

11-15430  
00-00183  
9-01

도시농업 생산지원  
활성화 체계 (CMO) 구축  
식물재배 최종 보고서

2017

농림축산식품부

Development of a supporting system distributional  
cultivation system promoting urban farming as  
Contract Manufacturing Organization

보안과제( ), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개( )

기술사업화지원사업 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-001839-01

# 도시농업활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원 체계(CMO) 구축 최종보고서

2017. 09. 13.

주관연구기관 / 송실대학교 산학협력단 / 류희욱

농림축산식품부



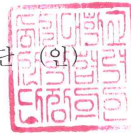
## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “도시농업활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원 체계(CMO) 구축”  
(개발기간 : 2014 . 07 . ~ 2017 . 07 .)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 09. 13.

주관연구기관명 : 숭실대학교 산학협력단 (인)



주관연구책임자 : 류희욱

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

## 보고서 요약서

과제고유번호	314016-3	해당 단계 연구 기간	2016.07 - 2017.07	단계 구분	3차년도
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	기술사업화지원사업			
연구과제명	대과제명	도시농업활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원 체계(CMO) 구축			
	세부 과제명				
연구책임자	류희욱	해당단계 참여 연구원 수	총: 17 명 내부: 6 명 외부: 3 명 학생: 8 명	해당단계 연구개발비	정부:300,000천원 민간:            천원 계:300,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 17 명 내부: 6 명 외부: 3 명 학생: 9 명	총 연구개발비	정부:900,000천원 민간:            천원 계:900,000천원
연구기관명 및 소속부서명	송실대학교 산학협력단			참여기업명	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자: 류희욱	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	



		코드번호	D-01
<p>연구의 목적 및 내용</p>			<p>1. 도시농업 관련 중소기업을 지원하기 위한 새로운 형태의 민간위탁생산조직 (CMO) 구축</p> <p>2. 도시농업 활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원체계 구축 및 Hub center 운영</p>
<p>연구개발성과</p>			<p>1. 중소기업의 도시농업 관련 농자재 사업화 지원을 위한 보급형 식물재배 시스템 생산 지원 체계(CMO) 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내 식물공장과 온실을 각각 1개소씩 구축</li> <li>- 다양한 재배시설 구축: 박막식(NFT) 수경재배 시설 4기, 분무경식 재배시설 2기, 담액경(DWC) 재배기 2기, 높이 조절형 DWC 1기, DWC/NFT 융합형 재배기 1기, 광원 조절형 NFT 1기 육묘기 2기 등</li> <li>- 분석시설 구축: UV/Vis spectrophotometer 2기, Clean bench 2 기 (무균실), 멸균기 1기, LC 1기, 양이온 IC 1기, 음이온 IC 1기, GC-FID 1기, GC-FPD 1기, EC 1 기</li> <li>- 3D Printer 이용 시제품 생산기반 구축: 3D printer 10 중</li> <li>- 작물별 광량 최적화 시험 장치 1 set</li> </ul> <p>2. 도시농업용 적정 식물 선정 및 식물 재배기술 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 허브류(5종): 스위트바질, 페퍼민트, 파슬리, 오르가노, 타임</li> <li>- 엽채류(10종): 케일, 잎쌈배추, 아시아적겨자, 청경채, 로메인, 엔다이브꾸오르, 레드캐피탈, 버터헤드레터스, 다채비타민, 트레비소</li> </ul> <p>3. 중소기업 수요를 반영한 소규모 보급형 식용·관상용 식물재배 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보급형 재배모듈 디자인 5종</li> <li>- 재배모듈 시제품 4종 개발</li> </ul> <p>4. 재배시설의 ICT 기반 제어 시스템 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재배환경 제어용 무선 인프라 최적화</li> <li>- 무선 원격검침용 UI 및 제어용 앱 개발</li> </ul> <p>5. 도시농업 장려를 위한 Hub Center 구축</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CMO를 위한 위탁생산 협력업체 구성 및 운영</li> <li>- 기술지원단 운영</li> <li>- 도시농업관련 정책자문 활동</li> <li>- 홍보 및 교육 지원단 운영</li> <li>- CMO hub Center의 구축 설비를 활용한 비즈니스 모델 도출</li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CMO 시설을 (1) 생활과학과 문화교육, (2) 도시농업 전문가 양성, (3) CMO hub 센터의 시설 및 장비 활용, (4) 생산기반 시설 활용, (5) IoT 관련 사업, (6) 식물 재배기와 디자인 등 다양한 분야에서 활용할 예정입니다.</li> <li>▪ CMO 시설을 도시농업 사업자와 예비창업자의 Test-bed 로 활용하여 도시농업 관련 산업의 육성에 기여</li> <li>▪ 소외계층, 학생, 지역주민 등 지역사회를 위한 다양한 CMO 활용 프로그램을 개발 및 운영 예정</li> <li>▪ 기능성 작물이나 고부가가치의 특용작물 중심으로 IoT 기반의 재배기술을 집중 연구하여 재배기를 통한 대량 생산기술의 개발을 추진할 예정입니다</li> </ul>				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>도시농업</p>	<p>보급형</p>	<p>기업맞춤형</p>	<p>식물재배시스템</p>	<p>허브센터</p>

## < SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establishment of a new type of private Contract Manufacturing Organization (CMO) to support urban agriculture-related small and medium enterprises (SMEs)</li> <li>2. Establishment of the pro-supporting system of plant culture system to activate the urban agriculture and operation of CMO hub center</li> </ol>		
Results	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establishment of a supporting system (CMO) for production of Entry-level plant culture system in Urban agriculture <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establishment of one plant factory and one greenhouse</li> <li>▪ Construction of various hydroponic cultivation facilities: four Nutrient Film Technique (NFT) systems, two areophonic systems, two Deep Water Culture (DWC) systems, one height adjustable DCW, one DCW / NFT convergence-type culture system, one light source control type-NFT, two seedling grower, etc.</li> <li>▪ Analysis instruments construction: two UV / Vis spectrophotometers, two clean benches (sterile room), one sterilizer, one liquid chromatography, one cation-ion chromatography, one anion-ion chromatography, two gas chromatography (FID &amp; FPD), one electric conductivity</li> <li>▪ Construction of prototype production infrastructure using 3D printer: ten 3D printers</li> <li>▪ Construction of prototype production infrastructure using 3D printer:</li> <li>▪ Optimum light quantity testing device: 1 set</li> </ul> </li> <li>2. Selection of urban agriculture plants and support of plant cultivation technology <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herbal (5 kinds): Sweet Basil, Peppermint, Parsley, Organo, thyme</li> <li>▪ Leafy vegetables (10 species): Kale, Chinese cabbage, Asian Mustard, Cheonggye Cheese, Romaine, Anne Dive Cure, Red Capital, Butterhead Letters, Vitamins, Treviso etc.</li> </ul> </li> <li>3. Development of small-scale plants cultivation system reflecting demand for SMEs</li> </ol>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Developed 5 kinds of low-priced household plant cultivation module design.</li> <li>▪ Developed four kinds of prototype module: Registration of design patent</li> </ul> <p>4. ICT-based control system of plant cultivation facility</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimization of wireless infrastructure for cultivation environment control</li> <li>▪ Development of an ICT-based monitoring and control system using various platforms such as aduino, communication shield, and sensor.</li> </ul> <p>5. Establishment and operation of CMO Hub Center for urban agriculture promotion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composition and operation of contracted production partnership for CMO</li> <li>▪ Operation of technical support team</li> <li>▪ Policy consulting activities related to urban agriculture</li> <li>▪ Operation of public relations and education support team</li> <li>▪ Presenting a business model that utilizes the facilities of CMO hub center</li> </ul>				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizing CMO facility in various fields such as fields such as (1) Life science and culture education, (2) Training urban agriculture experts, (3) utilization of facilities and equipment of CMO hub center, (4) utilization of production infrastructure, (5) IoT related business, (6) Development and design of plant grower, etc.,</li> <li>▪ Utilizing the CMO facility as a test-bed for urban farmers and pre-founders, contributing to the fostering of urban agro-related industries</li> <li>▪ Develop and operate various CMO utilization programs for the underprivileged, students, and local residents</li> <li>▪ Development of IoT-based cultivation technology centered on functional plants and high-value-added plants</li> </ul>				
Keywords	urban agriculture	distribution,	company-oriented	plant-cultivating system	hub center

## < Contents >

1. Outline of Research and Development Project .....	13
1.1. R & D Purpose .....	15
1.2. Necessity of R & D .....	16
1.3. R & D scope .....	17
2. Domestic and overseas technology development status .....	19
3. Research Contents and Results .....	29
3.1. Construction of experimental cultivation facility .....	31
3.1.1. CMO Hub Center plant plant construction .....	32
3.1.2. Establishment of CMO Hub Center Greenhouse Cultivation Facility .....	47
3.1.3. Establishment of outdoor cultivation facility of CMO Hub Center .....	62
3.2. Building infrastructure for analysis facilities and 3D printers .....	72
3.3. ICT-based monitoring and control system construction .....	81
3.3.1. Wireless network design and performance suitability analysis .....	82
3.3.2. Establishment of sensor network for growth and implementation of sending / receiving function .....	86
3.3.3. Development of UI and control app for wireless remote meter reading .....	91
3.4. Development of popular-level plant growing system .....	102
3.4.1. Strategy and method of R & D promotion .....	102
3.4.2. Method .....	102
3.4.3. Implementation System .....	104
3.4.4. R & D achievement .....	105
3.4.4.1. 1st year .....	106
3.4.4.2. 2nd year .....	115
3.4.4.3. 3rd year .....	137
3.5. Establishment of crop selection and cultivation technology for urban agriculture .....	147
3.5.1. Selection of crops for urban agriculture .....	149
3.5.2. Crop cultivation technology for urban agriculture .....	159
3.5.3. Production of major crops for urban agriculture .....	172
3.5.4. Presenting the best crops for urban agriculture .....	265
3.5.5. Commercialization using urban cultivation products .....	270

3.6. Business model using CMO facility .....	274
3.6.1. Life Science and Culture Education Project .....	275
3.6.2. Urban Agriculture Expert Training Program .....	282
3.6.3. CMO hub center facilities and equipment utilization business.....	282
3.6.4. Production infrastructure utilization social enterprise .....	282
3.6.5. IoT related business .....	283
3.6.6. Plant Grower and Design Business .....	290
3.7. Economic analysis for CMO .....	291
3.8. R & D achievements .....	296
4. Achievement of goal and contribution to related field .....	305
4.1. Goal Achievement .....	307
4.2. Contribution of related field .....	311
5. Plan to use research results .....	313
6. Overseas Science and Technology Information .....	317
7. Security level of R & D achievement .....	321
8. Research facilities registered in the National Science and Technology Comprehensive Information System .....	325
9. Implementation of safety measures in laboratories based on R & D tasks .....	329
10. Representative Research Results of R & D Project .....	335
11. Others .....	339
12. References .....	343

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의개요 .....	13
1.1. 연구개발 목적 .....	15
1.2. 연구개발의 필요성 .....	16
1.3. 연구개발범위 .....	17
2. 국내외 기술개발 현황 .....	19
3. 연구수행 내용 및 결과 .....	29
3.1. 시험용 재배시설 구축 .....	31
3.1.1. CMO 허브센터 식물공장 재배시설 구축 .....	32
3.1.2. CMO 허브센터 온실 재배시설 구축 .....	47
3.1.3. CMO 허브센터 옥외 재배시설 구축 .....	62
3.2. 분석시설 및 3D 프린터 생산기반 구축 .....	72
3.3. ICT 기반 모니터링 및 제어 시스템 구축 .....	81
3.3.1. 무선망 설계 및 성능 적합성 분석 .....	82
3.3.2. 생육관련 센서망 구축 및 송수신 기능 구현 .....	86
3.3.3. 무선 원격검침용 UI 및 제어용 앱 개발 .....	91
3.4. 보급형 식물 재배기 시스템 개발 .....	102
3.4.1. 연구개발 추진 전략 및 방법 .....	102
3.4.2. 수행방법 .....	102
3.4.3. 추진체계 .....	104
3.4.4. 연구개발 성과 .....	105
3.4.4.1. 1차년도 .....	106
3.4.4.2. 2차년도 .....	115
3.4.4.3. 3차년도 .....	137
3.5. 도시 농업용 작물선정 및 재배기술 정립 .....	147
3.5.1. 도시 농업용 작물선정 .....	149
3.5.2. 도시 농업용 작물 재배기술 .....	159
3.5.3. 도시 농업용 주요 작물의 생산 .....	172
3.5.4. 도시 농업용 최적 작물의 제시 .....	265
3.5.5. 도시 농업용 재배 산물을 이용한 상품화 연구 .....	270
3.6. CMO 시설을 이용한 비즈니스 모델 .....	274
3.6.1. 생활과학과 문화교육사업 .....	275
3.6.2. 도시농업 전문가 양성 교육사업 .....	282
3.6.3. CMO hub 센터의 시설 및 장비 활용 사업 .....	282
3.6.4. 생산 기반 시설 활용 사회적 기업 .....	282

3.6.5. IoT 관련 사업 .....	283
3.6.6. 식물재배기와 디자인 사업 .....	290
3.7. CMO 시설을 이용한 작물재배의 경제성평가 .....	291
3.8. 연구 개발성과 .....	296
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	305
4.1. 목표달성도 .....	307
4.2. 관련분야 기여도 .....	311
5. 연구결과의 활용계획 등 .....	313
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	317
7. 연구개발성과의 보안등급 .....	321
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황 .....	325
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 .....	329
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....	335
11. 기타사항 .....	339
12. 참고문헌 .....	343



---

# 제1장 연구개발 과제의 개요

---



# 1. 연구개발과제의 개요

코드번호 D-03

## 1-1. 연구개발 목적

○ 연구개발의 최종목표:

- (1) 도시농업 관련 중소기업을 지원하기 위한 새로운 형태의 민간위탁생산조직(CMO) 구축,
- (2) 도시농업 활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원체계 구축 및 Hub center 운영

구분	내용
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도시농업 관련 중소기업을 지원하기 위한 새로운 형태의 민간위탁생산조직(CMO) 구축</li> <li>○ 도시농업 활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원체계 구축 및 Hub center 운영</li> </ul>
세부목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중소기업의 도시농업 관련 농자재 사업화 지원을 위한 보급형 식물재배 시스템 생산 지원 체계(CMO) 구축</li> <li>○ 도시농업용 적정 식물 선정 및 식물 재배기술 지원</li> <li>○ 중소기업 수요를 반영한 소규모 보급형 식·관상용 식물재배 시스템 개발(기재, 양액, 종묘 등)</li> <li>○ 도시농업 장려를 위한 Hub Center 구축(학술정보 교류, 기술교류, 기술 사업화 연계, 공동연구개발, 유관 산업 인력 양성 등)임</li> </ul>



그림 1.1. 도시농업 장려를 위한 보급형 식물재배시스템 생산시설 구축의 비전 및 목표

## 1-2. 연구개발의 필요성

- 미래의 농업으로 각광받으며 새로운 형태의 도시농업 가능성으로 제시된 식물공장에 대한 연구는 국내에서 1990년대 중반부터 시작되었으며 초반의 연구는 대부분 실용화 측면보다는 연구 중심으로 산발적으로 이루어졌음
- 2009년 무렵부터 LED 광원의 개발과 더불어 산업이 발전하면서 이를 농업에 접목하고자 하는 연구 및 노력이 진행되었고 중소 벤처기업들이 앞 다투어 식물공장을 건립하고 무농약 고부가가치의 업체류 중심의 농산물을 생산하기 시작함
- 식물공장은 기상이변에 영향을 받지 않고 안정적인 신선 농식품을 공급할 수 있는 재배 시스템이며 기술적으로는 정보기술(IT), 생명공학(BT), 나노기술(NT), 환경기술(ET) 등 최첨단 산업분야와의 융복합을 통하여 실용화될 수 있는 산물로 농업 외 타분야 첨단 기술과의 접목을 통하여 환경적으로 이산화탄소 발생량을 30% 이상 감소시키면서 고부가가치의 친환경 농산물을 소비자들에게 제공한다는 것이 식물공장의 가장 큰 장점으로 부각됨
- 그럼에도 불구하고 그간의 관심도에 비하여 현재 식물공장 산업이 크게 성장하지 못한 것은 식물공장을 구성하는 핵심기술 분야가 매우 다양하고 기술을 확보한 기업들이 대부분 부분 부분 기술만을 보유하고 있어서 새로운 형태의 보급형 식물재배 시스템을 구축하기 위해서는 소재개발, 모델 개발 등을 위한 연구개발과 생산시설 구축이 별도로 필요함
- 또한 하드웨어적인 보급형 식물재배시스템 개발 뿐 아니라 시스템 맞춤형 식물(작물)의 품종개발, 무병 종묘생산, 보급형 양액개발 등의 연구개발 및 생산시설 구축도 더불어 필요함
- 매마침 2013년 농림축산식품부는 「제1차 도시농업 육성 5개년 계획」을 발표하고 지자체와 협력하여 도시농업을 위한 공간 확보에 주력하고 이에 적합한 소규모 농기구, 농자재 등의 전용자재 개발 등에 R&D 지원과 기술보급, 전문 인력 양성 및 교육 등을 지원하여 전국에 “도시농업지원센터”를 2014년 6개소에서 2016년까지 48개소로 늘리겠다는 의지를 표명함
- 정부의 적극적인 도시농업 활성화 의지를 뒷받침할 수 있도록 기 개발된 식물공장 핵심 기술을 보유한 기업들과 대학의 첨단분야 연구인력, 대내외 자문으로 구성된 “식물공장연구소” 인프라를 활용하여 도시농업 전용의 옥상, 아파트 등 개인 공간에 설치할 수 있는 ‘보급형 식물재배 시스템’ 생산시설을 구축하여 보급할 필요가 있음
-

- 현재까지 보급형 식물재배 시스템 제작 사례(KCF-가정용 제품, 한국시티팜)가 있으나 기업이 영세하여 다양한 모델을 개발, 생산하여 보급하지 못하였으므로 본 과제를 통해 구축된 생산시설로 또 다른 형태의 식물공장 신산업 창출(소형 보급형 가정용 식물공장 시스템 사업)을 유도하여 경제적 효과를 높일 계획임

### 1-3. 연구개발 범위

정부가 추진 중인 도농상생 및 국민 삶의 질 향상을 위한 도시농업 육성 및 활성화에 기여하고자 도시농업용 식물재배시스템 생산 지원 체계 구축 및 도시농업용 농자재 개발을 위해 다음의 연구를 수행

1. 도시농업 보급형 식물재배 시스템 개발 연구
  - 수요기업의 보급형 소형 식물재배기 개발 또는 업그레이드를 위한 R&D 지원
  - 수요기업의 식물재배시스템 생산시설 지원 및 제공
  - 재배장소 맞춤형(육상, 아파트공간, 텃밭) 식물(작물) 재배기술 연구
  - 도시농업 적정 식물 선정 연구
2. 송실 CMO-Hub Center 구축 : 요소기술을 확보하고 있는 협력기업들의 유기적 네트워크를 구축하여 상호 win-win할 수 있도록 도시농업 Hub Center 운영
  - (기술지원) 식물재배기개발 R&D (광원, 양액, 디자인), 도시농업용 식물(작물)선정, 건전모종제공 연구, 식물재배시스템 관리기술, 재배기술 지원
  - (협력네트워크) 관련 산업종사자, 도시농업연구팀, 비영리단체 등과 네트워크 구축
  - (민간위탁생산조직) 도시농업 시스템 및 제품의 시제품을 위탁생산할 수 있는 전문 기업들로 구성된 민간위탁생산조직 구축
  - (전문인력양성) 도시농업 활성화 및 보급을 위한 지원인력 양성
3. 송실대 도시농업 CMO 운영 전략
  - (수요기업 요청) 식물재배시스템 생산에 필요한 핵심 기술개발 지원, 시제품 모듈 개발, 위탁생산 등을 주관 기관(송실대 CMO-HUB 센터)에 의뢰
  - ⇒ (송실대 CMO-HUB 센터 역할) ① 기업이 필요로 하는 요구사항을 검토, 해결 방안을 분석하고 송실대 전문가들이 R&D 지원 ② 솔루션 및 시제품 개발을 위한 전략을 수립하고 협력네트워크 참여업체 중 모듈 제공 업체들과 수요기업을 연결 ③ 분야별 기술 자문 및 시험·인증·분석을 통해 요구 사항에 대한 부합성 및 적합성을 제시
  - ⇒ (수요기업 문제해결) 기술 지원, 시제품 생산, 제품 생산시설 제공 등을 지원

[주요연구내용]

① 시제품 제작 지원

- 보급형 식물재배기 시생산 제작 지원 : 시생산 시설 구축 및 제공, 디자인 컨설팅, 협력 기업 연계하여 시생산 지원
- 시료 분석장비를 활용하여 양액 성분 분석 서비스 지원
- 시제품 테스트 장비 공동 사용
- 성능 검증 소프트웨어 공동 사용 및 모듈 개발용 계측장치 대여

② 기업 네트워크 구축 및 홍보

- 기술 교류회 운영을 통한 유관 기관 네트워크 구축
- 동종 모듈 기업 간의 정보 공유를 위한 상호 협력 플랫폼 구축
- 기업네트워크 콘소시엄 구성을 통한 정부지원 과제 공동 기획
- 모듈 기업 결과물 홍보지원

③ R&D 지원, 기술이전 및 자문

- 기술 이전, 기술 컨설팅 및 자문
- 애로기술 해결
- 특허 및 디자인 컨설팅
- 사업화 아이템 공동 발굴
- 저비용 고효율 친환경 및 제품 설계 표준화 지원

④ 맞춤형 교육프로그램 운영

- 전문가 양성 프로그램 및 학생 교육프로그램 운영
- 기술매니저 교육프로그램 운영
- 기술개발프로그램
- 공동연구 및 연구인프라 교육
- 참여 학생취업 연계를 위한 현장 인턴프로그램 운영

---

## 제2장 국내외 기술개발 현황

---





## 2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

○ 국내 동향

아래 그림 2.1은 국내 스마트팜 관련 투자 및 과제 추이를 나타내고 있으며 우리나라의 농업관련 문제점인 고령화, 기후변화, 농업인구 감소 등 다양한 문제를 해결하기 위해서는 ICT기반 스마트팜 산업에 대한 관심과 투자가 필요한 실정임.



그림 2.1 국내 스마트팜 관련 투자 및 과제 추이

※자료 : KB투자증권 “스마트팜(Smart Farm)산업 - 농업과 ICT의 융합을 통한 고부가가치 6차 산업으로 육성 필요

그림 2.2는 스마트팜에 대한 농가 인식 여론조사 결과를 나타내고 있음. 해당 여론조사 결과를 보면 초기 투자 및 관리비용 부담이 제일 큰 것으로 나타나 있음. 이를 해결하기 위해서는 ICT기반 시스템이 저렴하게 구축되어야 함. 하지만 ICT기술 사용의 어려움이 2위를 차지하고 있기 때문에 더욱 많은 정부 및 기업투자가 필요한 실정임. 결론적으로 해당 문제 때문에 환경 및 경제적인 측면에서 계속 멈춰 있는 상황임. 그 때문에 기술개발이 시급한 실정이고 스마트팜 스타트업, 관련기업 등 시장이 다른 분야에 비해 낮은 편에 속해 있음을 말해주고 있으며, 현재 활발하게 진행하고 언론에 노출되는 기업은 KT, SKT 정도로 볼 수 있음. 이를 해결하기 위해 대기업은 기업 및 학교 협력을 도모함으로 국내 농업분야의 경쟁력을 높이는 방안을 모색하는 중임.

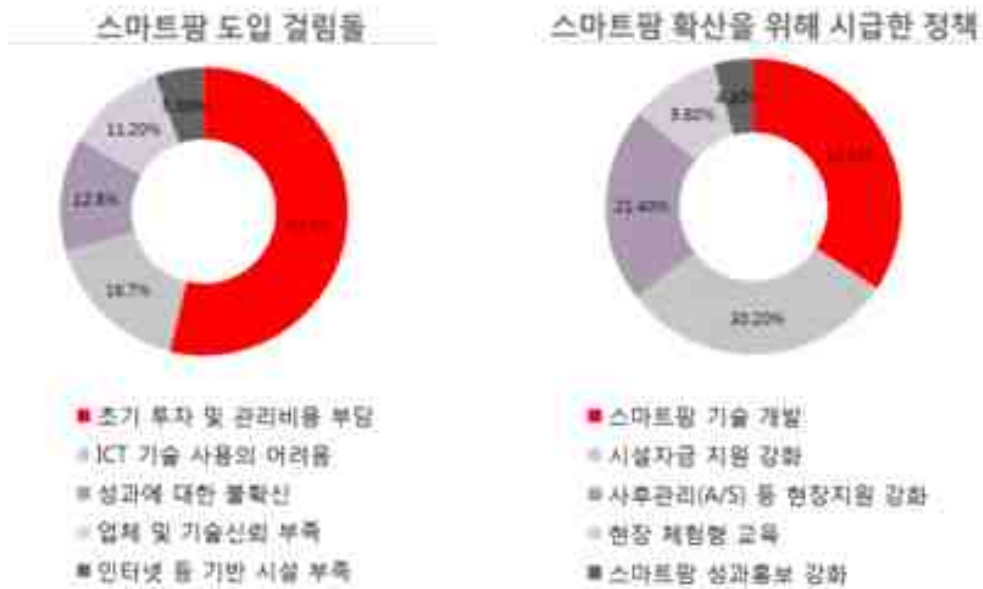


그림 2.2. 스마트팜 농가 인식 여론조사 결과  
 ※자료 : <http://it.chosun.com/news/article.html?no=2824871>



그림 2.3. 로컬푸드 직거래 통합관리 시스템 구축

- SKT와 세종시가 세종 창조마을에 중소비닐하우스형 스마트팜과 저가형·복합환경 제어형 스마트팜 시범 서비스

- ICT 융합 기술 개발 목표로 다양한 R&D 시범사업 추진 (USN, RFID, LED, GIS/GPS, QR코드 등 기술의 기반으로 클라우드, 빅데이터, IoT 등의 신기술)
- 스마트 그린하우스 도입, 로컬푸드 직거래 통합관리 시스템 구축 (스마트 그린하우스: 센서 정보 수집(온도/습도/CO<sub>2</sub> 등), 성장관리 SW(실시간 성장환경 모니터링 및 분석), 환기/난방 제어 시스템 등 기반의 복합 환경 시설원에 시스템의 구현), (로컬푸드 직거래 통합관리 시스템: 생산부터 판매까지 지원센터 담당자의 생산성 향상을 위한 경영 정보시스템 및 통합 물류 정보 시스템 구축)

○ 스마트팜 국내 기업

다음 표 2.1은 국내 스마트팜 관련 시장 기업을 나타내고 있음.

표 2.1. 국내 식물재배시스템 관련 제품 생산/공급 업체

업체	개발 및 생산제품
인성테크	도심형 식물공장, 모듈형(조립형) 식물공장, 주문제작형(쇼케이스형)식물공장, 복합형(대형) 식물공장 등
카스트 친환경 농업기술	가정용(소형) 식물공장, 대형 및 컨테이너형 식물공장, 실험용 식물공장등
태연 친환경 농업기술	업소용(중형) 식물공장, 가정용(소형) 식물공장 등
넥스트팜	가정용(소형) 식물공장, 아파트형 및 점포형(중형), 식물공장 대형 식물공장 등
파루스	중소형 식물공장 및 식물공장 LED 등
한국시티팜	가정용(소형) 식물공장, 대형 및 컨테이너형 식물공장 등
동부라이텍	식물공장 및 식물공장 LED 등
에그로닉스	식물공장 등
와이즈산전	LED 광원 및 시스템 모듈, 냉장고형 및 가정용 식물공장 등
LG CNS	식물공장 운영을 위한 IT 솔루션 및 시스템 개발 (자동화 시스템 및 센서, 소프트웨어)
카스트	가정용 식물공장 (딸기 및 토마토 등)
오디텍	식물 재배용 LED 광원 및 제어 시스템 개발, 단위 부품 및 시스템 개발
농심	모델형 식물공장 개발
다인 바이오	식물공장형 LED 기술개발, 경제성 확보연구
한국 시티팜	가정형, 냉장고형, 컨테이너형 등의 식물공장 제품화
파루	서울대와 공동으로 컨테이너형 식물공장 개발, 남극 세종기지에 식물공장 설치

(계속)

업체	개발 및 생산제품
LG 전자	지열히트펌프, 식물공장 플랜트 사업 추진
애니테크	식물공장용 LED 광원개발, 식물용 LED 사업 추진
세기 교역상사	다양한 종류의 자동화기기 개발
유양디엔유	한양대와 공동으로 LED 식물공장 시스템 개발 추진, 원격 LED 식물공장 시스템 개발
(주)맥스포	환경 및 식물재배 모니터링 솔루션 등 식물 생육진단 및 제어센서 개발
솔트웨어(주)	식물공장 통합 솔루션 개발, 도심형 식물재배 시스템 연구개발
현진조명(주)	식물 재배용 LED 상품화, 식물공장 설계 및 제작 기술 개발

※ 자료 : 2014년도 서울시 이전기술 지원사업 최종보고서

○ 해외 동향

다음 표 2.2 는 해외 스마트팜 관련 시장 기업을 나타내고 있음.

표 2.2. 국외 식물재배시스템 관련 제품 생산/공급 업체

업체	개발 및 생산제품
페어리엔젤 식물공장	연간 500만주 이상의 채소를 생산, 1주당 200엔 이하의 상품을 출시하여 식물공장 채소를 확대 보급
니치아물산	200엔 이하의 식물공장 양상추 판매
큐피(주)	식물공장 'TS-farm'을 개발하여 비용경쟁력 확보
스프레드	2008년 식물공장에 참여하여 프릴양상추, 로메인양상추, 상추 등을 생산, 대형마트나 호텔에 판매
대일본홍업	식물공장용도로 LED 광 제작 판매 (조립식), 실내에서 사용 가능하며 높이 조절이 가능하여 공간활용 극대화
(주)미라이	'Green Flavor' 식물공장은 파나소닉의 형광등을 채용하여 경쟁력을 확보, 도심에 점포 개설하고, 식물공장 시설에서 직접 재배한 채소류 판매
HortiMax	다양한 센서 및 날씨 정보를 이용하여 시설의 기상정보 예측, 시설내의 온도 편차를 최적화하는 솔루션을 제공

(계속)

업체	개발 및 생산제품
Hoogendoorn	적외선 카메라, 토양습도센서, 일사량 센서 등의 센서를 이용해 작물의 스트레스를 모니터링 가능한 시스템 이용, 시설 및 관수 자동화를 지원하고 다양한 현장 정보를 종합하여 전문가 시스템과 온라인으로 연동하여 전문적인 의사결정 지원
Priva	50년 이상의 축적된 시설 제어 기술을 바탕으로 각종센서를 기반으로 시설 내 환경을 최적으로 제어, 연동모듈 라이브러리를 통합하여 각종센서 및 제어장치 등의 다양한 모듈이 유기적으로 연동되어 최적의 제어 가능, RFID 등 첨단 기술을 이용하여 작물 수확량 모니터링
(주)후지쯔	소형채소공장, 반도체 제조기술(최적조건의 산출기술, 클린룸 관리기술, 세균관리기술), 플랜트 엔지니어링 활용, 환경제어 기술, 에너지 절약 기술, 재배환경 관리기술 활용
파소나그룹	농업 경영자 양성 'Agri-MBA 농업 비즈니스스쿨' 개설
Hortiplan	재배베드자동이송시스템(Mobile gully system) 개발
타마가와 대학	광식물생리용식물공장, 육묘용식물공장, 형질전환용식물공장, 우주농업
치바 대학	유전자변형물질연구용식물공장

※ 자료 : 2014년도 서울시 이전기술 지원사업 최종보고서

- 미국에 존디어 '시드스타 모바일'과 듀통 파이오니어의 'Pioneer Filed360 Select' SW 등 스마트 농업 관련 서비스

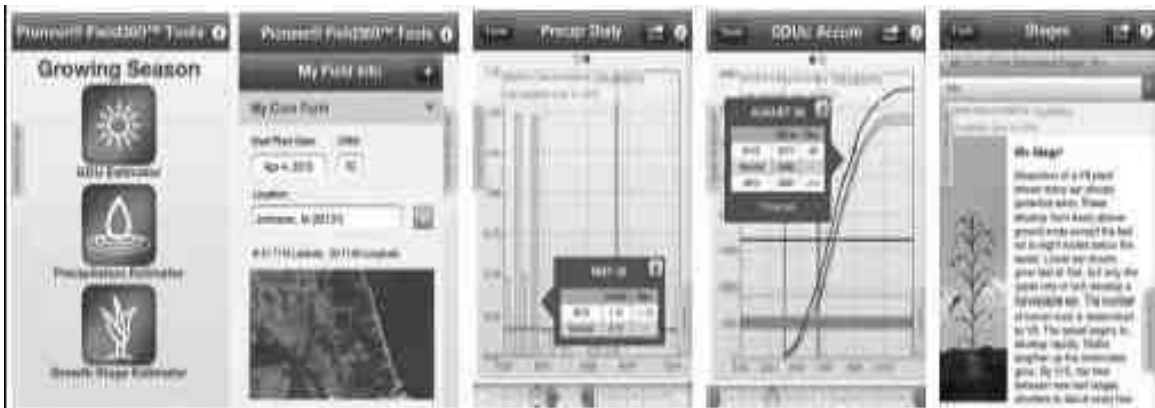


그림 2.4 Pioneer Filed360 Tools.

- 네덜란드는 ICT를 활용해 한계를 극복한 대표적인 농업 수출 국가이며, 이미지 경매와 가상 경매를 통해 24시간 접근이 가능한 온라인 직거래 시스템을 활성화시켰고,

중간 유통의 비효율성 및 불합리성을 차단

- 전자주문시스템 구축을 통해 판매자와 구매자 간 전자정보교환방식(EDI) 규격의 전자 납품서로 의사 전달, 신속 정확한 소통 및 거래 촉진을 현실화



그림 2.5. 네덜란드의 이미지경매



그림 2.6. 네덜란드의 가상경매

- 네덜란드는 각종 첨단 기술을 활용해 유럽 평균 대비 5배 높은 농업 생산성을 달성하는 등 네덜란드 농업은 ICT 선진국으로서의 위치를 점유
- 축산물과 화훼가 농업 총 생산의 74%를 차지하며, 화훼 부문은 생산량의 대부분을 수출

- 채광량, 온도, 이산화탄소 등을 컴퓨터를 통해 관리하는 첨단 하우스 설비인 하이테크 하우스(High-tech House) 기술 보유



그림 2.7. 블레이크스베이크에 위치한 유리온실



그림 2.8. 유리 온실 농장

- 일본은 2001년 e-Japan 전략, 2004년 u-Japan 전략을 거치면서 농업·ICT 융합 기반을 마련, 2011년 i-Japan 전략에서 농업을 6대 중점분야 중 하나로 선정하여, Smartagri 시스템, 영농 정보관리 시스템 등 적용 사례가 있음 (Smartagri 시스템: 농업과 관련된 여러 가지 정보(환경 생체 등) 수집, 분석 및 디지털화를 통해 식물 생육을 최적으로 제어하는 시스템)



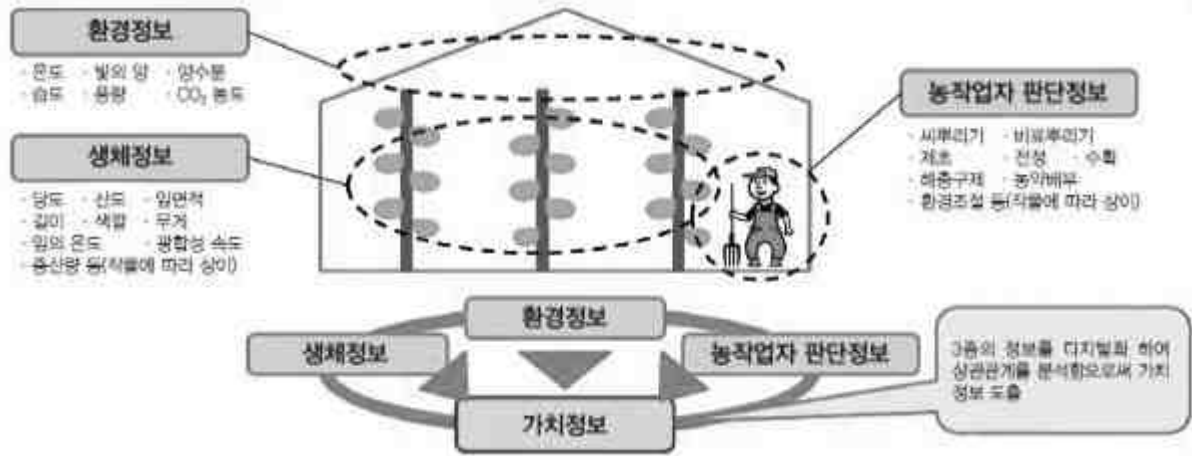


그림 2.9. Smartagri 시스템 개념도

- 이스라엘은 건조한 지역적 특성 상 첨단 기술을 활용한 다양한 농업혁신기술이 전 세계농업기술을 선도
- 점적관수(Drip irrigation) : 자정(self-cleaning) 기능, 수질 및 수압에 관계없이 일정한 흐름을 유지하는 것이 핵심기술
- 사막화 등 환경적 불리한 여건의 극복을 위해 국가 물 수송시스템 구축



그림 2.10. 점적관수



그림 2.11. 국가 물 수송 시스템

○ 센터 기술개발 현황

- 본 센터의 모니터링 기술 수준은 다른 기업에 비롯하여 동일한 위치에 있으며 경쟁력 면에서 저렴한 가격에 IoT시스템을 구축했다는 장점이 있음.
- 본 센터는 세부 기술에 자바 툴을 이용하였으며 다른 기업과 동일하게 로직을 풀어가는 방식으로 진행하였음.



---

## 제3장 연구수행 내용 및 결과

---



### 3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호

C-045

#### 3.1. 시험용 재배시설 구축

○ 연구개발 추진 전략 및 방법

연구 내용		연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>시험용 재배 시설 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시설 20 m<sup>2</sup> 1개실 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>옥상텃밭, 컨테이너형 재배시설, 실내재배시설, 가정용 재배시설 등 다양한 형태의 재배시설 및 관련시설들을 구축 및 시험 재배</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFT 재배 시설 (8 m<sup>2</sup>) 1개</li> <li>양액/배광 최적화 시험 시설 1set</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFT 재배시설 (8 m<sup>2</sup>) 1기를 설계/제작하고, 기존 시설들을 새로운 공간으로 이동하여 시설을 개선함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFT 재배시설 (8 m<sup>2</sup>) 1개</li> <li>양액/배광 최적화 시험시설 1set</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>작물별 광량 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>광량 및 광색 가변 작물 재배 시험 장치 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>적, 청, 녹색 LED를 사용한 8bit 광량, 광색 디지털 가변 작물 재배 시험장치 구축 (NFT 재배기에 광량과 광색 조절이 가능한 적, 청, 녹색 LED 구축_디밍 장치 부착</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>DWC 재배 시설 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deep Water Culture (DWC) Growing System 1 set 구축 (20 m<sup>2</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DWC 재배 시설을 구축</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시설의 ICT 기반 제어 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시설의 ICT 기반 제어 시스템 1 set</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신규 구축하는 재배시설에 재배시설의 ICT 기반 제어를 위한 제어시스템 구축</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D Printer 이용 시제품 생산기반 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품 디자인 및 3D Printer 이용 시제품 생산 기반</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시제품 생산을 위한 3D printer 시설의 구축: 연구 기관 보유 시설을 활용</li> </ul>

### 3.1.1. CMO 허브센터 식물공장 재배시설 구축

- 1차년도에 도시농업 활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원 체계인 CMO를 구축하기 위하여 옥상이 있는 2층 규모의 단독주택(대지 250 m<sup>2</sup>, 건평 560 m<sup>2</sup>)을 확보하였다. 그림 3.1.1과 그림 3.1.2와 같이 재배실 2개, 육묘실 1개, 분석기기실 1개, 사무실 1실, 회의실 1실, 광량 시험 기초시설 1실, 홍보관 등을 구축하였다.

#### 1층 (높이 : 2,200mm)

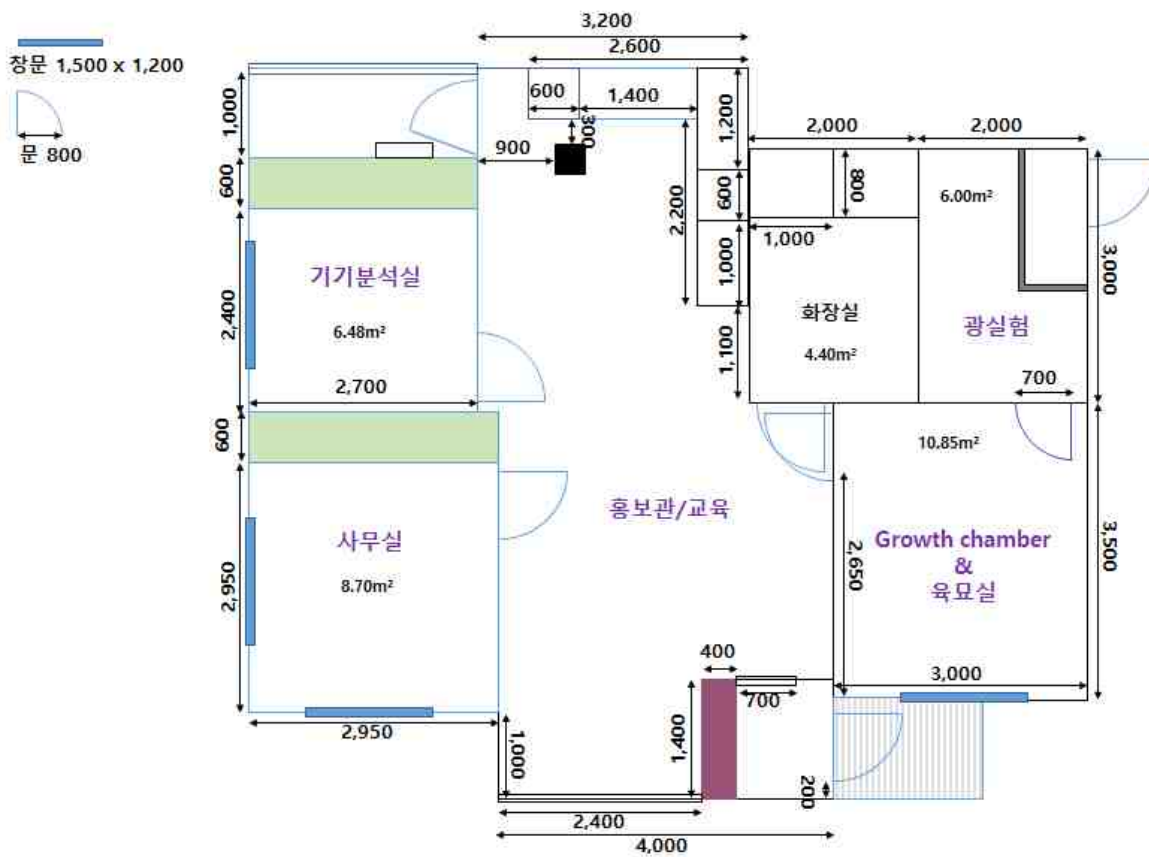


그림 3.1.1 단독주택을 CMO 구축\_1층 배치도 (1차년도).

2층 (높이 : 2,200mm)

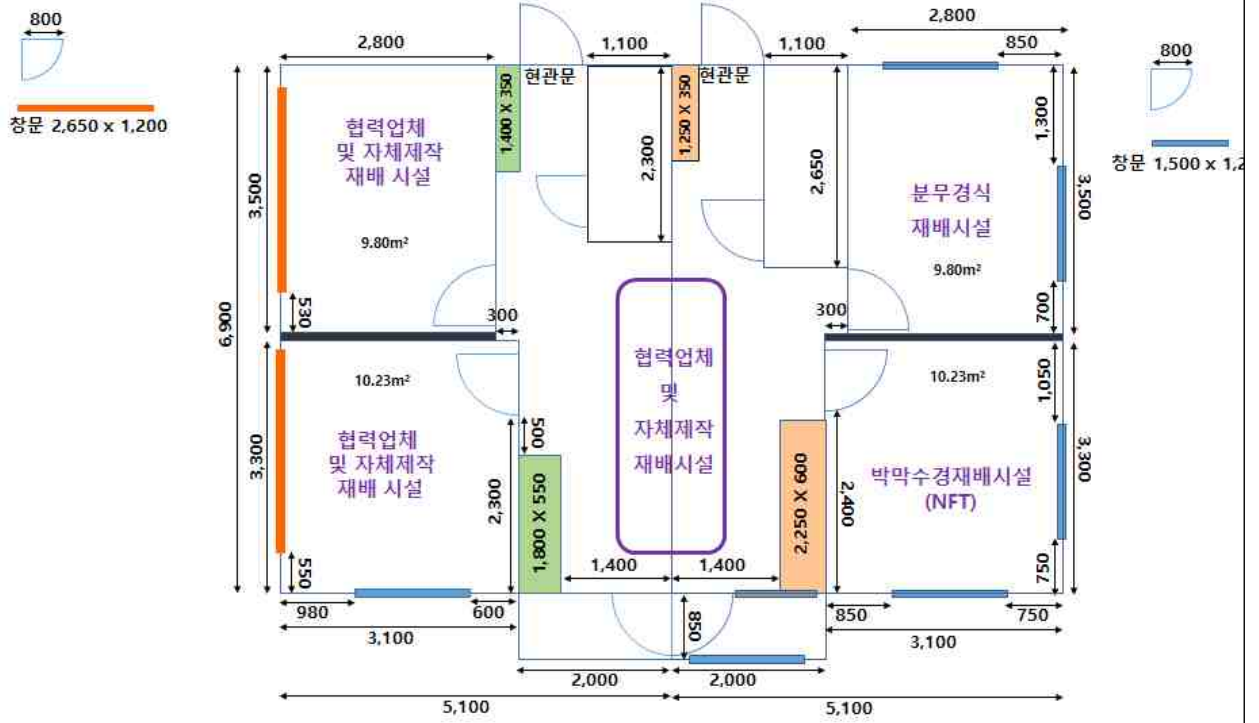


그림 3.1.2. 단독주택을 CMO 구축\_2층 배치도 (1차년도).



그림 3.1.3 재배시설과 배치 상태.

- CMO 시설의 이전 설치 (2차년도): 연립주택에 조성한 CMO 시설의 각 실의 면적이 협소하여 정상적인 시설의 운영이 어렵고, 주택 내에 설치하는 과정에서 많은 문제점들이 발생하여 이러한 문제를 해소하고 장기적으로 안정적인 CMO 시설을 구축하기 위하여 면적 120 m<sup>2</sup>인 새로운 공간을 확보하고, 이전 설치하였다. 새로운 CMO 시설의 도면은 그림 3.1.4와 같다.

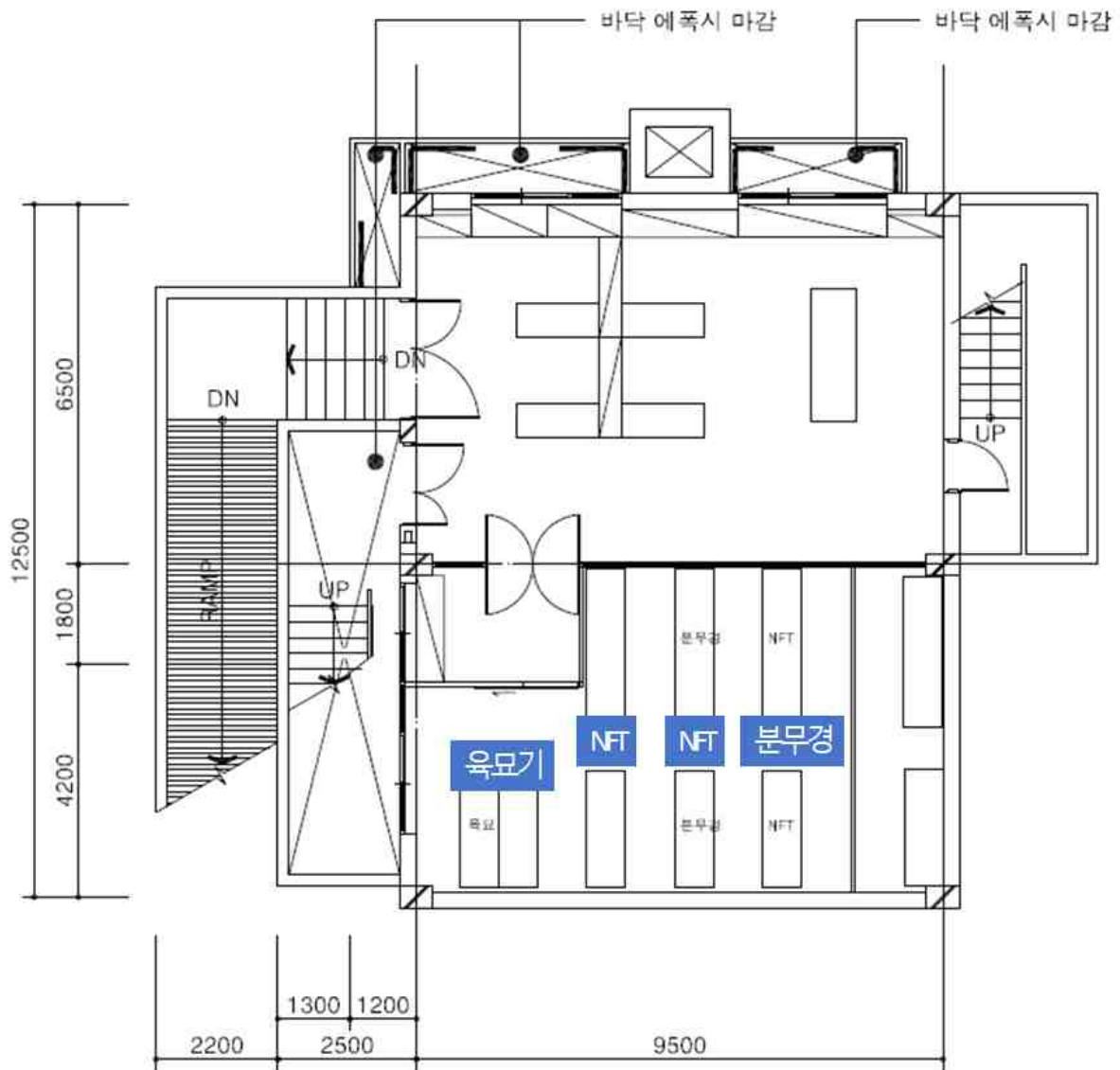


그림 3.1.4 CMO 재배시설 배치도면.

가. 도시농업 작물 육묘 재배시설

○ 육묘기는 1차년도에 1기, 2차년도에 1기씩 각각 2기를 구축하였다(그림 3.15-그림 3.1.6). 육묘기의 제원은 가로 1.65 m, 세로 0.74 m, 높이 1.6 m 로 3단으로 구성되어 있다. 1기당 1,060개 모종의 육묘가 가능하다. 2기의 육묘를 구축하여 1회에 최대 2,120 개 까지 육묘가 가능하다(그림 3.1.7). 각 육묘기에는 LED가 장착되어 있으며 생장 주기에 따라 광밀도를 조절할 수 있도록 설계되어 있다.



명 칭	LED 육묘 재배 SYSTEM
품 명	3단1열1.7M
외관 치수	가로 : 1,647mm, 세로 : 735mm, 높이 : 1,600mm
소비 전력	SET TOTAL 소비 전력 : 약 700 W
재배 방식	NFT SYSTEM (박막 수경 재배 방식)
재배 모종 수	1,060 개
양액 탱크 용량	각 단별로 130L 양액 탱크 적용
LED LAMP 수량	전장 680mm 식물재배 전용 LED LAMP 각 단별로 12개씩 3단 총 36개 적용
특징 기능	1. 타이머 적용하여, LED LAMP 최소 15분 단위 설정으로 자동 ON/OFF 설정 가능. 2. 본체 FRAME 견고하고 외관이 수려한 알루미늄 프로파일(40 x 40) 적용. 3. 당사 자체 개발한 식물 재배 전용 LED LAMP 장착. 4. 각 단별로 LED LAMP 밝기 조절 가능한 디밍 장치 장착.

LED LAMP 단품 사양	전장 치수	680 mm
	LED CHIP 비율	3 (WHITE) : 2 (RED) : 1 (BLUE) 비율
	소비 전력	DC 12V 16.7W / 1개
	PPFD/umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (광합성 광양자일도)	광밀도 측정 거리 230mm 높이 : 140 mm 간격으로 LED LAMP 세로 배열 시 180 umol 이상.
LED LAMP용 SMPS 사양	정격 입력	AC 100-240V
	정격 출력	DC 12V/22A 264W

그림 3.1.5 육묘시설 2기와 사용.





그림 3.16 식물공장에 설치된 육묘시설 2기.

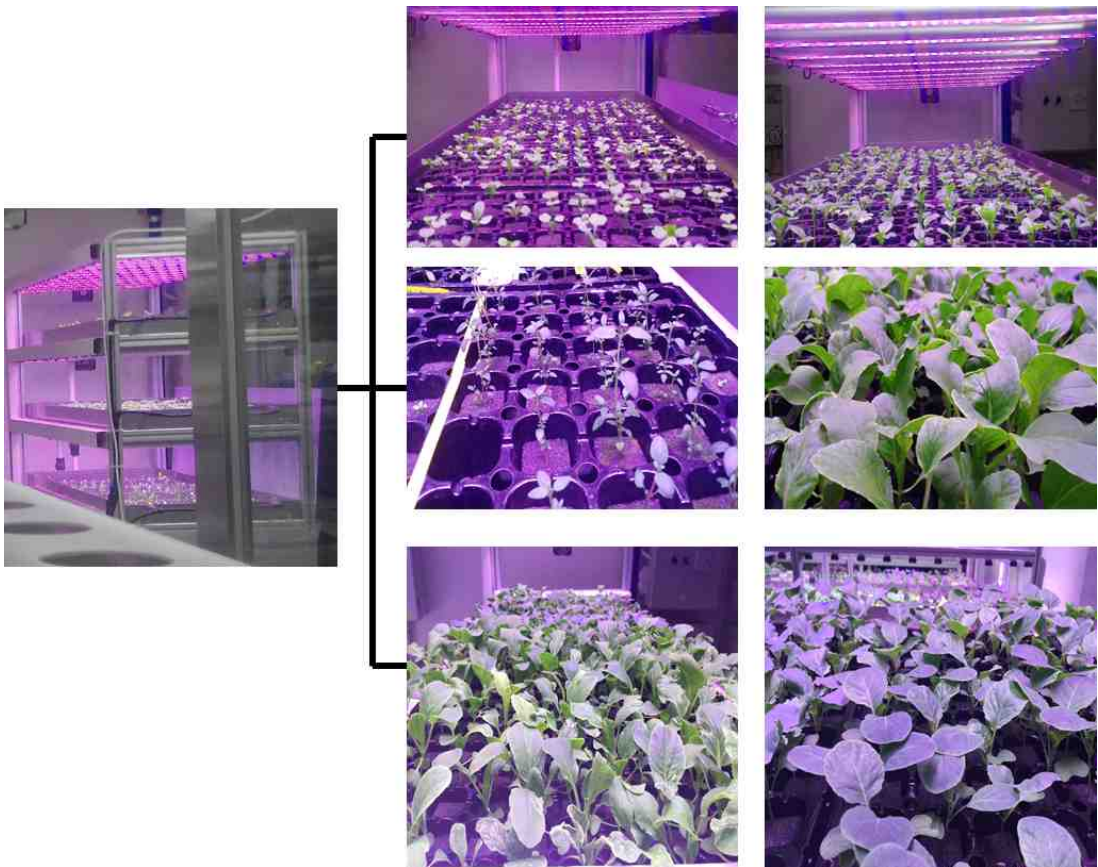


그림 3.17 육묘시설을 이용한 육묘과정.



## 나. 분무경 재배시설

- 식물공장 형태의 도시농업 활성화를 위한 재배시설로 적용 가능한 수경재배기 중 하나인 분무경식 재배기를 2기를 설계 및 제작하여 구축하였다(그림 3.1.8).
- 분무경 1호기의 제원은 0.7 m (W) x 3.2 m(L) x 2.2 m (H) 으로 3단으로 구성되어 있다. 각 단별 60 port 로 구성되어 있어 총 180 포기의 재배가 가능하다. 광원은 다양한 광원에서 시험이 가능하도록 1단과 2단은 LED이며, 상단(3단)은 형광등으로 구성되어 있다. 분무를 위한 베드 하부 수조 부분은 20 cm 깊이이며, 양액의 분무를 위해 수조 안에 3줄의 노즐이 설치되어 있다.
- 분무경 2호기의 제원은 0.7 m (W) x 2.4 m(L) x 2.2 m (H)이며, 각 단별 48 port 로 구성되어 있어 총 144 포기의 재배가 가능하다. 광원은 LED로 구성되어 있다.

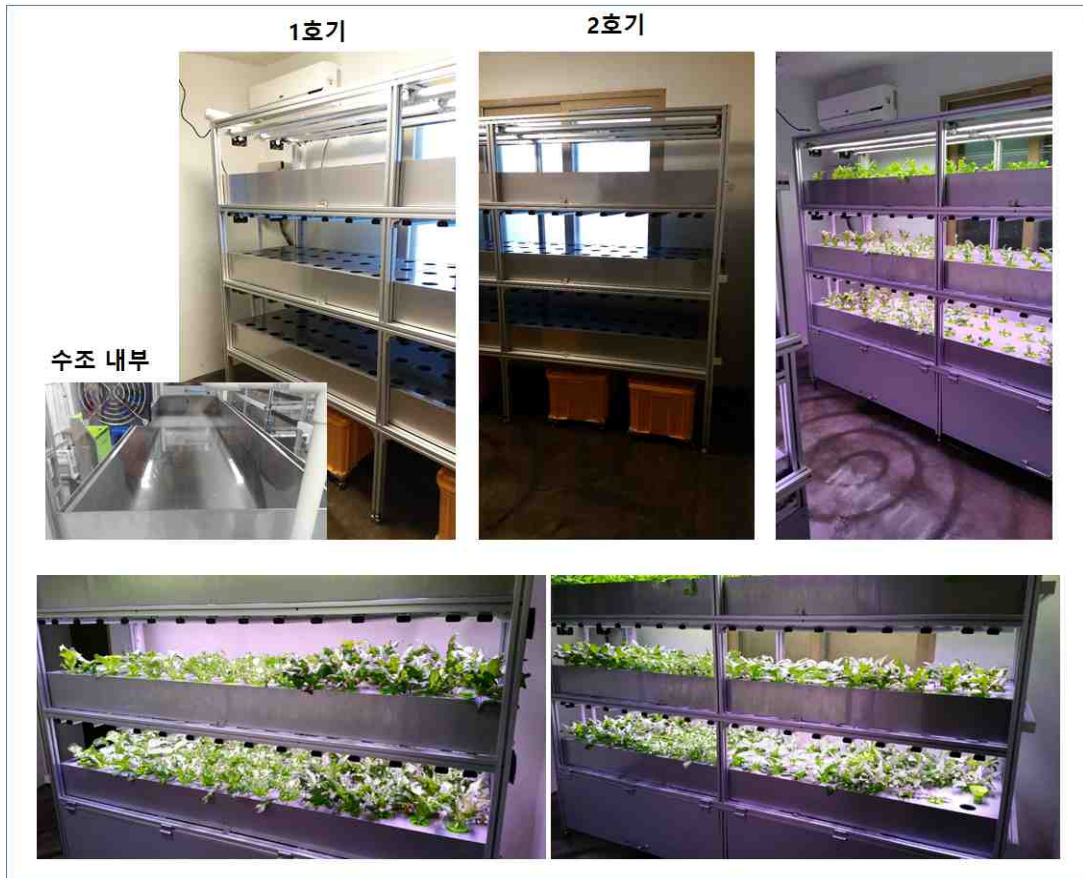


그림 3.1.8 단독주택에 설치된 분무경 재배시설과 이를 이용한 재배 전경.

- 분무경 재배시설은 1차년도에 단독주택에 설치 운영하던 것을 2차년도에 확장된 새로운 식물공장으로 이전 설치되어 운영 중이다(그림 3.1.9).

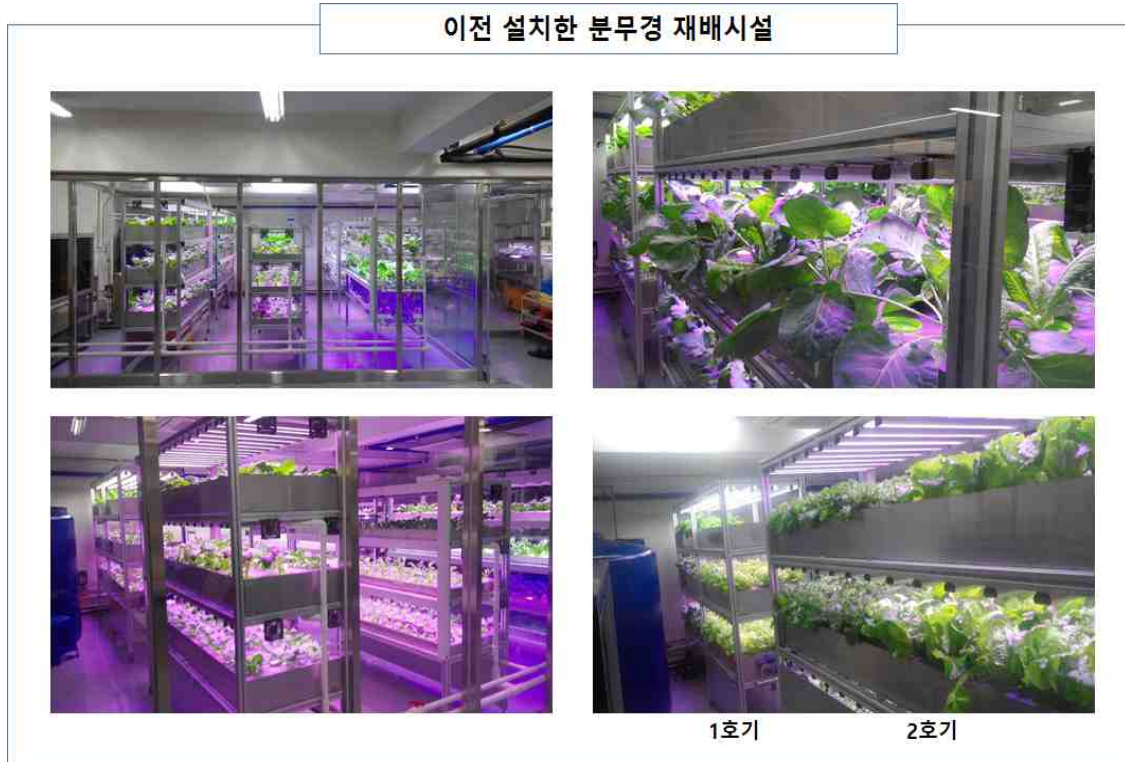


그림 3.1.9 식물공장으로 이전 설치된 분무경 재배시설.

#### 다. 박막식 (NFT) 재배시설 (일체형 베드)

- 식물공장 형태의 도시농업 활성화를 위한 재배시설로 적용 가능한 수경재배기 중 하나인 NFT 재배기를 2기를 설계 및 제작하여 구축하였다(그림 3.1.10). 이 NFT 재배기는 bed의 수조가 스테인레스로 제작한 판형구조의 일체형이다. NFT 1호기의 제원은 0.7 m (W) x 3.2 m(L) x 1.9 m (H) 으로 3단으로 구성되어 있다. 각 단별 60 port 로 구성되어 있어 총 180 포기의 재배가 가능하다. 광원은 다양한 광원에서 시험이 가능하도록 1단과 2단은 LED이며, 상단(3단)은 형광등으로 구성되어 있다. 베드 하부는 10 cm 깊이이며, 양액의 분무를 위해 수조안에 3줄의 노즐이 설치되어 있다.
- NFT 2호기의 제원은 0.7 m (W) x 2.4 m(L) x 1.9 m (H)이며, 각 단별 48 port 로 구성되어 있어 총 144 포기의 재배가 가능하다. 광원은 LED로 구성되어 있다.
- 1차년도에 단독 주택에 구축된 NFT 재배시설을 이용한 작물의 재배 사례를 그림 3.1.11과 그림 3.1.12에 제시하였다.

NFT 재배시설 (유형 I: 일체형 베드)

일체형 베드



1호기



2호기



그림 3.1.10 단독주택에 설치된 NFT 재배시설.



NFT 재배시설 (1호기)



그림 3.1.11 NFT 1호기 이용한 작물의 재배.

NFT 재배시설 (2호기)



그림 3.1.12 NFT 2호기 이용한 작물의 재배.

○ 분무경 재배시설은 1차년도에 단독주택에 설치 운영하던 것을 2차년도에 확장된 새로운 식물공장으로 이전 설치되어 운영 중이다(그림 3.1.13-그림 3.1.15).

**이전 설치한 NFT 재배시설**



그림 3.1.13 식물공장으로 이전 설치된 NFT 재배시설.

**새로운 CMO 시설 구축: 이전 설치한 재배시설 (1)**



그림 3.1.14 식물공장으로 이전 설치된 NFT 재배시설 (1).



## 새로운 CMO 시설 구축: 이전 설치한 재배시설 (2)



그림 3.1.15 식물공장으로 이전 설치된 NFT 재배시설 (2).

### 라. 박막식 (NFT) 재배시설 (분리형 베드)

- 식물공장 형태의 도시농업 활성화를 위한 재배시설로 적용 가능한 수경재배기 중 하나인 NFT 재배기를 분리형베드 형태의 2기를 설계 및 제작하여 구축하였다(그림 3.1.16). NFT 재배기 3호기와 4호기는 bed의 수조가 PVC 만든 분리형 베드이다. NFT 3호기의 제원은 0.7 m (W) x 3.2 m(L) x 1.9 m (H) 으로 3단으로 구성되어 있다. 각 단별 60 port 로 구성되어 있어 총 180 포기의 재배가 가능하다. 광원은 1단 - 3단 모두 LED이다.
- NFT 재배기 4호기의 제원은 0.7 m (W) x 2.4 m(L) x 1.9 m (H) 으로 3단으로 구성되어 있다. 각 단별 48 port 로 구성되어 있어 총 144 포기의 재배가 가능하다. 광원은 LED로 구성되어 있으며, 다양한 광원에 대해 시험할 수 있도록, 1단(하부)은 청색, 2단(중단) 백색, 3단(상단) 3색 으로 구성되어 있다.

- 적, 청, 녹색 LED를 사용한 8bit 광량, 광색 디지털 가변 작물 재배 시험장치 구축하였다. NFT 재배기에 광량과 광색 조절이 가능하도록 디밍 장치가 부착되어 있다.

### NFT 3호기



### NFT 4호기



그림 3.1.16 NFT 3호기와 4호기.

- NFT 3호기와 4호기의 설치 과정을 그림 3.1.17에 제시하였고, 시설 설치가 완료된 상태를 그림 3.1.18에 제시하였다.
- 확장하여 이전 구축한 CMO 허브센터의 재배시설을 그림 3.1.19와 그림 3.1.20에 제시하였다. CMO 허브센터에 구축한 재배기는 분무경 2기, 베드 일체형 NFT 2기, 분리형 NFT 2기 등 총 6기를 구축하였다. 온도 조절을 위해 에어컨 3기와 냉난방 겸용 공기조화 시스템, 환기와 CO<sub>2</sub> 공급을 위한 열교환 시스템 3기 등이 구축되어 있다. 구축한 재배시설의 총 재배 가능한 pot 수는 972개 이다. 또한, 양액 자동 공급 시스템을 도입하여 양액의 자동공급, EC, pH 등을 자동 조절하도록 하였다(그림 3.1.21). 구축한 재배시설들은 재배기의 종류, 광원 (형광등, 다양한 색상의 LED (3종)), 육묘기 2기 등을 구축하여 다양한 환경에서 작물을 재배하고 시험할 수 있다.





그림 3.1.17 NFT 3호기와 4호기 설치공사.



그림 3.1.18 설치 완료된 NFT 3호기와 4호기.



확장 이전 설치된 CMO 허브센터 재배시설 (1)



그림 3.1.19 확장 이전한 CMO 허브센터에 구축한 재배시설 (1).

확장 이전 설치된 CMO 허브센터 재배시설 (2)



그림 3.1.20 설 확장 이전한 CMO 허브센터에 구축한 재배시설 (2).

### 양액 자동 공급 시스템



그림 3.1.21 양액 자동 공급 시스템.

### 마. 실내 가정용 재배기

- 도시농업에서 작물재배 방법 중 하나인 가정용 실내재배기이다. LED를 광원으로 사용한 가정용 재배기를 구축하였다 (그림 3.1.22). 가정용 식물재배기는 4인 가정용으로 24 pot로 구성되어 있다.엽채류를 정식하여 시험재배 하였을 때 정식한 이후 3주 이내에 수확이 가능하였다.



그림 3.1.22 실내 가정용 재배기.

### 3.1.2. CMO 허브센터 온실 재배시설 구축

#### 가. 온실 구축

- 도시농업 활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원 체계인 CMO를 구축하기 위하여 1차년도와 2차년도에 구축한 시설들을 다양화하고 시설을 확장하기 위하여 대학당국과 협의하여 대학내에 약 120 m<sup>2</sup>의 (35평) 규모의 부지를 추가로 배정받았다.
- 배정받은 부지에 재배시설(온실)의 설치를 위한 도면은 그림 3.1.24와 같다. 재배시설 설치를 위한 부지의 정비와 바닥 공사와 더불어 유틸리티 (전기, 수도, 통신 등)의 설치 공사, 바닥 코팅 등 대학의 재정적 지원을 받아 준비하였다(그림 3.1.23).



그림 3.1.23 온실 신축을 위한 부지와 도면.



- 재배시설 설치부지의 준비는 부지정비공사, 다지기공사, 바닥철근 설치 공사, 콘크리트 타설, 거푸집 제거, 콘크리트 양생, 및 수도와 전기시설 설치 등의 과정을 거쳐 수행하였다(그림 3.1.24).



그림 3.1.24 온실 신축을 위한 부지준비공사 과정.

○ 온실은 polycarbonate 재질의 격막과 알루미늄 재질의 틀로 구성된 조립식을 사용하였다. 온실 설치공사 과정을 그림 3.1.25과 그림 3.1.27에 도시하였다.



그림 3.1.24 온실 설치공사 (1).



온실 설치 공사 (2)



그림 3.1.26 온실 설치공사 (2).

완성된 온실



그림 3.1.27 온실 설치공사 (3).

- 설치가 완료된 온실내부의 바닥은 에폭시 코팅을 하였고, 지붕은 차광막을 설치하였다 (그림 3.1.28, 그림 3.1.29).



그림 3.1.28 완성된 온실 전경.



그림 3.1.29 재배시설 설치 개념도.

나. 재배시설 구축

(1) 시설 배치도

○ 온실내 재배시설의 배치도를 그림 3.1.30에 도시하였다. 재배시설은 Deep water culture (DWC) 재배시설 1기, 높이조절용 DWC 재배기 1기, DWC & NFT 복합재배시설 1기 등 총 3기의 재배시설이 설치된다. 온도조절을 위해 냉난방기 3기가 각각 설치된다(그림 3.1.31).

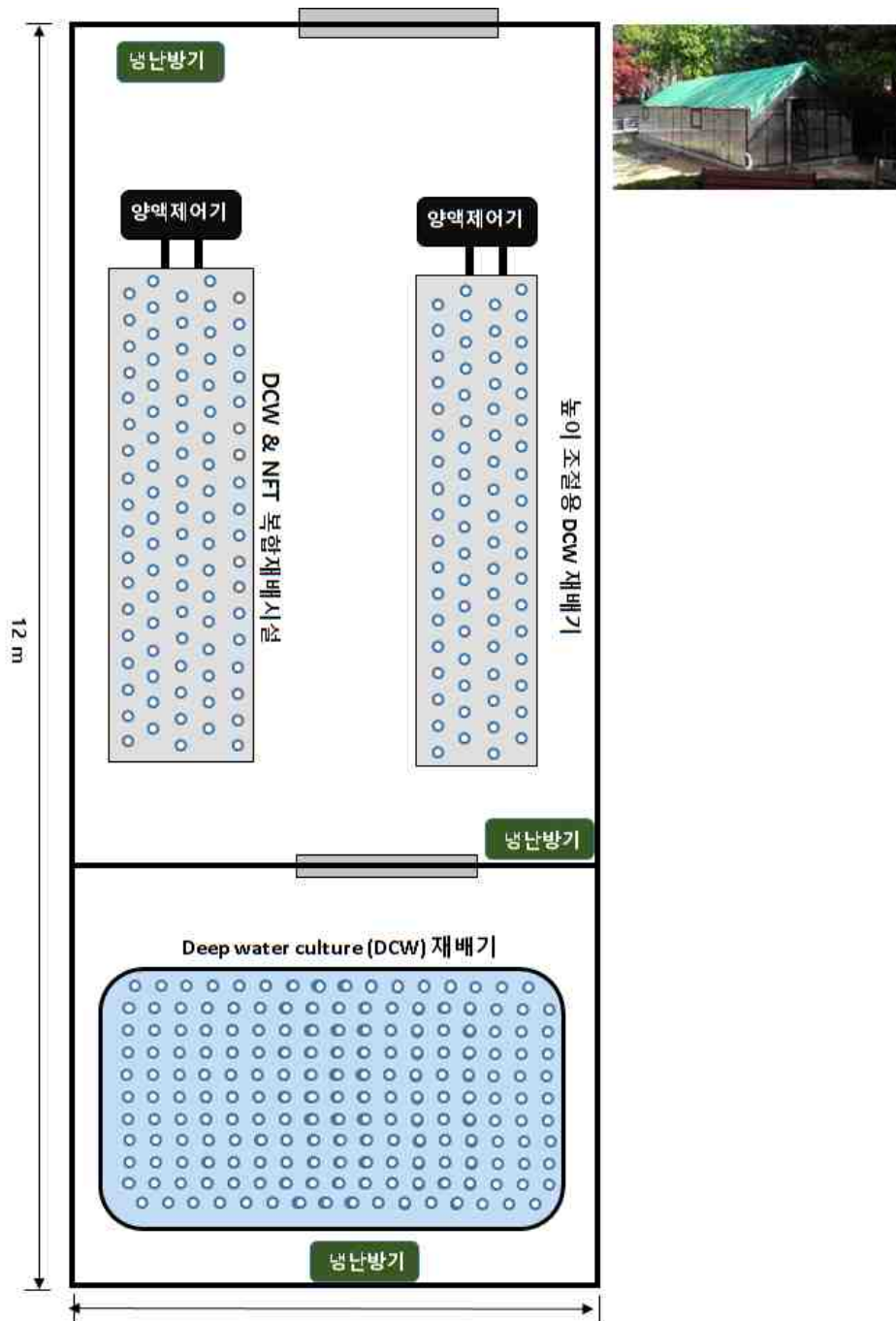


그림 3.1.30 온실의 재배시설 배치도(1).



Eco Soongsil-Dongjak Smart Urban Farm (EcoSSU Farm)

Deep Water Culture 시설



높이조절형/복합재배시설



온실크기:  
5 m (W) x 12 m (L) x  
3 m (H)



높이 조절형 DCW 시설



DCW & NFT 복합재배시설

그림 3.1.31 온실의 재배시설 배치도 (2).

## (2) Deep Water Culture (DWC) growing system

- DWC 시설은 2.4 m (W) x 4.8 m(L) x 1.0 m (H)의 폴장용 수조를 이용하여 1기를 구축하였다(그림 3.1.32). 수조를 설치한 후 30 mm 두께의 압축 스티로폼을 가공하여 재배 pot을 만들었다. 수조에는 에어펌프를 설치하여 양액이 순환하도록 하였고, 자연광을 이용하여 재배가 가능하도록 구축하였다. 총 재배 가능한 면적은 총 11.5 m<sup>2</sup>이고, pot은 총 400 개이다(그림 3.1.33). 구축된 재배시설에서 모종의 정식과정과 스위트바질의 재배 모습을 그림 3.1.34와 그림 3.1.35에 도시하였다.

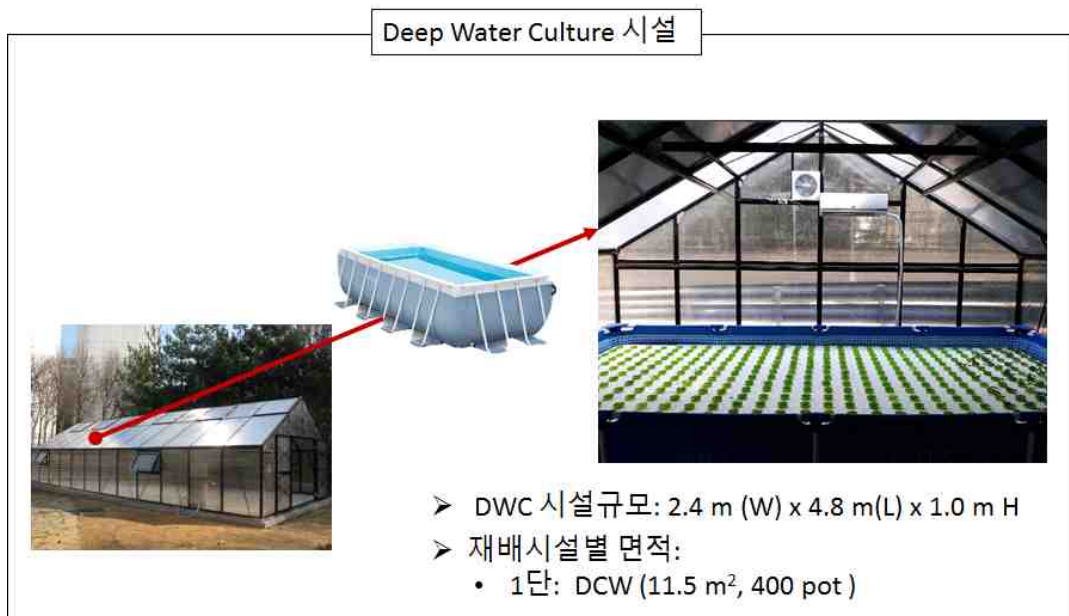


그림 3.1.32 DWC 재배시설.



그림 3.1.33 DWC 재배시설 내부.

DCW 시설에 육묘의 정식

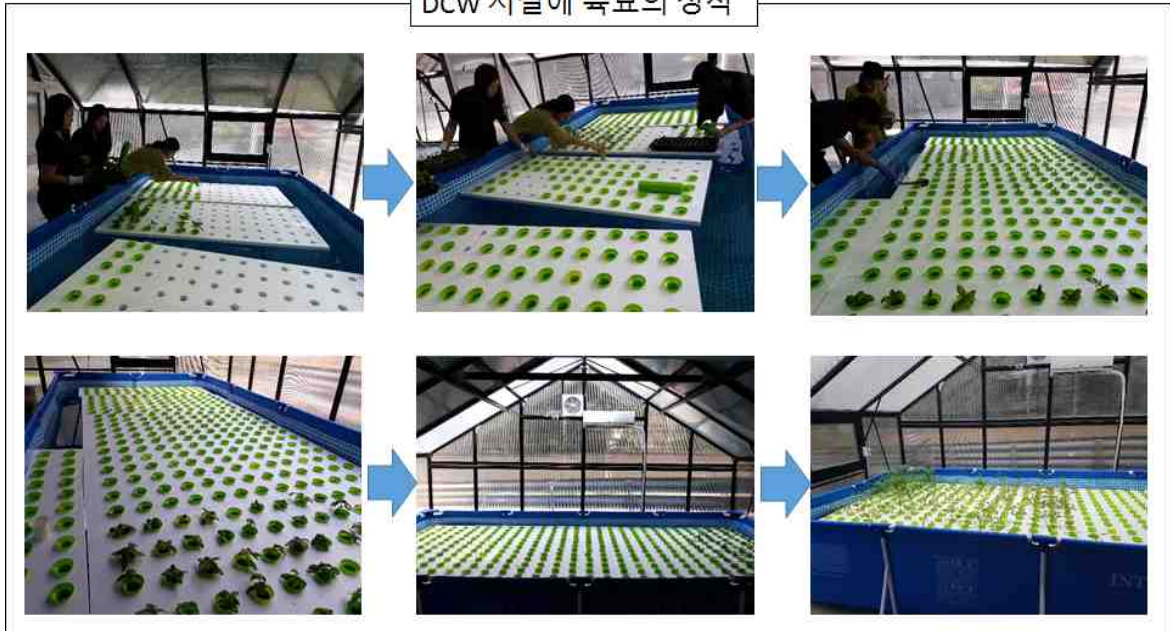


그림 3.1.34 DWC 재배시설에 작물을 정식하는 과정.

Deep Water Culture 시설을 이용한 스위트바질 생산



그림 3.1.35 DWC 재배시설을 이용한 스위트바질 재배.



### (3) LED 이용한 재배시설

- 온실에 LED 이용한 재배시설로 높이조절용 DWC 재배기 1기와 DWC & NFT 복합재배시설 1기 등 총 2기를 설치하였다. 재배기의 설치 과정 및 설치 완료된 설비를 그림 3.1.36 - 그림 3.1.39에 제시하였다.

#### 재배기 설치공사



그림 3.1.36 재배기의 설치공사.

#### 설치중인 재배시설

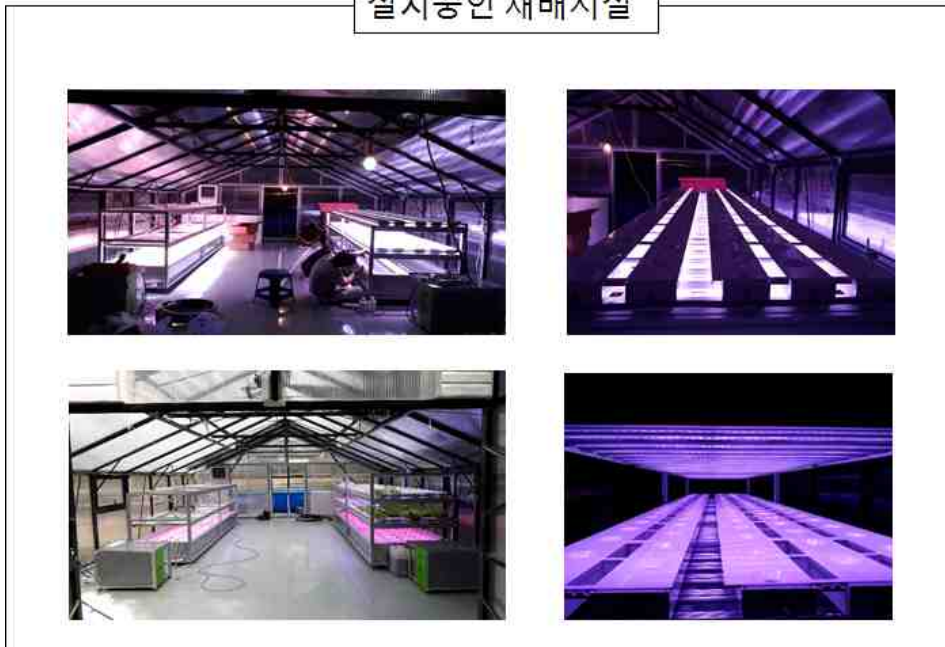


그림 3.1.37 설치중인 재배기.

온실에 구축된 재배시설

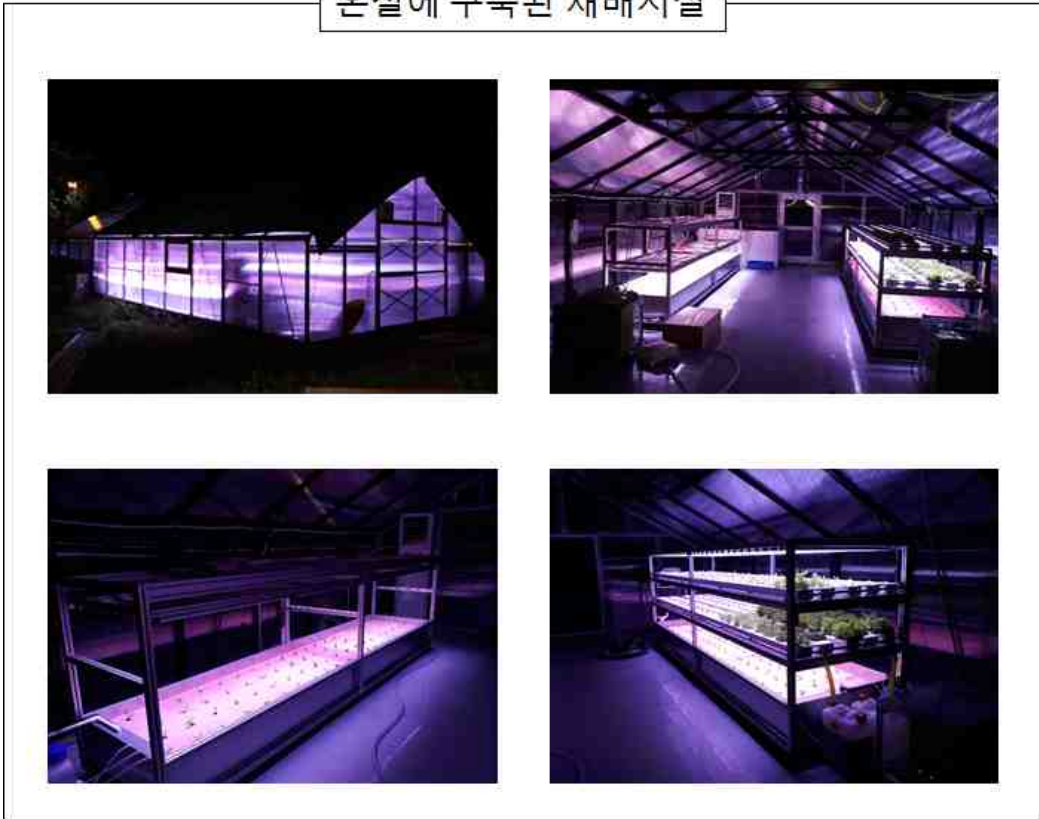


그림 3.1.38 설치 완료된 재배기들의 야경.



그림 3.1.39 설치 완료된 재배기들.

(가) 높이조절용 DWC 재배기 구축

○ 높이 조절이 가능한 DWC의 도면과 설치 완료된 시설을 그림 3.1.40과 그림 3.1.41에 도시하였다. 높이 조절형 DWC 시설은 방울다지기 양배추, 아스파라거스 등 키가 크게 자라는 작물의 재배가 가능하도록 구축하였다. LED 등의 광밀도를 높게 설계하였고, LED 등을 원격으로 상하로 이동하도록 하여 작물의 재배상황에 따라 높이를 조절할 수 있도록 하였다. 이 재배기의 제원은 0.8 m (W) x 4.0 m (L) x 1.4 m (H)로 LED 등을 재배 베드로부터 최대 1.0 m 까지 조절할 수 있도록 하였다. 수조의 높이는 40 cm로 최대 30 cm까지 양액을 채울 수 있도록 하였다. 총 재배 pot는 80개 이고, 순수 재배시설의 재배면적은 3.2 m<sup>2</sup> 이다. 재배 베드는 고밀도 폴리우레탄 sheet를 사용하여 제작하였다.

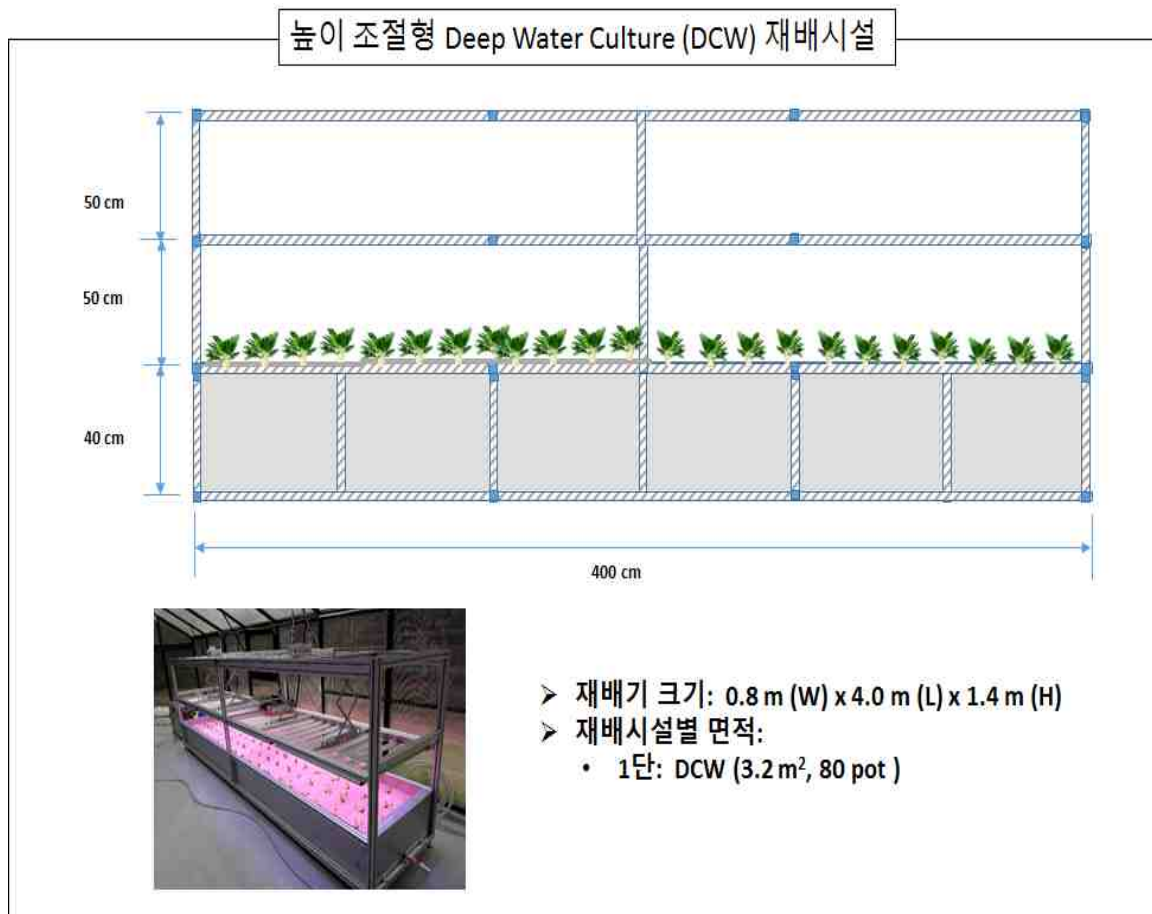


그림 3.1.40 높이 조절형 DWC 재배기의 제원.



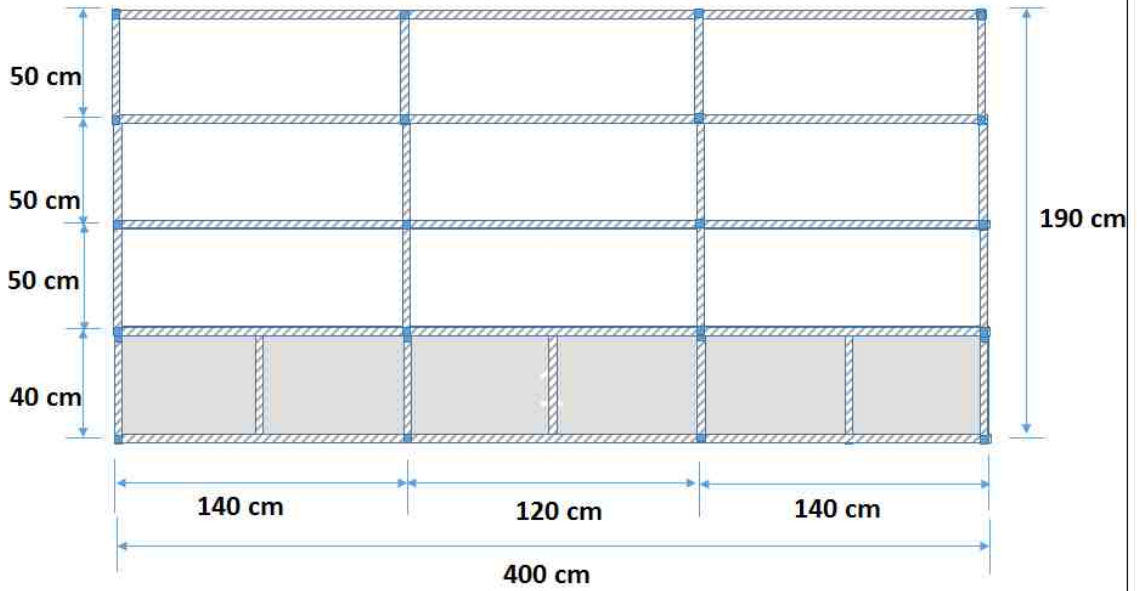


그림 3.1.41 높이 조절형 DWC 재배기.

#### (나) DWC와 NFT 복합재배시설 구축

- DWC와 NFT 재배방식이 함께 있는 복합형 재배기를 구축하였다(그림 3.1.42). 재배기의 체원은 1.0 m (W) x 4.0 m (L) x 1.9 m (H)으로 2단의 재배 베드로 구성되어 있다.
- 제 1단 (하단)은 DWC 방식으로 수조의 높이는 40 cm로 최대 30 cm까지 양액을 채울 수 있도록 하였다. 재배 베드는 고밀도 폴리우레탄 sheet를 사용하여 제작하였고, 총 재배 pot는 110개 이고, 순수 재배시설의 재배면적은 4.0 m<sup>2</sup> 이다. 1단의 수조는 2단, 3단의 양액 공급을 위한 수조의 기능을 함께한다.
- 2단(중단)과 3단(상단)은 NFT 방식이며, 각 단별로 재배 pot는 각각 110 개 이다. 양액의 공급과 pH 조절 등은 모두 양액공급기를 통해 제어되며 앱을 통한 원격 모니터링과 제어가 가능하도록 구축하였다. 시범 재배작물로 멀티그림과 멀티레드 및 버터헤드 레터스 등을 시범 재배하였다(그림 3.1.43, 그림 3.1.44).

Deep Water Culture (DCW)와 NFT 복합 재배시설



- 재배기 크기: 1.0 m x 4.0 m x 1.9m
- 재배시설별 면적: 12 m<sup>2</sup>
  - 1단: DCW (4 m<sup>2</sup>, 110 pot )
  - 2단: NFT (4 m<sup>2</sup>, 110 pot )
  - 3단: NFT (4 m<sup>2</sup>, 110 pot )



그림 3.1.42 복합형 재배기의 도면과 제원.



Deep Water Culture (DCW)와 NFT 복합 재배시설

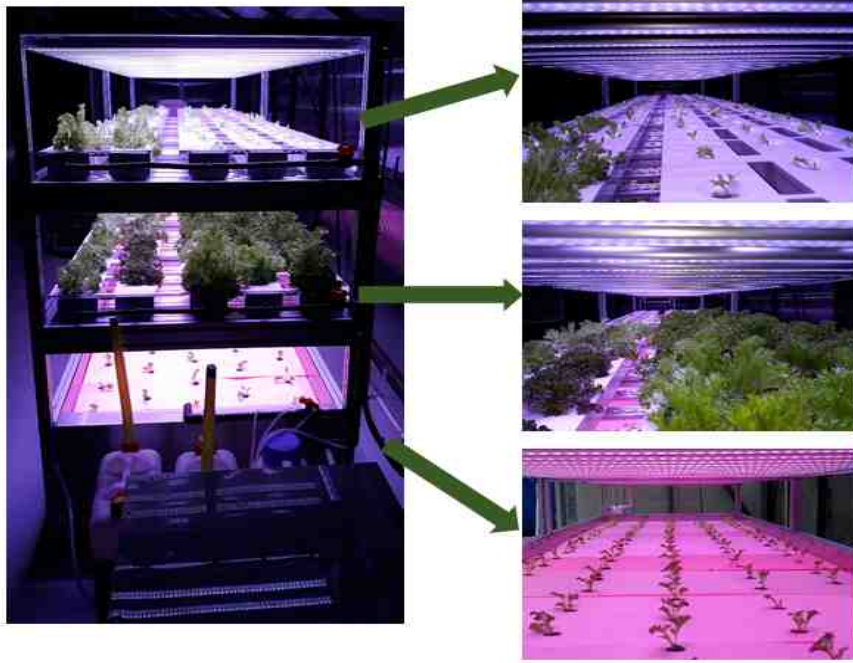


그림 3.1.43 복합 재배기와 이용한 작물의 재배(1).

DCW) NFT 복합 재배시설 이용한 작물의 재배



그림 3.1.44 복합 재배기와 이용한 작물의 재배(2).

### 3.1.3. CMO 허브센터 옥외 재배시설 구축

#### 가. 옥외용 재배기 구축

- 옥외용 수경재배기로 2가지 유형(수평형과 수직형)을 설계하여 제작하였다(그림 3.1.45). 수평형은 1개열 당 16개의 pot을 가진 4개열로 구성되어 있으며 총 64 pot이다. 수직형은 3단으로 구성되어 있으며 각 단별로 2개열로 구성되어 있다. 1개열 당 16개의 pot으로 총 96 pot이다.
- 이 양액재배기를 이용하여 6종의 엽채류를 성공적으로 시험재배한 과정을 그림 3.1.23에 제시하였다. 이 재배시설은 노지 토양재배, 양액을 이용한 실내재배 및 옥외재배 조건하에서 식물의 재배특성을 비교 시험이 가능하다.

(1) 수직형 옥외 수경재배시설



(2) 수평형 옥외 수경재배시설



그림 3.1.45 옥상도시농업: 옥외용 수경재배시설.

## 나. 경량토를 이용한 옥상텃밭 구축

○ 작물을 경작할 수 있는 토지가 부족한 도심에서 도시농업은 거실과 베란다를 포함한 실내재배 또는 실외(옥상 등 토양이 없는 공간)을 활용한 텃밭 시설의 조성이다. 본 연구에서는 그림 3.1.46 ~ 그림 3.1.62와 같은 옥상텃밭 시설을 조성하고, 다양한 종류의 엽채류와 허브 등의 작물들을 시험재배 하였다. 옥상텃밭을 꾸미기 위한 재료로는 경량토, 차수 또는 방근포,, 토양 유실을 막을 수 있는 부직포, 배수가 용이하도록 배수 공간을 제공하는 배수판, 토양의 적정수분유지와 배수 용이하도록 하는 마사토, 퇴비 등이다(그림 3.1.46). 각 단계별 옥상텃밭 조성은 다음과 같은 8단계를 통해 수행하였다.

- 1 단계 (그림 3.1.47): 옥상정리, 테두리목(높이 40cm) 연결, 및 테두리 설치 조성,
- 2 단계 (그림 3.1.48): 차수막 (또는 방근포) 설치
- 3 단계 (그림 3.1.48): 높이 3cm의 배수판 설치,
- 4 단계 (그림 3.1.49): 부직포 설치
- 5 단계 (그림 3.1.50): 높이 30cm 인공토 조성과정 (물을 살포하여 바람에 날리지 않도록 함)
- 6 단계 (그림 3.1.51): 숙성퇴비 투입
- 7 단계 (그림 3.1.52): 마사토 투입
- 8 단계 (그림 3.1.53): 인공토, 퇴비, 마사토의 혼합

○ 인공토를 이용하여 조성한 옥상텃밭은 그림 3.1.54에 제시하였다. 옥상 텃밭을 조성한 후에 다양한 작물들을 시험재배 하였다(그림 3.1.55-그림 3.1.59). 시험재배한 주요 작물들은 엽채류 작물들(곰취, 부추, 들깨, 대파, 적겨자채, 치커리, 아기양배추, 더덕, 목화, 고구마, 적치커리, 청겨자, 및 청상추), 허브류(로즈허브, 파인애플민트, 레몬밤, 페퍼민트, 스피아민트, 만리향 등), 화훼류(달맞이, 인동초, 창포, 백합, 장미류 등), 블루베리 등이다 (그림 3.1.56). 또 다른 시험재배 작물중 하나가 다양한 종류의 단호박이다(그림 3.1.60). 단호박 품종으로는 단호박, 미니 단호박, 네덜란드 단호박 등을 시험재배 중이다. 옥외재배시설중 하나가 컨테이너형 옥상도시농업시설이다. 10여개의 컨테이너형 시설을 구축한 후 부추, 블루베리, 허브류, 엽채류, 호박 등 다양한 작물들을 시험재배 하였다(그림 3.1.60, 그림 3.1.61).



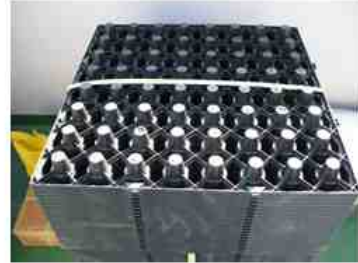
(1) 경량토



(2) 퇴비



(3) 배수판



(4) 테두리목



(5) 부직포



(6) 마사토



그림 3.146 옥상도시농업: 옥상텃밭 조성을 위한 재료들.

(1) 옥상정리



(2) 테두리목 연결



(3) 테두리목 연결



그림 3.147 옥상텃밭 조성 (테두리목 설치).

(1) 차수막 설치



(2) 배수판 설치



그림 3.1.48 옥상텃밭 조성 (차수막 및 배수판 설치).



그림 3.1.49 옥상텃밭 조성 (부직포 설치).





그림 3.1.50 옥상텃밭 조성 (인공토 조성).



그림 3.1.51 옥상텃밭 조성 (숙성퇴비 투입).



그림 3.1.52 옥상텃밭 조성 (마사토 투입).



그림 3.1.53 옥상텃밭 조성 (토양혼합 및 정리).



그림 3.1.54 옥상텃밭: 인공토를 이용한 옥상 도시농업.





그림 3.1.55 인공토를 이용한 옥상텃밭 조성 완료 후 시험재배.

**옥상도시농업: 인공토를 이용한 옥상텃밭 재배작물**

(1) 곰취



(2) 부추



(3) 들깨



(4) 대파



(5) 적겨자채



(6) 치커리



그림 3.1.56 옥상도시농업: 인공토를 이용한 옥상텃밭 시험재배 작물(1).



(7) 아기양배추



(8) 더덕



(9) 목화



(10) 고구마



(11) 적치커리



(12) 청겨자



그림 3.1.57 옥상도시농업: 인공토를 이용한 옥상텃밭 시험재배 작물(2).

(13) 청상추



(14) 참외



(15) 토마토



(16) 블루베리



(17) 달맞이



(18) 인동초



그림 3.1.58 옥상도시농업: 인공토를 이용한 옥상텃밭 시험재배 작물(3).



(19) 로즈허브



(20) 파인애플민트



(21) 레몬밤



(22) 페퍼민트



(23) 스피아민트



(24) 만리향



그림 3.1.59 옥상도시농업: 인공토를 이용한 옥상텃밭 시험재배 작물(4).

옥상도시농업: 단호박



그림 3.1.60 구축재배시설을 이용한 단호박 시험 재배.

## 옥상도시농업: 컨테이너형

(1) 쌈채류



(2) 겨자채와 파



(3) 블루베리와 곰취



(4) 곰취



(5) 부추



(6) 단호박류



그림 3.1.61 . 컨테이너형 작물재배시설.

### 3.2. 분석시설 및 3D 프린터 생산기반 구축

○ 연구개발 추진 전략 및 방법

연구 내용		연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>양액 시험 기초 시설 구축</li> <li>양액 시험시설 1기 구축</li> <li>IC 기반 양액 성분 분석 시스템 1기 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3개의 분리된 양액공급시스템을 갖춘 양액시험시설을 설계 및 제작</li> <li>양액최적화를 위한 시험모듈설계 및 제작,</li> <li>IC 기반의 양액성분 분석시스템용 구축.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3개의 분리된 양액공급시스템을 갖춘 양액시험시설을 구축하였고, 양액최적화 시험모듈을 설계하여 개발하였고, IC 기반의 양액성분 분석시스템을 구축함.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균실, 멸균기, 배양기 각 1기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균실, 멸균기, 배양기 각 1기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구기관 보유 장비 활용</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석실 구축 장비: IC, LC, GC, EC 등 각 1기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작물 재배관련 분석장비들을 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석실 구축장비: IC, LC, GC, EC 등 각 1기</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D Printer 이용 시제품 생산기반 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품 디자인 및 3D Printer 이용 시제품 생산 기반</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시제품 생산을 위한 3D printer 시설의 구축: 연구 기관 보유 시설을 활용</li> </ul>

## 가. 분석기기 구축

- 작물재배와 관련된 분석 시스템을 지원하기 위하여 연구진이 보유하고 있는 분석기기들을 이용한 분석시스템을 구축하였다. 구축한 분석기기는 UV/Vis spectrophotometer 2기, Clean bench 2 기 (무균실), 멸균기 1기, LC 1기, 양이온 IC 1기, 음이온 IC 1기, GC-FID 1기, GC-FPD 1기, EC 1 기 등이다.
- 구축된 분석기기들을 그림 3.2.1 - 그림 3.2.5에 제시하였다.

(1) 무균실



(2) 멸균기



그림 3.2.1. 무균실과 멸균기 시설.



그림 3.2.2 UV/Vis spectrophotometer





그림 3.2.3. 양이온 IC.



그림 3.2.4 음이온 IC.

(1)GC-FID



(2)GC-FPD



그림 3.2.5. Gas chromatography (GC-FID 및 GC-FPD).



그림 3.2.6. Liquid chromatography.



그림 3.2.7. Electro conductivity (EC) meter.

- 도시농업 작물별 양액 최적화위한 시험 시설: 육묘기를 활용하여 그림 3.2.8과 같이 작물을 재배하는 동안 양이온과 음이온 이온크로마토그래피를 이용하여 작물의 영양분 이용율을 분석할 수 있는 시스템을 구축하였다. 작물의 성장 특성과 영양분 소비량 등을 분석하여 최적의 양액 성분을 구하고, 작물의 경화 특성을 조사하고 영양성분의 소비는 IC를 이용하여 정량적 분석을 실시하고, 재배특성을 비교분석하여 최적화에 활용 가능하다.

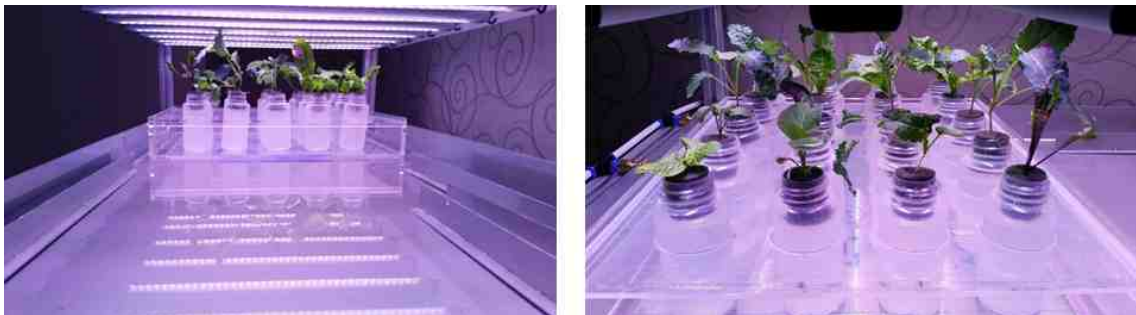


그림 3.2.8 양액시험시설.

## 나. 3D Printer 이용 시제품 생산기반 구축

○ 기존 연구 기관에 구축된 시설을 활용하여 작물재배기의 시제품 생산을 위한 3D printer 생산기반을 다음과 같이 구축하였다. AHA 센터와 CMO Hub 센터가 공동으로 운영하여 작물 재배기 등 도시농업 관련 시제품 개발과 교육 등에 활용한다.

### (1) 3D 프린터 기자재실



그림 3.2.9. 3D프린터 기자재실 구축 시설



그림 3.2.10. FDM 방식 3D프린터

(2) 3D 프린터 기자재 목록과 사양

표 3.2.1 3D프린터 기자재 리스트

품명	모델명 및 세부 제원	수량
3D Laser Printer	Glowforge Pro with Air Filter	1
Cutting Plotter	CE6000-120	1
DLP 3D Printer	Cubicon Lux	4
FDM 3D Printer	Cubicon single plus (3DP-310F)	4

표 3.2.2. 3D Laser Printer 세부 스펙


사진	
규격	<p>Maximum material depth: 18" (455 mm) for Basic; unlimited for Pro</p> <p>Maximum material width: 20 " (515 mm)</p> <p>Cutting area: 11.5 " (290 mm) deep and 20 " (515 mm) wide</p> <p>Maximum material height: 2 " (50mm)</p> <p>Maximum material height with tray: 0.5 " (13mm)</p> <p>Maximum Cut &amp; Engrave height: 0.5 " (13mm)</p>
소프트웨어	<p>Trace mode scans material with a drawing on it, then cuts and engraves over the top</p> <p>Compatible with JPG, PNG, SVG, PDF, and other file formats</p> <p>Drag-and-drop with live preview to position designs on the material</p> <p>Catalog of premium, customizable, ready-to-print designs</p>
프린팅	<p>Maximum material depth: 18" (455 mm) for Basic; unlimited for Pro</p> <p>Maximum material width: 20 " (515 mm)</p> <p>Cutting area: 11.5 " (290 mm) deep and 20 " (515 mm) wide</p> <p>Maximum material height: 2 " (50mm)</p> <p>Maximum material height with tray: 0.5 " (13mm)</p> <p>Maximum Cut &amp; Engrave height: 0.5 " (13mm)</p>




표 3.2.3. 3D Cutting Plotter 세부 스펙

<p>사진</p>	
<p>규격</p>	<p>1,541 x 736 x 1,250mm</p>
<p>커팅속도</p>	<p>1000mm/s</p>
<p>인터페이스</p>	<p>RS-232C, USB2.0 (Full Speed)</p>

표 3.2.4. DLP 3D Printer 세부 스펙

<p>사진</p>	
<p>규격</p>	<p>310 x 485 x 460 mm (W × D × H)</p>
<p>소프트웨어</p>	<p>CubicreatorLP</p>
<p>프린팅</p>	<p>Digital Light Processing</p>

표 3.2.5. FDM 3D Printer 세부 스펙

<p>사진</p>	
<p>규격</p>	<p>554 x 579 x 524 mm (W × D × H)</p>
<p>소프트웨어</p>	<p>Cubicreator v3.0 (for Windows)</p>
<p>프린팅</p>	<p>FFF- Fused Filament Fabrication</p>

### 3.3. ICT 기반 모니터링 및 제어 시스템 구축

○ 연구개발 추진 전략 및 방법

연구 내용		연구수행방법	내용
1차년 도	무선망 설계 및 성능 적합성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물공장용 소규모 무선망 설계방안 연구</li> <li>• 식물공장 무선망 필요 데이터 종류 분석</li> <li>• 무선망 접속규격 및 성능 적합성 분석</li> <li>• 기존 무선망의 식물공장 적용방안 및 적합성 검토</li> <li>• 신규 무선망의 식물공장 적용방안 및 적합성 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 LAN방식과 다른 방식을 비교분석 후 식물공장용 소규모 무선망 연구</li> <li>• 식물공장에 설치 가능한 센서 연구</li> <li>• 식물공장에 설치 가능한 여러 가지 센서들을 분석해 무선 통신과 연계</li> <li>• 설치된 식물공장에 간단한 실험을 통해 무선망 통신 접속 규격과 성능 적합성을 분석</li> <li>• 적합한 통신 방식을 검토해 여러 가지 실험을 통해 무선 통신 방식을 고려</li> <li>• 신규 무선망의 새로운 적용방안과 식물공장에 설치할 신규 무선망의 적합성을 분석</li> </ul>
2차년 도	생육관련 센서망 구축 및 송수신 기능 구현	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생육정보 취득 센서 선정 및 망구축 방안 연구</li> <li>• 데이터 송수신 모뎀 송신단 설계 및 성능분석</li> <li>• 데이터 송수신 모뎀 수신단 설계 및 성능분석</li> <li>• 생육환경 모니터링 시스템 설계 및 결과분석</li> <li>• 모니터링 결과 기반의 환경제어 프로세스 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서를 통해 환경을 측정하고 모니터링하기 위해서 통신방식을 Wi-Fi로 고려하여 Wi-Fi 통신규격에 대해 연구하고 활용하였음</li> <li>• 온습도, pH, EC센서를 이용하여 측정하고 Wi-Fi 통신방식을 통해 식물생육 환경 데이터에 대해 데이터베이스와 소켓통신을 거쳐 체계적으로 웹까지 송수신 하여 환경모니터링이 가능한 통신 규격을 설계</li> </ul>
3차년 도	무선 원격 검침용 UI 및 제어용 앱 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원격 검침용 사용자 UI 개발</li> <li>• 안드로이드 기반 앱 개발</li> <li>• 무선망 게이트웨이 연동 데이터 집합장치 실증시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원격 모니터링 및 제어가 가능한 안드로이드 기반 앱과 인터넷을 통한 무선망 연동이 가능한 UI구조 및 시스템 설계</li> <li>• 무선망 개발에 코드 간소화, 시간 절약 등에 효율적인 자바툴을 이용</li> <li>• 실제 송실대학교 식물공장(CMO 센터)에 설치하여 실증실험</li> </ul>

### 3.3.1 무선망 설계 및 성능 적합성 분석

#### □ 소규모 무선망 설계 및 적합성 검토

○ 1차년도에 차후 식물공장이 완벽하게 구축되었을 때 환경 모니터링 시스템을 구축하기 위해 사전 플랫폼과 무선망에 대해 적합성을 검토하고 설계하였다.



그림 3.3.1 아두이노 Wi-Fi Shield

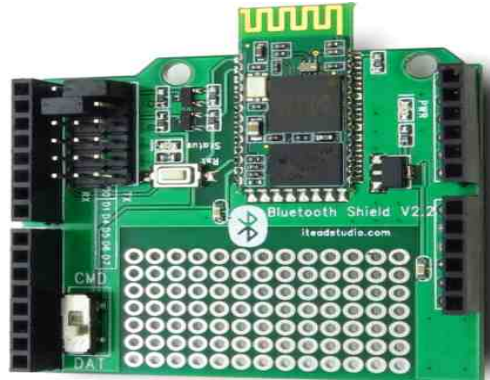


그림 3.3.2 아두이노 Bluetooth Shield

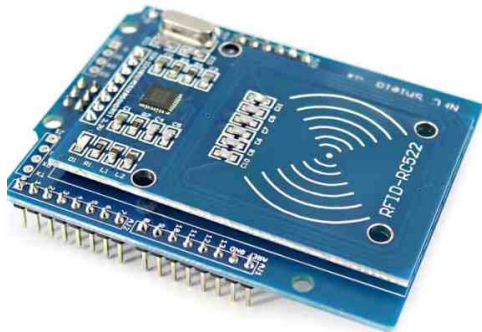


그림 3.3.3 아두이노 RFID Shield

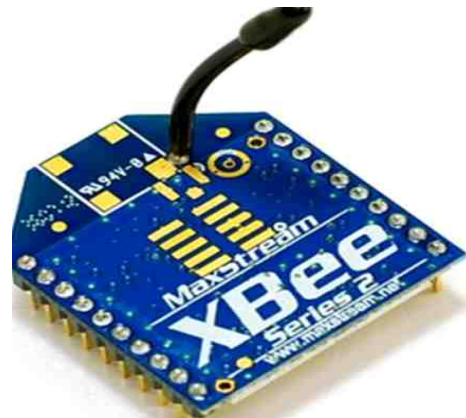


그림 3.3.4 아두이노 Zigbee Shield

○ IoT 시스템을 구축하기 위해 아두이노 플랫폼을 비롯한 무선망을 구축하기 위한 Wi-Fi, Bluetooth, RFID, Zigbee 등의 무선 통신 Shield를 이용하여 어떤 방식의 무선망이 적합한지를 검토하였다. 아래 표는 식물공장 무선망의 종류 간단한 기술기준을 나타내고 있다.

표 3.3.1 무선망 기술기준

구분	와이파이	블루투스	RFID
주파수 대역 (GHz)	2.4GHz	2.4GHz	868~956MHz
대역폭 크기(MHz)	20MHz	1MHz	UHF

			865.6~867.6MHz
데이터 전송속도 (Mbps)	11Mbps 54Mbps 54Mbps	24Mbps	212Kbps
전송거리 (m)	실내범위 35m 실외범위 120m	10M~100m	3.5~10m
전송전력(dBm)	20dBm 20dBm 16dBm	20dBm	31.5dBm
관련 국제 표준화	802.11 b 802.11 g 802.11 a	블루투스4.0	LFID HFID UHFID

### □ 데이터 종류 선정 및 적합성 검토

- 1차년도 초기에는 식물공장에 대한 사전 조사 및 무선망으로 환경 모니터링 및 제어 구축 가능한 센서 등을 선정하고 검토하였다.

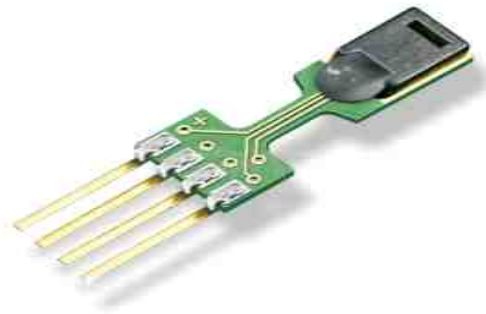


그림 3.3.5 식물공장용 SHT-71 온습도센서



그림 3.3.6 식물공장용 LED



그림 3.3.7 식물공장용 pH센서



그림 3.3.8 식물공장용 EC센서



## □ 1차년도 실험 시나리오

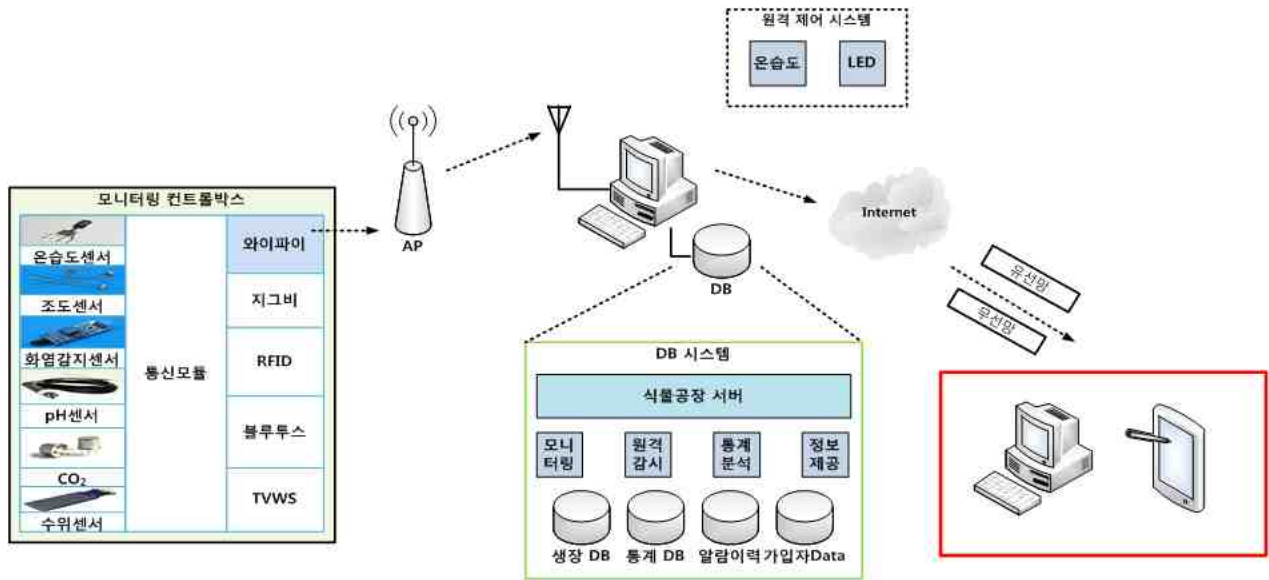


그림 3.3.9 1차년도 식물공장 실험 시나리오

- 1차년도에는 온습도를 측정하기 위해 C언어 기반의 아두이노 프로그램을 이용해 코딩을 한 후 아두이노 하드웨어 장치에 코드를 삽입하고 Wi-Fi 모듈과 온습도 모듈을 아두이노에 장착 후 측정을 하였고, Wi-Fi를 이용하기 때문에 스마트폰으로 Wi-Fi를 서버를 연결 후 측정 결과를 웹사이트 상으로 보기 위해 아두이노 프로그램에 HTML의 코드를 같이 코딩하였고, 코딩의 결과는 아래와 같다.

```

#include <SPI.h>
#include <WiFi.h>

char ssid[] = "CSP-COMMON"; // WiFi SSID 설정
char pass[] = "12001207"; // WiFi 비밀번호 설정

int status = WL_IDLE_STATUS;

WiFiServer server(80);

const int SHT_SCK = 2;
const int SHT_DAT = 3;

const byte SHT_MeasureTemperature = 0x0011;
const byte SHT_MeasureHumidity = 0x0010;
const byte SHT_ReadStatusRegistor = 0x0011;
const byte SHT_WriteStatusRegistor = 0x0010;
const byte SHT_SoftReset = 0x0110;

client.print("temperature : ");
client.println(t);
client.println("<br>");
client.print("humidity :");
client.println(h); //센서 값 출력
client.println("<br>");
client.print("<progress max=100 value=");
client.println(">");
    
```

그림 3.3.10 C언어 기반 아두이노 코드

- 이와 같은 아두이노 코딩 후 아두이노 하드웨어에 코딩 결과를 삽입 후 무선통신을 이용한 온습도 측정을 위해 Wi-Fi 서버 수신을 통해 간단한 웹사이트 상에서 결과를 볼 수 있었고, 블루투스를 이용한 LED 밝기조절 결과를 볼 수 있었다. 결과는 아래와 같다.

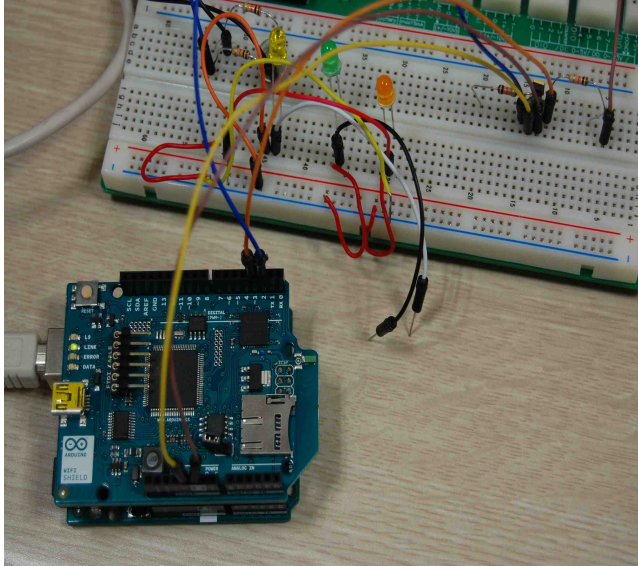


그림 3.3.11 아두이노와 Wi-Fi 온습도 측정 구성도

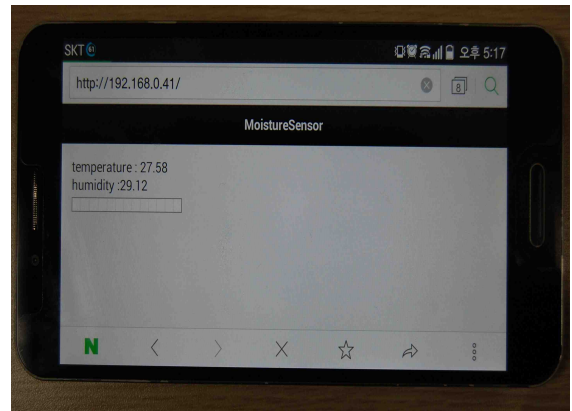


그림 3.3.12 온습도 측정 결과

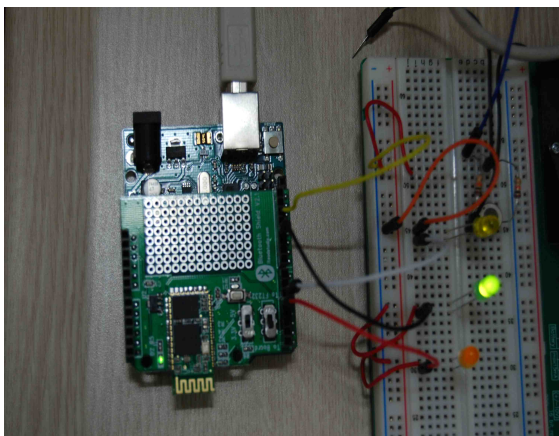


그림 3.3.13 아두이노와 Bluetooth 구성도

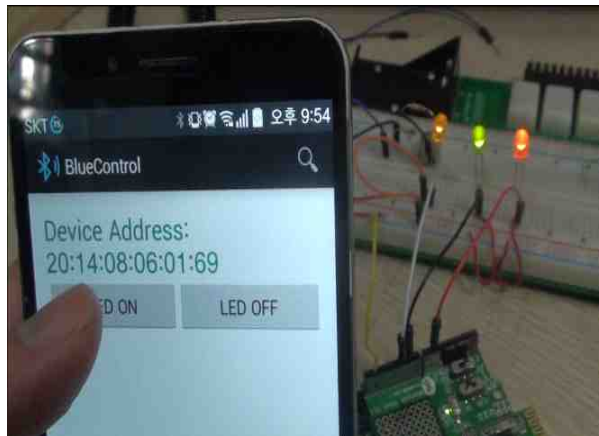



그림 3.3.14 LED 밝기조절 결과

- 기술기준과 실제 실험을 통해 무선망 분석한 결과 Wi-Fi가 무선망 거리면에서나 속도 면에서 제일 적합한 것으로 판단하여 Wi-Fi 통신망을 이용하여 2차년도부터 센서망을 구축하고 송수신 기능 및 UI를 구축하는 것으로 설계를 시작하였다.

### 3.3.2 생육관련 센서망 구축 및 송수신 기능 구현

#### □ 최신 Wi-Fi 플랫폼 선정 및 규격

표 3.3.2 무선망 Wi-Fi 규격

구분	규격	제품/제조사
 Wi-Fi 공유기	IEEE 802.11ac IEEE 802.11e IEEE 802.11g IEEE 802.11n	ipTIME A604/ipTIME

- Wi-Fi AC버전으로 2차년도 당시 최신판 규격이며 2.4G 또는 5G 대역을 이용하여 데이터를 전송할 수 있다.

#### □ 2차년도 수정 시나리오

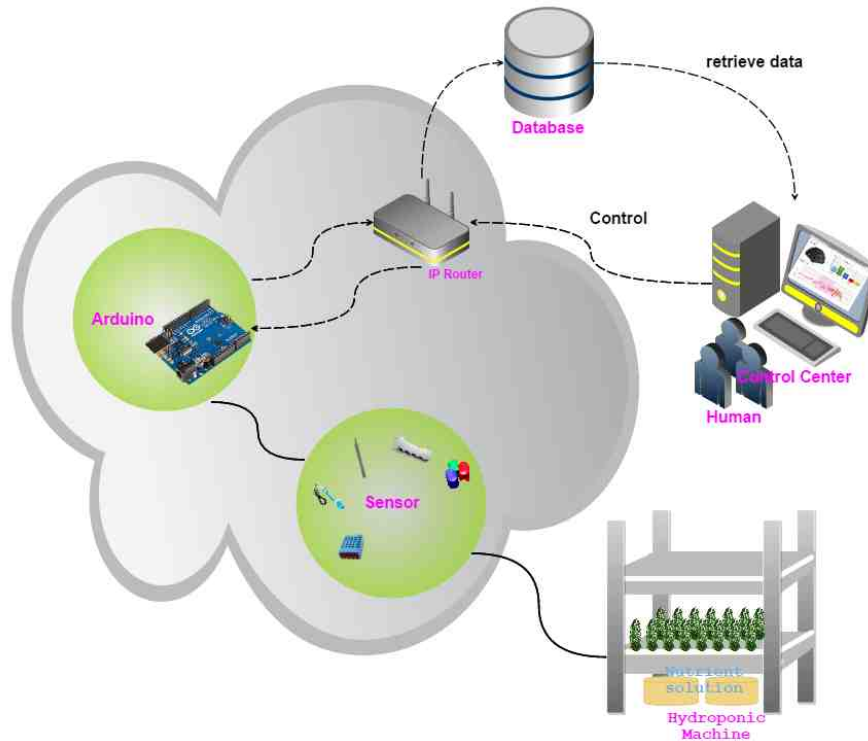


그림 3.3.15 생육환경 모니터링 및 제어를 위한 통신규격 체계 시나리오

○ 위 그림에서의 아두이노와 각종 센서들이 식물공장에 유선으로 연결되어 있으며, IP Router를 통해 데이터베이스로 측정 데이터를 업데이트 시켜 정보를 저장하고, 관리자에게 모니터링 할 수 있도록 데이터를 보내게 된다. 또한 관리자 요청에 의해 IP Router를 통해 바로 아두이노에게 On/Off 명령이 가능함 UI와 페이지 설계는 jQuery 및 구글 등 여러 라이브러리를 이용하였으며, 자바 웹서버에서 축적된 정보를 요청하여 데이터베이스로 업데이트 된 데이터를 모니터링이 가능한 페이지로 전달한다. 아래 그림 2개는 각각 시간별로 모니터링이 가능한 페이지와 그래프로 표현한 페이지를 나타내고 있다.

시간	온도	습도	pH	EC
2016년 05월 13일 00시				1.360
2016년 05월 13일 01시				1.300
2016년 05월 13일 02시				1.400
2016년 05월 13일 03시				1.330
2016년 05월 13일 04시				1.330
2016년 05월 13일 05시				
2016년 05월 13일 06시				
2016년 05월 13일 07시				
2016년 05월 13일 08시				
2016년 05월 13일 09시				
2016년 05월 13일 10시				
2016년 05월 13일 11시				
2016년 05월 13일 12시	26.3	51.44	5.810	1.380
2016년 05월 13일 13시	26.37	44.65	5.808	1.380
2016년 05월 13일 14시	25.58	41.48	5.800	1.310
2016년 05월 13일 15시	25.16	41.65	5.800	1.360
2016년 05월 13일 16시	24.84	37.09	5.790	1.320
2016년 05월 13일 17시	24.53	41.71	5.790	1.280

그림 3.3.16 시간별 모니터링 시스템



그림 3.3.17 그래프형 온습도 모니터링 시스템



그림 3.3.18 그래프형 pH 모니터링 시스템





그림 3.3.19 그래프형 EC 모니터링 시스템

○ 또한 아래 그림은 다른 날의 데이터를 조회하기 위한 시스템으로 달력을 설계하였다.



그림 3.3.20 날짜별 조회 가능한 달력

○ LED 및 온도 조절이 가능한 쿨링팬을 제어하기 위해 위의 웹서버에서 On/Off를 요청하게 되면 데이터베이스로 On/Off의 상태를 데이터베이스로 업데이트하여 현상태를 변경하고 그 상태값에 따라서 아두이노가 제어를 하게 된다. 또한 제어 기능에는 웹서버와의 공통코드 메시지가 일치해야하기 때문에 아두이노와의 일치된 코드를 설정하여 명령을 할 때 아두이노와 웹서버가 서로 일치하게 되면 동작이 이루어진다. 아래 그림은 On/Off 제어가 가능한 페이지를 나타내고 있다.



그림 3.3.21 On/Off 제어 시스템

- pH의 중성농도를 유지하기 위해 센서의 값을 측정하고 펌프가 중성농도 값에 맞도록 높이거나 줄일 수 있는 시스템 개발하였고, pH센서가 데이터를 측정하여 발생시키면 아두이노에서 측정 데이터를 받아 수치에 따라 펌프를 동작시키고 그 데이터를 실시간으로 LCD화면에 확인 가능하다. 또한 EC도 동일하게 활용 가능하다. 아래 그림은 아두이노와 pH센서를 이용하여 펌프로 pH농도를 자동 제어 가능한 시스템을 나타내고 있다.



그림 3.3.22 아두이노 및 펌프, pH센서, LCD1602A 결합 구성도

- 생육환경 모니터링 시스템을 이용하여 간이 수경재배기에서 재배를 시작하여 성장속도 및 병해충에 대해 결과를 분석하였으며, 성장속도는 관리하지 않은 재배방식보다 빠르다는 것을 확인하였고, 식물의 엽록소, 광합성, 발아, 잎 배포 등 최대의 효율을 내고 병해충이 싫어하는 LED 색상을 고려하였다.

### 3.3.3 무선 원격검침용 UI 및 제어용 앱 개발

#### □ 3차년도 앱 기반 시나리오

- 스마트폰에서도 할 수 있는 환경을 위해 연구범위와 시나리오를 재정립하여 아래 그림 시나리오로 연구를 진행하였으며 개발툴, 하드웨어 등은 기본적으로 1, 2차년도와 동일하며 인터페이스 앱 기반을 위한 세부 개발 기술을 추가하였다.

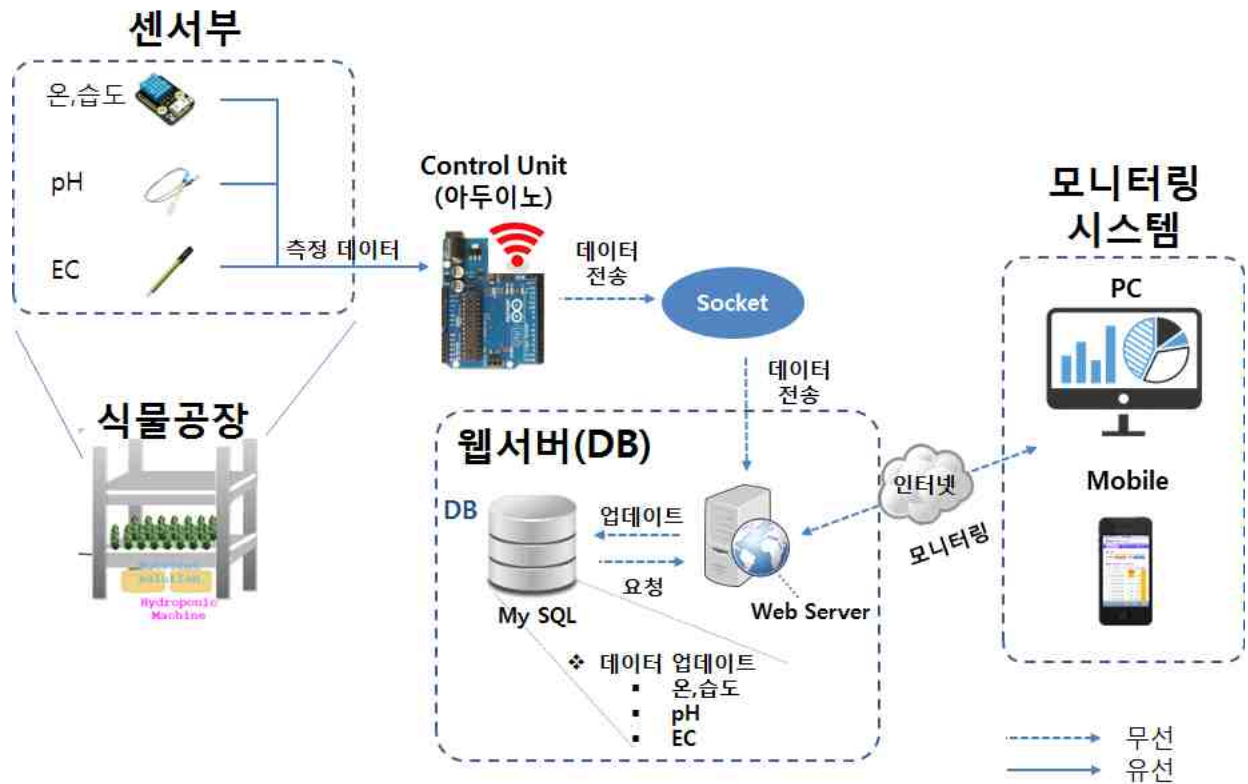


그림 3.3.23 안드로이드 앱 기반 연구개발 시나리오

- 위 그림은 식물 생육환경을 측정하고 모니터링하기 위한 전체 시나리오이며, 센서부에서 데이터를 측정하며 아두이노에서 무선 통신을 이용해 측정된 데이터를 소켓을 통해 웹서버로 전달하여 DB로 데이터를 업데이트하게 되고, PC 또는 Mobile에서 데이터 요

청 시 웹서버는 DB에 데이터를 요청하여 다시 PC 또는 Mobile로 데이터를 시각화하여 모니터링할 수 있도록 구축하였다. 아래 표는 본 연구에 사용되었던 센서 및 하드웨어를 나타내고 있다.

표 3.3.3 모니터링 시스템 구축을 위한 하드웨어 규격

구분	규격	제품/제조사
 아두이노	소프트웨어와 전자기술을 간단하게 이용할 수 있도록 설계된 플랫폼 마이크로 컨트롤러 (ATmega328P)	Arduino Uno R3/Arduino
 Wi-Fi Shield	아두이노 보드가 Wi-Fi에 접속할 수 있도록 AP역할을 해주는 플랫폼 802.11b/g networks	Arduino Wireless Proto Shield/Arduino
 온습도 센서	온도 측정 범위 : $-40^{\circ}\text{C}$ to $123.8^{\circ}\text{C}$ 온도 오차율 : $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 습도 측정 범위 : 0% to 100% 습도 오차율 : $\pm 3.5\%$	SHT-71/Sensirion
 pH 센서	물의 수소이온농도를 측정하는 모듈 pH 측정범위 : 0pH to 14pH pH 오차율 : $\pm 0.1\text{pH}$	Analog pH Meter Pro /DFROBOT
 EC 센서	물의 전기전도도성을 측정하는 모듈 EC 측정범위 : 1mS/cm to 20mS/cm EC 오차율 : $\pm 10\%$	Analog Electrical Conductivity Meter /DFROBOT

- 아두이노는 Wi-Fi Shield와 결합된 상태로 무선통신이 가능하며 외부전원 5V~12V 사이로 구동시킬 수 있으며, 여러 가지 센서를 아두이노 핀에 결합하여 측정하였다. 모니터링하기 위해 데이터베이스 서버를 구축하고, C언어 기반의 오픈소스 아두이노 스케치 프로그램과 자바를 이용하였다.

- 아래 그림은 자바서버의 처리과정도이며, 생육환경 모니터링 및 제어를 위한 소프트웨어 자바의 시나리오와 그에 따른 세부사항에 대해 설명하고 있다.

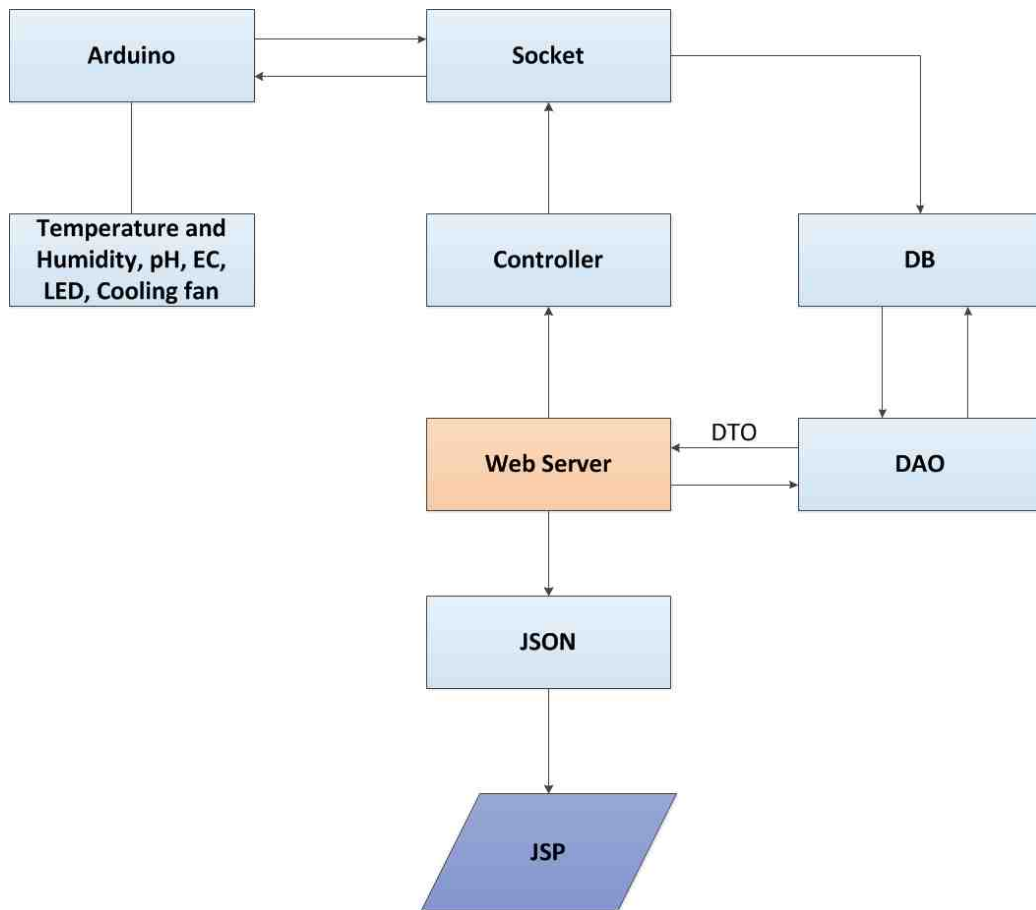


그림 3.3.24 안드로이드 앱 기반 소프트웨어 자바 전체 처리과정도

- 아두이노와 자바 간 소켓통신이 이루어지면 센서로 측정된 데이터는 데이터베이스로 송신해 DAO(Data Access Object)로 전달하고 다시 DTO(Data Transfer Object)로 데이터를 리턴하여 웹서버로 보낸 후 웹서버를 기준으로 JSON(JavaScript Object Notation) 객체형식을 통해 모니터링 가능한 JSP로 전달하게 된다. 또한 명령이 필요할 때 웹서버에서 DAO를 호출해 다시 DTO로 명령 데이터를 리턴하여 웹서버가 전달 받은 후에 MVC(Model-View-Controller) 패턴 중 하나인 Controller가 UI의 사용자 액션에 응답하고 데이터 흐름을 제어하여 On/Off 명령을 송신하고 소켓을 통해 명령한 동작을 아두이노에서 수행하게 된다. 데이터 모델인 DTO와 DAO 클래스를 활용하였으며, 생육환경 모니터링 및 제어를 위해 servlet을 이용하여 JSP에서 요청 받은 데이터베이스 Select, Insert, Update, 소켓서버연동, 제어 등을 수행하는 역할을 수행할 수 있도록 한다. 데이터 모델 DAO는 데이터 접근을 목적으로 하기 위한 클래스이며, DTO는 데이터가 포함



된 객체를 다른 시스템으로 전달하는 클래스로 DAO에서 접근된 데이터를 기반으로 DTO에 모든 데이터를 순서대로 전달하고, 서버의 자원을 이용하는 JSP는 HTML내에 자바코드를 삽입하여 웹서버에서 동적으로 웹 브라우저를 관리하는 언어이며 servlet은 클라이언트 요청을 처리하고 그 결과를 다시 클라이언트에게 전송하는 프로그램이다. 사용자가 시스템에서 업무 요청을 하면 클라이언트의 자원을 이용하는 자바스크립트 (Java Script)에서 데이터 확인 및 가공하여 servlet으로 요청하며 servlet은 데이터를 받아 요청에 맞는 로직을 수행 후 결과값을 JSP로 전달한다. 또한 모니터링 시스템에 데이터를 표현하기 위해서는 객체형식으로 자료를 표현해야하기 때문에 JSON을 이용하였으며, JSON은 단순히 데이터를 받아 객체나 변수로 할당하여 사용하기 위한 도구이다. 아래 그림은 JSON의 개념도를 나타내고 있다.

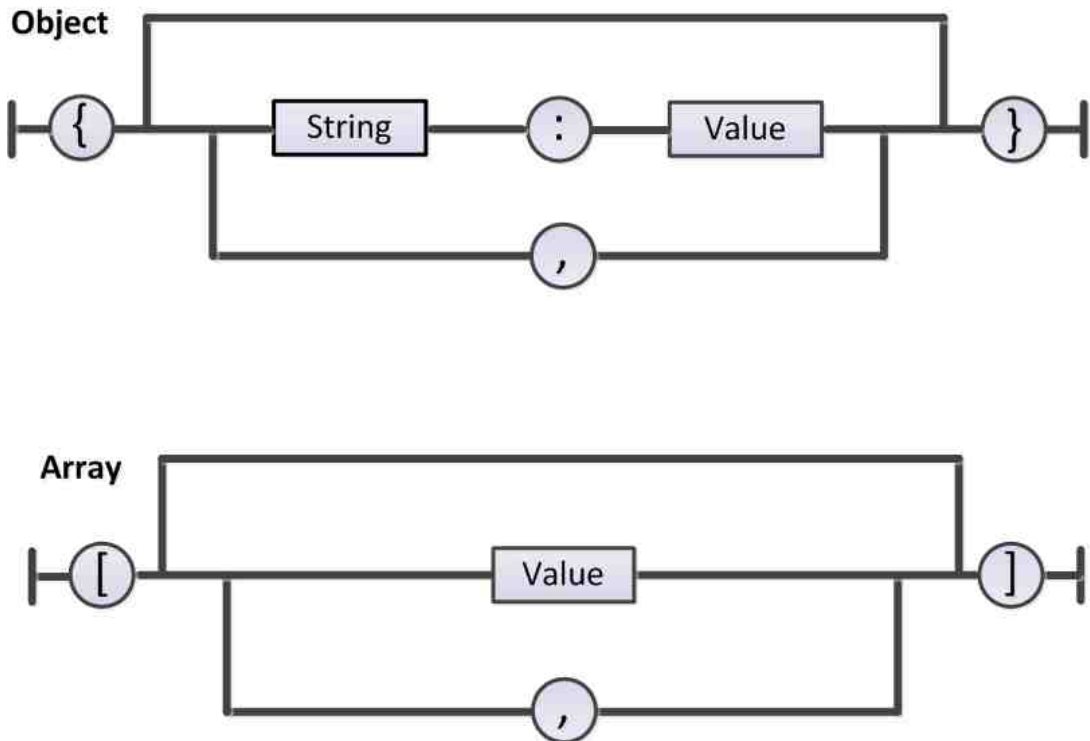


그림 3.3.25 데이터 교환언어 JSON 개념도

- JSONObject는 비순서화된 구조를 가지고 있으며, 좌 중괄호로 시작하고 우 중괄호로 끝내어 표현함. 각 이름 뒤에 콜론을 붙이고 콤마로 이름 또는 값을 구분한다. 그리고 JSONArray의 경우 순서화된 구조를 가지고 있으며, 좌 대괄호로 시작해서 우 대괄호로 끝내어 표현하며, 콤마로 Array의 값들을 구분한다. 아래 그림은 아두이노와 자바가 무선 통신으로 접속하여 데이터가 측정되는 모습을 볼 수 있다.

```

Markers Properties Servers Data Source Explorer Snippets Console History
ArduinoServerThread [Java Application] C:\Program Files (x86)\Java\jdk1.7.0_79\bin\javaw.exe (2016. 5. 20. 오전 11:45:20)
msg:&63.38,24.89
db temhumi message : &63.38,24.89
humi:63.38,temp:24.89
temhumi Success
현재접속한client수:3
msg:#@@@1.33
EC:1.33
ec1 Success

```

그림 3.3.26 자바에 모니터링 되는 데이터

○ 아래 그림은 온습도, pH, EC 측정 데이터를 데이터베이스로 업데이트된 모습을 나타냄.

TEM_DT	temp	humi	tem_dy
2016-11-29 21:00:00	24.2	40.1	20161129
2016-11-29 22:00:00	25.7	40.92	20161129
2016-11-29 23:00:00	25.2	38.21	20161129
2016-11-28 19:00:00	26.5	47.32	20161129
2016-11-29 01:00:00	26.5	44.57	20161129

tem_dt	ph	tem_dy
2016-11-29 04:00:00	6.240	20161129
2016-11-29 05:00:00	6.290	20161129
2016-11-29 06:00:00	6.110	20161129
2016-11-29 07:00:00	6.040	20161129
2016-11-29 08:00:00	6.090	20161129

tem_dt	ec	tem_dy
2016-11-26 16:42:57	1.390	20161126
2016-11-26 16:42:59	1.390	20161126
2016-11-26 16:43:01	1.420	20161126
2016-11-26 16:43:05	1.420	20161126
2016-11-26 16:43:07	1.420	20161126

(a) 온습도 데이터

(b) pH 데이터

(c) EC 데이터

그림 3.3.27 데이터베이스 데이터

○ 아래 그림과 그래프형 모니터링 시스템이며, 부트스트랩 기반으로 개발되었으며 CSS, 자바스크립트로 이루어진 라이브러리로 모바일 지원을 동시에 하는 프레임워크이고 반응형 웹으로 모바일 앱 우선적으로 개발 가능한 플랫폼이다. 자바에서 Spring boot를 이용했으며, Auto Configure 역할을 하고 어플리케이션의 구조를 쉽게 구성할 수 있어 유지보수에 강함. 또한 자바의 Maven Project를 이용해 라이브러리 관리 기능이 편리했으며, 모든 프로젝트의 빌드 프로세스를 일관되게 사용 가능하고 Maven이 제공하는 많은 플러그인을 활용하였다.



그림 3.3.28 부트스트랩 기반 모니터링 시스템

○ 아래 그림은 모바일 환경에서 본 모니터링 시스템 모습을 나타내고 있다.

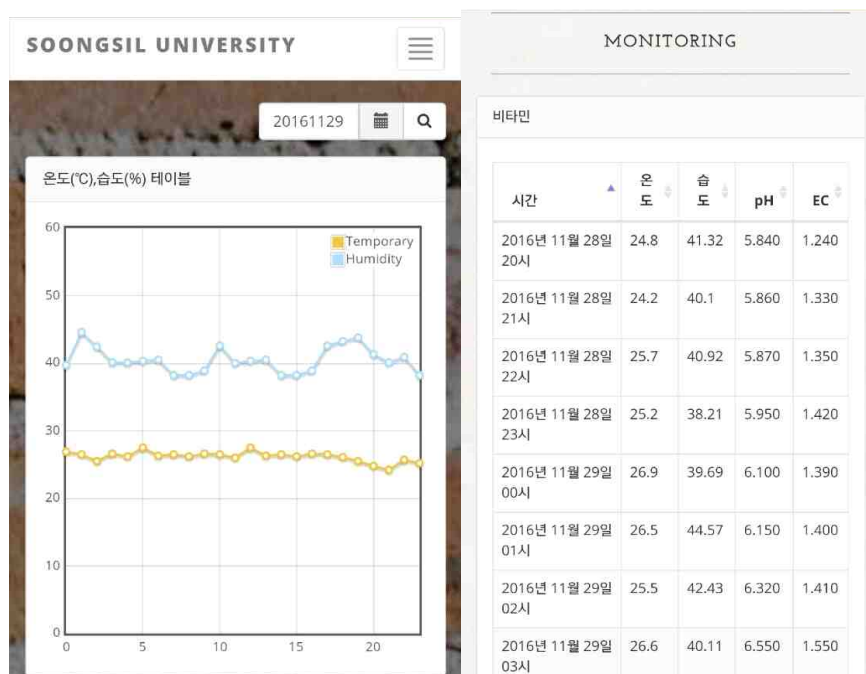


그림 3.3.29 모바일 환경 모니터링 시스템

- 그 외에 평균데이터를 확인할 수 있도록 개발하였으며 그림은 평균데이터 모습을 나타내고 있고 PC 또는 Mobile 둘 다 지원한다.



그림 3.3.30 평균 데이터 모니터링 시스템

- 해당 연구개발로 식물공장에서 지속적으로 필요한 데이터를 모니터링 가능하며, 시스템을 이용하여 가정 내에서도 수경재배가 가능하여 도시농업 활성화를 기대할 수 있다. 또한 재배관리 기술로 식물공장 등에서의 다품종/대량 생산 및 유통 관리 확대를 기대할 수 있다.

**□ 연구실 환경에서의 사전 수경재배 실험**

- 개발한 시스템을 이용하여 실제 연구실 환경에서의 수경재배를 실험하였으며, 양액재배를 위해 고려해야할 생육환경 4가지 조건인 온도, 습도, pH, EC 환경을 아래 표 식물 생육환경 최적 환경 파라미터 값으로 나타내고 있다. 물론 이 외에 CO2 등 몇 가지 더 고려해야할 사항이지만 4가지 조건을 가지고 실험을 진행하였다.

표 3.3.4 생육환경 최적 파라미터 값

Temperature (°C)	18 ~ 25
Humidity (%)	40 ~ 60
pH	5.0 ~ 7.0
EC (mS/cm)	1.2 ~ 1.7

○ 위 표의 4가지 파라미터의 최적값은 식물마다 다르기 때문에 본 실험에서 고려한 식물의 기준값을 나타내며, 그 중 식물에게 영양분을 공급할 수 있는 EC가 큰 비중을 차지한다. 본 실험에서는 EC는 야마자키 양액법으로 제조하여 식물에게 영양분을 충분히 공급하였으며, 아래 표는 야마자키 배양액 조성표를 나타내고 있다.

표 3.3.5 야마자키 잎상추 배양액 조성표

	Fertilizer types	100 drain /1000L	Unit	100 drain /1000L	Unit	200 drain /1000L	Unit	200 drain /1000L	Unit	200 drain /1000L	Unit
A fluid	Calcium nitrate $C_a(NO_3)_2$	23.6	kg	472	g	944	g	28.32	kg	2.832	kg
	Potassium nitrate $KNO_3$	20.2	kg	404	g	808	g	24.24	kg	2.424	kg
	Fe-EDTA	1.5	kg	30	g	60	g	1.8	kg	0.18	kg
B fluid	Potassium nitrate $KNO_3$	20.2	kg	404	g	808	g	24.24	kg	2.424	kg
	Ammonium dihydrophosphate	5.8	kg	116	g	232	g	6.96	kg	0.696	kg
	Magnesium sulfate $M_gSO_4$	12.3	kg	246	g	492	g	14.76	kg	1.476	kg
	Copper sulfate $C_uSO_4$	3.9	g	0.1	g	0.156	g	4.68	g	0.468	g
	Boric acid $H_1BO_3$	176.3	g	3.5	g	7.052	g	211.56	g	21.156	g
	Manganese sulfate $MnSO_4$	61.5	g	1.2	g	2.46	g	73.8	g	7.38	g
	Zinc sulfate $ZnSO_4$	8.8	g	0.2	g	0.352	g	10.56	g	1.056	g
	Ammonium molybdate $H_{24}Mo_7N_6O_{24}$	9.2	g	0.2	g	0.368	g	11.04	g	1.104	g

○ 본 실험에서 고려된 식물은 청치마와 비타민 2가지 종류임. 또한 최적의 생육환경을 유지하기 위해 지속적으로 모니터링 및 제어를 수행하였다. 위에 제시한 온도의 최적 파라미터 중 18℃ 이하로 낮아지는 경우는 거의 없었으며, 25℃ 이상이 되면 쿨링팬 제어로 온도를 조절하고 습도는 가습기를 이용하여 각각 21℃에서 25℃, 35%에서 55%으로 조절하였다. pH농도는 5.0pH 이하로 내려가는 경우는 없었으며 7.3pH 이상이 되면 황산( $H_2SO_4$ ) 또는 질산( $HNO_3$ )을 첨가하여 감소시켜 5.2pH에서 7.0pH 사이를 유지하였다. 만일 pH농도가 5.0pH이하가 되면 암모니아수( $NH_4OH$ )를 첨가하여 올려야 함. EC농도



의 최적 환경을 위해 양액과 물은 10L기준으로 1:500의 비율로 A액과 B액을 각각 20cc 만큼 따로 첨가하여 1.4mS/cm로 시작하였으며, 1.2mS/cm 이하가 되면 양액을 충분히 첨가하였고 1.7mS/cm 이상이 되면 수돗물을 섞어 1.2mS/cm에서 1.7mS/cm 사이를 유지하여 관리하였다. 양액재배를 위해서 펠트리디쉬 안에 솜과 그 위에 거즈를 깔고 그 위에 씨앗을 뿌린 후 암실에서 씨앗을 받아시키는 것으로 실험을 진행하였다. 아래 그림은 발아를 위한 펠트리디쉬 내 청치마와 비타민 씨앗 모습을 나타내고 있다.



그림 3.3.31 펠트리디쉬 안 청치마와 비타민 씨앗

- 3일이 경과하여 발아된 씨앗은 상하지 않도록 양액재배기용 스펀지에 담아 양액재배기로 옮기기 전까지 충분히 뿌리가 자랄 수 있도록 암실에서 발아를 진행하였으며, 씨앗이 마르지 않도록 부족한 수분을 충분히 보충시켜 관리하였다. 아래 그림은 스펀지 내에서 6일이 경과된 청치마와 비타민 씨앗의 모습을 나타내고 있다.



그림 3.3.32 6일 경과된 청치마와 비타민

- 약 7일에서 8일 경과 후에 양액재배기에 옮길 수 있을 만큼 뿌리가 성장하였을 때 식물이 담겨진 스펀지를 그대로 옮겨 양액재배 실험을 진행하였다. 초기 모니터링 실험 결

과 양액 영양섭취 속도가 느렸으며, 식물이 LED와 양액 환경에 익숙해져야했던 것으로 생각됨. 또한 양액재배기 물의 오염도를 고려하여 주기적으로 갈아주며 진행하였다. 아래 그림은 청치마와 비타민 식물이 15일 경과된 모습을 나타내고 있다.



그림 3.3.33 15일 경과된 청치마와 비타민

- 15일 경과 후부터 35일까지의 모니터링 실험 결과 중기에 온도가 급격히 증가하여 쿨링 팬 제어를 수행하여 조절하였으며, 식물이 LED와 양액 환경에 익숙해져 영양분을 많이 섭취하게 되어 눈에 띄게 빠른 속도로 성장하기 시작한 것으로 생각된다. 아래 그림은 35일 경과한 청치마와 비타민의 모습을 나타내고 있다.



그림 3.3.34 35일 경과한 청치마와 비타민

□ 식물공장 구축 사항

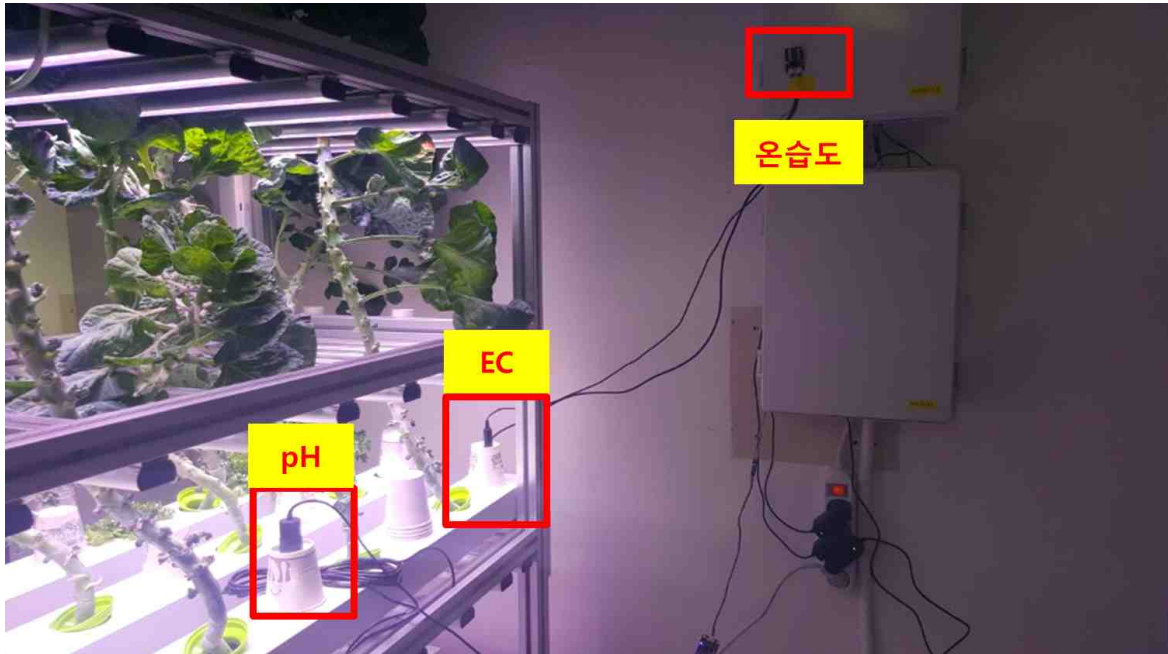


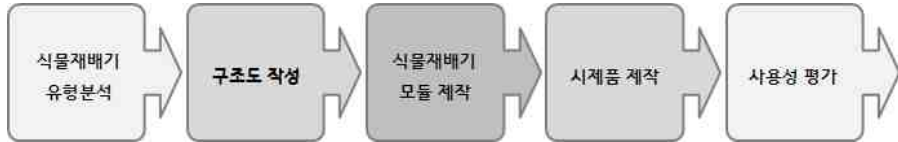
그림 3.3.35 송실대학교 식물공장 하드웨어 구축

- 위 그림은 송실대학교에 아두이노 및 센서들이 설치된 모습을 나타내고 있다. 실제 식물공장에서 실험하였을 때 정상적으로 구동되는 것을 확인하였다.

### 3.4. 보급형 식물 재배기 시스템 개발

#### 3.4.1. 연구개발 추진 전략 및 방법

- 디자인 개발체계:



#### 가. 식물재배기 분석 및 구조 구성

##### (1) 식물재배기의 유형분석

- 기 생산된 식물재배용 제품 분석
- 적정 식물의 관계성 연구
- 식물재배를 위한 공간 유형별 관계성 분석

##### (2)기능 도출을 위한 구조도 구성

- 광원의 구성 및 성능 연구 적용
- 양액의 순환체계 연구 적용
- 전원공급의 효율적 구조 연구 적용
- 모듈화를 통한 효율적 공간배치 연구

#### 나. 식물재배용 모듈디자인

##### (1) 모듈의 유형 설정

- 모듈별 디자인 제안




##### (2) 식물재배용 모듈디자인 제조을 위한 도면 작성 및 생산과정 설정

##### (3) 모형제작을 통한 실험 및 구현

- 모듈별 모형제작
- 작물별 재배용 모듈 디자인 구현

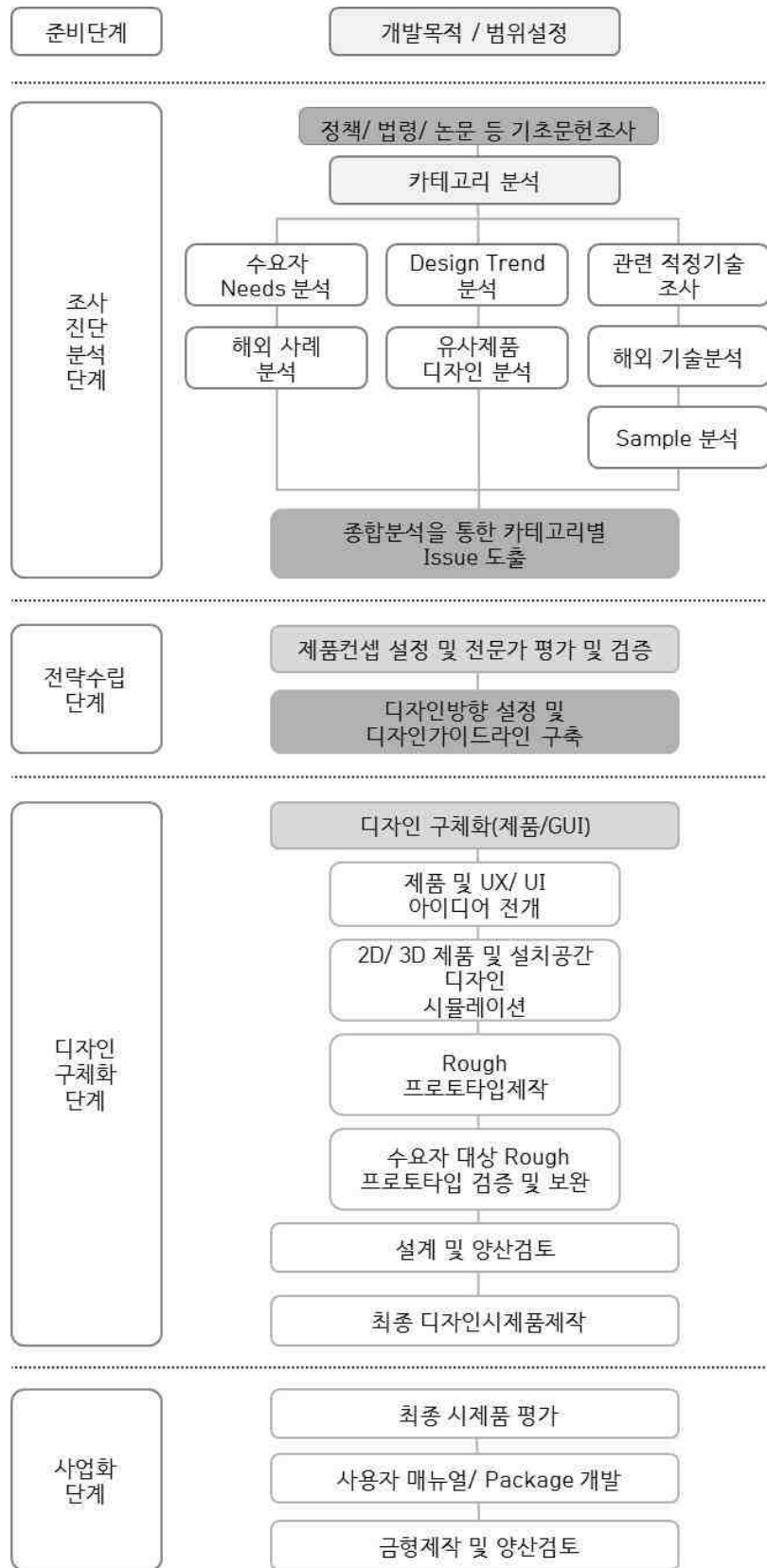
#### 3.4.2 수행방법



 <p><b>디자인 개발</b></p>	<p>다. 현안 및 이슈도출</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 단계별 문헌조사를 통한 관련자료 수집·분석</li> <li>2) 국내외 사례조사·분석</li> <li>3) 관계기관 및 관련업체의 현장중심의 리서치</li> </ol> <p>라. 평가 및 검증(공급자·수요자 중심의 평가)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 전문가집단의 평가</li> <li>2) 사용성 평가(사용자)</li> <li>3) 설치 및 공간구성 평가(전문가)</li> </ol> <p>마. 디자인가이드라인 개발</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 수요자·사용자 유형에 따른 가이드라인 개발</li> <li>2) 디자인가이드라인에 의한 사용자 시나리오 작성</li> </ol> <p>바. 디자인개발</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 디자인가이드라인에 기초한 모듈형 식물재배기 디자인 컨셉 및 아이디어 도출</li> <li>2) 3D 시뮬레이션 및 프로토타입을 활용한 사용성 테스트</li> <li>3) 스케일 모형을 활용한 설치 및 사용성 평가</li> <li>4) 양액공급모듈/광원유니트/센서등 ICT관련부 UI·UX개발</li> </ol>
 <p><b>역량강화</b></p>	<p>사. 개발체계 구축</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 디자인가이드라인에 기초한 모듈형 식물재배기 디자인 컨셉 및 아이디어 도출</li> <li>2) 디자인·기술의 융합을 통한 디자인혁신 프로세스 구축</li> </ol> <p>아. 도시농업교육</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 도시농업에 특화된 전문프로그램교육 체계구성</li> <li>2) 모듈형 식물재배기 운영방법 교육 가이드라인 개발</li> </ol>
 <p><b>사업화</b></p>	<p>자. 특허기술 권리화 및 사업화 전략</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 1단계: 디자인주도의 선행디자인개발/ 특허 및 디자인 권리화 상품화 검증</li> <li>2) 2단계: 인증시제품개발/</li> <li>3) 국내외 전시참가 및 관련기관 홍보·프로모션</li> </ol>



### 3.4.3 추진 체계



### 3.4.4. 연구 개발 성과

연구 내용		연구수행방법	내용
1차 년도	식물 재배기 분석 및 디자인	<ul style="list-style-type: none"> <li>식물재배기의 유형분석</li> <li>기능도출을 위한 구조도 구성</li> <li>재배용 모듈 디자인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>식물재배기 제품분석 식물재배를 위한 공간 유형별 관계성 분석</li> <li>광원, 양액, 전원공급, 모듈화를 위한 효율적 공간배치 연구</li> <li>모듈별 디자인제안</li> </ul>
2차 년도	식물 재배기 디자인 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>디자인 가이드라인에 의한 사용자 시나리오 작성</li> <li>가이드라인에 기초한 모듈형 식물재배기 디자인 스케치</li> <li>3D 시뮬레이션 및 프로토타입 개발</li> <li>스케일 모형을 활용한 설치 및 사용성 평가</li> <li>양액 공급 모듈, 광원 유닛, 센서, UI, UX 적용</li> <li>활용성 점검</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>식물재배기 사용자 행동 관찰과 사용 후기 분석을 통해 시나리오 작성</li> <li>디자인 컨셉과 목표를 설정하고 각 요소를 수 있는 디자인 개발</li> <li>충족할 디자인 시안을 3차원 모델링 프로그램 (MAX)와 라이노 프로그램을 사용하여 3차원 디자인을 전개</li> <li>양액을 한곳에서 여래 포트로 보낼 수 있는 기능 검토, LED 광원을 설치할 수 있는 디자인 검토, 센서는 자동센서는 아두이도를 통한 적용, 양액의 양만을 단순 점검하는 센서 장착</li> <li>수직과 수평으로 확장할 수 있는 가능성을 적용한 디자인 검토</li> </ul>
3차 년도	도시 농업 보급형 식물 재배 시스템 시제품 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>디자인 보완 및 선정: 3D printer 사용 테스트</li> <li>보급형 식물재배용 모듈 개발</li> <li>3D Printer 이용 시제품 생산기반 구축을 위한 방안 제안</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요조사와 경제성 등을 분석을 통한 비즈니스 모델 개발, 기업 지원 방안 도출, 문제점 도출하여 개선 방향 디자인에 적용</li> <li>보급형 식물재배기(가정용 재배기)의 비즈니스 모델을 개발하고, 다양한 재배기를 시장 수요조사를 통해 설계와 디자인을 통해 개발함. 개발 재배기는 3D printer를 이용하여 시제품을 제작</li> <li>숭실대학내의 유관기관들 (AHA 크리에이티브 센터, 3D 프린팅 기술지원센터, Techshop 지원센터)에 보유하고 있는 3D printer를 활용하여 도시농업 제품 디자인 및 3D 프린터를 이용한 시제품 생산 지원 체계를 구축. 또한, 기업들의 수요에 맞추어서 디자인과 시제품 생산을 지원할 뿐 아니라 기업 수요에 적합한 인력 양성을 위한 교육 프로그램을 개발</li> </ul>

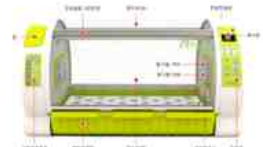
### 3.4.4.1. 1차년도

#### 가. 식물 재배기 분석 및 디자인

##### (1) 식물재배기 유형 사례분석

##### ○ 국내 식물재배기 사례분석

	기르미 1호	벽걸이화분&책상위의정원	파이프팜 식물재배기
제조사	조일 P.S	쭈지평그린팜	파이프팜
특징	자동급수조절장치 사용 간편한 설치방법 유기농작물을 재배 회전식 바퀴로 이동이 용이 탈부착가능한 지지대	심지형 저면관수 사무실 파티션, 가정의 방장고, 에어컨, 벽면 등에 부착가능 공기정화, 눈의피로, 정서순화에 도움	자연광 사용 공간활용 극대화 창에 맞춤 설치 가능 유리창에 직접 고정 또는 와이어 행 거 사용 급수방법을 간편하게 할 수 있음 설치비가 경제적 자연 친환경 학습 교재로 응용
크기	115(D)X18(W)X69(H)cm	7(D)X9(W)X15.5(H)cm	길이 25cm
이미지			
사이트	<a href="http://www.girumi.com/index.html">http://www.girumi.com/index.html</a>	<a href="http://www.내곶에작은숲.com/">http://www.내곶에작은숲.com/</a>	<a href="http://pipefarms.co.kr/">http://pipefarms.co.kr/</a>

	베지샵(원도우 가든)	가정용 LED 분무형재배기	SingSing R-farm MAX-650
제조사	베지샵	쭈넥스트팜	R-farm
특징	베란다 창문가에 수직형으로 사용 수경재배 시스템 사용  1. 클래식키트 재활용 페트병 캡을 사용한 수동으로 물을 공급  2. 하이브리드 인스텐션 키트 수중모터와 기포발생기를 이용한 에어 리프트 가능 사실 환경 및 목적에 따라 규모 및 구성을 다양화  3. aquaponic kits(수족관 일체형) 재배용기를 하나의 수족관으로 설치 물고기의 배설물로 영양분 공급  4. led light kits(led조명 복합 일체형) led 조명을사용  5. customm installation service 비즈니스 전시, 이벤트를 세련된 구성 및 설계	LED 식물(재배)재배베드는 2개로 구성 하단에 양액통, 제일 하단에는 기계실로 구성  *기계실 구성 양액순환 모터 필터 pH EC 전원장치 등	수경재배 자동 수온 조절가능 공기 순환용 환기팬 LED 인공 광원의 밝기 3단계 조절 (상록에 적합한 전용 LED) 양액 공급 시기를 알려주는 알람기능 비닐하우스 형태의 온실효과 영양공급을 위한 물순환펌프 및 산소 공급장 치
크기		0.8(D)X1.2(W)X2.2(H)m	47(D)X65.5(W)X44(H)cm
이미지			
사이트	<a href="http://www.vegshop.co.kr/">http://www.vegshop.co.kr/</a>	<a href="http://nextfarm.co.kr/">http://nextfarm.co.kr/</a>	<a href="http://r-farm.co.kr/">http://r-farm.co.kr/</a>

	애니그로우 소형 식물재배기 BAG-100	LED 식물재배기	가정용 식물재배기
제조사	애니그로우	(주)드림바이오컴	해담은(아이모아)
특징	LED 조명의 낮은 전력소모율로 에너지 절약 원터치 동작과 알람시스템 (5가지 재배모드 3가지 조명) 환경에 따른 4단계 높이조절 간편한 청소 및 관리	수경재배기, 모터, LED등으로 구성	재배기상판, LED, 지지대, 재배조, 하판, 물받이, 전원공급장치로 구성 토양재배 에너지절감의 LED 사용 필요에 따라 2단 적재하여 재배가능
크기	30(D)X40(W)X60(H)cm		
이미지			
사이트	<a href="http://anygrow.co.kr/index.php">http://anygrow.co.kr/index.php</a>	<a href="http://www.dreambiocom.com/index.html">http://www.dreambiocom.com/index.html</a>	<a href="http://www.haedameun.kr">www.haedameun.kr</a>

	스마트팜	aquaponics tower system	키진팜
제조사	에스엔비 인더스트리㈜	바이오팜	CARAVANESI
특징	계단식 텃밭으로 햇빛이 닿지 않는 지하 역사에서 LED 조명을 사용하여 관상용 꽃과 식용 채소를 재배 식물을 감시하는 센서를 통해 식물 성장에 필요한 수분, 양분, 광량 등을 감지하여 자동 관리 앱을 이용하여 식물의 성장과 환경을 자동으로 감시하고 이상 상태를 인터넷과 스마트폰으로 알림	수경재배, 물고기 배설물로 양액재배 1,2,3층의 수직 재배 신문지 한장 면적	무토양 재배 원활한 식물생육을 위한 특수토양 사용 병해충 예방 효과 최적화된 식물 매뉴얼 제공 생장 촉진을 위한 양액 제품 공급 보광용 조명 사용(옵션) 실내 인테리어, 화훼를 활용 사용자를 배려한 제품 설계
크기	100(D)X230(W)X185(H)cm		
이미지			
사이트	<a href="http://www.snbindustry.com">www.snbindustry.com</a>	<a href="http://www.biofarm21.com/">http://www.biofarm21.com/</a>	<a href="http://caravanesi.co.kr">http://caravanesi.co.kr</a>

	소형재배기 EonFlora-S-01	스피드팜 (센스팜LED식물재배기)	늘푸른채 수경재배기(2열2단)
제조사	㈜대영프로파일(이온플로라)	유타크	늘푸른채
특징	순환방식의 양액 재배 레드, 블루의 7:3 비율의 LED 사용 제품 본체, 양액 공급 모터, 양액 탱크, 모종, 플, 컨트롤 박스, 에어 공급기로 구성 상추를 한달에 약 12포기 생산 가능 (약 600g)	LED조명 사용 심지 관수법하여 물관리가 수월하며 전력을 소모하지 않는 자동관수 시스템 센스팜 전용상토를 제공(벌종해 예방)	수경재배 led 사용(백색광, 적색광, 청색광) 32포트(2열2단) 자동순환양액탱크, 모종, 아답터, 수 용성비료, 포트, 수평계로 구성
크기	48(D)X615(W)X99(H)cm	69X62X36cm	123.7X121.9X35.5cm
이미지			
사이트	<a href="http://www.eonflora.com/">http://www.eonflora.com/</a>	<a href="http://speedfarm.kr/">http://speedfarm.kr/</a>	<a href="http://www.365grow.co.kr/">http://www.365grow.co.kr/</a>

	가정용재배기	LED 수경재배기 DGL-H3	가정용,소형(SF-203)	베지샵(2단베이비채소재배기)
제조사	에스엔비 인더스트리㈜	썬지팜그린팜	썬카스트친환경농업기술	베지샵
특징	저면관수 시스템으로 1주 일에 1회의 관수로 재배 LED조명 사용 모듈화 설계로 식물의 파 종, 수확, 정소가 편리	2열 3단 24포트 자동화 시스템 실내공기 정화 및 습도 조절 수경재배 LED조명 사용	LED조명 사용 전원공급의 Power supply로 구성 3층 또는 4,5층으로 구성 가능 트레이에 양액을 부워 놓고 그 위에 스티로폼 판을 띄워 재배	LED조명 사용 일체형 수경재배&토경재배 2가지
크기		35.5(D)X73.0(W)X151.6(H)cm	34(D)X53(W)X130(H)cm	S형(일반모종) 30.4(D)X62.5(W)X14(H)cm H형(성체모종) 30.4(D)X62.5(W)X31.5(H)cm
이미지				
사이트	<a href="http://www.snbindustry.com">www.snbindustry.com</a>	<a href="http://www.내곶에작은숲.com/">http://www.내곶에작은숲.com/</a>	<a href="http://www.sunnyfield.co.kr/">http://www.sunnyfield.co.kr/</a>	<a href="http://www.vegshop.co.kr/">http://www.vegshop.co.kr/</a>






○ 해외식물재배기

	Smart Herb Garden	Niwa	Urban Cultivator Residential
제조사	CLICK AND GROW	KICKSTARTER	Urban Cultivator
특징	LED 조명 사용(타이머 적용) 카트리지 형태로 되어 있어 쉽게 쉽게 교체 카트리지에 식물에 필요한 영양소의 정확한 양 제공	스마트폰으로 제어하는 식물 재배 시스템 수경 재배 시스템 적용 온도, 습도, 빛, 물 등을 센서와 컨트롤러를 통해 제어 식물의 상태를 사용자가 입력하면 조명이나 환기 상태를 자동으로 조절	주문시 상판의 재질이나 문의 투명도를 선택할 수 있는 옵션 공간에 적용 가능한 디자인을 선택하여 맞춤 설치가 가능 완전 자동화 된 실내 성장 어플라이언스에 허브, microgreens, 야채, 꽃의 긴 목록을 성장, 급수 및 수확 완벽 그래서 빛을주는 직관적 컴퓨터 인터페이스에 의해 제어
크기		21(D)X49(W)X91(H)cm	
이미지			
사이트	<a href="http://www.clickandgrow.com/">http://www.clickandgrow.com/</a>	<a href="http://getniwa.com/">http://getniwa.com/</a>	<a href="http://www.urbancultivator.net/">http://www.urbancultivator.net/</a>


	Mini Power Plant	MIRACLE-GRO AEROGARDEN 3	MIRACLE-GRO AEROGARDEN 3SL
제조사		AeroGrow	AeroGrow
특징	수경재배 시스템 빛이 잘 드는 곳이 필요 자원을 연결하여 식물이 필요로 하는 산소를 뿌리에 공급	CFL조명 사용 수경재배 시스템 포트를 사용하여 조명과 영양분 알림의 자동화 식물의 성장에 따라 높이 조절 가능	CFL조명 사용 수경재배 시스템 포트를 사용하여 조명과 영양분 알림의 자동화 식물의 성장에 따라 높이 조절 가능
크기	20 x 15 x 7 cm	11"(D)X9.5"(W)X14"-20"(H)	11"(D)X5"(W)X10.5"-15.5"(H)
이미지			
사이트	<a href="http://www.gadgetlife.gr/display/IM2.asp?ITMID=5384&amp;LANG=EN">http://www.gadgetlife.gr/display/IM2.asp?ITMID=5384&amp;LANG=EN</a>	<a href="http://www.aerogarden.com/">http://www.aerogarden.com/</a>	<a href="http://www.aerogarden.com/">http://www.aerogarden.com/</a>

	home use plant factory	Bonny Plant Lamp	Digital Pot & Emily Clark
제조사	일본 치바대학 & 파나소닉 & 미라이 & 미쓰이		
특징	2012년 9월부터 2013년 8월까지 1년간 실험 개발 네트워크를 연결하여 전문가의 지원 네트워크화에 의한 재배가 향상되며 커뮤니티의 형성	태양의 빛을 에너지로 전환하여 태양전지패널에 에너지를 저장할 수 있다. LED 조명은 외부의 빛을 감지하는 센서가 작동하여 밤에 자동으로 켜진다. LED 조명은 90도로 펼쳐 램프로 사용할 수 있다.	Digital Pot은 외부포트(outside pot), 내부포트(inside pot), 물받침대(water vessel)로 이루어져 있다. 내부포트에서는 온도, 습도를 측정하고 물은 식물의 요구량에 기초한 양을 계산하여 외부포트의 액정 디스플레이에 그림문자로 식물의 상태를 표시한다. 그리고 화분을 컴퓨터와 USB 연결하여 키우고 싶은 식물의 정보를 다운로드받을 수 있으며 식물이 필요로 하는 내용을 알려준다.
크기			
이미지			
사이트	<a href="http://www.mitsufudosan.co.jp/english/corporate/csr/2014/quality/health/index.html">http://www.mitsufudosan.co.jp/english/corporate/csr/2014/quality/health/index.html</a>	<a href="http://www.yankodesign.com/2013/06/10/bonny-plant-lamp/">http://www.yankodesign.com/2013/06/10/bonny-plant-lamp/</a>	<a href="http://www.yankodesign.com/2008/05/28/plants-tell-you-what-they-want/">http://www.yankodesign.com/2008/05/28/plants-tell-you-what-they-want/</a>

	Two Face Window	Ecotypicbed	Eco-Lantern & Franklin Gaw
제조사			
특징	이 창문은 일반적인 창문과 달리 쉽게 360도 회전이 가능하여 화분의 필요에 따라 창문 외측에서 빛을 받을 수 있다. 그렇기 때문에 창문의 내외부를 청소할 때 쉽고 안전하게 할 수 있다. 또한 날씨에 따라서 식물이 필요로 하는 환경에 따라서 내외측을 바꾸어 줄 수 있다. 창문에는 네 개의 화분을 설치할 수 있으며 화분 밑에는 물을 받을 수 있는 받침대가 있어서 일정량의 물을 모을 수 있다	Ecotypic Bed는 머리위의 LED 라이트를 가지고 있으며 스피커에서는 사용자를 깨울 수 있는 음악을 재생한다. 또한 LED가 비춰지는 화분을 가지고 있다. 이 침대의 가장 좋은 것은 침대에서의 활동들을 모두 에너지로 바꾸는 물박이형 배터리(built-in battery)를 가진다는 것이 특징이다. 침대의 구성에는 끈과 도르래가 있어서 이를 이용하여 당기면 운동에너지가 전기에너지로 바뀌게 된다. 그리고 공기조절은 녹녹함을 신선하게 바꾸어주고 침대 주위에는 아로마 식물이 있어서 건강하게 된다.	Eco-Lantern은 빛과 유리그릇으로 구성된 캠핑 랜턴이다. 사람과 환경이 서로 상호작용할 수 있고 나무를 위한 작은 에코시스템 기능을 하고 있는 랜턴이다. 에코랜턴은 LED조명과 분리 가능한 손잡이 및 베이스, 묘목, 배수를 위한 플러그로 구성되어 있다.
크기			
이미지			
사이트	<a href="http://www.yankodesign.com/2011/10/28/for-the-love-of-plants-and-cleaning/">http://www.yankodesign.com/2011/10/28/for-the-love-of-plants-and-cleaning/</a>	<a href="http://www.yankodesign.com/2010/10/20/a-green-green-bed">http://www.yankodesign.com/2010/10/20/a-green-green-bed</a>	<a href="http://franklingaw.com/Work/Eco-Lantern/">http://franklingaw.com/Work/Eco-Lantern/</a>

○ 국내 건물형 식물 공장 분석

	노원 친환경 첨단 농업시설 (노원구 식물공장)	농촌진흥청 식물공장	수직농장 희망마을	전북대 LED식물공장
위치	서울 특별시 노원구 공릉동	경기도 수원시 권선구 서둔동	부산시 동구	전북대학교 LED농생명융합연구센터
특징	연중생산가능 균일한 품질과 가격으로 학교 급식 납품 재배기간이 절반이상으로 크게 줄어듬	작업 공정 자동화 환경과 양액 관리를 제어시스템으로 조절 인공광(LED) 이용 공정 생산재배 냉난방은 지열히트펌프 설치 태양광 발전시스템으로 소비전력의 15%생산 수직형재배배드(재배장치를 수직 수평으로 이동가능)	LED조명 및 온도습도 자동제어 시스템 홍보 및 판매장, 공동작업장, 체험관, 수직농장, 휴게공간	농생명융합 인력양성(계획) 맞춤형 LED 융합기술 지원 3만포기 상추 재배 가능 8단 재배 시설 수냉식 LED조명시스템 양액 공급시설
이미지				

	도심형 식물공장	복합형 식물공장
제조사	인성테크	
특징	도심형 식물공장(도심형, 모듈형, 주문제작형) 도심형:크린룸 설치 모듈형:조립식구조로 1.2m 단위로 폭 조정 가능, 설치 공간에 맞게 맞춤 제작 가능 주문제작형:소형 쇼케이스부터 각종 인테리어용까지 다양한 맞춤 제작 가능, 소형매장, 사무실, 기업, 호텔, 병원 로비층 등 다양한 공간에 적용 친환경  a 지 강조, 실내 공기 순화 기능, 실내 조도 향상	복합형 식물공장(다중 적층식) 태양광/인공광원 이용, 양액 자동 공급, 자동으로 배양 배드 수납 및 적층 보온 구조로 냉난방 효율이 좋음
크기	560(L) X 210(D) X 230(H)cm	120(L) X 60(D) X 40(H)cm (1단 1.2m당)
이미지	 	 
사이트		



○ 해외 건물형 식물 공장 분석

	UrbanFarmers	후지쯔 채소공장	SKY GREENS
위 치	네덜란드	일본	싱가포르
회 사	Priva	후지쯔	SKY GREENS
특 징	Priva는 시설제어 기술과 다양한 연동모듈 라이브러리를 통하여 각종 센서 및 제어장치 등의 모듈을 유기적으로 연동시켜 작물이 생장에 필요한 최적의 성장환경을 제공한다. UrbanFarmers는 전 필립스 공장이었던 빈사무실을 이용하여 상업 도시 농업 시설을 만들었다. 물고기와 채소의 성장환경에서 서로의 양분과 배설물을 순환 시스템으로 만들고 더 필요한 양분을 최소한으로 하여 지속가능한 해결방법으로 찾고 있다. 성장 과정은 모두 기록하고 실시간으로 저장하며 수질과 온실의 환경을 모두 측정하고 모니터링을 하고 있다. 그리고 내부에서 일어나는 모든 일들은 지붕의 간판을 통해서 표시하여 외부로 알리고 있다.	클라우드 시스템 아카사이(Akasai)를 기반으로 농업의 경영,관리시스템을 도입하였다. 아카사이는 시스템은 농업인의 작업내용 및 작물에 대한 정보를 상시 기록하여 데이터로 저장되며 센서를 이용한 농장의 환경의 정보를 바탕으로 재배 환경을 예측하여 수확시기와 수확량에 대한 예측을 한다. 사용자는 최적의 재배 정보를 바탕으로 농작물 수확량 및 수확시기를 조절하여 생산이 가능하다. 이로써 유통에서도 수요에 대한 기획적인 생산과 공급을 가능하게 하고 있다. 폐쇄형 대형 식물 공장은 2013년부터 반도체 공장의 클린 룸을 활용하여 채소를 재배하고 있다. 클라우드 시스템을 이용하여 데이터를 축적하고 성장에 최적화된 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 비료 등의 양을 결정한다.	9m높이의 수직농장, 각각 38개의 계단식 작물재배 홀통을 가진 타워가 120개 매일 1톤가량 채소생산하여 지역 마켓으로 팔려나감 도시내의 7%정도 생산
크 기			
이미지			

	PASONA O2	도시바 식물공장	Swedeponic 시스템 식물공장
위 치	일본	일본	스웨덴
회 사	파소나 그룹	도시바	Agritech Innovation
특 징	2003년부터 농업인턴프로젝트 실시 농업에 관심있는 사람 대상으로 농업연수 여성근로자, 샐러리맨, 프리타 등 많은 사람들에게 농업의 즐거움이나 매력을 전달. 농업 분야에서의 고용 창출에 이바지 6개의 재배공간으로 이루어져 있음 각각의 공간은 LED에 의한 꽃 재배, 인공광에 의한 장미, 허브 재배, 인공광과 수경 재배에 의한 계단식 논, 수경재배에 의한 야채류 재배, 야채밭, 육모실	고기능성 식물을 재배하여 판매하고 있다. 반도체 공장이었던 곳의 무균 시설을 이용하여 재배하고 있는데 일반 야채보다 신선도가 오래 유지되며 아주 깨끗하여 최상의 식물을 생산할 수 있다. 그리고 소비자의 요구에 맞게 식물의 영양가를 조절하여 비타민C의 함유량을 높이거나 신장질환 환자를 위해 칼륨 성분이 적은 식물을 재배한다.	기계화 및 자동화 자동재배배드 이송시스템 자동스페이싱 로봇을 이용한 자동정식체계를 비롯한 파종, 정식, 수확, 포장과정의 자동화 지열히트펌프방식을 이용한 냉난방 NFT방식의 수경재배시스템
이미지			

이름	식물공장	Hoogendoom 식물공장
위 치	벨기에	캐나다
회 사	Hortiplan	Hoogendoom
특 징	<p>식물공장은 재배베드자동이송시스템(MGS; mobile gully system)을 중심으로 묘 자동이식로봇, 자동재식거리조정방식, 재배베드가 수확장소로 이동될 수 있도록 하고 있어 최소의 인력으로 관리 식물공장에 필요한 상추묘의 생산, 자동이식, 재배베드에 정식후 작물이 커감에 따라 자동 이송중 작물크기에 따라 최적 재식간격을 자동 조절할 수 있도록 되어 있는 자동스페이싱 장치를 갖추고 있어 공간활용을 극대화</p> <p>작물영양과 재배환경관리가 최적관리 될 수 있는 복합환경조절장치를 활용</p> <p>식물공장내 온도관리는 지열히트펌프방식을 채택하여 냉난방 NFT방식을 채택하고 순환식 수경재배시스템으로 운영 광원은 대부분 고압나트륨등을 사용</p>	<p>작물 생산에서 가치를 높이기 위하여 물과 영양분과 에너지의 효율적인 사용을 위해 지속 가능하고 사용자 친화적으로 기후, 물, 에너지, 정보 관리의 자동화 시스템을 제시하고 있다. 그리고 작물의 생산과 이익을 추가적 가치로 생산하기 위해 교육과 서비스 및 지원을 네트워크를 통해 맞춤형으로 지급하고 있다.</p> <p>컴퓨터로 온실내의 환경을 제어하고 자신이 원하는 변수를 사용하여 전략을 설정할 수 있다.</p>
이미지		

## (2) 디자인 시안 제안

### Concept Model

#### SSG Concept Model

- 수경재배와 심지관수방식의 토양재배를 대응.
- Adapter를 이용한 X/Y/Z축으로의 확장가능
- Plant Pot과 Base의 분리로 관리의 용이성추구
- 재배식물의 성장높이에 따른 LED Module의 높낮이 조절
- Sensor를 활용한 interface
- ICT기술을 응용한 제어방식





Concept Model



Concept Model



### 3.4.4.2. 2차년도

#### 가. 디자인 가이드라인에 의한 사용자 시나리오 작성

##### (1) 현안 및 이슈도출

- 단계별 문헌조사를 통한 관련자료 수집·분석
- 국내외 사례조사·분석
- 관계기관 및 관련업체의 현장중심의 리서치
- 관련 시스템의 정량·정성분석
- (수요자·사용자의 현황 및 문제진단)

##### (2) 디자인가이드라인 개발

- 수요자·사용자 유형에 따른 가이드라인 개발
- 디자인가이드라인에 의한 사용자 시나리오 작성
- 모듈화된 유닛을 활용하여 2개 이상의 적층구조가 가능할 것
- 복수의 제품을 연결하여 1개의 양액공급기로 양액의 공급이 가능할 것
- 식물의 생장에 따라 램프의 높낮이 조절이 가능할 것
- 수직 수평의 적층 또는 확장이 가능한 형태
- 기업 협의를 통해 사용자들의 사용후기에 대한 요소를 분석하였고 인터넷의 사용자 후기를 취합 분석하여 시나리오를 작성하였다.
- 대부분 양액 조절이 어렵고 번거롭다는 평가가 되어 양액공급을 자동으로 하거나 횃수를 줄일 수 있는 방안 모색하여 6개의 포트를 한통의 양액으로 공급할 수 있는 디자인을 개발하였다.
- 여러 가지의 작물을 관리할 수 있는 디자인으로 다양한 스케치를 전개하였다.
- 양액관리를 한달에 2-3회 정도로 줄일 수 있는 디자인을 위해 다양한 양액공급 방식에 대한 디자인을 전개하였다.
- 호환성이 높은 모듈을 위한 다양한 형태의 디자인을 개발하였다.
- 1-5차에 걸친 디자인을 전개하여 각 디자인 단계별로 모듈화 가능성, 양액 관리의 수월성, 센서의 호환성 등을 중심으로 디자인 하였다.
- 최종적으로 벌집모양의 디자인으로 결정하여 공간의 효율성을 적용하였으며, 수평으로 확장가능하고 수직으로도 확장 할 수 있는 디자인을 전개하였다.
- 6개의 포트를 하나의 시스템으로 묶어서 양액을 공급하고 양액센서와 습도 온도 감지 센서 및 전원장치를 베이스 삽입하여 관리할 수 있는 모듈로 디자인 개발하였다.

## 나. 디자인 가이드라인에 기초한 모듈형 식물재배기 디자인 전개

### (1) 디자인개발

- 디자인가이드라인에 기초한 디자인컨셉 및 아이디어 도출
- 개발된 4가지의 디자인을 3차원 조형성과 기능성, 확장성을 검토하기 위해 모델링을 진행하였다. 이러한 디자인은 기존과 차별화된 기능성과 조형성으로 디자인 등록을 하였다.

### (2) 시제품제작

- 3D 시뮬레이션 및 프로토타입을 활용한 사용성 테스트
- 모듈화된 유닛을 활용하여 2개 이상의 적층구조가 가능할 것
- 복수의 제품을 연결하여 1개의 양액공급기로 양액의 공급이 가능할 것
- 식물의 생장에 따라 램프의 높낮이 조절이 가능할 것
- 수직 수평의 적층 또는 확장이 가능한 형태
- 모형을 활용한 사용성 평가
- ICT관련 UI · UX개발
- 가장 우수하다고 판단되는 모델을 2/1 스테일 모형을 제작하여 구조 및 사용성 평가를 진행하였는데 스케일 모형이라 사용성 평가에는 한계가 있었다.
- 최종 수정된 디자인은 실물 스케일로 3D printer를 활용하여 출력해보았다.
- 3차년도 디자인 점검과 센서를 적용하여 스케일 위킹모형을 제작하여 시제품을 제작하여 사용성 평가를 실시한다.

### (3) 특허기술 권리화 및 사업화 전략

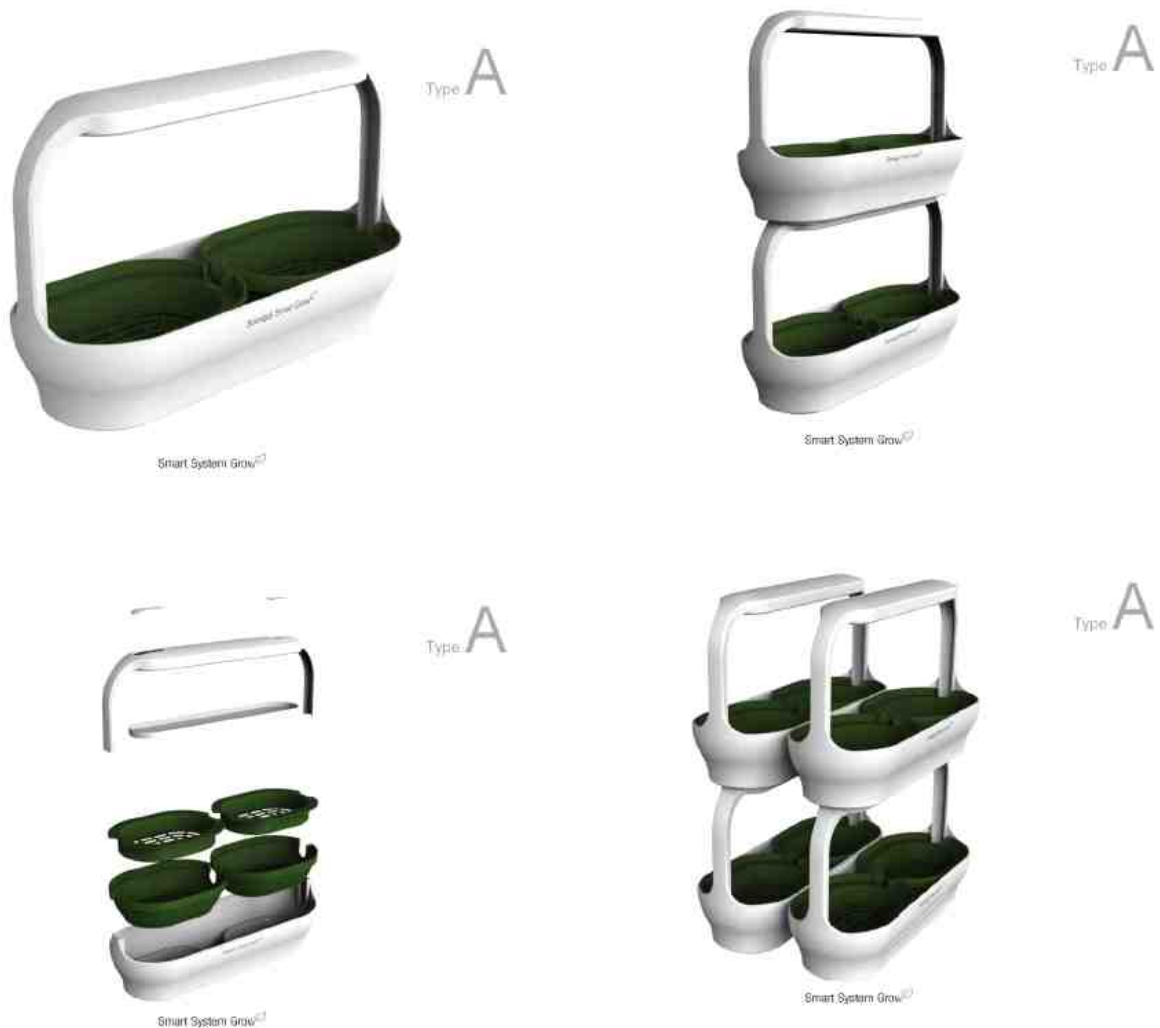
- 1단계: 디자인주도의 선행디자인개발/ 특허 및 디자인 권리화 상품화 검증  
5개의 디자인 등록과 1건의 특허 출원
- 2단계: 인증시제품개발/ 국내 및 국외 판매
- 국내외 전시참가 및 관련기관 홍보·프로모션

## 다. Design sample

### (1) Design 1

#### Smart System Grow A Type

- 2개의 포트를 넣을 수 있는 형식으로 구성
- 양액통을 별도로 구분하지 않고 포트아래에 설치
- 손잡이 부분에 LED 조명을 설치하여 인공광원 부여
- 적층 결합 시 손잡이 부분과 양액통 하단의 연결 장치 부여

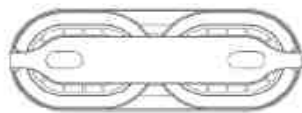




Type A



Smart System Grow



Type A



Smart System Grow



Type A

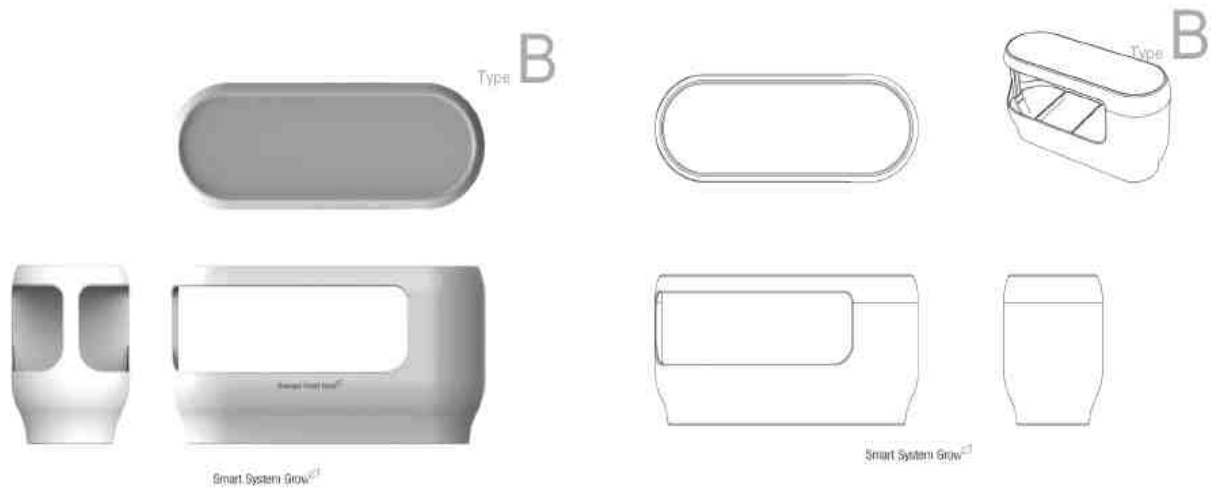
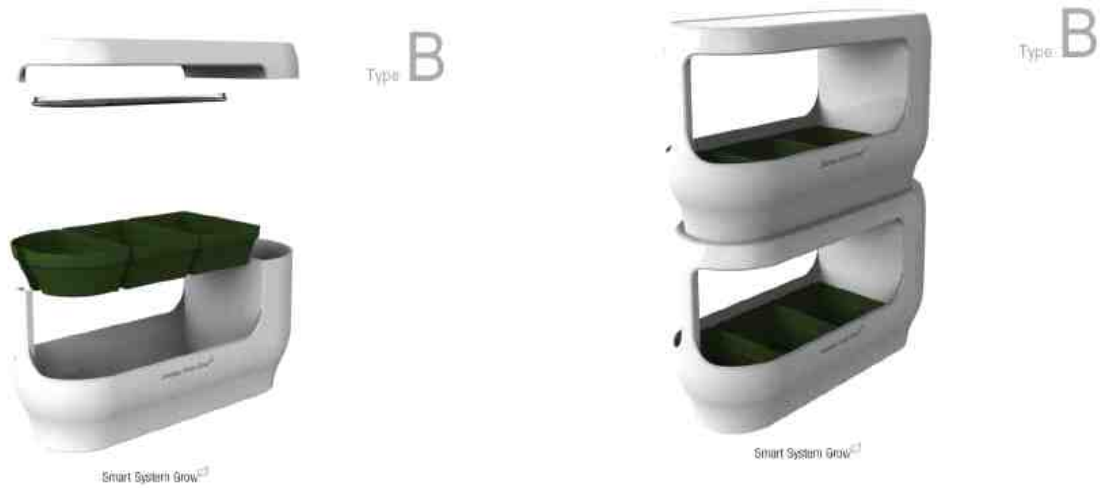
Smart System Grow

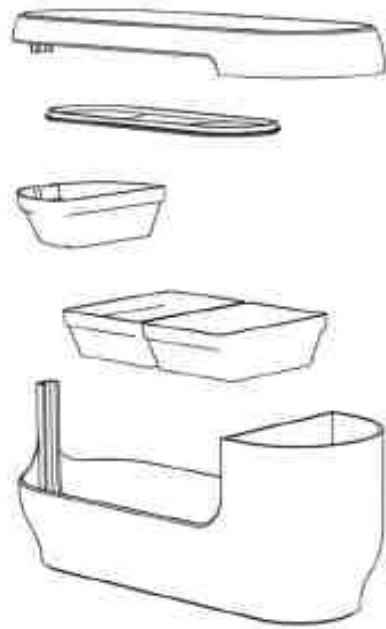


(2) Design 2

**Smart System Grow B Type**

- 2개의 포트를 넣을 수 있는 형식으로 구성
- 양액통을 별도로 구분하여 설치하였으며 양액의 양을 센서로 점검할 수 있도록 디자인이 적용되었을 때 안정감을 위해 양액통과 천판을 하나의 몸체로 구성.





Type **B**

Smart System Grow<sup>®</sup>



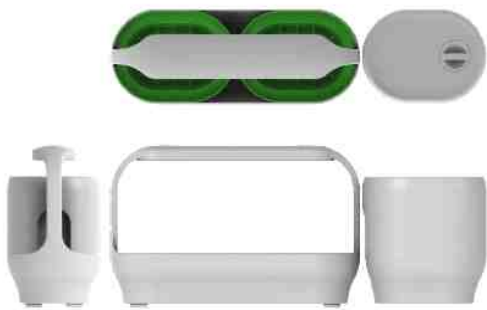
Type **B**

Smart System Grow<sup>®</sup>

실제형 디자인 ALT. 6



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>

양배추를 위한 ALT. B



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>

(3) Design 3

**Smart System Grow C Type**

- 천판의 높이를 식물의 성장에 따라 조절 할 수 있는 기능을 부여.
- 양액통의 깊이와 크기를 확장하여 활용도 부가
- 천판의 LED 조명의 크기 확대하여 인공조명의 기능 확대.



TYPE C



Type C



Type C





Smart System Grow

Type C

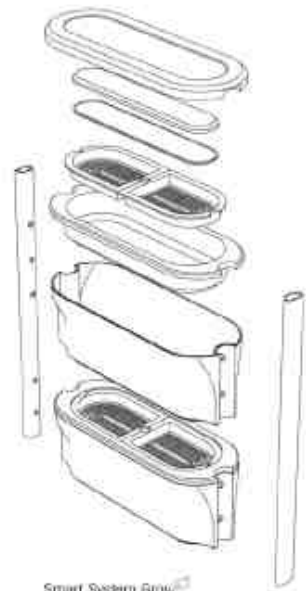


Smart System Grow



Smart System Grow

Type C



Smart System Grow

기동 조물형 디자인 ALT. 9



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow

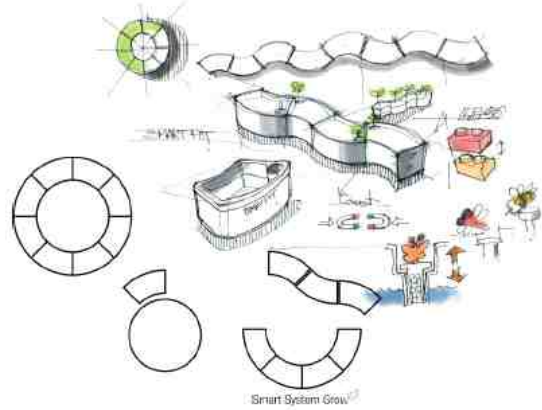
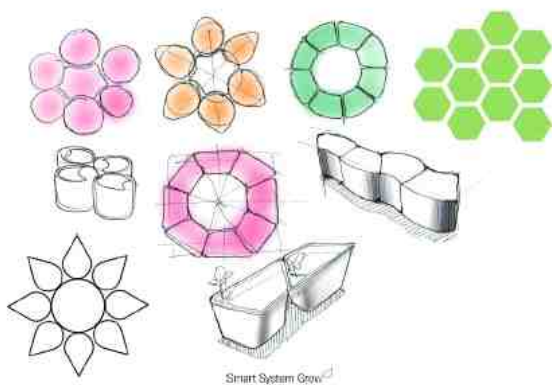
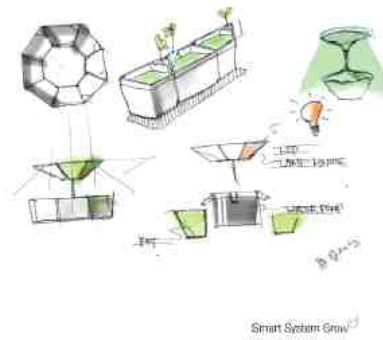
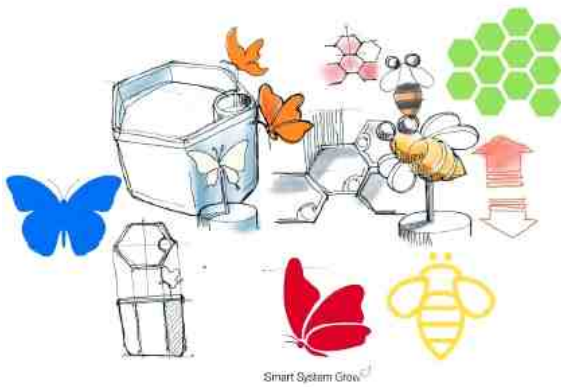


Smart System Grow

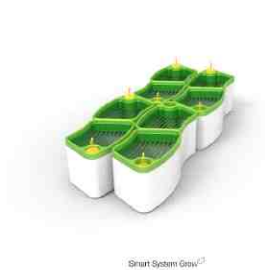
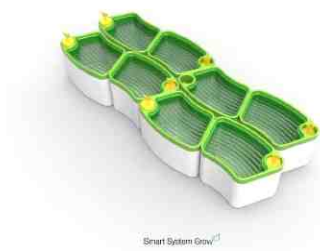
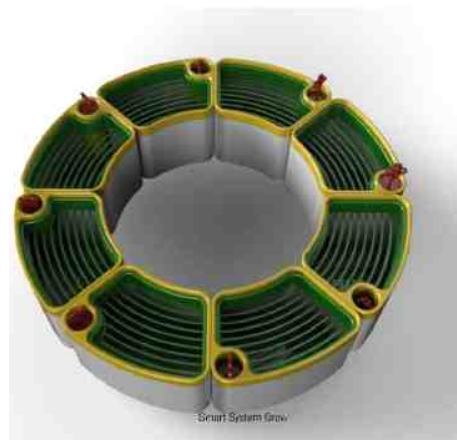
(4) Design 4

**Smart System Grow D Type**

- 모듈화된 포트의 구성방식을 강화하여 수직 수평의 확장성 부여
- 양액통을 분리하여 별도로 구성하는 방식 (2주이상 기능)
- 각 포트별 식물 재배 가능
- 다양한 형태로 변형하여 배치 할 수 있는 확장성과 호환성 부여
- 판매 가격을 만원 미만으로 설정하여 각 부분을 조합하여 판매할 수 있는
- 조합형 식물재배기 구조
- 제작 단가를 낮추기 위해 양액 조절기는 수위조절 장치로 변경











(5) Design 5

**Smart System Grow E Type**

- 모듈화된 포트의 구성방식을 강화 수직 수평으로 확장 가능 구조
- 개별 양액 공급 가능 재배기 디자인
- 개별 포트 종류별 식물재배 가능 및 양액 제공 가능한 구조
- 개별 인공조명 설치로 기능별 광원 공급 가능 구조





Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow



Smart System Grow







Smart System Grow



Smart System Grow

-  Lamp Top Cover
-  Lamp Cover
-  Lamp Base
-  Lamp Extension Load
-  Indicator
-  Pot
-  Pot Case Top
-  Pot Case Upper
-  Pot Base
-  Pot Cradle

Smart System Grow



Smart System Grow





Smart System Grow<sup>TM</sup>



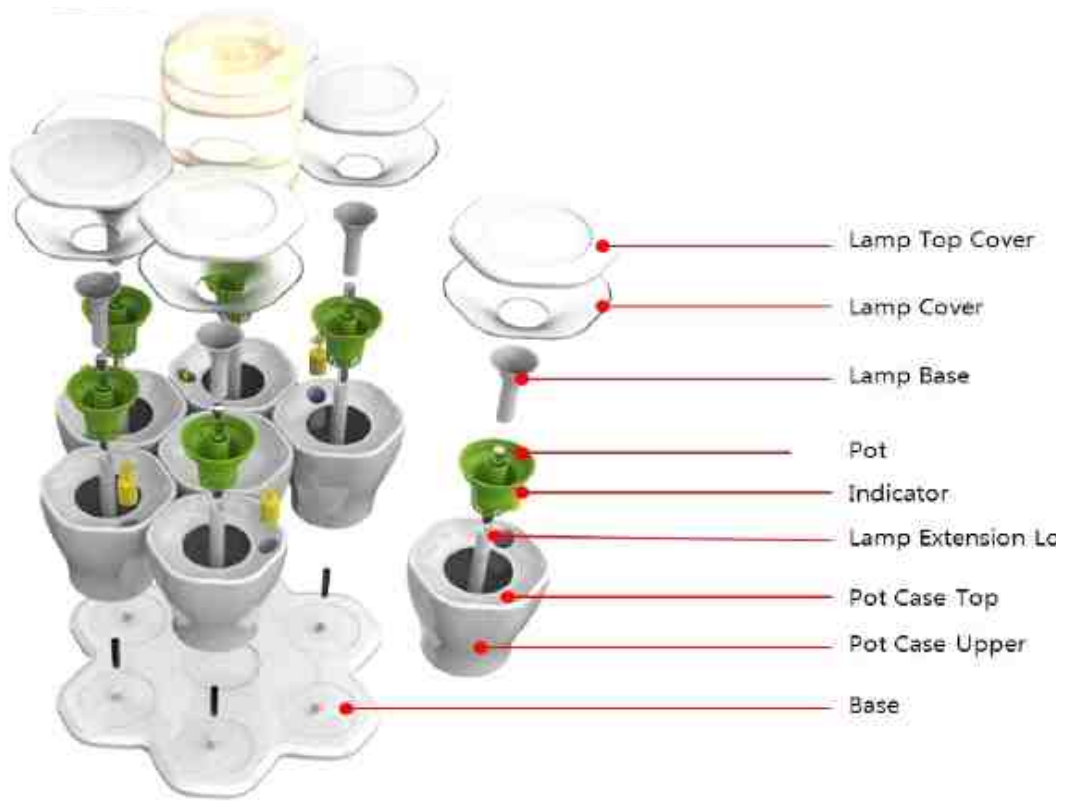
Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>



Smart System Grow<sup>TM</sup>





○ 디자인 등록



### 3.4.4.3. 3차년도

#### 가. 보급형 식물재배 제품 디자인 및 3D printer 이용 시제품 생산기반 구축

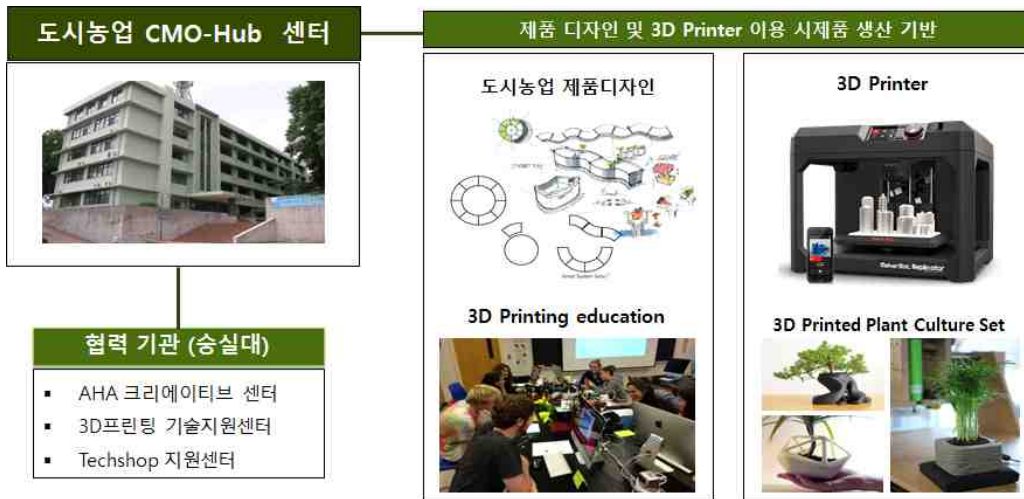
- 보급형 식물재배기(가정용 재배기)의 비즈니스 모델을 개발하고, 다양한 재배기를 시장 수요조사를 통해 설계와 디자인을 통해 개발함.  
개발 재배기는 3D printer를 이용하여 시제품을 생산.



- 수요조사와 경제성 등을 분석을 통한 비즈니스 모델 개발, 기업 지원 방안 도출
- 기존 제품들의 사용자 분석을 통해 구체적인 문제점 도출하여 개선 방향 디자인에 적용
- 서비스 디자인 분석, 제품 개발 니즈 분석, 시장성 조사
- 개발된 디자인을 중심으로 관련 업계 회사들과 협의를 통해 최종 디자인 선정
- 최종 선정된 제품의 생산성 검토와 생산 단가를 조율을 통해 시장성 평가
- 시제품 제작을 통해 생산 단가 및 디테일 협의
- 작물별 모듈 디자인 호환성 검토
- 생산 업체와의 협의를 통해 기술이전을 하고 생산을 위한 방법 검토
- 브랜드 구축 및 판로 계획

#### 나. 3D Printer 이용 시제품 생산기반 구축

- 숭실대학내의 유관기관들(AHA 크리에이티브 센터, 3D 프린팅기술지원센터, Techshop 지원센터)에 보유하고 있는 3D printer를 활용하여 도시농업 제품 디자인 및 3D 프린터를 이용한 시제품 생산 지원 체계를 구축. 또한, 기업들의 수요에 맞추어서 디자인과 시제품 생산을 지원할 뿐 아니라 기업수요에 적합한 인력 양성을 위한 교육 프로그램을 개발

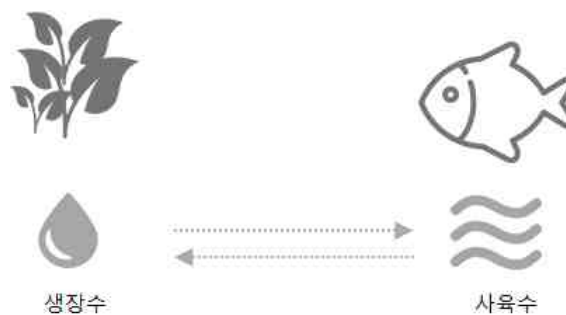


→ 3D printer 이용 도시농업 시제품 생산 교육 프로그램 개발

## 다. Design 6. 아쿠아포닉스

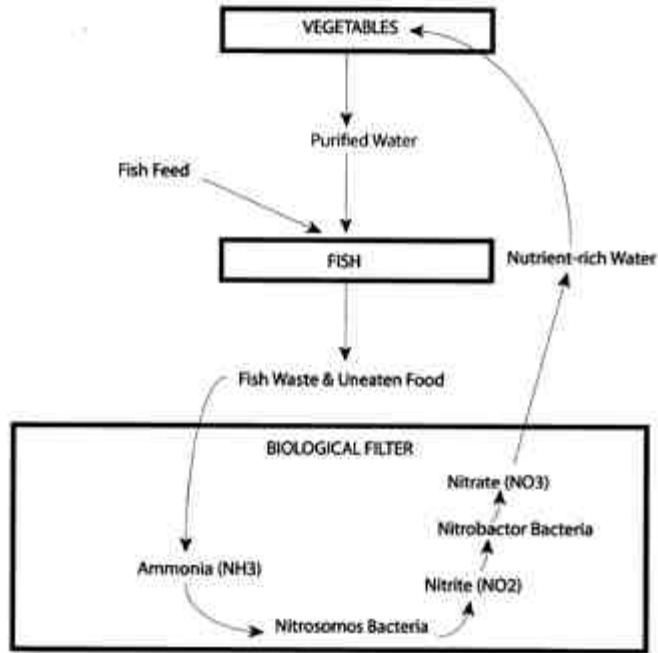
### Smart System Grow F Type

- 수경재배식물의 성장수와 관상어의 사육수를 순환시켜 효율적인 자원 활용을 체험할 수 있는 ‘아쿠아포닉스’ (Aquaponic)장비를 개발하여 사용자의 유기농 농법체험이 가능한 장비의 개발 및 디자인개발



- 아쿠아포닉스(Aquaponics)는 양식과정에서 사육수에 발생한 유기물을 성장수로 활용하는 수경재배(Hydroponic)와 어류 양식(Aquaculture)이 융합된 순환식 유기 생산방법이다. ‘지속적인 생산’ 과 ‘환경에 대한 부하의 경감’ 이라는 유기적 농법에 대한 기본 요소를 충족시키며 유럽 등 환경오염에 민감한 국가를 중심으로 연구가 이루어 지고 있다.





- 인공 광원, 성장수(양액, 물)등을 기반으로 하는 실내용 식물재배기와 관상어의 사육수를 식물의 성장수로 활용하기 위한 펌프 시스템을 결합하여 아쿠아포닉스 장비를 개발하고 디자인개발을 통해 사용자의 체험기회를 확대한다



(1) 디자인 개발 체계



**아쿠아포닉스의 유형분석**

아쿠아포닉스를 위한  
유형별 관계성 분석

**기능 도출을 위한 구조도 구성**

광원의 구성 및 성능 연구  
성장수와 사육수의 순환체계 연구  
전원공급의 효율적 구조 연구  
모듈화를 통한 효율적  
공간배치 연구

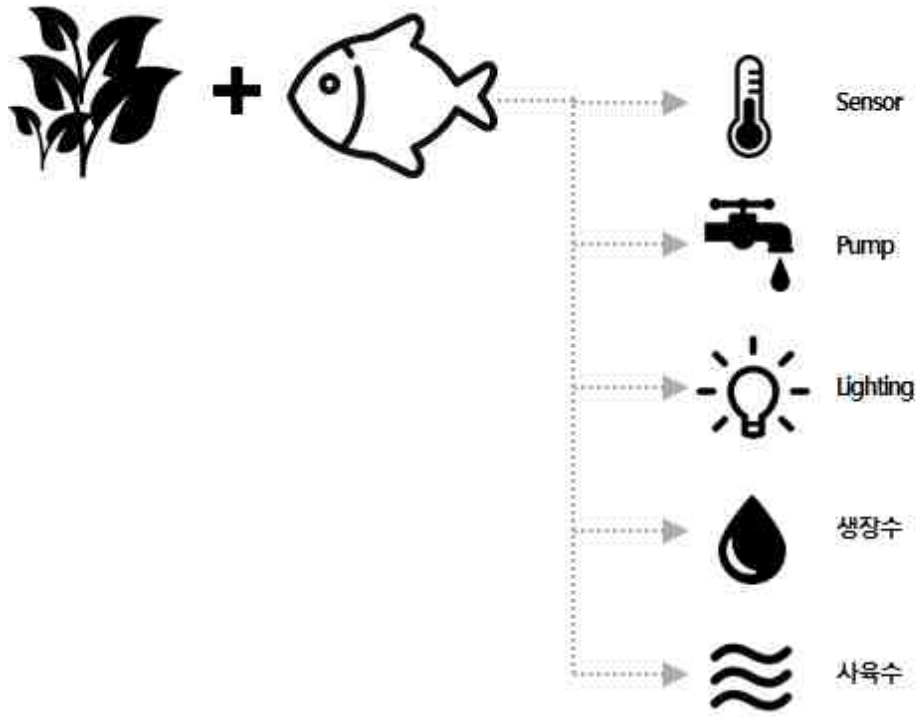
**디자인개발**

유형의 설정  
디자인제안  
제조를 위한 도면작성 및  
생산성 검토

**모형제작을 통한 실험**

모듈유형별 제작  
기능구현 및 보완

(2)기능 분석 : 자동급수와 LED등을 활용하는 광원 및 성장수와 사육수의 순환을 위한 펌프 및 수위 조절을 위한 레벨 센서등을 구성한다.

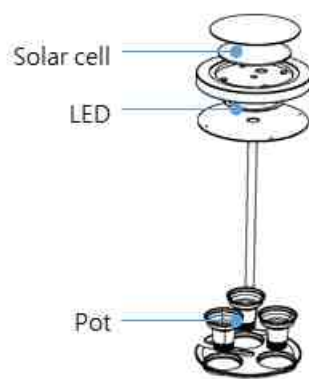


○ 태양전지와 LED등을 활용하는 광원부와 성장수와 사육수의 순환을 위한 펌프 및 수위 조절을 위한 레벨 센서등의 순환부로 구성한다.

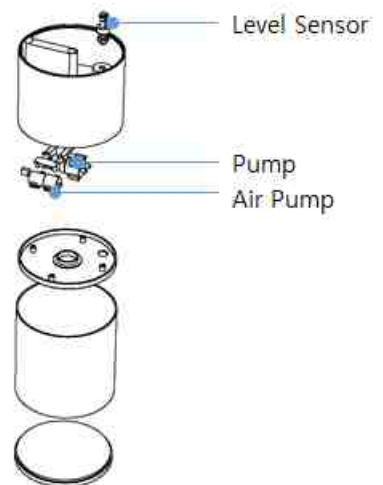
(3) 시제품 제작 - 구조설계 및 회로 구성 후 시제품 제작



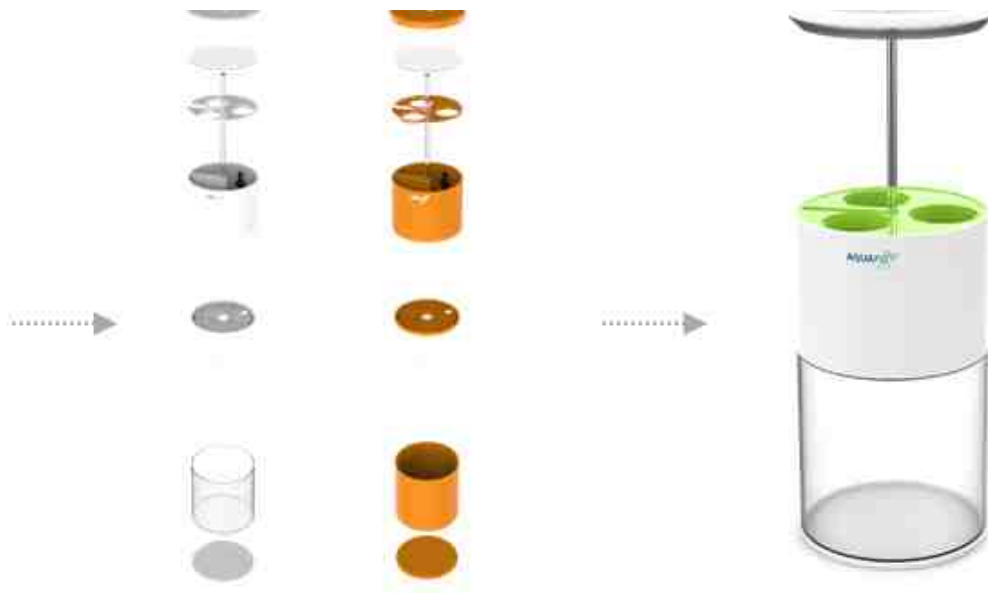
구조도



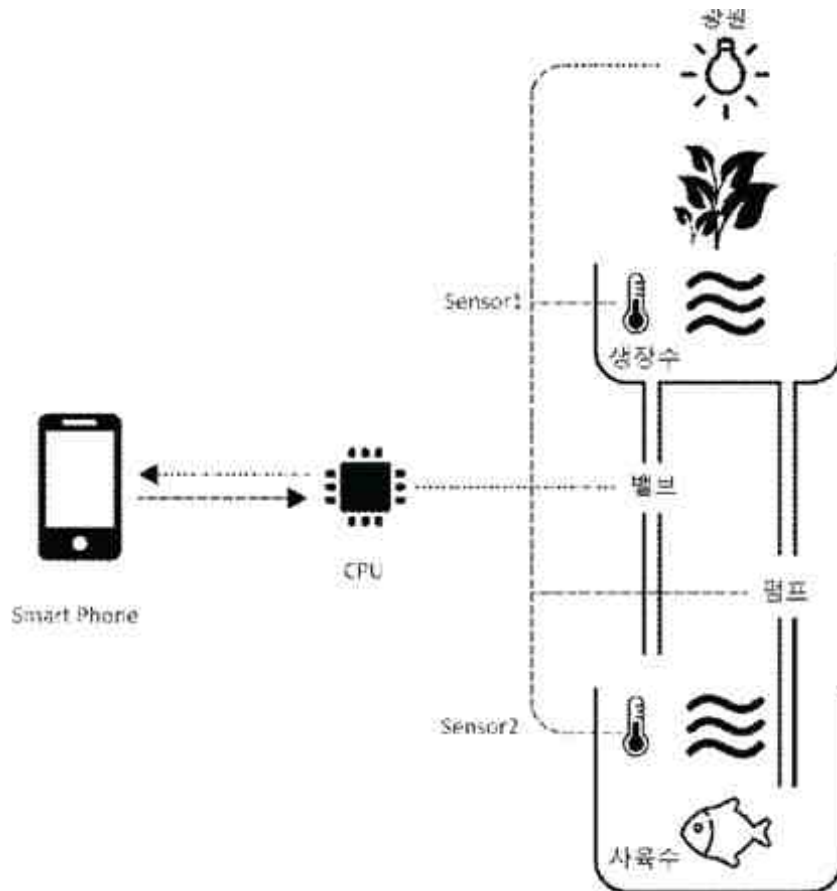
광원부



순환부



(4) 수경재배 식물 성장수와 관상어 사육수 순환장치 개념도



○ 수경재배식물의 성장수와 관상어의 사육수를 순환시켜 효율적인 자원 활용과 유기농 농법을 체험하기 위한 장치

1. 광원: 수경재배 식물의 과합성을 유도하는 인공광원
2. Sensor1: 수경재배 실내조도/ 식물 성장수의 PH농도, 유기물 등을 감지
3. Sensor2: 관상어 사육수의 PH농도, 유기물 등을 감지
4. 밸브: 성장수의 배수(성장수→사육수)
5. 펌프: 사육수의 출수(사육수→성장수)
6. CPU: Sensor1, sensor2의 정보감지 및 연산/ 밸브, 펌프의 제어
7. Smart Phone: CPU와의 통신(Bluetooth, Wi-fi)을 통한 정보교환 및 장치제어
8. 성장수: 수경재배식물의 성장을 촉진시키는 성분
9. 사육수: 관상어의 사육을 위한 환경구성

○ 센서를 통한 성장수와 사육수의 순환장치: 인공 광원, 성장수(양액, 물)등을 기반으로 하는 실내용 식물재배기와 관상어의 사육수를 식물의 성장수로 순환하기 위한 펌프의 결합한 장치로

1. 성장수의 특성을 센서로 감지하여 밸브를 통해 사육수 방향으로 배수
2. 사육수의 상태를 센서로 감지하여 펌프를 통해 성장수로 활용

○ CPU는 센서의 정보를 처리할 수 있는 기능 부여

1. 인공광원의 점멸, 색온도, 색상 등을 제어
2. 밸브의 제어
3. 펌프의 제어
4. 장치의 상태를 Smart Phone등의 통신장비를 활용하여 제어

#### (5) Brand Design







**AQUAPO** 



**AQUAPO** 

(6) 생활 공간 적용



(7) 디자인 등록

수경 재배가 가능한 미니 화분 (출원번호 제 30-2017-0033993호)

수경 재배가 가능한 미니 어항 (출원번호 제 30-2017-0033992 호)

(8) 특허 출원

복수의 식물을 재배하는 양액용 식물재배기

(출원번호 : 10-20160064686) , 출원일자 2017.04.25.)

### 3.5. 도시농업용 작물선정 및 재배기술 정립

○ 연구개발 추진 전략 및 방법

연구 내용		연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업용 작물 선정 - 적합 작물선정: 10종</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업에서 관심이 많은 작물 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>농촌진흥청 및 농업기술센터에서 농업인이나 일반인에게 제공하는 작물정보와 국내 최대 종묘회사인 아시아종묘의 홈페이지에서 제공하는 작물 정보를 토대로 도시농업에서 관심이 많은 작물 60가지를 조사함</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>수경재배가 가능하고 본 연구사업팀의 공동연구자들이 성능이나 특징에 관심이 있는 작물로 30가지 선정하여 발아 및 육묘, 재배기에서 재배를 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>엽채류, 허브류, 민속채소등으로 구별하여 관심있는 작물의 씨앗을 소독, 최아, 발아를 통해 발아율을 측정하고 Growth chamber에서 키위 약 7 - 10 cm 정도가 되면 재배기로 옮겨 성장 관찰 (크기, 색)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>광원(형광등, LED, 자연광)을 변화하여 작물별 차이를 비교 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활에서 쉽게 접할 수 있는 적생채, 적축면상추, 적오크, 적겨자 4가지의 작물로 형광등, LED 램프를 12시간/24시간 조사하는 2가지 방법과 자연광에서 4가지 조건으로 재배하여 외관상 크기나 색등을 관찰함.</li> </ul>

<p>2차년도</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배조건 (광량/양액) 최적화 작물 5종</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업용 작물 선정기준마련 및 선정</li> <li>도시농업용 육묘재배/작물 재배 최적화</li> <li>경화관련 작물재배조건 최적화</li> <li>모듈형 식물재배기에 적합한 육묘 생산 연구</li> <li>재배작물 고품질화를 위한 재배조건 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발아율 및 육묘율 조사 38가지 ⇨ 20가지 ⇨ 10가지 선별</li> <li>광원 및 양액의 EC를 단계적으로 변화시켜 양질의 육묘 및 작물 수확 및 판매 상품가치 정도의 작물 재배조건 확립 ⇨ 루꼴라, 바질등 고품질화를 위한 조건 연구</li> <li>모듈형 식물재배기에 적합한 육묘 생산 조건 도출</li> </ul>
<p>3차년도</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업 작물 재배 기술 정립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작물(5)종 최적 조건 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선정된 자물을 대상으로 재배기에서 생산</li> <li>각 작물별 생장율, 생산성 등의 분석</li> <li>도시농업에 적합한 작물을 제시.재배 조건</li> </ul>



### 3.5.1. 도시 농업용 작물선정

#### 가. 후보 작물선정

○ 최근 도시 농업에 관심을 많이 갖는 작물 선정을 위하여 농촌진흥청(www.rda.go.kr) 및 농업기술센터에서 일반인과 농업인에게 제공하는 작물 정보와 국내 최대 종묘회사인 아시아종묘의 홈페이지에서 제공하는 작물 정보를 기준으로 작물 60가지를 조사하였다 (표 3.5.1).

표 3.5.1. 도시농업에서 재배하는 작물 종류

No.	종류	No.	종류
1	쌈채-토스카,노뉴그린	31	애플민트
2	쌈채-자소(차조기)	32	오크리프
3	쌈채-적환 20일 무(레디쉬)	33	적근대
4	이테리 상추류	34	쌈채-트레비스
5	로마상추류	35	쌈채-푼타레
6	말라바시금치(황궁채)	36	쌈채-구루모
7	다채*비타민	37	쌈채-워터루프
8	엔다이브(보쌈치커리)	38	방아풀(배초향)
9	방풍(갯방풍, 갯기름나물) 재배	39	쌈채-곱슬케일
10	사슴뿔질경이	40	쌈채-콘셀러드
11	도두(작두콩,칼콩)	41	쌈채-케일류콜라드
12	딜(소회향)	42	쌈채-꽃케일
13	로즈마리	43	쌈채-콜라비
14	로켓트(아루굴라)	44	쌈채-펠스레인
15	모시대	45	쌈채-홍채태

No.	종류	No.	종류
16	물냉이(크레송)	46	쌈채-경수채
17	명일엽(明日葉)	47	쌈채-김정무
18	무순(무 싹)	48	쌈채-공심채
19	방울다다기양배추(아기양배추)	49	쌈채-대엽썩갓
20	보리지(서양자치)	50	쌈채-돈나물
21	세파(차이브, 향부추)	51	쌈채-단텔리온
22	쏘렐(수영, 신김초)	52	쌈채-대잎등글레
23	샐러드보울	53	쌈채-찬나물(반디나물)
24	식용대황(루바브)	54	쌈채-컴프리
25	샐러드채(버터헤드)	55	쌈채-파드득나물(삼엽채)三葉菜
26	식용색비름	56	쌈채-홀스레디쉬(겨자무, 서양고추냉이)
27	엔다이브(치커리)	57	쌈채-겨자채
28	엔다이브(이태리치커리)	58	쌈채-아이스퀸
29	잎파슬리(향나물)	59	쌈채-고채(高菜)
30	쌈채-슈가로프	60	쌈채-갯상추

#### 나. 후보작물 선정

- 조사한 작물을 민속채소, 허브류, 쌈샐러드채소로 구분하고, 국내에서 구입이 가능하고 수경재배가 가능하며 작물의 수요가 많고 성능이 특이하거나 뛰어난 작물 30가지를 선별하여 아시아 종묘로부터 생산한지 1년 이내의 종자를 구입하여 발아율을 조사하였다. 추가로 민속채소 5가지 (일당귀, 적바우새, 고수, 취나물, 신선초)와 쌈샐러드 채소 (다청채, 시저스그린상추, 트레비소)를 추가하여 약 38가지 작물을 대상으로 하였다.

## 다. 발아율 조사

### (1) 발아율 조사 방법

- 발아율 조사를 할 때, 겉 표면에 남아 있을 수 있는 부생곰팡이를 제거하기 위하여, 각 종자를 1% 락스 용액에 5분간 담갔다가 멸균 증류수로 세척하였다. 소독한 종자를 지름 15cm petri dish에 멸균 솜과 거즈를 깔고 멸균 증류수로 충분한 수분을 공급한 다음 각 종자별 100개씩을 일정한 간격으로 올려놓았다. (그림 3.5.1) 작물의 종자는 고유의 발아율과 발아시간이 있어서 발아, 생육을 촉진할 목적으로 암조건에서 싹을 약간 띄워서 과중하는 하는 일이 있는데 이를 최아라고 한다. 수분을 충분히 공급한 상태에서 암조건에서 약 15시간동안 유지한 다음 싹이 튀으면, 실온의 명조건에서 마르지 않도록 수분을 공급해 주면서 12시간 간격으로 관찰한다.



그림 3.5.1. 발아율 조사를 위한 20가지의 작물

(2) 민속채소

○ 민속채소로 분류되는 갓, 삼채, 쇠비름, 방풍, 일당귀, 적바우새, 고수, 취나물, 신선초는 도시농업에서 관심이 많은 기능성 작물이다. 작물의 특성 및 효과를 고려하여 선정하고 발아율을 측정하였다(표 3.5.2). 서울대학교 원예학전공 전창후 교수의 자문에 따르면 민속채소는 종자의 껍질에 발아를 방해하는 물질을 포함하고 있어 제거 후 발아를 유도해야 하는데, 일반인들이 손쉽게 접근할 수 있는 방법으로는 종자를 양파망에 담아 흐르는 물에 약 2~3일간 씻어낸 후, 저온에서 2~3일 보관한 후 발아를 시키는 방법이 있다. 자문에 따라 전처리를 한후 멸균한 솜 위에 올려 마르지 않도록 수분을 공급하며 발아를 유도하였으나 갓 79%, 삼채 51% 외에는 발아가 되지 않았다.

표 3.5.2. 민속채소류의 발아율 조사 결과

번호	분류	작 물 명	작물 특성 및 효과	발아율 <sup>a</sup> (%)	비고
1	민속 채소	갓	김장용 채소	79	
2	민속 채소	삼채	매운맛, 쓴맛, 단맛 세가지 맛 이 나고 뿌리의 모양과 맛이 인삼과 흡사함	51	
3	민속 채소	쇠비름	치매 예방, 동맥경화를 예방 당뇨병 환자에게 미네랄과 비 타민 공급	x	
4	민속 채소	방풍	감기·기관지염·해소·중풍·신경 통등 처방	x	
5	민속 채소	일당귀	향이 진한 참당귀 보다 향이 덜해 샐러드, 쌈채소로 인기	x	
6	민속 채소	적바우새	쌈, 나물, 국, 샐러드 등 식용 채소 해열, 장건강, 피를 맑게 하는 효능	x	
7	민속 채소	고수	향이 진해 전 세계에서 가장 많이 이용하는 향채	x	
8	민속 채소	취나물	1년 3~4회 수확 가능한 인기 산나물	x	
9	민속 채소	신선초	진시 황제때 불사의 약초로 불리웠으며 생엽, 녹즙, 술, 차 등으로 이용	x	

\* a) 발아율 : 과종된 종자수에 대한 발아종자수의 비율(%)로 각 100개를 기준으로 측정하였음.

(3) 허브류

○ 허브류는 여러 가지 유용한 성분과 작물 특성 및 효과를 가지고 있어, 도시농업에서 많은 관심을 받는 작물이다. 그러나 발아율이 낮고 재배조건이 까다로워서 가정에서는 작은 화분의 모종을 구입하여 키우는 경우가 많다. 손쉽게 키울 수 있도록 튼튼한 육묘를 공급할 수 있다면 모듈형 보급형 식물재배기를 공급할 때 유용하므로 발아율 조사를 하였으나, 발아시간이 평균 8일로 길고, 약 55%의 낮은 발아율을 보였다(표 3.5.3).

표 3.5.3. 허브류의 발아율 측정결과

번호	분류	작물명	작물 특성 및 효과	발아율 (%)	비고
1	허브	타임	강한 살균력을 가지고 있어 술이나 치즈의 맛을 내는 부향제로 쓰이기도 하는데 방부력이 있어 보존제로도 사용	90	
2	허브	스위트 바실	잎에 향이 있어 허브채소로 쓰이며, 정원이나 화분에 길러서 자연의 향을 만끽할 수 있음.	100	
3	허브	아이스 플랜트	혈당치를 낮추는 피니톨(pinitol)과 중성 지방을 억제하는 마이요이노시톨(myoinositol) 다량 함유. 잎과 줄기를 생식하거나 즙액으로 사용 당뇨병 환자에 적합한 힐링 푸드	66	
4	허브	페퍼민트	해열·발한·감기·천식·기관지염·콜레라·폐렴·폐결핵·식중독·신경통 등 효과	59	
5	허브	딜	소화촉진, 구취제거, 동맥경화·당뇨·고혈압 예방	49	
6	허브	세이지	강장·소염·살균작용, 소화촉진, 방부효과	37	
7	허브	히솅	인플루엔자, 감기, 카타르, 기관지염 등 호흡기계 질환에도 처방된다	10	
8	허브	차빌	소화촉진, 해열, 순환장애·저혈압 개선	x	



(4) 쌈샐러드

○ 엽채류인 쌈샐러드채소의 경우 약 4일이면 96 ~ 98%의 발아율을 나타냈다(표 3.5.4).

표 3.5.4. 쌈샐러드 채소류의 발아율 측정

번호	분류	작물명	발아율 (%)	비고
1	쌈샐러드채소	앞브로콜리 토스카노	100	
2	쌈샐러드채소	케일	100	
3	쌈샐러드채소	적생채	100	
4	쌈샐러드채소	적오크	100	
5	쌈샐러드채소	적측면	100	
6	쌈샐러드채소	엔다이브	100	
7	쌈샐러드채소	시저스그린상추	99	
8	쌈샐러드채소	다채-비타민	99	
9	쌈샐러드채소	아시아잎쌈배추	98	
10	쌈샐러드채소	루꼴라	98	
11	쌈샐러드채소	레드캐피탈	98	
12	쌈샐러드채소	로사이탈리아나	98	
13	쌈샐러드채소	적상추	98	
14	쌈샐러드채소	트레비소	98	
15	쌈샐러드채소	청경채	97	
16	쌈샐러드채소	방울다다기양배추	96	
17	쌈샐러드채소	이태치*스카롤라	93	
18	쌈샐러드채소	다청채	88	
19	쌈샐러드채소	적겨자	80	
20	쌈샐러드채소	비트	38	

## 라. 육묘 재배

### (1) 육묘 시스템과 육묘 이식

- 육묘 시스템 specification.: LED를 광원으로 하는 육묘 재배 system 으로 1647 mm x 735 mm x 1600 mm의 크기에 3단 1열로 구성되어 있으며, 1단에 72구 모종판 5개를 놓을 수 있으며 최대 배양 가능한 모종수는 1,080개이다. LED chip은 3(White):2(Blue):1(Red) 비율로 구성되어 있으며, 0 ~ 100%까지 밝기조절이 가능한 디밍 기능이 장착되어 있다 (그림 3.5.2).



그림 3.5.2. LED 육묘 재배시스템.

- 발아율이 80%이상인 싹샐러드채소 19가지와 발아율이 70%이상인 스위트바질 등을 육묘를 다음과 같은 방법으로 육묘를 수행하였다(그림 3.5.3). 핀셋을 이용하여 발아된 종자를 크기가 25mm × 25mm이고 가운데가 X자로 잘라져 있는 스폰지의 상부로부터 1/3 되는 지점에 넣고(b), 72구 모종판에 꽂는다. 스폰지가 마르지 않도록 모종판 하부에 물을 공급하고 스폰지 상부에 분무기를 이용하여 수분을 충분히 공급하고, (d) 싹이 나오기 시작하면 육묘재배 시스템으로 옮긴다.

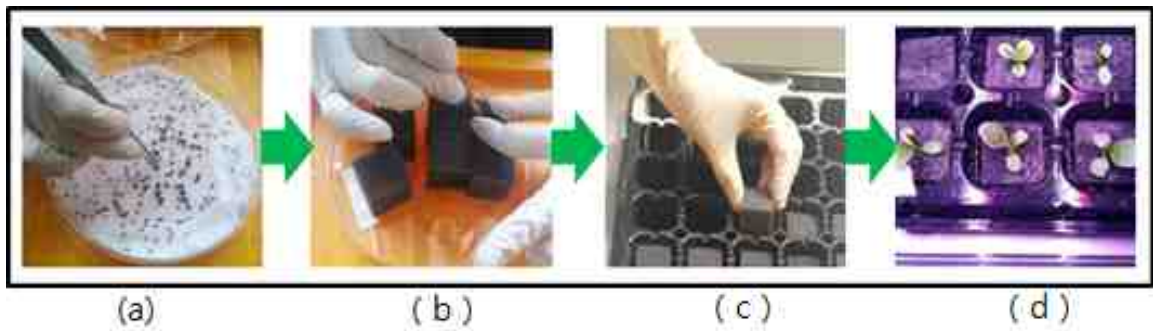


그림 3.5.3. 육묘 시스템 이식 방법

(2) 육묘 재배 단계 및 조건

○ 양질의 작물을 재배하기 위해서는 우선적으로 양질의 육묘가 재배 조건이 확립되어야 한다. 본 과제 수행 초기에는 싹이 튼 종자를 육묘 재배 시스템에 올리고, 바로 LED 100%, 배양액의 EC 700으로 시작하였다. 발아된 지 약 2~3일 정도 된 어린 잎에 성채와 같은 광원과 영양분 공급하여 잎이 타고 육묘 재배 시스템에 녹조가 생기는 문제점이 발생하였다. 녹조가 생성되면 배양액이 짙은 녹색을 띄어 시각적으로도 좋지 않지만 얇은 막을 형성하여 육묘의 뿌리에 산소 공급을 막고 pH 8 이상으로 올라가는 현상을 보였다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 1) 수돗물로 만 육묘하기와 2) 낮은 EC (EC 500)로 육묘하기 등 여러 가지 방법을 시도하였는데 녹조 생성은 막을 수 있었지만 질소원의 부족으로 떡잎이 누렇게 변하는 문제점이 있다.

○ 표 3.5.5 및 그림 3.5.4와 같이 작물이 자라는 크기에 따라 광원의 %와 배양액의 EC농도를 점차적으로 증가시키는 방법을 적용하여 튼튼한 육묘 재배에 적합한 조건을 찾았다. 육묘의 재배 최적 조건은 다음과 같다.

- 1단계 : 스폰지 위로 새싹이 나오기 시작하면 growth chamber에 올려 광원은 LED 25% 배양액은 수돗물로 시작한다.
- 2단계 : 작물이 약 2cm정도 자라면 LED를 50%로 올리고 배양액의 EC를 700으로 맞춘다.
- 3단계 : 작물이 4cm정도 자라면 LED 100%로 올려 재배기의 광원과 동일하게 하고, 배양액의 EC를 900으로 한다.
- 4단계 : 작물이 5~7cm 정도 자라면 바로 적응을 할 수 있도록 재배기의 EC 1200과 동일하게 육묘하여 기 구축된 박막수경재배방식과 분무경 방식의 재배기로 옮겨 작물을 재배하였다.

표 3.5.5. 육묘재배 단계 및 조건

단계	작물크기(cm)	LED 광원 %	배양액 EC 농도	비고
1	0	25	300*	* 수돗물 자체 EC 약 300
2	1 - 2	50	500	
3	2 - 4	75	700	
4	4 - 6	100	900	
5	5 ~ 7	100	1200	

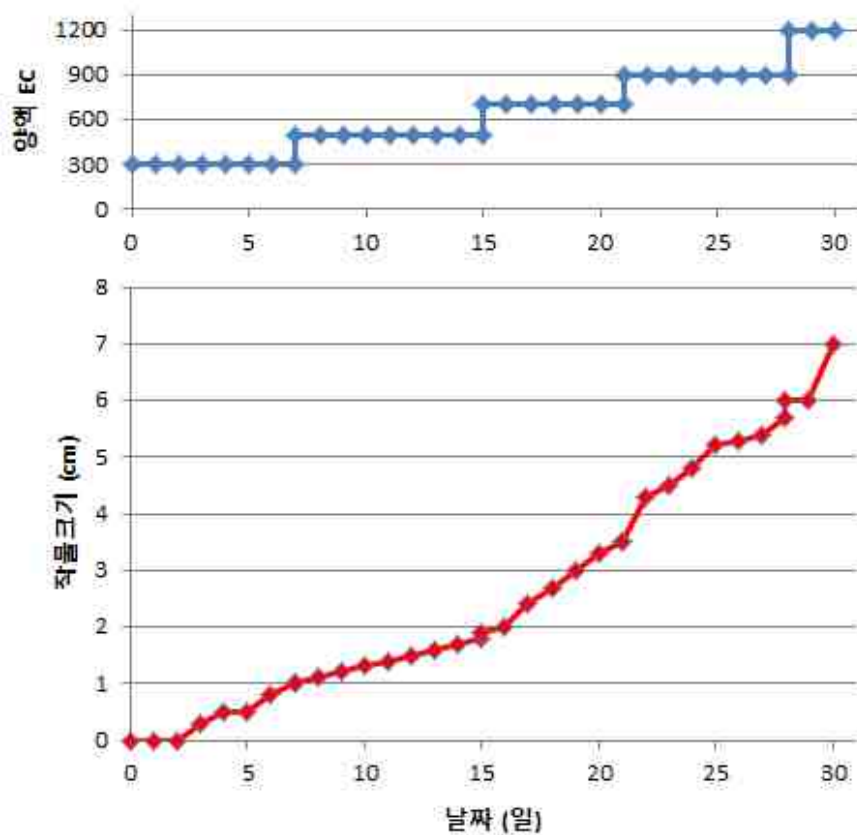


그림 3.5.4. 육묘 재배 단계 확립 - 양액 농도 및 작물생장크기.

○ 그림 3.5.5.은 상기 육묘 재배 방법에 의해 생산한 레드캐피탈 모종이다. 육묘 단계에서 레드캐피탈의 특징이 붉은색을 띠기 시작 했으며 줄기 및 잎이 단단하여 재배기로 옮겨갈 때 상품가치의 결과물을 얻을 수 있었다.



그림 3.5.5. 육묘단계 - 예시) 레드캐피탈

○ 발아된 종자를 스폰지에 이식하여 육묘시스템에서 자라는 비율 (%)을 육묘율이라고 하는데 20가지 작물의 육묘율 결과를 표 3.5.6에 정리하였다.

표 3.5.6. 육묘시스템에서 육묘율 조사

번호	분류	작 물 명	육묘율b (%)	비고
1	허브	스위트 바실	91	75
2	쌈샐러드채소	잎브로콜리 토스카노	100	
3	쌈샐러드채소	케일	100	
4	쌈샐러드채소	적생채	100	
5	쌈샐러드채소	적오크	100	

번호	분류	작 물 명	육묘율b (%)	비고
6	쌈샐러드채소	적죽면	100	
7	쌈샐러드채소	엔다이브	100	
8	쌈샐러드채소	시저스그린상추	99	
9	쌈샐러드채소	다채-비타민	99	
10	쌈샐러드채소	아시아잎쌈배추	98	
11	쌈샐러드채소	루꼴라	98	
12	쌈샐러드채소	레드캐피탈	98	
13	쌈샐러드채소	로사이탈리아나	98	
14	쌈샐러드채소	적상추	98	
15	쌈샐러드채소	트레비소	98	
16	쌈샐러드채소	청경채	97	
17	쌈샐러드채소	방울다다기양배추	96	
18	쌈샐러드채소	이태치*스카롤라	93	
19	쌈샐러드채소	다청채	88	
20	쌈샐러드채소	적겨자	80	

\* b) 육묘율 : 발아된 종자를 스폰지에 이식하여 육묘시스템에서 자라는 비율 (%)

### 3.5.2. 도시 농업용 작물 재배기술

○ 도시농업(식물공장)에서 생산된 작물은 조직이 연해서 보관 저장성이 떨어지기 쉬운 단점이 있으니 작물의 경화와 관련하여 중점적으로 연구하라는 평가의견에 따라 광조건 및 양액의 변화에 따른 작물의 재배조건을 확립하였다.

#### 가. 광원 조건에 따른 작물 재배

(1) 광원의 조건 변화 (경화관련)에 따른 작물 재배 기술

광량 최적화 시험에 사용하기 위한 LED 광원의 광량 및 광색을 가변 할 수 있는 작물 재배 시험 장치를 개발하였다. 알루미늄 프로파일로 구성된 광량 최적화 실험 랙 제작하고, 디지털 조광 구동회로를 사용하여 8bit로 적, 녹, 청색 LED의 광량과 광색을 디지털 가변 할 수 있는 식물 재배 시험 장치를 구축하였다. 상부에 디지털 조광 구동 회로를 장착하고 광량 및 광색을 변화 시키고 양쪽의 축을 따라 위 아래로 이동하여 광원으로부터의 거리



를 조절할 수 있다. 좌우에 같은 모양의 수경재배기와 작물을 넣고 같은 크기의 작물을 넣어 광원의 변화에 따른 식물 재배 특성을 조사한다.



그림 3.5.6. 광량 최적화 실험을 위한 작물재배 시험 장치.

- 분무형 재배기에서 형광등과 LED 각 조건일 때 작물의 색을 비교하였다(그림 3.5.7). 육묘시스템에서 분무형 재배기로 옮긴지 2주가 지났을 때의 푸른빛을 띠는 청경채와 붉은 빛을 띠는 적측면 두가지 조건을 비교하였다. 색을 상대적으로 비교하기 위하여 먼셀의 20색상환을 기준을 비교해 보았다. 형광등의 경우 두 작물 모두 밝은 연두색(5GY)을 띠었으며 반면에 LED를 12시간 간격으로 조사한 경우 짙은 녹색(5BG)이었다. 형광등에서 재배의 경우 육안으로 보아도 잎의 두께도 얇은 것을 관찰할 수 있었으며, 적측면은 LED로 재배하였을 때 붉은 색을 띄고 잎의 줄기가 확실하게 구별되었다.

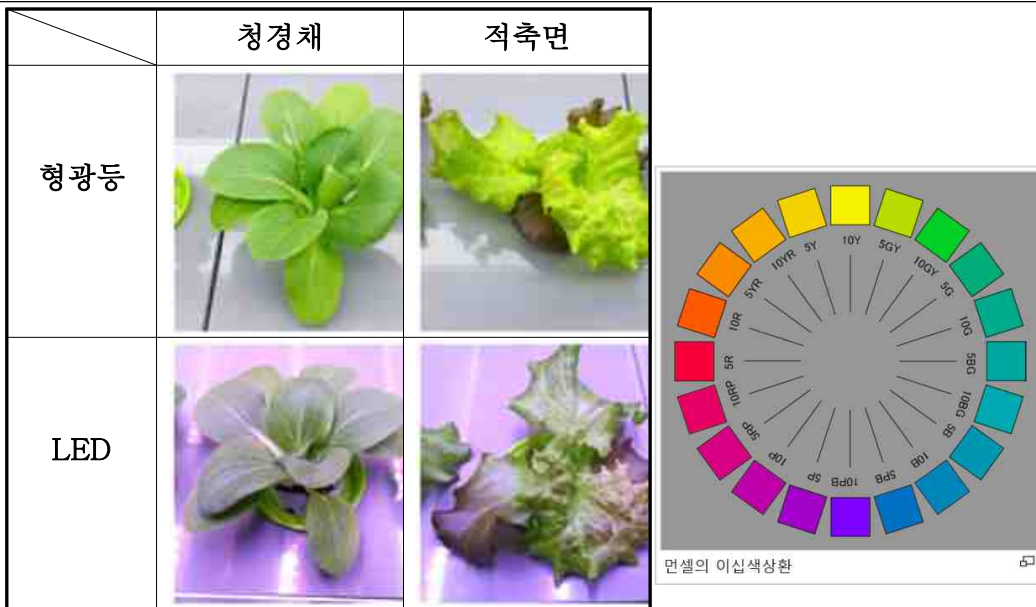


그림 3.5.7. 광원에 따른 작물 색 비교 광원- 형광등:LED / 작물- 청경채: 적촉면

○ 광원의 조건에 따른 작물 재배특성을 살펴보기 위하여 협력업체에서 기술 의뢰한 적겨자, 적오크, 적생채, 적촉면 상추 4가지 작물을 대상으로 기 구축된 NFT 재배기의 광원인 형광등과 LED (12시간 간격으로 조사, 24시간 조사) 그리고 옥상의 수경재배기에서 자연광으로 재배하며 비교하였다. 육묘 재배 시스템에서 약 14일동안 키워 길이가 약 5cm로 동일한 것을 골라 NFT 재배장치에 옮겨 광원 4가지 조건으로 재배하여 작물의 크기와 색들을 관찰하였다. 각 조건에서 가장 차이점이 확실히 구별되는 15일째에 길이와 색을 비교하였다.

(1) 적겨자

○ 4가지 조건의 광원에서 적겨자의 성장 길이는 LED lamp를 12시간 간격으로 켜줬을 때 23 cm로 길이가 가장 우수하였다(그림 3.5.8). 자연광(태양광)일 때 성장 길이는 12 cm로 가장 짧았다. 4가지 작물은 붉은색을 띄는 작물로 붉은색 비교해 보면 성장길이는 태양광 > LED 24h > LED 12h > 형광등 순 이었다.

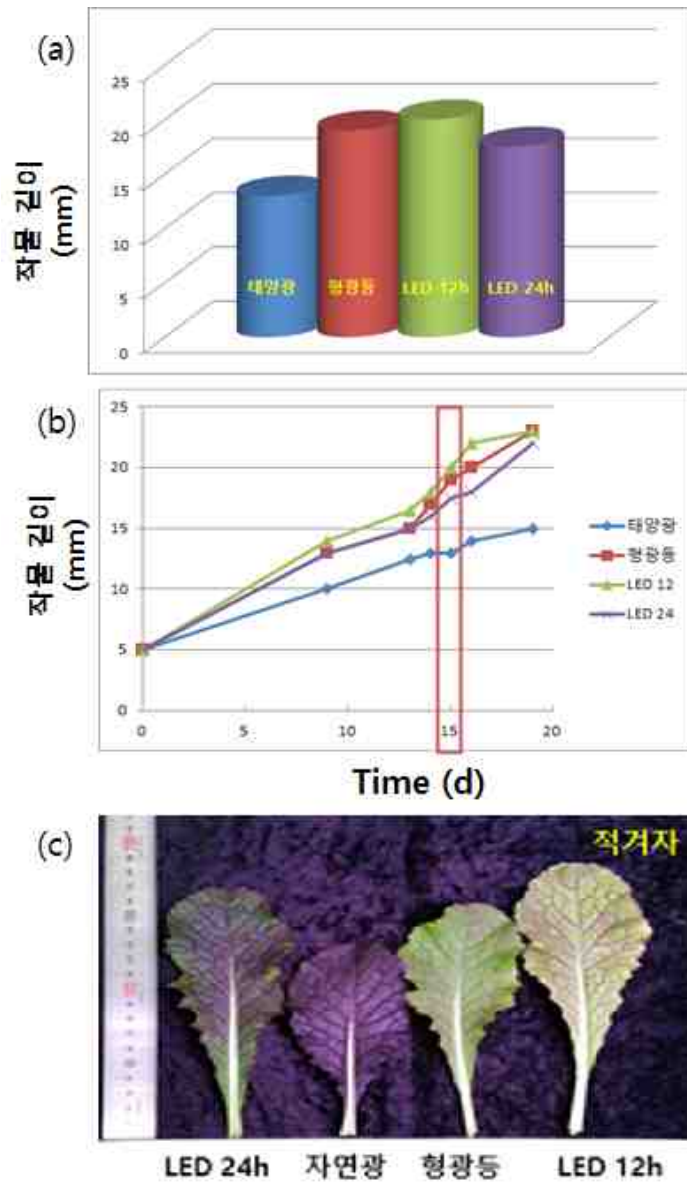


그림 3.5.8. 적겨자의 광원조건별 재배 특성. (a) 최대 길이 비교 (b) 작물의 생장 길이변화 (c) 작물의 색과 길이 비교 (재배 15일째)

(2) 적오크

○ 4가지 조건의 광원에서 적오크의 생장 길이는 LED lamp를 12시간 간격으로 켜줬을 때 23 cm로 길이가 가장 길었으며 태양광일 때 9 cm로 가장 작았다(그림 3.5.9). 색으로 비교해 보면 태양광일 때 가장 붉은 빛을 띠었으며 태양광 > LED 24 h = LED 12 h > 형광등 순 이었다.

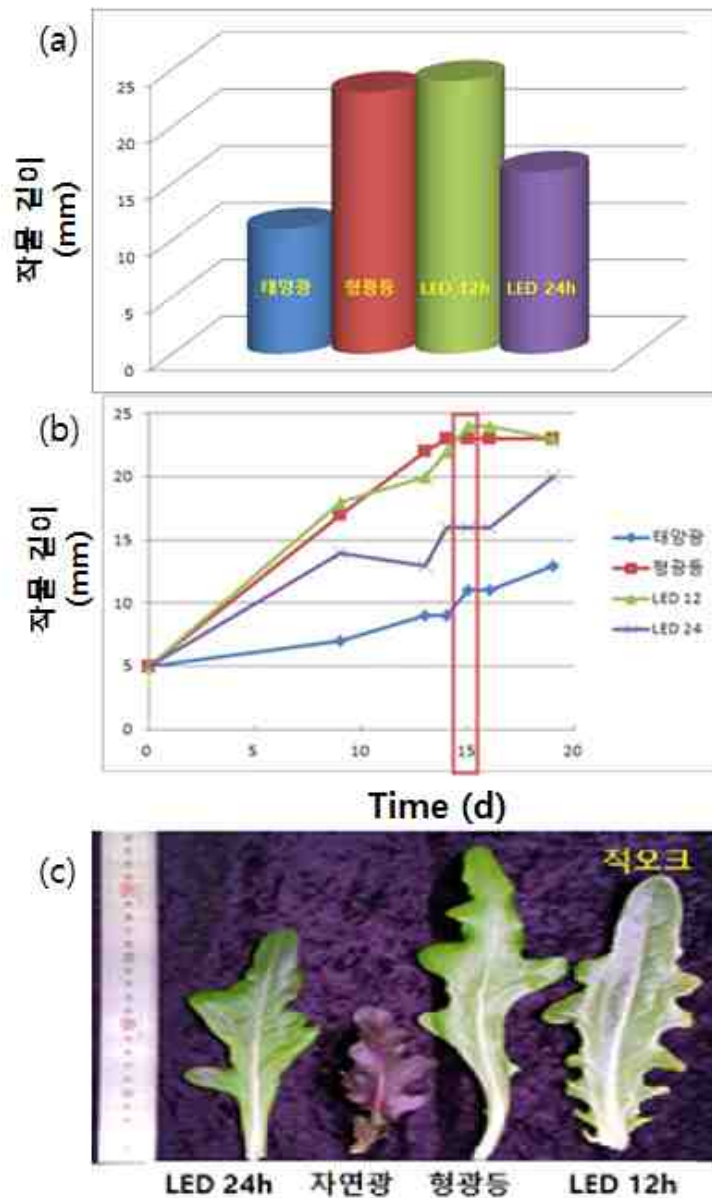


그림 3.5.9. 적오크의 광원조건별 재배 특성. (a) 최대 길이 비교 (b) 작물의 성장 길이변화 (c) 작물의 색과 길이 비교 (재배 15일째)

(3) 적측면 상추

○ 4가지 조건의 광원에서 적오크의 성장 길이는 형광등일 때 15 cm로 길이가 가장 길었으며 태양광일 때 9 cm로 가장 짧았다(그림 3.5.10). 19일이 되었을 때는 LED 24 h가 18 cm로 가장 길어졌다. 색으로 비교해 보면 태양광일 때 가장 붉은 빛을 띠었으며 태양광 > LED 24h > LED 12h = 형광등 순 이었다.

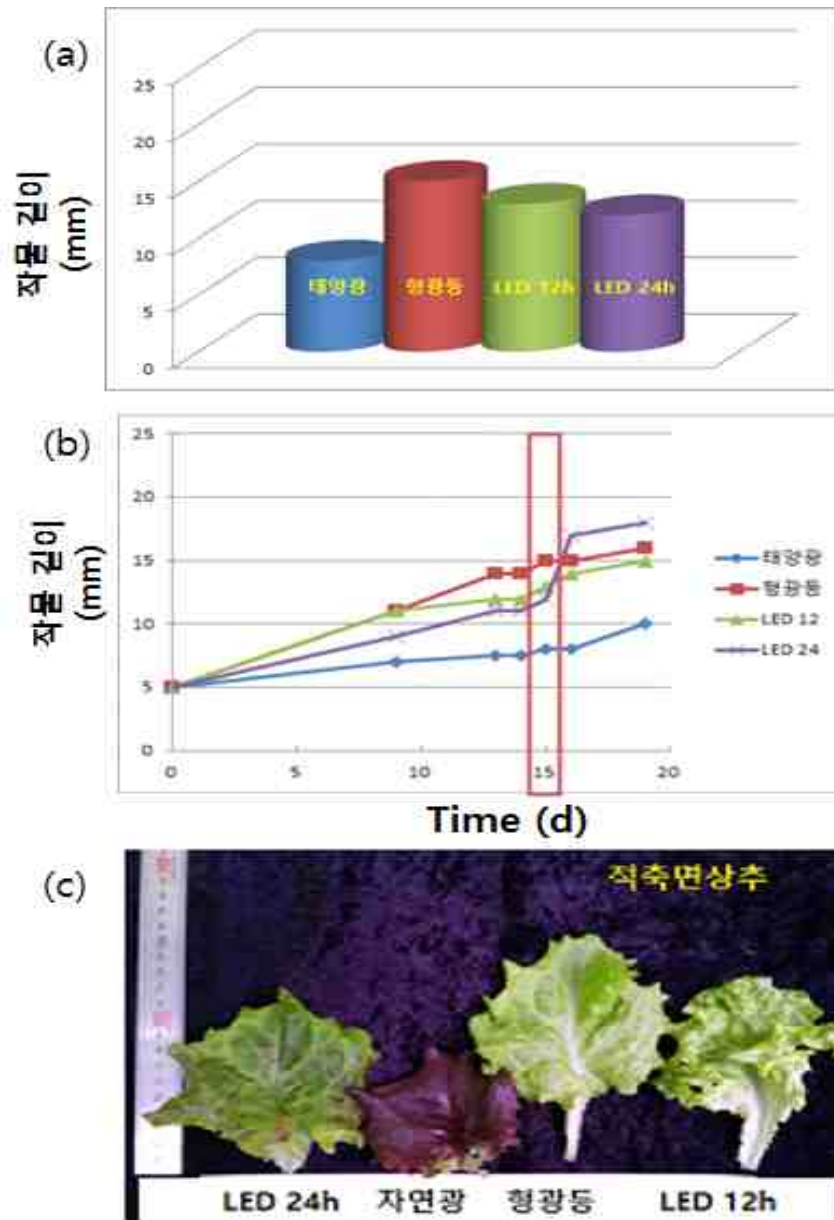


그림 3.5.10. 적축면상추의 광원조건별 재배 특성. (a) 최대 길이 비교 (b) 작물의 성장 길이변화 (c) 작물의 색과 길이 비교 (재배 15일째)

(4) 적생채

○ 4가지 조건의 광원에서 적오크의 성장 길이는 형광등일 때 14 cm로 길이가 가장 길었으며 태양광일 때 8 cm로 가장 작았다(그림 3.5.11). 색으로 비교해 보면 태양광일 때 가장 붉은 빛을 띠었으며 태양광 > LED 24 h > LED 12h = 형광등 순 이었다.

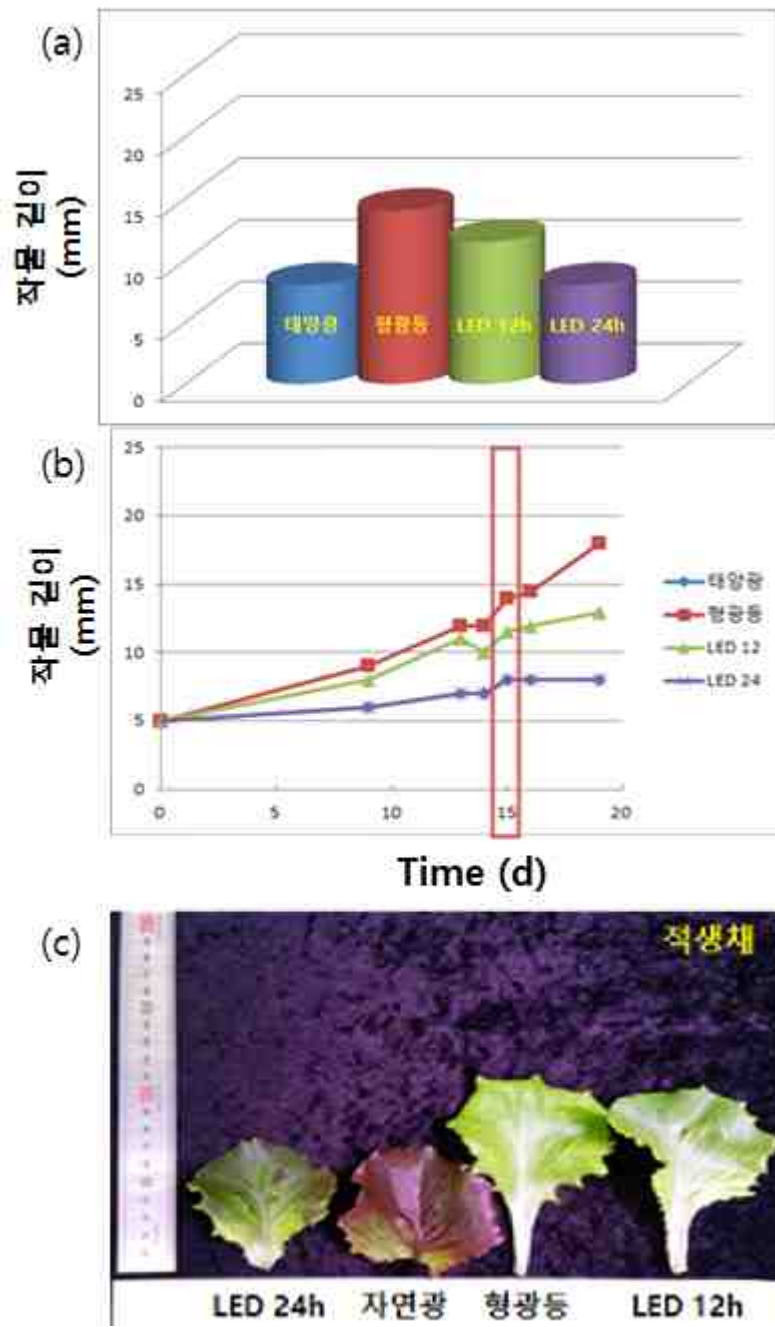


그림 3.5.11. 적생채의 광원조건별 재배 특성. (a) 최대 길이 비교 (b) 작물의 성장 길이변화 (c) 작물의 색과 길이 비교 (재배 15일째)



## 나. 작물 재배용 양액조성

- 양질의 작물을 재배하기 위해서는 양질의 육묘가 생산되어야 가능하다. 양액조성에 따른 작물의 경화 관련 작물 재배 조건을 확립하기 위해서는 앞에서 육묘 재배 단계에 따라 생산한 육묘를 재배기로 옮기고, pH 6, EC 1,200의 배양액 조건으로 재배를 시작하였다. 재배실의 조건은 약 20℃, 습도 60%를 유지하였다.
- 작물이 성장하면 pH는 7~7.5로 올라가고, 배양액의 EC는 떨어지므로 pH 6, EC 1200을 유지 되도록 12시간에 한번씩 pH meter와 EC conductivity meter를 이용하여 측정하였다. pH는 1N 황산용액, EC는 200배 농축한 양액을 사용하여 일정하게 조절하였다
- 도시농업에서 사용되는 시판 양액은 아래 표와 같이 엽채류와 과채류로 나뉘어 사용되고 있다(표 3.5.7). 본 연구진에서는 엽채류 양액인 야마자키 양액 성분 함량; 질산칼슘 4수염( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.236g/L), 질산칼륨 ( $\text{KNO}_3$  0.402g/L), 킬레이트제 Fe-EDTA 0.015g/L, 제1인산암모늄 ( $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$  0.058g/L), 황산마그네슘 ( $\text{MgSO}_4$  0.123g/L), 황산구리 ( $\text{CuSO}_4$  0.039g/L), 붕산 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$  1.763g/L), 황산망간1수염 ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0.615g/L), 황산아연 ( $\text{ZnSO}_4$  0.088g/L), 폴리브덴산나트륨 ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.126g/L)을 선택하였다.

표 3.5.7. 도시농업용 작물 재배를 위한 양액의 조성

종류	양액의 성분
엽채류	A용액 : 질소 2%, 칼리 3.5%, 칼슘 2%, 철 0.05% B용액 : 질소 1.3%, 인산 1.5%, 칼리 5%, 고토 0.7%, 붕소 0.05%, 망간 0.01%, 아연 0.002%
과채류	A용액 : 질소 3%, 칼리 4%, 칼슘 4.5%, 철 0.05% B용액 : 질소 1.5%, 인산 2%, 칼리 3.5%, 고토 1.1%, 붕소 0.05%, 망간 0.01%, 아연 0.002%

- 양액 조성에 따른 재배조건을 조사하기 위하여 발아율(80%이상)과 육묘율(80%이상)을 기준으로 38가지 작물 중 표 3.5.8의 20종을 선별하여 범용적으로 엽채류 재배에 사용되는 야마자키 양액을 사용하여 작물을 재배하였다 (그림 3.5.12).

● 엽채류(야마자키 잎상추)용 양액

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.236g/L
- $\text{KNO}_3$	0.402g/L
- Fe-EDTA (킬레이트제)	0.015g/L
- $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	0.058g/L
- $\text{MgSO}_4$	0.123g/L
- $\text{CuSO}_4$	0.039g/L
- $\text{H}_3\text{BO}_3$	1.763g/L
- $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.615g/L
- $\text{ZnSO}_4$	0.088g/L
- $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.126g/L



그림 3.5.12. 재배기를 이용한 선정 작물의 시험 재배.

표 3.5.8. 재배기를 이용한 재배 작물

번호	분류	작물명	번호	분류	작물명
1	허브	스위트 바질	11	쌈샐러드채소	루꼴라
2	쌈샐러드채소	잎브로콜리 토스카노	12	쌈샐러드채소	레드캐피탈
3	쌈샐러드채소	케일	13	쌈샐러드채소	로사이탈리아나
4	쌈샐러드채소	적생채	14	쌈샐러드채소	적상추
5	쌈샐러드채소	적오크	15	쌈샐러드채소	트레비소
6	쌈샐러드채소	적측면	16	쌈샐러드채소	청경채
7	쌈샐러드채소	엔다이브	17	쌈샐러드채소	방울다다기 양배추
8	쌈샐러드채소	시저스그린상추	18	쌈샐러드채소	이테치*스카롤라
9	쌈샐러드채소	다채-비타민	19	쌈샐러드채소	다청채
10	쌈샐러드채소	아시아잎쌈배추	20	쌈샐러드채소	적겨자

○ 구축된 재배기들을 이용하여 생산한 20여개 작물을 중 마트에서 주로 판매하는 쌈샐러드 채소와 상품가치 비교가 가능한 10가지 작물을 선별하였다(그림 3.5.13).



그림 3.5.13. 선정된 20가지 재배 작물 중 선별된 10 종.

- 시판 쌈샐러드 정도의 상품가치가 있을 정도로 재배, 수확하는데 육묘기에서 재배기로 옮기기 위하여 약 7cm 정도 자라는데 약 1달 동안 소요되며, 재배기에서 재배하고 수확하는데 약 2주 정도가 소요 된다.



그림 3.5.14. 쌈샐러드 채소 수확작물 (쌈샐러드채소; 비타민, 청상추 등 8종류).  
(a) 시중마트 청과 코너 판매 채소, (b) & (c) 본 연구에서 재배한 채소.

#### 다. 고부가가치 작물의 재배조건 연구

- 도시농업 대상 작물 10가지 중 루꼴라와 스위트 바질은 선호도가 높은 작물인 것에 반하여 재배조건이 까다롭고 수확량이 작아서 일반 마트에서 판매 단가가 높다(표 3.5.9). 이들 작물들을 생산하기 위한 재배를 수행하였다.
- 루꼴라는 앞의 결과에서와 같이 발아율(98%)과 육묘율(100%)은 좋으나 재배시 온, 습도에 민감하다. 온도20℃, 습도 60%를 유지하였을 경우 잘 재배할 수 있으나 온·습도가 기준보다 높으면 정상 길이 이상으로 웃자라고 꽃대가 나와 상품가치가 없어지는 특징이 있어 재배가 까다로웠다. 루꼴라는 일반적인 도시 농업에서 사용되는 재배조건에서는 재배가 어렵고, 쉽게 꽃대가 올라왔다. 여러차례 재배를 시도하였으나 구축된 시설에서는 루꼴라의 재배환경을 제공하기 어려워 자양한 엽채류를 생산하게 되는 일반적인 범용적 시설의 도시농업 작물로는 부적합한 것으로 판단된다.

표 3.5.9. 루꼴라와 스위트바질의 특성

작물명	루꼴라	스위트바질	비고
분류	쌈샐러드채소	허브	
작물특성	독특한 향을 갖는 향신 채소 샐러드나 피자 등 다양하게	바질오일, 토마토요리나 생선요리에 많이 사용	
작물효능	자궁암예방 구강내 암발병 낮춤 (비타민A) 노화방지, 알츠하이머의 예방 위통증을 완화, 소화기능완화. 괴혈병, 위궤양 예방 (비타민 C.K)	두통 신경과민 구내염 강장효과 진정, 살균	
마트가격 (원)	3,500원/100g	15,000원/100g	

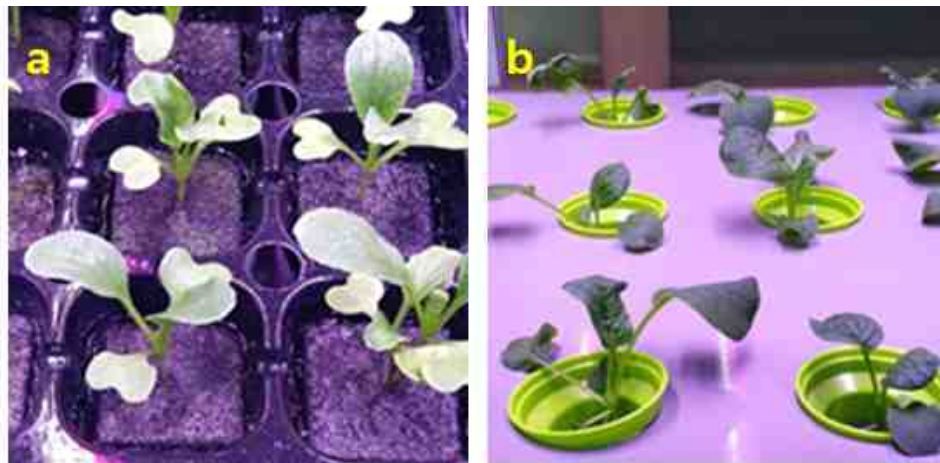


그림 3.5.15. 루꼴라 재배 모습 (a) 육묘 (b) 작물 재배.

- 스위트바질의 경우 발아율(100%)과 육묘율(91%)이 우수하고, 온도 20℃, 습도 50%의 저온 저습한 환경에서 잎이 단단하고 향이 좋은 작물을 수확할 수 있었다(그림 3.5.16).
- 바질의 경우 생잎을 먹을 수도 있지만 건조하여 가루로 만들어 음식에 향신료로 사용하기도 한다. 본 연구에서 잎을 흔들면 향긋한 레몬향이 나는 바질을 재배하였는데, 수확한 바질을 흐르는 물에 씻고 키친티슈로 물기를 잘 닦아 낸 다음 식품건조기를 이용하여 12시간동안 건조한 후 가루를 내어 병에 보관하였다. 식물공장의 재배 작물의 고부가가치화의 좋은 예이다.



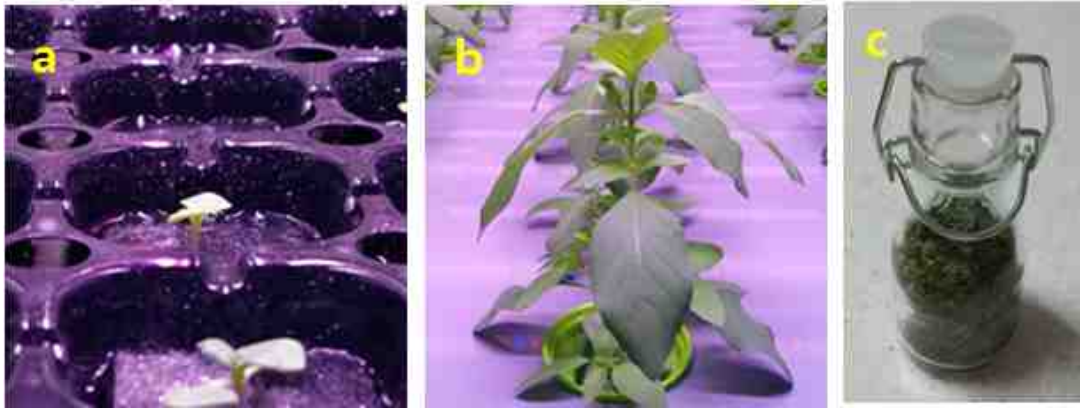


그림 3.5.16. 스위트바질 재배 모습 (a) 육묘 (b) 작물 재배 (3) 바질 가공품(건조)

○ 루꼴라와 스위트바질의 특성과 재배 특성을 표 3.5.10에 제시하였다.

표 3.5.10. 루꼴라와 스위트바질의 특성 및 재배 특성

작물명	루꼴라	스위트바질	비고
발아율	98 %	100 %	
육묘율	100 %	96 %	
재배조건	LED / 분무경	LED / 분무경	
재배시간	육묘 14일 / 재배 14일	육묘 30일 / 재배 21일	
재배특징	재배시 통 수확해야 함 가지치기로 하면 꽃대가 나옴	가지치기로 수차례 수확가능	
수확량*	재배기 1단 (15 x 3홀)에서 600g (600g x 18단 = 약 10kg)	재배기 1단 (15 x 3홀)에서 450 g (450 g x 18단= 8 kg)	재배기 6대 보유

\* 수확량 : 재배기 모두 한 가지 작물로 재배하였을 경우 예상 수확량(예비 평가).



### 3.5.3. 도시 농업용 주요 작물의 생산

#### 가. 작물 생산 결과

##### (1) 허브류

##### (가) 스위트바질

○ 대표적인 허브식물인 스위트 바질의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.17 - 그림 3.5.22 에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 스위트바질의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.23에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키위 모종의 키가 약 1.5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 5일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 20일 동안 26cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 100 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.17 스위트바질의 발아과정.

스위트바질의 육묘



그림 3.5.18 스위트바질의 육묘과정.

정식후 재배중인 스위트바질



그림 3.5.19 스위트바질의 정식 후 재배과정.

수확중인 스위트바질



그림 3.5.20 수확기의 스위트바질.

스위트바질의 뿌리 발달



그림 3.5.21 스위트바질의 뿌리 성장.



### 스위트바질의 수확



그림 3.5.22 스위트바질의 수확.

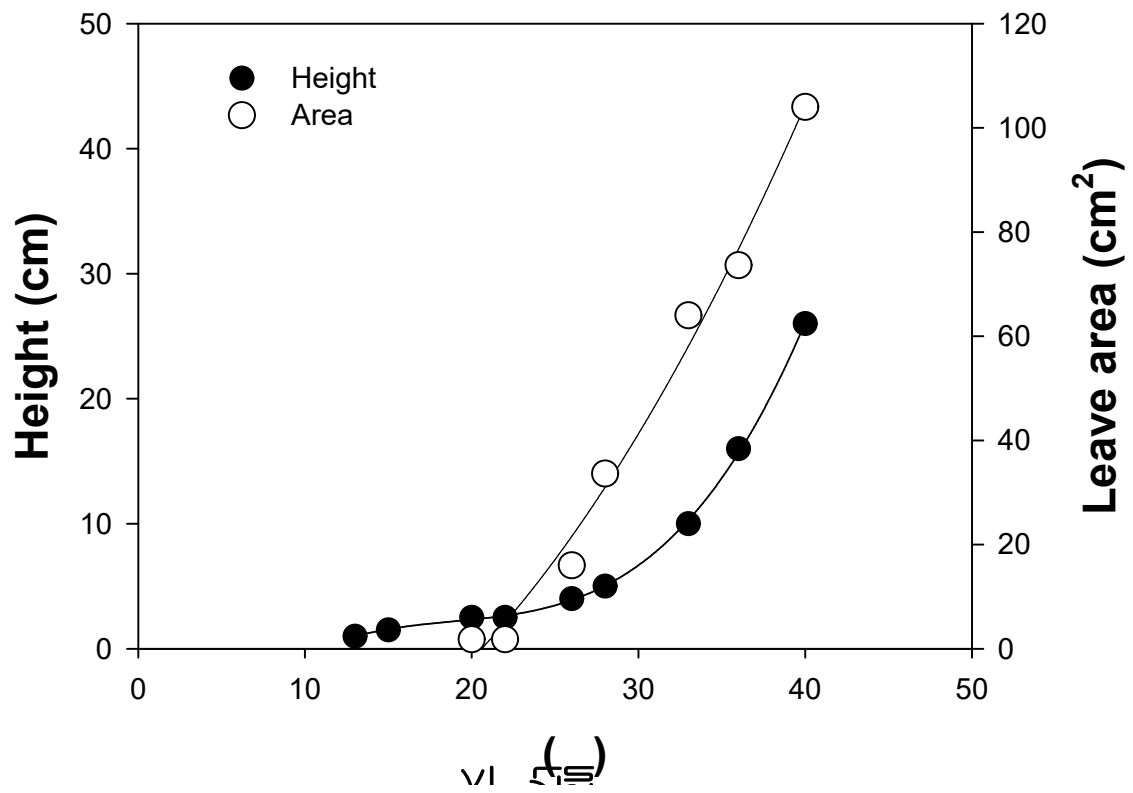


그림 3.5.23 재배기간 동안 스위트바질의 크기와 잎 면적의 생장.

- 스위트바질의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.11에 정리하였다. 발아에 3일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 91%로 우수하였다. 스위트바질을 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.24 - 그림 3.5.25에 도시하였고, 스위트바질 한 포기당 생산량을 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.26 - 그림 3.5.27에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 43일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 20일 부터 수확이 가능하였고, 약 5개월 (153일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기울기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 스위트바질을 생산하는 약 5개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 스위트바질을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 스위트바질의 포기당 수확량은 생체 기준과 건조 중량 기준으로 각각 포기당 172.6 g-생체중량과 13.5 g-건조중량이었다. 스위트바질을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 2.1회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 스위트바질을 생체와 건조 기준으로 각각 364 g/년/pot 와 28.5 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 1.13 g-생체/일/pot (0.09 g-건조중량/일/pot) 이었다.
- 1,000 kg의 스위트바질을 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 5,800여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 스위트바질을 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 2,750 pot로 추산되었다.

표 3.5.11. 스위트바질의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	3	20	20	153

밭아율	100	%
육묘율	91	%
총 재배기간	196	일
재배 수량	91	포기
포기당 수확량	172.6	g-생체중량/포기
	13.5	g-건조중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.88	g-생체중량/일/pot
	0.07	g-건조중량/일/pot
수확기간내 생산성	1.13	g-생체중량/일/pot
	0.09	g-건조중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	2.1	회/년
연간 생산성	364.2	g-생체중량/년/pot
	28.5	g-건조중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	2,750	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	5,800	재배 pot 수/1000 kg



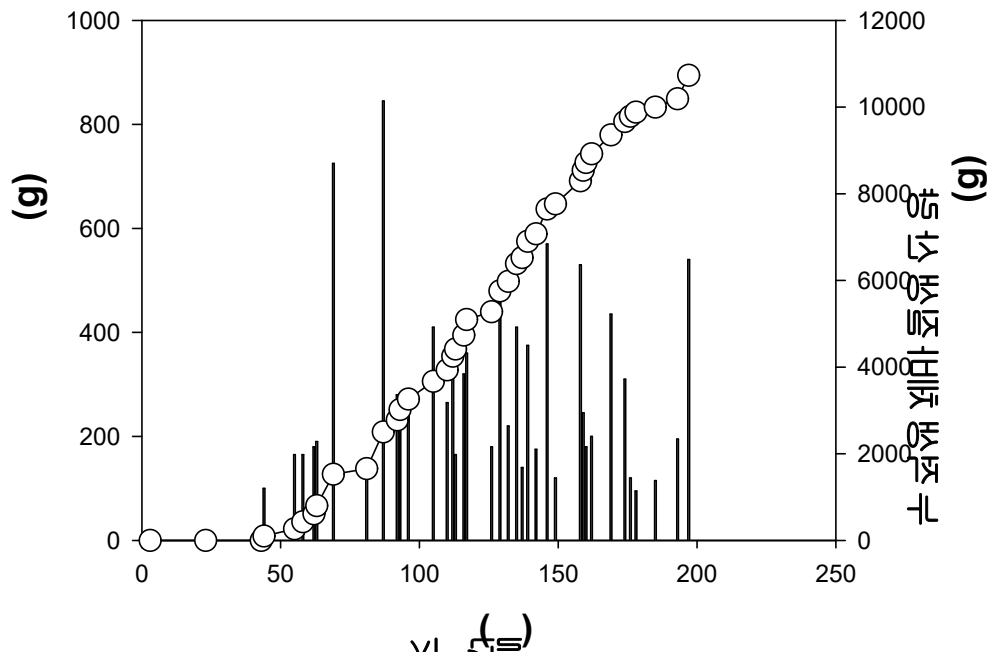


그림 3.5.24 스위트바질 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

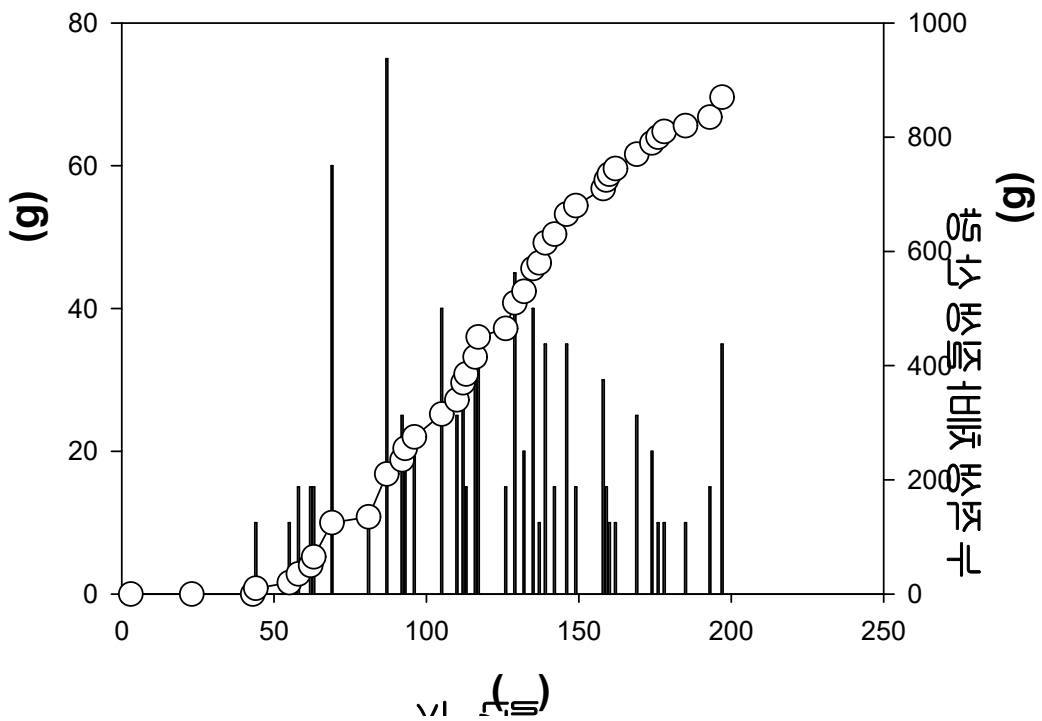


그림 3.5.25 스위트바질 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(건조기준)

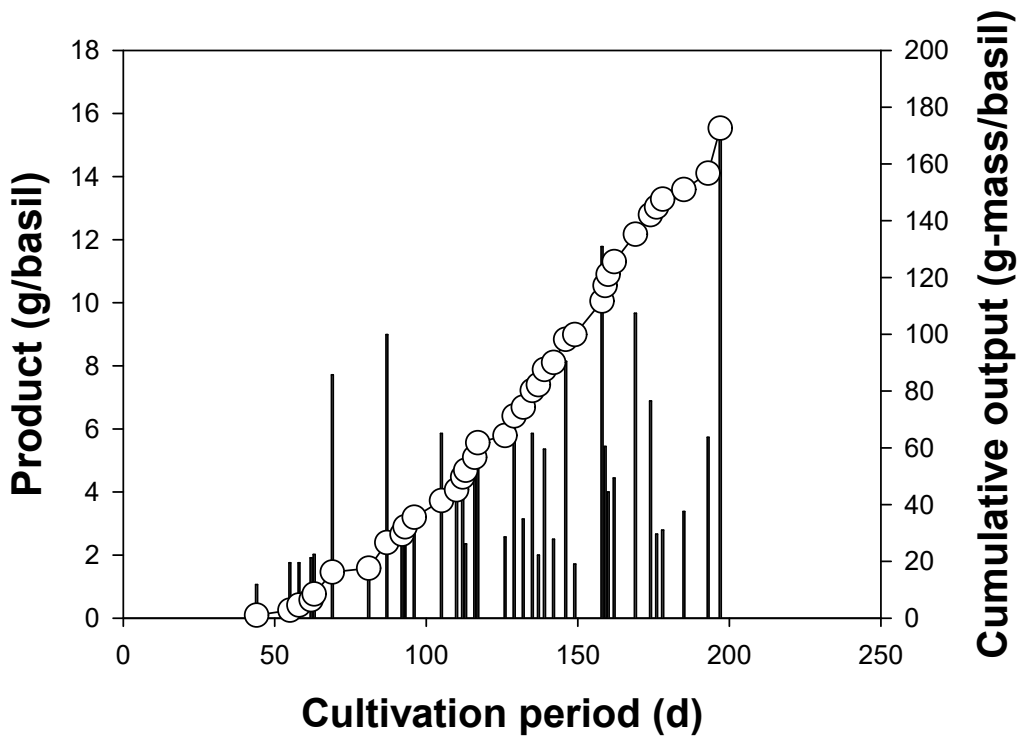


그림 3.5.26 스위트바질 포기당 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

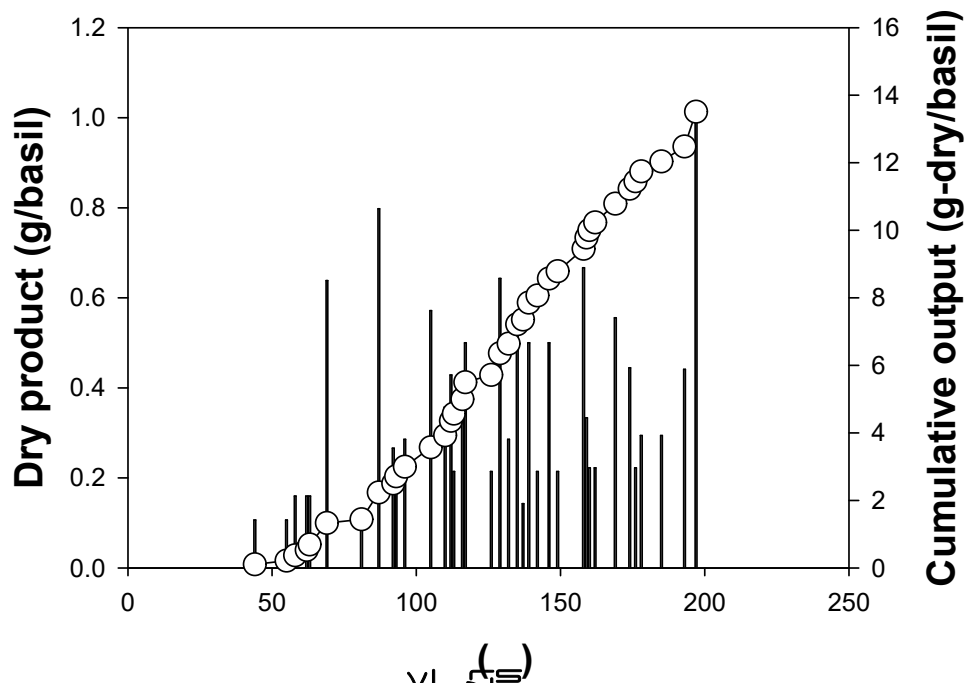


그림 3.5.27 스위트바질 포기당 일회당 생산량과 누적 생산량(건조기준)

(나) 타임

○ 타임의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.28 - 그림 3.5.29에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 타임의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.30에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 1 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 5일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 20일 동안 16.5cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 1.05 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.

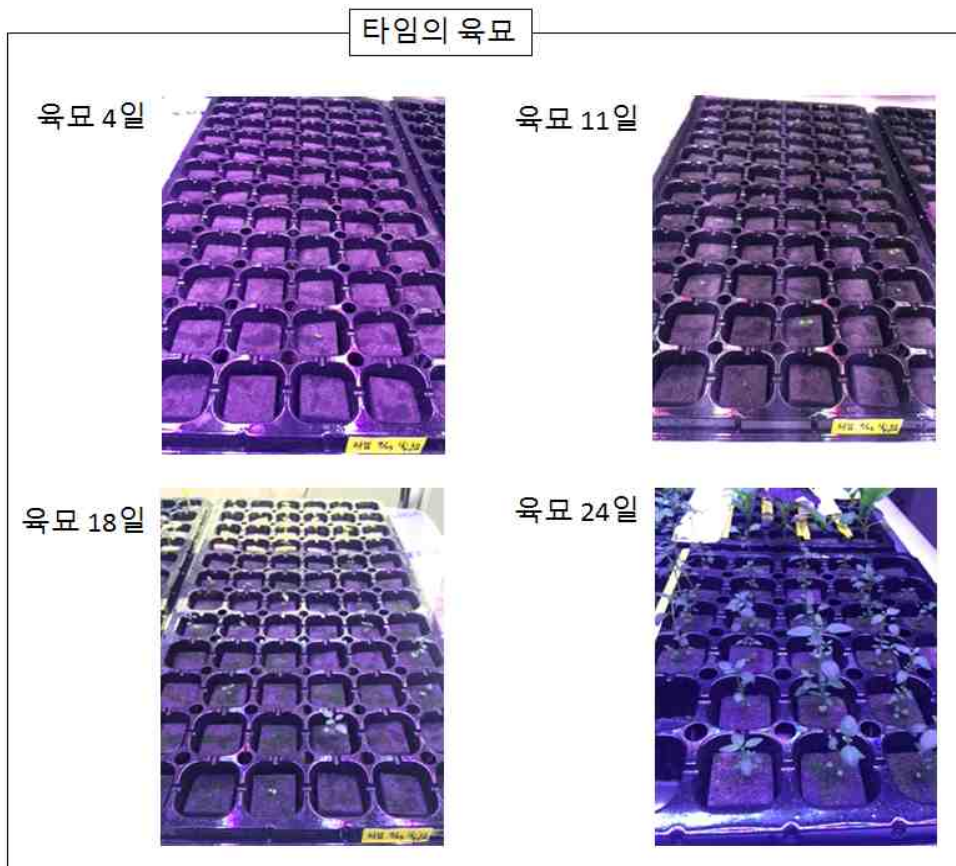


그림 3.5.28 타임의 육묘과정.

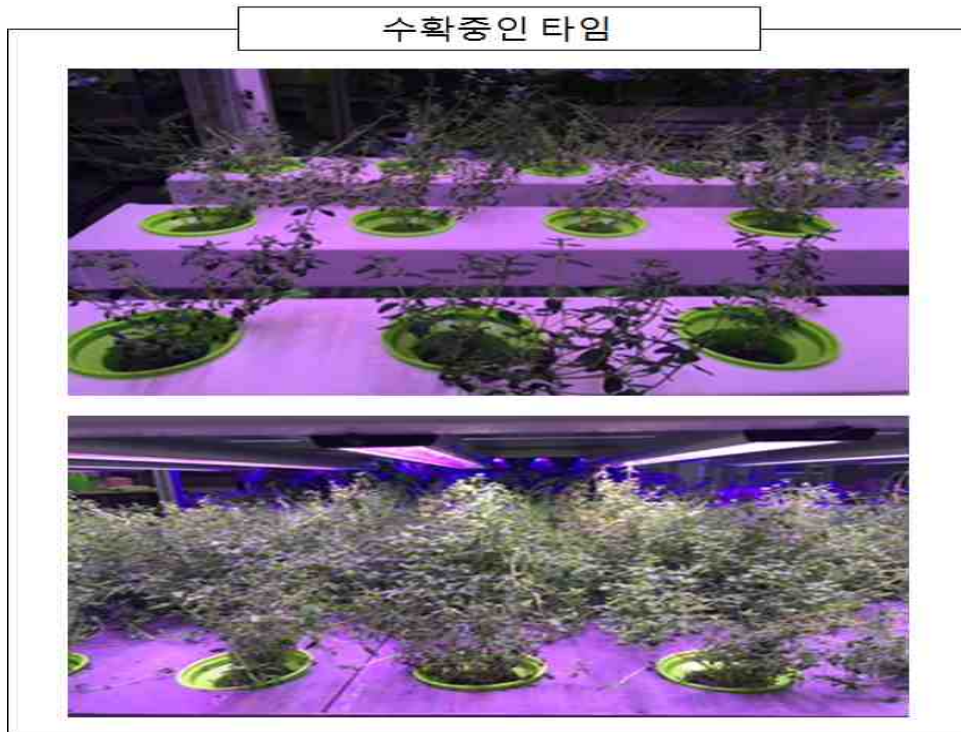


그림 3.5.29 수확기의 타임.

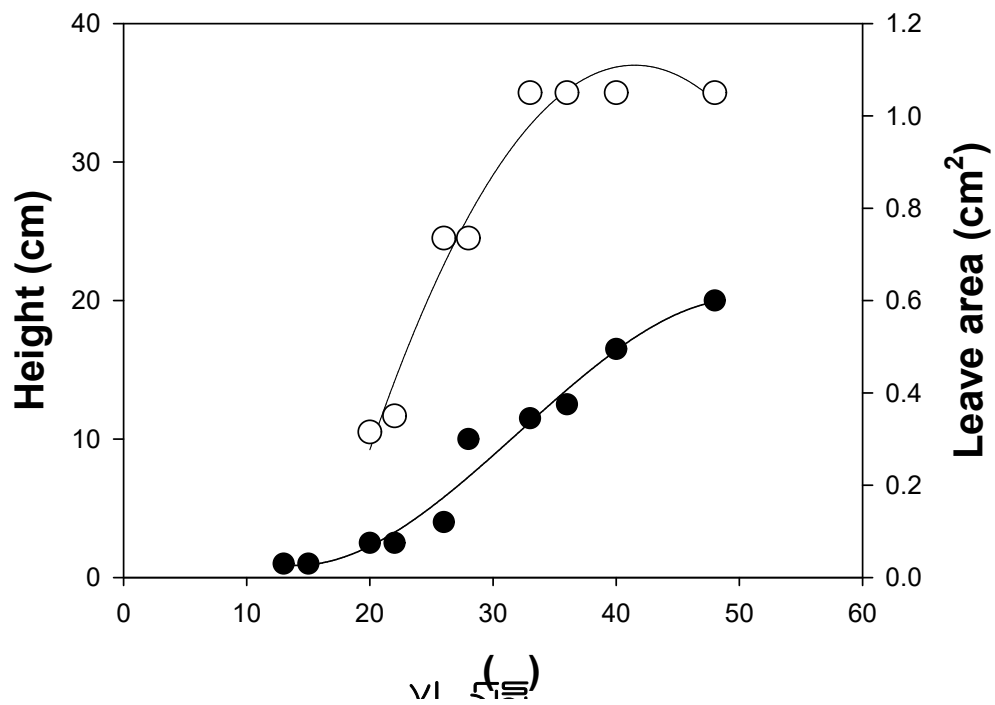


그림 3.5.30 재배기간 동안 타임의 크기와 잎 면적의 성장.

- 타임의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.12에 정리하였다. 밭아에 3일이 소요되었고, 밭아율은 86%로 우수하였고, 육묘율은 36%였다. 타임을 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.31 - 그림 3.5.32에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 밭아에서 최초 수확까지 약 64일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 34일 부터 수확이 가능하였고, 약 3개월 (105일) 동안 수확이 가능하였다.
- 타임을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 타임의 포기당 수확량은 생체 기준과 건조 중량 기준으로 각각 포기당 60.58 g-생체중량과 5.57 g-건조중량이었다. 타임을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 2.6회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 타임을 생체와 건조 기준으로 각각 159.07 g/년/pot 와 14.64 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 0.58 g-생체/일/pot (0.05 g-건조중량/일/pot) 이었다.
- 1,000 kg의 타임을 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 16,507여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 타임을 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 6,290 pot로 추산되었다.

표 3.5.12. 타임의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
		3	27	34

밭아율	86	%
육묘율	36	%
총 재배기간	169	일
재배 수량	26	포기
포기당 수확량	60.58	g-생체중량/포기
	5.577	g-건조중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.36	g-생체중량/일/pot
	0.03	g-건조중량/일/pot
수확기간내 생산성	0.58	g-생체중량/일/pot
	0.05	g-건조중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	2.6	회/년
연간 생산성	159.07	g-생체중량/년/pot
	14.64	g-건조중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	6,286.58	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	16,507.94	재배 pot 수/1000 kg



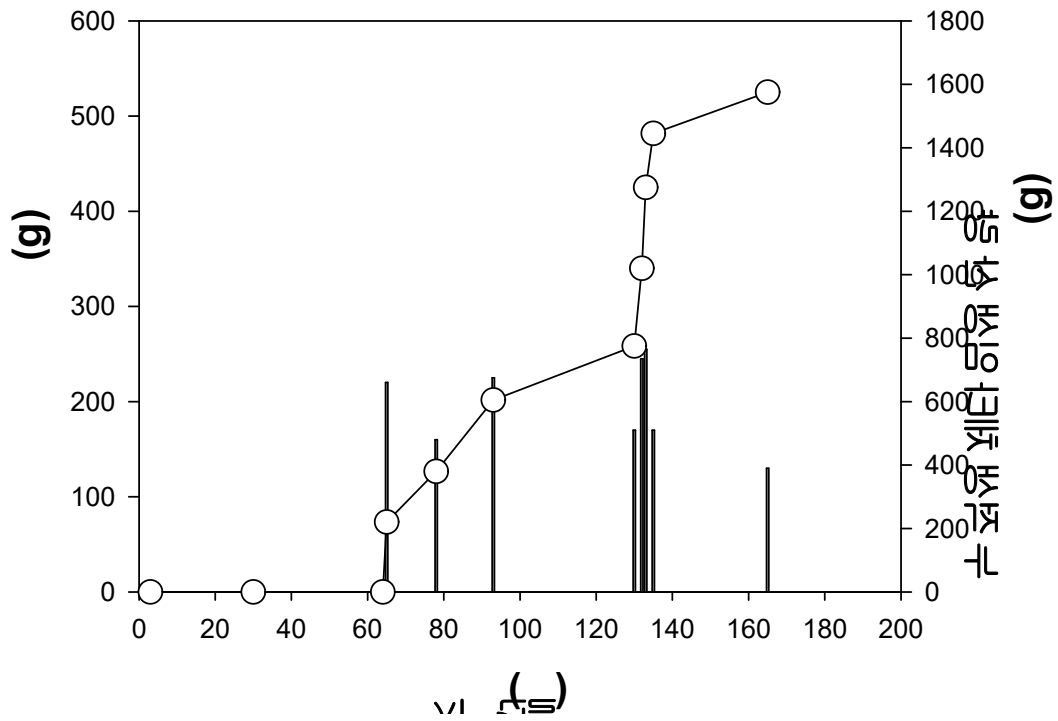


그림 3.5.31 타임 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

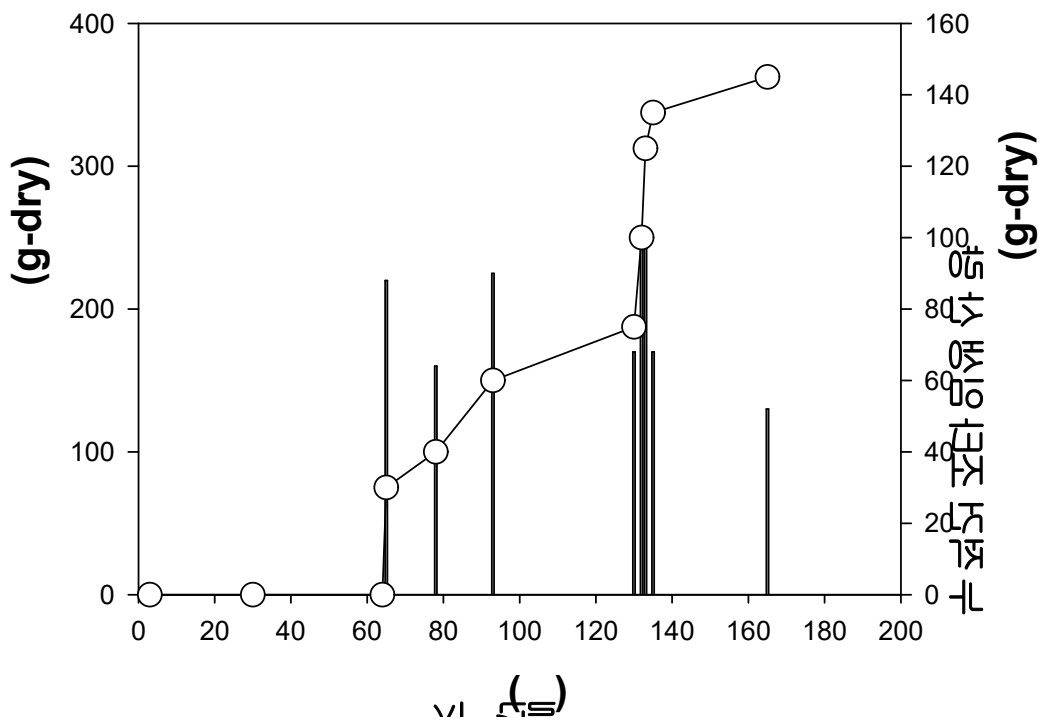


그림 3.5.32 타임 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(건조기준)

(다) 페퍼민트

페퍼민트의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.33 - 그림 3.5.34에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 페퍼민트의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.35에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 1 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 16일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 28일 동안 22cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 21.6 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.

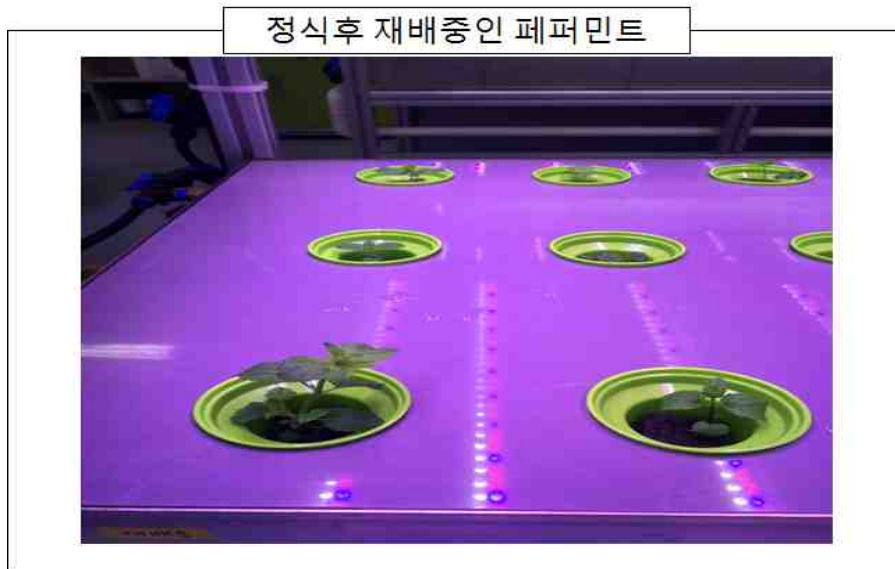


그림 3.5.33 페퍼민트의 정식 후 재배과정.

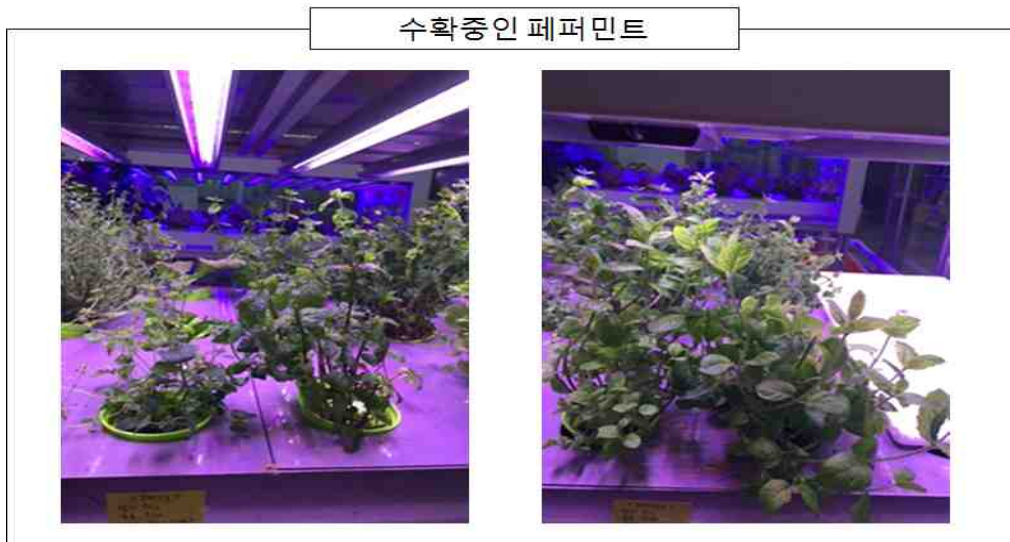


그림 3.5.34 수확기의 페퍼민트.

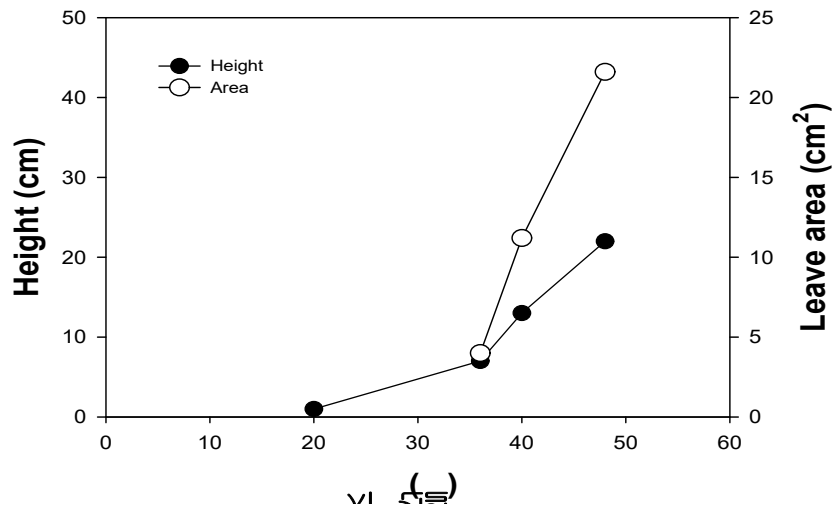


그림 3.5.35 재배기간 동안 페퍼민트의 크기와 잎 면적의 성장.

- 페퍼민트의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.13에 정리하였다. 발아에 8일이 소요되었고, 발아율은 74%로 우수하였으나, 육묘율은 10%로 저조하였다. 페퍼민트를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.36 - 그림 3.5.37에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 61일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 24일 부터 수확이 가능하였고, 약 3개월 (96일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기울기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 페퍼민트를 생산하는 약 3개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 페퍼민트를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 페퍼민트의 포기당 수확량은 생체 기준과 건조 중량 기준으로 각각 포기당 131.43 g-생체중량과 9.714 g-건조중량이었다. 페퍼민트를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 3.04회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 페퍼민트를 생체와 건조 기준으로 각각 399.76 g/년/pot 와 29.55 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 1.37 g-생체/일/pot (0.10g-건조중량/일/pot) 이었다.
- 1,000 kg의 페퍼민트를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 7,610여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 페퍼민트를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 2,501 pot로 추산되었다.

표 3.5.13. 페퍼민트의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
		8	29	24

밭아율	74	%
육묘율	10	%
총 재배기간	157	일
재배 수량	7	포기
포기당 수확량	131.43	g-생체중량/포기
	9.714	g-건조중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.84	g-생체중량/일/pot
	0.06	g-건조중량/일/pot
수확기간내 생산성	1.37	g-생체중량/일/pot
	0.10	g-건조중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	3.04	회/년
연간 생산성	399.76	g-생체중량/년/pot
	29.55	g-건조중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	2,501	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	7,609	재배 pot 수/1000 kg

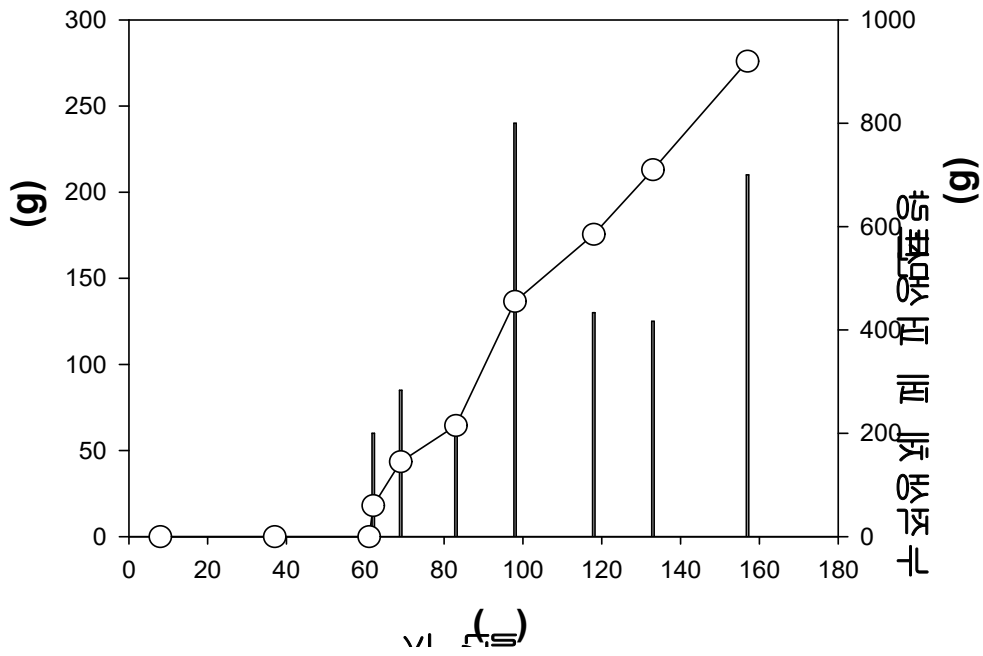


그림 3.5.36 페퍼민트 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

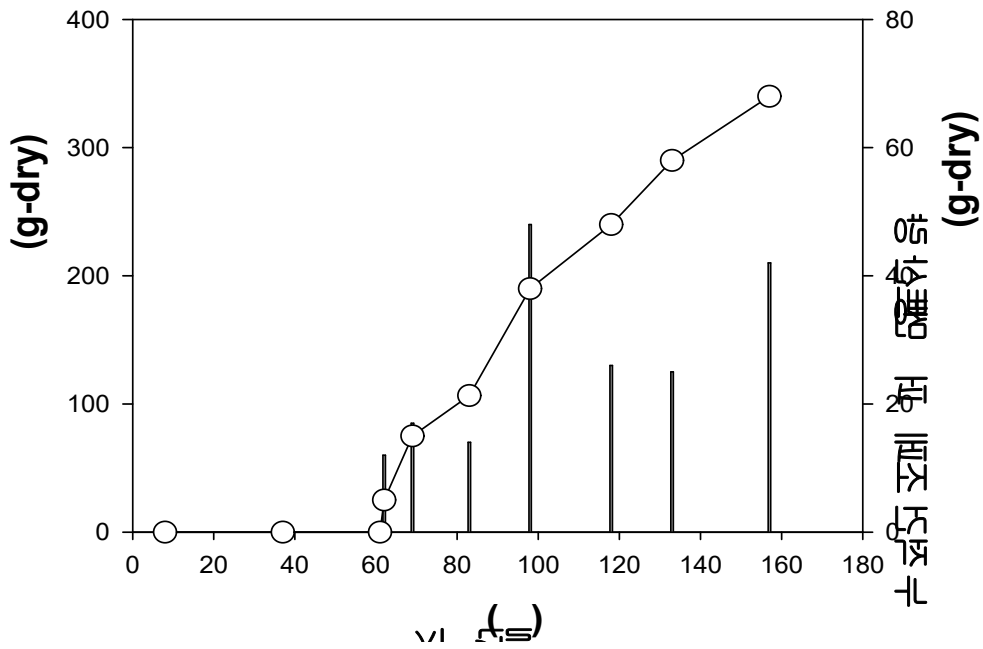


그림 3.5.37 페퍼민트 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(건조기준)

(라) 오레가노

○ 오레가노의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.38 - 그림 3.5.40에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 오레가노의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.41에 도시하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 20일 동안 22cm 까지 성장하였다.

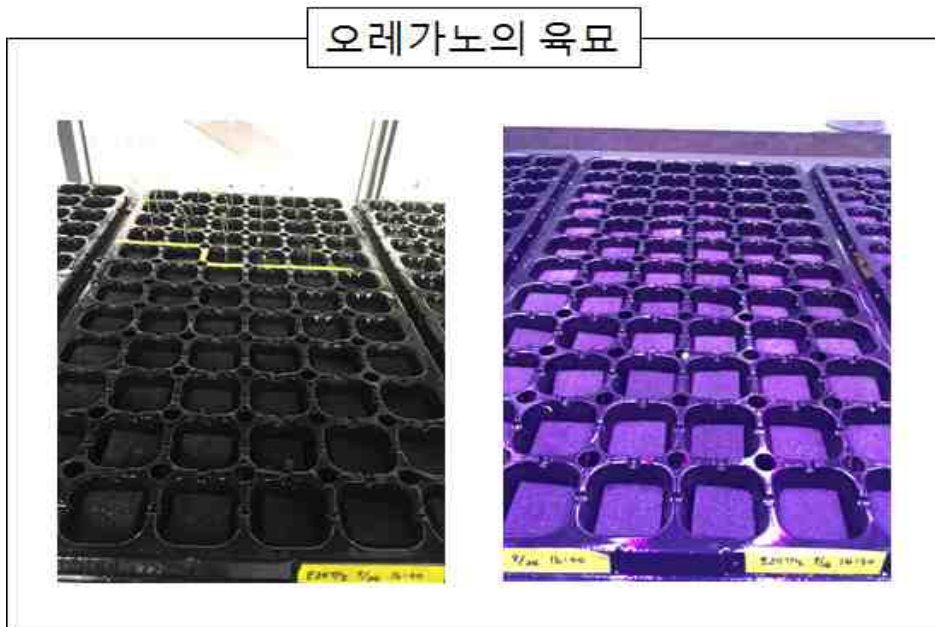


그림 3.5.38 오레가노의 육묘과정.



그림 3.5.39 오레가노의 정식 후 재배과정.



수확중인 오레가노

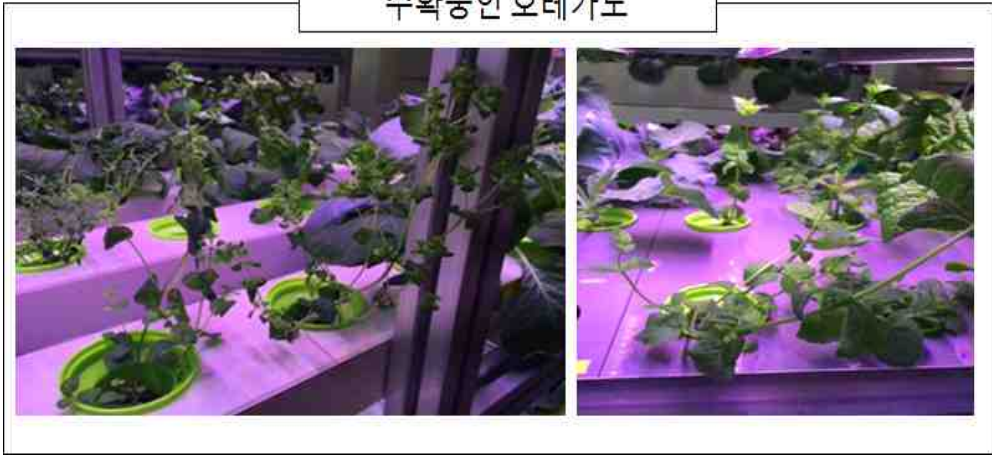


그림 3.5.40 수확기의 오레가노.

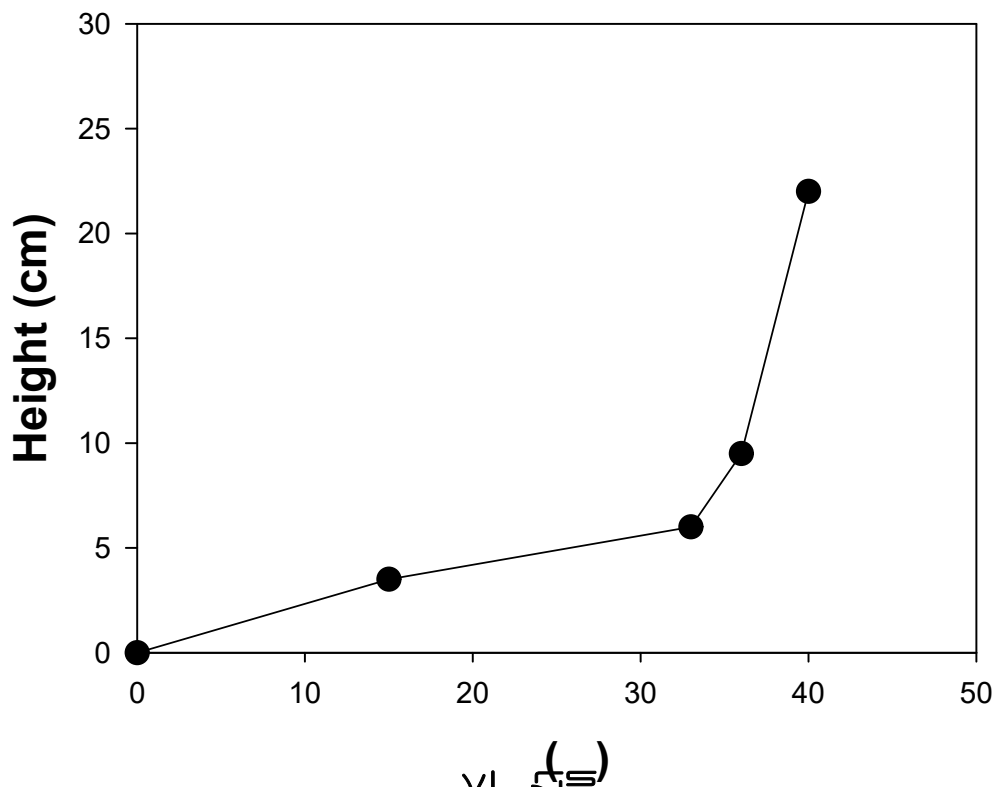


그림 3.5.41 재배기간 동안 오레가노의 크기와 잎 면적의 성장.

- 오레가노의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.14에 정리하였다. 발아에 4일이 소요되었고, 발아율은 78%로 우수하였으나, 육묘율은 3%로 매우 저조하였다. 오레가노를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.42 - 그림 3.5.43에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 63일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 25일 부터 수확이 가능하였고, 약 3개월 (95일) 동안 수확이 가능하였다.
- 오레가노를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 오레가노의 포기당 수확량은 생체 기준과 건조 중량 기준으로 각각 포기당 40 g-생체중량과 8.2 g-건조중량이었다. 오레가노를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 3.04회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 오레가노를 생체와 건조 기준으로 각각 121.67 g/년/pot 와 24.94 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 0.42 g-생체/일/pot (0.09 g-건조중량/일/pot) 이었다.
- 1,000 kg의 오레가노를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 25,000여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 오레가노를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 8,219 pot로 추산되었다.

표 3.5.14. 오레가노의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	4	34	25	95

밭아율	78	%
육묘율	3	%
총 재배기간	158	일
재배 수량	2	포기
포기당 수확량	40.00	g-생체중량/포기
	8.200	g-건조중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.25	g-생체중량/일/pot
	0.05	g-건조중량/일/pot
수확기간내 생산성	0.42	g-생체중량/일/pot
	0.09	g-건조중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	3.04	회/년
연간 생산성	121.67	g-생체중량/년/pot
	24.94	g-건조중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	8,219	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	25,000	재배 pot 수/1000 kg

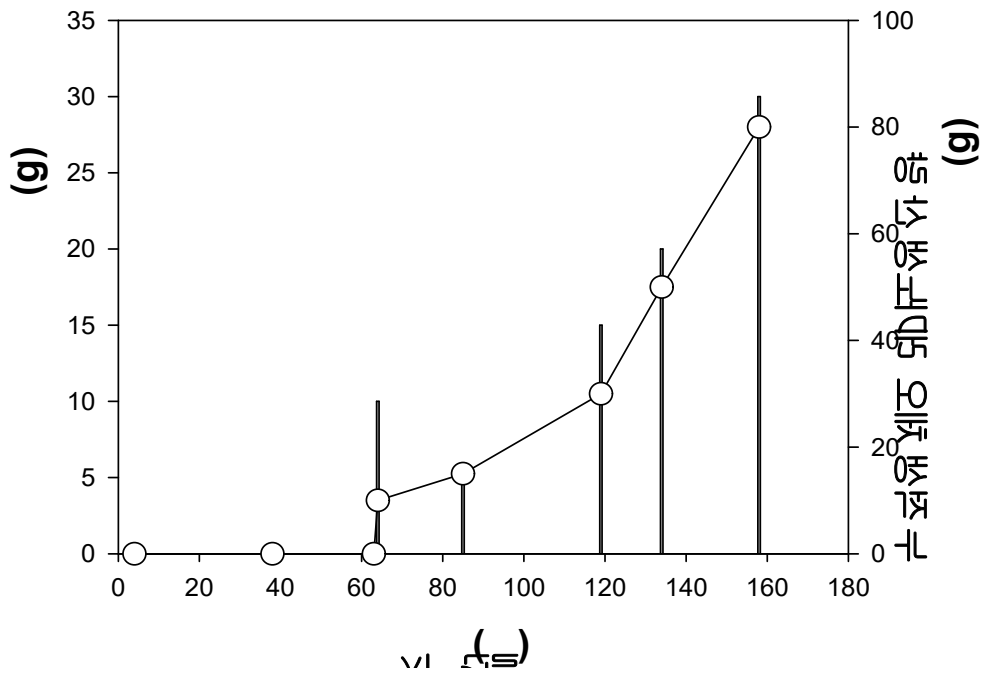


그림 3.5.42 오레가노 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

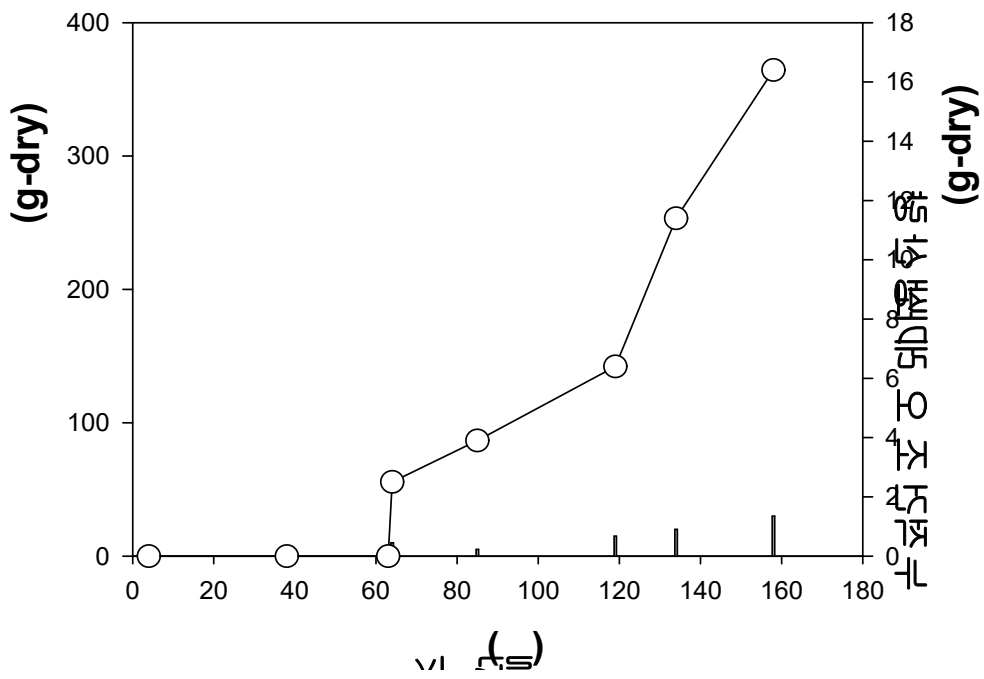


그림 3.5.43 오레가노 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

(마) 이태리 파슬리

이태리 파슬리의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.44 - 그림 3.5.47에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 이태리 파슬리의 키의 변화를 그림 3.5.48에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 4 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 6일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 48일 동안 21.5cm 까지 성장하였다.



그림 3.5.44 이태리 파슬리의 육묘과정



그림 3.5.45 이태리 파슬리의 정식 후 재배과정

수확중인 이태리 파슬리



그림 3.5.46 수확기의 이태리 파슬리

이태리 파슬리의 수확



그림 3.5.47 이태리 파슬리의 수확

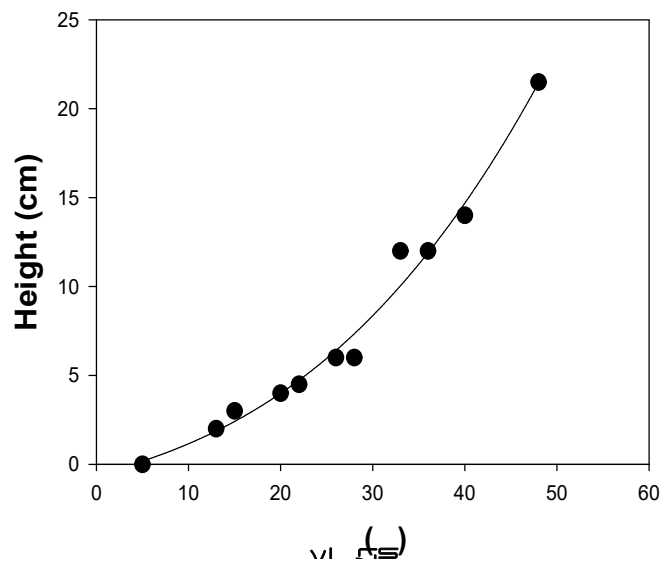


그림 3.5.48 재배기간 동안 파슬리의 크기



- 이태리 파슬리의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.15에 정리하였다. 발아에 3일이 소요되었고, 발아율은 83%로 우수하였고, 육묘율도 98%로 매우 우수하였다. 이태리 파슬리를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.49 - 그림 3.5.50에 도시하였고, 이태리 파슬리 한 포기당 생산량을 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.51 - 그림 3.5.52에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 43일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 20일 부터 수확이 가능하였고, 약 7개월 (208일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기율기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 이태리 파슬리를 생산하는 약 7개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 이태리 파슬리를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 이태리 파슬리의 포기당 수확량은 생체 기준과 건조 중량 기준으로 각각 포기당 217.51 g-생체중량과 19.641 g-건조중량이었다. 이태리 파슬리를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 2.1회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 이태리 파슬리를 생체와 건조 기준으로 각각 458.91 g/년/pot 와 41.44 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 1.42 g-생체/일/pot (0.13 g-건조중량/일/pot) 이었다.
- 1,000 kg의 이태리 파슬리를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 2,179여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 이태리 파슬리를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 4,597 pot로 추산되었다.

표 3.5.15. 이태리 파슬리의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	8	27	20	153

밭아율	83	%
육묘율	98	%
총 재배기간	208	일
재배 수량	81	포기
포기당 수확량	217.51	g-생체중량/포기
	19.641	g-건조중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	1.05	g-생체중량/일/pot
	0.09	g-건조중량/일/pot
수확기간내 생산성	1.42	g-생체중량/일/pot
	0.13	g-건조중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	2.1	회/년
연간 생산성	458.91	g-생체중량/년/pot
	41.44	g-건조중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	2,179	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	4,597	재배 pot 수/1000 kg

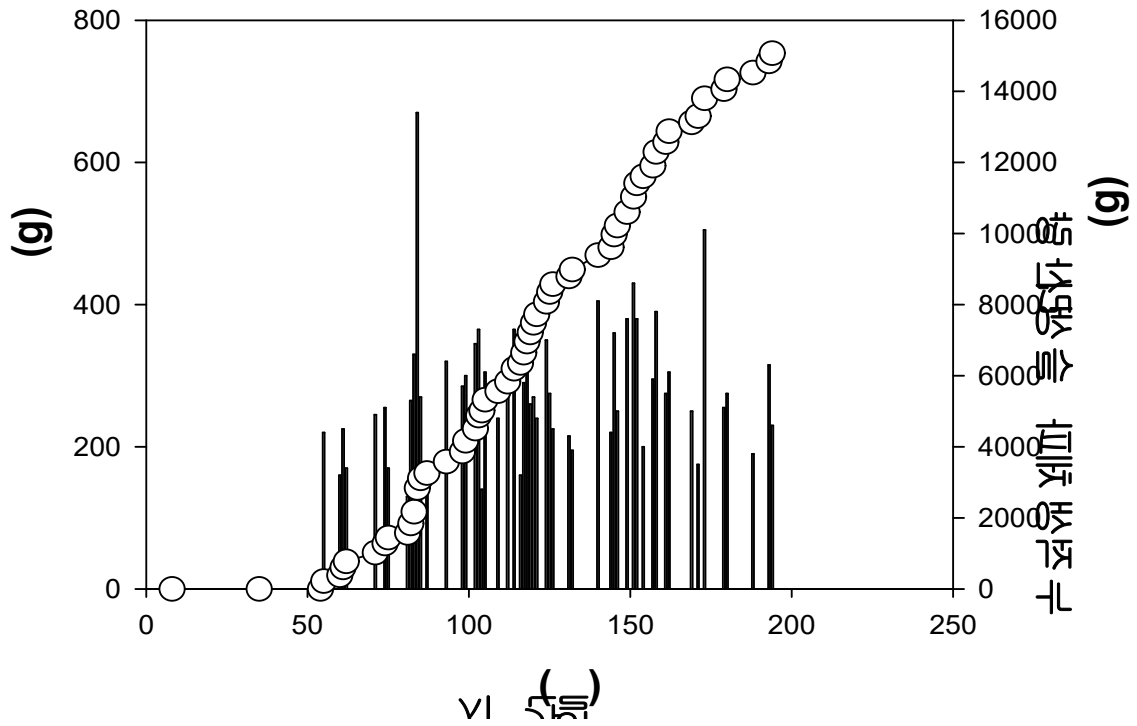


그림 3.5.49 이태리 파슬리 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

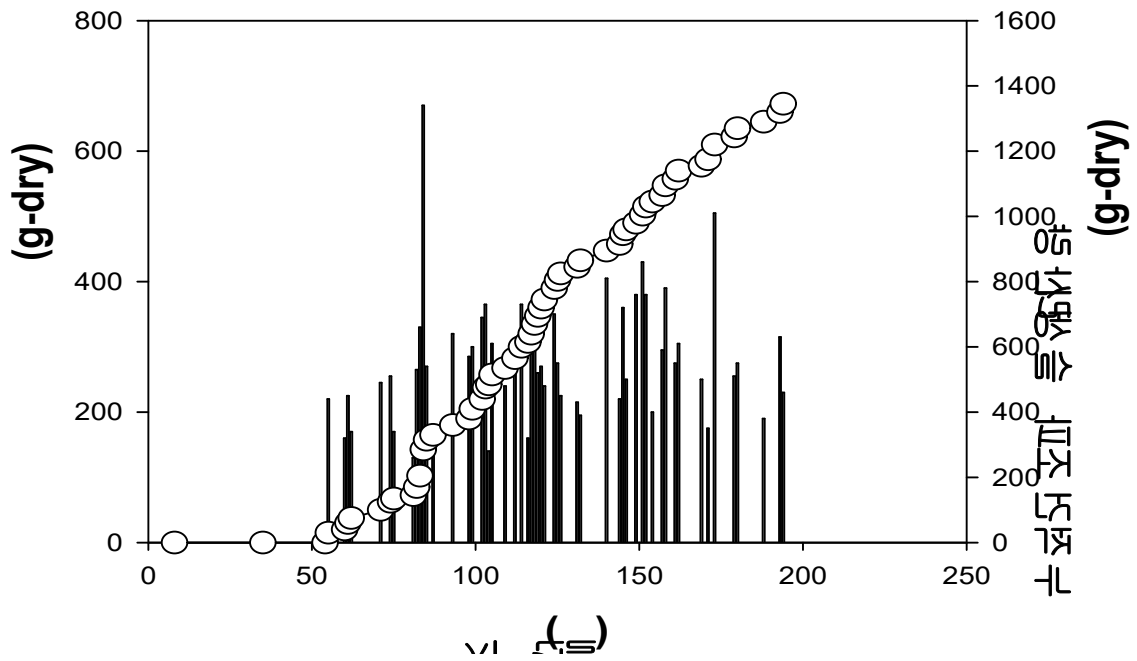


그림 3.5.50 이태리 파슬리 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(건조기준)

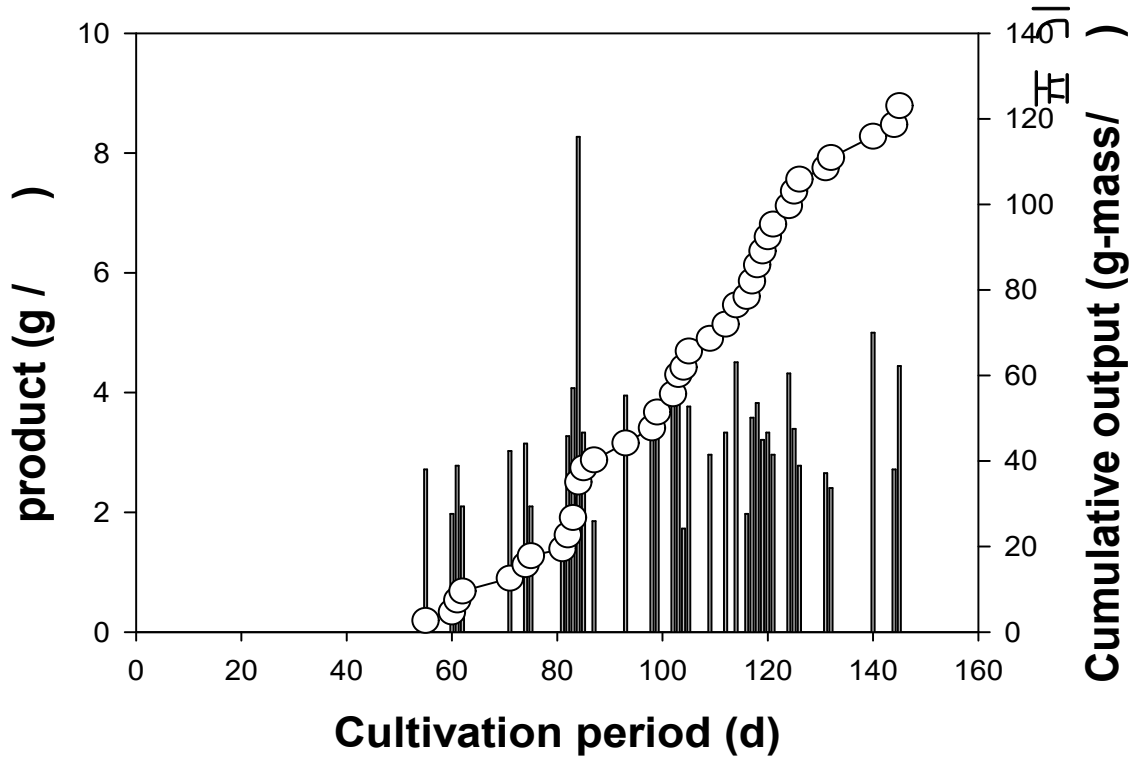


그림 3.5.51 이태리 파슬리 포기당 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

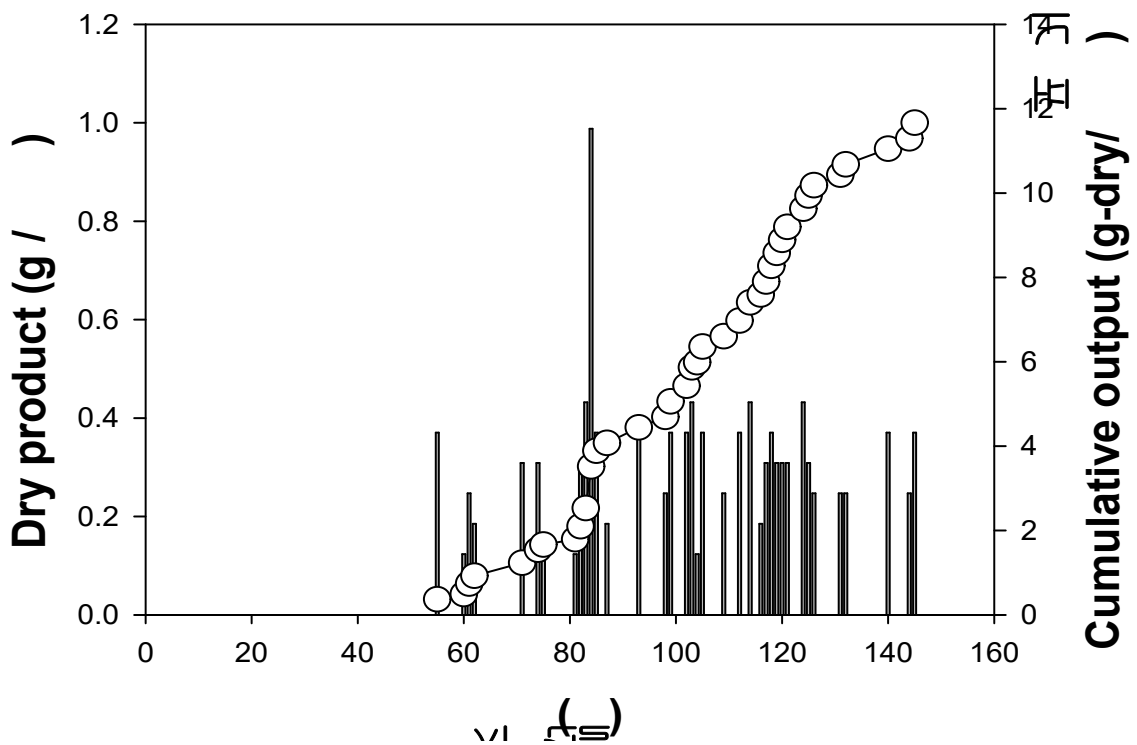


그림 3.5.52 이태리 파슬리 포기당 일회당 생산량과 누적 생산량(건조기준)

(2) 쌈 샐러드 채소

(가) 다청채

○ 다청채의 육묘과정을 그림 3.5.53 - 3.5.56에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 다청채의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.57에 도시하였다. 육묘기에서 약 15일 동안 키워 모종의 키가 약 6 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 약 5일 간 8.6 cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 70 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.53 다청채의 육묘과정.

정식 후 재배중인 다칭채

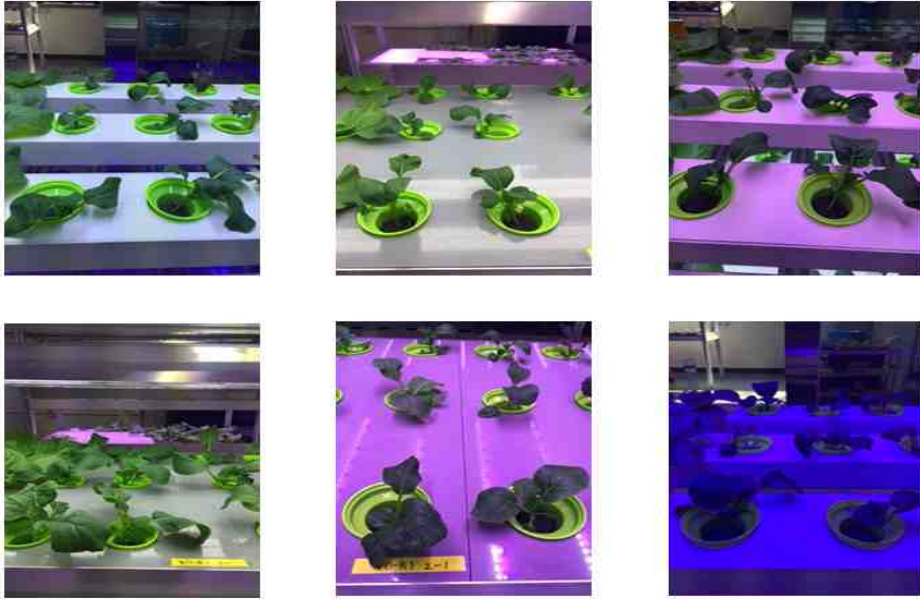


그림 3.5.54 다칭채의 정식 후 재배과정.

수확 중인 다칭채

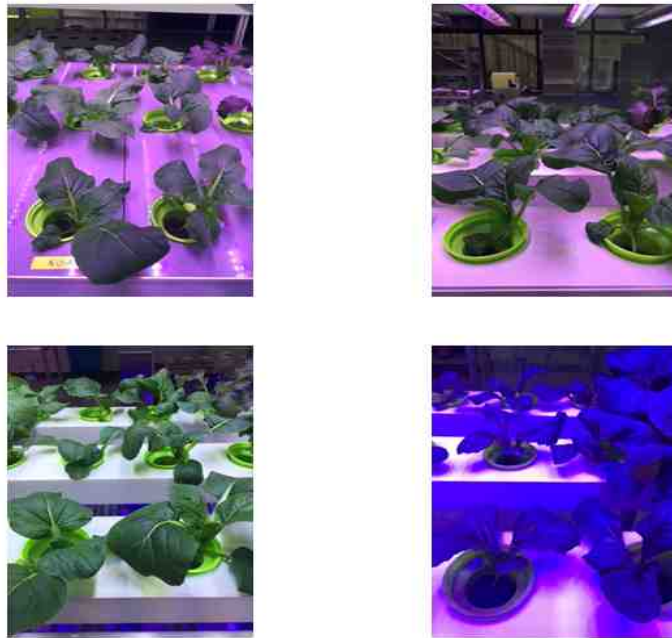


그림 3.5.55 수확기의 다칭채.



다청채의 수확



그림 3.5.56 다청채의 수확.

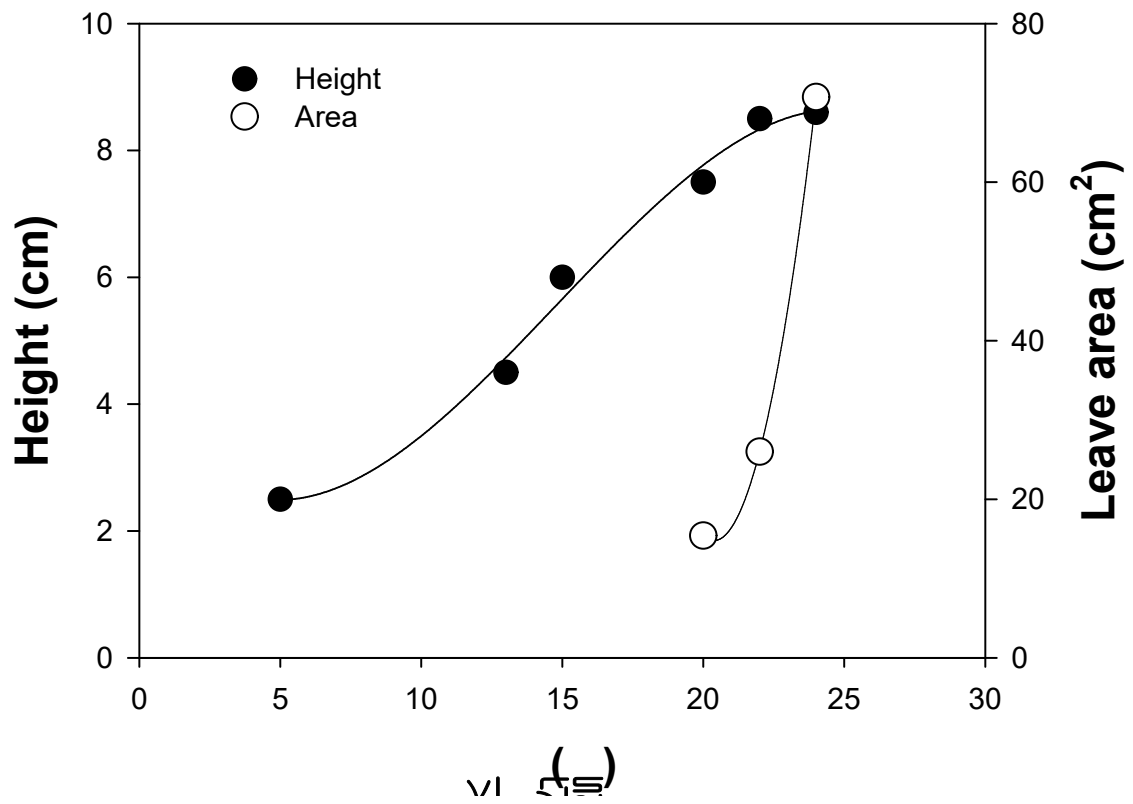


그림 3.5.57 재배기간 동안 다청채의 크기와 잎 면적의 성장.

- 다청채의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.16에 정리하였다. 발아에 2일이 소요되었고, 발아율과 육묘율 모두 100%로 매우 우수하였다. 다청채를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.58에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 20일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 7일 부터 수확이 가능하였고, 10일 간 수확이 가능하였다. 잎 면적의 변화량을 살펴보면 재배 시작 시기에는 15.4 cm<sup>2</sup> 이었던 반면에 4일이 지난 후에는 약 70.0 cm<sup>2</sup> 으로 증가하였다. 수확가능기간은 짧은 편이지만 잎 면적은 빠르게 증가한 것을 볼 수 있다.
- 다청채를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 다청채의 포기당 수확량은 생체 기준으로 5.96 g-생체중량 이었다. 다청채를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 21.5회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 다청채는 생체기준으로 164.0 g/년/pot 이며, 수확기간 동안 생산성은 0.6 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 다청채를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 131,000 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 다청채를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 6,100 pot 으로 추산되었다.

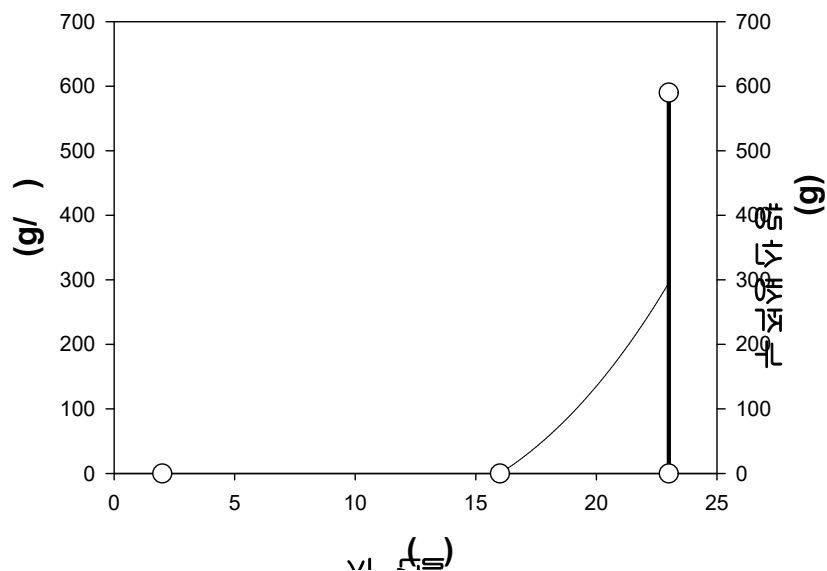


그림 3.5.58 다청채 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.

표 3.5.16. 다청채의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	2	14	7	10

밭아율	100	%
육묘율	100	%
총 재배기간	33	일
재배 수량	99	포기
포기당 수확량	5.96	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.23	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	0.60	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	21.5	회/년
연간 생산성	164.01	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	6,097	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	130,909	재배 pot 수/1000 kg

(나) 루꼴라

○ 루꼴라의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.59 - 그림 3.5.61에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 루꼴라의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.62에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키위 모종의 키가 약 8 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 약 15일 간 22 cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 130 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.59 루꼴라의 정식 후 재배과정.

수확 중인 루꼴라



그림 3.5.60 수확기의 루꼴라.

루꼴라의 수확



그림 3.5.61 루꼴라의 수확.

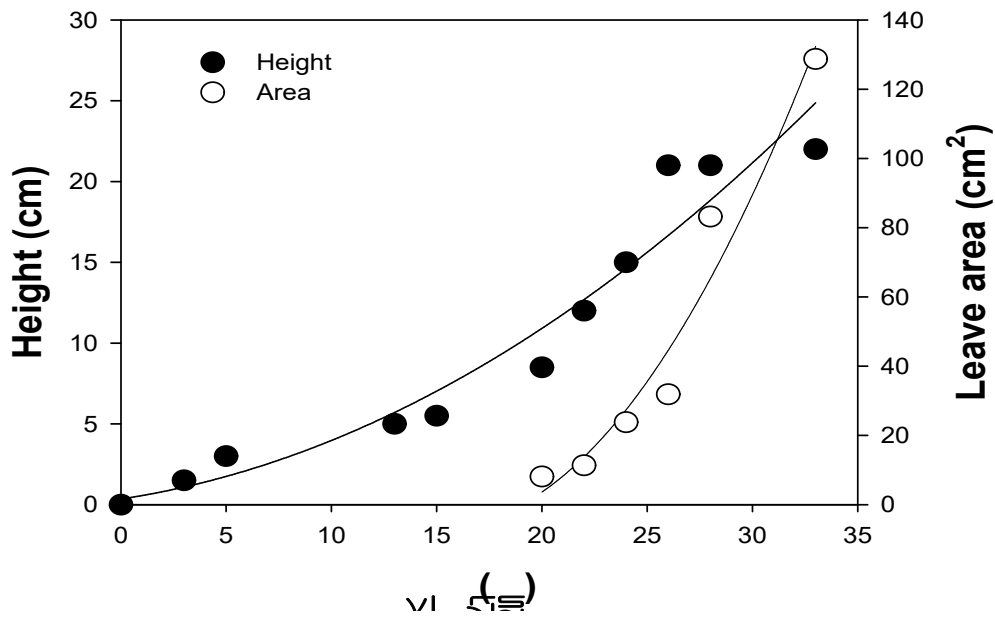


그림 3.5.62 재배기간 동안 루꼴라의 크기와 잎 면적의 성장.

- 루꼴라의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.17에 정리하였다. 발아에 2일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 96%로 우수하였다. 루꼴라를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.63에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 27일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 7일 부터 수확이 가능하였고, 10일 간 수확이 가능하였다. 재배기간에 따라 루꼴라의 성장 길이와 잎 면적이 꾸준히 증가하였다.
- 루꼴라를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 루꼴라의 포기당 수확량은 생체 기준으로 15.25 g-생체중량 이었다. 루꼴라를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 21.5회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 루꼴라는 생체기준으로 327.48 g/년/pot 이며, 수확기간 동안 생산성은 1.53 g-생체/일 /pot 이었다.
- 1,000 kg의 루꼴라를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 65,500 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 루꼴라를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 3,000 pot 으로 추산되었다.



표 3.5.17. 루꼴라의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
		2	18	7

밭아율	100	%
육묘율	96	%
총 재배기간	37	일
재배 수량	99	포기
포기당 수확량	15.25	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.41	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	1.53	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전 율	21.5	회/년
연간 생산성	327.48	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소 요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	3,054	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	65,563	재배 pot 수/1000 kg

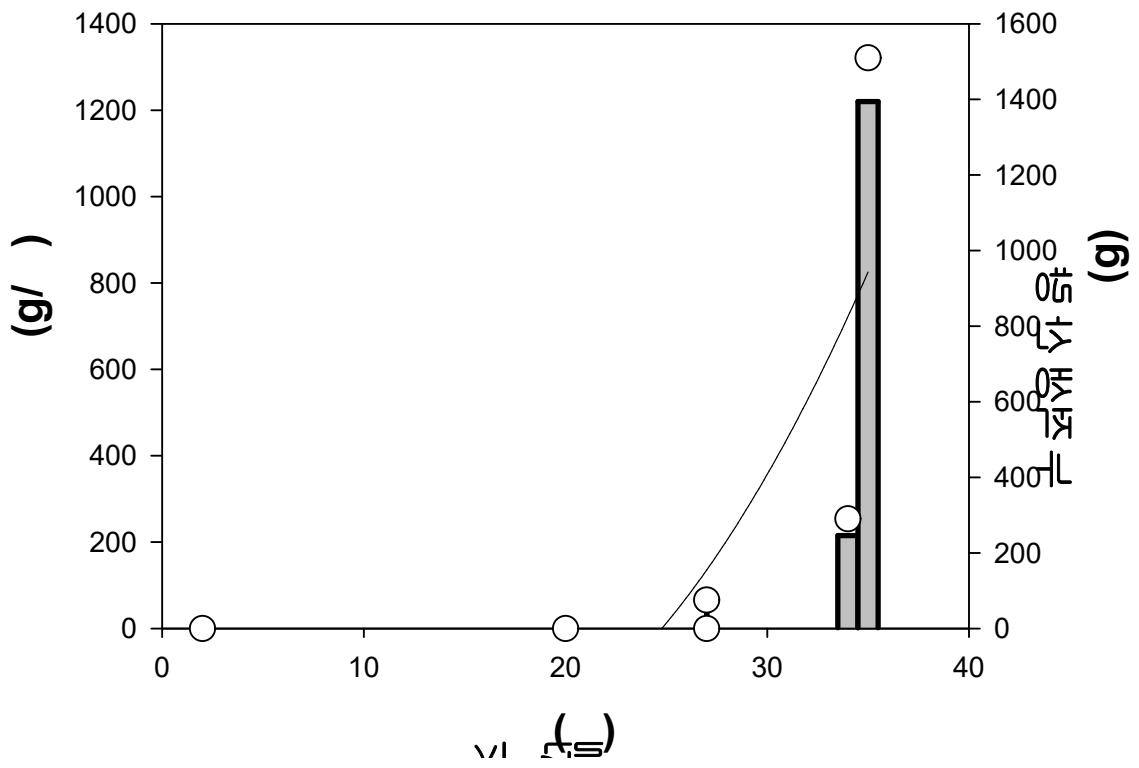


그림 3.5.63 루꼴라 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.

(다) 아시아 적겨자

○ 아시아 적겨자의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.64 - 그림 3.5.67에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 아시아 적겨자의 키와 가장 큰 잎의 크기 변화를 그림 3.5.68에 도시하였다. 육묘기에서 약 15일 동안 키워 모종의 키가 약 3.5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 13일 간 11 cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 46.2 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.64 아시아 적겨자의 육묘과정.

정식 후 재배중인 아시아 적겨자

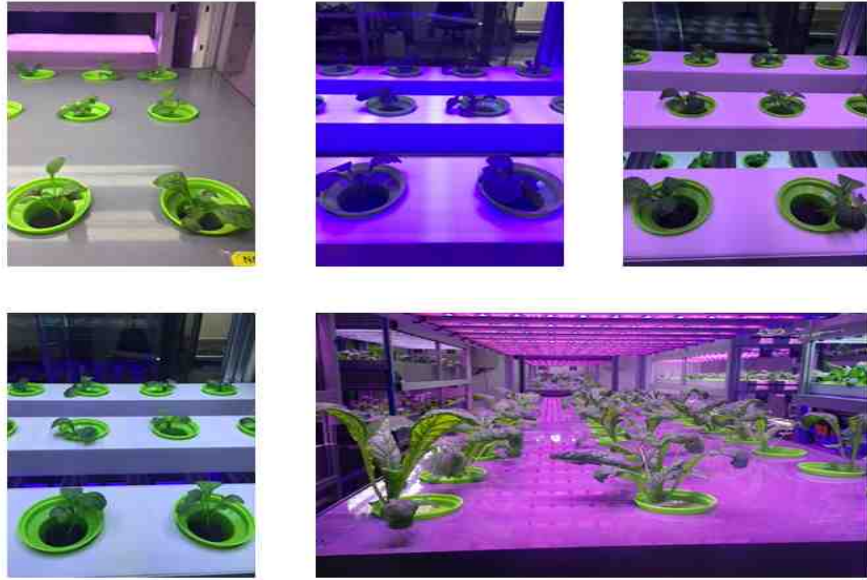


그림 3.5.65 아시아 적겨자의 정식 후 재배과정

수확 중인 아시아 적겨자

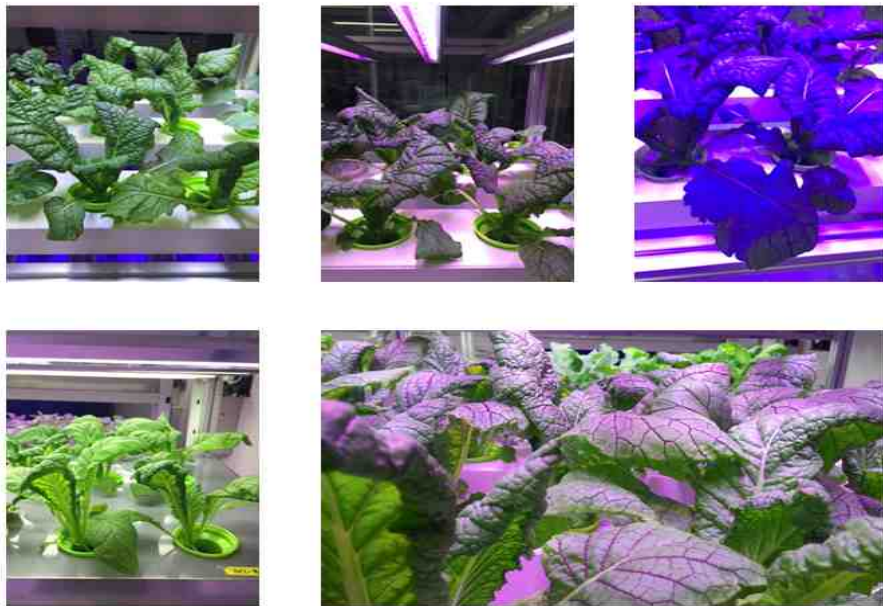


그림 3.5.66 수확기의 아시아 적겨자



그림 3.5.67 아시아 적겨자의 수확.

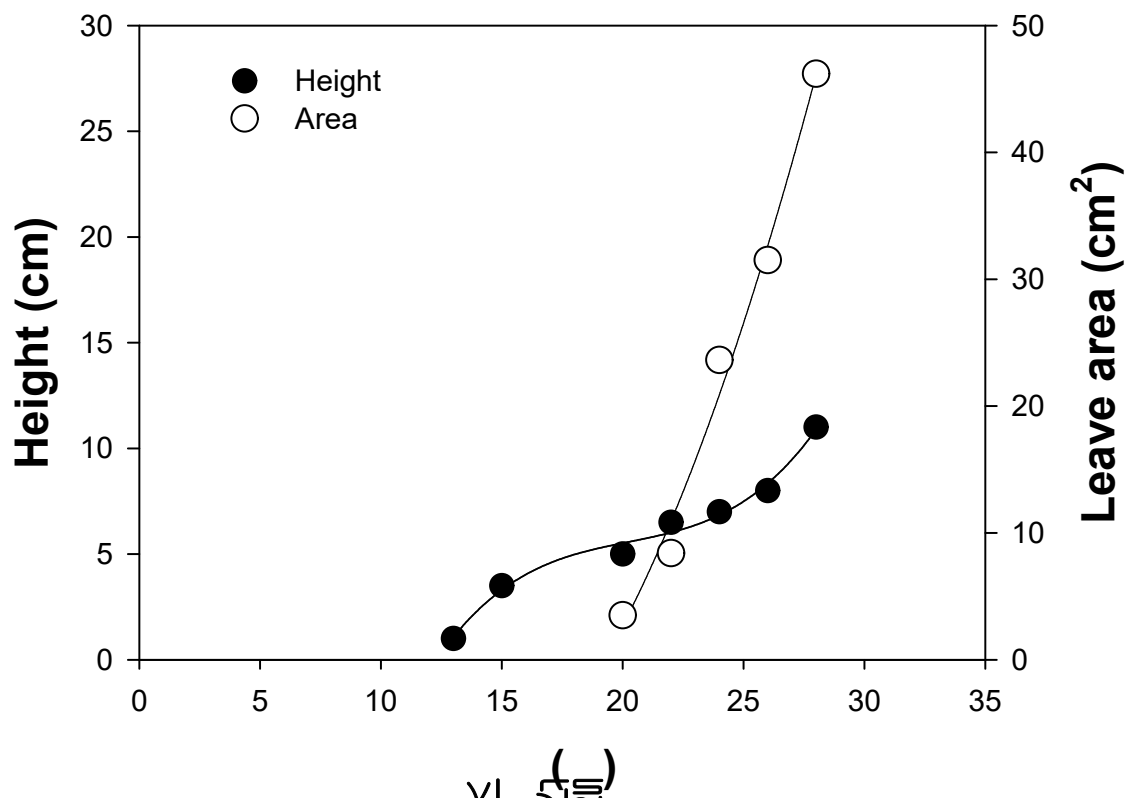


그림 3.5.68 재배기간 동안 아시아 적겨자의 크기와 잎 면적의 생장.

- 아시아 적겨자의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.18에 정리하였다. 발아에 2일이 소요되었고, 발아율과 육묘율 모두 100%로 매우 우수하였다. 아시아 적겨자를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.69에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 24일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 9일 부터 수확이 가능하였고, 28일 간 수확이 가능하였다. 재배기간 동안 아시아 적겨자의 성장 높이는 크게 증가하지 않았으나, 잎의 면적은 큰 폭으로 증가하였다. 또한 누적 수확량을 살펴보면 아시아 적겨자를 꾸준히 수확할 수 있었다.
- 아시아 적겨자를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 아시아 적겨자의 포기당 수확량은 생체 기준으로 107.25 g-생체중량 이었다. 아시아 적겨자를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 10 회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 아시아 적겨자는 생체기준으로 약 1,000 g/년/pot 이며, 수확기간 동안 생산성은 3.83 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 아시아 적겨자를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 9,000 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 아시아 적겨자를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 950 pot 으로 추산되었다.

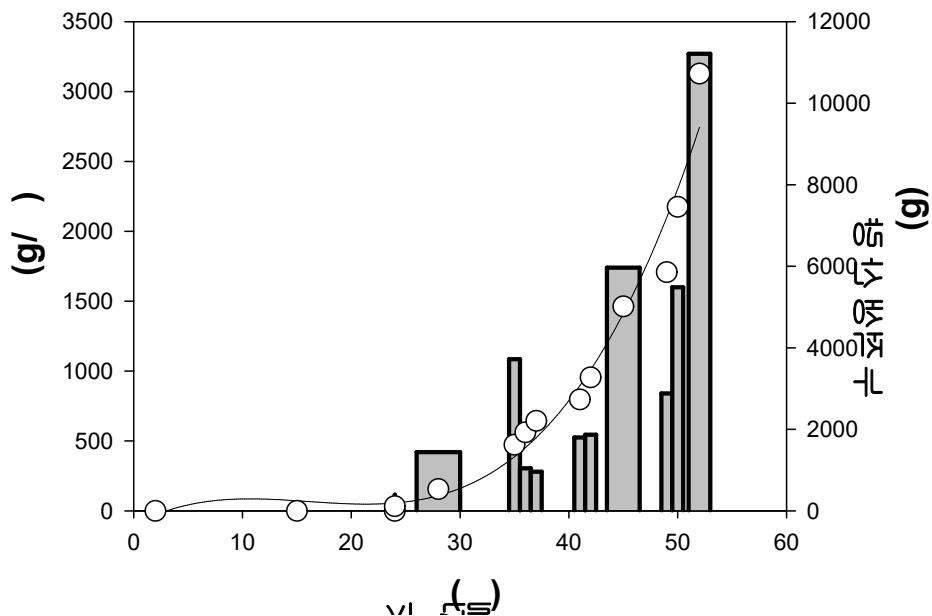


그림 3.5.69 아시아 적겨자 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.



표 3.5.18. 아시아 적겨자의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	2	13	9	28

밭아율	100	%
육묘율	100	%
총 재배기간	52	일
재배 수량	100	포기
포기당 수확량	107.25	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	2.06	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	3.83	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	9.9	회/년
연간 생산성	1,058	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	945	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	9,324	재배 pot 수/1000 kg

(라) 청경채

○ 청경채의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.70 - 그림 3.5.72에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 청경채의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.73에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 20일 간 15 cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 100 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.70 청경채의 육묘과정.

수확 중인 청경채

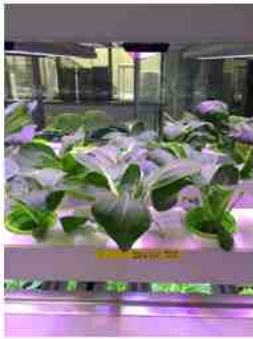


그림 3.5.71 수확기의 청경채.

청경채의 수확



그림 3.5.72 청경채의 수확.

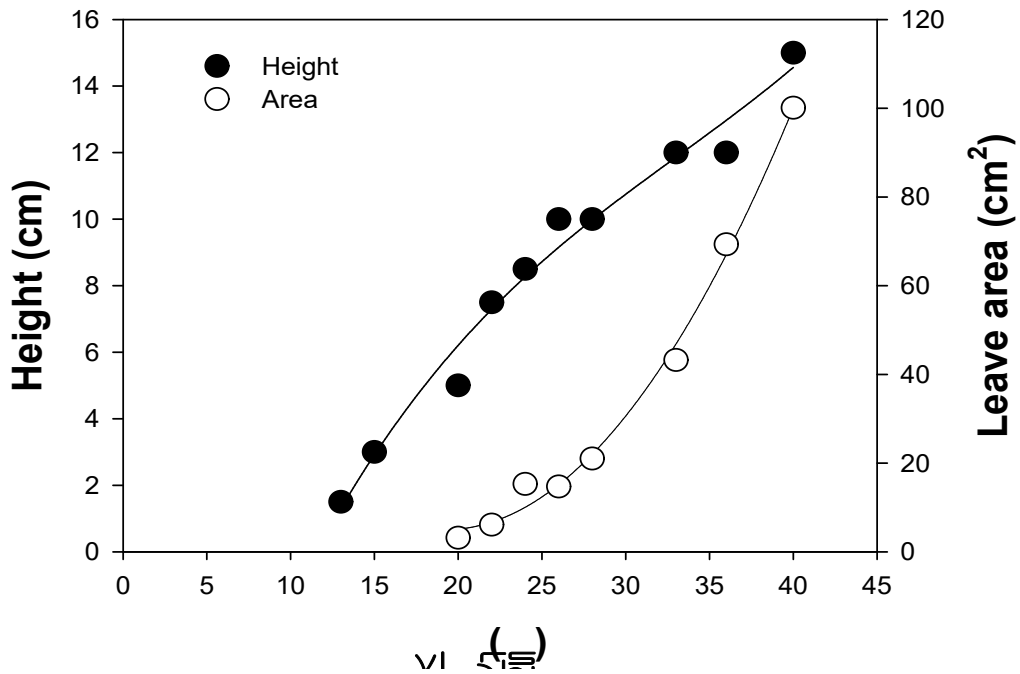


그림 3.5.73 재배기간 동안 청경채의 크기와 잎 면적의 성장.

- 청경채의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.19에 정리하였다. 발아에 2일이 소요되었고, 발아율은 100%, 육묘율은 99%로 둘 다 매우 우수하였다. 청경채를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.74에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 33일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 13일 부터 수확이 가능하였고, 5일 간 수확이 가능하였다. 재배기간 동안 청경채의 성장 높이와 잎의 크기 모두 꾸준히 증가하는 추세를 보였다.
- 청경채를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 청경채의 포기당 수확량은 생체 기준으로 54.34 g-생체중량 이었다. 청경채를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 20 회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 청경채는 생체기준으로 약 1,100 g/년/pot 이며, 수확기간 동안 생산성은 10.87 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 청경채를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 18,400 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 청경채를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 900 pot 으로 추산되었다.

표 3.5.19. 청경채의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	2	18	13	5

밭아율	100	%
육묘율	99	%
총 재배기간	38	일
재배 수량	99	포기
포기당 수확량	54.34	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	1.43	g-생체중량/일/pot
수확기간 내 생산성	10.87	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전 율	20.3	회/년
연간 생산성	1,102	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소 요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	907	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	18,401	재배 pot 수/1000 kg

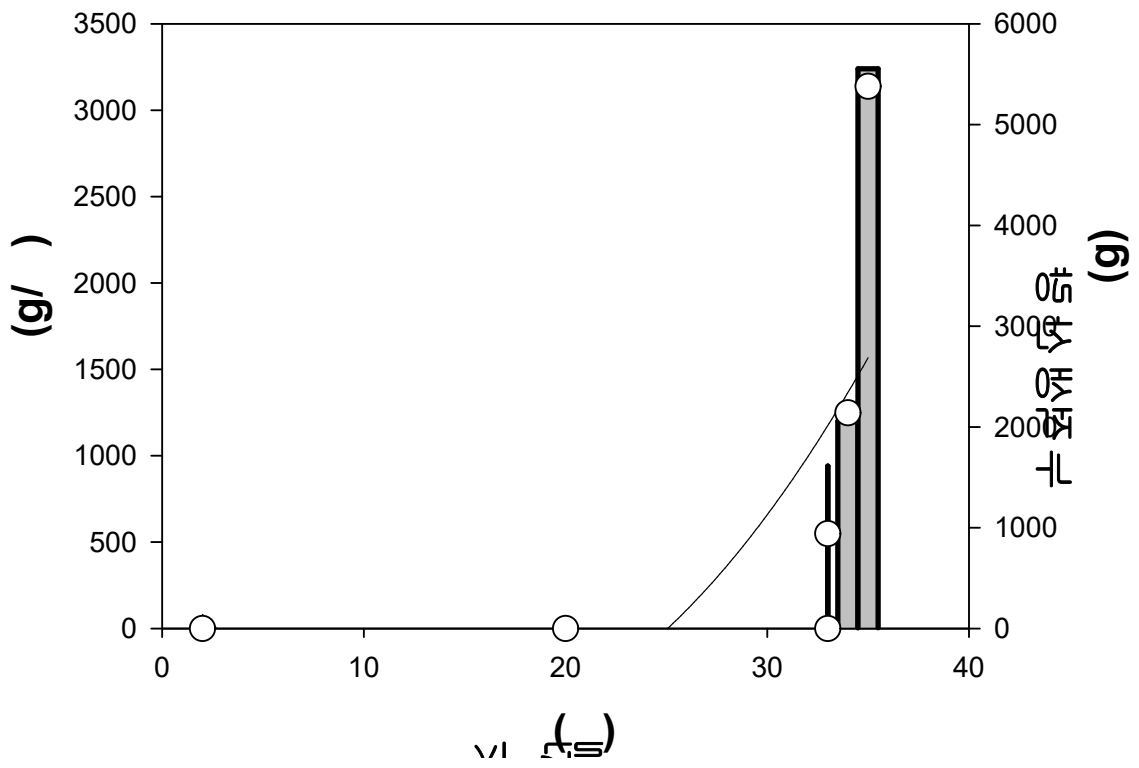


그림 3.5.74 청경채 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.



(마) 뉴그린

○ 뉴그린의 재배 과정을 그림 3.5.75 - 그림 3.5.76에 제시하였다. 육묘기에서 23일 동안 키운 후 재배기에 정식하였다.

정식 후 재배중인 뉴그린



그림 3.5.75 뉴그린의 정식 후 재배과정.

수확 중인 뉴그린



그림 3.5.76 수확기의 뉴그린.

- 뉴그린의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.20에 정리하였다. 발아에 3일이 소요되었고, 발아율은 98%로 우수했으나 육묘율은 72%에 불과하였다. 뉴그린을 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.77에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 70일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 43일 부터 수확이 가능하였고, 46일 간 수확이 가능하였다. 수확하기 전까지 많은 시간이 소요되었으나, 누적 수확량을 살펴보면 수확 후에는 약 한 달 보름간(46일) 안정적으로 수확할 수 있었다.
- 뉴그린을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 뉴그린의 포기당 수확량은 생체 기준으로 40.25 g-생체중량 이었다. 뉴그린을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 4 회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 뉴그린은 생체기준으로 약 165 g/년/pot 이며, 수확기간 동안 생산성은 0.88 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 뉴그린을 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 24,800 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 뉴그린을 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 6,000 pot 으로 추산되었다.

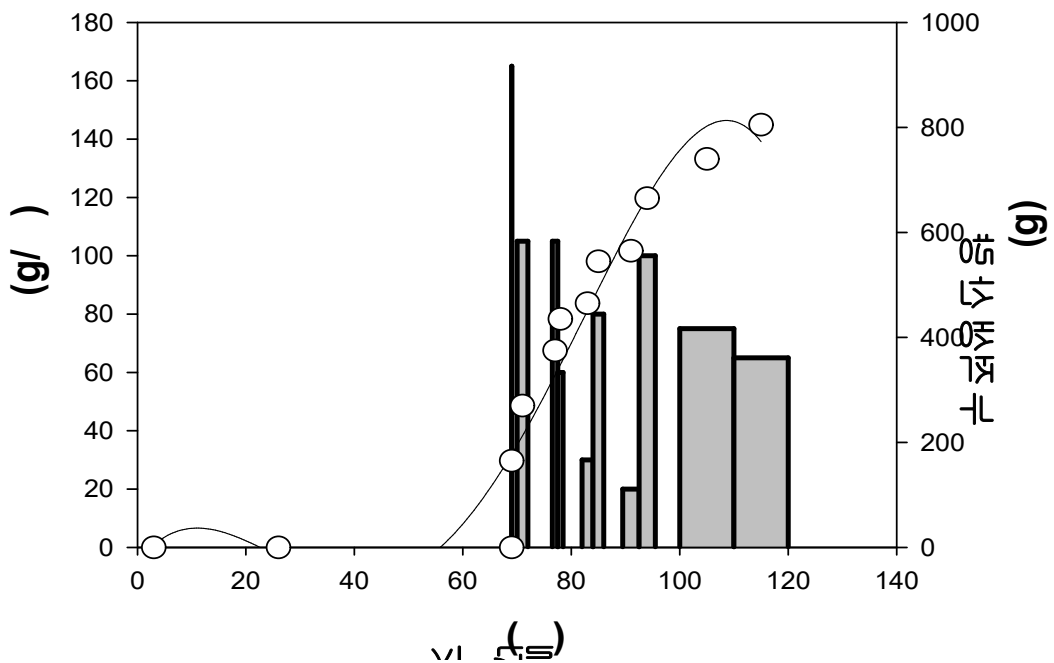


그림 3.5.77 뉴그린 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.

표 3.5.20. 뉴그린의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	3	23	43	46

밭아율	98	%
육묘율	72	%
총 재배기간	115	일
재배 수량	20	포기
포기당 수확량	40.25	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.35	g-생체중량/일/pot
수확기간 내 생산성	0.88	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전 율	4.1	회/년
연간 생산성	165.07	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소 요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	6,058	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	24,845	재배 pot 수/1000 kg

(바) 엔다이브 꾸오르

○ 엔다이브 꾸오르의 재배 과정을 그림 3.5.78 - 그림 3.5.80에 제시하였다. 육묘기에서 약 15일 동안 키워 재배기에 정식하였다.

정식 후 재배중인 엔다이브 꾸오르



그림 3.5.78 엔다이브 꾸오르의 정식 후 재배과정.

수확 중인 엔다이브 꾸오르



그림 3.5.79 수확기의 엔다이브 꾸오르.

엔다이브 꾸오르의 수확



그림 3.5.80 엔다이브 꾸오르의 수확.

- 엔다이브 꾸오르의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.21에 정리하였다. 발아에 4일이 소요되었고, 발아율은 95%로 우수하였으나, 육묘율은 63%에 불과하였다. 엔다이브 꾸오르를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.81에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 43일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 23일 부터 수확이 가능하였고, 24일 간 수확이 가능하였다.
- 엔다이브 꾸오르를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 엔다이브 꾸오르의 포기당 수확량은 생체 기준으로 90.67 g-생체중량 이었다. 엔다이브 꾸오르를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 7.8 회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 엔다이브 꾸오르는 생체기준으로 약 704 g/년/pot 이며, 수확 기간 동안 생산성은 3.78 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 엔다이브 꾸오르를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 11,000 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 엔다이브 꾸오르를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 1,400 pot 으로 추산되었다.

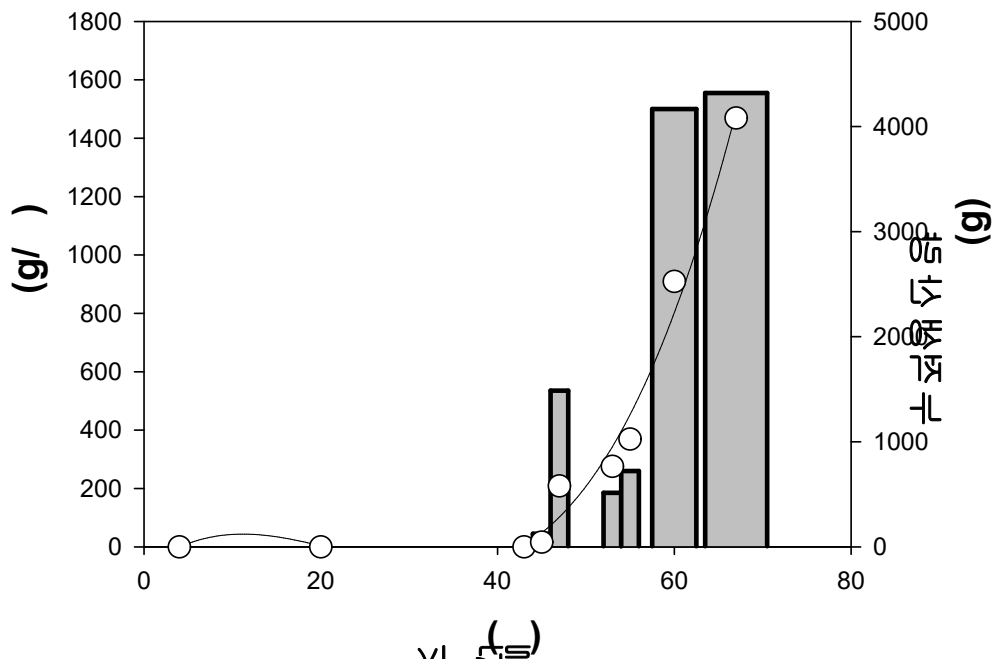


그림 3.5.81 엔다이브 꾸오르 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.



표 3.5.21. 엔다이브 꾸오르의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	4	16	23	24

밭아율	95	%
육묘율	63	%
총 재배기간	67	일
재배 수량	45	포기
포기당 수확량	90.67	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	1.35	g-생체중량/일/pot
수확기간 내 생산성	3.78	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전 율	7.8	회/년
연간 생산성	704.11	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소 요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	1,420	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	11,029	재배 pot 수/1000 kg

(사) 이태치 스카롤라

- 이태치 스카롤라의 재배 과정을 그림 3.5.82 에 제시하였다. 육묘기에서 23일 동안 키워 재배기에 정식하였다.

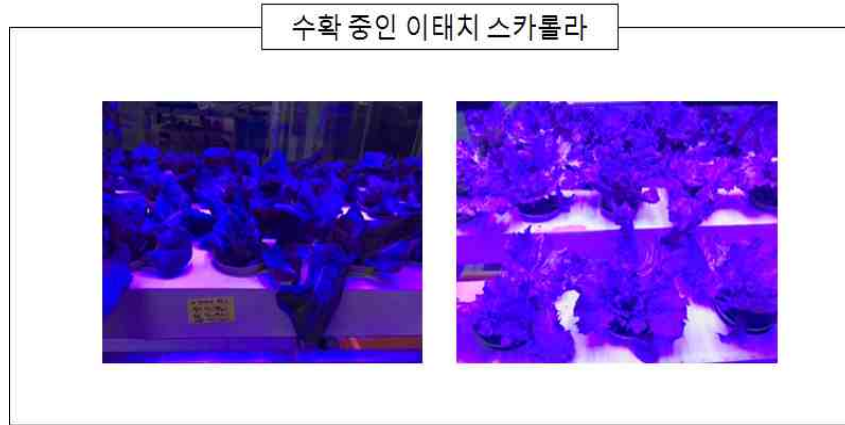


그림 3.5.82 수확기의 이태치 스카롤라.

- 이태치 스카롤라의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.22에 정리하였다. 발아에 3일이 소요되었고, 발아율은 97%로 우수하였고, 육묘율은 78% 이었다. 이태치 스카롤라를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.83에 도시하였으며, 시간은 파종부터 수확 시 까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 70일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 43일 부터 수확이 가능하였고, 35일 간 수확이 가능하였다. 수확기간 동안 누적 수확량을 살펴보면, 일정한 양을 지속적으로 수확할 수 있음을 볼 수 있다.
- 이태치 스카롤라를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 이태치 스카롤라의 포기당 수확량은 생체 기준으로 약 40 g-생체중량 이었다. 이태치 스카롤라를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 4.7 회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 생산할 수 있는 이태치 스카롤라는 생체기준으로 약 185 g/년/pot 이며, 수확기간 동안 생산성은 1.13 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 이태치 스카롤라를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 25,300 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 이태치 스카롤라를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 5,400 pot 으로 추산되었다.

표 3.5.22. 이태치 스카롤라의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	3	23	43	35

밭아율	97	%
육묘율	78	%
총 재배기간	104	일
재배 수량	56	포기
포기당 수확량	39.55	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.38	g-생체중량/일/pot
수확기간 내 생산성	1.13	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전 율	4.7	회/년
연간 생산성	185.09	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소 요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	5,403	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	25,282	재배 pot 수/1000 kg

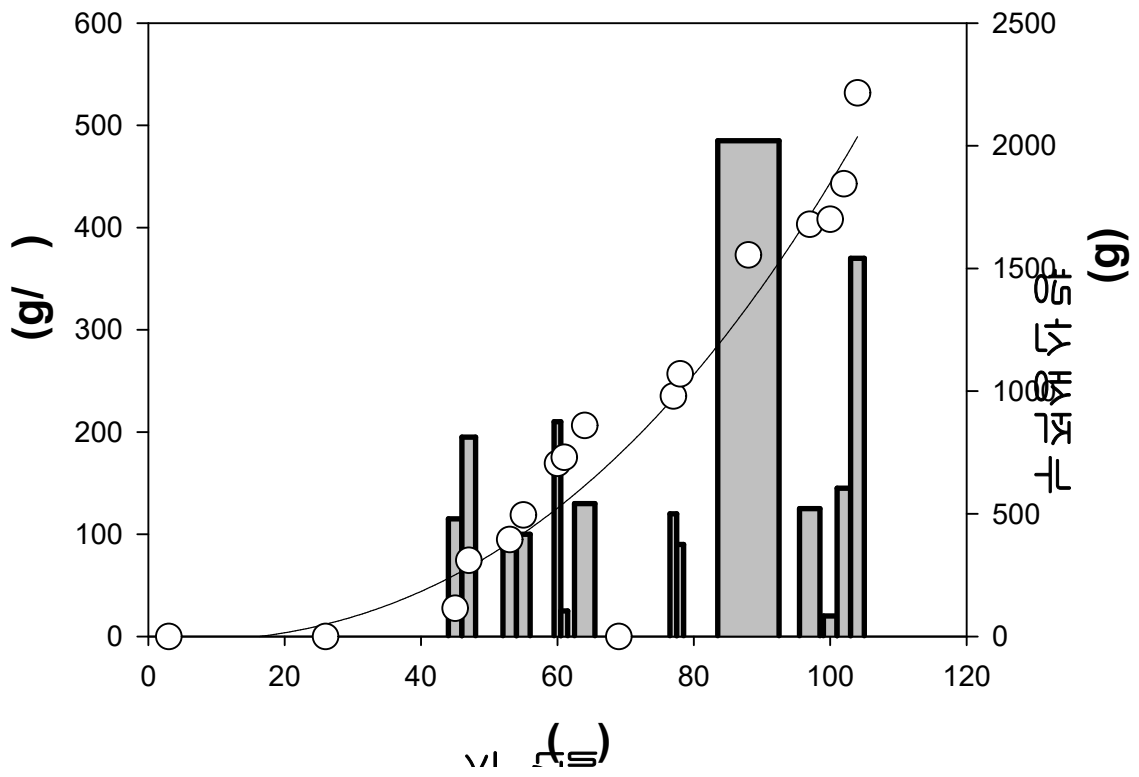


그림 3.5.83 이태치 스카롤라 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량.

(아) 잎쌈배추

잎쌈배추의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.84. - 그림 3.5.87에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 잎쌈배추의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.88에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키와 모종의 키가 약 3 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 4일 동안 10cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 150 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.84 잎쌈배추의 육묘과정.



그림 3.5.85 잎쌈배추의 정식 후 재배과정.

수확중인 앞쌈배추



그림 3.5.86 수확기의 앞쌈배추.

앞쌈배추의 수확



그림 3.5.87 앞쌈배추의 수확.



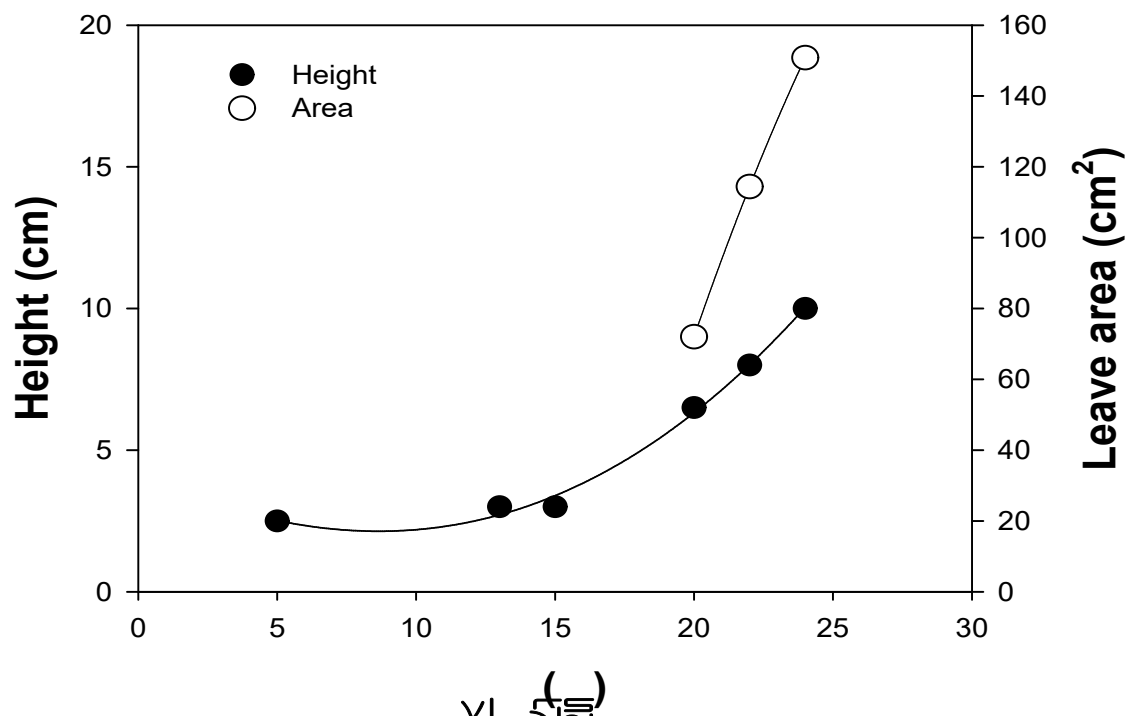


그림 3.5.88 재배기간 동안 잎쌈배추의 크기와 잎 면적의 성장.

- 잎쌈배추의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.23에 정리하였다. 발아에 2일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 100%로 매우 우수하였다. 잎쌈배추를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.89에 도시하였다. 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 28일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 10일 부터 수확이 가능하였고, 약 1.5개월(44일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기울기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 잎쌈배추를 생산하는 약 1.5개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 잎쌈배추를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 잎쌈배추의 포기당 수확량은 생체 기준으로 포기당 153.23 g-생체중량이 었다. 잎쌈배추를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 6.8회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 잎쌈배추를 생체기준으로 1,035.74 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 3.48 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 잎쌈배추를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 6,530여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 잎쌈배추를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 960 pot로 추산되었다.

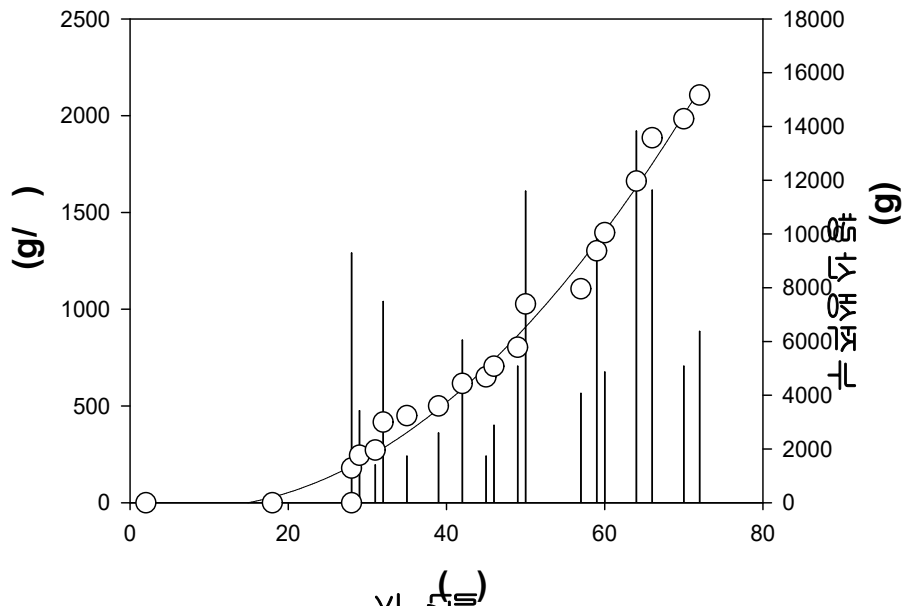


그림 3.5.89 잎쌈배추 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

표 3.5.23. 잎쌈배추의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	2	16	10	44

밭아율	100	%
육묘율	100	%
총 재배기간	72	일
재배 수량	99	포기
포기당 수확량	153.23	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	2.13	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	3.48	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전 율	6.8	회/년
연간 생산성	1,035.74	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소 요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	965	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	6,525	재배 pot 수/1000 kg

(자) 케일

- 케일의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.90 - 그림 3.5.93에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 케일의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.94에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 1 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 16일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 28일 동안 22cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 21.6 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.90 케일의 육묘과정.

정식후 재배중인 케일

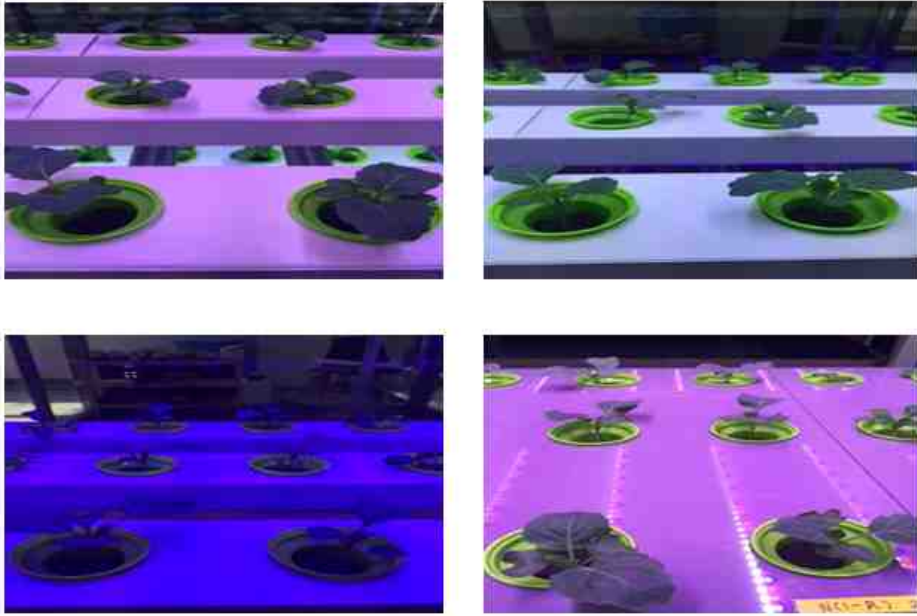


그림 3.5.91 케일의 정식 후 재배과정.

수확중인 케일

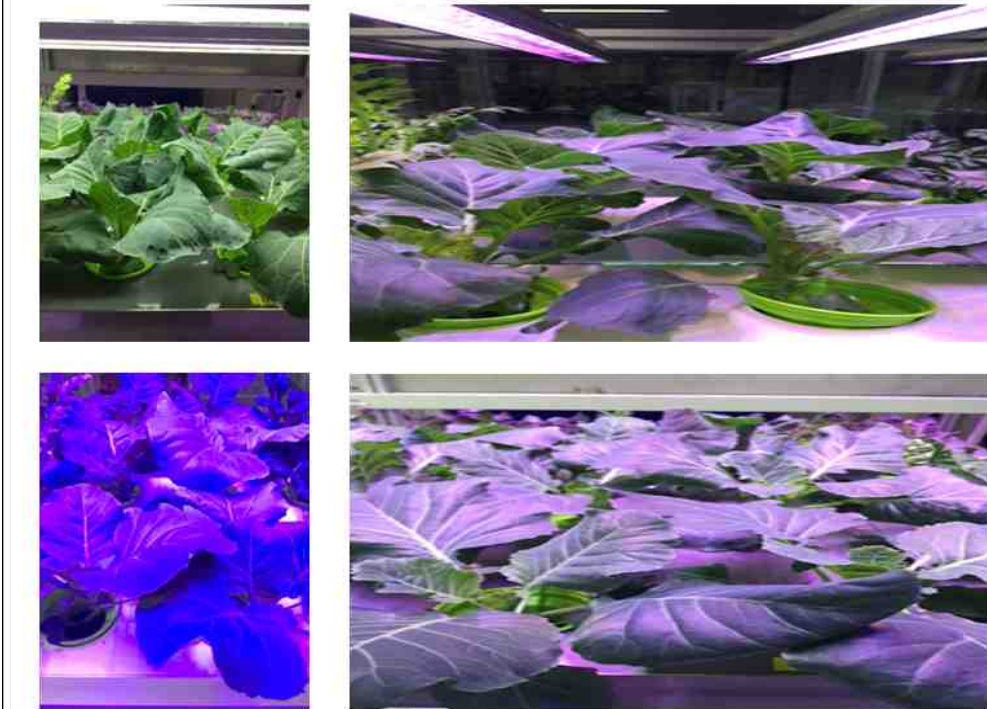


그림 3.5.92 수확기의케일

### 케일의 수확



그림 3.5.93 케일의 수확.

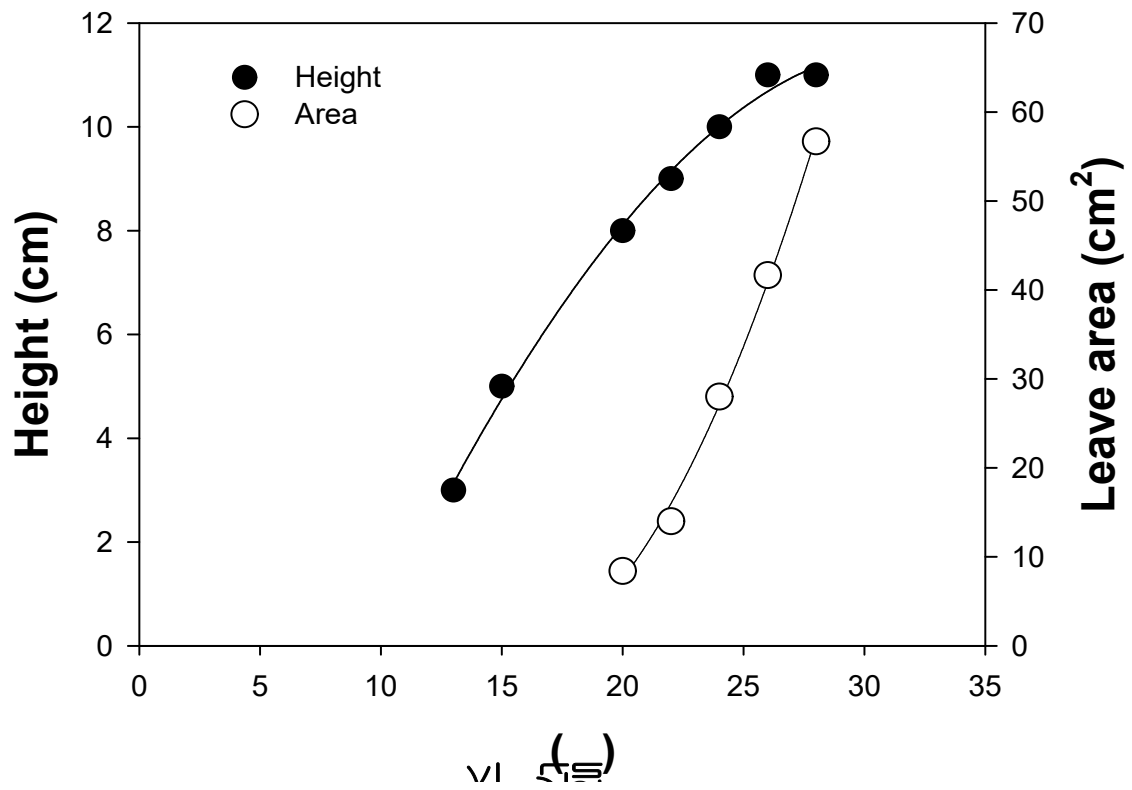


그림 3.5.94 재배기간 동안 케일의 크기와 잎 면적의 성장.



○ 케일의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.24에 정리하였다. 발아에 1일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 91%로 우수하였다. 케일을 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.95에 도시하였다. 그림에서 시간은 과중부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 24일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 11일 부터 수확이 가능하였고, 약 4개월 (130일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기율기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 케일을 생산하는 약 4개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.

○ 케일을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 케일의 포기당 수확량은 생체 기준으로 포기당 376.87 g-생체중량이었다. 케일을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 2.6회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 케일을 생체기준으로 975.58 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 2.90 g-생체/일/pot 이었다.

○ 1,000 kg의 케일을 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 2,660여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 케일을 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 1,025 pot로 추산되었다.

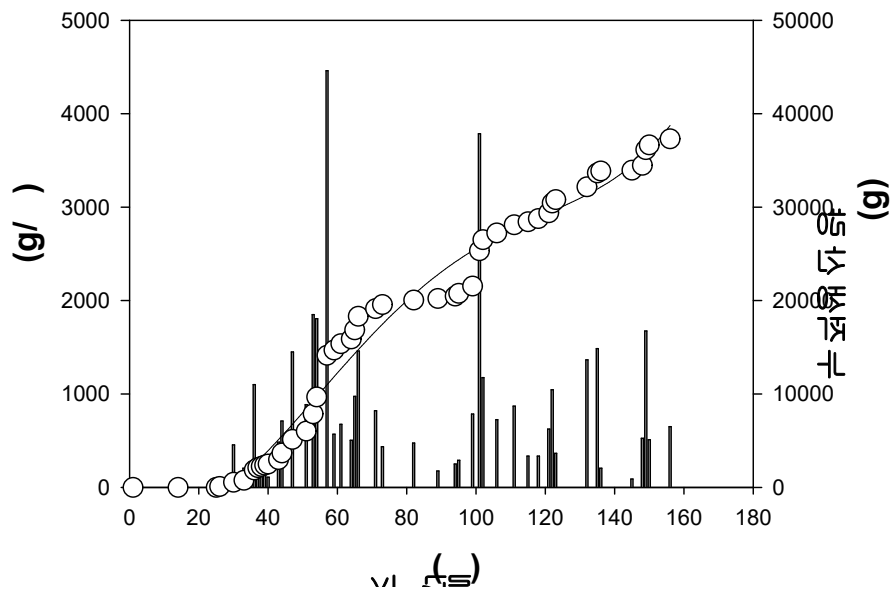


그림 3.5.95 케일 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

표 3.5.24. 케일의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	1	12	11	130

밭아율	100	%
육묘율	97	%
총 재배기간	154	일
재배 수량	99	포기
포기당 수확량	376.87	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	2.45	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	2.90	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	2.6	회/년
연간 생산성	975.58	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	1,025	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	2,653	재배 pot 수/1000 kg

(차) 레드캐피탈

○ 레드캐피탈의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.96 - 그림 3.5.99에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 레드캐피탈의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.100에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 4일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 18일 동안 22cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 112 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.

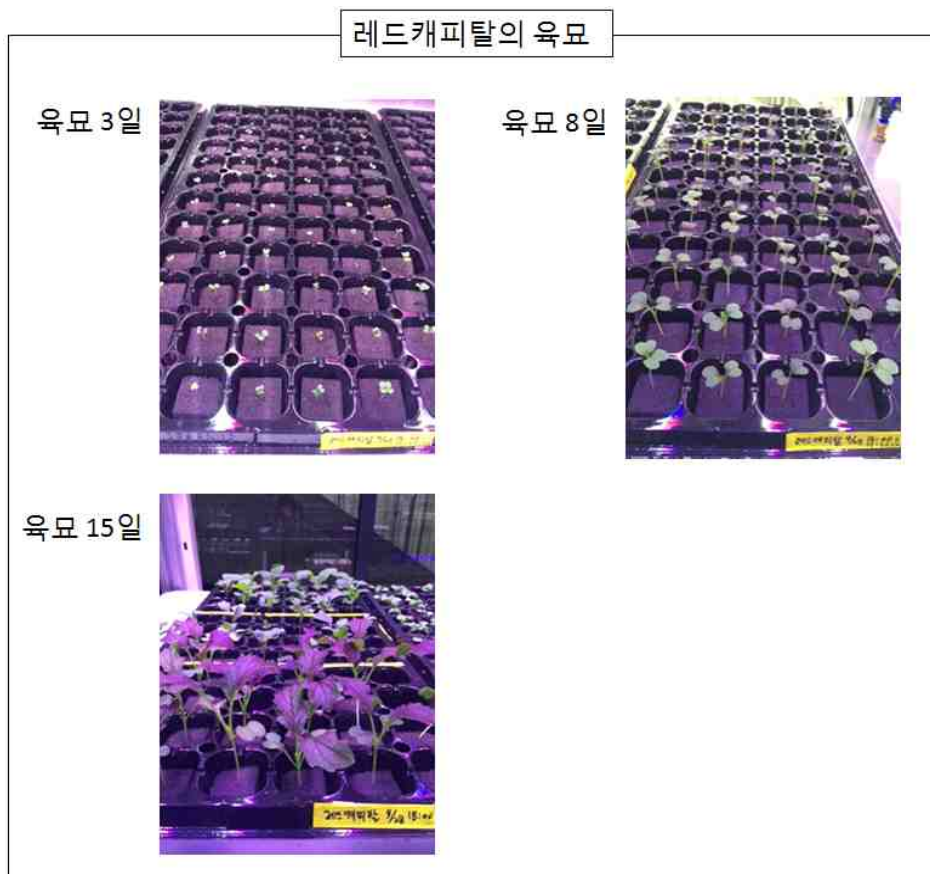


그림 3.5.96 레드캐피탈의 육묘과정.

정식후 재배중인 레드캐피탈

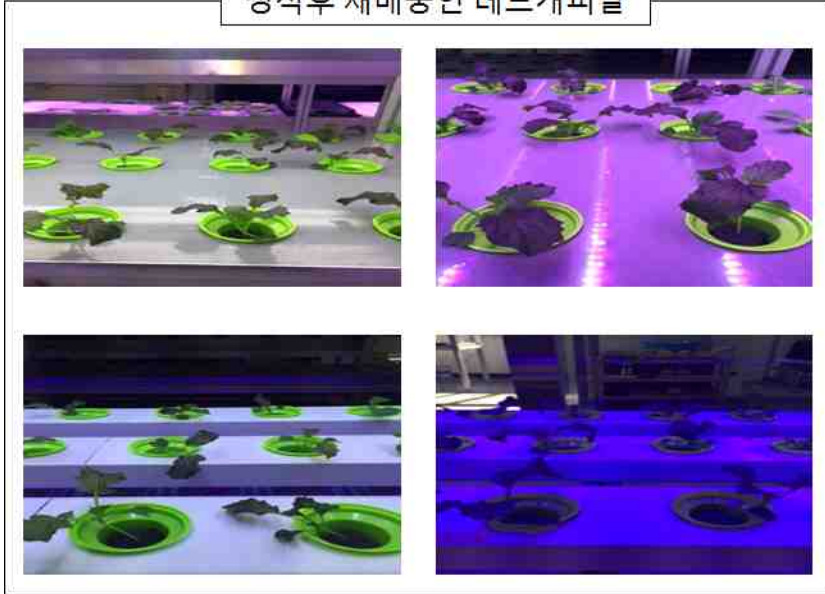


그림 3.5.97 레드캐피탈의 정식 후 재배과정.

수확중인 레드캐피탈

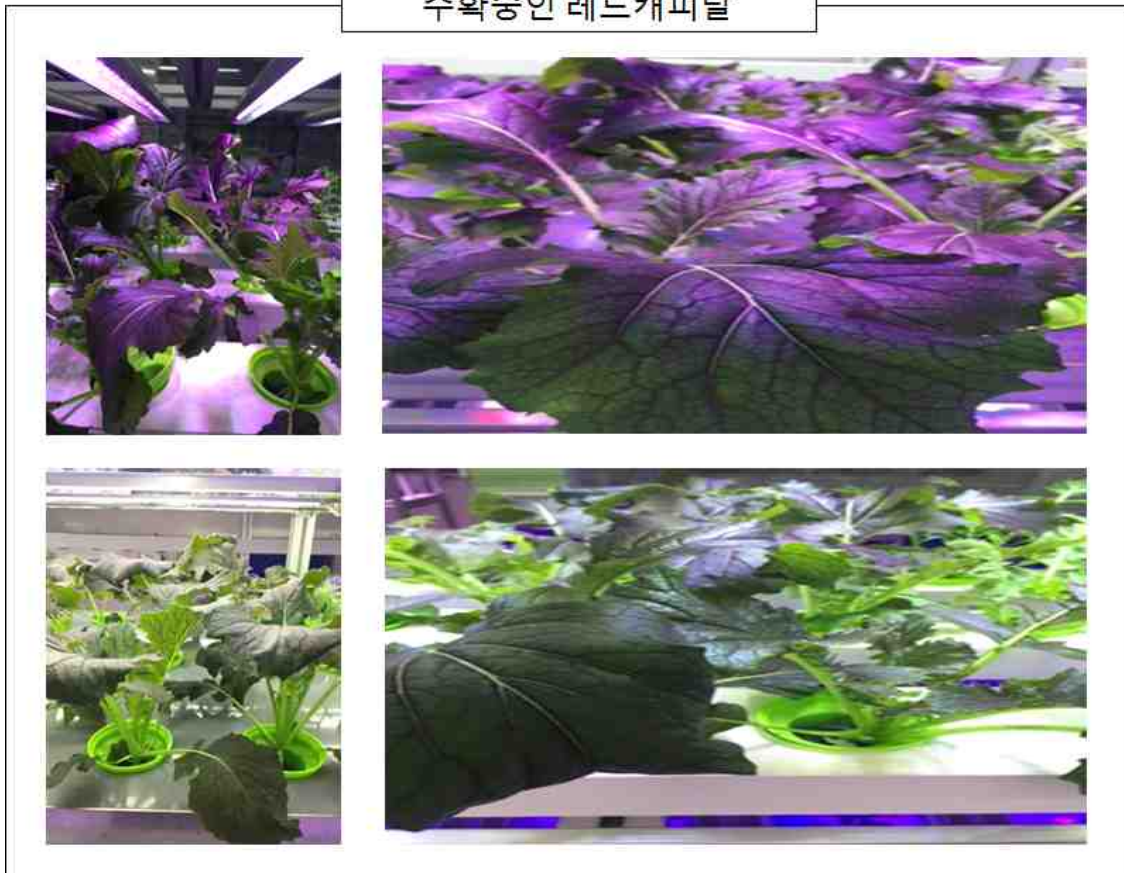


그림 3.5.98 수확기의 레드캐피탈.

레드캐피탈의 수확



그림 3.5.99 레드캐피탈의 수확.

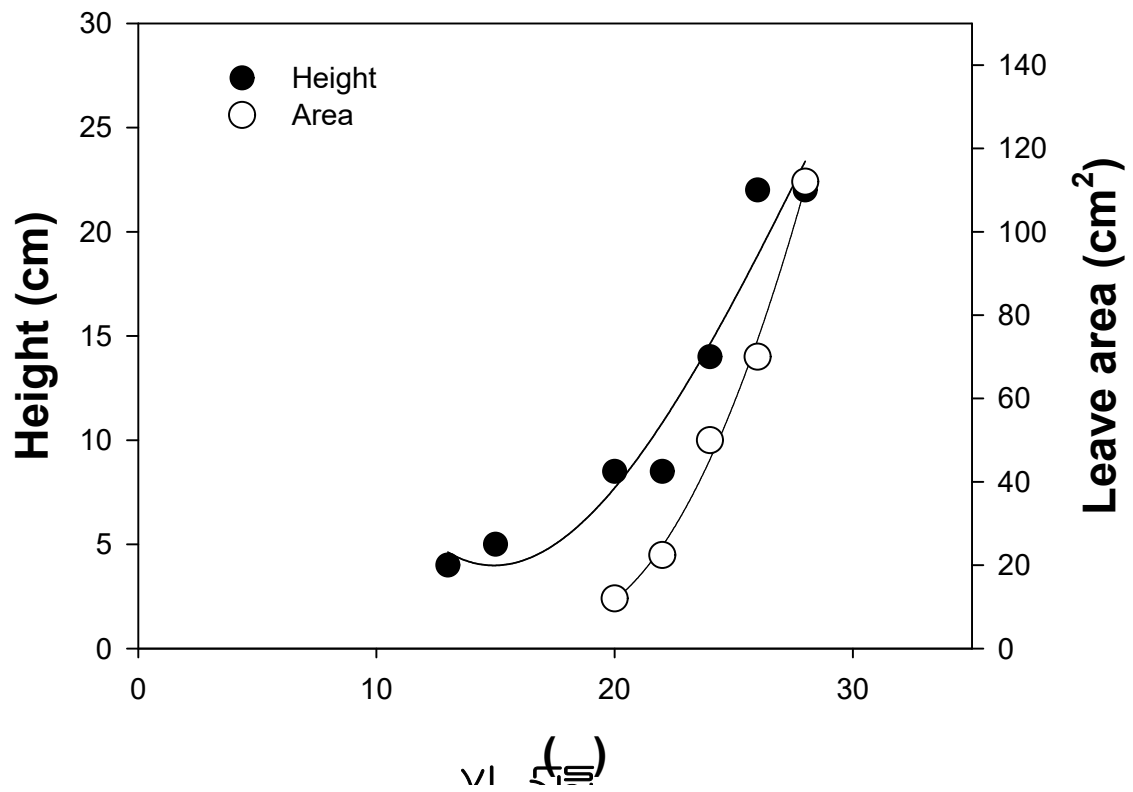


그림 3.5.100 재배기간 동안 레드캐피탈의 크기와 잎 면적의 성장.

- 레드캐피탈의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.25에 정리하였다. 발아에 1일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 91%로 우수하였다. 레드캐피탈을 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.101에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 25일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 11일 부터 수확이 가능하였고, 약 2개월 (66일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기울기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 레드캐피탈을 생산하는 약 2개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 레드캐피탈을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 레드캐피탈의 포기당 수확량은 생체 기준으로 포기당 155.45 g-생체중량이었다. 레드캐피탈을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 4.7회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 레드캐피탈을 생체기준으로 각각 736.89 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 2.36 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 레드캐피탈을 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 6,440여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 레드캐피탈을 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 1,360 pot로 추산되었다.

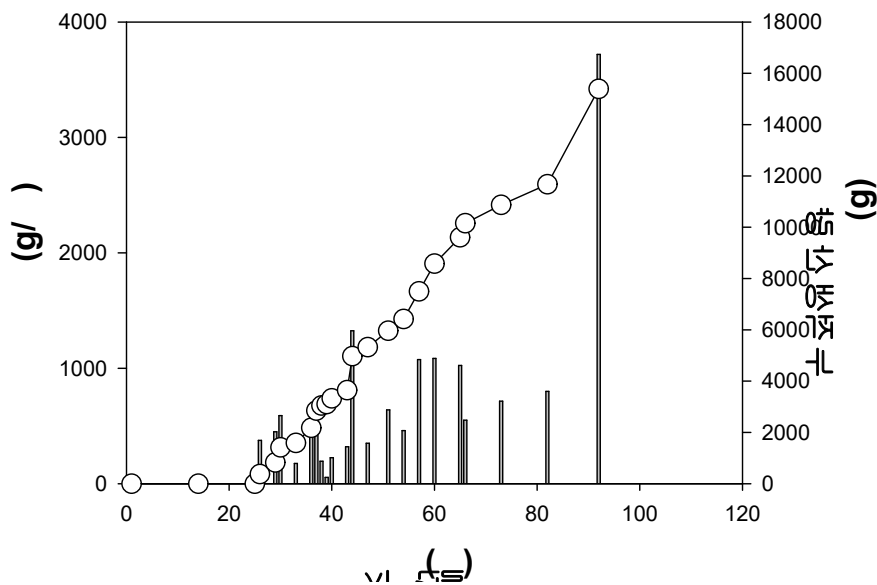


그림 3.5.101 레드캐피탈 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)



표 3.5.25. 레드캐피탈의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
		1	13	11

밭아율	100	%
육묘율	91	%
총 재배기간	91	일
재배 수량	99	포기
포기당 수확량	155.45	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	1.71	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	2.36	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	4.7	회/년
연간 생산성	736.89	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	1,357	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	6,433	재배 pot 수/1000 kg

(카) 로메인

○ 상추의 한 종류인 로메인의 발아, 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.102 - 그림 3.5.104에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 로메인의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.105에 도시하였다. 육묘기에서 약 16일 동안 키워 모종의 키가 약 1.5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 3일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 40일 동안 26cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 104 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.



그림 3.5.102 로메인의 육묘과정



그림 3.5.103 로메인의 정식 후 재배과정

수확중인 로메인



그림 3.5.104 수확기의 로메인

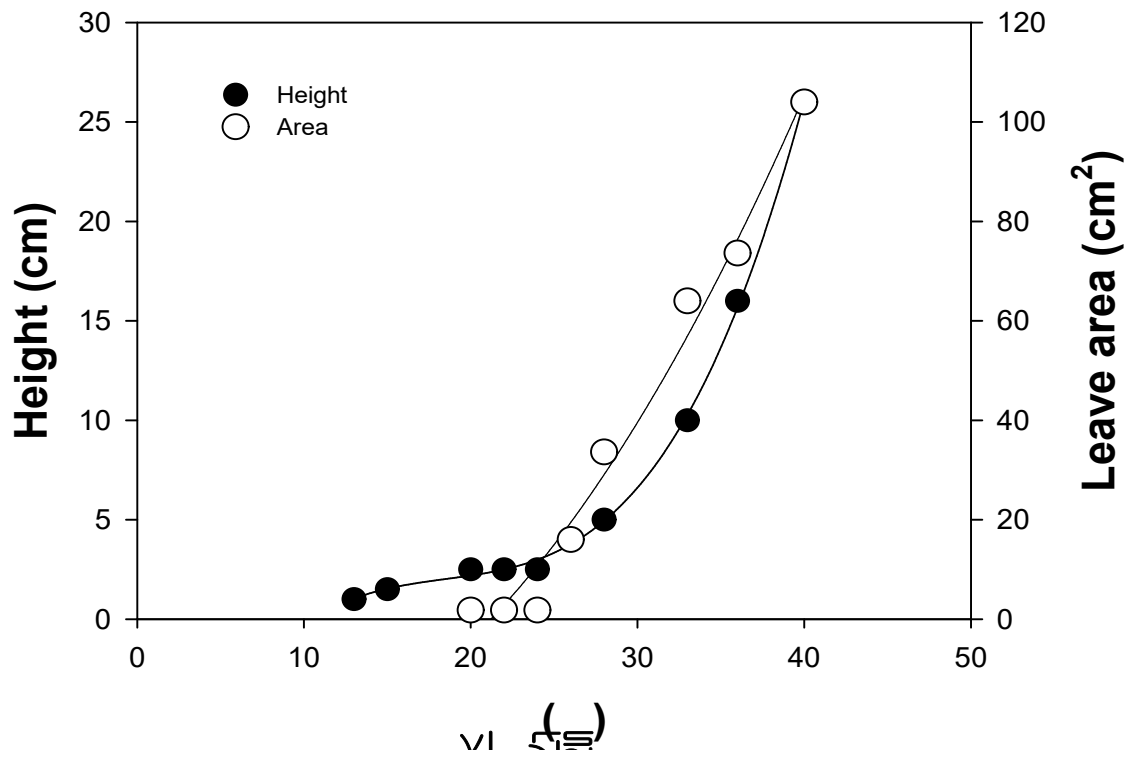


그림 3.5.105 재배기간 동안 로메인의 크기와 잎 면적의 성장

- 로메인의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.26에 정리하였다. 발아에 3일이 소요되었고, 발아율은 95%로 매우 우수하였고, 육묘율도 98%로 우수하였다. 로메인을 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.106에 도시하였고, 로메인 한 포기당 생산량을 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.107에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 과중부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 55일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 20일 부터 수확이 가능하였고, 약 5개월 (153일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기율기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 로메인을 생산하는 약 5개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 로메인을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 로메인의 포기당 수확량은 생체 기준으로 각각 포기당 128.71 g-생체중량이 었다. 로메인을 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 9.4회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 로메인을 생체 기준으로 각각 3.30 g/년/pot 의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 25.74 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 로메인을 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 7,769 여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 로메인을 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 830 pot로 추산되었다.

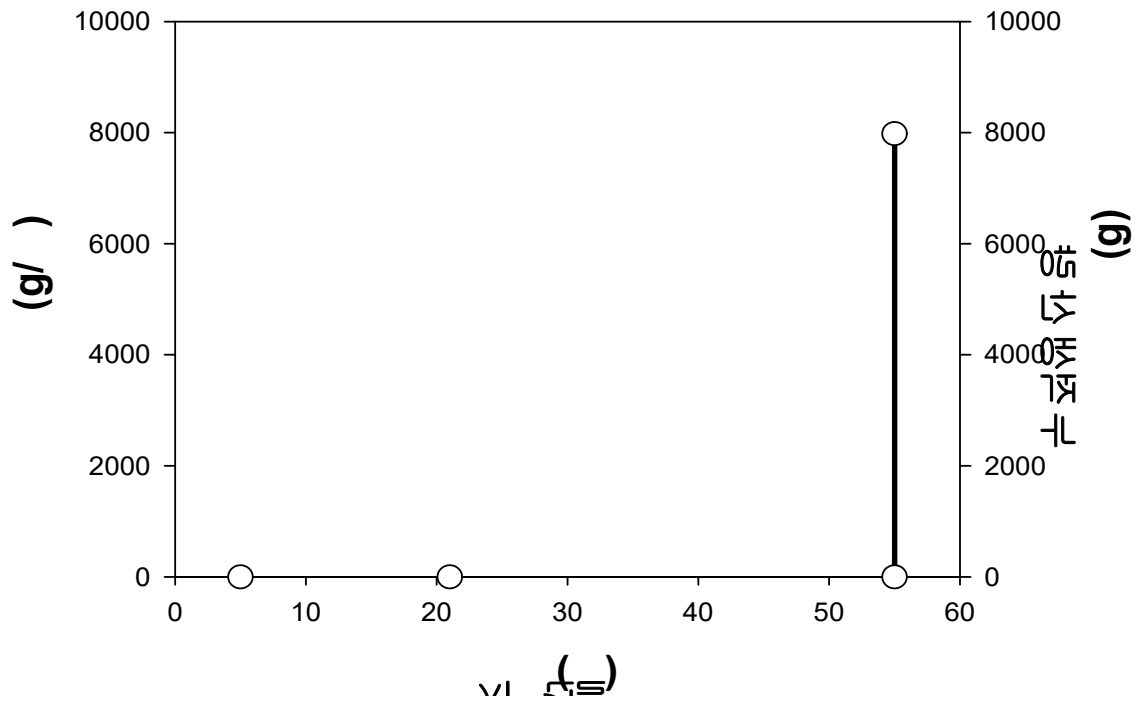


그림 3.5.106 로메인 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

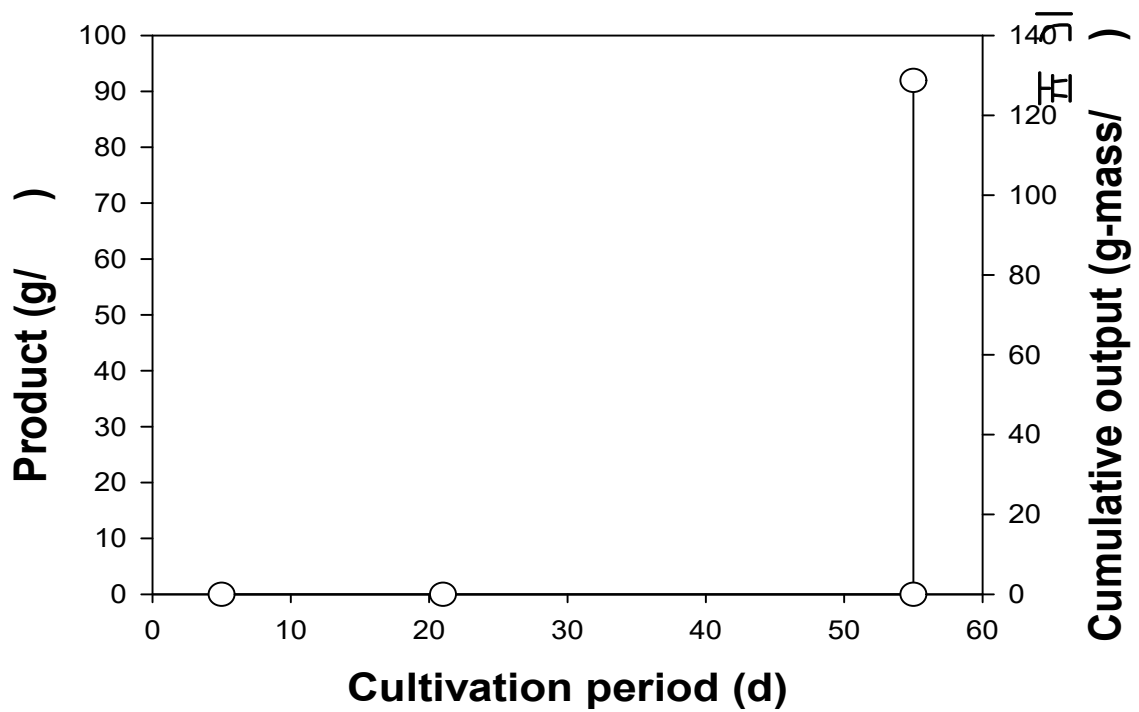


그림 3.5.107 로메인 포기당 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

표 3.5.26. 로메인의 재배 단계별 소요시간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	3	20	20	153

밭아율	95	%
육묘율	98	%
총 재배기간	60	일
재배 수량	62	포기
포기당 수확량	128.71	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	2.15	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	25.74	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	9.4	회/년
연간 생산성	1,205	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	830	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	7,769	재배 pot 수/1000 kg



(타) 버터헤드레터스

- 잎채소인 버터헤드레터스의 발아 정보를 그림 3.5.108 - 그림 3.5.109에 제시하였다. 육묘기에서 약 12일 동안 키워 재배기에 정식하였다.

정식 후 재배중인 버터헤드레터스

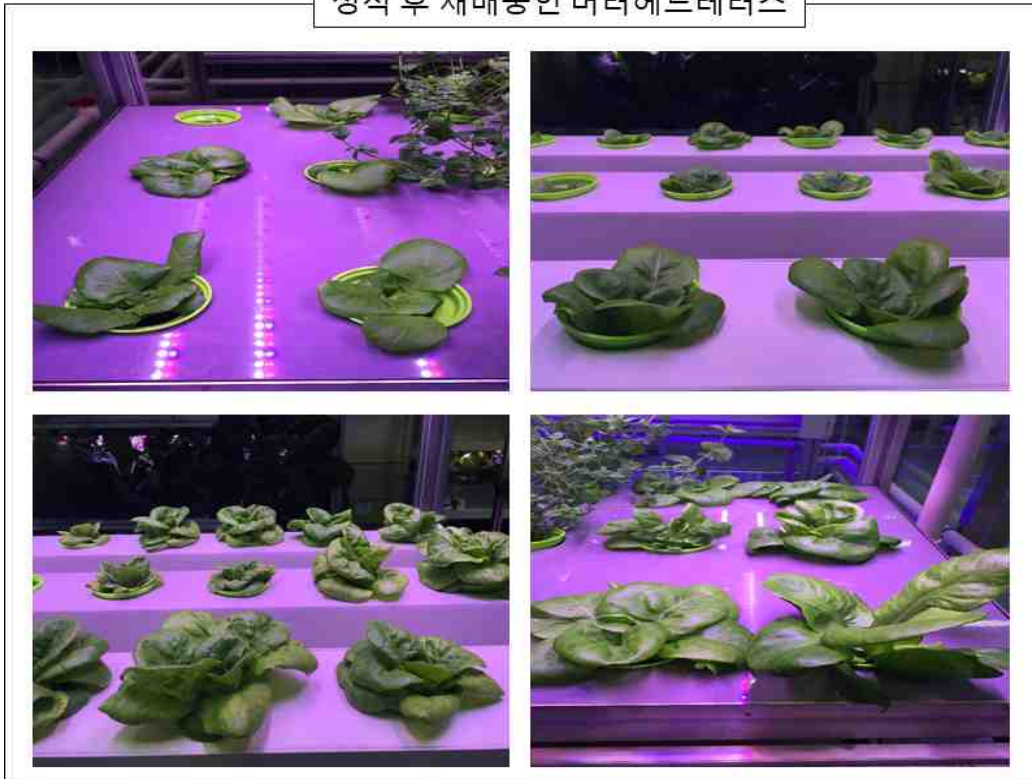


그림 3.5.108 버터헤드레터스의 정식 후 재배과정

수확중인 버터헤드레터스



그림 3.5.109 수확기의 버터헤드레터스

- 버터헤드레터스의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.27에 정리하였다. 발아에 5일이 소요되었고, 발아율은 95%로 매우 우수하였고, 육묘율도 49%로 좋지 않았다. 버터헤드레터스를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.110에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 과중부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 44일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 27일 부터 수확이 가능하였고, 약 2개월 (63일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기울기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 버터헤드레터스를 생산하는 약 2개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 버터헤드레터스를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 버터헤드레터스의 포기당 수확량은 생체 기준으로 포기당 39.76 g-생체중량이었다. 버터헤드레터스를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시설의 연간 회전율은 약 7.9회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개당 연간 버터헤드레터스를 생체 기준으로 0.86 g/년/pot의 생산이 가능하다. 총 재배기간동안 생산성은 0.63 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 버터헤드레터스를 산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 3,169여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 버터헤드레터스를 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 25,148 pot로 추산되었다.

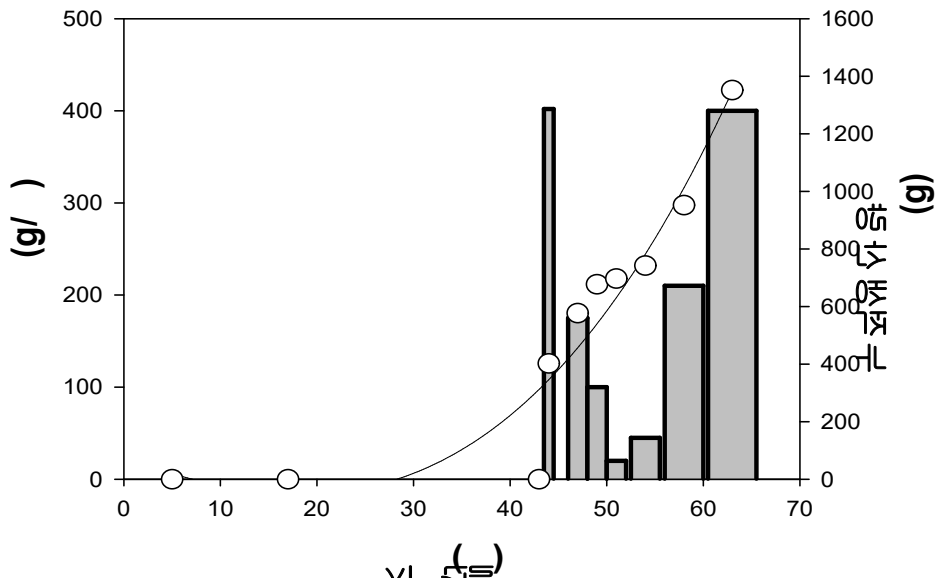


그림 3.5.110 버터헤드레터스 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

표 3.5.27. 버터헤드레터스의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	밭아	육묘	정식	수확
	5	12	27	19

밭아율	95	%
육묘율	49	%
총 재배기간	63	일
재배 수량	34	포기
포기당 수확량	39.76	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.63	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	2.09	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	7.9	회/년
연간 생산성	315.5	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	3,169	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	25,148	재배 pot 수/1000 kg

(과) 트레비소

○ 트레비소의 발아 및 재배과정을 그림 3.5.111 - 그림 3.5.112에 제시하였다.

정식 후 재배중인 트레비소



그림 3.5.111 트레비소의 정식 후 재배과정

수확중인 트레비소



그림 3.5.112 수확기의 트레비소

- 트레비소의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.28에 정리하였다. 발아에 5일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 97%로 우수하였다. 트레비소를 수확하는 동안 1회 수확량과 누적 수확량을 그림 3.5.113에 도시하였다. 각 그림에서 시간은 파종부터 수확시까지를 도시하였다. 발아에서 최초 수확까지 약 55일이 소요되었다. 재배기로 정식한 후에 34일 부터 수확이 가능하였고, 약 3개월 (95일) 동안 수확이 가능하였다. 수확을 시작한 후에 일정한 기울기로 누적 생산량이 증가하였다. 이는 구축된 재배기를 통해 트레비소를 생산하는 약 3개월 동안 일정한 생산성으로 생산이 가능하다는 것을 보여주고 있다.
- 트레비소를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 재배주기로 설정하였을 때, 재배주기 당 트레비소의 포기당 수확량은 생체 중량 기준으로 포기당 40g-생체중량이었다. 트레비소를 재배기에 정식하여 수확이 종료될 때 까지를 1 주기로 설정하였을 때, 재배시
- 설의 연간 회전율은 약 4.9회 이었다. 재배 시설의 pot 한 개 당 연간 트레비소를 생체와 기준으로 각각 197.3 g/년/pot의 생산이 가능하다. 수확기간 동안 생산성은 1.00 g-생체/일/pot 이었다.
- 1,000 kg의 트레비소를 생산하기 위해서는 재배기 pot 수가 약 5,068여개가 필요하며, 연간 1,000 kg의 트레비소를 생산하기 위해 필요한 재배기 pot 수는 회전율을 반영하면 약 25,000 pot로 추산되었다.

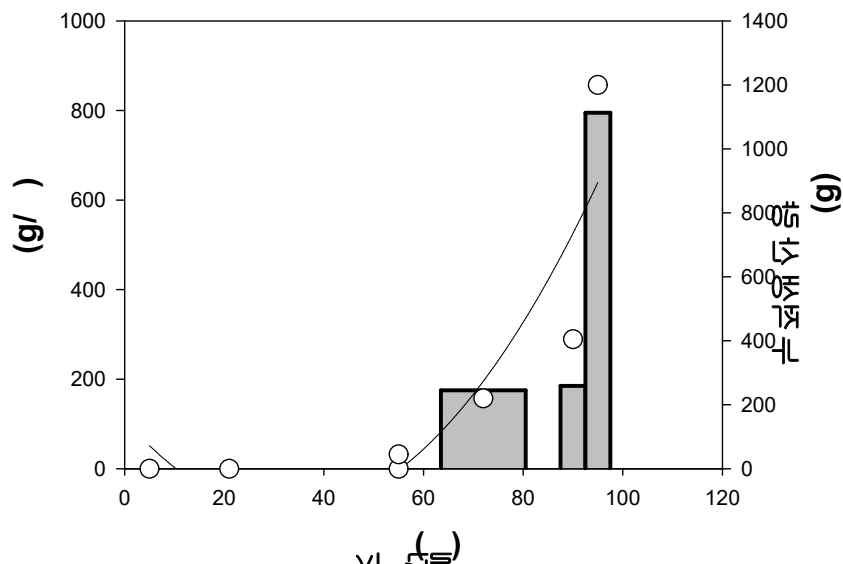


그림 3.5.113 트레비소의 재배기간 동안 일회당 생산량과 누적 생산량(생체기준)

표 3.5.28. 트레비소의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	발아	육묘	정식	수확
		5	16	34

발아율	100	%
육묘율	97	%
총 재배기간	95	일
재배 수량	30	포기
포기당 수확량	40	g-생체중량/포기
생산성 (총 재배기간 기준)	0.42	g-생체중량/일/pot
수확기간내 생산성	0.54	g-생체중량/일/pot
재배시설 연간 회전율	4.9	회/년
연간 생산성	197.3	g-생체중량/년/pot
년간 1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	5,068	재배 pot 수/1000 kg/년
1톤 생산에 소요되는 재배기 port 수량 (# of pot/ton)	25,000	재배 pot 수/1000 kg



### 3. 특용작물

(가) 미니방울다다기양배추(*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* Zenk.(D.C.))

○ 미니방울다다기양배추의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.114 - 그림 3.5.117에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 미니방울다다기양배추의 키와 가장 큰 잎의 크기변화를 그림 3.5.118에 도시하였다. 육묘기에서 약 20일 동안 키워 모종의 키가 약 5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 4일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 28일 동안 21cm 까지 성장하였고, 잎의 크기는 약 243 cm<sup>2</sup> 까지 성장하였다.

○ 생리 생태적 특성 및 재배 기술

1. 1년초 또는 다년초 때로는 2년초이나 변이성이 매우 많다.
2. 파종에서 발아 후 싹이 나올 때까지는 20℃를 유지시켜주며 싹이 난 후에는 18℃를 목표로 관리해서 웃자라지 않게 한다.
3. 시원한 기후를 좋아하지만 모종이 저온(6-8℃)을 받으면 화아분화가 되는 녹색식물 감응형이다. 겨울을 넘긴 식물은 저온감응을 받아 4월 이후에 미니양배추로부터 추대가 이루어져 개화한다. 그래서 너무 낮은 온도(5℃이하)를 계속 제공하면 수확을 할 수 없다.
4. 본엽이 6~7매가 되면 정식하고 정식 간격은 손으로 여러 번 수확하는 형(70×60cm 내외)은 기계로 수확하는 형(62.5×40cm)보다 재식 밀도를 넓게 한다. 정식 후에는 관수를 충분히 실시하여 뿌리내림을 촉진한다.
5. 생육적온은 18~22℃로서 더위에는 병해로 인해 곤란하다. 온도가 23℃ 이상이 되면 미니양배추가 잘 결구하지 않고 병해가 많다.
6. 본엽이 20매 이상 달리고 기온이 20℃ 이하의 저온이 되어야 한다. 가장 미니양배추가 달리기 알맞은 조건은 본엽이 40매 이상이고 식물 전체가 잘 자랐고 온도는 12-13℃ 이하의 저온이 계속되는 것이 좋다. 결구 중에 외온이 높아지면 결구하는 외엽이 떨어져서 품질이 많이 떨어진다.
7. 적엽은 아랫잎이 노랗게 변할 때 실시하는데, 하엽을 따주면 상부의 미니양배추가 잘 자라며, 엽병에 의해 작은 양배추가 압박을 받아 부정형의 구가 되지 않게 하는 이점이 있다.
8. 직립한 줄기의 액아가 직경 2.5-3cm로 결구한 것을 순차적으로 수확한다.

◆ 방울양배추의 효능

1. 소화: 섬유질이 풍부해서 장운동을 활발하게 해주어 배변을 돕고 이뇨작용을 촉진하며 소화가 잘 될 수 있게 도와준다.
2. 다이어트: 섬유질과 식이섬유가 풍부하여 포만감을 주므로 다이어트에 도움을 준다.
3. 항암작용: 방울양배추에 들어있는 이소티오시아네이트 성분과 셀포라판 성분이 암세포가 증식하는 것을 억제하여 결장암, 전립선암을 예방하는데 효과적이다.
4. 동맥경화 예방기능: 비타민B2는 탄수화물, 지방, 단백질을 에너지로 바꾸는 역할을 하여 과산화 지방의 생성을 억제하고 동맥경화를 예방하는데 효과적이다.
5. 면역력 강화: 비타민C가 100g당 레몬의 1.5배, 양배추의 2배에 달한다. 4개 이상 먹으면 하루 필요량을 섭취할 수 있다. 이로 인해서 피로회복, 세포성장, 혈액합성, 그리고 면역력 강화에 도움을 준다.

◆ 미니방울다다기양배추 수경재배 체크할 점

1. 미니방울다다기양배추의 수경재배 발아율 100%, 육묘율 92% 이며 육묘한 것 중 튼튼한 36포기를 엄선해서 재배하고 있음
2. 재배도 알맞은 조건 하에 성공적으로 잘 자람(EC 1700, pH 6.5)
3. 재배기의 재배 간격이 너무 좁고 낮음
4. 생육적온은 18~22℃로서 더위에는 병해로 인해 곤란하다. 본엽이 20매 이상 달리고 기온이 20℃ 이하의 저온이 되어야 한다. 가장 미니양배추가 달리기 알맞은 조건은 본엽이 40 매 이상이고 식물 전체가 잘 자랐고 온도는 12-13℃ 이하의 저온이 계속되는 것이 좋다. 결구까지는 성공적이거나 이후 조건을 미니방울다다기양배추에게만 정확히 맞춰 준다면 더 좋은 결과가 예상 됨
5. 재배시기의 단축으로 수확이 빨라질 수 있음
6. 이번 연구에서 미니방울다다기양배추는 수경재배기에서 약 60 cm까지 성장하였으며, 약 60일 재배시 결구가 형성되기 시작하였다. 이 연구에서 사용한 수경재배기는 광원과 재배 가능한 높이가 제한되어 있어 1m 이상 자라는 양배추의 재배에는 부적합하였으나 수경재배가 가능성을 확인하였음.

미니방울다다기양배추의 육묘

육묘 4일



육묘 7일



육묘 17일



그림 3.5.114 미니방울다다기양배추의 육묘과정

정식 후 재배중인 미니방울다다기양배추

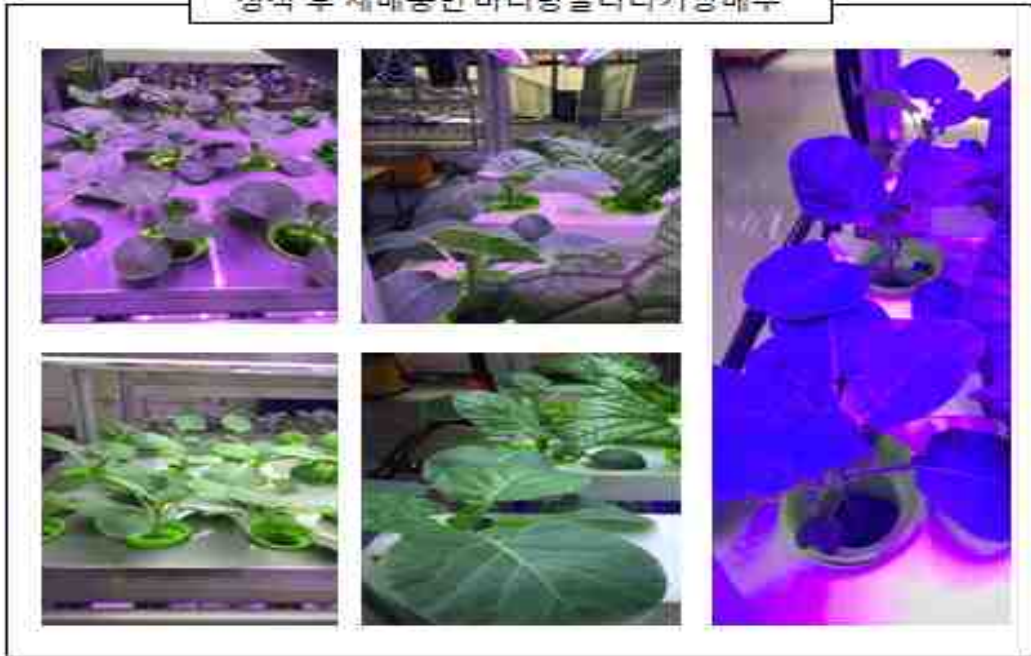


그림 3.5.115 미니방울다다기양배추의 정식 후 재배과정

수확중인 미니방울다다기양배추





수경재배기의 미니방울다다기양배추



미니방울다다기양배추의 결구형성



외엽이 벌어진 결구



외엽이 단단한 결구

그림 3.5.116 수확기의 미니방울다다기양배추

미니방울다다기양배추의 수확



그림 3.5.117 미니방울 다다기양배추의 수확

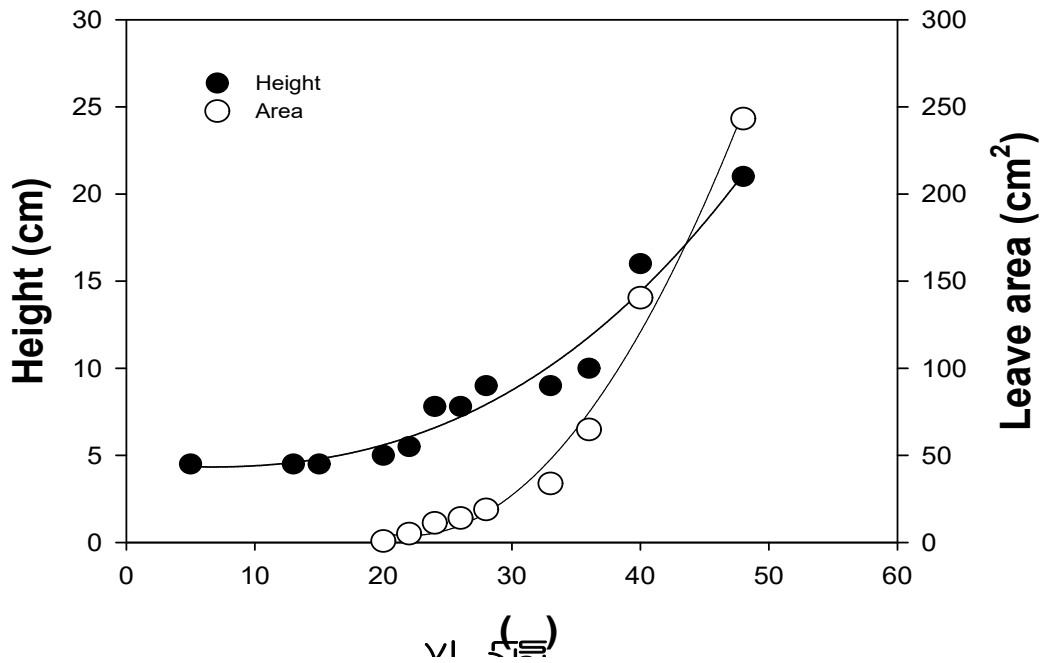


그림 3.5.118 재배기간 동안 미니방울다다기양배추의 크기와 잎 면적의 성장

미니방울다다기양배추의 재배단계별 소요시간을 표 3.5.29에 정리하였다. 발아에 2일이 소요되었고, 발아율은 100%로 매우 우수하였고, 육묘율도 92%로 우수하였다. 그러나 미니방울다다기양배추의 높이와 잎의 너비는 넓어진 반면, 미니방울다다기양배추 열매는 수확은 하였지만 최적의 연구를 조성하만큼의 양을 수확 할 수 없었다. 이를 통해 구축된 재배기를 통해 미니방울다다기양배추를 생산하기 위해서는 추가적인 실험이 필요하다는 사실을 알 수 있었다.

표 3.5.29. 미니방울다다기양배추의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (일)	발아	육묘	정식	수확
	2	20	28	-

발아율	100	%
육묘율	92	%
총 재배기간	48	일
재배 수량	-	포기
포기당 수확량	-	g-생중량/포기
생산성	-	g-생중량/d/포기



(나) 아스파라거스

○ 아스파라거스의 육묘, 및 재배 과정을 그림 3.5.119 - 그림 3.5.122에 제시하였다. 육묘와 정식 후 수확직전까지 재배기간 동안 아스파라거스의 키의 변화를 그림 3.5.123에 도시하였다. 육묘기에서 약 15일 동안 키워 모종의 키가 약 5.5 cm 까지 성장한 것을 재배기에 정식하였다. 재배기로 정식한 후부터 측정하였는데 정식 후 약 5일 경과 후부터 빠르게 성장하여 정식 후 20일 동안 40cm 까지 성장하였다.

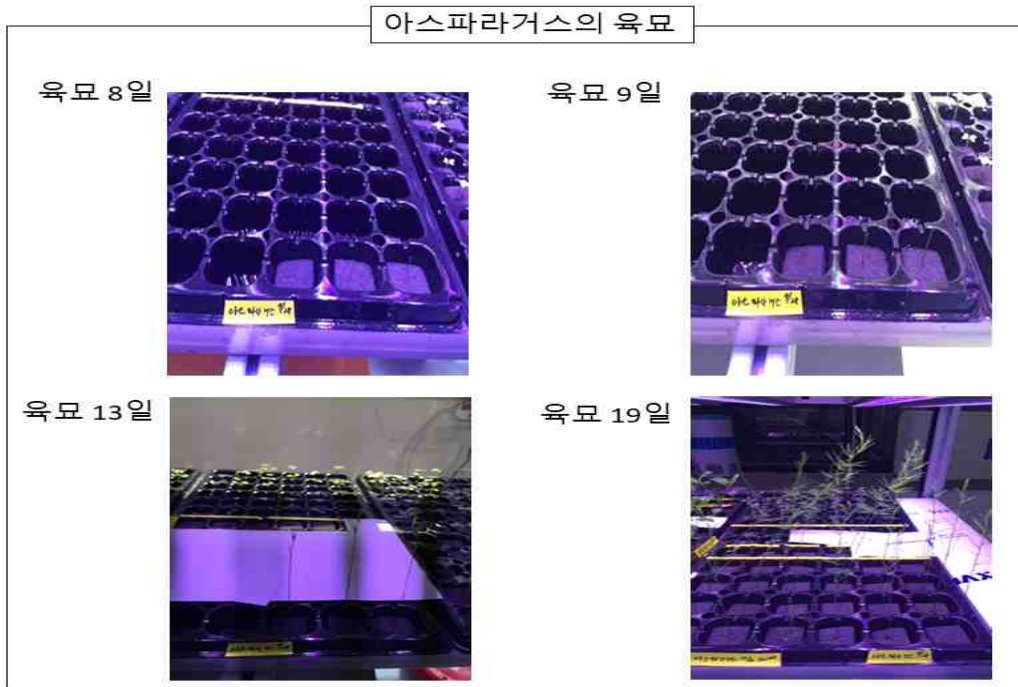


그림 3.5.119 아스파라거스의 육묘과정



그림 3.5.120 아스파라거스의 정식 후 재배과정

### 수확중인 아스파라거스

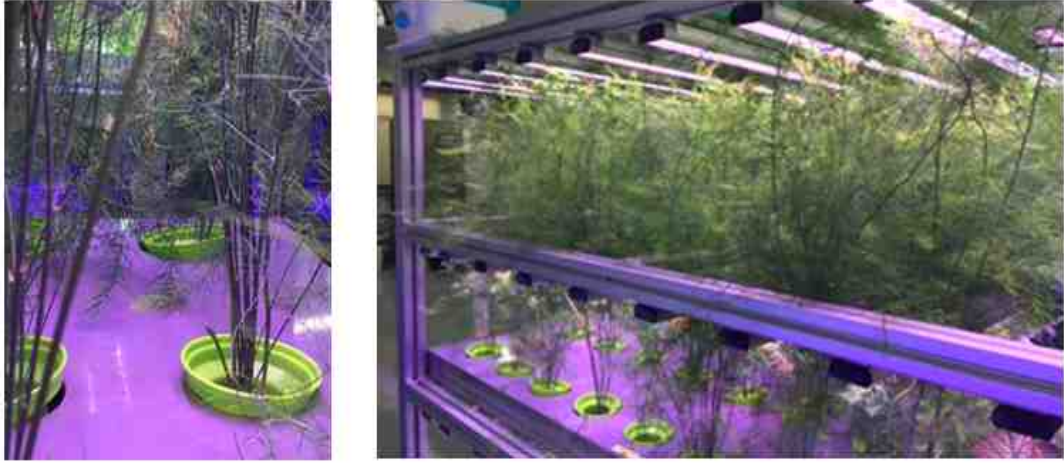


그림 3.5.121 아스파라거스의 수확

### 아스파라거스의 뿌리 발달



그림 3.5.122 아스파라거스의 뿌리 성장

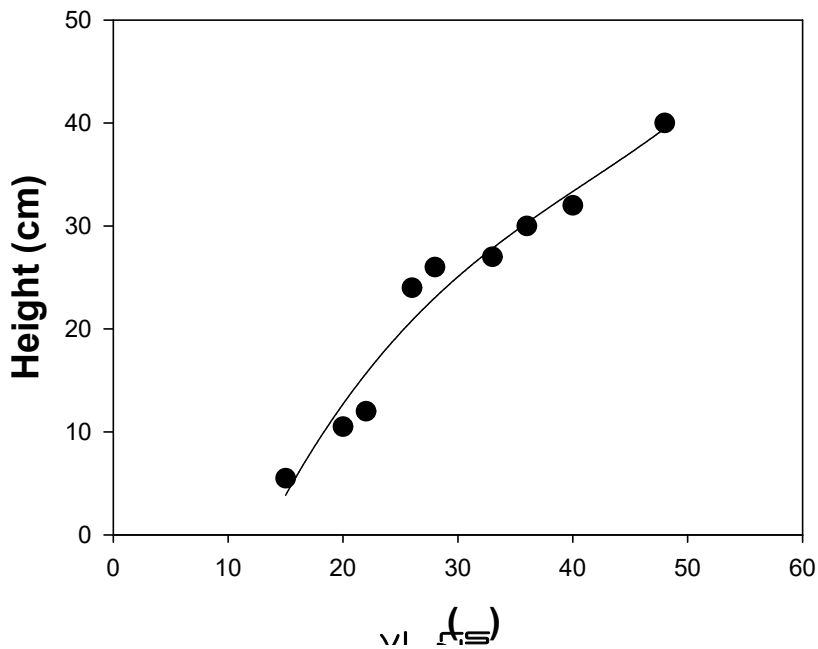


그림 3.5.123 재배기간 동안 아스파라거스의 크기

- 아스파라거스의 재배단계별 소요시간과 수확량 및 생산성을 표 3.5.30에 정리하였다. 발아에 3일이 소요되었고, 48일간 재배를 하였다. 아스파라거스는 3년이 지나야 수확이 가능한 작물로 계속 수정재배하면서 재배기술을 연구하고 있다.

표 3.5.30. 아스파라거스의 재배 단계별 소요기간, 수확량, 및 생산성

재배 단계별 소요시간 (d)	발아	육묘	정식	수확
	3	17	28	

발아율	-	%
육묘율	-	%
총 재배기간	48	일
재배 수량	-	포기
포기당 수확량	-	g-생중량/포기
	-	g-건조중량/포기
생산성	-	g-생중량/d/포기
	-	g-건조중량/d/포기

### 3.5.4. 도시농업용 최적 작물의 제시

- 도시 농업용 최적 작물을 선정하기 위하여 20여종 이상의 재배 특성을 조사한 결과를 받아부터 육묘까지 소요되는 기간을 표 3.5.31 로 정리하였다. 또한 구축된 재배시설에서 19종의 작물에 대한 연간 생산주기와 pot 당 연간 생산량, 1000 kg/년 생산하기 위한 최소 pot 수를 비교 분석하였다(그림 3.5.124 - 그림 3.5.125). 1-2년차에 주로 생산해왔던 일반적인 엽채류들은 생산성의 비교분석을 통한 도시농업용 최적 작물의 제시에서는 이들 작물들은 평가에서 배제하였다. 이들 작물들은 대부분 성장이 빠르고 되고 성장 주기가 짧으며 생산성이 우수하고 범용적으로 생산대상 작물로 기본적으로 도시농업용 작물의 적합하다. 본 절에서 생산성의 비교 분석은 상대적으로 고부가치 작물인 허브류들과 선호도가 높은 작물들을 대상으로 정리하였다
- 연간 pot의 생산주기(순환)가 짧은 작물은 청경채, 루꼴라, 다정채, 다체비타민 등으로 연간 약 20-23회/년까지도 재배가능하고, 버터헤드레터스, 잎쌈배추, 로메인, 엔다이브꾸오르 가 약 6-9회/년 재배가능하다. 나머지 작물들은 대부분 2-5회/년 재배가 가능한 것으로 평가되었다.
- 연간 재배기의 pot 1개당 작물의 생산성은 케일, 잎쌈배추, 아시아적겨자, 청경채, 로메인 등이 가장 우수하였다. 이들 작물들의 특징은 청경채와 로메인은 성장이 빠르고 재배주기가 짧기 때문에 산출량이 1100~1200 g/pot/년으로 많으며, 수확량이 950 - 1060 g/pot/년인 케일과 아시아적겨자는 돌려 따기로 수확을 하고 수확 가능 기간이 길며, 잎쌈배추는 돌려따기와 빠른 성장주기의 특징이 있다. 엔다이브꾸오르와 레드캐피탈은 연간 생산량이 700-740 g/pot 정도이다.
- 허브류들의 연간 생산성은 오레가노와 타임은 120-160 g/pot/년이고, 스위트바질과 페퍼민트는 각각 364와 400 g/pot/년 수준이다. 이태리 파슬리의 경우 연간 460 g/pot/년으로 양호하다.
- 특용작물로 미니방울다다기 양배추와 아스파라거스도 수경재배기를 통해 성장이 잘 됨을 확인하였으며 도시농업 작물로 재배 가능성을 확인하였다. 다만 두 작물 모두 크게 자라고 온도의 조절과 장기간 재배해야하는 등 제약점이 있다.
- 이상의 결과들을 종합해 볼 때 도시농업용 작물들로 허브류들 중 스위트바질, 페퍼민트, 이태리 파슬리가 적합하고, 케일, 잎쌈배추, 아시아적겨자, 청경채, 로메인, 잎쌈배추, 엔다이브꾸오르, 레드캐피탈 등이 적합하다. 다만 일부 작물의 경우 구축한 재배시설 내에서 다양한 환경조건하에서 작물의 특성별 최적 재배조건의 제공이 어려운 점이 있었고, 재배기술의 최적화되지 않은 조건에서 수행한 결과로 평가하였으므로 한계가 있다. 따라서 나머지 작물들도 재배조건을 최적화 한다면 충분히 재배에 적합한 작물이 될 수 있다고 사료된다.

표 3.5.31. 작물별 발아부터 수확까지의 소요기간

번호	분류	재배 식물	발아소 요시간 (d)	육묘 기간 (d)	정식후 재배기 간 (d)	수확 기간 (d)
1	쌈샐러드채소	잎쌈배추	2	16	10	44
2	쌈샐러드채소	래드캐피탈	1	13	11	66
3	쌈샐러드채소	다청채	3	18	7	포기수확
		다청채2	2	10		
4	쌈샐러드채소	루꼴라	2	18	7	8
5	쌈샐러드채소	케일	1	13	11	130
		케일2	2	10		
6	쌈샐러드채소	다채비타민2	2	14	9	7
7	쌈샐러드채소	아시아적겨자	2	14	9	27
		아시아적겨자2	3	11		
8	쌈샐러드채소	청경채2	2	18	13	포기수확
9	쌈샐러드채소	미니방울다다기 양배추	1	28	-	-
		미니방울다다기 양배추	2	20		
10	쌈샐러드채소	아스파라거스	10	33	-	-
11	허브	스위트바질	3	20	18	153
12	허브	향나물파슬리	8	27	20	153
13	허브	타임	3	27	34	105
14	허브	페퍼민트	8	29	24	96
15	허브	오레가노	4	34	25	95
16	쌈샐러드채소	뉴그린	3	23	43	포기수확
17	쌈샐러드채소	로메인그린	3	23	31	포기수확
		로메인그린2	4	20	30	포기수확
18	쌈샐러드채소	앤다이브꾸오르	4	16	23	포기수확
19	쌈샐러드채소	이태치*스카롤라	4	16	19	포기수확
20	쌈샐러드채소	트레비소	5	16	34	포기수확
21	쌈샐러드채소	버터헤드레터스	5	12	27	포기수확

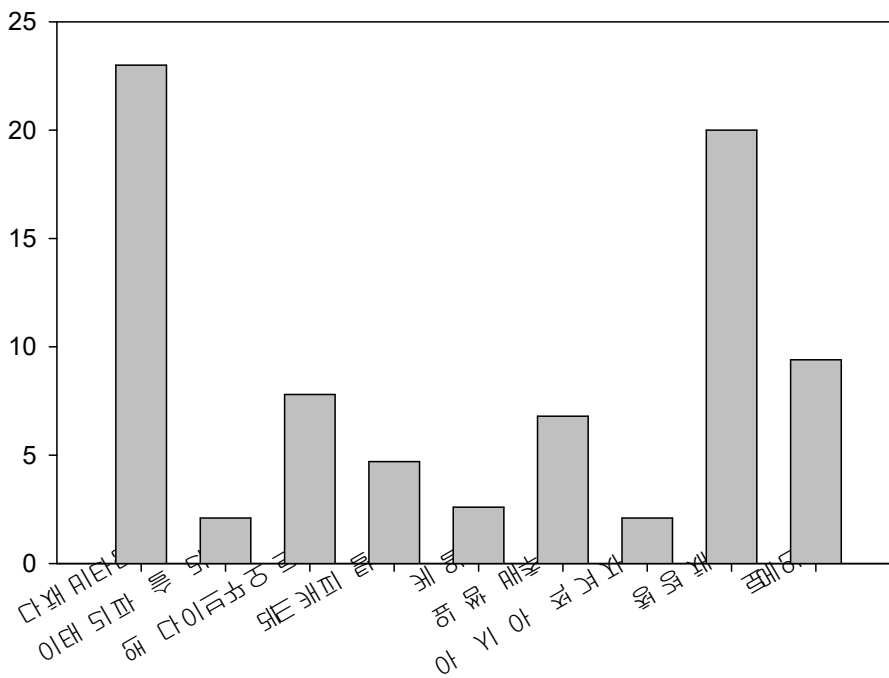
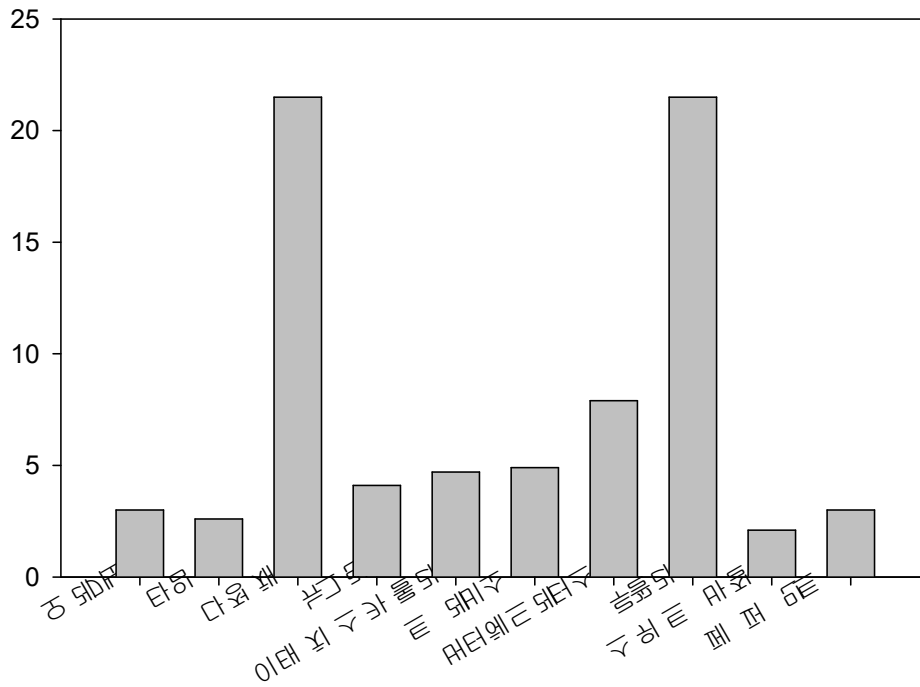


그림 3.5.124 작물별 연간 재배가능횟수.





○ 그림 3.5.126은 연간 1000 kg의 산출량을 얻기 위해 각 작물별로 필요한 pot 수이다. 작물 재배기의 pot 간 간격이 16 cm 으로 포기당 면적이 약 260 cm<sup>2</sup> 이므로 각 작물의 재배에 필요로 하는 재배기의 소요 면적의 산출이 가능하다. 재배에 필요한 최소 pot 수 또는 재배 시설 면적은 연간 생산성(그림 3.5.125)과 반비례한다.

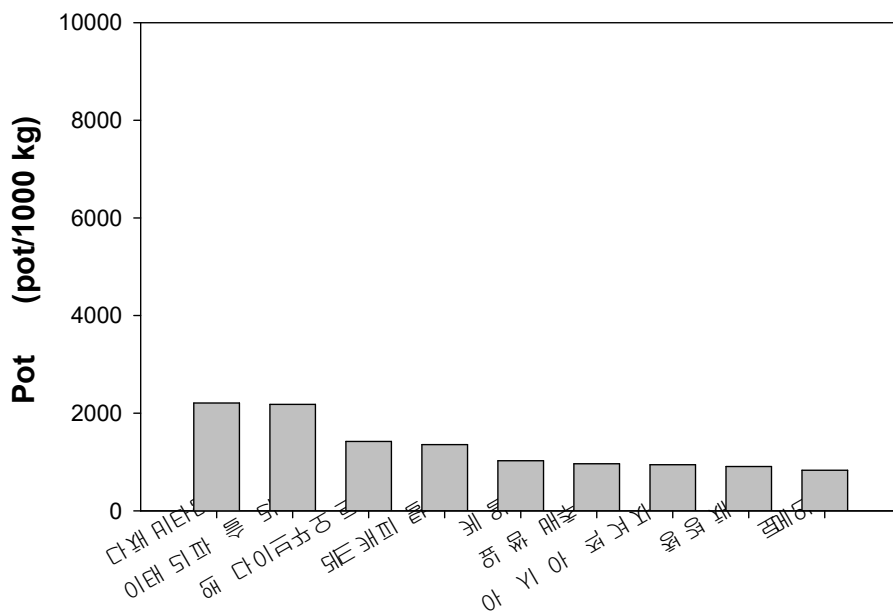
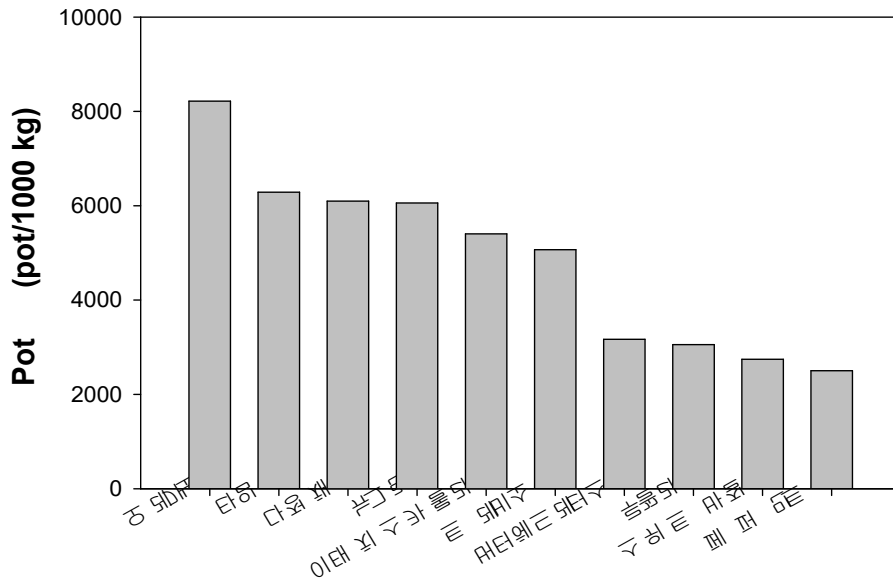


그림 3.5.126 작물별 1000 kg 산출물당 최소 pot 수.

### 3.5.5. 도시농업용 재배 산물을 이용한 상품화 연구

- 구축된 CMO 시설을 이용해 재배한 작물자체가 농산물이지만 도시 농업에서 생산한 산물들을 활용한 고부가가치의 가공식품을 상품화하기 위한 시제품을 개발을 연구하였다. 그림 3.5.125에 제시한 바와 같이 산출량이 많은 케일과 허브류(이태리파슬리, 스위트바질, 페퍼민트, 오르가노)을 활용하였다.

#### 가. 허브 가공 시제품

- 수확한 허브류를 건조하여 허브가루를 다음과 같은 방법으로 제조하였다. 스위트바질과 이태리파슬리를 이용한 허브가루 제작과정을 그림 3.5.127 - 그림 3.5.131에 도시하였다.



그림 3.5.127 스위트바질 가루 만들기.

### 이태리파슬리 가루 만들기



이태리파슬리



잎 분리하여 펄치기



건조: 65-70°C, 8 h



건조 잎의 분쇄 및 봉입

그림 3.5.128 이태리파슬리 가루 만들기.

### 바질 페스토 만들기

재료: 바질 50g(3컵), 잣 20g, 마늘 2쪽, 파르메산치즈 30g, 올리브오일 1/3컵, 소금 1/2작은술, 후추약간

-요리시작-

1. 유리병은 찬물에 거꾸로 담겨 끓이면서 수증기로 소독해주세요.
2. 바질 잎은 깨끗하게 씻어서 물기를 제거해주세요.
3. 잣은 프라이팬에 노릇하게 구워주세요.
4. 블렌더에 바질, 잣, 마늘, 파마산치즈, 소금, 올리브 오일 1/3컵을 넣은 후 곱게 갈아주세요.
5. 만들어진 바질 페스토는 소독한 유리병에 담은 후 올리브오일로 덮어주시고 냉장 보관해주세요.  
(올리브오일을 덮은 페스토는 냉장에서 1주일간 보관 가능하며 냉동에 보관하실 경우 3달까지 보관하여도 실 수 있어요.)



그림 3.5.129 바질 페스토 만들기.

식물공장 생산 바질페스토와 허브가루



그림 3.5.130 허브류들을 이용한 허브가루와 페스토 시제품.

식물공장 생산 채소와 바질페스토를 이용한 요리



그림 3.5.131 바질 페스토를 이용한 요리들.



## 나. 케일 가공 시제품

○ 산출량이 많은 케일을 이용한 케일 장아찌와 주스를 다음과 같은 방법으로 제조하였다.

### 케일장아찌

➤ 재료: 케일 20장, 다시마육수 200 mL, 맛간장 200 mL,  
식초 100 mL, 올리고당 3T, 생강청 3T

케일의 효능: 동맥경화예방, 혈압조절, 면역력증진, 암예방

1. 케일은 병충해에 약해서 시중에서 파는 것은 농약을 많이 사용하니 베이킹소다 넣고 한번 씻어 주고 식초물에 담궈 두었다가 여러 번 행궈서 물기 제거해서 준비한다. 그러나 우리 연구소의 수경재배 케일은 농약을 전혀 사용하지 않은 친환경 채소이므로 물에 한번만 가볍게 씻어주면 된다.
2. 생수, 맛간장, 다시마 1조각, 식초 올리고당, 생강청 넣고 끓여준다.
3. 유리용기에 케일 엷갈리게 넣은 후 팔팔 끓인 조림장 붓는다.
4. 기호에 맞게 홍고추, 청양고추, 마늘, 통후추 넣어준다.
5. 케일 뜨지 않게 돌맹이로 눌러주고 식힌 후 냉장고에서 2-3일 숙성



그림 3.5.132 케일 장아찌 만들기.

### 케일주스

➤ 재료 : 사과 1개, 케일 4장, 요구르트 2개(또는 물), 레몬즙 1 T



그림 3.5.133 케일 주스 만들기.



### 3.6. CMO 시설을 이용한 비즈니스 모델

- CMO 시설을 활용한 사업영역은 (1) 생활과학과 문화교육, (2) 도시농업 전문가 양성, (3) CMO hub 센터의 시설 및 장비 활용, (4) 생산기반 시설 활용, (5) IoT 관련 사업, (6) 식물 재배기와 디자인 등의 다양한 영역이다(그림 3.6.1)



그림 3.6.1. CMO 활용 도시농업 비즈니스 모델.

### 3.6.1. 생활과학과 문화교육사업

- 도시농업 또는 식물공장은 교육분야에서는 새로운 영역으로 1, 2, 3차 산업이 결합한 6차 산업적 요소가 많은 영역이다. 이와 관련한 교육 프로그램에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있으며 IOT를 접목한 첨단 산업으로 농업을 육성하기 위해서는 청소년과 일반인에 대한 교육이 매우 중요하다. 또한, 도시농업과 관련하여 과학뿐 아니라 life와 관련된 문화적 측면에서의 다양한 계층의 교육 프로그램 수요가 증가하고 있다.
- CMO hub 센터의 구축 시설과 인적네트워크를 활용하여 다양한 교육 프로그램의 개발과 운영사업은 핵심적인 비즈니스 영역중 하나이다. 이와 관련한 사업영역은 다음과 같다.
  - 청소년 대상 교육 프로그램 개발 및 운영
  - 도시농업 및 식물공장 관련 교재교구 개발
  - 생활과학교실 운영: 프로그램/교재교구 개발
  - 경로층/주부/장애인 대상 기술교육과정 프로그램 개발 및 운영 (문화교실)
- 대표적인 교육관련 사업의 한 예로 본 사업에서 운영한 LED 화분 만들기의 교육프로그램과 교구 등이다.



그림 3.6.2. LED 화분 교육프로그램의 교구.

- ▶ **LED 화분 만들기:** 식물은 빛을 이용하여 광합성을 하여 영양분을 만듭니다. 빛은 식물이 살아가는데 꼭 필요합니다. 인공광원인 LED 전구를 부착한 작은 화분을 만들어 보아요.

		
<p>LED전구 회로 부품을 확인하세요.</p>	<p>LED전구 회로를 완성하세요.</p>	<p>둥근 EVA판 양면 테입 위에 LED전구 세 개를 서로 닿지 않게 붙여주세요.</p>
		
<p>LED전구 양 옆에 주름진 빨대를 그림과 같이 붙여주세요.</p>	<p>투명 컵 EVA 위 두 개의 구멍에 빨대를 각각 꼽아주세요.</p>	<p>컵에 구멍 뚫린 사각 EVA 끼우고 LED전구 회로를 부착해 주세요.</p>
		
<p>컵 안에 물을 2/3 정도 채워주세요. 식물화분을 넣고 LED전구회로의 스위치를 켜 보세요.</p>	<p>컵 안의 물을 2~3일에 한번씩 갈아주고 그때마다 영양제를 조금 넣어주세요.</p>	<p>식물이 자라면서 뿌리의 성장을 관찰하고, 또 식물의 키가 커지면 빨대를 조금씩 위로 뽑아 올려주세요.</p>

○ 또 다른 예로 도시농업 관련하여 개발한 교육 프로그램은 다음과 같다.

# 식물공장에 가다!

## - 식물공장 체험 -

### ① 들어가기

미래사회의 먹을거리는 어떻게 변화할까요? 미래에는 기후변화와 식량난 등이 예상됩니다. 또한 식량 분야에서 재난에 대비하기 위해서는 어떤 방법이 있을까요? 그리고 추운 남극 세종과학기지에서 열심히 연구하고 있는 과학자들도 싱싱한 야채를 먹을 수 있는데 과연 가능할까요?



### ② 학습목표

식물의 생육의 특성을 고려하여 적합한 인공 환경에서 재배하는 미래형 농업형태인 식물공장에 대해 알아보고 체험해 봅니다. 체험활동을 통해 청소년들에게 생명의 소중함과 정서적 지지를 통한 심신 안정을 도모합니다.

### ③ 무엇이 필요할까요?

교재, 배양접시, 거즈, 솜, 핀셋, 씨앗, 육모용 스펀지, 재배용 화분, 일회용 장갑, LED 화분

#### ④ 활동1


1. 재배환경에 따른 식물이 잘 자라기 위한 조건 알아보아요.

재배장소		야외	실내
			
재배 면적			
빛			
환경	날씨		
	온도		
	습도		
	물		
수확가능횟수			
농약사용			


2. 식물공장에 필요한 요소 알아보아요.

식물공장은 빛, 온도, 습도, 양분, 등 식물이 자랄 수 있는 환경을 인공적으로 만들어 계절이나 장소에 관계없이 생산하는 시스템을 말합니다.


**환경 제어 시스템**




빛







온도  
습도



양액







## ⑤ 실험해 보아요.

### [실험1] 배양하기

1. 배양접시에 솜을 깔고 그 위에 거즈를 올려주세요.
2. 1%의 락스물에 씨앗을 소독하고 거즈 위에 씨앗을 올려놓아요.
3. 스폰이드로 거즈와 씨앗이 축축하도록 물을 골고루 뿌려주세요.
4. 배양접시를 상자 안에 15시간 정도 넣어 암반응이 일어나도록 하세요.



### [실험2] 육묘하기

1. 발아가 된 씨앗을 집게로 조심스럽게 집어 물에 젖은 육묘용 스펀지 가운데 절반 부분에 넣어주세요.
2. 발아 씨앗을 넣은 스펀지를 육묘 판에 넣고 날짜와 품종을 적어주세요.



### [실험2] 재배하기

1. 키가 5cm 되고 잎이 4개 정도로 나오게 되면 스펀지 재로 화분에 넣어주세요.
2. 식물을 넣은 화분을 알맞은 재배기에 끼워주세요.





3. 재배한 식물 한 화분을 휴대용 LED 화분에 옮겨 보세요.



## ⑥ 정리해 보아요.

1. 식물이 잘 자라기 위한 조건에는 어떤 것이 있는지 생각해보고 이야기해보세요.

2. 식물의 성장에는 반드시 빛이 필요해요. 태양빛이 없는 조건에서도 식물을 정상적으로 키울 수 있으려면 어떻게 하여야 할까요?

## ⑦ 알아보아요.

1. 식물공장이란?

식물공장은 통제된 일정한 시설 내에서 빛, 온도, 습도, 양액 조성, 대기가스 농도 등 재배환경조건을 인공적으로 제어하여 계절이나 장소에 관계없이 농작물을 공산품처럼 연속 생산하는 농업의 한 형태로 정의된다. 다시 말해서 식물공장에서는 흙과 비료가 아닌, 식물에 필요한 영양소가 들어있는 배양액을 이용해 실내에서 식물을 키웁니다. 햇빛은 LED 조명이 대신합니다. 3차원 센서 카메라가 농작물 사이를 이동하면서 줄기의 탄력과 생육 상태를 관찰하고, 배양액과 LED 빛의 양을 조절해 작물이 잘 성장할 수 있는 조건을 만듭니다. 식물을 시설 안에서 빛·온도·습도·이산화탄소 등 재배환경을 인공적으로 제어해 계절에 관계없이 자동으로 연속 생산하는 시스템을 갖고 있습니다.

## 2. 식물공장의 장점

식물 재배 면적이거나 사용되는 물의 양은 일반 재배법의 10% 정도밖에 안된다고 합니다. 이 식물공장에서는 병충해나 자연재해로부터 자유롭기 때문에 농약도 필요 없고 사계절 생산도 가능합니다. 또한 채소가 필요할 때 바로 수확할 수 있으니 재료비나 운송비를 절약할 수 있습니다.

## 3. 식물공장이 필요한 이유

- (1) 심각한 기후변화로 인한 안정적인 식량 확보를 위해 필요합니다.
- (2) 기후변화에 대처하기 위한 온실가스를 줄이고 수자원을 확보하기 위해 필요합니다.

## 4. 미래의 식물공장(수직형 농장)



## ⑧ 찾아보아요.



### 도서

1. 식물공장, 강승원 저, 월드사이언스, 2008.03.20.
2. 도시농업과 식물공장의 실태와 향후전망, 데이코산업연구소저, 데이코, 2014.02.06



### 웹사이트

1. 스마트 그린푸드 <http://www.smartgreenfood.org>
2. 국립농산물품질관리원 <http://www.naqs.go.kr>
3. 슬로우워크 <http://slowalk.co.kr/>

### 3.6.2. 도시농업 전문가 양성 교육사업

- 구축된 시설을 활용하여 도시농업과 관련된 전문가 양성을 위한 다양한 교육 프로그램의 개발과 운영사업도 핵심적인 비즈니스 영역중 하나이다. 교육 수요자들의 Needs에 부합하는 맞춤형 교육 프로그램의 발굴하여 운영에 대한 관련 사업영역은 다음과 같다.
  - 단/중기 기술교육과정 프로그램 개발 및 운영
  - 전문연구인력양성 과정 프로그램 개발 및 운영
  - 창업 교육 프로그램 개발 및 운영

### 3.6.3. CMO hub 센터의 시설 및 장비 활용 사업

- CMO hub 센터에 구축된 시설을 활용하여 도시농업과 관련된 사업가나 예비 창업자들을 위한 시설 임대와 컨설팅, 산학 연구 등도 중요한 사업영역으로 다음과 같은 사업이 가능하다.
  - 시생산시설 임대
  - 기기분석시설운영: 분석시료분석
  - 기술지원 및 컨설팅 사업
  - 산학 연구사업

### 3.6.4. 생산 기반 시설 활용 사회적 기업

- 구축된 시설을 활용하여 다양한 영역에서의 사회적 기업의 운영이 가능할 것이다. 소외계층 일자리 창출을 위해 구축 시설을 이용한 작물의 생산 판매뿐 아니라 다음과 같은 다양한 비즈니스가 가능하다.
  - 소외계층 일자리 창출사업: 소외계층 생산인력 활용 작물 재배 및 상품화
  - 생산제품 응용한 생활협동조합 및 패스트푸드점 사업
  - 학교급식/음식점 등 업체류 공급 사업
  - 육묘공급사업: 도시농업용 육묘생산 및 보급
  - 양액 공급사업

- 대표적인 사업 모델중 하나가 재배시설에서 생산한 무공해 산물을 이용하여 고부가가치의 가공식품을 생산 판매하는 사업이다. 예를 들어 허브류 가공한 향신료 제품, 다양한 종류의 페스토 생산 및 음식 등의 상품이다.



그림 3.6.3. 허브류 가공식품.

- 또 다른 비즈니스 모델 중 하나는 도시농업이 활성화될 경우 수요자의 Needs에 부합하는 다양한 작물의 모종의 공급과 양액 등의 공급에 대한 수요가 증가할 것이다. 관련 수요와 연계하여 다양한 사업의 발굴이 가능할 것이다.

### 3.6.5. IoT 관련 사업

#### 가. 맞춤형 건강식품 정보 제공 시스템

- 아래 그림 3.6.4의 정보 입력부는 사용자의 체질, 생체리듬 및 건강상태를 기초로 하여 작성된 추천식품 목록이 저장된 RFID카드의 식별코드를 입력받은 스마트 카트로부터 추천식품 목록을 전송받아 추천식품 목록에 포함된 식품에 대응하는 식재료 목록을 생성한다. 식품 정보 제공부는 식재료 목록에 포함된 식재료의 매장 내 위치 정보를 식품 데이터베이스로부터 검색하여 스마트 카트로 전송한다. 사용자가 건강식품 처방센터로부터 개인의 건강 상태를 기초로 처방받은 추천식품 목록을 기초로 하는 쇼핑 정보 또는 음식점 정보를 간단하게 제공받을 수 있으므로, 개개인의 건강 진단 결과가 식생활에 밀접하게 연계되어 삶의 질 향상에 도움을 줄 수 있다.

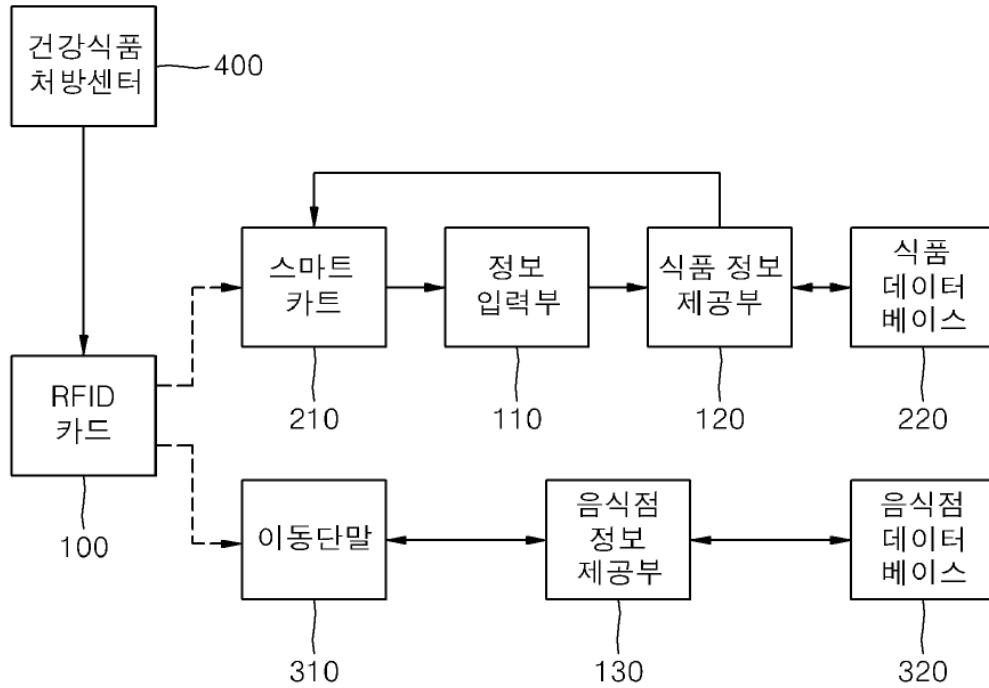


그림 3.6.4. 맞춤형 건강식품 정보 제공 시스템 전체 구성도

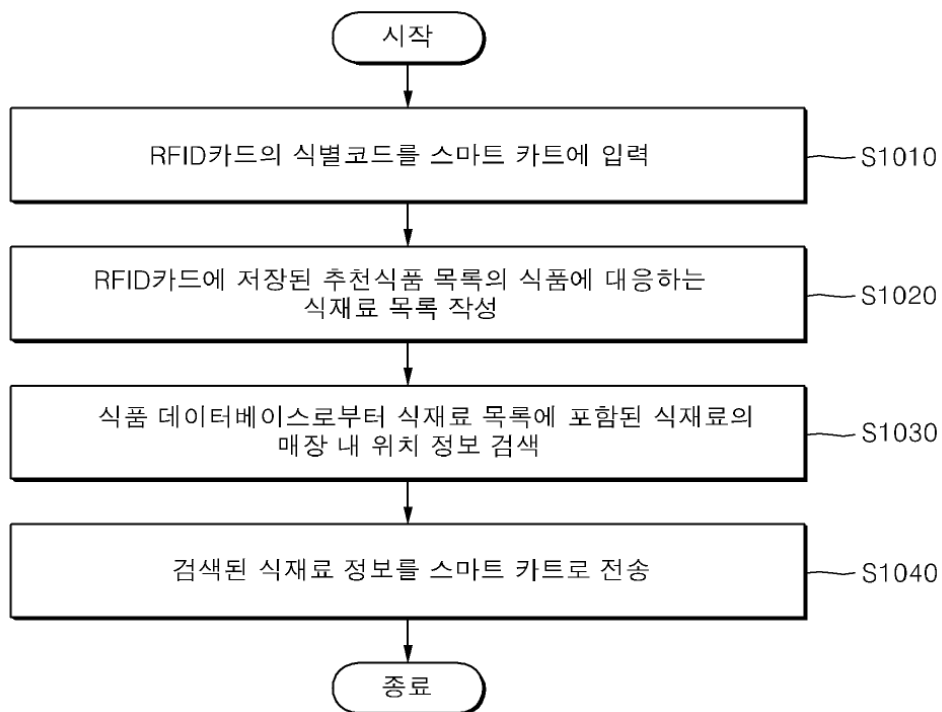


그림 3.6.5 맞춤형 건강식품 정보 제공 전송 시스템 절차

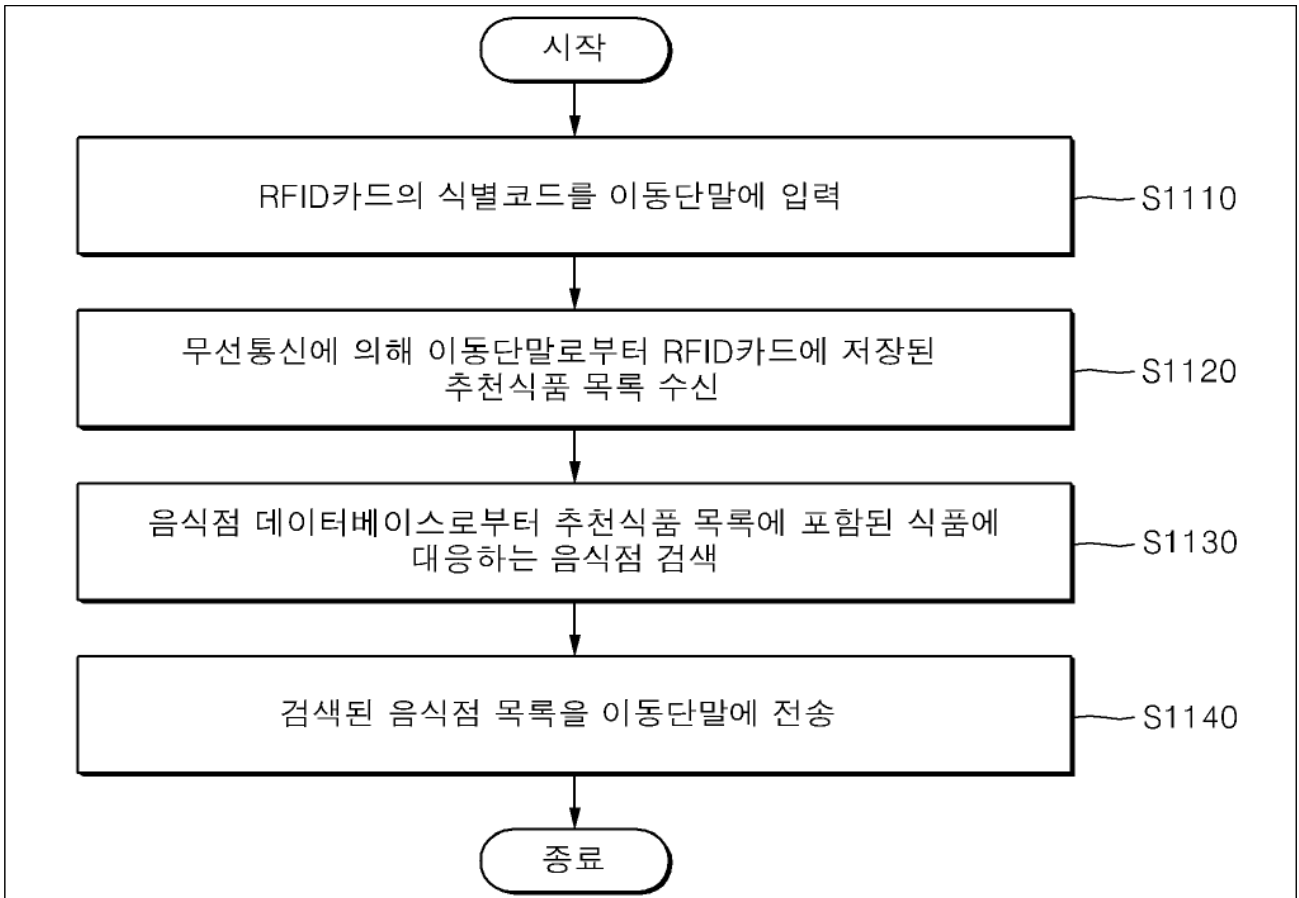


그림 3.6.6 맞춤형 건강식품 정보 제공 수신 시스템 절차

#### 나. TVWS 기반의 식물공장 모니터링 제어 시스템

- 식물공장 내부 또는 외부에 설치되어 환경상태를 측정하는 센서부, 식물공장 내부에 설치되어 재배환경을 조성하는 작동기, 센서부 및 작동기에 TVWS(TV White Space) 채널을 할당하고, TVWS 채널을 통해 센서부로부터 환경상태를 수신하고, 환경상태에 대응하여 식물공장 내부의 재배환경이 작물 성장 최적의 환경에 도달할 수 있도록 작동기를 제어하는 제어신호를 생성하여 TVWS 채널을 통해 작동기로 전송하는 중앙 데이터 처리부를 포함하는 식물공장 모니터링 제어 시스템을 제공한다.



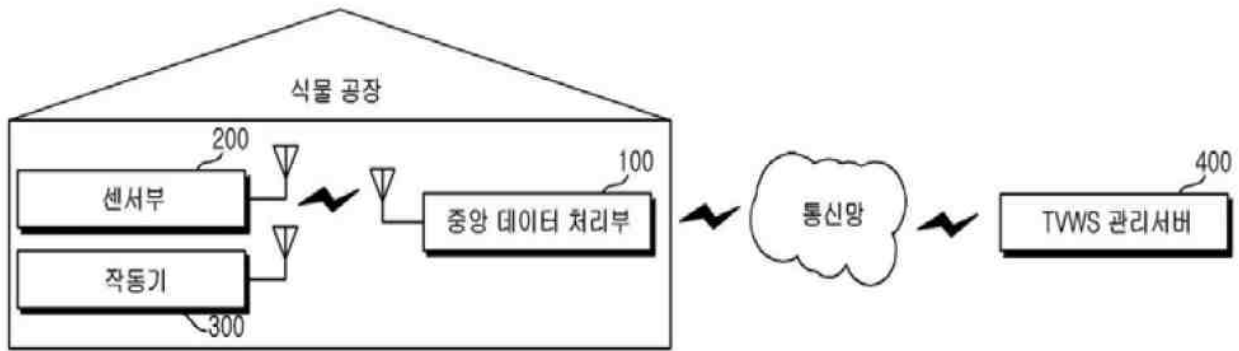


그림 3.6.7 TVWS 기반의 시나리오

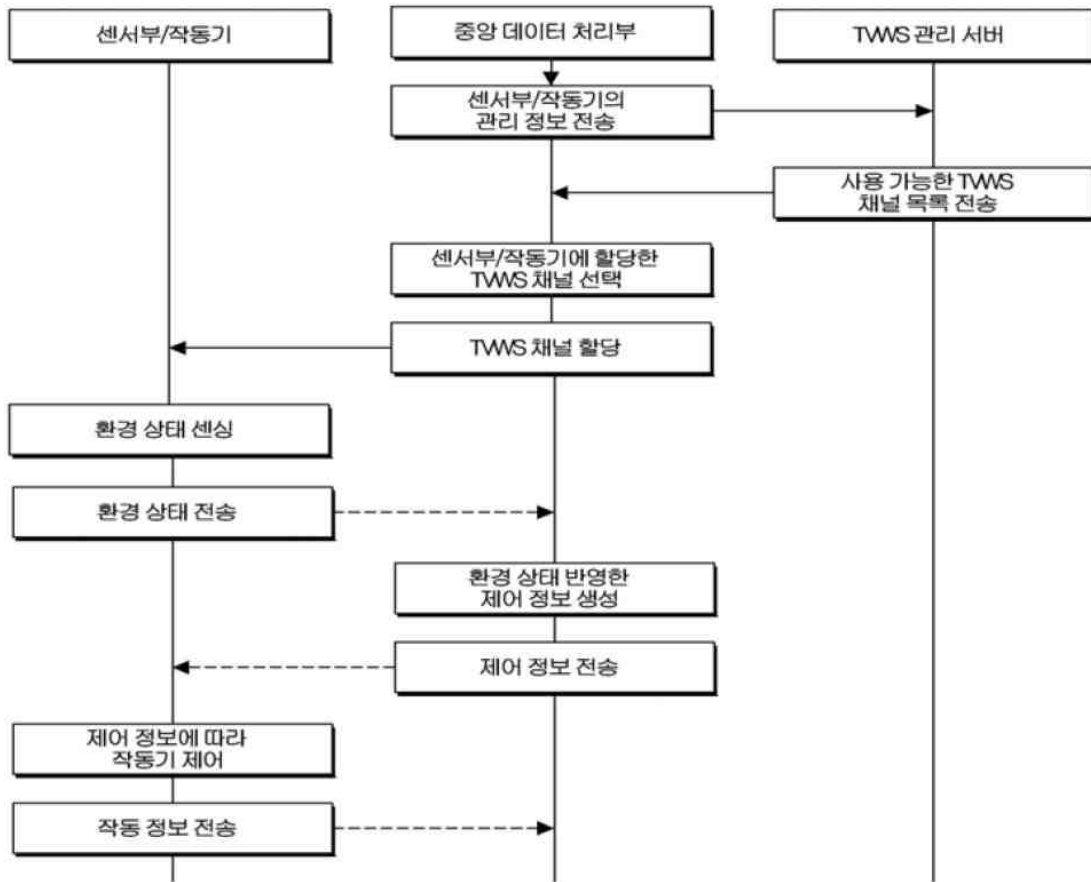


그림 3.6.8 TVWS 기반의 전체 절차도

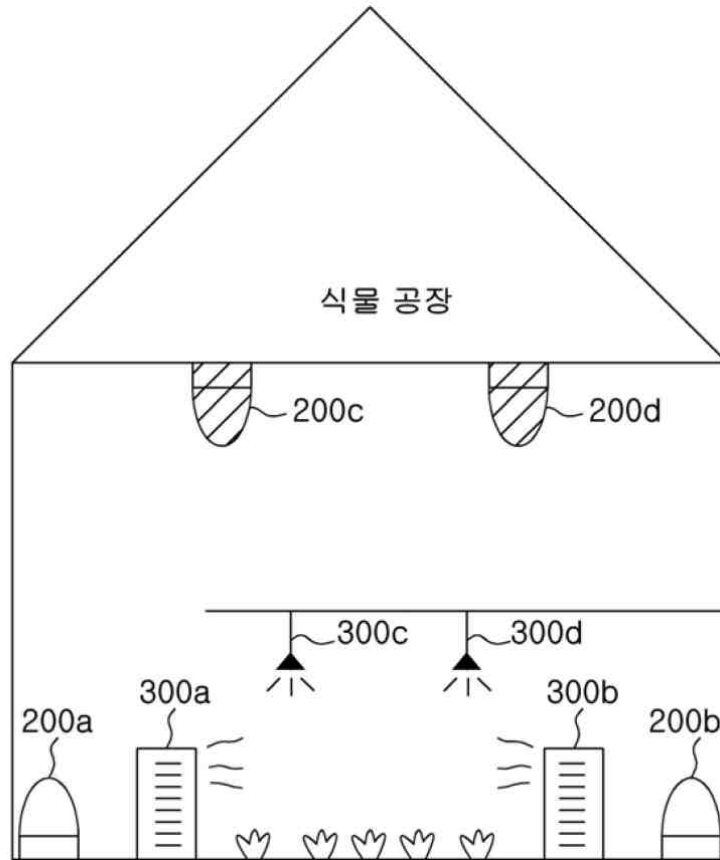


그림 3.6.9 TVWS 기반의 식물공장 구축 시나리오

#### 다. 스마트팜 정보 관리 시스템 및 관리 방법

- 일 측면에 따른 스마트팜 정보 관리 시스템은, 센서를 통해 공장 내에서 재배되는 관리 대상 작물의 생육 정보를 측정하여, 측정된 생육 정보를 전송하는 적어도 하나의 스마트팜이며 적어도 하나의 스마트팜으로부터 관리 대상 작물의 생육 정보를 수신하여, 관리 대상 작물의 생육 정보를 데이터베이스에 저장된 관리 대상 작물별 판매 적합 임계치 정보와 비교하고, 관리 대상 작물이 판매 적합하다고 판단되는 경우 관리 대상 작물의 생육 정보에 따라 변하는 판매 금액 정보를 포함하는 관리 대상 작물에 대한 상품 판매 정보를 생성하여 전송하거나, 관리 대상 작물을 데이터베이스에 저장된 조합 정보에 기초하여, 다수 개의 관리 대상 작물로 묶어 패키징 된 상품 판매 정보를 생성하고, 생성된 패키징 된 상품 판매 정보를 전송하는 관리 서버를 구성한다. 또한 관리 서버로부터 상품 판매 정보 또는 패키징 된 상품 판매 정보를 수신하여 판매 가능한 다양한 관리 대상 작물 정보를 소비자에게 제공한다.

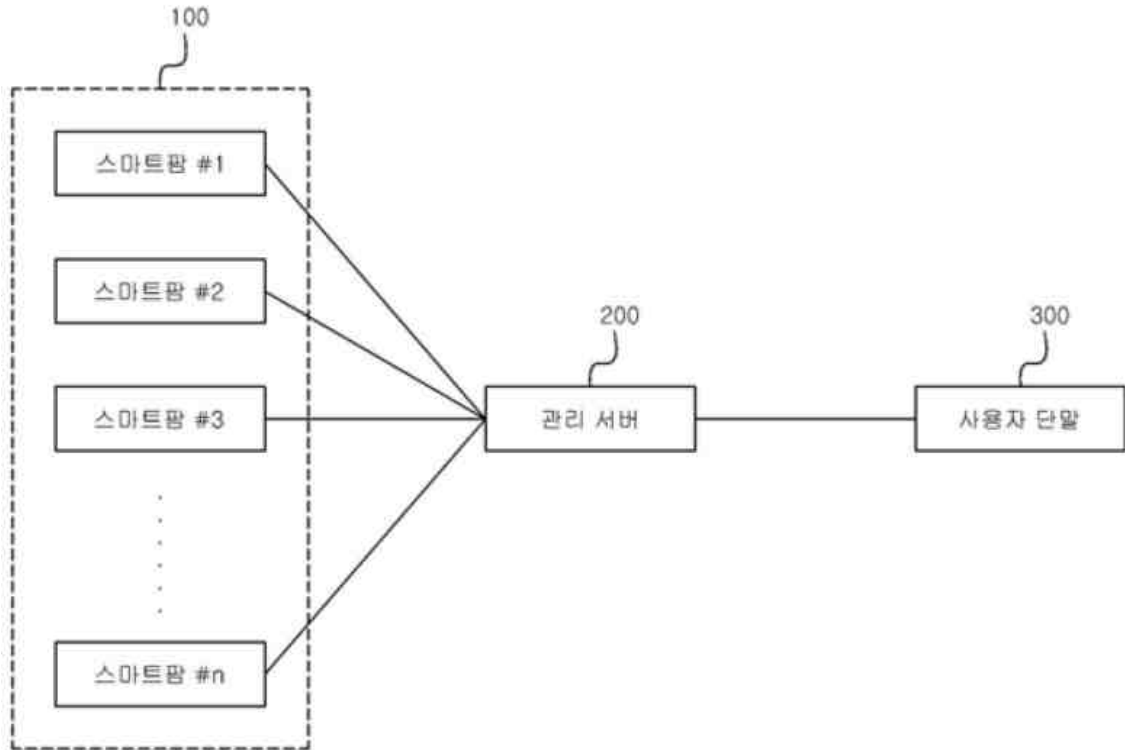


그림 3.6.10. 스마트팜 정보 관리 시스템 전체 시나리오

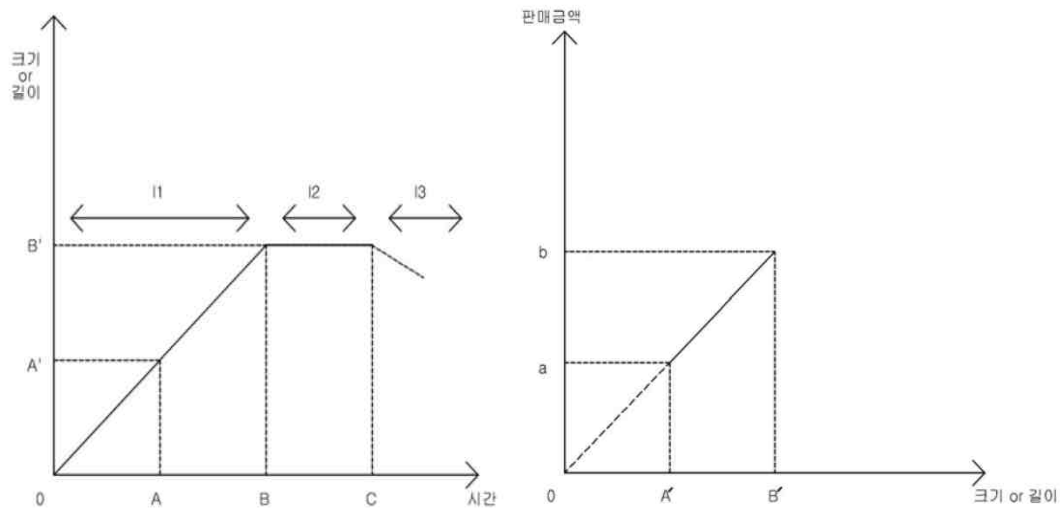


그림 3.6.11 스마트팜 생육 정보에 따른 금액 변동 모델

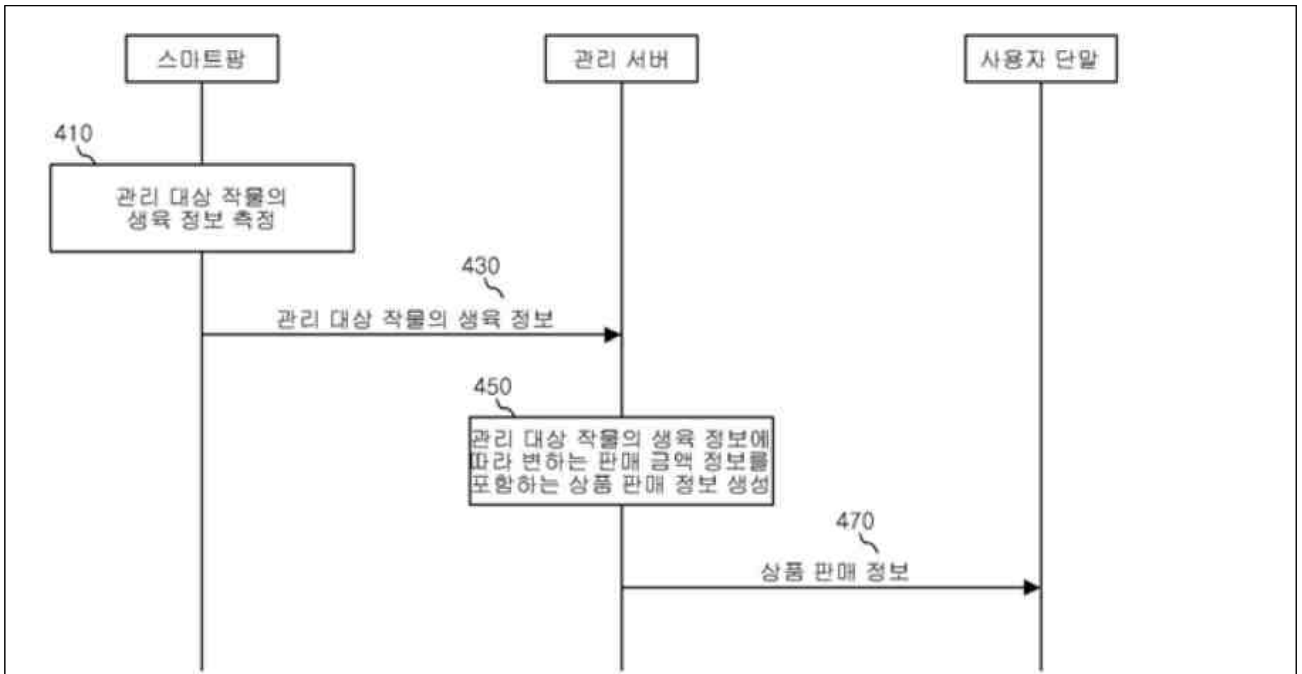


그림 3.6.12 스마트팜 정보 관리 시스템 전체 절차도

### 3.6.6. 식물재배기와 디자인 사업

#### 보급형 식물 재배기 (DIY) 생산 및 보급 사업

가정에서 키트 방식으로 제작하여 활용할 수 있는 식물재배기로 디자인된 모듈을 3D Printer로 출력해서 제작해서 사용할 수 있는 방식으로 사용자가 디자인을 일부분 변형해서 제작 할 수 있는 호환성을 부여한다. 또한 교육용으로 창의적 사고를 위한 프로토타입의 개념으로 교육용으로 활용하여 기본 디자인을 바탕으로 다양한 디자인 첨가를 하여 학생들이 스스로 자신만의 아이디어가 담긴 수경재배기를 만들 수 있는 포맷을 제공한다.

#### 인테리어용/가정용 재배기 디자인

가정용 재배기는 다양한 모듈 형태를 바탕으로 종류별로 식생하여 재배기의 크기를 조절할 수 있도록 구성한다. 모듈형 디자인을 바탕으로 계절별, 식용작물 특성별 가이드를 제안하여 생산할 수 있도록 모델을 구축한다. 이러한 모델은 가정 뿐 만 아니라 학급단위나 소규모 오피스 그룹, 레스토랑에서도 활용이 가능할 수 있다. 각 공간에 자연친화적 요소와 조명의 기능, 공기정화의 기능 등 다양한 효과가 있다. 양액과 종자 지원프로그램을 연계하여 정기적인 점검과 지원이 부가하면 활용도와 부가가치가 높아질 수 있는 모델이다. 정수기 등과 같이 정기적인 관리가 이루어지고 있는 회사와 협력하여 관리인원을 공유하는 방식도 필요하다. 웰스팜은 이러한 방식으로 비즈니스를 시작한 사례이다. 추후 가정용 재배기는 인류의 안전한 먹거리를 위한 필수적인 대안으로 다양한 비즈니스 모델로 활용 할 수 있는 가치가 높다.

### 3.7. CMO 시설을 이용한 작물재배의 경제성 평가

○ 도시농업의 한 모델로 LED 시설을 활용한 식물공장에 대한 경제성 평가를 수행하였다. 경제성 평가를 위한 시설 규모로 LED 광원을 활용한 20,000 포기의 재배시설을 대상으로 평가하였다. 전기요금은 도시농업도 농업용 전기 요금 단가를 적용받을 수 있도록 제도가 개선된다는 전제하에서 표 3.7.1의 단가를 적용하였다. 20,000포기 생산 시설의 시설별 전기소비량과 전비용을 표 3.7.2에 제시하였다. 월 전기소비량은 약 26,300 kWh이며 약 100 만원/월이 소요되는 것으로 평가되었다.

표 3.7.1 농업용 전기 단가

구분	용도	기본요금	전력량 요금
농업용전기(갑)	양곡생산용( 양수기, 펌프 등)	340원/kW	20.60원/kWh
농업용전기(을)	육묘 또는 전조 재배용	930원/kW	26.30원/kWh
농업용전기(병)	농작물 재배, 축산, 양장, 수산물 양식용	1070원/kW	36.40원/kWh

표 3.7.2 20,000 pot 재배시설의 전기사용량과 비용

시설명	수량	설계전기 용량 (kW)	전기 소비율 (%)	사용시간 (h/일)	사용량 (kWh/일)	사용량 (kWh/월)	계약 (kW)	단가 (원/kWh)	기본요금 (월)	전기요금(월)	소계 (천원)
LED	1	60.6	100	14	848	25,454	50	36.4	53,500	916.6	980.0
펌프	1	0.3	50	24	3	90		36.4		3.3	3.3
양액공급기	1	0.2	30	24	1.44	43.2		36.4		1.6	1.6
냉난방	4	1.0	40	24	38	1,152		36.4		42.0	42.0
육묘기	1	0.6	50	14	4.2	126		36.4		4.6	4.6
총 사용량		62.7		100	876	26,289		36.4		952	1,005

○ 본 연구에서 재배한 작물들에 대한 생산 data를 활용하여 경제성 평가 결과를 표 3에 제시하였다. 표 3.7.3은 경제성 평가의 한 예로 작물의 판매가격을 소비자가격의 약 50%로 도매가 기준으로 설정하고 시설의 감가상각을 반영하지 않은 순수 운영비만으로 평가한 결과이다. 건조한 바질을 생산하는 경우를 제외하고 모든 작물에서 수익을 내는 것으로 분석되었다. 연수익이 높은 작물들은 허브류로 평가되었다.



표 3.7.3. 도시농업 경제성 평가(순수 운영비 기준)

작물	생산량		매출					경비			생산원가			
	년간 생산성 (g/pot/년)	월 생산량	소매 가격 (원/kg, 원/pot)	농가 출하가 (원/pot, 원/kg)	도매 기준 매출	도매 기준 매출	전기료 (천원/월)	양액 (천원/월)	기타 (천원/ 월)	인건비 (천원/월)		총 경비 (천원/년)	순 수익 (천원/년)	
버터헤드 레터스	316	20,000	2,380	1,190	23,800	261,800	1,027	800	1,000	6,000	105,922	134,061	481	천원/pot
로메인	1,205	20,000	2,000	1,000	20,000	220,000	1,027	800	1,000	6,000	105,922	95,745	481	천원/pot
케일	976	1,627	25,000	12,500	20,333	223,667	1,027	800	1,000	6,000	105,922	99,106	5,920	천원/kg
레드캐피탈	737	1,228	25,000	12,500	15,354	168,896	1,027	800	1,000	6,000	105,922	48,899	7,839	천원/kg
루꼴라	314	524	150,000	75,000	39,263	431,893	1,027	800	1,000	6,000	105,922	289,980	18,394	천원/kg
생바질	364	607	188,000	94,000	57,058	627,638	1,027	800	1,000	6,000	105,922	469,413	15,864	천원/kg
건바질	29	48	300,000	150,000	7,125	78,375	1,027	800	1,000	6,000	105,922	-34,078	207,721	천원/kg
파슬리	459	765	188,000	94,000	71,910	791,010	1,027	800	1,000	6,000	105,922	619,171	12,587	천원/kg
페퍼민트	400	667	188,000	94,000	62,667	689,333	1,027	800	1,000	6,000	105,922	525,967	14,444	천원/kg
타임	159	265	188,000	94,000	24,910	274,010	1,027	800	1,000	6,000	105,922	145,254	36,337	천원/kg

- 광원으로 LED를 이용한 CMO 시설의 각 작물별 생산 원가를 표 3.7.4에 제시하였다. 감가상각은 20,000포기 생산 시설의 시설투자비를 각각 4억, 6억, 8억으로 산정하고 7년 동안 감가상각을 하는 것으로 평가하였다. 생산원가에 가장 많은 영향을 미치는 것은 시설비의 감가상각으로 평가되었다. 감가상각 없이 순수 운영비만으로 평가할 경우 버터헤드레터스는 약 480원/kg 이었고, 건바질의 생산 원가는 203,000원/kg 으로 가장 많이 소요되었다. 시설투자비 6억원 (감가상각 75,000천원/년)의 경우 시 감가상각 미반영의 경우와 비교하여 생산원가가 약 2배 상승하는 것으로 평가되고 있다.

표 3.7.4. 생산원가에 미치는 재배시설 감가상각의 영향 (천원/년)

작물	감가상각 (천원/년)				단위
	미반영	50,000	75,000	100,000	
버터헤드레터스	481	709	822	936	천원/포기
로메인	481	709	822	936	천원/포기
케일	5,920	8,714	10,111	11,508	천원/kg
레드캐피탈	7,839	11,540	13,390	15,240	천원/kg
루꼴라	18,394	27,076	31,418	35,759	천원/kg
생바질	15,864	23,352	27,096	30,840	천원/kg
건바질	202,721	298,415	346,262	394,109	천원/kg
파슬리	12,587	18,529	21,500	24,471	천원/kg
페퍼민트	14,444	21,262	24,671	28,080	천원/kg
타임	36,337	53,490	62,066	70,642	천원/kg

- 생산원가에 차지하는 각 항목들의 비중을 표 3.7.5에 제시하였다. 감가상각을 미반영한 순수한 운영비만을 기준으로 할 때 전기료가 약 11.6%, 인건비 68%로 인건비 비중이 가장 높다. 시설의 감가상각을 반영할 경우 감가상각의 비중이 시설투자비에 따라 85~92%의 절대적 비중을 차지하는 것으로 평가되었다. LED를 이용한 식물공장을 활용하는 도시농업의 경제성은 시설 투자비에 매우 많은 영향을 받으므로 기술발전에 따른 LED 생산단가의 하락이 매우 중요함을 알 수 있다.

표 3.7.5. 도시농업 생산물의 생산원가에 미치는 항목별 비중

원가 항목	감가상각 (천원/년)			
	미반영	50,000	75,000	100,000
전기료	11.6	1.7	1.2	0.9
인건비	68.0	10.2	7.2	5.5
양액	9.1	1.4	1.0	0.7
감가상각	0.0	85.0	89.5	91.9
기타	11.3	1.7	1.2	0.9
합계	100.0	100.0	100.0	100.0

- 광원으로 LED를 이용한 CMO 시설을 이용한 각 작물별 연수익에 미치는 감가상각의 영향을 평가하였다(표 3.7.6와 표 3.7.7). 표 3.7.6은 소비자가가격의 50%로 도매할 경우이고 표 7은 직판을 하는 경우의 연수익이다. 감가상각 반영금액이 많을수록 (시설 투자비가 많을수록) 수익이 현저하게 감소하는 것으로 평가되었다. 버터헤드레터스, 루꼴라, 생바질, 파슬리, 페퍼민트, 타임과 같은 고부가가치 작물은 높은 감가상각의 경우에도 수익이 양호하였다. 이는 도시 농업은 단순히 업체류 작물의 재배 보다는 고부가가치 작물의 재배가 필요함을 의미한다. 또한 직판의 경우 건바질을 제외한 모든 작물이 감가상각의 반영에도 불구하고 수익을 내는 것으로 평가되었다.
  
- 도시 농업은 단순한 농산물 생산으로 그치는 것이 아니라 음식점, 문화, 교육, 여가 등과 연계되어 2차적 부가가치의 창출과 삶의 질 향상 등의 파급효과가 크므로 단순히 생산원가와 1차 생산물의 수익만으로 경제성을 평가하는 것은 무리이다. 본 연구의 경제성 평가는 기초적인 생산원가와 1차 생산물 판매수익에 대한 경제성만을 분석한 것으로 한계가 있다. 향후 2-3차 효과를 반영한 다양한 비즈니스 모델에 대한 경제성 분석이 필요하다.

표 3.7.6 년수익에 미치는 재배시설 감가상각의 영향 (판매가 소비자가격의 50% 기준)

작물	년수익	감가상각 (천원/년)				
		미반영	50,000	75,000	100,000	
버터헤드레터스	134,061	84,061	59,061	34,061	천원/년	
로메인	95,745	45,745	20,745	-4,255	천원/년	
케일	99,106	49,106	24,106	-894	천원/년	
레드캐피탈	48,899	-1,101	-26,101	-51,101	천원/년	
루꼴라	289,980	239,980	214,980	189,980	천원/년	
생바질	469,413	419,413	394,413	369,413	천원/년	
건바질	-34,078	-84,078	-109,078	-134,078	천원/년	
파슬리	619,171	569,171	544,171	519,171	천원/년	
페퍼민트	525,967	475,967	450,967	425,967	천원/년	
타임	145,254	95,254	70,254	45,254	천원/년	

표 3.7.7 년수익에 미치는 재배시설 감가상각의 영향 (직판기준)

작물	년수익	감가상각 (천원/년)				
		미반영	50,000	75,000	100,000	
버터헤드레터스	374,045	324,045	299,045	274,045	천원/년	
로메인	297,411	247,411	222,411	197,411	천원/년	
케일	304,134	254,134	229,134	204,134	천원/년	
레드캐피탈	203,720	153,720	128,720	103,720	천원/년	
루꼴라	685,882	635,882	610,882	585,882	천원/년	
생바질	1,044,748	994,748	969,748	944,748	천원/년	
건바질	37,766	-2,234	-37,234	-62,234	천원/년	
파슬리	1,344,263	1,294,263	1,269,263	1,244,263	천원/년	
페퍼민트	1,157,856	1,107,856	1,082,856	1,057,856	천원/년	
타임	396,430	346,430	321,430	296,430	천원/년	

### 3.8. 연구 개발성과

○ 연구목표 대비 성과표

성과목표	사업화지표								연구기반지표								
	지식 재산권		기술이전	사업화 3 + 9					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 등) 활용
	출원	등록		제품화	기술창업	매출창출	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책 활용	홍보 전시	
										SCI	비 SCI						
최종목표	5	1	1				3				5	15	10	1	10		
1차 년도	목표	1										5	2		3		
	실적	1								2	2	7	2		4		
2차 년도	목표	1					1				2	5	4		3		
	실적	6					5				3	5	2		2		
3차 년도	목표	5	1	1			2				3	5	4	1	4		
	실적		1	1			4			3	2	7	7	2	5		
소 계	목표	5	1	1			3				5	15	10	1	10		
	실적	7	1	1			9			2	3	7	19	11	2	11	
종료 1차년도		2	1				1					5			5		
종료 2차년도			1									5			5		
종료 3차년도			1									5			5		
종료 4차년도																	
종료 5차년도																	
소 계		2	3				1					15			15		
합 계		9	4	1			4			2	3	7	33	11	2	26	

가. 사업화지표

(1) 지식재산권 출원/등록

No	지식재산권 등 명칭	국명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	특허	Korea	승실대학교 산학협력단	2015.03.31	10-2015-0044803	승실대학교 산학협력단			100%
2	특허	Korea		2016.05.26	10-2016-0064686				100%
3	디자인	Korea		2016.05.24	30-2016-0024786				100%
4	디자인	Korea		2016.05.24	30-2016-0024783				100%
5	디자인	Korea		2016.05.24	30-2016-0024779				100%
6	디자인	Korea		2016.05.24	30-2016-0024772				100%
7	디자인	Korea		2016.05.24	30-2016-0024762				100%
8	특허	Korea						2016.12.19	10-1689-2430000

(2) 기술이전

No	기술명	실시기관	기술실시일	유무상여부	기술실시권유형	기술유형
1	라즈베리파이와 LoRa를 이용한 간섭맵 기반 IoT 통신기술 기술이전	(주)중성테크	2017.03.31	유상	직접실시	노하우



(3) 사업화

사업화

번호	사업화명	제품명	업체명	사업화 형태
1	수경재배 장치	육묘 수경 재배 장치	대산정밀	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화
2	자동 환경 제어 챔버형 LED 수경재배 장치	자동 환경 제어 챔버형 LED 수경재배 장치	대산정밀	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화
3	3단2열2.6M 빌트인형 LED 수경재배 장치	3단2열2.6M 빌트인형 LED 수경재배 장치	대산정밀	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화

나. 연구기반지표

(1) 학술성과

(가) 논문

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	여부(/비)
1	Gold nanoparticle-based surface-enhanced Raman scattering Fe(III) ion sensor	Bulletin of the Korean Chemical Society	조광휘	36(1)	Korea		SCI
2	Identification of Isomers of Organometallic Compounds	Bulletin of the Korean Chemical Society	조광휘	36(6)	Korea		SCI
3	옥외용 LED조명기구를 위한 인체감지용 멀티센서 모듈 개발	Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers	염정덕	30(10)	Korea		비SCI
4	양액재배를 위한 생육환경 모니터링 및 제어 플랫폼에 관한 연구	한국통신학회논문지	이원철	41(09)	Korea	한국통신학회	비SCI
5	푸드 마일리지와 식물공장을 활용한 저탄소 환경교육 프로그램의 개발과 적용	환경교육	류희욱	29(4)	Korea	환경교육학회	비SCI

(나) 학술발표					
No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2015년도 한국통신학회 하계종합학술발표회	연인원	2015.06.25	제주 라마다	아두이노를 이용한 식물공장용 모니터링 시스템
2	2015년도 한국통신학회 추계종합학술발표회	연인원	2015.11.21	서울대학교	아두이노를 이용한 식물공장용 양액 자동화 시스템
3	2016년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	연인원	2016.01.21	하이원리조트	식물 생육환경 모니터링을 위한 DB 연동형 아두이노 시스템
4	2016년도 한국통신학회 추계종합학술발표회	연인원	2016.11.19	중앙대학교	IoT기반 생육환경에 따른 성장속도 비교 연구
5	2017년도 한국통신학회 동계종합학술발표회	연인원	2017.01.18	하이원리조트	수경재배 생육환경을 위한 부트스트랩 기반 스마트팜 모니터링 및 제어시스템
6	2017년 JCCI 종합합동학술대회	최주평	2017.04.27	부산 노보텔 엠버서더	아두이노를 이용한 스마트팜 IoT 시스템

(2) 교육지도

교육 및 지도활동 내역				
번호	교육명	교재명	주요내용	년도
1	KAIST 2015년 생명화학공학과 세미나	KAIST 2015년 생명화학공학과 세미나 유인물	미래 먹거리와 환경 문제를 해결을 위한 식물공장 전망	2015
2	도시농업(식물공장) 교육 프로그램 담당교사 교육	도시농업(식물공장) 교육 프로그램 담당교사 식물공장 교육 유인물 자료	도시농업(식물공장) 교육 프로그램 담당교사 식물공장 교육	2014
3	도시농업(식물공장) 주제의 학생용 교육콘텐츠 3건 개발	초등학생용교육교재	한국과학창의재단과 지자체(서대문구, 용산구, 마포구, 영등포구, 양천구, 송파구) 지원으로 운영되고 있는 "생활과학교실" 수업용 초등생 교육콘텐츠 3건 개발	2015
4	도시농업(식물공장) 주제의 과학탐	도시농업 주제의	한국과학 창의재단과 지자체	2015

	구교육 1건	과학탐구교육 유인물	(서대문구, 용산구, 마포구, 영등포구, 양천구, 송파구) 지원으로 운영되고 있는 '생활과학교실' 학생대상으로 아래와 같이 교육 프로그램을 운영함	
5	송실대 도시농업 CMO 융합연구 학술 세미나	송실대 도시농업 CMO 융합연구 학술 세미나 발표자료	송실대 도시농업 CMO 융합연구 학술 세미나	2015
6	옥상농업 기술지도	옥상농업 기술지도 유인물	경량토를 이용한 옥상텃밭의 설계 및 설치 작물의 재배	2015
7	도시농업의 미래	도시농업의 미래 유인물	농업의 발전 단계 환경과 먹거리의 관계 도시농업 (식물공장) 소개 도시농업의 미래	2014
8	식물공장을 주제로 한 ICT 기반 과학공학탐구 교육 (청소년 공학캠프)	미래먹거리와 환경 문제 해결을 위한 식물공장 전망	영등로 구청과 함께하는 청소년 공학캠프 : 식물공장을 주제로 ICT 기반 과학공학탐구 활동 전문가 초청 특별강연 : 류희욱 "미래 먹거리와 환경문제 해결을 위한 식물공장 전망"	2015
9	공학설계활동과 팀내, 팀간 협력 기반 고등학교 공학 캠프 프로그램 운영 : 식물공장	공학설계활동과 팀내, 팀간 협력 기반 고등학생 공학캠프 프로그램	공학설계활동과 팀내, 팀간 협력 기반 고등학교 공학 캠프 프로그램 운영 : 식물공장 디자인 및 만들기	2016
10	도시농업 장려를 위한 도시농업의 현황과 미래	도시농업 장려를 위한 도시농업의 현황과 미래 PPT	"도시농업 장려를 위한 도시농업의 현황과 미래" 강의 조광휘 교수	2015
11	도시농업(식물공장) 교육 프로그램 초등학생 교육	초등학생용교육교재	초등학생 대상 도시농업 (식물공장) 교육 프로그램	2016
12	디지털 LED 조광구동 기술세미나 실시	유인물 자료	디지털 LED 조광구동 기술세미나 실시	2016
13	도시농업(식물공장) 주제의 학생용 교육 콘텐츠 개발	식물공장에 가다	식물공장에 대한 소개와 이론, 식물공장에서 이루어지는 씨앗의 발아, 육묘, 재배 체험에 관한 내용	2016

14	식물공장 체험을 통한 장애학생의 정서 함양 프로그램	장애학생 교육프로그램	식물공장에서 이루어지는 씨앗의 발아, 육묘, 재배까지 이론 설명후 직접 체험해 보고 식물공장 내의 모종을 LED 화분에 옮겨 심어 집에 가져가서 관찰하기.	2016
15	인공광원 LED 화분의 이해	LED 화분 만들기	식물이 광합성을 하는데 꼭 필요한 빛을 인공광원인 LED 전구를 부착하여 화분 만들기	2016
16	2016-2학기 자유학기제 진로체험 캠프	중학생 진로체험 캠프	2016년 2학기 자유학기제 진로체험 캠프에서 식물공장에 대한 소개후 인공광원인 LED 전구를 부착하여 회로를 연결해서 LED 화분을 만들어 본다	2016
17	2017 지역사회 연계 상생 프로그램	식물공장 체험교실	연구소 내의 미래 도시농업 형태의 식물공장을 견학하여 자동화 시스템의 수경재배로 자라는 식물들을 둘러보고 씨앗의 발아, 육묘, 재배하는 과정을 연구원의 시연을 보며 즐거운 시간을 보냈다. 또한 식물공장의 이해를 돕기 위한 강의와 교육용 모형 LED화분을 직접 만들어 연구소에서 재배한 식물인 허브(바질)를 키워보는 기회도 가졌다.	2017
18	LED 등기구의 M/W 센서 제어 로직 설계에 대한 기술세미나	유인물 자료	LED 등기구의 M/W 센서 제어 로직 설계에 대한 기술세미나 실시	2017
19	이화여자대학교 ELTEC 공학교실	유인물	식물공장을 주제로 한 공학 탐구 활동 미래먹거리와 환경문제 해결을 위한 식물공장 전망	2017

(3) 인력 양성

No 1	분류	기준 년도	현 황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
	졸업	2016	1	8	1	1	7	4	10					1

(4) 정책활용					
정책활용 내역(농정시책 반영 및 정책건의)					
번호	정책활용상태	주관부처	시책추진실적 및 계획		활용년도
1	정책건의	도시농업과	'도시농업 활성화를 위한 보급형 식물재배 시스템 생산지원(CMO) 구축'에 관한 과제 수행 중 이를 통해 구축된 시설과 경험으로 다양한 프로그램을 개발하고 동작구에 도시농업에 대한 지역주민의 관심도를 높이는 교육 및 체험교실을 통한 복지 프로그램을 제안하여 지역사회에 기여하고자 합니다.		2017
2	정책건의	동작구청 업무혁신팀	미래형 도시농업의 형태인 스마트팜에 대한 정보와 지식을 접할 기회를 제공하여 지역주민의 이해를 돕고 교육과 체험 프로그램을 활성화하여 도시농업에 대한 관심도를 높이며 지역주민을 위한 복지 프로그램을 동작구와 함께 진행한다.		2017
(5) 홍보전시 (가) 신문, 방송, 저널					
홍보실적(신문, 방송, 저널 등)					
번호	홍보유형	매체명	제목	일시	
1	중앙전문지	동작신문	식물공장 돌아보며 미래 도시농업 체험해요	2017-06-01	
2	기타	현장체험학습	도시농업의 실내 환경 및 설비	2017-06-07	
3	Internet/PC 통신	HCN 뉴스와이드	도시농업 '실내 스마트팜' 동작구에서도 열매 맺을까?	2017-06-14	
(나) 전시회					
전시회 등 참여(전시회, 박람회, 제품설명회 등)					
번호	유형	행사명칭	전시품목	장소	활용년도
1	박람회	The world's biggest annual food & hospitality show	가정용 재배기 및 과제 수행 홍보	Dubai World Trade centre	2015
2	박람회	서울도시농업박람회	송실대 CMO 홍보 및 과제수행 홍보	서울시청광장	2015
3	박람회	도시농업 적정기술을 만나다	송실대 CMO 홍보 및 과제수행 홍보	노원등나무근린공원	2015
4	기타	송실대 도시농업 CMO 융합 연구 학술 세미나	송실대 CMO 홍보 및 과제수행 홍보	송실대학교 베어드홀	2015

5	박람회	서울도시농업박람회	승실대 CMO 홍보 및 과제수행 홍보	어린이대공원	2016
6	박람회	마.들.장.	가정용 재배기 및 과제 수행 홍보	노원등나무근린공원	2016
7	박람회	서울도시농업박람회	승실대 CMO 과제 홍보 및 허브가루, 페스토, 모형LED화분	어린이대공원	2017
8	전시회	환경의 날 행사	승실대 CMO 과제 홍보 및 연구소 생산품, 모형 LED 화분 전시	등나무 근린공원	2017





---

## 제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

---



## 4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-06	
4-1. 목표달성도				
○ 본 연구의 최종목표는 도시농업 관련 중소기업을 지원하기 위한 새로운 형태의 민간위탁생산 조직(CMO) 구축으로 연구 목표를 달성하기 위해 수행한 연차별 연구개발내용과 달성도는 다음과 같다.				
가. 1차년도 연구 목표 달성도				
구분	세부연구목표	연구개발 수행내용	비중	달성도 (%)
CMO 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>시험용 재배시설 구축</li> <li>- 재배시설 20m<sup>2</sup> 1개실 구축</li> <li>- 무균실, 멸균기, 배양기 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시설 20m<sup>2</sup> 1개실 구축</li> <li>무균실, 멸균기, 배양기 각 1기</li> </ul>	30	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업용 작물 선정</li> <li>- 적합 작물선정: 10종</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>적합 작물선정: 10종</li> </ul>	30	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>양액 시험 기초시설 구축</li> <li>- 양액 시험시설 1기 구축</li> <li>- IC 기반 양액 성분 분석 시스템 1기 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양액 시험시설 1기 구축</li> <li>IC 기반 양액 성분분석시스템 1기 구축</li> </ul>	5	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>광량시험시설의 구축</li> <li>- 광량 시험 기초시설 1set 구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>광량 시험 기초시설 1set 구축</li> </ul>	2	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배환경제어용 무선망 설계 모델 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배환경제어용 무선망 설계 모델 1set</li> </ul>	8	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>식물 재배기 분석 및 디자인</li> <li>- 컨셉디자인 2건 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>컨셉디자인 2건 이상</li> </ul>	10	100
Hub Center 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>산·학·관·연 전문가 network 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업(식물공장)관련 기술세미나 1회 개최</li> </ul>	2	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>CMO를 위한 위탁생산 협력업체 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협력업체 정기회의 1회 이상개최</li> </ul>	3	100

<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 지원단 (현장애로기술 포함) 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 지원단 참여인원 10명 이상</li> </ul>	3	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>홍보 및 교육 지원단 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업(식물공장) 교육프로그램개발 담당교사 교육 1건 이상</li> <li>도시농업(식물공장)주제의 학생용 교육콘텐츠 2건 개발</li> <li>도시농업(식물공장)주제의 과학 탐구교육 1건</li> <li>도시농업(식물공장)주제의 세미나 2건 : 송실대 의생명강의, KAIST 강의</li> <li>홍보(전시) 3건</li> </ul>	5	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>농식품부 정책부서와 정책자문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>농식품부 정책부서와 정책자문 회의 2회 개최</li> </ul>	2	100

나. 2차년도 연구 목표 달성도

구분	세부연구목표	연구개발 수행내용	비중	달성도 (%)
CMO 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시설 구축 (NFT 시설 및 양액/광원 최적화 모듈)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFT 재배시설 (8m<sup>2</sup>) 1개</li> <li>양액/배광 최적화 시험시설 1set</li> </ul>	30	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업용 작물 재배 조건 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업용 작물 선정기준마련 및 선정</li> <li>도시농업용 육묘재배/ 작물 재배 최적화</li> <li>경화관련 작물재배조건 최적화</li> <li>모듈형 식물재배기에 적합한 육묘생산연구</li> <li>재배작물 고품질화를 위한 재배 조건 연구</li> </ul>	23	100

	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석시설 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석실 구축장비: IC, LC • 발아울, GC, EC 등 각 1기</li> </ul>	5	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>광량 및 광색 가변 작물 재배 시험 장치 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>광량, 광색 디지털 가변 작물 재배 시험장치 구축</li> <li>백색 LED의 Glass Remote Phosphor 구조 최적화</li> </ul>	2	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배기 환경 제어 시스템 연구</li> <li>재배환경 제어정보 무선 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생육관련 Wi-Fi 센서망을 구축하여 데이터 송수신을 구현</li> <li>온습도, pH, EC를 모니터링 가능한 웹사이트를 구축</li> </ul>	10	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>식물 재배기 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 시뮬레이션 및 프로토타입 개발 및 육묘 적용</li> <li>스케일 모형을 활용한 설치 및 사용성 평가</li> <li>특허출원 및 디자인특허 출원</li> </ul>	20	100
Hub Center 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>산·학·관·연 전문가 network 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업(식물공장)관련 기술세미나 1회 개최</li> </ul>	2	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>CMO를 위한 위탁생산 협력업체 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협력업체 상호협정</li> <li>LED 구동기술 세미나</li> </ul>	3	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 지원단 (현장애로기술 포함) 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술의뢰 7건</li> </ul>	3	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>농식품부 정책부서와 정책자문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>농식품부 정책부서와 정책자문 2건</li> </ul>	2	100
<b>다. 3차년도 연구 목표 달성도</b>				
구분	세부연구목표	연구개발 수행내용	비중	달성도 (%)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>재배시설 구축: Deep Water Culture (DWC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DCW 2기 구축</li> <li>DCW/NTF 복합 재배시설 1기</li> </ul>	30	100

CMO 기반 구축	Growing System 1기 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높이 조절형 DCW 1기 구축</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시농업 작물 재배기술 정립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20여종의 작물 재배: 작물별 생산량, 생산성 등 제시</li> </ul>	23	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3D Printer 이용 시제품 생산 기반 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3D Printer 시설 구축 (AHA 센터 공동 구축)</li> </ul>	5	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CMO 비즈니스 모델</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CMO 비즈니스 모델 제시</li> </ul>	2	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재배시설의 ICT 기반 제어 시스템 구축</li> <li>▪ 재배환경 제어용 무선 인프라 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재배시설의 ICT 기반 제어 시스템 1 set</li> <li>▪ 재배 환경 제어 장치 연동 무선 원격 검침 UI 개발</li> <li>▪ 스마트폰원격 제어용 안드로이드 기반 앱개발</li> <li>• 광량, 광색 디지털 가변 작물 재배 시험장치 구축</li> </ul>	10	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 보급형 식물재배용 모듈 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 디자인 보완 및 선정: 3D printer 생산용</li> <li>▪ 3D printer 이용한시제품 개발</li> <li>• 특허 및 디자인특허 출원</li> </ul>	20	100
Hub Center 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시농업 전문인력 양성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시농업 기술세미나</li> </ul>	2	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기술지원단 운영 및 창업지원 프로그램 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기술지원 (현장애로기술 포함) 5회 이상</li> </ul>	3	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 홍보 및 교육 지원단 운영 (대국민 홍보 및 지식 나눔 행사)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시농업(식물공장) 교육 콘텐츠 개발 2건</li> <li>▪ Hub center 시설 이용 체험 프로그램 운영 2건</li> <li>▪ 홍보(전시) 다수</li> </ul>	3	100
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농식품부정책부서와 정책자문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동작구 정책자문</li> </ul>	2	100



## 4-2. 관련분야 기여도

### 가. 경제·산업적 측면

- 보급형 식물재배시스템 생산산업 육성에 기여: CMO hub Center에 다양한 재배시설들을 구축함으로써 관련 사업체를 운영하거나 예비창업자들이 시제품의 생산을 위한 Test-Bed 역할 수행
- 다양한 작물들, 특히 고부가가치 작물들을 재배 및 선별할 수 있는 인프라 제공
- 산업디자인을 적용하여 식물재배기의 고부가가치화와 새로운 수요 창출에 기여 가능
- 도시농업에 적합한 다양한 작물들을 제시함으로써 일반 시민들도 손쉽게 재배 가능한 접한 작물들에 대한 정보제공
- 도시민들이 용이하게 원하는 장소(옥상, 아파트 등)에서 식용 또는 관상용 식물들을 재배할 수 있도록 하는 보급형 식물재배시스템 생산 가능하게 되어 새로운 산업 분야 즉 소형 보급형 식물재배시스템 생산산업의 육성에 기여
- Hub center를 통해 도시농업관련 다양한 기술 지원 및 교류의 장 마련에 기여
- IoT 접목한 스마트 도시농업 발전에 기여: TVWS(TV White Space), LoRa, NB-IoT, Sigfox 등을 연구하여 도시에서도 장거리 통신이 가능하며, 데이터 손실 저감.
- 구축 CMO 시설에서 다양한 교육과 체험 프로그램을 운영하고 홍보함으로써 도시농업의 대한 이해와 확산에 기여하고 도시농업 관련 산업의 발전에 기여할 것으로 기대됨.

### 나. 사회·문화적 측면

- 사회·문화적인 효과: 도시민의 여가활동, 체험욕구, 농사에 대한 관심도 상승으로 부각된 도시농업의 역할을 극대화할 수 있을 것으로 궁극적으로 전 국민의 삶의 질을 향상을 꾀할 수 있을 것임
- 교육적인 측면: 본 연구에서 생산되는 재배시스템을 활용하여 초·중·고교에서 직접 먹거리를 재배, 생산하는 체험학습 프로그램을 운영할 수 있을 것이며 상시 재배시스템을 갖춘다면 학교 급식에 공급할 수도 있을 것임
- 보건의학적인 측면: 크고(식물공장 기업) 작은(개인, 학교, 기관 등) 청정 환경의 식물재배시스템에서 생산되는 무농약 농산물을 공급함으로써 안전한 먹거리 제공에 의한 국민 보건 향상에도 기여할 것으로 기대됨.



---

## 제5장 연구결과의 활용계획 등

---



## 5. 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

### [CMO hub 센터의 활용 계획 및 추가연구]

- CMO hub Center에 구축된 식물공장과 온실의 다양한 재배시설/분석시설들과 본 연구를 통해 구축된 기술들을 아래 그림에 제시한 바와 같이 활용할 계획이다.
- CMO 시설을 활용할 수 있는 분야는 (1) 생활과학과 문화교육, (2) 도시농업 전문가 양성, (3) CMO hub 센터의 시설 및 장비 활용, (4) 생산기반 시설 활용, (5) IoT 관련 사업, (6) 식물 재배기와 디자인 등으로 다양하게 활용할 계획이다.

### CMO hub 센터의 활용 모델

CMO hub 센터의 시설 및 장비 활용 사업	생산 기반 시설 활용 사회적기업	IoT 관련 사업
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시생산시설 임대</li> <li>▪ 기기분석시설운영: 분석시료분석</li> <li>▪ 기술지원 및 컨설팅 사업</li> <li>▪ 산학 연구사업</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 소외계층 일자리 창출사업: 소외계층 생산인력 활용 작물 재배 및 상품화</li> <li>▪ 생산제품 응용한 생활협동조합 및 패스트푸드점 사업</li> <li>▪ 학교급식/음식점 등 업체류 공급 사업</li> <li>▪ 육묘공급사업: 도시농업용 육묘생산 및 보급</li> <li>▪ 양액 공급사업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 맞춤형 건강식품 정보 제공 시스템</li> <li>▪ TVWS 기반의 식물공장 모니터링 제어 시스템</li> <li>▪ 스마트팜 정보 관리 시스템 및 관리 방법</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단/중기 기술교육과정 프로그램 개발 및 운영</li> <li>▪ 전문연구인력양성 과정 프로그램 개발 및 운영</li> <li>▪ 창업 교육 프로그램 개발 및 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 청소년 대상 교육 프로그램 개발 및 운영</li> <li>▪ 도시농업 및 식물공장 관련 교재교구 개발</li> <li>▪ 생활과학교실 운영: 프로그램/교재교구 개발</li> <li>▪ 경로층/주부/장애인 대상 기술교육과정 프로그램 개발 및 운영 (문화교실)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 보급형 식물 재배기 (DIY)</li> <li>▪ 인테리어용/가정용 재배기 디자인</li> <li>▪ 도시농업적용 건축디자인</li> </ul>
도시농업 전문가 양성 교육사업	생활과학과 문화 교육 사업	식물재배기와 디자인 사업

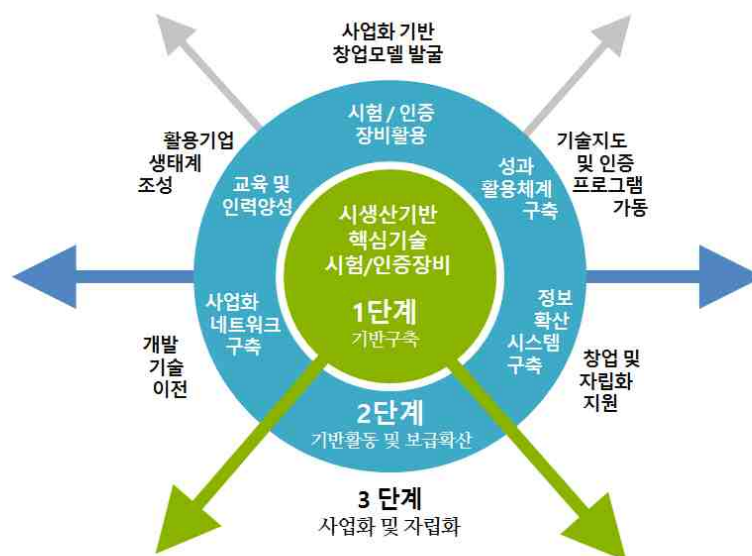
- CMO 시설을 활용하여 과제 종료된 이후에도 초중고등생, 대학생, 지역주민들을 대상으로 다양한 교육 프로그램들을 운영 중이거나 계획 중이며 도시농업 아카데미를 개설할 계획이다. 특히 청년층을 대상으로 다양한 교육과정과 캡스톤 디자인, 창업 경진대회 등에 활용하여 예비 도시농업인과 도시농업 관련 산업의 육성에 적극 활용할 예정이다.
- 본 CMO 시설을 활용하여 소외계층 뿐 아니라 노인층과 주부, 학생 등을 포함한 일반 도시민을 위한 시설로 개방하여 원예치료 등 정서적면을 측면에서 공유할 수 있도록 지자체와 지역사회와 협력하여 운영하는 방안을 모색할 예정이다.

- CMO hub Center에 구축된 시설들을 활용하여 도시농업을 활성화하고 육성하기 위한 다양한 융합 영역에 대한 contents 개발 연구가 필요하다. 제안한 CMO 활용 모델들을 구현하고 도시농업 관련 산업육성과 풍요로운 삶을 위해 제시한 영역들과 관련된 체계적이고 심화된 연구들이 필요할 예정이다.
- 기능성 작물이나 고부가가치의 특용작물 중심으로 IoT 기반의 재배기술을 집중 연구하여 재배기를 통한 대량 생산기술의 개발이 필요하다. 향후 활용 모델과 관련된 다양한 후속 연구들을 진행할 예정이다.
- 구축된 CMO 시설을 활용하여 특정 작물에 대한 양액과 광원, 재배 기술 등에 대한 집중적인 후속 연구를 통해 도시농업 작물재배, 생산시스템 및 기술 개발 예정이다.

### [ 자립화 추진 전략 ]

CMO hub Center에 구축된 시설들을 지속적으로 운영할 수 있도록 자립화 방안이 필요하며, 이를 위한 자립화 추진 전략은 다음과 같다.

- 1단계: 생산 핵심 기술 시험 및 인증 시설 구축
  - 핵심 시설 및 장비 구축, 사업화 지원 인프라 구축, 네트워크 구축 위한 연계 활동
- 2단계: 기반 활동 및 보급 확산
  - 허브센터를 중심으로 사업화 네트워크 구축, 핵심 시설 및 장비 활용, 교육 및 인력 양성 프로그램 운영, 성과 활용 체계 구축, 정보 확산 시스템 구축
- 3단계: 사업화 및 자립화
  - 창업자 육성 및 지원 프로그램, 활용 기업 생태계 조성, 사업화 기반 창업 모델 발굴, 기술 지도 및 인증 프로그램 가동, 체험 및 홍보 프로그램



---

## 제6장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

---





## 6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
<ul style="list-style-type: none"><li>○ Nattapol Kaewmard, Saiyan Saiyod “Sensor Data Collection and Irrigation Control on Vegetable Crop Using Smart Phone and Wireless Sensor Networks for Smart Farm,” 2014 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE), October, 26-28 2014.</li><li>○ Siwakorn Jindarat, Pongpisitt Wuttidittachotti “Smart Farm Monitoring Using Raspberry Pi and Arduino,” 2015 IEEE 2015 International Conference on Computer, Communication, and Control Technology (I4CT 2015), April 21 - 23.</li><li>○ <a href="https://www.dfrobot.com/">https://www.dfrobot.com/</a></li><li>○ <a href="https://www.sensirion.com/en/">https://www.sensirion.com/en/</a></li></ul>	



---

## 제7장 연구개발결과의 보안등급

---



## 7. 연구개발결과의 보안등급

		코드번호	D-09				
<table border="1"> <tr> <td>                     보안등급 분류                      (해당하는 곳에 √ 체크)                 </td> <td> <input type="checkbox"/> 보안과제    <input checked="" type="checkbox"/> 일반과제                 </td> </tr> <tr> <td>                     결정사유                      (보안과제인 경우 작성)                 </td> <td></td> </tr> </table>		보안등급 분류 (해당하는 곳에 √ 체크)	<input type="checkbox"/> 보안과제 <input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	결정사유 (보안과제인 경우 작성)			
보안등급 분류 (해당하는 곳에 √ 체크)	<input type="checkbox"/> 보안과제 <input checked="" type="checkbox"/> 일반과제						
결정사유 (보안과제인 경우 작성)							





---

## 제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

---



## 8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)		
해당사항 없음.								



---

## 제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

---



## 9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

코드번호	D-11
<p>1. 연구실험실 안전관리위원회 운영</p> <p>가. 부총장 주재 연구실험실 안전관리위원회 개최</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 위원회범위 : 안전환경관리자 포함 15인</li> <li>2) 개 최 시기 : 년 2회 정기 운영, 대형 실험실안전 사고 시 소집운영</li> <li>3) 회 의 내용 : 연간 계획 및 안전관리 강화방안</li> </ol> <p>2. 안전점검</p> <p>가. 연구실 일일안전점검(매일실시)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 점검범위 : 학부생 실습실 및 대학원 연구실(이론연구실 제외)</li> <li>2) 점검시기 : 매일(단, 실습실(연구실)을 사용하지 않는 날은 제외)</li> <li>3) 점검내용 : 기계, 기구, 전기, 약품, 병원체 등의 유해요소 이상유무의 일상(육안)적인 점검</li> <li>4) 점검자 : 실습실 조교 및 각 연구실 안전관리담당자(책임자)</li> <li>5) 점검결과 및 후속조치 사항을 기록하여 연구실 외부에 게시 및 부착</li> </ol> <p>나. 연구실 정밀안전진단</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 점검범위 : 교내 90개 연구실험실</li> <li>2) 점검시기 : 2015년 04월 실시(법 개정 7월시행 전 완료예정)</li> <li>3) 점검내용 : 기계, 기구, 전기, 약품, 병원체 등의 육안 및 법정 정밀측정기를 이용한 점검</li> <li>4) 점검자 : 한국안전환경기술원</li> </ol> <p>다. 연구실 정밀안전진단 개선조치 확인점검</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 점검범위 : 교내 이공계열 연구·실습실 전체</li> <li>2) 점검시기 : 4월 정밀안전진단실시 후 ~ 차기년도 안전진단 시 까지 지속점검 및 재개선 통보(1회 이상)</li> <li>3) 점검내용 : 안전진단 미비점 개선조치 여부확인 및 피드백</li> <li>4) 점검자 : 안전관리팀</li> </ol>	



라. 보험가입 현황

보험명	보상내용	대상	주관부서
연구실 안전공제 (이공계 연구활동종사자 보험) 관련 : 연구실안전환경 조성에 관한 법률	대상범위 : 이공계열 학부생, 대학원생, 연 구원(재학생/재직자) ※ 산재보험 및 사학연금 법에 의해 가입 된(교원, 교직원, 계약직)제외 보장내용 : 사망/휴양장해(1급시) : 1억원, 상해 : 1천만원	이공계 연구활동 종사자	관리처 /관리팀, 안전관 리팀
학생단체 상해보험	상해에 따른 보상 : 200만원 경영자 책임배상 보험 : 2억원	학부생, 대학원생	학생처 학생팀
교직원 단체상해보험	재해(상해)/질병 사망시 : 5천만원 의료비 지원 - 암치료비 : 2천만원 - 종합입원의료비 : 2천만원 - 외래의료실비 : 25만원/1일당	교직원	총무처

3. 교육훈련(법정교육)

가. 2015 연구실안전 온라인 교육시스템 공동 운영

- 1) 교육대상 : 이공계열 전체 연구활동종사자(연구원(보조원 포함), 대학원생, 학부생, 기타 실험에 참여하는 모든 자)
- 2) 교육주기 : 학기당 6시간(1학기 :03월 ~ 08월, 2학기 :09월 ~ 02월)
- 3) 교육방법 : 수도권, 충청권, 영남권 대학과 온라인 안전교육시스템 공동운영 참여
- 4) 교육내용 : 연안법에 정하는 모든 사항(기본 6시간 + 심화 2시간)

나. 오프라인 안전교육/훈련

- 1) 교육대상 : 연구실 안전책임자/담당자/연구활동종사자
- 2) 교육주기 : 년 1회이상(1시간 이상)
- 3) 교육방법 : 집체교육, 대피훈련(화학물질 방재요령, 심폐소생술 및 소화기/소화전 사용요령)

다. 신규 연구활동종사자 교육

- 1) 교육대상 : 신규 연구활동종사자(신규 입학자, 복학자)
- 2) 교육시간 : (입.복학자 : 2시간, 신규채용자 : 8시간)
- 3) 교육방법 : 안전관리자 표준교안 작성배포 및 연구실 안전책임자(지도교수, 연구소장, 연구센터장)이 교육 실시
- 4) 교육내용 : 표준교안 활용 및 연구프로젝트별 (사용기계, 기구, 취급물질 등) 연구실 현장에 맞는 안전교육 실시

#### 4. 연구활동종사자 건강검진

가. 검진대상 : 유해인자178종에 노출 연구실 이용 이공계연구활동종사자

나. 검진시기 : 매년 1회 실시(10월 ~ 11월)

다. 검진방법 : 일반건강검진 및 유해인자에 따른 특수건강검진 시행

라. 검진기관 : 산안법에 허가된 특수건강검진 전문기관 출장검진 의뢰

마. 검진형태 : 교내 출장검진(3일) 및 방문 검진(미수검자 검진)

바. 검진절차 : 유해인자 및 인원조사 → 검진대상자 및 유해인자 선정 → 검진 →  
미수검자 추적검진 → 결과통보 및 의사진료



---

# 제10장 연구개발과제의 대표적 연구실적

---



## 10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	기술 이전	라즈베리파이와 LoRa를 이용한 간접맵 기반 IoT 통신기술 기술이전	송실대 산단	-저자	(주)중성테크		2017.03.31	-	노하우
2	논문	옥외용 LED조명기구를 위한 인체감지용 멀티센서 모듈 개발	송실대 산단	교신 저자	Journal of the Korean Institute of Illuminatin g and Electrical Installation Engineers		2016.10.31	단독사사	비SCI
3	논문	양액재배를 위한 생육환경 모니터링 및 제어 플랫폼에 관한 연구	송실대 산단	교신 저자	한국통신학 회논문지		2016.09.30	단독사사	비SCI
4	특허 등록	TVW 기반의 식물공장 모니터링 제어 시스템 및 방법	송실대 산단		대한민국		2016.12.19	단독사사	등록 1-1689- 2430000
5	특허 등록	다중양액급수 식물재배기	v		대한민국		2016.05.26	단독사사	출원 10-2016- 0064686





---

## 11. 기타사항

---



## 11. 기타사항

코드번호	D-13
<input type="radio"/> 해당 사항 없음	
<b>작성요령(제출 시 삭제할 것)</b>	
<input type="radio"/> 기타 필요한 사항을 기술	



---

## 12. 참고문헌

---



## 12. 참고문헌

코드번호	D-14
<p>강현중·외3인, “유비쿼터스 기술을 이용한 가정용 식물성장환경 관리 시스템 설계”, 한국통신학회, 학술대회논문집 Vol.2009 No.6, 2009.</p> <p>김국영·김창현, “가정용 수경식물 재배기기 디자인연구-상추재배를 중심으로-”, 한국상품문화디자인학회, 한국상품디자인학회 논문집 Vol42, 2015.</p> <p>김선영, 박승근, 최형도, ETRI, “LPWA기반 광역 IoT기술 및 표준화”, 2016년 4월.</p> <p>김시훈, “도시농업의 실내공간 활용을 위한 식물재배 시스템 디자인 연구”, 숭실대학교 대학원, 석사학위논문, 2015.</p> <p>김재훈, “식물공장시스템의 동향과 발전전망”, [한국식물생명공학회지], 37(4): 442-443, 2010</p> <p>농촌진흥청, [2010 농업과학기술개발 경제성분석 기준자료집], 397-403, 2010</p> <p>데이코산업연구소, [주목받는 식물공장 개발동향과 향후전망], 2011</p> <p>박성균 외 5인, “광원 트래킹 기법을 이용한 수경재배기 제어 관리 시스템 설계 및 구현”, 한국전자통신학회, 한국전자통신학회 논문집 Vol.9 No.2, 2014.</p> <p>심상연, “가정용 수경재배기 개발 2011년도 시험연구보고서, 농업기술원”, 농업기술원 2011년 시험연구보고서, 2011.</p> <p>이성원, “균일한 PPFD 공급이 가능한 가정용 식물재배기”, 경북대학교 대학원, 석사학위논문, 2014.</p> <p>진석용, “농업과 제조업의 만남, 식물공장”, [LG Business Insight], 2010.</p> <p>2014년도 서울시 이전기술 지원사업 최종보고서, “서울시 광역 스마트팜 구축을 위한 TVWS 기반 ICT 인프라 기술개발,” 2015년 8월.</p>	
<p>Aikman D. P. A. and Scaife A. 1993. Modelling plant growth under varying environmental condition in a uniform canopy. <i>Annals of Botany</i> 72:485-492.</p> <p>Amasino, R.M. 1996. Control of flowering time in plants. <i>Current Opin. Genet. Des.</i> 6:480-487</p> <p>Balter, Michael. “Plant Science : Seeking Agriculture’s Ancient Roots.” <i>Science Magazine</i>, June 29, 2007, pp. 1830-35.</p> <p>Bradley, P. and Tabares, C.H.M., 2000, <i>Spreading Simplified Hydroponics: Home Hydroponic: Home Hydroponic Gardens</i>, Global Hydroponics Network, Corvallis, OR.</p> <p>Briat JF, Curie C, Gaymard F (2007) Iron utilization and metabolism in plants. <i>Current Opin in Plant Biol</i> 10 : 276 - 282.</p> <p>Burbott, A.J. and W.D. Loomis. 1967. Effects of light and temperature on the</p>	



monoterpenes of peppermint. *Plant Physiol.* 42:20-28

Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. *Method of analysis for soil, plants and waters.* Univ. of Calif., Div. Agr. Sci., Berkeley, CA.

Cho, Y. Y. and J. E. Son. 2007b. Effects of electrical conductivity on growth and yield of hydroponically-grown pak-choi (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*). *Hort. Enviro. Biotechnol.*48:97-101.

Cho, Y. Y., J.H. Bae, and J. E. Son. 2008. Use of parabolic function to calculate cardinal temperatures in pak-choi (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*).*J.Kor.Soc.Hort.Sci.*49:291-294

Choi, I.L., J.H. Won, H.J. Jung, and H.M. Kang. 2009. Effect of red LED, blue LED and UVa light sources on coloration of paprika fruits. *J.Bio-Env. Con.* 18:431-435.

Christensen, Clayton M. et al. *Seeing What's Next : Using Theories of Innovation to Predict Industry Change.* Cambridge, Massachusetts: Harvard Business School Publishing, 2004.

Argo, W.R. and J.A. Biernbaum. 1996. The effect of lime, irrigation-water source, and water-soluble fertilizer on root-zone pH, electrical conductivity, and macronutrient management of container root media with *Impatiens*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121 : 442-452

ETRI 기술경제연구부

Faheem Ijaz 외 3인, "Remote management and control system for LED based Plant Factory using ZigBee and Internet", IEEE, 14th International Conference on Advanced Communication Technology, 2012.

Frankhauser, C. and J. Chory. 1997. Light control of plant development. *Annual Review of Cell. and Developmental Biology* 13:203-229.

Frantz H. M., Cometti N. N. and Bugbee B. 2004. Night Temperature has a minimal effect on respiration and growth in rapidly growth plants. *Annals of Botany* 94:155-166.

Hershey, D.R., 1990, *The Science Teacher* 57:42-45

Howard M. Resh, *HYDROPONIC Food Production*, Taylor & Francis Group, 7<sup>th</sup> Edition, 2013.

<http://it.chosun.com/news/article.html?no=2824871> (스마트팜 농가 인식 여론조사 결과)

International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys2007

J. W. Heo, et al., "Influence of LED on the growth of annual plants," *J. Plant Biology*, vol.49, no. 4, pp.286-290, aug. 2006.

KB투자증권 “스마트팜(Smart Farm)산업 - 농업과 ICT의 융합을 통한 고부가가치 6차 산업으로 육성 필요

Kenyon, Stewart and Howard M. Resh, *Hydroponics for the Home Gardener*. 6<sup>th</sup> Ed. Toronto: Key Porter Books.

Kozai, T., A. Karion, K.G. Granto, and H.O. Ikeda. 1992. *New greenhouse management*. 117-120. Askura, Japan.

Lee J. Y. et, al., “A study on the necessity and construction plan of the internet of things platform for smart agriculture,” *J. Korea Multimedia Soc.*, vol. 17, no. 11, pp. 1313-1324, Nov. 2014.

Lee, E. J. et al., “Development of agriculture environment monitoring system using integrated

Lorenz, O.A. and Maynard, D.N., 1988, *Knott's Handbook for Vegetable Growers*, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley & Sons, New York, NY

Massa GD, Kim HH, Wheeler RM, Mitchell CA (2008) Plant productivity in response to LED lighting. *Hort Sci* 43:1951-1956.

Morgan, L., 2002e, *The growing Edge* 14(1):11.

Nelson, P.V.2003. *Greenhouse operation and management*. 6<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs,NJ.

sensor module,” *IJOC*, vol. 10, no.2, pp. 63-71, 2010

Source: Smith, R., 1999, *The Growing Edge* 11(1):14-16

Television Band White Spaces : Analysis and Forecast(The diffusion group 2011)

Whitelam G, Halliday K (2007) *Light and Plant Development*. Oxford Blackwell publishing. [www. verticalfarm.com](http://www.verticalfarm.com)

Yaniv, zohara, Uriel Bachrach, eds. *Handbook of medicinal plants*. Binghamton, New York: Food Products Press, 2005.

Zhang, Q., et al., “A wireless solution for greenhouse monitoring and control system based on ZigBee technology,” *J. 1584 Zhejiang Univ. Sci. A*, vol. 8, no. 10, pp. 1584-1587, 2007.