

보안과제(), 일반과제(○)/공개(○), 비공개() 발간등록번호()
첨단생산기술개발사업 제3차 연도 결과보고서

발간등록번호

11-1543000-002528-01

과제명 : 기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용
순화/육묘 체계구축 최종보고서

2018. 12. 31.

주관연구기관 / 농업회사법인(주)유니플랜텍
협동연구기관 / 강원대학교
/ 아그로손

농 립 축 산 식 품 부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “기내 클론묘 산업화를 위한 ICT 적용 순화/육묘 체계구축”
(개발기간 : 2016. 09. ~ 2018. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 31.

주관연구기관명 : 농업회사법인(주)유니플랜텍 (윤여중) (인)

협동연구기관명 : 강원대학교 (최기영) (인)

아그로손 (정희석) (인)

참여기관명 : 농업회사법인(주)유니플랜텍 (윤여중) (인)

주관연구책임자 : 윤여중

협동연구책임자 : 최기영

참여기관책임자 : 정희석

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

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	116058-03 -03-SB010	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.09.05.~ 2018.12.31	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구 사업 명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축			
연구 책임자	윤여중	해당단계 참여연구원 13수	총: 13 명 내부: 1 명 외부: 12 명	해당단계 연구개발비	정부:300,000천원 민간: 75,000천원 계:375,000천원
		총 연구기간 참여연구원 39수	총: 39 명 내부: 3 명 외부: 36 명	총 연구개발비	정부:700,000천원 민간:175,000천원 계:875,000천원
연구기관명 및 소속부서명	농업회사법인(주)유니플랜텍 식물소재개발연구소			참여기업명 농업회사법인(주)유니플랜텍 아그로손	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	2	5	1			2					

국가과학기술중합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

- 작물별 기내 최종 배양묘 규격조건 구명 및 순화율 향상 조건 구명
 - 기내 배양 stage별 배양환경 조건 구명
 - 기내 최종 발근조건 구명
 - 순화율 향상을 위한 순화실 환경조건 및 전처리 조건 구명
 - 수화율 향상을 위한 기내묘 표준규격 제시
 - 목본류/난류/초본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP개발
 - 작물별 기내배양 최종규격 및 표준 작업 process 개발
 - 작물별 순화/육묘 최종규격 및 표준 작업 process 개발
 - Microponic system을 이용한 작물별 순화/육묘 환경조건 구명
 - 팔레놉시스 순화와 육묘 환경구명
 - 사과 왜성대목 M9의 순화와 육묘 환경 구명
 - 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석
 - 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발
 - 센싱서버 개발
 - 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현
 - 표준작업 공정에 따른 SOP 공정알림 시스템 개발
 - 광원의 스펙트럼분석 및 전력사용량의 조사
 - 기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축
 - 기내배양 환경 및 표준작업공정과 순화/육묘 환경 및 표준작업공정을 확립하고
 - 순화과정의 현장 환경관리의 중요성, 일관된 공정 관리의 필요성에 맞춰 표준공정 및 스케줄 관리 시스템을 통한 순화/육묘체계 구축
- 요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수:176쪽

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축 ○ 작물별 기내 최종 배양묘 규격조건 구명 및 순화율 향상 조건 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 기내 배양 stage별 배양환경 조건 구명 - 기내 최종 발근조건 구명 - 순화율 향상을 위한 순화실 환경조건 및 전처리 조건 구명 - 수화율 향상을 위한 기내묘 표준규격 제시 ○ 목본류/난류/초본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP개발 ○ Microponic system을 이용한 작물별 순화/육묘 환경조건 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 팔레놉시스 순화와 육묘 환경구명 - 사과 왜성대목 M9의 순화와 육묘 환경 구명 - 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석 ○ 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센싱서버 개발 - 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현 - 표준작업 공정에 따른 SOP 공정알림 시스템 개발 - 광원의 스펙트럼분석 및 전력사용량의 조사
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목본류/난류 기내 클론묘 대량순화 및 규격 포트묘 생산 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 기내배양 단계별 생산시스템 확립 - 순화 단계별 생산시스템 확립 ○ 기내묘 생산관리 SOP 및 표준규격 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 작물별(숙근/난류/목본류) 생산관리 및 표준규격 제시 ○ 순화/육묘 단계별 영양계묘 표준규격 및 SOP 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 1단계 순화, 2단계 순화, 3단계 육묘 조건 및 규격확립 ○ 기내 클론묘 순화 및 육묘를 위한 ICT적용 Microponic system 환경 조건 구명 <ul style="list-style-type: none"> - Microponic 시스템 구축을 위한 팔레놉시스 환경과 생육 구명 - Microponic 시스템 구축을 위한 사과대목'M9' 환경와 생육 구명 ○ 센싱서버 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모바일 센싱서버 개발, 통합 DB 서버의 구현, DB 관리 프로그램 개발 ○ 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 제어서버 개발,원격 환경제어시스템의 구현,제어신호 강제 취득 방법 구현,화상 송출 서버 구현 ○ 공정 알림 시스템의 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 스케줄러 전파 시스템의 개발 ○ 광원의 스펙트럼분석 및 전력사용량의 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 광원 스펙트럼분석,운용 전력량 조사

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 클론묘 순화/육묘 체계 구축으로 영양계 종묘 공정육묘에 활용 ○ 육묘산업 육성정책에 대비한 영양계묘 육묘의 SOP 및 표준규격 제시로 조직배양 클론묘의 공정육묘 활성화 ○ 표준화된 육묘, 순화공정에 따른 SOP 알림 시스템을 이용하여 작업자에게 일관된 작업을 유지하게 하므로 양산성 증대 및 고품질 묘 생산에의 기대 ○ 조직배양묘 순화-육묘 공정의 단독형 센싱서버개발로 현장 관리 편의성 증대 ○ 센싱서버 내 요소별 관계점의 범위 이탈시 실시간 알람 발생 및 전달로 구역 관리의 정밀성 증대 ○ 공정전파시스템 적용에 따른 다수개의 공정 관리 및 작업지시 편리성 증대 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>기내 클론묘</p>	<p>순화</p>	<p>육묘</p>	<p>microponic</p>	<p>ICT</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>					

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

제1장. 연구개발과제의 개요	1
1절. 연구개발 목적	2
2절. 연구개발의 필요성	2
3절. 연구개발 범위	2
제2장 연구수행 내용 및 결과	4
1절. 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발	4
1. 팔레놉시스 기내 최종 배양묘의 규격조건 구명 및 순화율 향상 조건 구명	4
2. 목본류 기내 최종 배양묘의 규격조건 구명 및 순화율 향상 조건 구명	12
2절. Microponic system을 위한 원예작물 순화, 육묘 환경구명	20
1. Microponic system을 위한 팔레놉시스 순화와 육묘 환경 구명....	20
2. 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석	34
3. Microponic system을 위한 기내 배양 사과 왜성대목 ‘M9’의 순화와 육묘 환경 구명.....	56
4. Microponic system을 이용한 팔레놉시스와 기내배양 사과대목 ‘M9’ SOP 개발	79
3절. 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발	84
1. 센싱서버 개발	84
2. 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현	108
3. 표준작업 공정에 따른 SOP 공정알림 시스템의 개발	122
4. 통합 서비스 시스템의 현장 적용	133
5. 광원의 스펙트럼분석 및 전력사용량의 조사	141
4절 주관/협동기관종합 순화/육묘 최적화 Microponic system 구현	150
5절 초본류/난류/목본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP개발	152
1. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 - 기본	152
2. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 - 초본류 및 속근초	154

3. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 - 난류-팔레놉시스.....	157
4. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 - 목본류-사과왜성대목	160
6절. 기내 CLONE묘 산업화를 위한 국내생산 경쟁력 비교	164
1. 종묘 공급 농가의 재배성적 및 종묘 성능 비교 검토	164
2. 산업화를 위한 종묘생산 원가 및 현실적 공급가의 비교검토	164
3. 초본류의 기내발근 및 기외발근에 따른 경제성 및 효율성 분석	166
4. 기내 clone묘 수출 가능성 타진	166
5. 표준공정을 활용한 사업화	167
6. 영양계 육묘규격 활용. 확산방안	168
7절. 사업성과 및 매출실적	168
1. 사업성과	168
2. 사업화 계획 및 매출실적	168
제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	170
제4장. 연구결과의 활용 계획 등	172
붙임. 참고 문헌	174

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제 1 장 연구개발과제의 개요

- 전체 육묘시장 규모는 2013년 2,420억원에서 2023년 4,000억원 대로 성장할 것으로 추정하고, 육묘산업 전반의 체질을 개선하기 위한 움직임이 본격화되고 있다.
- 영양계 작물의 시장규모는 과수 총생산액 3조5천억, 영양계 채소류 2조2천, 화훼류 7천억으로 영양계 원예작물은 총 6조 4천억 규모의 시장을 가지고 있다.
- 영양계 작물의 종묘시장은 과수 450억, 화훼류 811억, 채소류 395억 총 1,665*억의 큰 시장을 가지고 있으나, 현재는 관행의 삽목, 접목을 통해서 이루어지거나, 번식이 용이하지 않은 작물은 전량 수입에 의존되어 있다고 할 수 있다.
- 영양계번식 작물은 종자번식 작물의 육묘개념과는 달리 ‘번식’ 과 ‘육묘’ 가 병행되는 특징을 가지고 있어, 클론묘 산업화를 위해서는 조직배양에 의한 무병주 생산과 대량번식, 순화 그리고 육묘까지 **종합적 생산체계가 확립**되어야한다.
- 그러나, 국내 조직배양실은 90년대 초 200개까지 존재하였으나, 품종 로열티 요구와 함께 조직배양기술 및 순화기술 부족으로 대부분의 조직배양실이 와해되어 현재는 영양계묘 시장 자체가 수입에 의존되어 있거나, 관행의 삽목, 접목 등의 번식방법에 의존하면서 품질이 저하되고 있다.
- 이렇게 오랫동안 영양계작물의 증식/육묘체계가 확립되어 있지 못한 것은, 국내 신품종이 개발되지 못하면서 외국 품종의 복제에 대한 국제적 비난과 더불어 복제품의 전적인 국내 시장 의존 등에 의한 영세성이 서로 맞물려 조직배양을 이용한 증식체계 구축자체가 와해된 것으로 생각된다.
- 국내에서도 2000년대 들어서면서 과수, 화훼, 채소분야에서 영양계번식 작물의 신품종 개발이 활발하게 이루어져, 2019년 2월 현재 국립종자원에 품종출원 및 등록된 영양계작물 중 과수는 496개(국내 312개), 화훼 4,344개(국내 1,929개), 딸기 23개(국내 17개), 마늘 11개가 출원 등록되어있다.
- 그러나 개발된 품종의 증식은 조직배양을 이용한 무병묘 생산보다는 삽목, 접목 등의 관행의 방법에 의존하고 있어 새로 육성된 품종이 조기에 퇴화하는 현상과, 국내 증식체계 미흡으로 해외에 의뢰하여 다시 수입하는 현상이 발생되고, 이렇게 나간 신품종은 복제되어 시장에 유통되는 경우도 발생하고 있다.
- 국내에는 조직배양묘의 순화, 육묘 전문 시설로 운용중인 육묘장이 전무하며(주로 채소종자육묘), 조직배양묘의 순화, 육묘의 과정을 명확히 이해하는 관리자가 없다.
- 조직배양묘의 순화 과정은 기타 공정육묘에 사용되는 접목묘 등의 순화, 육묘의 조건과 분명히 차이가 있고 각 공정 단계별 및 배양묘의 특성에 따라서도 상이하므로, 조직배양묘의 생육 관리에 있어서 단계별 환경조건의 제어 방법 도출 및 실시간 감시 체계의 개발이 요구되고 있다.
- 본 과제를 통하여 영양계번식 작물의 순화에 적합한 기내 배양 식물체 양성체계와 개발한 순화시스템을 보완 실증을 통해 영양계 번식작물의 번식, 육묘체계를 확립하고, 순화 및 육묘과정의 QC, SOP(Standard Operation Program) 개발하여 향후 정부에서 진행하고자 하는

중요업 등록제, 품질인증제, 이력제등과 연계할 수 있는 기술로 발전시킬 것이다.

1절. 연구개발 목적

- 목본류/난류/초본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발
- Microponic system을 이용한 작물별 순화/육묘 환경조건 구명
- 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발
- 기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축

2절. 연구개발의 필요성

- 육묘산업 발전 대책 3대 추진전략은 육묘관리제도 선진화, 우량묘 생산 기반 조성, 우량묘 유통. 소비 활성화 등이다.
- 기존의 연구에서는 기내배양에 초점이 맞춰있어 기내 대량번식 단계의 연구가 진행되는 반면, 본 연구는 **클론식물의 최종배양 식물체로부터 시작하여 순화, 육묘에 초점이 맞춰진 연구**로 영양계묘 산업화를 위하여 필수적으로 확립되어야 할 분야임.
- 본과제를 통하여 모델식물(목본성, 난류, 초본성)을 이용한 영양계번식 작물의 기내 대량번식, 순화, 육묘에 대한 우량묘 육묘체계를 확립하고, 육묘관리 제도 선진화를 위한 품질관리, 표준규격 등의 SOP를 개발하고자함.
- ICT 적용된 순화/육묘 시스템 Microponic system은 각 단계 온도, 습도 등을 계측하여 제어(현재 수준 50~60%)가 가능한 시스템으로 본 연구팀에서는 시스템을 구축하고 있음. 그러나 작물 특성에 따라 미세환경 제어가 달라질 수 있어 환경 관리 항목을 체계화하고 타 작물 또는 품종 적용성을 검토하는 것이 시급함.
- 현장 환경관리의 중요성 : 조직배양을 통한 무병주의 우량묘 양산 체계 확보를 위해 원격 공정 감시 시스템을 개발하고, 인터넷과 연동하여 관리자로 하여금 실시간 모니터링이 가능하도록 함.
- 일관된 공정 관리의 필요성 : 각 공정의 온도, 습도, CO₂, 광도 등의 환경요소의 제어가 가능한 Microponic System 전용의 제어 시스템을 설계하여 공정별 환경 요소의 제어를 자동으로 수행할 수 있도록 개발함.
- SOP 표준 작업 지시에 의한 작업내역 알림 서비스를 개발하여 작업자에 상관없이 일관된 육묘 공정 관리를 수행 할 수 있는 시스템을 완성함.→ Microponic system 기술 보안을 통한 실용화

3절. 연구개발 범위

1. 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발
- 난류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발

- 목분류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발
- 초분류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발
- 주관/협동기관 연구종합에 의한 순화/육묘 최적화 microponic system 구현
- 종묘공급 농가의 재배 및 종묘 성능 비교검토
- 산업화를 위한 종묘생산 원가 및 현실적 공급가의 비교검토
- 초분류의 기내발근 및 기외발근에 따른 경제성 및 효율성 분석
- 2. Microponic system을 위한 원예작물 순화, 육묘 환경구명
 - Microponic system을 위한 팔레놉시스 순화와 육묘 환경 구명
 - 팔레놉시스 순화와 육묘 가능한 지상부 환경
 - 팔레놉시스 순화와 육묘 지하부 환경
 - 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석
 - 팔레놉시스 순화실과 육묘실의 지상부 환경 계측
 - 팔레놉시스 묘소질 분석
 - 고온·습도·광 환경에 의한 팔레놉시스 묘소질
 - Microponic system을 위한 기내 배양 사과 왜성대목 ‘M9’의 순화와 육묘 환경 구명
 - 기내배양 사과왜성대목 ‘M9’의 순화와 육묘의 지상부 환경
 - Microponic system을 이용한 팔레놉시스, 사과묘 SOP 개발
 - 팔레놉시스
 - 사과묘
- 3. 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발
 - 센싱서버 개발
 - 모바일 센싱서버 개발
 - 원격지 통합 DB 서버의 구현
 - 환경요소 DB 데이터 분석 프로그램 개발
 - 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현
 - 응급 제어서버 개발
 - 원격 환경제어시스템의 구현
 - 원격지 화상 송출 서버 구현
 - 영상-제어 복합서버의 구현
 - 표준 작업 공정에 따른 SOP 공정 알림 시스템의 개발
 - 공정 알림 시스템의 개발
 - 광원의 스펙트럼분석 및 전력사용량의 조사
 - 조직배양실내 광원 스펙트럼분석
 - 모바일 센싱서버의 운용 전력량 조사

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

1절. 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP 개발

1. 팔레놉시스 기내 최종 배양묘의 규격조건 및 순화율 향상 조건 구명

가. 기내 최종 발근조건 구명

(1) Stage별 Ro, R1, R2 배지조건 구명

- 팔레놉시스의 기내배양은 식물체 유기방법에 따라 PLB유도 방식과 부정아 유도방식으로 구분하여 진행되며, PLB방식은 기내배 발생의 과정으로 PLB(기내배) 유도후에는 매우 빠르게 증식할 수 있는 배양방법이다.
- 그러나 팔레놉시스의 특성상 PLB유도단계에서 내배수성 발생 가능성이 있어 배수성 변이와 화기변이 등 체세포변이 발생율이 높아 특정 품종을 제외하고는 부정아방식을 채택하는 경향이며, 본 연구에서도 부정아 유도 배양방식을 이용하였다.
- 팔레놉시스 기내 대량번식과정은 초대배양(T-stage, 기내식물 확립단계)을 시작으로 1차 증식단계에서 100~200개의 C stage(기본묘 증식단계, Cup/120ml)을 육성한 후 본격적인 대량 증식 단계인(Multiple stage=M1~M3)를 경과한 후 발근 1, 2, 3차 단계를 거쳐 순화단계로 진행하게 된다.
- 일반적으로 T stage부터 M stage까지는 1/2MS배지와 Coconut water를 첨가한 배지를 이용하여 증식단계를 경과하며, 배양주기는 60일에서 90일간의 배양한다.
- 증식완료 후 식물체가 농가로 전달되기까지는 발근과정도 R0, R1, R2까지 3회에 걸쳐 계대 배양이 진행된다.
- 발근단계는 유기물 사용이 필수적이거나, 유기물(감자, 바나나, 사과, 당근 등) 사용은 오염율이 높아 배양공정을 단축시킬 수 있는 배양방법의 개발이 절실하다.
- 팔레놉시스는 증식과정은 2~3개월이나, 발근단계는 계대배양 주기가 3~4개월이 경과해야만 발근이 진행되는 작물로 배양 중간에 양분이 고갈될 경우 더 이상 생육이 진행되지 못하고 있어 건전한 종묘생산이 어려운 실정이다. 그리하여 후기 양분공급의 방법으로 감자, 바나나 등 유기물을 사용하게 된다.
- 본 연구를 통하여 유기물배지를 대체할 수 있는 새로운 배양 체계를 구축하고자한다.

(2) 장기간 배양에 적합한 배지조건 구명

- 일반적인 조직배양은 배양병에 식물체 접종 후 10일경 부터 생육이 활발하게 진행되어 배양 30일에서 45일경에 한번의 cycle이 끝나는 형태로 배양되고 있으며, 배지내 양분의 구성도 배양 30일이 경과하면 대부분의 영양분이 소실되는 것으로 보고되어있다.
- 그러나, 난과작물 특히 CAM 식물인 팔레놉시스는 기본적인 배양기간이 60일에서 90일까지 진행되며, 배지에 식물을 접종 후 30일 이후부터 생육이 시작된다.

- 그러므로 팔레놉시스는 일반적인 무기물 위주의 MS배지만을 사용했을 경우, 배양 30일경인 생육 초기에 양분이 고갈되면서 더 이상 생육이 진행되지 못하고, 배지내 습도도 떨어지면서 CAM식물의 특성상 생육이 정지하는 것을 관찰할 수 있었다.
- 일반적으로 난과식물 배양에서 주로 사용되는 Hyponex배지에 유기물을 첨가한 배양방식은 배지 준비과정이 번거롭고, 배양작업 및 배양기간 중 오염이 높아 유기물 사용량을 줄이는 배양방법을 모색하고자 하였다.
- 그리하여 본 과제를 통하여 1/2MS배지와 Coconut water를 첨가한 배지를 이용하여 초기 2개월간 배양하고, 3개월째에 동일한 액체배지 첨가와 관행의 Hyponex와 감자+바나나 배지에 2회배양하는 것을 기본으로 하는 유기물배지와 비교하였다.
- 중륵다화성 BN341(유니비바체)과 대형화인 221번 품종을 이용하여 배양 과정중 MS배지 첨가와, Hyponex 유기물배지를 비교하였을 때 대형화(BN221번)는 엽장, 엽폭, 엽수 등 지상부 요인 및 지하부 요인 모두 유기물 배지보다 우수하였으나, BN341 중륵 다화성 품종은 지상부요인(엽장, 엽폭, 엽수)은 유기물이 좋았고, 지하부요인은 배지첨가가 좋았다(표1-1, 그림 1-1).
- 기존의 배양방법 대비 배지 첨가방법을 이용할 경우, 배양공정(R0, R1, R2 stage)의 단순화가 가능하고, 계대 배양의 증가과정에서 발생하는 오염을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 현재까지는 BN341 품종에서 배지첨가보다는 유기물배지에서 엽수의 증가가 매우 높아 배지첨가방법의 이용에 대한 산업화를 위해서는 배지의 조성, 첨가 시기 등에 변화를 줄 필요가 있을 것으로 생각된다.
- 유기물배지 사용시 오염율이 증가하는 것을 감안할 때 배지첨가가 다양한 이점이 있어, 향후 배양방법 개발이 필요하나, 아직까지 후기생육에는 유기물 배지가 효과적인 것으로 나타났다.

표 1-1. 배지 종류에 따른 식물생육

품종명	배지	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	지상부 (g)	뿌리수	뿌리길이 (cm)	지하부 (g)
BN341	MS배지첨가	6.10	1.67	2.86	1.78	4.43	4.97	2.54
	유기물	7.10	1.97	6.57	3.10	6.43	4.80	2.40
BN221	MS배지첨가	7.56	2.41	7.14	2.98	7.86	5.97	3.65
	유기물	5.11	1.90	4.71	1.46	7.14	6.91	3.30

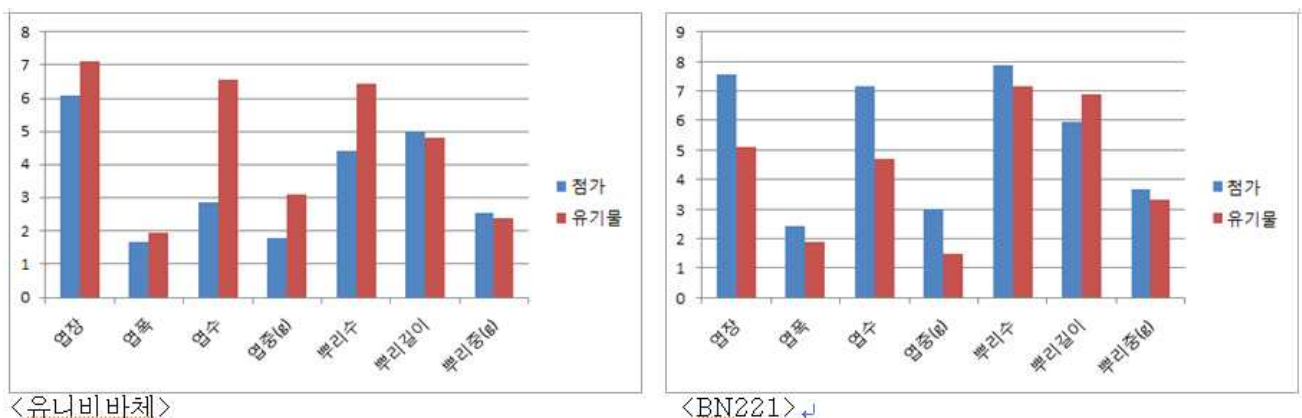


그림 1-1. MS배지 첨가와 유기물배지를 이용한 배양

나. 순화율 향상을 위한 전처리 조건 구명

(1) R2 stage 자연광 배양 환경조건

- 일반적인 조직배양실의 환경조건은 온도 25±2℃ 에 광도 2,500~3,000Lux, 16h/8h의 광주기를 가진다. 기내배양식물의 순화율 향상을 위해 자연광 배양실에서 일정배양기간 혹은 발근 최종단계 마지막 배양을 자연광 배양조건에서 배양하였을 때 순화율이 높았고, 후기 육묘단계 생육 속도도 양호했다(표1-2)
- 팔레놉시스 배양기간이 길고, 특히 발근단계에 6개월 이상이 필요해 넓은 면적의 배양실이 필요하다. 특히 발근 최종단계에서는 온도관리가 가능하면서 광도를 높여 관리할 수 있는 조건이 경제적으로 바람직하다.
- 자연광 배양실의 환경조건은 순화실과 습도조건을 제외하고는 온도, 광도조건을 동일조건으로 설정하여 순화개시 시 습도의 최저, 최고 수준을 조절하는 것으로 순화 완료할 수 있는 구조로 디자인하였다(표1-2).

표 1-2. 순화율 향상을 위한 자연광 배양실 및 순화실 환경조건

	습도	온도	광도	순화율
인공광배양실	22.3~55.6%	25±2℃	2,500~3,000Lux	82.3%
자연광배양실	23.4~83%	25±3℃	3,000~6,000Lux	99.8%

(2) 순화율 향상을 위한 최종 배양묘의 규격 조건 구명

- 기내배양을 통한 종묘 생산은 조직배양을 통한 대량번식이 완료된 후 육묘과정을 반드시 경과하여야 하고, 기내묘를 육묘하는 과정은 성공적인 순화과정을 거쳐 가장 짧은 기간에 건전묘를 육묘할 수 있는 조건이 갖춰져야 한다.
- 일반적으로 팔레놉시스의 육묘는 기내배양 후 약 4 개월부터 길게는 7개월까지 육묘기간을 필요로 한다.
- 일반적으로 농가에서 팔레놉시스 병묘 입식시 순화과정에서 상당부분 잎끝마름, 위조, 연부 등의 발생에 의하여 상당부분 피해를 입는 경우가 종종 발생하고, 이렇게 순화기간에 피해를 받는 경우 육묘기간도 평균(5개월)보다 길어지는 경향이 있어 경제적 손실이 발생하고 있다.
- 본 연구과정에서는 성공적인 순화와 육묘기간 단축을 위한 최소 배양묘 규격조건을 구명하기 위하여 지상부 생체중 2.5~3g(대)와 1~2g(소)로 구분하여(표1-3, 그림1-2) 순화 및 육묘하였다.
- 습도 및 온도, 광도, air circle 조건이 조절되는 Microponic acclimatization 시스템의 환경에서 순화하였을 때 주당 1~2g 수준의 작은 묘도 순화과정에서 탈수 또는 잎마름 등의 현상이 비교적 적게 발생되었으나, 향후 육묘효율을 위한 기내배양묘 기준을 확립하고자 한다.
- 향후 3~4개월의 육묘기간을 거치며 묘의 소질에 따른 육묘기간 단축, 우량묘 육성을 등을 조사하였다.











품종	Invitro(좌:대,우:소)	순화직전(좌:대,우:소)
UP341		
UP310		
UP522		
UP212		
UP204		
UP221		



그림 1-2. 기내배양묘 크기별 (2.5~3g(대)와 1~2g(소)) 식물체

표 1-3. 순화율 향상을 위한 최종 배양묘 규격

품종명	크기	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	지상부 (g)	뿌리수	뿌리길이 (cm)	지하부 (g)
UP341	대	7.10	1.97	6.57	3.10	6.43	4.80	2.40
	소	4.80	1.37	5.00	1.50	4.71	4.73	1.43
UP310	대	5.94	2.30	4.71	2.62	4.29	8.80	4.56
	소	4.31	1.74	4.00	1.30	4.00	6.84	2.58
UP522	대	6.39	2.00	4.43	2.56	7.00	6.33	3.14
	소	4.86	1.69	4.57	1.48	4.43	5.97	1.48
UP212	대	8.44	1.94	6.14	2.80	6.14	7.29	3.44
	소	5.44	1.53	5.71	1.28	5.00	5.93	1.86
UP204	대	4.49	2.19	4.14	2.42	3.71	5.71	3.26
	소	3.43	1.77	4.29	1.28	3.14	5.13	2.06
UP221	대	5.96	2.34	5.00	1.96	7.14	7.86	3.94
	소	5.11	1.90	4.71	1.46	7.14	6.91	3.30

다. 순화율 향상을 위한 순화실 환경조건

- 순화실의 환경은, 2003년 개발한 식물 조직배양과 수경재배를 이용한 기내 종묘생산 방법 및 생산장치(특허등록 제0392515호)의 개념을 기본으로 새로이 특허출원한(제10-2016-0168338)의 방법으로 순화하였다.
- 순화실의 환경조건은 평균온도 23.7℃, 평균 습도 69.0%, 평균광도 36.0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 평균 CO₂ 농도 533.1ppm(362~865ppm)로 측정되었다(그림1-4).
- 순화 12일 동안 측정한 결과, 초기 3일간은 습도 80~90%를 유지하다가 3일 후부터 60%~80%, 다시 시간이 경과하면서 50%~78%사이의 변화를 보이면서 순화가 진행되었다. 순화 12일차는 습도 40%까지 낮아지면서 순화가 진행되었다(그림1-4).
- 이는 2주간의 순화기간을 거치면서, 배지내(수태재식) 수분이 증발하면서 순화실내 습도가 낮아지게 되고, 그사이 순화가 완료되면서 온실로 이동하였을 때 안정적으로 활착되는 조건을 부여하였다.



그림 1-3. 육묘실 순화전경

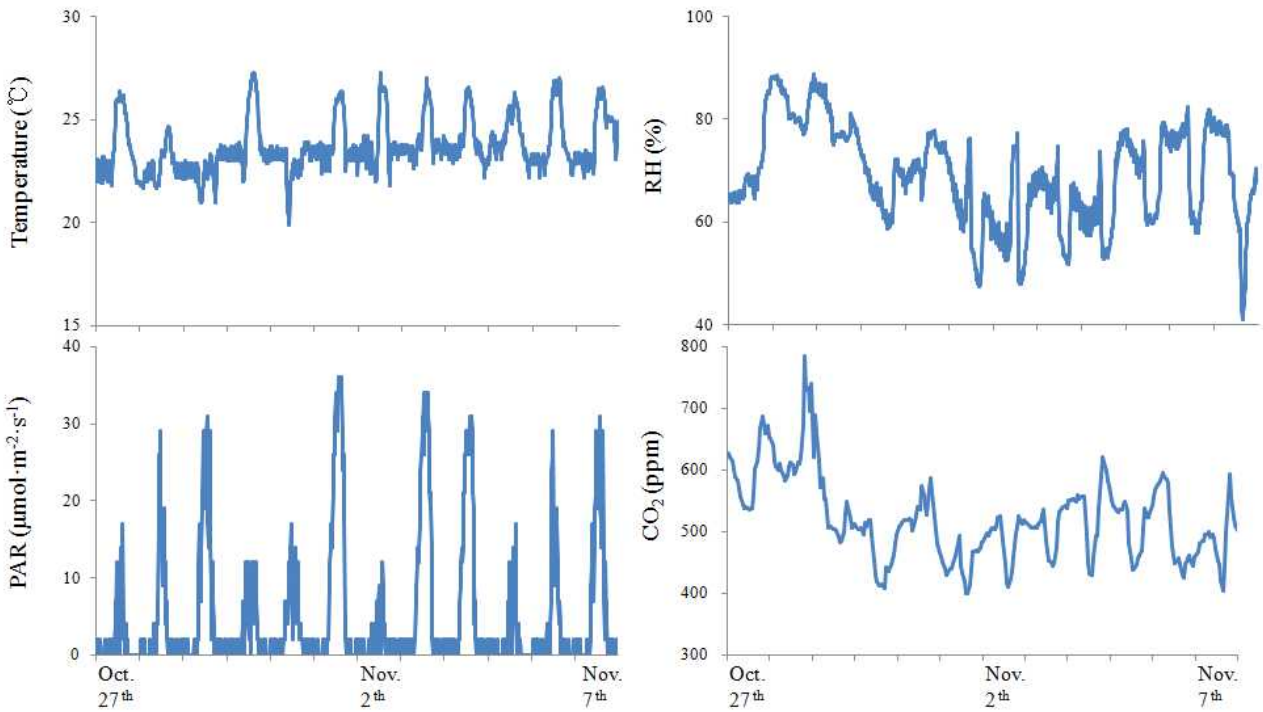


그림 1-4. 팔레놉시스 기내배양 묘 순화실의 순화기간(2016.10.27.~11.7)동안 온도, 습도, 광도, 이산화탄소 농도 변화와 순화기간동안의 변화(협동1과제 계측)

라. 팔레놉시스 기내묘 표준규격 제시

(1) 순화율 향상 및 육묘기간 단축을 위한 표준규격 제시

○ 현재 순화 5일째 생육상태(그림1-5)을 보면, 본 연구진의 특허출원된 microponic 순화 시스템에서는 1~2g의 소묘도 무난하게 순화가 진행되지만, 순화 이후 생육이 더딜 것으로 사료되어 2차년도 육묘기간을 추적 조사하고, 1협동과제 팀과 연계하여 적합한 기내배양묘 표준규격을 제시한다.

품종명	순화5일(대)	순화5일(소)
UP341		

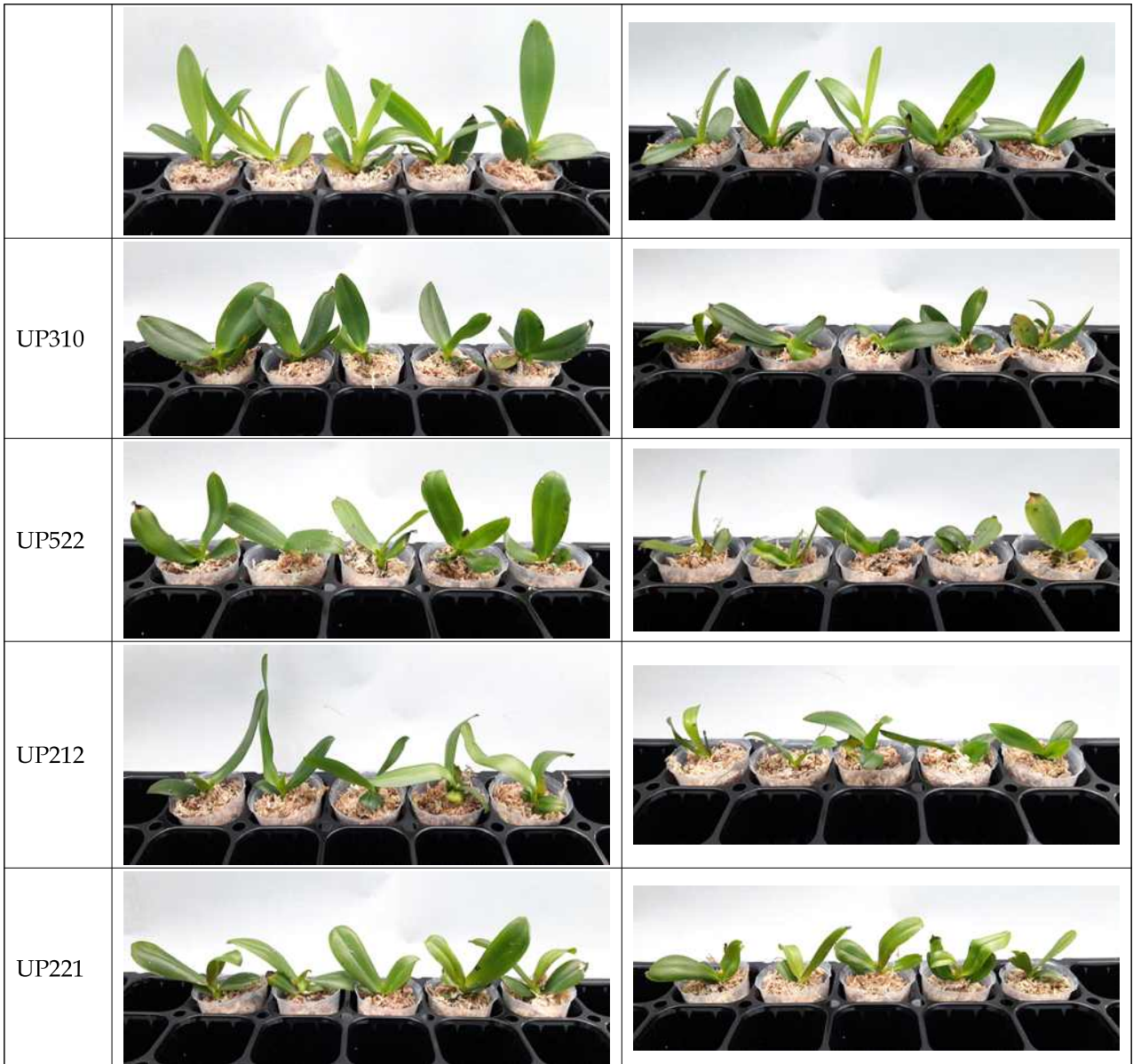


그림 1-5. 기내배양묘 크기별(2.5~3g-좌, 1~2g-우) 순화(순화개시 5일)

- 순화개시 14일부터 30일, 60일 총 2개월간 생존율을 조사하였다.
- 순화개시 10일에는 ‘대’로 분류된 개체들은 고사율이 매우 낮았다. 그러나, ‘소’로 분류된 개체들은 잎끝이 마르는 현상이 관찰되었으며(그림 1-5), 고사하는 개체들이 발생하기 시작하였다.
- 14일 이후 순화 개체들은 육묘실로 이동하여 30일이 경과하면서 작은 개체들은 무름 증상이 다수 발생 했으며, 품종간 차이가 발생하기 시작하였다.
- UP310품종은 초기 생육이 더딘 특징이 있고, 배양병에서 상대적으로 작은 상태로 출병되어 생존율이 낮았다.
- 30일이 경과하면서 죽는 개체는 거의 발생하지 않았지만 작은 개체들은 생장이 매우 느린 특징이 있었다.
- 60일 이후 생존율은 ‘대’로 분류된 개체는 100~96.5%로 대부분 생존하였고, 생육이 왕성한 반면, ‘소’로 분류된 개체는 90.5~68.5%로 품종에 따라 생존율이 68.5%까지 떨어지기도 했

고, 또한 순화가 완료되었음에도 작은 개체들은 성장 매우 느리거나, 정지하는 경향을 보여 균일묘 육묘를 저해하였다.

표 1-4. 묘소질이 순화 및 생존율에 미치는 영향

품종명	크기	순화	생존			순화율	비고
			14일	30일	60일		
UP341	대	200	200	200	200	100	
	소	200	196	181	181	90.5	잎마름
UP310	대	200	200	193	193	96.5	
	소	200	195	165	165	82.5	잎마름
UP522	대	200	198	180	176	88	
	소	200	183	159	153	76.5	잎마름
UP212	대	200	200	200	200	100	
	소	200	197	177	157	78.5	잎마름
UP204	대	200	200	194	194	97	
	소	200	137	137	137	68.5	잎마름
UP221	대	200	200	200	200	100	
	소	200	199	179	178	89	잎마름

- 현재 육묘 진행상황을 감안할 때 중소형계의 기내배양묘의 순화율 향상 및 육묘효율 향상을 위한 기내묘는 최소 엽장 5~6.00cm, 엽폭 2.00cm, 뿌리길이 5cm정도를 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 특히 지상부 생체중은 2.5g을 초과하고, 지하부 생체중 또한 2.5g를 초과하는 것을 권장하고, 특히 엽수 4~5장 이상, 뿌리수 4개 이상이 바람직할 것으로 판단 된다(표1-5).

표 1-5. 중소형계 다화성 품종의 기내배양묘 표준 규격 제안

품종명	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	지상부 (g)	뿌리수	뿌리길이 (cm)	지하부 (g)	생체중 (g)
UP 341	7.10	1.97	6.57	3.10	6.43	4.80	2.40	5.50
UP 310	5.94	2.3	4.71	2.62	4.29	8.80	4.56	7.18
UP 522	6.39	2.00	4.43	2.56	7.00	6.33	3.14	5.70
UP 204	4.49	2.19	4.14	2.42	3.71	5.71	3.26	5.68
UP 221	5.96	2.34	5.00	1.96	7.14	7.86	3.94	5.90
UP 212	8.44	1.94	6.14	2.8	6.14	7.29	3.44	6.24
평균	6.39	2.12	5.17	2.58	5.79	6.80	3.46	6.03

2. 목본류 기내 최종 배양묘의 규격조건 구명 및 순화를 향상 조건 구명

가 기내배양 stage별 환경조건 구명

(1) 증식단계 배지 및 환경조건

- 사과왜성대목의 증식단계배지는 MS기본배지에 BA 0.5, 1.0ppm을 중심으로 IBA 농도를 달리하고, GA의 첨가유무에 따라 실험한 결과, 상호간에 큰 유의차는 보이지 않았지만, 식물체가 callus화되지 않고, 다아체 발생이 정상식물체 유도에 유효성이 높은 배지를 선발하고자 하였다.
- 배양에 사용한 재료는 모수로부터 성장점 배양후 5회 증식한 재료를 사용하였다.
- 증식율은 BA 1.0 + IBA 0.3 + GA 0.5ppm에서 가장 좋았으나, 조직이 callus화 되는 경향이 발생하였다.
- 증식율도 양호하면서 정상식물체 유도율이 높은 처리구는 BA 0.5ppm + IBA 0.3ppm + GA 0.5ppm 처리구가 양호하였다(표1-6, 그림 1-6).
- 그러나, 배양재료의 상태에 따라 영향을 많이 받는 것으로 사료되, 배양단계, 즉 초대배양에서 증식회수에 따라 BA 농도를 달리하여 배양하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 1-6. 사과 증식단계에 적합한 배지내 식물생장 호르몬의 조성

IBA	BA 0.5ppm				BA 1.0ppm			
	0.3ppm		0.6ppm		0.3ppm		0.6ppm	
GA	0	0.5ppm	0	0.5ppm	0	0.5ppm	0	0.5ppm
증식율	++	+++	+++	+++	+++	++++	+++	+++



그림 1-6. 사과왜성대목 증식배양 및 증식 배양실 전경

- 블루베리는 bush type의 생육습성을 가진 식물로 기내배양에서 증식율이 매우 높은 작물이나, BA, Kinetin, TDZ 등과 같은 식물호르몬으로는 증식율이 매우 낮았지만, Zeatin을 이용하였을 때 매우 높은 증식율을 보였고, 정상식물체 유도율도 매우 높았다.
- 일반적으로 정상식물체의 유효성을 높이기 위한 증식율은 사과같은 경우 3.5배 정도가 바람직하고, 블루베리는 증식율이 높으면서도 정상식물체 유도율도 높아, 약 7~10배의 증식율에도 식물체가 양호하였다(그림1-7).

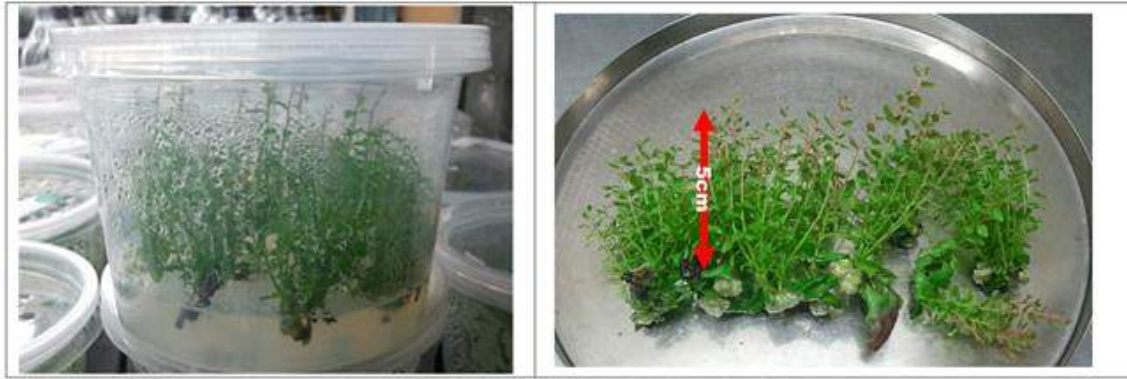


그림 1-7. 블루베리 대량증식 및 순화 적정 묘

- 기내배양 용기는 입구의 크기, 뚜껑의 형태, 뚜껑과 본체의 접촉면적의 크기와 같은 형태와, 재질(PP, PC, glass)에 따라 식물생육에 영향을 받는다.
- 사과, 팔레놉시스, 블루베리 등 대부분의 작물은 증식과정에는 기내/기외 환기횟수가 낮은 용기를 선택하는 것이 증식율을 높이는 것으로 관찰되었다.
- 목본류(사과/블루베리)의 적정 배양일수는 25일 부터 증식율이 증가하기 시작하여 배양 40 일경에 최고의 증식율을 보였다. 그러나 45일 이후부터는 노화가 시작되는 것으로 관찰되, 45일을 넘지않고 계대배양하는 것이 바람직한 것으로 관찰되었다.
- 배양실 환경조건은 최근 7일간의 계측은 평균 24.2C로 24.1C~25.5C 범위로 컨트롤되었다. 습도 평균 58.3%로 주간 최저 40%, 야간최고 60%을 유지하였고, CO₂ 농도는 평균 430ppm 으로 465ppm~507ppm의 범위에서 관리되었다. 광도는 2,500~3,000Lux를 유지하였고, 암기와 명기를 12/12시간으로 설정하였다(측정장치 Agrosion-MSS Vo.1, 프로세서 ARMv8 64bit OS Linux Debian 8.0).
- 대량번식에 유리재질을 사용할 경우 삼각 flask type의 입구가 좁은 용기를 사용하는 것이 환기횟수를 낮출 수 있었고, 입구가 넓은 플라스틱용기를 사용할 경우는 뚜껑과 용기의 몸체부분의 접촉부분이 많은 용기, 즉, 뚜껑이 요철부분의 3개 접촉면이 0.5cm정도가 확보되어 총 1.5cm의 접촉면을 가지고 있는 용기가 환기횟수가 낮은 것으로 조사되었다.
- 기내배양시 삼각 flask 타입의 배양병은 환기횟수가 낮아 배양병내 높은 습도를 유지할 수 있어 증식과 정상식물체 유도에 적합한 것으로 관찰되었다. 그러나, 밀폐력이 높은 배양용기를 이용할 경우 투명화 현상이 매우 높게 발생되었다.
- 발근은 배양병의 환기율이 높은 배양용기를 이용하는 것이 순화에 효과적이었다.

(2) 정상식물체유도 단계 배지 및 환경조건

- 정상식물 유기단계는 증식배지에서 적정증식을 완료한 후 순화를 위한 전단계로, 증식배지에서 작은 다량의 shoot를 정상적인 잎 및 줄기의 신장을 촉진하기 위한 목적으로 진행하였다.
- MS기본배지에 IBA, Kinetin, Zeatin 처리하여 정상식물체, 발근유무, callus 발생유무, multiple shoot 발생유무를 조사하였다.
- 정상식물체 유도율은 총식물체 길이, 즉, 줄기의 길이, 잎의 길이를 측정하여 총 식물체 길이로 측정하였고, 기내식물인 관계로 엽수를 측정하여 정상식물체 유기정도를 조사하였다.

- IBA 0.5, 1.0ppm 처리구에서는 분리한 multiple shoot가 정상식물체로 성장하기 보다는 발근이 왕성하게 일어나, 순화용으로 적당하지 못했으며, 뿌리발달은 왕성했으나, 조직이 callus화 되는 것과 같이 비후 조직으로 발달하여 순화시 유효뿌리로 이용되기 어려웠다.
- Kinetin 처리구는 분리 치상한 multiple shoot가 성장하면서, 주변에 multiple shoot를 만들고 1.0ppm 처리구에서는 callus까지 동시에 발생되고 있어 순화를 위한 식물체로 적당하지 못했다.
- Zeatin 처리구는 1.0ppm 처리구에서 약간의 callus화한 비후조직이 관찰되었으나, 정상적인 shoot 형성이 가능했다. 그러나, 0.5ppm 처리구에서 약간 식물체의 크기가 컸고, callus와 같은 비후조직이 발생하지 않아 정상식물체 유기에 Zeatin 0.5ppm이 적당한 것으로 관찰되었다(표1-7, 그림1-8).

표 1-7. 정상식물체 유도를 위한 식물생장호르몬의 처리

	IBA		Kinetin		Zeatin	
	0.5ppm	1.0ppm	0.5ppm	1.0ppm	0.5ppm	1.0ppm
Plant length	1.72	1.6	3.12	3.28	5	4.12
No.of leave	3	3.6	3.4	3.6	4.2	4.0
Multiple shoot	X	X	O+	O++	X	O+
Root	O++	O+++	X	X	X	X
Callus	X	X	X	O++	X	O+



그림 1-8. 정상식물체 유도를 위한 식물생장호르몬의 처리
(좌측 : Zeatin 0.5 ppm, 우측 : IBA 0.5ppm)

(3) 발근 유도단계 배지 및 환경조건

- Stage 2과정을 경과하면서 정상식물체를 유도한 순화 육묘에 유효성이 높은 뿌리를 유도하고자 하였다. 왜성사과대목의 뿌리 유도는 호르몬의 농도, 염류 농도, sucrose농도에 따라 뿌리와 식물체 사이에 callus가 발생하는 것을 관찰할 수 있었다.
- 1차 예비실험을 통하여 IBA 농도를 0.5ppm수준으로 고정하고, 1/2MS, 1/3MS, Sucrose 3%, 2%, 1%수준으로 조절하여 실험하였다.
- 기본배지에 따른 생육차이는 크게 나타나지 않았으나, 당 농도에 따라서는 식물생육에 많은 영향을 미쳤고, full MS를 이용할 경우, sucrose 1%를 제외하고는 식물체 생육과 발근은 양호했으나, 뿌리와 식물체 사이에 callus와 같은 비후 조직이 관찰되었다(그림1-9).
- 무기염류가 1/3까지 낮추고, 당 농도를 1% 수준까지 낮춘 배지의 경우 식물생육이 아주 저

조했고, 발근도 효과적이지 않았다.



그림 1-9. 사과왜성대목 발근양상(참조사진)

(좌측 : Normal root, 중앙 : 비후 비정상 root, 우측 : 목질화 및 callus 조직을 포함한 root)

- 식물체와 뿌리 사이에 callus와 같은 조직을 최소화하면서 식물생육과 발근효율을 높일 수 있는 방법은 염류 농도를 1/2MS에 당 농도 2%를 첨가할 경우 식물생육은 당농도 3%와 full MS에 비하여 약간 낮지만, 순화에서 유효성이 높은 뿌리를 발생시킬 수 있어, 대량발근과 순화를 위해서는 1/2MS에 당농도 2%를 첨가하는 것이 바람직할 것으로 관찰되었다(표1-8, 그림 1-10).
- 발근과정에 이용된 배양용기는 환기율이 높은 광구의 plastic 용기를 사용했으며, 발근은 배양 15일이 경과하면서 발생하기 시작하여 배양 30일경에 최고의 발근량을 보였고, 배양기간이 경과하면서 뿌리가 노화하는 경향을 보였다.

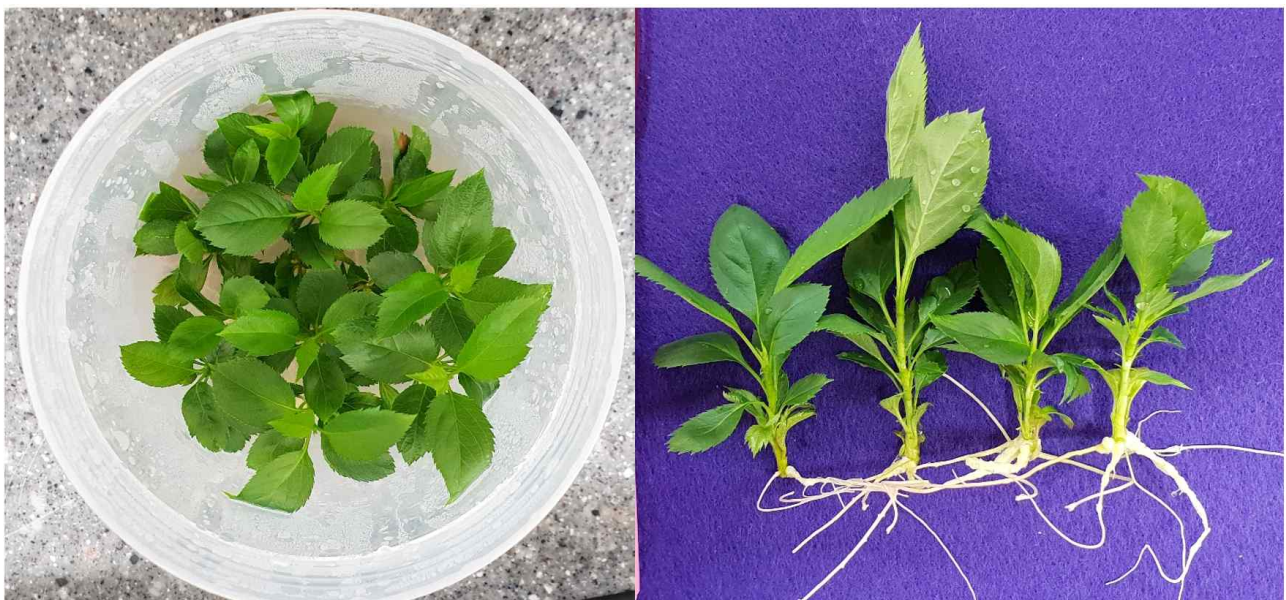


그림 1-10. 사과왜성대목 기내발근(1/2MS sucrose 2%)

표 1-8. 배지염류농도, 당농도가 사과 왜성대목 유효발근에 미치는 영향

Strength	MS			1/2MS			1/3MS		
Sucrose	3%	2%	1%	3%	2%	1%	3%	2%	1%
Plant length	4.56	4.36	1.9	4.6	4.18	1.78	3.88	3.84	1.74

No.of leave	4.2	4.2	2.6	4.6	4.2	2.8	3.8	3.8	2.4
Root	O+++	O+++	O++	O+++	O+++	O++	O++	O++	O+
Callus	O+++	O++	X	O++	X	X	O+	X	X

나. 목본류(사과) 순화율 향상을 위한 전처리 조건 구명

(1) 증산억제제의 처리 및 방법

- 증산억제제 cloud cover는 잎의 기공을 일시적으로 막아 수분 증산작용을 억제할 수 있으므로 대량순화의 보조수단으로 사용하고자 본 실험에 사용하였다.
- 처리농도는 100ppm과 200ppm으로 처리하였고, 처리방법은 침지하는 방법과 재식 전 표면 spray하는 방법으로 진행하였으며, 각 농도, 처리방법에 따라 200구 plug tray 1판씩을 처리하였다.
- Cloud cover를 200ppm으로 dipping한 경우는 1~2일이 경과한 후 식물이 흑갈색으로 변하면서 전체가 고사하는 현상을 발견하였고, spray처리한 경우는 고사율은 낮았지만, 생육상태가 좋지 않았다.
- 100ppm 처리는 dipping 처리구도 고사율은 높지 않았지만, 순화율이 낮았고. 표면 spray 처리구는 cloud cover 처리에 의한 장애도 발견되지 않았으며, 순화율도 양호하였다(표1-8).
- 그러므로 적당량의 증산억제제의 처리는 초기 위조를 막아주면서 순화율을 높일 수 있었던 것으로 사료되나, 농도가 높거나 장시간 침지는 식물에 장애를 유발하는 것으로 관찰되었다.

표 1-9. 증산억제제가 사과 왜성대목 순화에 미치는 영향

Cloud Cover	200ppm		100ppm	
	dipping	spray	dipping	spray
No.of plants	200	200	200	200
Survival plants	23	135	156	176
Survival rate	11.5	67.5	78.0	88.0
Rooted plants	0	53	101	169
Acclimatization rate	0	26.5	50.5	84.5
특징	90% 갈변	33%갈변, 발근불량, 순화율 26.5%	생육부진, 순화율 50.5%	발근 및 생육양호 순화율 84.5%

(2) 순화용 배양토의 조건 및 살균제 처리

- 순화용 배양토는 입자가 작은 피트모스와 소립 펄라이트를 1:1혼합하여 사용하였다.
- 순화개시 전 200구 plug tray에 배양토를 충전하여 충분히 관수시키고, 표면에 종자살균제 (베노밀 600ppm)을 처리하였다.
- 목본성작물은 발근완료 후 순화까지 20일정도로 약 3주가 소요된다. Microponic 순화 시스템에서 2주가 경과하면 배양토내 수분이 감소하여 습도가 40%까지 떨어지는 현상이 발생해, 목본성 작물 순화에는 2주 경과 후 다시 수분을 공급할 수 있는 방법이 제시되어야 할

것으로 관찰되었다.

다. 순화율 향상을 위한 목본류(사과/블루베리) 기내묘 표준규격 제시

(1) 사과 왜성대목

- Microponic 순화 시스템을 이용한 순화에서, 식물체 규격별 순화율을 조사하였다.
- 순화율은 기내 발근과정에 당의 농도, 염류농도에 따라 발근 양상이 달라지는데, 염류농도가 높고, 당농도가 높을 경우 뿌리와 식물체 사이에 callus가 발생해, 순화과정에 유효 발근을 어렵게하는 경우가 발생하였다.
- 순화율은 식물체 크기에도 영향을 미치지만, 뿌리와 식물체 사이의 callus와 같은 비후 조직의 존재와도 영향을 미쳐, sucrose농도를 적게 첨가하여 callus 조직의 발생을 최소화하면서, 초장 4cm이상, 엽수 4매 이상 전개된 식물체를 순화하였을 때 순화율이 가장 높았다(84.5%)(표1-10).
- 뿌리발근이 양호하다해도, 식물체가 너무 작을 경우 2cm 미만일 때 순화율은 급격히 떨어지는 것으로 관찰되었다(36.0%)(표1-10).

표 1-10. 순화율 향상을 위한 기내묘 표준규격 제시

배지내 당농도	Sucrose 3%		Sucrose 2%		Sucrose 1%	
	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수
생육지표	4.6cm	4.6장	4.18cm	4.2장	1.78cm	2.8장
Callus 유무	O		X		X	
재식량(주)	200		200		200	
순화(주)	113		169		72	
순화율(%)	56.5%		84.5%		36.0%	



그림 1-11. 사과왜성대목 기내 규격묘 순화개시 및 대량순화 전경

- Sucrose 2% 첨가 배지에서 성장한 식물체의 순화완료개체의 생육특성은 표 1-11과 같이 초기 순화개시묘와 비교하였을 때, 초장, 엽수 등이 2배가 증가하는 것을 관찰할 수 있었다(그림1-12).
- 순화 완료 개체는 육묘실로 이동하여 20일간 더 생육진행 한후 2차 흑색비닐 포트에 옮겨 육묘하였다.

표 1-11. 기내배양묘 및 순화완료 묘의 소질

	지상부						지하부		
	초장 (cm)	엽수 (장)	엽장 (cm)	경경 (cm)	생체중 (g)	건조중 (g)	뿌리길이 (cm)	생체중 (g)	건조중 (g)
배양묘	4.18	4.2	-	-	-	-	-	-	-
순화완료 200구	5.6	10	3.7	3.2	0.49	0.18	7.6	0.38	0.1



그림 1-12. 순화개시 20일 후 육묘실 20일 생육묘, 총 40일 육묘

(2) 블루베리

- 블루베리는 기내배양 증식율도 매우 높고, 증식배지에서 정상식물체도 발생되면서 7~10배의 증식율과 함께 건전한 순화 가능한 식물체 확보가 가능했다.
- 1회 계대배양에서 15개의 식물체를 재식하여(phytohealth 500ml 광구 배양용기-SPL) 100개 ~ 150개의 건전한 shoot를 확보할 수 있었고, 별도의 뿌리발생을 경과하지 않고도 발근 순화율이 높았다(그림1-13).
- 순화율을 높일수 있는 기내배양묘는 초장 5cm±1의 길이에 소엽이 충실히 달려있는 것이 발근율이 높았다.



그림 1-13. 블루베리 조직배양을 이용한 대량번식 체계

(그림 상좌 : 기내대량번식, 상우 : 증식용 및 순화용 향상 규격묘, 하 : 화살표방향으로 순화 1일 ~ 20일(405구 plug tray) 경과후 출고직전 규격묘(128 plug tray)

2절. Microponic system을 위한 원예작물 순화, 육묘 환경구명

1. Microponic system을 위한 팔레놉시스 순화와 육묘 환경 구명

가. 팔레놉시스 순화와 육묘 가능한 지상부 환경

(1) 습도와 공기주입

■ 요약

- Microponic system 적용을 위한 팔레놉시스 순화 기간(10일) 중 습도(초기 평균 RH 85%와 RH75%에서 시작하여 점차 감소시킴)와 공기주입의 유무 처리에 따른 순화율은 95%이상이었으나 RH75%의 Air 주입 처리에서 잎끝마름이 55% 발생하였다.
- 시간 경과에 따라 모든 처리에서 배지의 함수량은 감소하였고, 특히 공기 주입에서 배지 수분감소율이 높았으며, 처리에 따른 광합성은 차이가 없었으나, RH75% Non air 처리에서 잎의 pH가 낮고, 높은 증산율 및 기공수가 적은 것을 관찰하였다. 따라서 조직배양병의 다습한 조건에서 순화 초기에는 높은 습도를 유지하되 공기 주입이 효과적이며, 낮은 습도 조건에서는 공기 주입을 하지 않는 것이 순화 초기 환경 스트레스를 낮춰 작물 순화율을 높일 수 있다.

■ 재료 및 방법

<재료 및 순화 조건 재배 환경>

- 5개월간 기내 배양된 peloric mutation계통의 팔레놉시스 Breeding No.522품종(농업사범인 유니플랜텍 육성)의 묘를 공시 재료로 사용하였다.
- 순화용 묘는 배양 병으로부터 묘를 꺼내서 뿌리 부분에 있는 Agar 배지를 가능한 깨끗이 제거한 후 각 처리구마다 50개씩 플라스틱 포트(Ø6cm×H 6cm)에 수태 배지로 감싼 묘를 이식하였다.
- 순화기간은 10일 동안 진행 하였고, 환경조건은 온도 $22 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$, 광원은 백색 LED를 이용하였고, 광도는 $47.9 \pm 24 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 에 12/12h 명암주기를 반복하였다(그림 2-1).

<처리 및 측정 항목>

- 습도 2처리와 Air 공급유무 2처리를 조합한 RH85% Air, RH85% Non-air, RH75% Air, RH75% Non-air의 4 처리하였다.
- 환경 계측 온·습도는 Watchdog data logger 1000(Model 1650, Spectrum Technologies, Inc. America), 광(Item 366816, Spectrum Technologies, Inc. America)을 이용하여 15분 간격으로 저장하였다. 측정된 습도 환경은 RH 85% 처리는 순화 0~7일은 RH 85%(80~93%), 7~10일은 RH 82%(78~93%)로, RH75% 처리는 0~3일은 RH 75%(68~85%), 3~10일은 RH73%(60~83%)이었다(그림 2-2).
- 순화 기간 중 배지 상대수분함량, 생존율, 광합성 특성, 잎 pH, 기공 수 등을 측정하였다.
- 상대수분함량은 포트무게를 기준으로 순화 직후(A_0)부터 10일 동안 매일 묘의 무게 변화량

(A_n)을 측정하였다.

- 순화율은 각 처리구마다 생존 묘의 비율로, 피해율은 식물체의 잎의 5 %이상 잎 끝이 타거나 마른 증상이 보인 것을 피해 묘로 분류하였다.
- 팔레놉시스 광합성률, 증산율, 기공전도도는 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Li-COR Inc., USA)를 사용하여 오후 22:00부터 02:00 사이에 측정하였으며, 측정당시 CO₂농도는 400 μmol · mol⁻¹, 유속은 300 μmol · s⁻¹, 광도는 80 μmol · m⁻² · s⁻¹, 온도는 25°C 조건으로 하였다.
- 팔레놉시스 잎의 pH는 malic acid 함량으로 Kubota 등(1997)의 방법을 응용하여 잎의 추출액을 pH 측정기((S220 SevenCompact, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정하였다. 기공은 잎 뒷면에 고정용액(메니큐어)을 바르고, 전자현미경(Carl Zeiss Axio Image A2 microscope, Carl Zeiss Microscope Division, Oberkochen, Germany)을 이용하여 기공의 개수(1,500 μm × 1,080 μm 당 개수)와 기공 크기를 측정하였다.
- 엽록소 함량은 Mackinney 등(1941)의 방법을 응용하여 645nm, 663nm에서 흡광 광도계(UV-1800, Shimadzu, Japan)로 측정하였다.

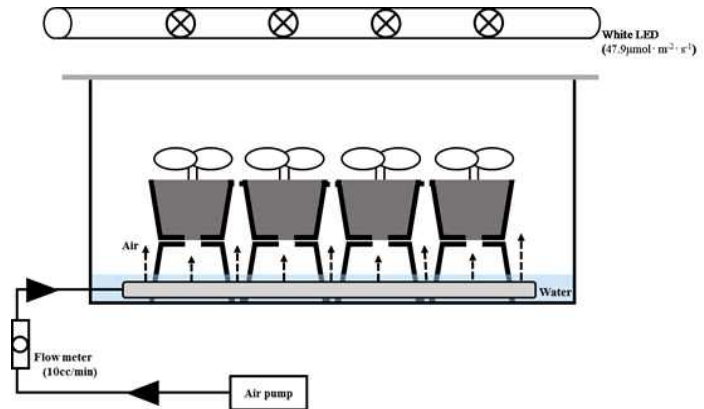


그림 2-1. 팔레놉시스 순화를 위한 재배시스템

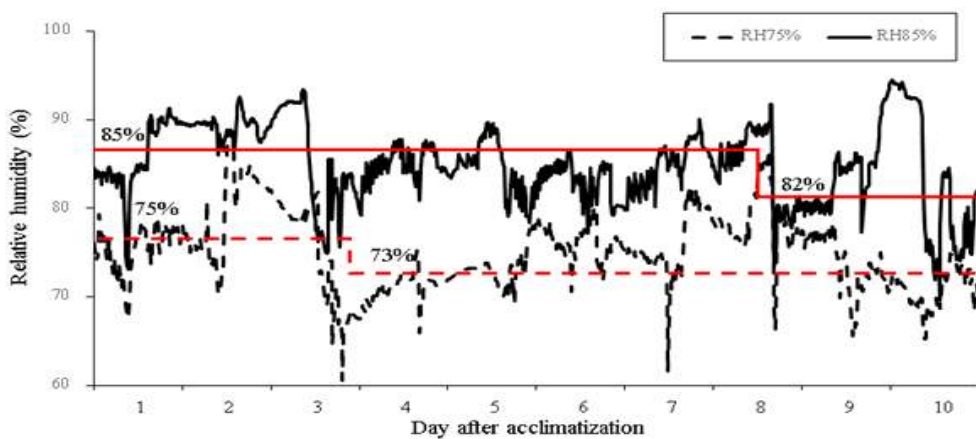


그림 2-2. 팔레놉시스 순화 중 처리 수준에서의 습도 변화

■ 결과 및 고찰

- 순화 10일째 팔레놉시스의 생존율은 RH75% Non-air 처리구는 100%, 나머지 처리구에서 95%였다(표 2-1-1).

- 그러나 RH85% 처리구에서는 23.8%의 tipburn과 같은 피해를 보였으나 RH75% 처리구는 43.8%의 피해를 보였고, RH75% Air 처리구에서 55%으로 가장 높아 순화 기간 중 Air 공급으로 잎 피해율이 증가하였다.
- 이는 기외 순화시 급격한 환경 변화가 식물체에 환경 스트레스 요인으로 작용한 것으로 보인다(Lee and Bang, 2004).

표 2-1. 습도와 공기 주입에서의 팔레놉시스 순화 10일째 생존율

Treatment		Acclimatization rate ^z (%)		
RH	Air	Normal	Tip burn ^y	Total
85%	Air	67.5	27.5	95
	Non-air	75.0	20.0	95
75%	Air	40.0	55.0	95
	Non-air	67.5	32.5	100

^zsymptom of leaf show over 5% of tipburn (n=40).

- 순화 기간 중 배지의 상대 수분 함량 감소는 모든 처리에서 감소 되었으나 RH 75% Air 처리에서 수분감소율이 36.4%로 가장 높았으며, RH 85% Non air 처리에서 8.2%로 가장 적었다(F그림 2-3).
- 공기를 주입하였을 때 배지 내 수분함량 감소가 Non air 처리구에 비해 RH 85%에서는 1.82배, RH 75%에서는 1.3배 높아 Air 주입 시 배지의 수분 감소율이 빨라졌다.

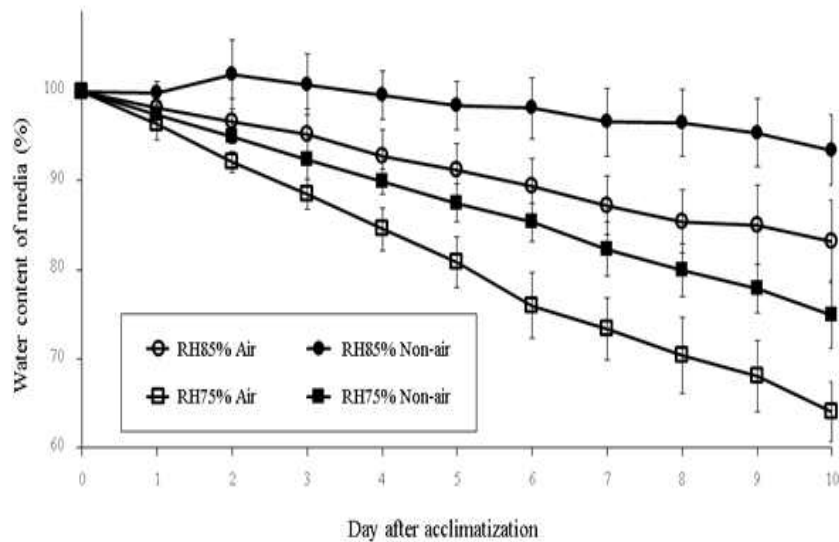


그림 2-3. 습도와 공기 주입에 의한 배지의 수분함량 변화 (n=10)

- 순화 10일 후 팔레놉시스 광합성율은 Non-air처리구에서 광합성율이 높았으나, 처리 간 유의성은 없었으며 기공전도도와 증산율은 RH75% Non-air처리에서 높아 저습 조건에서 기공운동이 활발함을 알 수 있었다(표 2-2).
- 순화 10일째 유묘의 잎 pH는 RH75% Air 처리구에서 pH 5.10으로 가장 높았으며, RH75% Non air 처리구에서 pH 4.85로 가장 낮았다.

- 이는 순화 기간 중 유묘의 잎에서 malic acid 형성으로 잎의 광합성 활성이 이루어지고 순화 중 습도와 공기 유입의 환경요인이 잎 생리적 반응에 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다(그림 2-4). 그러나 엽록소 함량은 RH 85% Air 처리에서 높았다(표 2-1-2).
- 단위면적당 기공 수는 순화 직후 10.3개에서 순화 5일 21~28.3개로 2.1~2.8배 증가하였고, 순화 10일에도 19~28개로 기공 수는 5일 째와 차이가 없으나, 습도가 높을수록, Air 공급할수록 기공 개수가 유의하게 증가했다(표 2-3).
- 기공의 폭/길이 비가 RH 85% Air 처리에서 가장 크고, RH 75% Air 처리에서 가장 작았으며, 기공 면적은 RH75 % air에서 $53.87 \mu\text{m}^2$ 로 가장 크고, RH85 % Non-air에서 $29.46 \mu\text{m}^2$ 로 작았다.
- 전체적으로 기공의 크기는 air 처리구가 Non-air 처리구보다 더 컸다(표 2-4). 기공의 폭과 길이는 RH 85%가 RH 75% 처리보다 작았으며, 공기 주입되었을 때 작아지는 경향을 보였다(그림 2-5).

표 2-2. 순화 10일 후 습도와 공기 주입에 의한 팔레놉시스 광합성 특성 및 엽록소함량

Treatment		PR ^z	SC	TR	ChC
RH	Air	($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$)
85%	Air	0.208a ^y	0.001b	0.025b	754.1a
	Non-air	0.312a	0.000b	0.011b	689.4ab
75%	Air	0.256a	0.002b	0.042b	682.3b
	Non-air	0.310a	0.010a	0.231a	697.1ab
Significance ^x					
RH		NS	*	*	NS
Air		NS	NS	NS	NS
RH × Air		NS	NS	NS	NS

^zPhotosynthesis rate (PR), stomatal conductance (SC), Transpiration rate (Tr), Total chlorophyll content(ChC).

^yMean separation within columns by DMRT 5% level. (n=4)

^xProbability of significant F values: NS, * : non-significant or significant at $p \leq 0.05$.

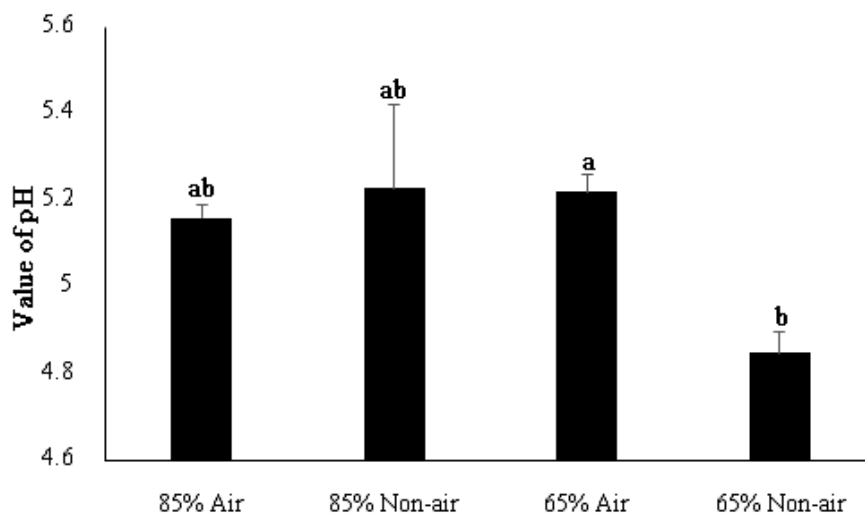


그림 2-4. 순화 10일 후 습도와 공기주입에 의한 팔레놉시스 잎 pH (n=5)

표 2-3. 순화 중 습도와 공기 유입에 의한 팔레놉시스의 기공 수

Treatment		Stomatal number (ea)	
RH	Air	5 days	10 days
85%	Air	28.3a ^z	28.0a
	Non-air	25.7a	24.3ab
75%	Air	21.0a	28.3a
	Non-air	27.3a	19.3b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level. (n=4)

표 2-4. 순화 10일 후 습도와 공기 유입에 의한 팔레놉시스 기공 폭과 너비, 면적

Treatment		Width (μm)	Length (μm)	Width/Length	Stomatal area (μm ²)
RH	Air				
85%	Air	3.68a ^z	3.51b	1.05a	38.90bc
	Non-air	2.95c	3.06c	0.96ab	29.46c
75%	Air	3.29b	4.14a	0.80c	53.87a
	Non-air	3.51ab	3.74ab	0.94b	43.98b
Significance ^y					
RH		NS	***	**	**
Air		NS	*	NS	*
RH × Air		**	NS	**	NS

^zMean separation within columns by DMRT 5% level. (n=5)

^yProbability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at $p \leq 0.05, 0.01,$ or 0.001.

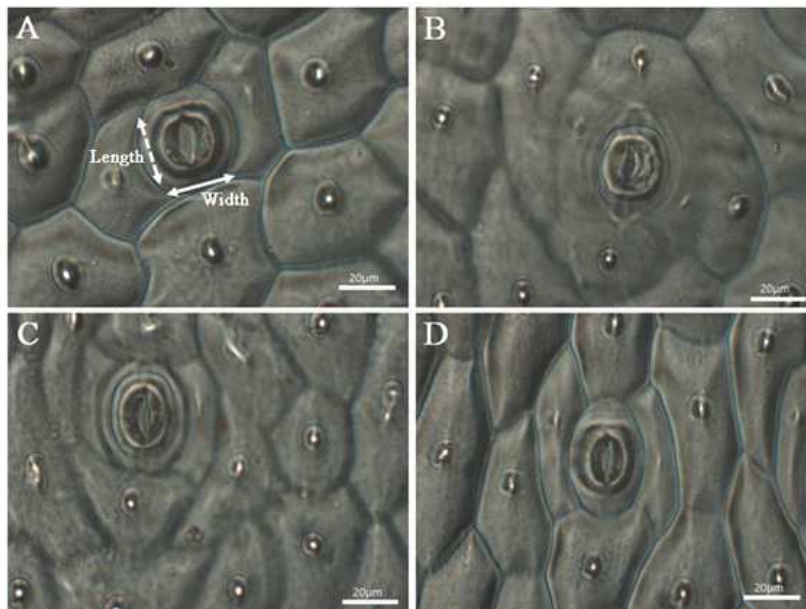


그림 2-5. 습도와 공기유입에 의한 순화 10일 후 팔레놉시스 기공
(A: RH85% Air, B: RH85% Non-air, C: RH75% Air, D: RH 75% Non-air).

나. 팔레놉시스 순화와 육묘 지하부 환경

(1) 배지 종류, EC

■ 요약

- 3회에 걸쳐 실험을 수행하였다.
- 순화와 육묘 동시에 진행되는 Microponic system에 적합한 배지 선발하기 위해 순화 2주까지는 배지 2종류(입상암면(RW), 펠라이트+암면(PL+PW))와 수태(SM, 대조구)로 순화한 결과 순화 2주째 주간의 잎 pH가 야간보다 낮았으며, RW과 PL+PW 처리에서 낮은 경향을 보였고, 광합성은 SM 처리에서 가장 좋았다.
- 순화 2주간 생육은 평균 엽수 3~4.3장, 엽장 4.3~5.3cm, 엽폭 1.7~2.2cm, 생체중 1.1~1.8g(지상부), 1.2~3.8g(지하부), 뿌리수 3.3~5.8개 었다.
- 각각의 배지에서 순화된 육묘에 EC(dS · m⁻¹) 농도를 달리하여 EC 0.8, EC 1.2, EC 1.6로 주 1회 공급하여 4주간 광합성과 생육을 측정된 결과 광합성 특성이 EC 0.8~1.2dS · m⁻¹ 처리에서 높은 반면 생육은 차이가 없어 이 기간 중 급액 농도는 EC 0.8~1.2 dS · m⁻¹ 로 공급하는 적합하리라 본다.
- 암면, 피트모스, 스폰지 블럭, 오아시스의 3종류 배지와 수태(대조구)에서 160일 육묘(2017년 8/10~2018년 1/22)한 팔레놉시스의 생육은 광합성, 엽수 및 지상부 생체중이 수태 배지에서 높았다.
- 160일 육묘된 팔레놉시스(No. 212)의 묘 생육은 엽수 3.4~5.4, 엽장 6.2~7.2cm, 엽폭 3.3~3.8cm, 생체중 4.6~6.2g(지상부)/ 3.5~6.2g(지하부), 뿌리 수 6.4~11.6개로 측정되어 순화 후 묘령 증가에 따라 엽 생육 뿐 아니라 지하부의 뿌리 수 및 생체중의 증가가 컸다.

■ 재료 및 방법

<재료 및 순화 및 육묘 환경>

- 유니플랜틱에서 육성한 팔레놉시스 No.522를 공시재료로 사용하였으며, 온실에 설치된 순화실에서 2주간(2017. 1. 10~ 1. 24)까지 수행하였다.
- 순화실의 순화기간(2017년 1월10일~16일) 중 측정된 환경 조건은 평균 온도 23.7°C(22.7~25.7°C), 평균 습도 60~75%, CO₂ 농도는 400~600ppm 를 유지하였으며, 광도는 최대 40μmol · m⁻² · s⁻¹을 넘지 않았다(실험 1).
- 순화 2주 후 육묘실로 시료를 옮겨 4주간(2017. 1. 20 ~ 2. 22)까지 재배하였다.
- 육묘 중 일평균 환경 조건이 온도 27.2°C(26.0~33.5°C), 습도 65.6%(59.0~71.8%), 광도 62.7μmol · m⁻² · s⁻¹.를(낮 평균 137μmol · m⁻² · s⁻¹)으로 측정되었다(실험 2).
- 2017년 8월 10일부터 2018년 1월 22일까지 육묘 생육에 사용된 재료는 No 212(유니플랜틱 육성)였으며, 측정시 환경조건은 평균 온도는 27.5±2°C 평균 습도 62.3±5%, 평균 광도는 43.9±5 μmol · m⁻² · s⁻¹로 측정되었다.
- 이 기간 중 생육 유지를 위해 1주일에 1회 액체비료(하이포넥스, 닥터 아그로 1호)를 4,000~2,000배 희석하여 100평당 1톤의 양액을 공급하였다(실험3).

<처리 및 측정 항목>

[실험 1]

- 배양병에서 팔레놉시스를 꺼내 입상암면(RW, Rockwool), 펄라이트+암면(PL+RW)의 배지 2처리와 수태(SM, Sphagnum Moss, 대조구)에 감싼 시료를 플라스틱 포트(Ø 6cm×높이 6cm)에 이식한 후 50공 플러그 트레이 용기에 끼워 잎 pH, 광합성 특성, 기공 및 생육을 조사 측정하였다.

[실험 2]

- 순화가 끝난 실험 1의 배지 3처리 팔레놉시스 묘를 급액 EC($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$) 농도를 EC 0.8, EC 1.2, EC1.6 3처리하여 주 1회 약 24ml/pot 스프레이로 두상 공급하였다.
- 배양액은 서울시립대 개발 난류(심비디움) 배양액(N-P-K-Ca-Mg=9-3-4-4-2 me/L)으로, pH는 5.5~5.8로 조정하였다. 재배 중 배지는 마르지 않도록 양액과 수돗물로 관수하였다. 4주 후 잎의 pH, 광합성 특성, 기공 및 생육 측정하였다.

[실험 3]

- 배지는 암면(RW), 피트 스폰지 블록(PGS, Peat Grow Sponge), 오아시스(OaS, Oasis), 수태(SM, 대조구)의 4처리하여 육묘 160일(2017년 8/10~2018년 1/22)째 광합성, 엽록소함량(SPAD) 및 생육 등을 측정하였다.

■ 결과 및 고찰

[실험 1] 배지별

- 순화 2주째 팔레놉시스 생존율을 조사한 결과 배지 처리 모두 90% 이상으로 높은 순화율을 나타냈으며, SM 배지의 순화율이 96%로 가장 높았으며, RW, RW+PL 순으로 높았다(표 2-5).

표 2-5. 배지 종류에 따른 순화 2주째 팔레놉시스 생존률

Substrate ^z	No. of plant (ea)			Survival rate(%)
	Total	survival	Wither	
SM	150	144	6	96.0
RW	150	140	10	93.3
RW+PL	150	136	24	90.7

^zSphagnum Moss(SM), Rock Wool(RW), Rock Woll+Perlite(RW+PL)

- 순화 1주째 팔레놉시스 잎 pH는 배지 종류와 주·야간 차이가 없었으나, 순화 2주째는 주간 pH가 낮았으며, RW, PL+RW 배지에서 낮은 경향을 보였다(표 2-6).
- 순화 1주째 야간 광합성율은 RW 처리에서 기공전도도와 증산율은 PL+RW 에서 좋았으며(표 2-7), 2주째 광합성율은 SM에서 좋았고, 기공전도도, 증산율은 RW 배지에서 좋았다(표 2-8).
- 순화 1, 2주째 중 배지 처리간 팔레놉시스 엽 생육은 차이가 없었으나(표 2-1-9, 2-1-10) 지하부 생체중이 SM 배지에서 낮은 경향을 보였는데, 이는 뿌리 수의 차이에 의한 것으로 보인다.
- 이 기간 중 측정된 팔레놉시스 생육은 평균 엽수 3~4.3장, 엽장 4.3~5.3cm, 엽폭 1.7~2.2cm,

생체중 1.1~1.8g(지상부), 1.2~3.8g(지하부), 뿌리수 3.3~5.8개 었다.

표 2-6. 순화 기간 중 배지 종류에 의한 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 잎 pH

Substrate	Leaf pH at 1 week		Leaf pH at 2 week	
	AM	PM	AM	PM
SM	5.15	5.15	4.80	5.37
RW	5.10	5.25	4.47	5.23
RW+PL	5.10	5.30	4.40	5.23

*AM 암기 5시간 후, PM 명기 6시간 후 (n=2)

표 2-7. 순화 1주째 배지에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 주·야간 광합성특성

Substrate	PR ^z	SC	TR	VpdL
	($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	(KPa)
Night				
SM	0.027 b ^y	0.033 b	0.002 b	1.878 b
RW	0.140 ab	0.149 a	0.008 a	1.894 ab
RW+PL	0.280 a	0.041 b	0.002 b	1.923 a
Daytime				
SM	0.217 a	0.055 b	0.003 b	1.906 a
RW	0.185 a	0.137 a	0.007 a	1.862 c
RW+PL	-0.115 b	0.047 b	0.003 b	1.883 b

^zSee the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT 5% level. (n=4)

*AM 암기 5시간 후, PM 명기 6시간 후

표 2-8. 순화 2주 째 배지에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 유묘의 광합성 특성

Substrate	PR ^z	SC	TR	VpdL
	($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	(KPa)
Night				
SM	0.3020 a ^y	0.0044 b	0.0752 b	1.7337 b
RW	0.2044 b	0.0067 a	0.1189 a	1.8074 a
RW+PL	0.1949 b	0.0033 b	0.0597 b	1.8109 a
Daytime				
SM	0.2402 c	0.0067 b	0.1188 b	1.8043 b
RW	0.2992 b	0.0047 c	0.0866 c	1.8725 ab
RW+PL	0.3902 a	0.0088 a	0.1678 a	1.9703 a

^zSee the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT 5% level. (n=4)

*AM 암기 5시간 후, PM 명기 6시간 후

표 2-9. 순화 2주째 배지에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 유묘의 엽 생육

Substrate	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (ea)
SM	4.33 a ^z	1.68 a	3.50 a
RW	5.10 a	2.20 a	3.00 a
RW+PL	4.93 a	1.83 b	3.25 a

^zMean separation within columns by DMRT 5% level. (n=4)

표 2-10. 순화 2주째 배지에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 유묘의 생체중과 건물중

Substrate	Total (g/pot)	Shoot FW. (g/plant)	Root (g/plant)		No. of root (ea)
			FW.	DW.	
SM	24.4 b ^z	1.2 a	2.24 b	0.15 a	4.33 b
RW	35.0 a	1.5 a	3.82 a	0.27 a	4.83 ab
RW+PL	22.2 ab	1.1 b	3.17 ab	0.23 ab	5.83 a

^zMean separation within columns by DMRT 5% level. (n=4)

[실험 2] EC 농도와 배지종류

- 순화 중 배지 처리한 묘를 4주간 육묘한 팔레놉시스 잎 pH 변화는 주간 pH가 4.8~5.5, 야간 pH 5.5~5.9로 오전이 낮아 팔레놉시스 주간에 Malic acid 생성이 야간보다 많은 것으로 나타났다.
- EC 농도에 따른 잎 pH는 차이가 없으나, 주간에는 SM EC1.6 처리에서 pH 4.8로 가장 낮았으며, 야간에는 RW EC 1.6처리에서 pH 5.5로 가장 높았다(그림 2-6).
- ⊖ 육묘 4주째 PM시간에 측정한 광합성은 EC1.2 dS · m⁻¹ 처리에서 높고, 기공전도도와 증산율은 EC 1.6 처리에 낮은 경향을 보였으며, 배지 처리간에는 상이하였다(표 2-11).
- 육묘 한 달 후 팔레놉시스 생육은 양액 농도에서는 무게를 제외한 다른 생육조사에서는 처리간에 차이가 없었으나 배지 종류에서는 엽장, 무게, 지상부 생체중, 지하부 건물중에서 차이가 있었다(표 2-12~13).
- EC1.2의 암면배지에서 엽장이 가장 길었고 팔레놉시스의 무게도 가장 무거워 EC1.6의 수태의 팔레놉시스보다 약73% 더 무거운 것을 알 수 있었으며, 지하부 건물중도 약39% 더 무거웠으나 지하부 생체중이나 뿌리 개수에는 차이가 없었다.
- 식물은 환경조건의 변화에 따라 잎의 단위면적당 기공과 엽맥 등의 밀도를 변화시킴으로써 가스교환 및 잎의 수분균형을 조절한다.
- 조직 배양병 기내 유식물체의 생육은 기내의 광도, 온도, 상대습도, 이산화탄소농도 등에 의해 영향을 받으며, 특히 기외로 조직 배양묘를 꺼내기 직전의 기내 조건은 차후의 식물의 생육에 결정적으로 영향을 미친다고 보고된 바 있다.
- 이에 순화기간동안의 생존율을 높이기 위해 많은 연구들이 수행되었다. 특히 기외로 조직 배양묘를 꺼내기 직전의 기내 상대습도는 순화기간동안의 증산에 영향을 미친다고 보고된 바 있다.

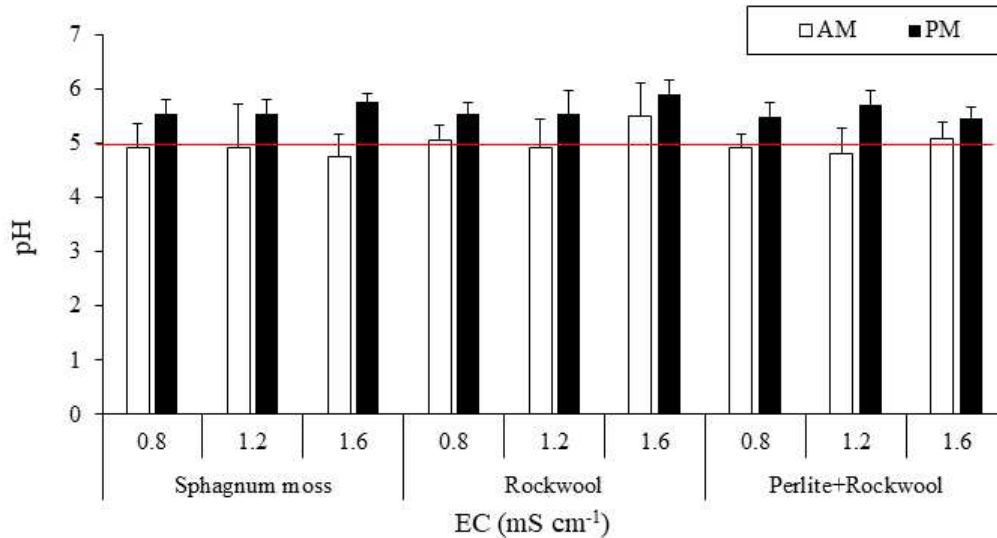


그림 2-6. EC 농도와 배지 종류에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 육묘 4주째 잎 pH (AM 암기 5시간 후, PM 명기 6시간 후, n=4)

- 기내의 상대습도 조절은 배양병의 냉각 및 배양병 뚜껑에 존재하는 통기구멍의 가스교환정도를 조절함으로써 가능하다.
- 육묘 1달후 기공의 개수는 AM시간에 EC0.8dS · m⁻¹에서 펄라이트+암면 처리구가 38.3개로 가장 많았으며, PM시간에서는 EC0.8dS · m⁻¹의 암면에서 31개로 가장 많았다(표 2-14).
- 이상의 결과 생육조사에서 순화 1주와 2주에서는 암면에서 생육이 좋았으며, 육묘 1달후 PM시간에 광합성은 EC1.2dS · m⁻¹ 암면에서, AM시간에 광합성은 EC1.6dS · m⁻¹ 좋았고 생육도 EC1.2dS · m⁻¹ 암면에서 좋았다.
- 하지만 기공의 개수는 AM시간에 EC0.8dS · m⁻¹ 펄라이트+암면 처리구가 PM시간에서는 EC0.8 dS · m⁻¹의 암면에서 많았다.
- 팔레놉시스의 순화와 육묘 시 배지는 암면이 양액농도는 EC1.2dS · m⁻¹ 에서 생육이 좋을 것으로 판단된다.

표 2-11. EC 농도와 배지 종류에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 육묘 4주째 광합성 특성

EC	Substrate	PR ^z	SC	TR	VpdL (KPa)
		($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	
0.8	SM	0.638 bcd ^y	0.003 bc	0.063 bc	1.912 a
	RW	0.427e	0.004 bc	0.063 bc	1.815 b
	RW+PL	0.679 abc	0.006 a	0.110 c	1.900 a
1.2	SM	0.726 ab	0.004 bc	0.073 bc	1.919 a
	RW	0.792 a	0.005 ab	0.089 ab	1.929 a
	RW+PL	0.643 bcd	0.003 bc	0.062 bc	1.929 a
1.6	SM	0.520 de	0.003 bc	0.065 bc	1.885 a
	RW	0.572 cd	0.003 c	0.050 c	1.917 a
	RW+PL	0.639 bcd	0.002 c	0.044 c	1.923 a
	EC(T1)	*** ^x	*	*	**
	Substrate(T2)	NS	NS	NS	NS
	T1*T2	***	**	**	**

^zSee the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level. (n=4)

^xNS: non-significant, *, ** and ***significance at probability of p<0.05, p<0.01 and p<0.001.

표 2-12. EC 농도와 배지 종류에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 육묘 4주째 생체중과 건물중

EC	Substrate	Shoot (g/plant)	Root weight (g/plant)		No. of root (ea)
		FW	FW	DW	
0.8	SM	2.48 a ^z	0.81 a	0.084 b	3.75 a
	RW	1.01 b	1.32 a	0.150 a	4.00 a
	RW+PL	1.04 b	1.27 a	0.159 a	4.13 a
1.2	SM	1.41 b	0.89 a	0.100 ab	4.13 a
	RW	1.13 b	1.48 a	0.151 a	3.63 a
	RW+PL	1.04 b	1.40 a	0.145 ab	3.75 a
1.6	SM	1.40 b	1.18 a	0.109 ab	3.63 a
	RW	1.05 b	0.83 a	0.153 a	4.00 a
	RW+PL	0.93 b	1.58 a	0.150 a	4.13 a
	EC(T1)	NS ^y	NS	NS	NS
	Substrate(T2)	*	NS	**	NS
	T1*T2	NS	NS	NS	NS

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level. (n=5)

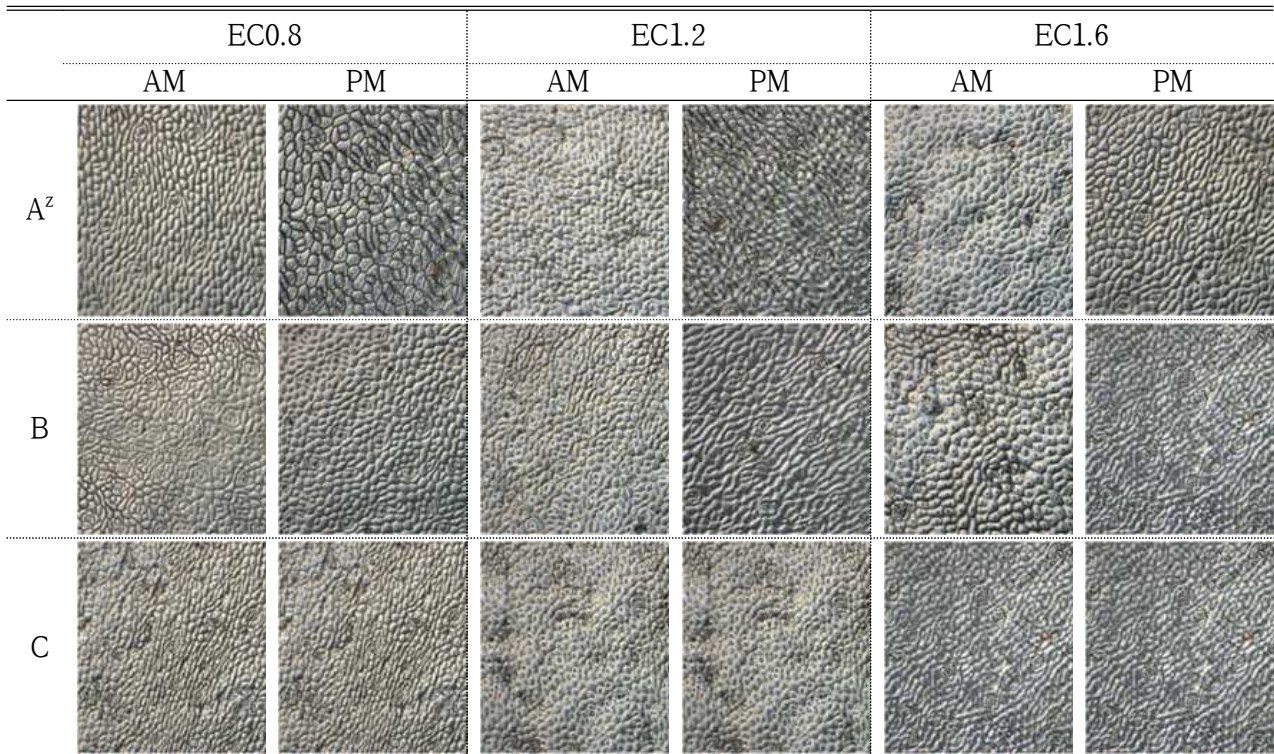
^yNS: non-significant, *, ** and ***significance at probability of p<0.05, p<0.01 and p<0.001.

표 2-13. EC 농도와 배지 종류에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 육묘 1달째 잎 기공 수

		No. of stomata (ea)
EC0.8	SM	22.0 ± 6.2
	RW	30.5 ± 3.0
	RW+PL	33.3 ± 3.8
EC1.2	SM	28.3 ± 1.7
	RW	20.8 ± 4.1
	RW+PL	25.8 ± 2.1
EC1.6	SM	26.5 ± 2.4
	RW	23.5 ± 2.4
	RW+PL	26.3 ± 7.7

(n=4)

표 2-14. 육묘 1달후 배지 및 양액농도에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 잎 기공 (100배율)



^zA:Sphagnum moss, B:Rockwool, C:Perlite+rockwool

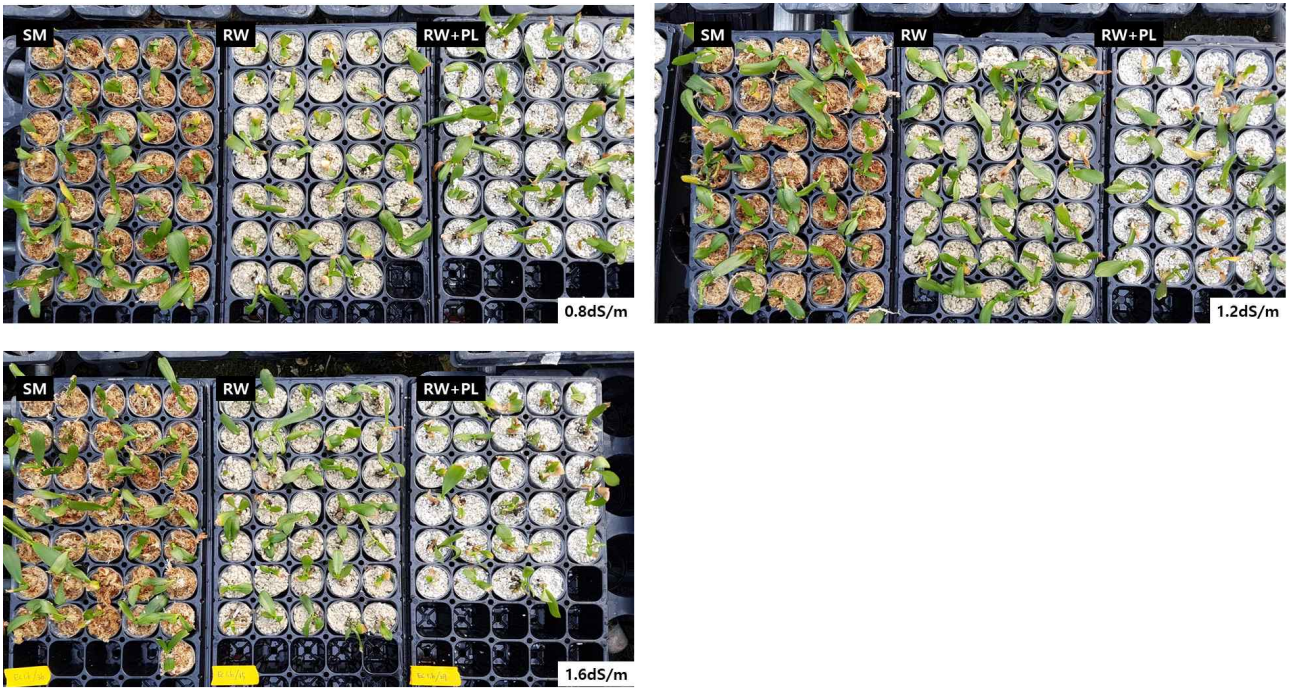


그림 2-7. 육묘 1달 후 배지 및 양액농도에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.522) 생육

[실험 3] 배지종류별 160일째

- 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 212)의 육묘 160일째 생육은 엽장과 엽폭은 각각 6.2~7.2cm, 3.3~3.8 cm으로 배지 처리 간 차이가 없었으나 엽수는 수태 배지에서 5.4장으로 다른 배지보다 약 2장 가량 많았다(표. 2-15).
- 지상부와 지하부의 생체중, 건물중은 수태 배지에서 높았으며, 암면과 오아시스 배지에서 낮았다(표 2-16).
- 팔레놉시스는 순화 이후 묘령 증가에 따라 지상부 엽 생육 뿐 아니라 지하부의 뿌리 수 증가로 인한 지하부 생육 증가가 커지는 데, 배지 처리에 따른 유의성(9.4~11.6개/주)은 없으나 수태 배지에서 11.6개/주로 가장 많았다.
- 한편 엽록소함량(SPAD)은 암면 배지에서 가장 높았고 피트 스펀지블럭 배지에서 가장 낮았다.
- 주간과 야간의 광합성 특성을 측정한 결과, CAM 식물 특성대로 야간에 CO₂를 흡수하고 주간에 기공을 닫는 경향을 나타냈다(표 2-1-17).
- 광합성율은 수태 배지에서 0.86 μmol · CO₂ · m⁻² · s⁻¹ 로 가장 높고 오아시스, 피트 스펀지블럭, 암면 순이었으나, 기공전도도는 처리 간 차이가 없었다.

그러나 본 실험에서 처리된 배지는 무기 배지로 수태에 준한 관행 방식으로 수분 관리하였을 때는 상대적으로 수분 보유율이 낮을 수 있어 5개월 이상 육묘된 묘 생육에 영향을 줄 수 있으리라 본다. 육묘과정 중 배지는 수태 배지가 가장 적합하나, 이식 시 시간 단축 및 생력화를 위해 오아시스 및 피트모스 배지 스펀지를 사용해도 큰 무리는 없을 것으로 보인다.

표 2-15. 배지 종류에 따른 160일째 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.212) 잎 생육

Substrate ^z	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves (ea)	SPAD (Value)
SM	7.0 a ^y	3.5 a	5.4 a	46.30 ab
OaS	7.2 a	3.8 a	3.6 b	43.2 ab
RW	6.2 a	3.5 a	3.6 b	49.9 a
PGS	7.2 a	3.3 a	3.4 b	41.9 b

^zSphagnum Moss(SM), Oasis(OaS), Rock Woll(RW), Peat grow sponge(PGS).

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level. (n=5)

표 2-16. 배지 종류에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.212) 육묘 160일째 생육

Substrate	Shoot weight (g/plant)		Root weight (g/plant)		No. of root (ea)
	Fresh	Dry	Fresh	Dry	
SM	6.2 a ^z	0.33 a	6.5 a	0.46 a	11.6 a
OaS	5.4 ab	0.3 ab	3.5 c	0.3 b	9.4 a
RW	4.6 b	0.3 b	4.1 bc	0.4 ab	10.6 a
PGS	5.3 ab	0.3 ab	5.1 b	0.4 a	10.0 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level. (n=5)

표 2-17. 육묘 160일후 배지에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.212) 주·야간 광합성 특성

Substrate	PR ^z ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	SC ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	TR ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	VpdL (KPa)
	Night			
SM	0.86a ^y	0.0054a	0.08a	1.78a
OaS	0.22c	0.0041a	0.08a	1.77a
RW	0.40b	0.0044a	0.07a	1.90a
PGS	0.50b	0.0047a	0.09a	1.77a
Daytime				
SM	-0.12a	0.0031a	0.07a	2.24a
OaS	-0.12a	0.0017a	0.05a	2.24a
RW	-0.16a	0.0020a	0.04a	2.24a
PGS	-0.10a	0.0030a	0.07a	2.24a

^zSee the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level. (n=4)



그림 2-8. 팔레놉시스(유니플랜텍 육성 No.212) 육묘 160일 생육
 [A:피트스폰지블럭 (PGs), B: 암면(RW), C:오아시스(OaS), D:수태(SM)]

2. 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석

가. 팔레놉시스 순화실과 육묘실의 지상부 환경 계측

■ 재료 및 방법

[실험 1] 순화 환경 계측

- 순화실 환경 계측은 2016년 10월 25일부터 11월 24일까지 농업회사법인 유니플랜텍에서 수행하였다.
- 순화실 내부에 온도, 상대습도, 광도, 이산화탄소 농도를 측정하였다(그림 2-9).
- 온도와 습도의 측정은 Watchdog data logger 1000(Model 1650, Spectrum Technologies, Inc. America)와 광량은 Quantum Light Sensor 6(Item 3668I6, Spectrum Technologies, Inc. America) 센서를 이용하였고, 이산화탄소 농도 측정은 WISE(AM-21A2-Z0, Wise sensing Inc. Korea)를 설치한 후 15분 간격으로 측정 저장된 자료를 환경 계측 자료로 분석하였다.

[실험 2] 육묘 환경 계측

- 2016년 10월 1일부터 2018년 9월 20일까지 충북 음성에 위치한 농업회사법인 유니플랜텍에서 팔레놉시스 육묘실 환경을 계측하였으며, 순화가 진행되고 있는 내부에 온도, 상대습도, 광도, CO₂ 농도를 측정하였다(그림 2-10).
- 온도와 습도의 측정은 Watchdog data logger 1000(Model 1650, Spectrum Technologies, Inc. America)로, 광량은 Quantum Light Sensor 6(Item 3668I6, Spectrum Technologies, Inc. America)로, CO₂ 농도는 WISE(AM-21A2-Z0, Wise sensing Inc. Korea)를 각각 설치한 후 15분 간격으로 저장하여 환경계측 자료로 분석한 후 묘소질 상관성을 구하는 자료로 활용하

였다.

- 측정 기간 중 육묘실에 설치된 장치를 사용하여 팔레놉시스 적정 환경관리를 위해 고온기에는 오전 중 산광스크린을 이용하여 온실 내 균일한 빛이 투과되도록 하였으며, 광도가 높은 날은 차광스크린을 사용하였다.
- 작물 재배를 위한 관수는 두상 관수하였으며, 낮 동안 햇빛이 좋은 날에는 스프링클러를 이용하여 2분정도 분무 관수하였다. 여름철 34℃를 넘어가면 열기를 식히기 위하여 포그 기계를 이용하여 수시로 스프레이를 하여 고온이 되지 않도록 하였다. 온실 내 이산화탄소는 따로 공급하지 않았다.



그림 2-9. 팔레놉시스 순화실의 환경(광, 온도, 습도, CO₂) 측정



그림 2-10. 팔레놉시스 육묘실 환경측정

■ 결과 및 고찰

[실험 1] 순화 환경

- 상업적 대량생산이 이루어지는 팔레놉시스 순화실의 순화 12일(2016년 10월 27일~ 11월 7

일)동안 측정된 평균온도는 23.7℃(20.0~27.3℃), 평균습도 69.0%(41.2~88.7%), 평균광도 36.0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 평균 CO₂ 농도 533.1ppm(362~865ppm)가 측정되었다(그림 2-11).

- 측정 기간 중 하루 동안의 시간별 평균 온도, 습도, 광 및 CO₂ 농도를 분석한 결과 하루 중 온도 변화는 11시부터 온도가 상승하여 16시까지 25.7℃가 유지되었고,
- 18시부터 최저온도 22.7℃를, 습도는 순화 직후 60%였던 상대습도는 점차 상승하여 평균 74.3%를 3일간 유지하다 이후 60~75%를 꾸준히 자체적으로 유지하였다(그림 2-12).
- 하루 중 습도 변화는 유의적으로 큰 차이가 없었다. 하루 광도는 최고 40 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 을 넘지 않았고, 12시부터 4시까지 가장 높은 광도가 측정되어 광량 증가에 따른 온도 상승이 이루어지나 비교적 약광기에 해당하는 시기의 최고 온도는 26℃를 넘지 않았으나, 상대적으로 낮은 습도에서 순화가 이루어지고 있었다.
- 시간에 따른 온습도 변화는 순화 중 광 공급에 따른 영향으로 일중 변화가 나타난 것으로 보인다.
- 또한 CO₂ 농도는 따로 공급 해주지 않았음에도 불구하고, 순화 초기 600ppm이던 이산화탄소 농도가 800ppm까지 높아졌다가 점차 감소하여 순화 4일차부터 400~600ppm 사이를 유지하였다.

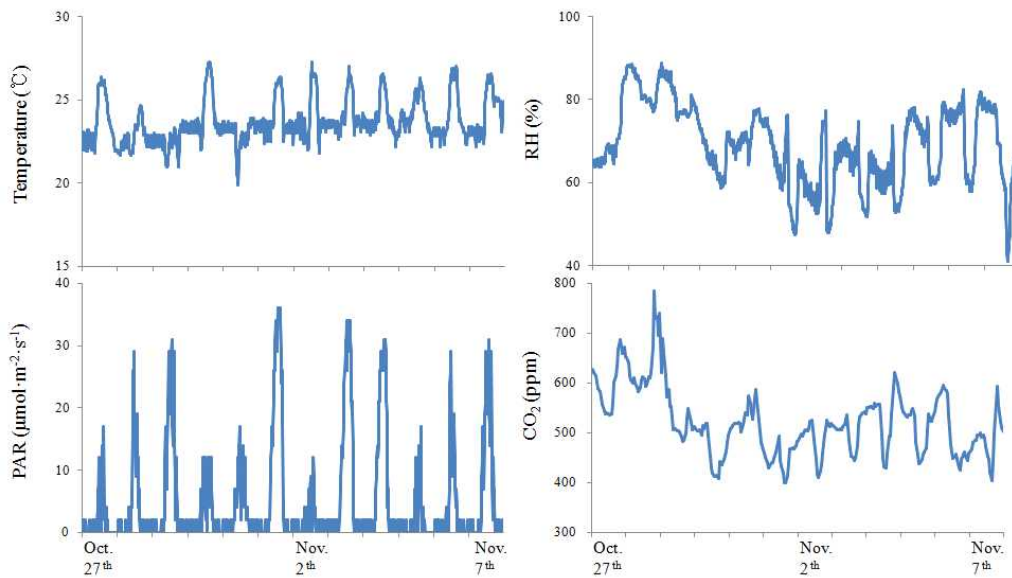


그림 2-11. 팔레놉시스 상업적 재배 순화 온실의 순화기간 중 평균 온도, 습도, 광도 및 CO₂ 농도 변화 (측정기간: 2016.10.27.~11.7)

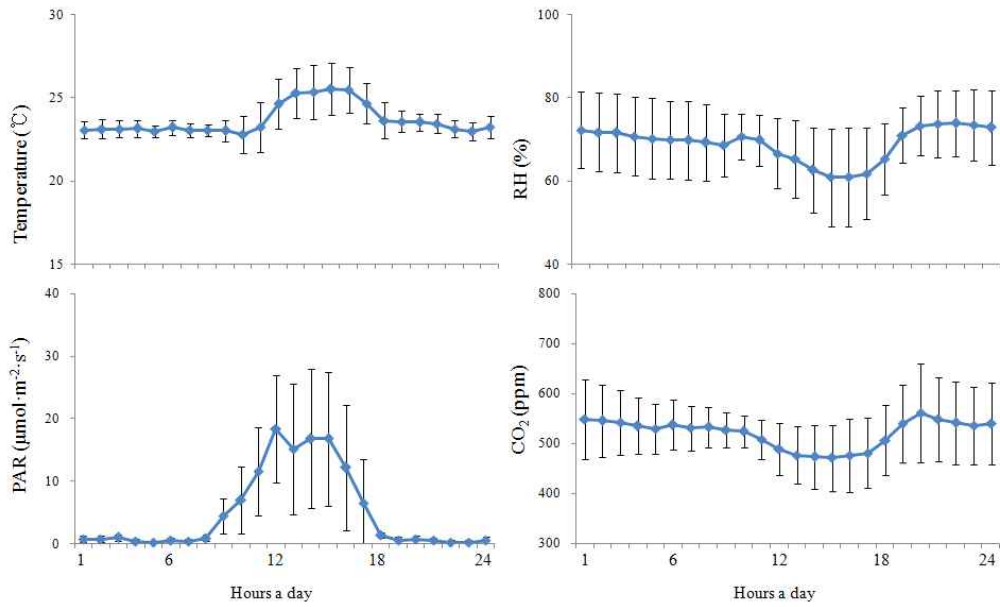


그림 2-12. 팔레놉시스 상업적 재배 순화 온실의 순화기간 중 시간별 평균 온도, 습도, 광도 및 CO₂ 농도 변화 (측정기간: 2016.10.27~11.7)

[실험 2] 육묘 환경 계측

- 2016년 10월부터 2018년 9월까지 월별 평균 광량, 평균 온도, 평균 상대습도를 측정 분석한 환경 자료는 표 2-18과 같다.
- 계측 기간 중 평균 광량은 $60\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (33.5~67.7 PPFD)로 분석되었고 월별 평균 광량을 보면 36.8~67.5 PPFD 였다.
- 월별 광량을 보면 1월부터 6월까지 광량이 점차 증가하여 6월의 월평균 광량이 가장 높았고, 7월부터 감소하여 8월이 가장 낮은 광량을 나타냈다.
- 측정 기간 중 8월 광량은 $36.8\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 7월, 9월보다 광량이 낮았는데, 이는 고온에 의한 온도 상승을 막기 위해 차광 스크린을 사용되는 시간이 많고, 장마 등의 일조량이 적었기 때문으로 보인다.
- 측정기간 중 평균 온도는 28.7°C ($26.4\sim 30.5^{\circ}\text{C}$) 였으며, 월 평균 온도는 $27.4\sim 30.5^{\circ}\text{C}$ 분포에 있었으며, 낮은 광량임에도 8월의 온도가 가장 높게 관측되었다.
- 그러나 월 온도 분포를 보면 평균 온도가 27°C 이상이였으며, 3월 이후 9월까지의 평균온도가 0.5°C 이상 상승하였다.
- 호접란은 약 25°C 이하의 온도에 노출되면 개화가 유도되므로 육묘기간 동안 온도 관리가 매우 중요하다(Sakanishi 등, 1980).
- 2018년 1월 평균온도는 27.5°C 에서 계속 증가하여 8월 30.5°C 증가하였고, 9월부터 다시 감소하여 12월에 27.6°C 로 측정되었다.
- 육묘 온실 1년간 하루 평균 온도는 약 3°C 범위에서 관리가 되고 있었다. 계측 기간 중 평균 습도는 60.9% ($54.9\sim 79.0\%$)였으며, 월 평균 상대습도는 $58.9\sim 70.5\%$ 분포하였다.
- 2018년을 보면 장마기인 7~8월에 $74\sim 79.0\%$ 로 상대습도가 높았으며, 겨울철(1~2월)에 $54.9\sim 57.4\%$ 로 상대적으로 낮았다.

- 육묘 온실의 월별 시간의 환경변화를 계절별로 분석한 결과는 그림 2-23, 그림 2-24와 같다.
- 봄철(3~5월)의 광량은 주간 평균 $111.7\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이며, 최대 $230.8\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 측정되었다.
- 광량은 3월($108\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)에서 5월($124\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)로 갈수록 계속 증가하였다. 온도는 평균 29.0°C 로 측정되었다.
- 주, 야간 온도로 나뉘었을 때, 야간온도는 $27.1\sim 27.9^{\circ}\text{C}$ 로 월별 차이가 1°C 미만으로 계속되어 관리되고 있었으나, 주간 온도는 3월에서 5월로 갈수록 $29.7\sim 31.9^{\circ}\text{C}$ 로 점점 증가하였다.
- 상대 습도는 $61.4\%(44.1\sim 76.4\%)$ 로 관리되어 이 시기 습도가 상대적으로 낮았다.
- 여름철(6~8월)의 광량은 주간 평균 $99.7\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 봄철보다 광량이 감소하였다.
- 특히 8월에 $63.5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 매우 낮았다. 이는 7~8월 장마로 인한 일조량 부족과 여름철 고온피해를 막기 위해 다른 계절보다 차광 스크린을 이른 시간에 사용하기 때문에 낮은 광량이 측정된 것으로 생각된다.
- 한편 온도는 30.8°C 로 최대 35.1°C 로 매우 높았다. 주간 온도 약 33.4°C , 야간 28.7°C 로 봄철보다 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 가량 높았다.
- 상대 습도는 $70.7\%(45.7\sim 90.7\%)$ 로 측정되었으며, 장마기인 7~8월의 일평균 상대습도가 $73.5\sim 74.3\%$ 로 다른 계절보다 약 16.4% 높았다.
- 가을의 광량은 $84.9\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이며 최대 $192.7\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이었다.
- 광량은 9월에서 11월로 갈수록 점차 감소하는 경향을 나타냈다.
- 일평균 온도는 약 27.5°C 이며, 9월에서 11월로 갈수록 일교차는 감소하여 9월은 4.4°C ($26.6\sim 31.0^{\circ}\text{C}$), 10월 2.4°C ($25.3\sim 27.7^{\circ}\text{C}$), 11월 1.8°C ($26.8\sim 28.6^{\circ}\text{C}$)로 분석되었다.
- 상대습도는 $44.6\sim 72.5\%$ 여름철보다 건조하였으며, 광량과는 반대로 주간 습도가 내려가며, 야간에 증가하였다.
- 겨울(12~2월)은 오전 8시부터 광이 관측되었으며, 일몰은 17시 15분로 관측되었다. 주간 일평균 광량은 $89.9\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 나머지 3계절보다 광도가 가장 낮았다.
- 일평균 온도는 27.6°C 이며, 주/야간 온도는 $27.1\sim 28.8^{\circ}\text{C}$ 로 주,야간 온도 차가 $1\sim 1.7^{\circ}\text{C}$ 낮았다. 상대 습도의 경우 $50.6\sim 72.6\%$ 로 관측되었다.



그림 2-13. 육묘과정에서 발생할 수 있는 팔레놉시스 및 피해 증상

표 2-18. 팔레놉시스 상업적 재배 육묘 온실의 월 평균 지상부 환경

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
평균광량 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	2016										41.6	33.5	-	37.6
	2017	57.2	60.7	55.2	61.5	67.7	67.7	63.9	-	48.0	44.4	42.0	39.9	61.7
	2018	45.2	57.3	54.2	61.7	64.6	67.2	57.9	36.8	52.6	43.0	37.8	39.9	58.3
	평균	51.2	59.0	54.7	61.6	66.2	67.5	60.9	36.8	50.3	43.0	40.2	48.6	60.0
평균온도 ($^{\circ}\text{C}$)	2016										28.4	27.9	-	28.2
	2017	27.7	28.4	28.4	28.9	30.1	30.3	29.4	-	28.6	26.4	27.6	27.6	29.0
	2018	27.5	27.8	28.3	29.0	29.1	29.3	30.3	30.5	29.4				28.5
	평균	27.6	28.1	28.4	29.0	29.6	29.8	29.9	30.5	29.0	27.4	27.8	27.6	28.7
평균 상대습도 (%)	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.0	72.7	-	71.6
	2017	62.5	63.9	64.3	59.8	58.5	60.5	79.0	-	66.2	58.3	68.3	61.5	61.6
	2018	57.4	54.9	58.9	57.9	65.7	66.3	74.2	74.7	67.9				60.2
	평균	60.0	59.4	61.6	58.9	62.1	63.4	76.6	74.7	67.1	64.2	70.5	61.5	60.9

*계측 기간: 2016년: 10.1.~11.24, 2017년: 1.15.~7.28, 9.12~12.31, 2018년: 1.1.~9.20

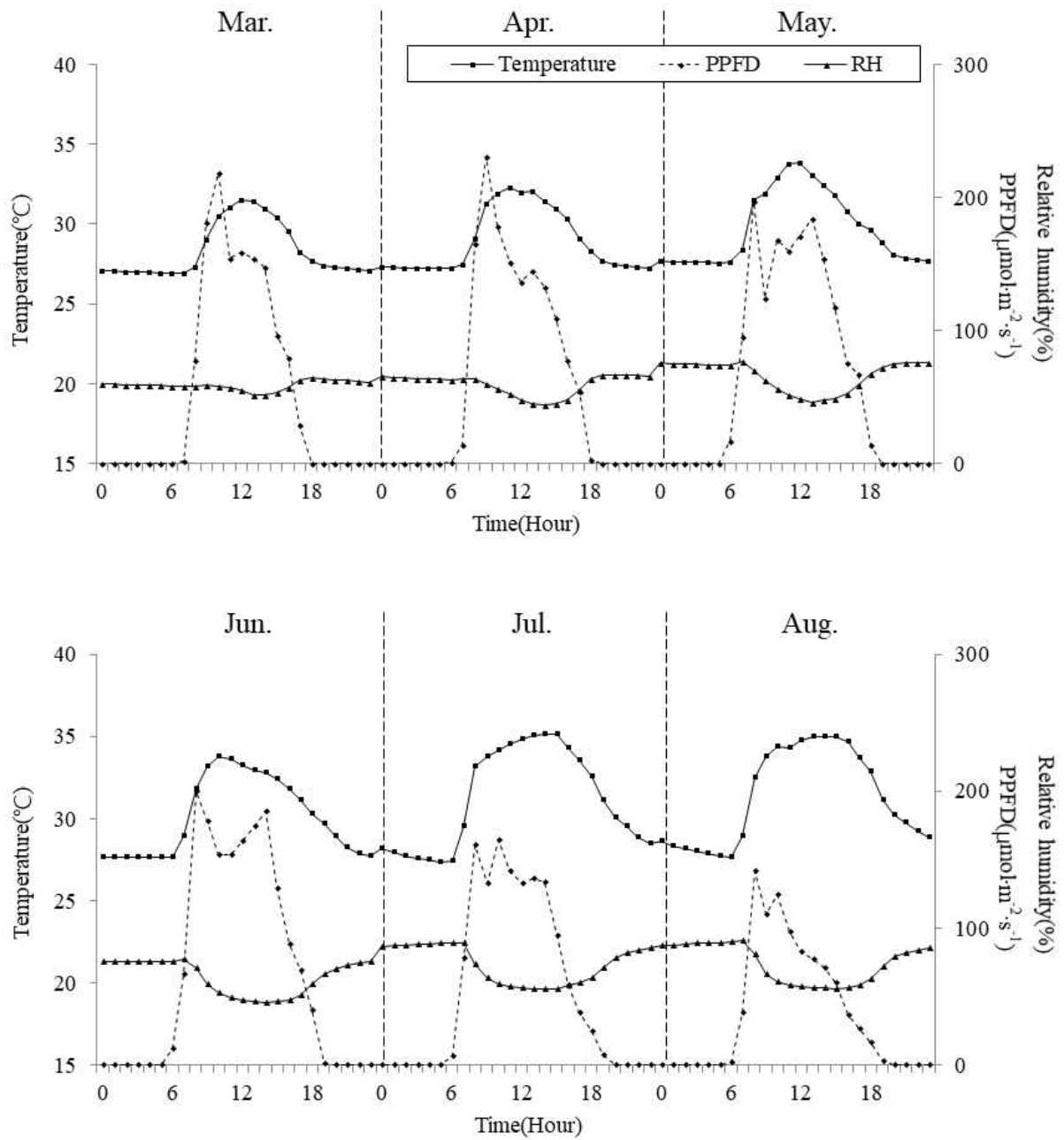


그림 2-14. 팔레놉시스 상업적 재배 육묘 온실의 3월~8월 동안의 시간별 평균 온도, 상대습도, 광량 (계측기간: 2018. 3.1 ~ 8. 31)

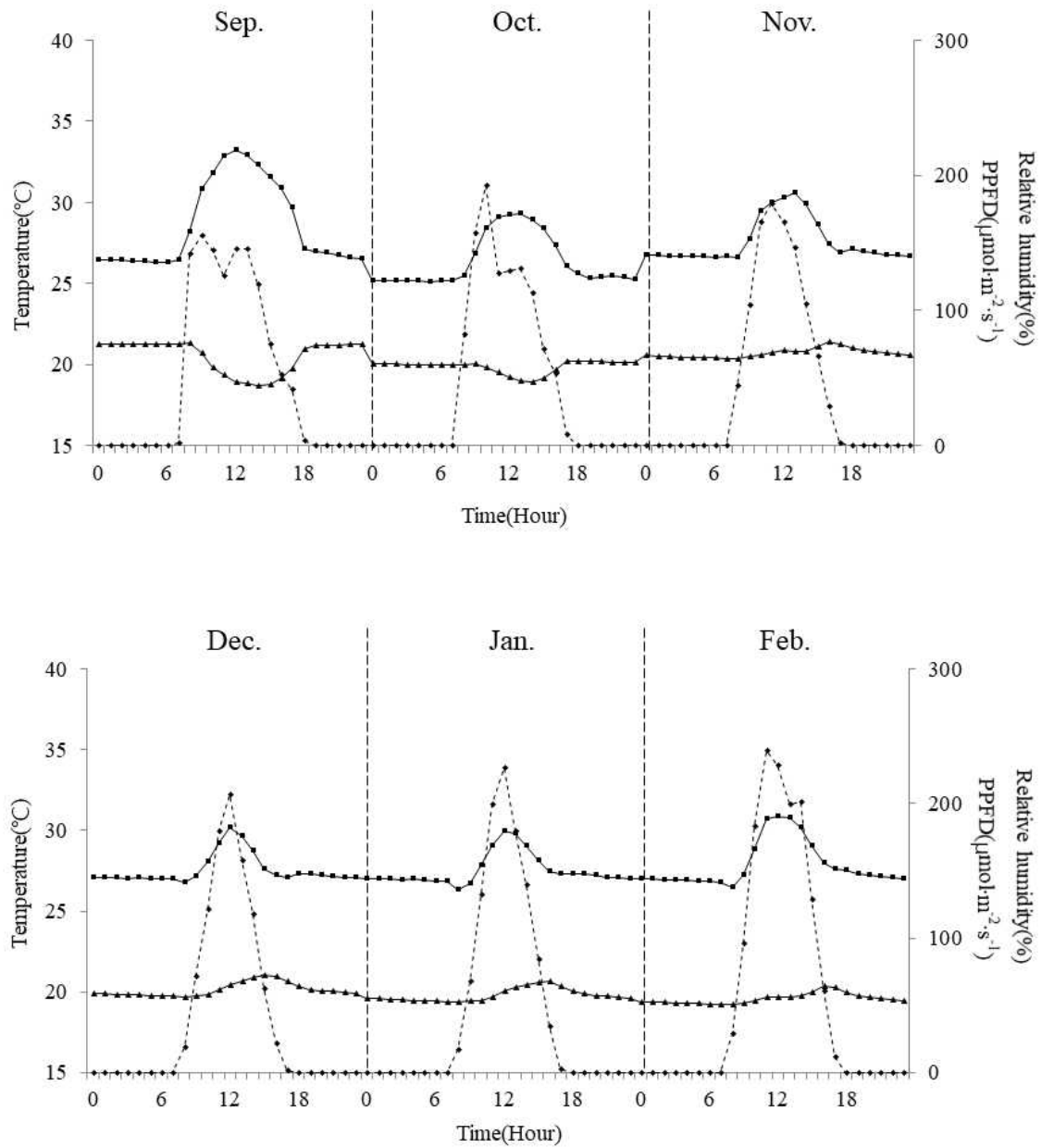


그림 2-15. 팔레놉시스 상업적 재배 육묘 온실의 9월~ 2월 동안의 시간별 평균 온도, 상대습도 및 광량 (계측기간: 2017. 9.12 ~ 2018. 2. 28)

나. 팔레놉시스 묘소질 분석

■ 요약

- 팔레놉시스(유니플랜텍 육성 유니웨딩(No.310), 유니비바체(No.341))의 육묘 5개월 동안(2018년 5/15~9/15) 1개월 간격으로 생육 조사하였다.
- 육묘일이 증가함에 따라 엽장, 엽폭, 생체중 등이 증가하였으나, 육묘 4개월부터는 엽장과 엽폭 생장이 상대적으로 둔화되면서 하엽이 낙엽되어 엽수 증가가 이루어지지 않았다.
- 육묘 기간 중 엽 생장과 탈리되는 현상은 누적 광량보다 적산온도에 더 큰 영향을 주었다.
- 따라서 묘령이 4개월 이상에서는 초기 육묘 포트(Ø6cm, H6cm)를 통기성과 근권 확보가 가능한 용기로 교체하여 육묘하는 것이 생육에 적합하리라 본다.

■ 재료 및 방법

- 2018년 5월 15일부터 9월 20일까지 충북 음성에 위치한 농업회사법인 유니플랜텍 육묘 온실에서 육묘 1개월 묘 No. 341(정식일 2018. 4.15)과 육묘 2개월 묘(No. 310, 정식일 2018.03.15.)를 이용하였다.
- 5월 15일부터 한 달 간격으로 생육(2번 엽장, 엽폭, 엽수, 지상부 및 지하부 생체중, 건물중)과 엽록소함량(SPAD)를 측정하였다. 환경 분석 기기는 2-가[실험2] 결과자료와 같다.

■ 결과 및 고찰

- 육묘 기간 중 측정된 주간 평균 광량은 $103 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($73 \sim 128 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 하루 평균온도 $30.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($29.8 \sim 31.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$), 상대습도 68.5% ($63.9 \sim 74.3\%$), 평균 CO_2 농도 477ppm ($462.4 \sim 485\text{ppm}$)이었다.
- 육묘기가 고온기에 해당되어 주간 온도가 33.4°C , 야간온도 28.8°C 로 높았으며, 주/야간 상대습도가 $74.3\%/85.6\%$ 로 유지되었다(표 2-19).
- 평균 광량은 7, 8월보다 5, 6월에 광량이 많았는데, 이는 여름철(7~8월) 장마 기간으로 구름이 많아 낮은 것으로 보인다.
- 팔레놉시스의 적정 재배환경으로 주/야간온도로 주간 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$, 야간 $18 \sim 23^{\circ}\text{C}$, 광도 $15,000 \sim 30,000\text{Lux}$, 야간 다습 조건으로 관리하는 것으로 제시되었다(RDA, 2013).
- 이를 기준으로 볼 때 측정 온실의 환경은 육묘실의 고온기 온도 상승을 극복하고자 시설 내 장치인 차광 스크린, 환기, 포깅 시스템을 사용하여 비교적 온도 관리가 잘 이루어진 반면 상대적으로 낮은 광도에서 재배되고 있었다. 한편 야간 상대습도가 78.9% 로 6~8월에 높게 관측되었다.
- 팔레놉시스(No. 310)의 육묘 2개월째 지상부 생체중은 $3.8\text{g}/\text{주}$ 에서 육묘기간이 진행될수록 증가하여 육묘 5, 6개월째 $12.5 \sim 13.8\text{g}/\text{주}$ 로 증가하였다(표 2-2-3).
- 지하부 생체중 또한 초기인 육묘 2개월째 $3.8\text{g}/\text{주}$ 로 가장 작았으며, 육묘 4~6개월에 $5.9 \sim 6.8\text{g}/\text{주}$ 로 증가하였다.
- 뿌리 수 또한 육묘 4개월째 10.5 개였으며, 차후 육묘 5, 6개월째 뿌리 수가 증가하긴 하였으나, 통계적 유의성은 없었다.
- 엽록소 함량은 육묘 2개월에 49.5 로 가장 적었으며, 육묘 3~6개월은 $51.9 \sim 56.4$ 로 처리 간 차이는 없었다.

- 품종 No.310은 육묘 5개월째 생육이 정체되는 것을 확인 할 수 있었다.
- 엽장과 엽폭은 육묘가 진행 되면서 증가하였으나, 엽수는 육묘 3~4개월째 5.8장에서 육묘가 계속 진행되면서 육묘 6개월에는 4.0장으로 감소하였는데, 이는 하엽이 노화되어 탈리되어 감소하였다(그림 2-16).
- 팔레놉시스 No.310의 생육과 환경요인간의 상관성을 알아보기로자 누적광량과 적산온도를 적용하여 분석하였다(그림 2-17~18).
- 누적광량과 생육 상관관계는 엽장, 엽폭, 지상부 생체중은 $r^2=0.69$ 이상으로 매우 높은 정상관을 갖고 있었다(그림 2-17).
- 팔레놉시스 No.310 생체중의 증가는 엽장의 증가가 큰 영향을 주는 것으로 보인다.
- 엽장은 육묘가 진행될수록 증가하였는데, 특히 5개월째 $100 \mu\text{mol}$ 당 2.7mm 증가하였다.
- 엽수의 경우 $r^2=0.33$ 로 매우 낮았는데, 이는 육묘 4~5개월째 생장률이 음수를 나타냈는데 잎의 노화로 인한 기율기 감소로 보인다.
- 적산온도와 엽장, 엽폭, 지상부 생체중의 r^2 값도 매우 높았다(그림 2-18).
- 그러나 엽수는 적산온도에서 r^2 값이 0.53으로 누적광량 $r^2=0.33$ 보다 값이 높았으며, 생장률 또한 더 크게 감소하였다(표 2-22).
- 이를 보았을 때, 육묘기간 중 팔레놉시스 No.310의 잎의 노화는 누적 광량보다 적산온도가 더 큰 영향을 주는 것으로 보인다.

표 2-19. 팔레놉시스 육묘기간 중 월별 주, 야간, 하루 환경 계측

		5월	6월	7월	8월	9월	평균
주간 광량($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)		128.1	124.5	98.7	69.5	109.8	103.2
평균온도 ($^{\circ}\text{C}$)	주간	31.7	31.9	33.3	33.4	32.3	32.5
	야간	27.7	28.0	28.4	28.8	27.9	28.1
	하루	29.8	30.1	31.1	31.3	30.0	30.5
상대습도 (%)	주간	55.4	55.7	64.3	64.8	57.1	59.5
	야간	73.8	74.0	85.3	85.6	75.6	78.9
	하루	63.9	64.1	73.5	74.3	66.7	68.5
CO_2 (ppm)	주간	450.4	463.8	461.6	462.1	456.0	458.8
	야간	476.2	506.2	515.8	508.1	483.2	497.9
	하루	462.4	483.3	485.8	483.3	470.3	477.0

*계측기간: 2018.5.15.~9.20. 계측값은 해당월 15일부터 다음월 14일 까지의 평균값임.
측정 시간 15분 간격

표 2-20. 육묘 기간 중 팔레놉시스(유니플렉스 육성 No. 310) 무게, 뿌리 수 및 엽록소 함량

Seedling Periods (Month)	Shoot (g/plant)		Root (g/plant)		No. of root (ea)	SPAD (vlaue)
	FW	DW	FW	DW		
2	3.8c ^z	0.2c	3.8b	0.2c	6.3b	49.5b
3	5.7bc	0.3bc	3.9b	0.3bc	5.8b	51.9ab
4	8.4b	0.5b	5.9ab	0.4ab	10.5a	52.0ab
5	12.5a	0.7a	6.8a	0.5a	11.0a	52.3ab
6	13.8a	0.7a	6.5a	0.4ab	9.5a	56.4a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level (n=5)

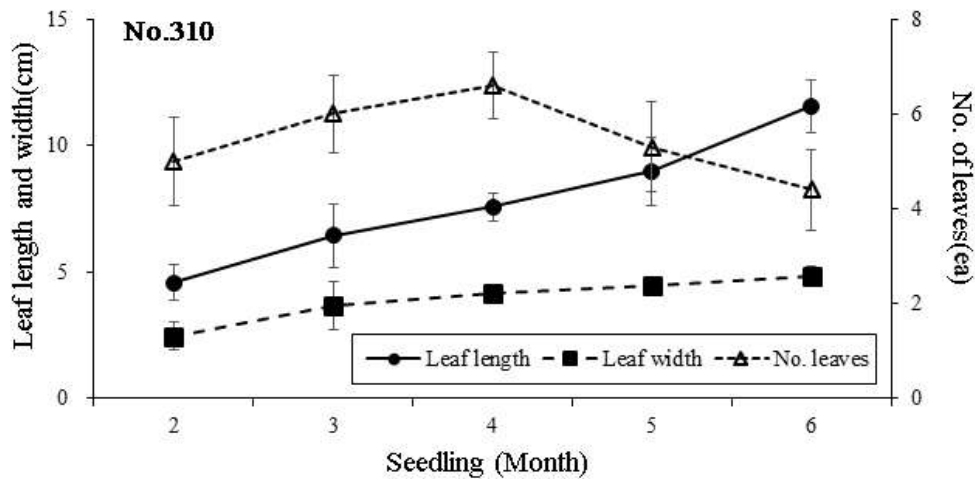


그림 2-16. 육묘 기간 중 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No.310) 엽장, 엽폭 및 엽수

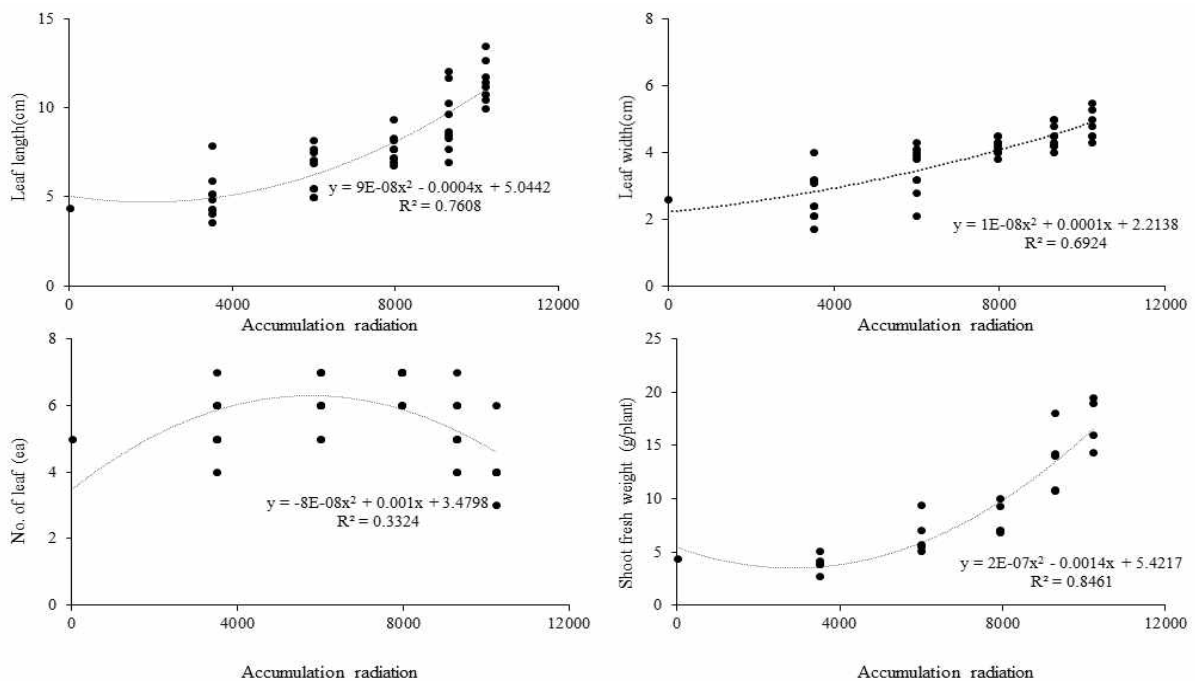


그림 2-17. 육묘 기간 중 누적광량에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 310) 생육 분석

표 2-21. 육묘 기간 중 광량에 따른 팔레놉시스 (유니플렌텍 육성 No.310) 생장률

Seedling (Month)	Growth rate			
	Leaf length (mm/100umol)	Leaf width (mm/100umol)	No. of leaves (ea/100umol)	Fresh weight (0.1g/100umol)
3	0.7	0.5	0.04	0.8
4	0.6	0.3	0.03	1.4
5	1.0	0.2	-0.10	3.0
6	2.7	0.4	-0.10	1.4

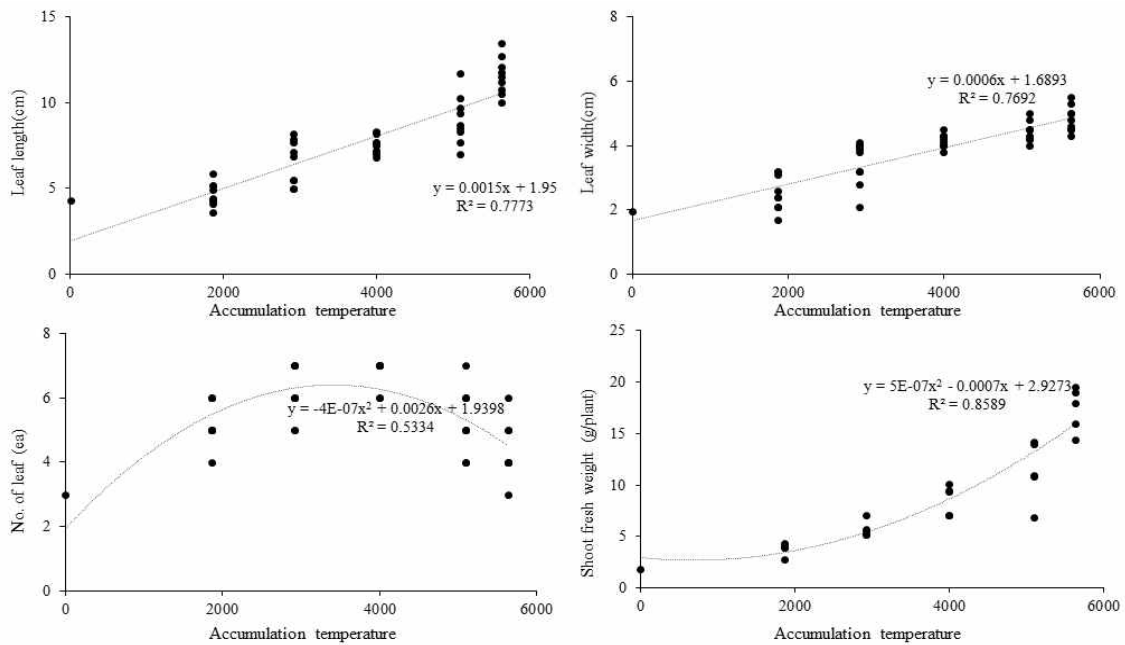


그림 2-18. 육묘 기간 중 적산 온도에 따른 팔레놉시스 (유니플렌텍 육성 No. 310) 생육분석

표 2-22. 육묘 기간 중 온도에 따른 팔레놉시스 (유니플렌텍 육성 No. 310) 생장률

Seedling (Month)	Growth rate			
	Leaf length (mm/100°C)	Leaf width (mm/100°C)	No. of leaves (ea/100°C)	Fresh weight (0.1g/100°C)
3	1.76	1.15	0.10	1.85
4	1.07	0.48	0.06	2.49
5	1.29	0.24	-0.12	3.70
6	4.74	0.76	-0.17	2.49

- 재배 기간 동안 팔레놉시스 No. 341의 생육은 표 2-2-6과 같다.
- 지상부 및 지하부의 생체중, 건물중, 뿌리 개수, 엽록소 함량은 육묘가 진행될수록 값이 증가하였다.
- 지상부 생체중과 건물중은 육묘 1개월 때, 각각 2.1, 0.1 g/주로 가장 가벼웠으며, 육묘 4~5개월째 각각 9.2~9.6, 0.6g/주로 측정되었다. 지하부 생체중과 건물중도 지상부와 마찬가지로

- 1개월째 각 1.1, 0.1g으로 측정되었으며, 육묘 4~5개월째 각 5.3~5.4, 0.4 g/주로 가장 컸다.
- 뿌리 개수는 초기 6.0개로 시작하여 육묘 5개월 때 최대 10.8개로 측정되었다.
 - 엽록소 함량은 육묘 1개월째 31.7로 가장 적었으며, 육묘 3~5개월째 51.8~53.8로 가장 많았다.
 - 품종 No.341은 육묘 4개월 되었을 때 지상부 및 지하부 무게와 뿌리, 엽록소 함량 값이 가장 높았다.
 - 두 품종 No. 341, No. 310은 각각 육묘 4, 5개월째 생육이 가장 좋았으며, 엽록소 함량은 육묘 3개월 후 육묘가 진행되도 증가하는 경향이 없었다.
 - No. 341의 엽장은 육묘 1개월째 5.0cm에서 재배가 진행될수록 증가하여 육묘 5개월째 9.9cm로 가장 컸으며, 엽폭 또한 육묘 1개월째 1.7cm에서 육묘 5개월째 3.7cm로 증가하였다(그림 2-30).
 - 그러나 엽수는 초기 3.0장에서 육묘 3~4개월째 엽수 5.5장으로 가장 많았으며, 육묘 5개월째 4.5장으로 감소하였고, 이는 밑의 잎이 노화되면서 하엽이 떨어져서 감소하였다.

표 2-23. 육묘 기간 중 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 무게, 뿌리 수 및 엽록소함량

Seedling Periods (Month)	Shoot (g/plant)		Root (g/plant)		No. of root (ea)	SPAD (vlaue)
	FW	DW	FW	DW		
1	2.1c ^z	0.1c	1.1c	0.1c	6.0c	31.7c
2	3.1c	0.2c	2.0bc	0.1bc	7.0bc	42.1b
3	5.5b	0.3b	3.8ab	0.2b	8.8ab	51.8a
4	9.6a	0.6a	5.4a	0.4a	9.8a	53.8a
5	9.2a	0.6a	5.3a	0.4a	10.8a	53.8a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level (n=5)

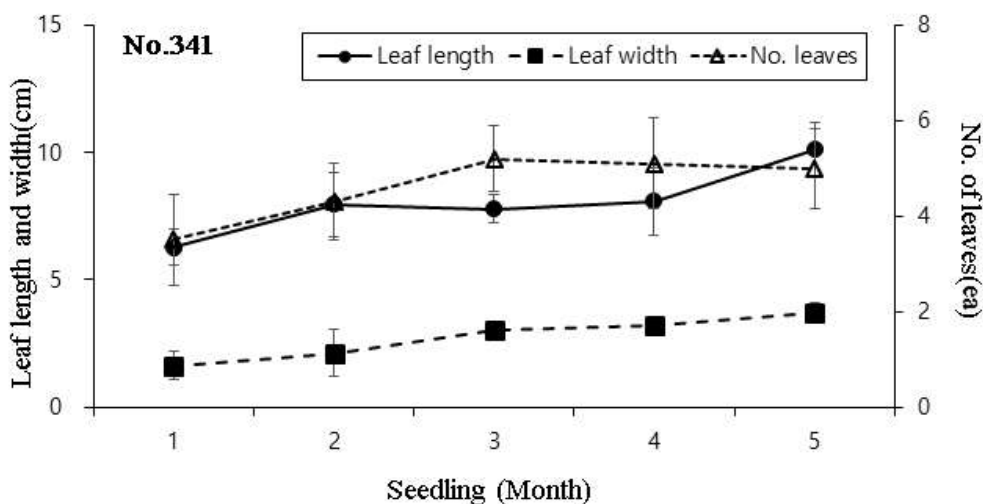


그림 2-19. 육묘 기간 중 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 엽 생육 변화

- 그림 2-20와 2-21은 팔레놉시스 No.341의 생육과 환경요인(누적광량, 적산온도)의 상관관계

를 나타냈다.

- 누적광량에 따른 엽장의 기울기가 양수로 육묘가 진행되면서 커지는 것을 확인할 수 있었으나, r^2 값이 0.48으로 유의성이 매우 낮았다.
- 엽폭은 엽장과 마찬가지로 육묘기간이 길어질수록 증가하는 경향을 나타냈다.
- 엽수는 육묘 일수가 늘어날수록 증가하다, 4~5장에 엽수가 증가하지 않았다.
- 엽수의 생장률 또한 육묘 4개월째 $-0.01ea / 100\mu mol$ 로 음수를 나타냈고, 5개월째는 증가하지 않았다(표 2-24).
- 지상부 생체중의 경우 다른 3개의 생육보다 $r^2 = 0.91$ 로 가장 높은 값을 나타냈다.
- 특히 $4,614 \mu mol \cdot m^{-2}$ 부터 생체중이 급격하게 증가하였는데, 이는 엽장과 엽수의 증가로 보인다.
- 적산온도와 생육의 상관관계를 나타냈을 때, 누적 광량과 마찬가지로 엽장은 육묘가 진행될수록 길어지지만, 엽폭은 누적온도 $3,203^\circ C$ 에서부터 넓어지지 않았다(그림 2-2-12).
- 반면 엽수의 경우 육묘가 진행될수록 증가하였지만, 누적 광량과는 다르게 기울기가 음수를 나타냈다.
- 이는 육묘 5개월째($4,299^\circ C$)부터 노화된 잎이 떨어지기 때문으로 보이며, 잎의 노화는 누적 광량보다 적산온도에 영향을 더 미치는 것으로 보인다.
- 지상부 생체중은 r^2 값이 0.92로 나머지 생육보다 값이 매우 컸다. 특히 육묘 3개월에서 4개월에 갈 때 증가 폭이 가장 큰 것을 확인할 수 있었다.

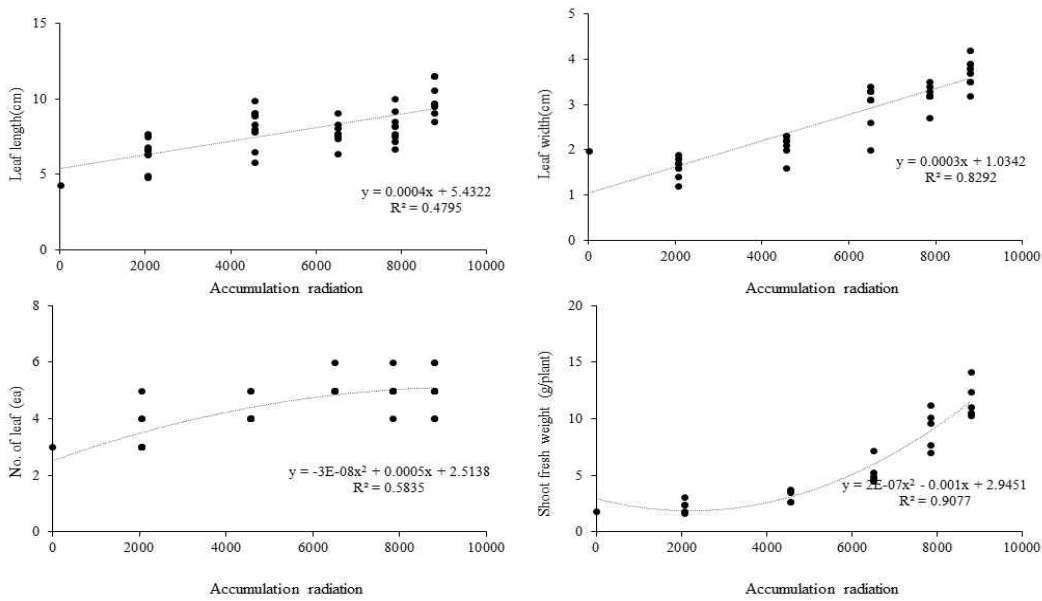


그림 2-20. 육묘 기간 중 누적광량에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 생육 분석

표 2-24. 육묘 기간 중 광량에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 생장률

Seedling (Month)	Growth rate			
	Leaf length (mm/100umol)	Leaf width (mm/100umol)	No. of leaves (ea/100umol)	Fresh weight (0.1g/100umol)
2	0.43	0.18	0.04	0.42
3	0.25	0.43	0.04	1.22
4	0.10	0.15	-0.01	3.09
5	2.39	0.62	0.00	1.51

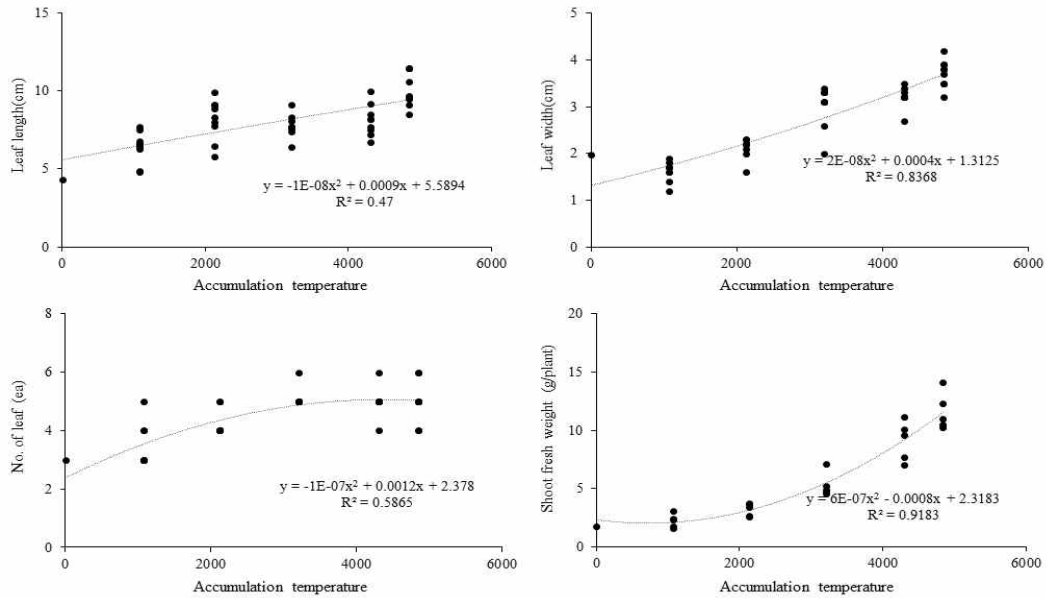


그림 2-21. 육묘 기간 중 적산 온도에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 생육분석

표 2-25. 육묘 기간 중 온도에 따른 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 성장률

Seedling (Month)	Growth rate			
	Leaf length (mm/100°C)	Leaf width (mm/100°C)	No. of leaves (ea/100°C)	Fresh weight (0.1g/100°C)
2	1.03	0.43	0.10	0.99
3	0.45	0.77	0.08	2.19
4	0.12	0.18	-0.01	3.80
5	4.07	1.06	-0.03	2.62

- 종합하였을 때, 팔레놉시스 No. 310, 341번 모두 육묘 개월 수가 늘어날수록 엽장, 엽폭, 생체중 등이 증가하면서 육묘 4개월부터 엽장 엽폭이 생장이 느려지면서, 밑의 하엽이 떨어지는 경향이 나타났다.
- 잎의 생성과 탈리되는 현상은 누적 광량보다 적산온도에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.
- 두 품종 간에 No. 310 생장이 No.341보다 컸으며, 묘소질 분석 인자로는 No. 310은 엽장, No. 341은 엽폭이 분석인자로 시료됐다. 육묘가 5개월까지 두 품종 모두 뿌리수가 증가 하였으며, 지하부 생체중에 영향을 주었다,

○ 그 이후에는 뿌리 수가 증가를 하지 않았다. 그러므로 육묘 5개월이 되면 볼륨이 큰 플라스틱 포트를 이식하여 재식밀도를 넓혀 통기성 및 광합성 효율을 높이거나, 양액 공급농도를 높이는 등 재배 관리를 바꾸는 것이 적합할 것으로 보인다.

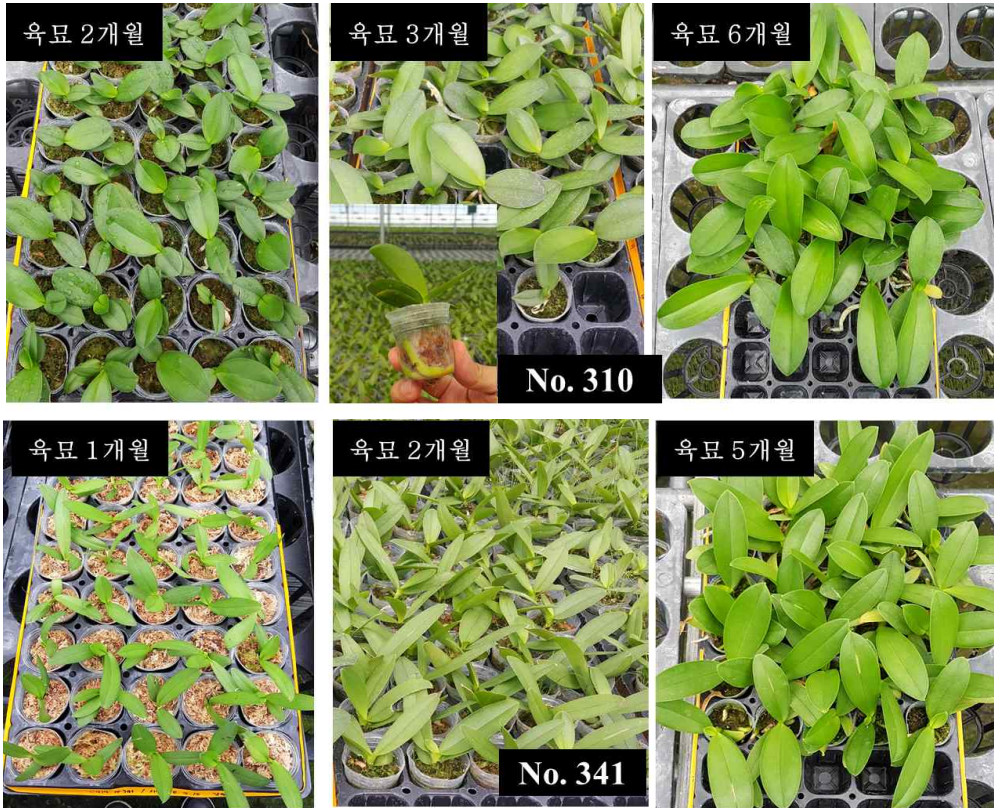


그림 2-22. 육묘온실에서 팔레놉시스(유니플랜텍 육성) 묘령별 생육



그림 2-23. 육묘온실에서 재배된 시기별 팔레놉시스(유니플랜틱 육성)의 생육

(2) 고온·습도·광 환경에 의한 팔레놉시스 묘소질

■ 요약

- 고온기 습도와 광에 의한 묘소질 변화를 알아보려고 팔레놉시스 2개월 묘를 공시하여 주/야 40/30℃ 조건에서 RH 50%, RH 80% 2처리, PPFD($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 150, 300 2처리하여

5일간처리한 결과 잎의 가시적 피해는 2일째부터 발생하였고, 5일째 처리구의 가시 피해율이 73~96%로 150 PPFDRH 50%에서 가장 높았다.

- 고온의 영향을 받은 처리구의 광합성, 기공전도도, 증산율 및 잎 삼투포텐셜은 25°C/20°C의 대조구의 광합성 특성 및 잎 삼투포텐셜이 다른 양상을 나타내 고온에 의한 잎 생리학적 변화를 보였다.

■ 재료 및 방법

- 팔레놉시스(유니플랜텍 육성 유니비바체 (No.341) 2개월 묘(엽장 6.1±0.8cm, 엽폭 2.0±0.2cm, 엽수 4.0매)를 공시하여 온도(주/야) 40/30°C 조건에서 RH 50%, 80% 2처리, PPFDRH(μmol·m⁻²·s⁻¹) 150, 300 2처리하여 120시간 처리하였다(표 2-26)

표 2-26. 처리 조건

Treatment	Temp(°C, Day/Night)	RH(%)	PPFD(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
Control	25/20	65	150
RH80 HL	40/30	80	300
RH80 LL	40/30	80	150
RH50 HL	40/30	50	300
RH50 LL	40/30	50	150

- 처리 중 가시적 피해율, 광합성 특성, 잎 삼투압은 상부 2~3번째 잎으로 측정 분석하였고 48시간까지는 6시간 간격으로 측정하였다.
- 잎 삼투압은 직경 11mm 잎을 편칭하여 FW를 측정한 후 -20°C 동결시킨 시료를 0.2ml의 증류수와 함께 분쇄하여 얻은 즙액을 1.5ml 마이크로 튜브에 넣어 10분간 12,000rpm 원심 분리하여 상층액을 삼투압측정기(Osmomat 030-D, Genotec GmbH, Berlin, Germany)로 측정하였다.
- 측정값(osmol Kg⁻¹)은 MPa에서 ψ_{π} 을 얻기 위한 -2.437(20°C 상수값)을 곱해 산출하였다(Taiz and Zeiger, 2007).

■ 결과 및 고찰

- 팔레놉시스 고온 조건에서의 습도와 광도에 영향을 받은 잎의 가시적 피해 증상은 처리 2일째에 발생하기 시작하였다(그림 2-25).
- 고온에 의한 잎 피해 증상은 상부 완전전개 잎으로부터 2~3번째 중첩 부위 잎이 황화되기 시작하면서 150 μmol·m⁻²·s⁻¹의 PPFDRH 50%, RH 80% 처리에서 잎 마름, 무름 증상 등이 관찰되기 시작하였고, 처리 60시간에는 150 μmol·m⁻²·s⁻¹의 PPFDRH 80HL에서도 피해가 발생하였다.
- 처리 5일째 가시 피해율과 황화율을 조사한 결과 처리구의 가시피해율은 73~96%, 황화율 58~62%로 RH50LL> RH80LL, RH50HL> RH80HL 순으로 높았다(표 2-18, 그림 2-25).
- 잎 피해율은 대조구와 비교하였을 때 약 8~10배 높았다.
- 팔레놉시스는 고온성 작물로 생육적온 주간 25~30°C, 야간 18~23°C, 최저온도 15°C, 개화

유도를 위한 적정 광 환경으로는 15,000~30,000Lux(약 250~500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)을 제시하였으며(RDA, 2013), 오 등(2018, IPET)은 화경 수가 16시간 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때가 8시간 75 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 보다 2배 많은 것을 보고하였다.

- 본 실험에서 주/야 40°C/30 고온은 팔레놉시스 습도와 광도와 상관없이 잎 피해가 발생하였고, 특히 처리한 150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 RH 50% 조건에서 발생이 높았다.
- 이 조건은 상업적 육묘 온실에서 계측한 고온기 광, 온도, 습도 환경에서 고온 억제를 위한 저광상태가 팔레놉시스 잎 피해 발생 요인이 될 수 있음을 시사하고 있다(그림 2-13).

표 2-27. 고온(주/야 40°C/30)에서 습도와 광도에 영향을 받은 5일째 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No. 341) 2개월 묘 잎 피해율

처리	가시피해율 (%)	황화율 (%)
Control	9.0c	30.7b
RH50HL	82.0ab	61.9a
RH50LL	96.0a	62.1a
RH80HL	73.0b	58.8a
RH80LL	84.0ab	57.6a

*n=5 야장 확인 피해 기준 제시 기준

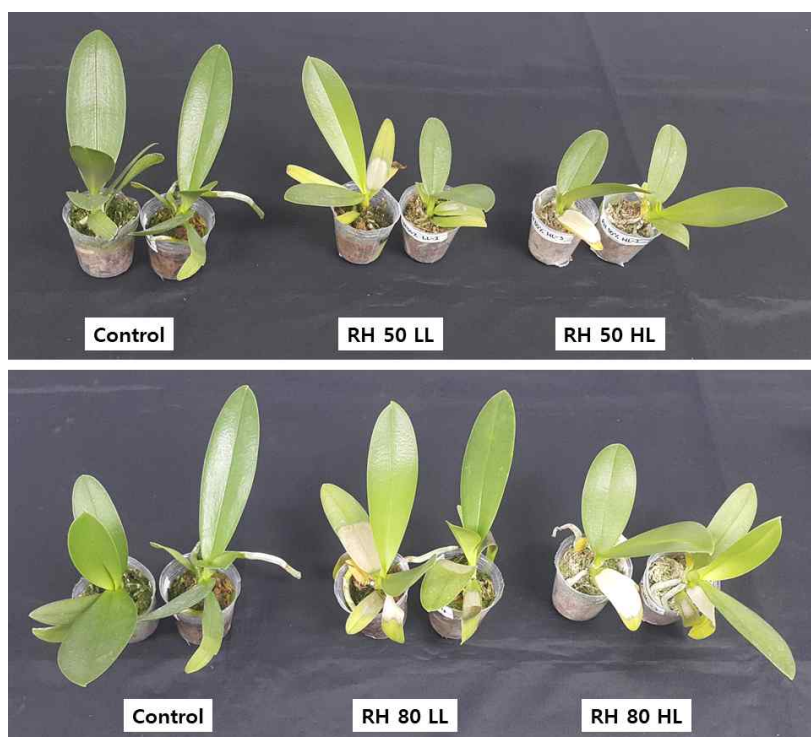


그림 2-24. 고온에서 습도와 광도처리 5일째 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No 341) 2개월묘



그림 2-25. 고온에서 습도와 광도 처리에 따른 시간별 팔레놉시스(유니플렉스 육성 No 341) 2개월 묘의 가시적 피해 양상

- 주/야 40℃/30℃의 고온에서 팔레놉시스의 광합성을, 기공전도도, 증산율 등을 처리 60시간 동안 6시간 간격으로 측정된 결과,
- 고온의 영향을 받은 처리구의 광합성은 25℃/20℃의 대조구 광합성과 다른 양상으로 나타났다(그림 2-26).

- 대조구의 광합성은 처리 18시간(명기12시간, 암기 6시간 후)까지 이루어졌고, 암기가 시작되는 처리 36시간부터 다시 광합성을 시작하는 양상을 보인 반면 고온스트레스를 받은 처리구는 습도, 광 조건에 상관없이 처리 18시간까지는 광합성이 거의 이루어지지 않다가 그 이후 (2번째 암기시간 6시간 후)에 RH50% 처리와 RH80% 저광 처리에서 광합성이 이루어졌다.
- 즉, 고온의 저습(RH 50%) 처리는 광에 영향 없이 처리 18시간 이후(암기 6시간 후)에 광합성을 시작하여 처리 42시간(암기 6시간 후)까지 이루어지는 양상을 보였다.
- 고온의 다습(RH 80%)에 저광인 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리는 처리 30시간 이후(명기 6시간 후)에 광합성이 이루어지고 CO_2 흡수는 거의 없었던 반면, 고광인 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리는 처리 18시간 이후(암기 6시간 후) 광합성을 시작하여 처리 42시간까지(암기 6시간 후)는 CO_2 흡수가 이루어짐을 보였다.
- 대조구의 기공전도도, 증산율은 처리 12시간 이후의 변화 양상은 팔레놉시스가 CAM 식물의 특성인 야간에 기공을 열고, 주간에 기공을 닫는 기존의 측정 자료와 일치하는 것을 보였다.
- RH 50% 처리의 기공전도도는 광합성의 변화와 유사하여 처리 18시간 이후 이루어지는 특징을 나타냈고, 모든 처리구의 18시간 이후 증산율은 대조구에 비해 높았으며, 특히 RH 80% 고광인 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리는 처리 12시간 이후 기공전도도와 증산율이 높았다.
- 고온에서 습도와 광도에 의한 시간별 처리구의 잎 삼투포텐셜은 대조구와 차이를 나타냈다 (그림 2-27).
- 대조구의 잎 삼투포텐셜이 처리 18시간(명기 12hr, 암기 6hr)까지 감소한 양상을 보인 반면, 고온 처리구의 잎 삼투포텐셜은 처리 12시간에(명기 12hr, 암기 시작)에 삼투포텐셜이 감소하는 양상을 보였으며, RH 50% 처리에서 컸다.
- 또한 고온 처리구의 잎 삼투포텐셜은 처리 18시간(암기 6시간 후)에 감소함으로써 대조구와 달리 처리 24시간 사이 삼투포텐셜이 변화가 있었고, 이는 광합성특성 결과와 유사한 양상을 나타냈다.

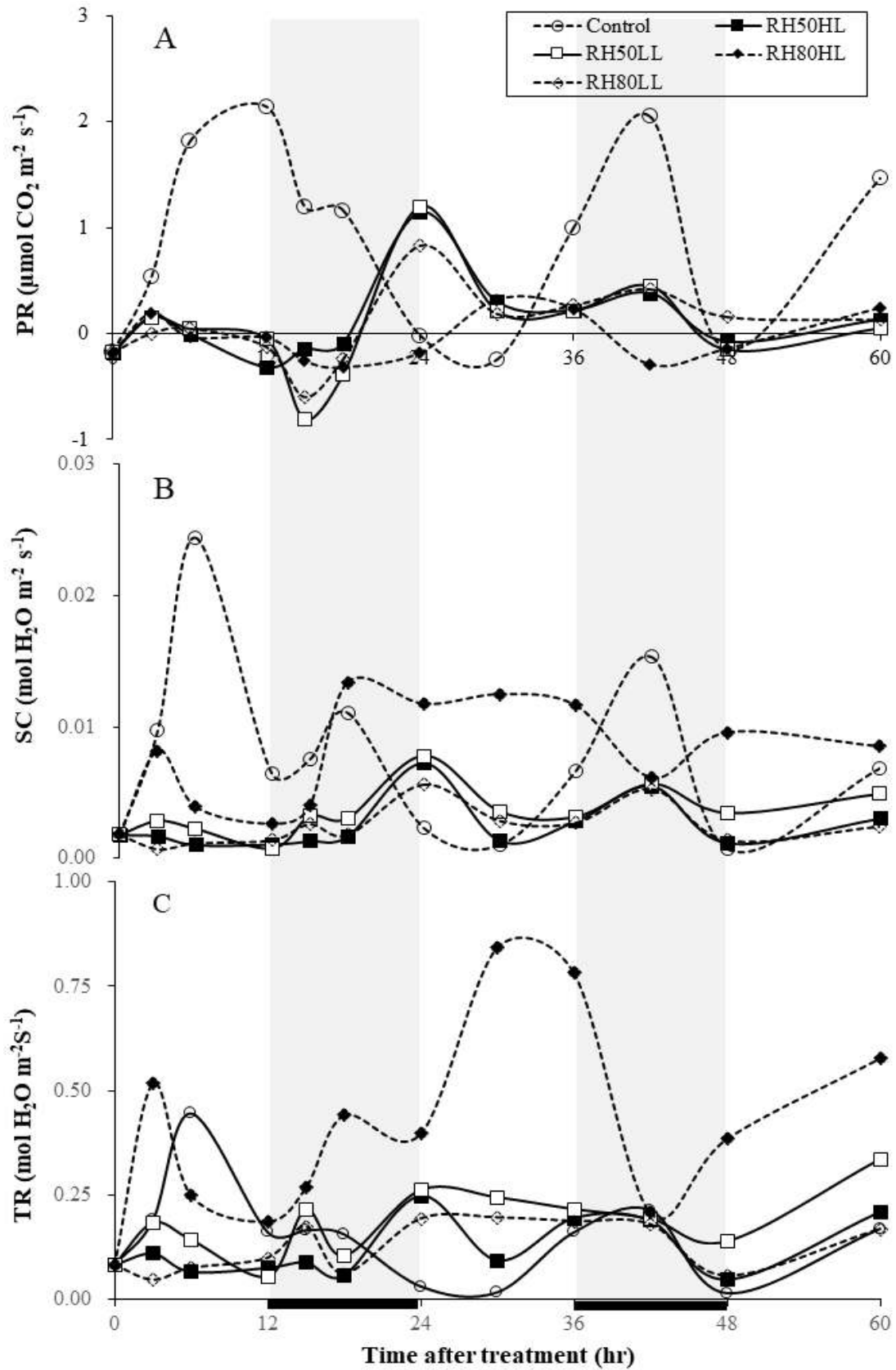


그림 2-26. 고온에서 습도와 광도 처리가 팔레놉시스(유니플랜텍 육성 No 341) 2개월 묘 광합성, 기공전도도 및 증산율에 미치는 영향 (A: 광합성율, B: 기공전도도, C: 증산율)

*측정 환경: CO_2 : $400 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, Flow rate: $300 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, temp와 PPFD: 처리 수준 제시

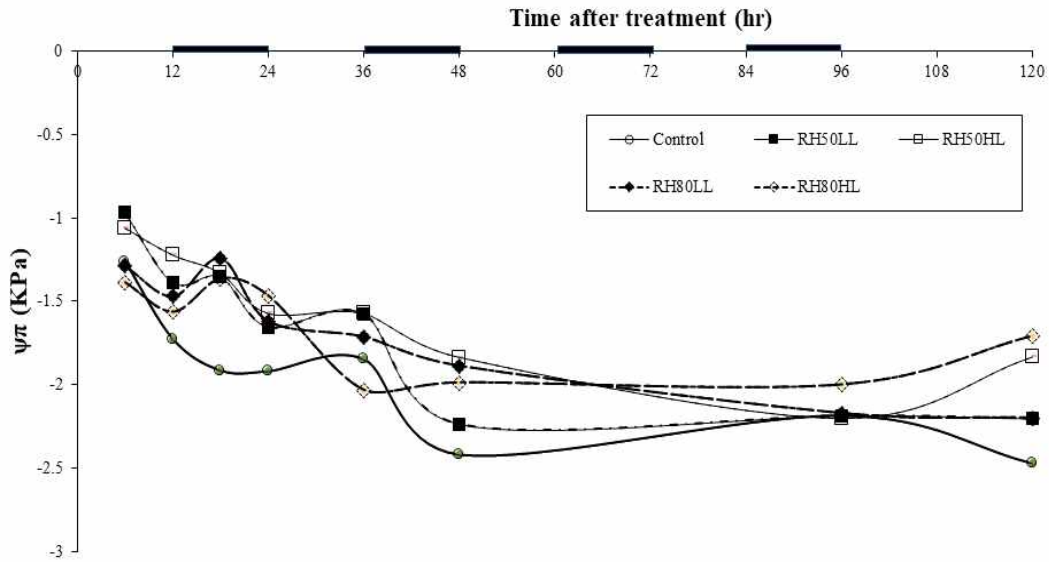


그림 2-27. 고온에서 습도와 광도 처리에 의한 시간별 팔레놉시스(유니플렌텍 육성 No 341) 2 개월 묘의 잎 삼투포텐셜

3. Microponic system을 위한 기내배양 사과 왜성대목의 순화와 육묘환경 구명

가. 기내배양 사과왜성대목 ‘M9’의 순화와 육묘의 지상부 환경

(1) 온도

■ 요약

- 초기 순화(14일)된 기내배양 사과 대목 M9 묘를 온도(18°C, 23°C, 30°C)를 달리하여 20일간 오아시스 배지에서 순화하였을 때 18°C는 95%, 23°C는 97.5%, 30°C는 84.2% 생존하여 18~23°C가 적합하였다.
- 온도 영향을 받은 묘를 환경에서 7일 간격으로 광도를 100 PPFD에서 500 PPFD까지 증가시켜 조절된 3주간 재배하였을 때, 초장 5.6~8.5cm, 엽수 11~16매, 경경 1.6~2.5mm였으며, 순화 온도 23°C 처리구에서 묘 생육이 가장 높았다.

■ 재료 및 방법

- 14일간 1차 순화된 사과 묘를 환경이 조절되는 챔버에서 주/야 온도를 각각 18°C, 23°C, 30°C로 3처리하여 20일간 순화하여 순화율을 조사하였다.
- 순화 중 광도 $90 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 주간/야간 16/8hr으로 조절 습도 야간 온도는 18°C로 설정하였다.
- 사과 묘는 오아시스(Oasis, L2.5*W2.5*H3.0cm, USA) 배지 72구 플러그 트레이에서 재배하였다.
- 온도 처리가 끝난 묘를 7일 간격으로 PPFD($\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 100, 300, 500으로 각각 증가시켜 21일째(2019년 1월 2일부터 2019년 1월 23일까지) 초장, 엽수, 묘경 및 SPAD값을 측정하였다.

다.

- 육묘 환경의 온도는 $22.7 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $63.7 \pm 3\%$, CO_2 농도는 $605.8 \pm 100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 였으며, 백색 LED 인공광원의 광주기 16/8hr를 설정하였다. 급액은 일본 아이찌현 장미 배양액 EC $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 1회/주 완전히 포수될 때까지 저면관수 하였고, 나머지 날은 수돗물로 두상관수 하여 재배 하였다.

■ 결과 및 고찰

- 20일간 온도처리 된 사과 대목의 생존율은 18°C 에서 95%, 23°C 에서 97.5%, 30°C 에서 84.2% 생존하여 $18\sim 23^\circ\text{C}$ 처리에서 높았다(표 2-28).
- 초장은 2.9~4.5cm, 엽수 9.8~11매, 엽면적 $18.6\sim 32.8\text{cm}^2$ 으로 순화 온도 23°C 에서 가장 생육이 높았다(표 2-29).
- 20일간 온도 영향으로 순화된 묘를 환경이 조절된 온실로 이동하여 1주 간격으로 3주간 광도를 높여 재배하였을 때 사과 묘는 초장 5.6~8.5cm, 엽수 11~16매, 경경 1.6~2.5mm로 증가하였으며, 23°C 처리구에서 생육이 가장 높았다(표 2-30, 표 2-31).
- 엽수와 SPAD 값은 온도 처리간 차이가 없었다. 1주 이후 300 PPFD에서 재배되었을 때 사과 엽색이 적색을 발현하기 시작하였으며, 18°C 처리에 비해 온도가 높았던 묘소질일수록 적색 발현은 높았다(그림 2-3-2, 자료 미제시).
- 순화 중 온도의 영향을 받은 사과 묘는 육묘 환경에서도 묘소질의 생육 차이가 나타나 순화 온도는 23°C 가 적합하였다.

표 2-28. 온도 처리에 따른 오아시스 배지에서의 사과 대목 ‘M9’의 20일째 생존율

Treatment (day/night)	Survival rate (%)		
	0 DAT	7 DAT	20 DAT
18/18°C	100	95.0	95.0
23/18°C	100	100.0	97.4
30/18°C	100	92.1	84.0

*측정기간:2018년 12월 14일~2019년 1월 2일

표 2-29. 온도 처리에 따른 오아시스 배지에서의 사과 대목 ‘M9’의 20일째 생육

Treatment	Plant height (cm)	Leaf			SPAD (Value)	Leaf area (cm ²)
		Length(cm)	Width(cm)	Number(ea))		
18/18°C	2.9 b ²	3.0 b	1.8 b	9.8 a	39.9 a	18.6 b
23/18°C	4.5 a	3.7 a	2.4 a	11.0 a	28.2 b	32.8 a
30/18°C	3.5 b	3.4 ab	2.3 a	10.8 a	31.9 ab	23.8 ab

²Mean separation within columns by DMRT, 5% level(n=4)



그림 2-28. 온도 처리에 따른 오아시스 배지에서의 사과 대목 ‘M9’의 7일과 20일째 생육

표 2-30. 순화 중 온도 영향을 받은 사과 대목 ‘M9’ 묘 14일 생육과 엽록소함량.

Treatment (day/night)	Plant height (cm)	No. of leaves (ea)	Stem diameter (mm)	SPAD (Value)
18/18°C	4.2 c ^z	11.0 b	1.4 b	36.5 a
23/18°C	9.5 a	16.0 a	2.3 a	31.5 a
30/18°C	8.1 b	14.3 ab	1.8 ab	27.8 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level(n=3)

*오아시스 배지에서 20일간 온도 처리에서 순화됨

표 2-31. 순화 중 온도 영향을 받은 사과 대목 ‘M9’ 묘 21일 생육과 엽록소함량.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (ea)	Stem diameter (mm)	SPAD
18/18°C	5.6 b	11.7 a ^z	1.6 b	30.3 a
23/18°C	11.0 a	16.7 a	2.5 a	27.7 a
30/18°C	8.5 a	15.3 a	1.9 b	25.2 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level(n=3)

*오아시스 배지에서 20일간 온도 처리에서 순화됨



그림 2-29. 사과 대목 ‘M9’의 14일과 21일째 생육
 *사과 묘는 오아시스 배지에서 20일간 온도 처리에서 순화됨.

(2) 광(광도, 광질)

■ 요약

- 사과대목 ‘M9’ 묘(초장 2.8cm, 경경 1.6mm)를 10일 간격으로 광도를 달리하여 30일간 육묘 하였을 때
- 사과묘의 초장은 처리 10일 째 250과 500 PPFd에서 높았으며, 30일째 묘의 광합성과 생운 은 500PPFD 환경에서 자랐을 때 가장 높았다.
- 광도 $154.6 \pm 3.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 습도 60%, 온도 24°C의 환경 조절실에서 광원(R, B, W, RBUV, RBW, SMF)을 달리하여 6주간 재배하였을 때 사과 묘 생육 특성은 인공광원에 따라 차이를 보였다.
- 사과 묘 초장은 R > RBUV > RBW > SMF > W > B광원 순이였고, 묘경, 엽수, 생체중, 건물중 은 RBUV, RBW 광원에서 높아 순화묘의 육묘 중 광과장 영역은 R, R+B 혼합 비율이 높은 RBUV, RBW 광원이 적합하였다.

■ 재료 및 방법

[실험 1] 광도

- 순화가 끝난 사과대목 ‘M9’ (초장 2.8cm, 엽수 10.9cm)의 육묘 광 환경 구명을 위해 2018년 6월 26일부터 7월 26일까지 30일간 조절된 환경실에서 재배한 후 10일 간격으로 생육 및 SPAD 등을 측정하였으며 30일째 광합성 측정하였다(표 2-32).
- 32구 플러그 트레이에 혼합상토(피스모스: 펄라이트= 9:1)로 충전된 식물체를 이식한 후 환경 조건은 광원으로는 LED 인공광원(ZVAS, 성현하이텍, Korea)을 사용하여 표 2-3-5와 같이 10일 간격으로 조절하였으며 재배기간 동안 환경조절실의 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $70 \pm 10\%$ 이었다.

표 2-32. 광량 처리 전 사과 대목 'M9'의 초기 생육

Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	SPAD (Vlaue)	Root length (cm)	Shoot (g/plant)		Root (g/plant)	
					FW	DW	FW	DW
4.1	1.92	1.62	36.08	6.2	0.4	0.2	0.10	0.02

표 2-33. 육묘 기간 중 광도 처리

Treatment	PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) for seeding		
	0-10 days	11-20 days	21-30 days
100-500	100	250	500
250-500	250	500	500
500-500	500	500	500
250-250	250	250	250
100-100	100	100	100

※재배기간: 2018년 6월 26일 ~ 7월 26일

[실험 2] 광질

- 순화가 끝난 사과 대목 'M9'의 육묘 중 광질에 미치는 생육 영향을 알아보기 위하여 2017년 4월 21일부터 6월 7일까지 환경조절실(W3.3m×L3.6m×H2.5m)에서 6주간 재배하였다.
- 광량(PPFD) $154.6 \pm 3.7 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 으로 조사량으로 인공광원을 달리한 광질별 처리 6조건에서 생육과 광합성 특성을 측정하였다.
- 식물체는 32구 플러그 트레이(53.8×25.0×6.2cm)에 혼합상토(PM:PL= 8:2, v/v)로 충전한 후 일본 아이찌현 장미 배양액을 사용하여 처리 3주까지는 EC $0.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 1회/주, 처리 4~6주는 EC $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 2회/주 완전히 포수될 때까지 저면관수하고 나머지 날은 수돗물로 두상 관수 하여 재배하였다.
- 환경조절실의 환경 조건은 온도 $23.9 \pm 0.6^\circ\text{C}$, 습도 $60.1 \pm 2.1\%$, CO₂농도는 $490.9 \pm 47.2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 유지되었으며, 광주기는 주/야 16/8시간으로 하였다.
- 광질 처리를 위한 인공 광원은 식물재배용 LED 적색(R), 청색(B), 백색(W) 등 단색광 3처리와 혼합광원(RBUV, RBW, SMF) 3처리 등으로 하였으며, 특성별 스펙트럼 파장은 그림 2-29과 같다.
- LED 인공광원(ZVAS, 성현하이텍, Korea)은 식물 재배상[120cm(L)×45cm(W)]에 6개 바(bar)에 각각의 광원으로 설치하였다.
- RBUV광은 R, B, UV -A 광원 조합으로 1개의 LED 바에 R:B 칩의 비율이 7:3 비율인 광원 6개에 UV-A 등을 2개 첨가되었고, RBW광은 1개 LED 바에 R:B:W 칩이 3:1:1 비율로 조합되었다.
- SMF 광원은 인공재배상 상부에 2개의 고압나트륨(High pressure sodium lamp, S), 1개의 메탈할라이드등(Metalhalide lamp, M)을, 측면에는 형광등(Florescent lamp, F)을 설치하였다.

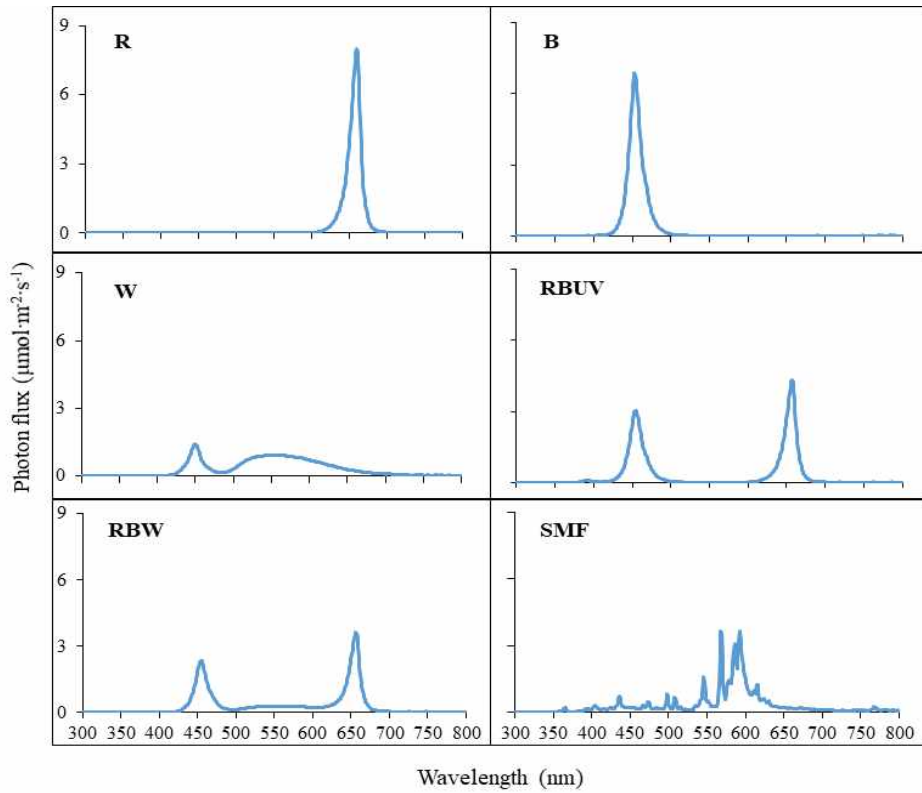


그림 2-30. 실험에 사용된 광원별 스펙트럼 파장 [적색광(R), 청색광(B), 백색광(W), R+B+UV-A 광(RBUV), R+B+W 광(RBW), 형광등+고압나트륨등+메탈 할로겐등 광(SMF)]

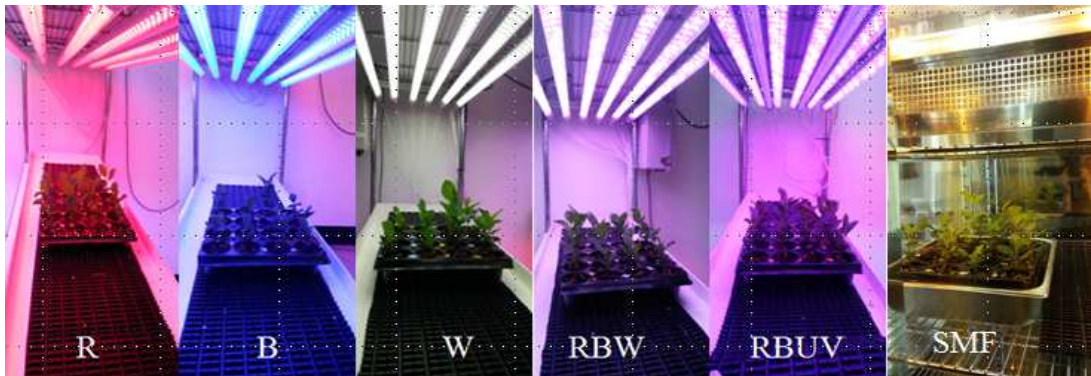


그림 2-31. 기내 배양된 사과 대목 묘 'M9'의 다양한 인공광원 처리에서의 생육

■ 결과 및 고찰

[실험 1]

- 육묘 중 10일 간격으로 광도를 달리하여 사과 묘를 재배하였을 때 초장과 엽수의 변화를 측정된 결과(그림 2-32) 10일째 초장 증가는 250과 500 PPFD가 처리된 처리에서 높았으며, 100 PPFD가 조사된 처리에서 낮았다.
- 처리 후 20일과 30일에 측정된 초장에서 같은 경향을 보였으며, 10일 간격으로 광도가 증가된 100-250-500 PPFD가 조사된 100-500처리와 250-250-500 PPFD가 조사된 처리구의 초장도 증가하였으나, 연속적으로 낮은 광도인 100 PPFD 고정 처리의 초장 증가는 상대적으로 낮았다.

- 이는 순화 후 초장 증가를 위한 광원으로는 100 PPFd가 적합하며 본 실험에서는 250~500 PPFd임을 알 수 있었다.
- 엽수 증가 변화에서도 초기 250과 500 PPFd가 조사된 처리에서의 엽수가 많았으며, 재배 중 낮은 100 PPFd에서 재배된 100-100처리에서 낮았다.
- 이는 처리 30일째 생육과 광합성 측정 결과에서도 같은 경향을 나타냈다(표 2-34, 표 2-35).
- 엽장, 경경, 지상부와 지하부 생체중과 건물중, 광합성율은 광도 처리에 따른 유의성이 인정되었다.
- 대목묘의 중요한 요건인 줄기 굵기는 500-500처리에서 250-250처리보다 14%가량 굵었으며, 지상부 생체중과 건물중도 각각 23.8%, 32.9% 높았고, 광합성율도 31% 높아 육묘시 높은 500 PPFd의 높은 광량에서 생육이 좋았다.
- 한편 100 PPFd에서 육묘된 묘소질은 초장, 엽수, 경경, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 광합성율이 현저하게 저하되었다.
- 따라서 이상의 결과를 종합하여 볼 때 초기 250 PPFd 이상의 광도가 사과 대목 'M9' 묘 생육에 적합한 것으로 판단되었다.

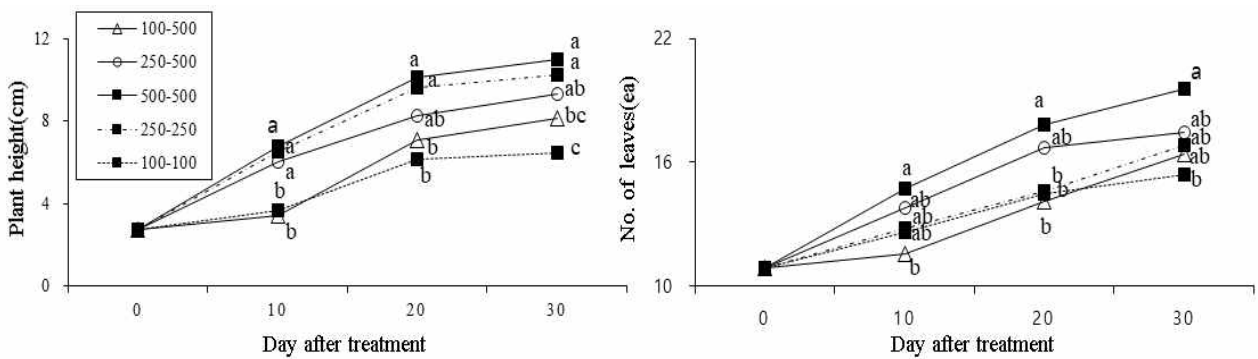


그림 2-32. 육묘 중 광도를 달리하여 30일간 재배된 사과 대목 'M9'의 초장 및 엽수 변화
²Mean separation within columns by DMRT, 5% level (n=5).

표 2-34. 육묘 중 광도를 달리하여 재배된 사과 대목 'M9'의 30일째 생육

Treatment	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	SPAD	Root length (cm)	Shoot(g/Plant)		Root(g/Plant)	
						FW	DW	FW	DW
100-500	5.4b ²	3.3a	2.0bc	32.6b	8.6a	1.5cd	0.42c	0.3b	0.05c
250-500	5.6b	3.3a	2.1b	34.9ab	9.2a	1.9bc	0.62b	0.4b	0.08ab
500-500	5.7b	3.4a	2.4a	37.9a	10.0a	2.6a	0.85a	0.6a	0.12a
250-250	6.4a	3.7a	2.1b	32.8b	10.2a	2.1b	0.64b	0.3b	0.07bc
100-100	5.3b	3.3a	1.8c	30.9b	9.1a	1.1d	0.32c	0.2b	0.04c

²Mean separation within columns by DMRT, 5% level (n=5).

표 2-35. 육묘 중 광도를 달리하여 재배된 사과 대목 'M9'의 30일째 광합성 특성

Treatment	PR ^{yz} ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	SC ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Ci ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{air}$)	TR ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	VpdL (KPa)
100-500	8.55ab ^y	0.18a	300.21bc	3.12a	1.74a
250-500	9.17a	0.16a	283.36bc	2.79a	1.73a
500-500	9.88a	0.16a	274.02c	2.67a	1.73a
250-250	7.54b	0.17a	304.11b	2.87a	1.72a
100-100	4.24c	0.20a	347.36a	3.23a	1.64b

^zSee the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=5).

*측정조건: CO₂ 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, Flow rate 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, Temp. 23°C, PPFD 100~500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$



그림 2-33. 육묘 중 광도를 달리하여 재배한 사과 대목 ‘M9’의 30일째 생육

[실험 2]

- 광질이 다른 인공광원에서의 사과 대목의 3주째 초장은 R, RBUV, RBW, SMF 광원에서 높았고, B와 W 광원에서 낮았으나 6주째 초장은 R 광원에서 가장 높았고 B 광원에서 가장 낮아 광질 처리가 길어졌을 때 초장 증가 변화에 영향을 받았다(그림 2-34).
- 3주째 묘경은 처리 간 차이가 없었으나, 6주째는 RBUV, RBW 광원에서 높았고, B와 W 광원에서 낮았다. 엽수는 3주와 6주 모두 RBUV 광원에서 가장 많았고, B 광원에서 가장 낮았다.
- 엽록소 함량 SPAD 값은 3주째는 광원에 따른 차이를 보여 B와 RBUV 광원에서 높았으나 6주째는 차이가 없었다.
- 초장을 기준으로 인공 광원 처리 기간 중 생장율은 R 광원에서 1.21mm/day로 가장 빨랐으며, RBUV 광원(0.95mm/day), RBW 광원(0.86mm/day), SMF 광원 (0.76mm/day), W 광원 (0.69mm/day), B 광원(0.44mm/day) 순으로 나타나 처리 기간의 영향을 받은 6주째 초장 결과와 같았음을 확인할 수 있었다(그림 2-35).
- 처리 6주째 엽면적은 R, W, RBUV, RBW, SMF 광원에서 높았고, B 광원에서 낮았으며, 비 엽면적은 W 광원에서 높았으며, 생체중과 건물중은 RBUV 광원에서 높았다.

- 생체중을 기준으로 한 S/R비는 W 광원에서 높았다(표 2-35). 이는 적색광, 청색광에 혼합된 녹색광의 비율이 사과 생육 인자에 영향을 주는 것으로 나타났다.
- R 광원보다 RBUV 광원 처리는 묘경, 엽수, 광합성을 및 생체중이 높은 경향을 보였으며, RBUV 광원에서 자란 사과 대목의 생체중이 RBW 광원 처리보다 높았다.
- 그러나 적색광보다 녹색광 비율이 높았던 W 광원과 SMF 광원 처리의 녹색광 비율은 각각 51.7%, 55.7%로 이들 처리에서의 생체중은 RBUV, RBW 처리보다 감소하여 RGB, 녹색 형광 등, 형광등에서 28일간 상추를 재배하였을 때 엽면적과 건물중이 감소했다는 보고와 같았다 (Kim 등, 2004).
- 처리 6주째 광합성율은 B 광원에서 가장 높았고 R 광원에서 낮았으며, B와 W 광원은 기공 전도도와 증산율은 높은 반면 잎의 증기압차는 낮았다(표 2-37).
- B 광원 처리는 R 광원 처리보다 광합성율과 증산율이 높았으며, 잎 수분이 낮았다.
- 이상의 결과 광 파장 영역 비율이 다른 인공광원 처리에 따라 R 광원은 사과의 초장 증가와 낮은 비엽면적을, B 광원은 초장억제, 엽수와 엽면적이 낮았다.
- 한편 RBUV 광원은 엽록소 함량, 엽수 및 생체중과 건물중이 가장 높은 특징을 보였다.
- 한편 처리 6주째 R 광원에서 사과 묘 초장의 증가는 뚜렷하였으나, 묘경, 엽수 및 생체중 증가는 RBUV 광원에 비해 낮은 경향을 보였다.
- RBUV 광원은 B 파장영역과 R파장 영역이 균일하게 분포하면서 UV-A 영역이 0.9% 비율을 보였으며, Red/Far-red 비가 R 광원보다 상대적으로 높았던 광원으로 사과 묘 성장에는 R 단색광원보다는 R:B칩 비율이 7:3으로 혼합된 광원에 UV-A 파장이 첨가된 RBUV 광원이 효과적인 것으로 생각된다.

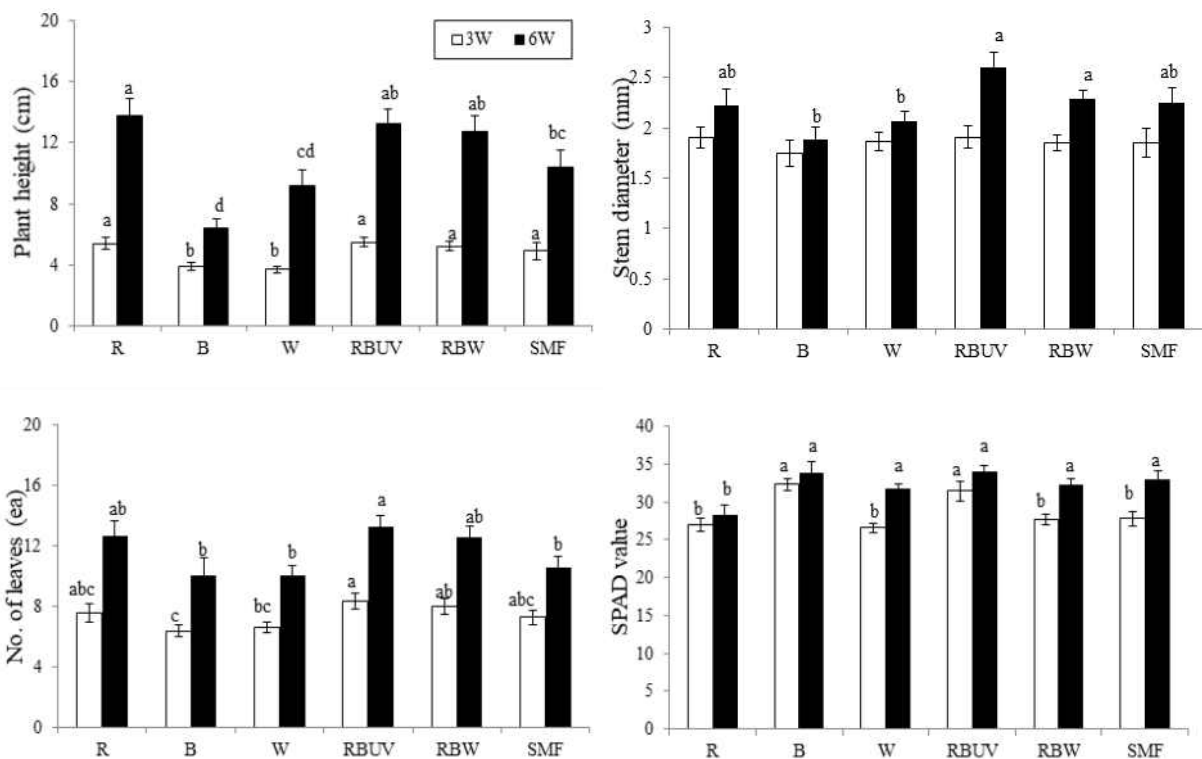


그림 2-34. 조직배양 사과 대목 ‘M9’의 육묘시 광질별 처리 3주와 6주째 생육비교 (n=12).

*Means with different letters are significantly differences by (DMRT (P≤0.05)).

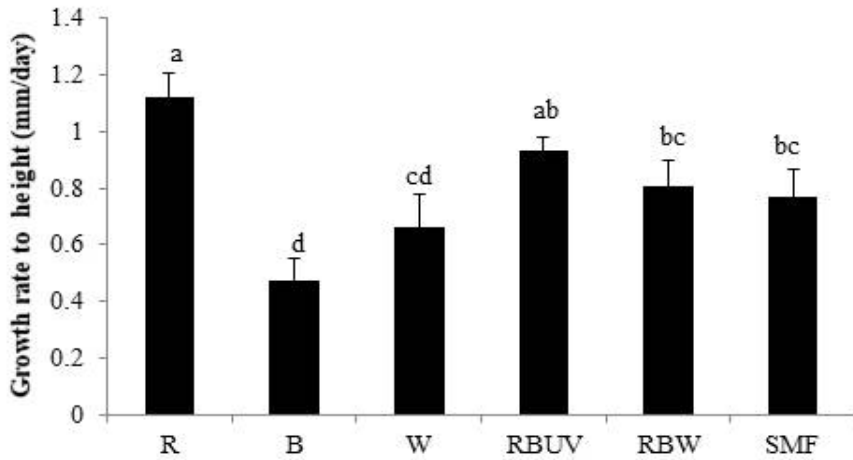


그림 2-35 3-8. 조직배양 사과 대목 ‘M9’의 육묘시 광질 처리에 6주 동안의 생장율 (n=12).
*Means with different letters are significantly differences by DMRT (P≤0.05).

표 2-36. 조직배양 사과 대목 ‘M9’의 육묘시 광질 처리 6주째 생육

Light source	Leaf area (cm ²)	SLA ^y (cm ² ·g ⁻¹)	Fresh wt. (g/plant)		S/R ratio	Dry wt. (g/plant)	
			Shoot (S)	Root (R)		Shoot	root
R	119.4 ab ^z	37.1 c	3.22 ab	0.89 ab	3.82	1.04 ab	0.15 ab
B	60.6 b	36.5 c	1.66 c	0.47 b	3.32	0.51 b	0.08 b
W	120.5 ab	51.7 a	2.33 bc	0.56 b	4.36	0.68 bc	0.10 ab
RBUV	162.1 a	41.5 b	3.91 a	1.10 a	3.68	1.25 a	0.18 a
RBW	131.3 a	42.5 b	3.09 abc	0.85 ab	4.04	1.00 abc	0.14 ab
SMF	107.8 ab	41.3 b	2.61 abc	0.78 ab	3.42	0.86 abc	0.16 ab

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=4)

^ySpecific leaf area

표 2-37. 조직배양 사과 대목 ‘M9’의 육묘시 광질 처리 6주째 광합성 특성

Light source	PR ^z (μmol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	SC (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Tr (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	VpdL (KPa)
R	11.9 b ^{zy}	0.02 b	0.69 b	3.12 a
B	12.8 a	0.06 a	1.72 a	2.89 c
W	12.3 ab	0.06 a	1.75 a	2.90 c
RBUV	12.4 ab	0.03 b	1.04 b	2.98 bc
RBW	12.6 ab	0.04 b	1.11 b	3.04 ab
SMF	12.0 ab	0.03 b	0.80 b	3.10 a

^zSee the Table 2-1-2

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level

*측정 조건: CO₂ 400 μmol · mol⁻¹, Flow rate 500 μmol · s⁻¹, Temp. 23° C, PPFD 150 μmol · m⁻² · s⁻¹



그림 2-36. 조직배양 사과 대목 ‘M9’의 육묘시 광질별 처리 6주후 생육

나. 기내배양 사과왜성대목 ‘M9’의 순화와 육묘의 지하부 환경

(1) 배지 종류

■ 요약

○ Microponic system 적용을 위한 기내 배양 사과 대목 ‘M9’의 순화와 육묘의 적정 배지를 선별하기 위해 수경재배용 암면블록, 오아시스 블록 및 혼합상토(대조구)에 묘를 이식하여 16일간 순화 하였을 때, 86~98% 생존하여 위 배지는 Microponic system 적용이 가능하리라 본다.

■ 재료 및 방법

<재료 및 환경 조건>

- 기내배양 병을 개방하여 사과 뿌리가 안 다치도록 꺼내어 뿌리에 붙어있는 Agar를 증류수로 깨끗이 씻고 IBA 0.5ppm 용액에 담갔다가 처리 배지에 식물체를 심은 후 플러그 트레이에 이식하였다.
- 식물체는 에어펌프가 연결된 내쇼날 박스(L60*W40*H20cm)에 넣고 랩으로 밀봉하여 초기 습도를 95% 이상 유지하도록 하였으며, 시간 경과에 따라 조금씩 열어 75% 정도로 낮추면서 기외 환경에 적응시켰다. 또한, 초기 지상부 시듦을 방지하기 위해 이식 초기 증산억제제인 Cloudcover 용액(20배 희석)을 분무하였다.
- 광량 30μmol m⁻² · s⁻¹에의 16/8 광주기, 25±2°C, 환경으로 순화환경을 조절하였으며, 이때 0~4일까지 98%, 4~8일까지 92%, 이후는 84% 습도가 측정되었다(그림 2-37).

<처리 및 조사>

- 처리 배지는 수경재배용 암면블럭, 오아시스 블럭 및 혼합상토(대조구)의 3처리로 사과묘를 배지와 뿌리가 분리되지 않도록 고무줄로 고정시켰다.
- 암면큐브(∅2cm, H2.5cm)는 128구 트레이에 107주, 오아시스 블럭(L2.5*W2.5*H3.0cm)은 72구 트레이에 120주, 혼합상토(바로커+펄라이트=1:1(v/v))는 128구 트레이에 98주를 이식하여 2반복 하여 16일 째 생존율을 조사하였다.

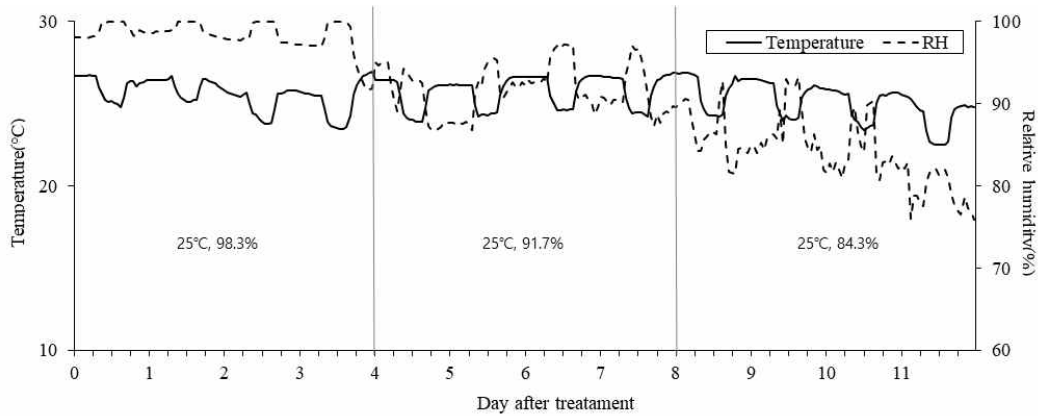


그림 2-37. 배지 종류에 의한 사과 왜성 대목 ‘M9’의 초기 순화 시 온도, 습도 환경 (측정기간: 2018년 11월 28일~2018년 12월 12일)

■ 결과 및 고찰

- 배양병에서 꺼낸 사과묘의 순화 시작 16일째 배지별 순화율이 오아시스에서 97.5%로 가장 많이 순화되었으며, 상토에서는 10%가량 낮은 86.8%로 3처리 모두에서 85% 이상 순화된 것을 알 수 있었다(표 2-38).

표 2-38. 배지 종류에 의한 사과 왜성 대목 ‘M9’의 초기 생존율

treatment	Survival rate (%)
Rock wool	94.4 ab
Oasis	97.5 a
Mixed Horticultural substrate	86.8 b

*n=6, (측정기간:2018년 11월 28일~2018년 12월 14일)

(2) 양액농도

■ 요약

- 왜성대목 ‘M9’ 묘(초장 3.6cm)를 환경조절실에서 급액 농도(EC 0.8, 1.2, 1.5, 2.0dS · m⁻²)를 달리하여 7주간 재배하였을 때 사과묘의 초장과 엽수는 EC 0.8dS · m⁻¹처리에서 높았고, EC 2.0dS · m⁻¹처리는 묘경(지상부 1cm)이 굵고 초장이 짧았다.
- 그러나 지상부와 지하부의 생체중, 건물중은 처리간 차이가 없었다. 환경조절실에서 육묘한

사과묘(초장 15±2cm)를 온실로 이동하여 공급 EC를 달리하여 주 2회, 100ml/주/회 공급하면서 7주간(2017년 4/19~6/5) 사경재배 하였을 때 공급 EC 1.5 dS·m⁻¹처리에서 초장, 엽장, 엽폭, 경경(지상 30cm), T/R율 및 광합성률이 높았다.

■ 재료 및 방법

[실험 1] : 순화직후(평균초장 3.6cm) 양액농도

- 순화가 끝난 사과 대목 ‘M9’ 묘(평균초장 3.6cm)를 광량 80±10 μmol·m⁻²·s⁻¹, 온도 23.9±0.6℃, 습도 60.1±2.1%로 조절된 환경조절실에서 7주간(2017년 4월 19일~ 6월 5일) 재배하였다.
- 32구 혼합상토(PM:PL=8:2)에 심겨진 사과 묘는 일본 아이찌현 장미배양액을 사용하여 급액 EC 0.8, 1.2, 1.6, 2.0dS·m⁻¹로 4처리하여 초기 2주간은 주1회, 3~4주는 주 2회, 5~6주는 주 3회 완전포수 될 때까지 저면관수 하였고, 기타 날은 수돗물로 두상관수 하였다.
- 생육, 광합성 특성을 측정하였으며, 재배 환경과 측정 방법은 3-가-(2)-[실험2]와 동일하였다.

[실험 2] : 순화후 초장 초장 15±2cm의 양액농도

- 사과 묘(초장 15±2cm)를 강원대학교 플라스틱 온실에서 2018년 8월 13일부터 9월 20일까지 38일간 사경배지에서 재배하였다.
- 급액은 일본(아이찌현) 장미 배양액 장미 배양액을 사용하였으며, 농도 처리는 EC 1.0, 1.5, 2.0 dS·m⁻² 하였으며, 급액 량은 식물체당 100ml/회, 주 2회 공급하였고, 기타 날은 수돗물로 일 1회 분무하였다.
- 처리 38일째 완전 임의로 처리구 당 9개씩 뽑아 생육과 광합성을 측정하였다.



그림 2-38. 플라스틱 온실에서 EC 농도처리에 따른 사과 대목 ‘M9’ 의 재배 모습 (재배기간: 2018년 8월 13일부터 9월 20일까지)

■ 결과 및 고찰

[실험 1]

- 사과 왜성대목 ‘M9’ 의 급액 농도 처리에 따른 6주째 광합성, 기공전도도 및 증산율은 처리 수준에 따른 차이가 없었다(표 2-39).

- 7주 째 초장, 엽수, 경경, 마디 수는 EC 수준에 차이를 보였 EC 농도가 높아졌을 때 초장, 엽수는 감소하였고 경경은 증가하는 특성을 보였다(표 2-40).
- EC 0.8dS · m⁻¹처리의 사과 묘 초장은 15.2cm, 엽수 18.5개였고, 마디 길이가 1.6cm으로 가장 길고 마디 수 9.8개로 가장 작아 가늘고 길게 자라는 특징을 나타냈다. EC 농도에 따른 지상부 생체중과 건물중, T/R율 및 충실도(건물중/초장)는 처리 간 차이가 없었다(표 2-41).
- 그러나 지하부의 생체중은 EC 0.8 처리에서 높았으며, 건물중은 EC 1.6과 2.0 처리에서 높은 경향을 보였으나, 유의성은 없었다.
- 광합성과 생육의 종합하여 볼 때 육묘 초기 급액 농도는 EC 0.8~1.2 8dS · m⁻¹가 적합하리라 본다.

표 2-39. EC 농도처리 6주째 순화된 사과대목 ‘M9’ 의 광합성 특성

EC (dS/m)	PR ^z ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	SC ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	TR ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
EC0.8	13.2 a ^y	0.1 a	2.5 a
EC1.2	13.2 a	0.1 a	2.5 a
EC1.6	12.9 a	0.1 a	1.9 a
EC2.0	13.0 a	0.1 a	1.7 a

^zSee the Table 2-1-2

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=4)

*측정조건: CO₂ 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, Flow rate 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, Block temp.: 23°C,PPFD 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

재배환경: Light 80±10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 주/야 16/8hr, RH 60.1±2.1%, 24°C.



그림 2-39. EC 농도처리 7주째 사과 대목 ‘M9’ 의 생육 및 재배 모습
(재배 기간: 2017년 4월 19일부터 6월 5일까지)

표 2-40. EC 농도처리 7주째 사과 대목 ‘M9’ 의 생육

EC (dS/m)	plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (ea)	Leaf area (cm ²)	Stem diameter (mm)	Node length (cm)	Node number (ea)
0.8	15.2 a ^z	6.7 a	4.3 a	18.5 a	141.1 a	2.3 b	1.6 a	9.8 c
1.2	14.5 ab	7.0 a	4.4 a	16.3 ab	122.0 a	2.4 ab	1.3 b	11.5 ab
1.6	14.1 ab	6.8 a	4.2 a	16.3 ab	128.7 a	2.5 ab	1.2 b	12.3 a
2.0	12.9 b	6.9 a	4.2 a	14.5 b	116.8 a	2.6 a	1.2 b	10.8 bc

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=4).

*재배환경: 광 80±10 μmol·m⁻²·s⁻¹, 주/야 16/8hr, RH 60.1±2.1%, 온도 24°C

표 2-41. EC 농도처리 7주째 사과 대목 ‘M9’의 뿌리 길이, 무게, T/R율 및 충실도

EC (dS/m)	Root length (cm)	FW (g/plant)		DW (g/plant)		T/R ratio	Compactness (mg/cm)
		Shoot	Root	Shoot	Root		
0.8	7.8 a ^z	1.52 a	0.53 a	0.50 a	0.11 a	4.90 a	33.5 a
1.2	5.8 a	2.04 a	0.24 b	0.50 a	0.08 a	6.37 a	34.9 a
1.6	9.2 a	2.07 a	0.37 b	0.49 a	0.12 a	4.73 a	34.8 a
2.0	9.2 a	2.05 a	0.36 b	0.49 a	0.11 a	4.61 a	37.8 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=4).

*재배환경: 광 80±10 μmol·m⁻²·s⁻¹, 주/야 16/8hr, RH 60.1±2.1%, 온도 24°C

[실험 2]

- 사과 묘(초장 25±2cm)를 온실로 이동하여 급액 농도 3처리하여 38일 동안 사경배지에서 재배하였을 때 초장, 엽장, 엽폭, 엽록소함량 값, 경경(지상부 30cm) 및 T/R율은 처리간 차이를 나타냈다(표 2-42).
- EC 1.5 처리구의 초장은 48.0cm으로 EC 1.0 처리구보다 15% 길었으며 지상으로부터 30cm의 경경도 EC 1.5 처리구에서 3.9mm으로 EC 1.0 처리구보다 1mm정도 굵었다. 그러나 지상부의 생체중과 건물중은 차이가 없었으나 지하부 생체중은 EC 2.0 처리에서 가장 낮았고, T/R율은 EC 1.0~1.5 처리에서 높았다.
- 광합성율, 기공전도도, 증산율 및 엽수증기압차는 EC 1.0 처리에서 높고 EC 2.0 처리에서 낮았다(표 2-3-16). 식물체 부위별 무기성분 함량(T-N, P< K, Ca, Mg)은 EC 1.0 처리에서 낮고, EC 1.5와 EC 2.0 처리에서 높았으나 처리간 차이는 없었으며, 적정 범위에 분포하였다(표 2-43).
- 따라서 육묘 중 급액 농도는 EC 1.0~1.5 수준이 적합하리라 본다.

표 2-42. EC 농도 처리 38일째 온실에서 재배된 사과 ‘M9’ 생육

EC (dS/m)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of Leaves (ea)	Root length (cm)	SPAD (Value)	Stem diameter(mm)	
							1cm	30cm
1.0	41.7b ^z	7.7b	5.3b	30.2a	17.2a	38.3b	5.2a	2.9b
1.5	48.0a	8.7a	5.9a	32.4a	15.9a	40.8ab	5.4a	3.9a
2.0	45.9ab	8.5a	5.7ab	31.8a	16.6a	44.2a	5.4a	3.3ab

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=9).

(재배기간: 2018년 8월 13일부터 9월 20일까지)

표 2-43. EC 농도 처리 38일째 온실에서 재배된 사과 ‘M9’ 지상부와 지하부 무게 및 T/R율

EC (dS/m)	Shoot FW. (g/plant)			Shoot DW. (g/plant)			Root wt. (g/plant)		T/R ratio
	Leaf	Stem	Total	Leaf	Stem	Total	Fresh	Dry	
1.0	9.8a ^z	5.1b	15.0a	2.9a	2.2a	5.1a	8.1a	1.3a	2.19 a
1.5	11.2a	6.8a	18.1a	3.5a	2.4a	5.9a	6.9ab	1.0a	2.19a
2.0	10.7a	6.6ab	17.3a	3.6a	2.3a	5.9a	5.7b	1.1a	1.7b

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level(n=9).

(재배기간: 2018년 8월 13일부터 9월 20일까지)

표 2-44. EC 농도 처리 38일째 온실에서 재배된 사과 ‘M9’ 광합성 특성

EC (dS/m)	PR ^z ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	SC ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Ci ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{air}$)	TR ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	VpdL (KPa)
1.5	10.4a	0.248ab	305.1a	3.1a	1.4b
2.0	8.4b	0.144b	283.0	2.1b	1.5a

^zSee the Table 2-1-2

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=9).

*측정조건: CO₂ 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, Flow rate 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, Block temp.: 23°C,
PPFD 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$



그림2-40. 양액 농도처리 38일째 플라스틱 온실재배의 사과묘 M9 생육

표 2-45. EC 농도처리 8주 후 온실에서 재배된 사과 ‘M9’의 식물 부위별 무기성분 함량

EC	T-N (%)			P ₂ O ₅ (%)			K (%)			Ca (%)			Mg (%)		
	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
1.0	0.93	0.40	0.55	0.36	0.22	0.38	1.58	0.63	1.05	0.77	0.68	0.54	0.25	0.09	0.25
1.5	1.26	0.47	0.69	0.41	0.25	0.35	1.75	0.65	1.10	0.74	0.54	0.66	0.28	0.11	0.23
2.0	1.18	0.57	0.74	0.33	0.24	0.37	1.55	0.63	1.18	0.72	0.53	0.64	0.29	0.11	0.24

재배기간: 2018년 8월 13일부터 10월 8일까지. (n=3),

(3) 배지 조성

■ 요약

- 피트모스(PM), 버미큘라이트(VL), 펄라이트(PL)의 비율을 각각 다르게 7 조합으로 조성한 배지에 순화된 사과 묘(초장 3.5±1cm를) 환경 조절실에서 7주간 육묘하였을 때 초장은 9.7~14.2cm, 경경 2.0~2.2mm였으며, PM 100% 처리에서 초장이 가장 컸으며, 초장 기준으로 볼때 PM:VL:PL 조성 8:0:2, 6:2:2, 6:0:4, 4:2:4도 적합하였다.
- 사과 묘(초장 15±1cm)를 배지 조성 3처리하여 포트(Φ7.5cm, L 16cm) 재배로 온실에서 11주 육묘하였을 때, 초장 70~78cm,경경(지상부 30cm) 4.2~4.7mm 및 광합성율은 배치 처리간 차이가 없었다. 이상의 포트 순화와 육묘 포트재배 생력화를 위한 배지 조성으로 PM:VL:PL 1:1:1(V), 3:1:2(V)가 적합하리라 본다.

■ 재료 및 방법

[실험 1]

- 순화된 사과 대목 ‘M9’ 묘(초장 3.5±1cm)는 32구 육묘용 포트에 처리당 16주씩 이식하여 2017년 4월 18일부터 6월 7일까지 7주간 환경조절실에서 재배하였다.
- 배지 조성 비율은 피트모스(PM), 버미큘라이트(VL), 펄라이트(PL)의 비율을 각각 8:0:2, 4:4:2, 6:2:2, 6:0:4, 3:3:4, 4:2:4, 10:0:0로 혼합한 7처리 하였다.
- 조성 비율에 따른 배지의 EC와 pH는 각각 EC 0.21~0.54 dS·m⁻¹, pH 5.5~7.1 범위에 있었다 (표 2-46). 조성 재배 후 광합성 특성, 생육을 측정하였으며, 재배 환경, 재배 관리 등은 3-가-(2)-[실험2]과 동일하였다.

표 2-46. 배지 조성에 따른 배지의 pH와 EC

PM:VL:PL(V:V:V)	EC (dS·m ⁻¹ , 1:10)	pH (1:10)
6:2:2	0.35	6.33
6:0:4	0.32	5.90
4:2:4	0.27	6.60
4:4:2	0.23	6.76
3:3:4	0.21	7.05
8:0:2	0.36	5.71
10:0:0	0.54	5.51

[실험 2]

- 사과 대목 ‘M9’ 묘(초장은 15±1cm)를 12구 임목용 포트(Φ7.5cm, L16cm)에 격줄로 15주씩 이식한 후 2017년 6월27일 부터 9월12일까지 11주간 플라스틱 온실에서 재배하였다.
- 배지 조성 처리는 PM:VL:PL (V:V:V) 비율을 각각 1:1:1, 1:2:3, 3:1:2로 조성하여 초장과 경경을 3, 4, 6, 8주에 측정하고, 11주에는 광합성을 측정한 후 파괴하여 생육 조사하였다.
- 배지 조성 처리 전 pH와 EC는 각각 pH 6.3~7.0, EC 0.2~0.5dS·m⁻¹ 였다(표 2-47).
- 재배 기간 중 온실 환경은 평균 온도 30±5℃, 평균 습도 72±5%, 광량 150 ± 10 μmol·m⁻²·s⁻¹였으며, 6월27일부터 7월4일까지는 24시간 차광처리를, 7월5일 이후 11시~4시까지 차광처리, 9월2일부터 차광시간은 줄여 9월8일 이후 차광막을 제거하여 가능한 온도가 상승하지 않도록 환경 관리하였다.
- 관수는 여름 아이찌현 장미 배양액 사용하여 EC 1.2dS·m⁻¹로 1회/7일, 15분/회 급액하였으며, 기타 날은 수돗물로 4회/일 스프레이 분무 또는 점적 관수하였다.

표 2-47. 배지 조성에 따른 처리 전 후 배지 pH와 EC

PM:VL:PL (v:v:v)	처리 전 (1:10)	
	PH	EC(dS·m ⁻¹)
1:1:1	6.51	0.34
1:2:3	6.95	0.18
3:1:2	6.30	0.46

■ 결과 및 고찰

[실험 1]

- 사과 묘 광합성은 PM 100% 단용 배지에서 높았으나 기공전도도와 증산율은 PM:VL:PL 비율 6:2:2 처리에서 높아 배지 조성에 따른 광합성 특성을 차이를 보였다(표 2-48).
- 배지 조성 7주째 초장은 9.7~14.2cm, 엽폭 2.3~4.5cm, 엽면적 90~126cm로 배지 조성에 따라 차이를 보였으나 경경 2.0~2.2mm, 엽수 15.8~17.3매로 차이가 없었다(표 2-49).
- PM 단용 배지의 사과 묘는 초장 14.2cm, 엽폭 4.5cm, 마디 수 14.8개로 가장 높았다. 또한 뿌리 길이는 PM 단용 PM:VL:PL 6:0:4 처리에서 길었으나 유의성은 없었다.
- 지상부 건물중은 0.4~0.6g으로 배지 조성에 따른 차이가 없었으나, 지하부 건물중은 0.07~0.17g으로 PM:VL:PL 6:2:2 처리에서 높았다(표 2-50).



그림 2-41. 배지 조성에 따른 처리 7주째 사과 대목 'M9'의 생육 모습

표 2-48. 배지 조성에 따른 처리 6주째 사과 대목 'M9' 묘 광합성 특성

PM:VL:PL (V:V:V)	PR ² ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	SC ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	TR ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	VpdL ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
8:0:2	13.0 ab ^y	0.03 c	1.0 c	2.95 a
4:4:2	13.1 ab	0.08 ab	2.1 ab	2.75 bc
6:2:2	13.1 ab	0.11 a	2.8 a	2.61 c
6:0:4	12.7 b	0.06 bc	1.6 bc	2.78 b
3:3:4	13.2 ab	0.09 ab	2.3 ab	2.73 bc
4:2:4	13.3 ab	0.05 bc	1.5 bc	2.81 b
10:0:0	13.5 a	0.06 bc	1.8 b	2.78 b

²See the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=4).

*측정 조건 CO₂ 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, Flow rate: 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, Block temp.: 23°C, PPFD: 150 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

*재배환경: 광 80±10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 주/야 16/8hr, RH 60.1±2.1%, 온도 24°C

표 2-49. 배지 조성에 따른 처리 7주째 사과 대목 'M9'의 지상부 생육

PM:VL:PL (v:v:v)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No.leaf (ea)	Leaf area (cm ²)	Stem dia (mm)	Node length (cm)	No. of node (ea)
8:0:2	11.3 ab ^z	6.8 a	4.2 a	15.8 a	113.9 a	2.10 a	0.99 a	11.5 b
4:4:2	10.6 b	5.5 a	2.3 c	16.0 a	86.8 ab	2.05 a	0.84 a	12.5 ab
6:2:2	11.5 ab	5.7 a	3.7 ab	16.8 a	98.4 ab	2.14 a	0.83 a	14.0 a
6:0:4	12.4 ab	6.3 a	3.7 ab	16.3 a	93.9 ab	1.96 a	0.91 a	13.5 ab
3:3:4	9.7 b	5.4 a	3.1 bc	15.8 a	70.0 b	2.13 a	0.75 a	13.0 ab
4:2:4	12.3 ab	6.2 a	4.0 ab	17.0 a	99.0 ab	2.17 a	0.86 a	14.5 a
10:0:0	14.2 a	7.1 a	4.5 a	17.3 a	126.4 a	2.06 a	0.97 a	14.8 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level (n=4).

*재배환경: 광 $80 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 주/야 16/8hr, RH $60.1 \pm 2.1\%$, 온도 24°C

표 2-50. 배지 조성에 따른 처리 7주째 사과 대목 'M9'의 뿌리 길이, 무게 및 건물율

PM:VL:PL (v:v:v)	Root length (cm)	FW(g/plant)		DW(g/plant)		Dry matter ratio(%)	
		Shoot	root	Shoot	root	Shoot	root
8:0:2	11.2 a ^z	1.8 ab	0.45 a	0.5 b	0.07 b	59.6 a	15.1 b
4:4:2	12.1 a	1.6 b	0.45 a	0.5 b	0.08 b	63.0 a	18.2 ab
6:2:2	11.3 a	2.0 ab	0.60 a	0.6 ab	0.17 a	62.0 a	28.2 a
6:0:4	13.0 a	1.7 ab	0.41 a	0.5 b	0.07 b	61.9 a	17.3 ab
3:3:4	9.2 a	1.6 b	0.40 a	0.5 b	0.08 b	65.5 a	19.6 ab
4:2:4	9.0 a	2.0 ab	0.41 a	0.6 ab	0.08 b	55.9 a	18.9 ab
10:0:0	13.7 a	2.3 a	0.55 a	0.7 a	0.10 b	69.3 a	18.4 ab

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=4).

*재배환경: 광 $80 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 주/야 16/8hr, RH $60.1 \pm 2.1\%$, 온도 24°C

[실험 2]

- 배지 조성 3처리하여 온실 재배 기간 중 초장을 측정된 결과 3주째 초장이 PM:VL:PL 조성 1:2:3 또는 3:1:2 배지에서 높고, 1:1:1 배지에서 낮았다.
- 이는 재배 기간 중 같은 양상을 나타냈으며, 11주째 PM:VL:PL 조성 1:2:3 또는 3:1:2 배지의 초장은 78cm였으며, 처리 4주 이후에 초장 증가가 컸다.
- 그러나 경경은 배지 처리 간 차이를 보이지 않았으나, PM:VL:PL 조성 3:1:2 배지에서 높은 경향을 보였다(그림 2-42).
- 처리 11주째 광합성, 기공전도도, 증산을 등은 처리에 따른 차이를 보이지 않았으며, 엽생장, SPAD 값, 뿌리 길이, 지상부와 지하부의 건물중은 배지 처리간 차이가 없었으나 PM:VL:PL 조성 3:1:2 배지에서 높은 경향을 보였다(표 2-51, 표 2-52, 표 2-53).
- 재배 후 pH와 EC는 각각 pH 7.16~7.20, EC $0.5 \sim 0.7 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 였고 배지 조성에 따른 차이는 없으나, 처리 전에 비해 다소 pH가 상승하였다(자료 미제시).

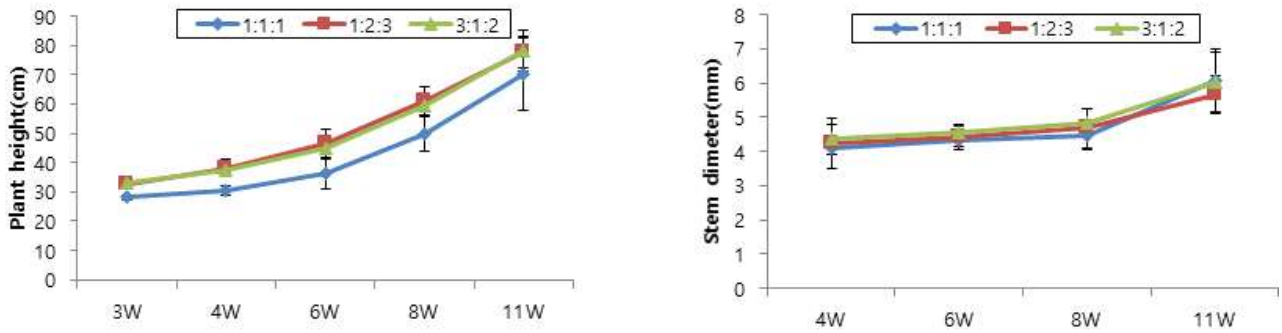


그림 2-42. 온실에서 배지 조성 처리에 따른 사과 대목 ‘M9’ 묘 초장과 경경 변화
측정 기간: 2017년 6월27일~9월12일,

재배 환경: 평균 온도 $30 \pm 5^\circ\text{C}$, 평균 습도 $72 \pm 5\%$, 광량 $150 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

표 2-51. 온실에서 육묘한 배지 조성 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 광합성 특성

PM:VL:PL (v:v:v)	PR ^z ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	SC ($\text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Ci ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{air}$)	TR (VpdL)
1:1:1	10.21 a ^y	0.37 a	327.60 a	4.93 a
1:2:3	11.02 a	0.38 a	323.80 a	4.93 a
3:1:2	10.19 a	0.36 a	327.20 a	4.84 a

^zSee the Table 2-1-2.

^yMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=5).

*측정조건: CO_2 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, Flow rate $500 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, Block temp. 23°C , PPFD: $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
재배 환경: 평균 온도 $30 \pm 5^\circ\text{C}$, 평균 습도 $72 \pm 5\%$, 광량 $150 \pm 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

표 2-52. 온실에서 육묘한 배지 조성 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 초장과 지상부 생육

PM:VL:PL (v:v:v)	Plant height (cm)	No. of node (ea)	Leaf				SPAD (value)
			length (cm)	width (cm)	number (ea)	area (cm^2)	
1:1:1	70.4 a ^z	41.4 b ^z	8.0 a	6.0 a	46.9 b	805.6 a	38.9 a
1:2:3	77.7 a	49.7 a	8.0 a	6.5 a	47.9 a	893.8 a	34.8 a
3:1:2	78.2 a	49.6 a	8.0 a	6.3 a	49.4 a	924.3 a	37.5 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=7).

표 2-53. 온실에서 육묘한 배지 조성 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 경경, 뿌리길이와 무게

PM:VL:PL (v:v:v)	Stem dia. (mm)		Root length (cm)	FW. (g/plant)		DW. (g/plant)	
	1cm	30cm		Shoot	Root	Shoot	Root
1:1:1	6.1 a	4.5 a	20.5 a	25.9 b	9.2 a	9.4 b	2.0 a
1:2:3	5.7 a	4.2 a	20.6 a	30.1 ab	9.2 a	11.2 ab	2.0 a
3:1:2	6.0 a	4.7 a	22.7 a	31.9 a	10.5 a	12.1 a	2.3 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=7).

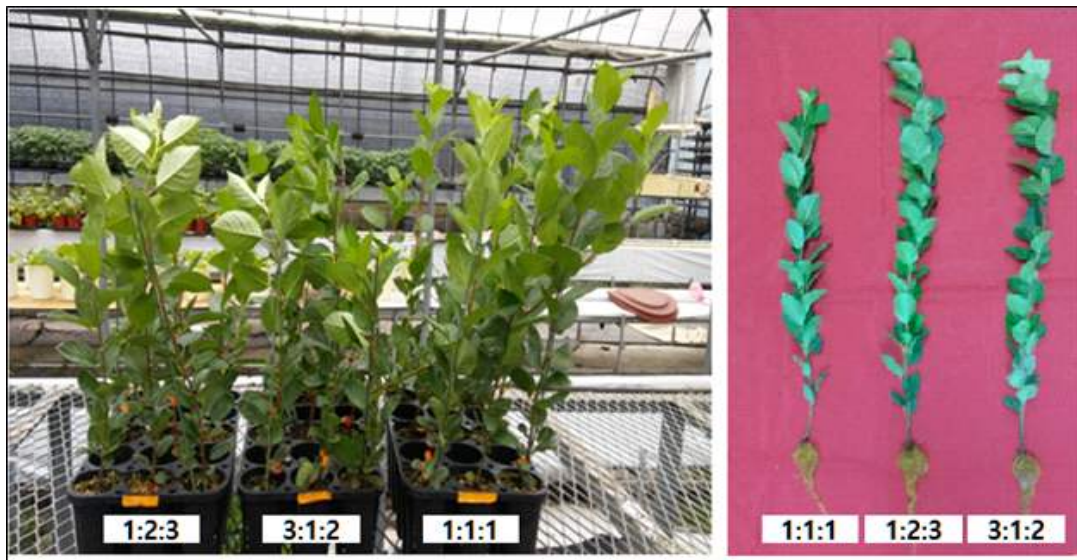


그림 2-43. 온실에서 육묘한 배지 조성 처리 11주째 사과 대목 'M9' 생육

(4) 근권 용량

■ 요약

○ 사과 묘(초장 15 ± 1 cm)를 용기 형태에 따라 근권용량(V300ml, V500ml, V1000ml)이 다른 처리에서 11주간 온실에서 포트 재배하였을 때 초장은 66~74cm로 처리에 따른 차이가 없으나, 경경, 엽면적, 및 지상부와 지하부 무게가 근권 용량이 큰 V1000 포트($\phi 13$ cm)에서 생육이 높았다.

■ 재료 및 방법

○ 사과 묘(초장 15 ± 1 cm)를 용기 형태에 따라 근권용량(V300ml, V500ml, V1000ml)이 다른 처리에서 11주간 온실에서 육묘(2017년 6월27일~9월12일)한 후 광합성 특성과 생육을 측정하였다(그림 2-44).

○ 용기 형태는 그림 4-20과 같은 갈색 고무포트(V=1000ml, MJ130, 직경13cm), 임목용 15구(V=500ml, 신일 KK-SI500 직경 7.5cm, 깊이 16cm)와 32구(V=300ml, 직경 5.5cm, 17cm) 플러그 포트를 사용하였다.

○ 배지 조성 PM:VL:PL 비율을 1:1:1(v/v)로 자체 혼합한 상토를 포트에 충전하고 식물체를 15주 심었다. 재배 환경과 관리는 3-나-(2)-[실험2]과 동일하였다.



그림 2-44. 실험에 사용한 용기 형태에 따른 근권 용량

■ 결과 및 고찰

- 근권 용량이 다른 용기에서 11주간 온실 육묘한 사과 대목 ‘M9’ 초장은 처리 3주째부터 V1000에서 29.5cm로 컸으며, 4주 이후 V300, V500 처리보다 초장 증가가 커서 처리 11주째에는 V1000에서 74.3cm로 V300 처리의 초장 66.1cm에 비해 약 6cm 차이를 나타냈으나 유의성은 없었다.
- 경경(지상부 1cm)은 처리 6주이후 V1000 처리에서 증가의 경향을 나타내 11주에는 V1000> V500> V300 순으로 V300 처리는 유의하게 작았으며, 30cm 높이의 경경에서도 같은 결과를 보였다(그림 2-45, 표 2-55).
- 근권 용량에 따른 사과 대목묘의 엽장과 엽폭은 차이가 없었으며, 엽수, 엽면적 및 절간 수, 지상부와 지하부 무게도 V1000 처리에서 높았다(표 2-54, 표 2-55).
- 그러나 광합성율은 V1000 처리에서 낮았으며 증산율과 기공전도도 및 엽록소 함량은 처리 간 차이가 없었다(표 2-56).
- 이상의 사과 육묘에서의 근권 용량이 작았을 때는 초장, 경경, 무게 등이 낮음에 따라 근권 용량이 500ml 이상이거나, 임목용에서 사용하고 있는 플러그 트레이 15구 또는 32구가 적합할 것으로 생각된다.

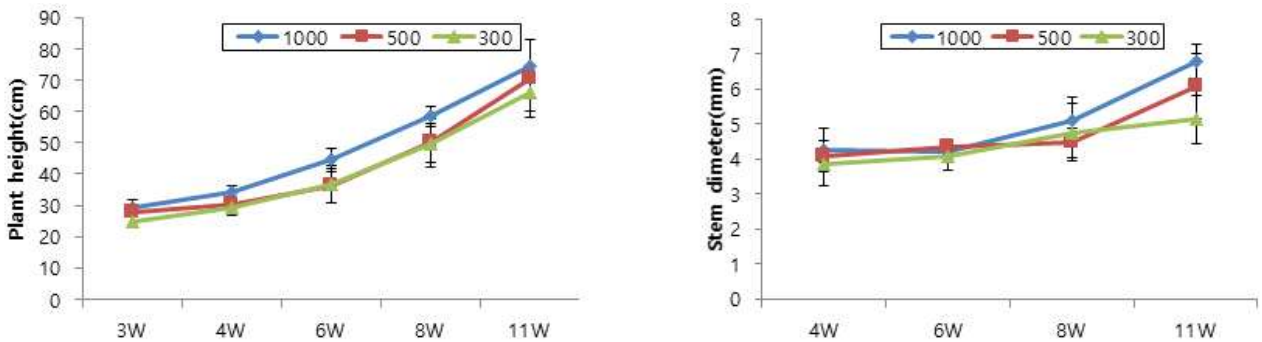


그림 2-45. 온실에서 육묘한 근권 용량 처리에 따른 사과 대목 ‘M9’의 초장과 경경 변화 (2017년 6월27일 부터 9월12일)

표 2-54. 온실에서 육묘한 근권 용량 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 초장과 지상부 생육

Pot (mL)	Plant height (cm)	Leaf				No. of node (ea)
		Length(cm)	Width (cm)	No.(ea)	Area (cm ²)	
V1000	74.4 a ^z	7.9 a	6.1 a	51.3 a	906.0 a	49.6 a ^z
V500	70.4 a	8.0 a	6.0 a	46.9 a	805.6 ab	41.4 b
V300	66.2 a	7.8 a	6.2 a	39.7 b	728.0 b	40.7 b

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=7).

*재배 환경: 평균 온도 30±5℃, 평균 습도 72±5%, 광량 150 ± 10 μmol·m⁻²·s⁻¹

표 2-55. 온실에서 육묘한 근권용량 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 경경, 뿌리길이 및 무게

Pot (mL)	Stem dia.(mm)		Root length (cm)	Fresh wt. (g/plant)		Dry wt.(g/plant)	
	1 cm	30cm		Shoot	Root	Shoot	Root
V1000	6.8 a	4.4 a	29.6 a	31.4 a	12.9 a	11.5 a	2.4 a
V500	6.1 a	4.5 a	20.5 b	25.9 b	9.2 b	9.4 b	2.0 a
V300	5.1 b	3.5 b	23.1 b	22.8 b	9.2 b	8.6 b	1.9 a

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=7).

*재배 환경: 평균 온도 30±5℃, 평균 습도 72±5%, 광량 150 ± 10 μmol·m⁻²·s⁻¹

표 2-56. 온실에서 육묘한 근권용량 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 광합성 특성 및 엽록소 함량

Pot (mL)	PR ^z (μmol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	SC (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	TR (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	SPAD (value)
V1000	8.52 b ^y	0.35 a	4.80 a	42.0 a
V500	10.21 a	0.37 a	4.93 a	38.9 a
V300	11.50 a	0.37 a	4.97 a	38.3 a

^ySee the Table 2-1-2.

^zMean separation within columns by DMRT, 5% level (n=5).

*재배 환경: 평균 온도 30±5℃, 평균 습도 72±5%, 광량 150 ± 10 μmol·m⁻²·s⁻¹



그림 2-46. 플라스틱 온실에서 근권 용량 처리 11주째 사과 대목 ‘M9’의 생육 모습.

4. Microponic system을 이용한 팔레놉시스, 사과묘 SOP 개발

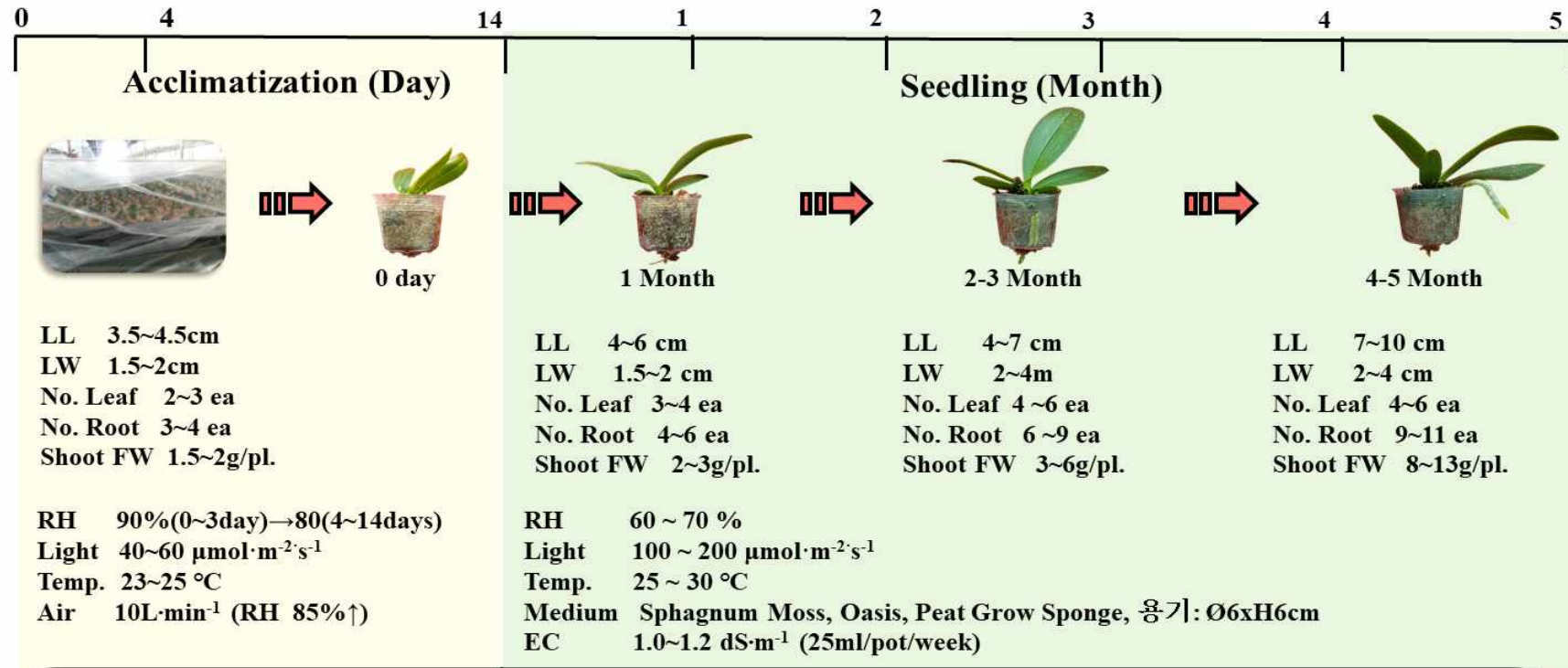
가. 팔레놉시스

- 본 연구에서는 팔레놉시스 기내배양 후 순화와 육묘과정을 거쳐 대량생산이 이루어지는 순화실과 육묘실의 환경 분석, 육묘의 묘령에 따른 생육, 환경요인에 따른 생장율을 분석하였고(그림 2-47),
- 순화에 미치는 습도 영향, 배지와 양액 농도에 따른 생육, 불량환경에서의 묘소질 특성 등을 분석하여 Microponic 시스템 구축을 위한 건전묘 생산 매뉴얼을 도식화하였다(그림 2-48).

- 팔레놉시스 순화과정에서는 기내배양묘의 기외 순화에서의 습도 조절이 매우 중요한 데, Air 주입을 통한 순화 영향을 구명한 결과 초기 순화과정에서 0~4일 까지의 다습 상태를 유지해야 하며, 이 때 RH 80%이하의 조건에서는 잎 피해 증상이 발생할 수 있음을 확인하였다.
- 육묘실의 환경계측(2016.11~2018.11) 결과 년 평균 광량은 $60\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (33.5~67.7 PPF), 평균 온도는 28.7°C(26.4~30.5°C), 평균 습도는 60.9%(54.9~79.0%)로 분석되었으며,
- 월별 환경은 1월부터 6월까지 광량이 점차 증가함에 따라 6월 광량이 최대였고, 8월 광량이 가장 낮았다.
- 그러나 하루 평균 온도 온도편차는 3°C 범위에서 관리되고 있었으나, 8월에 가장 높게 관측되었다.
- 이는 고온에 의한 온도 상승을 줄이고자 상업적 온실에서의 온도 관리가 광 부족을 유도할 수 있음을 시사하였고,
- 본 실험에서 고온 조건은 팔레놉시스 기외적 잎 피해율이 73~96%로 높았으며, 특히 낮은 150 PPF, RH 50%에서 가장 높음을 확인할 수 있어 고온조건에서 적정 광 확보가 필요하였다.
- 또한 현행 사용하는 수태 배지 외에 순화와 육묘의 생력화 및 묘소질 향상이 가능한 배지 선발을 위해 암면블럭, 혼합 배지(암면+펄라이트), 오아시스 블럭, 피트스폰지 블럭 등을 사용하여 실험한 결과
- 배지의 함수율에 따른 수분 조절이 상이하어 육묘 6개월을 유지하고 있는 현행의 방식에서는 수분 유지가 높은 수태 배지가 적합하였다.
- 그러나 묘령 4~5개월에는 근권의 뿌리 수가 급격히 증가함에 따라 근권 용적을 확보하면서 생육과 환경을 고려한 급액관리가 요구되었다.



그림2-47. 팔레놉시스 기내 배양부터 육묘까지의 전 과정



- 순화 초기 저습(80% 이하)에서의 Air 공급은 잎 피해 발생이 우려됨
- 고온 및 낮은 습도에서 **잎끝마름** · **황화** 현상 주의
 - 고온기 온도 상승을 막고자 차광 시간이 길어짐에 따라 광도 저하가 우려되고 묘 소질이 저하될 수 있음
 - $150 \sim 250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 적정 광 확보
- 근권 발달이 커지는 육묘 4개월이상의 묘령에서는 근권부 용적 확보 필요
 - 묘령 증가에 따른 포트 및 재식간격 조절
 - 생육 고려한 양액 관리(시비 농도 및 공급 횟수 조절)

그림2-48. Microponic system 적용을 위한 팔레놉시스 순화·육묘과정의 환경 및 묘소질

나. 목본류 : 사과 왜성대목

- Microponic system은 기내 배양(Micropropagation)에서 얻어진 묘의 순화와 육묘를 생력화합과 동시에 건전 묘를 생산하기 위해 환경조절기술이 발달된 수경재배 기술(Hydroponics)을 도입한 시스템이다.
- 사과는 우리나라 주요 과수 작물로서 2016년 생산액은 12,382억원, 재배면적은 33,300ha로 전체 과수면적 158,662ha의 21%를 차지하고 있다(KOSIS, 2017). 사과 재배는 생산비 절감, 고품질 다수확이 가능한 저수고 밀식 재배 체계가 전국적으로 보급되면서(Yoon 등, 2000) 사과 묘목의 중요성이 더욱 커지고 있다.
- 사과 묘목의 생산방법은 이중점목 방식을 사용하거나, 휘묻이 방식으로 이루어지는 데, 생산과정이 3~5년 소요되고 있어 재배 중 기상 변화, 기지 현상 등으로 균일 묘 생산이 어렵고, 생산단가가 높은 실정이다.
- 묘목은 주로 노지에서 재배되어 유통되고 있으며, 육묘 과정 중 기지 현상을 극복하기 위해서는 육묘 포장의 이동 또는 소독이 수반되어야 하며, 자동화 또는 기계화가 되어 있지 않아 많은 노동력을 요구하고 있어 농업 여건상 어려움이 많다(MAFRA, 2015).
- 그럼에도 불구하고 최근 신규 식재, 과원 갱신 등으로 2014년부터 사과 유목 면적은 증가되었고, 연간 묘목 수요량은 증가될 전망이다(KOSIS, 2017).
- 한편 국립종자원(KSVS, 2017)은 국내 묘목 유통량의 30~60%가 바이러스에 감염된 것으로 추정되어 무병묘 생산, 유통활성화로 과수 산업 경쟁력 강화를 위해 무병묘 공급을 2020년에는 30%, 2025년에는 80% 확대할 것으로 보고한 바 있다.
- 이에 본 연구는 기내 배양기술을 이용하여 사과 왜성대목의 건전한 우량영양계 묘를 전략적으로 공급하기 위한 기초자료로 단계별 환경과 묘소질 특성을 구명하였다.
- 본 연구 결과를 종합한 결과 조직배양묘 사과 왜성대목 ‘M9’의 순화 과정은 30~35일, 육묘과정은 100~110일이 소요되었으며, 각 단계별 환경조건과 묘소질 특성으로는 초장, 경경 등의 자료를 얻어 SOP 매뉴얼에 적용하고자 한다.



그림 2-49. 사과 왜성대목 ‘M9’의 기내 배양에서 육묘까지의 과정

표 2-57. Microponic system 적용을 위한 사과 왜성대목 'M9' 순화와 육묘과정의 환경 및 묘소질

과정	기간	환경	묘소질
순화	I (0~2주)	습도($\pm 3\%$) : 95%(0~3일)→90%(4~7일)→ 85%(8~10)→80(11~14일) 광: $30\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (16/8hr) 온도: $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 지하부 : 용기: 128구 플러그 배지: 오아시스(L2.5*W2.5*H3.0cm), 혼합상토 (PM:VL:PL: 3:1:2, 1:1:1, 원예용 상토)	초장: $2 \pm 1\text{cm}$
	II (3~5주)	광: $90 \pm 10\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPF(16/8hr) 온도: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도: $80 \pm 5\%$ 지하부 : 128구 플러그 배지: 오아시스(L2.5*W2.5*H3.0cm), 혼합상토 (PM:VL:PL: 3:1:2, 1:1:1, 원예용 상토)	순화율 :90%이상 초장: $4 \pm 1\text{cm}$
육묘	1일~35일 (환경조절)	광: $250\sim 500\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, (16/8hr) 적색(R), R3:B1:W1, R7B3+UV-A 광원 온도: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도: $60 \pm 5\%$ 지하부 : 용기: 72~128구 플러그 배지: 오아시스, 혼합상토(PM:VL:PL: 3:1:2, 1:1:1, 원예용 상토) 급액(장미배양액): $\text{EC } 0.8\sim 1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, 1~2회/주	초장: $12 \pm 3\text{cm}$ 경경(1cm높이): $2.5 \pm 0.3\text{mm}$
	36 ~100일 (온실, 또는 노지)	온도: $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 습도: $60 \pm 5\%$ 지하부: 시스템: 배지경(주간 20~25cm), 포트 임목용 15 구($\Phi 7.5\text{cm}$, L 16cm) 혼합상토 (PM:VL:PL: 3:1:2, 1:1:1), 급액(장미배양액): $\text{EC } 1.0\sim 1.5\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 1~3회/주	초장: $70 \pm 5\text{cm}$ 경경(30cm높이): $4.5 \pm 0.3\text{mm}$

*주의사항 : 순화 I 단계: 습도 조절,
 순화 II 단계: 배지 수분 조절 (플러그 셀 크기가 작을 경우)
 육묘 1~15일: 지상부 건조에 의한 잎 마름 발생, 배지 수분 조절
 육묘 16~100일: 생육을 고려한 급액 관리

3절. 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발

1. 센싱서버 개발

가. 연구목적

- 조직배양을 통한 작물의 대량 생산 시스템에 있어서는 순차 생산되어 출하까지 짧게는 18개월이라는 긴 시간을 관리하여야 하는데 다수의 순차 생산된 개체들이 차수별로 매우 많은 단위로 구분되어 관리되고 있고 이러한 다수 개의 단위로 구분 관리되는 개체들의 집합에 있어서 그 환경 요소 중 온도 및 습도의 관리가 특히 중요하나 조직배양묘의 순차 생산에 의한 대량 개체의 세분화된 순차 공정 구역의 환경 관리를 위한 감시 설비의 구축은 중앙 집중식 관제 시스템을 기반으로 하여 온도 - 습도 두 가지 환경 요인을 기초로 한 구역별 감시 체계를 구성하기에도 매우 어려운 현장에 속한다고 볼 수 있다.
- 배양실 - 차수별 순화실 - 차수별 육묘실 등 공정 진행 차수별로 환경 제어점이 각기 다를 수 있기 때문에 그에 대응하는 공정 단계별 중앙 관제 시스템의 구축은 매우 높은 기술과 비용을 필요로 하며 앞서 언급한 설비 변경 대응 또한 문제가 될 수 있다. 그 예로 사용자의 구역 변경 요청에 의해 유선 연결된 센서를 이동하고 그에 대응하는 메인 시스템의 리스트 변경 등의 작업 등 요청에 의한 변경점의 시스템 반영을 위해서는 유선 연결된 센서의 이동도 문제이지만 메인 시스템의 변경 적용은 기성 관제 시스템으로는 사용할 수 없고 해당 업체에 특화된 새로운 시스템으로 개발 구축하여야 하는 어려움이 있다.
- 개발된 많은 관제 솔루션 및 시스템이 있으나 이러한 현장 적용에의 문제를 기초로 하여 본 과제를 통해 농업 현장에 있어서 배치의 자율성 및 시스템 변경 관리의 용이성과 관제 시스템 구축비용 면에서도 보다 유리한 방법을 제시하고 그 시스템을 연구 개발하고자 하였다.

나. 구현 방법

(1) 모바일 센싱서버 개발

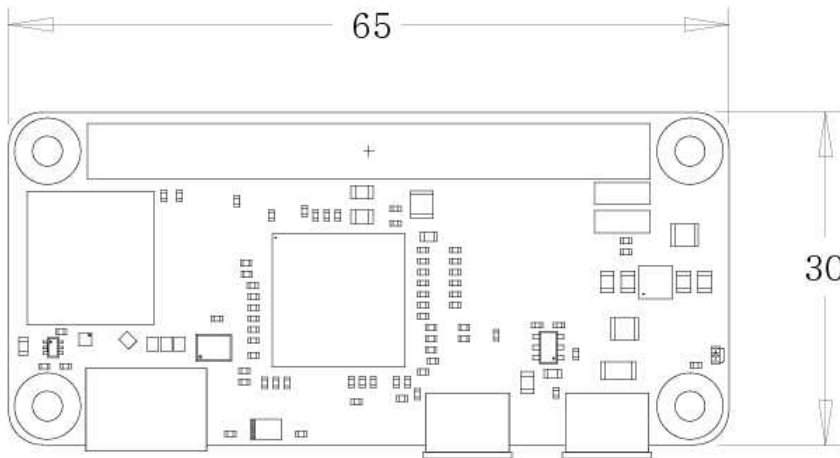
(가) 서버 보드의 선정

- 물리 접점의 제어 및 미들웨어프로그램의 개발에 주로 사용되는 C계열의 프로그래밍 언어의 처리와 JAVA, Shell 등의 스크립트의 처리가 가능하여야 하고, 사용자와의 실시간 응답 처리의 연산을 수행하는 웹서버를 기동 할 수 있어야 하는 본 과제 목적의 개발에 있어서 OS로 LINUX를 선택하였고, 이러한 Linux 계열의 OS를 처리함과 동시에 센서와의 통신 처리를 위한 포트를 보유한 제품 중 1개를 선정하였고 상세내역은 아래와 같다.

① 서버보드

- 65mm X 30mm 초소형 CPU Board 로 WLAN(wifi) 과 GPIO (입출력) 포트를 가지고 있다.

(나) 센서의 선정



Single Board Computer with GPIO & WLAN

- 1GHz, single-core CPU
- 512MB RAM
- Mini-HDMI port
- Micro-USB On-The-Go port
- Micro-USB power
- HAT-compatible 40-pin header
- Composite video and reset headers
- CSI camera connector
- 802.11n wireless LAN
- Bluetooth 4.0

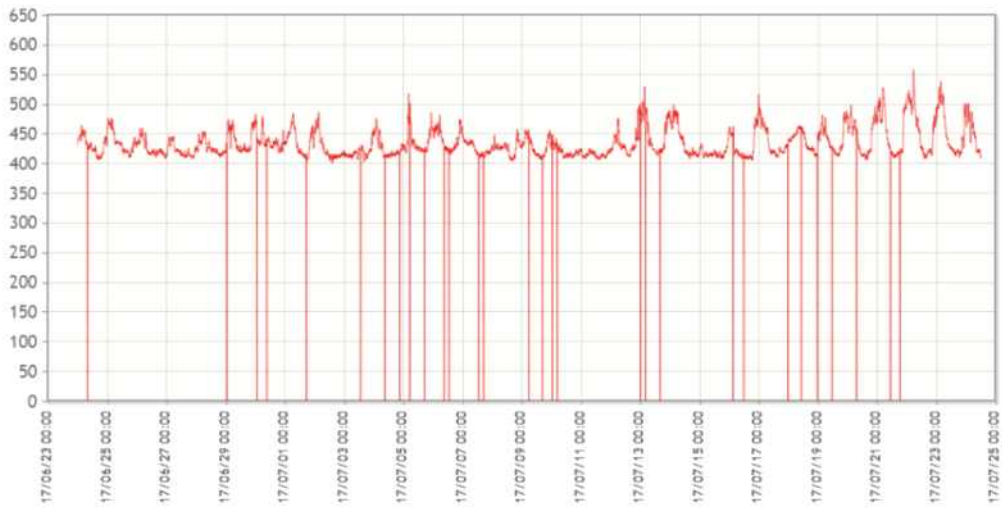
- 공정에 있어서 중점 환경 관리 요소를 온도/습도 로 규정하였고 부차적 요소로 조도/이산화탄소의 두가지중 1종 또는 2종 모두를 검출 할 수 있는 센서 중 국내 제조의 것으로 온도/습도/조도/이산화탄소 4종의 멀티 센싱이 가능한 것으로 최종 결정 하였다.
- 온실내 설치되는 전자기기에 있어서 특히 다중 보드의 적층 연결로 이루어지는 복합센서-컨버터 종류의 기기의 경우 고온-다습한 환경에의 내구성에의 시험이 필요하다.

② 1차 선택의 A 사 복합센서 컨버터의 문제

- 485 통신 기능을 가진 온도 습도 co2 의 3점 복합 센서 제품으로 해당 제품을 2017년 하반기에 이르기 까지 지속 사용의 실증을 실시하던 중
- 지속적이며 규칙적이지 않은 센싱 요소별 DATA DROP 현상이 발생하여 제조사에 문의하였으나 해당 센서와 서버와의 연결 라인이 특정 형태의 제품일 때 발생 할 수 있고, 데이터 라인과 파워라인이 함께 연결될 경우 또는 고부하 전원 선로와 동일한 라인으로 지나갈 경우 발생 할 수 있다 하므로,
- 이에 따른 조치로 통신을 위해 고가의 차폐선 및 별도의 파워 라인을 구성하여 해당 문제를 해결하고자 하였으나, 오류 지속 되므로 해당 센서 적용 불가능 하여 신규 센서 확보 및 검증을 실시 함.

③ 기존 센서 - DATA LOST 에 의한 0 수치 현상

CO2 Graph ; Last 1M



④ 신규 복합 센서 정상 기동 화면

CO2 Graph ; Last 1M



(다) 센서내역상세

<온도>

측정 범위 : -25.0 ~ 85.0℃

정밀도 : ±0.3 ℃

응답시간 : 5 ~ 30 Sec

<습도>

측정 범위 : 0 ~ 99.9 %RH

정밀도 : ±2 %RH

응답시간 : 8 Sec

<조도>

측정범위 : 0 ~ 54,600 LUX
 정밀도 : ±3%
 응답시간 : 6 Sec
 <CO2>
 측정 방식 : NDIR 방식
 측정 범위 : 0~5000ppm
 정밀도 : ±60 ppm, 측정값의 ±3%
 신호 업데이트 : 2.0 Seconds
 작동 온도 : -10 ~ 50℃
 작동 습도 : 0 ~ 99.5%RH

(다) 네트워크의 구성

- 사용자는 현장 내 설치된 다수 개의 센서에 접속하여 단위 현장의 환경을 감시하여야 하는데 이러한 네트워크의 구성을 전문적인 시스템으로 마련하기에는 많은 부담(인터넷 전용선의 필요, 네트워크서버 및 네임서버의 구축, 내부망의 구성 등)이 있는 것이 현실이므로
- 상용 공유기의 기능 중 DDNS (Dynamic Domain Name System)를 활용하여 외부에서 접속 가능하게 하고 각 센서별로 내부 아이피를 고정 할당하여 포워딩 하여 연결 라인을 구성하였다.

① 현장 네트워크 구성의 상세

- DDNS기능을 보유하며 외장 안테나 연결구를 가진 1종의 공유기를 선택하고 내부 네트워크의 구성을 위해 본 과제에 속한 기기들을 공유기가 지정받은 특정 ip(외부 아이피)에 모두 종속시켜 각 기기들로의 외부 통로를 열기위해 접속 기기의 내부 ip 고정 및 포트를 할당하여 개방시킴
- 내부 관제실에 설치된 공유기와 외부 현장 설치의 센싱 서버 (이하 MSS 또는 MSS 서버)와의 무선 네트워크 연결을 위해 전용 케이블로 연장하여 통신 가능 범위내의 위치를 선정하고 5dBi / 2.4GHz 통신 안테나를 설치함과 동시에 확장기를 다수개 설치하여 무선네트워크의 음영 구역을 최소화 시킴.
- MSS는 고정 아이피를 가진 공유기의 내부네트워크에 각기 다른 내부 ip를 할당 받고, 각각의 MSS 서버는 공유기의 포트 포워딩을 통해 각기 다른 지번을 부여 받음으로써 개별 접속 가능한 상태가 됨.

(라) 센싱 서버 개발 및 제작

- 센싱서버의 주요 역할인 센싱 데이터의 기록과 처리를 기본으로 하고 단위 구역의 환경 요소(온도 / 습도 + 조도 및 이산화탄소)의 감시 기능을 추가함.
- 조직배양묘의 관리 구역의 다양성에 있어서 단위 구역별로 그 관제 범위가 다를 수 있고 이러한 구역별로 배치된 센서로 하여금 해당 구역의 환경 범위가 생육을 위한 환경 범위를 벗어 날 시에 복수의 관리 대상자에게 내역을 통지하여 인지 시켜야할 필요가 있다.

① 센싱 데이터 기록 과 처리

- 통신규격 protocol 정의 : RS485는 RS 232, RS 422의 확장 버전으로, 홈 네트워크를 지원하는 일종의 시리얼 통신 프로토콜 표준 규격. 전송 속도가 낮고 전송 거리가 짧은 RS 232를 보완하기 위해 RS 422 통신 방식을 채택하였다.
- 이것은 1개의 마스터 장치와 슬레이브 장치 간에 데이터를 주고받는 방식으로 통신하는 반면, RS 485는 모든 장치들이 같은 라인에서 데이터 전송 및 수신을 할 수 있다. 반이중 방식과 전 이중 통신 방식을 모두 지원한다.
- 또한 RS 485는 최대 드라이버·리시버 수가 각각 32개에 이르고, 최대 속도 10Mbps에 최장 거리 1.2km까지 네트워크 구축이 가능하다.

② 센서 컨버터의 프로토콜 명세

485 protocol										
질의	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	stx	id	r	x	z	t	h	l	etx	bcc
응답	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	stx	id	r	d	z	co2 value			t	
응답	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Temperature value					h	humidity value			
응답	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	l	illumination value				etx	bcc			

○ MSS 와 SC(복합센서 컨버터) 간의 검출 값 처리 방법 // 485 통신 컨버터의 정의에 따라 질의 - 응답 처리를 통한 DB 기록

```

217 int tty_rs485(void)
218 {
219     int    fd, c, res;
220     int    modemctlline;
221     int    txemptystate;
222     char   chSend[10];
223     char   buf[256];
224     struct termios oldtio, newtio;
225
226     int    nCO2, nIllumination;
227     float  fTemperature, fHumidity;
228     char   chTmp;
229     char   chCO2[4], chTemperature[5], chHumidity[4], chIllumination[5];

```

```

304     memset(buf, 0, 32);
305     buf[32] = 0;
306
307     memset(chSend, 0, 10);
308     buf[10] = 0;
309     chSend[0] = 0x02;
310     chSend[1] = 0x30;
311     chSend[2] = 0x52;
312     chSend[3] = 0x58;
313     chSend[4] = 0x5A;
314     chSend[5] = 0x54;
315     chSend[6] = 0x48;
316     chSend[7] = 0x4C;
317     chSend[8] = 0x03;
318     chSend[9] = block_check_character(&chSend[0], 9);
319
320     write(fd, chSend, 10);
321
322     // 데이터 수신
323     read(fd, buf, 32);
324     buf[32] = 0;
325
326     // CO2 데이터 처리
327     sprintf(chCO2, "%c%c%c", buf[5], buf[6], buf[7], buf[8]);
328     nCO2 = atoi(chCO2);
329
330     // 온도 데이터 처리
331     chTmp = buf[10];
332     if(atoi(&chTmp))
333         sprintf(chTemperature, "+%c%c%c.%c", buf[11], buf[12], buf[13], buf[14]);
334     else
335         sprintf(chTemperature, "-%c%c%c.%c", buf[11], buf[12], buf[13], buf[14]);
336
337     fTemperature = atof(chTemperature);
338
339     // 습도 데이터 처리
340     sprintf(chHumidity, "%c%c%c.%c", buf[16], buf[17], buf[18], buf[19]);
341     fHumidity = atof(chHumidity);
342
343     // 조도 데이터 처리
344     sprintf(chIllumination, "%c%c%c%c", buf[21], buf[22], buf[23], buf[24], buf[25]);
345     nIllumination = atoi(chIllumination);

```

③ 사용자 호출 및 데이터의 처리

- 사용자 요청에 의한 DATA 호출 및 사용자 화면 생성
- 현재값(main) php : MSS DB 의 항목 값을 호출하여 가장 최신 버전의 DATA를 송출

```

<tbody>
  <tr class="body_tr">
    <td class="body_td">Temperature / 온도</td>
    <td class="body_td"><?php if($count < 1) echo "---"; else echo $row[Temperature]; ?>&nbsp;°C</td>
    <td class="body_td"><a href="./temperature.php?mode=7D">Temperature<br/>Last 7D Graph</a></td>
  </tr>
  <tr class="body_tr">
    <td class="body_td">Humidity / 습도</td>
    <td class="body_td"><?php if($count < 1) echo "---"; else echo $row[Humidity]; ?>&nbsp;%</td>
    <td class="body_td"><a href="./humidity.php?mode=7D">Humidity<br/>Last 7D Graph</a></td>
  </tr>
  <tr class="body_tr">
    <td class="body_td">CO2 / 이산화탄소</td>
    <td class="body_td"><?php if($count < 1) echo "---"; else echo $row[CO2]; ?>&nbsp;ppm</td>
    <td class="body_td"><a href="./carbon_dioxide.php?mode=7D">Carbon dioxide<br/>Last 7D Graph</a></td>
  </tr>
</tbody>

```

- 사용자 호출에 따른 현재값(main) 화면의 구성

AGROS-ON MMS V0.1			agros-on.co.kr
DATE / TIME	2017-10-29 Sun	18:00:50	
Temperature / 온도	22.0 °C	Temperature Last 7D Graph	
Humidity / 습도	32.2 %	Humidity Last 7D Graph	
CO2 / 이산화탄소	383 ppm	Carbon dioxide Last 7D Graph	

- LOG php : MSS DB 의 저장된 데이터를 현재로부터 역순으로 출력

```

<tbody>
  <?php
  $sql = "select * from agros order by data_datetime desc";
  $result = @mysql_query($sql);
  while($row = @mysql_fetch_object($result)) {
  ?>
  <tr>
    <td><?php echo $row->data_datetime; ?></td>
    <td><?php echo $row->Temperature; ?>&nbsp;°C</td>
    <td><?php echo $row->Humidity; ?>&nbsp;%</td>
    <td><?php echo $row->CO2; ?>&nbsp;ppm</td>
  </tr>
  <?php } ?>
</tbody>

```

- 사용자 호출에 따른 로그 화면의 구성

HOME				AGROS-ON MMS V0.1	agros-on.co.kr
DATE / TIME	2017-10-29 Sun	18:20:36			
LOG					
Time	Temperature	Humidity	CO2		
2017-10-29 18:20:02	21.0 °C	34.0 %	386 ppm		
2017-10-29 18:00:50	22.0 °C	32.2 %	383 ppm		
2017-10-29 17:50:00	21.6 °C	33.2 %	384 ppm		
2017-10-29 17:40:22	21.6 °C	33.2 %	384 ppm		
2017-10-29 17:30:06	22.9 °C	30.8 %	382 ppm		
2017-10-29 17:20:18	23.8 °C	29.3 %	389 ppm		
2017-10-29 17:10:06	25.0 °C	27.2 %	391 ppm		
2017-10-29 17:00:36	25.8 °C	25.9 %	395 ppm		
2017-10-29 16:50:14	26.7 °C	24.7 %	399 ppm		
2017-10-29 16:40:20	27.2 °C	23.9 %	398 ppm		
2017-10-29 16:30:06	27.9 °C	23.0 %	403 ppm		
2017-10-29 16:20:02	27.5 °C	23.1 %	399 ppm		

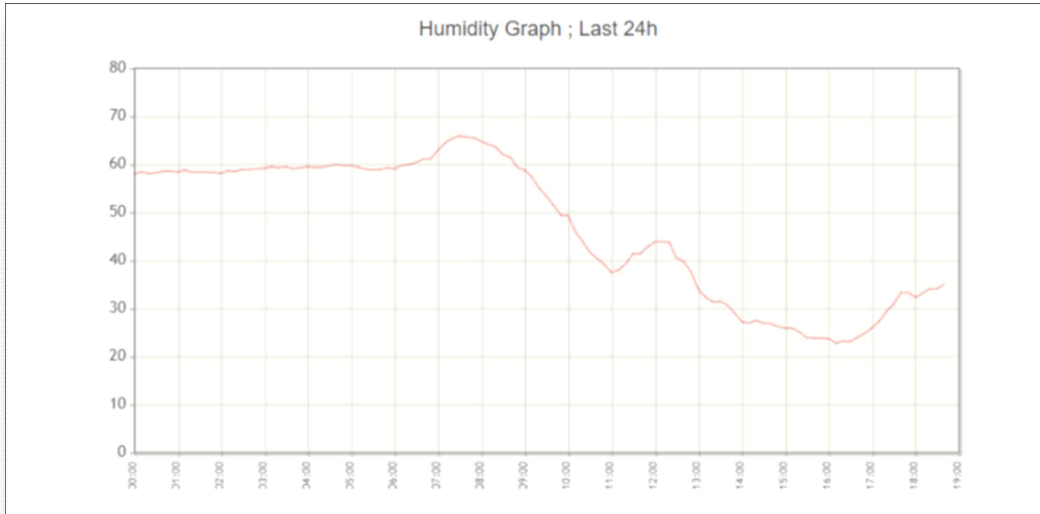
- 그래프 php : MSS DB 의 항목 값을 호출하여 지정된 간격의 값을 그래프로 송출

24시간 변동 그래프의 호출

```
$(document).ready(function(){
    var line = [<?php
        if($mode == "24h")
        {
            $today = date("Y-m-d");
            $sql = " select * from agros where data_datetime like '{$today}%'";
            $result = @mysql_query($sql);
            $count = @mysql_num_rows($result);
            if($count > 0)
            {
                while($row = @mysql_fetch_object($result))
                {
                    echo "[";
                    echo $row->data_datetime."',";
                    echo $row->Temperature;
                    echo "],";
                }
            }
            else
            {
                echo "[".$today."',0]"; // 데이터가 없으면 0을 출력
            }
        }
    ?>];

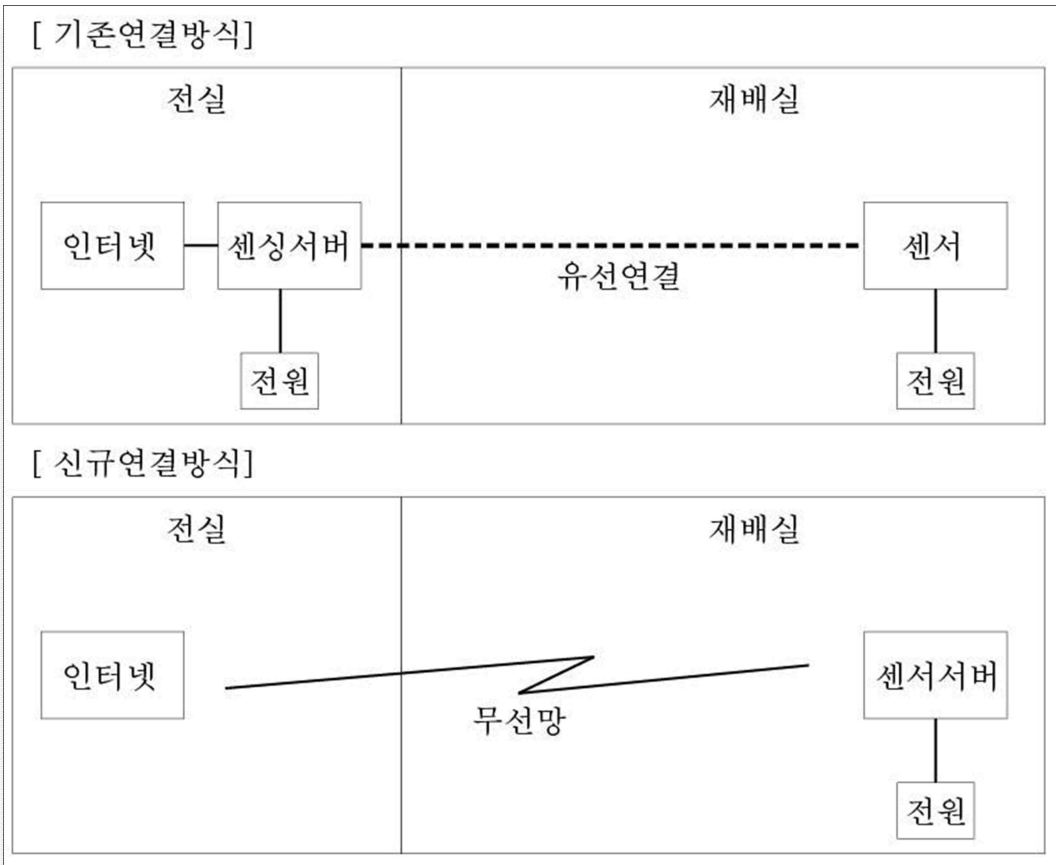
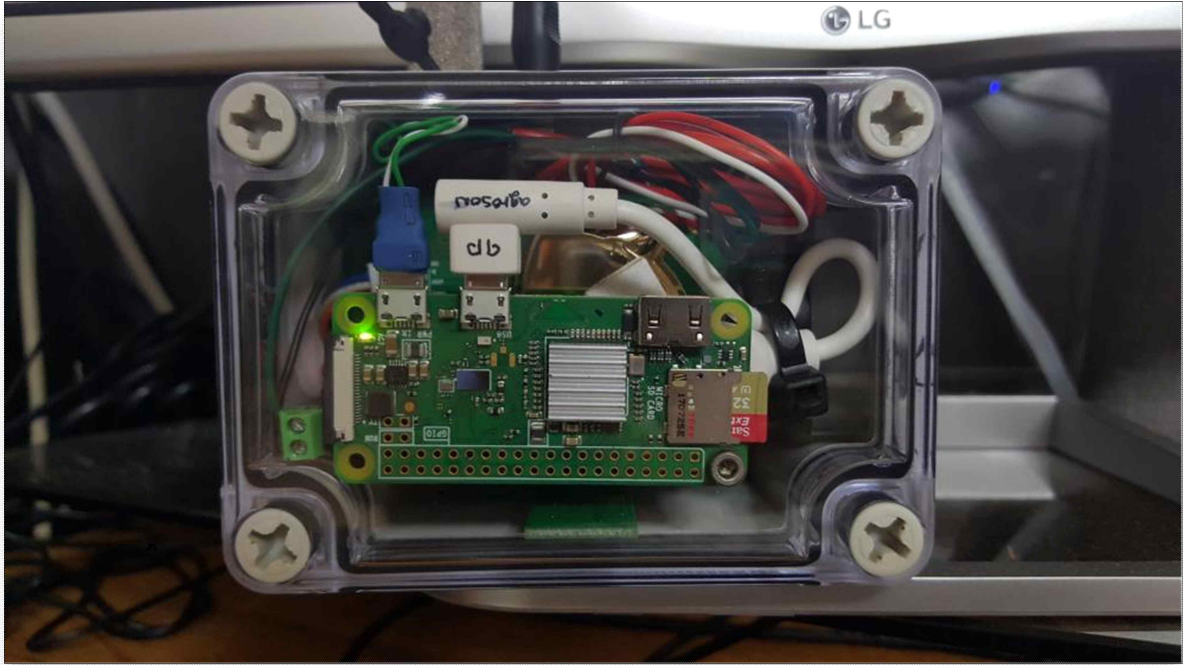
    var plot = $.jqplot('graph', [line],{
        axes:{
            xaxis:{
                renderer: $.jqplot.DateAxisRenderer,
                tickRenderer: $.jqplot.CanvasAxisTickRenderer,
                tickOptions:{
                    <?php
                    if($mode == "24h")
                        echo "formatString:'%H:%M',";
                    else
                        echo "formatString:'%y/%m/%d %H:%M',";
                    ?>
                    angle: -90
                }
            },
            yaxis:{ // y축 음분
                min : 0, // 최소값
            }
        },
        series:[{
            color:'red',
            lineWidth:0.5,
            markerOptions:{
                show:false
            }
        }
    ]
    });
});
```

- 사용자 호출에 따른 그래프 화면의 구성



(바) 센서-서버 일체형 / 현장 적용형 센싱서버의 개선-개발

- 단일 로거 및 이벤트 송출 역할을 수행하는 센싱 서버에의 구성의 완성을 위해 각 단말(센싱서버)마다 독립 역할을 수행할 수 있도록 단일 단말용 서비스 프로그램을 탑재 하고, 소형화를 위한 하우징을 새로 적용하여 경량화 진행
- 기존의 센서부 와 서버부 로 나누어져 각기 역할을 수행하도록 한 방법에 있어서 실제 사용상의 문제는 서버와 센서간의 연결이 유선 방식으로 이루어져 시설 내 다수개의 센서를 배치 할 시 라인의 처리가 곤란하고
- 보통 30여 미터를 넘는 재배시설내로 신호선을 연결하기에 큰 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하고자 센서부와 서버를 통합형으로 하여 합체 내에서 다양한 방법으로 서버와 센서를 통신시켜 그 값을 저장토록 하며 서버는 시설내 무선망을 이용하여 선 없는 측정 환경을 목표로 하고, 이러한 목표에는 경량-소형화가 또한 큰 문제로 그 부피나 무게에 있어서 사용자의 편리성을 보다 구체화 하여 제작하였다.

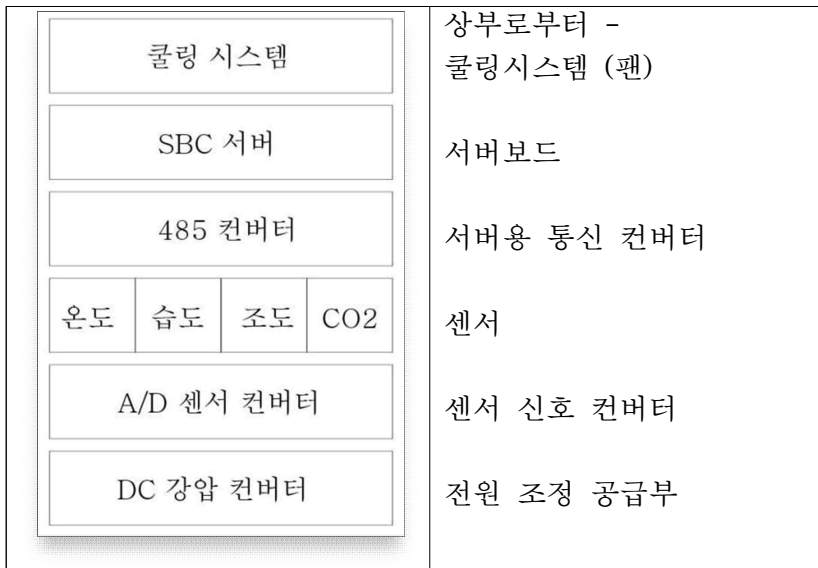


- 기존의 방식을 보다 상세히 도식화 하면 전실 또는 특정위치 (예 사무실) 에 데이터저장 서버를 마련한 후 계층 코저하는 위치에 배치된 센서 까지 통신선을 가설하여 연결하여 주고, 서버와 센서에는 각기 다른 전원 까지 연결 하여야 하는 방식으로 매우 복잡하고 설치에 많은 자원이 필요 하게 된다.
- 이러한 문제를 해결하기 위해, 센서와 서버를 하나의 기체에 마련한 후 계층 위치에 “센싱서버” 1기를 배치하고 전원을 인가하여 주는 것 만으로 그 작업을 단순화 할 수 있었

다. 또한 본 센싱서버는 시설내의 무선망에 바로 연결하여 줌으로써 사용자로 하여금 배정된 센싱서버의 아이피 주소로 즉시 확인 할 수 있다.

- 본 센싱서버 기체의 마련을 위해 동일 합체 내에는 4채널의 온도, 습도, 광도, 이산화 탄소의 측정 센서와 아날로그 센싱 데이터의 디지털 컨버터 보드 , 센서용 12VDC 전압을 SBC 용 5VDC 로 강압하는 강압 DC 컨버터 보드 및 메인 서버 보드(SBC)를 통합하여 배치하고, 485 통신의 SBC 연결용 통신컨버터를 내장시켰다.

- 센싱서버의 하우징내 목적별 부품의 배치도



- 개선된 센싱서버의 실행화면

- ① Login 후 Home 화면



- 사용자 확인을 위해 최초 간단한 로그인 과정을 거치게 되고 로그인 후 현재 모니터링된 센서 값을 볼 수 있다.

② Log 화면

AGROSON MSS J21										
2018-12-14 Fri 10:28										
ID	온도 (°C)	습도 (%)	조도 (lux)	이산화탄소(ppm)	우적 (Y/N)	CPU 사용량(%)	CPU 온도(°C)	MEMORY 사용량(%)	DISK 사용량(%)	일시
21	21.6	41	4585	472	NO	5.2	28.8	55.63	23	2018-12-14 10:19:52
21	20.6	43.6	15256	490	NO	5.2	27.7	54.14	23	2018-12-14 10:09:25
21	20	42.7	4466	500	NO	5.2	27.2	54.08	23	2018-12-14 09:58:59
21	19.8	44.1	4206	534	NO	5.2	27.2	54.03	23	2018-12-14 09:48:32
21	18.9	43.3	7759	683	NO	5.2	26.1	53.94	23	2018-12-14 09:38:05
21	18	42.9	8034	379	NO	5.2	25	53.89	23	2018-12-14 09:27:39
21	17.5	41.6	2864	411	NO	5.3	23.9	53.83	23	2018-12-14 09:17:12
21	16.9	41.8	1889	403	NO	5.3	23.9	53.75	23	2018-12-14 09:06:46
21	16.3	41.5	337	389	NO	5.3	23.4	53.69	23	2018-12-14 08:56:19
21	16.1	40.9	145	395	NO	5.3	22.9	53.63	23	2018-12-14 08:45:52

이전 << 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 >> 다음

- 로그 에서는 사용자가 지정한 측정 간격 (1분~60분 선택)에 따라 자동으로 서버에 기록된 측정값을 볼 수 있다.

③ 알람 셋업

- 경고 메시지의 발송 :
재배실내 환경이 작물생육에 위해를 가할 수 있는 범위를 기 지정하여 주고, 해당 위해 상황에 이르렀을 시 사용자에게 환경 상황을 메시지 할 수 있도록 범위를 지정할 수 있다.

192.168.0.94/demo/alarm.php

AGROSON MSS J21

2018-12-14 Fri 10:23

구분	이하	이상	알람 메일	알람 릴레이	적용
온도	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="50"/>	OFF	OFF	확인
습도	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="80"/>	OFF	OFF	확인
조도	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="57000"/>	OFF	OFF	확인
CO2	<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="900"/>	OFF	OFF	확인
메일 송출 간격			<input type="text" value="3"/> 분		확인

HOME LOG

ALAM SET-UP

④ 수신메일의 설정

192.168.0.94/demo/setup.php

AGROSON MSS J11

2018-12-14 Fri 10:24

알람 수신 메일


수신메일	<input type="text" value="agrosn.blue@gmail.com"/>	<input type="text" value="agrosn.j.data@gmail.com"/>	확인
릴레이 출력	OFF		확인

백업데이터 수신 메일

수신메일	<input type="text" value="agrosn.blue@gmail.com"/>	<input type="text" value="agrosn.j.data@gmail.com"/>	확인
센서 DB 저장 간격	<input type="text" value="10"/> 분		확인

- 경고 메시지의 수신
각 단위 구역에 배치된 센싱서버는 입력된 환경 요소의 범위를 초과하는 인자가 검출 될 시 서버는 사용자에게 메시지 송출한다.
- 경고 메시지의 pc 화면 예시

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	읽음	숨 삭제	스팸신고	답장	전체답장	전달	이동	...	필터
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	HIGH 고온 경고	14:43	4.2 KB					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	LOW 저CO2 경고	14:43	4.2 KB					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	LOW 저CO2 경고	14:43	4.2 KB					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	HIGH 고온 경고	14:42	4.2 KB					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	LOW 저CO2 경고	14:42	4.2 KB					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	HIGH 고온 경고	14:42	4.2 KB					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
			AGROSON MSS	LOW 저CO2 경고	14:41	4.2 KB					

HIGH 고온 경고  2018-12-14 (금) 14:43

보낸 사람 AGROSON MSS

받는 사람

AGROSON MSS J15 - 고온이상(29.2℃)

맨위로 ▲

답장

전체답장


전달

숨 삭제

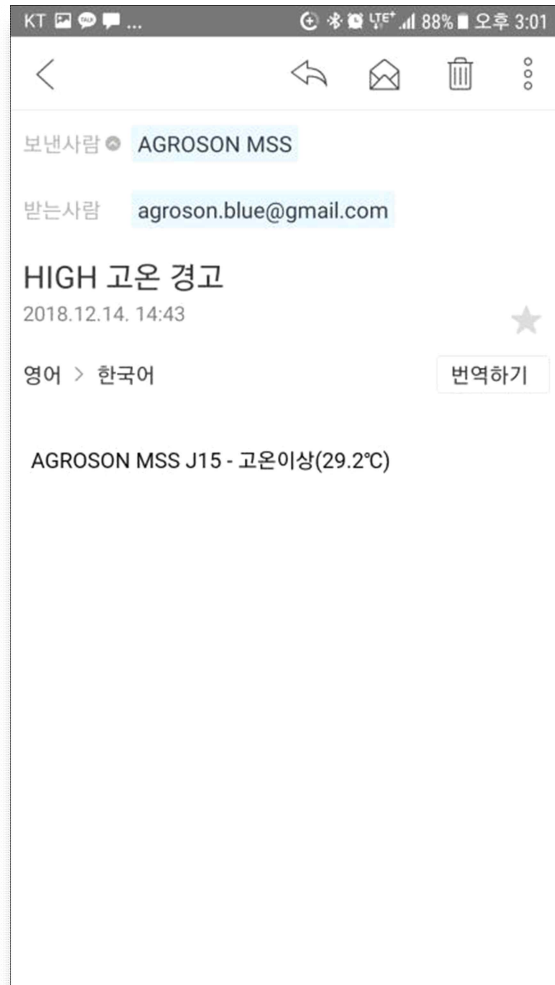
스팸신고

안읽음

...

목록 ▲ ▼ 

- 모바일 화면 예시



- DB 백업 데이터 수신

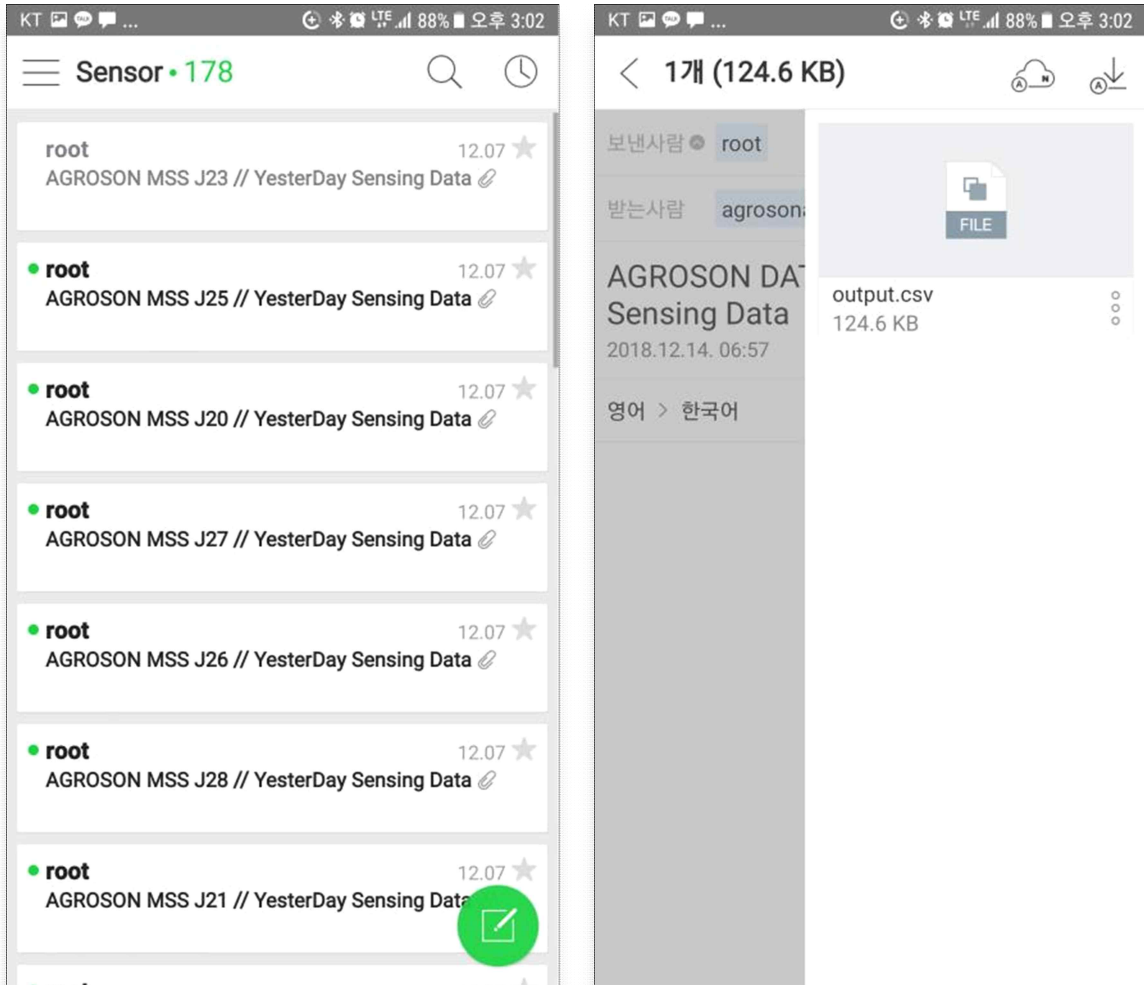
사용자는 각 센서들이 단위 구역에서 검출된 환경 요소의 값을 실시간으로 파악하거나, 해당 데이터를 다운로드 할 수 있으나 서버로 하여금 지난 1일간의 데이터만을 추출하여 사용자 지정의 메일함으로 발송하게 하여 줌으로써 데이터 관리에의 편의성을 더할 수 있도록 기능을 마련하였다.

측정 되어 각 센서에 기록된 데이터는 관리자에게 1일치의 데이터를 취합하여 CSV 파일로 송출

⑥ pc 화면 예시

		읽음	삭제	스팸신고	답장	전체답장	전달	이동	...	필터
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J23 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	15.9 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J25 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	15.9 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J20 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	16.0 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J26 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	16.1 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J27 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	16.0 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J28 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	15.8 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J21 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	15.9 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J22 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	15.9 KB		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	root	AGROSON MSS J24 // Yesterday Sensing Data	12-07 06:59	16.0 KB		

- 모바일 화면 예시



- 데이터 취합 내역의 예시

W133												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
101	23	378	20.7	52.1	0	NO	5.2	27.2	47.94	15	2018-12-06 17:36	
102	23	377	20.6	51.3	0	NO	98.5	30.4	44.38	15	2018-12-06 17:38	
103	23	379	20.3	51	0	NO	11.1	27.2	46.9	15	2018-12-06 17:49	
104	23	391	20.3	49.9	0	NO	8	27.2	47.02	15	2018-12-06 17:59	
105	23	383	20.5	48.9	0	NO	7	27.2	47.08	15	2018-12-06 18:10	
106	23	391	19.9	49.2	0	NO	6.5	27.2	47.13	15	2018-12-06 18:20	
107	23	392	20	49.2	0	NO	6.1	27.2	47.22	15	2018-12-06 18:31	
108	23	385	20.2	48.4	0	NO	5.9	27.7	47.28	15	2018-12-06 18:41	
109	23	391	20.3	47.9	0	NO	5.8	27.2	47.33	15	2018-12-06 18:52	
110	23	403	20.3	47	0	NO	5.6	27.2	47.39	15	2018-12-06 19:02	
111	23	406	20.6	46.7	0	NO	5.5	27.2	47.47	15	2018-12-06 19:12	
112	23	389	20.3	46.9	0	NO	5.5	27.2	47.52	15	2018-12-06 19:23	
113	23	403	20.5	46.6	0	NO	5.4	27.2	47.58	15	2018-12-06 19:33	
114	23	403	20.3	46.9	0	NO	5.4	27.2	47.64	15	2018-12-06 19:44	
115	23	401	20.4	46.5	0	NO	5.3	27.2	47.69	15	2018-12-06 19:54	
116	23	392	20.2	46.8	0	NO	5.3	27.2	47.75	15	2018-12-06 20:05	
117	23	419	20	47.5	0	NO	5.3	27.2	47.83	15	2018-12-06 20:15	
118	23	410	20.3	47.3	0	NO	5.3	27.2	47.89	15	2018-12-06 20:25	
119	23	383	20.3	47.7	0	NO	5.2	27.2	47.94	15	2018-12-06 20:36	
120	23	404	20.2	48	0	NO	5.2	27.2	48	15	2018-12-06 20:46	
121	23	412	20.3	48.4	0	NO	5.2	27.2	48.08	15	2018-12-06 20:57	
122	23	407	20.3	48.8	0	NO	5.2	27.2	48.14	15	2018-12-06 21:07	
123	23	397	20.2	48.8	0	NO	5.1	27.2	48.19	15	2018-12-06 21:18	
124	23	405	20.2	49.4	0	NO	5.1	27.2	48.25	15	2018-12-06 21:28	
125	23	407	20.2	49.1	0	NO	5.1	27.2	48.31	15	2018-12-06 21:38	
126	23	411	20.1	49.4	0	NO	5.1	27.2	48.39	15	2018-12-06 21:49	
127	23	404	20.1	49.6	0	NO	5.1	27.2	48.45	15	2018-12-06 21:59	
128	23	412	19.9	49.2	0	NO	5.1	26.6	48.5	15	2018-12-06 22:10	
129	23	399	20.4	47.6	0	NO	5.1	27.7	48.56	15	2018-12-06 22:20	
130	23	399	20.5	46.2	0	NO	5.1	27.2	48.64	15	2018-12-06 22:31	
131	23	403	20.5	45.3	0	NO	5.1	27.2	48.7	15	2018-12-06 22:41	
132	23	400	20.5	44.4	0	NO	5.1	27.2	48.75	15	2018-12-06 22:52	
133	23	402	20.3	44.4	0	NO	5	27.2	48.81	15	2018-12-06 23:02	
134	23	398	20.6	43.3	0	NO	5	27.2	48.87	15	2018-12-06 23:12	
135	23	388	20.4	43.4	0	NO	5	27.2	48.92	15	2018-12-06 23:23	
136	23	379	20.5	43.1	0	NO	5	27.2	49	15	2018-12-06 23:33	
137	23	389	20.4	43.3	0	NO	5	27.2	49.06	15	2018-12-06 23:44	

(2) 원격지 통합 DB 서버의 구현

- 현장의 단위 구역별로 설치되는 다수개의 센싱서버는 센서로부터 취득한 환경 센서 값을 내부 데이터베이스에 저장함과 동시에 1일 1회 지난 1일간의 데이터를 추출하여 사용자에게 백업파일로 전송하는 기능을 갖추고 있으며,
- 추가하여 이러한 각각의 센싱서버는 내부 데이터베이스 외 사용자 지정의 외부의 1개소의 데이터서버로 전송 할 수 있도록 그 기능을 마련하였다.
- 이는 센서의 개수가 많아 각각의 센싱서버로 접속하여 환경 데이터를 확인하지 않고 통합 DB의 데이터를 확인함으로써 현장 상황을 확인 할 수 있는 편리성이 있고, 취득된 환경 센서 값을 외부에 제공하여야 할 필요가 있을 때를 대비 하였다.

(가) 통합 DB 서버의 구축

- 연구 기간 동안 상용의 호스팅 서비스를 활용한 통합 DB 기록 테스트와 SBC를 활용한 통합 DB 서버를 오픈하여 운용 실증 실시하였고 실증의 결과로 SBC활용의 통합 DB 서버의 운용이 보다 바람직하다 결론 내릴 수 있다.
- 이의 이유는 월정액의 상용 서버 서비스를 이용할 시 사용자의 웹 접근은 그 접속 속도가 매우 빠르나 시스템의 일부분을 임대 사용하는 DB 서버의 특성상 그 보안정책에 있어 서버로의 접근은 매우 한정적이고 이의 운용을 위해서는 네트워크와 서버 등 예의 높은 이해도를 필요로 하여 사용자가 데이터를 재가공하거나 별도 운용을 위해서는 전용의 프로그램을 개발하여 보안 범위 내에서 설치하여야 하는 어려움이 있다.
- 반면 DDNS상 놓여진 SBC 활용의 독립 서버를 운용할 경우 오픈소스를 활용한 DB 운용 프로그램의 구축이 쉽고 간단한 매뉴얼과 응용 어플리케이션을 통한 데이터의 취득 및 가공이 용이 하였다.

(나) DB 서버 구축 내역

- 하드웨어
 - Chip - Broadcom BCM2837B0
 - Memory - 1GB LPDDR2 SDRAM
 - CPU - 1.4GHz ARM Cortex-A53 MP4
 - GPU - Broadcom VideoCore IV MP2 400MHz
 - Connectivity - 10/100/1000 Mbps Gigabit Ethernet & 2.4GHz and 5GHz wireless LAN
- 서버환경
 - Linux, Apache2, MySQL 5.x, PHP 5.x
- 네트워크 환경
 - 1Gbps, DDNS Router

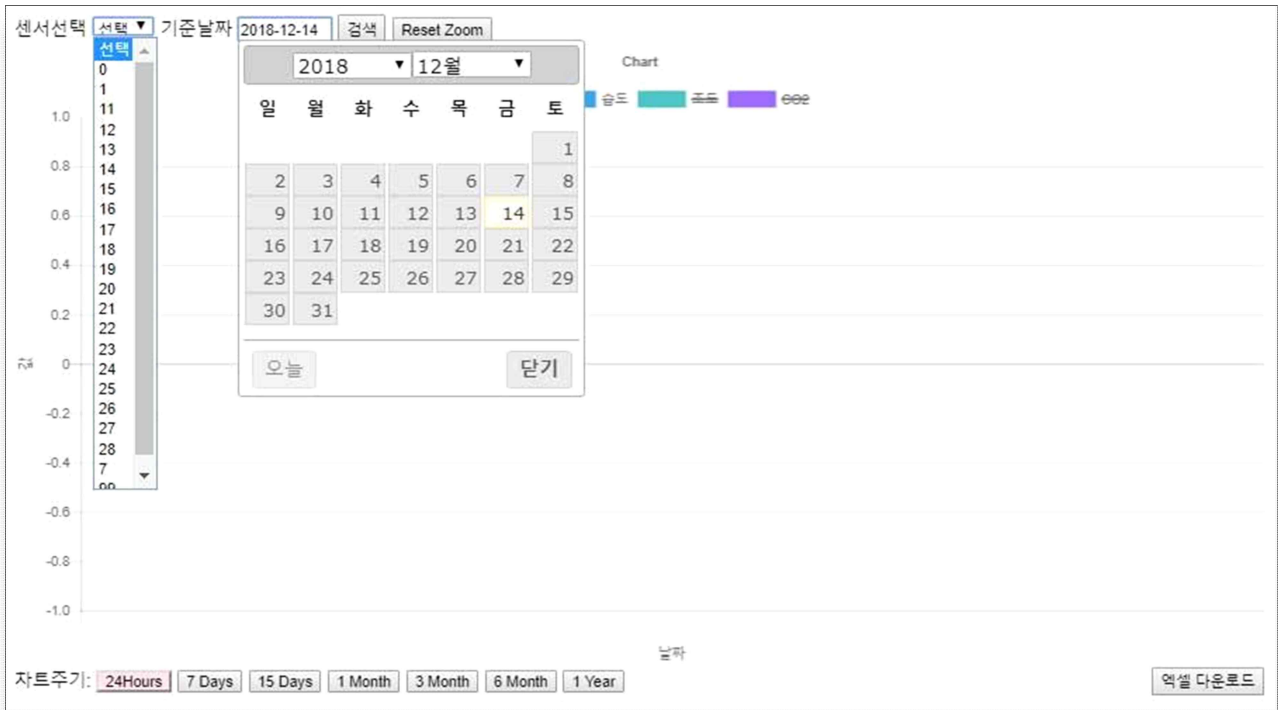
(3) 환경요소 DB 분석프로그램 개발

(가) DB 분석 프로그램

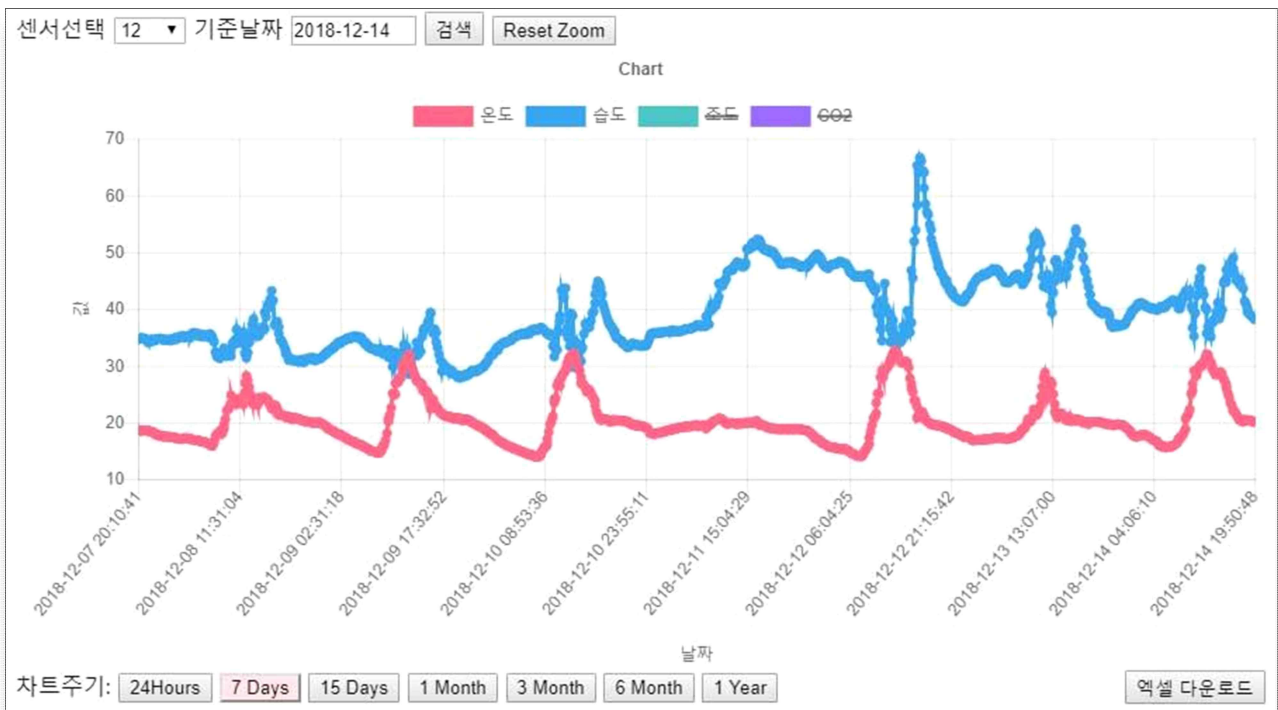
- 다수개의 센싱서버로부터 전달되어져 오는 각 센싱서버 데이터의 취합, 저장을 담당케 하기 위한 외부 DB 1기를 마련하고 사용자의 환경 상황 이해를 높이기 위한 그래픽 차트 화면과 센서별 기간별 데이터 다운로드 기능을 구축 하였다.
- 통합 DB서버는 복수개의 센싱서버를 운용할 경우 각각의 센싱서버를 접속하지 않고 통합 DB서버의 사용자 화면을 호출 하는것 만으로 연결된 모든 센서상황을 로그, 그래픽 등의 화면으로 확인 할 수 있고 해당 데이터를 바로 다운로드 할 수 있는 편의성을 부여 하였다.
- 기능 실증을 위해 다수개의 센싱서버를 준비하고 각각의 센싱서버는 같은 목적지인 데이터서버로 검출한 값을 보내어 저장하게 하여 사용자는 개별의 센싱서버를 접속하여 해당

센서 위치의 환경 값을 확인하지 않고 데이터서버에 접속하여 각각의 센서 값을 바로 확인 할 수 있다.

[센서 및 기준일, 검출 주기의 선택]



[12번 센서의 12월 14일 기준 과거 7일간의 온도 + 습도 그래픽 차트 호출]



- 위 화면은 12번 센서를 12월14일 일자를 기준으로 과거 7일간의 온도와 습도 차트를 검색한 경우이다.
- 즉, 센서별, 일자별, 기간별로 각기 달리 확인 할 수 있고, 온도, 습도, 조도, CO2의 환경

요소별로 개별 또는 복수개의 그래프를 표시 할 수 있다.

- 그래프에 표시된(조건에 의해 검색 된) 데이터는 바로 엑셀 파일로 다운 받을 수 있도록 구성 하였다.

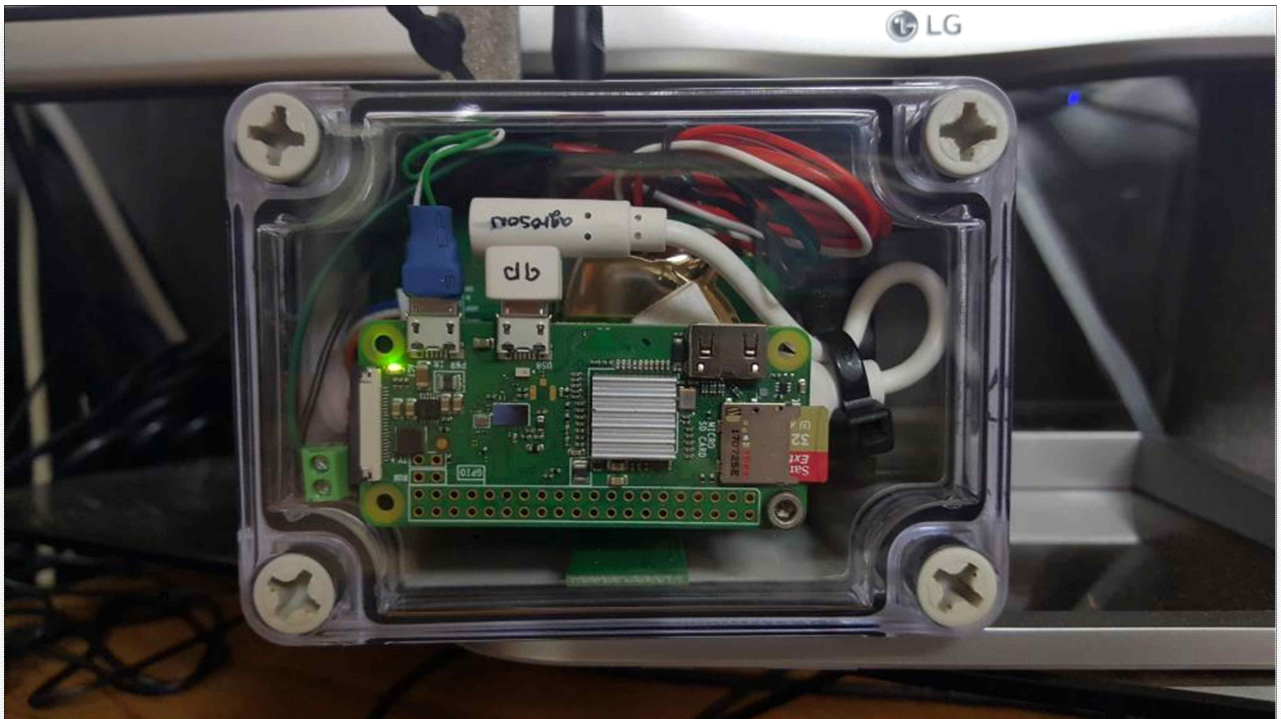
다. 결과 및 고찰

(1) 고온 다습 환경에서의 전자부품 및 기기의 보호 대책 및 실증 실험

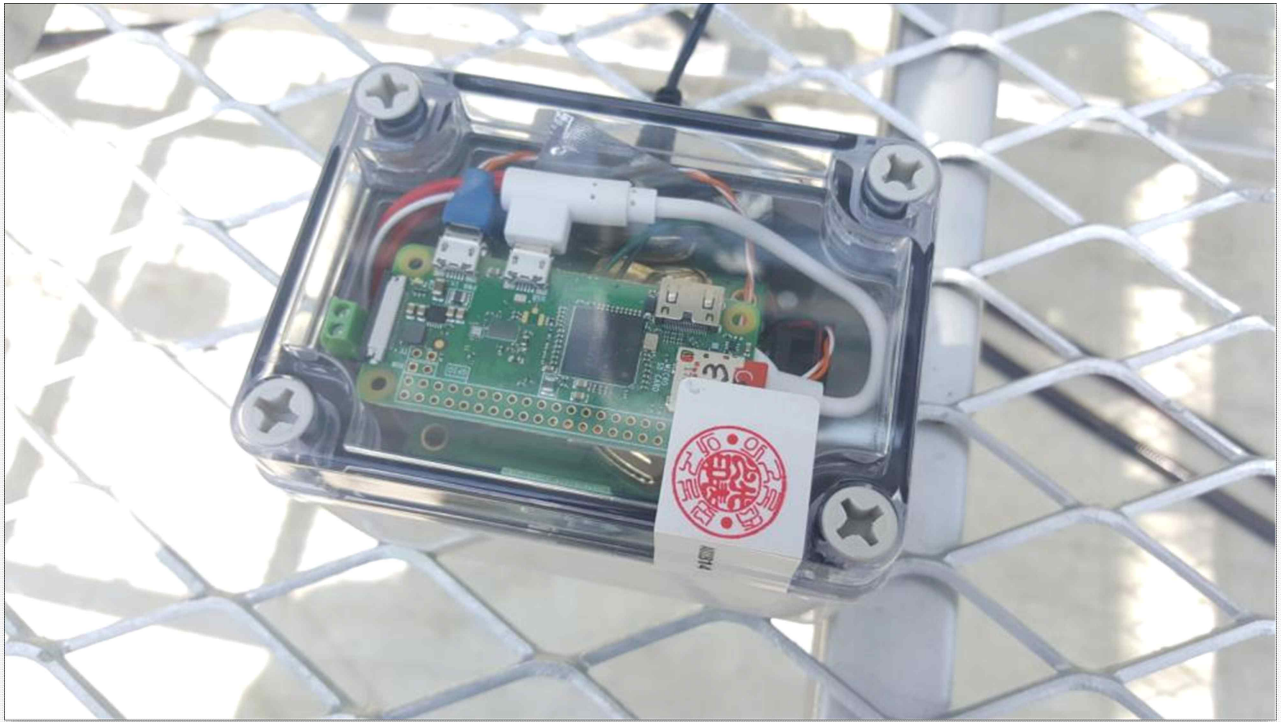
(가) 방열 및 방습 처리

- 시설 온실 내 고온/고습 상황에의 대비책으로 각 전자 부품을 에폭시 계열의 화합물로 코팅처리 실시 및 방열판의 설치 및 방열팬의 장착
- 서버 현장 실증

[1기 함체내 센서 와 서버를 통합]

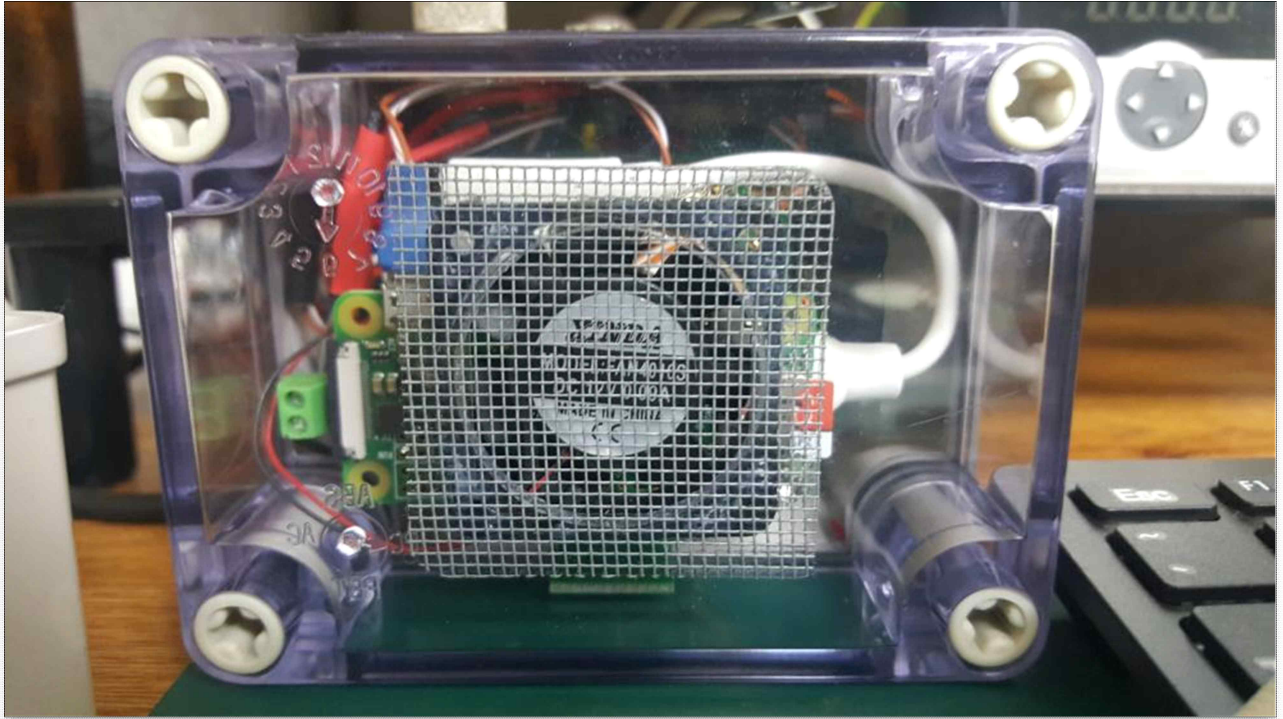


[자연광하 고온처리 온실 내 고온(주간) 및 고습(야간)하 내구성 시험 실시]



○ 7월 자연광하 재배실내 고온 소독 처리 실시의 온실내에 센싱서버를 배치하여 직사광선하에서 10여일간 테스트 진행하여 밀폐 환경 내에서 CPU의 고온 상승이 시스템의 문제가 되므로 이에 쿨링시스템을 더하여 개선 제작 진행

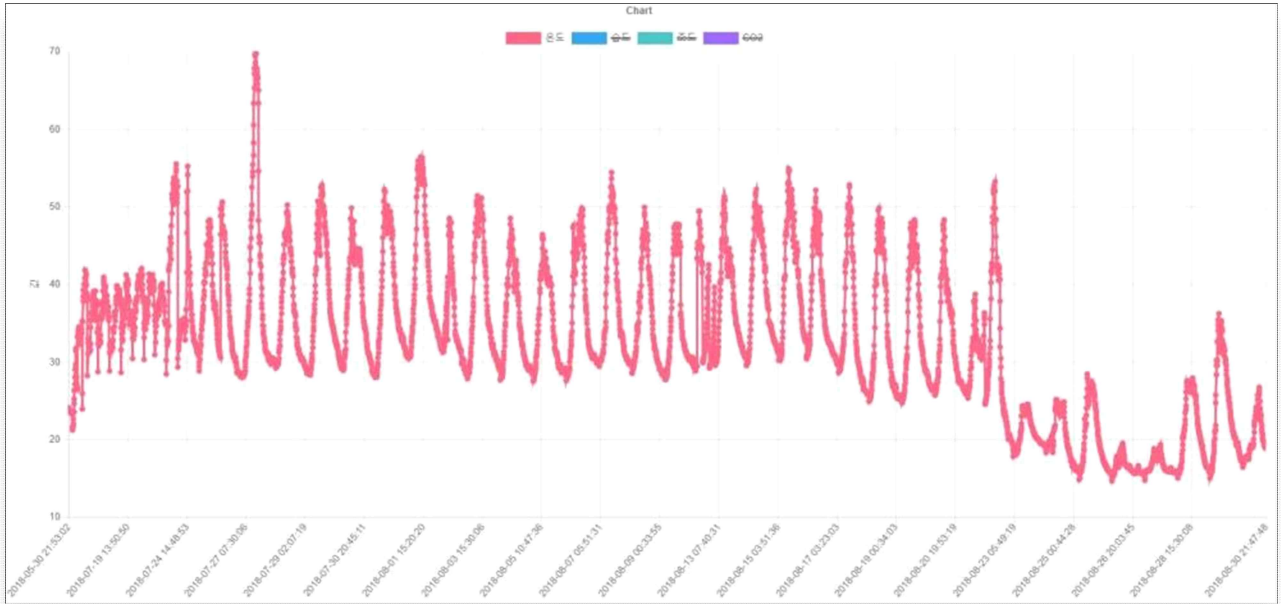
[서버 일체형 센서 - 센싱서버 함체에 쿨링팬 추가 장착]



[직사광선하 7~8월 내구성 테스트 실시]

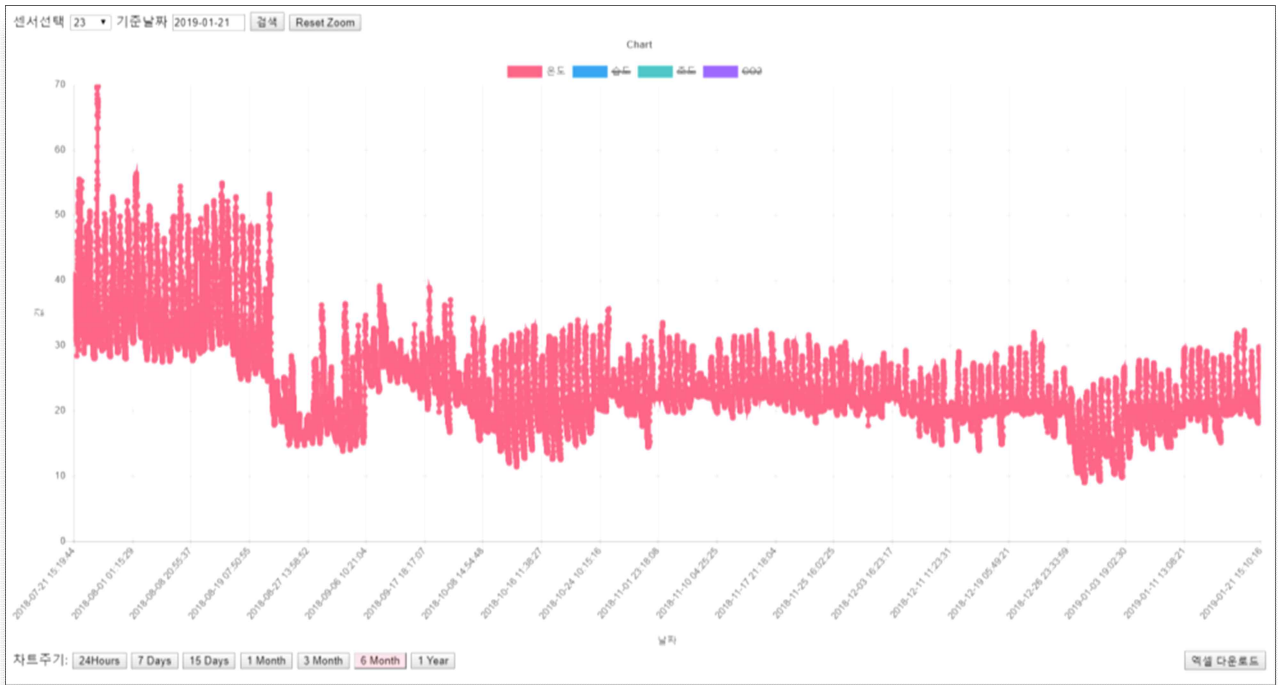


[여름 고온 소독처리 온실 내 내구성 측정 온도 그래프]

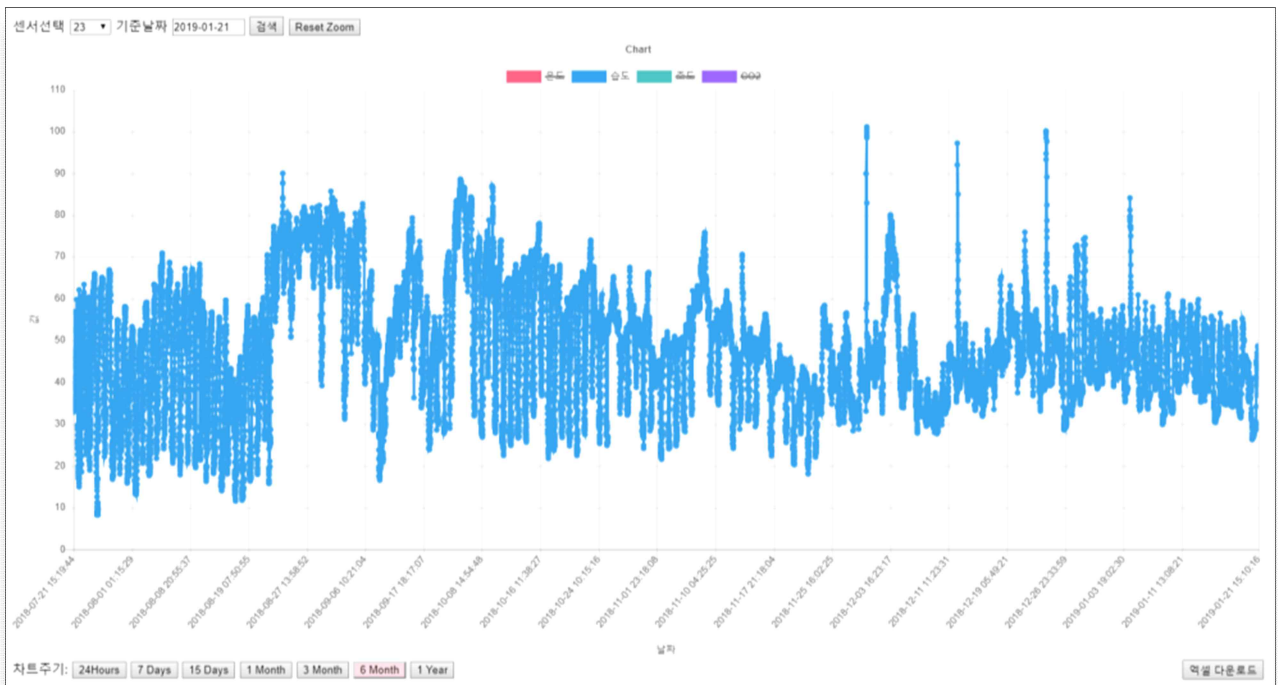


- 처리 기간동안 ShutDown 없이 서버 기동 확인.
- 23번 센싱서버의 7월 27일의 온도 및 CPU 온도의 상황은 아래와 같이 기록 되었다.
- 센서서버 환경은 최고 온도 69.8도 CPU 온도 81.5도 까지 상승하였으나 섯다운 현상 없이 수행 됨.
- 내구성 테스트를 진행 후 재배실내 센싱서버 기동 실증을 실시 중이며 이의 실행 상황은 아래의 표와 같이 기록 되고 있다.

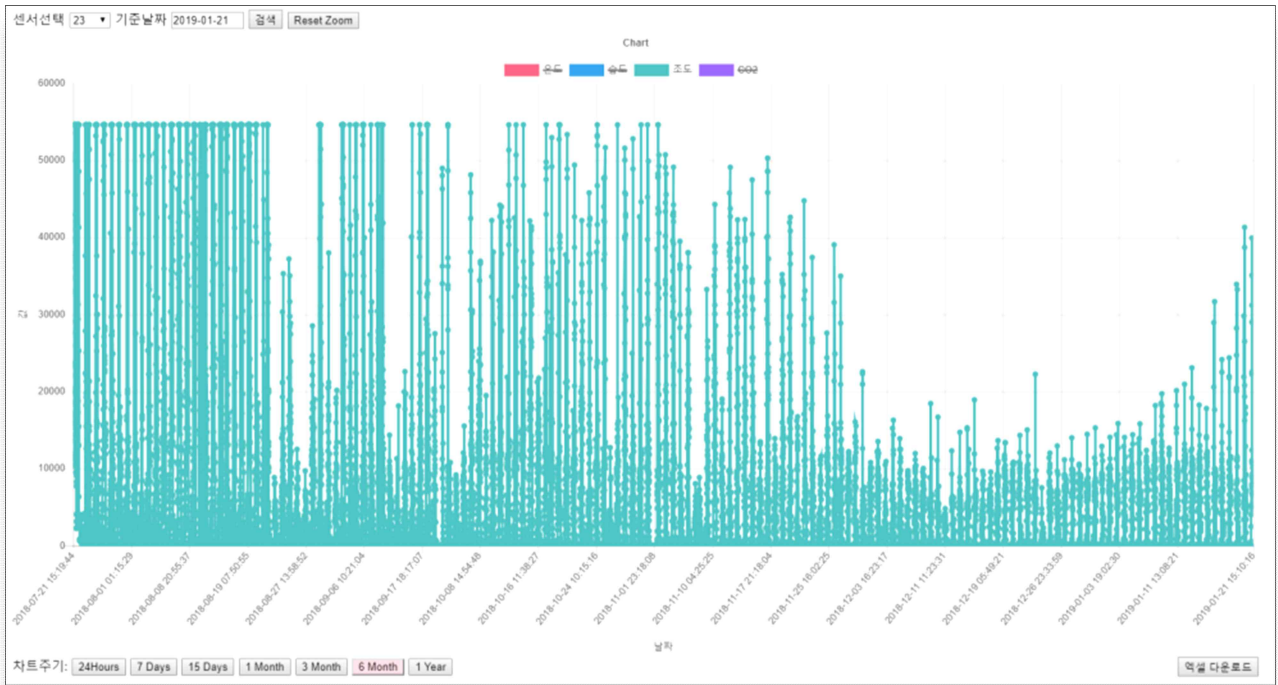
[12월14일 기준 과거 6개월간의 23번 센싱서버의 온도 그래프]



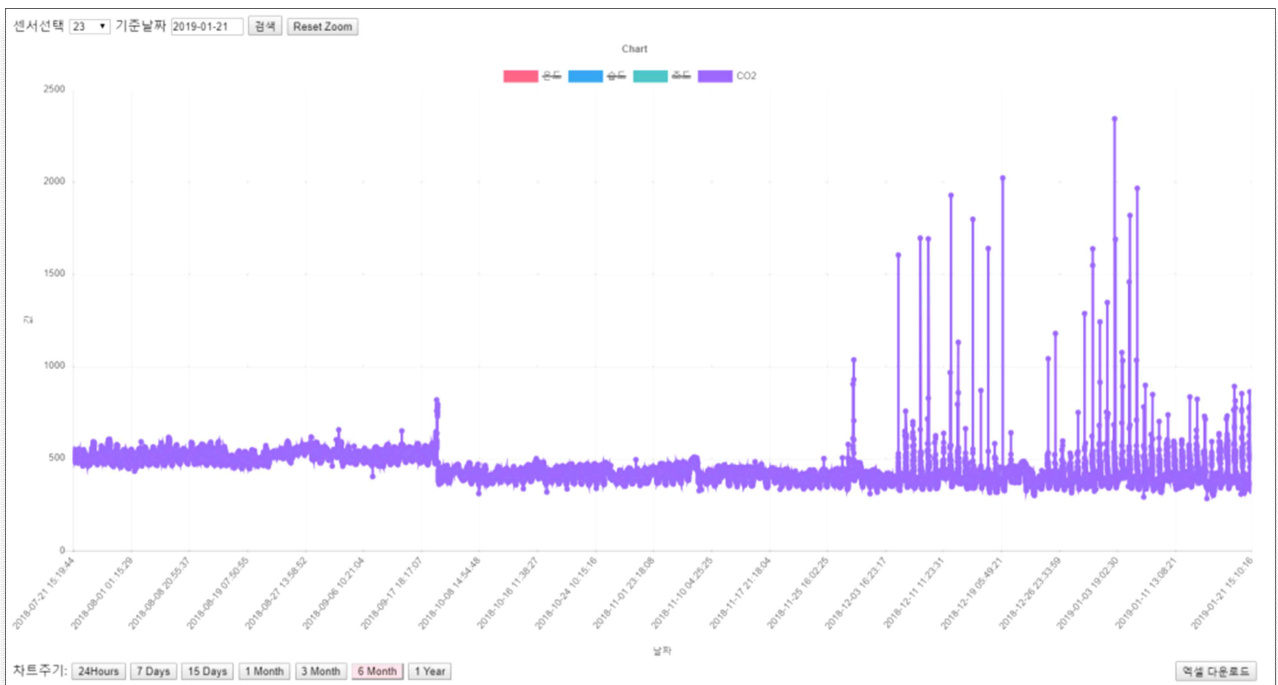
[12월14일 기준 과거 6개월간의 23번 센싱서버의 습도 그래프]



[12월14일 기준 과거 6개월간의 23번 센싱서버의 조도 그래프]



[12월14일 기준 과거 6개월간의 23번 센서서버의 이산화탄소 그래프]



- 모바일 센싱서버 (MSS) 는 명칭과 같이 장소의 제약에서 자유로워야 하고 직관적이고 간소화된 형태를 갖되 시설 환경에의 내구성을 가져야 한다.
- 이러한 최종의 목표의 달성에 있어서 센서내구성 및 센서부의 소형화는 지속적으로 연구되어야 할 필요가 있다.
- 다수개의 복수 센싱을 실시할 경우 통합 DB 서버의 필요성은 매우 높다고 보여진다.
- 통합 DB 서버가 없을 경우 사용자는 주소를 직접 입력하여 접속하거나 각각의 센서와 미리 연결 가능한 링크를 구성해야하는 번거로움이 있다.
- 또한, 각 센싱서버에 기록되는 데이터가 통합 DB에 백업되어 이중으로 저장 되어 지므로 데이터 보존성에의 효과도 있다.
- 본 연구의 결과로 한국저작권위원회 C-2018-038617호와 같이 “모바일센싱서비스”의 프로그램 저작권을 등록하였다.

2. 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현

가. 연구목적

- 농업 현장에서는 현장 상황 또는 작물의 상태 등을 영상으로 확인하는 것이 보다 공정 오차를 줄이는 방법이고 이러한 영상 확인 기능은 많은 현장에서 요구되고 필요로 하고 있다.
- 농업을 포함한 많은 산업 군에서 현장 상황 확인 등의 필요 이유에 따라 IP 카메라 등의 저가형 제품들을 구비하여 설치하고 있으나 내구성 부족, 외부 연결을 위한 클라우드 또는 연결 서버 사용 비용 등의 사용자 부담이 있으며 특히 IP 중계 등의 보안 대책에 있어서 취약한 문제가 있고 서버 지속성에의 신뢰 문제 등으로 적합한 제품을 찾기에 매우 어려운 점이 있으며
- 특히, 다습한 환경의 온실 내 설치에는 별도의 처리가 필요한 실정으로 온실 내 다습한 환경에 대처할 수 있고 무선망 연결 및 외부 접속이 가능한 방법을 구현하고자 하였다.
- 더하여 기설치되어 사용 중인 다양한 제어기의 제어 신호를 강제로 취득하여 원격으로 제어함과 동시에 영상과 제어를 한 화면에 구성 가능한 방법의 연구를 추가로 실시하여 현장 적용 가능성을 연구하였다.

나. 구현 방법

(1) 응급 제어서버의 개발

(가) SBC 모듈의 제어 서버 제작

① SBC : “ Single Board Computer : 단일 보드 컴퓨터 ”

- 컴퓨터 기능에 필수적인 마이크로프로세서 (마이크로프로세서 또는 초소형 연산 처리 장치는 컴퓨터의 중앙 처리 장치를 말한다. 기계어 코드를 실행하기 위해 실행과정을 단계별로 나누어 처리를 위한 마이크로 코드를 작성하고, 이 마이크로 코드에 의해 단계적으로 처리하는 논리회로), 메모리, 입출력 등의 기능이 있는 단일 회로 기판으로 구성된 완전한 컴퓨터

② 제어용 용 SBC / Technical Specification

Processor : Broadcom BCM2387 chipset, 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53
802.11 b/g/n Wireless LAN
Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
Memory : 1GB LPDDR2
GPU : Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor
Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering
40pin extended GPIO
4 x USB
10/100 Ethernet
CSI-2 : camera port for connecting the Raspberry Pi camera
DSI : display port for connecting the Raspberry Pi touch screen display
Micro USB power source
Deminsion : 85 x 56 x 17mm
Power : Micro USB socket 5V/2.5A

③ GPIO 정의

- 프로세서나 컨트롤러(controller) 등에서 일반 목적으로 사용하도록 준비된 입출력 포트. 다용도 입출력 포트(GPIO)를 소프트웨어와 연동시켜 전기적 입력을 받거나 출력으로 특정 장치를 제어하게 할 수 있다.
- 단일 마이크로세서와 같이 입출력 신호를 제어할 수 있는 포트는 범용적인 목적으로 입/출력을 담당하는 GPIO (General Purpose Input / Output) 를 가지고 있으며, SPI 통신, I2C 통신, UART 통신 등을 갖추어 리눅스 OS 상에서 원하는 포트 제어가 가능

[SBC GPIO HEADER MAP]

• 핀 해석

5v : 총 2핀, 3.3v : 총 2핀, GND : 총 8핀
TXD, RXD : UART 관련 총2핀, SDA, SCL : I2C 관련 총4핀
MOSI, MISO, SCKL, CE0, CE1 : SPI 관련 총5핀, GPIO : 총 17핀

④ GPIO 제어 // Wiringpi를 통한 GPIO 제어의 C 기반 라이브러리

install command >> \$ git clone git://git.drogon.net/wiringPi
MSS 의 GPIO 40pin 상태 . command >> \$ gpio readall

⑤ 신호 입력에 따른 릴레이의 제어

GPIO 의 16 핀의 입력 상황에 따라 20 핀의 출력 제어를 통한 GPIO PIN 제어의 소스 흐름

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I2C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I2C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I2C ID EEPROM)		(I2C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| BCM | wPi | Name | Mode | V | Physical | V | Mode | Name | wPi | BCM |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 2 | 8 | 3.3v | | | 1 | 2 | | | 5v | | |
| 3 | 9 | SDA.1 | IN | 1 | 3 | 4 | | | 5V | | |
| 4 | 7 | SCL.1 | IN | 1 | 5 | 6 | | | 0v | | |
| 7 | 15 | GPIO. 7 | IN | 1 | 7 | 8 | 0 | IN | TxD | 15 | 14 |
| 9 | 16 | 0v | | | 9 | 10 | 1 | IN | RxD | 16 | 15 |
| 17 | 0 | GPIO. 0 | IN | 0 | 11 | 12 | 1 | OUT | GPIO. 1 | 1 | 18 |
| 27 | 2 | GPIO. 2 | IN | 0 | 13 | 14 | | | 0v | | |
| 22 | 3 | GPIO. 3 | IN | 0 | 15 | 16 | 0 | IN | GPIO. 4 | 4 | 23 |
| 17 | 18 | 3.3v | | | 17 | 18 | 0 | IN | GPIO. 5 | 5 | 24 |
| 10 | 12 | MOSI | IN | 0 | 19 | 20 | | | 0v | | |
| 9 | 13 | MISO | IN | 0 | 21 | 22 | 0 | IN | GPIO. 6 | 6 | 25 |
| 11 | 14 | SCLK | IN | 0 | 23 | 24 | 1 | IN | CE0 | 10 | 8 |
| 0 | 25 | 0v | | | 25 | 26 | 1 | IN | CE1 | 11 | 7 |
| 0 | 30 | SDA.0 | IN | 1 | 27 | 28 | 1 | IN | SCL.0 | 31 | 1 |
| 5 | 21 | GPIO.21 | IN | 1 | 29 | 30 | | | 0v | | |
| 6 | 22 | GPIO.22 | IN | 1 | 31 | 32 | 0 | IN | GPIO.26 | 26 | 12 |
| 13 | 23 | GPIO.23 | IN | 0 | 33 | 34 | | | 0v | | |
| 19 | 24 | GPIO.24 | IN | 0 | 35 | 36 | 0 | IN | GPIO.27 | 27 | 16 |
| 26 | 25 | GPIO.25 | IN | 0 | 37 | 38 | 0 | IN | GPIO.28 | 28 | 20 |
| 0 | 39 | 0v | | | 39 | 40 | 0 | IN | GPIO.29 | 29 | 21 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| BCM | wPi | Name | Mode | V | Physical | V | Mode | Name | wPi | BCM |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <wiringPi.h>
3 int main (void)
4 {
5     if (wiringPiSetup() == -1)
6         return 1 ;
7     pinMode(16, INPUT);
8     pinMode(20, OUTPUT);
9     for(;;)
10    {
11        digitalWrite(20, 0);
12        if(digitalRead(16) == 0)
13        {
14            digitalWrite(20, 1);
15        }
16    }
17    return 0 ;
18 }
```

(나) GPIO 원격 제어

- I2C 방식을 통한 제어
- I2C 는 풀업 저항이 연결된 직렬 데이터(SDA)와 직렬 클럭(SCL)이라는 두 개의 양 방향 오픈 컬렉터 라인을 사용
- 최대 전압은 +5 V 이며, 일반적으로 +3.3V 시스템이 사용
- I2C 레퍼런스 디자인은 7 비트의 주소 공간을 가지며, 이 중 16개는 예약되어 있으므로, 동일한 버스에 최대 112개의 노드를 연결
- 가장 일반적으로 사용되는 I2C 버스의 모드는 표준 모드인 100 kbit/s와, 저속 모드인 10 kbit/s
- I2C 의 장점은 특히 마이크로컨트롤러에서 단지 2 개의 일반 목적 입출력 핀과 소프트웨어만을 이용하여 여러 장치들을 제어
- 실시예 : i2c 커널 모듈의 헤더 정의 후 GPIO 핀의 조건 프로그래밍
- I2C 커널 과 4CH relay 제어 ; MySql 연동

```

71
72 query_stat = mysql_query(connection, "select * from setup");
73 if(query_stat != 0)
74 {
75     fprintf(stderr, "Mysql query error : %s", mysql_error(&conn));
76     return 1;
77 }
78
79 sql_result = mysql_store_result(connection);
80
81 while( (sql_row = mysql_fetch_row(sql_result)) != NULL )
82 {
83     if(strcmp(sql_row[0], "relay1") == 0)
84     {
85         nStatus = atoi(sql_row[1]);
86
87         if(nStatus)
88             nData = setRelay(nData, 0, 1);
89         else
90             nData = setRelay(nData, 0, 0);
91     }
92     else if(strcmp(sql_row[0], "relay2") == 0)
93     {
94         nStatus = atoi(sql_row[1]);
95
96         if(nStatus)
97             nData = setRelay(nData, 1, 1);
98         else
99             nData = setRelay(nData, 1, 0);
100     }
101     else if(strcmp(sql_row[0], "relay3") == 0)
102     {
103         nStatus = atoi(sql_row[1]);
104
105         if(nStatus)
106             nData = setRelay(nData, 2, 1);
107         else
108             nData = setRelay(nData, 2, 0);
109     }
110     else if(strcmp(sql_row[0], "relay4") == 0)
111     {
112         nStatus = atoi(sql_row[1]);
113
114         if(nStatus)
115             nData = setRelay(nData, 3, 1);
116         else
117             nData = setRelay(nData, 3, 0);
118     }
119 }
120
121 if(wiringPiI2CWriteReg8(bus, DEVICE_REG_MODE1, nData) == -1)
122 {
123     if((bus = wiringPiI2CSetup(DEVICE_ADDRESS)) == -1)
124     {
125         fprintf(stderr, "bus: Unable to initialise I2C: %s\n", strerror(errno));
126         return 1;
127     }
128 }
129

```

- 응급제어 서버는 당초 계획에 있어서는 단순 정지/시작의 역할을 수행하는 것이 중점이었으나 계획 및 목표를 상향하여 제어권의 취득 및 원격 기동 조작 선택으로 발전시킴.
- 즉, 설비의 제어 신호를 메인 환경제어기로부터 바이패스 하는 것에서 그치지 않고 바이패스 한 뒤 설비의 기동 / 정지를 원격 수행 할 수 있도록 함.
- 수행 예로 냉방용 팬을 기동함에 있어서 기존의 제어신호 및 기동전원을 모두 교차 연결시키고 응급제어 서버에서 원격으로 제어 신호를 차단하여 제어권을 취득하고 이후 원 설비에 연결된 전원의 상(phase)과 일치 하는 전원을 제어 서버로부터 공급시키거나 끊음으로써 설비를 원격 제어 시킴.

(2) 원격 환경제어시스템의 구현

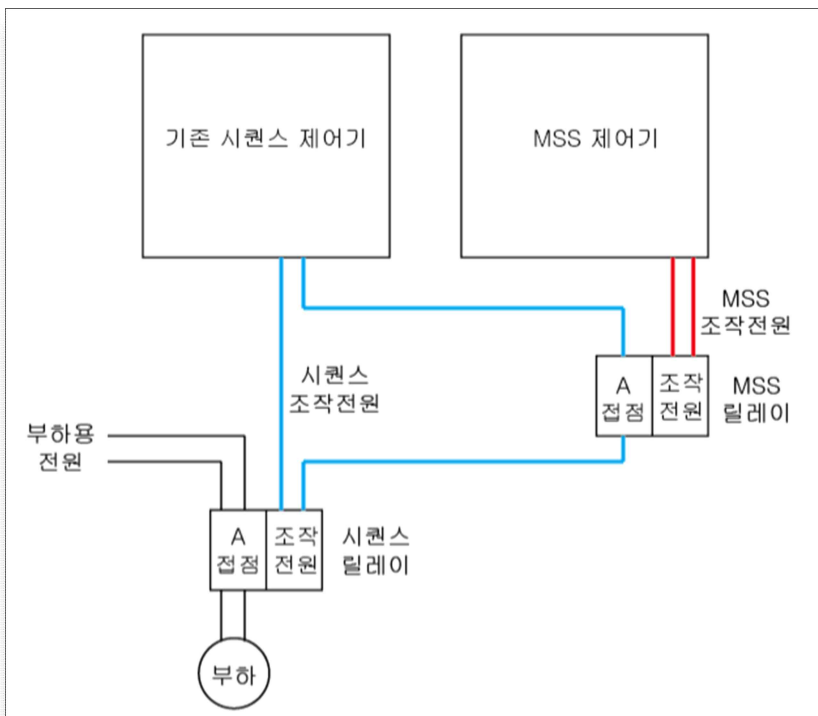
(가) 기존 환경제어기의 강제 신호 취득 및 설비의 원격 조작

- 순화-육묘의 공정에는 기간별로 온도-습도의 환경요인을 달리하여 관리하게 되고, 이러한 기간 진행에 따른 환경 요소의 관제를 위한 일명타이머 기능의 HMI 모듈을 이용한 환경제어기를 마련하였고 현장 사용중인 다수의 환경제어기와 함께 응급제어 서버의 물리 회로를 연결하여 시설 내 설비의 메인제어 바이패스 원격 조작을 실시 하였다.

(나) 원격 제어시스템의 구현

- 농업 시설에 사용되는 환경제어기는 소프트웨어적인 제어기(프로그램제어기)와 물리 푸름의 제어 신호에 따라 설비를 기동시키는 시퀀스 제어기로 크게 나누어지는데(이하 프로그램제어기, 시퀀스제어기는 메인제어기 라 함) 이러한 제어기들은 최종 기동하고자 하는 설비의 전원을 투입/단절함으로써 기동 상황을 결정 하게 되어 있다.
- 이러한 기동 전원은 일종의 스위치로부터 출발하게 되고 각 종류의 제어기는 이러한 스위치를 조작하는 조작 전원이 연결되어 기동 조작 전원을 제어 하고 있는 형태이다.
- 응급제어 서버는 이러한 메인제어기가 설비를 가동하기 위해 출력시키는 제어 신호부(조작 전원)를 강제로 끊거나 연결하는 구조를 취함으로써 과정을 수행하게 되며
- 특히, 조작 전원을 기존의 메인 제어기로부터 단절(취득)시킨 후 사용자의 명령에 따라 메인제어기의 명령과 관계없이 해당 설비를 원격으로 기동 하거나 정지 시킬 수 있다.

[메인 제어기의 조작전원 권한 취득 실시예 회로도]

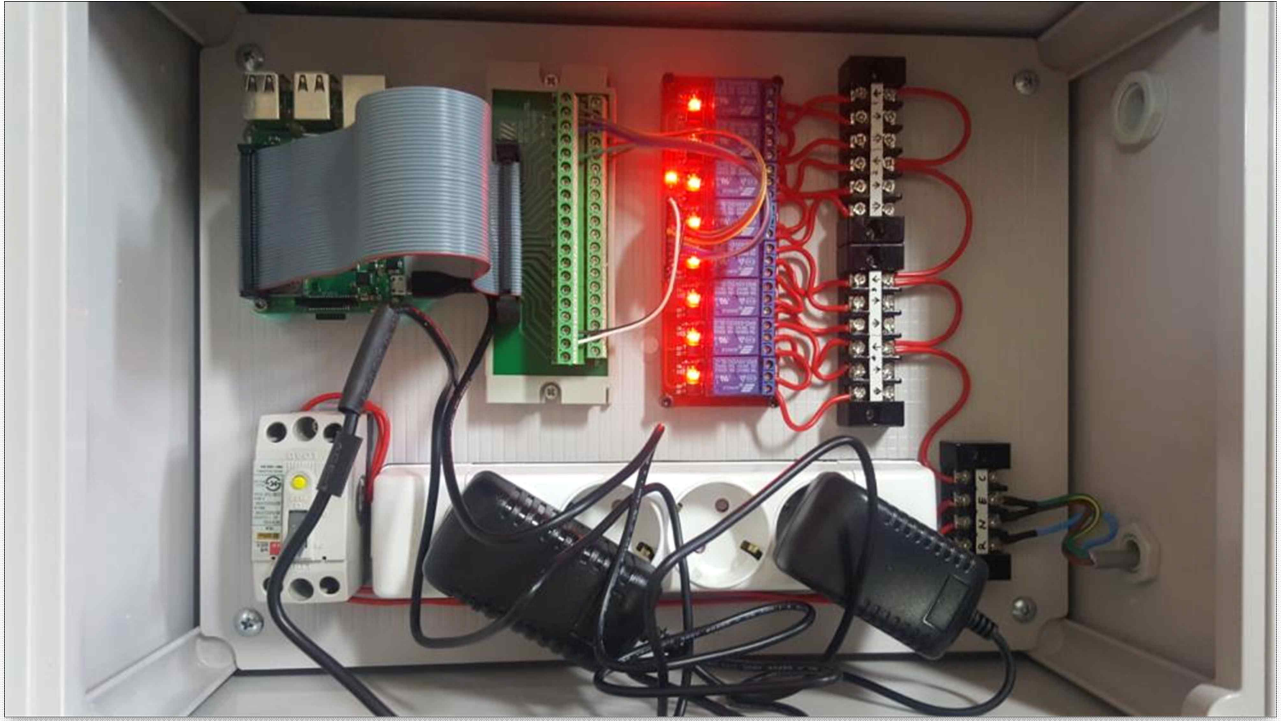


(다) 기성 제어기와의 호환성 및 물리 접점 원격(응급) 제어 방식을 통한 환경 제어

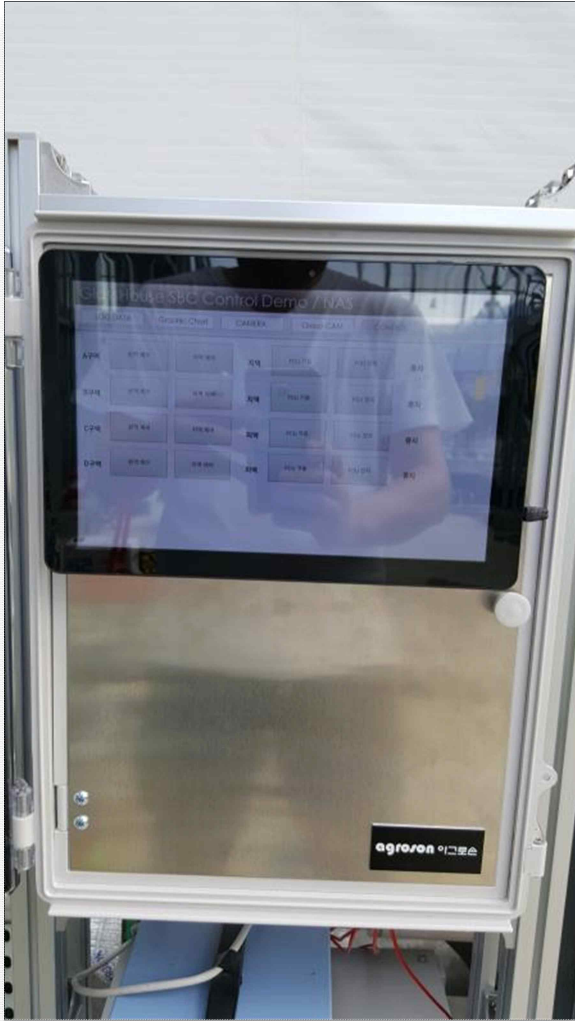
- 대부분의 농가 설비의 제어 방식은 아날로그 - 시퀀스 회로(순차제어) 타입으로 최종 부하의 기동에는 마그네트(MC) 또는 릴레이가 관여하게 제작되어 있음
- 마그네트는 그 작동을 위해 마그네트 코일에 기동 신호(조작전원)를 인가함으로써 작동하게 되는데, 기존 아날로그 제어반내의 마그네트 코일부를 임의 조작하여 외부에서 관리 할 수 있도록 구성
- 릴레이를 원격지에서 모바일 또는 인터넷 환경을 통해 서버로 접속하여 현장의 데이터를 실시간 으로 파악하고 원격으로 조작하여 응급 기동 / 정지를 수행 할 수 있도록 마련
- 제어서버 함체를 제작하여 모바일서버의 상황을 확인할 수 있도록 디스플레이 모듈을 구성 하고, 10A 릴레이를 GPIO 와 연결하여 해당 핀을 제어
- 원격지의 유저는 고정아이피 또는 도메인 주소로 이하 설명될 원격 화상 송출 서버의 사용자 화면을 통해 설비의 원격 기동 등의 실시간 시설 상황을 별도의 포트로 송출 되는 영상 정보를 통해 확인 할 수 있으며, 서버의 릴레이 제어를 통해 응급 제어 코저 연결한 특정 설비에 대해 강제 기동 / 정지의 기능을 수행 할 수 있다.

[8채널 릴레이를 이용한 원격 환경 제어 서버]

A구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지
B구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지
C구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지
D구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지



○ 기존 상용제어기 신호선의 Bypass 처리(붉은선) 및 원격서버와 연결



(3) 화상 송출 서버 구현

- 근래 다양한 IP 카메라의 보급으로 사용자는 원하는 등급의 제품을 사용하여 영상을 확인할 수 있으나 많은 제조사의 제품이 해외 생산품인 경우가 많고
- 특히, 저가의 연결 서비스 사용료를 지불하는 제품이거나 화상 연결 서비스가 무료로 포함된 제품에 있어서 영상으로의 접근에 있어서 보안이 취약하거나 화상 연결에의 자율성이 부족하다.
- 즉, 제3자의 영상 접근이 가능한 보안 취약점과 영상을 재가공하여 사용자의 네트워크 상황이나 사용 목적에 맞추어 다양하게 사용할 수 있는 환경이 제공되지 못하는 단점이 있다.
- 본과제에 있어서 MSS에 사용된 SBC를 활용하여 IP캠을 구현하고 해당 영상의 재가공을 통한 송출 최적화 시험 및 제어기능과 한 화면에 동시에 표현하여 설비의 ON/OFF 제어와 함께 실시간으로 작동상황을 영상으로 중계할 수 있도록 시험 실시하고 구축하였다.

(가) 영상 모듈의 사양

- Camera Module Specification

Still resolution : 8 Megapixels

Video modes : 1080p30, 720p60 and 640 × 480p60/90

Linux integration : V4L2 driver available

C programming API : OpenMAX IL and others available

Sensor : Sony IMX219

- MSS 의 자원(CPU, RAM 등의 컴퓨팅 자원) 한계성과 네트워크 사용에 따른 과금 등 여러 제한 요소들로 인해 실시간 동영상을 처리하여 사용자 에게 전송하기에는 무리가 있음. 이러한 실시간 동영상을 대신하여 1초에 1~3 프레임의 스틸컷을 처리하고 연속 전송하는 방식을 이용.

(나) 화상정보 호출과 처리

- 모바일 센싱 서버의 자원을 활용하고, 800만 화소급의 영상 모듈로부터 생성되는 영상을 정지화상 생성을 통해 일정 간격의 스틸컷을 연속 재생시키는 방법으로 유저에게 송출
- 영상의 송출은 사용자의 부주의로 대량의 데이터가 전송되거나 또는 서버의 한정 자원의 높은 점유를 방지하기 위해 비디오 재생의 방법이 아닌, 일정 간격 (1~3프레임/초) 스틸 컷 생성 방법으로 송출
- 본 영상 처리의 과정은 영상 프레임의 존재 여부를 감시하는 감시자와 이벤트의 발생에 의해 영상을 버퍼로 복사 기록하는 저장자 와 영상의 포맷에 따라 압축 기록하는 기록자 및 기록된 정지 화상을 유저에게 발송하는 송출자의 역할로 구분

[내부 영상처리 쓰레드]

```
1 void *cam_thread( void *arg ) {
2   pthread_cleanup_push(cam_cleanup, NULL);
3   while( !pglobal->stop ) {
4     if( uvGrab(videoIn) < 0 ) {
5       IPRINT("Error grabbing frames\n");
6       exit(EXIT_FAILURE);
7     }
8     DBG("received frame of size: %d\n", videoIn->buf.bytesused);
9     if ( videoIn->buf.bytesused < minimum_size ) {
10      DBG("dropping too small frame, assuming it as broken\n");
11      continue;
12    }
13    pthread_mutex_lock( &pglobal->db );
14    if (videoIn->formatIn == V4L2_PIX_FMT_YUVV) {
15      DBG("compressing frame\n");
16      pglobal->size = compress_yuyv_to_jpeg(videoIn, pglobal->buf, videoIn->framesizeIn, gquality);
17    }
18    else {
19      DBG("copying frame\n");
20      pglobal->size = memcpy_picture(pglobal->buf, videoIn->tmpbuffer, videoIn->buf.bytesused);
21    }
22    if ( (prev_size - global->size)*(prev_size - global->size) > 4*1024*1024 ) {
23      DBG("motion detected (delta: %d kB)\n", (prev_size - global->size) / 1024);
24    }
25    prev_size = global->size;
26    pthread_cond_broadcast(&pglobal->db_update);
27    pthread_mutex_unlock( &pglobal->db );
28
29    DBG("waiting for next frame\n");
30    if ( videoIn->fps < 5 ) {
31      usleep(1000*1000/videoIn->fps);
32    }
33  }
34
35  DBG("leaving input thread, calling cleanup function now\n");
36  pthread_cleanup_pop(1);
37
38  return NULL;
39 }
```

[uvc 드라이버로 부터 넘어 오는 영상 데이터가 Bayer filter 형식의 영상일 경우 jpeg 포맷으로 압축 처리]

```
1
2 int compress_yuyv_to_jpeg(struct vdi *vd, unsigned char *buffer, int size, int quality) {
3     struct jpeg_compress_struct cinfo;
4     struct jpeg_error_mgr jerr;
5     JSAMPROW row_pointer[1];
6     unsigned char *line_buffer, *yuyv;
7     int z;
8     static int written;
9
10    line_buffer = calloc (vd->width * 3, 1);
11    yuyv = vd->framebuffer;
12
13    cinfo.err = jpeg_std_error (&jerr);
14    jpeg_create_compress (&cinfo);
15    /* jpeg_stdio_dest (&cinfo, file); */
16    dest_buffer(&cinfo, buffer, size, &written);
17
18    cinfo.image_width = vd->width;
19    cinfo.image_height = vd->height;
20    cinfo.input_components = 3;
21    cinfo.in_color_space = JCS_RGB;
22
23    jpeg_set_defaults (&cinfo);
24    jpeg_set_quality (&cinfo, quality, TRUE);
25
26    jpeg_start_compress (&cinfo, TRUE);
27
28    z = 0;
29    while (cinfo.next_scanline < vd->height) {
30        int x;
31        unsigned char *ptr = line_buffer;
32
33        for (x = 0; x < vd->width; x++) {
34            int r, g, b;
35            int y, u, v;
36
37            if (!z)
38                y = yuyv[0] << 8;
39            else
40                y = yuyv[2] << 8;
41            u = yuyv[1] - 128;
42            v = yuyv[3] - 128;
43
44            r = (y + (359 * v)) >> 8;
45            g = (y - (88 * u) - (183 * v)) >> 8;
46            b = (y + (454 * u)) >> 8;
47
48            *(ptr++) = (r > 255) ? 255 : ((r < 0) ? 0 : r);
49            *(ptr++) = (g > 255) ? 255 : ((g < 0) ? 0 : g);
50            *(ptr++) = (b > 255) ? 255 : ((b < 0) ? 0 : b);
51
52            if (z++) {
53                z = 0;
54                yuyv += 4;
55            }
56        }
57
58        row_pointer[0] = line_buffer;
59        jpeg_write_scanlines (&cinfo, row_pointer, 1);
60    }
61
62    jpeg_finish_compress (&cinfo);
63    jpeg_destroy_compress (&cinfo);
64
65    free (line_buffer);
}
```


[영상 호출 Script]

```

39 <script type="text/javascript">
40 $(function () {
41     (function check_time(){
42         var now = moment().format("mmss");
43         if((now[1] == 0) && (now[2] == 1) && (now[3] == 0))
44         {
45             window.location.reload();
46         }
47         setTimeout(check_time, 1000);
48     })();
49
50     var cctv_url = '<embed class="snapshot" width="640" height="480" src="http://'+ window.location.hostname + ':8080/javascript_simple.html">';
51     $('#etc_cctv li:last-child').html(cctv_url);
52 });
53 </script>

```

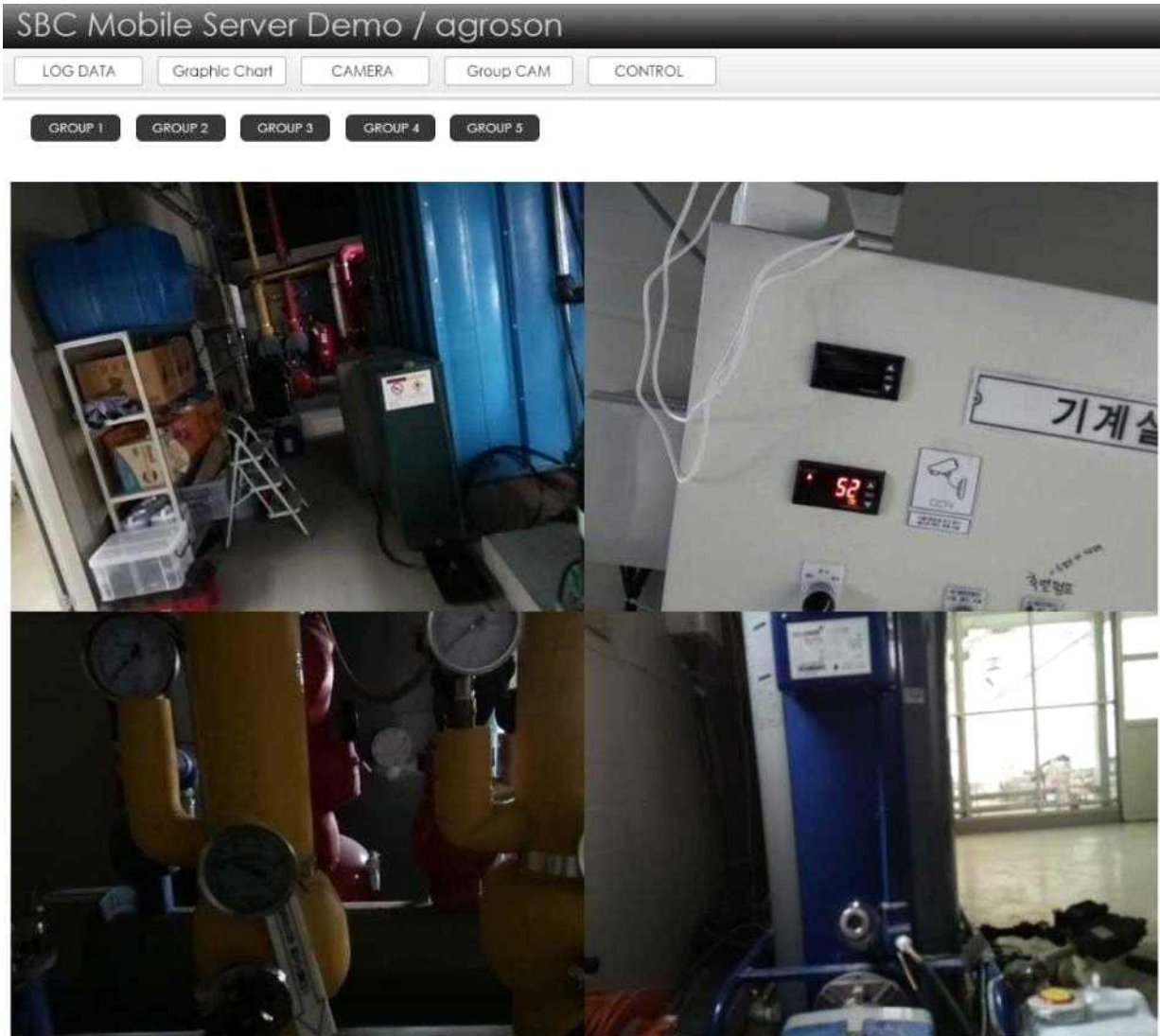
(다) 화상 호출 실시예

- 시중에 판매되는 다양한 제품의 IP 카메라는 매우 저가에 구매 할 수 있는 제품도 있으나 이러한 제품은 보안에 취약하고 산업용의 제품은 기기가 고가 이거나 일정 사용료를 지불해야하는 상황으로
- 본과제에서 영상데이터의 취득 및 영상감시 부분이 실제 농업운영에 있어서 매우 중요한 부분임을 재차 확인하고 SBC보드를 활용한 영상서버를 구축함.
- 고화질 영상 또는 높은 프레임의 영상 데이터의 취득 및 송출은 처리 데이터가 많아 고성능의 서버를 필요로 하여 그에 맞춘 고성능 영상서버의 제작이 필요함.
- 이의 개발은 선행 연구나 기 개발된 영상 처리 모듈이 마이크로서버보드에서 구동하기 어려운 점이 다수 발견 되어 기존의 SBC를 활용한 방향으로 연속 스틸컷의 송출로 구축하였고,
- 영상센서 1기 와 SBC 1기를 1:1로 구축하여 제작하고 본 영상서버를 다수개 배치 한 후 웹서버를 통한 통합화면 구성 방향으로 개발함. 이의 구축 예시는 아래와 같음.

• cam 1 단독화면 실행 예시



- 그룹 영상 화면 실행 예시
 단독 영상서버의 영상 송출 1개 화면을 웹서버에서 취합하여 그룹화 하고 사용자 화면에 다수개의 영상을 송출 시킴



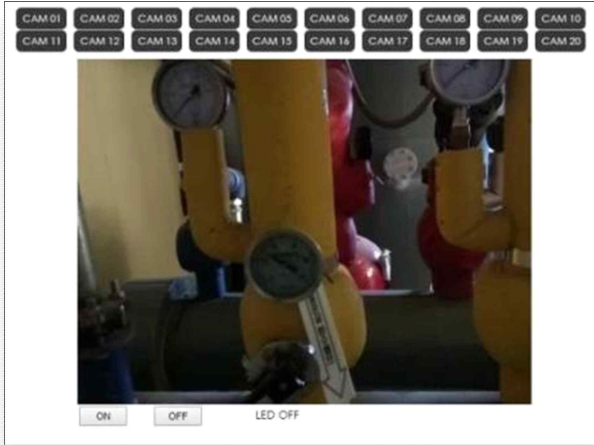
- 1:1 로 구성된 영상서버로부터 취득되는 각각의 영상신호를 웹서버를 통하여 그룹으로 묶어 사용자에게 보여 줄 수 있고, 이러한 방식으로 다수개의 영상을 연결하여 한 화면상에 모두 구성 할 수 있으나 이에 따른 다수개의 영상 신호가 일시에 라우터를 통과함으로써 데이터 병목현상이 발생하여 딜레이 되게 되므로 이는 사용 환경상의 처리 가능 범위에 따라 조절해야 하는 필요가 있음. 이러한 영상 정보의 제공은 농업에 있어서 매우 필요한 방법이라 결론 내릴 수 있음.

(4) 영상-제어 복합서버의 구현

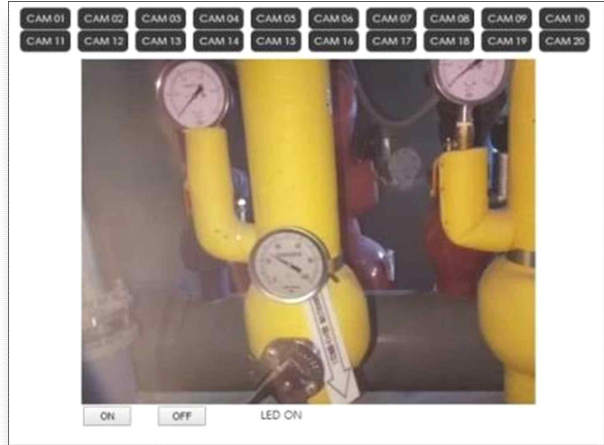
- 더하여, 응급제어서버를 영상서버에 함께 구성하여 영상을 보면서 일련의 설비 전원을 인가 (일련의 설비의 작동)하여 줌으로써 설비의 작동 상황을 즉시로 영상으로 확인 할 수도 있으며 이의 실증은 아래와 같이 실시 함.

- 영상취득 및 설비 기동 일체화 실행 예시

[조명 꺼짐]



[조명 켜짐]



- 상기 이미지에서 나타난 바는 11번 영상 호출 페이지의 하단에 LED ON/OFF 제어 버튼과 LED 제어 연결 핀의 상태를 리턴하여 현재 설비의 작동값을 표시 할 수 있도록 구축하였다.
- 상기 화면은 어두운 곳에 있는 게이지를, 특히나 야간에 확인 하여야 할 필요가 있어 영상 서버에 LED 램프를 더하여 부착시키고 영상서버내에 응급제어서비스를 탑재 시킨 후 그 전원의 인가 제어를 할 수 있도록 간단 구성하여, 웹상에서 LED 램프의 점등 제어를 할 수 있도록 구성하여 실시간으로 라이트를 켜고 확인할 수 있는 서비스 시스템으로 개발(영상서버+제어서버) 실증 하였음.

다. 결과 및 고찰

- 제어서버를 통한 강제 제어 신호 취득 및 구성 방법은 많은 농가에서 현재 사용 중인 제어기를 원격 제어기로 변경 시킬 수 있는 방법이며 높은 회로 이해도를 요구하지 않으므로 외부의 조정없이 자가 변경이 가능하다 보여 진다.
- 다만, 이러한 원격 제어의 설비는 시설 내 외부 접속이 가능한 원활한 인터넷 환경을 전제로 한다.
- 근래에 많은 농가 시설에 인터넷 환경이 갖추어져 있으나 실증 실시 도중 통합 서버 DB 기록 드랍 현상의 발생이 수차 발생하여 조사한 결과 시설 내 설치된 인터넷 망의 불안정 및 다수의 공유기 사용으로 인한 네트워크 분산현상이 원인인 경우와 낙뢰에 의한 시설 전력 차단 등 불가피한 사유들의 발생으로 판단되어지는 경우로 본 사안은 낙뢰에 의한 전력 불안정 및 시설농가의 고품질 인터넷망의 확보와 사용 환경의 정리가 추후 진행 되어야할 필요가 있다.
- 추가 연구로 진행 한 제어 와 영상의 통합 구성은 매우 유익하였다. 정밀 제어 또는 중요 관제점에 있어서 다양하게 응용 가능한 형태이고 서버 제어 작동에 있어서도 직관적인 프로그램 개발이 가능하였으며 작동 오차 없이 장기간 지속 실증 중임을 감안할 때 이는 스위치 통합 기구물의 완성형 디자인 및 그 제작 등의 후속 연구가 진행될 시 단독 설비의 직관적 기동을 수행하는 다양한 곳에서 사용될 수 있고 그 상품 가치가 매우 높다 판단하

였다.

- 본 연구의 결과로 한국저작권위원회 C-2018-038654호와 같이 “모바일제어시스템”의 프로그램 저작권을 등록하였다.

3. 표준 작업 공정에 따른 SOP 공정 알림 시스템(스케줄링시스템)의 개발

가. 연구목적

- 일반적으로, 일련의 제품을 생산하기 위한 제조업에 있어서, 제조 생산 현장은 세분화된 일련의 작업공정으로 이루어진다. 이중 농업 생산 공정의 경우 모든 공정에 숙달된 인원을 투입하기가 어렵고, 여러 공정을 이동하면서 생산라인에 배치되고 있다.
- 특히, 단기 공정 및 장기 공정이 복합적으로 이루어지는 농업에 있어서 잘못된 공정 진행으로 인한 피해 결과를 즉시 파악하기 어려우며, 조직배양 등의 경우 피해 결과를 즉시 파악할 수도 있지만, 3개월 이상의 장기간의 시일이 경과되어야만 피해 결과를 파악할 수 있는 공정의 경우 그 결과와 피해 정도의 파악이 용이하지 않다는 어려움이 있다.
- 또한, 환경조건, 관수의 공급 및 양액의 성분 등이 중요한 관리 항목이지만 이러한 관리 항목은 시간별 또는 계절별로 상이할 수 있고 더욱이 생산관리의 노하우를 지닌 생산자들은 작물의 상태나 생육 정도를 확인하고 그 조절의 관리지침을 작업자에게 전파하여 관리 방법을 조정하게 되는데 이러한 관리지침을 전파하고 관리하는 방식에의 개발 또는 개선이 중요한 이유는 단기간에 생산할 수 있는 공산품 등의 업종과는 달리 출하까지 긴 시간을 필요로 하는 농업의 경우, 전반적인 양질의 제품을 생산하기 위해 끊임없는 관계 및 관리를 필요로 하고 있고, 더하여 수요량이나 전국의 동종업의 재배량을 미리 예측하여 생산에 투입할 수 없기 때문에 적절한 생산량이나 시기를 조절하기 위해서 재배기간 중 취득된 생산 예측 수량 또는 수요량의 데이터를 기초하여 생산시설 내의 재배 속도, 품질 및 수량을 지속적으로 관리할 필요가 있다.
- 이러한 재배 농산물의 수량 및 재배 속도의 관리는 매우 기민한 대처와 단계별로 복잡한 메커니즘을 필요로 하며, 예를 들면, 식물에 있어서는 양액의 비율, 관수량 또는 시간, 식재 간격, 생산시설 내 온도, 습도, 이산화탄소 등 재배 요소가 복합적으로 관리되어야 하고 관리자의 판단에 따른 관리 요소의 조정은 즉각적으로 현장에 반영되어야 한다.
- 한편, 농산물 재배를 위한 총괄 관리자의 생산량 조절 또는 환경 요소 관계 결정에 따라 그 조절을 위한 환경 등이 모두 자동화 시스템으로 이루어질 수 있지만, 이러한 총괄 관리자 본인이 메인 시스템의 조작으로 실행시킬 수 있는 작업환경을 가진 업체는 매우 드문 경우이고, 대부분의 농업은 관리자의 지시에 따라 작업원이 직접 투입되어 관리되고 있다. 이러한 농업의 공정관리는 현지 상황에 따라 대부분 인적관리가 그 핵심이 될 수밖에 없는데 장기간이 소요되는 생산 공정의 경우, 다수 개로 구분되는 각기 다른 환경 관제점을 가진 생산 구역에 전담 작업원이 아닌 대부분의 공정 구역을 같은 작업자들이 투입된다는 점에서 인적 작업 공정 오차가 발생할 가능성이 높다는 문제점이 있다.
- 이러한 이유로 단기 공정과 장기 공정이 복합적으로 이루어지는 농업 공정 현장에 있어서 작업자에게 공정 및 구역별로 세분화된 작업공정 지침 및 관리 방법, 변경 사항 등의 관리 필수 요소를 전파하고 해당 공정의 진행 정도를 관리함으로써 생산 공정의 오차를 줄일 수

있는, 표준작업공정의 전파와 관리 시스템 및 그 방법을 연구하였다.

나. 구현 방법

- 단기공정 및 장기공정이 복합적으로 이루어지는 농업 생산현장의 총괄관리자는 복합 투입되는 각기 다른 공정별 전파를 위해 작업원을 그룹화하여 관리하고, 공정을 등록하여 해당 공정에의 필요 관제 요소 - 온도, 습도, 보조광의 점등, 양액의 조건 및 비율, 관수 시간 등 -를 공정별로 마련하여 해당 공정에 필요 관제 요소를 생성 시킬 수 있다.
- 생성된 공정은 공정 시작일과 공정 종료일의 지정이 가능하며 이러한 시작일과 공정 종료일의 기간 동안 해당 공정 작업 지침을 전파할 대상 그룹과 전파 시간을 지정 하는 것으로 스케줄 전파 시스템을 기동 할 수 있다.
- 또한 공정 시스템에는 해당 공정에 해당하는 센서서버를 링크 하여 로그 또는 환경 차트를 확인 할 수 있고 해당 구역에 기설정된 영상 화면을 링크로 제공 할 수 있도록 구성 한다.

(1) 스케줄링 서버의 시스템 구성

- 스케줄링 서버는 크게 두가지로 구분할 수 있다. 작업 지침의 관리 (공정관리) 와 전파 대상(작업자관리) 이 그 핵심이다.

(스케줄러 메인화면)

메인 화면		그룹 설정		공정관리 설정					
구분	공정 현황								
	공정번호	공정명	품종명	수량 및 내역	공정 설명	공정 시작일	공정 종료일	위치	
	1	agrososn-ORC-02	Orchid Acclimation	Yongin-PHAL-C	150,000 축	조직배양모 순화	2018-10-04	2019-01-03	YI-CP-CLON-B2
	2	agrososn-ORC-03	Orchid Cultivation	Yongin-PHAL-B,C,R	300,000 축	조직배양모 육묘	2018-03-17	2019-03-16	YI-CP-HOUSE2,3
	3	agrososn-NAA-01	Paprika NAA	라운	200주 : 50주 / 거터 line X 4	극산 품종 실증	2018-10-02	2019-03-30	연동 A-1/2
	4	agrososn-NAA-02	Paprika NAA	미네르바	200주 : 50주 / 거터 line X 4	품종 재배 실증	2018-10-02	2019-03-30	연동 B-1/2
5	agrososn-TMT-JJ01	TOMATO	에티켓	600P / 25구 포트	토마토 품종 실증 재배	2018-10-10	2018-12-31	HOUSE 3-C	
그룹 A	관리자 그룹 현황			그룹 B	관리자 그룹 현황				
	성명	연락처	소속		성명	연락처	소속		
	1	홍길동	010-1111-2222		유리온실	1	유기훈	010-1111-2222	배양실
	2	김철수	010-1111-2222		유리온실	2	현석근	010-1111-2222	배양실
	3	이영희	010-1111-2222		유리온실	3	김치성	010-1111-2222	배양실
4	류로튼	010-1111-2222	유리온실	4	이성재	010-1111-2222	배양실		
그룹 C	관리자 그룹 현황			그룹 D	관리자 그룹 현황				
	성명	연락처	소속		성명	연락처	소속		
	1	전주영	010-1111-2222		3연동비닐	1	이상규	010-1111-2222	시험농장
	2	송근철	010-1111-2222		3연동비닐	2	강준구	010-1111-2222	시험농장
	3	조운영	010-1111-2222		3연동비닐	3	이규진	010-1111-2222	시험농장
4	임채정	010-1111-2222	3연동비닐	4	안수현	010-1111-2222	시험농장		

- 시스템 조작의 흐름은 작업자 등록 및 관리 - 공정 등록 및 관리 - 전송 방법 관리 로 나눌 수 있고, 화면 구성의 순서상 작업자 관리의 예시는 아래 와 같이 구성 하였다,

(작업자등록 및 그룹관리)

메인 화면		그룹 설정			공정관리 설정		
그룹 A	성명	메일	연락처	SNS	소속/직급	설정	
1	홍길동	honggildong777@gmail.co	010-1111-2222	honggildong777@gmail.co	유리온실	삭제	수정
2	김철수	honggildong777@gmail.co	010-1111-2222	honggildong777@gmail.co	유리온실	삭제	수정
3	이영희	honggildong777@gmail.co	010-1111-2222	honggildong777@gmail.co	유리온실	삭제	수정
4	홍호준	honggildong777@gmail.co	010-1111-2222	honggildong777@gmail.co	유리온실	삭제	수정
5						등록	
그룹 B	성명	메일	연락처	SNS	소속/직급	설정	
1	유기훈	glass.eeed@gmail.com	010-1111-2222	glass.eeed@gmail.com	배양실	삭제	수정
2	현석근	glass.eeed@gmail.com	010-1111-2222	glass.eeed@gmail.com	배양실	삭제	수정
3	김지성	glass.eeed@gmail.com	010-1111-2222	glass.eeed@gmail.com	배양실	삭제	수정
4	이성자	glass.eeed@gmail.com	010-1111-2222	glass.eeed@gmail.com	배양실	삭제	수정
5						등록	
그룹 C	성명	메일	연락처	SNS	소속/직급	설정	
1	전주영	farmenhouse@gmail.com	010-1111-2222		3연동비닐	삭제	수정
2	송근철	farmenhouse@gmail.com	010-1111-2222		3연동비닐	삭제	수정
3	조준영	farmenhouse@gmail.com	010-1111-2222		3연동비닐	삭제	수정
4	임차정	farmenhouse@gmail.com	010-1111-2222		3연동비닐	삭제	수정
5						등록	

○ 작업자는 성명, 이메일주소, SNS 주소, 연락처, 소속 으로 구분되어지고 각 그룹별로 등록 수에 관계없이 등록 가능하며 등록 사항은 데이터베이스에 기록 보관 된다.

(가) 공정관리

① 공정기초 -

구분	공정기초								
순번	공정고유번호	생성일	공정명	품종명	수량및내역	위치	공정설명	공정시작일	공정종료일
1	agroson-ORC-02	2018-10-09	Orchid Acclimation	Yongin-PHAL-C	150,000 축	YI-CP-CLON-B2	조직배양도 순화	2018-10-04	2019-01-03
2	agroson-ORC-03	2018-10-09	Orchid Cultivation	Yongin-PHAL-B.C.R	300,000 축	YI-CP-HOUSE2.3	조직배양도 육묘	2018-03-17	2019-03-16
3	agroson-NAA-01	2018-10-09	Paprika NAA	라운	200주 : 50주 / 거터 line X	연동 A-1/2	육산 물줄 실종	2018-10-02	2019-03-30
4	agroson-NAA-02	2018-10-09	Paprika NAA	미네르바	200주 : 50주 / 거터 line X	연동 B-1/2	물줄 장애 실종	2018-10-02	2019-03-30
5	agroson-TMT-JJ01	2018-10-10	TOMATO	여티켓	600P / 25구 포트	HOUSE 3-C	토마토 물줄 실종 장애	2018-10-10	2018-12-31
6	daevha-PAP-K01	2018-11-11	PAP Seed	N/A	3000	DW House 1-1	육묘	2018-11-02	2018-11-20
7									

• 공정관리의 주요 항목으로는 공정별 고유번호 와 생성일, 공정명, 품종명, 수량및내역, 해당작물의위치, 공정시작일, 공정 종료일을 가지며 작업 참여자로 하여금 공정에의 이해를 돕기 위해 공정설명 란을 포함하고 있다.

② 요소 확인

• 또한 공정 관리에는 각 공정별로 해당 공정의 환경상황이나 공정영상상황을 위한 링크 항목이 포함되어 있고, 본 공정에 있어서 환경 요소 상황이나 영상 확인의 필요가 있을 시 이동 가능한 구조로 구성 되었다.

연결센서		연결카메라	
ID	Link	ID	Link
YCP-TH02	192.168.0.215	YCP-CAM02	192.168.0.191
YCP-TH03		YCP-CAM03	
NAS-TH01		NAS-CAM01	
NAS-TH02		NAS-CAM02	
SHO-TH01		SHO-CAM01	
DWK-4ch1		DWK-CAM01	

③

공정조건 -

- 온도, 습도, 이산화탄소, 인공광 관리 등의 항목을 공정환경 기본 조건 항목으로 포함하여 작업자에게 해당 공정에서 필수 요소의 관리 지침으로 인식 할 수 있도록 제공 하여진다.

(나) 공정 환경 조건

공정환경조건								
온도범위		습도범위		CO2범위		인공광	정동시간	
20	26	68	72	0	0		☞	00:00:00
24	28	50	80	200	500	☞	00:00:00	24:00:00
22	28	40	70	300	600	☐	00:00:00	00:00:00
22	28	40	70	300	600	☐	00:00:00	00:00:00
15	25	50	90	0	0	☐	00:00:00	00:00:00
20	21	60	80	500	700	☐	00:00:00	00:00:00
						☐		

- 관수를 포함하는 공정단계가 있을 경우 양액의 종류나 배합비율, 전기전도도나 산도의 범위를 기재 할 수 있다.

(다) 공정 액비 조건

공정액					
양액종류	양액비	EC		pH	
A + B	2:1 X100	1.0	1.2	5.5	6
A + B	2:1 X100	1.3	1.5	5.5	6
x	x	0	0	0	0
x	x	0	0	0	0
F-water	x	0	0	0	0
F-water	x	0	0	0	0

○ 더하여, 관수의 산소농도 나 관수수온, 관수량 과 관수 조건등의 지침을 전파 할 수 있다.

(라) 공정 관수 조건

비조건					
DO		수온범위		관수량(시간)	관수조건
0	0	0	0	x	x
0	0	0	0	x	x
0	0	0	0		
0	0	0	0		
0	0	22	25	30분	7시 / 1회 / 2일
0	0	18	23	5	1일 2회 / 8시 18시

(마) 스케줄 발송 조건

알림대상				특이사항	알림실행	발송시각	적용	
그룹 A	그룹 B	그룹 C	그룹 D				삭제	수정
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	광량 120~140μmol : 배양실	<input checked="" type="checkbox"/>	01:27:00	<input type="button" value="삭제"/>	<input type="button" value="수정"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	광량 120~140μmol : 배양실	<input checked="" type="checkbox"/>	06:30:00	<input type="button" value="삭제"/>	<input type="button" value="수정"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	광량 120~140μmol : 배양실 환경 조건 엄수	<input type="checkbox"/>		<input type="button" value="삭제"/>	<input type="button" value="수정"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="button" value="삭제"/>	<input type="button" value="수정"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	토양온도 20 / 밤 13 ~ 15 /	<input checked="" type="checkbox"/>	06:32:00	<input type="button" value="삭제"/>	<input type="button" value="수정"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	배지온도 20~21 .	<input checked="" type="checkbox"/>	06:31:00	<input type="button" value="삭제"/>	<input type="button" value="수정"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="button" value="등록"/>	

공정 관리의

- 공정관리의 마지막 부분에는 해당 공정을 어떤 그룹에게 알릴 것인가를 선택하여 해당 되는 작업 그룹에게 선택적으로 발송 할 수 있고,
- 알림의 실행 여부의 선택 과 해당 지침의 발송 시각 지정을 마련하였고, 기타 첨부이나 작업자에게 기타 사항들을 전달 할 수 있도록 마련하였다.
- 이와 같은 스케줄링 서비스의 내역 등록 후 실제 작업자에게 전파되는 화면의 예시는 아래와 같다.

(바) 공정 수신 부 - title list

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	glass.eeed@gm...	공정 알림 : [62 일차 / 21 일전] 토마토 품종 실증 재배 / TOMATO - 에티켓 (HOUSE 3-C) 🔍	12-10 06:32
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	glass.eeed@gm...	공정 알림 : [70 일차 / 110 일전] 국산 품종 실증 / Paprika NAA - 라온 (연동 A-1/2) 🔍	12-10 06:31
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	glass.eeed@gm...	공정 알림 : [39 일차 / 19 일전] 육묘 / PAP Seed - N/A (DW House 1-1) 🔍	12-10 06:31
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	glass.eeed@gm...	공정 알림 : [70 일차 / 110 일전] 품종 재배 실증 / Paprika NAA - 미네르바 (연동 B-1/2) 🔍	12-10 06:31
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	glass.eeed@gm...	공정 알림 : [269 일차 / 96 일전] 조직배양묘 육묘 / Orchid Cultivation - Yongin-PHAL-B,C,R (Y-CP-HOUSE2, 3) 🔍	12-10 06:30
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	glass.eeed@gm...	공정 알림 : [68 일차 / 24 일전] 조직배양묘 순화 / Orchid Acclimation - Yongin-PHAL-C (Y-C P-CLON-B2) 🔍	12-10 01:27

- title을 이용하여 “ 공정차수 [진행차수 / 잔여차수] 공정명 - 작물위치 ” 가 표시되어 발송 되므로 해당 메일이 작업자의 단말에 도착해서 푸시 형태로 떠오를 때 제목만으로도 해당 공정에의 메시지를 인식 할 수 있다. 해당 메시지는 관리자의 발송 설정 시각에 따라 각기 달리 발송 될 수 있다.

(사) 공정 지침 수신 내용 예시

공정 알림 : [83 일차 / 1 일전] 공정알림실증시험  
/ test (HOUSE 3-C)  



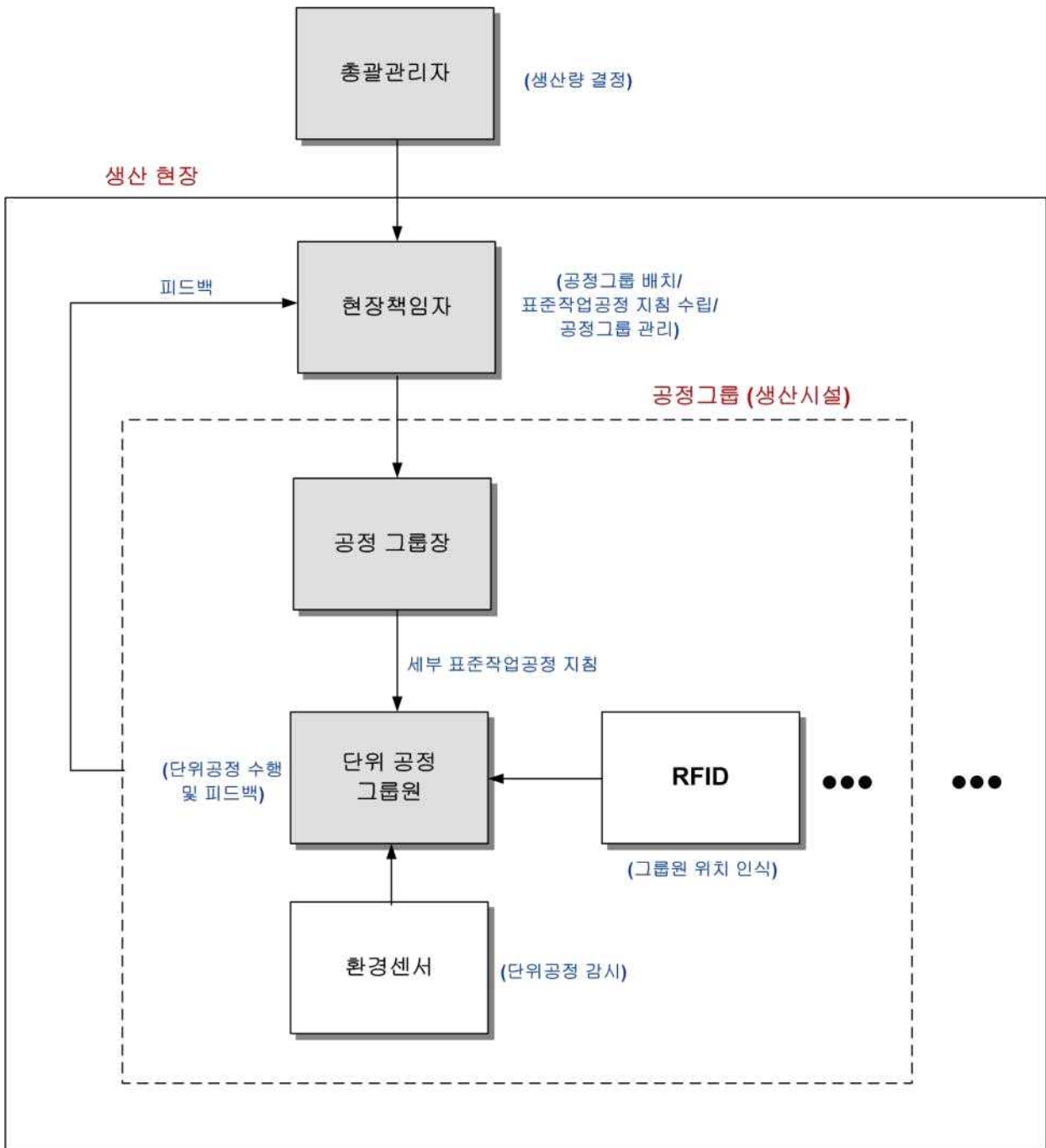
jindata agrosion <agrosion.j.data@gmail.com>
나에게 ▾

오후 4:03 (0분 전) ☆ ↶ ⋮

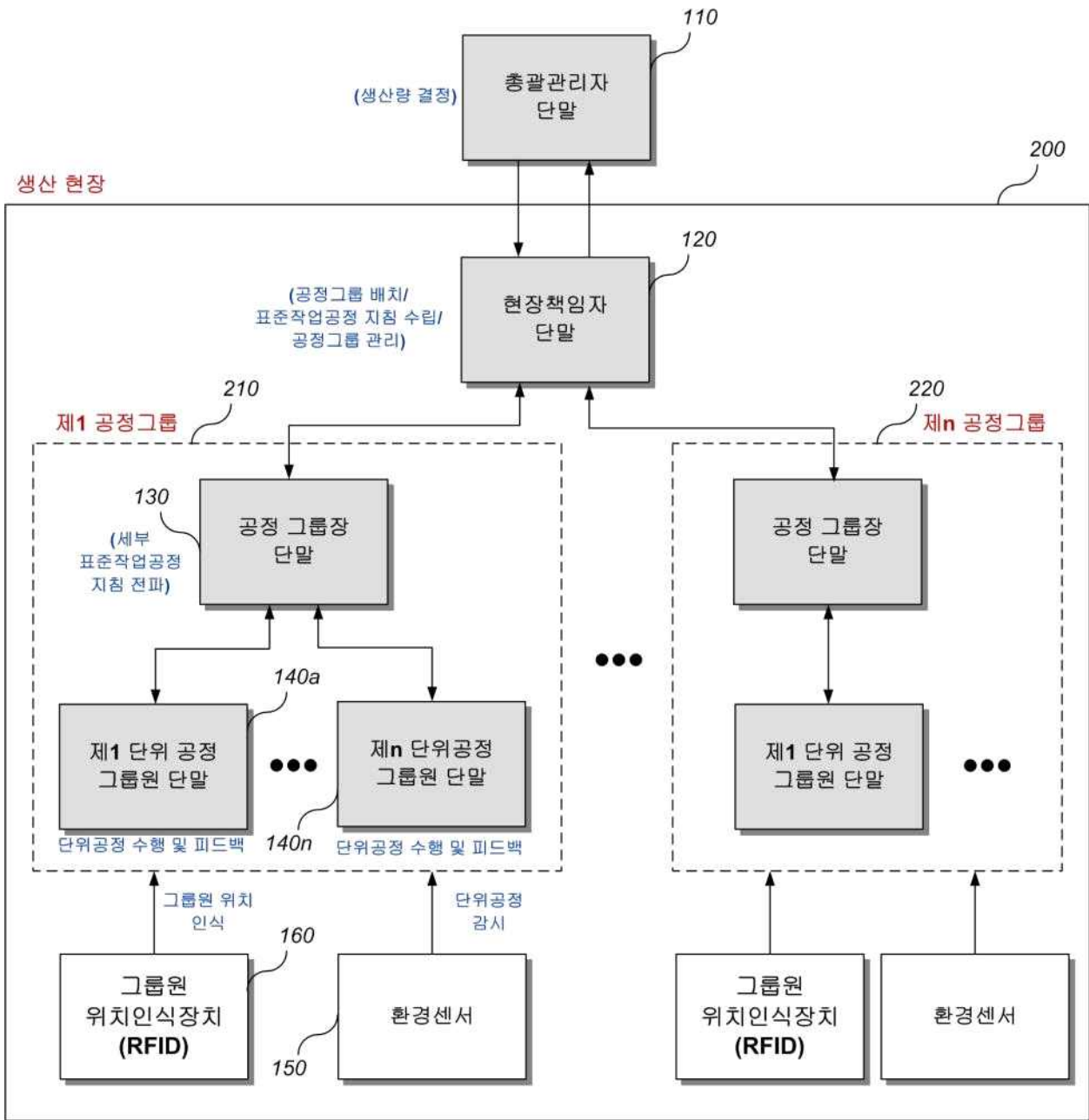
-----관리정보-----
공정고유번호 : agrosion-TMT-JJ01
공정명 : SCHEDULE TEST
품종명 : TEST
수량 및 내역 : 600P / 25구 포트
위치 : HOUSE 3-C
공정 시작일 : 2018-10-10
공정 종료일 : 2018-12-31
차수 : 84 일차
공정종료 : 0 일전
-----관리방법-----
온도 : 15~25
습도 : 50~90
CO2 : 0~0
광원 : OFF,00:00:00~00:00:00
DATA 보기 : <http://>
기타공정 보기 : http://192.168.0.10/schedule_setup.php
카메라 보기 : <http://>
-----관수방법-----
EC : 0~0
pH : 0~0
DO : 0~0
수온 : 22~25
관수량 : 30분
관수량 : 7시 / 1회 / 2일
양액종류 : F-water
배합비 : 3%
-----특이사항-----
토양온도 20 / 밤 13 ~ 15 / 낮 25 ~ 28 유지

- 위는 작업원의 단말로 수신된 공정지침의 알림 화면의 예시이고 관리자의 지침이 그대로 송신되어지는 구조이며, 본 예시에서는 기능 실증의 의미로 내용을 단순화 하였으나 실제 관리자의 데이터는 모두 텍스트 형식으로 자유로이 입력 가능한 구조로 구성 되어있다.
- 또한 본 스케줄러는 관리자가 강제로 송신을 끊거나 일자를 조정 하지 않는 이상 공정 시작일로부터 공정 종료일까지 지정 시간에 자동으로 발송을 수행 한다.

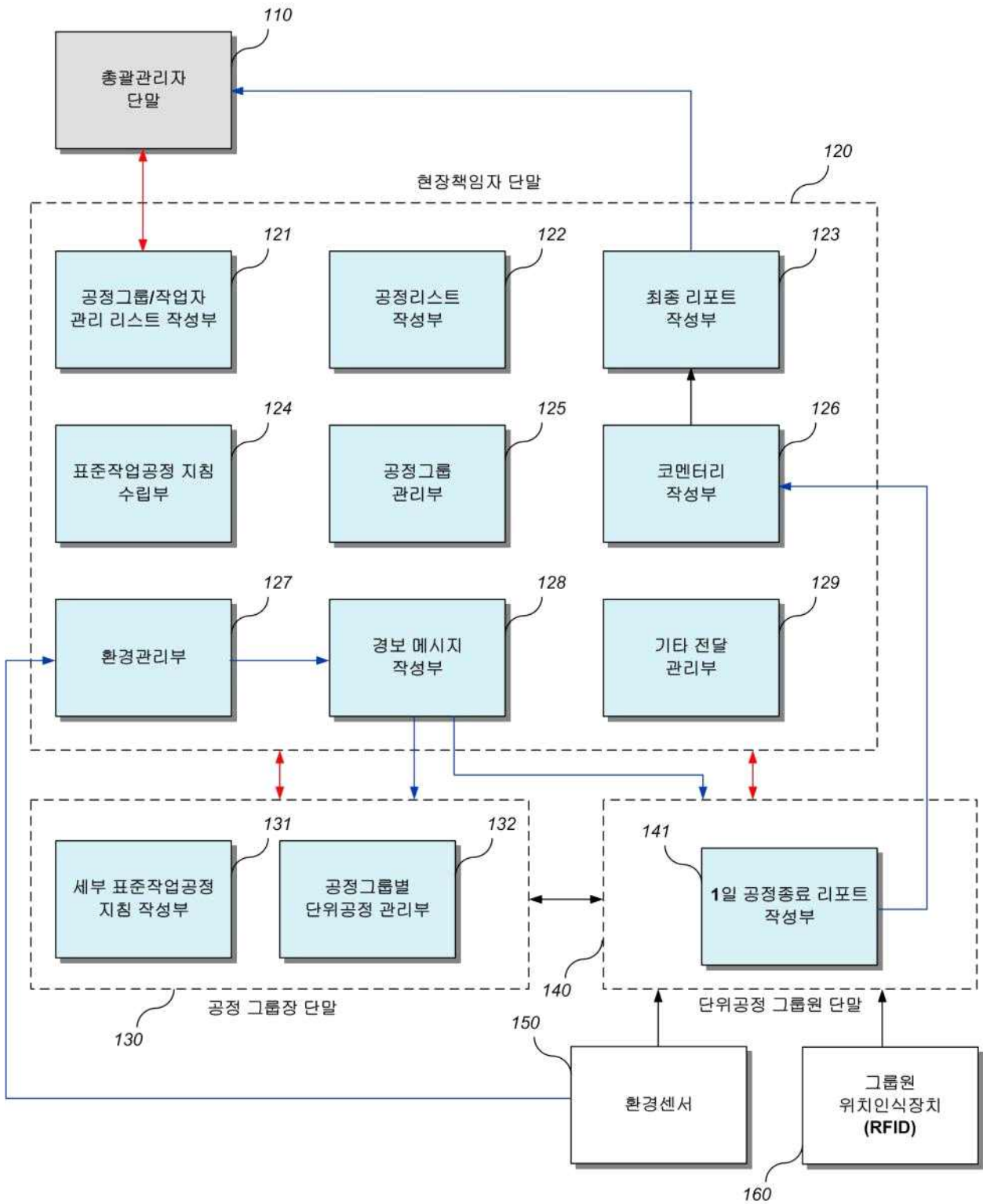
(2) 스케줄링 전파 시스템의 흐름 예시



(3) 스케줄링 전과 시스템의 단말별 기능 예시



(4) 스케줄링 전과 시스템의 단말별 기능 처리 예시



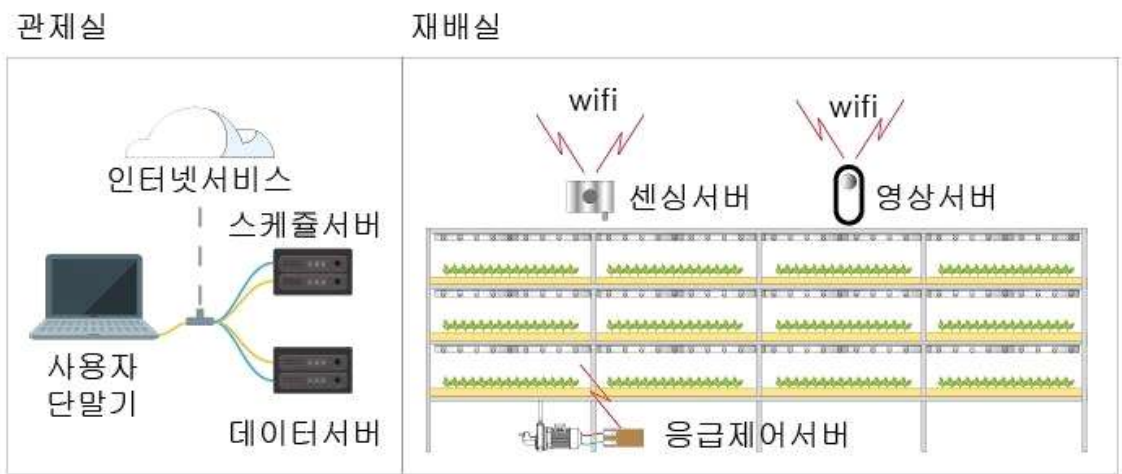
다. 결과 및 고찰

- 본 연구와 같이 공정 전파 시스템은 단기공정과 장기공정이 복합적으로 이루어지는 농업 생산 공정상의 필수 관리요소인 해당 단위공정을 담당하는 작업자(단위공정 그룹원)에게 해당 단위 공정의 핵심 관리방법인 표준작업공정 지침을 전파하고, 해당 단위공정의 진행정도를 관리함으로써 생산 공정의 오차를 줄일 수 있다.
- 추가하여 농업 생산을 위한 표준작업공정의 전파와 관리 시 현장책임자 단말이 표준작업공정 지침을 전파하고, 단위공정 그룹원이 1일 공정종료 리포트를 작성하게 함으로써 단위공정 수행 여부를 지속적으로 관리할 수 있고, 이에 따라, 장기공정의 생산 안정성을 부여할 수 있는 방법의 부차적 기술에의 후속 연구도 필요하다 판단된다.
- 연구의 진행과정에 있어서 연구 목표인 표준작업공정의 대상 작업원에게 전파되는 방식 외에 작업원의 특정 구역 입실 시 해당 구역의 공정 관리 명세를 실시간 전파 하는 방법을 구상 하였고 이는 농업 뿐 만이 아닌 전반적 산업에 걸쳐 적용 될 수 있는 유의미한 연구라 판단되었다.
- 또한 가독성과 편리성을 기초로한 체계적 정보에의 접근 방식 및 화면 구성에의 연구가 필요하다 판단된다.
- 본 연구의 결과로 기술한 공정 전파 방법에 더하여 RFID 등의 매체 인식을 통한 작업원 위치에 따라 해당 구역의 공정을 실시간 전파하는 방법과 작업원의 리포트 생성 등의 부차 기술을 추가하여 포괄 기술의 특허로 특허청 출원번호 10-2018-0167294 호 “농축산물 생산을 위한 표준작업공정의 전파와 관리 시스템”을 출원 하였다.

4. 통합 서비스 시스템의 현장 적용

- 본 과제 도출의 목적별 서비스 시스템을 통합 배치하고 각 시스템 간의 연결 및 사용자 접근성, 설비의 운용성을 검증하기 위해 각 부의 배치 개략도는 아래와 같이 설명 할 수 있다.

서버 단말 시스템의 기능별 배치



- 서비스 단말의 구역 배치 기준으로 현장 내 데이터 수집, 영상 취득, 설비의 기동 제어를 담당하는 센싱서버, 영상서버, 제어서버는 재배실내에 위치하였고 통합 DB 서버, 스케줄 서버는 별도의 위치에 배치하였다.
- 각각의 서버 시스템은 현장의 필요에 따라 이동 배치 할 수 있으며 특히 현장에 배치되는 서비스 서버들은 모두 무선 통신을 이용 하는 형태 이므로 그 위치의 제약에서 매우 자유롭다 할 수 있다.
- 이러한 기능별 서버는 현장 관리자 또는 작업자들로 하여금 즉각적인 현장 감시가 가능하도록 하는 것이 그 목적으로, 순화-육묘 공정상 주된 감시 목적인 온도 와 습도의 감시를 위해 본 과제의 통합 서버 시스템을 통한 관제 운용 방식을 설정하였다.

가. 현장 환경 요소의 실시간 감시

133

- 센싱서버에는 온도 / 습도 / 조도 / 이산화탄소 의 관제 기능이 마련되어 있고 사용자는 해당 구역의 환경 요소의 안전 범위를 설정하여 둠으로써 해당 현장이 그 범위를 벗어날 경우 센싱서버는 등록된 대상자에게 해당 구역의 관제 이상을 전달 하게 하였다.

[센싱서버 현장 배치]



[센싱서버 환경 알람 범위 설정]

AGROSON MSS J18					
구분	이 하	이 상	알람 메일	알람 릴레이	적 용
온 도	22	26	ON ▼	OFF ▼	확인
습 도	50	80	ON ▼	OFF ▼	확인
조 도	300	57000	OFF ▼	OFF ▼	확인
CO2	390	480	OFF ▼	OFF ▼	확인
우 적			OFF ▼	OFF ▼	확인
메일 송출 간격			5 ▼	분	확인

[알람 발생 및 수신]



AGROSON MSS J18 - 저온이상(20.9°C)

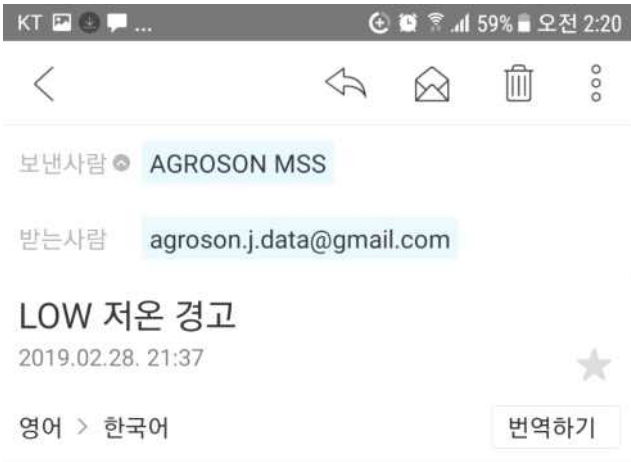
- 위의 흐름과 같은 센싱서버의 환경범위 설정을 통한 이상 상황의 사용자 알림 전송은 재배 실내 감시 필요 구역에 설치하여 작업자 및 관리자로 하여금 현장 상황의 이상상황 발생에 즉시 대처 할 수 있는 감시환경을 제공하여 줌으로써 감시자의 부재 상황에서의 관계 대책을 마련 하여 해당 구역을 벗어나 있더라도 즉시 이상점을 인지하고 관련 조치를 취할 수 있게 됨으로써 생산 품질관리 및 공정 관리에 있어서 일관된 관계가 가능하다.

나. 화상 감시 와 응급 관제

- 센싱서버로부터 해당 구역의 이상점 발생이 감지되었을 시 해당 현장의 문제점을 보다 정확히 판단하고 그 조치를 취할 수 있는 방법으로 영상서비스 서버와 응급제어 서버를 현장 배치하여 실시하였다.
- 이상점 발생 구역의 현장 상황을 파악하고 상황 해결을 위한 응급제어 등의 대처 방법의 흐름의 일례로 재배구역의 저온 상황 발생 시 이상 구역 영상확인 - 난방기온도 영상확인

- 난방팬코일의 응급기동을 관제 할 수 있다.

[이상점 알람 수신 및 확인]



AGROSON MSS J18 - 저온이상(20.9°C)

[현장 영상확인]



[난방기 온도확인]

- CAM 01
- CAM 02
- CAM 03
- CAM 04
- CAM 05
- CAM 06
- CAM 07
- CAM 08
- CAM 09
- CAM 10
- CAM 11
- CAM 12
- CAM 13
- CAM 14
- CAM 15
- CAM 16
- CAM 17
- CAM 18
- CAM 19
- CAM 20



ON OFF LED ON

[난방 팬코일 응급기동]

- LOG DATA
- Graphic Chart
- CAMERA
- Group CAM
- CONTROL

A구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지
B구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지
C구역	원격 제어	지역 제어	원격	FCU 가동	FCU 정지	가동
D구역	원격 제어	지역 제어	지역	FCU 가동	FCU 정지	중지

○ 위의 도의 흐름과 같이 응급대처의 실례를 보면 최초 J18 구역에 저온이상 상황이 발생하여 사용자로 수신된 알람을 통해 인지된 해당 구역의 이상상황을 구역 영상으로 1차 확인하고, 난방설비를 2차 확인한 후 구역내 난방 팬코일을 강제로 기동하여 응급 대처를 실시

한 것으로, 이러한 영상 확인 및 응급 설비의 기동은 즉각적인 이상상황을 대처하는데 그 필요성이 높고 매우 편리한 관제의 방법을 제시한 것으로, 이상점의 요인을 인지함과 동시에 즉시 현장을 영상으로 확인하여 상황을 관찰할 수 있다.

- 또한 해당 이상 상황의 요인에 관련되는 설비나 위치에 추가적인 영상서버를 배치하여 줌으로써 사용자는 현장 영상과 함께 해당 이상 위치나 기기들을 더욱 상세하게 확인하여 이상 상황의 유발요인의 파악과 해결 방향을 보다 빠르게 도출할 수 있고, 기기에 연결된 응급 관제 서버에 접속하여 즉각적인 기동 제어를 통해 이상상황 인지로부터 응급 대처 까지 수분 내에 해결 할 수 있는 신속한 관제 방법을 제시한 것이다.

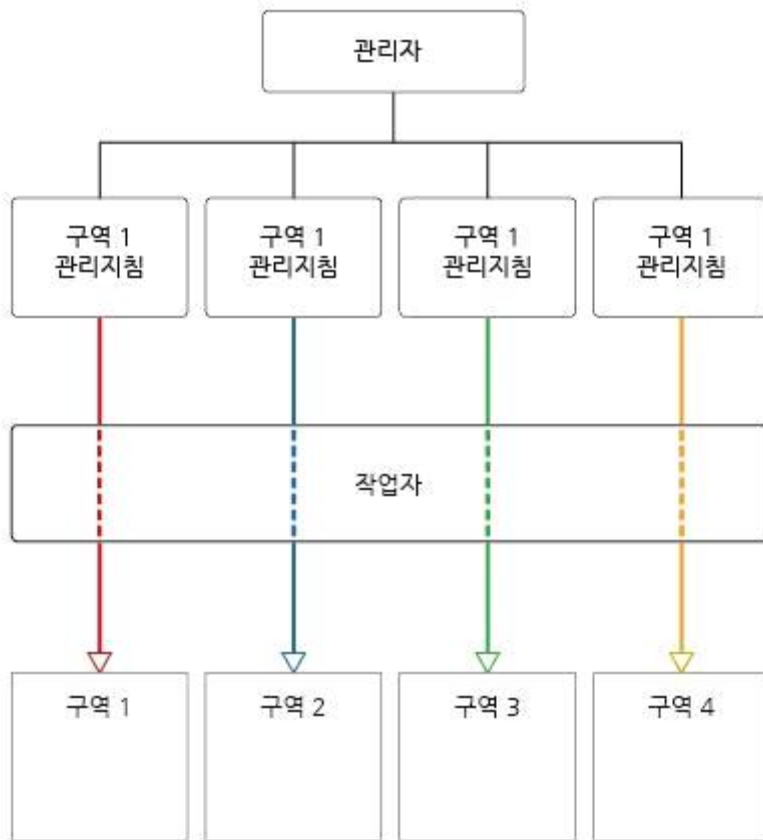
다. 독립 서버형 응급관제 시스템의 필요성

- 유묘의 순화 및 육묘의 관리가 까다로운 조직배양묘 생산 시설에 있어서 상기와 같은 기능별 서비스 서버 시스템을 연계하여 지속적인 감시 및 응급 관제를 시행할 경우, 해당 구역 내 작업자 및 관리자 부재시의 경우에도 그 대처가 매우 신속히 이루어 질수 있다.
- 이러한 유묘의 생산 감시 프로세스는 외부 환경 요인에 민감한 작물의 관리에 있어서 작업원의 이동을 수반하는 감시 체계를 벗어날 수 있으나 대부분의 영상 감시를 포함하는 통합 관제 시스템은 그 구축비용이 매우 높고 최초 설치로부터 각 감시 설비의 재배치 또는 이동에 제약이 있어 설치 후 감시 설비를 이동하고자 하더라도 쉽게 변경 할 수 없는 실정이다.
- 본 과제의 시스템에서는 기능별로 서비스 서버 시스템을 마련하여 하나의 독립된 서버 개체로 만들고 각 기능 서버를 하나의 네트워크로 묶어 사용자의 편의에 따라 배치 할 수 있는 장점과 이러한 원격 감시 관제는 다수개의 구역을 감시함에 있어서 작업 피로도를 현저히 낮출 수 있고, 원격지에서도 현장을 제어 할 수 있는 방법으로 매우 높은 가치가 있다 판단되어 진다.
- 순차 생산되는 조직배양묘의 유묘는 그 재배 기간에 따라 각기 다른 재배 환경을 요구하고 있고 그 구역별로 작업자는 상황에 맞는 환경 인자를 감시하여야 하는 매우 높은 작업 이해도를 요구받고 있는데 이러한 현장 관리자나 작업자는 환경의 감시 관제 뿐 만이 아니라 재배를 위한 생산 프로세스에도 관련되어 있으므로 환경 감시에 상시 집중할 수 없는 현실이므로 이러한 생산 감시 프로세스는 조직배양묘업 만이 아닌 전반적인 농업 재배 시설에 있어서 반드시 필요한 시스템이라 보여 진다.

라. 스케줄 관리 및 전파 시스템

- 별도의 서버로 준비되는 스케줄 서비스 시스템은 순차 생산되는 조직배양묘의 관리 방침을 작업자에게 전파하여 해당 구역의 작물 관리 방법을 제시하고 준수하게 하여 생산 가치를 높이기 위한 방법이다.
- 시설내 작업자는 다수개의 구역을 이동 관리 하게 되는데 작업자에 따라 작물 재배의 숙련도가 상이하여 동일한 작업 구역 내에서도 각기 다른 관리를 하게 되는 작업 오류가 발생할 수 있는데 특히나 외국 노동인력의 투입이 많은 시설의 경우 작업 내용의 전달이 충분하지 못함으로 인해 발생하는 작업 오류가 많으므로 이러한 표준 공정의 수행을 위한 작업 공정 전달 기능이 절실하였다.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 스케줄 전파 시스템을 활용하여 관리자는 순차 생산된 조직

배양묘의 순화-육묘 공정에 있어서 각기 다른 관리 방법을 요하는 유묘의 그룹을 지정하고 해당 그룹의 작업 및 관리 방법을 각 작업자에게 전달하여 해당 그룹의 작물 재배에 있어서 통일된 작업 관리를 수행하게 하였다.

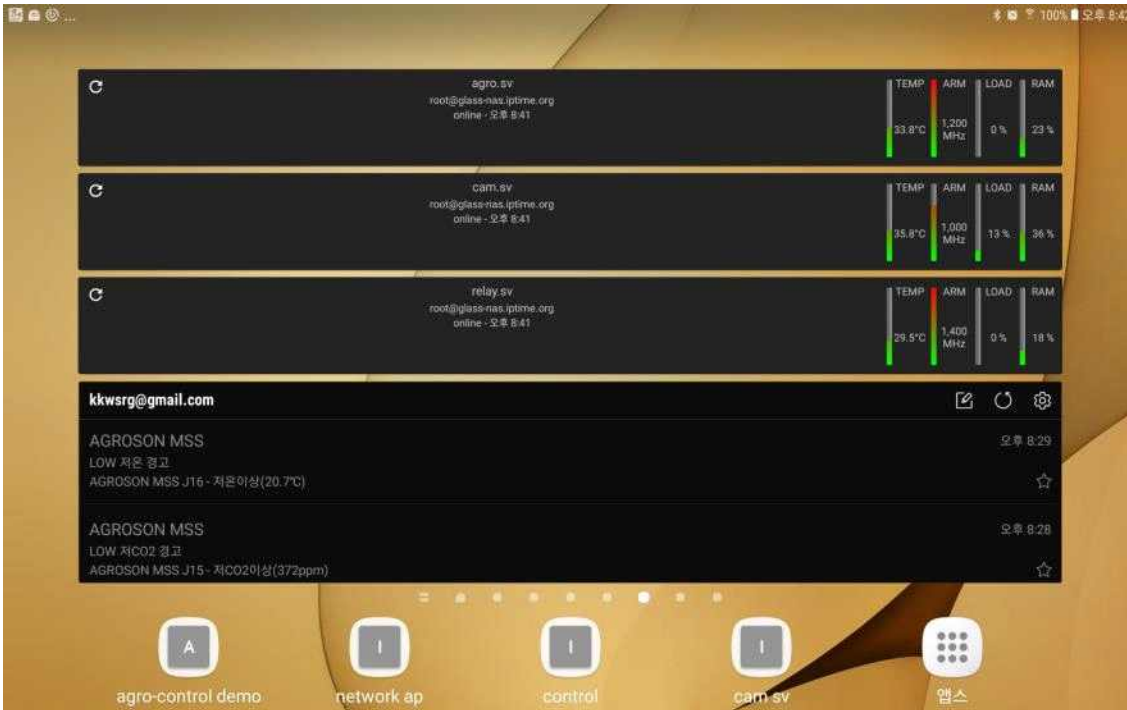


- 이러한 구역별 상세 관리 방법의 전과를 적용하여 비숙련 또는 외국 작업원이 현장에 투입되어 작업을 수행함에 있어서, 작업지시를 기다리는 대기시간의 낭비를 없애고 비숙련자내 잘못된 작업 방식의 상호 교환을 차단하여 줌으로써 작업자로 하여금 해당 구역의 작업 충실도를 높이고 작업 및 공정 오차를 줄여 보다 나은 생산 공정을 운용할 수 있는 방법으로 도출할 수 있었다.

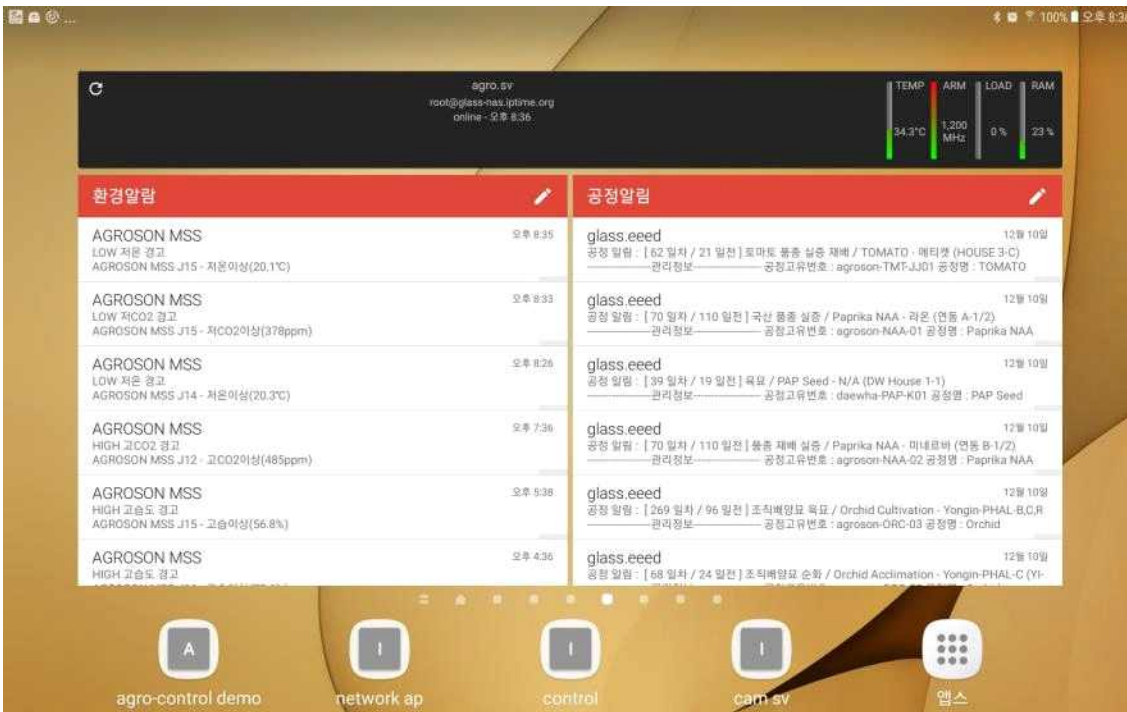
마. 사용자 화면의 구성

- 이러한 일련의 공정 관리 프로세스를 수행함에 있어서 각 기능별 단말은 웹서버로의 접근을 통해 사용자 화면을 호출하여 수행 하게 함과 동시에, 안드로이드 단말기상 기존 어플리케이션을 활용한 화면 배치를 통해 사용자로 하여금 시스템 활용의 방식을 수행하였는데 이러한 기존의 어플리케이션은 단말기상 배치가 자유롭지 못하고 필요 정보를 단일 화면으로 취합하지 못하는 불편함이 있고 각 기능별 서버로 재접속을 해야 하는 부분들로 인해 전용 모바일 어플리케이션의 필요가 절실하였다.

[안드로이드 단말 - 서버 기동 상황 어플의 배치]



[안드로이드 단말 - 기능 서버의 알람 알림 어플]



○ 전용 어플리케이션의 개발은 사용자 편의에 있어서 필요성이 높다 보여지며 지속적인 연구와 개발이 필요하다 판단된다.

5. 광원의 스펙트럼분석 및 전력 사용량의 조사

가. 연구목적

- 조직배양실내의 대표 인공광 시설인 FL-T5 램프가 발열의 문제점 및 습기에 취약하고 사용에 따른 유지보수(짧은 수명)에 따른 고정 지출 비용이 높은 바 LED 로의 교체 가능성을 조사하기 위하여 Bar 형 및 Burb 형 인공광원을 거리별로 도달 광량 및 전력 사용량을 비교 조사하고, MSS의 장기 전력사용량의 조사를 통해 운용비용을 산출 함.

나. 실증 방법

(1) 광원 스펙트럼 분석

- 각 광원별 직하거리 3회 측정 후 광량의 평균값 조사 및 스펙트럼 분석
- 보광용 램프의 비교
 - 조직배양묘의 배양-순화-육묘 단계에서 사용되는 대표 인공광 시설인 FL-T5 램프가 발열의 문제점 및 습에 취약하고 전기비용 과 사용에 따른 유지보수(짧은수명)에 따른 고정 지출 비용이 높은 바 LED 로의 교체 가능성을 조사하기 위하여 Bar 형 및 Burb 형 인공광원을 거리별로 도달 광량을 비교 조사함
 - 측정방법 - 각 광원별 직하거리 3회 측정 후 평균값 조사

(2) 램프의 특성

① 백열등

- 진공의 유리구 안에 텅스텐으로 된 가는 금속선(필라멘트)을 넣어 만든 전구
- 백열등이 빛을 내는 원리는 ‘온도복사’ 라는 물리현상 때문이다. 모든 물질은 온도가 높아지면 빛을 발생시킨다. 백열등에 사용되는 필라멘트는 녹는점이 높은 텅스텐을 사용
- 백열등은 일반적으로 표면 밝기가 매우 높아 사용자의 눈이 부시고 ‘온도복사’ 로 인한 열로 인해 붉은 빛을 띤다.
- 일반적으로 사용하는 형광등에 비해 수명이 짧다. 그래서 비교적 좁은 장소의 전반조명이나 국부조명용으로 많이 쓰인다.
- 수명이 짧고 발광효율이 떨어진다.

② 형광등

- 진공으로 된 유리관에 수은과 아르곤 가스를 넣고 안쪽 벽에 형광 도료를 칠하여, 수은의 방전으로 생긴 자외선을 가시광선으로 바꾸어 조명하는 등
- 백열등에 비하여 효율이 좋고, 소비전력은 1/3 정도
- 빛이 부드럽고, 수명도 5~6배(약 3,000시간) 길다.
- 형광등의 정격전압은 $\pm 6\%$ 이내이며 전압이 높으면 흑화(黑化)가 진행되어 수명이 짧아진다.
- 전압이 낮으면 점등하지 않으며 1회의 점멸로 약 1.5시간 정도 수명이 준다
- 주위의 온도에 의하여 특성이 변동하며, 0~40°C 범위 외에서는 점등하기 어렵고 밝기가 저하

- 수명이 지난 형광등은 형광물질이 열화하여 광속(光束)이 감퇴하므로 비경제적이다.

③ 나트륨등

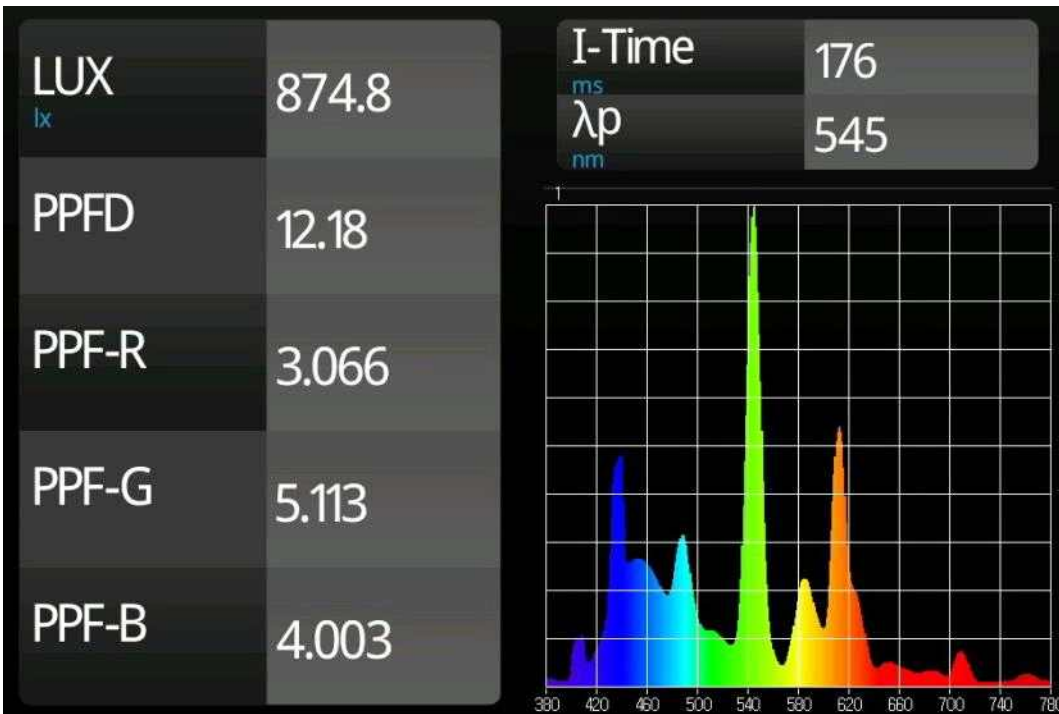
- 나트륨 증기 중의 방전에 의한 발광(發光)을 이용한 램프.
- 590nm(5,900 Å) 가까운 빛깔만을 내므로 황색을 띤다.
- 램프는 외관(外管)과 내관이 있고 그 사이는 진공으로 되어 있으며, 내관의 내부에는 1쌍의 전극과 미량의 나트륨이 들어 있다.
- 램프 효율을 백열전구와 비교하면 백열전구가 1w당 10~16lm인 데 대하여, 나트륨등은 수십~100lm에 이른다.
- 나트륨등은 형광등처럼 안정기(安定器)를 병용할 필요가 있고, 점등 후 20~30분이 경과하지 않으면 충분한 빛을 낼 수 없다

④ LED 램프

- 발광 다이오드로 만든 절전형 형광등
- 백열등이나 형광등에 비해 에너지 효율이 높을 뿐 아니라 수명이 25~40배
- 발광다이오드 전구의 가장 큰 특징은 금속물질을 가열하여 빛을 내는 백열등이나 형광물질의 방전을 이용하는 형광등보다 전력소비량이 매우 적다는 점이다.
- 푸른색의 LED칩에서 나오는 푸른색의 빛으로 노란색, 초록색, 붉은색 형광체와 결합하여 흰색의 빛을 만들어 낸다

(3) 램프의 실측 비교

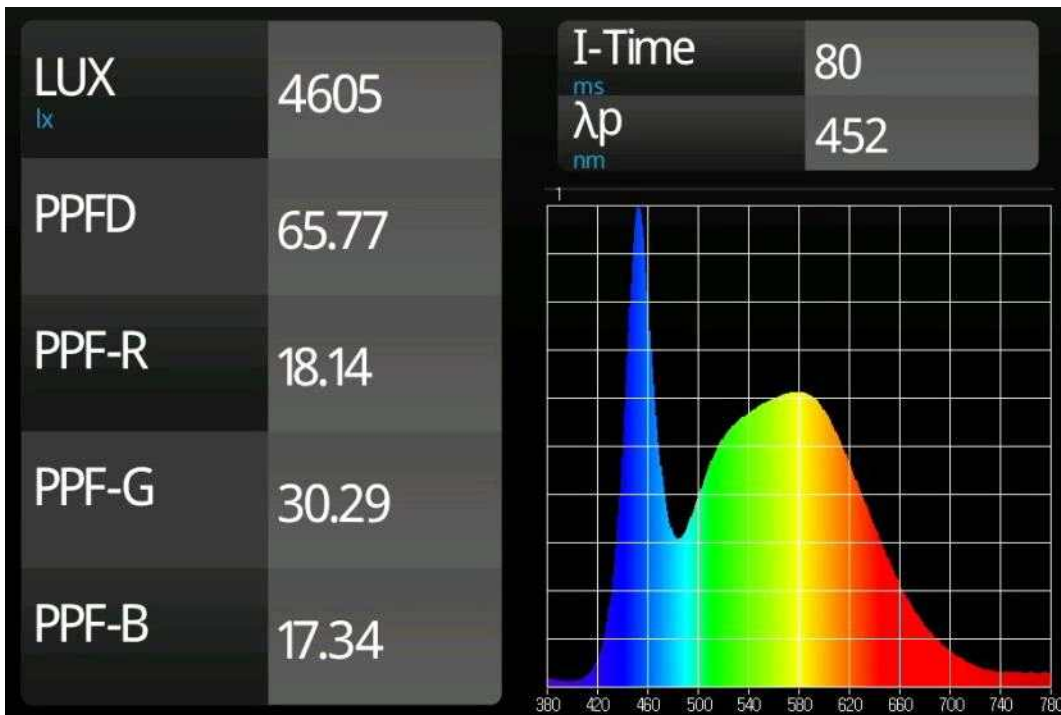
① 15W T5 형광등



- 850 삼파장 T5 형광램프
- 직하거리별 (300/400mm) 조도값 (LUX/PPFD)
- 300 mm : 875/12

- 400 mm : 623/8.7
- 공급전압 : 222V
- 공급전력 : 14.4W
- 공급전류 : 0.065A
- 월사용전력(예상) : 10.277 kwh
- 월사용요금(예상) : 985 원

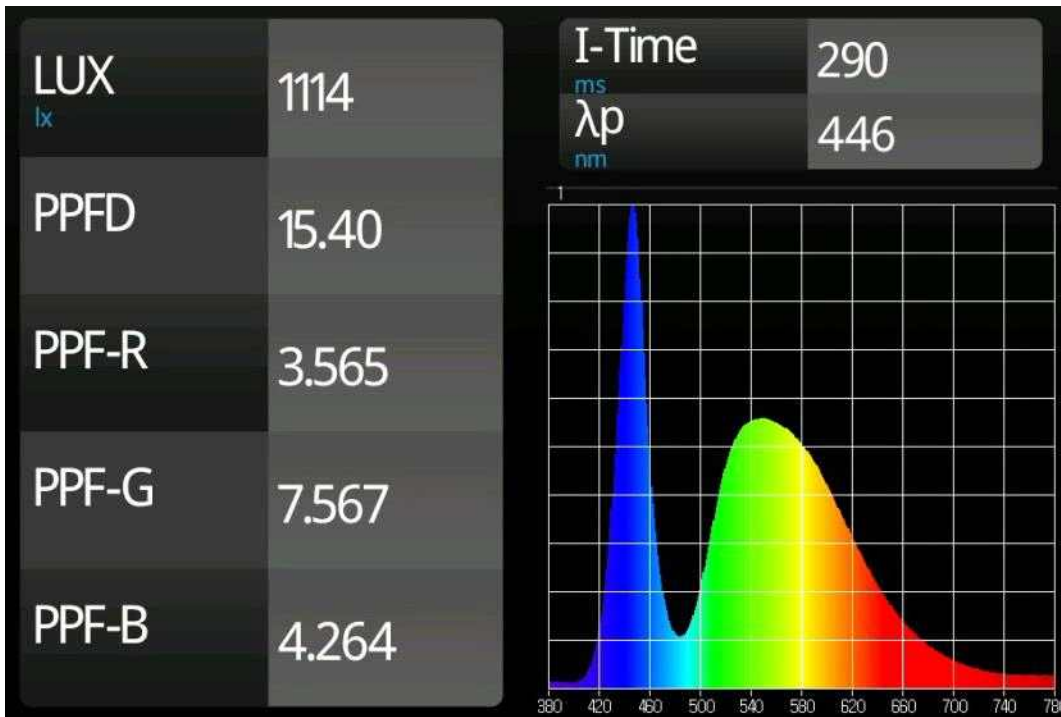
② LED 1 FLAT 평판형



- 640 X 330 평판형 , LED
- LED 백라이트 모듈을 도광 및 산란 필름을 이용한 면 발광 조광 장치의 기동 테스트 실시
- 직하거리별 (300/400mm) 조도값 (LUX/PPFD)
- 300 mm : 4605/65
- 400 mm : 3168/45
- 공급전압 : 220V
- 공급전력 : 24.6W
- 공급전류 : 0.114A
- 월사용전력(예상) : 17.666 kwh
- 월사용요금(예상) : 1,695 원

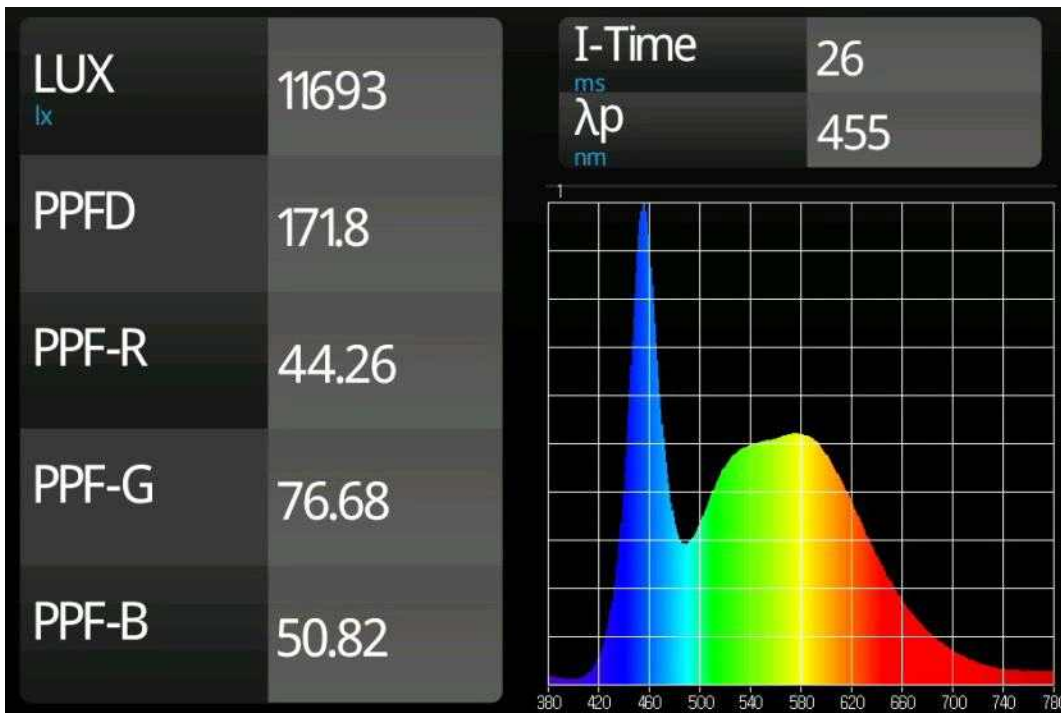
③ LED 1 20W BAR (T5형)

- 1200 X 35 bar(T5) 형 , LED
- LED 발광 소자를 바형 기판에 일정 간격으로 위치시킨 조광 장치의 기동 테스트 실시
- 직하거리별 (300/400mm) 조도값 (LUX/PPFD)
- 300 mm : 1114/15



- 400 mm : 798/11
- 공급전압 : 220V
- 공급전력 : 18.4W
- 공급전류 : 0.084A
- 월사용전력(예상) : 13.402 kwh
- 월사용요금(예상) : 1,285 원

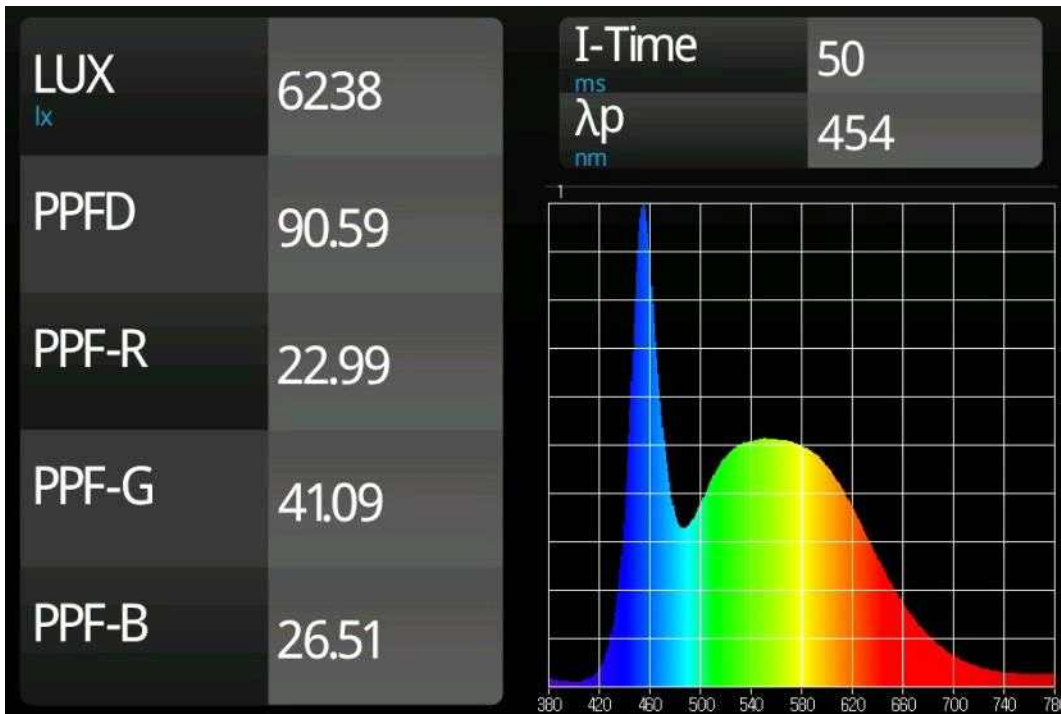
④ LED 2 20W burb



- 150 X Dia 80 Burb 형 , LED
- LED 발광 소자를 기판에 일정 간격으로 위치시킨 전구형 조광 장치의 기동 테스트 실시

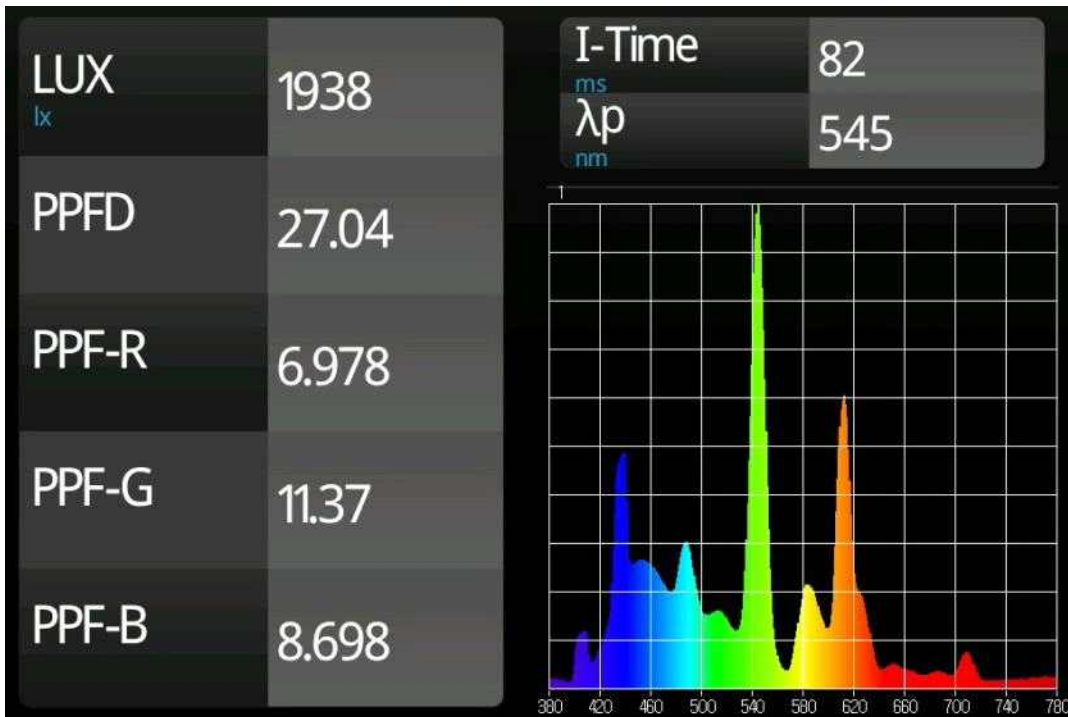
- 직하거리별 (300/400mm) 조도값 (LUX/PPFD)
- 300 mm : 11693/171
- 400 mm : 5160/76
- 공급전압 : 220V
- 공급전력 : 20.0W
- 공급전류 : 0.09A
- 월사용전력(예상) : 14.316 kwh
- 월사용요금(예상) : 1,373 원

⑤ LED 3 30W burb



- LED 발광 소자를 기판에 일정 간격으로 위치시킨 전구형 조광 장치의 기동 테스트 실시
- 직하거리별 (300/400mm) 조도값 (LUX/PPFD)
- 300 mm : 6238/90
- 400 mm : 3527/51
- 공급전압 : 220V
- 공급전력 : 27.4W
- 공급전류 : 0.123A
- 월사용전력(예상) : 20.029 kwh
- 월사용요금(예상) : 1,921 원

⑥ FL 삼파장 55W Burb



- 253 X Dia 72 Burb 형 , 삼파장 형광 전구형 조광 장치의 기동 테스트 실시
- 직하거리별 (300/400mm) 조도값 (LUX/PPFD)
- 300 mm : 1938/27
- 400 mm : 1077/15
- 공급전압 : 220 V
- 공급전력 : 46.8 W
- 공급전류 : 0.215 A
- 월사용전력(예상) : 34.412 kwh
- 월사용요금(예상) : 3,301 원

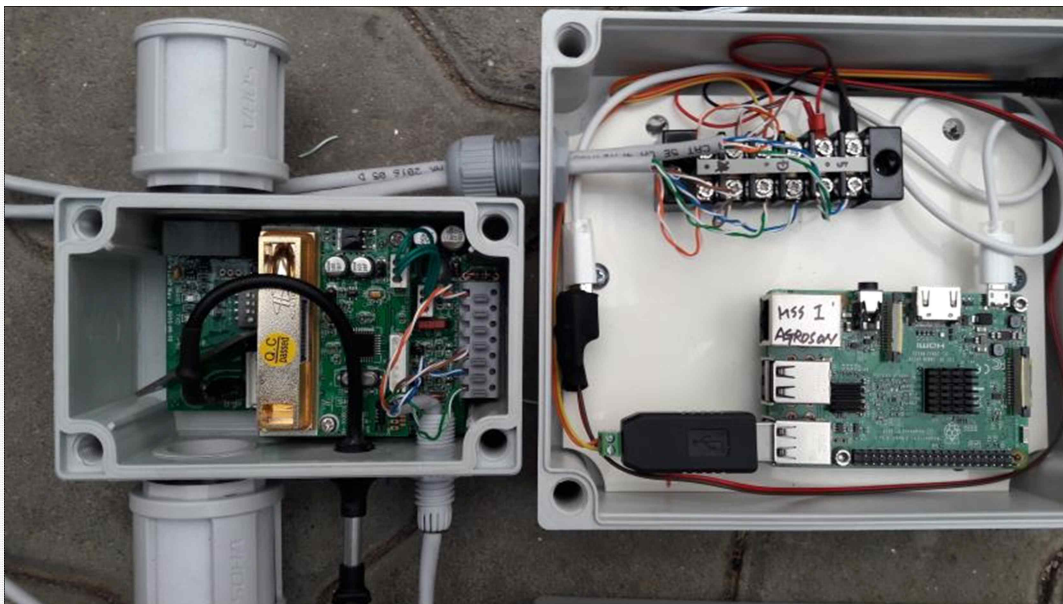
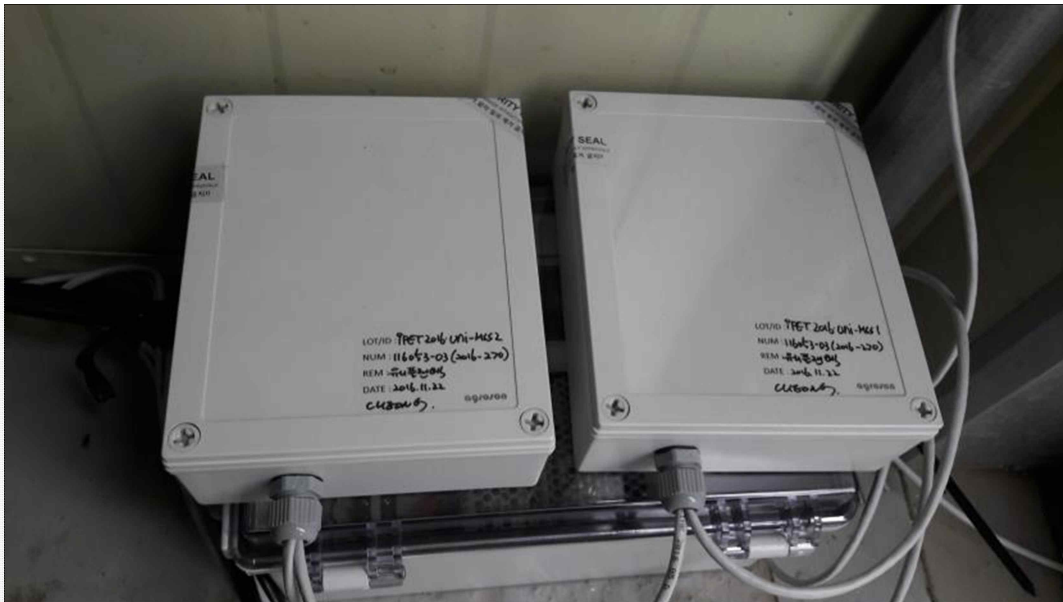
(4) 광원 종류 / 직하 거리별 조도(LUX,PPFD) 측정 비교표

구분	직하거리(mm)	삼파장 전구	평판 LED	LED 전구	LED 전구	T5 형광등	기존 LED 램프
		FPL 55W	FLAT LED 25W	LED B 20W	LED B 30W	T5 FL 15W	T5-LED 20W
LUX	100	10,054	9,753	62,234	53,662	3,351	3,247
PPFD		140.0	139.0	927.0	767.0	46.8	44.0
LUX	200	3,995	6,767	40,006	15,046	1,310	1,720
PPFD		55.0	96.0	585.0	218.0	18.3	23.0
LUX	300	1,938	4,605	11,693	6,238	875	1,114
PPFD		27.0	65.0	171.0	90.0	12.2	15.0
LUX	400	1,077	3,168	5,160	3,527	623	798
PPFD		15.0	45.0	76.0	51.0	8.7	11.0
LUX	500	771	2,256	2,664	2,487	436	611
PPFD		10.0	32.0	39.0	36.0	6.0	8.0
LUX	600	592	1,682	1,971	1,551	341	430
PPFD		8.0	24.0	29.0	22.0	4.7	5.9
LUX	700	459	1,313	1,201	1,194	259	395
PPFD		6.0	18.0	17.0	17.0	3.6	5.5
LUX	800	358	1,073	946	904	213	326
PPFD		4.0	15.0	14.0	13.0	2.9	4.5
LUX	900	312	876	744	779	177	277
PPFD		4.0	12.0	11.0	11.0	2.5	3.8
LUX	1000	262	760	559	620	148	236
PPFD		3.0	10.0	8.0	9.0	2.1	3.3
공급전압	V	217	217	221	222	222	218
부하전력	W	51.8	24.4	19.8	27.4	14.4	18.4
부하전류	A	0.238	0.112	0.086	0.123	0.065	0.084
일(24H) 소비전력	KWh	1.216	0.589	0.477	0.668	0.343	0.447
예상 월 소비전력	KWh	36.466	17.666	14.319	20.029	10.277	13.402
월 전력비용	84.4/KWh	3,498	1,695	1,373	1,921	985	1,285

(5) 모바일센싱서버의 연간 전력사용량 조사

(가) 프로그램 내구성 실증용 MSS

- 내구성 실증을 위해 2년간 운용한 MSS 2 SET 는 SBC 보드와 복합 센서컨버터가 485 통신으로 연결되고,
- 메인시스템에서 센서로 질의하여 응답된 센서 검출값을 내부 DB에 기록하여 보존하며,
- 시스템은 인터넷에 연결되어 외부에서 사용자가 필요에 의해 그 값을 실시간으로 확인할 수 있는 상태의 기본 실시간 모니터링 시스템으로, 기동 시간에 따른 시스템 불안정 현상을 확인 및 전력 사용량의 조사를 위해 마련하여 실시하였다.



(나) MSS (모바일센싱서버) 기동의 연간 소비전력 및 전력비용

- 2016년 11월 20일부터 2018년 11월 21일 까지 2대의 MSS 를 연속 기동하여 전력량계로 계측 함



2016-11-20 (0.03kWh) ~ 2017-10-24 (93.5) ~ 2018-11-21 (199.4)

- 약 24개월 간 모바일 센싱서버 2세트 연속 사용 전력량 199.37 kWh
저압 가정용 100kWh 이하 의 기준요금 60.7원 계산
 $199.37 \times 60.7 \div 2 \div 2 = 3,025.4$ (연간 MSS 1 SET 사용시 전기요금)

4절. 주관/협동기관 종합 순화/육묘 최적화 Microponic system 구현

- 팔레놉시스, 사과왜성대목, 숙근 및 초본류 기내배양의 산업화를 위한 순화, 육묘 시스템 구축을 위하여
- 주관/ 1협동기관 공동으로 Microponic system에서 최적의 순화/육묘 조건을 구명하고자, 팔레놉시스, 사과왜성대목의 순화부터, 육묘까지의 환경조건을 구명하였다.
- 팔레놉시스는 2016년부터 2018년까지 순화실 및 육묘실 환경 모니터링을 실시하였고,
- 순화기간 10~14일, 육묘기간 5개월의 물리, 화학적 환경조건 및 각 단계별 종묘 소질을 비교 분석하여 표준 규격을 구명하였다(그림2-49).
- 사과왜성대목은 순화가 매우 어려운 작물로, 3년에 걸쳐 반복실험을 통하여 순화/육묘 환경조건을 구명하였다.
- 사과는 목본성으로 1단계 순화가 가장 어렵고, 예민하여 세심한 관리가 필요했으며, 타 작물에 비하여 1단계 순화 완료까지 20일을 필요로 하였다.
- 고습도의 순화실에서 곰팡이의 발생은 순화에 매우 불리하게 작용하였으며, 곰팡이 발생을 방지하기 위하여 재식전 상토표면에 살균제(벤레이트 등)의 표면처리가 효과적이었으며,
- 순화실내 지속적인 공기 교반에 의하여 곰팡이 발생 억제, 습도조절, 근권부 air 공급을 통하여 발근효율을 증대시킬 수 있었다.
- 순화실내의 Air 공급은 규모가 클수록 효과가 있고, 소규모일 경우 air 공급량을 조절하여야만 급격한 위조를 방지할 수 있다.
- 사과는 1단계 순화과정을 거치고 1단계 진입부터 시비가 필수적이며, EC 0.8dS·m⁻¹, 을 두상 관수해주었을 때 생육이 급격히 증가하였다.
- 육묘단계는 200구 plug tray에서 2차 포트로 옮겨, 광도를 높여주고, EC 1.0~1.2S·m⁻¹로 주1회 관비하였을 때 생육이 양호하였다(표2-47).
- 조직배양을 통한 clone 묘의 순화는 숙근 및 초본류, 난류, 목본류라 할지라도 배양기내 환경조건이라는 공통점이 있어, 배양병과 가장 유사한 환경조건에서 온실상태로 전이될 수 있는 환경을 만들어 주는 것이 가장 중요하다.
- 1단계에서는 온도, 광도도 중요하지만, 생존의 주요 요인은 습도라 할 수 있다. 즉, 식물체를 꺼내 순화하는 1단계(그림4-1)는 습도 90%에서 서서히 70%에서 60%까지 견딜 수 있는 조건을 만들어주는 것이며,
- 순화실내 Air circulation에 의하여 습도조절의 속도를 조절할 수 있다.
- 2단계는 습도 70%에서 50%에 적응시키며, 광도를 높이고, 비료를 시비하여 본격적 육묘를 준비한다.
- 1, 2단계 순화가 완료된 개체는 본격적 육묘를 위하여 배지의 용적을 넓혀주거나, 노지로 이식하여 광도를 높여주고, 비배관리로 육묘를 완성할 수 있다(그림4-1).
- 순화, 육묘단계는 환경감시, 환경제어, 원격응급제어 프로그램(한국저작권위원회 C-2018-038654호 “모바일제어시스템”의 프로그램)을 통하여 관리한다.
- 1세부, 1협동의 연구결과를 토대로 작성된 표준작업 공정에 따라 스케줄링시스템 및 출원번호 10-2018-0167294 호 “농축산물 생산을 위한 표준작업공정의 전파와 관리 시스템”을 통하여 관리하고자한다.

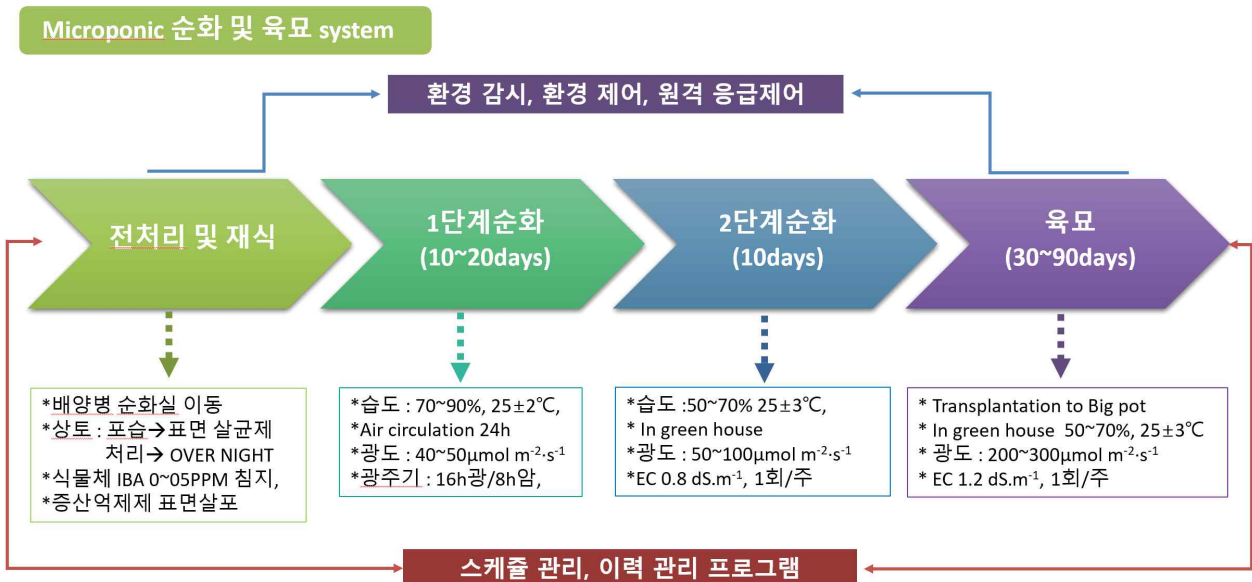


그림4-1. Microponic 순화 및 육묘 시스템

○ Microponic 시스템을 이용하여 이용하여 숙근초(용담), 사과왜성대목, 블루베리, 호접란을 육묘하였다(그림4-2).



그림 4-2. Microponic system을 이용한 순화완료 및 육묘
(위좌. 용담, 위좌, 사과왜성대목, 아래좌. 블루베리, 아래우. 팔레놉시스)

5절. 초본류/난류/목본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP개발

1. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 : Basic

(1) Stage 1. 기내식물 확립

- 조직배양을 이용한 클론묘 대량생산은 외부 식물체를 기내 셋업하는 과정으로 시작된다.
- 배양재료의 선택은 병충해에 감염되지 않은 유전적으로 확실한 품종 및 계통을 선발하여 야만 대량번식 후 어려움에 처하지 않는다.
- 배양재료의 조제는 다양한 방법이 존재하나, 채취하고자하는 부위(정아, 액아, 화아 등등)을 중심으로 앞뒤로 2cm 정도의 여유를 가지고 조제하여야하며, 품종 및 계통이 혼합되지 않도록 철저히 관리되어야한다.
- 멸균은 1차, 70% ethanol 슝 등을 이용하여 표면을 가볍게 닦아주고, 종자소독용 살균제를 이용하여(농약사용지침에 따른 농도) 침지하여 shaking 하면서 over night 한다.
- 살균제 over night 후 흐르는물에 30분간 수세하고, 충분히 물기를 제거하고 70% ethanol 에 20초간 표면살균하고, 멸균액(Sodium hypochlorite 1~4% 등)에 침지하여 5~15분간 멸균 한다.
- 이때, 오염율이 높거나, 엽포 등에 감싸여 있는 시료는 10초 ~ 1분간 vacuum 처리하면 오염율을 경감시킬 수 있으나 조직이 연한 재료는 세심한 주의가 필요하다.
- Sodium hypochlorite 멸균이 끝난 시료는 멸균수를 이용하여 충분히 세척해준다.
- 각 식물에 따라 적합한 배지를 조성하여 Test tube를 이용하여 사면배지에 각각의 액아 및 성장점을 접종한다(오염율이 매우 낮은 재료는 petri dish 등을 이용하면 효과적이다).
- 충분히 세척하였다하여도, 조직의 절단면을 통하여 흡수된 멸균액은 조직내 남아 있으므로 최대한 빠른 시간내에 원하는 부위(액아, 성장점 등등)을 적출하여 치상하여야한다.
- 배양환경은 작물에 따라 일정기간 암배양을 실시하기도 하나, 일반적으로 25±1℃, 광도 30~40μmol m⁻² · s⁻¹,광주기 16/8hr 광/암 조건으로 배양한다.

STAGE 1	기내식물 확립 : 1~4개월	
모본의 선택	병충해에 감염되지 않은 유전적으로 특성이 확실한 품종 및 계통	
재료의 조제	액아 혹은 정아를 중심으로 3~4cm 크기로 절단(초본류 혹은 연약한 조직은 절단면에 파라핀처리)하여 품종별, 계통별로 랩핑한다.	실험실
멸균	① 살균제(벤레이트 등 종자소독약) 용액 over night→ ② 흐르는 물에 30분간 수세하고 물기를 충분히 제거→ ③ 70% Ethanol 20초간 표면살균→ ④ 가지달린 flask에 멸균액과 재료를 넣는다. 멸균액의 종류 : ㉠ Sodium hypochlorite 1~4%, ㉡ Calckum hypochlorite,	실험실

	㉔ Mercuric acid, ㉕ 과산화수소	
	㉖ Sodium hypochlorite용액 1~4%, 5분~15분→ Sodium 멸균시 10초~1분간 vacuum 처리 조직의 강도에 따라 시간 및 처리 유무 결정	무균실
	㉗ 멸균수 3~4회 수세	
치상	① 최적 배지 선정하여 Test tube 사면배지를 이용한다. ② 액아 혹은 생장점을 적출 치상 한다 ③ 멸균후 치상은 가급적 빠른 시간 내 끝낸다.	
배양	1~4개월 배양, 25±1℃, 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ (16/8hr)	배양실

(2) Stage 2. 기본묘 증식

- 기내확립이 완료된 개체는 빠른 시간내 집중 증식을 위하여 소규모(100~120ml) 배양용기를 이용한다.
- 증식율은 작물의 특성에 따라 2~5배로 다양하여 배양간격도 30일부터 90일 까지 다양하다.
- 일반적으로 증식단계는 cytokine류의 식물생장호르몬을 첨가하며, 작물에 따라 auxin을 혼합 이용하기도 한다.
- 증식배양은 정아우세성을 파괴하여 증식율을 향상시킬 수 있도록 배양하고, 작은 조직을 단독으로 배양하기보다는 1~2 shoot 혹은 shoot primordia를 붙여서 접종한다.

STAGE 2	기본묘 증식 : 3~9개월
배양용기	. 4~5 piece /100ml vessel
배양간격, 배수	. 30일 ~ 90일, 2~5배수 증식
배지, 배양방법	. Cytokine류 0.2~5ppm, auxin 0.2~3ppm . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot or shoot primordia/piece
증식횟수 및생산량	. 10개의 눈으로 시작하였을 때 2~3회로 기본묘 100~300vessels 확보
배양환경	. 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ 16h광/8h암, 25±2℃

(3) Stage 2. 대량증식

- 기내 기본묘 증식이 완료된 후 좀더 큰 용기에 이식하여 발근 가능한 다수의 정상 shoot 유도한다.
- 배양방법 및 배지는 기본묘 증식과 같은 방법으로 진행한다.
- 다수의 정상 shoot 유도
- 기본묘로부터 1~2회 증식으로 10,000주 생산
- 발근가능 single shoot 규격 : 20~30mm, 마디수 2~3마디, 엽수 2~3매

STAGE 3	대량증식 : 2~4개월
배양용기	. 15 pieces/400ml vessel
배양간격 및 배수	. 30일 ~ 75일, 2~5배수 증식
배양배지, 배양방법	. Cytokine류 0.2~2ppm, auxin 0.2~3ppm

	. 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot/piece
증식횟수 및생산량	. 기본묘로부터 1 ~ 2회 증식하여 10,000주/1회 생산
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$

(4) Stage 4. 기내발근

- 배양용기는 증식배양보다 용적이 크고 환기횟수가 높은 용기 선택하는 것이 향후 순화에 도움이 된다.
- 대량증식에서 유도된 다수의 정상 shoot를 single shoot로 분리하여 발근배지에 이식한다.
- 최종 발근식물의 균일도를 높일 수 있도록 single shoot 용기별 크기를 균일화 하여 접종한다.
- 발근기간은 작물에 따라 20일에서 3개월까지 소요된다.
- 배지는 가급적 염류 농도를 낮추는 것이 바람직하고, 저농도 auxin류를 첨가하기도 한다.
- 발근은 광량에 영향을 받으므로 증식배양보다 광도를 높여주는 것이 바람직하다.

STAGE 4	발근배양 : 20일 ~ 3개월
배양용기	. 15~20 shoots/500ml vessel
발근기간	. 20일 ~ 3개월
배지, 배양방법	. IBA 0.0~0.5ppm, 3~4cm single shoot
배양환경	. 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$

(5) Stage 5. 순화 및 육묘

- 1단계 순화는 작물에 따라 10일에서 20일 정도 소요되며, 작물별 순화 특성은 숙근초, 팔레놉시스, 사과왜성대목에서 기술한다.

STAGE 5	순화 및 육묘 : 30일 ~ 60일
I 단계순화	. 10일 ~ 20일 : 작물별 특성 별도표기
II 단계순화	. 10~20일 : 작물별 특성 별도표기
III 단계 육묘	. 30~60일 : 작물별 특성 별도표기

2. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 :

- 숙근초 및 초본류

(1) Stage 1. 기내식물확립

- 숙근초 및 초본류의 기내배양은 난류나 목본류에 비해 상대적으로 배양 기간이 짧다.
- 기내식물 확립도 1개월 전후로 가능하며, 조직이 연약하므로 멸균과정에서 살균액의 농도, vaccum 시간 조절을 세밀하게 하여야하며, 오염이 높지 않은 경우 vaccum을 생략하는 것이 바람직하다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 1	기내식물 확립 : 1개월
---------	---------------

모본의 선택	병충해에 감염되지 않은 유전적으로 특성이 확실한 품종 및 계통	
재료의 조제	액아 혹은 정아를 중심으로 3~4cm 크기로 절단(초본류 혹은 연약한 조직은 절단면에 파라핀처리)하여 품종별, 계통별로 랩핑한다.	실험실
멸균	① 살균제(벤레이트 등 중자소독약) 용액 over night→ ② 흐르는 물에 30분간 수세하고 물기를 충분히 제거→ ③ 70% Ethanol 20초간 표면살균→ ④ 가지달린 flask에 멸균액과 재료를 넣는다.	실험실
	⑤ Sodium hypochlorite용액 1%, 15분→ Sodium 멸균시 10초~30초간 vacuum 처리 조직의 강도에 따라 시간 및 처리 유무 결정 ⑥ 멸균수 3~4회 수세	무균실
치상	① 최적 배지 선정하여 Test tube 사면배지를 이용한다. ② 액아 혹은 생장점을 적출 치상 한다 ③ 멸균후 치상은 초대한 빠른 시간 내 끝낸다 →멸균액 노출 시간이 길어지면서 조직파괴	무균실
배양	1개월 배양, 25±1°C, 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ (16/8hr)	배양실

(2) Stage 2. 기본묘 증식

- 계대배양 기간은 30일 전후이며, 증식배수는 특별한 경우를 제외하고 4~5배 증식된다.
- 기본묘 증식은 shoot 또는 shoot primodia를 2~3회 증식하여 100~200vessel의 기본묘를 육성한다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 2	기본묘 증식 : 3개월
배양용기	. 4~5 piece /120ml vessel
배양간격, 배수	. 30일 ~ 45일, 4~5배수 증식
배지, 배양방법	. MS + Cytokine류 0.2~2ppm, auxin 0.2~3ppm . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot or shoot primodia/piece
증식횟수 및생산량	. 10개의 눈으로 시작하였을 때 2~3회로 기본묘 100~200vessels 확보
배양환경	. 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ 16h광/8h암, 25±2°C

(3) Stage 3. 대량증식

- 기본묘로부터 정상 shoot 증식을 위하여 기본묘생산 보다 큰 용기를 이용하여 multiple shoot/piece를 유도하여 발근배양을 준비한다.
- 발근을 위한 shoot는 15~25mm 2~3마디를 충족하도록 한다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 3	대량증식 : 2~3개월
배양용기	. 15~20 pieces/400ml vessel
배양간격 및 배수	. 30일 ~ 45일, 4~6배수 증식
배양배지, 배양방법	. Cytokine류 0.2~2ppm . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot/piece

증식횟수 및생산량	. 기본묘로부터 1 ~ 2회 증식하여 10,000주/1회 생산
배양묘 규격	. 20~30mm, 2~3마디, 정상 shoot
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$

(4) Stage 4. 발근배양

- 발근배양은 증식 완료된 multiple shoot로부터 single shoot로 분리하여 크기별로 균일도 있게 배양한다.
- 순화를 향상을 위한 기내 발근묘는 초장 30~40mm, 3~4마디에 발근 개시된 식물일 것
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 4	발근배양 : 20일 ~ 3개월
배양용기	. 15~20 shoots/500ml vessel
발근기간	. 20일 ~ 45일
배지, 배양방법	. IBA 0.0~0.5ppm, 3~4cm single shoot
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$
배양묘 규격	. 30~40mm, 3~4마디, 충분히 발근될것

(5) Stage 5. 순화 및 육묘

- 숙근초 및 초본류는 발근기간이 짧은 편 순화 및 육묘가 비교적 수월하다.
- 뿌리가 없는 기내식물일지라도 5일 정도면 발근됨으로 10일 정도면 순화 완료된다.
- 1, 2단계 순화후 광도를 200~300 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 높여주고, EC 1.0~1.2 dS $\cdot\text{m}^{-1}$, 1~2회/주의 비배관리가 진행되어야만 빠른 속도로 성장할 수 있었다.

STAGE 5	순화 및 육묘 : 10일 ~ 20일
I 단계순화 (10일)	. 습도 70~90%, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$, air circulation . 40~50 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, . IBA 0.5ppm . 상토 : peatmoss : perite=1:1 . 200구 plug tray
II 단계순화 (10일)	. 습도 50~70% 25 \pm 3 $^{\circ}\text{C}$, in green house . 50~100 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 자연광 혹은 차광 . EC 0.8~1.2 dS $\cdot\text{m}^{-1}$, 1회/주 . 순화완료규격 : 30~40mm 3~4마디
III 단계 육묘 (30~45일)	. Transport to more big pot . 습도 온실조건, 25 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$. 광도 200~300 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 자연광 혹은 차광 . EC 1.0~1.2 dS $\cdot\text{m}^{-1}$, 1~2회/주
육묘규격	. 50구 plug tray 70~100mm 5~6마디, 충분히 발근될것

(6) 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격

- 기내식물 확립부터 대량증식이 완료되면, 순화를 위한 기내배양묘 규격의 확립이 필요하며
- 기내발근묘의 소질에 따라 순화에 절대적 영향이 있으므로, 숙근 및 초본류의 기내묘는 초장 30~40mm에 3~4마디에 막 발근을 개시한 의 건전한 묘여야 한다.
- 순화후 육묘규격은 작물에 따라 다소 차이는 있지만, 육묘 규격이 70~100mm에 5~6마디에 충분히 발근되어 있어야 한다(그림5-1).

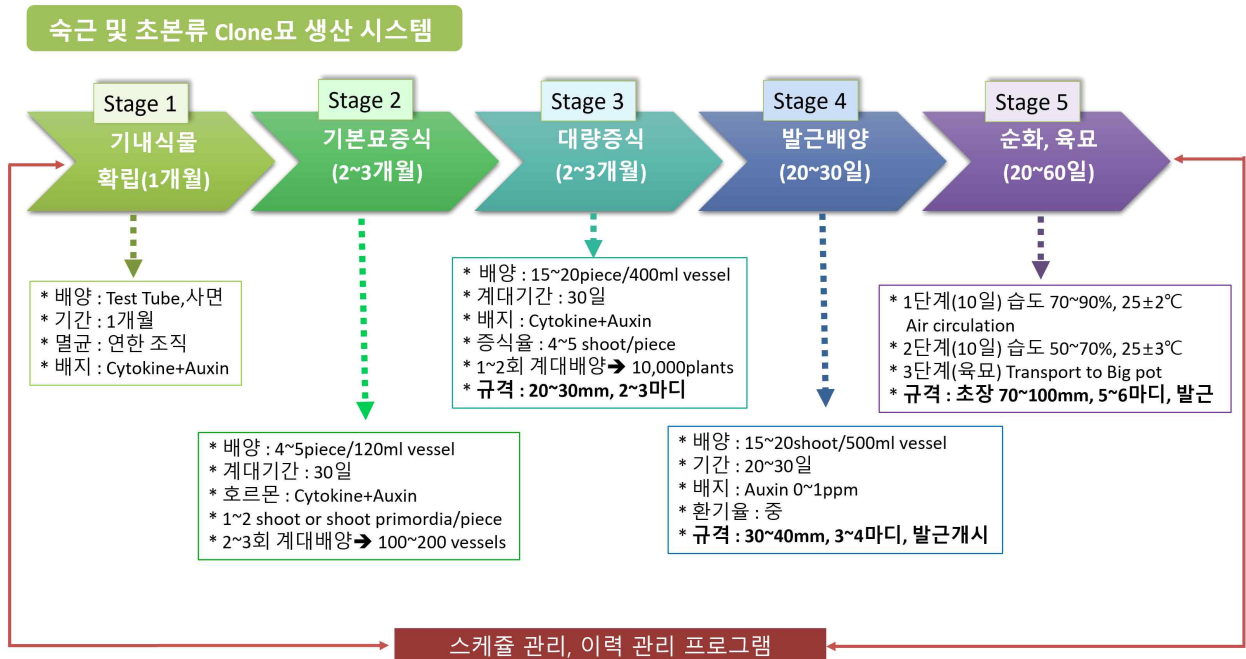


그림 5-1. 숙근 및 초본류 clone묘 생산 시스템

3. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발 :

- 난류 : 팔레놉시스

(1) Stage 1. 기내식물 확립

- 난류중 팔레놉시스는 난과작물중 영양계번식 방법이 가장 늦게 확립되었으며, 현재까지 기술은 발전중에 있다.
- 타 작물에 비해 오염율이 높은편이고, 조직이 단단하여 멸균과정에 30~60초간 vacuum 처리로 오염을 감소시킬 수 있다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 1	기내 식물 확립 : 1~4개월	
모본의 선택	병충해에 감염되지 않은 유전적으로 특성이 확실한 품종 및 계통	
재료의 조제	액아 혹은 정아를 중심으로 3~4cm 크기로 절단)하여 품종별, 계통별로 랩핑한다.	실험실
멸균	① 살균제(벤레이트 등 종자소독약) 용액 over night→ ② 흐르는 물에 30분간 수세하고 물기를 충분히 제거→ ③ 70% Ethanol 20초간 표면살균→ ④ 가지달린 flask에 멸균액과 재료를 넣는다.	실험실

	⑤ Sodium hypochlorite용액 4%, 15분→ Sodium 멸균시 30초~1분간 vacuum 처리 ⑥ 멸균수 3~4회 수세	
치상	① 최적 배지 선정하여 Test tube 사면배지를 이용한다. ② 액아 혹은 생장점을 적출 치상 한다 ③ 멸균후 치상은 초대할 빠른 시간 내 끝낸다 →멸균액 노출 시간이 길어지면서 조직파괴	무균실
배양	. 1~4개월 배양, 25±1℃, 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ , (16/8hr)	배양실

(2) Stage 2. 기본묘 증식

- 계대배양기간은 2개월에서 3개월 정도로 생육속도가 매우 늦은 편이며, 증식율도 2~3배로 낮은 편이다.
- 기본묘 증식은 shoot 또는 shoot primordia를 3~4회 증식하여 200~300vessel의 기본묘를 육성한다.
- 난과작물은 기내배양에서도 생육이 낮은 특징이 있어, 배지내 유기물을 공급한다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 2	기본묘 증식 : 3~6개월
배양용기	. 4~5 piece /120ml vessel
배양간격, 배수	. 75일 ~ 90일, 3~4배수 증식
배지, 배양방법	. 1/2MS + Cytokine류 1~2ppm + coconut water 5% . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot or shoot primordia / piece
증식횟수 및생산량	. 10개의 눈으로 시작하였을 때 3~3회로 기본묘 200~300vessels 확보
배양환경	. 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ 16h광/8h암, 25±2℃, 환기횟수가 낮은 배양용기

(3) Stage 3. 대량증식

- 기본묘로부터 정상 shoot 증식을 위하여 기본묘생산 보다 큰 용기를 이용하여 건강한 multiple shoot 유도하는 것이 중요하다.
- 기내배양에서 팔레놉시스는 CAM식물로 환기율이 높은 용기를 이용할 경우 식물생육을 정지시키는 특징이 있어 밀폐력이 높은 배양용기 선택이 중요하다.
- 또한 기내 생육도 매우 늦어 2개월 이상의 배양이 진행되어야만 생육이 관찰된다.
- 일반적으로 배지에 첨가된 sucrose 및 무기물은 배양 30일이 경과하면서 거의 소모된다.
- 팔레놉시스는 배양 2~3개월 이상이 소요되는 특징을 가지고 있어, 장기간 양분공급을 위한 유기물 첨가가 필수적이다.
- 발근을 위한 shoot는 20~30mm 엽수 2~3장을 증축하도록 한다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 3	대량증식 : 3~6개월
배양용기	. 15~20 pieces/400ml vessel
배양간격 및 배수	. 75일 ~ 90일, 2~3배수 증식

배양배지, 배양방법	. 1/2MS + Cytokine류 1~2ppm + coconut water 5% . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot/piece
증식횟수 및생산량	. 기본묘로부터 2 ~ 3회 증식하여 10,000주/1회 생산
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$, 환기횟수가 낮은 배양용기

(4) Stage 4. 발근배양

- 발근배양은 증식 완료된 multiple shoot로부터 single shoot로 분리하여 크기별로 균일도 있게 배양한다.
- 팔레놉시스는 CAM식물로 기내 생육도 매우 늦은 특징이 있어 분리 접종한 shoot로부터 발근 개시가 2개월 이상이 필요하여, 발근 및 생육을 위하여 2차 발근 배양이 필수적이다. 이러한 특징으로 인하여 팔레놉시스는 발근에만 6개월이상 필요한 특징을 가지고 있다.
- 발근 2차배양은 순화율 향상을 위하여 환기율이 비교적 높은 용기를 이용하는 것이 바람직하다.
- 순화율 향상을 위한 기내 발근묘는 초장 50~60mm, 엽수 3~4장에 뿌리 3~4개의 발근필요
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 4	발근배양 : 20일 ~ 3개월
배양용기	. 15~20 shoots/500ml vessel
발근기간	. 3개월 2회
배지, 배양방법	. Hyponex medium + Potato + Banana . 3~4cm single shoot
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$
기내묘규격	. 엽장 4~5장, 초장 50~60mm

(5) Stage 5. 순화 및 육묘

- 팔레놉시스 순화는 10일간의 짧은 기간에 1, 2단계 순화를 종료할 수 있다.
- 순화이후 4~5개월의 육묘기간을 거쳐야 엽장 4~5장, 초장 70~100mm의 1.5~1.7치 규격묘 육묘가 가능하다.
- 육묘기간 주1회의 EC 0.8 dS·m⁻¹의 양액을 공급해주고, 습도 70%전후, 광도 100~250 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 차광 재배한다.
- 팔레놉시스의 최적 온도는 25 \pm 3 $^{\circ}\text{C}$ 이나, 묘령이 증가하면서 저온에 감응하여 원하지 않는 개화가 이루어질 수 있으므로 육묘기간은 27 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하는 것이 좋다.
- 상세한 순화과정 및 조건은 표 stage 5 순화 및 육묘에 준한다.

STAGE 5	순화 및 육묘 : 10일, 120일
I 단계순화 (10일)	. 습도 70~90%, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$, air circulation . 40~50 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, . 수태 1.5치 pot
II 단계순화 및 육묘 (4개월)	. 습도 50~70% 28 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$, in green house . 100~250 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 차광

	. EC 0.8 dS·m ⁻¹ , 1회/주
육묘규격	. 엽장 4~5장, 초장 70~100mm, 1.5치 pot에 충분히 발근

(6) 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격

난류:팔레놉시스 Clone묘 생산 시스템

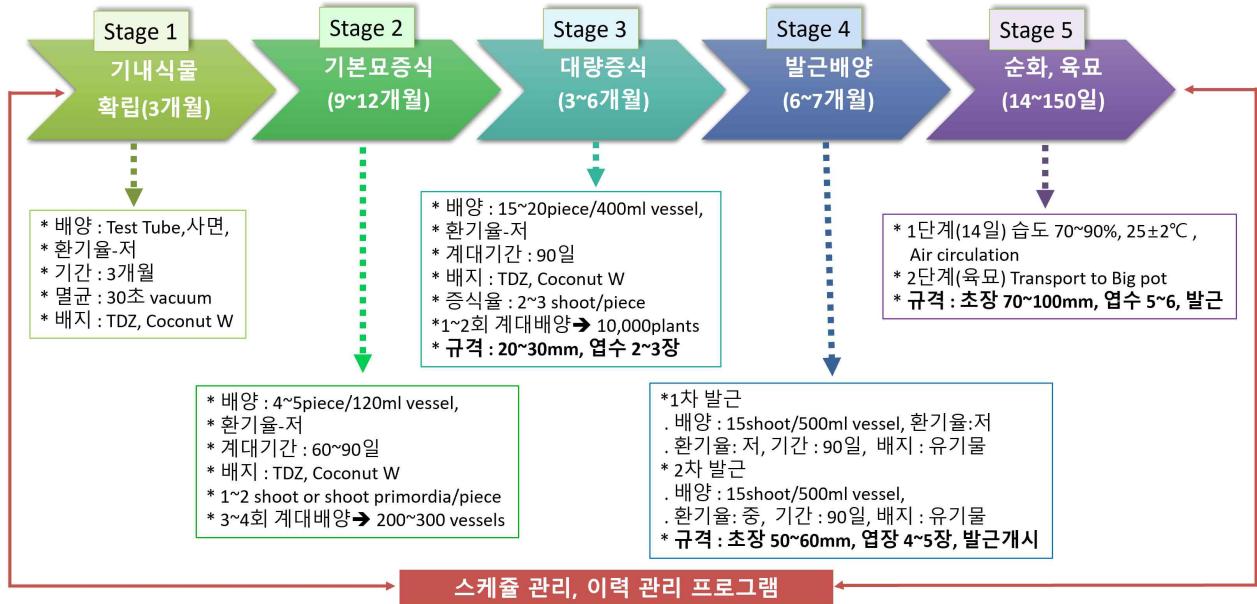


그림 5-2. 난류 : 팔레놉시스의 clone묘 생산 시스템

- 팔레놉시스이 대량번식은 기본묘증식 12개월(48%), 대량증식 6개월(25%), 발근개발 7개월(28%) 로 기내배양에 25개월이 필요하고, 순화, 육묘에 5개월이 소요된다. 기내배양은 기본묘생산 48%의 기간이 필요하고, 발근에도 8%의 기간이 필요하여 대량증식된 후의 장시간의 배양실면적이 필요하여, 팔레놉시스 생산은 시설이 차지하는 비중을 높게 만들고, 증식 완료후 발생하는 오염이 종묘생산 경제성을 낮추는 요인으로 작용한다.
- 팔레놉시스는 기내묘가 작을 경우 육묘율이 떨어지고 육묘기간이 길어지는 문제가 있어, 기내묘는 최소 초장 30~40mm 엽장 3~4장에 3~4개의 뿌리를 충족하여야 향후 육묘율을 높일 수 있다.
- 팔레놉시스 재배는 배양묘- 1.5- 2.5- 3.5-저온처리-개화의 순으로 재배가 이루어지며, 농가에서 가장 선호하는 종묘 size는 1.5 혹은 1.7치를 선호한다.
- 이때 규격은 초장 70~100mm, 엽장 5~6장으로 충분히 발근되어야한다(그림5-2).

4. 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격 제시 및 SOP 개발

- 목본류 : 사과왜성대목

(1) Stage 1. 기내식물 확립

- 목본류 중 사과왜성대목의 기내확립은 다른 목본류보다 까다로운 작물로 배양시기에 예민

하게 반응한다.

- 목본성으로 조직이 강한면이 있으나, 신초는 다른 어느 작물보다 약하므로 멸균과정중 vacuum 처리는 세심한 주의가 필요하다.
- 초대배양은 계절에 따라 조직의 갈변될 수 있으므로, 암배양을 실시 할 수 있다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 1	기내식물 확립 : 5~6개월	
모본의 선택	병충해에 감염되지 않은 유전적으로 특성이 확실한 품종 및 계통	
재료의 조제	액아 혹은 정아를 중심으로 3~4cm 크기로 절단(초분류 혹은 연약한 조직은 절단면에 파라핀처리)하여 품종별, 계통별로 랩핑한다.	실험실
멸균	① 살균제(벤레이트 등 종자소독약) 용액 over night→ ② 흐르는 물에 30분간 수세하고 물기를 충분히 제거→ ③ 70% Ethanol 20초간 표면살균→ ④ 가지달린 flask에 멸균액과 재료를 넣는다.	실험실
	⑤ Sodium hypochlorite용액 2%, 15분→ Sodium 멸균시 10초~30분간 vacuum 처리 조직의 강도에 따라 시간 및 처리 유무 결정 ⑥ 멸균수 3~4회 수세	무균실
치상	① 최적 배지 선정하여 Test tube 사면배지를 이용한다. ② 액아 혹은 생장점을 적출 치상 한다 ③ 멸균후 치상은 초대할 빠른 시간 내 끝낸다 →멸균액 노출 시간이 길어지면서 조직파괴	무균실
배양	. 5~6개월 배양, 25±1℃, 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ (16/8hr)	배양실

(2) Stage 2. 기본묘 증식

- 계대배양기간은 1개월에서 1.5개월이며, 초기 배양조건에 따라 갈변되는 경우가 종종발생해 상세한 관찰과 반복적 계대배양이 필요하다.
- 사과 왜성대목은 용기의 환기횟수에 따라 투명화 발생이 빈번히 발생하고 있어 배양용기 선택에 주의하여야한다. 즉, 팔레놉시스와 같이 밀폐력이 높은 용기를 선택했을 경우 투명화 발생율이 매우높다.
- 기본묘 증식은 shoot 또는 shoot primodia를 3~4회 증식하여 200~300vessel의 기본묘를 육성한다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 조건과 같다.

STAGE 2	기본묘 증식 : 2~3개월	
배양용기	. 4~5 piece /100ml vessel	
배양간격, 배수	. 30일 ~ 45일, 2~3배수 증식	
배지, 배양방법	. MS + Cytokine + Auxin 류 0.2~2ppm . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot or shoot primodia/piece	
증식횟수 및생산량	. 10개의 눈으로 시작하였을 때 3~4회로 기본묘 100~200vessels 확보	
배양환경	. 30~40μmol m ⁻² · s ⁻¹ 16h광/8h암, 25±2℃	

(3) Stage 3. 대량증식

- 기본묘로부터 정상 shoot 증식을 위하여 기본묘생산 보다 큰 용기를 이용하여 multiple shoot/piece를 유도하여 건강한 shoot를 유도하는 것이 중요하다.
- 건전한 multiple shoot 유도를 위하여, 2가지 배지를 이용하는 것이 바람직하고, 투명화 현상이 발생하지 않도록 배양용기 선택에 유의하여야한다.
- 발근을 위한 초장 20~30mm, 3~4마디를 충족하도록 한다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 의 조건과 같다.

STAGE 3	대량증식 : 2~3개월
배양용기	. 15~20 pieces/400ml vessel
배양간격 및 배수	. 30일 ~ 45일, 2.5~3배수 증식
배양배지, 배양방법	. MS + Cytokine + Auxin 류 0.2~2ppm . 정아 우세성 파괴, 1~2 shoot/piece
증식횟수 및생산량	. 기본묘로부터 1 ~ 2회 증식하여 10,000주/1회 생산
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$

(4) Stage 4. 발근배양

- 발근배양은 증식 완료된 multiple shoot로부터 single shoot로 분리하여 크기별로 균일도 있게 배양한다.
- 사과는 뿌리의 발생이 매우 빠르게 진행되나, 염류농도가 높거나, sucrose 농도 가 높을 경우 callus가 먼저발생되고 callus에서 뿌리가 발생하는 경우가 많아, 순화과정에 유효뿌리로 작용하지 못하는 경우가 많다.
- 순화율 향상을 위해서는, callus가 발생되지 않는 뿌리와, 도장하지 않아야한다.
- 순화율 향상을 위한 기내 발근묘는 초장 50~60mm, 엽수 3~4장에 뿌리 3~4개의 발근을 충족하는 것이 바람직하다.
- 그 외의 배양조건은 5절 1의 Basic 의 조건과 같다.

STAGE 4	발근배양 : 20일 ~ 3개월
배양용기	. 15~20 shoots/500ml vessel
발근기간	. 20일 ~ 30일
배지, 배양방법	. IBA 0.0~0.5ppm, 3~4cm single shoot
배양환경	. 30~40 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 16h광/8h암, 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$
기내묘규격	. 30~40mm, 3~4마디, 발근 유도

(5) Stage 5. 순화 및 육묘

- 사과목의 순화는 매우 까다로워 약간의 환경변화에 잎이 타는 현상이 발생한다.
- 타작물에 비해 1단계 순화가 길며(약20일), 2단계 전환도 정밀한 환경조절이 요구된다.
- 고습도, 약광의 순화실내에 20일간의 육묘는 배지내 세균 및 곰팡이 발생을 야기할 수 있으니, 초기 상토준비시 표면에 살균제 처리하는 것이 효과적이며, 순화상내에 지속적인 air circulation을 통하여 어느 정도 방지할 수 있다.
- 1단계 순화에서 재식시 증산억제제를 살포하는 것도 초기 순화를 촉진할 수 있다.

- 1, 2단계 육묘후 광도를 높이고 공간을 넓혀주고, 정기적인 비배관리를 통하여 포장에 정식가능한 육묘 가능하다.
- 상세한 순화과정 및 조건은 표 stage 5 순화 및 육묘에 준한다.

STAGE 5		순화 및 육묘 : 30일 ~ 90일
I 단계순화 (20일)	. 습도 70~90%, 25±2°C, air circulation . 40~50µmol m ⁻² · s ⁻¹ 16h광/8h암, . IBA 0.5ppm, 증산억제제 살포 . 상토 : peatmoss : perite=1:1 . 200구 plug tray	
II 단계순화 (20일)	. 습도 50~70% 25±3°C, in green house . 50~100µmol m ⁻² · s ⁻¹ 자연광 혹은 차광 . EC 0.8~1.2 dS·m ⁻¹ , 1회/주	
III 단계 육묘 (50~60일)	. Transport to more big pot . 습도 온실조건, 25±5°C . 광도 200~300µmol m ⁻² · s ⁻¹ 자연광 혹은 차광 . EC 1.0~1.2 dS·m ⁻¹ , 1~2회/주	
육묘규격	. 150~200mm, 9~10마디, pot내 충분히 발근	

(6) 기내식물 대량생산 및 클론묘 육묘 표준규격

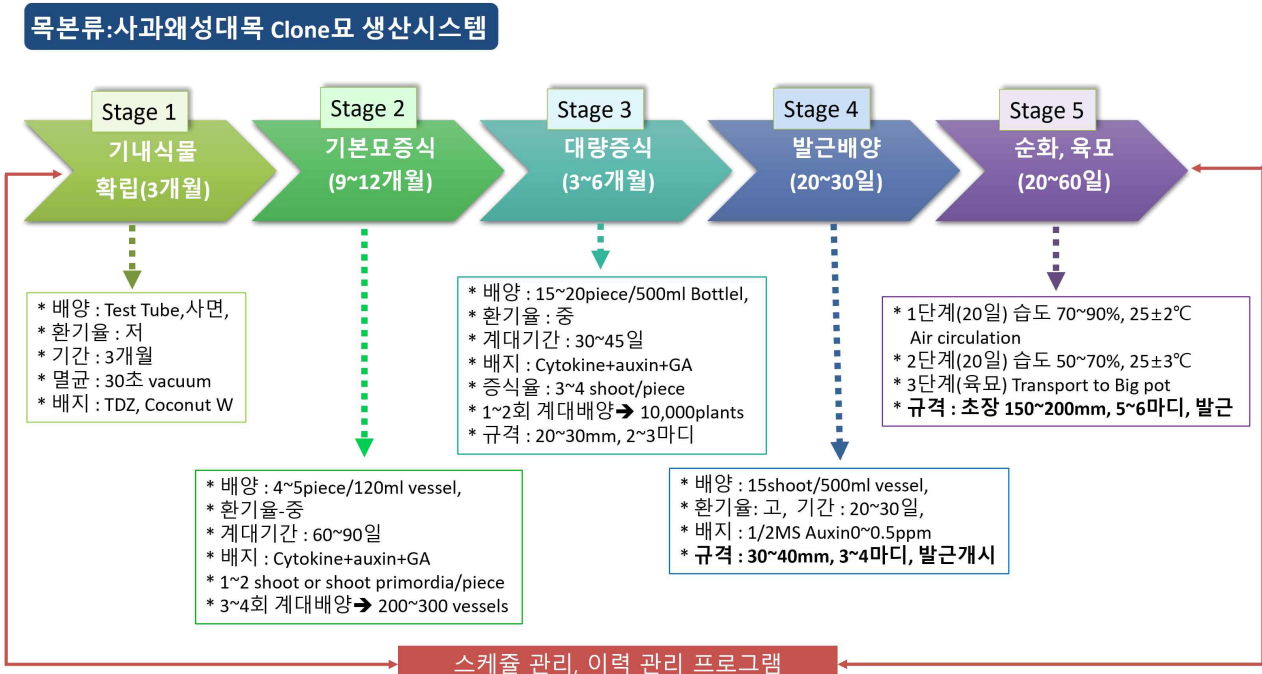


그림 5-3. 목본류; 사과왜성대목 clone묘 생산 시스템

- 사과목의 기내 대량생산은 기본묘 증식에 9~12개월(63%), 대량증식 6개월(32%) 발근배양 1개월(5%) 총 19개월에 1회 cycle을 진행할 수 있다.
- 사과목은 기본묘 증식에 소요되는 기간이 60%로 기본묘 증식과, 순화율(현재까지의 순화

율 80~85%)이 대량생산의 병목현상으로 작용할 수 있다.

- 사과목 배양에서 최종 순화율을 높이기 위해서는 기내배양묘의 규격이 매우 중요하다.
- 기내배양묘는 초장 30~40mm에 3~4마디에 발근이 개시된 식물체로서 투명화현상이 발생되지 않아야하고, 도장되지 않아야 순화율을 높일 수 있다.
- 육묘 완료 규격은 초장 150~200mm, 5~6마디로 충분한 발근이 이루어져야 한다(그림5-3).

6절. 기내 CLONE묘 산업화를 위한 국내생산 경쟁력 비교

1. 종묘공급 농가의 재배성적 및 종묘 성능 비교 검토

- 숙근류 용담 조직배양묘를 농가 공급하였을 때 (15,000주/1회) 순화율 100%로 재배상태가 양호했으며, 국내배양으로 수입종묘에 비하여 가격이 저렴하였고, 수입과정에서 발생하는 스트레스를 감소할 수 있어 육묘율이 매우 좋았다(표 6-1).
- 팔레놉시스 종묘는 현재 중국 및 대만에 잠식되어있는 상태로, 대부분(90%)이 수입되고 있으나, 국내품종이 육성되면서 국내생산과 품종보호의 필요성이 증가하였다.
- 팔레놉시스의 국내생산가격이 매우높아, 종묘생산에 어려움이 많고, 중국종묘에 대해서는 경쟁력이 매우 낮다.
- 그러나, 품종으로 경쟁하였을 때 충분히 중국 및 대만묘를 넘어설 수 있어, 향후 종자생산 단가를 낮출 수 있는 방법이 개발되어야하고,
- 지속적으로 신품종이 개발되어 국내육성품종을 선호할 수 있는 체계 구축되어야하고,
- 2017년 10월 난류 대미 수출 검역타결과 함께 수출기회가 확대되었으므로, 지속적인 균일 묘 생산 시스템 확대와 생산비 절감방안을 모색하여야할 것으로 생각된다.

표 6-1. 수입묘 및 국내 생산묘 공급가격 및 종묘 성능비교

	가격(주/원)		육묘율		경쟁력
	국내	수입	국내	수입	
숙근류(용담)	600	1,200	100%	95%	. 가격, 순화율
난류(팔레놉시스)	1,200	1,500	100%	100%	. 가격, 품종

2. 산업화를 위한 종묘생산 원가 및 현실적 공급가의 비교 검토

가. 숙근 및 초본류

- 숙근초는 초대 배양후 대량증식까지 4~5회 증식으로 20,000 ~ 50,000주 생산이 가능하여 300원 전후로 생산이 가능하나(표6-2),
- 품목당 국내 시장이 좁고, 시장 기호성이 높은 신품종이 없어 네덜란드 등 화훼 품종 선진국의 종묘를 수입해서 사용하는 경우가 많다.
- 현재 국립원예특작과학원 화훼과에서 신품종 육성이 활발하게 이루어지고 있어, 향후 개발된 국가육성품종의 통상실시 및 전용실시를 통하여 숙근, 초화류의 제한요인인 품종의 문제를 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

나. 팔레놉시스

- 팔레놉시스는 난과작물중 산업화가 가장 늦게 진행되었고, 기내 종묘생산도 가장 까다로운 작물중 하나로, 증식방법(PLB, 부정아)에 따라 배양변이가 많이 발생하는 작물이다.
- 팔레놉시스는 CAM 식물로 생육도 매우 늦어 1회 계대배양 기간이 평균 75일(증식배양)이며,
- 발근배양은 1회에 150일이 소요되며 2회 발근 안정화를 통하면 발근단계만 300일 필요할 만큼 매우 긴 시간을 요구한다.
- 증식율도 2~2.5배로 매우 낮은 편으로 대량생산에 비용이 많이 필요한 작물이다(그림5-2).
- 팔레놉시스는 초대배양부터 기본묘 증식까지 4회이상 필요하고, 기본묘로부터 20,000주 생산에 다시 2회의 증식배양과 2회의 발근배양이 필요하여 국내생산시 최소 600원 이상의 생산비가 소요된다(표6-2).
- 타 작물에 비하여 생산비가 많이 요구되는 작물로 중국 수입종묘에 밀려 국내생산이 거의 이루어지지 못하는 실정이나, 신품종 개발 시 해외 특히 중국으로 OEM 생산의뢰 할 경우 품종보호가 거의 불가능한 상태로 국내 경쟁력있는 종묘생산 체계가 확립되어야한다.

다. 목본류

- 목본류 기내배양은 조직배양산업에서 블루오션에 해당하는 작물로 기내배양이 어려운 것으로 알려져 왔고, 발근, 순화까지 기내 식물생산에 제한요인으로 작용하고 있다.
- 그러나 블루베리와 같은 관목의 생산을 생산효율이 매우 높은 작물이나, 품종이 제한요인으로 작용한다.
- 사과왜성대목은 품종보호권은 소실된 상태로 국내 대량생산에 로열티 문제는 발생하지 않으나, 초대배양으로 기내 배양료 세팅이 까다롭고, 순화가 매우 어려운 작물이다.
- 본 과제를 통하여 ICT적용으로 환경조절을 통하여 순화율을 향상시킬 수 있었으며, 목본류는 수입시 검역조건이 까다로워 국내생산에 이점이 많은 작물이라 할 수 있다.
- 또한 다양한 화목류로 적용이 가능하여 목본류의 조직배양산업은 전망이 밝은 분야라고 할 수 있다.

표6-2. 작물별 조직배양묘의 생산비 및 소비가 유통가격

	소비자 유통가격(단위:원)				In Vitro 묘 생산비		제한요인
	in vitro plants		Plug seedling		국내	수입	
	국내	수입	국내	수입			
숙근,초본	400~600	800~1,000	-	-	300	100	◦ 품종 ◦ 인건비
팔레놉시스	600~800	800~1,200	1,200~1,500	1,500~1,700	600	200	◦ 품종,기술력 ◦ 인건비
사과 왜성대목	800~1,000	-	1,200~1,600	-	400	-	◦ 품종,기술력 ◦ 인건비

- 초본류는 용담, 난류는 팔레놉시스, 목본류는 사과 왜성대목을 예시로 작성하였다.
- 2019년 최저임금 8,350원 적용
- 생산비는 중국을 중심으로 추정하였다.
- 품종은 네덜란드, 대만을 중심으로 판단하였다.

3. 초본류의 기내발근 및 기외발근에 따른 경제성 및 효율성 분석

- 초본류 및 숙근류는 발근기간이 3~5일로 매우 짧은 시간내 발근이 가능하다.
- 이러한 특징을 이용하여 최종 발근단계에 순화와 발근을 동시에 진행하면 생산효율을 극대화가능하다.
- 증식최종과정에서 기내발근을 생략하고 순화발근진행하면, 생산비는 기내발근과 순화를 진행하는 과정에 비하여 1/2가격으로 낮출 수 있다(표 6-3).
- 그러나 기내배양 식물체의 균일도가 낮아 버려지는 식물이 많고, 발근 및 순화완료율이 낮았다.
- 기내발근에 오아시스 블럭을 이용할 경우 발근후 간단한 이식과정으로 순화를 완료할 수 있고, 최종단가 및 균일도가 매우 양호했다.
- 일반적으로 초본류 및 숙근류만 기내발근과정을 생략할 수 있었으나, 발근시간이 오래걸리는 목본류(15~20일)는 기내발근과정을 생략하기 어려웠으나,
- 기내 오아시스발근은 목본류까지 적용가능해 오아시스 기내발근은 조직배양 산업에서 최종 발근단계로 다양하게 이용이 가능할 것으로 생각된다.

표6-3. 발근방법 및 배양배지에 따른 기내묘 생산비

	기내발근(원/주)		순화발근(원/주)		발근율	최종단가(원/주)		균일도
	작업량	단가	작업량	단가		계산식	단가	
기내발근	1,050주/1인	76	500주/1인	160	82%	236+18%=	278.48	85%
순화발근	-	-	800주/1인	100	73%	100+27%	127.00	75%
오아시스큐브 기내발근	1,050주/1인	76	1,500주/1인	53.3	98%	129.3+2%=	129.36	98%

• 2019년 최저임금 8,350원에 제비용을 적용해 시간당 10,000원 으로 계산하였다.

4. 기내 clone묘의 수출가능성 타진

- 고유품종의 생산보다는 카피생산에 주력했던 국내 조직배양산업은 1990년대 초반 품종 로열티 분쟁이 발생되면서 전면적으로 와해되어 극소수의 배양실만 존재하며 생산기반도 와해 되었다 할 수 있다.
- 1990년대 국내육성 화훼품종이 전무하였고, 대부분이 수입품종, 수입종묘에 의존하여 화훼재배가 이루어졌다.
- 현재(2018년) 프리지아는 국산품종 재배면적이 60%가 넘고, 거베라, 장미, 국화, 난류 등의 신품종이 지속적으로 소개되고 농가에서 호평을 받고 있어, 이러한 기회는 화훼산업이 성장할 발판으로 만들어야한다.
- 민간 및 직무육성 국산품종이 활성화되면서 국가적 차원에서 국산품종 보급을 확대하고, 종묘생산도 체계를 갖춰가고 있어 향후 국내 시장뿐 아니라 세계시장을 겨냥해볼 만한 시점에 왔다(표 6-3).
- 앞서서도 언급했듯이, 우리나라는 인건비와 신품종이 종묘생산의 제한요인으로 작용하고 있다.
- 싼 인건비를 이용하여 네덜란드 등 유망품종 보유국가에서 OEM 생산을 의뢰하는 형태인

중국, 베트남, 인도 등은 인건비가 10배 이상 저렴하여 국내 화훼 종묘산업은 유망 품종을 보유하지 못한 상태에서의 조직배양 산업은 경쟁력이 없다고 할수 있다.

- 팔레놉시스 역시, 대만의 생산력과, 매년 쏟아지는 신품종에 경쟁하기 어렵고, 중국의 무분별한 카피와 저가 생산에 어려움이 많지만, 우리품종에 대한 국내시장 보호 및 해외시장으로의 진출을 꾸준히 추진하여야한다.
- 2017년 10월 난류 대미수출 검역면제가 타결되면서 대만과 같이 재배매체 그대로 수출길이 열려있어 수출에 대한 준비를 철저히 하여야하고, 수출에서 발생하는 병해충 관리는 본 연구에서 개발된 ICT 생산이력 관리 등의 프로그램을 통하여 철저하게 재배 관리될 수 있을 것으로 사료된다.
- 호주는 미국과 같은 검역조건이 타결되면 동일한 조건으로 수출 가능하여, 2019년 팔레놉시스 기내 순화묘 호주 수출수수 18,200\$을 수수하였다.
- 또한 난류 미국수출용 검역면제용 수출온실(2,800m²)을 구축 하였다.
- 사과왜성대목과 같은 과수류는 국가 간 수출입이 매우 어려운 작물로 국내 우량묘 생산체계를 구축하여 국내 시장을 확보하고, 바이러스 무병묘로서 고품질화하면 수출이 충분히 가능할 것으로 보인다.

표 6-3. 조직배양을 이용한 clone묘 국내생산 SWOT 분석

내적요인		강점(S) - 기술력 - 신품종(민간/직무육성품종)	약점(W) - 신품종 - 생산비/자본력/기술력
외적요인			
기회(O)	. 대미수출타결 . 신품종 . 국내육성품종 보급촉진	<u>1. SO 전략</u> . 유망 국산품종으로 국내 보급확대로 수입 대체 확대 . 수출확대 : 미국, 호주, 러시아 등 . 배양기술 및 생력화 . 품종수출과 생산	<u>2. WO 전략</u> . 배양기술 및 생력화 . 지속적 신품종 개발 . 고품질 전략
위협(T)	. 중국업체 . 인건비 상승 . 시장축소	<u>3. ST 전략</u> . 배양기술 및 생력화 . 국산품종 및 국내생산의 장점확대 . 민간/직무 신품종 개발	<u>4. WT 전략</u> . 신뢰하는 OEM 생산국 선정 . 전략적 제휴로 수출확대 . 자국생산과 해외생산 이원화

5. 표준공정을 활용한 사업화

- 이상과 같이 기내배양묘 생산의 표준공정 개발을 통하여 기내 클론묘의 산업화 기초를 마련한 것으로 사료된다.
- 조직배양에 의한 클론묘의 대량생산은 기내배양 기간이 최소 12개월 이상 36개월까지 기내에서 배양이 이루어지는 경우가 많다. 이렇게 장기간의 배양에서 배양공정이 개발되어 있지 않을 경우, 방향성을 잃어 2~3회의 오류를 범한다 하여도 종묘 생산 기간이 대폭 길어지는 현상이 발생된다.
- 표준공정의 개발은 조직배양과정에서 발생하는 병목현상 발생 지점을 정확히 파악하여 그 해결점을 제시하는데 의미가 있다.
- 그러므로 각 작물별 특성에 따른 표준공정의 개발은 표준공정에 따른 배양으로 불필요한 배양기간을 단축할 수 있고, 불필요한 기내배양을 줄임으로서 인건비 및 생산경비를 절약

할 수 있고, 장기간의 기내배양에서 발생할 수 있는 체세포변이의 가능성을 줄일 수 있어, 기내배양 표준공정 확립은 종묘생산에 가장 중요한 요인으로 사료된다.

- 본 표준공정을 통하여 숙근초, 난류, 목본류에 대한 기내 대량생산 및 종묘생산이 이루어지고 있고,
- 작물별 기본 표준공정을 통하여 다양한 숙근초, 난류, 목본류에 적용하여 종묘생산이 가능할 것으로 사료된다.

6. 영양계 육묘 규격의 활용, 확산 방안

- 표준 육묘규격은 최종 산물을 생산함에 있어, 육묘과정중 다음 스텝으로 넘어갈 때 가장 효율을 높일 수 있는 최소규격조건이며,
- 종묘의 최종규격은 농가에서 영농을 원활히 수행할 수 있는, 즉 표준규격의 종묘를 농가에서 재배하였을 때 가장 수익을 많이 낼 수 있는 조건의 최종 출하규격을 제시하는 것이다.
- 농림축산식품부는 육묘산업 발전대책으로 체계적인 육묘관리 시스템 구축, 우량묘 생산기반 조성, 우량묘 유통 및 소비 활성화를 주요 내용으로하는 '육묘산업 발전대책'을 마련하고 있으며, 그동안의 무분별한 육묘장의 체계화를 위한 신규 육묘산업 종사자는 소정의 육묘업 교육과정을 이수하여야한다.
- 이러한 교육의 대상은 주로 채소종자를 육묘하는 육묘장 운영자를 중심으로 이루어지고, 영양계 번식작물에 대한 교육은 전무한 실정이며, 영양계묘에서 표준규격은 존재하지도 못한 실정에 있다.
- 영양계 작물의 종묘 생산은 번식과 육묘가 병행되어야 하는 특징을 가지고 있어 육묘산업에서 가장 까다로운 작물이라 생각되며, 육묘업 등록을 위한 교육과정에 영양계묘의 표준에 대한 과정을 도입하여 영양계묘 생산을 활성화 할 수 있는 계기를 마련하고자 한다.
- 또한 조직배양을 이용한 숙근초 용담, 난류 팔레놉시스, 목본류 사과왜성대목, 블루베리 종묘생산에 규격묘 생산에 활용되며, 향후 생산되는 종묘 규격의 지침으로 사용될 것이다.

7절. 사업화성과 및 매출실적

1. 사업성과

- 기술이전(자체실시)1 : 통기성이 극대화된 전면관수 재배통(출원번호 10-2017-014700)
→ 2018년 사업화(팔레놉시스 종묘) 30,000주 57,000,000원
- 기술이전(자체실시)2 : 모바일제어 시스템 및 모바일 센싱서비스
(프로그램등록 제C-2018-038654, 제C-2018-038617호)

2. 사업화 계획 및 매출실적

- 사업화 대상 1 : 통기성이 극대화된 전면관수 재배통(출원번호 10-2017-014700)

항 목	세부 항목	성 과
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3
	소요예산(백만원)	70,000,000

	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			0.57	3.6	6
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내			
	국외				
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		작물별 개발된 SOP와 ICT적용 순화/육묘 system 실증 및 구현		
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)				
	수 출				

○ 사업화 대상 2 : 농산물 생산을 위한 표준작업공정의 전파와 관리시스템
(출원번호 : 10-2018-0167294)

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3			
	소요예산(백만원)	400,000,000			
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
				0.5	1
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내			
	국외				
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		양산형 제품에의 개발 계획		
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)				
	수 출				

제 3 장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

1절. 목표

- 기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축
- 작물별 기내 최종 배양묘 규격조건 구명 및 순화율 향상 조건 구명
 - 기내 배양 stage별 배양환경 조건 구명
 - 기내 최종 발근조건 구명
 - 순화율 향상을 위한 순화실 환경조건 및 전처리 조건 구명
 - 수화율 향상을 위한 기내묘 표준규격 제시
- 목본류/난류/초본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP개발
- Microponic system을 이용한 작물별 순화/육묘 환경조건 구명
 - 팔레놉시스 순화와 육묘 환경구명
 - 사과 왜성대목 M9의 순화와 육묘 환경 구명
 - 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석
- 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발
 - 센싱서버 개발
 - 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현
 - 표준작업 공정에 따른 SOP 공정알림 시스템 개발
 - 광원의 스펙트럼분석 및 전력사용량의 조사

2절. 목표 달성여부

연구개발 목표	달성도	평가기준 및 달성내역
○ 기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축	100	- 작물별 환경조건, 표준규격을 적용한 ICT 순화/육묘공정 모니터링 시스템 및 스케줄 관리 시스템 확립
○ 작물별 기내 최종 배양묘 규격조건 구명 및 순화율 향상 조건 구명	100	- 팔레놉시스 기내배양 단계별 배양환경 및 종묘 규격조건 구명 - 사과왜성대목 기내배양 단계별 배양환경 및 종묘 규격조건 구명 - 순화율 향상을 위한 최종 발근 배양조건 구명 및 최종 배양묘 규격조건 구명
○ 목본류/난류/초본류 기내 클론묘 산업화를 위한 표준규격 및 SOP개발	100	- 숙근/초본류 기내 클론묘 생산 표준규격 및 SOP 개발 - 난류:팔레놉시스 기내 클론묘 생산 표준규격 및 SOP 개발 - 목본류:사과왜성대목 기내 클론묘 생

<p>○ Microponic system을 이용한 작물별 순화/육묘 환경조건 구명</p>	<p>100</p>	<p>산 표준규격 및 SOP 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 팔레놉시스와 사과왜성대목 ‘M9’의 순화 육묘환경을 구명 - 팔레놉시스에서는 순화와 육묘 온실 환경 구명, - 지상부(습도와 공기주입유무), - 지하부(배지종류, EC) 등의 환경요인에 따른 생육, 환경요인과 묘소질 특성 구명, - 고온기 불량환경에서의 묘소질 분석 - 사과 ‘M9’은 지상부(온도, 광), 지하부(배지종류, EC, 배지 조성, 근권 용량 등) 환경요인에 따른 생육 구명
<p>○ 클론묘 순화/육묘공정 및 스케줄관리 시스템의 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 센싱서버 개발 - 원격지 응급제어 및 화상 송출 시스템 구현 - 공정알림 시스템의 개발 - 광원의 스펙트럼분석 및 전력 사용량의 조사 	<p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 모바일 센싱서버 개발, 통합 DB 서버의 구현, DB 관리 프로그램 개발, 센서-서버 일체형개발 (소프트웨어 1건 등록) - 제어서버 개발, 원격 환경제어 시스템의 구현, 제어신호 강제 취득 방법구현, 화상송출 서버 구현 (소프트웨어 1건 등록) - 스케줄러 시스템의 개발(특허 1건 출원) - 광원 스펙트럼분석, 운용 전력량 조사

제 4 장 연구결과의 활용계획 등

1. 예상 활용분야 및 활용방안

- 육묘산업 육성정책에 대비한 영양계묘 육묘의 SOP 및 표준규격의 활용
- 작물별 환경조건, 표준규격을 적용한 ICT 순화/육묘공정 모니터링 시스템 및 스케줄 관리 시스템을 적용한 클론묘 순화/육묘 체계 보급 및 활용
- 표준화된 육묘, 순화공정에 따른 SOP 알림 시스템을 이용하여 작업자에게 일관된 작업을 유지하게 하므로 양산성 증대 및 고품질 묘 생산에의 기대
- 환경계측 big data와 묘소질 생체정보 연관성 분석을 통한 재배관리 활용
- 축적된 big data와 추가 실험을 통해 논문 투고
- 조직배양묘 순화-육묘 공정의 단독형 센싱서버개발로 현장 관리 편의성 증대
- 센싱서버 내 요소별 관제점의 범위 이탈시 실시간 알람 발생 및 전달로 구역 관리의 정밀성 증대
- 공정전파시스템 적용에 따른 다수개의 공정 관리 및 작업지시 편리성 증대
- 신호 강제취득 제어방법의 접목으로 저비용 원격제어기로의 변화 방법 확보

2. 추가 연구의 필요성, 타 연구에의 응용, 기업화 추진방안, 기술이전 등

- 작물별 SOP와 ICT적용 순화/육묘 system 실증 및 구현
- ICT 시스템 상용화 및 양산제품 개발 필요
 - 모바일서버용 센서모듈의 개발이 필요.
 - 전자 부품등의 방수 방오 방열에의 전용 하우징 디자인 개발 및 제작 필요.
 - 공정전파관리시스템의 추가 기술을 적용한 후속 연구에의 진행이 필요.
 - 프로그램의 개발에 따른 내부 보안성 연구 및 운영체제와의 운용 안정성에의 실증이 필요.

3. 성과

- 특허출원
 - 통기성이 극대화된 저면관수 재배통 (출원번호 10-2017-0147000)
 - 농축산물 생산을 위한 표준작업공정의 전파와 관리 시스템(출원번호 10-2018-0167294)
 - 화분 운반용 포장모듈(출원번호 10-2018-0033763)
- 프로그램 등록(2건)
 - 모바일 제어시스템(제 C-2018-038654호)
 - 모바일 센싱서비스(제 C-2018-038617호)
- 논문 게재(2건)
 - 인공광원이 사과 대목 M.9 묘 생육에 미치는 영향, 2018, 시설원예·식물공장, 27(4), 341-348, 소은희, 안진희, 김재경, 윤여중, 박수정, 나종국, 최기영, 국내 비SCI

- Effects of Relative Humidity and Air Injection on Physiological and Stomatal Responses in Phalaenopsis during Acclimatization, 2018, 36(2), 193-201, 김재경, 나종국, 김경수, 윤여중, 최기영, 국내 SCI

○ 학술발표 (6건)

- Effect of EC concentration on apple rootstock 'M9' photosynthesis and growth, 2018, 한일 심포지엄, 김재경, 김동일, 김민지, 최기영
- Influence of Root Substrate Composition and Container Size on the Growth of Tissue Culture Propagated Apple Rootstock Plants., 2019, ASHS Annual Conference, 김재경, 윤여중, 이치원, 이형철, 최기영
- 인공상토 조성비율이 기내배양한 사과묘 생육에 미치는 영향, 2017, 한국생물환경조절학회, 안전회, 김재경, 윤여중, 신건철, 최기영
- EC농도가 기내배양한 사과묘 생육에 미치는 영향, 2017, 한국원예학회, 안전회, 김재경, 윤여중, 신건철, 최기영
- Growth characteristics of in vitro apple tree M9 seedling cultivated under various light quality, 2017, 한국원예학회, 안전회 나종국, 윤여중, 신건철, 최기영
- 습도와 공기유무에 따른 팔레놉시스순화 중 순화율과 생리적 반응에 미치는 영향, 2017, 한국원예학회, 김재경, 나종국, 윤여중, 최기영

붙임. 참고문헌

- Bakker J.C. 1991. Effects of humidity on stomatal density and its relation to leaf conductance. *Sci Hort* 48:205-212.
- Cha-um S., B. Ulziibat, and C. Kirdmanee. 2010. Effects of temperature and relative humidity during in vitro acclimatization, on physiological changes and growth characters of *Phalaenopsis* adapted to in vivo. *Aus J Crop Sci* 4:750-756
- Compton M.E. and J.M. Koch. 2001. Influence of Plant Preservative Mixture (PPM™) on adventitious organogenesis in Melon, Petunia, and Tobacco. *In Vitro Cell. Dev. Biol.- Plant.* 37:259-261.
- El-Shiekh et al. 1996. Long-term Effects of Propagation by Tissue Culture or Softwood Single-node Cuttings on Growth Habit, Yield, and Berry Weight of 'Northblue' Blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:339-342.
- Geert-Jan De Klerk. 2010. Microporpagation of alstromeria in liquid medium using slow release of medium components. *Propagaion of ornamental plants.*10(4):246-253.
- Giliberto L, G. Perrotta, P. Pallara, J.L. Weller P.D. Fraser, P.M. Bramley, A. Fiore, M. Tavazza, and G. Giuliano. 2005. Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering times, and fruit antioxidant content. *Plant Physiol* 137:199-208
- Guo, W.J., Y.Z Lin, and N. Lee. 2012. Photosynthetic light requirements and effects of low irradiance and daylength on *Phalaenopsis amabilis*. *J.Am.Hortic. Sci.*137.6: 465-472.
- Huang et al. 2015. Optimization of induction, subculture conditions, and growth kinetics of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels callus. *Pharmacogn Mag.* 11(43): 574-578.
- Jeong G.W., and B.R. Jeong. 2002. Autotrophic Growth of *Limonium* spp. 'Ocean Blue' Plantlets In Vitro as Affected by PPF, NAEH and CO₂ Concentration. *J. Bio-Environment C.* 11(3): 115-120.
- Kang, W.H., J.S. Park, K.S. Park, and J.E. Son. 2016 Leaf photosynthetic rate, growth, and morphology of lettuce under different fractions of red, blue, and green light from light-emitting diodes. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 57:573-579.
- Kim J, S.W. Kang, C.H. Pak, and M.S. Kim. 2012. Changes in leaf variegation and coloration of English ivy and polka dot plant under various indoor light intensities. *HortTechnology* 22:49-55
- Kim J.H. 1999. The nature of flower color: The nature of flower color and plant pigment. Jinsol Ltd, Seoul, Korea
- Kim, H.H, G.D. Goins, R.M. Wheeler, and J.C. Sager. 2004. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue light emitting diodes. *HortScience* 39:1617-1622.
- Kim, S.G., G.J. Bok, G.I. Lee, and J.S. Park. 2017. Growth characteristics of lettuce under different frequency of pulse lighting and RGB ratio of LEDs. *Protected Hort. Plant Fac.* 26:123-132 (in Korean).

- Kim, Y.H., and J.S. Lee. 2016 Growth and contents of anthocyanins and ascorbic acid in lettuce as affected by supplemental UV-A LED irradiation with different light quality and photoperiod. *Kor. Hort. Sci. Technol.* 34:596-605 (in Korean).
- Kubota S., T. Hisamatsu, and M. Koshioka. 1997. Estimation of malic acid metabolism by measuring pH of hot water extracts of *Phalaenopsis* leaves. *Sci Hortic* 71:251-255.
- Kwon S.W., J.H. Kim, I.K. Kang, and M.J. Kim. 2004 Effect of growth regulators and culture environment on ex vitro rooting and acclimatization of apple rootstock in vitro propagated. *Korean J Plant Biotechnol* 31:133-138. doi.org/10.5010/JPB.2004.31.2.133
- Lee S.W., and S.H. Bang. 2004. Effects of sealing materials and period for culture vessel on production of vigorous seedling in oriental orchids in vitro. *Korean J Flower Res Soc* 12:296-300
- Lee, H.B. 2015. Inhibition of premature flowering by high temperature interruption during winter season in *phalaenopsis* hybrids, Seoul University.
- Lee, J.H. 2018. Determination of media and irrigation methods suitable for young moth orchids production using a closed plant factory system, Yongnam University.
- Litwinczuk et al. 2005. Field performance of highbush blueberries (*Vaccinium* × *corymbosum* L.) cv. 'Herbert' propagated by cuttings and tissue culture. *Scientia Hort.* 106:162-169.
- Mackinney G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solution. *J Biol Chem* 140:315-322
- Miyazaki J. et al. 2010. Eradication of endophytic bacteria via treatment for axillary buds of *Petunia hybrida* using Plant Preservative Mixture (PPM™). *PCTOC.* 102(3):365-372.
- Miyazaki J. et al. 2011. Bacterial endophyte in *Macropidia fuliginosa* : its localization and eradication from in vitro cultured basal-stem callus. *Aust J Bot.* 59(4):363-368.
- Moghaddam S. et al. 2011. Optimization of an Efficient Semi-Solid Culture Protocol for Sterilization and Plant Regeneration of *Centella asiatica* (L.) as a Medicinal Herb. *Molecules.* 16(11):8981-8991.
- Sakanishi, Y., H. Imanishi, and G. Ishida. 1980. Effect of Temperature on Growth and Flowering of *Phalaenopsis amabilis*.
- Son K.H., J.H. Park, D.I. Kim, and M.M. Oh. 2012. Leaf shape index, growth, and phytochemicals in two leaf lettuce cultivars grown under monochromatic light-emitting diodes. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:664-672 (in Korean).
- Son, K.H., M.J. Song, and M.M. Oh. 2016 Comparison of combined light-emitting diodes and fluorescent lamps for growth and light use efficiency of red leaf lettuce. *Protected Hort. Plant Fac.* 25:139-145 (in Korean).
- Teiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant physiology.* The Benjamin/Cummings Publ. Co. Inc. Redwood City, USA.
- Yann et al. 2012. Investigation on the effect of subculture frequency and inoculum size on the artemisinin content in a cell suspension culture of *Artemisia annua* L. *AJCS.* 6:801-807.
- 김동용, [특허] 난의 대량 순화재배 방법, 대한민국특허청 출원번호 10-2016-0139755
- 경상대학교 시설원예연구소, [보고서] 원예작물 조직배양묘의 급속대량증식 및 순화체계개발과 실용화 시험, 농림부 최종연구보고서 194155-3
- 古在豊樹 · 林真紀夫 · 広沢祐二 · 児玉友孝 · 渡部一郎, [보고서] 植物組織培養苗の順化のため

の環境調節, 農業気象(J. Agr. Met.) 42 (4): 349-358, 1987

- 土下信人, [보고서] 苗分業時代を迎える, 組織培養苗の行方/植物組織培養の実用化小史, 日本農業学会誌20, 93-98(1995)
- 謙治 中村, 秀夫 谷本, [특허] 植物組織培養苗の培養方法及び培養装置, 日本国特許庁 出願番号 特願平5-34476
- 日本施設園芸協会, [도서] 施設園芸・植物工場ハンドブック, 農山漁村文化協会 (2015/6/3)
- (一財)社会開発研究センター, [도서] IoT・自動化で進む 農業技術イノベーション, 日刊工業新聞社 (2017/10/26)
- 中村恵二 (著), 山口大樹 (著), [도서] 最新農業の動向としくみがよ~くわかる本, 秀和システム (2018/3/28)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 **【첨단생산기술개발사업】**의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 『기내 클론묘 산업화를 위한 ICT적용 순화/육묘 체계구축』 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.