

발간등록번호

11-1543000-001401-01

실내원에 활성화를 위한 수경벽면녹화 시스템개발 최종보고서

2016. 10. 28.

주관연구기관 : (주)에코피플
협동연구기관 : 경남과학기술대학교
참여연구기관 : 농업회사법인(주)다인팜

농림축산식품부

보고서 요약서

과제고유번호	314008-2	해당 단계 연구 기간	2015/07/29~ 2016/07/28	단계 구분	2 / 2
연구사업명	중사업명				
	세부사업명	농생명 산업기술 개발 사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	실내원에 활성화를 위한 수경 벽면녹화 시스템 개발			
연구책임자	정준호	해당단계 참여 연구원 수	총: 8 명 내부: 8 명	해당단계 연구개발비	정부: 120,000 천원 민간: 42,400 천원 계: 162,400 천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 8 명 내부: 8 명	총 연구개발비	정부: 240,000 천원 민간: 84,800 천원 계: 324,800 천원
연구기관명 및 소속부서명	(주) 에코피플 연구개발 전담부서 경남과학기술대학교 원예학과			참여기업명: 농업회사 법인 (주)다인팜	
위탁연구	해당 없음				

<p>요약</p> <p>I. 세부과제명 : 실내원에 활성화를 위한 수경재배 방식의 모듈형 벽면녹화장치(상품) 개발</p> <p><주요 연구내용 및 결과></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 수경재배용 화분 거치대 디자인등록. 2) 수경재배용 화분 유닛 특허등록 3) 모듈타입 실내용 수경재배 장치 특허등록. 4) 상기 두가지 특허를 상품화하여 1억원 이상의 판매달성 5) 마케팅 확대를 위해 인력충원 <p>II. 협동과제명 : 실내 수경녹화시스템에 적합한 관엽식물 선발 및 녹화시스템의 기능성 분석</p> <p><주요 연구내용 및 결과></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 실내 수경 녹화시스템에 적합한 관엽식물 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 내음성, 내서성, 내한성에 따라 관엽식물들을 분류 2) 선정된 식물의 수경재배 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 관엽식물 수경재배용 하이드로볼에 이식 시 발근 촉진 방법 구명 - 적정 용토 선발 3) 수경 벽면녹화시스템의 기능성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 및 포름알데히드 흡착 효과 검증 - 설문조사를 통해 사용자들의 만족감이 대단히 높게 나타남 	<p>보고서 207명 (별첨문서 제외)</p>
---	---------------------------

요 약 문

	코드번호	D-01
연구목적	<p>본 연구는 기능성과 디자인이 뛰어난 수경 벽면녹화시스템을 개발하여 실내 원예를 활성화시키는데 그 목표가 있다. 이를 위하여</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 기능성과 내음성이 뛰어난 관엽식물 식물들을 새롭게 선발하고, 2) 이들 식물들의 수경재배화 방법을 개발하며, 3) 관리와 운영이 편리하면서 기능성이 우수한 벽면녹화시스템을 개발함 	
연구내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 실내 수경 벽면녹화시스템에 적합한 관엽식물 선발 <ol style="list-style-type: none"> 1) 내음성 정도에 따른 실내 식물 선발 및 분류 <ul style="list-style-type: none"> - 내음성이 강한 종류 : 호야, 팔손이나무, 아글라오네마, 나한송, 스킨답서스 산호수 - 내음성 중간 종류 : 홍콩야자, 드라세나, 페페로미아, 인도고무나무, 사철, 녁줄고사리 - 내음성 약한 종류 : 크로톤, 해피트리, 마삭줄, 접란 2) 내서성 (여름용) 실내식물 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 내서성 강한 종류 : 인도고무나무, 접란, 산호수, - 내서성 중간 종류 : 드라세나, 사철, 호야 - 내서성 약한 종류 : 크로톤, 아그라오네마, 디펜바키아, 페페로미아, 홍콩야자, 스킨답서스, 팔손이나무 3) 내한성 (겨울용) 실내식물 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 내한성 강한 종류 : 팔손이나무, 산호수, 나한송, 마삭줄, 녁줄고사리, 인도고무나무, 호야 - 내한성 중간 종류 : 해피트리, 홍콩야자, 사철 - 내한성 약한 종류 : 디펜바키아, 아글라오네마, 스킨답서스 드라세나, 크로톤, 줄페페, 접란 2. 선정된 식물의 수경재배 기술 개발 <ol style="list-style-type: none"> 가. 이식 시 발근 촉진 기술 개발 <ol style="list-style-type: none"> 1) 단근정도가 발근에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> - 완전히 제거하는 것이 좋은 종류 : 홍콩야자, 산호수 - 일부 남기는 것이 좋은 종류 : 아글라오네마, 크로톤, 산호스 - 원뿌리 그대로 사용하는 것이 좋은 종류 : 스킨답서스, 드라세나, 나한송 2) 오옥신 농도에 따른 발근 촉진 효과 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 무처리구가 좋은 종류 : 아글라오네마 - IBA 1,000~2,000mg · L⁻¹ 처리가 좋은 종류 : 홍콩야자, 산호수, 크로톤, 홍콩야자 - 루톤처리가 좋은 종류 : 나한송 3) 이식 시 식물 종류별 적정 차광 정도 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 아글라오네마를 제외한 모든 관엽식물은 50% 차광에서 발근이 좋음 	

나. 이식 시 최적 인공용토 선발

- 처리 : 국산하이드로볼, 수입하이드로볼, 바텀애쉬, 코코피트, 펄라이트
 - o 아글라오네마는 용토에 크게 영향을 받지 않음
 - o 드라세나 : 코코피트, 스킨답서스 : 국산하이드로볼, 크로톤 : 하이드로볼, 펄라이트

3. 수경 벽면녹화시스템 디자인 개발

- 물과 영양 공급 관리가 용이하며 청결유지가 가능한 수경재배 장치개발
- 실내원에 도입확대를 위한 공간 효율 극대화 디자인 적용함
- 식물고사 시 손쉽게 교체가 가능하도록 모듈화에 성공함
- 필요시 크기 조절이 가능하도록 조립식 장치로 설계함

4. 용도별 수경 벽면녹화시스템 개발

- 사무실용 (렌탈용) 수경 벽면녹화시스템 개발 완료
- 다용도로 사용이 가능하며 수직,수평 확장이 가능하도록 개발 완료함

5. 수경 벽면녹화시스템의 기능성 분석

1) 수경 벽면녹화시스템 사용에 의한 유해물질 흡수 효과

- 식물 종에 따른 포름알데히드 제거 능력 : 드라세나 > 스킨답서스 > 아글라오네마 > 홍콩야자
- 미세먼지제거 효과 : 식물이 포함된 처리구에서만 미세먼지가 줄어듦
- 식물 종에 따른 미세먼지 제거 능력 : 스킨답서스 > 아글라오네마 > 드라세나 > 홍콩야자
- 처리 2시간 후부터 줄어들기 시작하여 3시간 내 급격히 줄어듦.
- 처리 후 5시간이 경과하였을 때 처리 직 후의 1/10로 줄어듦.

2) 수경 벽면녹화시스템이 인간의 정신건강에 미치는 영향 구명

가) 수경 벽면녹화시스템을 사용하기 전과 후의 공기질 변화

- 응답자의 약 60% 이상이 미세먼지 감소, 불쾌한 냄새 감소
- 응답자의 약 80% 이상이 실내건조 완화, 환경이 쾌적해졌다고 생각함

나) 수경 벽면녹화시스템을 사용하기 전과 후의 정서적 변화

- 응답자의 약 70% 이상이 스트레스 감소, 작업효율 증가, 피로감 감소, 정서함양에 도움이 된다고 생각함
- 약 80% 이상이 수경벽면녹화시스템에 만족하고, 93%가 벽면녹화를 타인에게 권하고 싶다고 응답함

다) 수경 벽면녹화시스템의 선호도 조사

- 응답자의 80% 이상이 수경 벽면녹화시스템을 만족하고 구매할 의사가 있음을 밝힘

6. 수경 벽면녹화시스템 운영 시 적정 관수 횟수 구명

- 처리 : 하이드로볼 식재 관수횟수 1, 2, 4, 8회/일, 토양식재 1회/일 처리
- 물의 변성과 식물체의 생육을 조사한 결과, 관수 1회/일만 처리하여도 물의 변성과 식물체 생육에 차이가 없었음.
- 권장관수 횟수 및 물 교체시기 : 1회/일, 15분간 관수, 5~6주 물 교체.

연구개발 성과

1. 연구개발결과의 성과 및 활용목표대비 실적 가. 사업화 지표

성과목표	지식재산권		기술이전	사업화		
	출원	등록		제품화	매출 창출	고용 창출
최종목표	1	1	1	1	1	1
1차	목표	1				
	실적	3				
2차	목표	1	1	1	1	1
	실적	3	1	2	2	1
최종	목표	1	1	1	1	1
	실적	3	3	1	2	1

연구개발성과

나. 연구기반지표

성과목표	학술성과			교육 지도	인력 양성	홍보 전시
	SCI	비 SCI	학술발표			
최종목표	1	1	3	3	2	1
1차	목표		1	1		
	실적		2	1		1
2차	목표	1	1	2	2	1
	실적					2
최종	목표	1	1	3	3	1
	실적	1(심사)	1(심사)	4	3	3

<p>연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p><연구 개발성과의 활용계획></p> <p>가) 관엽식물 수경 재배기술의 농가 및 화원에 이전</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관엽식물 수경재배 기술을 농가에 이전함으로써 농가 소득 향상 - 관엽식물 수경재배 기술을 화원에 이전으로 화원 소득 증대 <p>나) 관엽식물 수경재배 방식 일반 소비자들에게 소개 및 홍보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관엽식물을 실내에서 수경재배시스템으로 관리하게 되면 청결성과 물관리 편의성으로 소비가 크게 증가할 것으로 기대됨 - 수경재배 벽면녹화시스템은 가정이나 사무실에서 쉽게 관리할 수 있기 때문에 렌탈이나 판매가 가능할 것으로 기대됨 <p>다) 수경재배 화분 유닛(에코팻)의 사업화 및 다양한 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관공서 및 기업의 사무실 내에 사무환경 개선 목적으로 수경화분 설치 제안하여 판매 및 렌탈사업 확장 - 현재 렌탈 중인 기존 수경화분박스를 관리가 편한 수경재배화분 유닛박스(에코팻)로 교체하여 관리용 절감. - 수경재배 화분유닛은 기존수경화분 박스 대비 하이드로볼 100%절감 가능하여 연 2,000만원 수입절감 효과가 있음. <p>라) 수경벽면녹화 시스템의 사업화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관공서 및 기업의 로비, 사무실 입구, 임원실, 식당 등 식물의 디자인적 접근이 필요한 곳에 제안하여 판매 및 렌탈 사업 확장 - 가정보급을 위해 홈쇼핑 및 인터넷 쇼핑몰을 통한 판매 계획 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>벽면녹화</p>	<p>수직정원</p>	<p>수경재배</p>	<p>공기정화</p>	<p>실내원예</p>

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<p>The purpose of this study is to develop a new hydroponic wall green system with remarkable functionality and design in order to revitalize the indoor horticulture industry. To achieve this purpose, the followings are conducted.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Select foliar plants with remarkable function and shade tolerance 2) Development of hydroponic technique for the foliage plants 3) Development of a new hydroponic wall green system with remarkable functionality and design 		
Results	<ol style="list-style-type: none"> 1. Select foliar plant suitable for the hydroponic wall green system. <ol style="list-style-type: none"> 1) Select and classification of foliar plants according to shade tolerance <ul style="list-style-type: none"> o Strong species : <i>Trachelospermum asiaticum</i>, <i>Ardisia pusilla</i>, <i>Fatsia japonica</i>, <i>Euonymus japonicus</i>, <i>Hoya carnosa</i> o Medium species : <i>Schefflera arboricola</i>, <i>Dracaena sanderiana</i>, <i>Peperomia</i>, <i>Ficus elastica</i>, <i>Euonymus japonicus</i>, <i>Davallia mariesii</i> o Weak species : <i>Codiaeum variegatum</i>, <i>Heteropanax fragrans</i>, <i>Trachelospermum asiaticum</i>, <i>Chlorophytum comosum</i> 2) Select and classification of foliar plants according to heat tolerance <ul style="list-style-type: none"> o Strong species : <i>Ficus elastica</i>, <i>Chlorophytum comosum</i>, <i>Ardisia pusilla</i> o Medium species : <i>Dracaena sanderiana</i>, <i>Euonymus japonicus</i>, <i>Hoya carnosa</i> o Weak species : <i>Codiaeum variegatum</i>, <i>Aglaonema crispum</i>, <i>Dieffenbachia picta</i>, <i>Peperomia</i>, <i>Schefflera arboricola</i>, <i>Scindapsus aureus</i>, <i>Fatsia japonica</i> 3) Select and classification of foliar plants according to cold tolerance <ul style="list-style-type: none"> o Strong species : <i>Fatsia japonica</i>, <i>Ardisia pusilla</i>, <i>Podocarpus macrophyllus</i>, <i>Trachelospermum asiaticum</i>, <i>Davallia mariesii</i>, <i>Ficus elastica</i>, <i>Hoya carnosa</i> o Medium species : <i>Heteropanax fragrans</i>, <i>Schefflera arboricola</i>, <i>Euonymus japonicus</i> o Weak species : <i>Aglaonema crispum</i>, <i>Chlorophytum comosum</i>, <i>Codiaeum variegatum</i>, <i>Dieffenbachia picta</i>, <i>Dracaena sanderiana</i>, <i>Peperomia</i>, <i>Scindapsus aureus</i> 		

2. Development of hydroponic technique for foliar plants
 - 1) Rooting promotion during transplanting to hydroball
 - (1) Proper root cutting
 - o Removing all root : *Schefflera arboricola*, *Ardisia pusilla*
 - o 2-3cm leaving : *Aglaonema costatum*, *Codiaeum variegatum*, *Ardisia pusilla*
 - o No cutting : *Dracaena sanderiana*, *Scindapsus aureus*, *Podocarpus macrophyllus*
 - (2) Rooting promotion by IBA treatment
 - o IBA 1,000 ~ 2,000ppm : *Ardisia pusilla*, *Codiaeum variegatum*, *Dracaena sanderiana*, *Schefflera arboricola*
 - o Rootone : *Podocarpus macrophyllus*
 - o Non treatment : *Aglaonema costatum*
 - (3) Proper shading degree for rooting
 - o 50% shading showed the best results at all plants except for *Aglaonema*
 - 2) Select proper artificial pot media when transplanted
 - Treatment : hydroball (domestic), hydroball (import from German), bottom ash, cocopeat, perlite
 - o *Dracaena*: coco peat, *Aglaonema* and *Epipremnum*: all media, *Croton*: both hydroball, perlite
3. Design development for hydroponic wall green system
 - o Easy to manage water and nutrient and maintain clearness.
 - o Maximization of space efficiency for enlargement of indoor horticulture
 - o Modularization design to exchange easily when plants die
 - o Kit form design to control the size when needed
4. Development of wall green system by use
 - o To use for office (for rental)
 - o To multipurpose (expansion to vertical or horizontal way is possible)
5. Analysis of the functionality of the developed wall green system

	<p>1) Absorbption of air pollutants by wall green system</p> <ul style="list-style-type: none"> o Capacity of formaldehyde removement : <i>Dracaena</i> > <i>Epepremmum</i> > <i>Aglaonema</i> > <i>Schefflera</i> o Capacity of particulate matter : <i>Epepremmum</i> > <i>Aglaonema</i> > <i>Dracaena</i> > <i>Schefflera</i> o The particulate matter started to decrease after 2hr of starting, showed drastic reduction after 3hr. <p>2) Effect of hydroponic wall green system on the mental health of human</p> <p>(1) Change of air quality after using the hydroponic wall green system</p> <ul style="list-style-type: none"> o Reduction of particulate matter and unpleasant smell : over 60% of respondents o Reduction of indoor air drying or feeling indoor pleasantly : over 80% of respondents <p>(2) Emotional change after using the hydroponic wall green system</p> <ul style="list-style-type: none"> o Over 70% of respondents : reduction of stress and fatigue, increase of work efficiency o Over 80% of respondents satisfied about the hydroponic wall green system and 93% wanted to introduce the system to other persons. <p>(3) Preference survey for the hydroponic wall green system</p> <ul style="list-style-type: none"> o Over 80% of respondents satisfied the system and exposed purchase intension <p>6. Proper frequency of irrigation for hydroponic wall green system</p> <ul style="list-style-type: none"> - Treatment : 1, 2, 4, 8 times/1day for hydoball, 1 time/1day for commercial medium o 1time/day was sufficient for the normal growth of the plants and management of the water o In conclusion, 1 time/1day irrigation for 15min and water exchange at 5-6 weeks interval is sufficient for the system.
<p>Expected Contribution</p>	<p>1) Transference of hydroculture technology for foliage plants to farm and flower shop</p> <ul style="list-style-type: none"> - Income improvement in farm by transference of hydroculture technology for foliage plants

	<ul style="list-style-type: none"> - Income improvement in flower shop by transference of hydroculture technology for foliage plants <p>2) Introduction and promotion about hydroculture system of foliage plants to consumer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumption promotion by cleanness and convenience of irrigation caused by hydroculture technology in foliage plants - Rental or marketing is possible because that management of hydroculture system is easy either home or office. <p>3) Commercialization and diverse utilization of pot unit (ecopot) for hydroculture</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expansion of marketing and rental in government office or company office as a method for environment improvement. - Cost reduction by exchanging the conventional hydroculture box with new unit box (ecopot) - Ecopot induced 50% reduction in consumption of hydroball imported from German compared with conventional hydroculture box <p>4) Commercialization of wall green system with hydroponic system</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expansion of marketing and rental business by promoting to the lobby of government office, entrance of office, restaurant et al. - Marketing by home shopping or internet shopping mall in order to introduce to home. 				
Keywords	wall greening	vertical garden	hydronic system	air clearing	indoor horticulture

Contents

Chapter I. Summary of research and development project	17
1. Purpose of the projet.....	17
2. Background of the project	17
3. Scope of the project.....	20
Chapter II. Current status of domestic and abroad in technology development	21
1. Characteristic of wall green system	21
2. Current status of patent registration about wall green system	21
3. Current status and characteristic of wall green system	22
Chapter III. Research contents and results	23
1. Design and development of hydroponic wall green system	23
1-1. Design of hydroponic wall green system	23
1-1-1. Research purpose	23
1-1-2. Basic survey and design direction	23
1-1-3. Design sketch	28
1-1-4. Design concept direction	52
1-1-5. Design rendering	53
1-1-6. Characteristic of 4 kinds of design	62
1-2. Development of hydroponic wall green system in use	63
1-2-1. Research purpose	63
1-2-2. Research methods and contents	63
1-2-3. Results and discussion	81
1-3. Mock-up manufacture of hydroponic wall green system	82
1-3-1. Research purpose	82
1-3-2. Research methods and contents	82
1-3-3. Results and modification of mock-up manufacture	86
1-4. Mold manufacture of hydroponic wall green system	89

1-4-1. Research purpose	89
1-4-2. Research methods and content	89
1-4-3. Results and discussion	99
2. Selection of plants suitable to wall green system and analysis of the functionality of the system	101
2-1. Selection of plants suitable to wall green system	101
2-1-1. Selection and classification of foliage plants according to shade tolerance	101
2-1-2. Selection of foliage plants according to heat tolerance	112
2-1-3. Selection of foliage plants according to cold tolerance	120
2-2. Development of hydronic technique	125
2-2-1. Rooting stimulation when transplanted to hydroball	125
2-2-2. Selection of artificial medium suitable hydroponic culture	138
2-3. Effect of wall green system on the change in indoor air composition	142
2-3-1. Research purpose	142
2-3-2. Material and method	142
2-3-3. Results and discussion	145
2-4. Effect of wall green system on the mental health of human	161
2-4-1. Research purpose	161
2-4-2. Survey method	161
2-4-3. Results and discussion	162
2-5. Proper irrigation frequency for hydroponic wall green system	172
2-5-1. Research purpose	172
2-5-2. Material and method	172
2-5-3. Results and discussion	174
3. Research result and application plan	181
3-1. Design registration and patent registration	181
3-1-1. Design registration	181
3-1-2. Patent registration 1	181
3-1-3. Patent registration 2	181

3-2. Technology transfer	181
3-3. Results of commercialization and industrialization	182
3-3-1. Commercialization and marketing of pot unit for hydroculture ...	182
3-3-2. Commercialization and marketing of wall green system	187
Chapter IV. Goal attainment and contribution to related field	192
1. Goal attainment	192
2. Contribution to related field	194
Chapter V. Application plan of research results	195
Chapter VI. Representative results of this project	196
1. Results of paper and patent	196
2. Academic presentation at domestic or international congress	196
3. Technique introduction	197
4. Manpower training	197
Chapter VII. References	204
<Attachment> Questionnaire	206

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요	17
제1절 연구개발 목적	17
제2절 연구개발의 필요성	17
제3절 연구개발의 범위	20
제2장. 국내외 기술개발 현황	21
제1절. 벽면녹화 기술 특징	21
제2절. 벽면녹화 관련 특허 등록 현황	21
제3절. 벽면녹화 기술현황 및 특징	22
제3장. 연구수행 내용 및 결과	23
제1절. 수경벽면 녹화시스템 디자인 및 제품 개발	23
1. 수경벽면녹화 시스템 디자인 개발	23
가. 연구목적	23
나. 기초조사 및 디자인 방향	23
다. 디자인 스케치	28
라. 디자인 컨셉 방향	52
마. 디자인 렌더링 작업	53
바. 4가지 디자인의 특징 및 결론	62
2. 용도별 수경 벽면녹화시스템 개발	63
가. 연구목적	63
나. 개발 방법 및 내용	63
다. 결과 및 고찰	81
3. 수경벽면녹화 목업제작	82
가. 연구목적	82
나. 개발방법 및 내용	82
다. 목업제작 결과 수정사항	86
4. 수경벽면녹화 금형제작	89
가. 연구목적	89
나. 개발 방법 및 내용	89

다. 결과 및 고찰	99
제2절 수경 벽면녹화시스템에 적합한 식물 선발 및 시스템의 기능성 분석	101
1. 실내 수경 녹화시스템에 적합한 관엽식물 선발	101
가. 내음성 정도에 따른 실내 식물 선발 및 분류	101
나. 내서성 (여름용) 실내식물 선발	112
다. 내한성 (겨울용) 실내식물 선발	120
2. 선정된 식물의 수경재배기술 개발	125
가. 이식시 발근 촉진 기술 개발	125
나. 수경재배 시 최적 인공용토 선발	138
3. 수경 벽면녹화시스템이 실내 공기조성 변화에 미치는 영향 구명	142
가. 연구목적	142
나. 재료 및 방법	142
다. 결과 및 고찰	145
4. 수경 벽면녹화시스템이 인간의 정신건강에 미치는 영향 구명	161
가. 연구목적	161
나. 조사방법	161
다. 결과 및 고찰	162
5. 수경 벽면녹화시스템 운영시 적정 관수 횟수 구명	172
가. 연구목적	172
나. 재료 및 방법	172
다. 결과 및 고찰	174
3절 연구개발 성과 및 활용계획	181
1. 디자인등록 및 특허등록	181
가. 디자인등록	181
나, 특허등록 1	181
다, 특허등록 2	181
2. 기술이전	181
3. 제품화 및 사업화 실적	182
가. 수경재배용 화분유닛의 제품화 및 판매현황	182
나, 수경벽면녹화 시스템 제품화 및 판매현황	187

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도	192
제1절 목표 달성도	192
제2절 관련분야 기여도	194
제5장 연구결과의 활용계획	195
제6장 연구개발과제의 대표적 연구실적	196
가. 논문 및 특허 실적	196
나. 국내 및 국제 학술회의 발표	196
다. 기술지도	197
라. 인력양성	197
제7장 참고문헌	204
<첨부> 설문지	206

제1장. 연구개발과제의 개요

1절 연구개발 목적

본 개발은 수경재배 방식의 모듈형 벽면 녹화 장치 개발로 기존의 배수구가 없는 용기에 하이드로볼(Hydroball)을 넣어 식물을 키우면서 감상하는 일종의 수경재배 방식인 하이드로 컬처(Hydroball Culture) 방식을 벽면녹화에 적용하여 실내원예를 대중화 할 수 있는 원예제품을 개발하는 것을 목표로 한다.

2절 연구개발의 필요성

1. 현황

식물이 우리에게 미치는 환경적, 정서적, 신체적 긍정적인 기능에 대해 사회적으로 인식이 확대되면서 꽃과 식물들이 가득한 자연과 유사한 건강한 환경에서 생활하고자 하는 욕구가 매우 증가하고 있다.

이러한 사람들의 욕구를 충족하기 위해 현재까지는 숲, 공원, 가로수, 거리 화단 등 공공적인 측면에서 정부, 지자체 주도의 대규모 야외 원예시장이 발전해 왔으며, 이제는 더 나아가 야외뿐만 아니라 실내에서도 자연과 유사한 환경을 조성하여 쾌적함과 정서적 안정을 느끼고 싶어 하는 욕구와 필요성에 대한 사회적 공감대도 많이 형성되어 있다.

그러나 이러한 공감대가 형성되어 있는 반면, 아직까지 우리나라는 실내 원예 및 꽃과 식물에 대한 소비문화는 선진국이 비해 효율적이고, 발전적이지 못한 몇 가지 문제점을 가지고 있다.

2. 문제점

가. 실내원예의 한계

- 아직까지 우리나라의 실내원예에 대한 소비는 대부분 전문가가 조성-관리하는 실내인공정원, 사업장의 인테리어 및 디스플레이 용도 중심으로만 이루어지고 있음

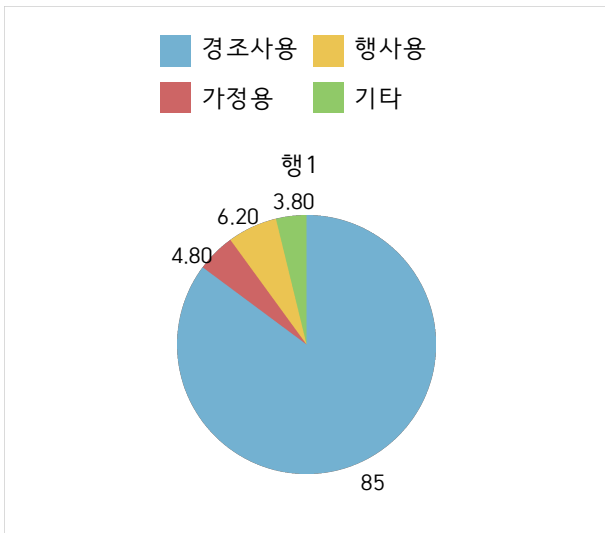


나. 낭비적 꽃 소비문화

- 국내 꽃 소비는 대부분 각종 행사나 경조사용(결혼식, 장례식 화환), 개업식 난 등으로 소비되고 있어 꽃이 가진 본연의 역할을 다하지 못하고, 버려지는 경우가 다수
- 유럽의 선진국과 일본에 비해 개인과 각 가정 등에서 꽃과 식물을 가꾸며 즐기는 문화가 아닌 단기성, 일회성 소비문화로 시장 성장의 한계

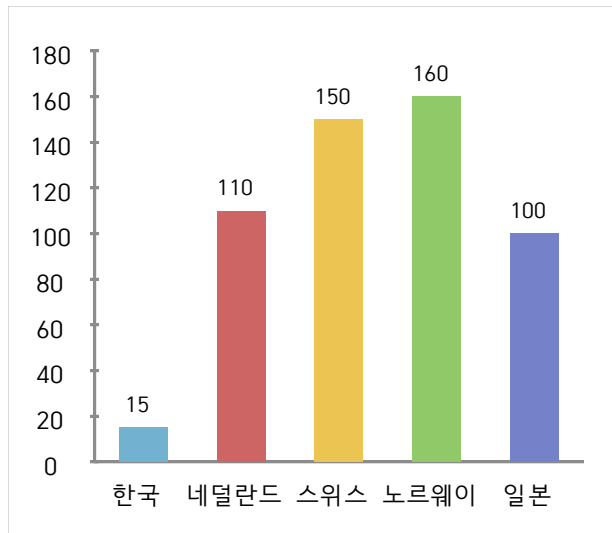
< 한국의 전체 꽃 소비 용도별 비중 >

(단위: %)



< 국가별 1인당 연간 화훼 소비액 >

(단위: 천원)



다. 실내원에 식물의 유지관리문제

- 각 가정과 사무실 등 실내에서는 화분의 흙 처리, 정기적인 햇빛과 물, 영양 공급, 분갈이 등 유지관리의 번거로움에 대한 부담감으로 원예식물에 대한 소비 미흡 (화분 고사를 경험하게되면 재구매 기피)



- 한정된 실내 공간 내에 화분, 화병 등 실내 원예 상품의 도입 공간이 협소하여 실내원에 제품 소비 활성화의 어려움

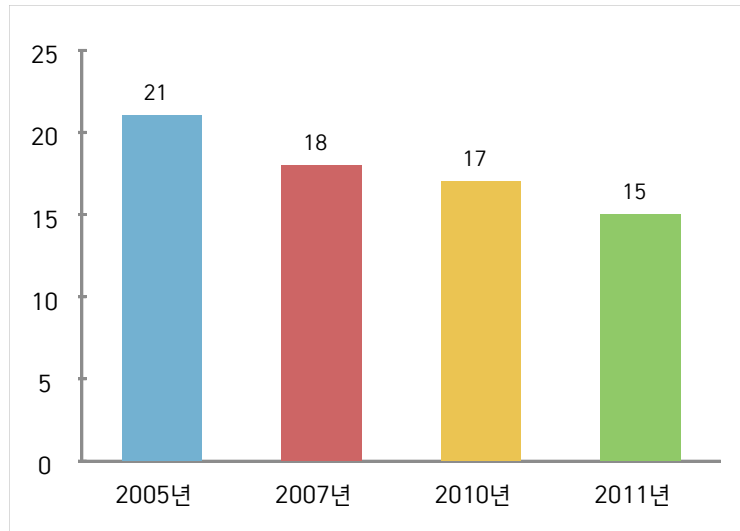


라. 국내 소비의 지속적 감소

- 경제여건 악화에 대한 국민들의 심리적 부담 증가로 화훼 제품의 소비가 위축되어 지속적으로 감소하고 있어 업계를 중심으로 소비 증진을 위한 대책 필요

< 1인당 연간 화훼 소비액 추이 >

(단위: %)



3. 연구개발의 필요성

실내공기 오염 문제 해결 방안으로 실내원예가 가지는 다양한 기능과 정서적으로 미치는 긍정적인 효과에 대해 대부분의 국민들이 인식을 하고, 그 필요성을 느끼고 있으나, 현실적으로 위와 같은 여러 가지 한계와 제약여건으로 인해 실내원예 상품에 대한 적극적인 소비가 이루어지지 않고 있다.

기존 실내 원예의 주요 문제점	개발 필요성
관상 외 기능 부재	관엽식물 중심의 공기정화, 온도-습도 조절 및 피톤치드 방출 증대 등의 기능성 확대로 건강 증진 효과 극대화
흙과 배수 관리의 불편함과 청결문제	흙을 사용하지 않는 수경재배방식과 관리재배가 용이한 자동 물 순환 공급
실내 도입 공간 부족	식물의 수직 배열 재배를 통한 실내 유희벽면 활용으로 실내 인테리어 실현 가능
높은 가격과 설치비용으로 대중성 결여	기존 화분 재배 및 베란다 정원 방식을 뛰어넘는 간단한 설치 방식을 통한 고기능 저비용의 실내 원예 대중화

따라서 위와 같은 필요성을 충족시킬 수 있는 제품 개발을 통해 실내 재배가 가능한 다양한 원예 식물이 가진 기능성을 극대화할 수 있고, 소비자의 직접 재배관리가 유용하며, 공간 활용성과 함께 디스플레이 효과 또한 극대화하여 소비자들의 니즈를 충족 시켜줌으로써 수요를 창출을 바탕으로 실내 원예를 생활화, 화훼산업을 활성화는 물론 나아가 국민들은 삶의 질 개선에도 기여 할 수 있을 것이다.

3절 연구개발의 범위

1 연구개발의 방향과 연구 내용

가. 식물 고사 시, 손쉽게 교체가 가능한 모듈화된 화분 장치 개발

- 개별 식물 단위별로 자유롭게 배열-조립 할 수 있는 모듈형 화분 장치 개발을 통해 특정 모듈 화분의 식물이 고사할 경우, 해당 식물만을 교체가 가능하며, 기호에 따라 전반적인 식물 화분 구성 재배치 유용성 증대

나. 물과 영양 공급 관리가 용이하며 청결유지가 가능한 수경재배 장치 개발

- 실내 식물 재배관리의 부담요인인 화분의 영양공급, 흙 처리 문제, 흙 속에 서식하는 세균, 곰팡이, 벌레 발생 등 위생상 위험의 예방을 위해 모든 식물의 화분에 흙 대신 하이드로볼(Hydroball)을 사용하는 수경재배 장치 개발을 통한 재배 관리의 편의성과 청결 및 위생 문제 해결

다. 실내원에 도입 확대를 위한 공간적 제약 극복 가능한 장치 개발

- 직접적 생활-사무공간과 격리된 베란다, 창가 등에만 화분을 배치하는 것이 아닌, 수직 벽면에도 설치가 가능하도록 설계, 공간 활용도를 높일 수 있는 화분 장치 개발을 통해 제한적인 실내 공간에서도 친환경 그린인테리어(Green Interior) 실현

라. 잎과 뿌리의 공기 정화 및 가습 기능 극대화 위한 장치 개발

- 식물의 종류와 양에 따라 자유롭게 배열하고, 배치할 수 있는 모듈형 화분들이 조립된 화분 장치에 자동 순환형식의 물 공급-배수 기능과 공기순환 및 가습량 증대를 위한 FAN 등 기계적 장치를 추가하여 설계함으로써 식물의 생육활동으로 발생하는 다양한 기능인 공기정화 및 온도-습도 조절력을 극대화 가능

마. 젊은층 및 다양한 연령층이 선호할 수 있는 대중적인 디자인 적용 장치 개발

- 모듈형 화분 장치로써 하나의 적정 벽면 공간에 다양한 종류의 모양과 색상, 특성을 지닌 식물들을 기호에 따라 구입, 자유롭게 배치하여 꾸밀 수 있는 셀프 그린인테리어 장치를 개발 하고 적용 식물 품종 다각화하여 모듈 화분으로 제공함으로써 젊은층 뿐만 아니라 모든 연령층이 관심을 가지고 실내원예를 즐길 수 있는 환경 마련 가능

제2장. 국내외 기술개발 현황

1 절. 벽면녹화 기술 특징

벽면녹화의 기술은 와이어나 매쉬를 이용한 유형과 벽면에 플랜터나 패널 등을 설치하는 유형의 나눌 수 있다. 와이어형은 와이어를 일정간격이나 모양을 가지고 벽면에 고정시키는 방법으로 벽면부터 교가에 이르기까지 사용범위가 넓은 방식이다. 매쉬 설치형은 철망이나 일반망을 벽면에 고정하여 식물이 타고 올라 갈수 있도록 하는 방식이다. 플랜터 형식은 식물의 식재가 가능한 플랜터를 설치하는 방법으로 실외보다는 실내에 많이 쓰이는 형식이다. 그리고 패널형식은 패널을 지지할 프레임을 만들고 식물이 식재된 패널을 그 프레임에 고정시키거나 포트를 식재하는 형식으로 최근에 가장 많이 쓰이는 형식이다.

2 절. 벽면녹화 관련 특허 등록 현황 (표 1)

특허명	출원인	등록일자	비고
조립형 벽면녹화 장치	주식회사 서린디앤씨	2008.08.18	패널/프레임
분리조립이 가능한 식생포트와 이를 이용한 벽면녹화용 식생장치 및 벽면녹화 시스템	주식회사 에코밸리	2015.03.03	패널/프레임/포트
벽면녹화 시스템	대한민국(농촌진흥청장)	2014.12.05	패널/블럭
식생판을 이용한 건축물의 외장형 벽면녹화구조	한국건설기술연구원	2006.08.02	패널
벽면녹화용 화분 및 이를 이용한 벽면녹화 수직정원 시스템	설동윤, 박정미	2013.08.08	패널/블럭
원심무화식 벽면녹화장치	염준호, 여종엽	2016.04.06	매쉬/포트
벽면녹화시스템	한국건설기술연구원	2014.02.18	패널
벽면녹화장치	주식회사 한국도시녹화	2012.03.14	플랜트
벽면녹화용 다공패널 구조체	강원도 강릉시	2011.12.20	패널
벽면녹화시스템	김학기,서원종합건설(주)	2014.01.09	패널/블럭형
실내공기정화를 위한 벽면녹화장치	주식회사 세파란	2014.09.05	서랍식
벽면녹화를 이용한 공기정화장치	(주)유엔씨코리아	2012.12.14	프레임

3 절. 벽면녹화 기술현황 및 특징 (표 2)

제품명	업체명	특징
에코플랜트	(주) 도시와 숲	실내, 실외용 겸용으로 쓰이며 관수시스템이 에코플랜터 안쪽에 설치 미관상 문제없음
유니트형 벽면녹화시스템	한국도시녹화	옹벽,플랜터에 적용하는 시스템. 식재박스형식으로 시공 및 유지관리 용이
그린플랜터	(주)한설그린	구조물 상부에 설치하는 벽면 설치용
벽화수	벽화수(주)	타일처럼 붙여서 시공하는 형태, 부드러운 스폰지형
매자결 그린	일본지공(주)	시간이 지나도 고결이 일어나지 않은 토양. 인공지반 ,이끼류 녹화 가능
그린포켓	(주)한설그린	펄프 소재를 이용. 벽면에 간단히 설치 가능 .자동관수기능
판형의 벽면녹화 시스템	(주)디아트	해고판을 이용 , 프레임 없이 판만을 이용한 설치가능

최근에 벽면녹화 수요의 대부분이 실외벽면이나 실내의 로비벽 등을 이용한 시공형태가 대다수이며 유지관리의 편의성, 시공의 편의성등 다양한 시도가 있지만 대중화 시키기에는 한계가 있는 부분이 있다.

실내식물의 대중화에 보탬이 되기 위해서는 실내의 작은 공간에도 많은 식물을 배치할 수 있으며 시공개념이 아닌 제품을 배치한다는 개념으로 설치가 간단하여야 한다. 또 관리에 많은 신경이 안가도록 자동관수 등의 필수인 기술이 개발되어 한다.

제3장. 연구수행 내용 및 결과

1절. 수경벽면 녹화시스템 디자인 및 제품 개발

1. 수경벽면 녹화시스템 디자인 개발

가. 연구목적

본 수경벽면 녹화시스템 디자인 개발은 세부연구를 분리해서 디자인을 개발하는 방법 보다는 디자인 개발의 기초조사 때부터 세부 연구항목을 기준으로 진행하여 최종 디자인에는 세부 연구목표가 완료될 수 있도록 진행하였다.

나. 기초조사 및 디자인 방향

(1), 디자인 개발 사양

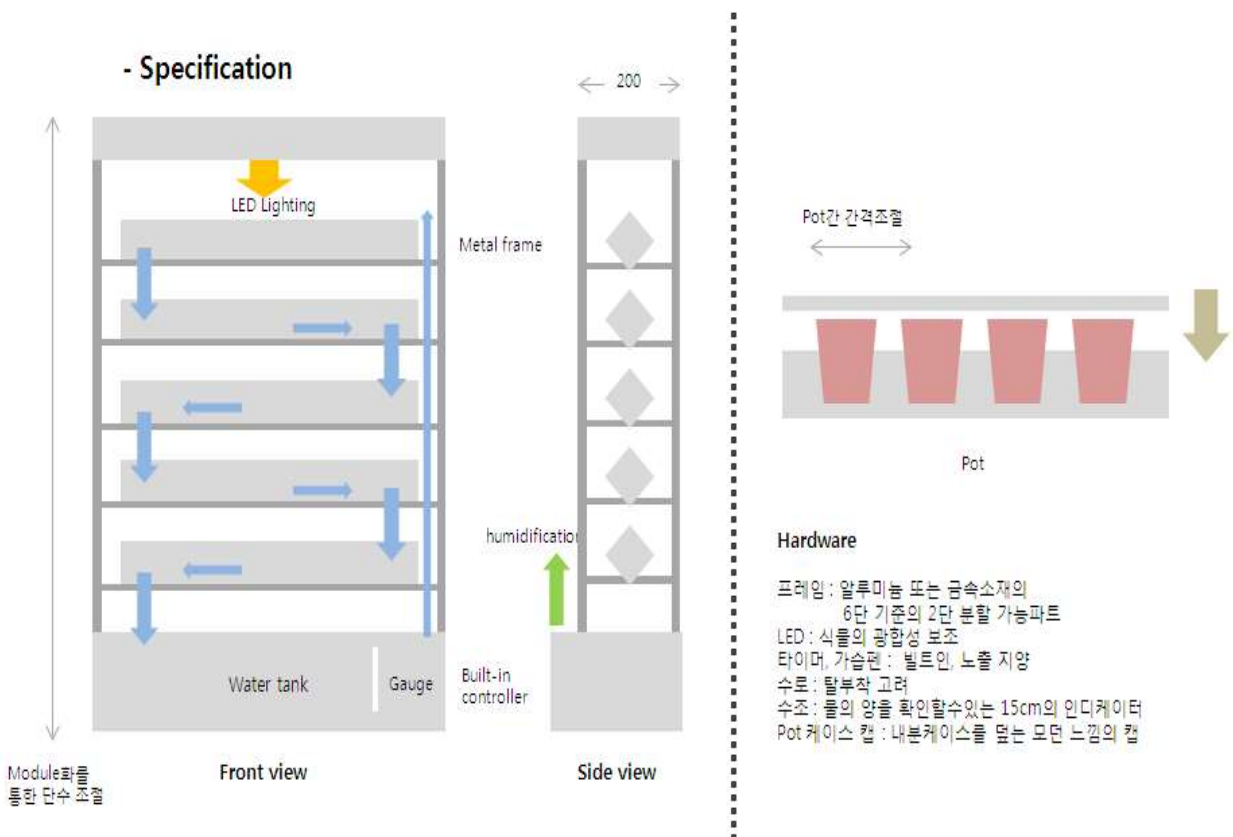


그림1 : 디자인 개발 구조

(2), 디자인 트렌드 분석

제품, 가구, 소재의 디자인 트렌드를 분석하고 하드웨어 구조 등을 분석하였다.

(가) 가구 트렌드



그림 2 : 가구 트렌드 1

- 최근 나무나 스틸, 패브릭 등의 다양한 소재를 활용한 라운드 타입의 가구들이 대부분이다. 깔끔하고 모던한 느낌으로 하나의 오브제로 활용될 수 있다



그림 3: 가구 트렌드 2

- 직선타입의 경우 수납이나 공간활용 면에서 강점을 보이며, 전형적인 가구의 느낌이지만 최근 다양한 컬러와 소재의 마감처리로 재미를 찾을 수 있다

(나) 하드웨어 분석

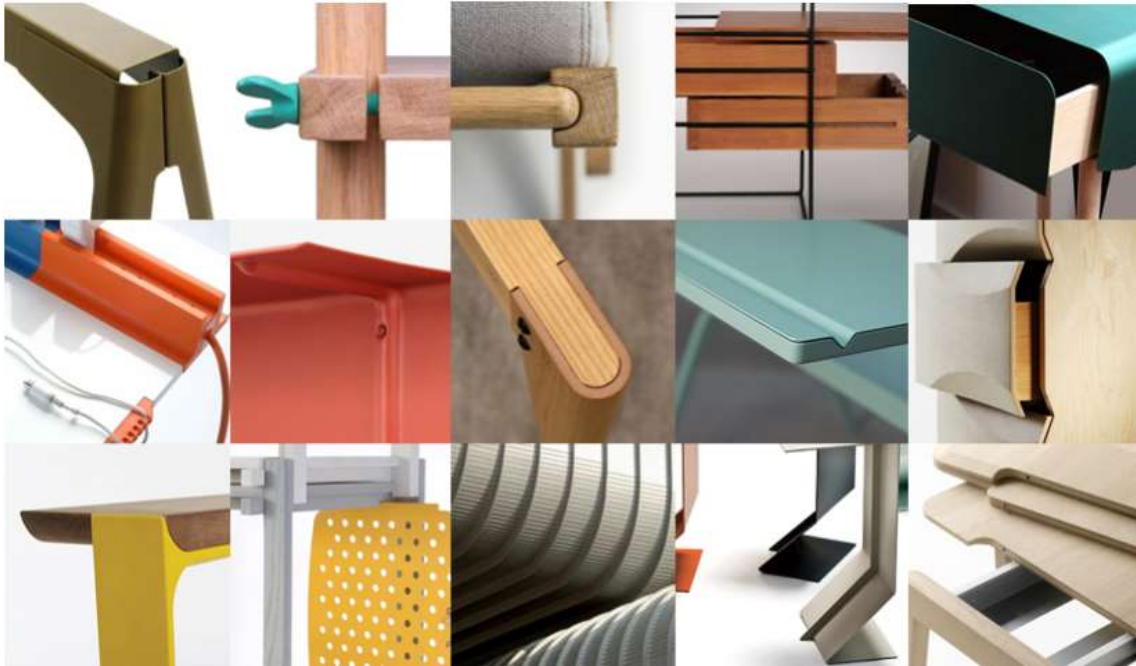


그림 4. 하드웨어 분석

전반적으로 가구나 제품분야에서 보이는 하드웨어 방향은 제조상에 있어서 쉽게 제작할 수 있는 구조와 직관적인 사용성을 살릴 수 있는 방향을 추구하며 재질의 변형 및 성형을 통해 디자인의 한 요소로서 사용되고 있으며, 노출된 타입과 숨기는 타입이 같이 공존하고 있다.

(다) 제품 트렌드



그림 5. 제품 트렌드 분석 - 1

단순 시각적 미니멀리즘의 트렌드를 넘어서 이유 있는 조형, 소재와 미적 아름다움 사이에서 중심을 잡는 제품들이 주목을 받고 있다

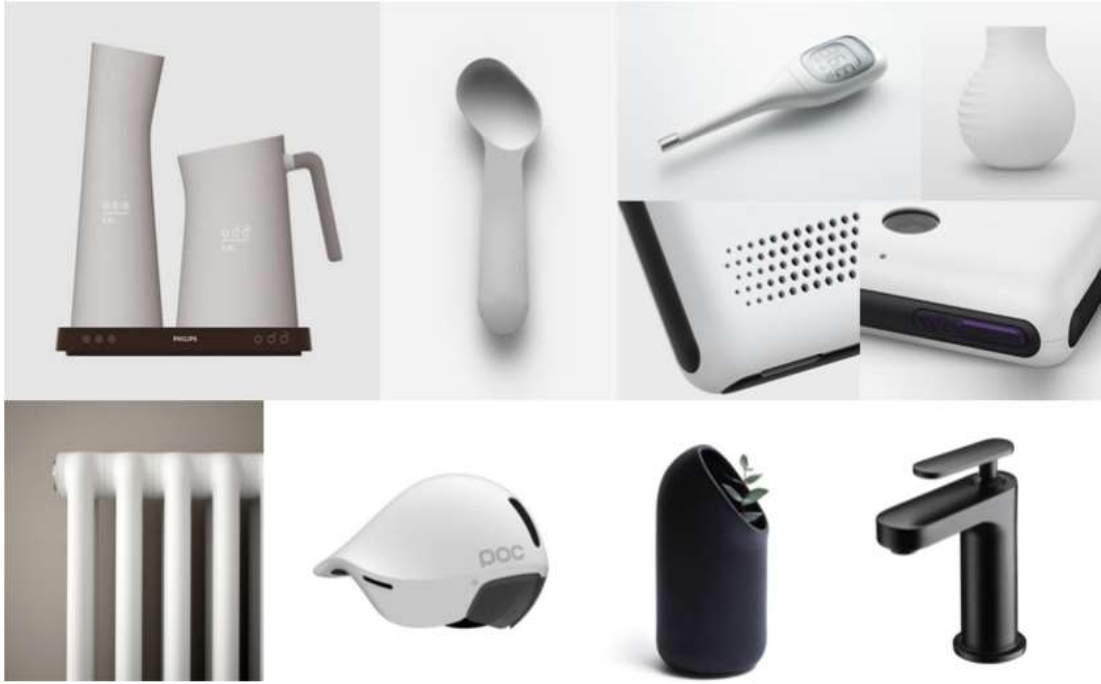


그림 6. 제품 트렌드 분석 - 2

작은 디테일에서 출발하는 것이 덧붙임 조형이 아닌 미적으로 새로운 큰 덩어리에서 이유 있는 디테일로 넘어가는 순서의 디자인이 트렌드로 대두되고 있다.

(라) 트렌드 분석 결론

- ① 컴팩트하면서 심플하고 이유 있는 디자인



- ② 메인부분 못지않게 모서리나 마감처리가 섬세한 마무리가 이루어짐



- ③ 제품생산 재료로는 플라스틱이나 메탈소재가 많이 쓰이고 있음



(3) 제품 분석

(가) 화분 케이스 (모듈박스) - 간격조절

① 기본형 (compact)



가장 기본적인 형태로써 화분 박스자체를 기울리는 형태이다. 공간활용이 효과적인 형태이다. 하부 받침대가 강도가 있는 알루미늄이나 리브강도가 있는 사출플라스틱을 이용하여야 한다.

② 하우스형 타입(안정성&부피감)



가장 안정성 있는 형태로 받침대위에 화분 박스를 올리는 형태이다. 부피감이 있다.

③ 사다리꼴 타입



하우스형 타입의 안정성 확보를 하고 기울기의 방향성이 자유로울 수 있는 형태이다. 디자인적인 부분 보다는 기능성이 강조된 형태이다.

(나) 프레임

① 압출(Pressing out)

제품화시 무게가 가벼우며 초기투자비가 저렴하다. 하지만 컬러제한과 제품생산비가 높다.

② 금속소재(metal plate)

제품화시 견고하며 초기투자비가 저렴하다. 하지만 중량이 많이 나가 제품생산비가 높다.

③ 사출(Injection molding)

제품화시 무게가 가벼우며 다양한 컬러와 형태가 가능하다. 하지만 초기투자비가 많다.

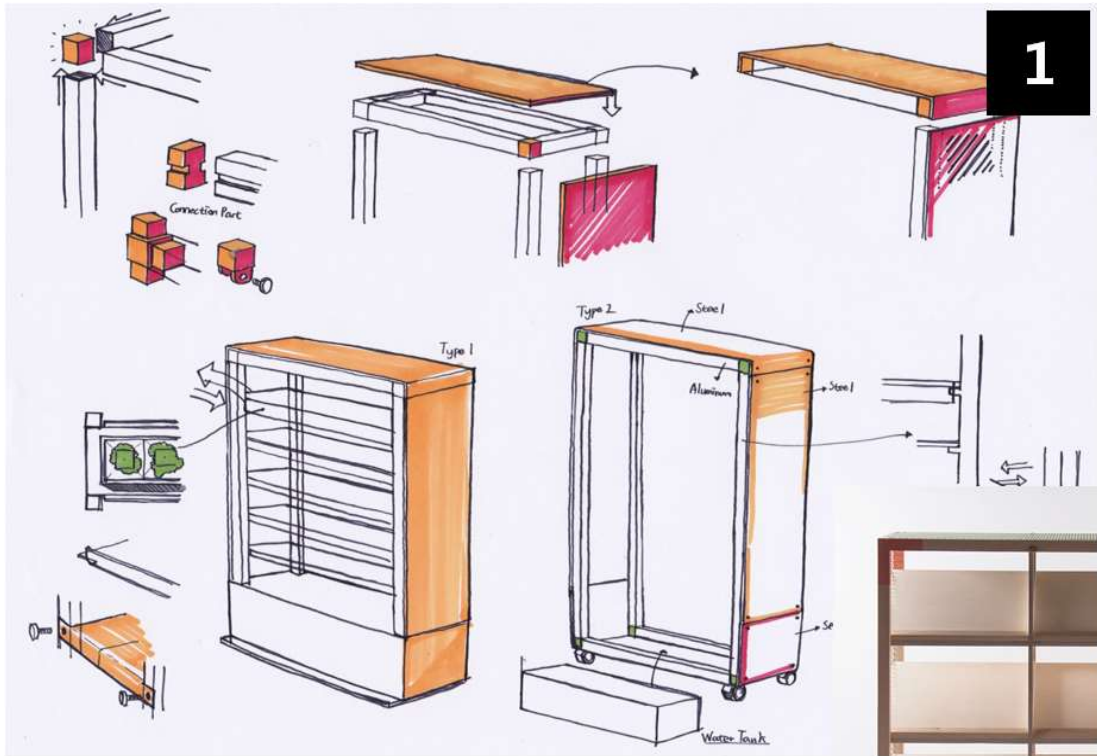
(다) 케이스 및 하드웨어

케이스 및 하드웨어는 강도가 높으며 디자인 접근 및 방수가 용이한 사출물을 이용하며 조립 방식은 거는 방식과 볼팅구조로 이루어져야함.

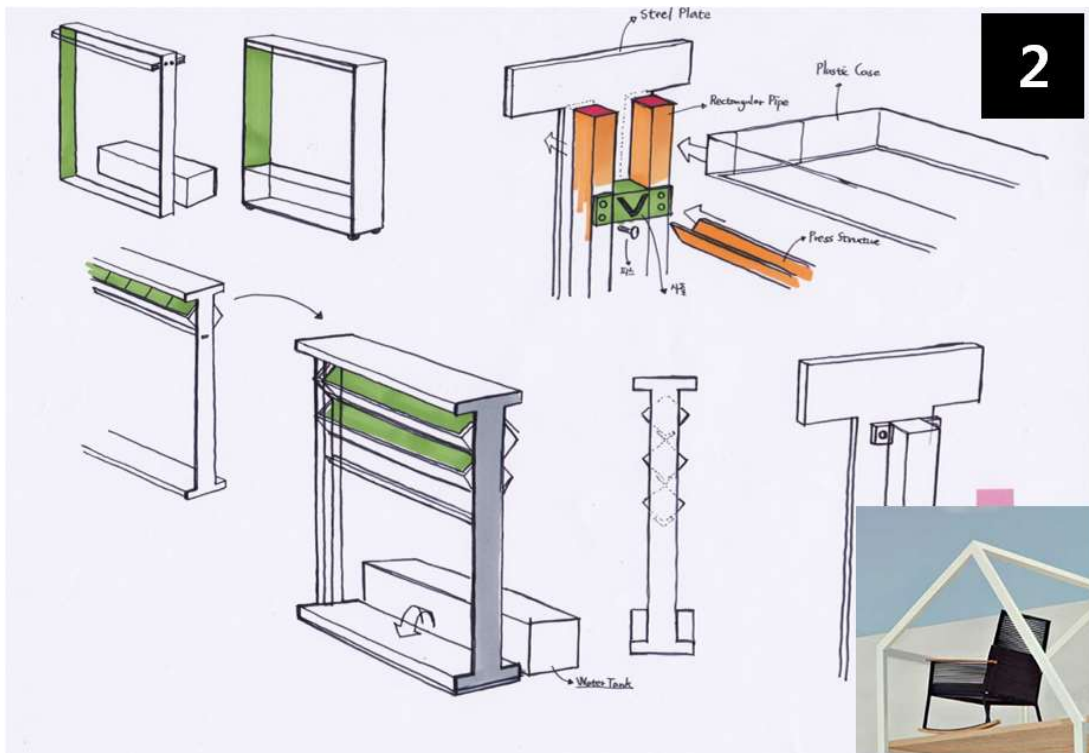
다. 디자인 스케치

관련제품의 장단점, 디자인 트렌드, 제품 트렌드, 하드웨어 분석을 통한 데이터로 세부 연구목표를 접근 다양한 컨셉 스케치를 하였다.

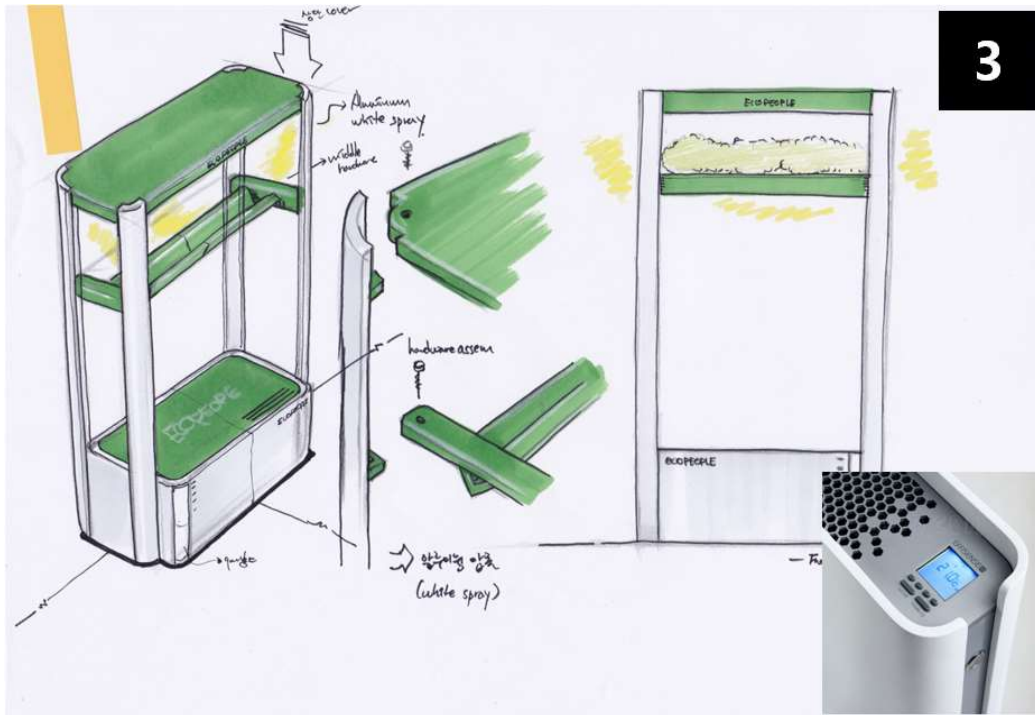
1) 사출 하드웨어와 프레임의 합리적 조화 / 모던 디자인



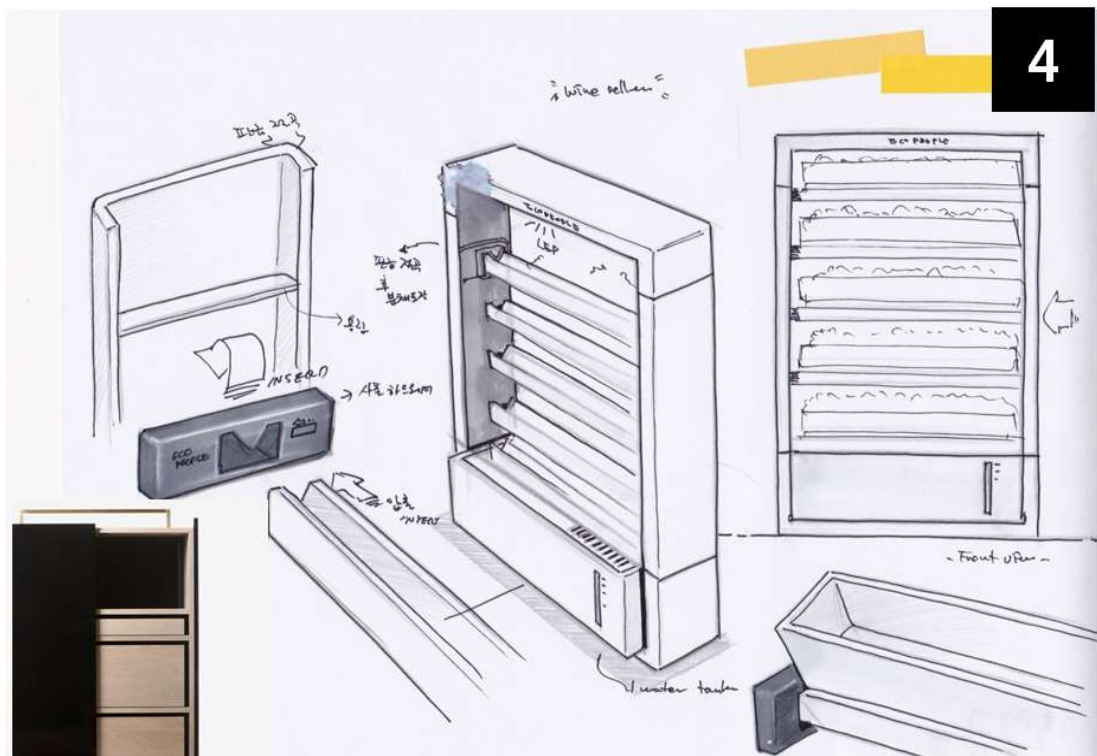
2) 사출 하드웨어와 프레임의 합리적 조화 / 슬림 디자인



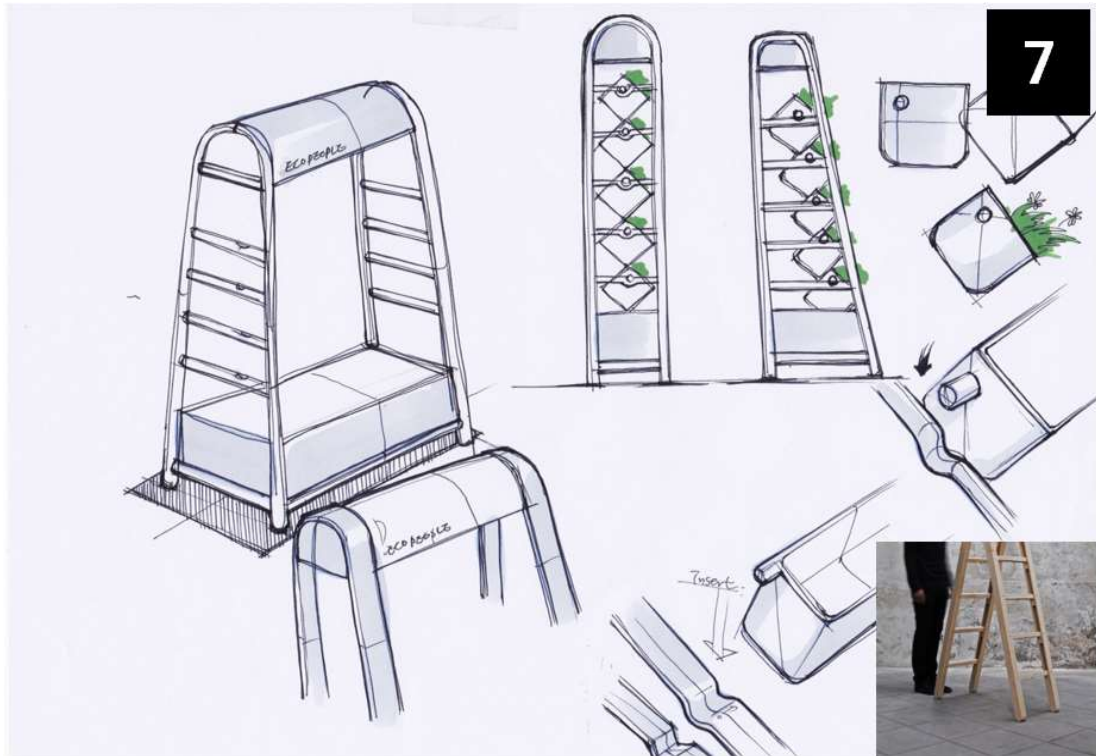
3) 사출하드웨어와 압출프레임의 합리적조화 단단하면서 신뢰감 있는 디자인



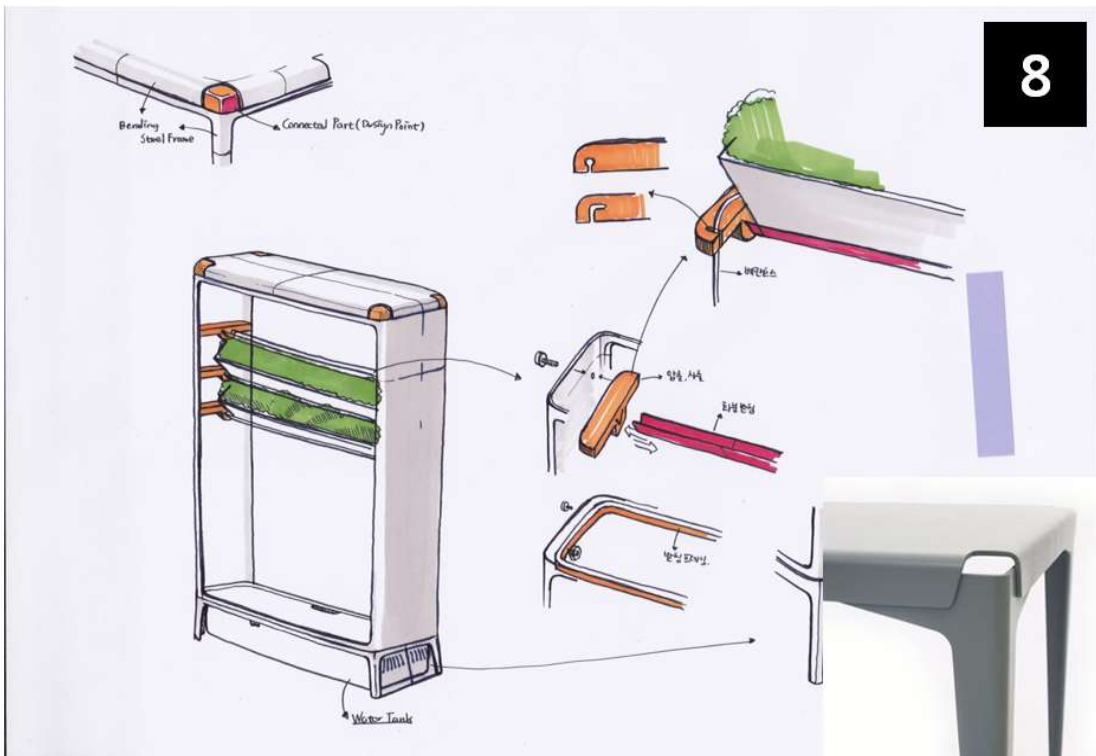
4) 각진 와인셀러와 같은 고급스런 디테일이 좋은 디자인 /사출하드웨어 적극 활용



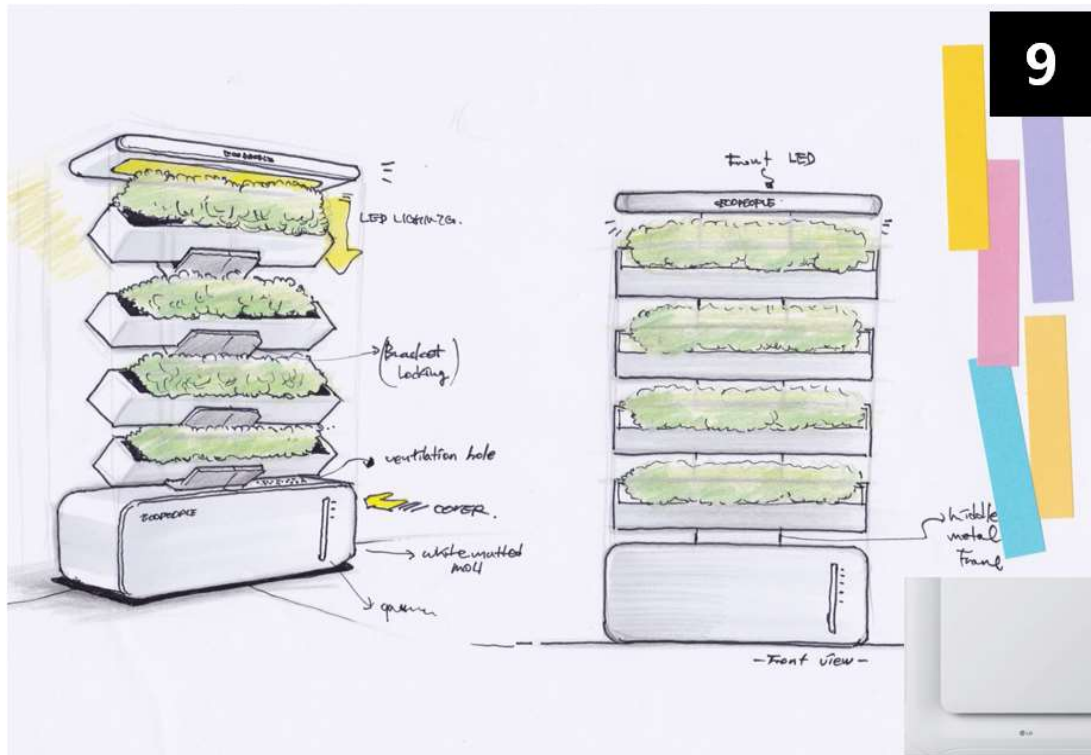
7) 구조적 측면 부각 / 체결방법의 다양화 / 메탈프레임이 바디를 감싸는 느낌



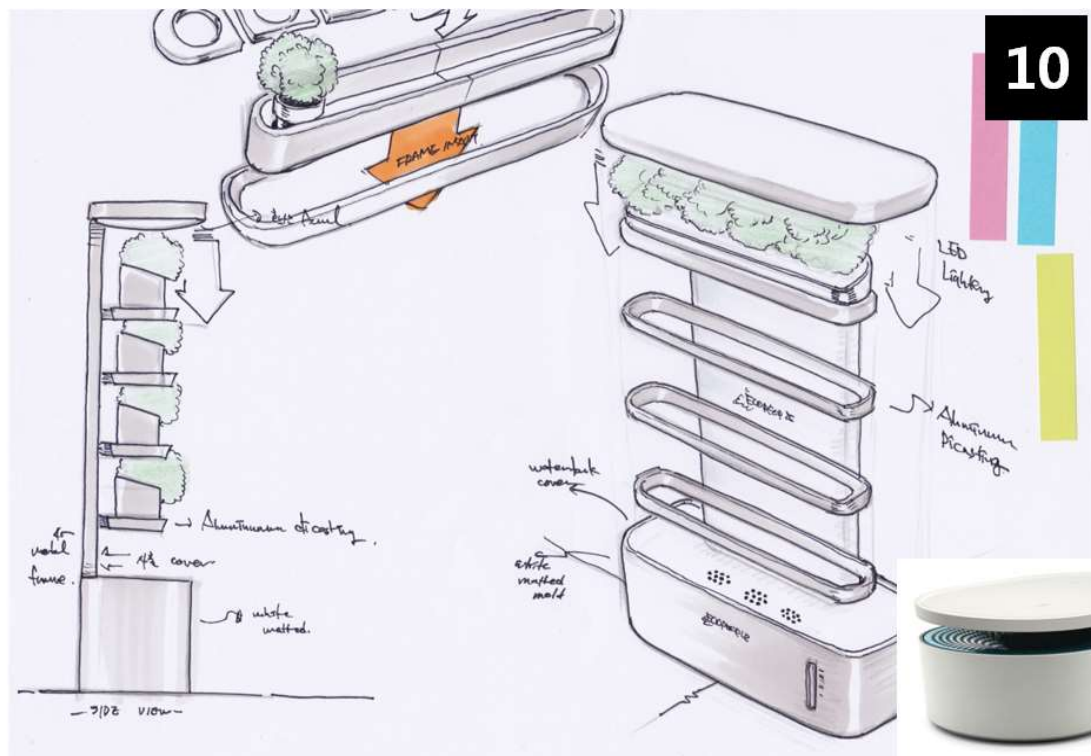
8) 하드웨어를 포인트 / 쉽게 조립하는 구조 / 호스의 가리는 형태



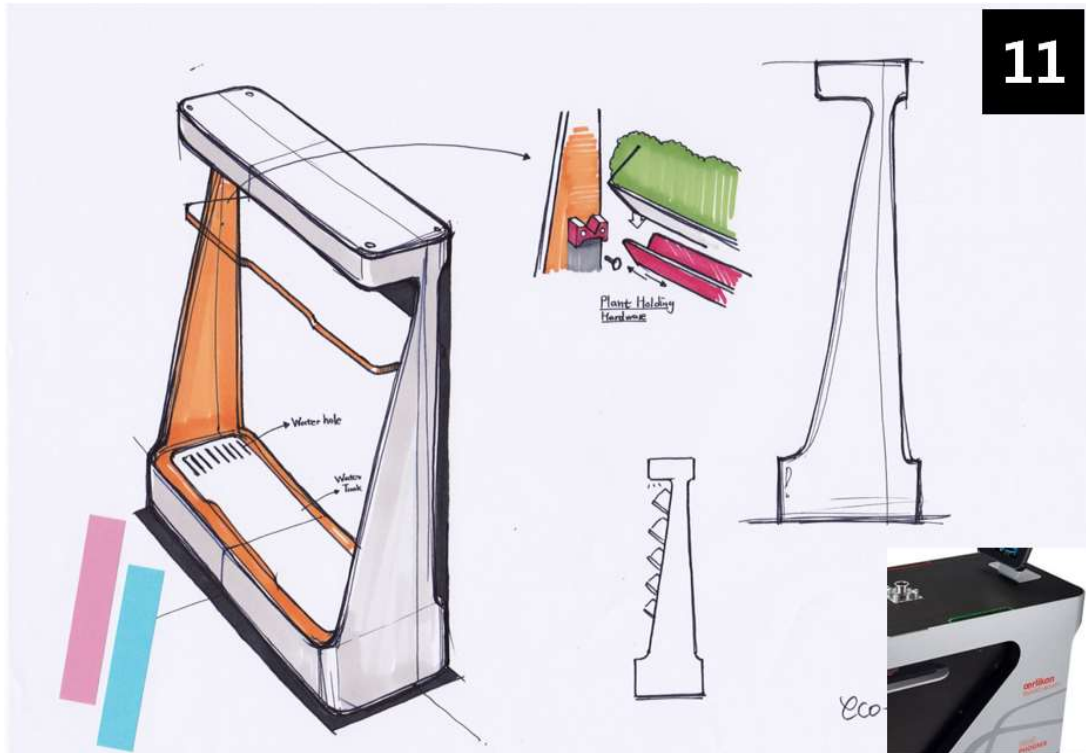
9) 양쪽 개방성과 메카니즘이 중앙으로 정렬하여 차별화된 구조와 기능성을 살린 디자인 / 모던한 인테리어와 잘 어울리는 형태



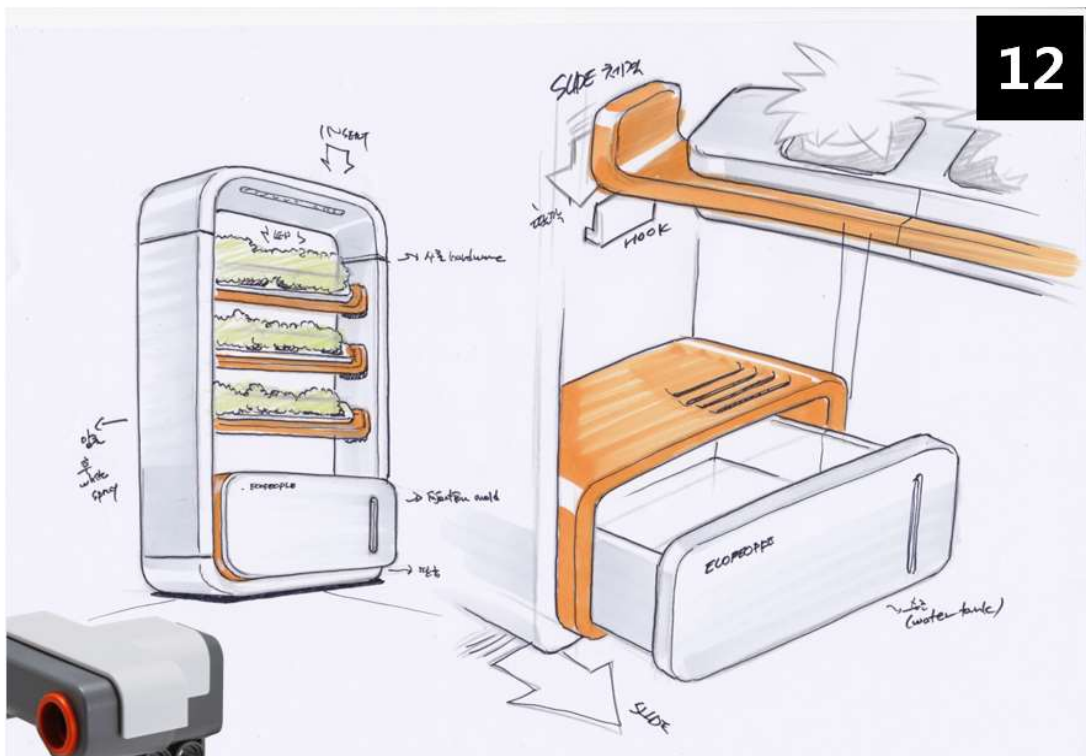
10) 프리미엄 디자인/ 압출링에 pot를 쉽게 올려놓는 사용성/ 양쪽면이 트여진 개방성



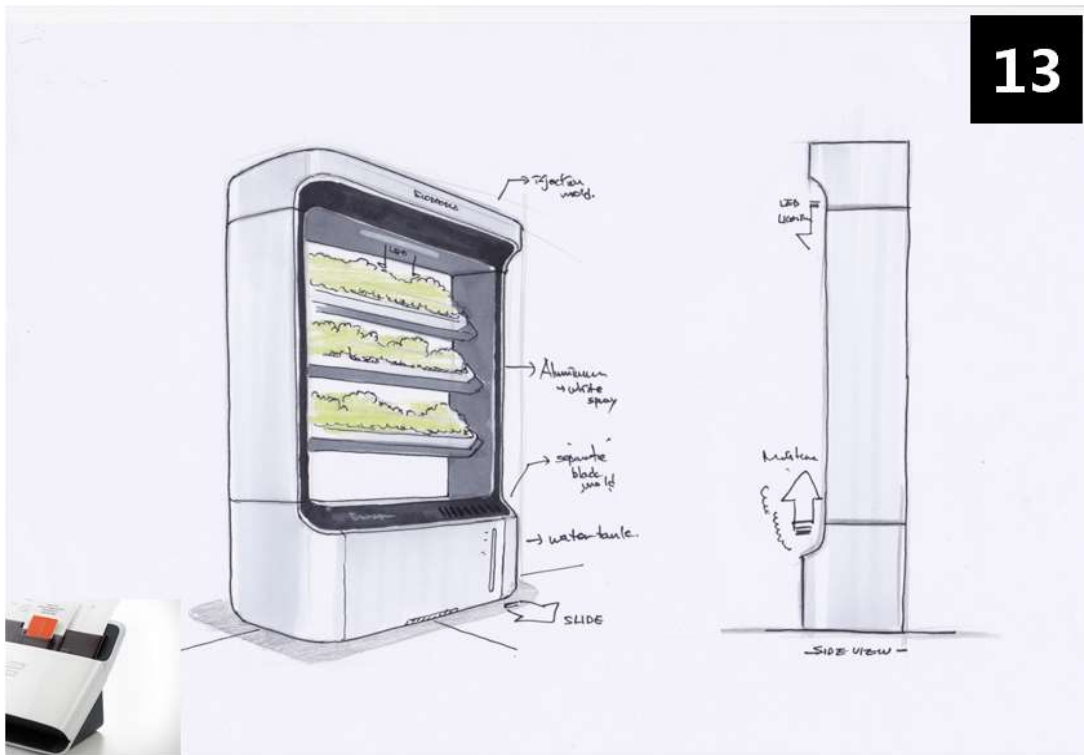
11) 전면의 방향성을 갖고 있는 슬림하며 조형차별성 있는 디자인



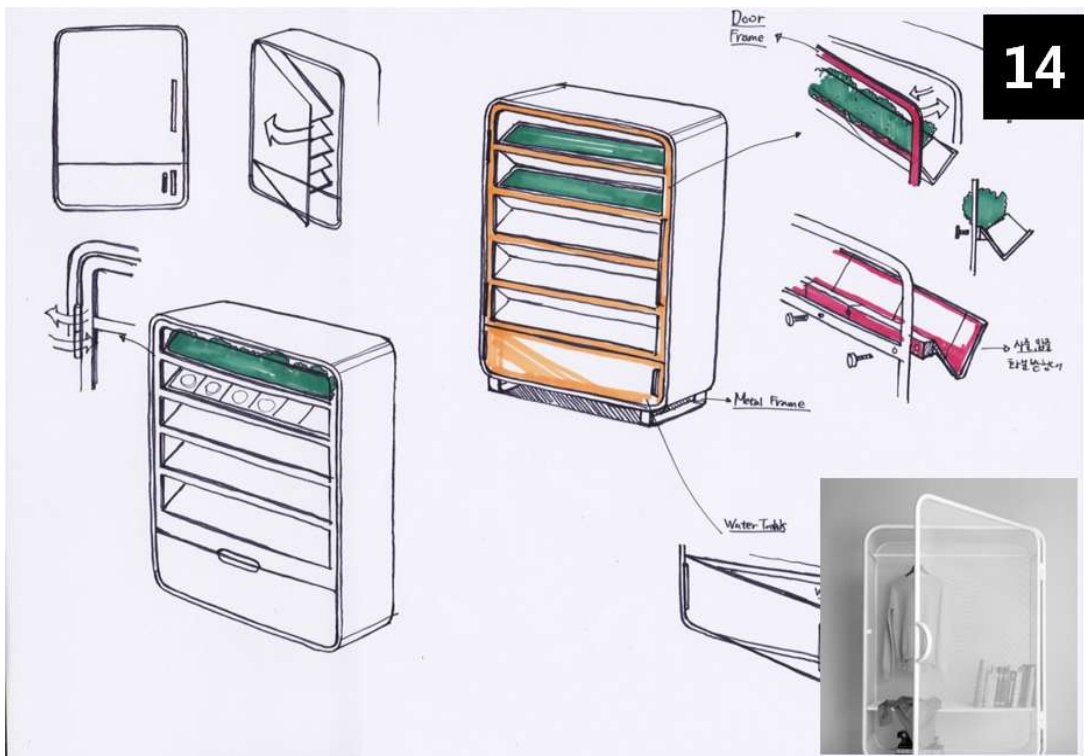
12) 슬라이드 구조디자인 / 모던하고 소프트한 디자인 / 슬라이드 구조



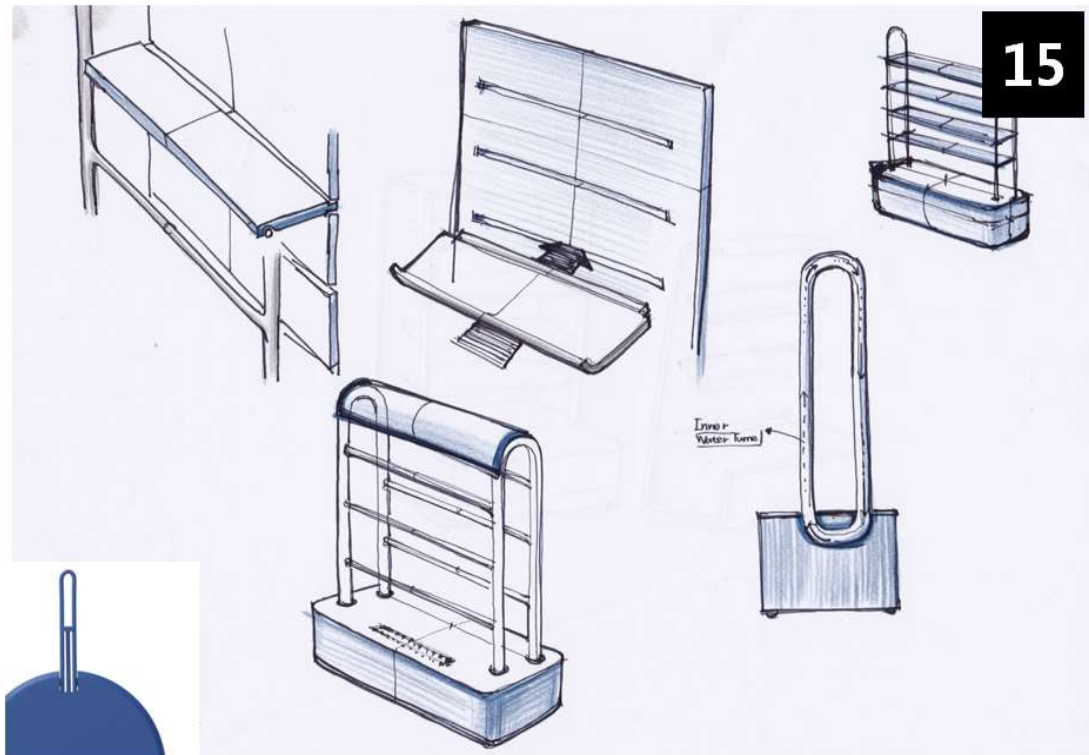
13) 하단으로 내려오는 라이팅과 가슴이 상단으로 올라오는 기능적 디자인



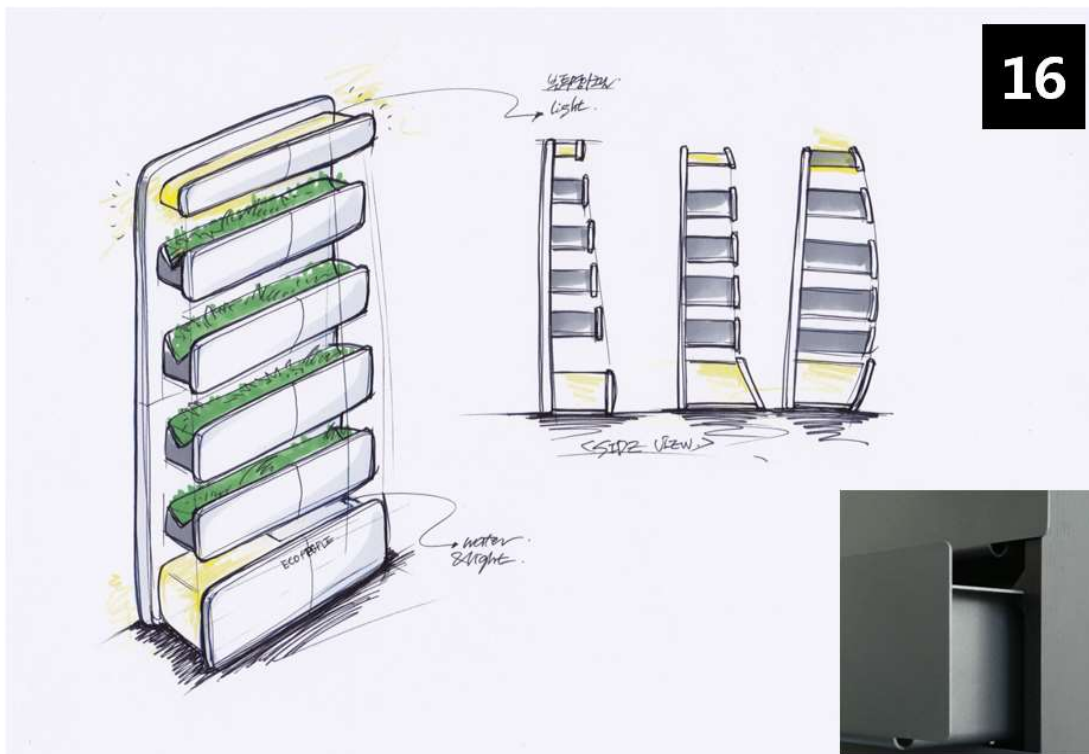
14) 전면도어를 통한 완성도 있는 마감과 구조



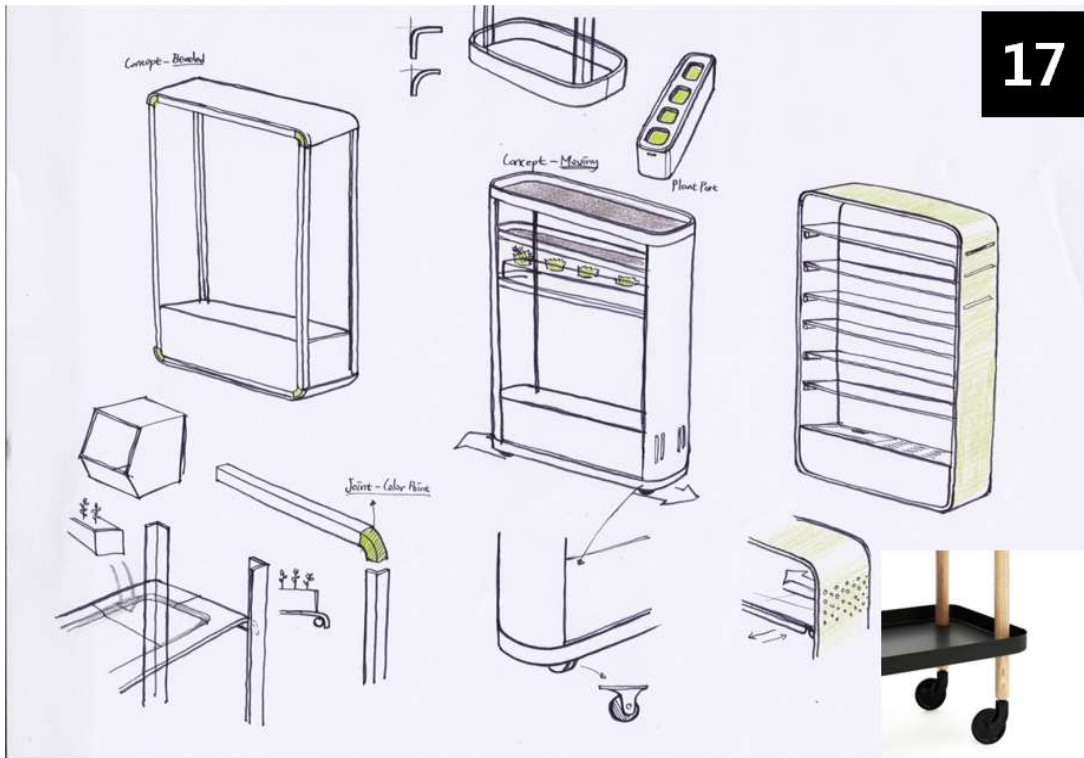
15) 프레임 안쪽으로 호스를 연결하여 구조적인 특징을 줌



16) 전면의 완성도 있는 솔리드한 유럽형 디자인 / 벽면과 일체화되는 디자인



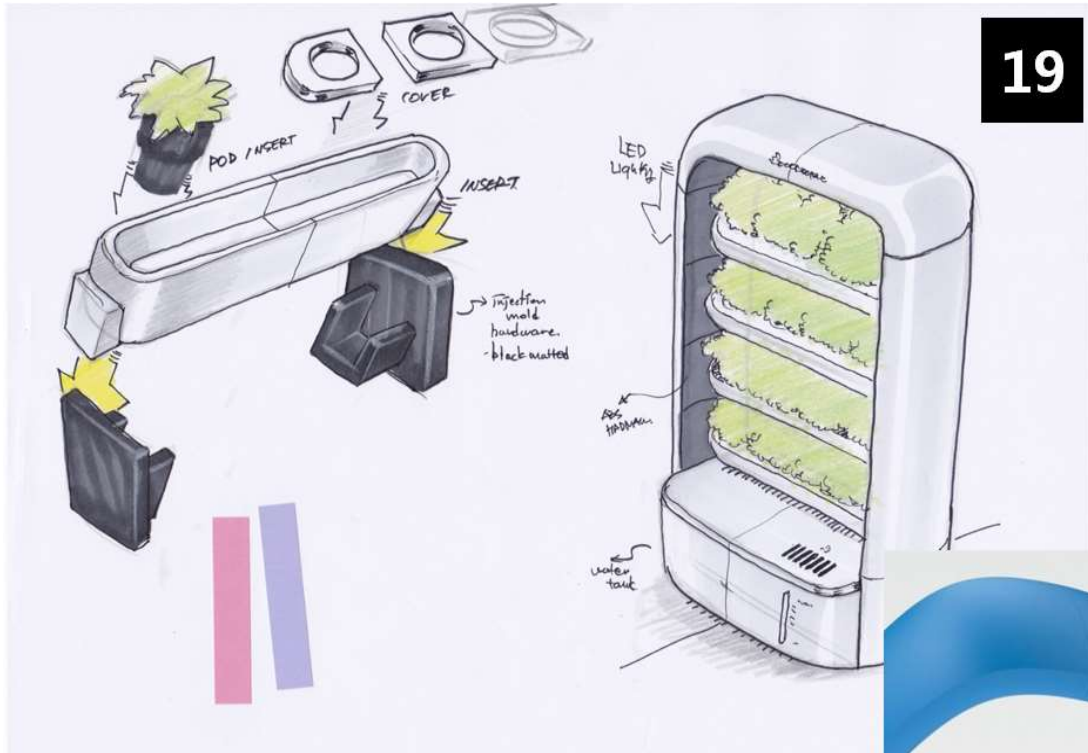
17) 사출하드웨어와 프레임의 합리적조화 / 설치와 이동성을 고려한 디자인



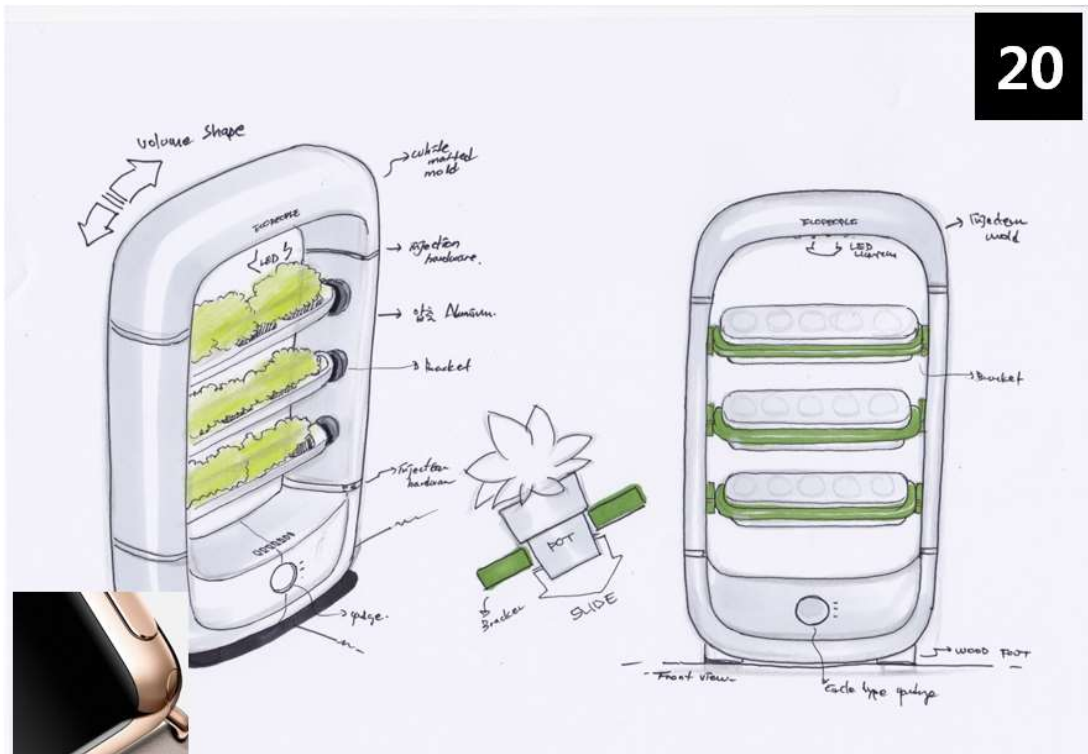
18) 슬라이드구조를 통한 쉬운 조립성과 그 기능을 살린 포인트 디자인



19) 단단하고 라운드(sleek)한 디자인 / pot를 각도를 주어 설치함



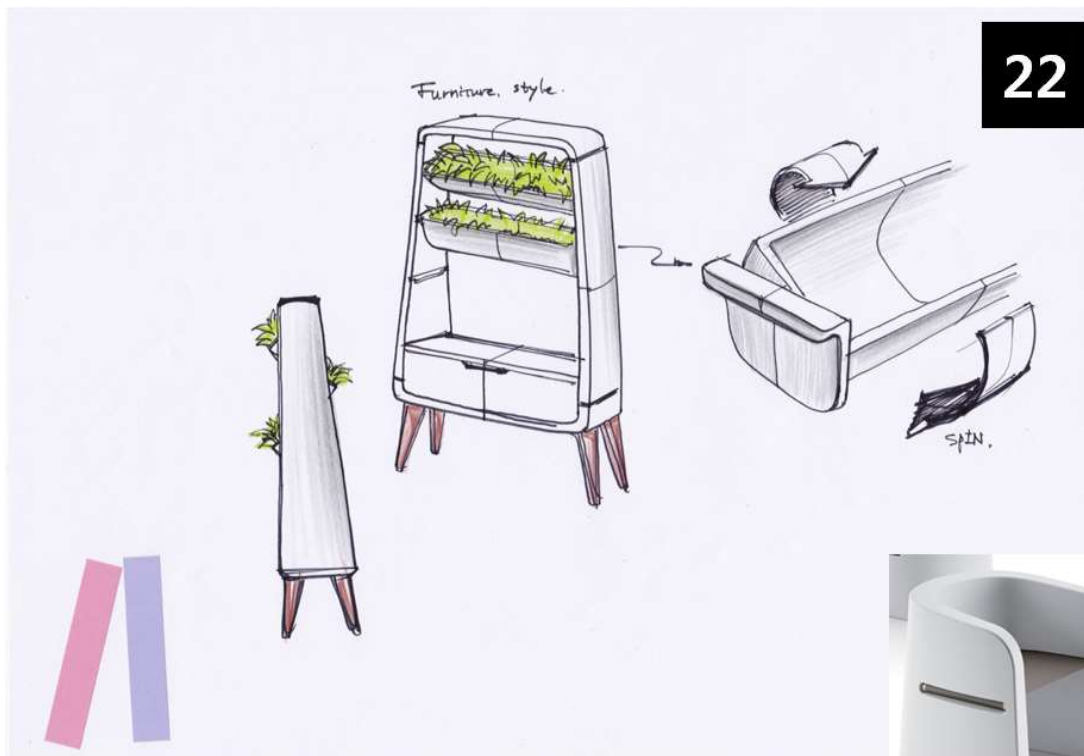
20) 라운드가 부각된 디자인/ 전반적 조형의 일체화/ 볼륨감 있는



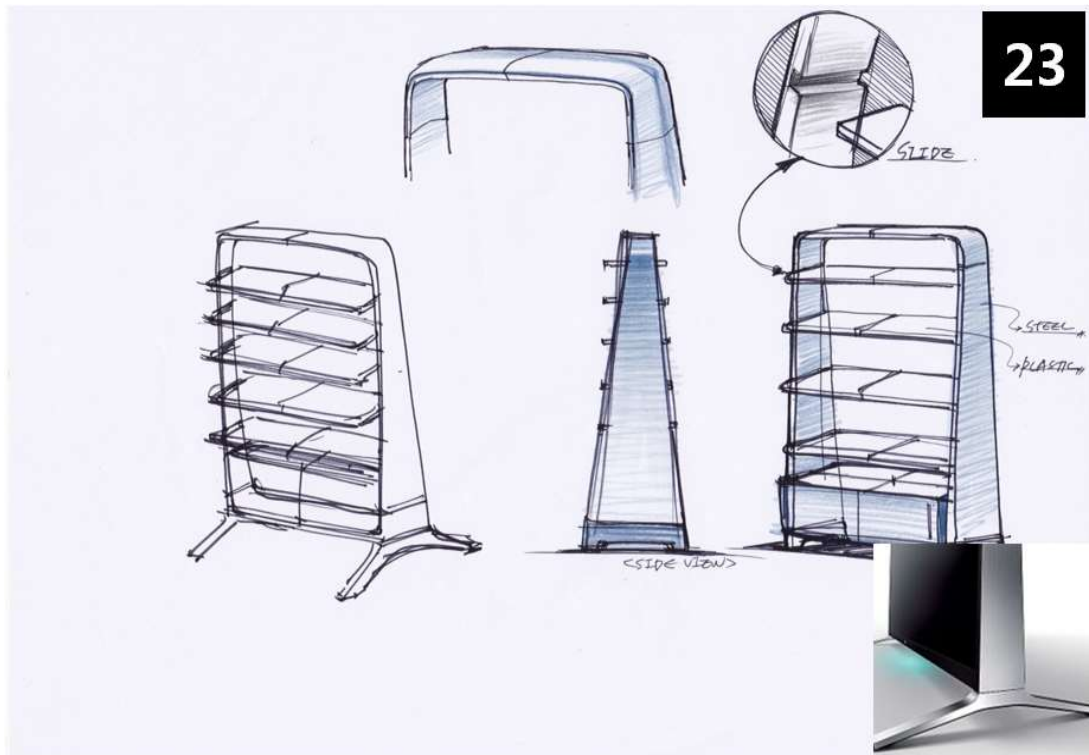
21) 단단하고 라운드(sleek)한 디자인 / pot를 각도를 주어 설치함



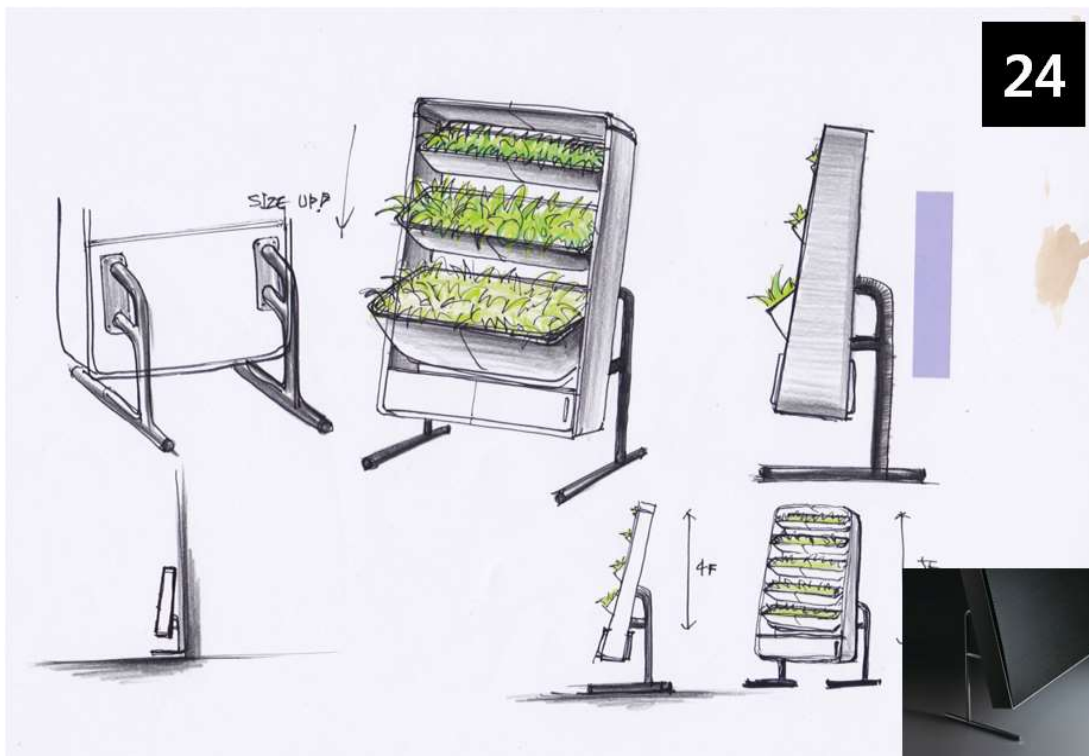
22) 조형적인 캐릭터한 포인트가 돋보이는 디자인. 북유럽풍 디자인



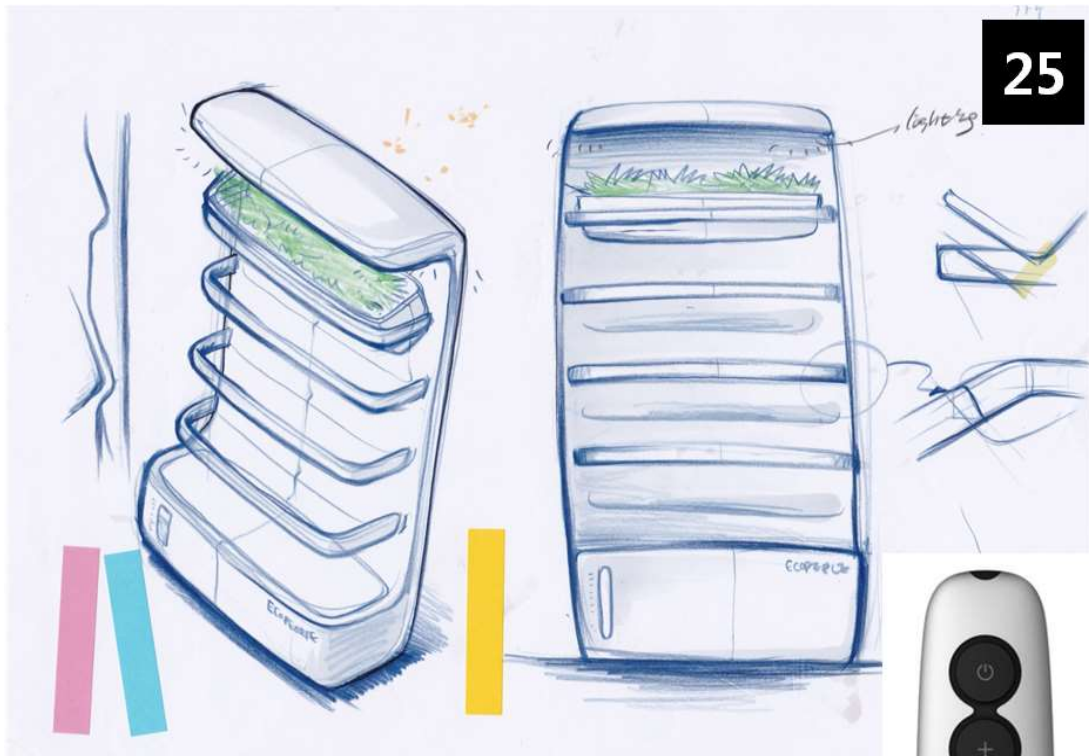
23) 뜻을 강조한 형태 / 조형적 특성을 살림



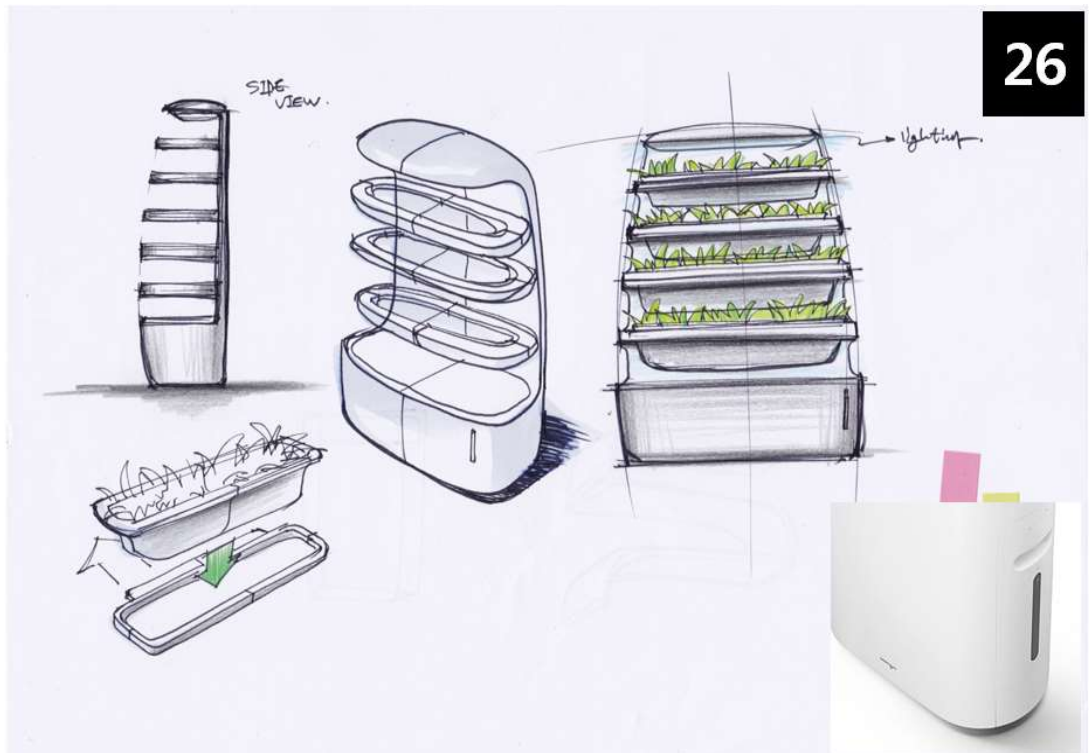
24) 직선적인 / hard한 느낌 / Pot의 사이즈 변화



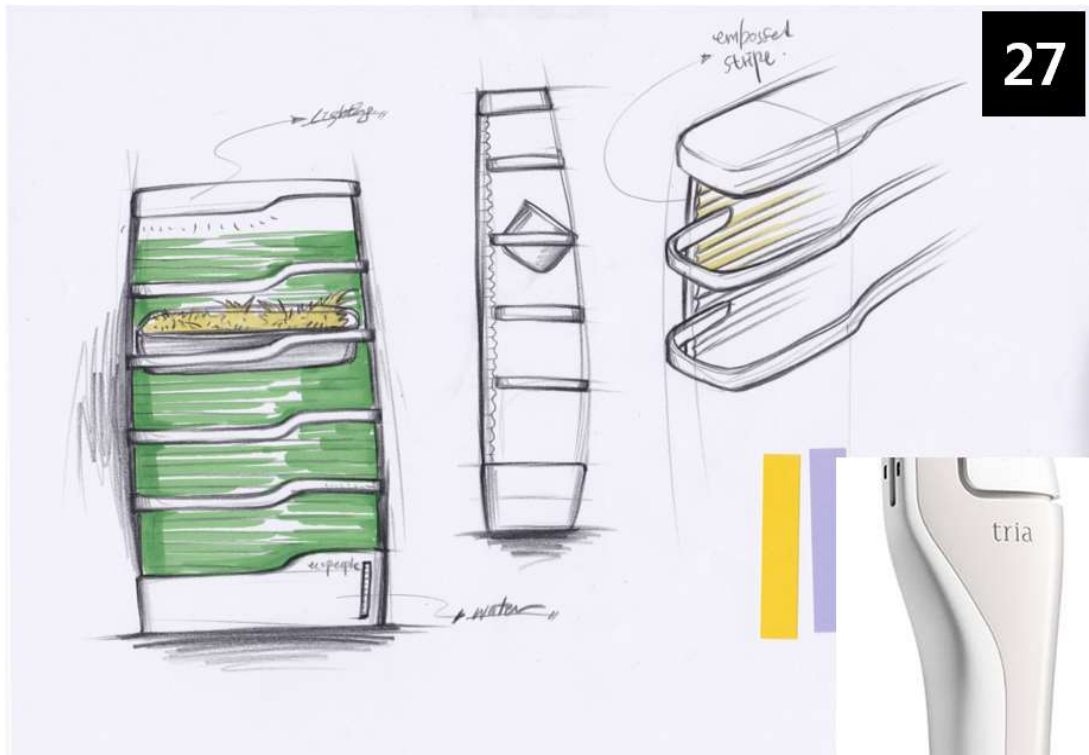
25) 양면이 개방된 형태 / 전면에서 볼륨감 있는 고급화 된 디자인



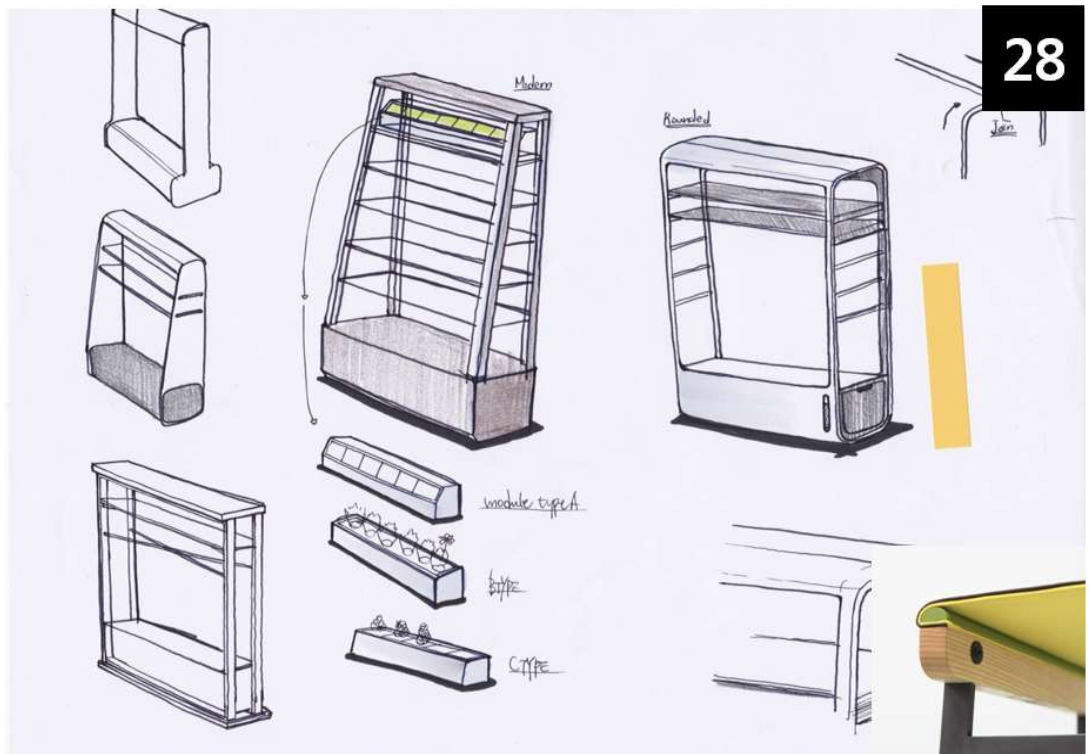
26) 양면이 개방된 형태 / 전면에서 볼륨감 및 비대칭 / 유한 느낌과 단단한 형태적 특징을 가진



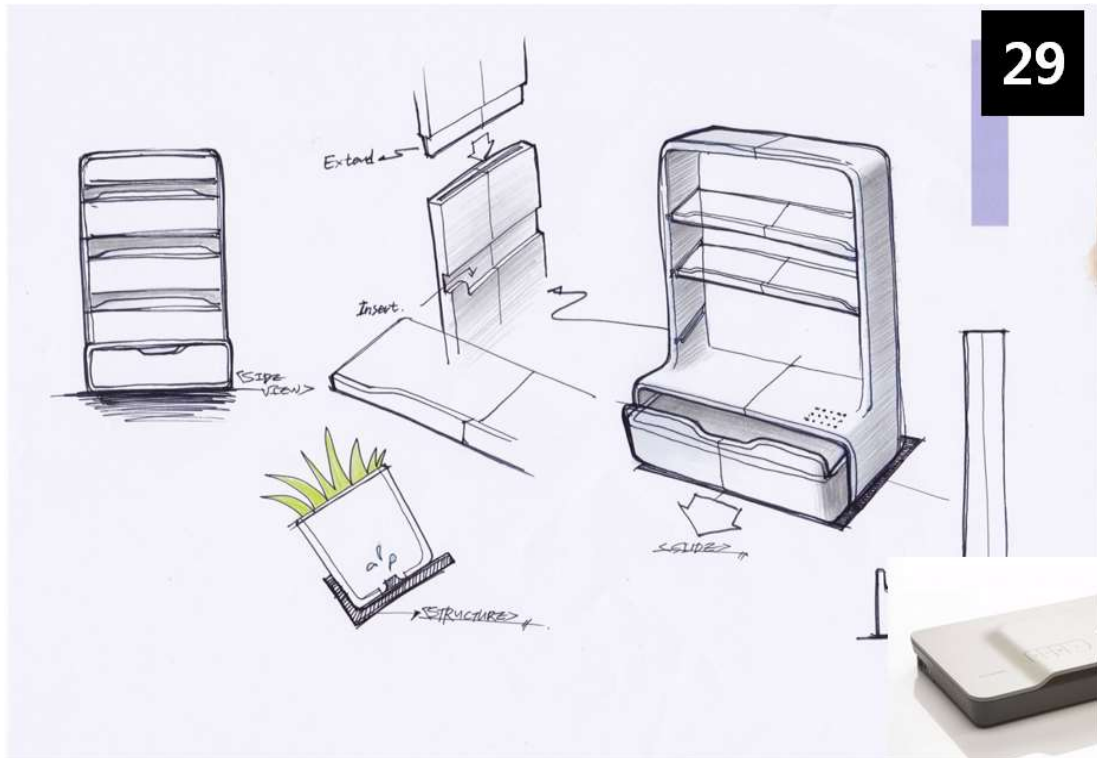
27) 양면이 개방된 형태 / 비대칭 곡선 라인 / 엠보싱(embossed)



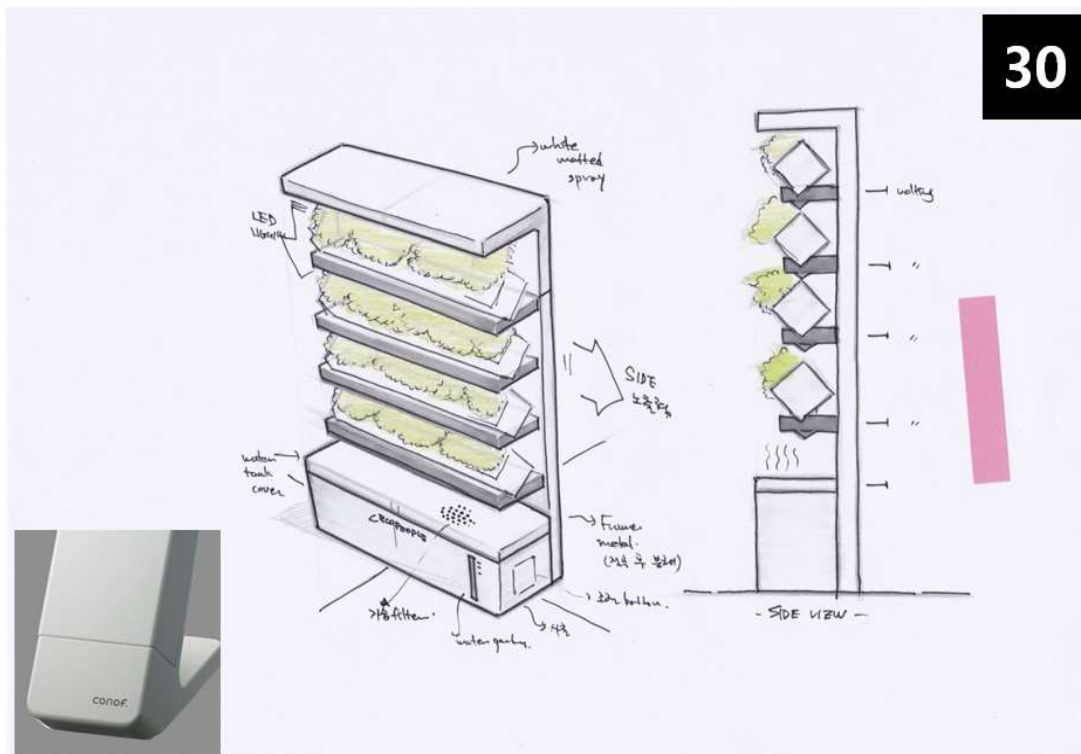
28) 사출 하드웨어와 프레임의 합리적조화 / 기본형 디자인 / 모듈 팻 차별성



29) 수조를 슬라이드로 오픈하는 구조 / 수로와 바디의 일체형된 느낌 / pot브라켓과 바디의 공통된 조형언어와 유사성을 지님



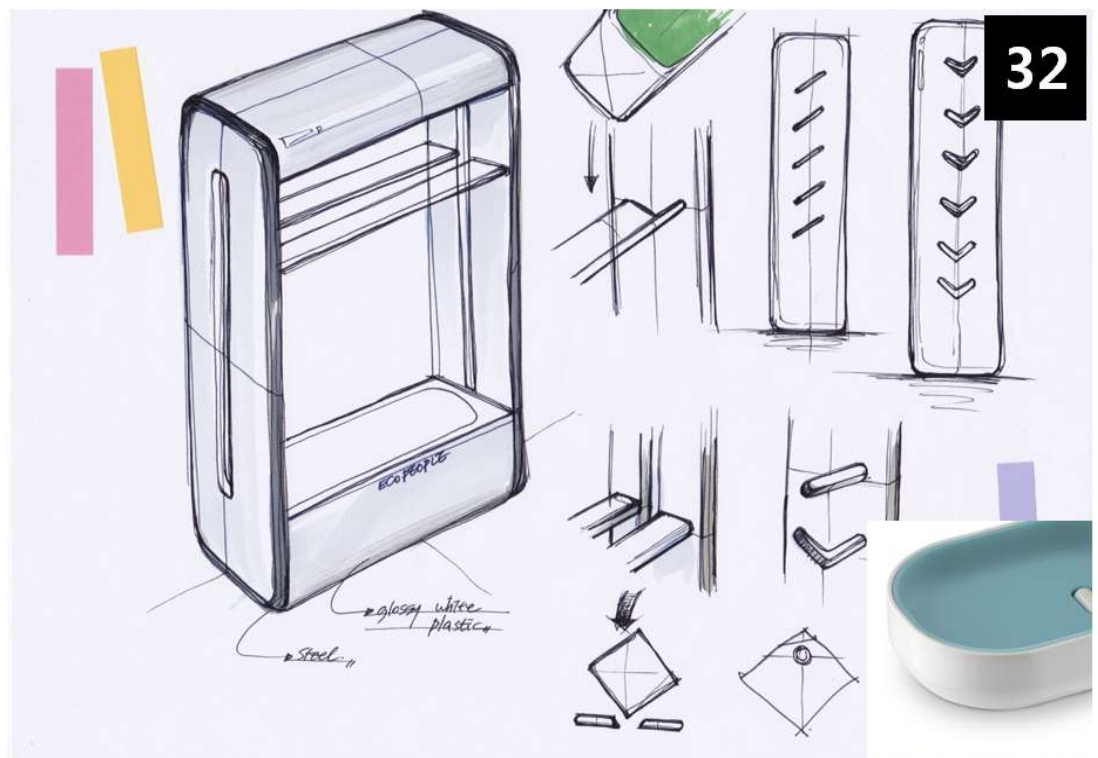
30) 가구와 같은 디자인 / 백색가전의 고급화된 이미지 / Hide Volting / 모던 스타일



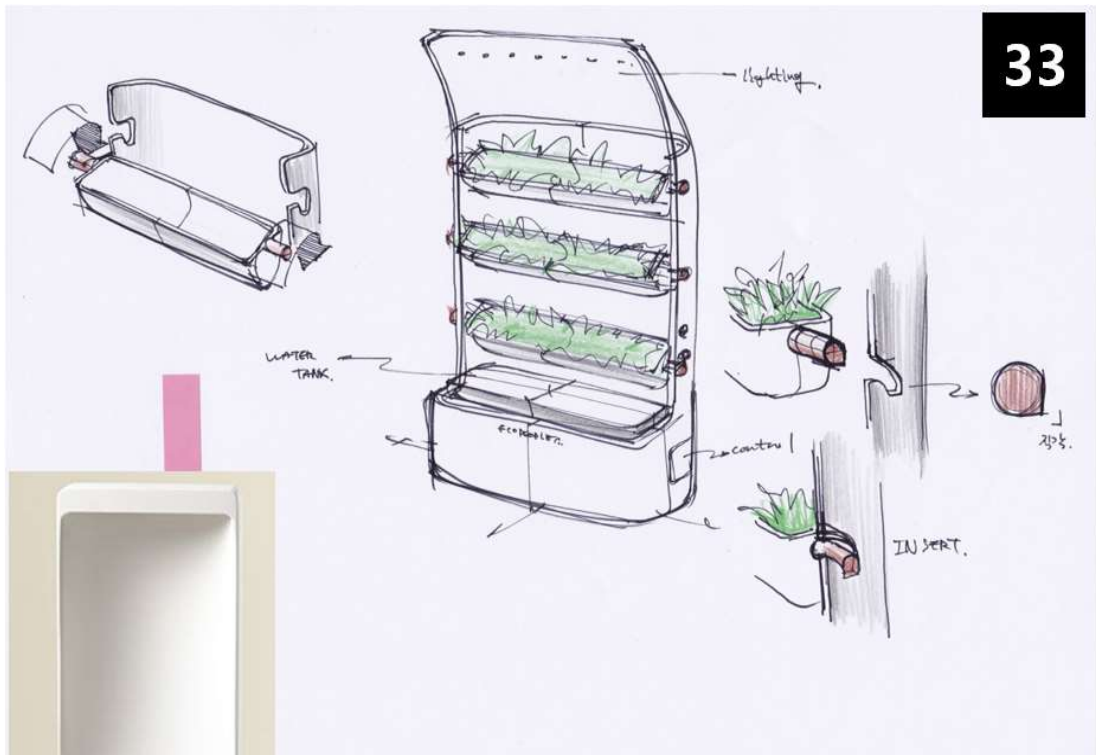
31) 미려하고 슬릭한 하이테크 디자인 / 구조의 형태적 차별성



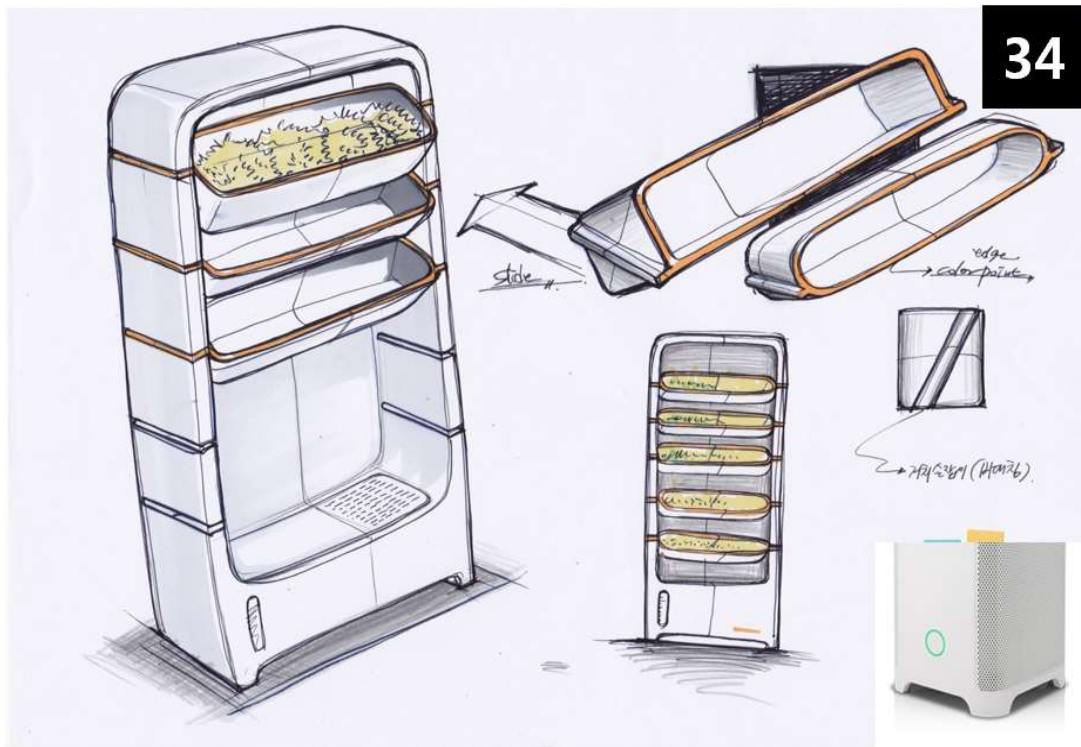
32) 측면을 강조하고 마감이 좋은 디자인 / 구조적 (슬라이드) 장점



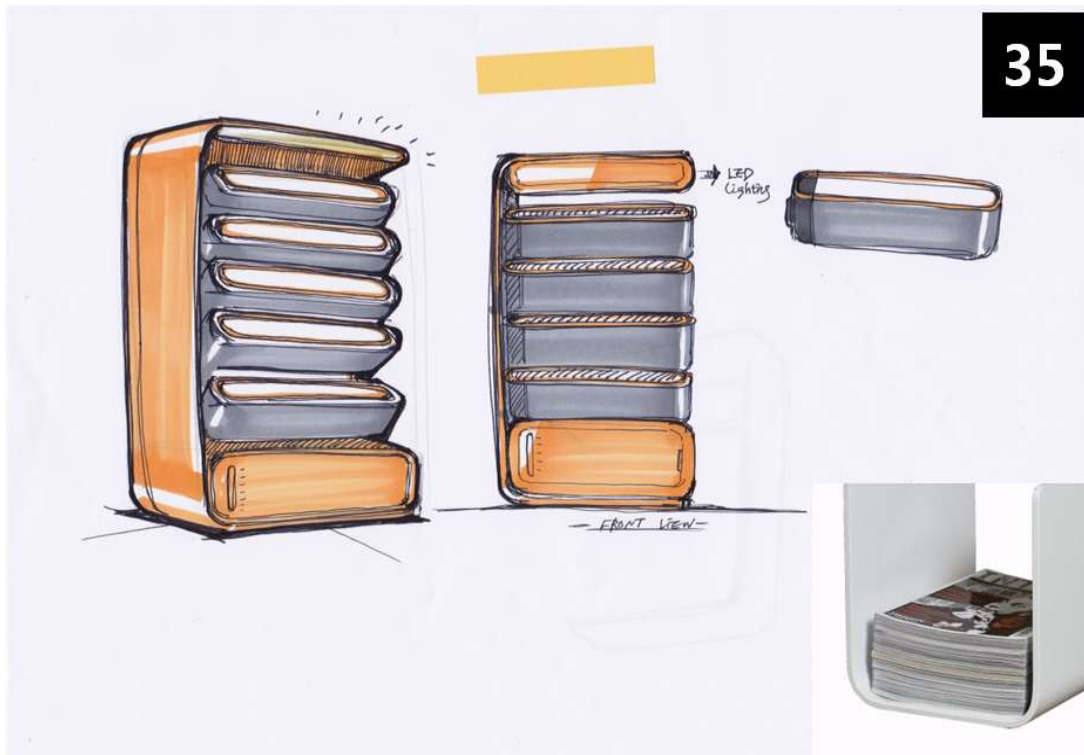
33) 조명의 효과를 극대화 시킨 디자인 / 디자인 차별화된 고급화 전략



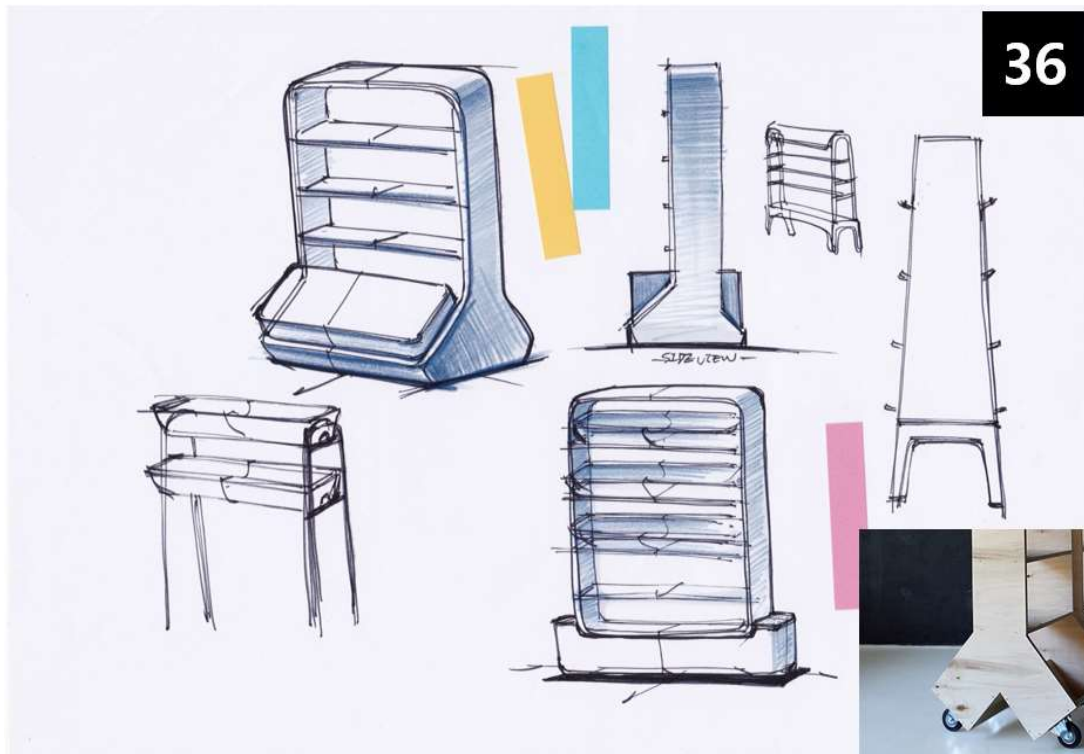
34) 모듈화 장점을 갖춘 디자인 / 하드웨어와 브라켓에 포인트를 줌



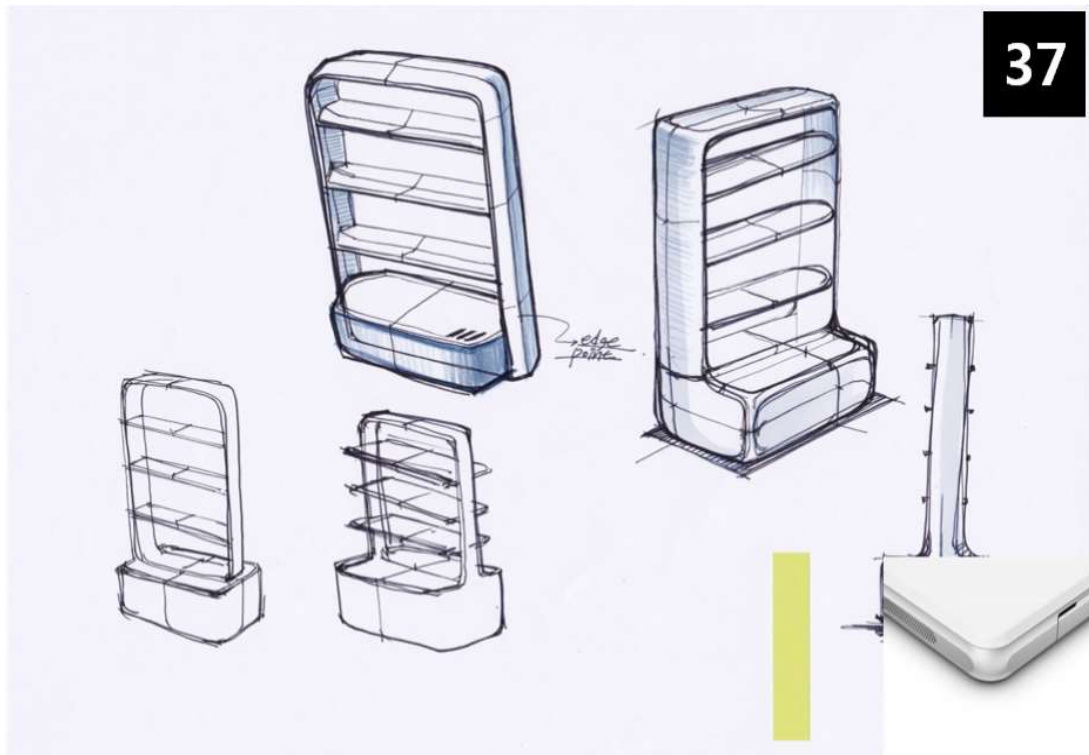
35) 비대칭 조형 / 형태적 차별성을 지닌 디자인



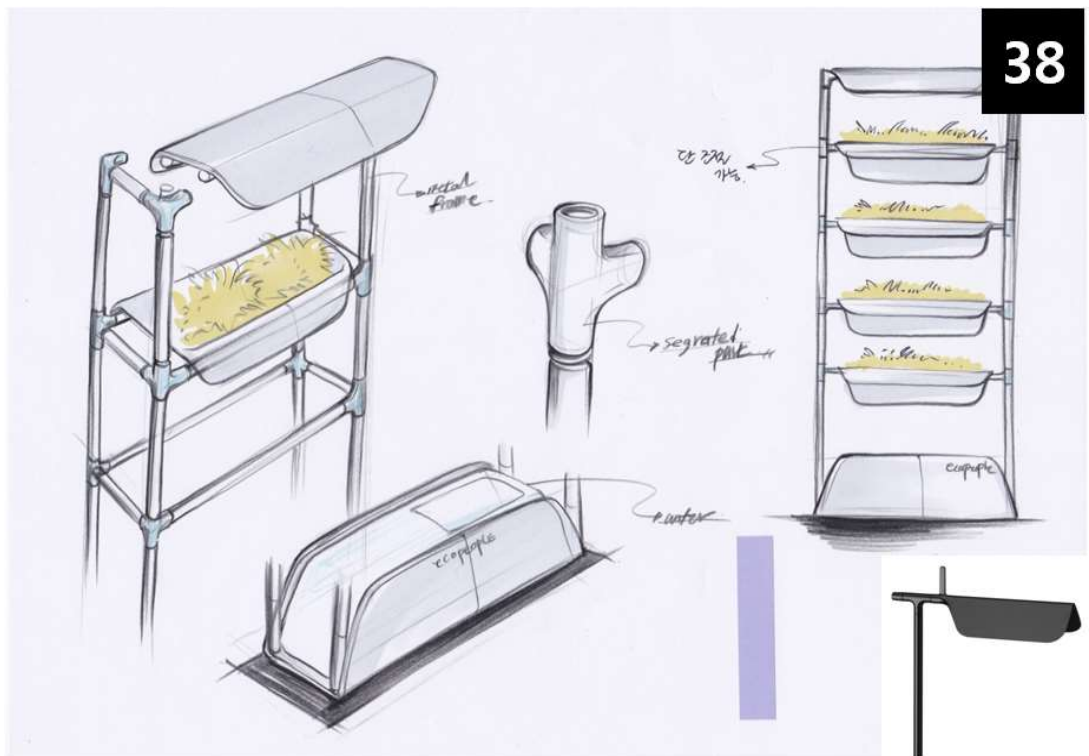
36) 수조의 차별성과 방향성을 갖춘 디자인 / 용이한 수납



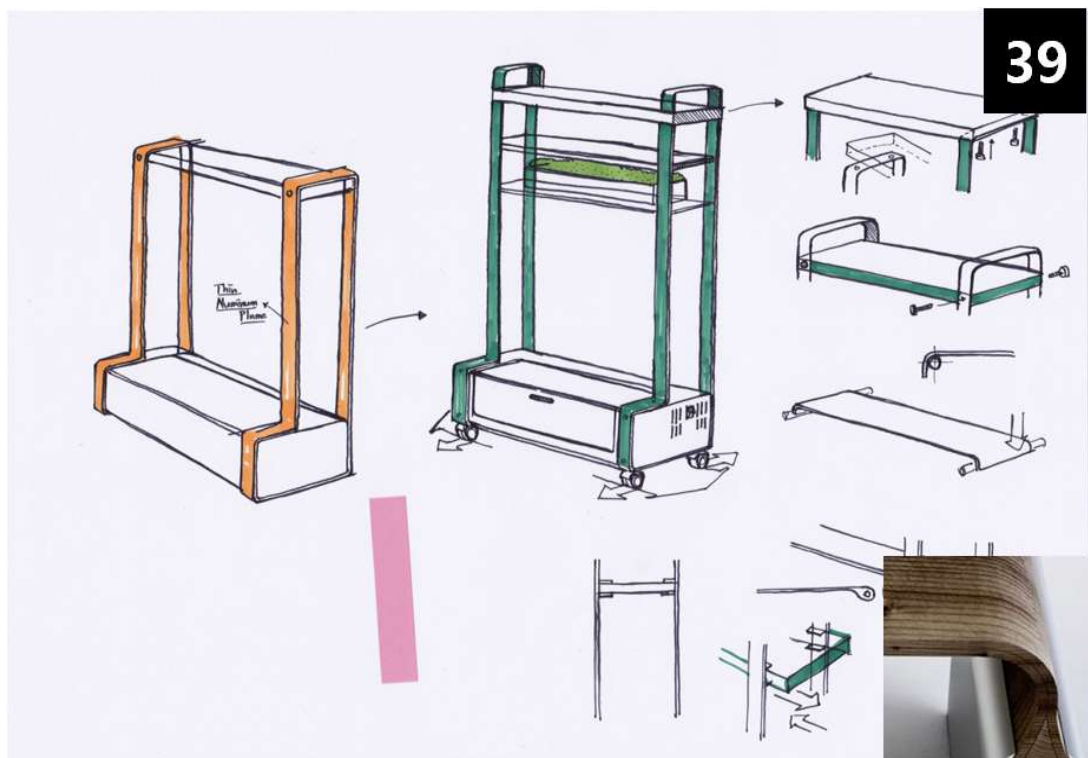
37) 일체형과 분리형으로 형태적 차별을 둔 디자인



38) 사출하드웨어와 압출프레임의 합리적 조화



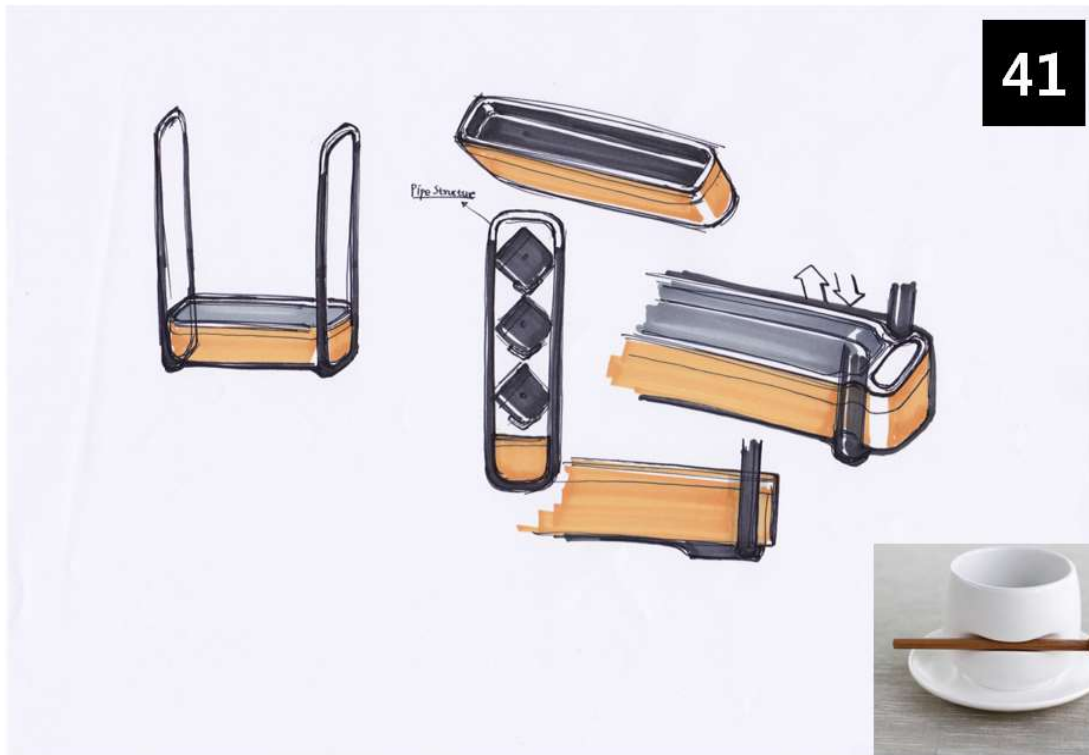
39) 사출하드웨어와 프레임의 합리적 조화 / 모던 디자인



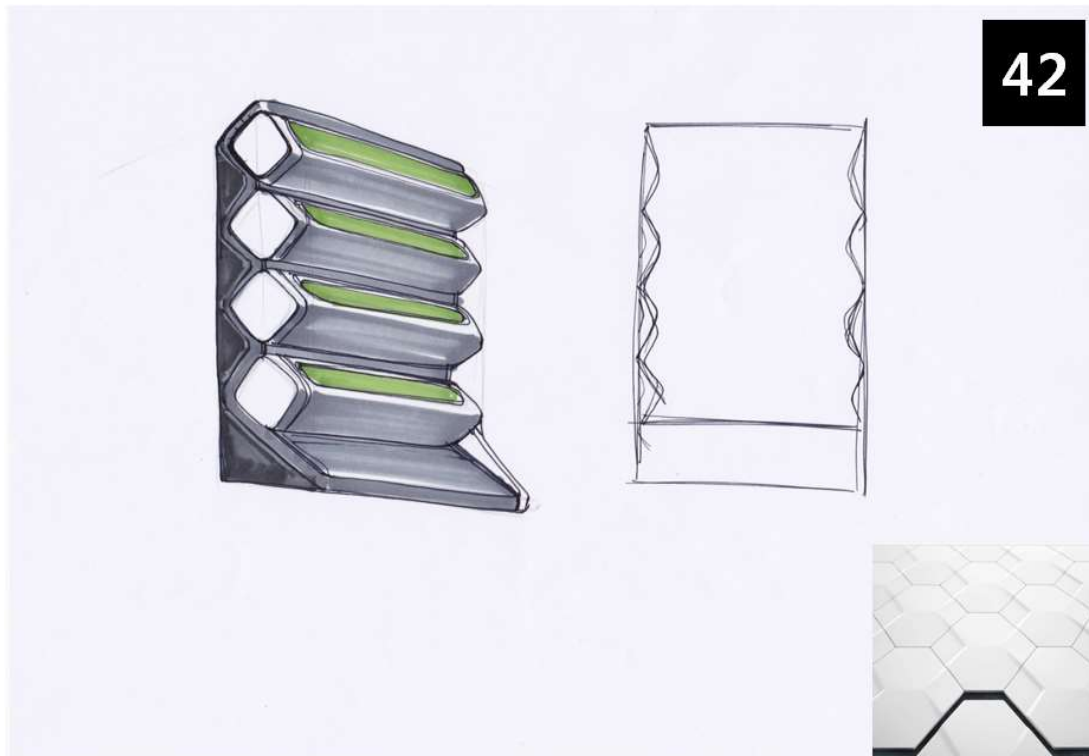
40) 사출하드웨어와 프레임의 합리적 조화 / LED라이팅 포인트 파트



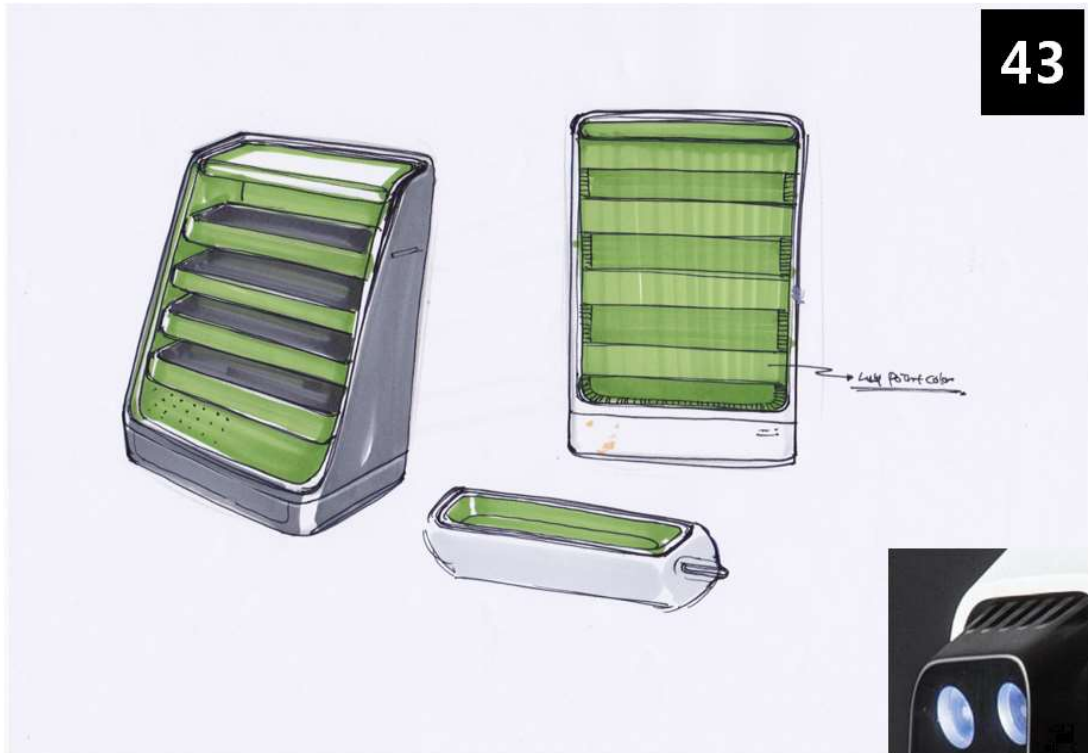
41) 사출하드웨어와 프레임의 합리적 조화 / 형태를 통한 직관적인 사용성 부각



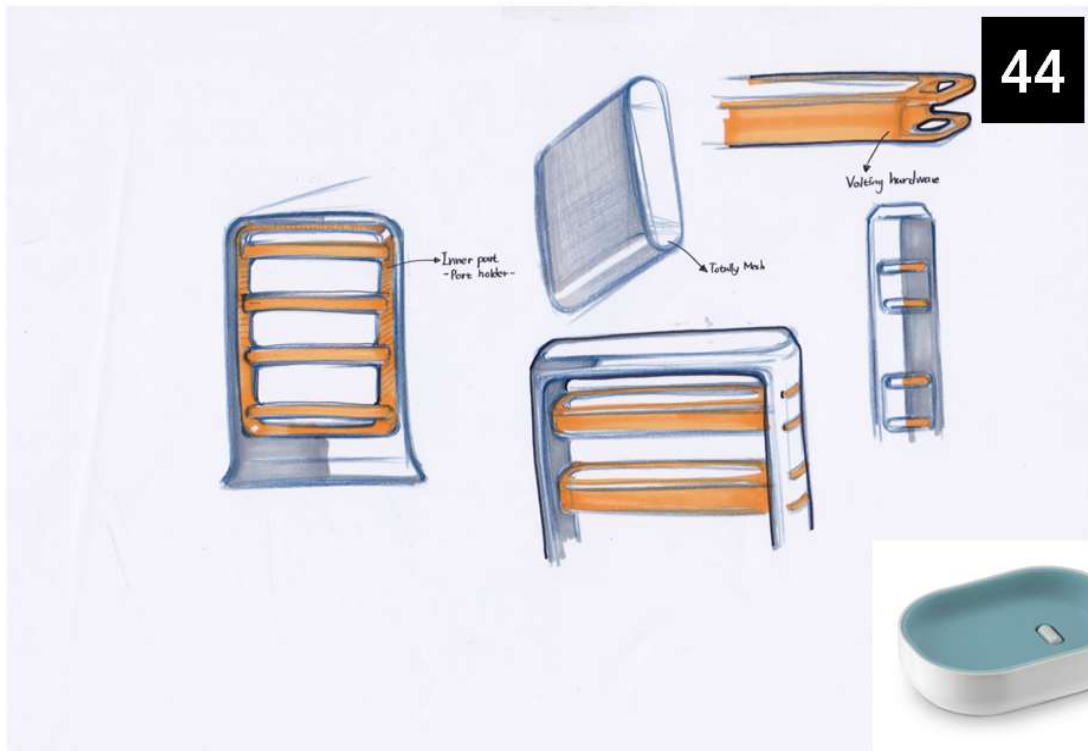
42) 계단처럼 pot이 쌓이는 미래적인 디자인



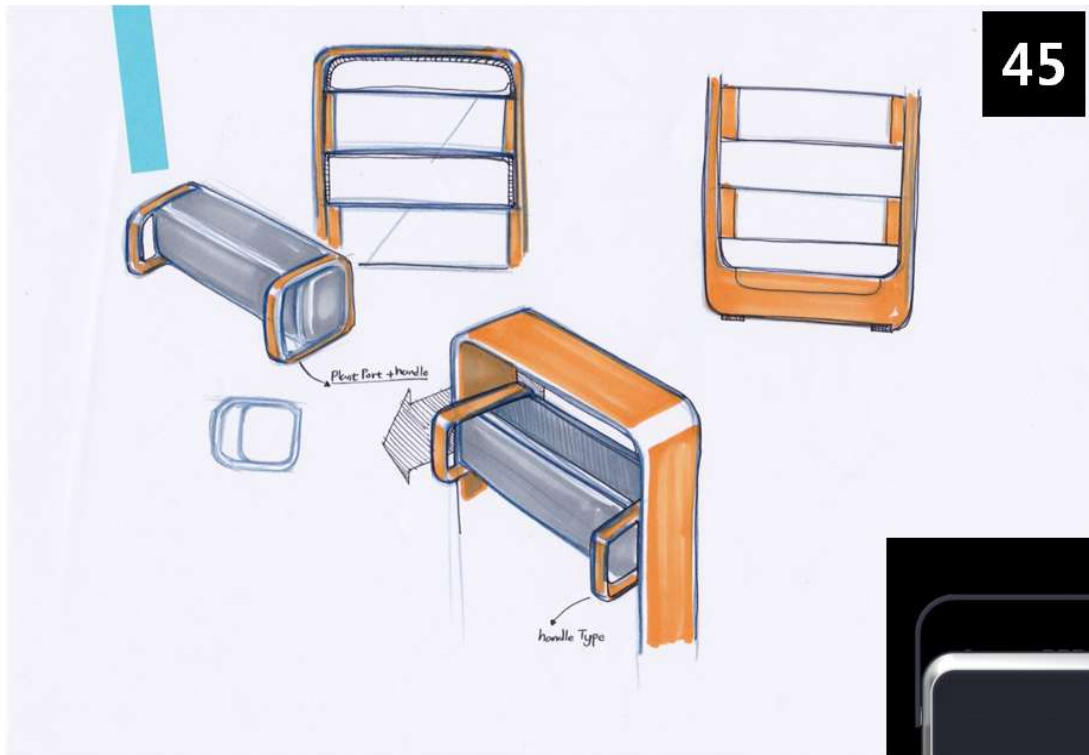
43) 계단처럼 pot이 쌓이는 / 제품적인 측면을 살린 디자인



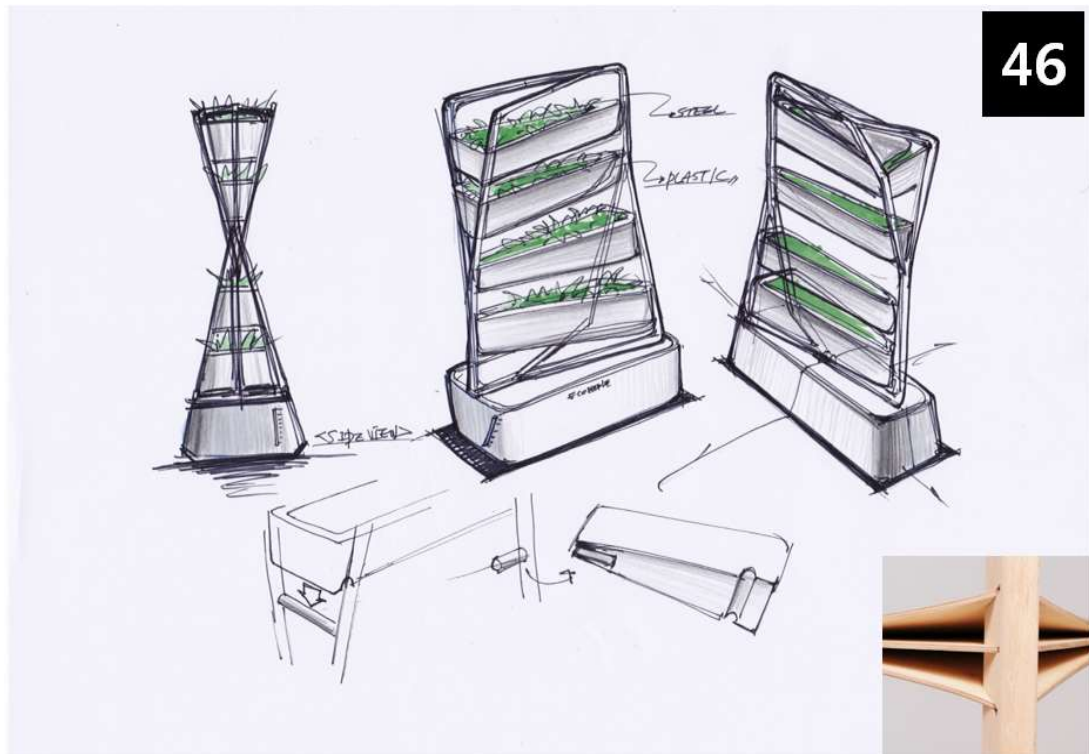
44) 내부와 외부의 칼라와 형태를 대비시키는 디자인



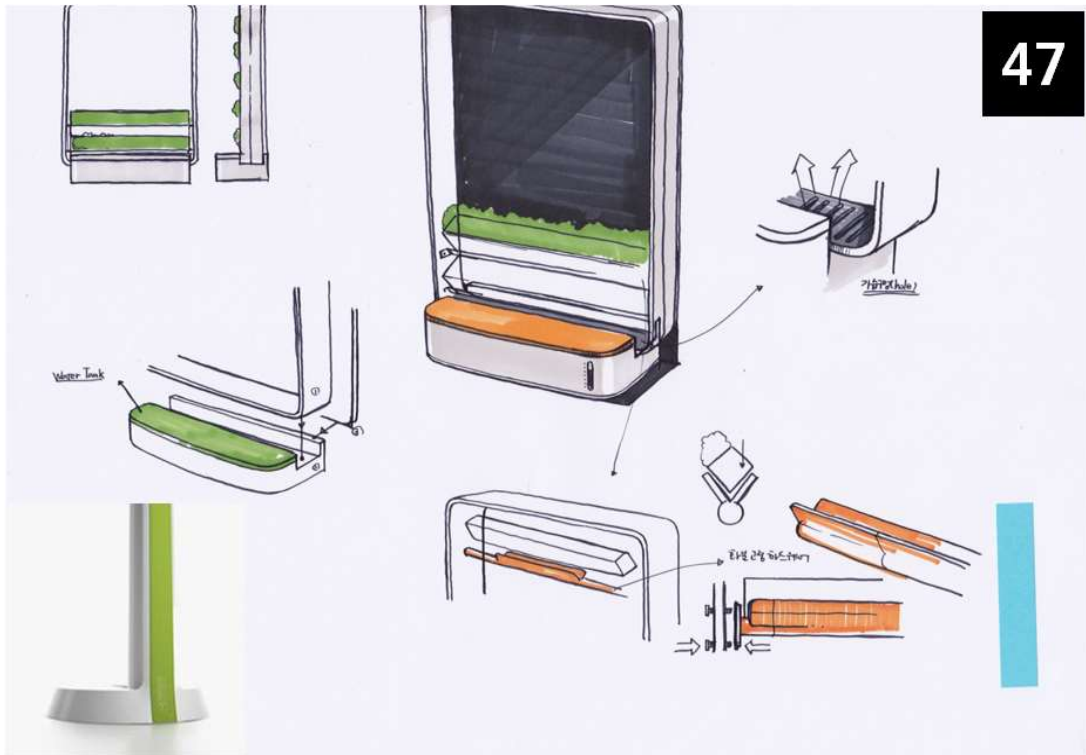
45) Pot 케이스를 조립하는 구조가 핸들형으로 디자인



46) 아트하고 유려한 오브제 같은 디자인 / 형태적 차별화



47) 본체와 바디의 새로운 연결구조 / 가슴기능 뒤쪽으로 강조 / 모던한



48) 사출하드웨어와 프레임의 합리적조화 / 슬라이딩 / 쉬운 구조



라. 디자인 컨셉 방향

다양한 구조 및 다양한 디자인의 컨셉이 나왔지만 디자인 개발의 세부 목표에 부합하고 더 나아가 다음과 같은 항목에 근접한 스케치를 선정하였다.

(1) 관제노출이 잘 되는 형태

-스케치 검토 중 조도확보를 위해 LED를 적용하였지만 구조적으로 프레임이나 칸막이가 광을 단하고 있어 프레임이나 칸막이는 최소화 하여 자연스럽게 광 확보가 되는 구조

(2) 인테리어 환경과의 조화

- 사무실, 가정, 상업공간의 특성에 자유로운 변형이 가능한 구조 및 디자인

(3) 조립성과 내구성이 좋은 하드웨어와 프레임의 조합

- 수직 좌우 확장이 가능하며 하드웨어가 견고하며 프레임의 조화가 적절히 이루어진 구조 및 디자인

(4) 합리적인 제조단가

- 디자인과 구조가 아무리 좋아도 금형제작비나 생산단가가 높으면 사업화 할 수 없기 때문에 스케치 컨셉 중 가능하면 금형제작비가 낮게 나올 수 있는 구조 및 디자인 고려

48가지의 스케치 중 세부 연구 목표와 위 4가지의 항목과 부합한 5가지 컨셉 스케치 선정하여 렌더링 작업 진행



그림 7. 5가지 컨셉 스케치 선정하여 렌더링 작업 진행

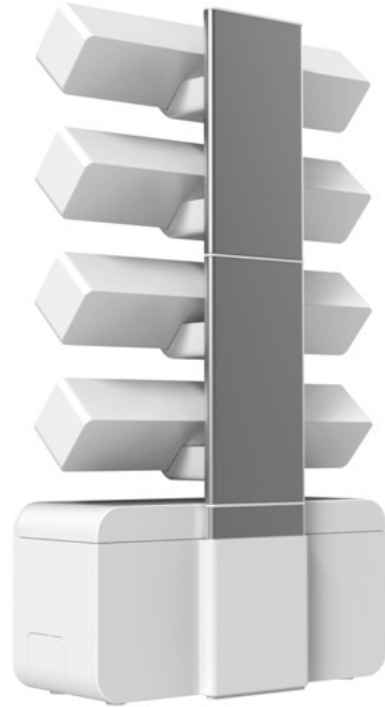
마. 디자인 렌더링 작업

(1) 4가지 디자인 안

① 디자인 A, 9번 스케치의 업그레이드 된 디자인.



그림8: 디자인 A 정면



뒷면



그림9: 디자인 A 물탱크 및 수위계



그림10: 디자인 A 내분케이스



그림11: 디자인 A 조감도



그림12: 디자인 A 사이즈 변형 조합

②. 디자인B, 21번 ,22번 스케치의 업그레이드 된 디자인



그림13: 디자인 B정면



그림 14: 디자인 B 각단 회전 조감도



그림15: 디자인 B: 측면도



그림16: 디자인 B 각단 회전 조감도



그림17: 디자인 B: 조감도



그림18: 디자인 B 사이즈 변형 조합

③. 디자인 C , 9번/16번 컨셉 스케치 업그레이드 디자인



그림19: 디자인 C 정면, 측면, 뒷면



그림20: 디자인 C 분리도



그림21: 디자인 C 수조 및 수위게이지



그림22: 디자인 C 조감도

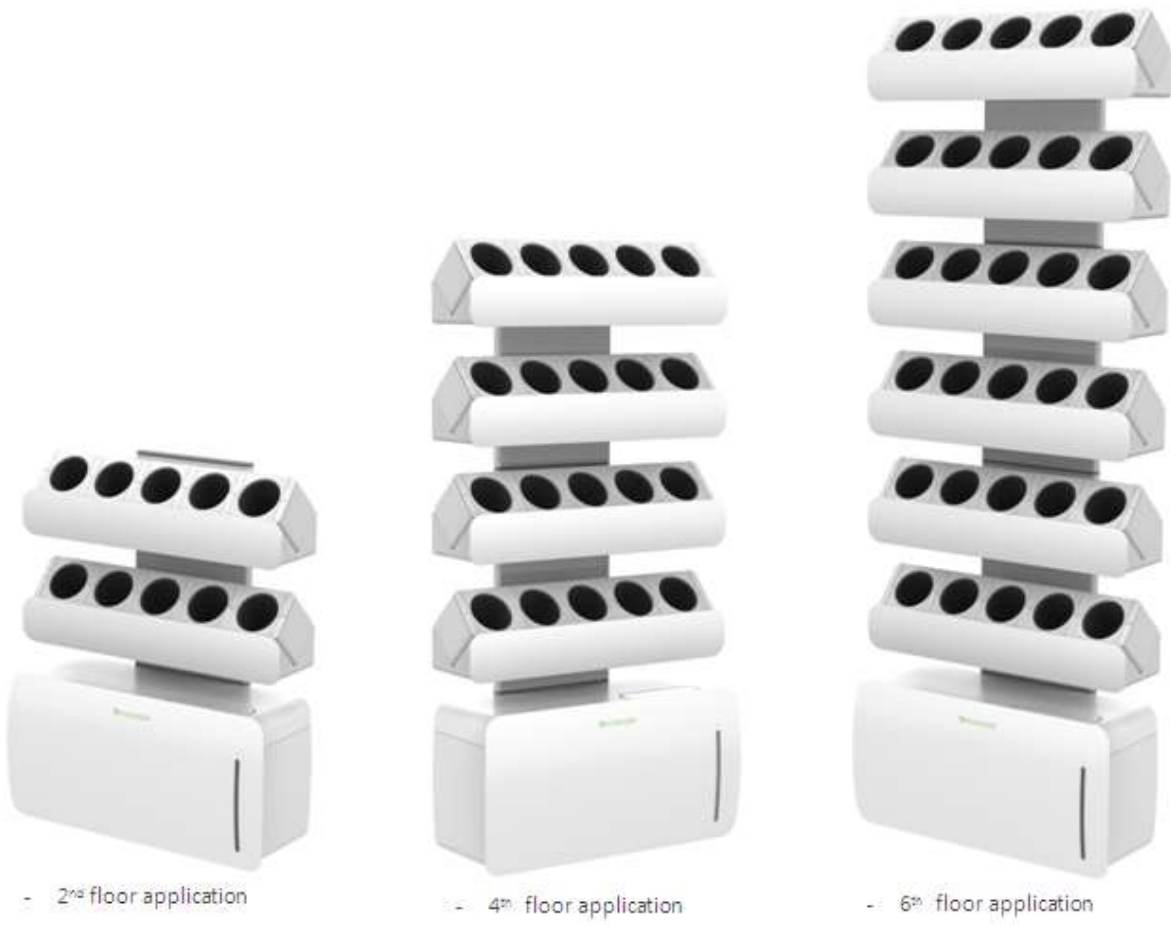


그림23: 디자인C 사이즈 변형 조합

④. 디자인 D, 3번 컨셉 스케치 업그레이드 디자인



그림24: 디자인 D 정면, 측면, 후면



그림 25: 디자인D 조립도



그림26: 디자인D 조감도



그림27: 디자인D 사이즈 변형 조합

바. 4가지 디자인의 특징 및 결론

(1) 4가지 디자인 특징

① A디자인

A 디자인의 가장 큰 장점은 다양한 공간에 들어갈 수 있는 응용성이 큰 디자인이다. 가정에서는 TV 양 옆, 창가, 안방 등 콤팩트하게 들어갈 수 있고 사무실에서는 입구, 로비, 벽면 등 수직,수평확장으로 다양한 시공이 가능한 구조이다. 상업공간 같은 경우에도 벽면이나 통로 같은 경우 뒷면으로 붙이면 식물 파티션으로 공간 분할 등 다방면으로 이용 가능할 것 같습니다.

② B디자인

B 디자인은 각 케이스 마다 각도 및 방향 조절이 가능해서 다양한 상업공간에 적용이 가능한 디자인이며 특히 양면 사용으로 인한 공간 분할로 식물 파티션 이용이 용이한 디자인입니다.

③ C디자인

C 디자인은 A디자인을 가지고 있는 장점을 그대로 살리고 마감이나 구조를 좀 더 고급스럽게 접근한 디자인입니다. 하지만 금형제작비가 많이 들어가는 단점이 있습니다.

④ D디자인:

디자인 개발 초기 시 세부목표에 가장 충실한 디자인으로 초기투자비가 가장 저렴한 디자인입니다.

구분	A	B	C	D	비고
용도	복합용	상업공간용	가정용	사무실용	
디자인 선호도	36	14	50	12	전시회 참가 112명 조사
응용성	수직확장 가능 수평확장 가능	양면이용 가능 수직확장 가능	수직확장 가능 수평확장 가능	수직확장 가능	
초기투자비 (금형제작비)	160%	140%	240%	90%	연구개발비 기준
특징	수직, 수평확장이 가능하다. 복합적으로 이용이 가능하다	양면 이용이 가능한 디자인임	디자인 선호도가 가장 높지만 초기 투자비가 부담임.	가장 견고하고 초기투자비가 가장 저렴하다	

(2) 디자인 렌더링 결론

디자인 기초조사, 트렌드 분석, 제품분석, 컨셉 스케치, 렌더링 작업을 하고 나온 4가지 디자인 결과물을 가지고 전시회 참석하여 디자인 선호도 조사, 금형투자비 및 추후 상품화 가능성을 고려, 상업공간용B, 가정용C, 사무실용D 3가지를 개발하는 것 보다 복합용으로 A 디자인을 개발하는 것이 투자비 및 추후 상품화 부분에서 이점이 많아 복합용으로 A 디자인을 개발 진행 결론을 냈음.

2, 용도별 수경 벽면녹화시스템 개발

가. 연구목적

본 연구의 목적은 지지프레임을 모듈화하여 순차적으로 탈착할 수 있으므로 설치환경이나 재배화분의 수에 따라 조절할 수 있어 설치 자유도를 극대화할 수 있는 모듈타입 실내용 수경 재배장치를 개발하는데 있다. 화분지지대를 거치부에 거치하는 것만으로 급수 및 배수 구조와의 연결이 가능하므로 설치 및 보수가 매우 용이하며, 간단한 구조에도 불구하고 누수의 가능성이 없으므로 누수방지를 위한 밀폐구조가 불필요하여 제작비용이 최소화할 수 있고, 제품의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 모듈타입 실내용 수경재배장치를 제공하는 데 있다.

세부연구를 분리해서 개발하는 방법보다는 개발된 디자인의 구조설계와 같이 각 연구항목을 기준으로 진행하여 최종 개발 제품에는 위 항목들의 목표가 완료될 수 있도록 진행하였습니다.

나. 개발 방법 및 내용

(1). 개발 방법

개발된 디자인을 가지고 금형구조설계 프로그램인 UG NX를 이용 세부항목, 방수, 하중, 결합구조 등 금형제작을 위한 설계를 완성. 설계 시 단순 설계가 아닌 금형제작 시 합리적비용 (제작단가, 사출물 생산비용), 각 항목에 대한 생산방법 및 재질선택 완료하여 목업 및 금형제작이 바로 들어 갈수 있도록 설계를 완료할 계획임.

(2). 개발 내용

메인수조가 마련된 베이스와; 베이스의 상부로 순차적으로 적층되는 복수의 지지프레임과; 각 지지프레임 사이에 결합되며 내부에 보조수조가 마련된 연결브라켓과; 최상부에 위치하는 지지 프레임의 상부에 결합되며 메인 공급관을 통해 메인수조로부터 배양액이 공급되는 상부 수조와; 수경재배용 화분이 수용되는 화분지지대와; 화분지지대를 지지프레임에 거치하며, 내부 일측은 화분지지대와 연통되고 타측은 지지프레임을 거쳐 보조수조에 연통된 거치부와; 상부수조와 상기 거치부 또는 상기 보조수조와 거치부를 연결하는 보조공급관을 포함하여, 상부수조 또는 보조수조에 저장된 배양액은 보조공급관을 통해 각 화분지지대 내부로 공급되고, 과잉공급된 배양액은 화분지지대로부터 거치부 및 지지프레임의 내부를 통해 흘러 내려 보조수조를 거쳐 메인수조로 회수되는 모듈타입 실내용 수경재배장치에 의해 달성된다. 여기서, 거치부는, 일측 에는 상부수조 또는 보조수조 중 어느 하나에 연결되며 화분지지대의 일측 면에 형성된 배양액 공급구로 삽입되는 삽입공급관이 형성되고, 타측에는 화분지지대의 타측면에 형성된 삽입배출관이 삽입되는 배양액 배출구가 형성될 수 있다. 지지프레임은 전면부에 복수의 개구부가 마련되어, 1개의 지지프레임에 복수의 화분지지대가 거치될 수 있다. 삽입배출관은 거치되는 화분지지대의 설정된 수위 위치에 대응하는 높이로 마련될 수 있다. 베이스의 전면부 일측에는 메인수조에 저장된 배양액의 양을 외부에서 확인 가능하도록 게이지가 마련될 수 있다.

(3), 도면

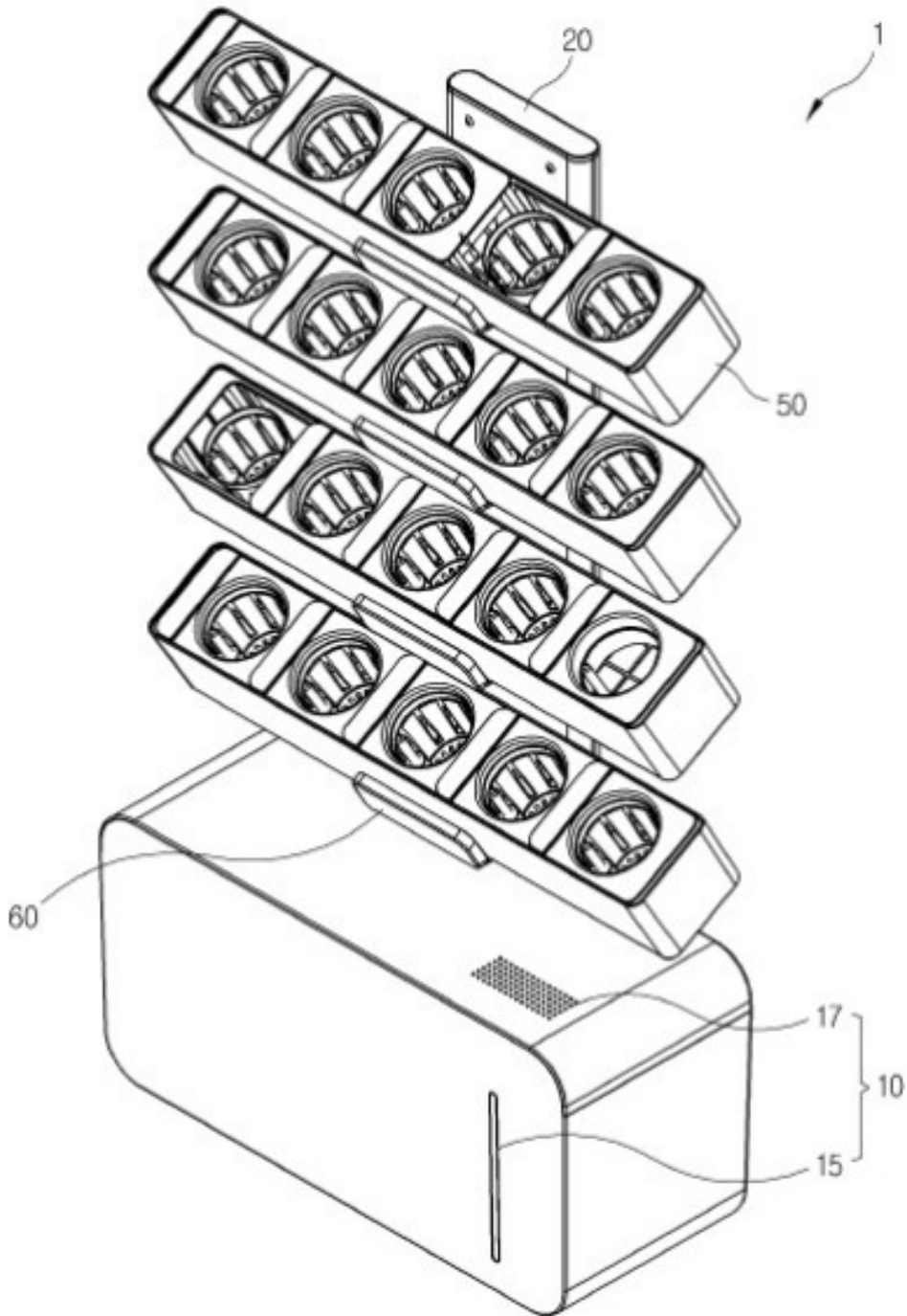


그림 28: 도면 1

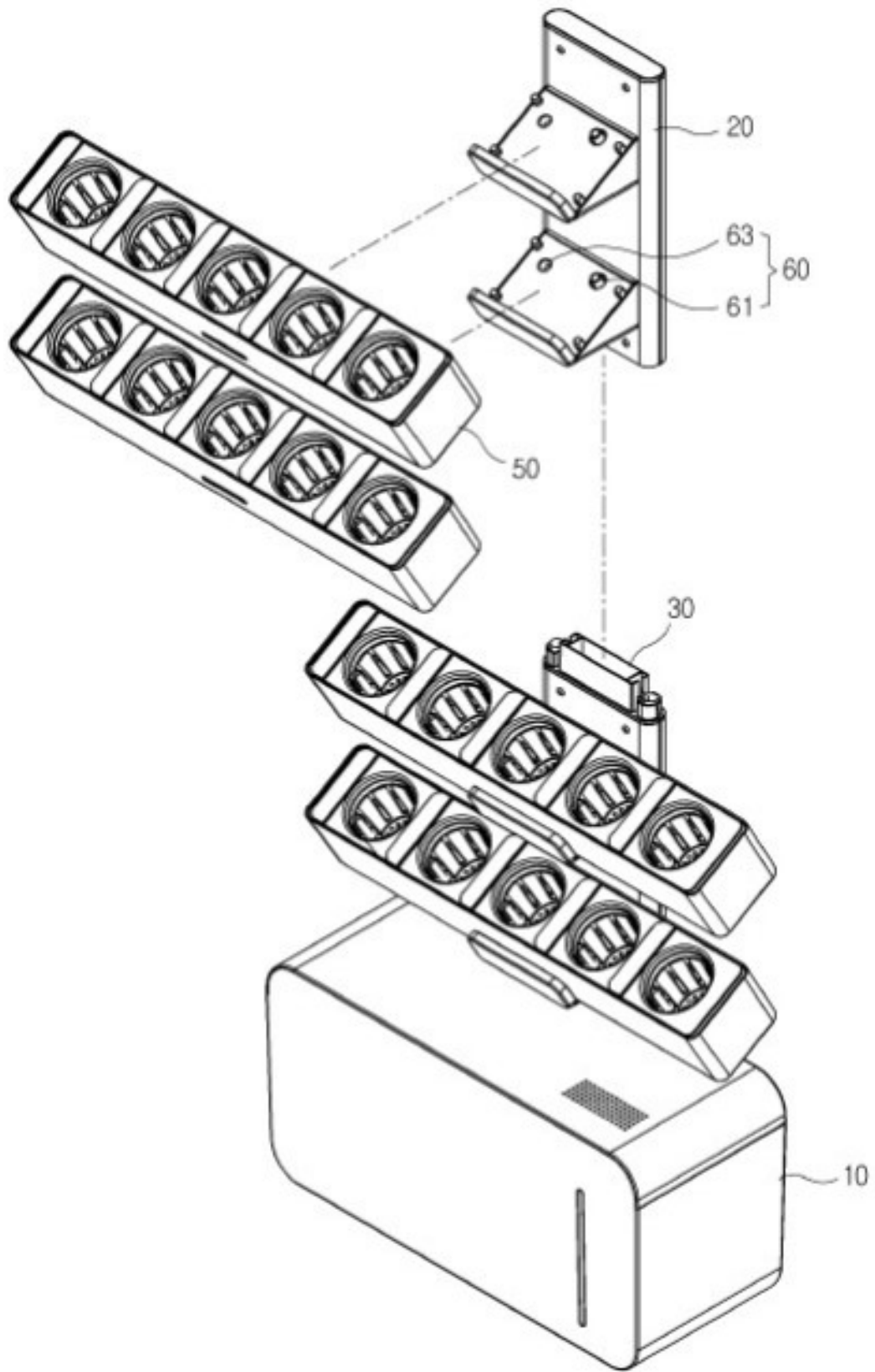


그림29: 도면 2

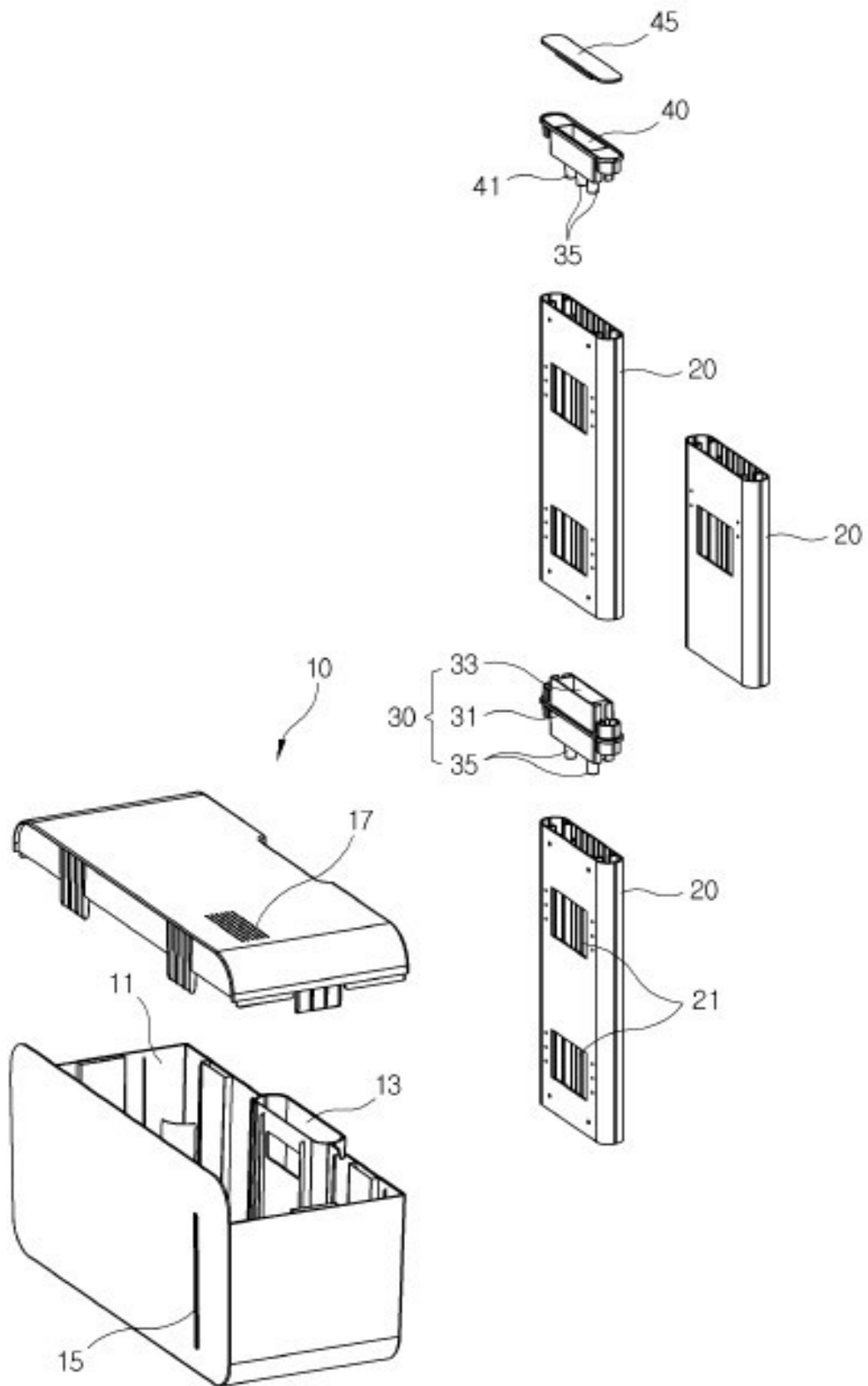


그림30: 도면 3

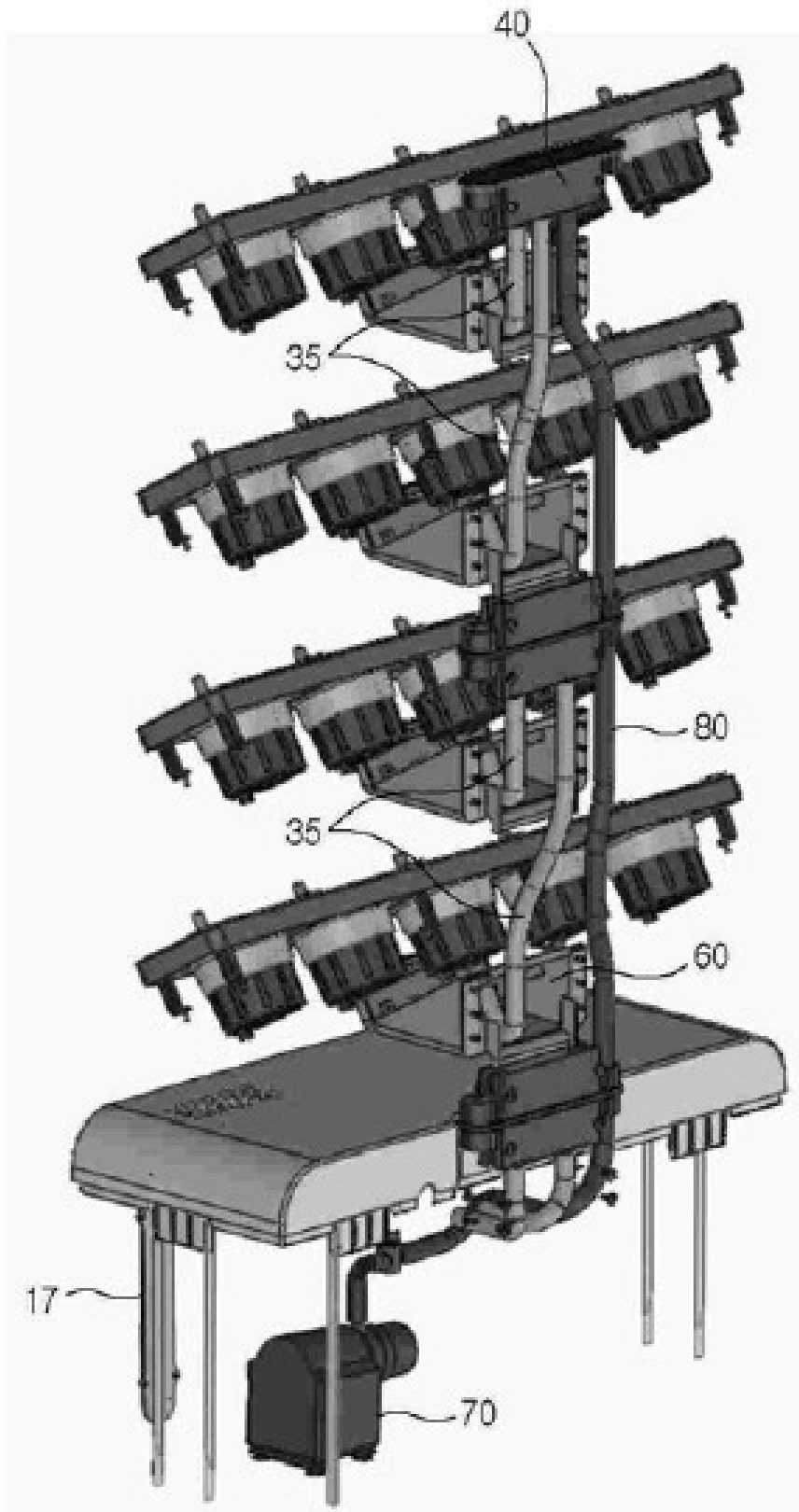


그림31: 도면 4

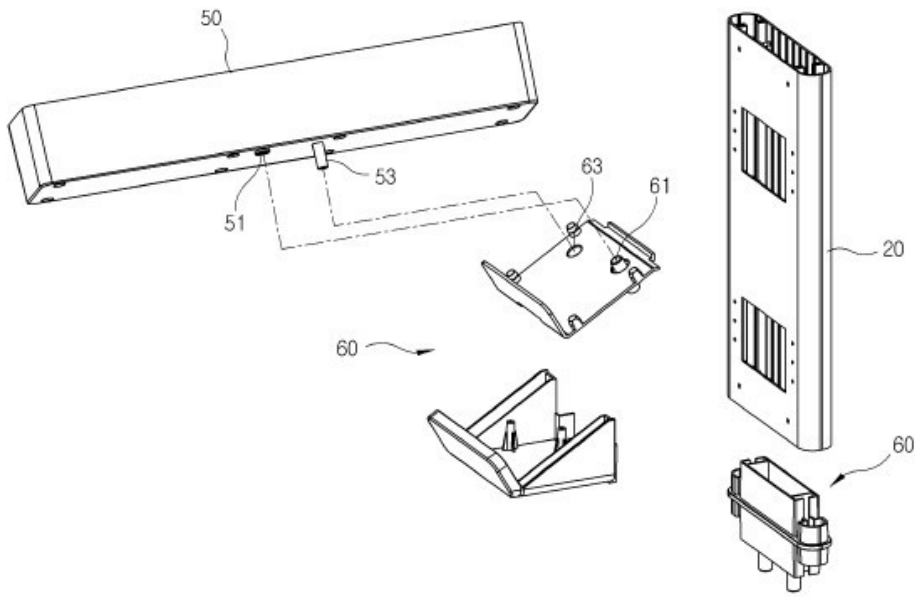


그림32: 도면 5

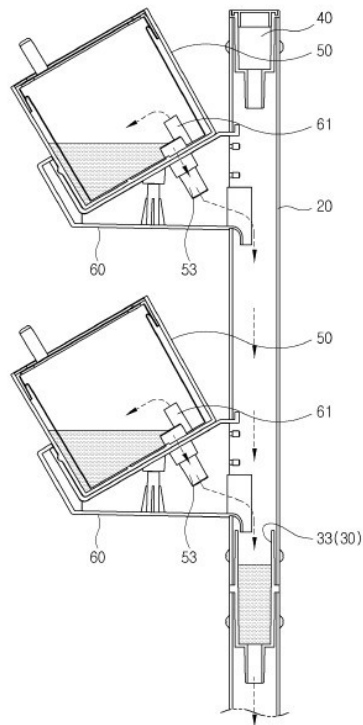


그림33: 도면 6

-부호 설명-

1 : 모듈타입 실내용 수경재배장치	10 : 베이스	11 : 메인수조
13 : 결합흡	15 : 게이지	17 : 통풍구
20 : 지지프레임	21 : 개구부	30 : 연결브라켓
31 : 플랜지	33 : 보조수조	35 : 보조공급관 결합구
40 : 상부수조	41 : 메인공급관 결합구	45 : 상부커버
50 : 화분지지대	51 : 배양액 공급구	53 : 삼입배출관
60 : 거치부	61 : 삼입공급관	63 : 배양액 배출구
70 : 펌프	80 : 메인공급관	90 : 보조공급관

(라). 도면 설명

도 3 및 도4을 참조하면, 모듈타입 실내용 수경재배 장치(1)는, 메인수조(11)가 마련된 베이스(10)와, 베이스(10)의 상부로 순차적으로 적층되는 복수의 지지프레임(20)과, 각 지지프레임(20)을 결합하며 내부에 보조수조(33)가 마련된 연결브라켓(30)과, 최상위 지지 프레임(20)의 상부에 마련되는 상부수조(40)와, 화분지지대(50)와, 각 화분지지대(50)를 지지 프레임(20)에 거치하는 거치부(60)와, 펌프(70)와, 메인공급관(80)과 보조공급관(90)을 포함한다.

이에, 상부수조(40) 또는 보조수조(33)에 저장된 배양액은 보조공급관(90)을 통해 각 화분 지지대(50) 내부로 공급되고, 과잉 공급된배양액은 화분지지대(50)로부터 거치부(60) 및 지지 프레임(20)의 내부를 통해 흘러 내려 보조수조(33)를 거쳐 메인수조(11)로 회수된다.

모듈타입 실내용 수경재배장치(1)는, 설치환경에 따라 설치되는 지지프레임(20)의 갯수를 조절할 수 있어 설치환경에의 적응성을 극대화할 수 있으며, 배양액의 배수가 연통된 거치부(60) 및 지지프레임(20)을 통해 이루어지므로 배양액의 공급 및 배수 구조가 간단하면서도 밀폐력이 우수하여 누수 등의 문제를 최소화할 수 있다.

베이스(10)는 내부에 메인수조(11)가 마련된다. 베이스(10)는 도 3 에 도시된 바와 같이 사각통형상으로 마련되며, 내부의 공간에는 배양액 또는 물이 저장되는 메인수조(11)가 마련된다.

베이스(10)의 내부에는 메인수조(11) 내의 배양액을 상부수조(40)로 공급하기 위한 펌프(70)가 있다. 베이스(10)의 전면부 일측에는 도 1에 도시된 바와 같이, 메인수조에 저장된 배양액의 양을 외부에서 확인 가능하도록 게이지(15)가 있다. 또한, 베이스(10)의 상부 일측에는 통풍구(17)가 마련되고, 베이스(10) 내부에는 팬(fan)을 마련함으로써, 통풍구(17)를 통해 외부에 수분을 공급할 수도 있다.

지지프레임(20)은 2 이상으로 마련되어 베이스(10)의 상부로 순차적으로 적층된다. 지지프레임(20)은 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 베이스(10)의 상부로 2 이상이 적층되며 마련되는 바, 설치조건에 따라 지지프레임(20)의 수를 조절할 수도 있고, 거치되는 화분지지대 (50)의 수에 따라 결합되는 지지프레임(20)의 수를 조절할 수도 있다.

지지프레임(20)의 전면부에는 화분지지대(50)를 거치하는 거치부(60)를 장착하기 위한 개구부

(21)가 마련되는 데, 개구부(21)는 도 3에 도시된 바와 같이 한 개 또는 복수개 등 필요에 따라 다양한 수로 마련될 수 있다.

지지프레임(20)의 내부는 상하부가 연통된 공간을 형성하는바, 후술할 메인공급관(80) 또는 보조공급관(90)이 설치되는 한편, 화분지지대(50)로부터 배출된 물 또는 배양액이 거치부(60) 내부를 거쳐 하부의 연결브라켓(30)으로 흐를 수 있는 통로를 형성한다.

연결브라켓(30)은 각 지지프레임(20) 사이에 마련되어 2개의 지지프레임(20)이 상하로 결합되며, 내부에는 보조수조가 마련된다. 도 3을 참조하면, 연결브라켓(30)은 중앙의 플랜지를 중심으로 상하로 연장되어, 각각 위아래에 2개의 지지프레임이 결합되도록 마련된다.

연결브라켓(30)의 상하부 연장길이는 지지프레임(20)의 고정 지지력과 관련이 있는 한편, 보조수조(33)의 저장량과는 연관이 있으므로, 이는 설치환경또는 지지프레임(20)의 적층갯수에 따라 적절히 변경할 수 있다.

연결브라켓(30)은 도 3에 도시된 바와 같이, 베이스(10)와 지지프레임(20)의 사이에도 마련될 수 있으며, 이 경우 베이스(10)에 마련된 결합홈(13)에 연결브라켓(30)의 하부를 플랜지(31)가 걸리도록 끼운 후, 지지프레임(20)의 하부를 연결브라켓(30)의 상부에 플랜지(31)가 맞닿도록 끼운다. 이후, 추가적인 스크루 체결 등의 추가 고정이 사용될 수 있다.

연결브라켓(30)의 하부에는 보조수조(33)와 연통되며 보조공급관(90)이 결합되도록 보조공급관 결합구(35)가 마련된다.

보조공급관 결합구(35)의 수는 1개의 지지프레임(20)에 설치되는 거치부(60)의 수에 대응하여 마련되는 바, 도 3에 도시된 바와 같이, 1개의 지지프레임(20)에 2개의 거치부(60)가 결합되는 경우에는 2개의 보조공급관 결합구(35)가 마련된다.

상부수조(40)는 최상부에 위치한 지지프레임(20)의 상단에 결합되며, 메인수조(11)에서 공급된 배양액이 저장된다. 상부수조(40)의 하부에는 메인공급관(80)이 결합되는 메인 공급관 결합구(41)와 보조공급관 결합구(35)가 마련된다. 여기서, 상부수조(40)에 마련된 보조공급관 결합구(35)의 수 또한 지지프레임(20)에 결합되는 거치부(60)의 수에 대응함은 전술한 바와 같다.

지지프레임(20)은 모두 동일한 수의 개구부(21)를 가질 필요는 없으므로, 메인공급관 결합구(41)와 보조공급관 결합구(35)의 수는 하부에 결합되는 지지프레임(20)의 형상 즉, 개구부(21)의 수에 따라 적절한 것을 선택하면 된다. 상부수조(40)의 상부에는 상부커버(45)가 더 마련된다. 화분지지대(50)는 복수의 수경재배용 화분이 수용된다. 거치부(60)는 화분지지대(50)를 지지프레임(20)에 거치하며, 내부 일측은 상기 화분지지대(50)와 연통되고 타측은 지지프레임(20)을 거쳐 보조수조(33)에 연통된다. 거치부(60)의 일측에는 상부수조(40) 또는 보조수조(33) 중 어느 하나에 연결되며 화분지지대(50)의 일측면에 형성된 배양액 공급구(51)로 삽입되는 삽입공급관(61)이 형성된다. 도 5에 도시된 바와 같이, 삽입공급관(61)은 화분지지대(50)를 향하여 돌출되며 마련되므로, 화분지지대(50)를 거치부(60)에 거치하는 과정에서 화분지지대(50)의 후면에 마련된 배양액 공급구(51)에 삽입된다. 거치부(60)의 타측에는 화분지지대(50)의 타측면에 형성된 삽입배출관(53)이 삽입되는 배양액 배출구(63)가 형성된다. 즉, 전술한 삽입공급관(61)과 반대로,

화분지지대(50)의 배면에 삽입배출관(53)이 마련되고, 이에 대응하여 거치부(60)에는 배양액 배출구(63)가 마련되는 것이다.

삽입배출관(53)과 배양액 배출구(63)의 삽입 또한 전술한 바와같이, 화분지지대(50)를 거치부(60)에 거치하는 과정에서 함께 삽입된다.

따라서, 삽입공급관(61)과 배양액 공급구(51), 그리고 삽입배출관(53)과 배양액 배출구(63)는 별도의 체결고정이나 밀폐없이 각 공급관을 배양액 공급구 또는 배출구로 삽입되는 것만으로 누수 없이 배양액을 공급할 수 있어 급수구조를 간소화하면서도 누수에 따른 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

삽입공급관(61)과 배양액 공급구(51), 그리고 삽입배출관(53)과 배양액 배출구(63)의 결합은 화분지지대(50)를 거치부(60)에 거치하는 동작과 동시에 수행되므로, 조립이나 분해가 간편하여 설치작업은 물론 유지보수가 매우 용이하다는 장점이 있다.

한편, 메인공급관(80)은 메인수조(11)와 상부수조(40)를 연결한다. 보조공급관(90)은 부수조(40) 또는 보조수조(33) 중 어느 하나와 삽입공급관(61)을 연결한다.

이하, 도 4 내지 도 6을 참조하여, 모듈타입 실내용 수경재배장치의 급수과정을 살펴본다. 먼저 도 4를 참조하면, 메인수조(11)에 마련된 배양액은 펌프(70)에 의해 메인 공급관(80)을 통해 상부수조(40)에 공급된다. 상부수조(40)의 하부에는 메인공급관(80)에 결합되는 메인공급관 결합구(41) 및 보조공급관(90)에 연결되는 보조공급관 결합구(35)가 마련된다. 여기서, 도 4의 실시예에서는 각 지지프레임(20)에 2개의 화분지지대(50)가 거치되므로 2개의 보조공급관(90)이 필요한 것이며, 보조공급관(90)의 수에 대하여는 전술한 설명으로 같음한다.

상부수조(40)에 저장된 배양액은 높이에 따른 위치에너지를 의해 각보조공급관(90)으로 흐르며, 화분지지대(50)의 내부로 삽입된 삽입공급관(61)으로 토출되어 화분지지대(50) 내부로 공급된다.

도 6은 삽입공급관(61)을 통해 공급된 배양액이 화분지지대(50) 내부에 저장된 것을 나타낸 것이다. 이때, 화분지지대(50) 내부로 배양액이 과잉 공급된 경우에는 화분지지대(50)의 배면에 설치된 삽입배출관(53)을 통해 거치부(60) 내부로 흘러 내리게 되며, 흘러 내린 배양액은 거치부(60)와 연통된 지지프레임(20)의 내부를 통해 연결브라켓(30)의 보조수조(33)에 저장된다.

보조수조(33)의 하부에는 하부의 지지프레임(20)에 거치된 화분지지대(50)로 배양액을 공급하기 위한 보조공급관(90)이 추가로 연결되어 있어서, 이를 통해 하방에 위치한 화분지지대(50)로 배양액이 공급되게 되며, 마찬가지로 과잉 공급된 배양액은 다시 삽입배출관(53)을 통해 거치부(60)로 흘러 내리고, 이는 다시 연통된 지지프레임(20)을 거치 하부의 보조수조(33) 또는 메인수조(11)로 회수된다.

모듈타입 실내용 수경재배장치는, 지지프레임을 모듈화하여 순차적으로 착탈할 수 있으므로 설치환경이나 재배화분의 수에 따라 조절할 수 있어 설치 자유도를 극대화할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 본 발명에 따른 모듈타입 실내용 수경재배장치는, 화분지지대를 거치부에 거치

하는 것만으로 급수 및 배수 구조와의 연결이 가능하므로 설치 및 보수가 매우 용이하며, 간단한 구조에도 불구하고 누수의 가능성이 없으므로 누수방지를 위한 밀폐구조가 불필요하여 제작비용이 최소화할 수 있다.

(마) 상세도면

아래 그림33 ~ 그림 49까지 수정벽면녹화 시스템의 상세도면입니다. 금형제작을 위해 각 부품마다 도면 작성한 캐드파일을 첨부한 내용입니다

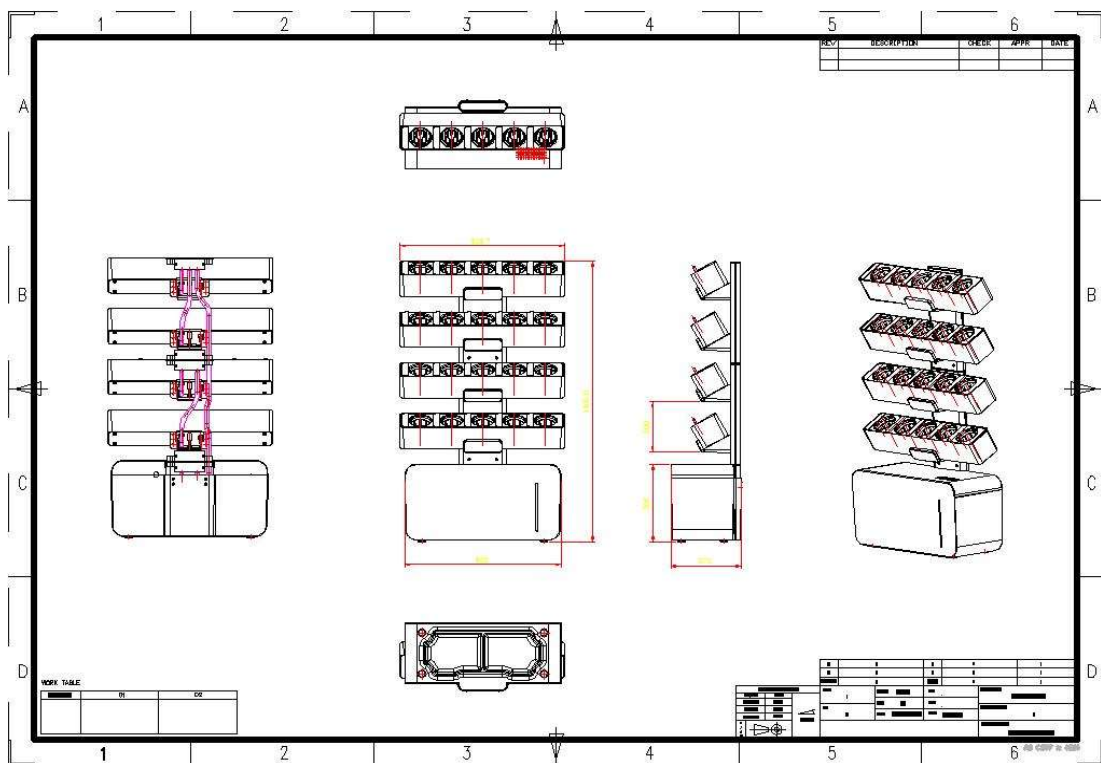


그림34: (상세도면 1)

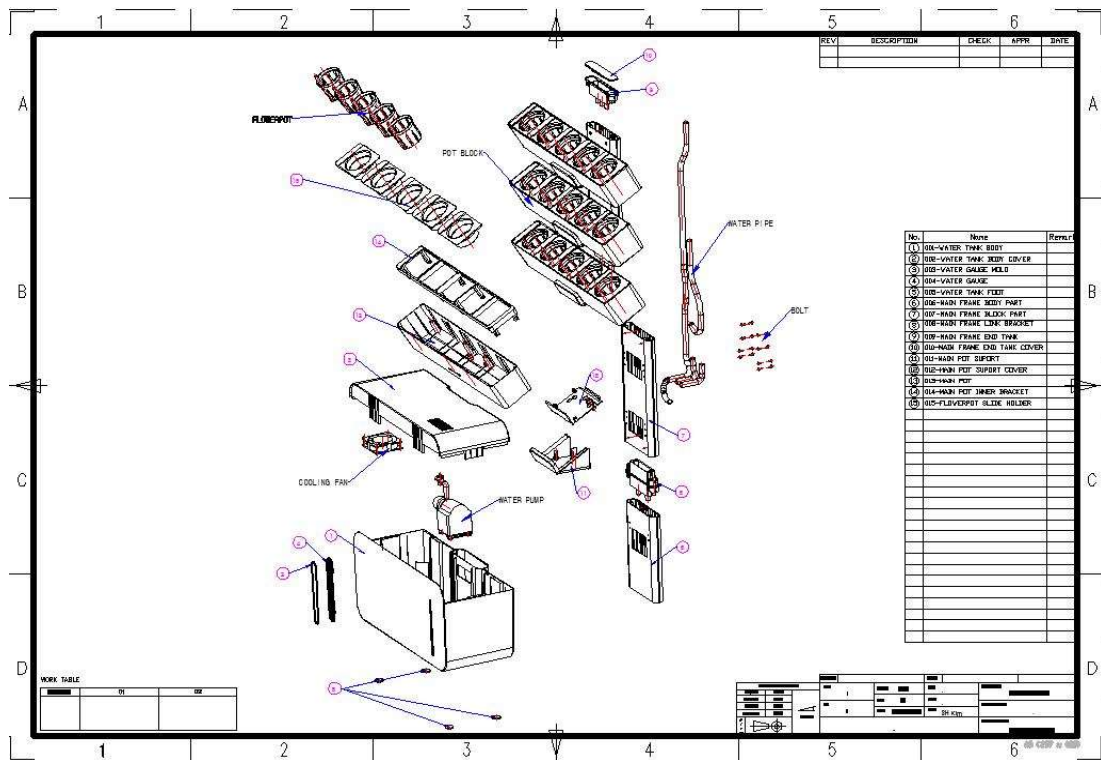


그림:35(상세도면 2)

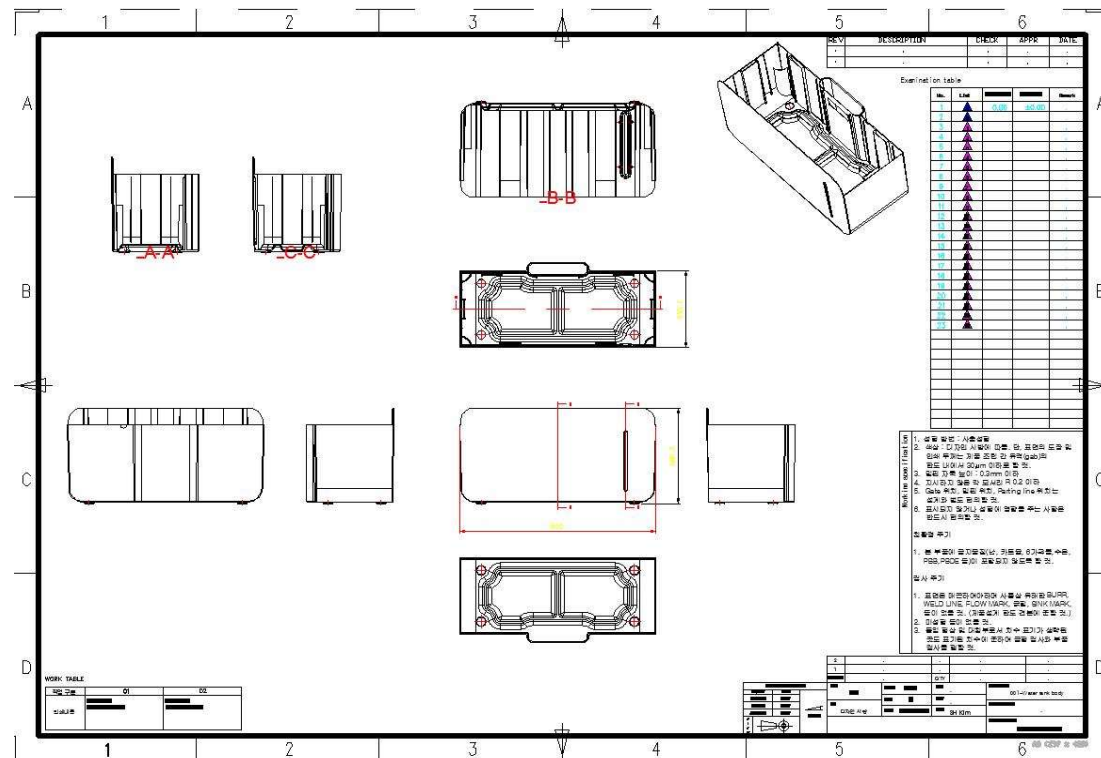


그림:36: (상세도면 3)

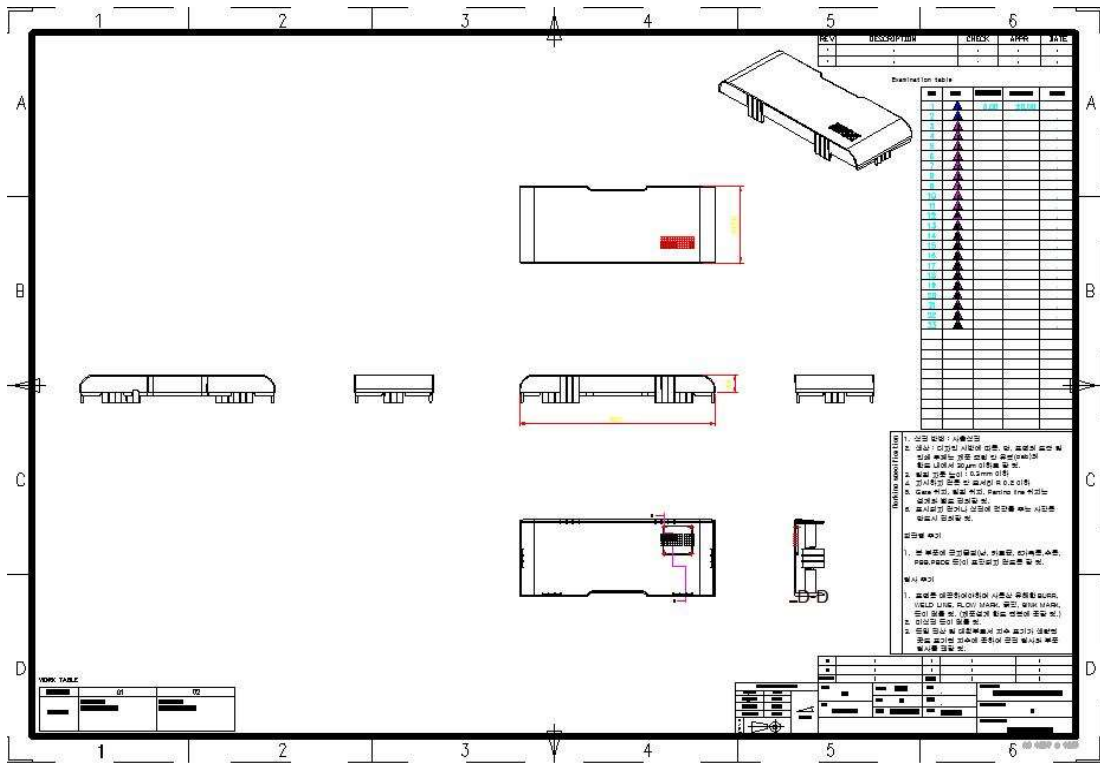


그림37:(상세도면 4)

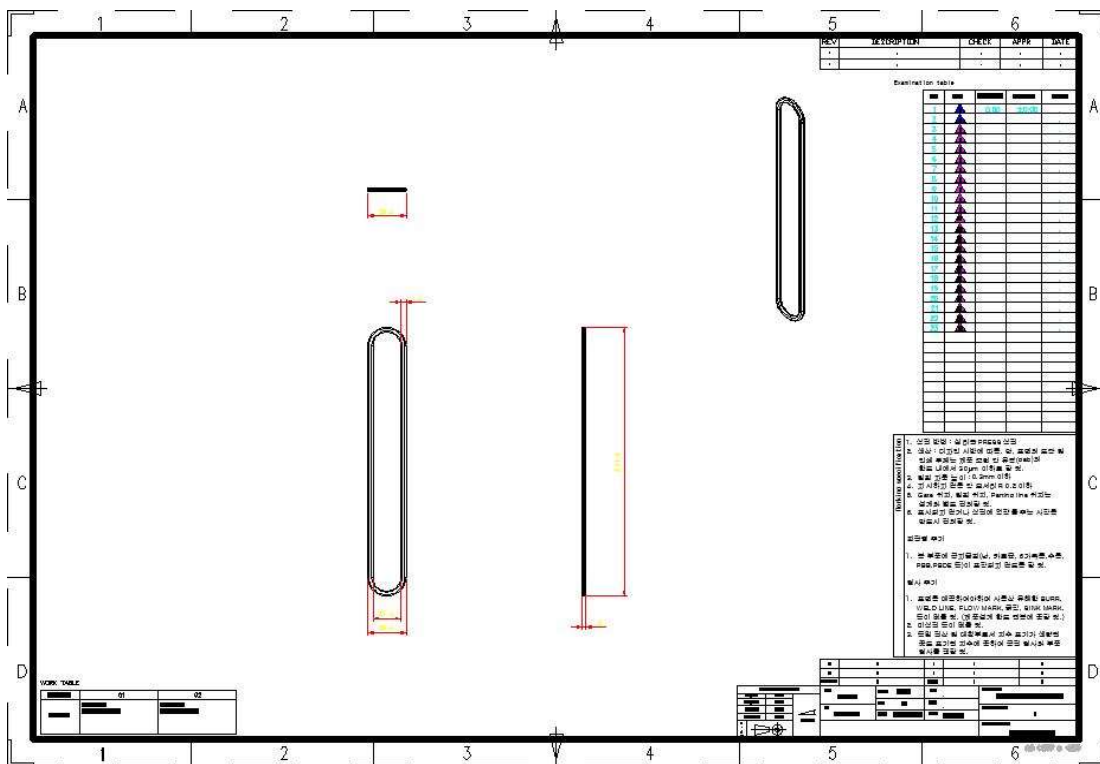


그림38: (상세도면 5)

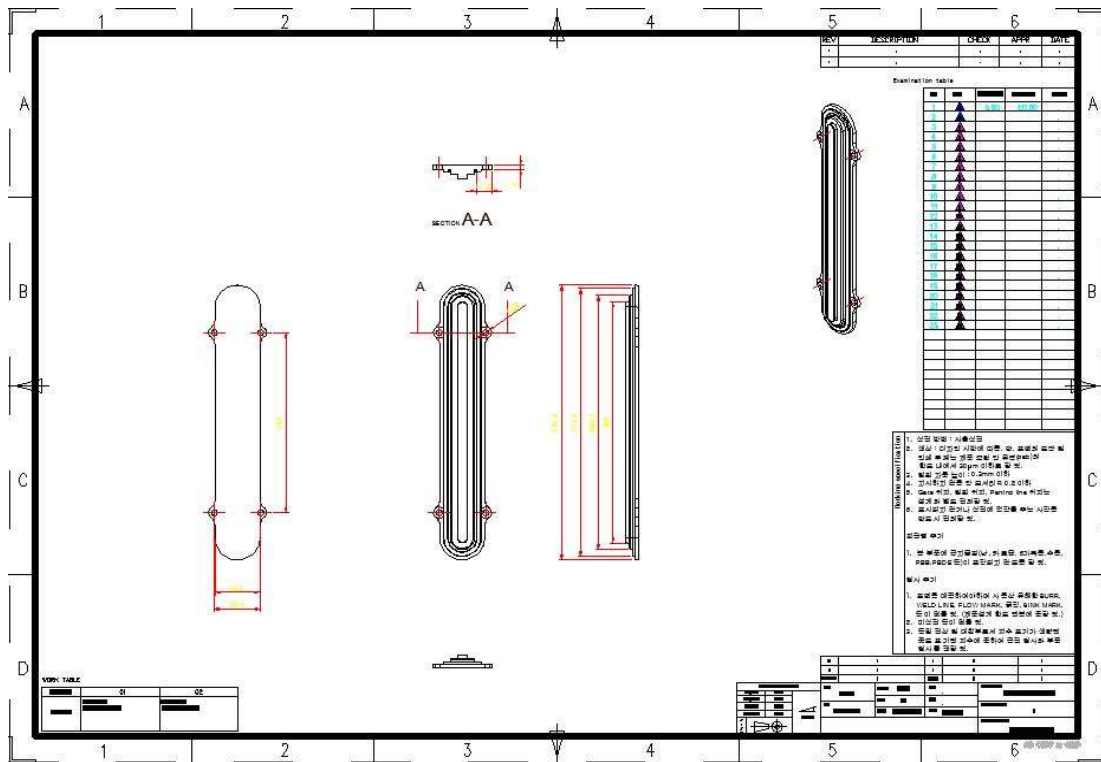


그림39: (상세도면 6)

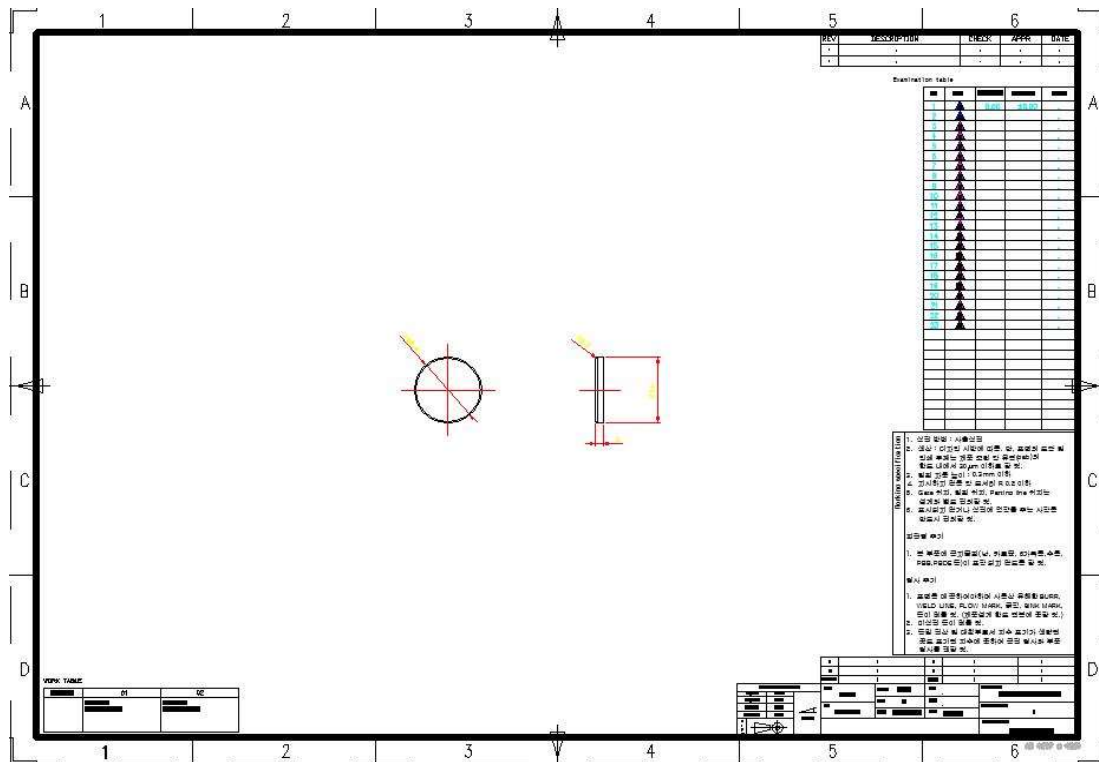


그림40:(상세도면 7)

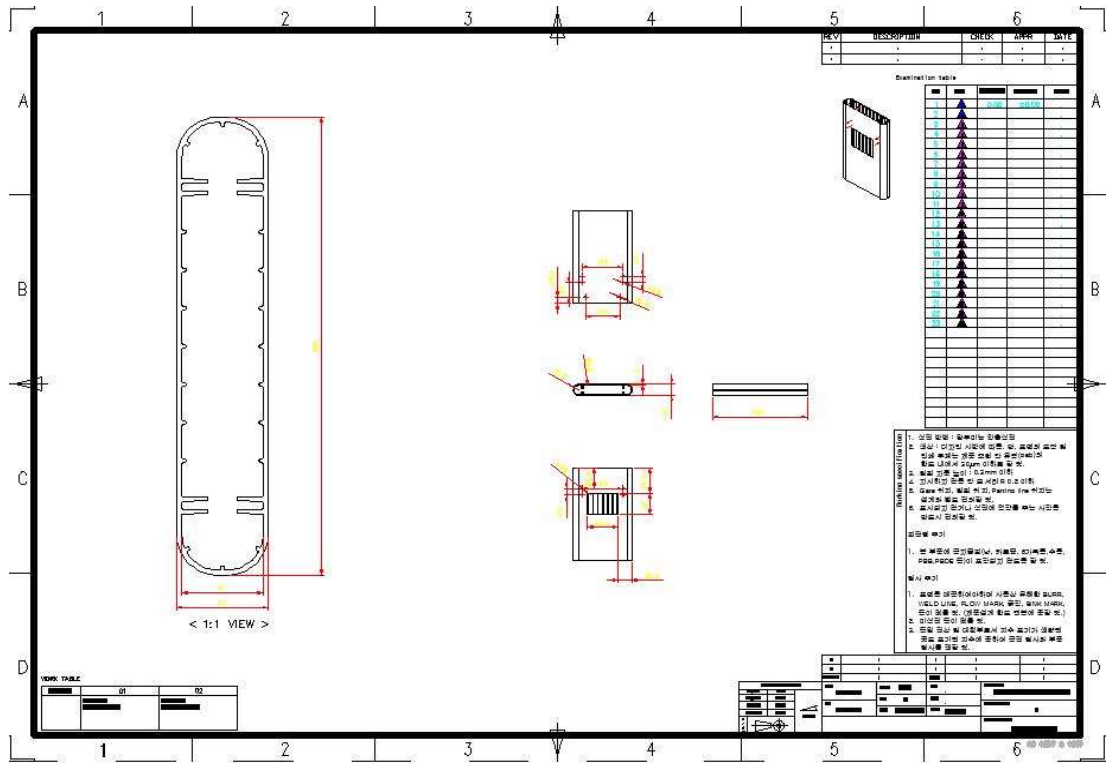


그림41: (상세도면 8)

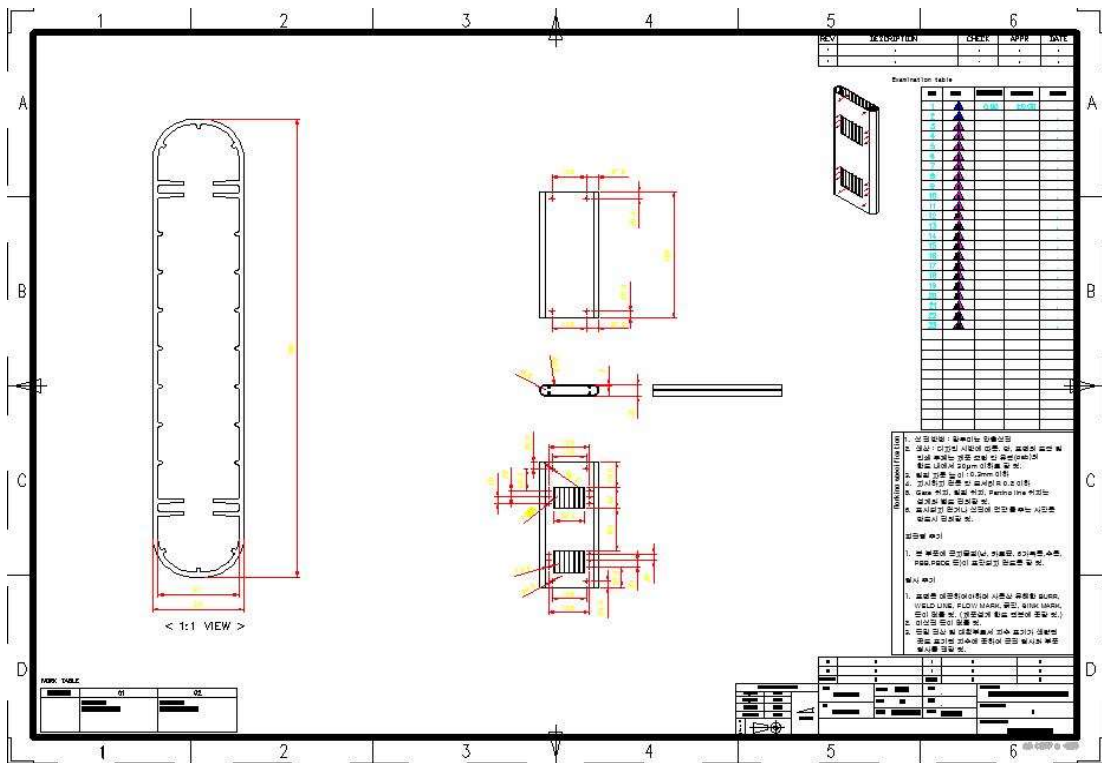


그림42: (상세도면 9)

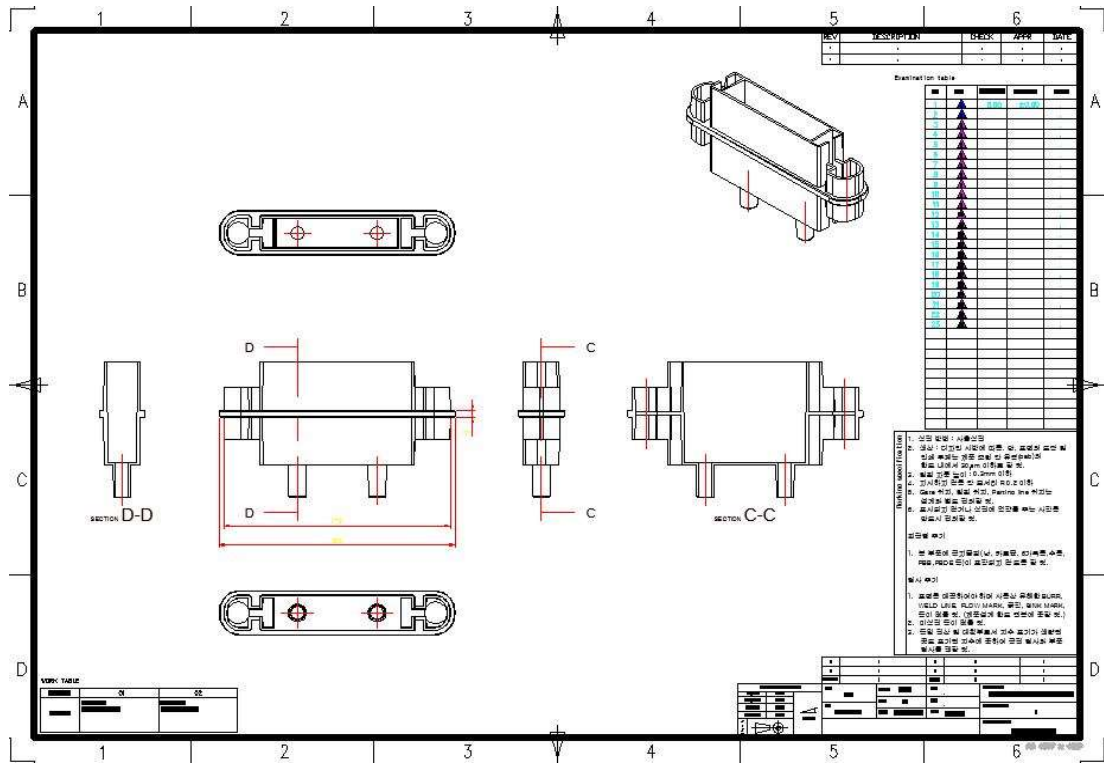


그림43: (상세도면 10)

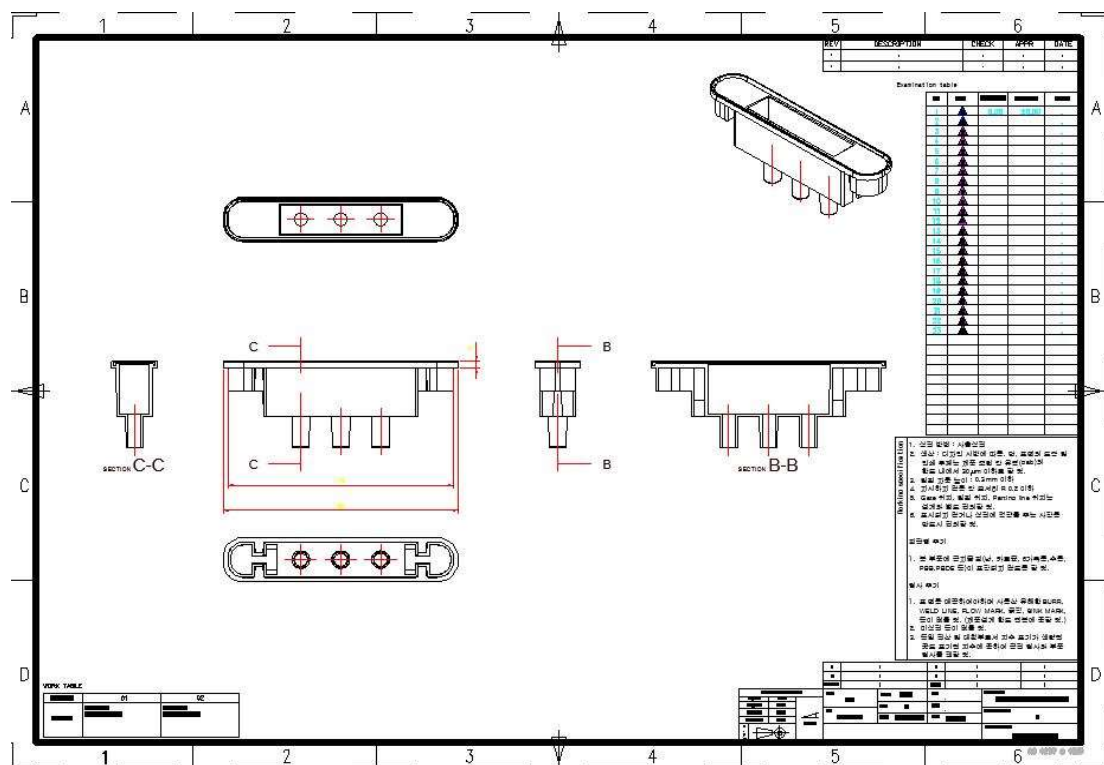


그림44: (상세도면 11)

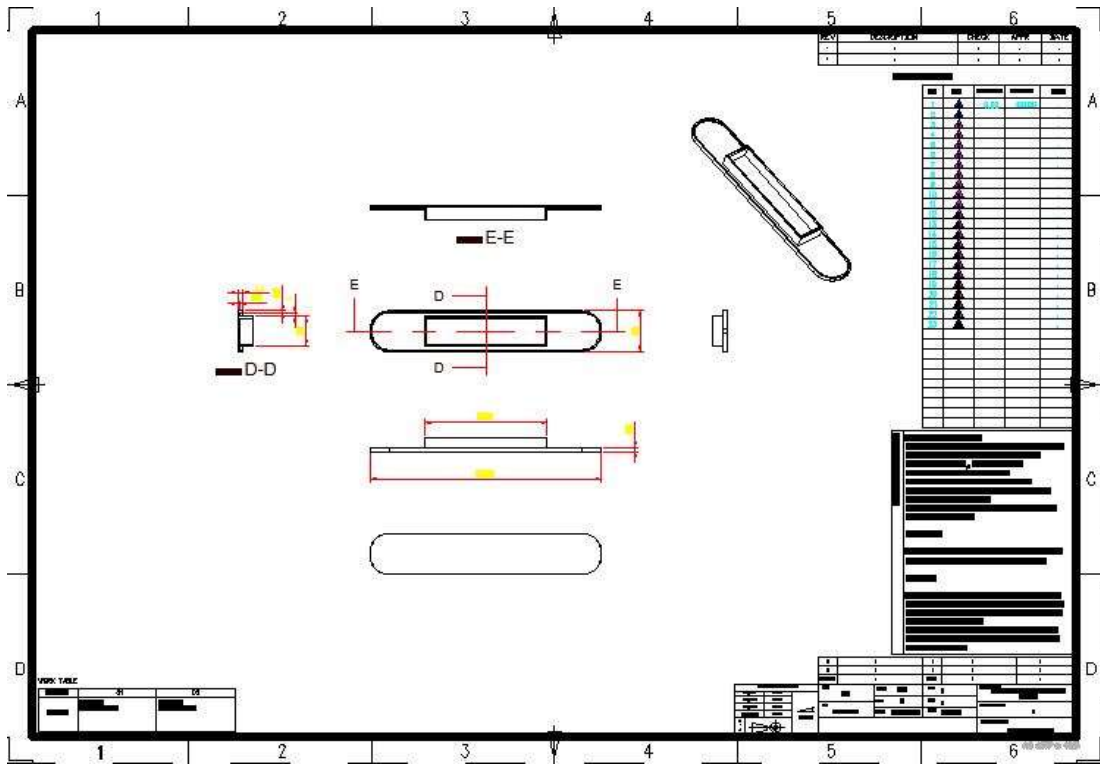


그림45: (상세도면 12)

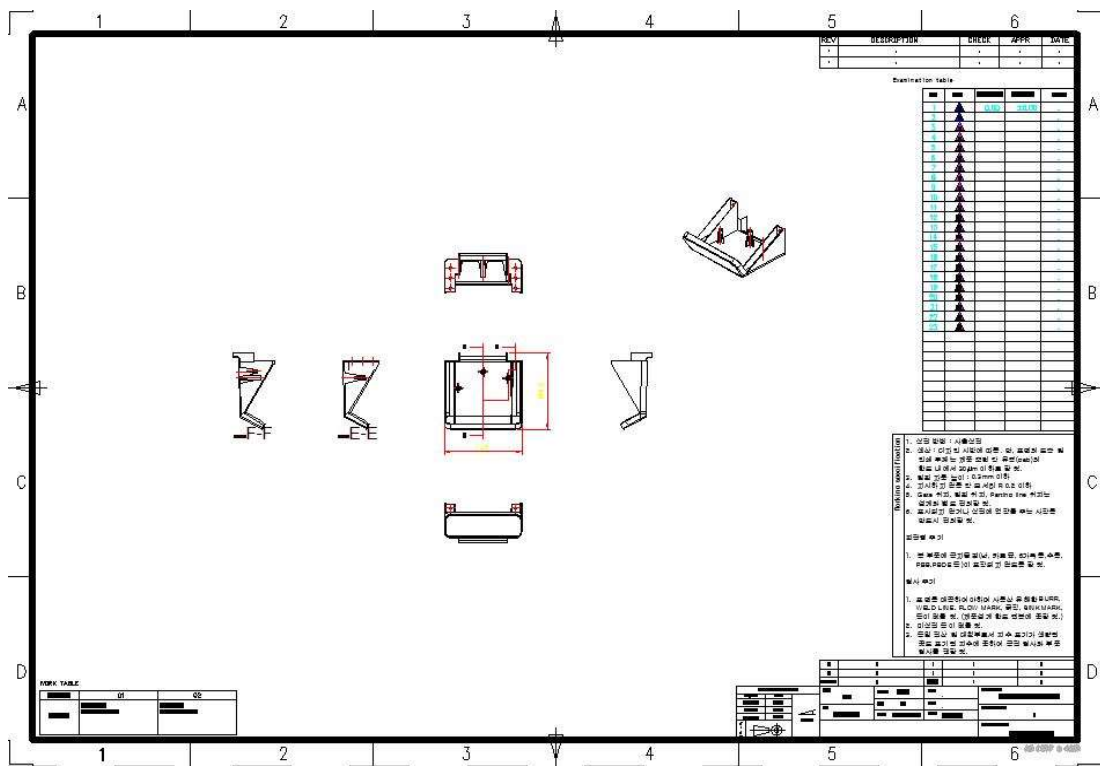


그림46: (상세도면 13)

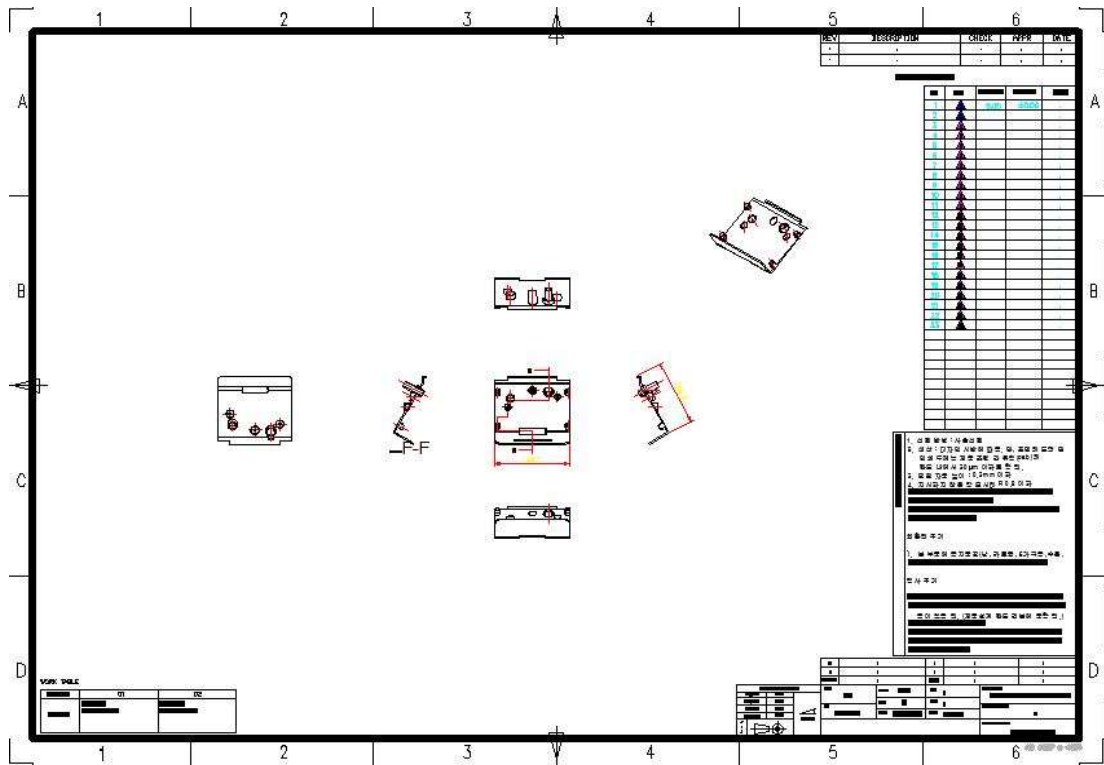


그림47: (상세도면 14)

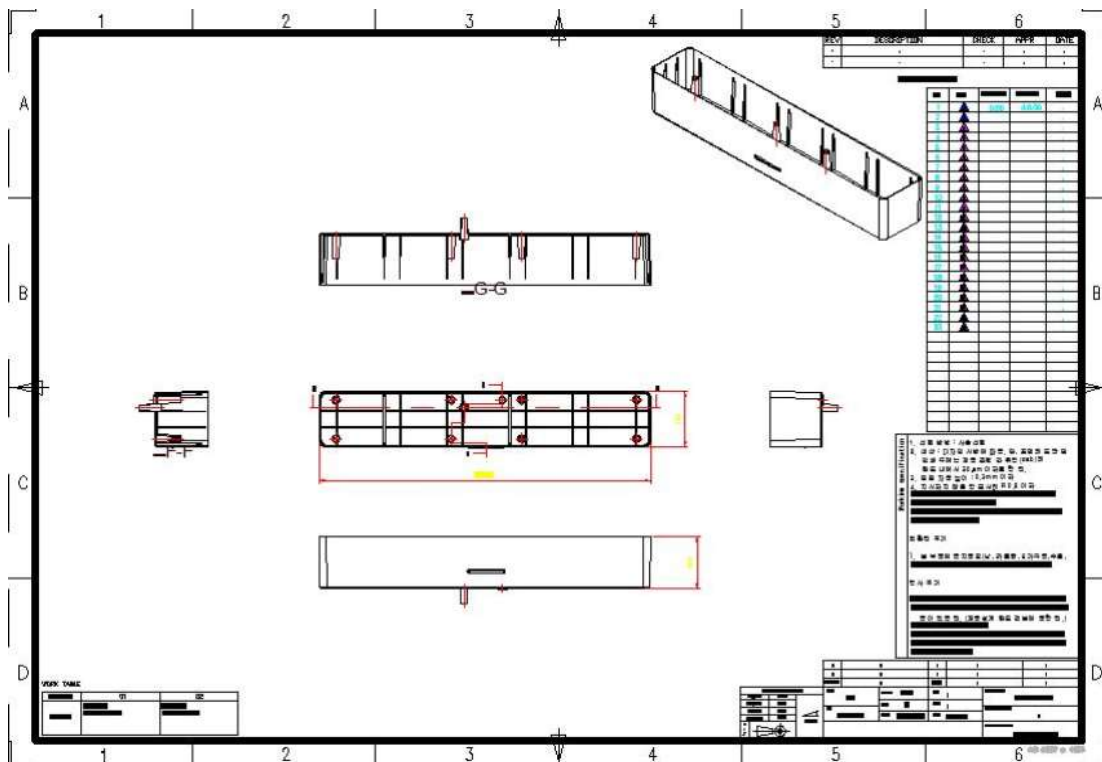


그림48:(상세도면 15)

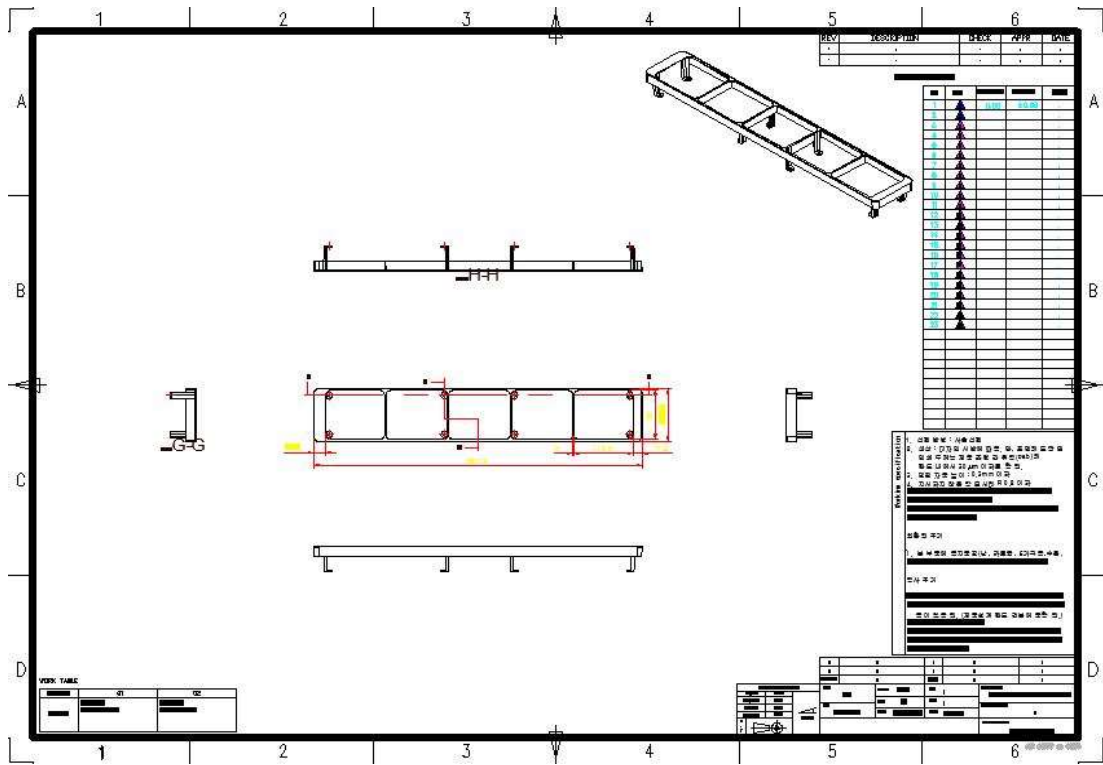


그림49: (상세도면 16)

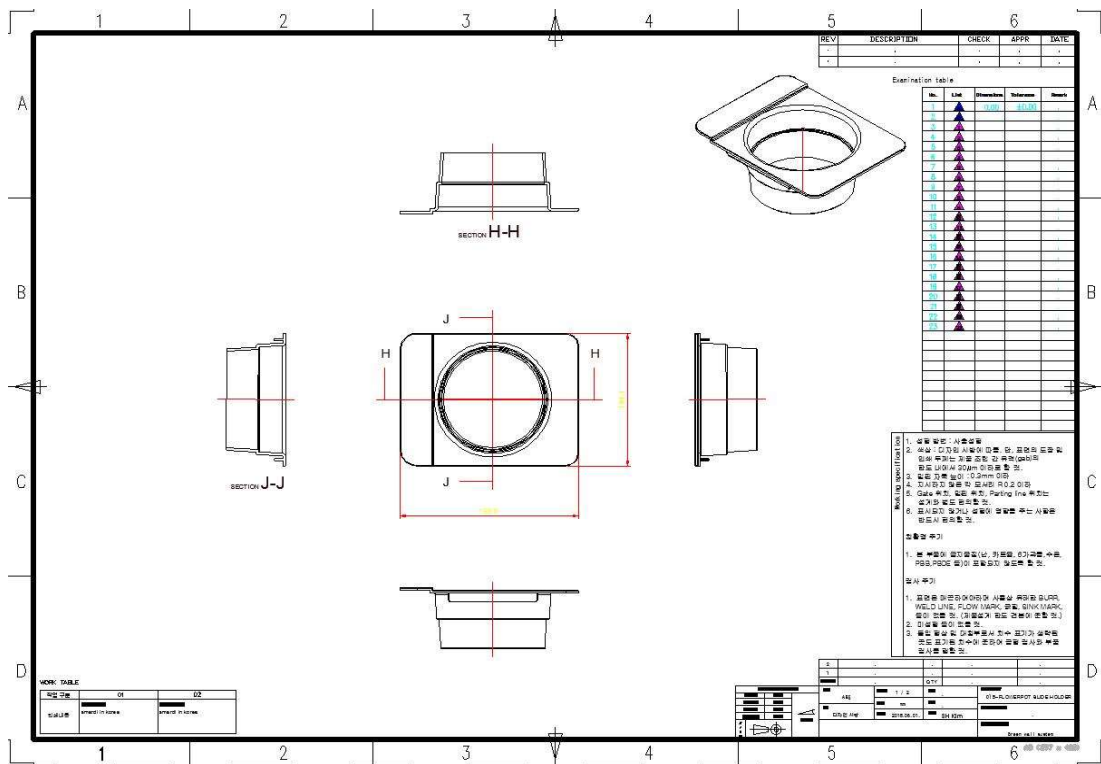


그림50:(상세도면 17)

다. 결과 및 고찰

본 결과는 모듈타입 실내용 수경재배장치에 관한 것으로, 특히, 메인수조가 마련된 베이스와 베이스의 상부로 순차적으로 적층되는 복수의 지지프레임과 각 지지프레임 사이에 결합되며 내부에 보조수조가 마련된 연결 브라켓과 최상부에 위치하는 상기 지지프레임의 상부에 결합되며 메인 공급관을 통해 상기 메인수조로부터 배양액이 공급되는 상부수조와; 수경재배용 화분이 수용되는 화분지지대와 화분지지대를 지지프레임에 거치하며, 내부 일측은 화분지지대와 연통되고 타측은 지지프레임을 거쳐 보조수조에 연통된 거치부와 상부수조와 거치부 또는 보조수조와 거치부를 연결하는 보조 공급관을 포함하여, 상부수조 또는 보조수조에 저장된 배양액은 보조 공급관을 통해 각 화분지지대 내부로 공급되고, 과잉 공급된 배양액은 화분지지대로부터 거치부 및 지지프레임의 내부를 통해 흘러 내려 보조수조를 거쳐 메인수조로 회수되는 것을 특징으로 한다.

이에 의해, 지지프레임을 모듈화하여 순차적으로 착탈할 수 있으므로 설치환경이나 재배 화분의 수에 따라 조절할 수 있어 설치 자유도를 극대화할 수 있다. 또한, 화분지지대를 거치부에 거치하는 것만으로 급수 및 배수 구조와의 연결이 가능하므로 설치 및 보수가 매우 용이하며, 간단한 구조에도 불구하고 누수의 가능성이 없으므로 누수방지를 위한 밀폐구조가 불필요하여 제작비용이 최소화할 수 있는 구조이다.

3. 수정벽면녹화 목업제작

가.연구목적

금형 제작 전 시행착오를 줄이기 위해 목업을 제작 문제를 미리 파악하여 비용 및 시간절약을 하기 위함임. 목업을 제작하여 누수, 결합, 안정성, 금형제작 시 기술적 부분 등을 고려하여 금형제작 시 반영하도록 한다. 금형제작 과정에서도 시사출 후 반복테스트 후 생산단가 및 금형 비용을 고려하여 금형제작을 한다

나.개발 방법 및 내용

(1). 개발방법 목업

수정벽면 녹화의 시스템의 도면대로 플라스틱을 깎아서 만드는 작업. 플라스틱을 깎아서 붙이는게 아니라 통 플라스틱을 파거나 깎아서 만드는 방법임

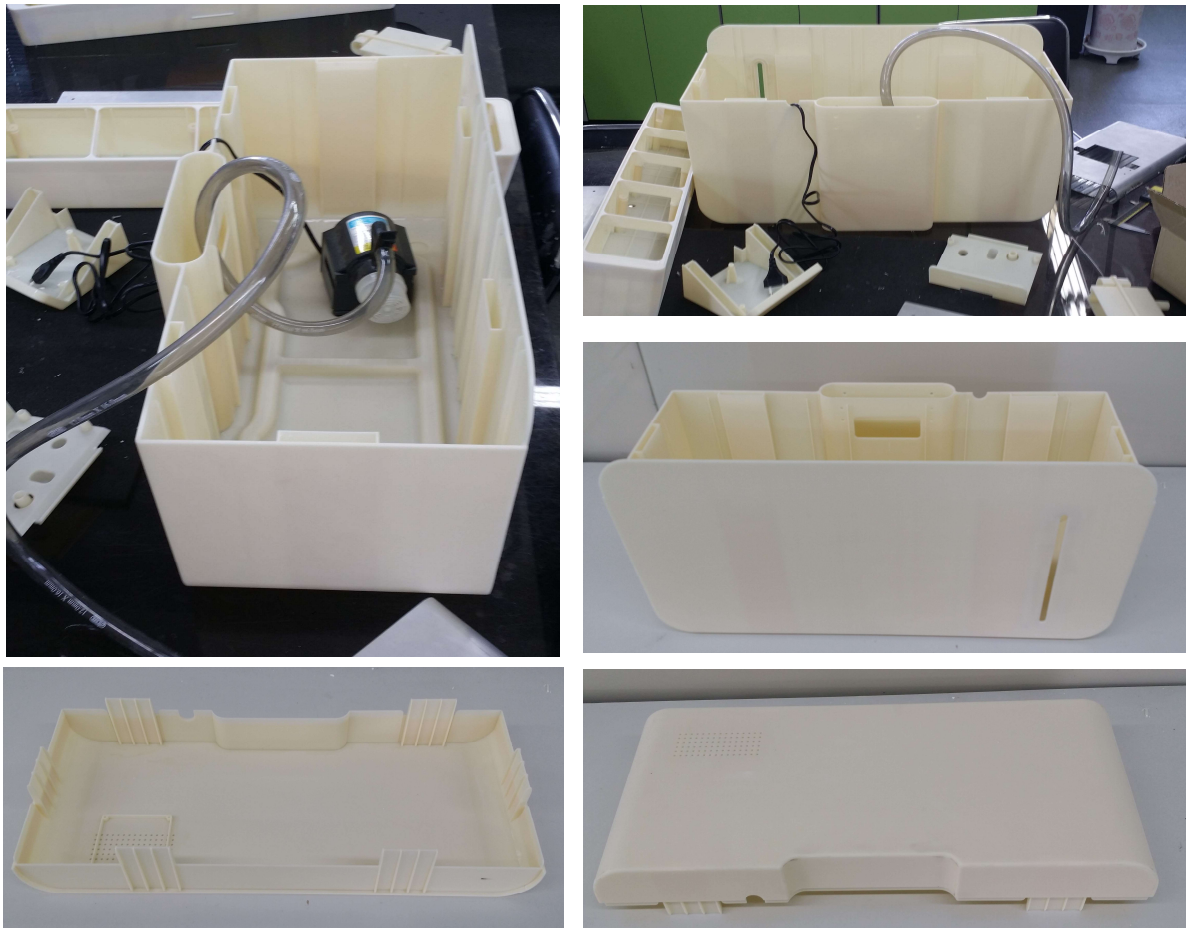


그림51 : 목업 워터탱크 및 커버

(가) 워터탱크 및 커버

물이 차있는 곳으로 (저수조) 휘어짐을 잡기 위해 안쪽으로 리브(굴곡)가 많은 특징이 있으며 프레임 기둥을 끼울 수 있는 부분, 덮개를 덮을 때 휘어짐을 잡을 수 있도록 제작 되었음. 수위계 부분은 안쪽에서 결합해서 방수되게 제작되었음.

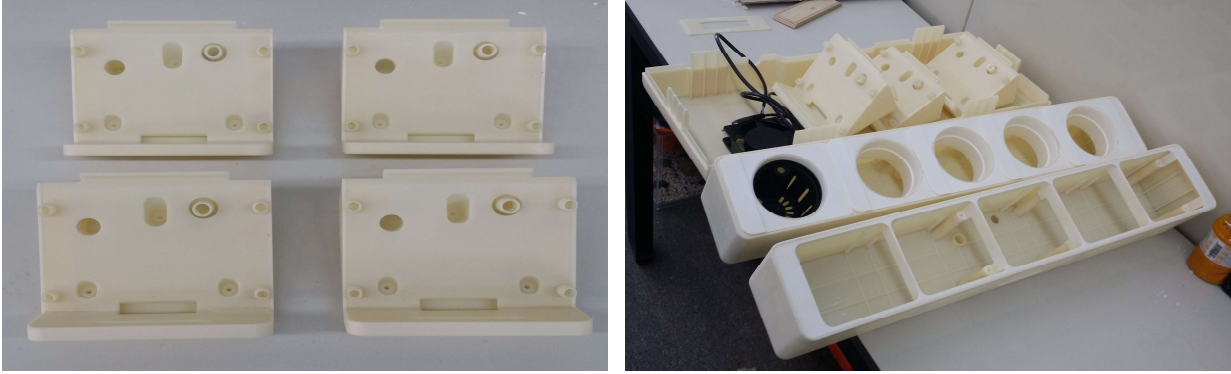


그림52: 분받침대

(나) 분받침대

분받침은 급수와 퇴수가 자연스럽게 분과 받침대가 결합 되도록 암수로 구분되어 있음. 분은 중앙받침대에 올렸을 때 좌우로 넘어가지 않게 아래, 위 4곳에 홈을 만들어 잡아주도록 제작되었음.

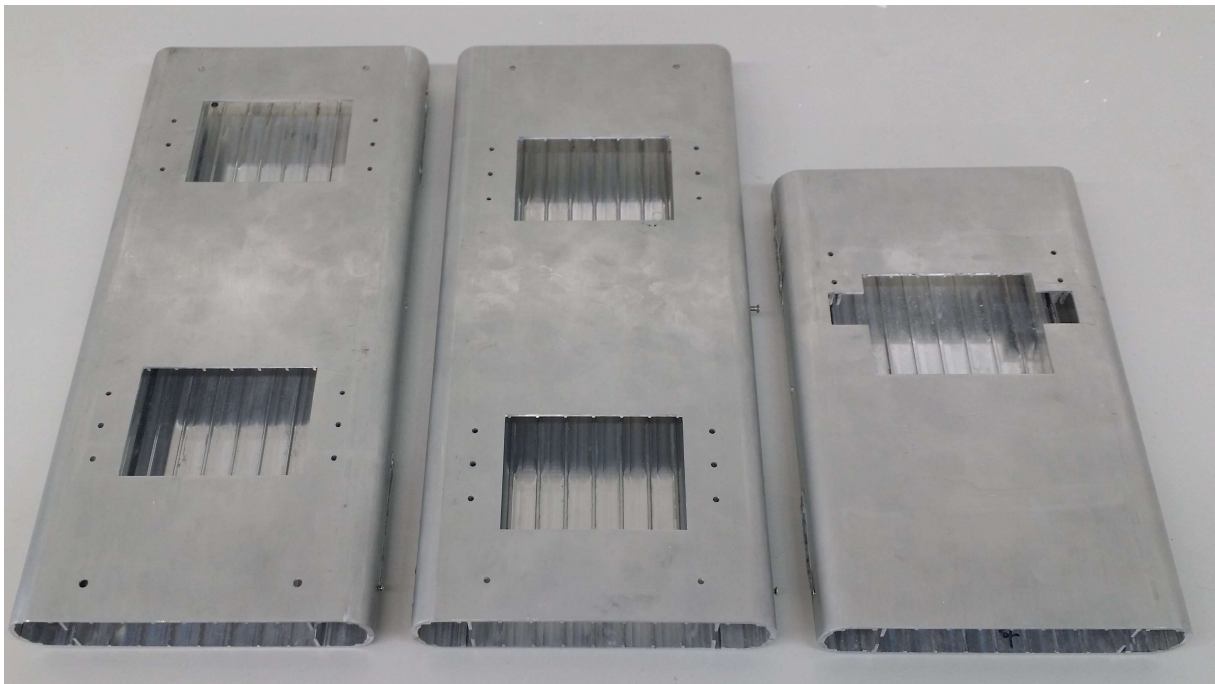


그림53: 프레임기둥

(다) 프레임기둥

워터탱크 몸체와 연결된 기둥으로 물에 녹슬지 않게 알루미늄으로 제작되었으며 받침대와 연결이 가능하도록 나사선이 제작되어 있음. 2단씩 수직으로 확장이 가능하도록 되어있으며 급수관이 올라갈 수 있도록 내부가 구분되어 있음.

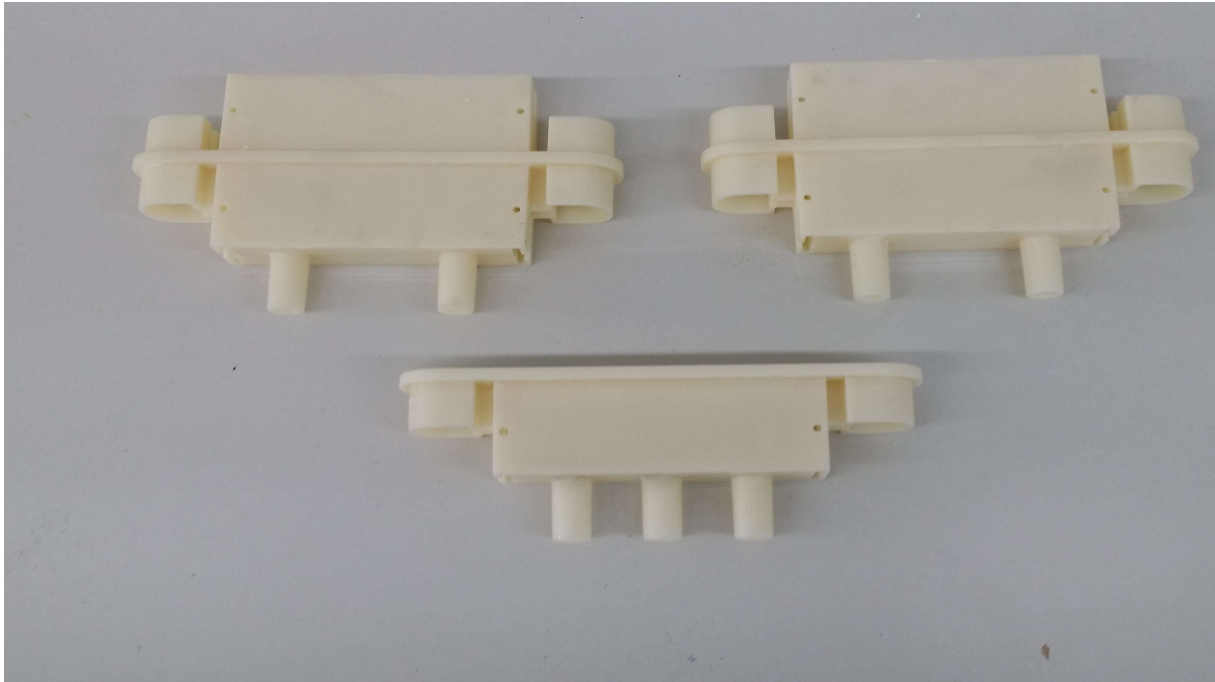


그림54: 프레임연결 브라켓 겸 프레임저수통

(라)프레임연결 브라켓 겸 프레임저수통

알루미늄 기둥과 기둥을 연결 하는 브라켓 겸 프레임저수통, 그림의 위 2개는 기둥과 연결하는 중간 브라켓이며 아래 그림 1개는 프레임 상단에 결합하는 저수통이며 급수와 퇴수를 연결할 수 있는 연결구가 있음.



그림55 :수경화분 박스

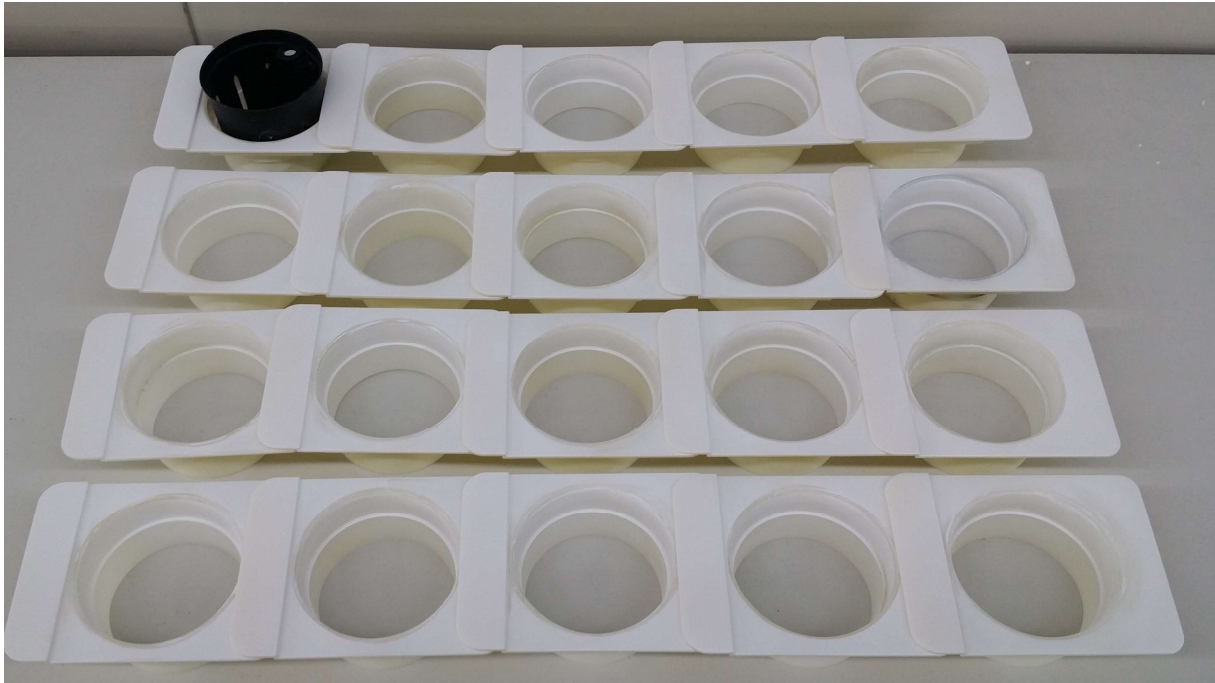


그림56 : 수경식물 식재화분 및 분커버

(마)수경화분 박스 및 화분 분 커버

수경식물 식재 화분으로 화분커버를 거치할 수 있는 거치대가 있으며 받침대에서 급수와 퇴수가 연결될 수 있게 화분에도 연결구와 홈이 있음. 수경화분은 거치대 위에 덮을 수 있는 분커버가 있으며 분커버는 수경식물을 식재하는 내분과 맞게 제작되었다.

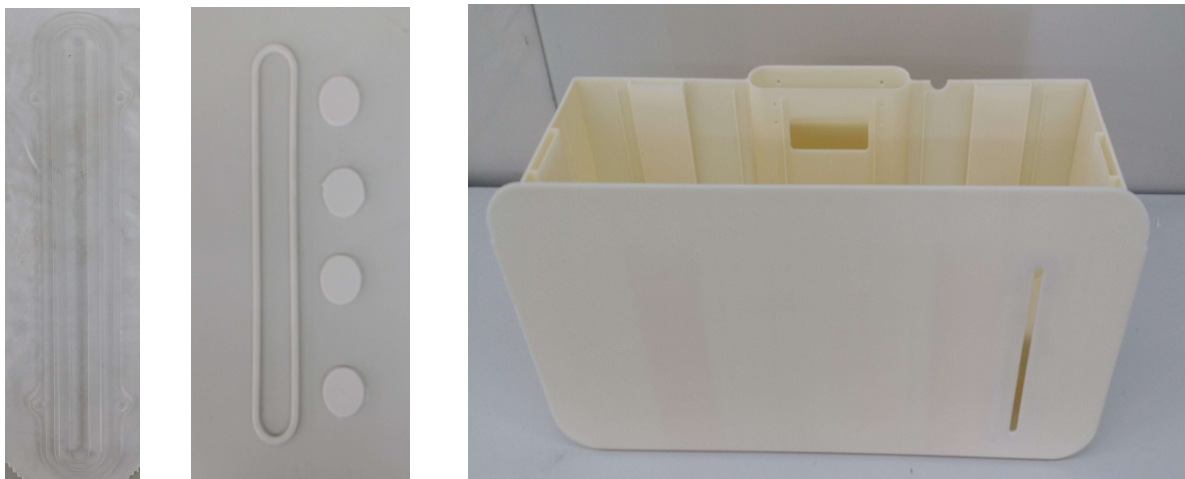


그림57: 수위계부분 커버와 실리콘

(바) 수위계부분 커버와 실리콘

저수탱크 전면에 물이 얼마만큼 있는지 알 수 있는 수위계 부착임. 투명한 아크릴과 워터탱크와 아크릴을 방수 연결할 수 있는 실리콘으로 구성되어 있음.



그림58: 목업제작 완성& 식재사진

(사) 목업제작 완성

디자인과 구조설계대로 목업제작이 완료되었으며 처음 디자인 렌더링 시안과 흡사하게 제작되었음. 디자인 완성도는 뛰어나지만 금형구조상 금형제작비용이 상승하거나 금형을 줄일수 있는 경우가 있어 도면을 수정하여 금형 제작에 착수하는 것이 나올 듯 합니다.

다. 목업제작 결과 수정사항

(1) 목업샘플의 문제점

디자인과 구조설계대로 목업제작이 완료되었지만 프레임과 연결 부분에서 누수현상이 나타나고 프레임과 프레임 연결부분이 완전히 맞지 않아서 앞으로 쏠리는 현상이 발생, 워터탱크와 덮개 탈부착 어려움, 수위계 결합이 쉽지 않아서 조립의 어려움, 전체적인 사이즈가 맞지 않는 등, 여러 가지 문제점 발생함

- 워터탱크의 휘어짐을 방지하기 위한 리브(줄)가 많다. 금형제품의 리브살이 많으면 워터탱크 표면에 줄 같은게 보여 미관상 안 좋을 수 있다
- 워터탱크와 프레임 기둥의 연결부분이 수조 뒤쪽 30mm 뒤로 나와 있는데 안쪽으로 넣을 필요가 있음.

- 덮개 결합 시 결합과 탈착이 원활하게 되지 않고 힘겹게 됨.
- 현재 수위측정은 물로만 표시가 되어 자세히 봐야 하거나 나중에 물때가 생기면 수위 측정이 어려울 수 있음. 수위측정을 쉽게 측정할 수 있도록 수정되어야 함.
- 중앙 지지대의 연결부분이 앞으로 쏠리는 현상이 있어서 연결 브라켓을 타이트하게 결합하여 유격이 없도록 수정되어야 함.
- 워터탱크와 결합 시 프레임이 무거워서 워터탱크에서 지지하는 부분의 보강이 필요함.
- 연결 부분에서 누수 현상이 발생하고 있어서 수정 요함.
- 상단 프레임저수통 용량이 작아 물이 프레임 밖으로 흘러나옴.
- 저수통과 급,배수관과의 호수연결 시 탈부착이 어려움. 좀 더 쉽게 탈부착 되도록 수정.
- 화분 거치대는 급,배수를 위해 암,수 결합방식으로 제작되었지만 화분박스의 이동 및 보관 여러 가지를 생각할 때 거치대는 “수” 화분은 “암” 으로 제작 하는게 좋음.
- 화분 박스와 거치대의 결합 시 앞쪽의 딸각하고 결합되는 홈은 검토 후 제거해도 될 것 같음.
- 현재 길이 630mm으로 제작 되었는데 파티션 화분의 호환성을 위해 600으로 제작되는 게 나을 듯 함.
- 화분박스의 급,배수관을 막거나 뚫을 수 있도록 금형제작 시 참고하여 같은 금형으로 파티션 화분박스와 수직정원 화분 박스를 호환될 수 있도록 제작.

(2) 문제점 보완 후 수정방향

- 금형제작 시 워터탱크의 리브살은 최소화 하고 휘어짐이 없도록 수정 계획.
- 워터탱크 뒤쪽의 프레임 연결 홈은 뒤로 돌출되지 않고 일직선이 되도록 변경 계획
- 덮개 앞쪽을 좀 낮추거나 사면이 같으면 결합 시 좀 더 쉽게 가능하지만 디자인적 부분을 고려해서 수정할 계획.

- 수위계에 볼을 가둘 수 있게끔 수정하여 물 수위에 따라서 볼이나 막대가 움직일 수 있도록 제작할 계획.
- 프레임 누수부분과 앞쪽으로 쏠리는 문제 해결을 위해 프레임을 나누지 않고 하나의 프레임을 제작. 누수문제, 결합으로 인한 쏠림문제를 해결할 계획임.
- 워터탱크의 프레임 연결 홈에 삼각판은 바닥부분에 연결하여 지지할 계획임.
- 프레임저수통 용량을 최대한 확보할 계획임.
- 탈부착은 정수기 호수 연결 시 쓰는 피팅을 쓰면 손쉽게 할 수 있음. 피팅 부착이 가능하도록 급,배수 연결 부분을 맞게 제작할 계획임.
- 화분거치대의 급수관과 배수관의 연결부분은 튀어(암수 연결중 수)나오도록 제작. 화분박스는 연결구가 들어갈 수 있도록 홈(암)만 제작할 계획임.
- 화분박스 전면에 돌출되어 있는 홈은 제거하고 안정성을 위해 모서리 4곳에 완전하게 결합될 수 있게 박스 바닥의 홈을 깊게 제작할 계획임
- 화분박스 길이 630mm에서 600mm로 수정 제작할 계획임.
- 파티션 화분박스와 벽면녹화시스템 장치의 화분박스의 호환이 가능하도록 금형제작 계획임

4. 수정벽면녹화 금형제작

가. 연구목적

목업제작 및 테스트 후 추가할 부분, 삭제할 부분, 수정할 부분을 검토하여 금형제작. 금형제작 후 시사출하여 각 항목마다 테스트하여 결함부분을 찾아내어 금형수정, 이 공정을 반복하여 제품에 문제없도록 수정 및 테스트를 반복한다.

나. 개발 방법 및 내용

(1), 금형제작

사출금형은 워터탱크, 워터탱크 덮개, 수위계외부판, 수위계내부판, 프레임저수통 및 연결 브라켓, 프레임저수통 덮개, 화분거치대 하, 화분거치대 상, 수정화분 박스, 수정화분 박스 내분 지지대, 수정화분 커버 총 11개의 사출 금형을 제작하였다. 알루미늄프레임은 압출금형으로 제작하였다. 금형제작은 프레임 저수통의 크기가 커서 국내에 제작 가능한 업체가 많지 않아 금형설계, 금형제작, 제품제작까지 가능한 전문 생산업체인 전원테크에 제작의뢰 하였습니다

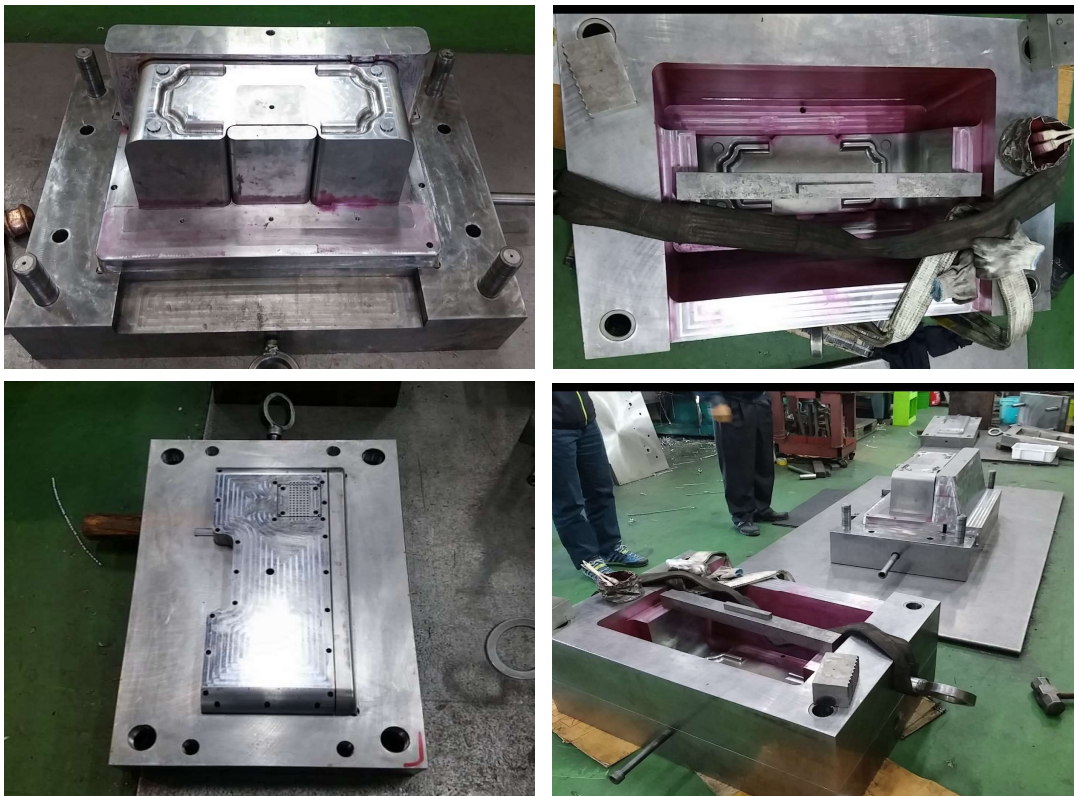


그림59: 워터탱크 및 덮개 금형



그림60: 프레임저수통 및 화분박스 금형

금형제작시 약 10만개 까지 생산가능하도록 금형을 제작하였으며 작은 부품같은 경우는 금형 한벌에서 여러개가 생산가능하도록 제작하였으며 수정화분박스 같은 경우는 급,배수구를 유무가 가능하도록 급,배수 홈부분은 조립식으로 제작하여 수정벽면녹화와 수정화분으로 호환이 가능하도록 금형을 제작하였다. 또 목업단계에서 수정할 부분은 반영하여 제작하였음.

(가)워터 탱크

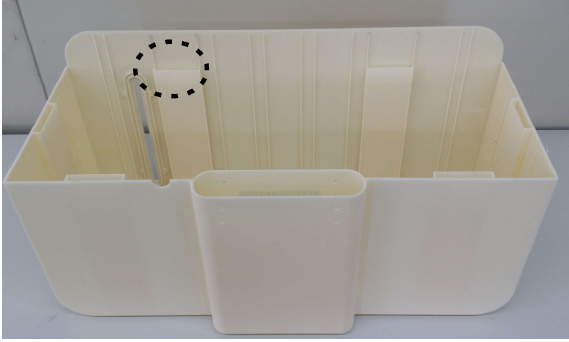
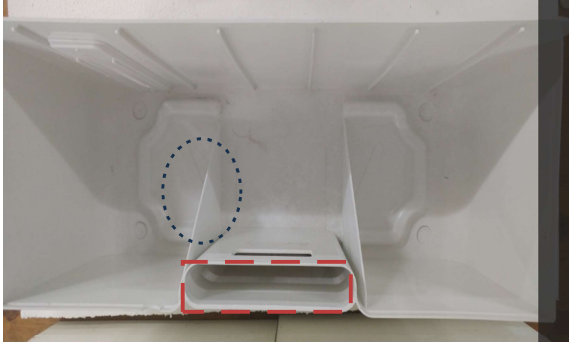
목 업	1차 금형
	

그림61 : 워터탱크

(붉은점선 부분) 워터탱크 뒤쪽부분에 프레임을 끼울 수 있는 홈을 탱크 안쪽으로 배치하여 튀어나온 부분이 없도록 하였음. (검정점선 부분) 탱크벽면 안쪽에 희어짐을 방지하기 위해 리브살을 최소화 하였음. (파랑점선 부분) 워터탱크에 프레임 연결 시 탱크가 앞으로 쏠리는 현상을 방지하기 위해 삼각 받침개를 넣어서 지지하게 제작 하였음

(나)수위계 부분

목 업	1차 금형
	

그림63 : 수위계

수위계는 외부에서 결합하는 형태이며 게이지를 볼 수 있도록 2중구조로 제작하여 수위가 올라가면 빨강 막대가 움직이도록 제작 하였음. 수위계 마감부분은 추후 눈금이 표기되어 있는 스티커로 마감할 계획임.

(다) 워터탱크 덮개

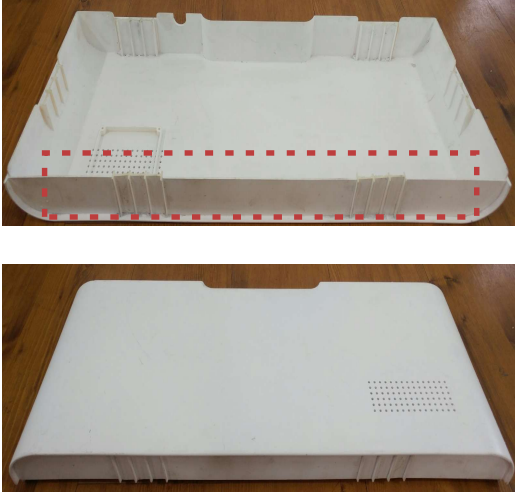

목업	1차 금형
	

그림64: 워터탱크 덮개

워터탱크와 덮개의 탈부착이 힘들어서 덮개 앞부분의 테두리를 최소한으로 줄였음. 탈부착을 용이하게 하기 위해 덮개를 수정하였지만 디자인에는 영향을 주지 않았음. A.B.S 특성상 제작 후 안쪽으로 수축하는 특성상 덮개의 모서리 부분에서 잡아주고만 있어도 유격이 생긴다거나 벌어짐 발생을 방지할 수 있음.

(라) 화분 거치대

목업	1차 금형	2차 금형
		

그림65 : 화분거치대

수경화분 박스의 호환을 위해(파티션화분박스 ,벽면녹화박스) 설계상 급배수의 암수결합에 돌출되어(수) 있는 부분을 거치대에 제작하여 호환 가능하도록 하였다. 하지만 시사출 후 가동하니 배수되면서 흘러나온 물이 거치대의 배수구로 원활히 흘러들어가지 않고 거치대 밖으로 흘러 외부로 물이 흐르는 현상이 발생. 금형 수정을 하여 배수구 옆 라인에 3mm 구멍을 좌우로 3개씩 뚫어서 누수를 잡았음.

(마) 프레임 저수통 및 연결브라켓

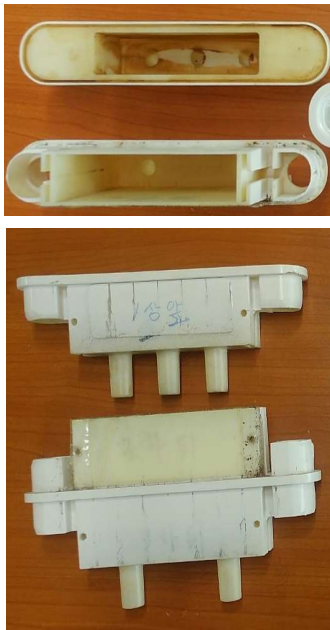
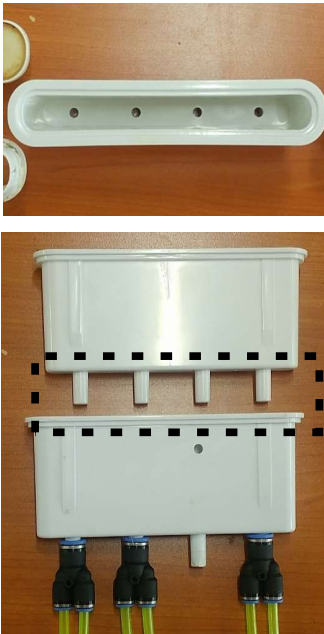
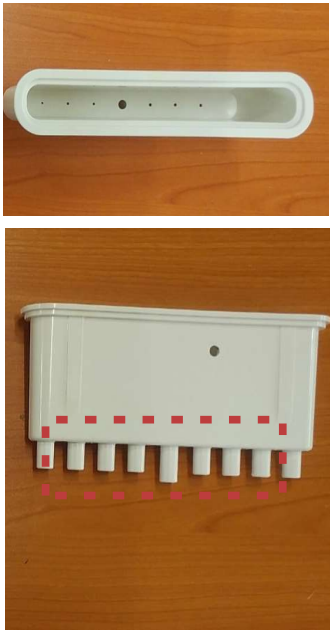
목업	1차 금형	2차 금형
		

그림66: 프레임저수통 및 연결브라켓

최초 설계는 벽면녹화 2단씩 수직 확장이 가능하도록 프레임을 나누어서 제작 후 필요시 확장 하도록 설계하였다. 그래서 각 프레임마다 저수통과 연결브라켓이 필요하였는데 프레임을 하나로 제작하기로 하여 프레임 연결브라켓이 필요성이 없어졌음. 프레임저수통은 프레임 최상단에 위치하게 되며 워터탱크에서 수중펌프를 통해 프레임 저수통으로 공급된다, 저수통은 각단으로 연결되어 있는 급수관을 통해 각 단의 화분박스에 공급을 하는 구조이다. 목업에서 문제점 발견 후 브라켓을 없애고 1개의 저수통으로 제작 하려고 하였지만 시사출 후 테스트 과정에서 물량이 균일하게 공급되지 않은 문제점 발견됨. 저수통에서 균일한 물 공급을 위해 급수관 1개와 배수관 8개를 수정제작 하여 각단에 균일한 공급이 가능하도록 수정 하였음.

(바) 수정화분 박스

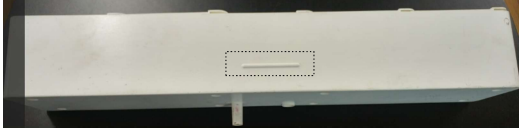





목업	1차 금형
	
	
	

그림67: 수정화분 박스

최초 제작 시 화분거치대와 급배수관의 결합을 위해 돌출부분과 홈부분이 결합되도록 제작되었지만 파티션화분과 호환성 부분, 박스의 배송, 이동이 불편하여 박스하단부분의 돌출부분은 제거하여 거치대에 돌출부분이 자리 하도록 제작하였음.

박스 전면부에(사각검정 점선) 박스와 거치대 밑 부분이 결합되도록 홈과 돌출부분이 되어있는데 이 부분은 제거하였음. 거치대와 수정화분박스의 결합은 거치대 모서리부분의 돌출부분과 수정화분 박스의 홈 부분이 견고히 결합되도록 깊이를 깊게 제작하였음.

수정화분박스의 호환을 위한서는 파티션화분박스로 이용 시에는 급배수관이 막혀있는 형태로 제작되어야 하고 벽면녹화의 화분박스로 이용 시에는 급배수관이 뚫려 있는 형태로 제작되어야 한다. 금형제작 시 급배수관을 유무를 쉽게 수정할 수 있도록 금형을 제작하여 하나의 금형으로 파티션화분 박스와 벽면녹화박스를 생산 가능하도록 제작하였다

(사)프레임

목업	1차 금형
	

그림68:알루미늄프레임

최초제작시 알루미늄프레임은 2단씩 분리해서 제작 생산 후 연결브라켓을 통해서 고정하는 형식이었지만 누수문제, 기울러짐 문제, 결합시 복잡성등을 고려하여 하나의 프레임으로 제작하였다. 알루미늄프레임 제작은 4단, 5단, 6단, 7단, 8단으로 제작하여 공간에 맞게 설치 가능하도록 하였다.

연결식이 아니라 하나의 프레임로 제작하여 누수문제와 기울어짐 문제는 해결하였으며 연결브라켓을 없애기로 해서 금형비를 절약하였다.

(아) 프레임 저수통과 급배수

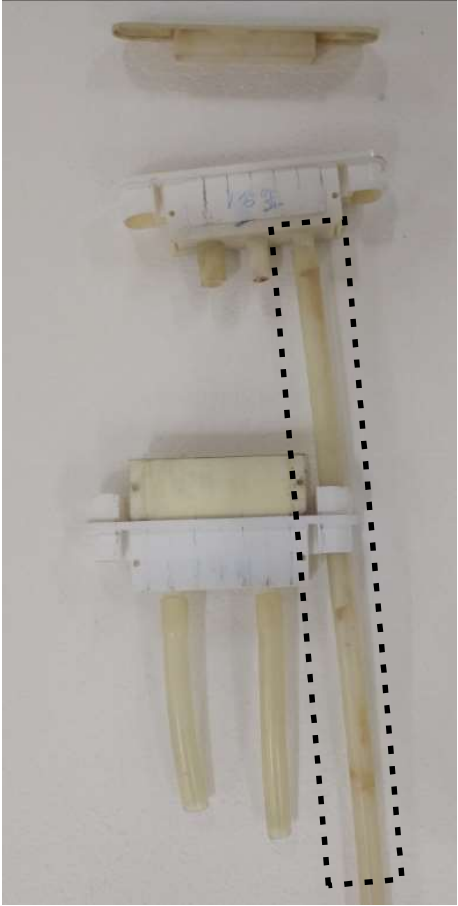
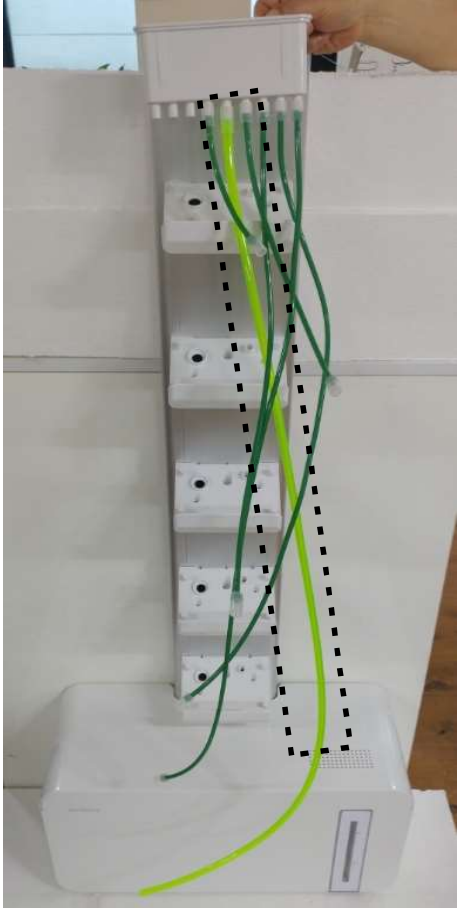
목업	1차 급형
	

그림69:: 프레임 저수통의 급배수

검정색 점선 부분이 워터탱크 내의 수중모터에서 물을 올려 저수조에 공급하면 각단의 급수관을 통해 수경화분 박스 내에 공급하게 된다. 최초설계는 상단의 저수조에 공급하고 상단저수조랑 연결되어 있는 2개의 수경화분박스에 공급이 되며 넘치는 물은 중간 저수조에 들어가게 되고 다시 다음 단으로 공급하는 구조이다. 이런 구조가 반복되게 최초설계 하였는데 중간저수조를 없애고 상단에서 일괄 공급되게 수정 제작하였음.

저수조의 최대 확장 단수는 8단으로 8단보다 적게 설치 시에는 저수조의 남은 급구관을 막고 설치하면 4단부터 8단까지 설치가 가능하다. 저수조의 급수관과 호스 연결 시 연결을 원활하게 하기 위해 실리콘 호스를 씌어서 연결하면 쉽게 연결이 가능하다.

(자)기타 금형 리스트

사진	명칭	용도
	화분받침대 하부	알루미늄 프레임과 연결거치대 상부받침대 역할
	저수통덮개	덮개
	수경 화분 내분지지대	수경화분 커버 받침대 역할을 하며 화분내분이 좌우로 이동 가능하도록 하는 지지대
	수경 화분커버	수경화분 내분커버
	수위계외부판, 수위계내부 판 및 방수 실리콘	수위를 측정할 수 있도록 방수되면서 측정게이지의 공간 확보

그림70: 기타수정사항

사출금형은 워터탱크, 워터탱크 덮개, 수위계외부판, 수위계내부판, 프레임저수통 및 연결 브라켓, 프레임저수통 덮개, 화분거치대 하, 화분거치대 상, 수경화분박스, 수경화분 박스 내분지지대, 수경화분 커버 총 11개의 사출 금형을 제작 하였으며 알루미늄프레임은 압출금형으로 제작 완료하였음.

(2), 금형 수정 사항

(가), 1차 수정

- 알루미늄프레임을 나눠서 제작하지 않고 한 개의 세트로 제작하였음.
- 워터탱크에 프레임연결구를 바깥쪽에서 워터탱크 안쪽으로 구조 변경.
- 워터탱크 수위계 부분을 관측하기 쉽게 수위계부분을 이중구조로 하여 안쪽에 게이지 장착.
- 워터탱크와 덮개 결합 시 원활하게 하기 위해 덮개 앞쪽 턱을 낮춤.
- 수조 내 여러개의 홈과 리브 제거.
- 수조와 박스 사이즈 조정 630mm에서 600mm로 조정.
- 프레임저수조 및 연결브라켓을 프레임저수조 하나로 대체.
- 수정화분박스의 호환성을 위해 급배수구의 연결구를 돌출부분을 거치대쪽으로 구조변경.

(나), 1차 수정 후 추가 개선 사항

- 워터탱크와 덮개결합 시 앞쪽 윗 부분의 유격발생.
- 수위계부분의 불안전 밀착으로 누수 발생.
- 프레임저수조에서 불안전하게 각 단의로 물 분배가 된다.
- 거치대 부분에 배수후 흐르는 물이 넘치는 현상 발생.

(다), 2차 수정 사항

- 워터탱크 부분에 리브살(줄)을 주어 휘어짐 최소화 하고 덮개에서 잡아주도록 수정.
- 실리콘을 감싸고 있는 테두리를 낮추어서 실리콘과 수위계 외부관이 완전 밀착되도록 수정하였음.
- 프레임저수조의 배출구를 4개에서 8개로 확장 수정하였음
- 거치대상부판에 3mm 홈 6개를 파서 흘러나온 물이 다시 거치대 안쪽으로 흐르게 수정하였음.

다. 결과 및 고찰

(1), 완성제품과 세부사진



그림71 완성제품



그림72: 식재완료 제품



그림73 :수조내 워터펌프

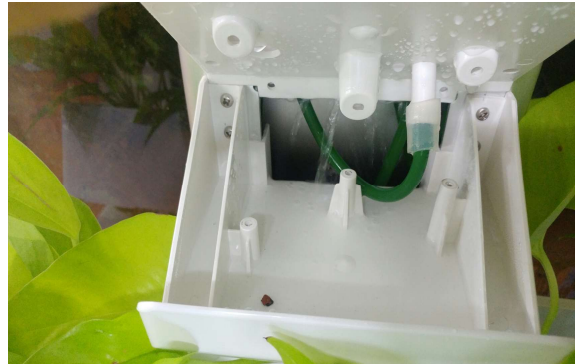


그림74: 화분받침대의 급수관



그림75: 분 받침대 급수

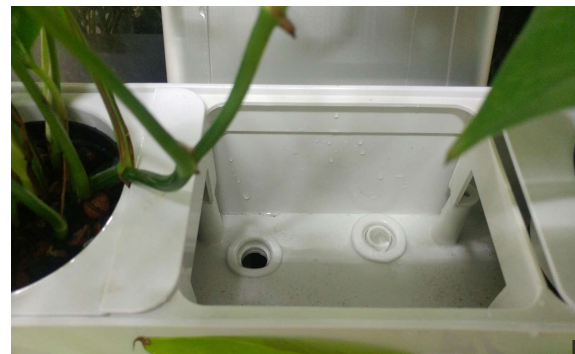


그림76: 분 받침대 배수

(2), 수정 벽면녹화시스템 금형제작 완료

여러가지 금형수정을 통해 완성된 제품. 하단 워터탱크의 수중펌프 통해 프레임저수통으로 물 공급되며 프레임저수통에서 4단, 3단, 2단, 1단으로 공급하는 형태이다.

최초 디자인과 큰 변화는 없었지만 연결부분, 급,배수부분, 결합부분등 내구성이나 안전성부분에서는 설계변경이 있었습니다.

연결부분에서는 최초 2단씩 나눠서 생산하여 조립하는 형태였지만 알루미늄 특성상 가공비가 높게 들어가는 점, 연결시 부득이하게 앞쪽으로 기울어지는 문제점이 있어서 생산 시 4단, 5단, 6단, 7단, 8단으로 생산하여 공간에 맞게 세팅이 가능하도록 수정하였습니다.

급배수부분은 프레임저수통에서 각단의 수정화분박스로 공급된 물은 적정수위가 넘으면 워터탱크로 흘러들어가도록 되어있고 수정화분박스 및 프레임에서 넘치는 물은 밖으로 새지 않고 내부 프레임 안쪽으로 흘러들어가게 되어있는데 설계와 다르게 받침대 밖으로 흘러나오는 물이 있어서 받침대 안쪽에 원형 홈을 누수 문제를 해결하였습니다.

프레임저수통은 최초 계획한 것보다 급,배수관을 9개까지 제작하여 단 확장 시 하나하나 연결하도록 수정하였습니다.

가동 시 모터작동소리와 수정화분박스에서 워터탱크로 떨어지는 물소리가 나서 수중모터 하단에 스펀지를 깔고 모터를 설치하여 소음을 감소시켰으며 각단의 수정화분박스에서 떨어지는 물소리는 프레임하단에 스펀지를 끼워서 물이 떨어질 때 워터탱크 물에 바로 떨어지지 않고 스펀지를 통해서 떨어지게 하여 소음을 감소시켰다. 그리고 전원공급 장치에 타이머를 장착하여 소비자가 원하는 시간에 가동이 되도록 하였습니다.

수위계부분의 수정으로 인해 최초 설계상에는 워터탱크에 일직선상의 선만 나타났지만 수위 측정으로 어려움으로 안쪽에서 빨간막대가 수위와 움직이도록 수정한 관계로 외부에서 보기에 지지분하게 보일 수 있는 이 부분은 수위를 측정할 수 있는 눈금 스티커를 부착하였습니다.

수정 벽면녹화시스템의 연구는 기술뿐만 아니라 연구기간 내에 판매가 가능하도록 시사출 후 끊임없는 테스트와 수정을 하여 제품이 시장에 출시되도록 하였습니다.

2절 수경 벽면녹화시스템에 적합한 식물 선발 및 시스템의 기능성 분석

1. 실내수경 녹화시스템에 적합한 관엽식물 선발

가. 내음성 정도에 따른 실내 식물 선발 및 분류

(1) 연구목적

생활수준의 질적 향상으로 인해 건강과 생활공간 안의 장식적인 요인들에 많은 관심을 갖게 되면서 식물의 형태적인 특징을 관찰하고, 즐길 수 있는 관엽식물의 소비가 늘어나고 있는 추세이다.

광은 식물의 광합성에 필요한 중요한 에너지원으로서 실내에 식물을 배치시킬 때 우선적으로 고려되어야 한다. 우리가 거주하는 실내공간은 식물이 자라는데 광이 매우 부족한 실정이다. 특히 외부환경에서 자란 식물의 경우 실내로 이동하여 배치 시 실내 광환경에 적용하도록 광순화가 필요하다. 따라서 낮은 광도에서 다양한 종류의 식물들을 식재하고 고사율 및 생육반응을 조사하여 실내수경 녹화시스템에 적합한 식물 종을 선발하고자 하였다.

(2) 재료 및 방법

실험에 사용된 식물 종류는 마삭줄(*Trachelospermum asiaticum*), 산호수(*Ardisia pusilla*), 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 해피트리(*Heteropanax fragrans*) 인도고무나무(*Ficus elastica*), 팔손이나무 (*Fatsia japonica*), 사철(*Euonymus japonicus*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 크로톤(*Codiaeum variegatum*), 디펜바키아(*Dieffenbachia picta*), 아글라오네마(*Aglaonema crispum*), 스킨답서스(*Scindapsus aureus*), 접란(*Chlorophytum comosum*), 페페로미아(*Peperomia*), 호야(*Hoya carnos*), 나한송(*Podocarpus macrophyllus*), 넉줄고사리(*Davallia mariesii*) 등 총 17종 이었다.

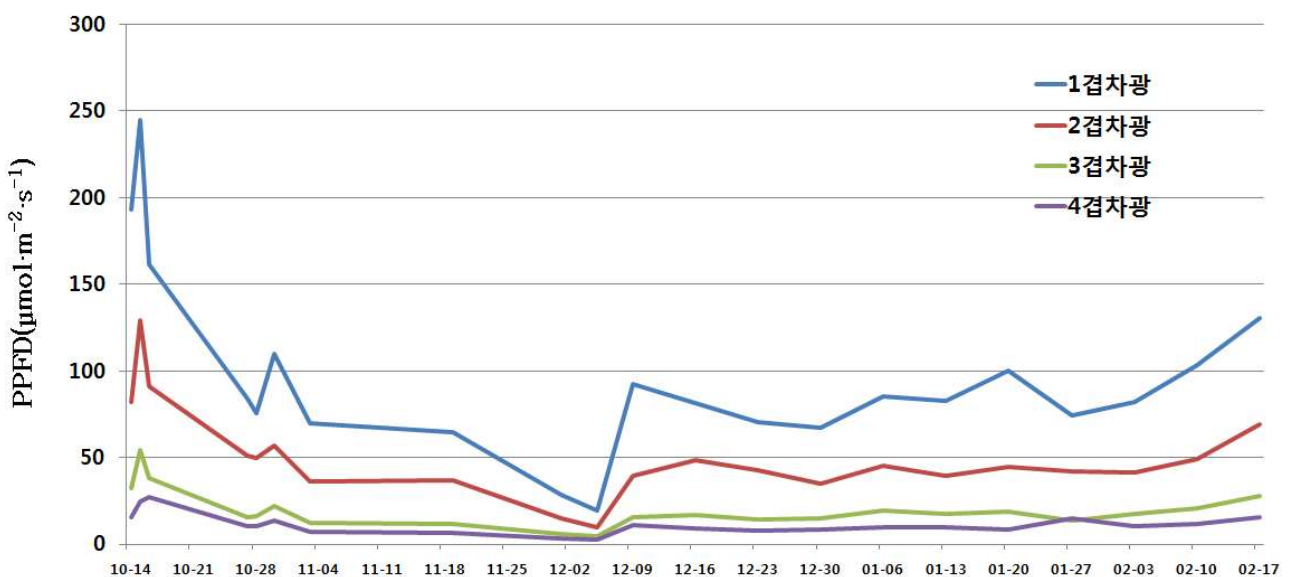


그림 77. 생육기간 동안 차광처리에 따른 광량의 변화

각각의 식물들을 연동온실에 배치하고 차광막을 1겹, 2겹, 3겹 또는 4겹으로 처리하여 저광도

에서 실험을 실시하였다(그림 72).

(3) 결과 및 고찰

차광처리에 따른 식물의 관상가치가 떨어지거나 엽에 피해가 가장 먼저 발생한 식물은 크로톤이었다. 크로톤의 경우 차광막이 가장 많은 4겹 처리구에서 90% 고사하였다. 엽록소 함량도 차광막 1겹 처리구에서 가장 높았고 2겹 또는 3겹 차광막 처리가 많아질수록 엽록소 함량이 떨어졌다(표 1, 그림 78). 해피트리외의 경우 차광막처리가 3겹 또는 4겹 처리구에서 고사율이 13~20% 발생하였고 피해엽수도 가장 많았으며 지상부 생체중도 차광 4겹 처리구에서 가장 낮았다(표 2, 그림 79). 마삭줄과 접란의 경우도 차광막 4겹 처리구에서 피해엽수가 가장 많았고 생체중, 초장, 초폭 및 엽록소 함량 등 전체적인 생육이 불량하였다(표 3, 그림 80, 표 4, 그림 81).

표 1. 차광처리에 따른 크로톤 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		엽록소 함량 (SPAD)
			지상부 (g)	지하부 (g)	
크로톤	1겹	-	18.7 a	5.8 a	63.3 a
	2겹	-	18.9 a	6.8 a	58.8 ab
	3겹	20	11.0 b	5.3 a	57.2 b
	4겹	90	-	-	-

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$

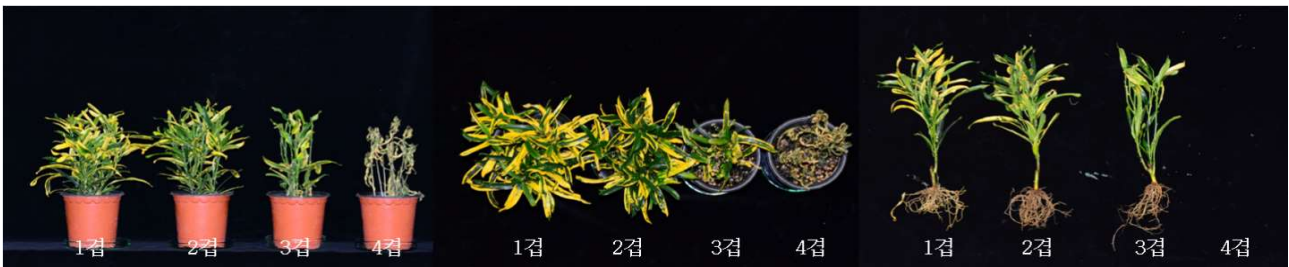


그림 78. 차광처리에 따른 크로톤 생육반응

표 2. 차광처리에 따른 해피트리 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해 엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
해피트리	1겹	-	16.0 a ^z	12.58 a	26.0 a	22.5 a	50.2 c	18.6 b
	2겹	-	17.4 a	14.14 a	27.8 a	21.9 a	60.1 a	12.1 c
	3겹	20	14.7 ab	10.96 a	25.3 a	21.5 a	55.4 b	12.2 c
	4겹	13	11.9 b	10.87 a	23.6 a	19.3 a	54.2 bc	32.5 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$

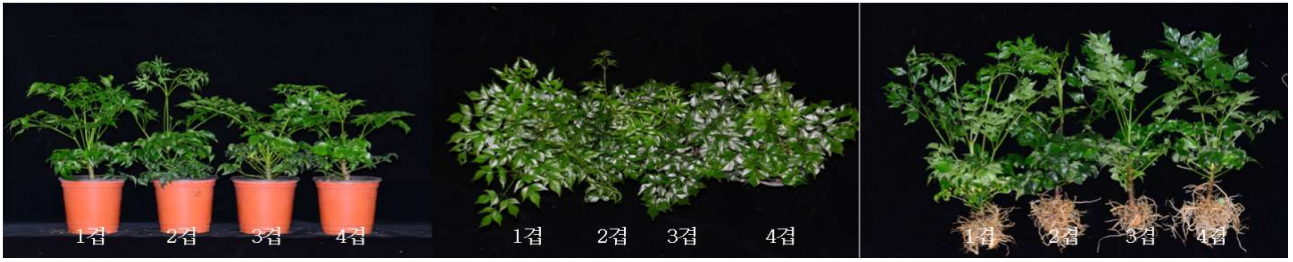


그림 79. 차광처리에 따른 해피트리 생육반응

표 3. 차광처리에 따른 마삭줄 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
마삭줄	1겹	-	11.1 a ^z	11.9 a	14.2 a	13.9 a	80.4 a	10.1 c
	2겹	-	8.3 b	13.4 a	13.7 a	12.8 a	72.0 b	28.7 b
	3겹	-	5.1 c	11.3 a	11.6 ab	10.7 b	71.4 b	28.3 b
	4겹	-	6.6 bc	13.1 a	10.8 b	10.2 b	71.4 b	50.9 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 80. 차광처리에 따른 마삭줄 생육반응

표 4. 차광처리에 따른 접란 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
접란	1겹	-	42.4 a ^z	46.7 a	20.3 a	24.4 a	39.7 a	2.0 b
	2겹	-	34.7 a	34.3 b	20.9 a	22.2 a	40.0 a	3.7 b
	3겹	-	24.6 b	25.6 bc	15.1 b	18.0 b	43.4 a	5.1 b
	4겹	-	20.9 b	21.6 c	13.3 b	15.7 b	39.7 a	9.2 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 81. 차광처리에 따른 접란 생육반응

홍콩야자, 드라세나, 페페로미아 ‘청페페’, 페페로미아 ‘줄리페페’, 인도고무나무, 사철, 및 넉줄고사리 등은 차광처리가 많아질수록 생체중, 초장, 초폭 및 엽록소 함량이 조금씩 떨어지는 경향을 보였고 피해엽수도 발생하는 등 전반적으로 차광막 3겹 또는 4겹 처리구에서 생육이 저조한 경향이였다. 그러나 식물 생육상태나 관상가치가 문제될 수준은 아니었다(표 5, 그림 82, 표 6, 그림 83, 표 7, 그림 84, 표 8, 그림 85, 표 9, 그림 86, 표 10, 그림 87, 표 11, 그림 88).

표 5. 차광처리에 따른 홍콩야자 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
홍콩야자	1겹	-	27.3 a ^z	7.9 b	36.3 a	21.0 a	36.0 c	3.8 b
	2겹	-	23.7 a	9.5 ab	33.3 b	22.6 a	40.9 b	3.9 b
	3겹	-	22.5 a	7.7 b	31.3 bc	20.8 a	48.1 a	4.2 b
	4겹	-	21.1 a	12.3 a	30.2 c	20.9 a	46.1 a	6.9 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05



그림 82. 차광처리에 따른 홍콩야자 생육반응

표 6. 차광처리에 따른 드라세나 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
드라세나	1겹	-	24.3 a ^z	3.6 a	22.3 ab	23.2 a	45.6 b	8.8 c
	2겹	-	22.1 a	3.5 ab	22.8 a	22.2 a	53.6 a	12.2 bc
	3겹	-	21.9 a	3.1 ab	21.7 ab	22.9 a	55.5 a	16.4 ab
	4겹	-	22.7 a	2.7 b	21.0 b	22.4 a	54.6 a	18.9 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 83. 차광처리에 따른 드라세나 생육반응

표 7. 차광처리에 따른 페페로미아 ‘청페페’ 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
페페로미아 ‘청페페’	1겹	-	104.9 a ^z	22.2 a	12.6 a	21.8 a	62.1 a	0.3 b
	2겹	-	81.5 b	15.9 b	12.2 a	20.1 a	55.1 b	3.0 a
	3겹	-	67.9 c	12.8 c	12.7 a	18.9 b	52.1 b	1.3 ab
	4겹	-	58.3 c	12.4 c	13.3 a	19.2 b	47.0 c	1.8 ab

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 84. 차광처리에 따른 페페로미아 ‘청페페’ 생육반응

표 8. 차광처리에 따른 페페로미아 ‘줄리페페’ 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
페페로미아 ‘줄리페페’	1겹	-	53.9 a ^z	19.8 a	14.8 a	15.1 a	50.1 a	3.4 b
	2겹	-	39.6 b	11.7 b	15.3 a	13.6 a	55.2 a	2.2 a
	3겹	-	50.9 a	10.4 b	15.6 a	13.7 a	52.6 a	4.4 a
	4겹	-	40.9 b	11.7 b	15.1 a	15.0 a	55.0 a	5.2 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 85. 차광처리에 따른 페페로미아 ‘줄리페페’ 생육반응

표 9. 차광처리에 따른 인도고무나무 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
인도 고무 나무	1겹	-	25.3 a ^z	7.1 a	20.1 ab	19.7 ab	83.7 a	15.5 b
	2겹	-	23.1 a	6.7 a	18.1 b	19.4 b	77.5 b	14.4 b
	3겹	-	22.2 a	5.3 b	19.0 b	19.7 ab	79.0 b	18.5 ab
	4겹	-	22.6 a	5.4 b	21.3 a	20.9 a	76.3 b	22.1 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 86. 차광처리에 따른 인도고무나무 생육반응

표 10. 차광처리에 따른 사철 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
사철	1겹	-	27.3 ab ^z	15.1 ab	17.8 a	15.1 a	57.3 a	8.9 a
	2겹	-	29.9 a	16.6 a	17.8 a	14.9 a	58.0 a	5.9 b
	3겹	-	23.8 b	12.9 bc	14.4 b	14.2 a	58.2 a	4.8 b
	4겹	-	18.9 c	11.2 c	14.9 b	14.0 a	52.5 a	4.2 b

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 87. 차광처리에 따른 사철 생육반응

표 11. 차광처리에 따른 넉줄고사리 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
넉줄고사리	1겹	-	15.6	-	15.1 a	26.3 a	20.4 a	2.6 b
	2겹	-	16.0	-	13.3 a	25.5 ab	15.8 a	6.7 ab
	3겹	-	12.9	-	13.8 a	23.9 ab	17.1 a	9.4 a
	4겹	-	12.8	-	14.2 a	22.9 b	19.3 a	7.3 ab

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 88. 차광처리에 따른 넉줄고사리 생육반응

디펜바키아의 경우는 다른 식물 종들과 달리 오히려 차광막 1겹 처리구에서 생육이 가장 나쁜 경향을 보였다. 또한 생체중, 초장 및 엽록소 함량이 1겹 처리구에서 가장 낮은 수치를 보였고 피해엽수도 가장 많았다(표 12, 그림 89). 디펜바키아의 경우 차광이 꼭 필요한 식물로 생각이 되며 디펜바키아의 내음성은 차광막 4겹 이상의 처리에서 재실험이 필요하다고 판단이 된다.

표 12. 차광처리에 따른 디펜바키아 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
디펜바키아	1겹	55	27.6 b ^z	4.4 c	12.0 b	23.1 a	37.5 c	18.7 a
	2겹	20	38.0 a	10.6 a	27.4 a	22.1 a	46.6 b	5.8 b
	3겹	5	39.3 a	7.8 b	27.1 a	22.4 a	50.1 a	2.5 b
	4겹	10	33.9 ab	9.6 ab	24.0 a	22.9 a	48.4 a	2.4 b

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 89. 차광처리에 따른 디펜바키아 생육반응

호야, 팔손이나무, 아글라오네마, 나한송, 스킨답서스 및 산호수 등은 생체중, 초장, 초폭 및 엽록소 함량 등 차광막 처리구에 따른 전체적인 생육의 변화가 거의 없이 비슷한 양상을 보였고 피해엽 발생수도 거의 없었다(표 13, 그림 90, 표 14, 그림 91, 표 15, 그림 92, 표 16, 그림 93, 표 17, 그림 94, 표 18, 그림 95). 아글라오네마의 경우 차광막 4겹 처리구에서 엽록소 함량이 가장 높게 나타나는 경향을 보였다. 빨간색과 녹색이 혼합된 아글라오네마는 차광이 많이 될수록 엽색이 더 진해지는 것이 관찰되었다.

표 13. 차광처리에 따른 호야 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
호야	1겹	-	120.3 a ^z	19.2 a	18.0 a	22.3 a	71.2 a	0.8 a
	2겹	-	86.5 b	14.6 b	17.2 a	21.4 a	70.2 ab	0.5 a
	3겹	-	59.6 c	9.4 c	16.8 a	22.1 a	66.8 b	2.0 a
	4겹	-	64.5 c	12.3 bc	16.3 a	22.0 a	60.2 c	0.4 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 90. 차광처리에 따른 호야 생육반응

표 14. 차광처리에 따른 팔손이나무 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
팔손이	1겹	-	25.3 a ^z	16.9 a	14.8 a	24.2 a	48.5 a	1.7 a
	2겹	-	22.2 a	12.4 b	15.3 a	21.6 a	43.7 a	2.2 a
나무	3겹	-	22.1 a	7.27 c	15.6 a	19.9 b	44.7 a	1.0 a
	4겹	-	21.9 a	7.16 c	15.1 a	20.6 b	42.6 a	0.6 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 91. 차광처리에 따른 팔손이나무 생육반응

표 15. 차광처리에 따른 아글라오네마 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
아글라오네마	1겹	-	13.87 a ^z	7.3 ab	22.5 a	24.3 a	26.4 b	2.8 a
	2겹	-	12.91 a	8.3 a	22.1 a	21.9 a	27.5 b	3.2 a
	3겹	-	12.54 a	4.8 c	21.9 a	22.0 a	30.9 ab	5.6 a
	4겹	-	12.39 a	5.4 bc	22.0 a	23.6 a	34.5 a	3.3 a

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$



그림 92. 차광처리에 따른 아글라오네마 생육반응

표 16. 차광처리에 따른 나한송 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
나한송	1겹	-	10.9 a ^z	3.3 a	14.4 a	15.5 a	57.7 a	-
	2겹	-	9.8 ab	3.1 a	14.7 a	15.0 a	58.8 a	-
	3겹	-	9.6 ab	2.8 ab	14.4 a	16.2 a	59.9 a	-
	4겹	-	7.7 b	2.3 b	14.0 a	14.5 b	64.9 a	-

^z Duncan의 다중검증 $P=0.05$

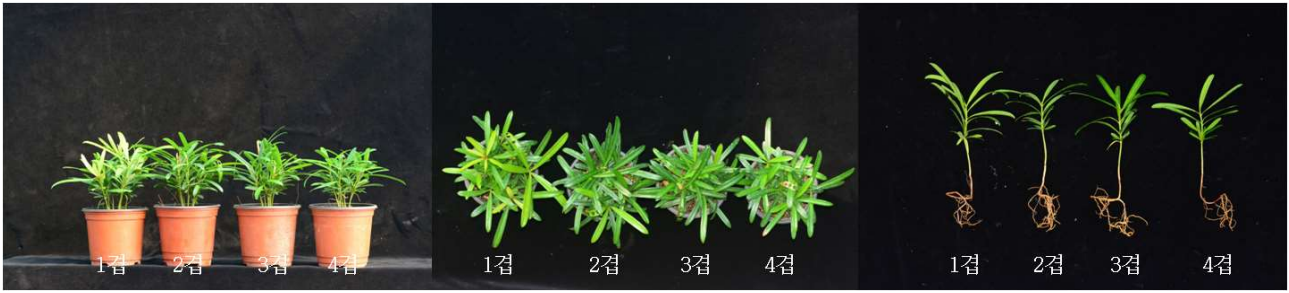


그림 93. 차광처리에 따른 나한송 생육반응

표 17. 차광처리에 따른 스킨답서스 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
스킨답서스	1겹	-	20.5 b ^z	17.4 a	15.7 a	18.3 a	33.4 a	1.8 a
	2겹	-	27.1 a	17.7 a	16.2 a	20.6 a	35.6 a	0.2 a
	3겹	-	20.9 b	12.9 c	15.6 a	18.7 a	34.2 a	0.4 a
	4겹	-	20.6 b	15.3 b	16.7 a	18.2 a	38.1 a	0.0 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05



그림 94. 차광처리에 따른 스킨답서스 생육반응

표 18. 차광처리에 따른 산호수 생육반응

식물명	차광	고사율 (%)	생체중		초장 (cm)	초폭 (cm)	엽록소 함량 (SPAD)	피해엽수 (%)
			지상부 (g)	지하부 (g)				
산호수	1겹	-	15.1 ab ^z	9.6 a	12.7 a	15.5 a	30.8 b	11.0 a
	2겹	-	17.9 a	10.7 a	13.2 a	16.3 a	34.3 ab	10.5 a
	3겹	-	15.9 ab	11.4 a	13.3 a	15.4 a	37.7 a	11.2 a
	4겹	-	14.2 b	10.5 a	11.9 a	15.1 a	35.9 a	13.1 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05



그림 95. 차광처리에 따른 산호수 생육반응

(4) 결과 요약

실험 결과 가장 내음성이 강한 식물($19\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이하)은 호야, 팔손이나무, 아글라오네마, 나한송, 스킨답서스 및 산호수 였고 내음성 중간인 식물($20\sim 50\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)은 홍콩야자, 드라세나, 페페로미아, 인도고무나무, 사철, 및 넉줄고사리였다. 내음성이 가장 약한 식물($50\sim 96\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)은 크로톤, 해피트리, 마삭줄, 및 접란 등이었다. 따라서 광도가 매우 낮은 실내에서 수경재배 시스템을 이용할 경우 호야, 팔손이나무, 아글라오네마, 나한송, 스킨답서스 및 산호수 등 6종의 식물이 적합한 것으로 판단되어 내음성이 강한 식물로 선발 하였다.

나. 내서성 (여름용) 실내식물 선발

(1) 연구목적

일반 가정에서 보편적으로 식물을 많이 기르는 장소는 베란다이다. 베란단의 경우 광량이 가장 많은 곳으로서 햇빛이 있는 여름철 온도변화가 심하다. 또한 사무실의 경우 여름철 냉방이 되지 않는 밀폐된 공간의 경우 실내 온도가 상당히 높게 올라간다. 따라서 수경 벽면녹화 시스템에 배치된 관엽식물들의 내서성 선발이 중요하다.

(2) 재료 및 방법

실험에 사용된 식물은 산호수(*Ardisia pusilla*), 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 인도고무나무(*Ficus elastica*), 팔손이나무 (*Fatsia japonica*), 사철(*Euonymus japonicus*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 크로톤(*Codiaeum variegatum*), 디펜바키아(*Dieffenbachia picta*), 아글라오네마(*Aglaonema crispum*), 스킨답서스(*Scindapsus aureus*), 접란(*Chlorophytum comosum*), 페페로미아(*Peperomia*) 및 호야(*Hoya carnosa*) 등 13종 이었다. 고온 처리구는 40°C 또는 45°C 두가지 조건으로 설정하였고 온도처리 전, 온도처리 후 그리고 7일 후 각각 생육조사를 실시하였다. 고온 처리는 향온 챔버에서 4시간 처리하였다.

(3) 결과 및 고찰

40°C 또는 45°C 고온처리에 따른 식물의 피해율 조사결과 평가는 45°C 처리구 결과를 반영 하면서 40°C 처리구 결과를 중심으로 내서성 정도를 선발하였다. 실험에 사용된 식물들이 40°C 처리구에서 대체적으로 생육에 큰 변화가 없었다. 그러나 45°C 처리구에서 피해 발생율이 식물 종에 따라 차이가 많았다(그림 96). 40°C 또는 45°C 처리구에서 인도고무나무는 피해율이 가장

낮으므로 내서성이 강한 식물이었다. 그다음 접란, 산호수, 드라세나, 사철 및 호야 순서로 피해를 증가하였다(그림 96). 40℃ 및 45℃ 고온처리에 따른 ELP(이온 유출율, %)의 경우 고온처리 후 대부분 값이 증가하였다(표 19, 표 20, 표 21, 표 22). 45℃ 처리 후 인도고무나무, 접란, 산호수, 드라세나, 사철 및 호야 등 내서성이 강한 식물종은 직접적인 피해가 관찰되지 않았으나 7일후 6.3~46.9%로 피해가 발생하였다. 크로톤, 아그라오네마, 디펜바키아, 페페로미아, 홍콩야자, 스킨답서스 및 팔손이나무 등 내서성이 약한 식물종의 경우 45℃ 처리 직후 바로 낙엽이 지거나, 갈변, 또는 고사하는 등 피해가 발생하는 모습이 즉각 관찰되었다(그림 97, 그림 98).

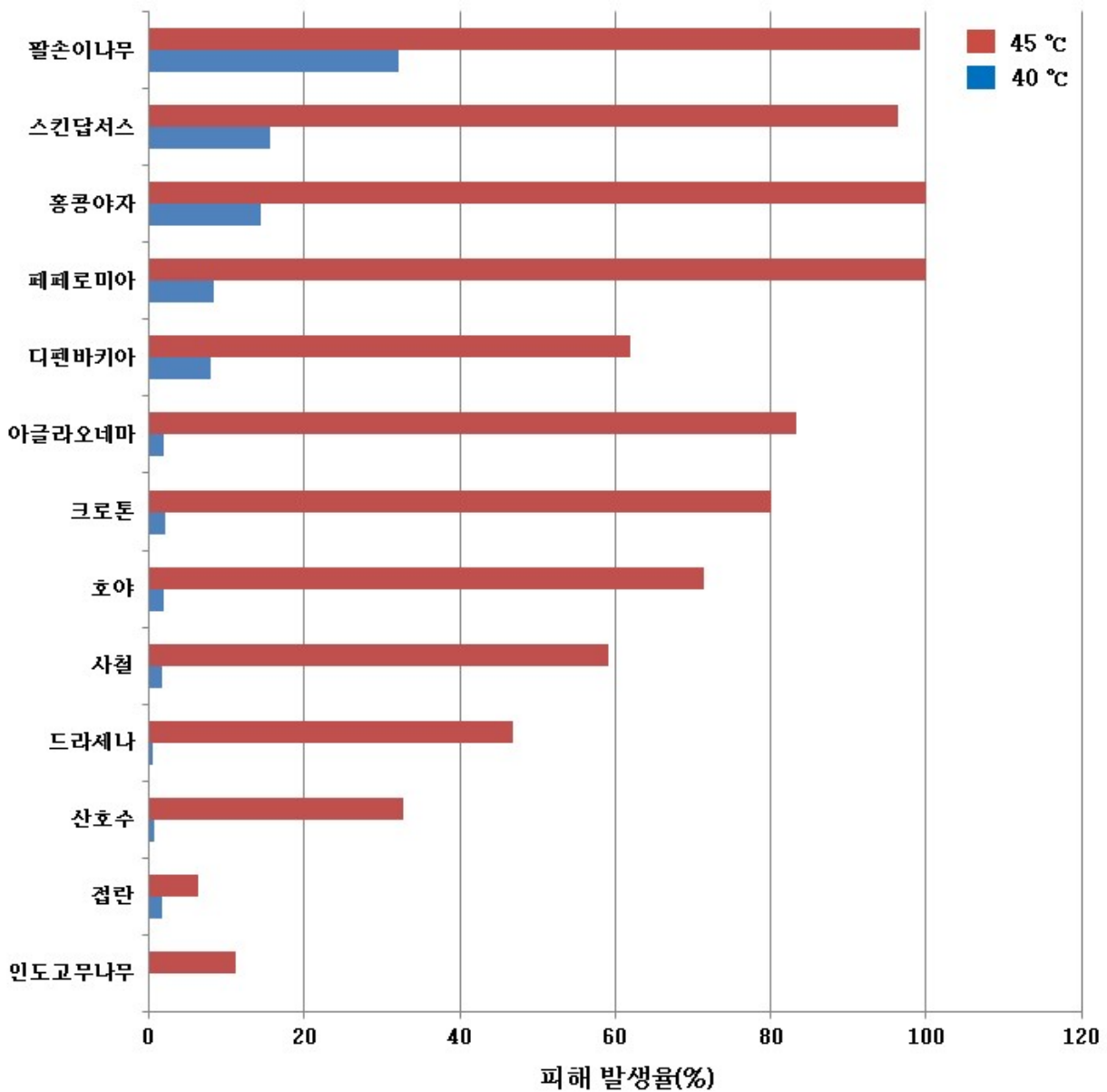


그림 96. 내서성 선별을 위한 고온처리 시 관엽 식물 13종의 피해 발생율

표 19. 내서성이 약한 식물 7종의 생육반응(40℃ 처리구)

식물 종류	조사 시기	ELP (%)	생체중 (g)	색 변화	L*	a*	b*
팔손이나무	처리 전	8.8 b ^Z	297.7 a		37.5 b	-14.7 a	18.9 b
	처리 후	13.6 b	306.7 a		38.9 b	-11.4 a	18.7 b
	7일 후	36.7 a	311.1 a		44.0 a	-12.4 a	25.1 a
스킨답서스	처리 전	9.1 b	335.9 a		42.9 a	-14.2 b	18.8 b
	처리 후	15.6 a	332.8 a		44.4 a	-12.6 a	17.6 b
	7일 후	15.3 a	321.8 a		45.1 a	-14.2 b	21.7 a
홍콩야자	처리 전	9.7 b	342.9 a		43.7 b	-19.1 b	30.4 b
	처리 후	15.6 a	339.2 a		46.2 b	-17.8 ab	30.9 b
	7일 후	18.6 a	331.4 a		55.0 a	-16.3 a	39.8 a
페페로미아	처리 전	11.3 b	375.0 a		34.1 b	-13.7 b	14.9 ab
	처리 후	18.3 a	367.2 a		33.5 b	-12.1 a	13.7 b
	7일 후	15.5 a	357.2 a		35.9 a	-13.8 b	16.9 a
디펜바키아	처리 전	9.7 b	342.9 a		43.7 b	-19.1 b	30.4 b
	처리 후	15.6 a	339.2 a		46.2 b	-17.8 ab	30.9 b
	7일 후	18.6 a	331.4 a		55.0 a	-16.3 a	39.8 a
아글라오네마	처리 전	11.3 b	329.1 a		73.1 a	-2.1 b	19.6 a
	처리 후	15.3 a	331.3 a		76.6 a	-0.5 a	19.2 a
	7일 후	15.2 a	322.5 a		75.6 a	-1.0 ab	21.8 a
크로톤	처리 전	-	302.4 a	-	-	-	-
	처리 후	-	309.2 a	-	-	-	-
	7일 후	-	302.0 a	-	-	-	-

^Z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 20. 내서성이 강한 식물 6종의 생육반응(40℃ 처리)

식물 종류	조사 시기	ELP (%)	생체중 (g)	색 변화	L*	a*	b*
호야	처리 전	14.6 b	433.3 a		41.2 a	-17.4 b	25.2 a
	처리 후	23.9 a	419.5 a		43.3 a	-15.9 a	25.5 a
	7일 후	17.8 ab	418.6 a		43.6 a	-15.6 a	26.5 a
사철	처리 전	7.6 c	337.6 a		60.8 a	-20.5 a	50.9 a
	처리 후	10.1 b	333.7 a		60.3 a	-18.0 a	50.7 a
	7일 후	13.2 a	334.7 a		57.1 a	-19.1 a	45.9 b
드라세나	처리 전	12.8 b ^z	244.4 a		47.6 a	-13.3 a	18.3 a
	처리 후	16.4 a	254.2 a		47.2 a	-11.3 a	18.2 a
	7일 후	14.3 ab	236.9 a		47.9 a	-12.0 a	19.3 a
산호수	처리 전	9.3 b	342.9 a		38.8 b	-14.5 a	20.6 b
	처리 후	8.5 b	340.6 a		44.2 a	-15.8 b	27.8 a
	7일 후	13.1 a	334.7 a		43.4 a	-15.9 b	26.2 a
접란	처리 전	9.7 b	451.9 a		43.3 a	-17.0 a	25.7 a
	처리 후	16.3 a	448.8 a		43.0 a	-16.3 a	24.8 a
	7일 후	17.3 a	460.5 a		43.0 a	-16.8 a	24.8 a
인도고무나무	처리 전	9.3 b	281.8 a		28.3 a	-4.8 a	5.0 a
	처리 후	15.7 a	289.9 a		28.3 a	-5.7 a	5.4 a
	7일 후	10.6 b	291.6 a		28.4 a	-5.3 a	5.4 a

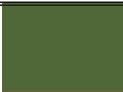

















^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 21. 내서성이 약한 식물 7종의 생육반응(45°C 처리구)

식물 종류	조사 시기	ELP (%)	생체중 (g)	색 변화	L*	a*	b*
팔손이나무	처리 전	4.8 b ^z	291.9 a		40.0 b	-16.2 c	21.9 b
	처리 후	50.2 a	302.2 a		38.3 b	-4.0 b	16.2 c
	7일 후	-	297.3 a		58.3 a	7.6 a	27.6 a
스킨답서스	처리 전	7.6 b	333.5 a		44.3 a	-14.8 c	20.8 a
	처리 후	25.9 a	330.7 ab		37.6 b	-4.8 b	11.6 b
	7일 후	-	320.3 b		38.9 b	3.8 a	13.0 b
홍콩야자	처리 전	3.9 b	385.0 a		39.5 b	-16.4 c	22.0 a
	처리 후	41.5 a	366.8 ab		36.4 c	-8.3 b	17.7 b
	7일 후	-	357.5 b		47.8 a	5.7 a	24.5 a
페페로미아	처리 전	6.6 b	368.0 a		32.7 b	-14.1 c	16.0 b
	처리 후	37.3 a	348.9 ab		32.4 b	-4.6 b	10.4 c
	7일 후	37.0 a	326.7 b		55.0 a	9.2 a	29.2 a
디펜바키아	처리 전	5.8 c	369.3 a		40.7 b	-19.8 c	28.1 a
	처리 후	15.8 b	356.5 a		42.6 b	-16.5 b	25.6 a
	7일 후	26.0 a	329.1 b		59.2 a	3.7 a	25.8 a
아글라오네마	처리 전	8.8 b	357.2 a		76.1 a	-0.9 c	18.6 b
	처리 후	38.1 a	355.1 ab		73.7 a	1.3 b	20.4 b
	7일 후	56.1 a	345.8 b		64.7 b	9.1 a	24.8 a
크로톤	처리전	-	323.2 a	-	-	-	-
	처리후	-	321.5 a	-	-	-	-
	7일후	-	294.9 b	-	-	-	-

^z Duncan의 다중 검증 P=0.05

표 22. 내서성이 강한 식물 6종의 생육반응(45°C 처리)

식물 종류	조사 시기	ELP (%)	생체중 (g)	색 변화	L*	a*	b*
호야	처리 전	13.5 b ^z	446.5 a		40.5 b	-16.0 c	23.6 b
	처리 후	38.2 a	425.9 a		41.1 b	-3.4 b	22.5 b
	7일 후	38.7 a	398.7 a		69.1 a	6.3 a	30.2 a
사철	처리 전	3.9 c	346.7 a		59.3 b	-19.4 b	48.7 a
	처리 후	20.2 b	343.8 a		58.9 b	-18.6 b	48.0 a
	7일 후	39.3 a	330.0 b		74.2 a	-0.7 a	30.5 b
드라세나	처리 전	9.5 b	246.1 a		47.8 b	-13.2 c	20.4 b
	처리 후	33.8 a	246.4 a		46.9 b	-10.2 b	16.9 c
	7일 후	30.9 a	242.4 a		72.3 a	4.7 a	25.8 a
산호수	처리 전	6.2 b	360.7 a		44.4 b	-16.7 b	28.0 ab
	처리 후	17.0 a	350.1 b		46.6 ab	-12.5 b	30.3 b
	7일 후	25.3 a	336.7 c		49.6 a	4.1 a	23.5 a
접란	처리 전	6.8 b	424.2 b		43.1 a	-17.4 a	25.9 a
	처리 후	11.7 b	437.9 a		44.0 a	-16.6 a	26.3 a
	7일 후	38.9 a	413.1 b		44.3 a	-15.5 a	25.5 a
인도고무나무	처리 전	7.6 b	296.6 a		28.7 a	-4.4 b	4.9 b
	처리 후	20.5 a	297.4 a		29.0 a	-5.1 b	6.8 ab
	7일 후	16.3 a	281.2 b		32.2 a	-1.0 a	9.5 a

^z Duncan의 다중 검증 P=0.05

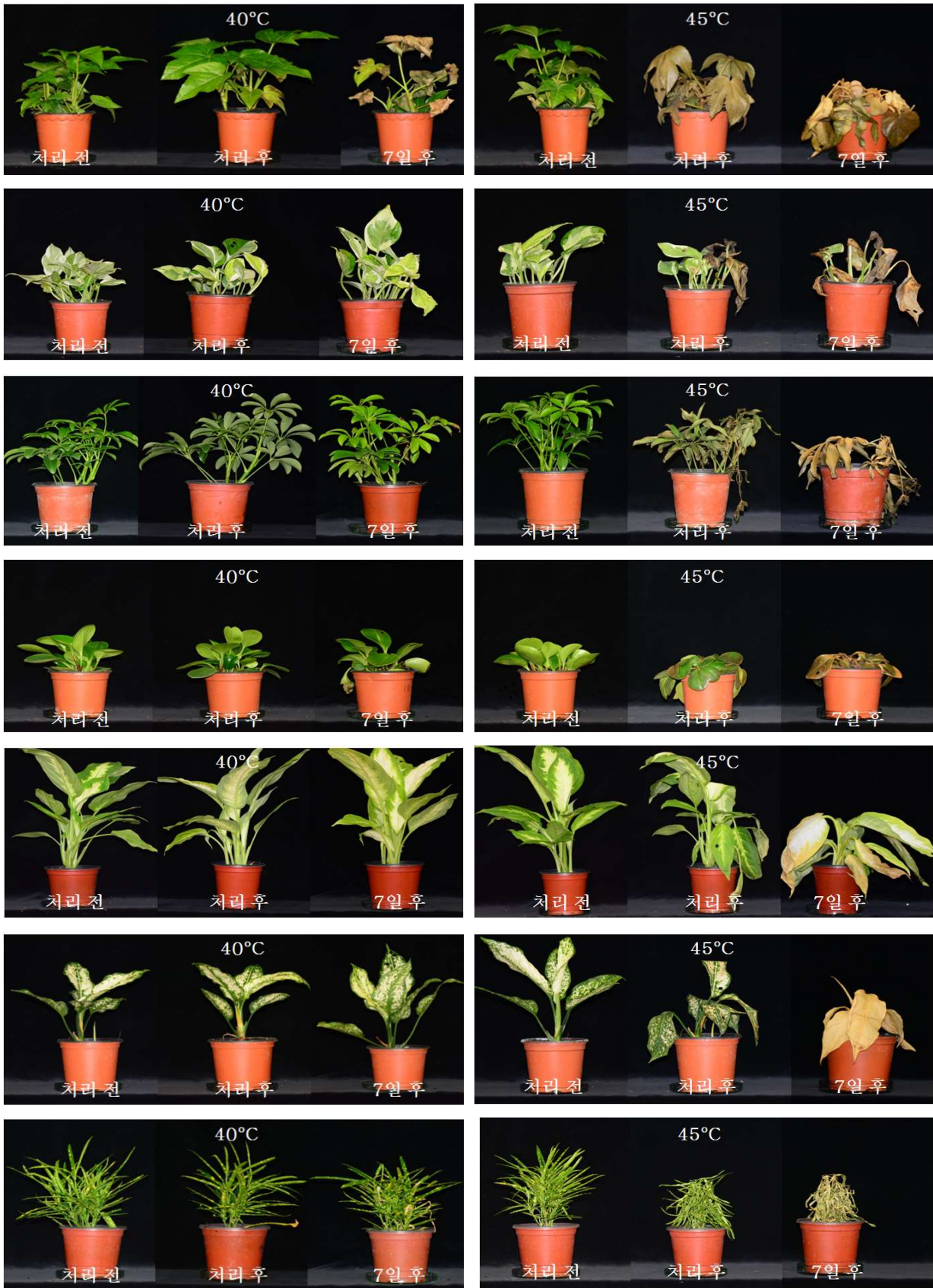


그림 97. 고온처리에 따른 내서성이 약한 식물 7종의 생육반응

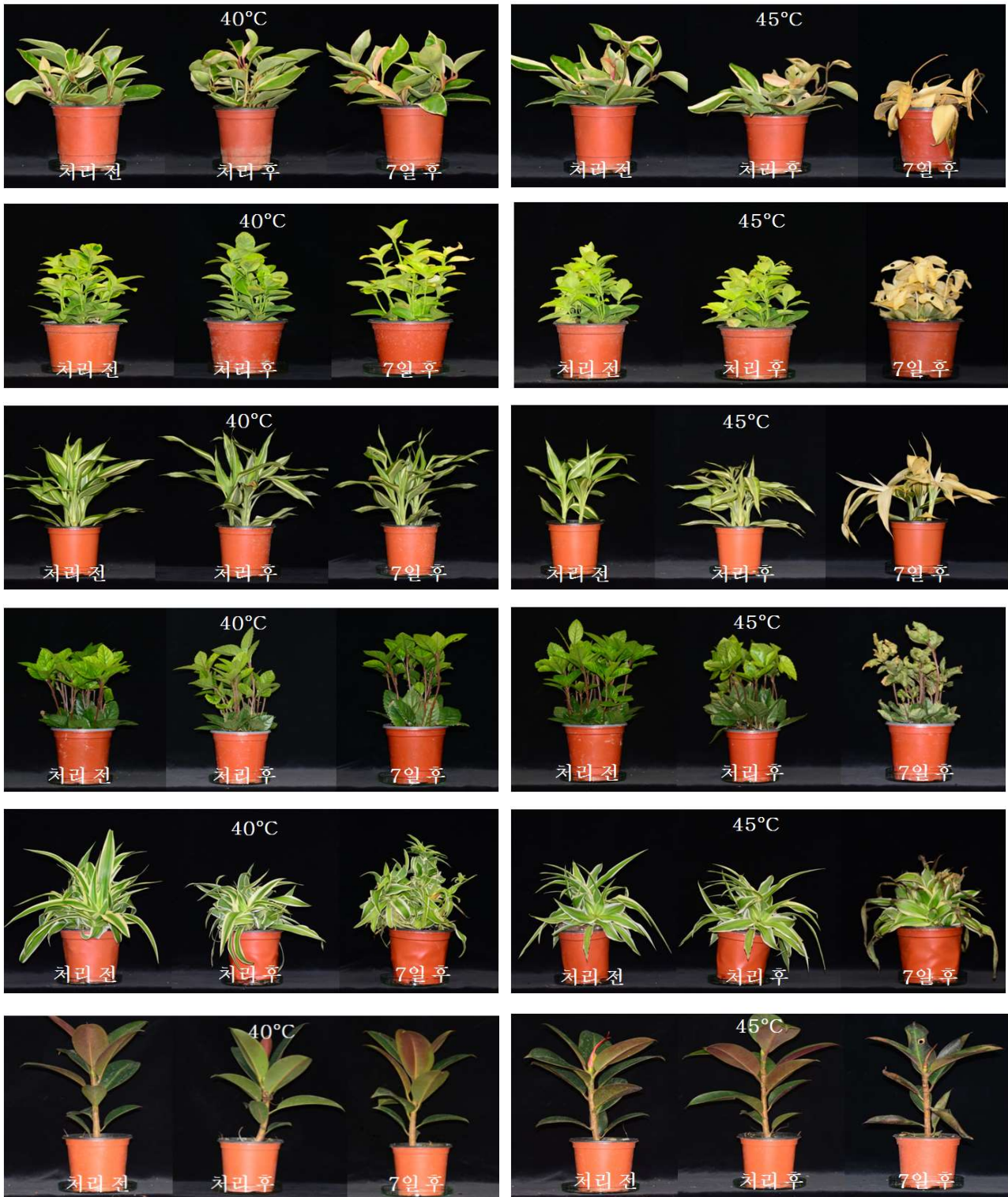


그림 98. 고온처리에 따른 내서성이 강한 식물 6종의 생육반응

(4) 결과 요약

일반적으로 많이 이용되고 있는 실내 관엽식물들의 경우 40°C 정도의 온도에서는 대부분 생육에 큰 문제가 없지만 45°C 정도의 온도에서는 피해가 많이 발생하는 것으로 관찰이 되었고, 45°C 고온에서 잘 견디는 내서성 식물 종은 인도고무나무, 접란, 산호수, 드라세나, 사철 및 호야 6종을 선발하였다.

다. 내한성 (겨울용) 실내식물 선발

(1) 연구목적

일반 가정에서 보편적으로 식물을 많이 기르는 장소는 베란다이다. 베란단의 경우 난방이 되지 않는 겨울철 온도가 매우 낮다. 또한 사무실의 경우도 겨울철 야간에는 난방기를 가동 시키지 않는 경우가 대부분이므로 겨울철 내한성 식물을 이용하는 것이 좋다. 특히 온대나 아열대가 원산인 관엽식물들은 저온 피해가 발생하기 쉽다. 따라서 본 연구는 겨울철 저온에 강한 관엽식물을 선발할 목적으로 17종의 관엽식물을 대상으로 내한성 정도와 저온 조우 시 발생하는 생리적 반응을 조사하였다.

(2) 재료 및 방법

실험에 사용된 식물은 마삭줄(*Trachelospermum asiaticum*), 산호수(*Ardisia pusilla*), 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 해피트리(*Heteropanax fragrans*) 인도고무나무(*Ficus elastica*), 팔손이나무(*Fatsia japonica*), 사철(*Euonymus japonicus*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 크로톤(*Codiaeum variegatum*), 디펜바키아(*Dieffenbachia picta*), 아글라오네마(*Aglaonema crispum*), 스킨답서스(*Scindapsus aureus*), 접란(*Chlorophytum comosum*), 페페로미아(*Peperomia*), 호야(*Hoya carnosa*), 나한송(*Podocarpus macrophyllus*), 넉줄고사리(*Davallia mariesii*) 등 총 17종의 식물을 이용 하였다.

처리구는 한겨울 무가온 온실하우스에서 자연 저온처리를 실시하였다. 실험기간 동안 무가온 온실의 최저 온도변화는 그림 1과 같았다. 최저온도는 2015년 1월 3일에는 -2℃까지 관찰되었다. 대조구는 최저 22℃로 온도가 유지된 가온 온실에서 17종의 식물을 실험기간 동안 생육하였다. 실험은 2014년 10월 13일부터 2015년 1월 23일까지 진행되었다. 조사항목은 관상가치가 상실된 시점의 저온 피해율(%), 이온 유출율(ELP, %) 엽록소 함량(SPAD) 및 엽록소형광반응(Fv/Fm) 등을 측정하였다.

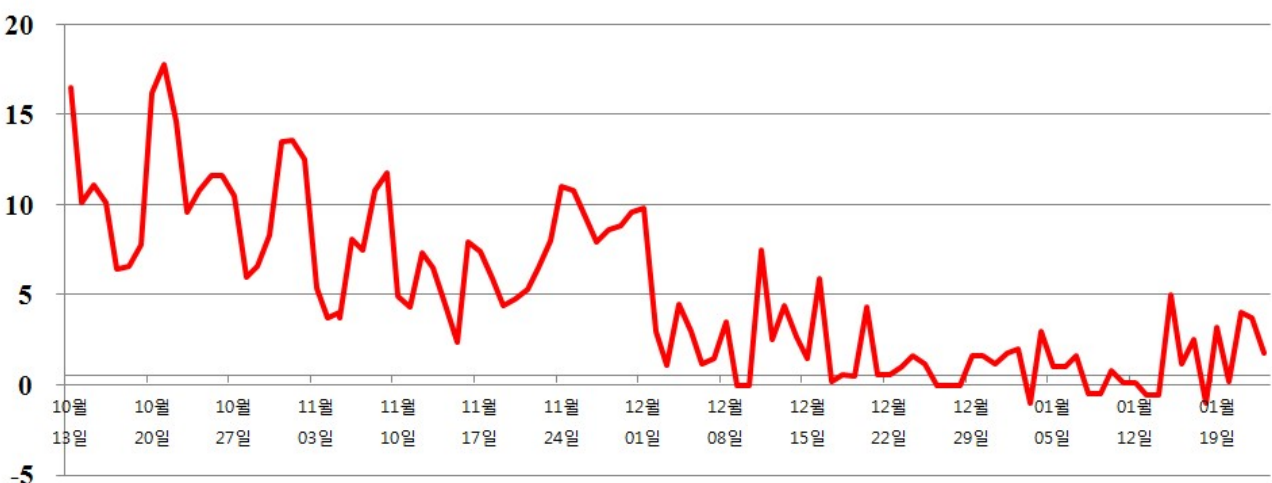


그림 99. 무가온 온실하우스의 생육기간 중 최저 온도 변화

(3) 결과 및 고찰

피해율 조사의 경우 관상가치가 떨어졌다고 판단된 시점으로써 엽에 반점이 발생하거나 엽이 변색되고, 낙엽 및 고사가 발생한 시점에 조사하였다. 실험 4주가 경과되면서 가장 먼저 디펜바키아와 아글라오네마 엽에서 저온 피해가 발생이 시작되었다. 디펜바키아와 아글라오네마는 실험 8주 경과시 피해가 100% 발생하였다. 크로톤, 드라세나, 및 스킨답서스는 실험 6주 경과시 피해가 발생하여 10주차에 100% 발생하였다. 접란과 페페로미아가 실험 8주부터 피해가 발생하여 12주 경과시 100% 발생하였다(그림 100 그림101). 그 외 해피트리, 홍콩야자, 인도고무나무, 호야, 팔손이나무, 사철, 산호수, 나한송, 마삭줄 및 넉줄고사리 10종의 경우 정상적인 생육에 별다른 변화가 없었고 피해율 0%로 조사되었다(그림 100, 그림102).

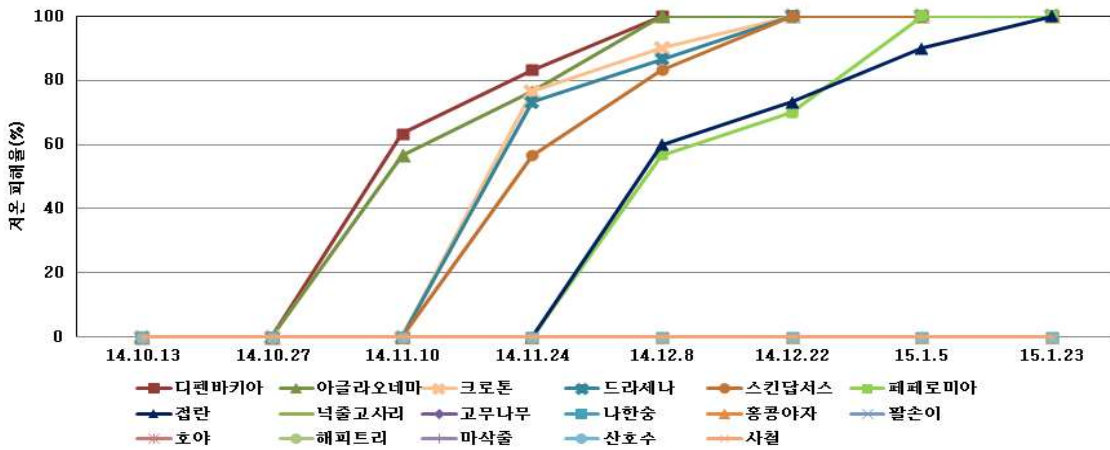


그림 100. 겨울철 무가온 하우스에서의 관엽식물 저온피해 발생 정도



그림 101. 저온처리에 따른 내한성이 약한 관엽 식물 7종의 생육반응



그림 102. 저온처리에 따른 내한성이 강한 관엽 식물 10종의 생육반응

실험 식물 중에서 저온에 약한 종들은 무가온 하우스에서 저온에 노출된 경우 대조구(가온 하우스)에 비해서 전해질 유출율(ELP, %)이 높았다(그림 103). 엽록소 함량도 대조구에 비해 낮아지고(그림 104) 광합성형광반응도 급격하게 떨어졌다(그림 105).

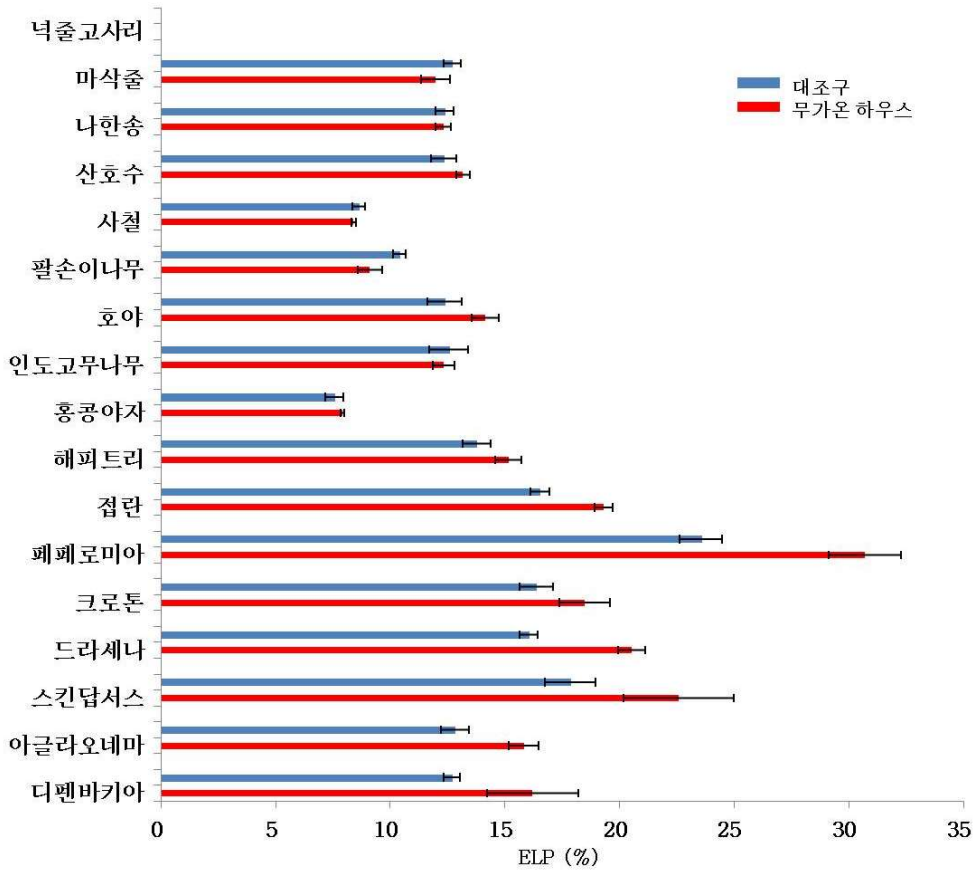


그림 103. 겨울철 가온 또는 무가온 하우스에서 재배중인 관엽식물들의 전해질 유출 변화

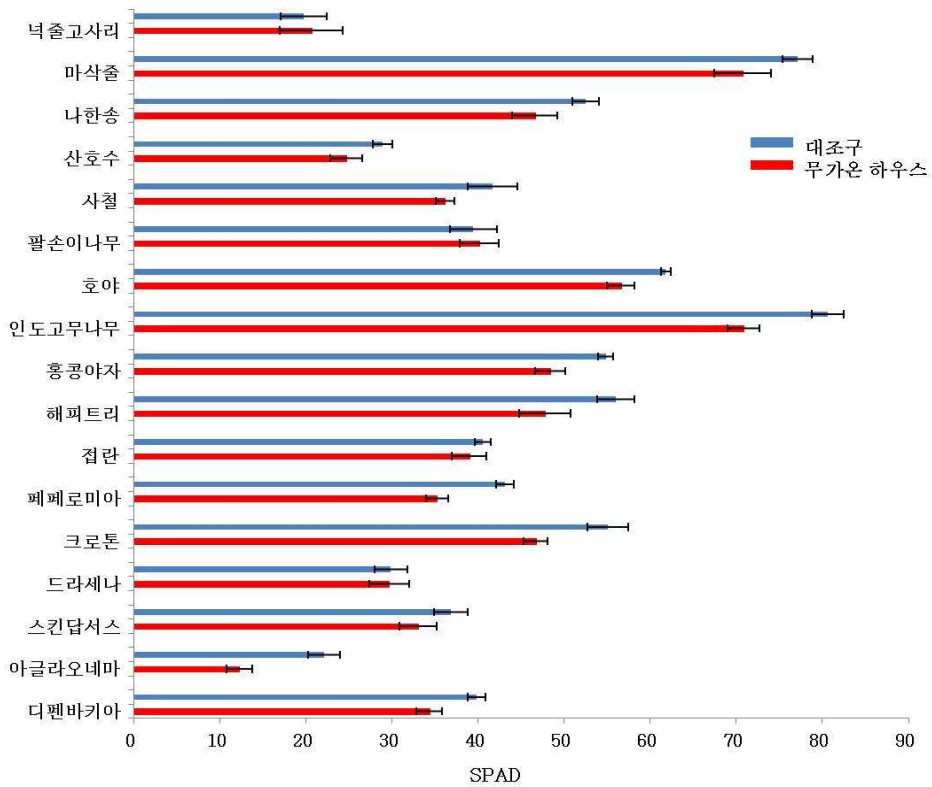


그림 104. 겨울철 가온 또는 무가온 하우스에서 재배중인 관엽식물들의 엽록소 함량 변화

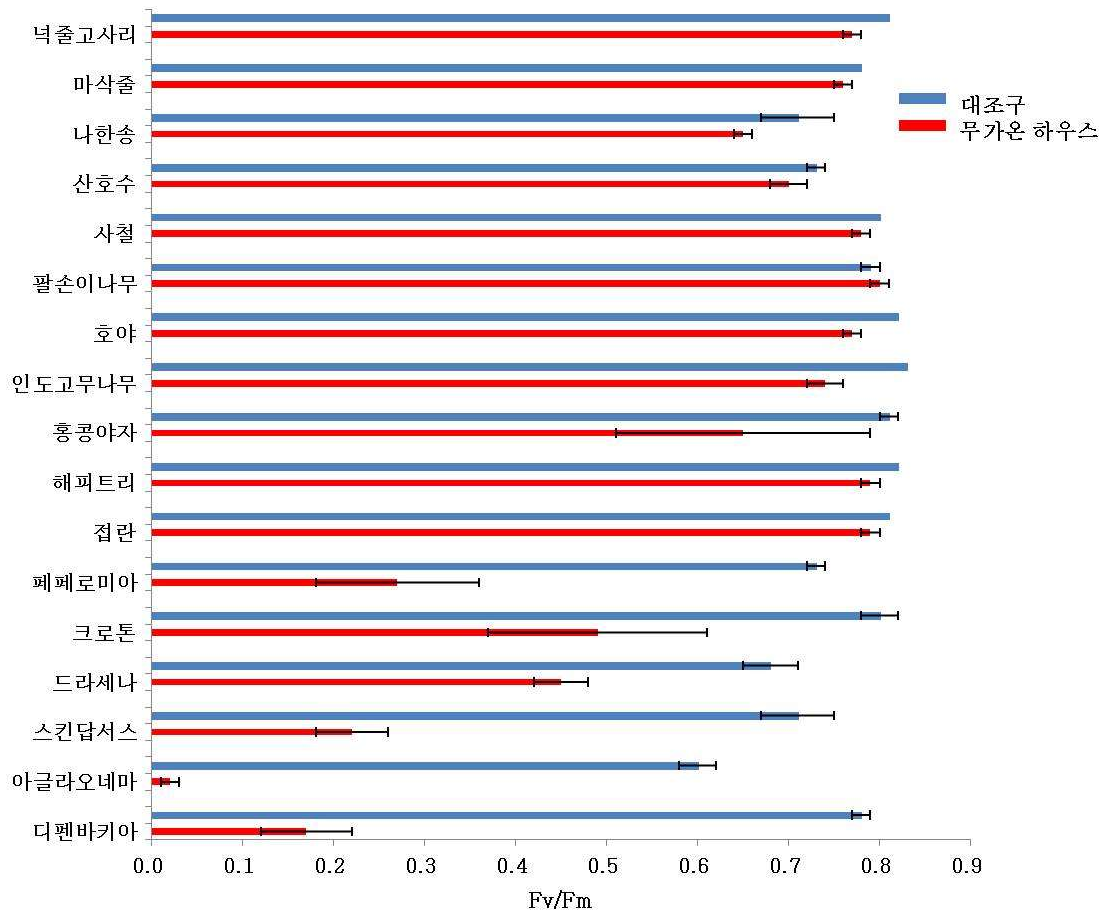


그림 105. 겨울철 가온 또는 무가온 하우스에서 재배중인 관엽 식물들의 엽록소형광반응 변화

(4) 결과 요약

저온 피해발생이 나타나지 않았던 해피트리, 홍콩야자, 인도고무나무, 호야, 팔손이나무, 사철, 산호수, 나한송, 마삭줄, 넙죽고사리 10종은 최저온도 -2°C 에서도 저온에 의한 상해가 없는 것으로 관찰되어 내한성 작물로 선발하였다.

특히 주목할 점은 팔손이나무, 사철, 산호수, 나한송, 마삭줄 및 넙죽고사리는 우리나라 자생식물로서 내한성이 강한 작물임을 알 수 있었지만 열대 및 아열대가 원산지인 해피트리, 홍콩야자, 인도고무나무 및 호야 등에서 강한 내한성이 관찰되었다는 점이다.

2. 선정된 식물의 수경재배기술 개발

가. 이식시 발근 촉진 기술 개발

최근 실내조경에서는 벽면녹화에 대한 관심이 높아지고 있으며 수경재배기술을 도입한 벽면 녹화시스템의 개발이 이루어지고 있다. 수경재배 시 기존에 재배되고 있던 상토를 제거하고 수경재배에 적합한 배지를 이용하는 것이 수경재배 시스템 도입에 유리하다. 이식 시 근권부 수분과 공기조절이 유용한 하이드로볼(Hydroball)을 요즘 많이 이용한다. 일반상토에 심겨 있는 식물을 하이드로볼에 옮겨 심을 때 기존의 뿌리의 일부만 남기거나 전부 제거하고 옮기는 것

이 일반적이다. 하이드로볼은 일반상토와 환경이 크게 달라서 기존의 뿌리를 남기는 경우, 대부분의 뿌리가 살아남지 못하고 고사하여 하이드로볼 속에서 부패하기 때문이다.

따라서 다양한 식물들을 수경재배 시스템에 식재하기 전에 먼저 기존의 상토를 제거하고 새로운 배지에 이식하고 발근 및 활착이 잘 되는 조건 구명이 필요하다. 본 실험은 실내식물로 많이 이용되고 있는 다양한 관엽식물들의 발근 및 활착률이 높은 조건을 구명하고자 하였다.

(1) 단근 정도가 발근에 미치는 영향 구명

(가) 연구목적

하우스에서 재배되었던 식물을 실내 수경재배 시스템으로 도입 할 때 수경재배에 적합한 하이드로볼과 같은 배지를 이용하여 이식 작업을 수행한다. 이식 과정에서 기존의 뿌리를 제거하는데 이러한 단근이 새로운 뿌리의 발근에 어떠한 영향을 미치는지 알 수가 없다. 또한 이식 작업은 새로운 배지와 노동력이 투입되므로 많은 비용이 발생한다. 따라서 작업 과정이 보다 더 효과적으로 진행을 할 수 있어야 하지만 동시에 발근 효율도 매우 중요한 요인이다. 본 실험은 수경재배를 위한 배지로 이식 할 때 식물의 단근 정도가 발근과 활착에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

(나) 재료 및 방법

실험에 사용된 식물은 아글라오네마(*Aglaonema crispum*), 크로톤(*Codiaeum variegatum*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 산호수(*Ardisia pusilla*), 스킨답서스(*Scindapsus aureus*), 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 및 나한송(*Podocarpus macrophyllus*) 등 총 7종의 식물을 이용하였다. 처리구는 뿌리를 완전히 제거, 주근 일부(3~5cm) 남김, 및 무처리 총 3처리구를 설정하였다. 기존의 상토배지를 완전히 제거하고 화분에 식물을 넣고 하이드로볼을 채우고 각 처리 당 3반복, 반복당 10개체 총 30개체 식물을 이용하였다. 동일한 조건을 만들기 위해서 포장 내에 발근 베드를 설치하고 온도 조절을 위해 열선을 설치한 뒤 그 위에 부직포를 덮었다. 습도 유지를 위해서 비닐을 덮고 그 위에 35%의 차광 망을 씌워주었다. 지하부 최저온도를 20℃로 유지하고 낮에는 과습을 피하기 위해서 비닐을 열어주고 오후 4시경에 다시 닫아주었다. 생육조사는 5주~6주 사이에 진행하였으며 최대 근장과 뿌리 수, 지하부 생체중 및 건물중을 측정하였으며 건물중은 건조기(Dry oven)에서 80℃로 72시간 건조시킨 후 측정하였다.

(다) 결과 및 고찰

효율적인 발근 촉진 기술 개발을 목적으로 실험을 처리하였기 때문에 생육조사 항목은 최대 근장, 뿌리 수, 지하부 생체중 및 건물중 등 근권부를 중점적으로 시행하였다. 아글라오네마의 경우 최대근장, 뿌리 수, 생체중 및 건물중 등 대부분의 생육조사 항목에서 주근 일부를 남긴 처리구에서 생육이 가장 좋았다(표 23, 그림 106). 크로톤은 뿌리를 완전히 제거하거나 주근 일부를 남긴 처리구에서 전체적인 생육이 좋았다. 크로톤의 경우 주근 일부를 남기거나 원뿌리를 그대로 남겼던 무처리구에서 원뿌리가 고사하는 모습을 유관으로 관찰할 수 있었다(표 24, 그림 106). 따라서 원뿌리를 그대로 두었던 무처리구에서 가장 발근이 저조하였다. 홍콩야자는 뿌리를 완전히 제거한 처리구에서 최대근장, 생체중 및 건물중이 가장 높게 관찰되었다(표 25, 그림 106). 산호수의 경우 뿌리를 완전히 제거하거나 주근 일부를 남김 또는 무처리구 등 3처

리구 모두 비슷한 발근 양상을 나타냈다. 단, 뿌리 수의 경우 완전제거에서 12.8로 가장 많은 경향이 관찰되었다(표 26, 그림 106). 스킨답서스는 뿌리를 그대로 남김 무처리에서 뿌리 수, 생체중 및 건물중이 가장 높았다(표 27, 그림 106). 드라세나의 경우 주근 일부를 남기거나 무처리구에서 역시 가장 높은 뿌리 생육을 보였다(표 28, 그림 106). 스킨답서스 및 드라세나는 주근 일부를 남기거나 무처리구의 경우 기존의 뿌리가 정상적인 활력을 유지하고 있는 것이 유관으로 관찰이 되었고 그 기존의 뿌리에서 새로운 뿌리가 발생하는 것을 관찰할 수 있었다(그림 106). 나한송의 경우 뿌리를 완전히 제거한 처리구의 경우 뿌리의 발생이 매우 저조한 경향을 보였다(표 29, 그림 106).

표 23. 단근처리시 아글라네오마 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	5.9 a ^z	4.8 b	556.7 a	49.7 ab
주근 일부 남김	5.7 a	16.3 a	620.0 a	73.0 a
무처리	3.2 b	7.5 b	291.7 b	28.3 b

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 24. 단근처리시 크로톤 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	4.6 a ^z	30.4 a	297.7 a	54.0 ab
주근 일부 남김	4.3 a	36.4 a	256.0 a	56.0 a
무처리	4.3 a	31.6 a	194.7 b	43.7 b

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 25. 단근처리시 홍콩야자 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	10.9 a ^z	53.6 ab	1,050.3 a	113.0 a
주근 일부 남김	6.6 b	58.7 a	568.0 b	73.3 b
무처리	5.4 b	50.7 a	461.0 b	65.3 b

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 26. 단근처리시 산호수 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	1.9 a ^z	12.8 a	12.8 a	6.3 a
주근 일부 남김	1.7 a	8.1 b	19.7 a	4.3 a
무처리	1.7 a	8.4 b	22.7 a	5.3 a

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 27. 단근처리시 스킨답서스 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	9.8 b ^z	6.2 c	700.3 c	62.0 c
주근 일부 남김	10.4 ab	9.8 b	1135.3 b	112.3 b
무처리	11.1 b	11.5 a	1474.0 a	151.0 a

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 28. 단근처리시 드라세나 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	9.5 a ^z	18.5 a	476.3 b	87.7 b
주근 일부 남김	8.4 b	19.9 a	724.7 a	128.3 a
무처리	8.4 b	20.2 a	867.3 a	153.0 a

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 29. 단근처리시 나한송 지하부 생육반응

처리구	근장 (cm)	뿌리 수	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
완전제거	0.8 a ^z	0.7 a	0.03 b	0.006 b
주근 일부 남김	2.0 a	2.6 a	0.13 a	0.023 a
무처리	3.3 a	6.4 a	0.57 a	0.101 a

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$



그림 106. 단근처리시 관엽식물 7종의 지하부 생육반응

(라) 결과 요약

본 실험 결과 이식 작업을 할 때 식물 종마다 기존의 원뿌리를 어떻게 처리할 것인가가 매우 중요함을 알 수 있었다. 작업의 효율성을 고려하면서 새로운 뿌리의 발근 및 활착을 효과적으로 도모하기 위해서 아글라오네마와 크로톤은 뿌리를 일부 남기는 처리구가 가장 좋았다. 특히 홍콩야자의 경우 뿌리를 완전히 제거하는 것이 가장 좋은 방법이었다. 산호수의 경우 뿌리를 완전히 제거하거나 일부 남기거나 또는 전체를 남겨도 발근에 별다른 영향이 없었기 때문에 기존의 뿌리를 완전히 제거하는 방법이 작업 효율성이 좋다. 스킨답서스, 드라세나 및 나한송은 기존의 원뿌리를 그대로 남겨야 발근과 활착이 좋았다. 특히 나한송 발근 및 활착을 위해서는 기존의 뿌리를 완전히 남기는 것이 꼭 필요한 식물이다.

(2) 오옥신 농도에 따른 발근 촉진 효과 구명

(가) 연구목적

관엽 식물의 발근 촉진을 위해 이용되는 호르몬은 오옥신이 있으며, 그 중 합성 오옥신의 종류인 IBA와 NAA가 널리 이용되고 있다. 루톤 처리 실험에서도 무처리에 비해 루톤이 도포된 처리구에서 발근 효과가 높게 나타난다고 보고되고 있다. 이에 본 실험은 관엽식물의 하이드로볼 배지 이식 시 효과적인 발근과 활착을 유도하기 위해 IBA와 루톤을 처리하여 발근에 미치는 영향을 조사하였다.

(나) 재료 및 방법

본 실험은 2014년 9월 27일~11월 15일 총 6주 동안 경남과학기술대학교 원예생명공학 실험

실과 실습포장에서 수행되었으며, 식물재료는 실내에서 많이 식재되고 길러지는 4종의 관엽식물인 산호수(*Ardisia pusilla*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 크로톤(*Codiaeum variegatum*), 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 아글라오네마(*Aglaonema crispum*) 및 나한송(*Podocarpus macrophyllus*) 6종을 사용하였다. 플라스틱 포트에서 식물체를 꺼내서 수돗물로 기존의 흙을 모두 제거하고 뿌리의 일부(약 1cm)만 남겨서 삼수로 이용하였다. IBA 처리는 농도를 0, 500, 1,000 및 2,000mg·L⁻¹으로 하였으며 지체부로부터 2-3cm 정도를 각 농도의 IBA 용액에 3초간 침지하였다. 루톤(동부루톤, 이시하라산교(주), 일본)은 지체부에 분말로 도포하였다. 하이드로볼을 이용하여 각 처리당 10개씩 3반복으로 지름 10cm 포트에 식재하고 저면연결트레이에 배치하였다. 동일한 조건을 만들기 위해서 포장 내에 삼목 베드를 설치하고 온도 조절을 위해 열선을 설치한 뒤 그 위에 부직포를 덮었다. 습도 유지를 위해서 비닐을 덮고 그 위에 35%의 차광 망을 씌워주었다. 지하부 최저온도를 20℃로 유지하고 낮에는 과습을 피하기 위해서 비닐을 열어주고 오후 4시경에 다시 닫아주었다. 생육조사는 5주~6주 사이에 진행하였으며 최대 근장과 뿌리 수, 지하부 생체중 및 건물중을 측정하였으며 건물중은 건조기(Dry oven)에서 80℃로 72시간 건조시킨 후 측정하였다.

(다) 결과 및 고찰

① 산호수

표 30과 같이 발근이 가장 좋은 처리구는 IBA 1,000mg·L⁻¹ 처리구였다. 최대근장이 3.2cm로 무처리구나 루톤 처리구에 비해서 길었다. 그림 107에서 보면 뿌리수는 IBA 1,000mg·L⁻¹와 IBA 2,000mg·L⁻¹에서 가장 많았으며 무처리에 비해서 2~3배 많았다. 무처리에서 시작해 농도가 올라갈수록 근장과 뿌리수가 많아지는 것을 볼 수 있는데 이러한 경향은 지하부 생체중과 건물중에서도 동일하게 나타났다. 따라서 산호수 발근 시 가장 적절한 IBA 농도는 1,000mg·L⁻¹ 처리가 가장 좋은 것으로 판단된다.

표 30. 발근 촉진제 종류에 따른 산호수 지하부 생육반응

처리	최대근장 (cm)	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
무처리	2.4 bc ^z	34.7 c	3.7 c
IBA 500mg·L ⁻¹	2.7 ab	81.7 b	7.3 bc
IBA 1,000mg·L ⁻¹	3.2 a	128.3 a	19.7 a
IBA 2,000mg·L ⁻¹	2.6 b	89.3 b	11.0 b
루톤	2.0 c	67.3 bc	10.3 bc

^z Duncan의 다중검증 P=0.05

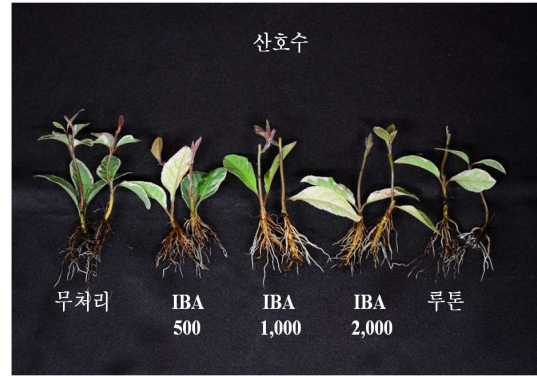
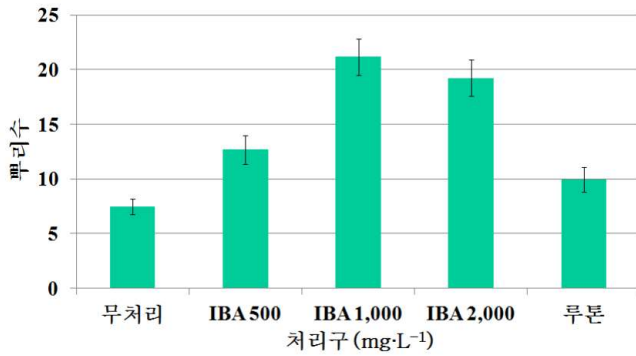


그림 107. 발근 촉진제 종류에 따른 산호수 뿌리 수

② 홍콩야자

홍콩야자의 경우 무처리구를 포함하여 모든 처리구에서 대체적으로 발근이 잘되었다. 지하부 생체중과 건물중에서 모든 처리구에서 처리간 유의적인 차이가 없을 정도로 비슷하게 발근이 잘 되었다(표 31). 최대근장에 있어 무처리구와 IBA 500~1,000mg·L⁻¹ 처리구에서 비슷 하였으며, IBA 2,000mg·L⁻¹와 루톤 처리구에서 다른 처리구에 비해 짧은 경향을 나타냈다. 지상부 역시 전체적으로 뚜렷한 차이가 나타나지 않았으며, 무처리의 경우 정리된 기존의 뿌리에서 새로운 뿌리가 자라나거나 계속 신장하는 양상을 나타내기도 하였다. 루톤 처리의 경우 다른 처리에 비해 뿌리수는 적었으나 뿌리의 굵기가 두꺼운 양상을 보였다. 다만 뿌리수의 경우 IBA 처리구에서 무처리나 루톤 처리구보다 유의적으로 많아짐을 볼 수 있었다(그림 108). 결과적으로 홍콩야자의 발근 시 IBA 0~1,000mg·L⁻¹의 각 농도에서 고른 발근 효과가 나타나는 것으로 판단된다.

표 31. 발근 촉진제 종류에 따른 홍콩야자 지하부 생육반응

처리	최대근장 (cm)	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
무처리	9.8 a ^z	880.7 a	93.3 a
IBA 500mg·L ⁻¹	9.3 a	1,155.3 a	117.7 a
IBA 1,000mg·L ⁻¹	9.1 a	1,028.0 a	109.3 a
IBA 2,000mg·L ⁻¹	6.2 c	843.0 a	86.3 a
루톤	7.7 b	972.5 a	109.0 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05

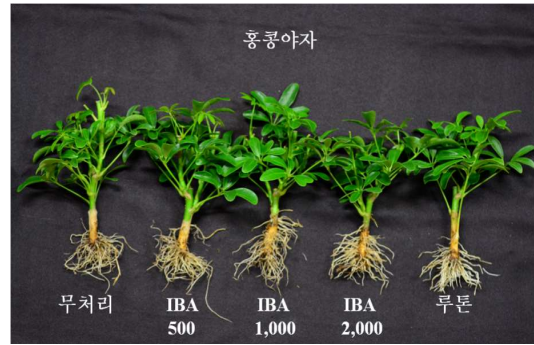
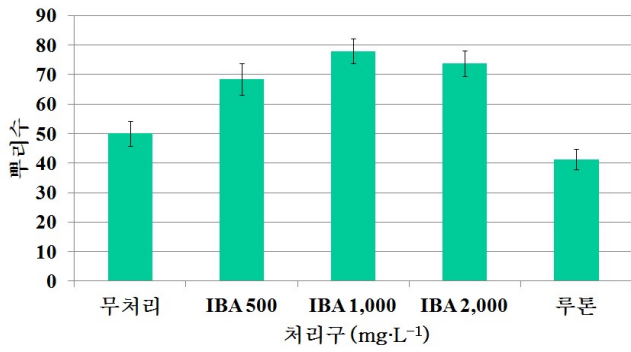


그림 108. 발근 촉진제 종류에 따른 홍콩야자 뿌리 수

③ 크로톤

표 32에서 최대근장의 경우 IBA 1,000mg·L⁻¹에서 가장 긴 것으로 나타났으나 지하부 생체중과 건물중은 IBA 농도가 높아질수록 높아졌고, 특히 루톤 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났다(그림 109). 하지만 대체적으로 IBA 500mg·L⁻¹에서 보다 1,000 mg·L⁻¹와 2,000mg·L⁻¹ 그리고 루톤의 처리구에서 비슷한 수준의 결과가 나타났다. 지하부 생체중과 건물중의 경우 IBA 1,000~2,000mg·L⁻¹ 및 루톤의 처리구간 유의적 차이가 나타나지 않았지만 종합적인 경향으로 보아 IBA 2,000mg·L⁻¹가 가장 좋았다. 따라서 크로톤 발근 시 가장 적절한 옥신 농도는 IBA 2,000mg·L⁻¹ 처리가 가장 좋은 것으로 판단된다.

표 32. 발근 촉진제 종류에 따른 크로톤 지하부 생육반응

처리	최대근장 (cm)	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
무처리	4.2 b ^z	171.3 b	19.0 b
IBA 500mg·L ⁻¹	2.5 c	140.0 b	14.3 b
IBA 1,000mg·L ⁻¹	5.1 a	384.3 a	51.3 a
IBA 2,000mg·L ⁻¹	4.3 b	424.0 a	61.0 a
루톤	3.9 b	503.7 a	51.7 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05

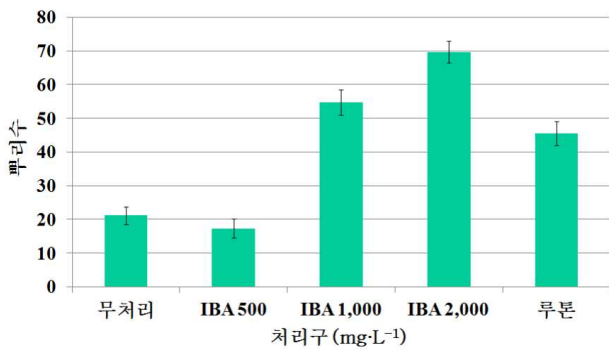


그림 109. 발근 촉진제 종류에 따른 크로톤의 뿌리 수

④ 드라세나

드라세나의 경우 최대근장이 표 33에서와 같이 IBA를 처리한 처리구에 비해 무처리구에서 더 긴 뿌리가 발생한 것을 볼 수 있다. 또한 새롭게 발생한 뿌리 수에서도 오옥신이나 루톤을 처리한 처리구보다 처리하지 않은 무처리구에서 많이 발생된 것을 확인할 수 있다(그림 110). 지하부 생체중의 경우 루톤 처리구에서 가장 좋은 결과를 보였으며, IBA 1,000~2,000mg·L⁻¹에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 지하부 건물중에서도 마찬가지로의 경향을 보여주었다. 드라세나의 발근 실험에서 특이한 점은 다른 식물과는 달리 오히려 호르몬을 처리하지 않은 무처리구에서 발근율이 높았다는 것이다. 이는 드라세나 발근 시 호르몬의 영향보다는 비호르몬적 요인이 발근에 더 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 드라세나의 호르몬 처리에 의한 발근효과는 크게 나타나지 않는 것으로 생각한다.

표 33. 발근 촉진제 종류에 따른 드라세나 지하부 생육반응

처리	최대 근장 (cm)	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
무처리	12.2 a ^z	439.4 b	77.3 a
IBA 500mg·L ⁻¹	9.6 ab	441.3 b	108.7 a
IBA 1,000mg·L ⁻¹	8.8 b	501.3 ab	82.0 a
IBA 2,000mg·L ⁻¹	8.3 b	516.0 ab	77.3 a
루톤	6.5 b	544.7 a	89.0 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05

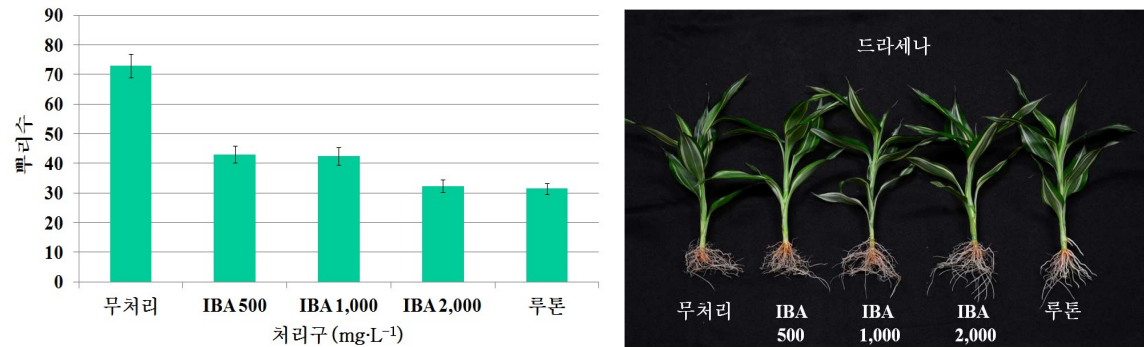


그림 110. 발근 촉진제 종류에 따른 드라세나의 뿌리 수

⑤ 아글라네오마

아글라네오마도 드라세나와 비슷한 결과를 보였다. 최대근장이 IBA를 처리한 처리구에 비해 무처리구에서 더 길었고, 뿌리 수에서도 오옥신이나 루톤을 처리한 처리구보다 처리하지 않은 무처리구에서 많이 발생된 것을 확인할 수 있다(표 34, 그림 111). 지하부 생체중의 경우 무처리구에서 가장 좋은 결과를 보였으며, IBA 1,000~2,000mg·L⁻¹에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 지하부 건물중에서도 마찬가지로의 경향을 보였다. 따라서 아글라네오마의 경우 발근을 위한 호르몬 처리가 필요치 않는 것으로 생각된다.

표 34. 발근 촉진제 종류에 따른 아글라네오마 지하부 생육반응

처리구	최대 근장 (cm)	지하부 생체중 (mg)	지하부 건물중 (mg)
무처리	6.8 a ^z	796.0 a	64.0 a
IBA 500mg·L ⁻¹	6.4 a	684.7 ab	55.0 ab
IBA 1,000mg·L ⁻¹	6.4 a	531.0 b	41.3 b
IBA 2,000mg·L ⁻¹	6.3 a	619.0 ab	47.7 b
루톤	5.8 a	603.0 ab	44.3 b

^z Duncan의 다중검증 P=0.05

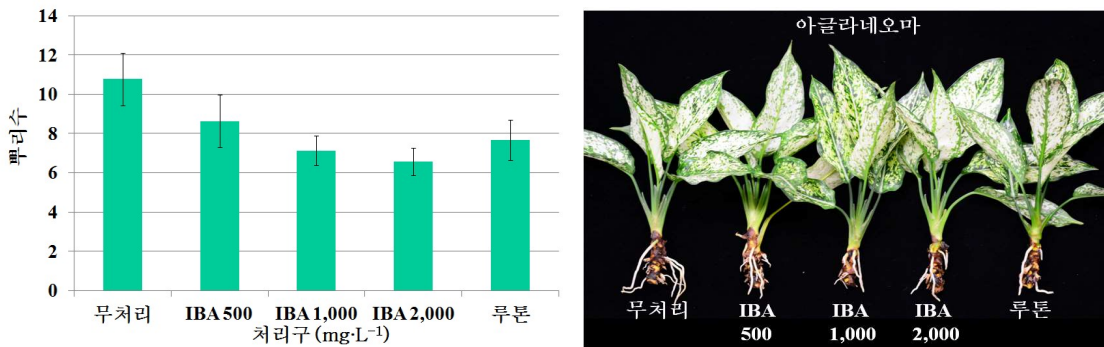


그림 111. 발근 촉진제 처리에 따른 아글라네오마의 뿌리 수

⑥ 나한송

표 35과 같이 발근이 가장 좋은 처리구는 루톤 처리구였다. 최대근장이 3.5cm로 가장 길었다. 그림 112에서 보면 루톤 처리구는 뿌리 수가 무처리구와 IBA 처리구에 비해 월등히 많았다. 무처리구와 IBA 농도별 처리구 대부분 비슷한 경향을 보였다. 이러한 경향은 지하부 생체중과 건물중에서도 동일하게 나타났다. 따라서 나한송의 경우 발근 및 활착 시 루톤 처리가 가장 좋은 것으로 생각된다.

표 35. 발근 촉진제 종류에 따른 나한송 지하부 생육반응

처리구	최대 근장 (cm)	지하부 생체중 (mg/plant)	지하부 건물중 (mg/plant)
무처리	1.7 a ^z	31.0 a	4.3 b
IBA 500mg·L ⁻¹	2.8 ab	44.0 b	7.3 b
IBA 1,000mg·L ⁻¹	2.0 bc	36.7 b	7.7 b
IBA 2,000mg·L ⁻¹	2.1 bc	47.7 b	8.7 b
루톤	3.5 a	145.0 a	20.3 a

^z Duncan의 다중검증 P=0.05

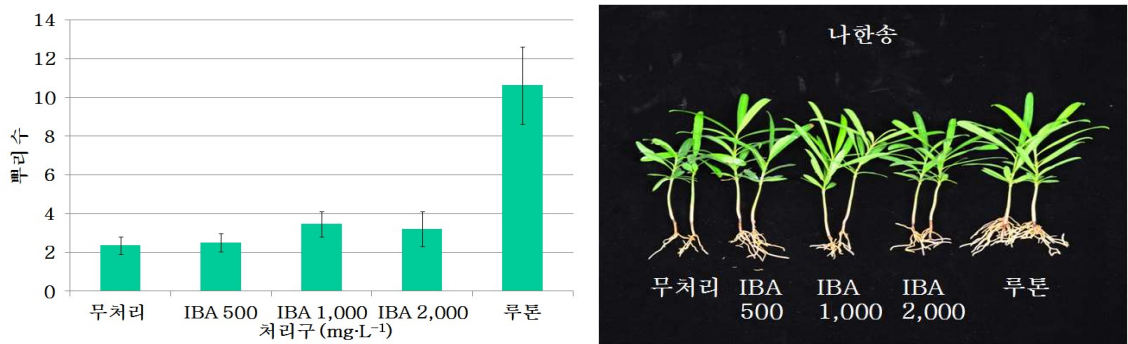


그림 112. 발근 촉진제 종류에 따른 나한송의 뿌리 수

(라) 결과 요약

전체적인 실험결과를 요약하면 산호수의 경우 IBA 순간침지 처리에 의해 발근이 크게 촉진되었으며, 특히 1,000mg·L⁻¹에서 최대 근장, 뿌리 수, 지하부 생체중 및 건물중 등 모든 생육조사에서 무처리구에 비해 2~3배 높은 경향을 보였다. 홍콩야자의 경우 IBA 처리에 의해 발근이 무처리구보다 촉진되는 효과가 있었으며 특히 1,000mg·L⁻¹에서 뿌리 수, 지하부 생체중과 건물중 등에서 유의적으로 증가하는 결과를 얻었다. 크로톤의 경우 IBA 2,000mg·L⁻¹ 처리구에서 대조구에 비해 뿌리수가 3이상 증가할 정도로 발근 촉진효과가 뚜렷하였다. 드라세나와 마찬가지로 아그라오네마의 경우에는 무처리구에서 뿌리 수 지하부 생체중 및 건물중에서 다른 처리구보다 유의적으로 높게 나타나므로 드라세나와 아그라오네마의 발근을 위해서는 IBA나 루톤을 처리하지 않은 것이 더 좋다는 결론을 도출할 수 있었다. 나한송의 경우 루톤을 처리할 때 뿌리 수, 지하부 생체중 및 건물중이 가장 좋았다. 결론적으로 루톤은 IBA에 비해 뿌리 수는 적었지만 뿌리가 튼튼하고 두껍게 나오는 경향을 보였으며, 드라세나와 아그라오네마의 특이한 결과를 제외하고 실험 식물 대부분에서 IBA 또는 루톤 처리 시 효과적인 발근과 활착을 촉진하는 것으로 판단된다.

(3) 삼목시 식물 종류별 적정 차광 정도 구명

(가) 연구목적

최근에 관엽식물을 이용한 실내 녹화 시스템이 개발되어 보급되고 있다. 이때 청결을 위하여 일반상토를 사용하지 않고 하이드로볼을 이용한 수경재배 시스템이 이용되게 된다. 이를 위하여 일반 상토에 식재되어 있는 식물의 뿌리를 제거하고 하이드로볼 용토에 이식하여 발근시키는 과정이 필요하게 된다. 일반적으로 관엽식물은 발근이 잘되는 편이나, 좀 더 효율적이며 비용절감을 위하여 식물별로 발근에 효율적인 환경을 구명할 필요가 있다. 본 실험에서는 관엽 식물들을 하이드로볼에 이식할 때 차광 정도에 따른 각 식물별 발근 정도를 알아보기 위해 수행되었다.

(나) 재료 및 방법

식물재료는 크로톤(*Codiaeum variegatum*), 산호수(*Ardisia pusilla*), 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 스킨답서스(*Scindapsus aureum*), 나한송(*Podocarpus macrophyllus*) 및 아글라오네마(*Aglaonema crispum*) 7종을 이용하였다.

실험 처리구는 차광 50, 70 또는 90% 3처리를 하였다. 각 처리 당 3반복, 반복당 10개체 총 30개체 식물을 이용하였다. 각 식물들은 직경 9cm에 식재되어 있는 상태로 농가에서 구입하여 사용하였다. 처리를 위해 식물체를 분에서 뽑아서 물로 기존의 상토를 깨끗이 씻은 후 모든 뿌리를 절단하고 하이드로볼에 화분에 식재하였다. 광조건은 유리온실 안에 50, 70 또는 90% 차광망을 이용하여 차광처리를 하였다. 근권부의 최저온도는 20 °C로 유지하였으며 습도유지를 위해 비닐을 덮고 낮에는 과습을 피하기 위해 비닐을 걷어주었다. 급수는 저면 연결 트레이에 항상 물이 차 있도록 하였다. 실험개시 6-7주 후, 초장, 초폭, 뿌리 수, 지상부 생체중 및 지하부 생체중을 조사하였다.

(다) 결과 및 고찰

실험 결과, 이식시 차광에 의해 발근이 크게 영향을 받는 종류와 약간 받는 종류 그리고 거의 영향을 받지 않는 3그룹으로 나눌 수 있었다. 크로톤, 드라세나, 홍콩야자, 스킨답서스는 50% 차광에서 뿌리 수가 각각 100, 20, 28, 32개로 다른 처리구 70 또는 90% 차광에 비해서 2배 정도 많았고 지하부 생체중도 비슷한 양상을 보였다(그림 113, 표 36). 산호수도 차광을 50%에서 뿌리 수나 지하부 생체중이 높아졌다. 한편 아글라오네마는 처리간 유의적인 차이를 보이지 않아 차광의 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 나한송은 같은 처리 기간 중에 다른 식물에 비해 뿌리 발근이 매우 늦다는 것을 알 수 있었다(그림 113, 표 36)

(라) 결과 요약

결론적으로 실험에 사용된 7종의 관엽식물 중 크로톤, 산호수, 드라세나, 홍콩야자, 스킨답서스 6종은 50% 차광에서 발근이 가장 잘 되는 것으로 나타나, 관엽식물 이식시 발근 촉진을 위해서는 어느 정도 이상의 광도가 유지되어야 함을 알 수 있었다. 금후 50% 이하의 차광이 발근에 미치는 영향을 좀 더 연구해볼 필요가 있다고 생각된다.

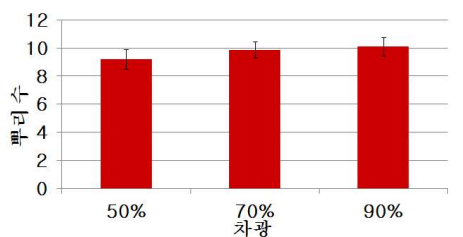
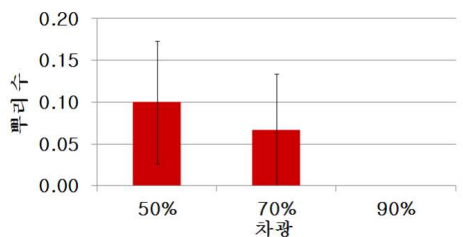
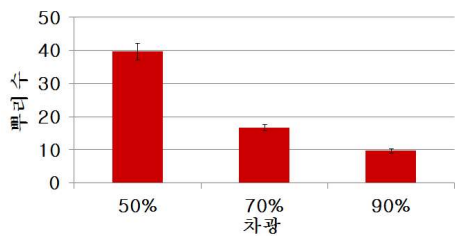
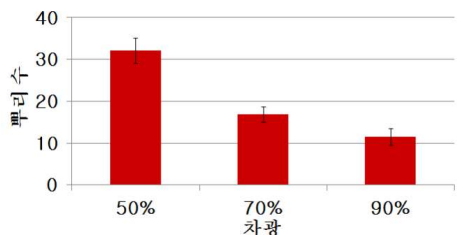
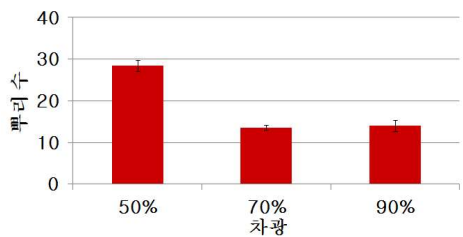
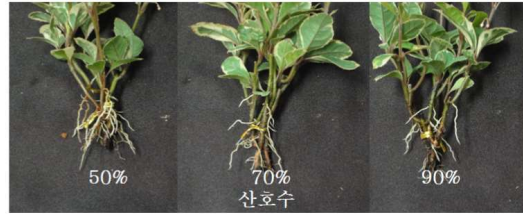
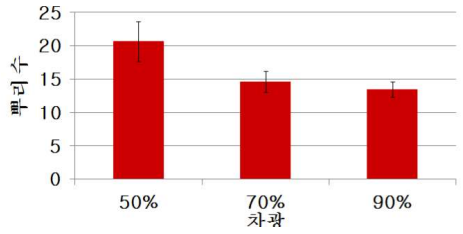
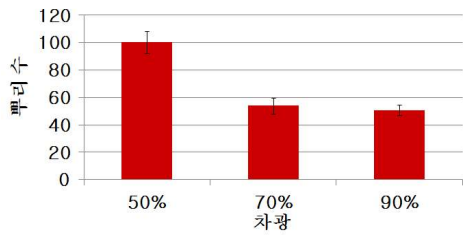


그림 113. 차광 처리에 따른 관엽식물 7종의 지하부 생육반응

표 36. 차광 처리에 따른 관엽식물 7종의 생육반응

식물 종류	차광정도 (%)	초장 (cm)	초폭 (cm)	지하부 생체중 (g)	지상부 생체중 (g)
크로톤	50	21.49 a ^z	10.78 b	12.41 a	93.93 a
	70	20.40 a	11.36 ab	6.87 b	82.17 b
	90	20.39 a	12.02 a	7.88 b	90.22 b
산호수	50	16.22 a	10.39 a	1.96 a	86.48 a
	70	16.22 a	10.15 a	0.91 a	82.66 a
	90	17.34 a	10.05 a	0.93 a	74.16 b
드라세나	50	19.90 a	14.97 a	5.95 a	62.30 a
	70	19.63 a	13.33 b	2.82 b	57.06 a
	90	18.81 a	13.37 b	2.71 b	57.97 a
홍콩야자	50	19.69 b	14.03 a	5.51 a	132.92 a
	70	19.90 ab	13.39 a	2.56 b	122.86 a
	90	20.69 a	14.08 a	1.88 b	135.18 a
스킨답서스	50	18.46 a	13.73 a	21.14 a	155.62 a
	70	18.58 a	12.94 ab	12.23 b	135.63 b
	90	19.53 a	12.58 b	6.31 c	128.93 b
나한송	50	17.24 a	9.87 a	-	6.21 ab
	70	17.84 a	9.91 a	-	6.93 a
	90	17.03 a	9.47 a	-	5.85 b
아글라오네마	50	25.45 a	21.03 a	12.18 a	254.31 a
	70	25.06 a	21.38 a	12.81 a	260.88 a
	90	24.60 a	20.13 a	13.38 a	236.56 b

^z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

나. 수경재배 시 최적 인공용토 선발

(1) 연구목적

최근에 관엽식물을 이용한 실내 녹화 시스템이 개발되어 보급되고 있다. 이때 청결을 위하여 일반상토를 사용하지 않고 다양한 종류의 수경재배 인공용토를 이용하고 있다. 특히 인공용토가 생산비에 많은 부분을 차지하므로 보다 저렴하면서 식물의 발근과 생육에 효과적인 인공용토의 선발은 매우 중요하다. 본 실험에서는 다양한 관엽식물 별로 여러 가지 수경재배용 최적 인공용토 선발을 위해 수행되었다.

(2) 재료 및 방법

식물재료는 드라세나(*Dracaena sanderiana*), 스킨답서스(*Scindapsus aureum*), 아글라오네마(*Aglaonema crispum*) 및 크로톤(*Codiaeum variegatum*) 4종의 관엽 식물들을 이용하였다. 실험에 이용된 인공용토는 수입 하이드로볼, 국산 하이드로볼, 바텀애쉬, 코코피트 또는 펄라이트 총 5처리였다. 하이드로볼(Hydroball)은 점토를 1,200℃ 고온에서 구워 부풀린 것으로 통기성과 배수성 그리고 보수성과 보비력이 뛰어나며 입자내에 다공층이 많으며 무균 토양으로 통기, 보수성이 좋아 식물에 적정량의 수분과 산소를 공급하고 뿌리로부터 발생하는 배설물을 흡착해 반영구적으로 식물을 유지관리할 수 있다. 바텀애쉬는 화력발전소의 유연탄이 연소되고 남은 것으로 가격이 아주 저렴하고, 통기성이 좋다. 그리고 무게가 가벼워 다루기도 편리하다. 각 처리 당 3반복, 반복당 10개체 총 30개체 식물을 준비하였다. 기존의 상토를 완전히 제거하고 뿌리를 처리별로 정리한 후에 식물을 처리구 용토별로 화분으로 채우고 ‘난괴법’으로 배치를 하였다.

(3) 결과 및 고찰

드라세나는 코코피트 처리에서 뿌리 수가 163개로 가장 많았으며 바텀애쉬 처리의 63개보다 2.5배 정도 뿌리 수가 많았다(그림 114). 지하부 생체중도 코코피트는 6.9g으로 가장 많았으며 바텀애쉬 처리구 4.8g 보다 유의성 있게 높았다(표 37). 드라세나 수경재배를 위한 최적 용토는 코코피트가 적합하다. 스킨답서스는 뿌리 수가 국산하이드로볼 처리에서 83개였고 그다음 코코피트 처리에서 74개로 가장 많았으며 펄라이트 처리에서 60개로 가장 뿌리 수가 적었다(그림 115). 지하부 생체중도 국산하이드로볼 처리와 코코피트 처리구에서 26g으로 가장 많았다(표 38). 그러므로 스킨답서스는 국산하이드로볼과 코코피트를 이용하여 수경재배 하는 것이 가장 생육에 좋은 것으로 판단된다. 아글라오네마는 5가지 처리구 모두 뿌리 수와 초장 및 생체중에서 처리간 차이를 보이지 않았다(그림 116, 표 39). 아글라오네마는 수경재배시 본 실험에 이용된 인공용토 모두를 이용해도 생육에 지장이 없을 것으로 판단된다. 크로톤의 뿌리 수를 보면 수입하이드로볼 처리, 펄라이트 처리 또는 국산하이드로볼 처리에서 각각 171개, 169개 및 162개로 가장 많았으며 코코피트 처리와 바텀애쉬 처리 순으로 뿌리 수가 많았다(그림 117). 다른 식물 종들은 코코피트 처리에서 생육이 좋은 경향을 보였으나 크로톤의 경우 코코피트 보다는 수입하이드로볼 처리, 펄라이트 처리 또는 국산하이드로볼 처리에서 보다 더 생육이 좋은 것을 알 수 있었다(표 40).

(4) 결과 요약

본 실험 결과 식물 종에 따라 수경재배시 생육에 적합한 인공용토 종류가 각각 다름을 알 수 있었다. 드라세나는 코코피트, 스킨답서스는 국산하이드로볼을 이용하는 것이 좋다. 아글라오네마의 경우 본 실험에 이용된 어떤 인공용토를 사용해도 생육에 지장이 없을 것으로 판단된다. 또한 크로톤의 경우 코코피트 보다는 수입하이드로볼, 국산하이드로볼 또는 펄라이트를 이용하는 것이 바람직하다고 판단이 된다. 본 실험에서는 무기물 용토 하이드로볼과 펄라이트 그리고 유기물 용토인 코코피트 등을 단용으로 처리 하였으나 각각 용토의 혼합에 대한 연구도 향후 수행되어야 할 것이다.

표 37. 인공용토 종류에 따른 드라세나의 생육반응

용토	초장 (cm)	초폭 (cm)	지하부 생체중 (g)	지상부 생체중 (g)
수입하이드로볼	20.5 b ^Z	16.1 a	7.4 a	74.0 a
국산하이드로볼	20.7 ab	16.9 a	6.0 ab	72.2 a
바텀애쉬	21.7 a	16.4 a	4.8 b	79.7 a
코코피트	21.7 a	16.8 a	6.9 a	91.2 a
펄라이트	21.5 ab	17.0 a	7.5 a	71.0 a

^Z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 38. 인공용토 종류에 따른 스킨답서스의 생육반응

용토	초장 (cm)	초폭 (cm)	지하부 생체중 (g)	지상부 생체중 (g)
수입하이드로볼	16.9 a ^Z	11.0 b	18.6 b	127.9 a
국산하이드로볼	16.8 a	11.7 ab	26.1 a	136.4 a
바텀애쉬	16.5 a	11.8 ab	18.6 b	148.4 a
코코피트	16.7 a	11.8 ab	26.3 a	142.0 a
펄라이트	16.1 a	12.1 a	18.2 b	140.2 a

^Z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 39. 인공용토 종류에 따른 아글라오네마의 생육반응

용토	초장 (cm)	초폭 (cm)	지하부 생체중 (g)	지상부 생체중 (g)
수입하이드로볼	24.7 a ^Z	26.8 a	18.2 a	259.5 b
국산하이드로볼	24.3 a	27.4 a	18.1 a	274.6 ab
바텀애쉬	25.0 a	26.5 a	12.0 a	282.0 a
코코피트	25.0 a	22.7 c	14.4 a	234.2 c
펄라이트	24.1 a	24.4 b	17.4 a	266.4 ab

^Z Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

표 40. 인공용토 종류에 따른 크로톤의 생육반응

용토	초장 (cm)	초폭 (cm)	지하부 생체중 (g)	지상부 생체중 (g)
수입하이드로볼	20.8 b ^Z	15.2 a	22.1 ab	109.3 a
국산하이드로볼	22.0 ab	15.1 a	19.8 b	114.6 a
바텀애쉬	21.7 ab	14.3 a	10.0 d	117.1 a
코코피트	22.5 a	14.8 a	16.3 c	114.5 a
펄라이트	22.4 a	14.7 a	23.1 a	127.2 a

^Z Duncan의 다중 검증 P=0.05

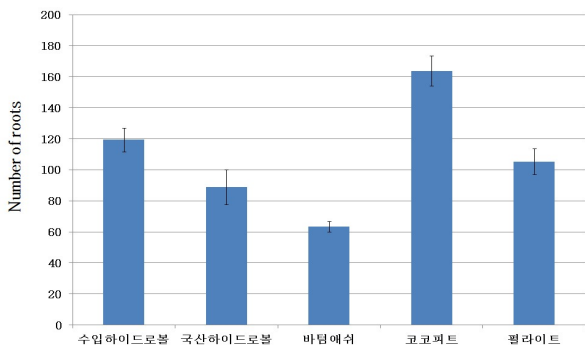


그림 114. 인공용토 종류에 따른 드라세나의 지하부 생육반응

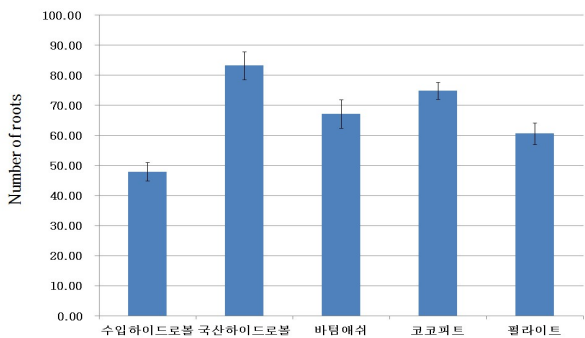


그림 115. 인공용토 종류에 따른 스킨답서스의 지하부 생육반응

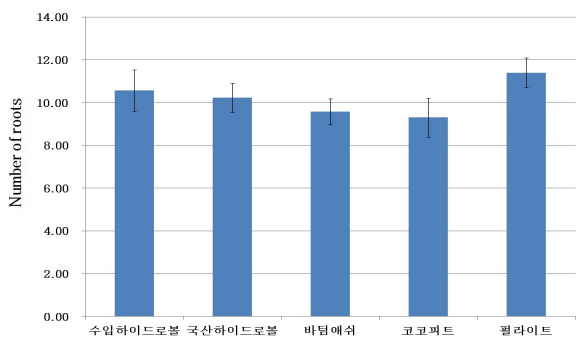


그림 116. 인공용토 종류에 따른 아글라오네마의 지하부 생육반응

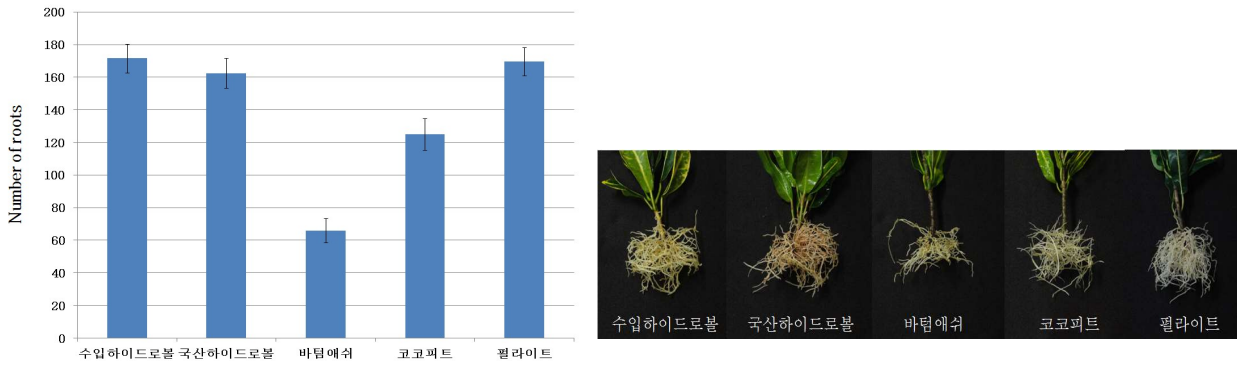


그림 117. 인공용토 종류에 따른 크로톤의 지하부 생육반응

3. 수경 벽면녹화시스템이 실내 공기조성 변화에 미치는 영향 구명

가. 연구목적

산업이 발달함에 따라 삶의 질은 향상되었지만 환경오염은 날로 심각해지고 있다. 특히 도시의 공기오염은 요즘 사회문제로 크게 대두되고 있다. 미세먼지 같은 경우 이전의 봄철 황사 개념에서 벗어나 계절에 상관없이 발생하고 있다. 실내 오염원인 포름알데히드 같은 유해물질은 건축자재나 벽지에서 방출되며 거주자들의 건강상에 문제를 일으킨다(BeruBe 등, 2004; Carpenter, 1998; Lee, 2004). 특히 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs)과 같은 유해물질은 장기간 노출되면 호흡기질환을 비롯한 피부병, 심장병, 암 등을 유발할 수 있어 주의가 필요하다(Weschler와 Shields, 1997). 미국의 환경부에서는 현대인을 위협하는 5대 요인 중 하나가 실내공기라고 규정할 정도로 실내공기는 실외공기보다 약 5~7배 많아 오염되어 있다(Brown 등, 1994) 이런 문제를 해결하기 위한 대책으로 친환경 소재를 이용하여 건물을 짓거나 공기정화용 기기를 구매하여 사용한다. 하지만 이런 소재나 제품들은 비용이 비싸 가정이나 회사에는 사용하기에는 경제적으로 부담이 된다(Godish와 Guindon, 1989; Lee, 2005). 최근에 식물을 이용한 공기정화 연구논문이 다수 발표되고 있으며(Kil 등, 2008a; 2008b; Kwon과 Park, 2014) 식물에 대한 사람들의 관심도 높아지고 있다.

본 연구에서는 프로젝트를 통해 개발된 수경 벽면녹화시스템을 이용하여, 식물 종 및 처리조건에 따른 공기정화 능력을 비교하였다. 수경 벽면녹화시스템을 가정이나 사무실 내에 설치 할 경우, 실내환경의 오염정도에 따라 적절한 식물을 선발하기 위해 실험을 수행하였다.

가정이나 사무실 내에 설치 하였을 때, 공기질의 변화를 조사하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 식물재료

관엽식물 재배 농가인 ‘다인팜’ 농장에서 식물 6종인 아글라오네마 ‘다이아몬드’ (*Aglaonema crispum*), 아글라오네마 ‘실버 킹’ (*Aglaonema ‘Silver Queen’*), 드라세나 (*Dracaena sanderiana*), 홍콩야자(*Schefflera arboricola*), 스킨답서스(*Scindapsus aureus*), 스킨답서스 ‘라임’ (*Scindapsus aureus*)을 구매하여 식물재료로 사용하였다(그림 118). 구매한 식물은 기존의 상토를 모두 제거한 후 수돗물로 세척하였다. 뿌리를 2~3cm 남기고 절단하는 단근

처리를 한 후 직경 8cm 플라스틱 포트에 각 처리에 맞는 상토를 이용하여 정식하였다. 교내 비닐하우스에서 약 2주 정도 뿌리를 활착 시킨 후 실험에 사용하였다.



그림 118. 수경 벽면녹화시스템이 실내 공기질에 미치는 영향을 알아보는 실험에 사용한 식물 재료.(A:드라세나, B:아글라오네마 ‘다이아몬드’, C:아글라오네마 ‘실버 킹’, D:홍콩야자, E:스킨답서스, F: 스킨답서스 ‘라임’)

(2) 실험용 유리챔버 구조

휘발성유기화합물을 발생하지 않는 자재들을 이용하여 밀폐가 가능한 유리챔버를 제작하였다. 규격은 70cm × 30cm × 130cm (가로 × 세로 × 높이)로 스테인레스를 사용하여 프레임 제작하였고, 6면은 5mm 강화유리를 사용하였다(그림 119). 식물 및 벽면녹화시스템을 넣기 위해 한쪽 면을 열고 닫을 수 있게 스텐레스 경첩을 부착하여 유리문을 달았다. 완전하게 밀폐를 하기 위해 유리문과 챔버의 본체에 우렌탄 밴드 부착하였다. 공기질을 측정할 수 있게 측면에는 직경 1/8 π 구멍을 3개 뚫었다. 측면의 중간지점인 35cm 에서 높이 30cm, 65cm, 100cm 지점에 구멍을 뚫고 측정을 용이 하게하기 위해 밸브를 달았다. 유리챔버 안에는 포름알데히드 및 미세먼지가 빠르게 분산될 수 있게 직경 12cm 팬을 유리챔버 안에 설치하였다.

(3) 실험방법

실험은 총 5처리구로 설계하였다. 무처리, 벽면녹화시스템(수경, 펌프 기기작동), 수경재배(저면관수), 토양(저면관수), 공기청정기로 표 41과 같다. 벽면녹화시스템의 작동은 펌프를 계속 작동하여 물을 계속 공급하는 처리구이고, 벽면녹화 무작동은 벽면녹화시스템에 식물을 식재하긴 하지만, 물을 계속 공급하지 않는다. 공기청정기 처리는 시중에 판매되고 있는 A사 차량용 공기청정기를 사용했다. 실험은 16/8시간(광/암) 일장에 광도는 23.4umol · m⁻² · s⁻¹, 온도와 상대습도는 24±2℃, 64±5%로 에어컨디셔너를 이용해 항온과 항습 상태를 유지할 수 있는 장소에서 이루어졌다.

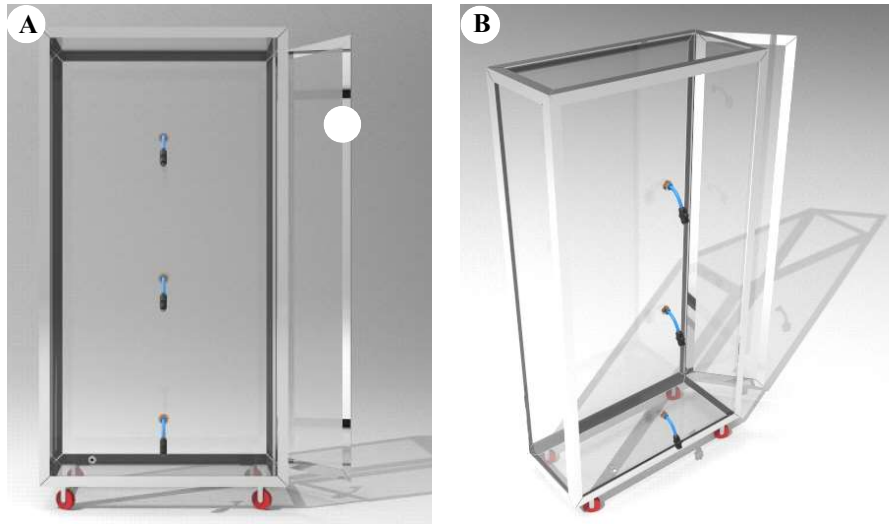


그림 119. 공기질 실험을 위한 유리챔버 디자인 (A: 정면모습, B: 측면모습)

표 41. 벽면녹화시스템이 공기질 변화에 미치는 영향에 대한 실험의 처리조건.

처리	1	2	3	4	5
관수	무처리	벽면녹화 기기작동	벽면녹화 무작동	벽면녹화 무작동	공기청정기
용토	-	하이드로볼	하이드로볼	일반상토	-

(가) 수경벽면녹화 시스템의 포름알데히드 제거 효과

포르말린(35%, Samchun Chemical)를 1.8uL 농도로 유래챔버에 주입하였다. 기화점이 낮은 포름알데히드의 특성을 이용하여 상온의 공기에 휘발되도록 했다. 포르말린의 휘발 속도를 촉진하고 유리 챔버 내에 고르게 분산이 되도록 하기 위해 실험기간 동안 팬을 작동 시켰다. 포름말린 처리 후 5~6시간 동안 1시간 간격으로 유리챔버 안의 공기질을 공기질측정기(ISR-400, Sensoronic Co, Korea)를 이용하여 조사하였다. 조사항목은 포름알데히드(HCHO)를 비롯한 실내 주요 오염물질인 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds), 미세먼지(PM10), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 산소(O₂)을 측정하였고 온습도 기록계(RHT10, Extech Instruments Co. USA)를 이용하여 실험기간 동안 각 유리챔버 안의 온도와 상대습도를 측정하였다.

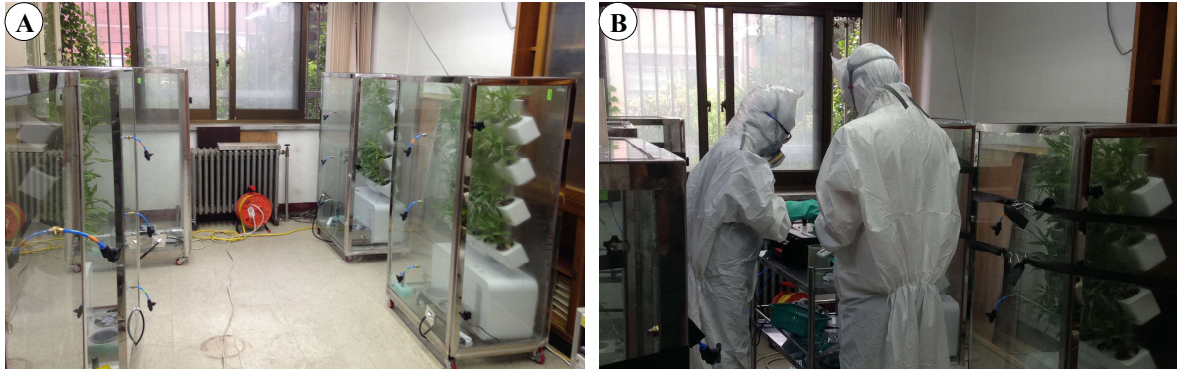


그림 120. 수경벽면녹화 시스템의 포름알데히드 제거 실험(A: 실험전경, B: 포름알데히드 측정 중)

(나) 수경벽면녹화 시스템의 미세먼지 제거 효과

담배연기는 티코틴, 타르, 일산화탄소, 호흡성 먼지등 수천종의 화합물로 구성되어있어(Beak 과 Park, 2005) 미세먼지에 관련된 논문에 주로 사용하는 재료이다. 본 실험에서는 미세먼지 제거 효과를 알아보기 위해 담배를 이용하였다. 담배(라일락, K&G, Korea) 1.5cm(약 0.15g) 크기의 조각에 불을 붙인 후 수경 벽면녹화 시스템을 비롯한 공기청정기가 들어간 유리챔버에 각각 넣었다. 담배가 완전히 연소 될 수 있도록 스테인레스 망 위에 담배조각을 올려 두고 팬을 작동 시켰다. 담배가 완전히 연소 된 후 5분이 경과하였을 때 각 유리챔버의 공기 질을 측정을 하였고 담배 처리 후 5시간 동안 1 시간 간격으로 유리챔버 내의 공기질을 측정하였다. 지름이 10um이하인 미세먼지(PM10)를 측정하였다. 그 외의 조사항목은 상기의 포름알데히드의 조사항목과 동일하게 실시하였다.



그림 121. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 미세먼지 제거 실험 전경

다. 결과 및 고찰

(1) 수경벽면녹화시스템의 포름알데히드 제거 효과

(가) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 아글라오네마 ‘다이아몬드’의 포름알데히드 제거 효과
아글라오네마의 포름알데히드 제거 효과는 공기청정기가 가장 효과적인 것으로 나타났다(표

42). 공기청정기 처리는 포르말린 처리 5시간 후 0.77ppm으로 가장 낮은 수치를 기록하였다. 반면 미세먼지는 82ppm으로 처리 중에서 가장 높은 수치를 보였다. 이산화탄소의 농도는 포르말데히드의 농도가 높을수록 이산화탄소의 농도도 높았다. 일산화탄소는 시간이 경과함에 따라 농도가 낮아지는 것으로 나타났다. 산소의 농도는 처리나 처리시간 간에 차이가 거의 없었다.

표 42. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 의 포르말데히드 제거.

시간	처리	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.51	3.3	430	22.74	82	25.8	73.3
	2	0.51	1.8	490	22.75	74	24	80.4
	3	0.54	1.9	476	22.75	81	26.3	76.3
	4	0.59	2	477	22.76	90	25.9	78.4
	5	0.61	3.3	466	22.76	50	24.4	82.6
1	1	0.60	0.1	438	22.44	100	22.7	86.7
	2	0.62	0.1	436	22.43	92	25.9	76.4
	3	0.66	0.1	469	22.41	102	26.2	93.6
	4	0.59	0.1	520	22.39	87	27.3	94.3
	5	0.76	0.2	536	22.38	122	27.3	94.1
2	1	0.35	0.7	445	22.49	98	26.6	93.2
	2	0.56	1.2	450	22.5	80	25.6	93.3
	3	0.99	1.2	467	22.5	78	26.1	75.7
	4	0.87	1.5	532	22.48	59	25.5	91.5
	5	0.82	1.8	556	22.48	88	26.9	91.8
3	1	0.44	1.6	471	22.5	66	27	92.3
	2	1.71	2.5	510	22.49	74	26.5	92
	3	1.31	1.7	585	22.48	57	25.2	92.8
	4	1.14	2.5	564	22.48	75	24.7	75.6
	5	1.03	3.8	572	22.47	85	23.8	91.6
4	1	0.45	2.5	457	22.39	61	25.6	91.5
	2	0.45	1.9	458	22.36	80	25.8	92.3
	3	0.74	1.9	474	22.35	75	24.8	91
	4	0.62	1.8	531	22.32	51	23.2	92.1
	5	0.61	2.4	537	22.31	82	24.9	79.8

5	1	0.82	0.8	456	22.21	67	26.5	78
	2	0.81	1.3	440	22.2	80	26.6	78.6
	3	0.95	1	532	22.19	82	25.7	80.6
	4	0.81	1.2	486	22.19	56	24	84.5
	5	0.77	1	406	22.2	82	24.2	85.8

1:무처리, 2:하이드로볼+벽면녹화 기기작동, 3:하이드로볼+벽면녹화 무작동, 4: 일반상토+벽면녹화무작동, 5:공기청정기

(나) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 드라세나의 포름알데히드 제거 효과

포름알린 처리 6시간 후, 2처리구에서 가장 낮은 포름알데히드 농도인 0.55ppm을 기록했다 (표 43). 이산화탄소는 아글라오네마와 같이 포름알데히드 농도가 높을수록 이산화탄소의 농도도 높아졌다. 일산화탄소의 경우 시간이 경과할수록 농도가 높아지는 것으로 나타났다. 산소의 함량은 처리간의 차이가 거의 없었다.

표 43. 수경 벽면녹화시스템의 이용한 드라세나의 포름알데히드 제거.

시간	처리	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.45	0	405	22.38	112	27.5	76.1
	2	0.43	0	413	22.36	85	28.3	79
	3	0.44	0	421	22.37	97	28.5	79.9
	4	0.44	0	402	22.38	77	28.5	80.4
	5	0.43	0	415	22.38	91	28.4	80.6
1	1	0.31	0	396	22.59	148	28.3	80.8
	2	1.21	0	4841	22.58	79	27.3	79.7
	3	1.09	0	515	22.57	79	27.3	84.3
	4	1.01	0	512	22.58	81	28	91.1
	5	0.98	0	511	22.57	90	28.4	92.6
2	1	0.51	0.3	408	22.6	77	28.7	93.2
	2	0.49	0.4	409	22.6	85	28.8	93.5
	3	1.02	0.4	466	22.61	83	28.9	93.6
	4	0.91	0.3	489	22.6	78	27.9	79.6
	5	0.84	0.4	505	22.59	108	27.5	82.9
3	1	0.49	1.1	411	21.87	74	28.4	90
	2	0.54	0.5	416	22.6	83	28.7	91.2
	3	1.02	0.7	461	22.6	89	28.9	91.8

	4	0.99	0.9	490	22.59	80	28.9	92.2
	5	0.87	0.9	522	22.58	105	28.9	92.5
4	1	0.53	1.6	409	22.61	49	27.9	80.3
	2	0.53	1.8	414	22.61	79	26.7	83.3
	3	0.88	1.2	457	22.61	74	27.6	90.9
	4	0.76	1.2	494	22.6	50	28	92
	5	0.77	1.6	641	22.58	71	28.1	92.7
5	1	0.61	1.2	425	22.61	52	28.4	92.5
	2	0.47	2.3	416	22.61	91	28.4	93
	3	0.83	2.2	449	22.6	76	27.4	80.1
	4	0.76	1.5	487	22.59	59	27.9	82.7
	5	0.73	2	542	22.59	69	28.2	84.4
6	1	0.62	3.3	430	22.74	82	28.3	84.7
	2	0.55	2.7	443	22.76	80	28.2	84.8
	3	0.59	2.6	442	22.76	69	28.2	84.8
	4	0.62	2.5	446	22.76	71	27.5	79.3
	5	0.61	3.3	466	22.76	50	26.1	72.8

1:무처리, 2:하이드로볼+벽면녹화 기기작동, 3:하이드로볼+벽면녹화 무작동, 4: 일반상토+벽면녹화무작동, 5:공기청정기

(다) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 홍콩야자의 포름알데히드 제거 효과

홍콩야자의 포름알데히드 제거 효과는 다른 식물에 비해서 낮은 것으로 나타났다(표 44). 포르말린 처리 후 5시간이 경과했지만, 처리구의 값이 0.90~1.25ppm로 다른 식물에 비해 아주 높은 수치를 나타냈다. 일산화탄소는 시간이 경과할수록 수치가 높아졌다. 상대습도는 공기청정기 처리구가 51.9%로 약 75%인 다른 처리구에 비해 낮은 상대습도를 나타냈다.

표 44. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 홍콩야자의 포름알데히드 제거.

시간	처리	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ²	0.35	3.5	453	22.46	74	23.1	75.8
	2	0.48	3.2	444	22.46	78	25.8	72.7
	3	0.44	4.3	450	22.46	81	27.1	71.2
	4	0.40	2.9	495	22.44	80	27.6	70.4
	5	0.40	3	485	22.44	78	27.8	70.5
1	1	0.32	1.5	407	22.45	86	27.7	70.7

	2	0.94	1.7	440	22.46	74	24.4	92
	3	0.92	1.8	519	22.47	79	27	94
	4	0.89	1.8	488	22.47	65	27.7	94.1
	5	0.79	2.2	456	22.5	90	28.3	94.2
2	1	0.54	4.8	404	22.57	64	28.5	94.3
	2	1.31	4.6	454	22.57	65	28.6	94
	3	1.17	4.6	532	22.56	64	24.4	86.9
	4	1.10	5.6	491	22.56	58	26.3	91.3
	5	1.09	5.3	504	22.56	75	27.3	91.8
3	1	0.59	7.6	406	22.61	56	27.9	92.1
	2	1.33	7.1	439	22.6	66	28.2	92.5
	3	1.19	7.2	541	22.59	70	28.4	92.4
	4	1.07	8	516	22.59	66	26.9	86.3
	5	1	7.5	483	22.6	81	25.2	91.3
4	1	0.75	8.1	410	22.62	64	26.4	91.9
	2	0.76	7.9	411	22.62	79	27.1	92.3
	3	1.17	7.2	443	22.62	66	27.3	92.8
	4	1.05	7.2	471	22.62	59	27.4	92.8
	5	1	8	515	22.62	76	25.8	75.2
5	1	0.90	7.8	412	22.64	57	26.8	75.2
	2	1.25	7.9	425	22.64	69	27.3	74.6
	3	1.12	8.1	426	22.64	79	27.6	74.3
	4	0.99	8.6	498	22.64	56	27.7	74
	5	0.91	8.4	510	22.63	81	25.3	51.9

1:무처리, 2:하이드로볼+벽면녹화 기기작동, 3:하이드로볼+벽면녹화 무작동, 4: 일반상토+벽면녹화무작동, 5:공기청정기

(라) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 스킨답서스의 포름알데히드 제거 효과

2처리구가 포르말린 처리 5시간이 경과 했을 때, 0.48ppm으로 다른 처리구 비해 낮은 수치를 나타냈고 실험에 사용한 식물 중에서도 포름알데히드 제거에 가장 효과적이었다(표 45). 이산화탄소의 농도도 포름알데히드 농도가 낮아짐에 따라 같이 낮아지는 경향을 보였다. 산소, 온도, 상대습도는 처리간의 차이가 없었다. 미세먼지는 2처리와 공기청정기 처리인 5처리가 낮은 제거 효과를 보였다.

표 45. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 스킨답서스의 포름알데히드 제거.

시간	처리	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.33	2.9	427	22.42	82	24.2	87.1
	2	0.36	3	444	22.42	116	25.1	85.2
	3	0.41	2.3	449	22.43	110	25.4	86.1
	4	0.39	2.8	450	22.42	86	25.3	87.4
	5	0.39	2.3	457	22.43	104	25.2	88.1
1	1	0.27	0.9	440	22.45	105	25.1	88.5
	2	0.63	0.7	474	22.45	67	24.7	89.2
	3	0.96	0.4	488	22.45	78	25.3	93.9
	4	0.87	0.7	505	22.45	66	26	94.1
	5	0.86	1.3	518	22.44	91	26.2	94.1
2	1	0.4	1.6	423	22.45	79	26.2	94
	2	0.75	2	474	22.45	73	26.3	93.9
	3	0.99	1.6	469	22.44	78	24.9	90
	4	0.9	1.9	522	22.44	71	25.5	91.1
	5	0.85	2.6	507	22.44	84	26	93
3	1	0.41	3.4	426	22.44	83	26.1	93.5
	2	0.59	2.7	440	22.43	82	26.2	93.8
	3	1.1	2.5	478	22.44	61	26.1	94
	4	0.96	3.2	499	22.42	56	24.5	87.4
	5	0.88	3.7	512	22.42	81	25	89.4
4	1	0.65	3.8	427	22.41	67	25.4	92.9
	2	0.79	4.1	476	22.41	76	25.6	93.6
	3	1.11	3.7	474	22.41	64	25.7	93.8
	4	0.97	3.4	516	22.4	64	25.6	93.9
	5	0.88	3.8	528	22.42	83	25.5	84.3
5	1	0.88	4.5	445	22.42	66	25.9	85.1
	2	0.48	4	444	22.42	80	26	86.6
	3	0.92	3.8	473	22.41	74	26	87.3

4	0.79	4.7	519	22.41	62	25.9	87.7
5	0.72	3.7	514	22.41	83	25.9	87.7

*1:무처리, 2:하이드로볼+벽면녹화 기기작동, 3:하이드로볼+벽면녹화 무작동, 4: 일반상토+벽면녹화무작동, 5:공기청정기

결과적으로 식물의 종에 따라 포름알데히드의 정화효과가 다른 것으로 나타났다. 실험에 사용한 식물 중에서 스킨답서스가 가장 좋은 포름알데히드 제거율을 보였고, 다음으로 드라세나, 아글라오네마, 홍콩야자 순이었다. 홍콩야자는 다른 처리에 비해 적게는 2배 많게는 2.5배까지 포름알데히드 농도가 높았다. 처리한 모든 식물에서 포름알데히드의 농도가 높을수록 이산화탄소의 농도도 높은 경향을 보였다. 식물의 공기정화 과정은 광합성을 하면서 오염물질을 흡수하고 흡수된 오염물질을 대사과정을 통해 무독화 시키는 것으로 알려져 있다(류, 2016). 이산화탄소는 광합성에 이용되기 때문에 공기 중의 오염물질의 양과 이산화탄소의 양이 양의 상관관계가 형성된다는 연구결과(이, 2003)처럼 본 실험에서도 포름알데히드의 양과 이산화탄소의 양은 양의 상관관계를 나타냈다.

(2) 수경벽면녹화 시스템의 미세먼지 제거 효과

(가) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 아글라오네마 ‘다이아몬드’의 미세먼지 제거 효과

미세먼지 주입 후 시간 경과에 따른 미세먼지 제거 효과는 그림 122과 표 46과 같다. 미세먼지 주입 1시간이 경과하였을 때, 수경벽면녹화 시스템을 작동한 처리구에서만 $997\text{ug} \cdot \text{m}^{-3}$ 로 수치가 줄어들기 시작했다. 2시간이 경과 했을 때, 무처리구와 공기청정기를 제외한 식물이 들어간 처리구에서 미세먼지 수치가 낮아지는 지는 것을 확인할 수 있었다. 미세먼지를 주입 5시간이 경과하였을 때의 공기질은 식물이 있는 처리구에서는 높은 미세먼지 제거 효과가 있는 반면, 무처리구와 공기청정기는 미세먼지를 주입했을 때와 마찬가지로 $1,000\text{ug} \cdot \text{m}^{-3}$ 로 수치에 변화가 없었다. 벽면녹화 시스템을 작동한 처리구는 $108\text{ug} \cdot \text{m}^{-3}$, 식물이 하이드로볼에 식재되어 있지만 벽면녹화 시스템을 작동하지 않은 처리구는 $213\text{ug} \cdot \text{m}^{-3}$, 토양에 식물이 식재되었고 벽면녹화 시스템을 작동하지 않는 처리구에서는 $125\text{ug} \cdot \text{m}^{-3}$ 로 나타났다. 이들 처리 간에는 유의적인 차이는 없었다. 상대습도도 이와 같은 경향을 결과를 나타냈다. 식물을 식재한 처리구만 90% 이상의 높은 상대습도를 나타냈고 시간이 경과함에 따라 습도도 높아지는 것을 알 수 있었다. 반면 1, 5처리에서는 실험초기와 같은 약 70%의 상대습도를 유지했다. 처리간의 온도 차이는 실험을 완료한 5시간 후에는 벽면녹화시스템을 작동한 처리구만 다른 처리구에 비해 약 1°C 정도 높아지는 것으로 나타났다. TVOC, CO₂, O₂는 처리간의 차이가 전혀 없었다. HCHO와 CO는 미세먼지 처리 1시간 후 까지는 처리간의 차이가 약간 있었지만 시간이 그 이후에는 처리간의 차이가 없었다.

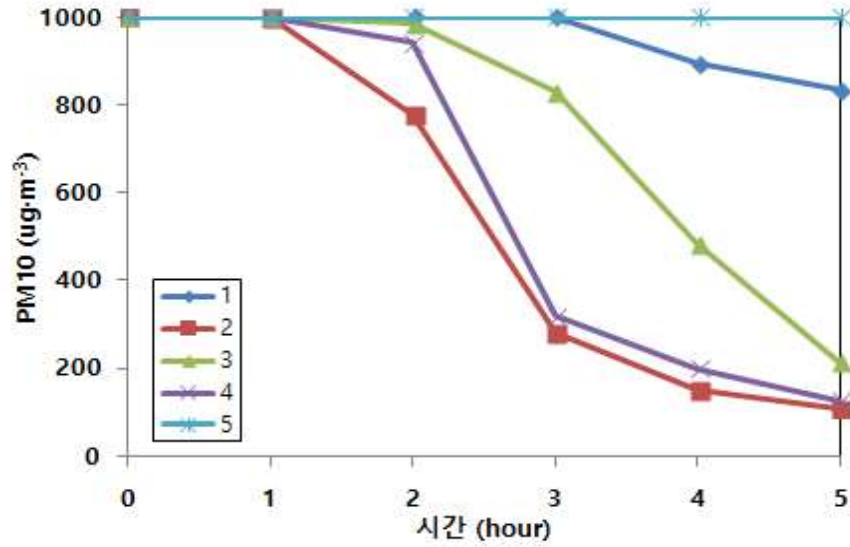


그림 122. 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 를 이용하여 미세먼지 제거 효과.

표 46. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 의 미세먼지 제거

시간	처리	TVOC (ppm)	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.26 a ^y	0.22 b	0.00 b	626 a	21.8 a	1,000 a	26.0 b	70.6 b
	2	0.33 a	0.38 ab	4.40 ab	626 a	21.7 a	1,000 a	26.0 b	82.4 a
	3	0.38 a	0.58 a	0.70 b	608 a	21.8 a	1,000 a	26.7 b	88.3 a
	4	0.37 a	0.51 ab	2.80 ab	603 a	21.8 a	1,000 a	25.5 b	79.5 a
	5	0.36 a	0.48 ab	8.15 a	523 a	21.8 a	1,000 a	28.2 a	68.6 b
1	1	0.20 a	0.20 c	0.00 b	464 a	21.9 a	1,000 a	26.9 a	72.9 b
	2	0.19 a	0.24 bc	0.29 b	465 a	21.9 a	997 a	27.0 a	90.6 a
	3	0.22 a	0.33 b	2.23 ab	526 a	21.9 a	1,000 a	26.9 a	93.4 a
	4	0.24 a	0.45 a	4.67 a	541 a	21.9 a	1,000 a	26.9 a	90.0 a
	5	0.24 a	0.46 a	2.37 ab	558 a	21.9 a	1,000 a	27.2 a	68.9 b
2	1	0.25 a	0.39 a	2.97 a	591 a	21.9 a	1,000 a	27.0 a	72.7 b
	2	0.24 a	0.37 a	2.63 a	581 a	21.9 a	776 a	27.5 a	93.1 a
	3	0.22 a	0.38 a	4.00 a	465 a	22.0 a	984 a	26.8 a	94.2 a
	4	0.23 a	0.39 a	2.37 a	538 a	21.9 a	941 a	26.8 a	92.7 a
	5	0.22 a	0.33 a	1.67 a	530 a	21.9 a	1,000 a	27.1 a	67.6 b
3	1	0.13 a	0.34 a	2.80 a	561 a	21.8 a	1,000 a	26.7 ab	73.4 b
	2	0.12 a	0.29 a	1.40 a	551 a	21.8 a	280 b	27.6 a	93.3 a
	3	0.11 a	0.34 a	1.27 a	519 a	21.8 a	830 a	26.6 ab	94.7 a
	4	0.13 a	0.37 a	0.97 a	551 a	21.8 a	319 b	26.6 ab	93.8 a

	5	0.14 a	0.53 a	5.00 a	577 a	21.8 a	1,000 a	26.2 b	69.9 b
4	1	0.12 a	0.31 a	1.27 a	582 a	21.8 a	1,000 a	26.4 b	74.2 b
	2	0.21 a	0.43 a	3.93 a	581 a	21.8 a	151 c	27.5 a	93.5 a
	3	0.20 a	0.39 a	0.87 a	565 a	21.8 a	484 b	26.5 b	95.0 a
	4	0.18 a	0.38 a	4.10 a	537 a	21.8 a	200 c	26.5 b	94.4 a
	5	0.19 a	0.48 a	3.87 a	565 a	21.8 a	1,000 a	26.7 b	68.0 b
5	1	0.22 a	0.47 a	3.07 a	642 a	21.8 a	1,000 a	26.5 b	73.6 b
	2	0.25 a	0.47 a	2.57 a	597 a	21.8 a	108 b	27.6 a	93.7 a
	3	0.23 a	0.41 a	1.50 a	578 a	21.8 a	213 b	26.5 b	90.3 a
	4	0.20 a	0.37 a	4.80 a	558 a	21.8 a	125 b	26.7 b	94.7 a
	5	0.21 a	0.48 a	2.70 a	598 a	21.8 a	1,000 a	26.9 b	68.8 b

¹1: 무처리구, 2:벽면녹화시스템작동+하이드로볼, 3:벽면녹화시스템 무작동+하이드로볼, 4:벽면녹화시스템 무작동+일반상토, 5: 공기청정기 작동

²Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

(나) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 아글라오네마 ‘실버 킹’의 미세먼지 제거 효과

아글라오네마 ‘실버 킹’ 미세먼지 제거 능력은 그림 123, 표 47과 같다. 아글라오네마 ‘다이아몬드’처럼 5처리 중 식물이 들어간 2, 3, 4처리 구에서만 미세먼지가 감소되었다. 미세먼지 처리 직 후 1000ppm이었던 농도가 3처리에서는 1시간이 경과되면서 감소되기 시작했고, 2, 4처리는 2시간 후 부터 감소되기 시작하였다. 실험이 완료된 처리 5시간 후의 수치는 2처리 102ppm, 3처리 305ppm, 4처리 266ppm으로 2처리구가 미세먼지를 가장 많이 제거하였다. 무처리구와 공기청정기를 처리한 실험구에서는 미세먼지 처리 직 후와 같은 1000ppm을 유지 하였다. TVOC는 미세먼지 처리 후 4시간이 경과하였을 때부터 처리간의 유의적인 차이가 났고, 공기청정기 처리구를 제외한 처리구에서는 0ppm을 나타냈다. HCHO의 전체적인 경향을 봤을 때 1, 2처리가 3, 4, 5처리 보다 낮은 포름알데히드 농도는 타나냈다. 일산화탄소는 미세먼지 처리 3시간 후에는 처리간의 유의적인 차이가 없었으나 4시간이 경과하면서 4, 5처리의 농도가 다른 처리구 보다 높았다. 이산화탄소는 1, 2처리 보다 3, 4, 5처리구에서 더 높은 이산화탄소 농도를 보였다. 1, 2처리는 430ppm 농도를 나타낸 반면 3, 4, 5처리구는 500ppm이상의 농도를 나타냈다. 산소는 처리에 상관없이 시간이 경과해도 약 20%를 유지했다. 온도는 2처리가 약 27°C로 다른 처리구에 비해 1~2°C 높다. 처리 직전에 측정된 상대습도는 식물이 들어가지 않는 1, 5처리는 60~70%, 식물이 들어가는 2, 3, 4 처리구는 약80%의 상대습도를 나타냈다. 시간이 경과하면서 2, 3, 4 처리구는 점차적으로 상대습도가 증가하는 것으로 나타났다. 미세먼지 처리 5시간 후에 측정된 상대습도는 1, 5처리는 처리 전과 비슷한 60~70% 상대습도를 유지하는 반면 2, 3, 4 처리구는 약 95%의 높은 상대습도를 나타냈다.

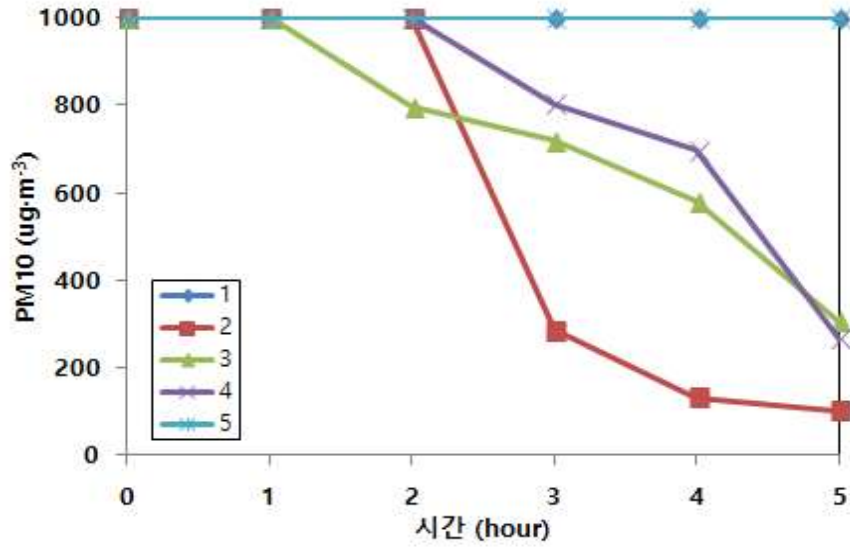


그림 123. 아글라오네마 ‘실버 킹’ 를 이용하여 미세먼지 제거 효과.

표 47. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 아글라오네마 ‘실버 킹’ 의 미세먼지 제거

시간	처리	TVOC (ppm)	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.04 a ^y	0.15 b	0.00 b	494 a	22.0 a	1,000 a	25.6 a	67.6 b
	2	0.04 a	0.25 ab	3.63 ab	491 a	22.0 a	1,000 a	26.4 a	83.1 a
	3	0.07 a	0.32 a	3.37 ab	516 a	22.0 a	1,000 a	26.3 a	84.6 a
	4	0.10 a	0.36 a	0.40 ab	528 a	22.0 a	1,000 a	25.1 a	81.1 a
	5	0.08 a	0.31 a	6.47 a	534 a	22.0 a	1,000 a	27.2 a	62.1 b
1	1	0.04 a	0.14 b	0.00 b	449 b	22.0 a	1,000 a	26.5 a	67.8 b
	2	0.04 a	0.24 b	6.00 a	458 b	22.0 a	1,000 a	27.2 a	92.8 a
	3	0.08 a	0.36 a	1.70 ab	531 a	22.0 a	1,000 a	26.8 a	93.3 a
	4	0.08 a	0.44 a	2.23 ab	546 a	22.0 a	1,000 a	25.9 a	84.9 a
	5	0.10 a	0.43 a	3.40 ab	567 a	22.0 a	1,000 a	26.7 a	61.6 b
2	1	0.04 a	0.14 c	0.00 a	433 c	22.0 a	1,000 a	26.5 a	67.6 b
	2	0.04 a	0.24 bc	3.87 a	444 c	22.0 a	1,000 a	27.5 a	94.3 a
	3	0.06 a	0.35 ab	2.83 a	509 bc	22.0 a	799 b	26.9 a	94.4 a
	4	0.07 a	0.36 ab	4.97 a	548 ab	22.0 a	1,000 a	26.4 a	93.5 a
	5	0.09 a	0.43 a	5.97 a	607 a	22.0 a	1,000 a	26.5 a	61.3 c
3	1	0.00 a	0.21 a	0.73 a	481 a	22.0 a	1,000 a	26.4 a	67.7 b
	2	0.08 a	0.34 a	2.53 a	514 a	22.0 a	285 b	27.9 a	94.9 a
	3	0.08 a	0.40 a	1.83 a	533 a	21.7 a	718 a	26.9 a	94.7 a
	4	0.04 a	0.31 a	2.17 a	494 a	22.0 a	804 a	26.6 a	94.6 a

	5	0.05 a	0.31 a	1.63 a	520 a	21.7 a	1,000 a	26.3 a	62.3 c
4	1	0.04 b	0.23 b	0.77 c	478 a	22.0 a	1,000 a	26.3 c	68.0 b
	2	0.09 ab	0.42 ab	5.13 bc	497 a	22.0 a	132 c	27.8 a	95.3 a
	3	0.10 ab	0.42 ab	1.00 c	511 a	22.0 a	580 b	26.8 b	94.8 a
	4	0.09 ab	0.48 ab	7.77 ab	537 a	22.0 a	698 b	26.4 bc	94.6 a
	5	0.11 a	0.63 a	9.97 a	579 a	22.0 a	1,000 a	26.2 c	63.3 b
5	1	0.00 b	0.11 b	0.00 d	433 c	21.8 a	1,000 a	25.6 b	68.4 b
	2	0.00 b	0.14 b	0.95 c	438 c	21.8 a	102 c	27.2 a	94.8 a
	3	0.01 b	0.39 a	0.55 cd	518 b	21.8 a	305 b	26.6 ab	94.8 a
	4	0.00 b	0.31 a	2.35 b	532 b	21.8 a	266 b	26.3 b	94.2 a
	5	0.02 a	0.42 a	3.70 a	569 a	21.8 a	1,000 a	26.3 b	66.1 b

²1: 무처리구, 2:벽면녹화시스템작동+하이드로볼, 3:벽면녹화시스템 무작동+하이드로볼, 4:벽면녹화시스템 무작동+일반상토, 5: 공기청정기 작동

³Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

(다) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 드라세나의 미세먼지 제거 효과

드라세나는 앞선 아글라오네마처럼 식물이 들어간 2, 3처리에서 미세먼지 처리 2시간 이후부터 감소되기 시작하였다(그림 124). 3처리구는 처리 3시간 후에 수치가 감소되기 시작하였다. 미세먼지 처리 5시간 후에는 2처리가 137ppm, 3처리가 305ppm, 4처리가 358ppm로 미세먼지 농도가 감소되었다. 1, 5처리구는 처리 직후의 농도인 1000ppm와 같았다(표 48). TVOC는 처리간의 차이가 없었다. 미세먼지 처리로 인해 TVOC 수치가 높아지지는 않았다. 시간이 흐름에 따라 포름알데히드 농도가 감소하는 경향을 보였다. 처리 5시간 후에는 1, 2처리가 3, 4, 5처리보다 낮은 TVOC 농도를 나타냈다. 일산화탄소는 처리 전의 수치와 비교했을 때 시간이 경과될수록 감소하였다. 무처리구를 제외한 모든 처리구에서 더 높은 일산화탄소 농도를 나타내었다. 이산화탄소농도는 미세먼지 처리 전에는 처리간의 차이가 없었지만, 시간이 경과할수록 농도가 높아지고 처리 간에도 유의적인 차이를 나타냈다. 산소농도는 처리간의 유의적인 차이가 없다. 온도는 앞서 실험한 아글라오네마 ‘실버킹’처럼 2처리구가 다른 처리구에 비해 약 1°C 정도 높다. 상대습도는 시간이 경과하면서 2, 3, 4처리구는 90%이상 증가하였지만, 1, 5처리는 시간이 경과하여도 처리전과 비슷한 65%의 상대습도를 유지하였다.

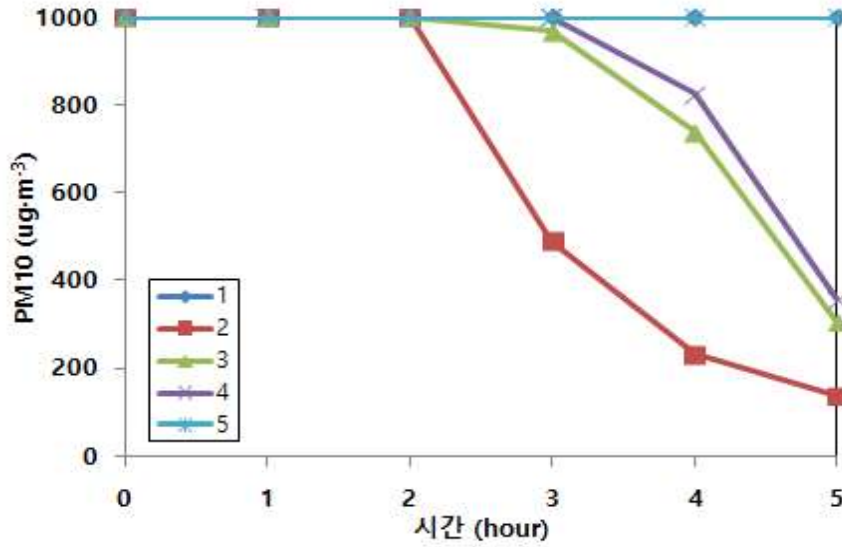


그림 124. 드라세나를 이용하여 미세먼지 제거 효과.

표 48. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 드라세나의 미세먼지 제거

시간	처리	TVOC (ppm)	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.05 a ^y	0.20 a	2.27 a	469 a	21.9 a	1,000a	25.2 b	68.0 b
	2	0.05 a	0.51 a	8.97 a	480 a	21.9 a	1,000a	26.5 a	88.0 a
	3	0.10 a	0.56 a	7.57 a	498 a	21.9 a	1,000a	26.3 a	88.5 a
	4	0.11 a	0.47 a	5.73 a	482 a	22.0 a	1,000a	26.3 a	89.2 a
	5	0.10 a	0.48 a	5.63 a	482 a	22.0 a	1,000a	27.1 a	65.1 b
1	1	0.00 b	0.16 a	0.00 b	428 b	22.1 a	1,000a	25.8 a	65.8 b
	2	0.00 b	0.39 ab	10.67 a	437 b	22.1 a	1,000a	27.2 a	92.5 a
	3	0.05 ab	0.43 ab	8.27 ab	486 a	21.8 a	1,000a	26.6 a	92.5 a
	4	0.07 a	0.56 a	10.20 a	498 a	22.1 a	1,000a	26.4 a	92.2 a
	5	0.10 a	0.54 ab	8.93 ab	506 a	22.1 a	1,000a	26.8 a	63.9 b
2	1	0.00 a	0.15 b	0.27 b	428 a	22.0 a	1,000a	26.6 a	63.9 b
	2	0.02 a	0.67 a	9.73 a	498 a	22.0 a	1,000a	27.5 a	93.6 a
	3	0.03 a	0.44 a	3.80 ab	494 a	22.0 a	1,000a	26.8 a	93.4 a
	4	0.03 a	0.59 a	4.67 ab	513 a	22.0 a	1,000a	26.8 a	92.9 a
	5	0.04 a	0.56 a	7.33 ab	375 a	22.0 a	1,000a	27.1 a	61.3 b
3	1	0.00 a	0.20 b	0.00 a	445 c	22.1 a	1,000a	26.7 b	63.5 b
	2	0.03 a	0.44 ab	4.80 a	459 bc	22.1 a	490b	27.6 ab	94.1 a
	3	0.33 a	0.55 a	4.43 a	493 abc	22.1 a	969a	26.9 ab	93.9 a

	4	0.06 a	0.53 a	7.17 a	508 ab	22.1 a	1,000a	26.7 b	93.0 a
	5	0.07 a	0.49 ab	5.77 a	521 a	22.1 a	1,000a	26.7 ab	61.9 b
4	1	0.01 a	0.20 b	0.03 b	450 b	22.0 a	1000a	26.3 a	64.5 b
	2	0.02 a	0.53 ab	6.87 ab	475 ab	22.0 a	233a	27.6 a	94.3 a
	3	0.02 a	0.42 ab	3.20 ab	490 ab	22.0 a	739b	26.8 a	94.2 a
	4	0.03 a	0.67 a	8.57 a	520 ab	22.0 a	824a	26.6 a	93.3 a
	5	0.04 a	0.55 ab	5.53 ab	551 a	22.0 a	1,000a	26.8 a	62.4 b
5	1	0.00 a	0.13 b	0.00 b	428 c	22.0 a	1,000a	26.4 a	64.5 b
	2	0.00 a	0.49 a	10.33 a	453 bc	22.0 a	137c	27.7 a	94.5 a
	3	0.00 a	0.39 a	1.70 ab	484 abc	22.0 a	305b	26.7 a	89.2 a
	4	0.00 a	0.47 a	5.13 ab	508 ab	22.0 a	358b	26.6 a	93.5 a
	5	0.02 a	0.42 a	4.53 ab	540 a	22.0 a	1,000a	26.9 a	60.9 b

²1: 무처리구, 2:벽면녹화시스템작동+하이드로볼, 3:벽면녹화시스템 무작동+하이드로볼, 4:벽면녹화시스템 무작동+일반상토, 5: 공기청정기 작동

³Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

(라) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 홍콩야자의 미세먼지 제거 효과

홍콩야자는 1, 5처리를 제외한 2, 3, 4 처리구에서 미세먼지가 제거되는 것을 확인할 수 있었다(그림 125). 특히 2처리구는 미세먼지 1시간 만에 감소되기 시작하였다. 5시간 후에는 95ppm로 대부분의 미세먼지가 제거 되었다(표 49). 3처리구는 476ppm, 4처리구는 611ppm로 다른 식물보다 상대적으로 낮은 미세먼지 제거율을 보였다. TVOC는 미세먼지 처리 직후 0.03ppm~0.04ppm의 농도를 나타냈지만 시간이 경과할수록 처리에 상관없이 낮아졌다. TVOC, HCHO, CO, CO₂, O₂는 처리간의 유의적인 차이는 없었다. 온도는 아글라오네마나 드라세나처럼 다른 처리구에 비해 2처리구가 1℃ 정도 높았다. 상대습도도 다른 식물처럼 1, 5처리를 제외한 2, 3, 4 처리구에서 시간이 경과함에 따라 상대습도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 약 75~89%였던 상대습도가 5시간이 경과했을 때 94%의 높은 상대습도를 나타냈다.

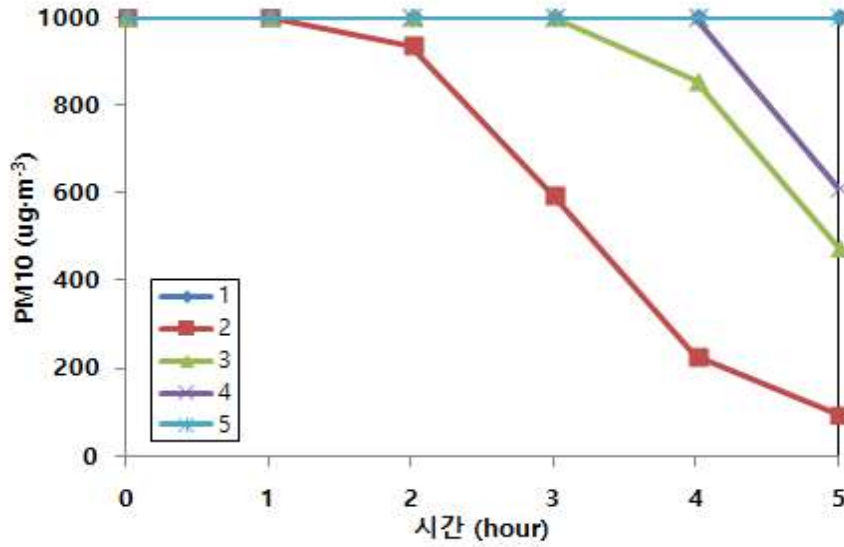


그림 125. 홍콩야자를 이용하여 미세먼지 제거 효과.

표 49. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 홍콩야자의 미세먼지 제거 효과

시간	처리	TVOC (ppm)	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.03 a ^y	0.13 b	0.00 a	501 a	22.2 a	1,000 a	26.2 b	62.5 c
	2	0.03 a	0.15 b	2.97 a	527 a	22.2 a	1,000 a	28.1 a	87.4 a
	3	0.04 a	0.28 ab	2.10 a	526 a	22.2 a	1,000 a	26.5 ab	88.7 a
	4	0.04 a	0.48 a	6.17 a	536 a	22.2 a	1,000 a	25.1 b	75.0 b
	5	0.03 a	0.48 a	5.60 a	542 a	22.2 a	1,000 a	26.6 ab	57.3 c
1	1	0.00 a	0.11 b	0.00 b	429 a	22.2 a	1,000 a	26.2 ab	62.6 b
	2	0.00 a	0.11 b	1.07 ab	428 a	22.1 a	1,000 a	27.7 a	92.9 a
	3	0.00 a	0.44 a	0.73 a	522 a	22.1 a	1,000 a	26.5 ab	92.5 a
	4	0.00 a	0.40 a	1.17 a	532 a	22.1 a	1,000 a	25.9 b	86.4 a
	5	0.00 a	0.38 a	1.23 a	625 a	22.1 a	1,000 a	26.0 b	59.0 b
2	1	0.00 a	0.16 b	0.40 a	553 a	22.1 a	1,000 a	26.1 a	63.1 b
	2	0.00 a	0.34 ab	3.00 a	539 a	22.1 a	936 a	27.7 a	93.9 a
	3	0.00 a	0.51 a	3.23 a	552 a	22.1 a	1,000 a	26.6 a	93.3 a
	4	0.00 a	0.45 ab	1.77 a	568 a	22.1 a	1,000 a	26.0 a	92.0 a
	5	0.00 a	0.39 ab	2.43 a	571 a	22.1 a	1,000 a	26.5 a	57.6 b
3	1	0.00 a	0.18 a	0.70 b	480 a	22.2 a	1,000 a	26.2 b	62.9 b

	2	0.00 a	0.39 a	11.23 a	516 a	22.1 a	593 b	27.8 a	94.2 a
	3	0.00 a	0.36 a	3.37 b	547 a	22.1 a	1,000 a	26.7 ab	93.8 a
	4	0.00 a	0.36 a	2.87 b	534 a	22.1 a	1,000 a	26.1 b	93.3 a
	5	0.00 a	0.24 a	0.97 b	613 a	22.1 a	1,000 a	26.1 b	61.4 b
4	1	0.00 a	0.18 b	0.13 b	537 a	22.2 a	1,000 a	26.3 b	62.4 b
	2	0.00 a	0.46 ab	10.50 a	524 a	22.2 a	226 b	28.0 a	94.4 a
	3	0.00 a	0.38 ab	1.20 b	519 a	22.2 a	855 a	26.7 b	94.0 a
	4	0.03 a	0.54 a	6.40 ab	565 a	22.2 a	1,000 a	26.3 b	94.0 a
	5	0.00 a	0.42 ab	1.83 b	654 a	22.1 a	1,000 a	26.4 b	60.0 b
5	1	0.01 a	0.20 a	5.17 a	517 a	22.1 a	1,000 a	26.1 b	62.8 b
	2	0.03 a	0.60 a	13.10 a	511 a	22.1 a	95 d	27.9 a	94.5 a
	3	0.02 a	0.36 a	5.67 a	572 a	22.1 a	476 c	26.6 b	94.1 a
	4	0.04 a	0.33 a	1.57 a	577 a	22.1 a	611 b	26.4 b	94.3 a
	5	0.02 a	0.41 a	3.03 a	611 a	22.1 a	1,000 a	26.1 b	61.1 b

^z1: 무처리구, 2:벽면녹화시스템작동+하이드로볼, 3:벽면녹화시스템 무작동+하이드로볼, 4:벽면녹화시스템 무작동+일반상토, 5: 공기청정기 작동

^yDuncan의 다중 검증 $P=0.05$

(마) 수정 벽면녹화시스템을 이용한 스킨답서스의 미세먼지 제거 효과

미세먼지 처리 직후 부터 3처리구의 미세먼지가 감소되기 시작하여 처리 1시간 뒤에는 664ppm 의 농도로 감소되었다(그림 126, 표 50). 2, 4처리는 미세먼지 처리 1시간 후 부터 미세먼지가 제거되기 시작했다. 특히 2처리는 미세먼지 처리 2시간 뒤에 154ppm로 급격히 감소하였으며, 미세먼지 처리 5시간 뒤에는 85ppm으로 대부분의 미세먼지를 제거하였다. 3, 4 처리도 5시간 뒤에 각각 247, 171ppm으로 다른 식물보다 더 높은 미세먼지 제거율을 보였다. 1, 5처리구는 미세먼지가 전혀 제거되지 않았다. TVOC, HCHO, 일산화탄소, 이산화탄소, 산소의 조사항목에서는 처리간의 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. TVOC, HCHO, 일산화탄소는 처리 직후의 농도보다 시간이 경과함에 따라 처리구에 상관없이 농도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. 미세먼지 처리 직후에 0.56~0.61ppm이었던 TVOC가 5시간이 경과하였을 때는 0.16~0.19ppm 으로 많이 낮아지는 것으로 나타났다. HCHO도 처리 직후 0.30~0.64ppm이었던 농도가 0.21~0.34ppm 농도로 낮아졌다. 온도와 상대습도는 앞선 다른 식물들과 같은 경향을 나타냈다. 2처리구가 다른 처리구 보다 약 1°C 정도 높았고 상대습도 1, 5처리를 제외한 나머지 처리에서 약 94%의 높은 상대습도를 나타냈다.

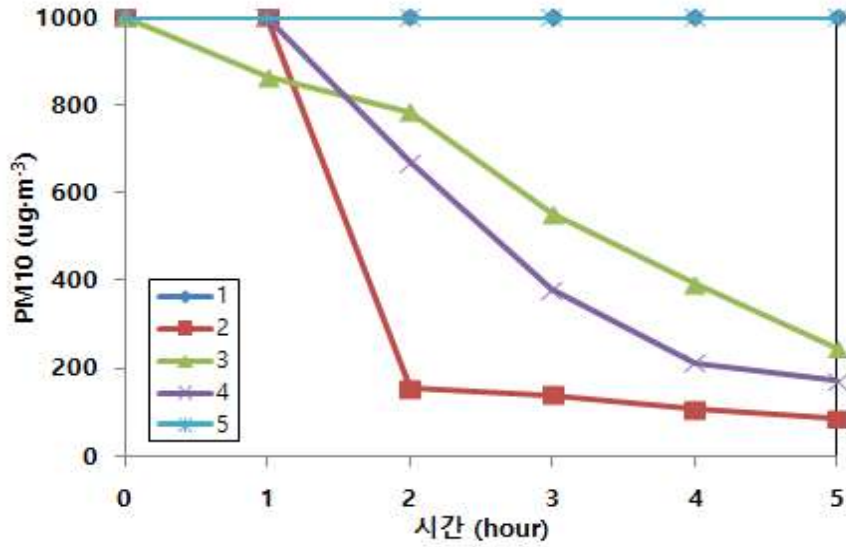


그림 126. 스킨답서스를 이용하여 미세먼지 제거 효과.

표 50. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 스킨답서스의 미세먼지 제거

시간	처리	TVOC (ppm)	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.57 a ^y	0.30 a	0.00 a	504 a	21.7 a	1000 a	26.3 a	69.0 b
	2	0.56 a	0.36 a	4.40 a	491 a	21.7 a	1000 a	27.0 a	86.7 a
	3	0.59 a	0.31 a	0.00 a	522 a	21.5 a	1000 a	26.7 a	82.0 a
	4	0.58 a	0.64 a	4.33 a	577 a	21.7 a	1000 a	25.9 a	80.4 a
	5	0.61 a	0.48 a	2.20 a	611 a	21.5 a	1000 a	27.3 a	65.9 b
1	1	0.34 a	0.22 b	0.00 b	426 a	21.8 a	1000 a	26.3 a	70.1 b
	2	0.33 a	0.23 b	0.00 b	429 a	21.8 a	1000 a	27.2 a	92.2 a
	3	0.39 a	0.40 ab	1.83 b	521 a	21.6 a	864 a	26.6 a	88.5 a
	4	0.34 a	0.44 ab	1.03 b	514 a	21.8 a	1000 a	26.0 a	88.5 a
	5	0.37 a	0.60 a	6.20 a	594 a	21.8 a	1000 a	26.3 a	69.2 b
2	1	0.48 a	0.23 a	0.00 a	443 a	21.7 a	1000 a	25.5 a	71.8 b
	2	0.44 a	0.24 a	0.07 a	450 a	21.8 a	154 b	26.8 a	92.9 a
	3	0.46 a	0.49 a	5.37 a	557 a	21.8 a	785 a	26.0 a	91.0 a
	4	0.41 a	0.38 a	0.30 a	491 a	21.8 a	669 a	25.7 a	92.1 a
	5	0.41 a	0.35 a	1.17 a	495 a	21.8 a	1000 a	25.7 a	70.0 b
3	1	0.36 a	0.40 a	2.20 a	544 a	21.9 a	1000 a	25.5 b	72.3 b

	2	0.35 a	0.47 a	1.95 a	564 a	21.9 a	139 d	26.8 a	93.2 a
	3	0.35 a	0.51 a	0.55 a	584 a	21.9 a	553 b	26.2 ab	93.8 a
	4	0.33 a	0.36 a	0.15 a	556 a	21.9 a	380 c	25.7 ab	92.5 a
	5	0.30 a	0.37 a	1.05 a	551 a	21.9 a	1000 a	25.8 ab	68.4 c
4	1	0.27 a	0.33 a	1.50 a	552 a	21.8 a	1000 a	25.3 b	72.7 b
	2	0.27 a	0.32 a	0.10 b	549 a	21.8 a	107 c	26.8 a	93.7 a
	3	0.26 a	0.37 a	0.05 b	541 a	21.9 a	394 b	26.1 ab	94.3 a
	4	0.25 a	0.30 a	0.00 b	533 a	21.9 a	212 c	25.7 ab	93.4 a
	5	0.24 a	0.31 a	0.25 b	538 a	21.8 a	1000 a	25.4 ab	69.3 c
5	1	0.17 a	0.21 a	0.15 a	519 a	21.4 a	1000 a	25.0 b	72.4 b
	2	0.19 a	0.31 a	0.15 a	579 a	21.8 a	85 c	26.4 a	94.0 a
	3	0.19 a	0.34 a	0.00 a	563 a	21.7 a	247 b	25.7 ab	94.4 a
	4	0.16 a	0.26 a	0.05 a	520 a	21.7 a	171 bc	25.6 ab	93.6 a
	5	0.16 a	0.30 a	0.10 a	552 a	21.7 a	1000 a	25.8 ab	71.2 b

²1: 무처리구, 2:벽면녹화시스템작동+하이드로볼, 3:벽면녹화시스템 무작동+하이드로볼, 4:벽면녹화시스템 무작동+일반상토, 5: 공기청정기 작동

^yDuncan의 다중 검증 $P=0.05$

(바) 수경 벽면녹화시스템을 이용한 스킨답서스 ‘라임’의 미세먼지 제거 효과

2처리는 미세먼지 처리 1시간 후 부터 감소되기 시작했고, 4처리는 2시간 후, 3처리는 3시간 후 부터 감소되었다(그림 127). 미세먼지 처리 5시간이 경과했을 때 2처리는 169ppm, 3처리는 327ppm, 4처리는 444ppm로 감소된 반면 1, 5처리는 미세먼지가 전혀 제거되지 않았다(표 51). 같은 스킨답서스과라도 종에 따라 미세먼지의 제거 능력에 차이가 있음을 알 수 있었다. 스킨답서스와 같이 TVOC, HCHO, 일산화탄소, 이산화탄소, 산소 항목에서 모두 처리간의 유의적인 차이가 없었다. 다른 식물종과 달리 온도에서 처리간의 유의적인 차이가 없었다. 상대습도는 다른 식물종과 같이 2, 3, 4처리구만 94~95%의 높은 습도를 나타냈다.

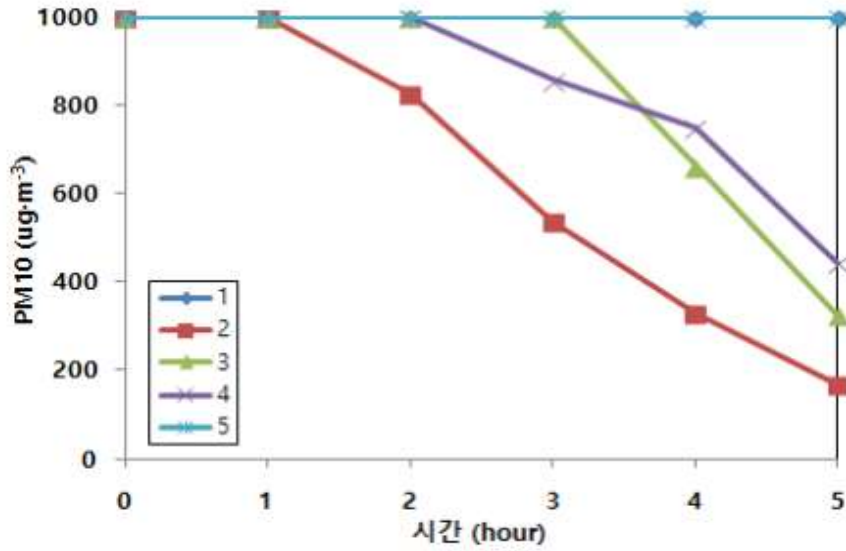


그림 127. 스킨답서스 ‘라임’ 을 이용하여 미세먼지 제거 효과.

표 51. 수경 벽면녹화시스템을 이용한 스킨답서스 ‘라임’ 의 미세먼지 제거

시간	처리	TVOC (ppm)	HCHO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	PM10 (ug · m ⁻³)	온도 (°C)	상대습도 (%)
0	1 ^z	0.11a ^y	0.19b	0.00b	519a	22.1a	1000a	27.2a	64.9c
	2	0.11a	0.39a	9.33a	518a	22.1a	1000a	28.4a	89.7a
	3	0.16a	0.36a	3.50ab	531a	22.1a	1000a	27.5a	89.0a
	4	0.18a	0.41a	0.43b	550a	22.1a	1000a	26.7a	76.7b
	5	0.15a	0.40a	7.57a	556a	22.1a	1000a	28.3a	58.4c
1	1	0.02a	0.15b	0.00b	459b	22.0a	1000a	27.3a	65.6b
	2	0.02a	0.22ab	5.23ab	457b	22.0a	1000a	28.5a	93.8a
	3	0.09a	0.51ab	5.70ab	524a	22.0a	1000a	27.2a	93.1a
	4	0.11a	0.54a	6.17ab	568a	22.0a	1000a	27.3a	91.7a
	5	0.13a	0.56a	10.30a	578a	22.0a	1000a	27.5a	61.2b
2	1	0.08a	0.22b	0.40a	547a	22.0a	1000a	26.6b	67.4b
	2	0.13a	0.33ab	6.97a	556a	22.0a	827a	28.1a	94.2a
	3	0.12a	0.54ab	5.90a	549a	22.0a	1000a	26.9b	94.3a
	4	0.12a	0.51ab	5.53a	568a	22.0a	1000a	26.9b	93.1a
	5	0.12a	0.58a	6.77a	604a	22.0a	1000a	27.0b	61.4b
3	1	0.10a	0.24a	1.80a	478a	22.0a	1000a	26.4b	67.9b

	2	0.14a	0.41a	8.33a	478a	22.0a	538b	28.0a	94.5a
	3	0.14a	0.48a	5.33a	522a	22.0a	1000a	26.8ab	94.7a
	4	0.12a	9.38a	5.90a	556a	22.0a	859ab	26.7ab	93.9a
	5	0.12a	0.49a	7.97a	563a	22.0a	1000a	26.6ab	62.8b
4	1	0.06a	0.20a	0.17b	508a	22.0a	1000a	26.3a	68.1b
	2	0.10a	0.46a	9.63a	489a	22.0a	331b	27.8a	94.6a
	3	0.11a	0.46a	4.10ab	540a	21.9a	664ab	26.7a	95.1a
	4	0.09a	0.40a	2.20b	555a	21.9a	750a	26.6a	94.1a
	5	0.07a	0.40a	5.97ab	566a	21.9a	1000a	26.3a	65.1b
5	1	0.10a	0.30a	1.87a	571a	22.0a	1000a	26.3a	68.1b
	2	0.15a	0.60a	8.53a	555a	22.0a	169b	28.0a	94.9a
	3	0.13a	0.40a	2.97a	542a	22.0a	327b	26.8a	95.3a
	4	0.10a	0.44a	7.33a	576a	22.0a	444b	26.6a	94.5a
	5	0.09a	0.49a	3.87a	662a	22.0a	1000a	26.5a	67.1b

¹1: 무처리구, 2:벽면녹화시스템작동+하이드로볼, 3:벽면녹화시스템 무작동+하이드로볼, 4:벽면녹화시스템 무작동+일반상태, 5: 공기청정기 작동

²Duncan의 다중 검증 $P=0.05$

결론적으로 수경벽면녹화시스템을 이용하여 미세먼지 제거 효과를 조사한 결과 포름알데히드와 같이 식물 종간의 차이가 있었다. 스팀답서스가 가장 좋은 미세먼지 제거 효과가 있었고, 그 다음으로 아글라오네마 ‘다이아몬드’, 아글라오네마 ‘실버킹’, 드라세나, 스킨답서스 ‘라임’ 순서였다. 스킨답서스처럼 같은과의 식물이라도 품종에 따라 미세먼지 제거의 능력에 차이가 있었다. 미세먼지 처리 후 시간이 흐를수록 순차적으로 미세먼지 농도가 감소하는 것을 알 수 있었다. 식물의 종에 상관없이 2, 3, 4 처리구는 미세먼지 농도가 감소 반면 무처리구와 공기청정기 처리구의 값은 처리 직후의 값과 동일한 $1000\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 을 유지하였다. 상대습도도 다른 2, 3, 4처리구가 약 95% 높은 상대습도를 나타냈고, 무처리구와 5처리구는 70~60%의 상대적으로 낮은 상대습도를 나타냈다. 이는 상대습도가 높을수록 미세먼지의 제거 효율적이라는 선행연구와 일치한다(도시연구팀).

4. 수경 벽면녹화시스템이 인간의 정신건강에 미치는 영향 구명

가. 연구목적

식물은 실내에서 수경 벽면녹화시스템으로 식물을 키울 경우 많은 장점들이 있다. 우선 수경 재배라 토양을 전혀 사용하지 않기 때문에 가정이나 사무실을 청결하게 유지할 수 있다. 그리

고 자동급수 시스템이라 식물을 관리하기에도 편리하고, 물로만 재배하기 때문에 겨울철 건조한 낮은 상대습도를 높여 줄 수 있다. 그리고 활발하게 연구가 이루어지고 있는 식물의 공기정화기능도 상쾌한 실내공기를 만드는데 좋은 역할을 한다. 이 외에도 관엽식물의 경우 종이 다양하여 실내 인테리어를 꾸미는 소품으로 아주 훌륭하고, 식물이 주는 편안함은 바쁜 현대사회를 사는 사람들에게 정서적으로 안정감을 준다.

본 연구에서는 수경 벽면녹화시스템을 실내 설치하고 설치 전과 후의 사람들이 느끼는 공기질의 변화와 정서적인 변화를 조사하고, 수경 벽면녹화시스템에 대한 만족도를 조사하기 위해 실험을 수행하였다.

나. 조사방법

(1) 수경 벽면녹화장치 사용 전·후의 인식변화 조사

수경 벽면녹화시스템에 설치 한 지 1달 이상 경과된 회사를 방문하여 수경 벽면녹화시스템의 사용 전과 사용 후의 인식변화를 조사하였다. 조사문항은 총 29 문항으로 조사내용은 사무실내 공기질이 어떻게 변화하였는지, 설치 후 직원들의 정서적인 부분에 어떤 변화가 일어났는지를 조사하였고, 벽면녹화시스템에 대한 디자인과 색상에 대한 만족도 등을 조사하였다.(첨부 참조)

- 설문조사 업체 : L사
- 설문조사 일시 : 2016년 6월 27일 ~ 6월 30일
- 설문조사 대상 및 인원 : L사 직원

(2) 수경 벽면녹화장치 선호도 조사

(주)에코피플에서 개발한 수경 벽면녹화시스템에 대한 시민들의 선호도를 조사하였다. 조사장소는 다양한 연령대가 사용을 하는 시외버스 터미널에서 이루어졌다. 수경 벽면녹화장치를 시외버스 터미널 내에 설치를 하고 시민들에게 수경 벽면녹화장치에 대해 설명을 한 후, 설문조사를 실시하였다(그림 128). 설문조사지의 조사항목은 17문항으로 수경벽면녹화장치의 디자인과 색상, 장치의 이점, 구입의사 등을 조사하였다(첨부 참조).

- 설문조사 장소 : 경상남도 진주시 남강로 712 시외버스터미널
- 설문조사 일시 : 2016년 6월 25일 오후 3~6시
- 설문조사 대상 및 인원 : 진주시민 100명



그림 128. 수경벽면녹화시스템의 선호도 조사(A:시외버스 터미널 내 수경벽면녹화장치 설치 후 모습, B: 설문조사 중의 모습)

다. 결과 및 고찰

(1) 수경 벽면녹화장치 사용 전·후의 인식변화 조사

(가) 수경벽면녹화시설 설치 전 사무실 환경에 대한 인식 분석

수경벽면녹화시설 설치 전의 사무실 작업환경에 대한 인식조사 결과(표 52), 수경벽면녹화시설을 설치하기 전에 사무실이 건조하다고 생각하는 작업자가 약85% 이상 이었고, 미세먼지가 많다고 생각하는 작업자도 약 70%이상 이었다. 설문 대상자의 약 50%가 사무실에서 불쾌한 냄새가 나고 쾌적하지 않다고 응답했다. 약 90% 가까운 작업자들은 사무실의 환경이 삭막하다고 생각했다. 그래서 사무실내 식물의 필요성을 느끼는 작업자도 78%나 되었다. 본 설문조사 결과 사무실의 공기는 건조하고 미세먼지를 비롯한 불쾌한 냄새가 나고 사무실 환경이 삭막하기 때문에 식물을 배치함으로써 좀 더 쾌적한 환경을 조성되기를 원하는 작업자들이 대다수임을 알 수 있었다.

표 52. 수경벽면녹화시설 설치 전 사무실 작업환경에 대한 인식.

변수	빈도 (%)				
	전혀 그렇지 않았다	그렇지 않았다	보통 이었다	그랬다	매우 그랬다
사무실 환경이 쾌적하다.	10.7	39.3	35.7	3.6	10.7
겨울철 사무실 환경이 건조하다.	-	-	14.3	53.6	32.1
사무실내 미세먼지가 많다.	-	7.1	21.5	57.1	14.3
사무실내 불쾌한 냄새가 난다.	-	10.7	42.9	35.7	10.7
사무실내 환경이 삭막하다.	-	3.6	7.1	60.7	28.6
사무실내 식물의 필요성을 느낀다.	-	3.6	17.8	53.6	25.0

(나) 수경벽면녹화시설 설치 후 사무실 환경에 대한 인식

수경 벽면녹화시스템을 설치 한 후 사무실 환경 변화에 대한 인식 조사는 표 53과 같다. 설치 후, 80% 이상의 작업자들이 가습효과가 있다고 응답했고, 불쾌한 냄새와 미세먼지가 줄어들었다고 생각하는 작업자도 각각 64.3%, 67.9%로 나타났다. 전반적으로 수경 벽면녹화시스템 설치 후 85.7%의 작업자들이 사무실 환경이 쾌적하게 변했다는 긍정적인 대답을 했다.

표 53. 수경벽면녹화시설 설치 후 사무실 환경에 대한 인식

변수	빈도 (%)				
	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
사무실 환경이 쾌적하다.	-	-	14.3	53.6	32.1
가습효과가 있다.	-	-	17.8	64.3	17.9
불쾌한 냄새가 줄어들었다.	-	-	35.7	53.6	10.7
미세먼지가 줄어들었다.	-	10.7	21.4	53.6	14.3

(다) 수경 벽면녹화시설 설치 후 정서적 변화에 대한 인식 분석

수경 벽면녹화시스템 설치 후 환경 변화에 따른 정서적인 변화를 분석한 결과 표 54과 같다. 71.4% 직원이 피로감이 줄어들었고, 57.2% 직원은 두통이 줄어든 것으로 조사되었다. 약 70%의 작업자들이 스트레스가 감소되고 작업효율이 높아졌다고 생각했다. 92.8%나 되는 대부분의 작업자들이 정서적으로 좋아진 것을 느꼈고 벽면녹화 시스템을 지인들에게 권하고 싶다는 의견도 92.9%나 되는 높은 수치를 나타냈다. 결론적으로 대부분의 작업자들이 벽면녹화시스템을 사무실내 설치한 것을 아주 만족하는 것으로 나타났다.

표 54. 수경벽면녹화 시스템 설치 후 정서적 변화에 대한 인식

변수	빈도 (%)				
	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
피로감이 줄어든다.	-	3.6	25.0	60.7	10.7
정서함양에 도움이 된다.	-	-	7.1	71.4	21.5
두통이 줄어들었다.	-	7.1	35.7	53.6	3.6
스트레스가 감소되었다.	-	10.7	17.8	67.9	3.6
작업효율이 높아졌다.	-	7.1	17.9	57.1	17.9
벽면녹화시스템을 권하고 싶다.	-	-	7.1	42.9	50.0

(라) 현재 설치된 수경벽면녹화장치에 대한 만족도 분석

벽면녹화시스템의 디자인, 색상, 식재된 식물에 대한 만족도 조사에서는 모든 항목에 높은 만족도를 보였다. 작업자의 80% 이상 만족하는 것으로 나타났다(표 55).

표 55. 수경벽면녹화 시스템에 디자인 및 식물에 대한 만족도

변수	빈도 (%)				
	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
벽면녹화장치에 만족한다.	-	-	3.5	67.9	28.6
디자인에 만족한다.	-	-	10.7	71.4	17.9
색상에 만족한다.	-	-	17.9	71.4	10.7
식재된 식물 종류에 만족한다.	-	-	18.5	74.1	7.4

(마) 수경벽면녹화시설 설치 후, 벽면녹화시스템과 식물에 대한 인식변화 조사

수경벽면녹화시설 설치 후, 85%의 작업자가 식물에 대한 관심이 높아졌고, 88%의 작업자들이 가정에서도 벽면녹화 시스템을 설치하고 싶어 하는 것으로 나타났다(표 56). 벽면녹화시스템을 설치하고 싶은 이유를 순위로 매기는 문항의 결과는 그림 129와 같다. 44.5% 작업자들이

1순위로 실내공기 정화를 위해 설치하기를 원했고 청결성과 인테리어를 위해 설치하기를 원하는 작업자도 각각 29.6, 22.2% 인 것으로 나타났다. 그러나, 재배관리의 편리성을 1순위로 꼽는 작업자는 3.7%으로 상대적으로 낮은 결과를 나타냈다. 결과를 종합해 볼 때, 작업자들은 수경 벽면녹화 설치 후 수경벽면녹화에 대해 긍정적인 평가를 하고 있으며, 공기정화 > 청결성 > 관리의 편리성 > 인테리어의 순위로 설치하고 싶은 것으로 나타났다.

표 56. 벽면녹화시스템을 사용 후, 벽면녹화시스템 및 식물에 대한 인식변화

변수	빈도 (%)				
	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
식물에 대한 관심이 높아졌다	-	-	3.5	67.9	28.6
집에 벽면녹화장치를 설치하고 싶다.	-	-	10.7	71.4	17.9

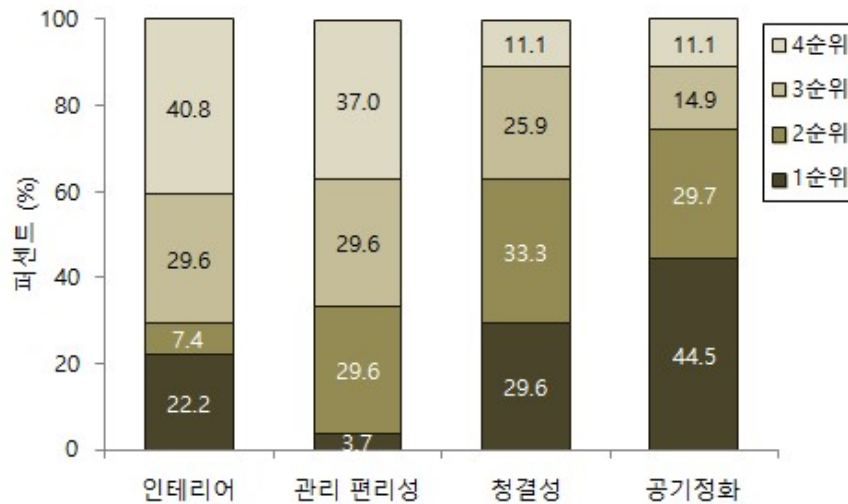


그림 129. 벽면녹화 시스템을 설치하고 싶은 이유에 대한 조사

(바) 개인적 특성에 따른 벽면녹화시설의 대한 인식 분석

① 성별에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식

그림 130처럼 설문조사 대상자들의 성별 비율은 남자가 67.9%, 여자가 32.1%였다. 성별과 설문조사 항목을 교차분석하였다.

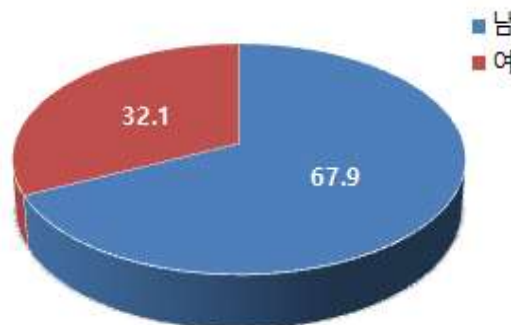


그림 130. 벽면녹화시스템에 대한 인식 설문조사자의 연령

‘수경벽면녹화시설 설치 전 사무실 환경에 대한 인식’ 부분에서는 표 57과 같다. 여성들이 남성보다 사무실 환경에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 미세먼지가 많다고 생각하는 비율이 여성은 77.8%나 되었지만, 남성은 57.9%만 사무실내 미세먼지가 많다고 생각했다. 불쾌한 냄새가 난다고 생각하는 여성은 77.8%였지만 남성은 26.3%에 불과했다. 여성의 66.6%는 사무실 환경이 쾌적하지 않다고 생각한 반면 남성은 42.1%만 쾌적하지 않다고 생각했다. 사무실 환경이 삭막하다고 느끼는 여성은 100%였고, 남성은 73.7%가 이와 같이 느꼈다. 사무실내의 식물의 필요성을 여성의 88.8%가 느꼈고, 남성은 상대적으로 낮은 57.9%만이 식물의 필요성을 느꼈다.

표 57. 성별에 따른 수경벽면녹화시스템 설치 전 사무실 환경에 대한 인식분석

변수	성별	빈도 (%)				
		전혀 않았다	그렇지 않았다	보통이었다	그랬다	매우 그랬다
사무실 환경이 쾌적하다.	남		42.1	47.4	5.3	5.3
	여	33.3	33.3	11.1		22.2
겨울철 사무실 환경이 건조하다.	남		15.8	57.9	26.3	
	여		11.1	44.4	44.4	
사무실내 미세먼지가 많다.	남		5.3	26.3	57.9	10.5
	여		11.1	11.1	55.6	22.2
사무실내 불쾌한 냄새가 난다.	남		10.5	57.9	26.3	5.3
	여		11.1	11.1	55.6	22.2
사무실내 환경이 삭막하다.	남		5.3	10.5	73.7	10.5
	여				33.3	66.7
사무실내 식물의 필요성을 느낀다.	남		5.3	21.1	57.9	15.8
	여			11.1	44.4	44.4

‘수경벽면녹화시설 설치 후 사무실 환경에 대한 인식’ 도 아래 표 58 와 같이 여자가 남자보다 더 환경에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 여성의 88.8%가 미세먼지가 줄어들었다고 느끼는 반면 남성은 57.9% 가 미세먼지가 감소했다고 생각했고, 불쾌한 냄새가 줄어들었다고 생각하는 여성이 88.9% 인 반면 남성은 52.6% 가 불쾌한 냄새가 줄어들었다고 생각했다.

표 58. 성별에 따른 수경벽면녹화시스템 설치 후 사무실환경에 대한 인식분석

변수	성별	빈도 (%)				
		전혀 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
사무실 환경이 쾌적하다.	남			15.8	52.6	31.6
	여			11.1	55.6	33.3
가습효과가 있다.	남			21.1	68.4	10.5
	여			11.1	55.6	33.3
불쾌한 냄새가 줄어들었다.	남			47.4	52.6	
	여			11.1	55.6	33.3
미세먼지가 줄어들었다.	남		15.8	26.3	57.9	
	여			11.1	44.4	44.4

‘수경벽면녹화시설 설치 후 정서적 변화’에 있어서는 성별에 관계없이 긍정적인 반응을 보였다. ‘현재 설치된 수경벽면녹화장치에 대한 만족도 분석’에서도 성별에 관계없이 높은 만족도를 나타내었다. ‘수경벽면녹화시설 설치 후, 벽면녹화시스템과 식물에 대한 인식변화 조사’에 응답한 모든 여성이 식물에 대한 관심과 벽면녹화장치에 대한 관심이 높아졌다. 남성은 68.4%가 식물에 대한 관심이 높아졌고, 84.3%가 벽면녹화장치에 대한 관심을 나타내었다.

② 연령에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식

그림131과 같이 설문조사에 응답한 연령층의 비는 50대 14.3%, 40대 28.6%, 30대 46.4%, 20대 10.7%였다. 30~40대가 응답자의 약 74%를 차지했다.

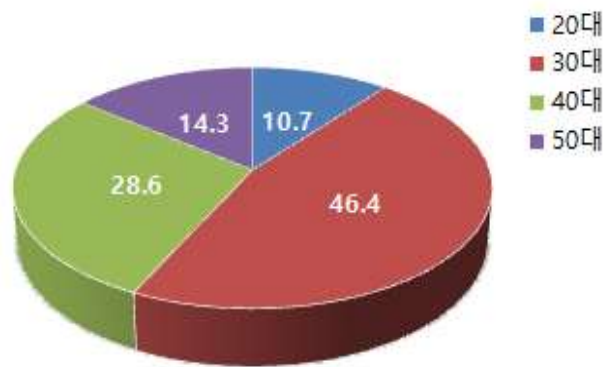


그림 131. 벽면녹화시스템에 대한 인식 설문조사자의 연령

‘연령에 따른 수경벽면녹화시설 설치 전 사무실 환경에 대한 인식 분석’에서 사무실 환경에 대한 질문에 20대는 100%가 쾌적하지 않다고 응답한 반면, 30대의 48.5%, 40대의 25%, 50대의 25%가 부정적인 대답을 하였다. 사무실이 건조하다는 응답이 20대는 100%, 30대는 84.6%, 40

대는 75%, 50대는 100%의 응답을 보였다. 또한 40대의 82.5%, 50대 100%가 사무실의 미세먼지가 많다고 응답하였다. 사무실환경이 삭막하다고 느끼는 것은 40대의 12.5%를 제외한 나머지 전 연령대가 그렇다고 느끼고 있었다. 사무실 녹화의 필요성에 대해서는 20대의 66.6%, 30대의 92.3%, 40대의 62.5%, 50대의 75%가 필요하다고 응답하였다. 수경 벽면녹화시설 설치 후 40, 50대의 약 80%가 불쾌한 냄새와 미세먼지가 줄어들었다고 대답했다. 20, 30대는 그 보다 적은 약 60% 불쾌한 냄새와 미세먼지가 줄어들었다고 대답했다. 30, 40대의 80%가 사무실이 쾌적해졌다고 응답했고 50대는 100%가 그와 같이 생각하는 것으로 나타났다. ‘수경벽면녹화시설 설치 후 정서적 변화’에서는 20대는 두통 및 스트레스가 감소되고 작업 효율이 높아진다는 문항에 33.3%만이 ‘그렇다’는 대답을 했다. 30대도 두통과 피로감이 줄어든다고 생각하는 응답자는 37% 만이 그렇다는 대답을 했다. 그러나 40, 50대는 75% 이상이 두통, 피로감, 스트레스가 줄어들고 작업효율이 높아졌다고 했다. 그리고 40대를 제외한 20, 30, 50대는 100% 벽면녹화장치에 만족했고 모든 연령대에서 70% 이상이 벽면녹화시스템이 정서함양에 도움이 되고 타인에게 권유하고 싶다 긍정적인 반응을 보였다. 수경벽면녹화시스템 설치 후, 벽면녹화시스템과 식물에 대한 인식변화에서는 20대는 66.7%가 식물에 관심이 생겼고, 100%가 집에 벽면녹화장치를 설치하기를 원했다. 30, 40대도 약 70%가 식물에 관심이 높아졌고, 70~80%가 집에 벽면녹화 장치를 설치하기를 원했다. 50대는 100%가 식물의 관심이 높아지고 벽면녹화를 집에 설치하기를 원했다.

③ 결혼 여부에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식

설문조사에 참여한 응답자의 결혼 여부는 기혼이 78.6%, 미혼이 21.4%였다(그림 132). 수경벽면녹화시스템의 설치 전 사무실 환경에 대한 인식은 미혼은 83.3%, 기혼은 40.9%가 만족하지 않은 것으로 나타났다. 미혼은 100%가 사무실이 건조하며 미세먼지가 많고 삭막하다고 응답했고 기혼 80%가 사무실이 삭막하고 건조하다고 대답했다. 결혼 여부에 상관없이 사무실내에 식물의 필요성을 느낀다고 대답했다. 벽면녹화시스템 설치 후의 사무실의 환경에 대해서는 미혼과 기혼모두 80%가 가습효과가 있고, 약 60%가 불쾌한 냄새가 줄었다고 대답했다. 결혼 여부에 상관없이 90%이상의 응답자가 수경벽면녹화시스템이 정서함양에 도움이 되고 벽면녹화시스템을 타인에게 권하고 싶다고 대답했다. 80% 응답자가 식물에 관심도 높아지고 집에 벽면녹화시스템을 설치하기를 원했다.

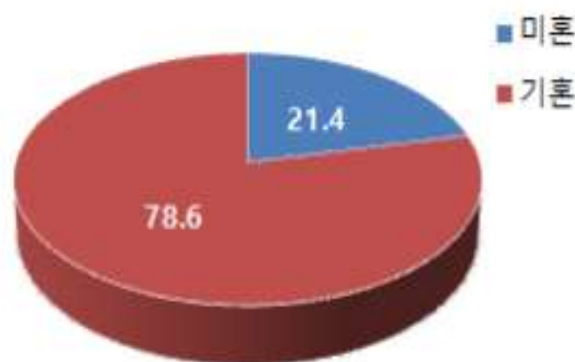


그림 132. 벽면녹화시스템에 대한 인식 설문조사자의 결혼 여부

(2) 수경 벽면녹화장치 선호도 조사

수경벽면녹화 시스템에 대한 정보가 없는 시민들을 대상으로 (주)에코피플에서 개발한 수경 벽면녹화 시스템에 대해 설명하고 시민들의 선호도를 조사한 결과는 다음 같다.

(가) 수경 벽면녹화시스템의 디자인과 색상에 대한 선호도 조사

수경벽면녹화시스템의 디자인과 색상에 대한 조사에서 디자인에 대한 선호도에서는 76%의 시민들이 만족하는 것으로 나타났고 만족하지 않는 시민은 없었다. 색상에 대한 조사 항목에서는 64%의 시민들이 흰색 색상을 만족하지만, 15%는 시민들은 만족하지 않는 것을 나타냈다. 좀 더 다양한 색상의 제품을 원했다. 식재된 식물에 종류에 있어서도 과반수 이상인 69%가 만족하는 것으로 나타났다. 벽면녹화시스템을 만족하는 시민은 83%나 되었고, 매우 만족하는 시민이 33%였다. 결론적으로 시민들의 벽면녹화시스템에 대해 관심이 높은 것으로 나타났다.

표 59. 수경벽면녹화시스템의 디자인과 색상에 대한 조사

변수	빈도 (%)				
	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
벽면녹화장치가 마음에 든다.	33	50	17	-	-
디자인에 만족한다.	26	50	22	2	-
색상에 만족한다.	26	38	21	14	1
식재된 식물 종류가 마음에 든다.	17	52	21	8	-

(나) 수경 벽면녹화시스템의 장점에 관한 선호도

수경벽면녹화시스템의 설명을 들은 후, 수경벽면녹화 시스템이 공기질을 개선하고, 정서적으로도 편안해 질 것 같다고 생각하는 시민 약 80% 이상이었다(표 60). 그리고, 만약 사무실이나 가정에 설치를 할 경우, 어떤 이유 때문에 설치를 원하는 지에 대한 대답은 그림 133과 같다. 식물의 공기정화기능 때문에 설치를 원하는 시민이 53.5%나 되었다. 이외의 흙을 사용하지 않는 수경재배의 장점인 청결과 자동급수가 되어 관리의 편리한 편리성, 그리고 식물의 식재로 인해 실내 인테리어에 대해서는 비슷한 수치가 나왔다.

표 60. 시민들이 생각하는 수경벽면녹화 시스템에 대한 장점

변수	빈도 (%)				
	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
실내 공기질이 개선 될 것이다.	45	39	11	5	-
정서적으로 편안해 질 것이다.	42	47	10	1	-

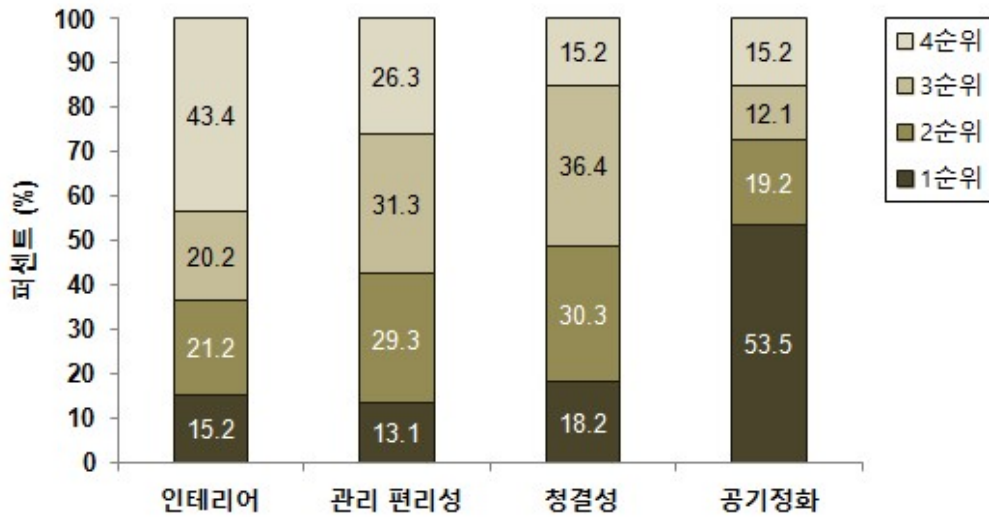


그림 133. 벽면녹화 시스템을 설치하고 싶은 이유에 대한 조사

(다) 수경 벽면녹화시스템의 구매의사에 관한 선호도

수경 벽면녹화시스템을 설치하거나 구입할 의사를 조사 결과는 표 61과 같다. 84%의 시민이 무료로 제공할 경우 설치하기를 원했고, 돈을 주고 구입할 의사는 그보다 더 많은 89%나 되었다. 벽면녹화시스템을 구매 시 적정 가격대를 묻는 조사항목에서는 53%가 5~10만원, 41%가 11~20만원, 5%가 21~30, 1%가 31~40만원이 적정한 가격대라고 생각했다(그림 134). 20만원을 넘길 경우 구매할 의사가 거의 없는 것으로 나타났다.

표 61. 수경벽면녹화시스템의 구매의사

변수	빈도 (%)				
	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
무료 제공시 설치하고 싶다.	45	39	11	5	-
구입할 의사가 있다.	42	47	10	1	-

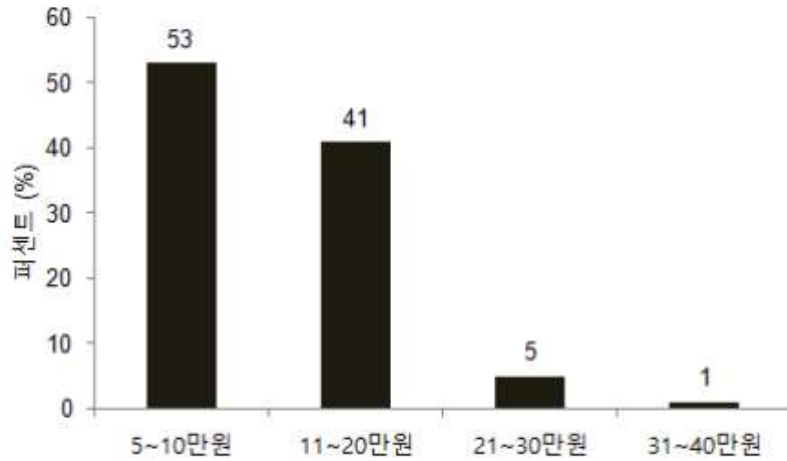


그림 134. 수경벽면녹화시스템의 적정 가격에 대한 선호도

(라) 개인적 특성에 따른 벽면녹화시설의 대한 인식분석

① 성별에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식

설문조사에 응답자들의 성별 비는 그림 135와 같이 남자 56%, 여자가 44% 비율로 나타났다. 벽면녹화시스템과 디자인을 성별에 상관없이 응답자의 80% 마음에 들어 했다. 그리고 80%이상의 응답자가 성별에 상관없이 수경 벽면녹화시스템이 공기 질을 개선하고 가정이나 사무실에 설치했을 때 정서적으로 편안해 질 것이라고 생각했다. 남성은 87.9%가 수경벽면녹화시스템을 구매할 의사가 있었고 여성은 98.2%가 구매할 의사가 있었다. 여성이 남성보다 수경벽면녹화시스템에 긍정적인 평가는 하는 것으로 나타났다.

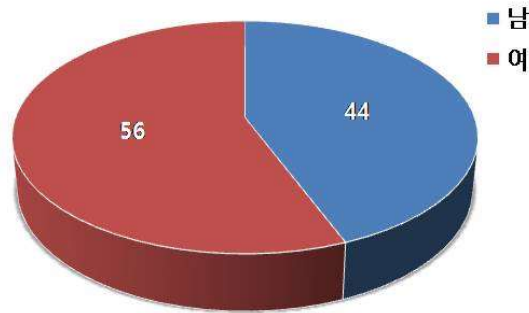


그림 135. 벽면녹화시스템에 대한 인식 설문조사자의 성별

② 연령에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식

설문조사에 응답한 사람들의 연령 대는 그림 136과 같다. 연령에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식은 크게 차이가 없었다. 연령에 상관없이 대다수의 사람들이 벽면녹화 장치에 만족을 했고, 공기 질을 개선시키고, 정서적으로 긍정적인 영향을 미친다고 생각했다. 모든 연령대의 90% 이상의 응답자가 구입할 의사가 있다고 대답했다.

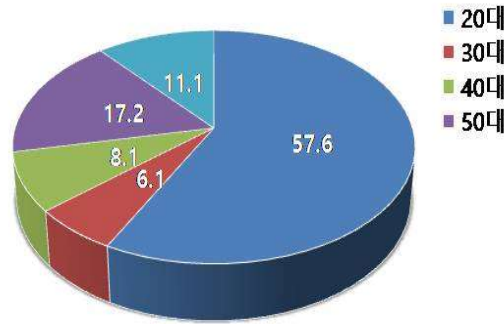


그림 136. 벽면녹화시스템에 대한 인식 설문조사자의 연령

③ 결혼 여부에 따른 벽면녹화시스템에 대한 인식

수경벽면녹화시스템의 색상이나 디자인 모두 결혼 여부에 상관없이 과반수 이상이 만족하는 것으로 나타났다. 수경벽면녹화시스템의 기능적인 측면에 대한 평가도 결혼여부에 상관없이 실내 공기질이 개선될 것이라고 생각했다. 그러나 정서적으로 편안해 질 것이라는 문항에서는 기혼은 91%, 미혼은 66% 긍정적인 반응을 보여, 기혼자가 미혼자 보다 수경벽면녹화시스템에 대해 긍정적으로 평가하는 것을 알 수 있었다. 수경 벽면녹화시스템의 구매의사에 관한 선호도에서는 결혼 여부에 상관없이 90% 이상 되는 응답자가 구입하기를 원했다.

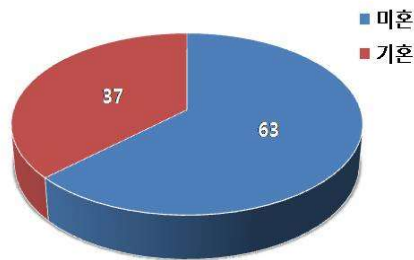


그림 137. 벽면녹화시스템에 대한 인식 설문조사자의 결혼 여부

결론적으로 수경 벽면녹화시스템 사용 할 경우, 사용자의 과반수 이상이 불쾌한 냄새와 미세 먼지가 제거되고, 정사함양에도 도움이 된다고 하였다. 실제적으로 실물에서 발생하는 음이온이 심리적으로 안정감을 주고 스트레스를 경감하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Fjeld 등, 1998; Relf와 Dorn, 1995; Son 등, 1997). 수경 벽면녹화시스템에 대한 만족도가 아주 높으며, 자신의 가정이 근무하는 사무실에 설치하는 것은 원했고, 타인에게 소개를 해 주기를 원하는 응답자도 많았다. 이는 응답자의 개인적인 성별이나, 연령, 결혼 여부에 상관없이 비슷한 경향을 나타냈다.

수경 벽면녹화시스템에 대한 잘 모르는 시민들을 대상으로 수경 벽면녹화시스템에 대한 설문조사를 한 결과, 대부분의 시민들이 수경 벽면녹화시스템에 대한 관심이 높았으며, 제품에 대한 기능 및 디자인에 있어서도 80% 이상의 응답자가 긍정적인 반응 보였다.

5. 수경 벽면녹화시스템 운영시 적정 관수 횟수 구명

가. 연구목적

대부분의 사람들은 식물을 보는 것은 좋아 하지만 식물을 키우는 것에 대해서는 부담을 느낀다. 일반적으로 식물은 흙에서 재배되고 있기 때문에 실내 청결 대한 문제로 재배를 꺼리기도 한다. 대부분의 사람들은 식물을 어떻게 키워야 되는 지 잘 몰라서 식물을 수많은 장점을 알면서도 키우지 못하는 경우도 많다. 물을 얼마나 자주 주어야 되는지, 언제 어떻게 주어야 하는지, 또 식물에 따라 어떻게 달라지는 등. 그러나 이번 (주)에코피플에서 개발한 ‘수경 벽면녹화시스템’은 사무실이나 가정의 실내에서 쉽고 편리하게 식물들을 관리할 수 있다. 물 저장용기에 일정 높이까지 물을 채워 넣으면 사용자가 원하는 시각에, 원하는 양만큼 물을 공급할 수 있도록 설정할 수 있다. 또 물로만 재배하는 수경재배라 청결하다. 그러나 수경벽면녹화시스템을 사무실이나 가정에 설치했을 때, 적정한 관수횟수 및 관수량에 관한 기초데이터는 없다.

본 연구에서는 수경벽면녹화시스템을 운영할 때 적정관수 횟수 및 관수량을 구명하고자 실험을 수행하였다. 관수횟수에 따른 식재된 식물의 생육적인 변화를 관찰하고, 순환식으로 이용되는 물의 특성 변화를 조사하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 식물재료

관엽식물 농장에서 구매한 아글라오네마 ‘다이아몬드’ (*Aglaonema costatum*)와 스킨답서스 (*Scindapsus aureus*)를 실험에 사용하였다(그림 138). 구매한 식물은 용토를 완전히 제거한 다음, 뿌리를 수돗물로 수세하였다. 수세된 식물체 뿌리를 약 2~3cm 남기고 제거한 다음, 수경재배가 가능한 직경 8cm 플라스틱 pot에 독일산 하이드로볼을 이용하여 정식하였다. 토양 처리구를 위해 일부 식물체는 유비상토(바이오플러스, (주)참그로)를 이용하여 정식하였다. 정식 후, 뿌리 활착을 위해 2~3주간 교내에 있는 비닐하우스에서 재배 및 관리를 하였다.



그림 138. 적정관수 횟수 구명 실험에 사용된 식물재료. (A: 스킨답서스, B: 아글라오네마 ‘다이아몬드’)

(2) 실험방법

(주)에코피플에서 개발한 벽면녹화시스템의 물 저장용기에 수돗물 20L를 채운 다음, 준비한

식물재료를 한 처리당 20개씩 벽면녹화시스템에 채워 넣었다. 벽면녹화시스템의 물이 공급되는 시각, 횟수, 용토를 달리하여 표 3-1과 같이 처리하였다. 물은 15분/1회 동안 공급되었다. 실험기간 동안 실험 환경조건은 16/8시간(광/암)일장에 광도는 $23.4\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 온도와 상대습도는 $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $64 \pm 5\%$ 로 에어컨디셔너를 이용해 항온·항습 상태를 유지하였다.



그림 139. 수경 벽면녹화시스템의 적정 관수횟수 및 처리조건 규명 실험 전경.

표 62. 수경 벽면녹화시스템의 관수횟수 처리조건

처리	용토	물공급 횟수	시간																									
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6		
1	하이드로볼	1회	☒																							낮	밤	
2		2회	☒																									
3		4회	☒																									
4		8회	☒																									
5	일반상토	1회	☒																									

※ ☒는 물이 공급을 나타냄.

(3) 조사항목 및 조사방법

실험은 총 4주간 실시하였고, 7일 간격으로 각 처리별 물의 변화를 조사하였고 실험 종료일에는 처리에 따른 식물의 생육변화를 조사하였다.

(가) 물의 특징 조사

① 물리·화학적 특징 조사

처리별 물 저장용기에서 물을 채취한 다음, 시료 보존방법(이우식 등, 2012)에 수준하여 수온을 비롯한 냄새, pH, 총용존성고형물(Total Dissolved Solids: TDS), 전기전도도(EC), 용존산소(DO), 탁도를 조사하였다. 수온은 알코올온도계를 이용하여 측정하였고, 냄새는 측정할 수 있는 기기가 없는 실정이라, 실험자가 직접 조사하였다. pH는 pH 측정기(S220, Mettler-Toledo, Switzerland)를 사용하여 측정하였고 전기전도도(Electrical conductivity: E.C.)는 E.C 측정기(HI 2550, Hanna instruments Ltd, USA)를 사용하여 측정하였다. 물의 오염정도의 중요한

평가 기준이 되는 용존산소(Dissolved Oxygen:DO)와 총용존성고형물(Total Dissolved Solids:TDS)는 OD 및 TDS 측정기(YK-2001, Lutron electronic enterprise Co., Ltd, Taiwan)를 사용하여 측정하였다. 그리고 물의 탁한 정도를 측정하는 탁도는 탁도계(Thermo Fisher Scientific Inc., USA)를 사용하여 측정하였다.

② 일반세균수 측정

일반세균수는 물을 오염도를 평가하는 중요한 조사항목이다. 일반세균수 측정 방법은 일반적으로 알려진 일반세균점사법(김종오 등, 2008)을 이용하여 측정하였다. 트립톤 0.5%, 효모 0.25g, 포도당 0.1%, 한천 1.5%로 구성된 표준한천배지를 사용하였다. 준비된 표준한천배지에 도달한 다음 항온기 35℃에서 48시간 균을 배양한 다음 균수를 측정하였다.

(나) 식물의 생육조사

관수횟수에 따른 식물의 생육 차이를 알아보기 위하여 실험이 완료된 시점에 식물의 생육을 조사하였다. 조사항목으로는 전체생체중, 초장, 초폭, 엽수, 엽색을 조사하였다. 엽색은 색차계(CR-400, Konica minolta sensing, inc. Japan)를 이용하여 L*, a*, b* 값을 측정하였다.



그림 140. 관수횟수 처리 4주 후 식물체의 생육조사 전경.

다. 결과 및 고찰

(1) 수경벽면녹화시스템에서 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 이용 시 적정 관수 횟수 구명

(가) 물의 특징 조사

아글라오네마 ‘다이아몬드’의 시간에 따른 물의 변화를 조사한 결과 표 63과 같다. 처리와 기간에 상관없이 물에서 냄새가 전혀 나지 않았고 수온은 시간이 경과될수록 상승했지만, 처리간의 유의적인 차이는 없었다. pH, 전기전도도, TDS는 시간이 경과함에 따라 점차적으로 수치가 증가하였다. 전기전도도의 경우 토양처리구가 가장 높은 수치를 나타냈고, 그 다음이 하이드로볼 관수 8회, 관수 4회와 2회, 관수 1회 순으로 유의적인 차이가 있었다. TDS도 토양처리구가 처리 28일이 경과했을 때 112.50ppm으로 가장 높았다. 다른 처리구들은 약 60~65ppm으로 상대적으로 아주 낮은 수치를 보였다. 용존산소는 시간이 경과할수록 처리에 상관없이 모든 처리구에서 낮아졌다. 일반세균수도 스킨답서스와 비슷한 경향을 보였다. 시간에 경과됨에 따

라 점차적으로 세균수가 증가되는 것을 확인할 수 있었다 특히 처리 28일이 경과되었을 때 토양 처리구는 4.0×10^2 로 가장 높은 수치를 보였다. 이는 다른 처리구와 유의적인 차이가 있었다. 이는 미생물에 의한 유기물의 분해 등에 의해서 용존산소가 감소하는 것으로 생각된다(우달식 등, 2002). 처리 전 0.3NTU 였던 탁도는 시간이 경과함에 따라 모든 처리구의 수치가 증가하였다. 특히 처리 28일이 경과하였을 때 하이드로볼 처리구들은 1.1~1.2NTU 인 반면 토양 처리구는 1.66NTU의 수치로 이들 간의 유의적인 차이가 있었다.

표 63 . 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 를 이용한 관수 횟수 및 용토에 따른 물의 특징 변화

시간 (일)	처리	냄새	수온(°C)	pH	EC (uS)	O ₂ (mg · L ⁻¹)	TDS (ppm)	탁도 (NTU)	일반세균수 (CFU)
0	-	없음	23.0	7.31	135.50	9	57.20	0.30	0.01×10^2
7	1 ^z	없음	23.0 a ^y	7.98 a	145.53d	8.9 a	56.17 d	1.33 d	1.6×10^2 a
	2	없음	20.0 a	7.91 b	157.43c	8.8 a	56.83 c	1.50 a	2.0×10^2 a
	3	없음	20.2 a	7.95 a	156.57c	8.3 b	56.67 cd	1.39 bc	1.9×10^2 a
	4	없음	20.2 a	7.98 a	163.23b	8.9 a	58.33 a	1.37 c	1.9×10^2 a
	5	없음	20.2 a	7.82 c	204.90a	8.8 a	57.50 b	1.42 b	1.9×10^2 a
14	1	없음	24.2 a	7.57 bc	148.00d	7.5 a	59.50 e	1.08 c	2.3×10^2 a
	2	없음	23.0 a	7.61 b	156.40c	8.0 a	62.50 c	1.21 b	2.2×10^2 a
	3	없음	24.2 a	7.70 a	156.57c	7.6 a	62.17 d	1.23 b	2.0×10^2 a
	4	없음	24.8 a	7.52 c	166.67b	7.3 a	65.00 b	1.10 c	2.1×10^2 a
	5	없음	24.8 a	7.45 d	241.43a	7.9 a	83.83 a	1.44 a	2.4×10^2 a
21	1	없음	24.0 a	7.76 b	139.63d	7.7 ab	58.67 d	1.17 c	2.5×10^2 a
	2	없음	23.0 a	7.80 a	148.27c	7.2 b	62.00 c	1.22 b	2.5×10^2 a
	3	없음	23.3 a	7.79 a	149.23c	7.9 a	62.50 c	1.26 b	2.2×10^2 a
	4	없음	24.0 a	7.80 a	161.70b	7.1 ab	64.67 b	1.09 d	2.6×10^2 a
	5	없음	24.0 a	7.68 c	276.83a	7.3 b	97.50 a	1.43 a	2.6×10^2 a
28	1	없음	25.8 a	7.51 b	151.00d	6.6 a	60.00 c	1.15 bc	2.9×10^2 b
	2	없음	25.0 a	7.62 a	161.27c	7.9 a	64.17 b	1.12 cd	2.9×10^2 b
	3	없음	25.7 a	7.62 a	164.47c	8.0 a	62.17 bc	1.19 b	3.0×10^2 b

4	없음	26.0 a	7.62 a	181.43b	6.7 a	62.00 bc	1.08 d	3.3 × 10 ² ab
5	없음	26.0 a	7.46 b	354.67a	6.9 a	112.50 a	1.66 a	4.0 × 10 ² a

¹1:하이드로볼+1회/일 관수, 2: 하이드로볼+2회/일 관수, 3: 하이드로볼+4회/일 관수, 4: 하이드로볼+8회/일 관수, 5: 일반상토+1회/일 관수

^yDuncan의 다중 검증 P=0.05

(나) 식물의 생육조사

생체중은 일반 상토처리구에서 48.8g로 가장 높았고, 나머지 처리구는 37~39.5g 으로 상대적으로 적었다(표 64). 이들 처리간에는 유의적인 차이는 없었다. 초폭은 하이드로볼에 1회 관수 처리를 하는 처리구에서만 29.88cm로 다른 처리구 넓어 진 것을 확인 할 수 있었다. 엽색에서 a*의 값은 처리 간에 차이가 없었지만, L*와 b*값은 하이드로볼에 1회 관수를 제외한 나머지 처리는 비슷 수치를 나타냈다. 그 외에 처리에 따른 초장과 엽수의 차이를 조사한 결과 처리간의 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 전체적으로 처리간의 약간이 유의적인 차이는 있었지만 그림 141 와 같이 육안으로 식물을 봤을 때는 처리 간에 큰 차이가 없었다. 따라서 수경벽면녹화시스템에 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 를 식재할 경우 1회 관수 처리를 하더라도 식물의 관상가치가 떨어지지 않고 생육도 다른 처리구와 비교했을 때, 차이가 없다(그림 141).

표 64. 물 공급 횟수 및 용도에 따른 아글라오네마 ‘다이아몬드’ 의 생육(처리 후 4주)

물공급 횟수	용토	생체중 (g)	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽수 (ea)	엽색		
						L*	a*	b*
1회	하이드로볼	38.0 b ^z	26.00 a	29.88 a	10.4 a	55.84 b	-10.28 a	20.1 b
2회		39.5 b	28.15 a	25.88 b	10.6 a	57.65 ab	-10.94 a	21.2 ab
4회		37.0 b	34.99 a	27.26 b	10.6 a	59.57 a	-10.36 a	21.6 ab
8회		39.3 b	27.05 a	27.24 b	10.6 a	58.44 ab	-10.31 a	20.9 ab
1회	일반상토	48.8 a	26.61 a	26.66 b	9.3 a	60.47 a	-10.64 a	22.7 a

^zDuncan의 다중 검증 P=0.05

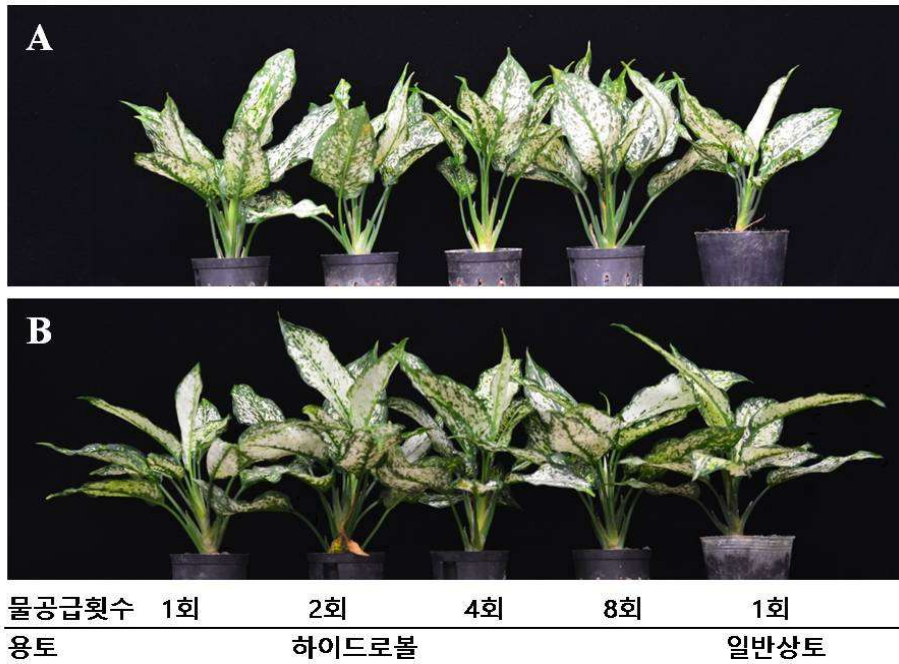


그림 141. 아글라오네마 ‘다이아몬드’의 관수횟수에 따른 생육변화 (A: 처리 전, B:처리 후 28일경과)

표 65. 아글라오네마 ‘다이아몬드’의 관수횟수 실험 후 남은 물의 양

남은 물 (L)	1처리	2처리	3처리	4처리	5처리
	14.8	14.2	14.8	14.5	11.0

표 65와 같이 적정관수 횟수실험을 종료 후 수경 벽면녹화시스템에 남아 있는 물을 측정하였다. 관수횟수에 따라서 남은 물의 양이 다를 것이라는 예상과 달리, 토양 처리구를 제외한 처리구는 남아 있는 물의 양에 차이가 거의 없었다.

(2) 수경 벽면녹화시스템에서 스킨답서스를 이용 시 적정 관수 횟수 구명

(가) 물의 특징 조사

스킨답서스의 시간에 따른 물의 변화를 조사한 결과 표 66과 같다. 실험이 종료 될 때까지 물에서는 냄새가 전혀 나지 않았다. 수온은 시간이 흐름에 따라 처리에 상관없이 증가했고, 토양처리가 23.2℃로 다른 처리구 보다 1.5~1℃ 보다 높은 것으로 나타났다. pH는 시간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 감소하는 것으로 나타났고, 처리간의 유의적인 차이는 없었다. 용존산소량도 처음 9mg · L⁻¹에서 시간이 경과함에 따라 감소는 것으로 나타났고 처리간의 유의적인 차이는 거의 없었다. TDS는 시간이 경과함에 따라 감소했다. 하이드로볼을 처리한 구에서는 처음 55ppm 이었던 수치가 점차 낮아져 28일이 경과하였을 때 약 31~45ppm로 낮아진 반면 토양 처리구는 7일이 경과하였을 때 51ppm에서 점차 높아져 28일이 경과하였을 때는 54ppm 으로 나타났다. 이런 경향은 전기전도도와 유사하게 나타났다. 129uS였던 전기전도도가 7일이 경과했을 때 모든 처리구가 감소하였고, 처리 28일이 경과하였을 때 토양을 제외한 처리

구들은 계속 감소하여 약 60~90uS로 나타났지만 토양 처리구는 14일째부터 증가하기 시작하여 28일 째는 123.83uS로 높아졌다. 탁도는 처리 전 0.3NTU 였던 수치가 처리 마지막 날에는 모든 처리구가 1.0 이상으로 나타났다. 특히 토양 처리구는 7일에는 1.65NTU, 14일에는 2.62NTU, 21일에는 3.17NTU, 28일에는 1.98NTU로 다른 처리구에 비해 아주 높은 수치를 나타냈다. 이는 물이 순화되면서 토양에 있는 작은 입자들이 유입된 것 같다. 일반세균수도 탁도와 마찬가지로 토양 처리구가 다른 처리구보다 2~3배 높은 균수를 나타냈다.

표 66 . 스킨답서스를 이용한 권수 횡수 및 용토에 따른 물의 특징 변화

시간 (일)	처리	냄새	수온(°C)	pH	EC (uS)	O ₂ (mg · L ⁻¹)	TDS (ppm)	탁도 (NTU)	일반세균수(CFU)
0		없음	20.0	7.10	129.60	9	55.50	0.30	0.02 × 10 ²
7	1 ^z	없음	19.7 a ^y	7.58 a	119.77 b	8.8 a	48.67 b	1.12 b	1.7 × 10 ² a
	2	없음	19.7 a	7.59 a	113.27 c	8.7 a	45.83 c	1.18 b	1.8 × 10 ² a
	3	없음	19.8 a	7.56 a	111.53 d	8.8 a	40.00 d	1.13 b	1.6 × 10 ² a
	4	없음	19.7 a	7.58 a	124.37 a	8.8 a	51.00 a	1.18 b	1.8 × 10 ² a
	5	없음	21.0 a	7.30 b	99.13 e	8.8 a	48.67 b	1.65 a	2.2 × 10 ² a
14	1	없음	19.8 a	7.15 b	103.00 a	7.9 a	43.83 c	1.17 b	2.1 × 10 ² b
	2	없음	20.2 a	7.46 a	95.10 d	7.3 b	40.33 d	1.20 b	2.1 × 10 ² b
	3	없음	20.7 a	7.41 a	93.03 e	8.1 a	40.00 d	1.19 b	1.7 × 10 ² b
	4	없음	20.2 a	7.44 a	113.30 b	7.9 a	47.83 b	1.20 b	1.9 × 10 ² b
	5	없음	21.3 a	7.06 b	101.10 c	8.0 a	50.00 a	2.62 a	3.1 × 10 ² a
21	1	없음	20.5 a	7.32 a	89.90 c	7.7 ab	30.57 b	0.77 b	2.4 × 10 ² ab
	2	없음	20.7 a	7.14 b	69.33 d	7.2 b	35.50 ab	0.81 b	2.4 × 10 ² b
	3	없음	21.2 a	7.08 c	68.40 d	7.9 a	35.00 ab	1.04 b	1.9 × 10 ² b
	4	없음	20.8 a	7.29 a	91.23 b	7.4 ab	44.83 ab	1.05 b	2.0 × 10 ² b
	5	없음	22.0 a	6.95 d	121.17 a	7.3 b	51.83 a	3.17 a	3.4 × 10 ² a
28	1	없음	20.7 b	7.22 a	90.57 b	7.7 a	45.67 b	1.02 c	3.2 × 10 ² b

2	없음	21.5 ab	6.94 a	59.23 d	7.5 ab	31.33 d	1.17 b	3.2 × 10 ² bc
3	없음	21.5 ab	7.85 a	60.23 d	7.5 ab	31.83 d	1.14 b	2.4 × 10 ² cd
4	없음	21.0 b	7.17 a	83.90 c	7.4 b	41.67 c	1.12 b	2.2 × 10 ² d
5	없음	23.2 a	6.75 a	123.83 a	7.5 ab	54.00 a	1.98 a	6.0 × 10 ² a

^z1:하이드로볼+1회/일 관수, 2: 하이드로볼+2회/일 관수, 3: 하이드로볼+4회/일 관수, 4: 하이드로볼+8회/일 관수, 5: 일반상토+1회/일 관수

^yDuncan의 다중 검증 P=0.05

(나) 식물의 생육조사

일반상토에 정식한 처리구가 전체 생육조사 항목에서 가장 좋았다(그림 142). 전체생체중은 일반상토 처리구가 73g으로 가장 무거웠고 2회와 8회 관수 처리한 구에서는 65.6g 이었고, 1회와 4회 관수 처리한 구의 생체중이 가장 적게 나갔다. 초장과 초폭은 일반상토+1회 관수 처리구를 제외한 나머지 처리구들간에는 유의적인 차이가 없었다. 엽수, L*, b*은 처리구 간의 차이가 없었다. 토양처리구는 다른 처리구 보다 양분이 풍부하여, a*의 값이 더 낮게 나타나는 것 같다. 이는 다른 처리구와 유의적인 차이가 있었다(표 67).

표 67. 물공급 횟수 및 용토에 따른 스킨답서스의 생육(처리 후 4주)

물공급 횟수	용토	생체중 (g)	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽수 (ea)	엽색		
						L*	a*	b*
1회	하이드로볼	62.4 b ^z	19.8 b	20.9 b	15.4 a	36.6 a	-15.4 a	18.6 a
2회		65.6 ab	20.9 b	21.1 b	21.9 a	38.4 a	-16.0 ab	20.6 a
4회		61.7 b	19.4 b	21.1 b	14.9 a	36.5 a	-15.3 a	18.6 a
8회		65.6 ab	20.7 b	21.9 b	16.3 a	36.7 a	-15.2 a	18.8 a
1회	일반상토	73.0 a	23.6 a	28.1 a	19.8 a	38.0 a	-17.0 b	21.3 a

^zP=0.05 수준의 던칸다중검정을 이용하여 동일 집단군을 표시함

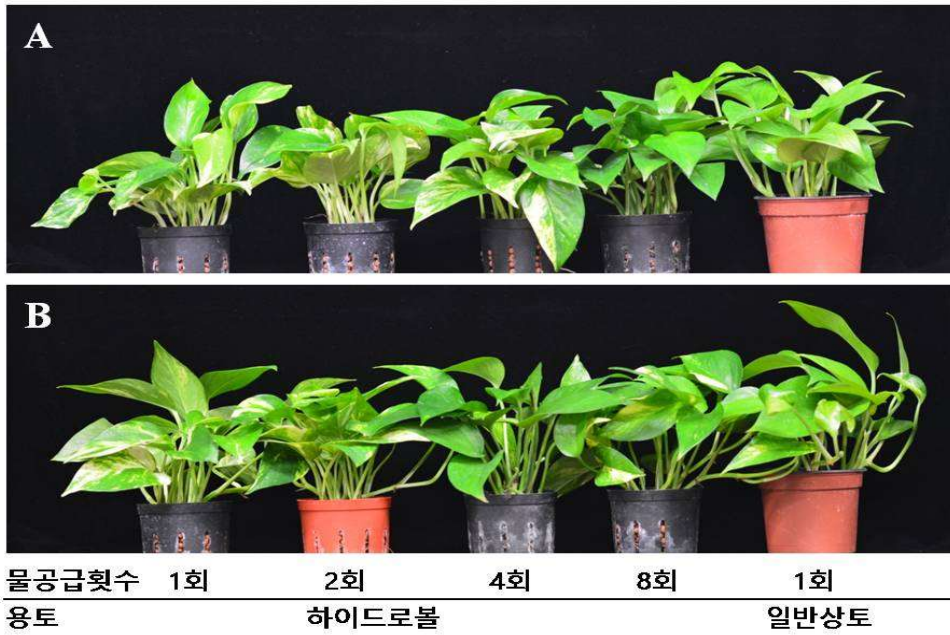


그림 142. 스킨답서스의 관수횟수에 따른 생육변화(A: 처리 전, B:처리 후 28일 경과)

표 68. 스킨답서스의 관수횟수 실험 후 남은 물의 양

	1처리	2처리	3처리	4처리	5처리
남은 물 (L)	14.7	14.6	14.5	14.5	11.6

스킨답서스의 관수횟수 실험 후 남은 물은 양도 앞서 실험한 아글라오네마가 같은 결과를 보였다(표 68). 토양처리를 제외한 나머지 처리구간에는 차이가 거의 없었다.

결론적으로 관수횟수에 따른 물의 변화나 식물의 생육 차이는 거의 없었다. 그러나 식물 식재에 사용된 용토에 따라서는 물의 특성에 큰 차이를 보였다. 일반상토를 사용할 경우, 물의 소비량도 늘고 물의 오염도도 높아진 반면 하이드로볼을 사용할 경우, 횟수에 상관없이 물의 특성이 변하거나 식물 생육의 차이가 있지 않았고, 횟수를 처리기간에 따른 물의 특성도 크게 변화하지 않았다. 따라서, 수경 벽면녹화시스템을 사용 할 경우, 수돗물 20L를 물 저장용기에 채워 놓고 1일 1회만 관수를 해도 무방한 것으로 판단된다. 물 교체 시기는 수질환경보전법의 ‘먹는 물 수질기준’을 참고(일반세균수가 1mL에 100CFU/mL 이하를 명시)하여 결정하였다. 시간이 경과함에 따라 일반균수가 증가하므로, 약 4~5주에 한번 수경 벽면녹화 시스템의 물을 교체해야 될 것으로 판단된다.

3절 연구개발 성과 및 활용계획

1. 디자인 등록 및 특허등록

수경벽면녹화 시스템 개발 과정 중 나온 디자인안과 기술을 디자인 출원, 특허출원2건을 하였고 빠른 시간 안에 사업화를 하기 위해 우선심사 등록을 하여 디자인등록, 특허출원 2건을 완료하였습니다.

가. 디자인등록

등 록 명: 수경재배용 화분 거치대
등 록 번 호: 제 30-0818089호
등 록 일: 2015년 9월 25일
디자인권자 : (주)에코피플

나, 특허등록 1

등 록 명: 모듈타입 실내용 수경재배장치
등 록 번 호: 제 10-1555226호
등 록 일: 2015년 9월 17일
특 허 권 자: (주)에코피플

다, 특허등록 2

등 록 명: 수경재배용 화분 유닛
등 록 번 호: 제 10-1584624호
등 록 일: 2016년 1월 06일
특 허 권 자: (주)에코피플

2. 기술이전

모듈타입 실내용 수경재배장치 및 수경재배용 화분 유닛에 대한 기술이전을 농림축산식품부 소관 연구개발사업 운영규정에 따라 하였고 기술이전 받은 기술2건에 대해서 제품 및 판매를 하였으며 전시참가 등 홍보활동에 적극 참여 하였습니다.

3. 제품화 및 사업화 실적

가. 수경재배용 화분유닛의 제품화 및 판매 현황

수경재배용 화분 유닛은 수경벽면녹화시스템의 구조물 중 하나로 각단에 탑재되는 수경식물 박스이며 제품 생산 시 급배수구를 막고 생산하면 별도의 수경화분 박스로 이용이 가능한 상품입니다.

주로 이용은 파티션이나 창들에 설치가 가능하며 기존의 상품과 차이점은 내분을 식재후 분과분과 사이에 하이드로볼을 채워넣는 개념이 아니라 내분 커버에 식재하면 되는 구조이다. 식물의 고사나 관상가치의 저하로 식물 교체가 필요시 식물이 식재되어 있는 내분만 빼내고 교체할 식물만 (내분 체) 식재되면 되는 간편한 구조로 되어있습니다.

이러한 장점이 있는 수경화분 구조로써 (주)한국전력, (주)카카오뱅크,(주)씨제이이엔엠, 국민안전처, 서대문구청등 다수의 기업에 납품하여 렌탈관리를 하고 있습니다.

명칭	수경재배용 화분 유닛 (에코팻 600)
특허유무	특허등록 제 10-1584624호
규격	600*100*90
단가	판매: 70,000원 렌탈: 7,000원(월)
구성	수경화분 박스, 내분커버 거치대, 내분커버
사진	

(1) 한국전력

장 소: 전라남도 나주시 전력로 55/ 한국전력 사무실 内

매출상품: 수경재배용 화분유닛(에코팻600)

매출형태: 렌탈

수 량: 1438개

계약기간: 2016년 5월 10 ~ 2017년 5월 9일

금 액: 106,296,960원

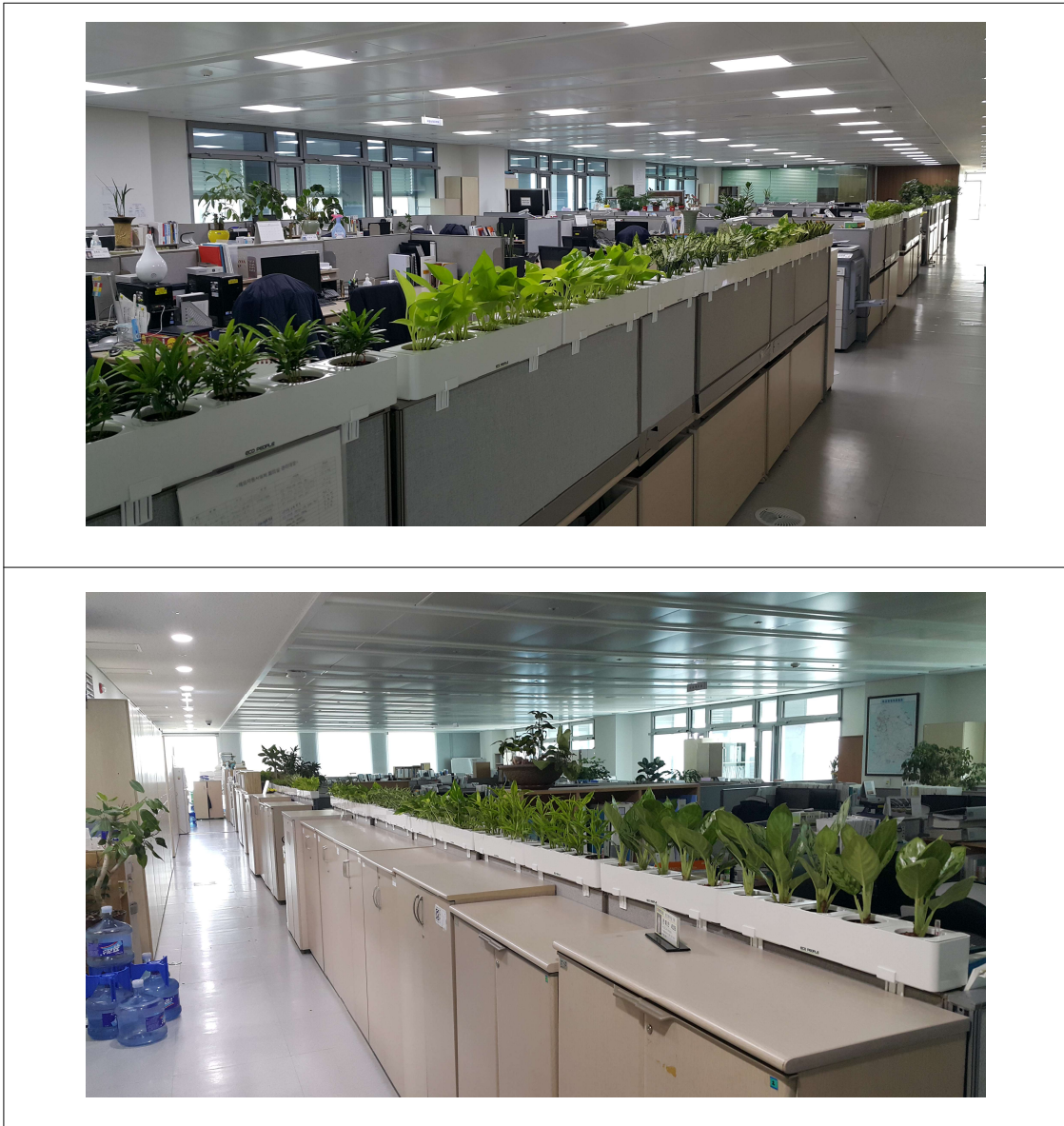


그림143: 한국전력 内 수경재배용 화분유닛 설치사진

(2) 서대문구청

장 소: 서울 서대문구 연희로 248/ 서대문구청 사무실 内

매출상품: 수경재배용 화분유닛(에코팻 800)

매출형태: 판매

수 량: 120개

계약기간:

금 액: 8,000,000원

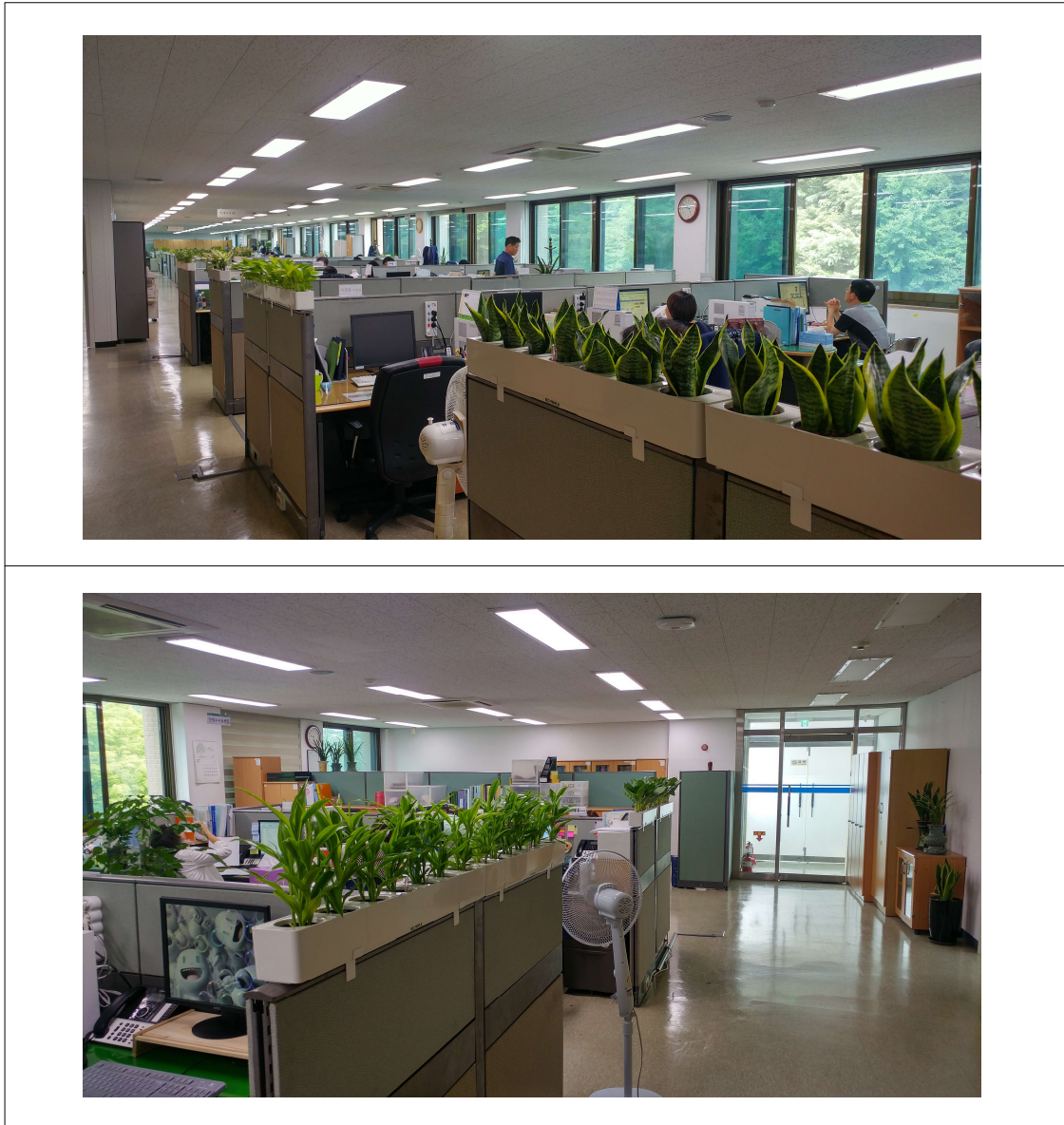


그림144: 서대문구청 内 수경재배용 화분 유닛 설치사진

(3) 국민안전처

장 소: 세종특별자치시 정부2청사로 13 / 국민안전처 사무실 內

매출상품: 수경재배용 화분유닛(에코팻 800)

매출형태: 렌탈

수 량: 236개

계약기간: 2016년 08월 01일~

금 액: 22,560,000원(월:1,880,000원) 월렌탈금액기초 1년산정



그림145: 국민안전처 內 수경재배용 화분 유닛 설치사진

(4) 씨제이 이엔엠

장 소: 서울 마포구 상암동 1606 씨제이이엔엠센터/ 씨제이이엔엠 사무실 內

매출상품: 수경재배용 화분유닛(에코팻 800)

매출형태: 렌탈

수 량: 1090개

계약기간: 2016년 08월 01일~

금 액: 65,472,000원(월:5,456,000원) 월 렌탈금액기초 1년산정

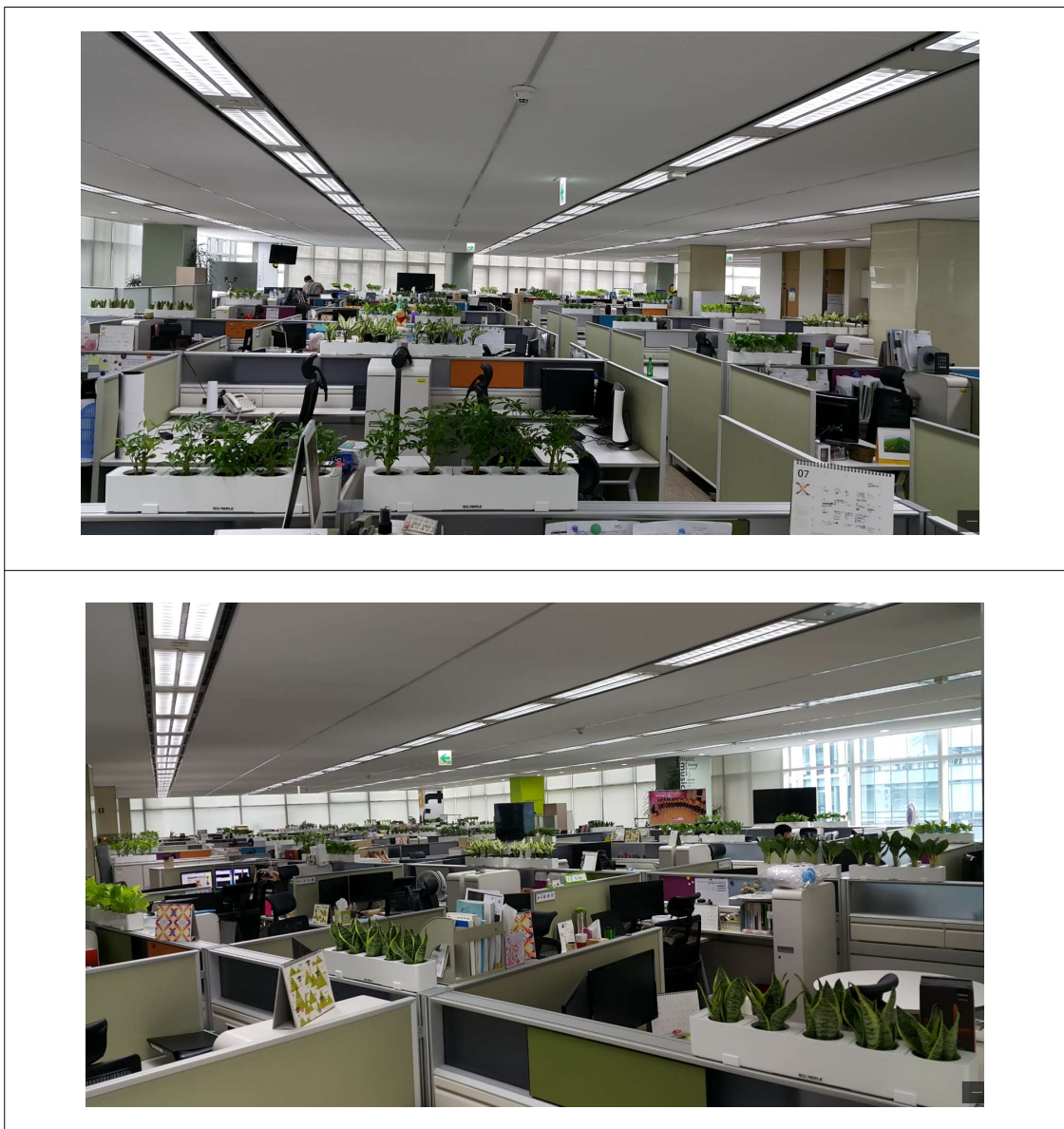


그림146:씨제이이엔엠 內 수경재배용 화분 유닛 설치사진

나, 수경벽면녹화 시스템 제품화 및 판매현황

수경벽면녹화 시스템은 모듈타입 실내용 수경재배장치로 특허 등록이 되었으며 실내전용상품으로 개발되었으며 수경식물만 식재가능한 제품이다. 물이 일정수준 고여서 흐르는 시스템이여서 과습하기 쉬운 토양은 식재가 불가능하다.

주 설치공간은 상가 및 병원, 사무실내에 임원실,식당, 휴게공간등 여러곳에 설치가 가능하며 가정집의 거실에 가구처럼 설치가 가능한 제품이다.

제품화 한지 5월달에 하여서 실 판매된곳은 많지 않지만 추후 가정집, 병원상가등 다양한 곳에 판매가 기대된 상품입니다.

명칭	모듈타입 실내용 수경재배장치 (에코스텐드)
특허유무	특허등록 제 10-1555226호
규격	600(w)*240(d)*1200~1800(h)
단가	렌탈: 50,000원(월)
구성	워터탱크외 13가지 부품
사진	

(1) 엘로우쇼핑 미디어

장 소: 서울특별시 강남구 도산대로 139 4층 에이동 /엘로우쇼핑미디어사무실 内

매출상품: 수직벽면녹화 시스템(에코스탠드)

매출형태: 렌탈

수 량: 10개

계약기간: 2016년 06월 01일~

금 액: 6,000,000 (월 500,000원 기준)



그림147. 엘로우쇼핑 미디어 内 수경재배용 화분 유닛 설치사진

(2) 웹젠

장 소: 경기도 성남시 분당구 판교로 242 /웹젠 접견실

매출상품: 수직벽면녹화 시스템(에코스탠드)

매출형태: 렌탈

수 량: 2개

계약기간: 2016년 05월 01일~

금 액: 샘플

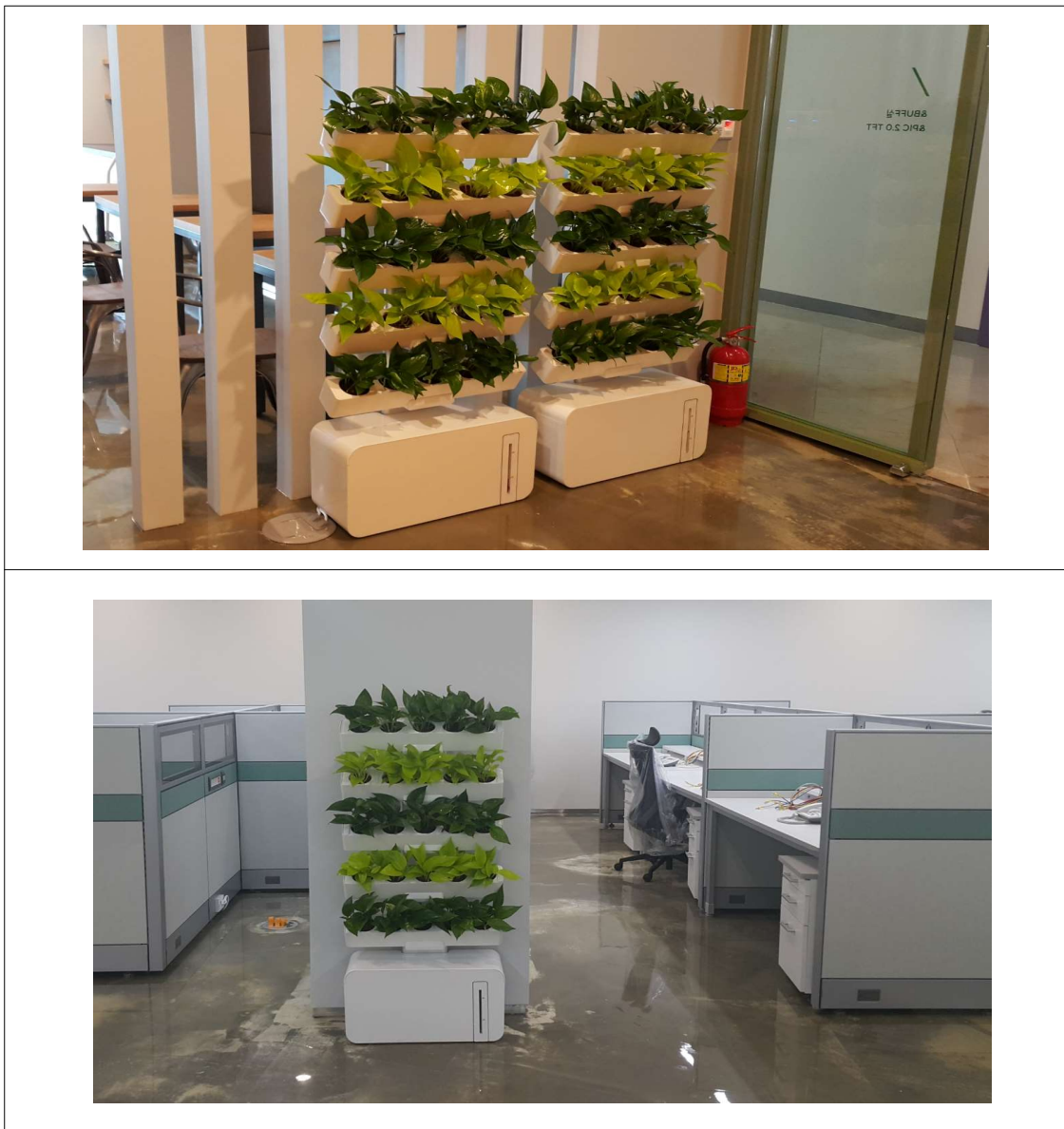


그림148. 웹젠 內 수경재배용 화분 유닛 설치사진

(3) 카카오뱅크

장 소: 경기도 성남시 분당구 판교역로 231, 에스동5층 (삼평동)/사무실 內

매출상품: 수직벽면녹화 시스템(에코스탠드)

매출형태: 렌탈

수 량: 3개

계약기간: 2016년 07월 01일~

금 액: 1,944,000원 (월162,000원 기준)

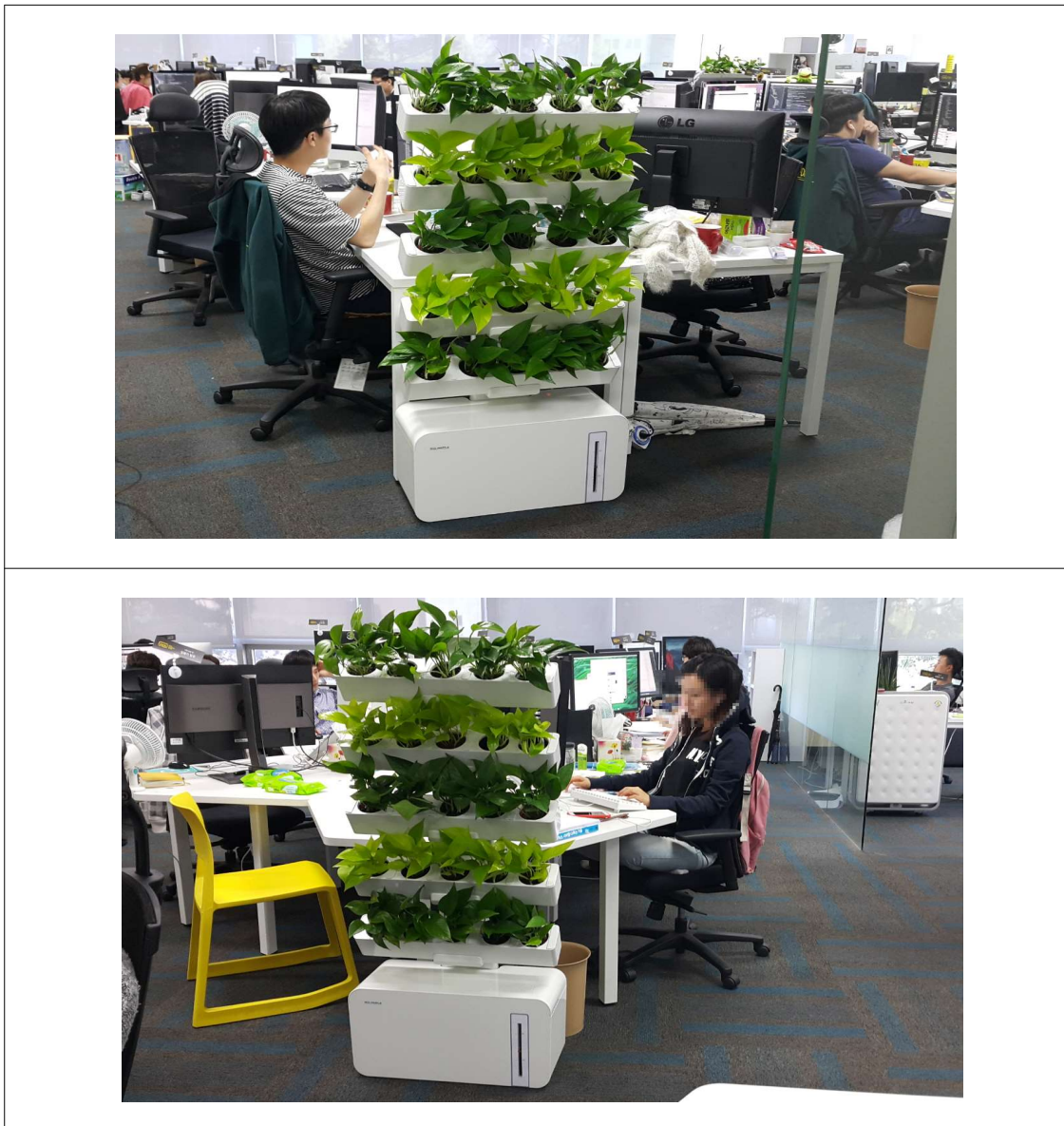


그림149. 카카오뱅크 內 수경재배용 화분 유닛 설치사진

(4) 잡코리아

장 소: 서울특별시 서초구 서초대로301 16/잡코리아 사무실 內

매출상품: 수직벽면녹화 시스템(에코스탠드)

매출형태: 렌탈

수 량: 5개

계약기간: 2016년 08월 01일~

금 액: 3,600,000원 (월 300,000원 기준)

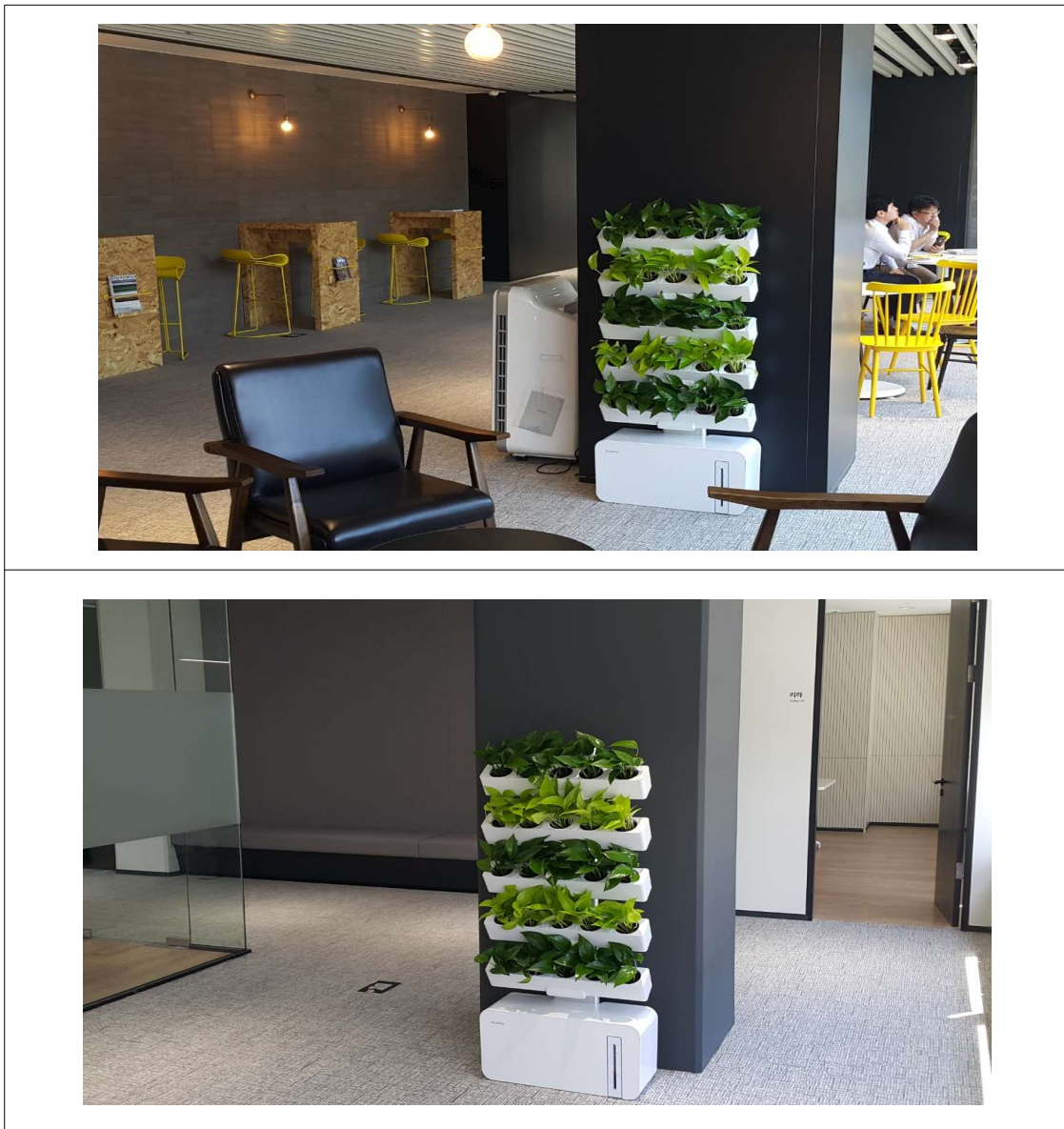


그림 150. 잡코리아 內 수경재배용 화분 유닛 설치사진

제 4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

1절 목표 달성도

연도	구분	세부연구목표	평가의 착안점 및 기준	달성도(%)
2014년	주식회사 에코피플	수경 벽면녹화시스템 디자인 개발	① 물과 영양 공급관리가 용이하며 청결유지가 가능한 수경재배 장치개발 • 선정된 디자인을 여 개발하여 특허 출원 완료 ② 실내원에 도입확대를 위한 공간 효율 극대화 디자인 적용 • 54가지의 각각의 구조 및 디자인 스케치 하여 가장 효율적인 디자인 4가지 선정 후 전시회 설문조사에 참여하여 선정 완료 ③ 실내 습도 향상을 위한 가습 팬 적용 • 4가지 팬을 실험 가습량 조사 후 가장 적합한 팬 선정 완료 ④ 식물고사 시 손쉽게 교체가 가능하도록 모듈화 • 식물식재 시 포트만 식재하여 식재 및 교체가 용이하도록 설계완료 하여 특허 출원 완료 ⑥ 필요시 높이 조절이 가능하도록 조립식 장치 • 수직으로 2단/4단/6단/8단 조립이 가능하도록 개발	100%
		용도별 수경 벽면녹화시스템 개발	① 사무실용 수경벽면녹화 시스템 개발 완료 ② 가정용 수경 벽면녹화시스템 개발 완료 ③ 상업공간용 수경 벽면녹화시스템 개발 완료	100%
	경남과학기술대학교	실내 수경 녹화시스템에 적합한 관엽식물 선발	① 내음성 정도에 따른 실내 식물 선발 완료 ② 내서성 (여름용) 실내식물 선발 완료 ③ 내한성 (겨울용) 실내식물 선발 완료	100%
		선정된 식물의 수경재배 기술 개발	① 이식시 발근 촉진 기술 개발 뿌리가 부착되어 있는 식물들을 하이드로볼 화분에 이식할 때, 다음과 같은 처리를 하고 가장 발근이 잘되고 활착이 좋은 조건을 구명 • 단근 정도가 발근 속도에 미치는 영향 구명 완료 • 오옥신 농도에 따른 발근 촉진 효과 구명 완료 • 삼목 시 식물 종류별 적정 차광 정도 구명 완료 ② 수경재배 시 최적 인공용토 선발 완료	100%

연도	구분	세부연구목표	평가의 착안점 및 기준	달성도(%)
2차 년도 2015년	주식회사	수경 벽면녹화 시스템 목업 제작 및 금형제작	① 수경 벽면녹화시스템 목업 제작 완료 • 1차년도 결과인 시스템 도면 토대로 목업제작을 하여 목업제품의 문제점 토대로 도면 수정하여 보완함. ② 수경벽면 녹화 시스템 금형 제작 완료 • 생산단가에 미칠 수 있는 부분은 금형 제작전 금형 수정하였음 • 금형 제작 후 금형 기술적 부분, 마감부분, 누수부분등 3차례 금형 수정 후 완성	100%
		디자인 등록 및 특허 등록	마케팅 활용 및 연구 기한 내 등록 가능 하도록 우선심사 신청하여 디자인 1건/ 특허등록 2건 등록 완료	100%
	에코피플	관엽식물 수경화기술, 기술이전	수경재배용 화분 거치대, 수경재배용 화분유닛을 기술이전 하여 사업화 함.	100%
		수경 벽면녹화 시스템 제품의 마케팅 기획	① 수경재배용 화분 유닛은 매출계약 1억이상 계약 후 설치 완료. ② 수경벽면녹화장치는 기업 판매 및 샘플설치를 완료. ③ 제품홍보를 위해 박람회, 전시회 참가 및 언론 매체 컨테츠 제공	100%
	경남과학기술대학교	수경 벽면녹화시스템이 실내 공기조성 변화에 미치는 영향 구명	① 수경 벽면녹화시스템 사용에 의한 유해물질 흡수 효과 • 포름알데히드 등 인체에 해로운 VOC 흡수 정도를 경시적으로 조사 • 산소와 이산화탄소의 경시적 변화 조사 ② 수경 벽면녹화시스템 사용의 가습효과 검증 • 겨울철 실내에서 가습효과를 구명	100%
		수경 벽면녹화시스템이 인간의 정서에 미치는 영향 구명	① 수경 벽면녹화시스템 사용에 의한 실내 거주자의 정신 건강에 미치는 영향 조사 • 실내 거주자들의 기분 전환 및 스트레스 감소 등 정서에 미치는 영향 설문조사	100%

2절 관련분야 기여도

실내원에 활성화를 위한 수경벽면녹화 시스템의 연구는 목표대비 대부분 달성된 상태이다. 최초 계획한 수경벽면녹화 시스템 개발 과정 중 수경재배 화분 유닛의 기술이 독립적 상품이 될 수 있어서 짧은 기간에 연구비의 50%이상의 매출을 달성하였다. 또 기존 수경화분 대체로 수경재배 화분 유닛을 사용함으로써 수입 하이드로볼 절감이 효과가 있습니다. 금액으로 환산하면 1년에 약 2,000만원의 수입절감 효과입니다

현재 150여 기업에서 파티션화분 약 1.5만여개가 렌탈 관리 중인데 향후 3년 동안 전량 교체할 예정입니다. 수경배재 화분 유닛 박스 교체로 관리효율이(식물교체가 용이롭다) 약 10%이상 향상되는 효과가 기대됩니다.

관엽식물의 수경재배 방법과 수경재배에 적합한 용토를 찾는 연구는 향후 관엽식물 수경화에 대한 연구에 기초자료로 참고될 것이고 과제 진행시 실내로 식물 도입시 관리에 대한 어려움 해결과 관엽식물의 실내도입을 위한 실내공간 부족을 해결하기 위한 고민은 타사 및 상품 개발자들에게 좋은 방향을 제시할 것입니다.

본 연구개발 결과는 기존의 벽면녹화장치들이 야외나 로비, 휴게공간 등의 넓은 실내공간에 인테리어용으로 시공의 개념이었던 것에 비해 사람의 생활공간인 사무실이나 주택 등의 좁은 실내공간에 도입이 가능하도록 고안하였고 또한 누구나 손쉽게 식물교체, 관수 등의 일반적이 관리가 가능하도록 시공개념이 아닌 상품으로 벽면녹화 장치를 개발하였습니다.

현재 해외에서는 하이드볼을 이용한 수경 관엽식물의 편리성, 청결성 등으로 많이 보급되어 있지만, 국내에서는 인식부족, 공급업체 부족, 상품부족으로 저변확대가 미흡한 상태입니다. 이번 연구로 수경재배기술, 수경벽면녹화, 수경화분유닛등 다양한 수경재배기술 및 상품이 개발되어 수경관엽식물 시장확대에 기여를 할 것 같습니다.

제 5장 연구결과의 활용계획

연구결과	활용계획
수경재배기술	현재 에코피플의 수경식물 위탁생산농가에 수경재배 기술을 이전.
수경벽면녹화 시스템의 공기정화 연구 결과	에코피플에서 수경벽면 녹화시스템의 마케팅에 적극 활용
수경재배용 화분 유닛	<ol style="list-style-type: none"> 1. 현재 에코피플에서 운영중인 1.5만여개의 수경화분을 수경재배용 화분유닛으로 교체. 2. 기업 및 관공서에 판매 계획. 3.(주)에코피플의 주력판매 모델 가능
수경벽면녹화 시스템	<ol style="list-style-type: none"> 1. 가장 우선적으로 에코피플의 150여 거래기업에 샘플설치 및 적극적 홍보로 판매계획. 2. 기업내 임원실,휴게공간에 우선배치 계획 2. 일반소비자 판촉을 위해 홈쇼핑 및 쇼핑몰을 통한 판매계획

제6장 연구개발과제의 대표적 연구실적

가. 논문 및 특허 실적

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/ 인용횟수 등)
1	특허	모듈타일 실내용 수경재배장치	(주)에코피플	주관	대한민국		2015.09.07	단독	
2	특허	수경재배용 화분 유닛	(주)에코피플	주관	대한민국		2016.01.16	단독	
3	논문	Rooting Response of Foliage plants Affected by Several Factors during Transplanting to Hydroball for Hydroponics	경남과기대	협동	원예과학기술지	0.6	심사중	중복	SCI
4	논문	Growth Response under Low Light Intensity and Classification of 17 Foliage Plants according to Shade Tolerance	경남과기대	협동	화훼연구회지		심사중	중복	학술진흥재단 등재지

나. 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	발표제목	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	차광 정도가 관엽식물 8종의 삽수 발근에 미치는 영향	2015년 춘계학술대회 및 공동 심포지엄	박철민, 서준오, 정준호, 이상우, 윤재길	2015년 4월 29일~30일	국립농업과학원 농업공학부	한국
2	관엽식물 6종의 IBA 고농도 순간침지 처리에 대한 발근 반응	2015 한국원예학회 정기총회 및 제 102차 춘계학술발표회	박철민, 임미영, 정준호, 이영철, 정경진, 윤재길	2015년 5월 20일~23일	전주 농촌진흥청	한국
3	관엽식물의 수경재배용 화분이식 시 용토 종류가 발근 및 생육에 미치는 영향	2016 한국원예학회 정기총회 및 제 104차 춘계학술발표회	정경진, 박철민, 임미영, 김훈명, 이은지, 윤재길	2016년 5월 25일~28일	창원시 컨벤션센터	한국
4	관엽식물의 수경재배용 화분 이식시 단근 정도가 발근에 미치는 영향	2016 한국원예학회 정기총회 및 제 104차 춘계학술발표회	강지수, 정경진, 임미영, 박철민, 최경옥, 윤재길	2016년 5월 25일~28일	창원시 컨벤션센터	한국

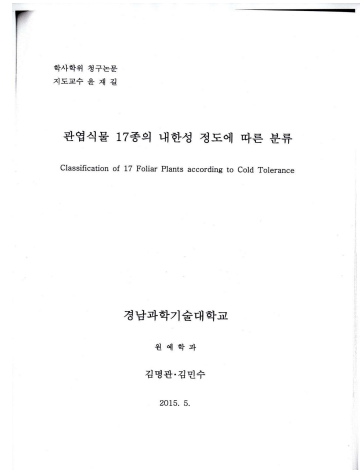
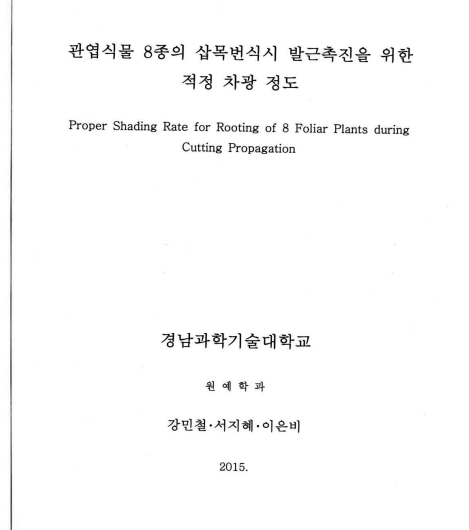
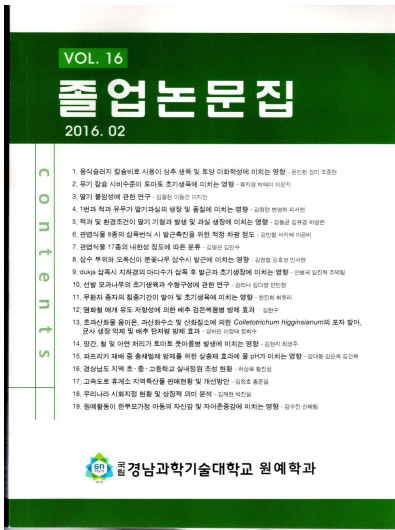
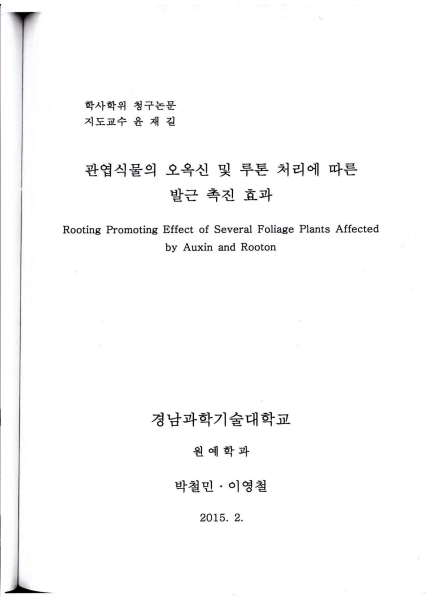
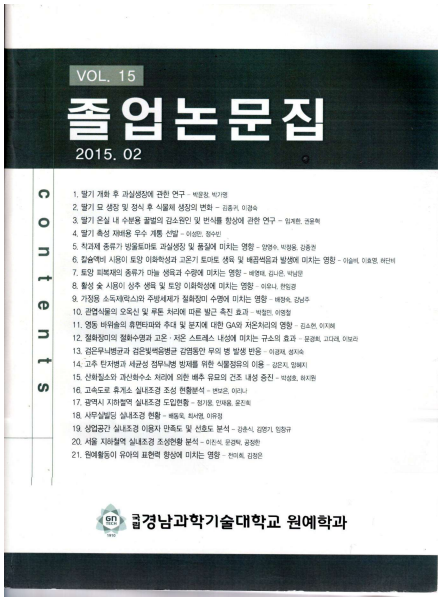
다. 기술지도

번호	농가 및 업체	지도일시	장소	기술지원	기술지도내용
1	이철우	2015년 4월 24일	경상남도 거창군 거창읍 거합대로 3441-7	경남과학기술대학교 윤재길	- 금전수 재배 방법 - 관엽의 엽색 인위적 조절
2	오브	2016년 4월 29일	창원시 마산합포구 월영남로7 보은빌딩 603호	경남과학기술대학교 윤재길	- 수경재배 방법 - 수경 벽면녹화시스템 소개
3	플라워 이일랜드	2016년 6월 3일	경상남도 진주시 이현동 17-20	경남과학기술대학교 윤재길	- 관엽식물 판매전략 - 수경재배방법

라. 인력양성

번호	분야	이름	논문 제목	발표일
1	학부학위논문	박철민, 이영철	관엽식물의 오옥신 및 루틴처리에 따른 발근 촉진효과	2015년 2월
2	학부학위논문	강민철, 서지혜, 이은비	관엽식물 8종의 삼목번식시 발근촉진을 위한 적정 차광정도	2016년 2월
3	학부학위논문	김명관, 김민수	관엽식물 17종의 내한성 정도에 따른 분류	2016년 2월

라. 인력양성 증빙자료



제7장 참고문헌

- 권계정, 박봉주, 2014, 4가지 관엽식물을 이용한 바이오필터의 미세먼지 제거 효과, *J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'l Univ.*, 30(2):157-160
- 길미정, 김광진, 박천호, 김호현, 임영욱, 2008a, 스킨답서스의 상토 종류 및 가스처리 횟수에 따른 포름알데히드 제거 효과, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26(3):325-330.
- 길미정, 김광진, 조정건, 박천호, 2008b, 광도에 따른 실내식물 팔손이나무와 스킨답서스의 포름알데히드 제거 및 생리적 반응, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26(2):189-196.
- 김종오, 박만석, 정용택, 이성홍, 현춘식, 김영진, 위생미생물학(Sanitary Microbiology), 형설출판사, 2008년 서울시 종로구 통의동
- 도시농업연구팀, 에코힐링을 위한 실내공기정화 식물, 농촌진흥청 국립원예특작과학원
- 류병열, 정원과 식물, 플로라, 2016,
- 우달식, 류병로, 문경환, 박광하, 조관형, 조영태, 수질오염개론, 신광문화사, 2002, 서울특별시 중구 신당 2동
- 이우식, 김복현, 신윤열, 이준호, 이호식, 채수권, 수질오염물질분석, 동화기술, 2012, 경기도 파주군 문발동
- 도시농업연구팀, 에코힐링을 위한 실내공기정화 식물, 농촌진흥청 국립원예특작과학원
- BeruBe, K.A., K.J. Sexton, T.P. Jones, T. Moreno, S. Anderson , and R.J. Richards. 2004. The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes. *Sci. Total Environ.* 324:41-53.
- Beak, S.O., and S. Y. Park. 2005. Chemical characteristics and indicators of environmental tobacco smoke. *J. Kor. Soc. Odor Res. Eng.* 4:168-176.
- Brown, S.K., M.R. Sim, M.J. Abramson, and C.N. Gray. 1994. Concentration of volatile organic compounds in indoor air. *Indoor Air* 4:123-124.
- Carpenter, D.O. 1998. Human health effects of environmental pollutants: New insights. *Environ. Monit. Assess.* 53:245-258.

- Fjeld, T., B. Veiersted, L. Sandvik, G. Riise, and F. Levy. 1998. The Effect of indoor foliage plants on health and discomfort symptoms among office workers. *Indoor Built Environ.* 7:204-209.
- Lee, J.E. 2003. A study on the rate of indoor air purification by plants and gauging compared with air clean instrument. *J. Kor. Soc. Interior Landscape* 5(2):1-12.
- Lee, S.H. 2004. A study on removing air pollutant used indoor plants. *Plant, People Environ.* 7:83-95.
- Relf, D. and S. Dorn. 1995. Horticulture: Meeting the needs of special population. *HortTechnol.* 5:94-103.
- Son, K.C., S.K. Park, H.O. Boo, G.Y. Bea, K.Y. Beak, S.H. Lee, and B.G. Heo. 1997. Horticultural therapy. 1st ed., p. 35-95. Seowon Press, Seoul, Korea.
- Weschler, C.J. and H.C. Shields. 1997. Potential reactions among indoor air pollutants. *Atmospheric Environ.* 31:3487-3495.

<첨부1> 수경 벽면녹화장치 사용 전·후의 인식변화 조사 설문지
「수경벽면녹화장치에 대한 인식조사」

- 해당되는 번호에 √ 표시해 주십시오.

■ 수경벽면녹화시설 설치 전 사무실 환경에 대한 질문입니다.

1. 사무실 환경이 작업하기에 매우 쾌적하였다.

① 전혀 그렇지 않았다. ② 그렇지 않았다. ③ 보통이었다. ④ 그랬다. ⑤ 매우 그랬다.

2. 겨울에는 실내가 너무 건조해서 습도조절이 필요하다고 느꼈다.

① 전혀 그렇지 않았다. ② 그렇지 않았다. ③ 보통이었다. ④ 그랬다. ⑤ 매우 그랬다.

3. 실내에 미세먼지가 많은 것 같아 신경이 쓰였다.

① 전혀 그렇지 않았다. ② 그렇지 않았다. ③ 보통이었다. ④ 그랬다. ⑤ 매우 그랬다.

4. 실내에 화학물질이나 불쾌한 냄새가 있어 신경이 쓰였다.

① 전혀 그렇지 않았다. ② 그렇지 않았다. ③ 보통이었다. ④ 그랬다. ⑤ 매우 그랬다.

5. 식물이 없어서 분위기가 삭막하였다.

① 전혀 그렇지 않았다. ② 그렇지 않았다. ③ 보통이었다. ④ 그랬다. ⑤ 매우 그랬다.

6. 실내에 식물을 들여와야 할 필요를 느꼈다.

① 전혀 그렇지 않았다. ② 그렇지 않았다. ③ 보통이었다. ④ 그랬다. ⑤ 매우 그랬다.

■ 수경벽면녹화시설 설치 후 사무실 환경에 대한 질문입니다.

7. 실내에 식물이 들어오고 나서 사무실 환경이 쾌적해졌다고 생각된다.

① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

8. 실내에 식물이 들어오고 가습효과가 있다고 생각된다.

① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

9. 실내에 식물이 들어오고 화학물질이나 불쾌한 냄새가 적어진 것 같다.

① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

10. 실내에 식물이 들어오고 실내의 미세먼지가 줄어들었다고 생각된다.

① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

■ 수경벽면녹화시설 설치 후 정서적 변화에 대한 질문입니다.

11. 실내에 식물이 들어오고 피로감이 줄어들었다고 생각된다.
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
12. 실내에 식물이 들어오고 정서함양에 도움이 되었다고 생각된다.
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
13. 실내에 식물이 들어오고 두통이 줄어들었다고 생각된다.
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
14. 실내에 식물이 들어오고 스트레스가 감소되었다고 생각된다.
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
15. 실내에 식물이 들어오고 집중력이 향상 되는 등, 작업효율이 높아졌다고 생각된다.
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
16. 다른 사무실에도 벽면녹화장치를 설치할 것을 권유하고 싶다.
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

■ 현재 설치된 수경벽면녹화장치에 대한 만족도에 관한 질문입니다.

17. 현재 설치된 벽면녹화장치에 만족하십니까?
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
18. 현재의 벽면녹화장치의 디자인에 만족하십니까 ?
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
- 18-1. 만족하지 않는 경우, 어떻게 개선하면 좋겠습니까 ?
서술 :
19. 변면녹화장치가 흰색으로 되어 있습니다. 색상에 만족하십니까 ?
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.
- 19-1. 색상에 만족하지 않는 경우, 어떤 색상이었으면 좋겠습니까 ?
서술 :
20. 현재 이용되고 있는 식물 종류에 만족하십니까 ?
① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

20-1. 식물에 만족하지 않는 경우, 어떤 식물을 더 이용하면 좋겠습니까 ?
서술 :

■ 수경벽면녹화시설 설치 후, 식물에 대한 인식변화에 관한 질문입니다.

21. 예전에 비해 식물에 대한 관심이 높아졌다.

- ① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

22. 집에 수경벽면녹화시설을 설치하고 싶다.

- ① 전혀 그렇지 않다. ② 그렇지 않다. ③ 보통이다. ④ 그렇다. ⑤ 매우 그렇다.

23. 만약 집에 수경벽면녹화시설을 설치한다면, 설치하고 싶은 가장 큰 이유를 순서대로 배열하세요.

() - () - () - ()

- ① 외관상 보기 좋아서
② 관리의 편리성 때문에
③ 기존의 화분과 달리 흙이 없고, 청결해서
④ 실내공기환경이 개선되어서

■ 설문 응답자에 관한 질문입니다.

설문내용의 효과적인 분석을 위하여 간단한 신상을 조사하고자 합니다.

24. 귀하의 성별? ① 남자 ② 여자

25. 귀하의 연령은? ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대

26. 귀하의 결혼 유무는? ① 미혼 ② 기혼

- 설문에 응답해주셔서 대단히 감사합니다. -

<첨부2> 수경 벽면녹화장치 선호도 조사 설문지

「수경벽면녹화장치에 대한 인식조사」

안녕하세요. 저희는 경남과학기술대학교 원예학과에 재학중인 학생들입니다. 정부 연구과제인 「수경 벽면녹화 시스템에 적합한 식물 선발 및 시스템의 기능성 분석」이라는 연구를 수행하고 있습니다. 지난 1년 동안 연구한 결과로 앞에 보이는 『수경벽면녹화장치』를 개발하게 되었습니다.

본 장치는 일반토양을 사용하지 않고 하이드로볼(황토볼)을 이용하여 수경재배가 가능하도록 고안된 장치입니다. 본 장치는 일반토양을 사용하지 않기 때문에 매우 청결하며, 자동으로 물이 공급되기 때문에 관리하기가 매우 편리한 장치입니다.

식물재료로는 관엽식물을 주로 이용하기 때문에 실내와 같이 빛이 부족한 곳에서도 죽지 않고 잘 자라줍니다. 본 장치를 실내에 설치했을 때, 공기정화 및 실내 습도조절 효과가 있을 것으로 기대하며, 동시에 사람들의 정서적 안정감을 높여줄 것으로 기대하고 있습니다.

본 조사는 본 수경벽면녹화장치에 대한 일반 소비자들의 선호도 조사 및 개선방향을 알아보기 위해 수행하는 설문 조사입니다. 바쁘시더라도 설문에 응해 주셔서 본 연구과제가 최선의 결과를 도출할 수 있도록 도와주시면 감사하겠습니다. 또한 본 조사내용은 비밀이 절대 보장되며 연구목적 이외의 다른 용도로 이용되지 않을 것을 약속드립니다.

2016년 5월

경남과학기술대학교 원예생명공학실험실 (T. 055-751-3252)
선임 연구원 정 경 진 (H.P. 010-5559-9442)

- 해당되는 번호에 √ 표시해 주십시오.

■ 수경벽면녹화장치를 보고 느끼신 소감에 대한 질문입니다.

1. 본 수경변면족화장치가 맘에 드십니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

2. 현재의 벽면녹화장치의 디자인에 만족하십니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

2-1. 만족하지 않는 경우, 어떻게 개선하면 좋겠습니까 ?

서술 :

3. 변면녹화장치가 흰색으로 되어 있습니다. 색상에 만족하십니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

3-1. 색상에 만족하지 않는 경우, 어떤 색상이었으면 좋겠습니까 ?

서술 :

4. 현재 이용되고 있는 식물 종류에 만족하십니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

4-1. 식물에 만족하지 않는 경우, 어떤 식물을 더 이용하면 좋겠습니까 ?

서술 :

5. 본 장치를 실내에 두었을 때, 실내 공기질이 개선될 것 같습니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

6. 본 장치를 실내에 두었을 때, 정서적으로 편안해질 것 같습니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

7. 본 장치가 무료로 제공된다면 실내에 설치하고 싶습니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

7-1. 아니라면, 그 이유는 무엇인가요 ?

8. 본 장치가 가격은 어느 정도가 적절하다고 생각하십니까 ?

- ① 5만원 ~ 10만원 ② 11만원 ~ 20만원 ③ 21만원 ~ 30만원 ④ 31만원 ~ 40만원

9. 본 장치를 일정분의 돈을 지불하고라도 구입할 의사가 있습니까 ?

- ① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 그렇지 않다 ⑤ 전혀 그렇지 않다

10. 만약 집에 수경벽면녹화시설을 설치한다면, 설치하고 싶은 가장 큰 이유를 순서대로 배열하세요.

() - () - () - ()

- ① 외관상 보기 좋아서
② 관리의 편리성 때문에
③ 기존의 화분과 달리 흙이 없고, 청결해서
④ 실내공기환경이 개선되어서

■ 설문 응답자에 관한 질문입니다.

설문내용의 효과적인 분석을 위하여 간단한 신상을 조사하고자 합니다.

11. 귀하의 성별은? ① 남자 ② 여자

12. 귀하의 연령은? ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대

13. 귀하의 결혼 유무는? ① 미혼 ② 기혼

- 설문에 응답해주셔서 대단히 감사합니다. -

뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명 산업기술 개발 사업 보고서입니다
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명 산업기술 개발 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.