

첨단생산기술개발사업 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1543000-002534-01

집중호우 대비 저비용 고효율 농지범용화 시스템과 이를 이용한 약용 작물재배 및 기능성 식품 제조기술 개발 최종보고서

2019. 03

주관연구기관 / (주)워터매니지먼트
협동연구기관 / 충남대학교 산학협력단
영농조합법인 부일식품

농 립 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “집중호우 대비 저비용 고효율 농지범용화 시스템과 이를 이용한 약용 작물재배 및 기능성 식품 제조기술 개발” (개발기간 : 2016. 09. 05 ~ 2018. 12. 31) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 03.

주관연구기관명 : (주)위터매니지먼트 (대표자) 정 광 복 (인)

협동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 이 영 석 (인)

협동연구기관명 : 영농조합법인 부일식품 (대표자) 신 행 윤 (인)

주관연구책임자 : (주)위터매니지먼트 김 현 태

협동연구책임자 : 충남대학교 박 종 석

협동연구책임자 : 영농조합법인 부일식품 김 재 주

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

보고서 요약서

과제고유번호	116068-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.	단 계 구 분	3/3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	집중호우 대비 저비용 고효율 농지범용화 시스템과 이를 이용한 약용 작물재배 및 기능성 식품 제조기술 개발			
연구책임자	김현대	해당단계 참여연구원 수	총: 25명 내부: 24명 외부: 1명	해당단계 연구개발비	정부: 300천원 민간: 100천원 계: 400천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 66명 내부: 64명 외부: 2명	총 연구개발비	정부: 700천원 민간: 233.4천원 계: 933.4천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)위터매니지먼트 충남대학교 산학협력단 영농조합법인 부일식품			참여기업명	
국제공동연구	상대국명: 해당사항없음			상대국 연구기관명: 해당사항없음	
위탁연구	연구기관명: 공주대학교 산학협력단			연구책임자: 박찬기	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

9대 성과 등록·기탁번호

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

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

○ 연구개발목표

논가 소득을 증가시키면서 집중호우에도 피해가 없는 고효율 저비용 논
범용화 기술을 개발하고, 고소득 천연작물의 대량재배기술과 재배된 작물을
기능성 식품으로 가공하는 패키지 기술개발을 목표로 하고 있음

○ 연구개발성과

- ① 논 범용화를 위한 저비용 고효율 지하관개+배수암거시스템 개발
- ② 저비용 고효율 논 범용화 사업 설계·시공 및 유지관리 기술정립
- ③ 기능성 천연물소재 작물재배 기술 개발
- ④ 천연물 소재를 이용한 기능성 보조식품 가공기술 개발

보고서 면수
251 page

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농가소득을 증가시키면서 향후 기후변화 특히 집중호우에도 피해가 없는 고효율 저비용 논(간척지 포함)의 범용화 기술을 개발하고, 이 기술이 적용된 농지에 고소득 천연작물의 대량재배기술과 재배된 작물을 천연물 기능성 식품으로 가공하는 기술개발을 포함하는 논 범용화기술, 재배기술 및 가공기술의 패키지 기술개발을 목표로 함. ○ 논 범용화를 위한 저비용 고효율 지하관개+배수암거시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 암거의 문제점(지하배수불량, 암거 막힘 및 공사비 과다) 개선방안 도출 <ol style="list-style-type: none"> 1) 암거사이 지하배수불량 개선을 위한 저비용 고효율 지하암거공법 도입 2) 암거 막힘 방지 용 지하암거시스템 및 기준 재정립 - 범용화 2차적 문제점(재염화, 토양경화 및 유지관리 어려움) 개선방안 도출 <ol style="list-style-type: none"> 3) 건기 재염화 및 표층토양경화 방지 지하관개+배수암거시스템 도입 4) 암거 유지관리를 위한 추적관리 시스템 개발 ○ 저비용 지하관개+배수암거시스템 시험시공 성능확인 및 설계 시공기준 정립 <ol style="list-style-type: none"> 1) 단관방식 무굴착 지하관개+배수암거시스템 시험시공 성능확인 2) 지하관개+배수암거시스템의 수리적 특성 및 운영, 유지관리 기법개발 ○ Agastache 속 최적 품종 선발 및 대량 재배 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - Agastache 속 10 품종의 재배 테스트를 통한 최적 품종 선발 - 배수불량 조건에서 선발 품종의 대량생산 기술 개발 (최적 수분 조건) - 최적 정식간격 도출 및 멀칭과 비멀칭 재배의 생산성 비교 - 기능성 물질 함량 증대를 위한 재배기술 개발 ○ Agastache 속을 이용한 건강 기능성 보조식품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 재배 테스트 품종의 phytochemical 함유 특성 분석 - 선발 품종의 성분 분석을 통한 산업적 소재 이용 경제성 분석 - 선발 품종을 이용한 건강 기능성 식품 보조제 개발 ○ Test-Bed 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 고효율 저비용 논범용화 시스템 적용 Test-Bed 구축 - Test Bed에 선발 품종 재배 - 재배된 품종을 이용한 건강 기능성 보조 식품 개발 				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논 범용화를 위한 저비용 고효율 지하관개+배수암거시스템 개발 ○ 저비용 고효율 논 범용화 사업 설계·시공 및 유지관리 기술정립 ○ 기능성 천연물소재 작물재배 기술 개발 ○ 천연물 소재를 이용한 기능성 보조식품 가공기술 개발 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논 의 범용화로 농업인의 재배 작물의 다변화와 농가소득 증대 ○ 집중호우 시 신속한 지하배수와 건기 지하관개로 기후변화에 완벽한 대응 ○ 기능성 천연물소재 작물재배 및 식품화로 농가소득향상 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>논의 범용화</p>	<p>집중호우</p>	<p>고효율 저비용 암거</p>	<p>배초향(곽향)</p>	<p>건강기능성 식품</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Multipurpose utilization of paddy field</p>	<p>heavy rain</p>	<p>low cost and high efficiency culvert</p>	<p>Agastache</p>	<p>functional food</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

목 차

I. 서 론	1
제1절 연구개발의 개요	2
1. 연구개발 개요	2
2. 핵심 연구개발 기술	5
제2절 연구개발 국내·외 현황	8
1. 국내현황	8
2. 국외현황	18
제3절 연구개발의 중요성	22
1. 기술개발의 필요성	22
2. 정부지원의 필요성	25
제4절 연구개발의 목표 및 추진체계	28
1. 최종목표	28
2. 기관별 세부목표	28
3. 연구개발 추진체계	29
II. 고효율 저비용 농지범용화 시스템 개발	31
제1절 연구개요	32
1. 연구 목적 및 내용	32
2. 연구 범위	32
제2절 연구수행방법 및 연구결과	33
1. 기존 농지범용화 기술(암거기술)과의 성능 비교 평가 및 장단점 분석을 통한 기술개발 방향 설정 ...	33
2. 암거의 성능평가	34
3. 암거의 재료의 사용수명 평가	43
4. 암거폐색을 방지하기 위한 토립자 방지 전면필터 설치에 따른 성능 평가	50
5. 농지범용화 시스템의 지하배수효과 예측	53
6. 무굴착 암거 시공장비 조사 및 분석을 통한 적정장비 선정	62
7. 현장시험시공 및 모니터링을 위한 최적 농지범용화 시스템 설계	66
8. 무굴착 지하관개+배수암거공법 시험시공 설계 및 시험시공 및 모니터링	68
9. 건기 지하관개 및 관청소 실시 성과평가 및 개선기술개발	102
10. Pond를 이용한 침출수 저류 및 관개용수 재활용 시스템 구상	104

11. 현장 모니터링 지하배수 및 토양개량 성능평가를 이용한 개선기술 개발	110
12. 설계, 시공지침, 운영 및 유지관리 방안 개발	114
13. 고효율 저비용 논(간척지 포함) 범용화 시스템의 경제성 분석	129
III. Agastache 속 기능성 천연물 소재 대량 재배 기술 개발	137
제1절 연구개요	138
1. 연구 목적 및 내용	138
2. 연구 범위	138
제2절 연구수행내용 및 결과	139
1. 품종별 기능성 분석을 통한 경제적 품종 선발	139
2. 논 범용화 토양의 물리화학적 특성 분석	143
3. 광향의 생육 생장 특성 분석	145
4. 배수불량 토양 조건의 선발 품종의 기비와 추비의 최적조건 도출	153
5. 선발 품종의 기비와 추비의 최적 조건 도출 및 멀칭과 비멀칭의 생산성 비교	166
6. 기능성 물질 함량 증대를 위한 재배 기술 개발	181
7. 재배 매뉴얼 개발	185
IV. Agastache 속 식물을 이용한 기능성 건강보조식품 개발	189
제1절 연구개발의 개요	190
1. 연구개발 개요	190
제2절 연구수행내용 및 결과	191
1. 연구수행내용	191
2. 연구결과	197
V. 목표달성도 및 관련분야의 기여도	211
제1절 연구개발 성과 및 평가방법	212
1. 연구개발 달성도 평가	212
2. 최종성과목표	247
VI. 참 고 문 헌	249

표 목 차

<Table 1-1> 국내 암거배수관 적용 현황	10
<Table 1-2> 수확 시기별 건물 수량과 잎의 로즈마린산 및 정유 함량	12
<Table 1-3> 재식 밀도에 따른 수량	12
<Table 1-4> 암거배수관 관련 특허	16
<Table 1-5> Agastache 속 관련 기능성 관련 특허	17
<Table 1-6> 국내외 농지조성 비교	20
<Table 1-7> 광향의 질소 시비에 따른 수량변화	21
<Table 1-8> 배초향(광향) 관련 해외 특허	21
<Table 2-1> 굴착식 및 비굴착 공법의 비교와 문제점 해결방안 설정	33
<Table 2-2> 유공관 암거의 품질기준	35
<Table 2-3> 유공관의 밀도 시험결과	36
<Table 2-4> 인장강도 및 인장 변형률 시험결과	37
<Table 2-5> 휨강도시험 결과	38
<Table 2-6> 유공관 암거의 투수시험결과	38
<Table 2-7> 휨시험 결과	39
<Table 2-8> 투수계수 시험결과	39
<Table 2-9> 충격시험 평가기준	40
<Table 2-10> 충격시험결과	41
<Table 2-11> 침지시험용액	41
<Table 2-12> 침지 후 중량변화시험결과	42
<Table 2-13> 침지 후 유공관 인장시험 및 휨 시험결과	43
<Table 2-14> 전면필터 암거의 투수시험결과	50
<Table 2-15> 전면필터와 고로슬래그 골재 필터층을 가지는 유공관 암거의 투수시험결과	52
<Table 2-16> 설계기준(배수편) 지하배수분야 주요내용요약(미래농촌기술연구소, 2016)	54
<Table 2-17> 지하암거 유속 및 유량계산방법(미래농촌기술연구소, 2016)	55
<Table 2-18> 암거종류(모양)별 지하배수 성능비교(침투류 해석)	61
<Table 2-19> 농지범용화 시스템의 종류에 따른 배출수 해석결과 요약	67
<Table 2-20> 시험시공 계획 지구	68
<Table 2-21> 시험시공내역	71
<Table 2-22> 주름 유공관 품질시험항목 및 기준	115
<Table 2-23> 수평필터매트 품질시험항목 및 기준	115
<Table 2-24> 산출단면	130

<Table 2-25> 일위대가 목록	130
<Table 2-26> 일위대가 호표	131
<Table 2-27> 굴착식 암거의 경제성분석	133
<Table 2-28> 무굴착식 유공관 암거의 경제성 분석	134
<Table 2-29> 무굴착식 유공관+수평필터암거 경제성분석 표	134
<Table 2-30> 무굴착식 유공관+수평+수직필터(2중필터방식 적용)암거의 경제성분석	135
<Table 2-31> 농지범용공법의 경제성 분석비교 요약	135
<Table 3-1> 토양의 암거배수와 멀칭 유무에 따른 토양의 물리 화학적 특성 분석(1)	144
<Table 3-2> 토양의 암거배수와 멀칭 유무에 따른 토양의 물리 화학적 특성 분석(2)	144
<Table 3-3> 수도작 지대에서 논과 밭의 차이점	154
<Table 3-4> 토양성분의 밭(산화) 및 논(환원) 형태	155
<Table 3-5> 논 및 밭토양의 특성비교	155
<Table 3-6> 밭 작물별 적용인자(Penman-Monteith)	159
<Table 3-7> 작물계수(Penman-Monteith) 고추 (Type 3)	159
<Table 4-1> HPLC 분석법	192
<Table 4-2> 페닐프로파노이드 표준품을 이용한 검정곡선	192
<Table 4-3> 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 HPLC 분석법	193
<Table 4-4> 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 표준품을 이용한 검정곡선	194
<Table 4-5> qRT-PCR을 위한 Primer list	195
<Table 4-6> LC-ESI-MS 분석법을 이용하여 확인된 광항에 함유된 phenolic compound	199
<Table 4-7> 배초향 화기발달 단계별 rosmarinic acid와 flavones 물질 분석 (mg/g dry weight)	205
<Table 4-8> 배초향 화기발달 단계별 페닐프로파노이드 계통 물질 분석 (mg/g dry weight)	205

그림목차

<Fig. 1-1> 건강기능식품 시장규모	3
<Fig. 1-2> 농지범용화 재료 및 설치기술 개념도	6
<Fig. 1-3> 배초향(곽향) 최적 재배조건 확립 및 기능성 차 개발 개념도	7
<Fig. 1-4> 기능성 천연물소재 재배 및 기능성 보조식품 가공기술 개념도	7
<Fig. 1-5> 경사지 논의 범용화를 위한 암거 설치 방법	9
<Fig. 1-6> 암거배수 시스템 비교 사진	10
<Fig. 1-7> 토립자 유입으로 인한 암거 폐색	10
<Fig. 1-8> LED 광원을 이용한 곽향 재배 모습	13
<Fig. 1-9> 광질에 따른 곽향의 4주간 생육 후 모습	13
<Fig. 1-10> 광질에 따른 곽향의 지상부 생체중 및 건물중(좌), 뿌리의 생체중 및 건물중(우)	14
<Fig. 1-11> 광질에 따른 곽향의 건물중 당(좌), 식물체 당(우) Tilianin과 Acacetin 함량의 변화	14
<Fig. 1-12> 곽향 1% 추출물 처리를 통한 쥐의 대동맥 동맥경화성 병변 감소	15
<Fig. 1-13> 국내·외 무굴착 암거 시공 장비	20
<Fig. 1-14> 암거배수관 설치모습	22
<Fig. 1-15> 곽향의 함유성분 및 적용성	23
<Fig. 2-1> 유공관 암거의 형상	35
<Fig. 2-2> 인장강도시험 시편모습	36
<Fig. 2-3> 인장시험모습	36
<Fig. 2-4> 인장시험 후 파괴형상	37
<Fig. 2-5> 휨강도시험 모습	38
<Fig. 2-6> 휨시험 모습	39
<Fig. 2-7> 샤라피 충격시험기	40
<Fig. 2-8> 파괴시험 후 형상	41
<Fig. 2-9> 침지시험 모습	42
<Fig. 2-10> 온도, 촉진기간과 실제 기간과의 관계	45
<Fig. 2-11> 수돗물에 노출시킨 암거 재료의 휨강도 시험결과	45
<Fig. 2-12> 수돗물에 노출시킨 암거재료의 잔류휨강도 시험결과	46
<Fig. 2-13> 잔류강도 90%이상을 유지하기 위한 수돗물에 침지기간	46
<Fig. 2-14> 암거재료의 수돗물(일반적인 환경)에 노출된 경우 사용수명 예측 결과	47
<Fig. 2-15> 휨강도와 CaCl ₂ 용액에 침지한 기간과의 관계	47
<Fig. 2-16> 잔류휨강도와 CaCl ₂ 용액에 침지한 기간과의 관계	48

<Fig. 2-17> 잔류강도 90%이상을 유지하기 위한 CaCl ₂ 용액에 침지기간	48
<Fig. 2-18> 암거재료의 사용수명 예측	49
<Fig. 2-19> 전면필터 적용 모형시험	51
<Fig. 2-20> 전면필터 및 고로슬래그 골재로 필터층을 구성한 모형 시험	52
<Fig. 2-21> 무암거 및 지하암거조건외 침투유로(미래농촌기술연구소, 2016)	56
<Fig. 2-22> 지하암거배수 침투류 해석 조건(미래농촌기술연구소, 2016)	56
<Fig. 2-23> 무암거 조건 지하수 침투류 특성(미래농촌기술연구소, 2016)	57
<Fig. 2-24> 유공관 지하암거 설치조건 지하수 침투류 특성(미래농촌기술연구소, 2016)	57
<Fig. 2-25> 유공관+수평필터 지하암거 설치조건 지하수 침투류 특성(미래농촌기술연구소, 2016)	58
<Fig. 2-26> 무암거 조건의 담수침투수량	58
<Fig. 2-27> 지하암거 및 무암거 조건 별 침투수량(흙의 $k=1.5 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 조건)	59
<Fig. 2-28> 흙의 투수계수 별 단위침투수량	60
<Fig. 2-29> 수갑 설치사례	62
<Fig. 2-30> 두더지 암거 설치 장치(네덜란드 사례)	63
<Fig. 2-31> 트렌치를 파는 형식의 흡수거 매설 장치(네덜란드 사례)	63
<Fig. 2-32> 물 드레인 장치(일본사례)	64
<Fig. 2-33> 수평 굴착 시공	64
<Fig. 2-34> 유공블럭 이용한 시공	64
<Fig. 2-35> 터파기 및 소수재 운반 시공	65
<Fig. 2-36> 농지범용화 시스템의 설계단면	66
<Fig. 2-37> 시험포 위치도(영산강 금호2-1공구 내)	69
<Fig. 2-38> 지하암거시공 평면도	69
<Fig. 2-39> 지하암거시스템 설치 개요도	70
<Fig. 2-40> 지하암거 시험시공 계획도	71
<Fig. 2-41> 시험시공 현황	72
<Fig. 2-42> 무굴착 흡수암거 시공 과정	73
<Fig. 2-43> 흡수암거 시공 직후 집수암거 시공 전 상황	73
<Fig. 2-44> 집수암거 시공 상황	74
<Fig. 2-45> 심토파쇄 효과 비교	75
<Fig. 2-46> 금호공구 지하암거 설치 후 토양함수비 변화	76
<Fig. 2-47> 금호공구 지하집수암거 배수상황	76
<Fig. 2-48> 금호공구 지하암거설치 2.5년 후 현재 지층 균열현황	77
<Fig. 2-49> 금호지구 지하암거 설치 후 염도변화	77
<Fig. 2-50> 식생변화	78

<Fig. 2-51> 공검지구 범용화 시험포 위치 및 평면도	79
<Fig. 2-52> 지하암거시스템 설치 개요도	80
<Fig. 2-53> 시공 전 습답 상황(2017.4.28. 건기)	80
<Fig. 2-54> 시험시공 진행과정	81
<Fig. 2-55> 공검지구 지하암거 설치 후 토양함수비 변화	82
<Fig. 2-56> 발작물 통제배 강우 후 배수 상황	82
<Fig. 2-57> 집중강우시 지표배수불량 상황	82
<Fig. 2-58> 공검지구 집수암거 배수상황	83
<Fig. 2-59> 콩 작물생육상태	84
<Fig. 2-60> 삼산지구 범용화 시험포 위치 및 평면도	85
<Fig. 2-61> 계산 지하암거 시험시공 계획도	86
<Fig. 2-62> 지하암거시스템 설치 개요도	86
<Fig. 2-63> 시험시공 진행과정	87
<Fig. 2-64> 삼산지구 지하암거 설치 후 토양함수비 변화	88
<Fig. 2-65> 계산지구 범용화 시험포 위치 및 평면도	90
<Fig. 2-66> 계산 지하암거 시험시공 계획도	91
<Fig. 2-67> 지하암거시스템 설치 개요도	91
<Fig. 2-68> 시험시공 진행과정	92
<Fig. 2-69> 지하암거 및 심토파쇄 후 토양함수비 변화	93
<Fig. 2-70> 콩 작물생육상태	93
<Fig. 2-71> 시험포 위치도 (영산강 기존 간척지 답)	94
<Fig. 2-72> 지하암거 명면도 및 시공방법	94
<Fig. 2-73> 미암지구 지하암거 시험시공	95
<Fig. 2-74> 미암지구 지하암거 함수비	96
<Fig. 2-75> 미암공구 집수암거 배수상황	96
<Fig. 2-76> 미암공구 집수암거 토양염도	97
<Fig. 2-77> 작물생육상태 비교	97
<Fig. 2-78> 시험포 위치도(저습답)	98
<Fig. 2-79> 지하암거 평면도 및 시공방법	98
<Fig. 2-80> 죽산지구 지하암거 시험시공	99
<Fig. 2-81> 죽산지구 지하암거 함수비	100
<Fig. 2-82> 콩 작물생육상태	101
<Fig. 2-83> 흡수암거 3열 150mm무공관 배수거(연장 10m)에 연결	103
<Fig. 2-84> 시험시공지역의 배출수 현황 사진	103

<Fig. 2-85> 유공관 세척 초기 및 후기 배출수 비교	103
<Fig. 2-86> 집수암거로부터 침출수 발생	109
<Fig. 2-87> 침출수 저류 효과	109
<Fig. 2-88> 지하암거 관 막힘 특성	111
<Fig. 2-89> 건기 모관상승에 의한 간척지 토양 재염화 특성	112
<Fig. 2-90> 지하 염수 모관상승 차단 모식도	112
<Fig. 2-91> 지하암거 전체 공정순서	116
<Fig. 2-92> 흡수암거 시공순서	117
<Fig. 3-1> 온실 수경재배 시스템과 광향 생육 모습	139
<Fig. 3-2> Agastache 속의 품종별 초장과 최대근장	140
<Fig. 3-3> Agastache 속 품종별 엽장과 엽폭	140
<Fig. 3-4> Agastache 속 품종별 엽면적과 엽수	140
<Fig. 3-5> Agastache 속의 품종별 SPAD 값 (엽록소 함량)	141
<Fig. 3-6> Agastache 속 품종별 지상부 생체중 및 건물중 함량	141
<Fig. 3-7> Agastache 속 품종별 rosmarinic acid 함량	142
<Fig. 3-8> Agastache 속 품종별 tilianin과 acacetin 함량	143
<Fig. 3-9> 논 범용화 작업을 위한 암거배수 설치원리와 심토파쇄, 실제 시공 및 시공 후 포장	145
<Fig. 3-10> 광향의 파종 후 본엽이 전개된 상태 (좌)와 육묘장에서 육묘된 광향 묘	146
<Fig. 3-11> 멀칭유무에 따른 광향의 생육 시험	146
<Fig. 3-12> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 4주)	147
<Fig. 3-13> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 8주)	147
<Fig. 3-14> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 12주)	147
<Fig. 3-15> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 12주)	147
<Fig. 3-16> 비멀칭과 멀칭 처리에 따른 광향의 초장 및 화방수의 변화	147
<Fig. 3-17> 비멀칭과 멀칭 처리에 따른 광향의 엽록소 함량(SPAD값) 및 생체중의 변화	148
<Fig. 3-18> 비멀칭(좌) 처리구와 멀칭(우) 처리구에서 정식간격 20, 30, 40cm로 정식된 광향의 정식후(8주)	149
<Fig. 3-19> 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 초장의 변화	149
<Fig. 3-20> 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 화방수의 변화	149
<Fig. 3-21> 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 엽록소 함유량(SPAD 값)의 변화	150
<Fig. 3-22> 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 생체중의 변화	151
<Fig. 3-23> 정식 간격에 따른 단위 면적 당 생산량 (왼쪽-멀칭 구간, 오른쪽-비멀칭 구간)	151
<Fig. 3-24> 멀칭유무와 정식거리에 따른 광향의 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 함량 변화	152
<Fig. 3-25> 밀거름 농도에 따른 정식 4주 후 광향의 지상부 생체중, 뿌리 생체중, 초장, 근장의 변화	153
<Fig. 3-26> 일별 관개 필요수량 그래프	160

<Fig. 3-27> 마이크로컨트롤러 기반 자동관개시스템(P.Ashok, 2010)	160
<Fig. 3-28> 콩 및 고추 분수관개	162
<Fig. 3-29> 당근 및 대파밭 살수관개	162
<Fig. 3-30> 점적관개 설치	163
<Fig. 3-31> 지중호수 매설 및 포도밭 지중관개	163
<Fig. 3-32> 저면급수 시스템	164
<Fig. 3-33> 식물공장 시스템과 배초향 생육 모습	166
<Fig. 3-34> 멀칭 및 배초향 정식 모습	167
<Fig. 3-35> 정식 4주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교	167
<Fig. 3-36> 정식 8주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교	167
<Fig. 3-37> 정식 12주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교	168
<Fig. 3-38> 정식 16주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교	168
<Fig. 3-39> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 초장 비교	168
<Fig. 3-40> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 엽수 비교	169
<Fig. 3-41> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 SPAD 비교	169
<Fig. 3-42> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 지상부 생체중 비교	170
<Fig. 3-43> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 지상부 건물중 비교	170
<Fig. 3-44> 정식 후 16주에서 멀칭, 비멀칭 구간의 초장, 엽수, 생체중, 건물중 비교	171
<Fig. 3-45> 비료 배액에 따른 생산량 비교 (왼쪽-멀칭 구간, 오른쪽-비멀칭 구간)	172
<Fig. 3-46> 시중에서 판매하는 곱향의 판매 가격	172
<Fig. 3-47> 쌀과 배초향의 소득 비교	173
<Fig. 3-48> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 Rosmarinic acid 비교	174
<Fig. 3-49> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 Tiliainin 비교	174
<Fig. 3-50> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 acacetin 비교	175
<Fig. 3-51> 수확 시기에 따른 멀칭, 비멀칭 구간의 기비 농도별 초장 비교	175
<Fig. 3-52> 수확 시기에 따른 멀칭, 비멀칭 구간의 기비 농도별 엽수 비교	176
<Fig. 3-53> 수확 시기에 따른 멀칭, 비멀칭 구간의 기비 농도별 SPAD 비교	176
<Fig. 3-54> 수확 시기에 따른 멀칭, 비멀칭 구간의 기비 농도별 생체중 비교	177
<Fig. 3-55> 수확 시기에 따른 멀칭, 비멀칭 구간의 기비 농도별 건물중 비교	177
<Fig. 3-56> 수확 시기에 따른 멀칭 구간의 생육 비교	178
<Fig. 3-57> 수확 시기에 따른 비멀칭 구간의 생육 비교	178
<Fig. 3-58> 암거배수와 비 암거배수 구간에 따른 참깨의 생육 모습	179
<Fig. 3-59> 원예 작물을 정식한 논 범용화 용지의 모습	179
<Fig. 3-60> 생육조사 날짜에 따른 암거배수와 비암거배수 간 초장과 SPAD 비교	179

<Fig. 3-61> 생육조사 날짜에 따른 암거배수와 비암거배수 간 지상부 생체중과 건물중 비교	180
<Fig. 3-62> methyl jasmonate 처리 모습	181
<Fig. 3-63> methyl jasmonate 농도별 처리	181
<Fig. 3-64> methyl jasmonate 농도에 따른 초장 및 엽수 비교	182
<Fig. 3-65> methyl jasmonate 농도에 따른 SPAD 및 근장 비교	182
<Fig. 3-66> methyl jasmonate 농도에 따른 지상부, 지하부의 생체중 및 건물중 비교	183
<Fig. 3-67> methyl jasmonate 농도에 따른 Rosmarinic acid 및 Tiliatin 함량 비교	183
<Fig. 3-68> methyl jasmonate 농도에 따른 acacetin 함량 비교	184
<Fig. 4-1> 페닐프로파노이드 표준품의 크로마토그램	193
<Fig. 4-2> 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 표준품의 크로마토그램	194
<Fig. 4-3> 13가지 Phenolic compounds Standard Peak Chromatogram	197
<Fig. 4-4> 곱향의 phenolic compound 분석결과	198
<Fig. 4-5> 곱향의 부위별 환원력(reducing power)의 비교	199
<Fig. 4-6> 곱향의 부위별 DPPH 라디칼 소거능 비교	200
<Fig. 4-7> 곱향의 부위별 H ₂ O ₂ 라디칼 소거능	201
<Fig. 4-8> 곱향의 부위별 Superoxide 라디칼 소거능	202
<Fig. 4-9> 페닐프로파노이드 및 플라보노이드 (로즈마린산, 티리아닌) 생합성 추정 경로	203
<Fig. 4-10> 배초향 화기발달 3단계	204
<Fig. 4-11> Expression of phenylpropanoid biosynthesis genes in different stages of flowers in <i>Agastache rugosa</i>	204
<Fig. 4-12> 유전자발현과 물질함량 간 상관관계 분석	206
<Fig. 4-13> 배초향 꽃의 건조 온도 조건에 따른 Phenylpropanoid 함량 비교	209

제 1 절 연구개발의 개요

제 2 절 연구개발 국내·외 현황

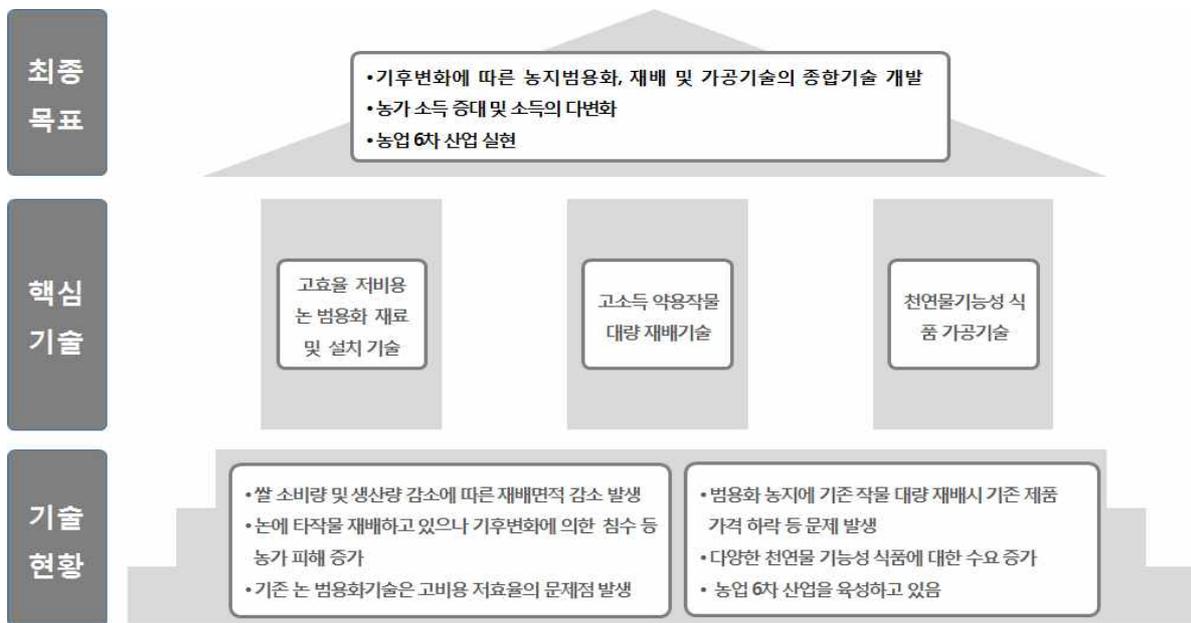
제 3 절 연구개발의 중요성

제 4 절 연구개발의 목표 및 추진체계

제 1 절 연구개발의 개요

1. 연구개발 개요

본 연구는 농가소득을 높이고 향후 기후변화 특히 집중 호우 및 국지성 호우에도 피해를 방지할 수 있는 고효율 저비용 논(간척지 포함)의 범용화 기술을 개발하고, 이 기술이 적용된 농지에 고소득 약용작물의 대량재배기술과 재배된 작물을 천연물 기능성 식품으로 가공하는 기술개발을 포함하는 농지조성기술, 재배기술 및 가공기술의 패키지 기술개발을 목표로 한다.



국내에 쌀소비량은 지속적으로 감소하고 있는 추세임. 2007년 1인당 쌀소비량은 76.9kg이었으나 2015년 기준으로 보면 1인당 약 6kg으로 감소하였다. 이에 따라 쌀을 재배하는 논의 면적도 지속적으로 감소하여 2000년 기준 1,072,000ha에서 2014년 816,000ha로 감소하고 있다. 전체 경지면적이 2000년 기준 1,889,000ha이며 2014년 기준 1,711,000ha로 보면 쌀재배 면적은 2000년 약 57%에서 2014년 약 48%로 감소하였다.

또한 쌀의 공공비축 및 격리 양은 1997년 기준 417,000톤에서 2014년 563,000톤으로 증가하였으며, 쌀의 생산비용은 2000년 기준 10a 당 538,000원에서 2014년 기준 721,000원으로 증가하였다. 이와 같은 결과는 농가에서는 쌀의 생산비용이 증가하고, 생산된 쌀은 소비되지 않고 정부가 비축, 격리하는 양이 증가하는 것으로 식량을 경제성으로 비교하는 것이 무리 일 수 있지만 적정하지 않은 것이 현실이다.

농림축산식품부는 2010년에 논·타작물 재배사업을 추진하여 쌀의 재배면적을 감소시켜 적

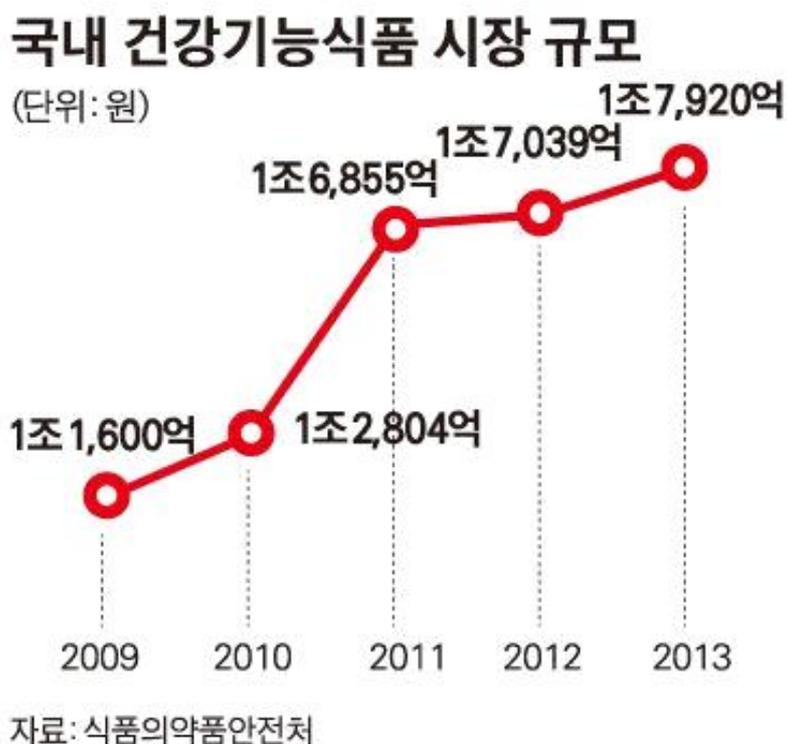
정 쌀 재배 면적을 확보하고자 하였으며, 특히 줄어든 쌀 재배 면적에는 대체작물의 재배면적으로 증가시키는 것을 유도하고 있다.

또한 간척지 농지도 설계당시에는 쌀을 재배하기 위한 논으로 설계하였으나 상기와 같은 쌀소비량 감소 등으로 인하여 밭으로 전환하려고 하고 있다. 이와 같은 결과물로 최근에는 쌀을 재배하는 논에서 쌀농사보다 소득이 높은 특용작물, 오이, 딸기 등 고소득 시설하우스 재배면적이 증가하고 있다. 주곡인 쌀 대신 밀, 콩, 옥수수 등의 곡물의 소비가 증가하지만 자급율이 너무 낮아 이들 수입대체 곡물의 대규모 영농기반을 확충할 필요가 있다.

한편 우리나라는 기후변화에 의하여 장마기간 집중호우와 시기를 가리지 않고 발생하는 국지성 호우, 지하수위 상승으로 인한 피해가 발생하고 있다. 특히 논인 경우 쌀을 제외한 다른 밭작물의 재배시 배수불량으로 침수가 발생하여 농가피해가 늘어나고 있다.

따라서 논에 쌀대체 작물을 안정적으로 재배 및 생산하기 위해서는 기후변화에 의한 집중호우, 국지성 호우 등에 대비할 수 있는 논 범용화 시스템을 개발하여 적용할 필요가 있다.

전 세계적으로 인구 고령화 속도가 빨라지면서 건강기능식품에 대한 관심이 높아지고 있으며, 고령화 추세에 맞춰 국내외에서의 관련 수요가 급증하면서 건강기능식품이 차지하는 비중도 꾸준히 늘어나고 있다. 특히 고령화 속도가 상대적으로 빠른 한국도 건강식품 열풍은 예외가 아니며, 국내 시장이 2013년 1조 7920억원 규모까지 성장하였으며 시장은 계속 증가하고 있다.



<Fig. 1-1> 건강기능식품 시장규모

점차 소비자의 건강기능식품에 대한 의식이 달라지고 있기 때문에 올바른 건강기능식품의 연구개발과 제조판매를 통해 국민의 건강유지에 도움이 되는 건강기능식품 산업은 지속적으로 발전할 것으로 기대된다.

약용식물을 이용한 건강기능성 식품의 시장은 건강에 대한 관심과 고령인구의 증가로 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

약용식물을 이용하여 제품을 제조할 경우 수입원료에 의존하는 경우가 많은데, 제품의 품질, 기능성 물질의 함량 등에 있어서 검증되지 않고, 재배 또는 수확된 시기에 따라서 그 함량이 불균일하다.

Korea mint로 불리우는 Agastache 속의 식물들은 많은 보고를 통하여 Phenyl propanoide 계통의 플라보노이드에 속하는 tilianin, rosmarinic acid, acacetin 등의 기능성 물질 함량이 매우 높아 천연물 신약이나 기능성 제품 개발이 시급하다.

Agastache 속 식물은 자연적인 분포와 재배 속성을 볼 때, 논·벼의 범용화 기술을 적용한 토양에서 재배가 가능할 것으로 판단되며, 천연물 신약이나 건강기능성 식품의 원천소재로서 안정적인 판로 확보로 농가의 고소득원 창출이 가능하다.

이러한 Agastache 속의 대량 생산 조건에 기반하여 원료를 대량으로 확보하면 용매를 이용한 기능성 추출, 고농도 농축시켜 기존의 건강보조 식품에 보조로 첨가가 가능하고, 새로운 제품개발이 가능하다.

상기와 같이 본 연구에서는 논 범용화를 위하여 설치가 용이하고 배수효과의 증진이 가능한 시스템의 개발 및 적용방안을 수립하고, 이러한 논밭 전환으로 조성된 밭을 대상으로 고소득 약용작물의 대량생산과 이를 천연물 신약이나 식품 소재로 개발하여 농업인의 소득원 다양화를 통해 농업인의 수익증대와 농지범용화기술, 재배기술 및 가공기술을 종합적으로 개발하여 농업 6차산업화를 달성하고자 한다.

2. 핵심 연구개발 기술

가. 논 범용화를 위한 저비용 고효율 지하관개+배수암거시스템 개발(주관기관: (주)위터매니지먼트)

- (1) 암거사이 지하배수불량 개선을 위한 저비용 고효율 지하암거공법 발굴 및 개발
 - 저렴한 암거관재료와 최적관경 적용(기존재료비의 1/10)
 - 굴착식을 무굴착식 공법 도입(m당 기존공사비의 1/3)
 - 저비용으로 암거간격 1/2로 축소하여도 공사비는 70%이나 지하배수성능 170%로 향상
 - 암거사이 흙의 투수성개선으로 균일지하배수 성능 200%이상 향상
- (2) 암거 막힘 방지 용 지하암거시스템 및 기준 재정립

암거막힘은 유공관내 이물질 퇴적 및 유공관 주위 필터막힘(Clogging)으로 발생

 - 저비용으로 관청소가 가능한 지하관개 겸용 지하암거시스템 도입(정기적 관청소)
 - 저습답 흙에 맞는 필터 막힘(Clogging)방지 유효구멍크기 기준 재정립
- (3) 건기 재염화 및 표층토양경화 방지 지하관개+배수암거시스템 개발
 - 단관방식 지하관개+배수암거시스템
 - 저비용 수직심토파쇄공법 도입
 - 수리적 특성 분석
- (4) 암거 유지관리를 위한 추적관리 시스템(운영 및 유지관리 기법) 개발

나. 시험시공 성능확인 및 설계 시공기준 정립

- (1) 단관방식 지하관개+배수암거시스템 시험시공 성능확인 및 최적 설계 시공기준 정립
 - 지하배수
 - 지하관개(재염화방지)
 - 토양개량 효과가 최적인 암거간격 등 설계기준



<Fig. 1-2> 농지범용화 재료 및 설치기술 개념도

다. 범용화된 농지를 이용한 기능성 약용작물 대량생산 재배 기술 개발(협동기관: 충남대학교)

- (1) Agastache 속 10여종의 품종을 수집
- (2) 수집된 10 여 품종의 생육특성 및 기능성 성분 분석을 통한 최적 품종 선정
- (3) 선발 품종의 특성에 따른 농지범용화 성토 기술 지원
- (4) 정식간격 및 멀칭 유무에 따른 생산성 검증
- (5) 선발 품종의 대량 생산 기술 개발

라. 재배된 약용작물을 이용한 건강 기능성 보조식품 가공기술개발(협동연구기관: 부일)

- (1) Agastache 10여종의 재배 테스트 후, 기능성 성분(tilianin, rosmarinic acid, acacetin) 분석
- (2) 재배 테스트 후, 선발된 품종의 재배 조건에서의 경제성 분석
- (3) 선발 품종을 이용한 건강 기능성 식품 보조제 개발



<Fig. 1-3> 배초향(곽향) 최적 재배조건 확립 및 기능성 차 개발 개념도



<Fig. 1-4> 기능성 천연물소재 재배 및 기능성 보조식품 가공기술 개념도

제2절 연구개발 국내외 현황

1. 국내현황

가. 국내 기술수준 및 시장현황

(1) 농지범용화 기술

국내에서는 벼농사에 비해 상대적으로 소득수준이 높은 밭작물이 늘어나면서 밭작물 재배가 늘어나고 있다. 농업조수입 중 미곡 외 작물 비중이 2000년 54.2%에서 2013년 72.3%로 증가하였다. 한편 우리나라의 전체 경지면적은 감소하고 있지만, 밭이 전체 경지면적에서 차지하는 비중은 상대적으로 높아지고 있다. 밭의 비중은 1990년 36.2%에서 2013년 43.7%로 높아졌다.

밭을 논 이외 농지라는 소극적인 인식에서 벗어나 우리 사회의 핵심미래 자원으로 보려는 과정이 나타나고 있으며, 밭기반 정비를 확충하여 고소득 작물재배가 가능한 제주도 사례처럼 다양한 지역에서 벼농사보다 활력이 넘치는 밭농업으로 성장하고 있다. 또한 세계적인 곡물가격 폭등 파동 등으로 밭의 유희화 방지, 밭에서의 식량, 사료작물 재배 확대 등 밭농업의 중요성이 증대하고 있다. 수도작에 비해 밭농업은 농업의 다양성, 생물 다양성 및 유전자원 보전 등의 측면에서 중요성이 높다.

따라서 밭농업 활성화를 위한 다양한 정책 및 기술개발이 진행되고 있으며, 그 중 하나가 논 의 범용화를 이용하여 고소득의 밭작물을 지속적으로 재배하는 것이다. 특히 쌀 소비량이 감소하고 있는 측면에서 논에 고소득 작물을 재배하는 것이 농업인의 소득 증대를 달성시킬 수 있는 방법이기도 하다.

국내에서는 4대강 주변 개발농지에 논 의 범용화가 추진되었으며, 농림축산식품부에서는 「쌀 적정생산 정책」 추진에 맞춰 논에 타작물 재배를 확대하고 있다. 그러나 논 의 밭작물 재배를 위해서는 배수불량 논 의 배수관리가 필요하다. 즉 논에 벼 이외의 타작물 재배 확산을 위해서는 밭작물 재배를 위한 배수개선 기술의 확대 보급이 우선되어야 한다. 또한 배수개선 사업 외의 지역에서 밭작물을 많이 재배하고 있는 실정으로 냉해, 습해, 침수피해 예방차원의 범용농지 조성이 필요하다. 특히 기후변화에 의한 집중호우와 국지성 호우로 인한 농지의 침수피해 발생이 증가하고 있는 상황에서 배수불량 현상을 가지고 있는 논 의 배수개선은 논 의 범용화를 위해서 매우 중요하다. 논 의 범용화에서 기후변화 대응은 안정적 식량확보, 안전환 먹거리 체계 구축 등의 차원에서 논 범용화 사업을 적극적으로 고려할 필요가 있다.

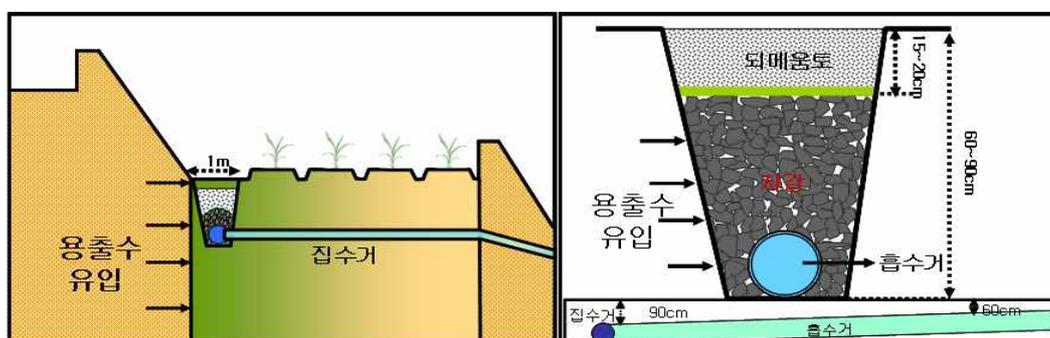
최근 정부에서는 간척지를 다양한 용도로 활용할 수 있도록 하기 위하여 “대규모 간척지 활용 기본구상(2010, 농어촌연구원)” 을 마련하여 첨단 수출농업, 축산, 일반 원예단지 조성 등 간척지 밭작물 재배에 대한 정착사업을 추진하고 있다.

하지만, 기존 간척지는 논 위주로 개발되어 설계 및 작물 특성상 홍수 시 침수를 허용하고 있어 밭으로 조성하기 위해서는 침수방지 기반시설에 대한 확충이 요구된다. 이러한 필요성에 따라 간척농지를 다각적 활용을 위한 농지조성을 위하여 다음과 같은 연구들이 진행되었다.

- 2008년 한국농어촌공사 농어촌연구원에서는 간척지 다각적 활용방안 연구를 실시하여 간척지에 경쟁력 있는 밭기반 조성기술 개발, 간척지 작목선정, 최적 작부체계 평가, 간척지 밭이용 경제성 분석 및 방향을 제시하였다.
- 2009년 한국농어촌공사와 한국농촌경제연구원에서는 간척지의 효율적 활용방안 연구를 실시하여 간척지의 농업적 활용에 대한 기본구상 제시, 간척지의 재배작물 선정 및 평가 및 간척지의 용도별 토지이용 배분에 대한 연구를 실시하였다.
- 2010년 한국농어촌연구원에서는 간척지 밭 기반 조성 계획설계요령에 대한 연구를 실시하여 간척지 다각적 활용 정책추진을 위한 기술적 근거 확보 및 간척지 밭 기반 조성에 필요한 설계, 시공, 유지관리 기준마련에 대한 연구를 실시하였다.

간척농지에 대한 연구는 간척농지를 논에서 밭으로 범용화 하는 것에 필요성을 제시하고 있다. 즉 다각적 활용을 위한 기존 연구들은 간척농지의 밭작물 재배가 가능하도록 하기 위한 조성 기술 및 기술적, 정책적 지원방안 모색 등을 제시하고 있다. 그러나 경제성과 성능이 우수한 농지 범용화 방법 및 기술에 대한 내용에 대한 연구는 아니다. 간척농지를 포함한 논의 범용화를 위하여 가장 필요한 것으로 배수관리 방법이 있으며, 다양한 암거·명거배수시설 설치방법에 대한 기술개발 및 연구가 현재까지 진행되어 왔다.

농촌진흥청에서는 농지범용화를 위한 경사지 배수불량 논의 암거배수 방법에 대한 연구를 실시하였고, 경사지 논에 적용하여 효과를 얻을 수 있었다. 다만 굴착식 공법으로 시공비의 증가와 암거의 막힘 현상을 궁극적으로 해결하지 못하였으며, 또한 기존 암거를 이용하여 설치하는 일반적인 내용으로 경제성과 효율성 측면에서는 기존 연구결과보다 우수하다고 할 수 없다. 한국농어촌공사에서는 농지범용화 시험포장조성 및 토양물리성 변화에 대한 연구를 실시하였다. 연구는 기존에 적용되던 암거와 설치방법을 이용하여 논 범용화를 달성하기 위한 것으로 기존 암거가 가지고 있는 효율성, 고비용에 따른 문제를 해결하지 못하였다. 즉 굴착공법으로 인한 고비용, 암거 막힘으로 인한 비효율, 암거재료가격의 높음에 따른 고비용 등을 전체적으로 해결하지 못하였다.



<Fig. 1-5> 경사지 논의 범용화를 위한 암거 설치 방법

현재 국내 시공된 암거배수 시공방법은 굴착식과 무굴착식으로 나누어져 있다. 굴착식의 경우는 공사기간 및 공사비 증가로 경제성 및 효율성이 저하되는 문제점이 발생한다. 이를 개선하기 위하여 무굴착식 방식이 도입되어 공사비 감소 및 효율성이 증대하였으나, 토립자 유입을 극복하지 못하여 통수단면이 저하되고 폐색되는 문제점이 발생되고 있다.

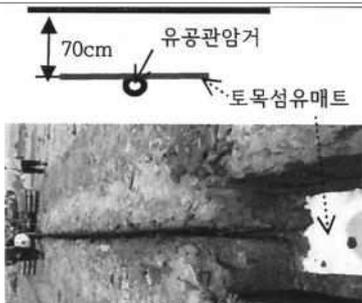
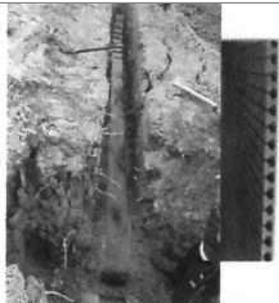


<굴착식 암거시스템>

<무굴착식 암거시스템>

<Fig. 1-6> 암거배수 시스템 비교 사진

<Table 1-1> 국내 암거배수관 적용 현황

굴착식	무굴착식	
<ul style="list-style-type: none"> PE유공관(직경 150mm)+토목섬유피복 	<ul style="list-style-type: none"> 주름유공관(직경 50mm)+토목섬유매트(폭500mm) 	<ul style="list-style-type: none"> 미세관벨트(폭200mm, 두께 2mm), 홈개방
		

- 굴착식의 경우 공사기간 및 공사비 증가로 경제성, 효율성 저하
- 무굴착식 모세관 현상에 의한 관 폐색 우려



<Fig. 1-7> 토립자 유입으로 인한 암거 폐색

간척농지를 포함한 논외의 범용화를 위하여 가장 필요한 것으로 배수관리 방법이 있으며, 현재 다양한 암거·명거배수시설 설치방법에 대한 기술개발 및 연구가 진행되어 왔다. 그러나 기존 암거는 굴착식의 경우, 시공기간 증가 등의 비용증가에 따른 문제점이 있었고 무굴착식의 경우, 암거의 폐색에 대한 문제가 발생하였다. 본 연구에서는 해결할 수 있는 암거 및 부속제품과 이를 이용한 무굴착 암거 설치 공법을 개발하여 논외의 범용화의 문제점인 고비용, 암거폐색에 따른 저효율의 문제를 해결하고자 한다.

농지 범용화사업의 유형 중 밭으로만 전환하는 사업유형(1유형: 논에서 밭으로의 전환형), 논밭으로 상호 전환이 가능한 사업유형(2유형: 논밭 윤회형), 두 가지를 혼용하는 사업유형(3유형: 블록 로테이션형)에 대해 검토한 결과 두 번째 사업유형이 가장 선호되는 것으로 나타났다. 기존 연구결과를 보면 농업인의 75.5%가 논밭으로 상호 전환이 가능한 사업유형(2유형)을 선호하는 것으로 조사되었다. 따라서 농지 범용화사업의 취지에 대해 전반적으로 공감할 수 있는 것으로 판단된다. 다만 농지 범용화사업의 취지에는 공감하지만 그 취지와 실제로 필요로 하는 사업내용과는 괴리가 있다. 이 간격을 시설 보조를 통해 메울 것인지 아니면 타 정책사업과의 연계를 통해 보완하는 방식으로 메울 것인지를 두고 정책적인 선택을 해야 할 것으로 판단된다. 그런 측면에서 보면 두 가지를 혼합한 사업유형(3유형: 블록 로테이션형)이 현실적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

(2) Agastache 재배기술

현재 국내외에서는 천연기능성 작물을 재배하여 식품 등을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 간척지를 포함한 논외의 범용화를 통하여 조성된 농지에 밭작물인 천연기능성 작물을 재배하고자 하였다. 또한 재배한 천연기능성 작물을 가공하여 기능성 식품을 가공하는 기술을 패키지로 개발하고자 한다.

‘13년 건강기능식품 생산실적을 분석한 결과, 총 생산액은 1조 4,820억원으로 ’12년(1조 4,091억원)에 비해 5% 증가했으며 ‘13년 성장은 새로운 기능성 원료를 사용한 ‘개별인정형’ 제품(전년대비 29% 증가)과 프로바이오틱스 제품(전년대비 55% 증가)이 주도한 것으로 나타났다. (식품의약품안전처 2014)

※ 개별인정형: 고시된 품목 이외에 안전성, 기능성을 개별로 인정받은 원료로 제조한 건강기능식품 (백수오등복합추출물, 당귀혼합추출물 등)

※ 프로바이오틱스: 유산균을 주원료로 사용하여 배변활동에 도움을 주는 기능성을 가진 건강기능식품

‘13년 국내 건강기능식품 시장규모는 1조 7,920억원으로 조사되어 ‘09년 이후 지속적인 성장세를 유지하였다. 국내 시장규모(억원): 11,600(09) → 12,804(’10) → 16,855(’11) → 17,039(’12) → 17,920(’13)

국내 시장규모: 생산+수입-수출에서 수출은 754억원으로 ’12년(584억원)보다 29% 증가했으며,

수입도 3,854억원으로 '12년(3,532억원)보다 9% 증가하였다.

본 연구에서는 천연기능성 작물로 Korea mint로 알려진 꿀풀과에 속하는 Agastache 속을 대상으로 한다. Agastache 속은 우리나라 자생식물로 보통은 방아, 방애, 곱향 등으로 부르며 식물체 전체에서 강한 향기를 풍기는 방향성 식물이다. Agastache 속에 대한 국내에서의 재배시험은 농진청 작물시험장에서 수행되어 보고되었으며, KIST에서 LED 광질 조건에 따른 곱향의 성장분석을 실시하였다.

<Table 1-2> 수확 시기별 건물 수량과 잎의 로즈마린산 및 정유 함량

수량 및 성분 함량		개화 직전	개화 초기 (개화후 15일)	개화 중기 (개화후 25일)	개화 말기 (개화후 35일)
잎수량(kg/10a)		180	178	213	162
로즈마린산	함량(%)	3.8	0.5	1.6	1.4
	수량(kg/10a)	6.8	0.9	3.3	2.2
정유	함량(%)	5.8	4.2	2.1	4.3
	수량(kg/10a)	10.4	7.5	4.5	6.9

Agastache rugosa 품종의 경우 10a 재배 조건에서 개화중기의 생육 단계에서 213kg으로 가장 높았으며, 때 로즈마린산의 함량(%) 및 수량 (kg/10a)은 1.6과 3.3으로 가장 높았다.

로즈마린산을 제외한 나머지 오일성분의 경우 개화중기 보다는 개화초기에서 더 높은 값을 나타내어 특정 기능성 성분이 결정되면 그 성분이 최대가 되는 생육단계를 수확단계로 보고 재배 생산 플랜을 계획해야 한다.

<Table 1-3> 재식 밀도에 따른 수량

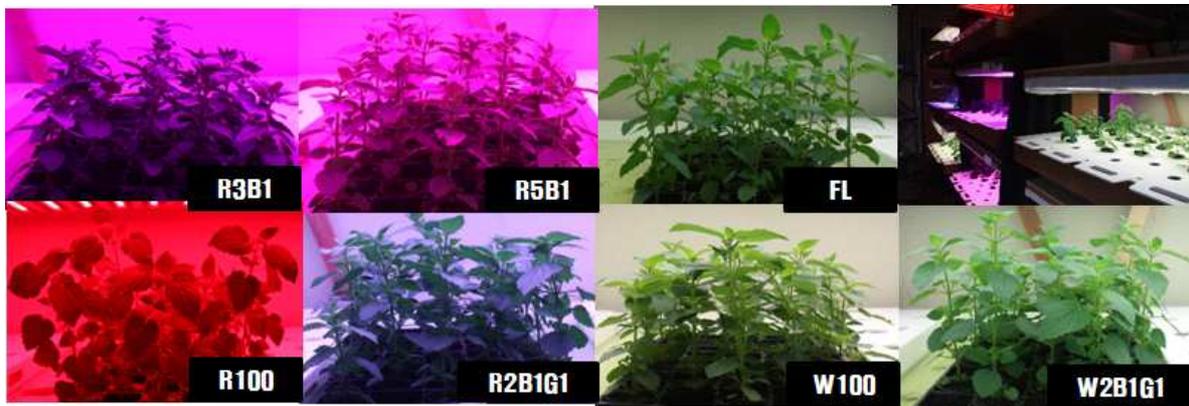
재식밀도	생경엽중(g/주)	수량(kg/10a)
10 X 20 (50주/m ²)	74	672
20 X 20 (25주/m ²)	109	705
30 X 20 (17주/m ²)	146	785
40 X 20 (13주/m ²)	179	536
50 X 20 (10주/m ²)	226	481
60 X 20 (8주/m ²)	268	438

* 수확 시기 1차(6월 13일), 2차(9월 20일)의 평균

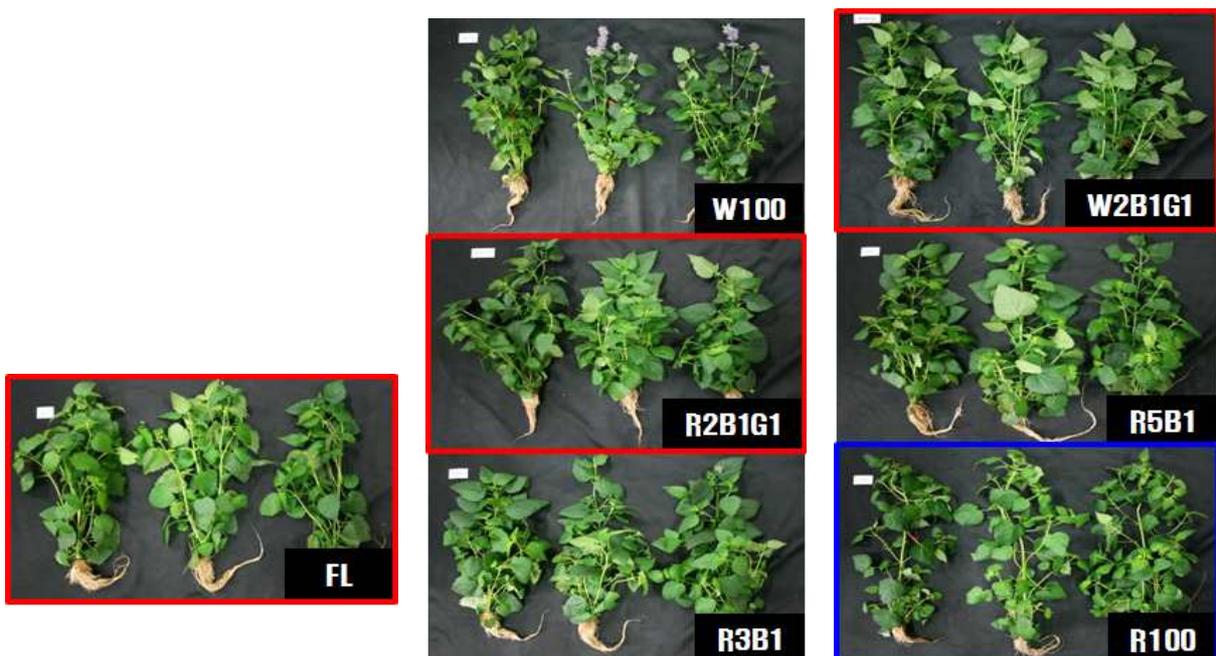
Agastache rugosa 종의 경우 재식밀도에 대한 연구결과 30cm * 20cm 간격으로 (17주/m²) 정식하는 것이 노지재배의 2회 수확 조건에서 최대 수량을 나타내었다.

KIST의 연구결과를 살펴보면 종자는 한국생명공학연구원(KRIBB)으로부터 지원받은 충청과 경남 품종을 이용하였으며 6주간 온도 18-24℃, 습도 50-70%, 광강도 120±10 μmol m⁻² s⁻¹ (형광등: JU11062-6004B 14W 6400K, 이글라이트), 일장은 16/8h에서 육묘하였다.

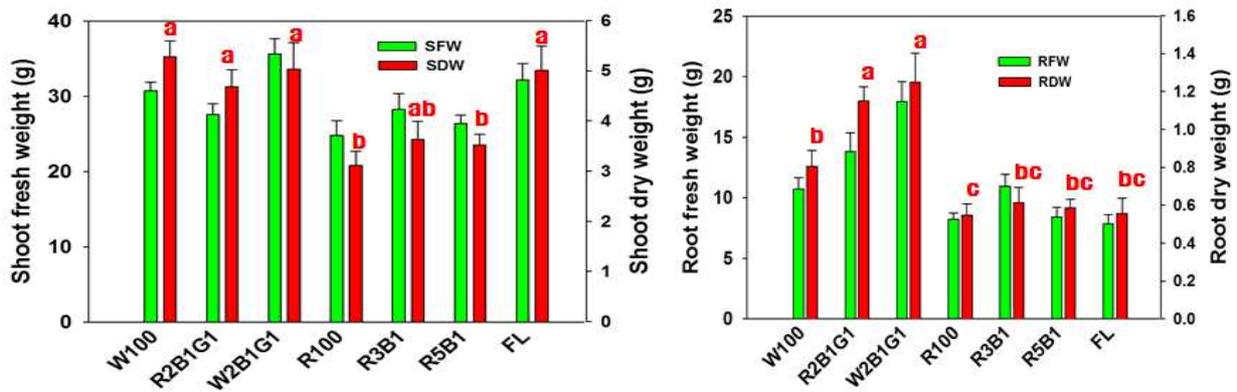
LED 광조사는 백색광 (W100), 적색광 (R100), 적청색광 (R5B1, R3B1), 혼합광 (R2B1G1, W2B1G1)과 형광등을 대조구로 이용하였으며 균락에서 광강도 220±10 μmol m⁻² s⁻¹, 일장 16/8h, CO₂ 농도 400 μmol mol⁻¹, 온도는 18/22±2℃의 재배 룸에서 오오즈카 배양액의 담액식수경재배 시스템에 정식하여 4주간 재배하였다.



<Fig. 1-8> LED 광원을 이용한 곽향 재배 모습



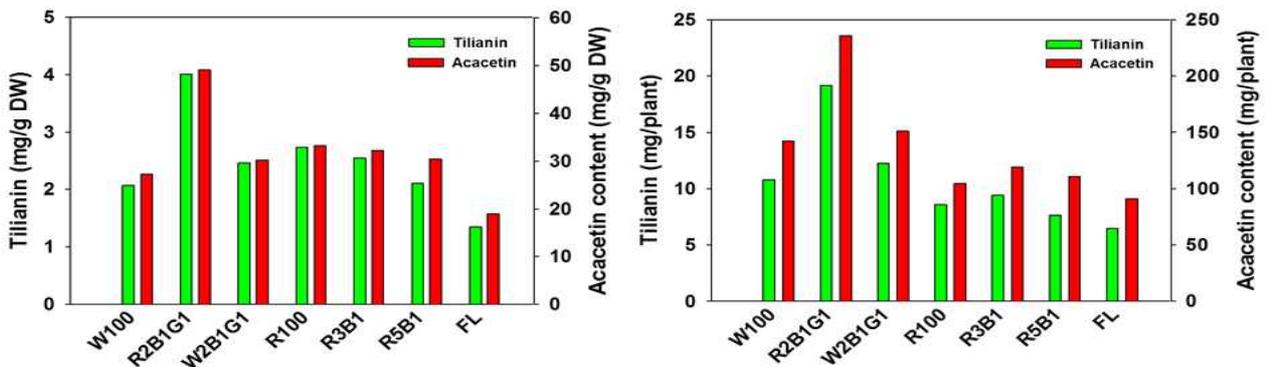
<Fig. 1-9> 광질에 따른 곽향의 4주간 생육 후 모습



<Fig. 1-10> 광질에 따른 광향의 지상부 생체중 및 건물중(좌), 뿌리의 생체중 및 건물중(우)

광질에 따른 지상부 건물중의 경우 백색 또는 혼합광이 R100와 R5B1처리구와 비교하여 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 뿌리의 건물 중에서는 혼합광 처리가 유의적으로 적청혼합광, 적색광에 비교하여 높게 나타났다.

식물공장 시스템을 이용하여 *Agastache rugosa*를 생산 할 경우 W100, R2B1G1, W2B1G1의 조합을 중심으로 약간의 변형이 있는 수준에서 최적이라고 판단하였으며, 초기 설치비 문제가 있을 경우에는 형광등을 사용해도 문제는 없다고 보고하였다.



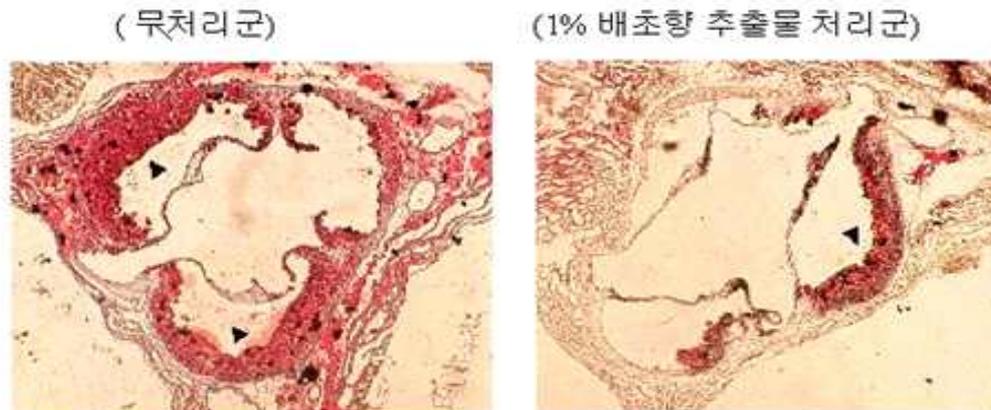
<Fig. 1-11> 광질에 따른 광향의 건물중 당(좌), 식물체 당(우) Tiliainin과 Acacetin 함량의 변화

지상부의 Tiliainin은 R2B1G1에서 매우 유의적으로 가장 큰 값을 보였으며, 형광등 처리에서 가장 낮은 값을 보였다. Acacetin도 매우 유사한 패턴을 보인다. 식물체중 당 기능성 물질을 총합적 관점으로 볼 때, R2B1G1이 가장 높았다. 상위 3개의 처리는 모두 Green Light를 포함하고 있는 특징을 나타내었다.

한국생명공학연구원 면역제어연구실은 국내 자생식물인 *Agastache rugosa* ‘광향’이 동맥경화 억제에 효능이 있다는 사실을 최초 규명했다. 연구팀은 동맥경화를 유발시킨 쥐를 대상으로 실험한 결과 ‘광향’의 추출물과 플라보노이드 성분인 ‘틸리아닌(tiliainin)’이 콜레스테롤 축적을 억제해 동맥경화가 현저히 개선되는 것을 확인하였으며 이 같은 결과는 기존 동맥경화 치료제로

널리 사용되고 있는 스타틴계 약물과 비교했을 때 효능은 비슷하지만 부작용은 거의 없었다.

[도 1] 심장대동맥 단면의 동맥경화성 병변 비교 (8주, x40 확대)



내피세포 아래의 병변조직 (붉은색 부위) 병변감소율 (50.9%)

<Fig. 1-12> 곱향 1% 추출물 처리를 통한 쥐의 대동맥 동맥경화성 병변 감소

최근 생활수준 향상과 웰빙 바람을 타고 건강에 대한 관심이 높아지면서 차에도 변화의 바람이 불고 있어 소비자의 구매 취향과 상품의 종류가 달라지고 있다. 전통적인 차가 맛과 향에 중점을 둔 것이라면 요즘 주목을 받고 있는 소위 기능성 차는 맛과 향은 물론 노화억제나 해독작용, 면역력 증진이나 나아가서 특정 질병을 예방하거나 치료하고자 하는 특별한 목적을 가진 차라고 할 수 있다. 즉, 단순히 즐기는 차에서 건강을 생각하는 기능성이 부가된 차로 전환이 이루어지고 있다.

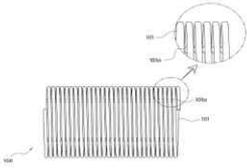
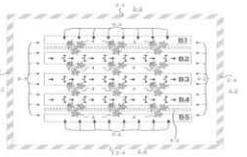
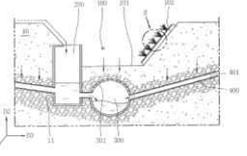
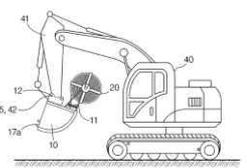
이와 같은 효과는 곱향의 기능성 식품 및 의약품으로 개발이 가능한 것을 보여준다. 따라서 본 연구에서는 곱향을 이용하여 기능성 차를 개발하고자 한다.

나. 국내 지식재산권 및 표준화 현황

논의 범용화를 위하여 본 연구에서 고려하고자 하는 국내 암거배수관 관련 특허는 대부분 굴착식 암거배수 시스템으로 시공성 및 효율성이 떨어진다. 시공성 및 효율성 장점을 가지는 무굴착식 암거배수 시스템의 경우는 포설장치 및 포설방법에 관한 특허로 토립자 유입으로 인한 암거 폐쇄에 대한 문제점을 해결하지 못하고 있다. 암거배수 시스템에 대한 국내 지적재산권 현황은 <Table 1-4>과 같다.

암거배수에 대한 표준화 현황을 살펴보면, 농림축산식품부(한국농어촌공사)에서는 범용농지 조성을 위한 연구결과를 토대로 지하배수를 위한 암거설계에 대한 조사, 설계, 시공 및 유지관리에 관한 실무적인 내용을 담은 「범용농지 배수암거 조사·설계 실무요령」을 2015년에 발간하여, 배수암거에 대한 표준화를 진행하였다.

<Table 1-4> 암거배수관 관련 특허

특허명	등록번호	세부내용	비고
식물 재배용 나선 암거배수관	10-1376239	식물 재배 시 재활용과 관, 배수가 동시에 가능한 암거배수관을 이용하여 관, 배수 효율 증진 및 암거배수관의 재활용성 증대시킨 식물 재배용 나선 암거배수관	
식물의 습해예방을 위한 암거배수방법	10-0002395	물빠짐이 불량하여 물의 뿌리생육을 저해하는 토양내 습해를 예방하여 뿌리의 생육을 촉진하고 유해물질의 배수를 원활하는 방법(집수정 및 양수펌프 필요)	
지하수위 저하용 배수장치 및 이를 포함하는 배수시스템	10-1492010	토지로 유입되는 물과 토지내부의 물을 배수 할 수 있어, 지하수위가 감소될 수 있고, 복수의 암거에 의하여 유입부의 깊이를 상대적으로 줄일 수 있으므로, 시공이 간편하며 작물재배를 위한 면적을 증가시킴	
튜브형 배수 암거 포설장치 및 이를 이용한 배수 암거 포설방법	10-1148398	간척지와 같은 저습지의 지반에 함유된 잉여수 제거용 튜브형 배수암거를 배수로의 구축과 동시에 신속하고도 효율적으로 포설할 수 있는 지반 잉여수용 튜브형 배수 암거 포설장치 및 이를 이용한 튜브형 배수 암거 포설방법	

배초향(곽향) 관련 국내 특허를 조사해 본 결과 배초향을 다른 약초와 혼합하여 제품을 만든 복합제품과 배초향을 단독으로 사용하여 상품을 만든 경우가 있었으며, 아직 많은 숫자의 특허가 등록되지 않았다.

〈Table 1-5〉 Agastache 속 관련 기능성 관련 특허

특허명	등록번호	세부내용	비고
녹용, 산수유, 당귀, 진피, 구기자, 연근, 산약, 울금, 천마, 배초향, 계피, 복분자, 오미자 및 홍삼의 추출물을 유효성분으로 포함하는 면역증강 조성물	10-20100 111203	면역증강용 조성물에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 녹용, 산수유, 당귀, 진피, 구기자, 연근, 산약, 울금, 천마, 배초향, 계피, 복분자, 오미자 및 홍삼의 생약 추출물을 적정 성분비로 포함하여 면역증강, 피로회복 및 성기능 향진 등의 공진단과 유사한 약리활성을 나타내 사향이 제거된 가미공진단 제조에 이용하거나, 면역증강 및 피로회복을 위한 약학적 제제 또는 건강기능식품으로 이용가능한 면역증강용 조성물임	
항염증 활성 및 항아테롬 생성 활성을 나타내는 배초향 추출물 및 그리고 단리되어 정제된 치리아닌을 함유하는 조성물	04091436 (JP)	항염증 활성 및 항동맥 경화(arteriosclerosis) 활성을 나타내는 배초향(Agastache rugosa) 및 분리-정제에 의해서 얻어진 치리아닌을 포함한 조성물의 제공	
배초향 덩유 허브차 제조 방법	10-20060 042837	배초향을 이용한 허브차에 관한 것으로, 보다 상세하게는 배초향 잎을 재료로 하여 1분 ~ 3일 동안 물에 침지한 후, 다시 꺼내 가마솥에 넣어 가열하여 덩유하고 상온에서 냉각하는, 덩유과 냉각을 복수 회로 반복하여 배초향 덩유 허브차를 제조하는 것	
항염증 활성 및 항동맥경화 활성을 나타내는 배초향 추출물	10-20010 039574	항염증 활성 및 항동맥경화 활성을 나타내는 배초향 추출물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 염증반응 인자로서의 보체계(complement system)의 활성 억제, 세포부착물질-1(intercellular adhesion molecule-1, ICAM-1)의 발현 억제 및 산화질소(nitric oxide, NO)의 생성 억제에 대한 활성이 우수함은 물론이고, 염증반응에 근거한 동맥경화성 병변의 발달을 현저하게 감소시키는 효과를 가지고 있어 염증 질환 이외에도 염증반응과 관련된 동맥경화 그리고 이로 인한 순환기 질환의 예방 및 치료에 유용한 배초향(Agastache rugosa) 추출물에 관한 것	

2. 국외현황

가. 국외 기술수준 및 시장현황

(1) 농지범용화 기술

일본의 농지범용화는 1965년 후반부터 농산물의 국제수급 불안 해결을 위해서 농업농촌정비사업으로 전개하였으며, 1970년부터 전작과 윤작이 가능한 범용농지 본격 추진하였다. 농지범용화 추진방법은 논에서 벼뿐만 아니라 필요에 따라 사료작물, 채소 등 밭작물 재배가 가능하도록 논 배수기능을 확대하는 것으로 실시하였다.

일본의 경우는 논면적 247만 ha 중 106만 ha 범용화 (42.9%)를 추진하였다. 논 배수범용화 효과로는 경지이용률이 향상(94%→104%), 생산비 (40%↓)절감 및 노동력 절감 (60%↓)효과가 발생하였다. 일본의 농지범용화 방법으로는 암거배수를 이용하였다. 또한 우리나라와 일본의 간척지 조성목적은 수도작 중심의 논 조성이었으나 일본은 70년대 이후부터 밭으로만 개발하여 왔다. 우리나라도 90년대 후반부터는 국제농업의 환경변화에 따라 간척지를 수도작 이외에 밭작물 재배지로의 개발을 추진하고 있다.

시즈오카현(靜岡縣)에서의 논 배수 3모작은 S경영과 모리정(森町)의 논밭 윤환방식이 정착한 요인을 들 수 있으며, 첫째, 소득 증대 작물로, 양상추가 지역의 자연 조건에 적합한 농작물이었고, 논 후작·윤작으로도 매우 적합한 작물이었다. 또한 옥수수가 상추 철거지를 유효하게 이용할 수 작물이었다.

그리고 대형 기계의 도입이 옥수수 여물의 분쇄·심경을 가능하게 하였다. 둘째, 모리정 S경영을 지원하는 농업지원기관에는 JA·보급 센터, 행정기관 등이 있고, 이들 기관은 적시적재에 농가의 요구에 부응하고, 지역의 농업 자원을 유지하고 합리적으로 이용하기 위해 서로 협력하여 모리정 농법을 형성하여 왔다. 셋째, 논밭 윤환농법에 의한 포장 정비이다. 1970년 1구획 30a의 논 기반정비를 완료하고, 1980년에는 배수관이 부설되어 논밭 윤환 가능한 포장이 정비되었다.

다만 지역 농업의 조직화 없이 이러한 농법을 구축하는 것은 상당히 어려웠다. 지역 농업의 조직화는 개별 경영을 바탕으로 한 경영간 보합·보완에 의해 성립되는 경우도 있을 것이고, 조직화된 생산단위 또는 관리단위(법인)가 되는 경우도 있다. 지역 농업 경영체는 개별 경영체의 경우와 공동합의에 근거한 조직경영체의 경우가 있다.

군마현(群馬縣)의 논 대구획화·범용화에 의한 복합형 경영을 실현하였다. 군마현 곡전천(谷田川) 북부지구는 경영체육성기반정비사업으로 논지 및 농업용배수 시설을 일체적으로 정비해 논지의 대구획화와 논지 집적을 도모하였다. 논 배수 집약화와 대구획화로 인해 농사 효율이 향상되었다. 분산되어 있던 소규모 부지 논을 한 곳에서 1ha의 큰 구획이 되었고, 모내기, 벼 베기, 풀 베기 등의 작업 효율이 향상되었다. 또한 작업 시간은 사업 이전의 절반 정도로 단축되었다. 사업을 계기로 복합경영의 노력과 새로운 채소 재배에 대한 대처가 가능하게 되었다.

농지의 대구획화에 의한 작업 시간의 단축과 파이프라인의 도입에 의한 용수 관리의 합리화를 꾀하고, 복합경영으로 오이 재배가 가능하게 되었다. 논외의 범용화와 시간이 확보된 것으로, 고야와 가지, 시금치 등 새로운 채소를 재배하기 시작하였다. 사업 실시로 새로운 농업 경영에 임할 수 있는 환경이 갖추어짐에 따라 농업에 대한 가능성이 더욱 확대되었고 그 가능성을 느낀 아들 부부가 농업후계자로 종사하고 있다.

북해도 이시카리 평야의 논밭 범용화 사례가 있다. 이시카리 평야(石狩平野)는 이시카리 강 유역에 펼쳐지는 북해도 최대의 평야로, 충적평야로서 면적 약 4,000km². 평야의 일부에는 광대한 이탄지(泥炭地)가 분포되어 있었으나 배수(排水)와 객토(客土)에 의한 자연개조로 북해도 제일의 미작지대가 되었다. 특히 이시카리군의 신시노쓰 촌(新篠津村)의 이탄지 개척에 있어서 지역 내 농가들은 공통된 영농 악조건에 처해있어서 이 지역 농가들은 서로 상생하면서 불량 농지 문제를 해결하고자 노력하였다. 이 지역의 불량 농지를 개량한 것은 농기계 작업의 효율화를 위해서 추진한 것이다. 당시 이시카리강 상류 농가와 하류에 위치한 농가 간에 물 사용을 둘러싼 갈등이 발생하였고 토지개량구 부과금 등 강제 징수권이 있었지만, 같은 지역 내 사람들이라서 강제로 징수하지 않고, 직접 협조·설득해서 현재의 사업으로 이어지게 되었다. 지금은 토지정비사업의 진전으로 상류 농가, 하류농가 모두 자가 수로, 배수에 대해 대부분 만족하고 있으며 면담조사 결과 이러한 체제 구축은 오랜 시간 농가들 간의 협력, 상부상조 의식으로 조사되었다.

또한 일본에서는 1971년부터 쌀의 수급균형을 도모하기 위해 쌀 생산조정제가 실시되었지만 2018년부터 이러한 생산조정제를 폐지할 예정이다. 우리나라는 2018년부터 쌀 생산조정제 도입을 추진하고 있으며 이러한 쌀 생산조정제 도입은 결국 쌀농업에서 논농업 다양화를 추진하는 것이므로, 기존 논에서 다양한 작물을 재배할 수 있는 기반을 우선적으로 구축할 필요가 있으며 그 기저로 논밭 범용화를 고려할 필요가 있다. 실제 일본에서는 쌀 이외의 수익작물 생산에 적극적으로 대처할 필요가 있다는 전제하에서 배수 대책 등 논외의 생산 조건을 개선하고 논에서의 밭작물 재배를 통해 농업 경쟁력 향상을 도모하고 있다. 따라서 우리나라에서 농지 범용화사업의 추진은 기존 쌀 재배면적 감소가 아니라 기존 논외의 효율적 이용을 위한 전제 조건으로서의 범용화사업을 추진할 필요가 있다. 이를 위해서는 농지 범용화사업이 기존의 농업생산기반정비사업과 연계한 종합적인 농업생산기반 구축이 우선되어야 할 것이다.

네덜란드는 간척초기부터 원예중심의 밭 조성과 낙농위주의 개발을 해왔으며, 간척농지 조성 방식에 있어서는 우리나라는 객토를 병행한 개수로 중심의 무암거 방식으로 조성한 반면 일본과 네덜란드는 관수로 중심의 암거배수를 이용한 기반조성을 실시하였다.

중국의 경우는 논과 밭으로 조성되었으며, 개수로 중심의 무암거 방식으로 개발되었으며, 일부 간척지는 소택지를 조성하여 토양제염과 지하수위를 낮추었다.

<Table 1-6> 국내외 농지조성 비교

구분	한국	일본	네덜란드	중국
조성목적	수도작	밭으로만 개발 (70년 이후)	밭, 낙농, 축산, 거주지	논, 밭
영농유형	수도작, 밭작물 초기	밭작물, 낙농, 축산	밭(원예), 낙농	수도작, 밭
기반 조성 방식	객토	일부객토	객토안함	객토 안함
	용수로	개수로 중심	관수로	개수로
	지하배수	-	암거배수	암거배수
토양제염방법	무암거	암거배수 녹비작물재배	암거배수	무암거 일부 소택지 조성

국내의 무굴착 시공장비는 백호를 계량하여 만든 장비 시공하고 있으나, 캐나다 미국 등에서 무굴착 암거 설치 장비가 보급화 되어 있으며, 비굴착 암거 배수관 설치가 상용화 되어있다.



(a) 국내 무굴착 암거 시공장비



(b) 국외 암거 무굴착 암거 시공장비

<Fig. 1-13> 국내·외 무굴착 암거 시공 장비

기존 농지범용화 국내외 사례 등을 살펴보면 궁극적으로 농가의 소득증대, 안정적인 농업의 연속성을 확보하기 위해서는 농지범용화 사업이 필요하다. 다만 농지범용화에 필요한 다양한 필요요소 중 배수 성능과 경제성을 확보할 수 있는 기술개발이 동시에 필요하다. 따라서 농지범용화의 효율을 충분히 달성할 수 있으며, 경제적인 기술개발을 통하여 농지범용화 사업을 보다 확대할 필요가 있다. 이를 통하여 농가의 안정적인 수익원을 확보하는 동시에 농지이용의 효율성을 확보할 필요가 있다.

(2) Agastache 재배기술

동북아시아에 분포하는 곱향은 남부지방에서 야생하거나 재배되고 있는 다년생 초본으로, 여름철에 더위를 먹거나 소화기 잘 안될 때 민간요법으로 달여 먹고, 추어탕 등 음식물의 비린내를 없애는 향미재로 쓰인다.

배초향은 일본에서는 Kakkou라는 이름으로 한방약재로 사용되고 있으며, 항염증 활성 및 항아토크롬 생성 활성을 나타내는 배초향 추출물에 대한 연구가 2004년에 이미 특허로 출원되어 있다.

중국에서 곽향(藿香)으로 한방재 및 약제로 널리 이용하고 있으며 그 효능을 방향화습(芳香化濕) : 체내에 있는 습탁(濕濁)을 방향성이 있는 약물을 써서 치료하는 효능이다. 발표해서(發表解暑) : 땀을 내서 표(表)에 있는 사기(邪氣)를 없애서 열을 푸는 효능이다. 화중지구(和中止嘔) : 중초(中焦)를 조화롭게 하여 구토(嘔吐)를 그치게 하는 효능으로 알려져 많은 농가에서 재배하고 있으며 일본 및 한국에 그 원료를 수출하고 있다.

<Table 1-7> 곽향의 질소 시비에 따른 수량변화

시비량 (kg/10a)	초장 (cm)	분지수 (개/주)	경직경 (mm)	질수 (개/주)	전초수량 (kg/10a)
무처리	88.8 a	19.2 a	8.2 a	10.0 a	86.8 b
질소 5	94.8 a	16.6 ab	8.5 a	8.4 ab	156.8 a
질소 10	80.2 a	14.2 b	7.7 a	7.4 b	157.6 a

미국이나 유럽 같은 경우는 배초향을 관상용으로 많이 재배하고 있으며 중국에서는 배초향을 곽향이라고 하는 한약재로 이용하고 있어 약초 생산을 목적으로 재배하고 있다.

나. 국외 지식재산권 및 표준화 현황

배초향(곽향) 관련 해외 특허는 미국이나 유럽 같은 경우는 배초향의 관상용 관련 특허가 많은 편이며, 특히 배초향을 이용한 식품이나 의약품에 관련 특허는 중국에서 많이 등록이 되었다.

<Table 1-8> 배초향(곽향) 관련 해외 특허

특허명	출원번호	세부내용	비고
배초향 두부를 위한 생산 기술	중국, 201310756845	본 발명은 배초향 두부를 위한 생산 기술과 관련된다. 본 발명에 의해 채택된 기술적인 설계에 따라서, 생산 기술은 두부 준비 작업에서 주로 추가한 배초향 양념과 두부의 단계를 포함하는 생산 과정임	
ozostomia 제거 가능한 배초향 차의 생산 기술	중국, 201310500185	본 발명은 ozostomia 제거 가능한 배초향 차의 생산 기술과 관련된 된다. ozostomia를 제거함으로써, 독성을 제거되어 신경, 클리어 링 열을 가라앉힘으로써, 배초향 차는 심장을 강하게 하는 효과를 가지고 기능성 차로 활용이 가능함	
배초향과 알로에를 포함하는 냄새가 난 차와 그 조합법	중국, 201410274925	본 발명은 배초향과 알로에를 포함하는 냄새가 난 차 및 그 조합법을 기술한다. 냄새가 난 차는 생산하기 위해 쉽고 단순하고, 원소재 물질의 원래 강렬한 향미는 유지되고, 특미향을 가진 냄새가 난 차는 장-기간을 위해 수장될 수 있고, 바람직한 조절 효과는 달성될 수 있음	

제 3절 연구개발의 중요성

1. 기술개발의 필요성

가. 기술적 필요성

국내의 논(간척농지 포함)의 범용화에 대한 연구는 기반 조성을 위한 기술적인, 정책적인 방안 수립에 국한되어져 있었으며, 실제 논 의 범용화 작업 중 발생하는 문제점들에 대한 해결방안은 제시되지 못하고 있는 실정이다.

이에 논 범용화를 위한 토양수분 및 배수 최적 관리기술의 개발이 요구되고 있는 실정이며, 이와 함께 논 토양의 밭 농업 전환 시 토양수분관리 및 배수를 위한 암거 설치 시 비용저감 및 효율을 높일 수 있는 방안의 개발이 요구되고 있다.

또한, 지하배수개선 공법 적용 시 논 의 특성 상 배수 암거 설치를 위한 배수로의 구축 및 암 거 설치, 그리고 되메우기 등의 복잡한 공정으로 진행되어지며, 배수로 구축 시 연약지반의 붕괴 로 작업의 어려움이 많이 발생하고 있다.



<Fig. 1-14> 암거배수관 설치모습

따라서, 지하배수의 효율성을 높이고, 암거 설치가 용이한 방법의 개발이 요구되고 있다. 이와 함께, 신속한 지하 배수를 위해서는 설치 간격, 깊이 등에 대한 설계기술 개발뿐 아니라 현장에서 설치 시 일정깊이에서 요구되는 배수효과를 발휘할 수 있도록 하는 설치기술에 대한 개발 이 요구된다.

이러한 설치 기술은 배수시설의 효율성 증대뿐 아니라 지하에 설치된 암거의 공용성을 증대할 수 있어 반드시 개발되어야 할 기술이라 할 수 있다.

지하배수를 위한 암거의 설치 기술은 일정한 깊이에서의 설치뿐만 아니라 지하수 토양의 파쇄 와 암거 설치가 동시에 이루어질 수 있는 기술의 개발이 요구되며, 이를 통해 설치 시간의 절약

을 통한 설치비용의 절감이 가능할 것이다.

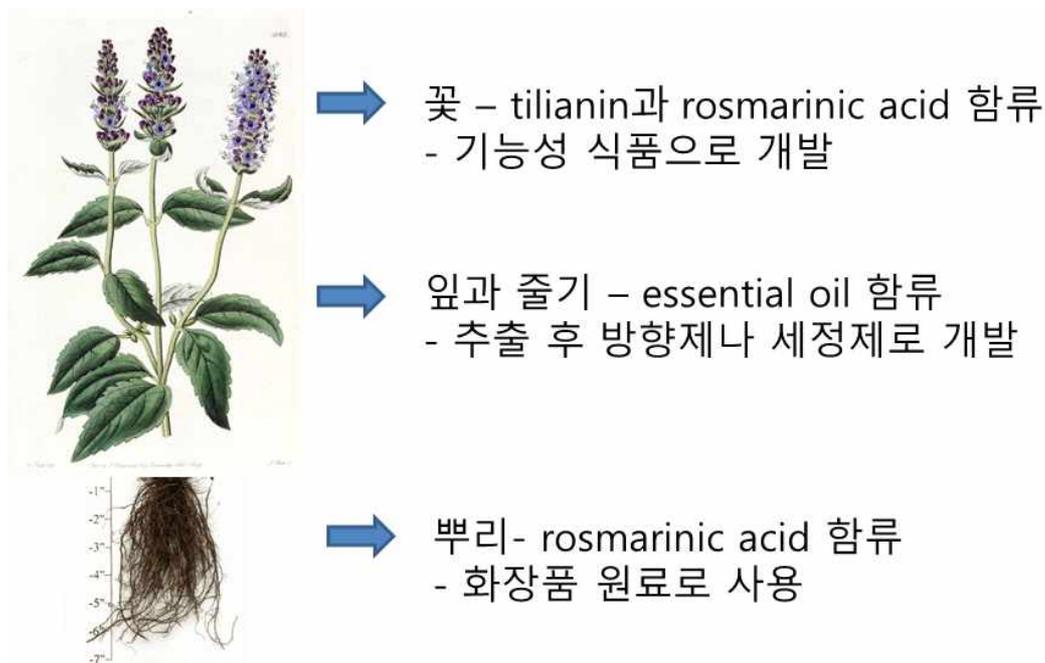
본 연구에서는 논의 범용화 방법인 암거배수의 문제점으로 대두되고 있는 막힘현상, 굴착시공으로 발생하는 경제성 악화 등의 문제점을 기술적으로 해결할 수 있는 저가의 암거 제품의 발굴 및 무굴착 설치시스템을 개발하고자 한다.

논밭 전환 이후 토양의 물리화학적 성분의 변화를 분석하고 이에 따른 작물의 생육 특성을 고려하여 대상 품종을 선택해야 하며 Agastache 속의 작물의 대량생산을 위한 정식간격, 수분 관리, 적정 수확시기, 기능성 물질 함량 등의 기준 설정이 필요하다.

Agastache 속 품종의 대량 생산 및 기능성 물질 분석 이후, 건강 기능성 식품의 종류, 첨가 형태, 식품 소비층에 대한 심층적 접근이 필요하며 경제성 분석이 병행되어야 한다.

건강 기능성 식품개발 및 천연물 식의약 제품으로 발전시키기 위한 제도적 기술적 프로세스가 필요하다.

버릴 것이 없는 자생식물 곱향은 꽃에서는 tilianin, 잎에서는 essential oil, 뿌리에서는 rosmarinic acid가 생산되는 유용한 자원이다. 다기능성 물질을 생산하여 활용가능성이 큰 곱향의 rosmarinic acid와 동맥경화에 효과적인 tilianin, 향성분의 유전자원별, 재배별 기능성물질 함량 조사와 기능성물질 생산을 증대시키는 방법을 개발하여 그 생산물을 이용한 기능성 차 개발을 시도하고자 하였다.



<Fig. 1-15> 곱향의 함유성분 및 적용성

나. 경제산업적 필요성

쌀 시장의 구조적 공급 과잉 등 쌀 소비량 변화에 따른 논면적 감소 및 밭 전환으로의 정책 변화하였으며, 이에 따른 쌀의 적정 생산과 곡물 자급률 제고를 위해 천수답 등 영농조건 불리 지역 논·밭 전환이 필요한 실정이다.

쌀 수급안정 위한 벼 재배면적이 2015년 799천ha에서 2016년 769ha으로 감축 추진되고 있으며, 쌀 생산 과잉 상태에서 산간·오지 등 천수답에 대한 용수 개발 투자 효율성이 문제가 제기되고 있다. 따라서 논·밭 범용화를 통하여 농업인의 소득원 다양화가 필요하다.

논에서 밭 작물 재배면적이 1990년 7.7%에서 2000년 8.2%, 2012년 13% 등 꾸준히 증대되고 있어 기술적 대응 필요성이 대두되고 있다.

논·밭 전환 이후, 농가의 고부가가치 작물재배를 위해서는 기존과는 다른 차별화 시키는 전략이 필요하며, 그 중 하나로 천연물 소재의 원료로 이용하여 의약이나 기능성 식품, 화장품 등의 원료로 개발하는 것이 매우 중요하다.

이러한 광항을 이용하여 고부가가치 천연물 신의약 및 건강 기능성 보조식품이나 화장품 등을 이용한 제품 개발이 필요하다.

농림축산식품부 자료에 의하면 2012년 전 세계 식물자원 활용시장은 981억불로 크게 성장하였다.(천연물 의약품 243억불, 식물 유래 화합물 34억불, 식의약품 704억불)

다. 사회문화적 필요성

논 농업중심의 농업인을 밭 농업 등으로 전화를 유도하여 홍수 및 가뭄 등 기후변화에 의해서 발생하는 농경지 침수 피해를 방지하고 농업인을 보호하고 농업용수의 효율적인 활용 체계 구축이 필요하다.

논·밭 범용화를 통한 재배 작물의 다변화 체계 구축에 따른 소득 증가로 인한 농업인의 삶의 질 향상이 필요하다.

산업적으로 이용 가능한 작물의 재배를 통하여 안정적인 판매처의 확보 및 고부가가치화를 통하여 농업인의 안정적 수입원으로서의 자리매김이 필요하다.

정부가 추진하는 6차산업의 모델로서 1차 원물 생산 및 기능성 식품으로의 가공을 통한 고부가가치 수익 모델의 창의적 개발은 매우 필요하다.

2. 정부지원의 필요성

가. 기술개발투자의 시급성

농산물의 부가가치 상승, 농산업화를 통한 농업소득수준 상승을 위해서는 기존 농경지의 고도 이용이 절대적으로 필요하고 이에 대한 안정적인 생산기반 확보가 필요한 시점이다. 이를 위해서는 지역여건에 부합한 관개배수 기술 개발과 포장정비 기술 확보가 필수적이다.

현재 국내 식량자급률을 보면 쌀은 자급률이 97%에 달하나 일반 밭작물은 자급률 30%로 매우 낮아 거의 수입에 의존하고 있는 실정이며, 사료의 대부분 수입에 의존하고 있어 국제곡물가가 상승할 경우 국내 곡물 및 사료 등 수도작 이외의 식량수급 불균형이 발생하여 곡물조달에 어려움이 예상된다.

따라서 간척지를 식량, 사료 등의 곡물 생산기질로 활용하기 위해서는 간척지의 농업기반을 수도작 중심에서 밭작물 중심으로 전환하여 농경지를 복합농업이 가능한 범용 농경지로 조성하면 곡물생산에 대한 농지의 활용도는 매우 높아질 것이며, 식량수급 사정에 따른 정책적으로 식량의 생산량 조정이 가능하게 되어 안정적 식량 확보에 기여 할 수 있을 것이다.

간척지 및 논외 범용화 사업의 경우 대상 토양의 배수 불량 및 재배 작물의 한계는 커다란 장애로 이용성에 한계를 나타내었으나, 그러한 토양환경에 알맞은 재배 품종을 선발하고 수확된 산물의 2차 가공을 통한 고부가가치화를 위한 시범 모델이 필요하다.

논 범용화 또는 간척지의 토양특성에서 일반작물이 정상적인 생육을 하는 것은 불가능에 가깝지만, 최소한의 토양처리와 그 환경에 적합한 Agastache 품종의 선택은 새로운 부가가치를 생산할 수 있으며, 6차 산업의 모델화 가능하다.

이러한 기술이 개발되어 논외 범용화 지역이나, 간척지 지역에서 특수 약용작물이 대량생산될 경우, 많은 수입산 약재들을 대체할 수 있으며, 급속도로 커지는 기능성 건강식품의 원료의 대량 생산, 가공, 제품화의 새로운 패러다임을 제공하게 된다.

21 세기의 생명산업은 다양한 생명체에서 새로운 기술혁신이 이루어지고 있으며 기능성물질이나 신약개발 패러다임의 급속한 변화를 가져오고 있다. 바이오기술의 발전추세는 생명현상의 이해를 촉진할 뿐 아니라, 질병진단 및 신약개발 그리고 기능성물질 생산 및 응용의 가능성을 한 단계 더 높여주고 생명산업의 획기적 발전을 가져오고 있다. 이에 곱향의 재배 및 기능성 식품으로 개발에 대한 과제는 정부가 주도하는 바이오사업과도 부합하는 내용으로 그 지원이 필요하다.

나. 기존 계획과의 부합성

농림축산식품부에서는 「쌀 적정생산 정책」 추진에 맞춰 논외 타작물 재배를 확대하고 있다. 그러나 논외 밭작물 재배를 위해서는 배수불량 논외의 배수관리가 필요하다. 즉 논외 밭 이외의 타작물 재배 확산을 위해서는 밭작물 재배를 위한 배수개선 기술의 확대 보급이 우선되어야 한

다. 또한 배수개선 사업 외의 지역에서 밭작물을 많이 재배하고 있는 실정으로 냉해, 습해, 침수 피해 예방차원의 범용농지 조성이 필요하다.

2001년 농정발전기획단, 2002년 농업생산기반정비사업 중장기계획 수립시 농지범용화 추진을 계획하였으나 추진동력을 확보하지 못함. 또한 2010년 쌀수급 안정대책에 따라 2015년까지 논 3만ha를 매입, 비축하여 타작목으로 전환에 활용하고자 한다. 쌀생산 조정 및 식량자급률 향상을 위한 논밭전환이 가능한 범용농지조성이 필요성을 증대시켰으며, 2020년까지 40천ha의 타작물재배 단지를 조성하는 농지범용화 단지를 조성하는 것을 목표로 한다.

한편 정부에서는 간척지를 다양한 용도로 활용할 수 있도록 대규모 간척지 활용 기본구상(‘10)을 마련하여 첨단 수출농업, 축산, 일반원예단지 등 간척지 밭작물 재배에 대한 정착사업을 추진하고 있다. 그러나 기존 간척지는 논 위주로 개발되어 설계 및 작물특성상 홍수시 침수를 허용하고 있어 밭으로 조성하는데 침수방지를 위한 기반시설에 대한 확충이 필요한 상황이다. 따라서 벼 위주 기반시설이 완공된 간척지를 대상으로 밭 조성이 가능하도록 예산의 중복투자를 최소화하여 인프라를 지원할 수 있는 침수, 배수불량 등의 재해안정성에 대한 기술적인 검토가 필요하다.

새만금 간척지의 농업적 이용 계획은 이미 잘 알려져 있으나, 그 실행에 있어 매우 많은 문제가 발생되지만, 이러한 최소한의 기반처리 기술과 Agastache 속의 작물 재배를 통하여 대량생산하여 수입품을 대체하고 이를 이용한 가공을 통한 건강 기능성 식품 개발 및 약제로의 이용은 매우 필요한 기술이다.

최근 바이오분야에서는 기능성물질이 건강관리, 다이어트나 미용 혹은 각종 질병예방효과에 탁월함이 입증됨에 따라 많이 이용되고 있다. 이와 같은 기능성물질들은 오랜 기간 생약을 비롯한 기능성식품과 기능성화장품 및 각종 분야에 많이 활용되어 왔다. 특히 최근에는 기능성식품과 기능성 화장품 분야에서, 첨단 바이오기술의 발전과 함께 크게 부상되어, 거대한 산업분야로 성장하고 있으며 광항의 기능성 식품으로 개발에 대한 제안은 기존의 정책과 부하되고 있다.

상기와 최종적으로 정부의 주요시책인 쌀생산 조정 및 식량 자급률 향상을 위하여 논의 범용화는 정부시책에 맞는 기술을 개발하는 것이다. 또한 천연기능성 식품의 제조와 가공을 통하여 농업의 6차산업화를 달성하는 동시에 농가의 소득을 증대시킬 수 있는 방법이다.

다. 농림축산식품부 주도의 개발 필요성

농림축산식품부에서는 「쌀 적정생산 정책」 추진에 맞춰 논에 타작물 재배를 확대하고 있다. 즉 논의 범용화를 통하여 재배 작물의 다양성을 확보할 수 있다. 이는 정부의 쌀수급 정책에 따라 재배하는 농산물의 변화를 달성할 수 있다. 따라서 농림축산식품부 주도의 논의 범용화를 추진하여 식량 및 농산물의 안정적인 수급을 정부주도로 수행할 필요가 있다.

또한 새만금은 농업·산업·관광 및 물류 중심의 환경친화적 첨단복합용지로 개발, 이용 및

보전하기 위한 국가정책 산업이다. 국책사업으로서 당위성 확보와 새만금 내부토지이용 계획의 확정 및 새만금 특별법 제정에 따라 새만금에 대한 미래지향적이고 친환경적인 내부토지이용 계획의 수립에 대한 필요성 제기 되고 있으며, 새만금 간척지를 고부가가치의 경쟁력 있는 토지로 활용하기 위한 체계적인 방안수립이 필요하다.

또한 최근 FTA, DDA 등 개방화 시대의 급속한 농업환경변화 속에서 농업의 발전과 다각적 활용을 통하여 우리나라 농업·농촌을 발전시킬 필요가 있다.

따라서 농업의 현황과 연구방향을 되돌아보고 농지 등의 다각적 활용방안을 모색하여 미래의 농업·농촌의 새로운 가치를 창출하고 잘 사는 농민을 위한 선도적이고 실효적인 방안이 필요하다.

정부는 6차 산업을 통한 농가의 수익원 확보 및 고부가가치화를 목표로 많은 사업을 진행하고 있으나, 약용작물의 가공을 통한 건강 기능성 식품의 경우 그 원료를 많은 부분 외국으로부터 수입하고 있는 실정이기 때문에, 본 사업을 통한 대규모 간척단지나 논외의 범용화로 발생하는 토지에서 대량생산할 경우 수입대체 효과 및 원료대량생산 -> 가공 -> 제품화를 통한 6차 산업의 모델 개발은 매우 필요하다.

농식품 R&D 정책 및 투자방향 내용을 보면 4대 중점투자 부문이 있으며, 그 중 <글로벌 산업 경쟁력 제고> 부문에 추진분야의 하나가 서구화된 식습관으로 인한 당뇨/비만 등 생활습관병의 예방을 위한 기능성 식품 기술개발이 포함이 되며 고품질의 기능성 식품으로 개발에 대한 제안은 농식품 R&D 정책 및 투자방향과 부합이 되는 내용이다.

제 4절 연구개발의 목표 및 추진체계

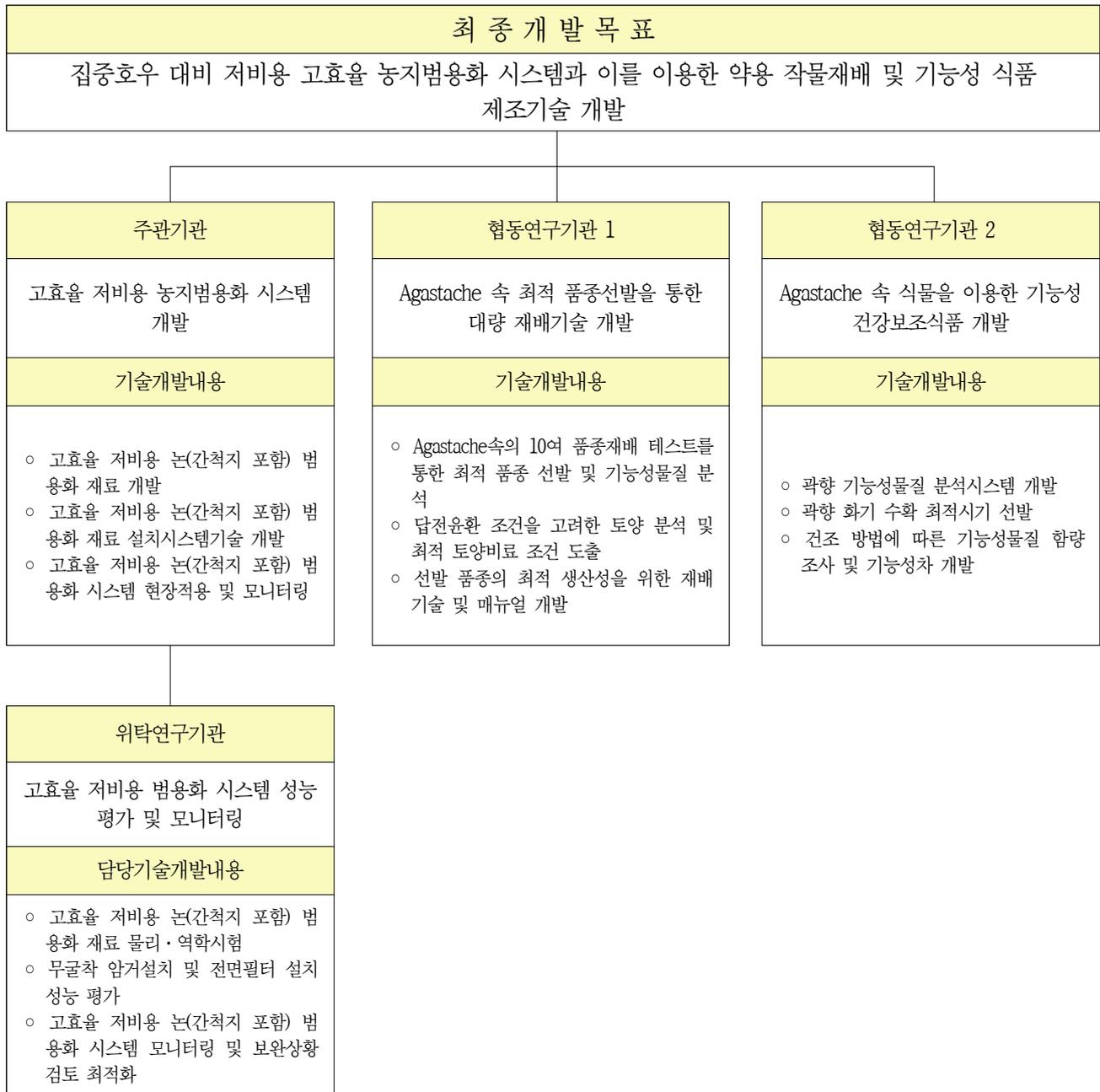
1. 최종목표

농가소득이 높고 향후 기후변화 특히 집중 호우에도 피해가 없는 고효율 저비용 논(간척지 포함)의 범용화 기술을 개발하고, 이 기술이 적용된 농지에 고소득 천연작물의 대량재배기술과 재배된 작물을 천연물 기능성 식품으로 가공하는 기술개발을 포함하는 논 범용화기술, 재배기술 및 가공기술의 패키지 기술을 개발하고자 한다.

2. 기관별 세부목표

- 세부목표 1 : 고효율 저비용 농지범용화 시스템 개발(주관기관 및 위탁기관)
 - 핵심내용 : 최적 암거모양의 무굴착 지하관개+배수암거 시스템 개발과 시험시공을 통한 고효율 저비용 논(간척지 포함)의 범용화 기술개발
 - 적용범위 : ① 지하배수효과가 최상인 암거모양과 저비용 최적의 암거 제품의 발굴
 ② 흙의 투수성 및 토양개량효과가 가장 높은 수직심토파쇄공법 개발
 ③ 고효율 저비용 무굴착 지하관개+배수암거 시스템 및 설치공법개발
 ④ 기존 농지범용화 기술(암거기술)과의 성능 비교 평가 및 분석
- 세부목표 2 : Agastache 속 기능성 천연물 소재 대량 재배 기술 개발(협동기관 1)
 - 핵심내용 : 범용농지(간척지 포함)에 Agastach 속 기능성 약용작물의 대량 생산 기술 개발
 - 적용범위 : Agastache 속의 여러 품종 중에서 생산성과 기능성을 고려한 최적의 품종을 선발하고, 논 범용화(간척지) 조건에 맞는 기능성 약용작물의 대량생산 기술과 기능성 물질 함량을 증대시킬 수 있는 재배기술 개발
 - 범용농지의 기능성 약용작물 대량 생산을 위한 토양 최적조건(최적 수준 조건) 결정
 - 기존 농지와 범용농지에서 재배된 Agastach 속 기능성 약용작물의 생산량 및 기능성 물질 함량 비교 분석
- 세부목표 3 : Agastache 속 식물을 이용한 기능성 건강보조식품 개발(협동기관 2)
 - 참여기관 : 영농조합법인 부일식품(협동2)
 - 핵심내용 : 범용농지(간척지 포함)에서 생산된 기능성 약용작물(곽향)을 이용한 천연물 기능성 식품 가공 기술개발
 - 적용범위 : Agastache 속의 여러 품종 중에서 기능성 함량이 뛰어난 품종을 선택, 기능성 물질을 분석하고, 건강식품을 개발하여 기반정비-생산-가공-제품화의 6차산업화 모델 개발

3. 연구개발 추진체계



제 1 절 연구개요

제 2 절 연구수행방법 및 연구결과

제 1절 연구개요

1. 연구 목적 및 내용

본 연구는 논 범용화를 위한 저비용 고효율 농지범용화 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 기존 농지범용화 시스템의 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 고효율 저비용 농지범용화 시스템을 개발하고자 한다. 본 연구의 목적을 제시하면 다음과 같다.

가. 논 범용화를 위한 저비용 고효율 지하관개+배수암거시스템 개발

- (1) 기존 암거의 문제점(지하배수불량, 암거 막힘 및 공사비 과다) 개선방안 도출
 - 암거사이 지하배수불량 개선을 위한 저비용 고효율 지하암거공법 도입
 - 암거 막힘 방지 용 지하암거시스템 및 기존 재정립
- (2) 범용화 2차적 문제점(재염화, 토양경화 및 유지관리 어려움) 개선방안 도출
 - 건기 재염화 및 표층토양경화 방지 지하관개+배수암거시스템 도입
 - 암거 유지관리를 위한 추적관리 시스템 개발

나. 저비용 지하관개+배수암거시스템 시험시공 성능확인 및 설계 시공기준 정립

- (1) 단관방식 무굴착 지하관개+배수암거시스템 시험시공 성능확인
- (2) 지하관개+배수암거시스템의 수리적 특성 및 운영, 유지관리 기법개발

2. 연구 범위

- 무굴착 지하관개+배수암거공법 시험시공 설계 및 시험시공
- 현장 모니터링 지하배수 및 토양개량 성능평가를 이용한 개선기술 개발
- 건기 지하관개 및 관청소 실시 성과평가 및 개선기술개발
- 지하관개+배수암거시스템의 수리적 특성 평가
- 암거 성능 평가 및 최적 무굴착 암거설치 방법 제안
- 논(간척지 포함) 범용화 대상농지 현장 특성 조사 및 분석
- 암거폐색을 방지하기 위한 토립자 방지 전면필터 설치 방법에 따른 성능 평가 및 분석
- 시험포 모니터링 지하배수 및 토양개량 성능평가

제 2절 연구수행방법 및 연구결과

1. 기존 농지범용화 기술(암거기술)과의 성능 비교 평가 및 장단점 분석을 통한 기술개발 방향 설정

가. 목적

기존 농지범용화 사업에 적용되었던 굴착식 암거공법은 공사기간 및 공사비 증가로 경제성 및 효율성이 저하되는 문제점이 발생하였다. 따라서 상기와 같은 문제점을 해결할 수 있는 공법이 필요하다. 본 연구에서는 기존 굴착식 암거공법과 무굴착 암거의 공법의 장단점을 분석하고 고효율 저비용의 농지범용화 시스템의 개발 방향을 설정하였다.

나. 연구내용 및 결과

무굴착식 암거공법은 굴착식 암거 공법과 비교하여 공사비 감소 및 효율성이 증대한 기술이다. 그러나 토립자 유입을 극복하지 못하여 통수단면이 저하되고 폐색되는 문제점이 발생되고 있다. 암거폐색에 대한 문제점은 특히 암거에 필터가 없기 때문에 크게 나타난다. 따라서 암거폐색에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 전면필터 등을 도입할 필요가 있다. 또한 무굴착암거는 시공 장비에 의하여 성능이 크게 좌우된다. 따라서 시공장비에 개발이 필요하며, 현재 국내에서는 백호우를 이용하여 무굴착암거를 시공하고 있다. 그러나 시공속도 면에서 문제가 발생하고 있으므로 이를 해결할 수 있는 장비의 선정 및 적용이 동시에 필요하다. 무굴착암거의 장단점과 이를 해결하기 위한 방법은 다음 표와 같다.

<Table 2-1> 굴착식 및 비굴착 공법의 비교와 문제점 해결방안 설정

구 분	굴착식 암거	무굴착식 암거	해결방안 (연구방향 설정)
시공성	나쁨	매우 우수함	
배수성능	우수함	보통	전면필터 및 공법의 개선 필요함.
시공장비	-	국내 백호 적용	최적의 장비를 선택할 필요가 있음
유지관리	-	보통	전면필터 및 유공관 청소 공법 적용 필요함
경제성	나쁨	매우 우수함	

다. 연구방향 설정

굴착식 암거와 무굴착식 암거의 특성을 비교한 결과 경제성 측면에서는 무굴착식 암거가 우수하다. 다만 무굴착 암거의 경우 배수성능이 굴착식 암거에 비하여 떨어지는 문제점이 있다. 이와 같은 이유는 무굴착식 암거 시공시 발생하는 공극의 막힘 현상이 주요 원인이다.

따라서 이를 해결하기 위해서는 암거의 전면에 필터를 설치하여 공극막힘 현상을 억제할 필요가 있다. 이러한 전면필터에는 현실적인 방법으로 부직포 등을 사용하는 방법이 있다.

본 연구에서는 부직포를 전면필터로 적용하는 것을 고려하고자 한다. 또한 2중 필터 형식으로 현재는 모래나 고로슬래그 골재를 수직필터로 적용하고 있다. 특히 본 연구에서는 재활용 재료인 고로슬래그 골재를 이용하여 수직필터로 적용함으로써 자원순환 및 친환경성을 확보하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 무굴착암거의 문제점인 배수성능을 향상시키기 위하여 수직 및 수평의 2중 전면필터 층을 형성하여 배수성능을 향상시킴으로써 경제성과 효율성이 우수한 최적의 농지 범용화 시스템을 개발하려 한다.

2. 암거의 성능평가

가. 연구목적

본 연구에서는 경제성 및 효율성이 우수한 무굴착암거 시스템에 적용하기 위한 암거재료 성능을 평가하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 암거재료의 밀도, 인장성능 및 휨성능 등을 평가하였다. 현재 다양한 암거기술이 농지범용화를 포함한 다양한 배수시설에 적용되고 있다. 특히 최근에는 플라스틱 제품의 암거 기술이 널리 적용되고 있다.

그러나 이러한 암거에 대한 성능 평가는 크게 이루어지고 있지 않다. 특히 암거 재료의 내구성에 대한 평가는 거의 이루어지고 있지 않다. 암거는 일반적으로 물을 배수하는 제품으로 항상 물과 접촉해 있으며, 4계절이 뚜렷한 우리나라의 경우 다양한 기후의 영향을 받는다.

또한 간척지 등에 배수암거로 적용될 경우 염분에 노출됨으로써 표면 부식에 대한 문제점도 발생할 수 있다. 그러나 현재는 이와 같은 환경을 고려한 실험연구 등은 진행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 실험을 통한 농지범용화에 적용하는 암거재료의 성능을 평가하였다.

나. 연구내용

무굴착암거 시스템에 적용하기 위한 암거재료의 성능을 평가하기 위하여 본 연구에서는 2가지 종류의 암거를 선정하여 물리·역학적 성능 평가를 실시하였다. 2가지 종류의 암거는 고밀도 폴리에틸렌재질로 유공관의 직경을 50mm 및 100mm로 선정하였다. 유공관 암거의 성능은 <Table 2-2>의 품질기준과 비교하였다.



(a) 100mm 암거

(b) 50mm 암거

〈Fig. 2-1〉 유공관 암거의 형상

〈Table 2-2〉 유공관 암거의 품질기준

구 분		단 위	기 준	시험방법	
FILTER + CORE	재 질	-	PE	KS K 0210	
	형 상	-	비대칭 나선형	일반시험법	
	내 경	mm	50 이상	일반시험법	
	중 량	g/m	140 이상	KS K ISO 9864	
	색 상	-	무 색, 흰 색	일반시험법	
	배수공수	ea/m	550 이상	일반시험법	
	배수공위치	-	유공관 내측	일반시험법	
	내 약 품 성	30% H_2SO_4 수용액	%	3 이하	일반시험법 (상온에서 5시간 침지 후 중량 감소율)
		20%HCl 수용액	%	3 이하	
		40%NaOH 수용액	%	3 이하	
10%NaCl 수용액		%	3 이하		
증류수		%	3 이하		
FILTER	재 질	-	PP, PET	KS K 0210	
	인장강도	kN/m	3.0 이상	KS K ISO 10319	
	인장신도	%	50~150	KS K ISO 10319	
	투수계수	cm/sec	1×10^{-2} 이상	KS K ISO 11058	
	중 량	g/m ²	110 이상	KS K ISO 9864	
	유효구멍크기(O90)	μm	90~120	KS K ISO 12956	

다. 연구방법 및 결과

무굴착암거 시스템으로 적용하기 위한 유공관의 물리적 성능으로 본 연구에서는 밀도를 평가하였다. 밀도는 KSM 3416에 따라 실시하였다. 유공관의 밀도 시험결과는 〈Table 2-3〉과 같으며, 유공관 암거의 밀도는 0.95로 나타났다.

<Table 2-3> 유공관의 밀도 시험결과

종류	유공관 (50mm)	유공관 (100mm)
밀도 (g/mm ³)	0.95	0.95

무굴착암거로 적용하기 위한 유공관의 인장강도 성능을 평가하였다. 유공관의 인장 및 휨성능을 평가하기 위하여 본 연구에서는 인장 및 휨강도 공시체의 제작 모습은 다음과 같다.



<Fig. 2-2> 인장강도시험 시편모습

인장성능을 평가하기 위한 시험모습은 다음과 같으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

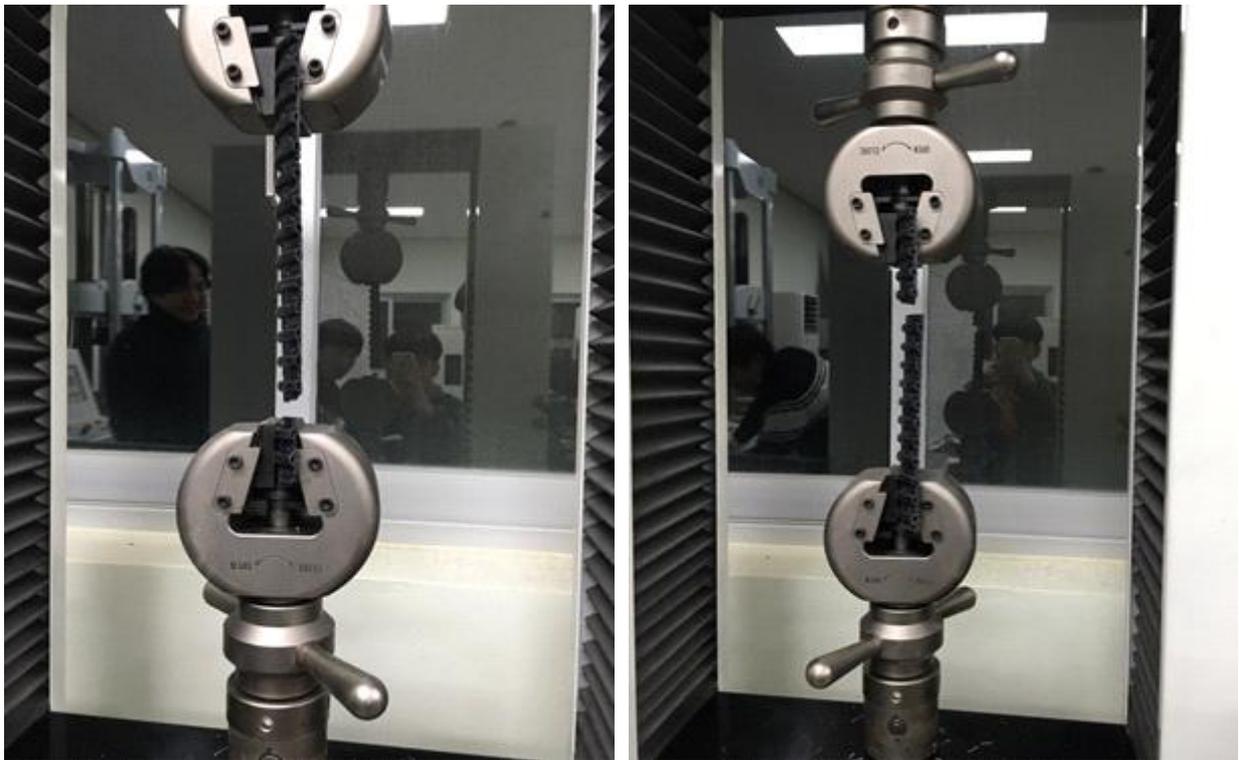


<Fig. 2-3> 인장시험모습

〈Table 2-4〉 인장강도 및 인장 변형률 시험결과

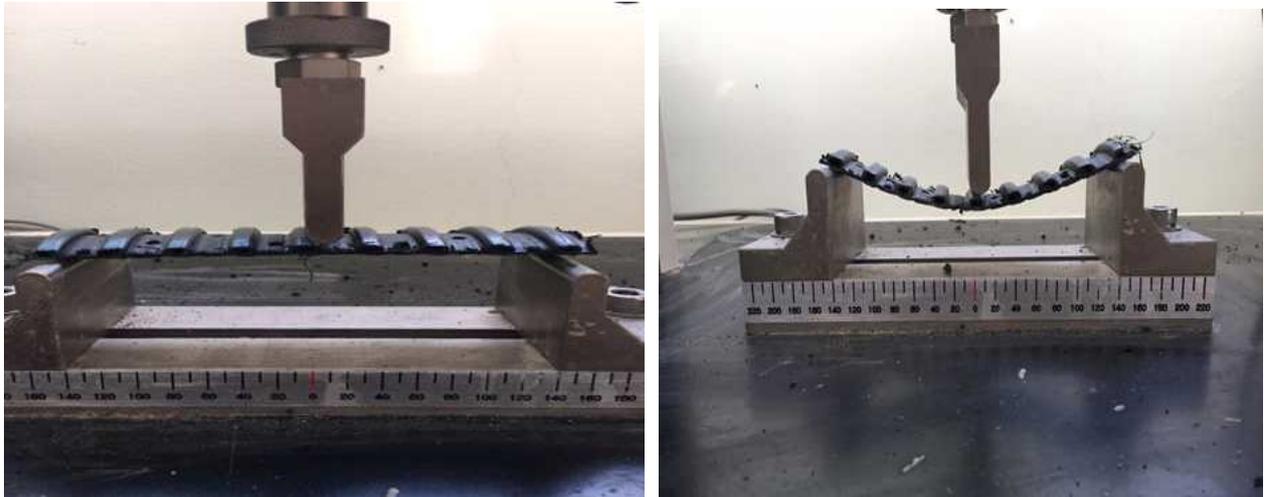
No. of specimens	인장강도 Unit: N		인장변형률 Unit: %	
	50mm	100mm	50mm	100mm
1	1,391.6	2,033.5	53	57
2	1,577.8	2,459.8	55	62
3	1,421.0	2,587.2	54	65
4	1,381.8	2,097.2	52	63
5	1,298.5	2,023.7	57	61
6	1,283.8	2,111.9	51	63
Mean	1,392.4	2,218.9	54	62

인장강도 시험 후 파괴형상은 〈Fig. 2-4〉와 같다.



〈Fig. 2-4〉 인장시험 후 파괴형상

무굴착암거로 적용하기 위한 유공관의 휨강도 성능을 평가하였다. 실제로 무굴착 암거에 적용하기 위한 암거(유공관)는 휨하중을 받는다. 따라서 휨강도를 평가하는 것은 매우 중요하며, 휨강도시험 모습은 아래 그림과 같다.



<Fig. 2-5> 휨강도시험 모습

휨강도 시험결과는 아래 표와 같으며, 50mm 평균 21.3N, 100mm 평균 34.0N으로 실험결과는 나타났다.

<Table 2-5> 휨강도시험 결과

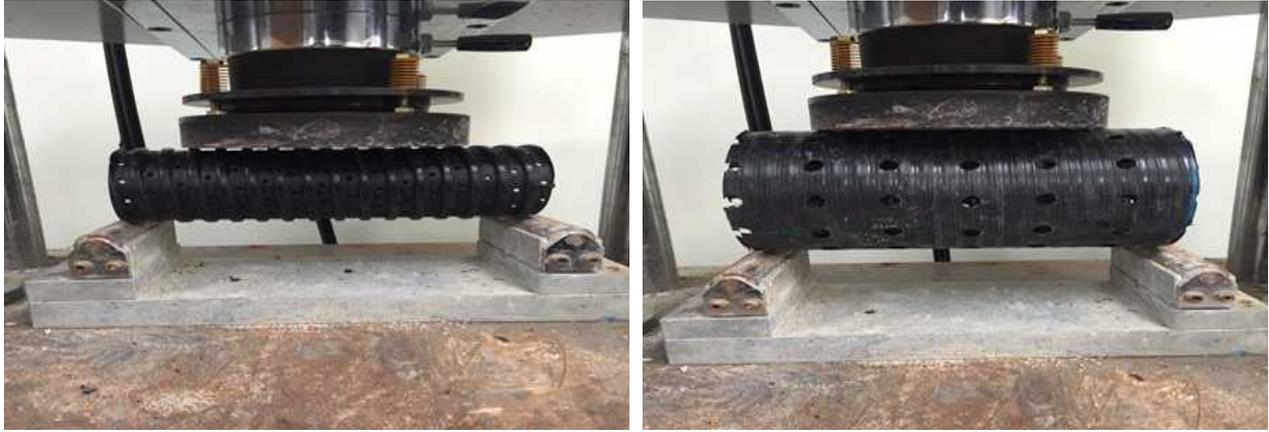
No. of specimens	Unit: N	
	50mm	100mm
1	21.3	31.1
2	24.2	37.7
3	21.8	39.6
4	21.2	32.1
5	19.9	31.0
6	19.7	32.3
Mean	21.3	34.0

유공관의 투수성능을 평가하였다. 유공관 압거는 배수성능이 매우 중요하므로 투수성능을 평가하였으며, 품질기준은 모두 만족하였다. 투수성능 시험결과는 아래 표와 같다.

<Table 2-6> 유공관 압거의 투수시험결과

종류	유공관 (50mm)	유공관 (100mm)
투수 계수(cm/sec)	5.0×10^{-2}	6.3×10^{-2}

유공관의 전체의 휨성능 평가하기 위하여 휨시험을 추가적으로 실시하였다. 즉 시험시편의 절단 없이 원주형의 공시체를 그대로 휨성능 시험을 실시하였으며, 휨시험 모습은 그림과 같다.



(a) 50mm 압거

(b) 100mm 압거

〈Fig. 2-6〉 휨시험 모습

〈Table 2-7〉 휨시험 결과

종류	Unit: kN	
	유공관 (50mm)	유공관 (100mm)
1	750	3,300
2	700	3,050
평균	725	3,175

〈Table 2-8〉 투수계수 시험결과

종류	유공관 (5mm)	유공관 (10mm)
투수계수 (cm/sec)	5.0×10^{-2}	6.3×10^{-2}

유공관의 충격강도를 평가하였다. 충격강도는 샤라피 충격강도시험기를 이용하였다. 샤라피 충격시험기의 모습은 아래 그림과 같다.



<Fig. 2-7> 샤라피 충격시험기

충격 강도 시험은 KS M 3074 「경질 플라스틱의 낙추 충격 시험 방법」에 의하여 실시하였다. 판정 방법은 다음과 같다. 시험 후 아래의 표에 따라 시험 후의 상태를 육안으로 확인하여 다음과 같이 품질을 판정한다.

- 3개의 시험편 모두가 파괴도 3~4인 경우는 합격으로 판정.
- 3개의 시험편 중 2개 이상이 파괴도 4~10인 경우는 불합격으로 판정.
- 3개의 시험편 중 1개가 파괴도 4~10인 경우는 다시 3개의 시험편으로 시험하여 모든 시험편이 파괴도 1~3인 경우를 합격으로 판정.

<Table 2-9> 충격시험 평가기준

파괴도	겉모양 상태	
	외면	내면
1	변화 없음	변화 없음
2	백화 또는 움푹 들어감	변화 없음
3	백화 또는 움푹 들어감	백화 또는 불거져 나옴
4	갈라짐	변화 없음
5	갈라짐	백화 또는 불거져 나옴
6	백화 또는 움푹 들어감	갈라짐
7	갈라짐	갈라짐
8	관통됨	
9	균열이 크게 발생됨	
10	분리 파괴됨	

시험결과는 타격횟수로 평가하였다. 시험편은 파괴도가 3~4이기 때문에 합격판정이 나왔다. 아래의 그림은 충격시험 후 형상을 보여준다.

<Table 2-10> 충격시험결과

공시체 종류	1	2	3	평균
50mm (타격횟수)	3	3	4	3.33
100mm(타격횟수)	4	3	3	3.33



<Fig. 2-8> 파괴시험 후 형상

유공관 암거의 내구성능을 평가하기 위하여 본 연구에서는 유공관 재료의 침지시험을 실시하였다. 침지 실험 계수 시험은 아래 표의 시험 방법에 의하여 실시하였다.

<Table 2-11> 침지시험용액

시험액의 종류	시험액의 순도 및 농도
물	증류수
염화나트륨 용액	KS M 8115의 염화나트륨 4 % 수용액
황산나트륨 용액	KS M 8103의 황산 10w/w % 수용액
황산마그네슘 용액	KS M 8103의 황산 10w/w % 수용액
수산화나트륨 용액	KS M 8116의 수산화나트륨 4w/w % 수용액

시험은 공시체를 $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 물에 침지시키고 공시체가 물속에서 떠오르지 않게 고정 시킨 뒤 5시간 온도를 유지하였다. 5시간 침지 후 마른 형질로 표면의 수분을 닦은 다음 중량을 측정하였다. <Fig. 2-9>은 침지시험 모습이다. 투수계수 시험의 중량의 변화량은 아래 식으로 계산하였다.

$$\text{무게 변화량}(mg/cm^2) = \frac{\text{침지 전 무게}(mg) - \text{침지 후 무게}(mg)}{\text{시험편의 표면적}(cm^2)}$$



<Fig. 2-9> 침지시험 모습

침지 후 중량변화 시험결과는 다음과 같다. 모든 환경에서 흡수율이 거의 없는 결과를 나타낸다. 따라서 해수 등에 노출되었을 경우 흡수율에 의한 영향은 없을 것으로 판단된다.

<Table 2-12> 침지 후 중량변화시험결과

(Unit: N)

구 분		유공관 100	유공관 150
N_aSO_4	1	0	0
	2	0	0
	평균	0	0
$CaCl_2$	1	0	0
	2	0	0
	평균	0	0
N_aSO_4	1	0	0
	2	0	0.0067
	평균	0	0.0335
$MgSO_4$	1	0	0
	2	0	0
	평균	0	0
H_2O	1	0	0
	2	0	0
	평균	0	0

본 연구에서는 침지 후 인장 및 휨시험을 실시하였다. 해수에 나타나는 현상을 고려하여 암거의 역학적 성능 변화 즉 내구성을 평가하고자 하였다. 시험결과 본 연구에서 적용하고자 하는 유공관 암거는 해수 등 노출 조건에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 즉 품질기준을 모두 만족하였다.

<Table 2-13> 침지 후 유공관 인장시험 및 휨 시험결과

용액	인장시험 (Unit: N)		휨시험 (Unit: N)	
	50 mm	100 mm	50 mm	100 mm
Control	1,392	2,218	21.3	34
Na ₂ SO ₄	1,385	2,217	20.7	33.2
CaCl ₂	1,386	2,216	20.6	33.7
Na ₂ SO ₄	1,387	2,214	20.8	33.6
MgSO ₄	1,385	2,210	20.9	33.9

라. 요약 및 결론

무굴착 암거시스템으로 적용하기 위한 유공관 암거의 물리적적 성능 내구성을 평가하였다. 시험결과 유공관 암거는 암거로 적용하기 위한 우수한 역학적 성능과 내구성을 가지고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 시방서의 품질기준에 만족하는 결과를 확보할 수 있었다.

3. 암거의 재료의 사용수명 평가

가. 목적

유공관 암거 재료는 물과 접촉해 있기 때문에 일반적인 환경보다는 내구성의 감소에 원인이 있다. 특히 흙에 매설되어 있고, 겨울철이 있으며 간척지에는 염분에 영향을 받는다. 그러나 실제적으로 이러한 환경에서 암거재료가 얼마나 사용가능한가에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 암거재료의 시공 후 사용수명을 기존 모델을 이용하여 예측해보고자 한다.

나. 시험조건 및 방법

사용수명 예측을 위하여 침지 용액의 온도를 60°C로 암거 재료의 잔류강도를 시험하였다. 각각의 온도에서 잔류강도가 90%로 떨어지는 시간을 측정하였고 이러한 결과는 암거재료의 사용수명을 예측하였다.

다. 촉진 열화시험을 통한 사용수명 분석

유공관 암거재료는 고밀도 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌 제품으로 기본적으로 노출환경에 대한 내구성이 우수 하지만 염해 등 환경에 노출되는 표면부식 등에 의하여 성능이 감소할 수 있다.

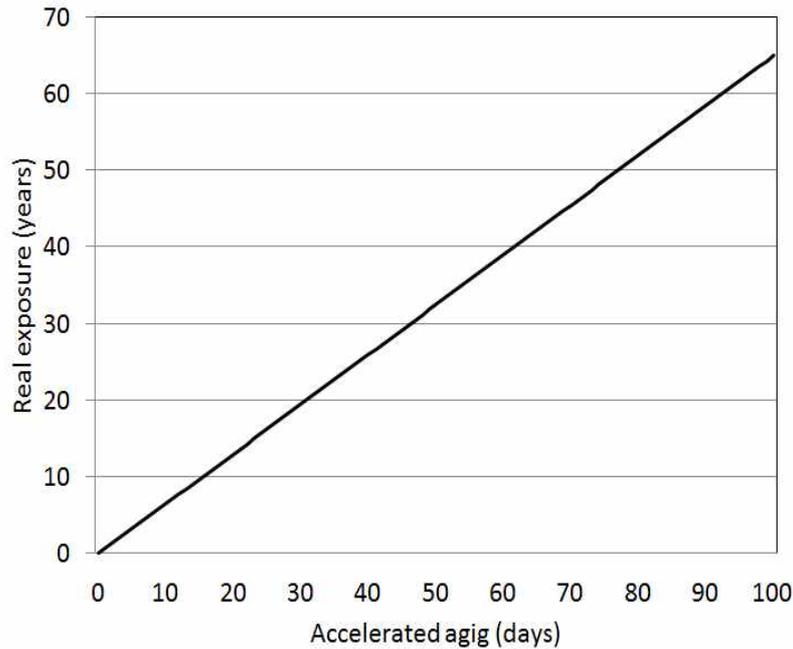
따라서 유해환경에 노출된 유공관 암거재료의 장기적인 내구특성을 예측할 수 있는 모델이 필요하다. 시간-온도의 관계는 Litherland 등에 의하여 처음 제안되었다. 이러한 방법은 유리섬유보강 콘크리트의 사용수명을 예측하기 위하여 개발되었기 때문에 명백하게 Litherland 등의 접근방법이 타당하다고 할 수는 없다. 그러나 현재까지 플라스틱 재료인 암거 재료에 대한 사용수명 예측에 대한 모델은 대부분 이와 같은 방법과 유사한 방법으로 이루어지고 있다. Litherland 등의 온도와 화학적 반응 또는 확산과의 관계를 다음 식과 같이 제시하였다.

$$N/C = 0.098e^{(0.558T)}$$

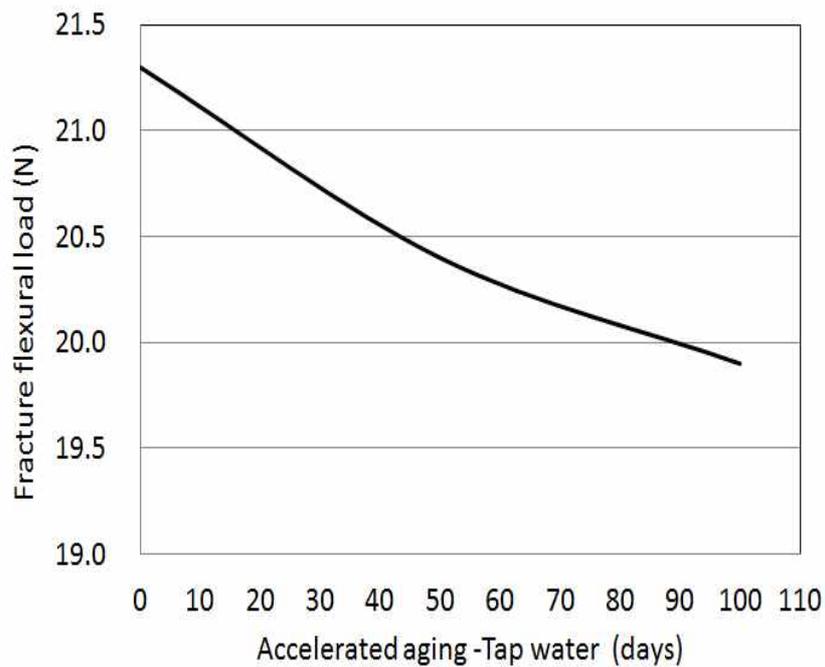
여기서, N : 자연열화기간(일), C : 촉진열화기간(일), T : 촉진온도(°C)

본 연구에서는 상기의 식을 이용하여 암거재료 사용수명을 예측하였다. 온도조건은 시험에 적용한 60°C로 사용하였다. 또한 암거재료가 일반적으로 물과 간척지의 경우 염분에 노출되는 경우가 대부분일 것으로 판단하여 60°C 물, 60°C의 CaCl₂ 용액에 노출된 특성을 고려하여 사용수명을 예측하였다. 각각의 용액에 노출시킨 후 100일간 실험을 실시하였다. 두 가지 용액 모두에서 잔류강도가 90%이하로 될 때를 고려하여 사용수명을 예측하였다. 이때 수돗물 즉 일반적인 환경에 노출된 경우에는 100일간 노출하였을 때 95%의 잔류 강도를 나타내어 90%를 기준으로 예측할 수 없었다. 따라서 이론상 최대 사용수명으로 예측하였으며, 예측사용수명은 약 65년으로

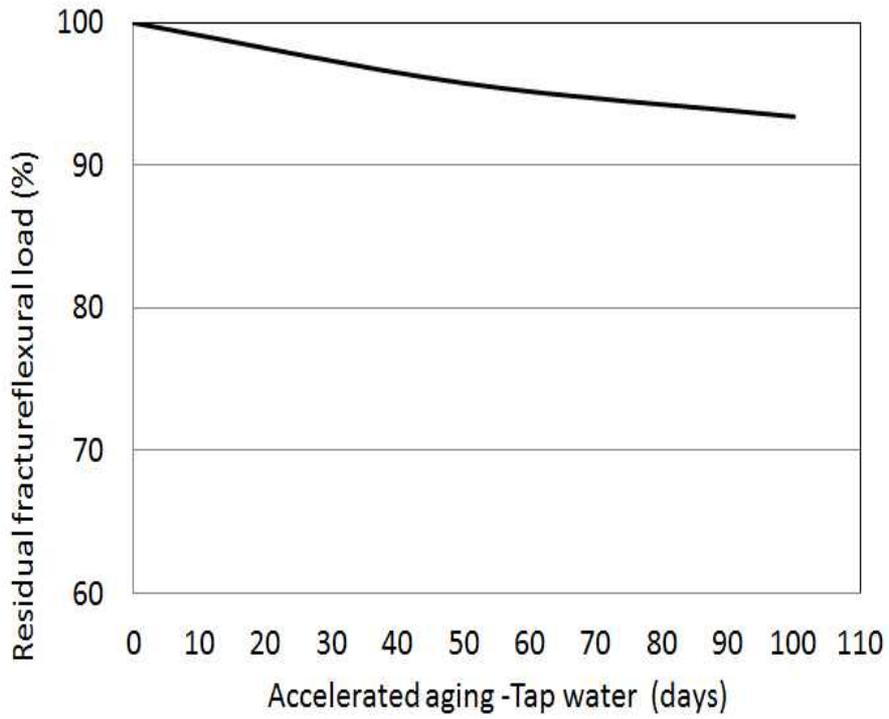
분석되었다. 또한, CaCl₂ 용액에 노출된 경우 하이브리드 패널의 강도 감소가 90%일 때를 고려하여 사용수명을 예측한 결과 약 65년의 사용수명을 가지는 것으로 분석되었다.



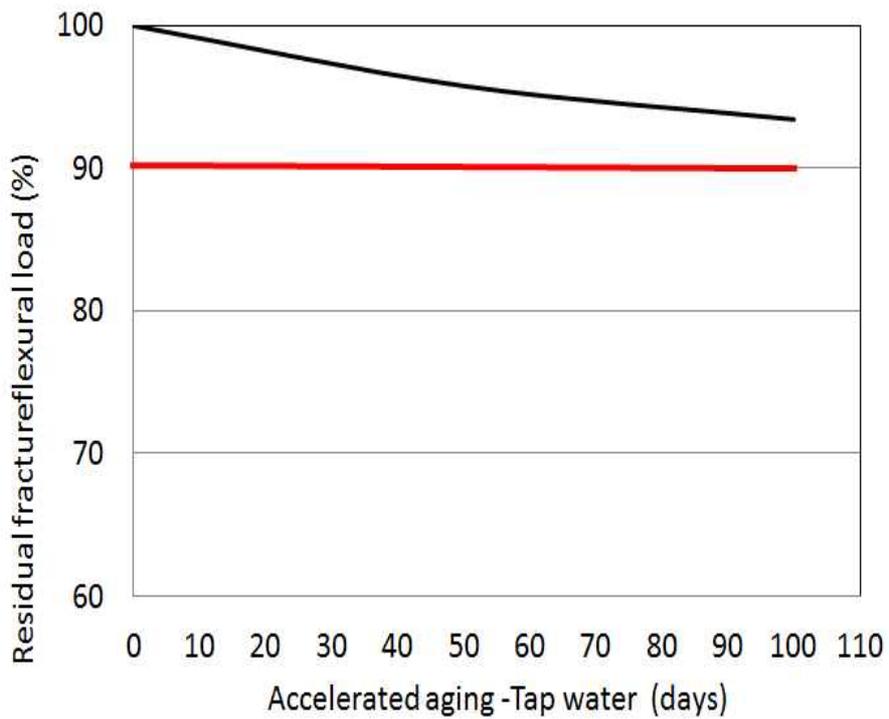
<Fig. 2-10> 온도, 촉진기간과 실제 기간과의 관계



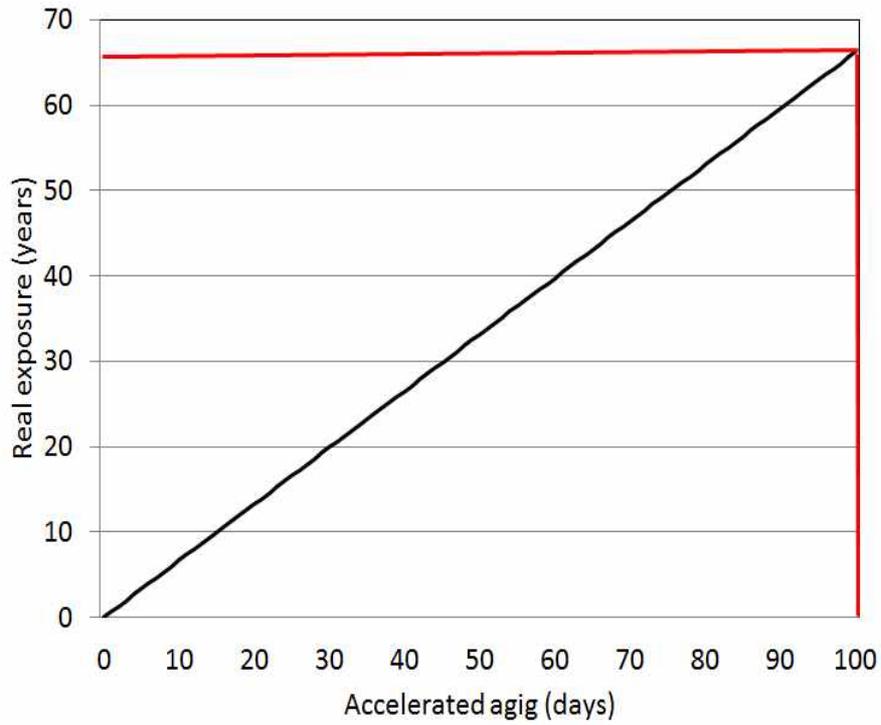
<Fig. 2-11> 수돗물에 노출시킨 암거 재료의 휨강도 시험결과



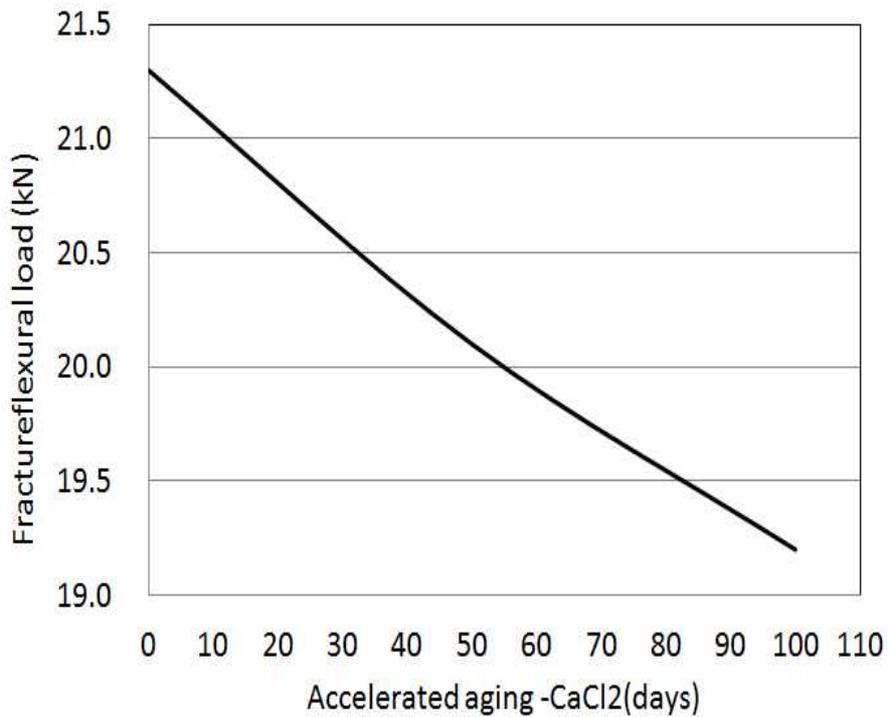
<Fig. 2-12> 수돗물에 노출시킨 암거재료의 잔류휨강도 시험결과



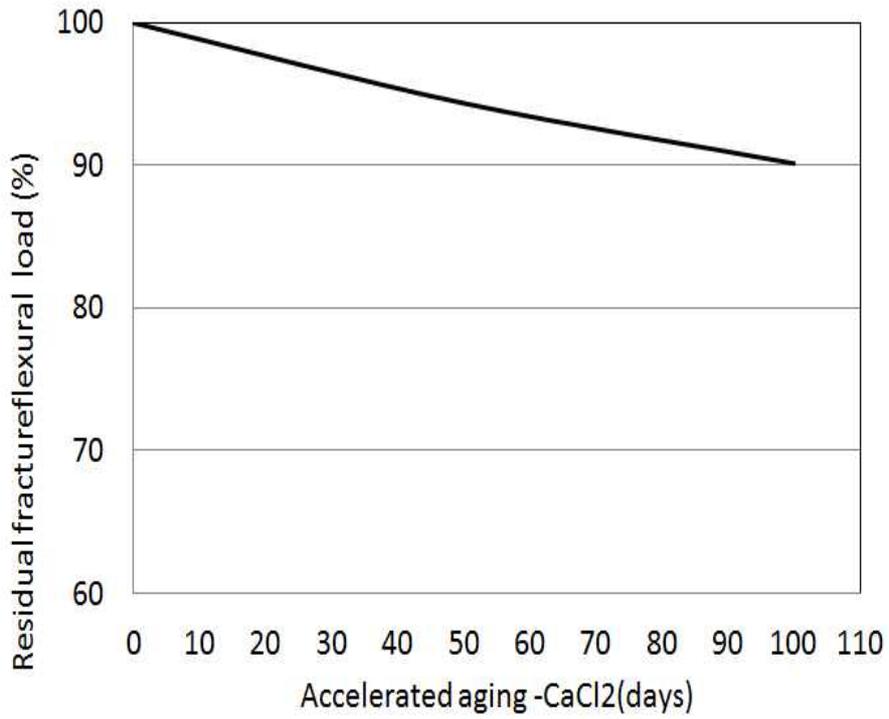
<Fig. 2-13> 잔류강도 90%이상을 유지하기 위한 수돗물에 침지기간



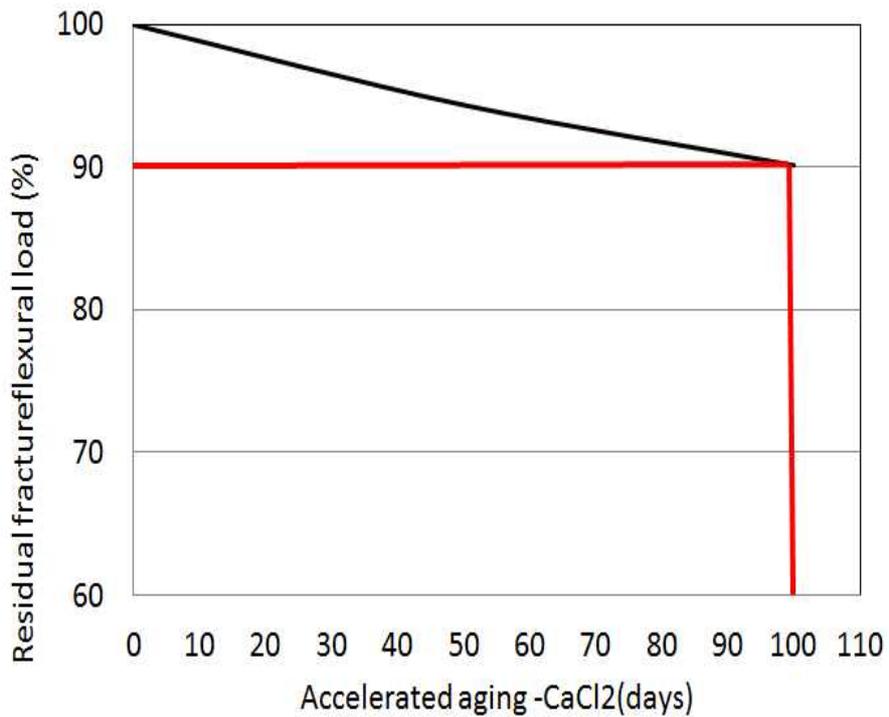
〈Fig. 2-14〉 암거재료의 수돗물(일반적인 환경)에 노출된 경우 사용수명 예측 결과



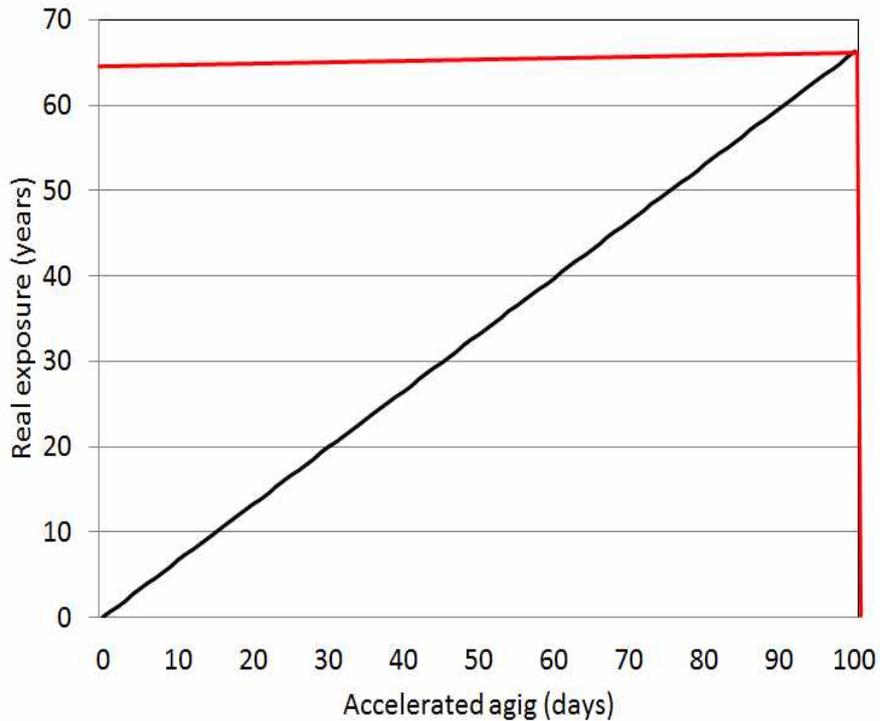
〈Fig. 2-15〉 휨강도와 CaCl₂ 용액에 침지한 기간과의 관계



<Fig. 2-16> 잔류휨강도와 CaCl₂ 용액에 침지한 시간과의 관계



<Fig. 2-17> 잔류강도 90%이상을 유지하기 위한 CaCl₂ 용액에 침지기간



〈Fig. 2-18〉 암거재료의 사용수명 예측

라. 요약 및 결론

암거재료의 사용수명을 예측한 결과 일반적인 수돗물에서는 목표로 한 90%이하로의 성능 저하가 발생하지 않았다. 또한 간척지 등을 모형화한 CaCl₂ 용액에 침지해서는 100일 간의 노출 후 잔류성능이 90%이었다. 따라서 이를 기준으로 사용수명을 예측해보면 약 65년으로 나타났다. 따라서 암거재료는 약 65년의 사용수명을 갖는다고 할 수 있다. 다만 본 연구에서는 작용하는 하중 등의 영향과 기후변화, 온도변화 등에 대한 영향을 고려하지 않았기 때문에 예측된 사용수명보다는 실제수명은 단축될 수 있다.

4. 암거폐색을 방지하기 위한 토립자 방지 전면필터 설치에 따른 성능 평가

가. 연구목적

암거 폐색방지를 위한 전면필터 암거를 개발하여 지하관개+배수 암거시스템에 적용하여 농지 범용화 시스템을 최적화하고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 부직포를 전면필터로 사용하고, 2차적으로 모래 또는 고로슬래그 골재를 수직필터로 적용하는 2중 필터를 적용하여 토립자에 의한 공극 막힘현상을 방지하여 배수성능을 개선하고자 한다.

나. 연구내용

전면필터를 설치하여 암거 폐색을 방지하기 위한 본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구의 내용은 다음과 같다.

- 이를 모형 암거시스템을 이용하여 전면필터 종류에 따른 배수 성능 시험을 실시.
- 이를 통하여 전면필터층 암거를 개발.

다. 연구방법 및 연구 결과

본 연구에서는 암거 폐색방지를 위한 모형 암거 시험을 실시하였다. 시험은 전면필터를 설치한 경우가 설치하지 않은 경우를 통하여 시험을 통한 분석을 실시하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 모형시험용 수조를 제작하였으며, 수조의 사진은 <Fig. 2-19>와 같다. 수조에 전면필터 방식을 적용하기 위하여 변수를 적용하였다. 수조에 적용한 새만금 간척지의 토양을 이용하였으며, 시험은 두 가지로 구성하여 실시다. 첫 번째는 전면필터 방식을 적용하지 않은 암거 시스템과 전면필터를 적용한 암거 시험을 실시하였다.

<Table 2-14> 전면필터 암거의 투수시험결과

구 분	단위 (cm/sec)			
	실험 1	실험 2	실험 3	평균
전면 필터층이 없는 암거	2.1×10^{-2}	1.8×10^{-2}	1.9×10^{-2}	1.9×10^{-2}
전면매트로 적용한 암거	2.3×10^{-2}	2.2×10^{-2}	2.4×10^{-2}	2.3×10^{-2}



<Fig. 2-19> 전면필터 적용 모형시험

시험결과 전면 필터층을 설치한 유공튜브의 투수성능이 매우 우수한 결과를 보여주었다.

본 연구에서는 두 번째로 배수구멍의 막힘 현상을 방지하기 위하여 전면 필터 층과 고로슬래그 골재를 이용한 2중 필터층을 구성하여 투수 시험을 실시하였다. 시험결과 전면필터 및 고로슬래그 골재를 이용한 2중 필터 층을 설치한 유공튜브의 투수성능이 매우 우수한 결과를 보여주었다.



<Fig. 2-20> 전면필터 및 고로슬래그 골재로 필터층을 구성한 모형 시험

<Table 2-15> 전면필터와 고로슬래그 골재 필터층을 가지는 유공관 암거의 투수시험결과

구 분	단위 (cm/sec)			
	실험 1	실험 2	실험 3	평균
필터층이 없는 유공튜브	2.1×10^{-2}	1.8×10^{-2}	1.9×10^{-2}	1.9×10^{-2}
고로슬래그 골재층만 있는 유공튜브	2.7×10^{-2}	2.8×10^{-2}	2.6×10^{-2}	2.7×10^{-2}
전면필터 층만 있는 유공튜브	2.3×10^{-2}	2.2×10^{-2}	2.4×10^{-2}	2.3×10^{-2}
고로슬래그 골재+전면필터 층	3.3×10^{-2}	3.4×10^{-2}	3.5×10^{-2}	3.3×10^{-2}

라. 요약 및 결론

본 연구에서는 암거 패색방지를 위한 모형 암거 시험 결과 전면필터와 고로슬래그 골재 또는 모래를 필터층으로 가지는 2중 필터 층 암거 시스템이 투수성능이 가장 우수하였다. 따라서 배수성능이 우수하고 경제성이 우수한 암거공법으로 2중 전면 필터층을 가지는 무굴착 암거 공법이 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다.

5. 농지범용화 시스템의 지하배수효과 예측

가. 연구목적

본 연구에서는 농지범용화 시스템의 지하배수 효과를 예측하고자 하였다. 본 연구에서는 2중 필터층을 가지는 무굴착 암거시스템을 개발하여 적용하고자 한다. 이때 지하배수효과를 예측하여 시험시공시 발생할 수 있는 문제를 조기에 해결하고자 하였다.

나. 지하배수암거 설계기준검토 및 목표선정

(1) 암거의 종류

암거의 종류는 그 기능에 따라 흡수거, 집수거, 승수거, 보조암거로 구분되며, 재료에 따라 토관, 도관, 콘크리트관, PVC관, 유공주름관 등의 유재료암거와 두더지암거 등의 무재료암거로 구분된다 (미래농촌기술연구소, 2016).

(2) 지구배수와의 관계

설계기준에 따르면 일반적으로 지하암거 배수구의 높이는 지표배수로의 계획수위로부터 5~200mm 이상 높게 하는 것이 좋다(미래농촌기술연구소, 2016).

(3) 계획암거배수량

설계기준에 의하면 계획 암거배수량은 경지구획의 평탄정도, 넓고 좁음, 토양의 투수성, 토지이용형태 등에 따라서 10~30mm/day로 정해야 한다(미래농촌기술연구소, 2016). 현재 경지정리사업의 균평도와 각종 연구결과를 바탕으로 지표잔류수량은 10~30mm 정도이며, 잔류수배제 목표일수는 1일이므로 지표잔류수 배제를 위한 암거의 계획배수량은 평균 10~30mm/day로 정하고 있다(미래농촌기술연구소, 2016). 또한 일반작물은 10~20mm/day, 일반원에 고급작물 13~38mm/day를 기준으로 하고 있다(미래농촌기술연구소, 2016). 따라서 본 연구에서는 계획배수량은 평균 10~30mm/day로 선정하였으며 목표배수량 고급작물도 포함할 수 있는 41.6mm/day로 하였다.

(4) 흡수암거의 매설깊이

설계기준에 따르면 흡수거는 상류단에서 0.6~1.0m, 하류단에서 0.8~1.0m하며, 흡수암거의 상단부 매설깊이를 최소한 0.6m 이상으로 하여야 한다고 제시하고 있다(미래농촌기술연구소, 2016).

(5) 암거의 환경 및 기울기

설계기준에 따르면 흡수암거의 환경은 계획배수량이 만류가 되지 않고 충분히 유하할 수 있는

크기로 하며, 특별한 경우를 제외하고 최소관경은 50mm로 하며, 경지정리(장변 100m인 경우)답에 흡수관의 길이를 95m, 흡수관경을 50mm로 하면 충분하다고 제안하고 있다(미래농촌기술연구소, 2016). 흡수암거의 기울기는 인력매설시 1/300~1/600, 기계매설시 1/500~1/1,000이 적당하며, 관내유속은 최대유속시 0.3~1m/s가 바람직하다고 제안하였다(미래농촌기술연구소, 2016).

(6) 흡수암거의 유량산출

암거의 유량산출은 매닝(Manning)공식으로 산출하고, 동수경사는 암거의 설치기울기를 적용하도록 제안하고 있다(미래농촌기술연구소, 2016).

$$\text{암거내 유속} : V = \frac{1}{n} \cdot r^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (\text{식.3.1})$$

관경의 결정은 관내 토사의 침전, 물양금 부착으로 축소된 면적을 고려하여 관경의 70% 수심이 유지되는 조건으로 결정하는 것을 제안하고 있다(미래농촌기술연구소, 2016).

(7) 흡수암거 설계기준 요약

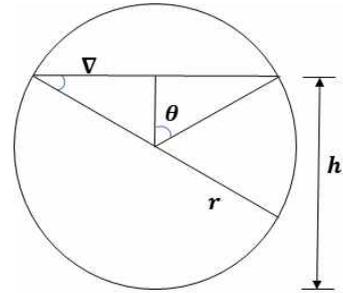
농업생산기반시설 설계기준 농지배수편에 본 시험시공과 관계가 있는 지하배수계획분야 주요 내용을 요약하면 아래 표와 같다.

<Table 2-16> 설계기준(배수편) 지하배수분야 주요내용요약(미래농촌기술연구소, 2016)

구 분	주 요 내 용
암거의 종류	기능별 : 흡수거, 집수거, 승수거, 보조암거, 심토파쇄 재료별 : 두더지, 토관, 도관, 콘크리트관, PVC관, 유공주름관
지구배수관계	암거배수구는 지표배수로의 계획수위로부터 5 ~ 20cm이상
계획암거배수량	계획지하배수량 10~30mm/day이상
흡수암거 매설깊이	흡수거는 상류단에서 0.6 ~ 1.0m, 하류단에서 0.8 ~ 1.0m
흡수암거의 관경	최소관경은 50mm이상
흡수암거 기울기	인력매설시 1/300~1/600, 기계매설시 1/500~1/1,000
흡수암거 유량산출	매닝(Manning)공식적용 명시, 70%수심 유지조건

〈Table 2-17〉 지하암거 유속 및 유량계산방법(미래농촌기술연구소, 2016)

h/2r	α	β	비 고
0.50	0.9895	0.62996	Q = 유량(m ³ /s) r = 관의 반경(m) n = 조도계수 I = 기울기 V = 유속(m/s)
0.55	1.15917	0.65473	
0.60	1.32962	0.67558	
0.65	1.49699	0.69251	
0.70	1.65696	0.70541	
0.75	1.80486	0.71404	
0.80	1.93448	0.71799	
0.85	2.03932	0.71653	
0.90	2.10929	0.70827	
0.95	2.12655	0.68980	
1.00	1.97907	0.62996	



$$(주) \quad Q = \frac{1}{n} \times r^{8/3} \times I^{1/2} \times \alpha$$

$$V = \frac{1}{n} \times r^{2/3} \times I^{1/2} \times \beta$$

$$\alpha = \frac{(\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta)^{5/3}}{[2(\pi - \theta)]^{2/3}}, \quad \beta = \left[\frac{(\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta)}{2(\pi - \theta)} \right]^{2/3}$$

관의 종류	조도계수 n	비 고
흙 관	0.013	연결상태가 불량하면 n치증가
도 관	0.014	
소 소 토 관	0.013	
경질염화비질관	0.012	
PVC유공주름관	0.016	

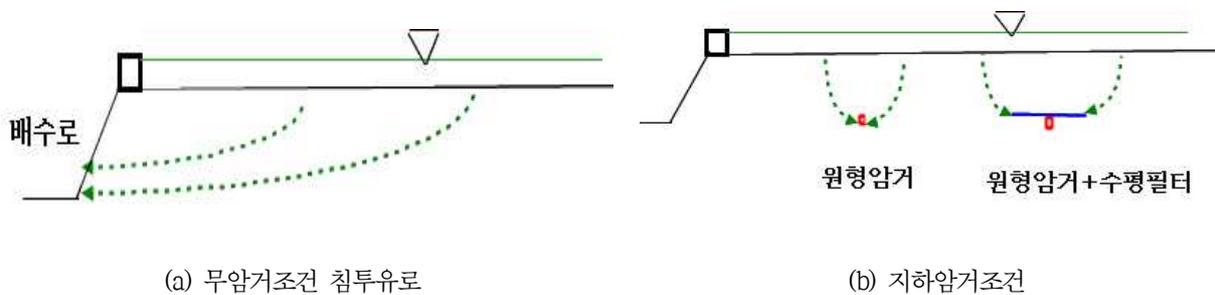
(주) : 본 조도계수는 신제품인 경우임.

다. 지하배수암거 침투류해석(미래농촌기술연구소, 2016)

(1) 침투류해석조건

(가) 지하암거 모식도

농경지에서 강우 침투에 의한 지하수의 흐름을 보면 암거가 없는 경우 배수로 방향으로 지하수의 흐름이 발생되고 이 흐름에 의해 지하수위가 저하하게 된다. 그러나 지하암거를 설치하게 되면 지하암거 방향으로 흐름이 발생되어 배수거리가 1/10 ~ 1/100 정도 감소하여 지하배수가 훨씬 빠르게 촉진된다(미래농촌기술연구소, 2016).



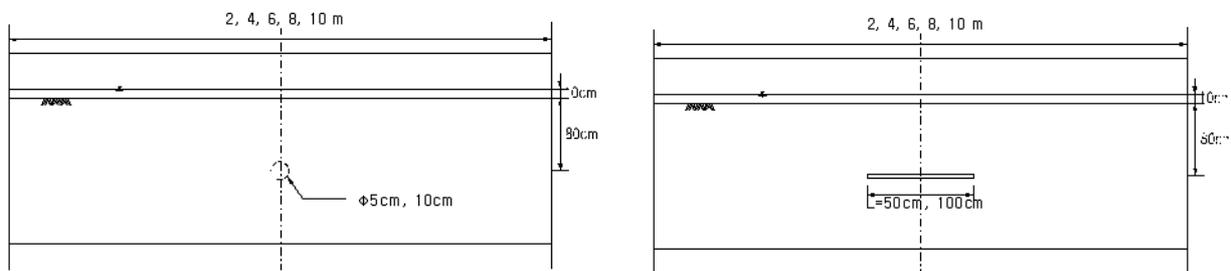
(a) 무암거조건 침투유로

(b) 지하암거조건

<Fig. 2-21> 무암거 및 지하암거조건인 침투유로(미래농촌기술연구소, 2016)

(나) 지하배수암거조건 침투류해석

무암거 조건, 50mm원형암거만 설치한 조건과 50mm원형암거+수평필터를 함께 설치한 3개 조건에 대하여 지하배수효과를 이론적으로 규명하기 위하여 침투류해석을 실시하였다. 원지반 흙의 투수계수 $k=1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 조건(심토파쇄 시 추정)으로 하였으며 암거의 설치간격은 2, 4, 6, 8, 10m조건에 대하여 해석을 하였다. 지하수위는 장마철 강우지속시간이 2~3일 이상 지속되는 조건을 고려하여 지하수위가 지표면에 있는 조건으로 검토하였다.



(a) Case1-1 : 유공관 직경 D50~100mm, 폭2.0~10.0m

(b) Case1-2 : 필터 L50~100cm, 폭2.0~10.0m

<Fig. 2-22> 지하암거배수 침투류 해석 조건(미래농촌기술연구소, 2016)

(2) 침투류 해석결과

(가) 지하수 침투류 특성

① 압거 조건

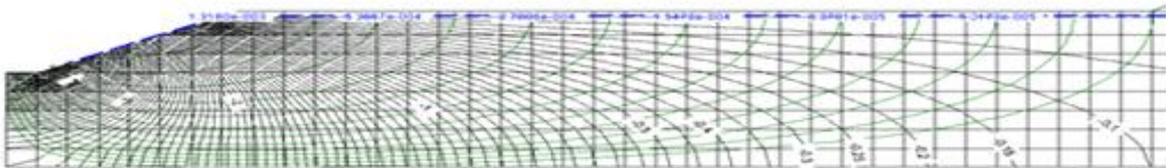
압거를 설치하지 않고 배수지거로만 지하배수되는 조건에 대하여 침투류 해석결과 배수로로부터 거리가 가까운 곳은 침투류가 집중되고 유속이 있으나 멀어질수록 유속이 거의 없는 상황을 보이고 있다.

② 유공관 배수압거 조건

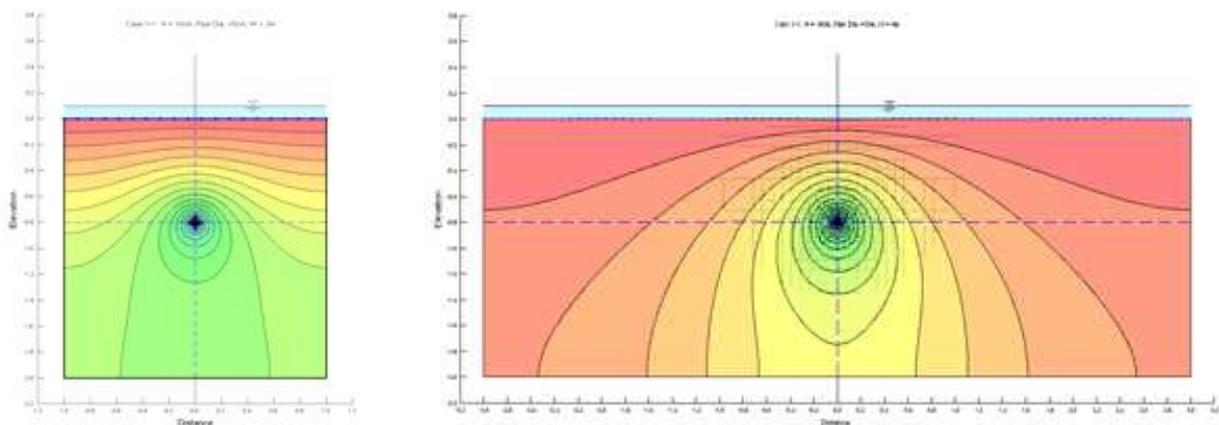
직경 50mm 유공압거를 지중 80cm위치에 설치하면 지표로부터 압거를 향해 침투류가 형성되어 무압거 조건보다 지반 모든 위치에서 지하수의 배수가 크게 발생됨을 알 수 있다.

③ 유공관+수평매트 (2중필터 방식)배수압거 조건

직경 50mm 유공관과 폭 50cm 토목섬유 필터매트를 함께 지중 80cm위치에 설치하면 지표로부터 압거를 향해 침투류가 형성되어 유공관만 설치한 것보다 영향범위가 훨씬 크고, 지하배수량이 1.9배 이상으로 지하배수효과가 훨씬 더 크다.



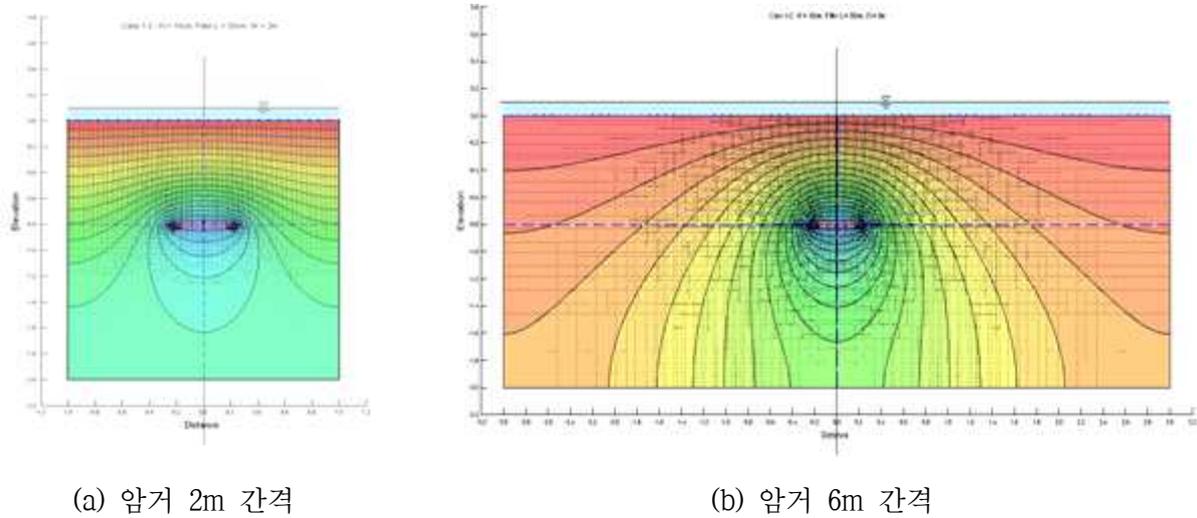
〈Fig. 2-23〉 무압거 조건 지하수 침투류 특성(미래농촌기술연구소, 2016)



(a) 압거 2m 간격

(b) 압거 6m 간격

〈Fig. 2-24〉 유공관 지하압거 설치조건 지하수 침투류 특성(미래농촌기술연구소, 2016)



(a) 암거 2m 간격

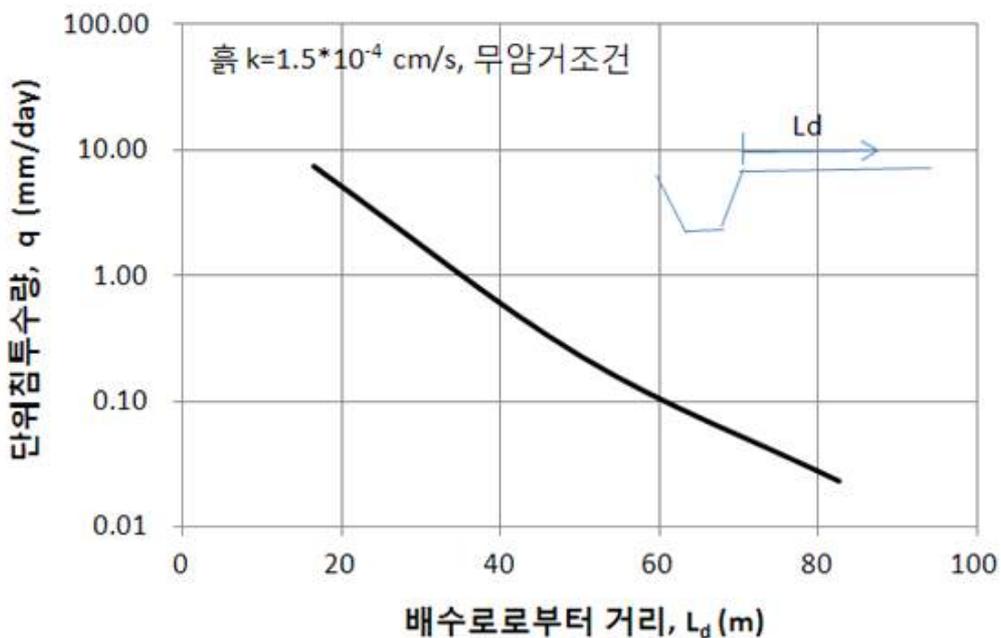
(b) 암거 6m 간격

<Fig. 2-25> 유공관+수평필터 지하암거 설치조건 지하수 침투류 특성(미래농촌기술연구소, 2016)

(나) 암거종류별 단위침투수량(삼투량)(미래농촌기술연구소, 2016)

① 지하암거 없는 조건 침투수량

간척지에 지하암거가 없이 지표배수로만 조성하여 배수로로 배수되는 조건에 대하여 강우 시 지하침투류 해석을 실시한 결과 흙의 투수계수 $k=1.5 \times 10^{-4}$ cm/s 조건에서 단위면적당 일 침투수량은 배수로에서 16m위치에서 7.5 mm/day, 중앙(50m위치)에서 0.2, 내측(82m위치)에서 0.02로 배수로측만 침투류가 있고 내측은 흐름이 거의 없는 특성을 보이고 있다.



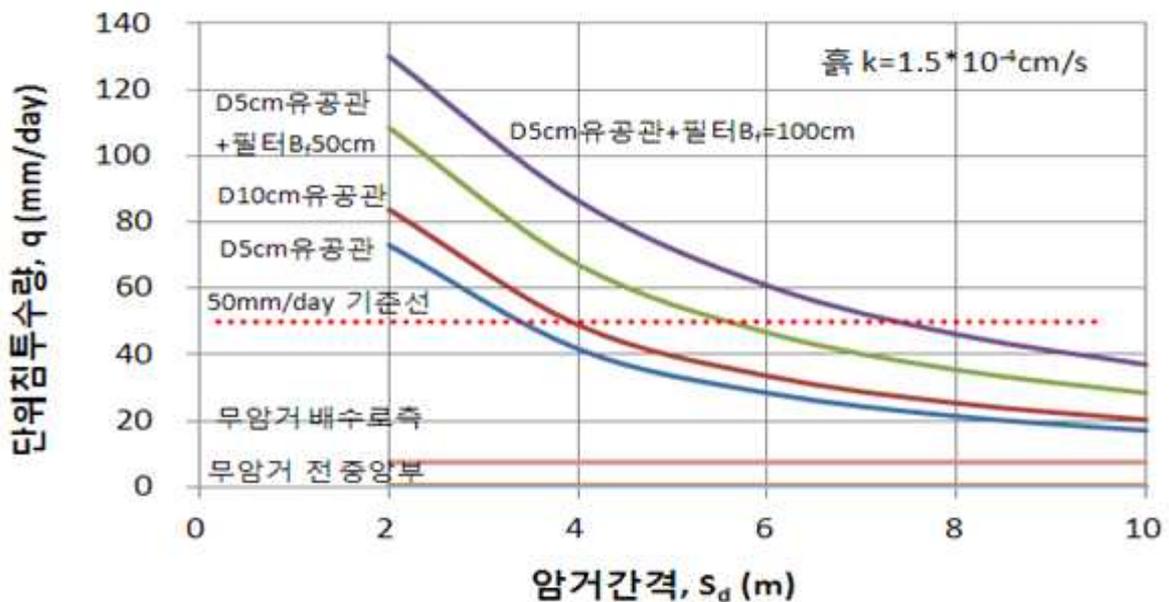
<Fig. 2-26> 무암거 조건의 담수침투수량

② 유공관 만의 지하암거 설치 시 침투수량

50mm유공관 지하암거설치조건 지하침투류 해석결과 흙의 투수계수 $k=1.5 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 인 조건에서 설치간격 5m인 지하암거가 있을 때 단위면적당 32~40mm/day의 침투수량(삼투량)이 발생되며, 지하암거가 없이 배수지저만 있는 경우보다 300배로 지하암거의 효과가 매우 큼을 알 수 있다.

③ 유공관+수평매트 지하암거 설치 시 침투수량

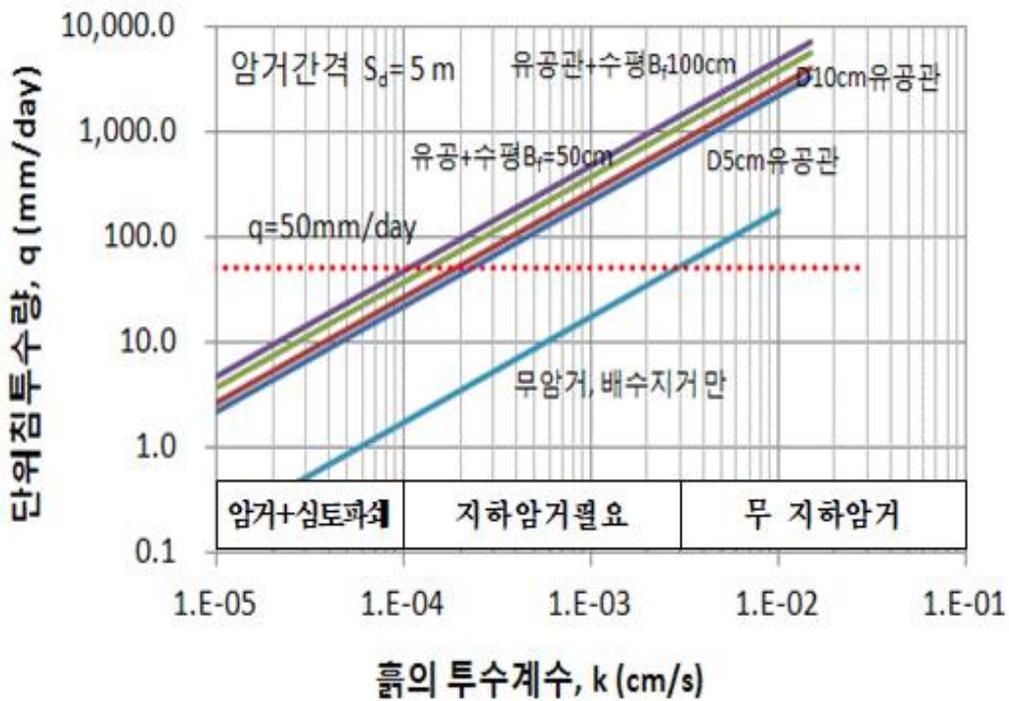
50mm인 유공관+토목섬유필터매트의 흡수암거를 설치하면 단위면적당 침투수량(삼투량)이 55~70 mm/day로 50mm유공관만의 암거보다 1.5~2배로 증가하는 것으로 분석되었다.



<Fig. 2-27> 지하암거 및 무암거 조건 별 침투수량(흙의 $k=1.5 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 조건)

(다) 흙의 투수계수별 단위침투수량(삼투량)

흙의 투수계수 $k=3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 이상이면 지하암거 없이도 일 삼투량 50mm/day 이상으로 지하암거가 필요 없는 것으로 분석되었다. 또한 $k=1 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 사이의 농경지는 지하암거를 설치하면 일삼투량 50mm/day이 발생되어 밭으로 사용이 가능하다. 하지만 $k=1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 이하인 농경지는 지하암거를 설치하고도 심토파쇄와 같은 방법으로 흙의 투수계수를 증가시켜주는 작업이 꼭 필요하다.



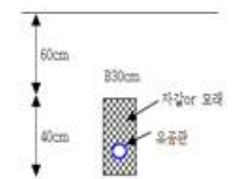
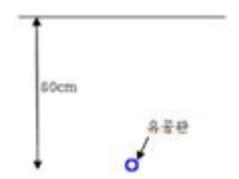
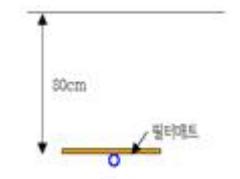
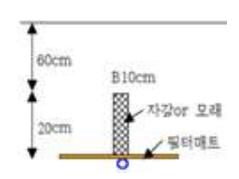
<Fig. 2-28> 흙의 투수계수 별 단위침투수량

(라) 암거종류별 단위지하침투수량(삼투량)

기존의 ① 굴착식 유공관+자갈소수재, ② 무굴착식 유공관+수평필터, ③ 무굴착식 유공관+수평필터+모래소수재 3가지 암거종류에 대하여 침투류 해석을 실시한 결과 <Table 2-18>과 같은 결과를 얻었다. 흙의 투수계수 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 조건에 대한 침투류 해석결과 암거 1m당 배수량을 보면 ③ 유공관+수평필터+모래소수재가 가장크고, ② 유공관+수평필터(2중 필터방식)은 ① 유공관+자갈소수재의 90%의 지하배수성능을 발휘하였다.

여기서 무굴착이 기존의 굴착식보다 m당 공사비가 1/3로 저렴하므로 ②을 5m간격으로 설치하면 ①을 10m간격으로 설치한 것보다 지하배수성능은 175%를 발휘하면서 공사비는 62%로 ② 무굴착식 유공관+수평필터 암거가 ① 굴착식 유공관+자갈소수재의 암거보다 훨씬 우수함. ③을 5m간격으로 설치하면 ①을 10m간격으로 설치한 것보다 지하배수성능은 209%를 발휘하면서 공사비는 75%로 ③ 무굴착식 유공관+수평필터+고로슬래그골재 암거(2중 필터방식)가 ① 굴착식 유공관+자갈소수재의 암거보다 우수하다.

〈Table 2-18〉 암거종류(모양)별 지하배수 성능비교(침투류 해석)

암거종류	① 굴착식 암거 (자갈 B30×H40cm)	② 무굴착 암거 1 (50mm유공관)	② 무굴착 암거 2 (50mm유공관 + 필터매트 B50cm)	③ 무굴착 암거 3 (유공+필터매트 +모래 또는 고로슬래그 골재 B10cm)
지하배수 형상				
배수량 Q (m ³ /s/m)	2.37×10^{-6}	1.29×10^{-6}	2.17×10^{-6}	2.41×10^{-6}
비교(%)	100	54	92	102

라. 요약 및 결론

침투류 해석결과 본 연구에서 적용하고자 하는 2중 필터층(전면 부직포 또는 천연마섬유 매트 + 모래 또는 고로슬래그 골재 층)을 가지는 무굴착 암거 공법이 배수량이 가장 우수한 효과를 발휘하였다. 따라서 시험시공을 2중 필터층을 가지는 무굴착 암거의 적용가능하다는 것을 알 수 있었다.

6. 무굴착 암거 시공장비 조사 및 분석을 통한 적정장비 선정

가 연구목적

본 연구에서는 수직 및 수평 2층 필터층을 가지는 고효율 저비용의 농지범용화 기술로 무굴착 암거 공법을 적용하고자 한다. 이를 위하여 배수성능을 해결하기 위하여 2층 필터층을 가지는 암거공법을 개발하고자 한다. 따라서 시공장비도 2층 필터층을 시공할 수 있는 장비로 선정하여야 한다. 본 연구에서는 이를 고려하여 적정장비를 선정하고자 한다.

나. 농지 범용화 배수개선 기술

밭작물의 원활한 생육 및 관리를 위해서는 재배지의 원활한 배수 부분이 절대적으로 중요한 만큼, 저비용·고효율의 배수 처리 공법 기술 적용 필요하다. 적정 배수시설을 위해서는 배수 깊이와 간격은 함께 고려해야할 사항이며, 배수 깊이가 깊으면 더 넓은 간격으로 설치하고, 배수 깊이가 얕으면 더 좁은 간격으로 배수시설을 해야 한다. 배수시설은 지형에 따라 토층 속의 과잉의 물을 배수시켜 외부로 내보내야 하므로 지형에 따라 집수하여 하천으로 연결하기 위해서는 지형에 맞는 설계가 필요하다. 배수시설은 반영구적인 특성이 있으므로 그 지역환경과 토양조건들을 전반적으로 검토하여 배수 깊이, 간격, 관, 도랑 규격, 관정 및 펌프 용량, 재배지역 경사 및 길이, 고랑 규격, 넓이, 단면, 배수경사, 격자 간격 등 고려 필요하다. 기존 연구결과를 고려하면, 최적지는 논이 유효토심 50~100cm 범위였고 밭은 100cm 이상이었다. 밭토양의 지하수위도 일본에서만 60cm로 잡았을 뿐 우리나라와 중국은 100cm 이상이므로 논에서의 밭작물재배를 위해서는 배수암거 깊이를 1m가량으로 계획하고 그에 따른 간격을 정하여 배수시설을 설치가 최적으로 판단된다.



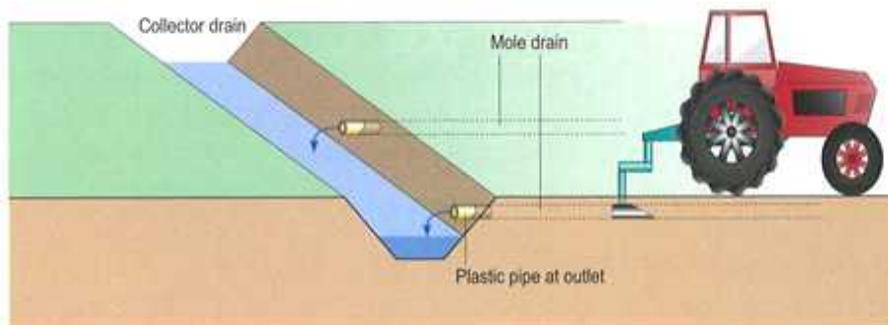
<Fig. 2-29> 수갑 설치사례

네덜란드 등 일부 국가에서는 80~100m간격, 깊이 80cm, 직경 10cm의 주암거를 설치하고, 트런치에 채워진 자갈층을 통과하도록 2.5~3.0m간격, 70cm깊이, 7~8cm직경의 두터지 암거를 시공 연

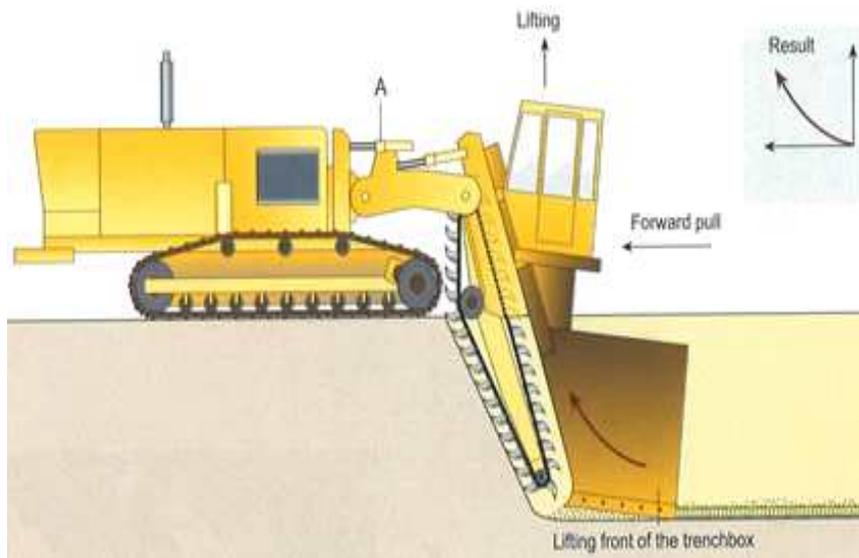
구하였으며, 경운 심도 25cm, 느슨한 작토층 50cm, 이랑 70cm, 심토과쇄 방향은 보조암거를 횡단하도록 경작지를 조성하는 연구 시행하였다. 지하배수암거 시공기술로 흡수거와 집수거의 연결에 맨홀을 설치하여 유지관리를 하고 있는데, 경작에 방해되지 않도록 지중에 묻는 방식과 지상으로 뚜껑이 노출되는 방식을 사용하였다.

지하배수 된 물을 경작지 외부로 배제시키는 방식으로는 자연배수 방식과 썸프방식이 있는 것으로 조사되었는데, 썸프방식은 집수거의 단부에 썸프를 설치하고 집수된 물을 배제하기 위해 펌프를 설치하여 일정 수위가 되면 펌프가 작동하게 하여 썸프 내 물을 하천 등으로 배제토록 하였다.

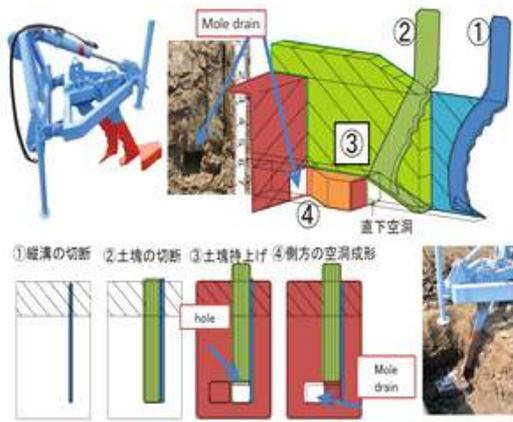
일본 국립농촌공학연구소는 새로운 “Cut-drain” 장치를 배수암거 설치용 기계로 개발하며, 토양의 투수성을 개선할 수 있는 저비용 배수개선 기술 제시하였다. 농업에서 경쟁력이 있기 위해서는 배수개선비용이 극도로 낮아야 하므로 파이프 등 재료가 쓰이지 않는 배수개선 방법이 필요하다. 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 두더지 암거를 이용한 기술을 소개하였다. 이 장치는 깊이 40~70cm에 10~15cm폭의 사각 공동을 만들어주는 장치로 농부들의 트랙터에 부착하여 사용하였다.



〈Fig. 2-30〉 두더지 암거 설치 장치(네덜란드 사례)



〈Fig. 2-31〉 트렌치를 파는 형식의 흡수거 매설 장치(네덜란드 사례)



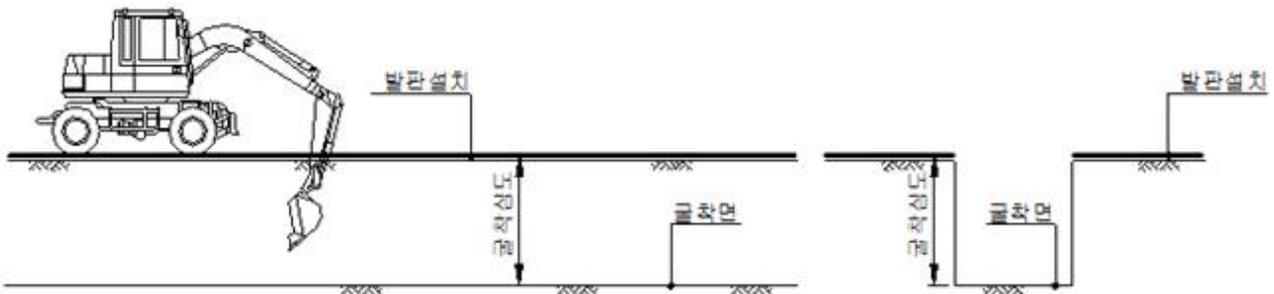
(a) 몰 드레인 기술 “Cutdrain” (일본 사례)

(b) 몰 드레인 장치(일본 사례)

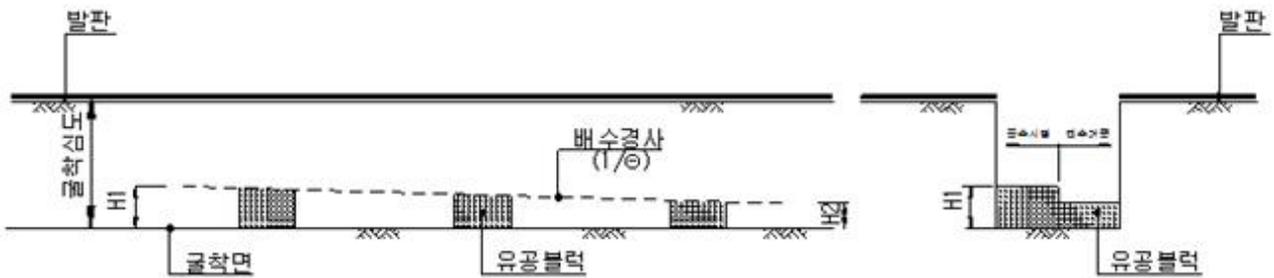
<Fig. 2-32> 몰 드레인 장치(일본사례)

다. 농지 범용화 적용을 위한 시공장비

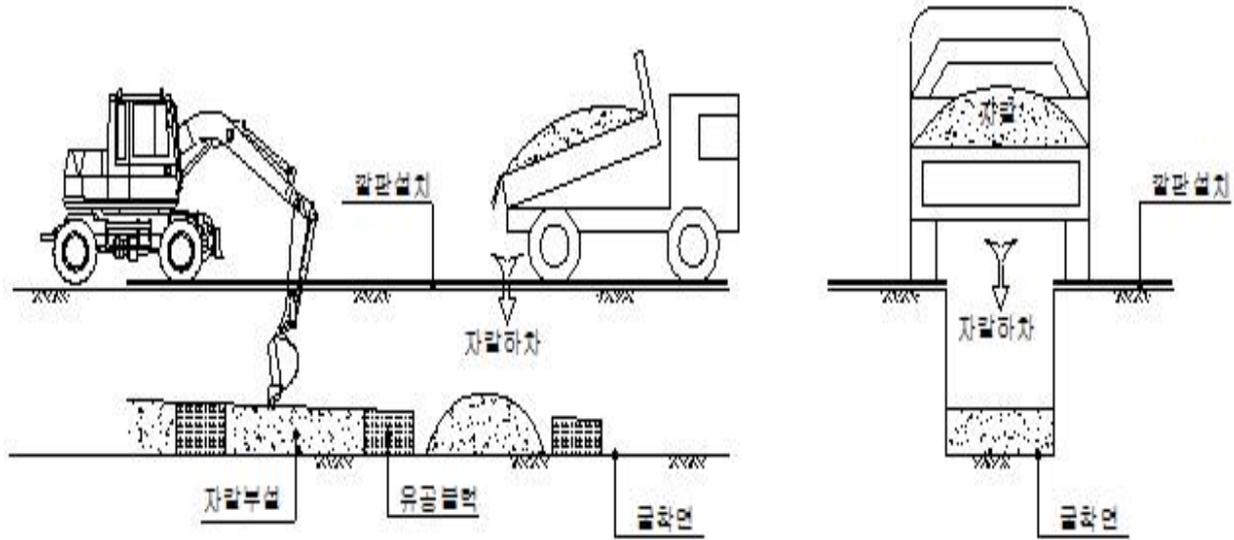
암거배수 시공 시, 장비 지지를 위한 발판(강판) 설치 후 터파기 실시하는 등의 시공성 검토와 유공블럭을 이용한 배수경사 확보 시공을 하는 관 경사 검토 등을 시행하는 등, 공기, 포장손상 최소화 및 터파기 사면 유지를 위한 시공 유념해야 한다. 소수재 시공을 위해 소형 굴착장비 및 트럭을 적용하여 시공성 및 기동성을 확보해야 한다.



<Fig. 2-33> 수평 굴착 시공



<Fig. 2-34> 유공블럭 이용한 시공



〈Fig. 2-35〉 터파기 및 소수재 운반 시공

라. 무굴착 암거를 위한 장비선정

무굴착 암거의 시공장비로 적용되는 것은 트랙터, 백호우 전문 무굴착 암거시공장비가 있다. 국내에서는 트랙터와 백호우가 적용될 수 있다. 그러나 간척지와 같은 지반층이 약한 경우 트랙터 등은 적용하기 어려운 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 백호우를 이용하여 무굴착암거를 설치하고자 한다. 특히 백호우로 무굴착 암거를 시공시 버킷을 추가로 설치하여 고로슬래그 골재 또는 모래를 시공할 수 있도록 하였다.

마. 요약 및 결론

고효율 저비용 농지범용화 시스템을 개발하기 위하여 본 연구에서는 2중 필터층을 가지는 무굴착 암거 공법을 선정하였다. 따라서 2중 필터층 즉 암거와 분리되어 있는 모래 또는 고로슬래그 골재를 시공할 수 있는 장비가 필요하며, 본 연구에서는 간척지와 같은 연약지반에도 시공이 가능한 백호우를 선정하고 시공시 버킷을 추가적으로 설치하여 2중 필터층을 형성하도록 장비를 개선하였다.

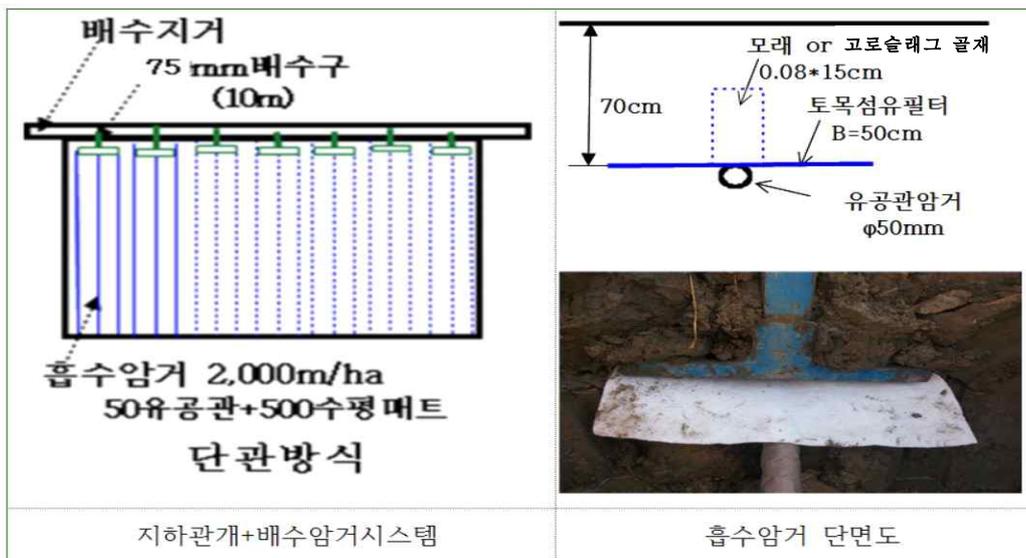
7. 현장시험시공 및 모니터링을 위한 최적 농지범용화 시스템 설계

가. 연구목적

본 연구에서는 저비용 고효율 농지범용화 시스템의 현장 적용을 위하여 암거시스템의 설계, 설치에 따른 배수효과 분석, 이를 통한 최적 암거 시스템을 결정하였다. 이를 통하여 시험시공지에 적용하고자 한다.

나. 농지범용화 시스템 설계

본 연구에서는 고효율 저비용 농지범용화 시스템을 적용하기 위하여 건기 지하관개 및 관청소가 가능한 암거시스템으로 유공관+필터매트+모래(고로슬래그골재, 왕겨 등)를 적용하여 2중 필터방식(수평 및 수직 필터 적용)을 적용한 무굴착암거 시스템을 설계하였다. 본 연구에서는 지하관개+배수암거시스템을 적용하였다. 흡수암거의 구성은 50mm 직경의 유공관을 설치하고 그 위에 토목섬유필터를 설치하며, 흡수의 효율성을 달성하기 위하여 모래 또는 고로슬래그 골재 등으로 층을 형성하여 유공관의 막힘 현상을 억제하고자 하였다.



<Fig. 2-36> 농지범용화 시스템의 설계단면

다. 암거종류 및 설치에 따른 배수(유출수)효과 검증 요약

“3. 설계기준검토 및 수리시스템 분석을 통한 지하배수효과예측” 에서 암거의 종류에 따른 배출수의 해석결과를 요약하면 <Table 2-19>와 같다. 예측결과 유공+필터매트 +모래 또는 고로슬래그 골재 B10cm를 적용한 경우 가장 우수한 결과를 보였다.

〈Table 2-19〉 농지범용화 시스템의 종류에 따른 배출수 해석결과 요약

암거종류	① 굴착식 암거 (자갈 B30×H40cm)	② 무굴착 암거 1 (50mm유공관)	② 무굴착 암거 2 (50mm유공관 + 필터매트 B50cm)	③ 무굴착 암거 3 (개선된 기술: 유공+필터매트 +모래 또는 고로슬래그 골재 B10cm)
배수량 Q (m ³ /s/m)	2.37×10 ⁻⁶	1.29×10 ⁻⁶	2.17×10 ⁻⁶	2.41×10 ⁻⁶
비교(%)	100	54	92	102

라. 최적암거 형상 설정

본 연구에서는 암거종류 및 설치에 따른 배수(유출수)효과 검증 해석 결과를 이용하여 무굴착 암거 시스템 중 유공관+필터매트+모래(고로슬래그 골재)를 적용하는 공법으로 결정하였다. 암거의 형상은 무굴착암거 시공의 효율성을 확보하기 위하여 주름 유공관으로 결정하였으며, 유공관에는 부직포로 전면필터를 실시하는 것으로 하였다.

또한 본 연구의 선행연구로 실시한 수평매트+유공관 무굴착 암거설치 기술 등에 경험을 통하여 설치간격 등을 보완하였다. 또한 수리해석을 통한 배수효과 검증 결과 유공관을 5m 간격으로 유공관+필터매트+모래(고로슬래그 골재)를 2중 전면필터로 적용할 경우 배수량은 굴착암거를 설치할 때 보다 102%로 향상되고, 지하배수량은 209%로 향상되며, 경제성도 ha 당 25% 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 유공관+필터매트+모래(고로슬래그 골재)를 적용하는 2중필터 공법으로 결정하고, 유공관은 전면필터가 설치된 주름관, 설치간격은 5m로 결정하여 시험시공을 실시하고자 한다. 또한 배수효과를 촉진시키기 위하여 심토파쇄를 적용하였다.

마. 요약 및 결론

본 연구에서는 시험시공지에 적용하고자 하는 저비용 고효율 농지범용화 시스템을 설계하였으며 이를 시험시공에 적용하고자 한다.

8. 무굴착 지하관개+배수암거공법 시험시공 설계 및 시험시공 및 모니터링

가. 논(간척지 포함) 범용화 대상농지 현장 특성 조사 및 분석

본 연구에서는 개발된 저비용 고효율 농지범용화 기술을 검증하기 위하여 시험시공 및 모니터링을 실시하였다. 이를 위하여 지역별로 ① 간척지와 ② 육상 저습답을 범용농지로 조성하였다. 본 연구에서 시험시공 및 모니터링을 실시한 농지범용화 지역은 <Table 2-20>과 같다.

시험시공은 간척지 발조성을 위하여 2개지구와 저습답 발조성을 위하여 4개지역을 선정하여 적용하였다. 또한 1차년도 (2016)년도에 1개지구, 2차년도 (2017년)에 3개지구, 3차년도 (2018년)에 2개지구를 적용하였다. 각 지역의 시험시공 및 설계내용, 모니터링 결과는 다음과 같다.

<Table 2-20> 시험시공 계획 지구

구분	지구명	토양	함수비(%)	염도(ds/m)	착공시기
간척지 발조성	금호(전남해남)	양토	40~60	15~18	2016년
	미암(전남영암)	양토	30~50	8~15	2018년
저습답 발조성	공검(경북상주)	미사질양토	30~45	2이하	2017년
	삼산(충남서천)	양토	40~50	2이하	
	계산(대전유성)	양토	40~50	2이하	
	죽산(전북군산)	양토	35~50	2이하	2018년

나. 금호지구 시험시공 설계 및 시공

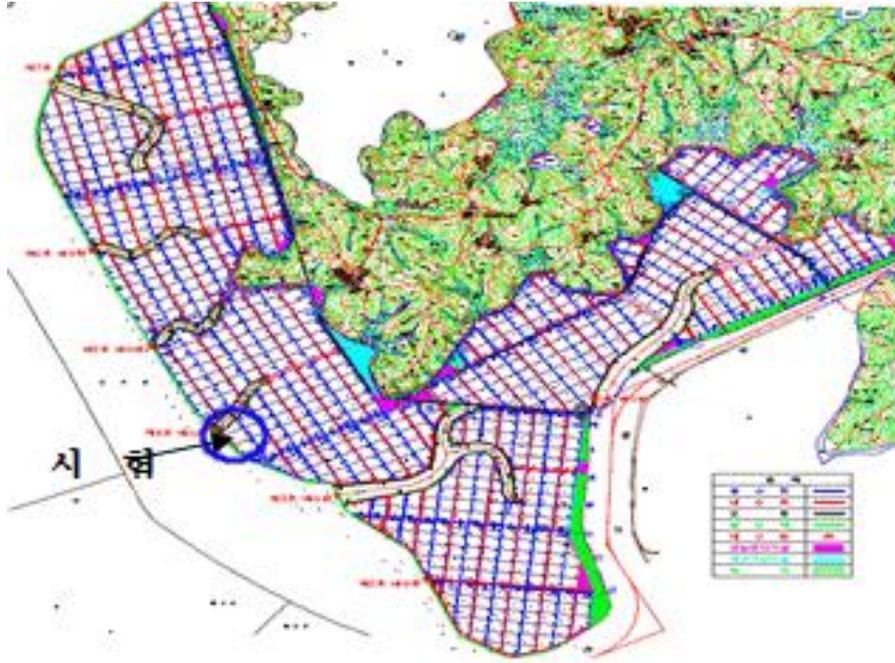
(1) 시험시공 목적

금호지구의 시험시공 목적은 저지대 고염도 간척지 발조성을 위한 저비용 고효율 지하암거공법 정립하는데 있다.

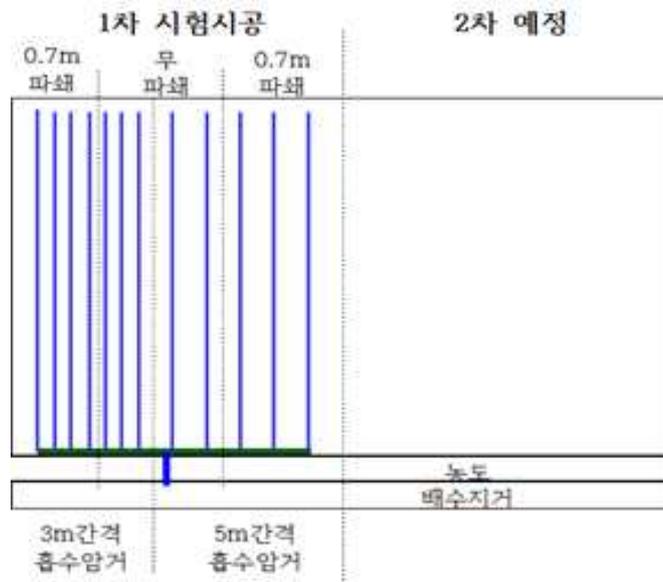
(2) 시험시공 계획

(가) 시험시공 위치 및 평면도

금호지구의 시험시공 위치 및 평면도는 다음 그림과 같다.



<Fig. 2-37> 시험포 위치도(영산강 금호2-1공구 내)



<Fig. 2-38> 지하암거시공 평면도

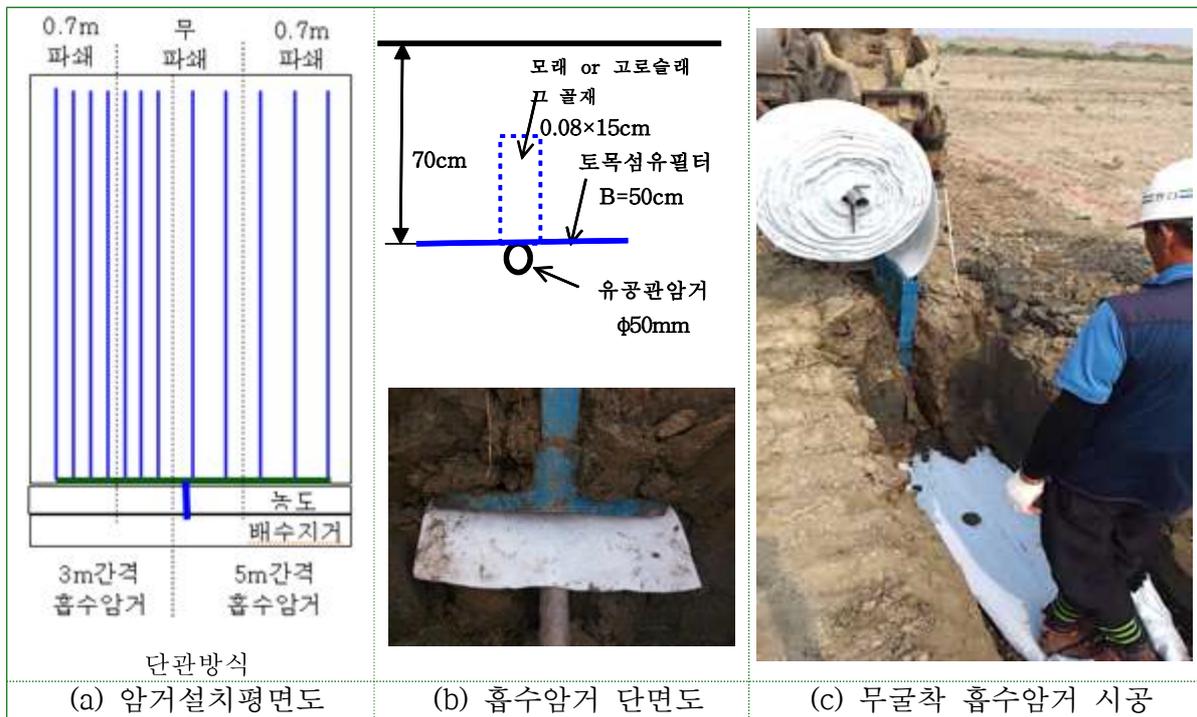
(나) 지하배수암거 공법명

본 연구에서는 무굴착 유공관+수평매트 지하관개+배수암거 시스템 (수직 및 수평 필터)을 적용하였다.

(다) 지하암거시스템 및 무굴착 시공방법

본 연구에서 적용한 공법의 자세한 내용은 다음과 같다.

- ① 무굴착식 : 공사비 저가, 시공성 개선
- ② 암거모형 : 50mm유공관 + 500mm수평필터매트(저비용 고효율)
- ③ 흡수암거 단관방식(저비용, 지하관개 가능)
- ④ 지하배수+지하관개 기능(건기 지하관개로 재염화 방지)

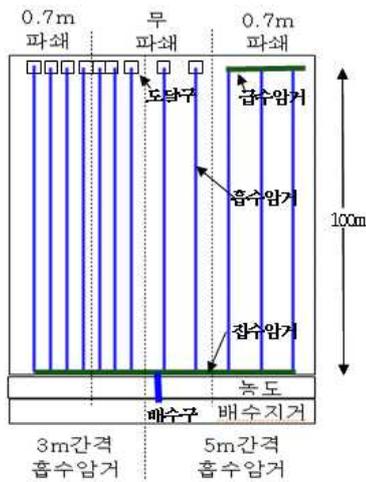


<Fig. 2-39> 지하암거시스템 설치 개요도

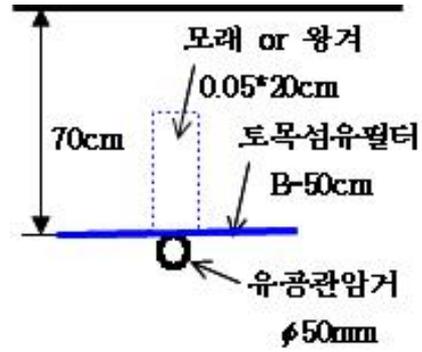
(라) 암거 자재 및 시험시공 계획도

본 연구에서 적용한 암거 자재 및 시험시공 계획도는 다음과 같다.

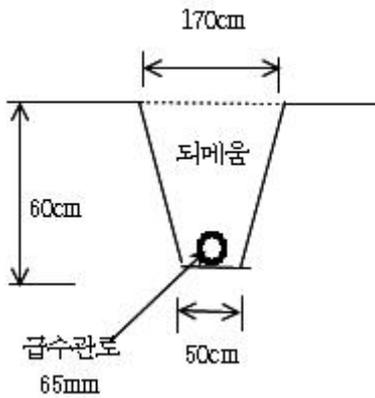
- ① 지하암거설치평면도 : 50m × 100m
 - 용수로 측에 지하급수암거설치 일부 흡수구에 연결
 - 배수로 측에 배수구(흡수암거 묶어 배수로에 배수)
- ② 흡수암거 단관방식 : $\phi 50\text{mm}$ 주름유공관, 무굴착 설치
- ③ 급수암거 : 65mmPVC관
- ④ 배수구 : 100mmPVC관



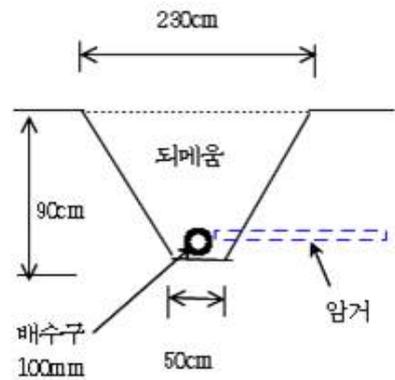
(a) 평면도



(b) 흡수암거



(c) 급수관로(A=0.66m²)



(d) 집수암거 및 배수구 (A=1.26m²)

<Fig. 2-40> 지하암거 시험시공 계획도

(3) 시험시공내역

시험시공은 <Table 2-21>과 같이 시험시공을 수행하였다.

<Table 2-21> 시험시공내역

시험시공 항목	단위	시공실적	비고
흡수암거(φ50mm+수평매트)설치	m	1,200	
집수암거(φ100mm) 설치	m	60	
급수암거(φ65mm) 설치	m	15	
심토파쇄(심도 700mm) 작업	m ³	4,550	

(4) 시험시공 현황



(a) 시공 전 현장 토양조사



(b) 시공 전 지표상태



(c) 왕겨 지구 내 운반



(d) 무굴착 흡수암거 시공 준비



(e) 무굴착 흡수암거 시공 장면



(f) 무굴착 흡수암거 시공 장면
(흡수암거관, 수평매트, 왕겨투입장치)

<Fig. 2-41> 시험시공 현황



(a) 무굴착 흡수암거 시공직후



(b) 무굴착 흡수암거 추진구



(c) 흡수암거 도달구

<Fig. 2-42> 무굴착 흡수암거 시공 과정



(a) 흡수암거 시공완료 집수암거 시공 전



(b) 흡수암거를 통한 배수상황

<Fig. 2-43> 흡수암거 시공 직후 집수암거 시공 전 상황



<Fig. 2-44> 집수암거 시공 상황



(a) 심토파쇄 구간 1



(b) 심토파쇄 구간 2

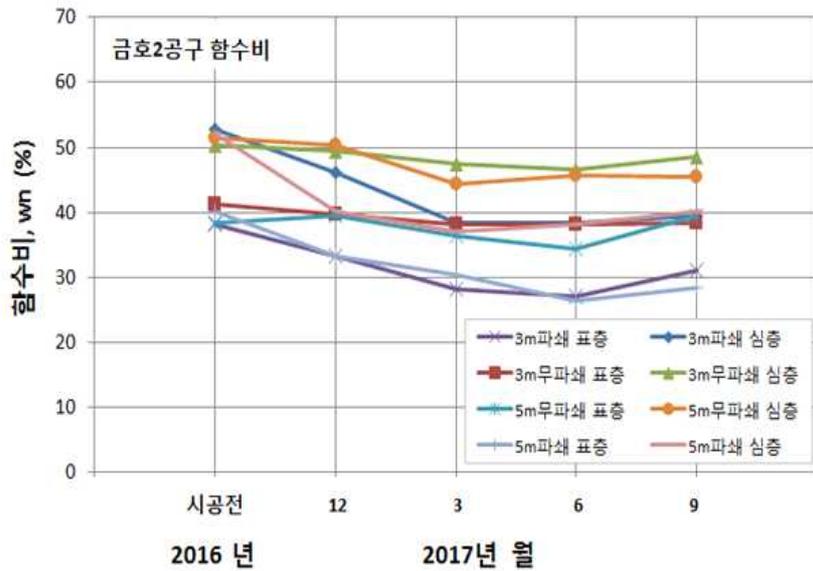


(c) 무 파쇄 구간

<Fig. 2-45> 심토파쇄 효과 비교

(5) 암거효과 측정분석

암거의 효과를 분석하기 위하여 암거설치 후 흙의 함수비변화를 측정하였다. 측정 결과 아래 그래프와 같이 흙의 함수비가 감소하였으며, 앞에 그림에서 나타난 현장상황을 고려할 때 지하 배수가 완전하게 되는 것으로 볼 때 간척지 범용화가 가능할 것으로 나타났다.



<Fig. 2-46> 금호공구 지하암거 설치 후 토양함수비 변화

(6) 지하배수성능 측정

암거설치 후 2년 8개월경과 후 현재 강우 시 아래의 그림과 같이 지하배수가 잘 되고 있으며, 최대 피크배수량은 $2,430\text{cm}^3/\text{s}$ 로 $2,430/100/50 \times 3,600 \times 24/1,000 = 41.99\text{mm}/\text{day}$ 로 설계기준 20~30mm/day 및 최종목표로 한 배수량(41.6mm/day)를 충분히 만족하는 것으로 측정되었다. 이는 아래의 그림과 같이 심토파쇄 후 균열이 유지되어 강우 즉시 지하 침투되어 암거로 배수되기 때문이다. 아래 그림은 2018년 8월 27일 상황의 배수현황 사진으로 23일에 157.8mm, 24일 3.2mm, 25일 6mm 정도의 강우가 온 후 현장 사진이다.



<Fig. 2-47> 금호공구 지하집수암거 배수상황



<Fig. 2-48> 금호공구 지하암거설치 2.5년 후 현재 지층 균열현황

(7) 토양염도변화

2016년 10월 간척지 표층 토양염도 표층 5~9.5, 심층(50cm) 10.5~16.5dS/m에서 지하암거설치와 심토파쇄 후 2년 8개월경과 한 2018.8.27. 현재 무처리 구간은 표층 6.3~6.8, 심층 12~12.5 dS/m이나, 암거처리구역은 표층 2.5~3.4, 심층(50cm) 4.6~6.0dS/m 로 감소하였다. 그리고 재 심토파쇄 후 2018.9.18. 현재 표층 1.7~1.9, 심층 3~3.1dS/m로 제염이 더 이루어졌다.



<Fig. 2-49> 금호지구 지하암거 설치 후 염도변화

(8) 식생변화

아래의 <Fig. 2-50(a)> 같이 갈대만 무성한 식생이 재 심토파쇄 후 <Fig. 2-50(b)>을 보면 식생이 변화되었다. 이는 토양이 1.7~3.1로 제염이 되고, 토양 함수비가 20.5~26%로 크게 감소하면

서 갈대보다는 일반식물이 생육하기 좋은 조건으로 변화되었기 때문에 판단된다. 이와 같이 제염과 건답화가 되어 <Fig. 2-50(c)>와 같이 양과시험식재를 실시하였다.



(a) 무처리 구역 식생상황(갈대우점)



(b) 암거설치 및 채 파쇄구역 식생상황(육상식물우점)



(c) 양과식재

<Fig. 2-50> 식생변화

다. 공검지구 시험시공 설계 및 시험시공

(1) 시험시공 목적

공검지구 시험시공은 저지대 습지 탈조성을 위한 저비용 고효율 지하암거공법 정립하기 위하여 실시하였다.

(2) 시험시공 계획

공검지구 시험시공을 위한 시험시공 계획은 다음과 같다.

(가) 공검지구 시험시공 위치 및 평면도



(a) 공검 시험포 위치도



(b) 공검 지하암거시공 평면도

<Fig. 2-51> 공검지구 범용화 시험포 위치 및 평면도

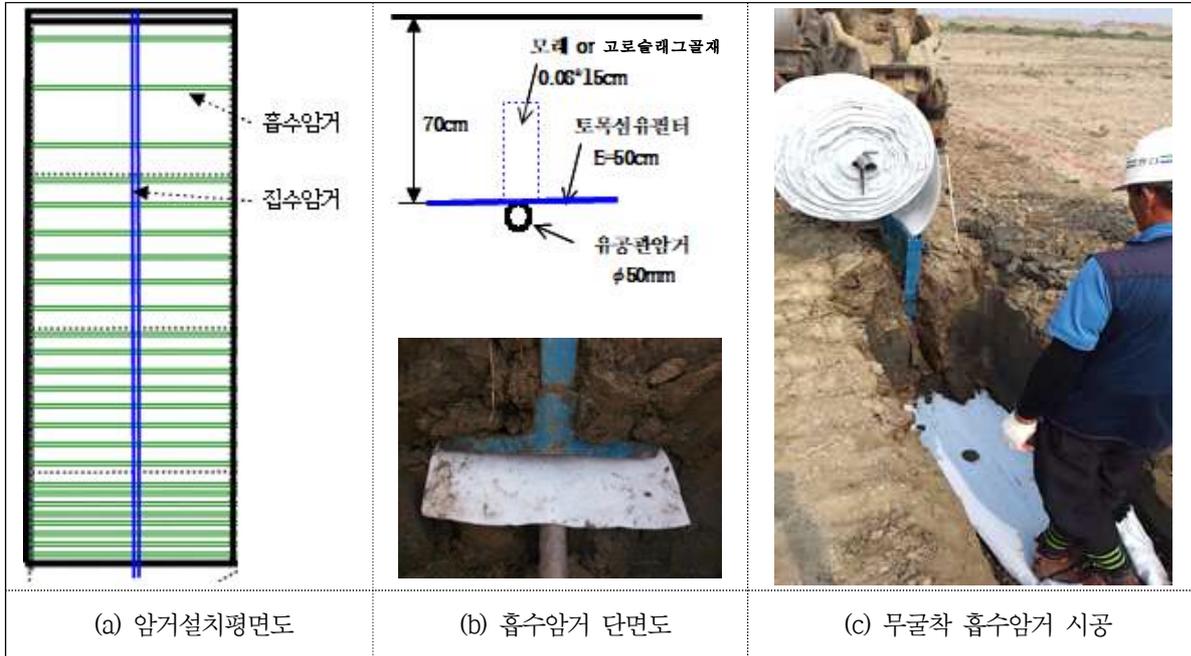
(나) 지하배수암거 공법명

본 연구에서는 무굴착 유공관+수평매트 지하관개+배수암거 시스템(수직 및 수평 필터 방식)을 적용하였다.

(다) 지하암거시스템 및 무굴착 시공방법

본 연구에서 적용한 지하암거시스템 및 무굴착 공법의 특성은 다음과 같다.

- ① 무굴착식 : 공사비 저가, 시공성 개선
- ② 암거모형 : 50mm유공관 + 500mm 수평필터매트(2중 전면필터방식)
- ③ 흡수암거 단관방식(저비용, 지하관개 가능)
- ④ 지하배수+지하관개 기능(건기 지하관개로 재염화 방지)



<Fig. 2-52> 지하암거시스템 설치 개요도

(3) 시험시공 현황



<Fig. 2-53> 시공 전 습답 상황(2017.4.28. 건기)



(a) 모래운반



(b) 추진구 굴착전 레벨측량



(c) 추진구 굴착 용출수 물고임



(d) 추진구 무굴착 암거설치장비 셋팅



(e) 무굴착 암거설치(유공관+수평메트+수직필터)



(f) 집수관 터파기



(g) 집수관(75mm)에 흡수암거 연결



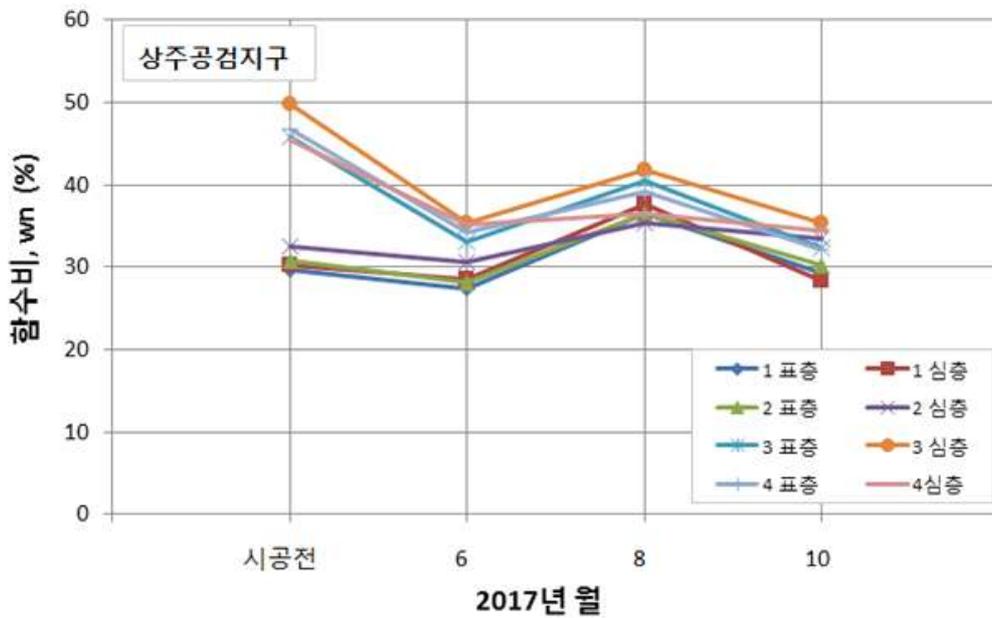
(h) 집수관(75mm) 연결

<Fig. 2-54> 시험시공 진행과정

(4) 암거효과 측정분석

공검지구 암거설치 후 토양 특성의 분화를 측정하였다. 암거설치 후 흙의 함수비변화를 측정한 결과 아래 그래프와 같이 흙의 함수비가 감소하였으며, 지하배수가 완전하게 되는 것으로 볼 때 저습답 범용화가 가능한 것으로 보였다.

하지만 <Fig. 2-57>과 같이 집중강우 시 장변의 길이가 100m인 저습답 논에서 지표배수가 신속하게 이루어지지 않는 문제가 있어 이를 해결하기 위한 연구가 필요하다.



<Fig. 2-55> 공검지구 지하암거 설치 후 토양함수비 변화



<Fig. 2-56> 발작물 콩재배 강우 후 배수 상황



<Fig. 2-57> 집중강우시 지표배수불량 상황

(5) 지하배수성능 측정

암거설치 후 <Fig. 2-58>와 같이 지하배수가 잘 되고 있으며, 최대 피크배수량은 $1,023\text{cm}^3/\text{s}$ 로 $1,023/70/30 \times 3,600 \times 24/1,000 = 42.09\text{mm}/\text{day}$ 로 설계기준 $20\sim 30\text{mm}/\text{day}$ 및 목표로 한 $41.6\text{mm}/\text{day}$ 를 만족하는 것으로 측정되었다.



<Fig. 2-58> 공검지구 집수암거 배수상황

(6) 작물생육상황

암거+심토파쇄술 하고 감자와 콩재배를 실시한 결과 <Fig. 2-59>와 같이 생육이 양호한 것을 볼 때 저습답에 암거+심토파쇄술 하면 밭작물 재배가 가능하다.



<Fig. 2-59> 콩 작물생육상태

라. 삼산지구 시험시공

(1) 시험시공 목적

삼산지구 시험시공의 목적은 저지대 습지 범용화를 위한 저비용 고효율 지하암거공법 정립하는데 있다.

(2) 시험시공 계획

삼산지구의 시험시공 계획은 다음과 같다.

(가) 시험시공 위치 및 평면도



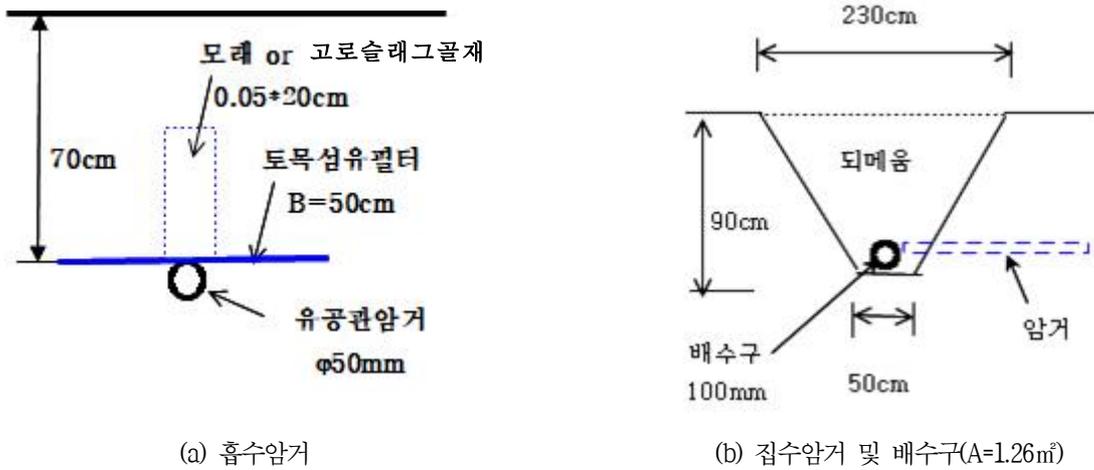
(a) 삼산 시험포 위치도



(b) 삼산 지하암거시공 평면도

<Fig. 2-60> 삼산지구 범용화 시험포 위치 및 평면도

(나) 시험시공 횡단면도



<Fig. 2-61> 계산 지하암거 시험시공 계획도

(다) 지하배수암거 공법명

무굴착 유공관+수평매트 지하암거 시스템으로 수직 및 수평 필터(2중 전면필터 방식)를 적용하였다.

(라) 지하암거시스템 및 무굴착 시공방법

- ① 무굴착식 : 공사비 저가, 시공성 개선
- ② 암거모형 : 50mm유공관 + 500mm수평필터매트(2중 전면필터 방식)
- ③ 흡수암거 단관방식(저비용, 지하관개 가능)



<Fig. 2-62> 지하암거시스템 설치 개요도

(3) 시험시공 현황



(a) 암거시공전 경구 현황



(b) 굴착전 레벨측량



(c) 도달구 터파기



(d) 집수암거 터파기



(e) 고로슬래그 골재 투입



(f) 도달구 도착



(g) 흡수암거로 지하배수 집수거에 물 고임



(h) 집수암거 설치 직후 지표수 배제된 상태

<Fig. 2-63> 시험시공 진행과정



(i) 흡수암거와 집수거 연결



(j) 심토파쇄 장면

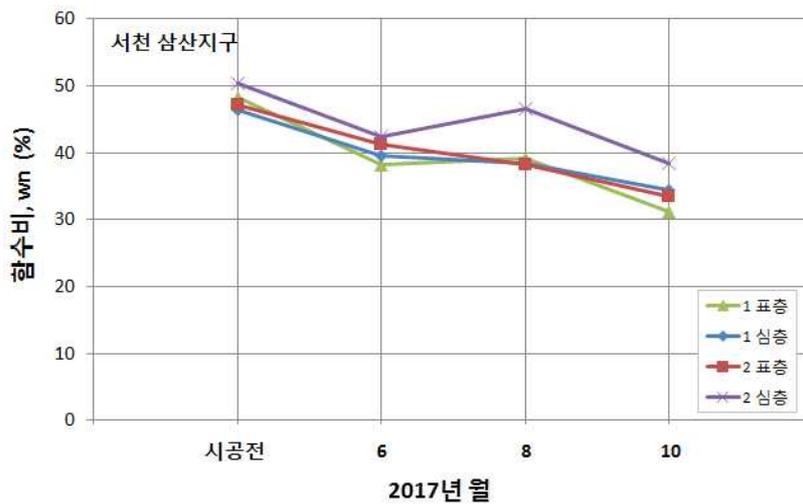


(k) 도달구 터파기

<Fig. 2-63> 시험시공 진행과정(계속)

(4) 암거효과 측정분석

암거설치 후 흙의 함수비변화를 측정한 결과 아래 그래프와 같이 흙의 함수비가 감소하였으며, 지하배수가 완전하게 되는 것으로 볼 때 저습담 범용화가 가능한 것으로 보였다. 암거설치 후 지반 지내력이 크게 향상되어 벼 묘 이양을 트랙터 및 이양기 기계로 묘내기를 하였다. 또한 밭 작물재배가 가능한 상태이다.



<Fig. 2-64> 삼산지구 지하암거 설치 후 토양함수비 변화

(5) 지하배수성능 측정

암거설치 후 1년 4개월경과 후 최대 피크배수량은 $10,250\text{cm}^3/\text{s}$ 로 $1,025/70/30 \times 3,600 \times 24/1,000 = 42.17\text{mm}/\text{day}$ 로 설계기준 $20 \sim 30\text{mm}/\text{day}$ 및 최종 목표로 한 배수량($41.6\text{mm}/\text{day}$)를 충분히 만족하는 것으로 측정되었다. 이는 개선된 기술의 적용과 함께 심토파쇄 후 균열이 유지되어 강우 즉시 지하 침투되어 암거로 배수되기 때문이다.

마. 계산지구 시험시공

(1) 시험시공 목적

계산지구 시험시공은 저지대 습지 범용화를 위한 저비용 고효율 지하암거공법 정립하기 위해서 실시하였다.

(2) 시험시공 계획

계산지구의 시험시공 계획은 다음과 같다.

(가) 시험시공 위치 및 평면도



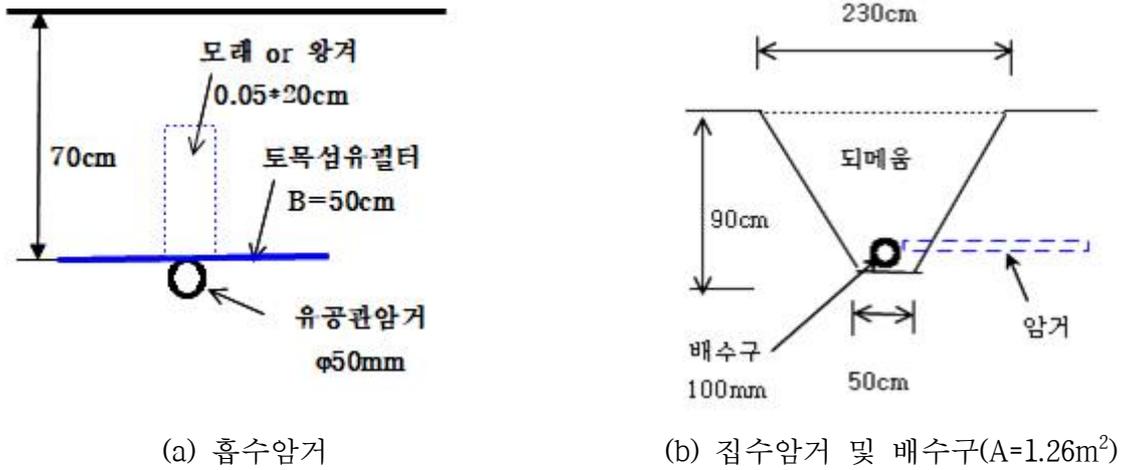
(a) 계산 시험포 위치도



(b) 계산 지하암거시공 평면도

<Fig. 2-65> 계산지구 범용화 시험포 위치 및 평면도

(나) 시험시공 횡단면도



(a) 흡수암거

(b) 집수암거 및 배수구(A=1.26m²)

<Fig. 2-66> 계산 지하암거 시험시공 계획도

(다) 지하배수암거 공법명

무굴착 유공관+수평매트 지하암거 시스템으로 수평 및 수직 필터를 모두 적용하였다.

(라) 지하암거시스템 및 무굴착 시공방법

- ① 무굴착식 : 공사비 저가, 시공성 개선
- ② 암거모형 : 50mm유공관 + 500mm수평필터매트(저비용 고효율)
- ③ 흡수암거 단관방식(저비용, 지하관개 가능)

<p>단관방식</p>		
<p>(a) 암거설치평면도</p>	<p>(b) 흡수암거 단면도</p>	<p>(c) 무굴착 흡수암거 시공</p>

<Fig. 2-67> 지하암거시스템 설치 개요도

(3) 시험시공 현황

계산지구의 시험시공 현황은 다음과 같다.



(a) 암거설치전 지표상태



(b) 흡수암거 터파기



(c) 주름유공관 설치



(d) 흡수암거 주름유공관 위에 설치장면



(e) 암거 되메움

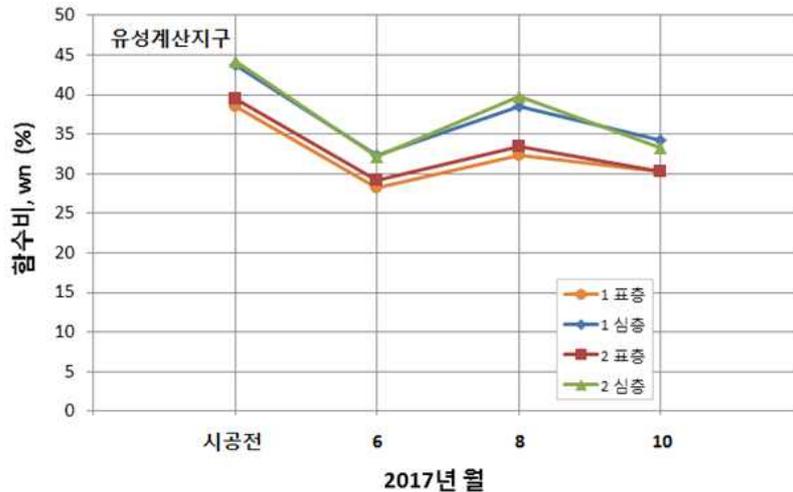


(f) 수직심토파쇄 후 장면

<Fig. 2-68> 시험시공 진행과정

(4) 지하암거효과 측정분석

암거설치 후 흙의 함수비변화를 측정한 결과 아래 그래프와 같이 흙의 함수비가 크게 감소하였으며, 저습답 범용화가 가능한 것으로 나타났다.



〈Fig. 2-69〉 지하암거 및 심토파쇄 후 토양함수비 변화

(5) 작물생육상황

암거+심토파쇄를 하고 콩재배를 실시한 결과, 아래 그림과 같이 생육이 양호한 것을 볼 때 저습답에 암거+심토파쇄를 하면 밭작물 재배가 가능하다.



〈Fig. 2-70〉 콩 작물생육상태

(6) 지하배수성능 측정

암거설치 후 1년 4개월경과 후 최대 피크배수량은 $10,180\text{cm}^3/\text{s}$ 로 $10,180/70/30 \times 3,600 \times 24/1,000 = 42.17\text{mm}/\text{day}$ 로 설계기준 $20\sim 30\text{mm}/\text{day}$ 및 최종목표로 한 배수량($41.9\text{mm}/\text{day}$)를 충분히 만족하는 것으로 측정되었다. 이는 개선된 기술의 적용과 함께 심토파쇄 후 균열이 유지되어 강우 즉시 지하 침투되어 암거로 배수되기 때문이다.

바. 미암지구 시험시공

(1) 시험시공 목적

미암지구의 시험시공 목적은 기존간척지 답 밭조성을 위한 최적 지하암거공법 제시하는 것이다.

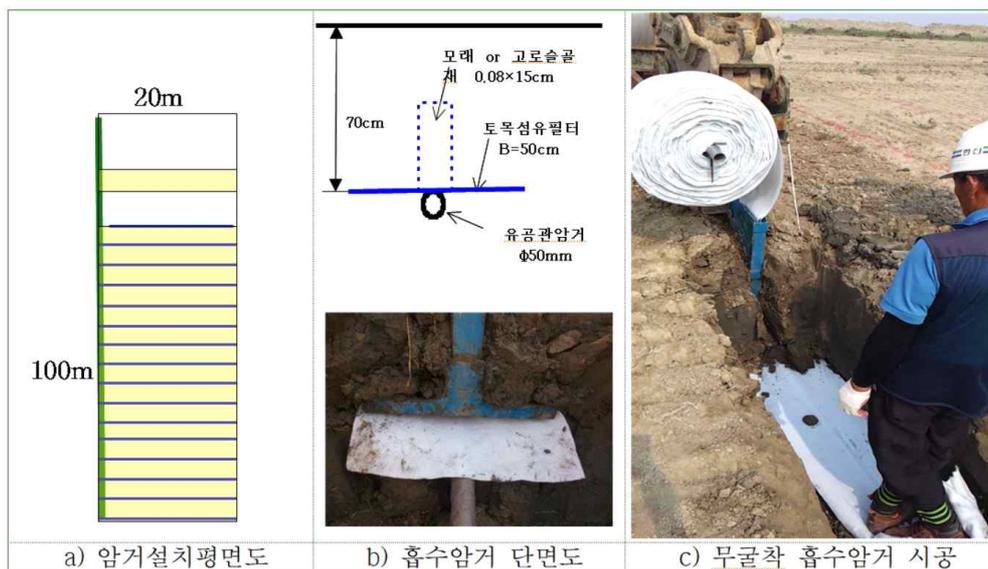
(2) 시험시공 위치 : 전남 영암군 미암면 남산리 1325



<Fig. 2-71> 시험포 위치도 (영산강 기존 간척지 답)

(3) 지하암거 평면도 및 시공방법

미암지구의 시험시공을 위한 평면도 및 시험시공 방법은 다음과 같다.



<Fig. 2-72> 지하암거 명면도 및 시공방법

(4) 지하암거 시험시공



(a) 시공전



(b) 흡수암거설치



(c) 집수암거설치 1



(d) 집수암거설치 2

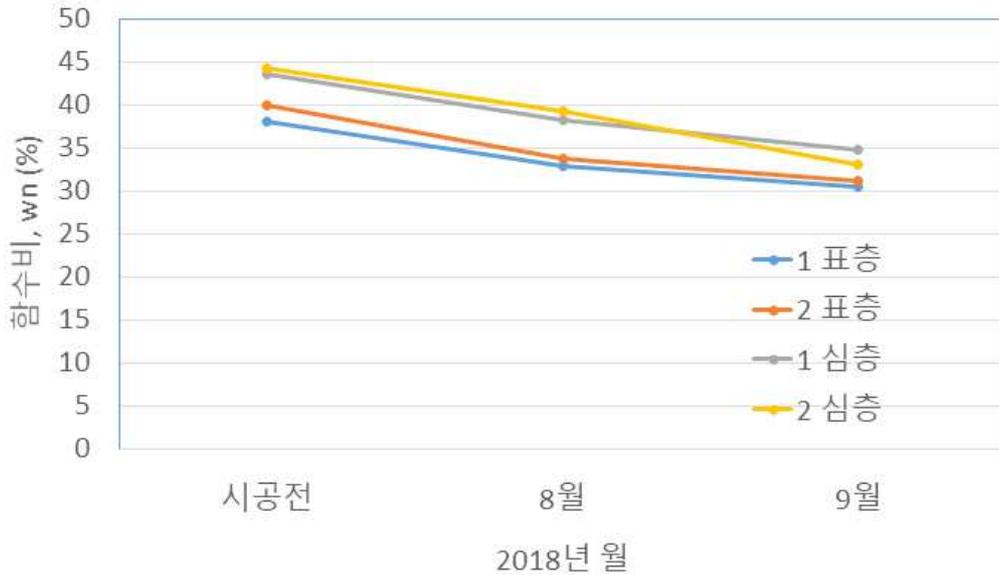


(e) 암거설치 및 심토파쇄 후

<Fig. 2-73> 미암지구 지하암거 시험시공

(5) 지하암거효과 측정분석

암거설치 후 흙의 함수비변화를 측정한 결과 아래 그래프와 같이 흙의 함수비가 크게 감소하였으며, 저습답 범용화가 가능한 것으로 나타났다.



<Fig. 2-74> 미암지구 지하암거 함수비

(6) 지하배수성능 측정

암거설치 후 아래 그림과 같이 지하배수가 잘 되고 있으며, 최대 피크배수량은 578cm³/s로 $578/60/20 \times 3,600 \times 24/1,000 = 41.62\text{mm/day}$ 로 설계기준 20~30mm/day 및 목표로 한 41.6mm/day를 충분히 만족하는 것으로 측정되었다.



<Fig. 2-75> 미암공구 집수암거 배수상황

(7) 토양염도변화

2018년 6월 간척지 표층 토양염도 표층 3~4.5, 심층(50cm) 7.5~9.5dS/m에서 지하암거설치와 심토파쇄 후 2개월경과 한 2018.8.27. 현재 무처리 구간은 표층 3.3, 심층 7.65dS/m이고, 암거처리구역은 표층 1.41, 심층(50cm) 5.3dS/m 로 감소하였다. 그리고 2018.9.18. 현재 표층 1.12, 심층 4.4dS/m 로 체염이 더 이루어졌다.



<Fig. 2-76> 미암공구 집수암거 토양염도

(8) 작물생육상황

아래 그림과 같이 무처리구는 수단그라스 발아 및 생육이 매우 불량하나 암거+심토파쇄구간은 생육이 양호한 것을 볼 때 기존간척지에 암거와 심토파쇄를 하면 밭작물 재배가 가능하다는 결론을 얻었다. 농가에서는 2019년에 본격적으로 밭작물을 경작할 계획이다.



<Fig. 2-77> 작물생육상태 비교

사. 죽산지구 시험시공

(1) 시험시공 목적

죽산지구 시험시공은 육상 저습담 받조성을 위한 최적 지하암거공법 제시하기 위한 것이다.

(2) 시험시공 위치

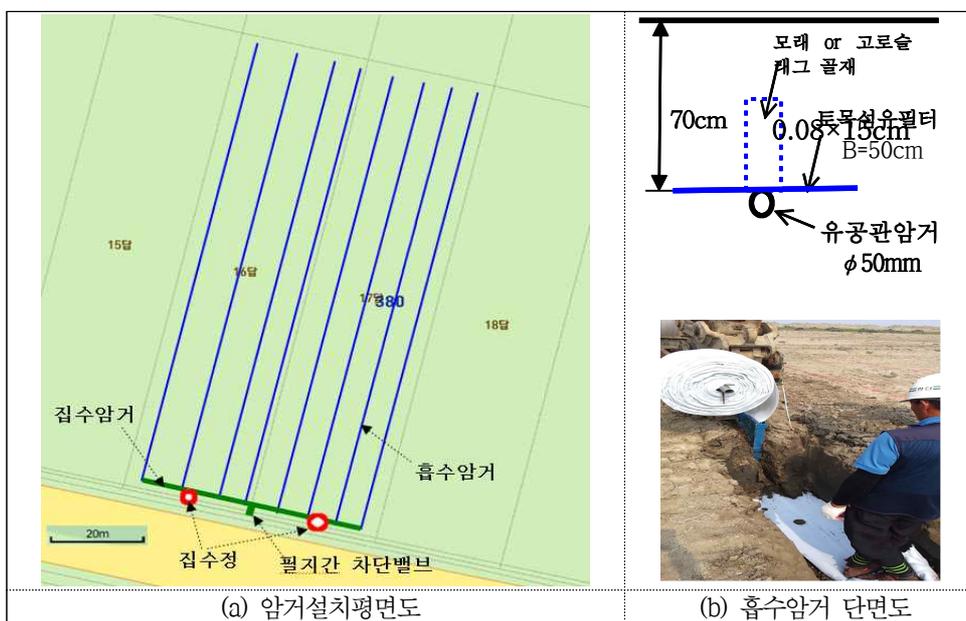
죽산지구의 시험시공 위치는 전라북도 군산시 대야읍 죽산리 일원으로 아래 그림과 같다.



<Fig. 2-78> 시험포 위치도(저습담)

(3) 지하암거 평면도 및 시공방법

죽산지구 시험시공을 위한 평면도 및 시공방법은 다음과 같다.



<Fig. 2-79> 지하암거 평면도 및 시공방법

(4) 지하암거 시험시공



(a) 시공 전



(b) 흡수암거설치



(c) 집수암거설치



(d) 집수정 설치

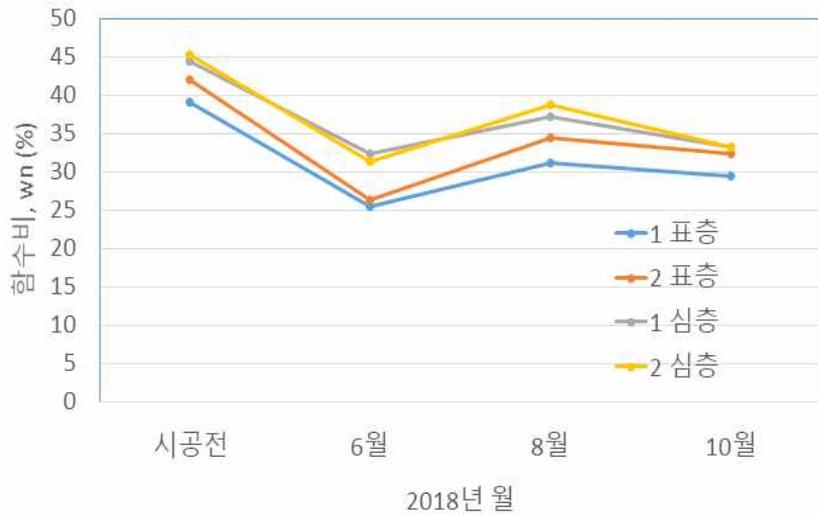


(e) 심토파쇄 후 로터리

<Fig. 2-80> 죽산지구 지하암거 시험시공

(5) 지하암거효과 측정분석

암거설치 후 흙의 함수비변화를 측정한 결과 아래 그래프와 같이 흙의 함수비가 크게 감소하였으며, 저습답 범용화가 가능한 것으로 나타났다.



<Fig. 2-81> 죽산지구 지하암거 함수비

(6) 지하배수성능 측정

암거설치 후 최대 피크배수량은 678cm³/s로 $678/70/20 \times 3,600 \times 24/1,000 = 41.84\text{mm/day}$ 로 설계기준 20~30mm/day 및 목표로 한 41.6mm/day를 충분히 만족하는 것으로 측정되었다.

(7) 작물생육상황

개선된 공법을 적용하고 감자와 콩재배를 실시한 결과 아래 그림과 같이 생육이 양호한 것을 볼 때 저습답에 암거+심토파쇄를 하면 밭작물 재배가 가능하다.





〈Fig. 2-82〉 콩 작물생육상태

아. 결론

- 비굴착시공이 가능한 지하암거의 모양 5가지에 대하여 침투류 해석결과 2중 필터를 갖는 무굴착 암거공법이 <유공관(φ50mm)+수평 필터매트(B50cm)암거+수직필터층+심토파쇄>가 기존 굴착식보다 공사비는 70%, 배수효율은 178%로 저비용, 고효율 지하암거공법으로 평가되었다.
- 본 공법을 간척지(금호, 미암지구)에 시험시공을 실시한 결과 제염이 촉진되고, 토양구조가 개선되며, 재염화가 방지되어 작물재배가 우수함을 확인하였다.
- 또한 육상 저습답(공검, 삼산, 계산, 죽산)에 시험시공을 실시한 결과 지하배수가 촉진되어 습답이 건답화가 되었으며, 여기에 밭작물(봄 감자, 여름 콩)을 재배한 결과 작물재배가 가능한 우수한 성능을 발휘하였다.
- 이는 개선된 암거공법인 이중전면필터를 갖는 비굴착식 암거+심토파쇄공법을 적용하면 지하수위 상승이 훨씬 적고, 하강도 훨씬 빠르며, 토양함수비 상승도 적으면서 빠르게 최적포장용수량 상태로 되는 지하배수효과가 높기 때문으로 분석되었다.
- 또한 개선공법에 심토파쇄를 실시하면 답의 경반이 파쇄되어 밭작물 생육환경이 개선되어 작물생육이 우수하고, 기존 답은 용수로와 배수로가 잘 조성되어 있어 건기에는 용수로를 이용한 지하관수가 가능하여 재염화방지가 가능한 시스템이었다.
- 그러나 100×100m의 대구획의 저습답은 규모화와 범용화 영농의 큰 장점을 가지고 있으나, 경사가 거의 없는 평지로 집중강우 시 포장 내 지표배수가 어려운 문제가 있어 이를 해결하기 위한 연구도 함께 필요하다는 결론을 얻었다.

9. 건기 지하관개 및 관청소 실시 성과평가 및 개선기술개발

가. 연구목적

본 연구에서는 현장에 시험시공 후 고효율 저비용 농지범용화 시스템의 핵심 기술인 암거기술을 다목적으로 이용하기 위하여 건기 지하관개 및 암거 막힘현상을 해결할 수 있는 지하관개 및 관청서 가능 시스템을 검증하였다.

본 기술은 현재 본 연구에서 적용한 기술이 적용 후 시간이 오래 흐리지 않아 관막힘 현상은 발생하지 않았다. 특히 현재는 지속적으로 암거배수를 실시하고 있는 단계이다. 따라서 본 연구 이전에 이용한 사전 연구결과를 이용하여 지하관개 및 관청소 시스템을 검증하였다.

나. 연구내용

본 연구에서는 암거를 이용한 건기 지하관개 및 암거 막힘현상을 해결할 수 있는 지하관개 및 관청서 가능 시스템을 개발하고 성능을 평가하기 위하여 기존 연구결과를 이용하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

다. 연구방법 및 결과

기존 연구에 의하면 지하관개 및 관청소 시스템을 설치하기 위하여 다음과 같은 방법을 적용한다. 집수암거 없이 흡수암거 만을 배수지거로부터 용수로까지 설치하여 평상시는 지하배수위주로 역할을 하고 건기에 용수로로부터 물을 공급하여 지하관개를 통한 재염화 방지는 물론, 1년에 2~3차례 관세척의 기능을 할 수 있는지를 확인하기 위한 시험시공을 실시하였다. 집수암거는 유공관과 필터매트를 이용하여 무굴착 방식으로 설치하였다.

흡수암거의 배수지거에 연결은 흡수암거 3열을 150mm무공관(연장 10m)에 연결하고 150mm무공관을 배수지거에 연결하였다. <Fig. 2-83>은 집수암거 연결모습을 보여준다. 흡수암거 시점부는 향후 용수로에 연결하여 지하관개수의 공급과 관 세척수를 공급할 수 있도록 육상으로 노출시켜 놓았다. 본 연구에서는 2중 필터를 적용한 건기 지하 관개+배수암거 시스템의 건기 관청소효과를 평가하고자 하였다.

그러나 시험시공을 실시한지가 얼마되지 않아 관의 막힘현상 등이 발생하지 않았다. 본 연구에서 배수수의 효과를 보면 <Fig. 2-85>과 같이 시험시공 후에도 계속해서 맑은 물이 배출되고 있다. 따라서 관청소 효과를 충분히 검증할 수 없었다. 따라서 암거시스템의 세척효과를 평가하기 위하여 기존의 연구결과를 이용하였다. 즉 화옹지구의 지하암거 시스템의 관청서 결과를 이용하였다.

화옹지구의 경우 본 연구에서 제시한 방법과 유사하지만 2중 필터 시스템을 적용에 차이가 있다. 화옹지구의 관청소의 검증은 지하암거에 지하관개수를 공급하고 배수밸브를 열어 일시에 배

수를 실시하면 암거에 퇴적된 토사 및 물이끼와 같은 이물질이 배출되는 관 세척효과가 있었다. 약 10분 후에는 이물질이 배제되고 나면 맑은 물만 배제되는 것을 확인하였다.



〈Fig. 2-83〉 흡수암거 3열 150mm무공관 배수거(연장 10m)에 연결



〈Fig. 2-84〉 시험시공지역의 배출수 현황 사진



(a) 유공관 세척 초기 배출수



(b) 유공관 세척 후기 배출수

※ 자료 : 제염암거 시험시공 및 효과분석연구(2016년, 미래농촌기술연구소)

〈Fig. 2-85〉 유공관 세척 초기 및 후기 배출수 비교

10. Pond를 이용한 침출수 저류 및 관개용수 재활용 시스템 구상

가. 연구목적

본 연구에서는 저비용 고효율 지하암거 공법에서 배출되는 유량을 재이용하기 위하여 기존 연구결과를 등을 이용하여 Pond를 조성하는 침출수 저류 및 관개용수 재활용 시스템을 적용하고자 하였다. 관개용수 시스템을 구상 후 3년대 시험포에 적용할 예정이다.

나. 연구내용

본 연구에서는 기존 연구결과를 이용하여 본 연구에서는 저비용 고효율 지하암거 공법에서 배출되는 Pond 조성 가능성과 침출수 저류 및 관개용수 재활용 시스템을 적용하고자 기존 연구결과를 분석정리하고 이를 시험시공 지역에 적용하고자 하였다.

다. 배수수의 농업용수 재이용 이용방법 분석

양수저류형태의 가뭄대비 농업용수 확보를 위한 사업유형은 지표수보강개발사업, 다목적농촌용수개발사업, 수리시설물개보수사업, 한발대비용수개발사업 등이 있으며, 각 사업의 목적, 법적 근거, 사업시행자, 재원, 추진내용 등은 다음과 같다.

지표수 보강개발사업은 수리시설 내한능력 부족으로 농촌용수가 부족한 지역에 수원공(저수지, 양수장, 취입보 등)의 시설을 확장·보강하여 안정적인 영농생산기반 조성을 목적으로 한다. 농어촌정비법 제6조~제10조, 제108조에 근거하여 사업시행자는 시장·군수, 한국농어촌공사 사장이며, 재원은 국고 70%, 지방비 30%가 지원된다.

저수지 제당 덧쌓기, 양수장 규모확장, 취입보 확대설치 등 시설규모 확장을 목표로 한다. 농촌용수개발사업은 가뭄상습지역에 저수지, 양수장, 용수로 등의 수리시설을 설치하여 농촌용수를 확보·공급함으로써 식량의 안정적 생산 및 영농기계화로 안전·편의영농에 기여를 목적으로 한다. 농어촌정비법 제6조 내지 제10조, 제108조, 제114조에 근거하여 사업시행자는 한국농어촌공사이며, 재원은 농어촌구조개선특별회계로 민간보조, 국고 100%로 지원된다.

가뭄상습지에 10년 빈도이상의 가뭄에도 견딜 수 있는 수리안전담화 추진을 목표로 한다. 수리시설물개보수사업은 노후·파손 또는 기능이 저하된 수리시설의 보수·보강 등을 통해 재해예방, 물 손실 최소화 및 영농편의기반 구축을 목적으로 한다. 농어촌정비법 제2조, 제7조, 제8조, 제9조, 제18조, 제108조에 근거하여 사업대상자는 한국농어촌공사이며, 재원은 국고보조 100%(민간자본보조)로 지원된다. 2030년까지 저수지 등 수원공 5,842개소 추진 목표하고 있다. 한발대비용수개발사업은 가뭄발생지역에 관정개발, 하상굴착, 포강·들샘(물뚝) 개발 등 용수급수시설 설치 지원 및 양수 급수·저류 등을 위한 양수기 유류대·전기료 등의 긴급용수대책비 지원을 통해 가뭄으로 인한 영농피해 최소화를 목적으로 한다.

농어업재해대책법 제4조(보조 및 지원), 농어촌정비법 제108조(자금지원)에 근거하며, 사업대상자는 시장·군수·구청장이며, 재원은 자치단체보조(국고 80%, 지방비 20%)에 지원된다. 가뭄발생지역에 긴급용수대책 지원으로 영농피해 최소화를 목표로 한다.

(1) 강산지구

강산지구는 남해안에 위치한 도서지역으로서 전라남도 고흥군 점암면 강산리 등에 위치한다. 대부분의 수혜구역은 간척농지로서 기설 담수호를 이용하여 주로 급수하고 있으며 일부 소규모 소류지, 관정, 하천에 설치된 취입보를 이용하여 관개하고 있으나 담수호의 규모가 적고 갈수기 시 염분농도 상승 및 퇴사량 증가 등으로 인한 수량 부족으로 영농에 불편함을 겪고 있어 안정적인 수자원 확보가 시급한 지역이었다.

주요 사업내용으로 기설 담수호의 부족한 수량에 대하여 유역면적이 협소한 유역특성을 감안하여 담수호의 공급능력을 보충하기 위해 저류지를 신설하고 풍수기에 양수 저류한 후 관개기에 급수하는 계획이다. 담수호 및 인근하천에서 양수하는 계획을 검토한 결과 담수호의 경우 수량은 풍부하나 송수관로 연장 등 유지관리비가 많이 소요되고 갈수기시 담수호의 염분농도 상승으로 염해발생이 우려되므로 인근하천에서 수원을 확보하는 것으로 계획하였다.

담수호 인근 농경지 109.6 ha는 노후화된 기설 강산양수장 시설을 보강하여 담수호로부터 직접 관개하는 것으로 계획하였고 상류부에 위치한 116.4 ha의 농경지는 유역이 발달하지 못한 지역특성을 감안하여 기설 신전제 상류에 저수지(L=194m, H=33m) 및 인근하천에 양수장 1개소를 각각 신설하였다. 양수장은 양흡입와권펌프(220kw x 300mm) 2대를 활용하여 0.2m³/s를 양수 저류하여 관개기에 공급하도록 사업계획이 수립되었다.

(2) 송현지구

송현지구는 충청남도 태안군 소원면 송현리에 위치한다. 주수원공인 모항저수지는 1945년에 준공된 저수지로 이용상태는 양호하나 시설이 노후되어 있고 준공 당시의 여건이 현재와 달라 한발시 용수공급능력이 항상 부족하였다. 그 외 보조 수원공으로 소규모 소류지, 취입보, 집수암거 등이 있으나 용수공급능력이 부족하여 새로운 수원공 개발과 기존 저수지 확장 및 운영방법 개선 등이 요구되었다.

주요 사업내용으로 저수지, 저류지, 양수장 1개소를 신설하였다. 저류용 펌프는 모항지 (100kw x 300mm)와 송현지 (26kw x 350mm)에 대해 각각 2대이고 관개용 펌프는 파도구역 (130kw x 300mm) 3대와 송현구역 (50kw x 200mm) 2대를 신설하였다. 또한 용수로 24조 27,124m를 설치하여 개발면적 395ha (신규 359.2ha, 보강 35.8ha)에 급수하도록 사업계획을 수립되었다.

(3) 오상지구

오상지구는 인천광역시 강화군 내가면 오상리에 위치한다. 최근의 이상강우에 대비 수리시설 물의 안전성을 높이고 노후화로 재해우려가 있는 취락시설을 개보수하여 재해를 예방과 안정영농을 도모하기 위함이다. 극심한 가뭄으로 고려저수지 수혜구역에 한해가 빈번히 발생하여 농업용수 부족으로 인하여 수혜민들의 저류양수장 설치의 필요성이 꾸준히 제기되었고 극심한 가뭄 발생시 차년도 영농급수가 불가할 정도의 가뭄으로 저수량이 저조하다. 오상양수장은 극심한 가뭄으로 인한 농업용수 부족으로 저류양수장 설치의 필요성이 제기되어 인근하천의 담수를 양수 저류하기 위한 양수장의 설치가 필요하였다.

주요 사업내용으로 수혜면적 15.6ha에 용수공급을 위한 양수량 확보(0.09m³/s)와 기계작동시 위험분산을 위해 양흡입와권펌프 D250mm x 2대로 계획하였다. 송수관로(D350mm)는 3km, 유입수로(D1200mm) 및 토출수조를 설치하였고, 토출수조에 연계하여 저수지에 용수공급토록 사업계획을 수립되었다.

(4) 용기지구

충북 증평군 연탄리, 진천군 초평면 일원으로 원남저수지 수혜구역내 분담급수 이후 지속적인 가뭄으로 저수율이 2017년 6월 9일 기준으로 37.1%까지 내려간 상황에서 원남지구 856ha 중 증평지구 말단 330ha에 가뭄이 발생하였다. 특히 가뭄 장기화에 따른 증평지역 수원인 보강천의 수원의 고갈로 가뭄대책을 시행할 수 있는 수원이 없는 상황임에서 증평군 하수종말처리장의 2차 비점오염원 정수지를 통하여 배출되는 일 150만톤의 퇴수를 활용하여 농업용수 공급을 위한 대책을 수립하였다.

증평군 하수종말처리장 및 비점오염원 토출수 수질검사를 통하여 농업용수에 적합하다는 판정을 받아 6월 26일 간이양수장 설치하였다. 펌프용량(37kw×2m³/min)로 송수관로(D150mm) 2.6km를 통해 6월 30일부터 2,880m³/일 농업용수를 공급하였다. 가뭄대책을 위한 취수원을 하천수만이 아닌 하수종말처리장에서 나오는 퇴수를 활용하여 농업용수를 공급한 사례이다.

(5) 경기 강화지사

강화도는 2014년 9월 15일부터 10월 7일까지 강수량(499mm)이 평년(1,224mm)의 41%에 불과하였다. 당시 강화군 평균 725mm의 비가 더 와야 평년수준으로 회복이 가능한 수준이었고 고려, 고구, 난정저수지 등 9월 18일 저수율은 34.9%로 평년 87.5% 대비 52.6% 낮았고 전년대비 51.7% 낮은 수준이었다.

2014년 9월 16일 고려저수지 담수를 위해 내가천, 삼거천에 2단 양수기를 설치하여 이동양수기 3대(130Hp×250mm×1대, 30Hp×150mm×2대)를 설치해 2015년 4월 30일까지 고려저수지 저수율 50%이상 저수율을 확보하였다. 인산저수지의 경우는 인산천에 3단 양수기(30Hp×150mm×3대)

을 설치해 인산저수지 저수율 50% 이상으로 확보하였고 배수로에 담수되어 있는 물을 저수지로 양수저류한 사례이다.

(6) 장흥군 동촌저수지

장흥군 강수량은 1421mm로서 평년(1505mm) 대비 94.3% 수준으로 2016년 11월 15일 동촌저수지 저수율은 15.0%로서 평년대비 23.0% 수준이다. 2016년도 자체개보수사업 완료후 영농급수 필요수량 404천 m^3 로 추정되고 2017년 영농대비 확보 가능량 288천 m^3 으로서 116천 m^3 부족하였다.

용수공급은 죽청저수지에 1단 양수장(수중펌프 $\varnothing 100 \times 11kW$) 1대로 송수호스($\varnothing 150mm$) 1km를 설치하고, 2단 양수장(수중펌프 $\varnothing 100 \times 11kW$)에서 송수호스 ($\varnothing 150mm$) 200m를 동촌저수지 정수지에 설치하여 10월 21일부터 1일 1,500 m^3 의 양을 동촌저수지에 양수저류를 실시하였다. 이 지구는 배수지를 저수지까지 2단으로 송수한 사례이다.

(7) 배수수의 농업용수 재이용 유형분류

양수저류저수지는 어디서, 언제, 얼마나, 어떻게 양수저류를 시행할지에 따라 설계방향이 달라진다. 물수지분석 측면을 고려할 때 그 중 어디서, 언제, 얼마나 양수저류 할 수 있을지가 주안점이 된다. 이때 어디서는 저수지로 물을 끌어오는 수원이 되고 지표수, 지하수로 구분된다. 양수저류지 현황자료에 의하면 지표수를 활용하는 양수시설인 양수장과 지하수를 활용하는 관정으로 크게 구분할 수 있다.

양수저류사례를 살펴보면 송수방법에 따라 양수저류가 1단부터 많게는 6단까지 양수와 저류를 반복하며 저수지로 채워짐을 파악할 수 있었다. 하지만 물수지분석 시 그 중간에 발생할 수 있는 손실이 있으나 양수저류지는 항구적인 가뭄대책으로 추진됨에 따라 송수관로를 활용하게 된다. 이에 따라 송수방법 등에 대한 문제점 고려하지 않고 물수지분석 측면에서 검토해볼 때 수량을 언제 양수저류할 수 있는지가 관건이 된다.

설계유형에 대한 기준도 이를 반영하여 최대한 단순화할 필요가 용수공급체계를 단순화하여 실제로 활용 가능한 수원종류에 따라 1차로 분류하였다. 이후 가이드라인에 대해서 양수가능 수량을 고려하기 위한 분석방법이 각각 다르기 때문에 검토사항으로 회귀수량, 지하수량, 하천유량, 저수지 용수공급능력 등의 검토가 필요한 것으로 판단된다.

따라서 양수량 산정을 위한 수원 종류, 단순화를 위해 1단 양수만을 고려하였고, 설계유형을 최소화 하였으며, 가이드라인을 고려하여 유형을 선별하였다. 이와 같은 유형분류에 따른 특성 비교해 보면 첫째로 양수저류지의 대표적인 용수공급체계는 양수저류지와 근접한 간접유역으로 들어오는 유출수를 양수저류하는 것으로 배수로 또는 담수호의 수원을 활용한다. 양수저류지는 유역이 적거나 없는 경우로 인근 유역의 물을 사용하는 경우를 고려하기 때문에 대표적으로 물을 반복순환하여 활용할 수 있도록 배수로에 저류되어 있는 수량을 양수하는 경우이다. 이때 저

류되는 수량은 양수저류지의 월류량, 관개용수 공급 후 회귀수량, 간접유역의 유출수 등이 주된 요소가 된다.

두 번째는 양수저류지 인근에 있는 하천수를 양수저류하는 것이다. 이 경우는 가뭄이 발생했을 경우 임시 간이양수시설을 통해 여러 경로를 거쳐 저수지로 양수저류하는 형태로 수리시설물 개보수사업, 지표수보강사업 등을 통해 항구적인 가뭄대책 방안으로 자리잡아가고 있는 추세이다. 하천수를 이용하기 위해서는 하천유황분석이 필요하며 이를 통해 갈수량을 파악해 양수가능한 양의 추정이 필요하고 양수량을 검토하게 된다.

세 번째는 저수지 여유수량을 활용하는 경우이다. 유역이 다른 저수지로부터 여유수량이 있을 경우로 독높이기 저수지의 수량을 활용하는 경우가 될 수 있다. 이때 활용가능한 수량이 어느 정도 되는지를 파악하기 위해서는 저수지 용수공급능력에 대한 평가가 필요하며 저수지의 용수공급능력이 10년 설계빈도에 영향을 주지 않는 범위 내에서 양수량이 결정된다. 그러나 가뭄이 발생했을 경우에 인근 저수지에도 영향을 미칠 수 있으므로 안정적인 수원의 확보가 어려울 수 있다. 넷째로는 지하수를 활용하는 경우이다. 지하수는 유역 내와 유역 외에서 유출되는 수량을 저수지로 다시 채워 넣는 형태이다.

그러나 지하수의 활용 가능한 수량을 파악하기 위해서는 지하수 함량에 대한 분석이 필요하며, 양수량은 하천수를 활용하는 경우보다 수량은 적은 편으로 실질적이지 않다 (양수저류형 저수지 물수지 분석방법(2017, 농어촌연구원). 상기와 같은 기존 연구결과 및 사례를 보면 농지범용화 지역의 배출수를 이용하여 관개를 실시한 사례는 없다. 특히 본 연구에서는 간척지의 농지범용화 지역도 고려를 하고 있다. 따라서 현실적으로 연구기간 내에 배출수를 관개용수로 공급하는 것은 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서도 시험시공 후 3년 정도의 모니터링 후 배출수를 관개용수로 적용하는 것을 고려하고 있다. 따라서 연구종료 후에도 지속적인 모니터링을 통하여 배출수를 관개용수로 적용가능한지를 검토할 것이다.

라. 연구방법 및 결과

본 연구에서는 집수암거의 끝에 배출되는 침출수를 저류하여 관개용수로 재활용 하는 시스템을 구상하였다. 집수암거의 끝에 Pond를 구성하여 침출수를 저류 및 관개용수로 재활용하는 방안을 고려하였다. 또한 강우시 침출수의 저류가 가능하고 간척지의 경우 재염효과를 촉진시킬 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 지하암거설치 후 심토과쇄한 상태에서 강우시 모든 강우가 지하로 침투되는 상태이나, 제염촉진을 위하여 제염용수의 추가공급 저류가 필요하여 저류지를 조성하고 용수공급을 하여 담수저류 및 지하로 침투시켜 제염을 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

아래의 그림은 기존 집수암거를 통한 침출수의 배출상태를 나타내며 이를 Pond를 조성하여 관개용수로 재활용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 지속적인 시험시공지역의 모니터링

후 범용농지가 안정화되는 3년 후에는 배출수를 관개용수로 재이용하는 시스템을 적용할 것이다.



〈Fig. 2-86〉 집수암거로부터 침출수 발생



〈Fig. 2-87〉 침출수 저류 효과

마. 요약 및 결론

본 연구에서는 배수수의 농업용수 재활용 현황을 조사 분석하였다. 그리고 현재 본 연구에서 적용하고자 하는 배출수의 경우 간척지를 제외한 저습답에서는 폰드를 이용하여 재이용할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 다만 단척지의 경우 염분을 다량 함유하고 있기 때문에 일정시간 염분을 제거할 수 있는 방법과 시간이 필요하다.

본 연구에서는 현재 6개의 시험시공지구가 있으며 이 시험지구에는 간척지 및 저습답을 모두 포함하고 있다. 따라서 지속적인 모니터링 후 배수수를 관개용수로 재활용 하는 것을 고려할 것이다.

11. 현장 모니터링 지하배수 및 토양개량 성능평가를 이용한 개선기술 개발

가. 연구목적

본 연구에서는 기존 암거공법을 비교분석하여 최적의 지하관개 및 배수가 가능공법을 개발하여 적용하였다. 그러나 시험시공 후 다양한 문제점 등이 발견되면 이를 해결할 수 있는 개선기술을 개발하고자 한다. 이를 통하여 최종적으로 저비용 고효율의 농지범용화 기술을 개발하고자 한다.

나. 연구내용

본 연구에서는 기존 암거공법의 문제점 파악 및 분석하고 이를 통한 개선기술의 현장적용 및 모니터링을 실시하였다. 모니터링결과 기존 결과를 비교분석하여 개선기술을 제안하였다.

다. 문제점 및 해결방안

(1) 지하암거문제점

현재 본 연구에서 적용한 2중 필터층을 적용한 지하암거 공법은 큰 문제점이 나타나지 않았다. 암거설치를 2014년에 실시한 기존 연구인 화옹지구에서는 통수능이 충분한 지하암거도 시간이 경과하면서 토립자, 물이끼 등으로 지하암거의 관이 막히거나 유공관 보호필터가 막히면, 지하암거의 기능이 상실되므로 암거관 막힘현상이 발생하였다. 따라서 이를 해결할 방안이 필요하다.

본 연구에서는 기존 화옹지구에서 나타난 문제점을 해결하기 위하여 2중 필터층 (수직 및 수평 필터)를 구성하여 문제를 해결하였다. 따라서 현재까지는 큰 문제점이 발생하지는 않았다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구에서 발생한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서 적용한 방법을 소개하였다.

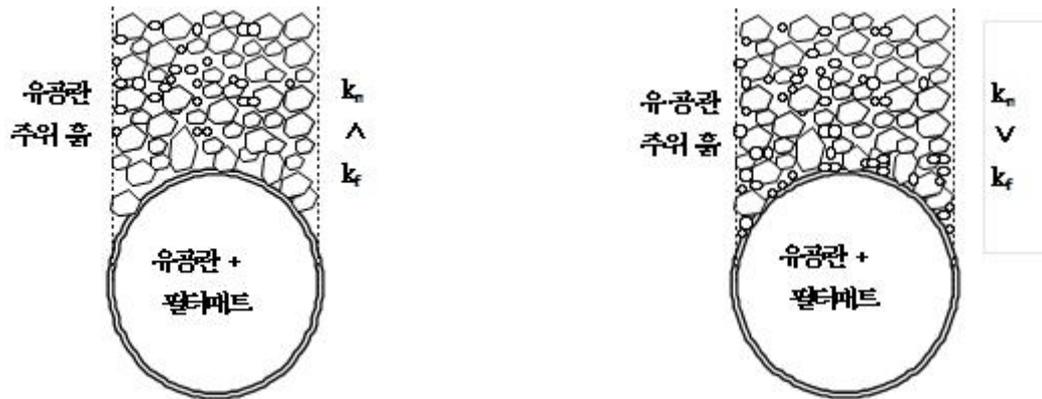
(2) 관 막힘 문제 해결방안

관 막힘은 아래 그림(b)와 같이 ① 유공관 주위를 싸고 있는 토목섬유 필터매트의 공극을 유수에 부유된 토립자가 막는 크라깅(Clogging) 문제와 미세 토립자가 배수되는 물에 유입되어 관에 침전되어 시간이 경과하면서 관의 유효단면적이 감소하는 문제가 제기되고 있다.

토목섬유 필터의 막힘은 유공관 보호 필터매트가 적절한 유효구멍을 갖는 토목섬유를 사용하면 유효구멍보다 적은 흡속에 미세립자는 필터를 통해 통과하여 필터주위의 흙의 투수성이 더 커지는 효과가 있지만, 반대로 유효구멍이 적으면 필터주위에 미세토립자가 집적되어 막힘(Clogging)이 발생한다.

그러므로 이들 암거 관 막힘을 방지하는 방법은 ① 토립자가 필터에 막히지 않는 적절한 유효구멍을 갖는 필터매트를 사용하고, 필터를 통과하여 관에 들어온 흙입자와 물이끼 등이 관에 퇴

적되지 않도록 ② 주기적으로 관을 세척을 하는 기법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 2중 필터(수직 및 수평 필터)를 갖는 유공층 암거기술을 농지범용화 최적화 기술로 결정하였다.



(a) 유공관 주위 투수성 증가

(b) 유공관 보호필터매트 막힘(Clogging)



(c) 유공관내 토립자 등 퇴적 관 단면적 감소

※ 자료 : 제염암거 시험시공 및 효과분석연구(2016년, 미래농촌기술연구소)

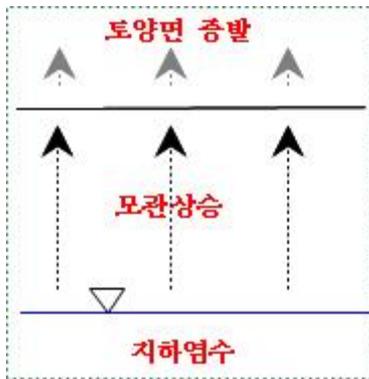
<Fig. 2-88> 지하암거 관 막힘 특성

(3) 재염화 방지 대책검토

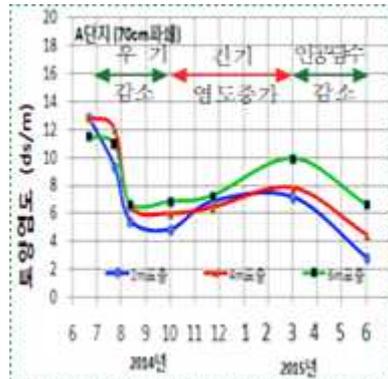
간척지 토양 재 염화 특성은 우기에 재염이 되고 건기에 토양표면 수분이 증발하면서 하부 지하수층의 염수가 모관상승작용에 의해 상층으로 올라오면서 토양의 염도가 다시 올라가는 재염화가 발생됨. 특히, 토양표면에 소금이 집적된다.

재염화 방지방안은 ① 모관수 차단층을 적정심도에 설치하여 모관상승을 차단하는 방법 ② 건기에 지하관개(지하암거에 재염화방지용수를 공급)를 하여 염도가 높은 지하수의 모관상승을 차단하는 방법 ③ 토양염도가 기준 값 이상 높아지면 벼 재배 등 담수재배를 유회하는 적절한 작부체계의 운영방안 등이 있을 수 있다. ①의 방법은 공사비가 많이 소요되고, ②의 방법은 유지관리비가 소요되며, ③의 방법은 농가의 영농계획수립에 장애요소이다. 그러므로 유지관리비가 소요되기는 하지만 ② 건기에 지하관개 방법이 가장 경제적이고 효율적인 방법으로 판단되어 건기에 지하관개가 가능한 지하관개+배수암거시스템을 가장 적절한 방법으로 결정하였다.

지하관개+배수암거시스템으로 간척지 밭에서 모관상승에 의한 지하 염수의 상승(재염화)을 막는 방법은 건기에 지하암거에 재염화방지용수를 공급하여 염도가 높은 지하수의 모관상승을 차단하는 방법이다. 즉, 간척지 농경지에 지하관개+배수암거를 설치하여 초기에 담수제염을 실시한 후에 우기에는 지하배수를 촉진하고, 건기에 지하관개를 하여 밭작물의 용수공급은 물론 지하염수 모관상승을 차단 재염화 방지를 하는 2중 필터를 적용한 지하관개+배수암거 시스템을 본 연구에서 적용하였다.



(a) 모관상승 모식도



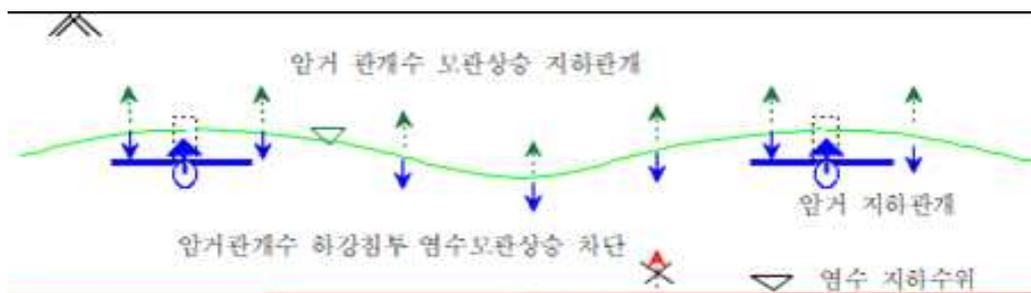
(b) 건, 우기 토양염도 변화



(c) 건기 표층 염분 집적

※ 자료 : 제염암거 시험시공 및 효과분석연구(2016년, 미래농촌기술연구소)

<Fig. 2-89> 건기 모관상승에 의한 간척지 토양 재염화 특성



※ 자료 : 제염암거 시험시공 및 효과분석연구(2016년, 미래농촌기술연구소)

<Fig. 2-90> 지하 염수 모관상승 차단 모식도

라. 2중 필터층을 가지는 지하관개+배수 암거시스템 현장적용 후 성능 평가

(1) 지하배수 촉진효과 평가 결과

지하암거의 단위침투수량(q ; 삼투량) 개선효과는 무암거 자연조건은 $q=1\sim5$ mm/day 이하이나, 지하암거를 설치하고 수직 심토파쇄를 한 결과 파쇄초기는 단위침투수량이 크게 개선되었다.

(2) 제염 촉진 효과평가 결과

지하암거 및 심토파쇄에 의한 해남 금호공구 간척지 토양의 제염은 심토파쇄효과에 의해 큰 것으로 측정되었으며, 2년차 장마철 강우로 제염을 더하면, 심도 70cm 수직심토파쇄 조건만 표층 토양염도 $C=2\sim3$ ds/m, 심층 $C=3\sim5$ ds/m로 제염 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

마. 요약 및 결론

본 연구에서 적용한 2중 필터층을 가지는 암거공법은 고효율, 저비용의 공법임을 현장시험시공을 통하여 확인할 수 있었다. 본 연구에서 설계목표로 한 성능을 모두 발휘하였으며, 시공성도 매우 우수하였다. 그러나 현재까지는 시험시공기간이 오래되지 않아 큰 문제점은 발생되지 않았지만 향후 지속적인 모니터링 및 관리를 통하여 발생하는 문제점을 해결할 것이다.

12. 설계, 시공지침, 운영 및 유지관리 방안 개발

가. 연구목적

본 연구에서는 고효율 저비용 농지범용화시스템을 개발하였으며 이를 적용하기 위한 설계 및 시공지침, 운영 및 유지관리방안을 제시하고 자 한다. 본 연구에서는 기존 농업생산기반시설물의 설계기준, 시방서 등을 참고로 하여 설계 및 시공지침과 운영 및 유지관리 방안을 제시하였다.

설계 및 시공지침은 직접적으로 본 개발기술을 적용하기 위한 방법으로 제시하였다. 다만 운영 및 유지관리 방안의 경우 지하 배수시설물의 유지관리 방안의 KDS 67 45 90 : 2018의 “농지 배수 유지관리”에 포함되어 있어 이를 따르는 것으로 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 설계 및 시공지침은 구체적으로 제시하였으며, 운영 및 유지관리 방안은 KDS 67 45 90의 내용 중 지하배수 편을 요약하여 제시하였다.

나. 지하배수암거 설계 및 시공지침

(1) 일반사항

○ 적용범위

본 시방서는 간척지 및 저습답 등의 농지 범용화를 위한 경지 내 지하배수축진은 물론 토양제염축진이 가능하도록 하는 지하배수암거공법의 설계 및 시공공법에 적용 한다. 또한 지하배수암거공법의 적용시 필터층 내 부유토사의 집적에 의한 필터막힘(Clogging)이 발생되지 않는 품질의 필터를 선정 사용하고, 건기에 재염화방지를 위한 지하염수의 모관상승차단 기능과, 암거관 내 부유토사의 집적을 방지하기 위한 관내 청소기능이 있는 지하암거시스템(조직)을 구축하여 지하암거시설물의 기능이 지속되도록 암거시공 품질관리에 적용한다.

(2) 자재

공사용 자재 및 재료는 한국산업표준(KS) 품질기준에 적합하고, 가능한 한 친환경적인 것을 선정해서 사용하여야 한다. 한국산업표준(KS)에 명시되지 않은 각종 자재 및 재료는 구조물과 시설물의 설계에 요구되는 재료의 품질 및 성능 시험을 통과한 재료를 선정하여 사용하여야 한다.

○ 암거자재 품질확인 시험

주름 유공관에 대하여 <Table 2-22>과 같은 시험항목에 대한 시험을 실시하여 그 품질이 기준 이상인지 확인하여야 한다.

〈Table 2-22〉 주름 유공관 품질시험항목 및 기준

구 분		단 위	기 준	시험방법	
FILTER + CORE	재 질	-	PE	KS K 0210	
	형 상	-	비대칭 나선형	일반시험법	
	내 경	mm	50 이상	일반시험법	
	중 량	g/m	140 이상	KS K ISO 9864	
	색 상	-	무 색 , 흰 색	일반시험법	
	배수공수	ea/m	550 이상	일반시험법	
	배수공위치	-	유공관 내측	일반시험법	
	내약 품성	30% H_2SO_4 수용액	%	3 이하	일반시험법 (상온에서 5시간 침지 후 중량 감소율)
		20%HCl 수용액	%	3 이하	
		40%NaOH수용액	%	3 이하	
10%NaCl 수용액		%	3 이하		
증류수		%	3 이하		
FILTER	재 질	-	PP, PET	KS K 0210	
	인장강도	kN/m	3.0 이상	KS K ISO 10319	
	인장신도	%	50~150	KS K ISO 10319	
	투수계수	cm/sec	1×10^{-2} 이상	KS K ISO 11058	
	중 량	g/m ²	110 이상	KS K ISO 9864	
	유효구멍크기(O_{90})	μm	90~120	KS K ISO 12956	

수평필터매트에 대하여 〈Table 2-23〉과 같은 시험항목에 대한 시험을 실시하여 그 품질이 기준 이상인지 확인하여야 한다.

〈Table 2-23〉 수평필터매트 품질시험항목 및 기준

구 분		단 위	기 준	시험방법
FILTER	재 질	-	PP, PET	KS K 0210
	인장강도	kN/m	1.0 이상	KS K ISO 10319
	인장신도	%	50~100	KS K ISO 10319
	투수성	cm/sec	1×10^{-2} 이상	KS K ISO 11058
	중 량	g/m ²	110 이상	KS K ISO 9864
	유효구멍크기(O_{90})	μm	90~120	KS K ISO 12956

(3) 시공

(가) 시공전 사전 확인 사항

공사 착수 전 현장 조건에 적정한 품질관리계획을 수립하여야 한다.

- 공사용 진입도로 위치 및 설치계획
- 시공측량계획
- 사용자(농민)의 의견 및 요구사항 등에 대해 사전조사

현장조사는 다음 사항을 조사해야 한다.

- 지반 및 지질상태
- 각종 지하 매설물 및 부대시설
- 지하암거 자재 공급 위치 및 운반통로

(나) 시공측량

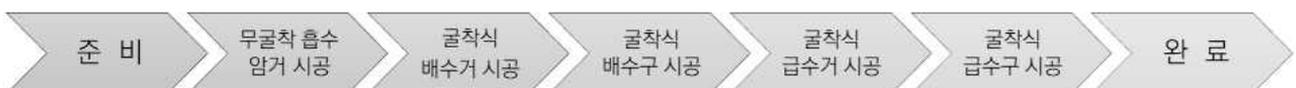
- 설계단계에서 설치한 기준점, 실측 및 설계도면 등의 성과품과 현장과의 이상 유무를 확인하기 위하여 확인측량을 실시해야 한다.
- 시공 시 시공위치 및 시공심도를 확인하기 위한 기준점을 설치하여야 한다. 기준점의 설치량은 많을수록 좋으나 경제성을 감안하여 1구역당 1개소 이상이 되도록 한다. 기준점은 망실, 훼손의 우려가 없는 장소로 선정하여 설치하도록 한다.
- 설계 성과물의 현황도가 실제현황과 일치하는지 확인측량을 실시한다.

(다) 시공준비

- 현장장비 및 공구 등을 보관할 수 있는 가설창고(콘테이너 등)를 설치한다.
- 공사장비진입로를 개설한다.
- 자재적치장을 조성한다.

(라) 지하암거 시공순서

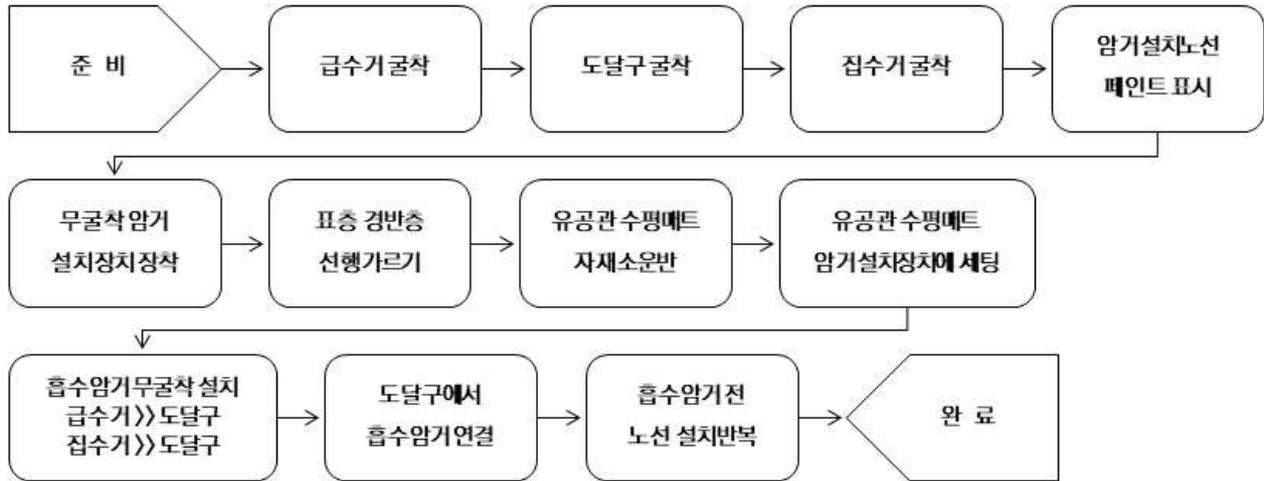
지하암거 전체공정의 시공순서는 다음과 같이 하는 것이 좋다<Fig. 2-91>.



<Fig. 2-91> 지하암거 전체 공정순서

(마) 흡수암거 시공

흡수암거의 시공순서는 다음과 같다<Fig. 2-92>.



<Fig. 2-92> 흡수암거 시공순서

(바) 급수거, 도달구, 집수거 굴착

급수거와 집수거의 굴착은 무굴착 흡수암거의 추진구로 사용하고, 급수거와 집수거를 설치하고 되메움할 수 있도록 굴착하여야 한다. 도달구는 급수거와 집수거 굴착홀에서 출발한 무굴착 암거가 도착하여 흡수암거를 연결 마무리할 수 있도록 굴착하여야 한다.

(사) 암거설치노선 페인트 표시

흡수암거 설치예정노선을 따라 암거설치장비가 주행하여야 할 노선을 가능한 직선으로 페인트로 표시한다.

(아) 표층 경반층 선행 가르기

일반적으로 해성점성토 간척지는 표층이 건조수축에 의해 고결되어 있어 단단하여 무굴착암거 장치가 진행하는데 저항력이 크기 때문에 유공관, 수평필터매트를 설치하는 주행을 원활히 하기 위하여는 선행 가르기가 필요하고, 지반중에 양식용 말뚝, 사석 등이 주행노선에 있으면 흡수암거 설치 중에 중단되어 낭패의 요인이 되므로 선행 가르기를 하여야 한다.

(자) 유공관 및 수평매트 암거설치장치에 설텡

유공관 및 수평매트를 암거설치장치에 부착한다.

(차) 흡수암거 무굴착 설치

급수거 ⇒도달구, 집수거 ⇒도달구 방향으로 굴삭기를 주행하여 무굴착 흡수암거를 설치한다.

(카) 집수거와 배수구 시공

집수거와 배수구의 터파기는 흡수암거에서 배출되는 물을 유도하여 배수지거로 배수하여야 하므로 설계도면에 있는 굴착심도로 배수 지거 방향으로 경사면을 가지는 터파기를 실시한다. 집수거와 배수구의 터파기 심도는 레벨측량을 하여 각 위치의 표고가 설계표고와 허용오차 범위 내에 일치하도록 한다. 집수거와 배수구의 이음은 본드 등으로 고정하여 시공하는 것을 원칙으로 하나, 시공의 용이성, 변형에 의한 파손 방지 등을 위하여 다소 느슨하게 하여도 무방하다. 다만, 관이 이탈하지 않도록 이음재(소켓, T형관 등)의 중간 이상 되게 매입을 하여야 한다.

흡수암거 연결 시 이형 T형 연결부를 사용하여야 하며 흡수암거와 집수거의 높이가 상이할 때 흡수거를 일정부분을 휘어서 집수거에 연결한다. 돌을 이용하거나 일부 고정할 수 있는 방법을 사용하여 되메우기시 관이 이동하지 않도록 한다.

(타) 급수거와 급수구 시공

급수구와 급수거의 터파기는 용수로에서 공급되는 물을 유도하여 흡수암거에 급수하여야 하므로 설계도면에 있는 굴착심도로 흡수암거 방향으로 경사면을 가지는 터파기를 실시한다. 급수구와 급수거의 터파기 심도는 레벨측량을 하여 각 위치의 표고가 설계표고와 허용오차 범위 내에 일치하도록 한다.

급수구와 급수거의 이음은 본드 등으로 고정하여 시공하는 것을 원칙으로 하며, 관이 이탈하지 않도록 이음재(소켓, T형관 등)의 중간 이상 되게 매입을 하여야 한다. 흡수암거 연결 시 이형 T형 연결부를 사용하여야 하며 흡수암거와 집수거의 높이가 상이할 때 흡수거를 일정부분을 휘어서 급수거에 연결한다. 돌을 이용하거나 일부 고정할 수 있는 방법을 사용하여 되메우기시 관이 이동하지 않도록 한다.

(파) 수직심토파쇄

본 지구 간척지의 토양은 해성점토로 함수비가 높고 점성이 높아 일반적인 심토파쇄장비로는 사진과 같이 파쇄가 잘 안되므로 심토파쇄의 효과를 높이기 위하여 굴삭기에 장착한 수직심토파쇄기를 사용하여야 한다.

심토파쇄는 기 설치한 흡수암거가 파손되지 않도록 흡수암거를 설치한 폭50cm 암거설치 노선은 제외하고 심도 50~70cm까지 전 구간 고르게 심토파쇄를 실시한다. 심토파쇄 시 하부토층이 상부로 올라오고 상부 고결토층이 내려가는 교반되는 조건의 심토파쇄가 토양개량효과가 훨씬 더 크므로 상하부 토층이 교반되도록 가능한 유도한다. 심토파쇄한 경지면이 요철이 심하지 않

도록 표고차가 10~20cm 범위내에 있도록 면고르기를 심토파쇄와 동시에 실시하여야 한다. 지하암거 설치 등으로 제거된 논두렁은 심토파쇄 전에 원상 복구하는 것이 효율적이므로 심토파쇄 전에 살사한다.

(하) 현장정리

- 공사기간 중 운용하였던 자재 적치장을 원상 복구하여야 한다.
- 공사기간 중 운용하였던 공사용 도로를 제거하고 원 지형으로 복구한다.
- 공사 중 파손된 농로는 원상 복구 하여야 한다.
- 공사 발생 된 건설폐기물 및 폐자재는 산업폐기물 또는 일반 쓰레기로 분류하여 깨끗이 치우도록 하여야 한다. 환경오염을 방지하기 위해 어떠한 경우에도 현지의 지중에 매설하여서는 안 된다.
- 공사기간 중 가설 현장사무소를 운용하였을 경우에는 현장사무소를 철거 정리하여야 한다.

다. 지하배수암거 운영 및 유지관리 지침

(1) 일반사항

○ 적용범위

본 운영 및 유지관리 지침은 간척지 및 저습답 등의 농지 범용화를 위한 경지 내 지하배수축진은 물론 토양제염축진이 가능하도록 하는 지하배수암거공법의 운영 및 유지관리에 적용한다. 또한 지하암거시설물의 기능이 지속되도록 암거유지관리에 적용한다. 지하배수 암거 운영 및 유지관리는 원칙적으로 KDS 67 45 90 : 2018 [농지배수 유지관리]에 따른다.

(2) 유지관리

(가) 유지관리의 중요성

지하배수시설 시공후 암거가 적절한 배수기능을 발휘하기 위해서는 암거가 설치되어 있는 농지의 관리주체인 경작자가 주의 깊게 유지관리 하여야 한다. 이를 위해서는 농가에 대하여 암거 배수의 올바른 목적과, 암거시설의 기능을 어떻게 올바르게 발휘시킬 것인가를 잘 이해시키고, 관리에 대한 설명이 필요하다.

지하배수시설을 조성했다하여도 이것이 계속 적절한 배수기능을 발휘한다고는 말할 수 없다. 예로 지금까지 서술해온 바와 같이 설계, 시공이 정확히 되었다 하여도 이후의 유지관리가 부적절하면 암거의 효과는 급속히 감소해 버리고 때에 따라서 완전히 시공 전의 과습상태로 되돌아가는 경우도 생긴다. 암거도 역시 다른 시설과 같이 제대로 유지관리하면, 그 기능을 양호한 상태로 유지하여 내용연한을 연장할 수 있다.

암거의 유지관리를 고려할 때 특히 중요한 것은 지하배수 시설의 시공 후 관리 주체가 농가이며, 더욱 암거자체가 농지에 직접 설치되어 있는 것이므로 경작자가 주의 깊게 유지관리하는 것 이외에 다른 방법이 없다는 것이다. 이 때문에 농가에 대하여 지하배수의 올바른 목적과, 암거시설의 기능을 어떻게 올바르게 발휘시킬 것인가를 잘 이해시키는 것이 우선 필요하며, 관리에 대한 요령을 잘 주지시켜야 한다. 시설을 건전한 상태로 오래 유지시키기 위해서는 잘못된 부분의 조기발견과 신속적절한 처치가 무엇보다 중요하다.

(나) 시설의 기능이 발휘되지 않는 제원인과 진단법

암거설치 후 기능이 충분히 발휘되지 않는 원인을 조사하여 배수기능을 회복할 수 있도록 하여야 한다. 흔히 현장에서 들리는 말로서 「암거를 조성하였는데 전혀 효과가 없다. 이번 암거는 불량품이므로 새로 재시공해야 한다」라고 하는 등의 불만이 나온다. 그러나 효과가 저하된 원인은 대부분 농가 측의 불충분한 유지관리에 원인이 있는 경우가 많다. 기능이 충분히 발휘되지 않는 원인을 충분히 조사하여, 보수하고 적절한 유지관리를 하면 새로 암거를 재조성할 것까지는 없고, 배수기능을 회복시킬 수 있는 경우도 있다.

① 배수로 및 배수구의 관리 불량

암거를 매설했는데 논이 종전과 같이 전면적으로 과습상태로 있는 경우, 소배수로에 개구되어 있는 배수구가 막혀 있을 가능성을 의심해 볼 필요가 있다. 암거는 원칙적으로 소배수로의 수면보다 위에 그 배수구가 위치하고 있는 것이 기능보전의 입장에서 바람직하다. 배수구가 수면 아래에 위치하게 되면 이토로 막힐 위험성이 크다. 이토로 막히면 근본적으로 암거관 내의 수두는 그렇게 크지 않으므로, 관거내 물의 유출은 정말로 기대할 수 없게 된다. 또 이토 뿐만 아니라, 수초의 줄기나 뿌리 등이 배수구를 막고 있는 경우도 많다. 따라서 배수로와 암거 배수구의 상황을 정기적으로 순회 점검하는 것이 바람직하다. 배수구가 수중에 있을 때, 출구가 막혀 있는지의 여부를 조사하기 위해서는 폐쇄된 상태로 있는 수압을 급격히 열어보면 유출상황이 관찰되므로 비교적 간단히 검사할 수 있다.

② 암거관(흡수거, 집수거)의 관리 불량

암거관은 지하에 매설되어 있으므로, 이의 기능이 제대로 발휘되고 있는지의 여부를 확인하기는 어렵다. 그 때문에 관리불량이 되어 내용연수를 단축시키는 경우가 많다. 다음에 암거관에 생기기 쉬운 고장원인에 대해 설명한다. 흑니토(黑泥土), 화산회 등 토립자가 이동하기 쉬운 토양에서는 시공 후 1년간 정도의 사이에 관내에 미립토가 유입, 퇴적하는 경우가 있다. 어느 정도 지하수의 물질이 안정되어, 흙이 굳어지면 유입은 대개 끝나나 당초에 유입된 흙을 그대로 방치해 두면 흡수관의 기능이 저하되고, 극단적인 경우에는 완전히 기능이 상실되는 경우도 있다. 이와 같은 예는 흡수거를 부설하는 깊이에 사질토층 등이 일부분 혼재되어 있는 경우에도 있고, 세립

자가 흡수거내에 유입, 내부를 폐쇄하는 경우도 있다.

흡수거 구멍 크기에 따라서는 갈대 등의 뿌리가 침입하여 기능을 저해하는 경우도 있다. 또 시공시점에서는 정확히 암거관이 부설되었다 해도 유지관리 하는 과정에서 부등침하가 발생하여 기능의 발휘를 손상하는 경우가 있다. 토양이 건조하면 체적변형이 크게 나타나는 이탄토, 흑니토, 혹은 연약한 간척 후의 저습지의 점성토 등에서 이와 같은 예가 보인다. 즉, 부등침하에 의해 흡수거에 굴곡이 생겨, 내부에 가스가 저장되는 것에 의해 통수가 저해되고, 극단적인 경우에는 암거관의 접속부가 빠져 수리적 연속성이 절단되고 마는 사태로 된다.

또, 간척지 등에서 보이는 예로서 암거관의 배수구 등을 콘크리트 등의 기초로 무리하게 고정시켜 놓으면, 포장내의 지반 침하에 의해 암거관이 역기울기로 되어 통수 기능이 손상되는 경우가 있다. 연약한 지반에서는 유지관리에 각별한 배려를 해야 한다. 암거관의 어느 부분에서 고장이 발생하고 있는가를 확인하기 위해서는 다음과 같이 한다.

우선 배수구가 메워졌는지 여부를, 수압조작에 의해 조사한다. 다음에 담면 담수를 배제시킨 후 강우에 의한 담면 요철부의 잔류수의 소실상황을 잘 관찰한다. 만약 암거관에 고장이 있으면 고장지점부터 상류부분의 담수 소실상황에 차이가 생겨 부분적으로 과습한 부분이 보이게 된다. 이럴 때 암거관 배수구의 배수상황을 조사해보면 고장이 없는 건전한 상황의 암거관과 차이가 보이므로, 고장의 진단이 한층 정확하게 된다. 또한 암거관의 어느 부분에서 고장이 발생하고 있는가를 다시 상세히 조사하는 데는 다음과 같이 한다.

우선 과습상태로 되어 있는 부분의 약간 하류부에서 암거관을 노출시켜 관의 매설심보다 약간 깊이 시험공을 판다. 암거관을 관찰가능한 상태로 해서 만약 여기서 물을 분출하면 고장개소는 여기보다 하류측에 있는 것이므로 다시 하류측을 시공한다. 만약 물이 분출되지 않으면 여기부터 상류측에 고장장소가 있는 것이므로 상류측으로 시공을 진행해간다. 이와 같이 해서 최종적으로 고장위치를 발견하게 되는 것이다.

③ 수압의 관리 불량

수압은 지하배수시설 중 그 구조와 기능상 가장 눈에 띠기 쉬우며, 시공 후 가장 외적 조건에 좌우되기 쉽고 고장이 많은 부분이라고 할 수 있다. 즉, 조작상에 무리가 있는 것(농민은 지수봉을 잘 조작한다고 하나, 똑바로 상하로 움직이지 않으면 쉽게 파손된다).

또, 구조상이나 재질면에서도 많은 검토의 여지가 있다. 지상부에 노출되어 있는 수압의 염화비닐관이 파손되는 경우도 많다. 지상부에 관련된 파손은 전체파손개수 중 약 24%가 되고 있다. 지상부는 농작업에 방해가 되는 것이 많으므로 보호대책과 구조상의 개선이 필요하다. 재질이 플라스틱인 경우 한냉지의 저온이 악영향을 미치고 또한 논두렁에 쥐불을 놓는 곳도 있어, 잡초가 연소하는 열에 의해 수압의 지상부가 변형하고 있는 사례도 있다.

만약 수압의 기능이 원활하면 암거관 내의 수위가 상승할 것이다. 만약 암거관부의 수위가 상

승하지 않으면 일단 지수부의 다짐불량이며, 또 하나는 수압관 이음에서의 누수가 생각되므로, 각각의 상황에 따라 판단한다. 수압을 폐쇄해도 흡수거의 수위가 상승하지 않는 원인 중 하나는 논두렁 균열에서의 누수가 있다. 이것은 논두렁의 방호대책, 즉 소배수로의 수위관리대책 등 별도측면에서의 대응이 필요하다.

(다) 유지관리

지하배수 시설의 기능이 발휘되지 않는 제 원인이 정확히 파악되어 고장 장소가 확인되면 보수는 가능한 한 조기에 실시하여야 한다. 또, 지하배수 시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 농지의 이용방법 연구와 영농상의 대응도 극히 중요하다. 특히 논의 발작물 재배 이용을 위해서는 이와 같은 유지관리의 중요성이 크다.

① 암거의 유지관리

우선 수압의 조작에 의한 암거관내의 청소에 대해 기술한다. 즉, 수압을 폐쇄하고 암거관 내의 수위가 충분히 상승한 후 급격히 수압을 연다. 이와 같은 작업을 씨레질 전 및 낙수기 전의 연간 2회 실시하면 좋다. 특히 이토 등 미립의 토립자가 시공 직후 흡수관 내에 유입하기 쉬운 조건하에서는 이와 같은 청소를 행하는 것이 중요하며 시공 후 1년째가 중요한 시기라고 할 수 있다. 만약 이 시기를 지나치면 관내에 유입된 미립의 흙이 고결해버리고, 지하배수의 기능이 대폭 줄어 회복불능 상태가 된다.

수압의 조작만으로는 청소가 불충분한 경우에는 흡수거의 최상류부에 흡수거 청소공을 설치하는 것도 생각해야 한다. 일반적으로 흡수거는 그 최상류부를 논두렁에서 일정의 거리를 두어 매설하고 있어 그 때문에 이 부분이 배수불량의 원인으로 되고 있는 경우가 많다. 그러나 이러한 흡수거 청소공을 설치하면 배수 촉진의 역할도 한다. 또한 청소공은 선단부가 농작업에 장애가 안 되도록 낮게 하고, 사용시 이외는 캡을 씌워둔다. 최근 암거관 내의 청소를 위해 젯트노즐에 의한 물의 압송이 행해지고 있다. 화란 등 지하배수의 선진지에서는 옛날부터 행해지고 있는 방법으로 지름 1인치 정도의 내압 호스로부터 압력수 (약 1MPa 정도)를 역분사 시키면서 관내에 그 호스를 넣어 세정하는 것이다. 드레인 클리너라고 불리는 이 장치로는 길이 400m 정도의 세정 능력을 갖는 것도 있다. 시공 후 흡수거가 극단적으로 굴곡이 생기던지 관내의 접속부분이 빠져버렸을 때는 그와 같은 고장부분을 보수해야 한다. 전술한 시굴공에 의한 관찰 등으로 고장장소를 발견하면 그 부분의 관을 정성껏 보수한다. 보수 후 수압을 조작해서 흡수거내를 세정해 주면 이상적이다. 또한 집수거에 대해서도 그 길이가 길고, 수로바닥, 도로, 제방 밑 등을 통과할 경우는 관에 기능장애를 초래하기 쉬우므로 주의가 필요하다. 이외 플라스틱 암거에서 피복재로서 필터를 부착시킨 것에서도 고장이 발생할 때가 있다. 이와 같은 얇은 필터는 이토가 관내에 유입하는 것을 방지하기 위해 고안된 것이다. 토질에 따라서는 역으로 세립토가 이 필터를 메꾸어 불투수성의 것으로 변하여 버리는 경우가 있다. 지하배수가 필요한 토양 중에는 환원상태(還

元狀態)로 되어 있는 것이 보통이므로 흐르는 물중에는 철, 망간 등이 가용체로 되어 있다. 이런 것이 필터에 접촉되었을 때 관내의 공기에 의해 산화되어 불용화해서 침착한다. 이 때문에 필터는 물리적·화학적 작용으로 급속히 불투수성이 되어버린다. 시공 직후 물을 잘 배제하고 있었는데 2~3년 후에 완전히 배수능력을 상실한 사례도 있다. 또한 피복재로서 벚집 등을 사용하면 단기간에 부패해 역으로 투수성을 손실하는 경우도 있어 주의를 요한다. 또 왕겨 등도 비교적 부패가 안 되는 재료이긴 하나 논밭 전환 등을 실시하는 조건하에서는 수년간에 약간 그 재질이 변질하였다는 보고 예도 있어 그 내용연수에 대한 검토가 필요하다.

② 수갑의 유지관리

수갑의 고장원인의 대부분은 지수전이나 지상부에 있다. 따라서 농가 측의 주의를 깊이 환기하는 것이 우선 첫째로 중요하나, 한편으로는 고장을 일으키기 어려운 재질이나 구조도 고려해야 한다. 또, 농작업 시에 눈에 띄게 지상부를 잘 보이는 색으로 도색하는 것도 유효할 것이다. 그러나 기본적으로는 지상부에 나와 있어 농작업으로 접촉되는 것이 파손의 원인이 되므로 접촉되어도 쉽게 파손되지 않는 보호관을 설치하는 방법과 또, 지상에 나오지 않게 하는 방법도 있다.

수갑을 폐쇄했을 때 흡수거 내의 수위가 순조롭게 상승되지 않으면 우선 지수전의 밀착 불충분이 생각된다. 이때에는 지수전(止水栓)의 수리나 교체가 필요하다. 또 수갑의 이음매에서 누수되고 있을 때도 있다. 이때의 처리로서는 수갑을 파내어 이음매부분을 점토, 이화토, 모르타르 등으로 되메움하여 잘 다진다.

(라) 영농기의 배수관리 요령

영농기에 지하배수 시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 논바닥의 물을 가능한 한 신속히 배제하여 토양건조를 도모하고 균열의 발생을 촉진하여 암거의 투수성 개선을 도모하는 것이 반드시 필요하다. 또 논뿐만 아니라 전환 밭에 있어서는 이러한 사항이 더 중요한 의미를 갖는다.

① 논바닥 지표수의 관리

포장의 건조를 도모하기 위해서는 우선 지표배수를 촉진할 필요가 있다. 지하배수와 지표배수는 능률이 크게 다르다. 예로 투수성이 극히 큰 기반으로 구성되고 있는 사질답의 지하배수 능률도 지표배수에 비하면 얕은 값에 불과하다. 더욱이 일반 토양에서는 지표의 답수를 토양을 통과시켜 지하배수 시키려고 하면 배수를 위한 시간이 대폭적으로 지연될 뿐만 아니라, 토양은 과습하게 되어 지내력은 상승하지 않게 된다.

지표배수를 지배하는 인자로서 하나는 답면의 지균상태이고, 다른 하나는 낙수구의 구조이다. 특히 답면의 지균상태가 좋은 경우에도 낙수구를 향해 약간 경사되어 낮아지는 것이 이상적이다. (수구 부근의 답면에 대해 낙수구 부근의 답면이 10cm 정도 낮은 것이 좋다). 역으로 수구에 대해서 낙수구가 높으면 배수는 저해된다. 또 답면의 요철도 지표배수에 영향이 있으므로 이와

같은 때에는 농작업에 지장이 없는 정도의 얇은 배수소구를 설치하면 좋다. 또, 포장정비 직후는 논바닥의 요철도 많으므로 영농단계에서도 지균작업을 하도록 배려해야 한다. 통상의 영농관리에서 3년 정도 경과하면 지균(地均) 정도가 다시 향상하는 경우가 많다.

② 중간낙수 등 재배법과 포장건조

수도작의 경우 토양건조를 도모하는 뜻에서 중요한 것의 하나로 중간낙수가 있다. 이 시기는 증발산도 왕성하고 작토층은 건조해져 pF2 이상이 되며 완전한 균열이 생긴다. 조건이 양호하면 하층토 300~400mm 까지의 토양수분까지도 현저히 저하시킬 수 있다. 이와 같은 조건하에서 작토에 발생한 균열은 재 담수하여도 재차 폐쇄되지 않고 물길로서 유효하다. 따라서 중간낙수 후에는 투수성이 증대되고 지내력도 향상된다. 가을에 낙수한 후에도 중간낙수의 효과가 지속되어 건조와 지내력의 증대가 진행된다.

벼 재배상의 물관리에서 보면, 중간낙수기와 낙수 이후의 비관개기의 포장 건조는 극히 중요하며, 이 시기는 수압을 개방해 주고, 최대한으로 배수효과를 발휘시켜야 한다. 이외 포장건조를 촉진시키기 위해서 유리한 재배법으로서는 다음과 같은 것이 있다.

- 건답직파
- 씨레질
- 무담수재배
- 담수기간의 단축

또, 포장건조의 효과를 특히 거양하여, 증산력이 강하고, 심층까지 건조하게 하는 작물을 의도적으로 도입하면 유효한 경우도 있다. 이와 같이 포장건조의 촉진과 토양구조의 발달에 생물의 힘을 빌리는 것을 종종 연구해볼 필요가 있을 것이다.

③ 보조암거의 시공

토층이 중점토로서 투수성이 불량한 경우는, 본 암거에 보조암거를 조합시켜 시공하지 않으면 충분한 배수효과가 없는 경우가 있다. 일반적으로 보조암거는 본 암거보다 얇게, 조밀하게 시공한다. 보조암거 중에서도 가장 광범위하게 쓰이는 탄환암거(맹암거)는 지지판하에 설치된 대포탄환모양의 것을 트랙터나 원치에 의해 토중에 인입시켜 그 통과적(通過跡)으로 생긴 연속된 구멍에 의해 암거의 역할을 유지시키는 방법이며, 시공이 간단하고, 경비가 싸며, 심토파쇄 효과가 기대되며, 속효성이 있는 것이 이점이다. 반면 무자재이므로 효과가 지속되지 않으며 1본의 길이로 너무 길게 할 수 없는 것 등의 결점도 있다.

보조암거는 본 암거에 직교하여 시공한다. 이때 본 암거와 보조암거의 수리적 접속을 좋도록 암거의 피복재는 충분히 두껍게 해준다. 이 보조암거가 지표부의 휴간(畦間)과 직교하는 경우에는 휴간의 담수 배제에 또한 유효하다. 이와 같이 보조암거는 토양의 투수성을 대폭 향상시켜

본 암거의 기능을 충분히 발휘시킨다.

보조암거의 배치는 1본의 연장을 50m 이내로 하고 영농작업의 일환으로 고려하여 격년정도에 반복 시공하면 좋다. 보조암거가 효과를 발휘하지 못하는 경우의 하나는 시공 시의 토층이 연약한데 무리하게 시공하는 경우이다. 시공시의 토층의 경도와 암거공 단면비(토중에 생긴 보조암거공의 단면적과 탄환의 단면적의 비율)를 보면 단면비 80%를 유지하기 위해서는 콘 지수 2kgf/cm² 정도가 필요하다는 것을 알 수 있다. 단면비가 너무 적으면 배수의 통수능이 나빠질 뿐더러 심토파쇄적 효과가 기대될 수 없다. 또, 시공시 지표에 담수 등이 남아있으면 지판(支板)이 통과한 자리에서 이토가 유입되어, 기능을 저하시키는 원인이 되므로 주의를 요한다.

④ 논외밭 이용에 대한 고려

이상에서 기술한 것은 주로 논외밭의 지하배수에 대한 것이지만 여기서는 논외밭 이용에 대해서 기술한다. 말할 것도 없이 논외밭 이용에 있어서 가장 큰 요점은 배수의 강화이다. 따라서 지하배수의 기능을 정확히 발휘시키는 것은 그대로 밭으로서의 이용의 성공에 연계된다. 단, 밭의 경우는 논외밭의 경우와 달리 담수에 대한 여유가 적으므로, 강우에 대해서는 4시간 우량, 4시간 배제(논외밭의 경우 24시간 우량, 24시간 배제)의 배수량을 취하며, 또 지표배수의 강화는 물론이며 지하배수의 목표치로 작물에 따라서는 논외밭의 경우보다도 엄격한 값을 채택할 부득이한 경우도 생긴다. 배수상의 요청에서 보면 구획계획에 대해서도 대응이 필요하게 될 경우도 생긴다. 인접 논외밭에서의 침입수의 배제도 중요하며, 이점에서 집단적 전작(轉作)이 전제로 된다. 특히, 논외밭 이용에 있어 중요한 것은 포장의 구조가 논외밭 그대로를 유지하는 것을 전제로 하고 있기 때문에, 영농배수상의 대응이 중요한 의미를 갖고 있다.

일본에서 전국 17지구에서 1,487필지의 전환(轉換) 밭에 대해서 설문조사를 실시한 결과를 보면 다음과 같은 영농 배수상의 경향을 볼 수 있다. 영농단계에서의 배수촉진 대책으로서는 두령상 재배, 배수구 시공 등이 있다. 이런 것은 하나의 포장에서 여러 종류가 조합되어 실시되는 경우가 있으므로 작물과 장변 길이와의 관계까지 집계해 보면 영농배수는 집약작물에 많고, 조장작물에서는 적다. 또 집약작물에서는 길수록 배수상의 요구가 강해지고, 실시율이 증대되고 있다. 지표의 잔류수 상황을 보면 명확히 영농배수상의 효과가 보이며, 배수시간의 단축이 예견된다. 또, 농가쪽에서도 명확한 효과가 있다고 판단하고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 영농단계에서의 대응은 극히 중요하며 이와 같은 수단으로 포장 건조를 진행하는 것에 의해 토양구조는 밭의 그것에 향해 발달해, 균열이 암거층까지 발달해가게 된다. 그러나 이와 같은 포장건조가 진행되면 지형과 토양조건에 따라서는 재차 논외밭으로 돌아갔을 때에 논 외수량의 증대를 초래하는 것에 대해서도 배려해야 할 경우가 생긴다. 이와 같은 논외밭 이용기술 체계에 대해서는 지하배수 시설의 유지관리만 논해도 끝이 없다고 할 수 있다.

(3) 관리운영계획

(가) 관리운영계획의 기본

농업기반시설의 관리는 농어촌정비법과 관련법의 규정에 따라 농어촌공사 또는 지방자치단체 등이 관리자가 되어 시행하는 것이 일반적인 원칙이다. 관리자는 농어촌정비법과 관련법의 규정에 정해진 관리규정, 하천법의 규정에 의하여 정해진 조작규정 기타 관계법령 등을 준수하여 농업기반시설의 관리를 할 필요가 있다. 이 때문에 사업계획에 있어서도 관리운영조직 및 관리제어방법에 관계되는 관리의 기본사항을 명확히 할 필요가 있다. 또한 설치한 시설에 대하여 효율적 이용을 할 수 있으면서 원활히 관리운영을 하기 위하여는 관리운영계획에서, 시설의 관리운영을 실행하는 조직, 비상시의 대책을 포함하는 관리제어의 방법, 점검, 보수에 관한 사항, 비용 부담 방법 등을 종합적으로 정할 필요가 있다.

이 관리운영계획의 수립에 있어서는 일반적으로 다음 사항에 유의한다.

- 관리의 체제 및 조직 : 구성, 조직의 운영방법
- 시설의 관리제어 : 조작, 운전
- 시설의 관리운영방법 : 관리항목, 보수점검 및 정비보수의 방침 등
- 관리운영비 : 비용, 부담자, 부담방법 등

(나) 관리운영계획의 체제

관리운영을 위한 체제는 배수의 조건변화에 대하여 고려하고, 홍수시, 평상시 및 비상시 등에 필요한 대응이 될 수 있게 계획한다. 또 비상사태에 있어서는 신속히 적절한 대응이 될 수 있는 체제가 필요하다. 이 체제는 지역의 실상을 반영하여 시설의 기능이 최대한 발휘될 수 있도록 다음과 같은 상황을 고려하여 정한다. 지금까지는 주로 논벼에 관한 배수관리로서 관행적으로 비교적 단순한 제어조작에 의한 배수관리가 되어 왔다. 한편, 요즘에는 논외의 범용경지화가 요구되어 이에 합치되는 배수계획 및 배수관리가 되게, 더욱 정밀성과 확실성이 요청되고 있다. 또, 농가의 겸업화의 진행에 따르는 노동력의 부족으로, 오늘의 관리운영을 전적으로 농업기반시설 관리자가 맡아 하는 형태를 취하고 있다. 이와 같은 새로운 상황에 대응하여 시설의 적절한 관리를 유지하기 위하여 관리제어의 장치화, 시스템화가 계획될 전망이다.

농업기반시설의 관리는 하나의 농업생산기반정비사업으로 실시한다. 시설의 소유주체와 다른 자라 하더라도 농어촌정비법에 따르는 소정의 절차를 거쳐 시설의 관리를 할 수 있다. 시설의 관리주체에 의해 관리조직이 달라지므로 관리주체를 명확히 할 필요가 있다. 관리체제는 배수계획에 기초하여 시설계획 등을 검토하여 최소의 인원으로 말단에 이르는 배수에 관한 정보를 신속 정확하게 파악하여, 필요한 시설의 조작이 기동적인 것이 될 수 있도록 계획한다.

(다) 시설의 운영관리

배수계획을 정확하고 효율적으로 이루어지게 하기 위하여는 관리제어를 하여야 할 항목, 시설의 유지·점검의 방법 등을 관리운영계획에 적절히 설정하여야 한다. 배수시설의 적정 원활한 운영을 위하여 배수계획 및 시설계획을 검토함과 함께, 다음과 같은 생각에 따라 관리제어를 하여야 할 항목을 정리한다. 배수시설의 계통별로 각 시설의 계획에서 감시 및 제어와 그들의 조작성 등에 대하여, 각각의 기능 확보와 전체의 적합성(균형성)을 배려하여 중점이 될 항목을 정한다. 일반적으로 다음과 같은 목표가 설정된다.

- 배수수위의 적정화: 홍수시의 각 단계별 목표 내수위의 설정, 평상시의 배수로 내수위의 설정
- 시설기능의 보전: 시설의 적정조작의 확보, 이상 상태의 조기발견 등
- 관리경비의 절감: 동력비 등 시설의 운전경비절감, 관리인건비의 절약 등
- 기타: 신속, 확실한 유지관리작업 등

관리제어 시스템에서의 배수제어시설, 계측시설, 전송시설 등의 기능을 유지하기 위하여는 정기점검을 하여 그 작동상황을 정확히 파악함과 함께 필요에 상응한 유지관리기록을 보존하는 기틀을 만든다. 시스템의 유지보존은 제어기기, 계측기 등의 관리시설에 대한 가동상황, 문제점, 특성 등의 운전에 관한 여러 점을 파악함과 함께, 이들의 관리방법을 충분히 이해하여 행할 필요가 있다. 이상 상태에 대비하여 비상시에 취하여야 할 조치 및 보수방법에 대하여도 생각하여야 한다. 계획된 여러 시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위하여는 필요항목을 정리한 관리제어 기준을 작성하고, 규칙적 운용을 하는 것이 바람직하다.

(라) 포장의 관리계획

포장에서의 관리시설 및 관리기준은 밭, 초지, 논 등의 입지조건이나 영농조건에 따라 상당히 다르다. 그러나 일반적으로 포장내의 배수시설로서 지표배수용 배수구(낙수구)와 지하배수용 압거의 보수관리가 중요하므로 이에 대하여 충분한 검토가 있어야 한다.

포장에서의 배수관리는 포장을 작물생육에 적합한 조건으로 하기 위해 과잉된 물을 신속히 배제하는 것이다. 바람직한 배수조건은 농작물의 수량이나 품질, 생산량이나 생산액을 최대화시키고 토지생산성을 증대시키며, 농작업의 환경을 개선하고 노동생산성을 높일 수 있도록 하는 것이다. 따라서 포장에서의 배수관리는 해당 지역의 지역적인 배수조건에 정비나 관리를 전제로 해서 실현시켜야 한다. 포장의 배수시설로서는 포장에서의 지표수 배수를 위한 배수구(낙수구), 지하배수를 위한 압거 등이 있다. 통상 이 포장배수시설의 관리조작은 각 포장의 경작자가 행한다. 포장의 소유자와 경작자가 다른 경우에서도 통상의 배수관리는 경작자가 행하는 것이 보통이다. 또한 각 포장의 경작자가 아니라 위임을 받은 특별한 임무를 갖는 자가 전문적으로 조작하는 경우도 있다.

배수시설은 될 수 있는 한 보수관리가 쉬운 구조로 하고 연간 2회 정도의 청소가 필요하다.

특히 흡수거, 집수거 등에는 토사의 유입이 많으므로 보수시 신중한 주의를 해야 한다. 또한, 수압은 지하수를 조절하는데 중요한 시설이므로 누수가 없도록 주의해야 한다. 암거의 배수구에 대한 위치, 구조의 적부는 배수의 상태를 좌우하여 암거배수의 기능을 제약하므로 수로의 수위와 관계시켜 설계하여야 한다.

(마) 암거에 의한 지하배수량의 관리

포장에서 과잉된 토양수분의 배제를 암거를 설치해서 촉진시키는 경우, 암거는 일반적으로 흡수거, 집수거, 수압, 배수구 등으로 형성된다. 이러한 암거시설을 이용 지표배수에서 배제하지 못한 지표의 담수나 과잉된 토양수를 포장지하수위의 저하를 도모하면서 배제할 경우, 개선된 토양수분조건에 의해 균열이나 대소의 수로가 토층 내에 형성되어 투수성이 증가하고 배수량이 증대될 수 있도록 지하배수량을 철저히 관리해야 한다.

암거배수량은 토양의 지하수위, 암거의 매설깊이·간격·관재료·소수재 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 암거배수량을 집수거 등에 설치한 맨홀에서 유량이나 수위를 제어하여 조절하는 경우나 논에서와 같이 관개기(담수시)에 수압의 폐쇄를 통해 조절하는 경우 이의 관리에 대한 사항을 충분히 검토해야 한다.

라. 요약 및 결론

본 연구에서는 고효율 저비용 농지범용화 시스템의 활용성을 증가시키기 위하여 설계 및 시공 기준을 제안하였고, 장기적으로 유지관리하기 위한 방안을 제시하였다. 특히 설계 시공기준은 무굴착암거에 대한 기준이 설정되지 않아 이를 고려하여 제안하였고, 유지관리 방안은 암거를 포함한 지하배수에 대한 유지관리 방안을 농업생산기반 설계기준 편에 제시되어 있어 이를 이용하여 지하배수 부분만을 요약하여 제시하였다. 향후 유지관리 측면에서는 지속적인 모니터링을 통하여 보완이 필요할 것이다.

13. 고효율 저비용 논(간척지 포함) 범용화 시스템의 경제성 분석

가. 목적

본 연구에서는 본 연구에서 개발한 고효율 저비용 논 범용화 시스템의 경제성을 분석하였다. 분석 결과는 현재 적용하고 있는 굴착식 암거 공법과 비교하였다.

나. 연구내용 및 방법

논 범용화공법을 적용위한 위한 재료의 산출 단면은 <Table 2-24>와 같다. 또한 경제성 분석을 위한 일위대가표 및 일위대가 호표는 <Table 2-25>, <Table 2-26>과 같다.

다. 연구결과

<Table 2-25>~<Table 2-31>를 이용하여 경제성 분석을 실시하였으며, 경제성 분석 결과는 굴착식암거 <Table 2-27>, 무굴착식 유공관암거 <Table 2-28>, 무굴착식 유공관+수평필터암거 <Table 2-29>, 무굴착식 유공관+수평+수직필터암거(2중 필터 방식 적용)<Table 2-30>와 같다. 분석결과 본 연구에서 적용하고자 하는 무굴착식 유공관+수평+수직필터암거의 경우 굴착식 암거와 비교하여 75%의 경제성 향상 효과가 있었다.

라. 요약 및 결론

본 연구에서 적용한 2중 필터층을 가지는 무굴착식암거 공법(③ 무굴착 암거 3: 개발 및 개선 공법)은 경제성 측면에서도 굴착식 암거(기존 공법: 40백만원/ha)와 비교하여 75%(30백만원/ha)의 경제성 향상 효과가 있었다. 즉 약 25%의 원가절감 효과를 달성하였다. 따라서 경제성 측면에서 효율적으로 적용이 가능할 것으로 판단된다.

<Table 2-24> 산출단면

공 종	종 별	산 출 내 역	수 량	비 고
집수관터파기	d=100mm		1.04m³	
터파기				
되메움		1.04-	=1.04	1.04m³

<Table 2-25> 일위대가 목록

	공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비	노무비	경 비	합 계	비 고
1-1호표	무굴착암거매설 (유공관+수평매트)	트렌치(φ50)	1	m	1,628	2,609	1,796	6,033	No. 1-1
1-2호표	무굴착암거매설 (유공관)	트렌치(φ50)	1	m	1,628	979	1,796	4,403	No. 1-2
1-3호표	무굴착암거매설 (유공관+수평매트+수직매트)	트렌치(φ50)	1	m	2,428	4,239	1,796	8,463	No. 1-3
2호표	수직심토파쇄	굴삭기 07	1	m3	256	525	459	1,240	No. 2
3호표	Pe이중벽관 접합부설	φ150mm	1	본	75,680	33,643	3,364	112,687	No. 3
4호표	터파기	굴삭기 07	1	m3	256	525	459	1,240	
5호표	되메우기	굴삭기 07	1	m3	233	477	417	1,127	

〈Table 2-26〉 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
No. 1-1 지하수배수암거매설	트렌처(φ50)											
〈유공관+수평필터매트〉		1	m									
무굴착 흡수암거 부설	트렌처(φ50)	1	m	128	128	369	369	1,796	1,796	2,293	2,293	표준 폼셈
보통인부	4/8*1/Q	0.0119	인			102,628	1,220			102,628	1,220	
주름유공관	φ50mm (수평배수)	1	m	1,500	1,500					1,500	1,500	
수평필터매트 2겹를 제작	B500mm	0.004	인			102,628	411			102,628	411	
자재소운반(보통인부)	2/8*1/Q	0.0059	인			102,628	610			102,628	610	
계					1,628		2,609		1,796		6,033	

공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
No. 1-2 지하수배수암거매설	트렌처(φ50)											
〈유공관〉		1	m									
무굴착 흡수암거 부설	트렌처(φ50)	1	m	128	128	369	369	1,796	1,796	2,293	2,293	표준 폼셈
보통인부	1/8*2*1/Q	0.0030	인			102,628	305			102,628	305	
주름유공관	φ50mm (수평배수)	1	m	1,500	1,500					1,500	1,500	
자재소운반(보통인부)	1/8*1/Q	0.0030	인			102,628	305			102,628	305	
계					2,428		4,239		1,796		7,663	

<Table 2-26> 일위대가 호표 (계속)

공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
No. 1-3 지하수배수암거매설	트렌처(φ50)											
<유공관+수평필터매트>		1	m									
무굴착 흡수암거 부설	트렌처(φ50)	1	m	128	128	369	369	1,796	1,796	2,293	2,293	표준 품셈
보통인부	6/8*2*1/Q	0.0178	인			102,628	1,829			102,628	1,829	
주름유공관	φ50mm(수 평배수)	1	m	1,500	1,500					1,500	1,500	
수평필터매트 2겹롤 제작	B500mm	0.008	인			102,628	821			102,628	821	
수평매트자재	B500mm	1.00	m ²	800	800							
자재소운반(보통인부)	2/8*1/Q	0.0119	인			102,628	1,220			102,628	1,220	

공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
No. 2 수직심토파쇄	굴삭기(07m ³)	1	m ³									
굴삭기 장착 심토파쇄	굴삭기	1	m ³	256	256	525	525	459	459	1,240	1,240	
No. 3 Pe이중벽관 접합부설	φ150mm	1	개소									
배관공(수도)		0.11	인			137,910	15,170			137,910	15,170	표준 품셈
보통인부		0.180	인			102,628	18,473			102,628	18,473	
이중벽관		4	m	15,180	60,720							
Pe밴드소켓		1	개소	14,960	14,960					14,960	14,960	
잡재료비	노무비 10%	10	%					3,364	3,364	3,364	3,364	

〈Table 2-26〉 일위대가 호표 (계속)

공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
No. 3 Pe이중벽관 접합부설	Φ150mm	1	개소									
배관공(수도)		0.11	인			137,910	15,170			137,910	15,170	표준 품셈
보통인부		0.180	인			102,628	18,473			102,628	18,473	
이중벽관		4	m	15,180	60,720							
Pe밴드소켓		1	개소	14,960	14,960					14,960	14,960	
잡재료비	노무비 10%	10	%					3,364	3,364	3,364	3,364	
계					75,680		33,643		3,364		51,967	

〈Table 2-27〉 굴착식 압거의 경제성분석

공 종 명	규 격	수 량	단 위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
D. 유공+쇄석압거 (기존공법)					24,012,560		9,452,865		6,797,790		40,263,215	
흡수압거	유공관, D150mm	250	본	75,680	18,920,000	33,643	8,410,785	459	114,750	76,139	19,034,750	3 호표
토목섬유필터	B=2.0m, 250g/m ²	2,640	m ²	600	1,584,000		-	2,000	5,280,000	2,600	6,864,000	
자갈부설	13mm	120	m ³	25,000	3,000,000		-	4,100	492,000	29,100	3,492,000	
터파기	백호07	1,040	m	256	266,240	52	546,000	459	477,360	1,240	1,289,600	4 호표
되매우기	백호07	1,040	m	233	242,320	477	496,080	417	433,680	1,127	1,172,080	5 호표

<Table 2-28> 무굴착식 유공관 암거의 경제성 분석

공종명	규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
B. 유공암거					8,886,656		6,818,997		6,410,313		22,115,966	
집수암거	Pe 무공관 D150mm	55	본	75,680	4,162,400	33,643	1,850,373	3,364	185,037	112,687	6,197,810	3 호표
흡수암거	트렌치 (Φ50)	2,000	m	1,628	3,255,964	979	1,957,669	1,796	3,592,848	4,403	8,806,480	1-2 호표
터파기	백호07	228	m	256	58,368	525	119,700	459	104,652	1,240	282,720	4 호표
되메우기	백호07	228	m	223	53,124	477	108,756	417	95,076	1,127	256,956	5 호표
수직파쇄		5,300	m ³	256	1,356,800	525	2,782,500	459	2,432,700	1,240	6,572,000	2 호표

<Table 2-29> 무굴착식 유공관+수평필터암거 경제성분석 표

공종명	규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
A. 유공암거+수직+ 수평필터암거					8,886,656		10,079,229		6,410,313		25,376,198	
집수암거	Pe 무공관, D150mm	55	본	75,680	4,162,400	33,643	1,850,373	3,364	185,037	112,687	6,197,810	3 호표
흡수암거	트렌치 (Φ50)	2,000	m	1,628	3,255,964	2,609	5,217,901	1,796	3,592,848	6,033	12,066,712	1-1 호표
터파기	백호07	228	m	256	58,368	525	119,700	459	104,652	1,240	282,720	4 호표
되메우기	백호07	228	m	223	53,124	477	108,756	417	95,076	1,127	256,956	5 호표
수직파쇄		5,300	m ³	256	1,356,800	525	2,782,500	459	2,432,700	1,240	6,572,000	2 호표

<Table 2-30> 무굴착식 유공관+수평+수직필터(2중필터방식 적용)암거의 경제성분석

공종명	규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
C. 유공암거+수직+ 수평필터암거					10,486,656		13,339,461		6,250,521		30,076,638	
집수암거	Pe 무공관, D150mm	55	본	75,680	4,162,400	33,643	1,850,373	459	25,245	109,782	6,038,018	3 호표
흡수암거	트렌치 (Φ50)	2,000	m	2,428	4,855,964	4,239	8,477,132	1,796	3,592,848	8,463	16,926,944	1-3 호표
터파기	백호07	228	m	256	58,368	525	119,700	459	104,652	1,240	282,720	4 호표
퇴매우기	백호07	228	m	223	53,124	477	108,756	417	95,076	1,127	256,956	5 호표
수직파쇄		5,300	m ³	256	1,356,800	525	2,782,500	459	2,432,700	1,240	6,572,000	2 호표

<Table 2-31> 농지범용공법의 경제성 분석비교 요약

암거종류	① 굴착식 암거 (자갈 B30*H40cm)	② 무굴착 암거 1 (50mm유공관)
		<p>60cm 40cm B30cm 자갈or 모래 유공관</p>
공사비 (백만원/ha)	40 (100%)	22 (55%)
암거종류	② 무굴착 암거 2 (50mm유공관 + 필터매트 B50cm)	③ 무굴착 암거 3: 2중 필터 적용 공법 (유공+필터매트 +모래 또는 고로슬래그 골재 B10cm)
	<p>80cm 필터매트</p>	<p>60cm 20cm B10cm 자갈or 모래 필터매트</p>
공사비 (백만원/ha)	25 (63%)	30 (75%)

III

Agastache 속 기능성 천연물 소재 대량 재배 기술 개발

제 1 절 연구개요

제 2 절 연구수행내용 및 결과

제 1절 연구개요

1. 연구 목적 및 내용

본 연구는 Agastache 속의 여러 품종 중에서 생산성과 기능성을 고려한 최적의 품종을 선발하고, 논 범용화(간척지) 조건에 맞는 기능성 약용작물의 대량생산 기술과 기능성 물질 함량을 증대시킬 수 있는 재배기술 개발 하고자 한다. 본 연구의 목적을 제시하면 다음과 같다.

가. 범용화 된 농지를 이용한 기능성 천연물소재(약용작물) 대량생산 재배기술 개발

- Agastache 속 10여종의 품종을 수집
- 수집된 10 여 품종의 생육특성 및 기능성 성분 분석을 통한 최적 품종 선정
- 선발 품종의 특성에 따른 논 범용화 성토 기술 지원
- 정식간격 및 멀칭 유무에 따른 생산성 검증
- 선발 품종의 대량 생산 기술 개발

2. 연구 범위

- Agastache 속 10종의 유전자원 확보 및 실험포 재배를 통한 생육분석
- 품종별 기능성 분석을 통한 경제적 품종 선발
- Agastache 속의 생육특성을 고려한 논범용화 토양 기술 지원
- 논 범용화 토양의 물리화학적 특성 분석
- 배수불량 토양 조건의 선발 품종의 기비와 추비의 최적조건 도출
- 광향의 생육 성장 특성 분석
- 멀칭과 비멀칭의 생산성 비교
- 정식간격에 따른 생산성 비교
- 기능성 물질 함량 증대를 위한 재배 기술 개발

제 2절 연구수행내용 및 결과

1. 품종별 기능성 분석을 통한 경제적 품종 선발

가. Agastache 속 품종별 생육 결과

대상 품종은 *Agastache cana*, *Agastache foeniculum*, *Agastache rugosa* (spike blue), *Agastache rugosa* (spike snow), *Agastache rupestris*에 대한 생육을 검증, 실험하였다.

(1) 파종 및 육묘

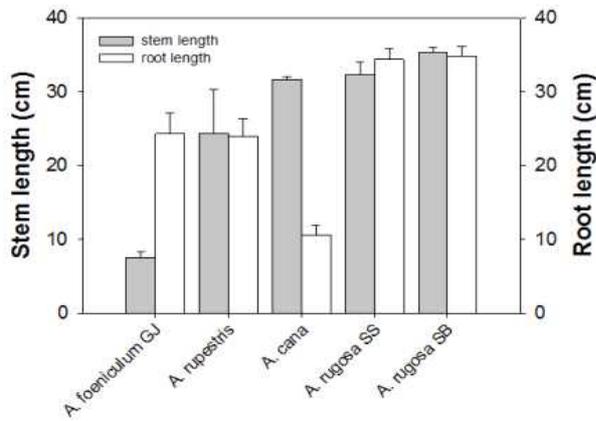
B & T World Seeds, Pagnignan, 34210 Aigues-Vives, France에서 종자를 구매하여 파종용 압면판 (240공, 한국UR 압면)을 이용하여 한 품종 당 80개 종자를 이용하여 파종하였다. 27°C에서 발아 후, 온도 $24\pm 1^\circ\text{C}$ (낮) or $18\pm 1^\circ\text{C}$ (밤), 형광등을 이용하여 광강도 $180 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 조건과 분엽 전개후 Hoagland 1/2용액에 침수 (1회/2일) 처리하여 6주간 육묘하였다. 이후, NFT 방식을 채용한 홈통 수경재배로 플라스틱 온실 (단동)에서 4주간 재배하고 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽수, SPAD, 지상부 생체중 건물중, 지하부 생체중 건물중 등을 분석하였다.



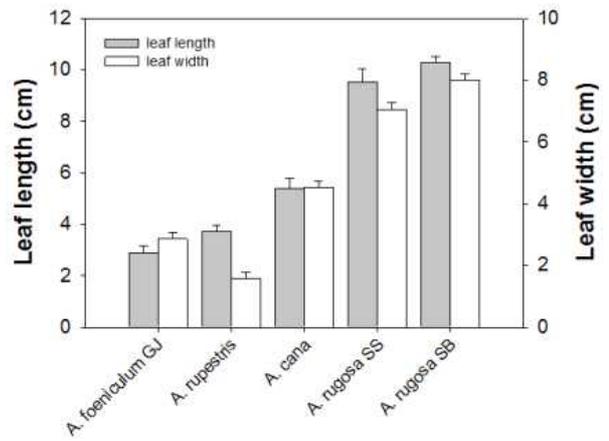
<Fig. 3-1> 온실 수경재배 시스템과 곱향 생육 모습

(2) 품종별 생육 결과

파종 후, 육묘에 성공한 품종은 5개 품종으로 *Agastache cana*, *Agastache foeniculum*, *Agastache rugosa* (spike blue), *Agastache rugosa* (spike snow), *Agastache rupestris*이었으며, 자생지의 환경이 맞지 않아 정상적으로 발아 및 육묘 된 품종의 한계가 있었다. 정상적인 생육을 보인 품종 중에서 *A. foeniculum* GJ의 경우 초장은 매우 적었으나, 최대근장은 상대적으로 매우 증가하였으나, *A. cana*의 경우 그와 반대되는 결과로 초장은 매우 좋았으나 최대근장이 매우 짧은 결과를 보였다. 따라서 전체적으로 *A. rugosa*에서 초장의 발달과 최대근장이 균형적으로 나타났으며, 자생지가 중국, 한국, 일본 등이라는 점이 매우 유리하게 작용한 것으로 판단된다.

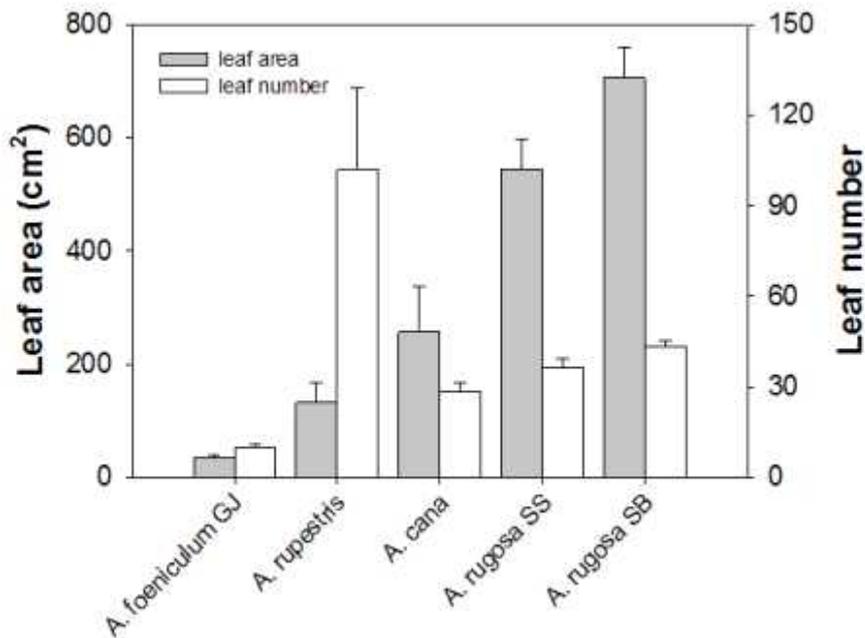


<Fig. 3-2> Agastache 속의 품종별 초장과 최대근장



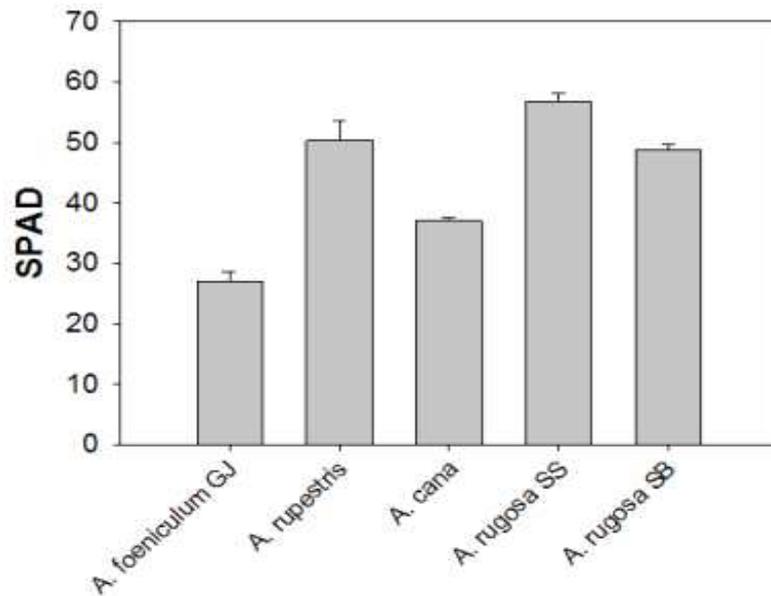
<Fig. 3-3> Agastache 속 품종별 엽장과 엽폭

엽면적의 경우 *A. foeniculum* GJ와 *A. rupestris*, *A. cana*와 비교하여 *A. rugosa* 품종에서 유의적으로 높게 나타났으며, 엽수 (엽장이 1cm 이상인 경우)의 경우 *A. rupestris* 품종에서 나머지 품종들과 비교하여 유의적으로 매우 높게 나타났다.



<Fig. 3-4> Agastache 속 품종별 엽면적과 엽수

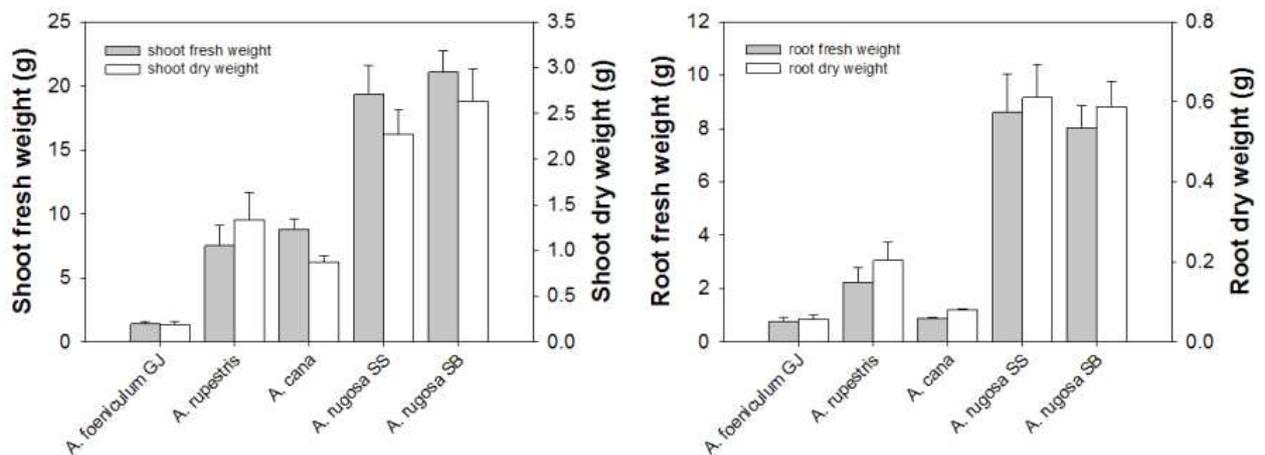
SPAD 값은 휴대용 엽록소 측정기로부터 측정된 엽내의 엽록소 함량의 많고 적음을 나타내는 것으로 평균 *A. rugosa* 품종에서 높은 경향을 보였으며 *A. rupestris* 품종에서도 높은 값을 나타냈다.



〈Fig. 3-5〉 Agastache 속의 품종별 SPAD 값 (엽록소 함량)

지상부 생체중과 건물중은 *A. rugosa* 품종에서 나머지 품종들보다 유의적으로 높은 경향을 나타냈으며 2배 이상의 차이를 보였다. 원산지 습성이 반영된 것으로 판단되며, *A. foeniculum* GJ의 경우 매우 낮은 생육을 보였는데, 온도가 높은 곳에서 자라는 습성을 지닌 것으로 알려져 있다.

지하부의 생체중 및 건물중의 경우 지상부 생육 결과와 매우 유사하게 나타났는데 *A. rugosa* 품종에서 모두 타 품종과 비교하여 높은 유의적 차이를 보이며 우수하였다.



(a) 지상부 생체중 및 건물중 함량

(b) 지하부 생체중 및 건물중 함량

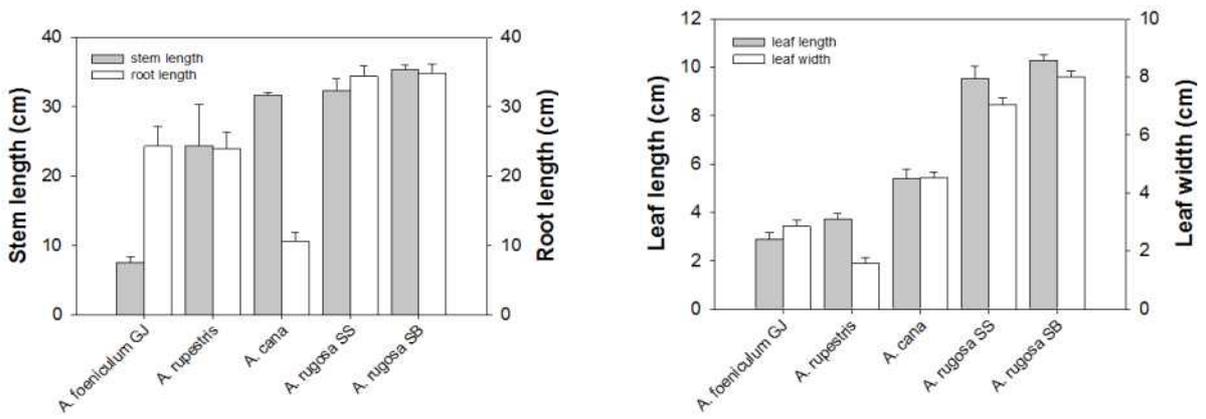
〈Fig. 3-6〉 Agastache 속 품종별 지상부 생체중 및 건물중 함량

나. Agastache 속 기능성 물질 분석

(1) phenyl propanoide 계통의 rosmarinic acid, tilianin, acacetin의 단위 중량당 함량 및 식물체당 함량

곽향의 기능성 물질로 phenyl propanoide 계통의 flavonoide에 속하는 tilianin과 acacetin이 동맥경화 예방, 항염증, 항바이러스 등의 효과가 크다고 보고되었다. 이에 따라서, 곽향의 경우 tilianin과 그의 전구물질인 acacetin의 함량을 같이 살펴보는 것이 매우 중요하며, 또한 곽향은 로즈마린산(rosmarinic Acid)을 다량 함유하고 있는데 이는 강력한 항산화제이며 항바이러스 작용과 항박테리아 작용과 항염(抗炎) 작용과 암세포의 성장을 억제시켜 주는 작용이 있으므로 각종 암증을 예방해 줄 수 있다.

단위중량당 rosmarinic acid 함량은 A. foeniculum GJ와 A. cana의 함량이 가장 높았으며 다음으로 A. rugosa의 함량이 높았고, A. rupestris의 함량은 가장 낮은 값을 나타냈으나, 식물체 1주당 함유된 양으로 환산할 경우 A. cana가 가장 많았고, 다음으로 A. rugosa의 함량이 가장 높게 나타났다. 따라서 기능성 함량을 고려한다면 cana 또는 rugosa 품종이 적당할 것으로 사료된다.



(a) 품종별 rosmarinic acid 함량(단위중량당) (b) 품종별 rosmarinic acid 함량(식물체당)

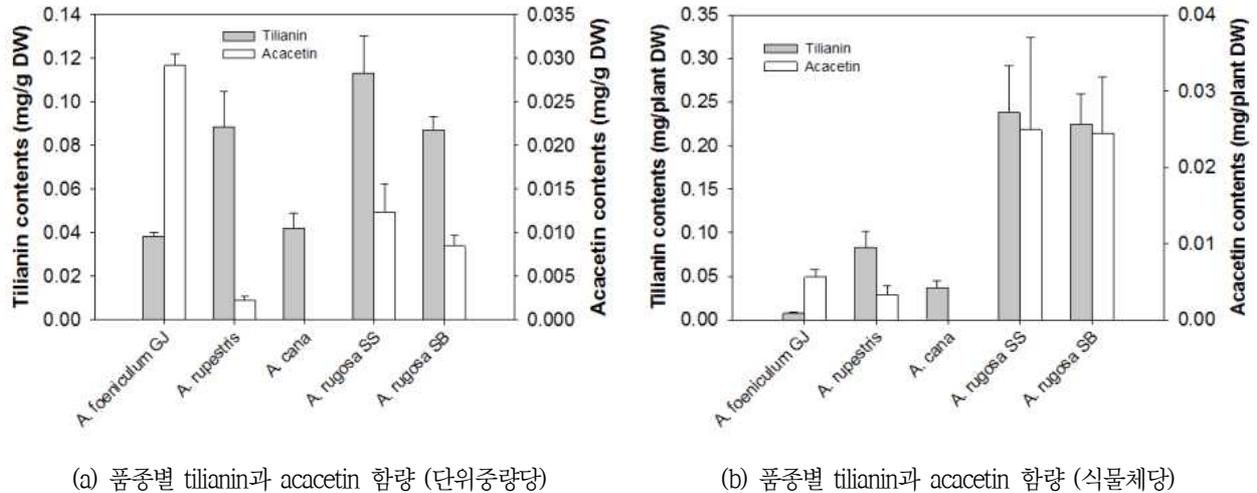
<Fig. 3-7> Agastache 속 품종별 rosmarinic acid 함량

단위 건물중 당 tilianin 함량의 경우 A. rupestris와 A. rugosa의 함량이 다른 품종과 비교하여 유의적으로 높았으며, 식물체당 함량의 경우 A. rugosa의 경우 타 품종과 비교하여 적게는 4배 이상 많은 경우 10배 이상의 함유량을 기록하였다.

단위 건물중 당 acacetin 함량의 경우, A. rupestris와 A. cana의 경우 매우 적은 양이 검출되었으나, A. foeniculum GJ가 가장 높게 나타났으며 A. rugosa의 경우 중간 정도의 값이 검출되었으며, 식물체당 함유량을 분석한 결과 A. rugosa의 함량이 타 품종과 비교하여 적게는 3배에서 10배 높았다.

이상의 결과에서, Agastache 속의 기능성 물질 또는 항산화물질의 양은 A. rugosa가 가장 높은

것으로 나타났으며, 이러한 근거는 생육의 차이에서 나온 것으로 사료되며, 종합적으로 생육과 기능성을 모두 고려할 때, *A. rugosa*를 선발 하는 것이 가장 유리할 것으로 판단되었다.



<Fig. 3-8> Agastache 속 품종별 tilianin과 acacetin 함량

2. 논 범용화 토양의 물리화학적 특성 분석

가. 토양 물리적 및 화학적 성질에 대한 분석

(1) 토양의 pH와 양이온치환능력 (CEC)

기존의 논토양에 암거배수를 설치하고 심토를 파쇄한 후 다시 멀칭과 비멀칭으로 나누어 토양 시료를 분석한 결과 토양 pH는 5.78-6.24 수준으로 나타났으며, 이는 작물생육 및 각 이온의 흡수에 매우 바람직한 pH 범위 수준이라고 할 수 있으며, CEC의 경우 토양의 양분 저장능력을 나타내는 것으로 토양알갱이가 고운 실트에서 클레이로 갈수록 CEC값은 커진다.

비암거배수의 경우 6.25, 암거배수의 경우 평균 6.30으로 나타나 암거배수에 따른 CEC값은 유의적으로 차이가 없다는 것을 알 수 있고, 또한 멀칭과 비멀칭의 경우 차이가 나는 것은 멀칭에 의해서 관수에 의해서 토양의 양분이 씻겨 내려가지 않았다는 것을 알 수 있다.

(2) 토양의 EC와 E_{Ce}

토양 건토와 물의 일정 비율 (주로 1:5)로 교반한 후의 전기전도도 값으로 측정하는 EC (dS/m)의 경우 비암거 배수의 경우 0.7로 낮았으며, 암거배수 처리의 멀칭과 비멀칭의 경우 모두 0.89로 25% 정도 높았다. 이는 암거배수 처리 후, 기비처리를 하여 높게 나타난 것으로 사료된다. E_{Ce}의 경우 토양의 전기전도도를 측정하여 나타내는데, 암거배수 멀칭 처리구에서 1.02로 가장

높게 나타났으며, 비암거 배수와 암거배수 비멀칭 토양에서 0.87-0.89로 거의 유사하게 나타났다. ECe와 EC값이 다르게 나타나는 것은 토성에 따른 차이와 토양의 양이온 교환능력 등의 차이에서 발생하는 문제로 주로 한국과 일본에서는 EC값을 이용하고 FAO나 USDA에서는 ECe의 값을 주로 이용하고 있다.

<Table 3-1> 토양의 암거배수와 멀칭 유무에 따른 토양의 물리 화학적 특성 분석(1)

Soil treatment	pH	CEC (cmol+/kg)	EC (dS/m)	ECe(dS/m)
Non-culvert (비암거배수)	6.24	6.25	0.7	0.87
Culvert-Mul (암거배수 멀칭)	5.78	6.45	0.89	1.02
Culvert-Non Mul (암거배수 비멀칭)	5.96	6.16	0.89	0.89

(3) 토양의 수분함량과 유기물 함량

토양 수분함량은 비암거배수 처리구에서 가장 높게 나타났으며 이러한 이유로 암거배수를 들 수 있다. 약 배수 증진 효과는 약 30-35% 정도 나타났으며, 유기물 함량의 경우 처리구별 큰 차이는 없었으나, 암거배수에서 전체적으로 높았고, 특히 멀칭을 한 경우 더 높게 나타나서 작물 생육에 도움을 줄 것으로 사료된다.

토성을 나타내주는 sand, silt, clay의 비율은 각각 다음과 같이 나타났으며, 모두 sandy loam으로 판단되었다.

<Table 3-2> 토양의 암거배수와 멀칭 유무에 따른 토양의 물리 화학적 특성 분석(2)

Soil treatment	water content (%)	organic matter content(%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)	Soil component
Non-culvert (비암거배수)	28.7	2.31	64	30	6	sandy loam
Culvert-Mul (암거배수 멀칭)	21.9	2.78	60	32	8	sandy loam
Culvert-Non Mul (암거배수 비멀칭)	19.3	2.46	62	30	8	sandy loam

3. 곽향의 생육 성장 특성 분석

가. 논 범용화를 위한 암거배수 작업



<Fig. 3-9> 논 범용화 작업을 위한 암거배수 설치원리와 심토파쇄, 실제 시공 및 시공 후 포장

대상 논은 유성구에 위치한 450평 규모의 논으로 2017년 3월 무굴착 암거시공법을 선정하여 50mm 유공관을 바닥 700mm 아래에 굴착과 동시에 설치하면서 토목섬유의 폭 500mm 를 유공관위에 수평으로 설치하여 완성하였으며 간격은 8m 간격으로 3줄을 설치하였다.

나. 멀칭 유무와 정식거리에 따른 곽향의 성장 분석

(1) 곽향의 파종 및 육묘

아시아 종묘회사로부터 곽향 종자를 구매하여 원예용 상토를 이용하여 파종용 (160공, 플러그 트레이)을 이용하여 Agastache rugosa 11판을 아산셀탑 육묘장에서 파종하였다. 28°C 에서 2일간 발아 후, 온도 24±1°C (낮)과 18±1°C (밤) 조건을 가정하여 온실의 환경조절을 실시하였으며 본엽 전개 후 원예시험장 처방 1/2용액에 침수 (1회/1일) 두상관수 처리하여 5주간 육묘했다. (아산셀탑 육묘장)

대전시 유성구 계산동 범용화 논에 암거배수가 처리된 논에서 멀칭과 비멀칭 처리된 폭 1.2m 길이 7m의 이랑에 정식거리 20, 30, 40cm 처리 조건으로 정식하였다(6월 7일). 지난 4월에 정식한 것이 가뭄으로 모두 말라죽어 관수장치(수도)를 끌어와서 최소 1주일에 1회씩 충분한 관수를

실시하였고, 4주 간격으로 엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 절간장, 화방수, 지상부 생체중 건물중, 지하부 생체중 건물중 등을 분석하였으며, 4주, 8주, 12주, 15주차에 생육분석을 실시하였다. 1차 수확은 8월 30일 수확하였고 2차 수확은 9월 21일 수확하였다.



<Fig. 3-10> 곱향의 파종 후 본엽이 전개된 상태 (좌)와 육묘장에서 육묘된 곱향 묘

○ 멀칭유무에 따른 곱향의 생육



(a) 멀칭 및 비멀칭 처리구



(b) 멀칭처리구 이식된 곱향



(c) 비멀칭처리구에 이식된 곱향

<Fig. 3-11> 멀칭유무에 따른 곱향의 생육 시험



<Fig. 3-12> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 4주)



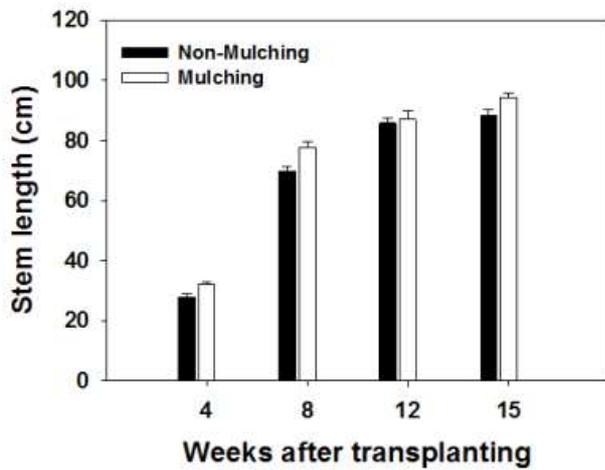
<Fig. 3-13> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 8주)



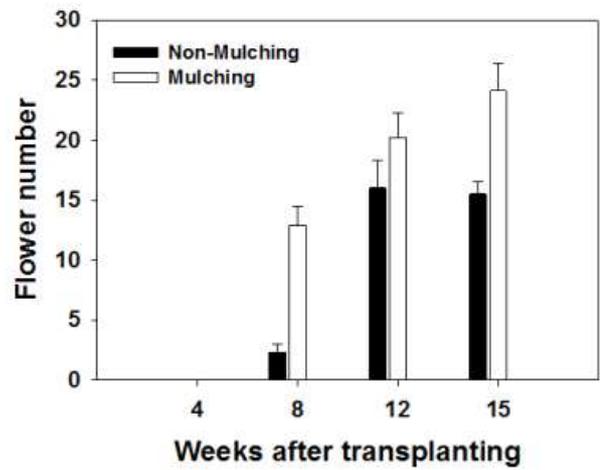
<Fig. 3-14> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 12주)



<Fig. 3-15> 비멀칭 및 멀칭처리구(이식 후 12주)



(a) 비멀칭 및 멀칭의 곽향 초장

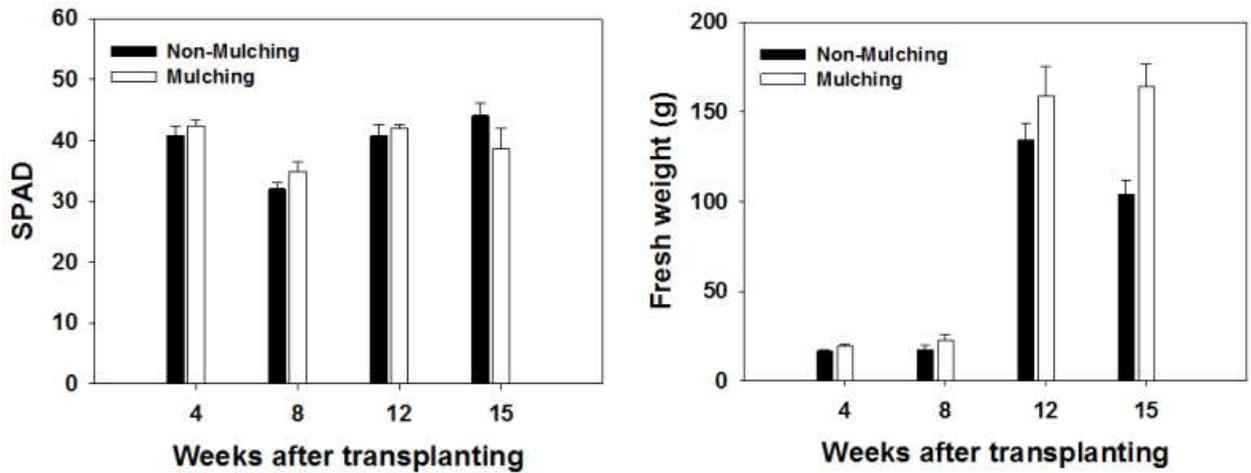


(b) 비멀칭 및 멀칭의 화방수 변화

<Fig. 3-16> 비멀칭과 멀칭 처리에 따른 곽향의 초장 및 화방수의 변화

멀칭과 비멀칭 처리에 대한 곽향의 초장의 변화는 유의적으로 차이가 나지 않았다. 정식 후 4주 후부터 15주로 갈수록 초장이 포화되는 경향을 보였으며 약 1m 가까운 초장 길이를 나타내었다.

화방수의 경우 많은 논문에서 기능성 물질의 함량이 높은 것으로 알려져 있기 때문에 매우 중요한 기관이라고 평가되고 있는데 특히 멀칭에 의한 지온상승 및 수분 스트레스 감소 등의 이유로 비멀칭과 비교하여 생육 초기에 화방수에서 유의적으로 차이가 나는 것이 확인 되었으며, 수확속도를 빠르게 전개하여 숙근초 성격을 갖는 곱향을 3-4회 수확할 경우 멀칭을 하는 것이 매우 유리할 것으로 사료된다.



(a) 비멀칭 및 멀칭의 곱향의 엽록소 함량(SPAD값)

(b) 비멀칭 및 멀칭의 생체중의 변화

<Fig. 3-17> 비멀칭과 멀칭 처리에 따른 곱향의 엽록소 함량(SPAD값) 및 생체중의 변화

엽록소 함량을 간이적인 방법으로 측정할 수 있는 SPAD 값을 이용하여 분석한 결과 멀칭과 비멀칭 처리구간의 유의적인 차이는 발견할 수 없었다. 이는 외부 기상 조건이 유사할 경우 (온도와 광조건) 엽록소 함량의 변화에 큰 차이가 없다는 것을 유추할 수 있으나, 극단적인 수분 스트레스를 받을 경우를 제외하곤 본 실험에서 차이가 발생되지 않았다.

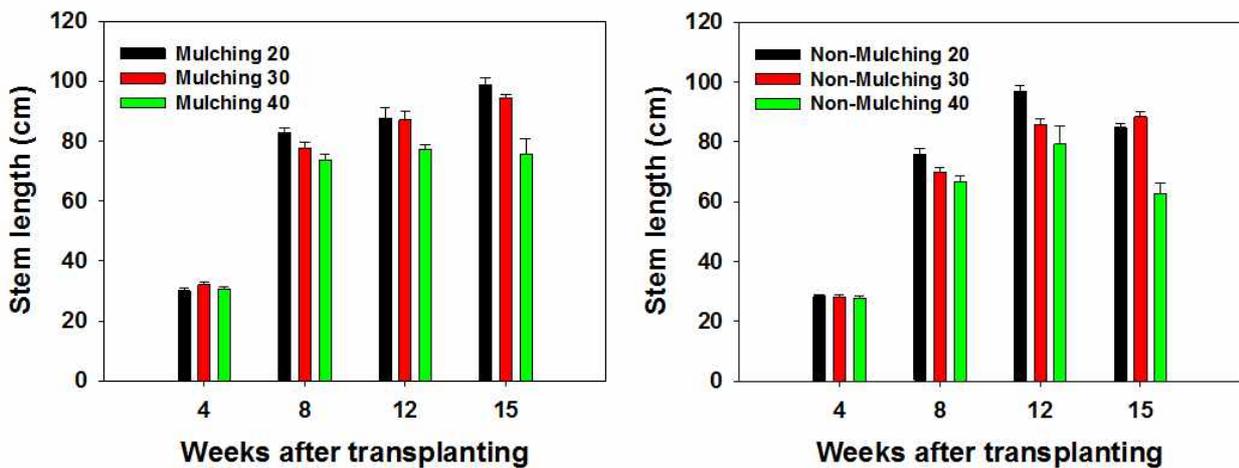
이식 후 15주까지의 4주 간격으로 생체중을 분석한 결과, 멀칭의 경우 12주와 15주 정도에서 더 이상 생체중이 증가하지 않고 생식생장으로 전환되며 엽이 클로로시스가 되는 과정을 겪는 것으로 추정된다. 그러나 비멀칭의 경우 생체중이 12주를 기점으로 시간 경과에 따라서 감소하는 경향을 보였다. 따라서 비멀칭의 경우 멀칭과 비교하여 수확시기를 당기는 것이 유리하다고 판단된다.

(2) 정식거리에 따른 곱향의 생육

멀칭과 비멀칭 조건에서 정식거리를 20, 30, 40cm로 설정하고 정식하였으며, 육묘 및 모든 조건은 멀칭 비멀칭 실험조건과 같았다.

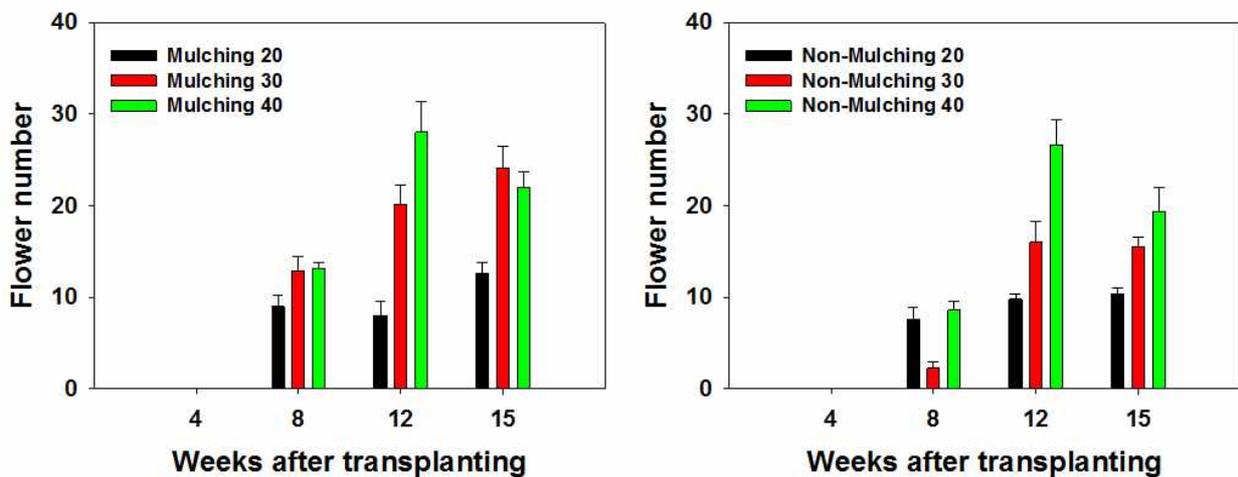


〈Fig. 3-18〉 비멀칭(좌) 처리구와 멀칭(우) 처리구에서 정식간격 20, 30, 40cm로 정식된 광향의 정식후(8주)



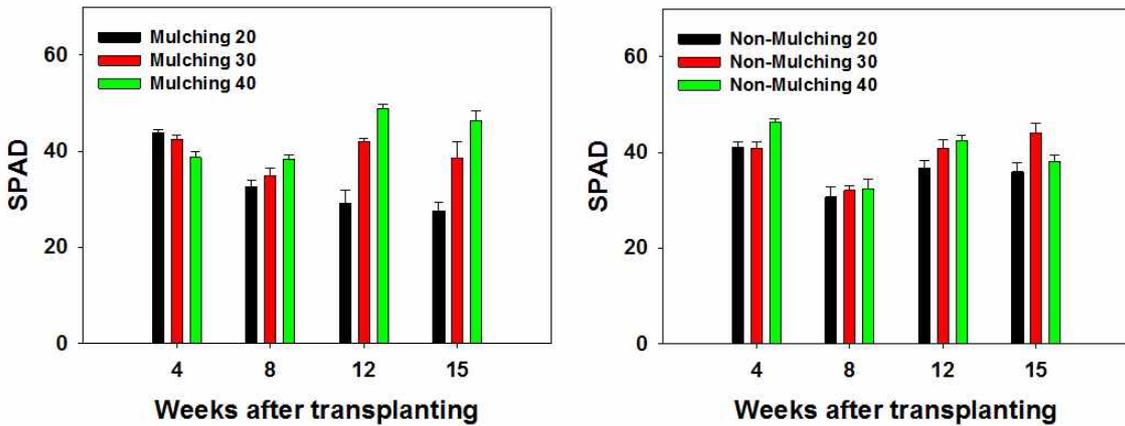
〈Fig. 3-19〉 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 초장의 변화

멀칭처리구와 비멀칭 처리구간에 초장에 대한 유의적인 차이는 발견 할 수 없었으나, 정식간격이 작아질수록 초장이 증가하는 경향을 나타내었으며, 20cm 처리와 40cm 처리의 경우 유의적인 차이를 관찰 할 수 있었다. 정식간격이 좁을수록 작물체는 태양복사에너지를 서로 중첩시키는 경향이 빨리 강하게 일어나며 초장이 길어지고 옆으로 생장을 하지 못하는 경향을 보인다. 멀칭과 비멀칭 모두에서 이와 같은 경향이 나타났으며, 초장은 약 12주 정도면 거의 한계에 달하는 것으로 추정된다.



〈Fig. 3-20〉 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 화방수의 변화

화방수는 비멀칭 처리구와 비교하여 멀칭 처리구에서 유의적으로 많았으며, 정식거리가 넓은 수록 두 처리 모두에서 화방수가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 정식간격에 따른 수광율의 차이가 엽면적과 생장에 영향을 주고, 이러한 결과 화방 전개가 빨라지는 것으로 예측되는데, 특히 화축을 포함하는 화방전체에서 2차대사 산물의 함량이 잎에 비교하여 2.3배 정도 높고, 줄기와 비교하면 약 10배 정도 농도가 진하다고 알려져 있다. 따라서 비멀칭일 경우 최소 12주 이상 생육시기를 유지해야 하지만, 노지의 경우 약간 앞당겨 수확할 수 있다.



<Fig. 3-21> 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 엽록소 함유량(SPAD 값)의 변화

엽록소 함량의 변화는 수분 스트레스나 질소질 비료나 광량의 부족 등으로 야기 된다고 할 수 있다. 본 실험에서는 비멀칭 처리구는 정식 간격의 차이에 따른 SPAD값의 변화가 매우 적었던 반면, 멀칭 처리구에서 12주와 15주에서 정식간격에 따라 큰 차이를 보이고 있다.

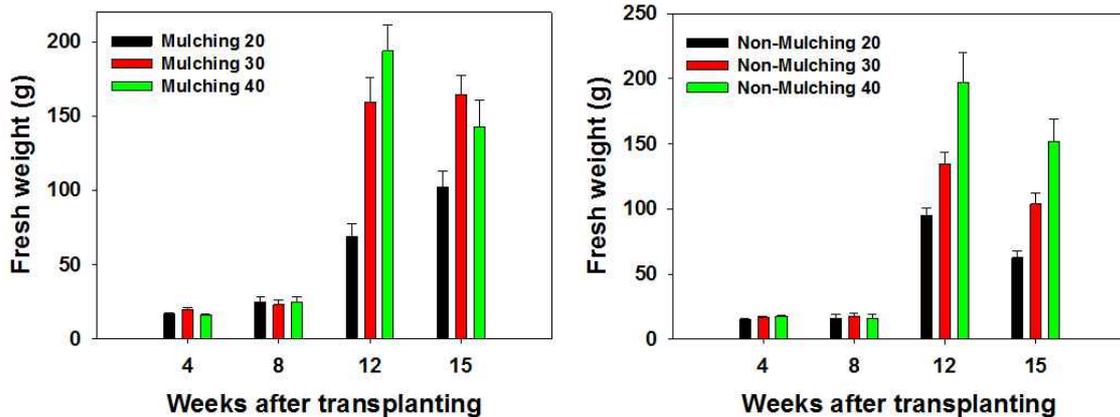
이 시기 동안에 강수에 의한 수분과다와 수분 부족의 차이가 이러한 차이를 나타낸 것으로 사료된다. 멀칭을 할 경우 강수에 직접 영향을 받지 않고 모두 멀칭재료를 타고 지하로 흡수되는 성질에서 처리구별 배수불량 현상이 일부 관찰 될 수 있기 때문이다. 그러나 SPAD값이 품질에 미치는 영향은 매우 미비하다고 할 수 있으며, 비멀칭 처리에서 차이가 나타나지 않았다는 것을 감안 할 때, 큰 문제는 없다고 판단된다.

멀칭 처리구와 비멀칭 처리구간의 광향의 생체중은 유의적으로 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 생육초기에 비멀칭 처리구에서 이식 후, 활착이 되지 않아 고사한 경우가 발생되었는데 초기 활착은 매우 중요하므로 초기 관수관리를 효율적으로 운영할 필요가 있다.

경제적인 재배방법으로는 멀칭을 하지 않는 것이 좋을 수 있으나, 실제 화방수의 차이와 이식 후 12주, 15주에 정식간격 30cm 처리에서 나타나는 광향의 생체중 차이는 매우 크다고 할 수 있기 때문에 현장에 광향을 재배할 경우 멀칭을 처리하는 것이 더욱 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

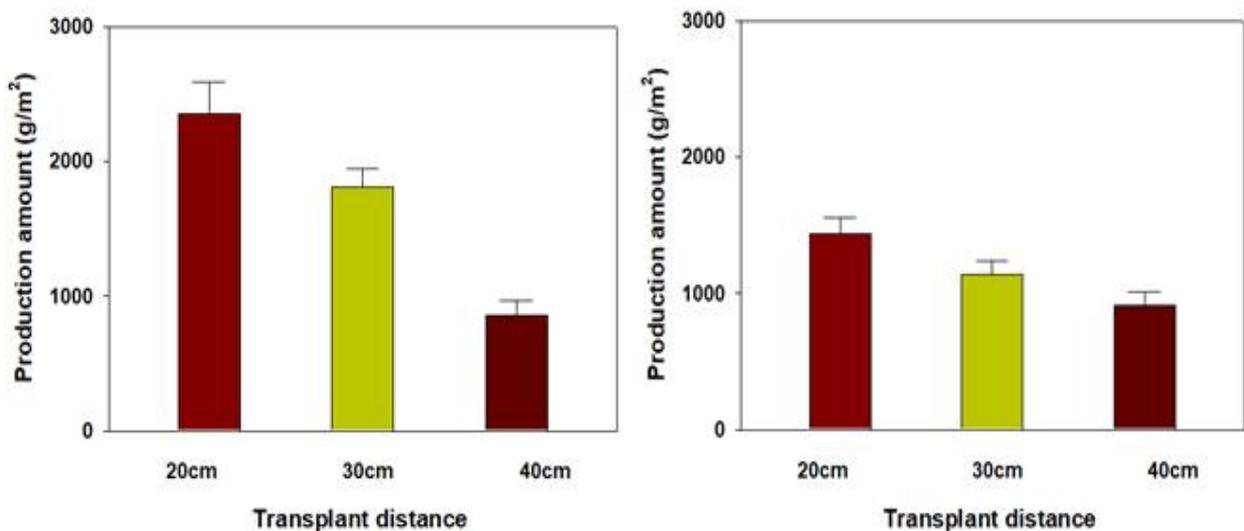
종합적으로 광향을 논 범용화 용지에서 재배할 경우 암거배수(시공된 유공관과 공법을 적용한 다고 가정하고)를 5m 간격으로 설치하고 주 배관을 논 용지 한쪽에 설치한 후 배수를 향상시킨

조건에서 재배를 준비한다.



<Fig. 3-22> 멀칭과 비멀칭 처리구에서 광향의 정식간격에 따른 생체중의 변화

이후 광향은 이식하는 조건에서 멀칭을 이용하게 되면 3월 중순에 이식을 하고 6월말에 1차 수확, 8월 말에 2차 수확, 10월 말에 3차 수확이 가능할 것으로 사료된다, 비멀칭으로 할 경우 수확 시기에 화방수가 적어 기능성 물질의 함량이 감소될 것으로 예상된다. 실제 농가에서는 3월에 직파를 하여 7월에 1차 수확하고 11월 초에 2차 수확하는 재배 작형을 가지고 있는데, 직파로 2회 수확과 육묘이식으로 3회 수확에 관하여 생산성 검증이 3년차에 필요하다고 판단된다.



<Fig. 3-23> 정식 간격에 따른 단위 면적 당 생산량 (왼쪽-멀칭 구간, 오른쪽-비멀칭 구간)

정식 거리에 따른 단위면적 당 생산량을 살펴본 결과, 멀칭 구간과 비멀칭 구간 모두 정식 간격이 넓어질수록 생산량이 줄어드는 것을 알 수 있다. 멀칭구간의 경우 20cm 정식간격에서는 단위 면적당 2800g 정도이며 40cm의 경우 1000g 정도로 약 2.8배 더 높은 생산량을 보이고 있다. 또한 비멀칭 구간의 경우도 마찬가지로 20cm 간격은 단위 면적 당 생산량이 약 1700g이며 40cm는 약 1000g으로 20cm 간격이 1.7배 더 높은 생산량을 보였다. 하지만 1주 당 생체중은 간격이

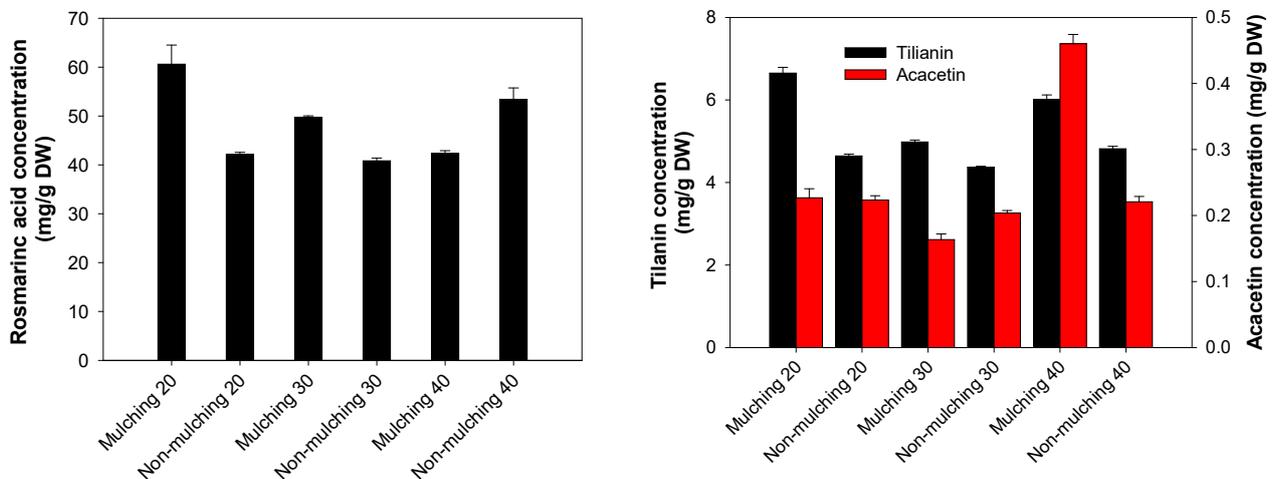
넓어질수록 커지기 때문에 정식 간격과 생산량을 종합하여 비교해봤을 때 가장 적절한 정식간격은 20~25cm 정도가 최적 조건이라고 판단된다.

다. 멀칭 유무와 정식거리에 따른 곱향의 기능성 물질 함량

8월 30일 1차 수확된 곱향을 이용하여 대표적인 기능성 성분이라고 할 수 있는 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 함량을 분석한 결과, rosmarinic acid의 경우 정식간격 20, 30cm 에서 멀칭처리에 서 비멀칭과 비교하여 유의적으로 높게 나타났으나, 40cm 간격에서는 비멀칭 처리가 더 높았다. Tilianin의 경우 모든 처리구에서 멀칭처리가 비멀칭 처리구와 비교하여 높게 나타났으며, acacetin의 경우 20, 30cm 처리구에서 유의적으로 큰 차이를 보이지 않았으나, 40cm 정식간격에 서는 멀칭 처리구가 비멀칭 처리구에 비교하여 높게 나타났다.

8월 30일 1차 수확된 곱향을 이용하여 대표적인 기능성 성분이라고 할 수 있는 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 함량을 분석한 결과, rosmarinic acid의 경우 정식간격 20, 30cm 에서 멀칭 처리에서 비멀칭과 비교하여 유의적으로 높게 나타났으나, 40cm 간격에서는 비멀칭 처리가 더 높았다. Tilianin의 경우 모든 처리구에서 멀칭처리가 비멀칭 처리구와 비교하여 높게 나타났으며, acacetin의 경우 20, 30cm 처리구에서 유의적으로 큰 차이를 보이지 않았으나, 40cm 정식간격에 서는 멀칭 처리구가 비멀칭 처리구에 비교하여 높게 나타났다.

생육과 기능성 물질 함량을 고려한 종합적 평가에서는 생육에서 좋은 결과를 보여준 정식간격 20cm 처리에서 rosmarinic acid 함량과 tilianin 함량이 높게 검출되어 매우 유리하다고 판단되며 멀칭처리가 초기 뿌리활착이 빨라서 매우 안정적인 생장을 보이는 점 등을 고려하면 멀칭 20cm 정식 간격으로 처리할 경우 생산성과 기능성 측면에서 가장 품질이 우수한 곱향을 대량 생산 할 수 있을 것으로 사료된다.



<Fig. 3-24> 멀칭유무와 정식거리에 따른 곱향의 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 함량 변화 (8월 30일 1차 수확 곱향을 이용하여 분석)

4. 배수불량 토양 조건의 선발 품종의 기비와 추비의 최적조건 도출

가. 유기질 비료 및 복합비료 처리에 따른 광합의 생육

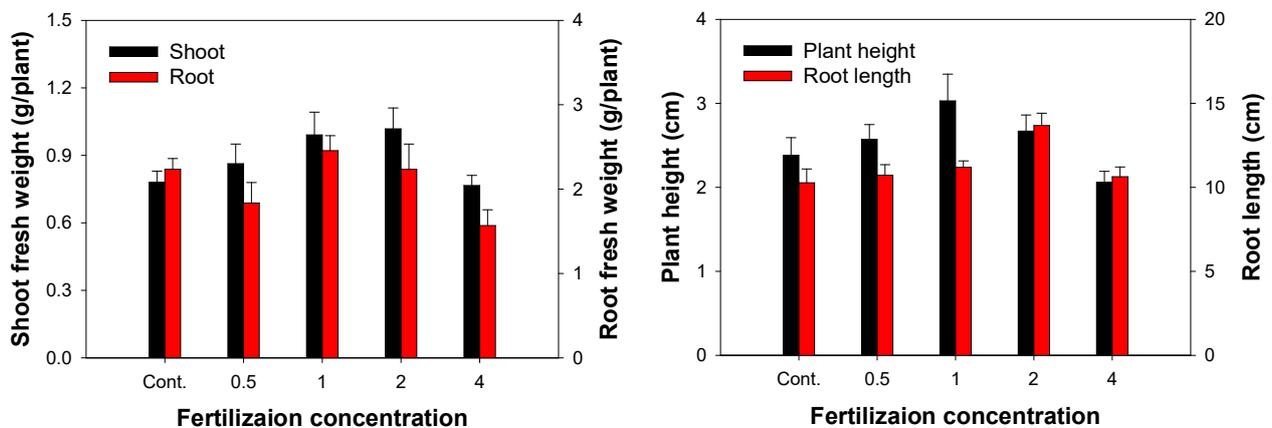
(1) 퇴비 사용 및 복합비료 처리

농촌진흥청 제공 농사로 정보 사이트(http://m.nongsaro.go.kr/m/mo/mob/mobk/kidoContentsFileView.mo;jsessionid=EIWAEMnhmCUougBULoppXz6m113zlc8AWddd9L7m1cvFai697ZLyotJHHNmhm ae.nongsaro-web_servlet_engine2?kidofcomdtyNo=14490)에서 제공하는 배초향의 농사재배 정보를 기반으로 하여 퇴비 2,000kg/10a, 복합비료 질소:인산:칼리를 각각 12:16:10kg/10a 사용기준을 근거로 하여 실험구를 설계하였다.

실험 1개 처리구당 재배면적 : 가로 1.2m x 세로 7m로 설정하였으며, 실험구는 총 5개로 설정하였으며, 모든 처리구에는 농사로 재배기술을 기준으로 1배 농도로 시비하였다. 복합비료의 경우 처리 농도를 0.5, 1, 2, 4배 및 무처리구를 두어 총 5개의 처리구를 두었으며, 과종용 압면판(240공, 한국UR 압면)을 이용하여 *A. rugosa* 종자(아시아종묘)를 이용하여 과종했다.

28℃에서 발아 후, 온도 24±1℃ (낮) or 18±1℃ (밤), 형광등을 이용하여 광강도 180 μmol m⁻²s⁻¹조건과 본엽 전개후 Hoagland 1/2용액에 침수(1회/2일) 처리하여 6주간 육묘하였으며 이후, 처리된 유성구 계산동 논 범용화지구에서 비밀칭 처리구로 설정된 포장에 정식하여(9월 25일) 4주간 재배하였다. 그리고 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽수, SPAD, 지상부 생체중 건물중, 지하부 생체중 건물중 등을 분석했다.

지상부 생체중은 1.0과 2.0에서 가장 높은 결과를 나타내었으며 뿌리의 생체중은 1.0에서 가장 높게 나타났고, 광합의 초장은 1.0 처리구에서 가장 높았으며, 근장은 2.0 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다.



〈Fig. 3-25〉 밀거름 농도에 따른 정식 4주 후 광합의 지상부 생체중, 뿌리 생체중, 초장, 근장의 변화

나. 배수불량 조건에서 선발 품종의 대량생산 기술 개발

(1) 농지 범용화에 따른 재배 환경 재설정

논토양과 밭토양은 환경적 및 화학적 특성 등의 차이가 나기 때문에 논밭 전용화 경우, 토양의 수분함유 조건을 달리 설정해줘야 한다. 환경적 측면의 가장 큰 차이점은 논은 벼를 담수재배를 계속하여 토층이 환원되었고 밭은 산화상태인 것이 특징이며 밭에서는 경사지가 대부분으로 토양유실이 많이 일어나고 있다는 점이다.

논토양에서는 담수 시에 미생물이나 식물 뿌리에 의하여 산소를 소모하고 탄산가스를 방출하여 질소는 환원상태로 변하고 있으며 항상 산소는 부족한 상태이다. 밭토양은 건조상태이고 강우 시 유실이 심하여 염기가 용탈되므로 산성화가 촉진되어 토양 퇴화가 촉진된다.

작물생산의 측면에서 보면 논은 지력의존도가 큰 반면 밭은 비료의존도가 높은 특징이 있는데, 경지이용에 따라 배수등급별로 토양화학성을 보면, 논토양에서는 배수불량지에서 EC가 1.26dS m⁻¹로 가장 높고 배수불량지에서 유효인산 함량이 96mg kg⁻¹, Ca이 4.9cmol kg⁻¹로 제일 낮아서 배수 불량지 배수개선 시에는 참고로 하여야 할 것으로 생각된다.

<Table 3-3> 수도작 지대에서 논과 밭의 차이점

특성	논	밭
지형	저지	산지, 구릉지
토양유실	약간	높음
토양구조 발달	약 또는 없음	강
토양 중 산소량	약간 또는 없음	많음
산화/환원	환원	산화
pH	높음	낮음
양분의 자연공급	관개수와 유입	없음
질소고정과 유효질소생성	높음 ⁺	나음
유효인산생산	높음	낮음
미량요소 결핍	약간	많음
질소의 안정형태	NH ₄	NO ₂
환원성 유해물질	많음	약간
철의 형태	Fe ⁵	Fe ³
망간의 형태	Mn ²	Mn ⁴ , Mn ³
유환의 형태	H ₂ , S, S	SO ₄
연작	가능	불가능

* Eiichi Kohno, Yoshio Ogawa and Shingo Iwata. 1995.

논에서의 철, 망간 등은 환원되어 작물에게 피해를 주고 하층으로 용탈되고 유화수소 같은 유

해물질이 생기고, 질소는 용해되어 N_2 , NH_3 등으로 탈질되어 질소의 손실을 준다.

<Table 3-4> 토양성분의 발(산화) 및 논(환원) 형태

성분	산화(발)형태	환원(논)형태	성분	산화(발)형태	환원(논)형태
C	CO_2	CH_4 , 알데히드	Fe	Fe^{+++}	Fe^{++}
N	NO_3^-	N_2 , NH_3	Mn	Mn^{++++}	Mn^{+++} , Mn^{++}
S	SO_4^{-2}	H_2S			

* 조성진 등 2005.

논토양에서는 담수 시에 미생물이나 식물 뿌리에 의하여 산소를 소모하고 탄산가스를 방출하여 질소는 환원상태로 변하고 있으며 항상 산소는 부족한 상태이다.

농촌진흥청 자료에 의하면 논에서 pH는 상승하고 환원상태에서 H_2S , Fe^{+2} , 유기산 등의 유해물질이 생기고 유기물 분해는 느리고 인산이 환원으로 유효화가 잘되며 염기와 미량요소를 관개수로부터 공급받아 작물재배에 지력의존도가 크다고 하였다.

발토양은 건조상태이고 강우 시 유실이 심하여 염기가 용탈되므로 산성화가 촉진되어 토양퇴화가 촉진된다.

<Table 3-5> 논 및 발토양의 특성비교

구 분	논	밭
o 재배조건 - 산소 - 수자원	부족(담수) 관개시설 잘됨	충분(건조) 자연강우 의존
o 토양의 이화학성 변화 - pH - Eh - 유해물질 생성	상승(중성) 환원상태 H_2S , Fe^{+2} , 유기산	산성화 산화상태 Fe^{+3} , Al
o 양분조건 - 유기물 분해 - 지력질소 - 인산 - 염기 - 미량원소	느림 건토효과 큼 환원으로 유효화 관개수에서 공급 관개수에서 공급	빠름 적음 고정으로 유효도 감소 용탈로 감소 용탈로 감소
o 작물생산	지력의존도 큼	비료의존도 높음

* 농촌진흥청. 2013. 토양관리

다. 약용작물 재배를 위한 범용농지 수분 최적화 조건 개발

(1) 약용작물 일 필요관개량 필요성

노지 작물의 일 필요관개량을 구하는 방법으로 증발산량을 추정하여 적용할 수 있다. 이 경우 작물계수 등 작물특성 인자가 요구된다.

그러나 대상 작물의 경우 작물계수 등 작물특성이 자료로 제시되어 있지 않아 본 실험에서는 대상 작물과 작물의 특성이 유사한 고추의 관개 필요수량을 차인하여 생육에 필요한 작물필요수량을 추정한다.

(2) 증발산량 산정 방법

계산에 적용한 증발산량 산정방법은 Penman-Monteith 공식을 적용하여 계산하였으며, FAO Penman-Monteith 공식을 사용하였다. 국제식량농업기구(FAO)에서 기존에 사용되던 약 20여 종류의 증발산량 공식을 검정한 후 1998년부터 하나의 공식으로 통일하여 사용하기로 결정한 잠재증발산량(reference evapotranspiration) 공식은 Penman-Monteith 공식이며 다음과 같이 표시된다.

$$\lambda ET = \frac{\Delta (R_n - G) + \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{e_s - e_a}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]} \quad \text{식(1)}$$

여기서, λET = latent heat flux(잠열 유속, $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), R_n = 지구(작물)표면에서 순수하게 축적되는 에너지, G = 토양 열 유속(soil heat flux), $(e_s - e_a)$ = 대기의 증기압 부족량(vapour pressure deficit), ρ_a = 일정한 대기압하의 평균대기밀도, c_p = 대기의 비열(specific heat), Δ = 포화증기압과 온도곡선의 기울기, γ = 건습계 상수(psychrometric constant), r_s = 표면저항((bulk) surface resistance), r_a = 공력저항(aerodynamic resistance).

식(1)의 잠열유속($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)은 다음의 관계를 이용하여 증발산량(mm/day)으로 환산될 수 있다. 즉, 증발산량(mm/day) = 0.408 잠열유속($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$). 이는 증발량과 에너지와의 관계에서 입증되었다. 물을 증발시키는데 필요한 에너지를 증발잠열(latent heat of vaporation, λ)이라 하며, 증발잠열은 수온의 함수이다. 예를 들면, 20 °C에서 λ 는 2.45 MJ/kg인데, 이는 1 kg 혹은 0.001 m³의 물을 증발 시키는데는 2.45 MJ의 에너지가 필요함을 의미한다. 따라서 m²당 2.45 MJ의 에너지 투입은 0.001 m 혹은 1 mm의 물을 증발시킨다. 즉, 1 mm의 증발량은 2.45 MJ/m²와 대등하므로 잠열유속을 2.45로 나누어주면 증발산량을 구할 수 있다.

- 공력저항 r_a 는 다음 식으로 계산된다.

$$r_a = \frac{\ln\left[\frac{z_m - d}{z_{om}}\right] \cdot \ln\left[\frac{z_h - d}{z_{oh}}\right]}{k^2 \cdot u_z} \quad \text{식(2)}$$

여기서, r_a = 공력저항(s/m), z_m = 풍속측정 높이(m), z_h = 상대습도 측정 높이(m), d = zero plane displacement height(m), z_{om} = roughness length governing momentum transfer(m), z_{oh} = roughness length governing transfer of heat and vapour(m), k = von Karman's constant (≈ 0.41), u_z = 높이 z 에서 풍속(m/s). 여러 종류의 작물에 대한 공력저항 r_a 는 작물의 체장 h (m)와 온도와 습도의 측정 높이 2 m를 사용하여 비교적 간단하게 계산될 수 있다. 작물의 체장 $h = 0.12$ m라고 하고 풍속과 습도의 측정높이를 국제표준인 2 m라고 하면, 다음의 관계를 이용하여 2 m 높이에서의 r_a 를 구할 수 있다. 즉, $d(m) \approx 2h/3$, $z_{om}(m) \approx 0.123h$, $z_{oh}(m) \approx 0.1z_{om}$, $z_m = 2$ m, $z_h = 2$ m. 따라서 r_a 는 다음 식과 같다.

$$r_a = \frac{208}{u_2} \quad (m/s) \quad \text{식(3)}$$

표면저항 r_s 는 다음 식으로 계산된다.

$$r_s \ (s/m) = \frac{r_1}{LAI_{active}} \quad \text{식(4)}$$

여기서, γ_1 = bulk stomatal resistance(기공저항) of the well-illuminated leaf (s/m), LAI_{active} = active (sunlit) leaf area index($m^2(\text{leaf area})/m^2(\text{soil surface})$). 엽면적지수(LAI)는 작물에 따라 크게 변할 수 있다. LAI는 일반적으로 작물이 성숙하며 증가하여 개화기나 개화기 직전에 가장 큰 값을 가지며, 보통 3-5의 값을 갖는 작물이 많다. 기공저항 r_1 은 기후와 토양의 함수량에 많은 영향을 받으나 작물에 따라서도 많은 차이가 있는 것으로 알려져 있으나 알팔파와 같은 표준 작물에 대해서는 다음의 값을 사용할 수 있다.

$$LAI_{active} = 0.5 LAI$$

$$LAI = 24 h, \ h \text{는 표준작물의 높이 } 0.12 \text{ m 적용}$$

$$\gamma_1 = 100 \ (s/m)$$

$$\text{따라서, } r_s = 70 \ s/m$$

증발산량의 산정위치를 표준화하기 위하여 FAO는 증발산량을 산정하는 기준면(reference surface)을 사용하고 있다. 또한 작물도 여러 작물을 대상으로 하기보다는 기존에 증발산량에 대해 연구가 많이 수행된 대표작물(alfalfa)을 선정하였으며 대표작물의 기준면에서 증발산되는 수분의 양을 기준잠재증발산량 혹은 잠재증발산량(ET_o)으로 부른다. 대표작물이 아닌 다른 작물의 증발산량은 잠재증발산량에 작물계수(crop coefficient)를 곱하여 구한다. FAO의 전문가 기준면

을 “작물의 키(높이) 0.12 m, 표면저항(rs, surface resistance) 70 s/m, 반사율(albedo) 0.23인 가상의 기준작물” 로 정의하였다.

기준잡재증발산량(ET_o)을 계산하기 위하여 FAO는 Penman-Monteith 공식과 공식 (2), (3), (4)를 조합하고 또한 기준면에 기준작물의 조건을 반영하여 FAO Penman-Monteith 공식을 다음과 같이 발표되었다.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad \text{식(5)}$$

여기서, ET_o = 기준잡재증발산량(mm/day), R_n = 지구(작물)표면에서 순수하게 축적되는 에너지(MJm⁻²day⁻¹), G = 토양 열 유속 밀도(soil heat flux density, MJm⁻²day⁻¹), T = 2 m 높이에서 일평균기온 (°C), u₂ = 2 m 높이에서 풍속(m/s), e_s = 포화증기압(kPa), e_a = 실제증기압(kPa), e_s-e_a = 포화증기압 결손량(kPa), Δ = 증기압 곡선의 기울기(kPa/°C), γ = 건습계 상수(kPa/°C).

그러나 현재까지 개발된 어느 공식도 지구상의 증발산량을 정확히 산정할 수는 없는 것과 마찬가지로 FAO Penman-Monteith 공식도 완벽할 수는 없다. 따라서, 어느 지역에 첨단 장비를 설치하고 증발산량을 측정한다면 FAO Penman-Monteith 공식의 계산 치와 경우에 따라서는 상당한 차이를 보일 수 있다. 그럼에도 불구하고 FAO의 전문가 그룹은 이 공식이 상대적으로 안정성 있게 증발산량을 산정할 수 있다고 믿고 있다.

증발산량의 예측값과 측정값을 비교해야 한다면 작물의 체장(크기)에 따라 LAI와 기타 변수들이 상당히 변하기 때문에 공식 (1)로 나타낸 Penman-Monteith 공식을 사용할 필요가 있다. 공식 (5)를 사용할 경우에는 작물계수(crop coefficient)를 실험적으로 구하여 특정 작물의 증발산량을 예측할 수 있으며, 작물계수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$K_c = ET_c/ET_o \quad \text{식(6)}$$

여기서, K_c= 작물계수, ET_c = 작물의 증발산량 측정치, 그리고 ET_o는 식 (5)로 계산된 증발산량 예측값이다.

FAO Penman-Monteith 공식을 사용하기 위해서는 대기온도, 습도, 복사량 및 풍속에 관한 일별, 일주일 단위 혹은 1개월 단위의 기상자료가 필요하다. 기상자료는 반드시 단위를 확인하고 사용하여야한다.

- FAO Penman-Monteith 공식의 변수

FAO Penman-Monteith 공식의 변수는 다음과 같다.

- ET_0 = 기준잠재증발산량(mm/day)
 R_n = 지구표면에서 순수하게 축적되는 에너지($MJm^{-2}day^{-1}$)
 G = 토양 열 유속 밀도(soil heat flux density, $MJm^{-2}day^{-1}$)
 T = 2 m 높이에서 일평균기온 ($^{\circ}C$)
 u_2 = 2 m 높이에서 풍속(m/s)
 e_s = 포화증기압(kPa)
 e_a = 실제증기압(kPa)
 $(e_s - e_a)$ = 포화증기압 결손량(kPa)
 Δ = 증기압 곡선의 기울기($kPa/^{\circ}C$)
 γ = 전습계 상수($kPa/^{\circ}C$)

FAO Penman-Monteith 공식은 7일, 10일, 30일 등 일정한 단위기간 동안의 증발산량을 구할 경우에는 변수도 이에 맞는 값으로 구하여야 한다. 예를 들면 어느 변수를 구하는데 온도 혹은 상대습도가 사용된다면 단위기간 동안의 최대 및 최소 온도 혹은 상대습도를 더한 후 그 단위 기간으로 나누어 단위기간동안의 평균최저온도 혹은 평균최대상대습도 등을 구하고 이를 이용하여 단위기간동안의 변수를 구하여 증발산량을 계산해야한다.

(3) 작물 일 관개 필요수량 산정

Penman-Monteith 공식을 적용한 증발산량 산정은 다음과 같다.

- 기상자료 : 대전관측소
 - 북위<Lat.(N)> : 36.37.
 - 표 고 : 68.30 El.m

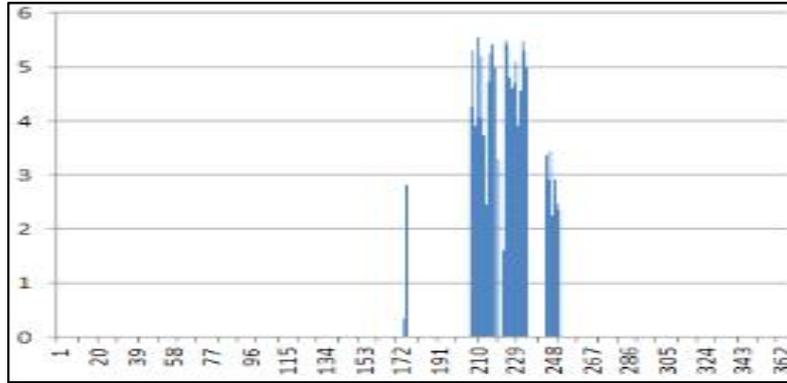
<Table 3-6> 밭 작물별 적용인자(Penman-Monteith)

구 분	관개면적(ha)	TRAM(mm)	경작시작일	경작종료일
고추	100.0	40.0	05월 하순	09월 하순

<Table 3-7> 작물계수(Penman-Monteith) 고추 (Type 3)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상	.00	.00	.00	.00	.00	.35	.80	.95	.95	.00	.00	.00
중	.00	.00	.00	.00	.00	.35	.95	.95	.87	.00	.00	.00
하	.00	.00	.00	.00	.35	.55	.95	.95	.80	.00	.00	.00

- 관개필요수량(일별) : 총관개량 147mm

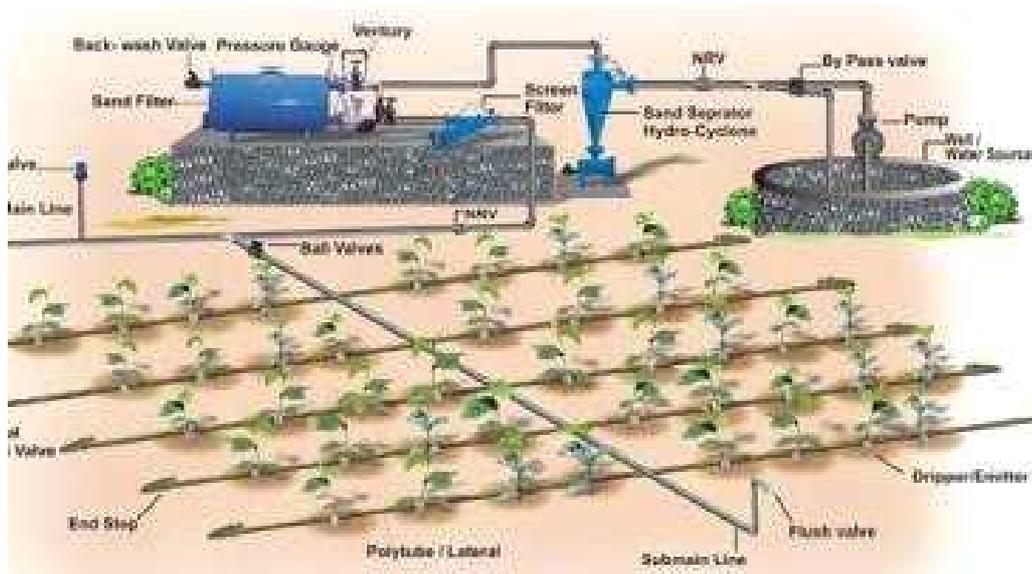


<Fig. 3-26> 일별 관개 필요수량 그래프

(4) 수분 최적 용수공급 방안

약용작물의 맞는 일별 관개필요수량을 결정하면, 작물 재배대상지에 정량적인 수분 공급을 해주어야 하는데, 이를 자동관개시스템을 적용하여 용수공급을 하는 것이 최적인 대안이 될 수 있다.

자동관개시스템은 효율적인 물사용을 위해 센서 기반형 자동 관수량 조절 기술이 접목된 자동 관개시스템의 영농 현장(밭) 적용으로 물 절약을 추진한다. 구성요소는 토양수분 측정장치, 공급 탱크, 양수펌프, 마이크로컨트롤러(Micro Controller), 관개노즐, 관망 등을 포함한다.



<Fig. 3-27> 마이크로컨트롤러 기반 자동관개시스템(P.Ashok, 2010)

토양수분 측정장치는 토양수분은 동일 공간에서도 사-공간, 기상 및 작물이 생육특성에 따라 변하므로 토양수분의 이동특성 또는 작물에 대한 영향을 파악하기 위해서는 토양수분 함량 변화의 실시간 계측이 중요하다. 토양수분을 측정하는 토양수분센서는 목적에 따라 양적개념과 에너지 개념으로 측정하는 방법으로 나누어지는데, 양적개념 측정 방법은 중성자 수분측정기, TDR(Time Domain Reflectometry), FDR(Frequency Domain Reflectometry)에 의한 방법이 있으며,

에너지 개념 측정 방법은 토양수분포텐셜을 측정하는 토양수분장력계, 석고블럭 방법 등이 있다.

관개노즐은 크게 살수 관개와 점적 관개로 분류할 수 있다. 살수 관개(Sprinkler Irrigation System)는 고정식과 이동식이 있고, 살수하는 높이에 따라 수상식과 수하식이 있다. 살수반경 및 균일도 확보를 위해 수압이 2.0bar 이상 유지하여야 하며, 경사지에서도 실시 가능하다. 관수량이 15,000L/ha/10a로 표면관수보다 적고 물방울에 의한 지피막 형성도 방지할 수 있다. 가압장치 등 시설 설치에 따라 비용이 많이 들고, 수질 불량시 여과장치 설치해야 한다. 점적 관개(Drip Irrigation System)는 수도관에 연결된 미세 관(2mm)을 작물 밑 또는 중간에 배치하여 작물 필요수량을 일정 속도로 계속 관수하는 방법이며 물 소비량이 600L/ha/10a로 가장 적다. 일시적인 과습 또는 건조 없이 토양수분상태를 계속 유지해주기 위해서 압력보상형 점적호수 또는 점적단추 사용 필요하다.

관망은 용도에 따라 주관과 지관으로 분류된다. 주관은 수원으로부터 펌프의 작동으로 인해 가압된 관개수를 지관으로 전달하는데, 높은 압력에 견디고 충분한 관개수량을 지관으로 전달토록 설계되었다. 지관은 점적단추나 점적기 같은 관개노즐이 부착되어 주관으로부터 전달된 관개수를 포장에 관대할 수 있도록 관개노즐에 전달된다.

펌프는 관개 시 필요수량 및 펌프 성능에 맞는 양수량을 고려하여 선정한다.

마이크로 컨트롤러(Micro Controller)는 토양의 정밀 수분제어를 수행하기 위한 제어시스템으로 사용하며, 토양 수분에 따른 마이크로 컨트롤러 제어 규칙을 작물별·시기별 설정하며, 토양수분 측정 장치를 통해 토양수분 측정값을 입력받고 제어 규칙에 따라 밸브 개폐, 펌프 구동 및 중단 등 결정하여 제어할 수 있다.

자동관개시스템은 시설규모, 작물상태, 토양종류 등에 따라 마이크로 컨트롤러를 통해 관수시점, 시간 및 관수량 등을 자동제어하여 작물 필요수량을 적시에 공급 가능하다. 특히, 자동관개시스템은 자동 관수, 물소요량, 전력소요량, 토양수분환경 변화까지 체계적으로 관리가 가능하기 때문에 작물 생산성, 에너지 절약 및 물이용 효율성을 높여 수동 관개시스템보다 물 소요량 10~20%, 전력 소요량 5~10%를 절감할 수 있다.

농지 범용화의 수분을 공급하는 관개 방법으로는 분수관개, 살수관개, 점적관개, 지중관개 및 저면급수 등을 적용할 수 있다. 분수관개는 일정간격으로 구멍이 나 있는 플라스틱 파이프나 유공튜브(분수호스)에 압력이 가해진 물을 분출시켜 일정 범위의 표면을 적시는 관수방법이다.

수압에 따라 분출수의 분출각도나 분출거리가 달라지므로 구멍의 방향과 구멍간 거리를 조절하거나 아니면 수압자체를 조절하여 관수가 균일해지도록 한다. 분수 관개 시 분출수의 크기(입자)는 고울수록 토양표면의 입단파괴를 줄여 표면의 굳어짐을 방지할 수 있으므로 작물생육에 유리하다. 분수관개는 대부분 물을 양쪽으로 비스듬히 분출시켜 관수하는데 설치비가 적게 들고 시공도 용이한 편으로 상추, 시금치 등 엽채류의 시설재배에서 많이 이용된다.



<Fig. 3-28> 콩 및 고추 분수관개

살수관개는 일정수압을 가진 물을 송수관으로 보내고 그의 선단에 부착한 각종노즐을 이용하여 다양한 각도와 범위로 물을 뿌리는 방법으로, 고정식과 회전식이 있으며 회전식을 일반적으로는 스프링클러라고 부른다. 이는 높은 수압을 이용하여 특수구조의 노즐을 회전시켜 균일하게 넓은 지역을 관수하는 장치이다.

살수형의 관수방법 가운데 미스트장치를 이용하는 미스트법이 있는데, 이는 강한 수압을 미스트 장치에 가하여 미세한 세무를 만들어 주로 엽상에 관수를 한다. 살수형의 관수방법은 파종상, 육묘상, 번식상 등에 주로 이용되는데, 살수관수장치를 운전하기 위해서 고정식은 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상, 회전식은 $2.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상, 회전식 가운데 미스트법은 $2.5\text{--}10\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 수압이 필요하다. 살수관개는 작물의 엽면이나 지면 일대에 살포할 수 있으므로 자연강우와 비슷한 성격을 띠는데 관수 강도에 따라 지면이 굳어지거나 표토가 유실될 수도 있다.



<Fig. 3-29> 당근 및 대파밭 살수관개

점적관개는 플라스틱 파이프나 튜브에 미세한 구멍을 뚫거나 그것에 연결된 가느다란 관의 선단 부분에 노즐이나 미세한 수분 배출구를 만들어 물이 방울져 소량씩 스며 나오도록 하여 관수하는 수분절약형 관수방법으로 시설채소, 분식화훼 및 노지 과수재배 등 광범위하게 이용된다.

점적관개는 물을 절약할 수 있는 것 이외에도 토양이 굳어지지 않고 표토 유실이 없으며 송수관내 유수량이 적어 물의 이동저항이 크지 않아 넓은 면적을 균일하게 관수할 수 있다. 점적관수장치에서 물이 스며나오는 구멍의 크기는 보통 $1.5\text{--}2.0\text{mm}$ 이며, 점적관수에 소요되는 수압은

1.5-2.0kg/cm²이며, 관수량은 튜브의 길이로 조절할 수가 있는데 10cm길어짐에 따라 유수량이 10% 감소한다.



<Fig. 3-30> 점적관개 설치

지중관개는 지중에 매설한 관수 파이프로부터 토양 중으로 물이 스며나와 작물의 근계에 물을 공급하는 방법으로, 토양의 단립화가 잘 이루어지고 유기물이 많아 물의 확산이 빠른 토양에 적용하는 것이 좋다. 지표관개에 비해 병해발생이 적고 생산성이 높지만 지중급수 파이프로부터 근계까지 수분이 스며 올라오는데 시간이 많이 걸리고 물이 많이 손실되며, 급수파이프 매설에 노력이 많이 들고 급수공이 막히기 쉽기 때문에 급수관을 그물튜브로 싸서 매설한다. 지중관개를 하면 물이 옆으로 이동하기가 어려우므로 급수관 바로 밑에 불투수성 필름을 깔기도 한다. 1회 급수량이 극단적으로 적으면 물의 확산이 어려우므로 1m²당 10-20L 정도로 충분한 물을 급수한다. 단위면적당 급수량이 많으면 지하로 유실되기 쉬우므로 급수파이프는 가급적 얇게 매설한다.



<Fig. 3-31> 지중호수 매설 및 포도밭 지중관개

저면급수는 미세한 종자를 파종한 파종상이나 분화재배에 이용되는 포트에 수분을 공급하고자 하는 경우에 저면에 있는 배수공을 통하여 물이 스며 올라가도록 하는 관수방법이다. 이는 기본적으로 수분의 모관상승을 이용하는 것이므로 무엇보다도 토양(배지)의 물리성이 적합해야 하는데, 토양입자가 거칠고 크면 모관상승력이 낮아 표토가 건조해질 수 있고, 너무 점질이면 통기가 불량해지므로 적당한 물리성이 필요하다.

보수성이 있는 매트위에 포트를 놓고 이 매트이 수분이 모관 상승하여 수분이 공급되도록 하는 방식, 포트의 배수공에 심지를 매달고 이 심지를 포트밑의 저수조에 잠기도록 하여 이를 통해 수분을 공급하는 방식, 벤치에 주기적으로 일정수위의 물을 채웠다 빼기를 주기적으로 반복하는 관수방식인 간헐침지식법(ebb and flow) 등이 있다.

이 방식은 수분소요량이 각기 다른 여러 가지 크기의 포트가 함께 있을 때 좋은 관수방법이며 또한 관수할 때 잎이 젖어서는 안 되는 식물 등에 매우 좋으나 포트 표층에 염류가 집적되므로 주기적인 검사와 지면관수로서 집적염류 세척 필요하다.



<Fig. 3-32> 저면급수 시스템

(5) 수분 유지 영농대책 제시

봄 가뭄 시 수분 유지를 위한 영농 대책으로는 파종 들어간 발작물은 마르지 않도록 스프링클러 등을 이용해 파종 뒤 일정한 간격으로 물을 주며, 늦게 파종할 경우 평소보다 20~30% 정도 종자량 늘리며, 고추 경우는 가뭄으로 작물 자라는 상태가 불량일 경우, 요소액 0.2% 옆면 살포와 석회결핍증 방지를 위한 염화칼륨액 0.3% 옆면 살포를 실시한다.

겨울 가뭄시 수분 유지를 위한 영농 대책으로는 배수작업을 겸한 훈내기 및 로울러 이용과 진압에 따른 수분 보존, 옷자람 억제 및 해빙기 건조 피해 방지를 하며, 해빙 전에는 물 뿌려주기 와 해빙후에는 물대기를 실시한다.

재배상황별 가뭄 대응 방안은 다음과 같으며, 작물의 수분 유지를 위해 최선의 관리를 해야 한다.

- 파종기가 빠른 조과 작물 경우, 파종 지연 시 영양생장기간 미확보로 수량이 급감되기 때문에 15 일 이상 파종 지연 방지가 필요하다.
- 조과 시 토양수분이 2.0bar이상 떨어진 상태에서 파종하면 발아가 크게 지연되며 입모율이 60%이하로 급감되어 상당한 감수를 하므로 이를 방지하는 관개 대책이 필요하다.
- 조과작물은 조기 파종하여 생육초기 저온기에도 입모가 되고 성장속도가 빠르기 때문에 조기에 1 회 이상 관개하여 가뭄 확산 전 활착 유도가 필요하다.
- 조과작물은 가뭄으로 입모와 활착이 지연되어 고온 시, 고온 장애에 의한 높은 고사율이 나타나므

로 관개 시 고려 필요하다.

- 조과작물은 장기 가뭄 예측될 경우, 투명비닐을 피복하여 수분을 보존하고 조기 활착 유도가 필요하다.
- 파종기가 늦은 만과작물은 가뭄 진행에 따른 고온 또는 토양 수분 부족기에 파종함에 따라 토양수분이 1.0bar이상 떨어질 때 파종하면 입모율이 급감되기 때문에 관개 시 고려 필요하다.
- 만과작물은 가뭄지속에 의한 고온 또는 토양 수분 부족기에 파종함에 따라 흑색비닐을 피복하고 파종하여 수분을 유지시키면서 고온 장애 방지 필요하다.
- 만과작물은 가뭄 지속에 따라 15일이상 발아 지연 및 50%이하의 입모율 발생 시, 재파 또는 대파 계획 수립이 필요하다.
- 만과하여 발아 입모 되었더라도 그 이후 토양수분이 5.0bar이상 떨어지면 대부분의 작물이 수분장애로 인해 감수되므로 최대한 토양 수분 유지하는 것이 필요하다.
- 논밭 전용화에 따른 토양의 수분함유 조건을 매우 달라짐. 적절한 암거배수 공법 시공 및 관리 기술이 필요하여 적절한 토양 시비관리가 필요하다.

5. 선발 품종의 기비와 추비의 최적 조건 도출 및 멀칭과 비멀칭의 생산성 비교

(1) 파종 및 육묘

(주)다농에서 구매한 *Agastache rugosa* 종자를 파종용 240공 암면 배지에 총 6판 파종했으며, 온도 $24\pm 1^\circ\text{C}$ (낮)과 $18\pm 1^\circ\text{C}$ (밤), 습도 $70\pm 10\%$ 조건으로 식물공장 환경조절을 실시하였다. 그리고 본엽 전개 후 Hoagland 용액에 침지(1회/1일) 처리하여 5주간 육묘하였다.



<Fig. 3-33> 식물공장 시스템과 배초향 생육 모습

(2) 멀칭 및 배초향 정식

2018년 4월 3일 암거 배수 처리 된 범용화 논에서 폭 1m, 길이 12m 두둑 하나 당 복합비료 “DO-PRO” 를 control, 0.5배(250g), 1배(500g), 2배(1kg), 4배(2kg) 배액 조건으로 토양에 처리했다.

2차년도 연구에 따르면, 정식 거리 30cm에서 가장 좋은 생육을 보였다는 결과에 따라 2018년 4월 18일 30cm 간격 멀칭 필름을 구입하여 멀칭을 실시했으며 육묘된 배초향 묘를 대전광역시 유성구 계산동 계산지구 농지에 정식했다. 두둑 하나 당 30cm 간격으로 폭 3줄, 길이 40줄 씩 이랑 하나 당 120주를 정식하였으며, 실험 포장은 10두둑으로 총 1200주를 정식하였다.

자연 관수를 기본조건으로, 무강우일수가 15일이 될 때 인위적인 관수를 하였으며, 4주 간격으로 초장, 엽수, SPAD, 지상부의 생체중 및 건물중을 생육 조사하며, 정식 8주 후 6월 22일에 1차 수확하였고, 정식 16주 후 8월 14일에 2차 수확하였다.



<Fig. 3-34> 멀칭 및 배초향 정식 모습

(3) 처리구 별 생육 결과



(a) 멀칭 구간



(b) 비멀칭 구간

<Fig. 3-35> 정식 4주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교



(a) 멀칭 구간



(b) 비멀칭 구간

<Fig. 3-36> 정식 8주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교



(a) 멀칭 구간



(b) 비멀칭 구간

<Fig. 3-37> 정식 12주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교



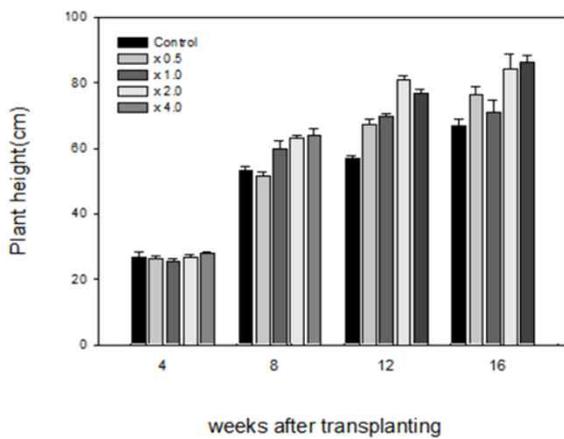
(a) 멀칭 구간



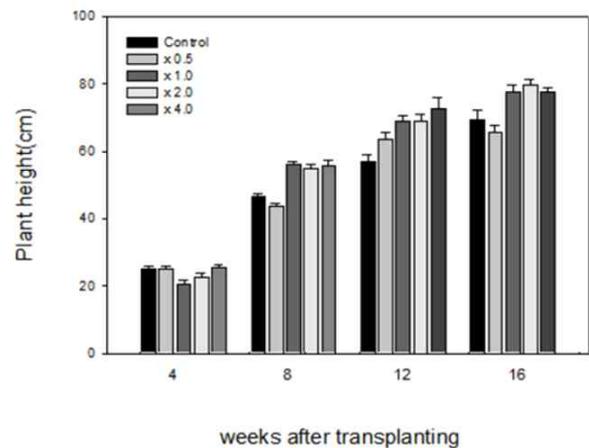
(b) 비멀칭 구간

<Fig. 3-38> 정식 16주 후 멀칭구간과 비멀칭 구간 비교

멀칭과 비멀칭 구간으로 나누어 주수 별로 생육을 비교해봤을 때, 멀칭과 비멀칭 간의 유의적인 생육 차이가 크게 보이지 않았다. 멀칭 구간에서 비멀칭 구간 보다 측지나 잎의 개수가 좀 더 많은 경향은 있었으나 육안으로 확인해봤을 때 큰 차이는 보이지 않았다.



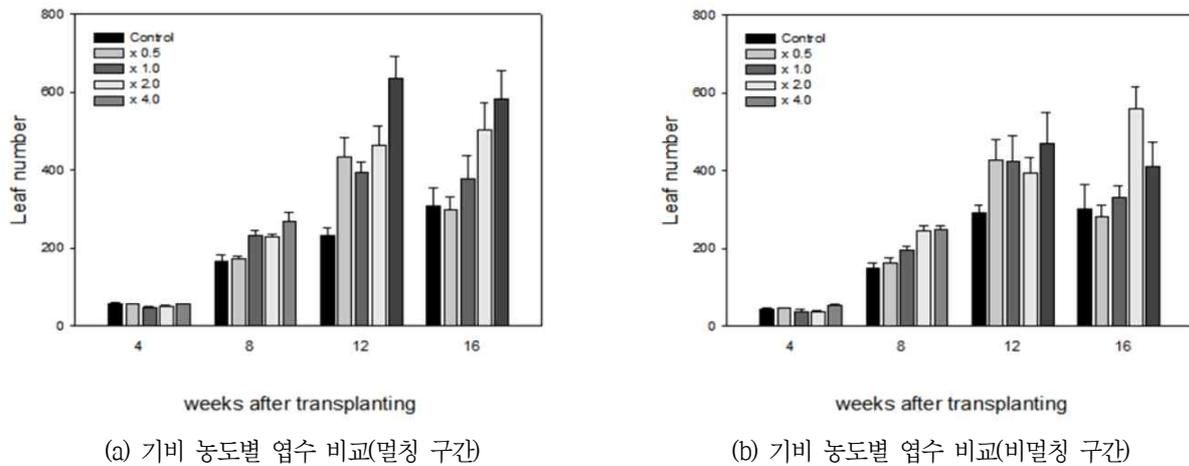
(a) 기비 농도별 초장 비교(멀칭 구간)



(b) 기비 농도별 초장 비교(비멀칭 구간)

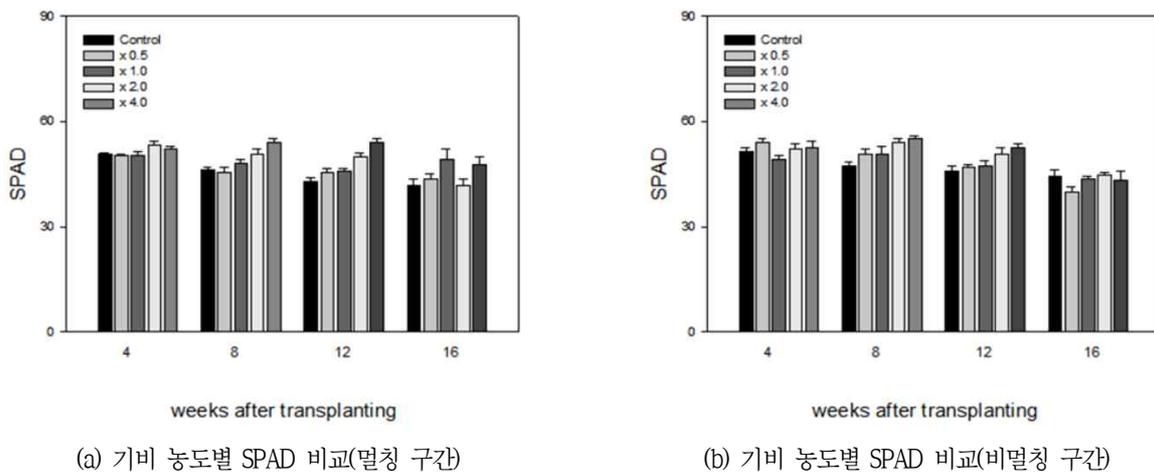
<Fig. 3-39> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 초장 비교

초장의 경우 정식 4주 후에는 멀칭 구간에 관계없이 농도에 따른 변화가 보이지 않았으나, 정식 8주 후부터 멀칭과 비멀칭 모두 처리 농도가 높을수록 초장이 증가하는 경향을 보였다. 비멀칭 구간보다 멀칭 구간이 좀 더 초장 생육이 좋았으나 크게 유의한 차이를 보이지는 않았다.



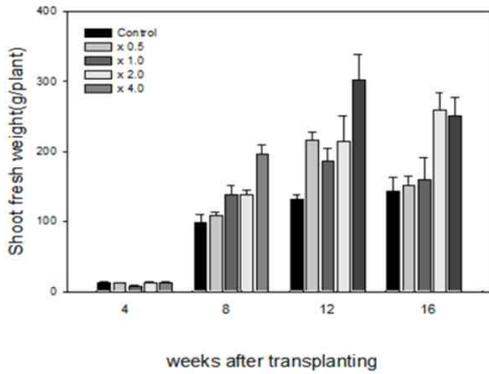
〈Fig. 3-40〉 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 엽수 비교

엽수의 경우 초장과 마찬가지로 정식 후 4주까지는 농도 간의 큰 차이를 보이지 않았지만 정식 8주 후부터 농도가 높을수록 엽수가 증가하는 경향을 보였다. 하지만 비멀칭 구간에서 정식 16주 후 2배 농도의 엽수는 4배 농도보다 유의하게 큰 것을 알 수 있다. 또한, 멀칭 구간이 비멀칭 구간 보다 엽수의 개수가 대체적으로 더 많은 것을 확인할 수 있다.

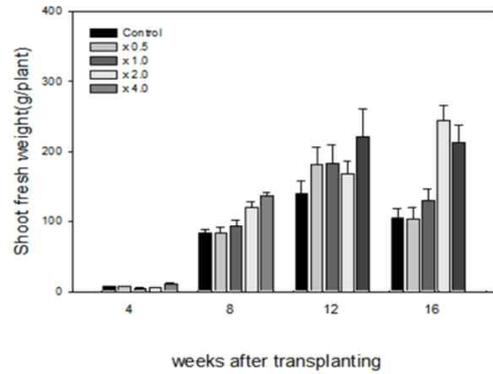


〈Fig. 3-41〉 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 SPAD 비교

SPAD 값은 엽내의 엽록소 함량의 많고 적음을 나타내는 것으로 멀칭 구간과 비멀칭 구간 모두 농도 간 큰 유의적 차이를 발견할 수 없었다. 이는 외부 온도 및 광조건과 같은 기상 조건이 유사할 경우에는 엽록소 함량에 변화가 없다는 것을 유추할 수 있다.



(a) 기비 농도별 지상부 생체중 비교(멀칭 구간)

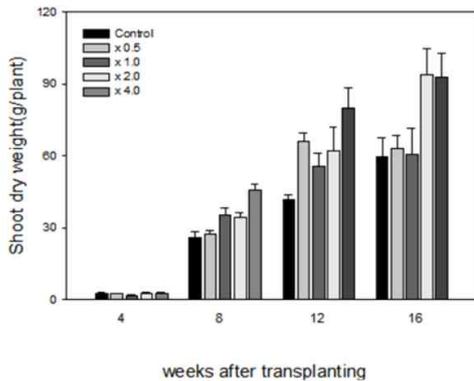


(b) 기비 농도별 지상부 생체중 비교(비멀칭 구간)

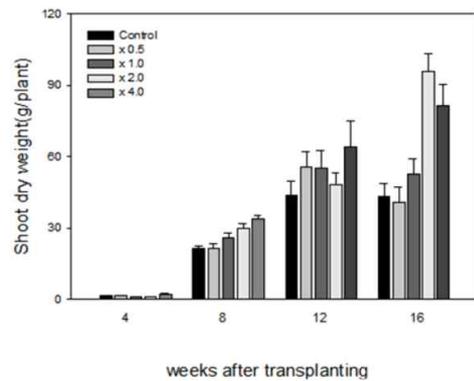
<Fig. 3-42> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 지상부 생체중 비교

정식 후 16주까지 4주 간격으로 생체중을 분석한 결과, 대체적으로 비료의 배액이 높을수록 생체중이 증가하는 경향을 보였다. 하지만 예외적으로 비멀칭 구간의 정식 후 16주 기비 2배 농도에서 다른 기비 농도보다 높은 값을 보였다.

또한 멀칭 구간과 비멀칭 구간 모두 정식 후 12주까지는 생체중이 증가하지만 16주차에서는 더 이상 생체중이 증가하지 않았다. 따라서 배초향을 재배할 때는 수확시기를 12주 정도로 잡고 수확을 하는 것이 유리할 것이라고 판단된다.



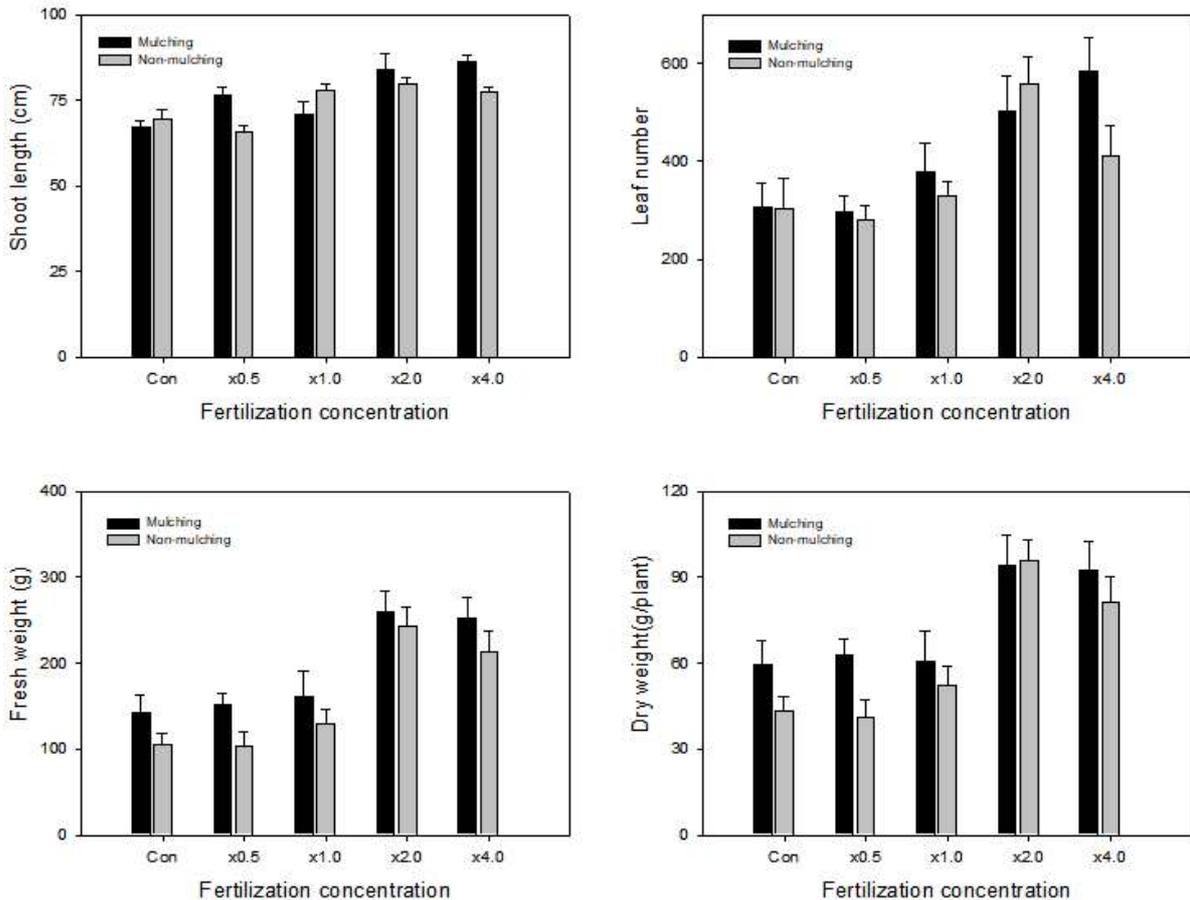
(a) 기비 농도별 지상부 건물중 비교(멀칭 구간)



(b) 기비 농도별 지상부 건물중 비교(비멀칭 구간)

<Fig. 3-43> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 지상부 건물중 비교

건물중의 경우에도 마찬가지로 정식 후 4주까지는 기비 배액간의 큰 차이가 없으나 정식 후 8주부터 기비 배액이 높을수록 건물중이 증가하는 수치를 보인다. 하지만 앞서 말한 생체중과 같이 비멀칭 구간의 정식 후 16주에서 2배 기비가 다른 농도보다 유의적으로 높은 것을 확인할 수 있다.

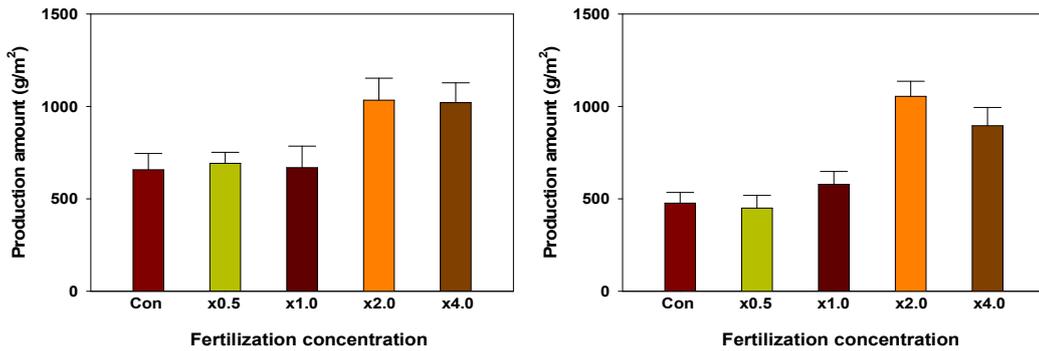


<Fig. 3-44> 정식 후 16주에서 멀칭, 비멀칭 구간의 초장, 엽수, 생체중, 건물중 비교

정식 후 16주에 초장, 엽수, 생체중, 건물중을 확인했을 때, 대체적으로 비멀칭 구간보다 멀칭 구간에서 더 높은 생육을 보이는 것을 확인할 수 있다. 초장과 엽수는 control 처리구와 2배 처리구에서 비멀칭 구간이 조금 더 좋은 생육을 보이고 있으나 유의적으로 큰 차이는 없음. 또한 생체중과 건물중을 비교했을 때, 모든 처리구에서 멀칭 구간이 좀 더 좋은 생육을 보이고 있다.

위 그래프들의 결과로 보아 기비 농도는 높을수록 생육이 증가하며 2배와 4배에서 가장 잘 자라는 경향을 보인다. 그리고 정식 후 12주까지는 생육이 크게 증가하는 수치를 보이나 정식 후 12주부터 16주까지는 크게 증가하지 않았다. 이는 2차년도 보고서에서 알 수 있듯이, 12주를 기점으로 영양 성장하던 배초향이 생식생장으로 전환되어 더 이상 크기가 증가하지 않는 것으로 추정됨. 또한 각 생육조사 항목을 확인했을 때 비멀칭 구간보다 멀칭 구간에서 대체적으로 생육이 더 좋은 것을 알 수 있다.

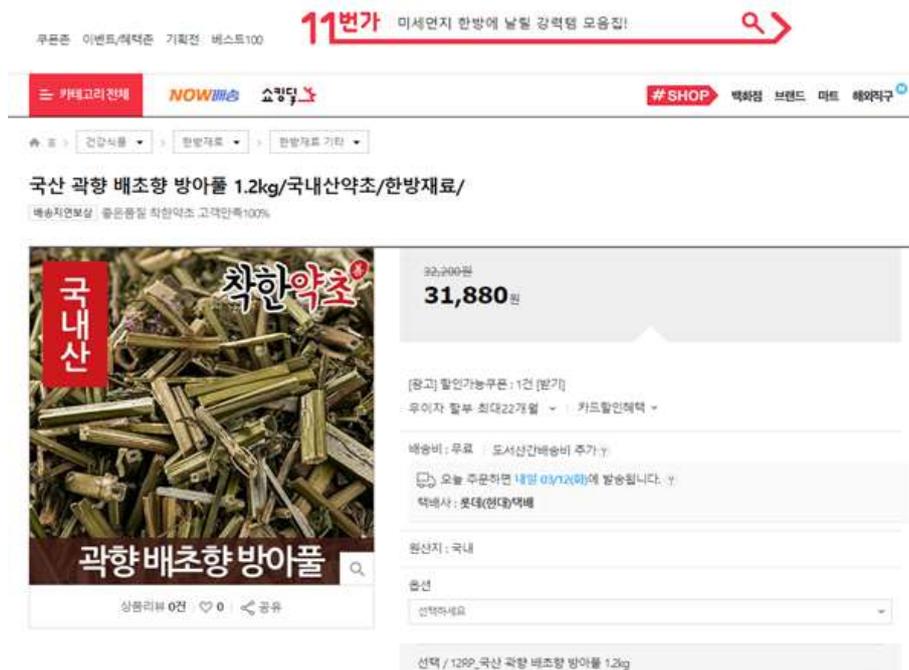
따라서 종합적으로 보면, 배초향을 재배할 때에는 기비 농도는 2배와 4배로 처리하는 것이 가장 좋을 것으로 판단된다. 또한 수확 시기는 정식 후 12주가 가장 적당할 것으로 사료되며 멀칭을 처리하는 것이 더욱 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.



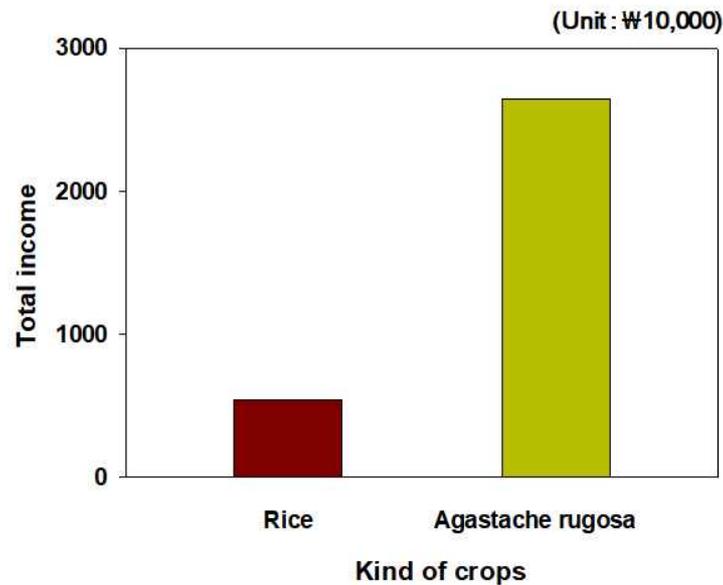
<Fig. 3-45> 비료 배액에 따른 생산량 비교 (왼쪽-멸칭 구간, 오른쪽-비멸칭 구간)

또한 멸칭, 비멸칭 구간에서 비료 배액에 따른 단위 면적 당 생산량을 비교해보았을 때, 멸칭 구간에서 전체적으로 좀 더 좋은 생육을 보였으며 멸칭 구간의 2배액 생산량이 1,033g으로 가장 높은 값을 보였고 컨트롤 구간이 657g인 것으로 보아 약 1.5배 정도 더 높은 값을 보였다. 하지만 비멸칭 구간에서 2배액의 경우 1,054g으로 멸칭 구간보다 좀 더 높은 값을 보였으며 컨트롤 구간이 476g으로 약 2.5배 더 높은 값을 보였다. 하지만 전체적인 생산량은 멸칭구간에서 좀 더 높은 값을 나타냈다.

따라서 결과적으로 보았을 때 가장 적절한 재배 조건인 비료 2배액 조건의 멸칭 구간에서의 곽향 건물중은 1주 당 90g 정도였으며, 10a 당 곽향의 수확량은 약 990kg으로 세계적 수준인 900kg보다 훨씬 높은 수준의 수확량을 기록하고 있다. 따라서 범용화 논에서 다음과 같은 조건으로 곽향을 재배한다면 높은 경제성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.



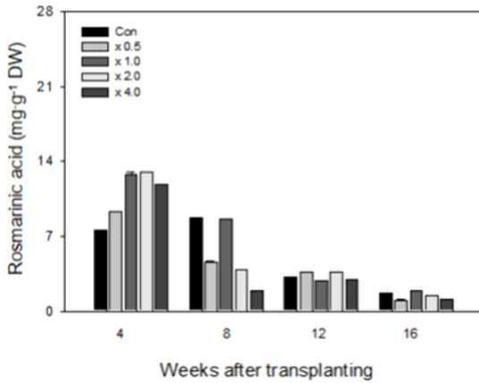
<Fig. 3-46> 시중에서 판매하는 곽향의 판매 가격



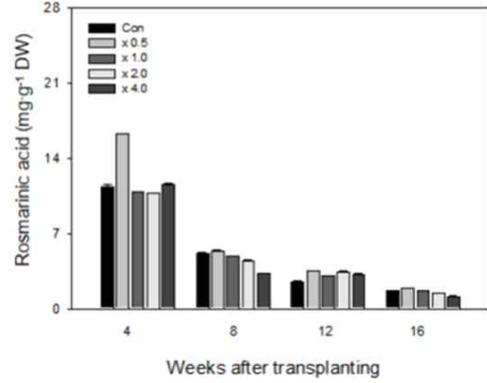
<Fig. 3-47> 쌀과 배초향의 소득 비교

곽향은 말려서 한방 재료로써 판매되고 있으며 1.2kg 당 약 32,000원 정도의 가격으로 시중에서 유통되고 있었다. 따라서 이를 바탕으로 곽향의 소득량을 계산해보면 10a 당 26,334,000원의 총 수익을 낼 수 있다. 또한 농촌진흥청에서 작성한 ‘농업경영개선을 위한 2017 농축산물소득자료집’을 참고한 특용 및 약용 작물의 평균 경영비 2,648,925원과 범용화 용지를 만들기 위한 시공비 2,000,000원을 제외한 결과 약 21,685,075원의 순 수익을 낼 수 있었다. 하지만 ‘농업경영개선을 위한 2017 농축산물소득자료집’에서 확인한 쌀 소득량은 10a 당 총 수입 974,553원 경영비 433,103원으로 순 소득 541,450원이었다. 따라서 범용화 농지로 전환한 후 재배한 곽향의 소득량과 논 작물인 쌀의 소득량을 비교한 결과 약 4.8배의 수익 차이가 발생하였다. 따라서 논 작물에서 밭작물로 재배 작물을 전환할 때 수익을 창출할 수 있을 것으로 사료되며 고소득을 창출할 수 있는 배초향, 박하, 참깨 등의 특용작물 및 약용작물을 재배함으로써 밭 농지로 전환하여 재배할 때 농가소득이 증대할 수 있을 것으로 확인된다.

(4) 처리구 별 기능성 물질 분석 결과



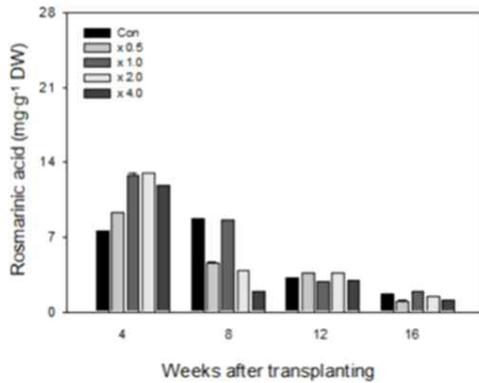
(a) 농도별 Rosmarinic acid 함량 비교(멜칭)



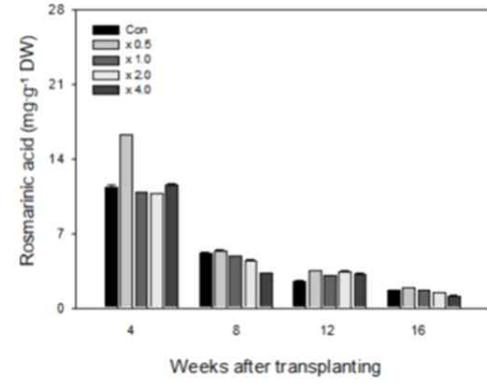
(b) 농도별 Rosmarinic acid 함량 비교(비멜칭)

<Fig. 3-48> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 Rosmarinic acid 비교

단위 건물중 당 rosmarinic acid 함량의 경우 기비 농도 간의 연관성은 뚜렷하게 나타나지 않으나 정식 후 기간이 지날수록 rosmarinic acid 함량이 점차 줄어드는 경향을 보였다. 정식 후 4주의 rosmarinic acid 함량과 정식 후 16주의 rosmarinic acid 함량을 비교했을 때, 기비 농도별로 최소 7배에서 최대 10배 이상 차이가 나타났다.



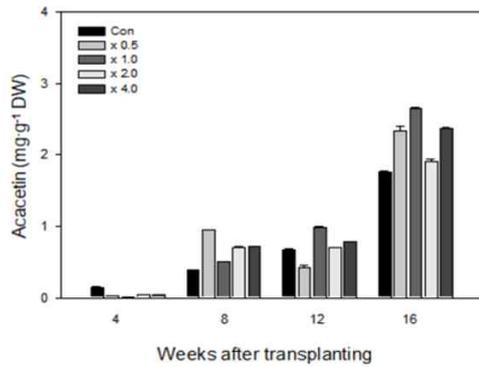
(a) 농도별 Tiliainin 함량 비교(멜칭 구간)



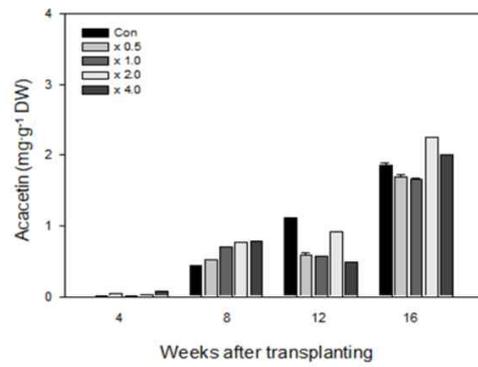
(b) 농도별 Tiliainin 함량 비교(비멜칭 구간)

<Fig. 3-49> 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 Tiliainin 비교

단위 건물중 당 tiliainin 함량도 기비 농도 간의 연관성은 크게 나타나지 않았고 기간별로 보았을 때, 정식 후 12주까지는 tiliainin 함량이 유의적으로 나타나지 않으나 16주에서 가장 높은 함량을 보였다. 또한 멜칭 구간의 경우 정식 후 16주가 다른 기간보다 4배 정도 더 높은 tiliainin 함량을 기록하였다.



(a) 농도별 acacetin 함량 비교(멸칭 구간)



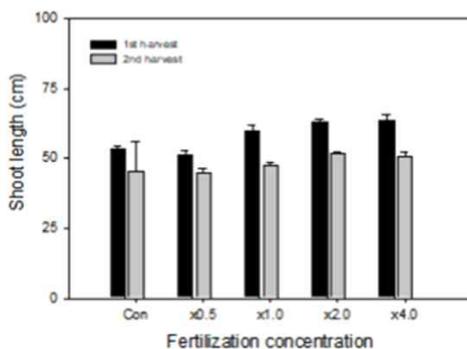
(b) 농도별 acacetin 함량 비교(비멸칭 구간)

〈Fig. 3-50〉 정식 후 기간에 따른 기비 농도별 acacetin 비교

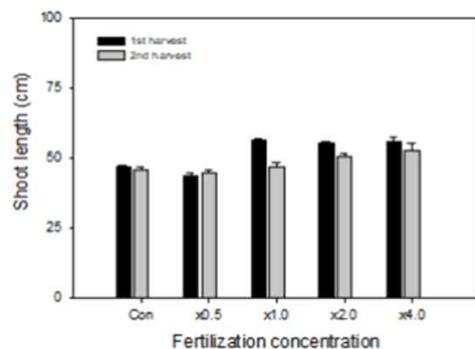
단위 건물중 당 acacetin 함량의 경우 기간이 지날수록 acacetin의 함량이 증가하는 경향을 보였고 기비 농도간의 연관성은 크게 보이지 않았다. 또한 정식 후 4주와 16주간의 acacetin 함량을 비교해 보았을 때, 멸칭 구간과 비멸칭 구간 모두 20배 이상 차이가 나타났다.

위 그래프들을 보았을 때, 정식 후 기간이 지날수록 rosmarinic acid의 함량은 줄어들었지만 tilianin과 acacetin의 함량은 점차 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 기능성 물질 함량에 따라 수확 시기를 다르게 고려하여 수확하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

(5) 수확시기 별 생육 결과



(a) 수확시기에 따른 초장 비교(멸칭 구간)

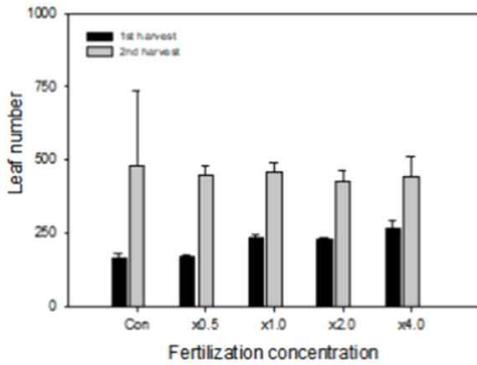


(b) 수확시기에 따른 초장 비교(비멸칭 구간)

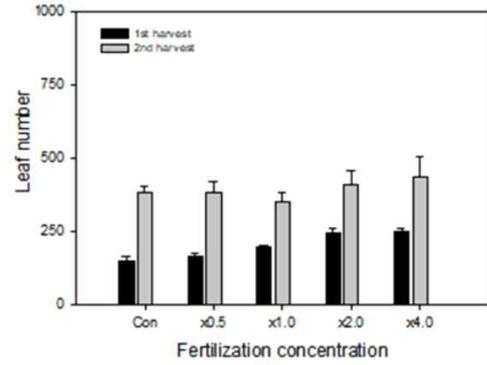
〈Fig. 3-51〉 수확 시기에 따른 멸칭, 비멸칭 구간의 기비 농도별 초장 비교

배초향은 뿌리를 뽑지 않고 줄기를 7~8cm 정도 남긴 뒤 수확하면 다시 생육을 하기 때문에 2차 수확이 가능하다. 그렇기 때문에 배초향 농가에서는 줄기를 절단하여 일 년에 두 번 수확을 하고 있는 상태이다. 따라서 1차 수확한 것과 2차 수확한 것의 생육을 비교하기 위해 정식 8주 후에 처리구 별로 1/2정도 완전히 수확을 했으며 나머지는 2차 수확을 위해 줄기 밑에서부터 7~8cm 가량 남기고 절단하였다.

초장의 경우 멸칭 구간과 비멸칭 구간 모두 대부분의 처리구에서 1차 수확한 것이 더 높은 수치를 보였다. 멸칭 구간에서 비멸칭 구간보다 더 큰 1차 수확과 2차 수확간의 격차를 보였으며 특히 멸칭 구간에서는 비료 농도 4배 처리구에서 13cm 정도로 가장 큰 격차를 나타냈고 비멸칭 구간에서는 비료 농도 1배 처리구에서 9cm 정도로 가장 큰 격차를 보였다.



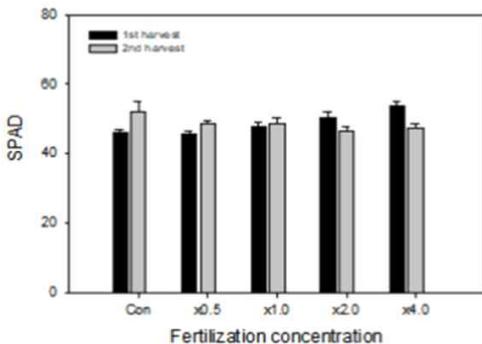
(a) 수확시기에 따른 초장 비교(멸칭 구간)



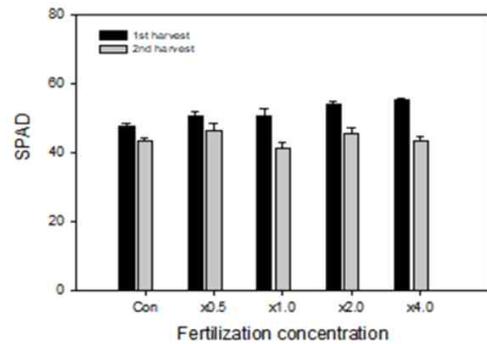
(b) 수확시기에 따른 초장 비교(비멸칭 구간)

<Fig. 3-52> 수확 시기에 따른 멸칭, 비멸칭 구간의 기비 농도별 엽수 비교

엽수의 경우에는 오히려 2차 수확했을 때 2배 정도 더 높은 값을 보이는 경향이 있었다. 대부분의 처리구에서 2차 수확한 것의 엽수가 훨씬 많았고 1.5배~3배정도 더 높은 값을 보였다. 하지만 멸칭구간 control 처리구 2차 수확에서는 고사한 것이 많아 생육조사를 하는 데에 어려움이 있었기 때문에 error bar의 수치가 높았다.



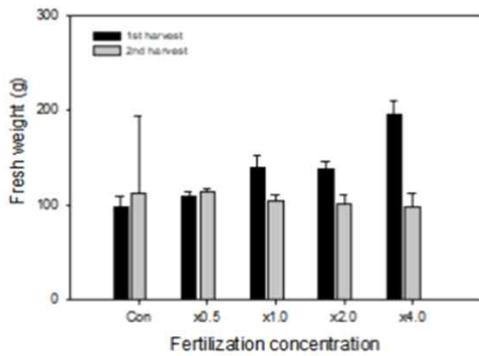
(a) 수확시기에 따른 SPAD 비교(멸칭 구간)



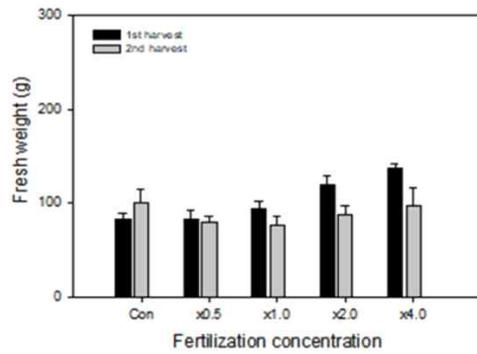
(b) 수확시기에 따른 SPAD 비교(비멸칭 구간)

<Fig. 3-53> 수확 시기에 따른 멸칭, 비멸칭 구간의 기비 농도별 SPAD 비교

SPAD는 멸칭 구간의 control, 비료 농도 0.5배, 1배 처리구에서 2차 수확한 것의 수치가 더 높았던 것을 제외하고 나머지 처리구에서는 모두 1차 수확한 것의 SPAD가 더 높은 값을 보였다. 특히 비멸칭 구간에서 모든 처리구의 SPAD가 1차 수확한 상태에서 더 높았으며 비료 농도 4배 처리구에서 가장 큰 격차를 보였다.



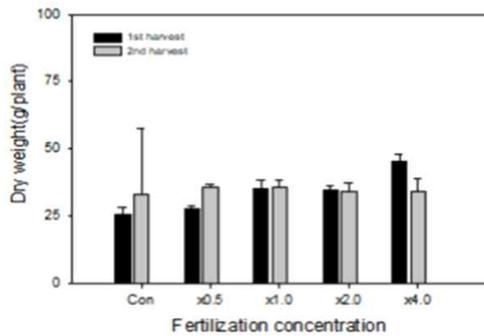
(a) 수확시기에 따른 생체중 비교(말칭 구간)



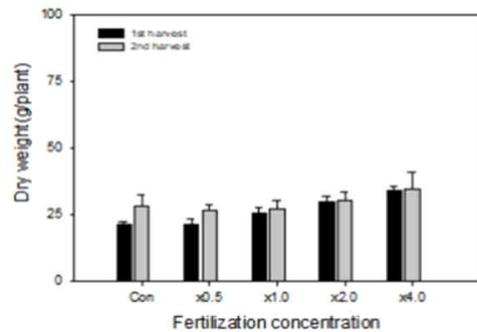
(b) 수확시기에 따른 생체중 비교(비말칭 구간)

〈Fig. 3-54〉 수확 시기에 따른 말칭, 비말칭 구간의 기비 농도별 생체중 비교

생체중의 경우에 대부분의 처리구에서 1차 수확한 것의 수치가 더 높았다. 말칭 구간과 비말칭 구간 모두 농도의 배액이 높아질수록 수확 시기 간 수치의 격차가 커지는 것을 알 수 있는데 생체중은 1차 수확의 경우 배액 농도가 높을수록 무게가 커지지만 2차 수확의 경우에는 농도 처리 간의 유의한 차이는 크게 보이지 않았다.



(a) 수확시기에 따른 건물중 비교(말칭 구간)



(b) 수확시기에 따른 건물중 비교(비말칭 구간)

〈Fig. 3-55〉 수확 시기에 따른 말칭, 비말칭 구간의 기비 농도별 건물중 비교

건물중은 생체중과 달리 말칭 구간 비료 농도 4배 처리구를 제외하고 2차 수확이 더 높은 값을 보이지만 수확 시기 간 유의적으로 큰 차이는 보이지 않았다. 하지만 생체중에 비해 건물중에서 1차 수확의 값이 훨씬 줄어들었는데, 이는 1차 수확한 배초향의 수분 함유량이 많아 건물중에서 낮은 값을 보이는 것으로 사료된다.



(a) 1차 수확한 배초향의 모습



(b) 2차 수확한 배초향의 모습

<Fig. 3-56> 수확 시기에 따른 멀칭 구간의 생육 비교



(a) 1차 수확한 배초향의 모습



(b) 2차 수확한 배초향의 모습

<Fig. 3-57> 수확 시기에 따른 비멀칭 구간의 생육 비교

수확시기에 따른 배초향의 생육을 사진으로 비교했을 때 2차 수확한 배초향의 측지와 잎, 꽃이 더 많은 것을 알 수 있다. 따라서 줄기를 절단한 후 다시 자랄 시, 측지가 1차 수확 보다 더 많이 생겨나게 됨으로써 잎과 꽃 또한 증가하는 것으로 사료된다. 배초향은 잎과 꽃의 이용이 많기 때문에 절단하여 두 번 수확하는 것이 경제적으로 효율성이 있음을 알 수 있다.

종합적으로 보았을 때, 엽수와 건물중을 제외하고 나머지 생육 결과에서 1차 수확한 것의 수치가 더 높은 것으로 보아 대체적으로 1차 수확한 것의 생육이 더 좋은 것을 알 수 있었다. 그러나 2차 수확한 것은 줄기가 절단됨으로써 다시 생육할 때 더 많은 측지가 생겼는데, 이로 인해 잎과 꽃의 개수가 더 증가하여 엽수의 개수가 1차 수확한 것과 비교할 때 2배 정도 더 높은 수치를 보였다.

따라서 배초향은 수확을 하고자 할 때 1차 수확 후 줄기를 절단하여 한 번 더 수확함으로써 경제성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

(6) 범용화 농지를 활용한 원예작물 생육

추가적으로 범용화 농지에서 재배할 수 있는 다른 원예작물을 알아보기 위해 2018년 5월 16일 참깨, 당근, 비트를 파종하였으며, 암거배수와 비 암거배수 구간으로 파종 구간을 나누어 생육을

비교하였고 세 가지 작물 중 참깨의 생육이 가장 좋았다.

참깨의 생육을 확인해보기 위해 6월 28일과 8월 13일 두 번에 걸쳐 총 2회 생육조사 하였다.



(a) 6월 28일 암거배수 구간의 참깨

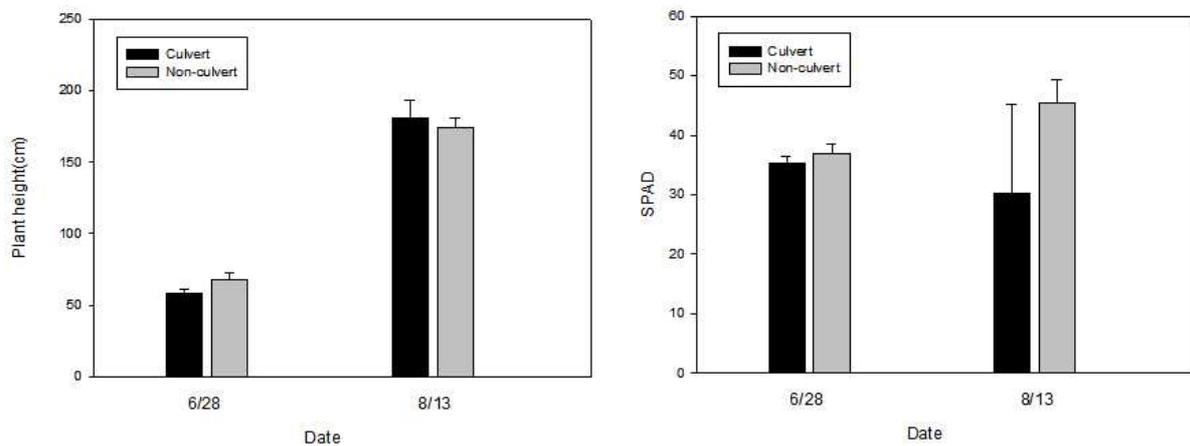


(b) 6월28일 비 암거배수 구간의 참깨

<Fig. 3-58> 암거배수와 비 암거배수 구간에 따른 참깨의 생육 모습



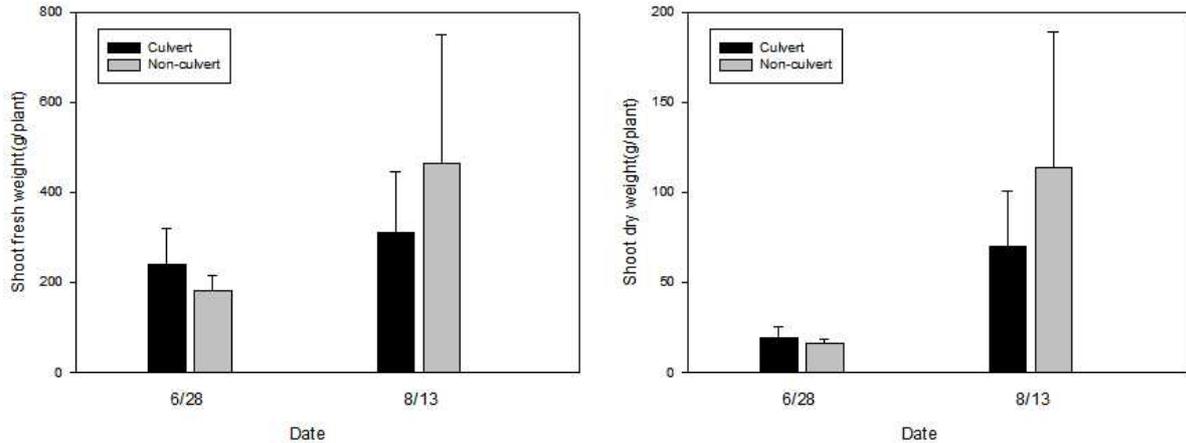
<Fig. 3-59> 원예 작물을 정식한 논 범용화 용지의 모습



<Fig. 3-60> 생육조사 날짜에 따른 암거배수와 비암거배수 간 초장과 SPAD 비교

초장의 경우 6월 28일에는 암거배수보다 비 암거배수 구간에서 조금 더 좋은 생육을 보였으나, 8월 13일에 초장을 비교했을 때, 유의적인 차이를 보이지는 않지만 암거배수 구간에서 더 좋은 생육이 나타났다는 것을 알 수 있다.

SPAD는 두 번의 생육조사에서 모두 비 암거배수 구간이 더 높은 엽내 엽록소 함량을 가지고 있었으며 두 번째 생육조사에서 배수 간 조금 더 큰 차이를 보였다.



<Fig. 3-61> 생육조사 날짜에 따른 암거배수와 비암거배수 간 지상부 생체중과 건물중 비교

지상부 생체중의 경우에는 첫 번째 생육조사에서는 암거배수에서 더 높은 수치를 보였으나 두 번째 생육조사에서는 비 암거배수 구간이 유의적으로 높은 값을 보였다. 지상부 건물중도 마찬가지로 첫 번째에서는 암거배수의 중량이 더 높았으나 두 번째 생육조사 값에서는 비 암거배수 구간에서 유의적으로 더 큰 값을 나타내는 것을 알 수 있다.

따라서 시간이 경과될수록 비 암거배수 구간에서 생육이 더 좋은 것으로 보았을 때, 인위적으로 관수를 했더라도 올해 강수량이 매우 부족했기 때문에 물이 잘 배수되지 않는 비 암거배수 조건에서 더 좋은 생육을 보였던 것으로 사료된다.

하지만 올해 강수량이 부족했던 특수성에 의해 비 암거배수 구간에서 생육이 좀 더 좋았던 것으로 판단되며 참깨의 경우 배수가 잘 되는 토양에서 잘 자라기 때문에 암거배수 설치한 범용화 용지에서 좋은 생육을 보일 것으로 기대된다. 이 외에도 감자, 율무 등 배수성이 좋은 곳에서 잘 자라는 작물들에 대한 적절한 배수량을 추가 연구하고 재배해 볼 필요성이 있는 것으로 사료된다.

6. 기능성 물질 함량 증대를 위한 재배 기술 개발

(1) 파종 및 육묘

앞서 수행했던 연구와 마찬가지로 (주)다농에서 구매한 *Agastache rugosa* 종자를 파종용 240공 압면 배지에 총 2판 파종하였다. 온도 $24\pm 1^\circ\text{C}$ (낮)과 $18\pm 1^\circ\text{C}$ (밤), 습도 $70\pm 10\%$ 조건으로 식물공장 환경조절을 실시했으며, 본엽 전개 후 Hoagland 용액에 침지(1회/1일) 처리하여 4주간 육묘했다.

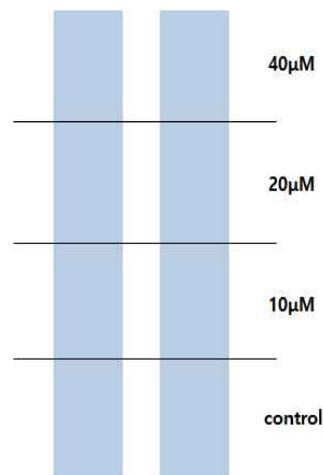
(2) 정식 및 처리

2018년 4월 30일에 4주간 온실에서 육묘한 배초향 묘를 범용화 논에 정식하였으며, 폭 1.2m, 길이 15m의 두둑 2개를 사용하였으며, 두둑 하나 당 120주씩 총 240주를 정식했다. 8주 동안 재배했으며, 6월 28일에 배초향을 수확했고, 기능성 물질 함량을 증대시키기 위해 수확 1주일 전, 6월 20일과 22일에 methyl jasmonate를 각각 처리하였다. Methyl jasmonate 처리는 control, $10\mu\text{M}$, $20\mu\text{M}$, $40\mu\text{M}$ 로 하나의 대조구와 세 개의 처리구로 나누었으며 1주당 20ml를 전동 스프레이로 분사했다.

관수는 앞서 수행했던 연구와 마찬가지로 자연관수를 기본으로 하며, 무강우일수가 15일이 될 때 인위적인 관수를 실시했다. 그리고 4주 간격으로 초장, 엽수, SPAD, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 생육조사 하였다.

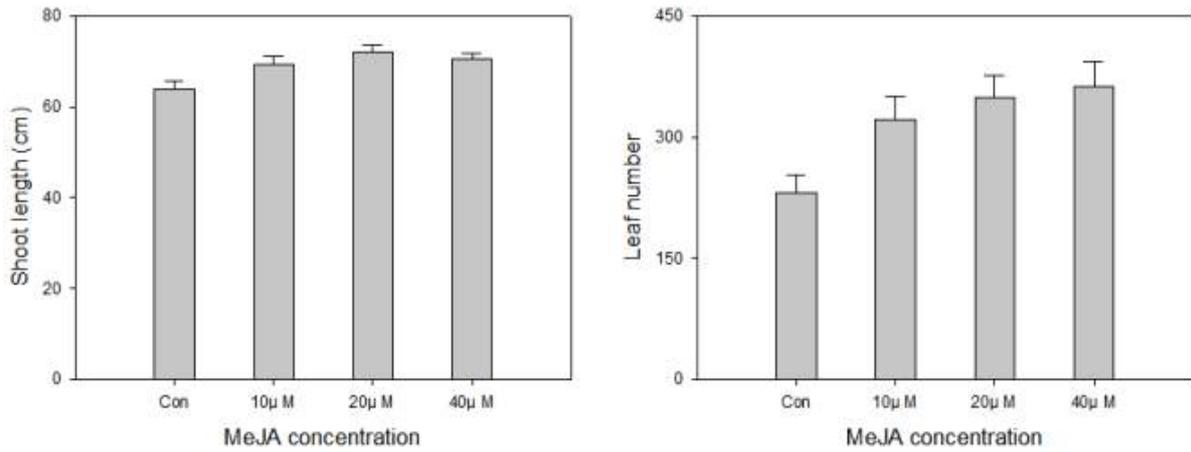


<Fig. 3-62> methyl jasmonate 처리 모습



<Fig. 3-63> methyl jasmonate 농도별 처리

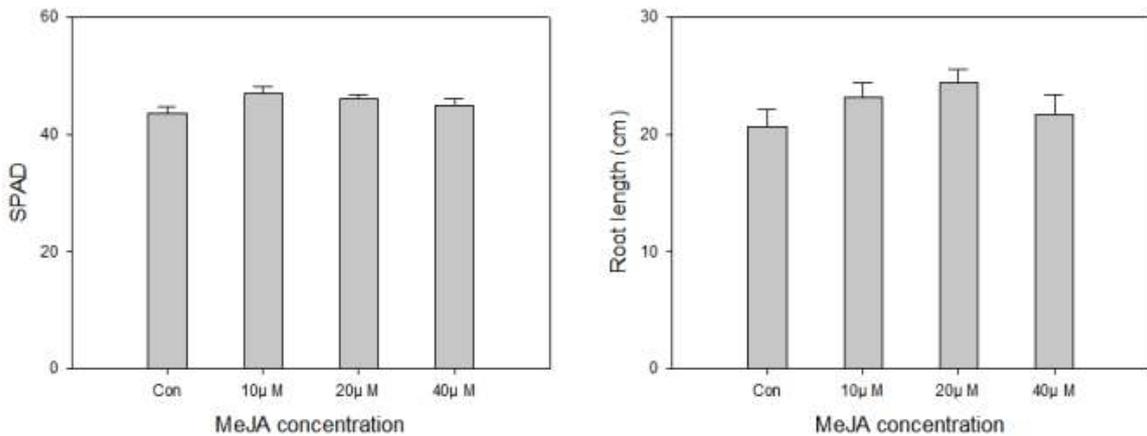
(3) 처리구 별 생육 결과



<Fig. 3-64> methyl jasmonate 농도에 따른 초장 및 엽수 비교

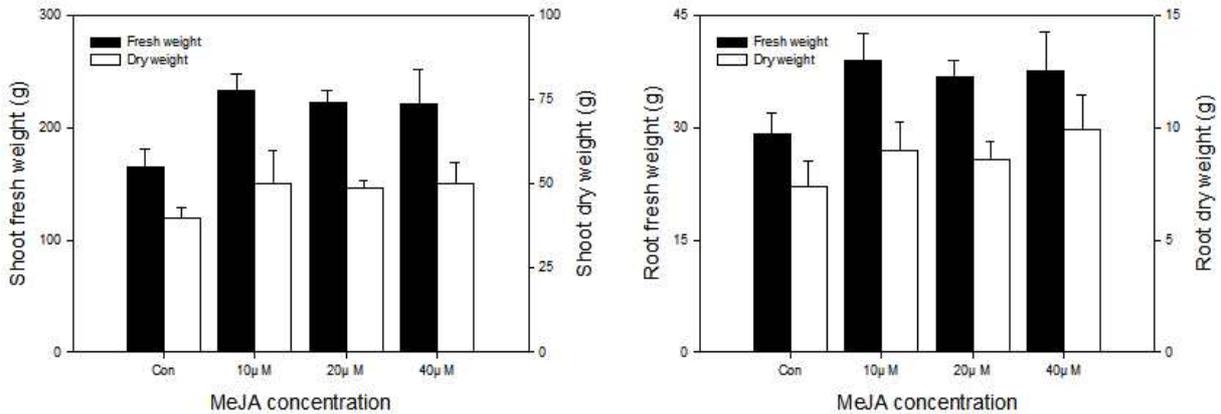
초장은 농도 별로 비교해보았을 때 길이의 차이가 거의 나지 않았으나, 20µM처리했을 때 다른 처리구보다 조금 더 높은 수치를 보이는 경향이 있었다.

엽수는 methyl jasmonate의 농도가 높을수록 증가하는 경향을 보였고 40µM처리가 control보다 1.5배 더 높은 값을 보였다.



<Fig. 3-65> methyl jasmonate 농도에 따른 SPAD 및 근장 비교

SPAD의 경우 처리구 간의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않지만 10µM methyl jasmonate처리한 것이 조금 더 높은 수치를 보였다. 근장은 methyl jasmonate를 20µM처리했을 때 가장 높은 값을 나타냈으며 10µM, 40µM, control의 순서로 높은 수치를 보이는 경향이 있었다.

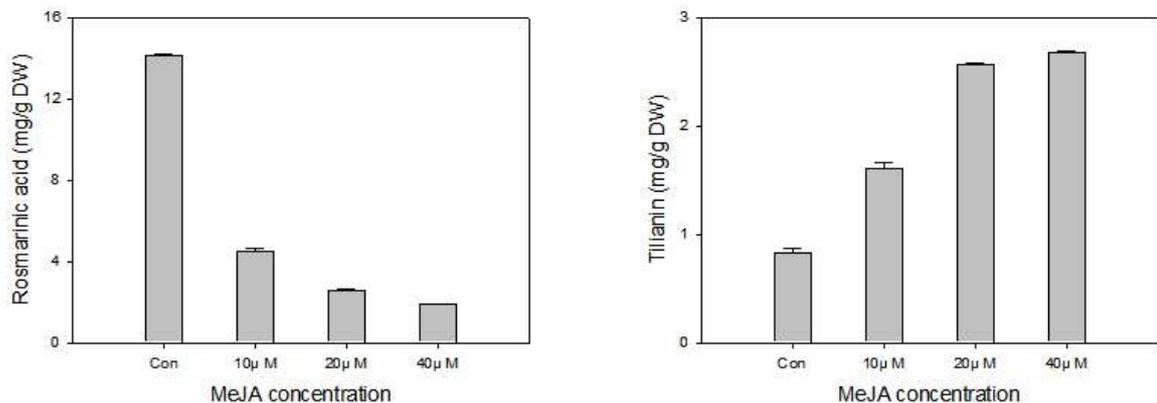


〈Fig. 3-66〉 methyl jasmonate 농도에 따른 지상부, 지하부의 생체중 및 건물중 비교

지상부 생체중은 40µM에서 가장 높은 값을 보였으며, 10µM, 20µM, control 순서로 높았다. 지상부 건물중은 10µM에서 높은 경향을 나타냈으며 40µM, 20µM, control의 순서로 높은 값을 보였다. 지하부 생체중은 지상부 생체중과 마찬가지로 40µM에서 가장 높았고, 10µM, 20µM, control의 순서로 높은 값을 나타냈다. 또한 지하부 건물중의 경우에는 지하부 생체중의 생육 결과와 매우 유사한 경향이 나타났는데, 40µM처리가 가장 높았고, 10µM, 20µM, control의 순서로 높은 결과를 보였다.

결과적으로 초장은 methyl jasmonate 20µM처리가 가장 높은 수치를 보였으며, 엽수의 경우 40µM처리한 것의 수치가 가장 높았다. SPAD는 10µM처리했을 때 엽록소 함량이 가장 많았으며, 근장은 20µM처리한 것이 가장 뿌리의 길이가 길었다. 또한 지상부 생체중은 40µM, 지상부 건물중은 10µM처리했을 때 높은 수치를 보이는 경향이 있었고, 지하부 생체중과 지하부 건물중은 40µM처리할 때 더 높은 결과를 보였다는 것을 알 수 있다. 하지만 control을 제외한 methyl jasmonate 농도 처리구 모두 각 생육조사 항목에서 유의적으로 큰 차이는 보이지 않았다.

(4) 처리구 별 기능성 물질 분석 결과

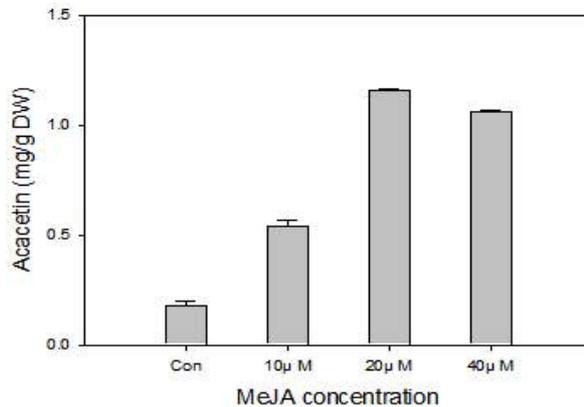


〈Fig. 3-67〉 methyl jasmonate 농도에 따른 Rosmarinic acid 및 Tiliarinin 함량 비교

단위 건물중 당 Rosmarinic acid 함량의 경우 methyl jasmonate 농도가 진할수록 감소하는 경향을 보였다. control과 40 μ M 간의 Rosmarinic acid 함량을 비교해보면 control의 함량이 40 μ M처리한 것 보다 14배 더 높았음을 확인할 수 있다.

단위 건물중 당 Tilianin 함량은 Rosmarinic acid와 반대 경향을 보였는데, methyl jasmonate 농도가 높을수록 증가하는 것을 알 수 있다. 최소값인 control과 최대값인 40 μ M을 비교해보았을 때 40 μ M처리한 것이 2배 정도 더 높은 결과를 보인다.

tilianin 함량의 세계적 수준은 단위 건물중 당 2.0mg이지만 methyl jasmonate 처리 후 나타나는 tilianin의 함량은 약 2.6mg으로 세계적 수준보다 훨씬 더 높은 함량을 보이고 있으며 methyl jasmonate를 처리했을 때 광합성의 기능성 물질 함량이 증가되는 것을 객관적으로 확인할 수 있다.



<Fig. 3-68> methyl jasmonate 농도에 따른 acacetin 함량 비교

단위 건물중 당 acacetin의 함량은 Tilianin과 비슷한 그래프 경향을 보였으나 methyl jasmonate 20 μ M처리에서 가장 높은 acacetin 함량을 보였다. 20 μ M처리와 control을 비교해보면 10배 정도 20 μ M처리한 것이 더 많은 함량을 보인 것을 알 수 있다. 위 그래프들을 종합해보면 Rosmarinic acid는 높은 methyl jasmonate 처리를 할수록 함량이 줄어들며 Tilianin과 acacetin은 methyl jasmonate 농도가 높을수록 함량도 증가하는 경향을 보였다.

따라서 methyl jasmonate처리를 하게 되면 Tilianin과 acacetin의 함량을 증대시킬 수 있으며 기능성 물질에 따라 methyl jasmonate처리를 다르게 하면 필요한 물질을 얻을 수 있고 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

7. 재배 매뉴얼 개발

1. 작물 선정

Environmental Horticulture LAB

*Agastache rugosa*

- 배초향 (*Agastache rugosa*)은 꿀풀과의 자생식물로서 한국, 중국, 대만 일본 등에서 분포하고 있음.
- "Korea Mint"라고 불리며 방아라고도 함. 배초향은 특유의 향을 가지고 있기 때문에 일종의 허브 식물이라고 하기도 하며 오래전부터 약초로 많이 사용하고 있음.
- 배초향의 기능성 물질에는 여러가지가 있는데, 특히 지상부에서 tilianin, acacetin, essential oil 등이 생산되며 지하부에서는 rosmarinic acid가 생산되는 유용한 자원.
- 따라서 활용가능성이 큰 배초향의 rosmarinic acid와 동맥경화에 효과적인 tilianin 등의 기능성물질을 증대시키는 방법을 개발하고 이러한 고부가가치 작물을 대량 생산할 수 있는 방법을 연구하여 경제성을 확보하고자 함.

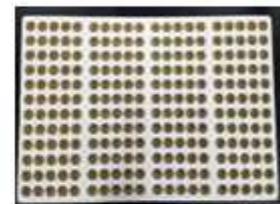
2. 파종 준비

Environmental Horticulture LAB

- 종자는 (주)다농에서 *Agastache rugosa* 종자를 구매함.
- 파종 전에 육묘용 암면을 준비하고 육묘용 암면은 오염되지 않은 것을 사용함. 암면에 파종하기 전 암면을 충분히 수돗물에 포수시켜 종자 발아에 도움이 되도록 함.
- 파종 후 암면 위에 복토용으로 쓰일 버미큘라이트를 준비함.
- 종자 파종 후 보관할 곳의 환경 조건을 사전에 맞추어 가동시킴.



〈종자구매〉



〈240공 암면 배지판 준비〉



〈버미큘라이트 준비〉

3. 파종 및 발아

Environmental Horticulture LAB

- 종자는 암면 1공 당 2~3립씩 넣고 복토용으로 버미클라이트를 위에 덮어줌.
- 파종 후 발아가 잘 되도록 암면 배지에 물을 흠뻑 주고 암면이 항상 물을 머금은 상태로 유지되도록 관리를 해줌.
- 1일 1회씩 저면 관수의 방법으로 침지시켜 물을 공급해줌.
- 온도 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ (낮)과 $18 \pm 1^\circ\text{C}$ (밤), 습도 $70 \pm 10\%$ 조건으로 밀폐형 식물공장에서 환경조절을 실시.



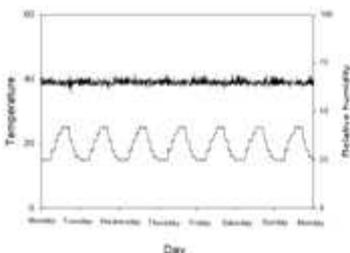
< 발아한 상태 >



< 식물 공장 내 배지 판 두기 >

4. 육묘 관리

Environmental Horticulture LAB



< 식물 공장의 7일간 온도 및 상대습도 환경 >



< 식물 공장 환경 조절 >



< 양액 침지하는 방법 >

[표] Hoagland 양액 조성표

원소 함유량	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
me/L	14	1	3	6	8	4	4
ppm	196	14	31	235	160	49	64

- 파종 후 1주일쯤 종자가 발아가 되면 건강한 묘 생산을 위해 암면 배지 1공 당 1주씩만 남기고 나머지는 모두 솟아줌.
- 본엽이 전개되기 전에는 1일 1회 수돗물로 저면관수.
- 본엽 전개 후에는 Hoagland 용액에 침지(1회/1일) 처리하여 육묘.
- 양액조성은 작물에 따라 다르지만 일반적으로 Hoagland 용액 시에 생산성이 좋았음.
- 온도 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ (낮)과 $18 \pm 1^\circ\text{C}$ (밤), 습도 $70 \pm 10\%$ 조건으로 환경조절을 실시함.

5. 정식 준비

Environmental Horticulture LAB



- 토양의 통기성과 보수력을 증대시키고 비옥도를 증가시키기 위해 정식 전 퇴비 살포 및 로터리 작업을 실시함.
- 퇴비는 농진청 광항 표준 시비 기준을 표준 농도로 살포함.
- 두둑은 폭 1m, 길이 12m로 하며 복합비료 N:P:K = 12:8:12kg/10a 시용을 표준 농도로 했을 때, 이랑 하나 당 복합비료 1~2kg를 토양에 살포함.
- 두둑을 만든 후 토양의 수분을 보존하고 잡초가 자라는 것을 방지하기 위해 멀칭 필름을 피복함. 일반적으로 검정색 필름을 사용하는 것이 이상적임.
- 여러 조건에서 정식 간격 실험을 한 결과, 정식 거리는 30cm x 30cm 간격이 가장 이상적이었기 때문에 30cm 간격으로 정식하는 것을 권고함.
- 묘를 심기 전 정식할 곳에 미리 구멍을 파 놓으면 빠른 정식을 할 수 있음.

6. 정식

Environmental Horticulture LAB



〈정식하는 모습〉



〈정식 후의 실험포〉

- 암면 배지 판에서 1주씩 꺼낸 배초향 묘를 30cm 간격으로 정식함.
- 정식 할 때 암면과 묘를 분리하지 않고 그대로 심어도 무방하며 암면의 윗부분까지 흙으로 덮이도록 해야 함.
- 멀칭 구멍이 보이지 않을 때까지 흙으로 덮어두며 흙이 날아가지 않도록 확인.
- 정식을 끝낸 후 한 번 더 확인하여 암면이 모두 흙에 덮여 있도록 해주는 것이 좋음.
- 정식 후 묘가 빨리 활착할 수 있도록 물을 공급해주는 것이 좋음.

7. 수확

Environmental Horticulture LAB

- 배초향은 여러 생육 실험을 해본 결과 정식 후 12주까지 성장하고 더이상 자라지 않는 것으로 보임. 따라서 정식 후 12주가 되기 전에 1차 수확을 해야 고품질의 배초향을 생산할 수 있을 것으로 보임.
- 또한 1차 수확 후 줄기를 7~8cm 정도 남기고 절단하면 더 많은 측지를 내며 다시 자라기 때문에 2차 수확이 가능함.
- 수확 시 사용하는 도구는 청결한 상태를 유지하는 것이 좋음.



〈수확하기 전 모습〉



〈1차 수확 후 남긴 줄기의 모습〉

1년 재배 과정

Environmental Horticulture LAB

주요 작업	작업 내용	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
		초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초
효율적인 재배를 위한 시비 및 멀칭 처리	퇴비 처리		■											
	밀거름		■											
	멀칭 도포			■										
육묘 관리 및 정식	파종 및 육묘 관리			■										
	유묘 정식				■									
기능성 물질 함량 증대 방법	Methyl jasmonate 처리					■								
수확 관리	배초향 수확							■ 1차	■ 2차		■ 3차			

IV Agastache 속 식물을 이용한 기능성 건강보조식품 개발

제 1 절 연구개발의 개요

제 2 절 연구수행내용 및 결과

제 1 절 연구개발의 개요

1. 연구개발 개요

배초향 (*Agastache rugosa*)은 꿀풀과에 속하는 우리나라 자생식물로 외국에서는 Korean mint로 알려진 전체에서 강한 향기를 풍기는 방향성 식물이다. 동북 아시아에 분포하는 배초향은 우리나라에서는 주로 남부지방에서 야생하거나 재배되고 있는 다년생 초본이다. 여름철에 더위를 먹거나 소화가 잘 안될 때 민간요법으로 달여 먹고, 추어탕 등 음식물의 비린내를 없애는 향미재로 쓰인다. 배초향에는 향 성분인 monoterpene뿐만 아니라 다양한 phenylpropanoid를 함유하고 있다.

Phenylpropanoid는 벤젠핵에 탄소 3개로 되어 있는 골은 사슬구조가 붙은 페닐프로판골격 (C6-C-C-C)으로 구성되는 천연유기화합물의 총칭. 대부분은 식물의 대사산물로서 나타난다. 고등식물에서는 주로 L-페닐알라닌 암모니아리아제에 의해 생성되는 계피산으로부터 그 유도체나 또한 쿠마린류 등 각종 페닐프로파노이드가 합성된다. 리그난은 페닐프로판골격의 2합체이고 리그닌은 이것의 여러 개가 불규칙하게 중합된 고분자화합물이다. 또한 페닐프로파노이드는 텡시드(클로로젠산 등)나 배당체로서도 식물조직에 널리 분포하고 있다.

배초향에서 phenylpropanoid 중 가장 많이 함유하고 또한 효능이 입증된 대표 물질은 rosmarinic acid와 tilianin이다. Rosmarinic acid는 로즈마리(*Rosmarinus officinalis*)에서 처음 분리된 것이기 때문에 붙여진 이름으로 꿀풀과(Lamiaceae)와 다른 식물에서 생산되는 다기능성 phenolic 계통의 물질로 항산화, 항염, 아스마와 관절염 억제, 심장기관 보호 등의 효과를 가지고 있다. Rosmarinic acid의 항산화 능력은 비타민 E 보다도 뛰어난 것으로 알려져 있으며, 세포손상이나 노화억제 효과가 뛰어나 북미에서는 건강보조제(알약형태) 또는 화장품의 원료로 이용되고 있으며 또한 최근에는 소염해열(消炎解熱)의 작용이 매우 강해서 유럽지역에는 rosmarinic acid의 제약자원적인 추구가 활발하게 진행 중에 있다.

한국생명공학연구원 면역제어연구실은 국내 자생식물인 ‘배초향’이 동맥경화 억제에 효능이 있다는 사실을 최초 규명했다. 생명연에 따르면 연구팀은 동맥경화를 유발시킨 쥐를 대상으로 실험한 결과 ‘배초향’의 추출물과 플라보노이드 성분인 ‘틸리아닌(tilianin)’이 콜레스테롤 축적을 억제해 동맥경화가 현저히 개선되는 것을 확인했다(자생식물서 동맥경화 억제 신물질 개발!-YTN 2005-12-22, 기사인용).

배초향을 활용한 차를 개발하기 위하여 배초향 부위별 기능성물질의 함량조사 및 항산화 측정, 배초향 꽃의 발달 시기별 및 꽃 건조시 온도 조건에 따른 기능성물질 함량조사를 하여 기능성물질 강화의 최적조건을 찾고 이를 바탕으로 재료를 생산하여 배초향 꽃차 개발을 시도하였다.

제 2 절 연구수행내용 및 결과

1. 연구수행내용

가. 식물재료

수확한 배초향 은 -196°C 의 액체질소를 이용하여 각각 동결한 후 막자 및 막자사발을 이용하여 분쇄하고, RNA 추출 및 cDNA 합성을 수행한 후 qRT-PCR 분석을 시도하였다. 남은 시료들은 동결건조기를 이용하여 건조 한 후 페닐프로파노이드 계통 물질 HPLC 분석을 위한 시료로 사용하였다.

나. 페닐프로파노이드 계통 물질의 성분 분석 및 대량 분석 방법 확립

일반적인 상위식물에서 존재하는 페닐프로파노이드 계통 물질인 gallic acid, catechin, 4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, (-)-epicatechin, vanillin, p-coumaric acid, ferulic acid, sinapic acid, benzoic acid, rutin, trans-cinnamic acid, quercetin, kaempferol을 포함하는 총 15개의 물질을 선정하였고, 동 물질들의 추출 및 HPLC 분석을 위하여 Li et al., 2010에 근거하여 다음과 같이 추출법을 확립하였다.

획득한 식물시료를 -196°C 의 액체질소를 이용하여 동결하고 막자와 사발을 이용하여 분쇄한 후 동결건조기로 동결건조 후 100 mg 씩 평량한 후 15 ml tube에 넣는다. 그 다음, 2 ml의 80 % methanol (v/v)을 넣고 vortex하고 60°C 에서 1시간 동안 sonication 한 후 원심분리를 통하여 상등액을 획득한다. 동일한 과정을 2회 더 반복하여 수행하고 개별의 상등액을 회득하여 합한 후 회전 감압하고 2 ml의 80 % methanol (v/v)을 넣고 재회석한다.

해당 추출액을 0.45 μm syringe filter (Acrodisc, Gelman Laboratory, Ann Arbor, MI)을 통하여 여과처리 한 후 HPLC 전용 vial에 투입하여 HPLC 분석을 준비한다. 모든 분석은 삼반복으로 수행하여 평균치 및 표준편차로 표기하였다. HPLC 분석은 UV-Vis detector, autosampler, OptimaPak C18 column (250 mm \times 4.6mm, 5 μm ; RStech; Daejeon, Korea)가 결합된 NS-4000 HPLC system을 이용하여 수행한다.

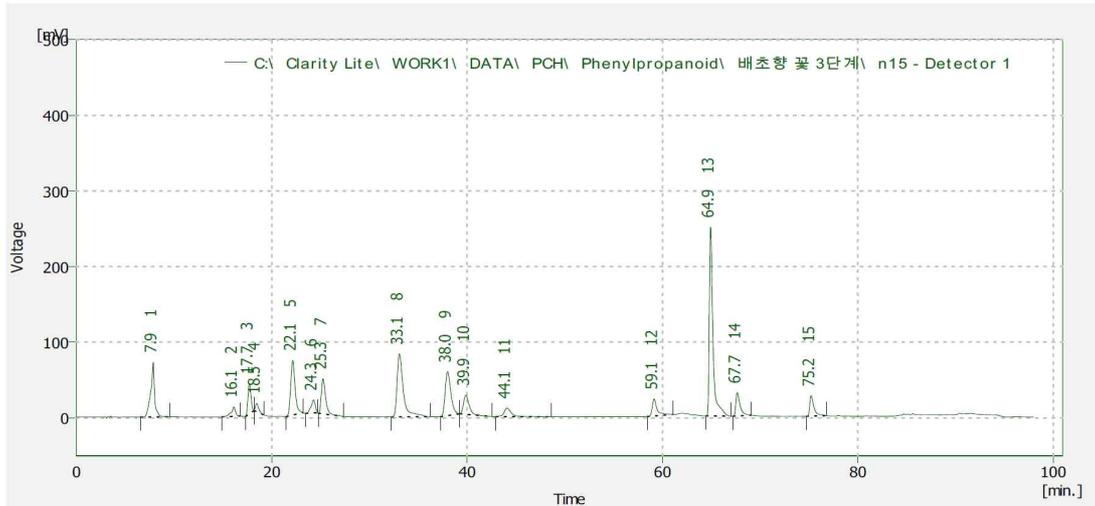
분석조건은 아래의 표와 같다<Table 4-1>. 총 15가지의 페닐프로파노이드 물질들의 표준품을 Sigma-Aldrich에서 구매한 후 5가지의 농도로 희석한 후 HPLC 분석을 통하여 area 값을 획득하였고 이를 이용하여 아래의 검정곡선을 작성하였고 크로마토그램을 획득하였다(<Table 4-2>, <Fig. 4-1>).

<Table 4-1> HPLC 분석법

HPLC	NS-4000, Futecs (Daejeon, Korea)
Column	OptimaPak C18-51002546 (250mm × 4.6mm I.d., particle size 5 μm)
Detector	280 nm
Column temperature	30 °C
Mobile phase	Solvent A (0.2 % Trifluoroacetic acid), pH 2.4 Solvent B (Methanol)
Flow rate	1 ml/min
Injection volume	20 ul
Time	98 min
Gradient conditions	0 - 1.0 min, 95% A
	1.1 - 4.0 min, 95% - 85% A
	4.1 - 9.0 min, 85% A
	9.1 - 14.0 min, 85% - 80% A;
	14.1 - 24.0 min, 80% A
	24.1 - 54.0 min, 80% - 70% A
	54.1 - 55.0 min, 70% - 55% A
	55.1 - 65.0 min, 55% A
	65.1 - 75.0 min, 55% - 44% A
	75.1 - 77.0 min, 44% - 40% A
	77.1 - 79.0 min, 40% A
	79.1 - 80.0 min, 40% - 20% A
	80.1 - 90.0 min, 20% A
90.1 - 91.0 min, 20% - 95% A	
91.1 - 98.0 min, 95% A.	

<Table 4-2> 페닐프로파노이드 표준품을 이용한 검정곡선

No	Compound	Retention time	Calibration curve	Coefficient of determination
1	Gallic acid	7.9	$y = 32.55772328x + 0.160117794$	$R^2 = 0.999964255$
2	Catechin	16.1	$y = 7.889742787x - 40.24235366$	$R^2 = 0.999881991$
3	4-hydroxybenzoic acid	17.7	$y = 16.42050168x + 100.7973874$	$R^2 = 0.999686017$
4	Chlorogenic acid	18.5	$y = 17.79533436x - 70.35135552$	$R^2 = 0.99992958$
5	Caffeic acid	22.1	$y = 39.98286487x - 65.70752695$	$R^2 = 0.999891287$
6	(-)-Epicatechin	24.3	$y = 8.521761941x + 4.57165651$	$R^2 = 0.999975384$
7	Vanillin	25.3	$y = 48.09526377x + 156.7032126$	$R^2 = 0.999803677$
8	p-coumaric acid	33.1	$y = 60.93255724x + 266.0343572$	$R^2 = 0.99988943$
9	Ferulic acid	38	$y = 36.30012827x + 304.8329201$	$R^2 = 0.999715343$
10	Sinapic acid	39.9	$y = 16.45250242x + 35.5884087$	$R^2 = 0.999914162$
11	benzoic acid	44.1	$y = 7.525240872x - 37.38700057$	$R^2 = 0.999702659$
12	Rutin	59.1	$y = 8.09714215x - 105.546569$	$R^2 = 0.999542863$
13	Trans-cinnamic acid	64.9	$y = 91.68315852x + 141.8036262$	$R^2 = 0.999944399$
14	Quercetin	67.7	$y = 15.39260829x - 284.3200406$	$R^2 = 0.999581652$
15	Kaempferol	75.2	$y = 16.54754485x + 16.16885977$	$R^2 = 0.999140587$



<Fig. 4-1> 페닐프로파노이드 표준품의 크로마토그램

다. 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 분석 및 대량 분석 방법 확립

기존 연구결과에서 배초향의 대표적인 플라보노이드 물질인 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴을 선정하였고, 동 물질들의 추출 및 HPLC 분석을 위하여 Park et al., 2016에 근거하여 다음과 같이 추출법 및 분석법을 확립하였다.

<Table 4-3> 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 HPLC 분석법

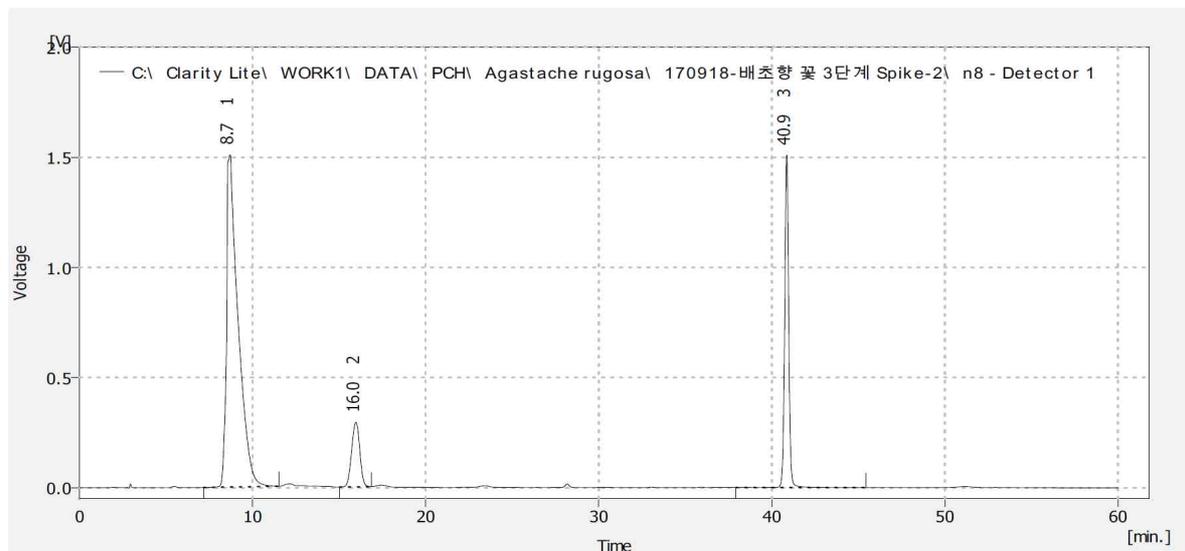
HPLC	NS-4000, Futecs(Daejeon, Korea)
Column	Prontosil(C18, 250 mm x 4.6 mm, 5 μ m)
Detector	340 nm
Column temperature	30 ° C
Mobile phase	Solvent A (0.2 % Trifluoroacetic acid), pH 2.4 Solvent B (Methanol)
Flow rate	1 ml/min
Injection volume	20 μ l
Time	60 min
Gradient conditions	0 min, 55% A
	15 min, 55% A
	5 min, 45% A
	25 min, 20% A
	5 min, 20% A
	2 min, 55% A
	8 min, 55% A

추출법은 앞서 설명한 페닐프로파노이드 계통 물질의 추출법과 동일하게 수행하였고, crude 추출액을 0.45 μ ms syringe filter (Acrodisc, Gelman Laboratory, Ann Arbor, MI)을 통하여 여과처리한 후 HPLC 전용 vial에 투입하여 HPLC 분석을 준비한다. 모든 분석은 삼반복으로 수행하여 평균치 및 표준편차로 표기하였다. HPLC 분석은 UV-Vis detector, autosampler, OptimaPak C18 column (250 mm \times 4.6mm, 5 μ m; RStech; Daejeon, Korea)가 결합된 NS-4000 HPLC system을 이용하여 수행한다. 분석조건은 <Table 4-3>과 같다.

총 3 가지의 물질들의 표준품을 Sigma-Aldrich에서 구매한 후 5가지의 농도로 희석한 후 HPLC 분석을 통하여 area 값을 획득하였고 이를 이용하여 아래의 검정곡선을 작성하였고 크로마토그램을 획득하였다 (<Table 4-4>, <Fig. 4-2>).

<Table 4-4> 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 표준품을 이용한 검정곡선

No	Compound	Retention time	Calibration curve	Coefficient of determination
1	Rosmarinic acid	8.7	$y = 26.78085603x - 348.0896843$	$R^2 = 0.999837263$
2	Tilianin	16	$y = 45.14516505x + 258.2080476$	$R^2 = 0.999463016$
3	Acacetin	40.9	$y = 48.32261048x + 718.3574998$	$R^2 = 0.993331538$



<Fig. 4-2> 로즈마린산, 티리아닌, 아카세틴 표준품의 크로마토그램

라. 배초향 화기발달 단계별 RNA 추출, cDNA 합성 및 qRT-PCR 분석

배초향 화기발달 단계별 수확 후 액체질소를 이용하여 분쇄한 시료를 Plant Total RNA Mini Kit (Gene-Aid, Taipei, Taiwan)을 이용하여 RNA를 추출하였다. 그리고 추출한 양질의 RNA에 대하여 ReverTra Ace - α - ® (Toyobo, Osaka, Japan)를 이용하여 cDNA 합성을 수행하였다. qRT-PCR 분석을 위하여 gene-specific primers가 아래의 표와 같이 제작하였다.

qRT-PCR 분석은 2X Real-Time PCR Master Mix (BioFACT, Korea)를 사용하였고, CFX96

Real-Time PCR System (Bio-Rad; Hercules, CA, USA) 기기를 이용하여, 5 μ M cDNA를 template 로 0.5 μ M gene-specific primers를 사용하여 95 $^{\circ}$ C 15초, 54 $^{\circ}$ C 40초, 72 $^{\circ}$ C 20초 조건에서 45 cycle 동안 증폭하였다. reference gene으로 Actin이 사용되었다.

<Table 4-5> qRT-PCR을 위한 Primer list

ArActin F	ACCTCAAATAGCATGGGGAAGT	151
ArActin R	GGCCGTTCTCTCACTTTATGCTA	
ArPAL F	ACGGCTCCAACGGTCATAATAAT	108
ArPAL R	ATCCGCTTTACCTCCTCAAGGT	
ArC4H F	GTTTCGAGAGTGAGAATGATCCGT	157
ArC4H R	ATAATCCTTGAACAATTGCAGCC	
ArCHS F	GACCAAAGCACCTATCCCGATTA	151
ArCHS R	TTGGGTTCTCCTTCAGGTACTCC	
ArHPPR F	AAGGGGATTAGGGTTACCAACACG	200
ArHPPR R	ATTCTGCCCAATCCTATGATGCC	
ArTAT F	AGGCAGCAGTACCAGCCATTCTT	163
ArTAT R	TTGACCATGAAAGCCATTGATCC	
ArRAS F	GGCGAACTACCACACGCTGAG	161
ArRAS R	CGATCTCGAGACGGTTATTGTCG	

마. 통계분석

유전자 발현 및 페닐프로파노이드 계통 물질분석 data는 SAS software (version 9.4, 2013; SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan 's Multiple Range Test (DMRT)를 수행하였으며, 알파벳 (a,b)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의수준을 확인하였다. qRT-PCR 및 HPLC를 통하여 획득한 data는 SAS enterprise guide 7.1을 통하여 상관분석이 수행되었고, 상관분석으로부터 획득한 data는 MeV(MultiExperiment Viewer)에 입력되어 Correlation matrix를 생성하였다.

바. 항산화활성 분석

- 환원력(reducing power) 분석

과향의 부위별 추출물의 환원력 측정의 의미는 산화된 물질을 환원시키므로 시료의 환원력을 측정하므로써 항산화능을 판단할 수 있으며, 본 실험에서는 Rejiniemon 등(2015)의 방법을 수정하여 측정하였다. 추출물 0.5 ml에 pH 6.6의 0.2 M sodium phosphate 완충액 2.5 ml 및 1%의 potassium ferricyanide를 2.5 ml씩 차례로 첨가하고, 혼합한후 50 $^{\circ}$ C에서 20분간 반응시켰다. 이

혼합물에 10% TCA (trichloroacetic acid) 용액을 2.5 ml 가하여 1,790×g에서 10분 동안 원심분리 하여 상등액 2.5 ml에 증류수 2.5 ml, ferric chloride 0.5 ml씩 혼합하고, microplate reader (Molecular Devices, Sunnyvale, CA USA)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 비타민 C 표준품을 사용하여 곽향 부위별 추출물의 환원력과 비교하였다.

- DPPH 라디칼 소거능 분석

추출물의 농도별 DPPH radical 소거효과 분석은 를 측정하는 Blois의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 1×10^{-4} M DPPH와 농도별 추출물을 각각 100 μ l씩 취하여 혼합한 30분간 암 상태에서 방치한 후 잔존 radical 농도를 ELISA Reader(Bio-RAD, USA)를 이용하여 517nm에서 측정하였다. 양성 대조군으로는 비타민 C 표준품을 사용하여 곽향 부위별 추출물의 환원력과 비교하였다.

- H2O2 라디칼 소거능 분석

추출물의 농도별 H2O2 라디칼 소거활성은 Frank Ngonda(2013) 의 방법을 사용하였다. 96well plate에서 시료용액 80 μ L, 10 mM H2O2 20 μ L와 인산 완충액 (pH 7.4, 0.1 M) 100 μ L을 넣어 37°C에서 10분간 반응시켰다. 반응이 완료된 후에 1.25 mM ABTS 30 μ L와 1 U/mL peroxidase 30 μ L를 넣고 혼합한후 37°C에서 10분간 반응시킨 다음 ELISA reader(Sunrise, Tecan Co. Ltd., Austria)를 이용하여 560 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 비타민 C 표준품을 사용하여 곽향 부위별 추출물의 환원력과 비교하였다.

- Superoxide 라디칼 소거능 분석

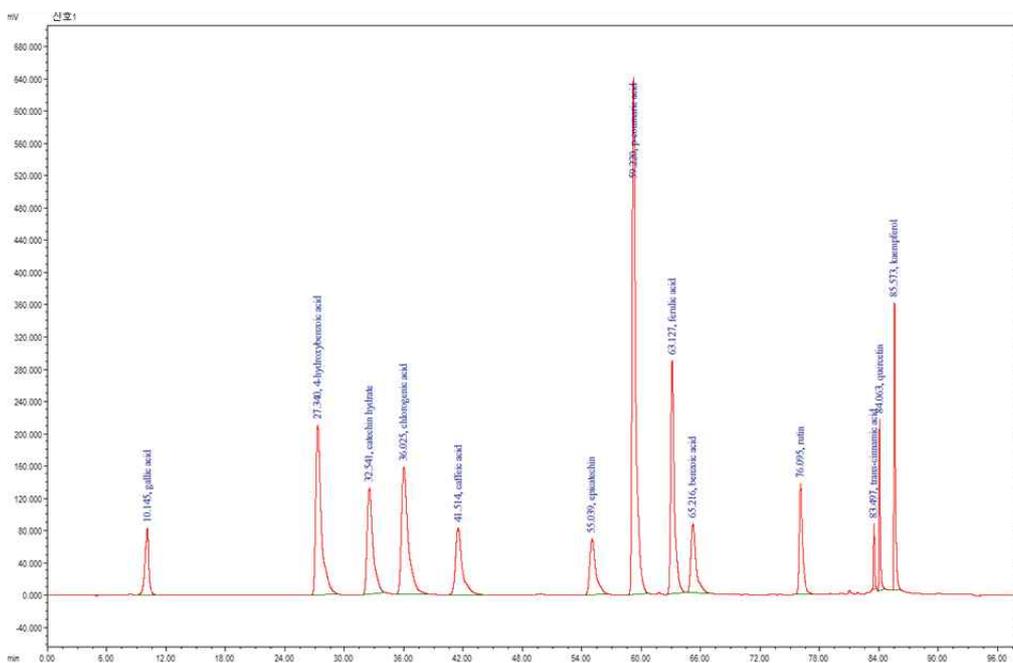
곽향 부위별 추출물의 Superoxide radical 소거활성은 Nagai 등(16)의 Sunil 등(2014) 방법을 기준으로 NBT를 이용하여 측정하였다. 아질산염의 환원은 NBT가 있는 상태에서 hydroxylamine hydrochloride의 산화에 의해 활성산소 라디칼이 발생하는 과정에서 일어난다. 튜브에 증류수 1mL, 24mM NBT 100 μ L, 0.1mM EDTA 0.2 μ L를 첨가한 다음, 추출물을 농도별로 각각 넣은 후, 1mM hydroxylamine hydrochloride를 혼합된 시료에 첨가한 다음 25°C에서 15분 동안 반응시킨 다음 560nm에서 측정하여 하단의 산출식에 의하여 최종적으로 소거능을 비교 분석하였다.

$$\text{Superoxide radical scavenging activity (\%)} = [(A_0 - A_1/A_0) * 100]$$

2. 연구결과

가. HPLC를 이용한 곱향의 부위별 기능성물질 분석 시스템 개발

곱향 재배 후 개화기에 수확하여 냉동 건조 후 꽃, 잎, 줄기, 뿌리 부위별로 기능성물질(phenolic compound) 함량 변화를 조사하였다. 기능성물질 분석은 액체크로마토그래피(HPLC: High-performance liquid chromatography)를 이용하였으며, 13가지의 phenolic compounds를 동시에 분석할 수 있는 프로그램을 이용하여 분석을 하였다(Fig. 4-3). 그 결과 꽃, 잎에서는 총 5개, 줄기, 뿌리에서는 총 7가지의 기능성물질을 분석하여 함량을 조사할 수 있었다.



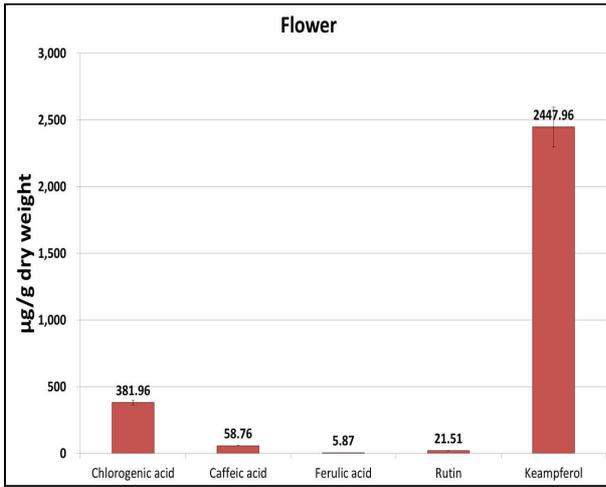
<Fig. 4-3> 13가지 Phenolic compounds Standard Peak Chromatogram

곱향 꽃에서는 총 5가지의 기능성물질 중 keampferol 함량이 가장 높았으며 다음에는 chlorogenic acid, caffeic acid, rutin, ferulic acid 순으로 함량이 높게 나타났다(Fig. 4-4, (a)).

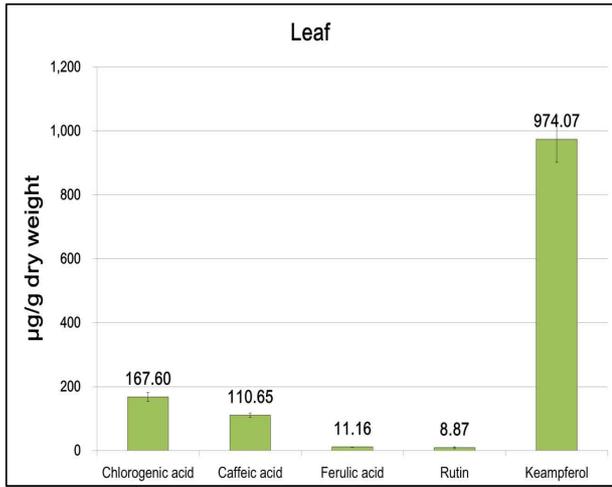
곱향 잎에서도 꽃과 유사한 경향을 보였으며, 총 5가지의 기능성물질 중 keampferol 함량이 가장 높았으며 다음에는 chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid, rutin 순으로 함량이 높게 나타났다(Fig. 4-4, (b)).

곱향 줄기에서는 총 7가지의 기능성물질 중 keampferol 함량이 가장 높았으며 다음에는 rutin, chlorogenic acid, caffeic acid, catechin hydrate, trans-cinnamic acid 순으로 함량이 높게 나타났다(Fig. 4-4, (c)).

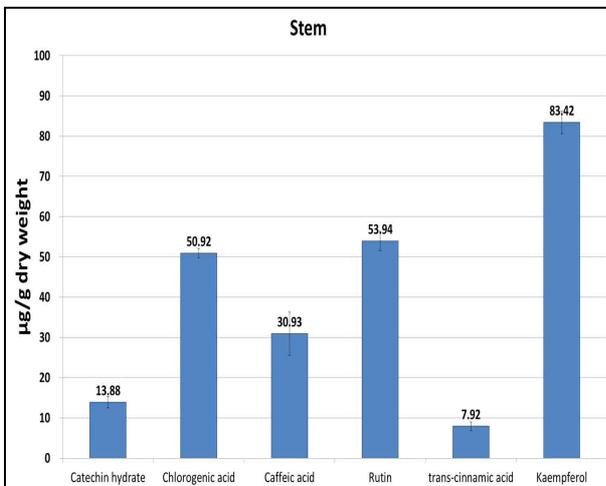
곽향 뿌리에서는 총 7가지의 기능성물질 중 특히 루틴 함량이 가장 높았으며 다른 6종의 물질은 극소량 함유되어 있었다<Fig. 4-4, (d)>.



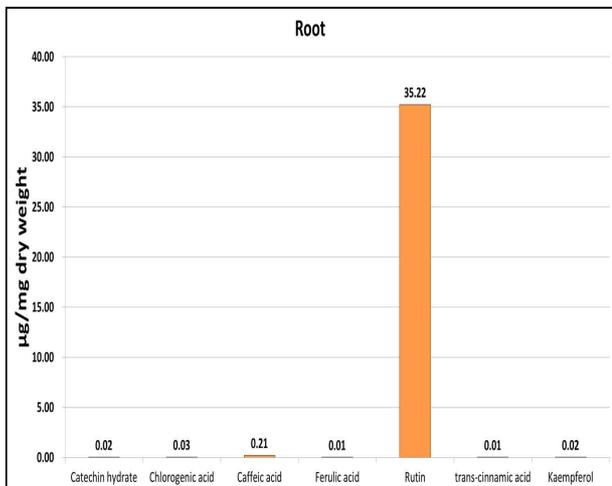
(a) 곽향 꽃에서 Phenolic compound 분석 결과



(b) 곽향 잎의 Phenolic compound 분석 결과



(c) 곽향 줄기의 Phenolic compound 분석 결과



(d) 곽향 뿌리의 Phenolic compound 분석 결과

<Fig. 4-4> 곽향의 phenolic compound 분석결과

나. LC-ESI-MS 분석법을 통하여 확인된 곽향의 phenolic compound

LC-ESI-MS 분석을 통하여 곽향의 부위별 기능성물질을 확인한 결과 위 HPLC에서 확인된 7가지 물질을 다시 재확인 할 수 있었으며, tilianin도 확인 할 수 있었다. LC-ESI-MS 분석법을 이용하여 확인된 곽향에 함유된 phenolic compound 결과는 아래 표와 같다.

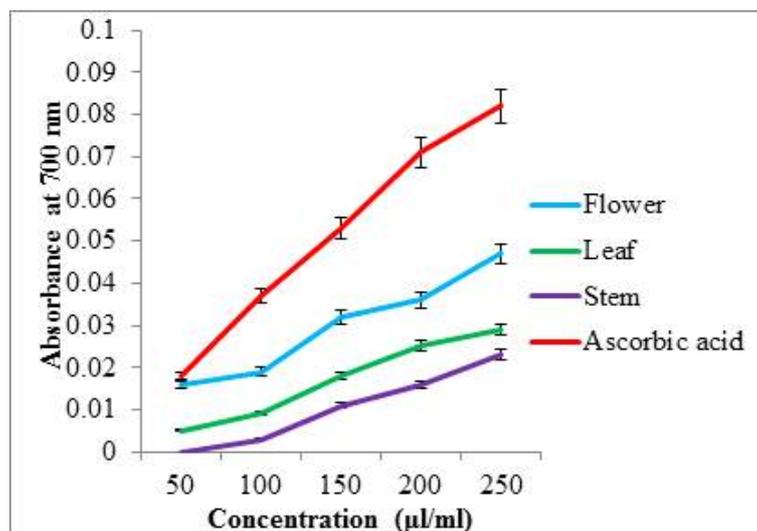
〈Table 4-6〉 LC-ESI-MS 분석법을 이용하여 확인된 곱향에 함유된 phenolic compound

Name	M.F.	M.W.	tR(min)	[M-H] ⁻	Plant part
1/ Catechin hydrate (Catechin).	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	20.4	289.5	All
2/ Tilianin	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₀	446.41	21.9	445.6	All
3/ Ferulic acid	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194.18	27.5	193.6	All
4/ Chlorogenic acid.	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.31	32.5	353.3	All
5/ Caffeic acid.	C ₉ H ₈ O ₄	180.16	35.8	179.4	All
6/ Rutin.	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	610.52	77.9	609.5	All
7/ <i>Trans-p</i> -hydroxy cinnamic methyl ester	C ₁₀ H ₁₀ O ₃	178.18	31.6	177.7	All
8/ Kaempferol	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.23	82.2	285.6	All

다. 곱향의 부위별 환원력(reducing power)의 비교

Reducing power 측정은 700 nm에서 ferric-ferricyanide (Fe³⁺) 혼합물이 수소를 공여하여 ferrous(Fe²⁺)로 전환하는 환원력을 흡광도 값으로 나타낸 것으로, 곱향의 꽃, 잎, 줄기의 환원력은 〈Fig. 4-5〉과 같이 부위별로 상당히 차이가 있는 것으로 나타났다.

세가지 부위중 꽃이 가장 높은 환원력을 보였으며, 잎>줄기 순으로 나타났으며, 모두 추출물의 농도가 높아질수록 환원력도 비례적으로 높아지는 것으로 보아 농도의존적임을 알 수 있었으며, 또한 추출물의 농도가 100ul/mL 이상일 때 환원력이 상승하는 경향을 보였다.



〈Fig. 4-5〉 곱향의 부위별 환원력(reducing power)의 비교

곱향의 부위별 환원력의 차이는 식물체 내에서 주요 항산화물질인 안토시아닌이 꽃에 다량 함유되어 있어 다른 부위에 비하여 높은 환원력을 보였을 것으로 판단되며, 잎이 줄기보다 더 많

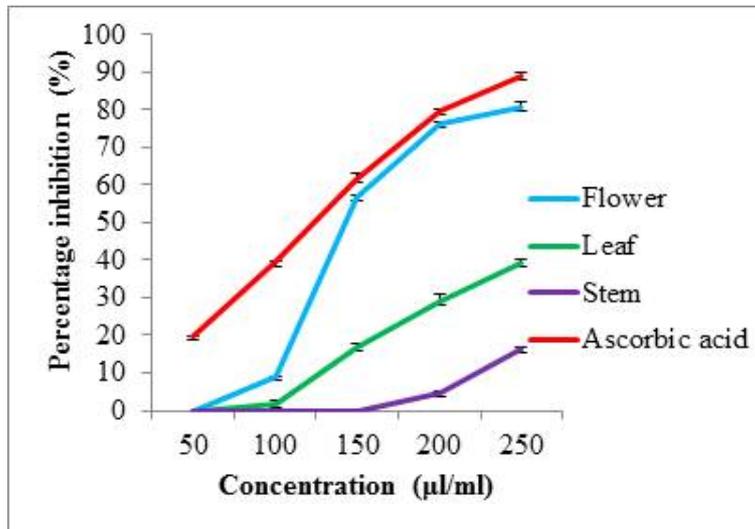
은 폴리페놀 화합물을 함유하기 때문에 잎의 환원력이 줄기에 비하여 높은 값을 나타냈을 것으로 판단되어진다.

이상의 결과에서 기대할 수 있는 것은 식용이 가능한 곱향은 다량으로 섭취하여도 인체에 무해하므로 곱의 경우에는 천연 항산화 소재로서 이용성이 매우 높다고 할 수 있다.

라. 곱향의 부위별 DPPH 라디칼 소거능 비교

곱향의 부위별 DPPH 라디칼 소거능 비교는 <Fig. 4-6>의 환원력 분석에 적용한 것과 동일한 농도범위 (50, 100, 150, 200, 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$)에서 수행되었다. <Fig. 4-6>의 결과를 통하여 부위별 DPPH 라디칼 소거능을 살펴보면, 환원력(reducing power) 분석결과와 마찬가지로 세가지 부위중 곱이 가장 높은 활성을 보였다.

곱과 잎의 경우, 농도별 패턴을 살펴보면 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 를 기준으로 매우 급격하게 소거능이 증가함을 알 수 있었으며, 줄기의 경우엔 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 까지는 거의 활성을 보이지 않다가 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 이상부터 소거능이 증가함을 알 수 있었다. 환원력(reducing power) 분석결과와 동일하게 DPPH 라디칼 소거능에서도 세가지 부위 모두 농도 의존적으로 소거능이 높아짐을 알 수 있었다.



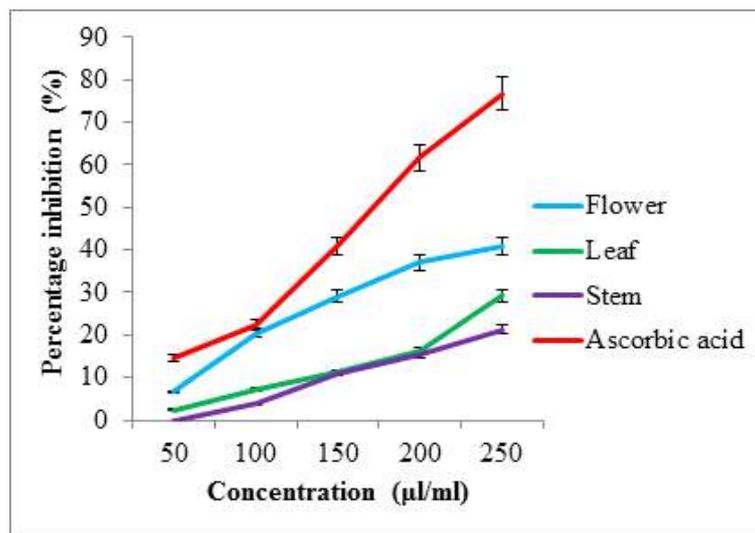
<Fig. 4-6> 곱향의 부위별 DPPH 라디칼 소거능 비교

이 실험결과에서 가장 흥미로운 것은 곱 추출물의 농도가 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 이상일 때 항산화물질의 표준시료인 Vt C와 거의 유사한 매우 탁월한 활성($80.9 \pm 1.1\%$)을 보였다는 것이다. 한편, 잎과 줄기의 경우엔 최대농도인 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 에서도 40% 이하($39.2 \pm 1.2\%$, and $16.3 \pm 0.7\%$)의 소거능을 보임으로써 곱에 비하여 매우 낮은 활성을 나타내었음을 알 수 있었다.

마. 광향의 부위별 H₂O₂ 라디컬 소거능

생체에서 생성된 hydroxyl 라디컬과 같은 활성산소종은 반응성이 매우 높아 유해한 산화 원인 물질이라고 할 수 있다. 생체내의 superoxide dismutase(SOD)가 활성산소를 hydrogen peroxide로 변화시키고, catalase는 hydrogen peroxide를 제거하는 역할을 한다. 그러나 glutathione transferase와 glutathione peroxidase들은 친전자성이 물을 포함함으로써 활성산소 등을 해독하며 SOD에 의해 생성된 peroxide를 제거하는 항산화 기전에 관여함으로써 oxidative stress로부터 인체를 보호하는 기능을 가지고 있다. 하지만 지속적이고 과도한 oxidative stress는 세포에 상당한 장애를 유발하여 necrosis와 apoptosis로까지 진전될 수 있다는 측면에서 천연 항산화제의 발굴은 매우 의미있는 연구라고 할 수 있다.

광향의 부위별 H₂O₂ 라디컬 소거능 비교는 <Fig. 4-7>, <Fig. 4-8>의 항산화활성 분석에 적용한 것과 동일한 농도범위 (50, 100, 150, 200, 250 ul/mL)에서 수행되었다. 부위별 H₂O₂ 라디컬 소거능을 살펴보면, 환원력과 DPPH 라디컬 소거능 분석결과와 마찬가지로 세가지 부위중 꽃이 가장 높은 활성을 보였으나 환원력과 DPPH 라디컬 소거능의 결과와 비교할 때 다소 낮은 값을 보였다. 잎과 줄기의 경우, 최대농도인 250 ul/mL 에서도 30% 이하의 소거능을 보였으며, 잎과 줄기의 추출물의 H₂O₂ 라디컬 소거능에는 유의할만한 차이를 보이지 않았고, 꽃의 경우에도 40.8 ± 0.8%의 비교적 낮은 활성을 나타내었다.

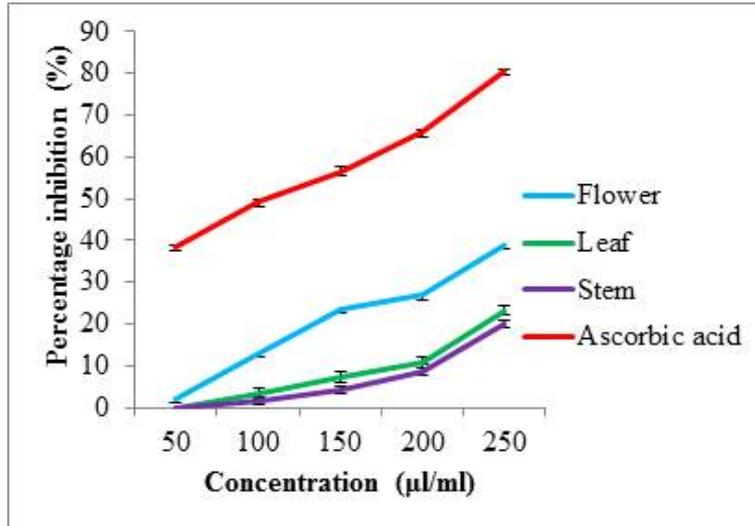


<Fig. 4-7> 광향의 부위별 H₂O₂ 라디컬 소거능

바. 광향의 부위별 Superoxide 라디컬 소거능

광향의 부위별 활성산소 라디컬 소거능 비교 분석도 50, 100, 150, 200, 250 ul/mL의 농도범위에서 수행되었으며 백분율로 산출하였다. <Fig. 4-8>의 결과를 통하여 부위별 활성산소 라디컬 소거능을 살펴보면, 환원력과 DPPH 라디컬 소거능, H₂O₂ 소거능에서와 마찬가지로 세가지 부위

중 꽃이 가장 높은 활성을 보였으며, 최대농도인 250ul/mL 일 때 $38.8 \pm 1.1\%$ 의 소거능을 보였으며, 잎과 줄기의 경우엔 각각 $23 \pm 1.4\%$, $20 \pm 0.6\%$ 의 소거능을 보였다.



〈Fig. 4-8〉 곶향의 부위별 Superoxide 라디칼 소거능

사. 배초향 화기발달 단계별 페닐프로파노이드 계통 물질 생합성 관련 유전자 발현 분석

페닐프로파노이드 계통 물질들은 상위식물들에 널리 존재하는 이차대사산물이며, 해당 물질들은 식물의 발달, 성장, 색소생성에 관여할 뿐만 아니라 병원균의 공격, 곤충 및 동물의 섭식, UV, 온도 등 환경적, 물리적, 생물학적 stress에 의한 식물 보호라는 점에서 중요한 기능을 한다 (Bennett & Wallsgrove, 1994; Dixon & Paiva, 1995; Kumar & Pandey, 2013).

추정되는 로즈마린산 및 다양한 페닐프로파노이드 계통 물질의 생합성 경로는 〈Fig. 4-9〉와 같다. 최초의 전구물질인 페닐알라닌은 phenylalanine ammonia-lyase (PAL), cinnamate 4-hydroxylase (C4H), 4-coumarate:CoA ligase (4CL) 과 같은 효소의 연속적인 작용을 받아 다양한 페닐프로파노이드 계통 물질들의 생합성을 위한 중간물질들인 trans-cinnamic acid, 4-coumaric acid, 4-coumaroyl-CoA) 합성한다. 이러한 중간산물들을 기초로 하여 페놀산, 플라보이드, 플라보놀, 쿠마린, 푸라노쿠린, 리그닌 등 다양한 페닐프로파노이드 계통 물질들이 합성된다.

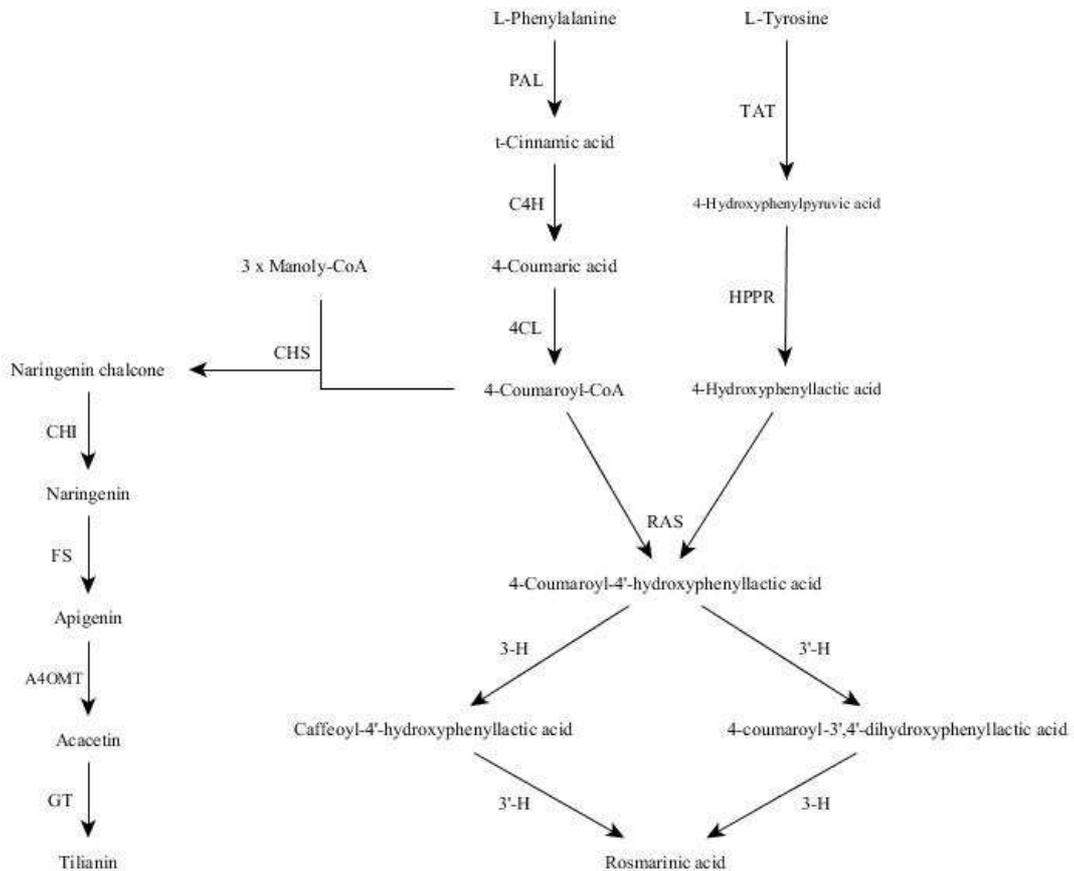
로즈마린산의 경우에는 리그닌, 쿠마린, 플라보노이드, 세포벽 결합 페닐프로파노이드 계통 물질 등 다양한 페닐프로파노이드 계통 물질의 생합성을 위한 중간활성물질로 사용되는 4-coumaroyl-CoA와 타이로신으로부터 tyrosine amino transferase (TAT), hydroxyl phenyl pyruvate reductase (HPPR)의 효소작용을 받아 합성된 중간물질인 4-hydroxyphenyllactic acid가 rosmarinic acid synthase (RAS)의 작용을 받아 반응하여 4-coumaroyl-4-hydroxyphenyl lactic acid을 합성한다.

마침내 로즈마린산은 3-hydroxylase(3-H) 와 3'-hydroxylase (3'-H) 효소의 작용에 의한 caffeoyl-4-hydroxyphenyllactic acid 와 4-coumaroyl-3,4-dihydroxyphenyllactic acid 사이에 수산

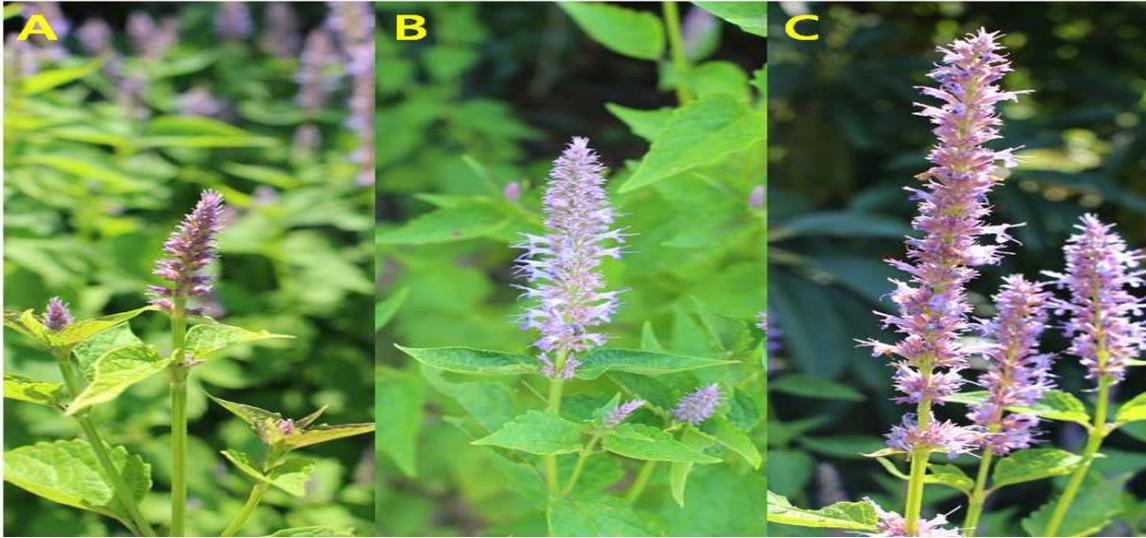
화 반응에 의해서 합성된다.

본 연구에서는 배초향 화기발달 단계별 페닐프로파노이드 계통 물질 생합성 관련 유전자의 발현 변화를 조사하고 그 차이를 분석하고자 하였다. 충남대학교 약초원에서 수확된 총 3 단계의 화기를 -196도의 액체질소를 이용하여 동결한 후 RNA 추출 및 cDNA 합성을 수행한 후 qRT-PCR 분석을 시도하였다.

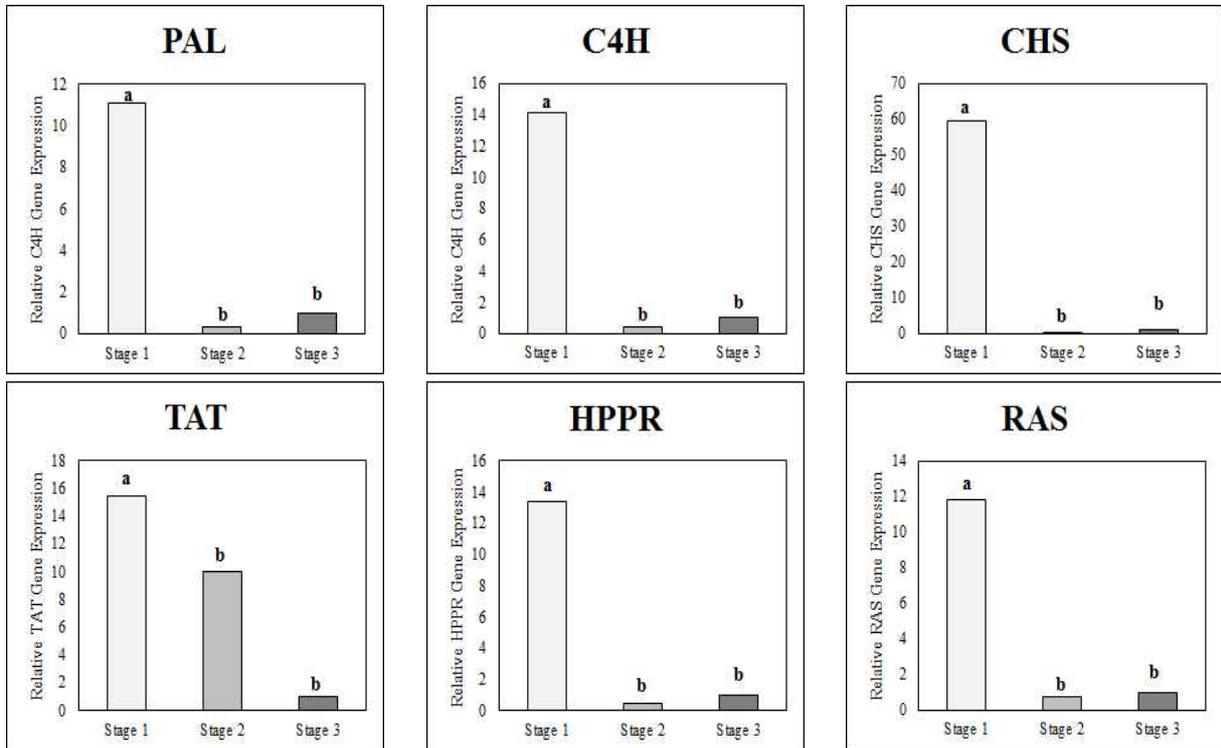
그림 2와 같이 배초향의 페닐프로파노이드 계통 물질 및 플라보노이드 생합성에 관여하는 유전자들은 매우 다양하며 그 중에서 페닐프로파노이드 생합성의 가장 기본적인 유전자 PAL, C4H, CHS의 유전자 발현 및 로즈마린산 생합성에 관여하는 유전자 TAT, HPPR, RAS 유전자의 발현을 quantitative real time PCR을 이용하여 그 발현의 정도를 확인하였으며 정량은 Livak method를 이용한 상대정량을 수행하였다.



<Fig. 4-9> 페닐프로파노이드 및 플라보노이드 (로즈마린산, 티리아닌) 생합성 추정 경로



<Fig. 4-10> 배초향 화기발달 3단계



<Fig. 4-11> Expression of phenylpropanoid biosynthesis genes in different stages of flowers in *Agastache rugosa*

<Fig. 4-11>에 따르면 배초향 화기발달 1단계에서 PAL, C4H, CHS, TAT, HPPR, RAS 유전자의 발현이 상대비교의 기준이 되는 3단계의 유전자 발현 보다 각각 11.05, 14.16, 59.66, 15.49, 13.39, 11.83 배로 $p < 0.05$ 수준에서 유의하게 유전자의 발현이 높은 것으로 나타났다. 반면에 2단계, 3단계에서는 유전자 발현이 유의수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

〈Table 4-7〉 배초향 화기발달 단계별 rosmarinic acid와 flavones 물질 분석 (mg/g dry weight)

Compound	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Rosmarinic acid	9.45 ± 0.18 a	5.94 ± 0.05 b	5.49 ± 0.07 c
Tilianin	5.66 ± 0.51 c	11.02 ± 0.37 a	9.69 ± 0.30 b
Acacetin	0.97 ± 0.03 c	2.95 ± 0.06 a	2.39 ± 0.08 b
Total	16.08 ± 0.60 c	19.91 ± 0.39 a	17.57 ± 0.43 b

¹⁾, Not detected

〈Table 4-8〉 배초향 화기발달 단계별 페닐프로파노이드 계통 물질 분석 (mg/g dry weight)

Compound	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Catechin	0.14 ± 0.02 c	0.17 ± 0.00 b	0.24 ± 0.27 a
4-hydroxybenzoic acid	0.50 ± 0.03 a	0.26 ± 0.02 c	0.32 ± 0.08 b
Chlorogenic acid	1.76 ± 0.05 a	1.16 ± 0.02 c	1.41 ± 0.03 b
Caffeic acid	0.11 ± 0.02 a	0.12 ± 0.00 a	0.10 ± 0.01 a
(-)-Epicatechin	0.20 ± 0.04 b	0.72 ± 0.02 a	0.55 ± 0.17 a
Vanillin	0.11 ± 0.01 a	0.04 ± 0.00 b	0.02 ± 0.01 c
p-coumaric acid	N.D ¹⁾	0.08 ± 0.00 a	0.08 ± 0.01 a
Ferulic acid	0.14 ± 0.00	N.D	N.D
Rutin	N.D	0.40 ± 0.01 b	0.49 ± 0.00 a
Trans-cinnamic acid	0.11 ± 0.00 a	0.07 ± 0.00 b	0.01 ± 0.03 c
Quercetin	4.64 ± 0.06 a	1.70 ± 0.05 b	1.51 ± 0.19 c
Kaempferol	0.14 ± 0.01 a	0.13 ± 0.01 a	0.14 ± 0.19 a
Total	7.85 ± 0.02 a	4.85 ± 0.11 b	4.88 ± 0.20 b

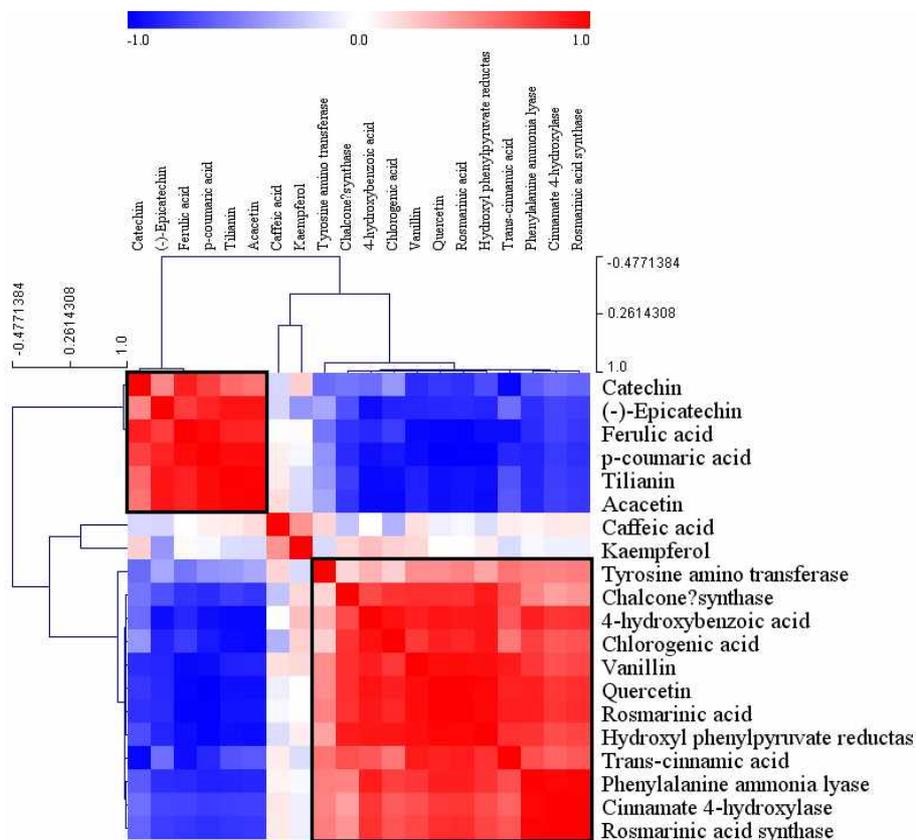
¹⁾, Not detected

〈Table 4-7〉, 〈Table 4-8〉에 따르면 대부분의 stage 1에서 Catechin, 4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, (-)-epicatechin, vanillin, ferulic acid, trans-cinnamic acid, quercetin, kaempferol, rosmarinic acid, tilianin, acacetin의 총 12개의 페닐프로파노이드 계통 물질을 확인 및 정량하였고, stage 2와 stage 3에서는 catechin, 4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, (-)-epicatechin, vanillin, p-coumaric acid, rutin, trans-cinnamic acid, quercetin, kaempferol, rosmarinic acid, tilianin, acacetin을 포함하는 총 14개의 페닐프로파노이드 계통 물질을 확인 및 정량하였다.

구체적으로, phenolics (4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, vanillin, trans-cinnamic acid)들은 stage 1에서 stage 2 또는 stage 3에서 관측된 각각의 최소값에 대하여 1.88, 1.52, 6.52, 8.07배

높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었다. 게다가, ferulic acid의 경우에는 오직 stage 1에서만 탐지 가능하였다. 반면에, p-coumaric acid는 오직 stage 2와 stage 3에서만 탐지되었고, caffeic acid의 함량은 stage 1,2,3에서 유의하게 차이가 없는 것으로 나타났다.

반면에, quercetin, rosmarinic acid를 제외한 다른 flavonoid들 중에 (-)-epicatechin, tilianin, acacetin의 함량은 stage 2에서 가장 높았으며, stage 1에서 관측된 최소값에 비하여 각각 3.54, 1.95, 3.03배 높은 것으로 나타났다. Catechin과 rutin의 함량은 stage 3에서 가장 높았으며, stage 1에서 관측된 catechin의 함량에 비하여 1.71배, stage 2에서 관측된 rutin 함량에 비하여 1.23배 높았다.



<Fig. 4-12> 유전자발현과 물질함량 간 상관관계 분석

qRT-PCR을 통하여 관찰한 페닐프로파노이드 생합성 및 플라보노이드 생합성 관련 유전자의 발현 정도와 HPLC를 통해 정량한 물질 함량 사이에서 상관분석을 SAS를 이용하여 상관관계를 분석하였다. 일반적으로 상관분석 시 상관관계수 (r)이 $-1.0 < r \leq -0.7$ 일 때, 매우 강한 음의 상관관계, $-0.7 < r \leq -0.3$ 일 때, 강한 음의 상관관계, $-0.3 < r \leq -0.1$ 일 때, 약한 음의 상관관계를 나타내고, $-0.1 < r < 0.1$ 일 때, 상관관계 없음, $0.1 < r \leq 0.3$ 일 때, 약한 양의 상관관계, $0.3 < r \leq 0.7$ 일 때, 강한 양의 상관관계, $0.7 < r \leq 1.0$ 매우 강한 양의 상관관계를 나타낸다.

<Fig. 4-12>와 같이 페닐프로파노이드 생합성 관련 유전자 발현 중 PAL 유전자의 경우 4-hydroxybenzoic acid ($r=0.88287$, $p=0.0016$), chlorogenic acid ($r=0.76201$, $p=0.017$), vanillin

($r=0.79359$, $p=0.0107$), quercetin ($r=0.8785$, $p=0.0018$), rosmarinic acid ($r=0.88317$, $p=0.0016$)의 함량과 상당히 강한 양의 상관관계를 나타내었고, C4H 유전자는 4-hydroxybenzoic acid ($r=0.79442$, $p=0.0105$), quercetin ($r=0.78793$, $p=0.0117$), rosmarinic acid ($r=0.79915$, $p=0.0098$)와 상당히 강한 양의 상관관계를, CHS 유전자 발현은 4-hydroxybenzoic acid ($r=0.71806$, $p=0.0294$), chlorogenic acid ($r=0.80494$, $p=0.0089$), vanillin ($r=0.82766$, $p=0.0059$), trans-cinnamic acid ($r=0.70193$, $p=0.035$), quercetin ($r=0.82284$, $p=0.0065$), rosmarinic acid ($r=0.81263$, $p=0.0078$)와 상당히 강한 양의 상관관계를 나타내었다. 즉, 상관분석은 stage 1에서 stage 2와 stage 3에서 보다 매우 높은 페닐프로파노이드 생합성 관련 초기 유전자들의 발현은 stage 1에서 대부분의 phenolics (4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, vanillin, trans-cinnamic acid)의 함량이 stage 2와 stage 3에서 보다 높은 것을 설명해주며, 초기 관련 유전자에 의해 합성된 중간물질들이 하위의 플라보노이드 (quercetin, rosmarinic acid)의 합성에 이용되었음을 추론할 수 있게 해준다.

유사하게도, Tyrosine으로 부터 rosmarinic acid 생합성에 관련하는 HPPR 유전자는 4-hydroxybenzoic acid ($r=0.92151$, $p=0.0004$), chlorogenic acid ($r=0.92049$, $p=0.0004$), vanillin ($r=0.94363$, $p=0.0001$), trans-cinnamic acid ($r=0.81206$, $p=0.0078$), quercetin ($r=0.98234$, $p<0.0001$), rosmarinic acid ($r=0.97381$, $p<0.0001$)와 상당히 강한 양의 상관관계를 나타내었다. 게다가, rosmarinic acid 생합성에 직접적으로 관여하는 RAS 유전자는 4-hydroxybenzoic acid ($r=0.8176$, $p=0.0071$), vanillin ($r=0.74078$, $p=0.0224$), quercetin ($r=0.82566$, $p=0.0061$), rosmarinic acid ($r=0.83697$, $p=0.0049$)의 물질함량과 강한 양의 상관관계를 나타냈다. 반면에, TAT 유전자의 경우에는 각각의 물질들과 강한 상관관계를 나타내지 않는 것으로 확인되었다.

배초향 (*Agastache rugosa*)은 Korea mint라고 불리며 한국, 중국, 대만, 일본에서 주로 분포한다. 배초향은 전통적인 경관식물이며 향수 및 향신료로 사용되므로 상업적으로 재배된다(Jun et al., 2010). 전통적으로, 배초향은 식욕 감퇴, 구토, 빈혈, 콜레라 및 장 질환 치료를 위해 이용되어왔다. 기존의 연구들은 배초향이 항균, 항곰팡이, 항바이러스, 항암활성을 포함하는 다양한 생리학적 및 약리학적 효과를 보인다는 것을 보고한 바 있다 (Shin and Kang, 2003; Song et al., 2001; Hong et al., 2001; Min et al., 1999). 또한, 배초향 추출물은 인간의 세포에 대한 Haemophilus influenzae 접착을 억제 할뿐만 아니라 항 HIV 및 항진균 활성을 비롯한 다양한 약리학적 및 생물학적 작용을 나타내며, 항돌연변이 효과를 가지고 있음이 입증된 바 있다(Tuan et al., 2012; Oh et al., 2006). 이러한 활성은 배초향에 존재하는 다양한 생체 활성 화합물에 기인한다. 과거 연구에 따르면, 배초향은 페닐프로파노이드, 카로티노이드 및 테페노이드를 비롯한 많은 2 차대사산물을 함유하고 있으며, 특히, 배초향에서 발견되는 페닐프로파노이드 계통 물질들은 항균, 항바이러스, 항곰팡이, 항염증 활성을 보이는 것이 확인된 바 있다 (Wilson et al., 1992).

본 연구결과에 따르면 stage 1에서는 총 13개의 페닐프로파노이드 계통 물질을 확인하였고, stage 2와 stage 3에서 총 14개의 페닐프로파노이드 계통 물질을 확인 및 정량하였다. 과거 분석 화학적 연구결과에 따르면, 배초향 화기에서 HPLC를 통하여 rosmarinic acid, acacetin, tilianin을

정량하였으며 (Tuan et al., 2012), LC-MS/MS를 통하여 caffeic acid, rosmarinic acid의 존재를 확인하였고 (Desta et al., 2016). 게다가, UPLC-qTOFMS를 통하여 chlorogenic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, rosmarinic acid의 존재를 확인한 바가 있다 (Zielińska et al., 2016). 추가적으로, 배초향 세포배양체에 methyl jasmonate 처리 후 GC-MS 분석을 통하여 ferulic acid, p-coumaric acid, 4-hydroxybenzoic acid의 존재가 보고된 바 있으며, 곽향 (배초향의 지상부)에서 catechin 및 (-)-epicatechin의 존재 또한 확인 된 바 있다 (Seo and Shin, 2014).

페닐프로파노이드 생합성 및 플라보노이드 생합성 관련 유전자의 발현은 stage 1에서 stage 2와 3와 비하여 월등히 높았고, 이로 인하여, 대부분의 phenolics와 quercetin, rosmarinic acid의 물질함량이 stage 2와 3에 비하여 높게 나타나는 것으로 사료된다. 과거에 본 연구결과를 지지하는 유사한 연구가 보고된 바 있다. Tuan et al., 2012는 배초향 기관 (꽃, 뿌리, 줄기, 잎)에 따른 페닐프로파노이드 생합성 경로 유전자 (PAL, CHS, C4H, CHI, 4CL) 발현 및 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 물질 함량을 분석하였고, CHS, C4H, CHI 의 유전자 발현이 꽃에서 다른 기관에 비하여 상당히 높았고 그로인하여 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 물질 함량이 다른 기관에 비하여 높은 것이라 설명하였다. 게다가, 배초향 세포배양체에 0, 1, 10, 50, 100 um의 농도로 Methyl jasmonate를 처리 시 50 um에서 C4H, 4CL에서 다른 농도 처리에 비하여 유전자 발현이 증가 하였고, 그로 인하여 rosmarinic acid 함량 역시 50 um에서 최대치를 나타내었다 (Kim et al., 2013). 유사하게, 배초향 세포배양체에 yeast 와 silver nitrate를 각각 0, 100, 250, 500, 750, 1000 mg/L의 농도와 0, 1, 5, 10, 20, 30 mg/L의 농도 처리 시 농도의존적인 PAL, C4H, TAT, HPPR, RAS 유전자의 발현 및 물질이 증가하는 양상을 보였으며, 특정 농도에서 시간대 별로 관찰하였을 때도 시간의존적인 PAL, C4H, TAT, HPPR, RAS 유전자의 발현 및 물질이 증가하는 양상을 보였다(Park et al., 2016).

본 연구는 배초향의 화기 발달 과정 중 기능성 물질의 함량을 조사하고 기능성 물질 고함유 화기를 이용한 기능성 차를 개발을 위하여 수행되었으며, 화기발달 단계 stage 1이 항산화 활성이 높은 rosmarinic acid 및 다른 phenolics의 함량이 다른 단계보다 높았으므로 항산화 활성에 초점을 맞춘다면 stage 1의 화기가 기능성 차 개발에 적합한 것으로 사료된다. 그러나 동맥경화에 초점을 맞추는 차를 개발한다면 오히려 stage 2가 tilianin 물질함량이 높으므로 보다 적합한 것으로 생각된다.

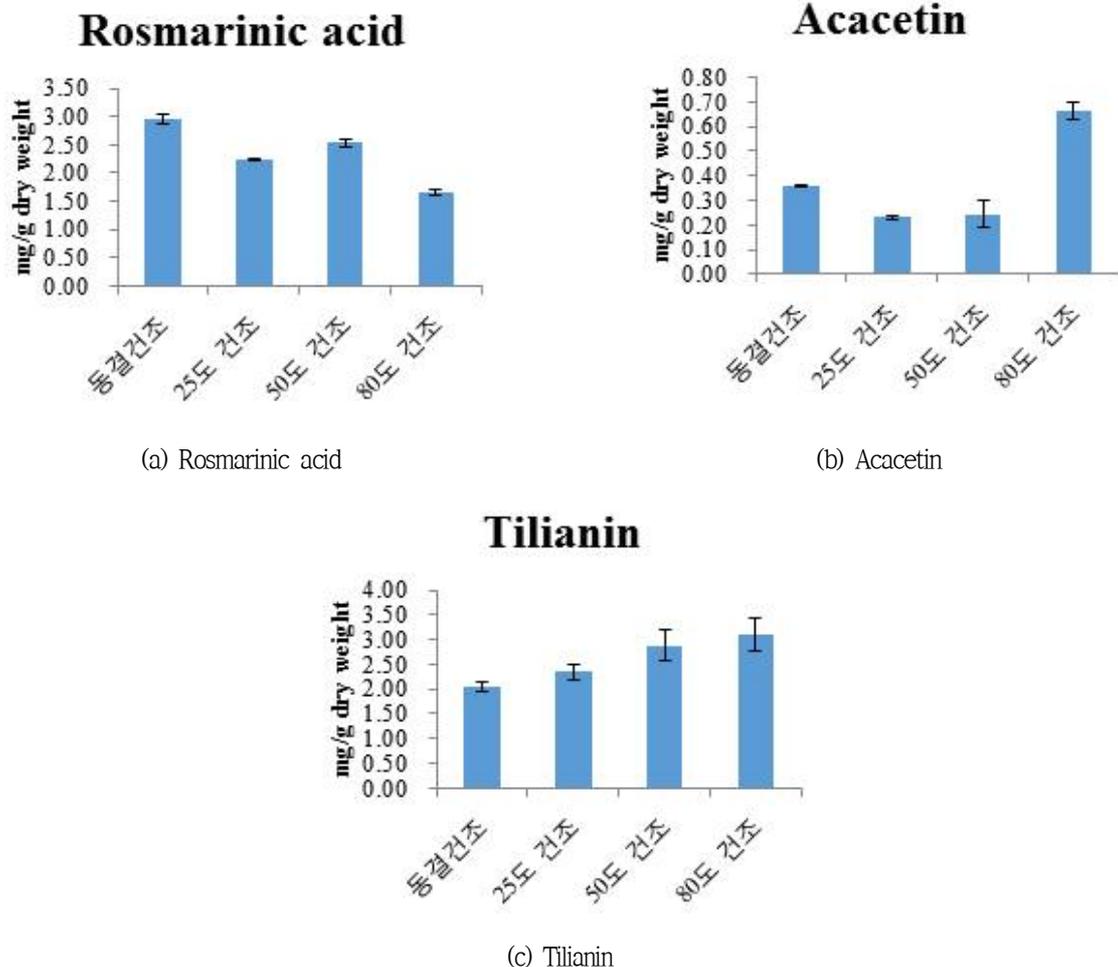
마지막으로 본 연구에서는 배초향을 대상으로 한 phenylpropanoid 분석법을 성공적으로 확립하였으며, 확립된 분석법은 Agastache 속의 식물들을 대상으로 분석 및 배초향 건조 방법에 따른 기능성 물질 함량 조사에 활용될 것이며, 더 나아가 기능성 차 개발에 크게 도움이 될 것이라 사료된다.

배초향 꽃의 건조 온도 조건에 따른 Phenylpropanoid 함량 비교를 위하여 동결건조기에서 냉동건조(-70° C)와 산업용 건조기에서 25° C, 50° C 및 80° C의 총 3수준의 온도별 건조를 3일 실시 후 배초향 꽃에 많이 함유되어 있는 rosmarinic acid, acacetin과 tilianin 함량을 HPLC로 분

석하였다.

그 결과, rosmarinic acid 함량은 건조 온도가 증가할수록 배초향 꽃에서 감소하는 경향을 나타냈으며 냉동건조(-70° C)시 2.95 mg/g dry weight로 가장 높은 수준을 보였다. 하지만 acacetin과 tilianin 함량은 반대로 건조 온도가 증가할수록 배초향 꽃에서 증가하는 경향을 나타냈다. acacetin은 냉동건조와 비교하여 80° C에 건조할 경우 0.66 mg/g dry weight으로 약 2배의 함량이 증가하였으며, tilianin도 냉동건조와 비교하여 80° C에 건조할 경우 3.11 mg/g dry weight으로 약 1.5배의 함량이 증가하였다.

결론적으로 동맥경화, 고혈압, 심장병을 예방하는 효과가 있는 tilianin과 항산화, 항염, 항암효과가 있는 acacetin의 함량이 증가된 건조 방법은 80°C에서 고온 건조가 유리하였으며, 이 방법으로 건조된 배초향 꽃을 생산하는 것이 최적인 것으로 확인되었다.



<Fig. 4-13> 배초향 꽃의 건조 온도 조건에 따른 Phenylpropanoid 함량 비교

제 1 절 연구개발 성과 및 평가방법

제 1 절 연구개발 성과 및 평가방법

1. 연구개발 달성도 평가

가. 정성적 평가

성과목표	자체평가 결과	달성율
○ 무굴착 지하관개+배수암거공법 시험시공 설계 및 시험시공	6개시험포에 현장적용을 위한 설계를 실시하고 시험시공을 실시하였음. 따라서 기존에 1개를 목표로하였으나 6개를 적용함으로써 목표를 100% 달성함.	100
○ 무굴착암거 시공장비 조사 및 분석을 통한 적정장비 선정	무굴착암거의 적용은 백호우로 결정함. 그 이유는 기존 자료 분석결과 무굴착 암거설치를 위한 전용기계의 적용이 경제성 문제로 적용이 어렵고, 트랙터를 적용하는 방법이 있으나 간척지 등 연약지반에서는 사용이 어려워 백호우를 적용하는 것으로 함. 따라서 시공장비의 선정은 100% 달성함	100
○ 현장 모니터링 지하배수 및 토양개량 성능평가를 이용한 개선기술 개발	기존 무굴착 암거공법 등을 분석하여 개선기술을 시험포에 적용하였음. 또한 적용 개선기술의 모니터링 결과를 이용하여 현장 시험포에 적용할 개선기술을 제안함. 따라서 성과목표를 100% 달성함.	100
○ 전기 지하관개 및 관청소 실시 성과평가 및 개선기술개발	지하관개 및 관청소 성과 평가를 현장시험포에서 실시하였으며, 시험결과를 이용하여 적용 암거기술의 우수성을 확인하였음.	100
○ Pond 를 이용한 침출수 저류 및 관개용수 재활용 시스템 구성	간척지를 제외한 습답에 배수암거를 통한 집수정을 설치하고 집수정을 Pond로 이용하여 침출수 저류 및 관개용수를 이용할 수 있는 시스템을 구성함. 따라서 성과목표를 100% 달성함.	100
○ 지하관개+배수암거시스템의 수리적 특성 평가	수리학적특성 분석을 실시하였으며 이를 통한 지하관개+배수 공법의 최적설계를 실시함. 따라서 성과목표를 100% 달성함.	100
○ 암거 성능 평가 및 최적 무굴착 암거설치 방법 제안	암거의 물리역학적 특성, 내구성능을 평가하고 침투류해석, 암거시험 및 모형시험 결과를 분석하여 최적 암거설치 방법을 제안함. 따라서 성과목표를 100% 달성함.	100
○ 논(간척지 포함) 범용화 대상농지 현장 특성 조사 및 분석	현장시험시공을 위한 6개지구의 현장 특성 및 조사 분석을 실시하였음. 따라서 성과목표를 100% 달성함.	100
○ 암거폐색을 방지하기 위한 토립자 방지 전면필터 설치 방법에 따른 성능 평가 및 분석	모형실험을 통하여 암거폐색을 방지할 수 있는 전면필터를 갖는 암거공법을 개발하고 평가하였으며 특허출원하였음. 따라서 성과목표를 달성하였음.	100
○ 시험포 모니터링 지하배수 및 토양개량 성능평가	시험포 6개지구의 현장 모니터링을 실시하고 있음. 따라서 목표를 100% 달성함	100
○ 품종별 기능성 분석을 통한 경제적 품종 선발	곽향의 5개 품종(Agastache cana, Agastache foe-niculum, Agastache rugosa (spike blue), Agastache rugosa (spike snow), Agastache ru-pestris의 생육 및 기능성물질 함량 분석결과를 바탕으로 재배 시 가장 효율적인 품종 선발함.	100
○ 논 범용화 토양의 물리화학적 특성 분석	토양의 물리, 화학적 특성(pH, CEC, EC, Ece, 수분함량, 유기물함량, 토성 등) 분석함.	100
○ 곽향의 생육 성장 특성 분석	범용화 토양에서의 밀칭여부 및 정식거리(10,20,30cm)에 따른 작물 생육(엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 절간장, 화방수, 생체중, 건물중), 기능성물질 함량 분석함.	100
○ 배수불량 토양 조건의 선발 품종의 기비와 추비의 최적조건 도출	실험 결과를 토대로 기비 조건에 따른 생장 분석 결과를 도출함	100
○ 배수불량 조건에서 선발 품종의 대량생산 기술 개발 및 범용농지 수분 최적화 조건 개발	곽향 표준 시비 기준인 퇴비를 표준농도로 밀거름하고 1주일 뒤 복합비료 N:P:K 12:16:10kg/10a 시용을 표준농도(1.0)로 설정하고 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 농도별로 처리구를 두어 생장 분석 결과를 도출함	100
○ 곽향 기능성물질 분석시스템확립	phenylpropanoid계통 기능성 물질의 HPLC를 이용한 분석시스템 개발	100
○ 곽향 화기 수확 최적시기 선발	곽향 화기성숙기별 phenylpropanoid 계통의 기능성 물질을 조사 및 최적 수확시기를 선발함.	100
○ 곽향을 이용한 건강 기능성차 개발	곽향을 이용한 기능성 차 개발완료로 성과목표를 100% 달성함.	100

나 정량적 평가

성과목표	자 체 평 가
특허출원 3건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특허출원 1건 완료(2017년 10월 20일) - 워터매니지먼트 : 2중 필터층을 구비한 유공관 암거(Perforated drainpipe culvert having double filter layer) ○ 특허출원 1건 완료(2017년 11월 29일) - 워터매니지먼트 : 유공관 암거 및 이의 시공 방법 ○ 특허출원 1건 완료(2018년 12월 24일) - 부일식품 : 아카세틴 및 티리아닌 함량이 증가된 배초향 드라이 플라워의 제조방법 및 상기 방법에 의해 제조된 배초향 드라이 플라워
특허등록 2건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특허등록 1건 완료(2018년 7월 4일) - 워터매니지먼트 : 2중 필터층을 구비한 유공관 암거(제10-1876825호) ○ 특허등록 1건 완료(2018년 7월 13일) - 워터매니지먼트 : 유공관 암거 및 이의 시공 방법(제10-1880038호)
기술실시 1건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2018년 - 워터 : 삼산지구 지하배수암거 공사(직접실시)
제품화 1건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2018년 - 부일식품 : 배초향 꽃 건조차 개발
매출액 2건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2017년 - 워터(1건), 부일(1건) - 삼산지구 지하배수암거 공사 : 10,000,000원 - 배초향 꽃차 개발 : 5,000,000원
고용창출 5명	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2016년 고용창출 (1인) : 워터 1인 ○ 2017년 고용창출 (3인) : 워터 2인, 부일식품 1인 ○ 2018년 고용창출 (1인) : 워터 1인
SCI급 논문 (3건)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2017년(1건) - 충남대 - Response of Different Agrobacterium Rhizogenes Strains for in vitro Hairy Root induction and Accumulation of Rosmarinic Acid (roduction in Agastache Rugosa ○ 2018년(1건) - 충남대 - High Electrical Conductivity of Nutrient Solution and Application of Methyl Jasmonate Promote Phenylpropanoid Production in Hydroponically Grown Agastache rugosa ○ 2018년(1건) - 공주대 - Fracture and long-term aging characteristics of GFRP clamping plates for improved moveable weirs.
비SCI 논문 (2건)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2018년(2건) - 공주대 - Improvement and Application of the ArcGIS-based Model to Estimate Direct Runoff - 최근 강수 자료를 이용한 범용토양유실공식의 강우침식능인자 정의에 관한 연구

<p>학술발표 11건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2017년(3건) - 충남대(2건), 공주대(1건) <ul style="list-style-type: none"> - Agastache속의 5개 종에 대한 생육 및 기능성 물질 함량 분석 - INFLUENCE OF ROOT CUTTING TIME INTERVAL ON GROWTH AND ACCUMULATING ANTIOXODANT IN AGASTACHE RUGOSA, - 농지범용화를 위한 유공관 암거의 물리·역학적 특성평가 ○ 2018년(8건) - 충남대(2건), 부일(1건), 공주대(5건) <ul style="list-style-type: none"> - 논 범용화 용지에서 정식 간격과 멀칭 유무가 배초향의 생장 및 항산화 물질에 미치는 영향 - In-vitro antibacterial and antioxidant properties of flower, leaf, and stem extracts of Agastache rugosa - Effect of Higher Electrical Conductivity on Growth, Chlorophyll Content, Photosynthesis, and Accumulation of Bioactive Compounds in Agastache rugose. - 농지범용화를 위한 유공관 암거의 염해환경 노출 후 잔류강도 평가 - 농지범용화를 위한 유공관 암거의 전면 필터층 설치에 따른 투수계수 평가 - 농지범용화를 위한 무굴착 암거 공법의 현장 시험 평가 - 농지범용화를 위한 무굴착 암거 공법의 관개용수 공급 및 재염화 방지효과 - 유공관 암거의 온도변화에 따른 휨강도 특성 평가 연구
<p>교육지도 1건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 워터 1건 <ul style="list-style-type: none"> : 간척지 농지 범용화 기술교육 및 홍보(2018년 12월 14일)
<p>인력양성 1건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2017년 (1건) <ul style="list-style-type: none"> - 충남대 인력양성(석사) 1인 ○ 2018년 (1건): <ul style="list-style-type: none"> - 공주대 인력양성(석사) 1인
<p>정책활용 1건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2018년 (1건) <ul style="list-style-type: none"> - 워터 : 간척농지에 고부가가치의 고기능성 약용작물을 대량 생산할 수 있는 재배단지 조성 및 생산기반시설 제안

○ 특허출원(3건)

- 2017.10.20. 2중 필터층을 구비한 유공관 암거(10-2017-0136571)

출원번호통지서

<http://www.patent.go.kr/jsp/ki...>

1의 3페이지

관 인 생 략
출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2017.10.20
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(SP170126)
 출 원 번 호 10-2017-0136571 (접수번호 1-1-2017-1037759-04)
 출 원 인 명 칭 (주) 워터매니지먼트(1-2013-014794-1)
 대 리 인 성 명 유병욱(9-2007-000605-1)
 발 명 자 성 명 박찬기 김현태 정광욱 정인균 강수만 전종찬 김미솔 김효동
 전상민
 발 명 의 명 칭 2중 필터층을 구비한 유공관 암거

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보 변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표-디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법

- 2017.11.29. 유공관 암거 및 이의 시공 방법(10-2017-0161868)

출원번호통지서

<http://www.patent.go.kr/jsp/ki...>

1의 3페이지

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2017.11.29
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(SP170134)
출원번호 10-2017-0161868 (접수번호 1-1-2017-1192334-50)
출원인명칭 (주) 워터매니지먼트(1-2013-014794-1)
대리인성명 유병욱(9-2007-000605-1)
발명의명칭 유공관 암거 및 이의 시공 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보 변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 송계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

- 2018.12.24. 아카세틴 및 틸리아닌 함량이 증가된 배초향 드라이 플라워의 제조방법 및 상기 방법에 의해 제조된 배초향 드라이 플라워(10-2018-0168114)

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2018.12.24
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2018-0168114 (접수번호 1-1-2018-1295435-5)
 출원인명칭 영농조합법인 부일식품(1-2018-079255-5)
 대리인성명 최규환(9-2005-001504-0)
 발명자성명 김재주 박창하 여현지 박여은
 발명의명칭 아카세틴 및 틸리아닌 함량이 증가된 배초향 드라이 플라워의 제조방법 및 상기 방법에 의해 제조된 배초향 드라이 플라워

특허청장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자직교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

○ 특허등록(2건)

- 2018.07.04. 2중 필터층을 구비한 유공관 압거(제10-1876825호)



- 2018.07.13. 유공관 압거 및 이의 시공 방법(제10-1880038호)



발명의 명칭 Title of the Invention
유공관 압거 및 이의 시공 방법

특허권자 Patentee
(주)위터매니지먼트(110111-*****)
경기 남양주시 가운로1길 25, 5층 507호 (가운동, 수미소빌딩)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2018년 07월 13일



QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성춘모

○ 기술실시(1건)

- 워터 : 기술실시보고서

[별지 13의2]

기술실시보고서							
(단위 : 원)							
연구개발과제 현황	사업명	첨단생산기술개발사업		연구과제번호	116068-03		
	연구과제명	곡물수급조절과 기후변화 대비 저비용 고효율 농지범용화 시스템 및 적용 기술 개발					
	연구기관명	㈜워터매니지먼트	연구책임자	김현태	참여기업명	송남대학교산학협력단 영농조합법인부일식품	
	연구협약일	2016.09.05.	연구기간	2016.09.05. ~ 2018.12.31.(28개월)			
	연구개발비	정부출연금 700,000,000원	기업부담금 233,400,000원	기타 ()	계 933,400,000원		
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	상산지구 지하배수암거 공사					
	계약(활용)일	2017.09.12. ~ 2017.10.15.	실시(활용)기간	2017.09.12. ~ 2017.10.15.			
	지재권 종류	특허등록		실시권 유형	직접 실시		
	* 지재권이 특허(출원, 등록)인 경우	명 칭	2중 필터층을 구비한 유공판 암거				
		번호	제 10-1876825호	일 자	2018.07.04.		
	실시(활용)기관	기관명	㈜워터매니지먼트		기관유형	중소기업	
		주 소	경기도 남양주시 가운로 1길 25		대 표 자	정광욱	
		사업자번호	206-86-39636		전화번호	031-566-3933	
부세담당자		김솔기		e-mail	tmfri6307@nate.com		
기술료산정내역	정부출연금 400,000천원 * 10%(중소기업) * 20%(참여중소기업) * 70%(일시납) = 5,600천원						
기 술 료	정액기술료		경상기술료			기타 조건	
	장수(납부)예정일	징수(납부)금액	착수기분로	징수(납부)예정일	징수(납부)금액		
	2019.01.07.	5,600,000	매출에 따른 기술료	징수(납부)시작일	결산월		
				징수(납부)종료일	징수율		
	계	5,600,000			매출액의 ()%		
기타특기사항	일시납						
<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.</p> <p>붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).</p>							
<p>2019년 1월 7일</p> <p>주관연구기관 ㈜워터매니지먼트의 대표 정광욱 (직인)</p> <p>농림수산식품기술기획평가원장 귀하</p>							

○ 제품화(1건)

- 부일식품 : 배초향 꽃차 개발(핸드북)

부일식품 배초향 꽃차

배초향 (*Agastache rugosa*)은 꿀풀과에 속하는 우리나라 자생 식물로 외국에서는 Korean mint로 알려진 식물이다. 우리나라 전역에 걸쳐 분포하며, 특히 남부지방에서 야생하거나 재배되고 있는 다년생 초본이다. 부일식품 배초향 꽃차는 건조 시 온도조건에 따른 기능성 물질 함량조사 결과에 따라, Acacetin과 Tilianin 함량이 증가되는 고온 건조 방식(특허출원 제10-2018-0168114)으로 생산합니다.



☑ Acacetin은 O-methylated flavone 계통의 물질로 여러 식물체에 존재하며 항산화, 항염, 항암효과가 있는 기능성물질이다.

☑ Tilianin은 한국생명공학연구원이 출원한 특허(등록번호 1004479480000)에 의하면 동맥경화를 유발시킨 쥐를 대상으로 실험한 결과 '배초향'의 추출물과 플라보노이드 성분인 '틸리아닌(tilianin)'이 콜레스테롤 축적을 억제해 동맥경화가 현저히 개선되는 것을 확인했다. 최근에는 고혈압과 심장병을 예방하는 효과가 있다고 보고되었다.

○ 매출액(2건)

- 2017.10.26. 워터매니지먼트 10,000,000원 매출

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명		고효율 저비용 농지범용화 시스템 개발						
주관연구기관	㈜워터매니지먼트		참여기관	㈜워터매니지먼트				
책임자	김현태		연구기간	2016년 09월 ~ 2018년 12월(총 3년)				
정부출연금	286,162,000	기업부담금	134,040,000	총계	420,192,000			
기술이전명			기술실시대상기관	㈜주주건설				
기술료	5,600,000		기술실시일	2017.10.26.				
구분	기술실시업체 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적					
실적	자산 총계	194.692	제품건수	1				
	자본 총계	148.871						
	부채 총계	46.821	기술개발성과활용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)	10,000,000				
	매출액 총계	301.091						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질 인증 여부
				국내	해외			
1	삼산지구 지하배수 암거 공사		2017.10.26	국내	10	100%	국내산	N
				해외				
2				국내				
				해외				
3				국내				
				해외				

* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원장 등)

2017년 12월 26일

연구책임자 : 김현태

(서명 또는 인)

- 2018.11.01. 부일식품 5,000,000원 매출

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명	Agastache 속 식물을 이용한 기능성 건강보조식품 개발							
주관연구기관	워터매니지먼트	참여기관	영농조합법인 부일식품					
책임자	김재주		연구기간	2016년 09월 ~ 2018년 12월(총 3년)				
정부출연금	90,000,000	기업부담금	99,360,000	총계	189,360,000			
기술이전명			기술실시대상기관					
기술료			기술실시일					
구분	기술실시업체 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적					
실적	자산 총계	4,326	제품건수	1				
	자본 총계	1,799						
	부채 총계	2,626	기술개발성과활용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)	5,000,000				
	매출액 총계	3,643						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질 인증 여부
				국내	해외			
1	배조향 꽃차		2018.11.01	국내	5	100%	국내산	N
				해외				
2				국내				
				해외				
3				국내				
				해외				

* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원장 등)

2018년 12월 28일
연구책임자 : 김재주 (서명 또는 인)

○ SCI급 논문(3건)

- 2017.08.25. 충남대

Original Research Paper

Response of Different *Agrobacterium Rhizogenes* Strains for *in vitro* Hairy Root Induction and Accumulation of Rosmarinic Acid Production in *Agastache Rugosa*

¹Woo Tae Park, ¹Thanislas Bastin Baskar,
¹Sun Kyung Yeo, ²Nam Il Park, ³Jong Seok Park and ¹Sangun Park

¹Department of Crop Science,
Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34134, Korea

²Department of Plant Science,
Gangneung-Wonju National University, Gangneung-si, Gangwon-do 25457, Korea

³Department of Horticultural Science,
Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Korea

Article history
Received: 18-06-2017
Revised: 23-07-2017
Accepted: 25-08-2017

Corresponding Author:
Sangun Park
Department of Crop Science,
Chungnam National University,
99 Daehak-ro, Yuseong-gu,
Daejeon, 34134, Korea
Email: supark@cnu.ac.kr

Abstract: In this study a total of seven different *Agrobacterium rhizogenes* strains were evaluated for their ability to transform the plant *Agastache rugosa* and to produce the secondary metabolite rosmarinic acid. All the strains of *A. rhizogenes* i.e., 13333, 15834, A₄, LBA9402, R1000, R1200 and R1601 strains tested here in this study, were able to induce hairy root formation in leaf tissue explants. The strain A₄ had the highest rate of infection (94.1±8.3%) and the strain R1000 had the lowest rate (88.6±6.9%). The highest frequency of hairy roots per explant (13.6±1.4) was found for strain R1601 and the tallest root length (20.4±1.7 mm) was found for strain 13333. We also evaluated dry weight and level of rosmarinic acid in the hairy roots and found that the highest growth (310.1±14.6 mg/flask) was occurred after infection with strain R1200, while the highest production of rosmarinic acid (68.2±3.8 mg/g dry weight) was noted using strain 13333. Our study showed that *A. rhizogenes* strain 13333 was the most effective of the 7 tested strains for production of transformed root cultures as well as rosmarinic acid in the hairy roots.

Keywords: *Agastache Rugosa*, Hairy Root, Rosmarinic Acid, Strain of *Agrobacterium Rhizogenes*

Introduction

The ornamental plant *Agastache rugosa* (family Lamiaceae), also known as Korean mint, is mainly found in Eastern Asia and is widespread in Korea, Japan and China as reported by (Kang *et al.*, 2013; Zielińska and Matkowski, 2014). In recent years, *A. rugosa* has become one of the species of choice for medical research due to its interesting physiological and pharmacological properties (Wilson *et al.*, 1992; Song *et al.*, 2001; Shin and Kang, 2003; Jun *et al.*, 2010) and also have anti-inflammatory and anti-a the rogenic properties (Min *et al.*, 1999). *A. rugosa* possesses properties of potentially great importance for development of drugs against diseases such as cholera and for other medical conditions such as vomiting and for the treatment of disorders in intestine (Kim *et al.*, 2001; Chae *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2013).

A. rugosa also has use in food industries as it can act as a flavoring agent and add a spicy flavoring to food (Hong *et al.*, 2001). Presently, there is considerable interest in Korea on exploiting native plant species like as persimmon, hardy rubber and wild mulberry used as efficient foods (Han, 2010; Park *et al.*, 2012). *A. rugosa* leaves may possibly be of use in high-standard useful foods especially for tea, cakes and so on. The leaves can also be used to extract a fragrance reagent for perfumes. Thus, *A. rugosa* exhibits a variety of valuable properties with economic and social benefits.

Agrobacterium rhizogenes (family Rhizobiaceae) is a well-known gram-negative bacterium, can induce hairy root at the place of contamination in plants. By using hairy Root Inducing (Ri)-plasmids, *A. rhizogenes* transmitted T-DNA into plant cells to bring into being hairy root diseases (Hamill *et al.*, 1987). Now a day *A. rhizogenes* has been used to induce hairy roots

- 2018.12.31. 충남대

RESEARCH ARTICLE

<https://doi.org/10.12972/kjst.20180082>

High Electrical Conductivity of Nutrient Solution and Application of Methyl Jasmonate Promote Phenylpropanoid Production in Hydroponically Grown *Agastache rugosa*

Sung Jin Kim^{1†}, Jai Eok Park^{2†}, Gwon Jeong Bok¹, Bashistha Kumar Kanth³, Vu Phong Lam¹, and Jong Seok Park^{1*}

¹Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Convergence Research Center for Smart Farm Solution, Korea Institute of Science and Technology (KIST), Gangneung Institute of Natural Products, Gangneung, Gangwon-do 25451, Korea

³Department of Bioengineering and Marketing, The University of Suwon, Hwaseong-si, Kyunggi-do 18323, Korea

*Corresponding author: jongseok@cnu.ac.kr

†These authors contributed equally to this work.

Abstract

Agastache rugosa Kuntze, a perennial herb in the Labiatae family, is ubiquitous in Korean fields and is used as a wild vegetable and medicinal herb for traditional therapies. We measured the concentrations of tilianin and acacetin, in hydroponically grown *A. rugosa* plants cultured in nutrient solutions of various electrical conductivities (ECs) for four weeks and sprayed or not with different concentrations of methyl jasmonate (MeJA). The total acacetin content of *A. rugosa* shoots ranged from 41.17 mg/plant at 1.0 dS·m⁻¹ to 50.00 mg/plant at 4.0 dS·m⁻¹, but did not differ significantly between treatments. Tilianin accumulation in *A. rugosa* at 2.0 and 4.0 dS·m⁻¹ was 9.66 and 8.64 mg/plant, respectively, values significantly greater than those observed at 1.0 dS·m⁻¹. The combined effect of MeJA application and the EC of the nutrient solution influenced the production of both tilianin and acacetin in appreciable amounts. The highest observed levels of tilianin were 2.75 mg·g⁻¹ at 4.0 dS·m⁻¹, 2.49 mg·g⁻¹ at 2.0 dS·m⁻¹, and 1.62 mg·g⁻¹ at 1.0 dS·m⁻¹ after application of 20 μM MeJA. Similarly, the highest observed levels of acacetin were 33.81 mg·g⁻¹ at 4.0 dS·m⁻¹ and 20.85 mg·g⁻¹ at 2.0 dS·m⁻¹ after application of 10 μM MeJA. We also evaluated the growth parameters of these plants. All growth parameters were affected by the EC of the nutrient solution. The greatest leaf length and width and the longest petiole, internode, and stem measurements were observed at 2.0 dS·m⁻¹, but these values were lower at 4.0 dS·m⁻¹. All root parameters increased with increasing EC, peaking at 4.0 dS·m⁻¹. Our results suggest that high EC nutrient solution together with MeJA application provides optimum conditions for plant growth and accumulation of tilianin and acacetin in hydroponically grown *A. rugosa*.

Additional key words: acacetin, electrical conductivity, functional materials, tilianin

Received: July 10, 2018
Revised: October 8, 2018
Accepted: October 11, 2018

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
36(6):841-852, 2018
URL: <http://www.kjst.org>

pISSN: 1226-8763
eISSN: 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2018 Korean Society for Horticultural Science.

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (116068-03-3).

- 2018.12.28. 공주대

Article

Polymers and
Polymer Composites

Fracture and long-term aging characteristics of GFRP clamping plates for improved movable weirs

Polymers and Polymer Composites
1-12
© The Author(s) 2018
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/0967391118820476
journals.sagepub.com/home/ppc
SAGE

Ri-On Oh¹ and Chan-Gi Park²

Abstract

In this study, the durability of movable weirs was improved by replacing steel clamping plates with glass fiber-reinforced polymer (GFRP) material. Because the clamping plates of movable weirs are always in contact with water, the service life of weirs is reduced due to corrosion. Other environmental conditions also degrade movable weirs, such as exposure to continuous inundation, dry environments, repeated dry and wet conditions, and chemical environments. This study evaluated the absorption, fracture, and long-term aging properties of GFRP clamping plates for improved movable weirs. Absorption increased with immersion time in 60°C tap water, sodium sulfate (Na₂SO₄) solution, or calcium chloride (CaCl₂) solution. However, the total absorption for 50 days and 100 days exposure was low, less than 0.50% and 0.62%, respectively. In fracture load tests, the GFRP clamping plates showed the largest reduction in strength after exposure to the CaCl₂ solution; 70% and 67% of the control load were retained for exposures of 50 days and 100 days, respectively. After exposure to both tap water and the Na₂SO₄ solution, the GFRP clamping plates showed residual strengths of 77% and 69% after 50 days and 100 days exposure, respectively. The GFRP clamping plates showed 74% and 71% residual strength after exposure to repeated freeze-thaw environments for 50 days and 100 days, respectively, and 80% residual strength after exposure to all other environments for 50 days or 100 days. Both vertical and horizontal cracks were generated before fracture after exposure to an environment involving direct contact with moisture. Without moisture, only horizontal cracks were generated before fracture.

Keywords

Absorption, Fracture, GFRP, clamping plates, Improved movable weirs, Long term aging

Introduction

Movable weirs, developed in the 1980s, are used to control the flow characteristics of rivers or obstruct flow to retain the required water levels via variation in their height and/or position.¹⁻³ When rivers are controlled by fixed concrete weirs, silt tends to deposit upstream due to the reduced flow velocity; this generates problems such as flooding, water flow capacity degradation, and water pollution.⁴ Also fixed concrete weirs lose most of their functionality over time. Therefore, fixed weirs are increasingly being demolished and replaced by movable weirs.⁵ There are different types of movable weirs, such as rubber weirs, tipping gates, and hinge-type gates. In recent years, there has been an increasing demand for rubber weirs and improved movable weirs.^{6,7} Rubber weirs are eco-friendly structures with no leakage of pollutants into rivers. However, the strength of rubber weirs is insufficient.²⁻⁵ Improved movable weirs resolve the shortcomings of rubber weirs and tipping gates,⁸⁻¹⁰ using a combination of airbags and a stainless steel gates²⁻⁶ (Figure 1); however, steel, used in almost all of the components other than the airbags, tend to corrode in river environments (Figure 2). One of the steel components in question is a clamping plate. Steel clamping plates are installed inside and outside of the airbags (formed of rubber sheets); these plates play an important role in solidifying the airbags to the concrete base when the

¹ Department of construction materials research team, Research Institute of Technology, Contech Engineering Co. Ltd, Seongnam, Republic of Korea

² Department of Rural Construction Engineering, College of Industrial Sciences, Kongju National University, Gongju, Republic of Korea

Corresponding author:

Chan-Gi Park, Department of Rural Construction Engineering, College of Industrial Sciences, Kongju National University, 314-701 Gongju, Republic of Korea.

Email: cgpark@kongju.ac.kr

○ 비SCI급 논문(2건)

- 2018.11.15. 공주대



Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers
DOI : <https://doi.org/10.5389/KSAE.2018.60.6.013>

Vol. 60, No. 6, pp.13-20, November 2018
ISSN 1738-3692 | eISSN 2093-7709

최근 강수 자료를 이용한 범용토양유실공식의 강우침식능인자 정의에 관한 연구

A Study to Determine the Rainfall Erosivity Factor of Universal Soil Loss Equation using Recent Rainfall Data

김종건^a · 장진욱^b · 성각규^c · 차상선^d · 박윤식^{e,*}

Kim, Jonggun · Jang, Jin Uk · Seong, Gak Gyu · Cha, Sang Sun · Park, Youn Shik

Abstract

Universal Soil Loss Equation (USLE) has been widely used to estimate potential soil loss because USLE is a simple and reliable method. The rainfall erosivity factor (R factor) explains rainfall characteristics. R factors, cited in the Bulletin on the Survey of the Erosion of Topsoil of the Ministry of Environment in the Republic of Korea, are too outdated to represent current rainfall patterns in the Republic of Korea. Rainfall datasets at one minute intervals from 2013 to 2017 were collected from fifty rainfall gauge stations to update R factors considering current rainfall condition. The updated R factors in this study were compared to the previous R factors which were calculated using the data from 1973 to 1996. The coefficient of determination between the updated and the previous R factors shows 0.374, which means the correlation is not significant. Therefore, it was concluded that the previous R factors might not explain current rainfall conditions. The other remarkable result was that regression equations using annual rainfall data might be inappropriate to estimate reasonable R factors because the correlation between annual rainfall and the R factors was generally unsatisfactory.

Keywords: Rainfall erosivity factor, soil loss, universality soil loss equation

1. 서 론

토양유실은 강우 시에 빗방울의 타격에 의해 토양층 표면의 토양 입자가 이탈되는 자연적인 현상이나, 도시화와 같이 토지 이용이 바뀌는 인위적인 원인 또는 강우 패턴의 변화와 같은 자연적인 원인으로 토양유실의 발생 행태가 변할 수 있다. 토양 입자의 유실은 농경지 등과 같은 발생원에서는 자원의 손실을 의미하며, 강이나 하천으로 유실된 토양이 유입될 때에는 탁도를 증가시키고 입자와 함께 이동하는 영양염류 때문에 수질오염을 야기할 수 있다. 이에 토양유실에 대한 대

략을 수립하기에 앞서 현황파악을 위해서, 환경부에서는 2012년에 '표토의 침식 현황 조사에 관한 고시'를 제정하여 시행하고 있다(Ministry of Environment, 2012). 본 고시는 범용토양유실공식(Universal Soil Loss Equation, USLE; Wischmeier and Smith, 1965; Wischmeier and Smith, 1978)에 의해서 토양유실량을 산정하도록 제시하고 있다. 범용토양유실공식은 장기간 동안의 연평균 토양유실량을 산정할 수 있는 경험적인 모형이며, 토양유실량 예측을 위하여 강우침식능인자(Rainfall erosivity factor; R factor), 토양침식성인자(Soil erodibility factor; K factor), 지형인자(Slope and slope steepness factor; LS factor), 지표피복인자(Crop and cover management factor; C factor), 보전관리인자(Conservation practice factor; P factor)의 5개 인자로 구성된다(Wischmeier and Smith, 1965; Wischmeier and Smith, 1978). 다섯 인자 중에서 강우침식능인자는 강우에 의한 침식능력을 의미하는데 연평균 토양유실량을 추정할 수 있도록 개발되었다.

Woo et al.(2010)은 월 및 연단위 강수량에 의한 강우침식능인자는 유역의 강우 특성을 어느 정도 반영할 수는 있으나 태풍이나 집중성 강우에 대한 특성을 반영하는 데에는 한계가 있기 때문에 일단위 강우자료를 사용할 필요가 있다고 지적하면서, 5일 선행강우를 고려하여 일단위 강우침식능인자를 산정할 수 있는 방법을 제시하기도 하였다. Lee and Lin(2015)는 타이완의 남부 지역에 위치한 유역에 대해서, 27

^a Postdoctoral Researcher, Department of Regional Infrastructures Engineering, Kangwon National University

^b Undergraduate Student, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

^c Undergraduate Student, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

^d Department Assistant, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

^e Associate Professor, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

† Corresponding author

Tel.: +82-41-330-1267 Fax: +82-41-330-1269

E-mail: parkyounshik@gmail.com

Received: August 6, 2018

Revised: September 19, 2018

Accepted: September 28, 2018

- 2018.11.15. 공주대



Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers
DOI : https://doi.org/10.5389/KSAE.2018.60.6.065

Vol. 60, No. 6, pp.65-71, November 2018
ISSN 1738-3692 | eISSN 2093-7709

Improvement and Application of the ArcGIS-based Model to Estimate Direct Runoff

직접유출량 모의를 위한 ArcGIS 기반의 모형 개발 및 개선

Kim, Jonggun^a · Lim, Kyoung Jae^b · Engel, Bernie^c · Cha, Sang Sun^d · Park, Chan-Gi^e · Park, Youn Shik^{f,†}

김종건 · 임경재 · Bernie Engel · 차상선 · 박찬기 · 박윤식

Abstract

The Long-Term Hydrologic Impact Assessment (L-THIA) model is a quick and straightforward analysis tool to estimate direct runoff and nonpoint source pollution. L-THIA was originally implemented as a spreadsheet application. GIS-based versions of L-THIA have been developed in ArcView 3 and upgraded to ArcGIS 9. However, a major upgrade was required for L-THIA to operate in the current version of ArcGIS and to provide more options in runoff and NPS estimation. An updated L-THIA interfaced with ArcGIS 10.0 and 10.1 has been developed in the study as an ArcGIS Desktop Tool. The model provides a user-friendly interface, easy access to the model parameters, and an automated watershed delineation process. The model allows use of precipitation data from multiple gauge locations for the watershed when a watershed is large enough to have more than one precipitation gauge station. The model estimated annual direct runoff well for our study area compared to separated direct runoff in the calibration and validation periods of ten and nine years. The ArcL-THIA, with a user-friendly interface and enhanced functions, is expected to be a decision support model requiring less effort for GIS processes or to be a useful educational hydrology model.

Keywords: Automated watershed delineation; ArcGIS desktop; curve number; direct runoff; long-term hydrologic impact assessment

1. Introduction

Land use changes are influential to hydrologic phenomenon in a watershed; in other words, they result in changes of runoff, streamflow, and groundwater recharge. Urbanization, which is a common landuse change and which increases impervious surfaces, causes increased runoff and shorter time to peak runoff. The increased runoff and shorter time to peak runoff results in not only decreased ground water recharge but also

increased non-point source (NPS) pollutant loads. Furthermore, they contribute to downstream flooding and affect municipal water supplies. Therefore, minimizing the disturbance of urbanization (e.g. low impact development, LID) may be required to ensure safe, stable water supplies. A model to simulate the impact of landuse changes without profound knowledge of the model is needed, which is capable of considering different levels of impact of each landuse, for city managers, planners, and water resource professionals.

The Long-Term Hydrologic Impact Assessment (L-THIA) model has been used to estimate long-term impacts of direct runoff and NPS pollution. L-THIA, requiring a modest effort to prepare input data, estimates runoff using the National Resources Conservation Service - Curve Number (NRCS-CN) method and a pollutant coefficient (Event Mean Concentration; EMC) approach to estimate pollutant loads (Bhaduri et al., 2000; Choi et al., 2009; Jeon et al., 2013; Kim et al., 2010; Lim et al., 1999; Pandey et al., 2000; Tang et al., 2005). The NRCS-CN method is an empirical watershed-scale approach to estimate event/daily direct runoff. L-THIA was originally implemented as a spreadsheet application, and was integrated with GIS in ArcView 3 (Lim et al., 1999) and later with ArcGIS 9 (Kim et al., 2009). Lim et al. (1999) developed an L-THIA

^a Postdoctoral Researcher, Department of Regional Infrastructures Engineering, Kangwon National University

^b Professor, Department of Regional Infrastructures Engineering, Kangwon National University

^c Professor, Department of Agricultural and Biological Engineering, Purdue University

^d Department Assistant, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

^e Professor, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

^f Associate Professor, Department of Rural Construction Engineering, Kongju National University

† Corresponding author

Tel.: +82-41-330-1267 Fax: +82-41-330-1269

E-mail: parkyounshik@gmail.com

Received: September 5, 2018

Revised: October 4, 2018

Accepted: October 15, 2018

○ 학술발표(11건)

- 2017.05.24. 충남대

농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소

Kyung-Hwan Yeo*, Gyeong Lee Choi, Jung-Sup Lee, Jae Han Lee, Kyoung Sub Park, Jin Hyun Kim, and Bekhzod Khoshimkhujiev
Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Haman 52054, Korea

파프리카 'Cupra'는 2015년 8월 24일 파종하여, 제염된 코이어 슬라브(90×15×7.5, dust:chip(v/v) = 5:5)에 9월 24일 정식하였다. 배양액은 적산일사량 비례제어(생육단계별로 누적 일사량 65-250J cm⁻² 기준 급액)로 양액관수시스템(NutriJet, Priva)을 통해 순환식 방식으로 공급하였으며, 배액은 여과·살균처리 되었다. 배액은 EC기준으로 공급되는 새로운 양액에 혼합하는 방식으로 재사용되었는데 급액농도의 30%의 농도로 희석된 후 농축양액과 혼합되었다. 배양액은 전년도 실험에서 생육단계별 양분 흡수특성을 반영하여 조성한 신조성 양액을 기본조성으로 다량원소 및 Fe의 함량을 제조정한 신조성1(성분 계조정 5-10%, NIHHS-Coir1) 및 신조성2(성분 계조정 10-15%, NIHHS-Coir2) 배양액과 대조구로서 그로단(Grodan) 배양액이 사용되었다. 모든 처리에서 급액 EC, 급액회수 및 1회 공급량은 동일하였으며, 급액 EC는 생육단계별 목표 근권 EC에 따라 2.4-3.3dS m⁻¹에서 공급되었다. 생육단계별 급-배액 및 근권(root zone)의 pH, EC, 및 무기성분의 변화를 양액조성별로 조사하였다. 전 생육기간동안 근권의 pH 및 EC는 Grodan 양액에서 가장 높게 나타났다. Grodan 양액에서 근권내 PO₄-P의 농도는 3그룹 작과기까지 적정 근권 수준보다 매우 낮게 나타나 인산 결핍의 우려가 있었던 반면, NIHHS-Coir1 및 NIHHS-Coir2 양액은 적정수준을 상회하는 농도를 보였다. 생육초기에 K 함량의 공급량을 줄이고 조성내 Ca의 비율을 높여 준 신조성 양액의 경우 Grodan 양액보다 3그룹 작과기 이후 근권내 Ca의 농도가 낮게 나타났다. 또한 K의 경우 Grodan 양액은 3그룹 작과기부터 적정 근권농도를 크게 상회하는 경향을 나타낸 반면, K의 양분흡수 특성을 반영하여 조성된 신조성 양액의 경우 근권내 농도가 관행의 Grodan 양액조성에 비해 감소되었다. 순환식 코이어 배지경에서 양액조성별 생육단계에 따른 파프리카의 광합성, 과실수량 및 품질 특성을 분석하였다. 전 재배기간동안 NIHHS-Coir1 양액은 Grodan 양액에 비해 상품과율이 2.4-3.5%, 상품수량이 5.3-8.7% 증가되었고, 3그룹 이후 생육후기로 갈수록 NIHHS-Coir2 양액에 비해 상품과율이 2.4-4.9%, 상품수량이 10.8-14.4% 높게 나타나, 전 생육기간 동안 안정적인 수량 및 품질을 나타낸 것으로 확인되었다.

T. 055-580-5533, khyeo@korea.kr

107

P-1-2

Agastache속의 5개 종에 대한 생육 및 기능성 물질 함량 분석

Analysis of Growth and Phytochemical Content in Five *Agastache* Species

김성진, 박권정, 최재윤, 김홍주, 박종석*
충남대학교

Sungjin Kim, Kwonjeong Bok, Jaeyoon Choi, Hongju Kim, and Jongseok Park*

Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

98

Hort. Sci. Technol. 35 (Suppl II) May 2017

Agastache 속의 여러 품종 중에서 생산성과 기능성을 고려한 최적의 품종을 선별하기 위해 프랑스 종자회사로부터 입수하여 보급중인 *Agastache* 5종을 재배하여 생육과 기능성 물질 함량을 조사하였다. 실험에 사용된 품종은 각 각 *A. reptans*, *A. rugosa* 'Spike Blue', *A. rugosa* 'Spike Snow', *A. cana*, *A. foeniculum* 'Golden Jubilee' 이다. 각 품종 별 종자 40립씩 양면배지(유일 플러그 ep-20, 한국유일미디어)에 파종하여 주/야간 온도 22/18°C, 상대습도 70%, 광도 170 ± 10 μmol m⁻² s⁻¹, 광주기 16/8h(명/암)로 유지되는 조건에서 육묘하였다. 파종 8주 후 온도 23.7 ± 5°C, 습도 55 ± 20%, 백색 LED(주)성광엘이디를 이용하여 광도 182 ± 20 μmol m⁻² s⁻¹, 광주기 16/8h(명/암)의 조건에서 정식하였다. 정식 4주 후 초장, 지상부·지하부 생체중, 건물중, SPAD, 염분적을 측정하였으며, HPLC를 이용하여 rosmarinic acid, tilianin, oocotinin을 측정하였다. *A. rugosa* 'Spike Blue'와 *A. rugosa* 'Spike Snow' 품종의 지상부 초장, 생체중, 염분적이 각 각 352 mm, 21 g, 704mm²와 322mm, 19g, 544mm²로 재배한 품종들 중 유의적으로 가장 높게 나타났다. 성분 분석 결과 5품종 중 *A. cana*를 제외한 모든 품종에서 rosmarinic acid, tilianin, acacetin이 검출되었고, 특히 *A. rugosa* 'Spike snow' 품종에서 rosmarinic acid와 tilianin 성분이 함량이 다른 품종과 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(*p* < 0.05). 따라서 rosmarinic acid와 tilianin을 식의약 산업용 원료로 이용할 경우 한국에서도 자생하는 종인 *A. rugosa* 종이 매우 유리할 것으로 판단된다.

T. 042-821-5737, yk1348@naver.com

108

P-1-2

딸기 수경재배시 양액 농도에 따른 딸기 신품종의 생육과 수량 변화

Effects of Nutrient Concentration on Growth and Yield of New Varieties Strawberries in Hydroponics

최수현*, 김승유*, 최경이*, 이성현*, 최홍길*

*국립원예특작과학원 시설원예연구소, *국립원예특작과학원 기술지원과, *공주대학교 원예학과

Suhyun Choi¹, Seung Yu Kim¹, Gyeong Lee Choi¹, Seong Chan Lee², and Hyo Gil Choi³

¹Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman 52054, Korea
²Technology Services Division, NIHHS, RDA, Wanju 55365, Korea, ³Department of Horticulture, Kongju National University, Gongju 32588, Korea

연간 딸기 산업 규모는 확대되고 있으며 딸기의 재배 면적 중 고설식 수경재배가 차지하는 면적의 증가가 지속되고 있다. 내수용 딸기 품종 '설향'의 보급률이 83.4%에 이르는 상황에서 획일화된 내수용 품종 편중에 대한 우려가 증대하고 있다. 돌발병해충 및 이상기상에 의한 향후 딸기 산업의 위축에 대비하기 위하여 우수 신품종의 개발 및 보급이 시급하다. 본 실험은 딸기 신품종별 양액 공급 농도를 달리하여 적정 양액 농도를 구명하고자 수행하였다. 비닐하우스 1동(폭 10m, 길이 40m)에 고설베드를 설치하고 실험 품종의 양액 공급 기준 대비 3수준(0.7배액, 1.0배액, 1.3배액)의 양액을 '설향', '베리스타', '죽향' 품종에 처리하였다. 배양액은 네덜란드 PBG 배양액을 사용하여 12월8일 3월7일에 pH6.1-6.3, 3월8일-3월27일에 pH6.8-7.0으로 조절하였으며, 점적관수 방식으로 양액을 공급하였다. 수확기 12월8일-3월7일 양액농도는 처리별로 EC0.85, 1.2, 1.55를 공급하였으며 수확후기 3월8일-3월27일

- 2017.10.14. 충남대

ISSAAS 2017 International Congress

Poster session

P22

INFLUENCE OF ROOT CUTTING TIME INTERVAL ON GROWTH AND ACCUMULATING ANTIOXIDANT IN *AGASTACHE RUGOSA*

Vu Phong Lam^{*}, Un Sun Jo, and Jong Seok Park

Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

* T: +821092440285, email: phonglamdhtaybac@gmail.com

Agastache rugosa is one kind of perennial medicinal plant commonly used in Chinese herbalism. The aim of this study was to evaluate the effects of root cutting time interval on growth and accumulating antioxidant in *A. rugosa*. Six-week-old seedlings were transplanted on nutrient film technique (NFT) system with Hoagland solution of electrical conductivity of 1.9-2.4 dS·m⁻¹ in a greenhouse which was maintained at temperature of 13.2 to 31.0°C and relative humidity of 42 to 82% during experimental period. The plants were grown for 4 weeks as a control without root cutting and five treatments for root cutting time intervals of 1, 3, 5, 7, and 9 days before harvesting and evaluated growth characteristics, such as the fresh and dry weights of shoots and roots, leaf area, number of leaves, leaf length, leaf width, stem length, petiol length, internode length, root longest and SPAD at 4 weeks after transplanting. Tiliandin, acacetin and rosmarinic acid contents in *A. rugosa* grown for 4 weeks after transplanting were measured. The fresh weights of shoots, leaf area, leaf width, leaf length, shoot dry weight, root dry weight and number of leaves was significantly decreased when cutting 50% of root length before 9 days harvesting compared with the control and other treatments. Tiliandin and acacetin contents in *A. rugosa* increased at 5 days and 7 days root cutting before harvesting but rosmarinic acid decreased compared with other treatments. These results indicate that cutting 50% of root length before 5 days and 7 days harvesting enhances tiliandin and acacetin contents, the medicinal components and antioxidant activities of *A. rugosa* without decrease in biomass.

Keywords: Root cutting, medicinal plants, growth, *Agastache rugosa*, tiliandin, acacetin, rosmarinic acid.

P23

JAPANESE STEAMED GLUTINOUS RICE IS INFLUENCED BY FERULIC ACID IN THE CROSSLINKING COMPOUND OF THE CELL WALL

Yoshimasa Tsujii, Katsumi Takano

Dept. Appl. Biol. Chem., Fac. Biosci. Tokyo Univ.

196tsujii@nodai.ac.jp

Steamed glutinous rice maintained its grain shape, unlike rice cakes, and the texture of the steamed rice grains strongly influenced their taste. The cell wall polysaccharides affected whether the shape of the steamed rice grains was maintained; we focus on the phenolic compounds that crosslink the cell wall. Phenolic compounds exist in the arabinoxylan of the cell wall polysaccharide, and ferulic acid is the main component that crosslinks the

- 2017.10.15. 공주대

농지범용화를 위한 유공관 암거의 물리·역학적 특성평가 Physical and Mechanical Properties of Drainage Pipe for Multiple Land

전종찬*, 김효동**, 전상민***, 조성문****, 김미솔*****, 추연재*****, 이정희*****, 박찬기*****
Jongchan Jeon, Hyodong Kim, Sangmin Jeon, Sungmun Cho, Misol Kim, Yeonjae Choo,
Jeonghee Lee, Changi Park

요 지

수도작에 비해 상대적으로 소득수준이 낮은 밭작물이 늘어나면서 밭작물 재배가 늘어나고 있다. 우리나라의 전체 경지면적은 감소하고 있지만, 밭이 전체 경지면적에서 차지하는 비중은 상대적으로 높아지고 있다. 밭을 논 이외 농지라는 소극적인 인식에서 벗어나 우리 사회의 핵심미래 자원으로 보려는 과점이 나타나고 있다. 또한 세계적인 곡물가격 폭등 파동 등으로 밭의 유희화 방지, 밭에서의 식량, 사료작물 재배 확대 등 밭농업의 중요성이 증대되었다. 수도작에 비해 밭농업은 농업의 다양성, 생물 다양성 및 유전자원 보전 등의 측면에서 중요성이 높다. 따라서 밭농업 활성화를 위한 다양한 정책 및 기술개발이 진행되고 있다. 그 중 하나가 논외 범용화는 고소도의 밭작물을 지속적으로 얻을 수 있는 방법 중에 하나이다. 본 연구에서는 논외 타작물재배를 위한 유공관 암거배수 공법으로 적용되고 있는 무관착암거공법에 적용되는 주름관 암거의 물리, 역학적 특성을 평가하였다. 실험에 적용한 유공관은 고밀도 폴리에틸렌계 유공관, 폴리프로필렌계 유공관 및 폴리에틸렌계 주름관을 평가하였다. 시험은 밀도, 인장강도, 휨강도, 충격강도, 투수계수를 측정하였다. 시험결과 고밀도 폴리에틸렌 유공관 암거가 폴리프로필렌 유공관 보다 밀도, 인장, 휨강도 및 충격강도가 크게 나타났으며, 투수계수는 동등한 결과 값을 나타냈다. 또한 주름관 역시 고밀도 폴리에틸렌계 적용함으로써 폴리프로필렌계 보다는 밀도 및 강도에서는 우수한 성능을 발휘하였고, 투수계수는 표면에 부직포를 처리하여 투수시험시 부직포가 투수성을 제어하는 결과를 보여주어 투수계수는 다른 암거보다 약간 적게 나타났다. 다만 현장에서는 토질자도 인한 골극의 막힘현상을 방지할 수 있기 때문에 장기적으로는 투수성을 향상시킬 수 있다.

핵심용어 : 농지범용화, 유공관 암거, 밀도, 강도, 투수계수

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 116068-03-2-SB010)

* 정회원 · 공주대학교 대학원 농공학과 석사 · E-mail : wjswbdkk36@naver.com
** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : toddak@naver.com
*** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : wjskdbals119@naver.com
**** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : sangmu69@naver.com
***** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : dkzkap5198@naver.com
***** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : endaswo6532@naver.com
***** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : wjdgml2148@naver.com
***** 학생회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : egnrk6@kongju.ac.kr

- 2018.04.19. 충남대

한국생물환경조절학회 학술발표논문집 (2018)

는 범용화 용지에서 정식 간격과 멀칭 유무가, 배초향의 성장 및 항산화 물질에 미치는 영향

(Effect of Transplanting Space and Mulching or Non-Mulching on Growth and Antioxidant of *Agastache rugosa* in Paddy Field Comoditization)

김성진*, 복권정**, 박종석***

충남대학교 원예학과

Sungjin Kim, Gwonjeong Bok and Jongseok Park

Department of Horticultural Science, Chungnam National University

요 지

국민 1인당 쌀 소비량 감소 및 재고량 증가에 대응하기 위한 방안으로 논을 밭으로 전환하는 범용화 기술의 개발을 통하여 농가의 고소득 창출이 필요하다. 꿀풀과에 속하는 다년생 초본인 배초향(*Agastache rugosa*)은 동맥경화, 항염증, 항암 효과에 rosmarinic acid, tilianin, acacetin 등의 효과가 보고되었다. 본 연구의 목표는 무굴착 암거공법 시공 후 심토파쇄한 범용화 된 논에서 정식간격과 멀칭, 비멀칭에 따른 배초향의 생산 및 항산화물질 함량 변화를 분석하는 것이다. 2차농에서 관매하는 배초향 종자 2000립을 원예용 상토에 과종하여 본엽이 4매 전개 되는 5주차에 대전시 유성구 계산동 범용화 논에 암거배수가 처리된 논에서 멀칭과 비멀칭 처리된 폭 1.2m 길이 7m의 이랑에 정식거리 20, 30, 40cm 간격으로 정식하였다. 정식간격과 멀칭유무에 대한 배초향의 성장 4주 간격으로 분석하였으며, 12주차에 파괴적 방법으로 기능성 물질을 분석하였다. 이식 후 12주차에 멀칭 유무에 상관없이 40cm 간격 처리구에서 성장량(g/plant) 가장 높았으며, 비멀칭 처리는 멀칭 처리 대비 90%의 생존율을 보였다. 멀칭 처리에서 초기 뿌리 활착이 먼저 안정되고, 이후 생장이 빨라지는 경향이었으며, 생육 후기로 갈수록 비멀칭 처리구에서 생육이 좋아지는 경향을 나타내었다. 재배 조건에 따른 기능성 물질은 rosmarinic acid의 경우 20과 30cm 간격 처리에서 멀칭재배에서 높았으며 40cm 처리에서는 비멀칭 재배가 높았다. tilianin 함량은 모든

처리

배에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 논 범용화 용지에서 배초향 재배의 생육과 기능성 물질 함량을 고려하였을 때, 생육에서 좋은 결과를 보여준 정식간격 20cm 처리가 rosmarinic acid 함량과 tilianin 함량이 높게 검출되어 매우 유리하다고 판단되며 멀칭처리가 초기 뿌리활착이 빨라서 매우 안정적인 성장을 보이는 점 등을 고려하면 멀칭 20cm 정식 간격으로 정식하는 것이 생산성과 기능성 측면에서 가장 적합할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 논범용화, 멀칭, 배초향, 생육, 정식간격, 항산화 물질

* 성희원 · 충남대학교 대학원 원예학과 박사과정 · E-mail : yk1348@naver.com
** 정희원 · 충남대학교 대학원 원예학과 석사과정 · E-mail : tbochok@naver.com
*** 정희원 · 충남대학교 원예학과 교수 · E-mail : jongseok@cnu.ac.kr

- 2018.08.22. 부일식품

Poster - 132

**In-vitro antibacterial and antioxidant properties of flower, leaf, and stem extracts of
*Agastache rugosa***

Chang Ha Park, Sang Un Park*

*Dept of Crop Science, Chungnam National University, 99, Daehak-Ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134,
Republic of Korea*

The phenolic compounds in different plant parts of *Agastache rugosa* (*A. rugosa*) were determined using Liquid chromatography–mass spectrometry (LC-MS), high performance liquid chromatography (HPLC), total phenolic, anthocyanin, and flavonoid assays. Also, antibacterial and antioxidant activities of the methanol extracts from the flower, leaf, and stem of *A. rugosa* were determined. In this study, LC-MS analysis showed that a total of eight phenolic compounds; namely, catechin, chlorogenic acid, caffeic acid, *trans-p*-hydroxy cinnamic methyl ester, ferulic acid, tiliarin, rutin, and kaempferol, were identified in *A. rugosa* leaves. HPLC analysis showed that leaves contained the higher amount of phenolic compounds than the other parts. However, the total phenolic, anthocyanin, and flavonoid contents were higher in flowers. Furthermore, methanol extracts of flowers revealed that higher antioxidant and antibacterial properties.

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(IPET) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(116115-3-02)

- 2018.10.17. 충남대

Suhyun Choi¹, Mi Young Lim^{1*}, Gyeong Lee Choi¹, Ho Jeong Jeong¹,
Jae Wan Jeong¹, and Seung Jae Hwang²

¹Protected Horticulture Research Institute, NHHS, RDA, Haman 52054, Korea.

²Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

멜론의 수경재배 면적은 2017년 6.9ha로 국내 멜론 재배 면적의 1%에 불과하지만, 연작 장애의 회피, 작업의 생리학, 품질의 균일화를 위하여 수경재배로의 전환이 필요하다. 최근 수경재배 배지는 폐지가 어려운 무기배지에서 코이어 등을 이용한 친환경 유기배지로 대체되고 있다. 코이어 배지를 이용한 수경재배에서 고품질 멜론을 생산하기 위하여 물 재배 시 적정 급액량을 구명하고자 본 연구를 수행하였다. 2018년 2월 1일에 육묘용 혼합 상토를 충전한 50구 트레이에 종자를 파종하여 40일 후 2018년 3월 12일에 정식하였으며, 정식 후 95일 째인 2018년 6월 15일에 수확하였다. 각 코이어 슬라브(100*20*10cm)에 3주의 정식하였으며, 시험 품종은 ‘달고나’와 ‘아이비’ 품종을 사용하였다. 코이어 배지의 조성은 토탄:디스트 비율을 5:5, 7:3 두 처리로 실험하였다. 양액은 아미자키 멜론 표준액을 이용하였고, 급액농도는 ‘정식 초기-착과기-과실비대기-수확기’의 생육 단계별로 1.5-1.8-2.0-2.2dS·m⁻¹의 농도로 공급하였으며, 급액량은 배액률을 기준으로 30%, 20%, 10%로 조절하여 공급하였다. 각 처리 별로 식물체의 생육과 과실 특성, 배액량을 조사하였다. 수확한 과실은 모두 1.5kg 이상이였으며, 급액량이 적을수록 당도가 높고 과중이 작은 경향을 나타내었다. 배액률 30% 처리구에서 과중이 2.19kg으로 유의하게 컸으며 배액률 10% 처리구에서 1.86kg으로 가장 작았다. 그러나 당도는 배액률 10% 처리구에서 12.68%로 가장 높은 값을 나타내었다. 침과 디스트 비율이 7:3 일 때가 5:5 일 때보다 과중이 2.10kg, 당도가 12.45%로 유의하게 높았다. 과중과 당도 사이는 부의 상관관계가 있었다. ‘달고나’는 ‘아이비’ 보다 초장이 작지만 마디지름이 컸고 과중이 작았지만 당도가 높은 품종 특성을 나타내었다. 본 연구 결과 물 재배 멜론 수경재배 시 코이어 배지 조성과 배액률에 따라 과실 품질의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 추후 영양생장 시기와 생식생장 시기의 배액률에 따른 급액량 처리를 달리하여 적정 급액량을 설정하는 보완 실험이 필요하다. (본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업(과제번호 PJ01324102)의 지원에 의해 수행되었음.)

T. 055-580-5534, choishr94@korea.kr

34 O-5

Effects of Higher Electrical Conductivity on Growth, Chlorophyll Content, Photosynthesis, and Accumulation of Bioactive Compounds in *Agastache rugose*.

Vu Phong Lam, Hyun Joo Lee, and Jong Seok Park*

Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea.

The aim of this study was to determine the proper electrical conductivity (EC) of nutrient solution (NS) for accumulating bioactive compounds in *Agastache rugose*. Four-week-old seedlings were transplanted in a nutrient film technique system with Hoagland NS having 2.0 dS·m⁻¹ EC during four weeks. Twenty eight days after transplanting, plants were

treated by four EC levels of 1.0, 2.0, 4.0, and 8.0 dS·m⁻¹ for 15 days. Growth parameters were measured, and rosmarinic acid (RA), tilianin, and acacetin contents were analyzed at 5, 10, and 15 days after treatments (DAT). Leaf gas exchange parameters were measured at 7 and 12 DAT. Leaf width, shoot and root fresh weight, stem length, root length, shoot and root dry weight, and leaf number were significantly decreased at 8.0 dS·m⁻¹. The maximum values of SPAD and Fv/Fm were obtained under 4.0 dS·m⁻¹. An increase in EC level accompanied with decrease of leaf gas exchange parameters. At 5 DAT, RA content was obtained the highest value in whole plant at 2.0 dS·m⁻¹. Tilianin content was obtained the highest value in leaf and flower at 2.0 dS·m⁻¹ and in stem at 4.0 dS·m⁻¹. Acacetin content was obtained the highest value in flower at 4.0 dS·m⁻¹, in stem and leaf at 8.0 dS·m⁻¹. When increasing levels of EC, RA content was significantly decreased, but tilianin content was significantly increased in whole plant at 10 DAT. Acacetin content was significantly increased at 1.0, 2.0 and 4.0 dS·m⁻¹. At 15 DAT, RA content was obtained the highest value at 2.0 dS·m⁻¹ in root and at 4.0 dS·m⁻¹ in leaf. Tilianin content was obtained the highest value at 4.0 dS·m⁻¹ in root and at 8.0 dS·m⁻¹ in stem, leaf, and flower. Acacetin content was obtained the highest value at 1.0 dS·m⁻¹ in leaf and at 4.0 dS·m⁻¹ in flower. These results suggest that EC level of 2.0 and 4.0 dS·m⁻¹ is proper for accumulating chlorophyll content, high level of bioactive compounds in *Agastache rugose* without decreasing plant growth.

T. 010-7491-1222, jongseok@cnu.ac.kr

35 O-5

상토 용적수분함량 및 관수량이 바실(*Ocimum basilicum*)의 생육, 생리 반응 및 유용물질 함량에 미치는 영향

Effect of Substrate Volumetric Water Contents and Irrigation Amount on Growth, Physiological Responses, and Secondary Metabolites of *Ocimum basilicum*

남수연¹, 김종윤^{2*}

¹고려대학교 바이오시스템공학과, ²고려대학교 생명공학부

Suyun Nam¹, and Jongyun Kim^{2*}

¹Department of Biosystems and Biotechnology, Korea University, Seoul 02841, Korea, ²Division of Biotechnology, Korea University, Seoul 02841, Korea

토양수분센서를 이용한 자동관수시스템을 이용하면 상토 용적수분함량을 일정하게 유지하여 효율적으로 재배하거나 식물의 건조장애를 정량화 할 수 있으나, 실제 작물생산 현장에서는 일정 수준의 용적수분함량을 꾸준히 유지하기보다는 수분이 부족할 시 충분하게 관수하는 방법을 주로 사용한다. 이에 본 연구는 다양한 수준의 용적수분함량이 유지되는 조건과 간헐적으로 충분히 관수되는 조건을 비교하여 상토 용적수분함량 수준 및 관수 주기가 바실의 생육, 생리반응 및 유용물질 함량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시되었다. 2018년 4월 바실 종자를 128구 플러그트레이에 파종하여 온실에서 발아시켰으며, 파종 약 6주 후에 10cm 화분에 식재하였고, 상토로는 완효성비료(Multicote 6, Haifa Chemicals, Israel)를 4g·L⁻¹로 첨가한 원예상토(Sunshine Mix4,

- 2018.11.02. 공주대

농지범용화를 위한 유공관 암거의 염해환경 노출 후 잔류강도 평가
Residual Strength Evaluation of Drainage Pipe for the Multiple Land
after Sea Water Environmental Exposure

전성민*, 김미솔**, 조성문***, 추연재****, 유재환*****, 박찬기*****

Sang-Min Jeon, Mi-Sol Kim, Sung-Mun Jo, Yeon-Jae Choo, Jae-Hwan Yoo, Chan-Gi Park

요 지

논에 쌀 대체 작물을 안정적으로 재배 및 생산하기 위해서는 기후 변화에 의한 집중호우, 극지성 호우 등에 대비할 수 있는 논 범용화 시스템을 개발하여 적용할 필요가 있다. 본 연구에서는 경제적이고 효율이 우수한 무굴착 암거 시스템을 농지범용화 시스템에 적용하기 위한 기초 연구로 유공관 암거의 기초성능을 평가하였다. 특히 유공관 암거가 간척지 등에 적용될 경우 염해 등 환경에 노출될 수 있어 이에 대한 장기내구성을 평가하였다. 유공관 암거로는 PVC계의 주름관을 적용하였고 유공관 암거의 내구성능을 평가하기 위하여 본 연구에서는 유공관 암거의 침지시험을 실시하였다. 침지 후 증량변화, 인장시험 및 휨 시험을 실시하였다. 염해환경을 모사하기 위하여 증류수, 염화나트륨 4% 수용액, 황산 10w/w% 수용액, 황산 10w/w% 수용액, 수산화나트륨 4w/w% 수용액을 제조하였다. 시험은 50일 및 100일 길 노출 후 증량변화율, 잔류인장강도 및 잔류 휨 강도를 측정하였다. 시험결과 증명변화는 모든 환경에서 발생하지 않아 흡수율이 없는 것으로 나타났다. 잔류 인장강도 및 휨 강도 시험 역시 모든 환경에서 약 95% 이상의 잔류 강도를 나타내어 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 농지 범용화; 내구성; 유공관 암거; 염해; 인장강도; 증량변화율; 휨강도

본 연구 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호: 116068-03-3-WT011)

* 성희원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : wjstkdals119@naver.com
 ** 성희원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : alkzkap5198@naver.com
 *** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : sangmun94@naver.com
 **** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : cndusw6632@naver.com
 ***** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : melong2011@naver.com
 ***** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : cgpark@kongju.ac.kr

- 2018.11.02. 공주대

농지범용화를 위한 유공관 암거의 전면 필터층
설치에 따른 투수계수 평가
Permeability Coefficient Evaluation of Drainage Pipe for the
Multiple Land by Installing front Filter Layer

전성민*, 김미솔**, 조성문***, 주연재****, 유재환*****, 박찬기*****

Sang-Min Jeon, Mi-Sol Kim, Sung-Mun Jo, Yeon-Jae Choo, Jae-Hwan Yoo, Chan-Gi Park

요 지

논이 쌀 대체 작물을 안정적으로 재배 및 생산하기 위해서는 성능과 경제성이 우수한 논 범용화 시스템을 개발하여 적용한 필요가 있다. 본 연구에서는 암거 폐쇄방지를 위한 전면필터 암거 공법의 성능을 평가하였다. 이를 모형 암거시스템을 이용하여 전면필터 종류에 따른 배수 성능 시험을 실시하였다. 시험은 전면필터를 설치한 경우와 설치하지 않은 경우를 투수계수 시험을 실시하여 비교, 분석하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 모형시험용 수조를 제작하였다. 전면필터 방식을 적용한 암거 공법은 스펀지를 전면필터로 적용하고 고로슬레그 골재를 암거주위에 포설하였다. 시험결과 스펀지와 고로슬레그 골재를 전면필터 층으로 설치한 유공관 암거 공법의 투수계수는 $3.1 \times 10^3 \text{cm/sec}$ 으로 나타나 전면필터 층이 없는 유공관 암거 공법 ($1.9 \times 10^3 \text{cm/sec}$)의 투수계수와 비교하여 우수한 성능을 발휘하였다.

핵심용어 : 농지 범용화; 내구성; 유공관 암거; 염해; 인장강도; 중량변화율; 휨강도

본 연구 결과들은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호: 116068-03-3-WT011)

* 정회원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : wjstkdals119@naver.com
** 정회원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : dkzkap5198@naver.com
*** 정회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : sungmun94@naver.com
**** 정회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : enduswo6532@naver.com
***** 정회원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : mcjong2011@naver.com
***** 정회원 · 공주대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : cgpark@kongju.ac.kr

- 2018.11.02. 공주대

농지범용화를 위한 무굴착 암거 공법의 현장 시험 평가

Field Test Evaluation of Non-Excavated Drainage Pipe Method for the Multiple Land

전상민*, 김미솔**, 신형진***, 차상선****, 김연태*****, 박찬기*****

Sang-Min Jeon, Mi-Sol Kim, Hyung-Jin Shin, Sang-Sun Cha Hyun-Tae Kim, Chan-Gi Park

요 지

논에 쌀 대체 작물을 안정적으로 자라 및 생산하기 위해서는 기후 변화에 의한 집중호우, 국지성 호우 등에 대비할 수 있는 논 범용화 시스템을 개발하여 적용할 필요가 있다. 본 연구에서는 경제적이고 효율이 우수한 무굴착 암거 공법의 현장 적용 특성을 평가하였다. 시험시공은 간척지 1곳 및 저습담 2곳을 선정하여 실시하였다. 간척지로는 전남 태남의 금호지역을 저습담 1곳은 조성 효과를 평가하기 위하여 충남 서천의 삼산지구를 선정하였다. 시험시공은 공사비가 저렴하고 시공성을 개선할 수 있는 무굴착 유공관+수평배트 지하관개+배수암거 시스템을 적용하였다. 암거크형은 50mm 유공관 + 500mm 수평필터배트를 사용하였으며, 흡수암거 단관방식을 적용하여 간기에 관개를 가능하도록 하였다. 무굴착 암거 시공 후 토양수분의 영향을 평가하기 위하여 함수비를 측정하였다. 분석 결과 모든 지구에서 암거 설치 후 시간이 경과함에 따라 흙의 함수비가 감소하는 결과를 나타내고 있다. 따라서 암거 설치 후 지하배수가 원활하게 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 또한 심토 파쇄약 심토 파쇄를 진행하지 않은 곳의 토양 수분을 측정할 결과 심토 파쇄를 실시한 토양의 토양수분 감소가 크게 나타났다. 따라서 심토 파쇄를 실시하는 것이 암거를 통한 배수성능을 향상시키는 데 효과적임을 알 수 있다.

핵심용어 : 농지 범용화; 무굴착 암거; 심토 파쇄; 유공관 암거; 토양수분; 함수비

본 연구 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호: 116068-03-3-WT011)

* 정희원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : wjstkdalst19@naver.com
 ** 정희원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : dkzkap6198@naver.com
 *** 정희원 · 한국농어촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : shjin@kcr.or.kr
 **** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 책임연구원 · E-mail : chess@kongju.ac.kr
 ***** 정희원 · (주)리터메이지먼트 책임연구원 · E-mail : jys1066@daum.net
 ***** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : cgpark@kongju.ac.kr

- 2018.11.02. 공주대

농지범용화를 위한 무굴착 암거 공법의 관개용수 공급 및 재염화 방지효과

Irrigation Water Supply and Re-chlorination Prevention Effect of Non-Excavated Drainage Pipe Method for the Multiple Land

추연재*, 신형진**, 차상선***, 김현태****, 박찬기*****

Yeon-Jae Choo, Hyung-Jin Shin, Sang-Sun Cha, Hyun-Tae Kim, Chan-Gi Park

요 지

논에서 다작물을 안정적으로 재배 및 생산하기 위해서는 집중호우 등에 의한 배수 효과뿐만 아니라 가뭄에 대비할 수 있는 관개 시스템을 확보하는 것도 중요하다. 본 연구에서는 호우지 배수성과 건기 시 관개성능을 갖는 유공과 암거를 이용한 논 범용화 공법의 관개용수 공급 효과를 현장시험을 통하여 평가하였다. 특히 건기 시 관개용수의 유공과 암거를 통한 공급은 유공판의 막힘 현상과 간척지 적용 시 재염화 현상을 방지할 수 있는 효율적인 방법이다. 건기에 관개용수를 공급하기 위하여 본 연구에서는 침수암거 없이 흡수암거만을 배수지저로부터 용수로까지 설치하였다. 즉, 평상시는 지하배수위주로 역할을 하고 건기에 용수로 또한 저루시로부터 농업용수를 공급할 수 있도록 하였다. 흡수암거는 전면 필티층을 가지는 유공판을 이용하여 무굴착 공법으로 설치하였다. 흡수암거의 배수지저에 연결은 흡수암거를 무공관에 연결하였으며, 최종적으로 부공관을 배수지저에 연결하였다. 흡수암거의 시점 부는 배수된 물을 재이용하기 위한 저류지에 연결하여 관개용수공급을 가능하게 하였다. 건기 시 분개+배수암거 시스템의 효과를 검증하기 위하여 간척지 암거에서 재염화 효과를 분석하였다. 결과적으로 일반 지하배수암거에서 발생하는 건기 모관상승에 의한 토양염도 증가현상이 발생되지 않았다. 즉, 건기에 유공판 암거를 통한 관개용수 공급은 염수 모관상승을 차단하여 재염화병지에 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

핵심어 : 관개용수; 농지 범용화; 농업용수; 모관상승; 재염화; 저류지

본 연구 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호: 116068-03-3-WT011)

* 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : endusw6532@naver.com
** 정희원 · 한국농어촌공사 농어촌연구원 수질연구팀 · E-mail : shjin@kwr.or.kr
*** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 책임연구원 · E-mail : chess@kongju.ac.kr
**** 정희원 · (주)위드에너지먼트 · 책임연구원 · E-mail : jys1066@dnm.net
***** 정희원 · 공주대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : eqpark@kongju.ac.kr

- 2018.11.02. 공주대

유공관 암거의 온도변화에 따른 휨강도 특성 평가 연구

Flexural Strength Properties of Drainage Pipe According to Temperature Variation

차상선*, 김미솔**, 전상민***, 김현태****
 Mi-Sol Kim, Sang-Min Jeon, Sang-Sun Cha, Hyun-Tae Kim

요 지

유공관 암거는 논의 타작물 재배를 위한 생산기반시설물이 있어서 배수성능을 향상시키기 위하여 사용되어왔다. 특히 무굴착 암거공법에 적용되고 있는 PVC 제질의 주름관은 강제성과 효율성 측면에서 간척농지 등에 적용될 가능성이 높다. 그러나 간척농지의 경우 염분이 다량 포함되어 있는 염수를 배출하여야 한다는 측면에서 일반적인 용수를 배출하는 경우와 다른 환경에 노출된다. 따라서 장기적으로 유공관 암거의 노후와 성능저하로 인한 파손으로 성능을 발휘하지 못할 수도 있다. 본 연구에서는 간척농지 등에 적용하기 위한 주름과 암거의 사용수명 예측을 위한 연구를 실시하였다. 사용수명을 예측하기 위한 *time-shift factor*를 결정하기 위하여 간척농지 및 사용된 재료의 차이가 있지만 간접적인 예측을 위하여 Litherland의 모델을 이용하였으며, 이를 통한 실험조건을 결정하였다. 간척농지와 유사한 환경을 노출하기 위하여 NaCl용액을 이용하였다. 비교대상으로는 증류수를 이용하였다. 시험은 20℃, 40℃, 60℃로 결정하였으며, 시험은 0일, 10일, 20일, 30일, 40일, 50일, 60일, 90일 및 100일간 노출 후 휨강도를 평가하였다. 시험결과를 분석하면 노출 시간이 증가할수록 휨강도는 감소하였다. 또한 온도가 높을수록 휨강도의 감소는 약간씩 증가하였다. 증류수 보다는 NaCl용액에 노출된 경우가 강도의 감소가 크게 나타났다.

핵심용어 : 관개용수; 농지 염용화; 농업용수; 모관상승; 재염화; 저류지

본 연구 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음. (과제번호: 116068-03-3-W1011)

* 정회원 · 공주대학교 지역건설공학과 책임연구원 · E-mail : chss@kongju.ac.kr
 ** 정회원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : dkzkap5198@naver.com
 *** 정회원 · 공주대학교 농공학과 석사과정 · E-mail : wjstkdals119@naver.com
 **** 정회원 · (주)유티네너지인드 · 책임연구원 · E-mail : jys1066@dnam.net

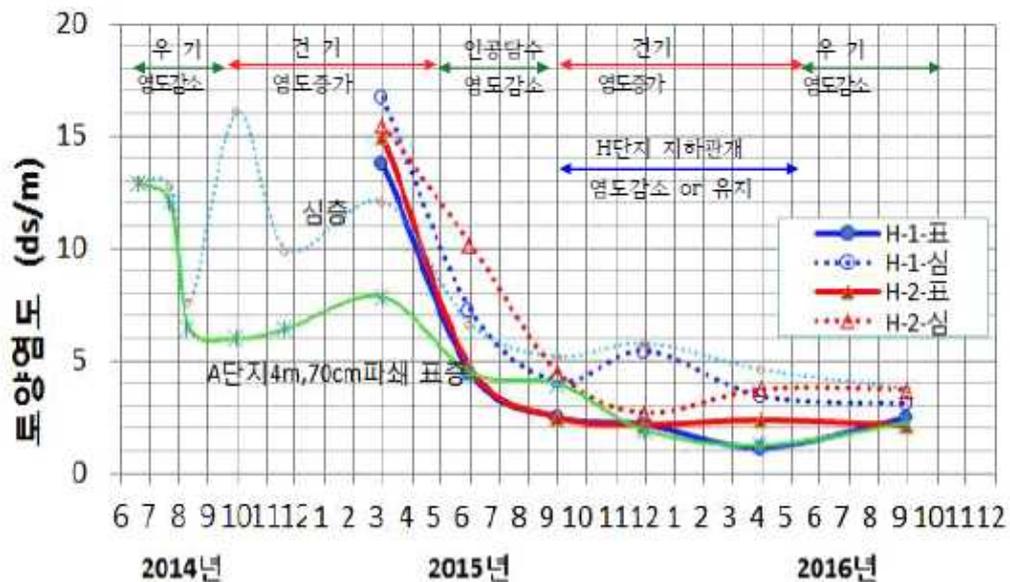
○ 교육지도(1건)

- 18.12.17. 워터매니지먼트_교육자료 중 일부

4. 시험시공 공법별 재염효과

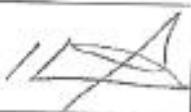
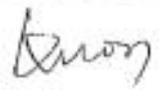
구 분	흡수암거 공법개요	파쇄 심도 (cm)	당초 염도 (ds/m)	2015.12월 염도		재염효과 원인분석
				표층 (ds/m)	심층 (ds/m)	
대조구 (E단지)	자연상태	무	11~17	8~12	13~18	재염 무 자연상태
당초설계 (D단지)	150mm유공+ 자갈	트랙터50	11~14	3~4	11~13	파쇄력 부족
		백호 50		6	11~13	파쇄심도부족
개선안 (A단지)	50mm유공 +수평필터	70 50이하	11~15	2~3 2~7	3~5 5~10	재염 우수 파쇄심도부족
개선안 (B단지)	50mm유공	70 50이하	8~18	3~7	5~8 6~11	암거 q 부족 파쇄심도부족
개선안 (C단지)	100mm 두더지	70 50이하	9~16	2~8 3~6	7~8 7~13	암거 q 부족 파쇄심도부족
개선안 (H단지)	50mm유공 +수평필터 (단권방식)	70	14~17	2~3	3~4	재염 우수

○ H단지 재염화방지 효과



저비용 고효율 농지범용화 시스템: 무굴착 암거 공법 기술홍보 및 교육

일시: 2018년 12월 14일

번호	참석자	소속	직급	사인
1	김 필식	(주)이도	연구소장	
2	김재영	"	주요인사	
3	이한필	(주)이리커리	대표이사	이한필
4	김장원	"	차장	
5	김항희	(주)클라우드이엔지	차장	
6	이재영	"	과장	
7	성상경	"	차장	성상경
8	오리온	"	대리	오리온
9	추영재	"	시원	추영재
10	박성기	"	대표이사	

○ 인력양성(2건)

- 충남대 : 김성진(박사과정)

* 원본확인번호 : 19E2-CB90C-1BA4-4FB1F

제 2017 - 128181 호

재 학 증 명 서

성 명 : 김성진
생 년 월 일 : 1989년 06월 19일
대 학 원 : 대학원 (박사)
학 과 : 원예학과
전 공 : 원예학
입학 년월일 : 2017년 09월 01일
학 년 : 1 학년에 재학중임.

위의 사실을 증명합니다.

2017년 10월 11일

충남대학교 총



본 증명서는 "http://cnu.icerti.com/icerti/compare.jsp"에 접속하여 증명서 상단의 발급번호를 입력하면 증명서 원본대조 및 유효성을 검증할 수 있습니다. (발급일로부터 90일 이내)



- 공주대 : 김영준(석사과정)

문서확인번호 □ XD83-CB41-782A-9D90 □

제 2019 - IOL3018 호

학 위 예 정 증 명 서

성 명	김영준
생 년 월 일	1992년 11월 13일
입 학 년 월 일	2017년 3월 2일
대 학 원	대학원 농공학과
학위수여예정일	2019년 2월 25일
수 여 학 위	공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2019년 2월 7일

공 주 대 학 교 총



본 증명서는 인터넷으로 발급 되었으며, 해당 대학 및 cert.kongju.ac.kr에서 원본대조 메뉴를 통해 상단 원본확인문서번호로 원본문서를 확인 또는 증명서 하단의 바코드로 증명서 내용의 위·변조 여부를 확인해 주십시오. 단, 증명서 원본대조번호를 통한 확인은 발급일로부터 90일까지 가능합니다.



○ 정책활용(1건)

- 18.10.24 워터매니지먼트 : 간척농지에 고부가가치의 고기능성 약용작물을 대량 생산할 수 있는 재배단지 조성 및 생산기반시설 제안



민원 · 제안 · 참여

부패 · 공익신고

행정심판

이용내역

국민제안

검색 + 기본 -

HOME > 나의 이용내역 > 국민제안

김슬기 (비회원) 님

민원 >

국민제안

정책참여 >

예산낭비신고-제안 >

공익신고 >

이용문의 >

신문고접수 >

나의 정보관리 >



국민신문고에서 신청하신 모든 제안에 대한 진행상황 및 처리결과를 확인하실 수 있습니다.

비공개 제안을 조회하기 위해 회원로그인 또는 본인인증수단(공공 i-pin, 휴대전화, 공인인증서 등)을 통한 인증이 필요합니다.

※ 6개월 이전자료는 검색 시작일자를 변경하여 검색하여 주시기 바랍니다.

2018-05-27 ~ 2018-11-27 1주일 1개월 3개월 6개월 1년

신청번호

검색

상세검색

S 내용보완을 요청합니다. P 2개 이상의 기관에서 처리합니다. N 처리기관에서 우수제안으로 게시하였습니다.

등록건수: 1 건

공개

비공개

10개씩 보기

확인

자체포상

중앙포상

공동제안

단체제안

공모제안

번호	제목	처리기관명	신청일	추진상황	추천	만족도응모
1	간척농지에 고부가가치의 고기능성 약용..	농림축산식품부	18-10-24	제안심사	0	

- 18.10.26 처리기관 답변

처리기관 정보

처리기관	농촌진흥청 기획조정관 혁신행정법무담당관		
담당자	이진숙	연락처	063-238-0448
제약접속번호	2AB-1810-009519	접속일	2018-10-26 18:09:46
답변내용	<p>1. 안녕하십니까? 제안 참여에 감사드리며 농림축산식품부의 제안신청 창구로부터 우리 기관으로 전해진 귀하의 제안에 대해 다음과 같이 회신하여 드립니다.</p> <p>2. 김슬기님께서서는 '간척농지에 약용작물 재배단지 및 생산기반시설을 조성하자'는 내용으로 제안해주셨습니다.</p> <p>3. 귀하께서 제안하신 내용 중 우리 청 소관 사항인 약용작물의 간척지 영농 적합 여부에 대해 검토한 결과는 다음과 같습니다.</p> <p>가. 정부에서는 새만금사업을 통해 개발된 농업용지 활용을 위하여 농업특화단지에 사업자를 선정(17.9)하여 토양 제염축진 및 유기물 함량 제고를 위한 '지력증진 사업(18~19)'을 추진하고 있으며, '20년부터 본격 영농을 추진할 예정입니다.</p> <p>나. 농촌진흥청에서는 '간척지의 농어업적 이용 및 관리에 관한 법률 시행령 제29조제2항'의 위임사항에 따라 '간척지 영농에 적합한 작물과 재배정보 고시(농촌진흥청고시 제 2018-13호)'를 통하여 벼 등 13작목에 대한 재배가능 토양염농도와 재배방법을 제공하고 있습니다.</p> <p>다. 그러나 곽향 등 약용작물의 생존염농도 등 내염성에 관한 연구는 이루어지지 않아 간척지에 재배 가능 약용작물에 대한 선행연구가 필요합니다. 또한 약용작물은 한약재 및 약품원료로 주로 사용되므로 사용할 업체의 확보 없이 재배면적을 넓힐 경우 향후 판로확보에 어려움이 예상됩니다. 따라서 대량재배에 신중을 기할 필요성이 높다고 판단됩니다.</p> <p>라. 2018년부터 간척농지 적합 작물 선발을 위해 약용작물 중 감초의 재배가능성을 검토 중에 있으며, 추후 간척농지 활용 계획이 구체화되고 약용작물 재배 필요와 수요 확대 시 제안사항을 적극 반영하도록 하겠습니다.</p> <p>4. 위와 같은 사유로 귀하의 제안을 즉시 수용하지 못하는 점을 널리 이해하여 주시기 바라며, 이밖에 문의사항은 농촌진흥청 연구운영과 김기영 연구관(063-238-0750)에게 연락주시면 성심성의껏 답변해 드리겠습니다. 감사합니다.</p>		

- 19.02.13 공주대 논문 등록 예정(온라인버전 게재완료)

Article

Polymers and
Polymer Composites

Fracture and long-term aging characteristics of GFRP clamping plates for improved movable weirs

Polymers and Polymer Composites
1-12
© The Author(s) 2018
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/0967391118820476
journals.sagepub.com/home/ppc
SAGE

Ri-On Oh¹ and Chan-Gi Park²

Abstract

In this study, the durability of movable weirs was improved by replacing steel clamping plates with glass fiber-reinforced polymer (GFRP) material. Because the clamping plates of movable weirs are always in contact with water, the service life of weirs is reduced due to corrosion. Other environmental conditions also degrade movable weirs, such as exposure to continuous inundation, dry environments, repeated dry and wet conditions, and chemical environments. This study evaluated the absorption, fracture, and long-term aging properties of GFRP clamping plates for improved movable weirs. Absorption increased with immersion time in 60°C tap water, sodium sulfate (Na₂SO₄) solution, or calcium chloride (CaCl₂) solution. However, the total absorption for 50 days and 100 days exposure was low, less than 0.50% and 0.62%, respectively. In fracture load tests, the GFRP clamping plates showed the largest reduction in strength after exposure to the CaCl₂ solution; 70% and 67% of the control load were retained for exposures of 50 days and 100 days, respectively. After exposure to both tap water and the Na₂SO₄ solution, the GFRP clamping plates showed residual strengths of 77% and 69% after 50 days and 100 days exposure, respectively. The GFRP clamping plates showed 74% and 71% residual strength after exposure to repeated freeze-thaw environments for 50 days and 100 days, respectively, and 80% residual strength after exposure to all other environments for 50 days or 100 days. Both vertical and horizontal cracks were generated before fracture after exposure to an environment involving direct contact with moisture. Without moisture, only horizontal cracks were generated before fracture.

Keywords

Absorption, Fracture, GFRP, clamping plates, Improved movable weirs, Long term aging

Introduction

Movable weirs, developed in the 1980s, are used to control the flow characteristics of rivers or obstruct flow to retain the required water levels via variation in their height and/or position.¹⁻³ When rivers are controlled by fixed concrete weirs, silt tends to deposit upstream due to the reduced flow velocity; this generates problems such as flooding, water flow capacity degradation, and water pollution.⁴ Also fixed concrete weirs lose most of their functionality over time. Therefore, fixed weirs are increasingly being demolished and replaced by movable weirs.⁵ There are different types of movable weirs, such as rubber weirs, tipping gates, and hinge-type gates. In recent years, there has been an increasing demand for rubber weirs and improved movable weirs.^{6,7} Rubber weirs are eco-friendly structures with no leakage of pollutants into rivers. However, the strength of rubber weirs is insufficient.²⁻⁵ Improved movable weirs resolve the shortcomings of rubber weirs and tipping gates,⁸⁻¹⁰ using a combination of airbags and a stainless steel gates²⁻⁶ (Figure 1); however, steel, used in almost all of the components other than the airbags, tend to corrode in river environments (Figure 2). One of the steel components in question is a clamping plate. Steel clamping plates are installed inside and outside of the airbags (formed of rubber sheets); these plates play an important role in solidifying the airbags to the concrete base when the

¹ Department of construction materials research team, Research Institute of Technology, Contech Engineering Co. Ltd, Seongnam, Republic of Korea

² Department of Rural Construction Engineering, College of Industrial Sciences, Kongju National University, Kongju, Republic of Korea

Corresponding author:

Chan-Gi Park, Department of Rural Construction Engineering, College of Industrial Sciences, Kongju National University, 314-701 Gongju, Republic of Korea.

Email: cgpark@kongju.ac.kr

2. 최종성과목표

- 본 연구개발의 목표를 요약하면 아래표와 같으며, 정성적 성과는 물론 정량적 성과를 모두 초과하여 달성하였음.

(단위 : 백만원, 건수)

성과목표	사업화 지표										연구기반 지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		논문 평균 IF	학술 발표			정책 활용	홍보 전시	
											SCI	비SCI								
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	20	10		5		10	5		20					10	5	10	5			
최종목표	3	2		1		1	500		5			1	3		7	1	1	1		
최종실적	3	2		1		1	15		5			3	2		11	1	2	1		
달성율(%)	100	100		100		100	3		100			300	67		157	100	200	100		

참고문헌

- Hoffman, GJ and Meyer, JL, 1982. Reclamation of salt-affected soils in California. Proc. Int. Symp. on Remote Sensing of Arid and Semi-Arid Lands, Cairo, Egypt, pp. 147-159.
- Li, X., Park, N. I., Xu, H., Woo, S. H., Park, C. H., & Park, S. U. (2010). Differential expression of flavonoid biosynthesis genes and accumulation of phenolic compounds in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Journal of agricultural and food chemistry, 58(23), 12176-12181.
- Park, W. T., Arasu, M. V., Al-Dhabi, N. A., Yeo, S. K., Jeon, J., Park, J. S., ... & Park, S. U. (2016). Yeast extract and silver nitrate induce the expression of phenylpropanoid biosynthetic genes and induce the accumulation of rosmarinic acid in *Agastache rugosa* cell culture. Molecules, 21(4), 426.
- Bennett, R. N., & Wallsgrave, R. M. (1994). Secondary metabolites in plant defence mechanisms. New Phytologist, 127(4), 617-633.
- Dixon, R. A., & Paiva, N. L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. The Plant Cell, 7(7), 1085.
- Kumar, S.; Pandey, A.K. Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. Sci. World J. 2013,2013, 162750
- Jun, H.-J.; Chung, M. J.; Dawson, K.; Rodriguez, R. L.; Hounng, S.-J.; Cho, S.-Y.; Jeun, J.; Kim, J.-Y.; Kim, K. H.; Park, K. W., Nutrigenomic analysis of hypolipidemic effects of *Agastache rugosa* essential oils in HepG2 cells and C57BL/6 mice. Food Science and Biotechnology 2010, 19, 219-227.
- Shin, S.; Kang, C. A., Antifungal activity of the essential oil of *Agastache rugosa* Kuntze and its synergism with ketoconazole. Lett. Appl. Microbiol. 2003, 36, 111-115.
- Song, J.-H.; Kim, M.-J.; Kwon, H.-D.; Park, I.-H., Antimicrobial activity and components of extracts from *Agastache rugosa* during growth period. Journal of Food Science and Nutrition 2001, 6, 10-15.
- Hong, J.-J.; Choi, J.-H.; Oh, S.-R.; Lee, H.-K.; Park, J.-H.; Lee, K.-Y.; Kim, J.-J.; Jeong, T.-S.; Oh, G. T., Inhibition of cytokine-induced vascular cell adhesion molecule-1 expression; possible mechanism for anti-atherogenic effect of *Agastache rugosa*. FEBS Lett. 2001, 495, 142-147.
- Min, B. S.; Hattori, M.; Lee, H. K.; Kim, Y. H., Inhibitory constituents against HIV-1 protease from *Agastache rugosa*. Arch. Pharm. Res. 1999, 22, 75-77.
- Oh, H. M.; Kang, Y. J.; Lee, Y. S.; Park, M. K.; Kim, S. H.; Kim, H. J.; Seo, H. G.; Lee, J. H.; Chang, K. C., Protein kinase G-dependent heme oxygenase-1 induction by *Agastache rugosa* leaf extract protects RAW264. 7 cells from hydrogen peroxide-induced injury. J. Ethnopharmacol. 2006, 103, 229-235.

- Wilson, L. A.; Senechal, N. P.; Widrlechner, M. P., Headspace analysis of the volatile oils of Agastache. *J. Agric. Food Chem.* 1992, 40, 1362-1366.
- Tuan, P. A., Park, W. T., Xu, H., Park, N. I., & Park, S. U. (2012). Accumulation of tilianin and rosmarinic acid and expression of phenylpropanoid biosynthetic genes in *Agastache rugosa*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(23), 5945-5951.
- Desta, K. T., Kim, G. S., Kim, Y. H., Lee, W. S., Lee, S. J., Jin, J. S., ... & Shin, S. C. (2016). The polyphenolic profiles and antioxidant effects of *Agastache rugosa* Kuntze (Banga) flower, leaf, stem and root. *Biomedical Chromatography*, 30(2), 225-231.
- Zielińska, S., Kolniak-Ostek, J., Dziadas, M., Oszmiański, J., & Matkowski, A. (2016). Characterization of polyphenols in *Agastache rugosa* leaves and inflorescences by UPLC-qTOF-MS following FCPC separation. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 39(4), 209-219.
- Seo, C. S., & Shin, H. K. (2014). Quantitative Analysis of the Twenty Marker Components in Gwakhyangjeonggi-san using Ultra-Performance Liquid Chromatography with Mass Spectrometer. *Korean Journal of Pharmacognosy*.
- Kim, Y. B., Kim, J. K., Uddin, M. R., Xu, H., Park, W. T., Tuan, P. A., ... & Park, S. U. (2013). Metabolomics analysis and biosynthesis of rosmarinic acid in *Agastache rugosa* Kuntze treated with methyl jasmonate. *PloS one*, 8(5), e64199.
- 군산CC, 2007, 골프장 원지반 흙의 염도변화 및 제염예측연구, 농어촌연구원
- 김현태, 서동욱, 2008, 간척지 발조성을 위한 자연강우 제염방안, 농어촌과 환경, No.100, pp.146-154
- 농림식품부, 2001, 농업생산기반정비사업계획설계기준(배수편), 254-364쪽
- 농식품부, 2004, 간척지 조성후 토양특성변화 및 활용방안 연구, 농어촌연구원
- 농식품부, 2007, 간척지 다각적 활용방안 연구, 농어촌연구원
- 서동욱 외, 2009, 새만금 간척지 포화상태 흙의 제염예측기법 개발, 한국농공학회지, 제 41권, 제2호, pp.29-34
- 이상훈 외, 2014. 염분차단층에 의한 사양질 간척지 제염화 억제효과. *간척지연구* 제 12권 2014.9 65-73쪽
- 정하우 외, 2006, 관개배수공학, 동명사 284-298쪽
- 최원영 외, 2014. 신간척지 소득작물재배시 문제점 및 대책. *간척지연구* 제 12권 2014.9 54-62쪽
- 한국농어촌공사, 2010. 간척지 발기반조성 계획설계요령
- 미래농촌기술연구소 외, 2016, 제염암거 시험시공 및 효과분석연구

주 의

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