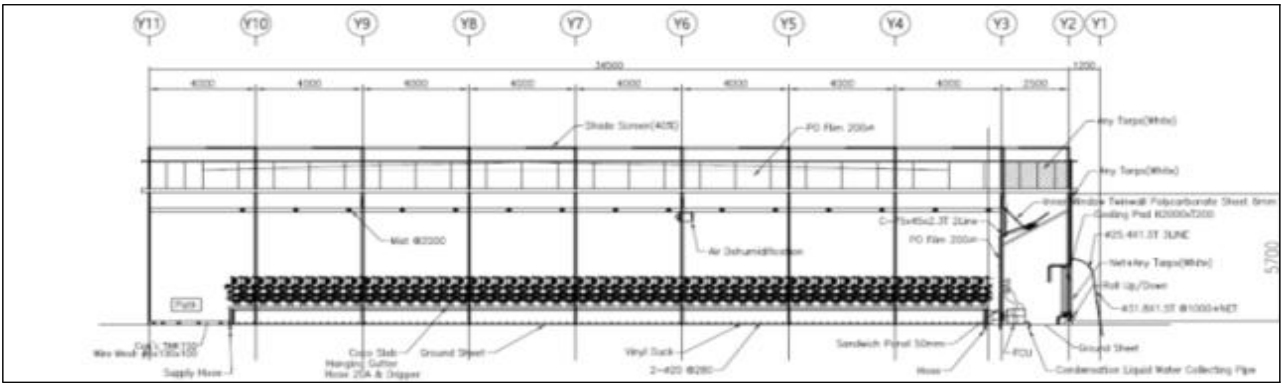
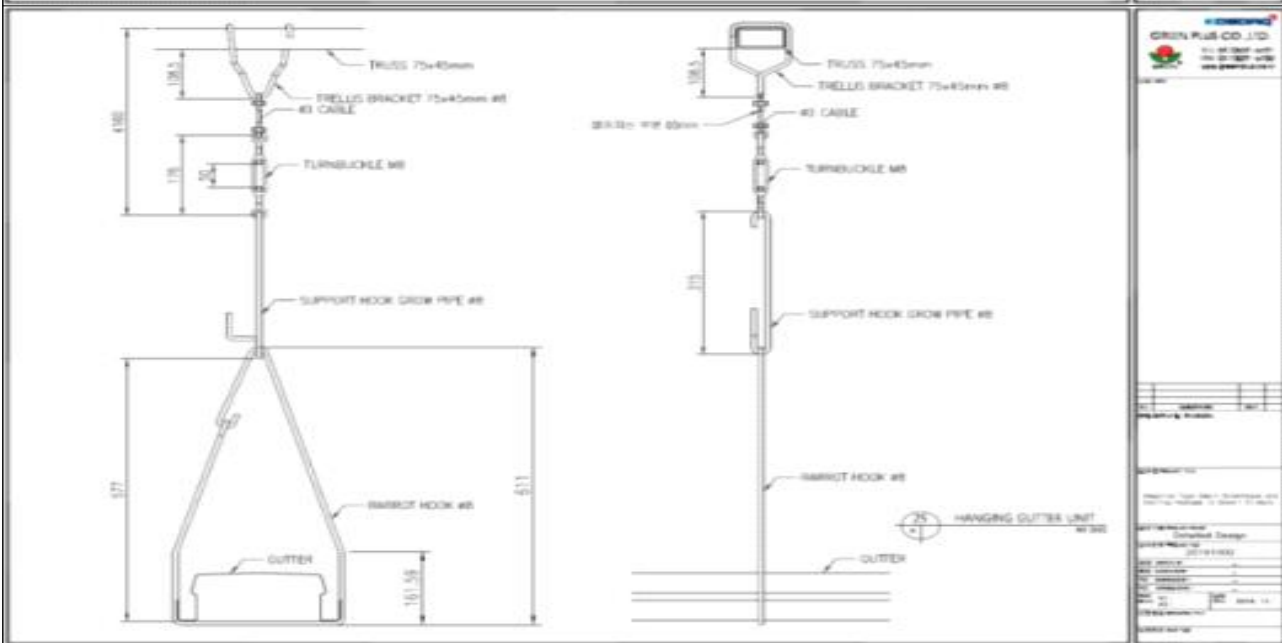
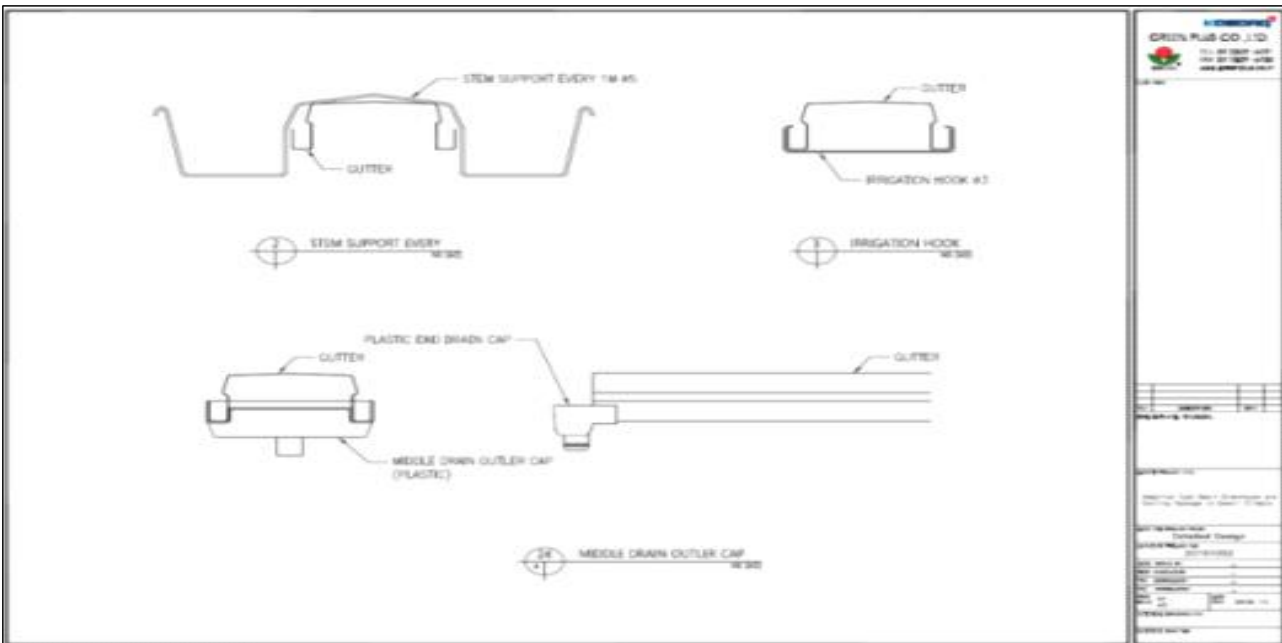
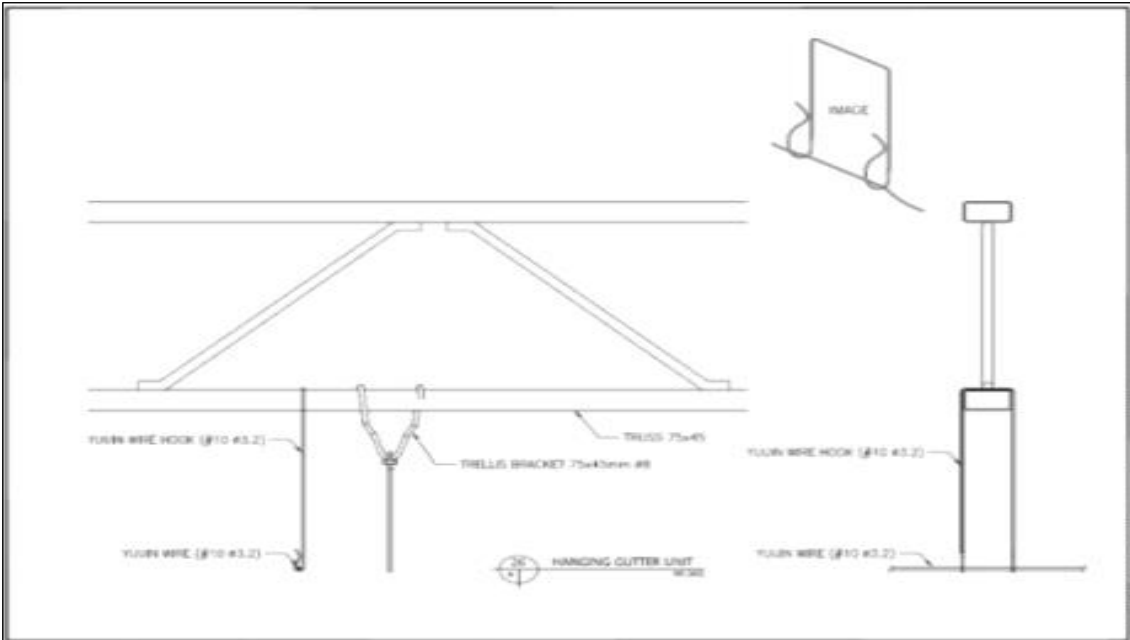


그림 27. 온실 단면도(재배시스템)





GREEN PLUS CO., LTD.
 11, 47 Street, 4th Floor, 10000 Hanoi, Vietnam
 024 3820 8888
 www.greenplus.vn

Scale: 1:100

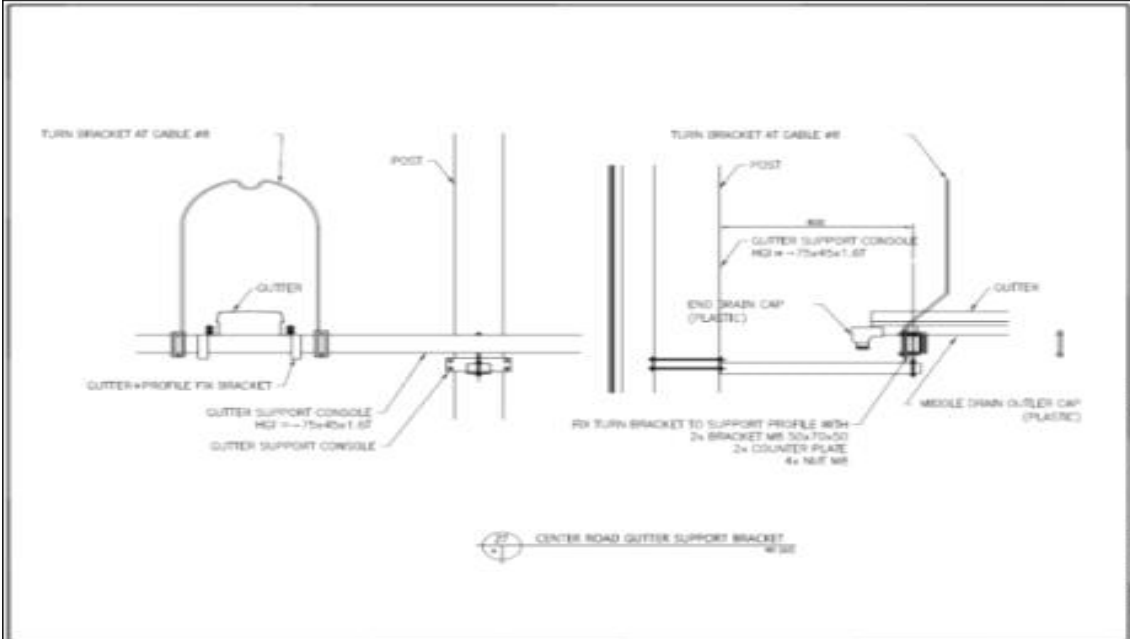
Project Name: [Blank]

Client: [Blank]

Design: [Blank]

Check: [Blank]

Date: [Blank]



GREEN PLUS CO., LTD.
 11, 47 Street, 4th Floor, 10000 Hanoi, Vietnam
 024 3820 8888
 www.greenplus.vn

Scale: 1:100

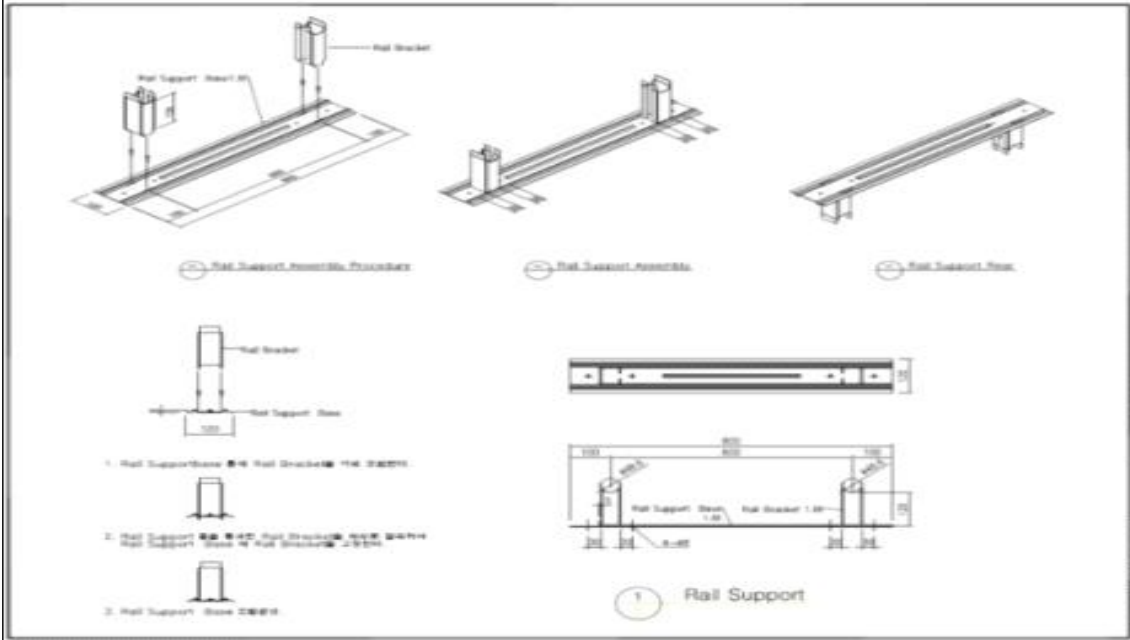
Project Name: [Blank]

Client: [Blank]

Design: [Blank]

Check: [Blank]

Date: [Blank]



GREEN PLUS CO., LTD.
 11, 47 Street, 4th Floor, 10000 Hanoi, Vietnam
 024 3820 8888
 www.greenplus.vn

Scale: 1:100

Project Name: [Blank]

Client: [Blank]

Design: [Blank]

Check: [Blank]

Date: [Blank]

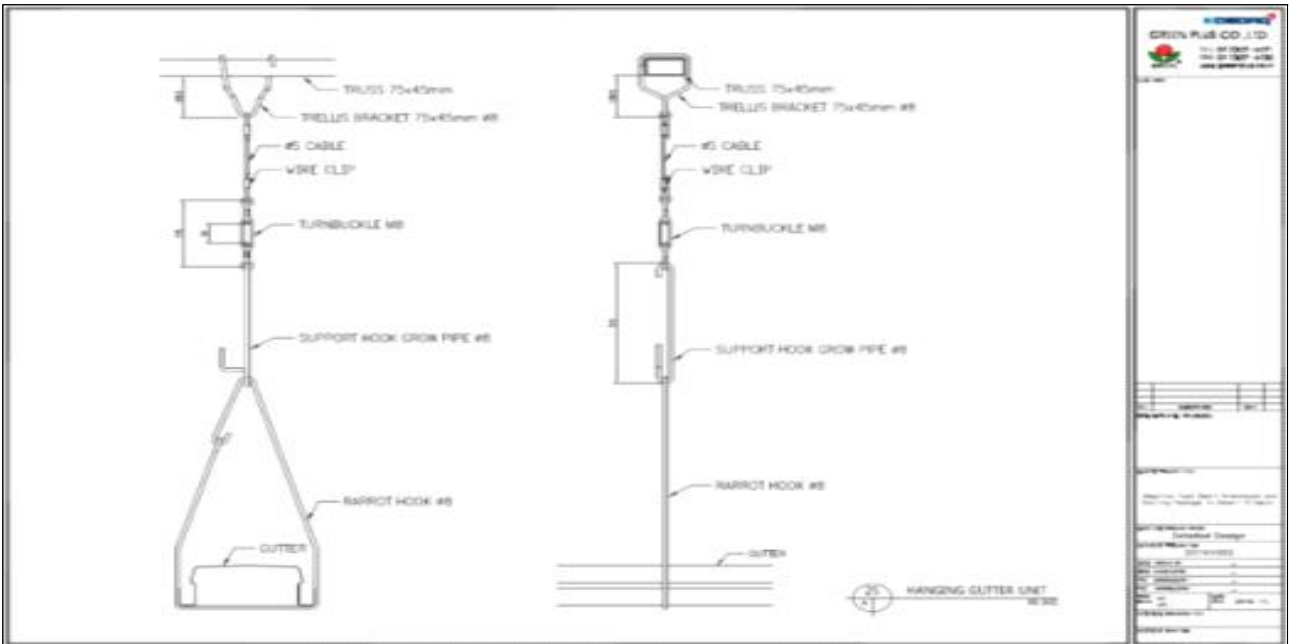


그림 28. 재배 예정 작물의 재배시스템 설계

- 또한, 초기 설계단계에서는 없었던 시설인 발아실, 육묘공간, 재배작물 수확 후 저장공간, 저온 저장고를 농촌진흥청 재배연구팀과 협의하여 시설에 추가하였으며, 그에 따른 분리된 공간 및 설비를 추가 적용하였다.
- 농촌진흥청 재배연구팀의 현지 재배 실증 실험 시 안정적인 발아 및 육묘를 위하여 발아 베드 및 육묘 대차도 추가로 설계/제작하여 실증온실에 적용하였다.



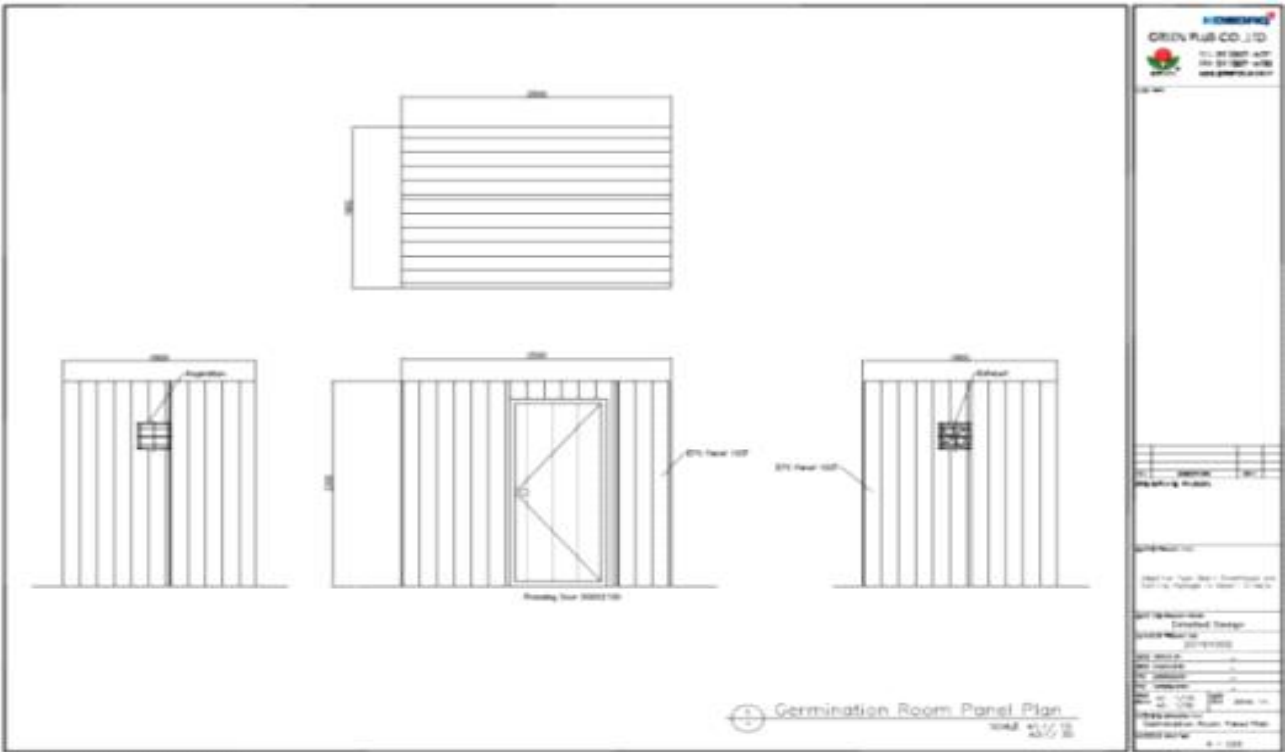
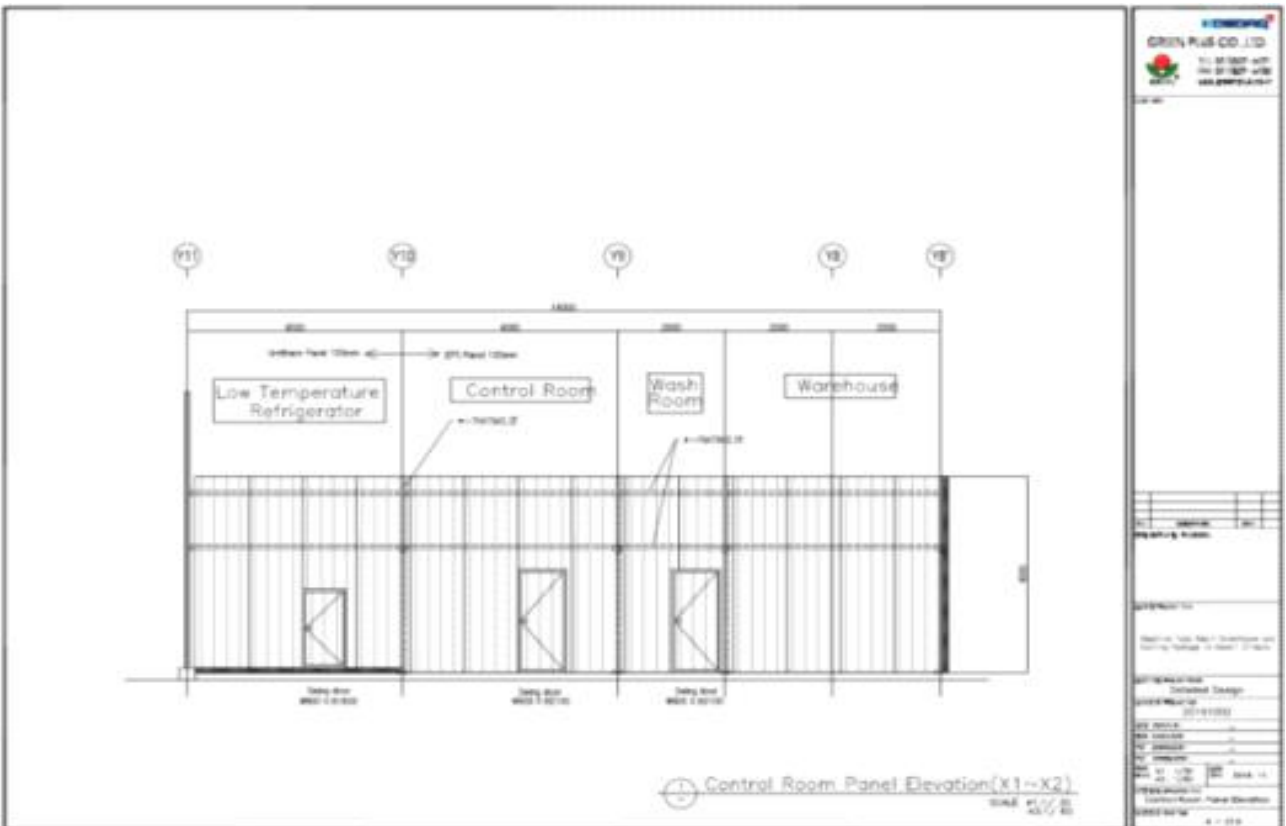


그림 29. 재배 관리 시설 및 발아실 설계



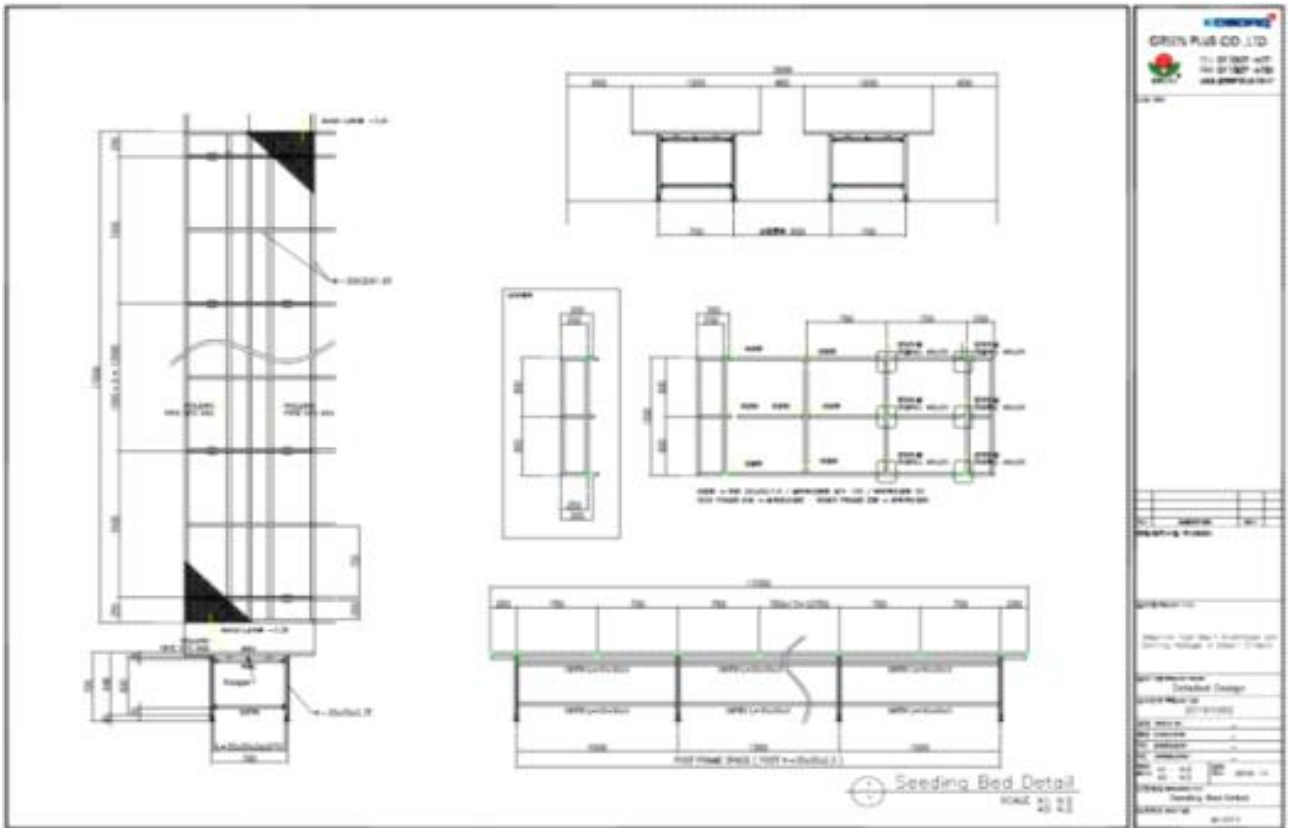
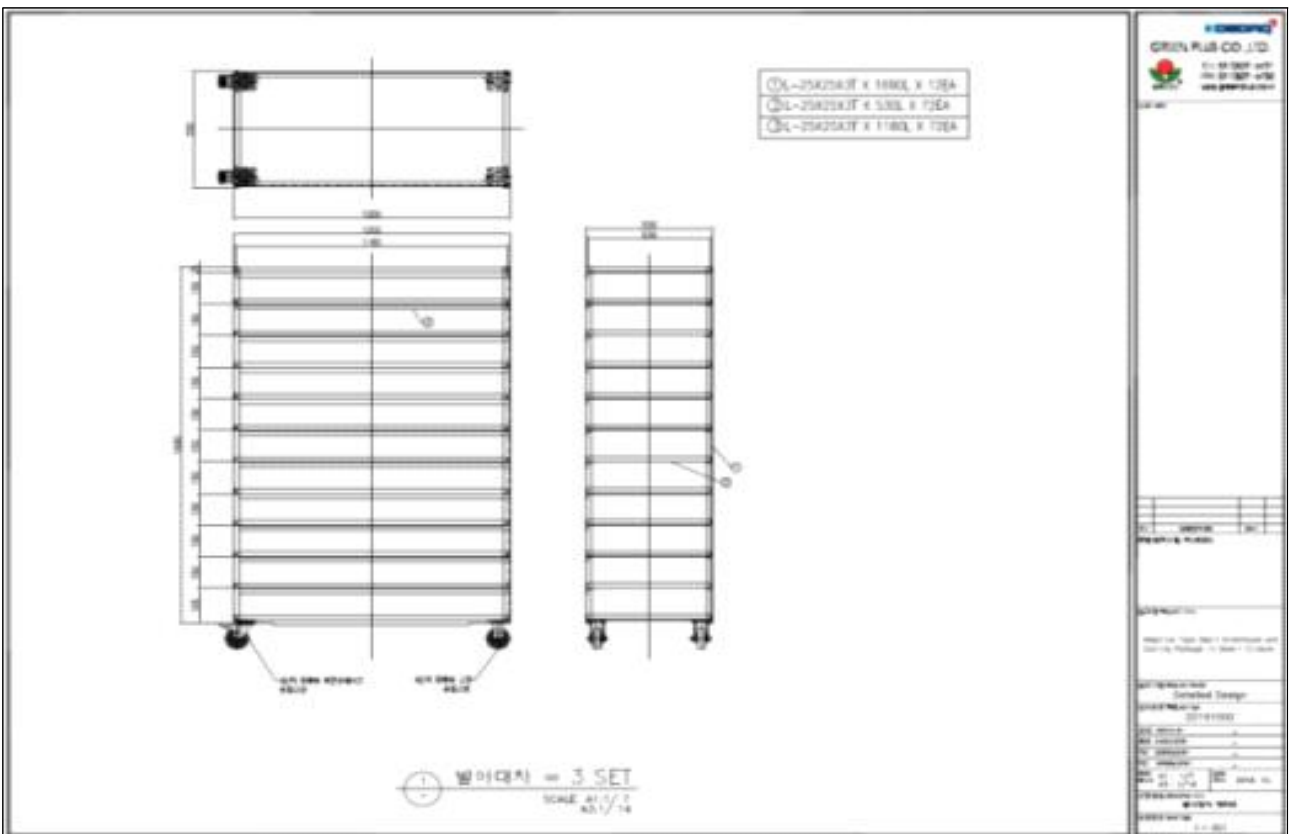


그림 30. 발아실 및 육묘베드 설계



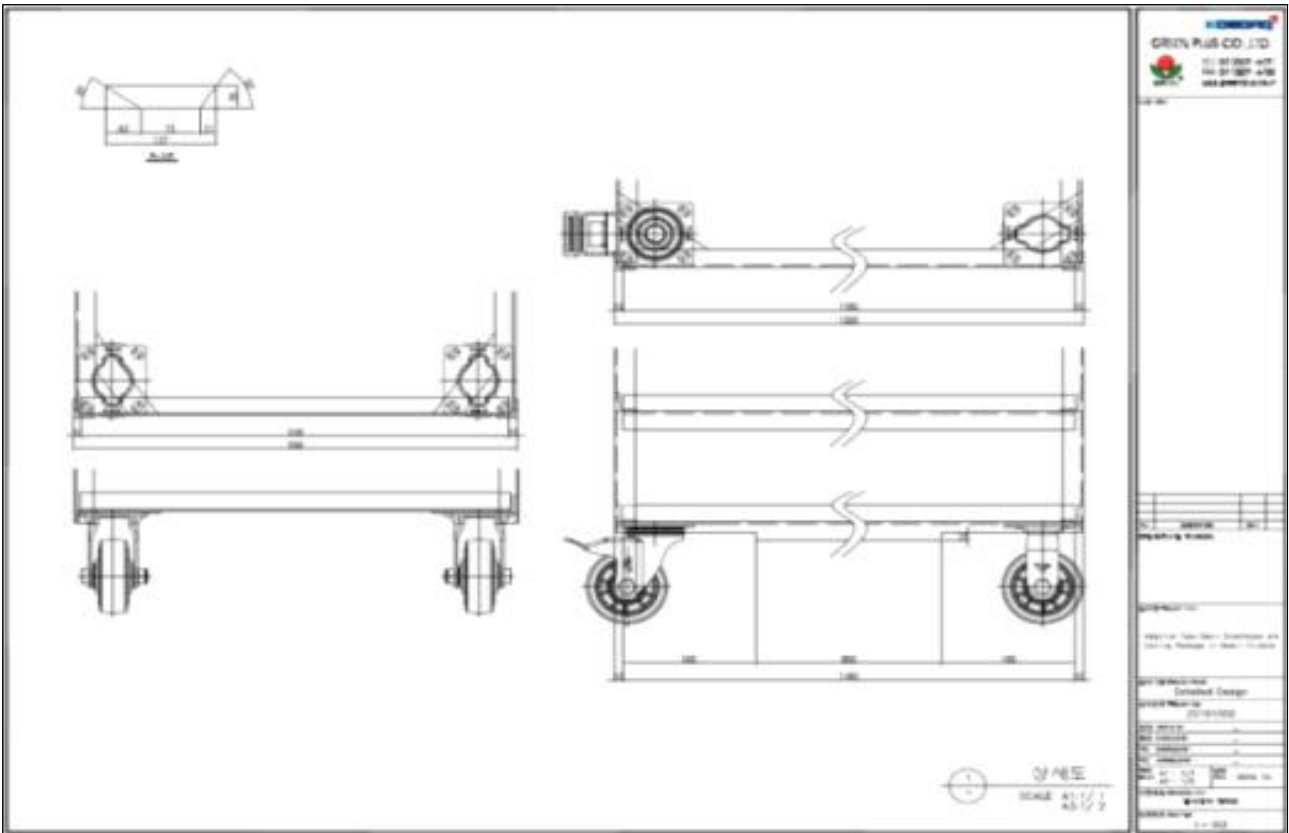


그림 31. 발아용 대차 설계

마. 현지 실증온실 시공

- 당초 2020년 초에 UAE 현지 실증온실 시공을 계획하였다.
- 하지만 코로나19의 전 세계적 확산으로 인하여 시공 대상 국가인 UAE에 3월부터 공항이용 중단, 무비자 방문 불가 등 본 과제 연구팀 및 시공팀의 현지 연구 활동 수행이 불가능한 상태가 이어졌다.
- 20년 5월 말 기준으로도 여전히 공항이용이 불가능하고 항공편이 없었으며, 입국불가 상태가 이어졌다.
- 2020년 1월 온실 시공을 위한 재료를 컨테이너로 보냈었지만, 당시 코로나 19의 확산으로 인해 중국 경유 컨테이너선의 계획이 취소되면서 연기가 되었고, 3월 말에 현지 항에 도착하였다.
- 현지 기초 시공 및 필요인력, 시공에 필요한 중장비 렌트 등을 위해 주관기관은 1월부터 UAE 현지를 방문해 지속적으로 섭외를 하였다.
- 현재 상황을 고려해 현지 온실 시공, 운영 매뉴얼 작성 등 1차 년도 수행하지 못한 연구를 2차 년도에 수행할 예정이다.



Greenoponics



Al Busath



Royal Touch



Al sham Agri

그림 32. 현지 시공업체 섭외

- 현지 주요 기관들의 재택근무 등 주요 조치는 현재도 진행되고 있는 상황이며, 입국이 허가되고 항공편이 다시 운영을 시작하면 현지 시공을 진행 할 예정이다.
- 현지 하절기의 낮 시간 작업중지 정책 등으로 2020년 3분기에 시공 예정이다.

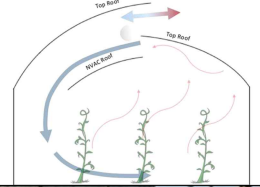
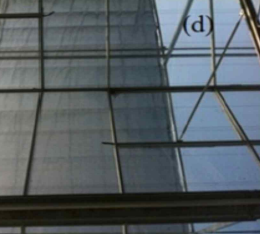
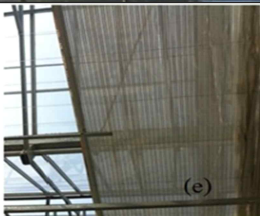

- 시공 메뉴얼을 바탕으로 한 현지 실증온실 시공
- 현지 실증온실의 골조(철골, 알루미늄)시공
- 내부 설비(재배설비, 양액, 온도조절, 환경제어 등)설치

제 2 세부과제(우원엠앤이): 사막기후 적응형 온실 냉방패키지 기술선정 및 냉방 성능평가
 가. 사막기후 맞춤형 냉방 패키지 기술조사

1) 건축적 냉방 패키지 기술과 효과

- 자연환기, 외부차양, 내부차양 등은 여름철 온실의 실내온도를 하강하기 위한 건축적 기술로 가장 많이 활용되고 있다.
- 태양광은 온실의 실내온도를 상승시키는 주요 요인으로 차양을 통해 광량을 감소시킬 경우 실내온도는 하강시킬 수 있으나 작물 생육에 필요한 충분한 광량을 확보할 수 없어 냉방 기술로써 활용에는 한계가 있다.
- 일반적으로 온실 구조물과 내·외부 차양에 의해 실외의 광량에 15~50%가 감소하여 유입된다.
- 자연환기는 지붕과 창문 등의 개방을 통해 실외의 공기를 실내로 유입하고, 이를 통해 작물의 적정 생육온도 및 CO₂ 농도, 습도 유지 등의 기능을 하지만 필요 환기량과 온실 전체의 원활한 기류순환을 유도하는데 어려움이 있다.
- 건축적 냉방 기술은 초기투자비가 상대적으로 저렴하고 동력 사용이 거의 없어 대부분의 온실 농가에서 적용하고 있지만, 설비적 냉방 기술과 대비하여 여름철 온실의 실내온도 하강 효과가 작다.
- 건축적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 아래 표와 같다.

표 1. 건축적 냉방 기술 및 효과

| 기술 | 개념도 | 설명 | 물성치 | 효과 | 평균 효율 | 평가 방법 | 위치/기후/ 면적 |
|----------------|---|---|--------------------|------------------------------|----------------|------------------------|---------------------------------------|
| 자연 환기 |  | 자연환기 모드에서 지붕과 문을 개방 | - | 기본 | 2~3 ℃ 감소 | 실험 | 중국/ 습한 아열대/ 2,304m ² |
| 외부 차양 |  | 70% 음영을 제공하는 고밀도 UV 폴리에스테르 조각으로 외부차양 구성 | 70% 차광 | 중음 | | | |
| 내부 차양 |  | 50% 그늘 반사 알루미늄 섬유로 내부차양 구성 | 50% 차광 | 우수 | | | |
| 다겹 보온 커튼 |  | 유리온실용 알루미늄 다겹보온커튼 | 알루미늄 다겹보온 커튼 | 2.2 ℃ 감소 / 난방비용 87% 감소 | 실험 | 한국/-/461m ² | |

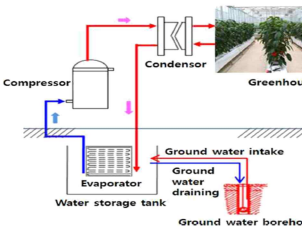


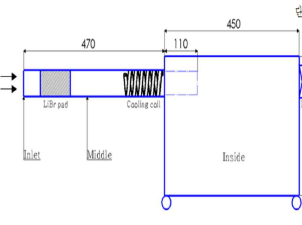
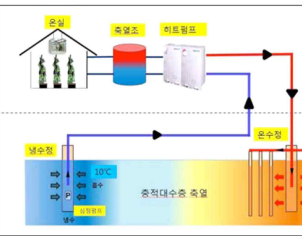
2) 설비적 냉방 패키지 기술과 효과

- 강제환기팬, 증발냉각시스템, 히트펌프, 지하수 활용, 근권부나 작물체 주위 국부냉방, 지붕살수 등은 여름철 온실의 실내온도를 하강하기 위한 설비적 기술로 활용되고 있음

- 증발냉각시스템은 가장 경제적인 냉방 방법으로 패드시스템과 포그시스템이 대표적이다.
- 패드시스템은 강제환기 팬이 필요하며 온실의 한쪽 벽면에 패드를 설치하고 반대 벽면에서 배기하기 때문에 패드와 거리가 멀어질수록 온도가 상승하여 실내온도의 편차가 생기는 단점이 있다.
- 포그시스템은 포그노즐을 온실 전체에 고르게 배치하면 균일한 실내온도를 조성할 수 있지만 포그노즐의 구멍이 막히지 않도록 적절한 필터와 화학적인 처리제 사용 및 수질 확보가 필요하다.
- 패드시스템과 포그시스템 등의 증발냉각방식은 건조한 지역에 효과가 큰 방법으로 하절기에 고온다습한 우리나라에서는 실내온도 하강 효과가 상대적으로 낮다.
- 히트펌프를 활용한 냉방은 화훼류 및 육묘생산 등에서 일부 이용되고 있으나 경제성의 문제로 야간냉방에만 국한되어 적용되고 있다.
- 최근에는 히트펌프의 효율 증대, 다양한 히트펌프 제품군 개발, 상대적으로 저렴한 농가의 전기요금 체계, 냉·난방 겸용 사용을 통한 난방비 절감 등의 이유로 히트펌프 보급이 활성화 되고 있다.
- 또한 신재생에너지를 활용한 지열히트펌프도 냉·난방 수단으로 많이 적용되고 있다.
- 설비적 냉방 기술을 활용한 온실의 실내온도 하강 효과는 아래 표와 같다.

표 2. 설비적 냉방 기술 및 효과

| 기술 | 개념도 | 설명 | 물성치 | 효과 | 평균 효율 | 평가 방법 | 위치/기후/면적 |
|----------------|---|---|-----------------------|--------------------------------|-----------|---|---------------------------------|
| 기류 순환팬 |  | 공기와 식물 사이의 열교환을 향상시키기 위해 안정적이고 적당한 공기 흐름을 제공하기 위해 순환 팬 설치 | 90W | 약함 | 2~3 °C 감소 | 실험 | 중국/ 습한 아열대/ 2,304m ² |
| 간접 직접 증발 냉각 유닛 |  | 증발식 냉각장치는 간접 증발식 냉각 열교환기와 3개의 패드로 구성되어 직접 증발식 냉각장치로 설계 | 물 25 L 용량, 2 개의 순환 펌프 | 12.1 ~ 21.6 °C 감소 / 효율 30.5%상승 | 실험 | 이라크 바그다드/-/ 5m ² (11m ³) | |
| 국소 난방 장치 |  | 유리온실용 양액재배 배지 국소난방장치 | 105kW (GSHP) | 4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소 | 실험 | 한국/-/461m ² | |

| 기술 | 개념도 | 설명 | 물성치 | 효과 | 평균 효율 | 평가 방법 | 위치/기후/면적 |
|--------------|---|---|--------------------------------------|-------------------------|-----------|-------|---------------------------------|
| 지하수 열원 히트펌프 |  | 지하수열원 히트펌프 파프리카 재배 벤로형 유리온실에 적용 | 105kW (GSHP) | 4.7 °C 감소 / 난방비용 87% 감소 | | 실험 | 한국/-/461m ² |
| 증발 냉각 패드 |  | 길이 42.1m, 너비 1.9m의 셀룰로오스 종이 패드가 북쪽 벽에 위치, 남쪽 벽에는 10개의 1.1kW 강제배기팬이 설치 | 1.1 kW (10개) | 보통 | 2~3 °C 감소 | 실험 | 중국/ 습한 아열대/ 2,304m ² |
| 포그 시스템 |  | 토마토 재배용 상업용 온실에 포그노즐 적용 | 2분 분사 1분 정지 | 온도 개선 크지 않음 (0.9 °C 감소) | | 실험 | 한국 (논산)/ -/- |
| 냉각 및 제습 |  | Fan and Pad 방식에 리튬브로마이드 용액과 냉각 코일을 적용하여 냉각 및 제습 | - | 15% 감습 | | 실험 | 한국/-/- |
| 계간 축열 (히트펌프) |  | 냉열을 냉수로 전환하여 냉수정을 통해 저장하여 여름철 냉방에 사용 (야간만 냉방) | 50RT X 2대 히트펌프, 축열조 40m ³ | 토마토 26% 증수 | | 실험 | 한국 (부여) /-/2,025m ² |

3) 냉방 기술별 효과 분석

- 고온기 냉방 방법별 온도강화 효과와 효율향상 연구에 따르면 흑색 차광망 설치로 최대 3.8~7.6°C 정도의 온도 하강효과가 있는 것으로 파악되었다.
- 증발냉각시스템 중 포그시스템은 4.1°C, 미스트시스템은 3.7°C, 패드시스템은 6.7°C 정도의 온도 하강효과가 있는 것으로 확인되었다 (온도 하강효과는 실험을 기반으로 한 결과값이며 측정지역의 기후조건에 따라 냉방효과의 차이가 있음).
- 온실냉방시스템의 효율적 이용에 관한 연구에 따르면 환기만으로는 고온기 온실

내부의 온도를 외기온도 이하로 낮출 수 없다고 보고되었다.

- 온실 내부의 온도 하강을 위한 냉방 기술 중 차광은 약 4℃, 수막은 차광과 병행할 경우 2~5℃, 증발냉각시스템은 약 7℃ 정도의 온도 하강효과가 있는 것으로 보고되었다.
- 국내 문헌 조사 결과 냉방 기술별 기후조건 등의 영향으로 온도 하강효과의 차이는 있었으나, 증발냉각시스템이 가장 효과적인 것으로 확인되었다.
- 국내와 더불어 국외 문헌 조사를 통해 냉방 기술별 효과를 조사하였다.
- 국외 문헌의 냉방 기술별 효과는 아래 표와 같다.

표 3. 패드시스템의 냉방 효과

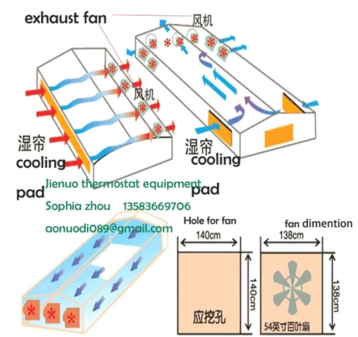


| 구분 | 기술 | 개념도 | 저자 | 연도 | 효과 | 종합 |
|-----------|-----------|--|-------------------|------|-------------|-----------------------|
| 설비 기술 | 패드 시스템 |    | Landsberg et al. | 1979 | 8~12℃ 감소 | 평균 5.2~7.0 ℃ 감소 |
| | | | Chandra et al. | 1989 | 4~5℃ 감소 | |
| | | | Jain and Tiwari | 2002 | 4~5℃ 감소 | |
| | | | Radhwan and Fath | 2005 | 3~10℃ 감소 | |
| | | | Sukla et al. | 2006 | 5~8℃ 감소 | |
| | | | Ganguly and Ghosh | 2007 | 6℃ 감소 | |
| | | | Max et al. | 2009 | 1.2~2.6℃ 감소 | |
| | | | Lo'pez et al. | 2012 | 11.6℃ 감소 | |
| | | | Misra and Ghosh | 2013 | 5~7℃ 감소 | |
| | | | Ali Dayioglu | 2015 | 7℃ 감소 | |
| Xu et al. | 2015 | 2~3℃ 감소 | | | | |

표 4. 포그시스템의 냉방 효과

| 구분 | 기술 | 개념도 | 저자 | 연도 | 효과 | 종합 |
|-----------------|-----------|----------|-------------------|------|-----------------|------------------------|
| 설비 기술 | 포그 시스템 | | Montero and Anton | 1990 | 3°C 감소 | 평균 4.6~5.3 °C 감소 |
| | | | Montero et al. | 1994 | 5°C 감소 | |
| | | | Hayashi et al. | 1998 | 4~8°C 감소 | |
| | | | Öztürk | 2003 | 6.6°C 감소 | |
| | | | Handarto et al. | 2006 | 6°C 감소 | |
| | | | Katsoulas et al. | 2006 | 3°C 감소 | |
| | | | Katsoulas et al. | 2009 | 2.5~3.5°C 감소 | |
| | | | White | 2015 | 9°C 감소 | |
| Misra and Ghosh | 2017 | 2~4°C 감소 | | | | |

표 5. 지붕 증발냉각의 냉방 효과

| 구분 | 기술 | 개념도 | 저자 | 연도 | 효과 | 종합 |
|----------|----------------|-----|-------------------|------|-----------------|------------------------|
| 설비 기술 | 지붕 증발 냉각 | | Sutar and Tiwari | 1995 | 10°C 감소 | 평균 5.6~7.3 °C 감소 |
| | | | Cohen et al. | 1983 | 5°C 감소 | |
| | | | Giacomelli et al. | 1985 | 10°C 감소 | |
| | | | Ghosal et al. | 2003 | 2~6°C 감소 | |
| | | | Helmy et al. | 2013 | 1.1~5.4°C 감소 | |

표 6. 증발 및 혼합모드 냉방방식의 냉방 효과

| 구분 | 기술 | 개념도 | 저자 | 연도 | 효과 | 종합 |
|---------------------|---------------------|-----|-------------------------|------|--------------|------------------------|
| 설비 및 기술 모드 | 증발 및 혼합 모드 | | Abbouda and Almuhanna | 2012 | 8.1°C 감소 | 평균 6.2~7.1 °C 감소 |
| | | | Lychnos and Davies | 2012 | 5.5~7.5°C 감소 | |
| | | | Al-Busaidi and Al-Mulla | 2014 | 4.8~7.4°C 감소 | |
| | | | Abu-Hamdeh et al. | 2016 | 8.1°C 감소 | |
| | | | Banik and Gangu | 2017 | 4.3°C 감소 | |

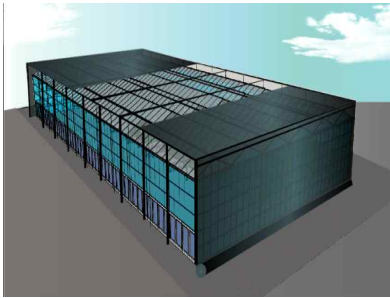
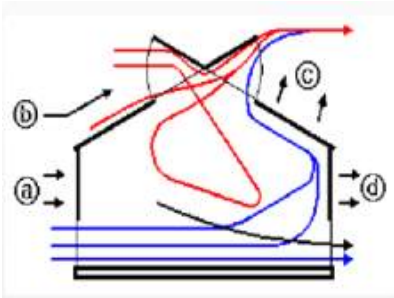

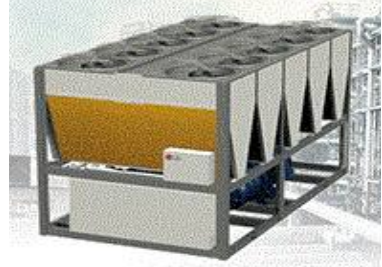
표 7. 기타 건축 및 설비기술의 냉방 효과

| 구분 | 기술 | 개념도 | 저자 | 연도 | 효과 | 종합 |
|---------------------|-----------------------|-----|---------------|------|----------|-------------------|
| 건축 & 설비 기술 | 보온 커튼 | | Shukla et al. | 2008 | 5°C 감소 | 평균 5.5°C 감소 |
| | 지중 대 공기열 교환기 | | Ghosal et al. | 2004 | 5~6°C 감소 | |

4) 냉방 효과와 초기투자비 및 유지관리를 고려한 냉방 기술 비교

- 온실의 대표적 냉방 기술인 차양, 환기, 증발냉각, 히트펌프의 냉방효과와 초기투자비 및 유지관리 측면에서 적용성을 비교하였다.
- 냉방 방식별 비교표는 아래와 같다.

표 8. 냉방 기술 비교

| 구분 | | 외부차양 | 환기 | 증발냉각 | 공랭식 스크류 냉동기 |
|-----|-------|--|--|--|--|
| 개념도 | |  |  |  |  |
| 개요 | | 온실의 외부에 개폐가 가능한 차양을 통해 온실에 유입되는 태양열 조절 | 상부 또는 측면에 자연 및 강제 환기 순환으로 냉각 | 물이 증발되는 과정에서 주변에 열을 흡수하여 냉각 | 공기, 지열, 물(지하수)를 열원으로 하는 히트펌프를 활용하여 냉각 |
| 특성 | | <ul style="list-style-type: none"> 내부차양 기술에 비해 냉방부하 저감효과가 높음 실내온도 하강과 충분한 광량 확보를 위한 차양 조절 필요 | <ul style="list-style-type: none"> 설비적 냉방 기술에 비해 냉방 효과가 낮음 자연환기는 필요환기량과 기류순환이 어려움 온도하강을 위해 많은 환기량 요구됨 | <ul style="list-style-type: none"> 고온다습한 기후에서는 효과가 상대적으로 낮음 패드시스템은 온도 편차 발생 우려 포그시스템은 포그노즐의 관리 필요 | <ul style="list-style-type: none"> 냉방 효과가 가장 확실함 난방비 절감효과 우수 초기투자비가 비쌈 생산량 증대 및 운영비 최소화로 ROI 확보 필요 |
| 적용성 | 냉방 효과 | ▲ | ▼ | ▼ | ▲ |
| | 초기투자비 | ▼ | ▼ | ▼ | ▲ |
| | 유지관리 | ▼ | ▼ | ▲ | ▲ |

나. UAE 현지 온실 냉방관련 현장조사

1) 현장조사 개요

- 출장기간 : 2019년 9월 20일(토) ~ 9월 27일(금)
- 출장자 : 총 18명
- 출장목적 : 과제수행을 위한 현지조사(현지 사막 온실 견학, UAE 관련 연구기관 협의)



(a) 출장 경로

| 일 | 시간 | 장소 | 비고 |
|---------|---------------|--|-------------------------|
| 9/21(토) | 18:45 | 두바이 국제공항 도착 | Dubai |
| 9/22(일) | 05:00 - 08:00 | Dubai → Abu Dhabi(2시간) 이동 | |
| | 08:30 - 10:00 | Gracia Farm 방문 | Abu Dhabi |
| | 10:30 - 11:30 | Alfafa Farm 방문 | Abu Dhabi |
| | 12:30 - 14:30 | Bari Yas R&D Station(ADAFSA) | Abu Dhabi |
| | 16:30 - 18:30 | LG, DCC 미팅 | Abu Dhabi → Dubai (2시간) |
| 9/22(월) | 06:00 - 08:00 | Dubai → Al Ain (2시간) 이동 | |
| | 08:00 - 09:30 | Elite Agro Farm | Al Ain |
| | 10:00 - 16:00 | Al Kuwaitat Research Station (ADAFSA) • PIT Presentation • Site Survey • Discussion | Al Ain |
| 9/24(화) | 08:00 - 12:00 | ICBA 방문 • PIT Presentation • 온실 견학(리모틸링) 및 협의 | 이동(1시간) |
| | 13:00 - 16:00 | Wrap up 미팅 (출장 정리) | 18명 전원 |
| | 20:30 | 취국 | |
| 9/25(수) | 09:30 - 14:30 | ICBA 협의 | 이동(1시간) |
| 9/26(목) | 10:30 - 12:30 | AI DARMAKY (시설업체) 미팅 | 이동(1시간30분) |

(b) 출장 일정

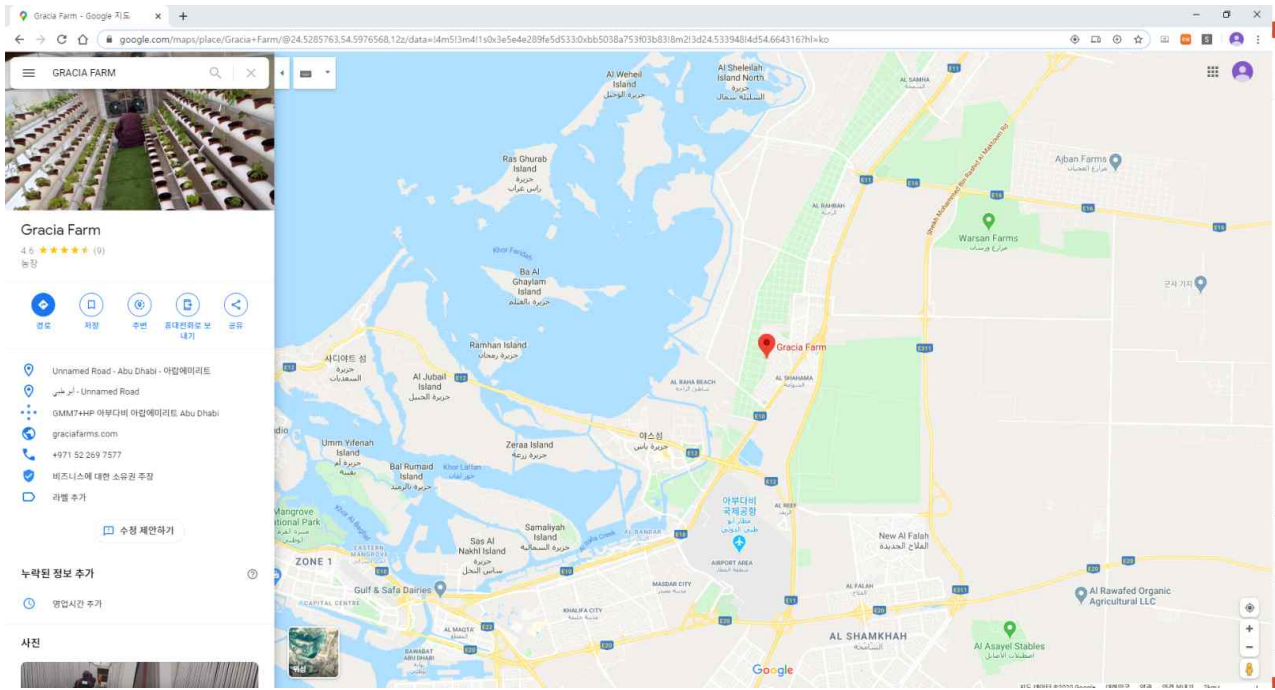
그림 33. 현장조사 개요

2) Gracia Farm 및 Alfafa Farm 현장조사

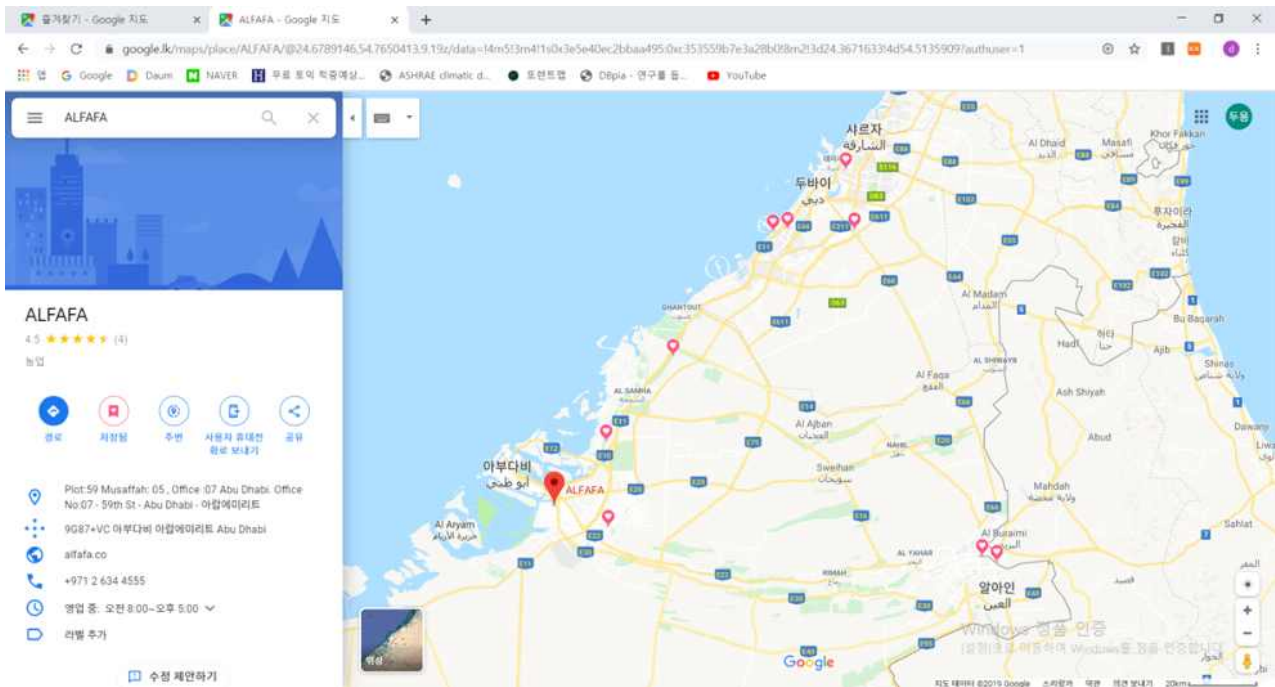
- UAE에서 인공지능 설비로 장치를 갖춘 최초의 농장으로 총 120개 농장 보유하고 있으며, 수경, 유기농 재배가 가능하다.
- 온실을 한 동으로 계획하여 두 개 작물을 재배할 경우 환경제어가 어려움에 있으며, 현장에서 한 작물(상추)을 재배하고 있는 실정이다.
- 건축현황으로는 FRP지붕, 내부 차광커튼, 측벽은 그물망과 커튼으로 구성되어 있다.
- 설비현황으로는 양액 냉각용 공냉스크류 냉동기(약 47 USRt)와 온실 공조용 스크류 냉동기(약 78 USRt)가 있으며, 공조에 의한 냉방효과는 전무하다(25~30℃로 설계되었으나 35℃이상으로 실내온도가 상승).
- 육묘 전용 벤치 제작과 행잉거터 재배 혼용 방안을 고려할 필요가 있다 (ADAFSA에 육묘 공간여부 확인 필요).

※ ADAFSA : Abu Dhabi Agriculture And Food Safety Authority, 두바이 농업 식량 안전국

- 적정 품목 및 품종 등 ADAFSA에서 확인이 필요하다
- 해당 농장 월 전기비용 약 4,800 디르함이다 (원화 약 156만원).



(a) Gracia Farm



(b) Alfafa Farm

그림 34. Gracia Farm 및 Alfafa Farm 위치



그림 35. Gracia Farm 현장조사 사진-1



그림 36. Gracia Farm 현장조사 사진-2



그림 37. Alfafa Farm 현장조사 사진-1



그림 38. Alfafa Farm 현장조사 사진-2

3) Bani yas research & development station(ADAFSA) 현장조사

- Low Tech, Mid Tech, Hi Tech 온실 3가지 타입 보유하고 있어 경제성 비교 대상이다.
- 네덜란드에서 설계, 시공한 것으로 가동 준비 중이며, 관련 설계자료 요청하였다.

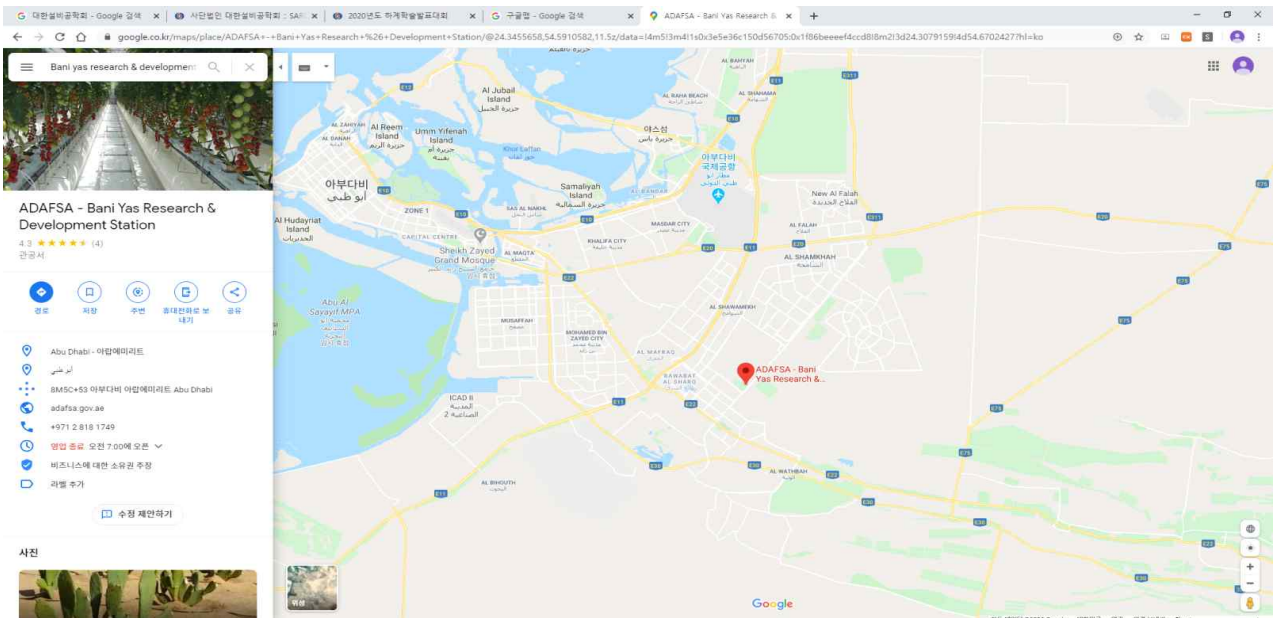


그림 39. Bani yas research & development station 위치



그림 40. Bani yas research & development station 현장조사 사진-1

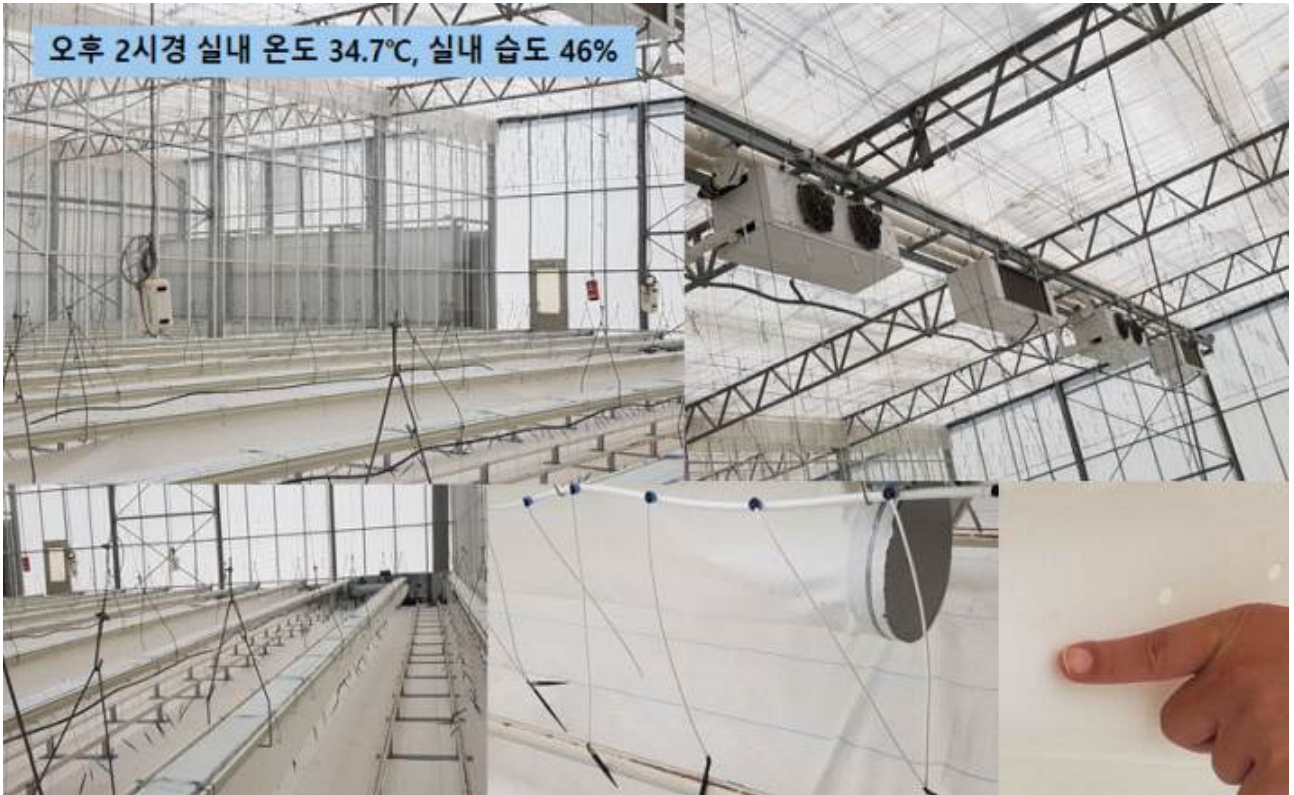


그림 41. Bani yas research & development station 현장조사 사진-2

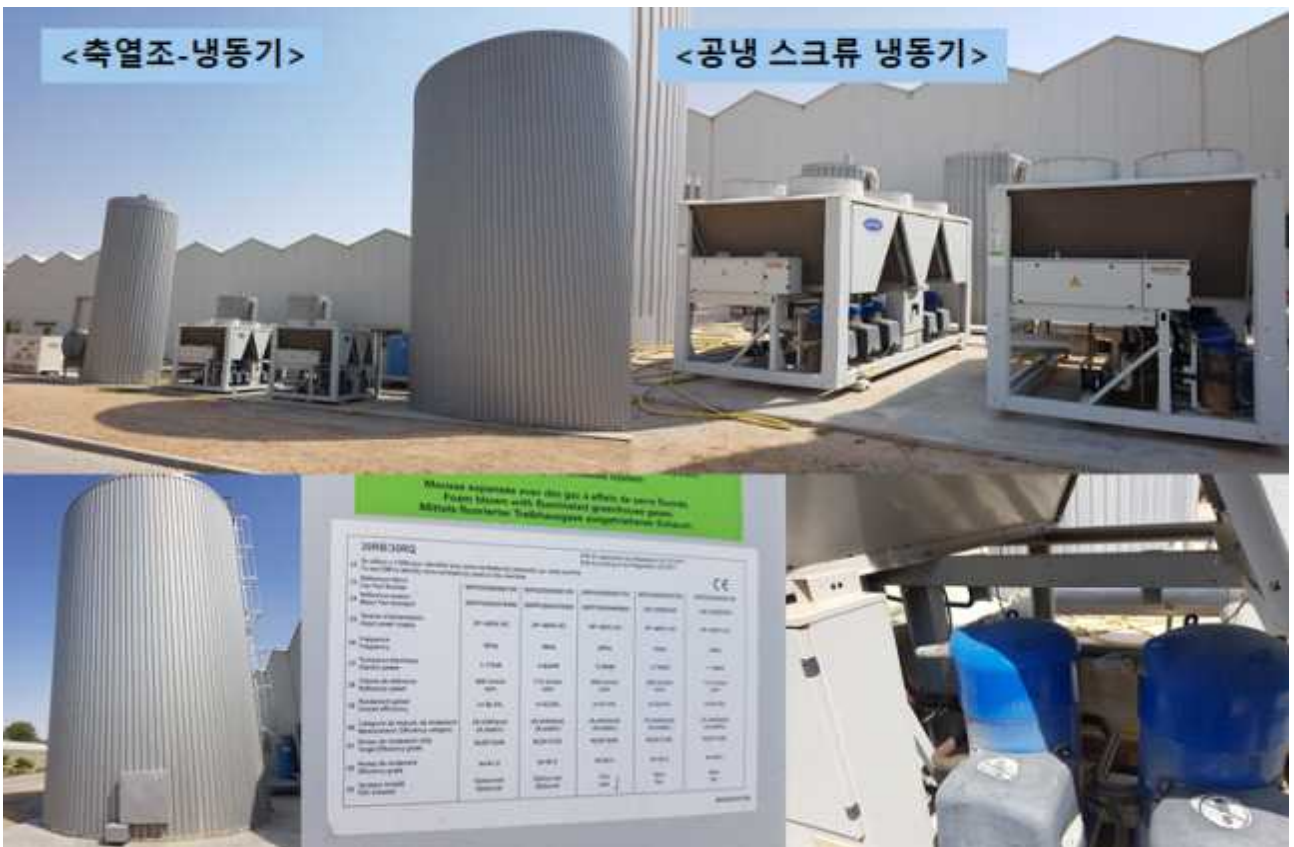


그림 42. Bani yas research & development station 현장조사 사진-3

4) Elite agro 현장조사

- 2016년 준공한 대규모 온실단지(50ha)로 오이, 파프리카, 가지 등을 육종해서 재배
- 차광막(50%)+Fan&Pad+Fog System (스페인 온실기술 적용)으로 실내 환경 제어 (Fan 주기적으로 작동(6가지 모드))
- 천적 곤충 등을 이용해서 병충해 방제하고 최소한의 농약을 사용
- 온실 외피의 경우 레바논 제품(MASTERPAK)을 사용

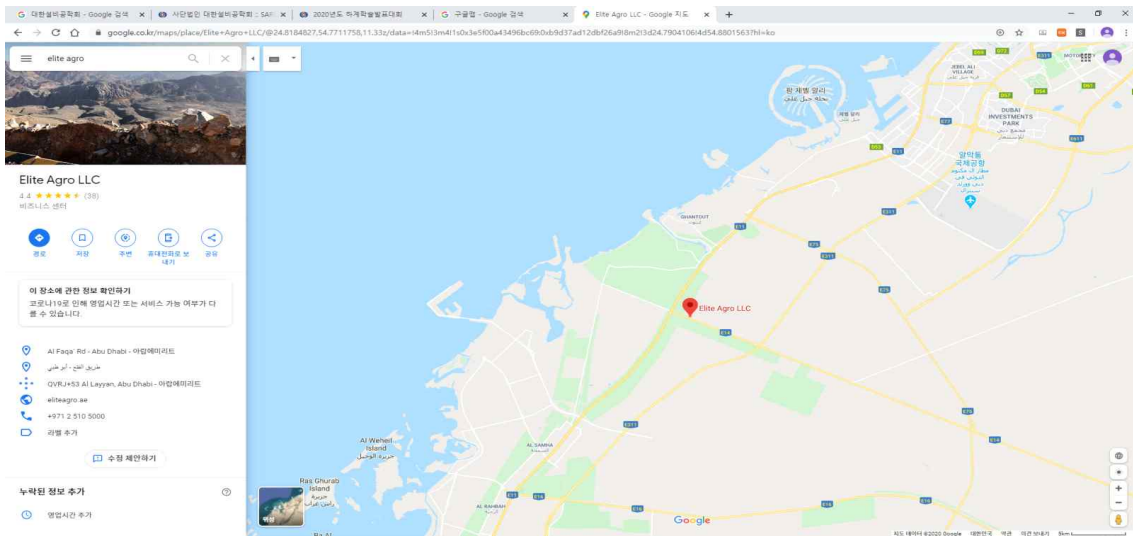


그림 43. Elite agro 위치

5) Kuwaitat research station 협의사항

- 방문단(농어촌공사 이창욱차장) 소개 및 프로젝트 PT 진행
- Station 조직 및 업무내용 소개(Ms. Rola)
- 실증 부지 100m x 100m 답사(연구소 내 부지)

표 9. 질의 답변

| 질의(방문단) | 답변(Station) |
|---|---|
| 재배작물 | 냉방 효율성이 좋은 오이로 결정 |
| 현지 설계 온·습도 조건(design criteria) 요청 | 자료 받음 |
| 모래 돌풍 풍속 조건 | 측정한 경우 없음 |
| 농수의 종류(지하수 or 상수도) 및 수질과 요금 체계 → 지하수일 경우 염도 | 정부 제공 상수도 사용 가능 |
| 인프라 지원정도 (도로, 전기(수배전반), 수도) | 공사중 임시전기 지원 가능 전기요금체계(0.58DHS(200원)/kW) 확인 |
| CO2 공급가능성 확인 | CO2 공급가능, 가격은 추후 송부 요청 |
| 공사진행 인허가 필요여부 or 자격여부 | ADAFSA 처리 |
| 자재 통관 대행과 필요서류 및 양식, 내륙운송/하차 | 통관서류 양식 송부 내륙운송 및 하차의 경우 필요시 논의 필요 |
| 각종 세금(관세/부가세 등) 관계 확인 | ADAFSA 처리 |
| 필요장비 및 작업자 지원여부 | 로컬업체 수배 후 안되면 현지인력 동원 |
| 온실부하계산 사례(바니야스 하이테크온실) | 계산과정은 없으며, 결과 데이터 제공 가능 |



그림 44. 실증부지 위치

6) LG전자 두바이지사 냉동기 관련 협의사항

- 협의 목적 : 공랭식 냉동기 구매를 위한 Spec. 확인 및 통관·시공 관련 협의
- 냉동기 Spec. 체크리스트 세부 내용 확인(전압, 피뢰, 내식성 자재 적용, 기초공사, 제어, 보호 판넬, 플랜지 타입, 사용압력 등 옵션 확인)
- 필요 옵션 정리 송부후 LG전자에서 각 옵션별 금액 견적
- 통관, 내륙운송, 상차&하차 등은 ADAFSA 확인 필요
- 배관공사(냉동기-축열조-공조기 배관)를 현지업체(DCC)에 가능여부 확인 -> 답변) 도면만 제공하면 가능함. 배관 관경 등 상세 도면 필요
- 2대 이상 제어는 냉동기 자체로는 별도 제어공사 필요, Modbus, BACnet은 선택 사항
- 현지 부하계산 설계기준(온습도 조건) 자료 공유 요청
- 배관 도면에 길이, 관경 등 초안송부 후 부족한 부분은 피드백 예정. 열교환기 세정을 위한 배관 구조문제는 그린플러스 추후 확인 필요
- 상세하게 공사내용을 요청사항에 기입 요망 (자세히 알려주지 않으면 누락 가능성 큼)
- 중동에 500여대 판매 실적 있음

| CHECK LIST | | A/C SCREW CHILLER | | Doc. No. | Date 2019. 09. 18 |
|--------------------|---|--|--|--|--|
| Plant Name | Spacehouse (Building in 1000) | Country / Agent | UAE | Manufacturer | |
| Model / RT | Air cooled screw chiller / 300. 100 | RT | 300 | RT | |
| Construction Type | <input checked="" type="checkbox"/> New <input type="checkbox"/> Renovation | <input type="checkbox"/> Process <input type="checkbox"/> Nuclear Plant <input checked="" type="checkbox"/> Agriculture/Industry | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Application Type | <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Process | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Installation place | <input type="checkbox"/> Outside <input type="checkbox"/> Inside | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Use duration | <input type="checkbox"/> Summer only <input type="checkbox"/> All year | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Service condition | <input type="checkbox"/> Normal (max 120°C) / (normal indoor 20°C) <input type="checkbox"/> Abnormal | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Evaporator | <input type="checkbox"/> Water <input type="checkbox"/> Glycol | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Condenser | <input type="checkbox"/> Air <input type="checkbox"/> Water | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Compressor | <input type="checkbox"/> Reciprocating <input type="checkbox"/> Scroll <input type="checkbox"/> Centrifugal <input type="checkbox"/> Inverter | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Motor | <input type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> High speed <input type="checkbox"/> Inverter | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Control Panel | <input type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Inverter | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Water Panel | <input type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Inverter | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| EVAP | <input type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Inverter | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| COND | <input type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Inverter | <input type="checkbox"/> Cooling tower <input type="checkbox"/> Base-DR | <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 125 <input type="checkbox"/> 150 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 |
| Special Request | <p>1. Name in red should be selected.</p> <p>2. Name in blue are highly related with other price and it can be left as blank. Then, other price will be calculated based on L3 standard. Name in blue and underlined are showing L3 standard condition.</p> <p>3. 황기 철기 등적 황기-총합 기공기까지 내용</p> | | | | |
| Revision | No. | Date | Change Matter | | |

그림 45. 냉동기 Spec. 체크리스트

7) 현장조사내용 분석 및 요약

가) 온실현황

- 플라스틱 외피+차광커튼+Fan&PAD+Fog시스템이 일반적이며 어느 정도 냉각효과는 있음 (스페인온실 기술)
- 냉동기를 사용하는 네덜란드의 첨단 스마트팜 기술은 아직 보급이 미진하며 Bani Yas 연구소만 테스트 준비 중에 있음
- 과제제안 기술로 실현 가능성이 있을 것으로 판단됨

나) 국제협력

- ADAFSA, ICBA 등 UAE 관련기관들은 모두 적극적이며 협조적임
- 얼마나 경제적인 온실 구현이 가능할지에 관심을 보임

다) 방문단 의견

- 온실 구축만으로는 성공적인 온실 운영 및 작물 재배가 어려우므로 운영 기술과 재배기술의 전수가 필수적인 것으로 판단되어 재배기술자 파견을 고려
- 경제성 있는 온실 시공과 냉각 기술 구현이 보급 확산의 중요 포인트임

다. 기후데이터 분석 및 실증단지 냉방부하 계산

1) 실증사이트 기후데이터 분석

표 10. 실증 사이트 현황

| 구 분 | | 현황 |
|-------------------------|----|---------|
| 위도 (°) | | 24.43 |
| 경도 (°) | | 54.65 |
| 해발고도 (m) | | 27 |
| 외기온도 (°C) | 최소 | 5.0 |
| | 최대 | 47.0 |
| | 평균 | 27.1 |
| 일사량 (W/m ²) | 최소 | 0 |
| | 최대 | 1,051 |
| | 평균 | 252 |
| 외부조도 (lux) | 최소 | 0 |
| | 최대 | 116,300 |
| | 평균 | 27,584 |
| 풍속 (m/s) | 최소 | 0 |
| | 최대 | 24.2 |
| | 평균 | 3.6 |

- 여름철(6~9월) 설계 외기온도 : 45.1°C(ASHRAE 기준), 여름철(6~9월) 평균 습도 : 55.6% (IWEC Data 기준)
- 최적 방위: 177.5° (남동향)



그림 46. 실증사이트 경도, 위도



AL BURAIML OMAN (WMO: 412440)

| Lat:24.233N | | Long:55.783E | | Elev:299 | | StdP: 97.78 | | Time zone:4.00 | | Period:90-14 | | WBAN:99999 | | | | | |
|--|------------------------|-----------------|-------------------------------|----------|--------------------|-------------|--|---------------------|-----------------------|--------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|------|------|----------------|
| Annual Heating and Humidification Design Conditions | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coldest Month | Heating DB | | Humidification DP/MCDB and HR | | | | | | Coldest month WS/MCDB | | | | MCWS/PCWD to 99.6% DB | | | | |
| | 99.6% | 99% | 99.6% | | | 99% | | | 0.4% | | 1% | | | | | | |
| | DP | HR | MCDB | DP | HR | MCDB | WS | MCDB | WS | MCDB | MCWS | PCWD | | | | | |
| 1 | 9.8 | 11.2 | -5.6 | 2.4 | 28.3 | -3.5 | 2.9 | 29.5 | 9.3 | 22.0 | 8.2 | 20.6 | 1.2 | 0 | | | |
| Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hottest Month | Hottest Month DB Range | Cooling DB/MCWB | | | | | | Evaporation WB/MCDB | | | | | | MCWS/PCWD to 0.4% DB | | | |
| | | 0.4% | | 1% | | 2% | | 0.4% | | 1% | | 2% | | | | | |
| | | DB | MCWB | DB | MCWB | DB | MCWB | WB | MCDB | WB | MCDB | WB | MCDB | MCWS | PCWD | | |
| 8 | 11.5 | 45.1 | 21.5 | 44.1 | 21.3 | 43.1 | 21.2 | 27.4 | 33.3 | 26.6 | 33.9 | 25.8 | 34.6 | 3.9 | 270 | | |
| Dehumidification DP/MCDB and HR | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.4% | | | 1% | | | 2% | | | 0.4% | | | 1% | | | 2% | | Extreme Max WB |
| DP | HR | MCDB | DP | HR | MCDB | DP | HR | MCDB | Enth | MCDB | Enth | MCDB | Enth | MCDB | Enth | MCDB | |
| 26.1 | 22.3 | 30.7 | 24.8 | 20.5 | 31.1 | 23.4 | 18.9 | 31.5 | 89.4 | 32.7 | 85.5 | 33.8 | 81.9 | 34.8 | 31.3 | | |
| Extreme Annual Design Conditions | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Extreme Annual WS | | | Extreme Annual Temperature | | | | n-Year Return Period Values of Extreme Temperature | | | | | | | | | | |
| | | | Mean | | Standard deviation | | n=5 years | | n=10 years | | n=20 years | | n=50 years | | | | |
| 1% | 2.5% | 5% | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | | | |
| 8.2 | 7.1 | 6.3 | DB | 7.1 | 46.3 | 1.3 | 0.6 | 6.2 | 46.8 | 5.5 | 47.1 | 4.8 | 47.4 | 3.9 | 47.9 | | |
| | | | WB | 4.4 | 28.4 | 1.6 | 0.7 | 3.2 | 28.9 | 2.3 | 29.3 | 1.4 | 29.7 | 0.3 | 30.2 | | |

그림 47. 실증 사이트 ASHRAE기준 기후 데이터

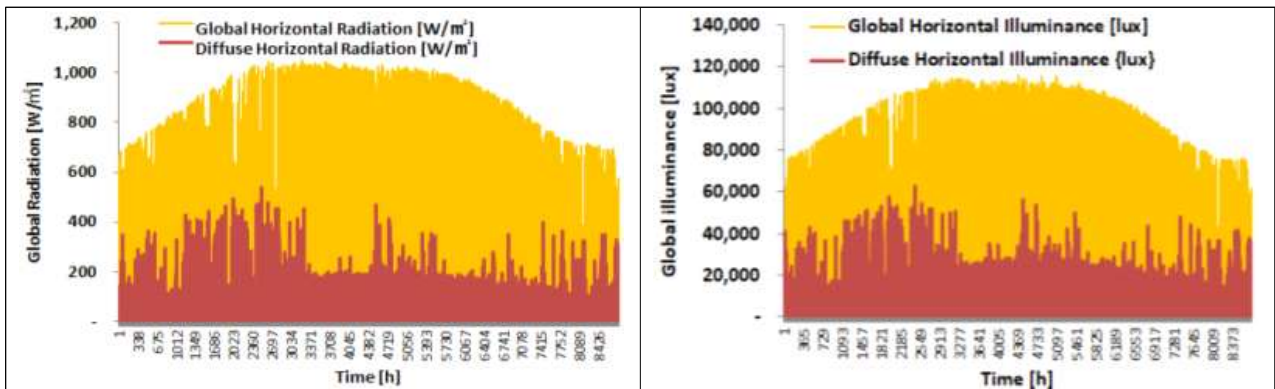
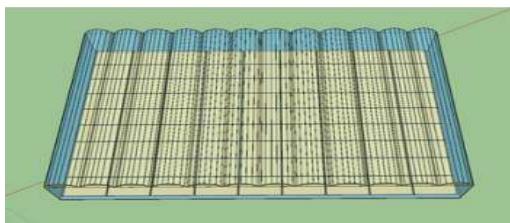


그림 48. 실증사이트 일사량 및 외부 조도

2) 실증단지 온실의 차광률에 따른 실내조도 분석

가) 차광을 60%

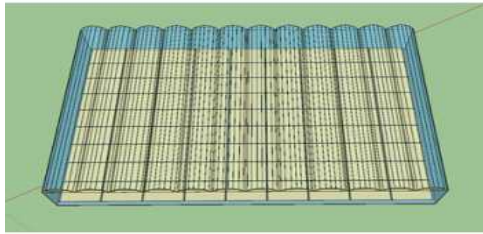


- 장단비 : 48m X 32m
- 차광률 : 60%
- 일시 : 8/21 12시(정오)
- 10 X 10 = 100개 조도 시뮬레이션
- 평균조도 : 35,138 lux

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 43256 | 36218 | 32079 | 48806 | 31964 | 36296 | 44667 | 30732 | 43717 | 46599 |
| 31492 | 33313 | 33381 | 33476 | 33490 | 33487 | 33489 | 33530 | 34492 | 55240 |
| 29821 | 32546 | 32694 | 32823 | 32842 | 32843 | 32842 | 32860 | 33866 | 50907 |
| 30751 | 32427 | 32598 | 32744 | 32770 | 32770 | 32762 | 32773 | 33798 | 58063 |
| 30109 | 32423 | 32607 | 32761 | 32789 | 32789 | 32778 | 32786 | 33811 | 52796 |
| 29966 | 32394 | 32575 | 32728 | 32756 | 32756 | 32746 | 32756 | 33786 | 52189 |
| 30735 | 32317 | 32478 | 32621 | 32646 | 32647 | 32642 | 32660 | 33702 | 56129 |
| 29644 | 32250 | 32377 | 32500 | 32518 | 32521 | 32523 | 32554 | 33600 | 50928 |
| 30720 | 32393 | 32428 | 32514 | 32524 | 32525 | 32534 | 32589 | 33627 | 54381 |
| 36152 | 30626 | 27127 | 39872 | 27138 | 30449 | 37054 | 26103 | 36319 | 53220 |

그림 49. 차광을 60% 실내조도

나) 차광율 50%

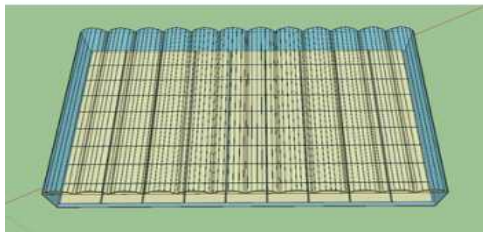


- 장단비 : 48m X 32m
- 차광률 : 40%
- 일시 : 8/21 12시(정오)
- 10 X 10 = 100개 조도 시뮬레이션
- 평균조도 : 45,161 lux

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 48528 | 43392 | 39672 | 56532 | 39724 | 44043 | 52346 | 38228 | 50707 | 51637 |
| 38425 | 43132 | 43775 | 44046 | 44102 | 44082 | 44004 | 43809 | 44080 | 61884 |
| 37540 | 43579 | 44407 | 44743 | 44811 | 44793 | 44699 | 44443 | 44631 | 58284 |
| 38787 | 43924 | 44831 | 45203 | 45283 | 45263 | 45154 | 44865 | 45006 | 63725 |
| 38259 | 44084 | 45025 | 45413 | 45499 | 45477 | 45362 | 45058 | 45172 | 60559 |
| 38117 | 44054 | 44993 | 45380 | 45465 | 45444 | 45329 | 45028 | 45147 | 59552 |
| 38771 | 43814 | 44711 | 45080 | 45159 | 45139 | 45034 | 44752 | 44910 | 63790 |
| 37363 | 43282 | 44089 | 44419 | 44487 | 44470 | 44380 | 44137 | 44364 | 58305 |
| 37652 | 42209 | 42820 | 43081 | 43134 | 43118 | 43046 | 42867 | 43213 | 61024 |
| 41422 | 37797 | 34716 | 47595 | 34895 | 38192 | 44731 | 33596 | 43305 | 58256 |

그림 50. 차광율 40% 실내조도

다) 차광율 40%



- 장단비 : 48m X 32m
- 차광률 : 40%
- 일시 : 8/21 12시(정오)
- 10 X 10 = 100개 조도 시뮬레이션
- 평균조도 : 45,161 lux

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 48528 | 43392 | 39672 | 56532 | 39724 | 44043 | 52346 | 38228 | 50707 | 51637 |
| 38425 | 43132 | 43775 | 44046 | 44102 | 44082 | 44004 | 43809 | 44080 | 61884 |
| 37540 | 43579 | 44407 | 44743 | 44811 | 44793 | 44699 | 44443 | 44631 | 58284 |
| 38787 | 43924 | 44831 | 45203 | 45283 | 45263 | 45154 | 44865 | 45006 | 63725 |
| 38259 | 44084 | 45025 | 45413 | 45499 | 45477 | 45362 | 45058 | 45172 | 60559 |
| 38117 | 44054 | 44993 | 45380 | 45465 | 45444 | 45329 | 45028 | 45147 | 59552 |
| 38771 | 43814 | 44711 | 45080 | 45159 | 45139 | 45034 | 44752 | 44910 | 63790 |
| 37363 | 43282 | 44089 | 44419 | 44487 | 44470 | 44380 | 44137 | 44364 | 58305 |
| 37652 | 42209 | 42820 | 43081 | 43134 | 43118 | 43046 | 42867 | 43213 | 61024 |
| 41422 | 37797 | 34716 | 47595 | 34895 | 38192 | 44731 | 33596 | 43305 | 58256 |

그림 51. 차광율 40% 실내조도

라) 광포화점

- 식물의 광합성 속도가 더 이상 증가하지 않을 때의 빛의 세기
- 오이의 광포화점은 40~55klux, 광보상점은 1 klux
- 온실의 생육환경과 냉동기용량을 종합적으로 고려해서 차광률을 60%로 설정

2) 실증단지 온실의 냉방부하 산출

- 남상운 외 (2015)에서 온실의 냉방부하 산출식은 식 (1)~ (6) 아래와 같다

$$H_g = H_s - H_r - H_c - H_v \quad (1)$$

여기서,

H_g : 냉방부하 (W)

H_s : 온실 내로 유입되는 일사량 (W)

H_c : 온실 피복재를 통한 관류열량 (W)

H_v : 환기로 배출되는 열량 (W)

$$H_s = \tau I_s A_s \tag{2}$$

$$H_r = f_p t_p H_s \tag{3}$$

$$H_c = UA_c \Delta t \tag{4}$$

$$H_v = \rho_i c_p V_r \Delta t \tag{5}$$

$$\Delta t = t_i - t_o \tag{6}$$

여기서,

τ : 온실 광투과율

I_s : 수평면 전천일사량 (W/m^2)

A_s : 온실 바닥면적 (m^2)

f_p : 온실 바닥면적에 대한 작물 식재면적의 비

t_p : 작물의 증발산계수

U : 온실 피복재의 열관류율 ($W/m^2\text{°C}$)

A_c : 온실 피복재면적 (m^2)

ρ_i : 실내 공기의 밀도 (kg/m^3)

c_p : 실내 공기의 비열 ($J/kg\text{°C}$)

V_r : 환기율 (m^3/s)

t_i : 실내 기온 (°C)

t_o : 실외 기온 (°C)

마. 사막기후 맞춤형 냉방패키지 조합

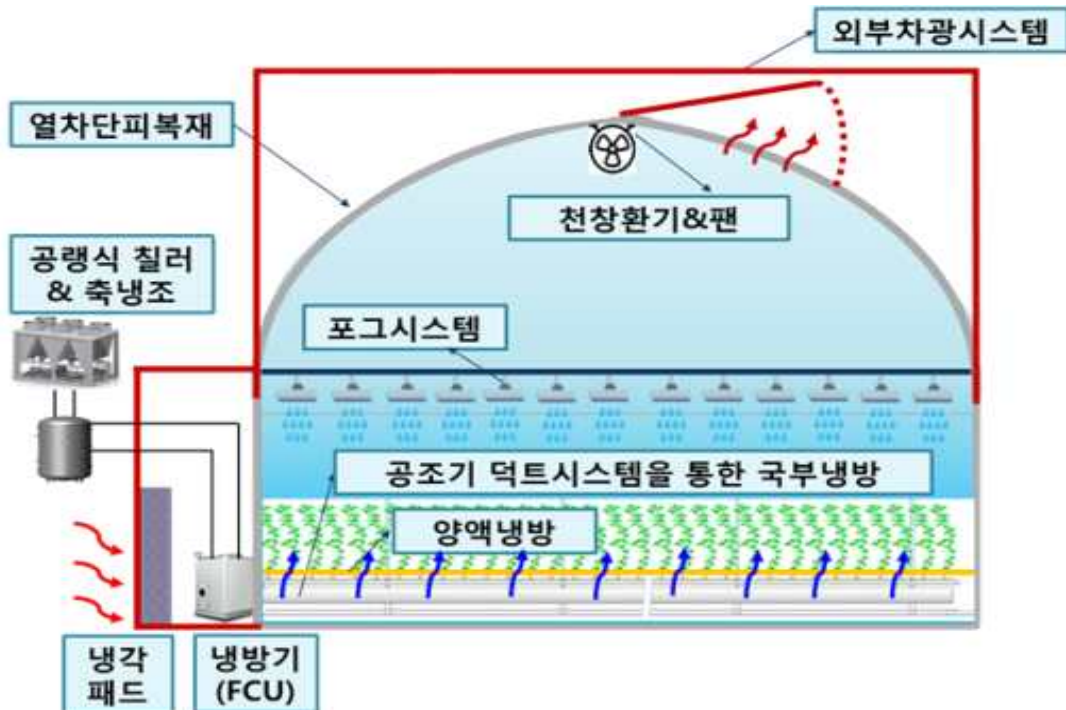


그림 52. 실증 온실 냉방패키지 기술개념도

- 냉방기(FCU) + 공랭식 칠러 + 축냉조 + 국부냉방 + 양액냉방 + 포그시스템 + 외부차양 + 천창환기 + 열차단피복재 + 고측고(굴뚝 효과)
- 일반적인 시스템(냉각패드) + 포그를 통한 추가 증발냉각 + 공랭식 냉동기
- 공랭식 냉동기 + 냉방기(FCU) +비닐덕트를 통한 냉방공급

표 11. 실증 온실 개요

| 구 분 | 개요 |
|-------------|---|
| 건축면적 | 2,070m ² |
| 실증면적 | 냉방공간 : 1,536m ² , 기타시설 : 324m ² |
| 측고 | 6m |
| 열관류율 | 6.474 W/m ² °C |
| 필름 | 열차폐 산광필름(UV투과율 46.9%, 가시광선투과율 83.7%) |
| 차양 | 외부차양 60% 차광률 |
| 베드 | 행잉거터 시스템 |
| 추가 적용기술 | 양액 재순환 시스템 |
| 외기 건구온도(최대) | 44.7°C |
| 외부 일사량(최대) | 1,051 W/m ² |
| 외부 풍속(최대) | 24.2 m/s |
| 외부 조도(최대) | 116,300 lux |

1) 실증단지 온실 평면도

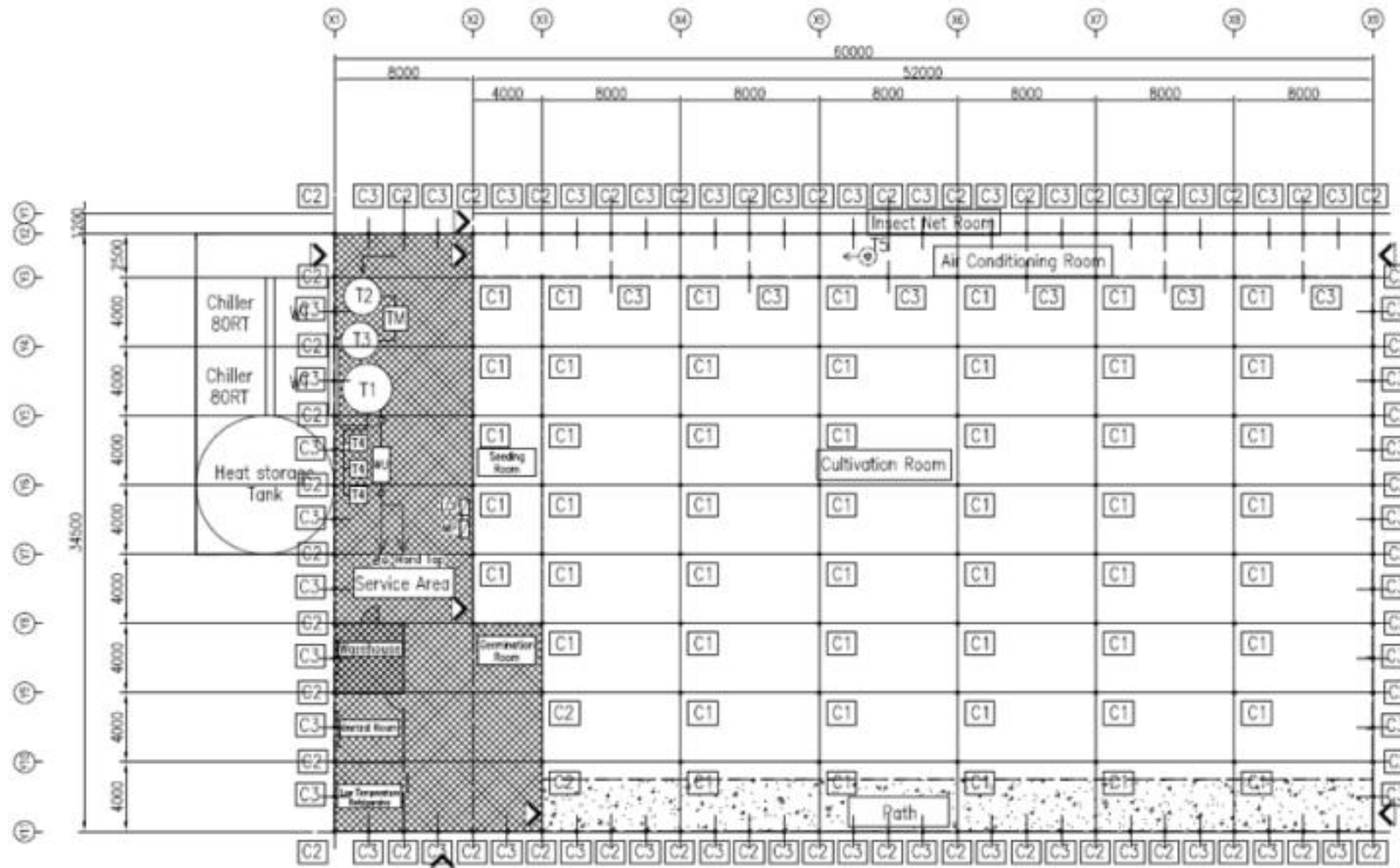


그림 53. 실증 온실 평면도

아. 사막기후 최적 냉방패키지 시스템 기술구성 및 설계도서 작성

1) 설계도서

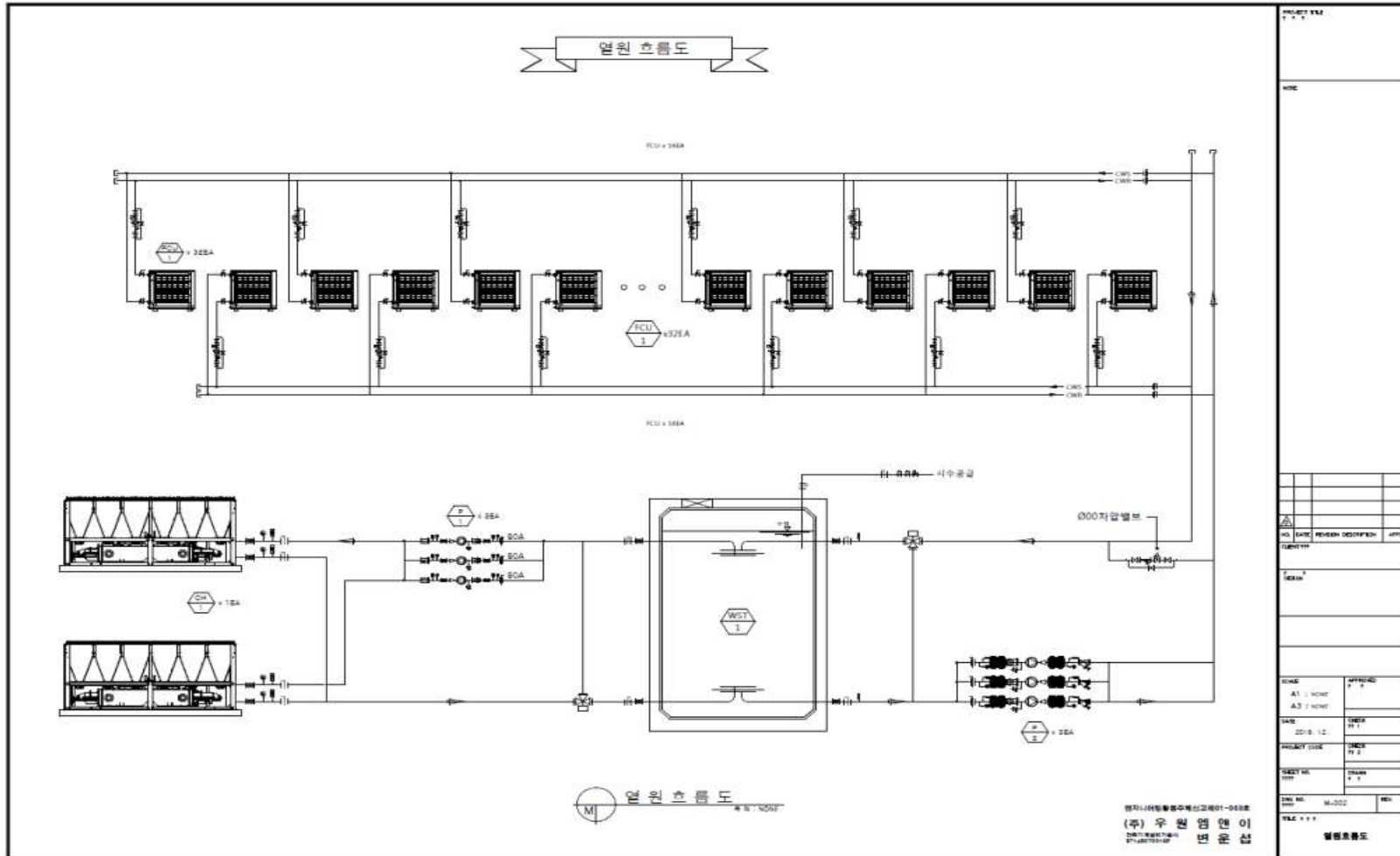


그림 54. 열원 흐름도

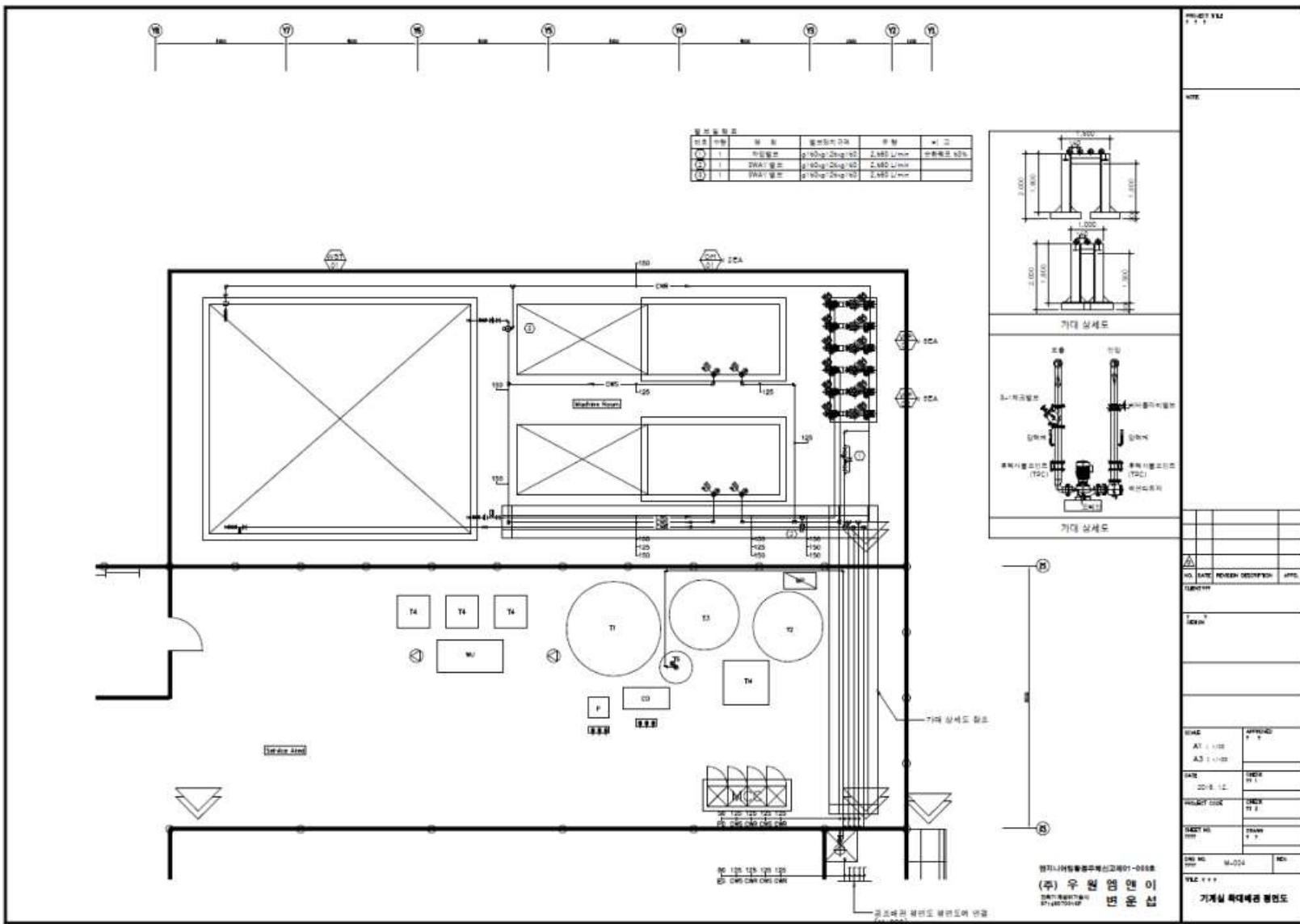


그림 55. 기계실 확대 배관 평면도

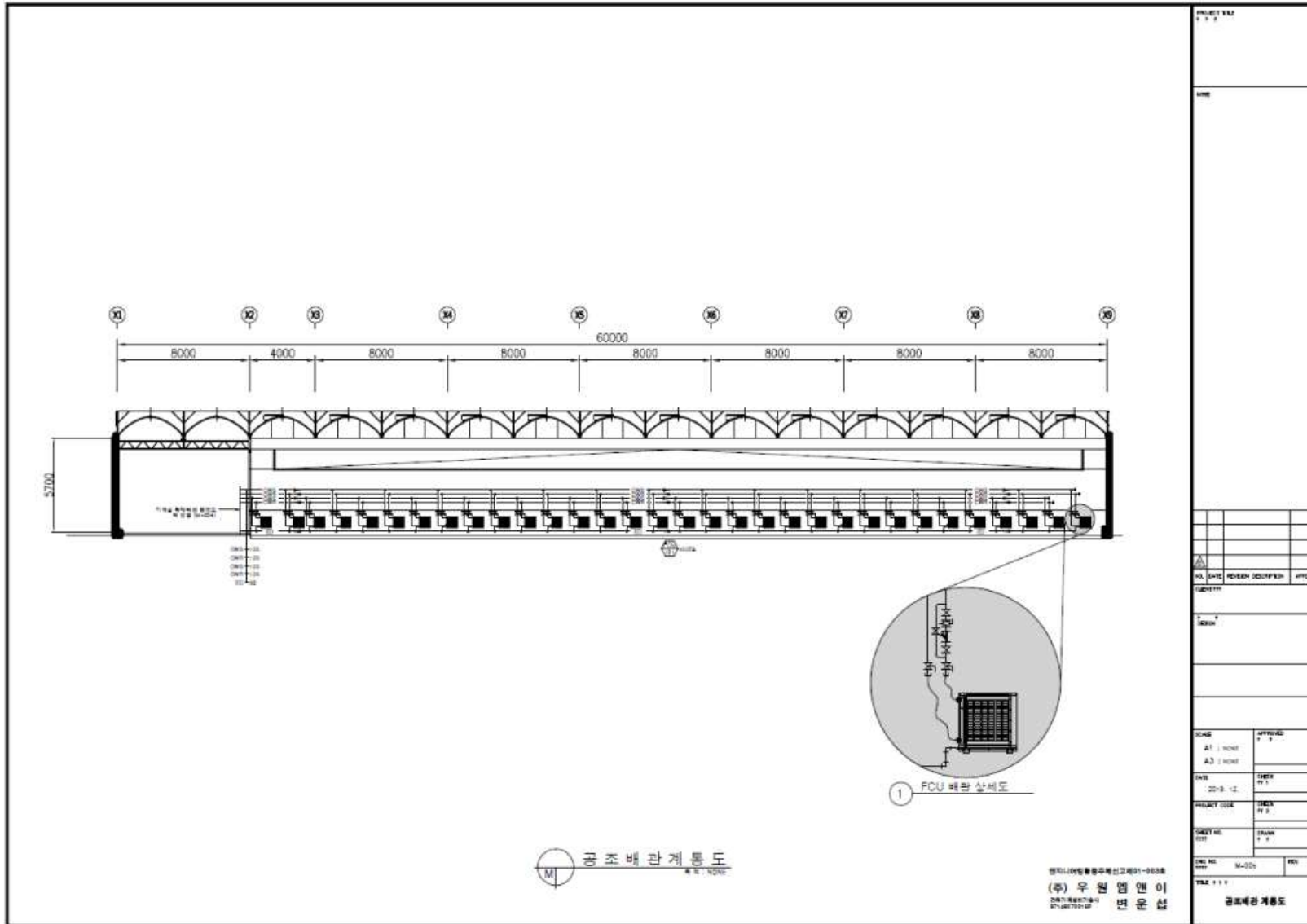


그림 56. 공조 배관 계통도

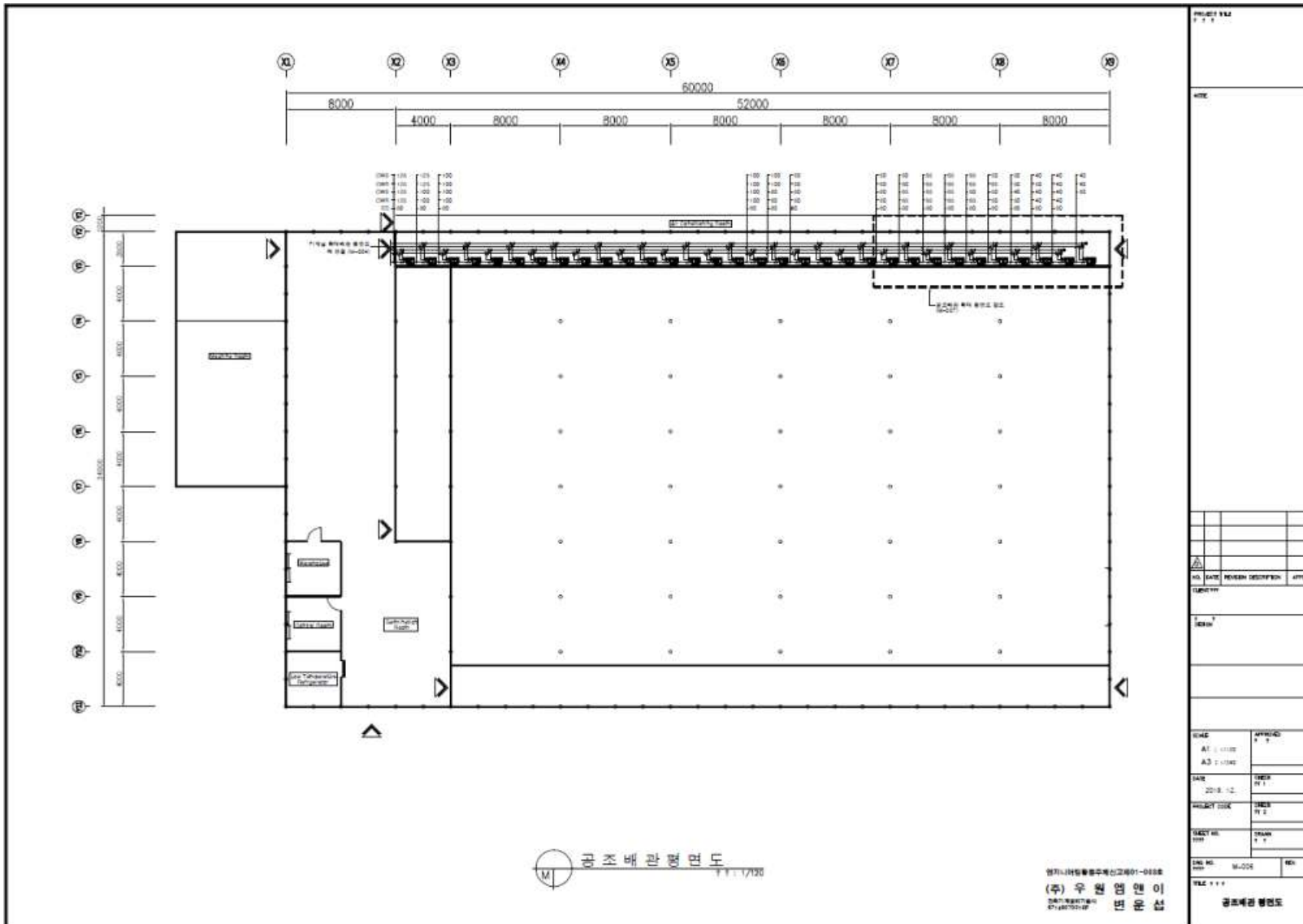


그림 57. 공조 배관 평면도

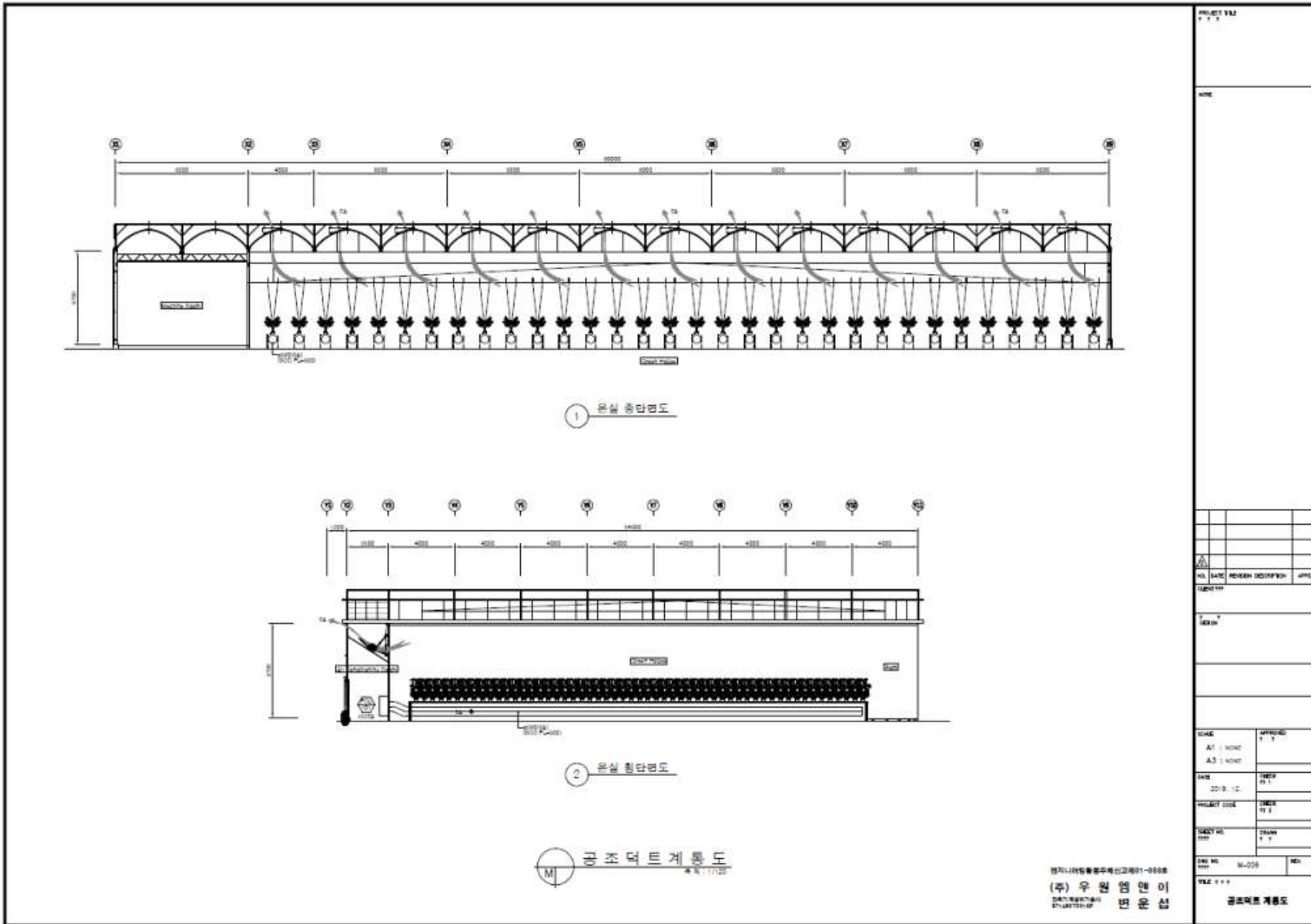


그림 60. 공조 덕트 계통도

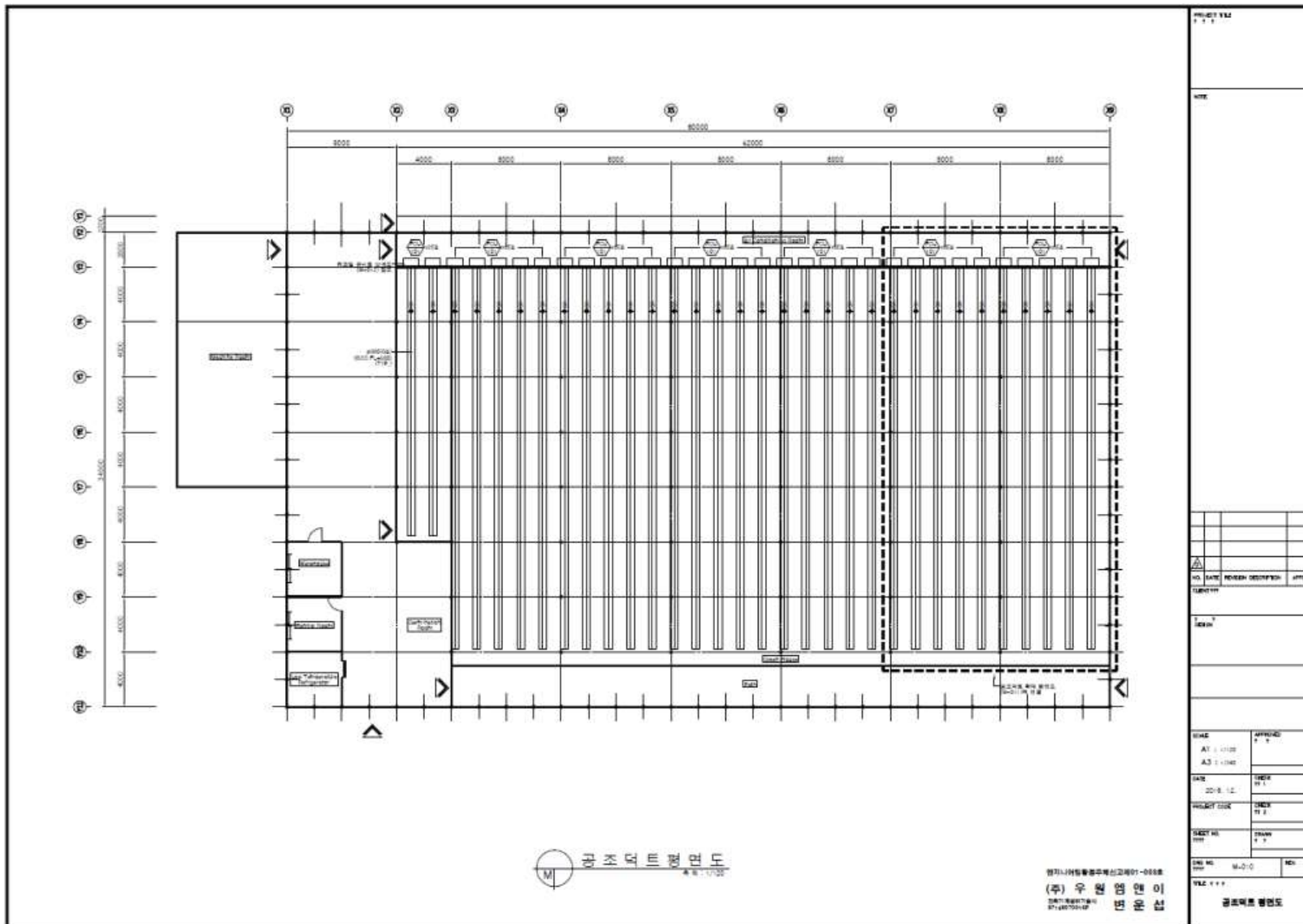


그림 61. 공조 덕트 평면도

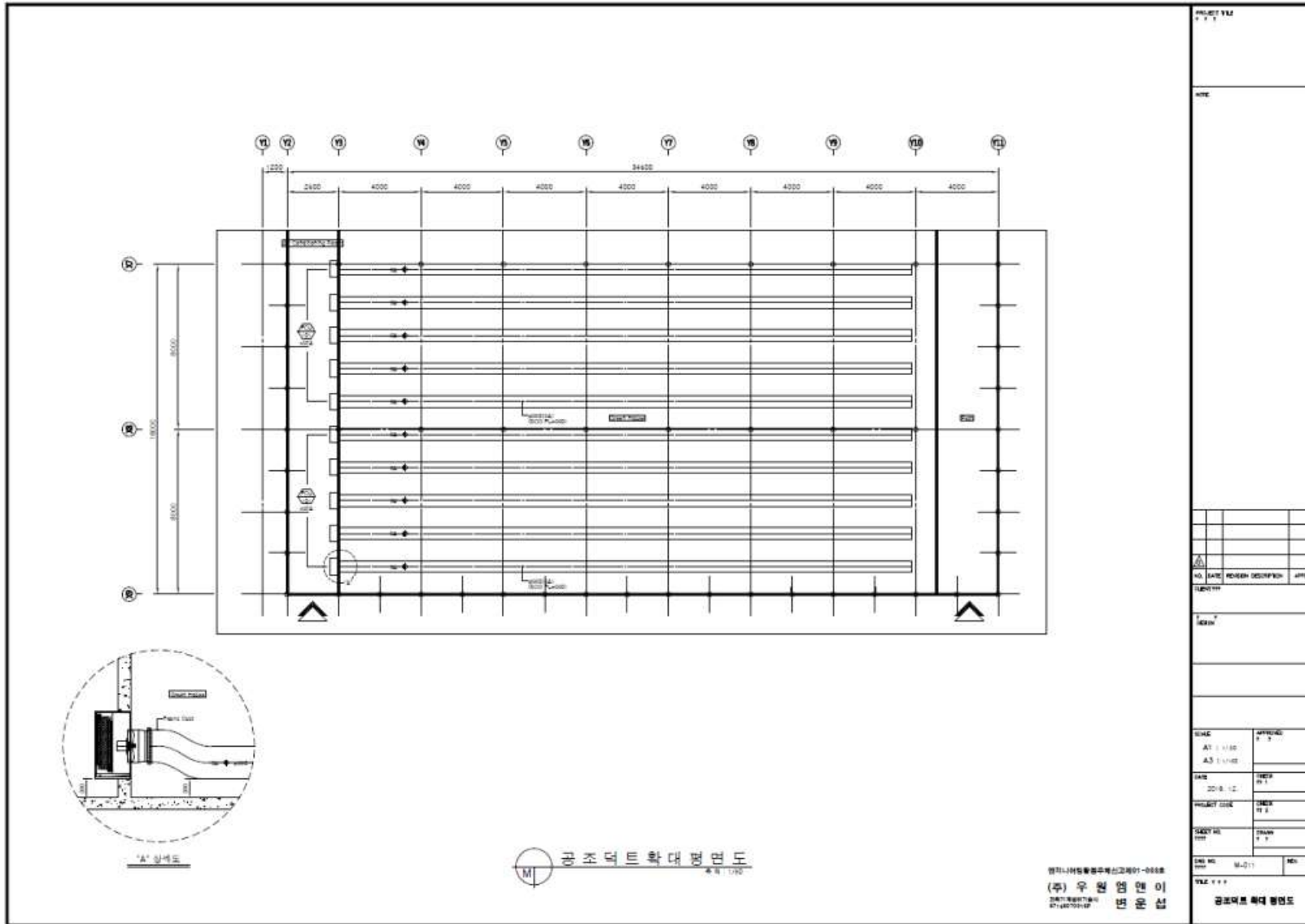
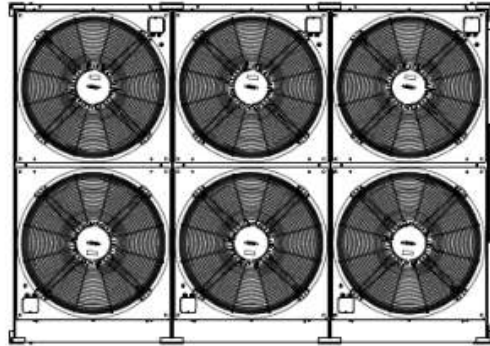
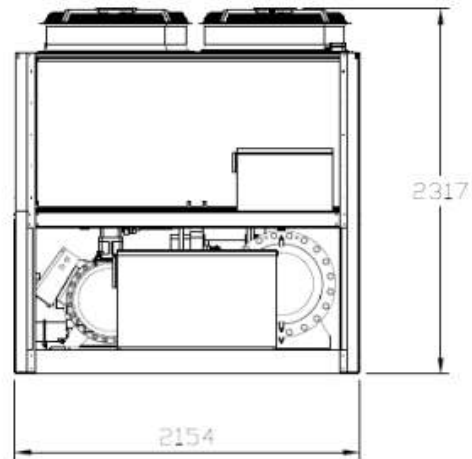
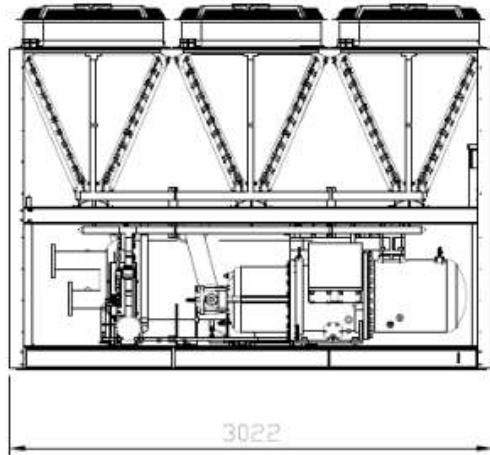


그림 62. 공조 덕트 확대 평면도



- NOTES:
1. FLANGE THAT USED ON THE CONNECTION OF CHILLED WATER ARE 10 KG/CM²;
 2. DO NOT MAKE THE UNIT FORCED WHEN DESIGNING PIPES;
 3. A FILTER SHOULD BE SET UP FOR PROTECTION AT THE INLET OF CHILLED WATER.



| | | | |
|-------|-----|---------|----------------|
| | | NAME | OUTLINE |
| SCALE | 1:1 | TITLE | RCAM008/10CA12 |
| UNIT | mm | DWG NO. | |
| DATE | | | |

| | | | | | | |
|-----|----------|------|------|-------|------|-------------------|
| SYM | REVISION | DATE | SIGN | CHECK | APPR | REFERENCE DRAWING |
|-----|----------|------|------|-------|------|-------------------|

그림 64. 스크류 냉동기 상세도

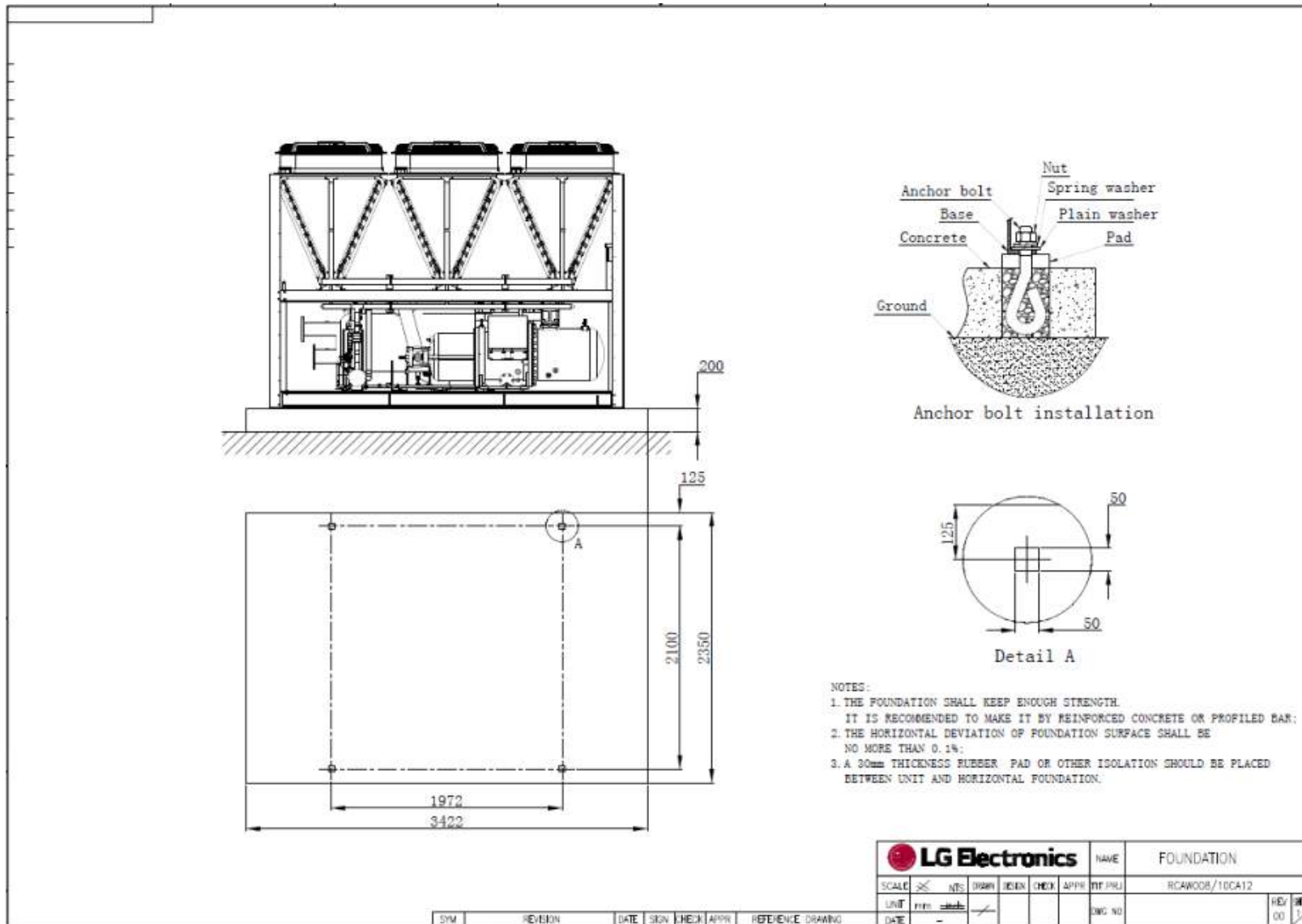


그림 65. 스크류 냉동기 상세도

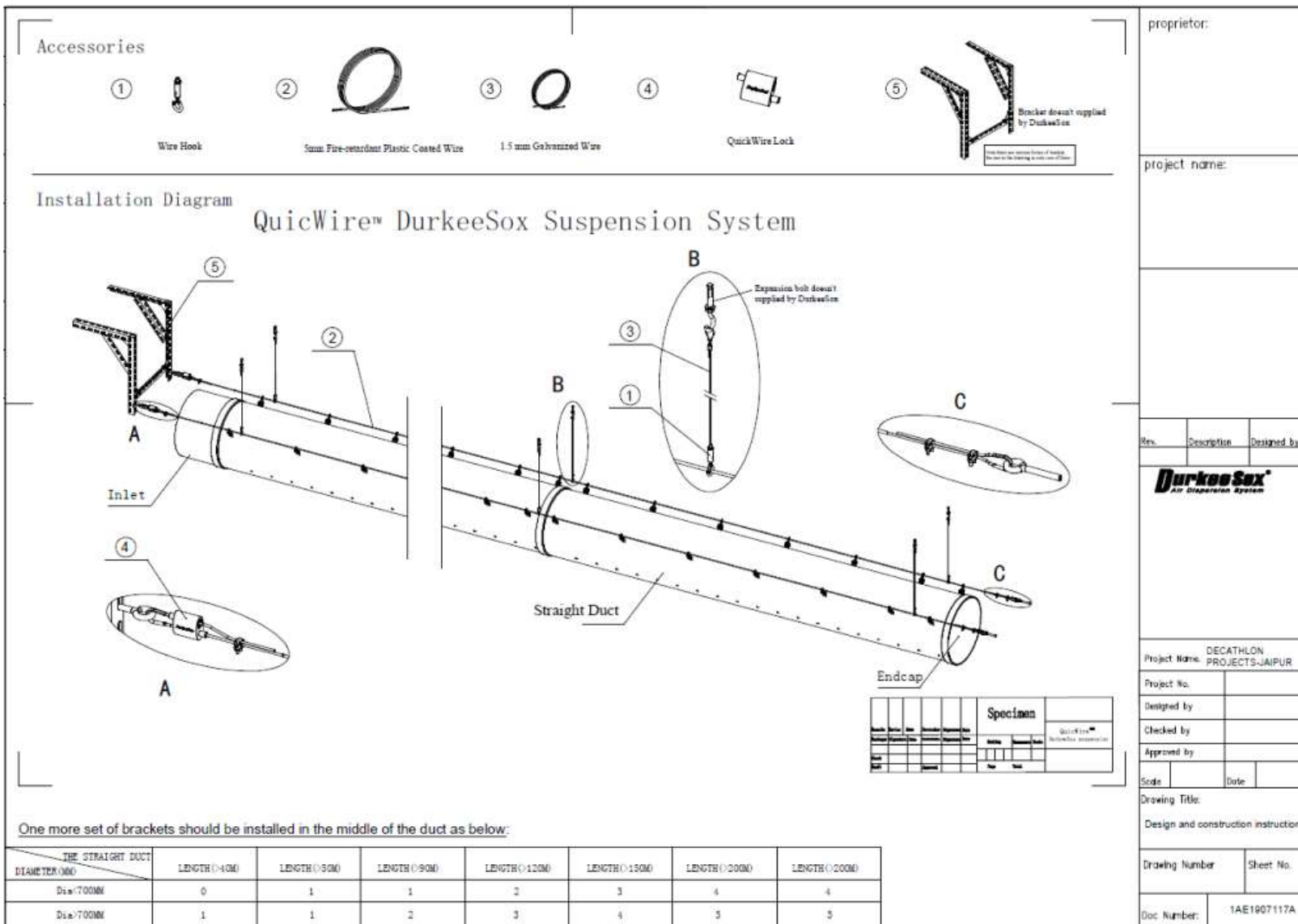


그림 66. 비닐덕트 상세도

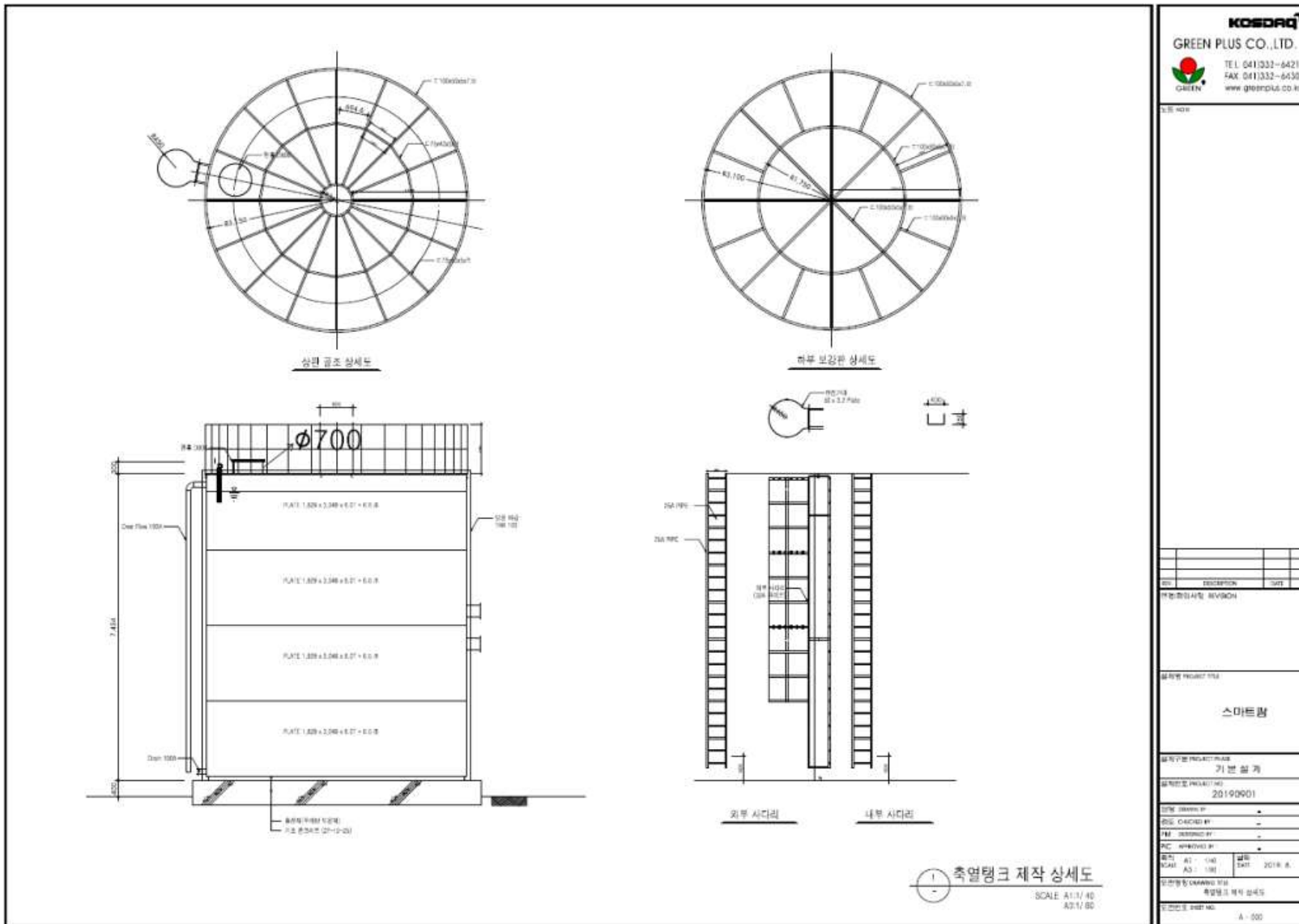
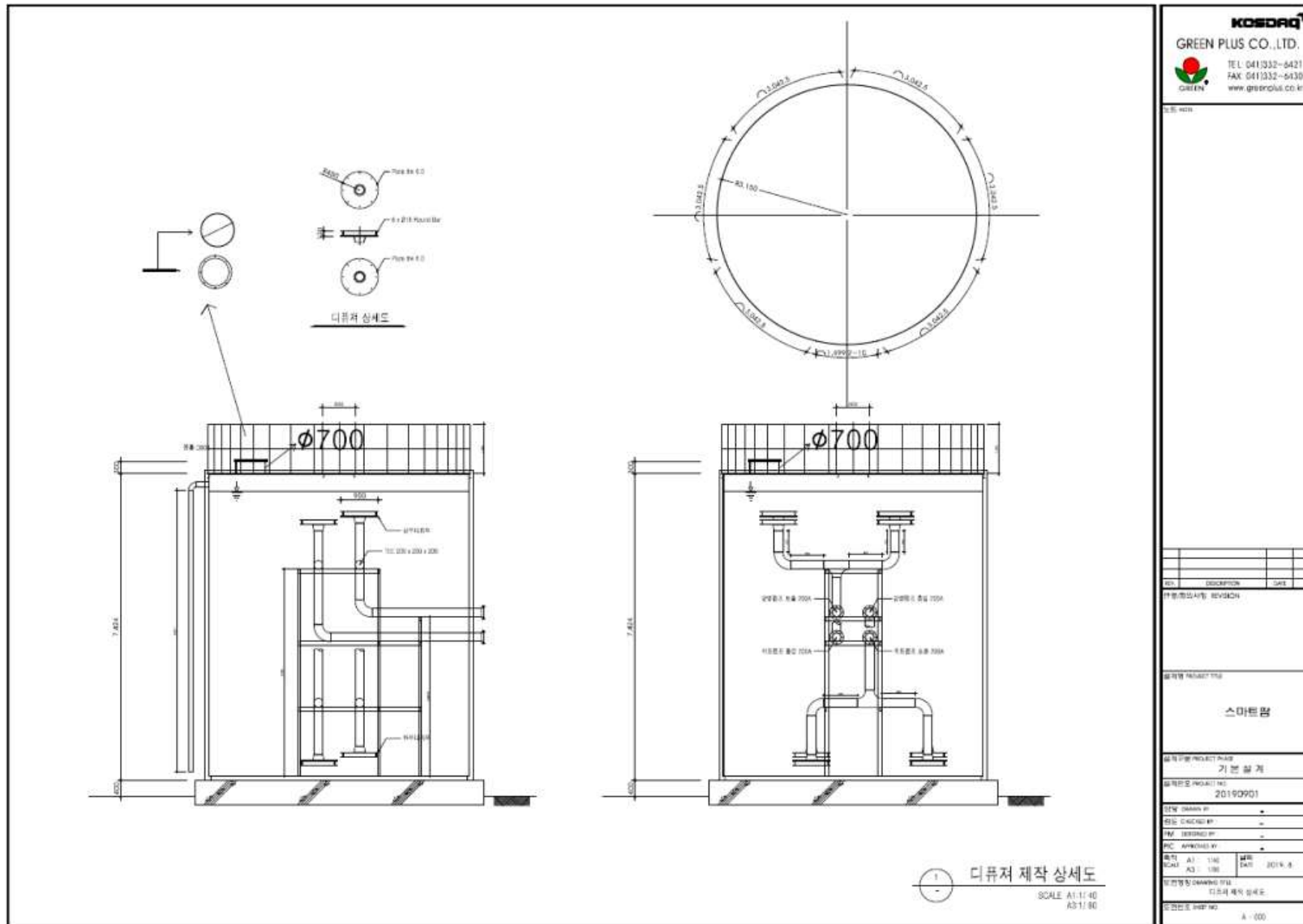


그림 67. 축냉조 상세도



KOSDAQ
GREEN PLUS CO.,LTD.
 TEL: 041332-6421
 FAX: 041332-6430
 www.greenplus.co.kr

| NO. | DESCRIPTION | DATE |
|-----|-------------|------|
| 1 | 기공도 | |
| 2 | 현상도 | |
| 3 | 다류저 상세도 | |
| 4 | 다류저 제작 상세도 | |

설계명 PROJECT TITLE
스마트팜

설계부서 PROJECT PLACE
기본 설계

설계번호 PROJECT NO.
20190901

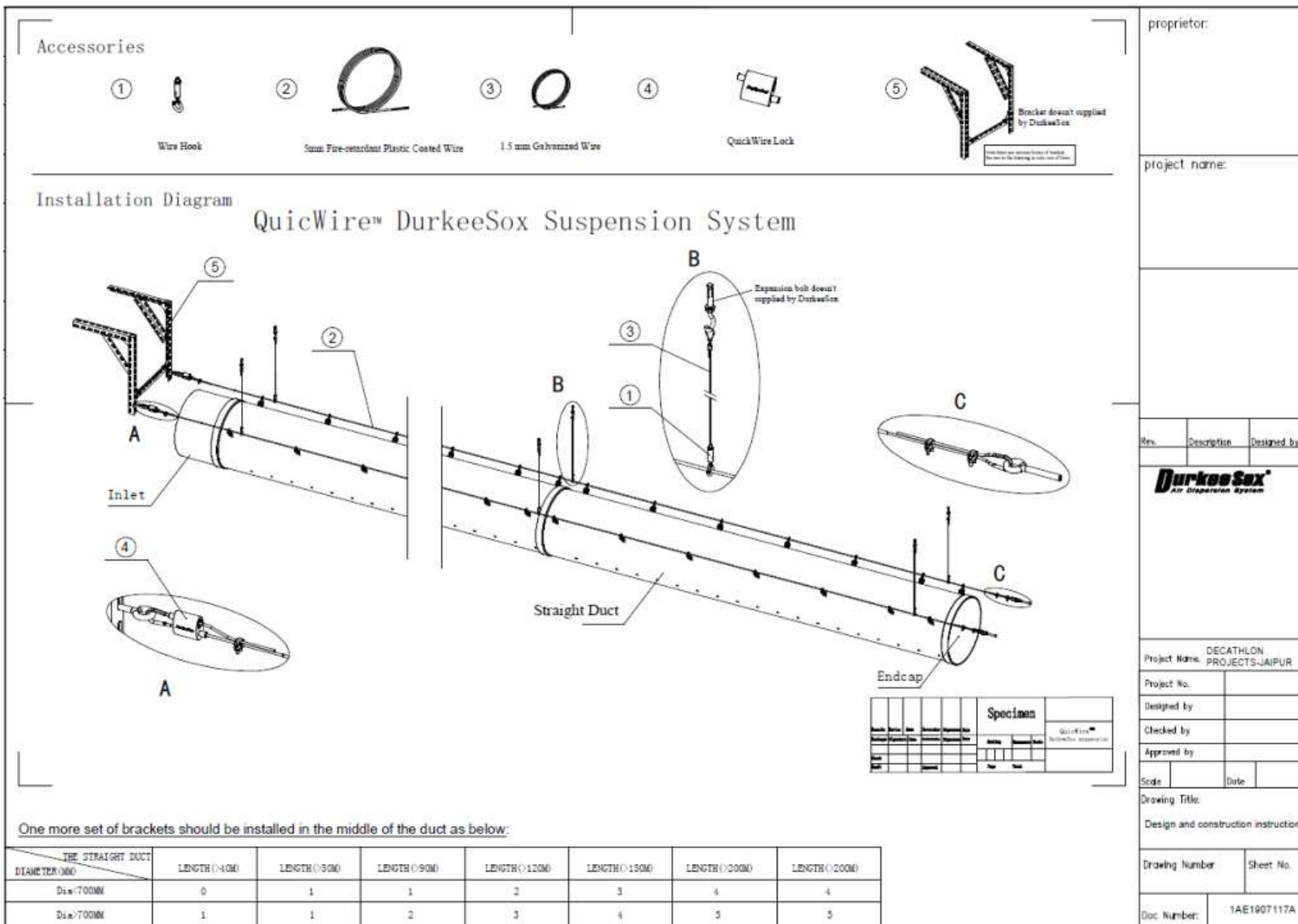
인원 DRAWN BY
-
 확인 CHECKED BY
-
 승인 APPROVED BY
-
 PIC APPROVED BY
-

표기 SCALE
A1: 1/40 A3: 1/80 날짜 DATE 2019. 8.

설계명칭 DRAWING TITLE
다류저 제작 상세도

설계번호 SHEET NO.
A-000

그림 68. 축열조 상세도



One more set of brackets should be installed in the middle of the duct as below:

| THE STRAIGHT DUCT DIAMETER(Ø) | LENGTH(Ø400) | LENGTH(Ø500) | LENGTH(Ø600) | LENGTH(Ø700) | LENGTH(Ø800) | LENGTH(Ø900) | LENGTH(Ø1000) |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| D _{in} 700MM | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| D _{in} 700MM | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |

그림 69. 비닐덕트 상세도

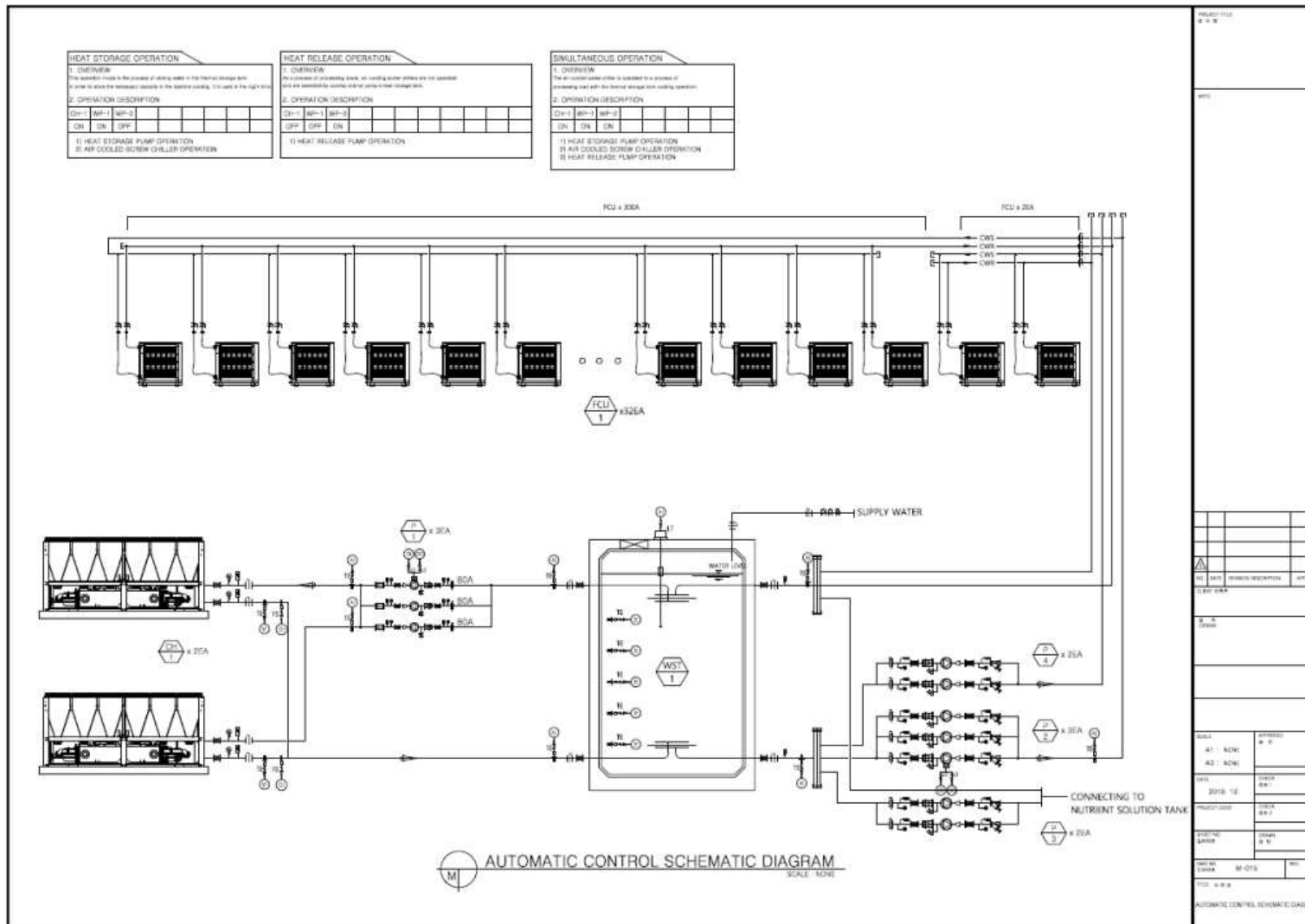


그림 70. 자동제어 계통도

2) 내역서

표 12. 기계설비공사 -장비설치공사(장비)

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|--------------------------------------|------|-----|------------------------------|---------------------------|----|------|-----|----|
| 001CH1 AIR COOLED SCREW CHILLER;;대\$ | 2 | 2 | CH1 AIR COOLED SCREW CHILLER | 83.7USRT | 대 | 1 | 1 | 2 |
| 002WST1 WATER HEAT STORAGE TANK;;대\$ | 1 | 1 | WST1 WATER HEAT STORAGE TANK | 230M3/416USRT/D3.15*7.42H | 대 | 1 | 1 | 1 |
| 003P1 PUMP(INLINE);;대\$ | 3 | 3 | P1 PUMP(INLINE) | 837LPM*9M*2.2KW | 대 | 1 | 1 | 3 |
| 004P2 PUMP(INLINE);;대\$ | 3 | 3 | P2 PUMP(INLINE) | 790LPM*17M*5.5KW | 대 | 1 | 1 | 3 |
| 005P3 PUMP(INLINE);;대\$ | 2 | 2 | P3 PUMP(INLINE) | 20LPM*14M*1.5KW | 대 | 1 | 1 | 2 |
| 006P4 PUMP(INLINE);;대\$ | 2 | 2 | P4 PUMP(INLINE) | 150LPM*9M*0.75KW | 대 | 1 | 1 | 2 |
| 007P5 PUMP(SUBMERSIBLE);;대\$ | 1 | 1 | P5 PUMP(SUBMERSIBLE) | 120LPM*8M*0.75KW | 대 | 1 | 1 | 1 |
| 008P6 PUMP(INLINE);;대\$ | 2 | 2 | P6 PUMP(INLINE) | 215LPM*11.5M*1.5KW | 대 | 1 | 1 | 2 |
| 009FCU1 FAN COIL UNIT;;대\$ | 32 | 32 | FCU1 FAN COIL UNIT | 9,180CMH | 대 | 1 | 1 | 32 |

표 13. 기계설비공사 -기계실배관공사(냉온수)

| 산출목록 | | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|--------------|----------|---|------|---------------|-----------|----|------|------|--------|
| INNO AS PIPE | D35 [U] | 2+1.5+1 +2.5 | 7 | 고강도 PVC관 | D35 | M | 1 | 1 | 7 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD32 | M | 1 | 1 | 7 |
| | | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D32 | EA | 0.33 | 0.33 | 2.31 |
| INNO AS PIPE | D50 [U] | 2+5.5+8 .5+1.5+ 8+9 | 34.5 | 고강도 PVC관 | D50 | M | 1 | 1 | 34.5 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD50 | M | 1 | 1 | 34.5 |
| | | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D50 | EA | 0.33 | 0.33 | 11.385 |
| INNO AS PIPE | D100 [U] | 1.5*2+1 .5*2 | 6 | 고강도 PVC관 | D100 | M | 1 | 1 | 6 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD100 | M | 1 | 1 | 6 |
| | | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D100 | EA | 0.33 | 0.33 | 1.98 |
| INNO AS PIPE | D125 [U] | 1*2+5.5 +4.5+6+ 2*2+5+2 .5+2*2 | 33.5 | 고강도 PVC관 | D125 | M | 1 | 1 | 33.5 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD125 | M | 1 | 1 | 33.5 |
| | | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D125 | EA | 0.33 | 0.33 | 11.055 |

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|-------------------------|-----------------------------|------|---------------|----------------|----|------|------|--------|
| INNO AS PIPE D125 [U] | 1*2+5.5+4.5+6+2*2+5+2.5+2*2 | 33.5 | 고강도 PVC관 | D125 | M | 1 | 1 | 33.5 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD125 | M | 1 | 1 | 33.5 |
| | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D125 | EA | 0.33 | 0.33 | 11.055 |
| INNO AS PIPE D150 [U] | 1+6+9.5+1.5+0.5+8.5+9.5 | 36.5 | 고강도 PVC관 | D150 | M | 1 | 1 | 36.5 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD150 | M | 1 | 1 | 36.5 |
| | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D150 | EA | 0.33 | 0.33 | 12.045 |
| INNO AS PIPE D200 [U] | 1.5*2+2.5*2 | 8 | 고강도 PVC관 | D200 | M | 1 | 1 | 8 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD200 | M | 1 | 1 | 8 |
| | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D200 | EA | 0.33 | 0.33 | 2.64 |
| INNO AS PIPE D250 [U] | 1*2 | 2 | 고강도 PVC관 | D250 | M | 1 | 1 | 2 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD250 | M | 1 | 1 | 2 |
| | | | U자형볼트/너트 | 비절연, D250 | EA | 0.33 | 0.33 | 0.66 |
| INNO AS, 소켓, D50 | 1+2+1+2 | 6 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D50 | EA | 1 | 1 | 6 |
| INNO AS, 소켓, D125 | 1+1+1+1 | 4 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D125 | EA | 1 | 1 | 4 |
| INNO AS, 소켓, D150 | 1+2+2+2 | 7 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D150 | EA | 1 | 1 | 7 |
| INNO AS, 90°엘보, D35 | 1+3+1+2+2 | 9 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D35 | EA | 1 | 1 | 9 |
| INNO AS, 90°엘보, D50 | 2*2+2+2+2 | 10 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D50 | EA | 1 | 1 | 10 |
| INNO AS, 90°엘보, D100 | 3*4 | 12 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D100 | EA | 1 | 1 | 12 |
| INNO AS, 90°엘보, D125 | 2+1+2+2 | 7 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D125 | EA | 1 | 1 | 7 |
| INNO AS, 90°엘보, D150 | 2*2+2+1+1 | 8 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D150 | EA | 1 | 1 | 8 |
| INNO AS, 90°엘보, D200 | 3*4 | 12 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D200 | EA | 1 | 1 | 12 |
| INNO AS, YT 관, D125x125 | 3+2+2 | 7 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D125x125 | EA | 1 | 1 | 7 |
| INNO AS, YT 관, D250x35 | 2 | 2 | 고강성 PVC이음관 | YT 관, D250x35 | EA | 1 | 1 | 2 |
| INNO AS, YT 관, D250x50 | 2 | 2 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D250x50 | EA | 1 | 1 | 2 |
| INNO AS, YT 관, D250x150 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D250x150 | EA | 1 | 1 | 2 |
| INNO AS, YT 관, D250x200 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D250x200 | EA | 1 | 1 | 2 |
| INNO AS, 소제구, D125 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 소제구캡, D125 | EA | 1 | 1 | 2 |
| INNO AS, 소제구, D250 | 2+2 | 4 | 고강도 PVC이음관 | 소제구캡, D250 | EA | 1 | 1 | 4 |

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|-----------------------------|-------|-----|---------------|-----------------|----|-------|-----|----|
| 게이트 밸브 청동,10kg,D32 | 1+1+1 | 3 | 게이트 밸브 | 청동,10kg,D32 | EA | 1 | 1 | 3 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 2 | 2 | 6 |
| 게이트 밸브 청동,10kg,D50 | 1+1 | 2 | 게이트 밸브 | 청동,10kg,D50 | EA | 1 | 1 | 2 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D50 | EA | 2 | 2 | 4 |
| 버터플라이 밸브 GEAR,10K*D100 | 2+2 | 4 | 버터플라이 밸브 | GEAR,10K*D100 | EA | 1 | 1 | 4 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D100 | EA | 2 | 2 | 8 |
| 버터플라이 밸브 GEAR,10K*D150 | 1+1 | 2 | 버터플라이 밸브 | GEAR,10K*D150 | EA | 1 | 1 | 2 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D150 | EA | 2 | 2 | 4 |
| 버터플라이 밸브 GEAR,10K*D200 | 2+2 | 4 | 버터플라이 밸브 | GEAR,10K*D200 | EA | 1 | 1 | 4 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D200 | EA | 2 | 2 | 8 |
| 플렉시블 조인트 TPC, D100*10k | 2+2 | 4 | 플렉시블 조인트 | TPC, D100*10k | EA | 1 | 1 | 4 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D100 | EA | 2 | 2 | 8 |
| 플렉시블 조인트 TPC, D200*10k | 2+2 | 4 | 플렉시블 조인트 | TPC, D200*10k | EA | 1 | 1 | 4 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D200 | EA | 2 | 2 | 8 |
| 압력계설치(고강도PVC);0-35KG/CM2;개소 | 2 | 2 | 압력계설치(고강도PVC) | 0-35KG/CM2 | 개소 | 1 | 1 | 2 |
| 온도계설치(고강도PVC);L형;개소 | 2+1+1 | 4 | 온도계설치(고강도PVC) | L형 | 개소 | 1 | 1 | 4 |
| ■냉수순환펌프 150mm(1대기준)-1 | 3+3 | 6 | 고강도 PVC관 | D150 | M | 3.5*2 | 7 | 42 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD150 | M | 3.5*2 | 7 | 42 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D150 | EA | 6 | 6 | 36 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D150x150 | EA | 4 | 4 | 24 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D150x125 | EA | 4 | 4 | 24 |
| | | | 버터플라이 밸브 | GEAR,10K*D150 | EA | 1 | 1 | 6 |
| | | | 쓰리원체크밸브 | 플랜지식, D150 | EA | 1 | 1 | 6 |
| | | | 씩션디퓨저 | 플랜지식, D150 | EA | 1 | 1 | 6 |
| | | | 플렉시블 조인트 | 벨로즈형, D150*10k | EA | 2 | 2 | 12 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D125 | EA | 2 | 2 | 12 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D150 | EA | 10 | 10 | 60 |

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|-----------------------------|--|------|-------------------------|----------------|-----|------|------|-------------|
| ■냉수순환펌프 D150mm(1대기준)-2 | 3+3 | 6 | 고강도 PVC관 | D35 | M | 2 | 2 | 12 |
| | | | 게이트 밸브 | 청동,10kg,D32 | EA | 2 | 2 | 12 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 4 | 4 | 24 |
| | | | 압력계설치(고강도PVC) | 0-35KG/CM2 | 개소 | 2 | 2 | 12 |
| | | | 온도계설치(고강도PVC) | L형 | 개소 | 2 | 2 | 12 |
| | | | 자동공기변설치(물용,고강도PVC) | D15 | 개소 | 2 | 2 | 12 |
| [인라인펌프주위배관 D32] | 1 | 1 | 게이트 밸브 | 청동,10kg,D32 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 스트레이너 | 나사, 10kg, D32 | EA | 2 | 2 | 2 |
| | | | 체크 밸브 | 청동,10kg,D32 | EA | 2 | 2 | 2 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D35 | EA | 6 | 6 | 6 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D35 | EA | 2 | 2 | 2 |
| | | | 고강성 PVC이음관 | 레듀샤,D35x25 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 16 | 16 | 16 |
| | | | 압력계설치(고강도PVC) | 0-35KG/CM2 | 개소 | 2 | 2 | 2 |
| | | | 온도계설치(고강도PVC) | L형 | 개소 | 2 | 2 | 2 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D25 | EA | 4 | 4 | 4 |
| [인라인펌프주위배관 D50] | 1 | 1 | 게이트 밸브 | 청동,10kg,D50 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 스트레이너 | 나사, 10kg, D50 | EA | 2 | 2 | 2 |
| | | | 체크 밸브 | 청동,10kg,D50 | EA | 2 | 2 | 2 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D50 | EA | 6 | 6 | 6 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D50x35 | EA | 2 | 2 | 2 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D50x40 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D50 | EA | 16 | 16 | 16 |
| | | | 압력계설치(고강도PVC) | 0-35KG/CM2 | 개소 | 2 | 2 | 2 |
| | | | 온도계설치(고강도PVC) | L형 | 개소 | 2 | 2 | 2 |
| | | | 플랜지(FLANGE) | PVC TS 플랜지 D40 | EA | 4 | 4 | 4 |
| 이방변장치(고강도PVC);D32x25x32;SET | 1 | 1 | 이방변장치(고강도PVC) | D32x25x32 | SET | 1 | 1 | 1 |
| ㄷ형강 100×50×5×7.5mm | (1*2+1.4)*5+(2*8)+(1.4+1.2+0.5)*7+(2*12) | 78.7 | ㄷ형강(9.36KG/M) - 96 - | 100×50×5×7.5mm | KG | 9.36 | 9.36 | 736.63 2 |

표 14. 기계설비공사 -기계실배관공사(급수)

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|-----------------------------|---|-----|---------------|-------------------|-----|------|------|------|
| INNO AS PIPE D35 | 3.5+ $\left[\begin{matrix} 3H \\ \end{matrix} \right]$ | 6.5 | 고강도 PVC관 | D35 | M | 1 | 1 | 6.5 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD32 | M | 1 | 1 | 6.5 |
| | | | 일반행거(달대볼트) | D32 | 개소 | 0.66 | 0.66 | 4.29 |
| INNO AS, 90°엘보, D35 | 1 | 1 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D35 | EA | 1 | 1 | 1 |
| 게이트 밸브 청동,10kg,D32 | 1 | 1 | 게이트 밸브 | 청동,10kg,D32 | EA | 1 | 1 | 1 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 2 | 2 | 2 |
| 체크 밸브 청동,10kg,D32 | 2 | 2 | 체크 밸브 | 청동,10kg,D32 | EA | 1 | 1 | 2 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 2 | 2 | 4 |
| 감압 밸브 냉온수,나사, 10kg, D32 | 1 | 1 | 감압 밸브 | 냉온수,나사, 10kg, D32 | EA | 1 | 1 | 1 |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 2 | 2 | 2 |
| 이방변장치(고강도PVC);D32x25x32;SET | 1 | 1 | 이방변장치(고강도PVC) | D32x25x32 | SET | 1 | 1 | 1 |

표 15. 기계설비공사 -공조배관공사(공조배관)

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 | |
|--------------|------|---------|----|---------------|----------|------|------|------|-------|
| INNO AS PIPE | D40 | 2+2+2+2 | 8 | 고강도 PVC관 | D40 | M | 1 | 1 | 8 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD40 | M | 1 | 1 | 8 |
| | | | | 일반행거(달대볼트) | D40 | 개소 | 0.66 | 0.66 | 5.28 |
| INNO AS PIPE | D50 | 2+2+1+1 | 6 | 고강도 PVC관 | D50 | M | 1 | 1 | 6 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD50 | M | 1 | 1 | 6 |
| | | | | 일반행거(달대볼트) | D50 | 개소 | 0.66 | 0.66 | 3.96 |
| INNO AS PIPE | D75 | 5+8 | 13 | 고강도 PVC관 | D75 | M | 1 | 1 | 13 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD80 | M | 1 | 1 | 13 |
| | | | | 일반행거(달대볼트) | D80 | 개소 | 0.66 | 0.66 | 8.58 |
| INNO AS PIPE | D100 | 16+13 | 29 | 고강도 PVC관 | D100 | M | 1 | 1 | 29 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD100 | M | 1 | 1 | 29 |
| | | | | 일반행거(달대볼트) | D100 | 개소 | 0.66 | 0.66 | 19.14 |

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 | |
|------------------------|--------|-------------|---------------|---------------|----------|------|------|------|-------|
| INNO AS PIPE | D125 | 16+16 | 32 | 고강도 PVC관 | D125 | M | 1 | 1 | 32 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD125 | M | 1 | 1 | 32 |
| | | | | 일반행거(달대볼트) | D125 | 개소 | 0.66 | 0.66 | 21.12 |
| INNO AS PIPE | D150 | 11+51+0.5+7 | 69.5 | 고강도 PVC관 | D150 | M | 1 | 1 | 69.5 |
| | | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD150 | M | 1 | 1 | 69.5 |
| | | | | 일반행거(달대볼트) | D150 | 개소 | 0.5 | 0.5 | 34.75 |
| F.C.U 바닥형 주위배관 D32 | 32 | 32 | 고강도 PVC관 | D35 | M | 6 | 6 | 192 | |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD32 | M | 6 | 6 | 192 | |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D35 | EA | 6 | 6 | 192 | |
| | | | 볼 밸브 | 황동, 10kg, D32 | EA | 2 | 2 | 64 | |
| | | | 고강도PVC밸브소켓 | D32 | EA | 4 | 4 | 128 | |
| | | | 일반행거(달대볼트) | D32 | 개소 | 2 | 2 | 64 | |
| INNO AS, 소켓, D75 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D75 | EA | 1 | 1 | 2 | |
| INNO AS, 소켓, D100 | 3+3 | 6 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D100 | EA | 1 | 1 | 6 | |
| INNO AS, 소켓, D125 | 3+3 | 6 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D125 | EA | 1 | 1 | 6 | |
| INNO AS, 소켓, D150 | 2+12+1 | 15 | 고강도 PVC이음관 | 소켓, D150 | EA | 1 | 1 | 15 | |
| INNO AS, 90°엘보, D150 | 2 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D150 | EA | 1 | 1 | 2 | |
| INNO AS, YT 관, D40 | 1+1+2 | 4 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D40 | EA | 1 | 1 | 4 | |
| INNO AS, YT 관, D50x35 | 1+1+2 | 4 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D50x35 | EA | 1 | 1 | 4 | |
| INNO AS, YT 관, D75x50 | 3+6 | 9 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D75x50 | EA | 1 | 1 | 9 | |
| INNO AS, YT 관, D100x50 | 10+7 | 17 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D100x50 | EA | 1 | 1 | 17 | |
| INNO AS, YT 관, D125x50 | 10+10 | 20 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D125x50 | EA | 1 | 1 | 20 | |
| INNO AS, YT 관, D150x50 | 5+5 | 10 | 고강도 PVC이음관 | YT 관, D150x50 | EA | 1 | 1 | 10 | |
| INNO AS, 레듀샤, D50x40 | 1+1+2 | 4 | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D50x40 | EA | 1 | 1 | 4 | |
| INNO AS, 레듀샤, D75x50 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D75x50 | EA | 1 | 1 | 2 | |
| INNO AS, 레듀샤, D100x75 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D100x75 | EA | 1 | 1 | 2 | |
| INNO AS, 레듀샤, D125x100 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D125x100 | EA | 1 | 1 | 2 | |
| INNO AS, 레듀샤, D150x125 | 1+1 | 2 | 고강도 PVC이음관 | 레듀샤, D150x125 | EA | 1 | 1 | 2 | |
| INNO AS, 소제구, D40 | 1+1+2 | 4 | 고강도 PVC이음관 | 소제구캡, D40 | EA | 1 | 1 | 4 | |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 45곡관, D40 | EA | 1 | 1 | 4 | |

| 산출목록 | 산출수식 | 수식계 | 명칭 | 규격 | 단위 | 단위수식 | 단위계 | 계 |
|------------------------|------|-----|---------------|-------------------|----|------|-----|---|
| 신축접수(루프) D100 | 1 | 1 | 고강도 PVC관 | D100 | M | 3 | 3 | 3 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD100 | M | 3 | 3 | 3 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D100 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 파이프슈 | 슈(SHOE),가이드 D100 | EA | 2 | 2 | 2 |
| 신축접수(루프) D125 | 1 | 1 | 고강도 PVC관 | D125 | M | 3 | 3 | 3 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD125 | M | 3 | 3 | 3 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D125 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 파이프슈 | 슈(SHOE),가이드 D125 | EA | 2 | 2 | 2 |
| 신축접수(루프) D150 | 1 | 1 | 고강도 PVC관 | D150 | M | 3 | 3 | 3 |
| | | | 관보온(고무발포,강관용) | 25TxD150 | M | 3 | 3 | 3 |
| | | | 고강도 PVC이음관 | 90곡관, D150 | EA | 4 | 4 | 4 |
| | | | 파이프슈 | 슈(SHOE),가이드 D150 | EA | 2 | 2 | 2 |
| 파이프슈 슈(SHOE),절연양카 D40 | 1 | 1 | 파이프슈 | 슈(SHOE),절연양카 D40 | EA | 1 | 1 | 1 |
| 파이프슈 슈(SHOE),절연양카 D65 | 1 | 1 | 파이프슈 | 슈(SHOE),절연양카 D65 | EA | 1 | 1 | 1 |
| 파이프슈 슈(SHOE),절연양카 D150 | 4+2 | 6 | 파이프슈 | 슈(SHOE),절연양카 D150 | EA | 1 | 1 | 6 |

제 3 세부과제(한국농어촌공사): 사막기후 적응형 스마트온실 구축 및 사업화 전략 수립

가. 사막형 온실 현지조사

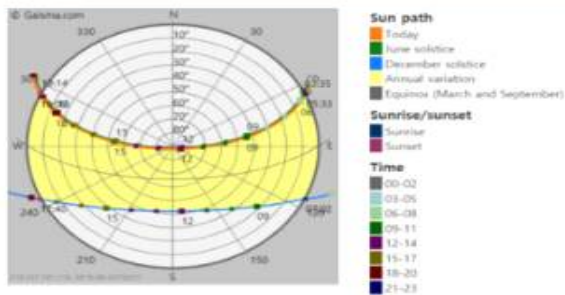
1) 사막지역 토질을 고려한 기반조성을 위한 자료 수집

사막 기후 특유의 기상환경, 광 조건 및 토질 정보 조사를 통하여 해당 조건에 적합한 온실 설계 시 반영하였다.

가) 후보지역 기후조건 기초자료 수집

(1) 태양 연중 입사각 및 기상 데이터는 온실의 설계 및 방향설정의 기준이 되는 후보 지역의 태양 입사각 변화를 나타낸 것이다. 엽채류 등 지피식물의 경우 측면과 온실 지붕의 곡선 및 각도를 설계 반영한다.

Abu Dhabi, United Arab Emirates - Sun path diagram



| Variable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Insolation, kWh/m ² /day | 3.73 | 4.63 | 5.15 | 6.17 | 7.05 | 7.16 | 6.77 | 6.57 | 6.05 | 5.16 | 4.13 | 3.51 |
| Clearness, 0 - 1 | 0.55 | 0.58 | 0.55 | 0.59 | 0.64 | 0.64 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.62 | 0.58 | 0.55 |
| Temperature, °C | 19.16 | 20.30 | 23.37 | 27.76 | 32.32 | 34.60 | 36.31 | 36.25 | 33.66 | 29.51 | 25.10 | 21.32 |
| Wind speed, m/s | 4.57 | 5.27 | 4.95 | 4.86 | 5.41 | 5.40 | 5.02 | 4.79 | 4.54 | 4.24 | 3.90 | 4.49 |
| Precipitation, mm | 7 | 22 | 15 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Wet days, d | 1.1 | 3.2 | 3.2 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.9 |

아부다비 태양 연중 입사각 변화

아부다비 월별 광량, 온도, 풍속 데이터

그림 71. 아부다비 입사각 및 기후조건 데이터 수집

* 아부다비에서 연중 무더운 날씨는 5월 중순 경에 시작하여 5개월 간 지속되며, 10월 하순 경에 종료가 된다.

Dubai, United Arab Emirates - Sunrise, sunset, dawn and dusk times, graph

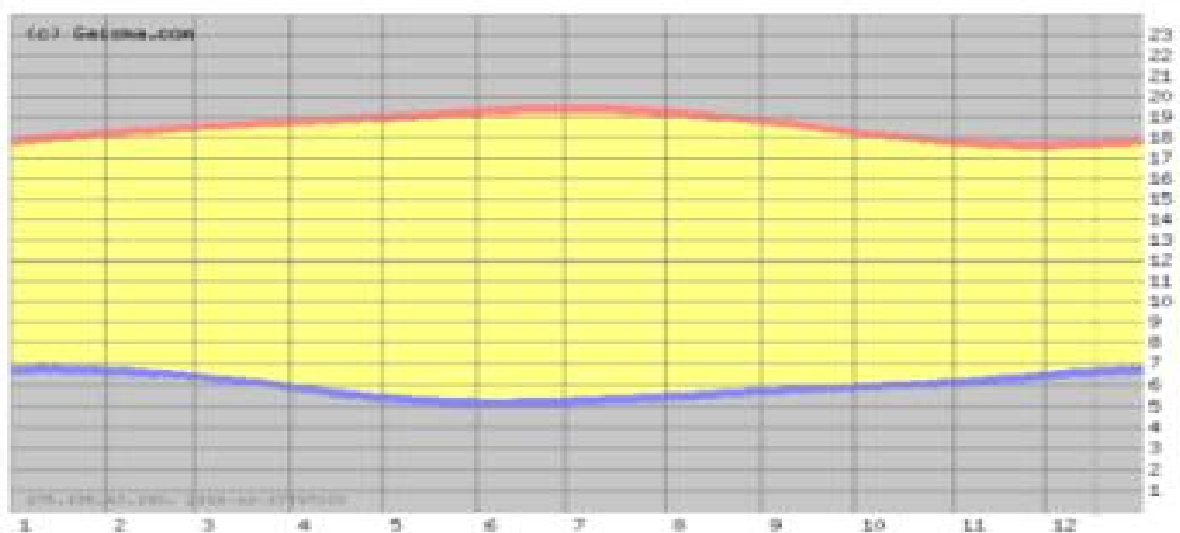


그림 72. 두바이 지역의 월별 일출일몰 그래프

(2) 월별 일출 일몰 그래프는 일 누적 광량과 일장 변화에 따라 작물 생육이 변하는 작물의 작기 계획 수립에 필요하다. 특히, UAE의 겨울 재배를 위하여, 일출 일몰 시간의 고려가 중요함.

(3) 후보지역 온습도 및 풍속 데이터 입수(ADAFSA, 9/23)

| Month | Temperature | | | | | Humidity | | | Rainfall | Wind | | | Solar Radiation |
|-----------|-------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|----------|------|------|----------|-----------------|
| | Max | Mean Max | Mean | Mean Min | Min | Mean Max | Mean | Mean Min | | Mean | Max | Mean Max | |
| January | 31.4 | 24.2 | 18.5 | 12.4 | 4 | 83 | 56 | 31 | 9.2 | 9.3 | 49 | 20.4 | 4380 |
| February | 35.5 | 27.2 | 21 | 14.5 | 4.8 | 76 | 47 | 23 | 6.4 | 10.2 | 56.5 | 22 | 5184.7 |
| March | 41.5 | 31.7 | 25 | 17.6 | 9.5 | 70 | 38 | 16 | 23.8 | 10.6 | 86.8 | 23.7 | 6069.3 |
| April | 42.7 | 36.6 | 29.9 | 22.1 | 14 | 59 | 29 | 12 | 14.8 | 11.2 | 62.3 | 25.2 | 6665.9 |
| May | 48.2 | 41.6 | 34.5 | 26 | 18.2 | 55 | 24 | 9 | 0.6 | 11.6 | 54 | 25.3 | 7318.6 |
| June | 49 | 44.1 | 36.7 | 28.5 | 21.4 | 58 | 26 | 9 | 1.1 | 11.5 | 63 | 24.3 | 7324 |
| July | 48.7 | 44.7 | 37.9 | 30.8 | 23.7 | 58 | 30 | 13 | 2.1 | 11.3 | 54.7 | 23.5 | 6768.8 |
| August | 48 | 44.2 | 37.4 | 30.6 | 25.6 | 57 | 30 | 14 | 8.1 | 11.1 | 73.4 | 23.8 | 6711 |
| September | 46.1 | 41.5 | 34.8 | 27.8 | 20.9 | 64 | 31 | 12 | 1.8 | 10.1 | 48.2 | 22.7 | 6429.4 |
| October | 43.4 | 37.1 | 30.7 | 23.5 | 17.8 | 67 | 36 | 14 | 6.8 | 9 | 60.8 | 21.7 | 5637.2 |
| November | 36.6 | 30.8 | 25 | 18.7 | 11.5 | 75 | 48 | 25 | 1.8 | 8.7 | 50.8 | 20.1 | 4671 |
| December | 34.5 | 26.1 | 20.4 | 14.4 | 4.6 | 83 | 56 | 31 | 9.5 | 8.8 | 38.9 | 19.1 | 4188.2 |

그림 73. ADAFSA 온습도 및 풍속 데이터 입수

* 온습도 풍속 등 의견: 온실 설계를 위한 온습도 및 풍속은 7월 기준으로 Mean Max 데이터를 사용하여 적용 결정(온도: 44.7도, 습도: 58%, 풍속: 23.5m/s)

(4) 작물 재배용 공급 물 분석 데이터 입수(ADAFSA, 9/29)

| No. | Sample | pH | EC dS/m | TDS ppm | SAR | Cations ppm | | | | Anions ppm | | | | Trace and Heavy Metals ppm | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|------|---------|---------|------|-------------|------|------|-----|------------|-----|------|------|----------------------------|-----|------|-------|----|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----|-----|------|---|
| | | | | | | Ca | Mg | Na | K | Cl | CO3 | HCO3 | SO4 | Al | As | B | Ba | Cd | Cu | Cr | Cu | Fe | Mn | Mn | Ni | Pb | Sr | Zn | |
| 1 | Water Sample 1 | 8.15 | 0.65 | 422 | 2.16 | 28.1 | 23.8 | 64.7 | 2.9 | 124.3 | 0 | 73.2 | 70.8 | 0.006 | 0.1 | 0.08 | 0.011 | 0 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.026 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 3.90 | 0 |
| 2 | Water Sample 2 | 8.2 | 0.7 | 446 | 2.18 | 28.4 | 24.8 | 66.2 | 2.6 | 124.3 | 0 | 73.2 | 73.2 | 0.022 | 0.1 | 0 | 0.012 | 0 | 0.002 | 0.004 | 0.003 | 0.026 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 4.15 | 0 |
| 3 | Water Sample 3 | 8.2 | 0.68 | 440 | 2.17 | 28.3 | 24.6 | 65.7 | 2.6 | 124.3 | 0 | 73.2 | 72 | 0.002 | 0.1 | 0 | 0.011 | 0 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.031 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 4.1 | 0 |

그림 74. 작물 재배용 물 분석자료

* 물 분석 데이터 의견: 순환식 수경재배용으로는 PH, NaCl, SO4 가 약간 높은 상태이며, 실제 사용시 재배팀의 고려가 필요. 석회 (황산칼슘), 칼슘과 황산이 결합된 성분은 침전시켜서 사용.

(5) 토양 분석 데이터 입수(ADAFSA, 9/29)

| Sample | Depth (cm) | pH | EC (dS/m) | SAR | Cations (mg/L) | | | | Anions (mg/L) | | | | Total N (mg/L) | As (µg/L) | Ca (mg/L) | Trace Elements (µg/g) | | | | | |
|---------------|------------|-------|-----------|------|----------------|------|------|-------|---------------|-------|------|------|----------------|-----------|-----------|-----------------------|------|------|------|------|-----|
| | | | | | Ca | Mg | Na | K | Cl | CO3 | HCO3 | SO4 | | | | Pb | Cd | Zn | Cr | | |
| Soil Sample 1 | 0.30 | 25.07 | 7.80 | 1.03 | 2.10 | 4.82 | 3.14 | 4.52 | 0.89 | 3.80 | 0.0 | 3.80 | 3.80 | 120 | 28.0 | 60.0 | 4.49 | 1.24 | 2.07 | 1.80 | 0.0 |
| Soil Sample 2 | 0.30 | 25.48 | 8.10 | 2.00 | 7.07 | 4.20 | 3.04 | 13.34 | 0.26 | 8.50 | 0.0 | 3.00 | 6.72 | 452 | 16.0 | 26.0 | 4.80 | 1.58 | 1.46 | 1.80 | 0.0 |
| Soil Sample 3 | 0.30 | 24.99 | 8.00 | 2.73 | 4.07 | 5.80 | 4.80 | 11.30 | 0.33 | 7.80 | 0.0 | 3.00 | 6.76 | 110 | 23.0 | 60.0 | 5.20 | 1.43 | 2.03 | 2.11 | 0.0 |
| Soil Sample 4 | 0.30 | 25.48 | 8.00 | 3.74 | 4.00 | 9.00 | 7.00 | 13.04 | 0.00 | 14.00 | 0.0 | 3.00 | 6.28 | 260 | 15.0 | 37.0 | 6.00 | 1.73 | 1.87 | 1.80 | 0.0 |
| Soil Sample 5 | 0.30 | 25.07 | 8.10 | 3.04 | 2.26 | 4.30 | 3.04 | 4.80 | 0.14 | 4.30 | 0.0 | 3.00 | 4.57 | 280 | 27.0 | 26.0 | 6.04 | 1.59 | 1.84 | 2.11 | 0.0 |

그림 75. 토양 분석 데이터

* 토양 분석자료 의견: PH가 높은 상태이며, 작물재배는 배지사용으로 무관.

(6) 토성(Soil Texture) 분석 데이터(ADAFSA 입수, 9/23)

Soil Texture

| Sample | Sand % | Silt % | Clay % |
|--------------|--------|--------|--------|
| Soil Sample1 | 99.86 | 0.11 | 0.03 |
| Soil Sample2 | 99.84 | 0.16 | 0.00 |
| Soil Sample3 | 99.94 | 0.06 | 0.00 |
| Soil Sample4 | 99.26 | 0.72 | 0.02 |

그림 76. 토성 분석 데이터

* 토성 분석 데이터 의견: 사질토로 보수성이 낮은 특징으로 예상되며, 오거 또는 돌리(Doly) 기초로 기초공사 진행 결정.

나) 농진청 토양조사 결과 입수('19.10.16)

(조사지역은 Sharjah 지역으로 “고온극복 온실”부지로 참고로 활용 가능)

(1) 위치: Al Dhaid 지구 Agricultural Innovation Center 내 부지

(25° 16′ 11.2″ N, 55° 55′ 52.4″E)



농진청 토양조사 위치 1

농진청 토양조사 위치 2

그림 77. 농촌진흥청의 현지 위치 및 토양 조사

(2) 측정 및 분석 데이터

- 지하수위: -240 m 이하(국내 2~3 m)
- 지하수 포함 염분(EC): 2 ds/cm, 3,000~3,500 ppm(농도 개념)
- 토양 가비중(다짐정도): 1.53 g/cm³(20cm), 표토부분은 국내와 비슷.

표 16. 토양 경도

| 깊이 | 0cm(지표면) | 20 cm | 40 cm |
|---------|---------------------------|-------|-------|
| 경도(kPa) | 4,078 (특히 높음, 경작했던 포장) | 437 | 651 |

- 간이체 분석: 4번체(4.76mm) 50%이상 통과, 200번체(0.075 mm) 50% 이상 남음
▶ 세립분을 함유한 모래(SM: 실트질의 모래, 모래, 점토의 혼합토)
- 토양 컬러(Soil Color): 10YR 7/2(20cm), 10YR 8/2(40cm)



그림 78. 토양분석

다) 농업 현황 및 정책조사

(1) UAE 주요 농작물 재배 면적

과수, 주요 작물 및 채소류의 농가수 및 주요 재배지역은 아부다비(Abu Dhabi), 알아인(Al Ain) 및 알 다프라(Al Dhafra) 지역으로 구분되며, 연도별 농가수 및 재배면적은 아래 표와 같다(출처: 아부다비 식품관리청)

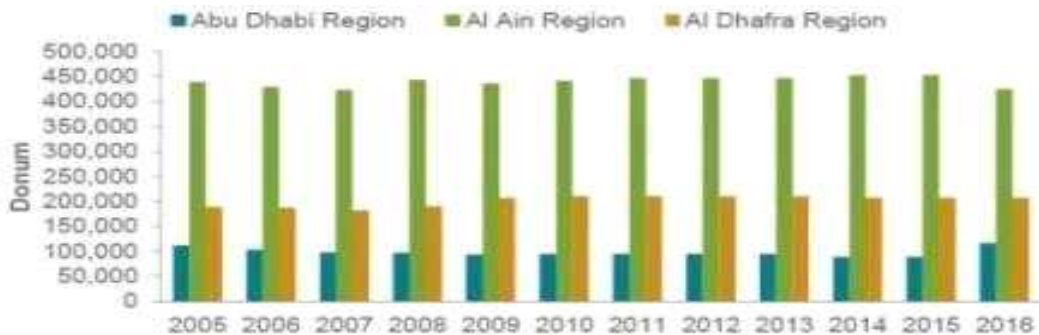


그림 79. 연도 별 지역별 재배면적 통계

(Area in Donums)

| Year | Total | | Abu Dhabi Region | | Al Ain Region | | Al Dhafra Region | |
|------|--------|---------|------------------|---------|---------------|---------|------------------|---------|
| | Number | Area | Number | Area | Number | Area | Number | Area |
| 2005 | 23,704 | 739,686 | 4,793 | 111,452 | 11,529 | 438,820 | 7,382 | 189,414 |
| 2006 | 23,648 | 720,651 | 4,556 | 103,815 | 11,572 | 429,463 | 7,520 | 187,373 |
| 2007 | 23,198 | 703,748 | 4,072 | 98,314 | 11,701 | 423,083 | 7,425 | 182,351 |
| 2008 | 24,015 | 731,512 | 3,854 | 97,045 | 11,751 | 443,988 | 8,410 | 190,479 |
| 2009 | 24,097 | 737,957 | 3,814 | 94,380 | 11,782 | 436,656 | 8,501 | 206,921 |
| 2010 | 24,290 | 747,679 | 3,837 | 95,483 | 11,894 | 441,637 | 8,559 | 210,559 |
| 2011 | 24,394 | 752,839 | 3,837 | 95,483 | 11,985 | 446,898 | 8,572 | 210,458 |
| 2012 | 24,394 | 752,839 | 3,837 | 95,483 | 11,985 | 446,898 | 8,572 | 210,458 |
| 2013 | 24,394 | 752,839 | 3,837 | 95,483 | 11,985 | 446,898 | 8,572 | 210,458 |
| 2014 | 24,018 | 749,868 | 3,605 | 89,679 | 11,921 | 452,503 | 8,492 | 207,686 |
| 2015 | 24,018 | 749,868 | 3,605 | 89,679 | 11,921 | 452,503 | 8,492 | 207,686 |
| 2016 | 24,018 | 749,868 | 4,480 | 116,786 | 11,046 | 425,396 | 8,492 | 207,686 |

Source: Abu Dhabi Food Control Authority

그림 80. 년도 별 농가 수 및 재배면적 통계

재배 면적은 전통적인 오아시스 지역인 알아인 지역이 약 42,000ha 이상으로 제일 넓으며, 알 다프라 20,000ha 이상이며 아부다비 순이다.

(Area in Donums)

| Item | Abu Dhabi Region | Al Ain Region | Al Dhafra Region | Total |
|---|------------------|----------------|------------------|----------------|
| Total | 116,786 | 425,397 | 207,686 | 749,869 |
| Fruit Trees | 28,952 | 140,003 | 103,368 | 272,323 |
| Field Crops | 6,328 | 43,479 | 10,401 | 60,208 |
| Vegetables Crops (opened field) | 3,584 | 6,585 | 3,885 | 14,054 |
| Vegetables Crops(under protective cover) | 693 | 3,421 | 1,390 | 5,504 |
| Current Fallow | 30,894 | 173,013 | 65,478 | 269,385 |
| Windbreaks | 5,588 | 3,839 | 7,275 | 16,702 |
| Building | 1,953 | 7,207 | 3,565 | 12,725 |
| Potentially Productive Area | 38,794 | 47,850 | 12,324 | 98,968 |

Source: Abu Dhabi Food Control Authority

그림 81. 2016년 작물별 토지 면적

작물 별 토지 면적은 2016년도 역시 알 아인 지역이 약 42,539hafh 제일 넓은 재배면적이며 전체 채소류 노지재배 약 1,405ha와 채소류 온실(Protective Cover)재배면적이 약 550ha로 구분되며, 온실 재배면적은 노지 재배의 1/3 이하의 면적이다.

(2) '16년 온실 재배 작물 및 생산량 통계

채소류 면적에서 2016년도 온실재배 작목별 통계는 아래와 같다.

| Type of crop | Area (Donum) | Quantity (Ton) | Value (1000 AED) |
|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| Total | 5,504.0 | 29,313.9 | 73,164.7 |
| Potato | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Cabbage | 120.0 | 492.0 | 574.4 |
| Hot Pepper | 42.0 | 155.4 | 461.0 |
| Sweet Pepper | 374.6 | 1,415.1 | 7,452.9 |
| Marrow | 35.1 | 100.3 | 273.3 |
| Egg Plant | 20.4 | 79.6 | 134.4 |
| Cucumber | 3,945.1 | 23,308.6 | 54,266.6 |
| Tomato | 690.4 | 3,457.6 | 8,401.1 |
| Water Melon | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Sweet Melon | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Lettuce | 31.5 | 25.2 | 93.1 |
| Onion | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Parsley | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Beans | 70.9 | 78.0 | 303.3 |
| Beets | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Carrot | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Cauliflower | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Pumpkin | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Coriander | 62.4 | 118.5 | 830.6 |
| Mallow | 24.0 | 24.0 | 164.1 |
| Okra | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Radish | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Sweet Corn | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Garden Rocket | 64.0 | 38.4 | 209.9 |
| Turnip | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Broccoli | 23.6 | 21.2 | 40.0 |

Source: Abu Dhabi Food Control Authority

그림 82. 2016년 온실 작물 재배통계

작물은 오이, 토마토, 파프리카, 배추의 순이며 오이 생산량이 제일 많은 이유는 팬-패드 방식의 온실로 30도 이상의 기온에도 재배 용이한 점이라고 판단된다.

(3) 2016년 온실 농가수 및 면적

온실 농가수와 면적은 아래 표와 같으며, 대규모 상업농가(엘리트 팜, 아그리팜등)는 소수이며, 대부분 0.5ha 미만인 소규모 농가로 16,000 농가로 구성된다. 주요 지역은 알아인 약 9,800 농가로, 알 다프라 지역과 아부다비 순이다.

(Area in Donums)

| Region | Item | 2016 |
|------------------|--------|---------------|
| Total | Number | 16,037 |
| | Area | 5,504 |
| Abu Dhabi Region | Number | 2,227 |
| | Area | 693 |
| Al Ain Region | Number | 9,821 |
| | Area | 3,421 |
| Al Dhafra Region | Number | 3,989 |
| | Area | 1,390 |

Source: Abu Dhabi Food Control Authority

그림 83. 2016년도 온실 농가 수 및 재배면적

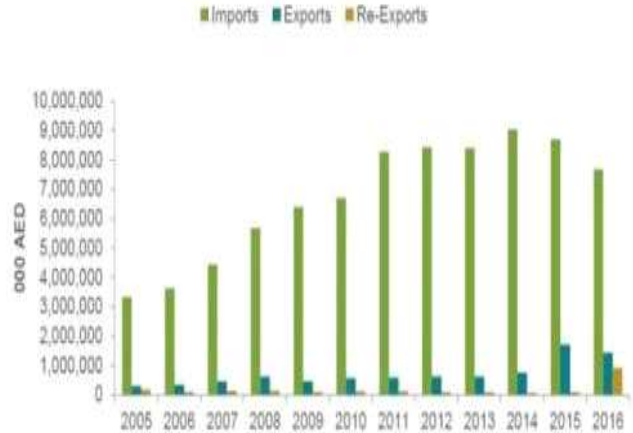
(4) 농산물 수출입 통계 (아부다비 향 기준)

아래 표는 2005년부터 2016년도 농산물 수출입 통계표이다.

Value: 000 AED

| Year | Imports | Exports | Re-Exports | Total |
|------|-----------|-----------|------------|------------|
| 2005 | 3,317,479 | 293,298 | 163,206 | 3,773,984 |
| 2006 | 3,627,429 | 343,956 | 94,308 | 4,065,693 |
| 2007 | 4,432,513 | 448,799 | 130,883 | 5,012,195 |
| 2008 | 5,679,425 | 614,156 | 131,842 | 6,425,422 |
| 2009 | 6,395,953 | 447,497 | 91,691 | 6,935,140 |
| 2010 | 6,705,979 | 561,997 | 115,902 | 7,383,878 |
| 2011 | 8,275,498 | 584,835 | 116,382 | 8,976,715 |
| 2012 | 8,424,456 | 617,930 | 84,967 | 9,127,353 |
| 2013 | 8,402,764 | 609,325 | 78,866 | 9,090,955 |
| 2014 | 9,037,554 | 750,005 | 64,324 | 9,851,882 |
| 2015 | 8,704,060 | 1,708,345 | 76,292 | 10,488,697 |
| 2016 | 7,684,912 | 1,438,944 | 918,762 | 10,042,619 |

Source: Statistics Centre - Abu Dhabi



농산물 및 식품 수출입 통계(아부다비 항) 농산물 및 식품 수출입 그래프(아부다비 항)
 그림 84. 년도 별 아부다비 항 농산물 식품 수출입 현황

평균 농산물 수입은 80% 수준이며, 금액 통계로는 수입액이 수출액보다 약 6~12배 이상 높은 금액이다. 농산물 수입은 live animal과 유제품, 채소류 및 식료품(식품, 음료, 담배 등 기호식품), 비료 등이 포함되어 있다.

(가) 농산물 및 식품 수입액

2016년도 기준으로 농산물과 식품 수입액은 아래 표와 같으며, 순수 농산물 수입액은 전체 수입 금액의 약 30~36%를 차지하고 있다. (두바이 평균 33.4%)

(Value: 000 AED)

| Description | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Total | 8,402,764 | 9,037,554 | 8,704,060 | 7,684,912 |
| Live animals and their products | 2,412,125 | 2,658,466 | 2,840,842 | 2,901,996 |
| Vegetable products | 3,415,975 | 3,245,970 | 2,907,704 | 2,121,835 |
| Animals or vegetable fats, oils and waxes | 367,877 | 394,317 | 396,908 | 445,529 |
| Foodstuffs, beverages, spirits and tobacco | 2,080,925 | 2,590,281 | 2,433,772 | 2,142,742 |
| Fertilizers | 104,524 | 122,323 | 99,634 | 57,085 |
| Pesticides and rodents, fungi, weeds | 21,540 | 26,196 | 25,201 | 15,726 |

Source: Statistics Centre - Abu Dhabi

그림 85. 농산물 및 식품 수입액(2016 통계)

(5) 농업 문제 및 농업 투자 정책

UAE의 농업 분야는 국가 물의 60% 이상을 사용하고 있지만, 경제 기여도는 전체 1% 이하이다. 또한, 개인당 사용 가능한 물은 지속적으로 감소되고 있어 물부족은 농업 생산에 주요 장애 요인이다. UAE는 “재 처리수” 및 “소금화 물”과 대안을 이용하여 수자원 사용의 극대화에 주안점을 두고 있으며, 농가에 효율적인 물 사용을 위한 “스마트 파밍(Smart Farming)”기술 등을 장려하고 있다. 지속가능한 농업을 위한 “물 절감 및 효율적 작물선택”이 수행되어 수경재배, Drip Irrigation 등의 기술로 발전되고 있다.

(가) 해외 계약재배

2007년과 2008년의 식량 위기가 UAE의 농식품 정책의 변화를 가져왔으며, 외국 정부 계약으로 토지 취득 또는 임차를 통한 계약재배의 형태로 안정적 농산물 수입을 확보하고 있다. 2007년 요르단, 모로코 지역과 동부 아프리카 지역에서 815개의 외국 농업투자 프로그램을 승인하였다. 2009년 말 UAE 농업투자 회사는 이집트의 42,000 헥타 토지에서 밀, 옥수수 등의 작물 재배를 위한 투자계획이 결정되었으며, 2015년 연간 350,000톤의 수확이 기대되었다.

(나) Ziraai 프로그램

농업 법인 개발을 위한 Khalifa 기금은 “Ziraai” 프로그램으로 시작되어 농가 지원을 위한 농업 분야의 교육과 마케팅 서비스 지원을 위하여 농가당 AED 1 million(약 27만불)을 무이자로 대출을 지원하고 있다. 본 프로그램은 농가의 마케팅 능력 배양과 수경재배 시스템(80% 물질감)과 같은 최신 기술을 통한 효율성 및 이익률 확보를 위함이 목적이다.

(다) UAE 자국 내 작물 재배 노력

가혹한 기후환경 및 90% 이상의 해외 수입에 기인한 큰 위협에 직면한 지역 농가를 지원하기 위하여, UAE 정부는 정치적 또는 자연적인 사유로 수입자체 중단과 같은 위협에 대응하기 위하여, 자체 농산업을 전략적으로 지원하기 위하여 노력하고 있다. UAE에서 가장 생산적인 지역인 알 카이마(Al-Khaimah)는 오만 근처의 산악 지역으로부터 지하수를 공급하여 해결하고 있다.

농업에 대한 재정적 지원도 강화되고 있으며, 2013년 AED 2 bn에서 2014년 AED 1.4 bn(33.2% 증가)으로 농업 지원을 통한 농가 자립을 시도하고 있다.

(라) 아부다비 식품관리청(ADFCA) 정책

6개 정책안에 기초한 신 농업정책은 아래와 같다.

- 지속 가능한 농업을 위한 농업분야 개혁
- 천연자원 및 자연환경에 악영향 감소
- 농가의 수익 증대 및 시장 경쟁력 강화
- 아부다비 지역 농산물의 경쟁력 집중
- 농산물 품질 개선
- 식량 안보 확보를 위한 국가 생산성 강화

2005년 설립된 아부다비 식품관리청(ADFCA)은 식량 안보, 환경보호 및 보다 나은 농업 실천을 위하여 농가를 위한 Workshop과 국제협력 및 일반 행정을 추진하고 있으며, 상기의 목적을 달성하기 위하여 2009년 아부다비 농가 서비스 센터(ADFSC)를 설립하여, 선진 기술을 UAE 국가 전체로 확산시키고 있으며, 설립 목표는 재배 작물을

향상된 기술과 높은 생산성으로 향후 로컬시장으로 공급시켜 식량 안보에 기여하는 것이다.

라) 에너지 등 생산 비용 관련 조사

(1) 전기요금 정책 및 단가(출처 : 2018 UAE 개황, 외교부)

UAE 전력 산업은 경제활동과 마찬가지로 각 지역 별로 구분 운영되며, 4개 북부 지역의 경우 경제 규모가 작고 낙후되어 있기 때문에 아부다비의 재정을 통해 통합된 형태로 운영된다.

(가) 전력 수요 전망

UAE 전체 최대 전력 수요는 아부다비와 두바이의 부동산 개발 및 산업육성으로 연간 9% 증가하여 2020년에는 총 45,000MW에 도달할 것으로 예상된다. 아부다비의 최대 전력 수요는 최근 수년간 연평균 10%의 가파른 상승세를 이어가고 있으며, 2030년까지 꾸준히 증가할 것으로 예측된다.

2016년 말 UAE의 총 발전설비 용량은 28,630 MW이며, 매년 수요 대비 설비 증가 중이다.

(나) 아부다비 전기요금 체계

전기요금은 정부 보조로 원가보다 낮은 가격에 공급하며, 공급 대상에 따라 차등화된 요금 체계를 적용하고 있다.

(100 Dirham = 1 Dirham 100) 1

| 구분 | 국적 | 주거 형태 | 달당 평균 사용량 | 월액 요금 |
|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 주거용 | UAE 국민 | 주택 | 400 kWh 이하 | 6.7 Dir/kWh |
| | | | 400 kWh 이상 | 7.5 Dir/kWh |
| | | 아파트 | 30 kWh 이하 | 6.7 Dir/kWh |
| | | | 30 kWh 이상 | 7.5 Dir/kWh |
| | 사회보장카드 소지자 | 333 kWh 이하 | 0 Dir/kWh | |
| | | 333 kWh 이상 | 6.7 Dir/kWh | |
| 거주 외국인 | 주택 | 200 kWh 이하 | 26.8 Dir/kWh | |
| | | 200 kWh 이상 | 30.5 Dir/kWh | |
| | 아파트 | 20 kWh 이하 | 26.8 Dir/kWh | |
| | | 20 kWh 이상 | 30.5 Dir/kWh | |
| 사회보장카드 소지자 | 79 kWh 이하 | 0 Dir/kWh | | |
| | 79 kWh 이상 | 26.8 Dir/kWh | | |
| 정부 고객 | | | | 29.4 Dir/kWh |
| 농업 고객 | Ranches | | | 4.5 Dir/kWh |
| | Ranches | | | 4.5 Dir/kWh |
| 산업 고객 | 설치용량 1MW 이하 | | | 28.6 Dir/kWh |
| | 설치용량 1MW 이상 | 비정수기 | | 27.0 Dir/kWh |
| | | 정수기 | | 36.6 Dir/kWh |
| ADNOC 그룹 | | | | 28.1 Dir/kWh |
| 상업 | | | | 20.0 Dir/kWh |
| 어업/축산업 | | | | 20.0 Dir/kWh |
| 대사관/공사관 | | | | 20.0 Dir/kWh |

그림 86. UAE 고객별 전기 요금

농업 종사자 고객의 요금 기준은 4.5 fils/kwh이며, 원화 기준 14.4원/kwh으로 국내 기준의 농업용 요금(39.9~41.9원/Kwh, 한전)의 1/3 가격이다.

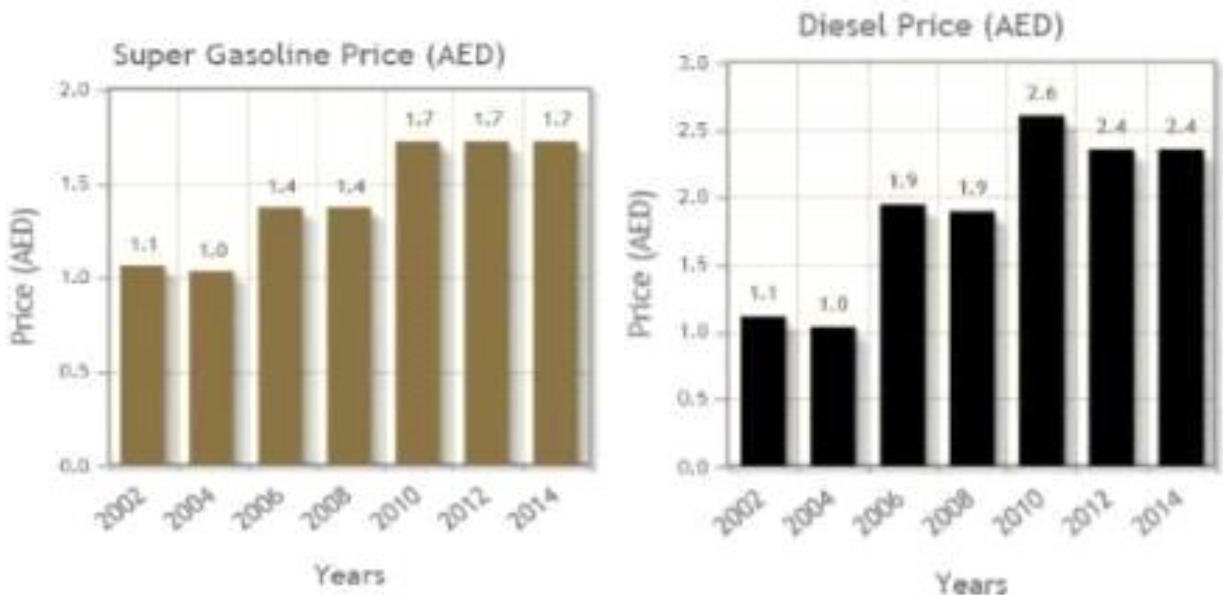
(2) 유류 단가 등 가격 조사

아래 표는 옥탄가 95의 휘발유와 일반 디젤 기준의 소매 단가이며 세금 포함 가격이다('20.2월 기준, 출처: www.thefuelprice.com)

표 17. UAE 유류 소매 단가

| 소매가 | 단위 | AED | 원화 | 보조금80% 적용 | | 비고 |
|------------|-----|------|--------|-----------|---------|------|
| | | | | AED | 원화 | |
| 휘발유(옥탄 98) | 리터 | 2.24 | 742.64 | 0.448 | 148.53 | 세금포함 |
| 휘발유(옥탄 95) | | 2.12 | 701.22 | 0.424 | 140.57 | |
| 휘발유(옥탄 91) | | 2.05 | 679.65 | 0.41 | 135.93 | |
| 디젤 | | 2.4 | 793.83 | 0.48 | 159.14 | |
| LPG (25kg) | 실린더 | 60 | 19,892 | 12 | 3978.45 | |

휘발유 및 디젤의 가격변동 추이는 아래 그래프와 같다(2002~2014년 간)
(출처: GIZ International Fuel Prices Database)



연도 별 휘발유 가격 변동

연도 별 디젤유 가격 변동

그림 87. 연도 별 유류 가격 변동 현황

(3) 운영비 측면의 국내 농가와의 간단 비교

온실 운영비에서 유류비용과 전기료 비용을 국내 첨단온실의 토마토 운영비와 단순비교하면 유류비는 국내의 약 13.8% 수준이며, 전기료는 34.4%의 수준으로

산유국으로서 농가 보조금 등으로 운영비 측면에서 유리하다.

| 구분 | 항목 | | 국내 단가 | UAE 단가 | 비고 |
|-----|------|-------|--------------------|---------------------------|-----------|
| 운영비 | 냉난방비 | 유류사용량 | 14L/m ² | 동일 적용 | 국내 평균 |
| | | 유류 가격 | 1,019원/L (면세유) | 140.57원/L (옥탄가 95-보조금) | 약 13.8%수준 |
| | | 전기료 | 41.9원/kwh | 14.4원/kwh | 약 34.4%수준 |

2) 사막지역 작물재배 환경을 고려한 기초자료 수집

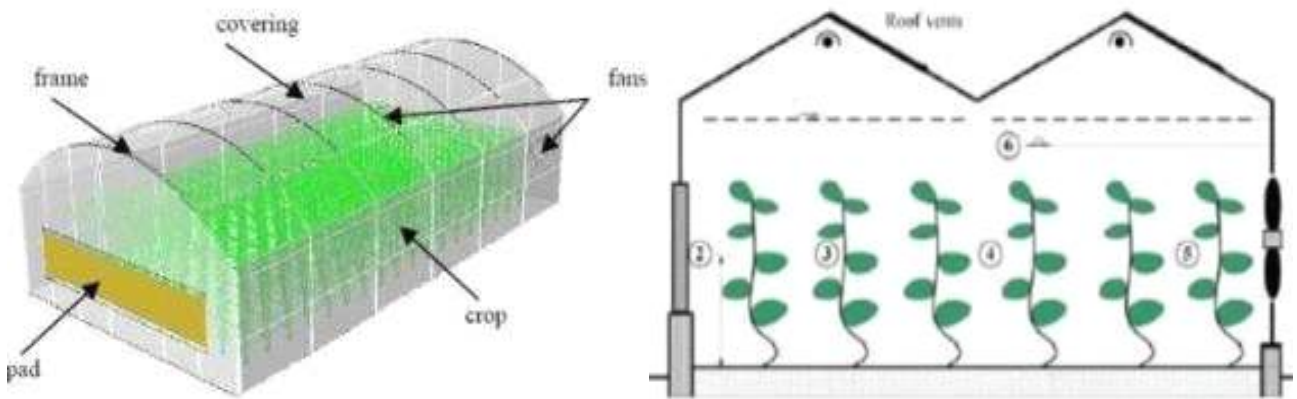
가) UAE 지역의 작물재배 시 고려사항

- (1) 사막기후 또는 국내 하절기 기후에서 기존의 환기, 차광, 증발 냉방 등의 수동적 냉방으로는 대부분 시설원에 작물이 고온장해로 인한 생육저하, 고사 등의 피해가 발생되므로 이를 극복을 위한 복합적 냉방 기술의 적용이 필요하다.
- (2) UAE 온실의 냉각 시스템은 팬-패드 시스템이 기본이며, 최근 근권부 및 양액 냉각 등이 도입되고 있으며, 일사량에 따라 다양한 차광막을 사용하고 있다.
 - * 팬-패드 시스템은 물 소비량이 많으며 습도가 높아 병충해 발병율이 높은 단점이 있어 개선이 필요하다.
- (3) 고온기 작물의 생육 증진을 위해 다양한 작목과 작물기관에 대한 국소냉방 기술이 연구되고 있으나 기후 품종에 따라 온도 반응이 상이하므로 사막기후 온실 적용을 위해 다양한 조건의 냉방 적용시험을 통해 적정조건을 도출할 필요가 있다.
- (4) 효율적 온실 냉방을 위해서 기후, 시설, 작목 등을 고려한 냉방설계가 중요하며 사막기후는 극단적 일사량, 기온, 토양조건을 가지므로 현지 기후조건을 반영한 냉방부하 설계가 요구된다.
- (5) 사막 지역은 농업용수가 중요한 자원으로 인식되고 있으며, 고온 기후로 물 사용량이 상대적으로 많아 관행 기화식 냉방, 관수 관리 등에 용수 절감을 위한 설계 및 운용 개념과 용수 회수 개념을 도입한 효율적 온실 물관리 기술이 필요하다.
- (6) UAE 정부의 수경재배 기술의 보급으로 토마토 등을 수경으로 재배하는 시설이 증가하고 있으며 수경재배로 농업용수의 사용량을 최대 94% 절감할 수 있다.
 - * 아부다비 식품관리청은 UAE 전체 물 소비량의 60%에 달하는 농장의 농업용수 사용량을 40%까지 줄일 계획이다.
- (7) 냉방부하 저감을 위해 차광커튼, 적외선차단 및 산란광 피복재 등이 개발되었으나 강 자외선, 모래바람 등의 극한 조건을 반영한 내구성 및 온도 강하 성능 평가가 필요하다.

- (8) 국내·외에서 개발된 다양한 온실 냉방기술의 사막기후에 대한 적용성을 높이기 위해 사막기후를 반영한 냉방 부하 설계, 국소 냉방 및 양액 냉각 등의 에너지 절감형 냉방기술 최적화 등의 사막기후 맞춤형 냉방패키지 기술개발이 필요하다.
- (9) 고온 환경하에서 시설채소의 품질과 생산성을 확보하기 위하여 작물의 생육특성을 반영하여 고온 스트레스를 경감할 수 있는 재배기술의 개발이 요구된다.
- (10) UAE 지역의 물 부족 현실을 반영하여 증발냉각의 증발수 회수 및 재이용 기술 등 냉방패키지의 용수사용 절감 방안을 고려할 필요가 있다.

나) 사막기후형 냉방 패키지 자료 조사

- (1) 강제 환기팬, 증발냉각시스템, 히트펌프, 지하수 활용, 근권부나 작물체 주위 국부냉방, 지붕살수 등은 고온기 온실의 실내온도를 하강하기 위한 설비적 기술로 활용되고 있다.
- (2) 증발냉각시스템은 가장 경제적인 냉방 방식으로 팬-패드 및 포그시스템이 사용되고 있다.
- (3) 팬-패드시스템은 강제환기 팬이 필요하며 온실의 한쪽 벽면에 패드를 설치하고 반대 벽면에서 배기하기 때문에 패드와 거리가 멀어질수록 온도가 상승하여 실내온도의 편차가 생기는 단점이 있다(최대간격 약 43m).



팬-패드 온실

팬-패드 온실 측면도

그림 88. 팬-패드 시스템 온실의 구성도

- (4) 포그 시스템은 포그 노즐을 온실 전체에 고르게 배치하면 균일한 실내온도를 조성할 수 있지만 포그 노즐의 구멍이 막히지 않도록 적절한 필터와 화학적인 처리제 사용 및 수질 확보가 필요하다.
- (5) 국내기술 적용은 주로 히트펌프를 활용한 냉방기술이며, 화훼류 및 육묘생산 등에서

일부 이용되고 있으나 높은 운영경비의 문제로 야간냉방에만 국한되어 적용되고 있어서, 경제성 측면의 분석도 필요하다.

- (6) 기존 중동지역의 팬-패드 방식의 문제를 극복하기 위하여 반밀폐형 공조시스템(아래, 아부다비 식품관리청(ADAFCA) 산하 Bani Yas 농장)이 도입된다.



UAE ADFCA Bani Yas농장 1

UAE ADFCA Bani Yas농장 2

그림 89. UAE 현지 농가 방문

- * ADFCA의 Bani Yas 농장의 반밀폐형 공조시스템은 근권 냉방기술과 암면배지를 활용한 첨단 수경재배 유리온실이며, 네덜란드 와게닝겐 대학이 연구 및 지원을 수행하고 있다.

- (7) 반 밀폐형 공조시스템은 기본 팬-패드 대비 효율 200%(근거: 네덜란드 농업 자문 회사 Dienst Landbouw Voorlichting, 2000년)로 사막기후 적응을 위하여 필수적으로 요구되고 있다.

3) 사막기후에 적합한 설계기준 도출

가) 온실설계 공통(안)

설계 기준 도출을 위한 일반적 사항을 먼저 정의하고 기본적인 설계 공통(안)을 정리하여 설계에 반영하고자 한다.

- (1) 온실설계는 현지 기후 및 현장의 경도에 의한 영향이 매우 크며, 많은 경우 건축을 위한 자재들의 가용성에 의하여 제한 된다. 설계는 항상 완벽하지 못하며, 아래 기준에 의한 우선순위가 필요하다.

(가) 광량의 극대화

(나) 그림자를 회피하기 위한 구조적 요소들의 최소화

(다) 열손실 및 비용을 감소시키기위한 충분한 Insulation 필요.

- (2) 플라스틱 필름 온실과 관련된 가장 중요한 측면은 아래와 같다.

(가) 풍속에 대한 적절한 구조적 저항성과 더불어, 예측 가능한 로드(눈, 모래 폭풍, 작물, 보조 장비 등) 뿐만 아니라 온실은 풍속에 의한 찢어짐을 회피하기 위한

시공이 잘 되어야 한다. 또한, 필름 교체도 용이하게 설계 시공되어야 한다. 필름 설치와 자재비용은 수년간의 기대수명이 가능한 필름의 사용으로 비용이 증가하고 있다.

(나) 필름의 내구성을 강화하기 위하여, 태양복사에 의한 열 증가를 감당할 수 있도록 필름과 닿은 부분에 반드시 완충재가 필요하다. 과도한 온도는 필름의 기대수명을 줄일 수가 있다.

(다) 금속 프레임이 사용될 때, 프레임 간 간격은 예측 가능한 로드(풍속, 눈 등)에 의하여 결정되며, 일반적으로 3m를 넘지 않는다.

(라) 온실은 낮은 야온이 기대될 때, 야간 냉각을 방지하기 위하여, Airtight 상태가 되어야 하며, CO₂의 손실도 방지하여야 한다. Airtight 환기를 가진 적절한 환기 시스템이 필수적이며, 강우로 인한 수분 인입이 대비가 되어야 한다.

(3) 온실 체적은 충분한 만큼 넓어야 하며, 더 높은 열 관성 및 유인 작물의 성장 공간과 자연 환기에 필요한 충분한 내부 공기의 이동성 등이 고려되어야 한다.

(4) 거터를 이용하여, 강우에 의한 물 수집은 저장 후 관개수로 이용 가능하며, 낮은 강수량 지역 뿐만 아니라 무 토양 재배 시에도 충분한 가치가 있다. 거터는 드레인 파이프 직경보다 4 cm가 더 커야 하며, Overflow를 위하여 1%의 경사를 가져야 한다. 최대 경사율은 일반적인 경우 0.2%보다 높아야 한다. 드레인 파이프는 배출되는 커버 면적 각각 10 m²를 위하여 7 cm²의 십자형 연결부가 있어야 한다(시간 당 75mm 집중 강우 대비).

(5) 온실 내부의 수분 응집으로 작물에 떨어지는 물을 방지하기 위하여 26° 이상으로 루프 앵글이 더 크게 건축하는 것이 중요하며, 적절한 응집 시스템을 갖추는 것이 중요하다.

(6) 일반적으로 온실은 태양 광량이 최대화되도록 설계되어야 하며, 적절한 지붕 높이와 지향 방향이 중요하다.

나) 사막 기후 온실설계(안)

건조한 사막 기후에서 극심한 온도 수치는 지중해성 기후에서 경험된 것보다 훨씬 열악하다. 그리고 외기 습도는 더욱 낮으며, 바람은 낮은 수분함량을 동반한 모래와 함께 빈번하게 발생되어 사막기후 특성을 고려하여 설계에 반영하고자 추가적으로 사막기후를 고려한 설계(안)을 도출하였다.

(1) 높은 환기 용량과 효율이 우선순위가 되어야 하며, 온실 내 야간 운용 시 온도감소 및 RH(오아시스 효과)를 증가를 위하여 수분 증발량이 불충분할 경우에는 제습 시스템의 필요성이 요구된다.

- (2) 야간의 열 손실 방지는 필수적이며, 야간 난방을 위한 적절한 Cladding 자재와 충분한 Sealing이 중요하다.
- (3) 풍속에 대한 구조적 저항성이 기본이며 관개수를 위한 강우 시 물 집수가 일반적으로 요구된다.
- (4) 중동지역의 겨울 조건 하에서 온실은 최대량의 광량을 얻기 위한 적절한 지붕 구조와 최적화된 온실 위치가 감안되어야 한다. 또한, 열 손실을 제한하기 위한 열 스크린 및 Cladding 자재가 필요하다.
- (5) 열 손실을 감소시키기 위한 여러 방법들은 태양 복사열의 감소를 의미하며 열 스크린은 접은 상태에서도 그림자가 발생된다. 따라서, 각 특별한 경우에 열 손실 감소와 광량에 대한 절충 가능한 설계가 필요하다.
- (6) 중동 하절기와 혹서기의 직사광에 의한 온실 내 고온 대비 외부 차광막(Sun Shade) 및 자외선 차단 효과가 검증된 UV 필름 설치가 필요하다.

나. 사막 지역 토질을 고려한 기초설계

1) U.A.E 인프라 환경에 적합한 기초설계

가) 온실 기초공사 개요 및 설계 도면 (출처: 그린플러스 자료 참조)

(1) 기반시설 ADAFSA 제공 조건

- 온실까지 전기, 용수 인입
- 접근도로 및 진입로 설치
- 외부 배수로 설치 및 기존 부지의 배수 시스템과의 연결



온실 현장 및 설치 위치

그림 90. 현지 온실 현장 설치 위치 및 면적

* 온실 현장 위치: Al Kuwaitate 연구 센터내 부지

(2) 온실 기초 공사

기초공사는 내부 독립 기초(돌리), 외곽 줄 기초 및 바닥 콘크리트로 시공되며, 내부 독립 기초(돌리)의 최종 윗면은 Y11 -> Y2쪽으로 매 기둥마다 10cm씩 낮아진다.

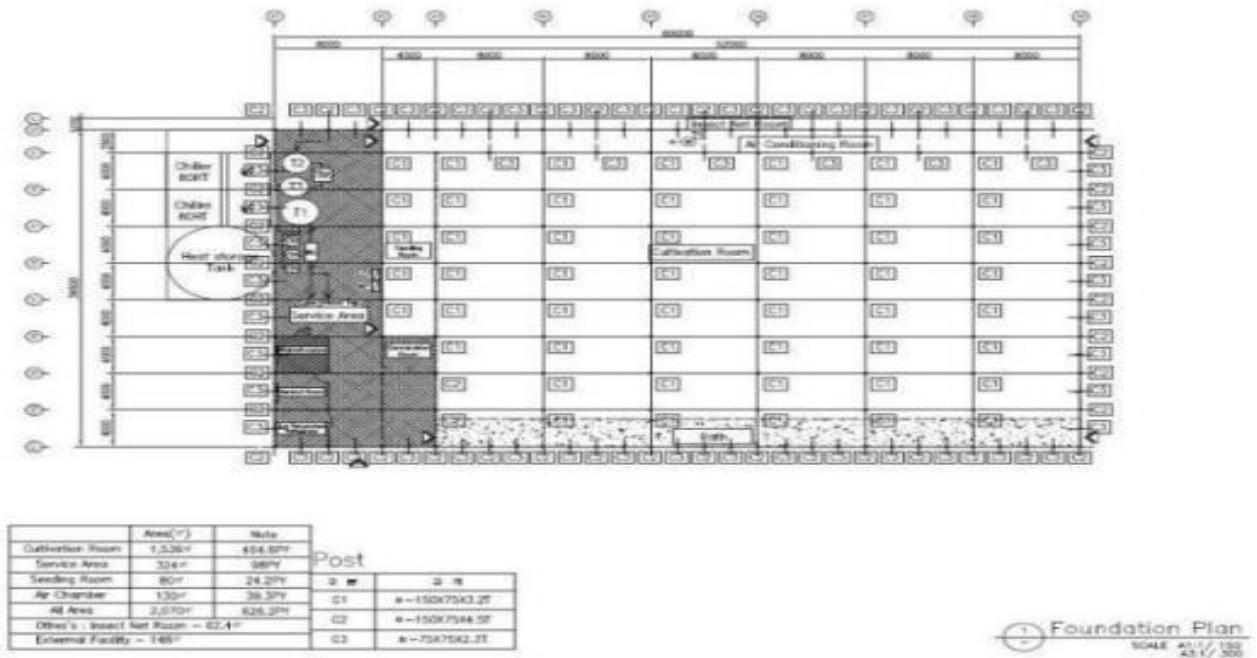


그림 91. 온실 기초 도면

(가) 내부 독립기초

- 전체 부지는 여유있는 면적을 수평 정지한다.
- 측량하여 독립기초 위치를 표시한다(필요공기구: 삼, 강선, 백회, 망치, 말뚝, 못 등)
- 미리 준비된 거푸집(THP관 $\varnothing 600 \times L1,000$)과 비닐(1m X 1m)을 독립기초 위치에 부착한다.
- 측량기(광파기)를 부동의 위치(기준점)에 정지한다.
- 포크레인 각각의 기초위치를 터파기한다.
- 측량 폴대 인원이 수시로 파낸 깊이를 확인하면서 파낸다.
- 비닐을 깔고 거푸집(THP관)을 정확한 위치에 세운 후 움직이지 않게 주변에 흙을 채워 다진다.
- 내부독립기초 위치마다 스틸돌리(150 X 75 X 3.2t X L1,000)와 철근을 2개씩 배열한다.
- 각 거푸집마다 콘크리트를 채우면서 콘크리트를 다짐한다.
- 정확한 위치와 높이를 확인하기 위하여 기준틀을 설치하고 아래 그림처럼 가이드 선을 설치하면 좋다.

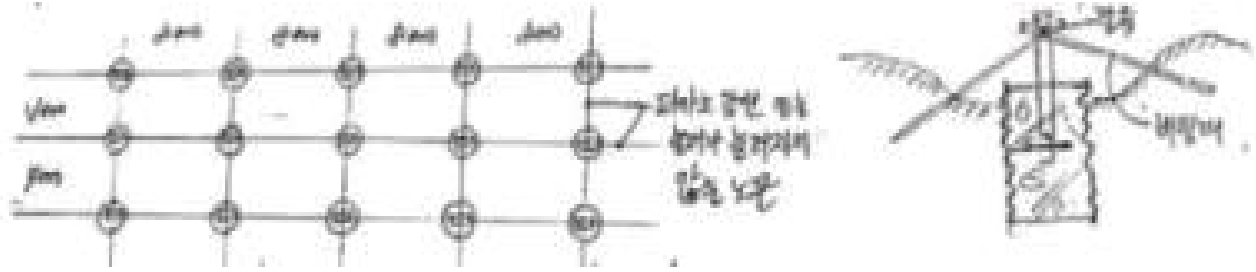


그림 92. 기준틀 및 가이드선 설치

- 콘크리트 타설 후 일정시간 후 수분이 빠지면 스틸돌리에 철근을 꽂아 정확한 위치 및 높이로 그대로 굳어지도록 해야 한다.
- 굳어가는 도중 돌리를 설치하고 한시간 경과 후, 각 Point를 점검하여 움직인 돌리가 있으면 수정 보완한다.
- 3~4일 후 완전히 양생되면 버팀대 결속을 풀고 흙으로 덮어 평탄 작업을 실시한다.

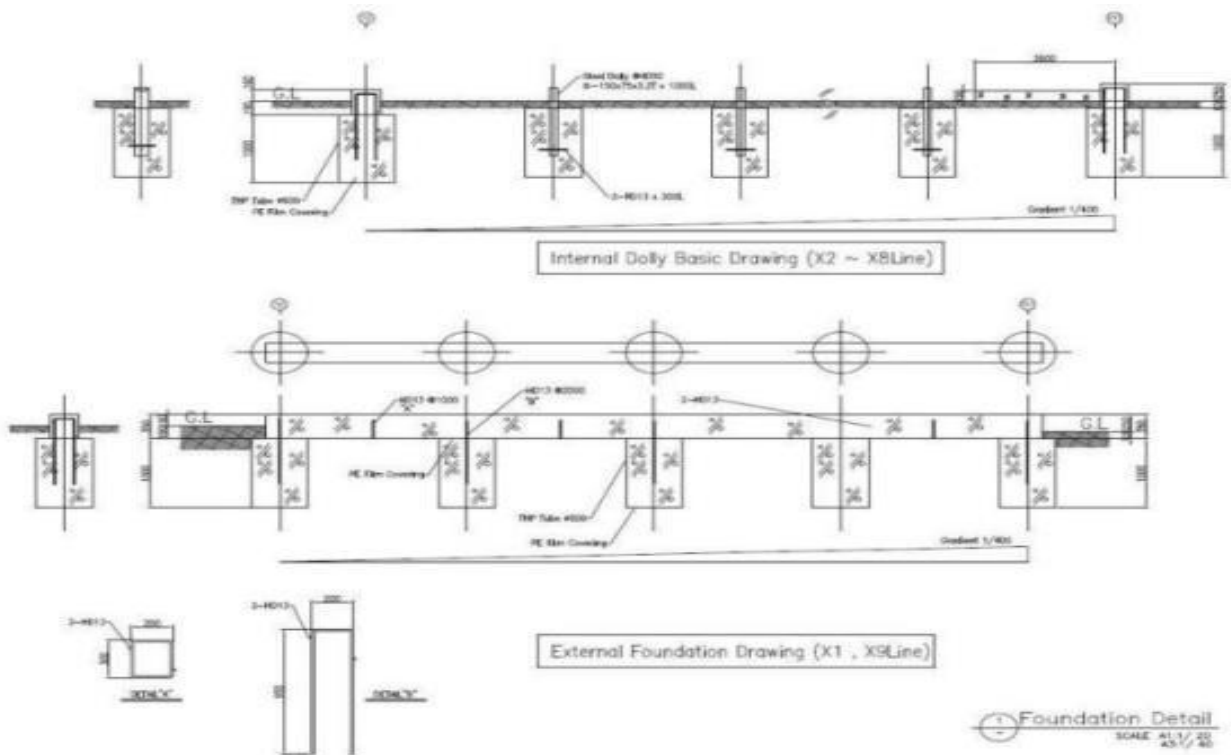


그림 93. 내부 돌리 기초 및 외부 기초 상세도면

(나) 외곽 줄기초

- 측량을 하여 외곽줄기초의 정확한 라인을 표시한다.
- 줄기초 받침(Footing 2m간격)용 거푸집과 비닐(1m X 1m)을 필요위치에 배열한다.
- 받침의 위치 및 깊이에 맞추어 터파기한다. (사질토의 특성 상, 삽으로 마무리 하는 것을 권고)
- 삽으로 마무리하면서 비닐을 깔고 거푸집(THP관)을 세우고 주위를 흙으로 묻어 거푸집이 움직이지 않도록 다짐을 한다.

- THP관에 콘크리트를 채우면서 “ㄷ”형 철근을 2 m간격으로 높이를 맞추어 꽂는다.
- 콘크리트가 양성되면 Footing 높이로 줄기초 바닥을 폭 1 m로 수평 작업한다.
- 2 m간격의 흙바닥 사이에 비닐을 각각 깔고 중간흙바닥에도 “ㄷ”형 철근을 박는다.
- I형 철근 양면에 가로철근을 대고 결속을 한다(아래 도면 참조)
- 줄기초용 거푸집을 설치하고 견고하게 한 후 구배레벨에 맞춰서 모접기바를 고정한다.
- 콘크리트를 타설하고 다짐하면서 상부레벨을 정확히 맞추어 미장 마감한다.
- 3~4일 후 양생이 완료되면 거푸집을 제거하고 흙집이 있는 부분을 세멘트 모르타르로 충진 마감한다.

(다) 바닥 콘크리트

- 지중설비(배관용 트렌치, PAD 물탱크 보호벽)를 설치한다.
- 매립배관(전기 및 수도 인입관, 관수 및 용수배관, 전선관, 관리동 배수 트렌치 고정, Wash Room 배수배관 등)을 설치한다.
- 바닥평탄 작업 및 다지기 작업을 실시한다.
- 방습필름(비닐)깔기→ 거푸집 설치→ 철근 및 와이어 메쉬 깔고 결속→ 철근 및 와이어 메쉬 고이기→ 콘크리트 타설
- 물기가 없으면 표면기계 미장→ 건조방지용 보온덮개를 덮고 물뿌리기→ 3~4일간 건조안되고 수시로 물뿌려서 양생시킨다.
- 콘크리트 절단기로 4m간격으로 가로, 세로 신축줄눈 컷팅 작업을 한다. (깊이 5~6cm)
- 물탱크 및 장비설치용 PAD 설치 (정확한 위치표시 및 거푸집 고정 후 콘크리트 타설)
- 표면 쇠퇴손 미장 후 보온덮개 덮고 물뿌리기 양생 작업을 실시한다.

나) 전기 부하 일람 및 수전량 산출

(1) 일일 용수량 산출

UAE ADAFSA(농식품안전청) 제출 본 ('19.11.25)

: Total 15.46 ton/day 요청

| 구분 | 부하명 | 산출 | 물소요량 |
|---------|--------|--|-------|
| 사용량 | 관수량산정 | $10\ell/m^2/day \times 1,584m^2 = 15,840\ell/day$ | 15.84 |
| | 팬&패드 | $18.34\ell/m^2/day \times 1,584m^2 \times 10\%$ | 2.91 |
| | FOG시스템 | $4.5\ell \times 2ea/set \times 17ea/line \times 6line \times 2h$ | 1.84 |
| | 소 계 | | 20.58 |
| 회수량 | 양액리사이클 | 관수량의 30% | -4.75 |
| | 팬코일 | $0.85\ell \times 8h \times 30대$ | -0.15 |
| | 제습유동형 | $2\ell \times 6h \times 18대$ | -0.22 |
| | 소 계 | | -5.12 |
| 합 계 용 량 | | | 15.46 |

그림 94. 필요 용수량 산출표

(2) 전기 부하 산출

UAE ADAFSA(농식품안전청) 제출 본 ('19.11.25)

: Total 480kw/h 요청

ADAFSA Greenhouse Electrical Load Table(kw/hour)

| Div | Load Source | Capacity(W) | Unit(VA) | #pcs | Capacity(KVA) | Remark |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------|------|---------------|-----------|
| Always Running | Air Dehumidification Fan | 380V-3Ø-590 | 590 | 18 | 10.6 | |
| | Fancoil Unit | 380V-3Ø-375 | 750 | 33 | 24.8 | |
| | Cooling Storage Pump | 380V-3Ø-11000 | 11,000 | 1 | 11.0 | |
| | Circulation Pump(Greenhouse Cooling) | 220V-1Ø-5500 | 5,500 | 2 | 11.0 | |
| | Circulation Pump(Water Cooling) | 220V-1Ø-750 | 750 | 1 | 0.8 | |
| | Pump for Fan&Pad | 220V-1Ø-375 | 375 | 8 | 3.0 | |
| | Pump for Nutrient Disinfection | 220V-1Ø-375 | 375 | 8 | 3.0 | |
| | Fresh Water Pump | 220V-1Ø-750 | 750 | 1 | 0.8 | |
| | Return Water Pump | 220V-1Ø-750 | 750 | 2 | 1.5 | |
| | Nutrient System | 380V-3Ø-3500 | 3,500 | 1 | 3.5 | |
| | Fog Unit | 380V-3Ø-7500 | 7,500 | 1 | 7.5 | |
| | Filling Pump | 220V-1Ø-750 | 750 | 1 | 0.8 | |
| | Heating Pump 60RT | 380V-3Ø-134470 | 134,700 | 2 | 269.4 | MAX Value |
| Sub total (1) | | | | | 347.5 | |
| Occasional Running | Motor for Rooftop window open/closed | 380V-3Ø-400 | 400 | 2 | 0.8 | |
| | Motor for shade screen open/closed | 380V-3Ø-400 | 400 | 1 | 0.4 | |
| | Motor for side window open/closed | 220V-1Ø-120 | 120 | 4 | 0.5 | |
| | Electric Bulb | 220V-1Ø-32 | 32 | 25 | 0.8 | |
| | Electric Outlet | 220V-1Ø-250 | 250 | 20 | 5.0 | |
| | Service Room | | | | 20.0 | |
| Sub total (2) | | | | | 27.5 | |
| Total : (1)+(2) | | | | | 375.0 | |
| Spare Capacity | 25% of Always Running | | | | 86.9 | |
| | -50% of OccasionalRunning | | | | -13.7 | |
| | Additional Capacity for the future | | | | 30.0 | |
| Sub total (3) | | | | | 103.1 | |
| Total Capacity : (1)+(2)+(3) | | | | | 478.1 | |
| Total Capacity requested | | | | | 480.0 | |

그림 95. 사막기후 적응형 온실 전기부하 산출표

다. 국내유관기관(농진청 등) 기술협력

1) 현지 환경에 적합한 기술자료 수집 및 적용검토

본 과제의 성공적인 과제 수행을 위하여는 현지 환경에 적합한 기술자료 수집이 필수적이며, 유관기관 협력을 통하여, 현지 적용된 기술 및 국내 기술을 조사하여 적용검토를 하였다.

가) 네덜란드 순환식 수경재배 통합 시스템

네덜란드는 순환식 수경재배 시스템을 법제화(1994)하여 정부 규제를 시행(2004년)하고 있어 배양액 재활용에 필요한 분석시스템, 폐양액 관리 기술, 배액 소독 장치 등의 기술개발 및 실용화에 집중 투자를 하고 있다.

▶ 순환식 수경재배 비율: 네덜란드 60%, 일본 25%, 한국 5% 미만

(1) 재순환되는 배양액 내 각 이온의 최대 수용농도를 작물 별로 설정하고 순환식 시스템에서 배양액 내 Na, Cl 등의 축적을 막고 N와 P의 양분 손실을 최소화할 수

있는 배액 및 양액 관리 기술이 연구된다.

- (2) 양액 내 질산태질소, 칼륨, 칼슘 등 양분의 농도를 동시에 측정하는 이온 선택성 전극(Ion-Selective Electrodes, ISEs)과 개별 이온의 양액 자동 제어시스템 알고리즘의 개발 및 적용 연구가 진행 중이다.
- (3) 실시간 작물 계측센서, 모델에 의한 작물의 양분요구도 예측, 양수분 공급조절을 위한 센서(유량센서, 이온센서 등)와 작물모델의 통합체계 또는 작물모델과 컨트롤러의 통합체계, 모델/컨트롤러 파라미터의 on-line 보정 등의 기술에 관한 연구가 진행 중이다(Hydrion-Line Project).



Priva 시스템

Hortimax 시스템

그림 96. 작물재배에 사용되는 시스템 종류

- (4) 수경재배지 작물체 양수분 공급 및 함수율 관리를 위한 측정 장치와 생육모델이 다양하게 연구되고 있으며 이를 복합환경 제어시스템에 적용하여 작물의 생산성과 품질향상에 기여하고 있다('17년, 네덜란드).
- (5) 작물 내 수분이동 측정을 위하여 'PRIVA', 'HORTIMAX'사에서 시설 과채류의 생산량 증대를 위한 여러 가지 측정 및 제어 제품을 출시하였다.
 - (가) 수분과 관련한 장치로는 'HORTIMAX'사의 'ProDrain' 제품이 국내 농가에까지 도입되어 사용되고 있다.
 - (나) 세계적으로 물의 소비에 대한 관심이 증대됨에 따라 수분 이용 효율과 생산량의 증대에 관련한 연구가 계속 진행되고 있으며, 연구를 바탕으로 개발된 제품은 전 세계로 수출되고 있다.

나) ICT 기반 국산 센서 기술 적용 검토 및 운용기술 개선

- 국내산 센서: 국내 시설농업 관련 자재의 경우 국산 제품의 성능 및 가격 경쟁력 확보 및 적용목적
- SW연동: 국산 복합제어기의 연동성 및 운용 알고리즘을 개선 검토 적용

표 18. 국산 복합제어기 센서 및 특성

| 구분 | 센서명 | 특성 | 비고 |
|-----------|-----------|--------------------------|-------------|
| 기상관측 | 외기온도 | 외기온도 측정 | |
| | 일사량 | 광량, 일출, 일몰, 구름량 | |
| | 강우계 | 비와 눈 감지 | |
| | 풍속 | 바람속도 | |
| | 풍향 | 바람방향 | |
| | 습도계 | 외기 습도 측정 | |
| | 우량계 | 강우량 측정 | |
| | 기압계 | 기압측정 | |
| 시설 내 | 온도습도 | 백엽상 설치, 건구, 습구온도측정 | 유동휠 설치 |
| | 근권온도 | 지온, 근권부 온도측정 | |
| | 냉방관 온도 | 온수냉방관 온도 | |
| | CO2 | 시설내 CO2 측정 | |
| 관수 시스템 | 수온, 수위 센서 | 저장 탱크 물의 온도, 물의 수위 측정 | |
| | EC | 전기 전도도(원수, 양액, 배액, 근권 등) | |
| | PH | 수소이온 농도측정 | |
| | 배액 카운터 | 비액량 측정 | |
| 양액 공급 시스템 | pH 센서 | 제어, 감시 센서 구분 | 유속 조절 밸브 설치 |
| | EC 센서 | 병렬설치 | 온도 센서 설치 |
| 원수공급 펌프 | 리턴 밸브 | 압력변화 대비 | |
| | 수온 상승 | 수온 측정 | |
| | 온도계/압력계 | 온도, 압력 측정 | 펌프 보호 |
| SW 연동 | 센서 정확도 분석 | 환경 Data 측정 분석 | |
| | 시스템 연동 | 기본 알고리즘 검증 및 수정 | |

다) 국내 냉난방기술 조사

(1) 하절기 온실냉방을 위해 차광, 환기 등 냉방부하 저감기술과 포그, 미스트, 팬-패드 등의 수동형 냉방이 주로 사용되고 있으며 최근 고부가가치 작목, 여름 작형 등을 대상으로 히트펌프, 칠러 등의 냉방기를 이용한 국소 냉방, 야간냉방 등의 능동형 냉방 기술의 적용이 증가 추세이다.

(2) 농진청에서는 냉난방용 지열원, 수열원, 공기 열원, 계간축열 히트 펌프 및 개별 냉난방기술을 조합한 시설원에 냉난방 패키지 기술을 개발하였다.

(지열 히트펌프 보급면적: 약 231ha)

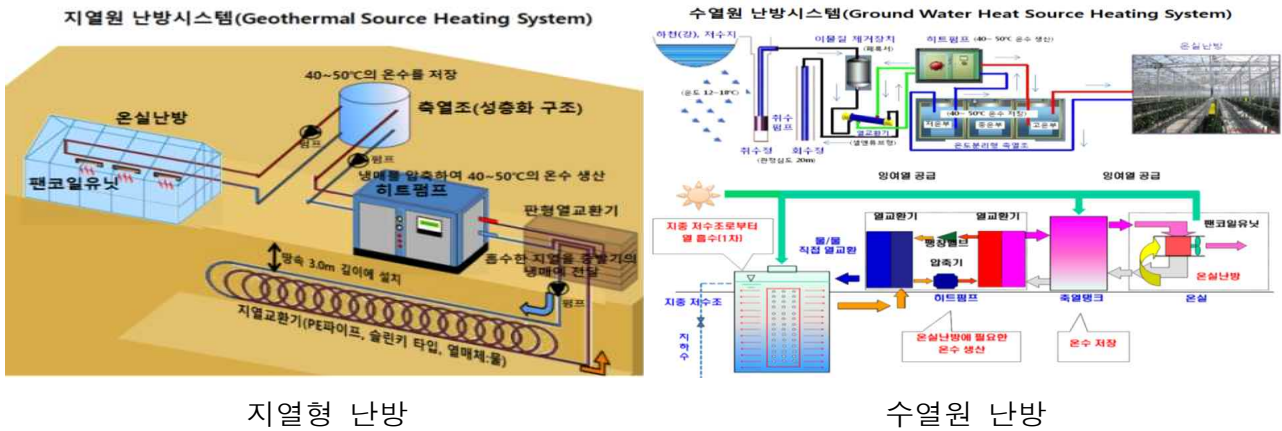


그림 97. 난방 시스템 종류

- (3) 증발식 냉방 방식 중 팬 앤 패드 시스템은 고가의 설치비, 온실 내 온도 경사 발생 등으로 국내에서는 잘 사용하지 않으며, 미스트나 포그 냉방이 파프리카, 토마토 등의 여름 재배에 적용되고 있다.
- (4) 증발식 냉방은 다습한 국내 하절기 기후에 적합하지 않기 때문에 증발효율을 높이기 위한 환기와의 연동 제어 기술, 냉수 파이프 등을 이용한 제습 활용 기술, 저압 포그 등 노즐 성능향상 기술 등이 상용화되어 있다.



유리온실 냉방패키지 1 유리온실 냉방패키지 2 유리온실 냉방패키지 3

그림 98. 벤로형 유리온실의 냉방 패키지 종류

- (5) 냉방에너지 절감과 냉방효율 향상을 위해 근권부, 생장점 등 작물체 온도 민감부 대상 국소냉방기술이 상용되었으며, 토마토 과실부, 알스트로메리아 근권부, 축성 및 사계성 딸기의 관부, 여름 재배 파프리카 근권부 등 다양한 작목과 작물기관에 대한 연구가 수행되었다.



그림 99. 축성재배 딸기 국소 냉·난방 기술

(6) 국내 온실은 다양한 재질의 차광막(스크린)을 온실 내부에 설치하여 하절기 차광, 동절기 보온의 목적으로 활용하고 있으며, 추가적으로 국산 차광도포제, 적외선 흡수/차단 필름 등 고온대응 기술의 개발이 수행되고 있다.

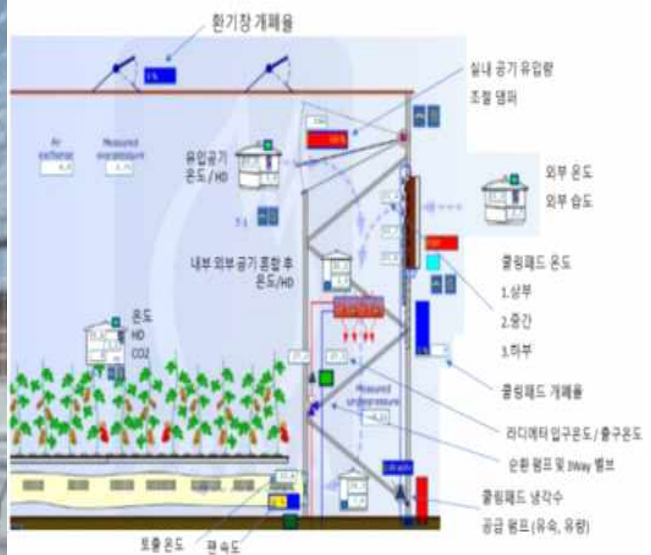
라) 해외 냉난방기술 조사

(1) 유럽, 미국 등 농업선진국에서는 고온기 온실냉방을 위해 차광, 환기, 기화 냉각 (포그, 미스트, 팬-패드)이 주로 이용되고 있으며, 히트펌프에 이용되는 공기열, 지중열, 수열(해수열, 하천수열 등)이 신재생 에너지원으로 온실에도 도입되고 있다(주요 기업: 캐나다 KOOLJET, 미국 Delta T, 네덜란드 Certhon, 영국 CMW Horticulture, 일본 Nepon 등).

(2) 네덜란드의 KUBO, Van Der Hoven사 등에서 팬-패드, 믹싱 밸브, 공조 유닛 등으로 구성된 냉난방, 환기 복합 환경 관리가 가능한 반 밀폐형 온실모델을 상용화하였다(첨부 참조: 호주학자 반밀폐형온실 조사 보고서).



네덜란드형 반밀폐 온실 설치예



반밀폐 온실 세부 구성도

그림 100. 반밀폐형 온실의 설치 및 구성도

(가) 기술적 특징

: Fan & pad 방식의 단점을 보완하여 온실 내 균일한 환경관리가 가능하다.
습도 60% 이하의 낮은 환경에서 적합하다(60% 이하일 경우).

(나) 반 밀폐 온실 구동 원리

: 쿨링 패드 상부 및 중부 하부 온도 편차를 통해 공급 수량을 조절한다(편차가 크면 공급량 증가), 쿨링 패드 개폐기를 통해 외부 공기 유입량을 조절한다.

(3) 일본은 2009년 히트펌프를 재생에너지에 포함, 에너지공급구조 고도화법을 시행 중이며, 대기업 등 공조기 전문기업을 중심으로 원예시설용 히트펌프 모델을 개발하였다. 초기의 장미 온실 냉난방을 시작으로 토마토, 파프리카, 감귤 등 다양한 작목으로 확대 보급하고 있으며, 하절기 야간냉방, 환절기 습도관리, 동절기 난방 등 다목적 공조기로 이용 분야를 확대하고 있다.

(4) 물 절약형 냉방-수경재배를 위해 호주의 Port Augusta 지역에 20ha 규모의 Sundrop farm이 설치되었으며, 집광형 태양광 발전(CSP, 39MW)으로 생산한 전기의 50%를 냉난방 공조에, 40%는 해수담수화에 사용하여 연간 15천 톤의 토마토를 생산하고 있다.



그림 101. 호주 Sundrop farm

(5) 일본에서는 딸기 화아분화 촉진 및 연중재배를 위해 기화 잠열 냉각베드를 이용한 근권부 냉방 기술, 지하수 또는 히트펌프 냉방수를 이용한 딸기 관부 냉방 기술 등이 개발되어 보급되고 있다.

(6) UAE의 ICBA(국제해수농업센터)에서는 팬 앤 패드 온실에 비해 물 및 에너지 효율이 각각 8배, 62배 높으며, 미스트 및 차광 장치 등으로 구성된 그물 온실(Net

greenhouse)을 개발하였다.

- (7) 저온의 심층 해수를 취수하여 팬 앤 패드와 열교환기에 공급함으로써 온실의 효율적 냉방과 응축수 재이용이 가능한 해수온실(Seawater greenhouse)이 개발되어 UAE와 오만 등에서 적용 시험이 수행되었다.

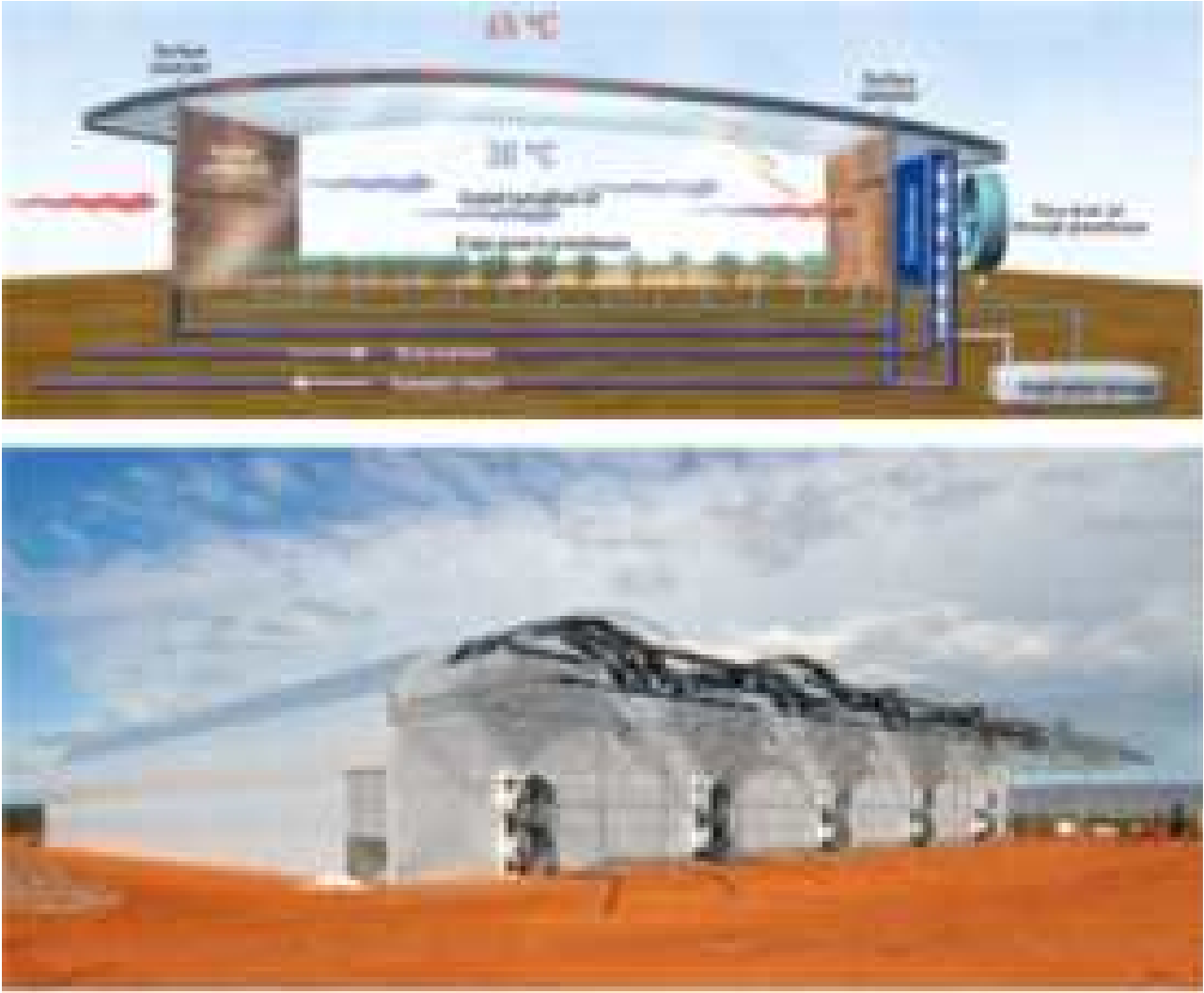


그림 102. 팬-패드 및 해수 온실 예

- (8) 최근 UAE에서는 일본에서 개발된 나노 기공을 가진 하이드로겔을 작물 수경재배 배지로 이용하는 필름 농법을 방울토마토 재배에 시험 적용하여, 물 및 농약 사용량이 절감되고 토마토 당도가 향상되었다고 보고된다.
- (9) 차광제를 온실 외부에 도포하여 시설 내로 유입되는 빛을 차단하여 온도상승을 억제하는 기술은 유럽, 미국 등 농업선진국에서 활발한 연구가 진행 중이며, 아래와 같이 다양한 차광제가 출시되고 있다.



차광도포제 1

차광도포제 2

차광도포제 3

차광도포제 4

그림 103. 온실 외부에 도포하는 차광 도포제 종류

(10) 냉방 기술 및 물 절약 수경재배 시스템 의견

- UAE의 여름철 최고온도 45도/습도 60% 이상 및 물 절감의 설계조건을 감안하면, 반 밀폐형 온실 시스템의 설치 및 물 절약 시스템의 설치가 필수적으로 판단되며, 최대한 국산 자재를 활용하여 적용하기로 결론지었다.
- 차광도포제보다 국내업체 개발 피복재인 IR 산광필름을 적용하기로 하였다.

2) 유사과제 수행기관 개발 기술 적용 협의

가) 한국형 순환식 수경재배시스템 개발(서울대 2014, 농진청, 2017)

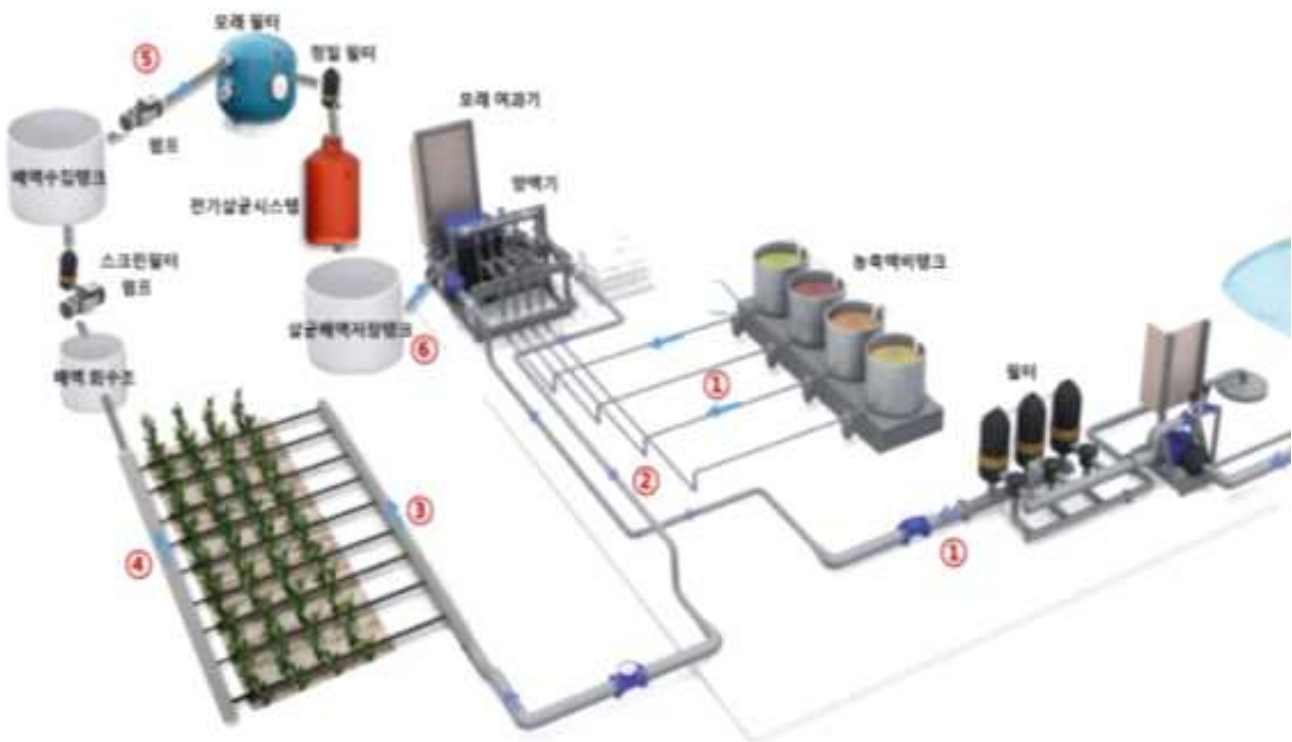


그림 104. 순환식 수경재배 시스템 개념도

(1) 개발 배경

현재, 수경재배 농가 대부분(95% 이상)은 비 순환식 시스템으로 배출되는 양액의 잔여 비료 성분으로 인한 환경오염 및 비료의 불필요한 과다 사용이 문제이다.

▶ 비순환식 수경재배에 따른 연간 환경부하량: 300일 재배, 30% 방출 시 추정 방출량: 물 6,000톤/ha, 질소 10톤/ha, 인 1톤/ha, 탄소 배출량 3,285톤/ha

- 농진청은 2009년부터 물질약을 위한 발작물 물관리 기술을 수행하고 있으며, 배액회수 및 희석장치, 여과장치 및 살균장치, 양분의 조성농도 등 일부시스템을 비순환식에 추가로 설치하여 한국형 순환식 수경재배시스템을 개발한다(2005, 원예원 시설원시).
- 첨단원에 온실을 중심으로 모래 여과, UV 살균 및 총 이온농도(EC) 기준에 따른 배액 희석 비를 조정하는 방식으로 배액의 재활용이 이루어지고 있다.
- 배액 배출의 최소화를 위해 수위 센서에 의한 배액 전극 급액 시스템, 유기배지 용 함유량 측정 센서(FDR 등)를 이용한 배지 내 양·수분 조절기술 등이 연구되고 있다(2009~, 경남기술원, 서울시립대).
- 코이어 배지를 이용한 파프리카 순환식 수경재배 양액 조성 개발과, 전기살균시스템 및 순환식 재활용 시스템 등 한국형 순환식 수경재배 연구를 수행하였다(2017, 원예연 시설연).
- 강진 ‘아트팜’, 논산 ‘팜슨’, 화성 ‘우일팜’ 등의 대규모 파프리카, 토마토 생산 농가에서 적산 일사량 기준의 관수방법과 다양한 근권환경 측정 센서를 이용한 수분 정밀 기술이 도입 시행되고 있다.
- 토마토 생육기 증산작용에 따른 줄기의 직경과 과일 직경 및 엽온 측정 센서를 이용한 온실 복합환경 제어시스템이 완성되어 현장 적용된다('18년, 서울대).
- 최근 작물의 생체정보를 측정 개발하는 연구 지속 수행으로 작물 적용범위가 토마토와 파프리카까지 확대 적용되었다(2018, 원예연).
- MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 및 나노기술의 통합을 이용한 최소침습 및 정밀 측정 구현에 필요한 기초 기술을 확보하였다.
: 확보된 기초 기술을 이용하여 작물체 온도, 수액흐름(sap flow), 수액 EC 정보 측정기술을 개발하였다.

(2) 현장평가 결과 ('17.07.13)

- 파프리카 순환식 수경재배 시 생육단계별 과실 수량 특성 비교

표 19. 순환식 수경재배 파프리카 과실 수량 특성 비교

| 그룹 | 양액 조성 | 상품수량 (kg/10a) | 상품과율 (%) | 과중(g)/주 (n=30) | 과실수/주 (n=30) |
|---------------------------|--------|---------------|----------|----------------|--------------|
| 1~2 | 신조성 | 5,034 | 97.9 | 1,469 | 7.8 |
| | 순환식 암면 | 5,070 | 96.5 | 1,502 | 8.5 |
| 3~4 | 신조성 | 7,082 | 96.3 | 2,101 | 13.6 |
| | 순환식 암면 | 6,840 | 95.0 | 2,088 | 13.9 |
| 5~6 | 신조성 | 5,885 | 93.0 | 1,808 | 18.0 |
| | 순환식 암면 | 4,931 | 85.8 | 1,642 | 17.6 |
| Significance ^z | | | | | |
| Groups (G) | | *** | *** | *** | *** |
| Nutrient Solutions (NS) | | * | *** | NS | NS |
| G×NS | | NS | ** | NS | NS |

^z 최소유의차 검정(LSD), 처리간 유의수준 $P < 0.05$ 이면 *(유의함), $P < 0.01$ 이면 *(고도로 유의함), 유의성이 없으면 NS

- 순환식 및 비 순환식 수경 재배 시 생육 단계 별 과실 수량 특성

표 20. 순환식 및 비순환식 생육 단계 별 과실 수량 특성

| Groups | 양액 조성 (수경재배방식) | 상품수량 (kg/10a) | 상품과율 (%) | 배꼽썩음과 (%) | 과중(g)/주 (n=30) | 과실수/주 (n=30) |
|---------------------------|-------------------------|---------------|----------|-----------|----------------|--------------|
| 1~2 | 신조성(순환식) | 4,657 | 99.5 | 0.65 | 1,337 | 7.80 |
| | PBG ^y (비순환식) | 4,746 | 98.8 | 0.60 | 1,372 | 7.93 |
| 3~4 | 신조성(순환식) | 3,616 | 95.9 | 3.10 | 1,078 | 7.38 |
| | PBG(비순환식) | 3,492 | 94.6 | 5.41 | 1,055 | 7.33 |
| 5 | 신조성(순환식) | 4,435 | 95.2 | 3.05 | 1,415 | 10.5 |
| | PBG(비순환식) | 4,457 | 94.3 | 5.71 | 1,350 | 10.6 |
| Significance ^z | | | | | | |
| Groups (G) | | * | ** | ** | * | ** |
| Nutrient Solutions (NS) | | NS | NS | * | NS | NS |
| G×NS | | NS | NS | NS | NS | NS |

^z 최소유의차 검정(LSD), 처리간 유의수준(P)가 $P < 0.05$ 이면 *(유의함), $P < 0.01$ 이면 *(고도로 유의함), 유의성이 없으면 NS

^y 네덜란드 PBG(Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente) 파프리카용 배양액

• 한국형 순환식 수경재배시스템 결론

양액 제어 프로그램은 기본적으로 살균 시스템 운영을 위한 기능과 살균된 배액을 재활용하기 위한 밸브 조정 기능이 탑재돼 있어 살균장치와 연계 운영이 가능하다. EC(전기전도도) 및 pH(산도) 제어를 위한 인공지능이 탑재돼 있어 매일 EC, pH 설정 값을 모니터링 하여 최적의 EC, pH 제어 값을 적용할 수 있다. 파프리카의 생육단계 별로 새롭게 조성한 양액으로 재배 시, 기존 암면 재배용 순환식 양액에 비해 상품수량(kg/10a)이 4%~20% 증가한다. 또한, 기존 비 순환식 재배와 생산성을 평가했을 때 상품 수량, 상품과일에 있어서 비슷한 수준을 나타냈으며 배꼽썩음과 등 식물 병 발생은 감소하였다.

나) 농기평 연구과제(농진청 최경리 박사, IHI 이용범 박사) 검토

(1) 과제명: 사막기후에 적합한 물질약형 작물재배기술 개발

| 구분 | 내 용 |
|------|---|
| 최종목표 | 한-UAE 공동과제 수행을 통한 물질약형 작물재배 기술 확립 |
| 세부목표 | 사막기후에 적합한 순환식 수경재배 양수분 관리 기술 개발 사막형 기후 온실의 작물 수분 이용 모니터링 기술 고도화 사막지역 시설 과채류 온실재배 실증 및 성과분석 사막지역 온실 작물 재배를 위한 순환식 수경 재배 시스템 고도화 |

(2) 제 1 세부과제: 과채류 순환식 수경재배 양수분 관리 기술 국내실증 연구

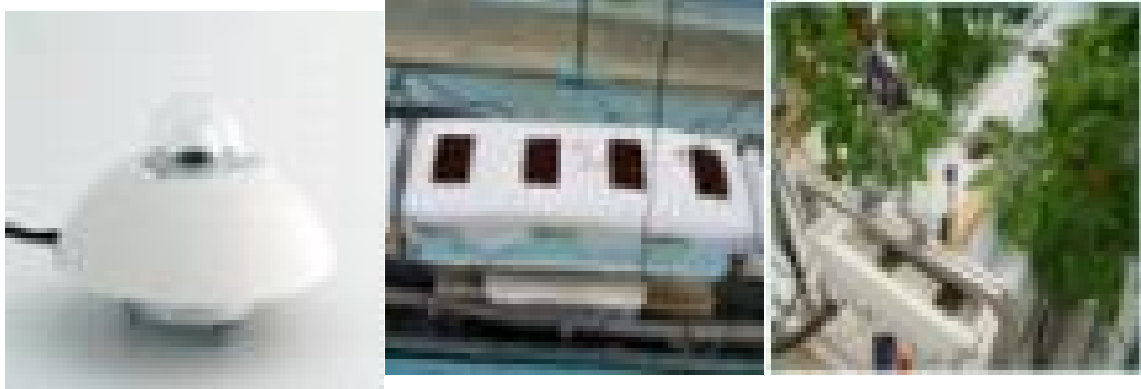
- 처리내용
 - 재배품목: 과채류
 - 재배방식: 순환식 수경재배
 - 배양액: 순환식 및 비순환식 전용 배양액
 - 재배배지: 암면 혹은 코이어
 - 재배조건: UAE의 재배환경과 유사한 조건 투입
 - 재배지역: 한국(국내 고온기 실증연구)
 - 조사항목: 생육 및 수량, 배액의 무기이온 등

(3) 과채류 순환식 수경재배 UAE 현지 실증 연구

- 처리내용
 - 재배품목: 과채류
 - 재배방식: 순환식 수경재배
 - 배양액: 순환식 및 비 순환식 전용 배양액
 - 재배배지: 암면 혹은 코이어

- 재배지역: UAE 시험온실
- 조사항목: 생육 및 수량, 배액의 무기이온 등

- (참고) 농기평 과제 수행시 사용 센서 종류
 - 수경재배 급액제어 사용 센서 종류



일사량 센서

로드셀
(배지중량법)

배액 전극

그림 105. 과제 수행 시 사용되는 센서 종류



FDR - 국내
(협력 연구팀)

FDR - 국내
(협력 연구팀)

물 관수액 흐름 - 국내
(협력 연구팀)

그림 106. 수경재배 급액제어 사용 센서 종류

다) 농진청 과제(농진청 권진경 박사, 농수산대학 김동익 교수)

(1) 과제명: 사막기후 적용을 위한 온실 냉방시스템의 성능고도화 방안 연구

(2) 세부과제 1: 사막형 온실 적용 냉방 패키지 기술 설계요인 분석('19)

- 온실 냉방 관련 선행연구 분석 및 단위기술 특성 분석
- 온실 수분회수 및 습도관리 관련 선행연구 분석
- 시설원에 냉방 기술 활용현황 조사 및 개선방안 분석
- 냉방패키지 설계를 위한 재배환경 반영 냉방부하 분석
- 온실 냉방패키지 구성, 배치 및 용량 관련 설계

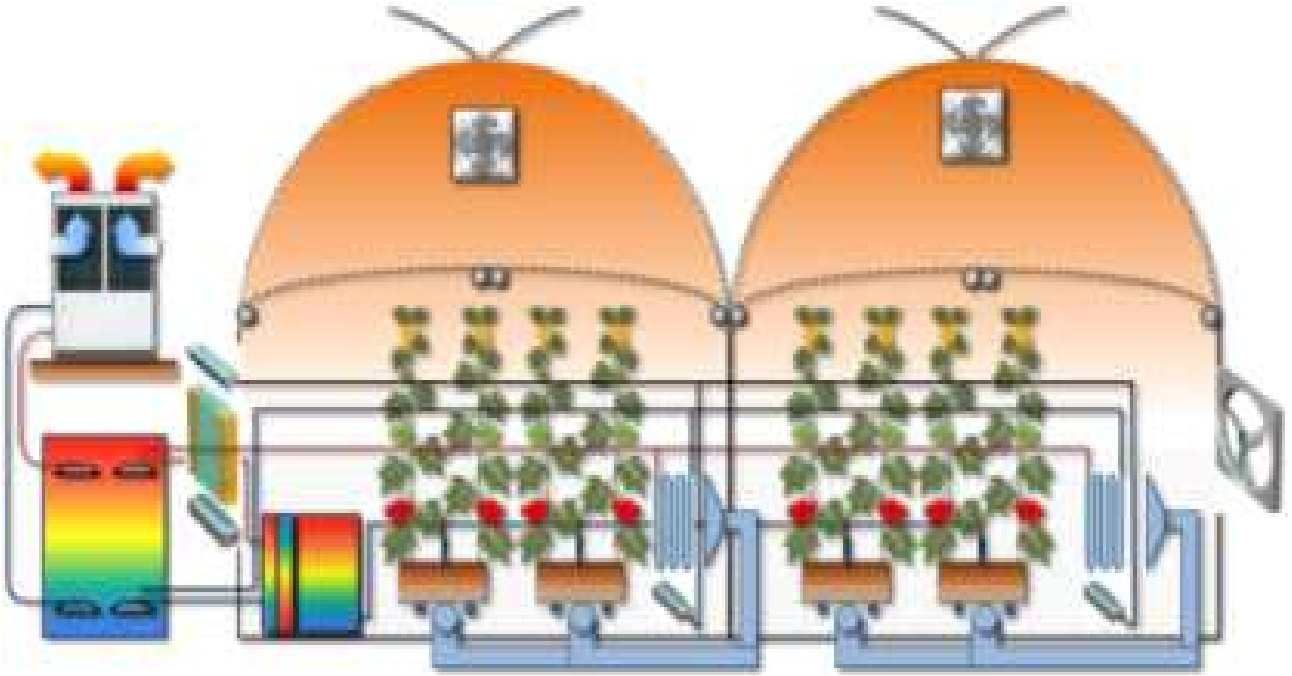


그림 107. 농진청과제: 사막형 온실 냉방패키지 및 용수절감 시스템 설계안

(3) 세부과제 2: 사막형 온실 냉방패키지 기술 성능 시험('19)

• 증발냉방 및 냉각기 이용 냉방패키지 성능 평가)

- 시험장소: 국내 시험재배 온실
- 시험요인: 증발 냉방, 국소 냉방, 양액냉각 운전 설정 조건
- 분석내용: 온실 환경, 양액온도, 배지온도, 에너지소비량 등
(온실 수분회수 및 재이용 기술 성능 평가)
- 시험장소: 국내 시험재배 온실
- 시험요인: 온실 온습도 조건, 응축기 표면온도 조건 등
- 분석내용: 수분회수 성능, 온실 용수 절감 성능 등
(온실 냉방 패키지 기술 설계 및 운용관련 개선사항 도출)
- 냉방 패키지 및 수분 회수 재이용 기술 설계 및 운전 타당성 검토
- 시스템 설계 및 운전 관련 개선사항 도출

▶ 국내 시험재배 온실 미확보로 상기 '19년 분석 및 성능시험은 '20년 UAE 현지에서 본 과제팀(그린플러스, 공사)의 온실신설 후 동시 수행 예정임.

(4) 세부과제 3: 사막형 온실 냉방패키지 기술 현장 적용시험('20)

• 증발냉방 및 냉각기 이용 냉방패키지 성능 평가

- 시험장소: UAE 사막형 재배 온실
- 분석내용: 온실 환경, 양액온도, 배지온도, 에너지소비량 등
(온실 수분회수 및 재이용 기술 성능 평가)
- 시험장소: UAE 사막형 재배 온실
- 분석내용: 수분회수 성능, 온실 용수 절감 성능 등
- 온실 냉방 패키지 기술 설계 및 운용 기준 제시

- 냉방 패키지 및 수분 회수 재이용 기술 적정 설계 및 운전기준 도출
- 사막기후 온실 운용관련 개선사항 도출

(5) 사막형 온실 냉방패키지 기술 적용 결론

농진청 및 농기평 과제팀과의 협력으로 사막형 온실 냉방패키지를 적용하고 공동 시험을 수행한다.

라) 국산화 IoT 기반의 측정시스템 적용검토

(1) 검토 배경

극한의 재배환경에서 작물 생산량과 품질을 향상시키기 위해서는 시설 내·외부 환경과 생체정보를 실시간 계측하여 정밀한 복합 환경 제어 시스템의 구축이 필요하다(복합환경과 식물체 생체정보 실시간 모니터링 필요).

(2) 개 요

온실 내 온습도/EC/PH/CO2/근권온도/외부센서/적외선카메라/로드셀 하중 등 측정 감시, 원격감시 및 제어 시스템을 구축한다.

- 개발사: (주)그린키퍼
- '19.12월 현황: 경북 고령 9개 농가 및 로즈피아 등 전국 20여개소 설치운용 중

(3) 시스템 개념도

온실 내외부 각종 센서를 control B'd와 연결되고 그 Data를 무선 IP 라우터(hub 기능)를 통하여 상위 망으로 전송하여 측정 Data가 수집된다.

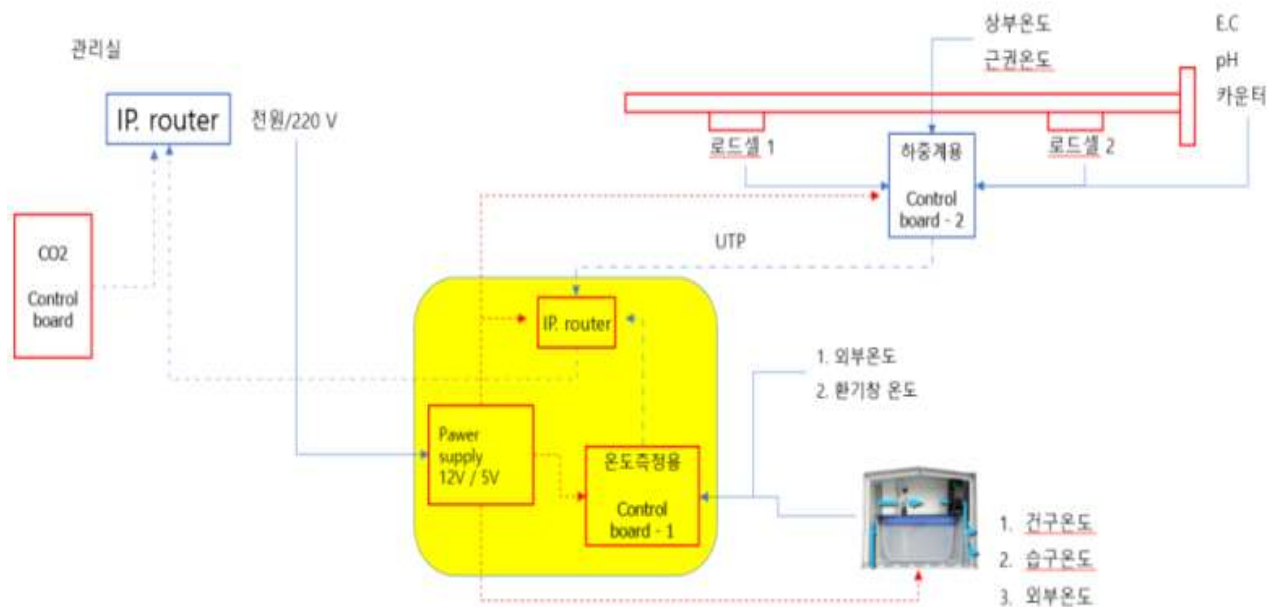


그림 108. IoT 기반의 측정 시스템

- 서버는 IDC 센터에 위치하며, 접속하여 농장별 수집 Data를 접속하여 볼 수 있으며, 수집된 측정 Data를 분석하고 어떻게 처리할지에 대한 서비스가 핵심이다.

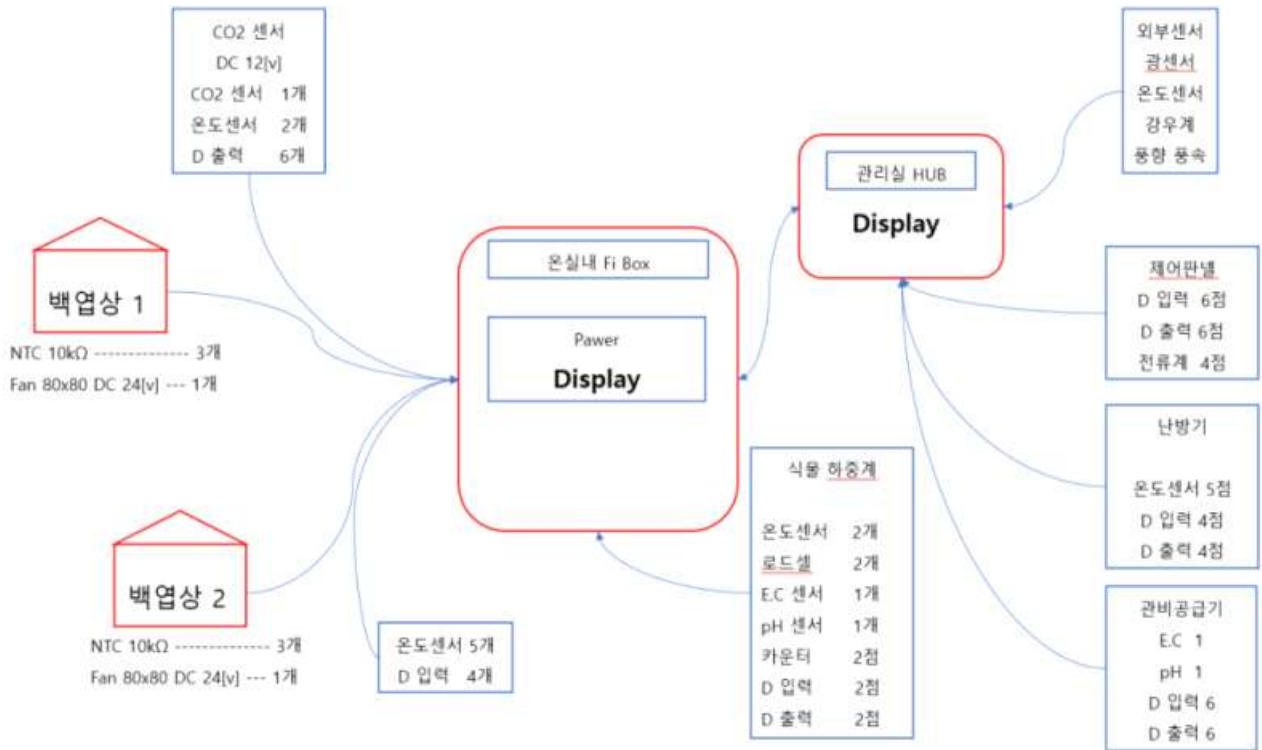


그림 109. 온실 내 시스템 구성도

- 서버 수집 데이터(예): 실시간 측정되는 값의 변화를 분석, 경고 알림.



그림 110. 서버 및 단말기(스마트폰) 구현 수집 데이터 표현

- 설치 농가
 - 고령군 데이터 로그 설치 사업 참여 농가
(시범사업 토마토 농장, 보조사업 토마토 3개소 및 딸기 2개소 농장, 순천, 화천 농장에 설치 완료)
- UAE 현지 온실 데이터 로그 용도로 적용 고려 중



제어 Box

슬라브 하중계

그림 111. 국내 농가에 설치되어 있는 제어박스 및 슬라브 하중계

- 검토 의견
 - 현재는 시험 중이며, UAE 온실에는 국산 상용화된 마그마 제품(그린씨에스)의 복합 환경 제어기를 적용하기로 결정, 향후 성능평가 후 필요에 따라 본 제품 적용 여부를 재 검토 하기로 하였다.

라. 사막기후 적응형 온실 설계(안) 도출

1) 현지 조사 결과

가) ADAFSA(농식품안전청) 1차 현지조사 출장 협의

- (1) 일시/ 출장자: '19.09.21~23/ 농진청 과제 유관기관 및 공사
- (2) 설치 예정 사막형 스마트온실의 기본계획(온실구조 및 냉방시설, 주요설비 등)을 설명하였다.



전체 관련 수행과제 설명 (이창욱)

세부 질의 응답 진행(이창욱, 김경수)

그림 112. 수행과제 관련 논의



그림 113. 사막형 온실 기본계획 설명자료

- (3) 재배작물은 오이로 결정하고, 품종은 4개 재배(한국 측 추천 2, UAE 추천 2)한국 재배전문가 UAE 현지 파견, 재배 보조인력은 UAE 협조로 추진한다.
- (4) 연구단지 내 기반시설(전기, 관개용수, 접근로) 확보로 온실 설치를 위한 기반여건 양호, 재배용수는 염분처리된 정부 제공 상수도 공급 예정이다.



온실 시설 부지 조사 1

온실 시설 부지 조사 2

그림 114. 현지 온실 시공 부지 조사

- (5) 현지 온실시공 관련 인·허가 및 각종 세금(관세, 부가세) 관련은 연구용으로 해당없음
- (6) 통관을 위한 행정절차가 필요하므로 ADAFSA에 1개월 전 통관서류 제출 요망

나) 유관기관 현지 합동회의 주관

- (1) 일시/ 장소: '19.09.24/ 두바이 한인 게스트하우스
- (2) 회의 목적: 농수산안전청(ADAFSA) 과제 수행방안 등 과제관련 팀간 의견통합
- (3) 참석자: 농진청 권진경 박사, 한국농수산대학 김동익 박사 등 11명
그린플러스 정순태 이사, 우원엠앤이 황동곤 본부장, 공사 등 7명



대상 부지 확인(전체 과제 수행자)

과제 수행자 전체 현지 회의

그림 115. 현지 대상 부지 확인 및 현지 회의

- (4) 주요 내용: 사업 대상 온실 현장 확인 결과 공유
수행기관 과제별 역할 및 상호 협력 방안 협의
재배 관련 협의(작물, 작기, 시험평가, 재배 등)

2) 온실 설계(안) 도출

가) 유관기관 회의

- (1) 일시 / 장소: '19.10.23/ 그린플러스 본사 회의실
- (2) 회의 안건: 사막기후 적응형 온실 설계(안) 도출
- (3) 참 석 자: 농진청 권진경 박사, 한국농수산대학 김동익 박사 등 3명
그린플러스 정순태 이사, 우원엠앤이 황동곤 본부장, 공사 등 7명



그림 116. 온실 설계(안) 회의

* 1차 UAE 현지 조사 결과를 토대로 연관 관련 조사자 결과 공유 및 온실설계(안) 협의

[2차년도]

제 1 세부과제(그린플러스): 사막기후 적응형 스마트온실 실증모델 개발

가. 현지 실증온실 시공

1) 시공 매뉴얼을 바탕으로 한 현지 실증온실 시공

가) 시공 매뉴얼 바탕으로 UAE 현지 스마트온실 시공

- 당초 1차년도 목표였던 현지 실증온실 시공은 2020년 초 세계적인 COVID-19로 인하여, 현지 방문불가정책, 공항 및 항공편 부재 등의 이유로 UAE 현지 스마트온실의 시공이 늦춰졌다.
- 현지 실증온실은 기초공사 - 철골공사 - 알루미늄공사 - 스크린공사 - 내외부 설비공사 순으로 이루어졌으며, 다음과 같다.



기초 공사



철골 공사



알루미늄 공사



피복 공사/천창개폐/스크린 공사



내부설비 공사



시공완료

그림 117. UAE 스마트온실 시공 공정

- 스마트온실을 시공할 때 온실의 내부 온도를 절감시키기 위해 천창스크린, 팬코일 유닛을 설치하였으며, 온습도 제어 부품, 조립재, 피복재 및 환기 시스템을 설치하였으며, 설계도를 바탕으로하여 스마트온실을 시공하였다.
- 설계도를 바탕으로 한 현지 스마트온실에서 시행되는 공정을 요약하면 다음과 같다.

표 21. UAE 리모델링 온실 시행된 공정명과 공정개요

| 공정명 | 공정 개요 |
|--------------|--|
| 1. 가설 및 기초공사 | 온실의 하중이나 자체 무게 등을 지지하는 지반에 안전하게 지지할 수 있는 지반 다짐 |

| | |
|----------------------|--|
| 2. 철골공사 | 온실의 주 골조공사를 기둥 외 철구조물 (사각파이프 등)의 설치 |
| 3. 피복공사 | 온실의 지붕 및 측면을 피복재로 씌움 |
| 4. 천창개폐공사 | 지붕 용마루 중심 좌우로 창을 설치하여 모터로 자동, 수동 개폐함 |
| 5. 외부차광시스템 | 차광은 온실 내로 유입되는 일사를 감소시켜 온실 내 온도 상승을 방지 |
| 6. 에어 제스팬 및 포그시스템 공사 | 에어 제스팬 : 온실 내부 공기를 순환시켜 내부조건 전체를 균일하게 함 포그시스템 : 건조한 공기에 가습, 내부 공기 냉각 기능 |
| 7. 온실 제어공사 | 복합환경 제어시스템, 쿨링패드시스템, FCU, 히트펌프, 축열조, 양액시스템 등 온실 내부 환경을 조절할 수 있는 장치 공사 |
| 7-1. 양액공급장치 | 온실내부 식물에 영양액 공급 장치를 설치하여 식물에 영양분을 공급하는 장치 |
| 7-2. 복합환경 제어시스템 | 위의 각종장치(온실내부 장치, 양액공급장치, CO ₂ 등)를 센서와 시간에 의해 감지하여 자동, 수동으로 제어하는 시스템(컴퓨터에 의한 제어) |

- 스마트온실 설계의 세부적인 설계 공정명은 기본 설계와 실시설계로 구분할 수 있으며, 다음 표와 같다.

표 22. 온실 설계 단계 분류

| 구분 | 기본설계 | 실시설계 | 비고 |
|----|--|---|----|
| 건축 | <ul style="list-style-type: none"> · 지질조사, 측량, 지반조성 검토 · 인프라 조사 · 온실 배치 · 온실 평면, 입면, 단면 계획 | <ul style="list-style-type: none"> · 배치도 작성 · 건물 평면, 입면, 단면 설계 · 기초, 구조, 마감설계 · 시공방법, 작업순서, 공정검토 · 시방서 및 공정표 작성 · 공사 내역서 산출 | |
| 구조 | <ul style="list-style-type: none"> · 설계 데이터 검토 · 구조계획 | <ul style="list-style-type: none"> · 구조 검토 및 계산 · 구조(기초, 골조 등) 설계 | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 설비 | <ul style="list-style-type: none"> · 광환경 검토 · 보온 계획 · 환기 계획 · 냉난방 계획 · 관수 및 배수 계획 · 재배시설 계획 · 관리시설 계획 | <ul style="list-style-type: none"> · 차광 스크린 및 커튼시스템 설계 · 환기 설계 · 냉난방 부하 계산 · 장비선정 및 배관, 덕트 등 설계 · 관수 및 배수 부하검토 및 설계 · 재배시설(육묘, 양액, 수경재배 등) 및 특수시설 검토 및 설계 · 시방서 및 공정표 작성 · 공사 내역서 산출 | |
| 전기 | <ul style="list-style-type: none"> · 수전 및 배전 계획 · 조명, 전열, 동력 계획 | <ul style="list-style-type: none"> · 수전, 배전, 조명, 전열, 동력 설계 · 전력부하 계산 및 용량 검토 · 판넬 구성 및 배선 설계 · 시방서 및 공정표 작성 · 공사 내역서 산출 | |
| 제어 | <ul style="list-style-type: none"> · 환경제어요소 검토 · 제어범위 및 방법 검토 | <ul style="list-style-type: none"> · 제어 시스템 설계 · 제어판넬 설계 · 통신, 경보, 안전 시스템 설계 | |

(1) 가설 및 기초공사

- 가설 및 기초공사는 온실의 하중이나 자체 무게 등을 지지하는 지반에 안전하게 지지할 수 있는 지반 다짐으로 전체면부지는 여유있는 면적을 수평 정지한다.
- 측량을 하여 독립기초 위치를 표시한 후 미리 준비된 거푸집과 비닐을 독립 기초 위에 배열한다.
- 수시로 터파기 한 위치의 깊이를 확인하여, 독립기초 방법으로 스틸돌리방법으로 진행한다.
- 측량을 진행한 후 정확한 외각 줄기초 라인을 표시한 후 줄기초 받침용 거푸집과 비닐 등을 필요위치에 배열한다.
- 거푸집 설치 후 견고하게 한 후 구배 레벨을 맞추어 마감한 후 약 3~4일 양생이 완료되면 거푸집을 제거하고, 흙집 부분을 충진 마감하며, 다음 그림과 같다.

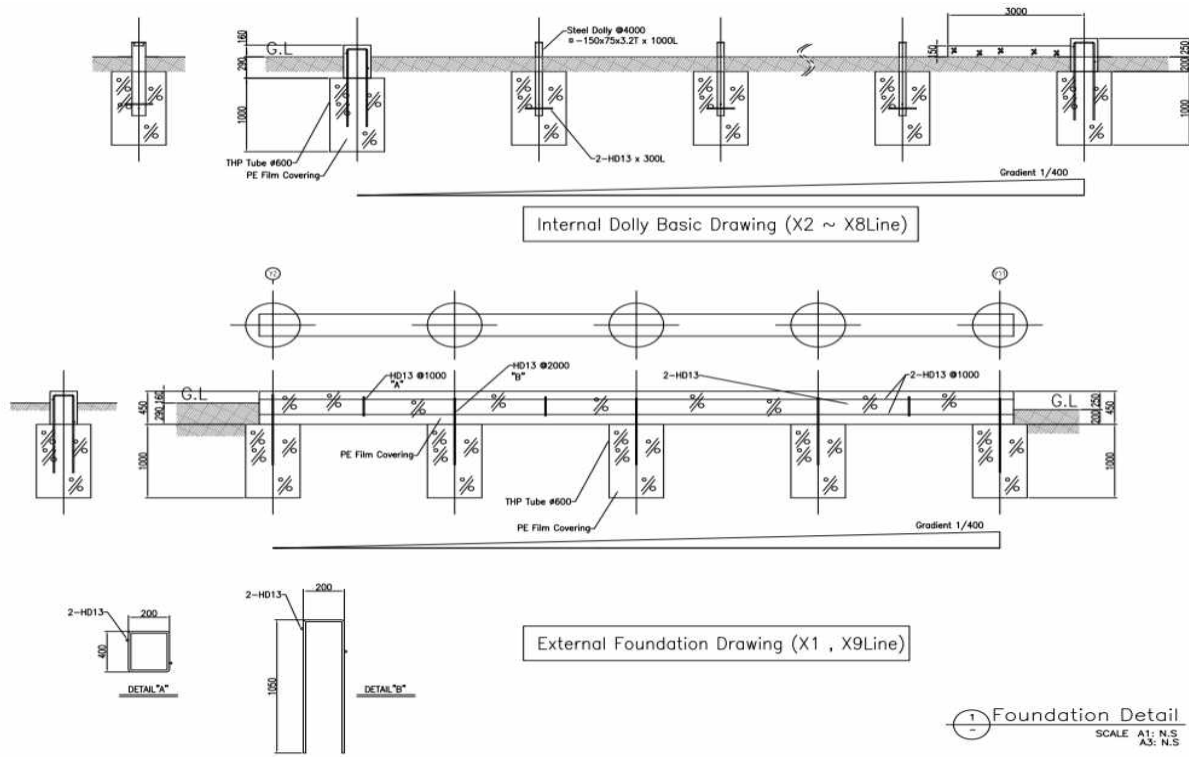




그림 118. UAE 스마트온실 가설 및 기초공사 설계도 및 시공

(2) 철골공사

- 온실의 주 골조공사를 기둥 외 철 구조물(파이프, 기둥)과 같은 온실의 기초 골격을 설치하는 공정으로, 온실 기둥 높이는 5.7 m이며, 각 기둥의 지점에 연속보 형태로 설치하였다.
- Purlin 설치는 4열로 진행하였으며, 전후벽과 측벽이 같은 높이고 고정시키며,

각기둥에 연속보 형태로 설치하였다.

- 트러스 설치는 기초 골격 및 purlin 설치 후 트러스를 시공하였으며, 철골공사는 다음과 그림과 같이 진행하였다.

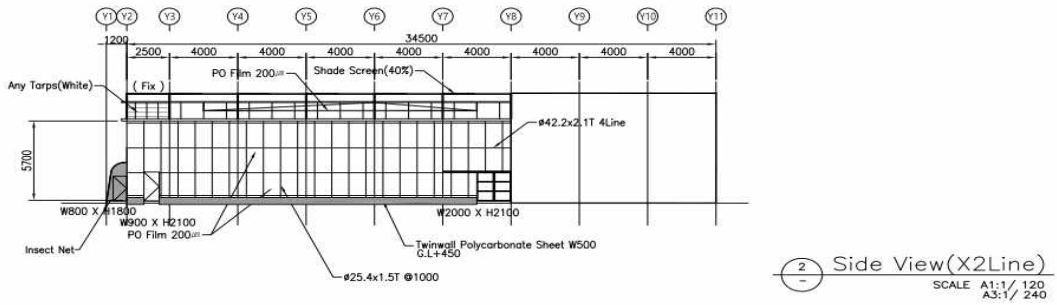
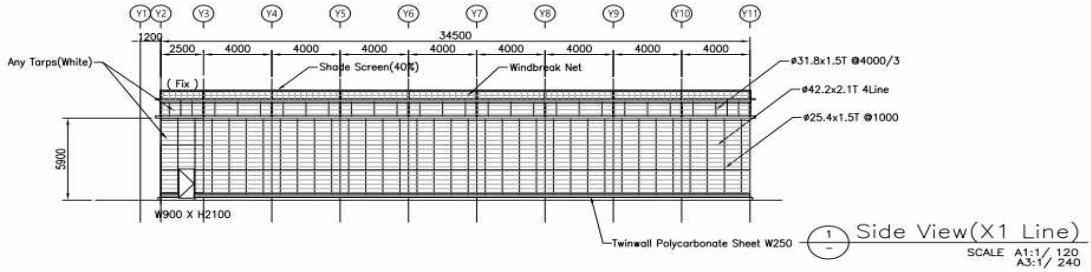
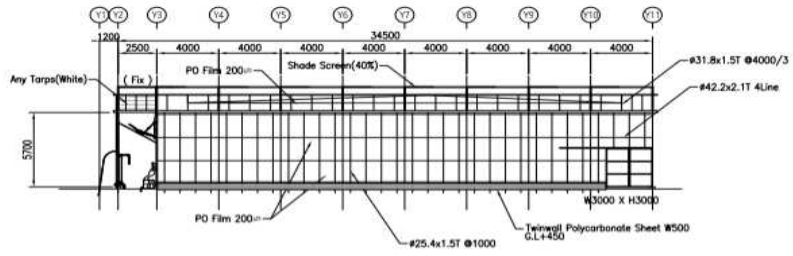




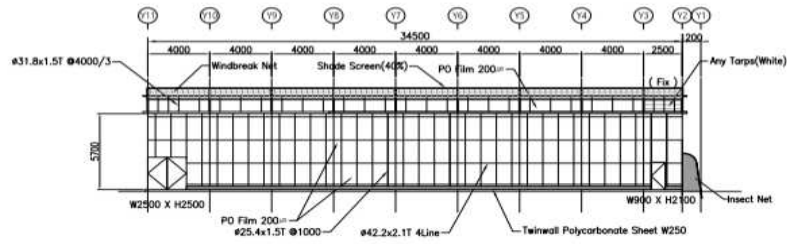
그림 119. UAE 스마트온실 철골공사 도면 및 시공

(3) 피복공사

- 온실의 지붕 및 측면을 피복재로 스마트온실에 사용된 전체적인 온실은 PO필름 (200 μ m)을 이용하였으며, 관리동의 피복재는 Any tarps(white)을 이용하였고, 다음과 같이 시공을 진행하였다.



1 Side View(X3Line)
SCALE A1:1/120
A3:1/240



2 Side View(X9 Line)
SCALE A1:1/120
A3:1/240



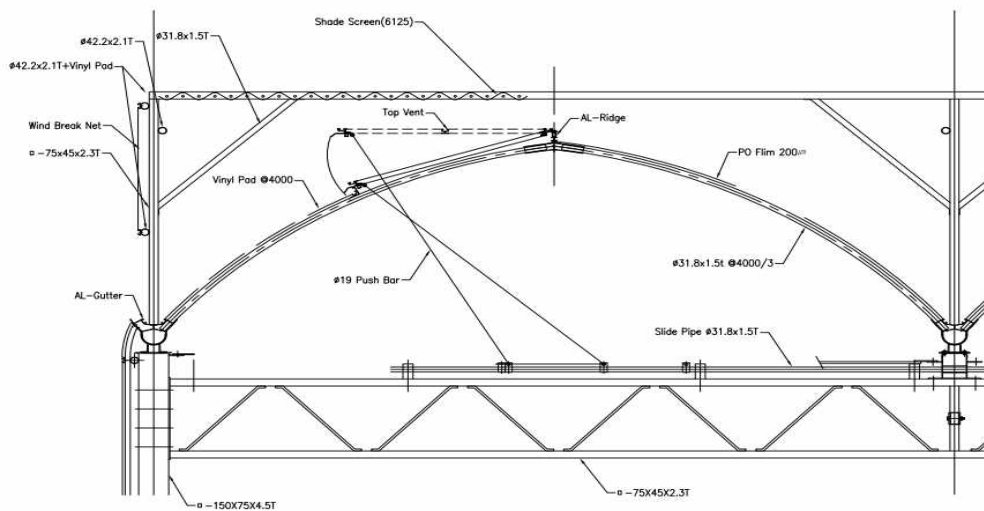




그림 120. UAE 스마트온실 피복공사 도면 및 시공

(4) 천창개폐공사

- 지붕 용마루를 중심 좌우로 하여 창을 설치하여 모터로 자동, 수동으로 개폐하는 공사로, 환기를 위해 천창개폐공사를 진행하며, 다음 그림과 같이 진행하였다.



① Top Vent Open System Plan
SCALE A1: 1/10
A3: 1/20

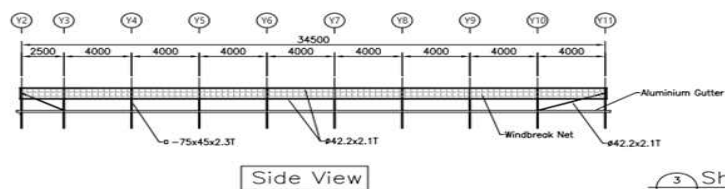
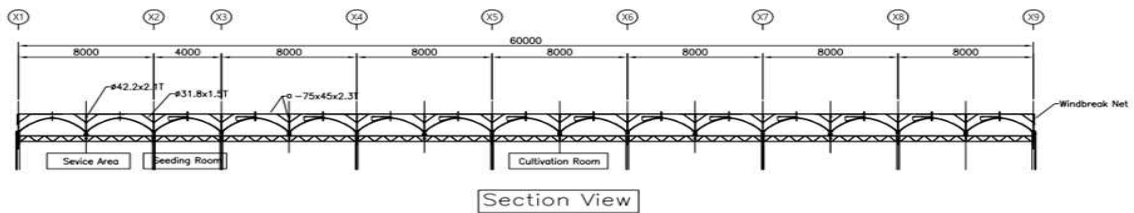
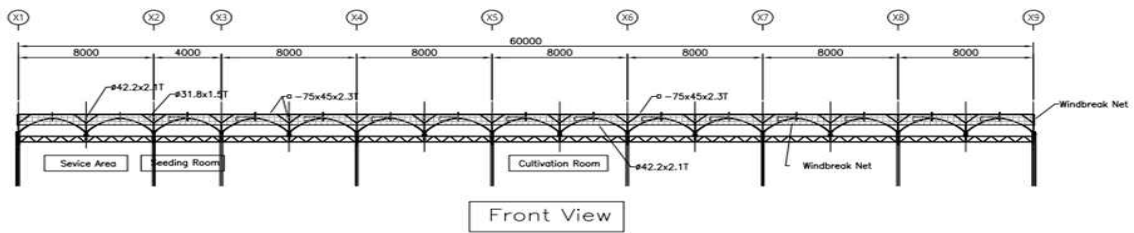




그림 121. UAE 스마트온실 천창개폐공사 도면 및 시공

(5) 외부차광시스템

- 차광은 온실 내로 유입되는 일사를 감소시켜 온실 내 온도 상승을 방지하는 방법으로, 효과는 차광률이나 온실 내 위치에 따라 다르지만 대략 3-4℃의 고온 억제 효과가 있다.



3 Shade Screen View
SCALE A1:1 1/20
A3:1/240

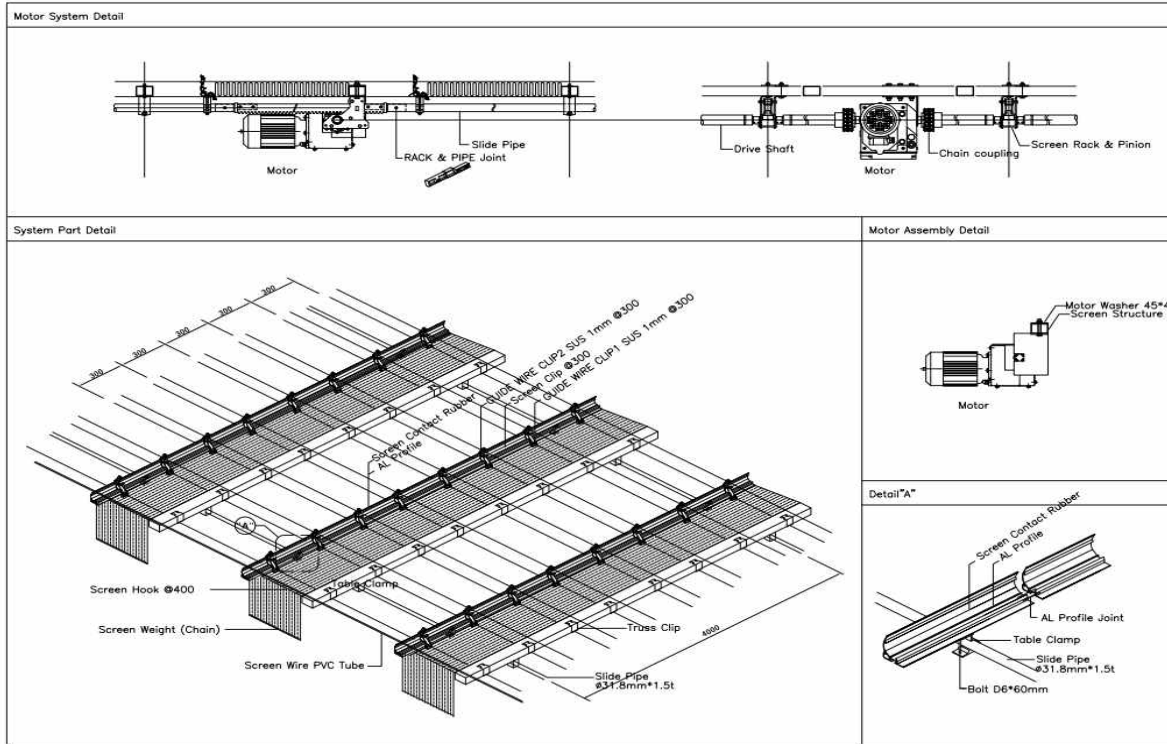


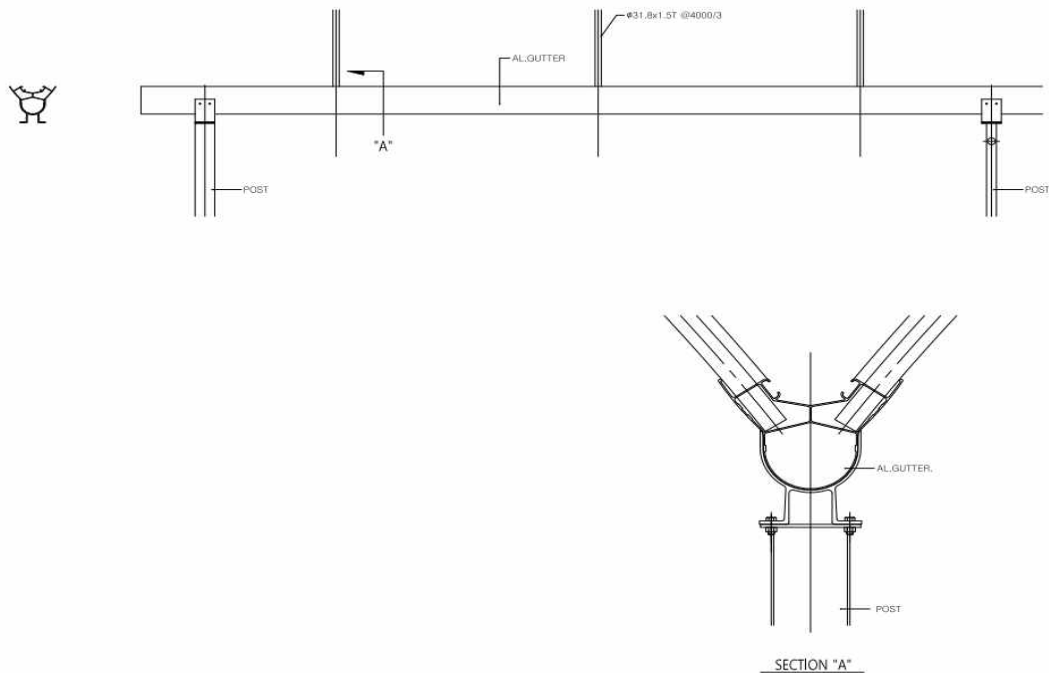
그림 122. UAE 스마트온실 외부차광시스템 도면 및 시공

2) 현지 실증온실의 골조(철골, 알루미늄)시공

가) 현지 스마트온실의 골조(철골, 알루미늄)시공

- UAE 현지 스마트온실에 사용되는 철골은 온실의 기둥, 기둥과 기둥사이를 받쳐주는 Purlin, 온실의 뼈대구조인 트러스, 작물재배거터를 고정시켜주는 브레싱 등이 있으며, 철골은 모든 온실의 형태를 구성하는 구조이다.

- 온실의 기둥 높이는 5~6 m정도로 하며, 현지 실증온실의 기둥 높이는 5.7 m로 설치되었다.
- 각 기둥의 지점에 연속보 형태로 설치가 되며, 가장 바깥쪽 거터와 두 번째 거터를 샷기둥에 지지하며, 수평브레싱을 두 번째 거터와 연결하여 설치를 하였다.
- Purlin은 기둥과 기둥을 연결하여 지지해주는 역할로, 실증온실에는 4열로 진행하였으며. 전후벽과 측벽이 같은 높이로 고정되어야 한다.
- 각기둥에 연속보 형태로 설치되었다.
- 트러스는 지붕 설치, 각 기둥과의 연결을 통한 고정력 상승 등 역할을 진행하며, 트러스의 형태는 삼각형 그물모양으로 온실의 뼈대 역할 중 하나이다.
- 스마트온실에 사용된 알루미늄은 지붕쪽에 설치되는 AL거터, 재배 틀이 되는 행잉거터,
- 실증온실에 사용된 거터는 AL.거터를 이용하였으며, 다음 그림과 같다.



① GUTTER Assembly Detail
SCALE A1: N.S.
A3: N.S.

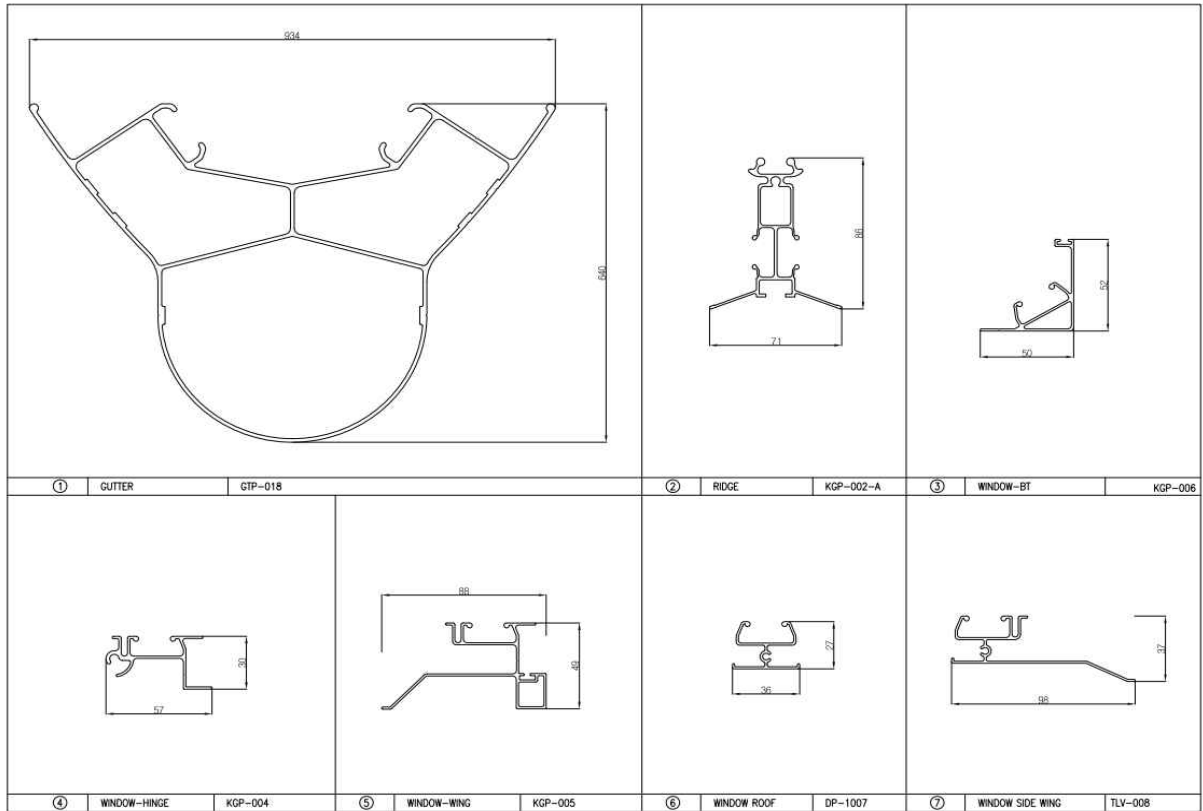


그림 123. UAE 스마트온실에 사용된 AL.거터 도면

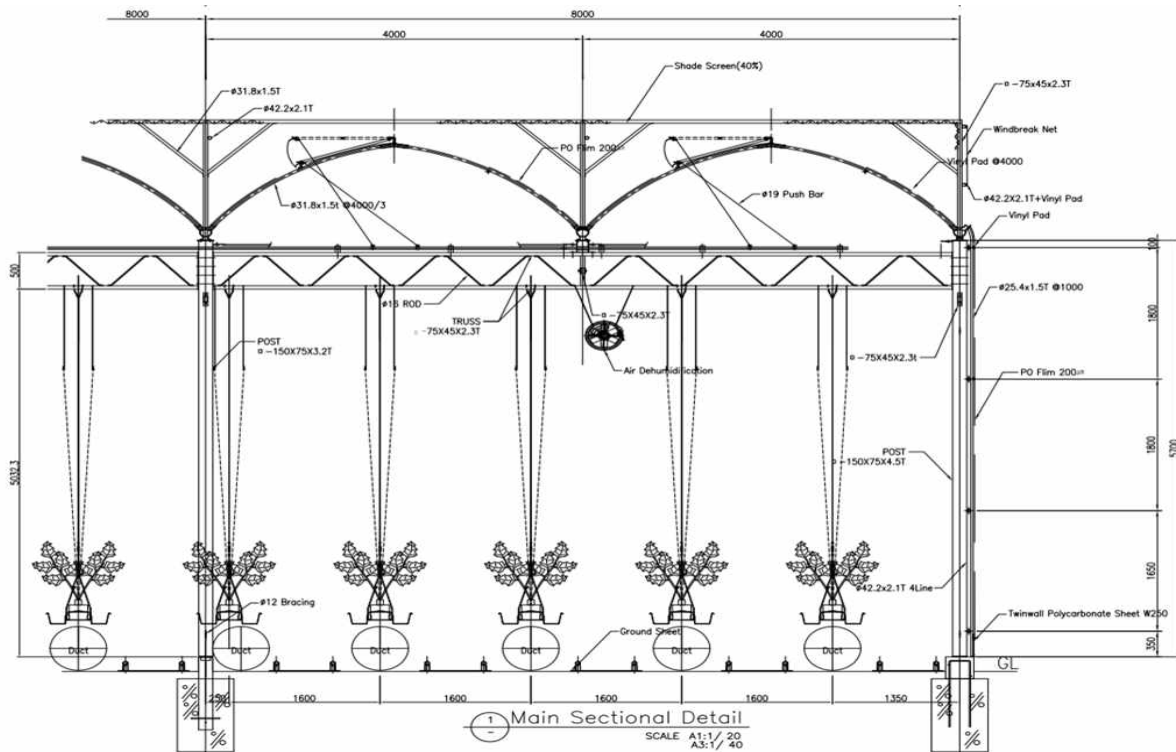


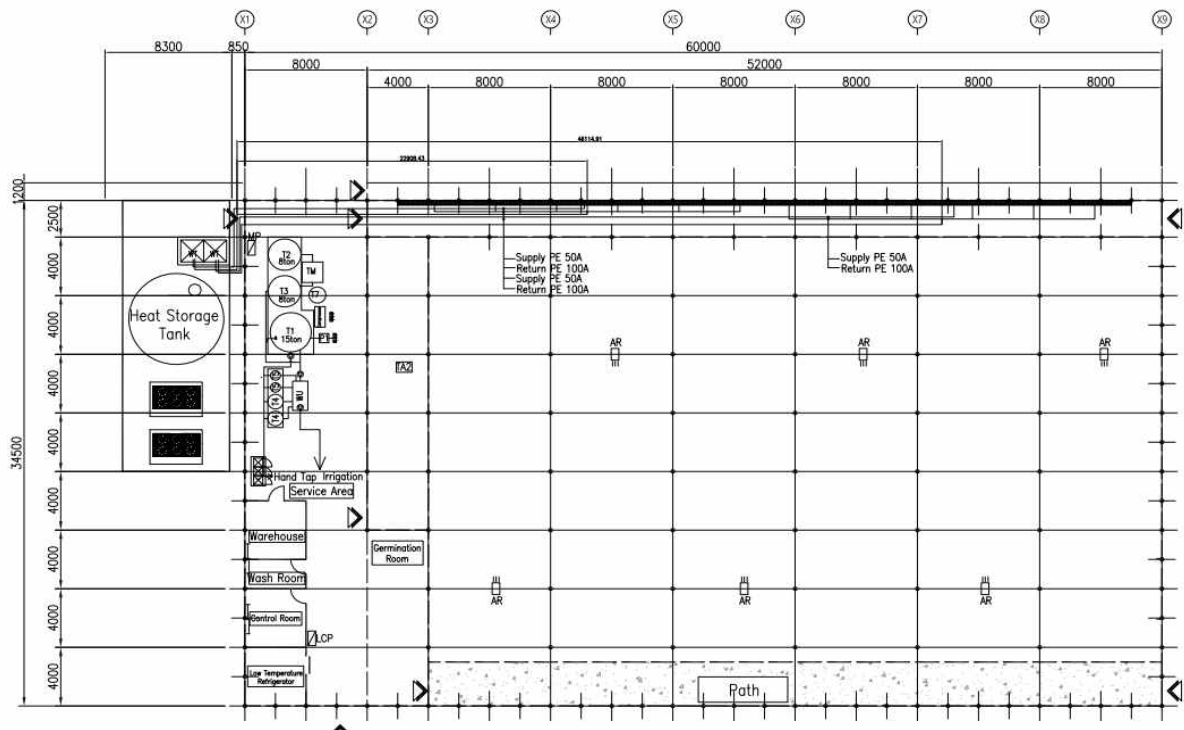


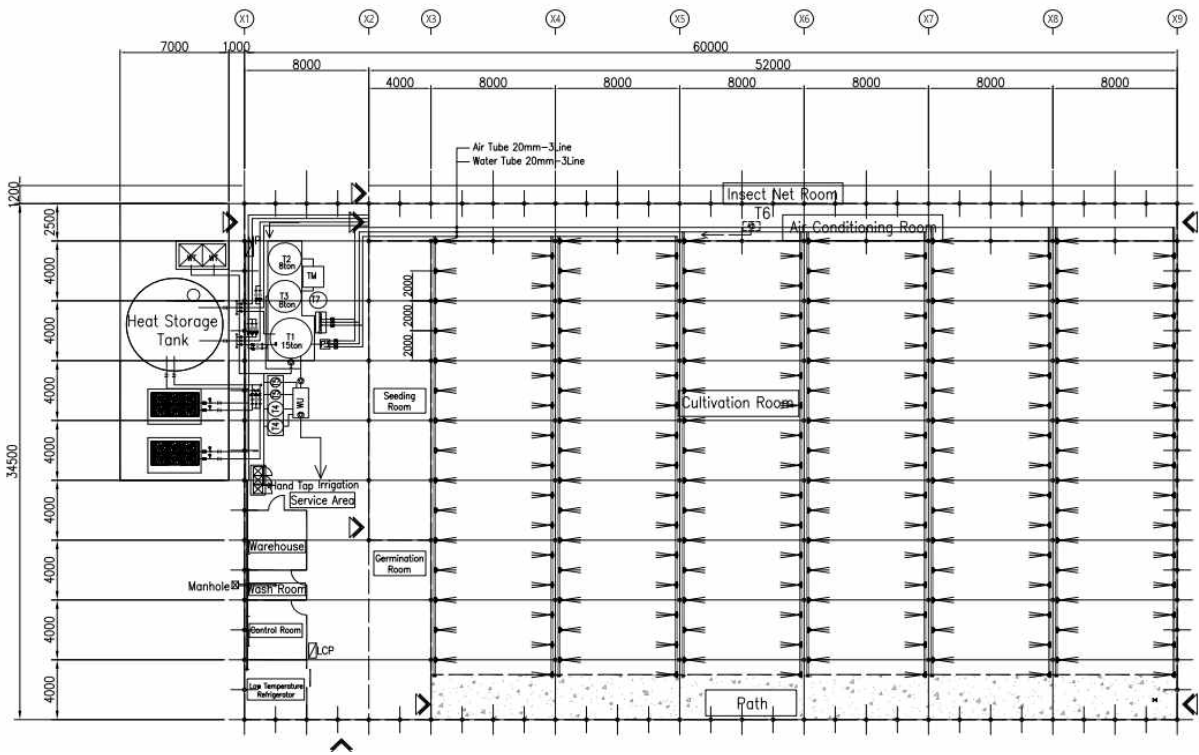
그림 124. UAE 스마트온실에 사용된 알루미늄자재(행잉거터) 도면 및 실증

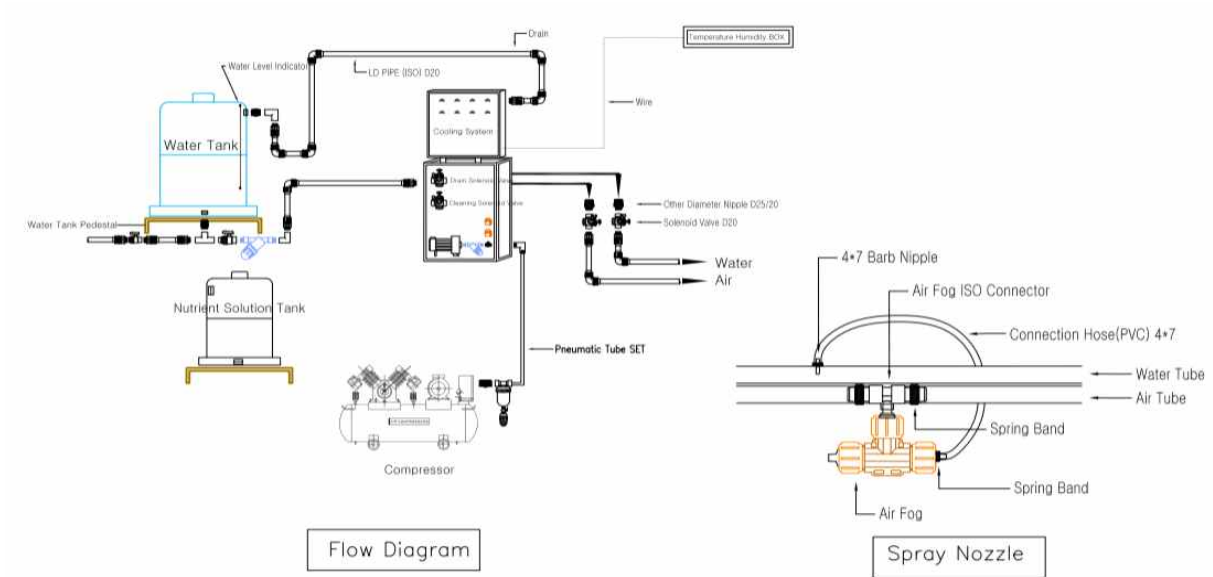
3) 내부 설비(재배설비, 양액, 온도조절, 환경제어 등)설치

가) 에어 제습팬 및 포그시스템 공사

- 유동팬과 포그시스템 공사로, 유동팬 설치는 온실의 내부 공기를 순환시켜 내부 온도 및 습도와 같은 내부 조건 전체를 균일하게 하며, 포그시스템은 건조한 공기에 가습 및 내부 공기의 온도를 낮추는 역할을 한다.







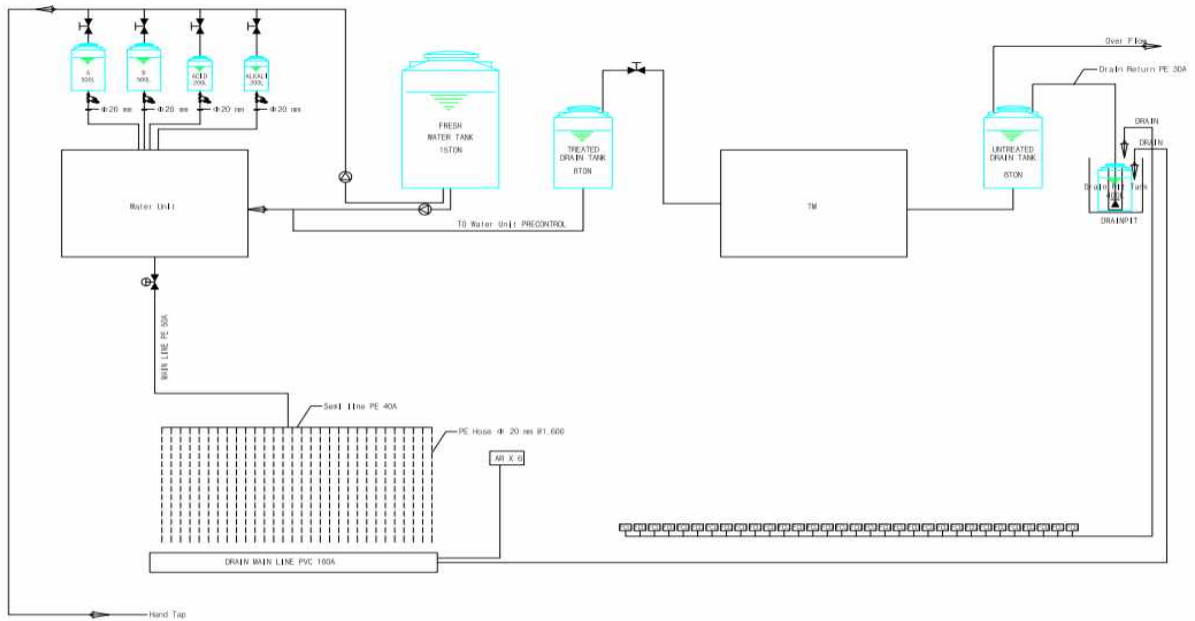
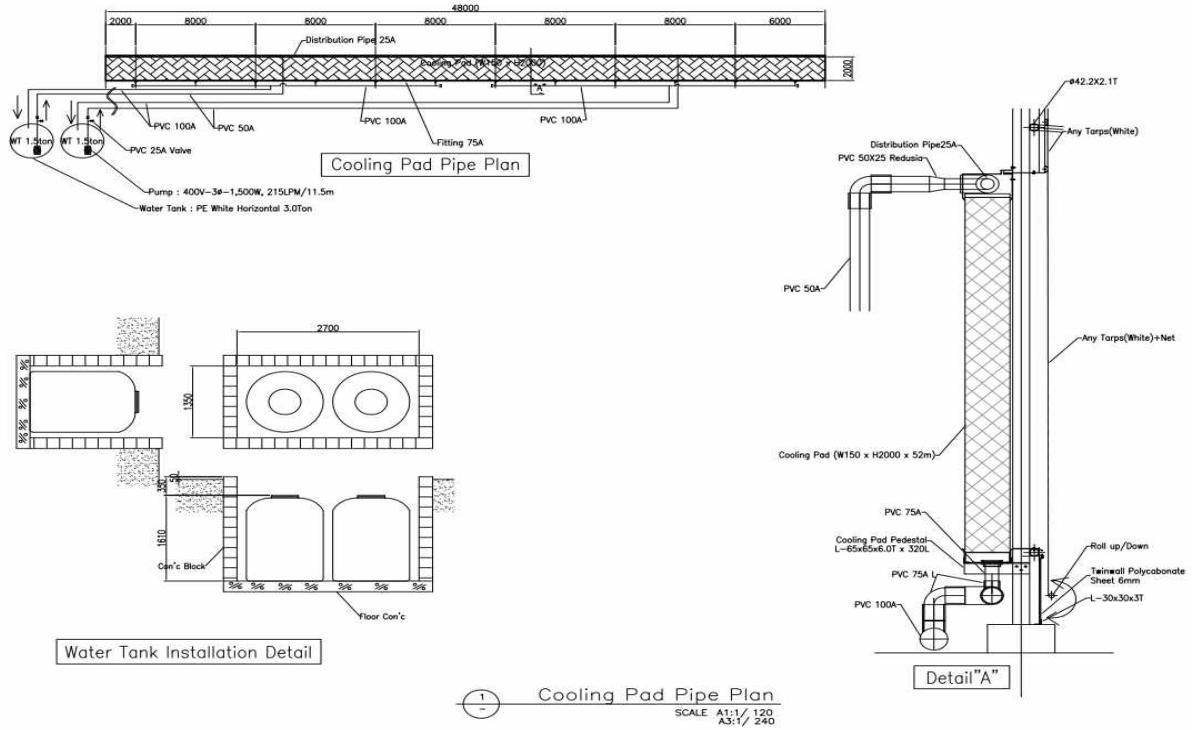
1 Air Fog Detail
SCALE A1:N.5
A3:N.5



그림 125. UAE 스마트온실 에어 제습팬 및 포그시스템 공사 도면 및 시공

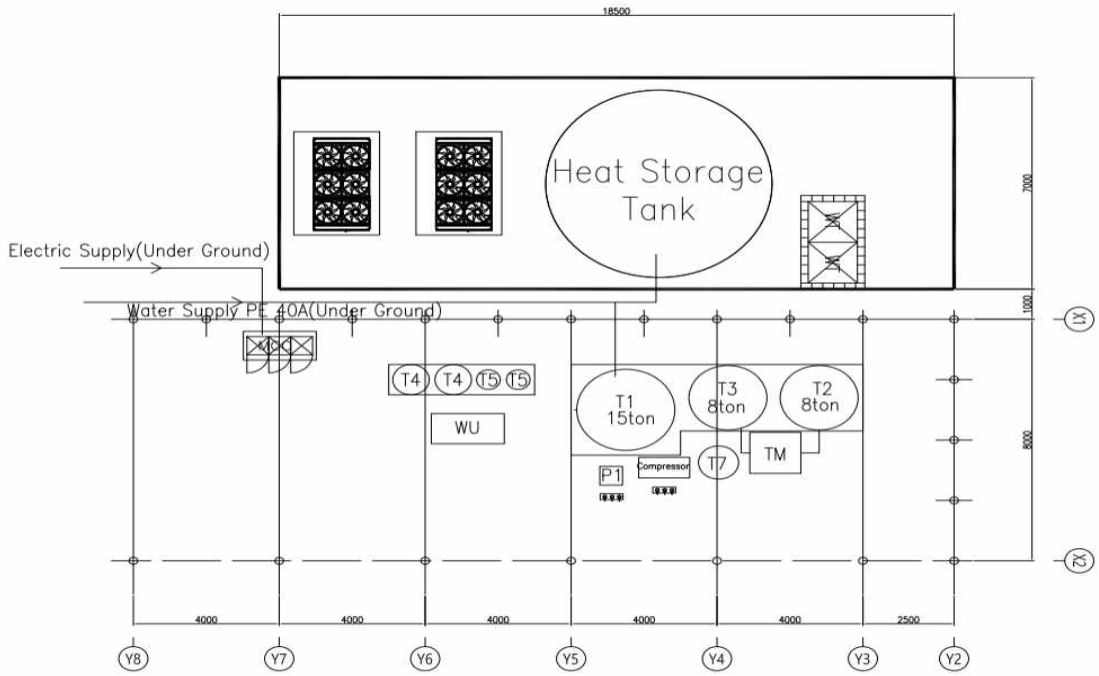
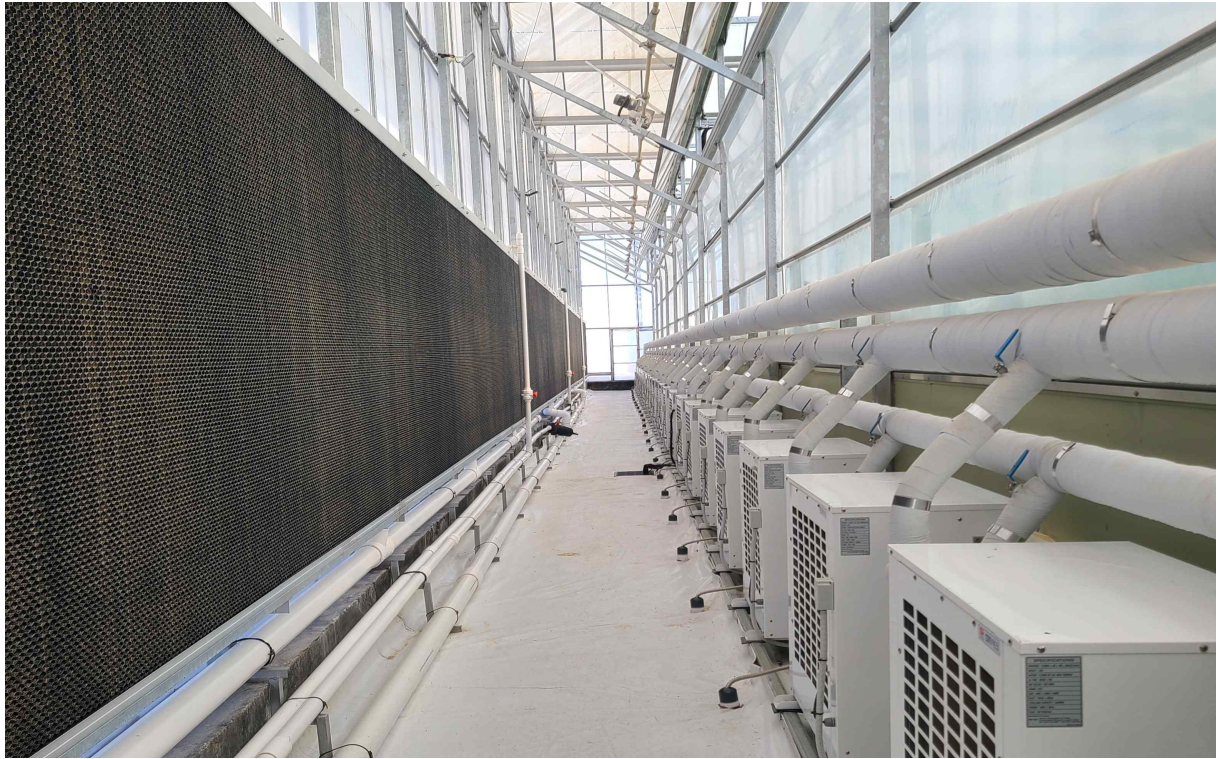
나) 온실 제어(내부설비)공사

- 온실 제어공사는 복합환경 제어시스템과 같은 내부 환경을 조절할 수 있는 장치의 연계작동에 관한 공사로서, 센서와 시간을 조절하여 자동, 수동으로 제어하는 시스템이다.
- 쿨링패드시스템, FCU(Fan Coil Unit), 히트펌프, 축열조, 양액시스템이 설치되었다.

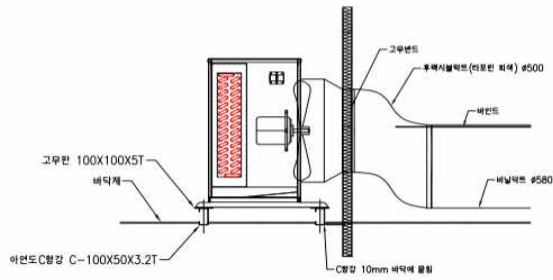
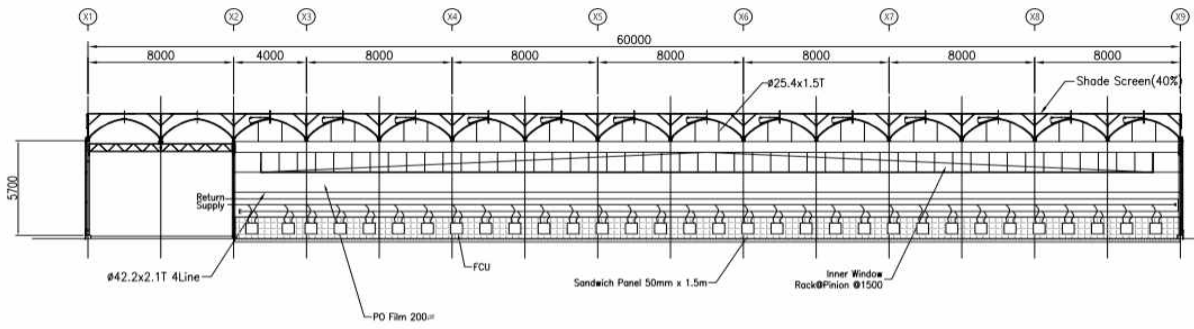


FLOW DIAGRAM

SCALE: A1: NONE, A3: NONE



① External Facility , Service Area Foundation Plan
 SCALE A1:1/50
 A3:1/100



1 Duct Detail
SCALE A1:1/100
A3:1/200



그림 126. UAE 스마트온실 온실 제어(내부설비)공사 도면 및 시공

4) UAE 현지 스마트온실 고위급 인사 방문

- 문재인 대통령과 함께 UAE를 방문중인 이호승 청와대 정책실장이 17일 ADAFSA 알쿠와이타트 연구센터에 설립된 한국형 스마트팜 온실을 방문하였으며, 현재 재배되고 있는 작물 및 재배 현황을 확인하였다.





출처: 조세일보 [대통령 중동 순방] 靑 이호승 정책실장, UAE사막의 K-스마트팜 온실 방문
 그림 127. UAE 현지 스마트온실 고위인사 방문

나. 현장 시공을 통한 설계도서 보완 및 실증모델 개선

1) 협동기관(농어촌공사)과의 검토를 통한 설계도, 시방서 및 내역서의 보완

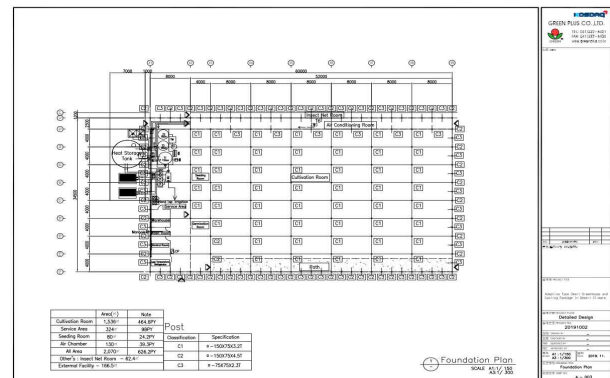
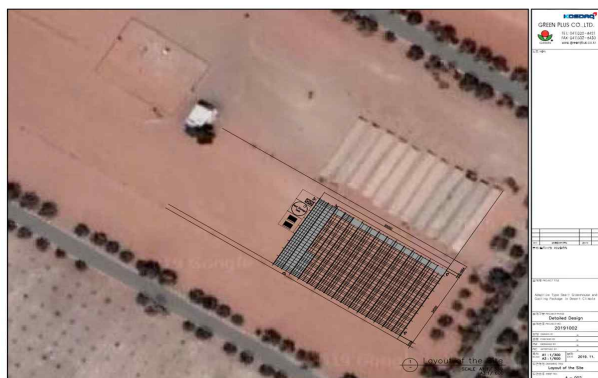
(1) 보완된 스마트온실 구성

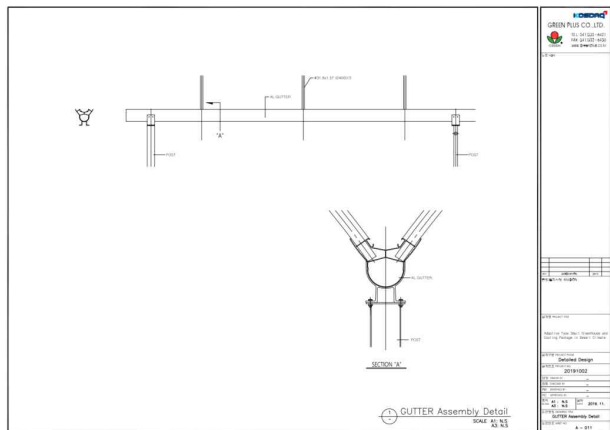
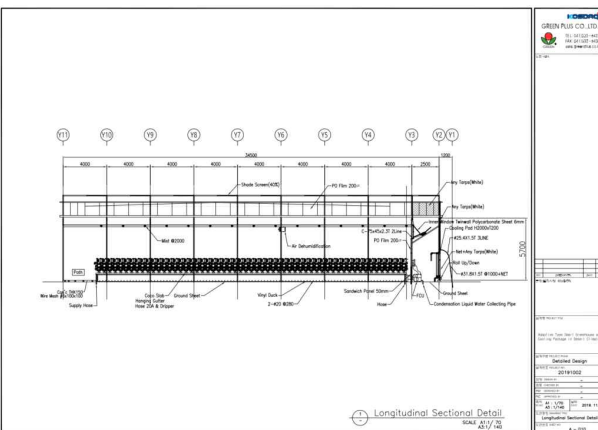
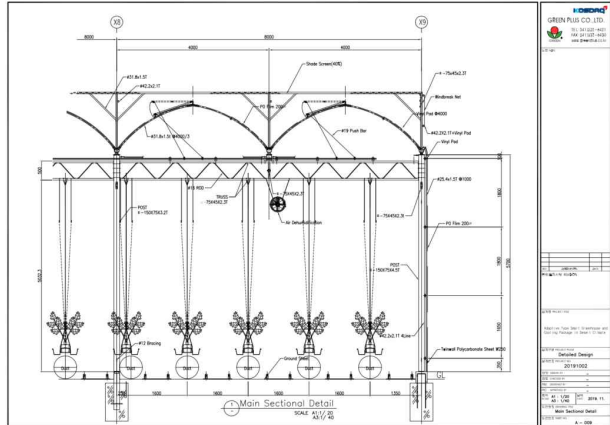
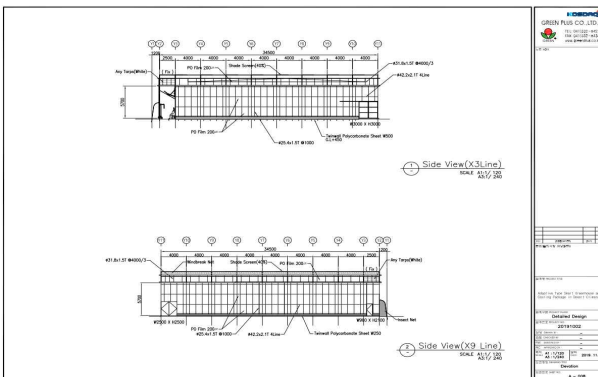
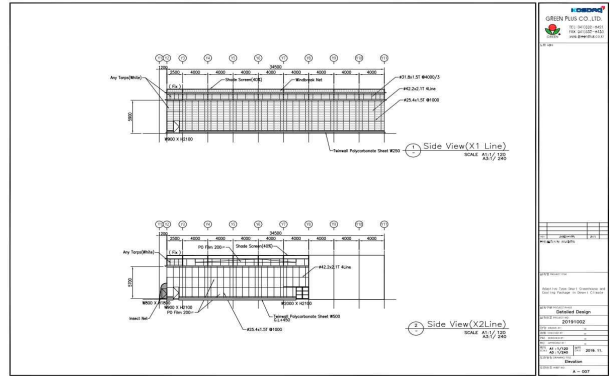
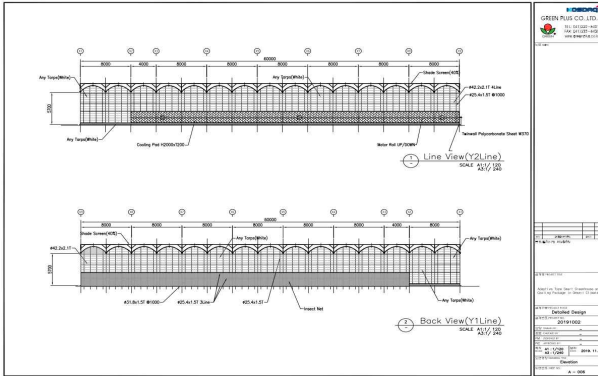
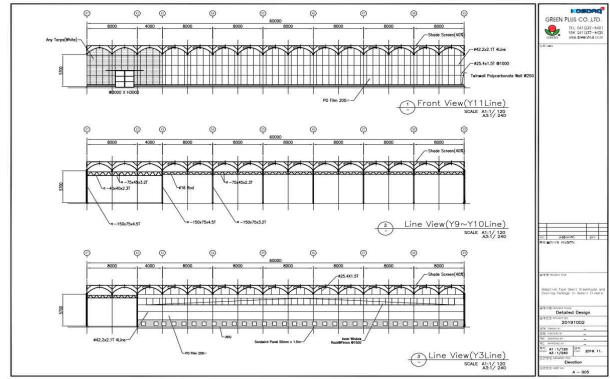
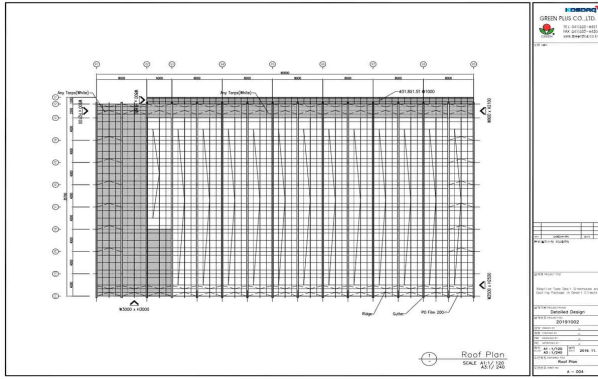
- UAE 현지 스마트온실을 구축하기 위하여 협동기관인 농어촌공사와 협의 및 검토를 통하여 설계도를 작성하였으며, 다음 그림과 같다.

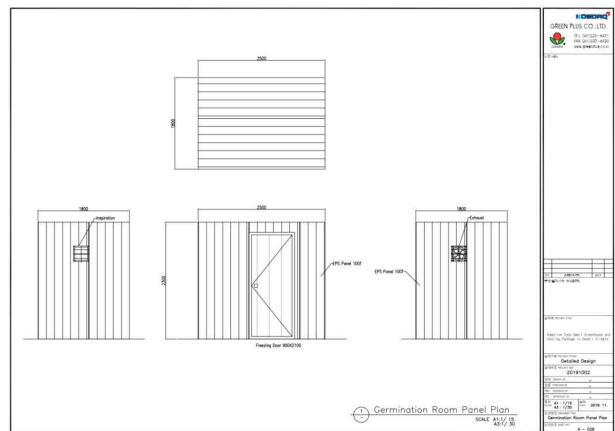
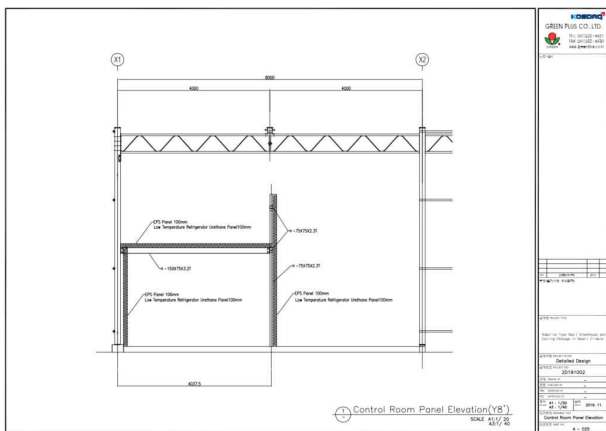
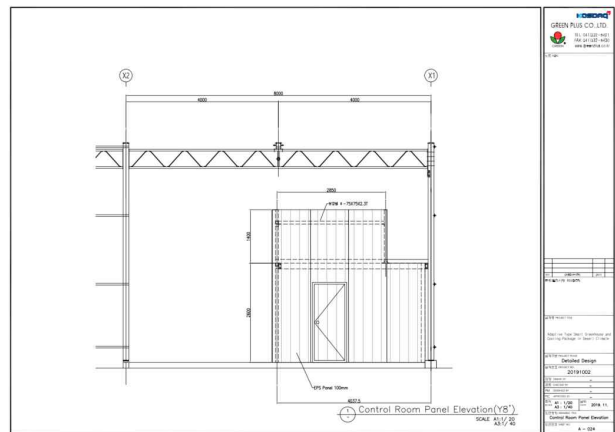
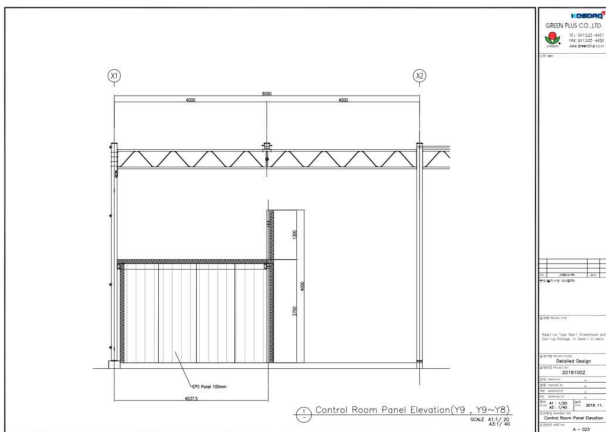
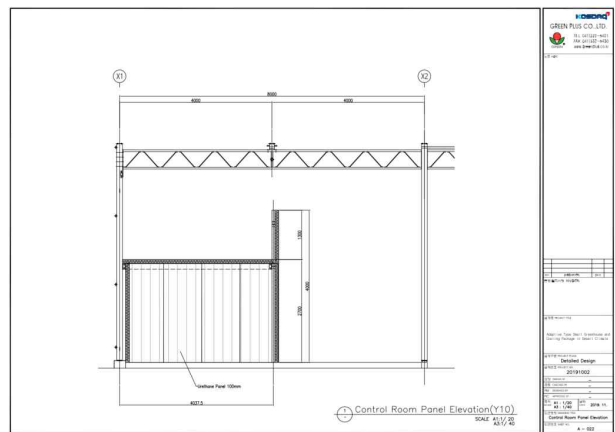
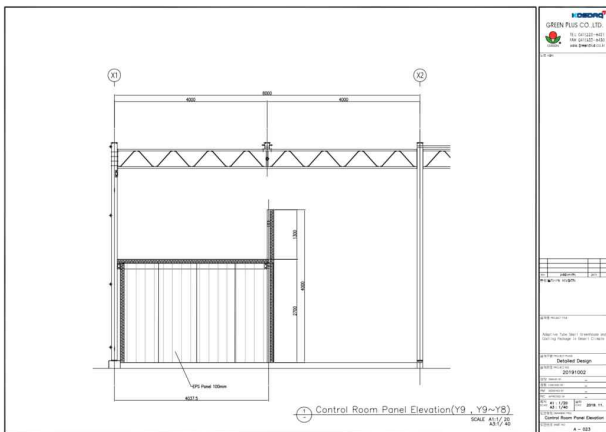
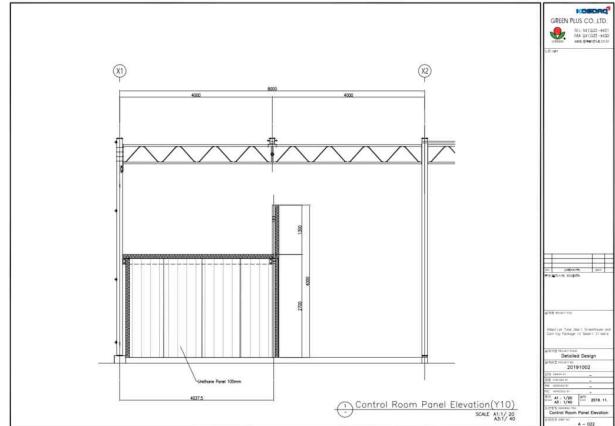
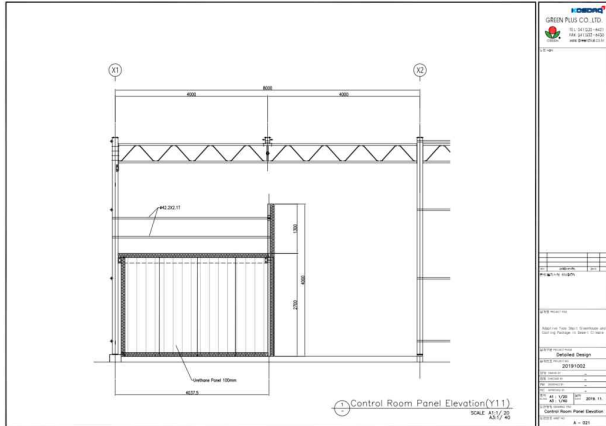
Adaptive Type Smart Greenhouse and Cooling Package in Desert Climate

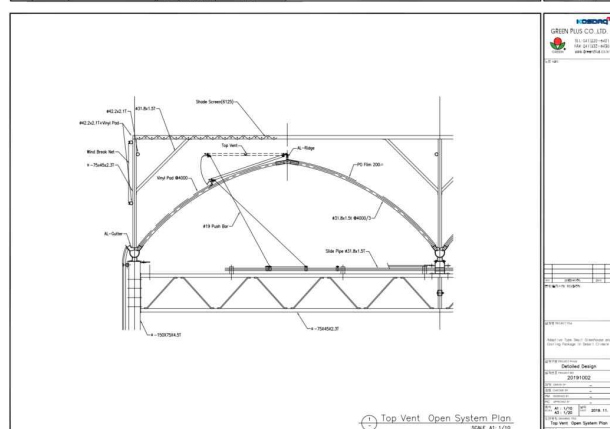
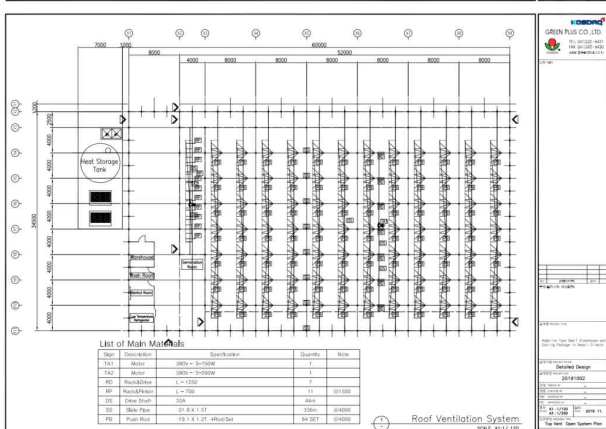
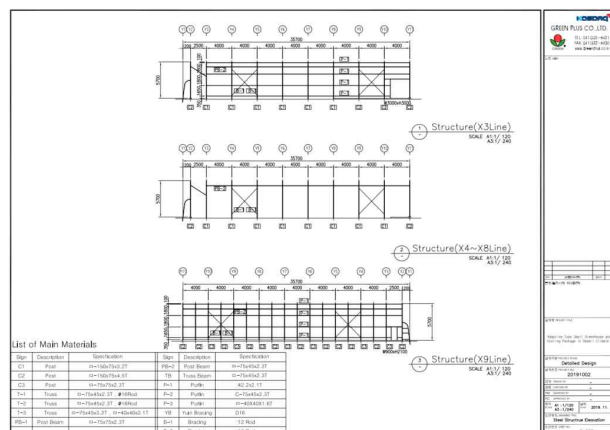
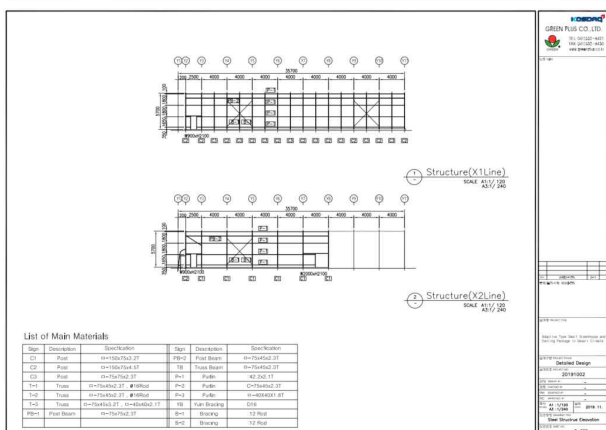
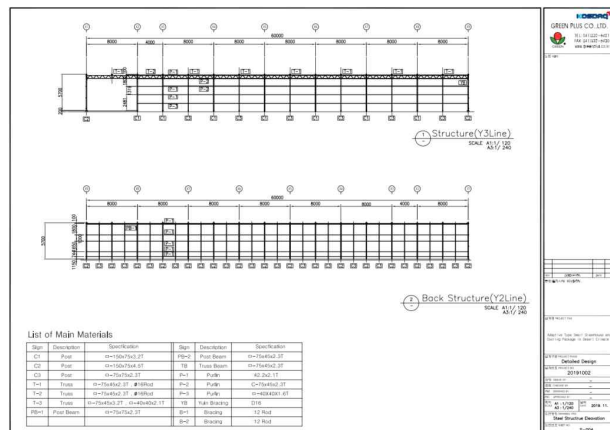
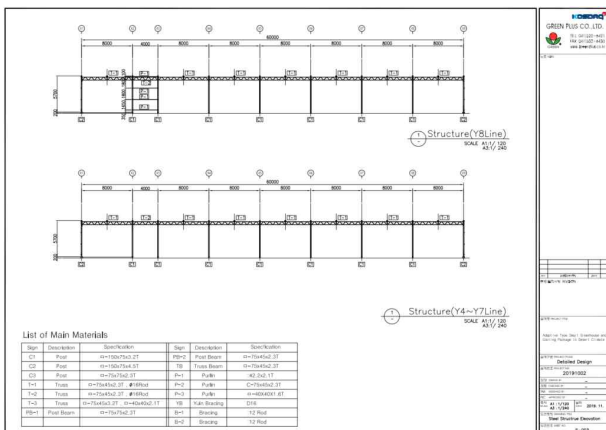
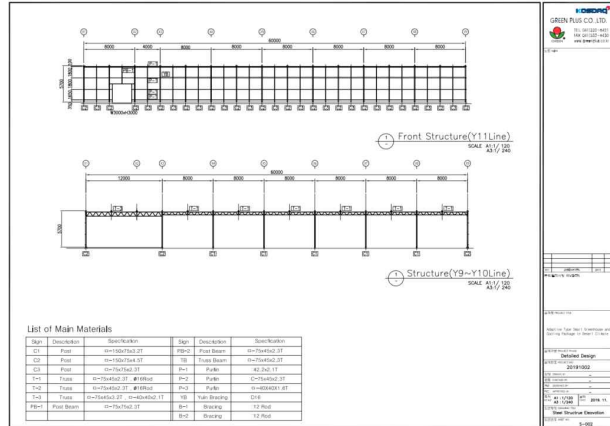
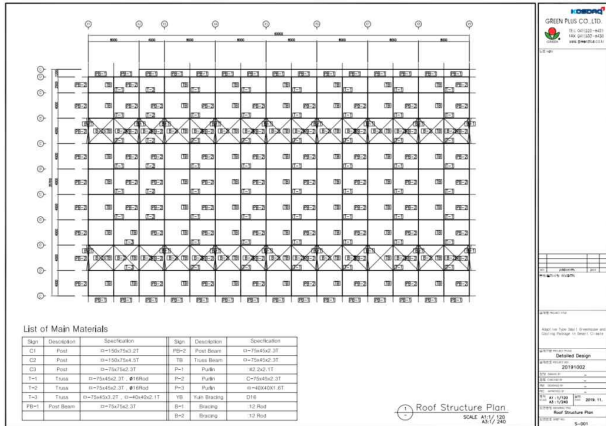
TEL: 041933-6421
 FAX: 041933-6429
 www.greenplus.co.kr

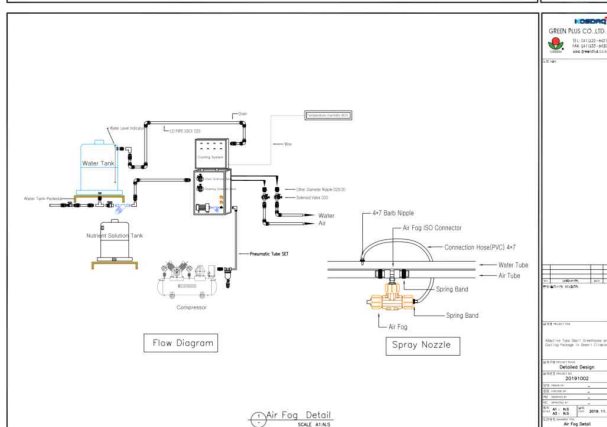
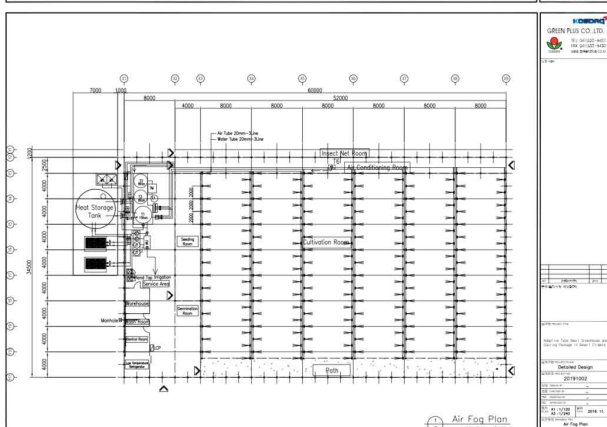
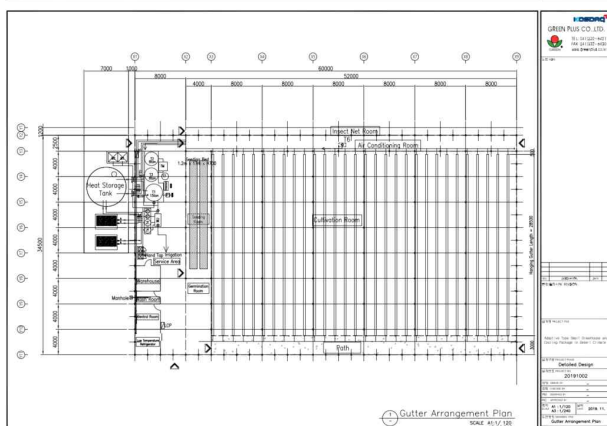
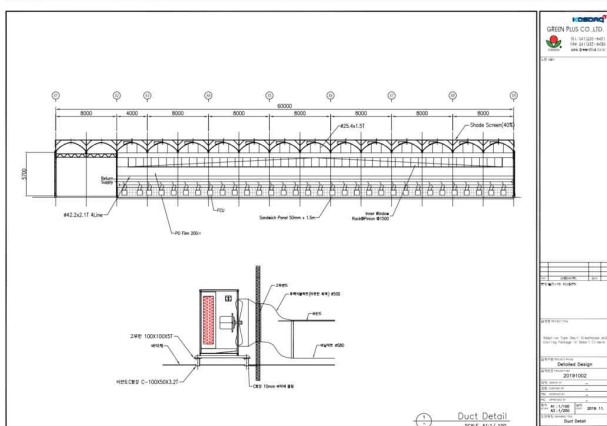
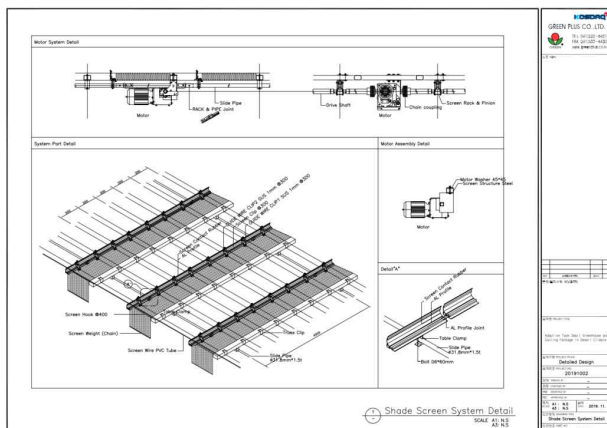
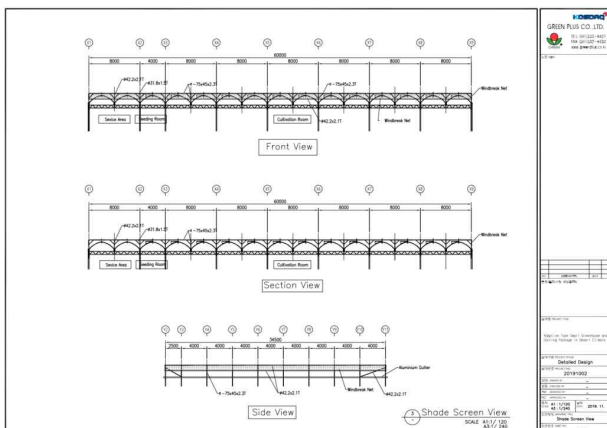
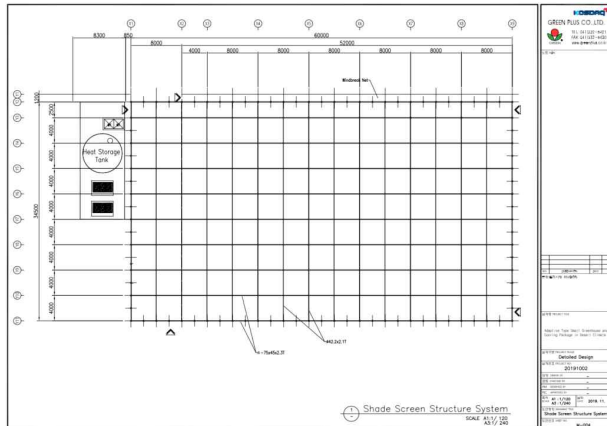
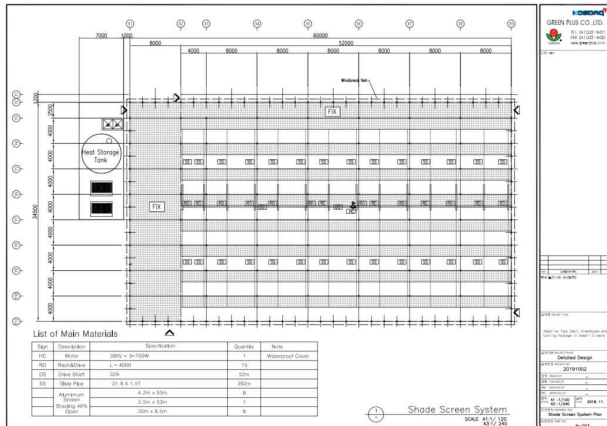
| List of Drawings | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------------------------------|-------|------|----|-------------|-------------------------------------|-------|------|
| Adaptive Type Smart Greenhouse and Cooling Package in Desert Climate | | | | | | | | | |
| NO | Drawing no. | Drawing Title | Scale | Note | NO | Drawing no. | Drawing Title | Scale | Note |
| 1 | A-001 | List of Drawings | N.S. | | 1 | M-001 | Top Deck Open System Plan | 1/200 | |
| 2 | A-002 | Layout of the Site | 1/500 | | 2 | M-002 | Top Deck Open System Detail | N.S. | |
| 3 | A-003 | Foundation Plan | 1/200 | | 3 | M-003 | Shade Screen System Plan | 1/200 | |
| 4 | A-004 | Plant Plan | 1/50 | | 4 | M-004 | Shade Screen System Section | 1/200 | |
| 5 | A-005 | Elevation | 1/200 | | 5 | M-005 | Shade Screen Section | 1/200 | |
| 6 | A-006 | Elevation | 1/200 | | 6 | M-006 | Shade Screen System Detail | N.S. | |
| 7 | A-007 | Elevation | 1/200 | | 7 | M-007 | Shade Screen | 1/200 | |
| 8 | A-008 | Elevation | 1/200 | | 8 | M-008 | Shade Screen Plan | 1/200 | |
| 9 | A-009 | Main Section Detail | 1/200 | | 9 | M-009 | W. Lug Plan | 1/200 | |
| 10 | A-010 | Construction Section Detail | 1/200 | | 10 | M-010 | W. Lug Section | N.S. | |
| 11 | A-011 | 3-D View Assembly Detail | 1/200 | | 11 | M-011 | Shading Mesh Detail | N.S. | |
| 12 | A-012 | Assembly Detail | 1/200 | | 12 | M-012 | Shading Mesh Plan | 1/200 | |
| 13 | A-013 | Foundation Detail | N.S. | | 13 | M-013 | Flow Section | N.S. | |
| 14 | A-014 | Shading Mesh, Main Section Detail | 1/200 | | 14 | M-014 | Shy Section Detail | 1/200 | |
| 15 | A-015 | Shading Mesh, Main Section Plan | 1/200 | | 15 | M-015 | Plant Plan Layout | 1/200 | |
| 16 | A-016 | Shading Mesh, Main Section Top View | N.S. | | 16 | M-016 | Shy Section Plan | 1/200 | |
| 17 | A-017 | Site Installation Detail | N.S. | | 17 | M-017 | Shading Mesh Section | 1/200 | |
| 18 | A-018 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 18 | M-018 | Handing Layout | 1/200 | |
| 19 | A-019 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 19 | M-019 | Construction Detail Plan | 1/200 | |
| 20 | A-020 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 20 | M-020 | Shading Mesh Plan | 1/200 | |
| 21 | A-021 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 21 | | | | |
| 22 | A-022 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 22 | | | | |
| 23 | A-023 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 23 | | | | |
| 24 | A-024 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 24 | E-001 | Power Arrangement Plan | 1/200 | |
| 25 | A-025 | Control Room Floor Section | 1/200 | | 25 | E-002 | Lighting Arrangement Plan | 1/200 | |
| 26 | A-026 | Construction Room Floor Plan | 1/10 | | 26 | E-003 | Underground Wiring Diagram | 1/200 | |
| 27 | S-001 | Plant Structure Plan | 1/200 | | 27 | E-004 | Main Building Control Panel | N.S. | |
| 28 | S-002 | Shed Structure Description | 1/200 | | 28 | E-005 | Main Building Control Panel Section | N.S. | |
| 29 | S-003 | Shed Structure Description | 1/200 | | 29 | E-006 | Main Building Control Panel Section | N.S. | |
| 30 | S-004 | Shed Structure Description | 1/200 | | 30 | E-007 | Shed Structure Section 1 | N.S. | |
| 31 | S-005 | Shed Structure Description | 1/200 | | 31 | E-008 | Shed Structure Section 2 | N.S. | |
| 32 | S-006 | Shed Structure Description | 1/200 | | 32 | E-009 | Shed Structure Section 3 | N.S. | |
| 33 | S-007 | Shed Structure Description | 1/200 | | 33 | E-010 | Shed Structure Section 4 | N.S. | |
| 34 | S-008 | Shed Structure Description | 1/200 | | 34 | E-011 | Shed Structure Section 5 | N.S. | |
| 35 | S-009 | Shed Structure Description | 1/200 | | 35 | E-012 | Shed Structure Section 6 | N.S. | |
| 36 | S-010 | Shed Structure Description | 1/200 | | 36 | E-013 | Shed Structure Section 7 | N.S. | |
| 37 | S-011 | Shed Structure Description | 1/200 | | 37 | E-014 | Shed Structure Section 8 | N.S. | |
| 38 | S-012 | Shed Structure Description | 1/200 | | 38 | E-015 | Shed Structure Section 9 | N.S. | |
| 39 | S-013 | Shed Structure Description | 1/200 | | 39 | E-016 | Shed Structure Section 10 | N.S. | |
| 40 | S-014 | Shed Structure Description | 1/200 | | 40 | E-017 | Shed Structure Section 11 | N.S. | |
| 41 | S-015 | Shed Structure Description | 1/200 | | 41 | E-018 | Shed Structure Section 12 | N.S. | |
| 42 | S-016 | Shed Structure Description | 1/200 | | 42 | E-019 | Shed Structure Section 13 | N.S. | |
| 43 | S-017 | Shed Structure Description | 1/200 | | 43 | E-020 | Shed Structure Section 14 | N.S. | |
| 44 | S-018 | Shed Structure Description | 1/200 | | 44 | E-021 | Shed Structure Section 15 | N.S. | |
| 45 | S-019 | Shed Structure Description | 1/200 | | 45 | E-022 | Shed Structure Section 16 | N.S. | |
| 46 | S-020 | Shed Structure Description | 1/200 | | 46 | E-023 | Shed Structure Section 17 | N.S. | |
| 47 | S-021 | Shed Structure Description | 1/200 | | 47 | E-024 | Shed Structure Section 18 | N.S. | |

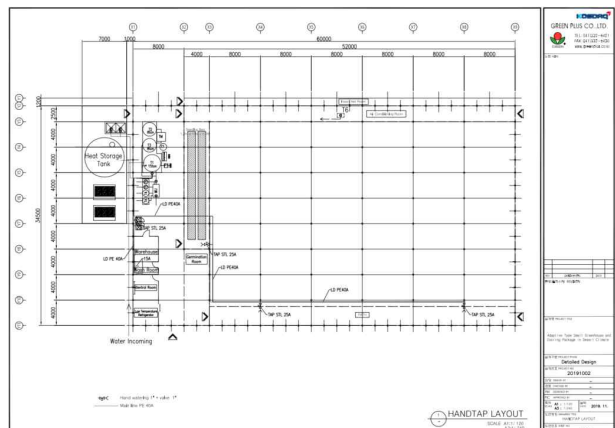
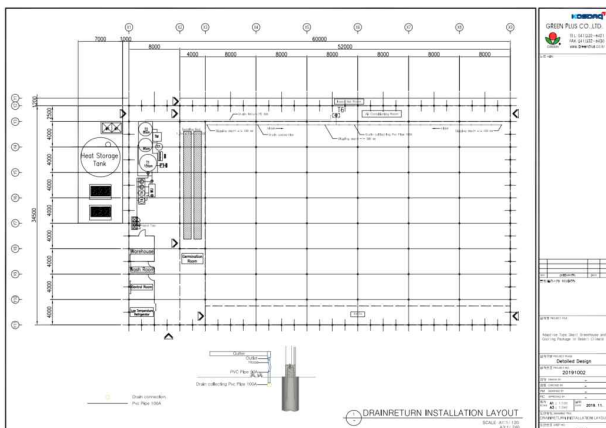
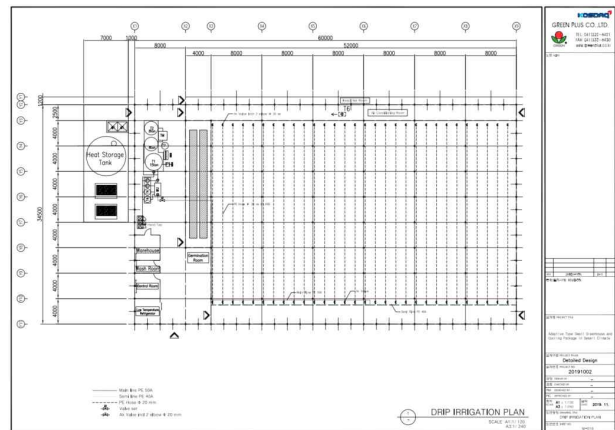
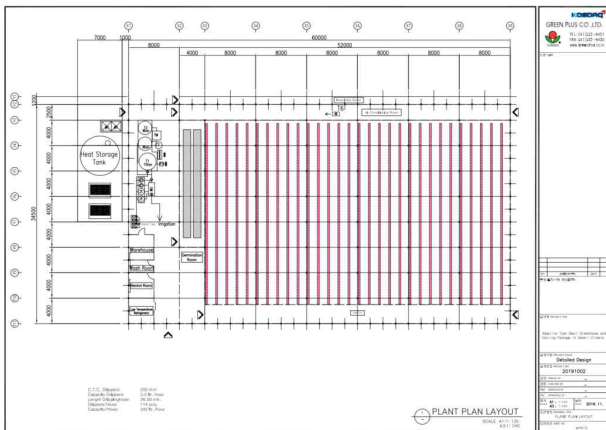
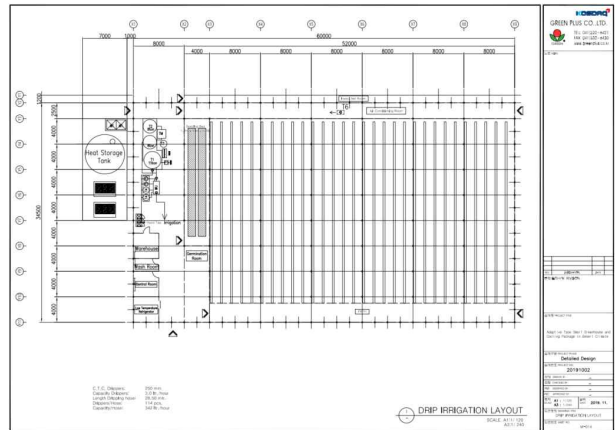
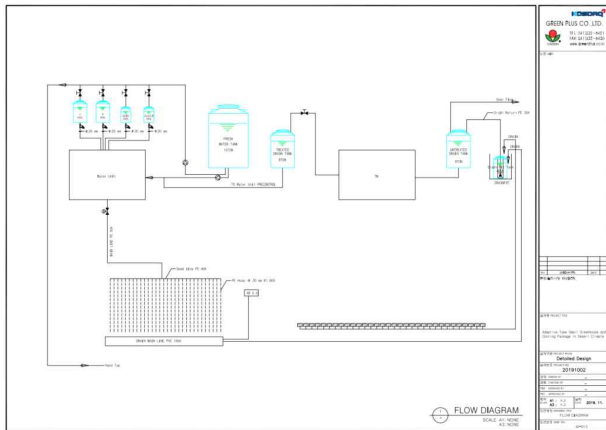
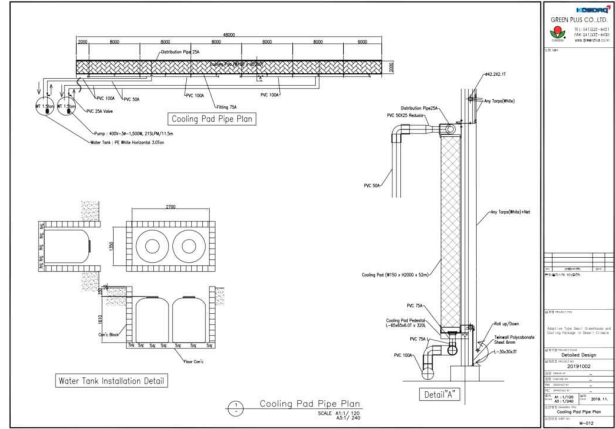
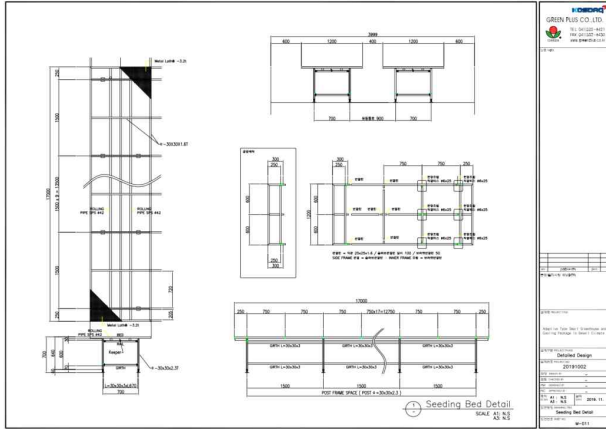


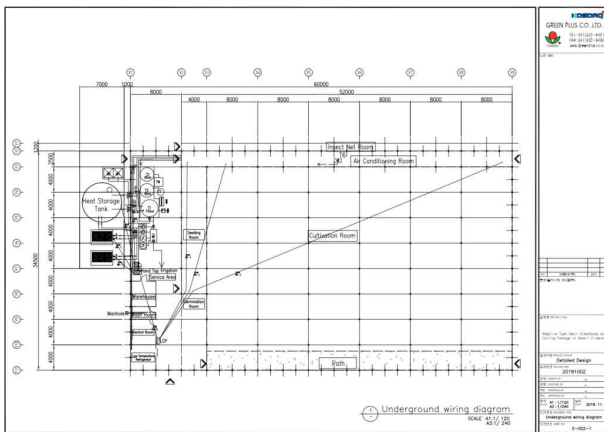
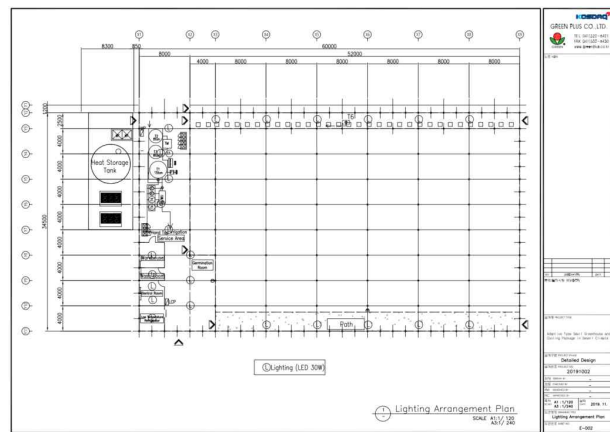
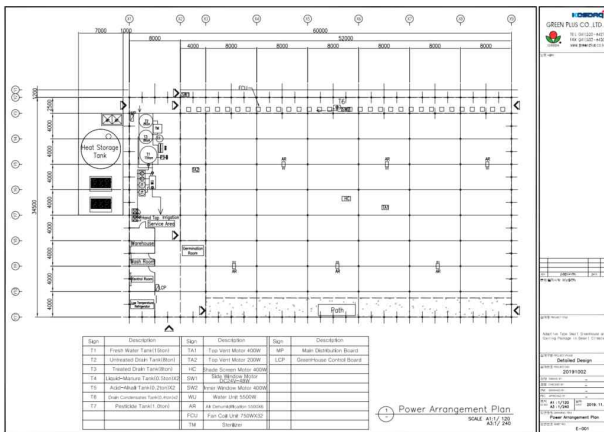
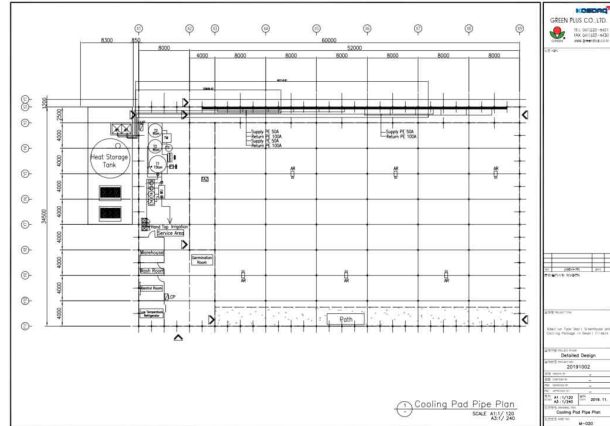
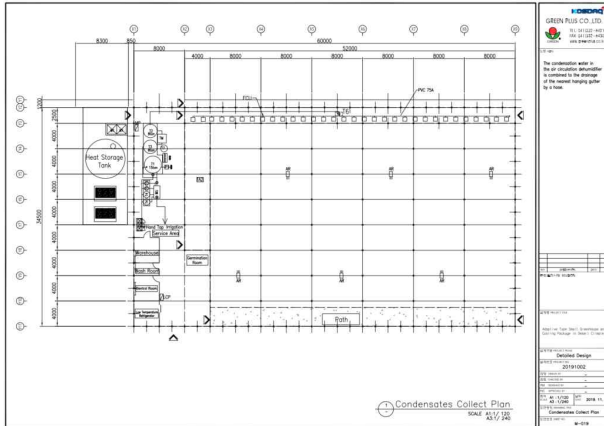












Electric Load Table

| Tag | Equipment | Quantity | Wattage | Emergency Control Panel | Normal Control Panel | Fire Control Panel | Control System | Light | Electric Heat | Other |
|------|----------------|----------|---------|-------------------------|----------------------|--------------------|----------------|-------|---------------|-------|
| T1 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T2 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T3 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T4 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T5 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T6 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T7 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T8 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T9 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T10 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T11 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T12 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T13 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T14 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T15 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T16 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T17 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T18 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T19 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T20 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T21 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T22 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T23 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T24 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T25 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T26 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T27 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T28 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T29 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T30 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T31 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T32 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T33 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T34 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T35 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T36 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T37 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T38 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T39 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T40 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T41 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T42 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T43 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T44 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T45 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T46 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T47 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T48 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T49 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T50 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T51 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T52 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T53 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T54 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T55 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T56 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T57 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T58 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T59 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T60 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T61 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T62 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T63 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T64 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T65 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T66 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T67 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T68 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T69 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T70 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T71 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T72 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T73 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T74 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T75 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T76 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T77 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T78 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T79 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T80 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T81 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T82 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T83 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T84 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T85 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T86 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T87 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T88 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T89 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T90 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T91 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T92 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T93 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T94 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T95 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T96 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T97 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T98 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T99 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T100 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T101 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T102 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T103 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T104 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T105 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T106 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T107 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T108 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T109 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T110 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T111 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T112 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T113 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T114 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T115 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T116 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T117 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T118 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T119 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T120 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T121 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T122 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T123 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T124 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T125 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T126 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T127 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T128 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T129 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T130 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T131 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T132 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T133 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T134 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T135 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T136 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T137 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T138 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T139 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T140 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T141 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T142 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T143 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T144 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T145 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T146 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |
| T147 | Tap Volt Meter | 1 | 200W | | | | | | | |

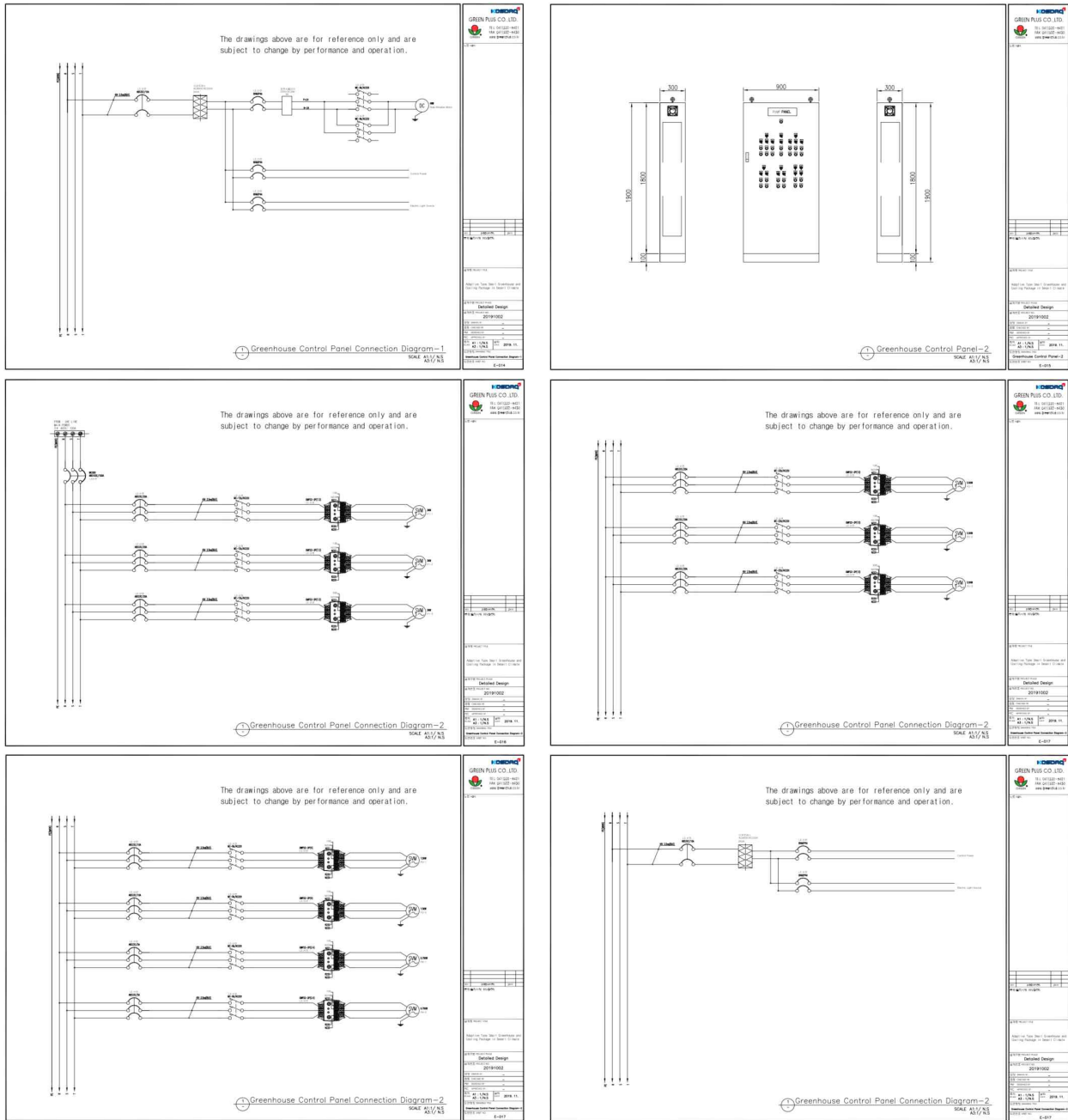


그림 128. 보완된 스마트온실 구성 설계도 및 스마트온실

- 구축된 스마트온실은 폭 60 m × 넓이 3.45 m × 높이 5.7 m의 연동형 온실로 건설하였으며, 피복재는 PO 필름, 샌드위치 패널(관리동)을 사용하였으며, 측면도와 평면도는 다음 그림과 같다.
- UAE 현지 기온이 고온 건조한 기후이기 때문에 작물의 온도를 낮춰주기 위해 작물 베드를 행잉거터로 적용하였으며, 뿌리의 온도를 낮춰주기 위해 거터 밑으로 팬코일 유닛을 설치하였고, 쿨링패드와 히트펌프를 이용하여 온실 내부의 온도를 낮추기 위해 설치하였다.

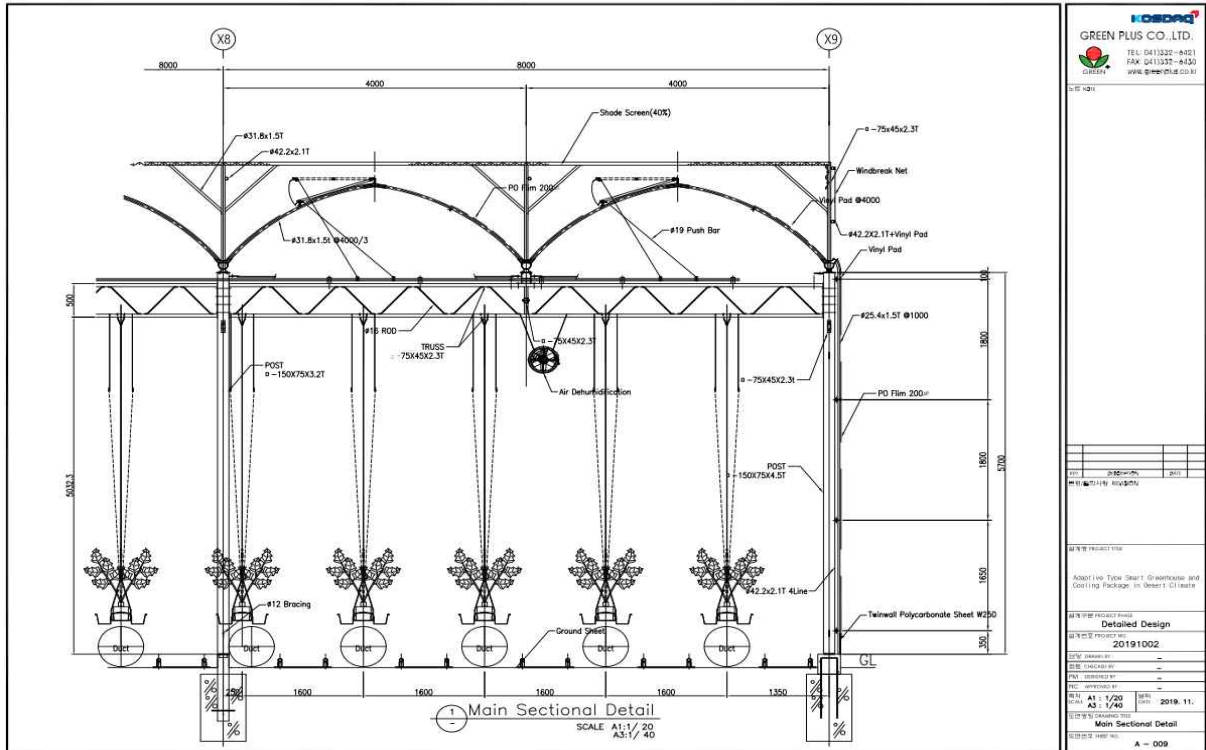


그림 129. 스마트 온실의 설계도 및 스마트온실 준공

- 협동기관(농어촌공사)과의 협의 및 검토를 통하여 온실 설계도를 구상하고, 설계도를 바탕으로 시공하여 위와 같은 스마트온실을 준공하였다.
- 이와같이 스마트온실을 준공하면서 현지 스마트온실 시공 매뉴얼과 시방서를 제작하였다.

2) 사막형 스마트온실 모델의 개선/보완

- UAE 현지 스마트 온실의 개선이 필요한 사항을 현지 관리인과 담당자와 온라인 및 오프라인으로 협의하였다.
- 사막형 스마트온실 테스트베드의 개선 및 보완사항을 확인하였으며, 다음과 같다.

표 23. 스마트온실(냉방패키지 온실) 개선 및 보완사항

| 순번 | 개선 필요 내용 | 보완 내용 |
|----|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 천창으로 해충 등 외부 생물 유입 가능 | 천창 방충망 설치 완료(21년 12월) |
| 2 | 온실 내부 에어제습팬만 설치되어 추가 공기 유동 장치 필요 | 추가 유동팬 설치 예정(22년 2월) |
| 3 | 현지의 강한 일사로 인하여 측면 추가 차광 필요 | 온실 측면 추가 차광스크린 설치 완료(21년 12월) |
| 4 | 공조실 내부 오전 강한 일사로 인하여 차광 필요 | 공조실 내부 차광스크린 설치 완료(21년 12월) |
| 5 | 비닐덕트의 취출구의 방향 변경 필요 | 비닐덕트 취출구를 변경하여 설치 예정(22년 2월) |
| 6 | 동절기 현지 온도 하강으로 인한 보온장비 필요 | 전기난방기 추가 설치(22년 2월) |
| 7 | 관리공간 고온으로 인한 문제점 | 흡기 및 배기팬 추가 설치 및 냉방기 추가 설치 예정(22년 2월) |
| 8 | 작물 재배에 적합하게 재배거터의 높이 수정 필요 | 재배거터 높이 수정 진행 중(22년 2월) |

- 현지 온실 관리 및 담당자와 개선 및 필요사항을 논의하였으며, 이에 따른 보완 및 조치사항은 다음 표와 같이 보완조치 완료하였다.
- 천창 방충망을 설치하여 해충 등 외부에서 유입되는 것을 방지하기위해 방충망을 설치하였으며, 공조실 내부 강한 일사량으로 인해 측면 및 내부 차광스크린을 설치하였다.
- 추가적인 보완 요청사항이 나올 경우, 차후 데이터 확보 및 설비장치 확인을 위한 출장을 각 기관과 협의하여 일정을 잡은 뒤 보완요청 사항 확인 후 진행 할 예정이다.

다. 현지 실증 온실 작물 재배 데이터 분석

1) 실증온실 및 냉방패키지 조성 후 현지 주요 재배작물 재배 데이터 수집, 분석

가) 실증온실의 주요 작물 재배현황

- 실증온실에서 재배되고 있는 주된 작물은 오이로, 종과형과 장과형으로 재배되고 있는 실정이다.
- 품종은 종과형 4품종, 장과형 4품종으로 진행하였으며, 품종별 이름은 다음과 같다.

표 24. 실증온실에 재배된 오이 품종명

| | 중과형 | 장과형 |
|---|---------|------------|
| 1 | Katrina | Borja |
| 2 | Nagene | Dreamliner |
| 3 | Sausan | Gulfstream |
| 4 | Zeco | Imea |



그림 130. 실증온실에서 재배 및 수확된 오이 품종

- 파종은 10월 31일에 파종이 되었으며, 실증온실 내 발아실에서 재배되었다.

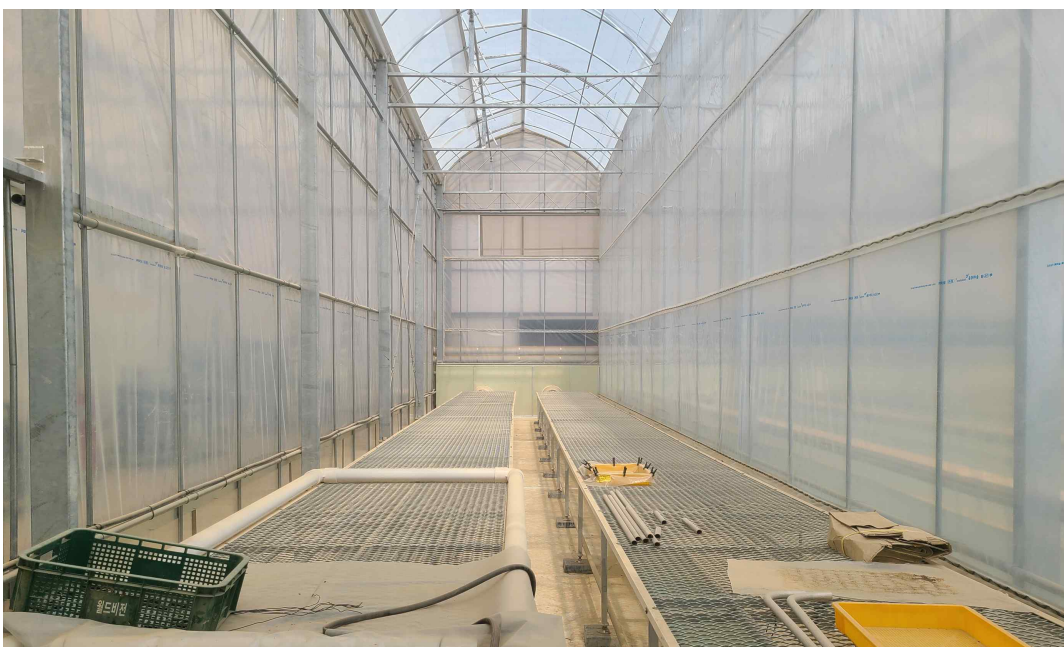


그림 131. 실증온실 내 발아실 내부 공사 현황

- 11월 19일에 재배동에 정식이 되었으며, 120 주(24 주/반복, 5 반복 진행)를 조사하기 위하여 진행하였으며, 난괴법으로 진행하였다.
- 1 개 거터 당 슬라브는 26 개가 있으며, 1 개 슬라브 당 4 주씩 품종별로 7 개 슬라브, 6 개 슬라브로 정식 하였으며, 재배는 다음 그림과 같이 진행하였다.

| | | | | |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 4-Zeco (7) | 3-Sausan (7주) | 2-Nagene (7) | 1-Katrin (7) | 3-Sausan (7) |
| 3-Sausan (6) | 4-Zeco (6) | 1-Katrin (6) | 2-Nagene (6) | 1-Katrin (6) |
| 2-Nagene (6) | 1-Katrin (6) | 4-Zeco (6) | 3-Sausan (6) | 4-Zeco (6) |
| 1-Katrin (7) | 2-Nagene (7주) | 3-Sausan (7) | 4-Zeco (7) | 2-Nagene (7) |

재배동_중과형 정식도

| | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 8-Imea (7) | 7-Gulfstream (7) | 6-Dreamliner (7) | 5-Borja (7) | 7-Gulfstream (7) |
| 7-Gulfstream (6) | 8-Imea (6) | 5-Borja (6) | 6-Dreamliner (6) | 5-Borja (6) |
| 6-Dreamliner (6) | 5-Borja (6) | 8-Imea (6) | 7-Gulfstream (6) | 8-Imea (6) |
| 5-Borja (7) | 6-Dreamliner (7) | 7-Gulfstream (7) | 8-Imea (7) | 6-Dreamliner (7) |

재배동_장과형 정식도

- ※ 품종별로 5반복 배치
- ※ 품종명 뒤의 ()안 숫자는 슬라브 개수임(1슬라브 당 4주), 앞의 숫자는 관리상 편의를 위해 임의로 붙임.
- ※ 1개의 거터 당 슬라브 26개, 1개 슬라브 당 4주 정식



중과형 품종

장과형 품종

그림 132. 실증온실에서 재배 및 수확 된 오이 품종

- COVID-19로 인해 해외 출장에 어려움이 있어, 데이터 확보 및 재배 현황 등 조사하기 위하여 1월 5일부터 19일까지 출장을 진행하였으며, 11월부터~1월 10일까지의 온실 온도, 습도와 같은 재배환경 데이터를 확보하였다.
- COVID-19로 인하여 실증온실 구축 및 보완 설치공사가 딜레이 되어, 온 습도 데이터는 11월부터 데이터를 확보할 수 있었으나, 시공이 늦어진 점으로, 여름 데이터를 확보하지 못하였다.
- 실증 데이터 중 전기 및 용수 사용량 분석 자료 등은 향 후 테스트베드 온실의 경제성 평가 기반 자료로 활용할 수 있으며, 한국 온실 기술의 중동 지역 시장 진출에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.
- 현지 실증온실에 대한 센서를 구비한 상태이며, 추후 후속과제(UAE 맞춤형 외부차광 및 증발냉각시스템 수출 기술개발, UAE 맞춤형 온실냉방 패키지의 물질약형 운영기술 고도화)에 내용을 추가적으로 데이터를 작성할 계획이다.
- 현재 재배데이터는 가을~봄작기의 재배데이터로 COVID-19로 인해 공사 완료가 늦어져 여름작기의 데이터를 확보할 수 없었다.
- 극고온 환경의 데이터는 이번작기 종료 후 시작할 것으로 사료되며, 하절기에 온습도 데이터, 물 사용량, 전기 사용량 및 에너지 사용량 등 데이터를 확보하여 후속과제에 작성할 계획이다.

나) 실증온실의 주요 작물 생장 및 데이터 확보

(1) 오이 품종별 생육 데이터 확보

- 10월 19일에 파종 된 오이에서 발아가 된 기간부터 오이의 절간 장길이 데이터를 확보하였으며, 식물생장 조사는 11월 29일, 12월 12일, 12월 29일 3차에 걸쳐 조사를 진행하였고, 조사는 오이의 총장, 마디 개수, 잎장, 잎폭, 줄기 두께를 조사하였다.
- 우선, 절간장 길이를 측정하였으며, 오이 파종에서 발아된 오이 품종을 12개를 선정하여 조사를 진행하였다.

표 25. 품종 별 절간장 (Internode length)_1 section

| 품종 형태 | ID | 절간장 (Internode length) (cm) * | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| | | 0st ** | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | 11th | 12th |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|--|--|--|
| 장 과 명 | BJ506 | 10.3 | 10.9 | 7.9 | 10.6 | 11.2 | 13.3 | 11.5 | | | | | | |
| | BJ507 | 11.1 | 10.1 | 8.8 | 11 | 9.6 | 10.1 | 11.5 | | | | | | |
| | BJ519 | 9.2 | 10.5 | 8.2 | 12.6 | 12.8 | 11.2 | 12.2 | 9.8 | | | | | |
| | BJ520 | 11.5 | 9 | 9.2 | 8.6 | 11.8 | 11.5 | 13.1 | 10.7 | | | | | |
| | BJ529 | 10.4 | 9.2 | 10.1 | 11 | 11.9 | 11 | 11.4 | 13.1 | | | | | |
| | BJ530 | 9.8 | 9.2 | 9.6 | 11.8 | 12.2 | 11.5 | 13.8 | 12.5 | | | | | |
| | DL505 | 8.2 | 7.4 | 7.9 | 8 | 11 | 20.5 | 2.7 | 9 | | | | | |
| | DL506 | 8.2 | 5.5 | 6.7 | 5 | 10.9 | 11.4 | 9.7 | 9.2 | | | | | |
| | DL520 | 8 | 6.4 | 8 | 7.6 | 8.7 | 9.1 | 9.4 | 8.5 | | | | | |
| | DL521 | 8.3 | 8.8 | 8.1 | 7.5 | 9.5 | 8.2 | 9.9 | 9.1 | | | | | |
| | DL529 | 9 | 7.1 | 8.8 | 6.9 | 10.7 | 10.2 | 10.3 | 11.2 | 10.6 | | | | |
| | DL530 | 8.7 | 8.1 | 8.6 | 7.3 | 10 | 11.6 | 12.1 | 10.2 | | | | | |
| | GS507 | 9.7 | 16.7 | 7.7 | 11.9 | 10.5 | 10.7 | 9.9 | 11.2 | | | | | |
| | GS508 | 10.6 | 11.2 | 11.7 | 7.7 | 10.5 | 11.7 | 11.6 | 10.5 | 8.9 | | | | |
| | GS519 | 10.2 | 10.6 | 8.9 | 8.7 | 10.1 | 11.9 | 11.8 | 11.7 | 8.9 | | | | |
| | GS520 | 9.8 | 8.4 | 9.1 | 8.1 | 11.1 | 11.3 | 11 | 11.5 | 9.9 | | | | |
| | GS529 | 10.4 | 10.6 | 9.7 | 9 | 10.7 | 10.9 | 10.4 | 10.1 | 8.2 | | | | |
| | GS530 | 11.1 | 13.1 | 8.2 | 8.3 | 9.8 | 10.2 | 11.8 | 11.3 | 7.5 | | | | |
| | IM503 | 10.1 | 8.9 | 9 | 8.4 | 10.3 | 10.2 | 11.1 | 11.4 | 11.4 | | | | |
| | IM506 | 9 | 7.4 | 7.5 | 8.3 | 13 | 12.4 | 13.6 | 11.1 | 11.4 | | | | |
| | IM519 | 10.8 | 9.4 | 8.1 | 9 | 11.4 | 11.4 | 12.3 | 11.3 | 12 | | | | |
| | IM520 | 9.2 | 7.7 | 8.1 | 7.7 | 12 | 12.1 | 11.7 | 12.8 | 10.9 | 8 | | | |
| | IM529 | 11.1 | 9.6 | 11 | 5.7 | 10.4 | 11.4 | 10.4 | 11.2 | 12 | | | | |
| | IM530 | 10.7 | 9.3 | 9.3 | 8.2 | 13.8 | 11 | 12.3 | 11.1 | 10.7 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 계 급 별 | KT507 | 10.4 | 8.3 | 9.5 | 8.2 | 10 | 10.5 | 10.5 | 9.8 | 10.6 | 9.4 | | | |
| | KT508 | 9.9 | 6.9 | 8.6 | 7.7 | 11.1 | 11.6 | 11.6 | 10.9 | 9.8 | 11.5 | | | |
| | KT519 | 10.1 | 9.3 | 9 | 8.1 | 12 | 17.2 | 4.7 | 10.9 | 10.3 | 12.4 | | | |
| | KT520 | 10.7 | 10.5 | 9.3 | 8.9 | 11.2 | 11 | 11.1 | 11.7 | 10.2 | 10.1 | | | |
| | KT531 | 10.2 | 8.7 | 8.4 | 7.2 | 12.2 | 11.2 | 10.5 | 7.3 | 14.2 | 10.4 | 9.6 | | |
| | KT532 | 10.4 | 15 | 8.8 | 11.5 | 11.5 | 11.8 | 10.7 | 11.7 | 10.7 | | | | |
| | NG506 | 11.7 | 12.6 | 8 | 6.8 | 11.5 | 10.8 | 11 | 9.6 | 10.6 | 9.2 | | | |
| | NG507 | 11.1 | 16.6 | 6.3 | 10.1 | 11.6 | 11.3 | 10.1 | 11.1 | 11.1 | | | | |
| | NG520 | 10.9 | 7.9 | 5.9 | 5 | 8.4 | 8.6 | 10.8 | 10.2 | 11.2 | 9.8 | 8.8 | | |
| | NG521 | 12.4 | 13 | 6.3 | 8.7 | 8.2 | 11.1 | 9.8 | 10.2 | 10.6 | 10.1 | | | |
| | NG529 | 12 | 13.1 | 7.3 | 11.1 | 9.7 | 12.9 | 12.9 | 9.1 | 9.7 | 9.6 | | | |
| | NG534 | 10.7 | 10 | 10.7 | 6.9 | 9.7 | 10.1 | 11 | 10.9 | 10.5 | 9.3 | | | |
| | SS506 | 10.3 | 15.5 | 8.7 | 10.7 | 8.1 | 11.3 | 8 | 14.3 | 11.1 | 10.7 | 10.3 | | |
| | SS507 | 10.4 | 9.3 | 10 | 7.7 | 9.1 | 10.2 | 10.9 | 11.1 | 10.4 | 9.6 | 10 | 10.7 | 8.3 |
| | SS519 | 9.7 | 11.7 | 11.9 | 9.2 | 10.1 | 10.5 | 10.8 | 9.8 | 10.5 | 9.5 | 10.3 | | |
| | SS520 | 12 | 16.4 | 7.2 | 9.1 | 9.1 | 10.6 | 12.4 | 9.1 | 11.8 | 10.5 | 11.1 | 9.4 | |
| | SS526 | 9.8 | 9.9 | 9.5 | 7.2 | 8 | 8.8 | 11.4 | 10.1 | 9 | 10.1 | 10.1 | 10.2 | |
| | SS527 | 12.2 | 13.5 | 13.4 | 9.6 | 9.7 | 9.6 | 9 | 10.2 | 8.8 | 9.4 | 10.8 | | |
| | ZC503 | 9.4 | 8 | 9.6 | 9 | 11.1 | 10.3 | 10.4 | 10.4 | 12 | 9.4 | | | |
| | ZC504 | 10.2 | 9.8 | 10.5 | 8.7 | 10.4 | 9.5 | 12 | 10.9 | 11.4 | 8.8 | | | |
| | ZC519 | 10.7 | 8.5 | 10.1 | 8.9 | 11.2 | 9.1 | 10.5 | 8.9 | 11 | 7.5 | | | |
| | ZC520 | 9.7 | 9.4 | 12.3 | 8.4 | 11.9 | 9.5 | 11.1 | 9.6 | 10.1 | 9.7 | | | |
| | ZC529 | 8.2 | 8.1 | 8.4 | 8.8 | 12.7 | 8.2 | 11.8 | 8.8 | 11.4 | 8.5 | | | |
| | ZC530 | 11.5 | 10.1 | 11.6 | 9.2 | 12.2 | 12 | 9.8 | 9.8 | 12 | 9.2 | | | |

* 절간장 (Internode length) (cm)*: 첫 번째 생장을 조사시에만 측정

* 0st **: 지표에서 떡잎까지의 길이

- 절간장의 길이를 측정하는 이유는 장과형, 중과형 마다 절간장의 길이가 다르며, 생육환경이 불량한지 측정 가능하기 때문에 절간장의 길이를 측정하였다.
- 격주마다 조사를 진행하였으며, 품종명에 따라 번호를 매긴 뒤 무작위로 선발하여 절간형을 조사하였고, 1구역, 2-3구역으로하여 작물의 절간장의 차이가 있는지 확인하였다.
- 1구역 (1 section) 품종 별(장과형, 중과형) 절간장의 길이를 12개씩 조사하였으며, 장과형인 Borja의 평균 절간장은 6.9 cm, Dreamline의 평균 절간장은 6.8 cm, Gulfstream의 평균 절간장은 8.0 cm, lmea의 평균 절간장은 8.3 cm이다.
- 중과형인 Katrin의 평균 절간장은 8.9 cm, Nagene의 평균 절간장은 9.3 cm, Sausan의 평균 절간장은 10.8 cm, Zeco의 평균 절간장은 9.1 cm로 파악되었다.

표 26. 품종 별 절간장 (Internode length)_2-3 section

| 품종 형태 | ID | 절간장 (Internode length) (cm) * | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0st ** | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | 11th | 12th |
| 장 과 형 | BJ038 | 11.9 | 13.4 | 8.9 | 13 | 13.7 | 12.3 | 11.4 | 12.8 | | | | | |
| | BJ039 | 10.5 | 10 | 10.7 | 12 | 12.5 | 13.3 | 12.7 | 13 | 11.7 | | | | |
| | BJ066 | 10.2 | 18 | 9.6 | 15 | 12.9 | 14.1 | 11.9 | 14.2 | | | | | |
| | BJ067 | 10.2 | 9.7 | 11.6 | 14 | 12.7 | 14.5 | 12.2 | 12.8 | 13 | | | | |
| | BJ086 | 9.7 | 9.5 | 12.6 | 12.4 | 13.2 | 13.1 | 14.6 | 12.1 | 9.7 | | | | |
| | BJ087 | 10.7 | 12.5 | 11.8 | 13 | 13.7 | 13.3 | 11.7 | 9.7 | 9.4 | | | | |
| | DL041 | 9.2 | 7.6 | 7.4 | 10.1 | 11.3 | 9.5 | 10.1 | 9.5 | 9.9 | 9.1 | | | |
| | DL042 | 10.1 | 9.3 | 10.1 | 10.4 | 5.5 | 15 | 10.8 | 11 | 10.3 | 9 | | | |
| | DL066 | 9.9 | 8.6 | 10.4 | 10.2 | 12.1 | 14 | 9.2 | 11.7 | 11.6 | 10.6 | | | |
| | DL067 | 9.6 | 10.1 | 8.9 | 10.1 | 12 | 12.1 | 12.1 | 11.5 | 11.6 | | | | |
| | DL086 | 11.5 | 7.7 | 7.2 | 8.1 | 10.4 | 11.9 | 11.6 | 11.8 | 11.5 | 10.8 | | | |
| | DL087 | 9.6 | 8.6 | 9.3 | 10.8 | 11.9 | 12.5 | 12 | 10.4 | 10.6 | 10.5 | | | |
| | GS037 | 11.1 | 10.7 | 8.1 | 10.8 | 10.4 | 13.6 | 11.8 | 11.2 | 11 | 11 | | | |
| | GS040 | 13 | 9.2 | 8.8 | 11.2 | 11 | 13.2 | 12.3 | 11.9 | 10.3 | 10.2 | | | |
| | GS066 | 12.5 | 11.9 | 9.8 | 13.4 | 10.2 | 12 | 11.7 | 11.7 | 10.9 | 10.9 | | | |
| | GS067 | 12.2 | 10.9 | 11.1 | 9 | 13.7 | 9.7 | 11.5 | 11.5 | 11.1 | 9.9 | 10.7 | | |
| | GS086 | 13.1 | 11.3 | 9.8 | 14 | 12 | 12.4 | 12 | 10.8 | 11.5 | 12.3 | 9.2 | | |
| | GS087 | 12.6 | 9.1 | 6.9 | 9.9 | 12.7 | 11.2 | 11.9 | 10.5 | 11.4 | 12 | 10.3 | | |
| | IM037 | 12.5 | 9.7 | 9.3 | 9.9 | 12.7 | 11.1 | 13.1 | 11.4 | 12.3 | 12 | 10.7 | | |
| | IM038 | 9.3 | 9.4 | 10.4 | 11.5 | 14.5 | 10 | 11.7 | 8.9 | 10.2 | 8.5 | | | |
| IM066 | 11.4 | 9 | 9.2 | 11.6 | 13.2 | 11.8 | 12.3 | 12 | 12 | 11.9 | 10.8 | | | |
| IM067 | 10.2 | 10 | 10.1 | 12.9 | 12.2 | 11.9 | 13.8 | 10.2 | 12.4 | 10.2 | | | | |
| IM087 | 10.4 | 9.8 | 9 | 11.5 | 10 | 9.4 | 9.5 | 10 | 8.1 | 9.8 | | | | |
| IM088 | 10.4 | 11.8 | 11.5 | 13.7 | 10.3 | 9 | 9.1 | 9.3 | 10.8 | 9.5 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 계 단 별 | KT037 | 11.4 | 9.3 | 10 | 10.1 | 9.6 | 11.3 | 10.6 | 11 | 11.3 | 9.8 | 10.3 | | |
| | KT038 | 10.8 | 8.6 | 9.9 | 10 | 12.1 | 9.7 | 12.1 | 10.8 | 11.4 | 10.6 | 10.2 | 8.2 | |
| | KT067 | 9.8 | 10.6 | 10.1 | 10.5 | 13.6 | 10.3 | 12.7 | 10.3 | 11.1 | 10.4 | 11.4 | 9.9 | |
| | KT068 | 10.1 | 10.1 | 11 | 8.6 | 12.6 | 9 | 11.9 | 10.2 | 10 | 11.7 | 11.7 | 8.1 | |
| | KT086 | 9.8 | 9.8 | 7.4 | 7.6 | 11.8 | 9.7 | 9.9 | 12.5 | 11.4 | 10.9 | 11.2 | 10.8 | |
| | KT087 | 10.7 | 9 | 8.4 | 7.5 | 11.3 | 9.3 | 10.4 | 11.7 | 11.4 | 9.5 | 10.9 | 10.5 | |
| | NG038 | 11.2 | 11 | 5.8 | 9.8 | 8.5 | 9.6 | 10.2 | 10.9 | 9.4 | 10 | 10.3 | | |
| | NG039 | 11.4 | 13.5 | 6.9 | 13.7 | 8 | 11.9 | 9.6 | 12.7 | 8.7 | 11.2 | 8 | | |
| | NG065 | 12.4 | 13.2 | 6.7 | 11.8 | 9.9 | 12 | 9.4 | 13.2 | 10.1 | 13 | 10.8 | | |
| | NG066 | 11.1 | 12.6 | 7.5 | 11.3 | 9.5 | 12.7 | 10.6 | 11.9 | 9.5 | 10.7 | 9.6 | | |
| | NG087 | 10.7 | 15.2 | 6.8 | 12 | 9.8 | 10.6 | 11.1 | 12 | 10.2 | 10.6 | 8.7 | | |
| | NG088 | 11.7 | 9.7 | 5.3 | 7.6 | 7.4 | 10.6 | 8.1 | 12.3 | 10 | 12.8 | 9.2 | | |
| | SS037 | 13.4 | 15.6 | 7.6 | 13.5 | 9.3 | 11.6 | 9.7 | 11.2 | 10.6 | 11.4 | 9.5 | 11.6 | 6 |
| | SS038 | 11.9 | 13.6 | 11.4 | 8.5 | 9.4 | 10.6 | 9.9 | 11.9 | 10.4 | 11.2 | 9.3 | 9.6 | 10.1 |
| | SS065 | 9.3 | 9.7 | 6.5 | 6.8 | 9.9 | 9.2 | 9.9 | 8 | 10.1 | 10.3 | 10.3 | 10.9 | 10.9 |
| | SS068 | 12.4 | 11 | 6.2 | 7.6 | 11.3 | 11.3 | 9.7 | 9.6 | 10.4 | 11.2 | 8.7 | 12.7 | 11.6 |
| | SS086 | 9.9 | 10.4 | 7.8 | 10.6 | 13.3 | 10.2 | 9.5 | 9.9 | 11 | 9.7 | 11 | 9.3 | 10.8 |
| | SS087 | 11.4 | 11.6 | 8.7 | 8.8 | 12.2 | 11 | 10.1 | 10.1 | 10.9 | 9.9 | 9.7 | 10.3 | 9 |
| | ZC038 | 10.7 | 11.4 | 13.8 | 12.3 | 12.1 | 11.3 | 12.6 | 11.1 | 11.7 | 9.3 | 9.9 | | |
| | ZC039 | 9.4 | 11 | 12.2 | 11.2 | 10.9 | 10.8 | 10.5 | 11.7 | 11 | 11 | 8.7 | | |
| | ZC066 | 10.2 | 10.4 | 9.2 | 9.2 | 12.2 | 11 | 11.4 | 10.4 | 10.8 | 10.4 | 10.4 | | |
| | ZC067 | 9.6 | 8.8 | 7.8 | 8.3 | 10.7 | 10.5 | 12.2 | 11.5 | 11.6 | 12 | 11.2 | 9.5 | |
| | ZC086 | 9.3 | 11.3 | 10.8 | 11.2 | 8.3 | 9.8 | 9.3 | 10.4 | 7.8 | 10.5 | 8.9 | | |
| | ZC087 | 13.4 | 15.2 | 9.6 | 11.4 | 8 | 11.4 | 9.3 | 10.2 | 9 | 9.2 | 8.3 | | |

* 절간장 (Internode length) (cm)*: 첫 번째 생장을 조사시에만 측정

* 0st **: 지표에서 떡잎까지의 길이

- 2-3구역(2-3 section) 품종 별(장과형, 종과형) 절간장의 길이를 1구역과 동일하게 조사하였으며, 장과형인 Borja의 평균 절간장은 9.6 cm, Dreamline의 평균 절간장은 9.3 cm, Gulfstream의 평균 절간장은 10.7 cm, lmea의 평균 절간장은 10.4 cm이다.
- 종과형인 Katrin의 평균 절간장은 10.4 cm, Nagene의 평균 절간장은 10.4 cm, Sausan의 평균 절간장은 10.3 cm, Zeco의 평균 절간장은 10.6 cm로 파악되었다.
- 작물의 생육 데이터를 측정하기 위해 11월 30일, 12월 13일, 12월 29일로 3차 조사를 통하여 작물의 길이, 마디 개수, 잎장, 잎 폭, 줄기 두께를 조사하였으며, 작물의 생육 측정데이터도 위의 절간장과 동일하게 1, 2-3구역으로 데이터를 측정하였다.

표 27. 작물의 생장 측정 (1 section)

| | ID | 작물(오이) 생육 측정 (1차: 2021. 11. 30.) | | | | | 작물(오이) 생육 측정 (2차: 2021. 12. 13.) | | | | | 작물(오이) 생육 측정 (3차: 2021. 12. 29.) | | | | |
|-------|-------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | | Plant Height (cm) | NO. of Node (ea) | Leaf Length (cm) | Leaf Width (cm) | Stem Diameter (mm) | Plant Height (cm) | NO. of Node (ea) | Leaf Length (cm) | Leaf Width (cm) | Stem Diameter (mm) | Plant Height (cm) | NO. of Node (ea) | Leaf Length (cm) | Leaf Width (cm) | Stem Diameter (mm) |
| 장과형 | BJ506 | 87.8 | 6 | 23.7 | 29.5 | 6.93 | 226.9 | 15 | 33.8 | 44.9 | 9.94 | 344.6 | 22 | 33.5 | 39.6 | 10.28 |
| | BJ507 | 85.7 | 6 | 27.7 | 30.1 | 6.7 | 220.4 | 15 | 30.0 | 40.8 | 9.22 | 333.6 | 24 | 31.4 | 33.5 | 11.01 |
| | BJ519 | 94.4 | 7 | 25 | 30.2 | 7.29 | 216.9 | 15 | 35.4 | 40.8 | 9.32 | 330.5 | 22 | 35.8 | 33.7 | 10.38 |
| | BJ520 | 93.8 | 7 | 25.1 | 31 | 8.2 | 228.8 | 16 | 35.2 | 43.1 | 10.12 | 348.4 | 24 | 32.8 | 36.0 | 10.33 |
| | BJ529 | 100.6 | 7 | 25.6 | 34.1 | 7.33 | 241.6 | 16 | 33.2 | 43.4 | 9.15 | 361 | 23 | 33.1 | 36.2 | 10.53 |
| | BJ530 | 101.7 | 7 | 26.4 | 32.5 | 7.14 | 234.9 | 16 | 32.8 | 42.5 | 9.69 | 350.4 | 24 | 33.1 | 35.5 | 10.27 |
| | DL505 | 81.9 | 7 | 24.6 | 29.9 | 6.01 | 203.4 | 16 | 31.2 | 40.4 | 11.15 | 330.9 | 26 | 30.5 | 35.4 | 10.75 |
| | DL506 | 74.8 | 7 | 23.3 | 30.9 | 7.45 | 200.6 | 16 | 31.0 | 29.3 | 9.48 | 342.4 | 25 | 31.2 | 37.7 | 9.77 |
| | DL520 | 74.7 | 7 | 23.1 | 30.3 | 8.32 | 201.2 | 16 | 31.8 | 41.2 | 10.84 | 312.5 | 25 | 29.4 | 35.7 | 10.42 |
| | DL521 | 81.2 | 7 | 23.9 | 29 | 10.02 | 199.7 | 15 | 34.4 | 39.1 | 10.74 | 312.2 | 24 | 28.7 | 34.5 | 10.88 |
| | DL529 | 94.5 | 8 | 24 | 31.1 | 8.05 | 210.3 | 17 | 31.2 | 36.7 | 9.02 | 318 | 25 | 29.7 | 36.1 | 10.61 |
| | DL530 | 85.7 | 7 | 21.2 | 25.4 | 8.48 | 209.1 | 16 | 28.6 | 39.5 | 9.26 | 319.3 | 23 | 31.7 | 35.3 | 9.81 |
| | GS507 | 96.5 | 7 | 24.5 | 29.4 | 7.27 | 217.3 | 15 | 31.1 | 37.5 | 9.31 | 354.8 | 24 | 33.6 | 38.9 | 10.42 |
| | GS508 | 103.1 | 8 | 26.6 | 30.4 | 7.64 | 223.9 | 16 | 31.4 | 42.2 | 10.08 | 353.1 | 26 | 30.4 | 30.6 | 9.81 |
| | GS519 | 101.8 | 8 | 25 | 30 | 9.11 | 221 | 16 | 33.7 | 41.5 | 10.23 | 334 | 23 | 31.4 | 35.2 | 10.95 |
| | GS520 | 99.8 | 8 | 24.7 | 30.4 | 9 | 232 | 17 | 32.0 | 38.3 | 10.29 | 344.2 | 25 | 31.8 | 36.2 | 10.35 |
| | GS529 | 96.2 | 8 | 25.3 | 33.2 | 8.64 | 203.2 | 17 | 33.6 | 39.4 | 10.50 | 309.7 | 25 | 29.8 | 34.7 | 10.75 |
| | GS530 | 99.3 | 8 | 24.5 | 29.8 | 8.22 | 215.8 | 17 | 31.5 | 36.2 | 10.41 | 307.8 | 23 | 28.3 | 31.6 | 11.43 |
| | IM503 | 102.8 | 8 | 24 | 30.2 | 8.1 | 238.6 | 18 | 33.8 | 40.8 | 9.35 | 367.2 | 25 | 32.9 | 36.2 | 9.33 |
| | IM506 | 104.8 | 8 | 24.4 | 31.2 | 8.14 | 241.3 | 17 | 33.6 | 44.8 | 10.19 | 368 | 25 | 30.9 | 35.8 | 9.83 |
| IM519 | 107.8 | 8 | 24 | 29.7 | 9.76 | 239.3 | 17 | 32.3 | 40.3 | 10.12 | 331.5 | 24 | 32.4 | 35.6 | 10.13 | |
| IM520 | 106.6 | 9 | 24.6 | 32.2 | 7.96 | 237.1 | 18 | 35.6 | 43.4 | 9.60 | 379.4 | 28 | 31.7 | 34.6 | 10.00 | |
| IM529 | 104.8 | 8 | 25.1 | 31.6 | 8.37 | 239.6 | 18 | 32.3 | 40.6 | 9.41 | 346.9 | 25 | 28.7 | 34.4 | 10.20 | |
| IM530 | 111.4 | 8 | 25.4 | 30.7 | 8.96 | 244.6 | 18 | 30.4 | 39.9 | 11.57 | 350.2 | 24 | 30.5 | 36.4 | 11.11 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 중과형 | KT507 | 108.3 | 9 | 24.5 | 30.2 | 7.53 | 243 | 18 | 30.5 | 34.9 | 8.40 | 369.8 | 26 | 26.9 | 31.8 | 8.62 |
| | KT508 | 111.7 | 9 | 25.1 | 33.3 | 7.56 | 252 | 18 | 32.9 | 37.4 | 8.15 | 360.4 | 25 | 28.7 | 32.2 | 8.78 |
| | KT519 | 113.4 | 9 | 22.7 | 26.8 | 7.65 | 243.6 | 18 | 31.3 | 34.4 | 8.33 | 341 | 23 | 30.4 | 35.5 | 8.51 |
| | KT520 | 119.1 | 9 | 24.7 | 30.2 | 7.09 | 258.5 | 19 | 31.6 | 37.5 | 8.23 | 366.8 | 25 | 30.3 | 33.7 | 8.79 |
| | KT531 | 120.7 | 10 | 24.4 | 29.7 | 8.11 | 249.9 | 18 | 30.9 | 37.4 | 8.51 | 358.1 | 23 | 27.8 | 32.5 | 8.45 |
| | KT532 | 115.2 | 8 | 25.3 | 30.7 | 6.63 | 256.4 | 17 | 31.7 | 35.7 | 8.33 | 369.8 | 23 | 31.0 | 35.5 | 8.86 |
| | NG506 | 115.6 | 9 | 26 | 31.4 | 6.91 | 251.3 | 18 | 29.6 | 39.1 | 8.50 | 384.8 | 27 | 28.0 | 33.5 | 9.27 |
| | NG507 | 113.2 | 8 | 23.4 | 28.2 | 8.11 | 237.4 | 18 | 30.6 | 38.6 | 8.29 | 366.2 | 27 | 27.7 | 32.5 | 8.96 |
| | NG520 | 103.9 | 10 | 24.7 | 33.3 | 8.43 | 226.9 | 19 | 33.7 | 39.9 | 8.60 | 348.6 | 29 | 28.0 | 32.0 | 8.42 |
| | NG521 | 109.9 | 9 | 25 | 31.7 | 8.14 | 239 | 19 | 33.0 | 40.0 | 8.77 | 380.5 | 30 | 27.2 | 29.4 | 7.30 |
| | NG529 | 118.2 | 9 | 24.6 | 30 | 7.3 | 241.2 | 19 | 31.0 | 38.2 | 8.37 | 356.2 | 28 | 25.8 | 29.2 | 8.00 |
| | NG534 | 115.3 | 9 | 24.5 | 29.6 | 8.85 | 252.3 | 19 | 29.8 | 36.2 | 7.83 | 366.9 | 27 | 27.0 | 33.2 | 8.20 |
| | SS506 | 135.8 | 10 | 22.2 | 26.4 | 7.21 | 278.1 | 20 | 31.4 | 34.0 | 7.45 | 386.8 | 30 | 25.4 | 24.4 | 6.75 |
| | SS507 | 136.9 | 12 | 23.7 | 27.7 | 6.92 | 268.6 | 21 | 31.2 | 33.1 | 7.63 | 382.9 | 29 | 28.2 | 28.7 | 8.53 |
| | SS519 | 130.7 | 10 | 23.4 | 27.1 | 6.38 | 273 | 21 | 30.3 | 35.3 | 7.28 | 385.9 | 30 | 27.5 | 28.7 | 8.00 |
| | SS520 | 139.2 | 11 | 25.3 | 26.1 | 7.34 | 284 | 20 | 33.1 | 35.2 | 7.05 | 406.5 | 28 | 28.0 | 31.3 | 7.86 |
| | SS526 | 129.2 | 11 | 24.1 | 28.6 | 7.61 | 274.2 | 20 | 33.2 | 34.7 | 8.25 | 396.5 | 27 | 28.7 | 31.0 | 8.26 |
| | SS527 | 130.2 | 10 | 23.7 | 29.2 | 6.32 | 269.4 | 19 | 31.0 | 34.6 | 7.88 | 414.8 | 28 | 32.4 | 33.8 | 7.89 |
| | ZC503 | 108.6 | 9 | 24.3 | 28.4 | 7.18 | 231.1 | 18 | 31.4 | 34.9 | 7.95 | 340.9 | 24 | 29.0 | 32.1 | 8.28 |
| | ZC504 | 115.9 | 9 | 25 | 30.3 | 6.86 | 244.7 | 18 | 31.6 | 35.4 | 8.12 | 349.9 | 24 | 29.7 | 30.6 | 7.72 |
| ZC519 | 106.4 | 9 | 23.6 | 28.6 | 7.84 | 227 | 17 | 29.8 | 36.4 | 7.57 | 329.3 | 23 | 31.4 | 31.3 | 7.49 | |
| ZC520 | 112.4 | 9 | 24.2 | 29 | 8.38 | 237 | 17 | 31.7 | 35.9 | 8.52 | 336.4 | 22 | 30.1 | 33.6 | 8.72 | |
| ZC529 | 105.8 | 9 | 22.6 | 26.7 | 8.26 | 230.4 | 18 | 31.9 | 37.4 | 8.22 | 330.7 | 24 | 29.4 | 32.4 | 9.12 | |
| ZC530 | 116.7 | 9 | 23.4 | 27.2 | 7.71 | 239.9 | 18 | 31.7 | 36.4 | 8.86 | 351.1 | 26 | 28.2 | 31.2 | 8.46 | |

- 품종별 오이의 생육길이를 3차 결과 데이터를 토대로 확인한 결과, 장과형의 평균 총장은 340 cm, 중과형의 평균 총장은 366 cm이며, 평균 마디 개수는 장과형 24 개, 중과형 26 개이며, 잎 장은 장과형 31.4 cm, 중과형 28.6 cm, 잎 폭은 장과형 40.3 cm, 중과형 36.4 cm, 마디 두께는 장과형 10 mm, 중과형은 8.1 mm로 확인되었다.

표 28. 작물의 생장 측정 (2-3 section)

| | ID | 작물(오이) 생육 측정 (1차: 2021. 11. 30.) | | | | | 작물(오이) 생육 측정 (2차: 2021. 12. 13.) | | | | | 작물(오이) 생육 측정 (3차: 2021. 12. 29.) | | | | |
|-------|-------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | | Plant Height (cm) | NO. of Node (ea) | Leaf Length (cm) | Leaf Width (cm) | Stem Diameter (mm) | Plant Height (cm) | NO. of Node (ea) | Leaf Length (cm) | Leaf Width (cm) | Stem Diameter (mm) | Plant Height (cm) | NO. of Node (ea) | Leaf Length (cm) | Leaf Width (cm) | Stem Diameter (mm) |
| 장과형 | BJ038 | 109.2 | 7 | 27.9 | 35.2 | 7.6 | 247.7 | 16 | 33.3 | 41.4 | 10.74 | 368.9 | 24 | 32.8 | 35.7 | 10.06 |
| | BJ039 | 116.7 | 8 | 29.3 | 36.2 | 8.28 | 242.2 | 16 | 31.3 | 40 | 9.43 | 367.7 | 25 | 30.2 | 36.4 | 10.04 |
| | BJ066 | 121.6 | 7 | 28 | 36.2 | 8.51 | 263.3 | 16 | 34.2 | 43 | 9.68 | 400.3 | 25 | 32.2 | 36.6 | 10.15 |
| | BJ067 | 124.4 | 8 | 29.6 | 36.7 | 8.81 | 259.8 | 17 | 36.8 | 43 | 9.66 | 371.8 | 24 | 30.3 | 40.3 | 9.11 |
| | BJ086 | 115.8 | 8 | 26.3 | 33.1 | 8.26 | 245 | 16 | 31.4 | 39.7 | 9.83 | 375.5 | 25 | 30.0 | 35.0 | 10.05 |
| | BJ087 | 112.2 | 8 | 27.2 | 33.7 | 6.99 | 232.1 | 16 | 34.8 | 41.2 | 9.5 | 351.4 | 24 | 30.9 | 35.8 | 10.05 |
| | DL041 | 102.3 | 9 | 27.2 | 35.2 | 8.92 | 221.5 | 18 | 31.4 | 39.8 | 10.59 | 351.5 | 28 | 30.3 | 35.4 | 9.65 |
| | DL042 | 109.8 | 9 | 27.2 | 33.1 | 8.52 | 234.1 | 18 | 31.2 | 41 | 10.42 | 360.6 | 28 | 28.3 | 33.9 | 10.08 |
| | DL066 | 118.1 | 9 | 28 | 33 | 8.77 | 245.3 | 18 | 32.2 | 37.5 | 9.61 | 369.8 | 27 | 30.1 | 36.3 | 9.79 |
| | DL067 | 110.7 | 8 | 27 | 33.6 | 8.97 | 244.2 | 18 | 32.4 | 38.1 | 9.18 | 351.2 | 26 | 31.4 | 35.6 | 9.39 |
| | DL086 | 111.6 | 9 | 27.7 | 33.9 | 10.01 | 241.9 | 18 | 32.5 | 37 | 10.63 | 369.4 | 27 | 30.2 | 36.4 | 9.53 |
| | DL087 | 115.7 | 9 | 28.6 | 32.7 | 8.21 | 238 | 18 | 31.2 | 37.9 | 10.04 | 372.2 | 28 | 27.6 | 32.1 | 10.63 |
| | GS037 | 120.4 | 9 | 26.9 | 32.3 | 9.53 | 248 | 18 | 34.2 | 40.6 | 9.13 | 362.5 | 27 | 28.5 | 29.8 | 8.39 |
| | GS040 | 122.8 | 9 | 26.1 | 31.3 | 7.36 | 236.6 | 17 | 31.4 | 37.2 | 10.08 | 349.6 | 25 | 30.1 | 34.4 | 10.04 |
| | GS066 | 130.4 | 9 | 27.1 | 31.6 | 9.11 | 262.5 | 19 | 32 | 40.1 | 10.67 | 360 | 24 | 30.6 | 36.2 | 9.69 |
| | GS067 | 134.7 | 10 | 29.9 | 34.9 | 8.61 | 265.3 | 20 | 32 | 36.5 | 10.04 | 373.8 | 28 | 30.6 | 317.0 | 10.57 |
| | GS086 | 135.4 | 10 | 26.4 | 31.6 | 8.4 | 265.9 | 19 | 29.7 | 36.4 | 9.61 | 381.4 | 28 | 30.6 | 33.3 | 8.93 |
| | GS087 | 132.7 | 10 | 27.2 | 33.2 | 9.27 | 268.9 | 20 | 32.4 | 36.7 | 9.74 | 351.4 | 27 | 29.1 | 31.2 | 9.83 |
| | IM037 | 134.4 | 10 | 27 | 31.2 | 8.45 | 243.1 | 18 | 32.4 | 41.4 | 8.9 | 368.6 | 26 | 27.9 | 32.2 | 8.29 |
| | IM038 | 116.1 | 9 | 24.6 | 30 | 8.14 | 236.6 | 18 | 32.6 | 39.7 | 9.51 | 384 | 28 | 28.3 | 29.7 | 10.29 |
| IM066 | 138.8 | 10 | 26.6 | 33.4 | 7.73 | 282 | 19 | 32.1 | 39.3 | 9.59 | 417.5 | 26 | 30.2 | 34.6 | 9.06 | |
| IM067 | 129.7 | 9 | 28.7 | 35.9 | 7.28 | 270.4 | 18 | 31.6 | 39.7 | 9.05 | 391.4 | 26 | 31.1 | 34.5 | 9.61 | |
| IM087 | 108.7 | 9 | 25.4 | 33.1 | 7.23 | 238.1 | 19 | 32.9 | 36.7 | 9.88 | 357.3 | 28 | 29.3 | 33.8 | 10.03 | |
| IM088 | 115.4 | 9 | 25.6 | 30.4 | 7.85 | 238.8 | 18 | 31.2 | 37.5 | 9.87 | 343.8 | 27 | 30.7 | 32.7 | 9.71 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 중과형 | KT037 | 127.3 | 10 | 27.6 | 33.3 | 8.45 | 262.6 | 19 | 31.9 | 34.7 | 8.55 | 378.1 | 24 | 27.7 | 30.9 | 8.66 |
| | KT038 | 143.3 | 11 | 25.7 | 30.7 | 9.68 | 273.1 | 18 | 31.5 | 36 | 8.13 | 383.2 | 23 | 28.1 | 32.5 | 8.30 |
| | KT067 | 141.3 | 11 | 27.8 | 32.9 | 8.35 | 271.9 | 19 | 32.8 | 37.4 | 9.23 | 391.5 | 24 | 30.1 | 33.5 | 9.24 |
| | KT068 | 134.7 | 11 | 27.3 | 32.1 | 7.29 | 260.1 | 20 | 31.1 | 36.6 | 7.92 | 377.5 | 27 | 29.2 | 33.3 | 9.26 |
| | KT086 | 137.8 | 11 | 28.4 | 34.5 | 8.74 | 272.6 | 20 | 32.4 | 37.7 | 9.24 | 358.8 | 24 | 32.9 | 35.5 | 9.17 |
| | KT087 | 132.3 | 11 | 26.2 | 30.6 | 7.87 | 267.8 | 21 | 30.3 | 36.8 | 7.84 | 401.3 | 32 | 27.2 | 31.5 | 8.24 |
| | NG038 | 119.4 | 10 | 28.4 | 36.2 | 8.98 | 240.5 | 20 | 32.9 | 40.8 | 9.14 | 352.9 | 31 | 24.4 | 29.3 | 8.91 |
| | NG039 | 130.4 | 10 | 26.8 | 31.9 | 8.52 | 271.2 | 21 | 31.2 | 36.2 | 8.83 | 403.2 | 32 | 25.7 | 30.2 | 7.26 |
| | NG065 | 139.4 | 10 | 27.8 | 35.2 | 8.58 | 270.7 | 20 | 31.1 | 37.7 | 8.25 | 379.7 | 30 | 27.2 | 30.1 | 7.80 |
| | NG066 | 128.4 | 10 | 25.7 | 33.7 | 8.51 | 271.1 | 20 | 31 | 36.1 | 7.89 | 421.9 | 32 | 30.0 | 30.9 | 7.35 |
| | NG087 | 128.7 | 10 | 26.6 | 32.7 | 8.33 | 259.8 | 20 | 30.2 | 37.5 | 8.06 | 361.1 | 26 | 30.1 | 32.8 | 9.97 |
| | NG088 | 115.4 | 10 | 27.8 | 32.8 | 8.02 | 240.7 | 19 | 31.8 | 38.2 | 8.06 | 364.3 | 28 | 29.7 | 33.3 | 9.07 |
| | SS037 | 155.2 | 12 | 27.4 | 29.9 | 8.7 | 306.4 | 22 | 31.2 | 34.5 | 7.96 | 430.3 | 28 | 31.2 | 32.1 | 8.36 |
| | SS038 | 155.6 | 13 | 25.9 | 31.2 | 7.24 | 306.1 | 23 | 29.7 | 31 | 7.69 | 430.3 | 29 | 30.0 | 31.6 | 9.60 |
| | SS065 | 141.6 | 13 | 26.4 | 29.4 | 9.2 | 278.3 | 23 | 30.6 | 33 | 8.34 | 382.5 | 30 | 26.7 | 29.3 | 8.34 |
| | SS068 | 152.8 | 13 | 27.6 | 31.3 | 8.94 | 297.8 | 23 | 33.1 | 33.6 | 8.05 | 433.4 | 32 | 27.3 | 30.9 | 8.81 |
| | SS086 | 148.2 | 12 | 27.3 | 30 | 6.88 | 297.7 | 23 | 30.9 | 33.3 | 8.6 | 397.1 | 29 | 28.5 | 30.5 | 8.39 |
| | SS087 | 160.2 | 13 | 26.3 | 30.2 | 8.35 | 302.4 | 24 | 29.9 | 33.4 | 8.16 | 410.2 | 34 | 25.8 | 29.2 | 8.26 |
| | ZC038 | 137.8 | 10 | 27.1 | 33.2 | 6.91 | 259.7 | 18 | 32.5 | 37.2 | 8.86 | 347.1 | 24 | 28.7 | 30.4 | 9.19 |
| | ZC039 | 132.5 | 10 | 27.9 | 32.7 | 8.34 | 267 | 19 | 32.4 | 35.6 | 7.85 | 378.8 | 28 | 28.2 | 30.8 | 8.27 |
| ZC066 | 130.9 | 10 | 27.8 | 33.3 | 8.97 | 269.5 | 20 | 32.2 | 34.2 | 7.72 | 369.7 | 27 | 30.3 | 32.0 | 8.07 | |
| ZC067 | 135.3 | 11 | 26.9 | 34.4 | 9.08 | 267 | 18 | 32.8 | 36.7 | 8.63 | 364.8 | 25 | 30.8 | 31.7 | 9.38 | |
| ZC086 | 121.8 | 10 | 25.6 | 30.7 | 8.31 | 251.1 | 18 | 30.3 | 34.8 | 9.15 | 334.7 | 22 | 30.2 | 32.7 | 9.10 | |
| ZC087 | 127.7 | 10 | 27.4 | 32.2 | 7.83 | 258.5 | 20 | 29.7 | 33.6 | 7.92 | 363.7 | 27 | 29.0 | 31.2 | 8.58 | |

- 품종별 오이의 생육길이를 3차 결과 데이터를 토대로 확인한 결과, 장과형의 평균 총장은 369 cm, 중과형의 평균 총장은 384 cm이며, 평균 마디 개수는 장과형 26 개, 중과형 28 개이며, 잎 장은 장과형 30.1 cm, 중과형 28.7 cm, 잎 폭은 장과형 39.2 cm, 중과형 35.7 cm, 마디 두께는 장과형 9.8 mm, 중과형은 8.3 mm로 확인되었다.

- 장과형과 단과형에 따른 작물의 평균 데이터를 확보하였으며, 격주마다 작물의 길이, 마디 개수, 잎 장, 잎 폭, 줄기 두께를 확인하였다.

표 29. 작물 평균 생육 데이터 측정 (1 section)

| 조사 | 조사시기 | 장과형 | | | | 중과형 | | | |
|--------------------|------------------|-------|------------|------------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | | Borja | Dreamliner | Gulfstream | Imea | Katrin | Nagene | Sausan | Zeco |
| Plant Height (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 94.0 | 82.1 | 99.5 | 106.4 | 114.7 | 112.7 | 133.7 | 111.0 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 228.3 | 204.1 | 218.9 | 240.1 | 250.6 | 241.4 | 274.6 | 235.0 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 344.8 | 322.6 | 333.9 | 357.2 | 361.0 | 367.2 | 395.6 | 339.7 |
| NO. of Node (ea) | 1차 (21. 11. 30.) | 6.7 | 7.2 | 7.8 | 8.2 | 9.0 | 9.0 | 10.7 | 9.0 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 15.5 | 16.0 | 16.3 | 17.7 | 18.0 | 18.7 | 20.2 | 17.7 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 23.2 | 24.7 | 24.3 | 25.2 | 24.2 | 28.0 | 28.7 | 29.6 |
| Leaf Length (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 25.6 | 23.4 | 25.1 | 24.6 | 24.5 | 24.7 | 23.7 | 23.9 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 33.4 | 31.4 | 32.2 | 33.0 | 31.5 | 31.3 | 31.7 | 31.4 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 33.3 | 30.2 | 30.9 | 31.2 | 29.2 | 27.3 | 28.4 | 29.6 |
| Leaf Width (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 31.2 | 29.4 | 30.5 | 30.9 | 30.2 | 30.7 | 27.5 | 28.4 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 42.6 | 37.7 | 39.2 | 41.6 | 36.2 | 38.7 | 34.5 | 36.1 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 35.8 | 35.8 | 34.5 | 35.5 | 33.5 | 31.6 | 29.7 | 31.9 |
| Stem Diameter (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 7.3 | 8.1 | 8.3 | 8.5 | 7.4 | 8.0 | 7.0 | 7.7 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 9.6 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 8.3 | 8.4 | 7.6 | 8.2 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 10.5 | 10.4 | 10.6 | 10.1 | 8.7 | 8.4 | 7.9 | 8.3 |

- 3차 결과 데이터를 토대로 확인한 결과 장과형의 작물 길이는 Imea 품종이 약 357 cm로 확인되었고, 중과형의 작물 길이는 Sausan 품종이 약 396 cm로 확인되었다.
- 마디 개수는 장과형 중 Imea 품종이 25개로 많았으며, 중과형 중 Sausan 품종이 30개로 확인되었다.
- 잎장은 장과형 중 Borja 품종이 33 cm로 길었으며, 중과형 중 Zeco 품종이 31 cm로 긴 것을 확인하였다.
- 잎폭은 장과형 중 Borja, Dreamliner, Imea 품종이 35 cm로 확인되었고, 중과형 중 Katrin 품종이 약 36 cm로 확인되었다.
- 마디 두께는 장과형 4품종 모두 약 10 mm이며, 중과형은 4품종 모두 약 8 mm로 확인되었다.
- 장과형, 중과형 품종 모두 UAE 현지 실증 온실에서 국내 온실과 유사하게 작물이 재배되는 것을 확인할 수 있었다.

표 30. 작물 평균 생육 데이터 측정 (2-3 section)

| 조사 | 조사시기 | 장과형 | | | | 중과형 | | | |
|----|------|-------|------------|------------|------|--------|--------|--------|------|
| | | Borja | Dreamliner | Gulfstream | Imea | Katrin | Nagene | Sausan | Zeco |

| | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Plant Height (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 116.7 | 111.4 | 129.4 | 123.9 | 136.1 | 127.0 | 152.3 | 131.0 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 248.4 | 237.5 | 257.9 | 251.5 | 268.0 | 259.0 | 298.1 | 262.1 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 372.6 | 362.5 | 363.1 | 377.1 | 381.7 | 380.5 | 414.0 | 359.8 |
| NO. of Node (ea) | 1차 (21. 11. 30.) | 7.7 | 8.8 | 9.5 | 9.3 | 10.8 | 10.0 | 12.7 | 10.2 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 16.2 | 18.0 | 18.8 | 18.3 | 19.5 | 20.0 | 23.0 | 18.8 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 24.5 | 27.3 | 26.5 | 26.8 | 25.7 | 29.8 | 30.3 | 29.5 |
| Leaf Length (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 28.1 | 27.6 | 27.3 | 26.3 | 27.2 | 27.2 | 26.8 | 27.1 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 33.6 | 31.8 | 32.0 | 32.1 | 31.7 | 31.4 | 30.9 | 31.7 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 31.1 | 29.7 | 29.9 | 29.6 | 29.2 | 27.9 | 28.3 | 29.5 |
| Leaf Width (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 35.2 | 33.6 | 32.5 | 32.3 | 32.4 | 33.8 | 30.3 | 32.8 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 41.4 | 38.6 | 37.9 | 39.1 | 36.5 | 37.8 | 33.1 | 35.4 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 36.6 | 35.0 | 32.8 | 32.9 | 32.9 | 31.1 | 30.6 | 31.5 |
| Stem Diameter (cm) | 1차 (21. 11. 30.) | 8.1 | 21.2 | 8.7 | 7.8 | 8.4 | 8.5 | 8.2 | 8.2 |
| | 2차 (21. 12. 13.) | 9.8 | 10.1 | 9.9 | 9.5 | 8.5 | 8.4 | 8.1 | 8.4 |
| | 3차 (21. 12. 29.) | 9.9 | 9.8 | 9.6 | 9.5 | 8.8 | 8.4 | 8.6 | 8.8 |

- 3차 결과 데이터를 토대로 확인한 결과 장과형의 작물 길이는 lmea 품종이 약 377 cm로 확인되었고, 중과형의 작물 길이는 Sausan 품종이 약 414 cm로 확인되었다.
- 마디 개수는 장과형 중 Dreamliner 품종이 27개로 많았으며, 중과형 중 Sausan 품종이 30개로 확인되었다.
- 잎장은 장과형 중 Borja 품종이 31 cm로 길었으며, 중과형 중 Katrin, Zeco 품종이 29 cm로 확인하였다.
- 잎폭은 장과형 중 Borja 품종이 37 cm로 확인되었고, 중과형 중 Katrin 품종이 약 33 cm로 확인되었다.
- 오이 품종의 마디 두께는 장과형 4 품종 모두 약 9.5 mm이며, 중과형은 4 품종 모두 약 8.5 mm로 확인되었다.
- 장과형, 중과형 품종 모두 UAE 현지 실증 온실에서 국내 온실과 유사하게 작물이 재배되는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 오이 품종별 과수 데이터 확보

- 실증온실에서 재배된 오이의 과실수를 파악하기 위하여 2 section과 3 section에서 재배된 오이 품종 별 데이터를 확보하였으며, 12월 8일부터 1월 14일까지의 과실 수량을 확보하였다.

표 31. 작물 수량 데이터 (2, 3 section, 단위: 개)

| 조사시기 | 장과형 | | | | 중과형 | | | |
|------|-------|------------|------------|------|--------|--------|--------|------|
| | Borja | Dreamliner | Gulfstream | lmea | Katrin | Nagene | Sausan | Zeco |
| 12-8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 13 | 8 |
| 12-9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 25 | 83 | 78 |

| | | | | | | | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 12-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 58 | 108 | 84 |
| 12-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 | 54 | 91 | 88 |
| 12-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 105 | 115 | 76 |
| 12-13 | 0 | 0 | 2 | 0 | 96 | 111 | 119 | 108 |
| 12-14 | 0 | 1 | 26 | 21 | 100 | 89 | 94 | 95 |
| 12-15 | 0 | 1 | 36 | 35 | 109 | 128 | 84 | 79 |
| 12-16 | 4 | 10 | 26 | 31 | 86 | 72 | 60 | 68 |
| 12-17 | 17 | 12 | 66 | 70 | 81 | 46 | 52 | 56 |
| 12-18 | 24 | 22 | 50 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 112 | 70 | 71 |
| 12-20 | 45 | 50 | 69 | 74 | 36 | 81 | 31 | 38 |
| 12-21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 32 | 58 | 74 |
| 12-22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-23 | 160 | 194 | 154 | 165 | 8 | 46 | 40 | 50 |
| 12-24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-25 | 125 | 135 | 101 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 25 | 26 | 43 |
| 12-27 | 43 | 23 | 20 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 27 | 28 | 29 |
| 12-30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 25 | 32 | 14 |
| 12-31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-1 | 69 | 97 | 188 | 142 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 144 | 132 | 70 |
| 1-4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-5 | 50 | 105 | 106 | 96 | 45 | 57 | 48 | 38 |
| 1-6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-9 | 70 | 84 | 61 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 53 | 86 | 115 |
| 1-11 | 44 | 34 | 27 | 17 | 99 | 47 | 120 | 109 |

- 12월 23일과 25일 데이터를 확인한 결과 장과형에서는 Dreamliner 품종이 23일 194 개, 25일 135개로 4개의 품종 중에서 수확량이 가장 많았으며, 중과형에서는 12월 15일, 1월 3일 데이터를 기준으로 확인한 결과 Nagene 품종이 15일 128 개, 3일 144 개로 수확량이 가장 많은 것으로 확인되었다.

표 32. 작물 생산량 데이터 (2, 3 section, 단위: g)

| 조사시기 | 장과형 | | | | 중과형 | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Borja | Dreamliner | Gulfstream | Imea | Katrin | Nagene | Sausan | Zeco |
| 12-8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 193 | 0 | 1,262 | 678 |
| 12-9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,673 | 2,940 | 9,288 | 8,174 |
| 12-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,402 | 6,467 | 10,562 | 8,510 |
| 12-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,150 | 5,973 | 9,608 | 8,654 |
| 12-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,854 | 9,838 | 10,340 | 6,571 |
| 12-13 | 0 | 0 | 419 | 0 | 7,426 | 8,138 | 9,754 | 8,972 |
| 12-14 | 0 | 154 | 5,379 | 4,258 | 8,133 | 7,941 | 7,965 | 7,167 |
| 12-15 | 0 | 185 | 6,238 | 6,434 | 8,498 | 11,126 | 6,908 | 6,537 |
| 12-16 | 746 | 1,613 | 4,470 | 4,831 | 6,596 | 5,848 | 4,756 | 5,243 |
| 12-17 | 3,713 | 3,096 | 15,656 | 17,970 | 6,745 | 4,160 | 4,050 | 4,405 |
| 12-18 | 5,574 | 6,045 | 11,672 | 12,950 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,808 | 11,273 | 6,136 | 6,085 |
| 12-20 | 13,198 | 15,033 | 18,352 | 17,919 | 2,879 | 6,906 | 2,441 | 3,249 |
| 12-21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,383 | 2,656 | 4,842 | 6,138 |
| 12-22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-23 | 55,741 | 69,283 | 51,061 | 53,687 | 819 | 5,574 | 4,781 | 5,691 |
| 12-24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-25 | 40,630 | 44,040 | 29,770 | 28,480 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,348 | 3,092 | 2,956 | 4,646 |
| 12-27 | 12,010 | 6,051 | 4,910 | 5,160 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,830 | 3,190 | 2,810 | 3,170 |
| 12-30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 947 | 1,900 | 2,380 | 1,010 |
| 12-31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-1 | 24,110 | 25,880 | 47,590 | 38,990 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,150 | 20,700 | 18,650 | 11,160 |
| 1-4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-5 | 14,800 | 34,050 | 28,650 | 26,120 | 4,430 | 5,791 | 5,550 | 3,100 |
| 1-6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-9 | 17,600 | 22,050 | 13,970 | 12,770 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,140 | 4,730 | 7,740 | 10,850 |
| 1-11 | 9,630 | 7,320 | 5,430 | 3,290 | 6,440 | 3,100 | 6,871 | 8,000 |

- 작물의 생산량에 따른 g을 측정된 결과 장과형에서는 Dreamliner 품종이 23일 69,283 g, 25일 44,040 g으로 4개의 품종 중에서 무게가 가장 많이 나간 것을 확인하였고, 중과형에서는 12월 15일, 1월 3일 데이터를 기준으로 확인한 결과 Nagene 품종이 15일 11,126 g, 3일 20,700 g으로 무게가 가장 많이 나간 것을 확인하였다.

표 33. 작물 평균 과실수 (2-3 section)

| | 과실수 | |
|----|-----|-------|
| | 장과형 | 중과형 |
| KT | 651 | 1,290 |
| NG | 768 | 1,337 |
| SS | 932 | 1,490 |
| ZC | 883 | 1,391 |

- 데이터를 토대로 확인한 결과 장과형 품종 중 Borja는 651 개, Dreamliner은 768 개, Gulfstream은 932 개, lmea는 883 개로 과실을 확보할 수 있었다.
- 오이 중과형 품종은 Katrin는 1,290 개, Nagene는 1.337 개, Sausan 1,490 개, Zeco는 1,391 개로 과실을 확보할 수 있었다.

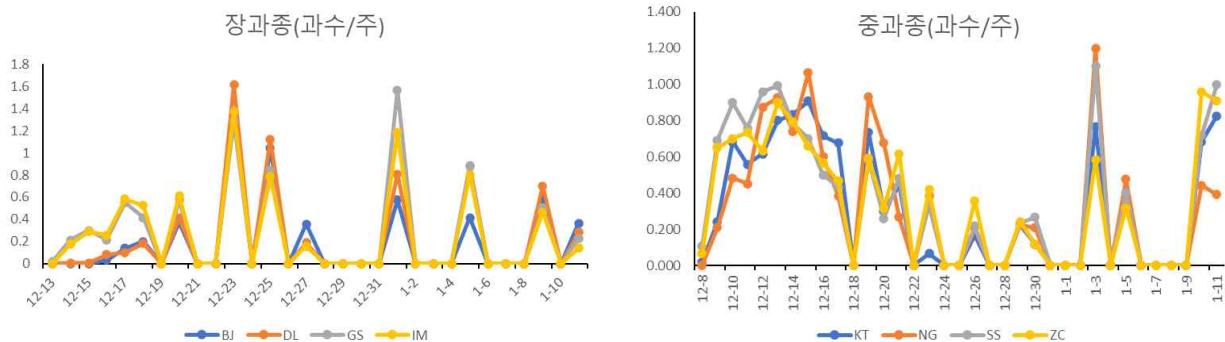


그림 133. UAE에서 사용되는 환경 분석프로그램

- 정식(장과형: 21. 11. 20. / 중과형: 21. 11. 19.) 후 수확량을 확인한 결과 장과종은 30일(12.19) 기준 lmea 품종이 수확량이 가장 많은 것을 확인 할 수 있었으며, 중과형은 30일 (12.18.) 기준 Nagene 품종의 수확량이 가장 많은 것을 확인할 수 있었다.
- 장과종은 정식 후 48일 (01. 05.) 기준 Dreamliner 품종의 수확량이 가장 많은 것을 확인하였으며, 중과종은 정식 후 47일 (01. 05.) 기준 Nagene 품종의 수확량이 가장 많은 것을 확인할 수 있었다.
- 초반에 수확량이 많은 품종은 장과형은 lmea 품종, 중과형은 Nagene 품종이며, 후기 수확량이 많은 품종은 장과형은 Dreamliner 품종, 중과형은 Nagene 품종의 수확량이 많은 것을 확인할 수 있었다.

다) UAE 실증온실의 환경 현황 및 데이터 분석

- 데이터 측정 기기와 프로그램은 그린씨에스의 그린 컨트롤 시스템 마그마 프로그램을 이용 하였으며, 다음 그림과 같다.

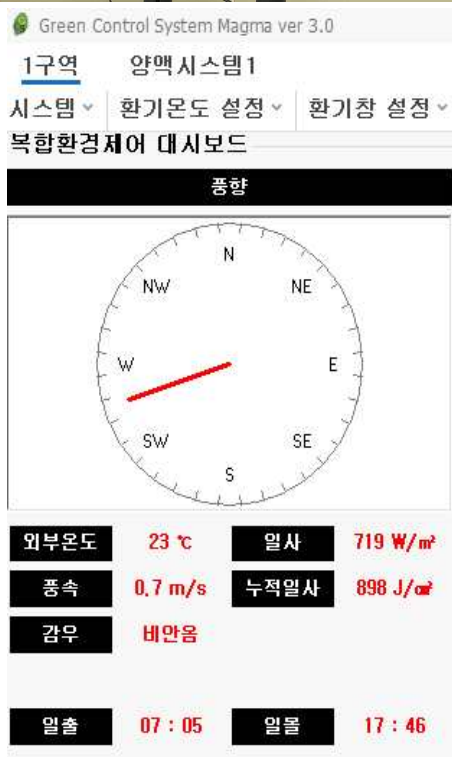
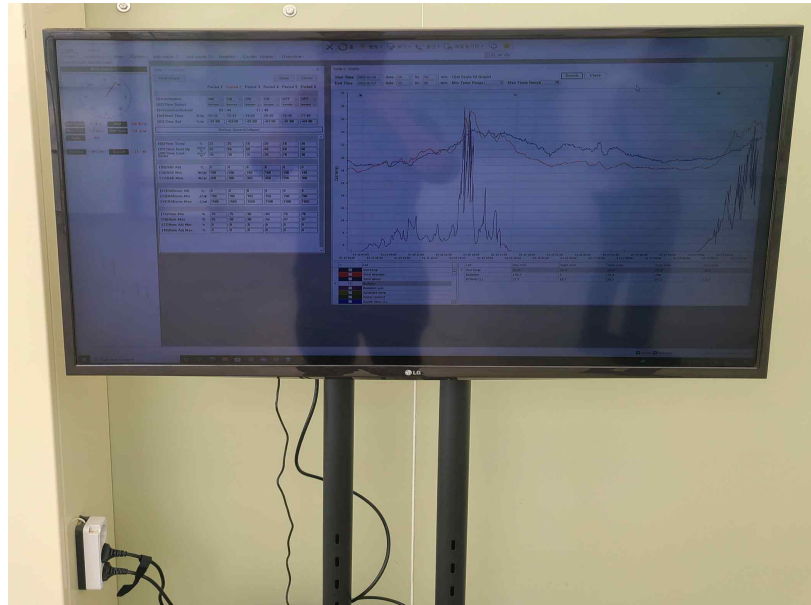
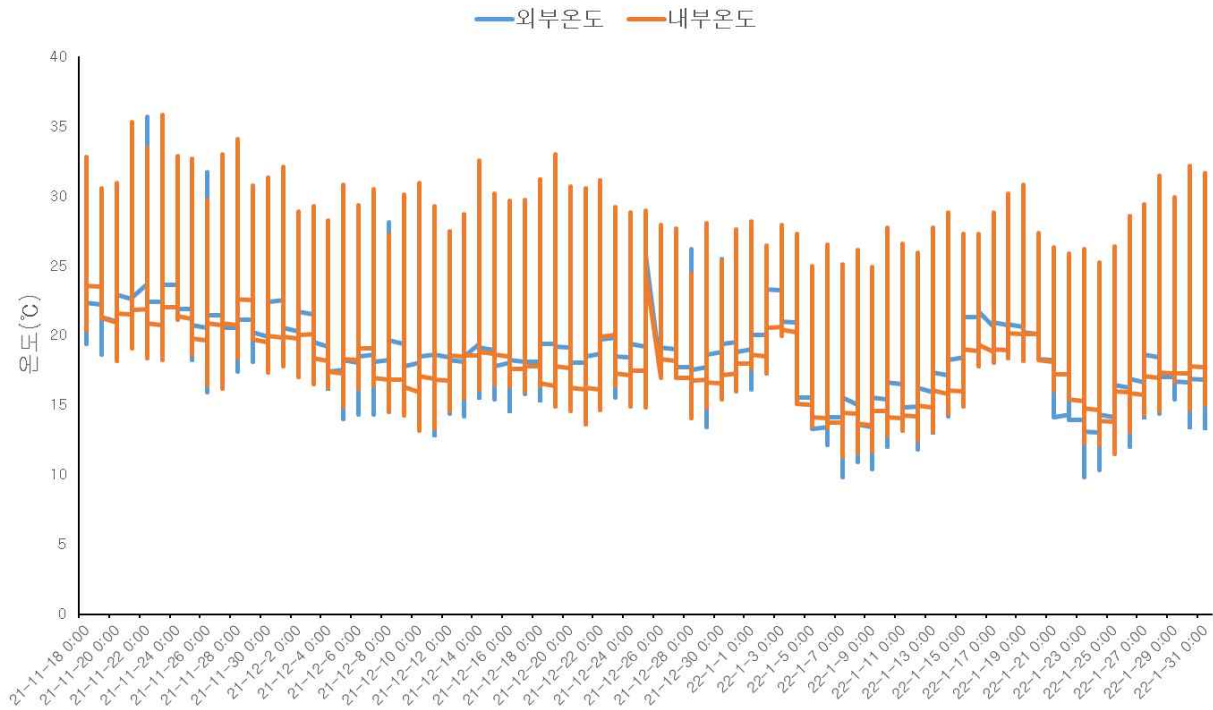
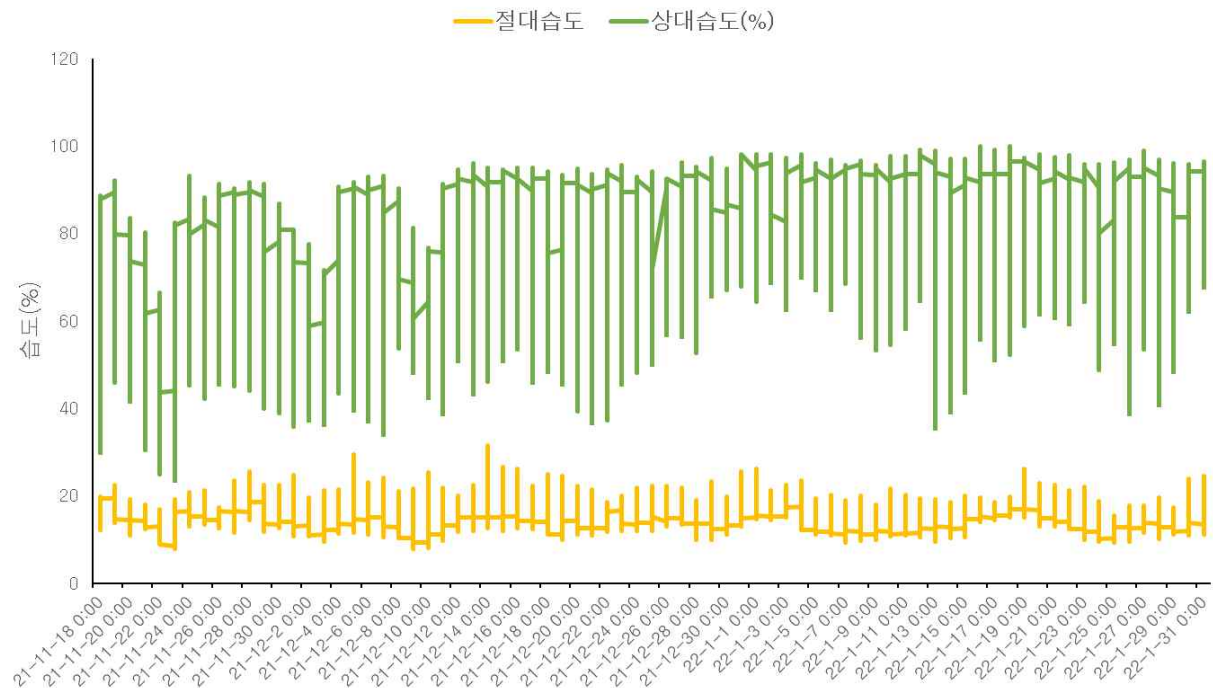


그림 134. UAE에서 사용되는 환경 분석프로그램 (그린씨에스 시스템_그린컨트롤 시스템 마그마 프로그램)

- 그린컨트롤 시스템 마그마 프로그램에서는 11월부터 1월 10일까지의 데이터를 확보하였으며, 시간에 따른 외부, 내부 온도, 절대, 상대습도 등 데이터를 검토하였다.



UAE 실증온실 온도 측정 (그린컨트롤 시스템 마그마 프로그램)



UAE 실증온실 습도 측정 (그린컨트롤 시스템 마그마 프로그램)

그림 135. UAE 실증온실 온도 및 습도 확인

- 11월부터 1월31일까지 온습도 데이터를 측정하였으며, UAE 현지 실증 온실 온도를 확인한 결과 11월까지 약 35℃ 정도 실외, 실내 모두 고온이 측정 되었으며, 12월 이후부터는 온도가 점차적으로 내려가는 것을 확인하였다.
- 11월, 12월, 1월의 가장 온도가 낮은 시간대는 오전 7시, 가장 높은 온도의 시간대는 오후 3시로 확인되었다.

- 11월 평균 온도는 외부온도 25.5℃, 내부온도 26.2℃이며, 12월의 평균온도는 외부온도 21.2℃, 내부온도 21.1℃로 확인되었다.
- 1월의 외부온도는 18.0℃, 내부온도는 18.9℃로 측정되었으며, 이는 시간이 지남에 따라 온도가 점차적으로 하강하는 것을 확인할 수 있었다.
- 이처럼 외부와 내부의 온도 차이는 평균 1~2도 정도 큰 차이를 보이지 않았으며,
- COVID-19 오미크론 변이 확산으로 인한 일정 지연으로 2022년 1월 UAE 현지를 방문하여 온·습도 데이터를 확보한 상태이며, 현지 데이터 수집을 위한 제품은 협의를 통하여 구매한 상태이다.
- 내부습도를 측정한 결과 11월의 내부습도는 11월 78.2%, 12월 78.3%, 1월 81.7%로 측정되었으며, 절대습도는 11월 17.2% 12월 15.1%, 1월 17.0%로 측정되었다.
- 내부습도 및 절대습도를 확인한 결과 습도는 유사한 결과치를 확보할 수 있었으며, 현지 실증온실에서 지속적으로 작물 재배가 이루어지고 있으며, 추가적인 작물재배 데이터를 확보할 수 있을 것으로 사료된다.
- 현재 여름작기의 데이터 확보가 되지 않아 극 고온 환경에 대한 온,습도 데이터 및 작물재배 데이터를 확보하지 못하였으나, 후속과제로 지속적인 데이터 확보를 위하여 작물 TEST 재배를 지속적으로 진행할 것으로 생각된다.
- UAE는 고온 건조한 기후로 인해 여름데이터 확보가 필요한 실정이며, 이를 통해 여름과 겨울의 데이터를 비교 분석하여 온습도 데이터를 확인해야 할 것으로 사료되며, 또한 기존 사막 온실과 비교하여 온습도 데이터 및 수량, 냉방 효과 등 비교분석이 필요하다.
- 이외의 데이터는 여름 온, 습도 데이터 및 후속과제 데이터 확보를 위하여 기관과 협의하여 추후 일정을 계획할 예정이며, 이를 통하여 여름 데이터를 확보하여 후속과제에 내용을 추가할 예정이다.

라) UAE 실증온실 데이터 확보

- UAE 실증온실은 22년 1월 준공식이 이루어졌으며, 활발하게 실증온실을 이용할 것으로 사료된다.
- UAE 실증온실에서 확보해야 할 데이터는, 비슷한 사이즈의 관행온실에서 물사용량 비교 분석, 관행온실 대비 사용되는 물 사용량 측정(히트펌프+축열조에서 온실 내부로 공급되는 물, 개선된 팬패드 시스템에서 순환되는 물, 양액시스템에서 재활용 되는 물, 포그 사용시 소비되는 물, 응축수로 회수 되는 물, 오버플로우로 배출되는 물 등)하여 비교 분석 할 예정이다.
- 비교 분석할 장비는 협의된 제품을 구매하였으며, 구매한 제품은 초음파 유량계, 파워로거, 온습도 데이터 로거를 구비해논 상태이며, 다음과 같다.

기기명 : 초음파 유량계

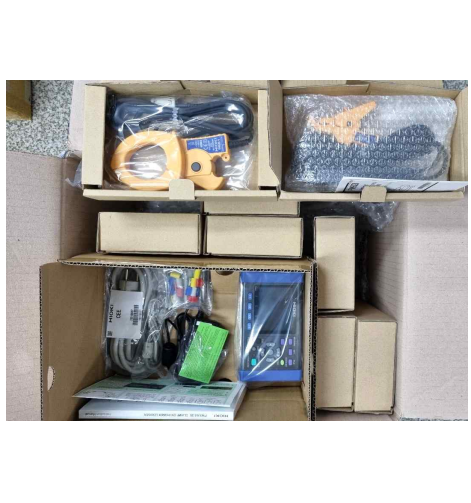
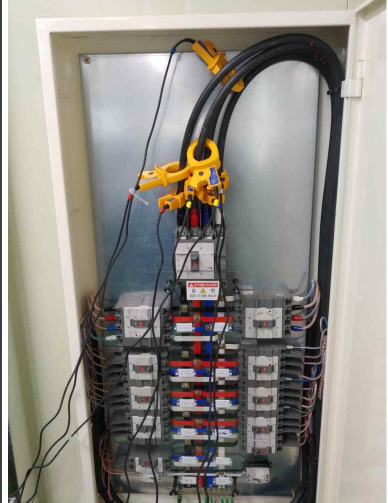
제품 사진 및 스펙



| LINE | ITEM | DESCRIPTION | Quantity | Unit Price | Total |
|------|------------------|---|----------|--------------------|-------------------|
| 1 | PT500 | Ultrasonic Flowmeter | 1 | ₩1,000,000 | ₩1,000,000 |
| 2 | CP500 | Transducer for General Purpose | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| 3 | CP1P | Transducer for small & high temp pipe | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| 4 | PT5 | Flange for CP Transducer | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| 5 | AS500 IO Cable | RS485 signal and power cable for use with the PT500 flowmeter | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| 6 | MSLAD Calculator | Standard 100mm pipe, a pair of C-80 Transducer installation, Standard CP Transducer | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| 7 | Couplant | Glycerin or Lubricant Grease | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| 8 | Documents | Manual, Test Report | 1 | ₩100,000 | ₩100,000 |
| | | | | Sub Total | ₩1,600,000 |
| | | | | Tax | ₩160,000 |
| | | | | Grand Total | ₩1,760,000 |

기기명 : (HIOKI) 클램프 온 파워로거 PW336

제품 사진 및 스펙



■ PW3360-20/-21 공통 사양 **■** 수합해 부품을 PW3360-21인 해당

인디 시팅

측정라인 수: 단상 2선, 단상 3선, 3상 3선, 3상 4선

측정라인 주파수: 50/ 60 Hz

채널수: 전압: 3채널, 전류: 3채널

전압 레인지: AC 600 V 단상 레인지
표시 범위: 3 V ~ 1000 V CS V (마감은 0 V 표시)
선형 정확도: 0.1% (선형, 고역의 비선형은 0.2% 이하 표시)
유료 측정 범위: 90 V ~ 780 V, 비크: ±1400 V
오차: 레인지의 경우, [COVER] 참조 표시

전류 레인지: **비선형성**
클램프 9694: 500 mA / 1/ 5 / 10 / 50 A
클램프 9695-02: 500 mA / 1/ 5 / 10 / 50 A
클램프 9695-03: 5/ 10 / 50 / 100 A
클램프 9696: 100V / 200V / 1 k A
클램프 CT9667-01: 50 / 100 / 500 / 1k 5 k A
클램프 CT9667-02: 50 / 100 / 500 / 1k 5 k A
클램프 CT9667-03: 50 / 100 / 500 / 1k 5 k A

비선형성
비크 클램프 9657-10: 50 mA / 100 mA / 500 mA / 1/ 5 A
비크 클램프 9675: 50 mA / 100 mA / 500 mA / 1/ 5 A
표시 범위: 레인지의 0.4% ~ 130% (0.4% 미만은 0 A 표시)
선형 정확도: 0.2% (선형, 고역의 비선형은 0.5% 이하 표시)
유료 측정 범위: 레인지의 3% ~ 110%
오차: 레인지의 경우, [COVER] 참조 표시

전력 레인지: 300.00 W ~ 9.9999 MW
역률: 0.1000 / 0.2000 / 0.4000 / 0.6000 / 0.8000 / 1.0000 / 2.0000 / 2.5000 / 5.0000

CT 비물 설정: 전압 (0.01 ~ 9999.99)
전류 (0.01 ~ 9999.99)
전력 (0.000000 / 0.00160 / 0.01240 / 0.009 / 0.000 / 0.000 / 0.000 / 0.000)

입력방식: 전압: 클램프 (L1, L2, L3, N, G) 비선형
전류: 클램프 방식에 따라 결정됨

입력저항: 전압 입력부: 약 3 MΩ (±20%, 500 600 Hz)
전압 입력부: AC 1000 V, 1400 Vpeak
전류 입력부: AC 1.7 V, 2.5 Vpeak
대신 최대 정격 전압: 전압 입력부: 600 V 측정 카레고리 D
300 V 측정 카레고리 D
전류 입력부: 사용자는 클램프 레인지에 따라 다름.

기기명 : (T&D) 무선 온습도 데이터로거, TR-72WF

제품 사진 및 스펙



| | TR-71wf / 71nw | TR-72wf / 72nw | TR-72wf-S / 72nw-S | TR-72wf / 72nw |
|--------------------------|---|--------------------------------------|---|---|
| Measurement Channels | Temperature 2ch | Temperature 1ch, Humidity 1ch | Temperature 1ch, Humidity 1ch, Air Pressure 1ch | Temperature 2ch |
| Sensor | Thermistor | Thermistor, Polymer Resistor | Thermistor, Polymer Resistor | Thermistor |
| Measurement Units | ℃/F | ℃/F, %RH | ℃/F, %RH | ℃/F |
| Internal Record | -10 to 50 °C (F) | - | - | - |
| External Sensor | 40 to 110 °C (Rugged Sensor) 40 to 110 °C (Standard) | 0 to 50 °C | 0 to 50 °C | 0 to 50 °C (F) |
| Accuracy | Avg. ±0.2 °C R: ±0.5 °C Avg. ±0.3 °C R: ±0.5 °C | ±0.5 °C ±0.5 °C, 90%RH ±0.5 °C | ±0.5 °C ±0.5 °C, 90%RH ±0.5 °C | ±0.5 °C ±0.5 °C ±0.5 °C |
| Measurement Resolu- tion | 0.1 °C | 0.1 °C | 0.1 °C | 0.1 °C, 0.1 % RH (if reading at 50 °C above 0 °C) |
| Responsiveness | Thermal Time Constant: Approx. 75 sec Response Time (90%): Approx. 100 sec | Response Time (90%): Approx. 7 sec | Response Time (90%): Approx. 7 sec | - |

그림 136. UAE 실증온실에 사용될 비교분석 장비

- 실증온실 작물 TEST 재배를 진행중에 있으며, 2~3월 TEST 작기가 완료됨에 따라서, 실증온실에 재배되는 작물을 선발할 예정이며, 이에 따라 2022년 3월부터 선정된 주력품종을 기반으로 재배를 수행하여 현지재배되고 있는 작물과 비교 분석 예정이다.
- 또한 구비된 장비를 통하여 물사용량, 온습도, 전기사용량 등을 측정하여 관행온실과 비교분석할 예정이며, 추후, 에너지 성능평가 데이터는 후속과제에 작성할 계획이다.

- 3) 작물의 수확 데이터를 기초로 실증온실 모델의 경제성 분석자료 및 사업화 자료로 활용
- COVID-19로 인한 온실 시공이 늦춰지며, 작물 재배 TEST를 2021년 10월부터 2022년 03월까지 진행 중이며, UAE에서 주로 소비되는 오이의 품종은 중과형으로서 4개의 품종을 비교하여 재배하였다.
 - 중과형 품종은 Zeco(ZC), Sausan(SS), Nagene(NG), Katrina(KT)로 진행하였으며, 반복구는 슬라브 당 4 주, 작물 당 6~7 슬라브, 5 반복으로 진행하였다.
 - 2021년 10월 8일 파종하여, 11월 19일 UAE TEST BED에 정식 되었으며, 4품종의 수확 데이터를 비교 분석하였다.
 - 오이 테스트 m²당 수량, 개당 과중을 분석하여 최적의 품종을 선별하였다.

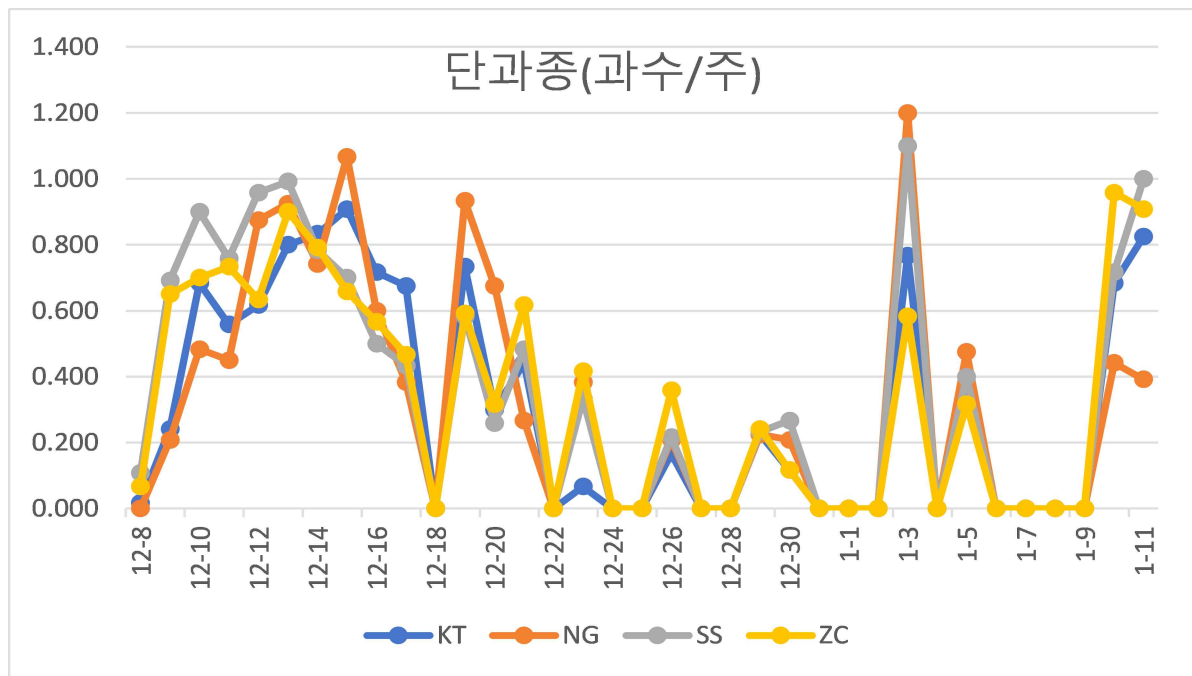


그림 137. UAE 실증온실 단과중(중과형) 수확량

표 34. 작물 평균 과실수(중과형)

| 구분 | KT | NG | SS | ZC |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| 수량(m ² /개) | 2,230 | 2,736 | 2,909 | 2,666 |
| 과주(개/g) | 86.7 | 98.2 | 93.7 | 92.0 |

- 육묘재배 시, 일정 온도는 25~28℃로 유지해주기 위해, 포그 시스템을 추가적으로 설치하여 고온 피해와 도장의 피해가 발생하지 않도록 유지하였다.
- 한 작기의 m²당 수량성이 가장 높은 작물은 Sausan(SS)로 평균 2,909 개의 중과형 오이를 수확하였으며, 개당 과실 주수의 생물 중이 가장 높게 나타난 것은 Nagene(NG)로 개체당 평균 98.2 g으로 측정되었다.
- 2022년 2월 말까지 온실 시공에 따른 테스트 작기가 시행 중에 있으며, 테스트 작기가 시행 완료됨에 따라 2022년 3월부터 선정된 주력품종을 기반으로 본 재배를 수행하여 현지 작물과 비교하고자한다.
- 경제성 분석자료는 해당 작기가 마무리 된 후 분석하여 후속과제에 첨부할 예정이다.

라. 실증 온실 모델의 운영·관리법 정립

1) 사막형 스마트온실 모델의 운영 및 관리 매뉴얼 작성

- UAE TEST BED를 운영함에 있어 관리방법, 일상 유지보수 등의 내용에 대하여 체계적이고 일관적인 운용을 도모하기 위하여 필요한 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다. 기타 특수한 구조물이나 별도의 기술이 필요한 경우에는 적절한 보정을 통하여 이 지침서를 준용한다.
- UAE에 구축된 TEST BAD의 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 수시점검, 일정 점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고 손상된 부분을 원상복구 하여 당초 구축된 상태를 유지함과 동시에 경과 시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 운영 함으로써 이용자의 편의와 안정을 도모한다.
- UAE에 구축된 TEST BED의 모든 시설물은 동시에 이용하므로 예상치 못한 문제가 발생하기도 하고 관리 및 사용 부주의로 인한 파손과 결함이 발생할 수 있어 문제점이 발견되거나 안전사고가 예상되는 경우 신속한 조치를 실행하기 위해 유지관리 지침서를 준용한다.

2) 운영관리 범위

- 복합환경제어는 다음과 같은 범위로 운영관리한다.
 - 하드웨어: 제어판넬, 천창개폐장치, 외부 차광스크린, 그로잉거터, 포그시스템 등
 - 소프트웨어: 로컬제어기, PLC, AD보드, 외부기상대, 내부센서, 모니터링 센서 등
- 냉난방 시스템: 냉온축열 순환펌프, 축열조, 히트펌프, FCU(팬코일유닛), 튜브레일 등
- 관수제어: 양액 회수탱크, 양액재생기(NUF) 등
- 시스템 구성(소프트웨어): 관수량 설정, 관수시간 설정, 일사비례 관수 설정, 일사누적 속도에 의한 관수량, EC 조절 등

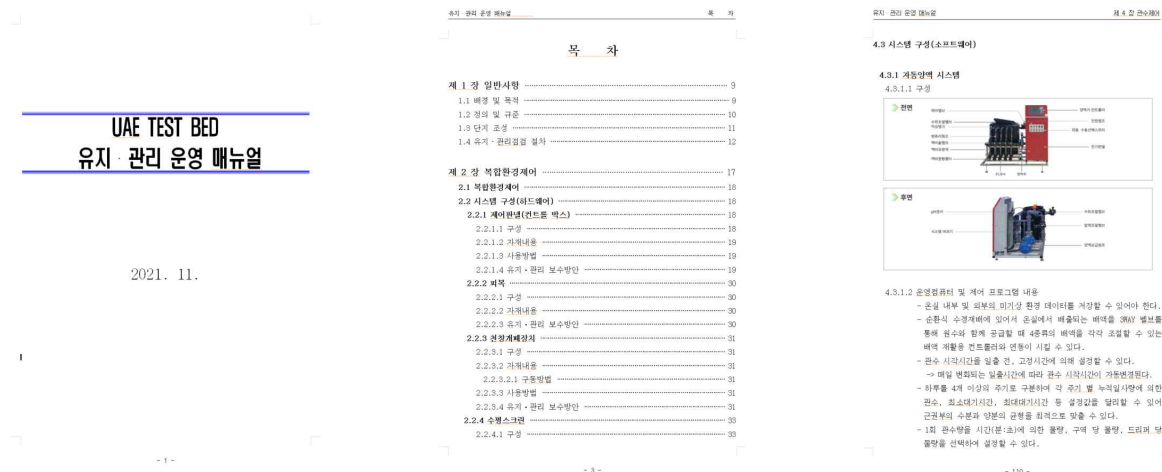


그림 138. 사막형 스마트 온실 운영 및 관리 매뉴얼

3) 현지 운영 및 관리가 가능하도록 주요 가동설비에 안내 자료 제작

- 온실내 하드웨어를 작동하기 위한 사용자 프로그램, 로컬제어기에 접속하여 설정값을

입력하고 현재 온실의 환경을 모니터링 할 수 있다.

가) 소프트웨어 구성 내용

- 환기설정과 냉방설정 기능: 실내온도와 습도를 조절하기 위해 주기를 설정하여 사용
- 천창, 측창 개폐기능: 환기 설정 값에 따라 천창의 개폐 범위 설정
- 주요 가동설비 작동: 순환펌프, 차광스크린, 양액기, FCU(팬코일 유닛), 등은 연동하여 작동한다.
- 온실 내부 및 외부의 미기상 환경 데이터를 저장하여 나누어진 구역별로 제어한다.
- 건구 온, 습도 센서사용을 통해 정밀도를 유지하고 안정성 확보를 위한 보조센서 작동
- 모든 제어장치를 24시간을 6주기로 나누어 관리
- 지역별 일출 및 일몰 시간에 따라 설정시간을 자동으로 변동이 가능
- 강우, 강풍 등의 기상 조건에 따라 천창과 측창의 개폐방법, 개폐범위 설정이 가능한 보호 프로그램 작동
- 컴퓨터와 통신이 안 될 경우 인베디드 PC의 자체 메모리 저장 설정 값에 따라 자체 제어가 가능
- 천창, 차광스크린 등 모터로 작동되는 개도 값을 분, 초 단위, % 단위로 입력 컨트롤 가능
- 모든 설정값 실행 값이 분 단위로 기록, 저장. 발생 되는 이벤트 저장, 기간별 최소, 최대, 평균값을 표로 표현
- 프로그램 설정 방법 및 모니터링 바, 알람 설정 등



그림 139. 가동 설비 안내자료

4) 운영 대상자 및 관계기관 인력들에 대한 실증 온실 운영 설명회 및 배포자료 제작

가) 운영 설명회

- UAE TEST BED 구조 및 구조 및 기본내용
- 온실 냉방 패키지 구성 및 기능
- 온실 재배설비 구성 및 기능
- 온실 냉방부하 계산 자료 제시
- 온실 냉방 부하 계산 자료 제시

- 복합환경제어 시스템 구성 및 기능

가) 기대 효과

- 현지 TEST BED 구조 및 규모 설명을 통하여 재배작물의 적합성 및 UAE 현지 온실 보급을 위한 현지 관리인의 활용 능력을 향상시킨다.
- 온실 냉방패키지의 필요성 및 냉방설비 설명을 통하여 현지 TEST BED 냉방 패키지 운용 효율 최대화시킨다.
- 한국 온실기술의 적용 이유 설명 및 테스트를 통하여 한국 온실기술의 UAE 현지 수출방안 모색한다.
- 현지 온실기술과 한국 온실기술의 접목을 통한 새로운 형태의 설비를 홍보할 수있을것으로 사료된다.



운영 설명회

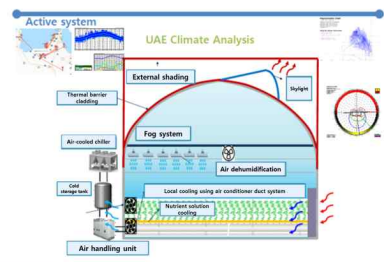
Adaptive type smart greenhouse and cooling package in desert climate

2021. 9.



The necessity for a cooling package greenhouse

- Desert climate with high temperature throughout the year, little precipitation, strong solar radiation → Restrictions on crops that can be grown in the open field
- Shading system, cooling system such as an improved fan-pad system, and a nutrient recycling system.



Water deficit High temp. Desert climate Sand storm Strong sunlight

배포 자료

그림 140. UAE 현지 실증온실의 운영설명 및 자료배포

제 2 세부과제(우원엠앤이): 사막기후 적응형 온실 냉방패키지 기술선정 및 냉방 성능평가
 가. 냉방설비 장비선정

1) 수계산 및 에너지 시뮬레이션 프로그램을 활용한 실증단지 온실의 냉방부하 산출

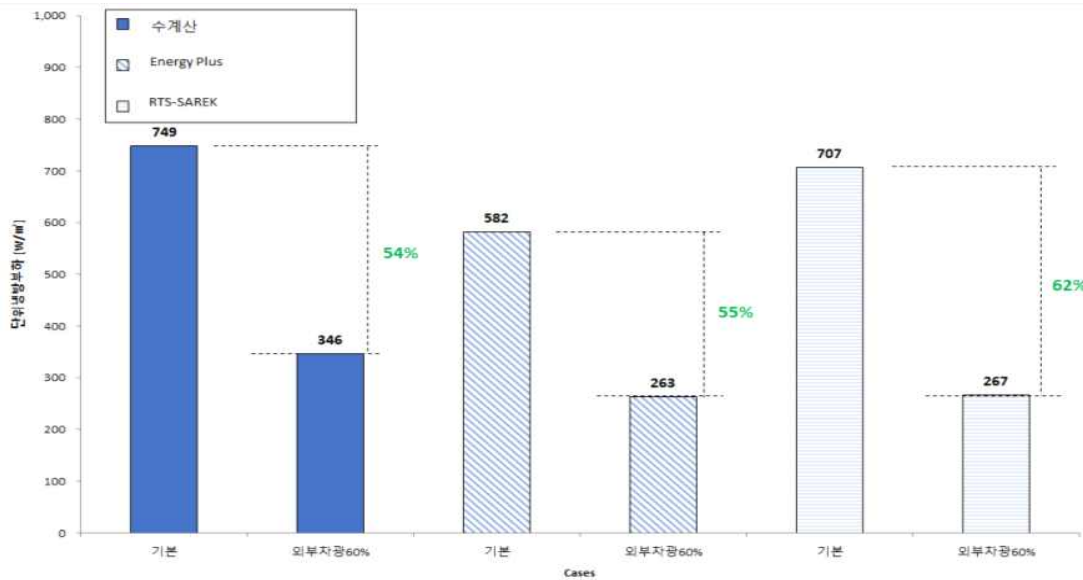


그림 141. 수계산 및 에너지 시뮬레이션 프로그램을 활용한 온실 냉방부하

- 외부차양을 적용하지 않은 온실의 단위냉방부하는 수계산에서 749 W/m², Energy Plus는 582 W/m², RTS-SAREK에서는 707 W/m²로 산출되었다.
- 외부차양 차광률 40%를 적용했을 경우 수계산에서 577 W/m², Energy Plus는 603 W/m², RTS-SAREK에서는 474 W/m²로 외부차양이 없을 경우 보다 23 ~ 33% 냉방부하가 절감되는 것으로 확인되었다.



그림 142. 차광율에 따른 온실 냉방부하

- 시각별 피크기준 냉동기 용량은 차광률에 40%일 때 가장 높았으며 216 usRT로

나타났으며 차광률 50%, 60% 순으로 199 usRT, 183 usRT로 낮아졌다.

- 1일 누적 합산 피크기준 축냉조 용량은 차광률에 40%일 때 가장 높았으며 2,280 usRT로 나타났으며 차광률 50%, 60% 순으로 2,171 usRT, 2,064 usRT로 낮아졌다.

1) 면적 및 조건 : 1,536m²(냉방면적)

2) 냉방부하 산출조건: 안전율 10%

- ASHRAE 기상데이터(외기온도 45.1°C, 상대습도 10.6%)+팬패드(패드통과온도 26.1°C, 상대습도 58%)+차광률40%
- ADAFSA 기상데이터(외기온도 44.7°C, 상대습도 58.0%)+팬패드(패드통과온도 37.9°C, 상대습도 58%)+차광률40%
- ADAFSA 기상데이터(외기온도 44.7°C, 상대습도 58.0%)+차광률40%

습도 올라가야 하지만 실제 정오(낮) 상대습도 낮은걸 감안하여 58%로 결정

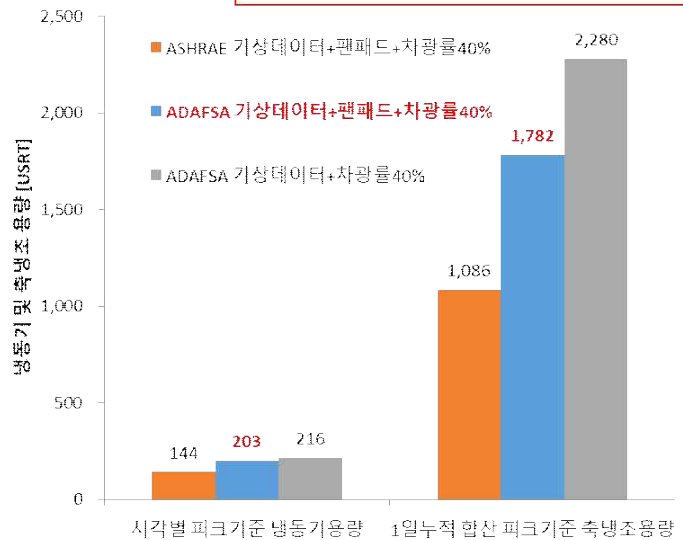
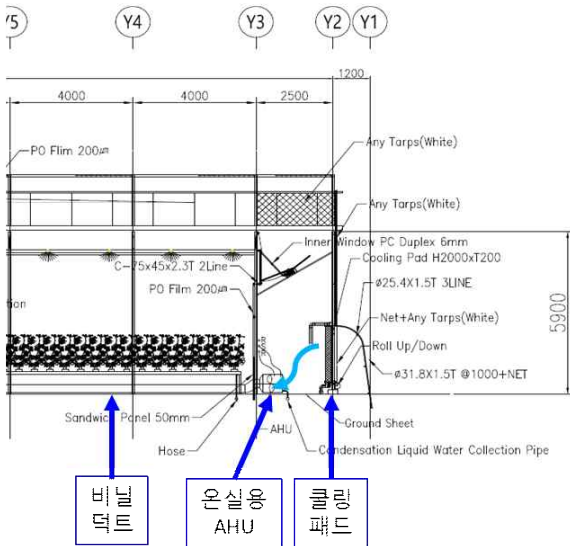


그림 143. 기상데이터에 따른 온실 냉방부하

- ASHRAE기준 기상데이터는 실증단지의 외기온도 45.1°C, 상대습도 10.6%이다.
- ADAFSA에서 제공한 기상데이터는 외기온도 44.7°C, 상대습도 58.0%로 외기온도는 ASHRAE 기준과 비슷하나 상대습도에서 큰 차이가 있다.
- ADFSA에서 제공한 기상데이터로 차광률 40%를 적용하고 팬패드를 적용하지 않을 경우 냉동기 및 축냉조 용량이 2,280 usRT로 산출되었다.
- ADFSA에서 제공한 기상데이터로 차광률 40%에 팬패드까지 적용할 경우 냉동기 및 축냉조 용량이 1,782 usRT로 팬패드를 적용하지 않았을 경우보다 냉동기 및 축냉조 용량이 22%정도 절감하는 것으로 나타났다.
- ASHRAE기준 기상데이터로 차광률 40%에 팬패드까지 적용할 경우 냉동기 및 축냉조 용량이 1,086 usRT로 나타났으나 안정적인 냉방을 위해 더 악조건의 ADFSA에서 제공한 기상데이터로 장비를 선정하는 것이 더 타당할 것으로 판단되었다.

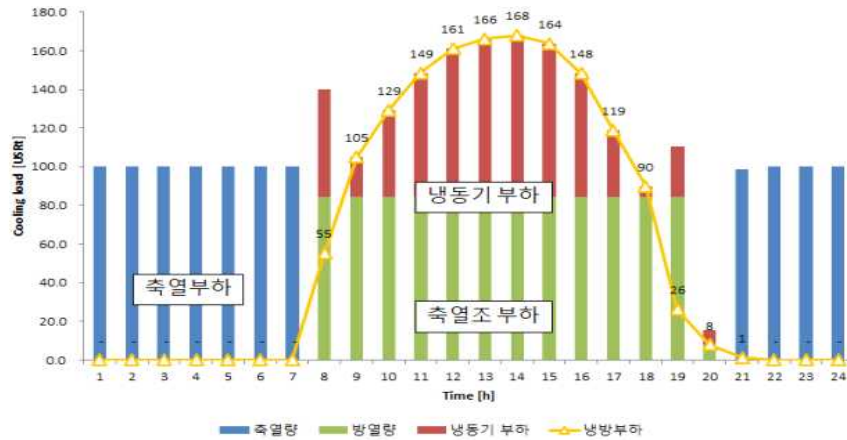


그림 144. 시각별 냉방, 냉동기 부하 및 축열량, 방열량

2) 공랭식 스크류 냉동기

- 차광 40% 조건으로 에너지시뮬레이션 프로그램 EnergyPlus에서 산출한 냉방부하 적용하였다.
- 부하계산 결과 시각별 피크 168 USRT로 확인되었다.
- 부하계산 결과 1일 누적 합산 피크 1,442 USRT로 확인되었다.
- 공랭식 스크류 냉동기 100 USRT X 2대 (현지기후에 인한 실제 성능 84 usRT x 2대 = 168 usRT) 선정

Air Cooled Screw Chiller

| Equipment Name | | | |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Unit Specification | | Performance data | |
| Model | RCAW010CA1B.AHAEEAA | Total Compressor Power | 128.7 kW |
| Quantity | 1 | Total Fan Motor Power | 6.000 kW |
| Refrigerant Type | R134a | Total Unit Power (without pump) | 134.7 kW |
| Cooling Capacity | 294.4 kW | COP | 2.186 W/W |
| Heat Rejection | 429.0 kW | kW/RT | 1.609 |
| Quantity of Comp | 1 | IPLV, IP(W/W) | 3.899 W/W |
| A-Weighted Sound Power Level | 81 dBA | | |
| Electrical Data | | Others | |
| Starter Type | Y-DELTA | Dimension | Length 3,022 mm |
| Comp. Motor Power | 400/3/50.0.0 V-Ph-Hz | Width | 2,154 mm |
| Starting Current | 548.9 A | Height | 2,317 mm |
| RLA | 201.0 A | Weight | Operating 3790 kg |
| Single point | MCA / MOCP 344.0/603.0 A | Shipping | 3620 kg |
| | | Capacity control system | 35% ~ 100% |
| | | Refrigerant Charged | 93.0 kg |
| | | Compressor type | Semi-hermetic screw |

EVAPORATOR / CONDENSER

| Item | Evaporator | Item | Condenser |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| Heat Exchanger Structure | Shell and Tube | Heat Exchanger Structure | Fin and Tube |
| Fluid Type | Fresh Water | Fluid Type | Ambient Air |
| Water Box Type | Head | Altitude | 27.0 m |
| No. of Passes | 2 | Number of Fans | 6 |
| Nozzle Connection Size (DN) | 100 | Total Fan Air Flow | 31500 lps |
| Fouling Factor | 0.0176 m ² °C/kW | Entering Air Temperature | 44.9 °C |
| Entering Temp | 12.00 °C | | |
| Leaving Temp | 7.00 °C | | |
| Flowrate | 14.07 lps | | |
| Pressure Drop | 85.0 kPa | | |
| Max. Water Pressure | 1.00 MPa | | |

PART LOAD

| Load (%) | Capacity (kW) | Input Power (kW) | EVAPORATOR | | | | CONDENSER | |
|----------|---------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|-------------------|--------|
| | | | Enter. Temp (°C) | Leave. Temp (°C) | Flow Rate (lps) | Pressure Drop (kPa) | Ent Air Temp (°C) | kW/RT |
| 100 | 332.7 | 115.0 | 12.22 | 6.67 | 14.32 | 87.8 | 35.0 | 1.215 |
| 75 | 249.5 | 67.81 | 10.83 | 6.67 | 14.32 | 87.8 | 26.7 | 0.9557 |
| 50 | 166.4 | 41.18 | 9.44 | 6.67 | 14.32 | 87.8 | 18.3 | 0.8705 |
| 25 | 83.18 | 19.71 | 8.05 | 6.67 | 14.32 | 87.8 | 12.8 | 0.8334 |

Notes.

1. Certified in accordance with the AHRI Air-Cooled Water Chilling Packages Using Vapor Compression Cycle Certification Program, which is based on AHRI Standard 550/590 (I-P) and AHRI Standard 551/591 (SI). Certified units may be found in the AHRI Directory at www.ahridirectory.org
2. For continual product development, LG reserves the right to change specifications or designs without notice.
3. The period of validity : 08 December, 2019



그림 145. 스크류 냉동기 사양서

표 35. 축냉조

| 부하 (Peak Load) | 주간 | 168 usRT (508,032 kcal/h) | 구분 | 내용 |
|----------------|----|-------------------------------------|-----------|--------------------|
| 야간 축열 시간 | | 7.5 시간 (24:00 ~ 06:30) | 축냉조 형식 | 콘크리트 축냉조 |
| 방열 시간 | 오전 | 12시간 (07:00 ~ 19:00) | 유효축열량(냉방) | 416 usRT·h |
| | 오후 | 12시간 (12:00 ~ 24:00) | 축열율(냉방) | 28.8% |
| 일 평균 냉방 부하율 | | 35.8% | 축열매체 | 물(현열) |
| 1일 냉방 부하량 | | 168 usRT x 24h x 36% = 1,442 usRT·h | 높이(내부) | 6.5 m |
| | | | 물높이 | 5.55 m |
| | | | 바닥면적(내부) | 36 m ² |
| | | | 총 체적(내부) | 234 m ³ |
| | | | 유효 체적 | 200 m ³ |

가) 부분 축열방식 적용

나) 축냉조 구성방식: 개방형 축냉조

다) 부하 공급방식: 직접부하방식

라) 축냉조 단위 체적당 저장 열량 - 냉방

$$= (\text{축냉출구온도 } ^\circ\text{C} - \text{축냉입구온도 } ^\circ\text{C}) \div 3,024 \text{ kcal/usRT}\cdot\text{h} \times 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$= (14^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}) \div 3,024 \text{ kcal/usRT}\cdot\text{h} \times 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$= 2.31 \text{ usRT}\cdot\text{h/m}^3$$

마) 유효 축냉조 체적

$$= \text{총 축냉조용량 usRT}\cdot\text{h} \div \text{단위 체적당 축열매체에 따른 냉기 저장량 usRT}\cdot\text{h/m}^3 \times 90\% (\text{thermocline 및 기타 손실률})$$

$$= 416 \text{ usRT}\cdot\text{h} \div 2.31 \text{ usRT}\cdot\text{h/m}^3 \times 90\% = 200\text{m}^3$$

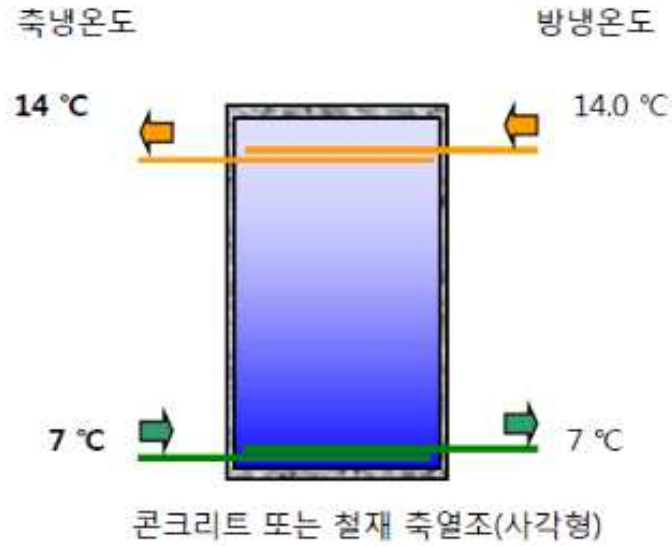


그림 146. 축열조 축냉, 방냉 온도

표 36. 팬코일 유닛 사양서

| 구분 | 품명 | 규격 |
|----------|-----------|----------------------------|
| 1 | RADIATOR | 15.88Ø*4R*16S*640L (2.5mm) |
| 2 | IN/OUT | 32A 신주육각소켓 |
| 3 | MOTOR | 0.75KW6P3Ø380/220V 50/60Hz |
| 4 | AL FAN | 550Ø*6B |
| 5 | AIR VOLUM | 153 CMM |
| 6 | DRAIN | 15A 소켓 |
| 7 | SIZE | 805L * 894H * 880D |
| 8 | DUCT | 570Ø*495Ø |
| CAPACITY | | |
| 10 | 냉방능력 | 16000 kcal/h |
| 11 | 전원 | 380V / 50HZ |
| 12 | 유량 | 50~60L/MIN |

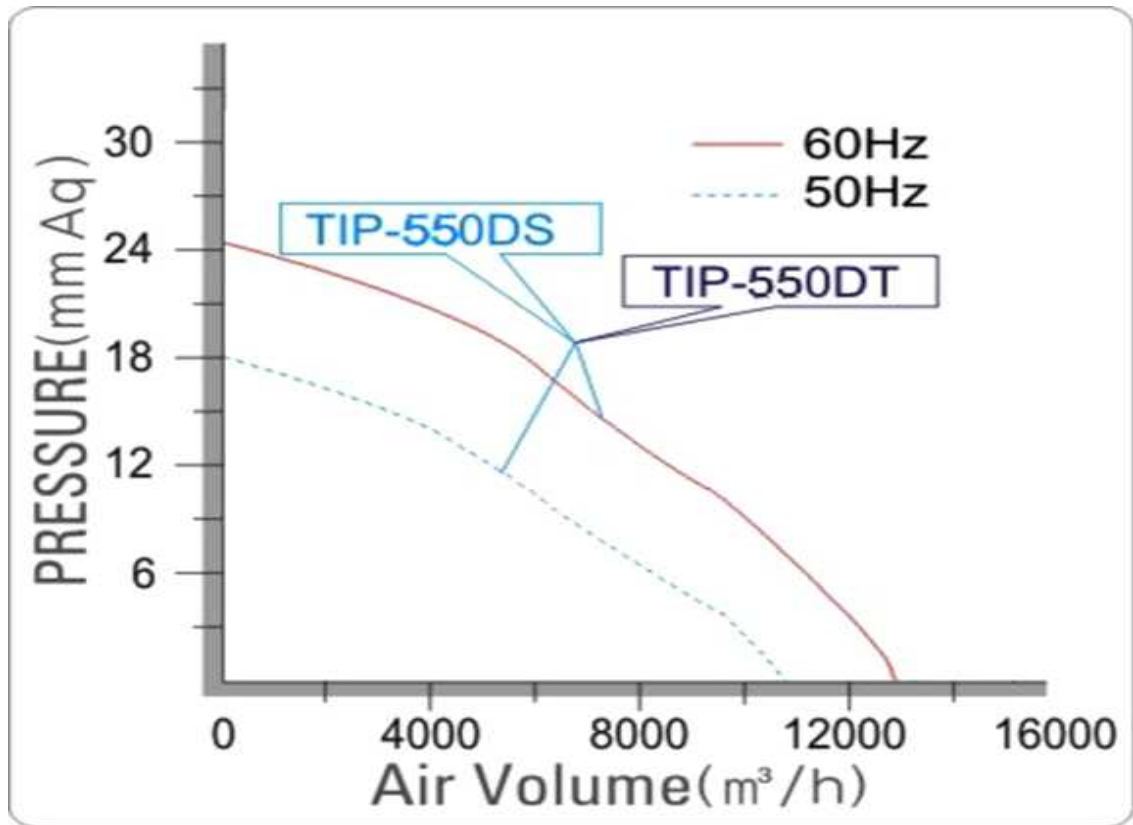


그림 147. 송풍기 성능 곡선

3) 냉수 순환, 축열, 방열, 양액 펌프

가) 냉수순환펌프

| | F-2 | 냉수 순환펌프 | | | | | |
|------|------|---------|---|------------|---------------|-------|--|
| 유량 | 유량 | USRT | | | 냉동기용량 | | |
| | 유량 | kcal/h | | | 환산 | | |
| | 온도차 | 3 dT | | | 입구출구 온도차 12-7 | | |
| | 대수 | 3 | | | | | |
| | 유량 | 562 lpm | | | | | |
| 배관손실 | 배관손실 | 200 m | x | 0.03 mAq/m | = | 6 m | |
| | 배관부속 | 6 m | x | 0.5 | = | 3.0 m | |
| 장비손실 | 장비1 | FCU | | | | 3 m | |
| | 기타 | 밸브 | | | | 3 | |
| | | | | | | m | |
| | | | | | | m | |
| | 소계 | | | | | 15 | |
| | 안전율 | | | | | 1.5 | |
| | 합계 | | | | | 16.5 | |
| | 비고 | | | | | 17.0 | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------|--|---|---|
| MODEL | IL50/140-3/2 | | Title | | |
| Location | | | Agent | | |
| Service | | | Plant Name | | |
| Quantity | Set(s) | Installation | <input checked="" type="checkbox"/> Indoor | <input type="checkbox"/> Outdoor | |
| OPERATING CONDITION | | | | | |
| Liquid | Water | | Flow | 562 l/min | |
| Pumping Temp. | Ambient | | Suc. Pressure | | |
| S.G. | 1 | | Dis. Pressure | | |
| Vap. Pressure | 0.03kg/cm2A at 24℃ | | Diff. Pressure | | |
| Viscosity | 1 cP | | Total Head | 17 m | |
| PERFORMANCE AND CONSTRUCTION | | | | MATERIAL | |
| Vertical | | Efficiency | 72.9 % | Part Name | Symbol |
| No. of Stages | 1 | Rated Power | 2.16 kW | Casing | GC250 |
| Speed | 2950 rpm | NPSHre | | Impeller | GC200 |
| Rotation | CW (view from drive end) | | | Shaft | 1.4122(STS) |
| BORE | Size(Dia) | Rating | Face | Position | Lantern |
| Suction | 50 mm | PN 16 | RF | Side | |
| Discharge | 50 mm | PN 16 | RF | Side | |
| Impeller Type | Closed | inline | | HYDROSTATIC | |
| Flow Direction | Radial | | Casing | kgf/cm2 | min |
| Shaft Seal | M/Seal | Shaft Sleeve | No | kgf/cm2 | min |
| Mounting | Foot | | TESTING | | |
| Lubrication | Grease | | Items | Witness | |
| Cooling | <input type="checkbox"/> Stuff.Box <input type="checkbox"/> B/R Housing <input checked="" type="checkbox"/> No Cooling | | Run Perform. | <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No |
| Upper Bearing | 6305ZZC3 | Lower Bearing | 6306ZZC3 | Hydrostatic(Air Press.) | <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No |

그림 148. 냉수순환펌프 사양서

나) 양액펌프

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---|---------------|---|-------|------|
| | F-3 | 양액 순환펌프 | | | | | |
| 유량 | 열량 | USRT | | 냉동기공량 | | | |
| | 열량 | - kcal/h | | 환산 | | | |
| | 온도차 | 5 dT | | 입구출구 온도차 12-7 | | | |
| | 대수 | 2 | | | | | |
| | 유량 | 20 lpm | | | | | |
| 배관손실 | 배관손실 | 200 m | x | 0.03 mAg/m | = | 6 m | |
| | 배관부속 | 6 m | x | 0.5 | = | 3.0 m | |
| 장비손실 | 장비1 | FCU | | | | | |
| | 기타 | 밸브 | | | | | 3 m |
| | | | | | | | m |
| | | | | | | | m |
| | 소계 | | | | | | 12 |
| | 안전율 | | | | | | 1.2 |
| | 합계 | | | | | | 13.2 |
| | 결정 | | | | | | 14.0 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------|----------------|---|---|
| MODEL | IL32/170-1.5/2 | | Title | | |
| Location | | | Agent | | |
| Service | | | Plant Name | | |
| Quantity | Set(s) | | Installation | | <input checked="" type="checkbox"/> Indoor <input type="checkbox"/> Outdoor |
| OPERATING CONDITION | | | | | |
| Liquid | Water | | Flow | | 20 l/min |
| Pumping Temp. | Ambient | | Suc. Pressure | | |
| S.G. | 1 | | Dis. Pressure | | |
| Vap. Pressure | 0.03kg/cm2A at 24℃ | | Diff. Pressure | | |
| Viscosity | 1 cP | | Total Head | | 14 m |
| PERFORMANCE AND CONSTRUCTION | | | | MATERIAL | |
| Vertical | | Efficiency | 13.1 % | | Part Name |
| No. of Stages | 1 | Rated Power | 0.372 kW | | Casing |
| Speed | 2950 rpm | NPSHre | | | Impeller |
| Rotation | CW (view from drive end) | | | | Shaft |
| BORE | Size(Dia) | Rating | Face | Position | Lantern |
| Suction | 32 mm | PN 16 | RF | Side | GC250 |
| Discharge | 32 mm | PN 16 | RF | Side | |
| Impeller Type | Closed | inline | | HYDROSTATIC | |
| Flow Direction | Radial | | Casing | kgf/cm2 | min |
| Shaft Seal | M/Seal | Shaft Sleeve | No | kgf/cm2 | min |
| Mounting | Foot | | TESTING | | |
| Lubrication | Grease | | Items | | Witness |
| Cooling | <input type="checkbox"/> Stuff.Box <input type="checkbox"/> B/R Housing <input checked="" type="checkbox"/> No Cooling | | Run Perform. | <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No |
| Upper Bearing | 6203ZZC3 | Lower Bearing | 6305ZZC3 | Hydrostatic(Air Press.) | <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No |

그림 149. 양액펌프 사양서

4) 냉각 패드

풍속: 1.5 m/s, 수량 지표면: 120 l (min · m2), 12Pa 시

| | | 패드 후면의 공기 온도 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) | T (°C) | rH (%) |
| 패 드 전 면 의 공 기 온 도 | 50 °C | 32,2 | 49 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 48 °C | 30,9 | 49 | 33,9 | 59 | | | | | | | | | | | | |
| | 46 °C | 29,6 | 49 | 32,3 | 59 | 34,7 | 67 | | | | | | | | | | |
| | 44 °C | 28,2 | 50 | 30,9 | 59 | 33,1 | 67 | | | | | | | | | | |
| | 42 °C | 26,9 | 50 | 29,3 | 60 | 31,5 | 67 | 33,5 | 74 | | | | | | | | |
| | 40 °C | 25,5 | 51 | 27,9 | 60 | 29,9 | 68 | 31,8 | 74 | 33,4 | 80 | | | | | | |
| | 38 °C | 24,1 | 52 | 26,3 | 60 | 28,3 | 68 | 30,0 | 74 | 31,6 | 80 | 33,1 | 85 | | | | |
| | 36 °C | 22,8 | 52 | 24,8 | 61 | 26,7 | 68 | 28,4 | 74 | 29,9 | 80 | 31,3 | 85 | 32,6 | 89 | 33,8 | 93 |
| | 34 °C | 21,4 | 53 | 23,3 | 61 | 25,1 | 68 | 26,6 | 75 | 28,1 | 80 | 29,4 | 85 | 30,7 | 89 | 31,9 | 93 |
| | 32 °C | 20,1 | 53 | 21,8 | 61 | 23,5 | 68 | 25,0 | 75 | 26,4 | 80 | 27,6 | 85 | 28,9 | 89 | 29,9 | 93 |
| | 30 °C | 18,7 | 53 | 20,4 | 61 | 21,9 | 68 | 23,3 | 75 | 24,6 | 80 | 25,8 | 85 | 26,9 | 89 | 28,1 | 93 |
| 28 °C | 17,3 | 54 | 18,8 | 62 | 20,2 | 69 | 21,6 | 75 | 22,8 | 80 | 24,0 | 85 | 25,1 | 89 | 26,1 | 93 | |
| 26 °C | 15,9 | 54 | 17,4 | 62 | 18,6 | 69 | 19,9 | 75 | 21,0 | 80 | 22,2 | 85 | 23,2 | 89 | 24,2 | 93 | |
| 24 °C | 14,5 | 55 | 15,8 | 63 | 17,0 | 69 | 18,2 | 75 | 19,3 | 80 | 20,3 | 85 | 21,3 | 89 | 22,3 | 93 | |
| 22 °C | 13,1 | 55 | 14,3 | 63 | 15,4 | 69 | 16,5 | 75 | 17,6 | 80 | 18,5 | 85 | 19,5 | 89 | 20,3 | 93 | |
| 20 °C | 11,7 | 56 | 12,8 | 63 | 13,8 | 70 | 14,8 | 75 | 15,8 | 80 | 16,7 | 85 | 17,6 | 89 | 18,4 | 93 | |
| | | 10% | | 20% | | 30% | | 40% | | 50% | | 60% | | 70% | | 80% | |
| | | 패드 후면의 공기 상태 | | | | | | | | | | | | | | | |

그림 150. 냉각 패드 시스템 냉각 출력

5) 비닐덕트

- 부하계산 결과 팬코일 유니트 냉방 능력 18,600 W x 32대, 송풍량 9,180m³/h x 32대이다.
- 비닐덕트 풍량 9,180m³/h, D=500mm, 덕트 내 풍속=11m/s, 취출구 풍속=0.2~0.5 m/s.
- 취출구 크기 7.62mm, 1 m간격 총 취출구 32개이다.

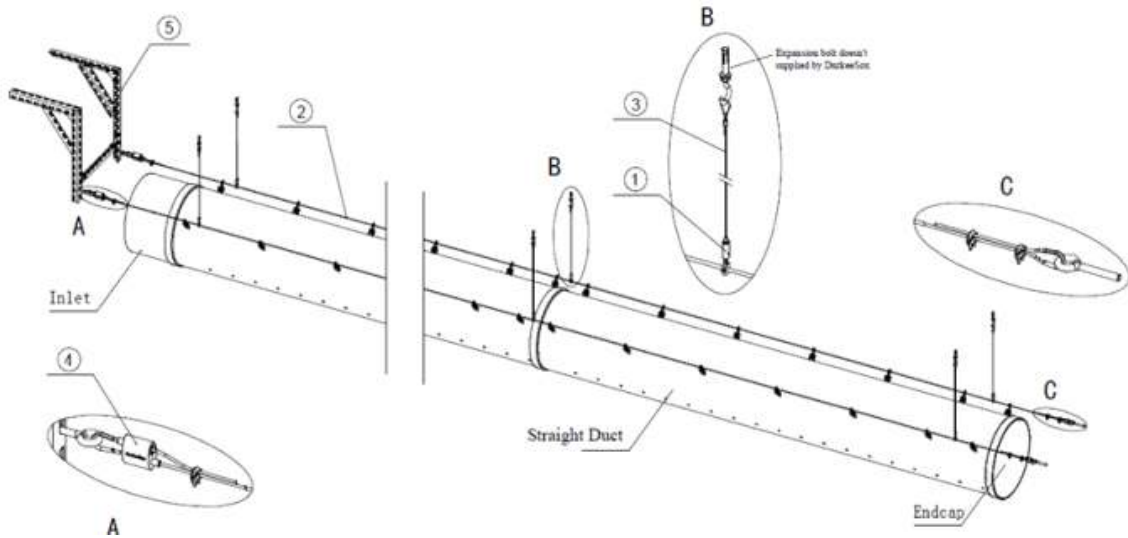


그림 151. 비닐덕트 설치 다이어그램

나. UAE 현지 실증온실의 냉방패키지 성능평가

- 사막기후 적응형 스마트온실의 냉방패키지 개발을 위해 IWEC(International Weather for Energy Calculation) 데이터, 두바이의 ADAFSA(Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority)에서 제공한 기상데이터 및 ASHRAE 설계 기상데이터 등의 온도, 습도, 일사량 등 자료를 종합적으로 활용하여 부하계산 하였다.
- 에너지시뮬레이션 프로그램으로는 미국의 DOE(Department Of Energy)에서 개발한 EnergyPlus 8.9를 이용하였다.
- 시뮬레이션 변수로는 피복재의 종류와 차광율, 팬앤패드 시스템의 효율과 전체 조합을 했을 경우로 설정하였고 온실의 설정 온습도는 주간(08:00~20:00) 30℃, 80% / 야간(20:00~08:00) 15℃, 80%

1) 피복재

- 유리, 연질필름(PE), 경질판(PMMA) 3개의 종류의 피복재에 대한 온실의 실내조도분포와 냉방부하 성능을 평가하였다.
- 아래 표는 피복재에 대한 물성치를 나타낸 표이다.

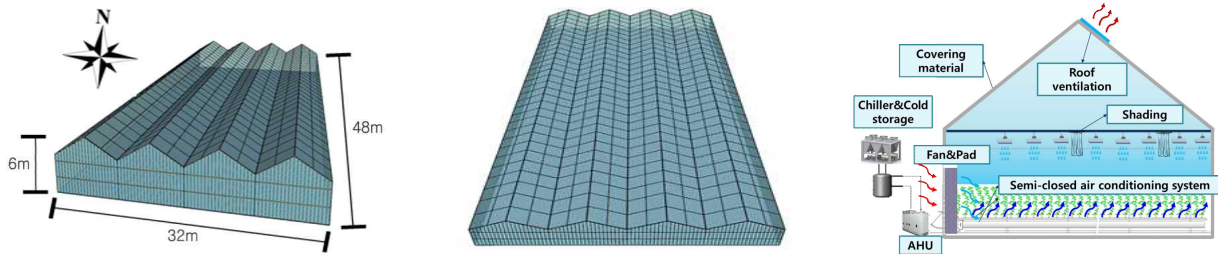


그림 152. 실증 온실 시뮬레이션 모델링

표 37. 온실 피복재 성능지표

| Type | Thickness [mm] | Visible transmittance | Solar heat gain coefficient | Coefficient of heat transmission [W/m ² ·K] |
|---------|----------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| Glass | 3.9 | 0.895 | 0.86 | 5.62 |
| PE Film | 0.090 | 0.884 | 0.90 | 5.88 |
| PMMA | 16.1 | 0.732 | 0.55 | 6.67 |

- 아래 그래프는 유리, 연질필름(PE), 경질판(PMMA) 3개의 종류의 피복재에 대한 시간별 온실의 실내조도를 나타낸 그래프이다.
- 8월21일 12시로 평균 실내조도는 유리 재질일때는 81,111lux, 연질필름(PE)는 80,810lux, 경질판(PMMA)은 65,292lux로 나타났다.
- 유리 재질과 연질필름(PE)의 실내조도가 비슷하였고 경질판(PMMA)일 경우 유리 재질보다 실내조도가 19.5% 감소하였지만, 오이의 광량 목표치는 10~40klux로 광포화점은 40~55klux, 광보상점은 1klux이기 때문에 온실의 재질을 경질판(PMMA)적용해도 실내 조도에 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.
- 이에 따라 최대 냉방부하는 온실의 재질이 유리일 경우 811.0W/m², 연질필름(PE)일 경우는 818.5W/m² 비슷하게 평가되었고 경질판(PMMA)일 경우 718.3W/m² 유리재질 보다 11.4% 감소하는 것으로 나타났다.

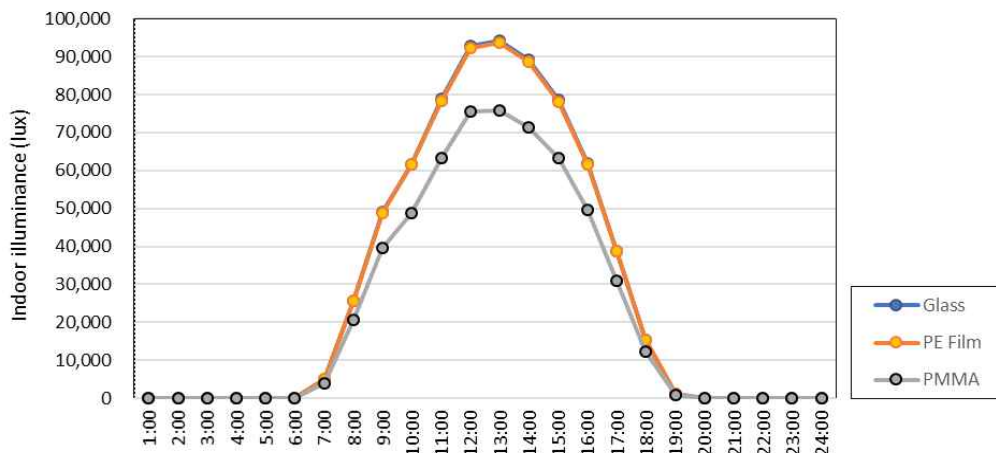
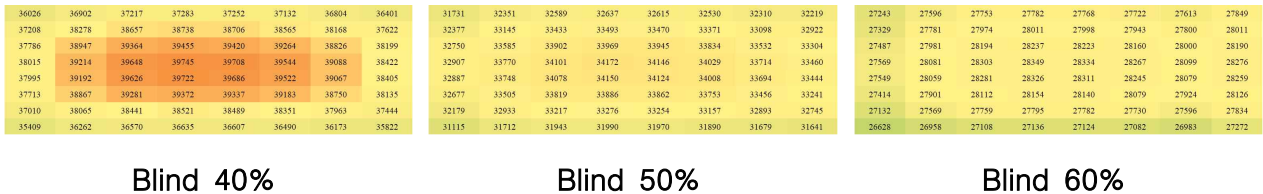


그림 153. 온실 피복재 따른 실내조도

2) 차광율

- 사막적응형 온실의 냉방설비 장비용량 선정을 위해 외부차양의 차광율에 따른 조도 및 부하계산을 실시하였다.
- 아래 그림은 외부차양의 차광율은 40%, 50%, 60%에 대한 온실의 실내조도 분포도이다.



Blind 40%

Blind 50%

Blind 60%

그림 154. 외부차양 차광율에 따른 실내조도 분포도

- 분석결과 8월21일 12시의 평균 실내조도는 차광율 40%일 경우 39,300lux, 50%일 경우 34,918lux, 60%일 경우 30,339 lux로 나타났다.
- 최대 냉방부하는 차광율 40%일 경우 603.4W/m², 50%일 경우 564.4W/m², 60%일 경우 523.5W/m²로 평가되었다.
- 최대 냉방부하 측면에서는 차광율 60%가 유리하지만 오이의 생육조건 관점에서는 평균 실내조도가 낮아 오이 생육에 지장을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

3) 팬앤패드

- 팬앤패드 시스템의 효율을 60%, 70%, 80% 3가지로 변수로 팬앤패드 시스템의 토출온도, 냉방부하 성능을 평가하였다.
- 아래 그래프는 팬앤패드 시스템의 효율에 따라 토출온도를 나타낸 그래프로 효율 60%일 때 패드 통과시 최대 15.5℃ 70%일 때 18.1℃, 80%일 때 20.7℃의 온도가 하강하는 것으로 나타났다.

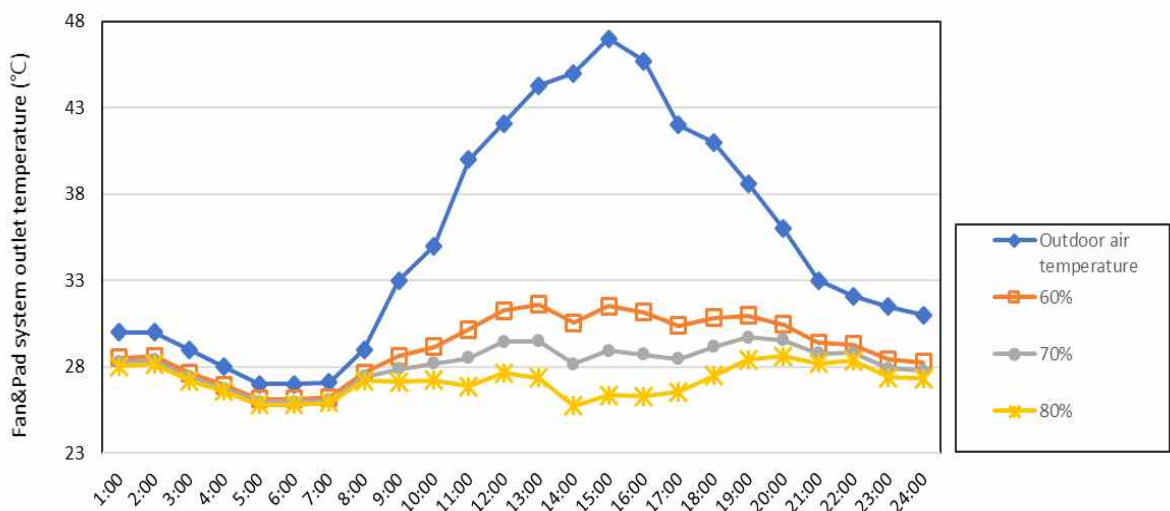


그림 155. 시간별 팬앤패드 토출온도

- 일 평균 하강온도는 60%일 때 약 6℃, 70% 일 때 7℃, 80%일 때 8℃로 나타났다.

4) 냉방패키지시스템 조합 냉방부하 비교

- Case 1 ~ 3은 피복재 3가지 종류인 유리, 연질필름(PE), 경질판(PMMA)이고 Case 4 ~ 6은 피복재가 PMMA를 바탕으로 외부차양 차광율을 40%, 50%, 60%로 변화시켰다.
- Case 7 ~ 9는 피복재 PMMA에 외부차양 차광율 40%일 때 팬앤패드 시스템 효율을 60%, 70%, 80%로 변화시켰다.
- 아래 표는 Case별 적용한 기술을 나타낸 표이다.

표 38. Case별 냉방패키지 기술요소

| | Case1 | Case2 | Case3 | Case4 | Case5 | Case6 | Case7 | Case8 | Case9 |
|------------------------|-------|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Cooling package system | Glass | PE Flim | PMMA | PMMA + Shading 40% | PMMA + Shading 50% | PMMA + Shading 60% | PMMA + Shading 40% + Fan&Pad 60% | PMMA + Shading 40% + Fan&Pad 70% | PMMA + Shading 40% + Fan&Pad 80% |

- 아래 그래프는 Case별 최대 냉방부하를 비교한 그래프이다.

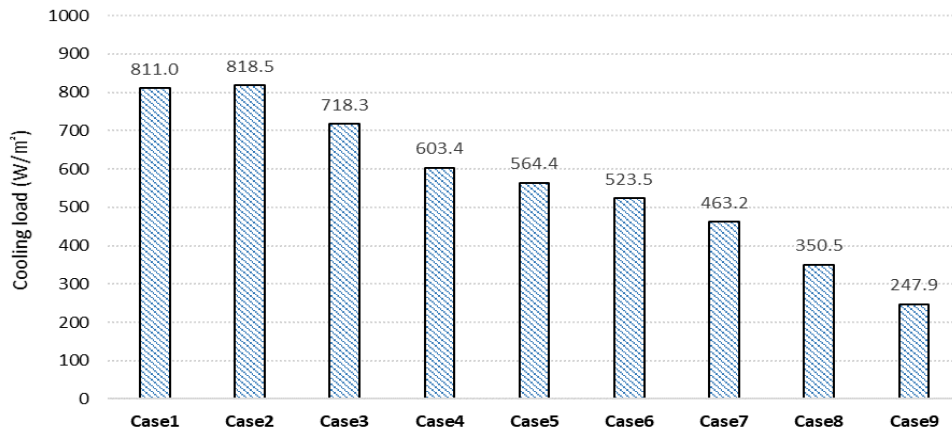


그림 156. Case별 최대 냉방부하

- Case 1은 기본적인 유리온실로 최대 냉방부하는 811 W/m² 났고 Case 3인 피복재를 경질판(PMMA)로 적용했을 경우 냉방부하는 718.3 W/m²으로 11.4% 저감하는 것으로 나타났다.
- Case 4 ~6은 경질판(PMMA)에 외부차양을 적용한 경우로 차광율에 따라 냉방부하는 25.6% ~ 35.5% 까지 저감하는 것으로 나타났다.
- 외부차양 차광율이 높을수록 최대 냉방부하는 저감하지만 그만큼 실내조도도 감소하기 때문에 작물의 생육에 지장을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

- 외부차양의 차광율을 40%로 정하고 팬앤패드 시스템을 적용했을 경우 Case 7 ~ 9는 경질판(PMMA) 피복재와 외부차양 차광율 40%인 온실에 팬앤패드 시스템 효율에 따라 냉방부하를 비교한 경우로 팬앤패드 시스템 효율이 60%일 때 Case 1 대비 42.9% 최대 냉방부하가 저감하였고 80%일 때 최대 69.4% 저감하는 것으로 나타났다.
- 피복재가 경질판(PMMA)일 경우 작물의 광량 목표치를 만족하면서 최대 냉방부하를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.
- 반면 외부차양까지 적용했을 경우 평균 실내조도가 차광율만큼 줄어들기 때문에 재배 작물에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단하여 외부차양의 최적 차광율은 40%로 결정하였다.
- 팬앤패드 시스템까지 적용했을 경우 팬앤패드 시스템 효율이 60%일 때 보편적인 유리온실 Case 1 대비 42.9% 최대 냉방부하가 저감하였고 80%일 때 최대 69.4% 저감하는 것으로 나타났다.

다. UAE 현지 실증온실의 실증데이터 성능 검증

1) 현장조사 개요

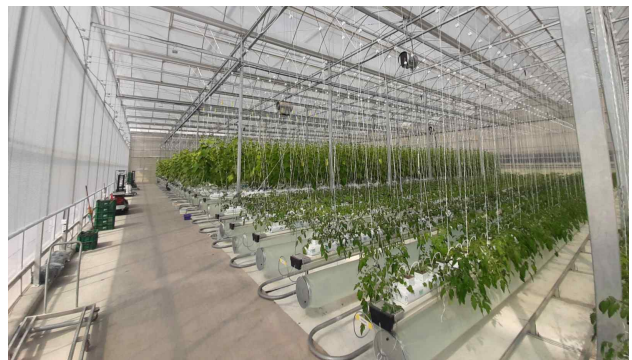
- 출장기간: 2022년 1월 7일(금) ~ 1월 14일(금)
- 출장목적: UAE 현지 공동연구기관을 방문하여 UAE 현지에 구축된 온실의 실내외 온도, 습도, 조도 등 실측 데이터 수집 및 설비 장비 점검, 보완점 확인

2) UAE 현지에 구축한 온실 온도, 습도 측정

- 측정기간은 2022년 1월 8일 ~ 2022년 1월 12일 1분 단위로 측정하였다.
- BL-30(휴대용 데이터로거형 온습도계) 4대를 이용하여 온실 내외, 온도, 습도를 측정하였다.
- 온실 외부(위치A)에 1대, 패드 통과 후(위치B)에 1대, 온실 내부(위치C, 위치D)에 2대 설치하였다.



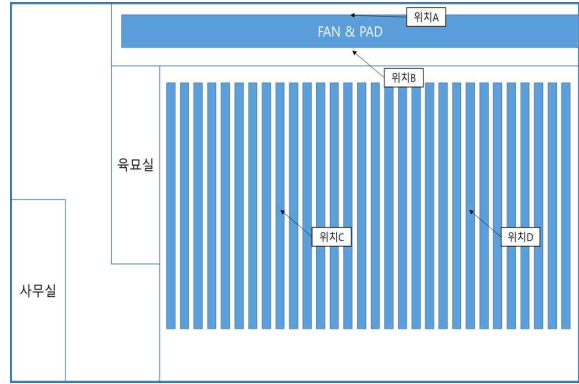
실증온실 외형



실증온실 내부

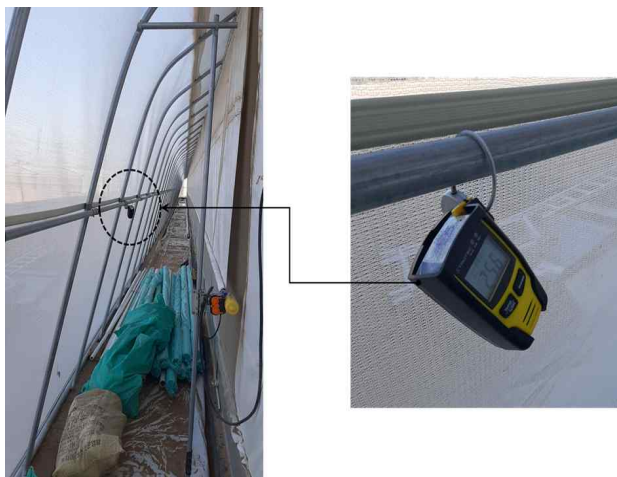


BL-30 온습도계

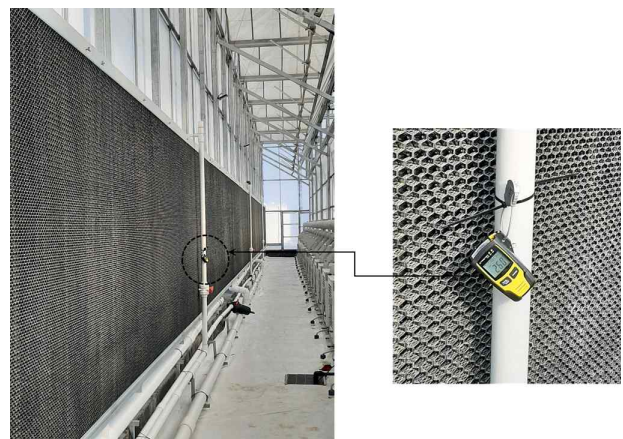


온습도계 설치 위치

그림 157. UAE 현지 온실의 설치 위치 및 사용된 온습도계



온실 외부 온습도계 설치 위치A



패드 통과 후 온습도계 설치 위치B



온실내 위치C

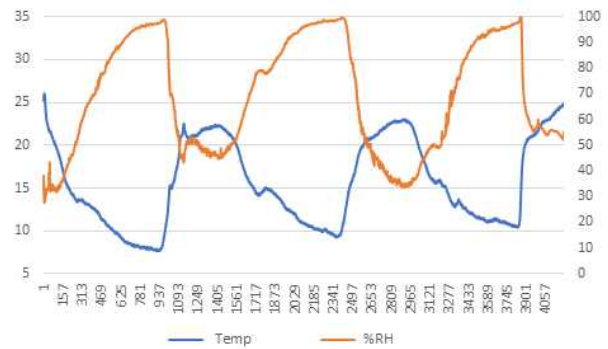
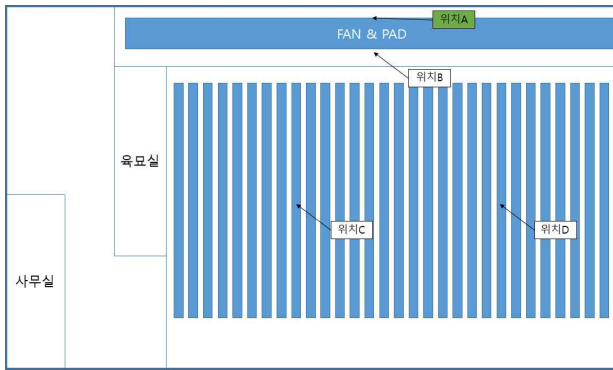


온실내 위치D

그림 158. 현지 온실 온습도계 센서 위치 및 설치

3) 온실 외부(위치A) 온습도

- UAE 아부다비 알아인 현지 외기온습도는 다음 그래프와 같다.
- 1월 측정기간 동안 최고 26.0℃, 최저 7.7℃로 7, 8월 여름철에 비해 선선한 날씨이다.
- 상대습도는 한낮은 27.8%까지 내려갔다가 기온이 가장 내려가는 새벽시간에 100%까지 상승하였다.



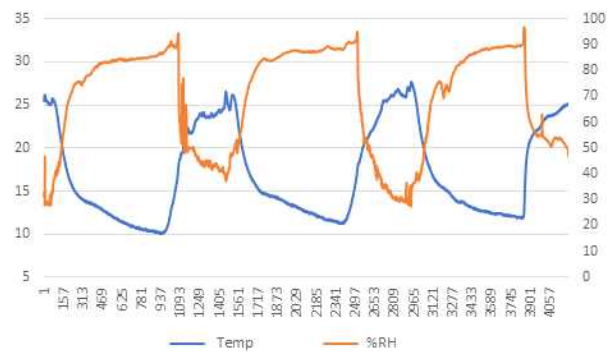
온실 외부(위치A) 온습도계 위치

온실 외부(위치A) 온습도 그래프

그림 159. 현지 온실의 온습도계 A 설치 및 그래프

4) 패드 통과 후(위치B) 온습도

- 1월 측정기간 동안 최고 27.7℃, 최저 10.0℃로 나타났다.
- 상대습도는 한낮은 27.2%까지 내려갔다가 기온이 가장 내려가는 새벽시간에 96.9%까지 상승하였다.



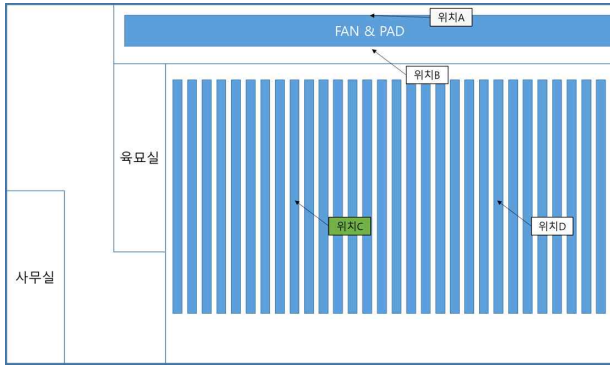
패드 통과 후(위치B) 온습도계 위치

패드 통과 후(위치B) 온습도 그래프

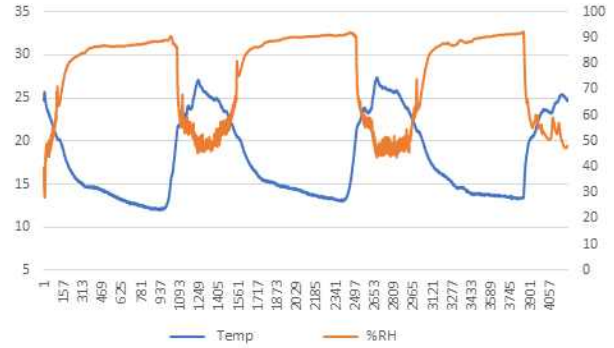
그림 160. 현지 온실의 온습도계 B 설치 및 그래프

5) 온실 내부(위치C) 온습도

- 온실 내부 온습도는 다음 그래프와 같다.
- 1월 측정기간 동안 최고 27.4℃, 최저 11.9℃로 35.0℃ 이상으로 상승하지 않았다.
- 상대습도는 한낮은 28.3%까지 내려갔다가 기온이 가장 내려가는 새벽시간에 92.3%까지 상승하였다.



온실 내부(위치C) 온습도계 위치

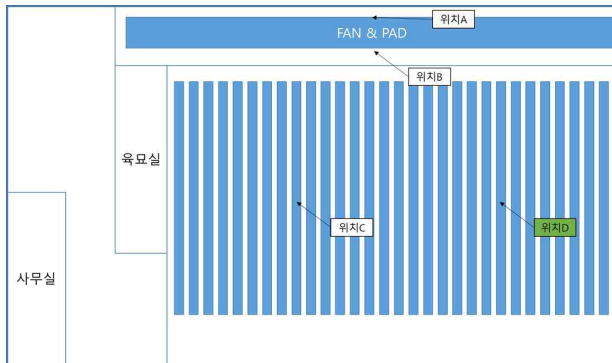


온실 내부(위치C) 온습도 그래프

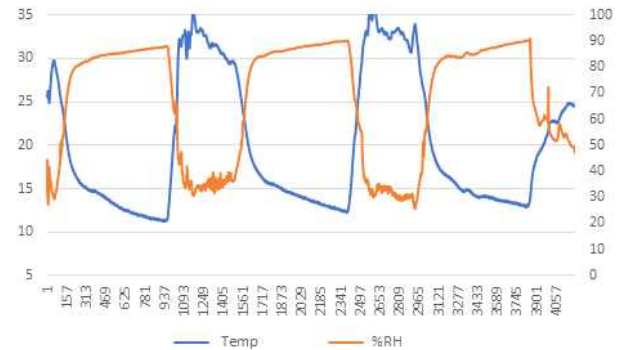
그림 161. 현지 온실의 온습도계 C 설치 및 그래프

6) 온실 내부(위치D) 온습도

- 온실 내부 온습도는 다음 그래프와 같다.
- 1월 측정기간 동안 최고 36.3°C, 최저 11.3°C이지만 35.0°C 이상으로 올라가면 바로 냉방이 가동해 온실 내부온도를 35.0°C 이하로 하강하였다.
- 상대습도는 한낮은 25.5%까지 내려갔다가 기온이 가장 내려가는 새벽시간에 90.8%까지 상승하였다.



온실 내부(위치D) 온습도계 위치



온실 내부(위치D) 온습도 그래프

그림 162. 현지 온실의 온습도계 D 설치 및 그래프

- 온실 내부(위치C)와 온실 내부(위치D)와 온도차가 나는 요인은 재배 작물이 차이를 확인하였다.
- 온실 내부(위치C)작물은 오이이고 온실 내부(위치D)작물은 토마토로 작물의 크기와 잎의 크기가 다른 것을 확인하였다.
- 아래 사진과 같이 위치C 구간의 작물인 오이 잎의 크기가 위치D 구간의 작물인 토마토 잎보다 훨씬 크고 풍성하여 작물의 증산 작용이 활발히 일어나서 주변온도를 내리는 효과가 나타난 것으로 판단된다.
- 또한, 위치D 구간의 온도가 35.0°C 이상 올라가면 전체 온실의 냉방이 가동되므로 위치C 구간의 온도는 더 내려가 위치C 구간과 위치D 구간의 온도차가 발생하는 것으로 판단된다.



온실 내부(위치C) 작물 오이



온실 내부(위치D) 작물 토마토

그림 163. 현지 온실의 오이 및 토마토의 작물 재배

- 오이의 생육 온도조건은 주간 22 ~ 28℃, 야간 15 ~ 18℃ 이고 35℃이상 올라가면 생육장애가 발생하였고, 오이의 생육 상대습도 조건은 주간 70 ~ 80%, 야간 90%이다.
- 토마토의 생육 온도조건은 주간 25 ~ 27℃, 야간 17℃이고 35℃ 이상 올라가면 생육장애가 발생하였고, 오이의 생육 상대습도조건은 주간 75 ~ 85%, 야간 90%이다.
- 오이와 토마토의 생육조건은 비슷하지만 작물의 증산작용의 차이로 인한 냉방효과 차이가 크므로 온실을 구분하면 더 효율적으로 온실을 운영할 수 있을 것으로 판단된다.
- 주간에 온실 내부의 상대습도가 작물의 생육 조건보다 현저히 낮아 가습이 필요할 것으로 판단된다.
- 야간에 온실 내부의 온도가 너무 낮아져 난방이 필요할 것으로 판단되고 실제로 현지 재배 작업을 진행 중인 현지 직원들의 요청사항이다.
- 처음 본 과제의 목적은 여름철 효율적인 냉방을 통해 휴작기간을 줄이는 목적으로 냉방에 집중하여 과제가 시작되어 난방을 고려하지 않았으며, 추후 겨울철 기간의 난방에 대한 보완이 필요할 것으로 사료된다.

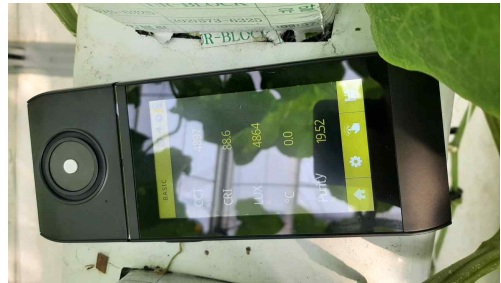


그림 164. 현지 온실의 작물 재배 모습(온실 구역 없이 한 온실동에 재배)

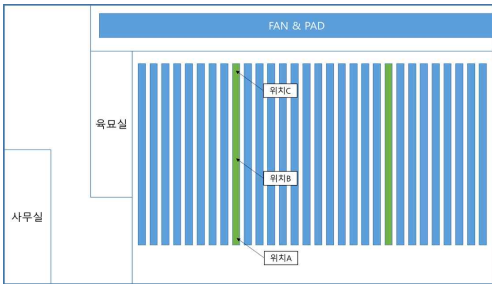
7) 조도 측정

- 측정기간은 2022년 1월 8일 ~ 2022년 1월 12일 1시간 단위로 측정하였다.
- PG200N(휴대용 조도계) 1대를 이용하여 온실내외 조도 측정하였다.

- 온실 외부 1군데, 온실 내부 19군데 총 20군데 측정하였다.
- 20군데 40시간 총 960번 조도를 측정하였다.



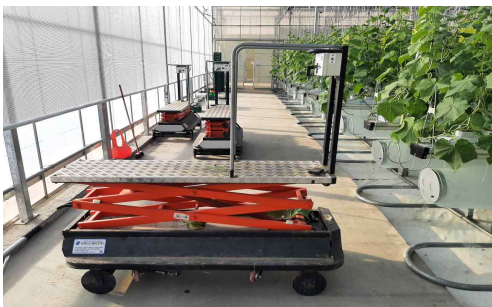
PG200N 조도계



온실내 조도 측정 위치, 높이



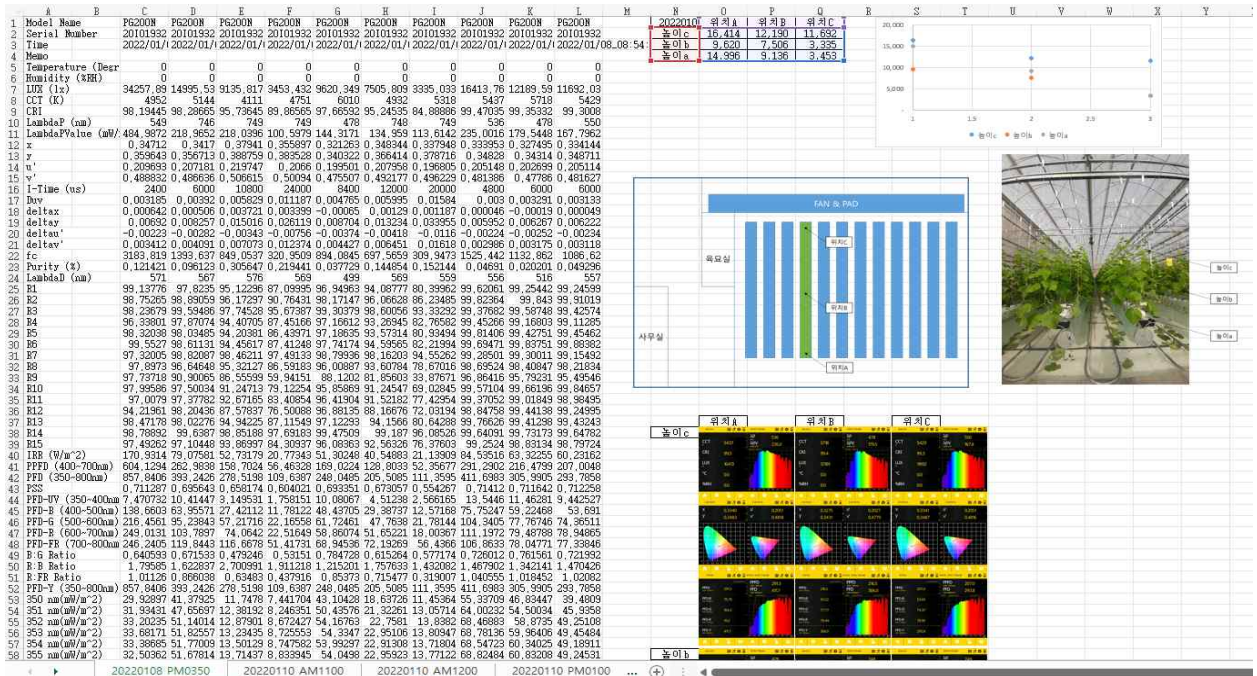
온실내 조도 측정온실 내 조도 측정



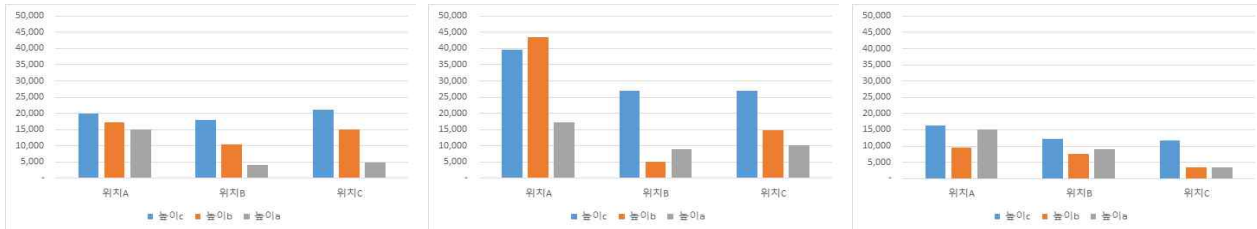
조도 측정을 위해 이용한 장비

그림 165. 현지온실 조도계 측정 장비 및 측정 구간

- 외부 조도는 오후1시에 120,000lux 이상 높게 측정되었다.
- 실내조도는 외부차양, 내부차양, 주변 위치, 높이, 주변 작물 밀도에 따라 조도 차이가 크게 나타났다.
- 온실 앞쪽 장애물이 없는 위치에서는 실내 조도가 최고 40,000 ~ 60,000lux까지 값이 나오지만 온실 뒤쪽으로 갈수록 10,000 ~ 25,000lux 값이 나오는 것을 확인하였다.



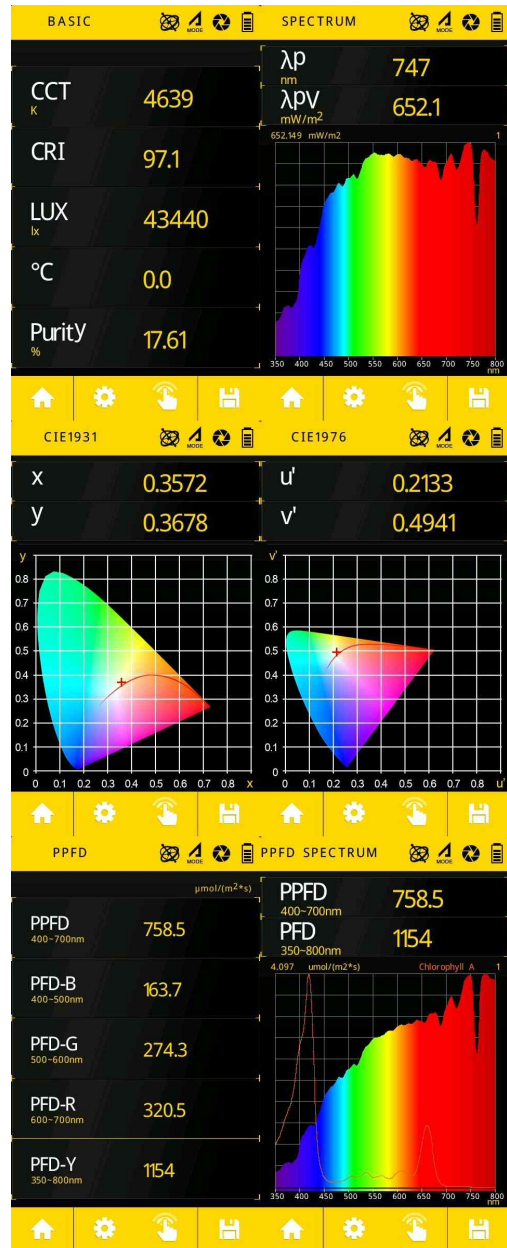
특정시간 온실 내외부 위치별, 높이별 조도 실측 데이터 정리(예시)



A라인 오전11시 위치별, A라인 오후1시 위치별, A라인 오후4시 위치별, 높이별 실내조도
 높이별 실내조도
 그림 166. 조도 실측 데이터 및 위치별 실내 조도

- 오이의 광포화점은 40,000 ~ 55,000lux, 광보상점은 1,000lux이고 토마토의 광포화점은 70,000lux, 광보상점은 3,000lux 이다.
- 현재 온실에 천장면에 외부차양뿐만 아니라 온실 전면부에 내부차양까지 설치되어 있는 상황이다.
- 온실 전면부의 내부차양으로 인해 실내조도가 40%정도 감소하는 것으로 측정되었다.
- 온실의 외부차양과 내부차양으로 실내조도가 50 ~ 60% 가까이 감소하여 작물의 광포화점을 만족하지 못하는 구간이 발생하여 작물생육에 지장을 줄 것으로 판단된다.
- 겨울철시기 냉방부하가 크지 않으므로 외부차양과 내부차양을 걷어내어도 냉방부하가 크게 발생하지 않으면서 실내 빛환경을 크게 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

| | |
|-----------------------------------|---------|
| LUX (lx) | 16906.7 |
| CCT (K) | 5313 |
| CRI | 96.6328 |
| LambdaP (nm) | 746 |
| LambdaPValue (mW/m ²) | 252.487 |
| x | 0.33717 |
| y | 0.35448 |
| u' | 0.20499 |
| v' | 0.48489 |
| I-Time (us) | 4800 |
| Duv | 0.0047 |
| deltax | 0.00029 |
| deltay | 0.00961 |
| deltax' | -0.0035 |
| deltav' | 0.00478 |
| fc | 1571.26 |
| Purity (%) | 0.0761 |
| LambdaD (nm) | 562 |
| R1 | 95.7133 |
| R2 | 97.6365 |
| R3 | 99.1802 |
| R4 | 95.9158 |
| R5 | 96.0874 |
| R6 | 97.0781 |
| R7 | 97.8151 |
| R8 | 93.6362 |
| R9 | 82.2637 |
| R10 | 94.6701 |
| R11 | 95.0187 |
| R12 | 95.8902 |
| R13 | 96.0405 |
| R14 | 99.3344 |
| R15 | 94.3674 |
| IRR (W/m ²) | 89.4424 |
| PPFD (400~700nm) | 292.107 |
| PFD (350~800nm) | 443.777 |
| PSS | 0.68445 |
| PFD-UV (350~400nm) | 12.4914 |
| PFD-B (400~500nm) | 74.1852 |
| PFD-G (500~600nm) | 108.001 |
| PFD-R (600~700nm) | 109.921 |
| PFD-FR (700~800nm) | 139.178 |
| B:G Ratio | 0.68689 |
| R:B Ratio | 1.48171 |
| R:FR Ratio | 0.78978 |
| PFD-Y (350~800nm) | 443.777 |
| 350 nm(mW/m ²) | 48.2842 |
| 351 nm(mW/m ²) | 55.8718 |
| 352 nm(mW/m ²) | 60.1726 |



PG200N 조도계를 통한 조도 데이터 (예시)

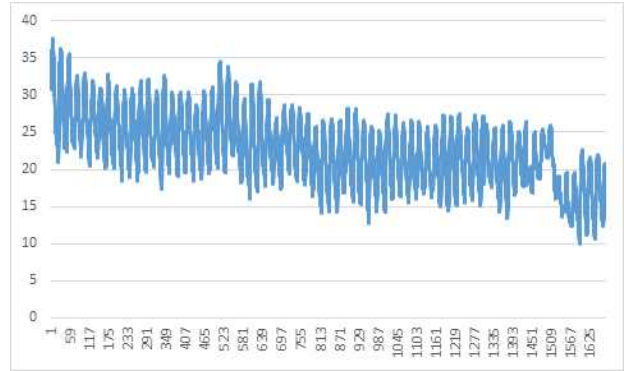
그림 167. 조도계를 통한 광량 데이터 측정

8) UAE 현지 온실에서 측정한 온실 외부 온도 실측 데이터

- 측정기간은 2021년 11월 1일 ~ 2022년 1월 10일 1시간 단위로 측정하였다.
- UAE 아부다비 알아인 현지 외기온도는 다음 그래프와 같다.



온실 외부 온습도, 풍량, 일사량계



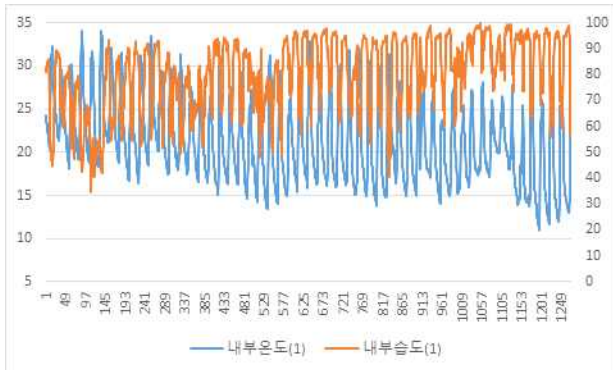
온실 외부 온도 그래프

그림 168. 현지 온실의 외부 온습도 관측대 및 온도 그래프

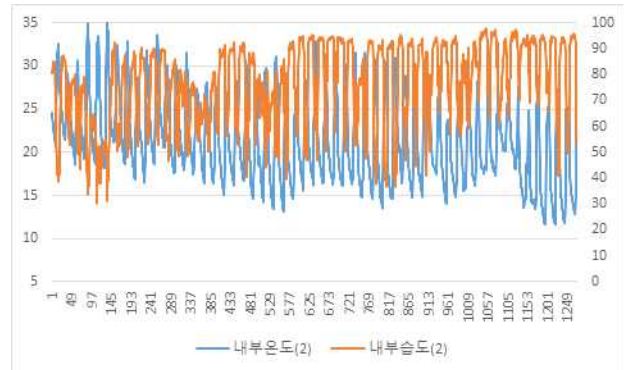
- 11월까지의 외기 주간온도가 30 ~ 35°C 까지 올라가나 1월로 갈수록 외기의 온도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

9) UAE 현지 온실에서 측정된 온실 내부 온도 실측 데이터

- 측정기간은 2021년 11월 1일 ~ 2022년 1월 10일 1시간 단위로 측정하였다.
- 온실 내부 온습도는 다음 그래프와 같다.



온실 내부(센서1) 온습도 그래프



온실 내부(센서2) 온습도 그래프

그림 169. 현지 온실 내부 온습도 측정

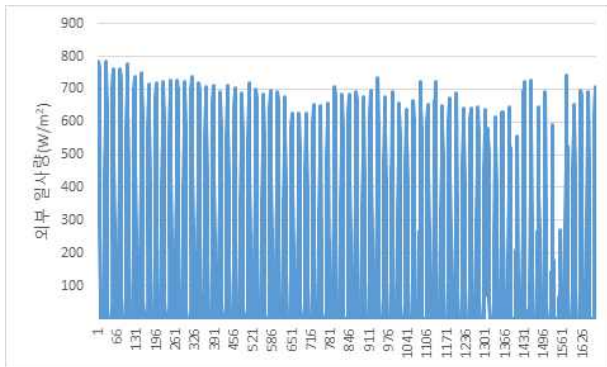
- 11월 외기온도가 1월보다 높다보니 온실내 온도도 11월이 1월보다 높은 것으로 확인되었다.
- 하지만 온실내부온도가 35.0°C 이상으로 올라가면 바로 냉방이 가동해 온실 내부온도를 35.0°C 이하로 낮춰주었다.

10) UAE 현지 온실에서 측정된 외부 일사량 및 강우 시간 실측 데이터

- 측정기간은 2021년 11월 1일 ~ 2022년 1월 10일 1시간 단위로 측정하였다.
- 외부일사량은 700 ~ 800W/m²로 국내 일사량은 400 ~ 500W/m² 수준 보다 많이

나오는 것으로 확인되었다.

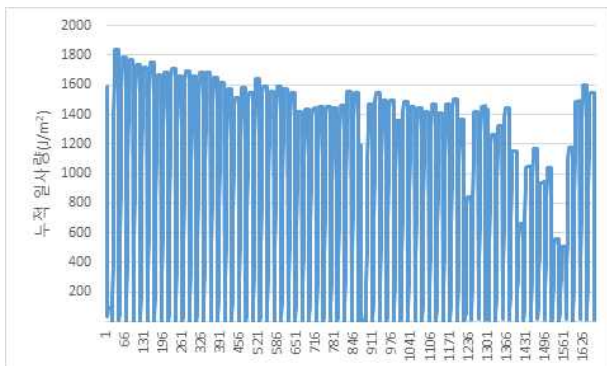
- UAE의 위도가 한국보다 낮고 강수일수가 적어 일사량이 더 풍부하기 때문에 일사량이 높은 것으로 확인된다.
- 강우시간은 전체 측정기간 2021년 11월 1일 ~ 2022년 1월 10일인 1,670시간 중 약 19 시간 비가 온 것을 확인하였다.
- 비중으로는 1.1%밖에 안 되며, 극심한 가뭄임을 확인할 수 있었다.



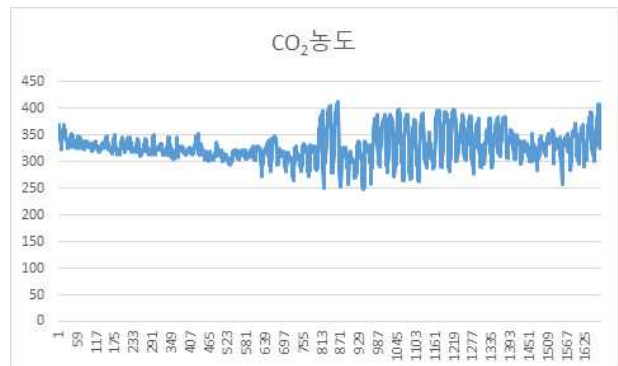
외부 일사량 그래프

| 저장시간 | 주야간성 | 강우 |
|------------------|------|----|
| 2021-12-30 05:00 | 야간 | 비음 |
| 2021-12-30 10:00 | 주간 | 비음 |
| 2021-12-30 14:00 | 주간 | 비음 |
| 2021-12-31 05:00 | 야간 | 비음 |
| 2021-12-31 06:00 | 야간 | 비음 |
| 2021-12-31 07:00 | 야간 | 비음 |
| 2021-12-31 08:00 | 주간 | 비음 |
| 2021-12-31 16:00 | 주간 | 비음 |
| 2021-12-31 17:00 | 주간 | 비음 |
| 2022-01-01 07:00 | 야간 | 비음 |
| 2022-01-04 05:00 | 야간 | 비음 |
| 2022-01-04 06:00 | 야간 | 비음 |
| 2022-01-04 07:00 | 야간 | 비음 |
| 2022-01-04 08:00 | 주간 | 비음 |
| 2022-01-04 10:00 | 주간 | 비음 |
| 2022-01-04 11:00 | 주간 | 비음 |
| 2022-01-05 08:00 | 주간 | 비음 |
| 2022-01-05 09:00 | 주간 | 비음 |
| 2022-01-05 11:00 | 주간 | 비음 |

강우시간



누적 일사량 그래프



CO₂농도 그래프

그림 170. 현지 온실의 일사량, 강우, CO₂ 농도 측정

11) UAE 현지 온실 재배 작업팀 직원의 인터뷰

- 지금까지 조도측정을 하지 못해서 정확한 조도 데이터가 없어 작물 재배에 어려움이 있었으며, 조도측정 데이터 공유 요청하였다.
- 조도 측정을 하지 못해 정확한 데이터는 없지만 경험상 작물의 생육 정도를 보아서 조도가 부족한 것으로 예상하였다.
- 겨울철 새벽 기온이 10℃ 이하로 떨어져서 난방이 필요하다.
- 냉동기 설치가 10월 이후에 완료가 되어 아직 냉동기를 제대로 운전해보지 않았으며, 현재까지 팬코일 유닛으로 냉방하고 있는 실정이다.
- 현재 온실에 설치되어 있는 포그시스템 노즐에서 분사하는 물방울 크기가 너무 커서 다른 장비로 교체를 요청하였다.

12) UAE 현지 온실 측정 데이터를 바탕으로 보완점 점검

- 주간에 온실 내부의 상대습도가 최저 25 ~ 30%로 작물의 생육 조건보다 현저히 낮아 가습이 필요할 것으로 판단된다.
- 포그 시스템 또는 팬패드를 작동시키면 가습할 수 있을 것으로 판단된다.
- 야간에 외부 기온이 10℃ 이하까지 떨어지고 온실 내부의 온도도 10℃ 가까이 너무 낮아져 작물 생육저하가 발생할 수 있으므로 난방이 필요할 것으로 판단된다.
- 오이와 토마토의 생육조건은 비슷하지만 작물의 증산작용의 차이로 인한 냉방효과가 대략 10℃ 가까이 차이가 나므로 온실을 작물별로 실로 구분하면 더 효율적으로 온실을 운영할 수 있을 것으로 판단된다.
- 조도 측정 데이터를 바탕으로 온실 전면부의 내부차양으로 인해 실내조도가 40% 정도 감소하는 것으로 나타났고 온실의 외부차양까지 적용이 되면 실내조도가 50 ~ 60% 가까이 감소하여 작물의 광포화점을 만족하지 못하는 구간이 발생하여 작물생육에 지장을 줄 것으로 판단된다.
- 겨울철시기 냉방부하가 크지 않으므로 외부차양과 내부차양을 걷어내어도 냉방부하가 크게 발생하지 않으면서 실내 빛환경을 크게 개선할 수 있을 것으로 판단된다.
- 주간에 온실 내부의 상대습도가 최저 25 ~ 30%로 작물의 생육 조건보다 현저히 낮아 가습이 필요할 것으로 판단되며, 포그 시스템 또는 팬패드 시스템을 작동시키면 해결될 수 있을 것으로 판단된다.



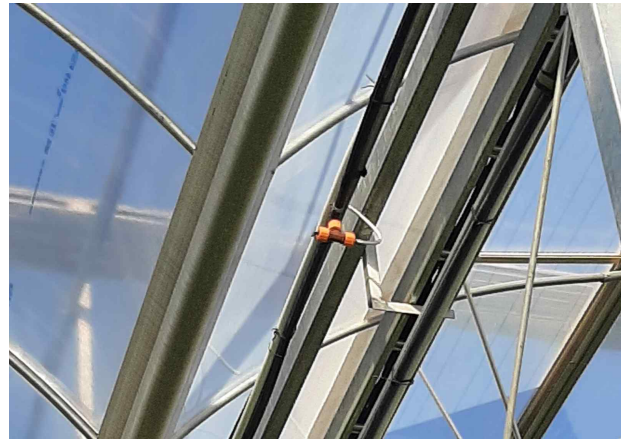
팬패드 시스템



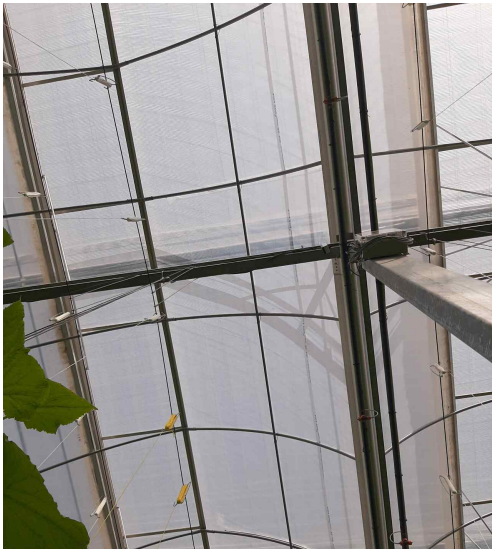
축냉조



비닐덕트 및 팬코일유닛



포그시스템 노즐



천장면 외부차양



벽면 내부차양

그림 171. 현지온실에 설치된 냉방 시스템

라. 사막형 온실 냉방패키지 기술설치 및 운영·관리 기술 정립

1) 첨부1. 일반시방서 및 운영관리 매뉴얼 참조

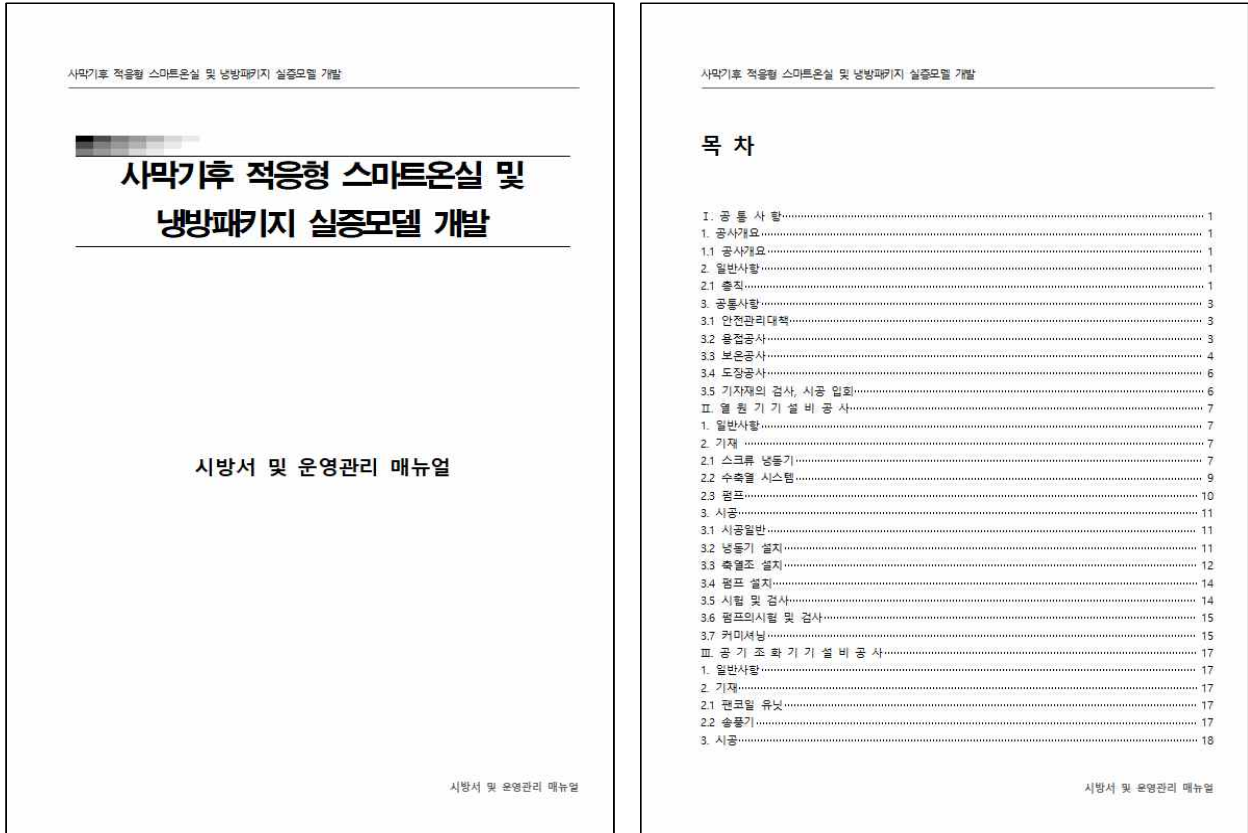


그림 172. 시방서 및 운영관리 매뉴얼 표지 및 목차

마. 최적 냉방패키지 관련 경제성 분석

1) 초기투자비 및 연간 운영비 산출 개요

- 실증 온실을 대상으로 냉방 패키지 적용에 따른 경제성을 분석하기 위하여 초기투자비와 운영비를 산출하여 비교하였다.
- 냉방 패키지는 크게 건축적 기술과 설비적 기술로 구분할 수 있는데 초기투자비는 설비적 기술에 한정하여 산출하였고 건축적 기술은 일반적인 온실에서 많이 설치하고 있으며 난방으로도 사용하기 때문에 초기투자비 산출에서 제외하였다.
- 각각의 설비는 유사한 용량에도 업체마다 차이가 발생할 수 있어, 가능한 동일한 제조사에 일괄적으로 요청하여 동일한 조건에서 제품 단가를 비교하였고, 또한 배관공사와 축냉조 초기투자비 등은 실증에 사용된 비용을 기준으로 비교하였다.
- 운영비(전기요금)는 EnergyPlus 시뮬레이션을 통하여 냉난방부하와 에너지 사용량을 산출하였다.
- UAE 현지 실증온실 단지가 위치한 지역에 전기와 물을 전담으로 공급하는 공기기업인 AI Ain Distribution Company의 요금 기준을 적용하여 연간 운영비를 산출하고 비교하였다.

2) 분석 케이스 분류

- 경제성 분석을 위하여 온실에 적용이 용이한 설비로 구성하여 총 3개 케이스로 분류하였고, 케이스별로 초기투자비와 운영비 산출을 위하여 장비일람표와 공조배관도 등의 도면을 작성하였음
- 열원설비는 공랭식 냉동기 또는 공랭식 냉동기+축냉조, 전기구동형 히트펌프(EHP)로 구분하였고, 공랭식 냉동기 적용 시 공조설비는 상부토출형 팬코일유니트를 적용하였다. 전기구동형 히트펌프가 열원인 케이스는 시중에서 일반적으로 적용되는 스탠드형 실내기를 적용하였음

표 39. 경제성 분석 case 분류

| 구분 | | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|--------|------|-------------------------------|----------------|----------------|
| 건축적 기술 | | 흑색 차광 스크린(2단) + 자연환기 + 비닐 차단막 | | |
| 설비적 기술 | 열원설비 | 공랭식 냉동기 | 공랭식 냉동기 | 전기구동형 히트펌프(냉매) |
| | 축냉조 | - | 축냉조 | - |
| | 공조설비 | 팬코일유니트 (상부토출형) | 팬코일유니트 (상부토출형) | 실내기 (스탠드형) |
| | 펌프 | 냉수 순환 | 냉수 순환 | - |

표 40. 경제성 분석 Case 1 설비 및 용량

| 구분 | 대수 | 용량 | 전기 사용량 | 비고 |
|--------|-----|---------------|---------|-------|
| 히트펌프 | 4대 | 294.4kW | 134.7kW | 공랭식 |
| 팬코일유니트 | 12대 | 36,390W | 1.13kW | 상부토출형 |
| 펌프 | 5대 | 250ℓ/min, 20m | 3.7kW | 인라인 |

표 41. 경제성 분석 Case 2 설비 및 용량

| 구분 | 대수 | 용량 | 전기 사용량 | 비고 |
|--------|-----|-------------------|---------|----------------------|
| 히트펌프 | 2대 | 294.4kW | 134.7kW | 공랭식 |
| 축냉조 | 1개 | 480ton | - | 콘크리트 |
| 팬코일유니트 | 12대 | 36,390W | 1.13kW | 상부토출형 |
| 펌프 | 3대 | 250ℓ/min 11.5m | 1.5kW | 인라인 (히트펌프-축열조) |
| | 2대 | 1,000ℓ/min 18m | 5.5kW | 인라인인라인 (축열조-히트펌프) |

표 42. 경제성 분석 Case 3 설비 및 용량

| 구분 | 대수 | 용량 | 전기 사용량 | 비고 |
|------|-----|--------|--------|------|
| 히트펌프 | 4대 | 87.0kW | 28.7kW | 공랭식 |
| 실내기 | 23대 | 14.5kW | 190W | 스탠드형 |

3) 온실 냉방패키지 기술 요소별 단가

• 다음 아래의 표는 실제 시공된 9개의 온실 공사비 산출내역을 정리한 표이다.

표 43. 온실 공사비 산출내역서

| 구분 | A | B | C | D | E |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 위치 | 전라남도 나주시 | 충청남도 보령시 | 경상북도 의성군 | 경상북도 의성군 | 경상북도 의성군 |
| 면적 | 1,570 | 9,110 | 1,321 | 1,100 | 890 |
| 건축공사 | | | | | (단위: 원) |
| 가설공사 | 11,573,000 | 14,942,000 | 7,749,000 | 6,161,000 | 3,054,000 |
| 기초공사 | 22,764,000 | 135,512,000 | 25,255,000 | 20,721,000 | 10,692,000 |
| 철골공사 | 26,396,000 | 179,534,000 | 155,808,000 | 122,216,000 | 55,920,000 |
| 피복공사 | 114,313,000 | 200,059,000 | 44,371,000 | 31,724,000 | 21,539,000 |
| 설비공사 | | | | | (단위: 원) |
| 포그시스템 | 18,347,000 | 43,918,000 | - | - | - |
| 차양시스템 | 46,183,000 | 170,448,000 | 98,934,630 | 11,769,000 | 44,003,000 |
| 팬시스템 | 16,987,000 | 11,426,000 | 37,100,000 | 39,010,000 | 24,252,000 |
| 양액시설 | 47,431,000 | 78,297,000 | 58,683,000 | 49,425,000 | 29,921,000 |
| 냉방시설 | 46,359,000 | 180,323,000 | 39,007,000 | 27,540,000 | 21,280,000 |
| 전기공사 | 8,864,000 | 16,235,000 | 5,820,000 | 4,462,000 | 4,001,000 |

| 구분 | F | G | H | I | 평균 |
|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| 위치 | 경기도 용인시 | 경상북도 의성군 | 충청남도 보령시 | 충청북도 충주시 | - |
| 면적 | 4,740 | 1,340 | 4,610 | 1,030 | - |
| 건축 공사 | | | | | (단위: 원) (단위: 원/㎡) |
| 가설공사 | 25,952,000 | 6,409,000 | 9,592,000 | 6,428,000 | 4,721 |
| 기초공사 | 76,328,000 | 21,430,000 | 68,883,000 | 17,528,000 | 15,933 |
| 철골공사 | 38,722,000 | 126,841,000 | 84,978,000 | 67,918,142 | 57,289 |
| 피복공사 | 52,249,000 | 33,156,000 | 128,618,000 | 47,166,000 | 32,318 |
| 설비 공사 | | | | | (단위: 원) (단위: 원/㎡) |
| 포그시스템 | - | - | 20,448,000 | - | 6,981 |
| 차양 | 24,749,000 | 14,225,000 | 20,478,000 | 120,520,000 | 58,116 |
| 공기유동팬 | 2,696,000 | 112,482,000 | 69,334,000 | 26,939,000 | 25,397 |
| 양액시설 | 50,119,000 | 32,643,223 | 5,342,600 | 60,967,000 | 28,563 |
| 냉방시설 | 84,570,000 | 50,140,000 | 58,231,000 | 26,940,000 | 24,649 |
| 전기공사 | 31,173,000 | 6,400,000 | 21,342,000 | 44,590,000 | 8,851 |

- 온실 건축공사에서 가설공사비는 구조부 먹매김과 현장정리 등에 대한 비용이고 기초공사비는 터파기, 기초다짐 등에 대한 비용, 철골공사비는 구조에 사용되는 철골비용과 가공제작, 조립, 설치 비용 등을 포함한다.
- 피복공사비는 온실에서 벽체 설치와 지붕 설치 공사비 등을 의미한다.
- 설비공사비의 포그시스템은 노즐, 파이프, 밸브, 펌프, 제어 판넬 등의 비용이다.
- 차양은 수평 스크린 개폐기, 스크린바, 차광/보온 스크린 등에 대한 비용이다.
- 팬시스템은 유동팬 설치비용을 의미하고 양액시설은 비료 저장 탱크, 원수 탱크 비용 등을 의미한다

- 냉방시스템은 냉방에 사용되는 히트펌프 비용을 의미한다.

4) 초기투자비 산출 결과

- 각 case별 냉방 패키지 초기투자비는 99,968 ~ 109,824천원으로 산출되었으며, 단위 면적당 초기투자비는 약 64,914 ~ 71,314원/m²으로 나타났다.
- 공기열 히트펌프 + 팬코일유니트로 구성된 Case 1가 99,968천원(약 64,914원/m²)으로 가장 낮고 전기구동형 히트펌프로 구성된 Case 3가 109,824천원(약 71,314원/m²)으로 가장 높게 산출되었다.
- 초기투자비 측면에서는 공기열 히트펌프 + 팬코일유니트로 구성된 Case 1가 가장 유리한 것으로 분석되었다.

표 44. Case별 초기투자비

| 구분 | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|------|-------------|--------------|--------------|
| 열원설비 | 70,400,000원 | 35,200,000원 | 109,824,000원 |
| 축냉조 | - | 45,000,000원 | - |
| 공조설비 | 12,160,000원 | 12,160,000원 | - |
| 펌프 | 6,528,000원 | 5,273,600원 | - |
| 배관 | 10,880,000원 | 9,600,000원 | - |
| 소계 | 99,968,000원 | 107,233,600원 | 109,824,000원 |

5) 요금 산출 기준

- 전기요금은 공기업인 Al Ain Distribution Company의 요금 기준을 적용하였고, 기본요금은 4.5fils/kW = 0.045AED/kW ≒ 14.7원/kW로 2022.01.26. AED 환율기준으로 적용하였다.



Agriculture Customers

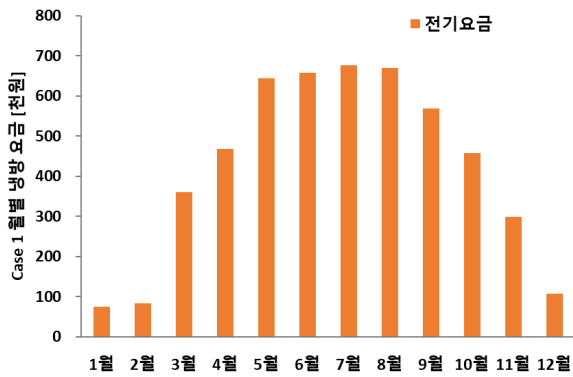
Account holders of premises used principally for agricultural purposes or premises subject to agriculture tariffs such as ranches and private farms, as licensed by the relevant municipality under the title deed of the land and site plan.



그림 173. 2022.01.26. 기준 AED 환율 & Al Ain Distribution Company의 요금 기준

6) 냉방 요금

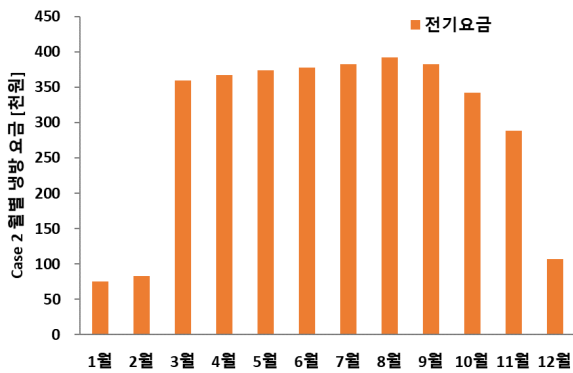
- Case 1의 총 연간 냉방 요금은 5,067,817원으로 연간 냉방 요금을 단위 면적당으로 계산하면 3,290.8원/m²으로 산출되었다.
- 7월 냉방 요금이 675,986원으로 가장 많이 발생하였고, 1월이 75,348원으로 가장 적게 발생하였다.



| 구분 | 전기요금 (원) |
|-----|-----------|
| 1월 | 75,348 |
| 2월 | 82,823 |
| 3월 | 359,790 |
| 4월 | 467,607 |
| 5월 | 644,119 |
| 6월 | 658,386 |
| 7월 | 675,986 |
| 8월 | 670,444 |
| 9월 | 569,051 |
| 10월 | 458,054 |
| 11월 | 299,466 |
| 12월 | 106,743 |
| 계 | 5,067,817 |

그림 174. Case 1 월별 냉방 요금

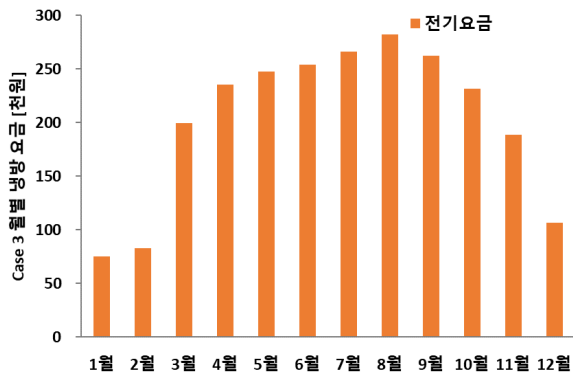
- Case 2의 총 연간 냉방 요금은 3,532,516원으로 연간 냉방 요금을 단위 면적당으로 계산하면 2,293.8원/m²으로 산출되었다.
- 8월 냉방 요금이 392,412원으로 가장 많이 발생하였고, 1월이 75,348원으로 가장 적게 발생하였다.



| 구분 | 전기요금 (원) |
|-----|-----------|
| 1월 | 75,348 |
| 2월 | 82,823 |
| 3월 | 359,790 |
| 4월 | 367,607 |
| 5월 | 374,126 |
| 6월 | 377,660 |
| 7월 | 382,624 |
| 8월 | 392,412 |
| 9월 | 382,292 |
| 10월 | 342,486 |
| 11월 | 288,605 |
| 12월 | 106,743 |
| 계 | 3,532,516 |

그림 175. Case 2 월별 냉방 요금

- Case 3의 총 연간 냉방 요금은 2,405,762원으로 연간 냉방 요금을 단위 면적당으로 계산하면 1,562.2원/m²으로 산출되었다.
- 8월 냉방 요금이 282,140원으로 가장 많이 발생하였고, 1월이 65,348원으로 가장 적게 발생하였다.



| 구분 | 전기요금 (원) |
|-----|-----------|
| 1월 | 65,348 |
| 2월 | 82,823 |
| 3월 | 199,292 |
| 4월 | 235,712 |
| 5월 | 247,789 |
| 6월 | 254,132 |
| 7월 | 266,354 |
| 8월 | 282,140 |
| 9월 | 262,340 |
| 10월 | 231,807 |
| 11월 | 175,684 |
| 12월 | 102,341 |
| 계 | 2,405,762 |

그림 176. Case 3 월별 냉방 요금

- 연간 냉방 요금 산출 결과 Case 3 > Case 2 > Case 1 순으로 낮은 것으로 나타났다.
- 공랭식 냉동기를 열원으로 하는 Case 1과 2의 경우 연간 운영비 차이가 1,959,157원으로 계산됨. 이는 Case 2 경우 축냉조 설치로 6 ~ 8월 피크부하를 분산하여 피크부하 시간때 동시에 가동하는 냉동기 수량이 줄어들고, 피크부하 시간때 축냉조에서 냉수를 이용하기 때문에 냉동기를 돌리지 않고 펌프 동력만 전력이 소비되기 때문에 Case 1 보다 냉방 요금을 줄일 수 있는 것으로 분석했다.
- 전기구동형 히트펌프를 열원으로 하는 Case 3의 경우 히트펌프 간의 COP 차이도 있지만 순환펌프류의 유무와 공조설비의 전기 사용량의 차이인 것으로 분석되었다.

표 45. 연간 냉방 요금 비교

| 구분 | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|--------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 냉방 요금 [원] | 5,067,817 | 3,532,516 | 2,405,762 |
| 단위 면적당 연간 냉방 요금 [원/㎡] | 3,290.8 (100%) | 2,293.8 (69.7%) | 1,562.2 (47.5%) |

7) 경제성 분석

- 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost) 산출 방법이다.
- 현재가치화법(NPV, Net Present Value)을 활용하여 냉방 패키지 케이스별 경제성(Life Cycle Cost)을 분석하였다.
- 경제성 분석에 사용한 모델은 할인율(이자율), 내용연수, 물가 상승률이 중요한 인자로 구분하였다.
- 여기서 내용연수(Service Life)란 ASHRAE(미국공조냉동학회)에 의하면 “이 이상 사용하면 수리비나 기타의 비용이 해마다 많아져 이익이 없어지고 마는 상태까지의 사용연수” 라고 정의하였다.
- 건축 설비에서의 경제성 분석 기간이란 설비기기의 내용연수를 의미하며 본 분석에서 사용한 내용연수 기준은 ”조달청고시 제 2021-41호, 내용연수“의 냉난방기 기준(내용연수 9년)을 적용하였다.

표 46. 경제성 분석 모델

| 구분 | 내용 | 비고 |
|------|---|----------|
| 분석모델 | <ul style="list-style-type: none"> · LCC모델 : NIST 모델(Ehlen/Marshall, 1996) 적용 · PVLCC = IC + PVOMR + PVD <p>여기서, PVLCC : 현재가치의 총 기대비용 IC : 초기비용 PVOMR : 유지보수비용의 현재가치 PVD : 철거 및 폐기비용의 현재가치</p> | |
| 분석방법 | <ul style="list-style-type: none"> · 현재가치화법(NPV, Net Present Value) · ASTM의 표준화된 방법인 E-917(ASTM, 1994)에서 채택한 NPV는 현재가치로 할인된 화폐가치임 · 일반적으로 LCC 검토시 다음과 같은 식으로 표현 $NPV = C_I + \sum_{k=1}^N C_{MK} \left[\frac{1}{(1+i)^k} \right]$ <p>여기서, C I : 초기비용 N : 설계수명 CMK : k번째 년도에서의 소요비용 i : 할인율</p> | |
| 할인율 | 0.68% | |
| 분석기간 | 9년 | 조달청 내용연수 |
| 교체주기 | 9년 | 조달청 내용연수 |

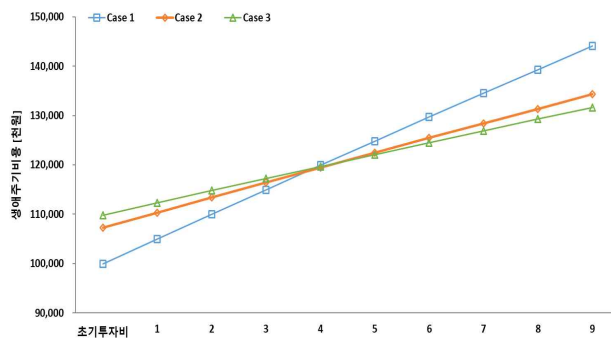
- 일반적으로 현재가치를 미래가치로 환산할 때는 이자율을 적용하고, 미래가치를 현재가치로 환산할 때는 할인율을 적용하였다.
- 경제성을 비교할 때에 물가상승률을 고려하는 경우와 고려하지 않는 경우에 시스템의 경제성 우선순위가 달라지므로 분석에서 고려해야한다.
- 본 경제성 분석에서는 통계청 및 한국은행 경제통계시스템(ECOS)의 최근 10년간(2011년~2020년) 정기에금 금리와 물가상승률 자료를 참조하여 할인율을 선정하고 분석에 적용하였다
- 정기에금 금리 : 한국은행 경제통계시스템 참조.
- 소비자 물가지수 : 한국은행 경제통계시스템 참조.
- 물가상승률 : 통계청 “소비자물가조사” 참조.
- 실질 할인율 : 정기에금 금리 - 물가상승률.

표 47. 할인율 적용

| 년도 | 정기예금 금리 | 소비자 물가지수 | 물가상승률 | 실질 할인율 |
|------|---------|----------|-------|--------|
| 2011 | 3.69% | 89.85 | 4.00% | -0.31% |
| 2012 | 3.43% | 91.82 | 2.20% | 1.23% |
| 2013 | 2.71% | 93.01 | 1.30% | 1.41% |
| 2014 | 2.42% | 94.20 | 1.30% | 1.12% |
| 2015 | 1.72% | 94.86 | 0.70% | 1.02% |
| 2016 | 1.47% | 95.78 | 1.00% | 0.47% |
| 2017 | 1.52% | 97.65 | 1.90% | -0.38% |
| 2018 | 1.84% | 99.09 | 1.50% | 0.34% |
| 2019 | 1.74% | 99.47 | 0.40% | 1.34% |
| 2020 | 1.05% | 100.00 | 0.50% | 0.55% |
| 평균 | 2.16% | - | 1.48% | 0.68% |

8) 생애주기비용 산출

- 초기투자비는 Case 1 > Case 2 > Case 3 순으로 낮았으며, 연간 운영비는 반대로 Case 3 > Case 2 > Case 1 순으로 낮게 산출되었다.
- 9년 기준 연간 생애주기비용을 비교하면, Case 1은 144,065,491원, Case 2는 134,283,532원, Case 3는 131,627,917원으로 Case 1 > Case 2 > Case 3 순으로 낮게 산출되었다.
- 초기투자비와 운영비용, 유지관리, 공사난이도를 종합적으로 검토하여 Case 2 공랭식 냉동기+축냉조 적합한 것으로 사료된다.



| 구분 | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| 초기투자비 | 99,968,000 | 107,233,600 | 109,824,000 |
| 1년 | 105,001,589 | 110,321,264 | 112,312,848 |
| 2년 | 110,001,180 | 113,388,073 | 114,784,886 |
| 3년 | 114,967,004 | 116,434,170 | 117,240,227 |
| 4년 | 119,899,288 | 119,459,692 | 119,678,986 |
| 5년 | 124,798,259 | 122,464,780 | 122,101,272 |
| 6년 | 129,664,142 | 125,449,572 | 124,507,198 |
| 7년 | 134,497,161 | 128,414,203 | 126,896,875 |
| 8년 | 139,297,537 | 131,358,812 | 129,270,411 |
| 9년 | 144,065,491 | 134,283,532 | 131,627,917 |

그림 177. Case 별 생애주기비용(LCC)

제 3 세부과제(한국농어촌공사): 사막기후 적응형 스마트온실 구축 및 사업화 전략 수립
 가. 사막형 온실 설치·시공시 고려사항

1) 기후 및 지형

- 중동 사막 지역에 위치한 UAE의 여름은 혹서기인 7~8월 하루 평균기온이 35℃이며 최고 기온은 48℃로 높아 노지 재배 가능한 작물의 종류가 제한적이다.
- 연평균 강우량이 약 42mm로 매우 저조하여 대부분의 온실은 오아시스 지역에 위치하며 그렇지 않은 지역은 식수를 농업 용수로 사용하기 때문에 농업 용수 매입 비용이 매우 높다
- 따라서 UAE 농업 경영 생산비 항목 중 농업 용수 및 전기 비용 비중이 매우 중요하다.

가) 고온 건조한 기후에 대비한 설비

- UAE 농업 용수 및 전기 요금은 아래 표와 같으며 농업 용수 1톤당 약 1천원으로 토마토 1kg 생산에 소비되는 물의 양을 평균 60리터로 볼 때 국내 기준 토마토 온실의 평균 연간 생산량은 300,000kg/ha 으로 농업용수는 1년에 18,000 톤/ha 로 예측되며, UAE 농업 용수가격이 톤 당 1,015.58원(3.13 디르함, 2021.11월 환율)으로 산출하면 약 18,000,000원 정도의 비용이 소요된다.

Agriculture Customers

Account holders of premises used principally for agricultural purposes or premises subject to agriculture tariffs such as ranches and private farms, as licensed by the relevant municipality under the title deed of the land and site plan.



그림 178. UAE 농업용수 및 전기 요금표

- 우리나라의 농업용수 비용과 비교할 때 약 5배 이상인 UAE의 물부족 실정을 감안하여 네덜란드 온실은 순환형 양액 시스템을 활용하여 거의 100%의 양액 재활용 효율을 보이고 있으며 스페인의 경우에는 절수형 수경재배 시스템을 적용하고 있다.
- 그러나 대부분의 온실에서는 아직도 농업용수의 소비가 많은 기존의 양액 시스템이나 관수 시스템을 이용하고 있으므로 신설 온실 시장에서 절수형 설비의 시장 확대와 함께 기존 온실의 절수형 시스템 개선 사업도 새로운 사업 분야가 될 수 있다.
- 현재 UAE 에 소개된 네덜란드의 양액재활용 시스템은 효율성에서 우수하지만 고가의 장비로 초기 투자비 상승 요인이 되고 있으므로 비용이 저렴한 한국형 양액 재처리 시스템을 설계에 반영할 필요가 있다.

- 고온 건조한 사막 지형 온실 관리에서 작물 생육 용수의 관리와 함께 중요한 것은 생육 용수의 온도 관리임. 아랍에미리트 시설 농가의 대부분은 생육용수의 온도 상승을 방지하기 위해 물탱크를 지하에 설치하고 있다.
- 지상에 물 탱크를 설치할 경우 수온이 30℃ 이상으로 상승하는 문제가 발생함. 배양액의 온도가 올라가면 근권의 온도가 상승하면서 배양액 비료의 흡수 불균형이 발생하여 질병 발생의 원인이 된다.

표 48. 토마토 배양액 온도

| 작물명 | 최고 한계온도 | 적정 양액온도 | 최저 한계온도 |
|-----|---------|---------|---------|
| 토마토 | 25℃ | 15~18℃ | 13℃ |

- 사막 지형의 온실 설계 시 지하 물탱크 설치 관행은 이미 UAE 시설 농가에서는 오래전부터 이용하고 있는 방안으로 적정양액온도의 유지 및 팬 앤 패드 냉방 설비 운영 시 에너지 절감의 2중의 효과를 거두고 있으며 전기를 이용하는 냉방 방식에 비해 상대적으로 적은 에너지 비용으로 기존 농가에서 선호하고 있다.



그림 179. UAE 시설농가의 물탱크 지중화

나) 수출형 온실 단지 구축을 위한 지형적인 특성

- 전체 국토 면적 83,600km² 중 80%가량이 사막지대로 경작 가능한 총 농지 면적은 전 국토의 0.4%에 불과함. 절대적으로 부족한 전체 농지의 75%가 아부다비, 샤르자, 라스알카이마 등 3개 토후국에 밀집되어 있으나 아부다비를 제외한 다른 지역은 인터넷·통신 인프라가 원활하지 않고 물류 네트워크가 부족하여 신선 농작물의 대규모 수요처인 대도시 및 수출을 위한 항만 및 공항과의 접근성이 부족한 실정이다.
- UAE는 풍부한 오일머니를 바탕으로 농업 생산력을 증대하기 위한 다양한 정부의 지원 정책이 추진 중에 있고 지리적으로 아시아, 유럽, 아프리카를 잇는 거점

- 시장으로서 세계에서 2번째로 큰 두바이 공항과 전 세계 9번째의 두바이 항을 보유함으로써 시설원에 수출의 물류 기지로 성장할 수 있는 장점이 있다.
- 또한 소비를 주도하는 20~30 십대 인구가 전체 인구의 50% 이상을 차지하고 15~64세의 생산 가능 인구가 85% 차지하여 생산과 소비에 있어 우수한 시장 잠재력을 보이고 있다.
 - 아랍에미리트(UAE) 수출 시장은 중동과 북아프리카 지역 시장(Middle East & North Africa, MENA) 진입의 중요한 관문으로 평가되고 있으며 UAE는 이 지역의 교통과 무역의 허브 역할을 하기 위하여 수출 및 수입에 대한 관세 및 규제를 완화하는 정책을 유지하고 있음. MENA 지역은 비슷한 생활양식을 공유하는 하나의 이슬람 문화권으로 UAE로의 진출을 통해 MENA 시장으로 시장을 확대 할 수 있는 장점이 있다.
 - UAE는 GCC 지역에서 가장 우수한 친기업 환경을 제공하는 국가로 투자 기업에 대해 법인세를 부과하지 않거나 다양한 규제 완화 조치를 시행하고 해외 우수 인력 및 자본 유치를 위해 대외 개방적인 정책을 펼치고 있음. 또한 100% 외국인 지분 소유 및 자유로운 본국 송금이 허용되는 45개의 자유 구역(Free Zone)을 UAE 내에 설치하였다.
 - UAE 정부는 첨단 농업 기술의 현지화를 바라고 있기 때문에 기술 개발에 있어 현지화 노력이 포함되어야 함. UAE 정부의 미래 전략에는 농업 생산성 향상 뿐만 아니라 국가의 식량 안보를 넘어 향후 세계 시장으로 수출을 염두에 두고 있기 때문에 스마트 팜 진출에 있어서도 수출 시장을 겨냥한 작물의 선정, 수출 품질에 맞출 수 있는 첨단 온실의 개발, 수출을 기반으로 하는 유통 및 물류 단계까지 포함된 사업 개발 계획이 포함되어야 한다.

다) 온실 피복 세척 설비의 필요성

- UAE 지역의 풍속은 12월 30일에서 6월 6일까지 5.2개월 동안 평균 풍속이 시속 13.1킬로미터(3.61 m/s)이상이고, 일년 중 가장 바람이 많이 부는 때는 3월로 평균 풍속은 시속 15.0 킬로미터(4.17 m/s)임. 연평균 풍속은 시속 11.1킬로미터 (3.6 m/s)이다.
- 최대 풍속도 7 m/s 으로 우리나라 온실의 최대 풍속 설계 기준인 40 m/s 에 만족함. 광조건이 중요한 온실의 경우 중동 지역 2월~4월에 부는 모래폭풍은 피복에 그늘을 발생시켜 작물 성장에 영향을 주므로 피복 클리닝 시스템의 설치가 필요하다.



그림 180. UAE 모래폭풍(좌) 및 온실 피복의 오염(우)

- 플라스틱 온실의 피복의 광 투과율은 설치 직 후 85%, 1년 후 78%, 3년 후에는 72%로 감소하므로 우리나라에서도 피복 자동 세척 장치 이용을 권장하고 있음. 사막 지형의 잦은 모래 바람으로 인한 광 투과율의 저하는 작물 생장에 크게 방해가 되므로 초기 설계 시 피복 자동 세척 설비 사용을 감안한 골조 구조의 선택이 필요하다.

라) 사막형 방충망의 설치

- 한국 기후 환경과 다른 사막 지형의 해충과 질병 관리 계획은 환경, 농가의 건강, 식품 안전성 확보 등과 관련이 있으며 농약의 사용, 친환경 방제, 예방적 조치, 기계적인 조치 등으로 해충과 질병을 예방 할 수 있으며 사막형 방충망 설치의 가장 우선적이며 친환경적인 조치가 될 수 있다.
- 방충망의 사이즈는 크게 5가지 형태로 구분할 수 있는데 0.2mm, 0.3mm, 0.4mm 가 사막형 온실에서 주로 사용되며 방충망의 색상에 따라 방제하는 해충이 달라지기 때문에 온실 설계 전에 조사가 이루어져야한다.

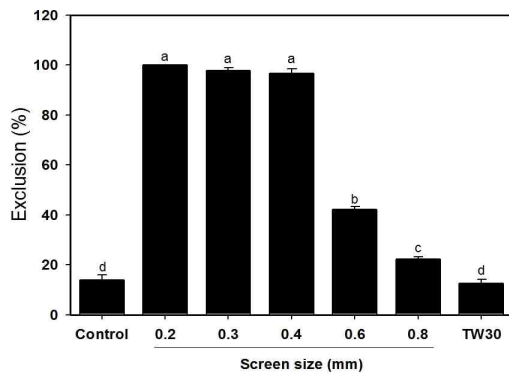


그림 181. 방충망 크기별 해충방제효과



그림 182. UAE 농가 방충망 설치

2) 해외기업 진출 현황 및 특징

- UAE 스마트 팜 수출 시장의 핵심 기술은 절수형 수경재배시스템 기술, 작물 인공조명 LED기술, 친환경병충해 방제기술, 신재생에너지 이용 기술, 해수이용기술, 등이 있으며 이러한 신기술을 이용하여 UAE 스마트 팜 플랜트 시장을 진출한 국가 들은 네덜란드, 미국, 스페인, 독일기업들이 있으며 진출형태는 현지 기업과의 조인트 벤처 형태가 우세하다.
- UAE 현지 기업인 퓨어 하비스트 스마트 팜(Pure Harvest Smart Farms) 기업은 토마토 유리온실을 네덜란드의 기술로 운영하면서 연중 현지 생산한 신선한 토마토를 공급하면서 기존 하절기 수입산 토마토의 항공 운송으로 인한 신선도 저하 및 높은 가격의 단점을 보완하면서 수익성이 실증 되어 약 1억 달러 (약 1천백억원) 규모의 투자를 받아 총 30ha의 온실 추가 계획을 발표하였다.
- 알다라 베이와 그린하우스 (Al Dahra BayWa greenhouse) 프로젝트는 독일 기업인 베이와(Baywa AG) 와 현지 기업인 알 다라(Al Dahra) 기업 간의 조인트 벤처 사업으로 약 5백 3십억원 규모의 온실 사업으로 약 10ha 의 네덜란드 기술의 첨단 온실에서 방울 토마토 및 기타 시설작물을 재배하고 있다.



그림 183. 퓨어 하비스트 스마트 팜



그림 184. 알다라 베이와 온실

- 엘리트 아그로 온실 (Elite Agro LLC) 프로젝트의 차별화 기술로는 절수형 수경재배 시스템, 순환형, 양액 시스템, 에너지 절감형 환경제어 시스템 등의 기술이 있으며 토마토, 파프리카, 딸기, 상추 등을 재배하고 있다.
- 스페인 기술로 지어진 티마 알 에마랏 온실(Themar Al Emarat)은 5ha 규모로 스페인의 절수형수경재배 기술이 적용되었다. 주 재배 작물은 토마토와 상추임. 순환형 폴리에틸렌 수경재배 시스템의 기술로 대단지 온실용으로 개발된 시스템이 적용 되었음. 냉방은 Off grid 및 Micro grid 방식을 채택하였다.
- 스페인이 적용한 절수 및 순환식 수경 재배 시스템인 New Growing System (NGS)은 기존 순환식 수경재배 시스템에 다층으로 이루어진 폴리에틸렌 재질의 베드를 설치하여 작물의 뿌리가 충분히 성장하여 양액과 농수의 활용도를 높임으로써 생산성을 향상하고 질병에 강한 효과가 특징이다.
- 스페인의 NGS 시스템은 폴리에틸렌 다겹 베드 구조와 순환형 양액 시스템이 적용된 사례로서 기존 순환형 양액 시스템의 장점에 생산성과 질병 예방, 절수 및 환경 보호의 효과를 증대한 기술을 적용하였다.



그림 185. 퓨어 하비스트 스마트 팜



그림 186. 스페인 New Growing System

- 그 외 UAE 스마트팜 진출 사례는 다음과 같다.

표 49. 스마트팜 진출사례

| 기업 | 시설형태 | 투자 형태 | 비고 |
|---|-------|--|---|
| Pure Harvest | 스마트 팜 | 다수의 벤처캐피털 투자 | 약 1ha 토마토 첨단 온실 |
| 바니야스 아쿠아포닉스 농장 | 스마트 팜 | 칼리파 펀드 및 아부다비 자이드 농업센터 투자, 민관 합작 투자 형태 | 세계최대 규모의 아쿠아 포닉스 농장 면적 2,400m2(약 730평) 생산 12톤/년 , 신선 채소 40톤/년 생산 |
| 알다라베이와 온실(AI Dahra Baywa Greenhouse) | 스마트 팜 | 독일과 현지 기업 간의 민간 투자 | 면적 10ha 연간 생산량 300톤/ha |
| 엘리트 아그로 팜(Elite Agro Farm) | 스마트 팜 | 대기업 민간 투자 | 면적 20 ha, 토마토, 파프리카, 오이 생산 토마토 생산량 300톤/ha |
| 티마 알 에마랏 온실(Themar AI Emarat) | 스마트 팜 | 스페인 민간 투자 | 면적 5ha, 태양열 에너지 활용 냉방기술 적용 |
| 알 자비 팜(AI Zaabi's Farm) | 스마트 팜 | 칼리파 펀드 | 면적 3.3ha, 토마토, 파프리카, 오이, 가지, 멜론 생산, 정부 구매, 스페인 재배 기술 적용 |

3) UAE 시설원에 관련 정책 현황

가) 식량안보 확보를 위한 정부의 지원정책

- UAE 정부는 농업 발전을 위해 과학적, 기술적 프로젝트에 투자하는 등 다양한 방식으로 기후적 한계를 극복할 방안 마련에 힘쓰고 있고 아부다비최고집행위원회 (Abu Dhabi Executive Council)는 농업 활성화를 위해 농업시설 건설에 전문화된 센터를 개설해 더 실용적이고 효과적인 농산물 생산을 위한 농업시설을 소개할 계획을 발표하였다.
- 아부다비 투자진흥청(ADIO: Abu Dhabi Investment Office)은 아부다비를 중심으로 한 선진 농업 기술 부문의 기업 활동에 산업 활성화를 위한 금융 및 비금융 지원을 제공하고 있으며 네덜란드의 기술을 기반으로 하는 Pure Harvest 스마트 온실 사업에 투자 기회를 제공하였다.
- UAE 국민을 대상으로 하는 칼리파펀드(Khalifa Fund)는 아부다비 농업 서비스센터(Abu Dhabi Farmers' Services Centre)와 협력해 지라이(Ziraai) 농업 발전 지원 프로그램을 운영하고 있다.
- 이 프로그램은 수자원 사용량을 80%까지 절약할 수 있는 새로운 수중 재배 시스템을 도입하도록 지원금 혜택을 제공하는 지원 정책으로 농업종사자들에게

100만 디르함 (약 27만 달러) 한도 내에서 무이자 대출 프로그램을 제공하고 마케팅 기관을 이용해 농부들이 합리적인 가격으로 UAE 농산물 시장에 진출할 수 있도록 지원하고 있다.

- 이 밖에도 회계, 예산 책정, 자원 관리 등과 같은 다양한 교육 프로그램을 운영하며, 이 업계 종사자들에게 전문적인 교육기회를 제공하고 있다.
- 칼리파 펀드를 이용한 온실 프로젝트는 엘리트 아그로(Elite agro) 온실 사업이 있으며 이 사업의 목표는 지역 내 신선 농산물 생산을 늘려 식량 안보 확보를 지향하고 있다.

표 50. UAE 농업 지원정책

| 정책명 | 지원 기관 | 내용 |
|--|--|--|
| 지라이(Ziraai) 농업 발전 지원 프로그램 | 칼리파펀드(Khalifa Fund) 및 아부다비 농업서비스센터(Abu Dhabi Farmers' Services Centre) | 100만 디람 (약 27만 달러) 한도 내에서 무이자 대출 |
| 투자펀드 Mohammed bin Rashid Innovation Fund (MBRIF) | UAE 재무부 | 혁신적인 기술을 개발하는 개인이나 회사에 투자 |
| 두바이투자공사 Investment Corporation of Dubai (ICD) | 두바이 정부 | 두바이정부의 투자포트폴리오 통합관리 및 투자를 목적으로 설립, 한국수출입은행과 공동투자 MOU를 체결 |
| Agri-Tech 발전 지원 기금 | 아부다비 투자진흥청(ADIO, Abu Dhabi Investment Office) | 급여, 장비 비용 등을 포함한 총 R&D 금액의 75%까지 환급 |

나) 신기술에 대한 농업 펀드

- UAE 의 농업 발전 지원 정책의 핵심은 새로운 신기술의 도입을 목적으로 한다.
- 아부다비 투자청 (ADIA, Abu Dhabi Investment Authority)이 신 기술 농업 기업에 투자한 예를 들면 수직 농장 업체인 Areo Farm, 영국의 수직 농장 기술을 도입한 수직 농장 업체, Madar Farms, 비료 생산 업체인 RNZ International, 미국의 첨단 관수업체인 RDI (Responsive Drip Irrigation) 사 등에 총 1,200억원을 투자한 바 있다.
- UAE는 향후 화석연료를 대체하는 에너지원 개발하는 전략을 계획하고 있으므로 온실 운영에 필요한 전기 공급을 자체적으로 해결할 수 있는 기술의 개발이 시급하다.
- 우리나라 온실 기술이 UAE 시장에 성공적으로 진입하기 위해서는 새로운 기술 개발에 대해 고민이 필요하다.
- UAE의 국부펀드 내용을 정리하면 아래 표와 같음. UAE 정부는 산업 다각화 및 신기술 도입을 정책 목표로 세우고 있어 한국의 스마트 팜의 기술을 개발하여 UAE 의 국부 펀드를 활용할 수 있도록 해야한다.

표 51. UAE 국부 펀드 현황

| 국부펀드 | 세계 순위 | 자산규모 (U\$ 10억) | 주요내용 |
|--|-------|----------------|--|
| ADIA (Abu Dhabi Investment Authority) | 3 | 683 | - 북미, 유럽, 신흥국 등 전 세계에 투자 - 장기적인 관점에서 금융수익을 확보 하고자 하며 경영 참여를 하지 않음 - 주식, 채권을 중심으로 투자하며 외부 펀드에 자금을 위탁하여 운용 |
| Mubadala Investment Company | 14 | 226 | - 항공, 에너지, 의료, 부동산, 알루미늄, 금융 등 여러 분야에 자회사 보유 - 아부다비 경제 개발 다변화를 위해 2002년에 설립 - Masdar 사의 100% 지분 보유, Masdar City 개발 중 |
| ICD (Investment Corporation of Dubai) | 13 | 229.8 | - 2006년에 설립 - Emirates 항공, UAE 최대은행 Emirates NBD, Dubai World Trade Center, Dubai Aluminum 등 두바이의 우량 기업 소유 - 2015년 한국 쌍용 건설 인수 |
| EIA (Emirates Investment Authority) | 27 | 34 | - 아랍에미리트 연방 소유의 국부 펀드 - 주로 국가 내 인프라 프로젝트에 투자 |

- UAE의 무바달라 투자회사 (Mubadala Investment Company)의 농업 분야 투자 사례는 미국의 Culligan Water 사와 같은 정수업체, 미국의 식품 가공 업체인 Peterson Farms, 유럽의 수산 양식 및 가공 업체인 Avramar 사 등을 들 수 있다.
- 두바이 정부가 소유한 두바이 투자법인 (ICD, Investment Corporation of Dubai)은 최근 호주의 곡물 생산 유통 업체에 투자하여 미래 농업 회사 (Future Farming)를 설립하여 신선농산물 생산 및 유통, 식목사업, 시설원에 농업 기술 개발 등의 사업을 추진하고 있다.

다) UAE 자유 무역 지대의 활용

- 중동 국가들의 스마트 팜에 대한 관심과 투자는 국가 정책인 식량안보 확보에 기반을 두고 있으며 한국 정부 또한 중동 지역 국가들과 중점적으로 협력을 추진하고 있음. 특히 아랍에미리트(UAE)는 2051년까지 식량안보 지수 1위 달성을 목표로 다양한 정책 지원 및 투자를 진행하고 있다.
- 시설농업 기술 선진국인 네덜란드, 수직 공장 기술의 선두인 미국 등이 스마트 온실 및 수직 공장 기술을 수출하였고, 한국의 수직 공장 기술도 시장에 진입하였다.
- 이와 함께 UAE를 비롯한 중동 주요국들은 최근 농산물의 현지 생산을 위해

첨단농업에 대한 투자를 확대하고 있다.

- 스마트 시설 농업은 온라인 유통 채널과 밀접한 연관성이 있기 때문에 온라인 플랫폼이 잘 발달되어 있는 자유 무역 지대를 활용할 필요가 있음. 자유 무역 지대는 외국인의 100% 법인 지분 소유, 다양한 세제 혜택 등 본토와 차별화 된 혜택을 기업에게 제공하고 있다.
- UAE 온라인 농식품 시장은 UAE 전체 농식품 시장의 5%인 12억 달러 (약 1.3조 원)로 전체 온라인 시장 가치 35억 달러(약 4조 원) 중 온라인 식료품 판매 비율은 약 8.5%이며 그 가치는 3억 달러(약3,250억 원)로 아직까지는 오프라인 판매 규모에서 차지하는 비중이 작지만 온라인 시장 규모는 지난 5년간 꾸준히 성장해 11.2%를 상회하고 있다.
- 스마트팜 온실 수출과 함께 검토해야 할 UAE의 자유 무역 지대의 특징은 아래와 같다.

표 52. UAE 자유 무역 지대

| 1. | 제벨알리 자유 무역 지대-두바이 |
|----|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 중동지역에서 최초로 설립된 프리존으로 걸프지역 최대 항구인 제벨알리 항(Port of Jebel Ali)에 위치한 지리적 이점과 함께 입주 기업을 대상으로 해상물류에 필요한 모든 서비스를 제공 - STX·현대건설 등 한국 기업을 포함하여 약 7,500여개 기업이 입주 중이며 2019년 무역 증가율 24%를 기록 * 입주기업 비중 : 중동 38%, 아시아 23%, 유럽 19%, 아프리카 10%, 북미 8%,남미 1%, 오세아니아 1% - 해당 프리존은 157만㎡ 규모의 식량·농산물 클러스터를 갖추고 있으며 식품·농산물 무역 관련 최대 프리존으로 입지를 강화하고 있음 |
| 2. | 두바이 공항 프리존(DAFZA; Dubai Airport Free Zone) |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 투자중심 경제 성장을 목표로 하는 두바이 정부의 전략적 계획의 일환으로 설립되었으며 두바이 국제공항에 위치하여 UAE 항공 무역에 중요한 역할을 함 - 전자 및 전기, 소비재, 엔지니어링 및 건축 자재, 항공 물류 가 해당 프리존 주요 산업군으로 유럽, 아시아 및 아프리카를 연결하는 중동 경제물류의 중심지로 발전 - 동부메탈, 웅진케미칼, 코오롱 글로벌, 샤넬(Chanel), 샌디스크(Sandisk) 등 국내외 유명 글로벌 기업을 포함한 1,600개 이상의 기업이 입주 중 - DAFZA 입주 기업의 경우 메인랜드의 사무실을 중복 임차할 필요 없이 DAFZA 내 사무실 하나만으로도 듀얼 라이선스 발급 가능 |
| 3. | 칼리파 산업단지(KIZAD; Khalifa Industrial Zone) - 아부다비 |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 포스트 오일 시대를 대비한 비석유 산업 발전을 목표로 한 UAE 정부의 '아부다비 경제 비전 2030' 정책 사업의 일환으로 2030년까지 일자리 10만 개 창출 및 아부다비 비석유 부문의 GDP에 15% 기여를 목표로 함 |

- 여의도 면적의 144배에 달하는 중동 최대 산업지대로 MENA 지역을 포함하여 유럽, 아시아시장에 재수출 할 수 있는 자유무역지구와 GCC 내 진출을 위한 제조산업지구가 있어서 다양한 산업분야에 진출할 수 있는 환경을 제공
- 세계 최대 알루미늄 생산업체인 에미리트 글로벌 알루미늄(EGA), 에미리트 제철(Emirates Steel) 등 자동차, 제약, 화학, 에너지, 금속, 플라스틱, 식품 등 다양한 분야의 기업들이 입주 중
- 30분 거리의 알 막툼 국제공항과 아부다비 국제공항, 세이크 자이드 고속도로, 에티하드 철도 연계 및 칼리파 항구 (Khalifa Port)와도 인접해 접근성이 탁월한 인프라를 갖춘
- 듀얼 라이선스를 발급하며 다른 프리존과 동일하게 100% 지분 소유, 수입관세 면제 등의 혜택을 제공하며 전기 및 수도 등 유틸리티 비용이 다른 프리존보다도 매우 저렴해 제조업체의 생산 비용 절감에 도움.
- 아부다비 정부는 식량 안보를 강화하는 데 최우선 순위를 두고 있으며 2020년 말 확장 프로젝트가 완료되면 더 많은 해외 우수 식품업체를 유치하기 위해 다양한 인센티브를 제공할 것으로 예상됨.

나. UAE 사막형 스마트온실 수출전략

1) UAE 온실 수출을 위한 사회적 경제적 상황

- 중동국가들이 직면한 새로운 문제점으로는 과거의 풍부한 오일달러 수입을 더 이상 기대할 수 없는 시대의 도래에 대한 우려를 나타내고 있다..
- Post-Oil 시대를 대비하여 다양한 분야에서 “제2의 중동붐”을 보이고 있으며 특히 UAE는 중동 지역의 물류 허브 지역으로 자국의 식량안보 확보를 넘어 다른 나라로 수출 할 수 있는 기반을 마련하고자 네덜란드, 미국, 스페인, 한국 등 농업 선진국의 기술을 받아 들이고 있다.
- 중동 지역은 사막 지형 및 기후로 인해 식량 생산이 매우 저조하여 식량 공급이 매우 불안정한 지역으로 시설 농업 기반 형성이 필요함. UAE를 선두로 시설 농업에 대한 정부의 지원이 이루어지고 시설 농업이 시도되고 있지만 안정적인 식량 생산 기술 축적은 아직 초보적인 단계에 머무르고 있다
- 식량 자급 자족이 어려운 중동 지역 국가들은 식량 수입 의존도가 높으며 이는 국제 식량 가격의 파동에 따라 국가 경제가 불안정해지는 취약한 경제 구조를 나타낸다.
- 일반적으로 총 상품 수출액에서 차지하는 총 식품 수입액의 비율의 세계 평균은 약 5%이며, 중동 및 북아프리카 지역은 최근 몇 년간 (2011~2013년) 8% 수준을 유지하고 있다.

가) 시설 농업 경영비

- 중동 국가에서 시설농업을 성공적으로 추진하기 위해 첫 번째 당면한 과제는 농업용수 톤당 1,300원대에 달하는 비용을 절감할 수 있는 기술 개발이다.
- 우리나라 정부에서 사막 기후에 맞는 벼의 생산에 성공하였지만 농업용수 비용을

감당하기에는 어려움이 많은 실정이다.

- 스페인에서 개발된 절수형 재배 베드는 기존 관수량의 40%로 크게 절감하여 생산하고 있다.

표 53. 한국과 UAE 파프리카 수익성 비교

| 구분 | 항목 | 한국 | UAE | 비고 |
|----|-----------|---------|---------|--------|
| 1 | 조수입(US\$) | 357,230 | 353,160 | 1ha 기준 |
| 2 | 경영비(US\$) | 223,515 | 41,688 | |
| 3 | 소득(US\$) | 133,723 | 311,472 | |
| 4 | 소득률(%) | 37 | 88 | |

표 54. UAE 파프리카 수익성

| 항목 | 단위 | 내용 | 비고 |
|-----|---------|---------|---------------------|
| 생산량 | Kg | 130,000 | |
| 단가 | US\$/Kg | 0.87 | 최고 도매가는 US\$ 1.09 |
| 매출 | US\$ | 113,100 | |
| 생산비 | US\$ | 23,000 | 최고 생산비는 US\$ 42,000 |

- UAE 시설 농업의 장점은 경영비가 한국보다 적게 들어 소득율이 2배 이상 늘어날 수 있음. 농업 용수 가격이 매우 비싸지만 다른 생산비 항목은 경쟁력이 있다.
- 대부분의 시설 작물이 주변 여러 국에서 수입이 되고 있기 때문에 가격이 한국보다 낮게 형성된다.
- 이러한 단점을 극복하기 위해서는 고품질의 작물 생산 또는 수요와 공급 시기에 맞는 작기 선정, 연중 작물 생산이 가능한 온실 형태의 배합 등으로 수익성을 제고하는 전략이 필요하다.

나) 수입 농산물로 인한 가격 불안정

- UAE는 농산물 수입 비중이 80~90%를 차지하므로 현지 농가는 작물 생산 시 수입 농산물과의 가격 경쟁을 염두에 두어야 함. 자국 내 생산 농가는 수입 농산물과의 경쟁을 위해 작물 생산비를 절감할 수 있는 방안이 필요하지만 절수형 재배 시설이나 첨단 온실의 경우 초기 투자비가 많이 들며 경영의 노하우 및 재배 기술이 필요하다.
- 정부 차원에서 현지 생산된 농산물 소비를 촉진하기 위해 여러 가지 프로그램을 통해 신선도, 유기농 재배, 친환경 재배 작물의 소비를 촉진 중에 있으나 시설 농업의 운영 기술 및 재배 기술 까지 포함된 패키지 형태의 온실 운영 방식의 도입이 필요하다.
- UAE 신선 농산물 시장은 저품질 저가 수입 농산물과 고품질 고가 농산물 시장으로 나뉘어져 있으며 현지 농산물은 일부 전문 시설 농가를 제외하고는 저가 농산물 가격과 경쟁하고 있는 실정으로 고품질 작물 생산 기술이 부족하고 생산비를 절감할 수 있는 노하우가 부족한 농가는 수익성 악화를 피할 수 없다.
- 그나마 UAE 정부의 로컬 생산 농산물의 판매를 촉진하기 위한 지원 사업 및 유통

구조 개선으로 작기 조정, 품질 향상, 생산비 절감 기술이 제공된다면 로컬 푸드 마켓 유통 구조를 통해 수익성 확보가 가능할 것으로 판단된다.

표 55. UAE 시설농가의 문제점

| 구분 | 내용 |
|-------|--|
| 수자원 | 관개시설부족, 농수량 부족, 수질불량(과도한 염도), 농수사용료 과다 |
| 가격 | 농산물 가격 불안정, 수입 농산물과의 가격 경쟁 |
| 생산비 | 과도한 생산비 부담 |
| 온실 운영 | 온실 운영 관리 경험 부족 |
| 작물 | 시설원에 작물 품종 선택 지식 부족 |

다) 초기 투자비 절감형 온실의 필요성

- UAE 정부가 추진하는 식량안보 확보 전략을 위하여 투자되고 있는 첨단 온실 사업의 경우 일반 농가가 운영하기에는 전문 기술 및 자본이 공급에 어려움이 따름.
- 네덜란드의 시설 농업 기술을 적용하기 위해서는 비용이 많이 드는 유리 온실 구조에 절수형 양액 시스템 및 관수 시스템을 설치하여야 하고 태양열 대체 에너지를 이용한 발전을 위해서는 고가의 발전 설비를 설치 하여야 한다.
- 고가 설비를 운영하기 위해서는 전문 운영 인력 투입이 필요하고 수입 농산물 과잉으로 인한 가격 경쟁력을 확보하기 위해서는 작기 조정 및 품질 차별화 재배 기술 인력의 투입이 필요하다.
- 이러한 대규모 형태의 온실의 확산으로 정부가 추진하는 식량 확보 전략은 불안할 수밖에 없다.
- 따라서 UAE 정부에서는 일반 농가가 쉽게 접근할 수 있는 간편형 온실 형태에 대한 연구가 진행되어 왔다.
- 두바이에 있는 국제염수농업 연구 센터 (International Center for Biosaline Agriculture) 에서는 팬 앤 패드 냉방 방식을 이용한 온실과 냉방 시설이 없고 포그 시스템으로 온도와 습도를 조절하는 네트 하우스 방식의 온실에서의 작물 수익성을 비교하는 연구가 진행 되었으며, 연구 결과로 별도의 냉방 설비 없이도 절수 효과, 에너지 비용 감축, 수익성 향상 등의 효과가 있는 것으로 밝혔다.
- 초기 투자 절감형 온실을 설치하여도 작물 재배 시 필요한 농업 용수를 절감하기 위한 기술, 양액 재활용 기술, 온도 및 습도 조절 시스템의 적용 등 작물 품질 향상 및 생산비 절감을 위한 노하우가 필요하고 시설 농업의 경험과 기술이 없는 농가가 참여 할 수 있는 팩키지 농업 경영 방식의 채택 등이 검토 되어야 한다.
- UAE 정부의 시설 농업에 대한 제도적 지원 및 금융 지원, 선진 시설 농업 기술과 자본력을 가진 일부 대규모 시설하우스 농가의 등장에도 불구하고 대부분의 시설 농가는 수입 농산물로 인한 가격과 공급 불안정과 시설하우스 생산비의 과다, 시설 재배 경험 부족으로 인한 수익성 악화를 이유로 시설농업이 활성화 되지 못하고 있다.
- 네덜란드 첨단 텀키 프로젝트인 퓨어 하베스트 온실 사업은 연중 고품질 생산이 이루어지고 있지만 초기 투자비가 크고 전문 기술 및 대자본이 부족한 일반 농가에서 운영하기에는 무리가 있다.

- 중동 지역에서 2009년부터 시도되고 있는 네트 하우스는 에너지 또는 농업용수의 소비가 많은 냉방 시설 대신 포그 시스템, 근권 냉방, 양액 공급 온도 (18℃~29℃) 등의 기술을 적용하여 토마토나 오이를 재배하는 방식으로 5월에서 9월까지 약 5개월을 제외하고는 나머지 8개월 동안에는 냉방 온실과 큰 차이가 없는 생산성 및 품질을 유지하는 것으로 조사되었다.
- 경험이 많은 농가에서는 퓨어 하비스트 온실과 같이 생산비가 많이 드는 대형 프로젝트 보다는 네트하우스와 패드 앤 팬 냉방 온실을 조합하여 초기 투자비를 줄이면서 연중 생산이 가능한 효과를 낼 수 있도록 기술적인 접목을 시도하고 있다.

2) UAE 사회적 경제적 상황을 고려한 수출 전략

- 중동 지역 총 인구 2억을 배경으로 하는 오일머니 경제구역의 물류 중심인 UAE의 농업 현실은 정부의 지원 및 대자본의 투자에도 불구하고 많은 어려움을 안고 있음.
- 농업 인구의 고령화, 수입 농산물 공급과 수요 불균형에 의한 가격 파동, 낮은 농업 생산량 및 고비용으로 수익성의 악화 등은 시설 농가의 경영에 부정적인 영향을 주고 있다.
- 상당 수의 시설 농가 들은 첨단 온실 운영 시 과도한 초기 투자 비용에 대해 부정적이고 첨단 온실 운영과 경영에 대해 어려워하는 추세임. 대규모 첨단 온실을 운영하기 위해서는 연중 고품질의 작물 생산을 지속해야 하는데 수입 농산물 과다로 인한 가격 불안정 또한 부정적인 요소이다.
- 네덜란드, 미국, 독일, 스페인 등 농업 선진국에서는 첨단 온실을 기반으로 현지 농가 또는 농업회사와의 협력 사업으로 대규모 첨단 온실 단지를 운영하고 있다.
- 그러나 시설 농업에 대한 경험이 부족한 대부분의 농가에서는 별도의 난방 시설이 필요 없어 초기 투자 비용이 적게 드는 네트 하우스와 연중 작물 생산이 가능한 연동형 온실에 최소한의 냉방 시설을 갖춰 최소 비용 및 농업 용수를 최소화해 통해 연중 안정적인 농업 생산을 바라고 있으며 시설 하우스 운영 및 재배 기술까지 포함된 프로그램을 찾고 있다.

가) UAE 수출형 온실 모델

- UAE는 사막형 기후로 농업용수가 절대적으로 부족하고 극서기인 5월부터 9월까지 40℃ 이상의 고온으로 냉방 설비가 없이는 작물 재배가 어려움이 있다.
- 그러나 10월부터 4월까지의 노지 재배에서도 시설재배와 같은 농업 생산량을 보이고 풍부한 일사량으로 품질도 시설 재배 이상으로 생산되고 있다.
- 아부다비 토호국의 시설면적은 약 500ha로 일부 첨단 온실을 제외하고는 대부분 네트하우스나 연동하우스에서 농업 생산이 이루어지고 있다.
- 네트 하우스나 연동 하우스의 환경관리 설비는 대부분 노후되어 있고 수경재배 시스템도 낙후되어 있어 한국의 재배 기술을 바탕으로 한 온실 설계가 필요하다.
- 한국의 수출형 온실 모델은 크게 단동 간편형, 연동 복합형, 첨단 수출형으로 볼 수 있으며 UAE 농가 현실을 감안할 때 3가지 모델 모두 수출 시장에서 경쟁력이 있을 것으로 판단됨.
- 단동 간편형은 UAE 정부에서 에너지 비용 절감을 위해 타당성 조사를 진행하고 있고 많은 농가에서 운영하고 있는 온실 모델이다.

- 연동 복합형은 한국형 플라스틱 온실 보다는 PC 패널과 플라스틱 피복을 병용하는 형태로 냉방 설비는 주로 패드 앤 팬 방식으로 운영되고 있다.
- UAE의 네트하우스(Net house)는 일반 온실과 골조 구조는 동일하지만 피복으로는 사막형 방충망을 사용하는 방식으로 별도의 냉방설비는 갖추지 않지만 포그 시스템과 차광스크린을 통해 온도와 습도를 제어하는 가장 간편한 온실 구조로 냉방 설비를 제외하고는 일반 온실과 같은 관수시설, 수경재배시설, 양액 시스템 등을 갖추는 방식을 취하였다.
- 네트하우스는 중동 지역의 특수한 사막 기후에서 농업용수의 절감, 에너지 비용, 절감 및 초기 투자비의 절감 등을 목표로 지난 2008년부터 전파되었으며 국제사막기후 농업연구센터(International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA))와 아라비안 반도 국립 농업연구시스템(Arabian Peninsula National Agricultural Research Systems (NARS)) 의 제안으로 추진된 사업으로 각 나라별로 광범위하게 적용되고 있다.
- 대부분의 네트 하우스 온실은 20년 이상의 노후 시설로 설계되어 있어 한국형 스마트 팜 재배 기술 및 설비를 적용한 새로운 형태의 네트 하우스 설계가 필요하다.
- UAE의 네트하우스는 재배시설, 차광스크린설비, 관수 시설 등에서 최신 기술보다 뒤쳐져 있다.
- 일반적인 네트하우스의 폭은 8M 이고, 동고 5M, 측고 3M, 길이는 다양하다.
- 포그시스템의 운영 시간은 오전 10시부터 오후 5시까지이며, 이 시간에는 차광 스크린을 작동하여 온도를 내려 주어야 한다.
- 포그시스템, 차광 시스템 운영과 함께 관수시스템을 동시에 운영할 경우 작물의 고온 피해를 줄 일 수 있다.



그림 187. UAE 네트 하우스

- 네트 하우스의 장점은 냉방 시설 (패드 앤 팬) 있는 온실과 비교하여 농업용수

사용량이 75% 절감되고 냉방 온실의 에너지는 32 배 이상 적게 소비되고 있는 것으로 조사 되었다.

- 작물별 재배 기간을 감안하여 시설하우스 모델을 구성하여 냉방에너지 비용을 줄이면서 수익성을 제고 할 수 있는 방안이 제시되어야 한다.
- 특히 생육용수를 이외의 용도로 사용하는 농업용수는 염수를 직접 사용하거나 재처리 폐수를 활용하는 방법도 연구되어야 한다.
- 네트 하우스 내부의 각종 센서와 네트워크가 연결되어 인터넷 연결이 필요하며 원격지에서 영상 모니터링을 통해 제어가 가능한 1세대 기술 수준 적용이 적절하다.
- 한국의 통신업체가 사르자 지역에 설치한 스마트팜 테스트 베드의 인터넷을 통한 원격지 제어 기술에 대한 현지 반응은 매우 긍정적이었다.
- 아부다비 토호국의 경우 알아인 지역에 약 60%의 시설 농업이 집중되어 있어 한국형 스마트팜 기술이 보급될 경우 한국형 스마트팜 2세대 기술 적용이 가능 할 것으로 예측된다.
- 알아인 지역에 한국형 온실은 테스트 베드 사업으로 1개 동이 시험 가동 중이기 때문에 장기적인 계획으로 아부다비 농식품 안전청과 협조가 필요하다.

나) 가격 경쟁력 강화

- 현재 네덜란드, 미국, 스페인, 터키, 중국 등 경쟁 국가들이 기술 경쟁력, 가격 경쟁력을 앞세워 시장 진출에 앞서고 있다.
- 네덜란드는 유리 온실 기반의 안정적인 농업 생산에 절수형 양액 시스템 기술, 재배환경 관리 시스템 기술 등으로 온실 시장 점유율이 높은 반면 초기 투자비가 높고 상업형 시설 농업 운영 시스템을 요구하고 있어 한계를 보이고 있다.
- 미국의 경우 첨단 절수형 관수 시스템이나 수직 농장 기술로 대형 프로젝트를 추진하고 있다.
- 중국은 광투과율이 우수한 유리온실을 개발하여 시장을 넓히고 있다.
- 터키는 대체 에너지로서 지열을 이용하는 온실 프로젝트를 자국에서 실험 중이고 대체 에너지 개발에 관심이 많은 중동 국가에 진출을 서두르고 있다.



그림 188. 터키의 사막형 온실

- UAE 정부는 식량 안보 확보라는 국가적인 과제를 해결하기 위해 첨단 온실 프로젝트를 지원하고 있지만, 소수의 대규모 시설농가에 농업 생산이 집중되는 현상에 대한 우려를 하고 있고 수입 농산물 공급 과잉 및 재배 기술 부족으로 인한 중소시설 농가의 활성화를 바라고 있는 실정이다.
- 첨단 시설 온실 운영 경험이 부족한 대부분의 중소 시설농가의 가격 경쟁력 확보를 위한 자구책으로 시작된 네트하우스 확산 정책이 착수된 지 20여년이 지난 지금 온실 설치의 가격 경쟁력과 기술 경쟁력 보완이 필요한 시점이고 대부분의 노후된 네트 하우스는 개량 및 신설이 요구되는 시점이다.
- 가격 및 기술 경쟁력에서 우위를 차지하고 있는 네덜란드, 스페인, 일본, 미국 등과의 차별화 전략도 어려운 문제이지만 가격 경쟁력에서 앞서 있는 중국과 터키 등과의 가격 우위 확보는 중동 시장 진출 성공 여부를 가늠할 수 있는 분기점이 될 것으로 사료된다.
- UAE 가격 경쟁력 있는 온실 설계 시 검토 사항으로는 사막의 모래 바람의 풍속, 모래 사막 위의 기초, 골격, 피복, 방충망, 차광 스크린, 절수형 양액 시설, 화석 연료를 사용하지 않는 에너지 설비 등이 주요한 가격 변동이 될 것이다.
- 한국의 소프트웨어, 내부 설계 및 자동화 수준은 장점으로 부각 될 수 있다.

다) 비가격 경쟁력 강화

- 온실 수출 시장에서 가격 경쟁력만으로 시장을 확대할 경우 부작용으로 한국 온실의 브랜드 가치가 하락하며 온실 성능이 떨어지면서 궁극적으로는 한국 온실 시장의 쇠퇴를 맞이하게 될 수 있다.
- 과거 중앙아시아 온실 시장에 진출한 한국 온실 설계 시공 업체들은 과도한 가격 경쟁으로 각 업체의 수익성이 위협을 받고 온실 설계 및 시공 품질이 떨어져 터키나 이란 등 경쟁 업체들에게 시장을 빼앗기는 결과를 초래하기도 하였다.



그림 189. 중앙아시아 진출 저가 온실의 한계

- 중국, 터키, 이란 등 저가 온실 공급 업체들과 가격 경쟁은 한계에 부딪칠 수 밖에 없으며 가격 경쟁력 이외의 우위 요소를 찾아야 한다.
- UAE 현지 시설 농업 경영체의 구성은 자본과 시설을 제공하는 에미라티 농가, 농가를 지원하는 관리자급 외국인으로 아랍어 사용자들 그리고 저임금 구조를 지탱해주는 다양한 외국인 근로자 등으로 이루어져 있다.



그림 190. UAE 시설농가 운영 구조

- UAE 시설 농가의 특징 중 하나는 조상 대대로 농업에 종사하는 농업인이 많고 가족농 단위로 시설 농업이 경영되고 있다.
- 일부 대자본 시설원에 농가는 시설농업에 대한 사전 교육 및 운영에 대한 노하우가 준비되어 있지만 대다수의 현지 농가는 시설 농업에 대한 교육이 부족한 실정이다.
- 따라서 UAE 온실 시장 접근 시 교육 및 운영 프로그램은 온실 설계 및 시공과 함께 포함되어야 한다.
- 에미라티 농가, 관리자, 온실 노무자 등에 대한 재배 및 온실 운영 교육이 필요하여 절수형 양액 시스템 운영, 하우스 내 온습도 관리, 수경재배 방법, 작물 수확 후 선별 작업 요령, 각 종 센서 및 환경 관리시스템의 운영에 대한 교육과 훈련이 없이는 넘쳐나는 수입 농산물과의 가격과 품질 경쟁에 지속적인 어려움에 직면할 수 있다.
- 한국의 스마트 팜 기술은 네덜란드, 미국, 일본, 스페인 등에 기술적으로 부족한 점도 있으나 한국의 경쟁 요소인 농업과 IT 기술 융합, 새로운 4차 산업 적용 등으로 UAE 시설 농업의 부가가치를 상승 시킴으로써 한국의 스마트팜 장점을 부각시켜야 한다.
- 대부분의 에미라이트 시설 농가는 현재 운영되는 온실 수익성 악화를 해결 하기 위해 전념하고 있다.
- 현지 시설 농가의 생산비 항목 중 농업용수 및 에너지 비용을 절감하는 기술들은 이미 다양하게 소개되어 있고 알아인에 시범 사업을 하는 한국형 온실에도 절수형 양액 시스템을 적용하고 있다.
- 그러나 노후된 네트하우스나 구형 온실을 운영하는 시설 농가에서는 재배환경 관리의 부실로 고품질의 작물 생산에는 어려움이 있고 작기 조절 실패로 인한 수익성 악화를 겪을 수 밖에 없다.
- 수익성 개선을 위해서는 새로운 형태의 네트하우스 및 온실의 적절한 배합으로 생산성 향상, 품질 향상, 재배 품종 변경, 작기 조절 등의 기술을 적용하여 수익성을 제고하여야한다.
- 풍부한 정부 자금 지원을 받을 수 있는 현지 농가의 경우, 수익성 확보 및 안정적인 생산 기반이 확보 된다면 시설 농업의 부가가치를 높일 수 있는 농업의 6차 산업으로 발전에 관심을 보일 것이며 이는 한국형 시설 농업의 최대 경쟁력이 될 수 있다.

- UAE 시설 농업의 장점 중 하나는 인터넷 보급률로 2020년 UAE 인터넷 사용자는 전체 인구의 98.98%이고, 무선전화 인터넷 사용자는 92.17%로 집계됐음. 소비 성향이 강하고 인터넷에 익숙한 UAE 밀레니얼 세대(25~39세) 인구는 전체의 54%를 차지하고 있다.
- 한국의 수출 온실은 1세대의 원격모니터링과 제어 수준을 넘어 2세대 클라우드 서비스가 가능한 시장이 될 것이다.
- 따라서 수출 온실 프로그램 설계 시 KT 또는 SKT 등 인터넷 서비스 업체와의 협력이 가격 경쟁력을 넘을 수 있는 방안이 될 것이다.

표 56. 비가격 경쟁력 교육 프로그램

| 구분 | 교육 내용 |
|----|-----------------------------------|
| 1 | 다양한 유형의 스마트 팜 선도모델 발굴 |
| 2 | 선도농가 생육관리 벤치마킹 서비스 제공 |
| 3 | 현장 애로사항의 신속한 해결을 위하여 A/S 지원체계 다양화 |
| 4 | 교육을 통한 현장 전문가 양성과 역량강화 |
| 5 | 농가수준별 맞춤형 교육으로 역량강화 |

다. UAE 온실사업 진출을 위한 비즈니스 모델

- UAE는 풍부한 오일머니를 배경으로 대규모의 자본력을 투자하여 현지 농업 생산 증대, 신규 직업 창출, 수입 농산물 대체, 수출을 통한 수익성 창출 등을 계획하고 있다.
- 2019년 아부다비 투자청 (Abu Dhabi Investment Office, ADIO)는 약 3,360억원을 Ag Tech 분야에 투자할 계획을 발표하였으며, AeroFarms, Madar Farms, RNZ 및 Responsive Drip Irrigation 등 농업회사들과 계약을 체결하여 새로운 농업 프로젝트를 진행하고 있다.
- UAE가 투자한 기술을 살펴 보면 우선 미국의 최신 수직 농장 기술을 가진 에어로 팜즈(AeroFarms) 및 네덜란드의 실내 온실 및 수직 농장 기술인 마다 팜즈 (Madar Farms), 현지 비료 생산 업체인 RNZ 인터네셔널, 그리고 미국의 첨단 작물 반응형 관수 튜브 생산 업체인 Responsive Drip Irrigation 사 등이다.
- UAE는 이미 네덜란드 유리 온실 프로젝트를 대형으로 상업적으로 운영하고 있으나 극서기의 과도한 에너지 비용, 가족농 중심의 시설 농가 참여가 어려운 단점, 초기 투자비의 과다 등 여러 가지 문제점이 지적되어 왔다.
- 네덜란드 농업 기술을 바탕으로 하는 마다 팜즈 (Madar Farms)의 장점은 기존 농업 생산에 소비되는 농업 용수량을 크게 줄이고 첨단 인공재배광을 사용하여 신선하고 안전한 먹거리를 연중 생산하는 기술을 보이고 있다.
- 특히 네덜란드 농업 기술이 현지화되어 교육, 연구, 지역 사회와의 협력을 통한 비즈니스 모델은 UAE 정부가 추구하는 농업 정책에 부응하는 것으로 판단된다.
- 생산성이나 기술면에서 부족한 한국 스마트팜 기술만으로 UAE 스마트팜 수출 시장을 진출하기 위해서는 우선 초기 투자비를 절감할 수 있는 보급형 온실 구조가 경쟁 요소가 될 수 있을 것이며 인터넷 기반 시설이 발달된 현지 사정을 고려하여 첨단 ICT 기술을 경쟁 요소에 추가 할 필요가 있다.

- 또한, 가족농 중심으로 이루어져 있는 시설 농가의 교육 및 운영 프로그램 또한 포함되어야 한다.

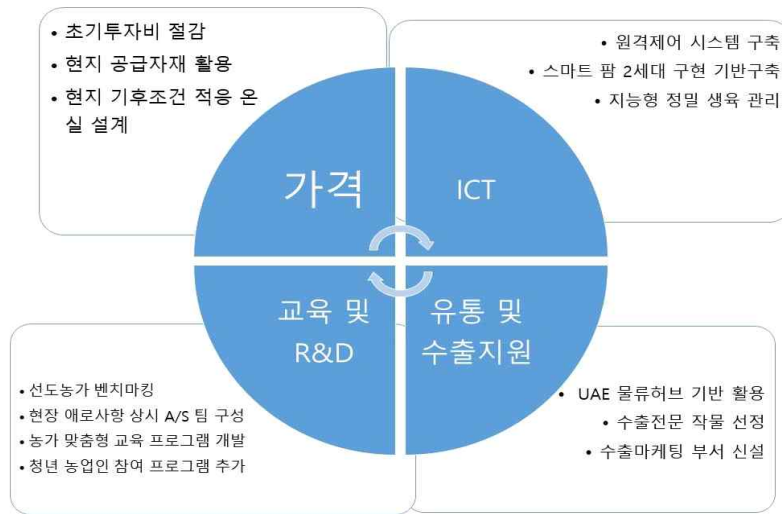


그림 191. UAE 스마트팜 사업전략

가) 초기 투자비 절감형 스마트 팜 수출 모델

- UAE 온실 시장에서 농업 선진국인 네덜란드의 유리 온실이 상업적인 온실 프로젝트의 주류를 이루고 있으나 초기 투자비 과다 및 과도한 에너지 비용 증대, 가족농 중심의 시설 농가 입장에서는 대규모 온실 운영이 부담이 되어 왔다.
- 반대로 저기술을 바탕으로 하는 온실은 재배 기술의 부족으로 생산성 및 품질 경쟁력이 낮아 시설농가들로부터 외면 받고 있다.
- UAE의 노지 재배 적기는 10월부터 4월말 까지이며 이 기간 중에는 충분한 광조건 및 적절한 온도 조건으로 생산성 및 품질에서 우수한 생산이 가능하다.
- 다만 이 시기는 수입 농산물 공급 과잉으로 가격이 불안정하여 수익성이 악화 될 수 있는 위험도 있다.
- 이 시기는 별도의 냉방 설비 운영이 필요 없지만 생산성 및 품질을 위해 환경제어가 가능한 온실 구조가 필요함.
- 아직도 토경재배 기술에 머물러 있는 현지 시설 농가의 기술은 개선될 필요가 있다.



그림 192. 재배 기술 및 환경 관리가 부족한 현지 시설 농업

나) ICT 기업과의 스마트 팜 현장 확산 지원 협업 강화

- UAE 시설 농가의 인터넷 의존도가 높지만 현지 시설 하우스의 인터넷 기반 시설은 매우 낙후되어 있다.
- UAE 시설 농가에서 수입 농산물과의 가격 경쟁력으로 수익성 악화에 불만을 가지고 있지만 보다 근본적인 원인은 재배환경관리가 이루어지고 있지 않아 생산성 및 품질에서 시장 경쟁력이 약화 되었다고 보아야한다.
- UAE의 인터넷 보급률은 2018년 기준 64.5%로 세계 평균 보급률인 54.5%보다 높은 수준으로 UAE의 인터넷 보급률은 향후 점차 높아질 것으로 전망되고 있다.
- 특히 UAE 정부는 스마트한 국가로의 변모를 목표로 각종 전략을 수립하고 행정 시스템을 디지털화하는 등 관련 분야에 적극 투자해오고 있다
- 한국의 KT는 사르자 지역에 원격제어가 가능한 스마트 팜 시범 온실을 제공하여 긍정적인 반응을 얻은 바 있음. 스마트팜의 성공적인 진출을 위해서는 ICT 기업과의 협업이 필요한 실정이다.

다) 스마트 팜 중심으로 유통, 수출 지원 집중

- UAE는 글로벌 물류 허브로 성장 할 수 있는 기반이 잘 조성되어 있음. 아부다비의 자이드 항(Zayed Port), 칼리파 항(Khalifa Port), 두바이 제벨 알리 항(Jebel Ali Port) 등이 있으며 그 중 제벨 알리 항은 세계 최고 항구 인프라를 자랑하는 곳으로, 전 세계 150개 항구와 연결이 가능하다.
- 두바이 제2공항 알막툼 국제공항이 오는 2022년 완공되며, 2030년에는 항구와 공항을 연결하는 전용 도로도 완성될 예정이다.
- 네덜란드의 농업기술에 투자를 많이 하고 있는 UAE 는 농업 기술 뿐만 아니라 물류 부분에서 크게 성공한 네덜란드의 농산물 글로벌 허브 기반 구축과 사례를 모범 삼아 중동 지역의 농산물 물류 허브로 성장하기 위한 계획을 가지고 있다.
- UAE는 현재 인도네시아, 아프리카 등에 시설 농업 생산 단지 구축을 위해 투자를 진행하고 있고 향후 발달된 물류 기지를 통해 중동 전 지역에 신선 농산물을 유통 할 수 있기를 바라고 있다.

- 특히 시설 농업에 대한 투자는 수출을 통한 수익성 제고가 가능하고 다른 산업과의 융합을 통해 농업의 부가가치를 높일 수 있기 때문에 한국형 스마트 팜 단지 구성에서 유통 및 물류 단지 계획이 포함되어야 한다.
- 기존의 물류센터에 수출 기능이 확대된 농식품 수출물류센터는 보관, 가공, 포장, 컨테이너 작업, 재고관리, 포워딩, 통관 및 세관업무, 물류정보 관리 등의 기본 업무에 수요자의 요구에 맞게 브랜드화·제품화하여 부가가치를 높일 수 있는 기능이 추가되어야 한다.
- 이러한 수출물류센터는 농식품 화물 취급장, 보관창고, 컨테이너 야드, 기타 부대시설, 훈증 및 소독시설, 패키징하우스, 유통가공 처리장 등 제반 기능을 수행할 수 있는 공동물류센터로의 구축이 이루어져야 한다.
- 특히 농식품 수출물류센터는 농식품의 선도유지와 품질 및 안전성을 보증하기 위해 저온유통이 가능한 물류 시스템 및 냉동·냉장을 위한 예냉설비, 저온창고, 냉장차 등 온습도 관리시스템 등이 필요한 실정이다.

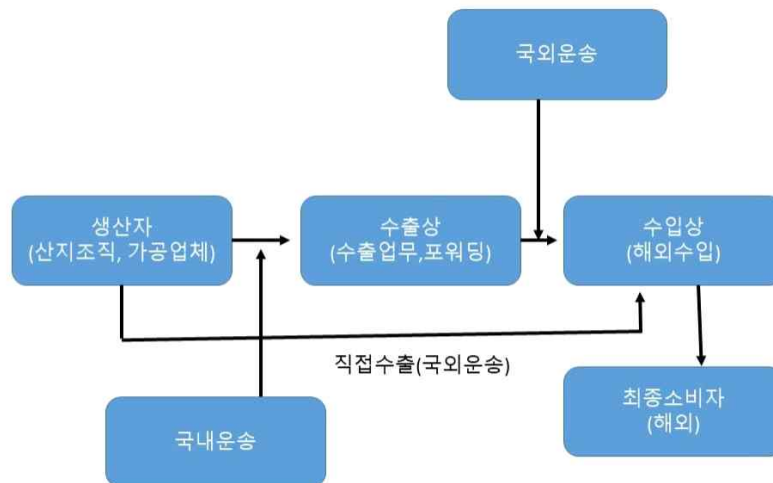


그림 193. UAE 수출물류 체계

- 초기 투자비를 절감하며 작물 생산 시 에너지 비용이 적게 들면서도 ICT 기술 및 작물 재배 기술을 통해 안정적인 생산 및 품질을 보장하여 농업 선진국들과의 경쟁에서 우위를 확보할 수 있다.

라) 교육 프로그램 및 R&D 센터

- UAE 시설농가들은 풍부한 개인소득으로 시설 농업 교육 및 운영에 비교적 적극성이 떨어질 수 밖에 없으며 시설하우스가 노후화 되어 환경제어 설비들이 제대로 운영되지 않는 어려움이 있다.
- 아부다비 투자청으로부터 지원을 받고 있는 네덜란드 온실 기술의 마다 팜스(Madar Farms)는 우선적으로 최첨단의 농업 기술을 바탕으로 농업 생산과 품질에서 우수성이 인정 되지만 재배 교육, R&D, 교육 프로그램 운영, 지역 사회 기여도, 다문화 기업 풍토 등으로 농업 생산을 넘어 사회 트렌드를 형성하고 있다.

- 수입 농산물과의 가격 경쟁 및 에너지 비용 등으로 수익성 악화를 이유로 시설 농가의 농업 생산 의욕이 감소되어 있는 상황에서 한국의 성공적인 시설재배 경험을 바탕으로 한 교육은 충분한 동기 유발이 될 수 있다.
- 한국의 재배 교육을 통한 현장 전문가 양성과 역량강화를 통해 시설하우스 경영의 노하우를 공유 하고 농가수준 별 맞춤형 교육 프로그램 운영하여야 한다.



그림 194. 한국형 스마트팜 활성화 방안

- 한국에서 추진하고 있는 스마트 팜 혁신밸리 사업의 목표는 UAE 시설 농업 현실에도 적용이 가능하다.
- UAE 정부에서 투자하는 농업 신기술 분야 발전 내용에는 현지 청년들에게 새로운 일자리를 제공하는 계획이 포함되어 있고 첨단 시설 온실을 포함하여 구형 온실에 대한 리모델링 사업 또한 조속히 실현되어야 농업 생산성 및 품질을 향상하여 수익성을 개선할 수 있을 것이다.
- 농업 생산과 제조, 가공 더 나아가 서비스업과의 융합을 통한 농업의 부가가치화를 통한 미래 농업을 위해서는 새로운 4차 산업 기술의 도입이 필수적이다.
- 현재 UAE 알아인 소재 아부다비 농식품 안전청 (Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority, ADAFSA) 연구시설 내에는 한국과 UAE 공동 연구를 위한 시설이 준비되어 있으나 비상근 운영으로 본격적인 연구가 진행되지 못하고 있다.
- 향후 알아인의 공동 연구 센터를 활성화할 필요가 있다.



그림 195. UAE 알아인 소재 공동 연구 시설

마) UAE 첨단 수출형 스마트팜 비즈니스 모델

UAE 스마트 팜 첨단 수출형 모델

◆ 첨단수출모델

농업 선진국과 기술 및 가격에서 경쟁 우위를 갖도록 설계, 지능형 관리 시스템 적용으로 3세대 온실 기술과의 연계성 제고

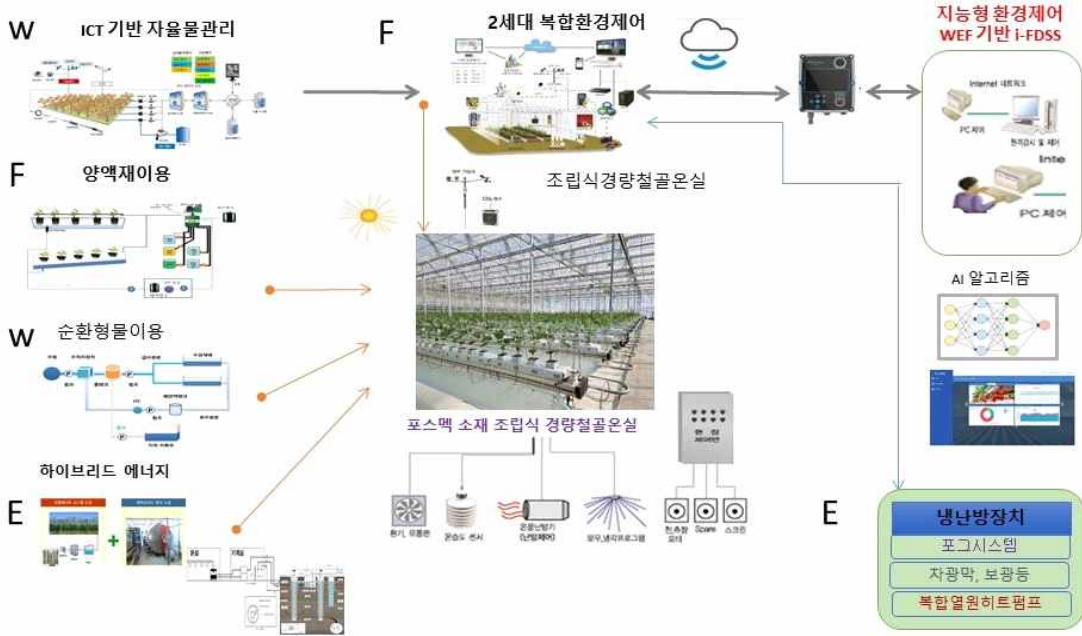


그림 196. 첨단 수출형 스마트팜 비즈니스 모델

- 현재 UAE 알아인 지역에 시공 중인 첨단 수출형 테스트 베드의 문제점을 보완하여 피복 세척 장비의 추가, 물탱크 지중화, 관수 자재의 현지화를 통한 신속한 일회용 관수 자재의 공급 및 비용 절감, 고온 및 자외선에 강한 건축 자재의 사용으로 온실 마감 품질의 안정화, 천창 및 출입구에 별도의 방충망 설치 등 개선사항을 반영하였다.
- 첨단형 수출 온실의 특징은 에너지 비용을 절감하기 위해 에너지 소모가 적은 냉방 방식을 선택적으로 사용 할 수 있는 하이브리드 냉방 방식을 적용하였다.
- 특히 물부족 국가의 현실을 반영하여 ICT 기반의 ‘토털 물 관리시스템’을 채택하여 수 처리설비를 통해 염분이 있는 지하수뿐만 아니라 바닷물 등 수원(水原)을 다양하게 변화시켜 목적에 알맞은 수자원을 확보할 수 있도록 하였다.
- 한국형 수 처리설비 운영을 통해 1일 최대 100톤의 물을 생산할 수 있음. 수처리 설비 외에도 초음파 스마트 계량계, 광학식 다항목 수질센서 등 ICT 기반의 첨단설비를 적용하였음. 첨단형 수출 모델의 재배환경 관리 기술은 스마트 팜 2세대 기술이 적용되어 인공지능(AI) 가 의사결정을 하는 기술을 적용하였다.
- 2세대 스마트 팜 기술을 통해 현지 농가들은 각 농장마다의 최적 생육 모델을 인공 지능으로 제공 받을 수 있고, 실시간으로 수집되는 작물의 재배환경과 생체정보를 클라우드의 인공지능시스템이 분석 처방하여 즉각적인 초치가 가능하다.
- 클라우드 시스템을 통해 농가 개별 특화된 재배환경 진단 및 설정, 재배 관리 처방, 수확량 및 시기 예측, 위험 감지, 고장 진단 등의 서비스를 받을 수 있게 하였다.

- 현재 UAE 알아인 지역에 시공 중인 첨단 수출형 테스트 베드에 피복 세척 장비의 추가, 물탱크 지중화, 관수 자재의 현지화를 통한 신속한 일회용 관수 자재의 공급 및 비용 절감, 고온 및 자외선에 강한 건축 자재의 사용으로 온실 마감 품질의 안정화, 천창 및 출입구에 별도의 방충망 설치 등 개선사항을 설계에 반영해야 한다.

(1) 골조

- 골조 설계 기본 개념은 현지 기후 환경을 감안하여 한국의 시방 기준으로 만족하면서 경제적인 설계를 진행하기 위해 불필요한 골조는 반영하지 않아야 한다.
- 경제성을 감안하여 구조는 철재 파이프 골조를 기본으로 설계 하지만 현지 업체의 요구 사항이 있을 경우 염분에 강한 골재를 설계에 반영 필요하다.
- 피복은 사막형 P.O. 필름을 적용하고 사막형 방충망을 채택. 기둥 높이는 4M, 폭 8M, 기둥간격은 4M, 서까래 간격은 2M로 두께는 Φ 48 파이프를 채택하였다.

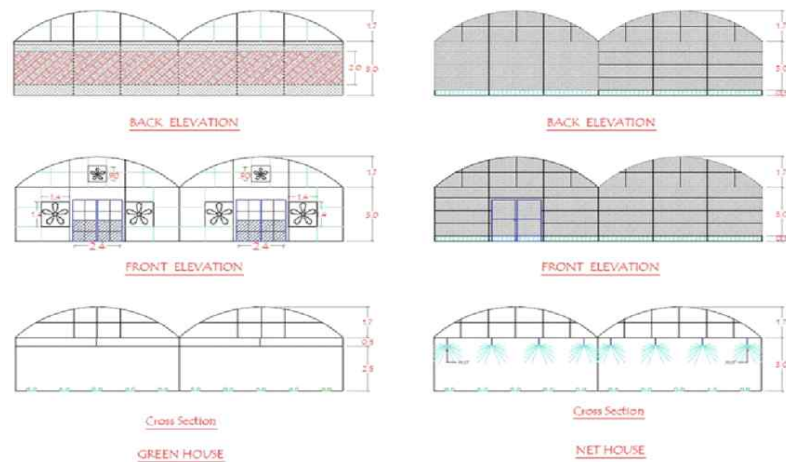


그림 197. 사막지역 일반 온실 규격

- 사막 모래 폭풍의 강도 및 경제적인 설계를 감안하여 트러스 구조를 채택하며 중방 트러스 규격은 □ 상현재 50*30*2.0, □ 하현재 50*30*2.0, 사재 Φ 16MM 로 구성. 중동 지역 사막에 보편적으로 적용되는 규격은 폭 8m, 측고 3m, 동고 5m이며 패드 앤 팬 냉방 방식을 적용하는 온실의 길이는 30~35m이고 넷 하우스는 길이는 제한이 없다.
- 사막 돌풍의 풍하중을 감안하고 한국의 시방 기준을 만족하는 설계에 기준을 적용하여 불필요한 골조를 새로 설계하였으며, 바닥의 염분에 의한 기초의 부식을 방지하기 위해 별도의 방부식 처리가 필요하다.



그림 198. 사막 온실 구조 개선안 예시
(좌: 사막형 구형 온실구조, 우 : 한국형 사막온실구조)

(2) 온실 스크린

- 차광 보온 스크린은 알루미늄 스크린을 적용하며 차광 50% 및 차광 보온 스크린으로 2중 스크린을 적용하였다.
- 네트하우스의 차광 스크린은 포그 시스템 가동 시 온도 하강 효과를 더욱 극대화시켜주며 작물의 고온 피해를 줄여 주는데 필수적이다.
- 온실 스크린 설치 시 차광 효과로 온실 내 온도를 내려 주고 불필요한 광조건을 조절해 주는 기능이 있음. 온실 내부 스크린 작동 시 공기 순환 상태를 확인하여 내부 순환팬을 작동하여야 하며, 사막 온실의 스크린 자재 결정 요인으로는 불필요한 열의 전달을 막을 수 있는 단열성이 우수하여야 한다.



그림 199. 사막 온실 스크린 기능 보완
(좌 : 당초 차광 및 단열성 부족, 우 : 한국형 알루미늄 스크린 적용)

- 알루미늄 스크린은 30~70% 까지 에너지 절감 가능함. 강렬한 태양열을 반사시켜 실내 온도를 최소 섭씨 3도 이상 낮출 수 있으며, 4년 이상 장기 사용이 가능하고 여름철엔 차광용으로 사용할 수 있어 별도의 차광 불필요하다.
- 재배작물에 따라 광량 조절이 가능토록 다양한 모델들을 선정할 수 있고 부피의 최소화로 그들이 거의 발생을 최소화할 수 있다.

(3) 복합환경제어기

- 복합환경제어 시스템은 3개 동을 동시에 컨트롤 할 수 있는 중앙 통제 방식을 적용하였다.
- 인터넷이 발달되어 있는 현지 사정을 고려하여 향후 2세대 스마트 팜 기술인 클라우드 서비스가 연계 될 수 있는 복합환경제어기를 설치하였다.
- 작물생육, 환경조성과 투입되는 자원의 통합적 관리를 위해 시스템을 구성하는 각 요인을 제어하는 프로그램을 적용하였다. 통합제어프로그램은 메인화면, I/O 리스트, PLC설정, 환기온도난방온도, 제어기기, 모니터링으로 구성되었다.

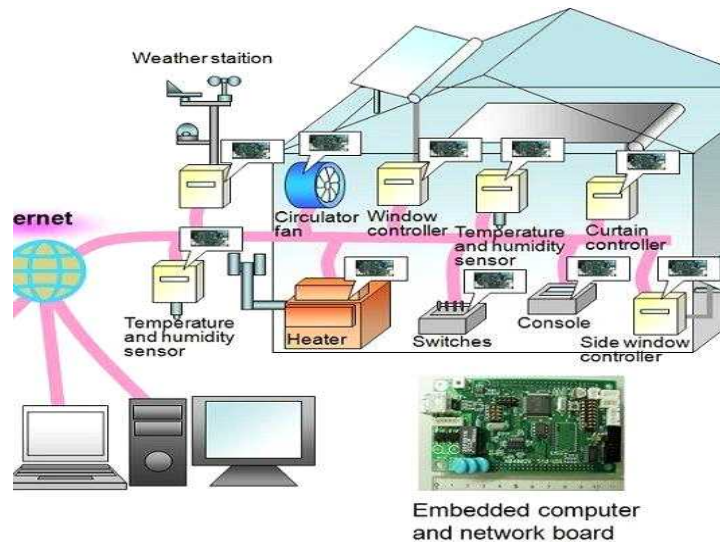


그림 200. 복합환경제어기

(4) 순환식 양액 시스템

- 물부족 국가인 UAE 온실에 기본적으로 적용되는 순환식 양액 시스템 및 RO 시스템(역삼투압 정수 시설)에 추가로 절수형 재배 베드 시스템을 적용하기도 하고 염분지하수 및 해수를 사용하는 기술 등 다양한 기술을 적용하였다.
- 한국형 순환식 양액 시스템은 재활용이 가능한 유기배지를 이용함으로써 고품질 친환경 안정생산이 가능하다.
- 한국형 배액 살균소독시스템은 설치비용이 고가의 수입산(Priva 등) 대비 20% 수준으로 설치 가능하며, 기존 살균방식 제품의 단점(운영상 램프교체, 비료성분 침전 등)을 해결할 수 있는 장점이 있다.

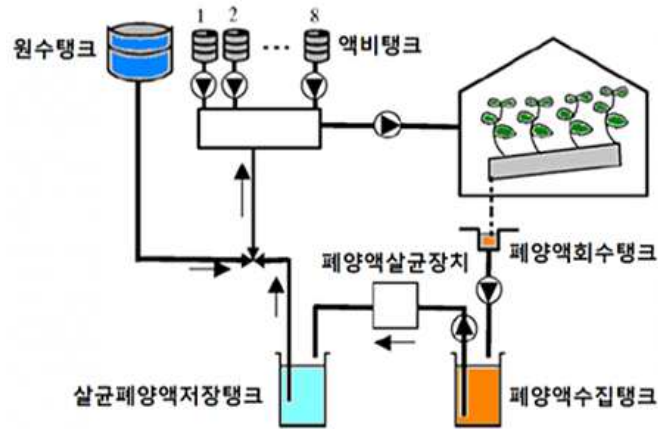


그림 201. 순환식 양액 시스템 및 RO 시스템

(5) 패드 앤 팬 냉방 시스템

- 화석연료 사용을 제한하는 중동 지역에서 에너지 소비 효율은 별도의 냉방 장치가 없는 네트하우스가 가장 경제적이며 다음으로 패드 앤 팬 냉방 방식이고 극서기 자연 통풍도 제한하는 에어컨 방식은 효율성이 떨어지는 것으로 조사되었다.
- 사막형 온실 설계에서 검토 한 네트 하우스는 작기 조절 및 연중 생산이 어려우므로 패드 앤 팬 냉방 장치를 설치한 온실과 배합을 하여 설계에 반영하였다.
- UAE 시설 농가들은 패드 앤 팬 냉방 방식을 선호하며 투르크메니스탄의 토마토 온실의 경우 패드 앤 팬 냉방 온실을 운영하지만, 경제적인 이유로 극서기에는 제한적으로 냉방 설비를 운영하여 작기 조절 및 비용 절감 효과를 극대화하고 있다.



그림 202. UAE 패드 앤 팬 냉방 설비

- 에너지 비용을 절감하기 위해 에너지 소모가 적은 냉방 방식을 선택적으로 사용할 수 있는 하이브리드 냉방 방식을 적용하였다.
- 특히 물부족 국가의 현실을 반영하여 ICT 기반의 '토털 물 관리시스템'을 채택하여 수 처리설비를 통해 염분이 있는 지하수뿐만 아니라 바닷물 등 수원(水原)을 다양하게 변화시켜 목적에 알맞은 수자원을 확보할 수 있도록 하였다.
- 한국형 수 처리설비 운영을 통해 1일 최대 100톤의 물을 생산할 수 있음. 수처리 설비 외에도 초음파 스마트 계량계, 광학식 다항목 수질센서 등 ICT 기반의 첨단 설비를 적용할 수 있다.

- 첨단형 수출 모델의 재배환경 관리 기술은 스마트팜 2세대 기술이 적용되어 인공지능(AI)가 의사결정을 하는 기술이 적용되었음. 인공지능으로 작물의 재배환경과 생육, 질병 상태를 진단할 수 있으므로 현지 시설 농업인들에게 시설 농업을 좀 더 쉽게 운영할 수 있는 기회가 될 수 있다.
- 2세대 스마트 팜 기술을 통해 현지 농가들은 각 농장마다의 최적 생육 모델을 인공지능으로 제공 받을 수 있고, 실시간으로 수집되는 작물의 재배환경과 생체정보를 클라우드의 인공지능시스템이 분석 처방하여 즉각적인 초치가 가능하다.
- 클라우드 시스템을 통해 농가 개별 특화된 재배환경 진단 및 설정, 재배 관리 처방, 수확량 및 시기 예측, 위험 감지, 고장 진단 등의 서비스를 받을 수 있다.
- UAE 스마트팜 수출 시장의 특징은 첨단 농업 기술 보유 여부이며, 비용이 많이 드는 농업용수 절약 기술 및 극서기 냉방에 소요되는 에너지 절약 기술이 대표적인 관심 기술이다.
- UAE 스마트팜 수출 비즈니스 모델은 초기 투자비 절감을 통해 가격 경쟁력 우위를 확보하고 절수형 관수 시스템 및 하이브리드 냉방 시스템을 적용하여 생산비를 최소화 하면서 네트하우스부터 복합환경제어 시스템 및 수경재배 시스템을 적용하여 생산력과 품질에서 투자 대비 수익에서 가성비를 높여야한다.
- 특히 시설 농업에 부정적인 현지 농업인들의 시설하우스 경영 참여를 위해 현지 밀착형 교육 시스템을 적용하였고, 구형 온실의 리모델링 사업화 및 신설 온실의 신속한 관리를 위해 교육과 함께 A/S 팀을 적용하였다.
- R&D센터는 기존 공동연구 시설을 활용하였다



그림 203. UAE 스마트팜 수출 비즈니스 모델(안)

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

사막형 스마트온실 최종 설계 - 설계도서(도면, 시방서 등) 제작 완료

풍하중에 대한 구조안전성 확보 - 목표로한 풍하중을 만족하는 구조안전진단 전문기관의 구조계산서 발급완료

사막형 스마트온실 현지 시공완료 및 현지 관행온실 대비 고추고 실증 - 현지 테스트베드 시공 완료(21년 12월 말)

실증 온실 모델의 운영·관리법 정립 - 테스트베드 운영 관리 매뉴얼 작성 완료

사막형 온실 냉방패키지 시스템 설계 - 냉방부하계산 결과로 선정된 냉방패키지 시스템 설계 완료

냉방기술 적용에 따른 부하 절감효과 - 시뮬레이션을 통한 냉방기술별 효과 보고서 제출 완료

냉방패키지 설치 및 운영 매뉴얼 - 냉방패키지 설치 및 운영매뉴얼 작성 완료

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

(단위 : 건, 천원)

| 성과지표명 | | 연도 | 1단계 | 2단계 | 계 | 가중치 (%) |
|-------------------------------|---------------|---------|-------------|-------------|---|---------|
| | | | (2019~2020) | (2020~2021) | | |
| 전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾ | 특허출원 | 목표(단계별) | 1 | 1 | 2 | 15 |
| | | 실적(누적) | 1 | 0 | 1 | 7.5 |
| | 특허등록 | 목표(단계별) | 종료 1차년도(1) | 종료 2차년도(1) | 2 | 0 |
| | | 실적(누적) | | | | |
| | 학술발표 | 목표(단계별) | 1 | 1 | 2 | 5 |
| | | 실적(누적) | 1 | 1 | 2 | 5 |
| 연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾ | 제품화 | 목표(단계별) | 0 | 1 | 1 | 40 |
| | | 실적(누적) | 0 | 1 | 1 | 40 |
| | 고용창출 | 목표(단계별) | 2 | 0 | 2 | 25 |
| | | 실적(누적) | 2 | 0 | 2 | 25 |
| | 인력양성 | 목표(단계별) | 1 | 1 | 2 | 5 |
| | | 실적(누적) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 정책활용 홍보 전시 | 목표(단계별) | 1 | 1 | 2 | 10 |
| | | 실적(누적) | 0 | 2 | 2 | 10 |
| | 계 | | | | | 100 |
| | | | | | | 87.5 |

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신물질 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과,

투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

| 평가 항목 (주요성능 ¹⁾) | 단위 | 전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%) | 세계 최고 | | 연구개발 전 국내 성능수준 | 연구개발 목표치 | | 목표설정 근거 |
|--------------------------------|----|-----------------------------------|----------|------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| | | | 보유국/보유기관 | 성능수준 | 성능수준 | 1단계 (YYYY~YYYY) | n단계 (YYYY~YYYY) | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |

- * 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.
- * 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

| 번호 | 논문명 | 학술지명 | 주저자명 | 호 | 국명 | 발행기관 | SCIE 여부 (SCIE/비SCIE) | 게재일 | 등록번호 (ISSN) | 기여율 |
|----|------------------------------------|----------|------|----------|------|--------------|-------------------------|------------|----------------|--------------|
| 1 | 사막기후 스마트팜 적용 냉방패키지 시스템의 냉방효과 비교분석 | 설비공학 논문집 | 최슬건 | 제33권 12호 | 대한민국 | 사단법인 대한설비공학회 | 비SCIE | 2021.12.10 | 1229-6422 | ㈜우원엠 엔이 100% |
| 2 | 스마트팜 적용 피복재의 시험을 통한 성능평가 및 냉방부하 분석 | 설비공학 논문집 | 박두용 | 제34권 2호 | 대한민국 | 사단법인 대한설비공학회 | 비SCIE | 2022.02.10 | 1229-6422 | ㈜우원엠 엔이 100% |

국내 및 국제 학술회의 발표

| 번호 | 회의 명칭 | 발표자 | 발표 일시 | 장소 | 국명 |
|----|-----------------------|-----|------------|-------------|------|
| 1 | 대한설비공학회 2019 동계학술발표대회 | 박두용 | 2019.11.22 | 고려대학교 하나스퀘어 | 대한민국 |
| 2 | 2020 대한설비공학회 하계학술발표대회 | 최슬건 | 2020.06.19 | 강원도 휘닉스 평창 | 대한민국 |

기술 요약 정보

| 연도 | 기술명 | 요약 내용 | 기술 완성도 | 등록 번호 | 활용 여부 | 미활용사유 | 연구개발기관 외 활용여부 | 허용방식 |
|----|-----|-------|--------|-------|-------|-------|---------------|------|
| | | | | | | | | |

보고서 원문

| 연도 | 보고서 구분 | 발간일 | 등록 번호 |
|----|--------|-----|-------|
| | | | |

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

| 번호 | 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명 | 등록/기탁 번호 | 등록/기탁 기관 | 발생 연도 |
|----|------------------------|----------|----------|-------|
| | | | | |

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

| 번호 | 지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재) | 국명 | 출원 | | | | 등록 | | | 기여율 | 활용 여부 |
|----|--------------------------|------|-------------------|----------------|-------------------------|----------|-----|-----|-------|-----|----------|
| | | | 출원인 | 출원일 | 출원 번호 | 등록 번호 | 등록인 | 등록일 | 등록 번호 | | |
| 1 | (특허)사막지역 온실용 차광 시스템 | 대한민국 | 주식회사 그린플러 스 | 2020.06 .05 | 10-2020 -006830 9 | | | | | | |

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

| 번호 | 제품화 | 방어 | 전용실시 | 통상실시 | 무상실시 | 매매/양도 | 상호실시 | 담보대출 | 투자 | 기타 |
|----|-----|----|------|------|------|-------|------|------|----|----|
| | | | | | | | | | | |

저작권(소프트웨어, 서적 등)

| 번호 | 저작권명 | 창작일 | 저작자명 | 등록일 | 등록 번호 | 저작권자명 | 기여율 |
|----|------|-----|------|-----|-------|-------|-----|
| | | | | | | | |

신기술 지정

| 번호 | 명칭 | 출원일 | 고시일 | 보호 기간 | 지정 번호 |
|----|----|-----|-----|-------|-------|
| | | | | | |

기술 및 제품 인증

| 번호 | 인증 분야 | 인증 기관 | 인증 내용 | | 인증 획득일 | 국가명 |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| | | | 인증명 | 인증 번호 | | |
| | | | | | | |

표준화

○ 국내표준

| 번호 | 인증구분 ¹⁾ | 인증여부 ²⁾ | 표준명 | 표준인증기구명 | 제안주체 | 표준종류 ³⁾ | 제안/인증일자 |
|----|--------------------|--------------------|-----|---------|------|--------------------|---------|
| | | | | | | | |

* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

| 번호 | 표준화단계구분 ¹⁾ | 표준명 | 표준기구명 ²⁾ | 표준분과명 | 의장단 활동여부 | 표준특허 추진여부 | 표준개발 방식 ³⁾ | 제안자 | 표준화 번호 | 제안일자 |
|----|-----------------------|-----|---------------------|-------|-------------|--------------|--------------------------|-----|-----------|------|
| | | | | | | | | | | |

* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS),

국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 2」 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

* 3」 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

| 번호 | 시제품명 | 출시/제작일 | 제작 업체명 | 설치 장소 | 이용 분야 | 사업화 소요 기간 | 인증기관 (해당 시) | 인증일 (해당 시) |
|----|------|--------|--------|-------|-------|--------------|----------------|---------------|
| | | | | | | | | |

□ 기술 실시(이전)

| 번호 | 기술 이전 유형 | 기술 실시 계약명 | 기술 실시 대상 기관 | 기술 실시 발생일 | 기술료 (해당 연도 발생액) | 누적 징수 현황 |
|----|-------------|-----------|----------------|--------------|--------------------|-------------|
| | | | | | | |

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

| 번호 | 추가 연구개발 투자 | 설비 투자 | 기타 투자 | 합계 | 투자 자금 성격* |
|----|------------|-------|-------|----|-----------|
| | | | | | |

□ 사업화 현황

| 번호 | 사업화 방식 ¹⁾ | 사업화 형태 ²⁾ | 지역 ³⁾ | 사업화명 | 내용 | 업체명 | 매출액 | | 매출 발생 연도 | 기술 수명 |
|----|-------------------------|----------------------|------------------|----------------------|---|--------------|------------|------------|-------------|----------|
| | | | | | | | 국내 (천원) | 국외 (달러) | | |
| 1 | 자기실시 | 제품화 | 국외 | 사막기후 적응형 스마트온실 | 고온 건조한 사막기후 에 적응 가능한 한국형 냉방패키 지 적용 물 절약형 스마트온 실 | (주)그린플 러스 | - | - | | |

* 1」 기술이전 또는 자기실시

* 2」 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3」 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

| 사업화명 | 발생 연도 | 매출액 | | 합계 | 산정 방법 |
|------|-------|--------|--------|----|-------|
| | | 국내(천원) | 국외(달러) | | |
| | | | | | |
| 합계 | | | | | |

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

| 성과 | | | | | |
|-----------------|--------------------------------|-------|------|------|------|
| 사업화 계획 | 사업화 소요기간(년) | | | | |
| | 소요예산(천원) | | | | |
| | 예상 매출규모(천원) | 현재까지 | 3년 후 | 5년 후 | |
| | 시장 점유율 | 단위(%) | 현재까지 | 3년 후 | 5년 후 |
| | | 국내 | | | |
| | 국외 | | | | |
| | 향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획 | | | | |
| 무역 수지 개선 효과(천원) | 수입대체(내수) | 현재 | 3년 후 | 5년 후 | |
| | 수출 | | | | |

□ 고용 창출

| 순번 | 사업화명 | 사업화 업체 | 고용창출 인원(명) | | 합계 |
|----|--------------------------------|----------|------------|-------|----|
| | | | 2019년 | 2020년 | |
| 1 | 사막기후 적응형 스마트온실 및 냉방패키지 실증모델 개발 | (주)그린플러스 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | 사막기후 적응형 스마트온실 및 냉방패키지 실증모델 개발 | (주)우원엠앤이 | 2 | 1 | 3 |
| 합계 | | | | | |

□ 고용 효과

| 구분 | | | 고용 효과(명) | |
|-------|------|------|----------|--|
| 고용 효과 | 개발 전 | 연구인력 | | |
| | | 생산인력 | | |
| | 개발 후 | 연구인력 | 7 | |
| | | 생산인력 | | |

□ 비용 절감(누적)

| 순번 | 사업화명 | 발생연도 | 산정 방법 | 비용 절감액(천원) |
|----|------|------|-------|------------|
| | | | | |
| 합계 | | | | |

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

| 구분 | 사업화명 | 수입 대체 | 수출 증대 | 매출 증대 | 생산성 향상 | 고용 창출 (인력 양성 수) | 기타 |
|-------|------|-------|-------|-------|--------|-----------------|----|
| 해당 연도 | | | | | | | |
| 기대 목표 | | | | | | | |

□ 산업 지원(기술지도)

| 순번 | 내용 | 기간 | 참석 대상 | 장소 | 인원 |
|----|----|----|-------|----|----|
| | | | | | |

기술 무역

(단위: 천원)

| 번호 | 계약 연월 | 계약 기술명 | 계약 업체명 | 계약업체 국가 | 기 징수액 | 총 계약액 | 해당 연도 징수액 | 향후 예정액 | 수출/수입 |
|----|-------|--------|--------|---------|-------|-------|-----------|--------|-------|
| | | | | | | | | | |

[사회적 성과]

법령 반영

| 번호 | 구분 (법률/시행령) | 활용 구분 (제정/개정) | 명 칭 | 해당 조항 | 시행일 | 관리 부처 | 제정/개정 내용 |
|----|-------------|---------------|-----|-------|-----|-------|----------|
| | | | | | | | |

정책활용 내용

| 번호 | 구분 (제안/채택) | 정책명 | 관련 기관 (담당 부서) | 활용 연도 | 채택 내용 |
|----|------------|-----|---------------|-------|-------|
| | | | | | |

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

| 번호 | 구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서) | 활용 구분 (신규/개선) | 설계 기준/설명서/지침/안내서 명칭 | 반영일 | 반영 내용 |
|----|-----------------------|---------------|---------------------|-----|-------|
| | | | | | |

전문 연구 인력 양성

| 번호 | 분류 | 기준 연도 | 현황 | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|-------|-----|----|----|----|----|---|-----|-----|-----|-----|----|--|--|--|--|--|
| | | | 학위별 | | | | 성별 | | 지역별 | | | | | | | | | |
| | | | 박사 | 석사 | 학사 | 기타 | 남 | 여 | 수도권 | 충청권 | 영남권 | 호남권 | 기타 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

산업 기술 인력 양성

| 번호 | 프로그램명 | 프로그램 내용 | 교육 기관 | 교육 개최 횟수 | 총 교육 시간 | 총 교육 인원 |
|----|-------|---------|-------|----------|---------|---------|
| | | | | | | |

다른 국가연구개발사업에의 활용

| 번호 | 중앙행정기관명 | 사업명 | 연구개발과제명 | 연구책임자 | 연구개발비 |
|----|---------|-----|---------|-------|-------|
| | | | | | |

국제화 협력성과

| 번호 | 구분 (유치/파견) | 기간 | 국가 | 학위 | 전공 | 내용 |
|----|------------|----|----|----|----|----|
| | | | | | | |

□ 홍보 실적

| 번호 | 홍보 유형 | 매체명 | 제목 | 홍보일 |
|----|-------------------|-------|------------------------------|------------|
| 1 | Internet/PC통신, 기타 | 뉴스스 외 | 이호승 정책실장, UAE 한국형 스마트팜 온실 방문 | 2022.01.17 |

□ 포상 및 수상 실적

| 번호 | 종류 | 포상명 | 포상 내용 | 포상 대상 | 포상일 | 포상 기관 |
|----|----|-----|-------|-------|-----|-------|
| | | | | | | |

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

| 구축기관 | 연구시설/ 연구장비명 | 규격 (모델명) | 개발여부 (○/×) | 연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부 | 연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호 | 구축일자 (YY.MM.DD) | 구축비용 (천원) | 비고 (설치 장소) |
|------|----------------|-------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------|---------------|
| | | | | | | | | |

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

| 성과유형 | 첨부자료 예시 |
|---------------------|--|
| 연구논문 | 논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가) |
| 지식재산권 | 산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함) |
| 제품개발(시제품) | 제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료 |
| 기술이전 | 기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등 |
| 사업화 (상품출시, 공정개발) | 사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등 |
| 품목허가 | 미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서 |
| 임상시험실시 | 임상시험계획(IND) 승인서 |

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

| 구분 | 대상 | 등록 및 기탁 범위 |
|----|-------------|---|
| 등록 | 논문 | 국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함) |
| | 특허 | 국내외에 출원 또는 등록된 특허정보 |
| | 보고서원문 | 연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문 |
| | 연구시설·장비 | 국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비 |
| | 기술요약정보 | 연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보 |
| | 생명자원 중 생명정보 | 서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보 |
| | 소프트웨어 | 창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보 |
| | 표준 | 「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다] |
| 기탁 | 생명자원 중 생물자원 | 세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원 |
| | 화합물 | 합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보 |
| | 신물질 | 생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신물질 및 관련 정보 |

2) 목표 달성 수준

| 추진 목표 | 달성 내용 | 달성도(%) |
|--------------------------------------|---|--------|
| 사막형 스마트온실 최종 설계 | 설계도서(도면, 시방서 등) 제작 완료 | 100 |
| 풍하중에 대한 구조안전성 확보 | 목표로한 풍하중을 만족하는 구조안전진단 전문기관의 구조계산서 발급완료 | 100 |
| 사막형 스마트온실 현지 시공완료 및 현지 관행온실 대비 고층고실증 | 현지 테스트베드 시공 완료(21년 12월 말) | 100 |
| 실증 온실 모델의 운영·관리법 정립 | 테스트베드 운영 관리 매뉴얼 작성 완료 | 100 |
| 사막형 온실 냉방패키지 시스템 설계 | 냉방부하계산 결과로 선정된 냉방패키지 시스템 설계 완료 | 100 |
| 냉방기술 적용에 따른 부하 절감효과 | 시뮬레이션을 통한 냉방기술별 효과 보고서 제출 완료 | 100 |
| 냉방패키지 설치 및 운영 매뉴얼 | 냉방패키지 설치 및 운영매뉴얼 작성 완료 | 100 |
| 온실 실내온도 조건 30℃ | 지연된 온실 시공으로 인하여 동절기 테스트는 완료 하였지만 하절기 테스트 미수행 2022년 하절기 수행 후 결과보고 제출 예정 | 50 |
| 물 사용량(양액 리사이클링) 20% 절약 | 지연된 온실 시공으로 인하여 현재 진행 중 2022년 물절약데이터 수집 후 결과보고 제출 예정 | 20 |

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

본 연구팀이 제시한 정량 목표 중 특허출원 목표 총 2건 중 1건과 인력양성을 과제종료 시점 기준 달성을 미달 하였습니다,

당초 계획은 UAE 현지 스마트온실 테스트베드 시공 완공 후 각종 실험 진행과 평가를 통하여 테스트베드에 설치 된 시스템에 대하여 특허를 출원 할 예정 이었으나, 전 세계적인 코로나19 대유행으로 인하여 UAE 온실 해외 시공이 매우 늦어졌습니다 또한 현지 연구팀과 활발한 교류를 통하여 인력 양성을 하려 하였으나 미달 하였습니다

정성적 목표로는 당초 온실 시공 후 하절기 온실 실내온도 조건 및 물사용량 감소에 대한 데이터를 제시하기로 하였으나, 현지 테스트베드 시공이 2021년 말에 완료되어 연구를 현재 수행 중입니다

2022년 하절기 UAE 현지 실증 테스트를 수행하여 결과를 추가 보고서로 전문기관에 제출 하겠습니다

정량적 목표로 2022년 2월 현재 특허 출원 신청 중이며 출원 신청이 되면 관리기관에 추가 실적 제출을 하겠습니다

2) 자체 보완활동

2022년 2월 현재 UAE 현지 테스트베드 시공을 완료한 상태이며, 현지 공동연구기관인 ADAFSA의 연구진들과 온실 내부 환경평가 및 작물 재배 테스트를 진행 중입니다

2022년 하절기 온실 실증 테스트를 수행하여, 온실 실내온도 및 물사용량 감소 실측보고서를 제출 하겠습니다

또한, 미달한 특허 1건을 출원 중이며, 출원 후 성과를 등록 하겠습니다

현재 주관기관은 본 과제의 후속과제인 “2021년 농식품 수출비즈니스 전략모델 구축사업” 인 “UAE 맞춤형 외부차광 및 증발냉각시스템 수출 기술개발” 연구과제에 선정되어, 전세계적인 코로나19 유행으로 인하여 본 과제에서 미비했던 부분들을 2022년 말 까지 추가 연구로 진행 하고 있습니다.

후속연구를 성실히 수행하여 본 과제에서 목표로 했던 내용들 이상의 성과를 낼 수 있도록 최선을 다하여 연구 수행 하겠습니다

3) 연구개발 과정의 성실성

본 과제 시작일 이후 UAE 현지출장을 통하여 현지 정보를 수집 후 온실 설계를 진행 하였습니다. 온실 설계 후 빠른 시공을 위하여 시공 자재들을 준비하여 컨테이너선을 통한 해외 운송을 시작 하였습니다.

이후 현지 온실 시공을 위하여 기초시공 슈퍼바이저 및 온실 시공 슈퍼바이저, 공정별 시공팀 5개 팀을 UAE 현지로 파견하여, 시공을 진행 하였습니다.

또한 현지 기초시공을 위하여 현지 협력업체를 발굴, 자재 현지 수급을 하기 위해 수차례 해외 출장을 통해 현지 업체들과 미팅 및 협의를 하여 업체를 선정완료 후 시공을 진행 하였습니다. 한국의 온실기술 및 자재의 현지시장 진출을 위하여, 국내 온실 설비 및 자재 업체들과 만나 사막기후에 적합한 자재들을 개발요청 및 구매하여 거의 대부분의 현지 테스트베드 구축 재료 및 설비는 대한민국의 업체 제품을 사용 하였습니다.

상기 내용 외에도 한국의 스마트팜을 UAE 현지에 시공 및 시장발굴을 위하여, 대한민국 온실 업체를 대표한다는 마음으로 수많은 노력을 하였습니다

그럼에도 불구하고 코로나19의 전세계적인 유행으로 인하여, 해외운송의 차질, UAE 현지 공항(아부다비, 두바이)의 폐쇄로인한 현지 입국불가 등 외부적인 요인으로 인해 연구 진행이 매우 딜레이가 되었습니다

이에 본 연구 주관기관은 연구내용의 성실달성을 위해 본 연구의 후속과제에 신청 및 선정되어 2022년 말까지 추가적인 연구를 UAE 현지에서 수행하고 있습니다.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

UAE를 비롯한 중동지역은 식량수급을 전적으로 수입에 의존 하였지만, 식량안보의 중요성이 대두됨에 따라 자국내 생산을 위하여 노력 중이다

현재 네덜란드를 비롯 한 유럽의 온실 기업들이 중동으로 진출하여 있으며, 최근에는 중국 및 인도 등 가성비를 앞세운 온실 업체들이 점유율을 높이고 있다

본 연구를 통하여 한국형 온실의 연구결과가 성공적으로 도출된다면 UAE를 비롯 한 중동지역 GCC 6개국에 한국의 온실 자재 및 설비를 수출 할 발판이 되며, 국내 온실분야에 새로운 해외 시장을 발굴할 수 있다고 판단되며, 관련 분야에 대한 기여는 매우 높다고 판단됩니다.

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

본연구의 성과물인 설계도서, 특허 등의 자료들은 대·중소기업 농어업협력재단에 “기술자료 임치”를 신청할 예정이며, 이를 통하여 개발기업의 기술을 보호하고 사용기업의 기술자료의 안정적 사용을 도모할 예정입니다

또한 UAE 현지에 구축 한 테스트베드는 현지 공동연구기관인 ADAFSA와 지속적으로 연구를 진행 할 수 있도록 2021년에 추가적인 MOU를 체결 완료 하였습니다.

추가적으로 UAE 현지 온실과 테스트베드의 비교를 통하여 한국 온실 기술 및 자재의 우수성을 알리며, 한국 온실기업의 중동 진출에 기여 하겠습니다

실제로 UAE에 구축 한 연구온실에 대하여 많은 문의가 왔으며, 22년 2월 쿠웨이트 기업과 협업하여 현지 진출을 준비 하고 있습니다.

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

| 구분(정량 및 정성적 성과 항목) | | 연구개발 종료 후 5년 이내 매년 목표치 |
|---------------------|-------|---------------------------|
| 국외논문 | SCIE | |
| | 비SCIE | |
| | 계 | |
| 국내논문 | SCIE | |
| | 비SCIE | |
| | 계 | |
| 특허출원 | 국내 | 1 |
| | 국외 | |
| | 계 | |
| 특허등록 | 국내 | |
| | 국외 | |
| | 계 | |
| 인력양성 | 학사 | |
| | 석사 | |
| | 박사 | |
| | 계 | |
| 사업화 | 상품출시 | 1 |
| | 기술이전 | |
| | 공정개발 | |
| 제품개발 | 시제품개발 | |
| 비임상시험 실시 | | |
| 임상시험 실시 (IND 승인) | 의약품 | 1상 |
| | | 2상 |
| | | 3상 |
| | 의료기기 | |
| 진료지침개발 | | |
| 신의료기술개발 | | |
| 성과홍보 | | |
| 포상 및 수상실적 | | 2 |
| 정성적 성과 주요 내용 | | |

< 별첨 자료 >

| 중앙행정기관 요구사항 | 별첨 자료 |
|-------------|-----------------------------|
| 1. | 1) 자체평가의견서 2) 연구성과 활용계획서 |
| 2. | 1) 2) |

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.