

315004-05

보안 과제( ), 일반 과제(✓) / 공개( ✓ ), 비공개( ) 발간등록번호( ✓ )

## 농생명산업기술개발사업 2020년도 최종 보고서

발간등록번호

11-1543000-003288-01

경남 시설딸기 고부가가치 산업화 시스템 구축

### 경남 시설딸기 고부가가치 산업화 시스템 구축

2020. 10. 30.

주관연구기관/경상대학교  
협동연구기관/부산대학교  
경남농업기술원  
진주팜(주)

2020

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “경남 시선탐기 고부가가치 산업화시스템 구축”(개발기간 : 2015.07. ~ 2020. 06.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 10. 30.

주관연구기관명 : 경상대학교산학협력단 (대표자) (인)

협동연구기관명 : 부산대학교산학협력단 (대표자) (인)

협동연구기관명 : 경상남도농업기술원 (대표자) (인)

참여기관명 : 전주팜(주) (대표자) (인)

주관연구책임자 : 강남준

세부연구책임자 : 정병룡

협동연구책임자 : 강점순

협동연구책임자 : 황갑춘

참여기관책임자 : 이병호

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	315004-05	해 당 단 계 연 구 기 간	2015.07.01. ~2020.06.30. (60개월)	단 계 구 분	2015.07.01. ~2020.06.30. (60개월)
연구사업명	단 위 사 업	농생명산업기술개발사업			
	사 업 명	지역농산업육성사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	경남 시설딸기 고부가가치 산업화시스템 구축			
연구책임자	강남준	해당단계 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 52명 내부: 28명 외부: 24명	총 연구개발 비	정부: 2,400,000 천원 민간: 640,000 천원 계: 3,040,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	(주관 제1세부) 경상대학교 (2세부) 경상대학교 (1협동) 부산대학교 (2협동) 진주팜(주) (3협동) 경남농업기술원			참여기업명 : 진주팜(주)	
국제공동연구 위탁연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유					

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	56	30	1	-	7	-	-	-	-	-	-

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)      보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경남 시설딸기의 지역 특화작물 육성으로 수출 확대 및 지역 농산업 활성화</li> <li>○ 시설딸기 고품질 안정생산을 위한 원천기술 확보 및 재배관리 기술 체계 확립</li> <li>○ 수출용 시설딸기 신품종 육성 기반 구축</li> <li>○ 시설딸기 친환경 안전생산을 위한 원천 기술 개발 및 실용화</li> <li>○ 딸기의 기능성 성분 탐색 및 가공 기술 개발</li> <li>○ 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략 개발</li> <li>○ 시설원에 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 및 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영</li> <li>○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육 프로그램 운영 및 전문 농업인 육성</li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수출용 신품종으로 선발한 고경도 우량계통과 과색이 분홍색인 5계통 선발</li> <li>○ 다양한 딸기 유용 유전자원(과색 : 노란색, 흰색, 분홍색 등) 수집 및 확보             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 딸기 자묘 생산량 증대를 위한 생장조절물질 처리 농도 및 방법 개발</li> <li>○ 육묘 작업 효율성 증대를 위한 저면관수 시스템 활용기술 개발</li> <li>○ 딸기 육묘 시 화아분화 촉진을 위한 양액 공급 중단기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 수출용 매향 품종의 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 확립</li> <li>○ 딸기 생산성 증대를 위한 생육촉진과 광합성 증진용 생리활성물질 조성 및 처리기술 확립</li> <li>○ 리보플라빈과 메티오닌을 이용한 시설딸기 흰가루병 친환경 방제기술 개발</li> <li>○ 친환경 위황병 방제기술, 배드상토 소독 기술 및 토양 건전성 확보 기술</li> <li>○ 불량환경(온도, 일조부족)에 대한 딸기의 생리적 반응과 피해 최소화 기술 개발</li> <li>○ 딸기의 기능성 성분 분석기술 확립과 그 효능에 대한 기초자료 확립</li> </ul>				
<p>연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <b>수출용 딸기 신품종 육성 기반 구축</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수출용 신품종으로 선발한 고경도 우량계통과 분홍색 딸기 계통들은 생산력 검정 후 참여기업에 이전하여 사업화 추진</li> <li>○ 연구과정 중에 수집한 유용 유전자원과 우량계통은 신품종 육성을 위한 자원으로 공급</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> <b>딸기 건전 규격묘 생산을 위한 모주관리와 육묘기술 체계화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 딸기 자묘 생산량 증대를 위한 생장조절물질 처리 농도 및 방법에 대한 매뉴얼 개발과 보급</li> <li>○ 육묘 작업 효율성 증대를 위한 저면관수 시스템의 사용 매뉴얼 개발과 농가 보급</li> <li>○ 딸기 육묘 시 화아분화 촉진을 위한 양액 공급 중단기술의 농가보급</li> <li>○ 규격화된 딸기 건전묘 생산을 위한 모주 관리 기술의 보급 및 농가 교육</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> <b>시설딸기 고품질 안정생산을 위한 재배 관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수출용 매향 품종의 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 농가 기술이전</li> <li>○ 딸기 생산성 증대를 위한 생육촉진과 광합성 증진용 생리활성물질 조성과 처리기술 농가보급</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> <b>시설딸기 흰가루병과 위황병 친환경 종합 방제기술 개발과 고품질 안전생산 기반 구축</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 리보플라빈과 메티오닌을 이용한 흰가루병 친환경 방제기술 산업화 및 기술 이전</li> <li>○ 친환경 위황병 방제기술은 실용화하여 수출 딸기 재배농가에 보급</li> <li>○ 배드상토 소독 기술 및 토양 건전성 확보 기술에 대한 농가 보급</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> <b>불량환경 대응 시설딸기 재배기술 및 기능성 품질 평가기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 불량환경(온도, 일조부족)에 따른 딸기의 피해 최소화 기술 적용 매뉴얼 개발 및 농가 보급으로 이상기상에 대한 재배안정성 확보</li> <li>○ 저온기 및 하계 고온기의 고품질 딸기 생산의 지침서로 활용</li> <li>○ 딸기 주요 성분의 효능은 고기능성 딸기 가공품 생산시에 효능성분 근거의 지표성분 성분 분석과 가공품의 표준화에 활용</li> </ul> </li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>시설딸기</p>	<p>육묘기술</p>	<p>딸기 위황병</p>	<p>불량환경</p>	<p>수출</p>

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....
  2. 연구수행 내용 및 결과 .....
  3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....
  4. 연구결과의 활용 계획 등 .....
- 붙임. 참고 문헌 .....

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발의 필요성

### □ 경남의 시설원예 산업 현황

- 시설원예의 개척자 고 박해수씨는 김해시 어방동에서 1958년 비닐하우스 농업을 우리나라에서 처음으로 시작하였음(그림 2). 기름 먹인 창호지를 이용하여 겨울에도 싱싱한 채소를 재배하였으며, 1960년 비닐하우스 재배에 성공하게 되었고, 이것이 전국적으로 퍼지게 됨으로써 김해지역은 시설원예의 발상지로서의 명성을 이어가고 있음



<그림 2> 시설원예의 발상지 ‘경상남도’

- 경남의 시설재배 면적은 9,439ha(2013)로 전국 시설재배 면적(51,058ha)의 18.5%를 점유
- 시설 유형은 비닐하우스가 9,377ha, 유리온실이 53ha, 경질판 온실이 9ha로 비닐하우스가 전체 시설의 99.4%를 차지하여 시설의 노후화 및 재배환경이 열악하여 생산 경쟁력이 약화되고 있음
- 경남의 주요 시설재배 작물은 과채류인 수박, 딸기, 토마토, 풋고추, 호박, 파프리카, 멜론, 가지 등과 화훼작물로는 절화류인 장미와 국화 등이 주를 이루고 있음
- 딸기, 파프리카, 토마토, 장미 및 국화 등은 경남의 수출전략 작물로 농가소득 증대에 크게 기여해 왔지만, 최근 여러 가지 국내외적 상황 악화로 수출에 어려움을 겪고 있음
- 경남 시설원예산업의 강점은 시설원예산업의 발상지로 기반이 우수하고, 딸기, 파프리카, 국화 및 장미 등의 수출시장을 선점하고 있으며 지리적으로 수출시장과 근접함. 또한 지역적으로 기후가 온난하여 저온기 시설원예산업의 적지이며, 특히 경상남도의 지역 농산업에 대한 육성 의지가 강력함(그림 3)
- 경남 시설원예산업의 약점 요인으로는 노동력의 고령화 및 대체 인력부족으로 외국 노동력에 대한 의존도가 높고 산업이 발달하여 농촌 인건비가 높음. 최근 엔저로 인한 원예산물의 수출악화 우려가 있음. 또한 시설딸기의 경우 수출전용 품종인 매향은 재배 관리적인 측면에서 저온과 흰가루병에 약하고 기형과 발생이 심한 단점으로 생산성이 매우 낮음

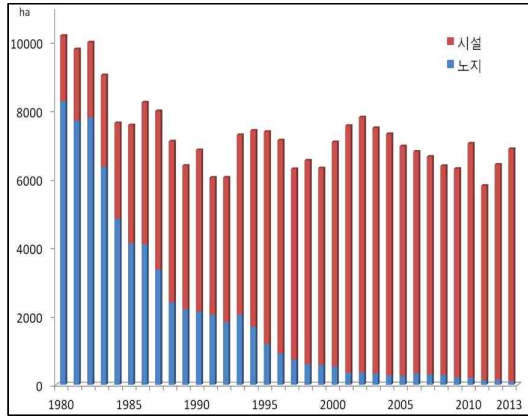
- 경남 시설원예산업의 기회요인으로는 수출대상국의 고품질 농산물과 친환경 유기농산물에 대한 수요가 급증하고 있으며 편리한 교통망으로 물류 인프라가 잘 구축되어 있음
- 경남 시설원예산업의 위협 요인으로는 FTA 체결 등으로 농산물과 유통시장이 개방되었고 주요 수입국의 농산물에 대한 검역이 강화되어 수출이 위축될 우려가 있음. 또한 농업 생산성과 인력이 감소하고 있으며 이상기상으로 인한 농업활동이 위협을 받고 있는 실정임



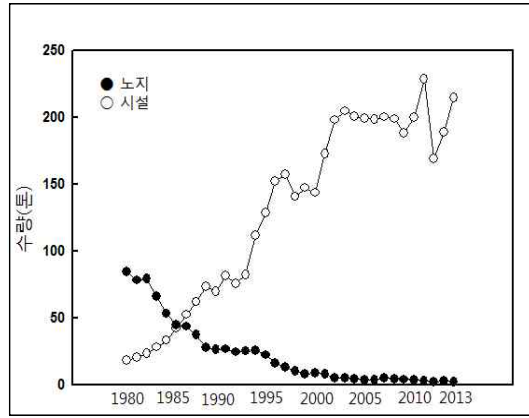
〈그림 3〉 경남 시설원예산업의 SWOT 분석

#### □ 경남의 시설딸기 산업현황

- 딸기는 국내에서 재배되고 있는 시설 과채류 중 생육적온이 가장 낮은 저온성 작물로 저온기 난방비 부담이 적어 동계 시설재배에 유리한 작물로 재배역사는 비교적 짧지만 우리나라 환경에 적합한 재배작형이 확립되어 고품질의 신선 딸기를 생산하며, 가격도 안정화 되어 시설재배 농가의 주요 소득작물로 자리 잡고 있음
- 농업생산액 중 딸기가 차지하는 비중은 1980년대 이후 지속적으로 증가하여 2013년 현재 딸기는 전체 농업 생산액의 2.53%, 채소 생산액의 12.6%를 차지하는 주요 과채류임
- 딸기는 비타민 C 등 기능성 물질이 풍부하여 겨울철 국민의 보건 향상에 중요한 역할을 담당하고 있으며, 과실의 소비층은 유아부터 노인까지 다양하여 2013년 이후부터는 겨울철 딸기 소비량이 감귤보다 많은 것으로 보고됨
- 우리나라의 딸기 재배면적과 생산량(2013)은 각각 6,890ha와 216,803톤(세계 6위)으로 생산액은 1조 3,359억원이며, 원예작물 중에서 고추 다음으로 생산액이 높은 작물로 전체 채소작물 생산액의 약 11.7%(전체 농업생산액의 2.6%, 8위)를 차지하고 있음
- 경남은 전국딸기 재배면적과 생산량은 34.6%(2,383ha)와 33.9%(73,605톤)를 점유하고 있으며, 재배형태는 1985년을 기점으로 노지재배는 감소하고 시설재배는 지속적으로 증가하여 2013년 현재 전체 재배면적의 98.5%가 시설재배임(그림 4와 5)

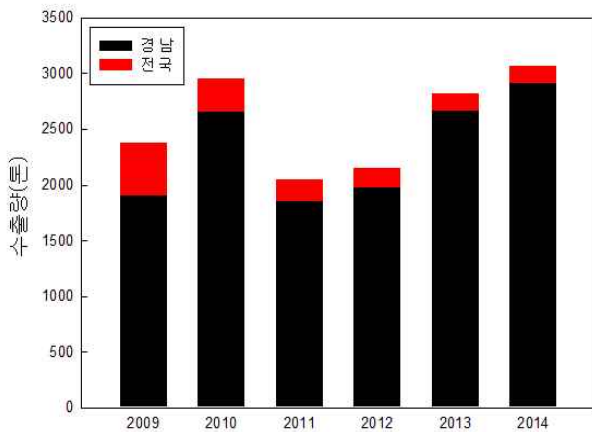


<그림 4> 딸기 재배면적 변화양상

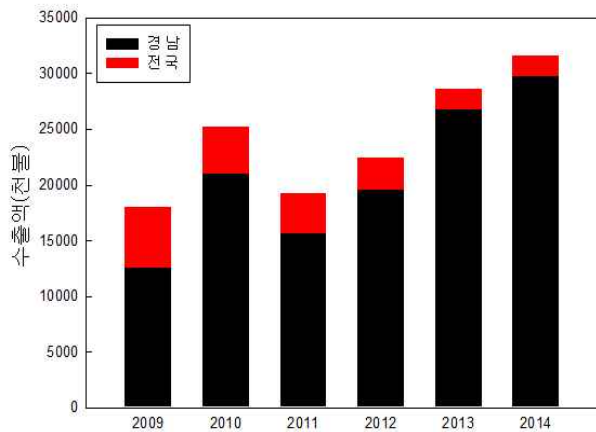


<그림 5> 재배형태별 생산량 변화양상

- 신선 딸기 수출량과 수출액(2014)은 각각 3,063톤과 3,160만불(약 320억)로 우리나라에서 생산되는 과채류 중 가장 많이 해외(20여 개국)로 수출되고 있으며, 매년 수출량이 급속히 증가하고 있는 채소작물임(농수산물수출지원정보, 2014)
- 경남의 딸기 수출량과 수출액(2014)은 각각 95.0%(2,910톤)와 94.1%(2,973만불)를 점유하여 우리나라 수출 딸기의 전진기지 역할을 담당(그림 6과 7)
- 딸기 수출물량은 대부분 동남아시아권 국가(홍콩, 싱가포르, 말레이시아 등)에 집중되어 있으며, 태국, 괌, 러시아, 몽골 등의 국가에 지속적으로 수출량이 확대되고 있음



<그림 6> 전국 대비 경남의 딸기 수출량



<그림 7> 전국 대비 경남의 딸기 수출액

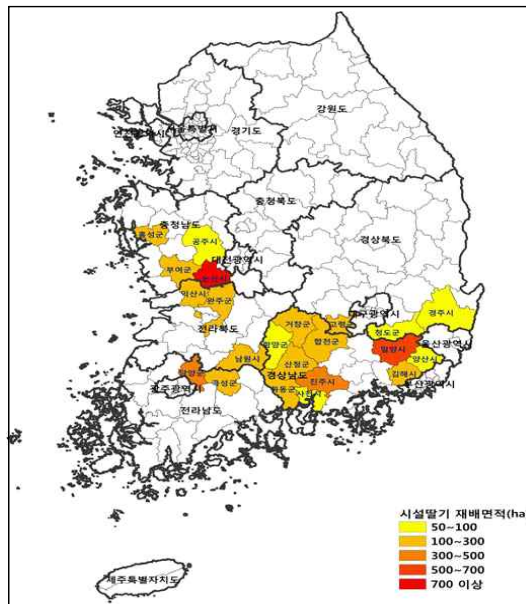
- 경남의 과채류에서 시설딸기가 차지하는 재배면적 및 농가 수는 급속도로 증가하는 추세에 있으며, 특히 딸기의 재배면적이 2012년 대비 2013년 기준으로 40% 증가하여 타 과채류에 비해 증가 폭이 월등히 높음(표 1)



<표 1> 경남 시설딸기 및 과채류 재배면적 및 농가수 현황(지방농촌지도기관 채소업무, 2013)

구 분	계	딸기	파프리카	일반 토마토	방울 토마토	오이	고추	가지	멜론	상추	호박	기 타 엽채류	기타	
2012	면적 (ha)	1,159.8	316.9	371.2	198.0	184.8	16.8	10.2	14.1	4.5	9.4	6.1	13.9	14.0
	(농가수)	(2,502)	(951)	(428)	(424)	(422)	(52)	(33)	(42)	(14)	(33)	(15)	(39)	(29)
2013	면적 (ha)	1,358.2	445.0	397.3	224.5	191.5	21.7	14.6	14.3	3.7	10.9	2.9	15.7	16.2
	(농가수)	(3,109)	(1,494)	(435)	(448)	(460)	(57)	(43)	(39)	(13)	(36)	(8)	(44)	(32)
전년대비(%)	17.1	40.0	7.0	13.4	36	29.1	43	14	$\frac{\Delta 17.8}{8}$	16.0	$\Delta 52.5$	13	15.7	

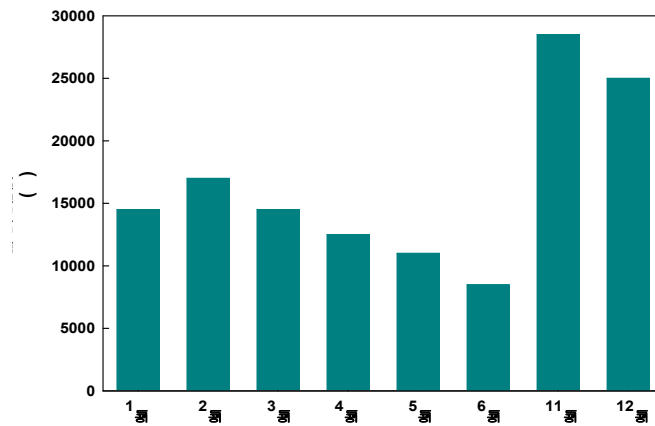
- 시설딸기는 진주, 산청, 밀양, 하동, 합천, 거창, 김해 등 경남지역에서 주로 재배·생산되며 이들 주산지는 온도, 일조량, 강설 등 자연환경이 딸기 재배에 유리한 지역임(그림 8)



<그림 8> 시설딸기 주산지 및 재배면적(농촌진흥청, 2012)

- 국내 딸기 재배의 주요 작형은 9월에 정식하여 11월부터 수확하는 축성재배 또는 10월 하순에 정식하여 다음 해 1월 이후에 수확하는 반축성재배가 있음
- 딸기는 과실의 생리적인 특성상 과피가 연약하여 장기저장이 어려워 생산과 소비가 비슷한 시기에 이루어지는 경향이 뚜렷하며, 반축성재배가 주류를 이루던 1980-1990년대에는 주 출하시기가 2-4월에 집중되었으나, 최근 초축성이나 축성재배와 같은 장기 다수확 작형이 확대 보급되면서 출하시기가 11월-익년 5월까지 연장되었음
- 딸기의 재배 유형별 10a당 소득은 2010년의 경우 축성 8,111천원, 반축성 7,153천원으로 축성재배의 소득은 반축성재배에 비해 13%(최근 10년 평균은 22%) 높음

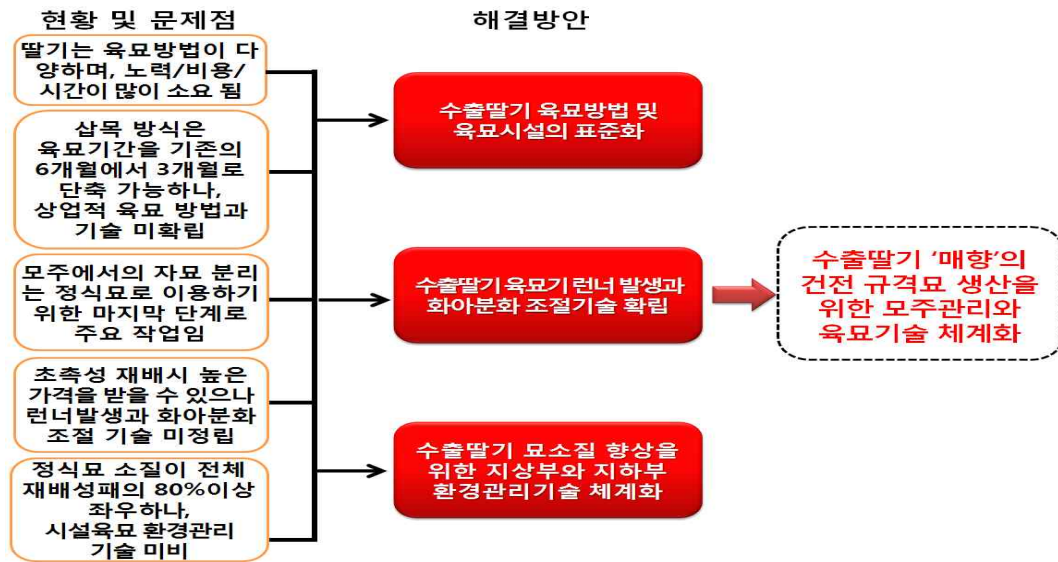
- 딸기의 가격시세가 가장 높은 시기는 11월과 12월로 이 시기에 맞추어 시설딸기를 출하하고자 하는 노력이 강하지만 육묘기간이 길고 화아분화 조절 실패로 인해 가격이 낮은 1월에서 5월 사이 대부분 출하되고 있는 실정임(그림 9)



<그림 9> 2010년도 딸기의 월간 평균 가격변동(농촌진흥청, 2012)

#### □ 딸기 건전 규격묘 생산을 위한 모주관리와 육묘기술 체계화

- 딸기는 포복경 끝에서 발달하는 자수를 이용하여 영양번식으로 재배하는데, 육묘방법이 독특할 뿐만 아니라 노력과 비용이 많이 소요되고, 육묘기간도 6개월로 긴 편이나 삼목 방식을 이용하면 3개월로 단축시킬 수 있어 축성, 반축성 재배에 이용가능하며 상업화된 공정육묘장에서 삼목 기술을 이용한 대량생산 시스템을 구축할 수 있음
- 딸기는 정식묘의 소질이 전체 재배성패(재배관리, 품질, 수량 증대 등)의 80%이상을 좌우하는 중요한 요인임
- 딸기육묘는 모주(어미묘)의 월동, 육묘포의 준비, 재배용기, 배양토, 환경관리를 비롯한 육묘 전반에 상당한 면적과 노력, 시간, 세부기술 등이 필요함
- 육묘방법에는 토양채묘와 공중채묘 등이 있는데 이 중 삼목 방식을 이용하는 공중채묘가 유리한 점이 많아 시설 및 환경장치의 도입과 환경조절 기술의 발달로 고설식 전면관수 및 삼목 육묘 방식의 기술도입에 많은 관심이 집중되고 있음
- 육묘 시 런너의 절단으로 자묘의 독립이 빠를 경우 묘소질이 개선되고 화아분화가 촉진된다고 알려져 있으며(Kim, 2004; Yoshida와 Morimoto, 2010), 축성 작형으로 재배시 정식일을 기준으로 약 30일 전에 자묘를 절단하여 독립하는 것을 권장하고 있음(RDA, 2009)
- 육묘기 런너를 일찍 절단할 경우 모주에서 자묘로 공급되던 수분이 일시에 차단되어 자묘의 관수 횡수가 증가함으로써 육묘 포장의 다습 조건이 유발되는데, 이러한 고온 다습한 조건에서 런너 절단 부위로 딸기 탄저균이 침입하여 육묘 후기 고사주의 발생 비율이 증가하는 문제점을 안고 있음(용영록 등, 2010)
- 따라서 경남지역 시설 딸기 재배농가 현장에서 사용되고 있는 다양한 육묘 방법에 대한 장단점을 파악하여 각 농가의 형편에 적합한 효율적인 육묘방법과 시스템을 정립하고, 고효율 저비용 육묘 신기술의 개발과 동시에 지상부와 지하부의 환경 조절, 생장조절제, 양분공급 중단시기, 쉘규격 구멍 등을 통한 런너발생 및 화아분화, 자묘의 묘소질 향상 기술 개발이 필요함(그림 10)



<그림 10> 시설딸기의 건전 규격묘 생산을 위한 모주관리와 육묘기술 체계화 모식도

□ 수출용 딸기 신품종 육성 기반 구축

- 시설딸기 전용 품종인 매향은 과실의 경도가 높아 경남 딸기농가에서 일부재배(1.7%, 2014)되고 있지만, 저온기 기형과 발생이 심하고 수량성이 낮은 단점을 가지고 있음(그림 11)
- 2007년 이후 딸기 수출량이 급격하게 증가하면서 수출 딸기 농가에서는 매향을 대체할 수 있는 수출용 딸기 신품종 육성을 꾸준히 제기해오고 있음
- 일부지역에서는 설향 품종으로 수출을 시도하고 있지만, 경도가 낮고 과육이 빨리 물러져 수출시장에서 한국 딸기의 품질저하가 우려되고 있음
- 딸기 수출량 확대 및 물류비용 절감을 위해 선박을 이용한 수송방법을 추진해오고 있음. 따라서 수확 후 6-8일까지 과육이 단단하면서 품질변화가 적은 고경도 시설딸기 품종육성이 필요함

□ 시설딸기 고품질 안정생산을 위한 재배 관리 기술 체계 확립

- 우리나라의 딸기 품종은 원예연구소(현 원예특작과학원, 1982년)에서 조생홍심이 육성된 이후 최근까지 약 30여 품종이 육성되었고, 2000년 이후 우리나라의 딸기 육종 사업이 본격화 되면서 국내 육성품종의 재배면적이 급격히 증가하였음
- 국내 육성품종 재배면적 비율은 2013년 현재 78% 수준으로 2008년의 42.4%에 비해 급격하게 증가하였지만, 주로 설향 단일품종 위주로 재배되고 있음
- 국산 품종인 설향은 전체 재배면적이 75.4%를 차지하고 있지만 과실의 수송성과 저장성이 떨어져 수출용으로 부적합하고 대부분이 국내 소비용으로 재배되고 있음
- 우리나라 육성품종인 매향 품종은 재배면적이 2.3% 정도로 경남지역을 중심으로 대부분 수출농가에서만 일부 재배되고 있는 실정
- 국산 품종인 매향은 과실의 경도와 당도가 높아 수출에 적합한 품종이지만, 수량성이 낮고 (설향 대비 30% 감소) 흰가루병 발병율이 높은 단점을 가지고 있으며, 특히 저온기에는 생육이 불량하고 기형과 발생율이 높아 수출을 목적으로 재배하는 딸기 농가에서 가장 큰 문제점으로 부각되고 있음(그림 11)

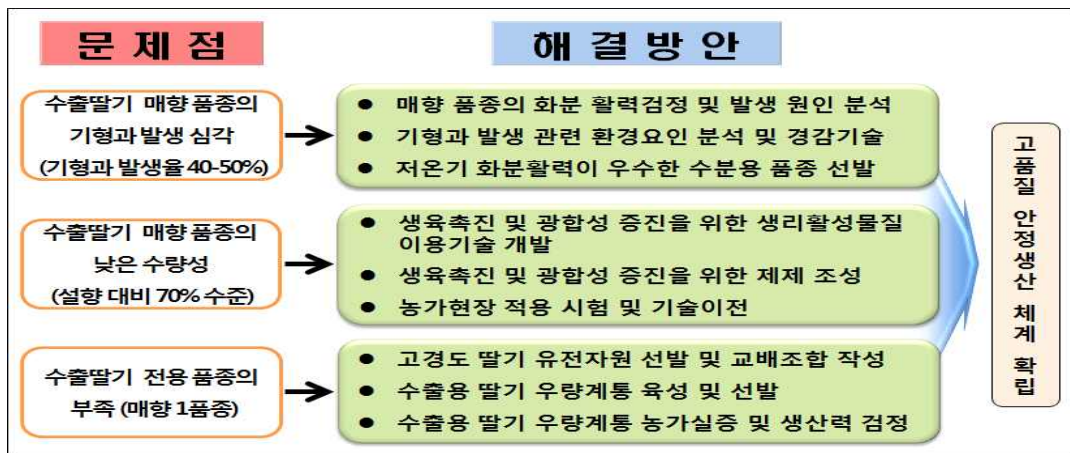
- 겨울철에 재배되는 딸기는 다른 과실에 비해 기형과 발생비율이 높은 편인데, 장희나 설향 품종은 수확한 과실의 10~20% 정도 기형과가 발생되지만, 수출품종인 매향은 약 40~50% 정도 기형과가 발생되고 이로 인한 손실액은 연간 약 70~80억 정도 발생하고 있음(그림 11)



〈그림 11〉 딸기의 흰가루병 발병과 기형과 발생 양상

- 딸기 과실의 기형과 발생 원인으로는 화분매개 곤충의 유무, 고온과 저온, 하우스 내의 습도와 건조, 일조불량, 부적합한 농약살포, 식물체의 영양상태 등으로 알려져 있으며 특히 매향 품종은 다른 품종에 비해 기형과 발생율이 높으나 그 원인에 대한 체계적인 연구결과는 없음
- 딸기 꽃은 암술, 수술을 갖춘 완전화로서 화탁이 반타원형이고 수술은 20~30개가 형성되며, 암술은 다른 꽃과 달리 100~400개로 구성되어 있고, 이들 암술 하나 하나에 수분이 이루어져야 기형과를 방지할 수 있음. 매향 딸기 재배 시 기형과가 발생하는 원인에 대해 몇 가지로 추정해 볼 수 있지만 정확한 해결책이 미비한 실정임
- 미량원소 중에서 칼슘, 붕소, 구리, 아연은 딸기 과실의 형태를 결정하는데 있어 매우 중요한 역할을 하여 딸기 잎의 미량원소 결핍은 기형과와 백랍과 발생의 주요 원인으로 붕소와 칼슘 엽면처리하는 기형과와 백랍과 발생을 감소시킬 수 있음. 특히 2월 중순  $GA_3$  75mg·L<sup>-1</sup> 엽면 살포는 기형과 발생을 감소시키는데 무처리에서는 기형과 발생이 12.4%이었지만,  $GA_3$  엽면살포에서는 기형과 발생이 6.6% 였고, 11월 중순과 2월 중순에 2회 처리시에는 기형과 발생이 2.2%로서 현저히 감소함(Sharma와 Singh, 2009)
- 칼슘은 신장하는 화분관의 관두 세포벽의 구조물질로 이용되기 때문에 화분세포 외부의 칼슘유무가 화분발아에 큰 영향을 미치게 됨. 화분관이 한쪽방향으로 신장하는 것은 칼슘이온의 농도구배에 의해 이루어지며, 세포질 내 유리 칼슘이 화분관의 신장정도와 방향을 조절함. 칼슘이 부족하면 화분관 신장이 저해됨(Jaffe 등, 1975)
- 최근 생리활성물질을 이용한 작물의 생육촉진과 광합성 증진 효과 등에 관한 많은 생리적 반응에 기초한 연구결과가 보고되고 있음
- 아미노산 유도체인 glycine betaine의 생육촉진 효과, porphyrin 화합물의 생합성 전구물질인 aminolevulinic acid의 엽록소 합성 및 광합성 촉진 효과, 광촉매제인  $TiO_2$ 의 저온기 광합성 증진 효과, 각종 스트레스에 대한 내성 유기의 신호전달 역할을 하는 NO와  $H_2S$ 의 효과 등은 이용 기술만 개발되면 시설농업의 생산성 증진을 위하여 활용가능성이 충분함

- 경남에서 재배되는 시설딸기 매향품종의 기형과 발생과 낮은 수량성을 해결하여 충분한 수출물량을 확보하기 위해서는 단기적으로는 재배적인 기술을 개발하여 해결해야 하며(그림 12), 장기적인 측면에서는 이러한 문제점이 보완된 수출전용 신품종 개발이 필요함



〈그림 12〉 시설딸기 고품질 안정생산을 위한 체계 확립 모식도

#### □ 시설딸기 흰가루병과 위황병 친환경 종합 방제기술 개발과 고품질 안전생산 기반 구축

- 딸기 시설재배 시 곰팡이병은 연중 발생하며 방제에 많은 노력과 비용이 소요되며 곰팡이병 방제를 위한 과도한 화학약제의 사용은 농약잔류에 따른 농산물의 안전성을 저하시키며, 환경에 대한 유해성이 사회적 문제로 지적되고 있음
- 딸기 흰가루병은 발병하면 완전한 방제가 어려운 곰팡이병으로 잎, 엽병, 꽃, 화병, 과일 등 식물체 전체에 감염되며 축성재배는 11-12월, 반축성재배는 2-4월에 빈번하게 발생함. 특히 수출 딸기 품종인 매향은 흰가루병에 아주 약하여 수출 재배농가에서 가장 큰 문제가 되고 있음
- 최근 여러 가지 발병억제 물질을 이용한 작물의 곰팡이병 저항성에 대한 기초연구와 더불어 실용적인 방제기술을 개발하려는 시도가 활발하게 진행되고 있음
- 흰가루병, 잿빛곰팡이병 등 원예작물의 주요 곰팡이병을 대상으로 ASM 등과 같은 발병억제 물질을 인위적으로 처리하여 식물의 유도저항성을 유기시키려는 연구가 최근 오이 등 원예작물에서 많이 보고되고 있음
- 식물에 유도저항성 유기물질을 처리하면 신호전달 물질의 생성과 PR 단백질의 발현으로 발병억제 효과가 있는 것으로 이해되고 있음
- 미생물을 이용한 생물학적 방제 연구도 활발하게 이루어지고 있는데 병원균 기생, 항균물질 생성 등과 같은 병원균에 대한 미생물의 특성을 이용하는 것으로 AQ10 등 다양한 시제품이 보고됨
- 활성산소종을 이용한 발병억제 효과는 잎곰팡이, 흰가루병, 잿빛곰팡이 등을 대상으로 토마토, 딸기, 오이 등에서 보고되고 있으며, oxalic acid, lauric acid, 규산의 엽면처리가 흰가루병, 균핵병, 모잘록병의 발병억제에 효과가 있다는 연구 보고도 있음
- 딸기 위황병은 과실특성이 뛰어난 장희와 수출품종인 매향에서 가장 많이 발생하는 치명적인 병해로 병원균의 감염 경로가 알려지지 않았고 저항성을 가진 품종이 존재하지 않으므로 초기 진단 기법의 개발과 더불어 토양 및 배드상토에서의 위황병원균 제거 기술 개발이 필요함
- 딸기 위황병원균은 기주범위가 한정적으로 지금까지 딸기에서만 감염되어 피해를 일으키는 것으로 알려져 있으며 위황병에 저항성 딸기 품종은 아직 보고되지 않았음

- 딸기 위황병원균은 토양내에 존재하면, 소형분생포자, 대형분생포자 및 후막포자를 형성하는 것으로 알려져 있는데, 1차 감염은 토양내에서 발아한 소형 또는 대형 분생 포자에 의해 이루어짐(그림 13)



<그림 13> 딸기 위황병원균

- 후막포자의 경우 환경이 불리하거나, 기주식물이 존재하지 않을 때 형성되어 토양에서 10여 년 이상 장기적으로 생존할 수 있으며, 이러한 병원균의 특성상 화학방제에 의한 병원균의 사멸이 어려운 실정임. 또한 후막포자는 토양소독과 같은 방법으로도 효과적인 사멸이 이루어지지 않고 있음
- 병원균은 지속적으로 토양내에서 존재하고, 같은 포장에서 계속 재배되는 딸기재배 특성상 위황병 발생은 지속적으로 증가하고 있으며, 딸기 위황병에 의한 피해는 감염된 포장에서 50% 이상으로 나타나는 것이 일반적일 정도로 그 피해가 심각한 수준임(그림 14)
- 딸기 위황병원균은 토양 서식 진균성 병원균으로 알려져 있으며 과실 수확을 위한 딸기 재배지에서는 정식 직후 30-50일, 비닐 멀칭 후 25-40일 사이에 위황병 피해가 심각하게 나타남
- 국내 딸기 자묘의 생산은 대부분이 농가에서 직접 모주에서 자묘를 4월부터 8월까지 생산하고 있음. 모주에서 런너를 통하여 증식되는 자묘는 대부분 자묘를 한 모주에서 증식하며 자묘 생산 지에서도 위황병이 발생하고 있지만, 자묘의 크기가 작고 위황병의 초기 증상이 구분이 어려운 관계로 대부분의 경우 자묘에서의 위황병의 감염을 인식하지 못하고 있는 현실임



<그림 14> 딸기 위황병 증상 및 감염에 의한 크라운 병징

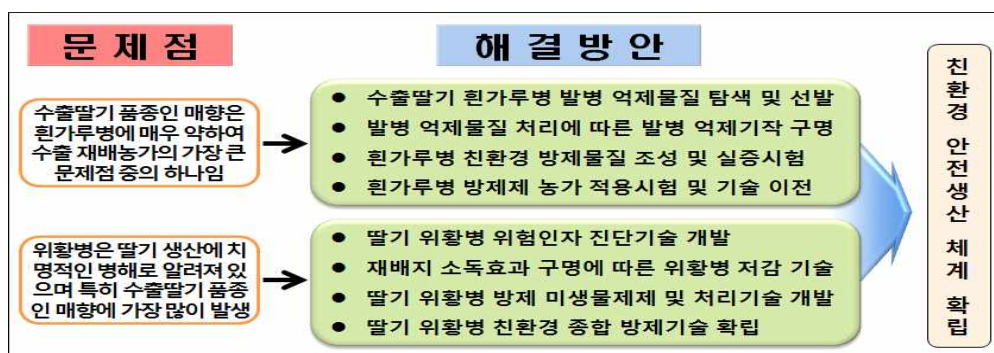
- 감염된 자묘가 생산 포장에 식재되는 경우, 위황병 대발생은 불가피하며 병원균의 토양내 유출로 인한 병원균 밀도의 누적이 발생하며, 차후 건전묘를 식재하여도 토양내에 존재하는 병원균에 의한 피해가 증가하는 악순환이 발생하게 됨(그림 15). 따라서 초기증상이 나타나지 않는 수준에서의 위황병원균 감염 자묘의 진단 기법 도입이 필요함
- 고설배드 재배지에서도 위황병의 발생은 심각하게 발생하고 있는데, 이는 고설배드의 상토

는 높은 가격과 노동력 부족으로 최소 3-5년의 지속적인 사용이 이루어지고 있기 때문이다. 배드상토는 토경재배에 비하여 위황병 발생이 낮은 편이나, 위황병 최초 발생이후에는 그 발병도 및 병해의 피해가 더욱 높음. 따라서 연도별 배지의 사용에 따른 병원균 오염 여부를 판별하여 지속적 사용여부를 판단하는 기준 마련이 필요함



<그림 15> 토양 재배지와 고설배드 재배지의 위황병 발병

- 국내 딸기는 대부분이 시설재배지에서 수행되고 있으며, 고설 재배 면적은 기술보급에 힘입어 연평균 2%이상 증가 할 것으로 예측되고 있음. 시설내 토경재배지는 재배형태상 토양 개량이 용이하지 않으며, 고설배드 재배의 경우도 상토의 높은 가격으로 인하여 재사용이 불가피한 실정임. 특히 토양 소독제인 메틸브로마이드(MB)의 사용 규제로 인하여, 2009년 이후 딸기생산에 큰 피해를 초래하고 있으며, 현재 MB 대체 물질을 이용한 딸기 위황병 방제 연구가 절실히 필요한 시점임. 따라서 토경 및 고설배드 상토에 대한 기존 소독법에 의한 위황병원균 제어 기술효율 분석과 더불어 효과적인 소독 기법 개발이 요구되고 있음
- 후막포자를 형성하는 딸기 위황병원균은 화학농약에 의한 병원균 사멸 및 방제가 거의 불가능하며 감염된 식물체의 시들음 및 생육저하는 병원균이 식물체 크라운 부분의 도관에 정착하여 발생함. 식물체내에 정착한 위황병원균에 대한 지속적이고 효과적인 방제법이 아직 확립되지 않아 딸기 위황병 방제를 위한 미생물 제제 개발이 시급한 실정임
- 미생물제제에 의한 위황병 방제는 고품질 딸기의 안전적 생산에 기여할 뿐 아니라 농약사용량을 감소시키고 친환경 안전 딸기공급으로 수출확대에 크게 기여할 것으로 기대됨
- 최근 홍콩 등 수출대상국은 안전성 확보를 위하여 검역을 강화하고 있는데, 수출품종인 매향은 흰가루병과 위황병에 아주 약하여 방제에 어려움을 겪고 있음. 따라서 시설딸기의 안전성을 확보하기 위해서는 친환경 방제기술 개발이 시급한 실정임(그림 16)



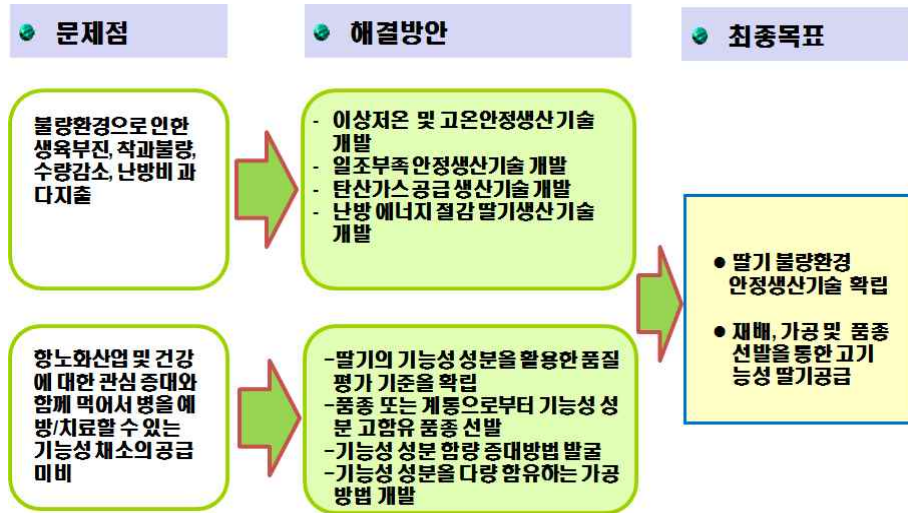
<그림 16> 시설딸기 친환경 안전생산 체계 확립 모식도

## □ 불량환경 대응 시설딸기 재배기술 및 기능성 품질 평가기술 개발

- 우리나라는 국내평균 기온 상승율이 세계평균기준을 크게 상회하여 지난 100년간(1912-2008년) 평균 기온이 1.7℃ 상승하여 지구온난화에 따른 영향이 심화되고 있음
- 이상기후는 시설딸기 재배의 불량환경으로 작용하여 생산성에도 부정적 영향
  - 겨울철 이상저온은 생육부진, 착과불량, 수량감소, 난방비 과다지출
  - 딸기를 고온기인 여름재배에서는 화분발아 불량으로 착과율 저하
- 최근에는 이상기후로 인하여 일조부족이 증가하는 추세이며, 시설 딸기에서도 피해가 증가하고 있는 실정임. 일조는 작물의 광합성과 밀접한 관련성이 있으므로 농작물 생산성에 변화를 초래함
  - 일조부족은 영양기관과 생식기관의 발육부진과 더불어 각종 병원균의 발생을 유발시켜 농업생산에 부정적 영향을 초래함(한국원예학회지, 2010)
  - 특히 분진에 따른 50%, 70%의 일조 감소로 생산량은 각각 13%, 20% 감소하였고, 과실 당도도 0.4-0.5° Brix 낮았음(한국원예학회지, 2012)
- 딸기재배의 불량조건인 저온, 고온, 일조부족 등 기상재해 현상이 빈번해지고 강도 또한 더욱 커지고 있음. 따라서 불량환경 조건에서 딸기의 재배기술 확립 및 대응 기술 개발은 경남 시설 딸기의 안정적 생산 공급이라는 측면에서 매우 중요한 사안임
- 최근에는 평균 수명의 증가로 선진국들의 노령화 사회로의 진입이 지극히 빠르게 이루어지면서 노화 및 노화에 관련된 각종 퇴행성 신경질환과 심혈관계 질환 등의 질병에 관심이 커지고 있음
- 질병들이 식생활과 밀접한 관련이 있음이 밝혀지면서 식품 중에 함유된 생리활성물질에 대한 연구가 다양한 식품이나 약용식물, 녹차 등에서 이루어지고 있으며, 특히 우리가 일상적으로 섭취하고 있는 채소류는 좋은 소재로서 각광받고 있음
- 딸기는 암이나 관상동맥질환 예방 등의 다양한 생리활성 효과를 나타내는 폴리페놀류나 플라보노이드 계통의 물질이 함유되어 있으므로 생리활성의 특성을 강조한 기능성 식품 혹은 건강식품을 이용한 병을 예방 또는 치료할 수 있는 소재로서 활용이 가능한 작물로 평가됨
- 딸기의 주요 생리활성을 나타내는 성분은 폴리페놀인 ellagic acid와 플라보노이드인 quercetin과 kaempferol이 주요 성분으로 보고됨
- Ellagic acid는 raspberry나 strawberry 등과 같은 다양한 과일과 채소에 있는 폴리페놀화합물로서 항암작용과 항산화작용, 항섬유화 작용을 나타냄. Ellagic acid 함량은 품종 또는 재배지역에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있는데, 스페인산 산딸기는 생체 100g 당 208-244mg으로 높았고 SJR942-7 품종은 70.3mg으로 Nova 품종보다 2배 이상 높음
- 딸기의 주요 생리활성 성분인 quercetin과 kaempferol은 많은 종류의 식물들에 함유되어 있으며, 발암물질의 활성 감소, 암세포의 효소작용 저해, 항암물질의 활성증대 및 변이 암세포의 생육저해 작용 등의 다양한 기능성을 가짐
- 종래의 가열건조 및 살균처리 방식은 과대한 비용과 시간을 요하면서도 대상 농수산물의 퇴색, 향기성분의 소멸 및 영양학적 가치 하락 등의 단점이 있어 이를 대체할 새로운 방식의 가공처리법이 필요함



- 불량환경 조건인 이상저온, 고온 및 일조부족에 따른 딸기의 생육반응을 검정하고 피해 최소화를 위한 대응기술을 개발하여 경남 시설딸기의 안정생산 체계를 구축하는데 있음(그림 17)
- 아울러 경남에서 재배하고 있는 주요 딸기 품종의 기능성 성분을 비교분석하여 경남에서 재배가 적당한 고기능성 품종을 선발하고, 딸기의 기능성 성분을 활용한 품질평가 기준을 확립하고자 함



<그림 17> 불량환경 대응 시설딸기 재배기술 및 기능성 딸기생산 기술 체계화 모식도

## 1-2. 연구개발 목표

- 시설딸기 매향 품종의 기형과 발생원인 구명 및 경감기술 개발
- 수출용 딸기 신품종 육성 기반 구축
- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진기술 개발을 통한 고품질 안정생산 기반 구축
- 시설딸기 주요 병원균(흰가루병, 위황병) 친환경 종합 방제기술 개발을 통한 안전생산 기반 구축
- 시설딸기 모주 관리를 위한 시비기술 체계화
- 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 개발
- 시설딸기 묘소질 향상을 위한 지하부 환경관리 기술 체계화
- 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화
- 시설딸기 묘의 수확 후 품질 관리체계 개발
- 불량환경 조건에서 시설딸기의 피해 최소화 기술 및 대응기술 개발을 통한 안정생산 기반 구축
- 경남 시설딸기의 주요 주요생리활성 성분 분석 방법 확립
- 주요 재배 품종의 기능성분 함량 분석을 통한 고기능성 딸기 발굴 및 가공기술 개발
- 시설딸기 수출현장의 애로사항 발굴 및 대응 방안 구축
- 수출 대상국의 시장정보 및 소비패턴 파악을 통한 마케팅 전략 수립
- 국가별 수출 전략에 따른 경제성 분석 및 이익 극대화 방안 수립
- 신기술의 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 및 현장애로기술 지원 전문 컨설팅 운영
- 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영

### 1-3. 연구개발 내용

#### ○ 시설딸기 기형과 발생 원인 구명 및 경감 기술 개발

- 시설딸기 매향 품종의 화분활력 암술수정 능력 검정 및 문제점 해결
  - 온도조건이 화분 발아에 미치는 영향
  - 당 종류 및 농도가 화분 발아력에 미치는 영향
  - 무기성분 종류 및 농도가 화분 발아력에 미치는 영향
  - 저장방법이 화분활력에 미치는 영향
  - 개화 후 시간 및 환경요인이 암술의 수정능력에 미치는 영향
- 기형과 발생 관련 환경요인 구명 및 문제점 해결
  - 온도 조건이 개화 및 개약에 미치는 영향
  - 광량의 차이에 따른 기형과 발생정도 분석
  - 수분 매개곤충이 기형과 경감에 미치는 영향
  - 미량원소 및 성장조절제 엽면시비가 기형과 발생에 미치는 영향
  - 1화방 적과정도가 기형과 경감에 미치는 영향
  - 시설 하우스 내 위치에 따른 기형과 발생정도 조사
- 저온기 수분용 품종 선발
  - 딸기 유전자원 중 화분의 활력이 우수한 품종 선발
  - 저온기 화분의 활력이 우수한 품종을 선발하여 수분용 품종으로 활용

#### ○ 수출용 딸기 신품종 육성 기반 구축

- 수출용 딸기 품종 육성을 위한 고경도 딸기 유전자원 탐색 및 교배조합 작성
- 경도가 높은 딸기 유전자원(매향 등)과 고품질 유전자원을 교배하여 매향의 단점을 보완할 수 있는 우량계통 선발
- 수출용 우량계통 생산력 검정 및 현장실증 시험

#### ○ 시설딸기 생육 및 광합성 촉진을 위한 생리활성물질 이용기술 개발

- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진을 위한 생리활성물질 탐색 및 선발
- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진을 위한 생리활성물질 처리 방법 체계화
- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진을 위한 첨가물질 선발 및 처리효과 검정
- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진용 생리활성물질 조성 및 현장실증 시험
- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진용 생리활성물질 현장적용 시험 및 기술 이전

#### ○ 시설딸기 흰가루병 친환경 종합방제 기술 개발

- 시설딸기 흰가루병 발병 억제물질 탐색 및 선발
- 발병 억제물질 처리에 따른 시설딸기 흰가루병 발병 억제기작 구명
- 시설딸기 흰가루병 방제를 위한 첨가물질 선발 및 처리 효과 검정
- 시설딸기 흰가루병 방제물질 조성 및 방제효과 실증시험
- 시설딸기 흰가루병 방제물질 농가 적용시험 및 기술 이전

## ○ 시설딸기 위황병 친환경 종합방제 기술 개발

- 위황병 위험 인자 진단기술 개발
  - 딸기 자묘 및 재배지 위황병 발병 조사
  - 딸기 위황병 병원균 밀도 조사 및 초기 진단
- 토양 및 배드상토 소독효과 구명에 따른 위황병 위험도 저감 기술 확보
  - 토양 소독은 딸기 재배지 식재 35일 전에 실시
  - 다조메입제 처리 : 토양 처리량 각 20, 30, 40kg/10a, 14일간 처리 후 3일 간격으로 2회 이상 경운
  - 배드상토 소독 : 친환경제제 NaDCC(sodium dichloroisocyanurate) 100, 200, 400ppm 처리
  - 처리별 병원균 밀도는 시험 1에서 명시된 병원균 밀도 진단방법으로 시행하여 토양 및 상토에서 소독 효과 구명 및 병원균 제어 기법 수립
- 소독 후 토양 건전성 회복을 위한 처리 기술 개발
  - 다조메 입제, NaDCC에 의한 토양 및 상토의 소독 전·후 토양미생물 밀도 변화 조사
  - 소독 처리후 토양 유용 미생물 투입에 의한 건전성 회복
  - 토양 소독이 종료되는 시점에 기존 미생물 제제(생균탄, 세레나테, 엑스텐) 농도별 토양 투입
  - 미생물 제제 투입 유무에 따른 토양 미생물 밀도 변화를 희석도말법으로 조사
- 맞춤형 위황병 방제 미생물 제제 및 처리 기술 개발
  - 선행 연구 결과를 통해 분리된 위황병 방제용 미생물의 효능 검증
  - 위황병 방제용 미생물의 농도별 처리 :  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$ cfu/mL
  - 위황병 발병 억제력은 시험 1의 방법에 따른 발병도 지수에 의해 평가
  - 딸기 재배지 실증실험 : 선발된 유용미생물 대량 배양( $10^9$ cfu/mL) 후 2,000배 희석액을 관주 공급
  - 미생물 투입시기 : 자묘기(5월-8월, 월 1회), 재배기(정식 후 5일, 비닐멀칭 후 3일 이내 각 1 회)
- 딸기 위황병 종합 방제 기술 확립
  - 건전 육묘 진단 및 토양 병원균 오염 위험도 분석 패키지 확립
  - 유용미생물 제제를 이용한 위황병 관리 시스템 구축
  - 시설딸기 재배농가 단체와 산학연계 프로그램을 통한 위황병 진단 및 방제기술의 현장 실증화
  - 자묘기 및 재배지의 위황병원균 분자생물학적 진단 기술법은 각 포장의 위황병원균 오염에 따른 토양 진단 기법 기술전수

## ○ 시설딸기 모주 관리를 위한 시비 기술 체계화

- 저온기/고온기 육묘시 수출 딸기 매향의 묘소질 향상을 위한 규산질 비료의 활용기술 개발
  - 규소원 :  $K_2SiO_3$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $CaSiO_3$
  - 규산질 비료 처리방법 및 처리농도 : 엽면처리, 배지관주, 처리농도(0, 50, 100mg · L<sup>-1</sup> Si)
  - 조사항목 : 1차 근수, 크라운 크기, 엽면적, 생체중과 건물중, SPAD, T/R률, 화아분화 정도

## ○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구

- 성장조절제의 종류와 농도에 따른 시설딸기 매향의 런너발생 촉진 및 화아분화 조절
- 시설딸기 매향의 육묘시 화아분화 유도를 위한 환경(광질) 조건 결정
- 시설딸기 매향의 육묘시 화아분화 유도를 위한 환경(광주기, 온도) 조건 결정
- 시설딸기 매향의 육묘시 화아분화 유도를 위한 적정 양분공급 중단시기 구명

○ 시설딸기 묘소질 향상을 위한 지하부 환경관리 기술 체계화

- 저면관수시스템을 이용한 시설딸기 매향 육묘시 무기양분 관리기술
- 공급기간 : 3수준의 공급기간, 3수준의 양액조성
- 조사항목 : 1차 근수, 크라운 크기, 엽면적, 생체중과 건물중, SPAD, T/R률, 화아분화 정도

○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화

- 공중삼목 번식을 위한 환경조절기술 개발
- 고설식 포트 육묘시 자묘 발생 부위별 묘소질 비교
- 시설딸기 육묘의 표준화를 위한 육묘 방법 확립
- 고설포트 및 공중삼목 방법을 이용한 시설딸기 매향의 육묘시기 단축, 규격화, 표준화 기술개발

○ 시설딸기 묘의 수확 후 품질 관리체계 연구

- 시설딸기 매향의 수확 후 품질 향상 방안
- 규소 : 용액(0, 50, 100mg · L<sup>-1</sup> Si)
- 조사항목 : 1차 근수, 크라운 크기, 엽면적, 생체중과 건물중, SPAD, T/R률, 화아분화 정도

○ 불량환경 대응 시설딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발

- 이상 저온 조건에서의 딸기의 생리장해와 생산성 검정 및 안정생산 기술 개발(고설재배)
- 이상 고온 조건에서의 딸기의 생리장해와 생산성 검정 및 안정생산 기술 개발(고설재배)
- 일조 부족 조건에서의 딸기의 생리장해와 생산성 검정 및 안정생산 기술 개발(고설재배)
- CO<sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 생육과 생산성 검정 및 안정생산 기술 개발
- 난방 에너지 절감형 딸기생산 기술 개발

○ 생육조건에 따른 딸기의 주요성분 분석 및 탐색

- 딸기의 주요 생리활성 성분인 ellagic acid, quercetin 및 kaempferol의 동시 분석 방법 확립
- 경남 지역 주요 재배품종의 생리활성 성분인 ellagic acid, quercetin 및 kaempferol 함량 분석
- 재배지역 및 불량환경 조건별 생산 딸기의 생리활성 성분 기준의 품질 평가

○ 신선딸기 수출량 증대

- 수출대상국(홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 태국 등) 시장정보 및 소비패턴 파악
- 수출확대를 위한 주요 수출국 대상 판촉행사

○ 신선딸기 유통 문제점 파악 및 대응방안 수립

- 신선딸기 시장 현황 조사와 애로사항, 발전 방안 및 대응 전략 수립
- 경쟁수출국들과 비교 평가

○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영

- 실용화 기술지원을 위한 시설딸기 전문가 아카데미과정 운영

○ 현장애로기술 지원 전문 컨설팅팀 운영 및 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### (세부 1) 시설딸기 고품질 안전생산을 위한 재배관리 기술 체계화 연구

#### ○ 시설딸기 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 개발

##### 1. 연구방법

###### 1) 화분활력 검정

화분의 활력검정은 온도가 수술의 개약과 화분관 신장에 미치는 영향을 조사하였다. 실험에 사용된 딸기품종은 ‘매향’, ‘설향’, ‘장희’ 였다. 당일 품종별로 개화한 꽃을 채취하여 4℃ 냉장고 및 25℃ 향온기에 보관하면서 수술과 화분을 채취하였다. 배지 조성은 Agar 1%, sucrose 10%, boric acid 100mg/L, calcium nitrate 50 mg/L, phosphoric acid 100mg/L로 조성하였고, pH는 5.8로 조절하였다. 이와 같이 조성된 배지는 전자렌지에 3분간 끓인 후 슬라이드 글라스 위에 1mL씩 분주하였다. 그리고 Agar가 완전히 응고된 후 수술 및 화분을 치상하였다. 수술은 슬라이드 글라스에 20개씩 3반복으로 치상한 후 5, 10 15℃로 설정한 향온기에서 치상 후 30시간 까지 2시간 간격으로 개약 상태를 조사하였다. 화분은 슬라이드 글라스에 약 50개 정도 3반복으로 낙분 시킨 후 15, 20, 25℃에서 각각 22시간 조사하였다. 개약율과 화분발아율은 실체현미경(10배)과 광학현미경(100배)으로 관찰하였다.

###### 2) 착과량 조절에 의한 기형과 경감 및 과실 품질향상

실험에 사용된 딸기 품종은 수출용 ‘매향’ 이었다. 묘는 80일간 육묘한 상태의 균일한 묘를 2015년 9월 5일 고설베드에 코코피트 배지를 채워서 각 처리별로 30주씩 3반복으로 정식하여 수경재배 하였다. 양액조성은 경남농업기술원 딸기양액처방 기준에 맞춰 양액을 조성한 후 (EC 1.0 ~ 1.5, pH 5.8)매일 3분씩 5회 공급하였다. 플라스틱 온실의 주간온도는 25℃ 전후로 관리하였고, 야간에는 최저 7℃를 유지하였다. 착과수 조절은 1화방과 2화방에 각각 8과, 5과로 과실수를 조절한 후 나머지는 모두 제거하였고, 대조구는 무적과 하였다. 대조구의 과실수는 1화방에 15과, 2화방에 12과 착과 시켰다. 과실이 80% 정도 착색되었을 때, 3일 간격으로 12월 부터 3월까지 수확하였다. 수확한 과실은 기형과, 당도, 과중, 수량 및 상품과율을 조사하였다. 기형과 조사기준은 형태가 완전한 과실은 1, 기형이 심한 과실은 5로 점수를 부여하였다(그림 1). 상품과율은 수확한 과실 중 기형이 2.0 이하에 해당되는 과실의 비율을 산출하였다.

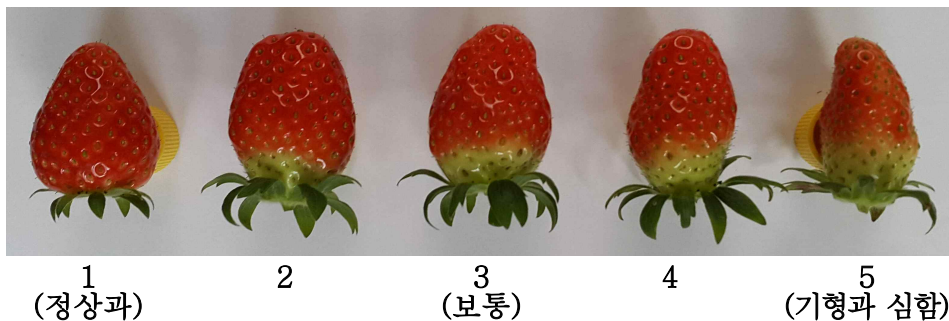


그림 1. 기형과 조사기준

### 3) GA<sub>3</sub>처리에 의한 기형과 경감 연구

저온기 수출용 ‘매향’ 품종에 대해 GA<sub>3</sub>을 처리하여 기형과 발생을 경감시키고자 수행하였다. 2016년 4월 1일 ‘매향’ 품종의 묘주를 육묘 상에 정식한 후 5월 중순부터 6월 하순까지 발생한 런너를 육묘용 포트에 유인하였다. 그리고 7월~8월 말까지 양액(EC 0.8)로 공급하면서 육묘하였다. 9월 5일 플라스틱 온실 수경재배용 고설베드에 코코피트 상토를 채운 후 묘의 본엽이 6~7매 전개 되고 90일 이상 된 묘를 처리구별로 30주씩 3반복으로 정식하였다. 양액공급은 경남농업기술원에서 처방한 딸기 양액 처방기준에 따라 양액을 조제한 후 주당 약 10mL 씩 매일 3~5회 일정하게 양액을 공급하였고, 기타 관리는 표준 딸기 수경 재배법에 준하여 관리하였다. 재배기간 동안 플라스틱 온실 내 온도는 23°C가 유지되도록 관리하였고, 야간에는 최저 8°C가 유지되도록 온풍난방을 하였다. 개화 후 각 화방별로 착과량을 조절하여 착과시켰다. 착과량은 1화방 12개, 2화방 8개, 3화방 5개 남기고 나머지는 적과를 하였다. GA<sub>3</sub>처리 농도는 0, 50, 75, 100mg/L로 조제한 후, 11월 15일과 2월 15일 2회에 걸쳐 화방에 충분히 분무 처리하였다. 과실 수확은 색깔이 어깨부분까지 완전히 착색되었을 때 2~3일 간격으로 1화방부터 3화방까지(2016년 12월 1일부터 2017년 4월 30일) 수확하여 기형과, 당도, 과중, 수량을 조사하였다. 기형과 조사는 ‘매향’ 품종 과실의 형태에 따라 점수를 부여하였는데, 정상과는 1점, 중간과실 3점, 기형과가 심한 과실은 5점을 부여하여 조사하였다. 과실의 당도는 과실을 2등분 한 후 착즙하여 굴절당도계로 측정하였다. 과중은 수확한 전체 과중에 대해 수확한 과실 수를 나누어 계산하였다. 수량은 수확한 전체 과중에 대해 1주당 평균 과중으로 계산하여 나타내었다. 조사한 자료는 SAS 통계프로그램을 사용하여 5% 유의수준에서 Duncan 다중 검정하였다.

### 4) 2화방 제거에 의한 기형과 경감 연구

저온기 2화방 제거 유·무가 3화방 기형과 발생 및 과실의 특성에 미치는 영향을 조사하고자 수행하였다. 육묘일수가 90일 이상 된 충실한 묘를 9월 5일 수경재배용 고설베드에 처리구별로 30주씩 3반복으로 정식하였다. 식물체 재배 및 환경관리는 실험 1(GA<sub>3</sub>처리에 의한 기형과 경감 연구)과 같은 방법으로 하였다. 1화방은 시험 처리구와 상관없이 정상적으로 수확하였고, 2화방은 화방 출퇴 시 바로 제거한 처리구와 제거하지 않는 처리구(대조구)로 구분 하였다. 그리고 3화방, 4화방은 화방을 제거하지 않고 정상적으로 수확하였다. 각 시험구 처리별로 과실을 수확한 후 기형과, 당도, 과중, 수량을 조사하였으며, 조사방법은 실험 1과 같은 방법으로 실시하였다.

### 5) 시설딸기 기형과 발생 관련 환경요인 분석

수출용 딸기 매향의 기형과 발생과 관련된 시설의 환경요인을 분석하기 위하여 야간온도와 주간광에 초점을 두고 실험을 수행하였다. 실험은 90일간 육묘한 균일한 묘를 2016년 10월 5일 육묘용 상토를 채운 플라스틱 포트(64 x 24 x 16cm)에 정식하여 성장상에서 수행하였다. 정식 후 비배관리는 물과 양액을 공급하였는데, 물은 매일 포트당 200mL 공급하였고, 양액은 경남농업기술원 딸기양액처방 기준에 따라 조제한 양액을 5일 간격으로 포트당 200mL 공급하였다. 온도환경이 기형과 발생에 미치는 영향을 분석하기 위하여 성장상의 주야는 각각 14시간과 10시간으로 하여 주간 온도와 광도는 각각 25°C와 200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 고정하여 관리하였고 야간 온도를 각각 7, 11, 15°C로 조절하여 관리하였다. 광환경이 기형과 발생에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 광도를 100, 150, 200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 조절하여 관리하였는데, 주야간 온도는

각각 25와 15℃, 일장은 각각 14와 10시간으로 고정하였다. 착과수 조절은 1화방과 2화방의 과실을 10과로 조절한 후 나머지는 모두 제거하였다. 개화한 꽃은 붓으로 쓸어주는 방식으로 수분을 시켰으며 과실이 80% 정도 착색되었을 때, 3일 간격으로 12월부터 10월까지 수확하였다. 수확한 과실은 기형과, 당도, 과중 및 수량을 조사하였다. 기형과 조사기준은 1차년도 기준을 표준으로 하여 형태가 완전한 과실은 1, 기형이 심한 과실은 5로 점수를 부여하였다(그림 1).

## 2. 연구결과

수출용 ‘매향’은 ‘설향’이나 ‘장희’ 품종에 비해 기형과 발생율이 현저히 높다. 특히 2화방은 수확되는 과실의 70~80% 정도 기형과가 생산된다. 이런 원인은 대부분 저온의 영향으로 알려져 왔다. 저온기 개화는 되었지만 개약이 되지 않고, 개약이 되더라도 화분관이 정상적으로 신장하지 못하여 저온기에 집중적으로 기형과가 발생 하는 것으로 예측하고 있다. 이런 원인을 밝히고자 온도가 개화 후 수술의 개약에 미치는 영향을 조사한 결과, 5℃ 저온에서 품종별로 뚜렷한 차이가 있었다. ‘장희’ 품종은 5~10℃의 저온에서도 개약이 빠르게 진행되었고, 치상 후 30시간까지 개약율이 80%로 높았다. 그러나 ‘매향’ 품종은 ‘장희’나 ‘설향’ 품종에 비해 개약 속도가 늦었고, 개약율도 40% 이하로 가장 낮았다. 그러나 15℃에서는 3개 품종 모두 6시간 이후부터 개약이 빠르게 진행되었고, 30시간 이후 70% 이상의 높은 개약율을 보였다. 딸기 수술의 개약은 온도에 크게 영향을 받고 있으며, 품종에 따라 차이가 많았다.

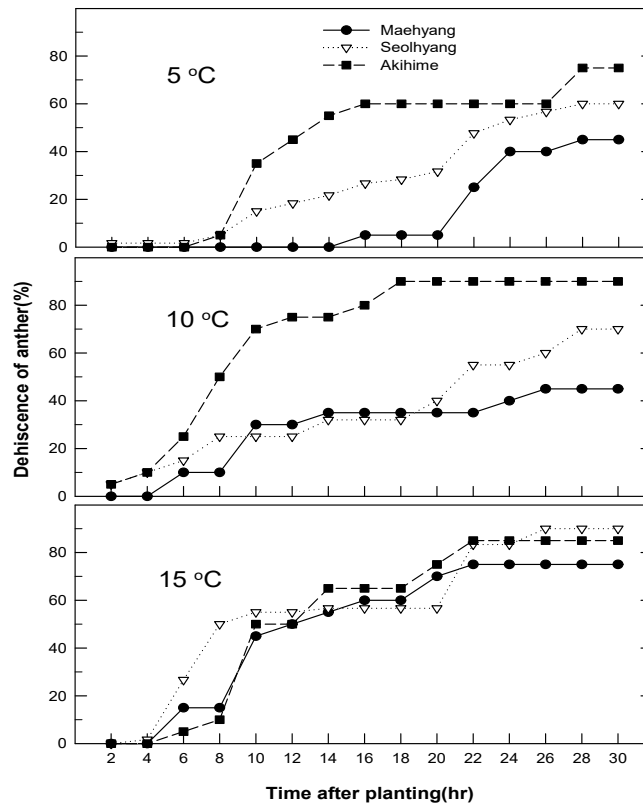


그림 2. 저장온도에 따른 품종별 개약율

온도가 화분 발아에 미치는 영향을 조사한 결과, 3개 품종 모두 15℃ 저온보다는 25℃ 고온에서 화분의 발아율이 높았다. 15℃ 저온에서는 화분 발아율이 30% 낮았으며, 치상 후 10시간

이 지나도 큰 변화가 없었다. 20℃에서는 ‘설향’ 품종의 화분 발아율이 70%로 가장 높았으며, ‘매향’ 과 ‘장희’ 품종은 50%로 다소 낮았다. 그러나 15℃ 보다는 20℃에서 화분의 발아속도가 빠르고 발아율도 높았다. 발아온도 25℃에서는 3개 품종 모두 치상 후 2시간에서 4시간 사이 빠르게 발아하였고, 6시간까지 대부분의 화분이 발아하였다. 25℃의 고온에서는 ‘매향’ 품종이 ‘설향’ 이나 ‘장희’ 품종보다 화분의 발아가 빨랐고, 발아율도 높은 경향을 보였다.

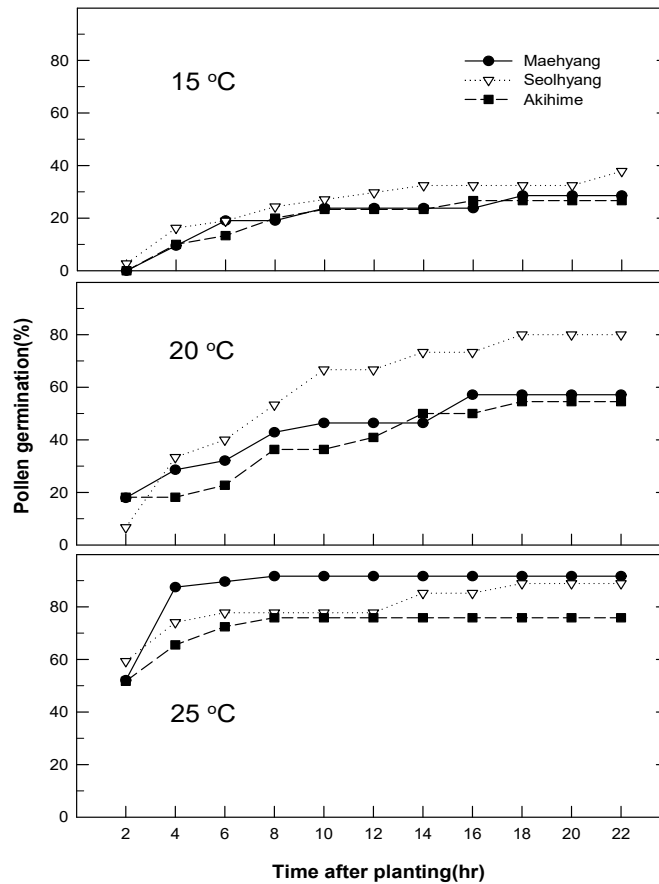


그림 3. 저장온도에 따른 품종별 화분발아력

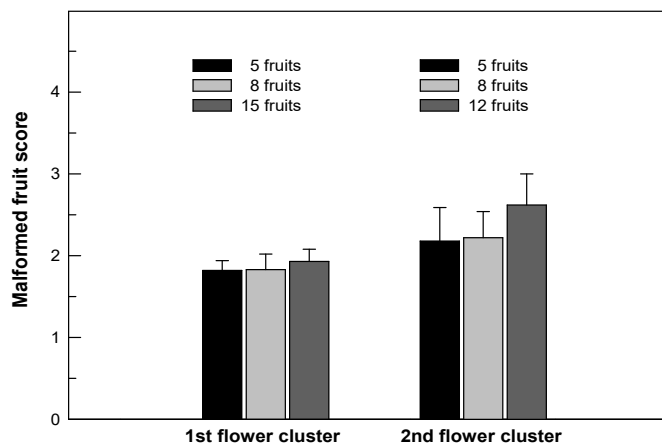


그림 4. 착과수 조절에 따른 기형과 발생



1화방의 과다착과는 식물체의 피로현상을 유발하고, 2화방 과실의 성장에도 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다. 따라서 1화방과 2화방의 착과수 조절이 기형과 발생에 미치는 영향을 조사하였다. 화방별 기형과 발생은 1화방보다 2화방에서 높게 나타났다. 1화방은 착과수 조절에 의한 기형과 경감 효과는 없었으나, 2화방에서는 무적과보다 5과, 8과 착과에서 기형과 발생이 다소 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 5과 착과와 8과 착과는 기형과 발생에 차이가 없었다. 매향 품종은 2화방의 과실수를 8과 착과시키면 기형과를 다소 경감시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

표 1. 착과수 조절에 따른 수확시기별 기형과 발생

Flower cluster	Fruit-load	Harvest time(month)			
		Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1st	control(15)	1.90±0.62	1.80±0.43	1.92±0.39	-
	8	1.82±0.80	1.86±0.76	1.80±0.35	-
	5	1.80±0.84	1.73±0.39	-	-
2nd	control(12)	-	3.25±0.99	2.55±0.78	2.20±0.79
	8	-	3.00±0.91	2.41±0.97	2.02±0.63
	5	-	3.01±1.03	2.40±0.96	1.89±0.77

착과량 조절에 의한 수확시기별 기형과 발생정도를 조사하였다. 1화방은 12월 초부터 2월 초까지 과실을 수확하였는데, 착과량에 관계없이 월별 기형과 발생은 1.73에서 1.92로 차이를 보이지 않았다. 2화방 수확은 1월부터 3월까지 진행되었는데, 1월은 기형과 발생이 3.0 이상으로 2월이나 3월보다 높았고, 2월에서 3월로 갈수록 기형과 발생이 낮았다. 매향 품종의 기형과 발생이 1화방보다는 2화방에서 많았고, 시기적으로 1월에 가장 많이 발생하는 것은 동절기의 저온기의 영향으로 판단되었다.

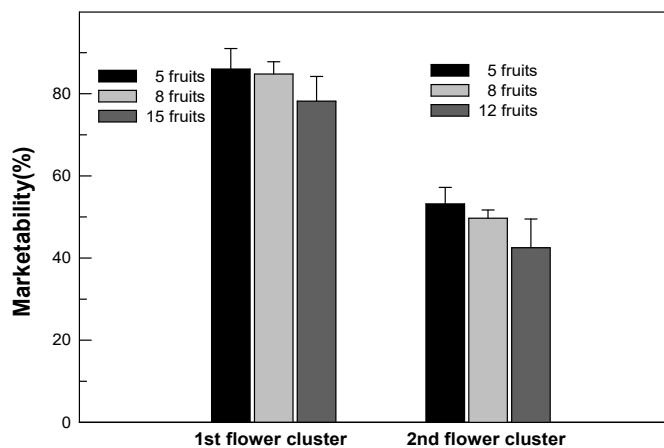


그림 5. 착과수 조절이 상품과 생산에 미치는 영향

착과량 조절이 상품성이 높은 과실 생산에 영향을 미치는지 조사하였다. 1화방은 8과와 5과 착과에서 무적과(15과)보다 상품성 있는 과실의 생산이 다소 높았다. 1화방 대조구의 상품성은 78%였고, 8과 착과와 5과 착과는 각각 82%와 85% 였다. 2화방은 대조구 42%, 8과 착과 49%, 5과 착과 53%로, 1화방에 비해 상품성 과실의 비율이 현저히 낮았다. 이런 원인은 기형과 발생이 2화방에서 1화방보다 높았기 때문이었다.

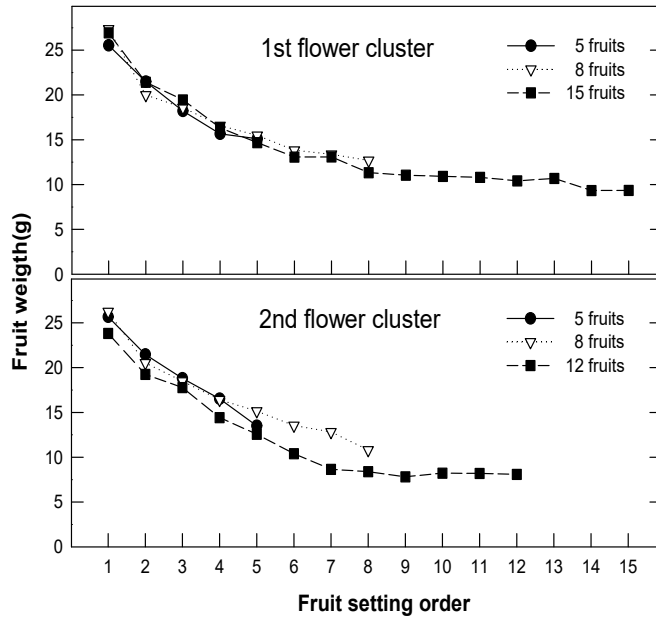


그림 6. 착과수 조절에 따른 과실 무게 변화

착과량 조절이 과실의 품질향상 및 대과의 생산성을 높일 수 있는 방안에 대해 조사하였다. 1화방 1번과는 착과량에 관계없이 20g 전후의 대과가 생산되었지만 하위절로 갈수록 점진적으로 소과가 생산되었다. 하위절로 갈수록 과실의 크기가 작아지는 것은 착과량에 관계없이 일정하였다. 즉, 착과량이 적더라도 과실의 크기에 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다. 그러나 2화방에서는 동일 위치에 착과된 과실이지만 착과량이 적을수록 큰 과실을 생산할 수 있었다. 착과량이 과실크기에 1화방은 영향을 미치지 않았지만, 2화방에서는 영향을 미치는 것으로 나타났다.

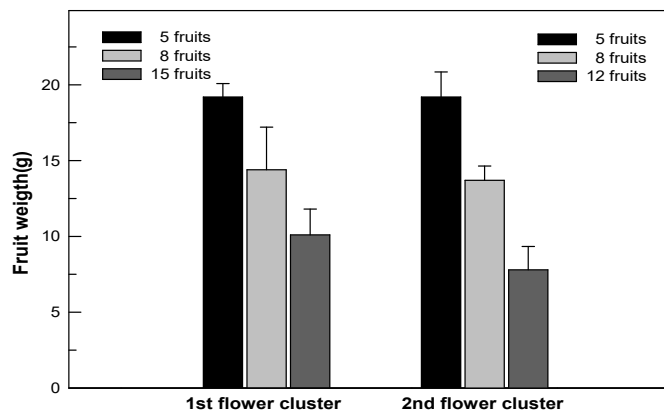


그림 7. 매향품종의 착과수 조절이 과실 무게에 미치는 영향

착과량에 따라 각 화방별 평균과중을 조사한 결과, 1화방 대조구(15과)는 10.1g, 8과 착과 14.4g, 5과 착과 19.2g으로 착과수가 적을수록 과중이 증가하였다. 이런 원인은 착과수가 많을수록 하위에 소과의 생산이 많아서 대조구의 평균과중이 가벼웠고, 5과 착과는 상위절에 착과된 과실이어서 상대적으로 평균과중이 무거웠다.

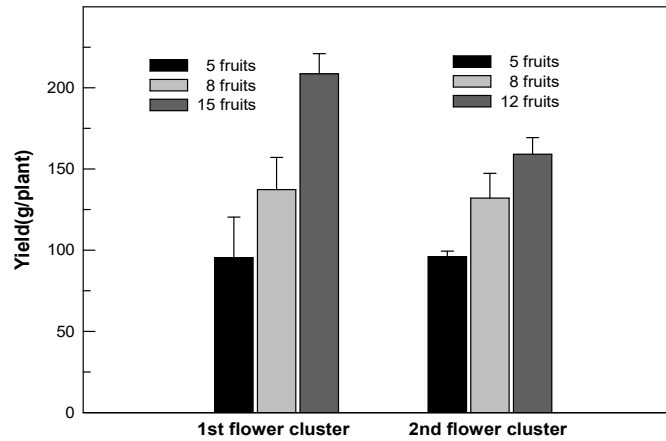


그림 8. 매향품종의 착과수에 따른 수량

주당 과실수량은 착과량이 많을수록 증가하였지만, 소과의 생산량이 많아서 상품성이 높은 과실의 생산량은 낮았다. 1화방의 무적과(15과)는 208g, 8과 착과는 137g, 5과 착과는 95g 생산되었고, 2화방은 무적과(12과) 159g, 8과 착과 132g, 5과 착과 95g 이었다. 8과 착과와 5과 착과는 1, 2화방 차이가 없었지만, 무적과는 1화방이 2화방보다 많았다. 1화방 무적과는 하위절에 생산된 과실 대부분이 소과이므로 생산성 향상에는 큰 의미가 없는 것으로 판단된다.

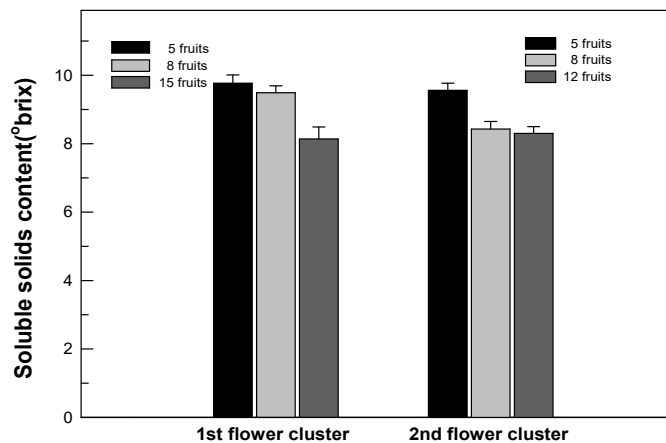


그림 9. 매향품종의 착과수가 과실의 당도에 미치는 영향

착과량이 과실의 당도에 미치는 영향을 조사한 결과, 1화방 5과 착과가 9.7 brix로 가장 높았고, 대조구는 8.1 brix로 낮았다. 8과 착과는 1화방 9.5 brix, 2화방 8.4brix로 1화방이 2화방보다 과실의 당도가 높았다. 과실의 당도는 착과량이 적을수록 높게 나타나, 착과량 조절을 통해 과실의 당도와 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

GA<sub>3</sub>를 농도 별로 조제한 후, 11월 15일과 2월 15일 화방에 분무 처리하여 기형과 발생정도를 조사하였다(Fig. 1). 1화방에서는 GA<sub>3</sub> 처리가 기형과를 경감시키는데 효과가 없었다. 1화방 12월에 수확한 대조구의 기형과는 2.67이었고, GA<sub>3</sub> 처리는 2.65~2.69 이었다. 1월 수확한 대조구는 3.05이었고, GA<sub>3</sub> 처리는 3.05~3.12 까지 로 처리 간 유의적인 차이가 없었다. 12월 수확에서는 기형과가 2.67이었고, 1월 수확에서는 3.07로서 1월이 12월보다 기형과 발생이 높았다. 2화방 1월에서 수확한 대조구의 기형과는 3.04 이었고, GA<sub>3</sub> 처리는 2.98~3.15까지로 대조구에 비해 GA<sub>3</sub> 처리구는 기형과 발생이 다소 낮은 경향을 보였지만 처리 간 통계적인 유의차는 없었다. 2월 수확한 대조구의 기형과는 3.98로, GA<sub>3</sub> 처리구 3.73~3.79보다 기형과가 다소 많은 경향을 보였지만, 1월과 같이 통계적인 유의차는 없었다. 3월 수확에서는 대조구가 3.98로, GA<sub>3</sub> 처리구 3.77~3.97와 같은 경향을 보였다. 3화방 2월에 수확한대조구의 기형과는 4.0 이었고, GA<sub>3</sub> 75mg 처리에서는 3.36으로 기형과 발생이 가장 낮았다. 3월 수확에서는 대조구의 기형과가 3.33이었고, GA<sub>3</sub> 처리는 3.32~3.45로 처리 간 차이가 없었다. 4월 수확한 대조구의 기형과는 2.60이었고, GA<sub>3</sub> 처리에서는 2.59~2.60으로 처리 간에 차이가 없었다. 저온기 GA<sub>3</sub> 처리 시 대조구와 비교하여 기형과 발생이 약간 낮아지는 경향을 보였지만 통계적인 유의차는 없었다. 기형과 발생이 가장 많은 화방은 2화방 이었고, 수확기는 2월 이었다.

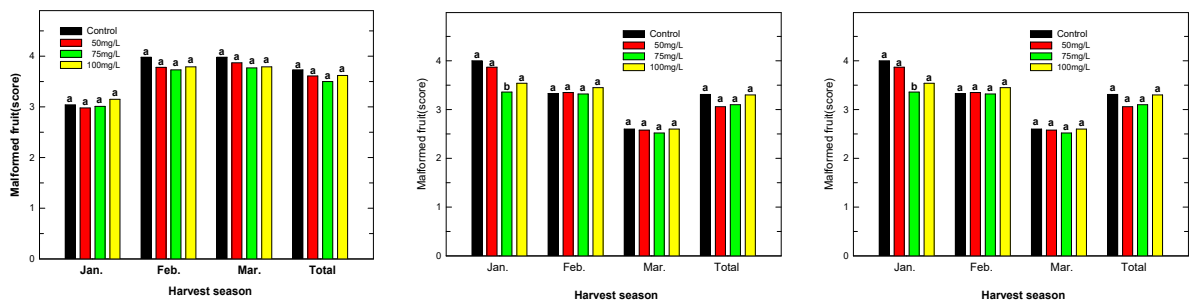


그림 10. GA<sub>3</sub> 처리에 의한 화방별 기형과 발생 양상

GA<sub>3</sub> 처리가 과실 당도 및 수량에 미치는 영향을 조사하였다(표 2). 당도는 1화방 12월 수확한 대조구가 10.63 brix 이었고, GA<sub>3</sub> 처리구는 10.35~10.72 brix로 처리 간에 차이가 없었다. 1월 수확한 당도는 10.0 brix로서 대조구와 GA<sub>3</sub> 처리 간 차이가 없었다. 2화방 1월 수확에서는 대조구가 9.84 brix 이었고, GA<sub>3</sub> 처리구는 10.02~10.46 brix로 GA<sub>3</sub> 처리가 약간 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차는 없었다. 2월 수확한 대조구는 11.68 brix로, GA<sub>3</sub> 처리구 10.6~10.93 brix에 비해 다소 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차가 없었다. 3월 수확에서도 2월 수확기와 같은 경향을 나타내었다. 3화방에서는 2월 수확에서 대조구는 10.91 brix로, GA<sub>3</sub> 처리구 9.65~9.97brix 보다 다소 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차가 없었다. 3월과 4월 수확기에서도 2월과 유사한 경향을 보였다.

평균 과중은 1화방 12월 수확에서 대조구는 19.39g, GA<sub>3</sub> 처리구는 18.84~19.60g으로 처리 간 차이가 없었다. 1월 수확에서 대조구는 14.32g으로, GA<sub>3</sub> 처리 11.95~13.28g보다 다소 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차가 없었다. 2화방 1월 수확한 대조구는 21.96g으로, GA<sub>3</sub> 처리구 19.43~20.00g 보다 다소 높은 경향을 보였으나 통계적인 유의차가 없었다. 3화방 2월 수확에서는 GA<sub>3</sub> 100mg 처리에서 22.43g으로 대조구 18.28g 보다 다소 높았으며, 3월과 4월 수확기에는 처리 간 차이가 없었다. 과실 수량은 1화방 12월과 1월 수확한 대조구와 GA<sub>3</sub> 처리 간에는

차이가 없었다. 12월 수확에서는 대조구가 81.97g, GA<sub>3</sub> 처리는 68.74g~75.76g 이었다. 1월 대조구는 112.07g 이었고, GA<sub>3</sub> 처리는 100.21~105.48g 이었다. 2화방 1월 수확한 대조구는 39.87g로 GA<sub>3</sub>처리 23.34~37.27g보다 높았다. 그러나 2월 수확에서는 대조구 65.16g 보다, GA<sub>3</sub> 75, 100mg 처리에서 각각 85.23g, 82.23g으로 수량이 많았다. 3월 수확에서는 대조구가 41.83g으로, GA<sub>3</sub> 처리에 비해 다소 높은 경향을 보였다. 3화방 2월에 수확한 과실은 수확량이 미비하여 처리 간 비교는 의미가 없었으며, 3월과 4월 수량은 대조구와 GA<sub>3</sub> 처리 간에 차이가 없었다. GA 처리가 딸기 과실의 당도 및 수량에는 크게 영향을 미치지 않았다.

표 2. GA<sub>3</sub> 처리가 과실의 품질과 수량에 미치는 영향

Harvest season	Treatment (mg·L <sup>-1</sup> )	SSC (°brix)	Fruit weight(g)	Yield (g/plant)
<i>1<sup>st</sup> flower cluster</i>				
Dec.	Control	10.63 a <sup>z)</sup>	19.38 a	81.97 a
	GA 50	10.39 a	19.20 a	75.76 a
	GA 75	10.72 a	18.84 a	74.63 a
	GA100	10.35 a	19.60 a	68.74 a
Jan.	Control	10.10 a	14.32 a	112.07 a
	GA 50	10.05 a	13.28 a	105.48 a
	GA 75	10.06 a	12.43 a	102.27 a
	GA100	10.02 a	11.95 a	100.21 a
<i>2<sup>nd</sup> flower cluster</i>				
Jan.	Control	9.84 a	21.96 a	39.87 a
	GA 50	10.46 a	20.33 a	37.27 ab
	GA 75	10.03 a	19.53 a	25.32 b
	GA100	10.15 a	19.43 a	23.34 c
Feb.	Control	11.68 a	17.11 a	65.16 b
	GA 50	10.60 a	17.97 a	74.05 b
	GA 75	10.70 a	17.09 a	85.23 a
	GA100	10.93 a	18.18 a	82.23 a
Mar.	Control	11.15 a	11.54 a	41.83 a
	GA 50	10.25 a	10.97 a	34.23 a
	GA 75	10.45 a	10.70 a	30.03 b
	GA100	10.31 a	11.47 a	30.65 b
<i>3<sup>rd</sup> flower cluster</i>				
Feb.	Control	10.91 a	18.28 b	0.63 a
	GA 50	9.75 a	18.45 b	1.41 a
	GA 75	9.65 a	19.33 ab	9.53 a
	GA100	9.97 a	22.43 a	15.77 a
Mar.	Control	10.63 a	14.70 a	68.92 a
	GA 50	10.79 a	12.52 b	69.79 a
	GA 75	10.18 a	12.24 b	54.28 a
	GA100	10.41 a	12.71 b	58.80 a
Apr.	Control	8.84 b	12.27 a	8.11 a
	GA 50	9.10 a	12.78 a	2.67 a
	GA 75	9.34 a	12.78 a	1.85 a
	GA100	9.13 a	11.48 a	1.19 a

<sup>z)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

‘매향’ 품종은 2화방에서 수확한 과실 중에 70% 정도는 기형과가 발생되어 수확하더라도 대부분 판매가 불가능하게 된다. 따라서 2화방을 출리와 동시에 제거한 후 3화방 출리를 빠르게 유도하면서 기형과 발생을 경감시키고 과실의 품질을 향상 시키고자 수행하였다(표 3).

표 3. 2화방 제거가 다른 화방의 기형과 발생과 과실 품질에 미치는 영향

Harvest season	Treatment	Malformed fruit (score <sup>z)</sup> )	SSC (°brix)	No. Fruit	Fruit weight (g)	Yield (g/plant)
<i>1<sup>st</sup> flower cluster</i>						
Dec.		2.15	10.51	5.14	16.82	87.45
Jan.		1.78	9.28	6.05	12.66	78.98
<i>2<sup>nd</sup> flower cluster</i>						
Feb.	Control	3.74	11.31	5.79	15.53	78.93
	Thinning <sup>y)</sup>	-	-	-	-	-
Mar.	Control	4.11	10.12	2.34	9.82	23.81
	Thinning	-	-	-	-	-
<i>3<sup>rd</sup> flower cluster</i>						
Mar.	Control	3.17	10.53	4.60	15.34	65.83
	Thinning	3.05	9.87	5.31	15.88	83.09
	Significance <sup>x)</sup>	*	ns	ns	ns	ns
<i>4<sup>th</sup> flower cluster</i>						
Mar.	Control	3.27	9.74	1.66	17.59	31.99
	Thinning	2.97	9.47	2.79	20.53	51.89
	Significance	*	ns	*	*	*
Apr.	Control	2.55	10.15	2.16	16.01	36.82
	Thinning	2.72	9.82	1.53	15.30	25.03
	Significance	ns	ns	ns	ns	ns

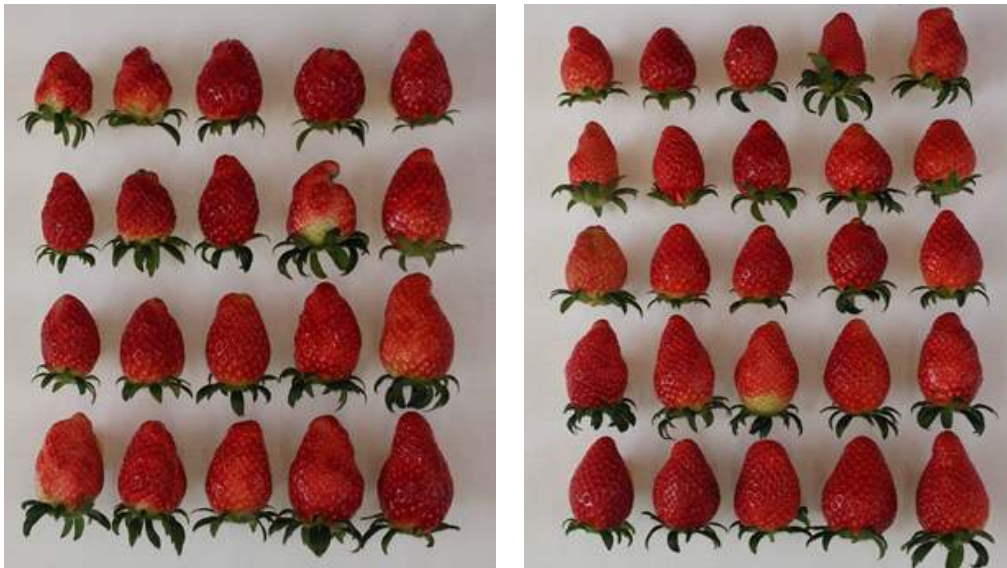
<sup>z)</sup>Malformed fruit score : 1 normal fruit, 5 very malformation fruit.

<sup>y)</sup>2<sup>nd</sup> flower clusters were removed.

<sup>x)</sup>ns, \* : non significant or significant at 5% level by t-test.

딸기의 1화방은 화방 제거 없이 정상적으로 재배하였는데, 12월 수확한 과실의 기형과는 2.15로, 1월 수확한 과실의 기형과 1.78 보다 다소 많이 발생하였다. 2화방은 2화방 제거 유·무에 따라 구분하여 조사하였다. 2화방 2월 수확한 대조구의 기형과는 3.74 이었고, 3월 수확한 대조구는 4.11로 2월보다 3월에서 기형과 발생이 높았다. 3화방에서는 2화방 제거 유·무에 따라 기형과 발생에 차이를 보였다. 3화방 3월 수확한 대조구의 기형과는 3.17이었지만, 2화방을 제거한 처리구의 기형과는 3.05로서, 대조구에 비해 기형과 발생이 낮아졌다. 그리고 4화방 3월 수확한 대조구의 기형과는

3.27이었으며, 2화방을 제거한 처리구의 기형과는 2.97로 대조구보다 기형과 발생이 낮았다. 그러나 4화방 4월 수확에서는 처리 간 차이가 없었다. 과실의 당도는 2화방 제거 유무에 따라 차이가 없었다. 1화방 12월 수확한 과실당도는 10.51 brix 이었고, 1월 수확한 과실의 당도는 9.28 brix로 12월이 1월보다 다소 높았다. 2화방에서는 2월 수확한 과실 당도가 11.31 brix이었고, 3월 수확한 과실 당도는 9.52 brix로, 2월이 3월보다 다소 높았다. 3화방의 대조구는 10.13 brix 이었고, 2화방 제거 처리구는 9.27 brix 이었다. 4화방은 3월 수확과 4월 수확에서는 처리 간에 차이가 없었다. 과실수는 3화방 대조구가 4.6개, 처리구는 5.31개로 2화방 제거 처리구가 다소 높은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차가 없었다. 4화방 3월 수확에서는 대조구가 1.66개 이었고, 처리구는 2.79개로서 2화방을 제거 처리구에서 높았다. 과중은 3화방 3월에서는 처리간 차이가 없었지만, 4화방 3월 수확에서는 대조구 17.59g에 비해 처리구가 20.53으로 높았다. 4월에는 처리 간에 차이가 없었다. 수량에서는 3화방 대조구는 65.83g이었고, 처리구는 83.09로서 처리구가 높았다. 4화방 3월 수확에서도 처리구가 51.89로, 대조구 31.99에 비해 수량이 많았다. 2화방을 일찍 제거하면 3화방의 기형과를 다소 경감시킬 수 있으며, 과실수, 과중 및 수량이 다소 증가 되었다.



<2화방 무제거 처리구>

<2화방 제거 처리구>

그림 11. 3화방 수확한 과실

수출용 딸기 품종인 매향의 기형과는 야간온도가 낮을수록 1화방보다 2화방에서 많이 발생하는 경향을 보였다(그림 12). 야간온도를 7℃를 처리할 경우 1화방에서는 기형과 값이 2.3 수준인데 비해 11과 15℃ 처리구에서는 각각 2.0과 1.8 수준으로 기형과 발생이 감소하였다. 야간온도 7℃ 처리구의 2화방에서는 기형과 값이 3.0으로 1화방보다 높은 경향을 보였으며 11과 15℃ 처리구에서는 각각 2.5와 2.0의 값을 보여 다소 높은 경향을 보였다.

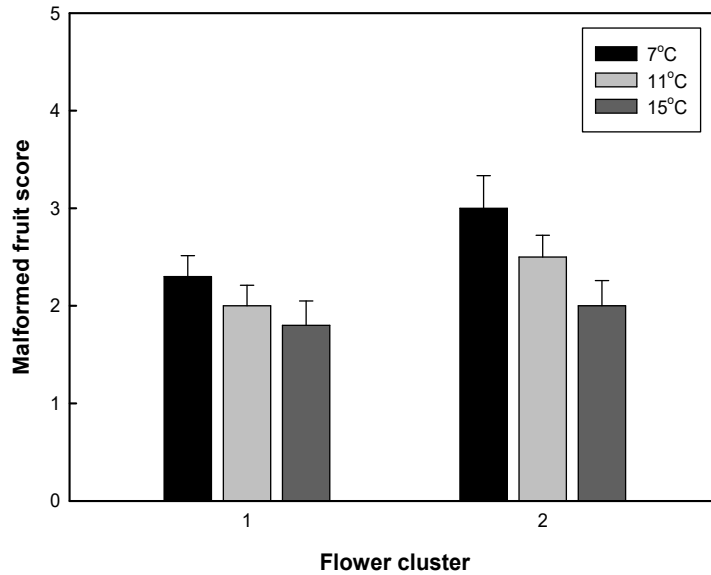


그림 12. 야간온도 처리에 따른 화방별 기형과 발생

야간온도 처리에 따른 과실의 크기는 야간온도가 높을수록 2화방보다는 1화방에서 큰 것으로 분석되었다(그림 13). 야간온도를 7°C를 처리할 경우 1화방의 과실의 평균과중은 14.2g인 반면 11과 15°C 처리구에서는 각각 15.2와 15.9g으로 1.0-1.9g 정도 증가하는 경향을 보였다. 야간온도 7°C 처리구의 2화방의 과실은 1화방보다 다소 감소하여 13.5g인데 비해 11과 15°C 처리구에서는 각각 15.2와 15.8g으로 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

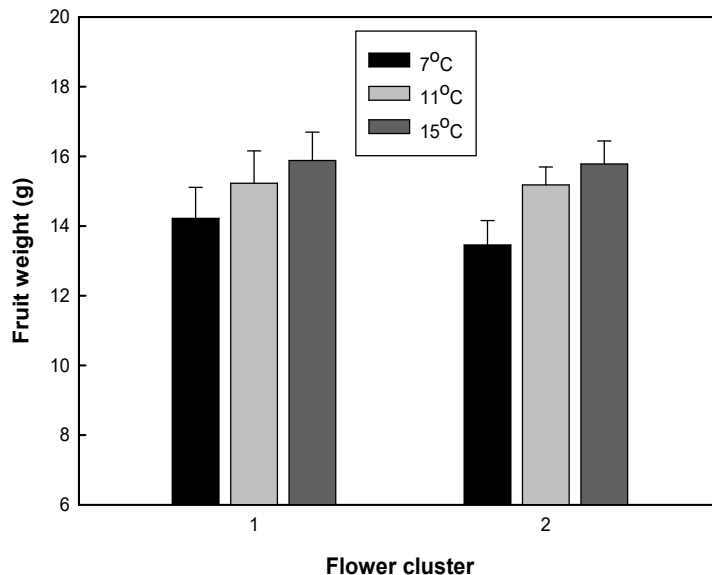


그림 13. 야간온도 조절에 따른 화방별 과중

과실의 가용성 고형물 함량은 1화방에서는 야간온도 7°C 처리구가 10.2°Brix로 야간온도 11과 15°C 처리구의 9.4나 9.6°Brix보다 높은 경향을 보였지만, 2화방의 고형물 함량은 9.1-9.4°Brix 수준



으로 야간온도 처리에 따른 차이는 없었다(그림 14).

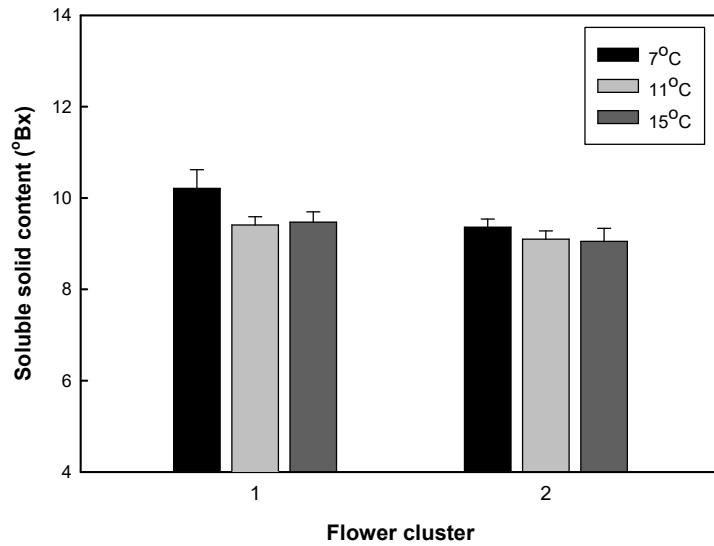


그림 14. 야간온도 조절에 따른 화방별 당도

야간온도 처리에 따른 상품과율은 기형과의 발생에 따라 뚜렷한 차이가 있었는데, 야간온도 7°C 처리구의 1화방은 62% 인데 비해 11과 15°C 처리구는 각각 74와 76%로 10% 이상 높은 경향을 보였다. 야간온도 7°C 처리구의 2화방의 과실의 상품과율은 55%로 1화방보다 낮은 경향을 보였으며 11과 15°C 처리구에서도 각각 67과 69%로 낮은 경향을 보였다(그림 15).

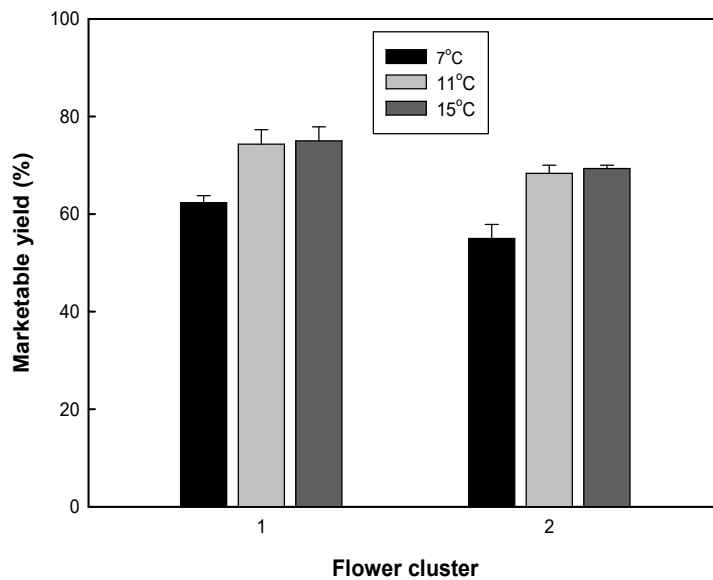


그림 15. 야간온도에 따른 상품과율

수출용 딸기 품종인 매향의 기형과는 광량이 낮을수록 1화방보다 2화방에서 많이 발생하는 경향을 보였다(그림 16). 광량을  $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리할 경우 1화방의 기형과 값은 2.4 수준으

로 높은 반면 150과 200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리구에서는 각각 2.1과 2.0으로 크게 감소하였다. 광량을 100  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리한 2화방의 기형과 값은 2.9 수준으로 높았지만 150과 200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리구에서는 2.2 수준으로 기형과가 크게 감소하는 경향을 보여 광환경이 기형과 발생에 미치는 원인 중의 하나임을 알 수 있었다.

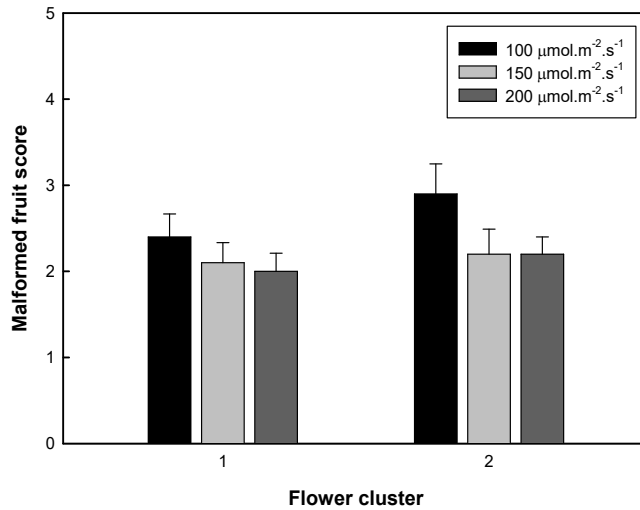


그림 16. 광량에 따른 화방별 기형과 발생

광량을 100  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리할 경우 1화방의 평균 과중은 13.3g인데 비해 150과 200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리구에서는 각각 14.1과 15.5g으로 0.8과 2.2g 증가하였다. 광량을 100  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리한 2화방의 평균과중은 12.8인데 비해 150과 200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리구에서는 각각 14.0과 14.2g으로 다소 증가하는 경향을 보였지만 전반적으로 1화방보다는 적었다(그림 17).

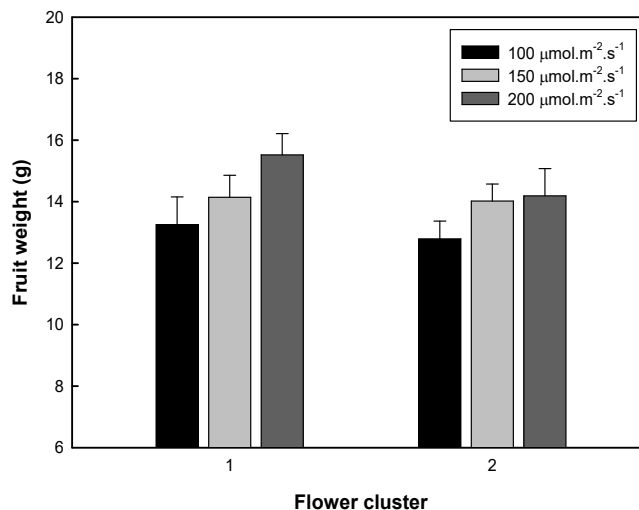


그림 17. 광량에 따른 화방별 과중

광량을 100  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리할 경우 1화방 과실의 고형물 함량은 8.8°Bx인데 비하여 150  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리구에서는 8.8°Bx로 차이가 없었지만, 200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리구에서 9.8°Bx로 다소 증가하는 경향을 보였다. 광량을 100  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  처리한 2화방의 고형물 함량은 8.5°Bx인데

비해  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구에서는  $8.6^\circ\text{Bx}$ 으로 통계적 유의성이 없었지만,  $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구에서는  $9.6^\circ\text{Bx}$ 으로 증가하는 경향이였다(그림 18).

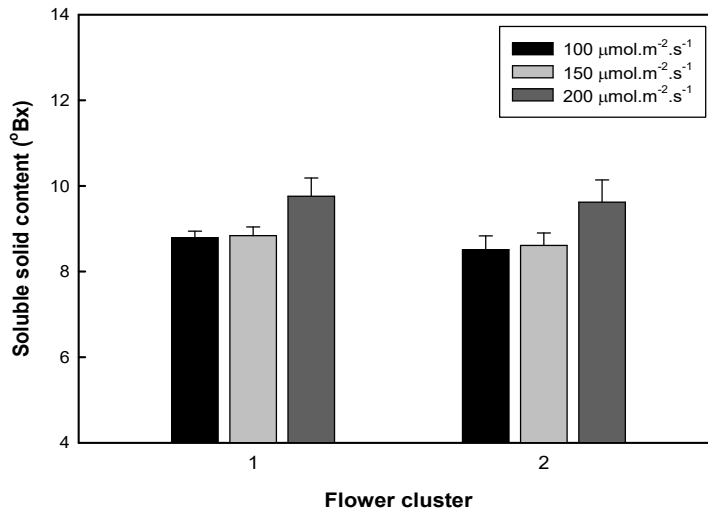


그림 18. 광량에 따른 화방별 당도

광량을  $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리할 경우 1화방 과실의 상품과율은 66%로 150과  $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구의 78과 79% 보다 12% 이상 낮은 경향을 보였다. 광량을  $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리한 2화방 과실의 상품과율은 57%로 1화방보다 더 낮은 경향을 보였고 150과  $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구에서는 각각 66%와 69%로  $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구보다는 높았지만 1화방보다는 낮은 경향을 보였다(그림 19).

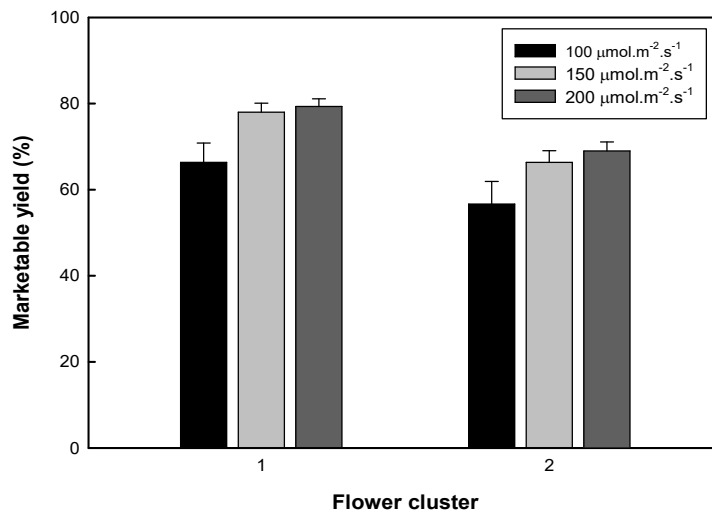


그림 19. 광량에 따른 화방별 상품과

## ○ 시설딸기 생육 및 광합성 촉진을 위한 생리활성물질 이용 기술개발

### 1. 연구방법

#### 1) 생리활성물질별 처리농도 및 처리방법에 따른 생육촉진

딸기(*Fragaria x ananassa* Duchesne) ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종을 2015년 10월 23일 정식하여 마지막 수확일인 2016년 4월 27일까지 경상대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 수행하였다. 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 정식 후 토양수분을 자동관수시스템(Rich 5330, Agronet, Korea)을 이용하여 자동관수하였으며 추비는 하지 않았다. 재배 시 가온은 하지 않았으며 2화방 재배를 하였고 화방당 10개의 과실을 조정하여 착과시켰으며 과실의 80%가 착색된 것을 수확하여 특성을 조사하였다.

살리실 산은 0.5와 1.0mM 농도로 조정하여 엽면(0.5mM SA-L, 1.0mM SA-L)과 관주처리(0.5mM SA-R, 1.0mM SA-R)를 하였는데, 엽면처리시에는 0.1% Triton을 첨가하였으며 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 처리는 2006년 2월 16일 시작하여 10일 간격으로 3회에 걸쳐 처리하였으며 처리량은 1회에 포트당 40mL을 처리하였다. Glycinebetaine(GB), H<sub>2</sub>S 및 NO는 25, 50, 75 및 100mM 농도로 관주처리하였으며 대조구로는 증류수를 처리하였다.

재배 토양의 수분함량, 지온 및 EC는 Wet-meter(WT 1000N, MiraeSensor, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며 생육특성으로는 엽수, 엽장, 엽폭 및 엽록소 등을 조사하였다. 엽수는 엽장이 1cm 이상인 엽을 대상으로 조사하였으며 엽록소는 SPAD(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 과실의 특성은 과중, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다.

#### 2) 살리실산 처리가 저온기 딸기의 생육에 미치는 영향

딸기(*Fragaria x ananassa* Duchesne) ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종을 이용하여 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 정식 후 토양수분을 자동관수시스템(Rich 5330, Agronet, Korea)을 이용하여 자동관수하였으며 추비는 하지 않았다. 재배 시 가온은 하지 않았으며 2화방 재배를 하였고 화방당 10개의 과실을 조정하여 착과시켰으며 과실의 80%가 착색된 것을 수확하여 특성을 조사하였다.

살리실 산은 0.5와 1.0mM 농도로 조정하여 엽면(0.5mM SA-L, 1.0mM SA-L)과 관주처리(0.5mM SA-R, 1.0mM SA-R)를 하였는데, 엽면처리시에는 0.1% Triton을 첨가하였으며 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 처리는 10일 간격으로 3회에 걸쳐 처리하였으며 처리량은 1회에 포트당 40mL을 처리하였다. 생육특성은 엽수, 엽장, 엽폭 및 엽록소 등을 조사하였다. 엽수는 엽장이 1cm 이상인 엽을 대상으로 조사하였으며 엽록소는 SPAD(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 과실의 특성은 과중, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다.

항산화효소의 활성 분석을 위한 수용성 단백질은 pH가 8.0으로 조정된 100mM Tris-HCl 완충 용액으로 추출하였는데, 막자사발을 이용하여 시료 1g당 3mL의 완충 용액으로 마쇄한 후 4℃에서 10분간 15,000g로 원심 분리하였다. 원심 분리 후 추출액에 존재하는 소분자 화합물을

제거하고자, PD-10 column(Pharmacia-LKB)을 통과시켜 얻은 단백질 분획을 효소의 활성 측정 및 동위효소 분석 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준 단백질로 사용하여 Bradford 방법(Bradford, 1976)으로 측정하였다. 항산화효소는 SOD와 peroxidase(POD)의 활성을 측정하였는데, SOD 활성은 NBT 환원법을 사용하여 측정하였다(Beyer와 Fridovich, 1987). 활성 측정을 위한 반응물은 50mM sodium carbonate(pH 10.2), 1.3  $\mu$ M riboflavin, 13mM methionine, 65  $\mu$ M NBT 및 단백질 추출액으로 구성하였다. 반응물이 들어 있는 시험관을 25°C의 광 상태에서 10 분간 반응시킨 후 560nm에서 흡광도를 측정하였는데, 대조구로는 광을 조사하지 않은 반응물을 사용하였다. SOD 활성은 Asada 등(1974)의 식을 이용하여 NBT 환원 저해율로 계산하였다. POD 활성은 반응물에 과산화수소를 첨가하여 guaiacol이 tetraguaiacol이 형성되는 양을 측정하였다(Putter, 1974). 반응물은 10mM potassium phosphate(pH 7.0), 0.3mM guaiacol 및 단백질 추출액으로 구성하였고 0.1mM 과산화수소를 첨가하여 25°C에서 1분간 반응시켰다. 효소의 활성은 mg 단백질당 분당  $\mu$ mol의 guaiacol이 산화되는 것으로 하였으며 extinction coefficient는 290nm에서 6.439  $\text{mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ 을 사용하였다.

### 3) 외생 일산화질소 처리(SNP)가 딸기의 생육에 미치는 영향

딸기(*Fragaria x ananassa* Duch.) ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종을 사용하여 식물생장상에서 실험을 수행하였다. 포트(20 × 20 × 20cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Vitamin, Hongseong, Korea)를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 식물생장상의 실험조건은 광주기를 명기 13시간, 암기 11시간으로 조정하고, 광원은 메탈할라이드등과 형광등을 혼합하여 사용하였으며, 광도는 13,000lx로 조정하였다. 온도조건은 주간은 25°C, 야간은 12와 15°C로 각각 조정하였으며, 시험구는 완전임의배치로 3반복하여 수행하였다.

일산화질소의 공여체인 sodium nitroprusside를 사용하였으며, 처리농도는 25, 50mM로 조정하였으며, 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 처리는 2017년 3월 15일에 시작하여, 3일 간격으로 총 2회에 걸쳐 처리하였으며, 처리량은 1회에 포트당 200mL을 관주처리 하였다. 생육특성은 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적, 크라운 직경 및 엽록소를 조사하였다. 엽수와 엽면적은 엽장이 1cm 이상인 엽을 대상으로 조사하였으며, 엽록소는 SPAD(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 광합성 효율은 엽록소 형광 측정기(MINI-PAM, HeinzWalz, GmbH, Effeltrich, Germany)를 이용하여 최대양자수율(Fv/Fm)을 측정하였다. 측정 30분전, 엽장이 1cm 이상이 되는 잎에 암클립을 물려 30분동안 암적응을 시킨 후 잎에 20kHz, 1100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광을 조사하여 최대형광값(Fm)과 초기 형광값(Fo)을 구한 후 광계 II의 최대양자수율은 (Fm-Fo)/Fm으로 계산하였다. 전해질 유출량을 분석하기 전 잎을 증류수에 세척 후 1cm 잎 절편 3매를 시험관에 넣은후 증류수 10mL를 채워 12시간 동안 보관하였다. 그 후 1분간 볼텍스 믹서(Votex-Genie 2, Scientific industries, USA) 이용하여 섞어준 후 EC meter (CON510, EUTECH, USA)를 이용하여 전기전도도(측정 I)를 측정하였다. 이 후 100°C로 조정된 항온수조(WMB-311, DAIHAN Scientific Co, Ltd, Korea)에 30분동안 처리하고 상온에서 식힌 후 1분간 볼텍스 믹서를 이용하여 섞어준 후, 전기전도도(측정 II)를 측정하였다. 전해질 유출량은 (측정 I/측정 II) × 100으로 계산하여 백분율로 나타내었다. 지질의 산화반응은 Heath and Packer(1968)의 방법에 준하여 thiobarbituric acid(TBA) 반응에 의한 malonaldehyde(MDA)의 농도를 측정하였다. 잎

0.5g을 10mL의 0.1% Trichloroacetic acid(TCA, w/v) 용액과 혼합하여 균질기(Polytron, PT-MR 3100D, Kinematica, Switzerland)로 마쇄하였다. 마쇄 후 10,000g로 10분간 원심분리(Allegra 64R, Beckman, Fullerton, USA)하여 얻은 상정액을 분석에 사용하였다. 상정액은 0.5% TBA(w/v)가 함유된 20% TCA용액과 1:4의 비율로 혼합하여 95°C에서 30분간 반응시킨 후 흐르는 수돗물을 이용하여 반응을 중단시켰다. 냉각시킨 반응물은 10,000g로 10분간 원심분리하여 상정액을 회수하여 분광광도계(DU800, Beckman Coulter, USA)를 이용하여 532와 600nm에서 흡광도를 측정하였다. MDA 농도는 532nm의 흡광도에서 600nm의 흡광도를 뺀 값으로 계산하였는데, extinction coefficient는  $155\text{mM}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ 을 적용하였다. 실험결과에 대한 통계 분석은 던컨다중검정(DMRT)을 하였는데, SAS(Statistical Analysis System, version 9.4, SAS Institute Inc., USA) 프로그램을 이용하였다.

#### 4) 살리실산 및 glycine betaine 처리효과 구명

딸기(*Fragaria x ananassa* Duchesne) 매향과 설향 품종을 플라스틱 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는  $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  수준으로 조정하였다. 정식 후 비배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 수행하였다. 재배시설은 가온하지 않고 보온 위주로 관리하였으며 실험 기간 중 야간 최저온도는 12°C 내외를 유지하였다. 처리물질이 미치는 영향은 2화방까지 재배하여 분석하였고, 화방당 10개의 과실을 조정하여 착과시켰으며 과실의 80%가 착색된 것을 수확하여 특성을 조사하였다.

살리실산은 살리실산(Salicylic acid, SA)과 아세틸살리실산(Acetyl Salicylic acid, ASA)을 2년차 시험에서 과실의 경도증진에 효과 있었던 0.5mM 농도로 조정하여 엽면(SA-L, ASA-L)과 관주처리(SA-R, ASA-R)를 하였는데, 엽면처리시에는 0.1% Triton을 첨가하였으며 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 처리는 10일 간격으로 3회에 걸쳐 처리하였으며 처리량은 1회에 포트당 40mL을 처리하였다. 아미노산 유도체인 glycine betaine은 25와 50mM 농도로 조절하여 10일 간격으로 3회에 걸쳐 처리하였으며 처리량은 1회에 포트당 200mL을 관주처리하였다.

생육특성은 엽수, 엽장, 엽폭 및 엽록소 등을 조사하였다. 엽수는 엽장이 1cm 이상인 엽을 대상으로 조사하였으며 엽록소는 SPAD(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 과실의 특성은 과중, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)를 사용하였다. SAS프로그램(SAS9.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 처리 간의 차이를 Duncan's multiple range test 및 t-test로 분석하여 통계적 유의성을 검정하였다.

#### 5) Glycine betaine(GB) 및 TiO<sub>2</sub> 단용 및 혼용처리 효과

매향과 설향 품종을 플라스틱 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는  $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  수준으로 조정하였다. 정식 후 비배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 수행하였다. 실험 기간 중 야간 최저온도는 12°C 내외를 유지하였고 화방당 8개의 과실을 조정하여 착과시켰으며 과실의 80%가 착색된 것을 수확하여 특성을 조사하였다. Glycine betaine(GB, Sigma, St Louis MO, USA)과 광합성 촉진제인 TiO<sub>2</sub>(Titanium oxide, Sigma, St Louis MO, USA)은 50mM

농도로 조정하여 단용으로 각각 엽면처리하였고, GB와  $\text{TiO}_2$  50mM 농도를 혼합하여 혼용처리도 하였다. 엽면처리시기는 정식후 30일째인 11월 25일에 처음 처리한 후 30일 간격으로 3번 처리하였다. 처리량은 1회에 포트당 40mL을 처리하였으며 처리시에는 0.01% Tween-20을 첨가하였으며 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 생육특성은 엽장, 엽폭 및 엽록소 등을 조사하였다. 엽록소는 SPAD(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 과실의 특성은 과중, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다.

#### 6) 살리실산 처리에 의한 생육촉진 효과

딸기 품종 매향과 설향을 플라스틱 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는  $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  수준으로 조정하였다. 정식 후 비배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 수행하였다. 실험 기간 중 야간 최저온도는  $12^\circ\text{C}$  내외를 유지하였으며 화방당 8개의 과실을 조정하여 착과시켰으며 과실의 80%가 착색된 것을 수확하여 특성을 조사하였다. 살리실산은 살리실산(Salicylic acid, SA)과 아세틸살리실산(Acetyl Salicylic acid, ASA)을 과실의 경도증진에 효과 있었던 0.5mM 농도로 조정하여 엽면처리 하였다. 엽면처리시에는 0.01% Tween-20을 첨가하였으며 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 처리는 정식 후 30일 뒤인 11월 25일부터 30일 간격으로 3회에 걸쳐 처리하였으며 처리량은 1회에 포트당 40mL을 처리하였다. 생육특성은 엽장, 엽폭 및 엽록소 등을 조사하였다. 엽록소는 SPAD(SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 과실의 특성은 과중, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다.

## 2. 연구결과

최근 작물의 스트레스에 대한 내성을 증가시켜주는 생리활성물질 중의 하나로 살리실산은 많은 연구결과가 보고되고 있다. 저온기 딸기 재배시 살리실산 처리가 생육에 미치는 영향을 분석하여 생산효율을 증대시키는 친환경생육촉진 제제 개발의 기초자료로 활용하고자 하였다. 설향과 매향 두 품종 모두 살리실산 처리 농도와 방법에 따른 처리효과는 인정되지 않았다. 그러나 과실의 경도는 대조구 대비 증가하는 경향을 보였는데, 관주처리보다는 엽면처리 효과가 뚜렷하였다. 또한 과실의 당도도 대조구 대비 0.5mM 엽면처리구에서 매향과 설향 품종의 당도가 각각 1.5와  $0.75^\circ\text{Bx}$  정도 높은 것으로 분석되었으며 과중은 처리간 차이가 없었다. 이러한 결과는 과실 크기에 영향을 미치지 않으면서도 단단하고 당도가 높은 딸기를 생산할 수 있는 가능성을 제시해 주는 것으로 2년차에는 더욱 정밀한 실험과 분석을 수행한다면 살리실산의 딸기 재배 이용 가능성을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

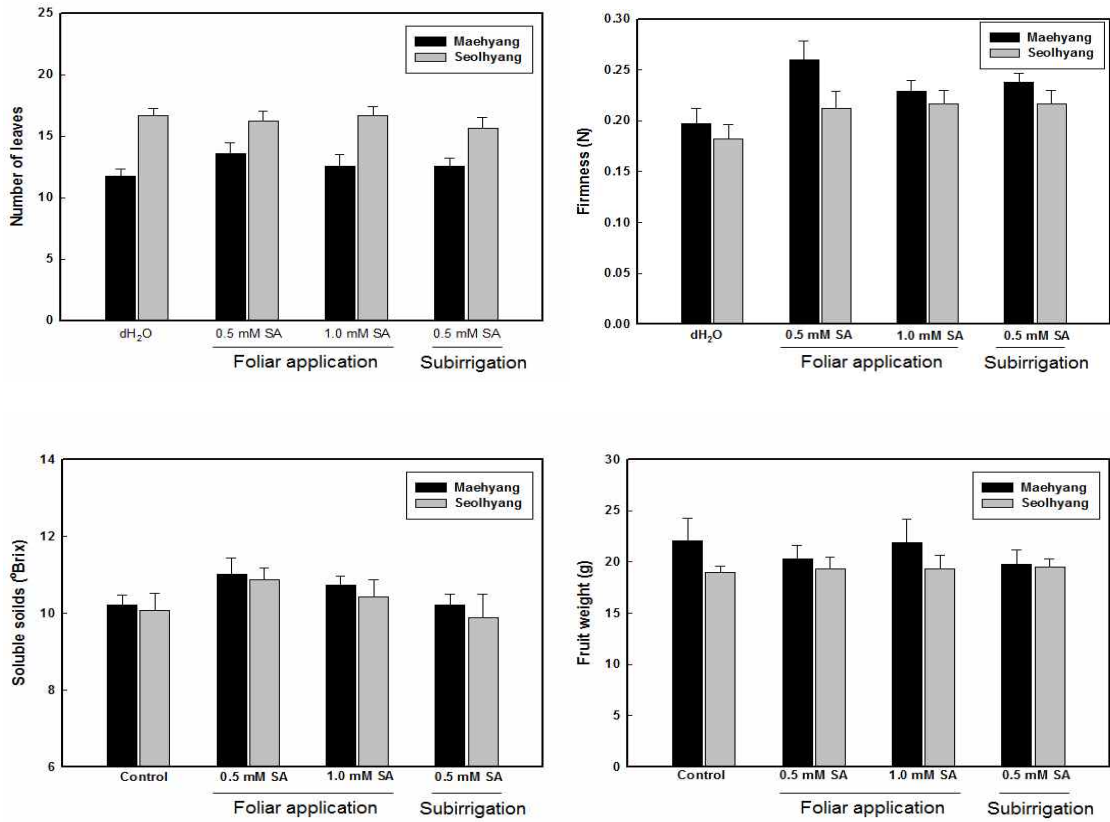


그림 1. 살리실산 처리농도 및 처리방법에 따른 매향과 설향의 엽수 및 과실 특성

저온기 설향과 매향 딸기 시설재배시 아미노산 유도체인 glycinebetaine(GB), H<sub>2</sub>S 및 NO 관주 처리에 따른 엽수 변화는 품종뿐만 아니라 처리물질에 따라 뚜렷한 차이를 보였다. 설향 품종은 GB나 H<sub>2</sub>S 처리시에는 대조구와 차이가 없었지만, 매향 품종은 GB 처리 시 처리농도가 높을수록 엽수가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 두 품종 모두 NO 처리시에는 처리 농도가 높을수록 엽수가 급격하게 감소하는 경향을 보였다.

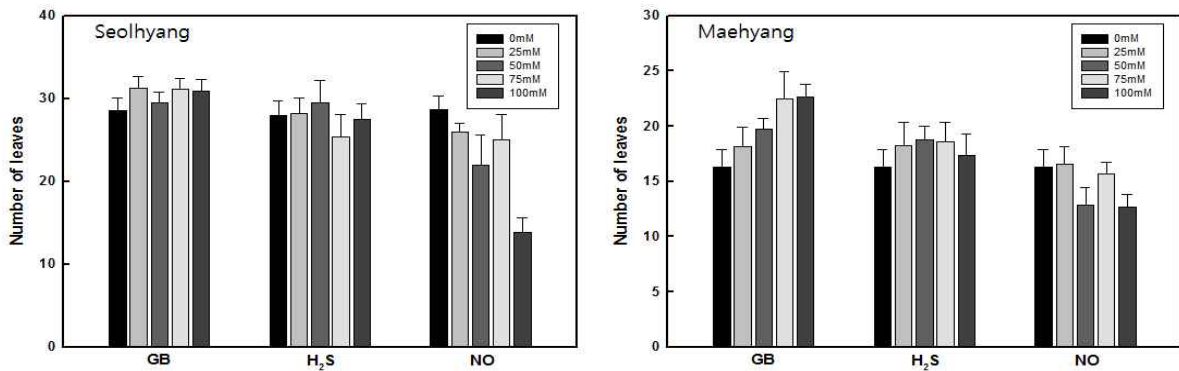


그림 2. GB, H<sub>2</sub>S 및 NO 처리 농도에 따른 설향과 매향 품종의 엽수 변화



전반적으로 가용성 당 함량은 설향 대비 매향 품종이 높은 경향을 보였는데, 설향 품종은 GB와 H<sub>2</sub>S 처리에 따른 당 함량 차이는 없었다. 그러나 NO 처리구에서는 농도가 높을수록 당도가 다소 증가하는 경향을 보였는데, 이는 NO의 처리 농도가 높은 처리구는 농도장해를 받아 근권부가 피해를 입어 수분흡수가 적었기 때문으로 판단되었다. 매향 품종의 가용성 당 함량은 대조구 대비 GB와 H<sub>2</sub>S 처리구에서 높은 경향을 보였다.

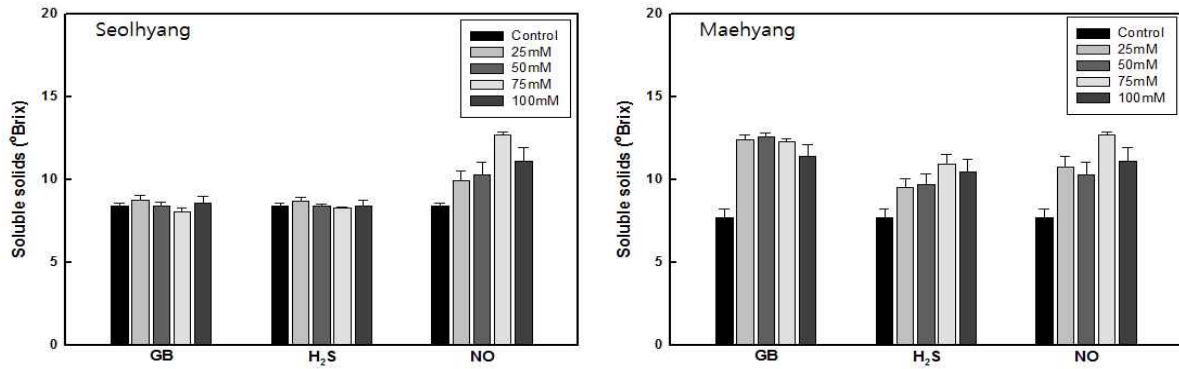


그림 3. GB, H<sub>2</sub>S 및 NO 처리 농도에 따른 설향과 매향 품종의 가용성 당 함량 변화

과실의 무게는 전반적으로 설향 품종이 매향 품종보다 높은 경향을 보였는데, GB와 H<sub>2</sub>S 처리구의 과중은 대조 대비 통계적 유의성이 없었으며, NO 처리구에서는 농도가 높을수록 다소 감소하는 경향을 보였다.

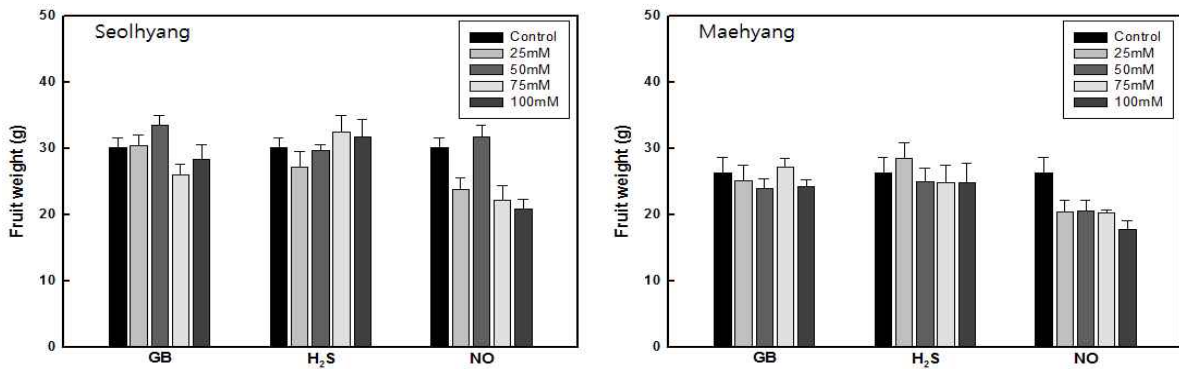


그림 4. GB, H<sub>2</sub>S 및 NO 처리 농도에 따른 설향과 매향 품종의 과실무게 변화

그림 5는 살리실 산 엽면 및 관주처리가 ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종의 엽수에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 살리실 산 처리에 상관없이 두 품종간 엽수 차이는 뚜렷하였는데 이는 품종의 유전적 특성에 의한 것으로 판단되었다. ‘매향’의 경우 대조구의 엽수는 주당 11.8매인데 비해 0.5mM SA 처리구가 13.6매로 다소 증가하는 경향을 보인 반면 1.0mM SA 엽면처리구와 관주처리구(0.5와 1.0mM)에서는 10-11매로 대조구와 차이가 없었다. ‘설향’의 경우 대조

구의 엽수는 주당 19.4매인데 비해 살리실 산 엽면 및 관주 처리구의 엽수는 15.7-17.8매로 대조구보다 다소 낮은 경향을 보였지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

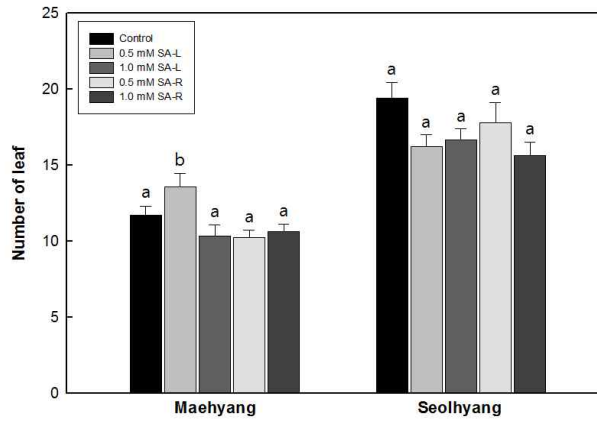


Fig. 5. Effects of application of salicylic acid on the number of leaf in strawberry plants. Plants were applied with water as a control and foliar application (SA-L) or root zone application (SA-R) of 0.5 or 1.0 mM SA.

그림 6은 살리실 산 엽면 및 관주처리가 ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종의 엽면적에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 살리실 산 처리에 상관없이 두 품종간 엽면적은 뚜렷한 차이를 보였는데, 이는 품종의 유전적 특성에 따른 엽수 차이에 의한 것으로 판단되었다. ‘매향’의 경우 대조구의 엽면적은 주당 397cm<sup>2</sup>으로 엽당 33.6cm<sup>2</sup>에 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 주당 엽면적은 388-415cm<sup>2</sup>으로 엽당 36-40cm<sup>2</sup>으로 대조구 대비 다소 증가하는 경향을 보였다. ‘설향’의 경우 대조구의 엽면적은 주당 560cm<sup>2</sup>으로 엽당 28.8cm<sup>2</sup>에 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 주당 엽면적은 578-591cm<sup>2</sup>으로 엽당 33.2-36.8cm<sup>2</sup>으로 대조구 대비 다소 증가하는 경향을 보였다.

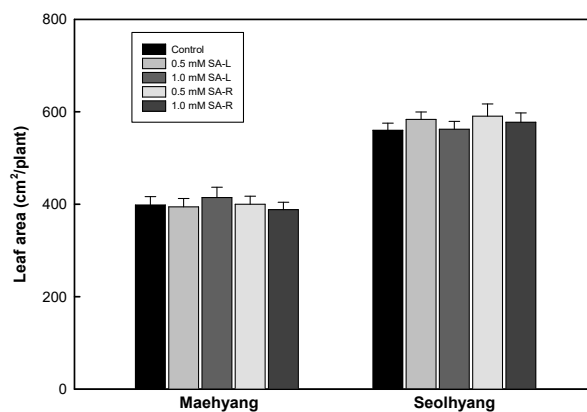


Fig. 6. Effects of application of salicylic acid (SA) on the leaf area in strawberry plants.

그림 7은 살리실 산 엽면 및 관주처리가 ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종의 엽장에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 살리실 산 처리에 의해 두 품종의 엽장은 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. ‘매향’의 경우 대조구의 엽장은 12.1cm인데 비해 엽면 처리구의 엽장은 처리농도에 따

라 각각 12.3과 11.8cm의 수준을 보였으며 관주 처리구에서는 처리농도에 따라 11.4와 11.8cm로 대조구 대비 다소 감소하는 경향을 보였다. ‘설향’의 경우 대조구의 엽장은 11.9cm에 비해 살리실산 처리구의 엽장은 다소 감소하는 경향을 보였다. 엽면 처리구의 엽장은 처리농도에 따라 11.1과 11.0cm인데 비해 관주 처리구의 엽장은 10.8과 10.9cm로 처리방법에 따른 차이도 있었지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

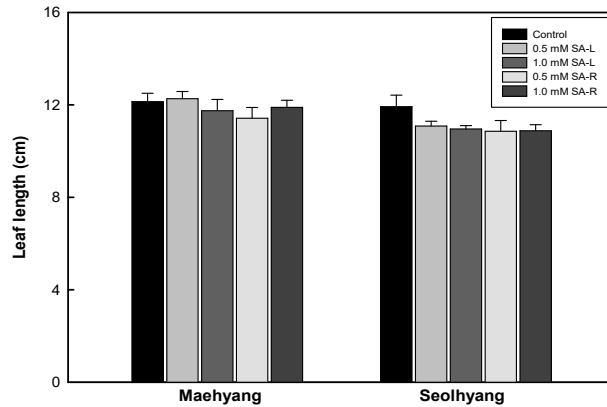


Fig. 7. Effects of application of salicylic acid (SA) on the leaf length in strawberry plants.

그림 8은 살리실산 엽면 및 관주처리가 ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종의 엽폭에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 살리실산 처리에 의해 엽폭은 큰 영향을 받지 않았지만, ‘매향’ 보다는 ‘설향’의 엽폭이 다소 큰 것으로 판단되었다. ‘매향’의 경우 대조구의 엽폭은 8.8cm인데 비해 엽면 처리구의 엽폭은 처리농도에 따라 각각 8.9와 8.3cm의 수준을 보였으며 관주 처리구에서는 처리농도에 따라 8.5와 8.6cm로 대조구 대비 다소 감소하는 경향을 보였다. ‘설향’의 경우 대조구의 엽폭은 10.2cm에 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 엽폭은 9.5-9.8cm 수준으로 대조구 대비 다소 감소하는 경향을 보였다.

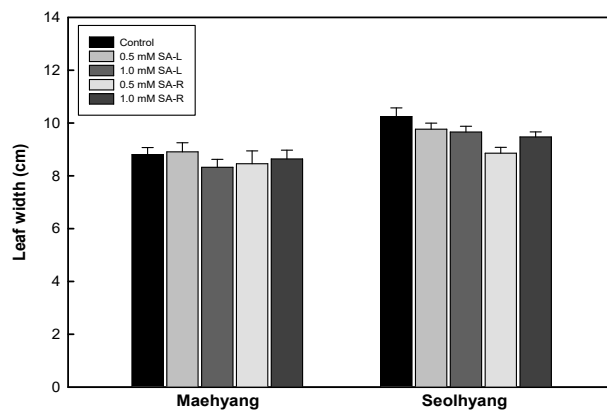


Fig. 8. Effects of application of salicylic acid (SA) on the leaf width in strawberry plants.

그림 9는 살리실산 엽면 및 관주처리가 ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종의 엽록소 함량에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 엽록소 함량은 SPAD 값으로 측정하였는데, ‘설향’ 보다는 ‘매향’의 SPAD 값은 다소 높은 경향을 보였지만, 살리실산 처리간에는 차이가 없었다. ‘매향’의

경우 대조구의 SPAD 값은 39.7인데 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 SPAD 값은 35.6-36.3 수준으로 다소 낮았다. ‘설향’의 경우 대조구의 SPAD 값은 35.5인데 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 SPAD 값은 33.1-35.1 수준으로 대조구 대비 다소 감소하는 경향을 보였다.

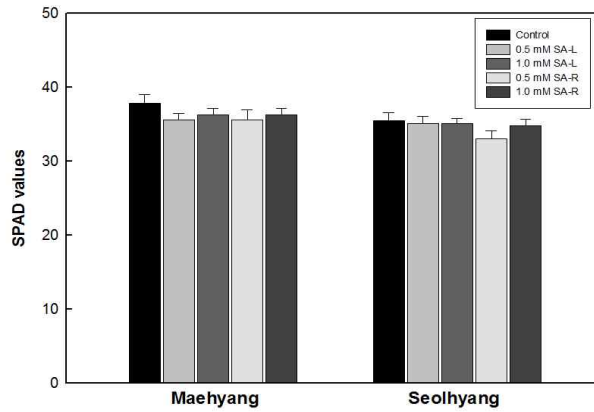


Fig. 9. Effects of application of salicylic acid (SA) on the SPAD values in strawberry plants.

그림 10은 살리실산 처리가 ‘매향’과 ‘설향’ 품종의 과중에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 전반적으로 살리실산 처리에 의해서 과실의 크기는 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다. ‘매향’의 경우 대조구의 과중은 19.4g인데 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 과중은 처리 농도에 따라 18.6-21.8g 수준으로 대조구와 큰 차이는 없었다. ‘설향’의 경우에도 대조구의 과중은 18.9g인데 비해 엽면 처리구와 관주 처리구의 과중은 처리 농도에 따라 19.4-21.5g 수준으로 대조구 대비 다소 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 이러한 결과로 보아 딸기의 과실의 크기 등과 같은 생산성 증대에는 살리실산 처리 효과가 없는 것으로 판단되었다.

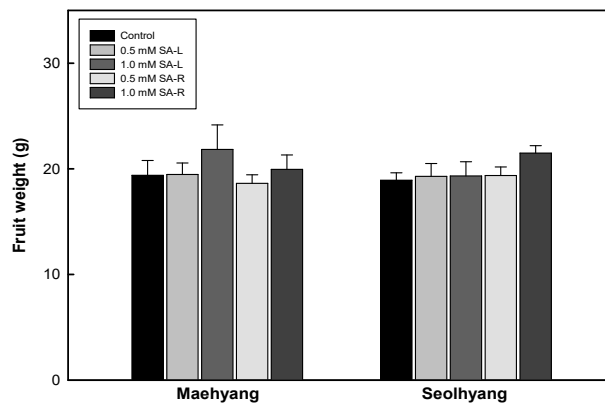


Fig. 10. Effects of application of salicylic acid (SA) on the fruit weight of strawberry fruits.

그림 11은 살리실산 처리가 ‘매향’과 ‘설향’ 품종의 가용성 고형물 함량에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 전반적으로 ‘매향’보다는 ‘설향’ 품종의 가용성 고형물 함량이 높은 경향을 보였다. ‘매향’의 경우 무처리구의 가용성 고형물 함량이 9.8°Brix인데 비해 살리실산 엽면처리구가

처리농도(0.5와 1.0mM)에 따라 각각 9.8과 10.7°Brix로 1.0mM 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다. 관주 처리구에서는 처리농도에 따라 10.5와 10.3°Brix로 농도에 따른 차이는 없었다. ‘설향’의 경우 무처리구가 10.3°Brix인데 비해 살리실 산 엽면처리구가 처리농도에 따라 11.0과 10.8°Brix로 다소 증가하는 경향을 보였으며 관주 처리구에서도 처리농도에 따라 10.8과 10.9°Brix로 0.5 정도 증가하는 경향을 보였다. 그러나 처리방법에 따른 통계적 유의성은 없었다.

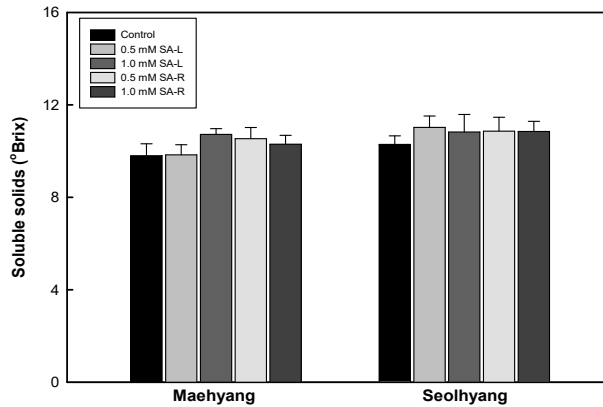


Fig. 11. Effects of application of salicylic acid (SA) on the soluble solids of strawberry fruits.

그림 12는 살리실산 처리가 ‘매향’ 과 ‘설향’ 품종의 과실 경도에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 전반적으로 대조구 대비 처리구의 경도가 두 품종 모두에서 증가하는 경향을 보였다. ‘매향’ 품종의 경도는 대조구가 0.19N인데 비해 엽면처리구가 처리농도에 따라 0.26과 0.23으로 각각 36.8과 21.1% 증가하였고 관주처리구가 처리농도에 따라 0.24와 0.25로 각각 31.6과 31.7% 증가하였다. ‘설향’ 품종의 과실 경도는 0.17N인데 비해 엽면처리구가 처리농도에 따라 각각 0.25와 0.22로 47.1과 15.8% 증가하였으며 관주처리구가 0.22로 15.8% 증가하는 경향을 보였다.

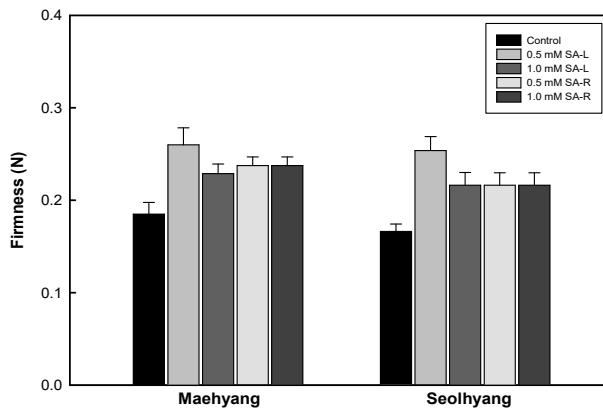


Fig. 12. Effects of application of salicylic acid (SA) on the firmness of strawberry fruits.

그림 13은 살리실산 엽면 및 관주 처리에 따른 SOD 활성을 분석한 결과인데, 전반적으로 SOD의 활성은 대조구 대비 SA 처리구에서 높은 경향을 보였고 관주처리보다는 엽면처리구에서 높은 경향을 보였다. ‘매향’ 품종의 경우 대조구의 SOD 활성은 18인데 비해 엽면처리구가 처리농도에 따라 각각 25와 23.4로 38.8과 30.0% 증가하였으며 관주처리구가 처리농도에 따

라 각각 20.6과 19.8로 14.4와 10% 증가하였다. ‘설향’의 경우 대조구의 활성이 17.8인데 비해 엽면처리구가 처리농도에 따라 각각 22와 25로 23.6과 40.4% 증가하였고, 관주처리구가 처리농도에 따라 각각 20과 20.3으로 12.4와 14.1% 증가하였다.

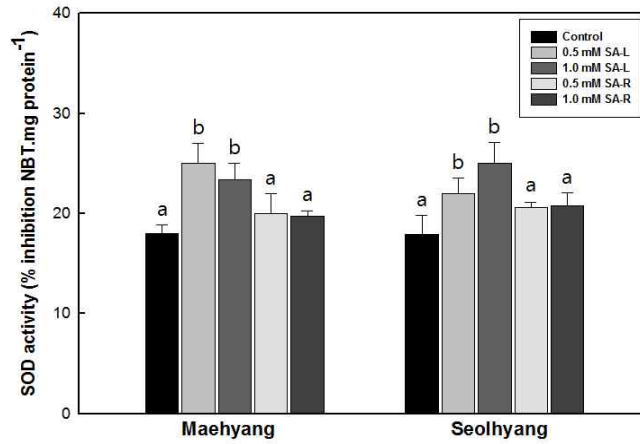


Fig. 13. Effects of application of salicylic acid (SA) on the superoxide dismutase (SOD) activity in the leaf of strawberry plants.

살리실산 엽면 및 관주 처리에 따른 ‘매향’과 ‘설향’ 품종의 잎에 있어서 POD의 활성은 그림 14와 같다. POD 활성은 대조구 대비 살리실산 처리에 의해 두 품종 모두 엽면처리구에서 증가하는 경향을 보였으며 관주 처리구에서는 대조구와 차이가 없었다. ‘매향’의 경우 대조구의 POD 활성은 1.58인데 비해 엽면처리구가 처리농도에 따라 각각 2.81과 3.14로 77.8과 98.7% 증가하였고 관주처리구에서는 대조구와 큰 차이는 없었다. ‘설향’의 경우 대조구의 활성이 1.24인데 비해 엽면처리구가 처리농도에 따라 각각 2.34와 2.19로 88.7과 76.6% 증가하였고 관주 처리구가 처리농도에 따라 각각 1.41과 1.46으로 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

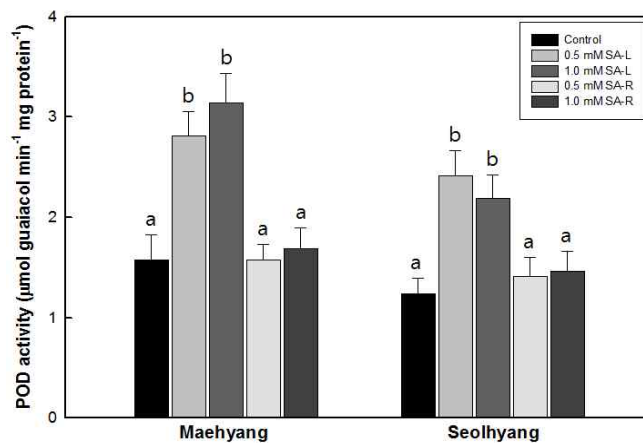


Fig. 14. Effects of application of salicylic acid (SA) on the peroxidase (POD) activity in the leaf of strawberry plants.

그림 15는 SNP 처리가 ‘매향’ 과 설향의 엽수에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 대조구의 엽수는 야간온도 12℃에서 주당 7.3매이고 야간온도 15℃에서는 주당 6.7매인데, 처리구의 엽수가 야간온도 12℃에서는 주당 6.0 - 6.7매이고, 야간온도 15℃에는 주당 5.7 - 6.3로 대조구와 큰 차이가 없었다. 따라서 SNP 처리는 딸기 ‘매향’ 품종의 엽수에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. SNP 처리와 상관없이 ‘설향’ 품종이 ‘매향’ 품종보다 많은 엽수를 나타내었는데, 이는 품종의 유전적 특성에 의한 것으로 판단되었다. 야간온도 12℃에서 대조구의 엽수는 주당 8.3매이고 처리구의 엽수는 주당 7.7 - 8.0로 대조구와 큰 차이가 없었다. 야간온도 15℃에서 대조구의 엽수는 주당 6.7매이고, 처리구의 엽수는 주당 7.0 - 7.3로 대조구보다 다소 높은 경향을 나타내었지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 딸기 ‘설향’의 엽수를 조사한 결과 SNP 처리는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

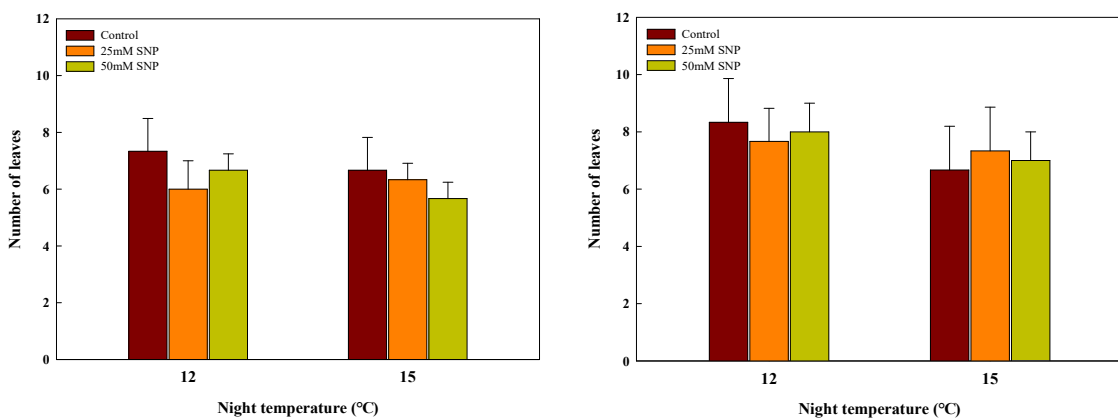


Fig. 15. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) in the leaves of ‘Maehyang’ and ‘Seolhyang’ strawberry. Plants were applied with water as control and root zone application of 25 and 50mM SNP.

그림 16은 SNP 처리가 ‘매향’ 과 설향 품종의 엽장에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 야간온도 12℃에서 처리농도가 높아짐에 따라 엽장이 전반적으로 감소하는 결과를 나타내었으며, 50 mM SNP 처리구에서 엽장이 7.0cm로 가장 낮은 결과를 나타내었다. 야간온도 15℃에서는 대조구의 엽장이 7.9cm이고 처리구의 엽장이 7.8 - 8.2cm로 대조구와 큰 차이가 없었다. 설향 품종의 경우, 야간온도 12℃에서 대조구의 엽장은 6.6cm이고 처리구의 엽장은 6.4 - 6.8cm로 대조구와 큰 차이가 없었다. 야간온도 15℃에서는 대조구의 엽장이 6.9cm 이고 SNP 처리구의 엽장이 7.1cm로 대조구와 큰 차이가 없었다. 따라서 SNP 처리는 야간온도 12℃ ‘매향’ 품종의 50mM SNP 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

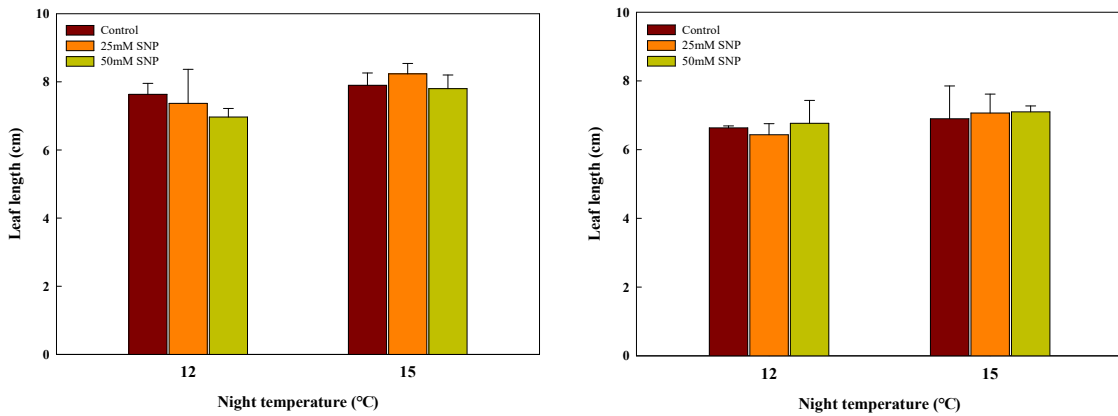


Fig. 16. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the leaf length in 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry.

그림 17은 SNP 처리가 '매향' 품종의 엽폭에 미치는 영향을 분석한 결과이다. '매향', '설향' 두 품종 모두 SNP처리와 상관없이 엽폭은 야간온도 15°C에서 야간온도 12°C보다 증가한 경향을 나타내었는데, 높은 야간온도가 딸기 잎의 성장에 영향을 미친 것으로 판단되었다. '매향' 품종의 경우 야간온도 12°C에서는 대조구의 엽폭이 5.2cm이고 SNP 처리구에서 4.5 - 4.9cm로 처리 농도가 높아짐에 따라 전반적으로 감소하는 결과를 나타내었으나 대조구와 큰 차이는 없었다. 반면에 야간온도 15°C에서는 대조구의 엽폭이 6.1cm이고 SNP 처리구의 엽폭이 6.5 - 7.7cm로 SNP 처리구에서 증가하는 결과를 나타내었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 설향의 경우, 야간온도 12°C에서는 대조구 대비 SNP 처리구에서 감소하는 경향을 나타내었는데, 25 mM SNP 처리구에서 엽폭이 5.3cm로 낮은 결과를 나타내었다. 야간온도 15°C에서 대조구의 엽폭이 6.9cm이고 SNP 처리구의 엽폭이 6.2 - 6.4cm로 감소하는 경향을 나타내었는데 통계적 유의성은 인정되지 않았다. '설향' 품종의 야간온도 12°C의 25mM SNP 처리구를 제외한 처리구에서 SNP 처리가 딸기의 엽폭에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

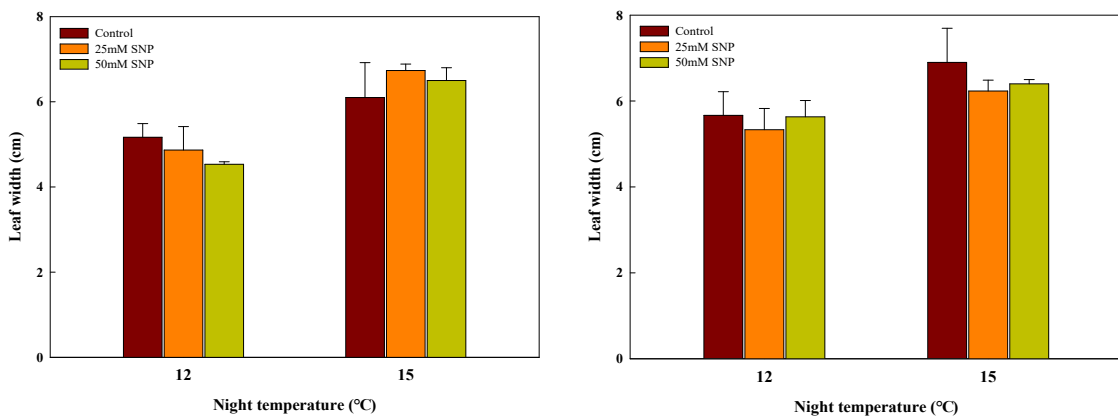


Fig. 17. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the leaf width in 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry.



그림 18은 SNP처리가 ‘매향’ 품종의 엽면적에 미치는 영향을 분석한 결과이다. ‘매향’, ‘설향’ 두 품종 모두 SNP처리와 상관없이 엽면적은 야간온도 15℃에서 야간온도 12℃보다 증가한 경향을 나타내었는데, 야간온도가 딸기 잎의 생장에 영향을 미친 것으로 판단되었다. ‘매향’ 품종의 경우 야간온도 12℃에서 대조구의 엽면적은 164.3cm<sup>2</sup>이고 SNP 처리구의 엽면적은 174.3-224.9cm<sup>2</sup>로 증가한 결과를 나타내었다. 야간온도 15℃에서는 처리농도가 높아짐에 따라 엽면적이 감소하는 경향을 나타내었는데, 대조구의 엽면적은 453.7cm<sup>2</sup> 이고 50mM SNP처리구에서 엽면적이 386.2cm<sup>2</sup>으로 대조구 대비 1.2배 낮은 결과를 나타내었다. 설향의 경우, 야간온도 12℃에서 대조구의 엽면적은 194.8cm<sup>2</sup>이고 SNP 처리구에서 164.9와 172.4cm<sup>2</sup>으로 대조구와 큰 차이는 없었다. 야간온도 15℃에서 대조구의 엽면적은 478.8cm<sup>2</sup>이고 SNP 처리구는 427.2와 308.7cm<sup>2</sup>로 처리농도가 높아짐에 따라 감소하는 결과를 나타내었다. 따라서 ‘매향’ 품종의 야간온도 15℃ 처리구와 ‘설향’ 품종의 모든 처리구에서 SNP 처리농도가 높아짐에 따라 엽면적이 감소한다는 결과를 나타내었다.

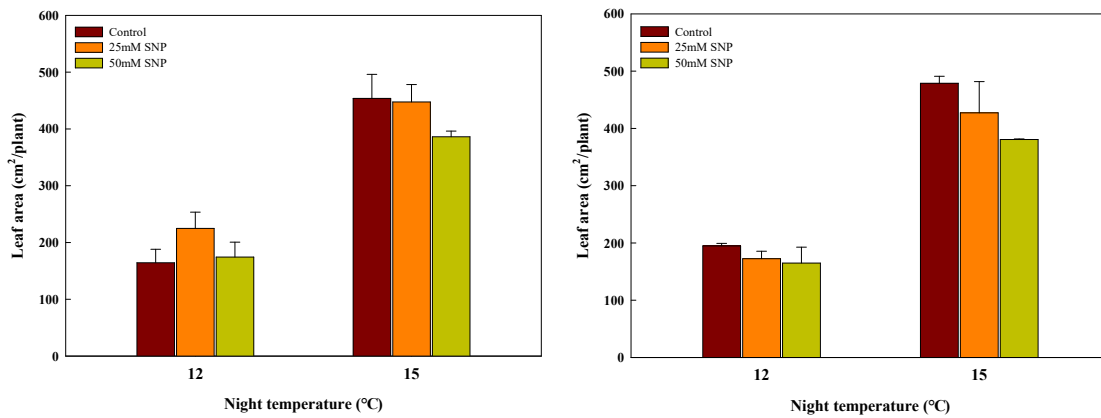


Fig. 18. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the leaf area in ‘Maehyang’ and ‘Seolhyang’ strawberry.

그림 19는 SNP 처리가 ‘매향’ 품종의 크라운 직경에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 야간온도 12℃에서 대조구의 크라운 직경은 2.0cm이고, SNP 처리구는 1.9와 1.8로 대조구와 큰 차이가 없었다. 야간온도 15℃에서 대조구의 크라운 직경은 2.1cm이고 25mM SNP 처리구는 1.9cm로 다소 감소하는 경향을 나타내었으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 설향의 경우, 야간온도 12℃에서 크라운 직경이 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 대조구와 큰 차이는 없었다. 야간온도 15℃에서는 대조구의 크라운 직경은 1.9cm이고 SNP 처리구는 1.9 - 2.1cm로 25 mM SNP 처리구에서 증가한 결과를 나타내었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 SNP 처리는 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 의 크라운 직경에 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다.

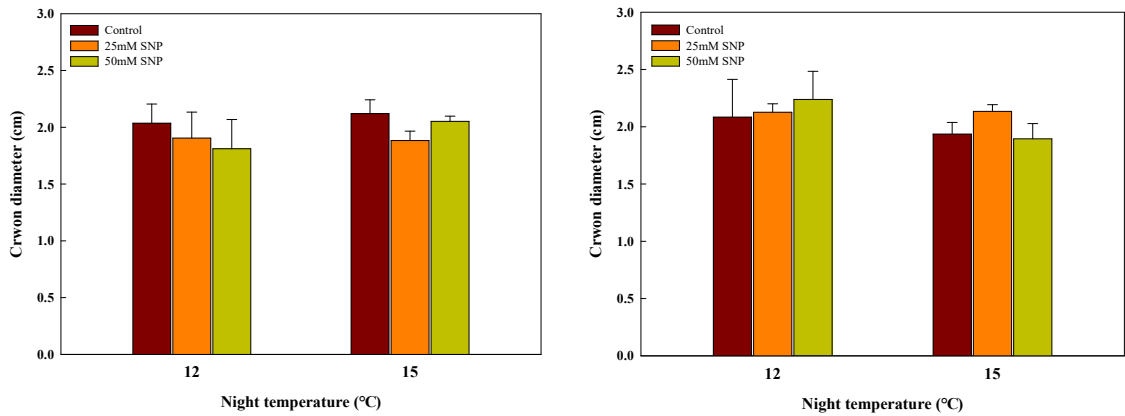


Fig. 19. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the crown diameter in 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry.

그림 20은 SNP 처리가 '매향' 과 '설향' 품종의 엽록소 함량에 미치는 영향을 분석한 것으로, '매향' 의 경우, 대조구의 엽록소 함량은 54.5이고 SNP 처리구는 59.1-61.2로 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 야간온도 15°C에서는 대조구의 엽록소 함량이 46.3으로 SNP 처리구는 45.2-48.5로 25mM SNP 처리구에서 대조구 대비 낮은 결과를 나타내었다. 설향의 경우, 야간온도 12°C의 경우 대조구의 엽록소 함량은 47.9이고 처리구는 48.6-50.7로 증가하는 경향을 보였으나 대조구와 큰 차이는 없었다. 야간온도 15°C에서는 대조구의 엽록소 함량은 46.2이고 SNP 처리구는 42.4 - 43.5로 처리농도가 높아짐에 따라 낮은 결과를 나타내었다. 따라서 SNP 처리는 딸기 '매향' 과 '설향' 품종의 야간온도 15°C에서 엽록소 함량에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

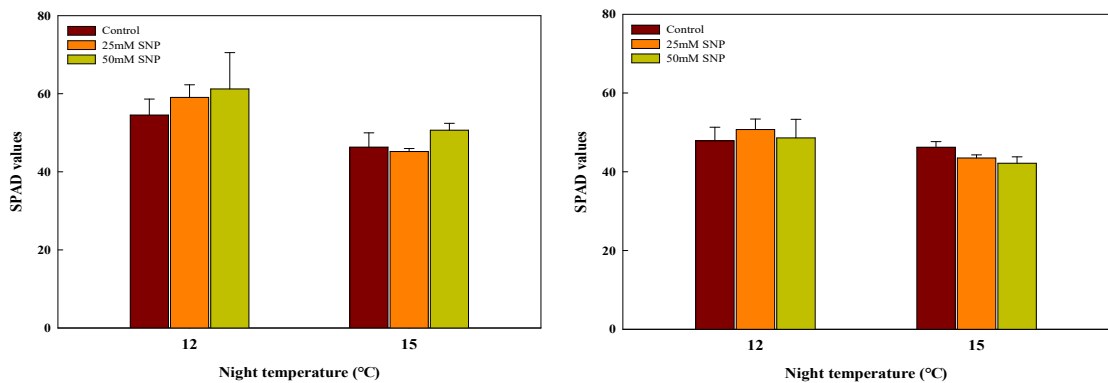


Fig. 20. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the SPAD values in the leaves of 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry.

그림 21은 SNP 처리가 '매향' 품종의 최대양자수율(Fv/Fm)에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 광합성 기구에 미치는 영향은 광계II의 광화학적 효율 및 광화학 반응에 대한 양자수율의 최대치를 의미하는 Fv/Fm의 변화로 예측할 수 있으며(Oh, 2002), 일반적으로 정상적인 환경에서 식물의 Fv/Fm 값은 0.8 - 0.84를 나타낸다. '매향' 품종의 경우 야간온도 12°C에서 대조구의 Fv/Fm 값은 0.8이고 SNP 처리구는 0.5 - 0.6을 나타내었는데, 처리농도가 높아짐에 따라 전반적으로 크게 감소하는 결과를 나타

내었다. 야간온도 15℃에서 대조구의 Fv/Fm 값은 0.82이고 SNP 처리구는 0.74 - 0.77을 나타내었는데, 대조구와 큰 차이는 없었다. 설향 품종의 경우, 야간온도 12℃에서 대조구의 Fv/Fm 값은 0.84이고 SNP 처리구는 0.75 - 0.79를 나타내었는데 처리농도가 높아짐에 따라 전반적으로 감소하는 결과를 나타내었다. 야간온도 15℃에서는 대조구의 Fv/Fm 값이 0.82이고 SNP 처리구는 0.77 - 0.82로 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 SNP 처리는 야간온도 15℃에서 광합성 효율에 효과가 있는 것으로 판단되었다.

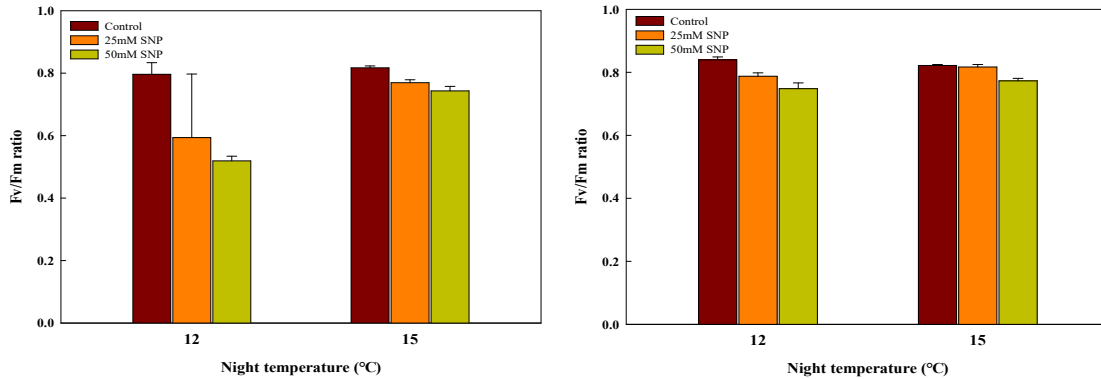


Fig. 21. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the optimal quantum yield in the leaves of ‘Maehyang’ and ‘Seolhyang’ strawberry.

그림 22는 SNP 처리가 딸기 매향과 설향의 전해질 유출에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 야간온도 12℃에서 대조구의 전해질 유출량은 처리농도가 높아짐에 따라 급격히 증가하는 결과를 보였는데, 대조구의 전해질 유출량은 14.0%이고 SNP 처리구는 60.5 - 81.9로 대조구 대비 4.3 - 5.9배의 높은 결과를 나타내었다. 야간온도 15℃에서는 대조구의 전해질 유출량은 20.3%이고 SNP 처리구는 21.0 - 23.7로 다소 증가한 결과를 보였지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 SNP 처리는 ‘매향’ 품종의 야간온도 15℃에서 전해질 유출량 감소에 효과가 있는 것으로 판단되었다. 설향 품종의 경우, 야간온도 12℃에서 처리농도가 높아질수록 전해질 유출량이 증가하는 결과를 보였는데, 대조구는 10.4%이고 SNP 처리구는 19.3 - 77.5로 50mM SNP 처리구에서 대조구 대비 7.5배 증가하여 가장 높은 값을 보였다. 야간온도 15℃에서는 처리농도가 높아짐에 따라 전해질 유출량이 감소하는 결과를 보였는데, 대조구는 26.9%이고 SNP 처리구에서는 19.3 - 22.4%였는데, 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 SNP 처리는 설향 품종의 야간온도 15℃에서 전해질 유출량 감소에 효과가 있는 것으로 판단되었다.

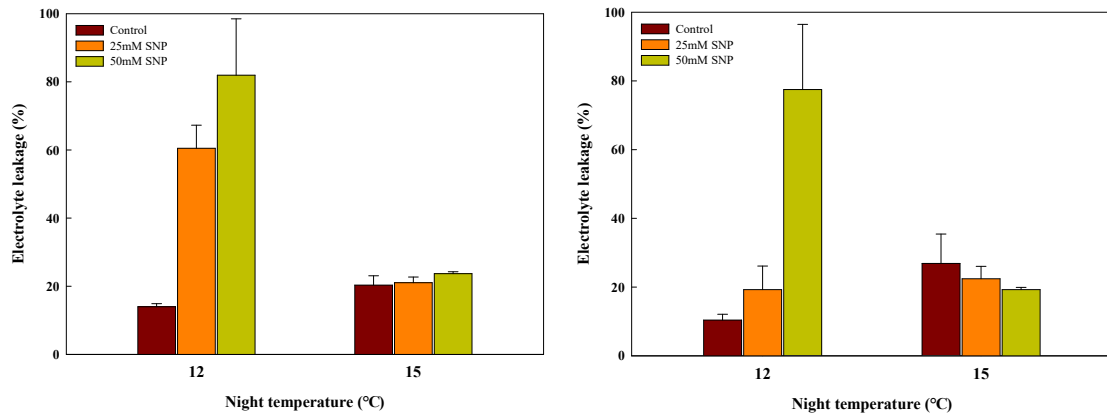


Fig. 22. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the electrolyte leakage in the leaves of 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry.

그림 23은 SNP 처리가 딸기 '매향'의 지질산화에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 야간온도 12°C에서 대조구의 MDA함량은  $0.038 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 이고 SNP 처리구는  $0.063$ 과  $0.058 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 의 결과를 보였는데 SNP 처리구에서 대조구 대비 1.6 - 1.7배 높은 지질산화를 보였다. 야간온도 15°C에서는 처리농도가 높아짐에 따라 지질산화량이 감소하는 결과를 나타내었는데, 대조구는  $0.052 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 이고 SNP 처리구는  $0.038 - 0.048 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 의 결과를 보여 SNP 처리구에서 1.1 - 1.4배 낮은 지질산화량을 보였다. 따라서 SNP 처리는 '매향' 품종의 야간온도 15°C에 지질산화량 감소 효과가 있는 것으로 판단되었다. 설향의 경우, 야간온도 12°C에서 대조구의 MDA 함량은  $0.025 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 이고 SNP 처리구는  $0.065 - 0.069 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$  였는데, 대조구 대비 2.6 - 2.8배의 높은 증가량을 보였다. 야간온도 15°C에서는 처리농도가 높아짐에 따라 전반적으로 증가하는 결과를 나타내었는데, 대조구는  $0.029 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 이고 SNP 처리구는  $0.041 - 0.050 \mu\text{mol} \cdot \text{g FW}^{-1}$ 로 대조구 대비 1.4 - 1.7배로 야간온도 12°C의 처리구보다 낮은 지질산화량을 보였다. 따라서 SNP 처리는 '설향' 품종의 야간온도 15°C에서 지질산화량의 감소에 효과가 있는 것으로 판단되었다.

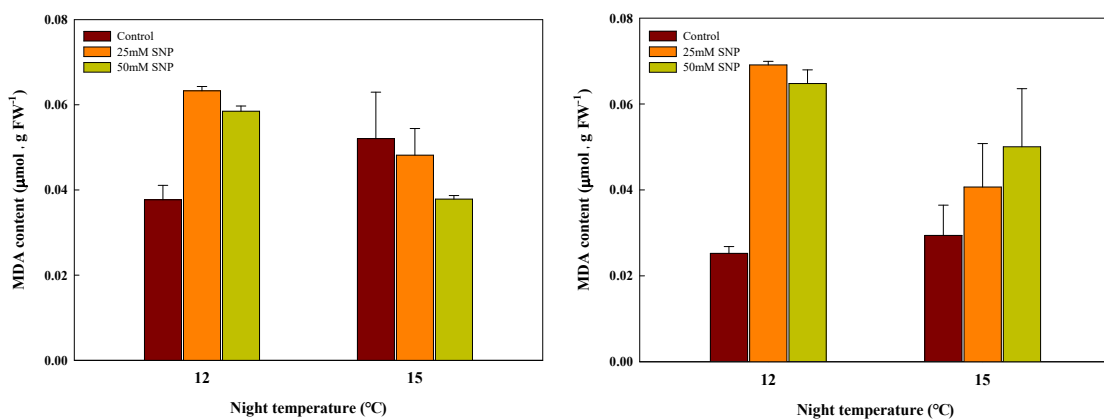


Fig. 23. Effects of application of sodium nitroprusside (SNP) on the MDA content in the leaves of 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry.

무처리구의 설향과 매향의 엽수는 각각 16과 11매로 품종의 특성상 매향보다 설향의 엽수가 많은 경향을 보였다. 살리실산과 아세틸 살리실산을 엽면 또는 관주처리하면 설향 품종은 엽수가 1-2매 정도 증가하는 경향을 보였지만 매향 품종의 엽수에는 큰 변화가 없었다. 엽장의 경우 두 품종 모두 엽면처리구에서 대조구 대비 다소 감소하는 경향을 보였지만 관주 처리구에서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다. 또한 엽폭과 엽록소 함량에도 대조구 대비 큰 차이가 없었다 (그림 24).

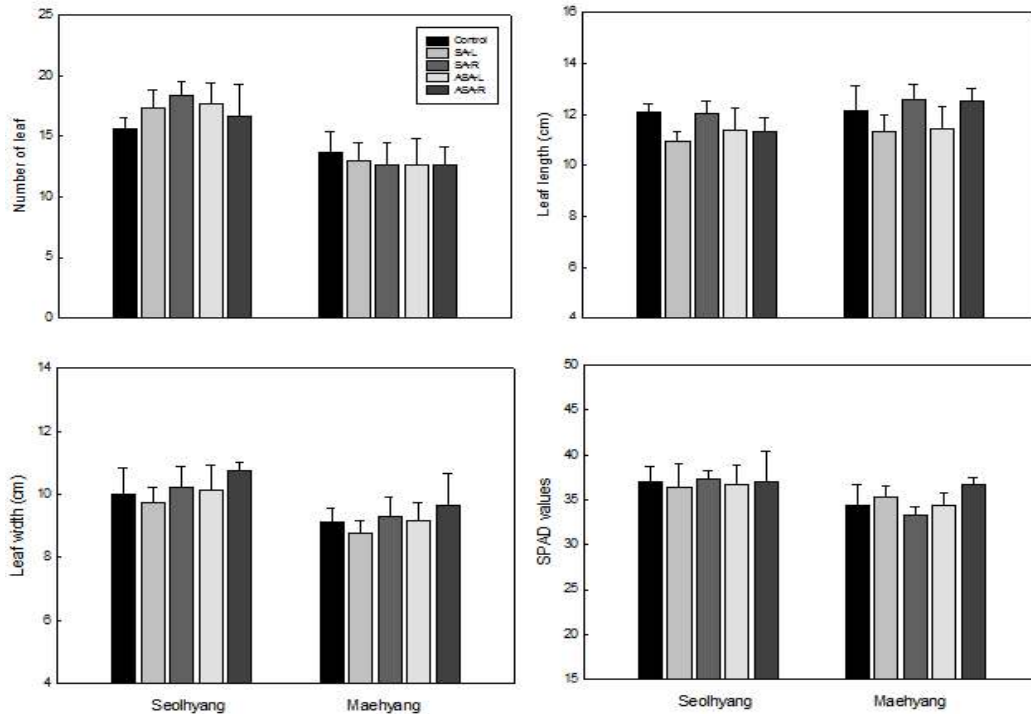


그림 24. 살리실 산 종류 및 처리 방법에 따른 설향과 매향 딸기 잎의 생육특성

살리실산과 아세틸 살리실산 처리가 과실 품질에 미치는 영향은 그림 25와 같은데, 전반적으로 무처리 대비 당도와 경도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 설향 품종의 평균 과중은 19g인데 비하여 살리실산 엽면 또는 관주 처리구에서는 약 1g정도, 아세틸 살리실산 엽면 및 관주 처리구에서는 2g정도 증가하는 경향이였다. 매향의 평균 과중은 18g인데, 살리실산 처리구에서는 약 1g 정도, 아세틸 살리실산 처리구에서는 1-2g 정도 증가하는 경향을 보였다. 설향 품종의 무처리구 평균 당도는 9.8°Bx인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구에서 다소 증가하는 경향을 보였으며 관주처리구보다는 엽면처리구에서 높았다. 특히 살리실산 엽면처리구의 당도는 10.4°Bx로 대조구 대비 0.6°Bx 증가한 반면 아세틸 살리실산 처리구의 당도는 11.3°Bx로 1.5°Bx 증가하는 경향을 보였다. 매향 품종의 무처리구 평균 당도는 10.2°Bx인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구에서는 증가하는 경향을 보였다. 특히 관주보다는 엽면처리구에서 증가하였는데, 살리실산 엽면처리구는 11.2°Bx로 1.0°Bx 증가하였고, 아세틸 살리실산 엽면처리구의 당도는 11.4°Bx로 대조구 대비 1.3°Bx 증가하는 경향을 보였다. 과실의 경도에도 살리실산과 아세틸 살리실산 처리가 영향을 미치는 결과를 보였는데, 설향보다는 매향이, 관주보다는 엽면처리가 더 효과적인 분석되었다. 설향의 무처리 과실의 평균 경도는 0.17N인데 비하여 살리실산과 아세틸살리실산 엽면처

리구의 경도는 각각 0.21과 0.22N으로 증가하였고, 매향의 무처리구 과실의 평균 경도는 0.22N인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구의 경도는 각각 0.27과 0.29N으로 분석되어 과실의 경도 증진에 효과적이었다. 특히 경도나 과실의 당도 증진에 살리실산보다는 아세틸 살리실산의 효과가 다소 높은 것으로 판단되어 차년도에는 농가현장에서 처리효과를 검증하여 농업적 활용방법을 체계화 하고자 한다. 또한 과실의 품질 뿐만 아니고 살리실산이나 아세틸 살리실산 처리에 따른 딸기 과실의 기능성 성분 변화를 분석하여 기능성 딸기 생산을 위한 수단으로서의 가능성을 검토하고자 한다

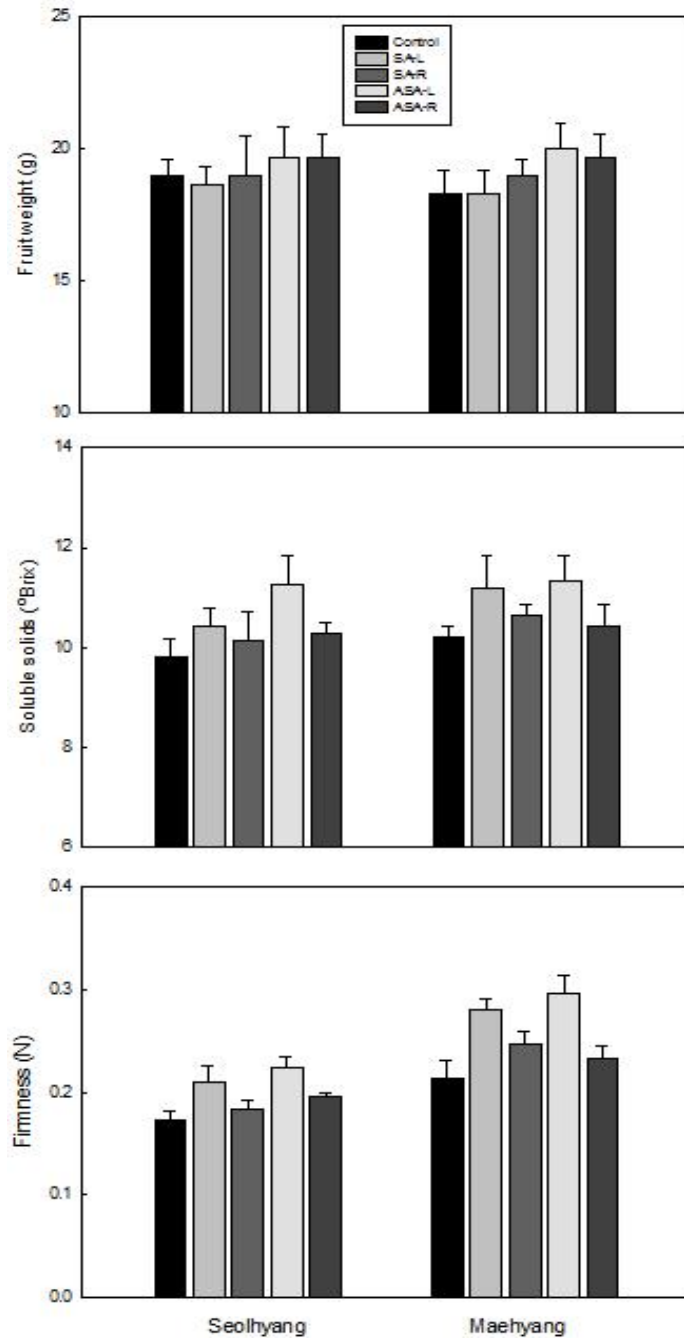


그림 25. 살리실산 종류 및 처리 방법에 따른 설향과 매향 딸기의 과실특성

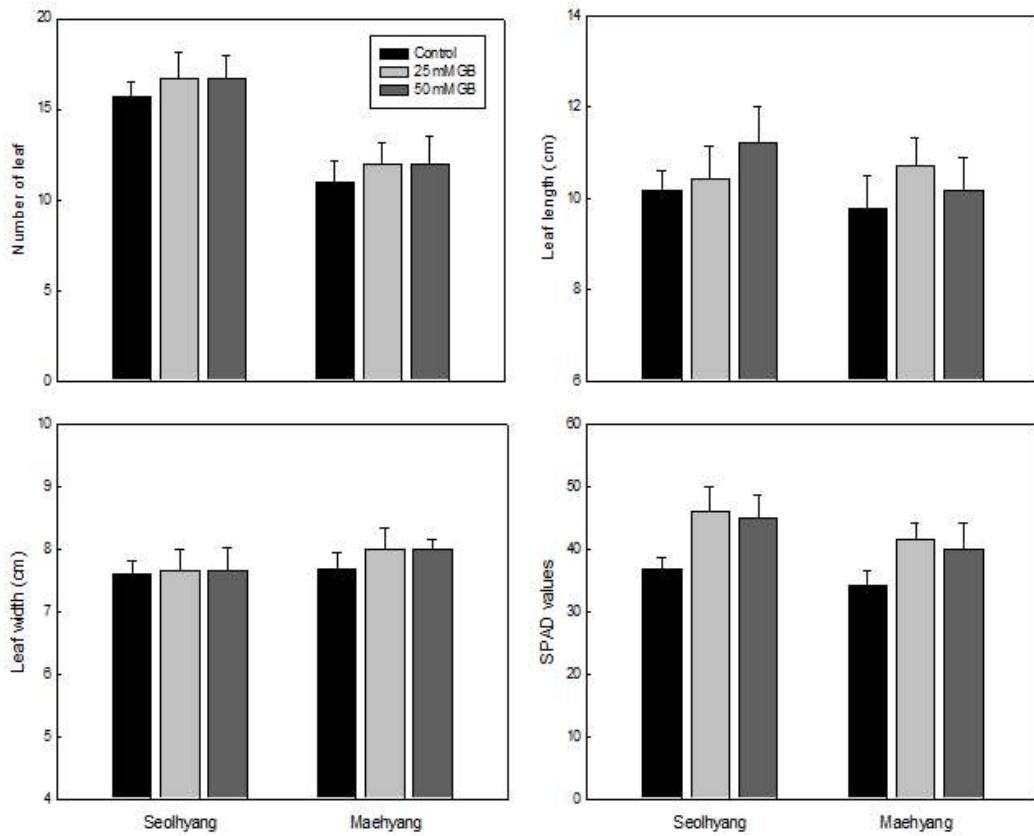


그림 26. Glycine betaine 처리 농도에 따른 설향과 매향 딸기 잎의 생육특성

Glycine betaine 처리에 따른 설향과 매향 품종의 엽수, 엽장 및 엽폭의 변화는 큰 차이가 없었다. 그러나 엽록소 함량은 무처리구 대비 glycine betaine 처리구에서 높은 경향을 보였는데, 처리 농도에 따른 차이는 없었다(그림 26). Glycine betaine 처리에 따른 설향과 매향 품종의 과중은 19g 내외로 무처리구의 평균 과중인 19g과 큰 차이가 없어 glycine betaine이 과실의 크기에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 설향 품종의 무처리구 당도는 9.8°Bx인데 비하여 glycine betaine 처리구의 당도는 처리농도에 관계없이 10.6°Bx로 0.8°Bx 증가하였고, 매향의 무처리구 과실의 당도는 10.2 °Bx인데 비하여 처리구는 11.5와 11.6°Bx로 1.3과 1.4 °Bx 증가하였다. 설향의 무처리 과실의 평균 경도는 0.17N인데 비하여 처리구의 경도는 0.19N으로 다소 증가하였고, 매향의 무처리구 과실의 평균 경도는 0.22N인데 비하여 처리구의 경도는 0.24와 0.25N으로 분석되었다(그림 27). Glycine betaine 관주처리가 과실의 당도와 경도 증진에 효과적인 것으로 판단되어 차년도에는 농가현장에서 처리효과를 검증하여 농업적 활용방법을 체계화 하고자 한다. 또한 아세틸 살리실산과의 혼합 처리에 따른 처리 효과를 검증하여 저온기 시설딸기의 품질 향상을 위한 기술을 체계화 할 계획이다.

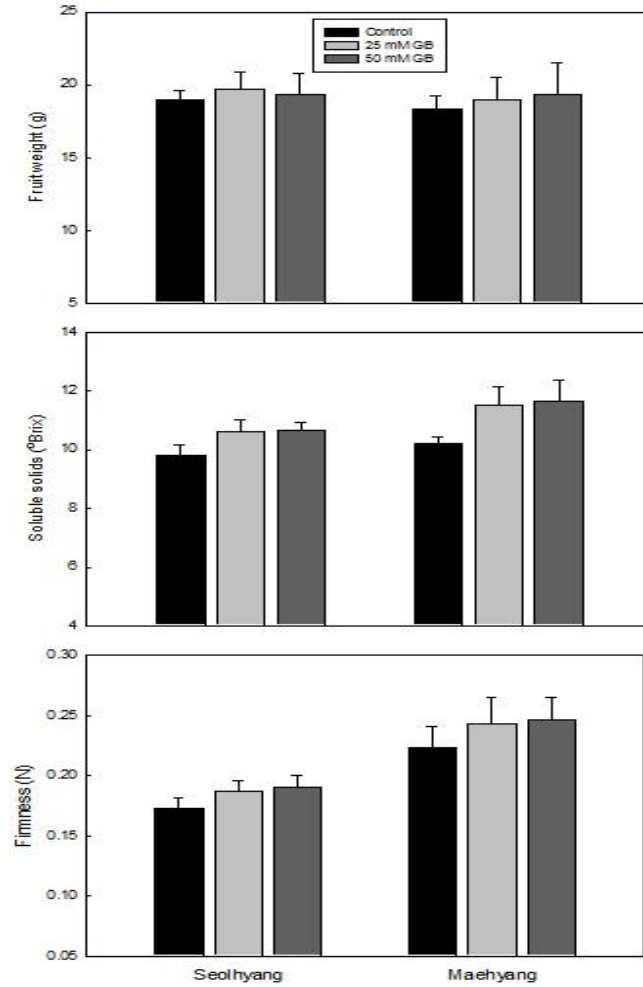


그림 27. Glycine betaine 처리 농도에 따른 설향과 매향 딸기의 과실특성

대조구(무처리)의 설향과 매향의 엽장은 각각 10.3과 9.7cm인데 비해 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 또는 혼용 처리시 두 품종 모두 증가하는 경향을 보였지만, 통계적인 유의성은 없었다. 엽폭에서도 두 품종 모두 엽장과 유사한 경향을 보였는데, 혼용 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다(표 1). 엽록소 함량(SPAD 값)은 대조구 대비 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 또는 혼용 처리시 증가하는 경향을 보였으며 매향보다는 설향에서 높은 경향을 보였다.

표 1. Glycine betaine(GB) 및 TiO<sub>2</sub> 단용 및 혼용처리에 따른 생육 특성

처리	설향			매향		
	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽록소(SPAD)	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽록소(SPAD)
Control	10.3±2.5	7.6±1.1	38± 6	9.7±1.4	8.5±0.8	32± 7
GB	11.4±2.7	8.0±1.8	47± 8	9.8±1.8	9.1±1.3	42±14
TiO <sub>2</sub>	10.8±3.3	8.2±2.3	45±10	10.3±2.3	9.2±2.1	37± 8
GB + TiO <sub>2</sub>	11.5±1.6	8.8±0.9	42± 5	10.2±2.7	9.4±1.4	41±11



표 2는 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 및 혼용처리에 따른 화방별 과실의 특성을 분석한 결과이다. 전반적으로 설향과 매향 품종의 과중과 당도는 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 혹은 혼용 처리에서 증가하는 경향을 보였다. 또한 경도도 두 품종 모두 증가하는 경향을 보였지만 설향보다는 매향 품종에서 과실의 경도 증가가 높은 경향을 보였다. 설향 품종의 평균과중은 대조구가 18.8g인데 비해 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 혹은 혼용 처리구에서는 각각 20.0, 19.8 및 21.1g으로 처리에 따라 과중이 1.0-2.3g 정도 증가하는 경향이었고, 매향의 평균과중은 대조구가 18.3g인데 비해 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 혹은 혼용 처리구에서는 각각 19.6, 19.7 및 20.4g으로 처리에 따라 과중이 1.3-2.1g 정도 증가하는 경향을 보였다. 대조구 대비 GB와 TiO<sub>2</sub> 단용 혹은 혼용 처리구의 당도는 설향에서는 대조구가 9.7인데 비해 처리구가 10.1 이상으로 다소 증가하였고, 매향에서는 대조구는 10.2인데 비해 처리구에서는 10.3-10.8 수준으로 다소 증가하는 경향을 보였다. 과실의 경도도 두 품종 모두에서 대조구 대비 증가하는 경향을 보였다. 전반적으로 생육촉진을 목적으로 처리한 GB나 광합성 촉진을 목적으로 처리한 TiO<sub>2</sub> 단용 처리보다는 두 물질을 혼용처리에서 과중, 당도 및 경도가 더 효과적인 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 최근에 발생하는 이상기상에 따른 딸기의 생육저하나 생산성 감소를 예방하는 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 마지막 5년차에는 두 물질을 혼용처리한 효과를 농가에서 실증할 계획이다.

표 2. Glycine betaine(GB)와 TiO<sub>2</sub> 단용 및 혼용처리에 따른 1화방 과실 특성

처리	화방	설향			매향		
		과중 (g)	당도 (Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과중 (g)	당도 (Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )
Control	1	18.7±1.5	9.8±0.7	16±3	17.4±1.3	10.2±1.1	19±2
	2	20.3±0.8	8.8±0.5	17±4	19.6±1.5	9.8±1.4	20±2
	3	17.5±0.6	10.4±1.1	16±2	17.8±0.5	10.5±1.3	20±3
	평균	18.8±0.9	9.7±0.8	16±3	18.3±1.2	10.2±1.1	20±2
GB	1	21.3±2.1	10.6±1.2	19±3	19.8±1.7	11.7±0.5	24±3
	2	19.2±1.6	10.2±0.7	18±2	19.1±1.3	10.1±0.8	22±4
	3	19.6±2.4	9.8±0.5	18±1	20.6±1.8	9.6±1.1	20±4
	평균	20.0±1.7	10.2±0.8	18±2	19.6±1.4	10.5±1.3	22±4
TiO <sub>2</sub>	1	20.5±2.4	10.3±0.5	18±2	20.1±2.2	11.3±0.8	22±4
	2	18.7±1.5	9.7±0.8	19±1	19.3±3.1	10.0±1.2	19±3
	3	20.2±1.7	10.2±1.4	19±2	19.6±2.5	9.7±1.1	20±3
	평균	19.8±1.5	10.1±0.7	19±2	19.7±2.4	10.3±1.5	20±3
GB+TiO <sub>2</sub>	1	22.3±1.8	11.2±0.8	19±4	21.8±1.8	12.5±0.6	24±3
	2	20.4±1.1	9.4±1.3	18±2	19.8±1.3	10.3±1.2	21±2
	3	20.7±2.2	9.8±1.5	18±4	19.7±0.7	9.8±0.4	20±3
	평균	21.1±1.6	10.1±1.3	18±4	20.4±1.6	10.8±1.4	22±3

표 3은 살리실 산(SA)과 아세틸살리실 산(Acetyl SA) 엽면처리가 딸기의 초기 생육에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 엽장은 두 품종 모두 엽면처리구에서 무처리구(대조구) 대비 다소 감소하는 경향을 보였는데, SA 처리구보다는 Acetyl SA 처리구에서 덜 감소하는 경향이였다. 엽폭의 변화도 대조구 대비 다소 감소하는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없었다. 엽록소 함량은 두 품종 모두

대조구보다 증가하는 경향을 보였는데, 설향보다는 매향에서 증가폭이 높은 경향을 보였다.

표 3. 살리실산(SA)과 아세틸살리실산(Acetyl SA) 엽면처리가 딸기의 생육에 미치는 영향

처리	설향			매향		
	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽록소(SPAD)	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽록소(SPAD)
Control	10.3±2.5	7.6±1.1	38± 6	9.7±1.4	8.5±0.8	32± 7
SA	9.8±1.6	7.2±0.5	40±13	8.7±1.2	8.2±1.4	37±12
Acetyl SA	10.1±2.7	7.5±2.1	42±11	9.1±1.7	8.3±2.6	41±17

표 4는 살리실산과 아세틸 살리실산 처리에 따른 화방별 과실의 품질을 조사한 결과이다. 설향 품종의 평균 과중은 18.5g인데 비하여 살리실산 또는 아세틸살리실산 처리구에서는 각각 18.9와 18.8g으로 다소 증가하는 경향이였다. 매향의 평균 과중은 17.5g인데, 살리실산과 아세틸살리실산 처리구에서는 각각 18.3와 18.7g으로 증가하는 경향을 보였다. 설향 품종의 무처리구 평균 당도는 9.5°Bx인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구에서 각각 9.7과 9.9°Bx로 다소 증가하였고, 매향 품종의 무처리구 평균 당도는 9.9°Bx인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구에서는 각각 9.9와 10.0°Bx로 차이는 없었다. 과실의 경도에도 살리실산과 아세틸 살리실산 처리가 영향을 미치는 결과를 보였는데, 설향의 무처리 과실의 평균 경도는 17.7g/mm<sup>2</sup>인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구의 경도는 각각 18.4과 18.7g/mm<sup>2</sup>으로 증가하였고, 매향의 무처리구 과실의 평균 경도는 18.9g/mm<sup>2</sup>인데 비하여 살리실산과 아세틸 살리실산 처리구의 경도는 각각 21.0과 21.7g/mm<sup>2</sup>으로 분석되어 과실의 경도 증진에 효과적이었다. 특히 경도나 과실의 당도 증진에 살리실산보다는 용해도가 좋아 취급이 편리한 아세틸 살리실산의 효과가 다소 높은 것으로 판단되었다.

표 4. 살리실산(SA)과 아세틸살리실산(Acetyl SA) 엽면처리가 딸기과실의 품질에 미치는 영향

처리	화방	설향			매향		
		과중(g)	당도(Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과중(g)	당도(Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )
Control	1	17.3±1.2	8.8±0.4	17.3±2.5	16.5±1.4	9.4±1.3	19.4±3.3
	2	18.5±2.3	10.1±1.6	17.5±3.0	18.1±2.2	10.3±1.7	18.3±2.7
	3	19.6±2.6	9.7±1.3	18.2±2.1	17.9±2.6	10.1±1.8	19.1±2.2
	평균	18.5±2.3	9.5±1.8	17.7±2.2	17.5±2.4	9.9±1.5	18.9±2.6
SA	1	17.2±0.8	9.2±0.5	17.5±3.1	17.1±0.8	9.7±1.0	20.4±2.4
	2	19.8±1.5	9.8±1.3	19.2±2.4	18.6±1.7	10.2±2.1	22.1±3.2
	3	19.6±1.3	10.2±1.2	18.4±1.3	19.1±2.0	9.8±1.3	20.6±3.7
	평균	18.9±2.0	9.7±1.8	18.4±2.6	18.3±1.8	9.9±1.7	21.0±2.4
Acetyl SA	1	18.3±2.6	9.6±2.0	19.5±2.2	18.4±1.6	10.0±1.4	20.2±3.1
	2	18.6±1.7	9.8±1.4	18.2±1.7	18.2±1.3	9.8±1.6	22.7±2.8
	3	19.4±3.1	10.2±2.2	18.3±3.0	19.4±2.5	10.2±2.3	22.3±4.0
	평균	18.8±2.7	9.9±2.3	18.7±2.5	18.7±2.1	10.0±1.6	21.7±3.3

## ○ 시설딸기 흰가루병 친환경 종합방제기술 개발

### 1. 연구방법

#### 1) 리보플라빈과 메티오닌 단용 및 혼용처리가 흰가루병 발병억제에 미치는 영향

흰가루병에 약한 매향 품종을 플라스틱 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 정식 후 비배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 수행하였다. 실험 기간 중 야간 최저온도는 12°C 내외를 유지하였다. 흰가루병 발병억제 물질을 탐색하고자 증류수 처리구와 화학약제 처리구 대비 리보플라빈 단용(0.1, 0.25, 0.5mM), 메티오닌 단용(1, 2.5, 5mM) 및 리보플라빈과 메티오닌 혼용(0.1/5mM, 0.25/5mM, 0.5/5mM)을 5일간격으로 3회 처리 후 낙분법으로 접종시켜 30일 경과 후에 발병율을 조사하였다.

#### 2) 리보플라빈과 메티오닌 혼합물 처리에 의한 흰가루병 발병억제 기작 구명

딸기(*Fragaria x ananassa* Duch.) ‘매향’ 품종을 포트(20 × 20 × 20cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Vitamin, Hongseong, Korea)를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. Riboflavin(R, 0.5mM)과 methionine(M, 5mM) 혼합물은 3일 간격으로 2회에 걸쳐 엽면처리하였으며 증류수 처리구를 대조구로 하였다. 마지막 엽면 처리 후 3일 간격으로 처리 잎을 채취하여 분석용 시료로 사용하였다. 발병억제단백질(PR 단백질) 활성을 측정하기 위한 수용성 단백질은 pH가 8.0으로 조정된 100mM Tris-HCl 완충 용액으로 추출하였다. 막자사발을 이용하여 시료 1g당 3mL의 완충 용액으로 마쇄한 후 4°C에서 10분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 추출액에 존재하는 소분자 화합물을 제거하고자, PD-10 column(Pharmacia-LKB)을 통과시켜 얻은 단백질 분획을 효소의 활성 측정 및 동위 효소 분석 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준 단백질로 사용하여 Bradford 방법(1976)으로 측정하였다. β-1,3-glucanase 활성은 0.1% laminarin이 함유된 0.1M sodium acetate(pH 5.2) 용액과 효소단백질 추출액을 혼합하여 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 기질로 사용된 laminarin에서 생성된 환원당을 Nelson(1944)의 방법으로 측정하였다. 환원산소종 생성은 ferricytochrome c 방법으로 정량하였다. 잎 절편(10mg)을 75mM ferricytochrome c와 1,000 unit의 catalase가 함유된 10mM potassium phosphate-sodium phosphate(pH 7.0) 용액에 담구어 37°C에서 3시간 동안 반응시켰다. 반응 후 10,000g에서 5분간 원심분리 시킨 후 상정액을 회수하여 535nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 동일한 용액에 500unit의 SOD가 함유된 것을 사용하였다. 과산화수소의 정량은 0.1g의 시료를 horseradish peroxidase(type II, 50 μg.mL<sup>-1</sup>)와 0.28mM phenol red가 함유된 10mM potassium phosphate-sodium phosphate(pH 7.0)에 담구어 25°C에서 30분간 반응시켰다. 반응물은 5분간 7,000g에서 원심 분리한 후 상정액을 취하여 3M NaOH를 첨가하여 pH를 12.5로 조정한 후 610nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD의 활성은 NBT 환원법을 사용하여 측정하였다(Beyer와 Fridovich, 1987). 활성 측정을 위한 반응물은 50mM sodium carbonate(pH 10.2), 1.3 μM

riboflavin, 13mM methionine, 65  $\mu$ M NBT 및 단백질 추출액으로 구성하였다. 반응물이 들어 있는 시험관을 25°C의 광 상태에서 10분간 반응시킨 후 560nm에서 흡광도를 측정하였는데, 대조구로는 광을 조사하지 않은 반응물을 사용하였다. SOD 활성은 Asada 등(1974)의 식을 이용하여 NBT 환원 저해율로 계산하였다. POD의 활성은 반응물에 과산화수소를 첨가하여 guaiacol에서 tetraguaiacol이 형성되는 양을 측정하였다(Putter, 1974). 반응물은 10mM potassium phosphate(pH 7.0), 0.3mM guaiacol 및 단백질 추출액으로 구성하였고 0.1mM 과산화수소를 첨가하여 25°C에서 1분간 반응시켰다. 효소의 활성은 mg 단백질당 분당  $\mu$ mol의 guaiacol이 산화되는 것으로 하였으며 extinction coefficient는 290nm에서 6.439  $\text{mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ 을 사용하였다.

### 3) 리보프라빈과 메티오닌을 이용한 흰가루병 방제 시 첨가물질 선발 및 처리효과

흰가루병에 감수성인 수출용 딸기 품종 ‘매향’을 포트(20 × 20 × 20cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Vitamin, Hongseong, Korea)를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 리보프라빈(0.5mM Riboflavin, R)과 메티오닌(5mM Methione, M) 혼합물(RM)에 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>를 각각 0.1, 0.5, 1.0mM 농도로 첨가하여 3일 간격으로 2회에 걸쳐 엽면처리하였으며, RM 단용 처리구를 대조구로 하였다. 마지막 엽면 처리 후 3일 간격으로 2회에 걸쳐 처리 잎을 채취하여 단백질 분석용 시료로 사용하였다.

수용성 단백질은 pH가 8.0으로 조정된 100mM Tris-HCl 완충 용액으로 추출하였다. 막자사발을 이용하여 시료 1g당 3mL의 완충 용액으로 마쇄한 후 4°C에서 10분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 추출액에 존재하는 소분자 화합물을 제거하고자, PD-10 column(Pharmacia-LKB)을 통과시켜 얻은 단백질분획을 효소의 활성 측정 및 동위 효소 분석 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준 단백질로 사용하여 Bradford 방법(1976)으로 측정하였다.

SOD의 활성은 NBT 환원법을 사용하여 측정하였다(Beyer와 Fridovich, 1987). 활성 측정을 위한 반응물은 50mM sodium carbonate(pH 10.2), 1.3  $\mu$ M riboflavin, 13mM methionine, 65  $\mu$ M NBT 및 단백질 추출액으로 구성하였다. 반응물이 들어 있는 시험관을 25°C의 광 상태에서 10분간 반응시킨 후 560nm에서 흡광도를 측정하였는데, 대조구로는 광을 조사하지 않은 반응물을 사용하였다. SOD 활성은 Asada 등(1974)의 식을 이용하여 NBT 환원 저해율로 계산하였다.

POD의 활성은 반응물에 과산화수소를 첨가하여 guaiacol에서 tetraguaiacol이 형성되는 양을 측정하였다(Putter, 1974). 반응물은 10mM potassium phosphate(pH 7.0), 0.3mM guaiacol 및 단백질 추출액으로 구성하였고 0.1mM 과산화수소를 첨가하여 25°C에서 1분간 반응시켰다. 효소의 활성은 mg 단백질당 분당  $\mu$ mol의 guaiacol이 산화되는 것으로 하였으며 extinction coefficient는 290nm에서 6.439  $\text{mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ 을 사용하였다. PPO의 활성은 Mohammadi and Kazemi(2002)의 방법에 준하여 pH가 6.4로 조정된 25mM citrate phosphate를 사용하여 측정하였다. 반응물은 5mM L-proline, 20mM pyrocatechol, 25mM citrate phosphate 및 단백질 추출액으로 구성하였다. 활성은 pyrocatechol을 첨가한 후 25°C에서 1분간 반응 후 515nm에서 증가하는 흡광도를 분광광도계(DU800, Beckman Coulter, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 측정하였다. 효소의 활성은 mg 단백질당 분당 측정되는 흡광도를 표시하였다.  $\beta$ -1,3-glucanase 활성은

0.1% laminarin이 함유된 0.1M sodium acetate(pH 5.2) 용액과 효소단백질 추출액을 혼합하여 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 기질로 사용된 laminarin에서 생성된 환원당을 Nelson(1944)의 방법으로 측정하였다. RM 혼합물에 이온의 첨가가 흰가루병 발병억제에 미치는 영향은 흰가루병 발생이 빈번한 3월 하순부터 4월 하순에 걸쳐서 시험포장에서 수행할 계획이다.

#### 4) 리보플라빈과 메티오닌 혼합물 및 금속이온 첨가 농도에 따른 흰가루병 발병억제 효과

흰가루병 발병억제 효과를 검증하기 위한 실험은 2018년 3월 1일부터 4월 15일까지 수행하였다. 흰가루병에 감수성인 수출용 딸기 품종 ‘매향’을 포트(20 × 20 × 20cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Vitamin, Hongseong, Korea)를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 흰가루병 방제물질 조성은 주성분, 보조성분, 금속이온 및 계면활성제로 구성하였는데 전년도까지의 결과를 바탕으로 주성분인 혼합물(RM)에 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>를 각각 0.1, 0.5, 1.0mM 농도로 첨가하여 3일 간격으로 2회에 걸쳐 엽면처리한 후 15일과 30일 뒤에 발병율을 조사하였다. 방제물질의 처리는 흰가루병 발생이 빈번한 2019년 2월 20일에 3일 간격으로 2회에 걸쳐 엽면처리하였는데, 무처리(증류수 처리)와 RM 혼합물 단용 처리구를 대조구로 하였다. 방제물질을 처리한 후 흰가루병은 자연 발병된 흰가루병원균을 낙분법으로 접종한 후 시기별로 발병율을 조사하였다. 발병 수준은 병반 무(0), 병반면적이 5% 이하(1), 병반 면적이 6-20%(2), 병반면적이 21-50%(3), 병반면적이 51% 이상(4)로 구분하여 발병율은 Tzeng *et al.*,(1996)의 방법에 준하여 계산하였다.

#### 5) RM 혼합물 및 금속이온 첨가 농도에 따른 흰가루병 발병억제 효과

흰가루병 발병억제 효과 실험은 2020년 3월 10일부터 4월 6일까지 수행하였다. 흰가루병에 감수성인 수출용 딸기 품종 ‘매향’을 포트(20 × 20 × 20cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Vitamin, Hongseong, Korea)를 1:1로 혼합하여 사용하였으며, 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 흰가루병 방제물질 조성은 주성분, 보조성분, 금속이온 및 계면활성제로 구성하였는데 전년도까지의 결과를 바탕으로 주성분인 리보플라빈(R)과 메티오닌(M) 혼합물의 농도를 각각 0.5mM과 5.0mM 또는 1.0mM과 5.0mM 농도로 하여 금속이온은 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>를 각각 0.1, 0.5, 1.0mM 농도로 첨가하여 3일 간격과 5일 간격으로 3회에 걸쳐 엽면처리하였다. 흰가루병은 마지막 엽면처리한 다음날 접종하였고 15일 뒤에 발병정도를 조사하였는데, 각 처리당 9개체를 처리하여 조사하였다. 흰가루병은 자연 발병된 흰가루병원균을 낙분법으로 접종하였고 무처리(증류수 처리)를 대조구로 하였다. 흰가루병 발생 정도는 1(무) ~ 5(아주 심)으로 조사하였다.

## 2. 연구결과

증류수 처리구의 발병율은 41% 수준으로 가장 높았으면 화학약제(리푸졸) 처리구는 3.4%로 거의 발병이 되지 않았다(그림 1). 리보플라빈 처리구는 농도에 따라 36-29% 수준으로 농도가 높을수록 발병율이 감소하는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없었다. 메티오닌 단용 처리구에서는 처리농도가 발병율 차이가 없었다.

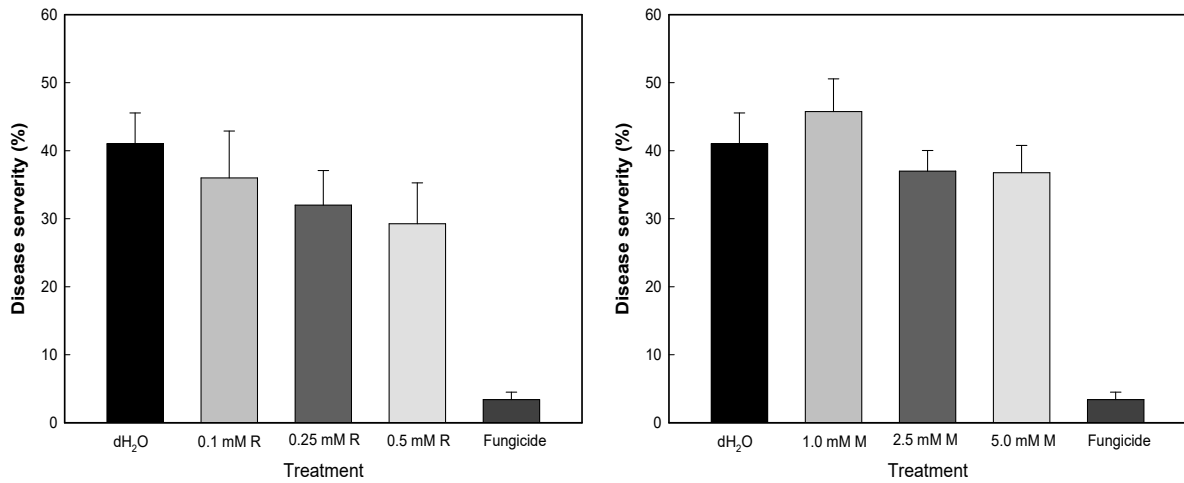


그림 1. 리보플라빈과 메티오닌 단용 처리가 흰가루병 발병에 미치는 영향

리보플라빈은 광하에서 엽면처리하면 생체 내에서 활성산소종을 생성시켜 발병억제 단백질의 발현을 유도시키는 것으로 알려져 있다. 특히 이러한 생리적 현상은 메티오닌의 존재 여부에 따라 차이가 심하게 나타나는 것으로 보고되고 있다. 따라서 두 물질을 혼합하여 처리한 결과 단용 처리구에 비하여 발병억제 효과가 뚜렷하였다(그림 2). 모든 처리구에서 발병억제 효과는 화학약제 처리구의 3.4% 수준보다는 높았지만 증류수 처리구에 비하여 발병억제 효과가 뚜렷하였다. 특히 발병억제 효과는 메티오닌 보다는 리보플라빈의 농도에 의해서 결정되는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 2년차에 좀더 세밀하고 과학적으로 발병억제 효과와 발병억제 기작을 검증한다면 수출딸기 재배농가의 친환경 방제법으로 충분히 가능성이 있을 것으로 판단되었다.

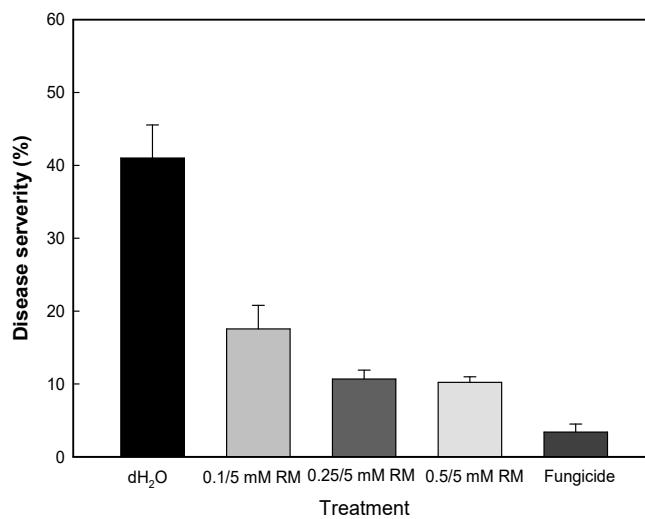


그림 2. 리보플라빈과 메티오닌 혼합 처리가 흰가루병 발병에 미치는 영향

리보프라빈과 메티오닌 혼합물 처리 후 시기별 흰가루병 발병율은 표 1과 같은데, 처리 14일까지는 발병억제율이 높았지만, 처리 후 일수가 경과할수록 발병억제효과는 감소하는 경향을 보였다. 처리 후 7과 14일경에는 발병율이 각각 2.0과 2.7%로 대조구의 10.7과 21.2%에 비해 억제효과가 뚜렷하였다. 그러나 21일경에는 발병율이 증가하여 18.5%의 발병율을 보였다.

표 1. 리보프라빈과 메티오닌 혼합물(RM) 처리 후 일수에 따른 흰가루병 발병율

Treatment	Disease severity (%)		
	7 days	14 days	21 days
Control	10.7 a	21.2 a	35.1 a
RM mixtures	2.0 b	2.7 b	18.5 b

표 2는 리보프라빈과 메티오닌 혼합물 처리 후 시기에 따른 glucanase 활성을 측정된 결과, 전반적으로 대조구 대비 RM 혼합물 처리구의 활성이 증가하는 경향을 보였다. 특히 처리 후 14일경에 최고의 활성을 보이다가 서서히 감소하는 경향을 보였다.

표 2. RM 혼합물 처리 후 일수에 따른  $\beta$ -1,3-glucanase 활성

Treatment	Glucanase activity (mkat mg protein <sup>-1</sup> )		
	7 days	14 days	21 days
Control	4.48 b	4.21 b	6.90 b
RM mixtures	7.31 a	34.75 a	18.52 a

리보프라빈과 메티오닌 혼합물 처리 후 시기에 따른 환원산소종과 과산화수소의 생성은 표 3과 같다. 처리 후 14일까지는 환원산소종과 과산화수소의 생성이 RM 혼합물 처리구에서 높았지만, 21일경에는 대조구의 생성량이 높은 경향을 보였는데, 이는 흰가루병의 발병이 스트레스 요인으로 작용한 결과로 판단되었다.

표 3. RM 혼합물 처리 후 일수에 따른 O<sub>2</sub><sup>-</sup>와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 생성

Treatment	O <sub>2</sub> <sup>-</sup> (nmol.mg FW <sup>-1</sup> )			H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (nmol.mg FW <sup>-1</sup> )		
	7 days	14 days	21 days	7 days	14 days	21 days
Control	6.8 b	13.2 b	22.6 a	10.4 b	18.8 b	29.2 a
RM mixtures	17.5 a	22.5 a	19.0 b	21.6 a	23.8 a	22.1 a

리보프라빈과 메티오닌 혼합물 처리 후 시기에 따른 SOD와 POD의 활성은 전반적으로 시기가 경과할수록 증가하는 양상을 보였는데, RM 혼합물 처리구에서는 14일경까지 증가하다가 그 이후에는 크게 증가하지 않았다(표 4, 5). 대조구에서는 시기가 경과할수록 급격하게 증가하는 경향을 보였는데, 이는 흰가루병의 발병에 의한 활성산소종의 생성과 더불어 항산화효소의 활성화도 증가된 것으로 판단되었다.

표 4. RM 혼합물 처리 후 일수에 따른 superoxide dismutase(SOD) 활성

Treatment	SOD activity (% inhibition NBT.mg protein <sup>-1</sup> )		
	7 days	14 days	21 days
Control	18.8 b	32.5 b	47.8 a
RM mixtures	43.6 a	52.7 a	53.2 a

표 5. RM 혼합물 처리 후 일수에 따른 peroxidase(POD) 활성

Treatment	POD activity (mM mol guaiacol.min <sup>-1</sup> mg protein <sup>-1</sup> )		
	7 days	14 days	21 days
Control	10.4 b	21.5 b	24.7 a
RM mixtures	27.8 a	31.4 a	28.2 a

리보플라빈과 메티오닌은 생체내에서 활성산소종을 생성시켜 세포벽을 경화시키거나 발병억제 단백질을 발현시키는데 큰 역할을 하는 것으로 잘 알려져 있다. 1년차와 2년차 실험에서 0.5mM 리보프라빈과 5.0mM 메티오닌을 혼합처리하면 항산화효소와 PR 단백질의 활성증가를 검정하였다. 당해연도에는 효소의 활성에 영향을 미치는 금속이온을 첨가하여 그 효과를 검정하였다. 전반적으로 리보프리빈과 메티오닌 혼합물(RM)에 Cu, Fe, Mg를 첨가하면 SOD, POD 및 PPO의 활성이 단용처리보다는 증가하는 경향을 보였는데, 이온의 농도는 0.1mM에서 1.0mM 범위내에서 큰 차이가 없었으며 처리 후 6일까지도 증가하는 양상을 보였다. 또한 PR 단백질인  $\beta$ -1,3-glucanase 효소의 활성도 증가하는 경향을 보였다.



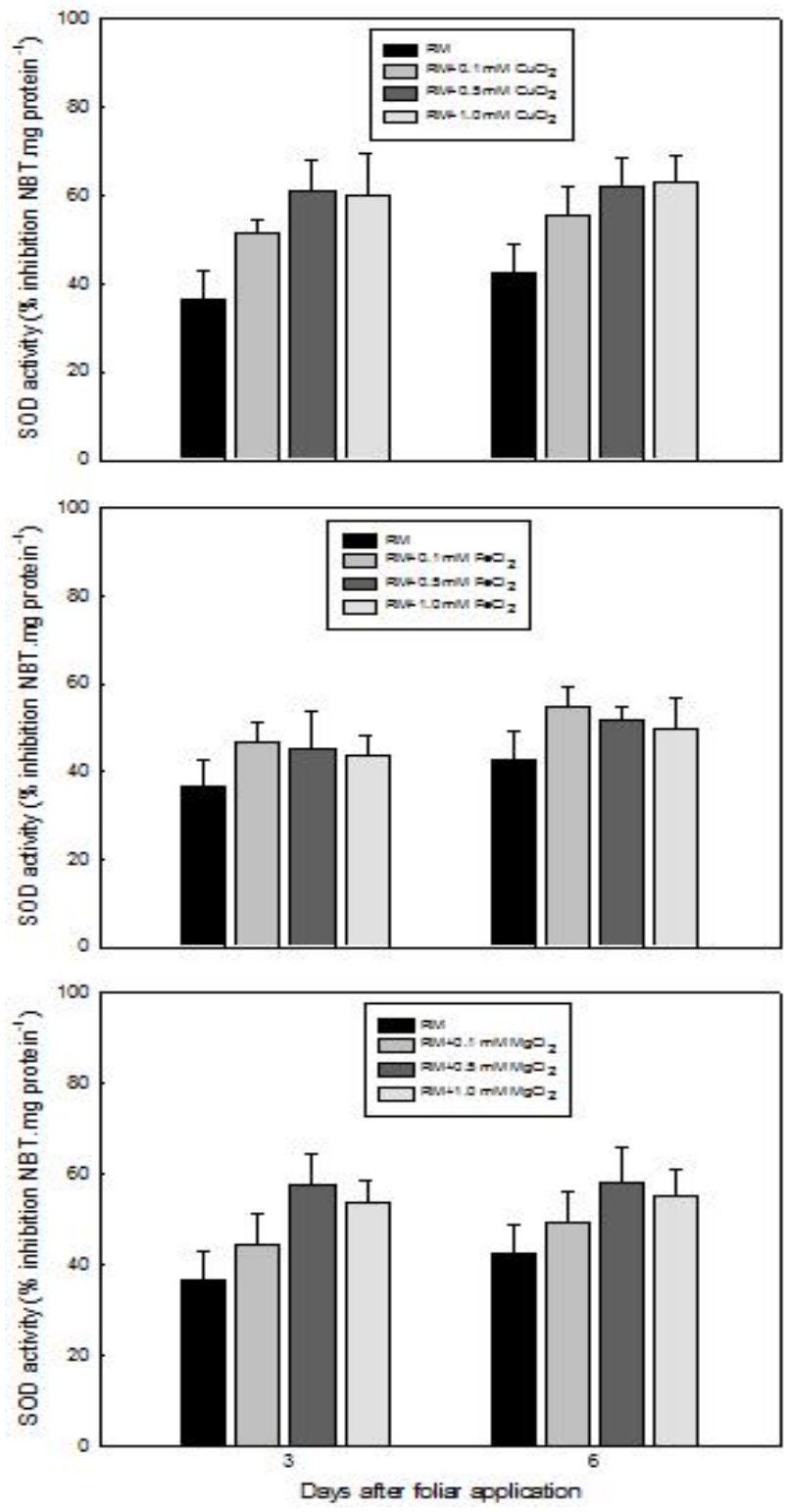


그림 3. RM 처리시 금속이온 첨가농도에 따른 SOD 활성변화

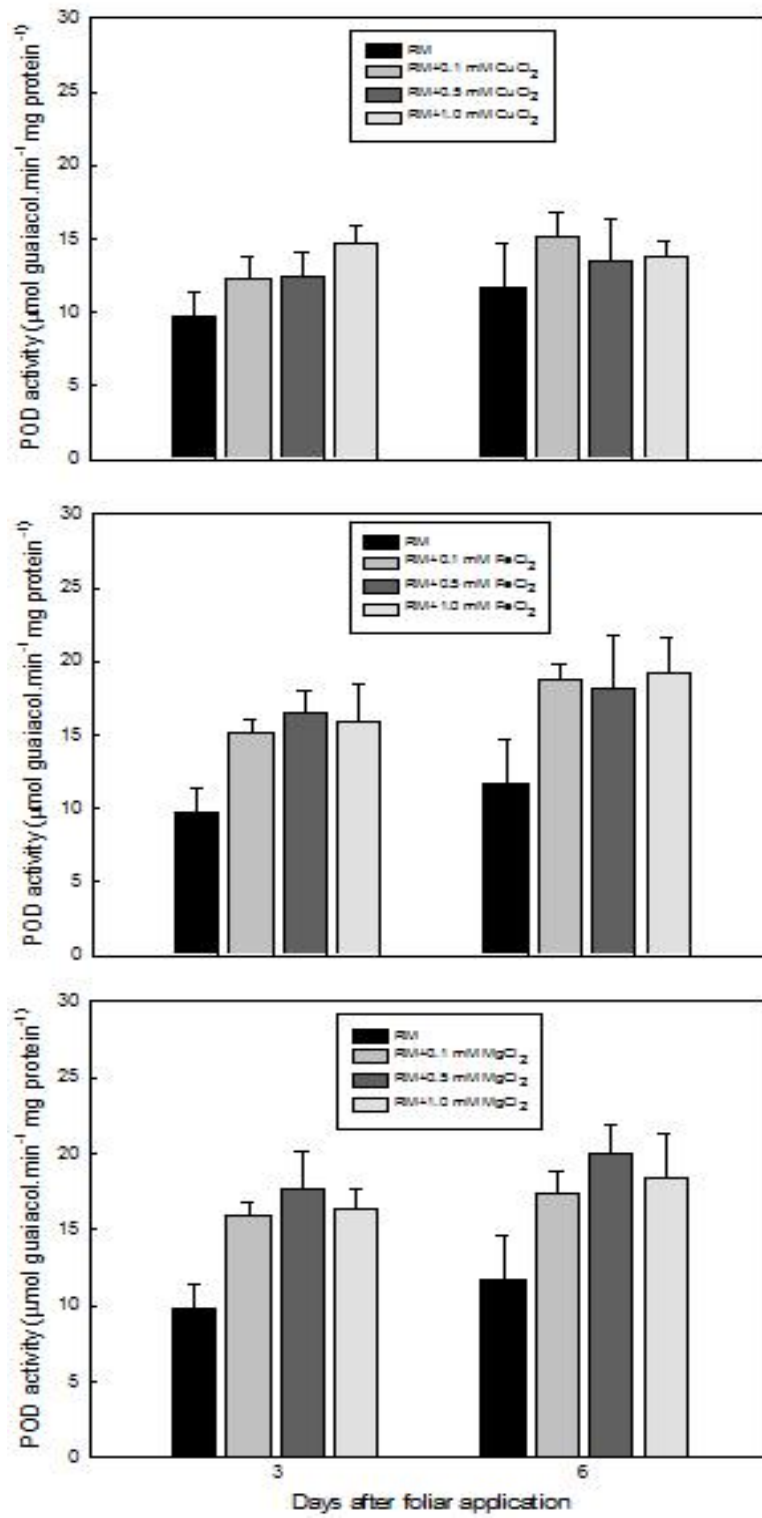


그림 4. RM 처리시 금속이온 첨가농도에 따른 POD 활성변화

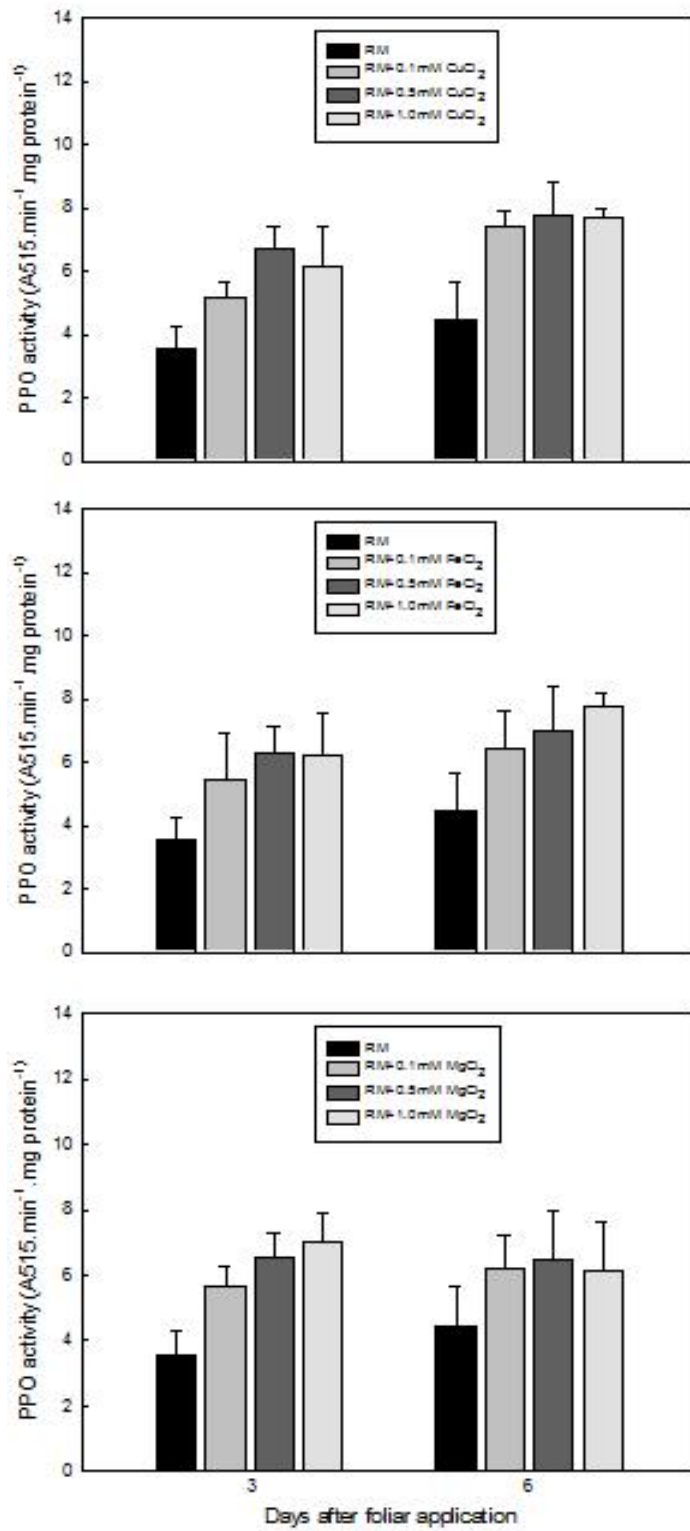


그림 5. RM 처리시 Mg 처리농도에 따른 PPO 활성변화

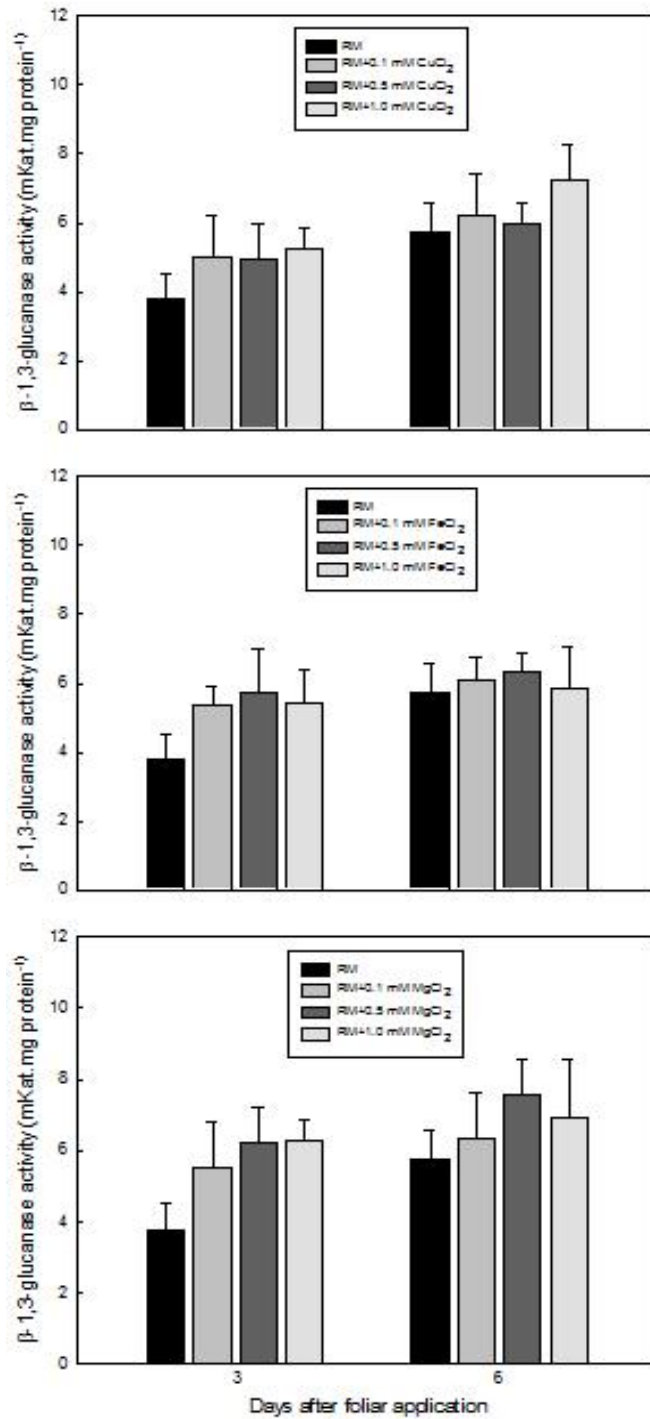


그림 6. RM 처리시 Mg 처리농도에 따른  $\beta$ -1,3-glucanase 활성변화

중류수(대조구) 처리 후 15일과 30일째의 흰가루병 발병율은 각각 35와 57%로 급격하게 증가하는 경향을 보였는데, 리보플라빈과 메티오닌 혼합물(RM 혼합물) 단용 처리시 발병율은 각각 16과 21%로 발병억제 효과가 뚜렷하였다(표 6). RM 혼합물에 금속이온을 첨가하여 처리할 경우

전반적으로 발병율이 급격하게 감소하는 경향을 보였는데, CuCl<sub>2</sub> 첨가는 0.5mM 농도에서, FeCl<sub>2</sub> 첨가는 0.1mM 농도에서 MgCl<sub>2</sub> 첨가는 1.0mM 농도에서 발병억제효과 가장 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 방제물질 조성시 금속이온 농도는 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>를 각각 0.5, 0.1, 1.0mM 농도로 첨가하여 조성한 후 4차년도 실험을 수행할 계획이다.

표 6. 리보플라빈과 메티오닌 혼합물 및 금속이온 첨가 농도에 따른 흰가루병 발병억제 효과

처리		발병율(%)	
		처리후 15일	처리 후 30일
무처리(증류수)		35 ± 8.8	57 ± 23
리보플라빈+메티오닌(RM)		16 ± 0.9	21 ± 8
RM	0.1mM CuCl <sub>2</sub>	12 ± 1.6	32 ± 11
	0.5mM CuCl <sub>2</sub>	9 ± 2.1	18 ± 10
	1.0mM CuCl <sub>2</sub>	14 ± 3.3	27 ± 9
RM	0.1mM FeCl <sub>2</sub>	12 ± 3.8	23 ± 7
	0.5mM FeCl <sub>2</sub>	18 ± 2.6	34 ± 6
	1.0mM FeCl <sub>2</sub>	17 ± 5.2	28 ± 8
RM	0.1mM MgCl <sub>2</sub>	18 ± 2.4	29 ± 11
	0.5mM MgCl <sub>2</sub>	11 ± 3.6	36 ± 13
	1.0mM MgCl <sub>2</sub>	12 ± 4.1	18 ± 5

흰가루병 방제물질은 주성분으로 세포내에서 활성산소종을 생성하는 리보플라빈을 0.5mM, 보조성분으로는 리보플라빈의 반응을 촉매하는 메티오닌을 5mM, 리보플라빈과 메티오닌의 반응에 의해 생성된 활성산소종을 무독화시키는 항산화효소의 활성화에 보조역할을 하는 금속이온으로는 CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>를 각각 0.5, 0.1, 1.0mM 농도로 첨가하였으며 계면활성제는 0.01% Tween-20을 첨가하여 조성하였다(표 7).

표 7. 흰가루병 방제물질 조성

구분	주성분	보조성분	금속이온			계면활성제
	Riboflavin	Methionine	CuCl <sub>2</sub>	FeCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Tween-20
농도	0.5mM	5mM	0.5mM	0.1mM	1.0mM	0.01%

증류수 또는 흰가루병 방제물질(RM 혼합물) 처리한 다음날 흰가루병을 접종 한 후 15일째에 흰가루병 발생 정도를 분석한 결과는 표 8과 같다. 증류수 처리구에서는 접종 후 15일 뒤에는 처리 간격이나 회수에 상관 없이 흰가루병이 약하거나 중간정도로 발생하였다. RM 혼합물을 처리할 경우에는 처리 간격이나 회수에 따라 발생 정도가 다르게 나타났는데, 혼합물을 3일 간격이나 5일 간격으로 1회 처리한 후 접종 한 처리구에서는 발생 정도가 다소 감소하였지만 증류수 처리구와 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 2회와 3회 처리 후 흰가루병을 접종 한 처리구의 발생 정도는 증류수 처리구 대비 발생 정도가 확연하게 감소하는 경향을 보였는데, 혼합물 구성(RM I과 RM II)에 따른 차이는 없었다. 이러한 결과는 세포내에서 활성산소종을 생성하는 리보플라빈과 리보플라빈의 반응을 촉매하는 메티오닌의 의해 생성된 활성산소종을 무독화시키는 peroxidase와 같은 항산화효소의 활성화와 더불어 세포벽이 단단해져 발병억제 효과가 있었던 것으로 판단된다. 본 실험은 전문 시설딸기 재배농가에서 실증하고자 하였으나 흰가루병을 접종해야 하는 위험 때문에 실증할 수 있는 농가를 섭외할 수 없어서 농가 실증실험은 하지 못했지만, 차후에 흰가루병 발병으로 문제가 되는 농가를 찾아서 현장 실증실험을 한다면 농업적으로 활용 가치가 높을 것으로 판단된다. 따라서 차년도에 농가 실증실험을 한 후에 현장에 친환경 재배기술로 보급할 계획이다.

표 8. 리보플라빈과 메티오닌 혼합물 처리 간격 및 회수에 따른 흰가루병 발생정도

처리	3일 간격			5일 간격		
	1회 (3월 26일 <sup>1)</sup> )	2회 (3월 29일)	3회 (4월 1일)	1회 (3월 26일)	2회 (3월 31일)	3회 (4월 6일)
무처리(증류수)	2.8 a	3.3 a	2.6 a	3.1 a	2.7 a	3.4 a
RM 혼합물 I <sup>2)</sup>	2.5 ab	1.6 b	1.1 b	2.8 ab	1.3 b	1.7 b
RM 혼합물 II <sup>3)</sup>	2.1 b	1.2 b	1.7 b	2.5 ab	1.8 b	1.1 b

<sup>1)</sup> 흰가루병 발생정도 조사일(접종 후 16일째)

<sup>2)</sup> RM 혼합물 I : 0.5mM R + 5.0mM M + 금속이온(0.5mM CuCl<sub>2</sub>, 0.1mM FeCl<sub>2</sub>, 1.0mM MgCl<sub>2</sub>)

<sup>3)</sup> RM 혼합물 II : 1.0mM R + 5.0mM M + 금속이온(0.5mM CuCl<sub>2</sub>, 0.1mM FeCl<sub>2</sub>, 1.0mM MgCl<sub>2</sub>)

## ○ 수출용 딸기 품종 육성 기반 구축

### 1. 연구방법

#### 1) 수출용 딸기 신품종 육성을 위한 교배친 선발 및 교배조합 작성

신품종 육성을 위한 교배친 딸기 품종은 플라스틱 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는  $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  수준으로 조정하였다. 정식 후 비배관리는 농촌진흥청 표준 재배법에 준하여 수행하였다. 수출용 신품종의 유용형질은 과실의 경도, 과실의 품질, 병저항성, 저온기 초세 등에 초점을 두고 현재까지 육성되어 보고된 품종의 특성을 조사하여 교배친으로 매향, 설향, 도치오도메, 베니훗베, 장희 및 육보 등 6 교배친을 선정하였다. 선정한 교배친을 대상으로 매향/설향, 매향/도치오도메, 매향/베니훗베, 매향/육보, 설향/도치오도메, 베니훗베/도치오도메, 장희/도치오도메, 육보/설향, 육보/도치오도메, 육보/베니훗베 등 교배조합을 작성하였으며 2화방을 대상으로 교배하여 채종하였다.

#### 2) 교배조합 능력검정을 통한 우량계통 선발

2017년 봄(2년차)에 작성된 교배조합으로부터 유래된 실생에서 생육상이 우수한 개체를 각 조합별로 선발한 20개체를 2017년 9월 15일 조합별로 주간 15cm 간격으로 정식하여 토경 재배하였으며, 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 비배관리하였다. 작성된 교배조합은 계통번호를 작성하여 관리하였는데, 계통번호는 교배년도-양친의 영문명 첫글자-개체번호 순으로 표기하여 사용하였다(표 2). 정식된 선발개체는 개화를 시작한 생육초기에 초형과 초세를 조사하였으며 과실 특성은 착색이 80% 이상된 과실을 대상으로 과중 등을 조사하였다. 과실 특성은 과형, 과중, 과장, 과폭, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)을 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 화방당 과실의 착과수에 따른 오차를 줄이기 위하여 과실은 화방당 8개로 조정하여 착과시켜 1화방 과실을 대상으로 조사하였다.

#### 3) 고경도 우량계통 육성을 위한 우량계통 특성 검정

과실의 경도를 기준으로 2018년에 선발한 7조합 14계통을 증식하여 초형과 초세 등 생육특성을 재검정하고 과실 특성과 생산력 검정을 하였다. 2018년 봄에 선발된 계통에서 유래된 묘를 각 계통별로 20개체를 2018년 10월 15일 주간 15cm 간격으로 정식하여 토경 재배하였으며, 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 비배관리하였다. 정식된 우량계통은 정식 후 30일 뒤인 11월 25일에 초형과 초세 등을 조사하였다. 과실 특성은 과형, 과중, 과장, 과폭, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)을 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 화방당 과실의 착과수에 따른 오차를 줄이기 위하여 과실은 화방당 8개로 조정하여 착과시켜 조사하였다.

#### 4) 흰딸기 우량계통 육성을 위한 교배조합 작성

최근 수출시장과 국내 소비자가 선호하는 흰딸기 품종을 육성하고자 흰딸기 품종인 파인베리 품종을 증식하여 모본으로 하고 설향, 매향 및 육보를 각각 부분으로 하여 교배조합을 작성하였다. 모본과 부분은 플라스틱 포트(28 × 28 × 27cm, 길이 × 너비 × 높이) 재배를 하였는데, 재배 토양

은 흙과 시판용 상토(Shinangrow, Jinju, Korea)를 혼합(1:1)하여 사용하였으며 토양의 EC는 0.6dS.m<sup>-1</sup> 수준으로 조정하였다. 정식 후 비배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 수행하였다. 실험 기간 중 야간 최저온도는 12°C 내외를 유지하였고 제 2화방을 대상으로 교배를 하였다.

#### 5) 고경도 우량계통 육성을 위한 우량계통 특성 검정

과실의 경도를 기준으로 2019년에 선발한 3계통(17-MT-4, 17-MT-16 및 17-MR-7)을 증식하여 초형과 초세 등 생육특성을 재검정하고 과실 특성과 생산력 검정을 하였다. 2019년 봄에 선발된 계통에서 유래된 묘를 각 계통별로 20개체를 2020년 10월 21일 주간 15cm 간격으로 정식하여 토경으로 3화방 재배를 하였으며, 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 비배관리하였다. 정식된 우량계통은 정식 후 30일 뒤인 11월 21일에 초형과 초세 등을 조사하였다. 과실 특성은 과형, 과중, 과장, 과폭, 당도 및 경도를 측정하였는데, 당도는 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)을 사용하였으며 경도는 경도계(FHR-5, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 화방당 과실의 착과수에 따른 오차를 줄이기 위하여 과실은 화방당 8개로 조정하여 착과시켜 조사하였다.

## 2. 연구결과

표 1은 수출용 고경도 품종육성을 위하여 작성한 교배조합별 채종, 과중 및 발아율을 조사한 결과이다. 종자의 발아율은 교배조합에 따라 38-74%로 분포하여 차이가 심하였으며 각 교배조합별로 어린 묘 20개체를 선발하여 차년도에 생산성 검정을 위하여 묘를 유지하였다. 표 2는 1년차에서 작성한 교배조합의 실생에서 선발한 각 개체의 계통번호이다.

표 1. 교배조합에 따른 채종 및 발아율과 개체 선발

교배조합	채종(립)	과중(립)	발아율(%)	선발 개체 수
매향/설향,	500	100	57	20
매향/도치오도메	400	100	64	20
매향/베니훗베	300	100	38	20
매향/육보	300	100	72	20
설향/도치오도메	500	100	58	20
비니훗베/도치오도메	600	100	55	20
장희/도치오도메	300	100	74	20
육보/설향	300	100	41	20
육보/도치오도메	500	100	65	20
육보/베니훗베	400	100	39	20

표 2. 교배조합에 따른 선발개체의 계통번호

교배조합	계통번호	교배조합	계통번호
Maehyang/Seolhyang	17-MS-1 ~ 20	Benihoppe/Tochiotome	17-BT-1 ~ 20
Maehyang/Tochiotome	17-MT-1 ~ 20	Akihime/Tochiotome	17-AT-1 ~ 20
Maehyang/Benihoppe	17-MB-1 ~ 20	Redpearl/Seolhyang	17-RS-1 ~ 20
Maehyang/Redpearl	17-MR-1 ~ 20	Redpearl/Tochiotome	17-RT-1 ~ 20
Seolhyang/Tochiotome	17-ST-1 ~ 20	Redpearl/Benihoppe	17-RB-1 ~ 20



표 3은 1년차에서 선발한 각 계통의 생육 및 과실특성을 조사한 결과이다. 초형은 직립형, 개장형 및 반개장형이 분포하였다. 초세는 강하거나 중간이 많았으며 과형은 원추형과 장원추형이 주를 이루었다. 과중은 20g 내외로 분포하였고 경도가 25 이상인 개체를 우량계통으로 선발하였다.

표 3. 선발 계통의 생육 및 과실특성

계통번호	초형	초세	과형	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	선발 특성
17-MS-1	직립형	강	원추	20.5	3.9	3.2	10.4	23	
17-MS-2	직립형	중	원추	18.2	3.3	2.8	8.8	22	
17-MS-3	직립형	중	장원추	19.4	3.8	2.3	11.3	24	
17-MS-4	직립형	약	장원추	18.2	3.6	2.8	10.9	23	
17-MS-5	반개장	강	원추	18.7	4.0	3.1	10.2	22	
<b>17-MS-6</b>	<b>직립형</b>	<b>강</b>	<b>원추</b>	<b>18.3</b>	<b>3.8</b>	<b>3.1</b>	<b>12.2</b>	<b>26</b>	<b>당도, 경도</b>
17-MS-7	반개장	강	원추	20.5	4.3	3.5	11.2	21	
<b>17-MS-8</b>	<b>개장형</b>	<b>중</b>	<b>원추</b>	<b>19.2</b>	<b>3.5</b>	<b>3.0</b>	<b>10.2</b>	<b>28</b>	<b>경도</b>
17-MS-9	직립형	중	원추	18.4	4.2	3.9	10.3	23	
17-MS-10	반개장	중	장원추	19.7	4.9	2.8	11.3	23	
17-MS-11	개장형	약	원추	18.1	3.9	3.1	10.3	19	
17-MS-12	개장형	강	원추	17.5	3.6	3.0	8.9	22	
17-MS-13	반개장	강	원추	18.4	3.7	3.0	10.5	23	
17-MS-14	개장형	강	원추	20.2	4.1	3.8	10.4	21	
17-MS-15	반개장	중	장원추	21.4	5.2	3.2	9.1	25	
17-MS-16	직립형	약	원추	17.1	3.9	3.3	10.3	22	
17-MS-17	개장형	강	장원추	20.3	4.8	2.5	11.1	21	
17-MS-18	직립형	강	원추	19.5	3.4	2.9	9.2	20	
<b>17-MS-19</b>	<b>반개장</b>	<b>강</b>	<b>장원추</b>	<b>18.2</b>	<b>4.4</b>	<b>3.0</b>	<b>10.1</b>	<b>27</b>	<b>경도</b>
17-MS-20	개장형	중	원추	18.5	3.8	3.4	9.7	18	
17-MT-1	반개장	중	장원추	22.3	4.2	3.2	10.1	20	
17-MT-2	직립형	중	원추	22.1	3.8	3.0	10.5	23	
17-MT-3	반개장	약	원추	18.9	3.7	3.2	11.1	23	
<b>17-MT-4</b>	<b>직립형</b>	<b>강</b>	<b>장원추</b>	<b>22.2</b>	<b>4.0</b>	<b>2.4</b>	<b>10.6</b>	<b>28</b>	<b>과중, 경도</b>
17-MT-5	직립형	강	원추	18.8	3.3	2.8	10.9	19	
17-MT-6	반개장	강	장원추	19.1	3.2	2.5	8.9	24	
17-MT-7	직립형	중	원추	18.6	3.8	3.3	10.9	25	
<b>17-MT-8</b>	<b>직립형</b>	<b>강</b>	<b>원추</b>	<b>19.2</b>	<b>3.4</b>	<b>3.1</b>	<b>11.1</b>	<b>27</b>	<b>경도</b>
17-MT-9	개장형	중	장원추	18.9	4.6	2.8	11.3	22	
17-MT-10	반개장	중	장원추	21.2	5.0	3.4	11.1	19	
17-MT-11	직립형	중	원추	17.9	3.2	2.8	9.2	18	
<b>17-MT-12</b>	<b>반개장</b>	<b>약</b>	<b>장원추</b>	<b>21.5</b>	<b>4.6</b>	<b>2.6</b>	<b>10.1</b>	<b>27</b>	<b>경도</b>
17-MT-13	개장형	강	원추	21.1	4.1	3.4	9.7	20	
17-MT-14	개장형	강	원추	18.5	4.0	3.5	10.1	23	
<b>17-MT-15</b>	<b>직립형</b>	<b>강</b>	<b>장원추</b>	<b>22.3</b>	<b>4.4</b>	<b>3.1</b>	<b>11.5</b>	<b>22</b>	<b>과중, 당도</b>
<b>17-MT-16</b>	<b>개장형</b>	<b>중</b>	<b>원추</b>	<b>20.1</b>	<b>3.8</b>	<b>3.3</b>	<b>11.1</b>	<b>28</b>	<b>경도</b>
17-MT-17	개장형	약	장원추	22.9	5.2	3.2	10.6	21	
17-MT-18	직립형	약	원추	19.2	4.0	3.3	10.9	18	
17-MT-19	개장형	중	원추	19.2	3.8	3.0	8.9	19	
<b>17-MT-20</b>	<b>반개장</b>	<b>강</b>	<b>원추</b>	<b>20.1</b>	<b>4.0</b>	<b>3.8</b>	<b>10.9</b>	<b>27</b>	<b>경도</b>

계통번호	초형	초세	과형	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	선발특성
17-MB-1	직립형	약	원추	20.4	3.8	3.2	9.5	24	
17-MB-2	개장형	강	장원추	21.2	4.2	2.9	9.8	23	
17-MB-3	반개장	중	난형	19.6	3.4	3.1	9.3	24	
17-MB-4	직립형	강	원추	20.5	3.8	3.2	10.2	23	
17-MB-5	개장형	중	원추	19.3	4.3	3.5	10.5	22	
17-MB-6	직립형	약	장원추	17.9	4.5	2.7	11.3	26	
17-MB-7	반개장	강	원추	15.9	4.2	3.6	9.8	22	
<b>17-MB-8</b>	<b>직립형</b>	<b>강</b>	<b>원추</b>	<b>21.5</b>	<b>4.5</b>	<b>3.8</b>	<b>10.5</b>	<b>28</b>	<b>경도</b>
17-MB-9	반개장	강	원추	19.8	3.8	3.2	11.2	25	
17-MB-10	개장형	강	원추	20.8	4.0	3.6	9.7	23	
<b>17-MB-10</b>	<b>반개장</b>	<b>중</b>	<b>장원추</b>	<b>23.1</b>	<b>4.7</b>	<b>3.2</b>	<b>11.3</b>	<b>29</b>	<b>과중, 경도</b>
17-MB-12	개장형	중	장원추	20.6	4.6	2.9	11.3	21	
17-MB-13	반개장	약	원추	21.5	4.2	3.2	10.8	19	
17-MB-14	직립형	강	장원추	22.4	5.3	3.4	10.6	24	
17-MB-15	반개장	강	원추	23.0	3.8	3.5	10.4	25	
17-MB-16	직립형	약	원추	19.6	3.7	3.1	9.1	21	
17-MB-17	직립형	중	장원추	22.4	4.5	2.8	10.5	24	
17-MB-18	개장형	강	원추	21.3	3.8	3.4	11.2	17	
17-MB-19	개장형	중	장원추	23.2	4.9	3.2	9.4	18	
17-MB-20	반개장	중	원추	19.8	3.8	3.3	10.8	22	
17-MR-1	반개장	약	원추	20.1	4.1	3.4	10.1	24	
17-MR-2	개장형	약	장원추	21.5	4.2	2.5	12.3	24	
17-MR-3	반개장	강	원추	18.3	3.3	2.8	12.6	22	
17-MR-4	개장형	강	난형	21.3	3.5	3.3	10.1	21	
17-MR-5	개장형	중	원추	22.1	3.8	3.1	11.2	24	
17-MR-6	반개장	약	원추	18.9	3.4	2.9	10.3	23	
<b>17-MR-7</b>	<b>개장형</b>	<b>강</b>	<b>장원추</b>	<b>23.4</b>	<b>5.4</b>	<b>3.6</b>	<b>9.8</b>	<b>26</b>	<b>과중, 경도</b>
17-MR-8	개장형	강	장원추	19.2	4.9	3.1	11.2	21	
17-MR-9	반개장	강	원추	19.3	3.1	2.6	10.5	24	
17-MR-10	개장형	중	장원추	20.1	4.7	3.1	7.6	23	
17-MR-11	반개장	약	원추	19.0	3.5	3.0	9.9	22	
17-MR-12	개장형	강	원추	21.5	4.9	3.7	12.6	24	
17-MR-13	개장형	강	장원추	21.1	4.7	3.4	128	22	
17-MR-14	개장형	강	원추	18.5	4.1	3.6	101	21	
17-MR-15	반개장	중	장원추	21.3	3.8	2.6	10.6	24	
17-MR-16	반개장	중	원추	22.1	3.5	2.9	10.1	24	
17-MR-17	직립형	강	원추	21.8	4.2	3.7	9.7	22	
17-MR-18	직립형	약	원추	19.2	3.5	2.9	10.1	20	
17-MR-19	반개장	강	원추	21.8	4.2	3.5	9.4	21	
17-MR-20	직립형	강	장원추	20.1	3.8	2.8	10.5	25	

계통번호	초형	초세	과형	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	선발특성
17-ST-1	개장형	강	장원추	20.4	4.2	2.7	10.3	17	
17-ST-2	반개장	강	장원추	21.2	4.2	3.3	11.2	22	
17-ST-3	개장형	중	원추	19.6	3.8	3.1	7.8	21	
17-ST-4	반개장	중	난형	20.5	3.3	3.0	10.2	28	
17-ST-5	개장형	강	원추	19.3	4.0	3.2	11.4	17	
17-ST-6	개장형	약	장원추	17.9	4.7	3.3	9.7	22	
17-ST-7	개장형	강	원추	20.9	4.3	3.6	10.4	22	
17-ST-8	반개장	강	원추	21.5	3.6	2.9	10.7	24	
17-ST-9	반개장	약	장원추	19.8	4.8	3.1	10.6	21	
<b>17-ST-10</b>	<b>직립형</b>	<b>약</b>	<b>장원추</b>	<b>22.8</b>	<b>5.1</b>	<b>3.8</b>	<b>9.9</b>	<b>26</b>	<b>과중, 경도</b>
17-ST-11	직립형	강	장원추	20.1	3.8	2.7	10.1	19	
17-ST-12	반개장	강	원추	20.6	3.8	3.2	10.7	20	
17-ST-13	직립형	중	난형	21.5	3.4	3.1	10.8	22	
17-ST-14	반개장	강	원추	21.4	3.5	2.9	8.4	21	
17-ST-15	개장형	약	원추	21.8	4.4	3.1	9.9	20	
17-ST-16	직립형	약	장원추	19.6	4.5	3.1	10.3	22	
17-ST-17	반개장	강	장원추	21.4	3.9	2.8	10.8	24	
17-ST-18	개장형	강	장원추	21.3	4.5	3.2	9.7	21	
<b>17-ST-19</b>	<b>개장형</b>	<b>중</b>	<b>원추</b>	<b>22.7</b>	<b>3.8</b>	<b>3.2</b>	<b>11.4</b>	<b>22</b>	<b>과중, 당도</b>
17-ST-20	반개장	강	장원추	19.8	4.6	3.3	10.8	22	
17-BT-1	개장형	강	장원추	20.1	3.7	2.8	9.2	19	
17-BT-2	직립형	중	장원추	21.5	4.7	3.5	9.6	20	
17-BT-3	반개장	약	원추	18.3	3.2	2.8	10.8	20	
17-BT-4	개장형	약	원추	21.5	3.9	3.0	9.9	22	
<b>17-BT-5</b>	<b>반개장</b>	<b>중</b>	<b>장원추</b>	<b>22.1</b>	<b>4.9</b>	<b>3.2</b>	<b>12.9</b>	<b>24</b>	<b>과중, 당도</b>
17-BT-6	직립형	강	원추	18.9	3.2	2.6	8.4	24	
17-BT-7	반개장	중	원추	21.4	3.8	3.0	9.3	23	
17-BT-8	직립형	강	장원추	19.2	3.4	2.8	11.3	19	
17-BT-9	직립형	중	원추	19.3	4.1	3.3	9.6	21	
17-BT-10	반개장	중	원추	21.1	4.3	3.6	9.7	22	
17-BT-11	직립형	강	원추	19.0	3.3	2.6	10.5	21	
17-BT-12	직립형	강	원추	19.6	4.1	3.4	10.8	20	
<b>17-BT-13</b>	<b>개장형</b>	<b>중</b>	<b>장원추</b>	<b>22.4</b>	<b>5.1</b>	<b>3.7</b>	<b>12.7</b>	<b>22</b>	<b>과중, 당도</b>
17-BT-14	반개장	약	장원추	21.3	4.4	3.2	9.9	25	
17-BT-15	직립형	중	원추	21.2	4.1	3.7	9.4	21	
17-BT-16	반개장	중	원추	19.8	3.2	2.5	9.7	22	
17-BT-17	개장형	강	장원추	20.1	4.8	3.0	11.0	21	
17-BT-18	개장형	강	원추	19.5	3.4	2.8	9.8	19	
17-BT-19	직립형	중	원추	18.3	3.7	3.2	7.6	20	
17-BT-20	개장형	중	원추	24.5	3.8	3.3	9.1	21	

계통번호	초형	초세	과형	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	선발특성
17-AT-1	직립형	중	원추	18.5	3.8	3.2	11.4	17	
17-AT-2	반개장	중	장원추	19.8	4.5	3.3	12.6	24	
17-AT-3	개장형	중	난형	16.7	3.5	3.2	10.1	23	
17-AT-4	반개장	중	장원추	18.4	4.2	3.4	10.4	21	
17-AT-5	직립형	강	원추	19.4	3.9	2.8	9.5	24	
17-AT-6	반개장	약	원추	18.8	3.4	2.8	10.7	23	
17-AT-7	직립형	강	장원추	21.2	4.7	3.3	10.2	25	
17-AT-8	직립형	강	원추	20.5	4.2	3.6	12.3	22	
17-AT-9	반개장	중	원추	19.9	3.8	3.1	8.8	21	
17-AT-10	직립형	중	장원추	18.7	4.8	3.0	10.1	23	
17-AT-11	직립형	중	원추	18.8	3.7	3.2	11.3	24	
17-AT-12	개장형	중	원추	21.5	4.2	3.8	9.1	22	
<b>17-AT-13</b>	<b>반개장</b>	<b>약</b>	<b>난형</b>	<b>18.4</b>	<b>3.4</b>	<b>3.1</b>	<b>12.2</b>	<b>28</b>	<b>경도</b>
17-AT-14	직립형	강	난형	19.8	3.2	3.0	11.0	22	
17-AT-15	반개장	중	장원추	20.8	4.7	3.4	10.2	17	
17-AT-16	개장형	강	원추	21.1	3.7	3.1	9.5	21	
17-AT-17	개장형	약	난형	18.6	3.5	3.2	9.1	21	
17-AT-18	직립형	약	장원추	21.5	5.2	3.1	10.2	23	
17-AT-19	개장형	강	원추	21.4	3.7	3.1	11.6	20	
17-AT-20	개장형	중	원추	21.0	3.8	3.1	9.9	18	
17-RS-1	개장형	중	장원추	20.6	4.4	3.3	10.2	21	
17-RS-2	개장형	강	원추	18.4	3.7	3.4	8.7	21	
<b>17-RS-3</b>	<b>개장형</b>	<b>중</b>	<b>원추</b>	<b>20.3</b>	<b>3.8</b>	<b>3.2</b>	<b>12.1</b>	<b>27</b>	<b>경도</b>
<b>17-RS-4</b>	<b>개장형</b>	<b>강</b>	<b>원추</b>	<b>22.2</b>	<b>4.2</b>	<b>3.7</b>	<b>11.7</b>	<b>23</b>	<b>과중, 당도</b>
17-RS-5	개장형	강	장원추	19.8	5.2	2.9	10.1	21	
17-RS-6	반개장	강	원추	20.1	4.5	3.3	10.4	19	
17-RS-7	반개장	중	원추	20.2	3.7	3.3	10.1	24	
17-RS-8	직립형	중	난형	19.3	3.7	3.3	8.5	20	
17-RS-9	직립형	중	원추	20.5	3.9	3.1	12.9	21	
17-RS-10	반개장	강	원추	21.1	3.7	3.0	11.4	21	
17-RS-11	직립형	중	난형	18.9	3.5	3.0	10.8	25	
17-RS-12	반개장	약	원추	21.4	3.1	2.8	7.3	21	
17-RS-13	개장형	약	원추	19.2	3.6	2.9	8.6	21	
17-RS-14	직립형	강	원추	19.3	3.6	3.1	9.2	23	
17-RS-15	반개장	중	원추	20.1	4.2	3.4	8.8	20	
17-RS-16	직립형	중	원추	19.0	3.8	3.1	10.1	22	
<b>17-RS-17</b>	<b>개장형</b>	<b>강</b>	<b>장원추</b>	<b>22.7</b>	<b>4.5</b>	<b>3.2</b>	<b>12.5</b>	<b>21</b>	<b>과중, 당도</b>
17-RS-18	반개장	중	원추	20.5	3.8	3.3	10.1	21	
17-RS-19	직립형	중	원추	18.3	4.1	3.4	10.6	19	
17-RS-20	반개장	약	원추	21.5	4.4	3.0	7.7	20	

계통번호	초형	초세	과형	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	선발특성
17-RT-1	반개장	중	원추	18.7	3.6	3.3	10.2	22	
17-RT-2	직립형	중	원추	19.9	4.1	3.5	10.2	24	
17-RT-3	반개장	강	원추	20.5	4.0	3.4	10.5	23	
17-RT-4	개장형	약	장원추	21.2	4.2	3.1	11.3	24	
17-RT-5	반개장	강	장원추	20.8	4.8	3.3	9.1	25	
17-RT-6	개장형	강	원추	19.7	3.7	3.1	10.1	22	
<b>17-RT-7</b>	<b>반개장</b>	<b>약</b>	<b>원추</b>	<b>19.8</b>	<b>4.2</b>	<b>3.4</b>	<b>11.2</b>	<b>26</b>	<b>경도</b>
17-RT-8	직립형	약	원추	20.7	4.0	3.3	9.7	19	
17-RT-9	반개장	강	원추	21.4	4.2	3.2	11.4	18	
17-RT-10	직립형	강	원추	19.8	3.9	3.3	10.5	21	
17-RT-11	직립형	중	장원추	20.1	5.1	3.0	10.1	24	
17-RT-12	개장형	강	원추	18.3	3.5	2.9	11.2	20	
17-RT-13	개장형	약	장원추	17.5	3.2	2.7	10.1	24	
<b>17-RT-14</b>	<b>반개장</b>	<b>약</b>	<b>장원추</b>	<b>19.8</b>	<b>4.7</b>	<b>3.3</b>	<b>9.8</b>	<b>26</b>	<b>경도</b>
17-RT-15	개장형	강	원추	17.8	3.7	3.2	10.1	21	
17-RT-16	반개장	강	장원추	19.8	4.5	3.0	11.2	24	
17-RT-17	개장형	중	장원추	20.7	5.3	3.3	9.3	23	
17-RT-18	반개장	강	원추	18.9	3.7	3.0	9.8	22	
17-RT-19	직립형	강	원추	17.2	3.6	2.8	11.1	19	
17-RT-20	반개장	중	원추	18.8	3.7	3.2	11.3	22	
17-RB-1	개장형	약	원추	18.6	3.7	3.1	10.1	23	
17-RB-2	개장형	약	장원추	20.1	5.4	3.0	10.2	24	
17-RB-3	반개장	중	원추	15.6	3.8	3.2	10.9	23	
17-RB-4	반개장	강	장원추	20.4	5.0	3.4	10.2	24	
17-RB-5	개장형	중	원추	20.5	4.3	3.2	8.5	22	
17-RB-6	반개장	강	장원추	21.4	4.8	3.1	11.4	24	
17-RB-7	직립형	중	원추	17.8	3.7	3.2	10.2	22	
17-RB-8	반개장	중	원추	21.9	3.8	2.9	8.7	21	
17-RB-9	반개장	강	원추	20.1	3.7	3.1	7.9	22	
<b>17-RB-10</b>	<b>반개장</b>	<b>강</b>	<b>장원추</b>	<b>20.9</b>	<b>5.2</b>	<b>3.4</b>	<b>11.2</b>	<b>26</b>	<b>과중, 경도</b>
17-RB-11	반개장	중	장원추	21.2	4.4	2.9	10.5	21	
<b>17-RB-12</b>	<b>반개장</b>	<b>약</b>	<b>원추</b>	<b>17.8</b>	<b>3.2</b>	<b>2.9</b>	<b>10.3</b>	<b>28</b>	<b>경도</b>
17-RB-13	반개장	중	원추	19.6	4.2	3.1	10.7	21	
17-RB-14	개장형	중	난형	18.1	3.7	3.4	8.9	23	
17-RB-15	반개장	강	장원추	19.8	4.7	2.8	9.4	17	
17-RB-16	개장형	강	장원추	20.4	5.2	3.3	10.7	21	
17-RB-17	반개장	중	원추	20.5	3.7	3.0	10.9	24	
17-RB-18	직립형	중	원추	21.4	4.2	3.9	10.8	17	
17-RB-19	반개장	중	원추	17.3	4.0	3.6	10.7	22	
17-RB-20	개장형	강	장원추	20.5	4.7	3.5	10.5	18	

과실 특성을 기준으로 전체 10조합 200주 중에서 목적형질이 우수한 24개체를 선발하였다. 선발 기준은 경도가 25 이상이고 당도와 과중이 각각 11.5°Brix와 20g 이상인 계통을 대상으로 하였다. 경도가 우수한 계통은 17-MS-8 등 12계통, 당도와 경도가 우수한 1계통(17-MS-6), 과중과 경도가 우수한 17-MT-4 등 5계통, 과중과 당도가 우수한 17-MT-15 등 6계통을 선발하였다. 선발된 우수계통은 2018년에 개체를 증식하여 초형과 초세를 재검정하고 과실 특성과 생산력 검정을 할 계획이다.

표 4는 우량계통의 생육특성을 분석한 결과이다. 정식 후 30일된 우량계통의 생육특성을 조사한 결과 초형은 직립형, 개장형 및 반개장형으로 분포하였는데, 대체로 직립형이 초세가 강한 것으로 판단되었으며 반개장형은 다소 약한 경향을 보였다. 엽장은 10.1~12.5cm의 범위에, 엽폭은 5.4~12.5cm의 범위에, 엽병장은 10.2~13.8cm의 범위에 분포하였다. 직립형과 개장형은 엽장, 엽폭 및 엽병장이 반개장형보다는 다소 큰 경향을 보였는데, 이러한 초형에 따른 잎의 특성이 과실 특성과 생산성에 미치는 영향을 분석할 필요성이 있을 것으로 판단되었다.

표 4. 우량계통의 생육특성

계통번호	초형	초세	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽병장(cm)
17-MS-6	직립형	강	12.3±2.7	6.5±1.2	13.5±2.8
17-MS-8	개장형	중	11.6±3.1	5.8±0.7	11.3±2.1
17-MS-19	개장형	중	10.8±2.6	5.4±0.6	12.4±1.7
17-MT-4	직립형	강	11.5±3.4	7.2±1.4	14.2±3.1
17-MT-8	직립형	강	12.4±1.8	6.3±1.0	13.8±1.2
17-MT-12	반개장	약	10.8±2.5	5.7±1.2	10.7±2.6
17-MT-16	개장형	중	11.4±3.4	6.6±0.8	11.6±1.5
17-MT-20	반개장	중	10.1±2.7	6.0±0.7	11.3±1.7
17-MR-7	개장형	중	11.7±2.4	6.7±1.1	12.1±1.3
17-ST-10	직립형	강	12.5±3.5	7.2±1.6	13.6±2.6
17-AT-13	반개장	약	11.0±3.1	6.3±0.8	10.8±0.8
17-RS-3	개장형	강	12.3±2.8	6.9±0.9	11.5±1.2
17-RT-7	반개장	약	10.3±2.3	6.4±1.1	10.7±2.4
17-RT-14	반개장	약	10.8±2.7	6.7±0.5	10.2±1.1

\* M; Maehyang, S; Seolhyang, T; Tochiotome, R; Redpearl, A; Akihime

표 5는 우량계통의 과실특성을 분석한 결과인데, 과형은 원추형이 7계통, 심장형이 6계통, 난형이 1계통으로 분석되었다. 과중은 계통에 따라 17.3~21.5g 사이에 분포하였는데, 20g 이상인 계통은 17-MS-19 등 4계통이었다. 과장은 3.0~4.8cm의 범위에, 과폭은 2.7~3.7cm의 범위에 분포하였다. 과실의 당도는 계통에 따라 9.2~12.1 Brix로 분포하였으며, 과실 경도는 17~28g/mm<sup>2</sup>으로 계통간에 차이가 있었다. 이러한 과실의 특성을 고려하고 경도가 25g/mm<sup>2</sup> 이상인 17-MT-4, 17-MT-16 및 17-MR-7 계통을 고경도 계통으로 선발하였으며 최종적으로 5년차에 생산성 검정을 수행할 계획이다.

표 5. 우량 계통의 과실특성

계통번호	과형	화방	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )
17-MS-6	원추	1	19.1±1.4	3.4±0.2	3.0±0.2	11.4±1.5	21±4
		2	18.4±0.8	3.0±0.4	3.1±0.5	10.1±1.0	18±6
		3	20.5±1.3	3.5±0.4	3.4±1.7	9.8±1.2	17±7
		평균	<b>19.3±1.1</b>	<b>3.3±0.4</b>	<b>3.2±0.6</b>	<b>10.4±0.9</b>	<b>19±5</b>
17-MS-8	원추	1	18.4±1.5	3.6±0.4	3.2±0.3	12.1±1.7	23±2
		2	17.3±1.2	3.7±0.6	3.1±0.8	10.2±0.8	19±5
		3	18.8±2.1	3.2±1.0	2.7±0.6	11.5±1.2	20±3
		평균	<b>18.2±1.5</b>	<b>3.5±0.6</b>	<b>3.0±0.5</b>	<b>11.3±1.4</b>	<b>20±3</b>
17-MS-19	심장형	1	20.3±1.0	4.5±0.6	3.3±0.3	11.7±0.8	22±2
		2	19.6±1.4	4.2±1.1	3.0±0.7	10.6±1.2	18±3
		3	21.4±2.2	4.7±1.6	3.8±1.3	10.2±1.1	20±3
		평균	<b>20.4±1.5</b>	<b>4.5±1.3</b>	<b>3.4±1.8</b>	<b>10.8±1.0</b>	<b>20±3</b>
17-MT-4	심장형	1	19.2±1.4	4.7±0.8	3.2±0.3	10.8±1.3	27±6
		2	20.4±0.8	4.5±1.2	3.5±0.6	9.8±0.9	24±3
		3	20.6±1.2	4.4±0.5	3.6±1.1	11.2±2.0	24±5
		평균	<b>20.1±1.0</b>	<b>4.5±0.7</b>	<b>3.4±0.6</b>	<b>10.6±1.4</b>	<b>25±4</b>
17-MT-8	원추	1	18.7±0.6	3.5±0.4	3.3±0.4	10.5±0.6	25±5
		2	20.1±1.2	3.4±0.8	3.5±1.0	11.2±0.8	22±5
		3	19.8±1.5	3.6±0.7	3.4±0.9	10.1±1.2	20±3
		평균	<b>19.5±1.3</b>	<b>3.5±0.5</b>	<b>3.4±0.6</b>	<b>10.6±0.7</b>	<b>22±5</b>
17-MT-12	심장형	1	17.6±1.5	4.2±0.4	3.5±0.4	12.3±1.8	23±5
		2	18.4±1.0	3.9±1.1	3.2±0.7	10.5±2.1	18±4
		3	19.6±2.0	4.5±0.8	3.6±0.3	10.7±1.2	19±5
		평균	<b>18.5±1.5</b>	<b>4.2±0.7</b>	<b>3.4±0.5</b>	<b>11.2±1.4</b>	<b>20±5</b>
17-MT-16	원추	1	18.8±1.2	3.6±0.6	3.4±0.4	10.8±0.4	27±2
		2	20.7±1.4	3.3±1.0	3.5±0.9	9.7±0.6	23±4
		3	19.3±0.8	3.4±0.5	3.6±1.1	9.2±0.8	25±5
		평균	<b>19.6±0.9</b>	<b>3.4±0.8</b>	<b>3.5±0.6</b>	<b>9.9±0.5</b>	<b>25±4</b>
17-MT-20	원추	1	17.4±1.8	3.7±0.3	3.3±0.2	11.6±1.2	24±2
		2	18.6±0.7	3.4±0.8	3.5±0.5	10.2±0.9	19±3
		3	19.2±1.1	3.5±0.4	3.4±0.7	9.7±0.5	20±3
		평균	18.4±1.2	3.5±0.5	3.4±0.4	10.5±1.1	22±3
17-MR-7	심장형	1	21.5±2.0	4.2±0.5	3.4±0.3	10.3±0.5	28±3
		2	20.3±1.5	4.3±0.8	3.3±0.6	11.2±1.1	24±4
		3	19.8±1.2	4.0±0.4	3.2±1.1	9.8±0.6	25±4
		평균	<b>20.5±1.6</b>	<b>4.2±0.6</b>	<b>3.3±0.4</b>	<b>10.4±0.8</b>	<b>26±4</b>
17-ST-10	심장형	1	19.6±1.8	4.8±1.0	3.7±0.3	11.2±1.7	25±7
		2	20.3±0.5	4.5±1.3	3.5±0.7	10.4±0.8	21±5
		3	18.9±1.3	4.2±0.7	3.3±1.0	9.8±1.2	22±4
		평균	<b>19.6±1.2</b>	<b>4.5±0.8</b>	<b>3.5±0.5</b>	<b>10.5±1.4</b>	<b>23±5</b>

계통번호	과형	화방	과중 (g)	과장 (cm)	과폭 (cm)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )
17-AT-13	난형	1	17.2±0.7	3.5±0.3	3.4±0.5	10.8±0.4	21±5
		2	18.7±1.2	3.3±0.8	3.6±1.0	9.7±0.6	19±3
		3	18.4±1.1	3.3±0.6	3.5±0.8	8.8±0.5	21±3
		평균	<b>18.1±1.3</b>	<b>3.4±0.5</b>	<b>3.5±0.7</b>	<b>9.8±0.5</b>	<b>20±4</b>
17-RS-3	원추	1	18.6±1.2	3.6±0.4	3.3±0.3	11.7±1.6	20±7
		2	19.4±0.8	3.5±0.2	3.6±1.2	10.3±0.6	19±4
		3	19.2±0.6	3.4±0.5	3.3±0.8	10.6±1.3	19±5
		평균	<b>19.1±0.9</b>	<b>3.5±0.4</b>	<b>3.4±0.8</b>	<b>10.9±1.2</b>	<b>19±6</b>
17-RT-7	원추	1	20.5±0.6	3.8±0.4	3.5±0.3	10.9±1.1	22±2
		2	19.8±1.1	3.6±0.6	3.7±0.8	9.9±0.4	20±4
		3	19.6±0.5	3.5±1.1	3.4±1.3	10.2±0.8	19±4
		평균	<b>20.0±0.7</b>	<b>3.6±0.8</b>	<b>3.5±0.6</b>	<b>10.3±0.9</b>	<b>20±3</b>
17-RT-14	심장형	1	17.3±1.4	4.5±0.6	3.6±0.2	11.4±0.7	24±4
		2	19.7±0.5	4.7±0.8	3.5±1.0	9.8±0.5	21±3
		3	19.2±0.7	4.4±0.5	3.3±0.8	9.9±0.3	22±3
		평균	<b>18.7±0.8</b>	<b>4.5±0.6</b>	<b>3.5±0.7</b>	<b>10.4±0.5</b>	<b>22±3</b>

흰딸기 품종인 파인베리를 모본으로 하고 매향, 설향 및 육보를 각각 부분으로 하여 교배 조합을 작성하였는데, 파인베리와 매향(18-PM) 조합에서는 370립의 종자를 채종하여 파종한 결과 96립이 발아하여 실생 96개체를 얻었다. 파인베리와 설향(18-PS) 조합에서는 540립을 채종하여 파종한 결과 77립이 발아하였다(표 6). 파인베리와 육보의 교배조합에서는 종자를 채종하지 못하였다. 발아된 교배조합에서 얻어진 실생묘는 가식 등의 과정을 거쳐 최종적으로 18-PM 계통과 18-PS 계통은 각각 84개체와 68개체를 재배 중에 있으며 5년차에는 과색 등 과실 특성을 분석하여 흰딸기 계통을 선발할 계획이다.

표 6. 흰딸기 품종 육성을 위한 교배조합 작성

교배조합	계통번호	채종(립)	파종(립)	발아
파인베리/매향(Pineberry/Maehyang)	18-PM	370	370	96
파인베리/설향(Pineberry/Seolhyang)	18-PS	540	540	77
파인베리/육보(Pineberry/Redpearl)	18-PR	-	-	-

표 7은 과실의 경도를 기준으로 수출용으로 최종적으로 선발된 우량계통의 생육특성을 조사한 결과인데, 초형은 직립형이 1계통, 개장형이 2계통으로 초세는 직립형은 다소 강한 편이고 개장형은 중간 수준을 보였다. 엽장은 10.7~12.3cm의 범위에, 엽폭은 5.9~7.3cm의 범위에, 엽병장은 11.8~15.1cm의 범위에 분포하였다. 직립형은 엽장과 엽병장이 개장형보다 큰 경향을 보였고 엽폭은 초형에 따른 경향치는 없었다.



표 7. 우량계통의 생육특성

계통번호	초형	초세	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽병장(cm)
17-MT-4	직립형	강	12.7±2.1	7.3±1.6	15.1±4.6
17-MT-16	개장형	중	10.9±4.2	6.3±1.2	12.0±1.8
17-MR-7	개장형	중	10.3±3.1	6.2±1.7	11.8±2.2

\* M; Maehyang, T; Tochiotome, R; Redpearl

표 8은 최종적으로 선발한 우량계통의 과실특성과 수량을 조사한 결과인데, 평균과중은 계통에 따라 19.4~19.75g 사이에 분포하였는데, 화방에 따른 차이는 있었지만 통계적 유의성은 없었다. 선발된 17-MT-4 계통은 과형이 심장형으로 3화방까지의 수량은 주당 156.5g, 17-MT-16 계통은 과형이 원추형으로 수량은 주당 154.9g, 17-MR-7 계통은 과형이 심장형으로 주당 수량이 157.8g이었다. 선발된 계통의 과실 당도는 9.7-10.1°Brix 였으며 경도는 20-23g/mm<sup>2</sup>으로 나타났는데, 17-MT-16 계통이 가장 높았다. 선발된 3계통은 차년도에 협동과제를 수행 중인 진주팜에서 생산력 검정을 실시하여 수출용 고경도 딸기 품종으로서의 가능성을 검토하고자 한다.

표 8. 우량 계통의 수량과 과실특성

계통번호	과형	화방	과중 (g)	수량 (g/주)	당도 (°Brix)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )
17-MT-4	심장형	1	18.3±0.7	146.4±7.3	9.8±0.6	22±4
		2	20.6±1.7	164.8±10.6	10.4±1.2	20±3
		3	19.8±1.2	158.4±8.7	10.2±0.8	19±3
		평균	19.6±2.3	156.5±10.2	10.1±1.3	20±4
17-MT-16	원추형	1	19.2±1.4	153.6±6.4	9.6±0.4	24±3
		2	18.5±0.8	148.0±9.6	10.1±0.9	22±5
		3	20.4±2.1	163.2±10.3	10.7±1.3	22±2
		평균	19.4±1.8	154.9±10.5	10.1±1.4	23±5
17-MR-7	심장형	1	20.7±1.8	165.6±7.8	10.5±1.3	23±3
		2	19.6±2.7	156.8±10.5	9.7±1.0	21±4
		3	18.9±2.2	151.2±9.2	8.9±0.8	20±3
		평균	19.7±2.5	157.8±11.2	9.7±1.1	21±3

흰딸기 품종을 육성하고자 파인베리와 매향 또는 설향 품종을 이용한 교배조합의 계통별 생육 및 과실 특성을 조사하였다(표 9). 흰딸기 품종인 파인베리를 모본으로 하고 매향을 부분으로 하여 얻어진 실생 (18-PM) 조합에서는 370립의 종자를 채종하여 파종한 결과 96립이 발아하였으나 최종적으로 84 개체를 재배하여 특성 검정을 하였으며. 파인베리와 설향(18-PS) 조합에서는 540립을 채종하여 파종한 결과 77립이 발아하였으나 68개체를 재배하여 특성을 검정하였다. 과색이 분홍색인 5계통을 선발하였는데(그림 1), 직립형이 3계통, 개장형이 2계통으로 과형은 심장형이 3계통, 마름모형과 난형이 각각 1계통이었다. 과중은 8.6-13.2g으로 비교적 작았는데, 이는 1년생 실생에서 측정한 결과이므로 육묘를 통하여 계통별로 개체수를 늘려서 차년도에 다시 검정할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

표 9. 흰딸기 품종 육성을 위한 교배조합의 계통별 생육 및 과실 특성

교배 조합	계통 번호	초형	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	과형	과중 (g)	당도 (°Bx)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과색
18-PM	1	반개장	5.2	4.0	5.3	원추형	7.3	9.7	12	적
	2	반개장	5.3	5.2	6.0	원추형	5.7	8.6	16	적
	3	반개장	5.3	5.5	8.0	원추형	3.4	10.8	15	적
	4	반개장	7.0	5.5	10.0	원추형	4.8	9.6	18	적
	5	직립형	10.0	8.8	16.0	심장형	7.6	10.8	17	적
	6	직립형	7.7	9.7	12.0	심장형	8.8	9.3	19	적
	7	개장형	6.9	6.0	4.0	심장형	5.2	9.2	19	적
	8	직립형	8.0	7.0	11.2	심장형	5.1	10.4	18	적
	9	직립형	5.5	4.0	11.3	심장형	8.7	9.6	17	적
	10	직립형	7.8	6.5	10.3	심장형	9.7	10.4	16	적
	11	직립형	9.0	6.5	10.0	원추형	10.6	7.5	18	적
	12	반개장	7.0	5.0	7.6	난형	9.3	9.3	15	적
	13	직립형	9.0	8.3	11.0	심장형	10.2	9.5	18	적
	14	직립형	8.0	6.5	14.3	원추형	9.4	10.2	19	적
	15	직립형	7.5	6.8	12.8	난형	15.8	8.9	16	적
	16	반개장	3.0	2.8	2.7	난형	18.2	9.6	15	적
	17	반개장	5.0	4.5	8.0	원통형	6.4	9.4	16	적
	18	직립형	5.7	4.8	15.8	난형	7.1	10.9	17	적
	19	직립형	7.0	6.5	11.0	심장형	8.8	8.8	17	적
	20	반개장	6.0	5.0	5.0	난형	12.3	9.3	18	적
	21	직립형	<b>7.0</b>	<b>5.8</b>	<b>18.5</b>	<b>심장형</b>	<b>8.6</b>	<b>12.4</b>	<b>19</b>	<b>분홍</b>
	22	반개장	6.5	6.0	7.5	심장형	8.8	9.1	18	적
	23	직립형	8.2	6.0	15.0	심장형	6.5	8.7	20	적
	24	직립형	8.8	6.8	15.8	난형	11.3	9.5	17	적
	25	직립형	8.4	7.0	17.5	원추형	19.9	9.8	17	적
	26	개장형	5.5	5.0	9.0	심장형	8.5	10.2	18	적
	27	직립형	10.3	8.0	13.0	심장형	17.3	10.6	15	적
	28	개장형	5.0	4.0	7.2	원추형	9.3	8.9	18	적
	29	반개장	5.7	4.5	8.4	원추형	9.6	9.5	19	적
	30	개장형	5.0	4.4	4.0	원추형	7.6	8.9	16	적
	31	반개장	4.6	4.5	6.2	원추형	7.7	10.3	17	적
	32	직립형	10.2	9.0	13.5	원추형	5.2	10.6	18	적
	33	개장형	7.0	7.0	6.3	심장형	8.5	10.2	18	적
	34	직립형	9.0	7.2	15.0	난형	7.5	8.7	19	적
	35	직립형	6.0	5.5	10.0	난형	7.7	9.2	20	적

교배 조합	계통 번호	초형	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	과형	과중 (g)	당도 (°Bx)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과색
18-PM	36	직립형	6.0	5.5	8.0	난형	8.5	9.3	18	적
	37	반개장	6.7	5.0	11.0	심장형	7.8	9.8	18	적
	38	개장형	9.5	8.0	7.3	난형	9.5	10.3	17	적
	39	직립형	8.0	6.7	13.5	난형	9.7	10.1	19	적
	40	개장형	5.0	5.0	3.0	원추형	10.3	9.8	20	적
	41	반개장	8.0	7.5	8.6	원추형	11.5	8.4	17	적
	42	직립형	8.5	7.5	10.2	원추형	18.7	9.4	18	적
	43	반개장	5.7	5.5	6.0	심장형	6.5	9.7	16	적
	44	개장형	8.0	6.8	8.0	난형	10.4	9.2	18	적
	45	개장형	6.0	6.4	9.0	난형	9.5	9.3	18	적
	46	개장형	4.7	4.0	6.5	심장형	5.8	10.2	19	적
	47	직립형	8.3	6.0	15.0	심장형	12.4	8.	16	적
	48	직립형	8.0	6.6	10.5	난형	13.8	9.2	17	적
	49	개장형	7.5	7.5	6.3	원추형	17.2	8.4	18	적
	50	직립형	12.0	8.6	16.8	원통형	8.8	12.1	18	적
	51	반개장	7.5	6.0	9.5	난형	10.3	9.5	19	적
	52	개장형	9.7	8.0	6.2	난형	5.4	8.3	17	적
	53	직립형	10.5	7.0	18.2	심장형	7.6	8.6	17	적
	54	반개장	6.3	5.5	3.7	심장형	13.7	7.5	17	적
	55	직립형	11.0	9.0	10.0	원형	15.2	7.4	18	적
	56	직립형	8.2	6.5	12.0	심장형	8.5	6.3	19	적
	57	직립형	5.3	5.0	10.3	원추형	8.7	8.9	18	적
	58	개장형	6.5	5.5	6.0	난형	7.5	8.4	18	적
	59	개장형	8.0	7.0	13.3	심장형	7.3	9.6	18	적
	60	반개장	6.5	5.0	8.3	심장형	6.6	10.2	17	적
	61	개장형	5.6	5.0	4.3	심장형	13.2	9.7	17	적
	62	반개장	7.5	7.0	8.8	난형	14.4	8.8	18	적
	63	반개장	7.8	7.0	8.2	원추형	8.9	11.6	16	적
	64	직립형	7.0	7.0	12.0	원추형	5.6	9.6	21	적
	65	직립형	10.0	7.0	17.5	원추형	6.3	9.2	18	적
66	반개장	4.8	4.5	4.0	원추형	15.3	9.4	19	적	
67	직립형	8.0	6.5	12.4	난형	10.1	9.5	19	적	
68	반개장	6.5	5.0	8.5	심장형	9.3	8.9	18	적	
69	개장형	7.6	6.5	6.7	난형	8.7	10.7	18	적	
70	직립형	9.0	9.2	18.4	심장형	10.6	13.1	17	분홍	

교배 조합	계통 번호	초형	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	과형	과중 (g)	당도 (°Bx)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과색
18-PM	71	직립형	6.0	5.0	12.0	심장형	10.4	9.3	18	적
	72	개장형	7.0	6.0	4.0	심장형	7.3	8.1	18	적
	73	직립형	7.4	6.5	16.0	심장형	8.8	8.6	19	적
	74	직립형	8.2	6.0	14.0	원푸형	7.4	8.3	20	적
	75	반개장	5.5	5.0	7.0	난형	11.5	12.3	17	적
	76	직립형	10.0	7.0	12.3	난형	15.7	10.9	18	적
	77	직립형	7.8	6.5	11.0	원추형	5.8	8.4	19	적
	78	개장형	6.5	6.0	4.5	심장형	9.5	8.8	19	적
	79	반개장	7.0	5.5	10.5	심장형	5.2	9.5	19	적
	80	반개장	7.0	6.8	6.5	심장형	14.8	10.3	17	적
	81	직립형	10.5	7.2	13.3	심장형	17.4	11.0	19	적
	82	직립형	6.0	5.8	10.3	난형	7.7	9.6	19	적
	83	직립형	7.7	6.0	19.8	심장형	9.2	8.5	18	적
	84	반개장	6.0	5.0	7.5	난형	9.4	7.3	18	적
18-PS	1	반개장	9.0	7.5	9.4	원추형	27.9	8.5	15	적
	2	직립형	8.7	7.5	12.0	원추형	8.3	11.5	18	적
	3	반개장	7.5	6.0	7.3	원추형	7.6	10.3	18	적
	4	개장형	<b>5.6</b>	<b>5.4</b>	<b>7.5</b>	<b>마름모</b>	<b>8.7</b>	<b>13.5</b>	<b>18</b>	<b>분홍</b>
	5	직립형	9.6	7.5	14.5	원추형	5.2	9.2	19	적
	6	직립형	12.0	11.0	12.2	난형	8.5	8.7	18	적
	7	반개장	8.3	7.2	10.7	난형	14.4	10.3	19	적
	8	반개장	6.0	6.0	6.2	심장형	15.6	11.0	19	적
	9	반개장	7.0	6.2	11.0	원추형	16.2	10.5	17	적
	10	직립형	8.0	6.3	15.5	원추형	7.6	9.7	20	적
	11	개장형	5.5	5.0	4.5	원추형	10.3	8.8	18	적
	12	개장형	7.5	6.5	5.8	원추형	10.7	10.5	18	적
	13	개장형	7.5	6.0	7.0	난형	14.3	10.1	17	적
	14	직립형	11.5	9.0	17.8	난형	15.0	9.2	18	적
	15	직립형	7.5	6.5	10.6	원추형	15.3	8.3	18	적
	16	반개장	9.0	7.5	8.3	심장형	15.8	9.6	19	적
	17	직립형	9.7	7.4	12.0	원추형	13.2	10.2	19	적
	18	반개장	5.8	5.0	5.9	원추형	14.7	7.2	17	적
	19	반개장	7.6	7.0	9.6	난형	8.5	11.3	18	적
	20	개장형	7.5	6.4	4.8	난형	15.7	9.4	20	적
	21	직립형	8.2	7.0	8.5	원추형	13.4	9.5	18	적
	22	개장형	8.0	6.5	6.2	원추형	12.6	10.6	18	적
	23	반개장	8.3	7.4	9.8	심장형	16.5	10.1	19	적

교배 조합	계통 번호	초형	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	과형	과중 (g)	당도 (°Bx)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과색
18-PS	24	개장형	5.7	5.8	6.9	원추형	14.7	5.5	19	적
	25	반개장	7.5	6.0	8.8	원추형	6.4	7.8	19	적
	26	개장형	7.5	6.0	4.0	난형	7.8	8.6	18	적
	27	직립형	8.5	7.4	13.0	난형	15.2	9.7	19	적
	28	직립형	6.5	7.0	9.6	난형	17.4	9.2	18	적
	29	반개장	8.0	7.0	9.3	심장형	10.8	9.4	19	적
	30	직립형	9.7	8.2	19.8	원추형	13.3	9.4	20	적
	31	반개장	10.8	7.6	10.8	심장형	10.5	9.1	20	적
	32	반개장	3.6	3.5	8.4	원추형	6.8	10.2	21	적
	33	직립형	9.5	7.0	15.0	원추형	9.4	12.4	19	적
	34	직립형	9.0	6.5	9.8	원추형	7.8	10.5	19	적
	35	개장형	7.0	6.3	6.4	원추형	10.5	6.2	18	적
	36	직립형	8.4	8.0	11.5	원추형	5.7	8.5	21	적
	37	반개장	7.0	5.3	4.5	난형	8.4	10.9	18	적
	38	반개장	8.7	6.4	9.6	난형	9.8	9.6	18	적
	39	직립형	11.0	9.0	12.8	난형	9.6	10.7	19	적
	40	직립형	8.5	7.5	11.6	원추형	18.4	10.1	18	적
	41	직립형	8.5	8.2	14.5	원추형	15.3	8.8	18	적
	42	직립형	10.5	7.5	15.6	원추형	6.3	11.6	19	적
	43	직립형	8.6	7.0	16.2	원추형	9.7	9.5	19	적
	44	반개장	7.0	5.3	9.6	심장형	22.9	8.9	15	적
	45	직립형	9.6	7.5	10.8	난형	10.5	8.8	18	적
	46	반개장	8.9	8.0	7.7	난형	14.3	8.6	19	적
	47	직립형	4.5	4.0	3.2	난형	12.5	9.3	19	적
	48	직립형	9.6	7.5	13.0	난형	10.5	10.2	19	적
	49	반개장	7.6	6.4	12.7	원추형	16.3	11.0	18	적
	50	개장형	8.7	7.6	8.0	원추형	12.1	8.4	18	적
	51	개장형	3.3	3.0	3.5	원추형	8.9	7.6	19	적
	52	개장형	5.6	4.7	7.0	원추형	18.6	9.2	19	적
	53	개장형	7.7	5.5	7.0	원추형	23.4	9.6	16	적
	54	직립형	11.5	10.6	16.0	심장형	13.2	9.6	17	적
	55	직립형	10.3	7.5	12.8	난형	9.2	8.2	19	적
	56	개장형	8.0	7.0	8.6	심장형	13.2	11.4	17	분홍
	57	직립형	9.0	7.3	17.8	원추형	10.7	8.8	18	적
	58	직립형	11.0	8.0	19.8	난형	12.3	12.2	18	분홍
	59	직립형	11.3	9.7	18.6	원추형	6.5	8.9	19	적
60	반개장	7.0	5.3	10.5	원추형	11.5	9.2	19	적	

교배 조합	계통 번호	초형	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	과형	과중 (g)	당도 (°Bx)	경도 (g/mm <sup>2</sup> )	과색
18-PS	61	직립형	8.3	6.5	20.5	난형	16.2	7.4	18	적
	62	직립형	10.0	9.0	15.0	난형	10.8	10.1	19	적
	63	개장형	6.5	6.0	7.5	원추형	11.5	11.2	19	적
	64	직립형	4.0	2.5	7.8	원추형	12.7	12.3	19	적
	65	반개장	10.5	10.0	9.8	원추형	8.6	7.2	17	적
	66	개장형	5.0	4.0	2.8	난형	9.4	8.8	18	적
	67	개장형	3.0	3.0	3.6	난형	10.7	8.7	19	적
	68	직립형	10.0	9.5	16.6	원추형	7.2	9.5	19	적



(18-PM-21)

(18-PM-70)

(18-PS-4)

(18-PS-56)

(18-PS-58)

그림 1. 선발계통의 과실의 색과모양

## ○ 시설딸기 육묘와 재배지의 식물기생 선충 피해 양상 조사

### 1. 실험방법

#### 1) 경남 시설딸기 주요 재배지역의 선충 피해 양상 조사

##### (1) 조사지역 및 피해 선충 종 분류

조사지역은 진주시 수곡면, 밀양시 및 산청군의 시설딸기재배(양액과 토경재배) 농가에서 재배하는 설향과 매향 딸기 품종을 채취하여 크라운과 딸기 1화방 과실의 1-3번과를 대상으로 조사하였다. 식물기생 선충은 많이 보고되고 있는 딸기잎선충(*Aphelenchoides fragariae*), 국화잎선충(*A. ritzemabosi*), 딸기눈선충(*Ditylenchus acris*) 및 마늘줄기선충(*D. dipsaci*)을 조사하였다.

##### (2) 조사방법

조사부위는 크라운과 과실(1화방 1-3번과)를 대상으로 하였는데, 선충의 분리가 쉽도록 시료를 1cm<sup>2</sup> 크기로 자른 후 증류수에 담구어 25°C서 24시간 침지하였다. 선충은 1차로 230mesh 체로 분리한 후 500mesh 체로 2차로 분리한 다음 부유물 제거를 위해 변형 Baermann funnel

법으로 24시간 치상 후 다시 500mesh 체로 선충을 모아 해부현미경 하에서 선충 종류 및 밀도를 조사하였다.

### 2) 딸기 육묘장 선충 감염 조사

경남지역 딸기 육묘장의 선충 감염을 조사하기 위하여 진주 수곡면 10농가, 산청군 7농가, 밀양 10농가를 대상으로 육묘중인 묘를 채취하여 딸기잎선충 등 4종의 선충 감염여부를 조사하였다.

### 3) 재배방법에 따른 선충 피해 조사

재배방법은 양액재배와 토경재배로 구분하여 진주, 산청 및 밀양 지역의 농가를 대상으로 딸기 잎선충의 발생양상을 조사하였다. 양액재배 농가는 진주 40, 산청 10, 밀양 15농가를 임의로 선정하여 조사하였으며, 토경재배 농가는 진주 25, 산청 10, 밀양 20 농가를 임의로 선정하여 딸기 잎선충 발생 양상을 조사하였다. 조사부위는 크라운을 이용하여 선충을 분리한 후 조사하였다.

## 2. 연구결과

### 1) 경남 시설딸기 주요 재배지역의 선충 피해 양상 조사

경남지역의 주요 딸기 시설재배지인 진주, 산청 및 밀양지역에서 채취한 매향과 설향 품종의 크라운을 이용하여 선충 감염 양상을 분석하였다(표 1). 임의로 선정하여 조사한 225농가 중에서 감염된 농가는 48농가로 21.3%가 감염된 것으로 파악되었으며, 감염된 선충은 딸기잎선충으로 판명되었고 국화잎선충(*A. ritzemabosi*)과 *Ditylenchus* 속의 딸기눈선충과 마늘줄기선충 검출되지 않았다. 진주지역의 매향품종을 재배하는 90농가 조사한 결과 25농가가 감염되어 감염율이 27.8%였으며 산청지역은 매향이나 설향 품종을 재배하는 농가를 조사하였는데 선충이 검출되지 않았으며, 밀양지역은 설향 품종을 재배하는 75농가를 조사한 결과 23농가가 검출되어 30.7%가 감염된 것으로 파악되었다.

표 1. 경남지역 주요재배지의 품종별 크라운 부위 선충 감염 양상

조사지역	품종	농가 수	감염 농가 수	감염율(%)	선충 종류
진주	매향	90	25	27.8	딸기잎선충
산청	매향	30	0	0	-
	설향	30	0	0	-
밀양	설향	75	23	30.7	딸기잎선충
합계		225	48	21.3	-

경남지역의 주요 딸기 시설재배지인 진주, 산청 및 밀양지역에서 채취한 매향과 설향 품종의 과실(1화방의 1-3번과)을 이용하여 선충 감염 양상을 분석하였다(표 2). 임의로 선정하여 조사한 225농가 중에서 감염된 농가는 27농가로 12.0%가 딸기잎선충이 감염된 것으로 파악되었다. 진주지역의 매향품종을 재배하는 90농가 조사한 결과 15농가가 감염되어 감염율이 16.7%였으

며 산청지역은 매향이나 설향 품종을 재배하는 농가를 조사하였는데 선충이 검출되지 않았으며, 밀양지역은 설향 품종을 재배하는 75농가를 조사한 결과 12농가가 검출되어 16.0%가 감염된 것으로 파악되었다.

경남지역의 시설딸기 주요 재배지의 선충피해를 분석한 결과 감염 선충은 딸기잎선충으로 조사되었고 시설딸기가 집단적으로 재배되고 오래된 지역인 진주(수곡)과 밀양지역이 감염율이 높은 경향을 보였다. 감염부위는 크라운부위가 과실보다 높은 것으로 분석되었지만, 재배기간이 길어지면 크라운에서 과실로의 감염이 증가할 것으로 판단되어 장기적으로 감염 양상을 조사하여 대처방안을 제시해야 할 것으로 판단되었다.

표 2. 경남지역 주요재배지의 품종별 과실 부위 선충 감염 양상

조사지역	품종	농가 수	감염 농가 수	감염율(%)	선충 종류
진주	매향	90	15	16.7	딸기잎선충
산청	매향	30	0	0	-
	설향	30	0	0	-
밀양	설향	75	12	16.0	딸기잎선충
합계		225	27	12.0	-

### 2) 딸기 육묘장 선충 감염 조사

육묘장에서 생산되어 공급되는 딸기묘의 감염 여부를 조사하고자 진주(10농가), 산청(5농가) 및 밀양(10농가) 지역의 딸기 육묘 현장에서 각 농가당 9주의 딸기묘를 채취하여 크라운 부위를 사용하여 딸기잎선충의 감염을 조사하였다(표 3). 조사한 결과 경남지역의 육묘장에서 생산된 딸기 묘에서는 딸기잎선충이 발견되지 않았다. 그러나 조사된 육묘장은 주로 대규모로 육묘하는 농장을 위주로 조사하였기 때문에 소규모로 자가육묘를 하는 농가의 육묘과정에서 선충 감염 여부를 조사할 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 3. 경남지역 주요재배지의 육묘장 선충 감염 현황

조사지역	품종	육묘장 수	감염 육묘장 수	감염율(%)	선충 종류
진주	매향	10	0	0	-
산청	설향	5	0	0	-
밀양	설향	10	0	0	-
합계		25	0	0	-

### 3) 재배방법에 따른 선충 감염 조사

경남지역의 양액 및 토경재배 농가의 선충 감염을 조사한 결과, 양액재배는 65농가 중에서 7농



가가 감염되어 감염율은 10.8%인데 비하여 토경재배는 65농가 중에서 13농가가 감염되어 20.0%의 감염율을 보여 양액재배보다는 토경재배지의 감염율이 높은 것으로 조사되었다(표 4). 지역적으로 보면 산청지역은 양액과 토경재배지에서 선충이 감염되지 않은 것으로 조사되었고, 밀양지역에서는 양액재배농가에서는 감염되지 않았지만 토경재배지에서는 감염된 것으로 분석되었다. 진주지역은 양액과 토경재배지에서 모두 감염된 것으로 조사되었는데, 양액이 17.5%인데 비하여 토경재배가 22.8%로 높은 것으로 조사되었다.

지역에 따른 선충의 감염 여부가 분명하게 나타났지만, 딸기묘의 유통, 재배농가간의 교류 등 다양한 형태로 비감염지역에도 선충이 감염될 우려가 있으므로 장기적인 측면에서 각 지역별로 선충의 감염 여부와 더불어 감염면적 등을 모니터링하여 선충피해에 대한 대책을 강구해야 할 것으로 판단된다.

표 4. 경남지역 주요재배지의 양액과 토경재배 농가의 선충 감염 현황

재배방법	조사지역	조사 농가 수	감염 농가 수	감염율(%)	재배품종
양액	진주	40	7	17.5	매향
	산청	10	0	0	설향, 매향
	밀양	15	0	0	설향
합계		65	7	10.8	설향, 매향
토경	진주	35	8	22.8	매향
	산청	10	0	0	설향, 매향
	밀양	20	5	25.0	설향
합계		65	13	20.0	설향, 매향

## ○ 시설딸기 위황병 친환경 종합방제 기술 개발

### 제 1절 수출딸기 친환경 안전생산을 위한 위황병 인자 진단기술 개발

#### 1. 연구방법

가. 위황병원균 특이적 반응 primer의 정확도 확인 및 qPCR을 이용한 검출 한계 검증

위황병원균 특이적 반응 primer 제작을 위해 Suga et al에 의해 제작된 *F. oxysporum* 특이적 영역인 Han-Skippy유전자를(239 bp) 이용하였다. *F. oxysporum*에 대한 특이성 검증을 위해 대조군으로서 *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* F9를 사용하였으며 그 외 *F. c μLmorum*, *F. fujikuroi*, *F. moniliforme*, *F. boothii*, *F. decemcell μLare*, *F. tricinctum*, *F. oxysporum*을 대상으로 PCR 반응의 정확도를 검증하고자 하였다. 각 균체는 PDA (24g Potato dextrose broth per

1L, 20g Agar per 1L) 배지에 4 mm 크기로 절단된 접종원을 중심에 치상하여 28 ° C 압조건에서 7일간 배양하였다. 배양이 완료된 균체는 0.3 ~ 0.5 mg을 tip을 이용해 E-tube에 채집한 다음 500 µL CTAB buffer와 4 µL의 Proteinase K (25 mg/ mL)를 넣고 60° C에서 30분간 반응 시켰으며 10분 간격으로 3회 조직을 파쇄 하였다. DNA 정제를 위해 PCI (Phenol: Chlorophorm: Isoamyl alcohol, 25:24:1) 500 µL를 넣고 invert하여 혼합시킨 후 4° C 원심분리기에서 13000 rpm으로 10분간 반응 시켰다. 층분리가 이루어진 E-tube에서 상층액 부분만을 새로운 E-tube로 옮겨준 후 450의 Isopropanol을 넣고 invert하여 DNA를 석출 하였고 13000 rpm으로 5분간 반응 하여 DNA와 상층액을 분리하였다. 형성된 DNA pellet에 70% ethanol 500를 첨가하여 13000 rpm에서 5분간 반응에 참여한 용액의 잔여물을 제거하였다. 이 과정은 한번 더 반복한 후 ethanol을 피펫을 이용하여 제거한 다음 상온에서 45분간 건조 후 30 µL의 TE buffer에 DNA를 녹여서 -20° C 에 보관하였다.

Han-Skippy유전자를(239 bp)를 증폭하기 위해 모든 균주의 DNA 농도를 100 ng/ mL의 동일한 DNA를 이용하였으며 94° C 2분, cycle에서는 94° C 1분, 54° C 1분, 72° C 1분 후 72° C에서 5분간 안정화를 진행하였다. 프라이머의 감도를 확인하기 위해 대조군으로 설정된 F9의 genomic DNA를 100 ng/µL, 50 ng/µL, 25 ng/µL, 10 ng/µL, 5 ng/µL, 2.5 ng/µL, 1 ng/µL, 0.1 ng/µL, 0.01 ng/µL 농도로 희석하여 PCR 반응을 진행하였다.

#### 나. 토양에서 위황병원균 특이적 반응 primer의 qPCR을 이용한 검출 한계 검증

Han-Skippy유전자를 이용하여 특이적 반응 qPCR 프라이머 제작을 위해 염기서열을 IDT SciTools OligoAnalyzer 3.1 software (Integrated DNA Technologies Inc., Coralville, USA)에 등록하여 200bp 미만, 3 ' end에 특이적 염기서열을 지니도록 제작하였다. CTAB 기법으로 정제된 *F. oxysporum* f. sp *fragariae* F9 DNA는 standard curve를 측정하기 위해 10<sup>7</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>3</sup> 각각의 농도로 희석된 포자 현탁액을 100g 상토에 10 mL 분주 후 혼합한 다음 Fast DNA SPIN kit for soil (MP, Santa Ana, CA, USA)로 토양 DNA를 추출하였다. 첫 번째 추출 단계로 0.5 g soil을 Lysing matrix E tube에 넣고 978 µL SPB buffer와 122 µL MT buffer를 첨가한 다음 speed 4에서 30초간 파쇄 하였다. 이후 FastDNA™ SPIN Kit for Soil (MP Bio)의 진행 방식을 따라 DNA를 정제하였으며 qPCR을 위해 Ethanol purification을 진행하였다. 또한 위황병원균의 생균농도를 측정하기 위해 1g의 토양을 9mL 멸균수에 희석한 다음 1/10 희석 기법을 이용하여 *Fusarium* 선택배지에 도말을 진행하였다. 도말한 배지는 28° C 정제배양기에서 5일간 배양한 다음 colony를 측정하였다. 또한 위황병원균의 특이적 검증을 위해 *Fusarium* 속에 해당하는 6균주를 추가적으로 PCR 및 qPCR을 통하여 반응 여부를 검증하였다.

#### 다. 식물체에서 위황병 발병 정도에 따른 토양에서의 위황병원균 검출 검증

딸기 식물체를 포트에 증식하여 10일이 경과하였을 때 뿌리부분에 2-5회 상처를 내어준 다음 각 10<sup>1</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>7</sup> 농도로 희석된 위황병원균을 10mL 씩 분주하여 처리하였다. 이후 1주

차, 3주차, 5주차에 각각 병발생도와 qPCR을 통한 토양에서의 병원균 농도를 측정하였다. 또한 위황병원균 억제 능력이 있다고 검증된 NaDCC와 큐라민, 파스크래프트 약제를 처리하였을 때 위황병 발병억제능력과 병원균 농도를 토양에서 검증하였다.

## 2. 연구결과

가. 위황병원균 특이적 반응 qPCR을 이용하여 병원균 DNA를 이용한 검출 한계 검증

위황병에 특이적 반응을 나타내는 Han-Skippy유전자를(239 bp) 검증하기 위해 위황병 대표균주로 분리된 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* strain F9을 포함하여 *Fusarium* 속 9가지 균주에서 PCR 검증을 진행한 결과 딸기에서 분리된 F9 균주에서만 239 bp의 반응을 확인 할 수 있었다. 이에 F9 균주에서 DNA 농도별로 PCR 반응을 검증한 결과 100 ng/μL부터 0.1 ng/μL 까지 239 bp의 반응을 확인할 수 있었으며 0.01 ng/μL에서는 PCR 반응이 확인되지 않았다.

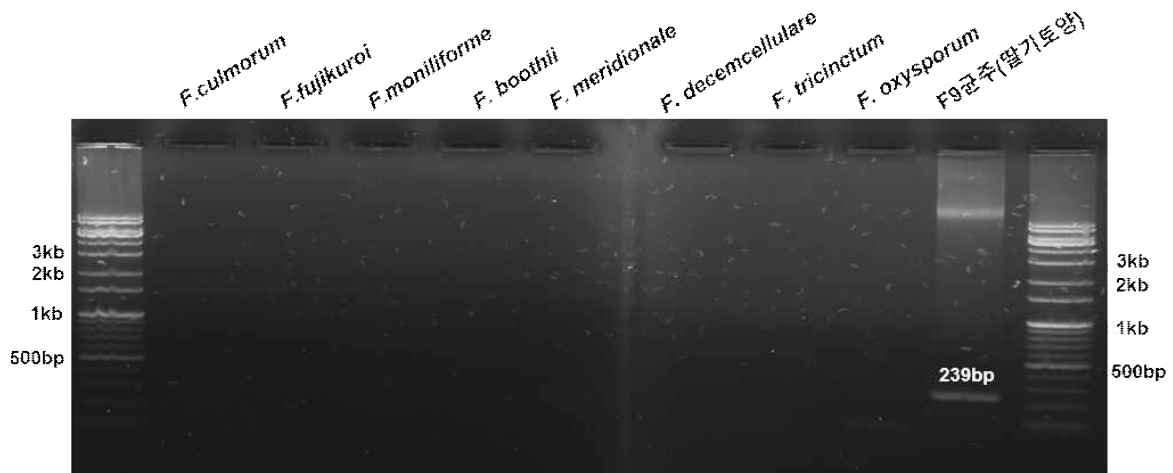


그림 1. *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 프라이머의 PCR 검증

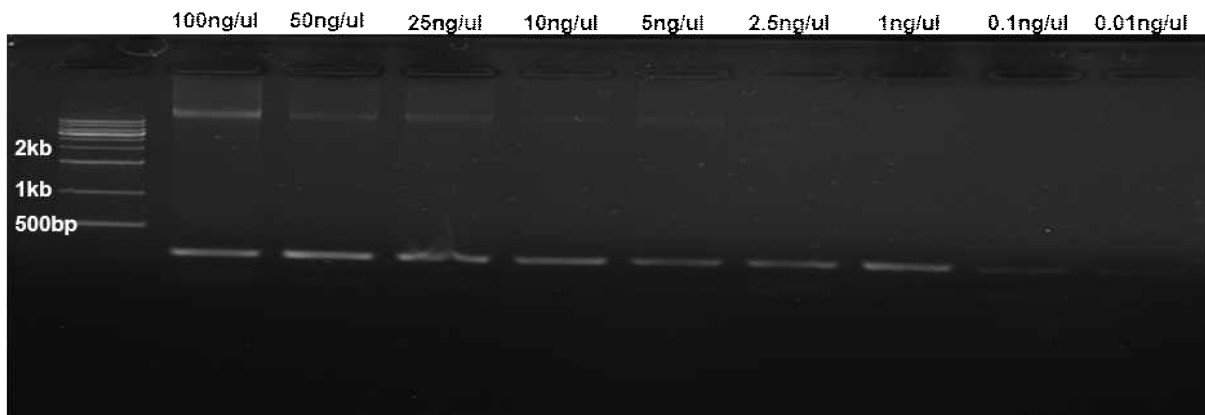


그림 2. *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 프라이머의 DNA 농도에 따른 검증

나. 토양에서 위황병원균 특이적 반응 primer의 qPCR을 이용한 검출 한계 검증

이후 qPCR을 진행할 시 농도 검증의 기준을 확보하기 위해 standard curve를 확인하였다. 그 결과  $10^7$ ,  $10^6$ ,  $10^5$ ,  $10^4$ ,  $10^3$  각각의 농도로 희석된 포자 현탁액을 처리한 토양에서  $4.25 \times 10^7$ ,  $8.1 \times 10^6$ ,  $8.1 \times 10^5$ ,  $8.13 \times 10^4$ ,  $7.62 \times 10^3$  으로 확인되었다. 제작된 qPCR 프라이머의 균주 특이적 반응을 확인하고자 *Fusarium* 속 6개를 이용하여 진행한 결과 Ct 값 30이상으로 특이적 검출이 가능한 것으로 확인되었다.

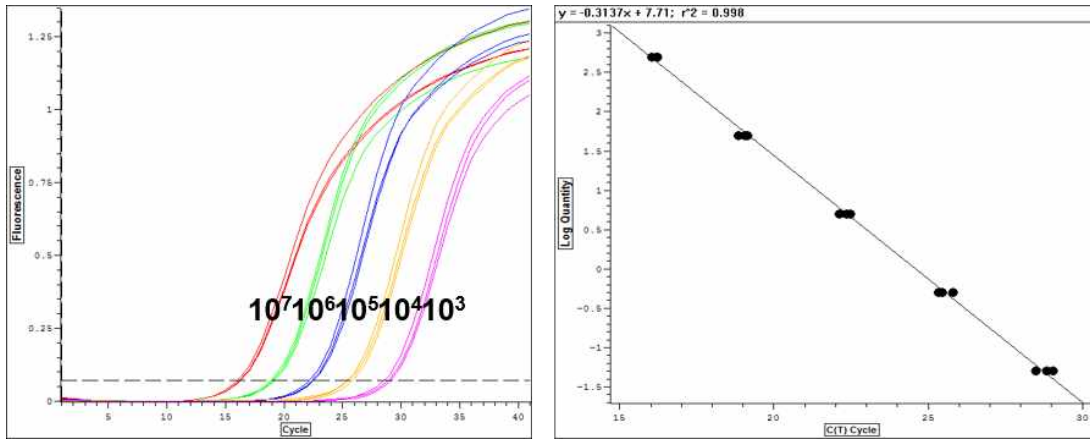


그림 3. *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 qPCR 프라이머 Standard curve

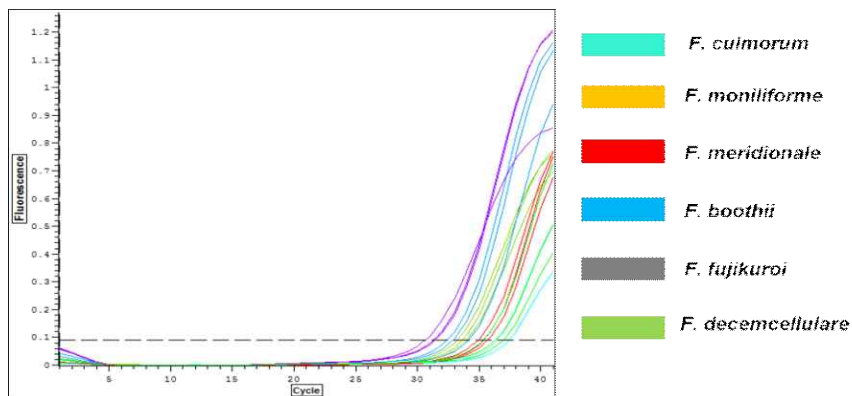


그림 4. *Fusarium* 다른 속(Species) 7종 qPCR 정확도 검증

나. 토양에서 위황병원균 특이적 반응 primer의 qPCR을 이용한 검출 한계 검증

딸기 재배지에서 딸기 50주씩 총 3 반복으로 Disease index를 측정하였으며 초기의 발병도 조사 시 위황병의 발병지수가 점차적으로 증가하는 양상을 보였으나 딸기 농가의 적출로 인하여 명확한 발병지수가 나타나지 않았다. 딸기 위황병원균인 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* 대형포자(Macroconida)의 밀도를 각  $10^1$ ,  $10^3$ ,  $10^5$ ,  $10^7$ 로 딸기에 접종한 후 0주차, 3주차, 5주차 시기의 토양을 희석도말법과 *Fusarium* 선택배지를 이용해 병원균의 밀도를 확인한 결과 0주차와 3주차일 때  $10^5$ ,  $10^7$  처리구에서 각각 병원균의 밀도가  $10^5$ ,  $10^6$ 으로 확인되

있으며 5주차 일 때  $10^1$ ,  $10^3$ ,  $10^5$  처리구에서 병원균의 밀도가  $10^5$ 으로,  $10^7$  처리구에서  $10^6$ 의 병원균 밀도가 확인 되었다.

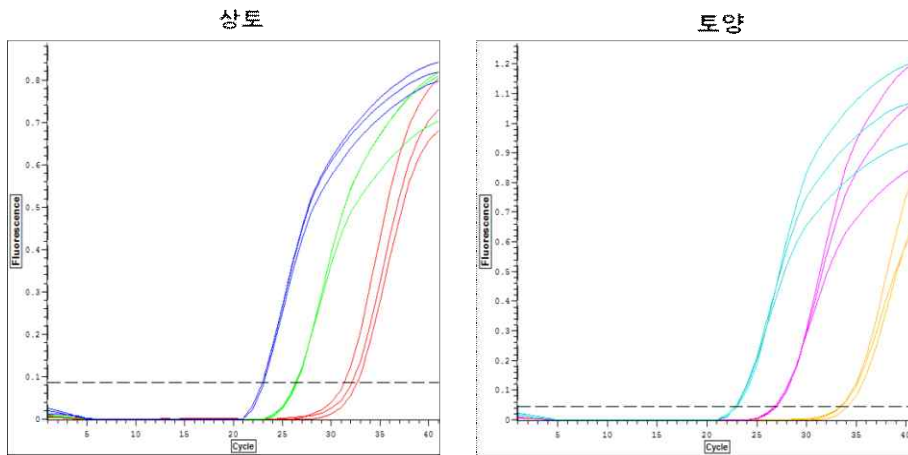


그림 5. 토양 조건에 따른 위황병원균 검출 능력 검증

다. 식물체에서 위황병 발병 정도에 따른 토양에서의 위황병원균 검출 검증

토양 내에 존재하는 위황병원균 외 같은 속의 균주가 검출되지 않도록 진단 PCR 조건을 확립하였으며 그 결과 위황병원균인 *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* 대형포자(Macroconida)의 밀도를 각  $10^1$ ,  $10^3$ ,  $10^5$ ,  $10^7$ 로 딸기에 접종하였을 때  $10^1$ ,  $10^3$ ,  $10^5$ 에서는 0주차, 3주차, 5주차에서 모두  $10^2$ 의 밀도로 병원균이 검출 되었으며  $10^7$ 처리구의 경우 0주차, 3주차에서는  $10^4$ 의 밀도로 검출되었으나 마지막 5주차에서  $10^3$ 의 밀도로 위황병원균이 검출되었다.

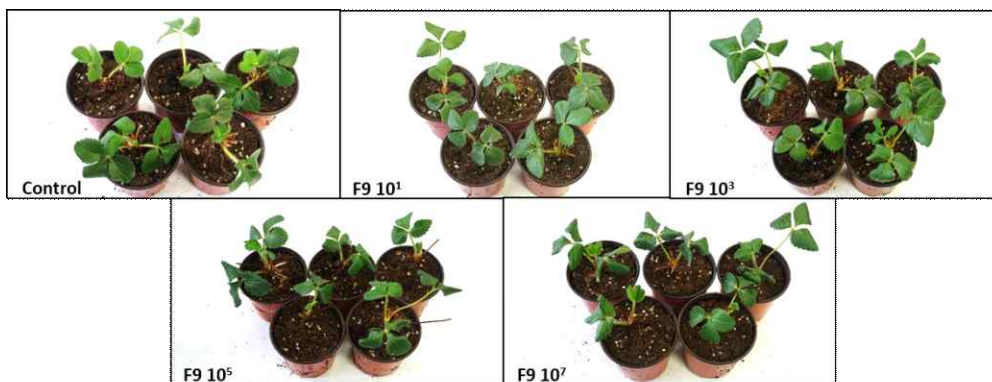


그림 6. 위황병원균 접종농도에 따른 발병도 및 qPCR 검증을 위한 식물체, 병원균 접종 전

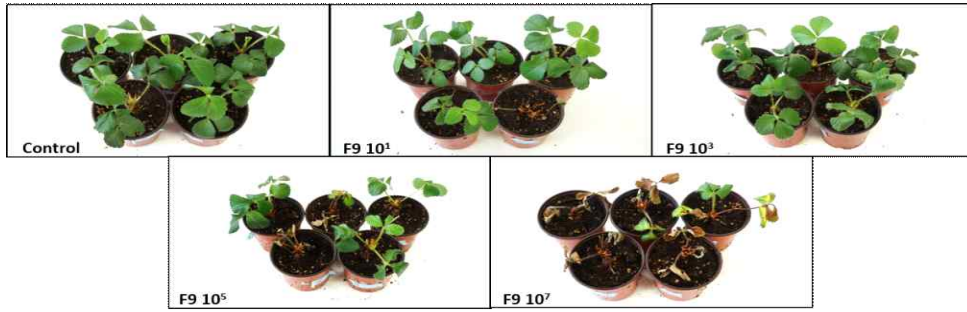


그림 7. 위황병원균 접종농도에 따른 발병도 및 qPCR 검증을 위한 식물체, 병원균 접종 후

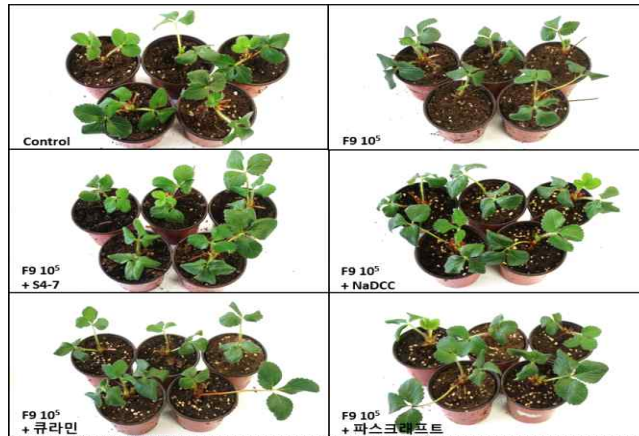


그림 8. 미생물 제제 약제처리에 따른 위황병 억제능력 검정, 0 주차

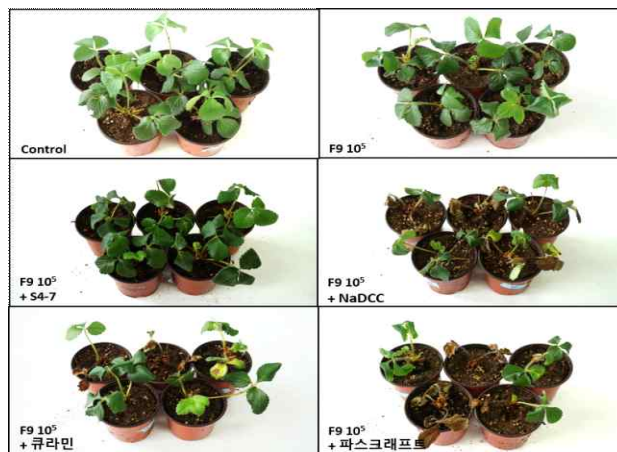


그림 9. 미생물 제제 약제처리에 따른 위황병 억제능력 검정, 5 주차

또한 딸기 위황병원균의 농도를  $10^1$  부터  $10^9$ 까지 딸기에 접종하여 5주간 조사한 결과 2주 시기에 고농도에서부터 병징이 나타나기 시작하였으며 5주차가 되었을 때  $10^3$  의 농도에서부터 식물체가 고사하였다. 다음 위황병원균 억제 능력이 있다고 확인된 NaDCC와 약제인 큐라

민과 파스크래프트를 처리한 식물체에서는 5주가 경과한 다음 disease index 값이 4-5로 확인 되었으며 이에 세 가지 모두 처리하였을 경우 발생억제 능력이 강하지 않다고 판단되었다.

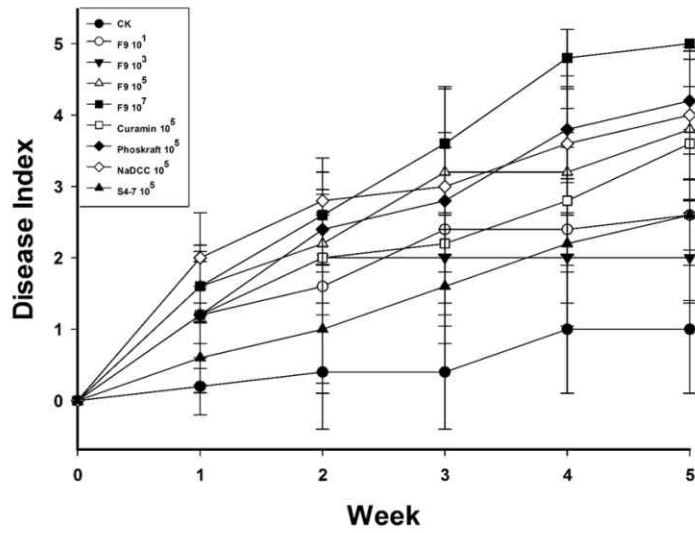


그림 10. 위황병원균 농도 및 친환경 제제 처리에 따른 발병도

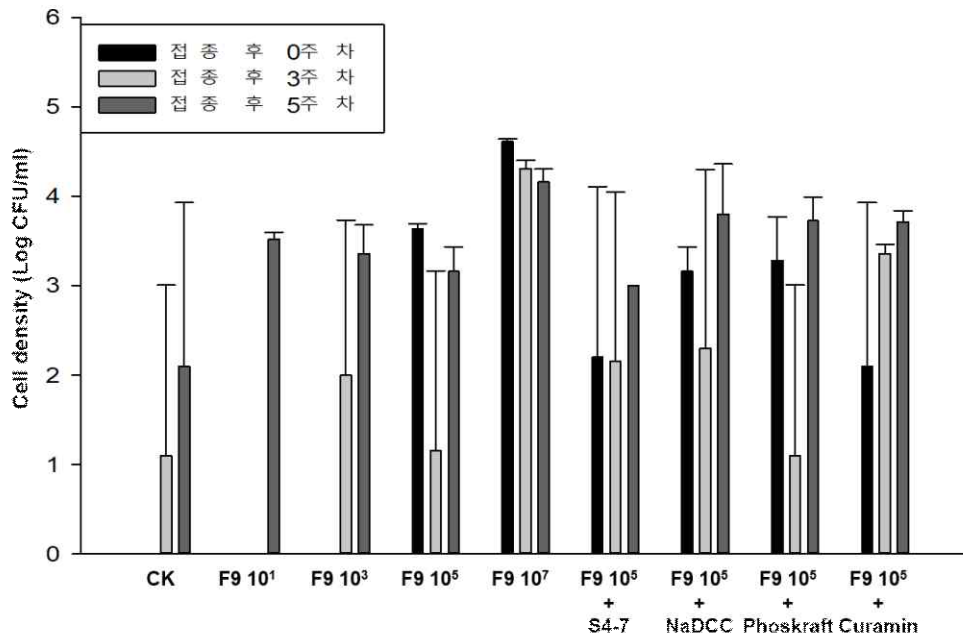


그림 11. 위황병원균 농도 및 친환경 제제 처리에 따른 qPCR 농도 측정

## 제 2절 소독효과 구명에 따른 위황병 위험도 저감 기술 확보

### 1. 연구 재료 및 방법

#### 가. 친환경 위황병 방제 약제 선발

기존에 위황병 약제 선발은 파트에 딸기를 심은 후 병원균 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*)  $10^5$  농도 처리 후 보고된 약제 4가지 Phoscraft, Curamin, NaDCC, 길항미생물을 각각 1,000배액, 2,000배액, 100 ppm,  $10^6$  농도로 1회 처리 하였으며 총 5주 동안 1주일 간격으로 육안 조사로 발병도(disease index)를 조사 하였으며 토양샘플을 3반복으로 채집하였다. 육안 조사는 병의 증상에 따라 1~5 기준을 정한 후 그것에 해당되는 증상에 표기하는 방식을 사용한다. 기준은 선행 연구에서 보고된 1: 1개 잎이 뒤틀리거나 시들음 증상, 2: 3개 잎이 뒤틀리거나 시들음 증상, 3: 전체적으로 시들음 증상, 4: 부분 괴사증상, 5: 전체 괴사

#### 나. 병원균 진단을 위한 토양 DNA 추출

토양 DNA 추출은 FastDNA SPIN kit for soil (MP, USA)를 사용하였다. 채집한 딸기 근권 0.5g~0.7g 의 무게를 쟀 후 Lysing matrix E tube 에 담은 후 978  $\mu$ L SPB buffer 와 122  $\mu$ L MT buffer 넣어 준 후 비드비트 기계를 이용하여 스피드 6.0 으로 10분간 섞어준다. 석어준 샘플을 14,000 rpm 으로 10분간 centrifuge 한 후 상층액을 2 mL tube 에 옮겨준 다음 PPS buffer 250  $\mu$ L 넣고 10분간 반응 시킨 후 14,000 rpm 으로 5분간 centrifuge 한다. 샘플 상층액을 15 mL falcon tube에 옮겨준 후 1 mL binding matrix buffer 넣은 후 2분간 invert 그리고 3분간 반응시킨다. 반응 시킨 용액의 최상층액 500  $\mu$ L를 버리고 나머지 용액을 pipette을 이용하여 잘 섞은 후 spin tube 에 최대 700  $\mu$ L 씩 옮긴 후 1분간 centrifuge -> 하층액 버림-> 1분간 centrifuge -> 하층액 버리는 과정을 거친다. 500  $\mu$ L prepared sews-m buffer 첨가 후 1분간 centrifuge 후 하층액을 버린 후 한번 더 centrifuge 과정을 실시한다. 하층액이 버려진 샘플은 상온에서 5분간 말린 후 다시 DES buffer 50~100  $\mu$ L 넣은 후 55 ° C에서 5분간 반응한다. 반응된 샘플은 1분간 centrifuge을 돌린 후 하층액을 새로운 E-tube에 옮긴다.

#### 다. 병원균 밀도 조사를 위한 real-time PCR

추출된 토양 DNA 속 병원균 밀도를 정확하게 측정하기 위해서 real-time PCR 기법을 이용하였다. Total volume은 50  $\mu$ L으로 준비된 토양 샘플 1ng 농도를 5  $\mu$ L Toyobo Syber-Green Master Mix (TOYOBO, Japan) 25  $\mu$ L, primer 각각 2  $\mu$ L, 마지막으로 멸균수로 50  $\mu$ L 양을 맞춰준다. 완성된 샘플은 CFX Connect (BIO-RAD, USA) 넣어 준 후 95 ° C 1 min 가열 후 95 ° C 30 sec, 51 ° C 30 sec, 72 ° C 45 sec를 40 cycle 로 설정하여 진행 하였다.

### 2. 연구결과

#### 가. 친환경 위황병 방제 약제 선발

5주간 index 조사 실시 한 결과 Phoscraft, Curamin, NaDCC 처리 하였을 때 병징이 지속적으로 심해 졌으며 전체 괴사 단계 전인 부분 괴사단계 까지 진행 된 것을 알 수 있었다. 반면에 미생물 처리구는 시들음 증상은 보였지만 괴사단계 까지 진행되지 않는 효과를 볼 수 있었다. 각각의 막대그래프에 표기된 영문자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미하였다(Tukey HSD,  $p=0.05$ ). 토양 속 병원균 밀도는 Phoscraft 약제를 처리 하였을 때 병원균 밀도가 가장



높으며, 무처리 구와 미생물 처리구는 병원균 검출 최소 밀도 보다 낮은 밀도인  $10^4$  나타났다. 각각의 막대 그래프에 표기된 영문자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미하였다(Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

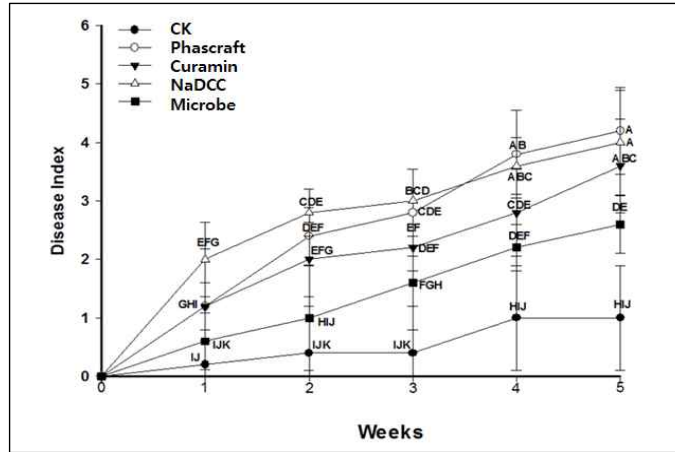


그림 1. 위황병 방제 약제별 발병도

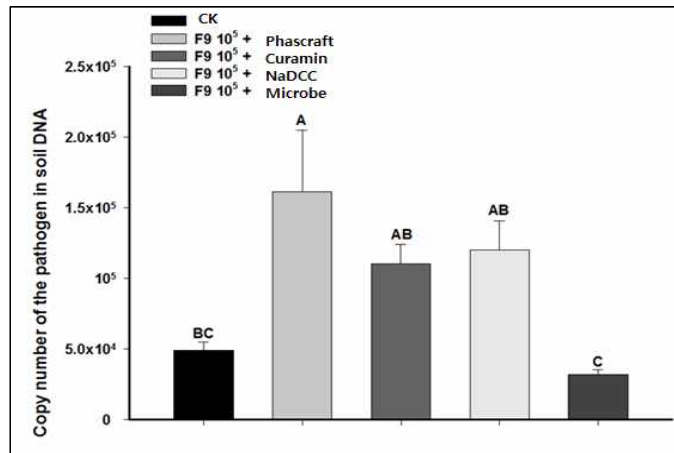


그림 2. 방제 약제 처리 후 토양내 위황병원균 밀도

#### 나. 토양 및 배드상토 소독에 따른 위황병 위험도 저감 기술 확보

최근 메틸브로마이드 사용 규제에 따라 새로운 위황병 훈증제 및 훈증방법을 통하여 병원균의 밀도에 영향을 주는지에 대한 본 연구에서 개발된 프라이머와 real-time PCR을 통하여 알아보려고 하였다. 수곡에 위치한 매향 딸기를 재배하는 두 개의 농가 (A, B)에서 실시하는 소독 방법인 태양열 소독 방법을 두 농가 본답 재배지 토양 소독을 실시하였다.



그림 3. 딸기 재배지 농가 현장 사진

실시한 토양 소독방법은 검은 비닐을 비닐하우스 바닥에 깔 후 흙이나 돌을 고정시킨 후 약 15~30일간 열처리 하였다. 소독 효과를 보기 위한 샘플 채집은 토양소독 하기 전 7월 중순과 토양소독이 끝난 8월 중순에 각각 샘플을 채집하였다 각 샘플은 비닐하우스 내에 처음, 중간, 끝 구역을 나눈 후 각 구역마다 3반복 샘플을 채집하였다. 채집된 샘플은 토양 DNA 추출 및 real-time PCR을 통하여 밀도 확인하였다. 각각의 농가 GreenhouseA 경우 처리 전 후에 병원균 밀도가 개체 수 약 10만이 줄어들었으며 GreenhouseB 경우 5만 개체수 정도가 감소한 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 통하여 태양열 소독방법이 위황병원균의 밀도를 떨어트리는데 효과가 있으나 개체수를 크게 줄이는 효과는 없는 것으로 나타났다. 각각의 막대그래프에 표기된 영문자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미하였다(Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

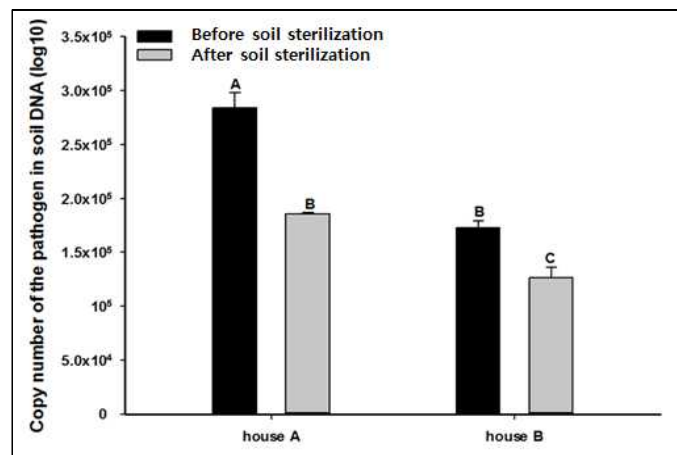


그림 4. 토양소독 전 후 토양 내 병원균 밀도 그래프

#### 다. 딸기 육묘 재배지 위황병 밀도 조사 및 억제 효과 검증

앞선 선행 연구에서 선발되어진 길항미생물이 실제 딸기 포장에서도 효과가 있는 지에 대한 검증을 다음과 같이 진행한다. 토양 소독 효과 검증 실험에 이용하였던 두 농가의 육묘 재배지를 이용하였다. 두 개의 농가의 차이라면 GreenhouseA의 경우에는 비가림이 설치 되어있지 않는 상태에서 육묘를 재배하였다. 처리구는 무처리 구역과 미생물 처리 구역으로 나누어지

며 1반복당 모주 15개씩 3반복을 진행하였으며, 모주에서 뽑어 나오는 자료 또한 조사 대상이 되었다. 조사 일시는 2016년 6월부터 8월까지 이어졌으며 미생물 처리는 2회 실시 하였고 미생물 농도는  $10^6$  농도로 처리하였으며, 처리 방식은 분주기를 이용하여 실시하였다. 토양샘플은 약제 처리 후 각 반복구역마다 샘플을 채취하여 보관 하였으며, 육안조사는 발병도(disease incidence, %)를 기준으로 조사 하였다. 두 곳의 농가 A B 농가에서의 육안조사를 실시하였을 때, 하우스 A 의 경우에는 6월부터 시작된 위황병 발생도가 7월 8월을 거치면서 꾸준히 병 발생이 상승되고 있었으며 특히 7월 말에서 8월초에는 위황병원균 걸린 식물체가 전체 식물체에서 50~60% 차지하고 있는 것을 알 수 있었다. 반면에 S4-7 미생물을 처리 한 구역에서는 초기 발병밀도를 와 유사한 밀도를 유지하였으며 그 밀도가 무처리 구역에 비해 현저히 병발생이 낮아진 것을 알 수 있었다. 하우스 B 의 경우, 하우스 A와 다르게 외부로부터 유입되는 병원균들이 상대적으로 낮은 가림막 시설을 설치하였으며 그로 인하여 전체 육묘 재배기간 동안 병발생이 나타나지 않았다.

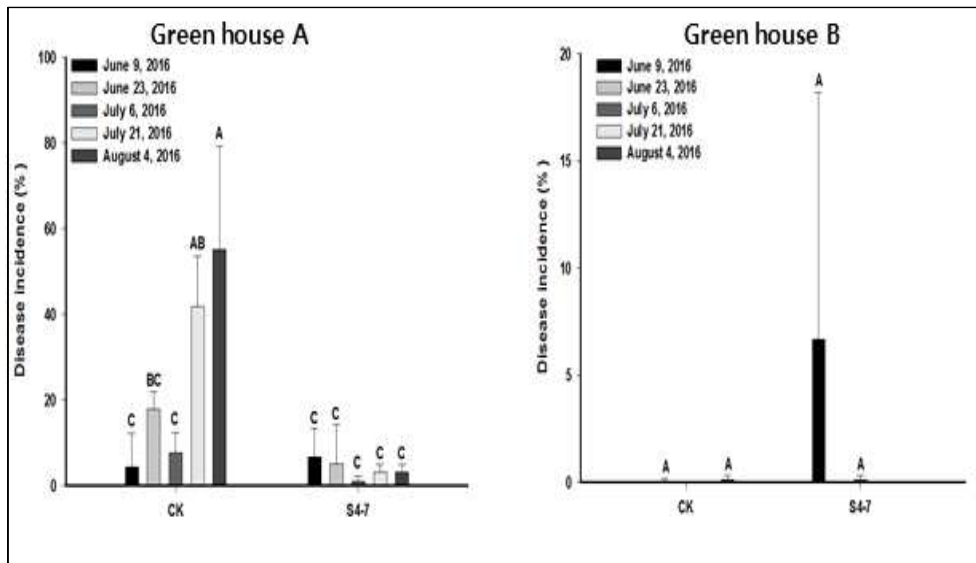


그림 5. 딸기 육묘재배지 위황병 발병 육안 조사

이로 인하여 S4-7 미생물의 효과는 볼 수 없었지만, 육묘재배시설에 비가림 설치 유무에 따라 병발생도에서 차이가 난다는 사실을 알 수 있었다. 각각의 막대그래프에 표기된 영문자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미하였다(Tukey HSD,  $p=0.05$ ). 또한 육안 조사를 통하여 미생물이 병원균의 밀도를 증가시키는 것을 방지한다는 사실을 분자생물학적 방법으로 입증하기 위하여 토양 속 병원균 밀도를 real-time PCR을 통하여 확인하는 방법은 앞서 이용하였던 과정을 통하여 분석하였다.

Real-time PCR 결과 하우스A의 경우 무 처리구에서 6월에 나타난 초기 농도에 비하여 7월에 나타난 병원균 밀도는 10배 이상 증가 하였고 반면에 S4-7 처리구에서는 병원균 밀도가 유의적으로 큰 차이가 나지 않았다. 하우스 B 역시 육안조사에서 나타난 낮은 병발생도가 토양 속에 존재하는 병원균 밀도와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 각각의 막대그래프에 표기된 영문자는 통계적으로 유의차가 있음을 의미하였다(Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

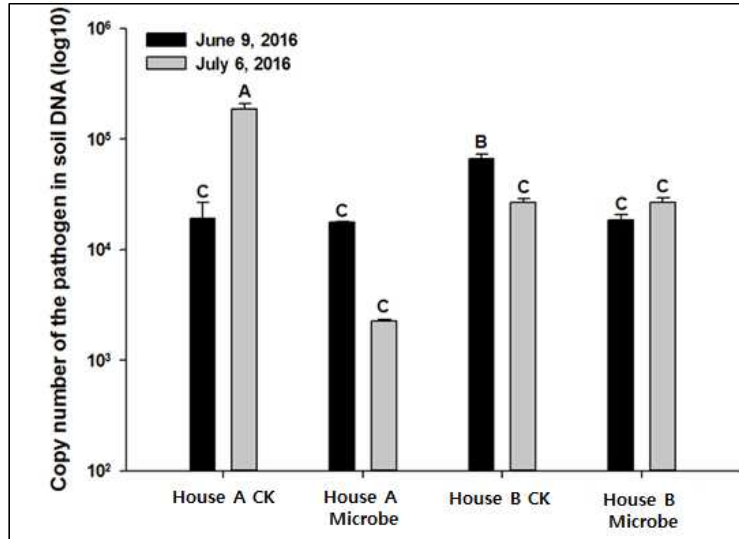


그림 6. 육묘 재배지 토양 속 병원균 밀도

라. 딸기 본답 재배지 위황병 밀도 조사 및 억제 효과 검증

앞서 선행되었던 토양소독 효과와 본 연구에서 효과가 입증된 S4-7 미생물이 육묘재배지에서 병발생을 억제작용 한다는 결과가 도출 되었으며, 실질적으로 딸기가 재배되는 본답에서 위황병 발생을 억제시켜 보다 향상된 품질과 수량을 확보하기 위한 연구를 수행하였다.

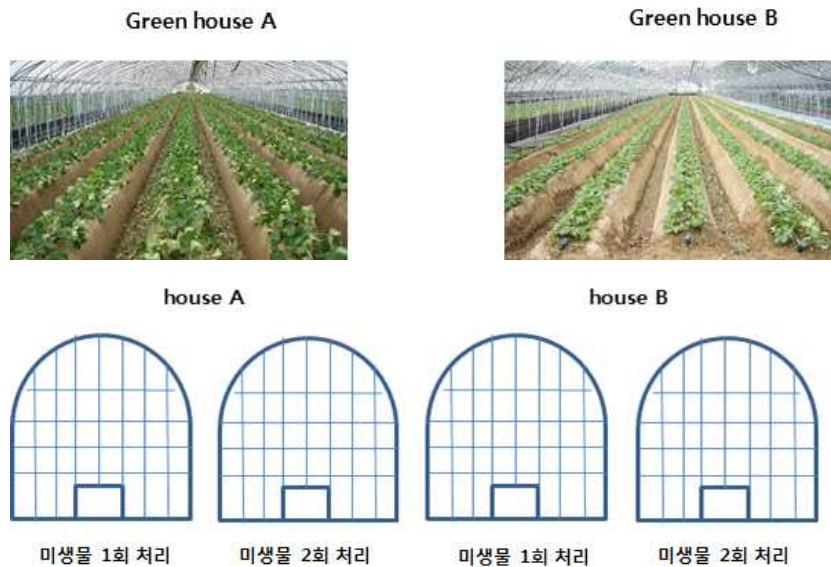


그림 7. 미생물 처리 횟수에 따른 차이 검증을 위한 딸기 재배농가 현장 사진

본답재배지에 대한 장소는 앞서 선행되었던 두 농가의 본답 재배지에서 10월에서 12월 까지 육안 병 조사 및 분자생물학적 조사를 실시하였다. 각 농가별로 3동에서 실험을 진행하였으며, 처리구는 무처리, 미생물 1회, 미생물 2회 처리구로 나누었으며 미생물 처리 시기는 1회 처리구는 멀칭 전 1회만, 2회 처리구는 멀칭 전 1회 그리고 멀칭 후 1회 총 2회 처리 하였다. 미생물은 최종적으로 10<sup>6</sup> 농도로 관주 처리하였으며 육안조사는 10월부터 12월 까지 총 6회 실시 하였으며 각 처리구역 별 무작위로 선정된 하나의 라인에서 50개 샘플을 처음, 중간, 끝 쪽에

자리한 구역에서 관찰하였다. 토양샘플은 미생물 처리전, 미생물 2회 처리 후 2주 뒤 샘플 총 2회 채집하였으며 각 동의 처음, 중간, 끝을 나누고 각 구역마다 샘플을 채집 하였다.

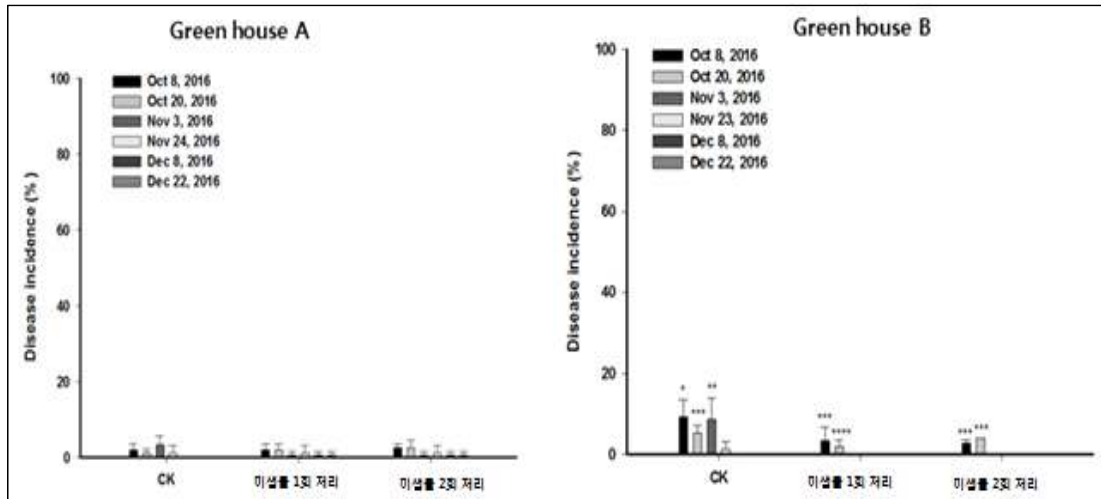


그림 8. 딸기 본답 재배지 위황병 발병 육안 조사

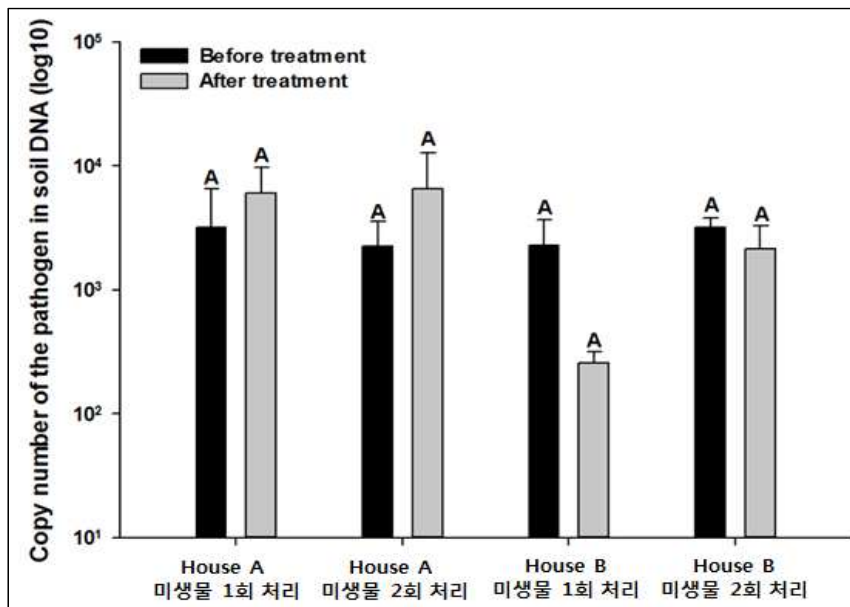


그림 9. 딸기 본답 재배지 토양 속 병원균 밀도

병 발생을 육안으로 조사 하였을 때 하우스 A 에서는 육묘 재배지에서 오는 다르게 병이 발생된 것을 육안으로 거의 관찰할 수 없었다. 하우스 B 에서는 병 발생도가 하우스 A 보다 높게 나왔지만 전체 적인 병 발생 비율이 10% 내외이며 시간이 지남에 따라 무 처리구의 병 발생 뿐만 아니라 미생물 처리구역 또한 발생도가 줄어들어 정확한 미생물의 효과에 의해 억제되는 지에 대한 결과를 얻을 수 가 없었다. 토양 속 병원균 밀도 또한 육안 조사와 유사하게 검출 할 수 있는 밀도 보다 낮은 밀도가 나타났으며, 각각 처리 구역의 병원균 밀도 또한 유사하였다.

### 제 3절 수출딸기 안정적 생산을 위한 위황병원균의 다양한 유전적 변이 관찰

#### 1. 연구 재료 및 방법

##### 가. 포장으로부터 위황병원균 분리 및 동정

2016년 12월 ~ 2017년 3월 기간 동안 경남 일대 (진주시 수곡면, 하동군 옥종면, 산청군 단성면)로 부터 매향, 설향, 장희 등 다양한 품종의 식물체 중 위황병 감염 식물체를 채집하였다. 채집된 식물체의 크라운 부분을 70% ethanol: 30초, 1% NaOCl: 30초 반응 하여 표면 살균한다음 멸균수로 세척된 시료를 클린벤치에서 2분간 상온 건조 진행하여 Water agar (20g agar, 1L water)에 접종 후 28° C 배양기에서 2 일간 배양하였다. 2일간 배양이 완료된 후 식물체의조직으로부터 뺀어 나온 균사를 PDA (Potato Dextrose Broth : 24 g, Agar : 20 g, Water : 1L)에 계대 배양하여 28° C 배양기에서 5일간 배양하였다. 감염식물체로부터 분리된 균주를 PDA배지 상에서 균사의 형태별로 5가지 group으로 분류하였으며 형태학적 동정을 위하여 각 group별 대표균주의 포자를 관찰하였다. 또한 DNA를 정제하여 ITS 영역의 PCR을 진행한 후 (주)마크로젠을 통하여 염기서열을 확보하였으며 이를 NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)를 통하여 분자생물학적 동정을 하였다.



그림 1. 경남의 딸기 주요 재배지

##### 나. RFLP기법을 이용하여 위황병균주의 유전적 다양성 분석

RFLP 기법을 사용하기 위해 균주의 균사를 각각 5 mL의 PDB 배지에 접종하여 2일간 28° C에 진탕 배양을 진행하였다, 배양이 완료된 시료를 13000 rpm 원심분리기를 5분간 작동하여 균사체만을 분리시킨 다음 CTAB기법을 이용하여 DNA를 정제 하였다. 식물체로부터 분리된 균주를 RFLP분석에 앞서 위황병 특이적 프라이머를 이용하여 PCR을 통해 모두 반응이 일어나는 것으로 확인되었다. 정제된 DNA를  $\beta$ -tubulin, IGS, elongation factor1- $\alpha$ , ITS로 총 4가지 영역을 프라이머를 이용하여 PCR과정을 통해 증폭시킨 다음 *AluI HhaI, HinPII, HpyCHAV* 각각 4가지 제한효소와 반응하여 band의 패턴을 확인하였다.

다. RFLP분석을 통하여 확보된 유전적 다양성과 생태적 요인간의 상호관계 분석

경남일대의 포장으로부터 분리된 위황병 균주에 대하여 분리된 딸기 품종, 재배형태, 재배지역에 대한 정보를 확보하였으며 균주의 RFLP밴드의 패턴과 생태적 요인에 대하여 PCA프로그램을 통한 상호관계분석을 진행하였다.

## 2. 연구결과

가. 포장으로부터 위황병원균 분리 및 동정

경남 일대의 3개 지역으로부터 위황병 감염 식물체에서 분리된 위황병원균은 진주시 수곡면: 38균주, 하동군 옥중면: 29균주, 산청군 단성면: 43균주로 총 110개의 균주가 분리되었다. 분리된 균주를 PDA배지에 접종하여 10일간 배양한 것을 바탕으로 표현형을 5개의 group으로 구분하였다.

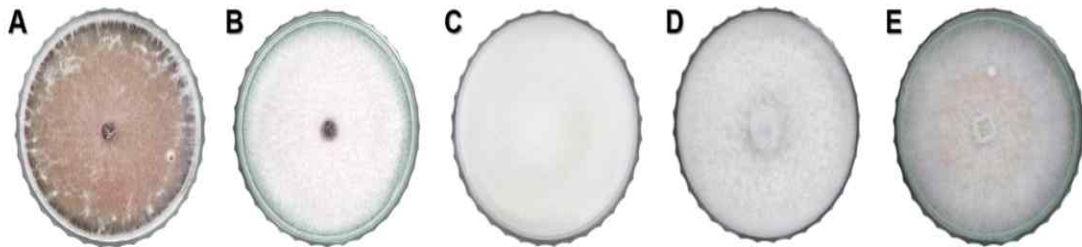


그림 2. 분리된 위황병원균의 PDA배지에서 균총의 모습

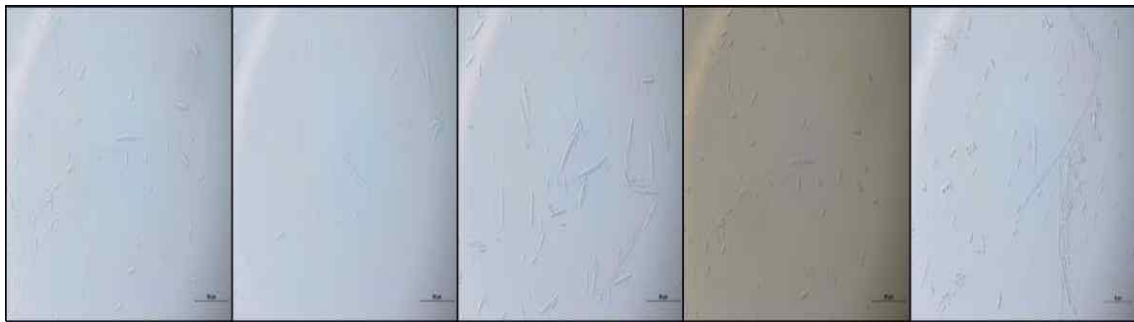


그림 3. 분리된 위황병원균 표현형 5가지 대한 형태학적 포자 동정

5개의 group으로 나누어진 균들의 포자를 이용하여 형태학적 동정을 진행한 결과 400배율에서 *Fusarium* 속에서 관찰되는 microconidia와 macroconidia 가 관찰 되었으며 분자생물학적 동정을 진행한 결과 *Fusarium oxysporum* f. sp *fragariae*로 확인되었다. 이를 Mega 7 프로그램을 이용하여 유연관계를 분석한 결과 *F. ysporum* f. sp *fragariae* 동일한 것으로 확인하였다.

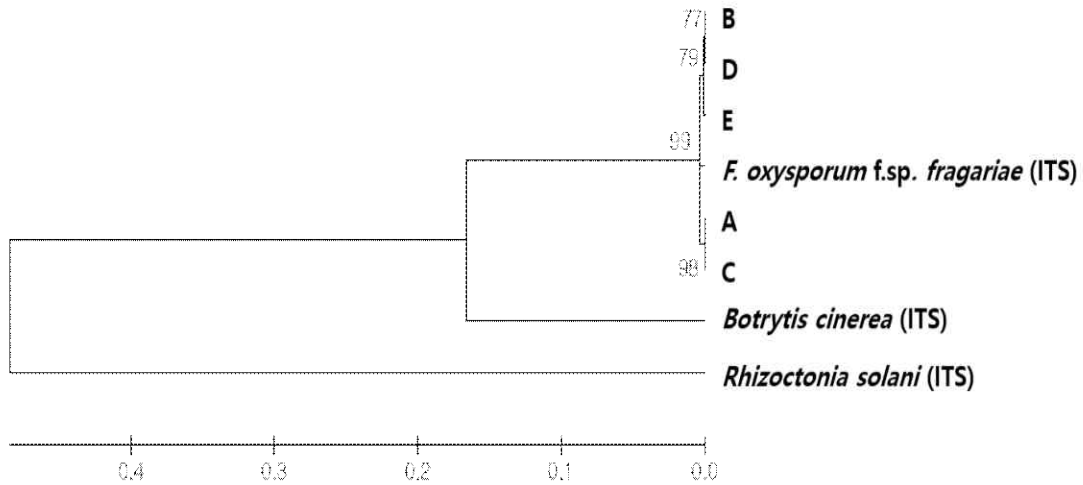


그림 4. 분리된 위황병원균 표현형 5가지에 대한 분자생물학적 동정

나. RFLP기법을 이용하여 110개의 균주의 유전적 다양성 분석

RFLP분석 진행에 앞서 위황병원균주를 확인할 수 있는 PCR을 진행한 결과 110개 균주 위황병원균으로 확인되었다. 110개의 균주를  $\beta$ -tublin, IGS, elongation factor1- $\alpha$ , ITS영역을 PCR을 통하여 증폭시킨 다음 *AluI*, *HhaI*, *HinPII*, *HpyCH4V* 제한효소를 이용하여 반응한 결과 유전자의 다양성이 확인되었다. RFLP 밴드패턴의 결과를 각각의 유전자 별로 Phylogenetic tree로 나타낸 결과 ITS영역에서는 3개의 group으로, IGS, Elongation factor에서도 3가지 group으로 나누어 졌으며 Beta-tubulin은 두 개의 group으로 나누어지는 것을 확인하였다. 110개 균주의 모든 RFLP결과를 Phylogenetic tree로 나타낸 결과 5가지 group으로 구분 되었다.

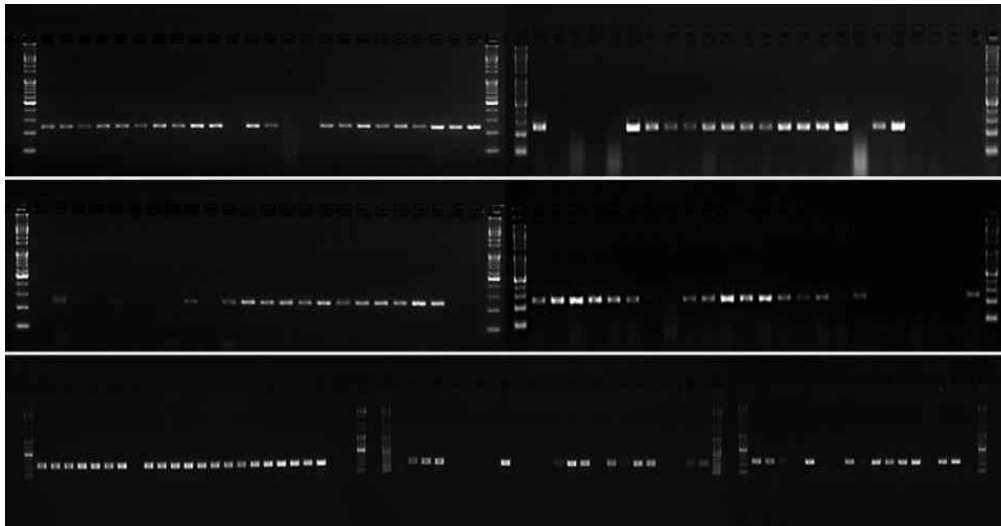


그림 5. *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 프라이머를 이용한 위황병원균 검증



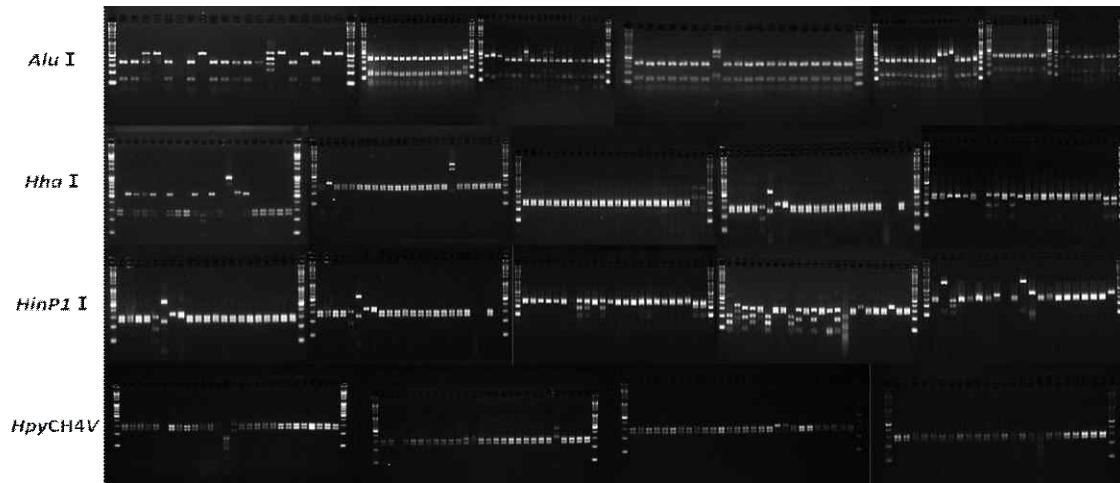


그림 6. ITS영역을 4가지 제한효소를 처리하여 확인한 밴드 패턴

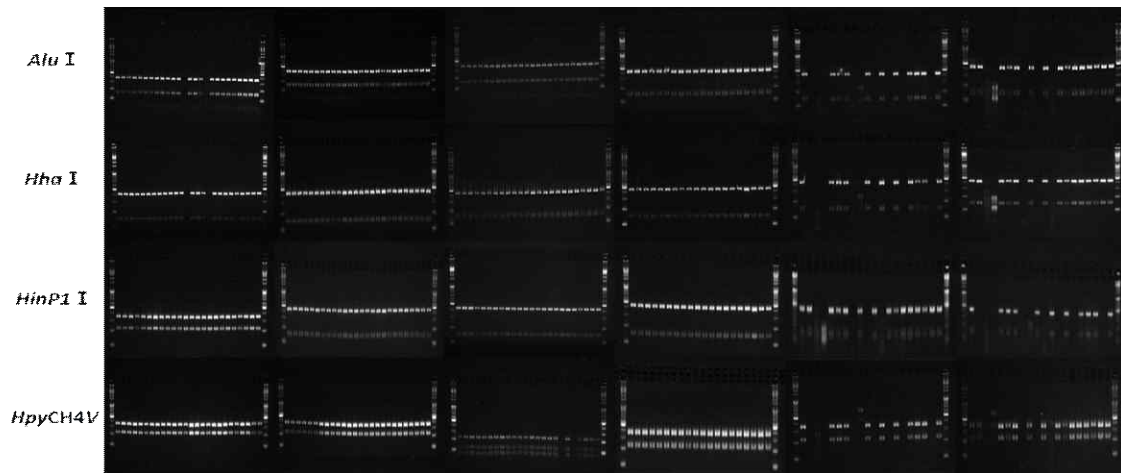


그림 7. Translation elongation factor영역을 4가지 제한효소를 처리하여 확인한 밴드 패턴

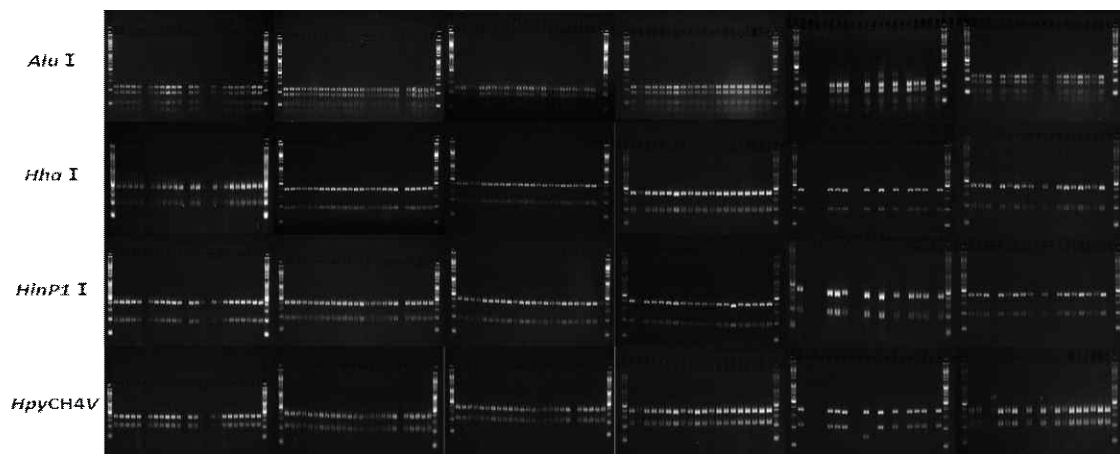


그림 8. Beta-tubulin 영역을 4가지 제한효소를 처리하여 확인한 밴드 패턴

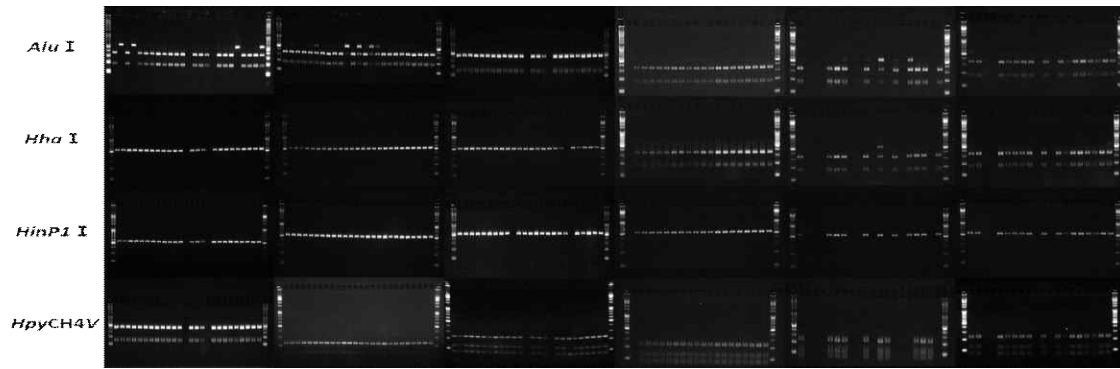


그림 9. IGS 영역을 4가지 제한효소를 처리하여 확인한 밴드 패턴

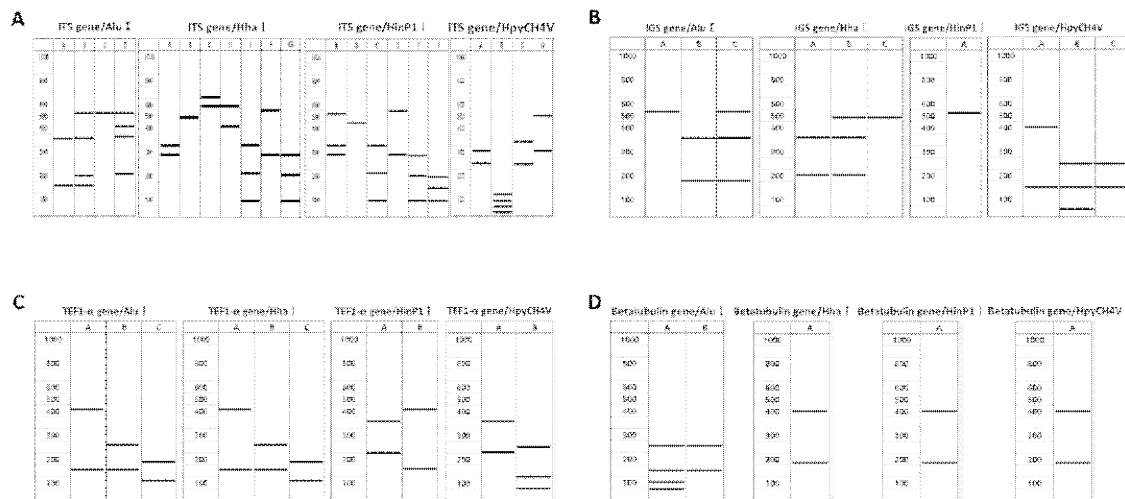


그림 10. 각 유전자별로 나타난 모식도

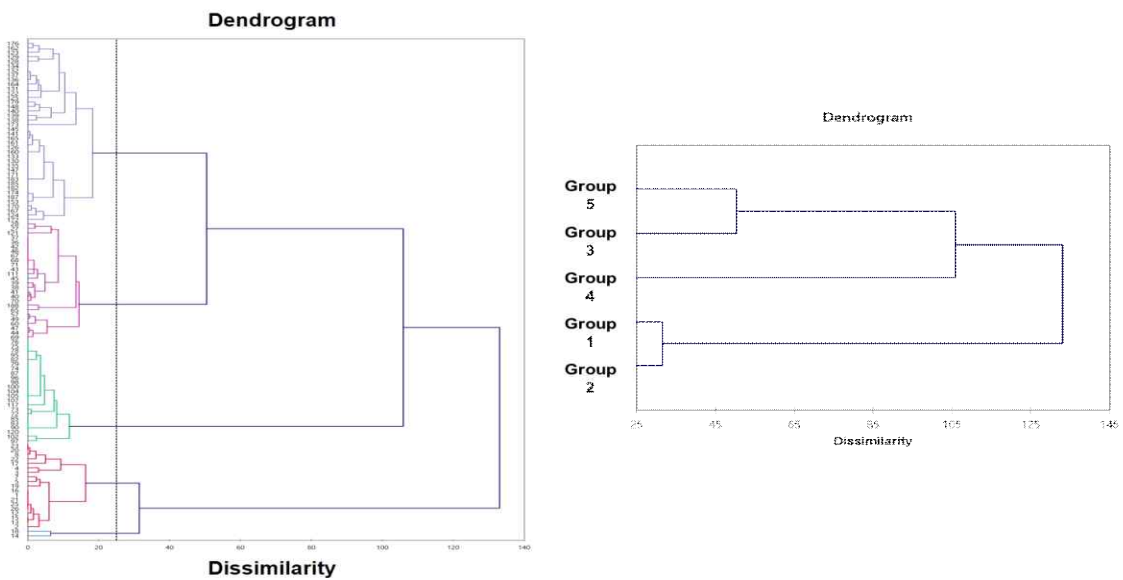


그림 11. 위황병원균 110개 균주의 RFLP 밴드패턴의 유사도 분석

다. RFLP분석을 통하여 확보된 유전적 다양성과 생태적 요인간의 상호관계 분석

RFLP분석 결과와 재배형태, 재배지역, 품종과의 상호관계 분석을 진행하기 위해 각각의 정보를 확보하여 각 생태적 요인별로 분리된 균주의 비율을 확인하였다. 그 결과 품종, 재배형태 그리고 표현형에서는 RFLP결과에서 나온 5가지 group과 큰 연관이 없는 것으로 보였으며 재배지역의 경우 Group 4는 대부분 하동에서 분리되었으며 Group 5는 산청에서 분리된 것으로 지역별로 유전적 다양성과 일치되는 부분을 확인하였다. 110개의 균주의 유전적 다양성 정보와 생태적 요인을 이용하여 PCA를 통해 상관관계를 분석한 결과 크게 3가지 Group으로 묶여지는 형태가 보였으며 각각 Group에 속하는 균주들은 분리된 지역이 공통점으로 확인되었다.

표 1. 분리된 위황병원균의 특성 정보

% (해당 sample 수/ 총 sample 수)		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Variety	설향 (67)	11.9	0	19.4	29.9	38.8
	매향 (13)	46.2	7.7	46.2	0	0
	장희 (24)	20.8	4.2	25	12.5	37.5
	산타 (3)	0	0	33.3	0	66.7
	아마까 (3)	0	0	0	0	100
C $\mu$ Ltivation method	토경 (74)	16	1.3	17.3	22.7	42.7
	고설 (36)	20.6	0	38.2	17.6	23.5
Region	수곡 (38)	50	5.3	44.7	0	0
	하동 (29)	0	0	23.3	76.7	0
	산청 (43)	0	0	4.8	0	95.2
Phenotype	A (15)	64.3	0	21.4	14.3	0
	B (75)	6.6	0	26.3	25	42.1
	C (5)	40	20	0	20	20
	D (2)	0	50	0	0	50
	E (13)	23.1	0	23.1	7.7	46.2

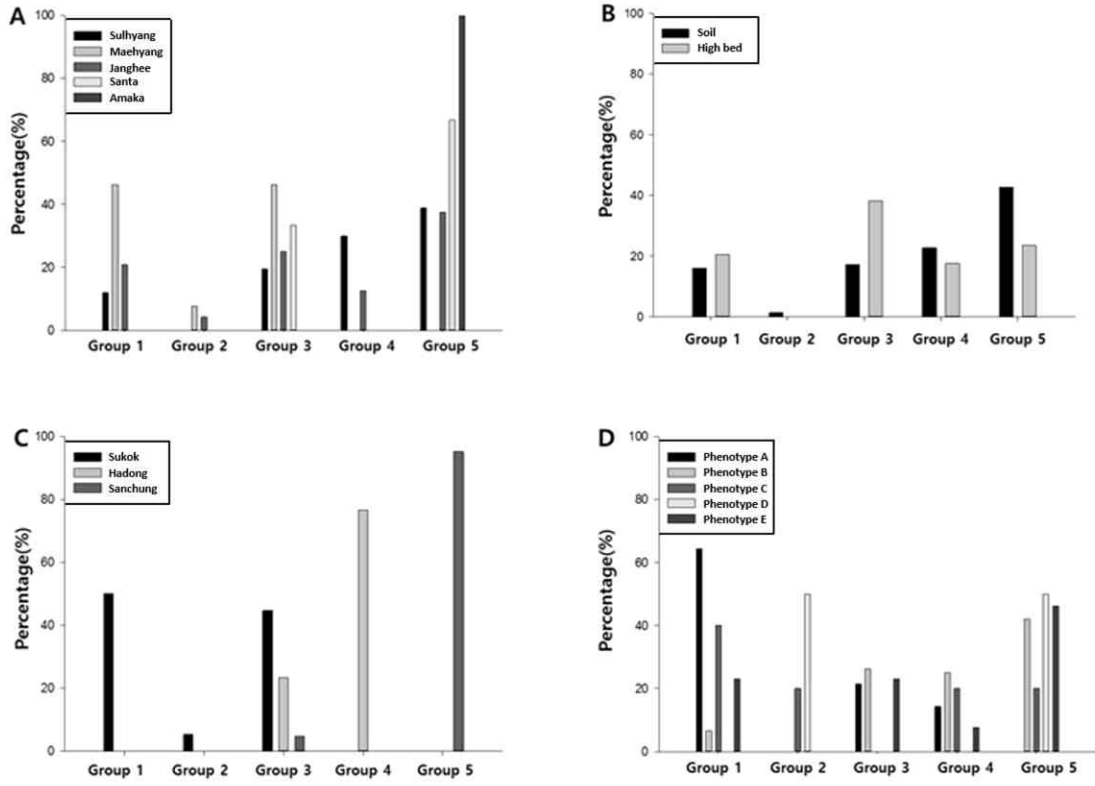


그림 12. RFLP group이 환경적 요인별로 차지하는 비율

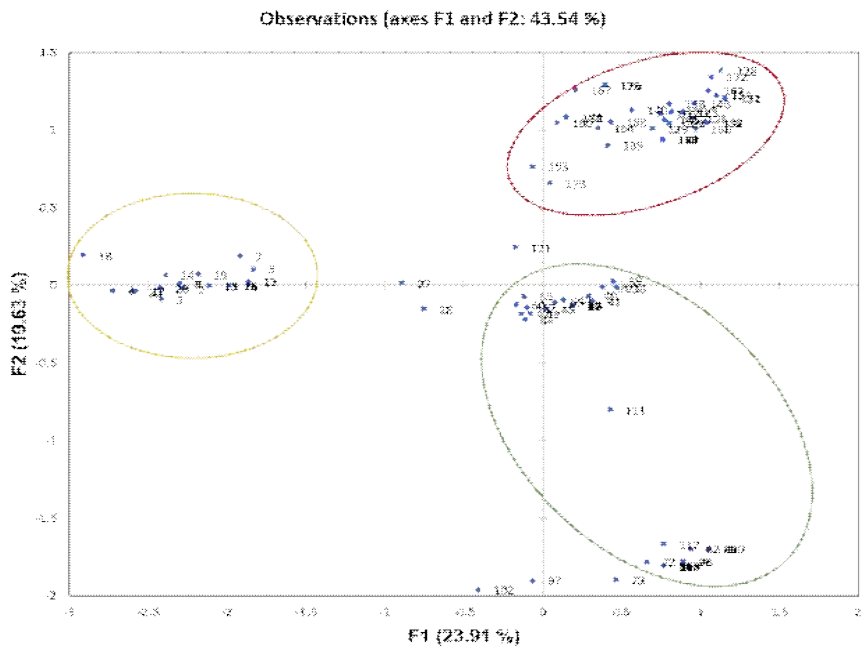


그림 13. RFLP 분석 결과와 환경적 요인간의 상호관계 분석

## 제 4절 유용미생물에 대한 딸기 위황병 균주의 민감성 확인 및 환경적 요인과의 상관관계 분석

### 1. 연구 재료 및 방법

#### 가. 위황병원균의 분리 및 위황병 방제 유용미생물에 대한 민감성 확인

경상남도 및 충청남도 논산 일대의 감염 딸기 식물체로부터 위황병 균주 확보를 위해 2016년 ~ 2017년 경남 일대에 위황병에 감염된 식물체의 크라운 부분을 채집한 위황병(76균주)과 논산 딸기 시험장(논산시 부적면 마구평리 35-19)에서 분양받은 위황병(27균주)을 1/5PDA (Potato Dextrose Broth : 4.8g, Agar : 20g, Water : 1L)에 계대 배양하여 28° C 배양기에서 7일간 배양하였다.

#### 나. 위황 병원균주 형태 및 분자생물학적 검증

PDA배지에 접종하여 7일간 배양한 것을 형성된 기균사의 색깔을 바탕으로 표현형을 5개의 group로 구분하였다. (A) 진한 빨간색, (B) 연보라색, (C) 연노랑색, (D) 흰색, (E) 진한 분홍색으로 확인 하였다. DNA를 정제하여 ITS 영역과 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 프라이머 Fofra PCR을 진행한 후 전기영동 결과를 확인 하였으며 정제된 PCR 절편을 마크로젠을 통하여 염기서열을 확보 하였으며 이를 NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>)를 통하여 분자생물학적 동정을 하였다.

#### 다. 위황병 균주와 유용미생물의 대치배양

위황병 방제 유용미생물 균주(S4-7)을 MS Agar(Soya : 20 g, D-Mannitol : 20 g, Agar : 20 g, Water : 1 L)에 전면 스트릭하여 28° C 배양기에서 5일간 배양하였고, 이들의 포자를 PDB (Potato Dextrose Broth : 10 g, Peptone 10 g, Water : 1 L) 1 mL과 멸균수를 이용하여 포자를 모았으며 Syringe filter를 이용해 포자를 걸러주었고 Spore stock을 제조하였다.



그림 1. 위황병원균과 방제균의 대치배양

배양된 위황병원균과 유용미생물을 이용하여 대치배양 진행하였다. PDK Agar (Potato Dextrose Broth : 10 g, Peptone : 10 g, Agar : 20 g Water : 1 L)에 8 mm Paper Disk를 1개를 치상한 후 유용 균주(S4-7)의 Spore stock (OD<sub>600</sub> : 0.7, cfu)을 20  $\mu$ l 분주하여 28° C 배양기에서 3일간 배양을 하였다. S4-7의 포자가 충분히 자란 뒤에 5일간 배양된 위황병원균을 30 mm간격을 두고 계대배양을 해준다. 총 10일간 관찰을 하여 Clean zone (Inhibition length, R)의 길이를 측정 하였다.

#### 라. 위황병균주 민감도와 생태적 요인 간의 상관관계 분석

위황병균주와 유용미생물의 대치배양을 실시하였으며, 유용미생물에 대한 103개의 위황병 균주의 Clean zone을 측정하였다. 각 균주의 Clean zone과 위황병 균주의 분리된 5가지 정보 (재배지역 : Location, 딸기 품종 : Variety, 식물 분리기관 : Source, 균주 표현형 : Phenotype) 와 관련이 있는지 확인 하기 위하여 SAS 프로그램(Version 9.4)을 이용해 ANOVA 분석을 하였다. 통계적 계산은 유의수준을 5% 로 보고 p-value값이 0.05 미만이었을 때, 유의차가 있는 것으로 판단을 하였고, 유의차가 있는 경우에는 더욱 구체적인 분석을 위해 다중비교를 실시하였다.

#### 마. 다중 비교를 이용한 생태적 요인 분석

SAS 프로그램(Version 9.4)을 이용해 유의차가 있는 분리된 정보 중에서 더욱 세부적 요인을 찾기 위하여 다중비교(Duncan 's multiple comparion test)를 하게 되었다. 통계적 계산은 유의수준을 5%로 보고 p-value값이 0.05 미만이었을 때, 유의차가 있는 것으로 판단하였으며, 통계적인 의미인 Group이 어떻게 나누는지 확인하였다.

#### 바. 항진균력에 차이가 있는 다양한 위황병 균주와 유용미생물의 혼합배양을 통한 표현형의 차이 확인

다양한 위황병 균주를 1/5PDA 배지에 계대 하여 28° C 배양기에서 7일간 키운 후, 멸균수 1 mL을 이용해 포자와 균사를 긁어모았다. 그 이후 Autoclave를 돌린 4겹 정사각형 5cm의 거즈를 이용 하였으며, Falcon tube에 거즈로 위로 덮은 후, 포자와 균사를 모은 멸균수 1 mL을 거즈 위에 내려주었다. 포자는 거즈 밑으로 내려졌으며, 균사는 거즈위에 걸리게 되었다. 거즈를 Autoclave된 스푼을 이용해 E-tube 에 넣어주었다. 이후에 포자 용액은 Hemocytometer를 사용하여 Microconidia 농도를 확인하였다. 위황병 방제미생물을 MS Agar에 전면 스트릭하여 28° C 배양기에서 5일간 배양된 것을 멸균이 된 솜과 멸균수를 이용하여 Spore stock을 모았다.

#### 사. 위황병의 균사 및 포자의 민감성 관찰

포자 발아율의 차이를 확인하기 위하여 Germination solution ( $MgSO_4$  : 0.5 g,  $NH_4NO_3$  : 1 g,  $KH_2PO_4$  : 1 g, Glucose : 15 g, Water : 1 L)를 제작하였다. 이후 본 용액에 위황병원균 Microconidia 농도  $10^5$  상태와 유용미생물  $10^6$  상태를 27°C Shaking incubator에 혼합배양 실시하였다. 유용균주가 처리되지 않았을 때, 선발된 위황병 균주의 포자 발아율이 100% 달하는 Time point를 확인 후에 유용미생물의 처리구의 위황병 균주의 포자 발아 억제력을 확인 하였다. 포자를 관찰시 Zeiss 현미경 400배 비율을 이용하여 포자 발아(Germ tube) 비율을 확인하였다. 유용미생물에 대하여 항진균 영향에 차이가 있는 위황병 균주의 균사의 양을 1.7 mL E-tube에 500  $\mu$ L로 정량화하여 유용미생물  $10^6$  500  $\mu$ L로 27°C Shaking incubator에 혼합배양을 실시하였다. 혼합배양 0시간부터 두께 및 형태 관찰을 하고 그 이후 12시간 간격으로 관찰을 실시하였다.

#### 아. 유용미생물 저항성 균주와 감수성 균주의 특정 유전자 발현량 차이 확인

처리구는 유용미생물 처리 전(위황병 균주 자체의 시료)과 처리 후(유용미생물의 영향을 받은 위황병 균주의 시료)를 이용하여 유전자의 발현량을 알아보았다. 처리전의 시료는 위황병 균주배지에서 균사체만을 분리하기 위해 셀로판지를 1/5PDA 에 놓은채로 위황병 균주를 키웠으며 시료를 분리하였다. 처리후의 시료는 PDK (고체배지)에서 유용미생물 대치배양이 되어있는 위황병 균주를 셀로판지를 이용하여 균사체를 분리하였다. 시료는 10일간 키운후에 액체질소를 이용하여 균질화해주었다. 그 이후에 1 mL의

Trizol을 첨가하여 12000 rpm의 원심분리 하였으며 상층액을 다른 E-tube로 옮긴후 200  $\mu$ L의 Chloroform을 첨가 하였고 12000 rpm 15분 원심분리후 500  $\mu$ L의 Isopropanol을 첨가하여 Pellet을 말려주었다. 이후에 DEPC Water로 희석한 1 mL의 75% 에탄올로 Washing 후에 7500xg 원심분리 해주었고 Pellet을 5분간 말린후 100  $\mu$ L DEPC Water에 녹여주었다. 이후 cDNA 합성 및 qRT PCR 진행을 위해 TOYOBO ReverTra Ace  $\alpha$ -(CAT : FSK-101)를 이용하여 total RNA를 반응 하였다. 반응한 시료를 20분간 42 $^{\circ}$ C, 5분간 99 $^{\circ}$ C로 cDNA를 합성 해주었으며, 보관시에는 -20 $^{\circ}$ C에 해주었다. 합성된 cDNA는 SYBR Green Realtime PCR Master Mix, TOYOBO, Japan (CAT : QPK-20)을 이용하여 q-PCR 진행하였으며 균주 간 Relative Delta Delta ct값을 확인하여 각각의 유전자의 발현량을 확인 하였다. 유전자는 S4-7의 진균 대상 Target gene으로 알려진 *pkc1* (cell wall remodeling), *gcn5* (RNA polymerase)을 알아 보았으며, 보정된 유전자의 발현량을 알아보기 위한 Reference gene은 *ubc* (Ubiquitin conjugating enzyme)와 *ef1a* (Eukaryotic translation elongation factor 1 alpha)를 이용하였다.

표 1. qPCR을 위한 프라이머 염기서열

Name	Forward sequence (5' - 3')	Reverse sequence (5' - 3')	Length
<i>pkc1</i>	ATGCCCAGGAGGTGATGAG	TGAGGCATGAAAGGAGGCTG	131 bp
<i>gcn5</i>	CGAAGGAGTGGAAGAACGGA	TCCATATCAGGGGACCACCC	103 bp
<i>ubc</i>	TCCCCTTACTCTGGCGGTGTC	TTGGGGTGGTAGATGCGTGTAGT	103 bp
<i>EF1A</i>	GGCTTTCACCGACTACCCTCCTCT	ACTTCTCGACGGCCTTGATGACAC	91 bp

## 2. 연구수행 결과

### 가. 다양한 위황병 균주와 유용미생물과의 대치배양

경남 일대에서 채집한 위황병원균주(76균주)와 논산 딸기 시험장에서 분양 받은 위황병원균주(27균주)를 분리지역, 품종, 분리된 물체의 기관, 표현형에 따라 분류 하였다. (표 1)  
 유용미생물에 대한 103개의 위황병 균주 민감도는 각각의 Clean zone 길이의 데이터를 확인하였으며, 그룹 5개를 나누어 정리를 하였다. 그룹(++++)은 유용미생물에 항진균 영향력이 적은 균주로 의미하며 103 균주 중 42균주가 포함 되었다. (항진균 영향력이 크다 +: Clean zone  $\geq$  10mm, ++ : 7mm  $\leq$  Clean zone  $\leq$  10mm, +++ : 4mm  $\leq$  Clean zone  $\leq$  7mm, ++++ : 0  $\leq$  Clean zone  $\leq$  4mm 항진균 영향력이 적다)

표 2. 실험에 사용된 위황병 균주 분리 정보

### A. Location

경남 일대 위황병원균주			논산 일대 및 기타 지역 위황병원균주									Total
Sancheong -myeon	Sugok -myeon	Hadong -myeon	Buyeo -gun	Dangjin -si	Ganghwa -dong	Hamyang -gun	Hongseong -gun	Iksan -si	Jinju -si	Nonsan -si	Samnye -eup	
31	27	18	2	1	1	1	2	1	1	17	1	103

B. Variety

Line	Red-pearl	Maehyang	Santa	Seolhyang	Summerberry	Amaka	Janghee	Total
1	1	11	2	67	1	2	18	103

C. Source

Crown	Petiole	Root	Runner	Total
96	3	1	3	103

D. Phenotype

A	B	C	D	E	Total
2	92	1	7	1	103

나. 유용미생물에 대한 위황병 균주의 민감성과 분리 정보의 상관성 파악

유용 미생물에 덜 민감한 위황병 균주의 발생의 요인을 알아보기 위해 분리적 정보(Location, Variety, Source, Phenotype)와의 상관성을 파악하게 되었다. 103개의 균주의 각각 Clean zone 길이와 분리정보간 ANOVA 분석 결과 P-Value 값 0.05 이하는 분리지역(0.0012)과 품종(<.0001)에 유의차가 있는 것으로 확인 되었다.(표 2-A) 103개의 균주에서 통계값 3이하의 데이터를 제외하고 ANOVA 분석 결과 P-Value 값 0.05로 이하는 품종(<.0001)로 유의차가 있는 것으로 확인 할 수 있으며, 분리지역(0.3278)은 유의차가 없는 것을 확인 할 수 있다 (표 2-B). 유의차가 있었던 품종 데이터를 사후 분석(Duncan Test)으로 확인한 결과, 품종(설향, 장희, 매향) 3가지의 품종이 모두 다른 Group으로 나뉘어지는 것을 알 수 있었다. 이 중 설향에서 분리된 위황병 균주가 유용미생물의 항진균 영향력이 가장 적은 것으로 확인 하였으며, 많은 항진균 영향력이 적은 균주가 설향에서 분리된 위황병 균주 인 것을 확인 할 수 있었다. 그룹(++++) 중에서 설향에 분리된 위황병균주는 85.3%를 차지하였다.

표 2. 위황병원균의 민감성 정도와 환경적요인 간의 ANOVA 분석을 이용한 상관성 검증

A					B				
Source	DF	Mean Square	F Value	Pr > F	Source	DF	Mean Square	F Value	Pr > F
Location	11	35.1763813	2.91	0.0012	Varieties	2	237.1758413	20.61	<.0001
Varieties	7	90.1120894	8.10	<.0001	Location	3	14.61962592	1.15	0.3278
Sourcet	3	21.69021935	1.69	0.1692					
Phenotype	4	15.47681737	1.20	0.3105					



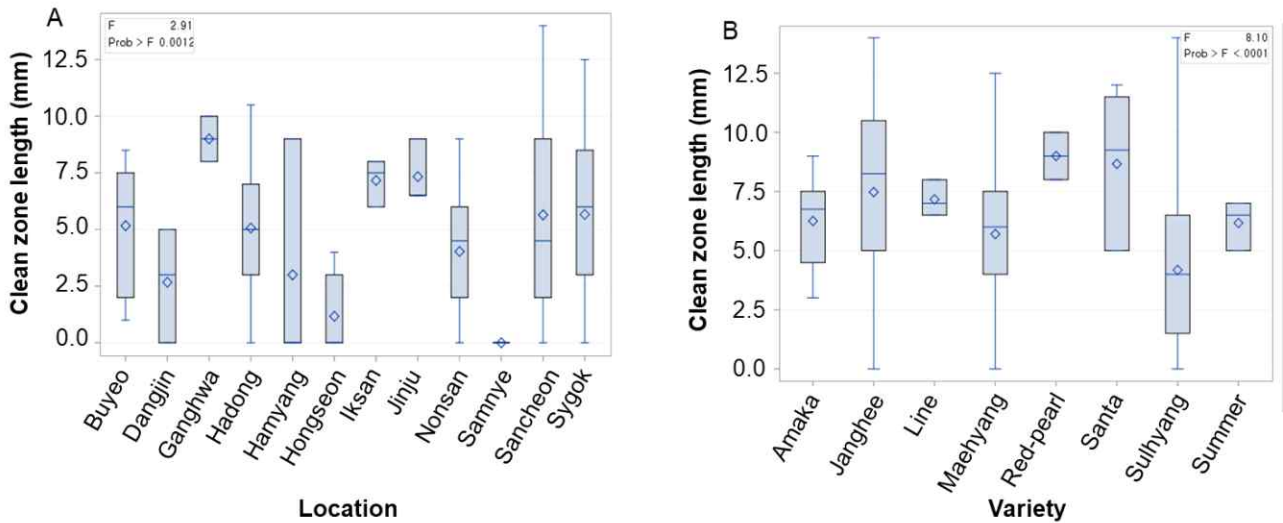


그림 2. 분리된 지역과 품종에 따른 유용균주에 대한 민감성의 정도 분석

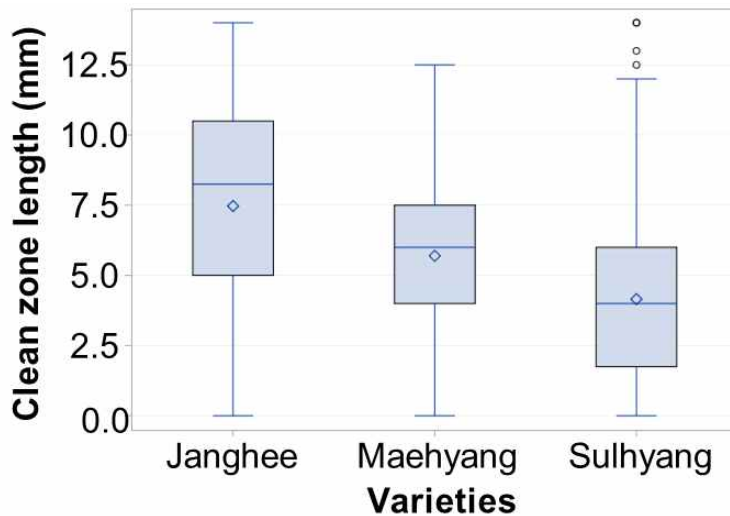


그림 3. 위황병원균이 분리된 품종에 따른 유용 미생물에 대한 민감성의 정도 분석

#### 다. ITS 영역과 특이적 프라이머를 이용한 위황병 균주 확인

분리된 위황병원균을 확인하기 위해 ITS, *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 프라이머(Fofra)를 이용하여 PCR을 진행하였다. 실험에 사용된 균주는 ITS(약 500 bp)와 Fofra PCR(약 200 bp)이 진행되어 전기 영동 후 Band size 확인 하였다. PCR Template를 정제하여 염기서열 분석 결과 *Fusarium oxysporum* 100% 상동성을 가지는 것을 확인 할 수 있었다. 분석된 ITS 염기서열을 Mega 7 Program에서 Neighbor joining 기법으로 유연분석 실시하였으며, 모두 *F. oxysporum* 확인 할 수 있다.

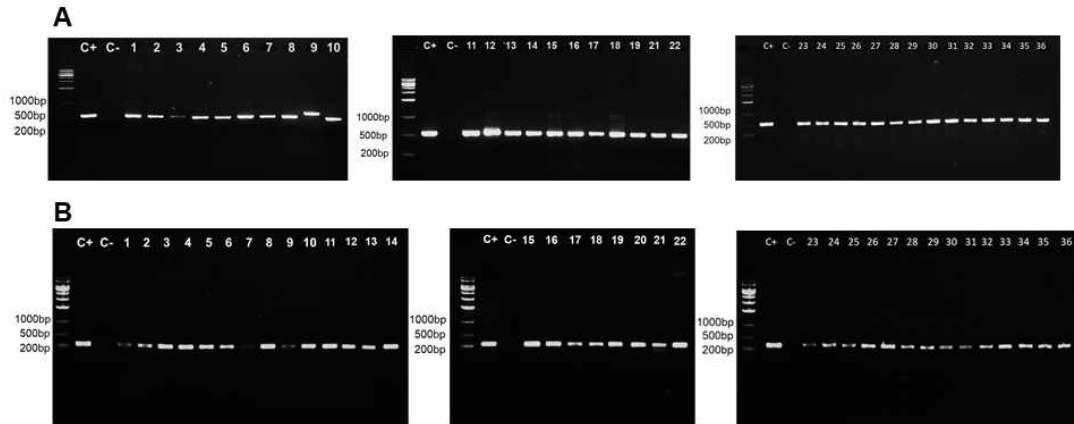


그림 4. 진균 동정 프라이머(A)와 *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* 특이적 프라이머(B)를 이용한 위황병원균 검증 (C+: F9, C-:ddH<sub>2</sub>O)

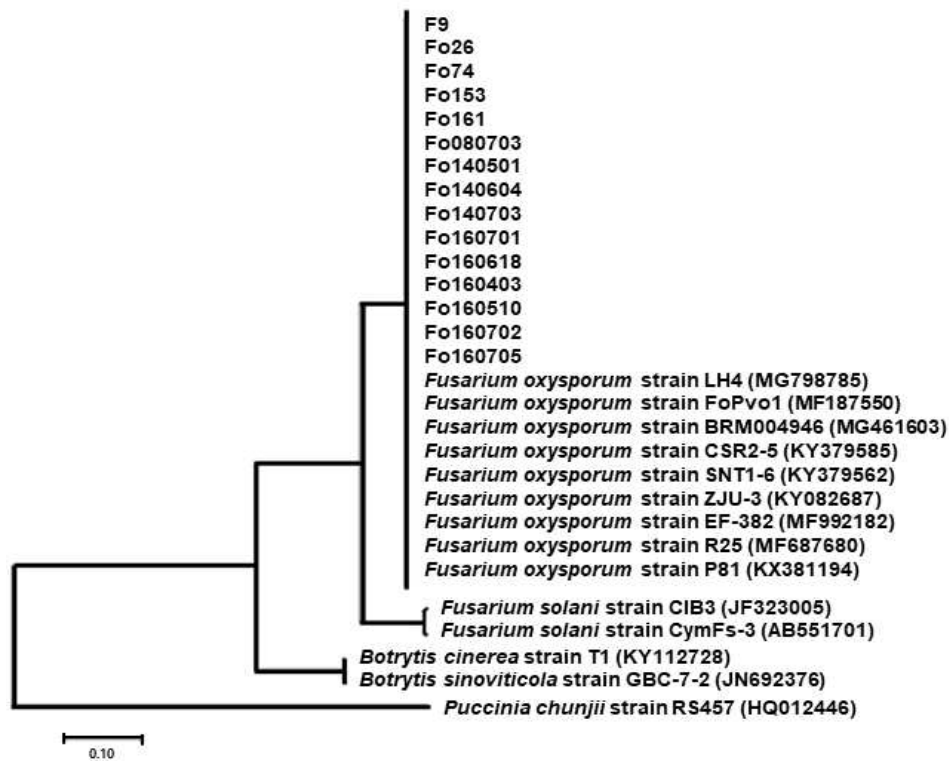


그림 5. 유용미생물에 덜 민감한 위황병원균주의 분자생물학적 동정

라. 다양한 고농도의 유용미생물 대치배양을 통한 저항성 위황병원균 최종 선발

유용미생물(OD600: 0.7)을 이용하여 대치배양 진행한 위황병 균주 중에서 Clean zone 길이가 0mm 였던 균주를 더 높은 농도 (OD600: 1.0, 2.0)의 유용미생물과의 대치배양을 실시하였다. 항균력 결과는 배양 후 10일 후 확인 하였다. 위황병 균주 Fo161과 Fo140703는 기존의 대조구 (*F. oxysporum* f. sp. *fragariae* strain F9)는 비하여 OD600: 1.0 대치배양 시 각각 25.6배 5.9배 OD600: 2.0 대치배양시 3.8배 2.5배 clean zone의 길이가 짧은 것을 보아 유용미생물에 덜 민감한 균주임을 알 수 있으며, 두 처리구에 모두 다른 균주와 비교했을 때 이 2 균주는 두 농도의 대치 배양 시 통계적 유의차가 있는 것으로 알 수 있다.

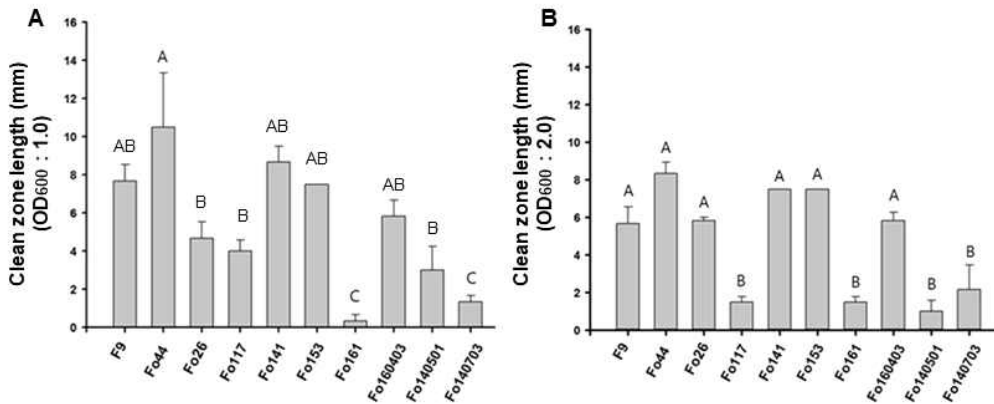


그림 6. 다양한 농도의 유용미생물에 대하여 저항성 위황병원균의 대치배양 결과

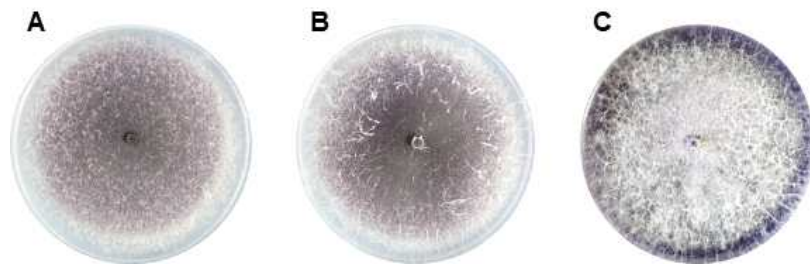


그림 7. 유용미생물에 감수성을 나타내는 균주(A)와 저항성을 가지는 균주(B,C)의 표현형  
A: F9, B: Fo161, C: Fo140703

마. 유용미생물과 혼합배양 시 위황병원균의 포자 발아율 (정도) 확인

최종적으로 유용미생물에 저항성 위황병원균으로 선발된 Fo161과 Fo140703을 이용하였으며 대조구로 F9균주 설정해 실험하였다. 3개 위황병원균의 포자와 균사를 이용해 유용미생물의 영향력을 알아보았다 (그림 8). 3균주는 Microconidia 상태에서 실험을 하였으며, Germination stock solution만을 처리하여 배양한 경우 12시간 뒤에 포자가 발아율 100%로 보이며 Germ tube 형성을 하는 것을 확인 하였다 (그림 9-A). 이에 유용미생물의  $10^6$  Spore stock 처리 후 0시간부터 12시간 간격으로 포자 발아율을 확인하였다. 대조군 F9은 12시간에 19.6%, 24시간에 25.3%, 36시간에 31.3% 발아율을 보였으며 Fo161은 12시간에 29.1%, 24시간에 30.1%, 36시간에 32.1%를 보였고 Fo140703은 12시간에 29.1%, 24시간에 29.8%, 36시간에 34.8%를 보였다. 3개의 위황 병원균주는 발아억제를 보였지만, 시간이 지날수록 발아가 진행되는 것을 확인 할 수 있다. 이를 이용해 유용미생물에 의한 포자 발아 저해율을 다음 식으로 구하였다.

$$\text{Spore germination inhibition rate (\%)} = \frac{\text{Control spore germination} - \text{Spore germination process}}{\text{Control spore germination}} \times 100$$

혼합배양 12시간 후의 발아 억제율은 F9 (80.3%)에 비해서 Fo161 (70.8%), Fo140703 (72.8%) 균주가 발아 억제되는 정도가 작은 것을 알 수 있으며, 24시간 후의 발아 억제율은 F9 (74.6%), Fo140703 (70.1%), Fo161 (69.8%)이고, 36시간 후의 발아 억제율은 F9 (68.6%), Fo161 (67.8%), Fo140703 (35.1%)으로 확인하였다. 이러한 결과는 유용미생물과 위황병원균의 혼합배양으로 인해 위황병원균의 포자 발아는 억제되는 나타난다. 초기에는 유용미생물에 대한 민감성에 따라 다소 정도가 달라 질수 있으나, 시간이 갈수록 그 억제되는 정도가 동일해 지는 것을 알 수 있었다.

바. 유용미생물과 혼합배양시 위황병원균의 균사생장에 대한 영향 확인

F9, Fo161, Fo140703 균사의 두께는 F9 ( $3.3\mu\text{m}$ ), Fo161 ( $3.5\mu\text{m}$ ), Fo140703 ( $3.8\mu\text{m}$ )인 것을 확인 할 수 있으며 통계적 분석 (LSD Test)로 차이가 없는 것을 확인 할 수 있었다 (그림 10-A). 무처리구 (물 첨가) 배양 12시간 후의 균사 두께는 F9 ( $4.44\mu\text{m}$ ), Fo161 ( $4.53\mu\text{m}$ ), Fo140703 ( $4.57\mu\text{m}$ )이며, 이들은 통계적 분석 (LSD Test)로 차이가 없는 것을 확인 할 수 있었다. 유용미생물이 처리된 혼합배양 12시간 후의 균사 두께는 F9 ( $2.49\mu\text{m}$ ), Fo161 ( $3.91\mu\text{m}$ ), Fo140703 ( $3.92\mu\text{m}$ ) 인 것을 확인 되었으며, 감수성 병원균보다 저항성 병원균이 균사의 두께에 덜 영향을 미친다는 것을 통계적으로 유의차가 발생하였다(그림 10-B).

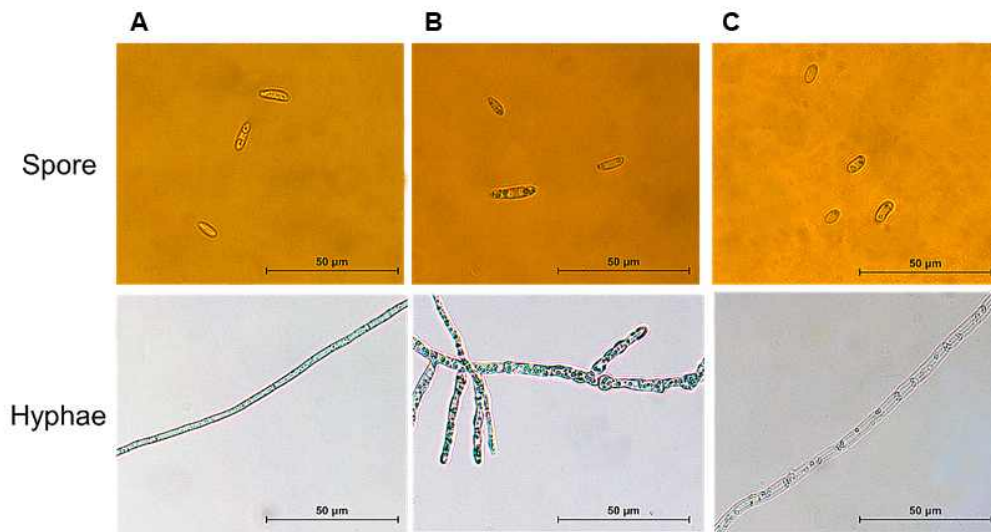


그림 8. 선발된 위황병원균 포자 및 균사 표현형 (400배율)A: F9, B: Fo161, C: Fo140703

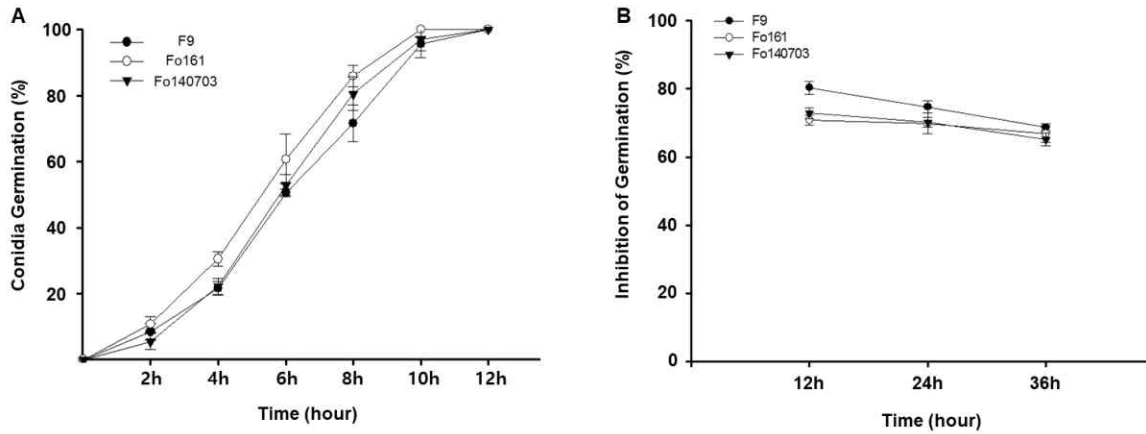


그림 9. 위황병원균 포자 발아율과 유용미생물 혼합배양으로 인한 포자 억제율

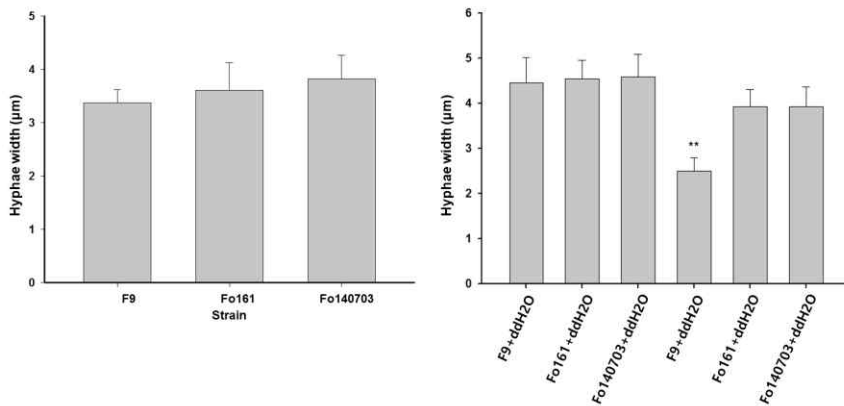


그림 10. 유용미생물과 혼합배양으로 인한 위황병원균 균사 폭길이 비교

사. 위황병 균주의 유용미생물 처리 전후 Target gene 발현량 확인

*pkc1*의 발현량을 확인 했을 때, 유용미생물을 처리하지 않은 위황병원균 유전자의 발현량의 크기는 F9은 1.40582, Fo140703은 0.55251, Fo161은 1.75527인 것을 확인 할 수 있으며, 대조군 균주 F9이 Fo140703보다 더 많은 발현량을 나타낸다. 유용 균주 처리 후 유전자의 발현량 크기는 F9은 1.93798, Fo140703은 1.85201, Fo161은 1.07213 인 것을 알 수 있으며, 대조군 균주 F9이 가장 많은 발현량을 나타낸다. 그러므로 민감성의 차이는 본래 위황병 균주의 *pkc1*의 발현량으로 인한 요인은 아닌 것을 알 수 있다. *gcn5*의 발현량을 확인 했을 때, 유용미생물을 처리하지 않은 위황병원균 유전자의 발현량의 크기는 F9은 0.18257, Fo140703은 0.11571, Fo161은 1.30914인 것을 확인 할 수 있으며, 대조군 균주 F9이 Fo140703보다 더 많은 발현량을 나타낸다. 유용 균주 처리 후 유전자의 발현량 크기는 F9은 4.29924, Fo140703은 1.85201, Fo161은 0.87907 인 것을 알 수 있으며, 대조군 균주 F9이 가장 많은 발현량을 나타낸다. 그러므로 민감성의 차이는 본래 위황병 균주의 *gcn5*의 발현량으로 인한 요인은 아닌 것을 알 수 있다.

아. 유용 균주 처리 전후의 위황병원균 유전자 발현량 차이 확인

유용미생물 처리 전후, 위황 병원균의 유전자의 발현량을 확인 한다면 [균주 Strain (전, 후)], *pkc1*의 경우 F9 (1.40582, 1.93798), Fo140703(0.55251, 1.85201), Fo161(1.75527, 1.07213)이며 *gcn5*의 경우 F9(0.18257, 4.29924), Fo140703(0.11571, 1.85201), Fo161(1.30914, 0.87907) 인 것을 알 수 있다. 이는 F9균주와 Fo140703균주는 유용미생물의 처리 후에 Target gene의 많은 발현량이 나타나는 것을 알 수 있다. 특이한 점으로는 유용 균주의 처리 후에 *gcn5*의 발현은 F9은 23.5배가 더 많은 발현이 되며, Fo140703은 16.0배가 더 많은 발현이 된다. 하지만 Fo161은 이러한 경향을 보이지 않는 것을 알 수 있으며, Fo140703과 다른 방어기작을 가지는 균주일 것으로 생각 된다.

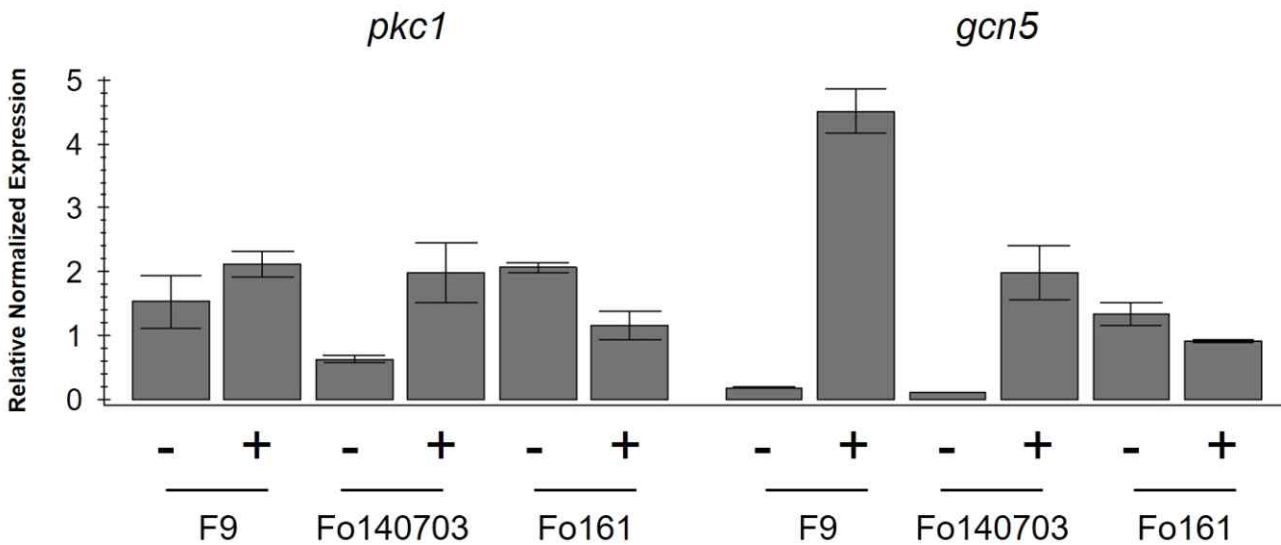


그림 11. q-PCR을 이용한 위황병원균 *pkc1*, *scn5* 발현량 결과

## 제 5 절 위황병방제를 위한 종합적 방제를 위한 검증 및 유전적 다형성 분석

### 1. 연구수행 방법

#### 가. 병원균 접종원 제작

Fo161, F9 두 균주를 이용하여 병원균을 제작하였다. 병원균 제작 방법으로는 PDA배지 (PDA: potato dextrose 24 g, agar 20 g / 1L)에 두 균주의 균사를 접종하여 27° C에서 7일간 배양하였다. 7일 간 배양 후 현미경을 통하여 macroconidia가 형성이 되었는지 관찰 하였으며, macroconidia가 형성 된 후 PDA 배지에 멸균수를 3 mL 분주 하여 도말봉을 이용하여 긁어준 후 e-tube에 macroconidia를 채집하였다. 위와 같은 방법에 의거하여 두 균주 모두  $2-4 \times 10^6$  cfu/mL으로 macroconidia를 채집하였으며 총 50 mL을 확보하여 병원균으로 사용하였다.

#### 나. 선발된 균주 배양 및 처리

균주 선발은 본 연구진이 선행되어진 연구에서 선발한 *Streptomyces globisporus* S4-7, *Streptomyces* sp. SN1G12 균주 와 *Kitasatospora* sp. HJ2F8 총 3개의 균주를 사용하였다. PDK배지 (PDK: pepton 10 g, potato dextrose 10 g / 1 L)를 이용하여 선발한 3개의 균주를 진탕배양기 (150 rpm, 28C)를 이용하여 14

일 간 배양하였으며 ( $3-5 \times 10^7$  cfu/mL), 배양된 균을 dipping방법에 의거하여 처리하였다. S4-7 균주는 F9 병원균에 항균활성 능력이 우수한 것으로 나타났지만, Fo161 균주에서는 비교적 항균활성 능력이 다소 낮게 조사되었다. 따라서 실험에 진행함에 있어서 S4-7 균주뿐만 아니라 SN1G12 균주와 HJ2F8 균주를 이용하여 실험을 진행하였다.

#### 다. Pot assay 실험 방법

Plastic pots (22 × 60 × 18 cm)에 상토를 첨가한 후, 각 각의 pot에 딸기 (cv. Maehyang) 모종을 심었으며 모종은 본 연구진이 -2° C에서 보관중인 모종을 사용하였다. 딸기 모종의 활착과 생육을 유도하기 위해서 각 각의 pot을 경상대학교 내부에 위치한 그린하우스로 이동시켜 2달 간 재배하였다. 2달 후 배양한 균주를 이용하여 dipping 처리 하였으며, 이 후 3일 뒤 병원균을 각 pot 당 10 mL씩 분주하였다.

#### 라. 병 발생도 조사

병 발생도 조사는 병원 균 접종 4주 후에 조사를 하였으며 조사 방법은 0, healthy; 1, 1 to 3 leaves rolled and yellowed; 2, 3 to 4 leaves rolled and deformed; 3, chlorosis and early plant wilting; 4, necrosis and entire plant wilting; and 5, dead or nearly에 의거하여 진행하였다. 모든 결과의 통계분석은 Tukey's HSD test (with significance set at  $p = 0.05$ )를 사용하여 진행하였다.

#### 마. 근권정착 능력 test

근권정착 능력은 Hygromycin 저항성 유전자가 삽입된 S4-7 균주 와 Apramycin 저항성 유전자가 삽입된 SN1G12, HJ2F8 균주를 처리 후 4주 뒤 근권 토양을 1 g 채집하였다. 채집한 토양을 멸균수 9 mL 에 넣고  $10^{-6}$ 까지 희석하여 희석평판 배양법으로 밀도를 조사하였으며 밀도조사에는 PDK (Rifampicin 100  $\mu\text{g/mL}$  or Hygromycin 80  $\mu\text{g/mL}$ ) 선택배지가 이용 되었다. 모든 실험은 3반복으로 진행하였다.

#### 바. 다양한 환경에서 분리된 위황병원균주에 대한 살균제 감수성 평가

위황병원균으로는 Kim et al.,(2017)에서 선행연구된 93개의 위황병 균주를 사용하였으며 이는 다양한 지역, 품종, 식물체의 조직에 따라 그룹을 나누었다. 위황병원균주의 살균제 감수성 평가에 사용된 살균제로는 코퍼하이드록사이드 수화제(77%), 프로클로라즈망가니즈 수화제(50%), 테부코나졸 수화제(25%)를 사용하였다. 최대 효과의 절반 효과를 보이는 지점인 EC50의 기준은 코퍼하이드록사이드 수화제 0.05  $\mu\text{g/mL}$  (Mirkovic et al., 2015), 프로클로라즈망가니즈 수화제 0.005  $\mu\text{g/mL}$  (Amini et al., 2010), 테부코나졸 수화제 0.2340  $\mu\text{g/mL}$ (Yang et al.,2008)로 설정하였다.

#### 사. 위황병원균 배양 조건 및 살균제 농도 설정

93개의 위황병원균 균주의 배양 조건으로는 9cm petri dish(SPL, Pochen)에 1/5 PDA(potato dextrose broth : 20 g, Agar : 20 g, Water : 1 L)에 계대 배양하여 28°C 배양기에서 암조건으로 7일간 배양하였다. 3가지 살균제에 대한 감수성 평가 방법으로는 6 well plate (SPL, Pochen)에 1/5 PDA배지와 3개의 살균제의 기준농도를 각각 배지에 희석하여 위황병균주의 Agar block을 계대하여 28°C의 배양기에서 암조건으로 배양을 진행하였다. 6 well의 농도로는 살균제 무처리구인 1/5 PDA와 기준으로 설정한 농도의 10배, 100배로 농축된 농도, 10배,100배로 희석한 농도를 1/5 PDA 배지와 혼합 후 각각의 well에 5 mL씩 분주하였다. 코퍼하이드록사이드 수화제(77%)는 0  $\mu\text{g/mL}$ , 0.0005  $\mu\text{g/mL}$ , 0.005  $\mu\text{g/mL}$ , 0.05  $\mu\text{g/mL}$ ,

0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 각각 5 mL씩 분주하였으며 프로클로라즈망가니즈 수화제는 0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.00005  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.0005  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.005  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.05  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 5 mL씩 분주하였다. 테부코나졸 수화제는 각각 0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.002340  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.02340  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 0.2340  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 2.340  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 23.40  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 5 mL씩 분주하였다.

아. 약제별 EC50 값 산출 및 통계 분석

약제별 EC50 값을 산출하기 위해서 직선회귀분석(linear regression analysis)를 진행하였다. 무처리구를 포함한 6가지의 조건에서 얻어진 균사의 생장 길이를 무처리구와 비교하여 상대적인 생장 길이를 산출하였으며 6-well plate의 지름이 3.5cm인 것을 감안하여 1.75cm를 EC50으로 설정하였다. 각 약제별, 군주별 통계 분석으로는 도출된 EC50 결과 값을 이용하였으며 유의차를 분석하는 방법으로는 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)를 사용하였다. EC50값을 종속변수로 지정한 후 분리지역, 품종, 그리고 병원균의 분리 위치를 생물학적 요인 변수로 지정하여 분석을 진행하였다. 사후 분석으로는 Duncan's new multiple range test를 진행하였으며  $p$ -value의 값은 0.001 이하의 기준으로 유의차를 산정하였다.

자. 위황병균주의 유전적 다형성과 생태적 요인간 상관관계 (Amplified Fragment Length Polymorphism, AFLP)

각 위황병균주의 genomic DNA 250 ng을 20  $\mu\text{L}$ 가 되게 제한효소 *EcoRI* 10 unit과 *MspI* unit을 5시간동안 37° C에서 반응 시켰다. 이후 자른 genomic DNA를 T4 DNA ligase 40unit, *EcoRI* adapter 0.1  $\mu\text{M}$ , *MspI* adapter 0.1  $\mu\text{M}$ , 0.2 mM ATP를 50  $\mu\text{L}$ 가 되게 첨가하였고 10~12° C overnight에 반응시켜 adapter를 부착시켰다. 이후 1/20로 희석시킨 뒤 *Eco00*, *Msp00* 프라이머를 이용하여 30초간 94° C, 30초간 56° C, 90초간 72° C에서 35회 Pre-amplification을 시행하였다. 완성된 Pre-amplicon을 2% agarose gel에 전기영동을 하여 대략적인 다형성을 확인하고, 형광물질인 FAM이 표지된 *Eco20* 5 ng, 15 ng *Msp15*와 15 ng *Msp16* primer를 이용하여 Selective PCR을 시행하였다. 처음 13 cycle동안 annealing 조건은 30초간 65도에서 각 cycle마다 0.7도씩 내려주었고, 이후 23 cycle 30초간 56° C로 시행하였다. 이후 한번 더 2% agarose gel에서 전기영동을 통해 다형성 유무를 확인하고 서울대 농생명과학 공동기기의 자동 DNA 서열분석기(모델명 ABI 3730 XL)을 통해 FAM 표지된 단편길이에 대한 데이터를 얻었다. 얻어진 단편 길이에 대한 데이터는 통계 전문 프로그래밍 언어인 R(ver. 3.6.3)의 DNA fragment 분석 패키지인 Fragman (ver. 1.0.5)에 의해 세밀하게 alignment 되었으며, 데이터 구조 정리 패키지인 reshape (ver. 0.8.8)과 dplyr (ver. 0.8.5) 통해 정리되고, vegan (ver. 2.5-6)과 ape (ver. 5.3)에 의해 community ecology 분석 및 진화적 계통수에 관한 분석이 시행되었으며, ggplot2 (3.3.0)과 gg dendro (1.13.4), dendxtend (0.1-20)를 통해 시각화되었다.

표 1. AFLP 분석을 위한 프라이머

Name	Sequence			
<i>EcoRI</i> adapter	Forward sequence	CTCGTAGACTGCGTACC	Revers sequence	AATTGGTACGCAGTC
<i>MspI</i> adapter	Forward sequence	GACGATGAGTCCTGAT	Revers sequence	CGATCAGGACTCATC
<i>Eco20</i>	FAM-GACTGCGTACCAATTTCGC			
<i>Msp15</i>	GATGAGTCCTGATCGGCA			
<i>Msp16</i>	GATGAGTCCTGATCGGCC			



## 2. 연구수행 결과

### 가. 균주 처리에 의한 위황병 방제 효과

S4-7, SN1G12 균과 HJ2F8 균을 처리한 후 Fusarium wilt에 대한 방제효과를 조사하였다. 조사는 Disease index (DI)를 사용하였다. 무처리 구에서는 병이 발생하지 않았으며, 각 각 F9 과 Fo161 병원균이 처리된 실험 구에서는 DI 4로 조사되었고 F9+S4-7, Fo161+S4-7 처리 구에서는 각 각 DI 값이 1 과 3으로 조사되었다. F9+HJ2F8, Fo161+HJ2F8 처리 구에서는 각 각 DI 값이 2로 동일하게 나타났으며, F9+SN1G12, Fo161+SN1G12 처리 구에서도 동일하게 DI 값이 2로 조사되었다. 이에 따라서 S4-7 균주가 F9에 대해서는 강한 길항능력을 나타내는 반면에 Fo161에 대해서는 다소 낮은 길항능력을 보이는 것을 확인 할 수 있었다. SN1G12 균주 와 HJ2F8 균주는 두 개의 병원균에서 동일한 길항능력을 나타내는 것으로 사료된다.

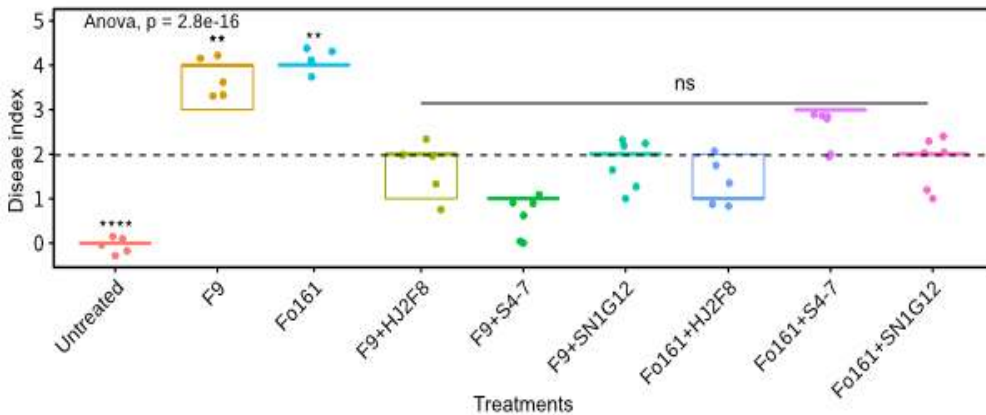


그림 1. 새로운 유용균주에 의한 위황병원균 발병도 억제 능력 검증

### 나. 근권정착 능력 조사

S4-7, SN1G12 균과 HJ2F8 균의 근권정착 능력을 조사한 결과 4주차에서 HJ2F8 균주는 6.1 log cfu g<sup>-1</sup>로 밀도가 유지되는 것으로 나타났으며, S4-7 과 SN1G12 균은 각 각 7.2, 7.0 log cfu g<sup>-1</sup> 으로 밀도가 유지되는 것으로 조사되었다. 이처럼 시험에 사용된 균주 모두 근권정착 능력이 우수한 것으로 나타났다. 토양 병원성 진균이나 세균에 대한 생물적 방제 연구는 많은 선행 연구들이 진행 되어져 왔다. 하지만실 험실내에 길항작용을 관찰하고 실제 포장에 적용하여 성공한 예는 극히 드물다. 그 이유는 세균이 식물 뿌리 주위에서 생존할 수 있는 근권정착 능력의 부재가 가장 큰 이유로 알려져 있다. 따라서 근권정착 능력은 토양 병원균을 방제하거나 억제하는데 생물적 방제인자가 가져야 할 반드시 필요한 능력으로 생각할 수 있다.

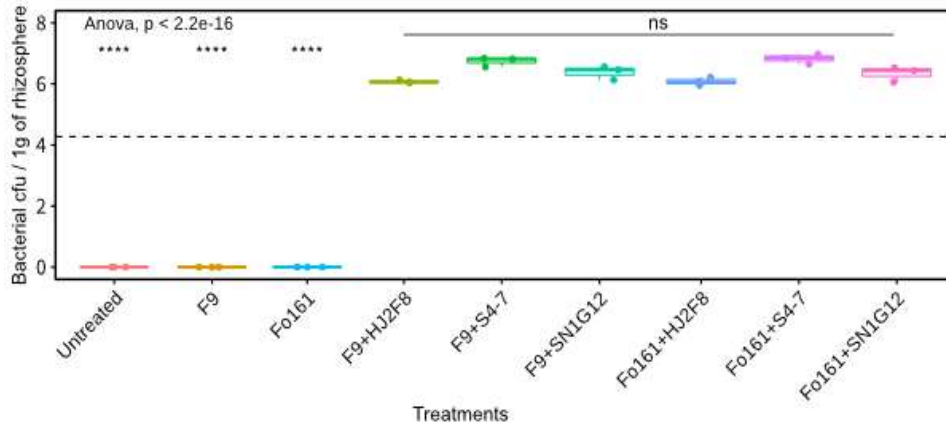


그림 2. 근권에서의 S4-7, HJ2F8, SN1G12 균주의 균집형성 능력 검증

다. 3가지 약제에 대한 다양한 위황병 균주의 EC50 값

다양한 위황병균주를 3가지 약제에 대해서 산출한 EC50값을 기준으로 하여 지역, 품종, 병원균의 분리위치에 따라 분류하였다 (표 1).

표 1. 실험에 사용된 다양한 위황병 균주에 대한 3가지 약제의 EC50 값

Strains	Locations	Varieties	Plant tissues	Copper hydroxide WP (77%)	Prochloraz Mn WP (50%)	Tebuconazole WP (25%)
Fo080703	Sancheong	Janghee	Crown	0.2188	0.2674	0.6585
Fo1	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.3020	0.2555	1.3788
Fo104	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2934	0.2717	1.3597
Fo107	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2872	0.3048	1.4935
Fo117	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2840	0.2788	1.1307
Fo12	Sugok(Jinju)	Janghee	Crown	0.3604	0.2555	1.1476
Fo120	Sancheong	Janghee	Crown	0.2659	0.2234	1.1811
Fo121	Sancheong	Janghee	Crown	0.2755	0.2717	1.5023
Fo123	Sancheong	Janghee	Crown	0.2700	0.2159	1.1440
Fo124	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2872	0.2804	1.3398
Fo125	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2659	0.2500	1.4394
Fo126	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2604	0.2567	1.3220
Fo128	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2604	0.3292	1.1462
Fo129	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2872	0.2441	1.3379
Fo130	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2872	0.2441	1.3014
Fo134	Sancheong	Janghee	Crown	0.2659	0.3026	1.1693
Fo135	Sancheong	Janghee	Crown	0.3020	0.3000	1.1126

Strains	Locations	Varieties	Plant tissues	Copper hydroxide WP (77%)	Prochloraz Mn WP (50%)	Tebuconazole WP (25%)
Fo136	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2551	0.3125	1.1215
Fo137	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2812	0.3048	1.4311
Fo139	Sancheong	Janghee	Crown	0.2755	0.2500	1.1141
Fo140	Sancheong	Janghee	Crown	0.2934	0.2555	1.1496
Fo140501	Nonsan	Sulhyang	Petiole	0.2959	0.2236	0.7053
Fo140604	Buyeo	Sulhyang	Crown	0.3085	0.2934	0.8633
Fo140607	Nonsan	Sulhyang	Runner	0.2812	0.2441	0.8755
Fo140703	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2300	0.2625	0.6051
Fo141	Sancheong	Janghee	Crown	0.2812	0.2111	1.2542
Fo145	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2543	0.2948	0.8476
Fo147	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2647	0.2755	1.3896
Fo148	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2700	0.2272	1.3352
Fo15	Sugok(Jinju)	Janghee	Crown	0.3100	0.2625	1.1638
Fo150702	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Root	0.3152	0.2674	0.8285
Fo153	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2659	0.2395	1.3936
Fo16	Sugok(Jinju)	Janghee	Crown	0.2934	0.2435	1.2522
Fo160	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2755	0.2804	1.3719
Fo160303	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2934	0.2346	1.2900
Fo160304	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2872	0.2604	1.2932
Fo160403	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.3295	0.3085	1.0482
Fo160405	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.3068	0.2735	0.6523
Fo160506	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.3717	0.2333	0.7396
Fo160510	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2672	0.2234	0.8663
Fo160609	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2812	0.2959	1.4734
Fo160612	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2755	0.3214	1.0344
Fo160618	Buyeo	Sulhyang	Crown	0.2959	0.2358	0.9603
Fo160701	Buyeo	Sulhyang	Crown	0.3020	0.2358	0.9960
Fo160705	Nonsan	Sulhyang	Petiole	0.2755	0.2916	0.7942
Fo160708	Nonsan	Sulhyang	Petiole	0.3444	0.2916	1.2008
Fo160712	Buyeo	Sulhyang	Crown	0.2843	0.2916	0.8037
Fo160721	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.2788	0.2763	0.6760
Fo160801	Nonsan	Sulhyang	Runner	0.2872	0.2763	0.8945
Fo160802	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.3222	0.2446	0.7871
Fo160805	Nonsan	Sulhyang	Crown	0.3000	0.2755	0.7635
Fo160902	Buyeo	Sulhyang	Crown	0.2454	0.2234	0.4072

Strains	Locations	Varieties	Plant tissues	Copper hydroxide WP (77%)	Prochloraz Mn WP (50%)	Tebuconazole WP (25%)
Fo161	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2659	0.2976	1.3206
Fo162	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2934	0.2738	1.2850
Fo170	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2934	0.2738	1.0885
Fo174	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.2959	0.3000	0.9777
Fo176	Sancheong	Sulhyang	Crown	0.3085	0.2282	1.3526
Fo187	Sancheong	Janghee	Crown	0.3020	0.2282	1.2538
Fo188	Sancheong	Janghee	Crown	0.3152	0.2804	1.4169
Fo2	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2812	0.2659	1.5025
Fo25	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.3085	0.2441	1.4808
Fo26	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.2596	0.2551	1.3737
Fo27	Sugok(Jinju)	Janghee	Crown	0.3297	0.2604	1.1786
Fo28	Sugok(Jinju)	Janghee	Crown	0.3297	0.2555	1.5483
Fo3	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2900	0.2142	1.2883
Fo36	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2934	0.2346	1.5337
Fo37	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2647	0.2300	1.2774
Fo38	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2812	0.3205	1.6027
Fo39	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2900	0.2500	1.2436
Fo4	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2604	0.2500	1.3299
Fo40	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2314	0.2812	1.3734
Fo41	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.2604	0.2976	1.3092
Fo42	Sugok(Jinju)	Janghee	Crown	0.2812	0.2976	1.7301
Fo44	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.2613	0.2500	1.3295
Fo46	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.2812	0.2551	1.3156
Fo47	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.2872	0.2234	1.7072
Fo57	Sugok(Jinju)	Sulhyang	Crown	0.3625	0.2804	0.1926
Fo68	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2446	0.2358	1.0960
Fo69	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2755	0.3139	1.1518
Fo7	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2812	0.2674	1.4128
Fo70	Hadong	Sulhyang	Crown	0.3604	0.2948	1.5972
Fo71	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2717	0.2738	1.4693
Fo72	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2755	0.2625	1.3045
Fo73	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2872	0.2358	1.3776
Fo74	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2872	0.3000	1.1772
Fo76	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2812	0.2261	1.1578
Fo78	Hadong	Sulhyang	Crown	0.3444	0.2500	1.6673
Fo79	Hadong	Sulhyang	Crown	0.3085	0.2613	0.8450
Fo8	Sugok(Jinju)	Maehyang	Crown	0.2872	0.2840	1.4158
Fo85	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2934	0.2875	1.5130
Fo96	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2659	0.2700	1.4414
Fo97	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2551	0.2700	1.2574
Fo98	Hadong	Sulhyang	Crown	0.2188	0.2674	0.6585

다양한 위황병원균에 대해서 3가지 약제의 EC50값을 산출한 결과로서 코퍼하이드록사이드 수화제는 최소값으로 0.2188  $\mu\text{g/mL}$  농도로 확인되었고 최고값으로는 0.3717  $\mu\text{g/mL}$ , 프로클로라즈망가니즈 수화제는 0.2111  $\mu\text{g/mL}$ 이 최소값, 0.3292  $\mu\text{g/mL}$ 이 최고값으로 확인되었다. 마지막으로 테부코나졸 수화제의 최소값으로는 0.1926  $\mu\text{g/mL}$ , 최대는 1.7301  $\mu\text{g/mL}$  농도로 산출되었다. 테부코나졸의 경우 EC50 값의 범위가 넓게 나타난 것으로 보아 위황병원균 균주에 따른 약제의 감수성 차이가 큰 것으로 확인되었다.(그림 2)

라. 다양한 위황병 균주와 3가지 약제에 대한 환경요인 상관 분석

3가지 약제에 대한 93개 균주의 EC50 값을 환경 변수(분리지역, 품종, 식물체에서의 병원균 분리 조직)와 ANOVA 분석을 진행하였다. (표 2)

3가지 약제와 환경변수에 대한 ANOVA 분석 결과로서 코퍼하이드록사이드 수화제는 분리 지역에 대한 Pr(>F) 값이 0.0499로 99.9% 신뢰할 수 있다는 결과가 나왔으며, 프로클로라즈망가니즈 수화제의 경우 환경 변수에 대해서 유의차를 확인할 수 없었다. 테부코나졸 수화제의 경우 분리 지역에 대한 Pr(>F) 값이 1.61e-0.3으로 매우 높은 신뢰 결과가 확인되었다.

표 2. 3가지 약제와 환경변수에 대한 ANOVA 분석 결과

Copper hydroxide WP (0.05 $\mu\text{g/mL}$ )					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Locations	4	0.0734	0.0018349	2.484	0.0499*
Varieties	2	0.00105	0.0005270	0.713	0.04930
Plant tissues	3	1.00131	0.0004362	0.590	0.6230
Residuals	83	0.06132	0.0007388		
Prochloraz Mn WP (0.005 $\mu\text{g/mL}$ )					
Locations	4	0.02096	0.0007393	0.914	0.460
Varieties	2	0.00198	0.0009880	1.221	0.300
Plant tissues	3	0.00038	0.0001263	0.156	0.925
Residuals	83	0.06714	0.0008090		
Prochloraz Mn WP (0.005 $\mu\text{g/mL}$ )					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Locations	4	2.389	0.5972	9.762	1.61e-0.3***
Varieties	2	0.078	0.0388	0.633	0.533
Plant tissues	3	0.348	0.1280	2.093	0.107
Residuals	83	5.077	0.0612		

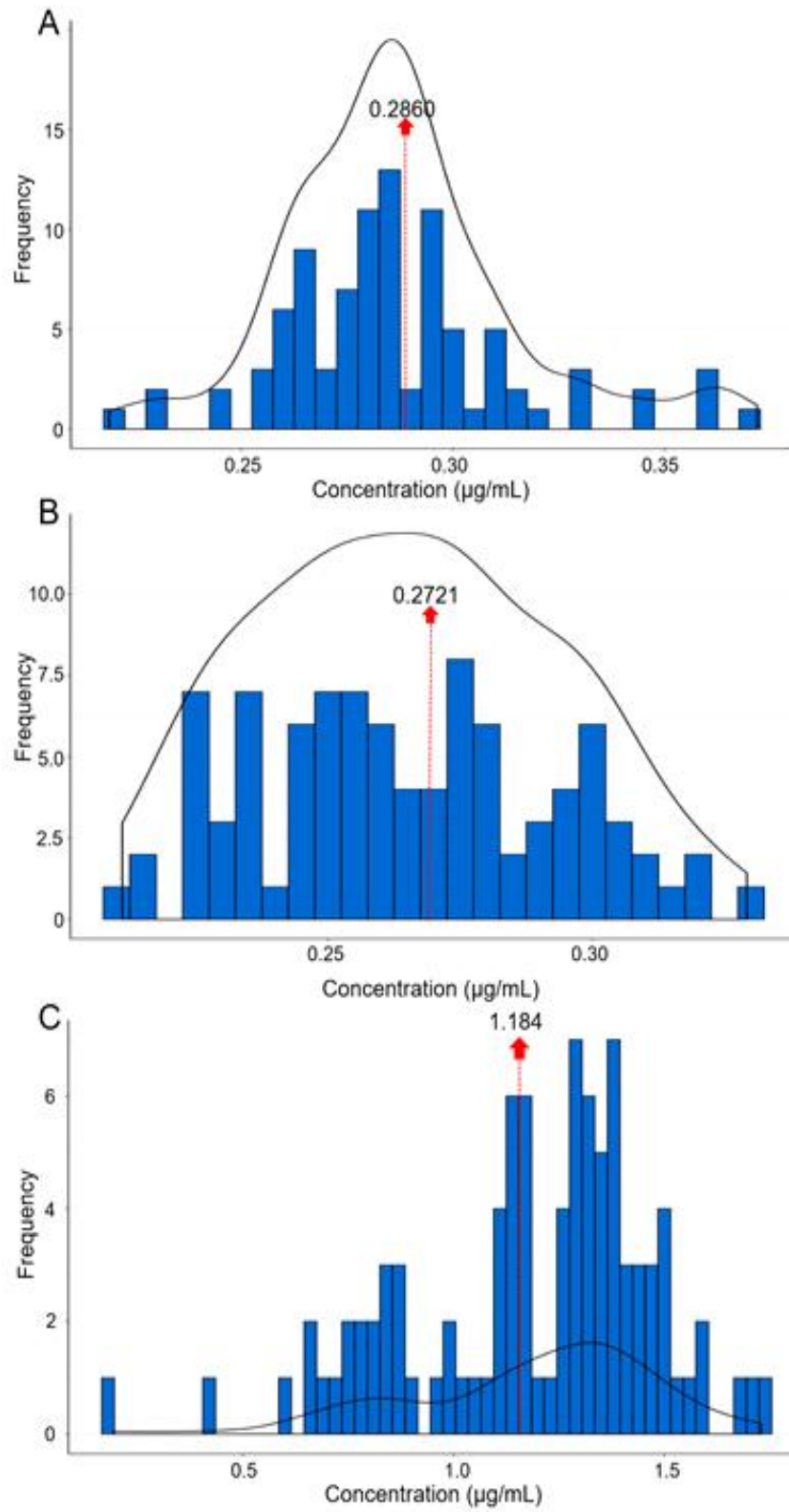


그림 3. 3가지 살균제에 대한 EC50값의 분포

다. 상관분석 결과에 대한 사후 분석 결과

진행된 ANOVA 분석에 대해서 분리 지역에 대해서 지역간의 차이를 확인하기 위해 DMRT(Duncan's multiple range test)를 진행하였다 (그림 3). 사후분석 방법인 DMRT를 진행한 결과로 코퍼하이드록사이드 수화제는 경남 하동, 충남 논산과 경남 수곡이 하나의 그룹으로 나타났으며 충북 부여와 경남 산청이 각각 다른 그룹으로 확인되었다. 테부코나졸 수화제에서 분리 지역간의 DMRT를 진행한 결과 하동, 산청과 수곡이 동일 그룹으로 확인되었고 부여와 논산이 다른 그룹으로 확인되었다. 병원균의 분리 지역, 딸기의 품종, 병원균이 분리된 식물체 조직에서 분리 지역의 요소가 병원균의 약제 감수성 차이와 통계적으로 유의차를 나타냈다. 이러한 결과를 보이는 이유로는 재배 지역별로 사용된 농약의 종류와 사용량의 차이에 의해서 나타난 결과로 사료된다.

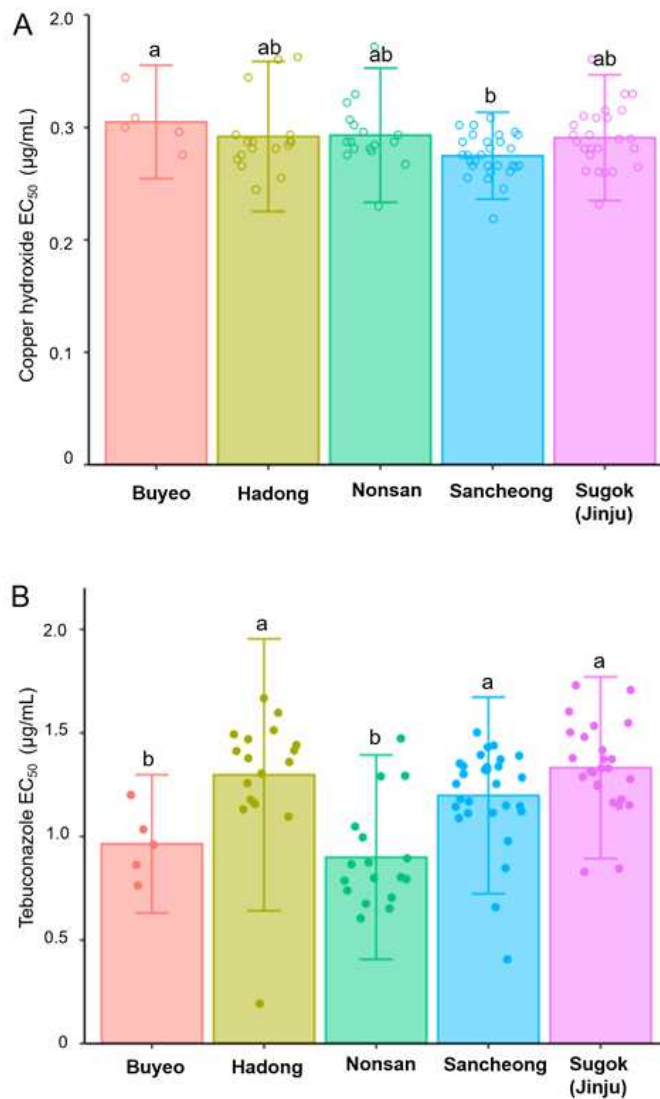


그림 4. 약제에 대해서 지역 간 사후분석

바. 위황병균주의 유전적 다형성과 생태적 요인간 상관관계

AFLP에서 각의 단편을 크기에 따라 나열하고, Bray-Curtis거리에 따라 UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean)기법으로 계통수를 계산한 결과, Fo128 과 Fo121균주를 제외하고는 0.6을 기점으로 크게 두 그룹으로 나뉘며 충청남도 지역에서 분리된 균주는 특정그룹에서 주로 발견되었다.

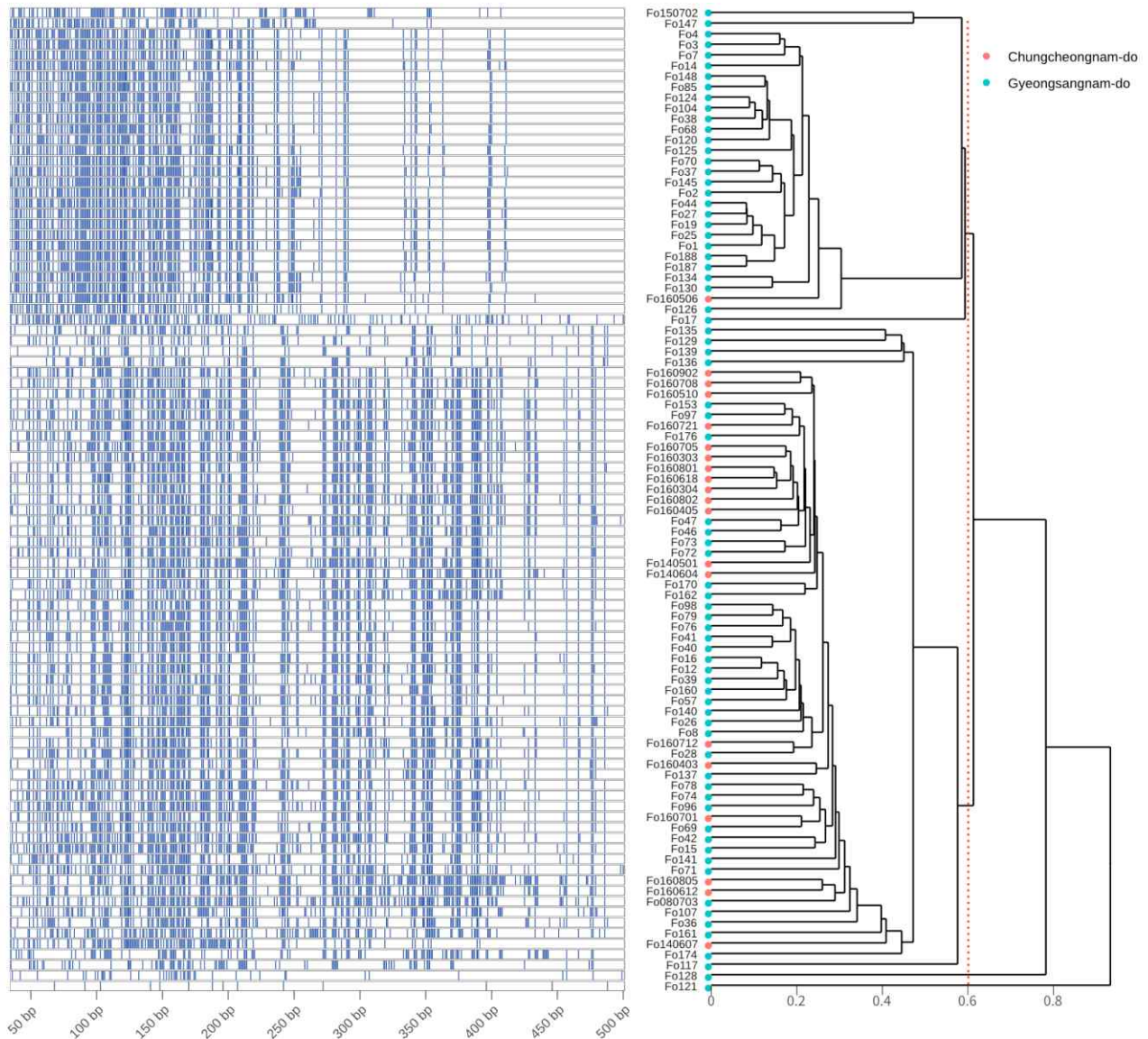


그림 5. AFLP의 fragment에 따른 예상 전기영동 결과와 다형성에 따른 계통수

PCA (Principal component analysis)로 평면화 시켰을 때도 역시 충청남도의 위황병균주가 다형성의 특정 그룹에서만 발견이 되었고, S4-7에 대한 민감도나 숙주의 품종 등으로는 구분이 가지 않았다. 이는 숙주가 되는 딸기의 품종이 아니라 지리적 특성 또는 지역적 거리에 따라 구별되는 재배방식 및 재배환경에 의해 위황병균주의 다형성분포 차이가 크고, 파악한 위황병균주의 표현형만으로는 구분 짓지 못 할 정도로 매우 복잡한 다형성을 가지고 있음을 시사한다.



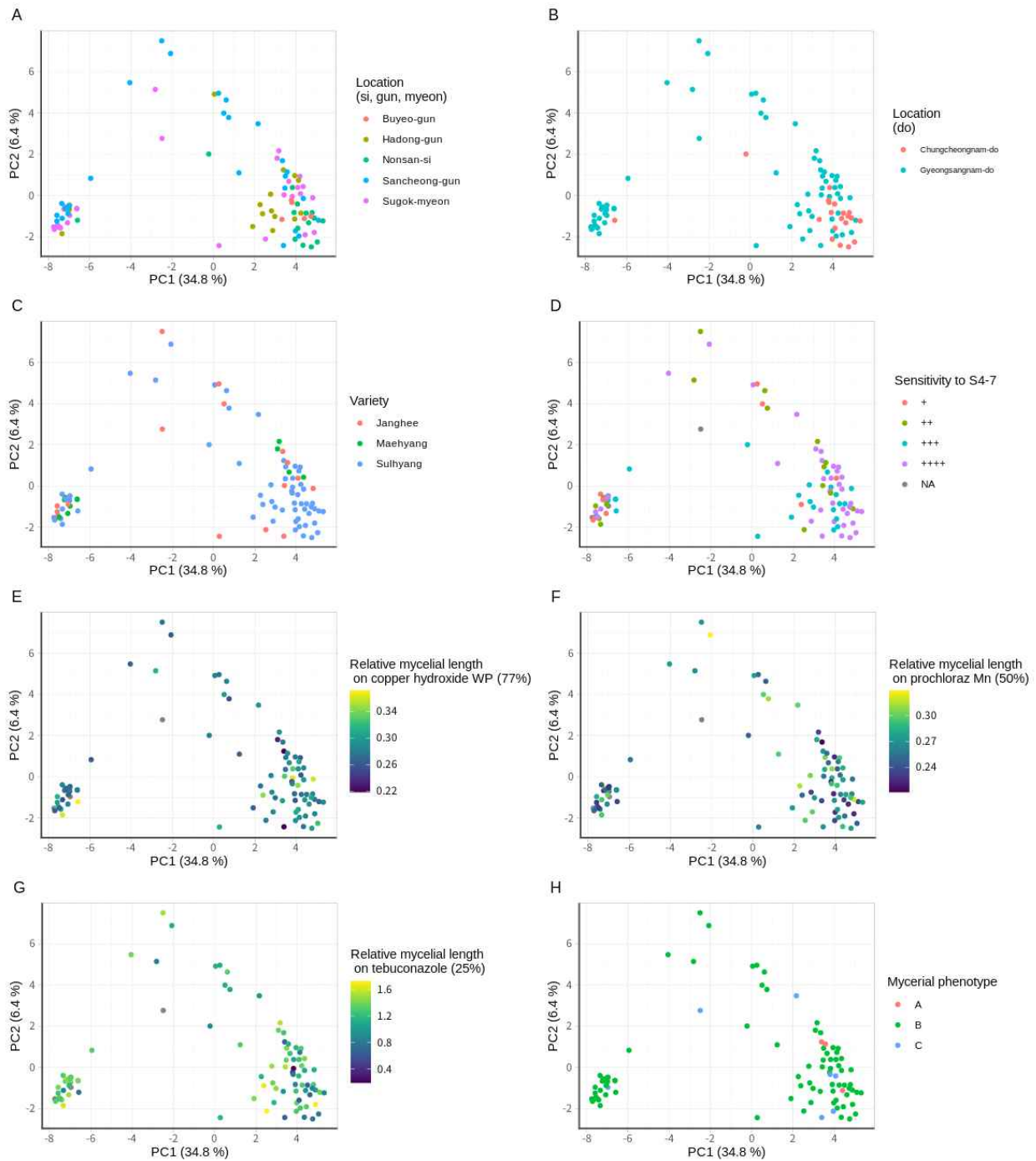


그림 6. 위황병균주의 AFLP에서 fragment 종류와 길이에 따른 PCA 분석. A: 시군면, B: 도, C: 숙주의 품종, D: S4-7에 대한 민감성, E: copper hydroxide WP에 대한 민감성, F: prochloraz MN에 대한 민감성, G: tebuconazole에 대한 민감성, H: 균사체의 형태

## (세부 2) 건전 규격묘 생산을 위한 모주 관리와 육묘기술 체계화

### 1. 딸기 품종과 육묘방법에 따른 딸기 묘의 후기 생육과 과실 품질 및 수량 비교

#### 가. 연구방법

경상대학교 부속농장의 플라스틱 온실에서 시설 딸기 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’)과 ‘설향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Sulhyang’)의 유인묘와 삼목묘를 2018년 9월 19일에 수경 재배시설에 정식한 후 2019년 2월 23일까지 158일간 재배하였다. 딸기 전용 혼합 상토(BC2, BVB substrates Co. Ltd., De Lier, The Netherlands)가 충전된 딸기 전용 재배 포트(61cm × 27cm × 18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Hwaseong, Korea)에 포트 당 3주씩 식재하였다. 배양액의 EC 수준은 딸기 재배에 적합한 시기별 양액 농도인 0.75-1.00-1.25-1.25dS · m<sup>-1</sup>(정식 초기-출퇴기-개화기-과실 비대기)로 설정하여 하루에 개체 당 약 400mL씩 1-2회 공급해주었으며, 우천 시에는 공급하지 않았다. 양액의 EC 수준과 pH는 휴대용 pH/EC 측정계(Enzo 8200m, GOnDO Electronic Co. Ltd., Taipei, Taiwan)를 사용하여 2-3일 간격으로 보정하였다. 재배 기간 동안 주기적으로 노엽을 제거하여 잎을 8매로 유지시켰으며 모든 액아와 런너는 제거하였다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 흰가루병, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 3-5일 주기로 살포하였다.

정식 후 158일째에 품종과 육묘방법에 따른 식물체의 생육과 과실 품질 및 수량을 비교하기 위해 식물체의 초장을 측정하였고, 엽장, 엽폭은 가장 큰 잎을 기준으로 측정하였다. 관부 직경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지체부 상단 1cm 높이의 줄기 두께를, SPAD 값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을 측정하였다. 정화방과 액화방의 출퇴와 개화의 판정은 각각 제 1번화의 꽃망울이 출현하는 시점과 꽃잎이 완전히 전개된 시점을 기준으로 조사하여 백분율로 나타내었다.

딸기 과실의 품질과 수량을 조사하기 위해 처리마다 90% 이상 착색된 성숙한 과실을 수확하였고, 과고, 과경, 과중, 경도, 당도, 산도, 수량 및 기형과와 상품과의 비율을 조사하였다. 과고와 과경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 가장 두꺼운 부위를 측정하였고, 과중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였다. 경도는 과일 경도계(DFT-01, Proem, Seoul, Korea)에 5mm probe를 장착하여 과실의 중앙부에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도는 디지털 당도계(PR-201a, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도를 측정한 과실을 착즙하여 측정하였다. 산도는 딸기 과즙을 착즙한 후 증류수 30mL에 과즙 0.3g을 희석하여 산도계(GMK-835N, GMK, Seoul, Korea)로 측정하였다.

실험의 배치는 육묘방법에 따른 정식 후 생육과 과실 품질 및 수량을 구명하기 위해 처리당 10개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였고, 평균 간 비교는 Duncan의 다중 검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 5% 유의 수준에서 각 처리간의 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

나. 연구결과

딸기의 품종과 육묘방법에 따른 정식 후 158일째의 생육 특성을 표 1에서 나타내었다. 초장은 ‘매향’ 딸기의 삼목묘에서 24.3cm로 유의적으로 더 길었으며, ‘매향’ 딸기에서 엽장, 엽폭, 관부 직경, SPAD 값, 과실 수, 기형과와 상품과의 비율은 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. ‘설향’ 딸기의 유인묘에서 초장은 22.9cm로 삼목묘보다 유의적으로 더 길었다. 엽장, 엽폭은 유인묘에서 삼목묘보다 유의적으로 더 높았다. 관부 직경은 유인묘가 32.1mm로 삼목묘보다 유의적으로 더 굵었다. SPAD 값은 육묘방법에 따른 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 식물체당 과실의 수 역시 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 기형과와 상품과의 비율은 삼목묘에서 0.31로 유의성 있게 적었다. ‘매향’ 딸기와 ‘설향’ 딸기의 초장은 ‘매향’ 딸기에서 유의적으로 길었으며, 엽장, 엽폭, 관부 직경, SPAD 값, 과실 수와 기형과와 상품과의 비율은 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표 1. 딸기의 품종과 육묘방법에 따른 정식 후 158일째의 생육 특성.

Cultivar	Raising method	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD	No. of fruits/Plant	Malformed fruits (%)
Maehyang	Training	24.1 ab <sup>z</sup>	12.9 a	10.4	29.9	44.4 a	14.4 b	0.34 a
	Cutting	24.3 a	12.6 a	10.4	29.3	44.0 a	13.3 b	0.38 a
Sulhyang	Training	22.9 b	13.3 a	11.6	32.1	42.9 b	19.6 a	0.35 a
	Cutting	20.7 c	11.3 b	10.1	28.8	42.3 b	20.1 a	0.31 b
F-test <sup>y</sup>	A	***	NS	NS	NS	***	*	**
	B	**	***	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

딸기의 품종과 육묘방법에 따른 정식 후 정화방 및 액화방의 출퇴율과 개화율의 변화율을 그림 1에 나타내었다. 딸기의 품종과 육묘방법의 모든 처리에서 9월 27일 이후로 정화방의 출퇴가 시작되었다. 또한 ‘설향’ 과 ‘매향’ 딸기의 유인묘 처리구에서 각 품종의 삼목묘 처리구에 비해 더 빠른 출퇴가 진행되었으며, 정화방의 개화 또한 출퇴 속도와 유사한 결과를 보였다. ‘매향’ 딸기의 삼목묘 처리구에서는 정화방의 출퇴와 개화가 모두 늦어지는 결과를 보였다. 액화방의 출퇴와 개화에서는 ‘설향’ 딸기의 유인묘가 다른 처리구에 비해서 빠르게 진행되었다. 그러나 나머지 ‘매향’ 딸기의 삼목묘와 유인묘의 액화방 출퇴와 개화는 비슷한 시기에 일어났다.

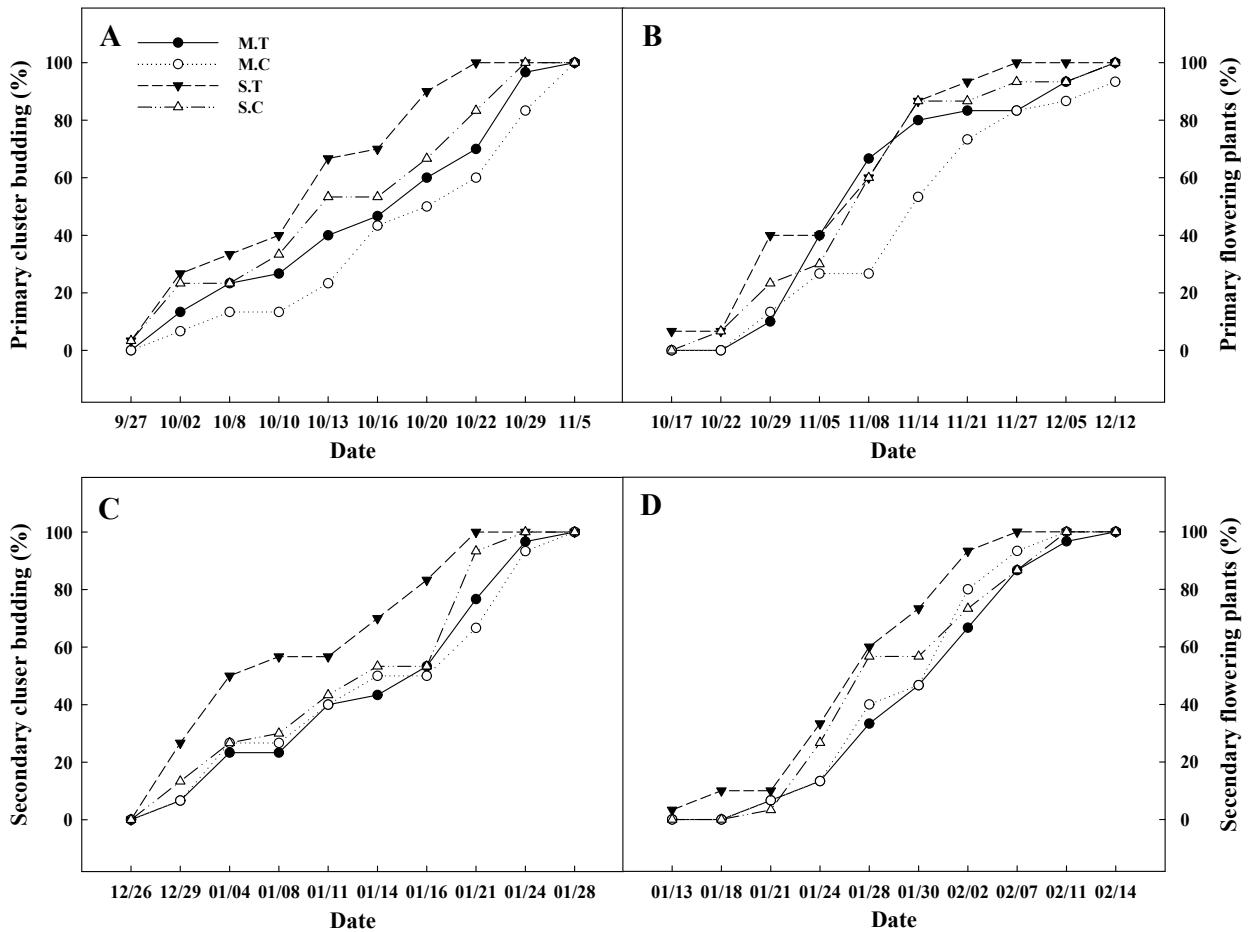


그림 1. 딸기의 품종과 육묘방법에 따른 정식 후 정화방 출리율(A), 정화방 개화율(B), 액화방 출리율(C), 액화방 개화율(D) 변화: M.T, ‘매향’ 딸기 유인묘; M.C, ‘매향’ 딸기 삼목묘; S.T, ‘설향’ 딸기 유인묘; 그리고 S.C, ‘설향’ 딸기 삼목묘.

딸기의 품종과 육묘방법에 따른 과실의 수확 후 과실 특성을 표 2에 나타내었다. ‘매향’ 딸기에서 과실의 평균 무게는 삼목묘가 14.97g으로 유인묘보다 높았으며, 과고와 과경은 유의적인 차이는 보이지 않았다. ‘매향’ 딸기의 과실 경도, 당도, 산도에서도 모든 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. ‘설향’ 딸기에서도 마찬가지로 과중, 과고, 과경, 경도, 당도, 산도 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. 과중은 ‘설향’ 딸기가 ‘매향’ 딸기보다 더 무거웠으며, 과고는 ‘매향’ 딸기가, 과경은 ‘설향’ 딸기가 더 길었다. 또한, 경도와 당도는 ‘매향’ 딸기가 ‘설향’ 딸기보다 더 높았으며, 산도는 유의적인 차이가 없었다.

표 2. 딸기의 품종과 육묘방법에 따른 과실 수확 후 과실 특성.

Cultivar	Raising method	Fruit weight (g/Plant)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit firmness (g/ $\phi$ 5mm)	Soluble solids ( $^{\circ}$ Brix)	Acidity (%)
Maehyang	Training	14.3 b <sup>z</sup>	45.3 a	27.0 b	3.55 a	10.9 a	0.61
	Cutting	15.0 ab	46.0 a	27.7 b	3.57 a	11.0 a	0.61
Sulhyang	Training	15.9 a	39.8 b	30.8 a	3.29 b	9.6 b	0.68
	Cutting	15.7 a	39.0 b	31.3 a	3.20 b	9.8 b	0.55
	A	*	**	*	*	*	NS
F-test <sup>y</sup>	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A $\times$ B	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ , or 0.01, respectively.

딸기의 품종과 육묘방법에 따른 수확 후 과실 수량 특성을 그림 2에 나타내었다. ‘매향’ 딸기와 비교해 ‘설향’ 딸기의 과실 수량이 유의적으로 더 많으며, 각 품종의 육묘방법에 따른 과실의 수량은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한, 12월과 1월의 과실 수량도 육묘방법에 따른 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 상품과 수량은 ‘설향’ 딸기에서 유의적으로 더 많았으며, 각 품종의 육묘방법에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 상품과의 수량은 ‘매향’ 딸기와 비교해 ‘설향’ 딸기가 유의적으로 많았으며, 12월과 1월의 상품과의 수량도 ‘설향’ 딸기에서 유의적으로 많았다. 각 품종의 육묘방법에 따른 상품과의 수량은 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

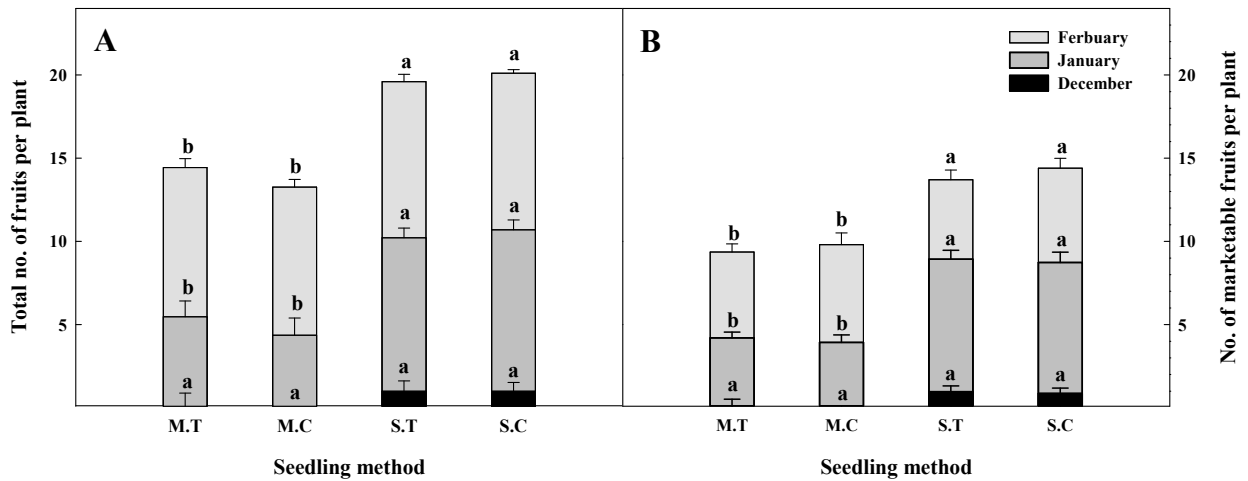


그림 2. 딸기의 품종과 육묘방법에 따른 수확 후 과실 수량 특성. 총 과실 수량(A), 상품과 수량(B): M.T, ‘매향’ 딸기 유인묘; M.C, ‘매향’ 딸기 삼목묘; S.T, ‘설향’ 딸기 유인묘; 그리고 S.C, ‘설향’ 딸기 삼목묘.

이상의 결과를 종합하면, 딸기의 육묘방법에 따른 정식 후 생육과 과실 특성은 ‘매향’ 딸기의 경우 육묘방법에 따른 생육의 차이를 보이지 않았으며, 총 과실과 상품과의 수량 또한 육묘방법에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. ‘설향’ 딸기의 경우 묘의 생육은 유인묘가 삼목묘와 비교해 더 우수한 생육을 보였으나, ‘매향’ 딸기에서는 육묘방법에 따른 생육의 차이가 나타나지 않았다. 따라서 딸기의 품종과 육묘방법에 따른 정식 후 생육 및 과실의 특성과 수량 그리고 경제적인 부분을 고려하였을 때, ‘설향’ 품종보다 ‘매향’ 품종을 재배할 시, 삼목묘를 사용한다면 육묘기간을 줄이면서 기존에 생산되는 딸기와 동일한 품질의 딸기를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 번식방법 및 재배체계에 따른 딸기 재배율의 성장, 생산성, 품질

### 가. 연구방법

본 연구는 딸기 ‘설향’ (*Fragaria* × *Ananassa* Duch. ‘Seolhyang’) 품종에서 번식의 방법과 재배방식에 따른 생산성의 차이를 확인하기 위해 수행되었다. 삼목 번식과 유인 번식으로 번식된 이식 묘들은 각각 토경과 수경 재배시스템에서 나누어 재배되었다. 이 실험은 경상남도 진주시에서 생산된 딸기 ‘설향’ 품종을 사용하여 수행되었다. 자묘를 채취하기 위해 모주를 2018년 4월 10일 육묘장 내 유리온실에 이식했다(그림 3). 유인 번식은 2018년 5월 20일부터 2018년 7월 10일까지 런너를 고정하는 방식으로 진행하였다. 삼목 번식을 위해 2018년 6월 2일 자묘를 수확하였으며 그 즉시 이식했다. 유인 번식으로 뿌리내린 자묘의 분리는 2018년 8월 15일에 수행하였다. 삼목 및 유인한 자묘는 2018년 9월 12일 토경과 수경 재배시스템으로 이식되었다. 수경 재배에는 BVB 배지(Bas Van Buuren Substrates, EN-12580, De Lier, The Netherlands)를 사용했다.

초장, 엽장, 엽폭, 엽록소 함량, 크라운 직경 등을 정식 후 각각 1개월, 2개월이 되는 시점인 2018년 10월 5일과 11월 12일, 그리고 수확 기간에 2019년 2월 2일, 총 3회에 걸쳐 측정하였다. 처리 당 3번 반복으로 총 15개의 식물을 대상으로 측정했다. 딸기는 2018년 12월 20일부터 2019년 4월 29일까지 4~5일 간격으로 수확하였다. 수확은 오전 중에 진행하였으며, 과실의 개수와 총 과실 중량, 시장성이 없는 과실의 무게를 같은 날 측정했다. 모든 과실은 120개의 개체에서 3번씩 반복하여 수확하였다. 과실의 품질은 1월부터 4월까지 한 달 간격으로 측정하였다. 과실의 길이, 직경, 색지수, 견고성 등외에도 가용성 고형분 함량(SSC)과 산도를 측정했다. ANOVA 분석에 의한 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 통계분석을 하였으며, 5% 오류 레벨에서 Duncan의 다중검증법으로 검증되었다. 모든 그래프는 통계분석 프로그램(SigmaPlot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 사용하여 작성되었다.

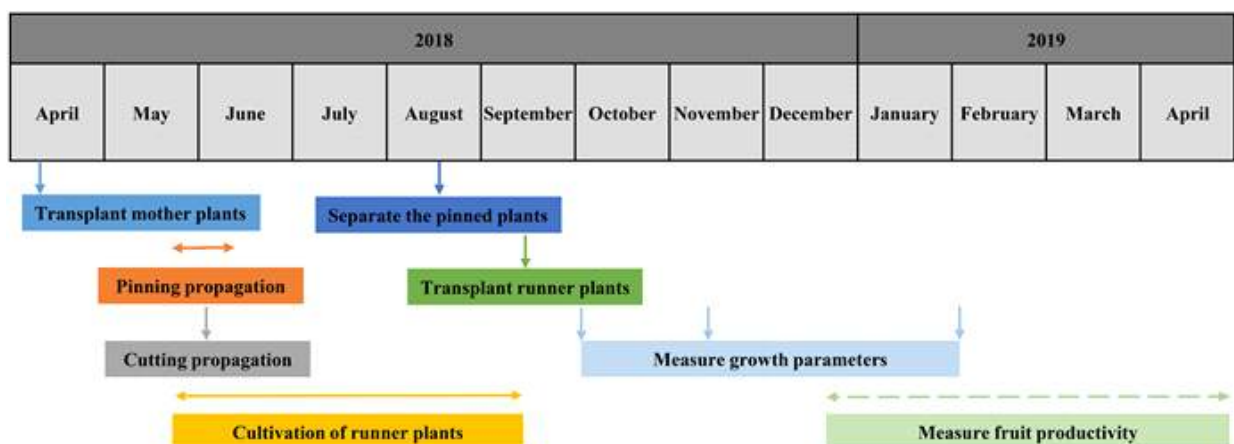


그림 3. 실험의 일정.

## 나. 연구결과

딸기 '설향' 품종에서 번식방법이 크라운 직경, 엽장, 엽폭에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다(표 3). 재배방식 또한 크라운 직경, 엽장, 엽폭, 엽록소 함량, 엽수에 상당한 영향을 미쳤다. 재배 하는 동안 모든 성장 지수가 증가하였다. 삼목 번식법에서의 이식묘의 초장은 2018년 10월 5일에 측정하였을 때 수경 재배와 비교해 토경에서 길었고, 유인 번식법의 이식묘는 2018년 11월 12일에 측정하였을 때 토경에 비해 수경 재배에서 더 길었다.

삼목 번식묘에서의 크라운 직경은 2018년 10월 5일 토경에서만 증가했다. 그러나 삼목 번식묘의 수경 재배에서의 크라운 직경은 2018년 11월 12일과 2019년 2월 2일에 증가했다. 2018년 10월 5일 삼목 번식 식물에서 엽장과 엽폭은 재배시스템과 관계없이 더 컸다. 결과적으로 수경 재배에서 번식방법에 상관없이 2018년 11월 12일, 2019년 2월 2일에 측정한 값이 더 컸다. 엽록소 함량(SPAD)은 번식방법과 관계없이 2018년 10월 5일, 2018년 11월 12일, 2019년 2월 2일 수경 재배에서 증가하였다. 엽수는 번식방법과 관계없이 2019년 2월 2일에 수경 재배에서 증가하였다.

수경 재배의 딸기는 토경과 비교해 개체 당 총생산량이 현저하게 컸지만, 삼목 번식과 유인 번식에 따른 차이는 거의 없었다(그림 4). 개체 당 최대 총생산량은 수경 재배에서 재배되는 유인 번식식물의 경우 516.0g인 반면, 유인 번식 후 토경 재배 된 자묘의 경우 식물 당 총생산량이 283.5g으로 가장 낮았다. 총 과실의 수확량은 3월에 가장 많았고 12월에 가장 낮았다. 수경 재배에서는 1월 외에는 번식방법에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 토경에서 삼목 번식된 딸기는 1, 2월에 더 많은 열매를 맺었다. 평균 개체 당 과일의 무게는 총 과일 무게와 같은 변화를 보였다(그림 4). 2월 이전에 급격히 감소했다가 수확기가 끝날 때까지 점차 감소하였다. 더욱이 토경과 비교해 수경 재배에서 항상 높았다. 시장성이 없는 모든 과일 비율은 수경 재배보다 토경에서 현저하게 높았다(그림 5). 토경에서는 주로 작은 과일이 시장성이 없는 과일이었고, 수경 재배에서는 주로 기형 과일이 시장성이 없는 과일이었다.

과실의 외부 품질 지수는 과실의 길이와 직경, 경도, 색도 등을 측정하였다(그림 6). 과실의 길이와 직경은 삼목 번식과 유인 번식 사이에는 통계적인 차이가 없었지만, 수경 재배에서 재배된 딸기가 토경 재배 된 딸기보다 길이와 직경이 더 컸다. 과실의 경도는 2019년 2월 27일에 가장 컸으며 수확기가 진행될수록 점차 감소하여 일반적으로 수경 재배보다 토경에서 더 컸다.

딸기의 색지수에서 두 재배시스템 간에 통계적으로 차이가 나타났다. 밝기(L\*)는 2019년 1월 22일 삼목 번식과 유인 번식 사이에 통계적인 차이가 있었다. 수경 재배에서 수확한 과일은 토경에서보다 a\*지수가 높았다. 일관되게 2019년 2월 27일 수경 재배에서 낮은 H(녹색에서 적색으로 색상 변화)가 발견되었다. 더욱이 b\*와 c\*는 2019년 2월 27일 수경 재배에서 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수경 재배에서 생산되는 과일의 색이 더 적색이라는 것을 보여주었다.



표 3. 번식방법 및 재배체계의 영향을 받는 딸기의 성장인자.

Date (A)	Propagation method (B)	Cultivation system (C)	Plant height (cm)	Crown diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll content (SPAD)	Number of leaves
Oct. 5, 2018	Cutting	Soil	28.8 ± 0.5 d <sup>z</sup>	12.4 ± 0.4 f	12.5 ± 0.2 d	9.1 ± 0.2 cd	41.6 ± 0.6 fg	3.0 ± 0.0 f
		Hydroponic	24.7 ± 0.6 f	12.1 ± 0.2 f	12.7 ± 0.3 d	9.7 ± 0.3 bc	43.9 ± 0.5 de	4.0 ± 0.1 ef
	Pinning	Soil	27.8 ± 0.5 de	10.0 ± 0.3 g	10.2 ± 0.5 e	7.8 ± 0.4 e	40.0 ± 0.7 g	2.9 ± 0.1 f
		Hydroponic	26.0 ± 0.7 ef	11.8 ± 0.3 fg	10.5 ± 0.5 e	8.1 ± 0.4 de	42.5 ± 0.2 ef	4.0 ± 0.0 ef
Nov.12, 2018	Cutting	Soil	34.4 ± 0.6 b	20.3 ± 0.7 c	12.5 ± 0.3 d	9.8 ± 0.3 bc	47.2 ± 0.5 c	6.5 ± 0.4 cd
		Hydroponic	35.1 ± 0.7 ab	26.6 ± 0.9 a	14.1 ± 0.2 bc	11.1 ± 0.2 a	49.5 ± 0.6 b	6.3 ± 0.2 cd
	Pinning	Soil	31.4 ± 1.0 c	16.6 ± 0.5 e	12.1 ± 0.5 d	9.8 ± 0.5 bc	47.0 ± 0.1 c	5.1 ± 0.2 de
		Hydroponic	36.6 ± 0.0 ab	19.1 ± 0.4 cd	14.1 ± 0.3 bc	10.9 ± 0.2 a	50.2 ± 0.9 ab	6.5 ± 0.2 cd
Feb.2, 2019	Cutting	Soil	35.2 ± 1.7 ab	23.2 ± 1.1 b	14.2 ± 1.5 bc	9.6 ± 1.3 bc	46.8 ± 1.7 c	11.4 ± 0.8 b
		Hydroponic	37.5 ± 0.9 a	20.4 ± 0.5 c	15.2 ± 0.5 ab	10.6 ± 0.3 ab	52.1 ± 0.5 a	13.7 ± 1.0 a
	Pinning	Soil	34.2 ± 0.9 b	17.6 ± 0.9 de	13.3 ± 0.5 cd	9.0 ± 0.7 cd	45.4 ± 0.9 cd	7.5 ± 1.0 c
		Hydroponic	35.7 ± 0.7 ab	22.2 ± 0.8 b	15.7 ± 0.8 a	11.0 ± 0.6 a	51.1 ± 0.3 ab	15.1 ± 1.1 a
<i>F</i> -test <sup>y</sup>	A		***	***	***	***	***	***
	B		NS	***	***	*	NS	NS
	C		NS	***	***	***	***	***
	A × B		NS	***	***	**	NS	NS
	A × C		***	***	*	NS	**	***
	B × C		*	*	NS	NS	NS	***
	A × B × C		NS	***	NS	NS	NS	**

Data were represented by the mean ± standard error (n=15). <sup>z</sup>Letters represent significant differences according to Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ). <sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* represent non-significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

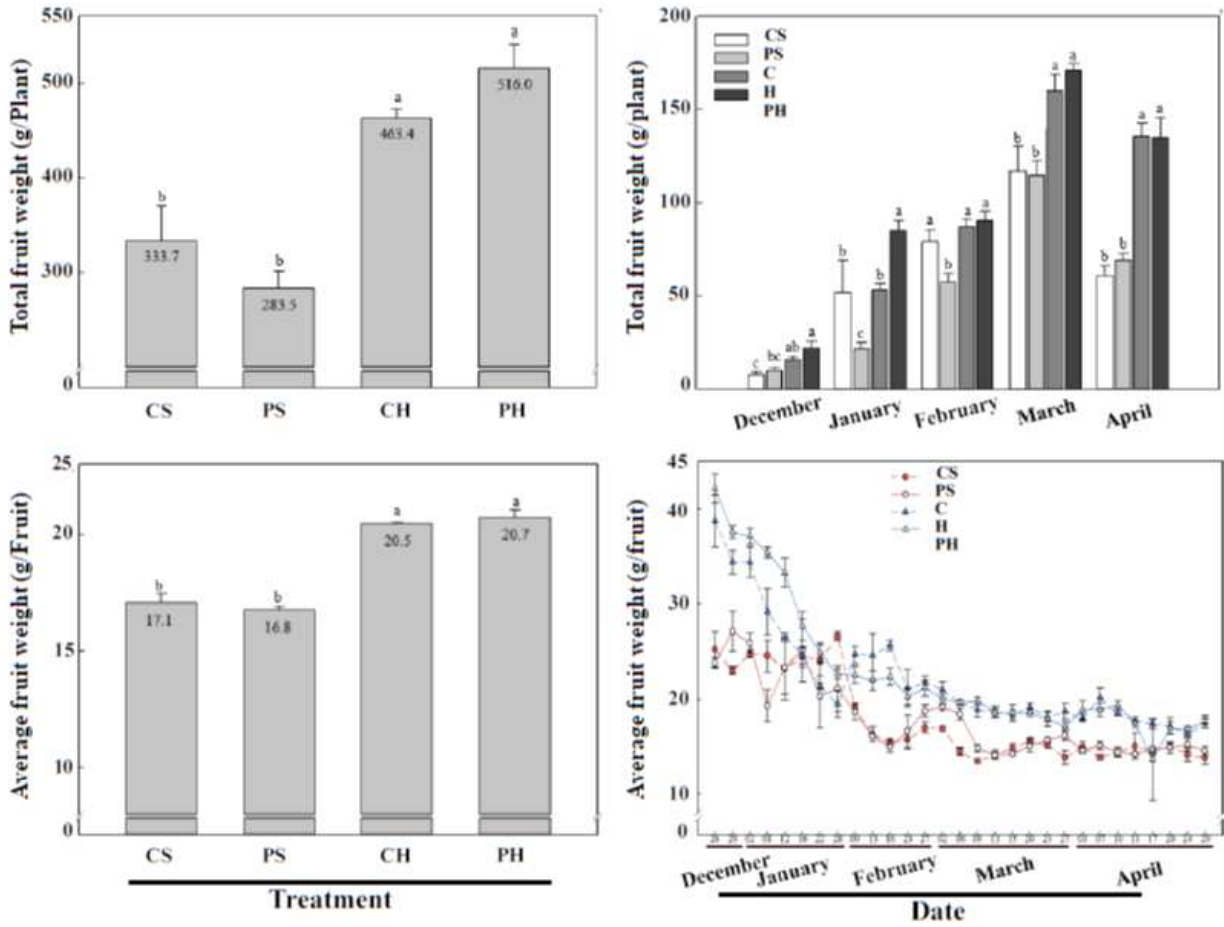


그림 4. 번식 방법 및 재배 시스템의 영향을 받는 과일 생산성: CS, 삼목 번식 + 토경, PS, 유인 번식 + 토경, CH, 삼목 번식 + 수경 재배, PH, 유인 번식 + 수경 재배. Different letters are significant differences according to the Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

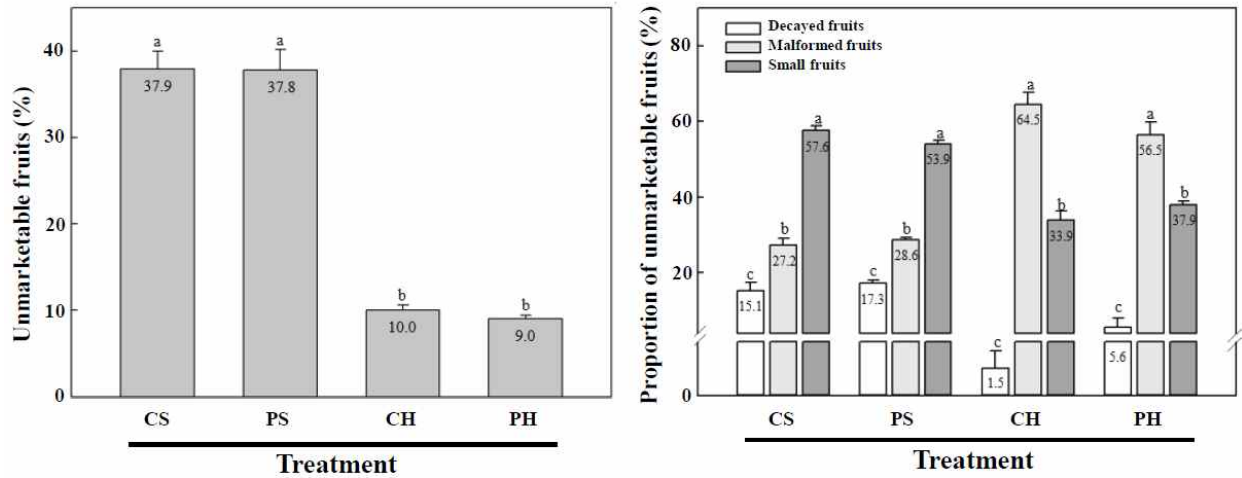


그림 5. 번식방법 및 재배방식에 따른 시장성 없는 과일의 비율(%)과 시장성 없는 과일의 세부 구분: CS, 삼목 번식 + 토경; PS, 유인 번식 + 토경; CH, 삼목 번식 + 수경 재배; PH, 유인 번식 + 수경 재배. Different letters are significant differences according to the Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

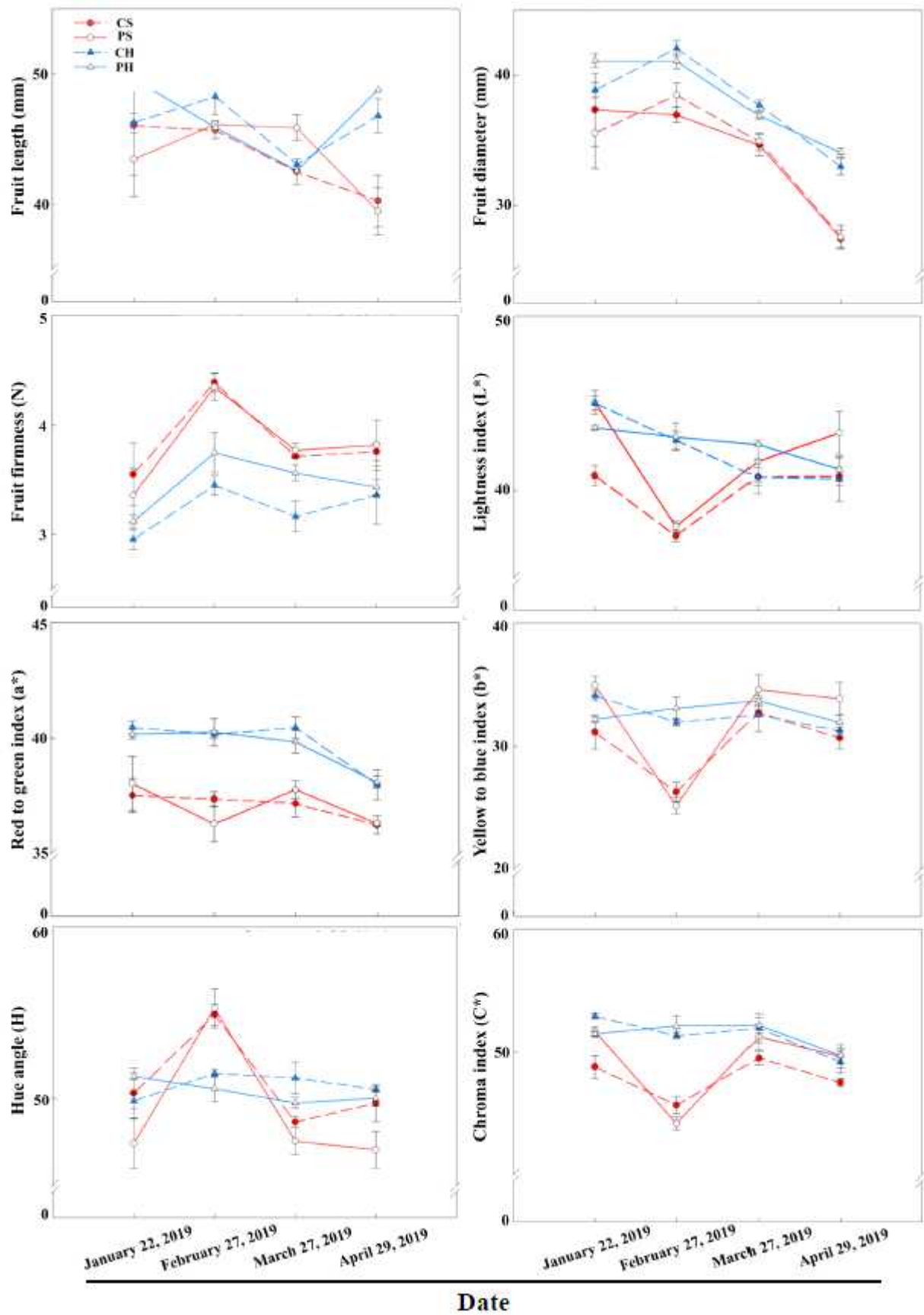


그림 6. 번식방법 및 재배방식에 따른 과실의 외부품질의 비교: CS, 삼목 번식 + 토경; PS, 유인 번식 + 토경; CH, 삼목 번식 + 수경 재배; 그리고 PH, 유인 번식 + 수경 재배.

과실의 번식방법과 재배방식에 따른 총 가용성당 함량(SSC)과 산도를 비교하였다(그림 7). 일반적으로 SSC는 시간이 경과에 따라 감소하였고 산도는 증가하였다. 2019년 1월 22일 삼목 번식·토경에서 수확한 딸기의 산도가 가장 높은 것을 제외 하고는 처리마다 큰 차이가 없었다.

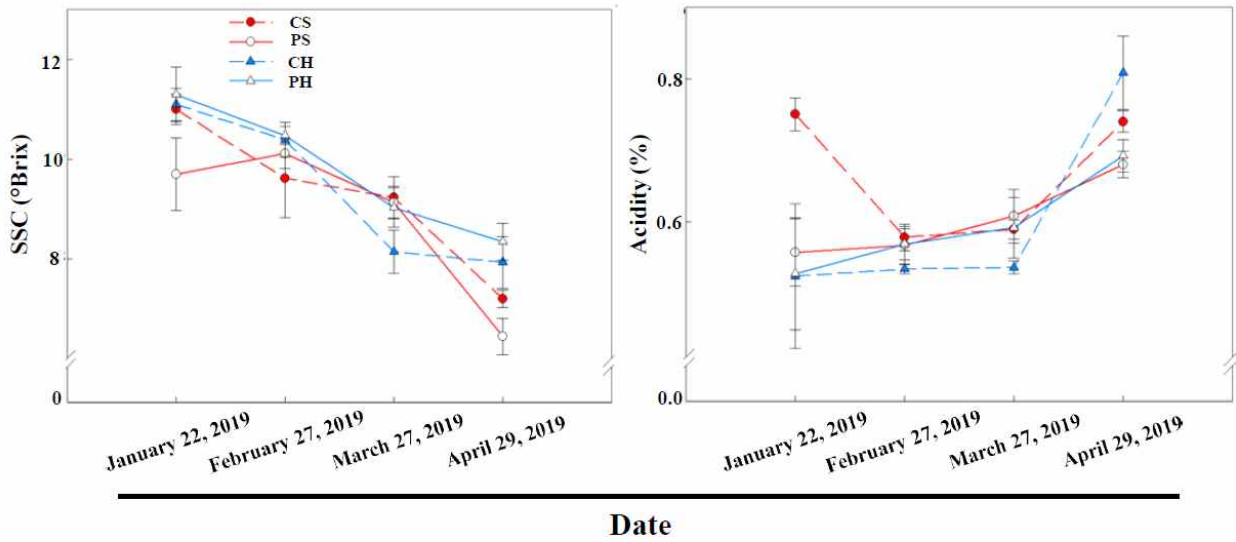


그림 7. 번식방법 및 재배방식에 따른 과일의 총 가용성 당함량과 산도: CS, 삼목 번식 + 토경; PS, 유인 번식 + 토경; CH, 삼목 번식 + 수경 재배; 그리고 PH, 유인 번식 + 수경 재배.

### 3. 딸기 자묘의 생존, 발근, 조기생장 촉진을 위한 번식 배지와 포깅처리 시간의 최적조합

#### 가. 연구방법

런너 번식은 딸기 재배에 있어 상업적 생산에서의 과실의 생산량에 영향을 미치는 중요한 과정이다. 본 연구의 목적은 발근과 딸기 자묘의 조기생장에 번식 배지와 다양한 포깅처리의 다른 품종의 영향을 조사하는 것이다. 이 실험은 진주시 국립경상대학교(35° 09' N, 128° 05' E)의 연구용 유리온실에서 진행되었다. 실험기간 동안의 온실 환경은 그림 8과 같다.

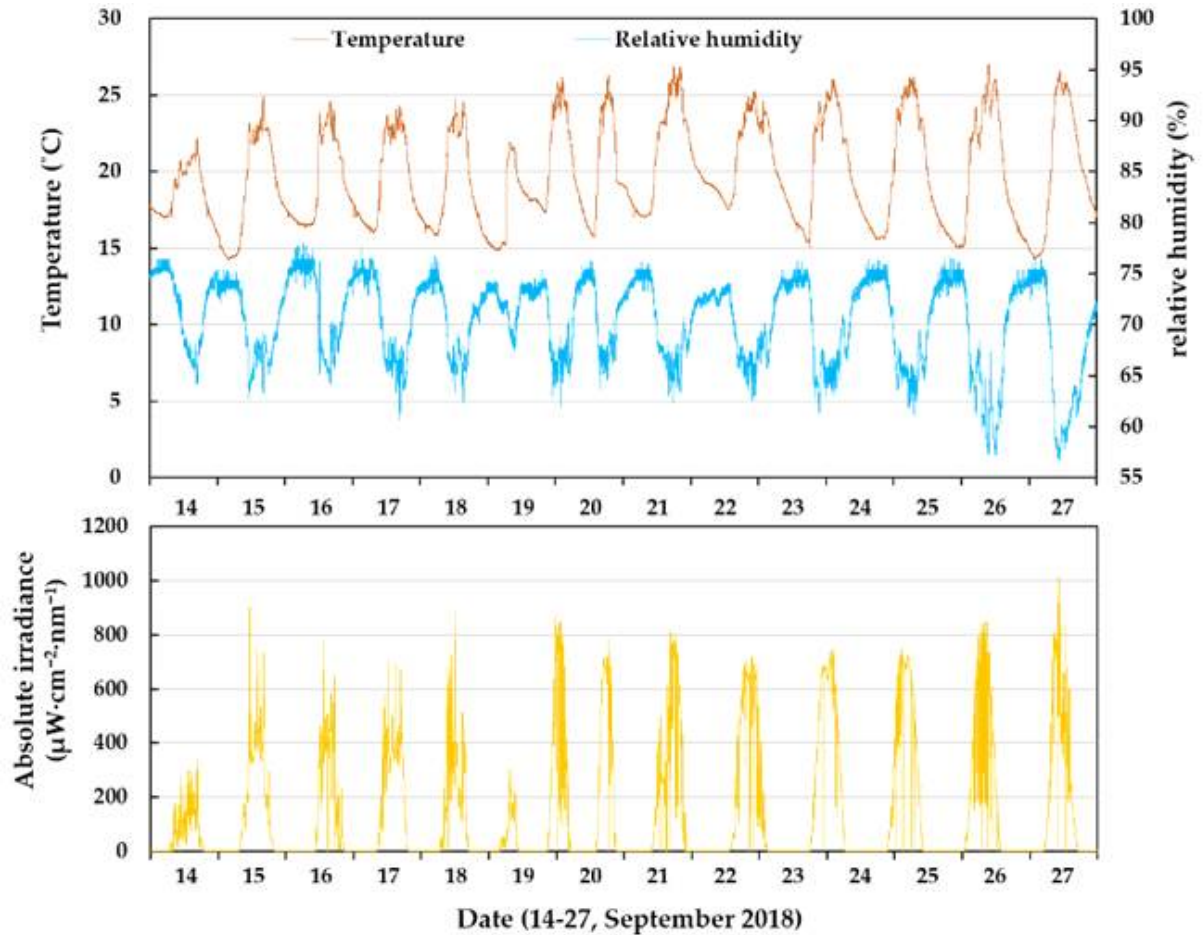
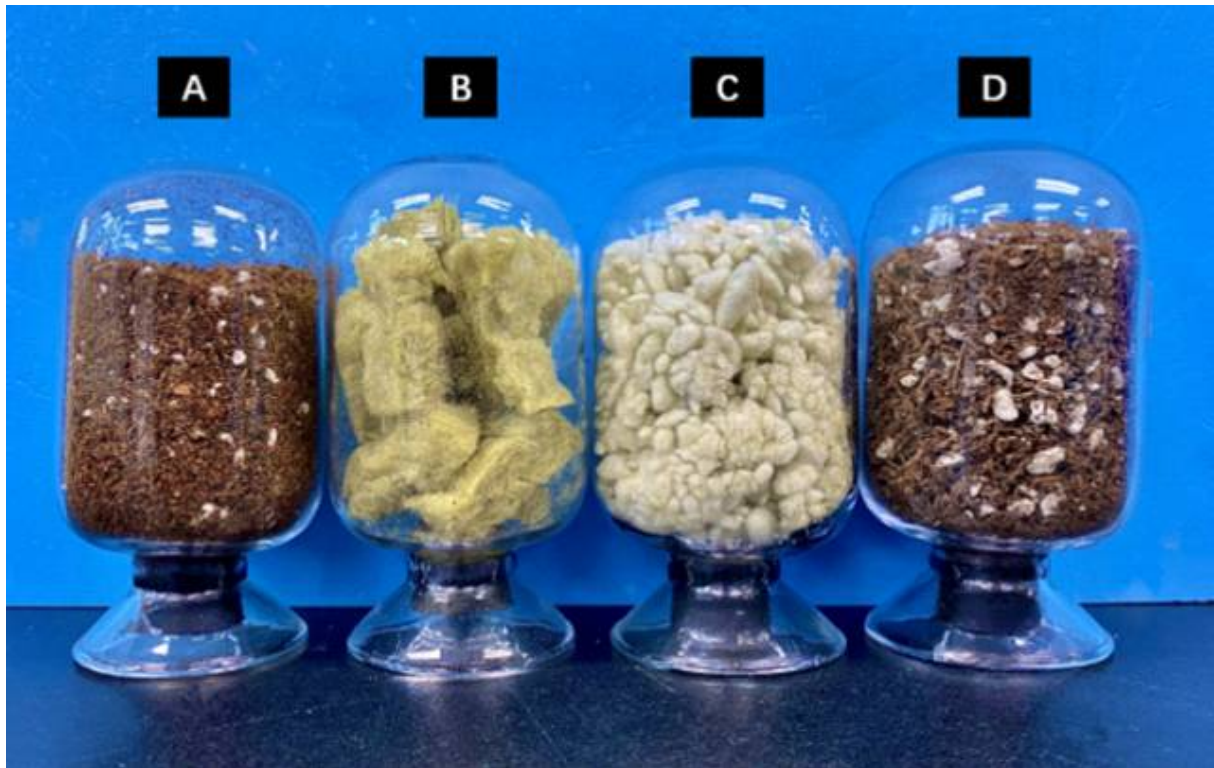


그림 8. 실험 기간(2018년 9월 14일-27일) 동안 온실의 온도, 상대습도, 태양 방사량.

실험에 사용된 발근 전의 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’)과 ‘설향’ (*Fragaria* × *ananassa* ‘Seolhyang’) 품종의 딸기 런너들은 모두 경상남도 진주시의 한 딸기농장에서 채취하였다. 실험을 위해 국내에서 일반적으로 사용 가능한 4개의 배지(그림 9)를 선정하였다. 이들은 피트모스기반의 혼합배지(PBM, Bas Van Buuren Substrates, De Lier, The Netherlands); 암면큐브(RWC, Korea UR Media, Co., Seoul, Korea); 입상암면(GRW, Korea UR Media, Co., Seoul, Korea), 코이어기반의 혼합배지(CBM, Tosilee Medium, Shinan Grow Co., Jinju, Korea)였다. PBM과 CBM은 유기배지이다. PBM은 80%의 peat moss와 10%의 coir dust, 10% perlite의 혼합물이다. CBM은 50%의 coir dust와 25%의 peat moss, 10%의 perlite, 10%의

vermiculite, 5%의 zeolite의 혼합물이다. RWC와 GRW는 모두 무기질 배지이며, 실험에 사용된 4가지 종류의 번식 배지들의 물리화학적 특성은 그림 9와 같다.



Medium	Bulk density ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	Air space (%)	Water holding capacity ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	pH	EC ( $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )	Price ( $\$ \cdot \text{m}^{-3}$ )
A PBM	0.23	59.3	0.33	6.02	0.26	243.6
B RWC	0.07	81.5	0.72	7.58	0.03	188.8
C GRW	0.15	90.1	0.61	8.45	0.09	140.7
D CBM	0.24	48.8	0.29	5.83	0.23	218.7

그림 9. 국내에서 일반적인 번식 배지의 물리화학적 특성과 가격: A, 피트모스기반의 혼합배지(PBM); B, 암면큐브(RWC); C, 입상암면(GRW); 그리고 D, 코이어기반의 혼합배지(CBM).

딸기의 번식에 대한 배지와 포깅처리의 영향을 살펴보기 위해 특별한 시스템을 개발하였다. 먼저 배지와 식물체를 지지하는 벤치는 철재 파이프로 구성하고, 그 위에 4종류의 연구용 배지를 각각 트레이(21-Zigpot/ 21 cell tray, Daeseung, Jeonju, Korea)에 나누어 담은 후 연구식물을 배치하였다. 각각의 포깅처리 그룹에는 총 8개의 트레이(배지 4종류에 2가지의 품종을 이식)를 균일한 간격으로 놓았다. 자묘는 크라운으로부터 런너를 3cm 정도 남겨 모주로부터 분리하였고, 이 런너는 공중에 관부를 노출시킨 채 배지에 고정되었다. 이용된 배지는 양액을 충분히 공급하여 흠뻑 적신 후 시스템 전체를 식물체 상단으로부터 30cm의 높이에 폴리에틸렌(PE) 필름을 한 겹 덮었다. 포깅 처리시간은 매일 06:00부터 18:00 까지, 30분 간격으로 30분간

가동하였다. 5개의 포깅처리 그룹은 포깅의 총 처리기간으로 구분하였으며 그 기간은 각각 0, 3, 6, 9, 12일로 설정하였다.

생존율, 발근률, 새로 형성된 잎의 비율을 비교하기 위해 3일에 한 번씩 관찰했다. 뿌리의 수, 신초와 뿌리의 길이 등 성장 매개변수는 물론 신초와 뿌리의 생체중과 건물중은 15일 후에 측정했다. 딸기 뿌리의 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 함량은 물론 항산화 효소(SOD, CAT, GPX, APX)의 활성을 분광학적 측정으로 측정했다. 배지, 포깅처리, 품종에 따라 수집된 데이터를 통계적으로 분석하기 위해 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Tukey's test를 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다.

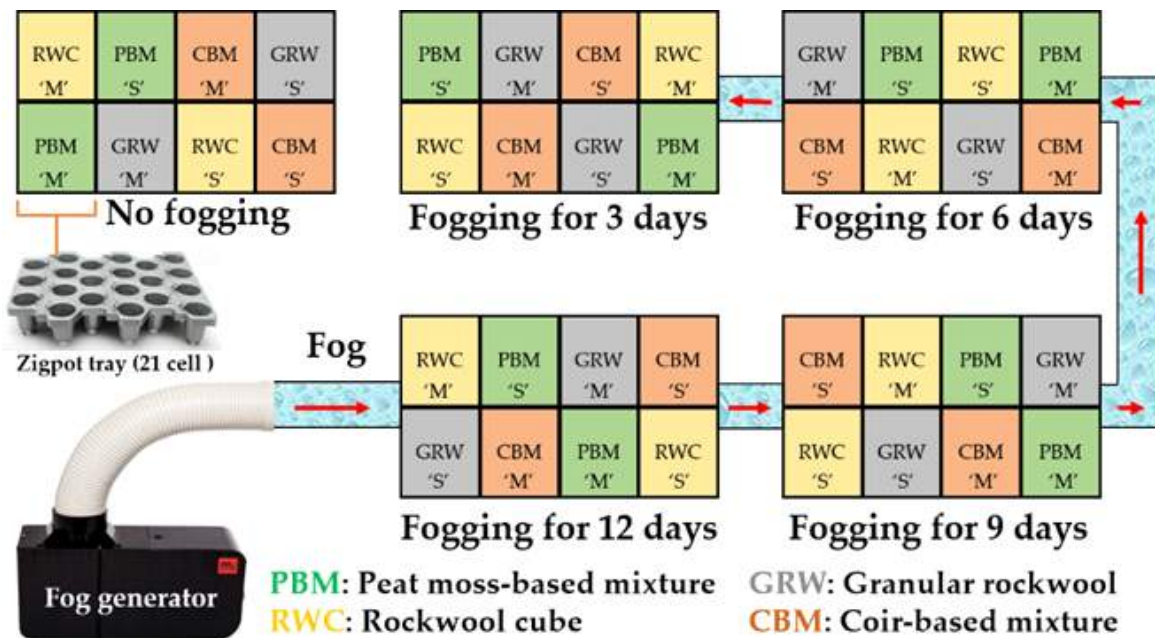


그림 10. 실험 디자인은 성장 배지와 포깅처리 시간이 딸기 ‘매향’ (‘M’)과 ‘설향’ (‘S’)의 초기 성장과 뿌리 발달에 미치는 영향을 연구하기 위한 실험배치.

#### 나. 연구결과

배지, 포깅처리 기간과 품종이 딸기의 자묘에 미치는 영향을 살펴보았을 때 자묘의 생존에는 주로 포깅처리가 관련이 있었다(표 4).



표 4. 15일 처리 후 딸기 자묘의 생존에 배지, 포깅처리 기간과 품종이 미치는 영향.

Survival							
F-test	C <sup>z</sup>	M	F	C * M	C * F	M * F	C * M * F
	NS <sup>y</sup>	NS	***	NS	NS	**	NS

<sup>z</sup>C, cultivar; M, medium; and F, fogging duration.

<sup>y</sup>NS, notsignificant. \*, \*\*, and \*\*\*, significant at  $p = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$ , respectively.

배지의 종류마다 시간 경과에 따른 생존율 변화를 보다 명확하게 확인하기 위해, 각 딸기 재배 품종에 대한 생존율 변화를 기록하였다(그림 11, 12). 예외적으로 ‘GRW’ 에서 딸기 ‘설향’ 에서는 자묘 몇 개체가 포깅처리 없이 살아남았지만 모두 상태가 좋지 않았다. 9일 또는 12일 동안 포깅처리의 지속은 배지의 종류에 상관없이 재배되는 식물이 모두 생존하였다. 그러나 3일 또는 6일 동안 포깅처리를 한 개체는 포깅 공급이 중단된 후 생존율이 현저히 감소했다. 포깅처리 중단 이후에는 매 측정 시마다 죽은 식물들이 관찰되었다.

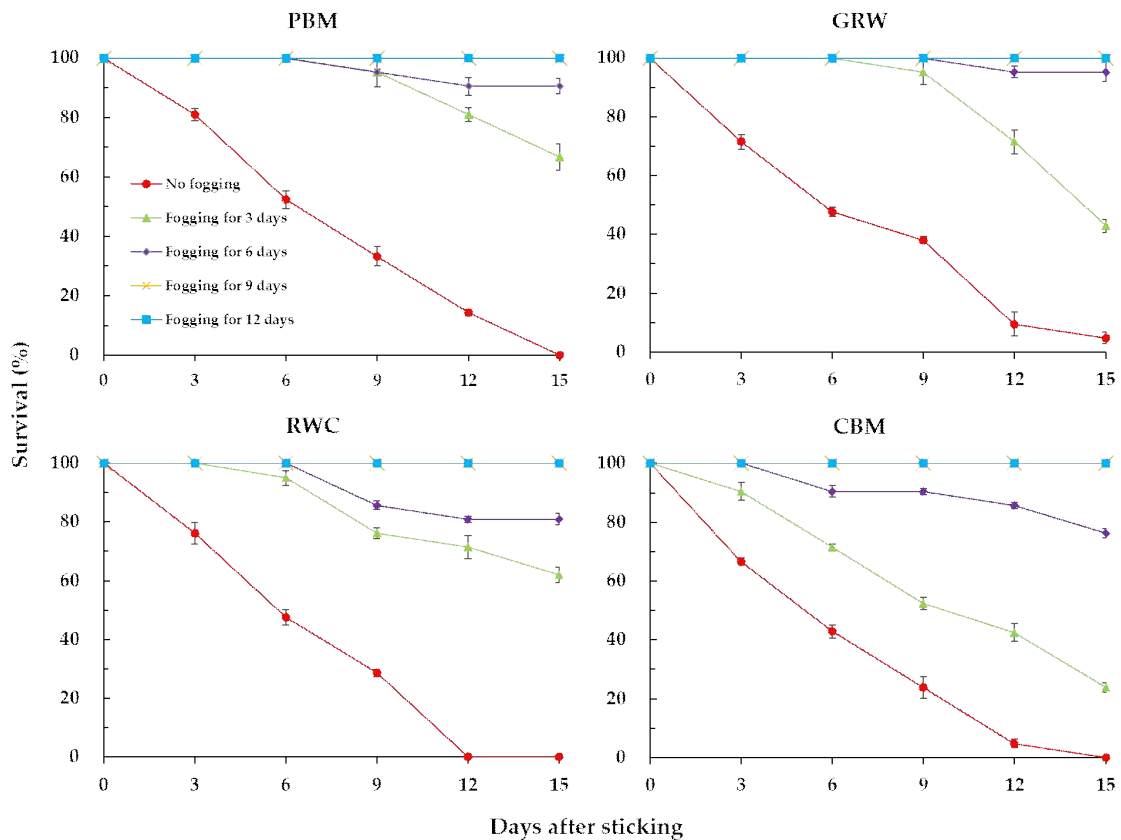


그림 11. 0, 3, 6, 9, 12일의 포깅처리가 딸기 ‘매향’ 의 자묘의 생존율에 미치는 배지의 영향. (PBM, 피트모스기반의 혼합배지; RWC, 암면큐브; GRW, 입상암면; CBM 코이여기반의 혼합배지). Error bars represent the SEs of the three observation units ( $n = 3$ ).

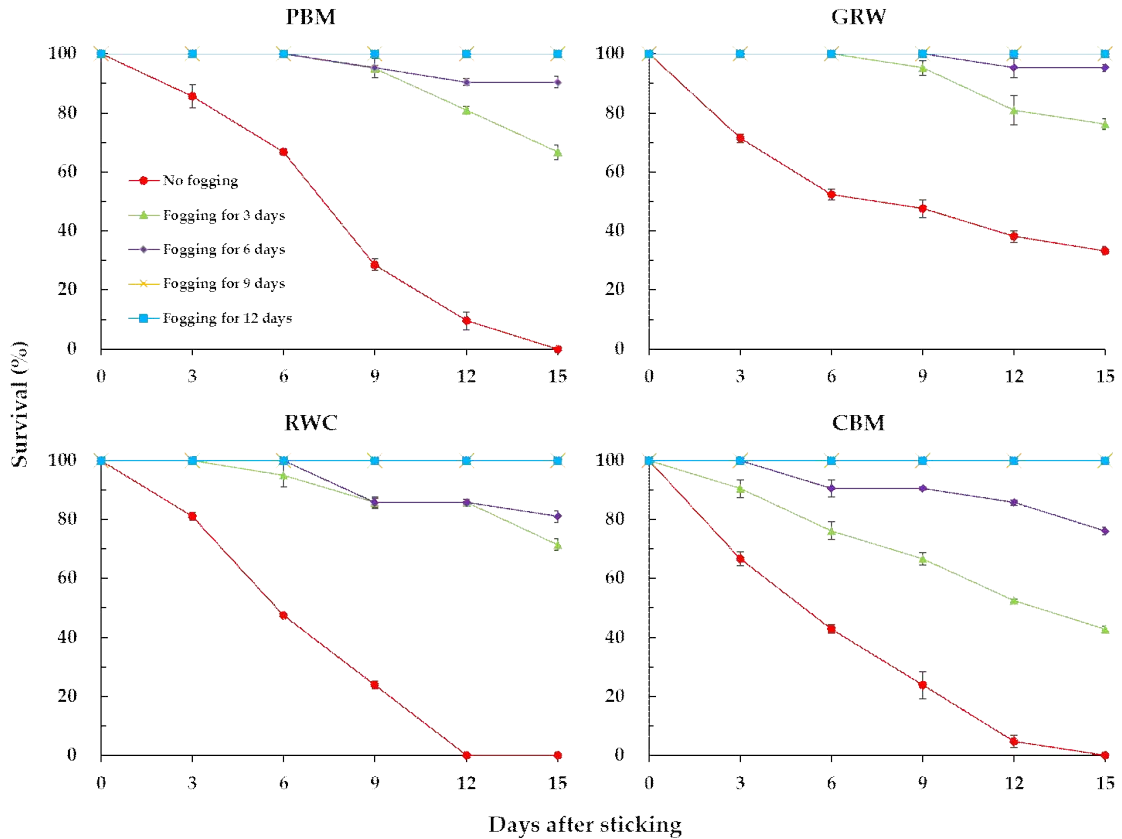


그림 12. 0, 3, 6, 9, 12일의 포깅처리로 딸기 ‘설향’의 자묘의 생존율에 미치는 배지의 영향: PBM, 피트모스기반의 혼합배지; RWC, 압면큐브; GRW, 입상압면; 그리고 CBM 코이어기반의 혼합배지. Error bars represent the SEs of the three observation units ( $n = 3$ ).

포깅처리 없이 뿌리를 내린 식물은 관찰되지 않았다(표 5). 그러나 불과 3일 간의 포깅처리에도 자묘의 절반가량에서 뿌리내림이 나타났다. 특히 PBM 배지에서는 발근율이 70-90%에 달했다. 두 품종 모두 최소 6일 이상의 포깅처리에서 100%의 발근율을 보였다. 포깅처리의 기간이 길어지면서 RWC 배지에서 재배한 ‘설향’을 제외한 모든 처리에서 새 잎의 발생이 더 우수했다. ‘설향’의 자묘의 경우에 RWC 배지에서 포깅처리를 12일간 지속한 자묘에서는 9일한 것보다 새 잎의 발생 비율이 낮았다. 12일간의 포깅처리 된 자묘에서는 새 잎의 비율이 80% 이상을 차지했다.

표 5. 포깅처리 기간, 배지, 품종에 따른 딸기 런너의 발근율과 신엽의 비율.

Cultivar	Duration of fogging (Day)	Rooting (%)				Ratio (%) of new leaves			
		PBM	RWC	GRW	CBM	PBM	RWC	GRW	CBM
Maehyang	0	0.0 e <sup>z</sup>	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e
	3	86.6 b	53.3 d	66.7 cd	73.3 c	66.7 c	40.0 d	40.0 d	53.3 c
	6	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	40.0 d	80.0 bc	80.0 bc	66.7 c
	9	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	66.7 c	53.3 c	53.3 c	66.7 c
	12	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	80.0 bc	80.0 bc	80.0 bc	80.0 bc
Seolhyang	0	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e	0.0 e
	3	73.3 c	53.3 d	66.7 cd	73.3 c	26.7 d	26.7 d	33.3 d	33.3 d
	6	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	60.0 c	53.3 c	40.0 d	80.0 bc
	9	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	80.0 bc	106.0 ab	53.3 c	73.3 c
	12	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	86.7 bc	80.0 bc	120.0 a	106.0 ab

<sup>z</sup>According to Tukey's test, lowercase letters at  $p \leq 0.05$  indicate significant differences between different treatments: PBM, a peat moss-based mixture; RWC, rockwool cube; GRW, granular rockwool; and CBM, a coir-based mixture.

포깅처리를 하지 않은 것이나 3일의 포깅처리를 한 것은 생존율, 발근율, 새로 잎의 발생비율이 낮았기 때문에 이후의 성장 데이터를 측정하는 것은 무의미 했다. 따라서 6일 이상 연무처리를 한 그룹에 대해 생육조사를 진행하였다(표 6). 딸기 '매향'의 경우 PBM에서 12일 포깅처리를 한 것은 뿌리의 길이(6일 포깅처리를 한 경우보다 47.9% 증가), 뿌리 생체중(6일 포깅처리를 한 경우보다 57.3% 증가), 뿌리 건물중(6일 포깅처리를 한 경우보다 52.1% 증가), 신초 생체중(6일 포깅처리를 한 경우보다 56.6% 증가), 신초 건물중(6일 포깅처리를 한 경우보다 53.3% 증가)을 높였다. CBM에서 9일 또는 12일 동안 포깅처리를 한 딸기 자묘의 경우에도 생육이 양호했지만 CBM과 PBM에서 재배한 딸기와는 여전히 격차가 있었다. RWC와 GRW배지는 딸기 자묘의 뿌리 발달에 권장되지 않는데, 이 두 배지에서 재배된 자묘는 다른 두 배지에서 재배한 자묘에 비해 뿌리의 외형이 불량하고 길이도 짧았다.

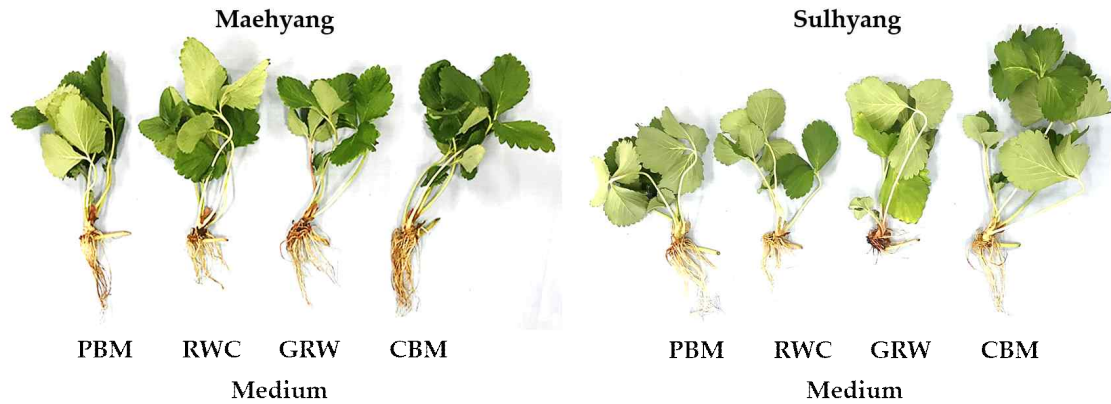


그림 13. 생육배지를 다르게 한 후 12일간 포깅처리 한 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 의 자묘 생장의 비교: PBM, 피트모스기반의 혼합배지; RWC, 암면큐브; GRW, 입상암면; 그리고 CBM 코이어기반의 혼합배지.

딸기 ‘설향’ 품종은 9일 간 포깅처리를 했을 때 CBM에서 가장 양호한 생육을 보였으며, 뿌리 길이(6일 포깅처리보다 53.6% 증가)와 생체중(6일 포깅처리보다 24.0% 증가)의 차이가 컸다. 자묘에 12일 동안 포깅처리를 했을 때 PBM에서 가장 생장이 우수했으며, 특히 뿌리의 발달(6일 포깅처리를 한 것과 비교하여 생체중은 39.7%, 건물중은 43.5%, 길이는 31% 증가)이 양호했다.

12일간의 포깅처리를 한 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 의 자묘의 형태는 성장 배지에 따라 차이가 있었다(그림 13).

표 6. 15일 이후의 딸기 자묘의 초장, 생체중, 건물중에 미친 배지, 포깅처리 기간 및 품종의 영향.

Cultivar	Medium	Duration of fogging (Day)	Shoot			Root		
			Length (cm)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	Length (cm)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
Maehyang	PBM	6	16.90 e <sup>z</sup>	5.17 e	1.26 f	5.05 d	1.84 e	0.35 e
		9	18.07 e	7.21 de	1.63 d	7.92 b	2.31 d	0.43 c
		12	23.83 b	11.93 a	2.70 a	9.69 a	4.31 a	0.73 a
	RWC	6	22.80 ab	6.66 e	1.76 c	3.87 e	1.72 e	0.39 d
		9	20.03 d	8.27 d	1.86 c	6.81 bc	3.85 b	0.68 a
		12	25.30 a	9.98 c	2.27 b	7.36 bc	2.17 d	0.41 c
	GRW	6	18.43 e	5.81 e	1.40 e	4.52 de	1.88 e	0.37 e
		9	22.47 c	6.71 e	1.50 e	6.43 c	2.95 cd	0.50 bc
		12	24.87 ab	10.69 b	1.82 c	7.72 b	3.00 cd	0.47 bc
	CBM	6	18.87 de	6.69 e	1.61 d	6.64 bc	2.10 de	0.42 c
		9	21.93 cd	6.52 e	1.36 f	7.71 b	2.14 d	0.36 e
		12	21.93 cd	8.77 d	1.67 d	9.18 b	3.20 c	0.52 b
Seolhyang	PBM	6	22.97 bc	6.56 c	1.47 d	6.49 bc	2.42 cd	0.35 d
		9	22.07 bc	5.69 cd	1.40 d	7.85 b	2.40 cd	0.41 cd
		12	27.43 a	9.57 a	2.09 a	9.41 ab	4.01 a	0.62 a
	RWC	6	19.77 c	3.83 d	1.38 d	3.39 d	1.42 d	0.41 cd
		9	23.20 b	8.07 b	1.88 ab	6.42 c	3.05 c	0.38 d
		12	24.27 b	5.04 cd	1.78 c	3.45 d	1.87 d	0.34 d
	GRW	6	23.93 b	7.01 c	1.82 ab	3.75 d	2.64 c	0.43 cd
		9	19.30 d	6.67 c	1.47 d	4.99 cd	2.50 cd	0.47 c
		12	23.87 b	8.51 b	1.77 c	6.72 bc	3.03 c	0.47 c
	CBM	6	17.33 d	3.89 d	1.41 d	4.70 cd	1.76 d	0.33 d
		9	21.03 c	8.21 b	1.73 c	10.07 a	3.60 b	0.56 b
		12	24.37 b	8.28 b	1.81 ab	9.19 ab	3.50 b	0.55 b

<sup>z</sup>According to Tukey's test, lowercase letters at  $p \leq 0.05$  indicate significant differences between different treatments: PBM, a peat moss-based mixture; RWC, rockwool cube; GRW, granular rockwool; and CBM, a coir-based mixture.

자료를 9일, 12일간 포깅처리를 했을 때 ‘매향’ 과 ‘설향’ 두 품종 모두에서 100% 발근과 생존이 관찰되었다. 12일간 포깅처리를 한 딸기 자료의 경우 생육이 더 우수한 것으로 나타났지만 RWC와 GRW에서는 뿌리 썩음이 발견됐다. 배지의 종류에 따라 뿌리 발달의 차이를 판단하기 위해 각 뿌리의 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 함량을 분석하였다.

12일간 포깅처리를 한 딸기 자료의 두 품종의 경우, RWC와 GRW의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량이 PBM과 CBM보다 유의하게 높았다(그림 14). 그러나 PBM과 CBM 사이에는 큰 차이가 없었다. 이는 두 종류의 암면배지에서 자란 뿌리가 다른 배지보다 스트레스를 받고 있었음을 나타낸다.

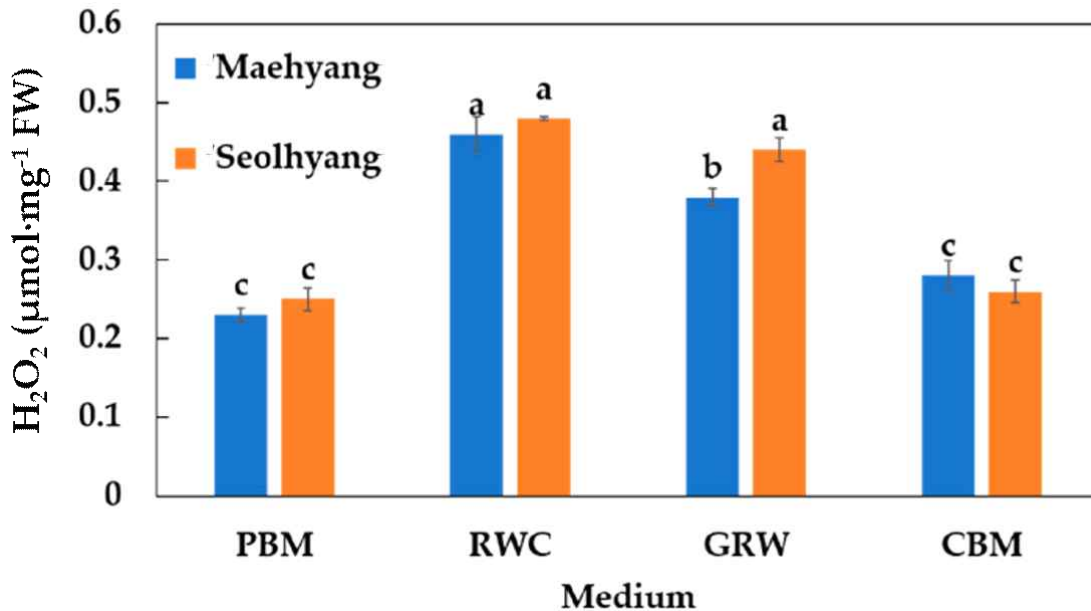


그림 14. 생장배지의 종류가 12일간 포깅처리를 한 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 두 품종에 있어서 자료의 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 함량에 미치는 영향. The error bars represent the SEs of biological replicates (*n* = 3). According to Tukey’s test, lowercase letters at *p* ≤ 0.05 indicate significant differences between different treatments.

스트레스와 관련된 4가지의 효소 SOD, CAT, APX, GPX의 활성을 측정하였다(그림 15). 딸기 자료의 뿌리에서 이 효소들의 함량은 앞서 분석한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량과 유사했다. SOD의 함량은 RWC와 GRW에서 PBM보다 현저히 높았고, CBM에서 자란 ‘매향’ 품종에서 가장 낮았다. CAT의 경우에는 RWC에서 재배된 두 가지 품종, 그리고 GRW에서 재배된 ‘매향’ 품종에서 가장 높았다. CRW에서 재배된 ‘설향’의 경우에 그 함량이 낮았지만, PBM과 CBM에서 자란 자료보다는 확연히 높았다. RWC에서 재배한 ‘설향’ 품종은 가장 높은 APX 활성을 가졌다. PBM과 CBM 배지에서 재배되었을 때 다소 차이가 있었지만 RWC와 GRW보다는 낮았다. GPX의 활성도 나머지 효소의 활동과 유사했는데, RWC와 GRW에서 재배한 식물은 여전히 PBM과 CBM에서 재배한 식물에 비해 상당히 높은 수치를 보였다. 이러한 결과는 두 종류의 암면에서 자란 딸기 자료의 뿌리에서 스트레스에 대한 저항으로 각각의 효소의 활성이 증가했음을 나타내며, 나아가 두 종류의 암면에서 자란 자료가 스트레스를 받고 있음을 보여주었다.

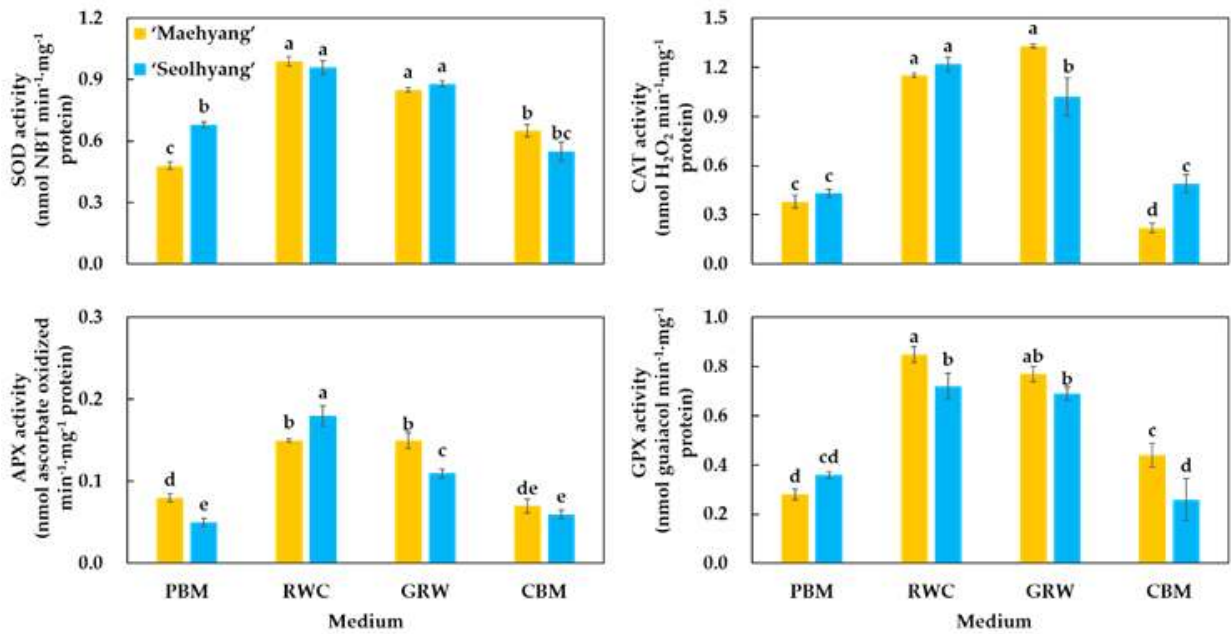


그림 15. 성장배지가 12일간 연무 처리를 한 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 두 품종 자묘의 4가지 항산화 효소(SOD, CAT, APX, GPX)의 활동에 미치는 영향. The error bars represent the SEs of the biological replicates ( $n = 3$ ). According to Tukey’s test, lowercase letters at  $p \leq 0.05$  indicate significant differences between different treatments.

#### 4. IBA 처리방법과 농도에 따른 딸기 ‘매향’의 측아 발생 억제와 런너 발생 및 자묘 생육

##### 가. 연구방법

본 연구는 1차년도에 수행되었던 ‘생장조절제의 종류와 농도에 따른 시설 딸기 매향의 런너 발생 촉진’ 연구에 대한 추가 실험이며, 온실 환경에서 대표적인 수출용 시설 딸기 품종인 ‘매향’에 옥신계 성장조절제 중 하나인 IBA를 처리하여, 측아 발생을 억제하고 모주 및 자묘의 생육 증진 효과와 런너 발생 촉진 효과를 확인하고자 수행되었다. 본 연구는 경남 지역의 플라스틱 온실에서 수행되었으며, 2019년 4월 12일에 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’)을 코이어(Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka)가 충진된 외경 150mm, 높이 135mm, 내경 90mm인 화분(GS150, Goldstar Chemicals Co. Ltd., Chungju, Korea)에 정식하여 2019년 7월 1일까지 총 81일간 재배하였다. 재배 기간 동안 경상남도농업기술원 딸기 전용 양액(다량원소:  $\text{NO}_3^-$  13.0,  $\text{NH}_4^+$  1.0,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  4.0,  $\text{K}^+$  6.0,  $\text{Ca}^{2+}$  8.0,  $\text{Mg}^{2+}$  4.0,  $\text{SO}_4^{2-}$  4.0  $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 미량원소: Fe 3.0, B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.2, Cu 0.04, Mo 0.04  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , EC 0.8  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ , pH 6.5)을 식물체 당, 1회 60mL씩 점적관수로 하루 5-6회(회당 3분씩) 나누어 공급하였다. 모주 관리를 위해 주기적으로 노엽을 제거하였으며, 1주일 간격으로 측아를 제거하고, 제거한 측아의 수를 기록하였다. 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 세균성모무늬병, 흰가루병, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 tribasic copper sulfate(15%), cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 5-7일 주기로 교호 살포하였다. 재배 실험이 진행된 온실 내부의 평균 온도 및 상대습도는 각각  $22 \pm 5^\circ\text{C}$ 와  $58 \pm 5\%$ 였다.

2019년 4월 29일에 0, 50, 100, 150, 200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 농도로 제조한 옥신계 성장조절제인 IBA(indole-3-butyric acid, Sigma-Aldrich Co. Ltd., St. Louis, MO, USA) 수용액을 딸기 식물체 당 50mL씩을 엽면살포와 배지관주의 2가지 방법으로 처리하였다. 온실 환경에서 IBA가 열 그리고 태양광에 의해 자연 분해되는 것을 고려하여, 처리 시작일 기준의 2주 간격으로 총 9주간 5회 처리하였다.

엽병장, 엽장, 엽폭은 식물체의 성장점을 기준으로 완전히 전개된 세 번째 잎을 기준으로 측정하였다. 관부직경은 버니어 캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지체부 상단 1cm 부위를 측정하였다. 런너 길이는 1차 런너를 기준으로 측정하였다. SPAD값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 성장점을 기준으로 완전히 전개된 세 번째 잎에서 측정하였다. 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LICOR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였으며, 건물중은 시료를 항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에 72시간 건조시킨 후 측정하였다. 양액의 EC 수준과 pH는 휴대용 pH/EC 측정계(Enzo 8200m, GONDO Electronic Co. Ltd., Taipei, Taiwan)를 사용하여 측정하였다.

실험은 6개체씩 4반복의 분할구배치법으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균간 비교는 Duncan의 다중검정을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리 간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 12.5, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.



나. 연구결과

IBA 처리에 따른 딸기 모주의 생육을 표 7에 나타내었다. 모주의 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적, 지상부 생체중 및 건물중은 IBA 처리방법 및 농도에 따른 유의적인 차이가 없었다. 딸기 모주의 엽병장은 모든 IBA 처리에서 대조구보다 유의적으로 길었다. 관부 직경은 배지관주 처리가 엽면살포 처리보다 굵었으며 배지관주 처리 50mg · L<sup>-1</sup>일 때 가장 굵었다. SPAD 값은 IBA의 처리 농도에 따른 유의적인 차이가 없었지만, 엽면살포 처리에 비해 배지관주 처리에서 높은 값이 측정되었다.

표 7. IBA 처리 9주 후 ‘매향’ 딸기 모주의 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)	Shoot fresh wt. (g/Plant)	Shoot dry wt. (g/Plant)	
Control	0	16.2 c <sup>z</sup>	14.0	8.0	7.0	17.6 ab	46.6 ab	939.3	53.2	13.5	
	50	17.4 bc	14.7	9.1	7.5	15.9 bc	47.1 ab	1,124.5	61.6	15.9	
	Foliar spray	100	17.6 a-c	14.2	8.3	7.3	15.08 c	48.5 a	1,090.0	62.2	15.6
		150	19.6 a	14.0	8.1	7.7	15.4 c	46.6 ab	1,000.2	58.7	14.8
		200	19.3 ab	14.8	8.3	8.0	15.4 c	44.6 b	1,146.5	66.3	16.0
Drench	50	18.6 ab	13.7	7.7	8.0	18.0 a	48.5 a	1,199.5	67.6	18.9	
	100	17.7 a-c	13.2	7.3	7.5	15.8 bc	48.1 a	1,002.8	57.0	15.6	
	150	17.3 bc	14.1	8.2	8.5	15.3 c	49.0 a	1,131.8	62.8	16.5	
	200	18.7 ab	14.4	8.4	7.5	15.6 bc	47.7 a	1,045.2	55.9	14.6	
	F-test <sup>y</sup>	A	*	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS
	B	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS,\*Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ , respectively.

IBA 처리에 따른 딸기 런너와 자묘의 생육을 그림 16에 표시하였다. 런너수는 엽면살포 100mg · L<sup>-1</sup>에서 가장 많았고, 자묘의 수는 대조구와 배지관주 처리에서 높게 나타났다. 총 런너 길이는 대조구와 비교하였을 때, 엽면살포 처리 100과 200mg · L<sup>-1</sup>에서 가장 길었다. 하지만, ‘매향’ 딸기의 런너 길이는 IBA 농도가 증가함에 따른 정의 상관관계를 보이지 않았다. 측아의 수는 대조구에서 가장 많았으며, 엽면살포 처리 100mg · L<sup>-1</sup>일 때 가장 적었다.

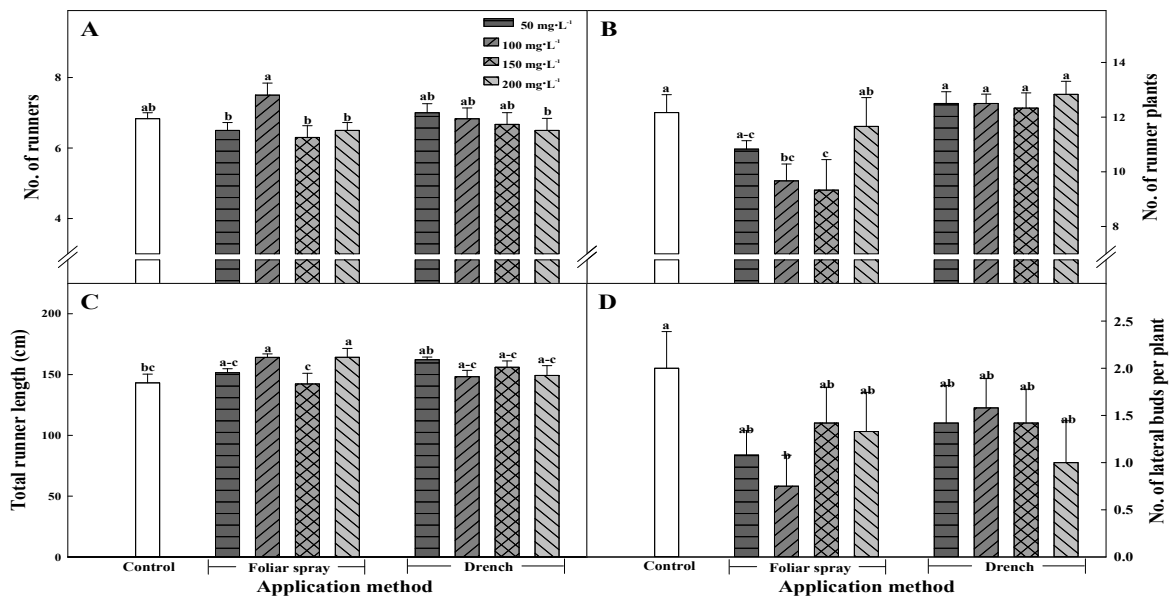


그림 16. IBA 처리 9주 후 ‘매향’ 딸기의 런너수(A), 자묘수(B), 총 런너 길이(C) 및 측아수(D).

1, 2, 3차묘의 지상부 생육을 표 8과 9, 10에 나타내었다. 1차 묘는 모든 조사항목에서 IBA의 처리방법 및 농도에 따른 유의적인 차이가 없었다. 2차 묘는 엽병장이 대조구에 비해 IBA 처리구에서 길게 나타났으며, 관부직경은 대조구에서 가장 굵었다. 3차 묘는 배지관주 100mg · L<sup>-1</sup> 처리에서 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적이 높은 경향을 보였다.

표 8. IBA 처리 9주 후 ‘매향’ 딸기 1차 묘의 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)
Control	0	15.2	8.7	5.6	4.8	10.2	44.7	302.7
	50	15.5	9.3	5.8	4.8	10.4	47.4	335.2
	100	15.7	9.5	6.1	4.8	10.1	47.3	358.0
	150	15.3	9.2	6.6	4.8	10.3	46.1	293.3
	200	17.4	9.8	6.0	4.8	10.5	46.3	350.8
Foliar spray	50	15.4	8.9	5.7	5.0	11.8	46.6	351.2
	100	16.7	9.4	5.9	4.7	9.7	44.3	327.8
	150	16.7	9.5	6.0	5.0	9.9	45.4	336.8
	200	15.6	8.6	5.4	4.8	9.8	46.3	342.3
Drench	50	15.4	8.9	5.7	5.0	11.8	46.6	351.2
	100	16.7	9.4	5.9	4.7	9.7	44.3	327.8
	150	16.7	9.5	6.0	5.0	9.9	45.4	336.8
	200	15.6	8.6	5.4	4.8	9.8	46.3	342.3
F-test <sup>Z</sup>	A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>Z</sup>NS: Nonsignificant.

표 9. IBA 처리 9주 후 ‘매향’ 딸기 2차 묘의 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)
Control	0	10.3 b <sup>z</sup>	7.0	4.9	4.0	9.0 a	37.3	166.7
Foliar spray	50	10.6 ab	6.9	4.5	4.0	8.2 a-c	41.8	174.1
	100	10.8 ab	7.5	5.2	4.2	7.6 bc	43.1	195.7
	150	10.3 b	7.1	5.0	4.0	7.6 bc	41.5	160.1
	200	12.1 ab	7.2	4.8	4.0	8.3 ab	43.3	185.4
Drench	50	11.8 ab	7.3	4.9	4.0	7.5 bc	43.2	193.3
	100	12.1 ab	7.4	5.1	3.8	8.0 a-c	41.9	162.6
	150	12.8a	7.9	5.2	4.0	8.1 a-c	41.8	196.6
	200	11.4 ab	7.0	4.8	4.2	7.1 c	38.8	183.3
F-test <sup>y</sup>	A	*	NS	NS	NS	**	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or  $0.01$ , respectively.

표 10. IBA 처리 9주 후 ‘매향’ 딸기 3차 묘의 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Crown diameter (mm)	SPAD	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)
Control	0	4.5 d <sup>z</sup>	4.8 bc	3.4 de	2.5 b	6.4 ab	36.1 b	49.1 c
Foliar spray	50	5.3 cd	4.7 c	3.3 e	2.5 b	5.6 b	37.0 b	55.2 bc
	100	7.0 ab	4.9 bc	3.8 b-d	3.0 a	6.0 ab	35.9 b	71.8 a-c
	150	6.8 a-c	5.3 bc	3.6 b-e	3.0 a	7.1 a	41.0 a	72.1 a-c
	200	8.2 a	5.6 ab	4.1 b	3.0 a	7.0 a	36.5 b	75.8 ab
Drench	50	7.8 ab	5.5 bc	3.9 bc	3.0 a	6.2 ab	36.1 b	64.1 a-c
	100	8.3 a	6.2 a	4.5 a	3.0 a	6.7 ab	36.8 b	80.7 a
	150	6.4 bc	5.0 bc	3.5 c-e	2.5 b	6.1 ab	37.7 ab	60.9 a-c
	200	6.5 bc	5.1 bc	3.8 b-e	3.0 a	6.1 ab	34.5 b	60.7 a-c
F-test <sup>y</sup>	A	***	*	*	NS	NS	NS	NS
	B	***	NS	*	*	NS	*	*
	A × B	NS	**	*	NS	**	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ ,  $0.01$ ,  $0.001$ , respectively.

1, 2, 3차 묘의 생체중 및 건물중을 표 11과 같다. 1차 묘와 2차 묘의 생체중 및 건물중은 처리 간의 유의적인 차이가 없었으며, 3차 묘의 생체중은 배지관주 100mg · L<sup>-1</sup> 처리에서 가장 무거웠고, 건물중은 대조구에 비해 배지관주 100mg · L<sup>-1</sup> 처리와 엽면살포 200mg · L<sup>-1</sup> 처리에서 유의적으로 무거웠다.

표 11. IBA 처리 9주 후 ‘매향’ 딸기 자묘의 생체중 및 건물중.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Fresh weight (g/Plant)			Dry weight (g/Plant)			
		First runner plant	Second runner plant	Third runner plant	First runner plant	Second runner plant	Third runner plant	
Control	0	13.5	6.7	2.2 d <sup>z</sup>	3.68	1.91	0.58 b	
	50	15.1	7.0	2.3 cd	3.90	1.75	0.58 b	
	Foliar spray	100	16.0	8.0	3.0 abc	4.31	2.22	0.77 ab
		150	14.3	6.5	2.9 a-d	3.94	1.83	0.77 ab
		200	16.0	7.4	3.3 ab	4.22	1.99	0.84 a
Drench	50	17.4	8.1	3.1 abc	4.62	2.19	0.78 ab	
	100	14.7	7.2	3.4 a	3.86	1.88	0.84 a	
	150	15.2	7.6	2.5 b-d	3.98	1.96	0.60 b	
	200	14.2	7.1	2.4 cd	3.66	1.83	0.56 b	
	F-test <sup>y</sup>	A	NS	NS	*	NS	NS	NS
B		NS	NS	*	NS	NS	NS	
A × B		NS	NS	*	NS	NS	**	

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS,\*,\*\*: Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or 0.01, respectively.

이상의 결과를 종합하면, IBA의 처리방법과 농도에 따른 ‘매향’ 딸기의 생육은 모주와 1, 2차 묘에서는 유의적인 차이가 없었으나, 3차 묘의 생육은 배지관주 100mg · L<sup>-1</sup> 처리에서 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적이 높은 경향을 보였다. 측아의 수는 대조구에서 가장 많았으며, 엽면살포 처리 100mg · L<sup>-1</sup>일 때 가장 적었다. 하지만, IBA 엽면살포 처리에서 자묘의 수가 감소하는 경향을 보였다. 따라서, 측아 발생의 억제와 3차 묘의 생육 및 자묘 생산량을 고려하였을 때, 배지관주 방법으로 IBA 100mg · L<sup>-1</sup>를 매향 딸기에 처리하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

## 5. 성장조절제의 종류와 농도에 따른 시설 딸기 ‘매향’의 런너 발생 촉진

### 가. 연구방법

본 연구는 성장조절제의 종류와 농도에 따른 ‘매향’ 딸기의 생육 및 런너 발생 촉진 효과를 구명하기 위해 수행되었다. ‘매향’ (*Fragaria × ananassa* Duch. ‘Maehyang’)는 상업용 혼합 상토인 토실이상토(Tosilee Medium, Shinan Grow Co. Ltd., Jinju, Korea)를 이용하여 딸기 전용 재배포트(64cm × 27cm × 18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Okcheon, Korea)에 정식한 후 6월 20일까지 경상대학교 벤로형 온실에서 재배하였다. 재배기간 동안 점적테이프를 이용하여 관주하였고, 네덜란드 Sonneveld 조성의 딸기 전용 배양액(다량원소는  $\text{NO}_3^-$  11.5,  $\text{NH}_4^+$  1.0,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  1.0,  $\text{K}^+$  5.5,  $\text{Ca}^{2+}$  6.5,  $\text{Mg}^{2+}$  2.5,  $\text{SO}_4^{2-}$  3.0me · L<sup>-1</sup>, 미량원소는 Fe-EDTA 7.66,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  1.50,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.20,  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  2.42,  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.08,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2.02mg · L<sup>-1</sup> 함유)에 원수 분석 결과 값을 반영하여 조제 후 사용하였다. 배양액의 공급은 정식 후 7일 동안은 EC 수준을 0.65dS · m<sup>-1</sup>로 맞추어 뿌리 활착을 위해 배지가 마르지 않도록 충분히 관수하였다. 뿌리 활착 후에는 배양액의 1회 공급량을 딸기 재배 포트 당 450mL로 맑은 날에는 하루 2회(회당 10분 씩) 공급하였고, 흐린 날에는 공급하지 않았다.

재배기간 동안 모주의 액아와 노엽을 제거해 주었고 모주에서 나온 런너는 성장조절제의 효과를 확인하기 위해 제거하지 않았다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 해충인 흰가루, 응애, 진딧물, 탄저병 방제를 위해 각각 cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 3-5일 주기로 살포하였다. 사용된 성장조절제 gibberellin acid(GA<sub>3</sub>)와 6-benzylaminopurine(6-BAP)는 각각 25, 50, 100mg · L<sup>-1</sup>와 900, 1,200, 1,500mg · L<sup>-1</sup>로 조제하여 식물체당 50mL씩 엽면살포 하였다.

실험구의 배치는 대조구를 포함한 총 7처리, 처리 당 4개체씩 3반복으로 총 84주를 완전임의배치 하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 하였고, 평균간 비교는 Duncan의 다중검정으로 하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

### 나. 연구결과

정식 후 9주째 성장조절제의 종류와 농도에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육을 표 12와 표 13에 나타내었다. 딸기의 초장은 100mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 처리에서 가장 길었으며, 지하부의 생체중 및 건물중은 25mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 처리에서 가장 컸다. 딸기 잎의 엽장, 엽폭, 엽면적, 그리고, 지상부의 생체중과 건물중은 900mg · L<sup>-1</sup> 6-BAP 처리에서 가장 컸다.

표 12. 정식 후 9주째 성장조절제 종류와 농도별 ‘매향’ 딸기묘의 초장, 근장, 엽장, 엽폭.

Plant growth regulator <sup>z</sup> (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Plant height (cm)	Root length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Control	0	33.4 c <sup>y</sup>	27.9	8.9 ab	6.2 ab
	25	36.1 b	29.2	8.1 b	5.8 b
GA <sub>3</sub>	50	36.9 b	28.3	8.0 b	5.7 b
	100	38.7 a	24.5	8.4 ab	5.8 b
6-BAP	300	34.2 c	24.6	7.9 b	5.6 b
	600	35.9 b	28.6	8.2 ab	5.9 ab
	900	36.1 b	28.1	9.2 a	6.5 a
F-test <sup>x</sup>	A	NS	NS	NS	NS
	B	*	NS	**	*
	A × B	NS	NS	NA	*

<sup>z</sup>GA<sub>3</sub>, gibberellic acid 3 and 6-BAP, 6-benzylaminopurine.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or 0.01, respectively.

표 13. 정식 후 9주째 성장조절제 종류와 농도별 ‘매향’ 딸기묘의 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 및 엽면적.

Plant growth regulator <sup>z</sup> (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Leaf area (cm <sup>2</sup> )
		Shoot	Root	Shoot	Root	
Control	0	14.9 d <sup>y</sup>	7.0 a	3.2 b	1.04 bc	332.0 b
	25	13.7 d	7.3 a	3.0 b	1.21 a	339.1 b
GA <sub>3</sub>	50	14.2 d	6.9 a	2.9 b	1.18 ab	273.1 c
	100	15.0 d	5.5 b	3.0 b	0.95 c	273.7 c
6-BAP	300	17.4 c	5.4 b	3.3 b	0.79 d	320.7 b
	600	19.7 b	6.8 a	3.3 b	1.04 bc	350.1 b
	900	22.3 a	6.9 a	4.0 a	1.09 abc	418.1 a
F-test <sup>x</sup>	A	***	NS	***	NS	*
	B	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	**	NS	**	NS

<sup>z</sup>GA<sub>3</sub>, gibberellic acid 3 and 6-BAP, 6-benzylaminopurine.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or 0.01, 0.001, respectively.

‘매향’ 딸기 묘의 자묘수, 크라운 직경, 1차 근수, SPAD 값, T/R을 그림 17에 나타내었다. 딸기의 자묘수, 크라운 직경, 그리고 1차 근수는 성장조절제의 종류와 관계없이 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 그 중 자묘수와 크라운 직경은  $900\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BAP에서 유의적으로 높은 값을 나타내었고, 1차 근수는  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  GA<sub>3</sub>에서 유의적으로 많았다. 잎의 엽록소 값은 성장조절제의 농도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였으며, 성장조절제를 처리하지 않은 대조구에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 지상부와 지하부의 건물중 비율, T/R율은 6-BAP 처리보다 GA<sub>3</sub>에서 상대적으로 균일하였다. 정식 후 9주째 ‘매향’ 딸기 묘의 지상부와 지하부의 생육을 그림 18에 나타내었다. 식물생장호르몬인 지베렐린은 식물의 성장촉진과 줄기 신장에 관여한다고 알려져 있으며, 딸기의 초장은  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  GA<sub>3</sub>에서 가장 컸다. 사이토키닌은 식물 세포분열과 결눈 성장을 촉진하고 엽록체 발달에 효과적인 호르몬으로 알려져 있는데 딸기 잎의 엽장, 엽폭, 엽면적, 지상부의 생체중과 건물중, 자묘수, 그리고 크라운 크기 등은  $900\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BAP 처리에서 높은 값을 나타냈다. 이상의 결과를 종합하면,  $900\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BAP를 처리하는 것이 ‘매향’ 딸기 육묘 시, 모주의 생육과 런너 생산에 가장 효과적인 것으로 판단된다.

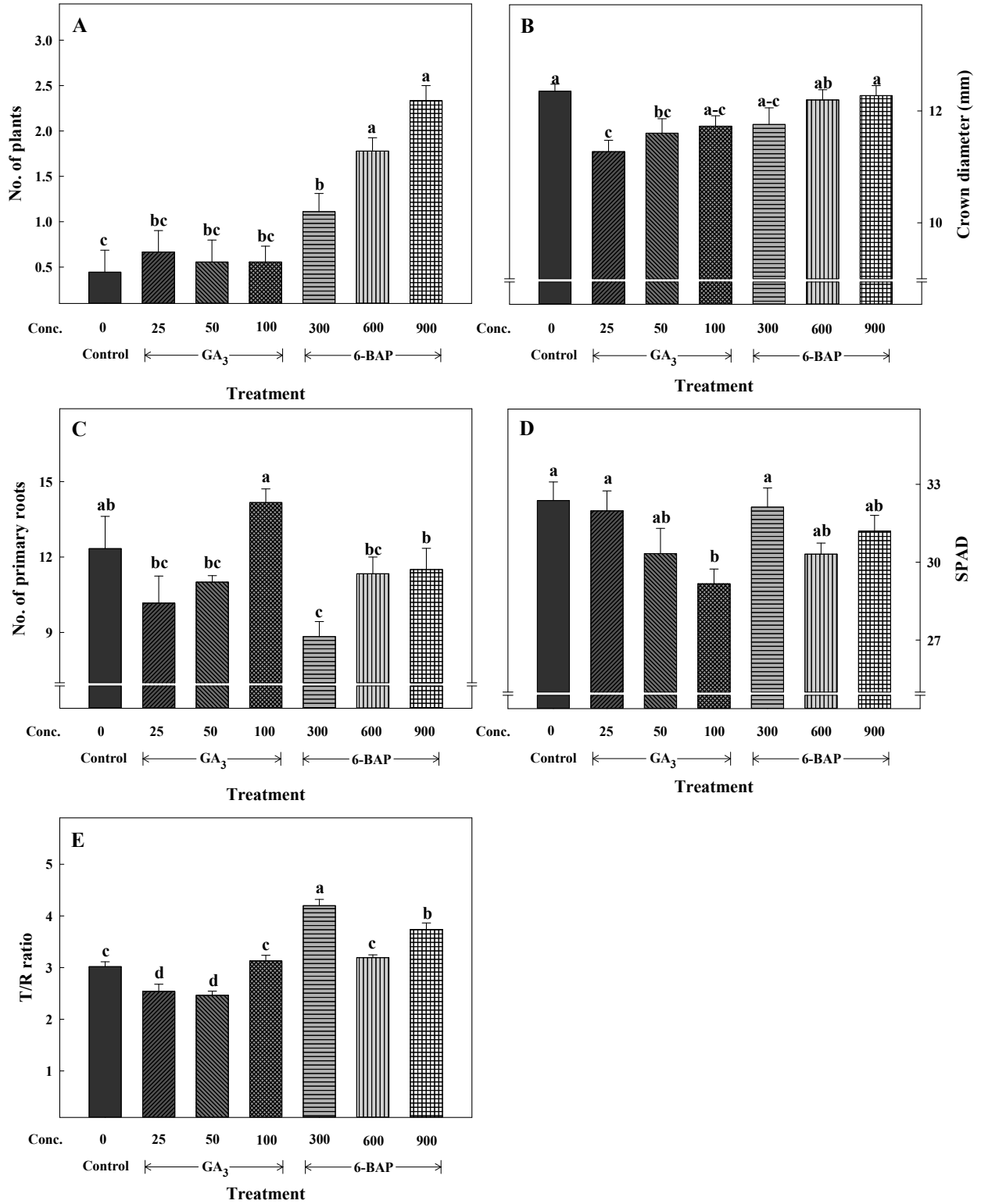


그림 17. 성장조절제 종류와 농도별 ‘매향’ 쌀기의 자묘수(A), 크라운 직경(B), 1차 근수(C), SPAD 값(D) 및 T/R율(E).



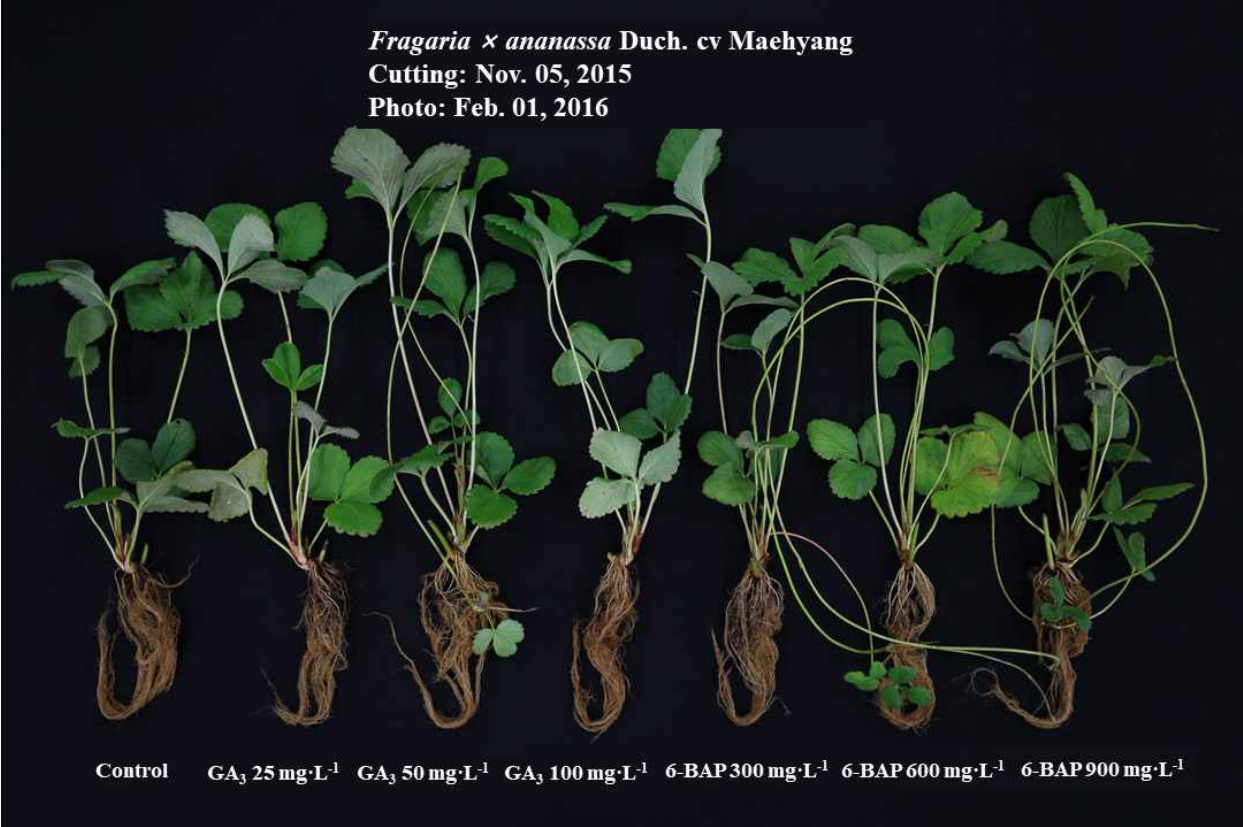


그림 18. 정식 후 9주째 ‘매향’ 딸기묘의 지상부와 지하부의 생육.

## 6. 시설 딸기 ‘매향’의 런너 발생 촉진을 위한 성장조절제 최적 농도와 횃수 구명

### 가. 연구방법

본 연구는 성장조절제 중에서도 사이토키닌 계열의 성장조절제인 6-benzylaminopurine (6-BAP)의 처리 농도와 횃수에 따른 ‘매향’ 딸기의 생육과 런너 발생 촉진 효과를 구명하기 위해 수행되었다. ‘매향’ (*Fragaria × ananassa* Duch. ‘Maehyang’)을 상업용 혼합상토인 토실이상토(Tosilee Medium, Shinan Grow Co. Ltd., Jinju, Korea)를 담은 딸기 전용 재배포트(64cm × 27cm × 18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Okcheon, Korea)에 정식한 후 6월 20일 까지 경상대학교 벤로형온실에서 재배하였다. 재배기간 동안 점적테이프를 이용하여 관주하였고, 네덜란드 Sonneveld 조성의 딸기 전용 배양액(다량원소는  $\text{NO}_3^-$  11.5,  $\text{NH}_4^+$  1.0,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  1.0,  $\text{K}^+$  5.5,  $\text{Ca}^{2+}$  6.5,  $\text{Mg}^{2+}$  2.5,  $\text{SO}_4^{2-}$  3.0me · L<sup>-1</sup>, 미량원소는 Fe-EDTA 7.66,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  1.50,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.20,  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  2.42,  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.08,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2.02mg · L<sup>-1</sup> 함유)에 원수분석 결과 값을 반영하여 조제 후 사용하였다. 배양액의 공급은 정식 후 7일 동안은 EC 수준을 0.65dS · m<sup>-1</sup>로 맞추어 뿌리 활착을 위해 배지가 마르지 않도록 충분히 관수하였다. 뿌리 활착 후에는 배양액의 1회 공급량을 딸기 재배 포트당 450mL씩 맑은 날에는 하루 2회(회당 10분씩) 공급하였고, 흐린 날에는 공급하지 않았다.

재배기간 동안 모주의 액아와 노엽을 제거해 주었고 모주에서 나온 런너는 성장조절제의 효과를 확인하기 위해 제거하지 않았다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 해충인 흰가루, 응애, 진딧물, 탄저병 방제를 위해 각각 cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 3-5일 주기로 살포하였다. 사용된 성장조절제 6-benzylaminopurine(6-BAP)은 900, 1,200, 1,500mg · L<sup>-1</sup>로 제조하여 식물체당 25mL씩 각각 1, 2, 3회 엽면에 살포 또는 배지에 관주하였다.

실험구의 배치는 대조구를 포함한 총 19처리, 처리 당 4개체씩 3반복으로 총 228주를 완전 임의배치 하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Duncan의 다중검정을 이용하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

### 나. 연구결과

정식 후 30일째 성장조절제를 1회 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육은 표 14와 같다. 엽병장, 엽병 수, 크라운 직경, SPAD 값은 유의적인 차이가 없었다. 딸기 잎의 엽장과 엽폭은 1,500mg · L<sup>-1</sup> 6-BAP 엽면살포 처리에서 가장 우수한 결과를 나타냈다.

표 14. 정식 후 30일째 성장조절제 처리 방법, 농도, 그리고 횃수에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육(6-BAP 1회 처리).

Method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	No. of petioles	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
Control	0	11.1	3.9	5.2 ab <sup>z</sup>	3.8 ab	9.7	37.4
	900	11.1	3.9	5.0 bc	3.5 a-c	10.4	36.3
Spray	1,200	11.1	3.8	5.2 ab	3.5 a-c	10.8	38.7
	1,500	10.2	3.6	5.6 a	3.9 a	10.7	37.6
Drench	900	11.5	3.9	4.9 bc	3.6 a-c	11.3	39.2
	1,200	10.4	3.9	4.8 bc	3.3 c	10.6	38.8
	1,500	10.1	4.0	4.6 c	3.4 bc	11.4	36.2
F-test <sup>y</sup>	A	NS	NS	**	*	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or 0.01, respectively.

정식 후 30일째 성장조절제를 2회 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육은 표 15와 같다. 엽병장, 엽병 수, 엽장, 엽폭과 SPAD 값은 유의적인 차이가 없었다. 크라운 직경은 1,500mg · L<sup>-1</sup> 6-BAP 엽면시비에서 가장 길었다.

표 15. 정식 후 30일째 성장조절제 처리 방법, 농도, 그리고 횃수에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육(6-BAP 2회 처리).

Method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	No. of petioles	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
Control	0	11.1	4.0	5.2	3.8	9.7 bc <sup>z</sup>	37.4
	900	11.6	3.6	5.5	3.8	9.5 c	38.5
Spray	1,200	11.2	3.8	5.1	3.8	9.7 bc	38.9
	1,500	11.8	3.5	5.1	3.7	12.2 a	35.1
Drench	900	10.8	3.8	5.1	3.4	11.9 a	38.6
	1,200	11.5	4.0	5.0	3.7	11.6 a	38.8
	1,500	12.3	3.9	5.1	3.5	11.0 ab	38.8
F-test <sup>y</sup>	A	NS	NS	NS	NS	*	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	**	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or 0.01, respectively.

정식 후 30일째 성장조절제를 3회 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육은 표 16과 같다. 엽병 수, 크라운 직경과 SPAD는 유의적인 차이가 없었다. 엽병장, 엽장 그리고 엽폭은 1,500mg · L<sup>-1</sup> 6-BAP 엽면살포에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다.

표 16. 정식 후 30일째 성장조절제 처리 방법, 농도, 그리고 횟수에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육(6-BAP 3회 처리).

Method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	No. of petioles	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
Control	0	11.1 ab <sup>z</sup>	4.0	5.2 ab	3.8 ab	9.7	37.4
	900	9.7 b	3.4	4.9 b	3.7 ab	12.2	36.5
Spray	1,200	10.8 ab	3.8	5.1 ab	3.6 ab	11.3	35.9
	1,500	12.1 a	4.0	5.7 a	4.0 a	10.9	40.2
Drench	900	12.0 a	3.9	5.1 ab	3.6 ab	11.2	39.7
	1,200	11.9 a	4.0	5.2 ab	3.8 a	11.9	35.4
	1,500	11.6 a	3.8	4.8 b	3.3 b	10.7	38.0
F-test <sup>y</sup>	A	*	NS	NS	NS	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	*	*	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS,\*Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ , respectively.

정식 후 60일째 성장조절제를 1회 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육은 표 17과 같다. 엽병장, 엽병 수, 엽장, 크라운 직경 그리고 SPAD는 유의적인 차이가 없었다. 엽폭은 성장조절제를 처리하지 않은 대조구에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다.

표 17. 정식 후 60일째 성장조절제 처리 방법, 농도, 그리고 횟수에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육(6-BAP 1회 처리).

Method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	No. of petioles	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
Control	0	20.5	5.5	7.3	5.2 a <sup>z</sup>	11.9	36.4
	900	18.5	5.3	5.1	3.5 c	12.0	36.2
Spray	1,200	18.9	5.1	5.2	3.7 c	12.5	35.5
	1,500	17.9	5.3	5.3	3.7 c	12.8	33.5
Drench	900	19.6	5.1	6.1	4.5 b	12.3	36.6
	1,200	17.9	5.4	5.2	3.8 c	12.3	34.3
	1,500	17.6	5.4	5.1	3.6 c	12.0	34.4
F-test <sup>y</sup>	A	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	*	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS,\*Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ , respectively.

정식 후 60일째 성장조절제를 2회 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육은 표 18과 같다. 엽장은 대조구에서 유의적으로 높았고, SPAD 값은 농도에 관계없이 엽면살포보다 배지관주 처리에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 엽병장, 엽병 수, 엽폭, 크라운 직경은 유의적인 차이가 없었다.

표 18. 정식 후 60일째 성장조절제 처리 방법, 농도, 그리고 횟수에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육(6-BAP 2회 처리).

Method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	No. of petioles	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
Control	0	20.5	5.5	7.3 a <sup>z</sup>	5.2	11.9	36.4 a
	900	20.0	5.3	5.9 b	4.3	13.0	35.4 ab
Spray	1,200	19.1	5.6	5.6 b	4.1	12.9	34.7 ab
	1,500	18.3	4.9	5.1 b	3.6	14.7	32.7 b
Drench	900	18.0	5.3	5.2 b	3.6	14.0	37.2 a
	1,200	20.3	6.0	5.9 b	4.1	13.5	36.8 a
	1,500	20.8	5.3	5.8 b	4.0	13.2	36.8 a
F-test <sup>y</sup>	A	NS	NS	NS	NS	NS	*
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	*	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ , respectively.

정식 후 60일째 성장조절제를 3회 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육은 표 19와 같다. 엽병장은 1,200mg · L<sup>-1</sup>의 배지관주에서 유의적으로 길었고, SPAD 값은 900mg · L<sup>-1</sup>의 배지관주에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 엽병 수, 엽장, 엽폭, 크라운 직경은 유의차가 없었다.

표 19. 정식 후 60일째 성장조절제 처리 방법, 농도, 그리고 횟수에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 생육(6-BAP 3회 처리).

Method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	No. of petioles	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
Control	0	20.5 a-c <sup>z</sup>	5.5	7.3	5.2	11.9	36.4 ab
	900	18.3 c	6.0	5.4	3.9	14.9	35.3 ab
Spray	1,200	19.4 bc	5.4	6.0	4.2	12.8	34.7 b
	1,500	20.5 a-c	5.8	6.2	4.2	14.3	35.3 ab
Drench	900	21.2 ab	5.4	6.0	4.2	13.3	37.9 a
	1,200	22.0 a	5.6	6.1	4.3	14.8	36.0 ab
	1,500	21.2 ab	5.4	5.8	4.1	15.0	36.9 ab
F-test <sup>y</sup>	A	**	NS	NS	NS	NS	*
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or 0.01, respectively.

생장조절제 처리방법과 농도에 따른 정식 후 ‘매향’ 딸기 묘의 광합성율을 그림 19, 20, 21에 나타내었다. 정식 후 시간이 지날수록 ‘매향’ 딸기묘의 광합성율은 대조구에 비해 성장조절제 처리구에서 상대적으로 낮아지는 경향을 보였다.

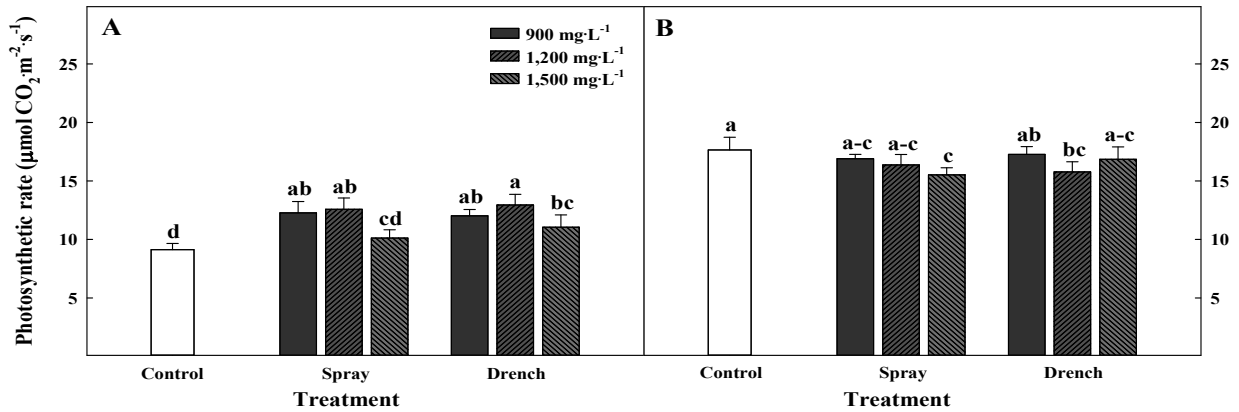


그림 19. 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 정식 후 30일째(A)와 60일째(B)의 ‘매향’ 딸기묘의 광합성율(6-BAP 1회 처리).

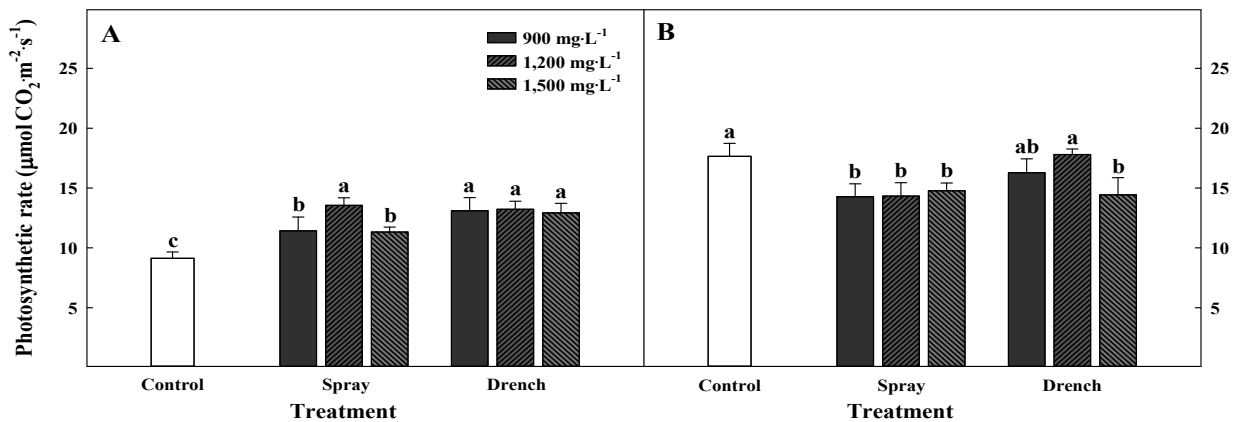


그림 20. 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 정식 후 30일째(A)와 60일째(B)의 ‘매향’ 딸기묘의 광합성율(6-BAP 2회 처리).

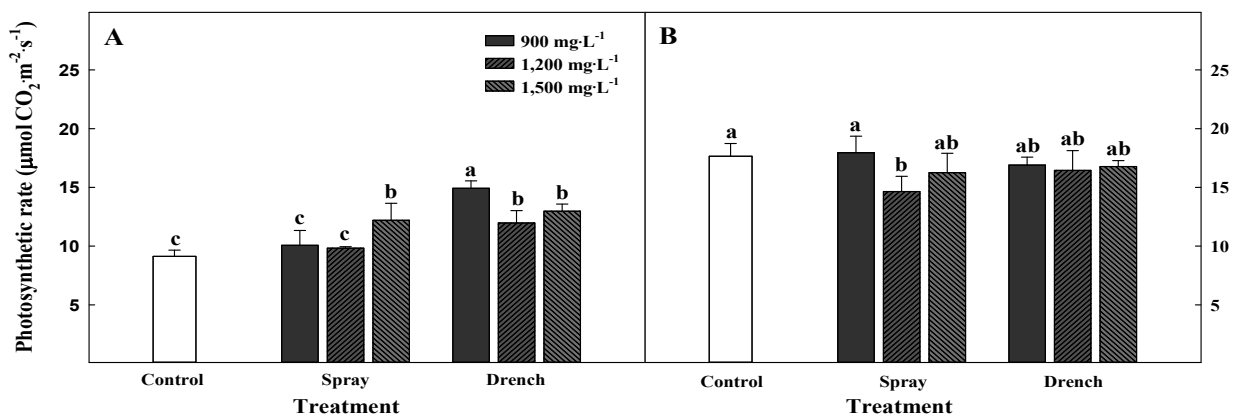


그림 21. 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 정식 후 30일째(A)와 60일째(B)의 ‘매향’ 딸기묘의 광합성율(6-BAP 3회 처리).

정식 후 30일째를 기준으로 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 1, 3, 5, 그리고 7주 후 ‘매향’ 딸기의 런너수를 그림 22, 23, 24에 나타내었다. 성장조절제 처리방법과 농도, 그리고 횟수를 비교하였을 때 배지관주보다 엽면살포에서 런너수가 많이 발생된 것을 확인할 수 있었으며, 처리 횟수가 많을수록 런너 생산량이 많아지는 경향을 나타내었다.

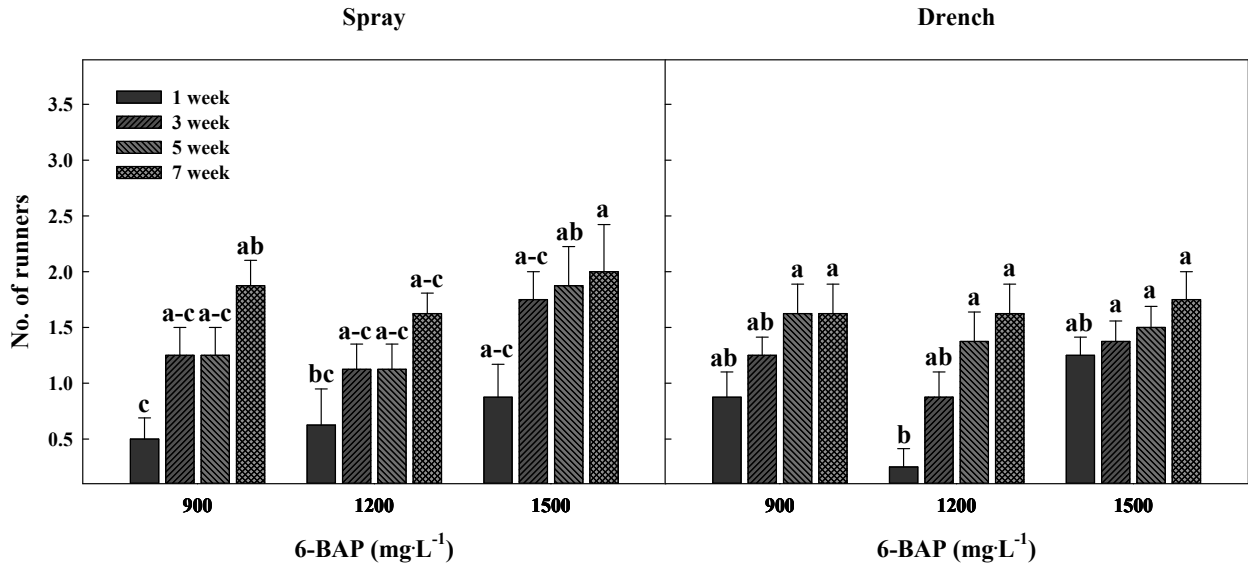


그림 22. 정식 후 30일째를 기준으로 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 1, 3, 5, 그리고 7주 후 ‘매향’ 딸기 묘의 런너수(6-BAP 1회 처리).

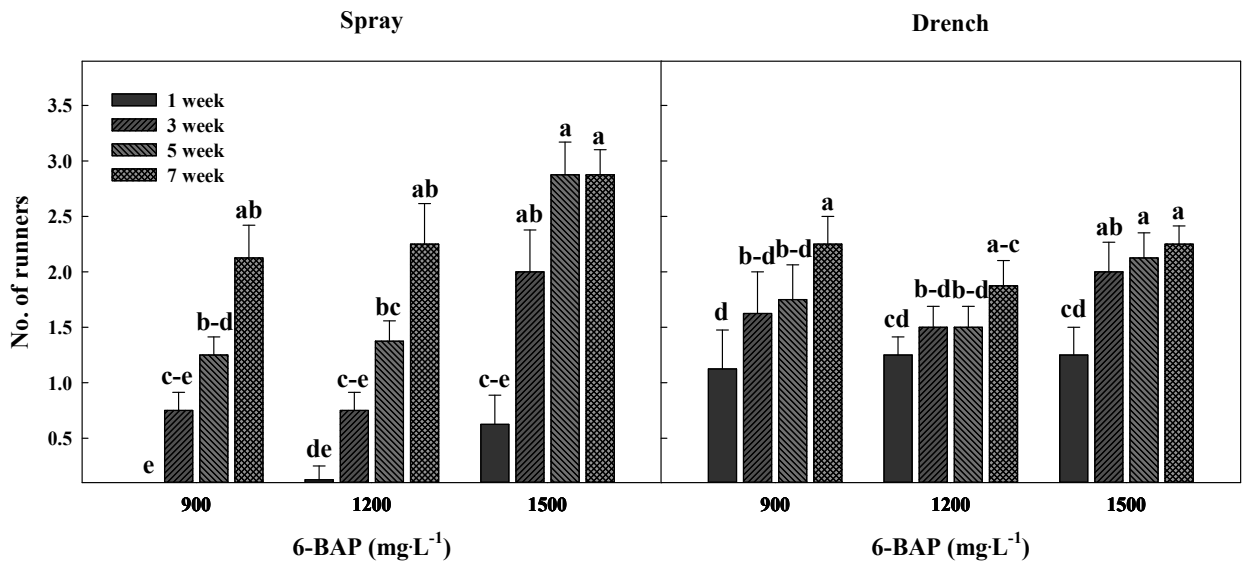


그림 23. 정식 후 30일째를 기준으로 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 1, 3, 5, 그리고 7주 후 ‘매향’ 딸기 묘의 런너수(6-BAP 2회 처리).

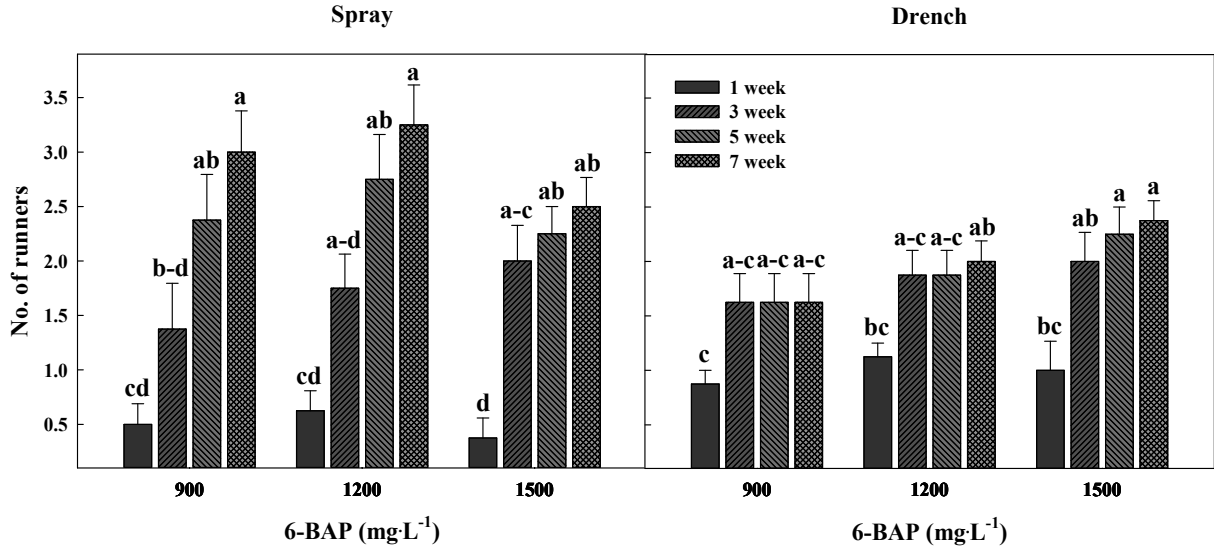


그림 24. 정식 후 30일째를 기준으로 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 1, 3, 5, 그리고 7주 후 ‘매향’ 딸기 묘의 런너수(6-BAP 3회 처리).

이상의 결과를 종합하면, 정식 후 60일째 성장조절제를 처리한 ‘매향’ 딸기 묘의 생육에서 엽병장과 크라운 직경의 경우 성장조절제의 처리횟수가 많아질수록 증가하는 경향을 보이고, 엽병수는 유의적인 차이가 없었다. 엽장과 엽폭은 성장조절제 처리구보다 대조구에서 더 길고 넓었으며, SPAD 값의 경우 처리횟수에 관계없이 엽면살포보다 배지관주에서 높은 값을 나타내었다. 정식 후 시간이 경과함에 따라 ‘매향’ 딸기 묘의 광합성율은 대조구에 비해 성장조절제 처리구에서 상대적으로 낮아지는 경향을 보였다. 성장조절제 처리방법과 농도, 그리고 횟수를 비교하였을 때 배지관주보다 엽면살포에서 런너수가 많이 발생된 것을 확인할 수 있었으며, 처리 횟수가 많을수록 런너 생산량이 많은 경향을 나타내었다.

## 7. 자묘의 화아 분화 촉진을 위한 ‘매향’ 딸기 육묘기 양분 재공급 기간 구명

### 가. 연구방법

본 연구는 4차년도에 수행되었던 ‘육묘기 ‘매향’ 딸기의 양분공급 기간 처리에 따른 화아 분화 유도 효과와 과실 수확량 비교’ 실험에 대한 추가 실험으로 수행되었으며, 딸기 자묘의 화아 검경을 통해 육묘기 ‘매향’ 딸기의 화아 분화 및 발달 정도를 확인하여 화아 분화를 촉진하고 묘소질과 초기 과실 수량을 증진시킬 수 있는 적절한 양분 재공급 기간을 구명하기 위해 수행되었다. 경남 딸기 농가에서 구매한 ‘매향’ 딸기 묘를 경상대학교 GMO 온실의 24구 트레이에 정식하였다. 정식한 ‘매향’ 딸기 자묘는 2019년 8월 9일부터 40일간 양액공급 기간 처리를 진행하였다(그림 25). 정식 전 40일간 물만 공급(W40+N0: 대조구), 물 30일 처리 후 양액 10일 처리(W30+N10), 물 20일 처리 후 양액 20일 처리(W20+N20), 물 10일 처리 후 양액 30일 처리(W10+N30), 양액 40일 처리(W0+N40)로 5개의 양액공급 기간 처리를 진행하였으며, 정식 전 10일 전과 정식 당일에 실체현미경(SMZ745T, Nikon Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 화아검경을 실시하였으며 화아의 발달 단계를 기록하였다. 원수 분석 결과 값을 고려하여 경상



남도농업기술원 조성의 딸기 전용 배양액을(다량원소는  $\text{NO}_3^-$  13.0,  $\text{NH}_4^+$  1.0,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  4.0,  $\text{K}^+$  6.0,  $\text{Ca}^{2+}$  8.0,  $\text{Mg}^{2+}$  4.0,  $\text{SO}_4^{2-}$  4.0me · L<sup>-1</sup>, 미량원소는 Fe 3.0, B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.2, Cu 0.04, Mo 0.04mg · L<sup>-1</sup> 함유)을 조제 후 사용하였다.

양분공급 처리 종료 후 딸기 자묘는 2019년 9월 17일에 양지붕형 유리온실에 정식하여 2020년 3월 4일까지 정식 후 169일간 과실의 수확량 및 품질을 조사하였다. 정식 후 7일간 EC 0.6dS · m<sup>-1</sup> 수준의 배양액을 충분히 급액 하여 새 뿌리 발달을 유도하였다. 이후 점적관수를 이용하여 개화기부터 수확기까지 배양액의 EC 수준을 0.6-1.2dS · m<sup>-1</sup>까지 점진적으로 높여서 관리하였다.

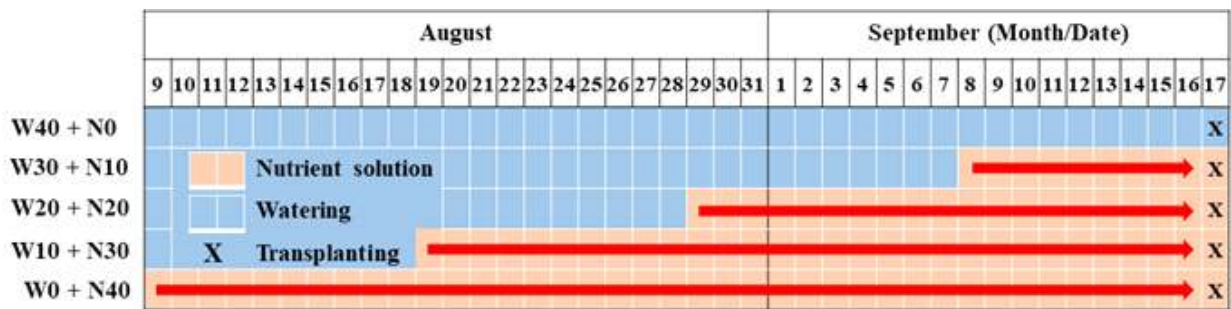


그림 25. ‘매향’ 딸기 자묘의 양분 재공급 기간.

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 자묘의 무처리구와 처리구 생육 전후를 비교하기 위해 정식 전 2017년 9월 13일 자묘의 엽병장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적, 근장, SPAD, 관부직경, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 측정하였다. 관부직경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지체부 상단 1cm를, SPAD 값은 엽록소 측정기 (SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을, 엽면적은 엽면 적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 지상부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를 70℃ 향온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 양분공급 기간에 정식 후 개화 반응을 측정하기 위해 정화방과 액화방의 출퇴율 및 개화율을 조사하였으며, 1화방과 2화방 과실 수확량을 확인하였다.

식물체의 무기성분 분석을 위해 딸기 자묘 잎을 70℃ 향온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 막자사발을 이용해 미세한 분말로 분쇄하였다. 분쇄된 시료 1g을 525℃에서 4시간 회화시키고, 회색으로 변한 시료에 20% HCl 5mL을 추가한 후 따뜻한 증류수 20mL을 첨가하였다. 그 이후 다시 25mL의 차가운 증류수를 첨가한 후 여과지를 이용하여 용액을 걸러주었다. 전 질소(T-N), 탄소(C), 황(S)은 대용량 자동원소 분석기(TruMAC, LECO, Saint Joseph, MI, USA)를 이용하여, 인(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 ICP-AES(OPTIMA-4300DV, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

식물체의 초세를 유지하고 순댓이 현상을 방지하기 위하여 ‘매향’ 딸기 과실은 1화방에는

7개의 과실만, 2화방에는 5개의 과실만을 유지하도록 적화 및 적과 하여 관리하였으며 과실의 품질 및 수확량을 조사하기 위해 양분공급 기간의 각 처리마다 3-5일 간격으로 90% 이상의 성숙한 과실을 수확하였고, 과고, 과폭, 과중, 경도, 당도, 산도를 측정하였다. 경도는 과실전용 경도계(DFT-01, Proem, Seoul, Korea)를 사용하였으며 5mm probe를 장착하여 동일한 과실 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도는 디지털 당도계(PR-201a, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 과실 최상부를 5mm 가량 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 딸기 과즙을 착즙한 후 증류수 30mL에 과즙 0.3g을 희석하여 산도계(GMK-835N, GMK, Seoul, Korea)로 측정하였다. 2019년 12월 3일부터 2020년 3월 4일까지 딸기 과실을 수확하였으며, 10g 이상의 기형과가 아닌 과실의 생체중을 상품과 수량으로 기록하였다.

실험구의 배치는 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 실험결과와 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 투키 검정(Tukey's test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리 간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

#### 나. 연구결과

‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 화아 발달 정도를 표 20과 그림 26에 나타내었다. 정식 전 10일째의 화아 발달 정도는 W20+N20에서 유의적으로 가장 높았다. 정식 당일의 화아 발달 정도는 W20+N20, W10+N30에서 유의적으로 가장 높았다.

표 20. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 화아 분화 발달 단계.

Treatment <sup>z</sup>	Average flower bud development stage <sup>y</sup>	
	10 days before transplanting	Transplanting
W40 + N0	0.7 b <sup>x</sup>	2.4 c
W30 + N10	1.0 b	4.3 ab
W20 + N20	2.2 a	5.5 a
W10 + N30	1.0 b	5.1 a
W0 + N40	1.1 b	3.3 bc

<sup>z</sup>Refer to Figure 34 for details on nutrient solution resupply period of nutrient solution.

<sup>y</sup>The flower bud development stage was classified into 7 stages (0 to 6). The stages were: 0, the vegetative apex stage; 1, the early apex enlargement stage; 2, the middle apex enlargement stage; 3, the later apex enlargement stage; 4, the apex division stage; and 5, the sepal development stage; and 6, the stamen development.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Tukey's test at  $p \leq 0.05$ .

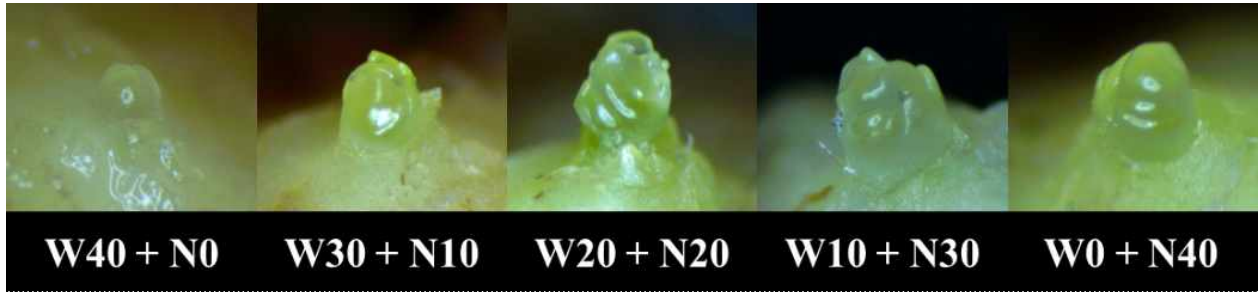


그림 26. 실제 현미경을 사용하여 관찰한 ‘매향’ 딸기 양분 재공급 40일째의 처리 별 화아 분화 발달 모습.

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 자묘 잎의 무기원소 함량을 표 21에 나타내었다. 전 질소(T-N)의 함량과 인(P), 칼륨(K), 황(S)는 양액 재공급기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 탄소(C)의 함량은 W20+N20 처리구에서 37.14%로 가장 높았다. C/N율은 양액 공급기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 칼슘(Ca)은 W20+N20 처리구에서 유의적으로 높았다.

표 21. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 자묘 잎의 무기원소 함량.

Treatment <sup>z</sup>	T-N <sup>y</sup>	C	P	K	Ca	Mg	S	C/N ratio <sup>x</sup>
	(% dry wt.)							
W40 + N0	1.18 d <sup>w</sup>	35.71 b	0.20 c	0.98 c	1.71 bc	0.44 a	0.09 b	30.55 a
W30 + N10	1.91 c	35.61 b	0.51 b	1.57 b	1.94 ab	0.48 a	0.11 b	18.69 b
W20 + N20	2.19 b	37.14 a	0.61 ab	1.57 b	2.03 a	0.49 a	0.10 b	17.02 bc
W10 + N30	2.18 b	35.84 ab	0.67 a	1.81 ab	1.89 ab	0.50 a	0.11 b	16.54 bc
W0 + N40	2.46 a	35.77 ab	0.68 a	1.98 a	1.64 c	0.48 a	0.12 a	14.58 c

<sup>z</sup>Refer to Figure 34 for details on resupply period of nutrient solution.

<sup>y</sup>Concentration of total nitrogen.

<sup>x</sup>C/N ratio is the value of the carbon divided by total nitrogen.

<sup>w</sup>Mean separation within columns by Tukey' s test at  $p \leq 0.05$ .

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기의 정식 후 정화방 및 액화방의 출퇴율과 개화율, 과실 수확율을 그림 27과 같다. 1화방 출퇴율과 개화율은 W20+N20에서 가장 먼저 발생하였으며, 가장 먼저 100% 출퇴율과 개화율을 달성하였다. 2화방 출퇴율과 개화율은 W20+N20에서 가장 먼저 발생하였으나, 출퇴율은 11월 29일을 기준으로 W30+N10에서 더 많은 출퇴가 발생하여 가장 먼저 100% 출퇴율을 달성하였으며, 개화율은 12월 31일을 기준으로 더 많은 개화가 발생하여 가장 먼저 100% 개화율을 달성하였다.

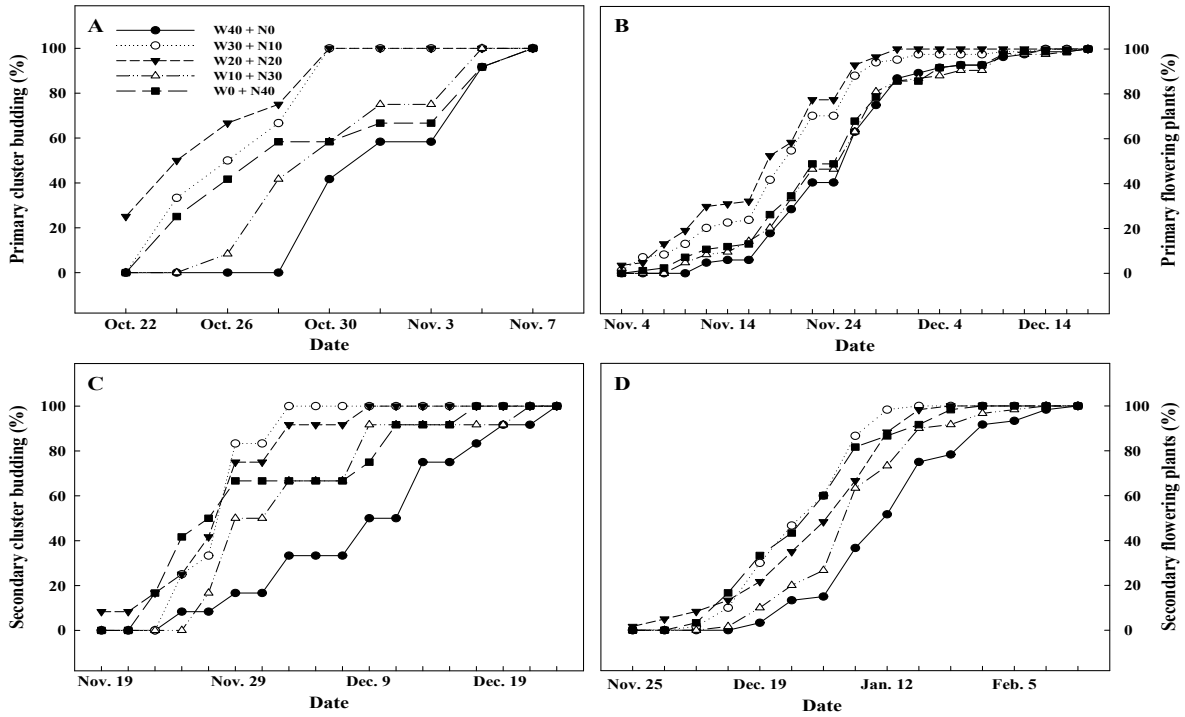


그림 27. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 정식 후 1화방 출퇴율(A), 1화방 개화율 (B), 2화방 출퇴율(C), 2화방 개화율(D).

양분 재공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기의 지상부 생육과 지상부와 지하부 생체중 및 건물중, 엽면적은 표 22와 표 23과 같다. 엽병장, 엽폭, 지상부 생체중은 W10+N30에서 가장 높았다. 엽장은 W0+N40에서 가장 높았다. SPAD값은 W40+N0에서 가장 낮았으며, 지하부의 생체중은 양분 재공급 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 근장과 관부직경, 지상부 건물중과 엽면적은 처리 간 유의적인 차이가 없었다.

표 22. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 자료의 지상부 생육.

Treatment <sup>z</sup>	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	SPAD	Crown diameter (mm)
W40 + N0	27.8 b <sup>y</sup>	8.9 c	6.0 b	22.6	42.9 b	10.2
W30 + N10	25.9 b	9.4 bc	6.3 ab	19.0	46.3 a	10.2
W20 + N20	29.0 ab	9.5 bc	6.3 ab	20.5	46.3 a	10.4
W10 + N30	31.5 a	10.3 ab	6.9 a	20.6	45.4 a	9.9
W0 + N40	29.1 ab	10.8 a	6.7 ab	21.7	46.3 a	10.3

<sup>z</sup>Refer to Figure 34 for details on resupply period of nutrient solution.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s test at  $p \leq 0.05$ .

표 23. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 자묘의 지상부와 지하부 생체중 및 건물중과 엽면적.

Treatment <sup>z</sup>	Fresh weight (g/Plant)		Dry weight (g/Plant)		Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)
	Shoot	Root	Shoot	Root	
W40 + N0	18.3 b <sup>y</sup>	4.6 a	4.6	0.76 ab	417.5
W30 + N10	17.5 b	4.2 ab	4.1	0.78 a	419.6
W20 + N20	21.5 ab	4.0 ab	4.2	0.61 a-c	501.4
W10 + N30	23.9 a	3.5 ab	4.6	0.52 c	544.3
W0 + N40	20.3 ab	3.2 b	4.0	0.55 bc	475.1

<sup>z</sup>Refer to Figure 34 for details on resupply period of nutrient solution.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s test at  $p \leq 0.05$ .

양분 재공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 과실 특성을 표 24에 표시하였다. 과실의 과고, 과폭, 과중, 당도는 처리 간 유의적인 차이가 없었다. 경도는 W40+N0에서 가장 높았다. 산도는 W20+N20에서 가장 높았다.

표 24. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 수확 후 과실 특성.

Treatment <sup>z</sup>	Fruit				Soluble solid content (° Brix)	Acidity (%)
	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (g/Plant)	Firmness (N/ $\phi$ 5mm)		
W40 + N0	51.6	29.0	19.4	4.08 a <sup>y</sup>	12.7	1.01 ab
W30 + N10	50.4	31.2	18.6	3.79 ab	13.0	0.95 ab
W20 + N20	49.7	28.2	18.0	3.49 b	13.2	1.03 a
W10 + N30	48.6	28.8	18.1	3.49 b	12.3	0.98 ab
W0 + N40	48.9	27.7	17.0	3.53 ab	12.6	0.90 b

<sup>z</sup>Refer to Figure 34 for details on resupply period of nutrient solution.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s test at  $p \leq 0.05$ .

양분 재공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 수확 후 과실의 수량 특성을 그림 28에 나타내었다. 12월 과실 총 수량은 양분 재공급 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 1월 과실 총 수량은 W0+N40에서 가장 높았다. 2월 과실 총수량은 처리간 유의적인 차이가 없었으며, 과실

총 수량의 합계는 처리간 유의적인 차이가 없었다. 12월 상품과 수량은 양분 재공급 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 1월과 2월 상품과 수량과 상품과 수량의 총 합계는 처리 간 유의적인 차이가 없었다.

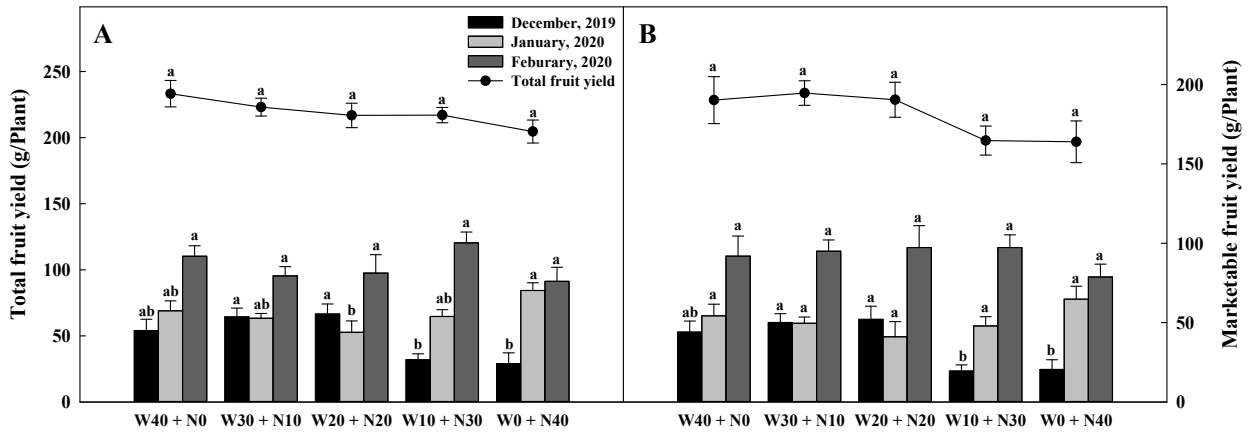


그림 28. ‘매향’ 딸기 양분 재공급 기간에 따른 과실 총 수량(A), 상품과 수량(B).

본 연구 결과들을 종합하면 ‘매향’ 딸기의 정식 전 양액 공급을 중단한 후 재공급하였을 때, 빠른 화아 분화를 유도할 수 있으며 화아 발달 정도는 W20+N20, W10+N30에서 유의적으로 가장 빨랐다. 전 질소(T-N)의 함량과 인(P), 칼륨(K), 황(S)은 양액 재공급 기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 정식 전 양액 재공급 기간을 20일로 처리한 W20+N20에서 빠른 개화를 통해 과실의 품질에 영향을 끼치지 않고 초기 수확량을 증대시킬 수 있음을 확인하였다. 하지만 정식 전 양액 재공급 기간이 30일을 초과할 경우 초기 과실수확량이 감소하기 때문에 정식 전 양액 재공급 기간을 20일로 처리하는 것이 상품과 수량과 과실 품질의 저하에 영향을 끼치지 않고 빠른 화아 분화를 유도할 수 있는 적절한 양액 재공급 기간인 것으로 판단된다.

## 8. 육묘기 ‘매향’ 딸기의 양분공급 기간 처리에 따른 화아분화 유도 효과와 과실 수확량 비교

### 가. 연구방법

본 연구는 육묘기 ‘매향’ 딸기의 양분 공급 기간을 조절하여 딸기의 화아분화를 유도한 후 다시 양분을 재공급함으로써 딸기의 묘소질과 과실 수량은 높게 유지하면서 수확 기간은 앞당길 수 있는 적정 양액 공급 관리법을 구명하기 위해 수행되었다. 경상대학교 부속농장의 플라스틱 하우스 3동에 코이어(Coir, Shinan Grow Co. Ltd., Jinju, Korea)가 충진된 딸기 전용 재배 포트(61cm × 27cm × 18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Korea)를 이용하여 포트 당 4주의 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang) 모주를 식재하였다. 재배기간 동안 플라스틱 하우스의 온도는 주간평균 26±5℃, 야간평균 16±5℃를 유지해주었으며, 5월 중순부터 직사광선의 차단과 급격한 온도 상승을 방지하기 위하여 35% 차광망을 설치하였다. 딸기 모주의 양

분 관리는 경상남도농업기술원 조성의 딸기 전용 액비를 조제하여 점적테이프를 관주하였고, 정식 후 11일간은 뿌리 활착을 유도하기 위해 EC 0.6dS · m<sup>-1</sup>로 맞추어 배지가 마르지 않도록 재배 포트 당 800-900mL를 하루 4회(회 당 10분씩) 급액하였다. 뿌리 활착이 완료되었다고 판단된 2017년 4월 1일부터 재배기간 동안 0.6dS · m<sup>-1</sup> 수준의 EC로 재배 포트 당 200-450mL를 하루 1-2회(회 당 10분씩) 공급해주었으며, 비가 오는 흐린 날에는 공급하지 않았다. 재배기간 동안의 모주 관리는 적화, 노엽 및 액아제거를 통해 모든 처리구를 균일하게 관리해주었으며, 모주에서 발생한 런너의 관리는 5월 초순까지 발생한 런너는 모두 제거해주었고, 5월 중순부터 발생한 런너 및 자묘를 증식시켰다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 흰가루, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 5-7일 주기로 살포하였다.

증식된 ‘매향’ 딸기 자묘를 2017년 8월 5일에 저면관수 육묘벤치에서 2017년 9월 13일까지 40일간 양분공급 기간 처리를 진행하였다(그림 29). 정식 전 40일간 물만 공급(W40: 대조구), 물 20일 처리 후 양액 20일 처리(W20+N20), 물 25일 처리 후 양액 15일 처리(W25+N15), 물 30일 처리 후 양액 10일 처리(W30+N10), 물 35일 처리 후 양액 5일 처리(W35+N5)로 5개의 양액 공급 기간 처리를 진행하였다. 경상남도농업기술원 조성의 딸기 전용 배양액(다량원소는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 13.0, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 1.0, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 4.0, K<sup>+</sup> 6.0, Ca<sup>2+</sup> 8.0, Mg<sup>2+</sup> 4.0, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 4.0me · L<sup>-1</sup>, 미량원소는 Fe 3.0, B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.2, Cu 0.04, Mo 0.04mg · L<sup>-1</sup> 함유)을 원수분석 결과 값을 반영하여 조제 후 사용하였다. 양분공급 처리 종료 후 딸기 자묘는 2017년 9월 13일에 양지붕형 유리온실에 정식하여 2018년 1월 31일까지 과실의 수확량 및 품질을 조사하였다. 정식 후 7일간 EC 0.6dS · m<sup>-1</sup> 수준의 배양액을 충분히 급액하여 새뿌리 발달을 유도하였다. 이후 점적관수를 이용하여 개화기부터 수확기까지 점진적으로 배양액의 EC 수준을 0.6-1.2dS · m<sup>-1</sup>로 증가시켰다. 동절기 야간 온도는 최저 5℃를 기준으로 온풍난방을 실시하였다.

Treatment	August (Date)																															September (Date)													
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
W40																																													X
W20 + N20																									Watering							Nutrient solution													X
W25 + N15																									Watering							Nutrient solution							Watering						X
W30 + N10																									Watering							Nutrient solution							Watering						X
W35 + N5																									Watering							Nutrient solution							Watering						X

그림 29. ‘매향’ 딸기 자묘의 양분공급 기간.

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 자묘의 생육을 비교하기 위해 정식 전 2017년 9월 13일 자묘의 초장, 근장, 엽장, 엽폭을 측정하였다. 크라운 직경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지체부 상단 1cm를, SPAD 값은 엽록소 측정기 (SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을, 엽면적은 엽면

적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 지상부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH, Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를 70℃ 항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 양분공급 기간에 정식 후 개화반응을 측정하기 위해 정화방과 액화방의 출리율 및 개화율을 조사하였다.

식물체의 무기성분 분석을 위해 딸기 자묘 잎을 70℃ 항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 막자사발을 이용해 미세한 분말로 분쇄하였다. 분쇄된 시료 1g을 525℃에서 4시간 회화시키고, 회색으로 변한 시료에 20% HCl 5mL을 첨가한 후 따뜻한 증류수 20mL을 첨가하였다. 그 이후 다시 25mL의 차가운 증류수를 첨가한 후 여과지를 이용하여 용액을 걸러주었다. 전 질소(T-N), 탄소(C), 황(S)은 대용량 자동원소 분석기(TruMAC, LECO, Saint Joseph, MI, USA)를 이용하여, 인(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn), 구리(Cu)는 ICP-AES(OPTIMA-4300DV, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

‘매향’ 딸기 과실의 품질 및 수확량을 조사하기 위해 양분공급 기간의 각 처리마다 3-5일 간격으로 90% 이상의 성숙한 과실을 수확하였고, 과중, 과고, 과폭, 경도, 당도, 총 산도를 측정하였다. 경도는 과실전용 경도계(DFT-01, Proem, Seoul, Korea)를 사용하였으며 5mm probe를 장착하여 동일한 과실 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도는 디지털 당도계(PR-201a, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 과실 최상부를 5mm 가량 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 딸기 과즙을 착즙한 후 증류수 30mL에 과즙 0.3g을 희석하여 산도계(GMK-835N, GMK, Seoul, Korea)로 측정하였다. 2017년 11월 29일부터 2018년 1월 31일까지 딸기 과실을 수확하였으며, 10g 이상의 과실 생체중을 상품과 수량으로 기록하였다.

실험구의 배치는 대조구를 포함한 양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 자묘의 생육, 개화반응, 과실 품질 및 수량 구명을 위해 처리 당 20개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 실험결과의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Tukey의 다중검정(Tukey's multiple range test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

## 나. 연구결과

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 자묘의 생육 특성을 표 25과 26에 나타내었다. 초장, 근장, 엽병장, 엽폭은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 엽장과 크라운 직경은 양분공급 기간이 가장 길었던 W20+N20 처리구에서 유의성 있게 우수하였다. SPAD 값은 36.5-39.5의 범위에 분포하였으며, 양분공급 기간이 길어질수록 높아지는 경향이 보였다. 그러나 모든 처리구에서 통계적인 유의성이 나타나지는 않았다. 지상부의 생체중과 엽면적은 W20+N20 처리구에서 15.6g과 363.9cm<sup>2</sup>으로 가장 우수하였다. 그러나 지하부의 생체중, 지상부 및 지하부의 건물중에서는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.



표 25. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 자묘 생육 특성.

Treatment	Plant height (cm)	Root length (cm)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	SPAD
W40	31.9	15.4	22.0	8.5 b <sup>z</sup>	5.8	10.1 b	36.5
W20 + N20	32.9	15.7	22.7	9.5 a	6.0	13.9 a	39.5
W25 + N15	30.9	12.7	21.5	8.8 ab	5.9	9.9 b	39.3
W30 + N10	29.3	14.2	20.1	8.4 b	5.6	9.1 b	37.5
W35 + N5	31.9	15.0	21.9	9.0 ab	5.6	9.1 b	38.6

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

표 26. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 자묘 생육 특성.

Treatment	Fresh weight (g/Plant)		Dry weight (g/Plant)		Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)
	Shoot	Root	Shoot	Root	
W40	11.2 b <sup>z</sup>	7.2	3.3	1.5	255.4 b
W20 + N20	15.6 a	7.2	3.9	1.4	363.9 a
W25 + N15	11.2 b	7.6	3.2	1.3	271.4 b
W30 + N10	11.1 b	6.7	3.5	1.3	265.5 b
W35 + N5	11.9 b	7.6	3.7	1.5	282.2 b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 자묘 잎의 무기원소 함량을 표 27과 28에 나타내었다. 딸기 화아분화에 영향을 끼치는 전 질소(T-N)의 함량은 0.21-0.22%로 모든 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 탄소(C)의 함량은 W20+N20 처리구에서 1.64%로 가장 높았고, 그 다음으로 W25+N15 처리구에서 우수하였다. 또한, 양분공급 기간이 길어질수록 인(P), 마그네슘(Mg), 황(S), C/N율, 철(Fe)의 함량이 높아지는 경향을 보였다. 칼륨(K), 칼슘(Ca), 망간(Mn), 아연(Zn), 구리(Cu)에서는 양분공급 기간에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

표 27. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 자묘 잎의 무기원소 함량.

Treatment	T-N	C	P	K	Ca	Mg	S	C/N ratio
(% of dry wt.)								
W40	0.21	1.08 c <sup>z</sup>	0.24 b	0.84	0.98	0.33 b	0.08 b	5.05 bc
W20 + N20	0.21	1.64 a	0.41 a	0.94	1.16	0.44 a	0.11 a	7.81 a
W25 + N15	0.21	1.39 ab	0.37 a	0.93	1.29	0.44 a	0.10 a	6.51 ab
W30 + N10	0.22	1.01 c	0.25 b	0.83	1.01	0.37 ab	0.07 b	4.71 c
W35 + N5	0.22	1.25 bc	0.27 b	0.86	1.06	0.39 ab	0.09 ab	5.78 bc

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

표 28. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 자묘 잎의 무기원소 함량.

Treatment	Fe	Mn	Zn	Cu
(mg · kg <sup>-1</sup> dry wt.)				
W40	42.8 b <sup>z</sup>	59.4	23.8	11.1
W20 + N20	65.3 a	74.1	25.1	8.0
W25 + N15	65.6 a	70.8	23.9	8.1
W30 + N10	45.6 b	57.3	21.0	5.2
W35 + N5	52.5 ab	58.1	21.3	5.1

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기의 정식 후 정화방 및 액화방의 출퇴율과 개화율을 그림 30에 나타내었다. W40, W20+N20, W25+N15 처리구에서 10월 12일 전에 정화방의 출퇴가 시작되었고, W30+N10과 W35+N5 처리구에서 지연되었다. 그러나 W20+N20과 W25+N15 처리구에서 연속적이면서 균일하게 출퇴가 진행되었으며, 정화방의 개화율 또한 출퇴율과 유사한 결과를 보였다. 그 중 양분공급 기간이 길었던 W20+N20에서 정화방의 개화율이 다른 처리구보다 약 2-7일 가량 빨랐으며, 양분공급을 받지 못한 처리구인 W40에서 개화가 가장 지연되었다. 또한, 액화방의 출퇴율과 개화율에서도 정화방과 같은 경향을 보이며 W20+N20에서 가장 빠르게 개화반응이 일어났다. 양분공급 기간이 가장 길었던 W20+N20에서 정식 전 두꺼운 크라운 직경과 식물체 내의 C/N율이 높아 정식 후 빠른 개화가 유도된 것으로 판단된다.

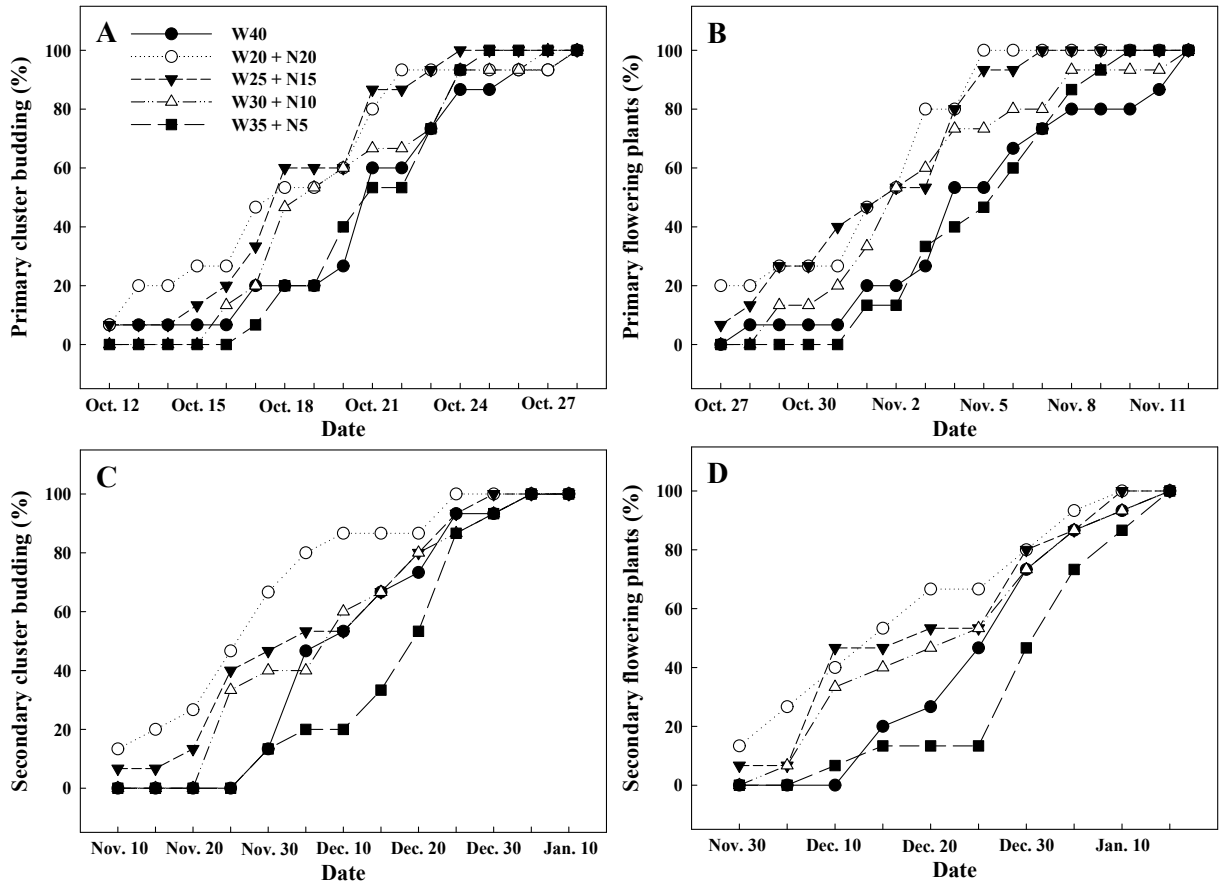


그림 30. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 정식 후 정화방 출퇴율(A), 정화방 개화율(B), 액화방 출퇴율(C), 액화방 개화율(D).

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 과실의 수확 후 과실 특성을 표 29에 나타내었다. 과실의 평균 무게는 W35+N5 처리에서 14.0g으로 대조구인 W40의 12.1g보다 높았지만, 모든 처리구 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 또한, W35+N5 처리에서 과고(40.9mm) 및 과경(27.5mm)이 가장 우수하였지만, 양분공급 기간에 따른 경향은 나타나지 않았다. ‘매향’ 과실의 경도, 당도, 산도에서도 모든 처리구 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

표 29. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 수확 후 과실 특성.

Treatment	Fruit weight (g/Plant)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit firmness (g/ $\Phi$ 5mm)	Soluble solids ( $^{\circ}$ Brix)	Acidity (%)
W40	12.1	38.3	26.6	4.3	14.2	0.68
W20 + N20	12.6	38.5	26.5	4.3	13.9	0.62
W25 + N15	12.8	38.4	26.7	4.6	14.2	0.68
W30 + N10	13.2	38.9	26.6	4.4	14.6	0.71
W35 + N5	14.0	40.9	27.5	4.5	14.4	0.71

양분공급 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 수확 후 과실의 수량 특성을 표 29에 나타내었다. 양분공급 기간이 증가함에 따라 출퇴율 및 개화율이 촉진되어, W20+N20, W25+N15, W30+N10의 처리구에서 수확시기 또한 빨라졌다. 또한, 12월과 1월에 수확된 총 과실 수는 W20+N20에서 유의성 있게 높았다. 상품과의 수량은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 11월-1월의 총 수확된 양을 보았을 때, W20+N20 처리에서 우수하였다.

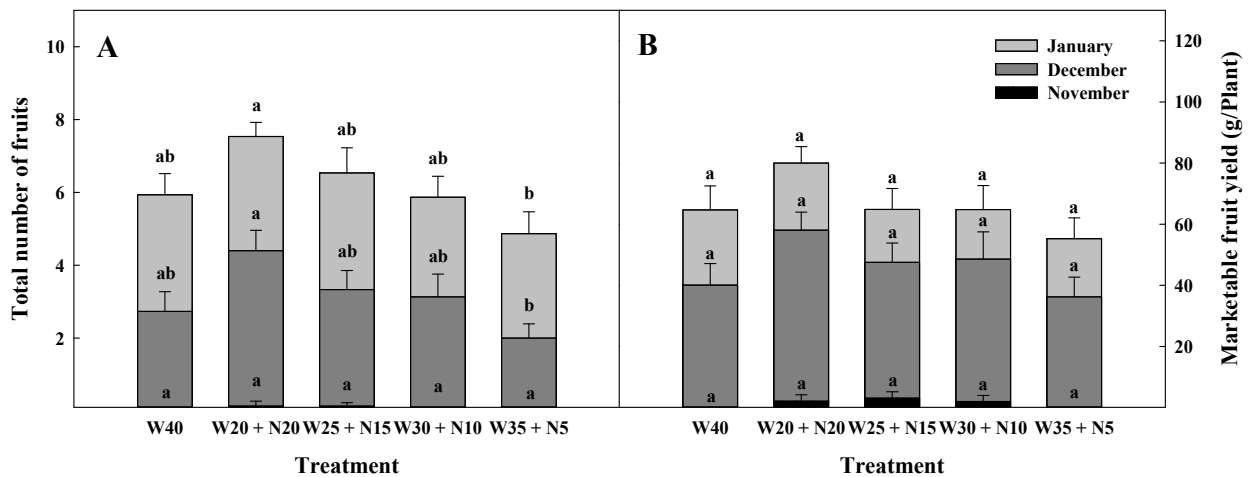


그림 31. ‘매향’ 딸기 양분공급 기간에 따른 수확 후 과실 수량 특성.

이상의 결과를 종합하면, ‘매향’ 딸기 육묘시 정식 전 20일간의 양분공급은 자묘의 묘소질을 향상시켜 우량묘를 생산할 수 있었다. 또한, 정식 후 빠른 개화반응으로 수확시기를 앞당김과 동시에 총 수량을 증대시켜 겨울철 소득 증대에 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 ‘매향’ 딸기 육묘기 양분관리를 위한 수경 재배 농가 적용에 유용할 것으로 기대된다.

## 9. 저면관수시스템을 이용한 딸기 ‘매향’ 육묘시 무기양분 관리기술

### 가. 연구방법

본 연구는 저면관수시스템에서 ‘매향’ 딸기 묘의 생육에 적합한 관수 시간 및 관수 높이를 구명하기 위해 수행되었다. 경상대학교 플라스틱 온실에 설치한 저면관수시스템에 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’)을 코이어 80%와 피트모스 20%를 혼합한 배지를 충전한 24구 트레이에 정식하여 2016년 8월 31일에 배치하였다. 점적관수로 1, 3, 5분간 양액을 공급한 처리를 대조구로 설정하였으며, 저면관수시스템에서 저면관수 시간(1, 3, 5분)과 저면관수 깊이(2, 4, 6cm)처리를 조합하여 처리구를 설정하였다. 딸기의 양분 관리는 경상남도 농업기술원 조성의 딸기 전용 액비(다량원소는  $\text{NO}_3^-$  13.0,  $\text{NH}_4^+$  1.0,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  4.0,  $\text{K}^+$  6.0,  $\text{Ca}^{2+}$  8.0,  $\text{Mg}^{2+}$  4.0,  $\text{SO}_4^{2-}$  4.0  $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ , 미량원소는 Fe 3.0, B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.2, Cu 0.04, Mo 0.04  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  함유)를 조제하여 오후 1시에 1회 관주하였다.

실험구의 배치는 3반복으로 완전임의배치 하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균간 비교는 Duncan의 다중검정을 이용하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

### 나. 연구결과

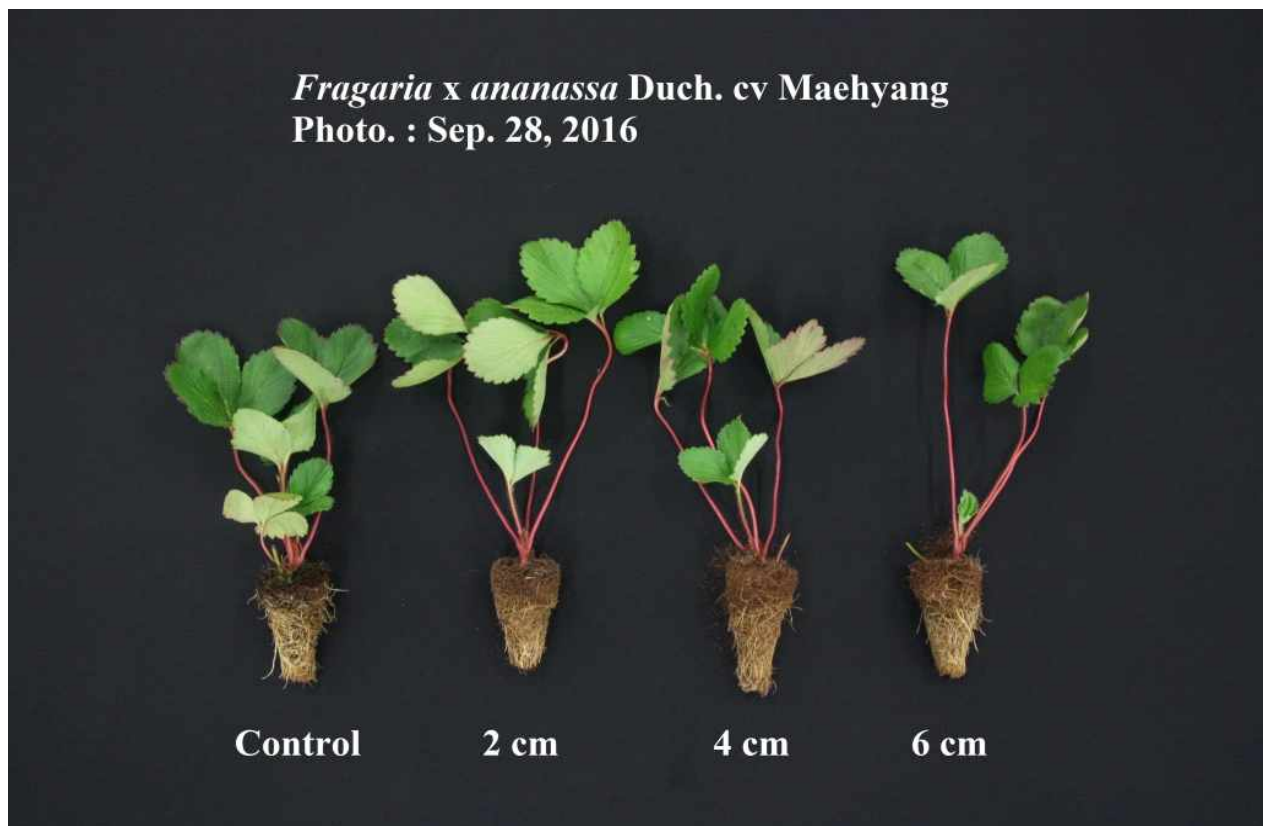


그림 32. 저면관수시스템에서 관수 높이에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 정식 후 4주 째 생육 (관수시간 1분).

*Fragaria x ananassa* Duch. cv Maehyang  
Photo. : Sep. 28, 2016

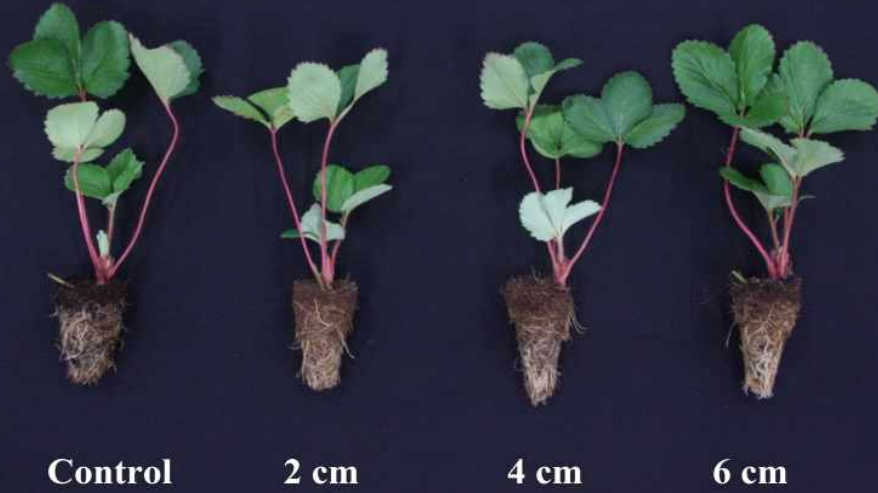


그림 33. 저면관수시스템에서 관수 높이에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 정식 후 4주 째 생육 (관수시간 3분).

*Fragaria x ananassa* Duch. cv Maehyang  
Photo. : Sep. 28, 2016



그림 34. 저면관수시스템에서 관수 높이에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 정식 후 4주 째 생육 (관수시간 5분).

관수 시간 및 높이에 따른 딸기 묘의 정식 후 4주째 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, SPAD값은 표 30과 같다. 초장, 엽장, 엽폭, SPAD 값은 관수 시간 및 관수 높이에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 엽수는 2cm 높이로 3분 동안 관수한 처리에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다.

표 30. 저면관수시스템에서 관수 시간 및 높이에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 정식 후 4주째 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, SPAD 값.

Irrigation time (min) (A)	Irrigation height (B)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SPAD
1	Control	17.8	4.2 ab <sup>z</sup>	7.6	5.6	41.2
	2 cm	18.2	4.0 ab	7.8	5.1	40.3
	4 cm	22.3	4.2 ab	8.8	5.7	36.9
	6 cm	21.2	4.0 ab	8.2	5.6	37.3
3	Control	17.9	4.3 ab	7.7	5.2	40.0
	2 cm	18.2	4.7 a	7.5	5.2	39.0
	4 cm	16.7	4.2 ab	8.4	5.4	36.9
	6 cm	19.8	4.3 ab	8.6	5.2	39.8
5	Control	19.0	4.2 ab	8.7	5.7	39.5
	2 cm	17.7	3.6 b	7.7	5.3	38.0
	4 cm	15.2	4.3 ab	7.7	5.1	39.7
	6 cm	19.3	4.5 ab	8.1	5.9	38.7
F-test <sup>y</sup>	A	NS	NS	NS	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	*	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ .

관수 시간 및 높이에 따른 딸기 묘의 정식 후 4주째 엽면적과 크라운 직경은 그림 35와 같다. 엽면적은 3분 동안 6cm 높이로 관수한 처리에서 유의적으로 가장 넓었으며, 크라운 직경은 관수 시간과 높이에 따라 유의적인 차이를 나타냈다. 특히 대조구에서 1분 동안 관수하였을 때 가장 높은 값을 나타냈다.

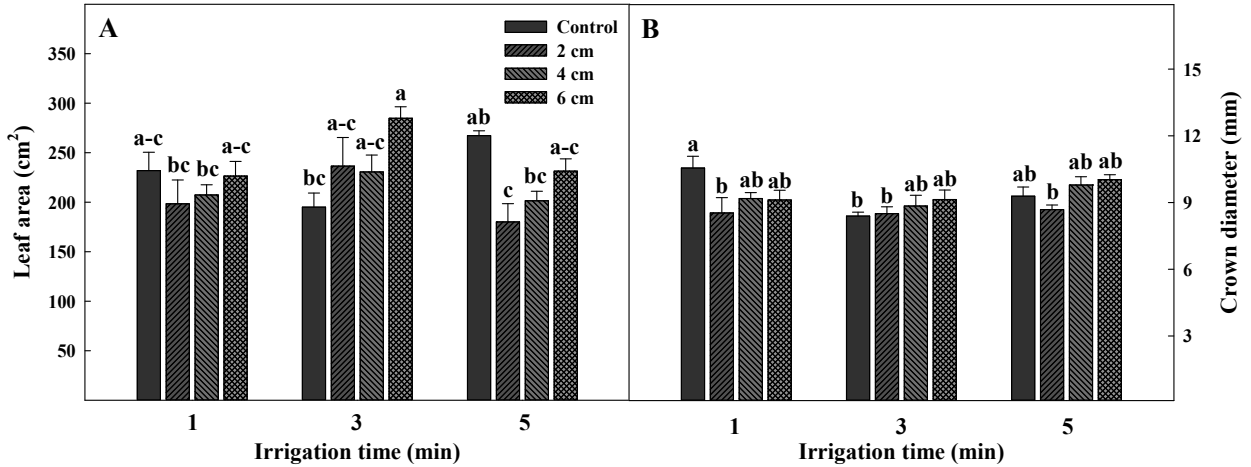


그림 35. 저면관수시스템에서 관수 시간과 높이에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 정식 후 4주째 엽면적(A)과 크라운 직경(B).

관수 시간 및 높이에 따른 딸기 묘의 정식 후 4주째 지상부의 생체중과 건물중은 그림 36과 같다. 지상부의 생체중은 관수 시간에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 관수 높이에 따라 유의차를 보였으며, 그 중 3분 동안 6cm 높이로 관수한 처리에서 유의성 있게 가장 무거웠다.

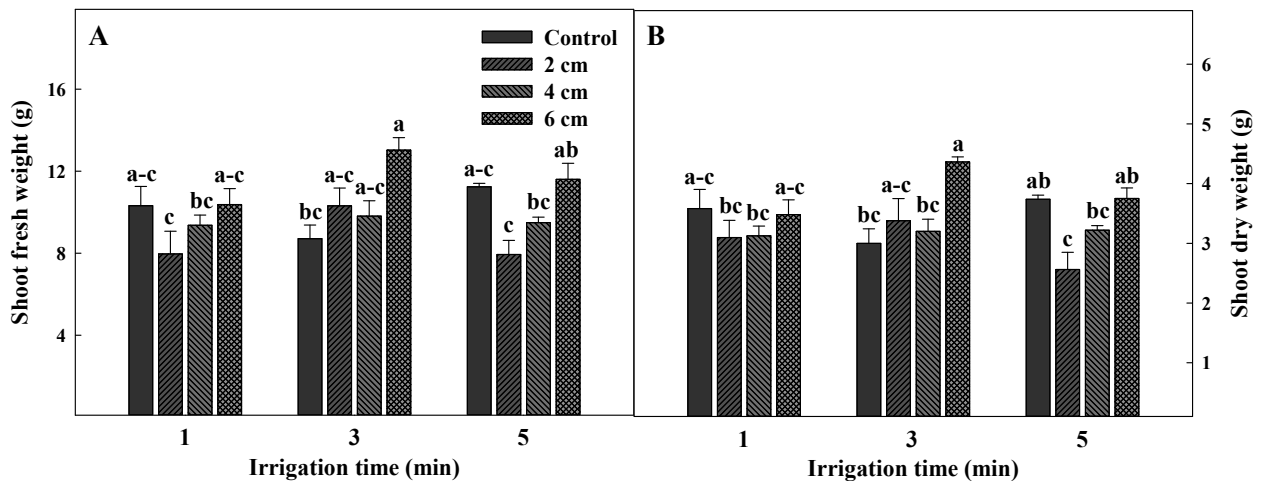


그림 36. 저면관수시스템에서 관수 시간과 높이에 따른 ‘매향’ 딸기 묘의 정식 후 4주째 지상부 생체중(A)과 건물중(B).

저면관수시스템에서 관수 시간 및 높이에 따른 배지의 수분함수량 변화는 그림 37과 같다. 배지의 함수량은 관수 시간이 길수록 수분을 오래 보유하였으며, 관수 시간에 관계없이 관수 높이에 따라 6cm, 대조구, 4cm, 2cm 순으로 높게 나타났다. 6cm 높이로 1분 동안 관수한 배지에서 함수량 변화가 가장 크게 나타났으며, 4cm 높이로 관수한 처리에서 함수량의 변화가 가장 적었다. 관수 시간이 3분과 5분인 처리 모두 2cm 관수 높이 처리에서 수분 보유 능력이 낮게 나타났으며, 각각 대조구와 6cm 높이에서 함수량 변화가 적었다. 결과적으로 딸기 묘의 생



육에 효과적이고 수분 보유 능력이 높은 6cm 높이로 3분 동안 관수한 처리가 가장 효과적인 것으로 판단된다.

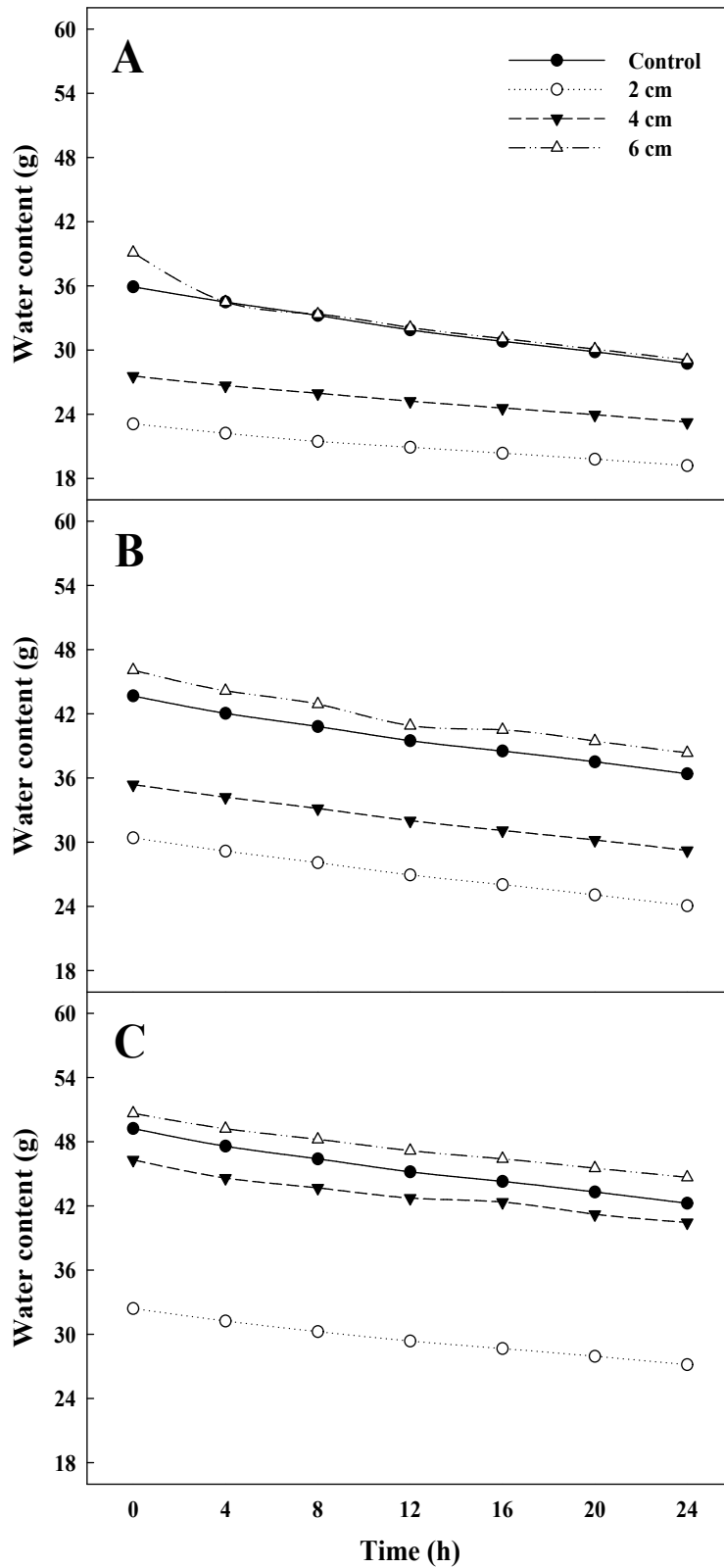


그림 37. 저면관수시스템에서 관수 시간과 높이에 따른 배지의 함수량 변화: A, 관수시간 1분; B, 관수시간 3분; 그리고 C, 관수시간 5분.

## 10. 공중삼목 번식을 위한 환경조절기술 개발

### 가. 연구방법

본 연구는 하절기 ‘매향’ 딸기의 삼목 육묘시 두상관수, 매트관수, 안개관수 등의 관수 방법을 활용하여 공중삼목 번식에 적합한 관수방법과 그에 따른 삼수의 생육과 발근 효과 등을 구명하고 육묘 기간 단축 및 현장 적용 가능성을 확인하기 위해 수행하였다. ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’)는 경상남도 고성군 딸기육묘 영농조합법인에서 2017년 7월 18일 전개엽이 2-3매인 모주로부터 4번째 자묘를 삼수로 채묘한 후, 15일간 2-3°C에 냉장보관하였다. 2017년 8월 1일 딸기 전용 포트(24구 A형, 60cm × 34cm × 10cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Korea)에 상업용 혼합 상토인 토실이상토(Tosilee Medium, Shinan Grow Co. Ltd., Jinju, Korea)를 충전하여 1구당 1개의 삼수를 삼목하였다. 경상대학교 부속농장의 양지붕형 유리온실 내에서 4개의 독립된 반 밀폐형 소형 비닐터널(150cm × 110cm × 80cm)을 제작한 후 직사광선의 차단과 급격한 온도 상승을 방지하기 위하여 35% 차광망을 설치한 뒤, 8일간 다음과 같은 관수 처리를 해주었다(그림 38). 관수를 하지 않은 대조구(control), 9:00시와 14:00시에 하루 두번 재배 포트 당 50mL씩 두상관수(over head irrigation), 9:00시와 14:00시에 하루 두번 매트가 충분히 젖을 정도의 양으로 매트관수(capillary mat), 8:00시부터 18:00시까지 30분/10분의 온/오프 설정의 안개관수(fog irrigation) 처리를 해주었다. 8일 후, 소형터널의 비닐을 제거한 뒤 점적테이프를 이용하여 경상남도농업기술원 조성의 딸기 전용 액비를 조제하여 EC 0.6dS · m<sup>-1</sup>, pH 6.5로 맞추어 모든 처리구에 동일하게 관주하며, 2017년 9월 29일까지 재배하였다. 배양액의 1회 공급량은 딸기 재배 포트당 약 260-360mL로 하루 2회(회 당 10분 씩) 공급해주었으며, 비가 오는 흐린 날에는 공급하지 않았다.

관수방법에 따른 각각의 소형터널 내부 온·습도는 데이터로거(TR-72u, T and D Co. Ltd., Tokyo, Japan)에 내장된 센서를 이용하여 30분 간격으로 데이터를 저장하였다. 발근율을 비교하기 위해 삼목 후 4일째와 8일째 2mm 이상 자란 새 뿌리만을 발근된 것으로 간주하였고, 삼목된 딸기 삼수의 개수에 대한 발근한 삼수의 개수를 백분율로 표시하였다. 삼목 후 61일째에 딸기의 초장, 최대근장, 1차 근수를 측정하였고, 엽병장, 엽장, 엽폭은 신엽부터 세 번째 잎을 기준으로 측정하였다. 크라운 직경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하였고, SPAD 값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하였으며, 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 지상부와 지하부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH., Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를 70°C 향온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다.

실험구의 배치는 삼목 후 관수방법에 따른 딸기의 생육 및 발근율 구명을 위해 대조구를 포함하여 총 4종류의 관수처리를 처리 당 24개체씩 3반복으로 총 288주를 난괴법으로 배치하였다. 실험결과의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Tukey의 다중검정(Tukey's multiple range test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.



**View of semi plastic tunnels**



**Control**



**Over head irrigation**



**Capillary mat**



**Fog irrigation**

그림 38. 삼목 번식 '매향' 딸기 묘의 관수실험을 위한 4개의 독립된 반 밀폐형 소형 비닐 터널 배치도.

나. 연구결과

삼목 번식 ‘매향’ 딸기 묘의 관수방법에 따른 삼목 후 4일째, 8일째 발근율을 표 31과 표 32에 나타내었다. 삼목 후 4일째의 경우 대조구와 매트관수에서는 5.5, 4.2%로 낮은 발근율을 보였으며, 두상관수와 안개관수에서 각각 65.3, 77.8%로 높은 발근율을 나타내었다. 삼목 후 8일째에도 4일째와 유사한 경향으로 대조구와 매트관수에서는 각각 6.9, 11.1%의 낮은 발근율을 보였으며, 두상관수와 안개관수에서 86.1, 91.7%로 유의적으로 높은 발근율을 보였다. 육안으로 보이는 생존율 또한 두상관수와 안개관수에서 긍정적인 결과를 나타내었다(그림 39).

표 31. 삼목 번식 ‘매향’ 딸기 묘의 관수방법에 따른 삼목 후 4일째의 발근율.

Treatment <sup>z</sup>	No. of cuttings	No. of roots	Rooting (%)
Control	24	1.3 b <sup>y</sup>	5.5 b
Over head irrigation	24	15.7 a	65.3 a
Capillary mats	24	1.0 b	4.2 b
Fog irrigation	24	18.7 a	77.8 a

<sup>z</sup>Control, no irrigation; over head irrigation, twice a day; capillary mats, twice a day; and fog irrigation, 30 minutes turn on and 10 minutes off from 8:00 to 18:00.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ . (n = 24).

표 32. 삼목 번식 ‘매향’ 딸기의 관수방법에 따른 삼목 후 8일째의 발근율.

Treatment <sup>z</sup>	No. of cuttings	No. of roots	Rooting (%)
Control	24	1.7 b <sup>y</sup>	6.9 b
Over head irrigation	24	20.7 a	86.1 a
Capillary mats	24	2.7 b	11.1 b
Fog irrigation	24	22.0 a	91.7 a

<sup>z</sup>Control, no irrigation; over head irrigation, twice a day; capillary mats, twice a day; and fog irrigation, 30 minutes turn on and 10 minutes off from 8:00 to 18:00.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ . (n = 24).

*Fragaria × ananassa* Duch. 'Maehyang'  
Cutting: Aug. 01, 2017  
Photo: Aug. 08, 2017



그림 39. 삼목 번식 ‘매향’ 딸기의 관수방법에 따른 삼목 후 8일째의 생육.

2017년 8월 5일 오전 12:00시부터 2017년 8월 8일 오전 12:00시까지 총 3일에 걸친 공기온도의 경우 관수방법에 따른 차이가 없었으며, 모든 처리에서 소형터널 내 주간 최고온도는 43℃ 이상의 고온이 되는 것을 확인하였다(그림 40A). ‘매향’ 딸기의 삼목시 43℃ 이상의 고온에서도 관수처리 방법에 따라 부분적으로 발근이 가능한 결과를 보였다. 소형터널 내 상대습도는 관수방법에 따른 차이가 크게 나타났다(그림 40B). 3일간의 평균 상대습도의 경우 안개관수, 두상관수, 매트관수, 대조구의 순으로 72.5, 56.3, 45.8, 29.0%로 나타났다. 일반적으로 공기 중의 상대습도가 높으면 잎 뒷면의 기공이 닫히게 되며 증산이 억제되고, 수분손실이 줄게 된다. 본 실험에서도 소형터널 내 공기 중의 상대습도가 높게 유지되었던 두상관수와 안개관수에서 딸기 삼수의 보수력이 높은 상태를 유지하게 되어 발근율에 영향을 미쳤을 것이라 판단된다. 또한, 두상관수에서는 매트관수와 비교하여 평균 상대습도가 10.5%의 작은 차이를 보였지만, 두상관수의 딸기의 잎에 수분이 지속적으로 유지되어 시들지 않았던 것이 발근율과 생존율을 유의적으로 늘렸던 것으로 판단된다.

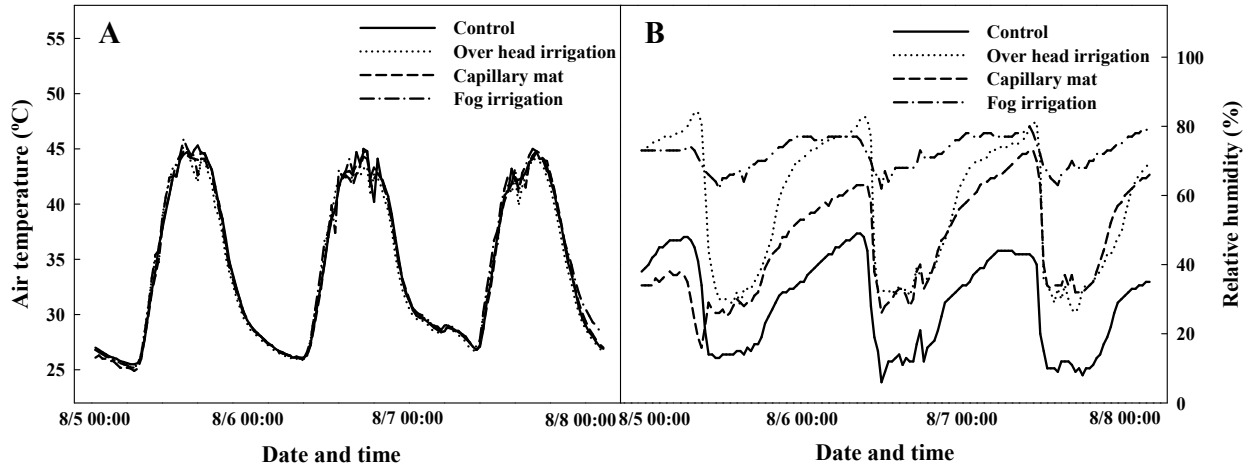


그림 40. 관수방법에 따른 반 밀폐형 소형 비닐 터널 내의 3일간 공기온도(A)와 상대습도(B).

관수방법에 따른 삼목 후 61일째 ‘매향’ 딸기 묘의 생육을 표 33과 34, 그림 41에 나타냈다. 초장은 대조구에서 23.4cm, 두상관수에서 35.6cm, 매트관수에서 25.1cm, 안개관수에서 34.2cm로 두상관수와 안개관수에서 높은 값을 나타내었다. 엽병장도 초장과 유사한 경향으로 두상관수와 안개관수에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 크라운 직경은 대조구에서 6.0mm로 가장 얇았으며, 두상관수와 안개관수에서 8.4-8.5mm로 가장 두꺼웠다. 대조구와 매트관수에서 크라운 직경이 8mm 이하로 생육이 부진하였는데 발근이 늦게 시작된 것이 주요 원인으로 작용되었으며, 정식묘로 이용하기에는 무리가 있다고 판단된다. 반면에 두상관수와 안개관수에서 삼목 후 61일 만에 정식묘로 사용하기에 적합한 묘의 크기가 되었다고 판단된다. 근장과 1차 근수에서는 12.5-14.2cm와 5.3-7.4개로 관수방법에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 엽장과 엽폭 또한 대조구에서 유의성 있게 작았으며, 엽장에서는 두상관수가 그리고 엽폭에서는 안개관수가 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 지상부의 생체중 및 건물중에서도 두상관수와 안개관수가 유의적으로 무거웠으며, 지하부의 건물중에서는 안개관수가 가장 무거웠다. 총 생체중이 10g 이상이었던 두상관수와 안개관수가 정식 후에도 다른 처리구에 비해 활착과 생산량 면에서 긍정적일 것으로 예상된다. 엽면적 또한 대조구에서 가장 작았으며, 두상관수와 안개관수에서 가장 넓었다. 결과적으로 ‘매향’ 딸기 삼목 시 관수방법에 따른 효과는 대조구에서 생육 및 발근율이 가장 저조하였으며, 두상관수와 안개관수에서 빠른 발근을 보이며 삼목 후 61일 안에 정식묘로 사용하기에 적절한 생육상태를 보였다. 매트관수는 하루 평균 상대습도가 두상관수보다 조금 낮게 나타났지만, 43℃ 이상의 고온의 삼목상에서 잎에 수분 공급이 원활하지 않아 잎의 급격한 위조현상으로 지상부 잎이 모두 말리는 등의 수분 스트레스로 인해 삼목 육묘에 적절한 관수방법이 아니라고 판단된다.

표 33. 삼목 번식 ‘매향’ 딸기의 관수방법에 따른 삼목 후 61일째의 생육.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Root length (cm)	No. of primary roots	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)
Control	23.4 b <sup>y</sup>	13.5 a	5.3 a	16.6 b	5.6 b	3.9 c	6.0 c
Over head irrigation	35.6 a	14.2 a	6.0 a	26.9 a	7.2 a	5.2 ab	8.4 a
Capillary mats	25.1 b	12.5 a	7.4 a	18.2 b	6.5 ab	4.6 bc	7.3 b
Fog irrigation	34.2 a	13.4 a	7.1 a	26.5 a	6.3 ab	5.5 a	8.5 a

<sup>z</sup>Control, no irrigation; over head irrigation, twice a day; capillary mats, twice a day; and fog irrigation, 30 minutes turn on and 10 minutes off from 8:00 to 18:00.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$  (n = 9).

표 34. 삼목 번식 ‘매향’ 딸기의 관수방법에 따른 삼목 후 61일째의 생육.

Treatment <sup>z</sup>	SPAD	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)	Fresh weight (g/Plant)		Dry weight (g/Plant)	
			Shoot	Root	Shoot	Root
Control	34.7 a <sup>y</sup>	151.5 b	4.4 b	1.0 a	0.9 b	0.12 b
Over head irrigation	37.4 a	275.3 a	8.7 a	1.3 a	1.8 a	0.16 ab
Capillary mats	36.9 a	208.0 ab	6.7 ab	1.5 a	1.5 ab	0.15 ab
Fog irrigation	37.3 a	270.9 a	8.8 a	1.6 a	1.7 a	0.18 a

<sup>z</sup>Control, no irrigation; over head irrigation, twice a day; capillary mats, twice a day; and fog irrigation, 30 minutes turn on and 10 minutes off from 8:00 to 18:00.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ . (n = 9).



그림 41. 삼목 번식 ‘매향’ 딸기의 관수방법에 따른 삼목 후 61일째의 생육.

이상의 결과를 종합하면, 딸기 ‘매향’의 삼목 육묘 시 두상관수와 안개관수 처리가 긍정적인 생육과 발근율을 보였다. 또한, 기존의 포트육묘와 비교하였을 때 8월의 고온기 때에도 자동 안개 관수장치를 이용하여 안정적인 습도조절이 가능한 온실이라면 삼목법을 통해 육묘기간을 2-3개월로 단축하면서 균일한 묘의 대량생산이 가능할 것으로 기대된다.

## 11. 육묘기 ‘매향’ 딸기의 EC 수준 처리에 따른 자묘 발생 부위별 묘소질 비교

### 가. 연구방법

본 연구는 딸기의 육묘 시 모주의 생육과 런너 및 자묘 생산량 증대를 위한 최적 배양액 공급 농도의 구명을 위해 수행하였다. ‘매향’ (*Fragaria × ananassa* Duch. ‘Maehyang’) 모주를 2017년 3월 22일에 고설식 수경 재배 육묘벤치에 정식한 후 2017년 6월 29일까지 100일간 재배하였다. 경상대학교 부속농장의 플라스틱 하우스 3동에 코이어(Coir, Shinan Grow Co. Ltd., Jinju, Korea)가 충전된 딸기 전용 재배 포트(61cm × 27cm × 18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Korea)를 이용하여 포트 당 4주씩 식재하였다. 재배기간 동안 플라스틱 하우스의 온도는 주간평균  $26 \pm 5^\circ\text{C}$ , 야간평균  $16 \pm 5^\circ\text{C}$ 를 유지해주었으며, 5월 중순부터 직사광선의 차단과 급격한 온도 상승을 방지하기 위하여 35% 차광망을 설치하였다. 딸기 모주의 양분 관리는 경상남도농업기술원 조성의 딸기 전용 액비를 조절하여 점적테이프를 관주하였고, 정식 후 11일간은 뿌리 활착을 유도하기 위해 EC  $0.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 맞추어 배지가 마르지 않도록 재배 포트 당 800-900mL를 하루 4회(회 당 10분씩) 급액하였다. 뿌리 활착이 완료되었다고 판단된 2017년 4월 1일부터 재배기간 동안 3수준( $0.6, 1.2, 1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )의 EC 처리구로 재배 포트 당 200-450mL를 하루 1-2회(회 당 10분씩) 공급해주었으며, 비가 오는 흐린 날에는 공급하지 않았다. 재배기간 동안의 모주 관리는 적화, 노엽 및 액아제거를 통해 모든 처리구를 균일하게 관리해주었다. 5월 초순까지 모주에서 발생한 모든 런너는 제거해주었고, 5월 중순부터 발생한 런너 및 자묘를 증식시켰다. 또한, 딸기 육묘시 발생하는 주요 병해충인 흰가루, 탄저병, 작은뿌리파리, 진딧물, 응애 등의 방제를 위해 4-7일 주기로 약제를 살포하였다.

정식 후 100일째에 배양액의 EC 수준에 따른 ‘매향’ 딸기 모주의 초장을 측정하였고, 엽병장, 엽장, 엽폭은 신엽부터 세 번째 잎을 기준으로 측정하였다. 크라운 직경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지제부 상단 1cm를, SPAD 값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을, 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 지상부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를  $70^\circ\text{C}$  항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 정식 후 100일째 배양액의 EC 수준에 따른 런너의 생육 특성 조사는 런너 개수, 런너의 생체중 및 건물중을 조사하였다. 또한, 자묘의 생육 특성 조사는 자묘의 개수, 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘의 생체중 및 건물중을 측정하였다. 3수준의 EC 처리와 딸기 런너의 생체중 및 건물중, 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘의 생체중 및 건물중 간의 상관관계를 확인하기 위해 선형회귀모형을 작성하였다.

실험구의 배치는 배양액의 EC 수준에 따른 딸기 모주의 생육 및 자묘 발생의 구명을 위해



EC 수준 3처리, 각 처리 당 3반복, 그리고 반복당 20개체로 총 180주를 난괴법으로 배치하였다. 실험결과와 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

#### 나. 연구결과

정식 후 100일째의 양액 EC 수준에 따른 '매향' 딸기 모주의 생육 특성을 표 35에 나타내었다. 초장은 EC  $0.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 46.5cm, EC  $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 44.7cm, EC  $1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 44.7cm로 저농도의 배양액 처리구인 EC  $0.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 유의성 있게 길었다. 엽병장, 엽장, 엽폭에서는 모든 처리구 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 크라운 직경은 고농도의 배양액 처리구인 EC  $1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 15.2mm로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 엽록소 농도를 나타내는 SPAD 값에서 배양액 농도에 따른 상관관계는 없었으나, EC  $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 유의적으로 가장 높은 값을 나타냈다. 엽면적과 지상부의 생체중 및 건물중에서는 EC 수준이 높을수록 감소하는 경향을 보였고, EC 0.6,  $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 서로 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. EC  $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  이상의 고농도에서는 모주의 생육 특성에 부정적인 결과가 나타났다.

표 35. 양액 EC 수준에 따른 정식 후 100일째의 '매향' 딸기 모주의 생육 특성.

EC level ( $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )	Plant height (cm)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diamete r (mm)	SPAD	Shoot		Leaf area ( $\text{cm}^2/\text{Plant}$ )
							Fresh wt. (g/Plant)	Dry wt. (g/Plant)	
0.6	46.5 a <sup>2</sup>	25.5 a	13.2 a	7.7 a	14.2 b	42.3 b	113.8 a	30.5 a	2,290 a
1.2	44.7 b	24.8 a	12.8 a	7.5 a	14.3 b	46.9 a	106.1 a	28.3 a	2,227 a
1.8	44.7 b	25.2 a	13.2 a	7.4 a	15.2 a	44.0 b	90.3 b	23.9 b	1,951 b

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

정식 후 100일째의 배양액 EC 수준에 따른 '매향' 딸기 런너 및 자묘 발생량을 그림 42에 나타내었다. 한 모주에서 발생된 런너의 경우 EC 0.6, 1.2,  $1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 순으로 6.6, 6.8, 6.5개로 모든 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면에 한 모주에서 발생된 자묘수는 EC 0.6, 1.2,  $1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 순으로 15.0, 16.7, 13.9개로  $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  처리구에서 유의성 있게 많이 생산되었다.

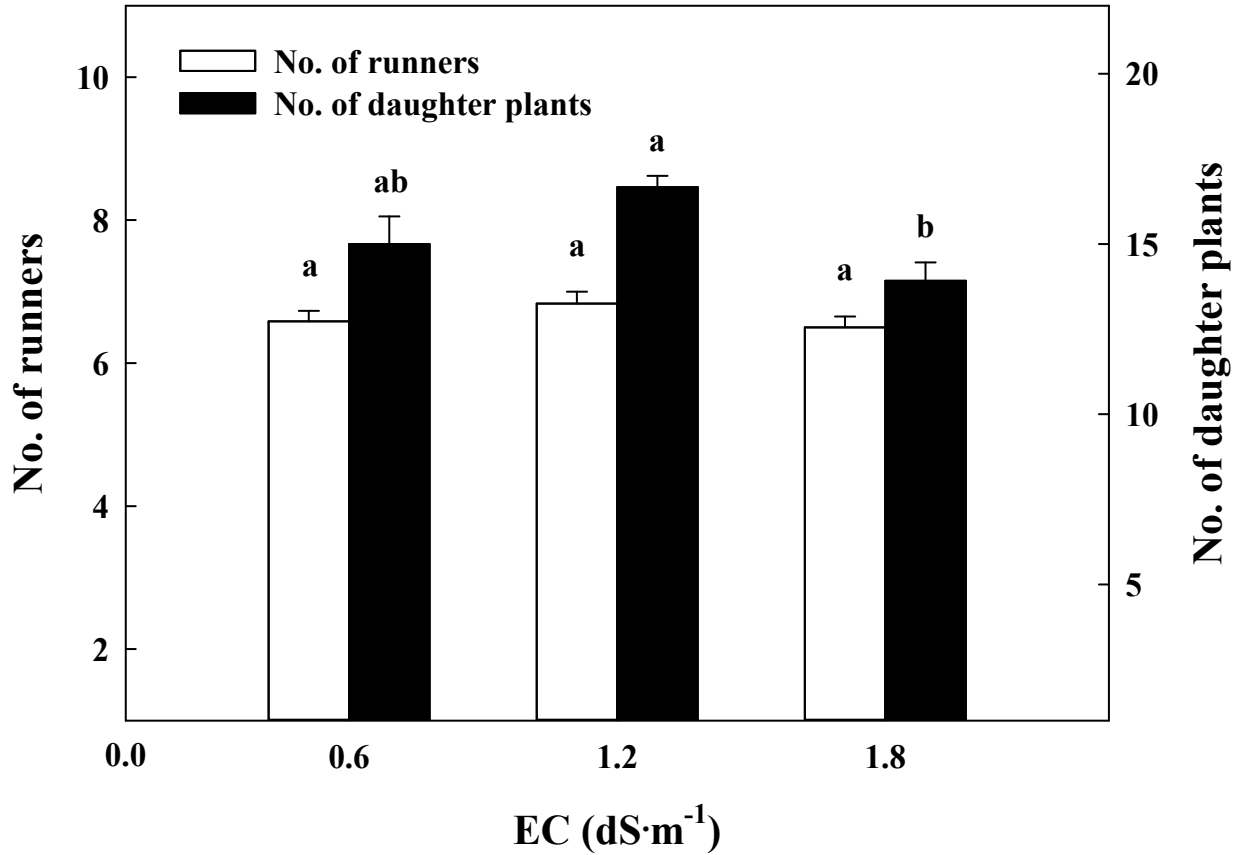


그림 42. ‘매향’ 딸기 양액 EC 수준에 따른 정식 후 100일째의 런너 및 자묘 수.

‘매향’ 딸기 정식 후 100일째의 양액 EC 수준과 런너의 생체중 및 건물중 간의 선형회귀 모형을 그림 43에 나타내었다. EC 수준은 런너의 생체중( $y=-9.365x+52.734$ ), 런너의 건물중( $y=-1.533x+9.251$ )과 부의 상관관계를 나타내었다. EC의 수준이 증가할수록 런너의 생체중 및 건물중은 감소하는 결과를 나타냈으며 이는 결정계수 즉,  $R^2$ 의 값이 0.991과 0.987로 1.0에 가까운 신뢰도를 가졌다. 한 모주에서 발생된 런너는 모든 EC 수준 처리구 간에 6.5-6.8개로 유의적인 차이가 없었지만(그림 42), 런너의 생체중과 건물중에서는 EC 0.6dS·m<sup>-1</sup>에서 유의성 있게 가장 무거운 값을 나타냈다.

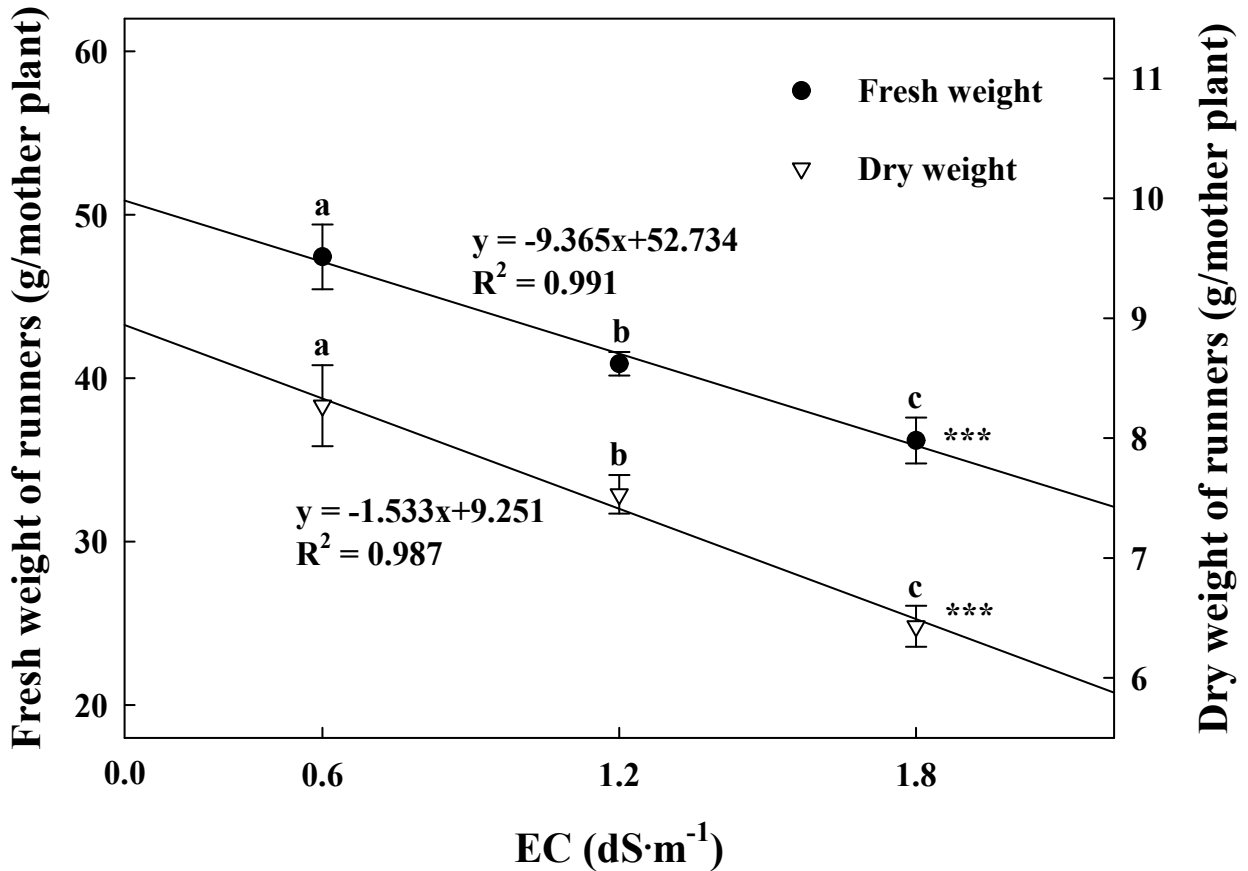


그림 43. ‘매향’ 딸기 정식 후 100일째의 양액 EC 수준과 런너의 생체중 및 건물중 간의 선형회귀모형.

정식 후 100일째의 배양액 EC 수준과 ‘매향’ 딸기 차수별 자료 간에 선형회귀를 분석한 결과 또한 런너의 생체중 및 건물중과 유사한 결과를 그림 44에 나타내었다. 1번 자료와 2번 자료의 생체중 및 건물중의 경우 EC 0.6dS · m<sup>-1</sup>와 1.2dS · m<sup>-1</sup> 처리구 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, EC 1.8dS · m<sup>-1</sup>에서 유의적으로 자료의 무게가 가벼웠다. 특히 EC 수준과 3번 자료의 생체중 및 건물중에서  $y = -1.604x + 5.072 (R^2 = 0.988)$ ,  $y = -0.338x + 1.110 (R^2 = 0.969)$ 으로 신뢰성 있는 부의 상관관계를 나타냈으며, EC 0.6dS · m<sup>-1</sup> 처리에서 자료의 생체중과 건물중의 무게가 가장 무거웠다. 배양액의 높은 EC 수준은 삼투압을 상승시켜 뿌리로부터의 수분 흡수가 증산을 따라갈 수 없을 때, 식물체는 스트레스를 받는다. 이러한 식물체는 수분 스트레스에 의해 수분 함량, 엽록소 함량, 광합성, 기공전도도, 비엽면적 등이 감소한다는 연구가 보고된 바 있다. 본 연구결과에서도 선형회귀 분석을 통해 EC 1.2dS · m<sup>-1</sup> 이상의 수준은 ‘매향’ 딸기 자료의 생체중 및 건물중을 감소시키는 주요인으로 염류장해를 받는 한계점이라 판단된다.

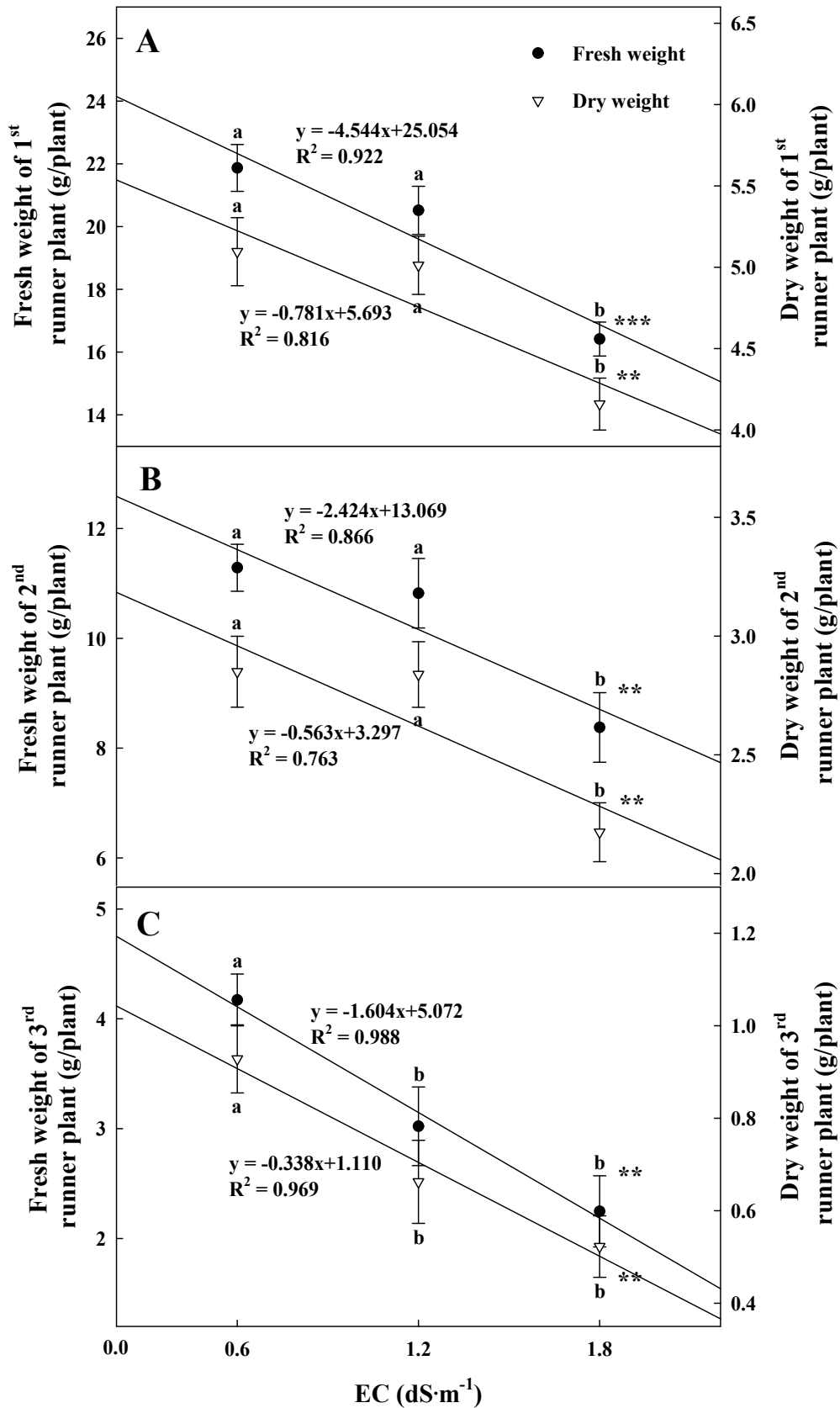


그림 44. ‘태향’ 딸기 정식 후 100일째의 양액 EC 수준과 1번(A), 2번(B), 3번(C) 자묘의 생체중 및 건물중 간의 선형회귀 모형.

이상의 결과를 종합하면, 배양액의 EC 수준이 증가할수록 특히 EC  $1.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 ‘매향’ 딸기의 모주와 자묘의 생체중 및 건물중이 감소하며 고농도의 배양액에 의한 염류장해를 받아 충실한 런너와 자묘를 증식하지 못하였다. EC  $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 처리에서는 가장 많은 자묘를 발생시켰지만(그림 42), 자묘의 차수가 증가할수록 즉, 3번 자묘의 생체중 및 건물중에서 EC  $0.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  처리보다 낮은 값을 나타내며 묘소질이 감소하는 측면이 있었다. 따라서 ‘매향’ 딸기 수경 재배 육묘시 충실한 모주, 런너 및 자묘의 발생량과 비료의 절감 부분을 감안하였을 때, 배양액 농도를 EC  $0.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 수준으로 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

## 12. 육묘기 ‘매향’ 딸기의 지베렐린 처리에 따른 자묘 발생 부위별 묘소질 비교

### 가. 연구방법

본 연구는 ‘매향’ 딸기의 모주에 적정 지베렐린 처리방법과 적절한 농도를 확인하여 모주의 초기 생육과 런너 생산 및 자묘의 묘소질 향상을 통한 현장 적용 가능성을 확인하기 위해 수행되었다. 완전히 전개된 3매의 잎을 가진 균일한 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’) 모주만을 선발하여 2018년 3월 20일에 딸기 전용 혼합 상토(BC2, BVB substrates Co. Ltd., De Lier, The Netherlands)로 충진된 딸기 전용 재배 포트( $64\text{cm} \times 27\text{cm} \times 18\text{cm}$ , Hwaseong Industrial Co. Ltd., Hwaseong, Korea)에 정식 후 6월 27일까지 경상대학교 부속농장 유리온실에서 재배하였다. 재배기간 동안 점적테이프를 이용하여 관주하였고, 네덜란드 Bas Van Buuren(BVB) 조성의 딸기 전용 배양액(다량원소는  $\text{NO}_3^-$  8.2,  $\text{NH}_4^+$  1.1,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  1.7,  $\text{K}^+$  4.9,  $\text{Ca}^{2+}$  5.2,  $\text{Mg}^{2+}$  2.2,  $\text{SO}_4^{2-}$   $3.5\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ , 미량원소는 Fe-EDTA 10.60,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.31,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.16,  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  2.54,  $\text{Na}_2\text{M}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.12,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $2.21\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  함유)에 원수분석 결과 값을 반영하여 조제 후 사용하였다. 배양액의 공급은 정식 후 EC 수준을  $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 맞추어 뿌리활착을 위해 배지가 마르지 않도록 충분히 관주하였다. 뿌리활착 후에는 배양액의 1회 공급량을 딸기 재배 포트 당 200-450mL로 맑은 날에는 하루 1-2회(회당 15분씩) 공급하였고, 흐린 날에는 공급하지 않았다.

재배기간 동안 모주 관리를 위해 주기적으로 액아와 노엽을 제거해 주었고 모주에서 나온 런너는 성장조절제의 효과를 확인하기 위해 제거하지 않았다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 흰가루, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 5-7일 주기로 살포하였다.

본 실험에 사용된 성장조절제는 지베렐린(Gibberellin  $\text{A}_3$ ,  $\text{GA}_3$ )(Dea-yu gibberellin, Dea yu Co. Ltd., Gyeongsan, Korea)을 이용하였고, 정식 후 30일째 되는 날  $\text{GA}_3$   $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 기준으로 하여 0, 1, 2, 4배의 지베렐린의 농도인 0, 50, 100,  $200\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 조제하여 식물체당 45mL씩 각각 엽면살포와 배지관주 하였다.

성장조절제 처리방법과 농도에 따른 ‘매향’ 딸기의 생육을 비교하기 위해 성장조절제 처리 후 7주째에 모주의 초장, 엽장, 엽폭, 크라운 직경, 런너수, 런너 길이, 런너 직경, SPAD값을 측정하였다. 초장은 가장 큰 잎을 기준으로 측정하였고, 엽장과 엽폭은 처리 후 첫 번째 신엽을 기준으로 측정하였다. 크라운 직경은 버니어 캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지제부 상단 1cm를 측정하였다. 런너수는 처리 후 발생한 런너의 수를 측

정하였으며, 런너 길이는 첫 번째 런너를 기준으로 측정하였고, 런너 직경은 모주 쪽 첫 번째 런너 상단의 1cm를 측정하였다. SPAD값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을 측정하였고, 모주의 크라운 부위의 생리장해 여부는 각 농도별 처리구에서 12개의 개체를 임의로 선정하여 크라운 부위가 5cm 이상 도장한 것을 생리장해가 발생한 것으로 간주하였다. 정식 후 100일째 성장조절제 처리방법과 농도에 따른 런너와 자묘의 생육 특성을 조사하였다. 런너의 생육 특성 조사는 런너수, 런너 길이, 런너의 생체중 및 건물중을 조사하였고 자묘의 생육 특성 조사는 자묘의 개수, 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘의 초장, 엽장, 엽폭, 엽면적, 크라운 직경, 생체중 및 건물중, SPAD를 조사하였다. 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH, Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였으며, 건물중은 향온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 양액의 EC 수준과 pH는 휴대용 pH/EC 측정계(Enzo 8200m, GOnDO Electronic Co. Ltd., Taipei, Taiwan)를 사용하여 측정하였다.

실험의 배치는 무처리구를 포함한 GA<sub>3</sub>의 처리방법과 농도 구명을 위해 처리 당 4개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 5% 유의 수준에서 각 처리간의 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

#### 나. 연구결과

GA<sub>3</sub> 처리 후 7주째에 측정된 딸기 '매향'을 비 파괴적인 방법으로 생육을 조사하여 그 결과를 표 36과 그림 45에 나타내었다. 초장, 엽장, 엽폭은 엽면살포한 200mg·L<sup>-1</sup>의 처리구에서 유의성 있게 길었고, 런너 길이 또한 엽면살포한 200mg·L<sup>-1</sup>의 처리구에서 123.8cm로 가장 길었다. 런너 직경은 엽면살포한 50mg·L<sup>-1</sup>와 200mg·L<sup>-1</sup>의 처리구에서 굵었으나 농도에 따른 정의 상관관계는 보이지 않았다. 그러나 SPAD 값은 엽면살포한 200mg·L<sup>-1</sup>의 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 크라운 직경과 런너수는 GA<sub>3</sub>의 처리방법과 농도에 따른 차이를 보이지 않았다. GA<sub>3</sub>의 처리방법에서는 엽면살포가 배지관주보다 생육이 증진되는 효과를 보였다. 또한 딸기의 GA<sub>3</sub> 처리는 처리방법과 무관하게 농도가 높을수록 초장, 엽장, 엽폭 등이 길어졌다. GA<sub>3</sub> 처리 후 100일째에 '매향' 딸기의 런너와 자묘의 수를 측정한 결과는 처리방법과 무관하게 성장조절제 농도가 높을수록 많이 생산되었다.

표 36. ‘매향’ 딸기 지베렐린 적용 방법 및 농도에 따른 처리 후 7주째의 모주 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)	No. of runners	Runner length (cm)	Runner diameter (mm)	SPAD
Control	0	23.7 c <sup>z</sup>	17.3 c	12.3 b	18.3 a	5.5 ab	91.2 c	2.8 bc	39.8 a
	50	26.7 b	19.1 a-c	13.1 ab	18.6 a	6.2 a	115.6 ab	3.1 a	39.5 a
Spray	100	26.8 b	18.5 bc	13.8 a	17.2 ab	5.8 ab	117.6 ab	3.0 ab	38.0 a
	200	29.1 a	21.0 a	14.1 a	18.6 a	5.8 ab	123.8 a	3.1 a	35.7 b
Drench	50	25.8 b	18.9 ab	13.2 b	17.3 a	4.8 ab	96.5 bc	3.0 ab	40.4 a
	100	26.3 b	18.8 ab	13.2 ab	17.2 ab	5.6 ab	101.8 bc	2.9 a-c	40.0 a
	200	27.3 b	20.7 a	14.1 a	17.1 ab	5.0 b	105.1 bc	2.9 a-c	38.1 a
F-test <sup>y</sup>	A	***	NS	NS	NS	*	***	**	**
	B	***	***	NS	*	NS	NS	*	***
	A × B	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

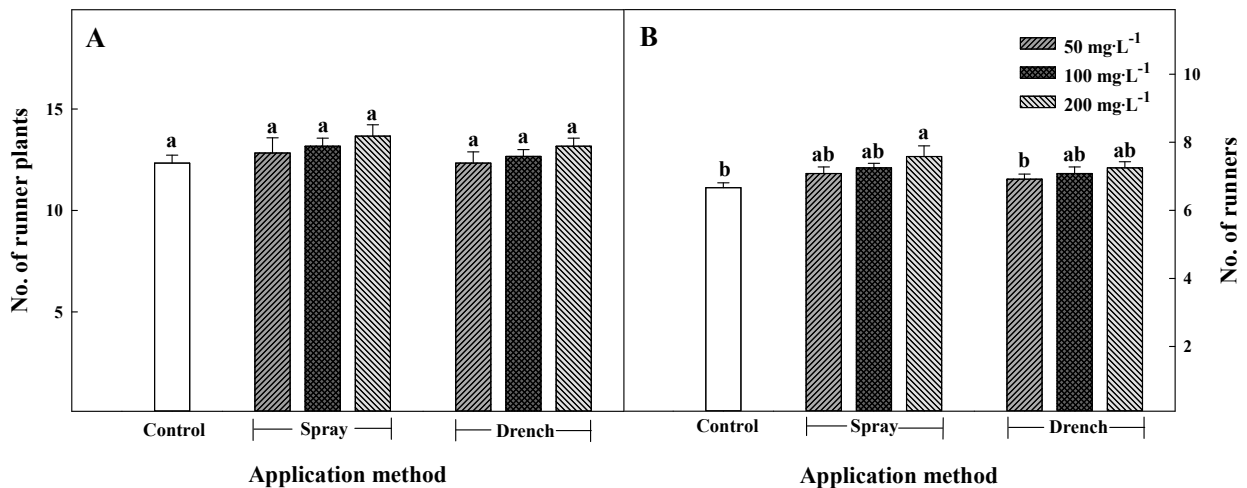


그림 45. ‘매향’ 딸기 지베렐린 적용 방법 및 농도에 따른 처리 후 100일째의 런너 및 자묘 수.

그림 46은 ‘매향’ 딸기에 지베렐린을 적용하였을 때 나타난 크라운 생리장애의 수를 나타낸 것이다. GA<sub>3</sub> 처리 농도가 높아질수록 모주의 크라운이 기형적으로 길어지는 현상을 보였으며, 엽면살포에서 배지관주보다 크라운의 생리장애 현상이 더욱 많이 발생하였다.

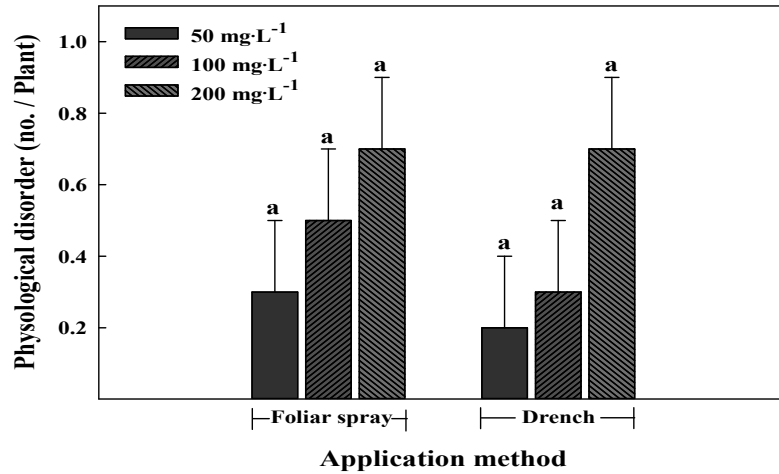


그림 46. ‘매향’ 딸기 지베렐린 적용 방법 및 농도에 따른 크라운 생리장해 수.

GA<sub>3</sub> 처리 후 100일째에 딸기 모주와 분리되지 않은 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자료의 묘소질을 측정하여 표 37, 38, 39에 나타내었다. 첫 번째 자료의 초장은 배지관주한 50mg·L<sup>-1</sup>의 처리에서 가장 높았으며 엽장, 엽폭은 배지관주한 100mg·L<sup>-1</sup>의 처리에서, 엽면적, 크라운 직경, 생체중 및 건물중은 대조구에서 유의적으로 높았다. 두 번째 자료는 초장과 엽면적이 배지관주한 100mg·L<sup>-1</sup>의 처리에서 가장 컸고 SPAD 값이 가장 높았으나 엽폭, 생체중 및 건물중은 대조구에서 가장 컸다. 엽장은 처리 간 유의적인 차이가 없었다. 세 번째 자료도 초장은 배지관주한 100mg·L<sup>-1</sup>의 처리에서 가장 컸으나 나머지 생육 특성은 대조구가 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 처리방법에 있어 묘소질은 배지관주와 낮은 농도 처리에서의 생육이 더 좋은 것으로 확인되었다.

표 37. ‘매향’ 딸기 지베렐린 적용 방법 및 농도에 따른 처리 후 100일째의 첫 번째 자료 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg·L <sup>-1</sup> ) (B)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)	Crown diameter (mm)	Fresh wt. (g/Plant)	Dry wt. (g/Plant)	SPAD
Control	0	19.2 a <sup>z</sup>	9.2 ab	6.5 ab	347.6 a	9.6 a	15.3 a	3.2 a	43.5
	50	16.8 b	8.2 c	5.9 bc	272.1 bc	8.1 cd	10.5 cd	2.3 bc	43.2
	100	16.6 b	8.4 bc	6.2 b	270.4 bc	8.5 bc	10.5 cd	2.3 bc	42.9
Spray	200	13.8 c	7.2 d	5.5 c	222.4 c	7.5 d	8.8 d	2.1 c	44.0
	50	19.4 a	8.6 bc	6.2 b	299.0 ab	8.2 cd	11.8 c	2.6 a-c	44.6
Drench	100	19.1 a	9.4 a	6.9 a	341.6 a	9.1 ab	14.3 ab	3.2 a	44.2
	200	17.3 b	8.6 bc	6.1 b	310.5 ab	8.4 b-d	12.4 bc	2.9 ab	44.0
F-test <sup>y</sup>	A	***	***	**	***	NS	***	***	NS
	B	***	**	*	NS	**	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.



표 38. ‘매향’ 딸기 지베렐린 적용 방법 및 농도에 따른 처리 후 100일째의 두 번째 자묘 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g/Plant)	Dry weight (g/Plant)	SPAD
Control	0	14.6 bc <sup>z</sup>	7.8	5.8 a	206.1 a	7.5 a	8.32 a	1.83 a	45.2 ab
	50	13.5 c	7.2	5.2 b	167.7 b	7.1 a	5.88 b	1.25 c	44.6 ab
Spray	100	15.2 a-c	6.8	5.3 ab	166.3 b	7.0 a	6.37 b	1.36 c	42.5 c
	200	10.7 d	5.6	4.4 c	87.3 c	5.3 b	3.61 c	0.79 d	44.4 b
Drench	50	16.1 ab	6.8	5.5 ab	173.7 ab	6.9 a	6.56 b	1.40 c	44.8 ab
	100	17.0 a	7.1	5.7 ab	207.7 a	7.6 a	8.32 a	1.77 ab	46.5 a
	200	15.3 a-c	7.0	5.4 ab	161.5 b	7.1 a	6.77 b	1.50 bc	43.7 bc
F-test <sup>y</sup>	A	***	NS	***	***	**	***	***	*
	B	***	NS	*	***	**	***	***	NS
	A × B	NS	NS	NS	*	**	**	*	**

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

표 39. ‘매향’ 딸기 지베렐린 적용 방법 및 농도에 따른 처리 후 100일째의 세 번째 자묘 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g/Plant)	Dry weight (g/Plant)	SPAD
Control	0	10.1 ab <sup>z</sup>	5.2	3.9 a	68.3 a	5.9 a	7.54 a	0.64 a	45.0 ab
	50	11.5 a	4.8	3.7 a	54.7 a	4.9 b	2.36 b	0.48 a-c	45.6 ab
Spray	100	9.6 ab	4.4	3.5 ab	44.2 ab	4.5 ab	1.97 b	0.47 bc	43.6 ab
	200	7.5 b	4.0	3.1 b	27.5 b	3.8 c	1.14 c	0.32 c	44.8 ab
Drench	50	11.2 a	4.7	3.7 a	51.6 a	4.8 b	2.32 b	0.58 ab	45.0 ab
	100	11.6 a	4.9	3.8 a	66.4 a	4.9 b	2.65 b	0.55 ab	43.4 b
	200	10.2 ab	4.9	3.9 a	45.2 ab	5.0 b	2.14 b	0.48 a-c	46.4 a
F-test <sup>y</sup>	A	*	NS	*	NS	*	*	*	NS
	B	*	NS	NS	*	NS	*	*	*
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ .

이상의 결과를 종합하면, GA<sub>3</sub>의 처리방법과 농도에 따른 딸기 ‘매향’의 모주생육은 GA<sub>3</sub> 엽면살포 200mg · L<sup>-1</sup>에서 가장 효과적이었으며, 런너와 자묘의 수는 처리방법과 무관하게 높은 농도에서 많이 생산되었다. 그러나 높은 농도의 GA<sub>3</sub>을 처리한 실험구에서 크라운이 기형적으로 길게 자라났다. 자묘의 묘소질은 GA<sub>3</sub>의 농도가 낮을수록, 엽면살포보다 배지관주에서 우수하였다. 종합적으로 본 연구의 결과로부터 ‘매향’ 딸기 모주의 생육과 런너 및 자묘생산 등의 묘소질을 고려할 때, GA<sub>3</sub> 100mg · L<sup>-1</sup>를 배지관주로 처리하는 것이 가장 적합한 방법이라 판단된다.

### 13. 육묘기 ‘매향’ 딸기의 prohexadione-calcium 처리에 따른 자묘 발생 부위별 묘소질 비교

#### 가. 연구방법

본 연구는 ‘매향’ 딸기 자묘의 생산 시 런너 길이 감소와 묘소질 향상에 효과적인 prohexadione-calcium의 적정 처리 농도와 처리 방법을 구명하기 위해 수행되었다. 완전히 전개된 3매의 잎을 가진 균일한 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang) 모주만을 선발하여 2018년 3월 20일에 딸기 전용 혼합 상토(BC2, BVB substrates Co. Ltd., De Lier, The Netherlands)로 충전된 딸기 전용 재배 포트(64cm × 27cm × 18cm, Hwaseong Industrial Co. Ltd., Hwaseong, Korea)에 정식 후 7월 4일까지 경상대학교 부속농장 유리온실에서 재배하였다. 재배기간 동안 점적테이프를 이용하여 관주하였고, 네덜란드 Bas Van Buuren(BVB) 조성의 딸기 전용 배양액(다량원소는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 8.2, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 1.1, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 1.7, K<sup>+</sup> 4.9, Ca<sup>2+</sup> 5.2, Mg<sup>2+</sup> 2.2, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 3.5me · L<sup>-1</sup>, 미량원소는 Fe-EDTA 10.60, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0.31, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.16, MnSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 2.54, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 0.12, ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 2.21mg · L<sup>-1</sup> 함유)에 원수분석 결과 값을 반영하여 조제 후 사용하였다. 배양액의 공급은 정식 후 EC 수준을 1.5dS · m<sup>-1</sup>로 맞추어 뿌리활착을 위해 배지가 마르지 않도록 충분히 관수하였다. 뿌리활착 후에는 배양액의 1회 공급량을 딸기 재배 포트 당 200-450mL로 맑은 날에는 하루 1-2회(회당 15분씩) 공급하였고, 흐린 날에는 공급하지 않았다.

재배기간 동안 모주 관리를 위해 주기적으로 액아와 노엽을 제거해주었고 모주에서 나온 런너는 생장조절제의 효과를 확인하기 위해 제거하지 않았다. 또한 딸기 재배 시 발생하는 주요 병해충인 흰가루, 응애, 진딧물, 탄저병, 작은뿌리파리 방제를 위해 각각 cyflufenamid(3.5%), abamectin(1.8%), imidacloprid(10%), acetamiprid(5%), 그리고 azoxystrobin(21.7%)을 5-7일 주기로 살포하였다.

항지베렐린 생장억제제로는 prohexadione-calcium(Pro-Ca) (prohexadione-calcium, Sigma-Aldrich Co. Ltd., Saint Louis, MO, USA)을 이용하였고, 정식 후 30일째 되는 날 Pro-Ca 0(대조구), 50, 100, 150, 200mg · L<sup>-1</sup>의 농도로 제조하여 식물체당 35mL씩 각각 엽면살포와 배지관주 하였다.

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 ‘매향’ 딸기의 생육을 비교하기 위해 처리 후 1주일 간격으로 6주째까지 모주의 엽병장, 엽수, SPAD, 엽록소형광 값(Fv/Fm), 런너 길이, 런너수를 측정하였다. 또한, 처리 후 15주째에 모주의 엽병장, 엽수, 크라운 직경, 지상부의 생체중 및 건물중, 엽면적을 측정하였다. 크라운 직경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지체부 상단 1cm를, SPAD 값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica

Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을, 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 지상부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern & Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를 70°C 항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 처리 후 15주째에 Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 런너의 생육 특성 조사는 런너수, 런너의 생체중 및 건물중을 조사하였다. 또한, 자묘의 생육 특성 조사는 자묘의 개수, 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘의 생체중 및 건물중을 측정하였다.

Pro-Ca 처리에 따른 모주의 화학적 스트레스 지수를 확인하기 위해 처리구별 6개체를 무작위로 선발하여 30분간 암적용 후 엽록소 형광분석기(FluorPen FP 100, Photon System Instruments, Drasov, Czech Republic)를 이용하여 엽록소 형광값(Fv/Fm)을 측정하였다. 최소 형광 값(Fo)은 0.6kHz의 측정 광을 광섬유로 하여  $0.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  보다 낮은 광합성유효광양자속밀도(PPFD, photosynthetic photon flux density)로 적색 LED광을 이용하여 조사하고 측정하였으며, 최대 형광 값(Fm)은 20kHz로  $7,000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 포화 광을 0.8초 동안 조사하여 측정하였다. Fv/Fm값은  $Fv/Fm = (Fm - Fo) / Fm$  공식으로 산출되었다.

실험구의 배치는 대조구를 포함한 Pro-Ca의 적용방법과 농도에 따른 딸기 모주, 런너, 자묘의 생육 및 발생 구멍을 위해 처리 당 4개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 실험결과의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 Tukey의 다중검정(Tukey's multiple range test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(Sigma Plot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

#### 나. 연구결과

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 처리 후 6주째까지 '매향' 딸기 모주 및 런너의 생육 특성을 그림 47에 나타내었다. 모주의 엽병장은 적용방법에 관계없이 대조구에 비해 Pro-Ca 처리구에서 유의적으로 감소하였고, Pro-Ca의 농도가 높을수록 엽병장이 현저하게 짧아졌다. 하지만, Pro-Ca 처리에 따른 모주의 신엽 발생에는 처리 후 4주째와 5주째의 배지관주  $200\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 제외하고 부정적인 영향을 나타내지 않았다. SPAD 값은 Pro-Ca 처리구에서 4주 동안 대조구보다 높았으며, 특히 엽면살포  $200\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 유의성 있게 높았다. Pro-Ca에 의한 모주의 화학적 스트레스를 확인하기 위해 Fv/Fm을 측정하였지만, 처리 후 1주째를 제외하고 모든 처리구에서 정상적인 생육 조건 범위인 0.80-0.84로 측정되었다. 런너 길이는 Pro-Ca의 농도가 높아질수록 감소의 폭이 컸으며, 특히 배지관주  $200\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 현저하게 길이 신장이 억제되었다. 런너 길이는 4주째부터 엽면살포  $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 과  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 그리고 배지관주  $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 점차 증가하는 경향을 보였다. 런너수는 Pro-Ca 처리구에서 배지관주  $200\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 제외하고 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다.

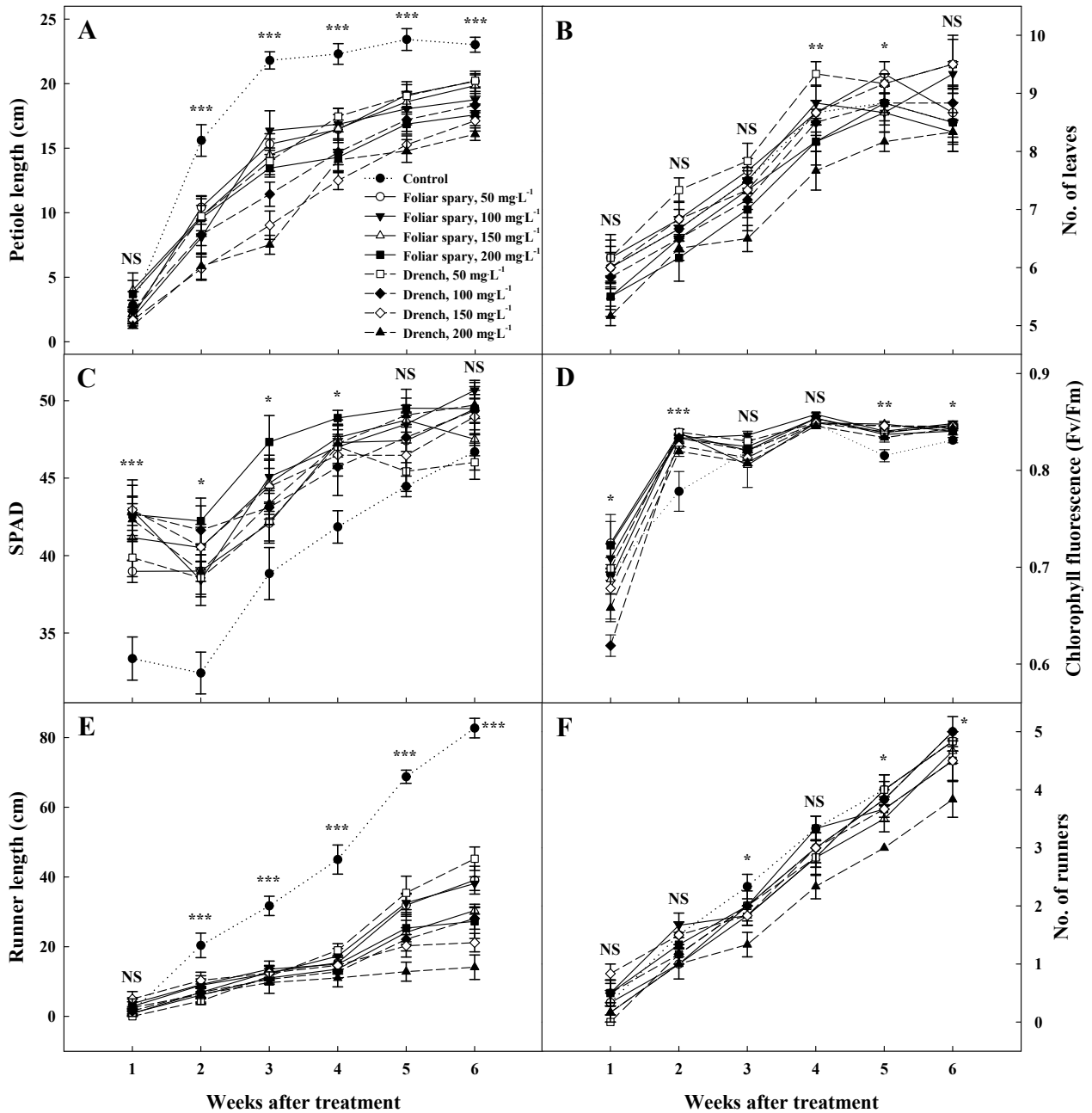


그림 47. ‘매향’ 딸기 Pro-Ca 적용방법 및 농도 따른 엽병장(A), 엽수(B), SPAD(C), 엽록소 형광값(D), 런너 길이(E) 및 런너수(F).

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 처리 후 15주째의 ‘매향’ 딸기 모주의 생육 특성을 표 40에 나타내었다. 모주의 엽병장, 잎+엽병장의 생체중과 엽면적은 Pro-Ca의 농도가 높아질수록 감소하였고, 엽면살포보다 배지관주 방법에서 더욱 효과적으로 줄어들었다. 그러나 크라운 직경, 크라운의 생체중 및 건물중, 엽면적에서는 모든 처리구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한, 모주의 생육은 Pro-Ca의 잔류기간이 끝났음에도 불구하고 배지관주  $200\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 현저하게 영양생장이 억제되는 것을 보였다. 본 연구에서는 Pro-Ca 저농도였던  $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서도 ‘매향’ 품종 딸기에 영양 성장을 억제하는데 충분한 농도로 판단된다.

표 40. ‘매향’ 딸기 Pro-Ca 적용방법 및 농도에 따른 처리 후 15주째의 모주 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Petiole length (cm)	Crown diameter (mm)	Fresh wt. (g/Plant)		Dry wt. (g/Plant)		Leaf area (cm <sup>2</sup> /Plant)
				Leaves + petioles	Crown	Leaves + petioles	Crown	
Control		23.9 a <sup>z</sup>	17.0	87.2 a	6.8	26.9	1.4	1,867
Foliar spray	50	19.0 b	16.2	72.4 ab	7.4	18.5	1.5	1,497
	100	19.6 b	15.6	73.6 ab	6.9	16.9	1.5	1,551
	150	19.1 b	17.4	70.7 ab	6.2	16.1	1.2	1,723
	200	16.7 bc	16.8	73.8 ab	7.0	17.0	1.4	1,473
Drench	50	19.5 b	16.4	78.6 ab	7.4	17.5	1.4	1,580
	100	16.3 bc	17.1	69.3 ab	7.6	15.7	1.5	1,531
	150	15.7 bc	16.3	61.6 b	6.5	15.1	1.3	1,392
	200	14.3 c	17.4	59.8 b	7.4	14.2	1.6	1,294
F-test <sup>y</sup>	A	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	B	**	NS	*	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 처리 후 15주째의 ‘매향’ 딸기 런너와 자묘의 수를 그림 48에 나타내었다. 런너수는 모든 처리구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 자묘의 수는 Pro-Ca의 엽면살포와 배지관주 방법에서 대조구와 비교하여 자묘 생산에 더욱 효과적이었다. 특히, Pro-Ca 엽면살포 100mg · L<sup>-1</sup>과 150mg · L<sup>-1</sup>, 배지관주 50mg · L<sup>-1</sup>과 100mg · L<sup>-1</sup>에서 유의성 있게 높았다. 배지관주 200mg · L<sup>-1</sup>의 고농도에서는 자묘 발생에 부정적인 효과를 보이며 10.6개로 가장 낮았다.

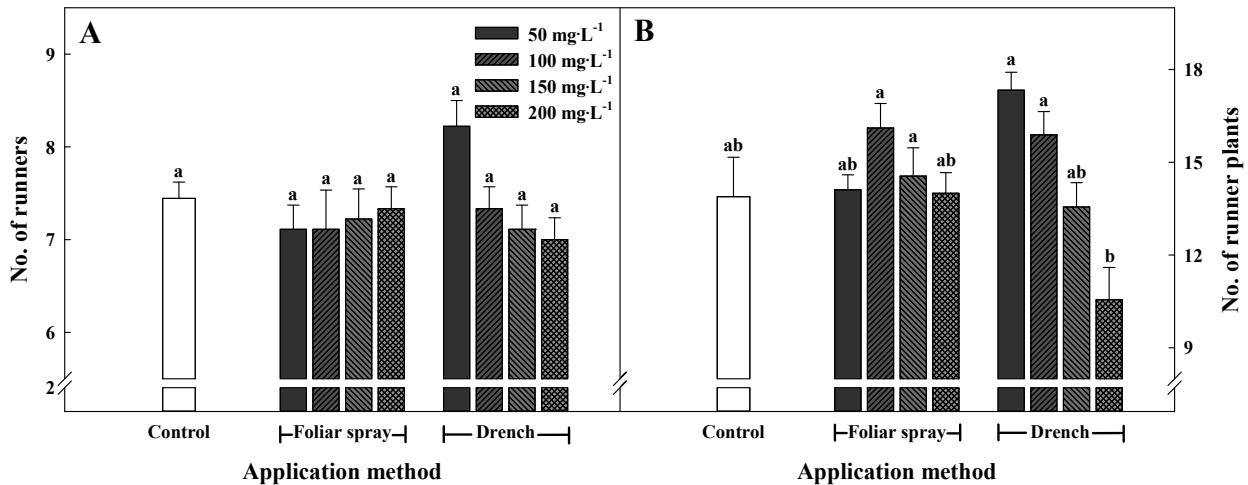


그림 48. ‘매향’ 딸기 Pro-Ca 적용방법 및 농도 따른 처리 후 15주째의 런너수(A) 및 자묘수(B).

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 처리 후 15주째의 ‘매향’ 딸기 런너의 생체중 및 건물중을 그림 49에 나타내었다. Pro-Ca의 농도가 높아질수록, 런너의 생체중 및 건물중이 감소하였고, 특히 엽면살포보다 배지관주 방법에서 부의 상관관계를 보였다. 결론적으로 배지관주 50mg · L<sup>-1</sup>의 농도에서 대조구와 비교하여 런너의 생체중 및 건물중이 유의성 있게 증가하였다.

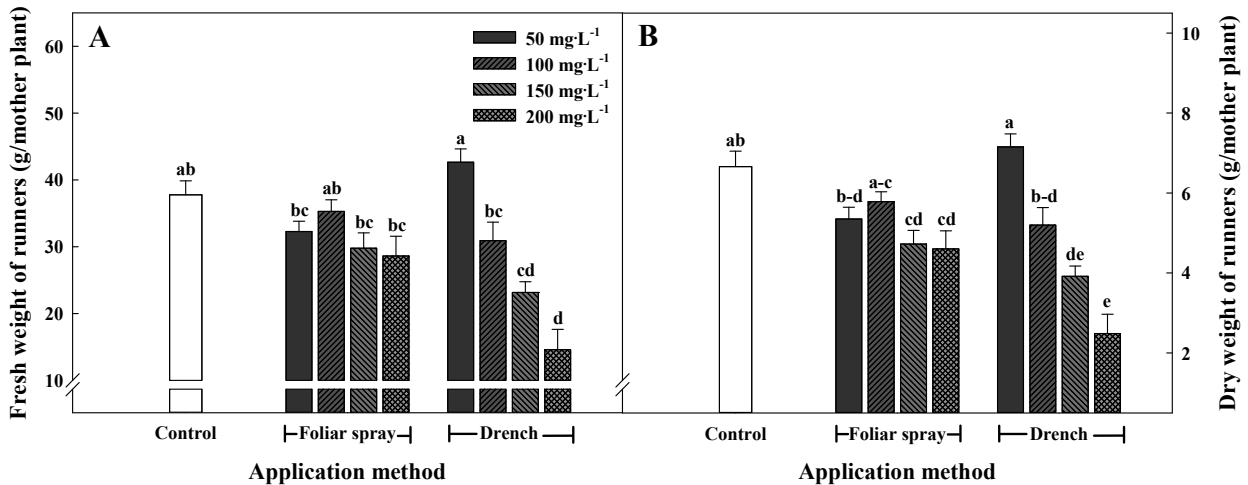


그림 49. 매향 딸기 Pro-Ca 적용방법 및 농도 따른 처리 후 15주째의 런너의 생체중(A) 및 건물중(B).

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 처리 후 15주째의 ‘매향’ 딸기 런너의 길이를 그림 50에 나타내었다. 총 런너의 길이는 배지관주 50mg · L<sup>-1</sup>의 농도를 제외하고 모든 Pro-Ca 처리구에서 대조구보다 짧았다. 특히 엽면살포보다 배지관주 방법에서 Pro-Ca의 농도가 높아질수록 런너 길이가 짧아지는 부의 상관관계를 보였다. 그러나 모주에서 첫 번째 자묘까지의 런너 길이와 첫 번째 자묘에서 두 번째 자묘까지의 런너 길이는 배지관주 50mg · L<sup>-1</sup>의 농도에서도 대조구와 비교하여 유의성 있게 짧았다. 두 번째 자묘에서 세 번째 자묘까지의 런너 길이는 Pro-Ca의 적용방법과 농도에 따른 상관관계를 나타내지 않았다.

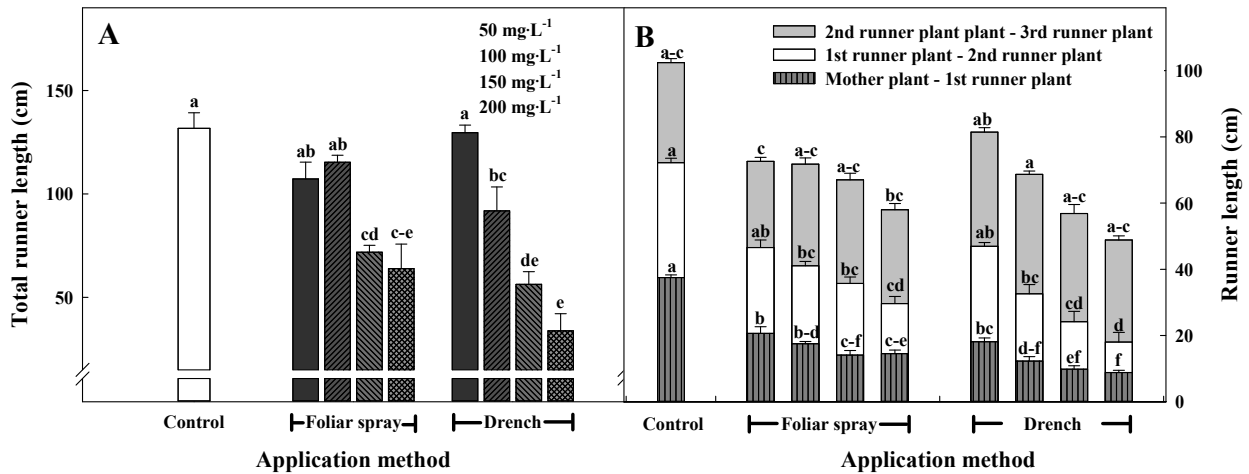


그림 50. ‘매향’ 딸기 Pro-Ca 적용방법 및 농도 따른 처리 후 15주째의 런너 길이.

Pro-Ca 적용방법과 농도에 따른 처리 후 15주째의 ‘매향’ 딸기 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘의 생체중 및 건물중을 표 41에 나타내었다. 첫 번째 자묘의 생체중 및 건물중은 모든 처리구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 두 번째 자묘의 생체중은 Pro-Ca 처리구에서 대조구보다 더욱 무거웠지만, 배지관주 200mg · L<sup>-1</sup>의 농도에서는 대조구와 유사하였다. 그리고 배지관주의 적용방법 보다 엽면살포에서 두 번째 자묘의 생체중이 더욱 우수하였다. 그러나 두 번째 자묘의 건물중과 세 번째 자묘의 건물중에서 Pro-Ca 배지관주 50mg · L<sup>-1</sup>의 농도에서 유의성 있게 우수하였다.

표 41. ‘매향’ 딸기 Pro-Ca 적용방법 및 농도에 따른 처리 후 15주째의 첫 번째, 두 번째, 세 번째 자묘 생육 특성.

Application method (A)	Conc. (mg · L <sup>-1</sup> ) (B)	Fresh weight (g/Plant)			Dry weight (g/Plant)		
		1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
Control		17.5	8.7 b <sup>z</sup>	3.5 ab	4.0	1.9 c	0.72 a-c
Foliar spray	50	18.4	13.2 ab	5.2 a	3.9	2.7 a-c	0.93 ab
	100	20.8	14.6 a	5.4 a	4.4	3.1 ab	0.95 ab
	150	17.5	10.8 ab	3.7 ab	3.4	2.1 bc	0.59 bc
	200	20.0	14.8 a	3.9 ab	4.0	2.7 a-c	0.65 a-c
Drench	50	18.6	13.3 ab	5.5 a	4.0	3.2 a	1.10 a
	100	17.7	12.7 ab	3.5 ab	3.8	2.5 a-c	0.69 a-c
	150	17.1	10.0 ab	2.0 b	3.7	2.1 bc	0.40 c
	200	15.3	8.7 b	2.3 b	3.2	1.9 c	0.49 bc
F-test <sup>y</sup>	A	NS	*	**	NS	NS	NS
	B	NS	*	***	NS	**	***
	A × B	NS	NS	NS	NS	*	NS

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Tukey’ s multiple range test at  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

이상의 결과를 종합하면, Pro-Ca의 농도가 증가할수록 특히 배지관주 200mg · L<sup>-1</sup>의 농도에서 ‘매향’ 딸기의 모주, 런너, 자묘의 생육 특성이 감소하며 고농도의 Pro-Ca에 의한 영양생장의 억제로 인해 충실한 런너와 자묘를 증식하지 못하였다. 또한, 엽면살포 방법에서는 육묘 후 반기인 자묘 발생 시기에 Pro-Ca의 효과가 지속적으로 나타나지 않아 배지관주보다 효과가 적었다. 하지만 ‘매향’ 딸기의 육묘기 동안 Pro-Ca 배지관주 방법 50mg · L<sup>-1</sup>에서는 대조구보다 자묘의 발생을 증가시켰으며, 자묘 차수별 생체중 및 건물중을 증가시킬 수 있었다. 따라서 ‘매향’ 딸기 육묘시 충실한 모주, 런너 및 자묘의 발생량과 경제적인 부분을 감안하였을 때, Pro-Ca의 배지관주로 농도를 50mg · L<sup>-1</sup>의 수준으로 적용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

#### 14. 플러그 이식 시 황화수소가 딸기의 뿌리 발달에 미치는 영향

##### 가. 연구방법

황화수소(H<sub>2</sub>S)는 식물세포에서 내생적으로 생성되며 뿌리발달에 필수적인 역할을 한다. 미래의 농업에서의 활용 가능한 잠재력을 감안하여, 본 연구에서는 딸기 뿌리 발달을 위한 수황화나트륨(NaHS, H<sub>2</sub>S의 공급원)의 최적 농도와 잠재적 메커니즘을 연구하였다. 연구에 사용된 딸기 품종은 ‘설향’ (*Franagaria* × *Ananassa* Duch ‘Seolhyang’)으로 뿌리 없는 런너가 사용되었다. 실험 1에서 사용된 연구식물은 경상남도 진주시에 위치한 딸기농장(대한민국 경상남도 진주시 수곡면)에서 런너의 길이가 20cm로 완전히 성장한 3개의 잎을 가진 딸기 자묘가 대상이었다. NaHS(0.010, 0.125, 0.250, 1.250, 2.500, 12.500, 25.000, 37.500 mM; H<sub>2</sub>S공급원)가 함유된 BVB 배지(Bas Van Buuren Substrates, EN-12580, De Lier, 네덜란드)를 21구 지그재그 트레이((21-Zigpot/ 21 cell tray, Daeseung, Jeonju, Korea)에 담긴 증류수(대조군)에 채운 후 정식했다. 실험 1은 2017년 12월에 실시되었으며, 연구기간동안 평균 기온은 10°C 였다. 실험 2의 경우 런너의 길이가 15cm로 완전히 성장한 3개의 잎을 가진 딸기 자묘를 대상으로 NaHS가 0.125, 1.250, 12.500mM; 50 μM of hypotaurine(HT, an H<sub>2</sub>S scavenger)과 증류수(대조군)가 함유된 BVB배지에 정식하였다. 실험 2는 2018년 12월에 실시되었으며, 연구기간동안 평균 기온은 15° C이었다. 연구대상식물은 대한민국 진주시 경상대학교 유리온실의 상대습도가 80%인 포깅 벤치에서 10일간 보관한 뒤 10일간 더 재배했다. 실험은 세 번의 반복실험으로 완전히 랜덤화된 설계에 기초하여 수행됐으며 각 반복 당 일곱 개의 런너를 대상으로 하였다. 연구대상식물들은 측정과 시료 채취 하루 전에 위에 언급한 NaHS, HT, 증류수 등을 재처리하였다. 이후 뿌리의 수, 근장, 생체중, 건물중을 측정했다. 뿌리의 건물중은 건조오븐에서 65°C로 3일간 건조시킨 후 측정하였다. 항산화효소인 SOD, GPX, CAT, APX의 활동뿐만 아니라 H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 가용성당, 전분, 단백질 함량을 측정하였다. 데이터를 통계적으로 분석하기 위해 SAS 통계 소프트웨어(릴리즈 8.2, SAS Institute, Cary, N.C, USA)가 통계 분석에 사용되었고, 이어서 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중 범위 테스트( $p \leq 0.05$ )가 실시되었다.

##### 나. 연구결과

###### (1) 실험 1. 딸기 자묘에서 NaHS의 최적 농도

적절한 농도의 NaHS는 딸기자묘의 뿌리 발달을 촉진했다(그림 51A). 근장은 대조구에 비해



0.250, 1.250, 2.500mM NaHS 처리에서 크게 증가했다(그림 51C). 뿌리의 건물중은 1.250 mM NaHS 처리(그림 51D, E)에서 크게 증가했다. 뿌리의 개수와 생체중의 평균값은 각각 2.500 mM NaHS와 1.250mM NaHS 처리에서 가장 높았지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 전반적으로 1.250mM NaHS처리는 뿌리 발달에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 이후 실험을 위한 최적의 농도로 선정되었다.

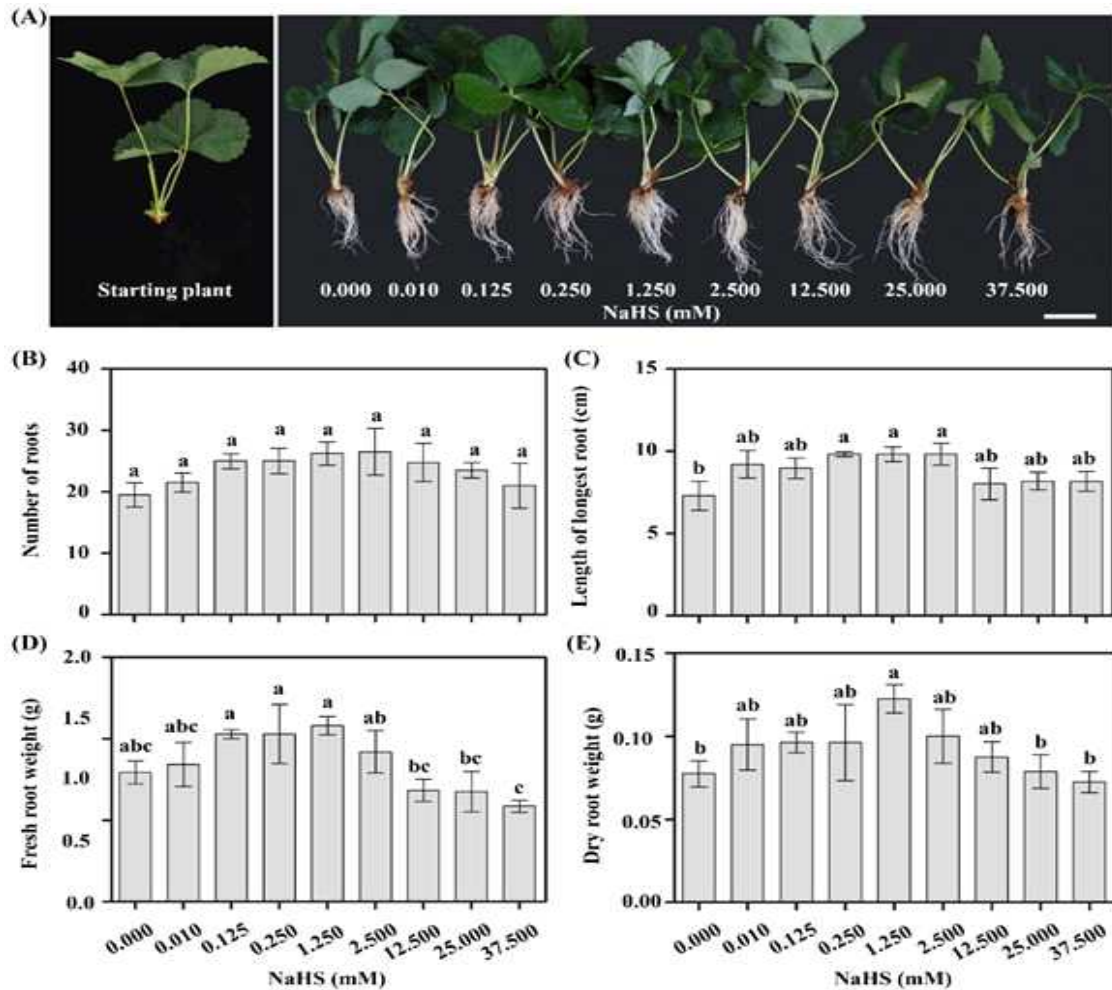


그림 51. NaHS 농도(mM)에 따른 딸기 자료의 형태(A), 뿌리 수(B), 근장(C), 뿌리 생체중(D), 뿌리 건물중(E)의 변화. 각 측정은 NaHS의 처리 20일 뒤 수행하였음. Means accompanied by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test at a 5% significance level. Scale bar = 5 cm.

## (2) 실험 2. H<sub>2</sub>S에 의해 유도된 뿌리 발달

딸기의 자료를 HT, H<sub>2</sub>O, NaHS로 처리하여 H<sub>2</sub>S가 뿌리발달에 미치는 영향을 조사하였다(그림 52A). 딸기자료에서의 H<sub>2</sub>S 함량은 HT 처리와 대조구에 비해 NaHS처리가 더 높았다. NaHS의 처리 농도에 따라 H<sub>2</sub>S 함량에 차이를 보였는데 12.500 mM에 비해 1.250 mM 농도의 처리에서 H<sub>2</sub>S함량이 더 높았다(그림 52B). 결과적으로 H<sub>2</sub>S 함량이 증가함에 따라 뿌리의 생체중, 건물중이 증가하였다. 그러나 HT 및 NaHS처리에서 뿌리의 수와 근장은 대조구에 비해 유의성 차이를 보이지 않았다( $p \leq 0.05$ ; 그림 51A, B).

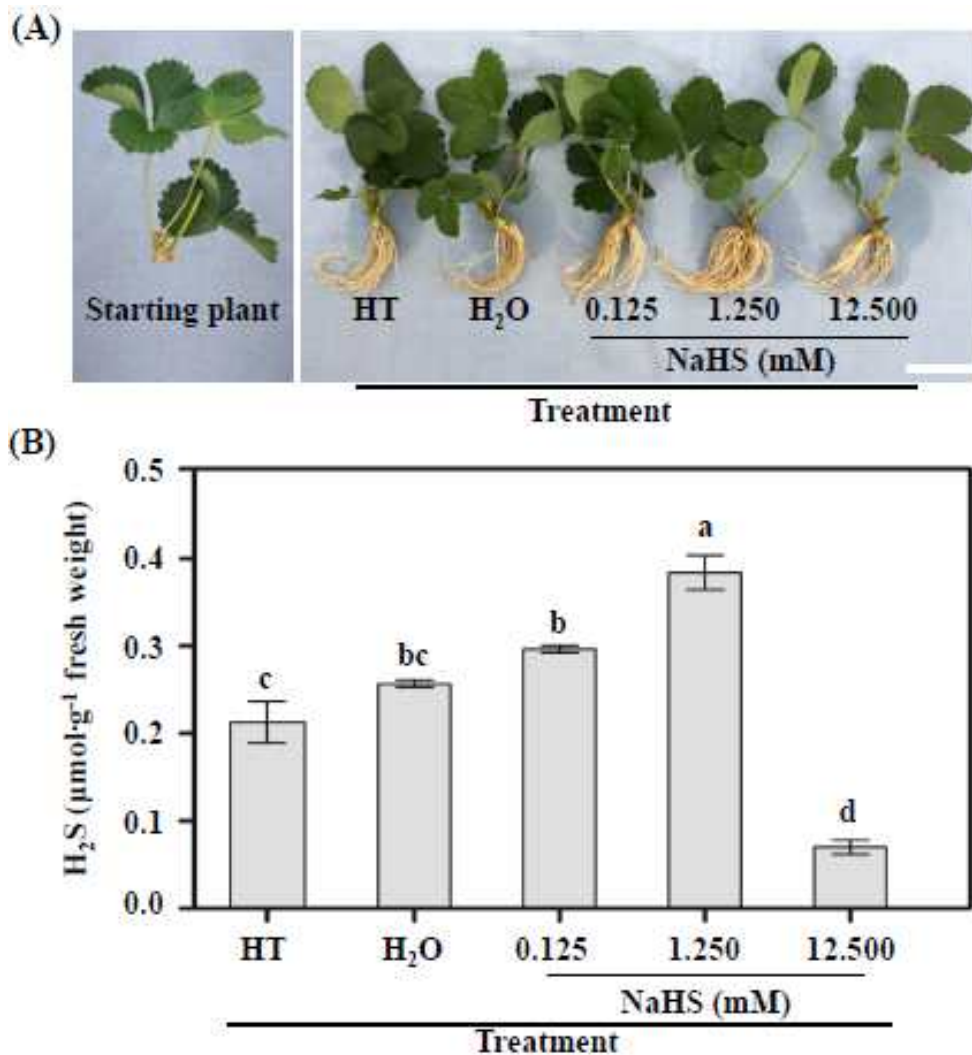


그림 52. HT, H<sub>2</sub>O, NaHS가 딸기 자묘의 형태(A)와 H<sub>2</sub>S 함량(B)에 미치는 영향. 측정은 각각의 처리 20일 뒤 수행함. Means accompanied by different letters are significant differences according to Duncan's multiple range test at a 5% significance level. Scale bar = 5 cm.

가용성당의 함량은 0.125, 1.250 mM NaHS 처리(그림 54A)에서 유의미하게 증가하였다. 딸기 자묘의 뿌리에 있는 전분과 수용성 단백질 함량은 처리들 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다(그림 54B, C).

딸기자묘 뿌리의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량은 0.125, 1.250mM NaHS 처리에서 HT 처리( $p \leq 0.05$ )에 비해 크게 증가했지만 대조구에 비해 유의성 차이는 발견되지 않았다(그림 55).

딸기자묘 뿌리에서의 SOD 활성도는 HT 처리(그림 56A)에 비해 0.125 mM NaHS 처리에서 유의하게 증가하였다. GPX 활성도는 HT 처리에서 가장 높았고 12.500 mM NaHS 처리에서 가장 낮았다(그림 56B). CAT 활성도는 대조군과 비교하여 HT 및 NaHS 처리에서 유의하게 억제되었다(그림 56C). APX 활동은 처리별 유의성 차이는 없었다(그림 56D).

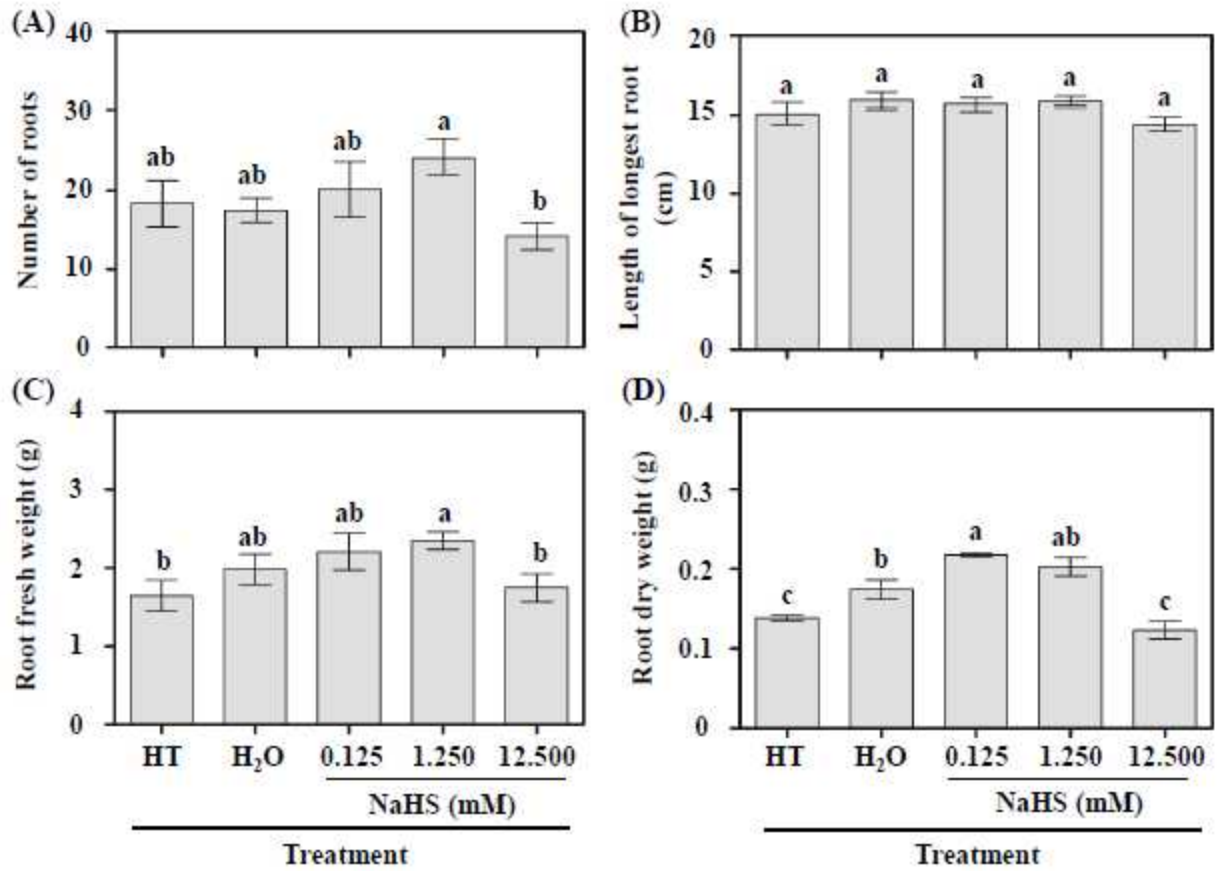


그림 53. 딸기자묘의 뿌리 수(A), 근장(B), 뿌리 생체중(C), 뿌리 건물중(D)에 대한 HT, H<sub>2</sub>O, NaHS의 영향. 측정은 각각의 처리 20일 뒤 수행하였음. Means accompanied by different letters are significant differences according to Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

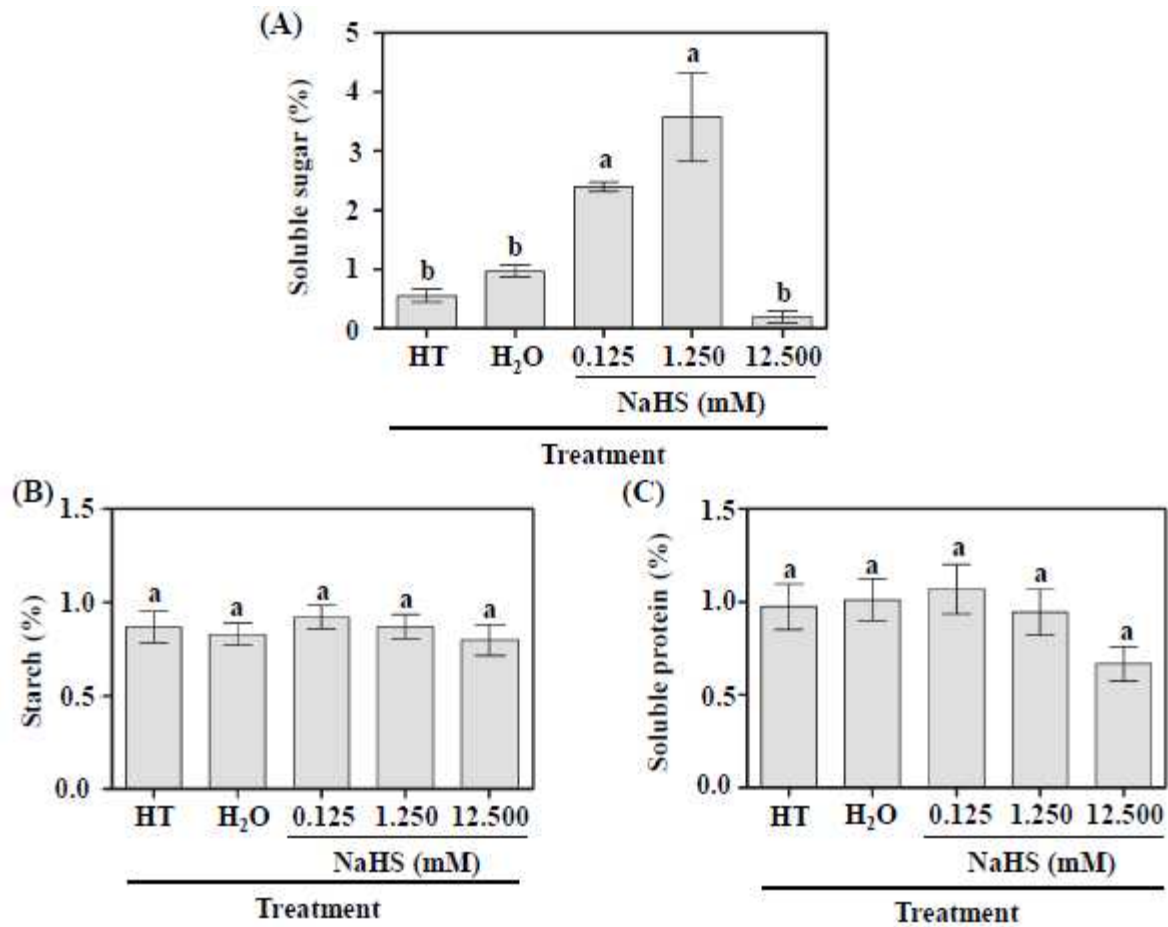


그림 54. HT, H<sub>2</sub>O, NaHS가 쌀기자묘 뿌리의 가용성 당(A), 전분(B), 가용성 단백질(C) 함량에 미치는 영향. 시료는 첫 처리 후 20일 후에 채취함. Means accompanied by different letters are significant differences according to Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

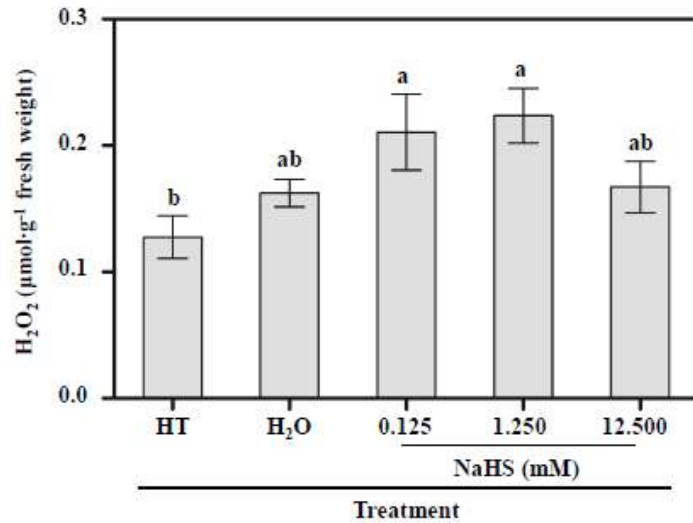


그림 55. 딸기자묘의 뿌리에서 HT, H<sub>2</sub>O, NaHS가 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량에 미치는 영향. 시료는 첫 처리 후 20일 후에 채취하였다. Means accompanied by different letters are significant differences according to Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

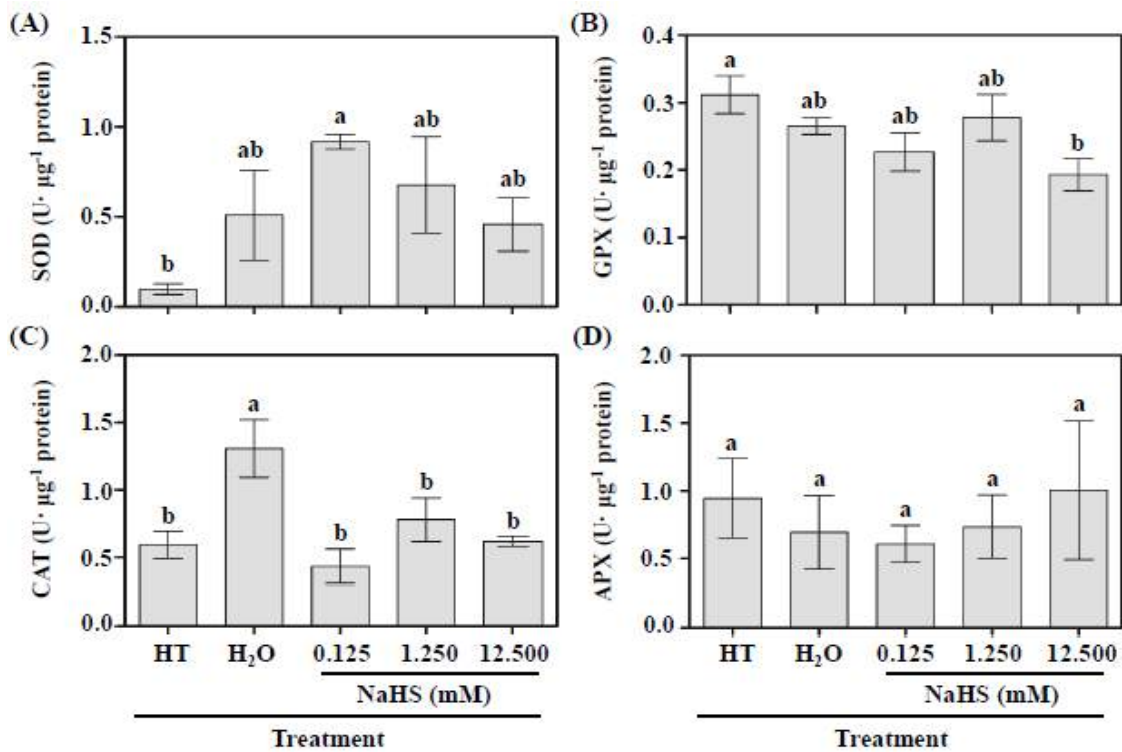


그림 56. 딸기자묘의 뿌리에서 SOD(A), GPX(B), CAT(C), APX(D)의 활성도에 미치는 HT, H<sub>2</sub>O, NaHS의 영향. 시료는 첫 번째 처리 후 20일 후에 채취함. Means accompanied by different letters are significant differences according to Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

## 15. 번식기에서 딸기 식물의 생리와 기공특성 및 성장에 일출 전 보광(SML)의 광질이 미치는 영향

### 가. 연구방법

이번 실험에는 딸기 ‘매향’ (*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Maehyang’)과 ‘설향’ (*Fragaria* × *ananassa* ‘Seolhyang’)의 두 품종을 사용하였다. 서로 비슷한 크기의 런너들은 모주에서 분리되어 BVB(Bas Van Buuren Substrates, De Lier, The Netherlands) 를 채운 21구 트레이에 삼목 후 발근을 위해 포깅터널에 넣었다. 열흘 후 뿌리가 잘 내린 자묘를 꺼내 LED가 설치된 벤로 타입의 연구용 유리온실의 벤치로 옮겼다. 백색(W), 적색(R), 청색과 적색(BR, 1:1), 청색(B) LED(Custom made, SungKwang LED Co., Ltd., Incheon, Republic of Korea)  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  PPF의 강도를 가진 보조광원이 설치되었으며 보조광원이 없는 그룹을 대조구으로 설정했다. 각 처리별 광처리가 서로 간섭이 없도록 벤치 사이에 충분한 공간을 확보하였다. 광도는 최상엽의 높이에 준해서 측정했다(FLA 623 PS, ALMEMO, Holzkirchen, Germany). 휴대용 분광기(Spectra Light ILT 950, International Light Technologies, Inc., Peabody, MA, USA)를 이용하여 각각의 LED의 스펙트럼 분포를 확인했다(그림 57). 타이머를 사용하여 매일 일출 전 2시간 동안 LED로 보광하였다. 실험은 한달동안 지속하였으며, 식물들은 매일 온실 다목적양액을 공급하였다. 주/야간 온도는 25/ 15°C, 상대습도가 70%, 자연광 지속시간은 12시간이었다.

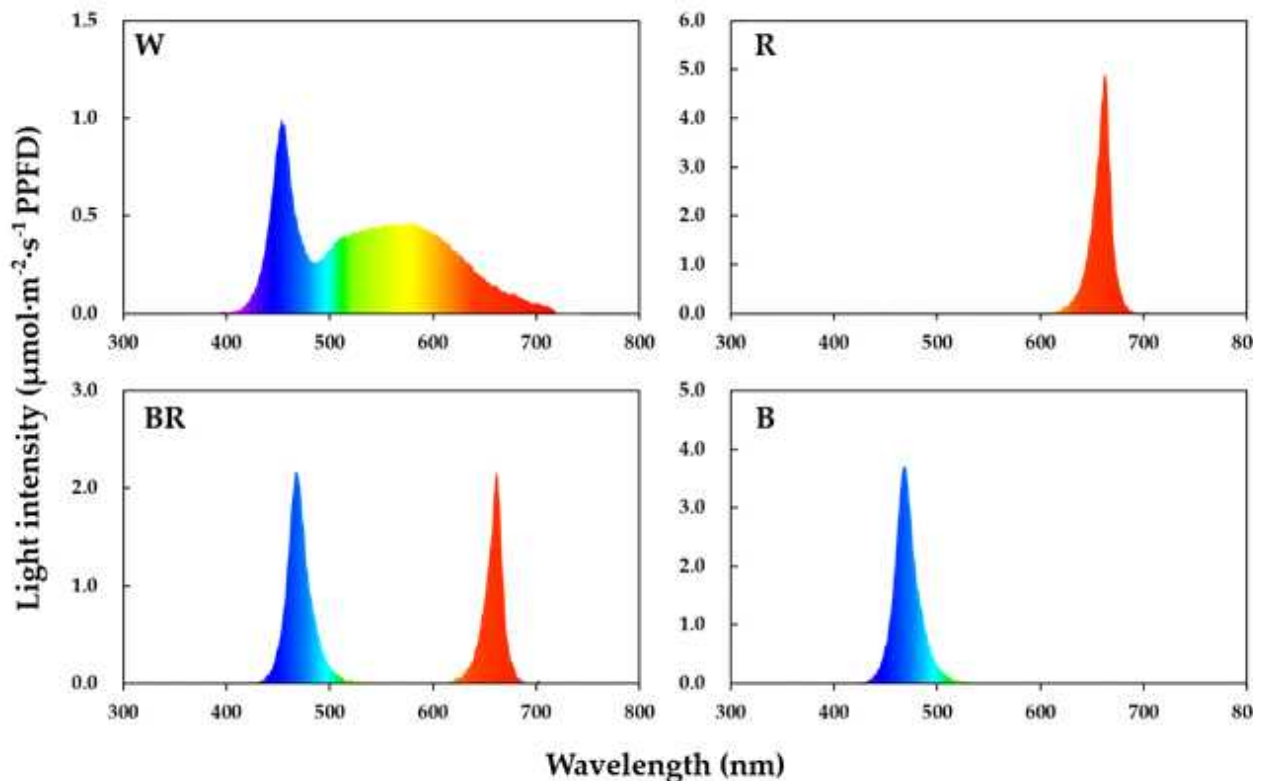


그림 57. 실험에 사용된 일출 전 보광(SML)에 따른 파장의 분포. 휴대용 분광기(Spectra Light ILT 950, International Light Technologies, Inc., Peabody, MA, USA)로 W(백색 LED), R(적색 LED), BR(청색+적색 LED), B(청색 LED)를 측정함.

일출 전 보광(SML) 처리 후 30일 동안 초장, 지상부의 생체중, 건물중, 크라운직경, 엽수, 런너

수, 근장, 지하부의 생체중, 건물중 등의 생육조사를 실시하였다. 잎의 기공은 전계방사주사현미경(SEM)으로 촬영하였으며, 기공 전도도와 가용성 당, 전분, 단백질, 엽록소 a, b도 측정되었다. 위치의 영향을 최소화하기 위해 통제된 환경의 처리위치를 무작위로 배치했다. 처리 방법들 간의 유의성 차이는 SAS 통계 소프트웨어(SAS, V. 9.1, Cary, NC, USA)와 분산 분석(ANOVA)에 의해 결정되었고, Tukey 's test를 수행하였다.

#### 나. 연구결과

SML 광질이 기공의 운동 및 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 SEM으로 관찰하였다(그림 58). 그 결과 대조구에서 기공이 대체로 닫힌 반면, 서로 다른 SML로 처리된 식물의 기공은 대부분 열린 것으로 나타났다. 상이한 SML로 처리된 식물의 기공 크기에는 차이를 보였다(표 42). '매향'의 경우 B SML처리에서 기공의 크기가 가장 컸고, 다음은 BR, R, W SML 순이었다. '설향'의 경우 R, W SML의 처리에서는 기공 크기에 큰 차이가 없었다. 공변세포의 길이와 너비의 측정 결과 SML처리가 공변세포의 너비에 큰 영향을 미치지 않지만 길이에 영향을 미치는 것으로 나타났다. '매향'에서 SML로 처리한 공변세포는 대조구보다 유의하게 길었다. 특히 R과 B SML로 처리한 '설향'의 공변세포가 가장 길었다. SML가 기공 밀도에 미치는 영향은 통계적으로 분석되었다. '매향'의 경우 기공밀도가 B SML로 처리했을 때 가장 높았고, W와 BR SML로 처리했을 때 유의미하게 다르지 않았으며, R SML로 처리했을 때 가장 낮았다. '설향'의 경우, R, BR, B SML로 처리된 식물에서 대조구와 W SML로 처리된 식물에 비해 기공 밀도가 높았다.

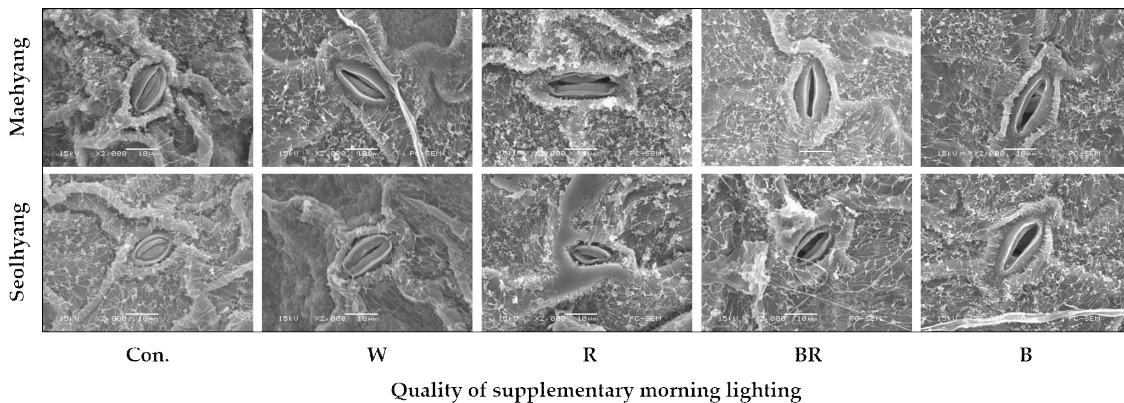


그림 58. 딸기 '매향' 과 '설향' 의 새로운 잎에서 SML 광질에 따른 기공 형태. W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내며, Con.은 SML이 없는 대조구를 나타냄. 시료는 15kV에서 스캐닝 전자현미경으로 관찰하고 촬영함. 잎의 기공을 포함한 표피는 2,000X 배율에서 관찰함.

표 42. SML 광질이 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 의 기공 특성에 미치는 영향 W, R, BR, B는 각각 흰색, 적색, 청색과 적색 혼합(1:1)과 청색 LED를, Con.은 SML이 없는 대조구임.

Cultivar	Light quality	Stomatal density (mm <sup>-2</sup> )	Guard cell size (μm)		Stomatal pore size (μm)
			Length	Width	
Maehyang	Con.	194.3 b <sup>z</sup>	12.3 b	2.4 a	0.0 e
	W	186.2 b	13.7 a	2.6 a	0.2 d
	R	160.6 c	14.2 a	2.4 a	0.8 c
	BR	184.0 b	14.3 a	2.9 a	2.0 b
	B	226.5 a	13.7 a	3.0 a	3.3 a
Seolhyang	Con.	190.5 b	13.0 b	3.1 a	0.0 d
	W	180.0 b	13.6 b	2.9 a	0.6 c
	R	210.0 ab	14.6 a	2.9 a	1.2 b
	BR	236.7 a	12.5 c	2.6 a	3.1 a
	B	200.2 ab	15.4 a	3.2 a	3.4 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns are significantly different according to Tukey’ s multiple range test at  $p = 0.05$ .

BR과 B SML로 처리한 ‘매향’ 식물의 기공 전도도에는 큰 차이가 없었다(그림 59). W와 R SML은 BR 및 B SML에 비해 상대적으로 기공 전도도가 낮았지만, 모든 SML 처리는 대조구보다 기공 전도도 값이 유의하게 높았다. SML 처리 후 엽록소 형광 능력을 측정하여 R, BR, B SML로 처리한 ‘매향’ 은 Fv/Fm에서 유의성 차이가 없는 것으로 확인되었다(그림 60). 이 값은 W SML로 처리한 식물과 대조구의 값보다 유의하게 높았다. ‘설향’ 의 경우 BR과 B SML은 Fv/Fm에 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 그 값은 R과 W SML로 처리된 식물의 Fv/Fm보다 유의하게 높았다. R SML로 처리된 ‘설향’ 은 대조구보다 Fv/Fm가 유의하게 높았다.

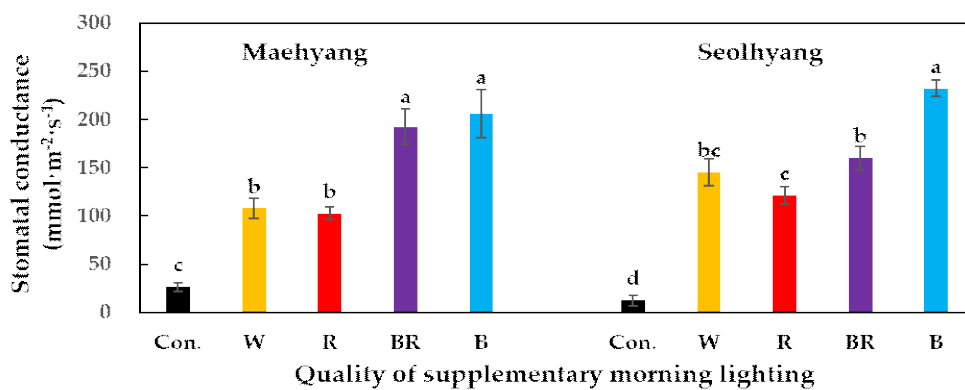


그림 59. SML 광질이 두 딸기 재배 품종의 기공 전도도에 미치는 영향. W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내며, Con.은 SML이 없는 대조구임. Vertical bars are the means  $\pm$  S.E. (n = 3). Mean separation within columns are significantly different according to Tukey’ s multiple range test at  $p = 0.05$ .



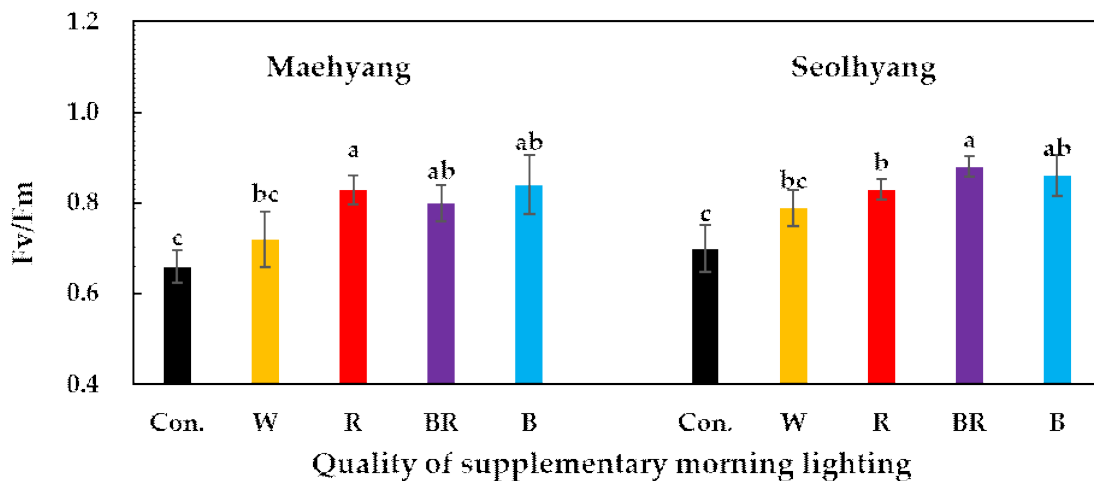


그림 60. SML 광질이 두 딸기 품종의 양자 수율(Fv/Fm)에 미치는 영향. W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내며, Con.은 SML이 없는 대조구를 나타냄. Vertical bars are the means  $\pm$  S.E. (n = 3). Mean separation within columns are significantly different according to 'Tukey' s multiple range test at  $p = 0.05$ .

두 딸기 재배 품종의 생육조사는 SML 처리 30일 후에 측정하였다(표 43). 대조구의 초장은 SML 처리 그룹보다 현저히 길었다. ‘매향’의 경우 B SML에서 신초가 가장 짧았다. ‘설향’의 경우 SML의 광질에 따른 초장의 차이는 거의 없었다. 신초 생체중은 두 품종 모두에서 B SML처리가 가장 높았으며 대조구에서 가장 낮았다. W와 R SML로 처리한 ‘설향’의 생체중은 BR SML로 처리한 생체중보다 낮았고, ‘매향’의 경우 대조구의 신초 건물중이 가장 가벼웠고, B와 BR SML처리에서 가장 무거웠다. B SML로 처리된 ‘설향’ 식물은 건물중이 가장 높았고, BR SML로 처리된 식물이 그 뒤를 이었다. W와 R SML로 처리된 ‘설향’은 세 번째로 신초 건물중이 무거웠는데, 그 값이 크게 다르지 않았다. 크라운 반경은 B SML 처리에서 가장 컸다. 엽수는 두 품종 모두 SML 광질의 영향을 크게 받지 않았으며, ‘매향’의 대조구에서 엽수가 가장 적었다. 근장은 두 품종 모두 모든 SML 처리에서 대조구보다 길었다. 특히 B와 BR SML이 뿌리 길이생장에 가장 효과적이었다. ‘매향’ 품종에서 B와 BR SML처리는 가장 무거운 뿌리 생체중과 건물중을 나타냈다. ‘설향’ 품종에서는 B SML처리가 뿌리 생체중과 건물중을 향상시키는데 효과가 있었다. 또한 서로 다른 SML 광질이 딸기 런너 발달에도 일정한 영향을 미쳤다. ‘매향’의 경우 B, BR, R SML로 처리된 식물은 W SML과 대조구에 비해 런너의 수가 많았다. ‘설향’의 경우 B와 BR SML이 가장 많은 런너가 생성되었고, 대조군은 가장 적은 런너가 생성되었다. R과 W SML로 처리한 ‘설향’의 런너수는 크게 다르지 않았다.

표 43. SML 광질이 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 의 성장과 발달 매개 변수에 미치는 영향 W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내고, Con.은 SML이 없는 대조구를 나타냄.

Cultivar	Light quality	Shoot length (cm)	Shoot FW (g)	Shoot DW (g)	Crown diameter (mm)	No. of leaves	Root length (cm)	Root FW (g)	Root DW (g)	No. of runners
Maehyang	Con.	32.3 a <sup>z</sup>	15.20 d	1.08 c	2.56 d	8 b	20.6 c	24.60 c	1.68 c	2 b
	W	28.3 b	18.52 bc	1.22 b	2.86 c	10 a	22.6 b	32.31 b	1.75 b	2 b
	R	26.9 b	16.52 c	1.16 b	2.94 b	9 a	19.9 c	30.60 b	1.66 c	3 a
	BR	26.4 bc	19.36 b	1.45 a	3.15 ab	10 a	23.5 ab	36.62 a	1.95 a	3 a
	B	24.6 c	20.46 a	1.48 a	3.26 a	10 a	24.8 a	35.80 a	1.84 ab	3 a
Seolhyang	Con.	30.6 a	14.41 d	0.91 d	2.61 b	9 a	18.5 c	26.94 d	1.62 c	2 c
	W	27.5 b	17.38 c	1.23 c	2.84 b	11 a	22.3 b	34.64 b	1.69 c	3 b
	R	27.3 b	16.55 c	1.18 c	2.78 b	10 a	23.6 ab	32.85 c	1.52 c	3 b
	BR	25.9 b	20.25 b	1.52 b	3.29 a	12 a	24.5 a	35.90 b	2.04 b	4 a
	B	26.8 b	21.22 a	1.69 a	3.31 a	11 a	24.8 a	38.70 a	2.21 a	4 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns are significantly different according to Tukey’s multiple range test at  $p = 0.05$ .

30일간의 SML 처리 후 두 딸기 품종의 Dickson 품질지수(DQI)를 비교하였을 때, ‘매향’ 은 B와 BR SML처리에서 현저히 높았고, W와 R SML로 처리된 식물과 대조구가 그 뒤를 이었다 (그림 61).

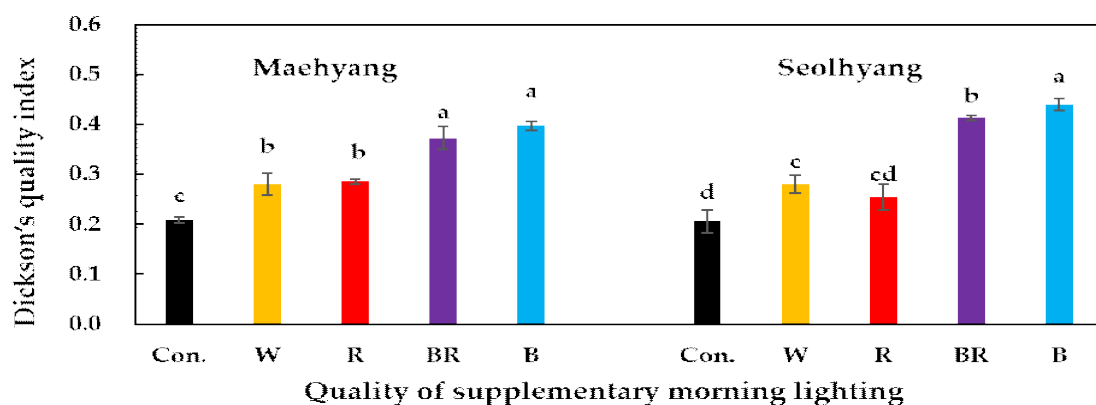


그림 61. SML 광질이 두 딸기 품종의 DQI에 미치는 영향. W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내며, Con.은 SML이 없는 대조구를 나타냄.

Vertical bars are the means  $\pm$  S.E. (n = 3). Mean separation within columns are significantly different according to Tukey’s multiple range test at  $p = 0.05$ .

서로 다른 SML로 처리한 딸기의 잎 내 엽록소 a와 b 함량을 분석하였다(그림 62). 일반적으로 SML처리는 두 품종 모두에서 엽록소 b 함량에 유의한 영향을 미치지 않았다. ‘매향’의 경우 R, BR, B SML이 엽록소 함량을 크게 증가시켰고, ‘설향’ 품종의 경우 W, B, BR SML처리에서 상대적으로 엽록소 함량이 높았다. R SML처리에서 엽록소 함량이 가장 낮았다.

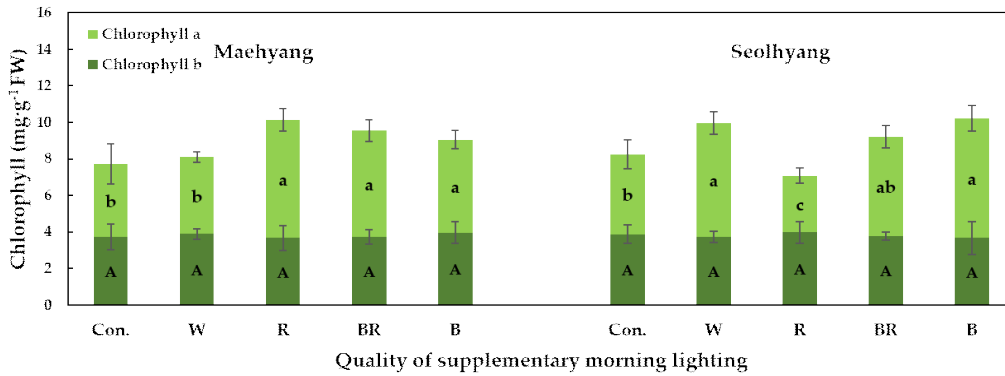


그림 62. 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 잎의 엽록소 a와 b 함량에 대한 SML 광질의 영향 W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내며, Con.은 SML이 없는 대조구를 나타냄. Vertical bars are the means  $\pm$  S.E. (n = 3). Mean separation within columns are significantly different according to Tukey’ s multiple range test at  $p = 0.05$ .

SML 처리는 가용성 당, 가용성 단백질, 전분 등의 함량을 증가시켰다(그림 63). ‘매향’의 경우 B SML로 처리한 식물에서 가용성 당과 전분 함량이 가장 높았다. W, R, BR SML로 처리한 식물의 수용성 당 함량에는 큰 차이가 없었지만, BR SML 처리에서의 전분함량은 W, R SML로 처리된 식물에 비해 높았다. ‘설향’의 경우 B SML 처리에서 가용성 당 함량이 가장 높았다. R과 BR SML 처리에서는 가용성 당 함량에 유의한 차이가 없었으며, 그 값은 W와 B SML 처리에서보다 높았다. R과 BR SML 처리에서 전분함량에는 큰 차이가 없었으며, BR과 B SML처리에서의 전분함량은 W SML 처리보다 높았다. 대조구를 제외하고 SML 처리에서의 수용성 단백질 함량에는 큰 차이가 없었다.

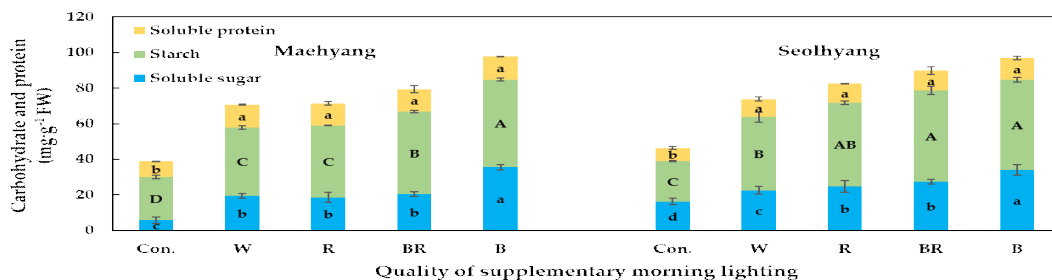


그림 63. SML 광질이 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’의 잎에 있는 수용성 당, 전분, 수용성 단백질 함량에 미치는 영향. W, R, BR, B는 각각 백색, 적색, 청색 및 적색(1:1)혼합 및 청색 LED를 나타내며, Con.은 SML이 없는 대조구를 나타냄. Vertical bars are the means  $\pm$  S.E. (n = 3). Mean separation within columns are significantly different according to Tukey’ s multiple range test at  $p = 0.05$ .

## 16. 딸기 모주에 공급한 규소가 딸기의 고온 스트레스를 완화에 미치는 영향

### 가. 연구방법

본 연구는 딸기의 삼목하는 과정에서 규소의 공급이 고온 및 건조 스트레스를 완화시키는 데 미치는 영향을 조사하기 위해 실시되었다. 딸기 품종 '매향' (*Fragaria* × *ananassa* Duch. 'Maehyang)과 '설향' (*Fragaria* × *ananassa* 'Seolhyang')은 딸기 농장(Sugok-myeon, Jinju, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea)에서 구입하여 2019년 5월 25일 직경 10cm 포트에 BVB 배지(Bas Van Buuren Substrate, EN-12580, De Lier, The Netherlands)를 담은 후 이식하였다. 실험은 2019년 8월 1일부터 경상대학교 연구용 유리온실에서 진행됐다. 딸기묘는 매일 0, 50, 100 mg · L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 가 추가된 양액을 공급받았고, 2개월 후 자묘를 채취했다. 각 처리 별 모주에서 건전하고 균일한 자묘를 선별하여 BVB배지를 채운 21구 트레이(21-Zigpot/21-cell tray, Daeseung, Jeonju, Republic of Korea)에 이식하였다. 뿌리의 유도를 촉진하기 위해 약 2주간 포깅처리(UH-303, JB Natural Co. Ltd., Gunpo, Republic of Korea)를 한 후 2주간 더 유리온실에서 재배하였다. 실험이 진행된 2019년 8월과 10월의 기온과 상대습도는 매일 측정되었다(그림 57). 이후 직경 10cm 화분에 이식하여 성장챔버로 옮기고 300 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> PPF의 광조건으로 명기와 암기를 각각 16 h / 8 h 조건으로 조정했다. 고온 스트레스 처리를 위해 온도를 각각 25, 35 및 45 ° C로 조정하여 48 h동안 유지하였다.

초장, 가장 긴 꽃잎의 길이, 크라운직경, 엽수, 모주 당 런너와 자묘수, 런너와 처음 두 절간의 길이, 엽록소 함량 등을 2019년 10월 1일에 측정하였다. 잎과 런너에서 모두 규소를 비롯한 다량, 미량원소들의 함량을 측정했다. 기공의 특성은 36시간 고온 처리 후 전계주사방사현미경으로 관찰했다. 엽록소 형광 파라미터 Fv/Fm과 스펙트럼 반사 지수를 측정하여 딸기 자묘에 대한 고온 스트레스에 대한 영향을 평가하였다. ANOVA 분석에 의한 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 통계 분석을 실시하였으며, 5% 오차 레벨에서 Duncan의 다중 범위 테스트에 의해 검증되었다. 모든 그래프는 통계 분석 프로그램(SigmaPlot 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 사용하여 작성되었다.

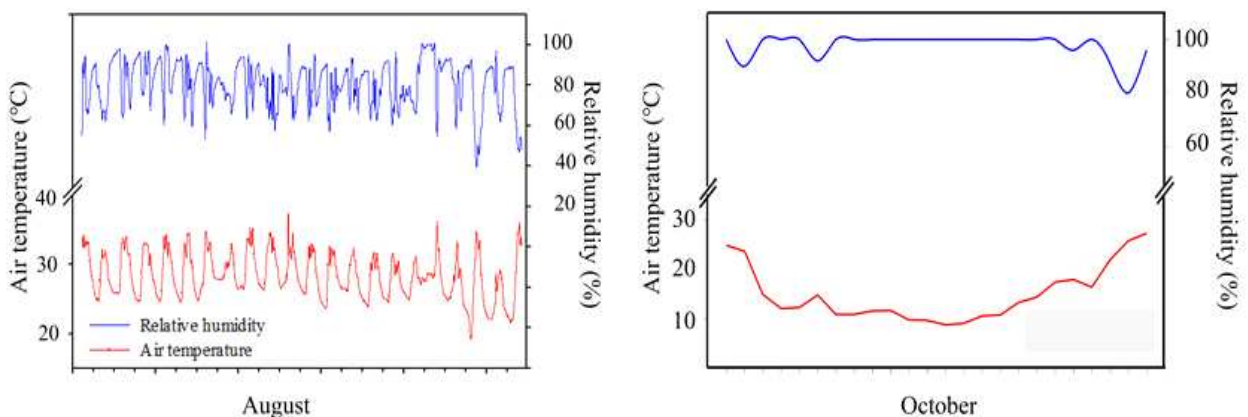


그림 57. 2019년 8월, 유리온실에서의 매일 평균 기온과 상대 습도의 변화.

## 2. 연구결과

규소 전처리에 따라 딸기 모주의 형태에 차이가 나타났다(그림 58). 두 품종 모두 규소 처리 후 런너의 길이가 크게 늘어난 것을 확인할 수 있었다(표 44). ‘설향’ 품종에서는 규소가 처리된 개체에서 식물체의 길이와 처음 두 절간의 길이가 길어졌고, ‘매향’ 품종에서는 모주당 자묘의 수가 증가하였다. 그러나 두 품종 모두 규소가 처리된 개체에서 엽록소 함량이 감소하였다. 다른 성장지표들에서는 규소의 처리에 따른 차이가 나타나지 않았다.

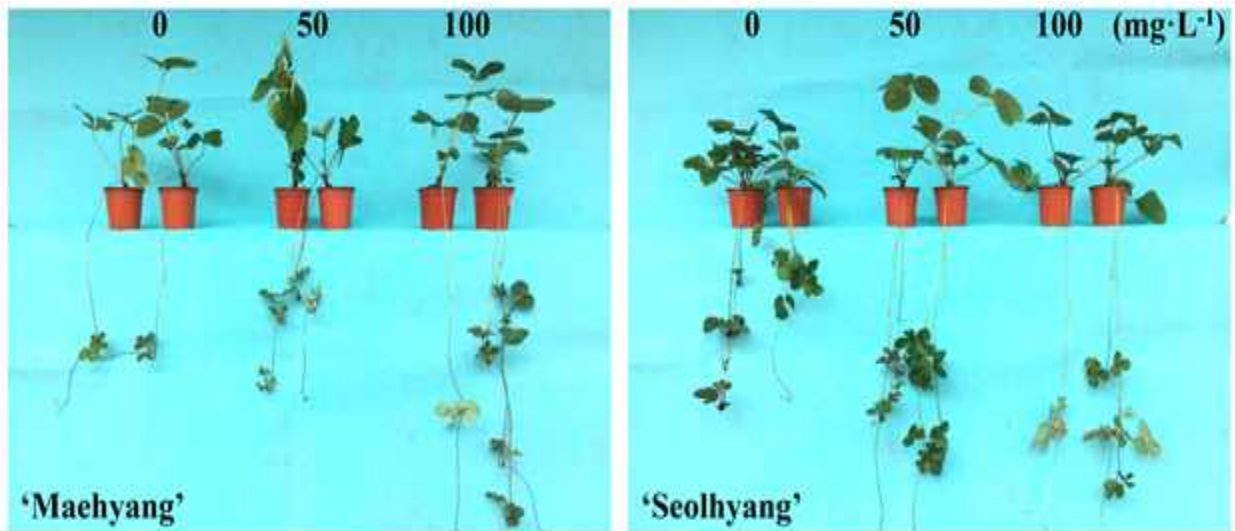


그림 58. 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 에서 규소의 농도가 런너의 성장과 자묘의 생산에 미치는 영향.

앞과 런너의 규소함량은 규소로 처리한 후 두 품종 모두에서 크게 증가했다. ‘매향’ 품종에서  $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{SiO}_3$ 로 처리한 런너에서 규소 농도가 가장 높았다(그림 59).

표 44. 딸기 ‘매향’ 과 ‘설향’ 의 성장에 대한 규소농도의 영향

Cultivar (A)	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (mg · L <sup>-1</sup> ,B)	Plant height (cm)	Longest petiole length (cm)	Crown diameter (mm)	No. of leaves	No. of runners/Plant length (cm)	Runner length (cm)	First-two internode length (cm)	No. of daughter plants/Plant	SPAD
Maehyang	0	33.2 a <sup>z</sup>	23.2 a	10.3	5.8	0.6 a	44.4 b	33.8 ab	1.2 b	42.1 a
	50	33.0 a	23.1 a	10.3	5.5	0.3 b	49.3 b	30.3 b	1.7 ab	36.7 b
	100	32.4 a	23.6 a	10.8	5.7	0.5 ab	89.6 a	45.0 a	2.3 a	39.1 b
Seolhyang	0	24.5 b	18.1 a	10.3	6.5	1.3 a	47.3 b	26.5 b	3.2 a	44.9 a
	50	30.8 a	21.6 a	9.7	6.5	0.8 b	79.5 a	44.4 a	3.0 a	39.8 ab
	100	32.3 a	21.6 a	10.6	6.8	1.1 ab	106.5 a	51.9 a	3.8 a	36.1 b
F-test <sup>y</sup>	A	*	*	NS	NS	***	*	NS	***	NS
	B	NS	NS	NS	NS	**	***	***	*	*
	A×B	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS

Data were represented by the mean ± standard error.<sup>z</sup>Letters represent significant differences according to Duncan’ s multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>y</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* represent non-significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

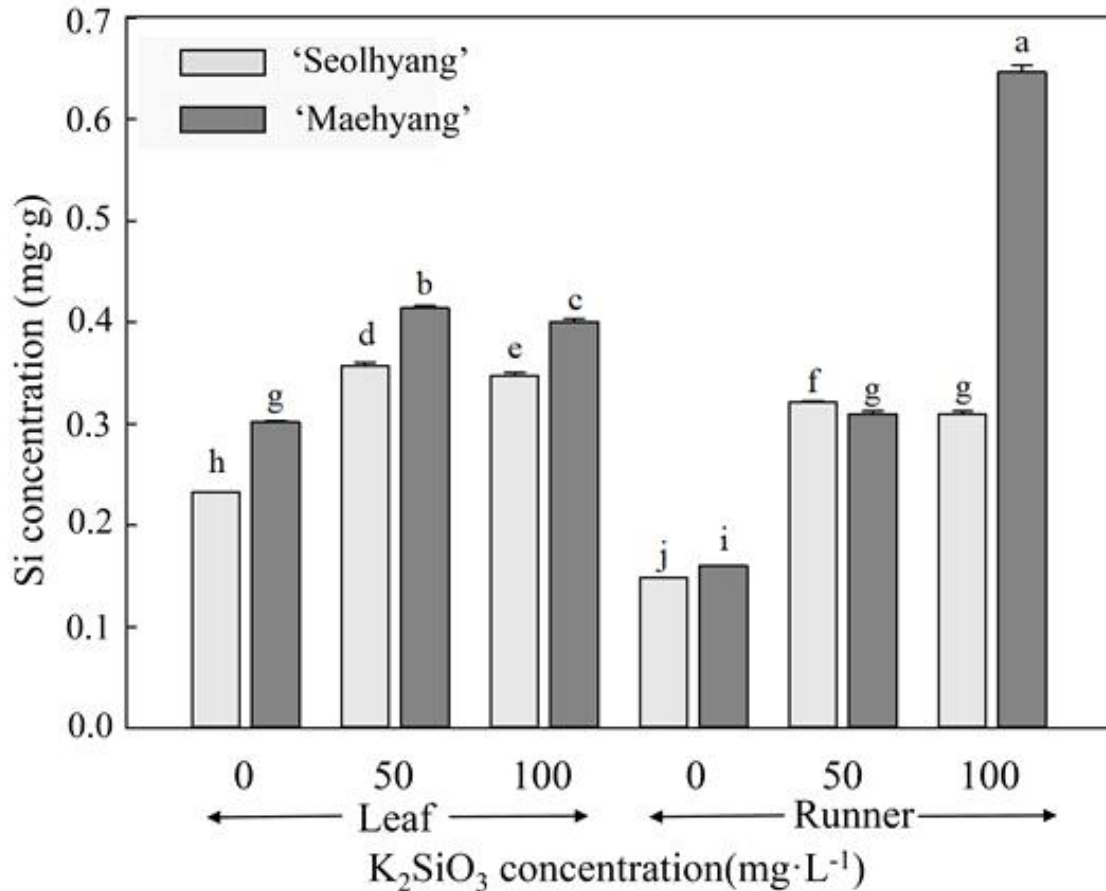


그림 59. 규소 처리 농도에 따른 딸기 ‘매향’, ‘설향’ 품종의 잎과 런너의 규소 농도. 규소의 농도는 외생적 적용에 의해 영향을 받음.

기공은 대부분의 고등 식물의 표피 표면에서 다량으로 발견되는 미세한 조직이다. 기공은 공변세포 쌍으로 구성되어 있으며, 가스교환의 역할과 적절한 증산작용을 하지만 과도한 수분 손실을 제어하는 관문 역할을 한다. 기공의 개구부는 각각 광합성에 필수적인 이산화탄소 흡수율과 증산으로 인한 수분 손실을 조절하여 식물 성장을 촉진시킨다. 처리된 ‘매향’은 공변세포와 기공의 길이가 대조구에 비해 길어진 것을 확인했다(그림 60). 100 mg·L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>로 처리한 딸기의 기공은 뚜렷한 외관을 보였으며, 대조구에 비해 고온에서 손상을 덜 입었다. 규소는 딸기 ‘설향’에서도 고온 스트레스에 대한 손상을 완화했다(그림 61). 그러나 ‘설향’ 품종에서는 규소처리에 대한 기공의 길이의 변화는 적었다.

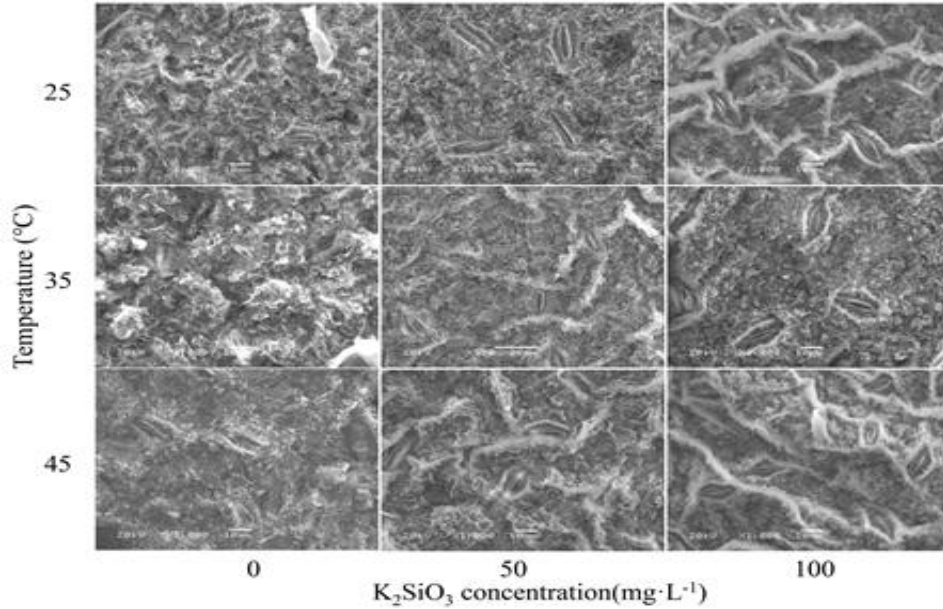


그림 60. ‘매향’ 품종의 쌀기 자료에 대한 고온 스트레스 36시간 후 기공의 모습.

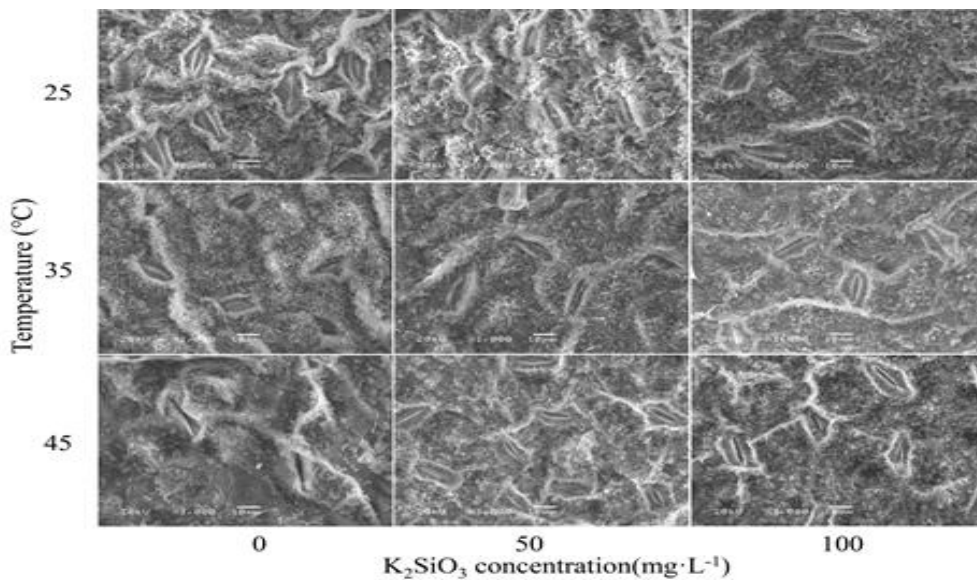


그림 61. ‘설향’ 품종의 쌀기 자료에 대한 고온 스트레스 36시간 후 기공의 모습.

엽록소 형광 파라미터  $F_v/F_m$ 은 광시스템 II(PSII) 광화학의 최대 양자 효율을 반영하며, 식물에서 초기 스트레스 검출에 널리 사용되어 왔다. 본 연구에서 고온 스트레스 및 규소의 공급은 두 품종 모두에서  $F_v/F_m$ 의 값에 영향을 미치지 않았다(그림 62A와 63A). 광화학 반사 지수(PRI)는 고등 식물의 잎에서 광합성 성능을 잘 추정하는 지표로 사용되어 왔다. PRI 값은 규소 처리된 쌀기 ‘매향’이 고온스트레스 상황에서 증가하였다(그림 62B). 건조한 상태와 습한 상태 사이의 변화를 가장 민감하게 반응하는 지표는 MCARI(반사지수)로 측정된 엽록소 흡수였다. MCARI의 값은 규소 처리 후 45°C 이하의 고온스트레스에 노출된 ‘매향’ 품종에서 증가하였고, ‘설향’에서 감소하였다(그림 62D, 63D).



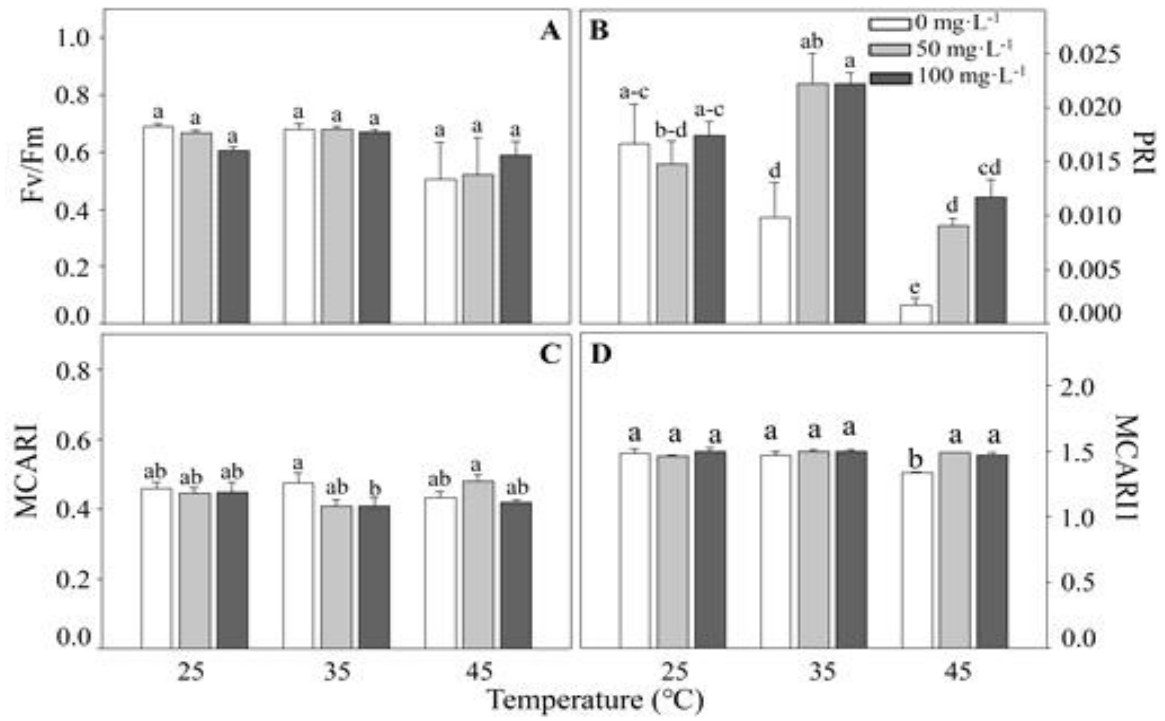


그림 62. '매향'의 자묘에 대한 고온 스트레스 36시간 후 스트레스 지수.

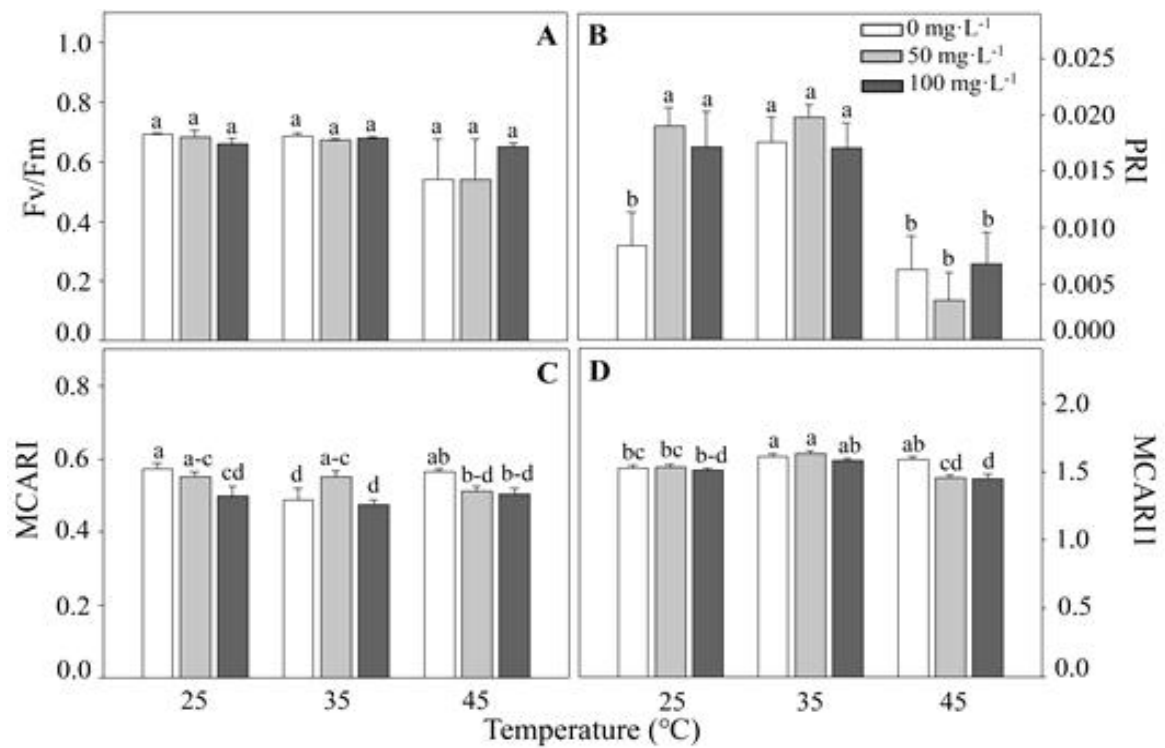


그림 63. '설향'의 자묘에 대한 고온 스트레스 36시간 후 스트레스 지수.

## 17. 수출 딸기 ‘매향’의 건전묘 생산 기술 매뉴얼 작성

### 가. 연구방법

본 연구는 1-5차년도에 걸쳐 연구된 ‘매향’ 딸기의 건전묘 생산 기술의 핵심 내용을 정리하고 농가 현장에 보급하기 위해 작성되었다. 수출용으로 국내에서 주로 재배되고 있는 ‘매향’ 딸기를 대상으로 ‘생장조절제의 종류와 농도에 따른 시설 딸기 ‘매향’의 런너 발생 촉진’, ‘시설 딸기 ‘매향’의 런너 발생 촉진을 위한 성장조절제 최적농도와 횡수 구멍’, ‘저면관수시스템을 이용한 딸기 ‘매향’ 육묘시 무기양분 관리 기술’, ‘공중삼목 번식을 위한 환경조절기술 개발’, ‘육묘기 ‘매향’ 딸기의 EC 수준 처리에 따른 자묘 발생 부위별 묘소질 비교’, ‘육묘기 ‘매향’ 딸기의 지베렐린 처리에 따른 자묘 발생 부위별 묘소질 비교’, ‘육묘기 ‘매향’ 딸기의 prohexadione-calcium 처리에 따른 자묘 발생 부위별 묘소질 비교’, ‘육묘기 화아분화 유도를 위한 적정 양분공급 기간 구멍’, ‘딸기 품종과 육묘방법에 따른 딸기 묘의 후기 생육과 과실 품질 및 수량 비교’, ‘IBA 처리방법과 농도에 따른 딸기 ‘매향’의 측아 발생 억제와 런너 발생 및 자묘 생육’, 그리고 ‘자묘의 화아 분화 촉진을 위한 ‘매향’ 딸기 육묘기 양분 재공급 기간 구멍 연구’에 대한 결과의 분석, 데이터베이스 구축, 표와 그래프 작성, 집필, 편집, 그리고 전문가 자문 및 검토를 거쳐 매뉴얼을 작성하였다.

### 나. 연구결과

수행된 연구결과를 바탕으로 수출 딸기 ‘매향’의 건전묘 생산 기술의 적용을 위한 매뉴얼을 제작하였으며 성장조절제 처리 및 환경조절기술 등에 대한 ‘매향’ 딸기의 생육 반응 결과를 기술하였다. 제작된 매뉴얼을 딸기 농가 교육, 딸기 마이스터 과정 교육 등을 위한 보조교재와 안내서 및 교육용 교재로 이용하여 딸기 건전묘 생산 기술 보급과 홍보에 활용할 예정이다.

## [제1협동] 불량환경 대응 수출딸기 재배기술 및 품질평가 방법 확립

### 1. 불량환경 대응 수출딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발

#### 1-1. 이상 저온 조건이 딸기의 생육, 수량 및 생리활성 성분에 미치는 영향

##### 가. 연구목적

딸기에 함유되어 있는 생리활성 물질의 성분 변화를 관측하기 위해 비배관리에서부터 저장 및 유통에 이르기까지 다양한 연구가 있었으나 생육온도가 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향을 구명한 연구는 없었다.

본 연구는 시설 딸기재배에서 저온이 딸기의 생육과 수량, 품질 및 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향을 구명하여 고품질의 딸기를 생산하기 위한 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

##### 나. 재료 및 방법

#### (1) 이상 저온이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

본 시험에 사용된 딸기품종은 '설향'과 '매향'(Fragaria ananassa Duch. cv. Seolhyang and Maehyang)이었다. 시험은 2015년 5월부터 2016년 5월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산50번지)의 고설벤치 베드에서 수행하였다. 이상저온이 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향을 분석하기 위해 생육적온인 20℃, 생육적온보다 2.5℃ 낮은 17.5℃ 및 생육적온보다 5℃ 낮은 15℃로 온도환경을 설정하여 재배하였다.

육묘하여 본엽이 4장 전개된 육묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충전된 포트에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트(길이 60cm × 길이 25cm × 높이 30cm)당 3주의 식물체를 정식하였다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회에 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7이었으며, EC는 1.5dS.m<sup>-1</sup>였다.

생육조사는 포트에 딸기를 정식한 후 30일, 60일, 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복당 10주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중, 건물중을 조사하였다.

딸기 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기는 3g 이상의 크기로, 속도가 균일한 딸기를 대상으로 sampling 하였다. 생산성 검정을 위해 수확한 딸기의 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정된 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 100(redness), -800(greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness)으로 수치화하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정된 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratableacidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

#### (2) 이상 저온이 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향

딸기의 생리활성 물질을 분석하기 위해 사용된 딸기는 ‘설향’과 ‘매향’ 품종이었다. 이상 저온 이 딸기의 생리활성에 미치는 영향을 조사하기 위해 생육온도를 15°C, 17.5°C 및 20°C에서 재배하여 수확한 딸기를 동결 건조하여 분말 0.5g을 각각 15mL conical tube에 넣었다. 각각의 샘플이 담긴 conical tube에 50% EtOH를 10ml을 첨가하여 시료와 잘 섞이게 흔든 다음 1시간 동안 sonication(4020P, KODO Technical Research Co., Ltd. Hwaseong-City, Gyeonggi-Do. Korea)을 시킨 후 3,000rpm에서 10분 동안 centrifuge(HA-300, Hanil Science Industrial Co., Ltd. Incheon, Korea) 하였다. Centrifuge한 tube의 상등액을 50mL conical tube에 따라내는 방법을 3회 반복하여 최종 volume을 50ml가 되도록 조정하였다. 그 중 5mL를 0.45µm membrane filter(SLLHH25NK, Merck Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 HPLC 분석용으로 사용하였다.

딸기의 주요 생리활성 성분의 함량을 분석하기 위하여 High-Performance Liquid Chromatography(HPLC)를 이용하였다. HPLC는 Agilent 1100 series를 사용하였고, column은 Luna-C18(250 × 4.6mm I.D.; 5µm particle size, Phenomenex, Torrance, CA, USA), 이동상은 0.025% formic acid in distilled water : Acetonitrile로 모두 HPLC grade(Fisher, Fair lawn NJ, USA)를 사용하였으며, 유속 0.5mL/min, 검출기 PDA 254nm의 조건으로 분석하였다(Table 1.1).

딸기의 주요성분에 대하여 회귀직선식, 검출한계 및 정량한계를 확인하였다. 회귀직선식은 표준용액을 조제한 후, 그 표준용액을 5단계 이상 희석하여 각 농도 범위에서  $y=ax+b$ 의 형태로 시료함량(X)과 피크 면적(Y)의 회귀직선식(calibration curve)을 작성하였다. 회귀직선식은 상관계수  $r^2$ (correlation coefficient)로 평가하였다. 검출한계(Limits of Detection, LOD)는  $3.3\sigma/S$ 의 식에 의해서 계산하였으며,  $\sigma$ 는 반응의 표준편차를, S는 검량선의 기울기를 말한다.

딸기 추출물의 생리활성 성분의 함량을 분석하기 위하여 사용된 표준물질은 cyanidin-3-glucoside(Biopurify phytochemicals Ltd. Chengdu. Sichuan China), cinchonine(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), ellagic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), fisetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), cinnamic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)등 6종 이었다.

Table 1.1. Chromatographic conditions for the determination of biological active compounds in strawberry fruits

Parameters	Values
Instrument	Agilent 1100 series
Solvent	0min B 0%, 28min B 100%, 35min B 100%, 45min B 20%
A	0.025% formic acid in distilled water
B	Acetonitrile
Column	Luna C18 (2) column (Phenomenex, 250 x 4.6mm ID : 5µm)
Run time	60min
Flow rate	0.5mL/min
Detector	PDA 254, 260, 320nm (slit with = 4)
Column temp.	30°C

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 이상 저온이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

시설 딸기 재배에서 저온현상은 작물의 생육부진과 이로 인한 기형과 및 병해 발생을 초래하여 생산량 감소의 원인이 되고 있는 실정이다. 따라서 저온에서 시설딸기의 안전재배를 위한 기초자료를 얻고자 저온조건이 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향을 분석하였다. Table 1.2 및 Fig. 1.2는 딸기의 생육적온으로 알려져 있는 20℃를 기준하여 2.5℃ 낮은 17.5℃와 5℃ 낮은 15℃에서 재배하여 시기별 생육을 조사한 결과이다.

딸기를 생육적온인 20℃에서 재배하면 엽수와 엽면적, 엽장, 엽직경 및 초장 등 전반적인 생육이 저온인 17.5℃나 15℃보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다. 생육온도에 대한 생육반응은 품종에 따라 차이가 있었으며 ‘설향’에서는 15℃에서 생육억제 현상이 심하였으나, ‘매향’은 저온에 대한 생육억제 정도가 ‘설향’ 보다는 낮았다. 따라서 ‘매향’이 ‘설향’보다 저온 신장성이 강한 품종이었다(Kim et al., 2008).

딸기의 생육적온인 20℃에서는 전 생육기간 동안 생육이 가장 좋았고, 15℃에서는 생육이 억제되는 정도가 높았다(Table 1.2). 엽면적의 경우 20℃에서 90일간 재배된 ‘설향’의 엽면적은 952cm<sup>2</sup>였으나 15℃에서는 796cm<sup>2</sup>에 불과하였다. ‘매향’ 또한 20℃에서는 엽면적이 783cm<sup>2</sup>였지만 15℃에서는 583cm<sup>2</sup>로 저온조건에서는 엽면적이 감소되었다. 또한 엽장, 엽폭 및 초장도 20℃에서 가장 좋은 생육을 보였다.

‘설향’ 및 ‘매향’ 품종 모두 생육온도에 따라 생체중과 건물중에는 큰 차이를 보였다. 20℃에서 재배된 딸기는 전 생육 기간 동안 저온인 15℃에 비해 생체중과 건물중이 높았다. 이와 같이 딸기는 20℃에서는 건전한 생육이 유지되었으나 15℃에서는 두 품종 모두 생육이 저하되었다(Table 1.3).

최근 전 세계적으로 확산되고 있는 이상기후 등 불량환경은 우리나라 주요 시설채소인 딸기에서도 큰 피해가 예상된다. 딸기재배에서 이상저온이 수량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.4에서 나타내었다.

‘설향’ 및 ‘매향’ 모두 20℃보다 생육온도가 낮을수록 딸기의 수량이 적었고, 과중도 낮았다. 20℃에 재배한 ‘설향’은 주당 60개의 딸기를 생산하였으나 17.5℃에서는 27개로 수량이 낮아졌고 15℃에서는 12개에 불과하였다. ‘매향’은 저온에 의한 과일 생산량 감소율이 ‘설향’보다 뚜렷하지 않았으나 20℃에서는 주당 39개의 과일이 생산되었다. 반면 15℃에서는 주당 과일 생산량이 20개로 감소하였다. 또한 딸기의 과중은 두 품종 모두 생육온도에 따라 차이가 있었으며, 20℃ 재배는 저온인 15℃나 17.5℃에 비해 과중이 높았다. 반면 과실의 길이와 직경은 생육온도에 의한 뚜렷한 차이는 없었다. 딸기재배에서 15℃의 저온은 20℃에 비해 수량성이 감소하였다(Table 1.4 and Fig. 1.2).

작물의 담과 능력은 수량을 좌우하는 지표로써 식물체가 강건할수록 담과 능력은 커진다. 작물은 생육적온에서는 생육이 왕성하여 담과 능력이 향상되지만 불량조건에서는 전반적인 생육이 저하되어 담과 능력이 감소한다. 영양생장과 생식생장을 병행하는 딸기에서 저온에 의한 생육저하는 담과 능력에 영향을 주어 딸기의 생산량이 감소한 것으로 판단된다(Heo et al., 2013; Park et al., 2014).

Table 1.2. The effect of low temperature on leaf number, leaf area, leaf length, leaf diameter, plant height and root height of strawberry plants.

Cultivar	Temp. (°C)	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf diameter (mm)	Plant height (cm)	Root height (cm)
<i>30 days after transplanting</i>							
Seolhyang	15.0	19.50	472.01	8.00	6.97	19.82	27.00
	17.5	18.50	480.41	8.22	6.13	18.42	27.50
	20.0	21.00	609.80	8.88	7.19	20.05	30.00
	LSD <sup>z</sup>	NS	45.22	0.28	0.21	1.31	NS
Maehyang	15.0	18.00	424.71	7.67	6.37	17.20	27.00
	17.5	17.67	375.24	7.22	5.17	17.45	23.00
	20.0	20.00	450.97	7.52	5.33	18.87	27.50
	LSD	1.20	43.12	NS	NS	0.78	NS
<i>60 days after transplanting</i>							
Seolhyang	15.0	23.00	640.82	8.76	7.74	21.78	27.90
	17.5	24.60	791.57	8.42	6.42	20.00	30.50
	20.0	24.00	897.12	8.98	7.90	22.10	36.40
	LSD	NS	45.21	0.43	0.23	1.11	1.15
Maehyang	15.0	19.80	536.03	7.80	5.92	20.16	21.10
	17.5	20.00	547.73	7.62	5.38	18.66	24.30
	20.0	20.00	589.34	7.72	5.86	21.80	28.50
	LSD	NS	36.78	NS	NS	1.14	NS
<i>90 days after transplanting</i>							
Seolhyang	15.0	23.00	796.70	9.52	7.87	28.83	29.50
	17.5	26.67	833.16	8.70	6.52	24.98	34.50
	20.0	24.83	952.95	10.37	8.72	29.50	39.50
	LSD	NS	56.23	0.47	0.35	1.35	2.32
Maehyang	15.0	23.83	583.23	8.22	6.67	24.43	24.60
	17.5	26.33	767.46	7.98	5.40	29.20	24.70
	20.0	24.33	782.96	9.98	7.93	30.42	38.80
	LSD	NS	78.23	0.39	0.63	1.15	2.24

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

Table 1.3. The effect of low temperature on fresh weight and dry weight of strawberry plants.

Cultivar	Temp. (°C)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>							
Seolhyang	15.0	18.00	4.98	22.90	2.91	0.69	3.60
	17.5	17.62	4.17	21.79	2.90	0.48	3.38
	20.0	22.02	6.10	28.12	3.61	0.74	4.35
	LSD <sup>z</sup>	1.37	0.87	2.23	0.31	0.31	0.35
Maehyang	15.0	18.16	6.12	24.28	3.13	1.08	4.21
	17.5	19.87	5.98	25.85	3.51	0.89	4.40
	20.0	22.84	6.14	28.98	3.82	1.11	4.93
	LSD	1.23	NS	2.43	0.31	NS	0.32
<i>60 days after transplanting</i>							
Seolhyang	15.0	24.17	6.25	30.42	4.02	0.93	4.95
	17.5	27.87	8.78	36.65	4.71	0.96	5.67
	20.0	27.43	11.79	39.22	5.70	1.50	7.20
	LSD	1.44	3.23	2.44	0.80	0.30	0.72
Maehyang	15.0	23.30	7.36	30.66	3.72	1.23	4.95
	17.5	30.75	6.65	37.40	4.50	1.50	6.00
	20.0	29.95	7.48	37.43	4.12	1.73	5.85
	LSD	1.35	0.89	2.43	0.50	0.40	0.43
<i>90 days after transplanting</i>							
Seolhyang	15.0	31.44	6.75	38.19	6.02	0.97	6.99
	17.5	35.53	9.18	44.71	6.48	1.20	7.68
	20.0	34.98	13.42	48.40	6.57	1.95	8.52
	LSD	1.23	3.42	3.52	0.29	0.24	0.32
Maehyang	15.0	34.50	8.34	42.84	4.28	1.78	6.06
	17.5	34.86	7.15	42.01	6.28	1.61	7.89
	20.0	35.61	6.67	42.28	5.78	1.63	7.41
	LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

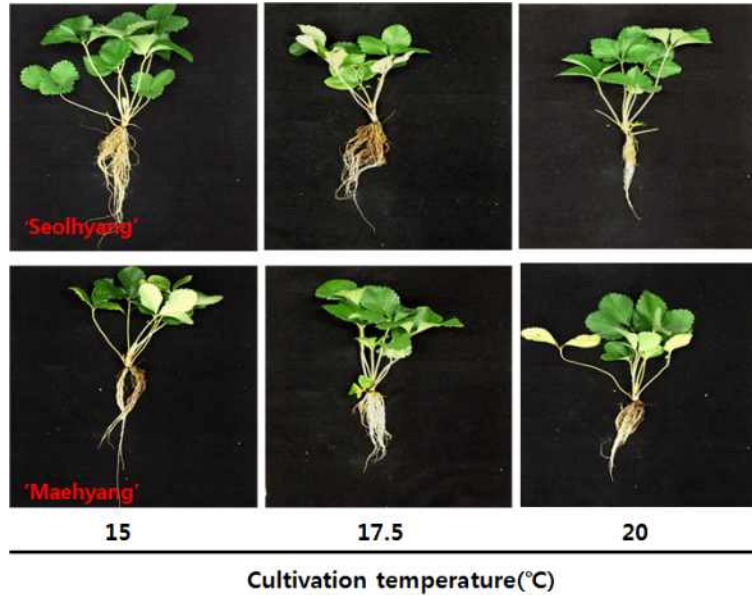


Fig. 1.1. Changes in growth as affected by cultivation temperature of strawberry plants at 30 days after transplanting.

이상의 결과로 딸기는 비교적 저온에 강한 작물이지만 극단적인 저온은 낙뢰, 낙화, 수정불량, 기형과 발생 등에 의해 딸기의 생육 및 수량성을 저하시키는 요인으로 작용하였다. 생육온도는 딸기 생육뿐만 아니라 품질에도 차이를 일으킨다. 20°C에서 재배한 ‘설향’ 딸기 과실의 Hunter L 값은 45.1였고 15°C에서 재배한 딸기의 과실은 44.4로 생육온도에 의해 과실의 밝기를 뜻하는 Hunter L 값은 뚜렷한 차이가 없었고, 적색 및 황색을 뜻하는 Hunter a, b 값도 생육온도에 의해 큰 차이가 없었다. 그러나 딸기 과실의 경도는 품종에 따라 반응이 달랐다. ‘설향’ 딸기 품종은 과실의 경도가 2.62–2.90N의 보여 생육온도에 따라 과실의 경도에는 유의적인 차이는 없었다. 반면 ‘매향’은 20°C의 생육적온에서 재배한 딸기에서 과실의 경도가 2.58N으로 가장 높았다. 과실의 당도는 두 품종 모두 20°C에서 재배한 딸기에서 높았다. 20°C에서 재배한 ‘설향’은 과실의 당도가 8.1°Brix였으며, ‘매향’은 9.5°Brix였는데, 이는 15°C에 비해 ‘설향’은 0.8°Brix, ‘매향’은 1.5°Brix 높았다. 반면 과일의 산도는 생육온도에 관계없이 ‘설향’에서는 0.65–0.75%였으며, ‘매향’은 0.60–0.74%로 생육온도에 따른 차이는 없었다. 당산비는 전반적으로 생육적온인 20°C에서 재배한 딸기 과일에서 높게 나타났다. 따라서 딸기는 생육온도에 따라 품질에도 차이가 있었으며, 생육적온인 20°C에서는 균형적인 영양생장과 생식생장이 전개되어 딸기의 생산성이 높았고 품질도 높았던 것으로 판단된다. 반면 산도는 생육온도에 따른 차이는 없었고, 당산비는 전반적으로 생육적온에서 재배한 딸기에서 높게 나타났다. 따라서 딸기는 생육온도에 따라 생육 및 품질에도 차이가 있었으며, 생육적온인 20°C에서는 균형적인 안정적인 생육과 생식생장이 전개되어 딸기생산성이 높았고 품질도 높았다. 반면 생육적온을 벗어난 15°C의 저온재배에서는 수량성이 감소하였는데 이는 담과 능력의 저하에 의한 것으로 판단되었다. 담과 능력은 식물체당 착과된 과실수와 토양 중의 비료성분 및 식물체 내의 영양 등에 의해 달라지는데 개화수 및 착과수가 많으면 광합성작용에 의한 동화물질의 생산과 축적 및 소비되는 양의 불균형을 초래하여 상호균형을 유지하기 위해 자연적으로 낙과 및 낙화가 발생하게 된다(Park et al., 2014).



Table 1.4. The effect of low temperature on fruit number, fruit weight, fruit length and fruit diameter of strawberry.

Cultivar	Temp. (°C)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
Seolhyang	15.0	12	3.71	20.06	17.82
	17.5	27	5.45	22.11	20.45
	20.0	60	5.73	23.48	20.87
	LSD <sup>z</sup>	11	1.12	NS	NS
Maehyang	15.0	20	6.35	29.72	23.09
	17.5	32	6.66	29.30	23.80
	20.0	39	6.69	30.48	24.13
	LSD	6.1	0.21	NS	NS

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

Table 1.5. The effect of low temperature on chromaticity, firmness, sugar content, and acidity of strawberry.

Cultivar	Temp. (°C)	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
		L	a	b				
Seolhyang	15.0	44.39	46.05	31.05	2.624	7.3	0.74	9.87
	17.5	42.47	47.21	29.56	2.900	7.3	0.65	11.23
	20.0	45.11	48.23	32.11	2.774	8.1	0.75	10.80
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS	0.3	NS	1.10
Maehyang	15.0	44.06	44.20	30.26	2.205	8.0	0.73	10.95
	17.5	40.22	48.02	30.50	2.177	9.3	0.60	15.50
	20.0	40.69	49.14	34.84	2.589	9.5	0.74	12.83
	LSD	NS	NS	NS	1.180	0.3	NS	2.20

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

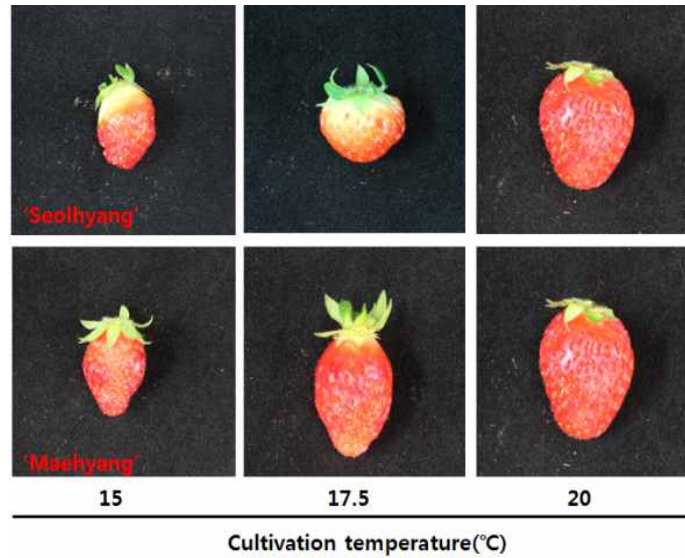


Fig. 1.2. Changes in the external appearance quality of fruit as affected by cultivation temperature of strawberry.

## (2) 딸기 지표 성분의 분석 방법 확립

본 시험에 사용된 딸기의 생리활성 물질들은 각종 문헌검토를 통하여 딸기에 함유되어 있는 6종의 물질들을 선정하였다(Table 1.6). 6종의 표준물질들을 구매하여 생리활성 물질의 함량을 분석하기 위한 분석방법을 Table 1.6과 같이 확립하였다. 각 생리활성 물질들은 약간의 차이는 있지만 분석범위는 0.5에서 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이며 모두 25nm에서 분석하였다. 각 표준물질은 모두  $r^2 > 0.999$ 로서 직선성(linearity)을 확인하였다. 각 물질들마다 회귀직선식을 작성하였으며, 검출한계(LOD)는 0.484–3.316이었으며, 정량한계(LOQ)는 1.596–10.941이었다.

Table 1.6. Compound identification, Retention Time (RT), regression equation, correlation coefficient ( $r^2$ ) and range of calibration ( $n = 6$ ), Limit of Detection (LOD), and Limit of Quantification(LOQ)

Compounds	RT	Wave length (nm)	Range ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	Regression equation	Correlation coefficient	LOD ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )
Cyanidin-3-glucoside	18.219	254	5-100	$y=13.17x-7.55$	0.9999	1.857	6.128
Cinchonine	18.464	254	2.5-100	$y=3.46x-2.55$	0.9999	1.467	4.842
Ellagic acid	42.372	254	1-100	$y=52.16x-3.92$	0.9990	0.484	1.596
Fisetin	48.838	254	0.5-50	$y=48.56x-21.71$	0.9995	1.929	6.366
Quercetin	50.254	254	0.5-50	$y=73.44x-25.34$	1.0000	1.467	4.842
Cinnamic acid	51.217	254	0.5-50	$y=1.27x-2.33$	0.9997	1.438	4.746

### 3) 이상 저온이 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향

시설딸기 재배시의 저온이 딸기 과실의 주요 생리활성 성분의 함량( $\mu\text{g/g}$  dry weight)에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.7에서 보는 바와 같다. Cyanidin-3-glucoside는 인체의 면역증진, 세포기능 활성화 및 간해독능 증진에 효과가 있는 물질로 알려져 있다. 딸기 과실의 cyanidin-3-glucoside 함량은 생육온도에 따라 품종간 반응이 달랐다. '설향' 품종에서는 생육온도에 따라 큰 차이가 없었으나 '매향'에서는 저온인  $15^{\circ}\text{C}$ 보다는 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 로 높아지면 cyanidin-3-glucoside 함량은 증가하였다.

채소에 많이 함유되어 있는 플라보놀 그룹에 속하는 fisetin은 항암, 항산화, 항염증 효과 및 당뇨합병증 예방효과가 있다고 알려져 있다(Maher et al., 2011). 생육온도에 따라 딸기 과실의 fisetin 함량에 차이가 있었으며, '설향'은 생육온도에 따라 함량에는 큰 차이가 없었지만 '매향'에서는 저온인  $15^{\circ}\text{C}$ 보다 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 로 높아지면 fisetin 함량이 증가되었다.

Cinchonine은 알칼로이드 화합물로 다른 quinine 관련 화합물에 비해 낮은 독성을 가지며, 항혈전 및 비만 효과가 있는 물질로 알려져 있다(Jung et al., 2012). 생육온도에 따라 딸기 과실의 cinchonine 함량에 차이가 있었으며, '설향'에서는 저온에서는 함량이 낮았으나 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 로 온도가 높아질수록 함량이 증가하였다. 반면 '매향'에서는 저온인  $15^{\circ}\text{C}$ 에서는 높은 함량을 보였지만 생육온도에 근접할수록 함량이 감소하였다.

Quercetin은 flavonoids 화합물의 일종으로 항바이러스, 항균효과, 발암물질의 활성 감소 등 광범위한 기능성을 지닌다고 알려져 있다(Leighton et al., 1992). 생육온도에 따라 딸기 과실의 quercetin 함량에 뚜렷한 차이가 없으나, '설향'과 '매향' 두 품종 모두 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 에서 함량이 증가하는 경향이 있었다.

딸기의 대표적인 생리활성 물질로 알려져 있는 ellagic acid이다. 생육온도에 따라 딸기 과실의 ellagic acid 함량은 차이가 있었으며, '설향'에서는 저온보다는 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 로 생육온도가 높아질수록 함량이 증가하였다. 반면 '매향'에서는 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 보다 저온인  $15^{\circ}\text{C}$ 에서 높은 함량이 관측되었다.

Cinnamic acid는 폴리페놀 성분으로 항산화 및 항균 등과 약학적 특성을 갖는 화합물이다(Chen et al., 2011). 딸기 과실의 cinnamic acid 함량은 생육온도에 따라 품종 간 다른 경향이 관측되었다. '설향'에서는 저온재배인  $15^{\circ}\text{C}$ 에서는 높은 함량을 보였으나  $20^{\circ}\text{C}$ 로 생육온도가 높아지면 함량이 급속하게 감소하였다. 반면 '매향'에서는 저온인  $15^{\circ}\text{C}$  재배보다는  $20^{\circ}\text{C}$ 로 생육온도가 높아지면 함량은 증가하였다.

딸기는 다양한 영양성분과 비타민 C 및 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있으며, 딸기의 생리활성 성분은 재배방법(Wang and Millner, 2009; D'Evoli et al., 2010; Jin et al., 2011), 시비량(Anttonen et al., 2006; Chelpinski et al., 2010), 재배과정 중의 관수방법과 멀칭 형태(Wang and Millner, 2009), 품종의 유전적 특성(Olsson et al., 2004; Atkinson et al., 2006; Buendia et al., 2010), 수확 계절(Khanizadeh et al., 2009), 과실의 성숙정도(Tulipani et al., 2011), 저장온도(Voca et al., 2009; Choi et al., 2013) 및 유통기간에 따라 달라질 수 있다.

딸기의 생리활성 성분은 생육온도에 따라 차이가 있었으며, 대체적으로 불량 생육조건인  $15^{\circ}\text{C}$ 에서는 생리활성 성분의 함량이 감소하였으나, 생육온도가  $20^{\circ}\text{C}$ 로 근접할수록 생리활성 성분의 함량이 증가하는 경향이 관측되었다(Table 1.7).

또한 딸기는 품종 간에 ellagic acid와 ellagitannins과 같은 페놀화합물의 함량에 차이가 있고

(Atkinson et al., 2006; Buendia et al., 2010), 유전적 또는 환경적인 요인이 딸기 생리활성 성분의 생산 또는 축적에 영향을 미치며(Olsson et al., 2004), 품종에 따라서 생리활성 성분 함량의 차이는 현저하다고(Tulipani et al., 2008) 하였다. 본 연구의 결과에서도 ellagic acid와 cinchonine의 경우 설향은 온도가 증가할수록 함량이 증가하였으나, 매향은 온도가 증가할수록 오히려 감소하였다. 이러한 결과는 유전적인 특성과 생육시의 환경적인 요인이 복합적으로 관여하여 성분 함량이 달라진다는 선행의 연구결과(Tulipani et al., 2008)와 유사한 경향이였다.

이상과 같이 본 연구와 선행연구의 결과를 고찰하여 본다면 딸기에서 생리활성 성분의 함량은 생육온도 단일요인에 의해 결정되기보다는 딸기의 생육환경, 과실의 수확시기 및 저장조건 등이 복합적으로 관여한 결과라고 판단된다.

Table 1.7. Contents ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) of biological active compounds of strawberry fruits affected by culture temperature. Biological active compounds of strawberry fruits were extracted with 50% EtOH.

Cultivars	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Content ( $\mu\text{g/g}$ dry weight)					
		Cyanidin-3-glucoside	Cinchonine	Ellagic acid	Fisetin	Quercetin	Cinnamic acid
Seolhyang	15.0	343.8 $\pm$ 30.2	645.8 $\pm$ 79.3	147.7 $\pm$ 1.7	38.5 $\pm$ 16.8	14.0 $\pm$ 0.8	853.1 $\pm$ 32.1
	17.5	370.5 $\pm$ 29.9	856.2 $\pm$ 68.1	178.4 $\pm$ 1.5	70.4 $\pm$ 10.6	14.3 $\pm$ 0.7	753.8 $\pm$ 101.1
	20.0	342.7 $\pm$ 33.1	1136.1 $\pm$ 62.2	317.8 $\pm$ 3.7	76.8 $\pm$ 9.4	15.9 $\pm$ 1.5	0.0 $\pm$ 0.0
Maehyang	15.0	448.8 $\pm$ 11.9	1064.0 $\pm$ 40.2	267.2 $\pm$ 24.1	42.8 $\pm$ 8.4	13.8 $\pm$ 0.6	893.1 $\pm$ 20.4
	17.5	617.1 $\pm$ 47.4	883.5 $\pm$ 94.0	182.5 $\pm$ 24.0	51.1 $\pm$ 10.5	15.6 $\pm$ 1.6	2003.7 $\pm$ 19.9
	20.0	662.1 $\pm$ 39.3	875.9 $\pm$ 33.4	181.4 $\pm$ 18.5	46.4 $\pm$ 15.6	15.7 $\pm$ 0.6	2001.8 $\pm$ 89.8

## 1-2. 꽃잎 및 꽃받침 제거가 딸기의 과형 변화 및 품질에 미치는 영향

### 가. 연구목적

최근 기후변화의 영향으로 딸기재배의 불량조건 현상이 빈번해지고 강도 또한 더욱 커지고 있다. 특히 겨울철 딸기 재배는 저온 등 불량환경에 노출되는 경우가 많아 기형과 발생률이 높아지고 있다. 과형이 불량한 기형과는 상품성을 떨어뜨리고 수출의 저해요인이 되고 있다.

본 연구는 시설재배에서 불량환경으로 인해 딸기의 꽃잎 및 꽃받침이 손상을 받았을 때 과형 변화에 나타나는 특징을 파악하고 품질에 미치는 영향을 밝히기 위해 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 꽃잎 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.) 품종은 '설향'이었다. 시험은 2015년 5월부터 2016년 5월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산50번지)에서 생육온도를 20℃로 제어하여 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다.

딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambuja, Farmhannong, Korea)가 충전된 포트에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트(길이 60cm x 길이 25cm × 높이 30cm)당 3주의 식물체를 정식하였다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7이었으며, EC는 1.5 dS·m<sup>-1</sup> 였다.

꽃잎 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 만개한 다섯 장의 꽃잎을 핀셋으로 8처리로 나누어 제거하였다. 꽃잎 제거처리는 인위적으로 시계방향으로 잎의 숫자를 부여하여 A; (1)번 꽃잎 제거, B; (1) + (2)번 꽃잎 제거, C: (1) + (2) + (3)번 꽃잎 제거, D; (1) + (2) + (3) + (4)번 꽃잎 제거, E;(1) + (4)번 꽃잎 제거, F; (2) + (5)번 꽃잎 제거, G; 꽃잎 완전 제거, H; 꽃잎을 제거하지 않는 대조구였다. 꽃잎 제거는 꽃이 만개한 후 1일째에 실시하였다(Fig. 1.3).

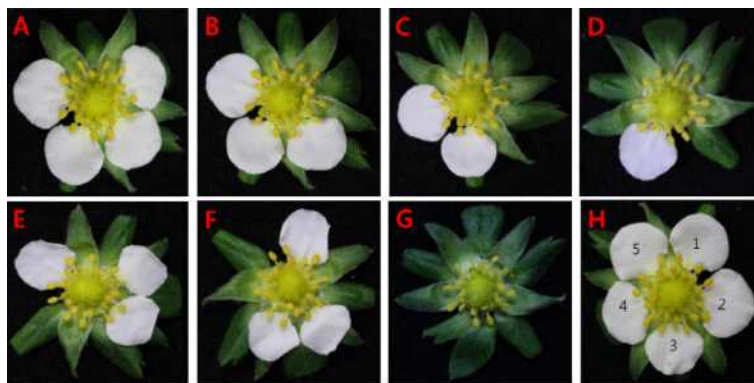


Fig. 1.3. Corolla removal treatment at open flower of 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 1 corolla removed on flower, B; 1+2 corolla removed on flower, C; 1+2+3 corolla removed on flower, D; 1+2+3+4 corolla removed on flower, E; 1+4 corolla removed on flower, F; 2+5 corolla removed on flower, G; all corolla removed on flower, H; corolla remained attached to the fruit till harvest (control).

수정한 후 30일째 수확한 딸기의 품질은 과중, 과장, 과경을 조사하였고, 색도는 색차계 (CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정 한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black),+100(white), a value는 100(redness), -800(greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness)으로 수치화하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable microsystems, London, England)에 5 mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7 mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정 한 과실의 앞쪽을 5 mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

## (2) 꽃받침 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향

본 시험에 사용된 품종은 '설향'이었다. 꽃받침 제거에 따른 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 10개의 꽃받침 조각을 핀셋으로 제거하였다. 꽃받침 제거 처리는 시계방향으로 인위적으로 꽃받침 조각에 숫자를 부여하여 A; 꽃받침 조각 2개 제거, B; 꽃받침 조각 4개 제거, C; 꽃받침 조각 6개 제거, D; 꽃받침 조각 8개 제거, E; 꽃받침 조각 전부 제거, F; 꽃받침 조각 제거하지 않는 대조구 처리였다. 딸기의 인위적 꽃받침 조각 제거 시기는 인공수정 직후에 실시하였다(Fig. 1.4).

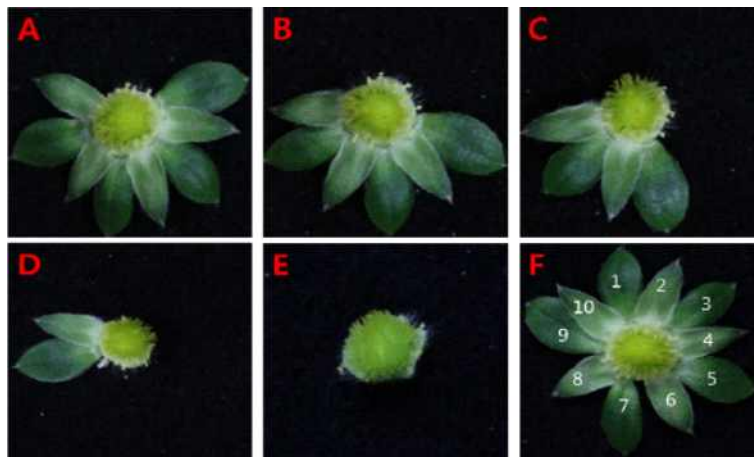


Fig. 1.4. Calyx lobe removal on fruit of 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 2 calyx lobe removed on fruit, B; 4 calyx lobe removed on fruit, C; 6 calyx lobe removed on fruit, D; 8 calyx lobe removed on fruit, E; all calyx lobe removed on fruit, F; calyx lobe remained attached to the fruit till harvest (control).

꽃받침 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 과중, 과장, 과경을 조사하였고, 상품과(4g 이상 및 과형 둥근원추형)와 비상품과(4g 미만 및 기형과)로 구분하여 조사한 후 1주당 총수량으로 환산하였다.

색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정 한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 100(redness), -800(greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness)으로 수치화하였다. 경도는 물

성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, London, England)에 5 mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다. 그 외의 시험구 배치 및 재배방법은 위의 방법과 동일하게 하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 꽃잎 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향

꽃잎은 암술과 수술을 둘러싸서 보호하며, 화려한 색깔과 향기로 곤충을 유인하여 수분, 수정을 돕는 역할을 한다(Bleecker and Patterson, 1997). 식물에서 수정이 완료되면 꽃잎은 탈리되는 과정을 거치는데, 딸기의 경우 탈리되지 않고 부착된 꽃잎은 과일의 잿빛곰팡이병을 유발시키는 원인이 되기도 한다(Boff et al., 2003).

시설 딸기재배에서 불량조건에 노출되면 꽃잎이 수정 전에 탈리하는 경우가 많고, 과형이 변형된 기형과의 발생율이 증가하게 된다. 하지만 기형과 발생 원인이 꽃잎 등 화기를 구성하는 기관들의 구조적 결함과 손상에 의한 것인지는 명확하게 밝혀져 있지 않다. 또한 꽃잎이 딸기의 과일생장과 발육 및 과일형태에 어떤 영향을 주는지에 대해서도 구명된 바 없다. 따라서 본 연구는 개화한 딸기의 화기에서 꽃잎을 인위적으로 제거한 처리가 과실의 형태 및 품질에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.8, 1.9 and Fig. 1.5).

딸기의 화기에서 꽃잎을 제거하면 과실의 무게에는 큰 변화가 없었다. 또한 꽃잎 조각을 제거하는 부위에 따라서도 수확된 과실의 무게에는 큰 차이가 없었다. '설향' 딸기의 과일형태는 둥근 원추형이었으며, 화기에서 꽃잎을 다양하게 제거하더라도 과일형태에는 큰 변화가 없었다. 이 뿐만 아니라 꽃잎 제거 처리는 수확한 과실의 경도, 종단길이 및 과실 직경에도 유의적인 차이가 없었다(Table 1.8).

딸기의 화기에서 꽃잎을 인위적으로 제거하여 수확한 과실의 색택을 조사한 결과 Hunter L, a, b 값에도 큰 영향을 주지 못했다. 꽃잎을 제거하지 않고 생육시킨 딸기 과실의 Hunter L 값은 41.73였으나 다양한 처리로 꽃잎을 제거하더라도 과실의 밝기를 뜻하는 Hunter L 값은 뚜렷한 차이가 없었고, 적색 및 황색을 뜻하는 Hunter a, b 값도 꽃잎 제거에 의해 큰 차이가 없었다.

또한 꽃잎을 제거하지 않고 수정 후 30일째에 수확한 딸기의 경도는 2.01N이었다. 꽃잎을 다양한 부위별로 제거한 과실은 1.91-2.30N의 경도를 보여 대조구와 유의적인 차이는 없었다. 당 함량은 꽃잎을 제거하지 않은 대조구 과일은 8.4°Brix 였으며, 꽃잎 조각을 다양한 부위로 제거하여 수확한 과일의 당도는 7.7-8.8°Brix 범위로 꽃잎 제거에 의한 유의적인 차이는 없었다. 또한 과일의 산도는 꽃잎 제거 유무에 관계없이 0.66-0.76%였으며, 당산비도 10.69-13.33로 꽃잎 제거에 따른 과일의 산도에는 큰 변화가 없었다(Table 1.9). 따라서 딸기의 꽃잎은 과실의 생장 및 품질에 큰 영향을 주는 요인이 아니었음이 증명되었다.

과실의 생장은 이중 S자형 생장곡선을 나타내며, 급속한 생장이 이루어지는 단계(생장 1단계와 3단계)와 생장곡선이 완만한 단계(생장 2단계)로 구분된다(Yonemori et al., 1995). 과일의 생장과 발육에 식물생장조절제의 역할이 중요하며, ABA는 감에서 생장발육의 최종단계인 과일의 비대생장에도 관여한다(Sobajima, 1979). 또한 포도(Inaba et al., 1976)와 딸기(Archbold, 1988)에서도 과일의 비대생장이 시작단계에서 ABA 함량이 급속히 증가하였고, 외생 ABA처리에 의해 당의 축적되는 성숙과정을 촉진하였다.

딸기의 경우 옥신이 과일의 생장 1단계에서 증가하며, 지베렐린은 과일의 생장 1단계와 2단계에서, 성숙이 진행되는 3단계에서는 ABA 함량이 증가한다고 알려져 있다(Symons et al., 2012). 선행연구에서 딸기 과실의 생장에는 호르몬 직접적으로 관여하며, 꽃잎은 과실의 생장에는 영향을 주는 요인이 아니었다.

딸기의 기형과는 꽃봉오리 및 개화기 때 이상저온으로 화기가 손상받았을 경우에도 발생한다고 알려져 있다. 본 실험에서 꽃잎을 인위적으로 제거하더라도 과형이나 품질에 큰 변화가 없었다. 따라서 시설 딸기재배에서 저온에 의한 기형과 발생은 꽃잎의 조기탈리에 의한 것이 아님을 알 수 있었다.

이상의 결과로 딸기의 기형과 발생은 이상저온으로 인한 수술의 개약과 화분의 비산이 불량해져 일어나는 수정장애에 의한 것으로 추측된다.

Table 1.8. Effect of corolla removal on fruit growth and fruit shape of strawberry.

Removal of corolla <sup>z</sup>	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit shape
A	4.57a <sup>y</sup>	22.29a	19.64b	Circular cone
B	4.66a	24.22a	21.49b	Circular cone
C	4.96a	24.12a	20.95b	Circular cone
D	5.54a	25.31a	21.64b	Circular cone
E	5.08a	24.73a	19.15b	Circular cone
F	4.93a	24.92a	20.47b	Circular cone
G	6.12a	26.60a	23.89a	Circular cone
H	5.45a	25.47a	21.87b	Circular cone

<sup>z</sup> A; 1 corolla removed on flower, B; 1+2 corolla removed on flower, C; 1+2+3 corolla removed on flower, D; 1+2+3+4 corolla removed on flower, E; 1+4 corolla removed on flower, F; 2+5 corolla removed on flower, G; all corolla removed on flower, H; corolla remained attached to the fruit till harvest (control)

<sup>y</sup> Means separation within columns of each treatment by Duncan's multiple range test at P = 0.05



Table 1.9. Effect of corolla removal on hunter value, firmness, sugar content and acidity of fruit in strawberry.

Removal of corolla <sup>z</sup>	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b				
A	41.92 <sup>y</sup>	47.45a	30.17a	2.081a	8.0a	0.60a	13.33a
B	44.81a	46.41a	32.06a	2.015a	8.4a	0.76a	11.05a
C	43.25a	46.73a	31.45a	1.971a	8.6a	0.76a	11.31a
D	42.87a	46.24a	30.43a	1.910a	8.2a	0.74a	11.08a
E	42.35a	46.53a	28.63a	2.002a	8.8a	0.76a	11.57a
F	41.50a	48.02a	29.77a	2.308a	7.7a	0.72a	10.69a
G	42.80a	47.21a	31.21a	2.234a	8.0a	0.71a	11.26a
H	41.73a	52.25a	29.78a	2.011a	8.4a	0.66a	12.72a

<sup>z</sup> A; 1 corolla removed on flower, B; 1+2 corolla removed on flower, C; 1+2+3 corolla removed on flower, D; 1+2+3+4 corolla removed on flower, E; 1+4 corolla removed on flower, F; 2+5 corolla removed on flower, G; all corolla removed on flower, H; corolla remained attached to the fruit till harvest (control)

<sup>y</sup> Means separation within columns of each treatment by Duncan's multiple range test at P = 0.05

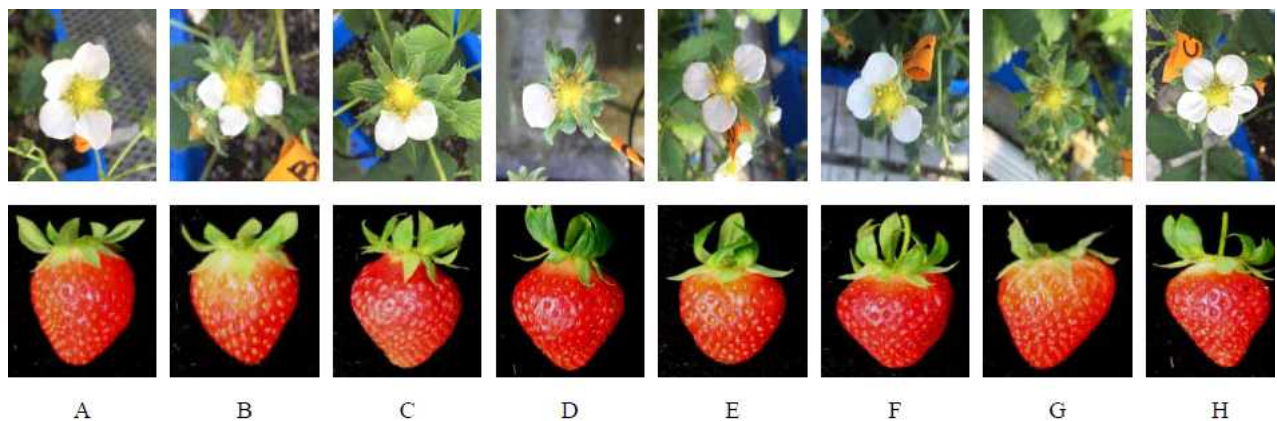


Fig. 1.5. Change in fruit shapes by the corolla removal treatment at open flower of 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 1 corolla removed on flower, B; 1+2 corolla removed on flower, C; 1+2+3 corolla removed on flower, D; 1+2+3+4 corolla removed on flower, E; 1+4 corolla removed on flower, F; 2+5 corolla removed on flower, G; all corolla removed on flower, H; corolla remained attached to the fruit till harvest (control).

## (2) 꽃받침 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향

꽃받침이 과형에 미치는 영향을 알아보기 위해 수정 직후 10개의 꽃받침 조각을 처리별로 제거하여 과실의 특징을 조사하였다(Table 1.10, 1.11 and Fig. 1.6). 전반적으로 꽃받침을 제거하는 부위가 많아질수록 과실은 작아지는 경향을 보였다. 꽃받침을 제거하지 않고 수확한 딸기의 과중은 7.74g였다. 그러나 꽃받침을 제거하면 과중이 감소하였고, 특히 꽃받침을 완전 제거한 처리에서는 과중이 4.80g에 불과하였다.

수확과의 상품성을 조사한 결과 꽃받침을 제거하지 않은 대조구는 상품화율 99.0%였으나, 꽃받침을 모두 제거한 처리에서는 상품화율이 92.4%였다. 따라서 딸기에서 꽃받침을 제거하면 비상품화 비율이 높아졌으며, 이러한 경향은 꽃받침 제거 부위가 많아질수록 뚜렷하였다.

또한 꽃받침을 제거한 처리에서 과일의 종단비대와 횡단비대 생장이 대조구에 비해 낮았다. 이러한 원인은 꽃받침의 탈리 과정도 에너지를 소비하는 생리현상이고, 과실 발육의 초기 단계에서 인위적인 꽃받침 제거 처리는 상처 회복에 필요한 에너지와 과실생장에 필요한 에너지가 분산됨으로써 궁극적으로 대조구에 비해 과실의 비대생장이 지연된 것으로 해석된다(Kang et al., 2007).

우리나라의 시설딸기 재배의 70% 이상을 점유하고 있는 '설향'은 저온에 의해 기형과 발생이 증가하고 있어, 재배농가의 문제점으로 지적되고 있다. 기형과 발생의 주요 원인은 수정장애에 의한 것으로 알려져 있지만 저온에 의한 화기의 손상에 의한 것도 배제할 수 없었다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 꽃받침이 과실의 생장 및 형태변화에 미치는 영향을 밝히고자 하였다.

꽃받침이 과실 발육에 미치는 영향은 지방상위인감(Kitagawa and Glucina, 1984; Yonemori et al., 1995)과 지방하위인 배(Kang et al., 2007)에서 많은 연구가 수행되었다. 감에서는 꽃받침이 과실 비대에 관여하였고, 꽃받침의 제거 시기에 따라 과실발육이 달랐으며, 제거 시기가 빠를수록 과실 비대의 억제 정도가 높았다고 하였다(Kitagawa and Glucina, 1984). 반면 꽃받침이 과경의 반대쪽에 위치하여 수정 후에 꽃받침이 자연적으로 탈락되는 지방하위인 배는 꽃받침이 과일발달 및 과일형태에 미치는 효과가 낮았다고 하였다(Kang et al., 2007).

딸기는 꽃잎이 탈락된 이후에도 꽃받침은 수확 때까지 과실에 부착되어 있으며, 꽃받침이 과실의 형태변화에 미치는 영향은 밝혀져 있지는 않다. 본 연구에서 꽃받침이 과실 비대에 영향을 주었으며, 꽃받침을 제거하면 과일생장이 낮았다. 유사한 연구는 감에서 보고된 바 있고, 생육 초기에 꽃받침을 제거하면 과실 내 fructose나 glucose 및 hexose의 함량은 증가하지 않으나 sucrose 함량이 증가되고 CO<sub>2</sub> 교환능력이 저하되어 과실발육이 저해된다고 하였다(Hirano et al., 1995; Yonemori et al., 1996). 딸기에서 꽃받침을 제거하면 과일생장이 억제되는 이유는 토마토에서 꽃받침을 제거하면 과실 내 sucrose가 일정 수준 이상으로 증가하게 되고 이에 따라 과실의 동화물질 흡수력(sink strength)이 낮아져 탄수화물 수송 저하로 과실 발육이 저해된다는 보고와 동일한 맥락으로 판단된다(Ho, 1988).

본 연구와 선행연구의 결과를 고찰하여 보면 딸기에서 꽃받침을 제거하면 과실생장이 억제되었다. 이는 꽃받침이 개화기와 결실 초기에 화기를 보호하는 역할을 하다가 그 이후에도 과실 생육 전반에 걸쳐 영향을 주었기 때문인 것으로 판단된다. 딸기의 열매에서 꽃받침을 인위적으로 제거하여 수확한 과실의 색택을 조사한 결과 Hunter L, a, b 값에도 큰 영향을 주지 못했다. 꽃받침 제거 유무에 관계없이 과실의 Hunter L 값은 41 이상으로 꽃받침 제거에 의해 과일의 밝기에는 큰 영향이 없었다. 또한 딸기의 적색도를 나타내는 a 값도 꽃받침 제거 유무에 관계없이 45 이상이었고, 황색도를 나타내는 b 값도 꽃받침 제거에 의해 큰 차이가 없었다.

또한 꽃받침을 제거하지 않고 수정 후 30일 만에 수확한 딸기의 경도는 2.08N였으나, 꽃받침을 다양한 부위별로 제거한 과실은 1.97–2.29N의 경도를 보여 꽃받침 제거는 과일의 경도에 큰 영향을 주지 못했다. 당 함량은 대조구 과일에서는 8.3°Brix였으며, 꽃받침을 조각을 다양한 부위로 제거하여 수확한 딸기는 8.0–8.9°Brix로 꽃받침 제거가 과일의 당도에는 큰 영향을 주지 못했다. 또한 꽃받침 제거 유무에 관계없이 과일의 산도는 0.65–0.76%였으며, 당산비도 11.05–14.10으로 꽃받침은 과일의 산도에는 큰 영향을 주지 않았다(Table 1.11).

Table 1.10. Effect of calyx removal on fruit growth and marketable yield of strawberry

Removal of calyx <sup>z</sup>	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Yield	
				Marketable (%)	Abnormal (%)
A	6.00b <sup>y</sup>	24.84b	21.36bc	97.0b	3.0b
B	6.87b	27.63a	22.04b	96.5b	3.5b
C	4.95c	23.86b	20.36b	95.6bc	4.4ab
D	4.96c	25.24b	19.98c	92.2c	7.8a
E	4.80c	24.59b	19.37c	92.4c	7.6a
F	7.74a	28.93a	24.71a	99.0a	1.0c

<sup>z</sup> A; 2 calyx lobe removed on fruit, B; 4 calyx lobe removed on fruit, C; 6 calyx lobe removed on fruit, D; 8 calyx lobe removed on fruit, E; all calyx lobe removed on fruit, F; calyx lobe remained attached to the fruit till harvest (control)

<sup>y</sup> Means separation within columns of each treatment by Duncan's multiple range test at P = 0.05

Table 1.11. Effect of calyx removal on Hunter value, firmness, sugar content and acidity of fruit in strawberry

Removal of calyx <sup>z</sup>	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b				
A	41.46a <sup>y</sup>	45.03a	30.03a	2.22a	8.0a	0.65a	12.31a
B	41.89a	46.73a	30.94a	2.23a	8.3a	0.74a	11.21a
C	43.20a	47.03a	32.60a	2.29a	8.6a	0.68a	14.10a
D	42.72a	46.16a	28.80a	1.97a	8.9a	0.70a	12.71a
E	42.63a	44.91a	29.91a	2.03a	8.4a	0.76a	11.05a
F	41.73a	46.77a	30.81a	2.08a	8.3a	0.72a	11.52a

<sup>z</sup> A; 2 calyx lobe removed on fruit, B; 4 calyx lobe removed on fruit, C; 6 calyx lobe removed on fruit, D; 8 calyx lobe removed on fruit, E; all calyx lobe removed on fruit, F; calyx lobe remained attached to the fruit till harvest (control)

<sup>y</sup> Means separation within columns of each treatment by Duncan's multiple range test at P = 0.05

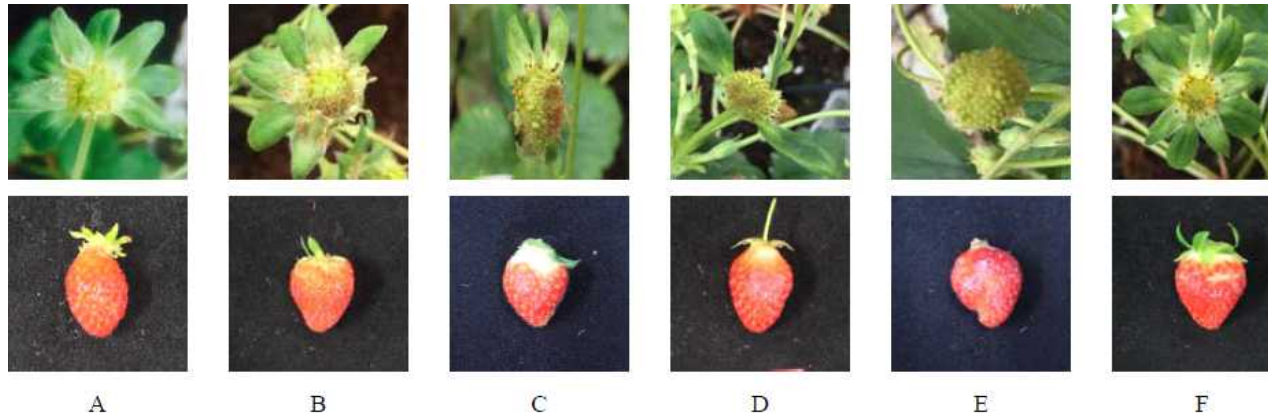


Fig . Change in fruit shapes by the calyx lobe removal on fruit of 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 2 calyx lobe removed on fruit, B; 4 calyx lobe removed on fruit, C; 6 calyx lobe removed on fruit, D; 8 calyx lobe removed on fruit, E; all calyx lobe removed on fruit, F; calyx lobe remained attached to the fruit till harvest (control).

이상의 결과로 겨울철 시설 딸기재배에서 저온에 의한 기형과 발생을 원인을 화기의 구조에서 구명하고자 한 본 연구에서 꽃잎은 과실의 성장 및 비대에 영향을 주는 요인이 아니었다. 반면 꽃받침이 과실 비대에 영향을 주었으며, 꽃받침을 제거하면 과일생장이 낮았고 기형과가 증가하였다. 그러나 꽃받침은 과실의 색도, 경도, 당도 및 산도에는 큰 영향을 주는 요인이 아니었다.

## 1-3. 이상 저온 조건에서 Spermine 처리가 딸기의 생육과 수량 및 품질에 미치는 영향

### 가. 연구목적

본 연구는 겨울철 시설 딸기재배에서 저온현상으로 인한 작물의 생육부진과 생산량 감소 피해를 최소화하기 위한 화학적 대응방안을 모색하고자 하였다. 이를 위해 저온 저항성을 향상시킨다고 알려져 있는 polyamine류 중에서 spermine을 경엽에 처리하여 딸기의 생육과 수량, 품질에 미치는 효과를 검정하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시재료 및 재배조건

##### (가) 공시품종 및 실험장소

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 '설향'이었다. 시험은 2015년 5월부터 2016년 5월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산50번지)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 불량환경에 대응하여 딸기의 생육반응을 검정하고자 생육적온보다 5°C 낮은 15°C로 온도환경을 설정하여 재배하였다.

##### (나) 재배조건 및 Spermine 처리

딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충진된 포트에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트(길이 60 cm × 길이 25 cm × 높이 30 cm)당 3주의 식물체를 정식하였다. 이상저온에 대응하여 딸기의 안정생산 기술을 개발하기 위해 식물 스트레스 경감에 효과적이라고 알려져 있는 Polyamine류인 Spermine를 100 $\mu$ M, 250 $\mu$ M, 500 $\mu$ M 농도로 조성하였다. 정식 후 30일째부터 일주일 간격으로 걸쳐 경엽과 수관 전체에 엽면살포 처리하여 저온경감 효과를 조사하였다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu, Korea)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400 mL의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5 dS.m<sup>-1</sup> 였다.

#### (2) 조사방법

##### (가) 생육조사

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30일, 60일 및 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기(LI-3100, LI Cor., USA)를 이용하였고, 엽수는 잎의 길이가 1 cm 이상인 것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를, 건물중은 105°C에서 3시간 건조 후 측정하였다. 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다.

##### (나) 생산성조사

딸기의 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 3g 이상이고, 속도가 균일한 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울

(AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장, 과정은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 측정하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

### (3) 통계분석

실험 결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.

### 다. 결과 및 고찰

겨울철 시설딸기 재배에서 저온현상은 작물의 생육부진과 이로 인해 병해 발생을 초래하여 생산량 감소 및 고품질 딸기 생산의 제약 요인이 되고 있다(Kim et al., 2013). 따라서 노화를 억제하며, 세포의 수분 결핍을 최소화시켜 저온에 저항력을 지닌 polyamine류인 spermine(Allaway, 1968)를 저온(15°C)조건에서 재배한 딸기의 경엽에 처리하여 시기별 생육을 조사한 결과는 Table 1.12, 1.13 및 Fig. 1.7과 같다.

Spermine 처리는 무처리에 비해 엽수, 엽면적, 엽장, 엽직경, 초장 등 전반적인 생육이 향상되었다. 이는 spermine이 식물조직의 세포분열을 활성화 시키며 세포팽창을 유도한 것으로 해석된다(Ponappa and Miller, 1996). 특히 이러한 경향은 250 $\mu$ M 처리에서 현저하였다. 이는 피스타치오 식물체에서 polyamine 류인 putrescine, spermidine, spermine를 처리하면 엽면적이 향상되었으며 그 효과는 Spermine 0.1mM의 처리에서 가장 좋았다는 선행연구와 유사한 결과였다(Baninasab and Rahemi, 2008). 본 실험에서는 90일간 재배된 딸기 엽면적의 경우 무처리에서는 747.72cm<sup>2</sup>에 불과하였으나 Spermine 250  $\mu$ M 처리에서 844.85cm<sup>2</sup>로 증가하였다. 초장에서도 250 $\mu$ M 처리가 29.57cm로 무처리의 21.53cm에 비해 8cm 증가하였다. Spermine 농도에 따라 생체중과 건물중에도 큰 차이를 보였는데, 250 $\mu$ M 처리구는 무처리구에 비해 전 생육기에 걸쳐 생체중과 건물중이 높았다. 이와 같이 딸기 식물체의 생육은 spermine 처리에 의해 향상되었다.

Table 1.12. The effect of spermine treatment on leaf number, leaf area, leaf length, leaf diameter, plant height and root height of 'Seolhyang' strawberry plants at different growth stage at 15°C.

Spermine ( $\mu\text{M}$ )	Leaf number	Leaf length (mm)	Leaf diameter (mm)	Leaf area ( $\text{cm}^2$ )	Plant height (cm)	Root height (cm)
<i>30 days after transplanting</i>						
100	6.67	8.35	7.40	392.47	23.27	22.98
250	10.00	9.73	8.93	435.97	27.87	26.27
500	8.67	7.33	7.40	382.47	21.33	23.80
Untreated	6.67	7.60	6.33	368.74	19.93	21.70
LSD <sup>z</sup>	NS	0.51	1.60	29.21	NS	NS
<i>60 days after transplanting</i>						
100	7.67	8.67	7.50	666.95	24.43	26.87
250	10.33	9.73	9.00	683.67	28.47	29.20
500	9.00	8.20	7.43	645.90	22.67	27.23
Untreated	6.67	7.77	7.00	615.77	20.53	26.83
LSD	NS	NS	1.17	21.43	NS	NS
<i>90 days after transplanting</i>						
100	14.33	9.10	7.67	638.34	24.50	25.60
250	14.67	9.83	9.10	844.85	29.57	28.87
500	13.33	8.97	8.23	747.39	25.97	29.03
Untreated	14.67	8.97	8.03	747.72	21.53	21.53
LSD	NS	NS	NS	NS	4.23	NS

<sup>z</sup> Means in columns within each growth day are separated by Least significant difference(LSD) at P = 0.05.

Table 1.13. The effect of spermine treatment on fresh weight and dry weight of strawberry plants at different growth stage at 15°C.

Spermine ( $\mu\text{M}$ )	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
	Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>						
100	16.73	5.67	22.40	2.93	0.67	3.60
250	18.87	6.47	25.33	3.43	0.88	4.31
500	16.67	5.23	21.90	2.93	0.66	3.59
Untreated	13.73	5.37	19.10	2.67	0.60	3.27
LSD <sup>z</sup>	2.48	0.47	2.36	0.47	0.17	0.38
<i>60 days after transplanting</i>						
100	24.67	8.07	32.74	4.83	0.83	5.67
250	27.02	8.93	35.95	5.20	1.17	6.37
500	25.79	8.53	34.33	4.73	0.83	5.57
Untreated	25.02	7.80	32.82	4.60	0.70	5.30
LSD	1.42	0.72	1.88	0.27	NS	0.61
<i>90 days after transplanting</i>						
100	33.94	14.53	48.47	4.87	2.53	7.40
250	47.70	23.38	71.08	11.61	6.88	18.49
500	37.19	12.78	49.97	5.00	3.37	8.37
Untreated	43.07	18.93	62.10	6.41	3.63	10.04
LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Means in columns within each growth day are separated by Least significant difference(LSD) at P = 0.05.

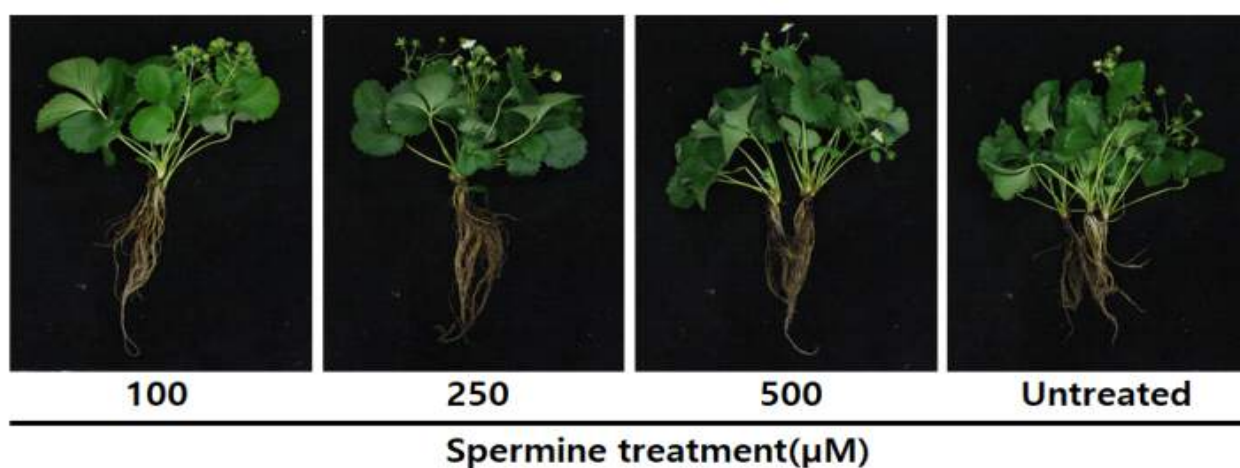


Fig. 1.7. Changes in growth as affected by spermine treatment of strawberry plants at 90 days after transplanting.



최근 전 세계적으로 확산되고 있는 불량환경은 우리나라 주요 시설채소인 딸기에서도 큰 피해가 예상된다(Jung, 2012). 저온 스트레스를 대응하여 식물의 방어기작에 중요한 역할을 하는 polyamine류의 Spermine을 농도별로 딸기의 경엽에 처리해 저온 조건(15°C)에서 재배 후 딸기의 생산량과 품질을 조사하였다(Table 1.14, 1.15 and Fig. 1.8).

딸기의 생산성은 spermine 100µM 처리를 하였을 때 딸기의 과중, 과장, 과경이 다른 처리농도 보다 높았다. 즉, 100µM 처리에서 수확한 딸기 과실의 크기가 가장 컸다. Kwon et al. (1994)은 나팔꽃에 polyamine을 처리하면 주당 개화수와 개화율이 증가한다고 하였다. 또한 Kim et al.(2013a)은 putrescine과 spermine을 고추 화분발아 배지에 첨가하면 화분 발아성이 증진되었으며 그 효과는 spermine이 좋았다고 하였다. 따라서 본 실험의 결과와 선행연구를 고찰하면 spermine는 불량환경에서 화분발아, 개화 및 착과를 촉진시키고 이로 인해 생산성도 향상되는 것으로 판단된다.

딸기의 수확량은 spermine 250µM 처리에서 주당 14개로 수확량이 가장 많았다. 또한 과실의 Hunter a값과 b값은 각각 46.56, 28.75였다. 이는 값이 적색을 나타내는 a값이 높고, 녹색을 띠는 b값이 낮아 전체적으로 짙은 빨간색으로 딸기가 착색되었다는 것을 확인할 수 있었다. 딸기 과실의 경도는 spermine 처리에 의해 경도가 증가하였다. 특히 250µM와 500µM 처리에서 2N 이상으로 경도가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 polyamine을 배 과실에 처리하였을 때 과육의 연화가 지연되었다는 보고와 일치하였다(Choi, 2004).

딸기 과실의 당도는 spermine 250µM 처리에서 9.2°Brix로 무처리에 비해 1.6°Brix 정도 당도가 향상되었다. 반면 과실의 산도는 처리농도에 관계없이 0.68-0.76%로 큰 차이는 없었다.

딸기의 맛을 나타내는 주요 요인인 당산비는 당도가 가장 높았던 250µM 처리에서 12.27로 가장 높게 나타났다. 또한 딸기에 spermine 처리를 하였을 때 과실의 모양은 원추형으로 형성되었으며 표면이 윤기가 있고 붉은색이 꼭지 부위까지 고르게 퍼져 있었다. 이는 성장조절제에 처리에 의해 흔히 발생하는 기형과나 변형과의 발생하지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 spermine의 처리가 딸기의 상품성에 부정적 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다(Fig. 1.8).

Table 1.14. The effect of spermine treatment on on number of fruits, fruits weigh, fruit length, fruit diameter of 'Seolhyang' strawberry.

Spermine (µM)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
100	10.8	7.29	27.24	24.38
250	14.0	6.39	26.96	22.86
500	12.3	6.27	25.34	23.20
Untreated	12.0	5.96	23.76	22.82
LSD <sup>z</sup>	NS	NS	2.51	NS

<sup>z</sup> Means in columns are separated by Least significant difference(LSD) at P = 0.05.

Table 1.15. Effect of spermine treatment on hunter value, firmness, sugar content and acidity of fruit in strawberry.

Spermine ( $\mu\text{M}$ )	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b				
100	40.43	46.38	26.95	1.731	8.6	0.71	12.11
250	42.21	46.56	28.75	2.178	9.2	0.75	12.27
500	43.99	44.03	30.71	2.311	8.6	0.76	11.32
Untreated	43.31	46.27	29.78	1.852	7.6	0.68	11.18
LSD <sup>z</sup>	1.79	2.83	0.44	1.300	NS	0.16	0.06

<sup>z</sup> Means in columns are separated by Least significant difference(LSD) at P = 0.05.

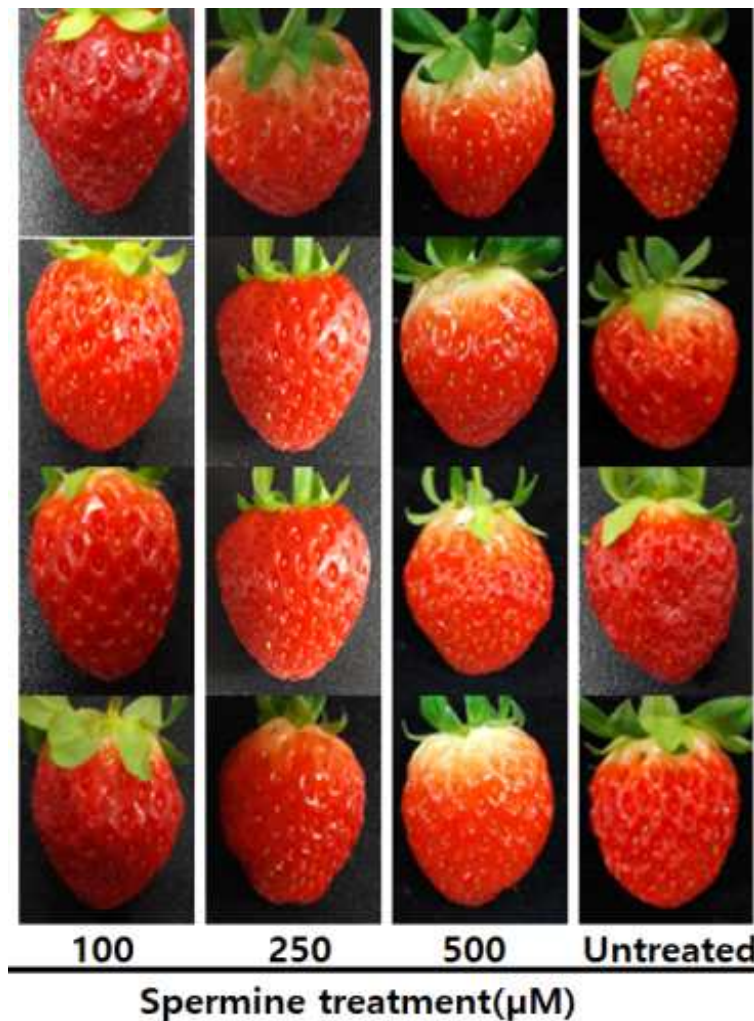


Fig. 1.8. Changes in the external appearance quality of fruit as affected by spermine treatment of strawberry.

이상저온 조건에서 대조구에 비해 spermine 처리는 딸기 생육 및 생산성을 향상시켰다. 그 효과 정도는 spermine 250 $\mu$ M > 100 $\mu$ M > 500 $\mu$ M > 무처리 순이었다. 딸기의 과실크기는 spermine 100 $\mu$ M 처리에서 가장 컸으나, 전반적인 딸기의 생육 및 품질 향상에는 250 $\mu$ M 처리가 효과적이었다. 반면 500 $\mu$ M 처리는 딸기의 생산성을 크게 향상시키지 못했다. 이는 spermine의 고농도 처리는 오히려 딸기 품질을 저하 시킨다는 선행의 연구결과(Ponappa and Miller, 1996)와 유사한 경향이었다.

Cheon et al. (2006)도 저온조건에서 복숭아 화분발아율 증진을 위해 spermine을 첨가했을 때 500 $\mu$ M 이상의 농도에서는 오히려 화분발아가 저해되었다고 하여 처리 효율 극대화를 위한 처리농도 설정이 중요하다고 하였다.

이상의 결과로 농도별 spermine 처리는 이상저온 조건에서 딸기의 생육 및 생산성이 향상되었다. 따라서 딸기의 겨울철 시설재배에서 저온장해를 경감시킬 수 있는 화학제로 spermine 사용이 가능할 것으로 판단된다.

## 1-4. 토마토 폐배지를 딸기 수경재배 배지로 재이용 가능성 연구

### 가. 연구목적

코이어를 수경재배 배지로 사용한 대부분의 농가들은 재배과정 중에 배지의 화학성이 변화하고, 병원균 감염(Lee et al., 2002c)에 의한 수량감소 등으로 인해 대부분의 농가에서는 재사용을 기피하고 있는 실정이다. 이에 따라 폐코이어 배지는 블루베리 재배 및 사과 멀칭용 또는 퇴비제조용으로 사용되고 있어 보다 효율적인 재활용에 대한 연구가 필요하다.

국내에서도 자원의 유한성을 인식하여 폐코이어를 엽채류 재배 배지로 재활용을 시도한바 있다(Lee et al., 2015). 따라서 배지에 의한 병 발생을 예방하기 위해 소독 처리(Lee et al., 2002c)를 한 후 딸기재배 배지로 재활용한다면 농가경영 개선 및 환경 보전에도 기여할 수 있을 것이다. 본 연구는 한번 사용하고 버려지는 폐코이어 배지를 딸기재배 배지로의 재활용 가능성을 검증하기 위해 수행하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 코이어 배지의 사용 연수에 따른 화학적 성분

코이어 배지의 사용 연수에 따른 화학성을 조사하기 위해 신규 배지(대영)와 경남 밀양시의 수성농장에서 유럽형 토마토를 1년 및 2년 재배한 폐코이어 배지(대영)를 수집하여 분석 시료로 사용하였다.

배지의 화학성은 pH(1 : 5)(Jeong et al., 2008), EC 및 T-N, C/N율, Ca, K, Mg, P, Na를 조사하였다. 탄소 분석은 시료를 dry oven에 110°C로 1시간 동안 완전 건조 시킨 후 각 처리구 당 1g씩을 회화로에서 550°C 4시간 처리하여 시료 무게를 측정(A.O.A.C., 1980)하였다. 총 질소는 킬달중류법(Kjeldahlmethod; Bremner, 1965)으로 측정하였으며, 인산은 비색법에 의해 spectrophotometer를 사용하여 파장 470nm로 측정하였다. 양이온인 Ca, K, Mg, Na은 Atomic absorption spectrometer 이용하여 측정하였다.

#### (2) 코이어 배지의 사용연수에 따른 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향

본 시험에 사용된 품종은 '설향'이었다. 시험은 2015년 5월부터 2016년 5월까지 생육온도를 20°C로 제어한 벤로형 유리온실에서 수행하였다. 코이어 배지의 사용연수에 따른 화학성을 조사하기 위해 경남 밀양시의 수성농장에서 유럽형 토마토를 1년 및 2년 재배한 코이어 배지를 수집하여 분석 시료로 사용하였다. 본 실험에 사용된 신규 및 재활용 유기배지는 슬라브 형태 코이어 배지(100cm × 20cm × 10cm)로 실험의 균일성을 유지하기 위해 동일한 제조사(대영 지에스, 한국)제품을 이용하였다.

폐코이어를 딸기 수경재배 배지로 재활용할 수 있는 가능성을 모색하고자 육묘하여 본엽이 4장 전개된 '설향' 딸기묘를 신규배지와 1년 및 2년 사용한 코이어배지에 정식하여 생육을 비교하였다. 실험에 사용된 모든 폐코이어 배지는 예비실험을 거쳐 살균효과가 가장 좋았던 120°C에서 1.5MPa로 30분간 증기소독(Autoclave)한 후 사용하였다.

시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 코이어 배지에 슬라브당 3주의 식물체를 정식하였다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400mL의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7이었으며, EC는 1.5dS·m<sup>-1</sup>였다.

생육조사는 코이어 배지에 딸기를 정식 한 후 30일, 60일, 90일째에 실시하였다. 조사방법은

반복 당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중, 건물중을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기를 이용하였고, 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다. 엽수는 잎의 길이가 1cm 이상인 것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를 건물중은 105°C에서 3시간 건조 후 측정하였다.

딸기 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 양을 합산하였다. 생산성 검정을 위해 수확한 딸기의 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 또한, 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정된 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 100(redness), -800(greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness)으로 수치화하였다. 경도는 물성분석기(TAXT2, Stable micro systems, U.K.)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정된 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 pH 미터기로 측정하였고, 산도는 Titratableacidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

실험 결과의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.3, SAS Institute Inc., USA)을 이용하였다. 분산분석(AVOVA)을 실시하였으며, 최소유의차 검정(LSD)을 이용하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 코이어 배지의 사용연수에 따른 화학성

폐코이어 배지를 재활용한다는 것은 자원재순환 측면에서 바람직하다고 볼 수 있으며, 농업경영 측면에서는 신규 배지 구입에 의한 경영비 부담을 줄일 수 있을 것이다. 그러나 한 번 이상 사용한 배지는 물리, 화학성이 변화하며, 폐배지를 재활용하기 위한 기초정보를 얻고자 배지의 사용 연도별 배지의 화학성을 분석하였다.

신규 코이어 배지의 pH는 5.04였으며, 1년 재활용한 코이어 배지는 5.20이었고, 2년 재활용한 코이어 배지에서는 pH가 5.33으로 안정화(Handreck, 1993; Konduru et al., 1999; Abad et al., 2002)되는 현상을 보였다.

EC는 신규 코이어 배지에서는  $4.58\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 매우 높아 정식 후 염류장해의 발생위험이 있었다. 반면 코이어 배지의 사용연수가 경과하면 EC는 안정화 되었으며, 2년 재활용한 코이어 배지에서는 EC가  $1.48\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 안정화되었다.

질소 함량도 신규 코이어 배지에서는 0.36%였으나 배지의 재활용 연수가 경과하면 전질소 함량이 증가하였고 2년 재활용한 코이어 배지에서는 1.50%였다. C/N율은 신규배지의 경우 236.5로 높았으나 사용연수가 경과하면 C/N율이 낮아졌다. 그 원인은 코이어 배지의 주요 구성물인 유기물들이 재활용 연수가 늘어날수록 미생물에 의해 분해된 것에 의한 것으로 추정된다. 또한, 질소 함량이 증가한 것에 기인한 것으로 해석된다. 배지의 산도 안정화에 관련성이 높은 칼슘 함량은 신규 코이어 배지에서는 낮았으나 2년 재활용한 유기배지에서는 증가하는 경향을 보였다. 반면 마그네슘 및 인산함량도 신규배지보다는 재활용한 배지에서 낮았다. 또한, Na은 배지의 재활용 연수가 많아질수록 감소하였다.

신규 코이어 배지에서는 염류농도가 높았고, 질소, 칼슘 및 마그네슘 함량은 낮지만 인산, 칼륨, 나트륨, 염소는 매우 높았으나(Abad et al., 2002; Choi et al., 2012) 1년 이상 재활용한 배지에서는 작물재배에 적합한 화학성을 유지하였다. 배지의 주요 기능은 토양을 대신에 양,

수분 및 산소를 공급하는 뿌리를 고정시키는 역할이며, 특히 수경재배에서 양분의 흡착된 배출 기능이 중요하다(Lee et al., 2002c). 코이어 배지의 재활용 연수에 따른 배지의 화학적 특성은 신규배지보다 1년과 2년 재활용한 배지에서 화학성이 양호함을 알 수 있었다(Table 1.16).

Table 1.16. Chemicals properties of coir substrates used in the study.

Substrates	pH (1:5)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	T-N (%)	C/N ratio	Ca (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	P (g/kg)	Na (mg/kg)
New coir	5.04	4.58	0.36	236.5	3	19	13	5.3	8
1 year reused coir	5.20	1.60	1.53	56.9	15	12	17	4.7	3
2 year reused coir	5.33	1.48	1.50	42.0	43	6	12	3.7	2

## (2) 코이어 배지의 사용 연수에 따른 딸기의 생육

수경배지로 한번 사용하고 폐기되는 코이어 배지를 딸기 고설재배의 배지로 재활용한다면 폐배지의 처리문제를 해결할 수 있고, 신규 배지의 구입비용도 절감할 수 있을 것이다. 이러한 목적으로 1년 및 2년 사용 후 폐기되는 코이어 배지를 딸기를 재배하여 고설재배 배지로의 재활용 가능성을 모색하고자 하였다(Table 1.17, 1.18 and Fig. 1.9).

딸기의 생육은 코이어 배지의 재활용 정도에 따라 달랐다. 특히, 2년 재활용한 코이어 배지에서 엽수, 엽면적, 엽장, 엽직경 및 초장 등 전반적인 생육이 신규 및 1년 재활용한 코이어 배지보다 좋았고 이러한 경향은 전 생육 기간 동안 유지되었다.

2년 재활용한 코이어 배지에서 90일간 재배한 '설향' 딸기의 엽수는 25장이었으나, 신규 코이어 사용배지에서는 엽수가 21장에 불과하여 2년 재활용한 배지에 비해 엽수가 3.6장 적었다. 엽면적은 생육 전반에 걸쳐 2년 재활용한 배지에서 높았다. 1년 재활용한 배지는 신규 코이어 배지보다는 엽수와 엽면적이 높았으나 2년 재활용한 배지보다는 낮았다. 딸기의 엽장, 엽폭 및 초장은 통계적 유의성은 없었으나 2년 재활용한 코이어 배지에서 좋은 생육을 보였다. 1년 재활용한 코이어 배지는 신규 코이어 배지보다는 딸기의 생육이 좋았으나 2년 재활용한 코이어 배지에 비해서는 생육이 약간 낮았다.

Table 1.17. Effect of reused coir substrates on number of leaves, leaf area, leaf length, leaf diameter, plant height and root height of 'Seolhyang' strawberry plants.

Substrate	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf diameter (mm)	Plant height (cm)	Root height (cm)
<i>30 days after transplanting</i>						
New coir	11.16	325.0	9.10	7.71	11.80	12.8
1 year reused coir	12.50	355.3	9.38	8.15	14.16	14.1
2 year reused coir	13.00	384.8	9.66	8.26	14.33	14.3
LSD <sup>z</sup>	1.28 <sup>y</sup>	35.5 <sup>*</sup>	NS	NS	NS	NS
<i>60 days after transplanting</i>						
New coir	14.00	420.8	10.63	8.85	14.36	16.2
1 year reused coir	15.33	440.1	10.71	9.41	14.63	17.7
2 year reused coir	15.50	479.5	10.81	9.65	14.63	18.8
LSD	0.94 <sup>*</sup>	22.0 <sup>*</sup>	NS	NS	NS	1.0 <sup>*</sup>
<i>90 days after transplanting</i>						
New coir	21.38	459.1	12.00	10.03	16.56	17.3
1 year reused coir	23.66	479.0	12.26	10.15	16.61	18.7
2 year reused coir	25.00	491.1	12.41	10.18	16.41	19.4
LSD	1.52 <sup>**</sup>	20.9 <sup>*</sup>	NS	NS	NS	1.3 <sup>*</sup>

<sup>z</sup> Means columns are separated by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

<sup>y</sup> Nonsignificant or significant at P = 0.05, and 0.01, respectively.

Table 1.18. Effect of reused coir substrates on fresh weight and dry weight of 'Seolhyang' strawberry

Substrate	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
	Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>						
New coir	16.50	4.67	21.17	2.50	0.53	3.03
1 year reused coir	17.17	5.00	22.17	2.92	0.58	3.50
2 year reused coir	21.33	5.17	26.50	2.78	0.65	3.43
LSD <sup>z</sup>	2.19 <sup>*y</sup>	NS	2.10 <sup>*</sup>	NS	0.10 <sup>*</sup>	0.12 <sup>*</sup>
<i>60 days after transplanting</i>						
New coir	19.17	5.75	24.92	3.25	0.77	4.10
1 year reused coir	21.17	6.02	27.18	3.52	0.95	4.47
2 year reused coir	23.00	5.85	28.85	3.50	1.00	4.50
LSD	2.21 <sup>*</sup>	NS	2.28 <sup>*</sup>	0.22	0.15 <sup>*</sup>	0.21 <sup>*</sup>
<i>90 days after transplanting</i>						
New coir	20.88	6.31	27.19	3.73	0.86	4.59
1 year reused coir	23.98	7.21	31.19	4.01	1.02	5.03
2 year reused coir	25.46	7.75	33.22	4.29	1.22	5.51
LSD	2.11 <sup>**</sup>	0.26 <sup>*</sup>	2.36 <sup>*</sup>	0.20	0.18 <sup>*</sup>	0.22 <sup>*</sup>

<sup>z</sup> Means columns are separated by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

<sup>y</sup> Nonsignificant or significant at P = 0.05, and 0.01, respectively.

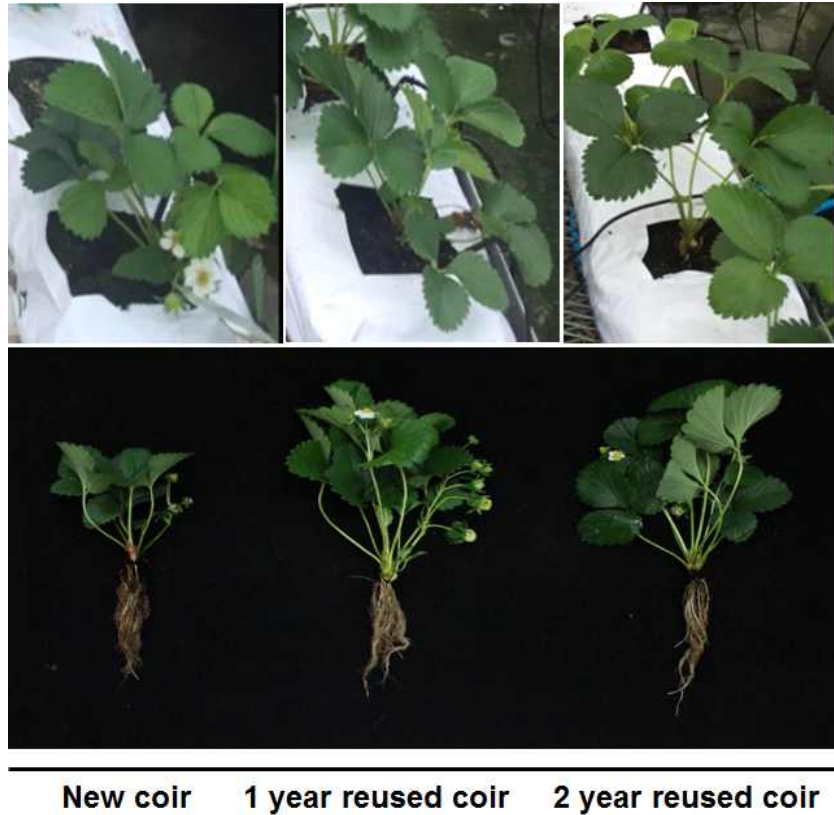


Fig. 1.9. Change in seedling growth by the reused coir substrate of on 'Seolhyang' strawberry plants at 90 days after transplanting.

생체중과 건물중도 코이어 배지의 재활용 연수에 따라 차이가 있었다. 2년 재활용한 코이어 배지에서는 신규 코이어 배지에 재배된 딸기에 비해 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 전 생육 기간 동안 유지되었다.

그러나 1년 재활용 배지와 2년 재활용 배지 간에는 큰 차이는 없었다. 신규 코이어 배지에서 딸기의 생육이 부진했던 이유는 배지 내에 집적되어 있는 인산, 칼륨, 나트륨 및 염소와 같은 높은 염 성분과 물리, 화학성이 안정화 되지 않아 딸기생육이 불량했던 것으로 해석된다(Lee et al., 2016a).

### (3) 코이어 배지의 사용연수에 따른 딸기의 수량 및 품질

수경재배 배지로 가격이 싸고 사용 후 폐기가 용이한 코이어 배지 사용이 급속히 증가하고 있다(MAFRA, 2015; Choi and Song, 2012; Kim et al., 2008b; Kim et al., 2014). 그러나 코이어 배지를 이용하는 농가는 배지 내 잔류하는 병원균에 의한 식물체의 감염위험 때문에 배지를 한 번만 사용하고 폐기하는 경우가 많다. 따라서 재활용한 폐배지를 소독과정을 거친 후 재활용할 경우 생산비가 절약돼 농가 소득이 높아지고 환경오염도 줄일 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 1년 및 2년 사용 후 폐기되는 코이어 배지에 딸기를 재배하여 과실수량 및 품질을 조사하였다(Table 1.18).

딸기의 과중은 신규배지보다는 1년 및 2년 재활용한 코이어 배지에서 좋았으나 통계적인 유의성은 없었다. 과실의 종단길이는 신규배지의 경우 26.50mm이었으나, 2년 재활용한 코이어 배지에서 29.33cm로 가장 길었다. 과실 직경도 2년 재활용한 코이어 배지에서



24.50mm 가장 높았고, 신규배지는 21.17mm에 불과하였다. 1년 재활용한 코이어 배지는 신규 배지보다는 과실직경이 높았으나 2년 재활용한 배지보다는 낮았다. 과실의 수량은 신규배지보다는 재활용한 배지에서 수량성이 높았다. 특히 2년 재활용한 배지에서 딸기의 과실수량은 식물체 당 26.7개, 1년 재활용한 배지에서는 식물체 당 25.0개의 딸기를 생산하였다. 반면 신규 배지에서는 식물체 당 22.2개의 과실만 생산되었다. 이러한 결과는 신규배지보다는 한번 사용하고 버려지는 코이어 배지를 딸기배지로 재활용한다면 식물체 당 2.8-4.5개의 과실 생산성을 향상시킬 수 있었다.

Table 1.19. Effect of reused coir substrates on yield weight and dry weight of 'Seolhyang' strawberry plants 90 days after transplanting.

Substrate	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Yield (g/plant)
New coir	9.97	26.50	21.17	22.2
1 year reused coir	10.35	27.17	23.17	25.0
2 year reused coir	10.54	29.33	24.50	26.8
LSD <sup>z</sup>	NS <sup>y</sup>	2.19*	1.97*	2.1*

<sup>z</sup> Means columns are separated by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

<sup>y</sup> Nonsignificant or significant at P = 0.05, and 0.01, respectively.

수경재배용 배지로 1년 및 2년 사용 후 폐기되는 코이어 배지를 딸기 고설재배 배지로 활용하여 과실품질에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.19). 코이어 배지의 재활용에 따라 과실의 색택을 나타내는 Hunter L, a, b 값에도 큰 영향을 주지 못했다.

신규 코이어 배지에서 수확한 딸기 과실의 Hunter L 값은 44.39였고, 2년 재활용한 코이어 배지에서 수확한 과실의 Hunter L 값은 45.11이었다. 따라서 코이어 배지의 사용연수에 따라 과실의 밝기를 뜻하는 Hunter L 값에는 뚜렷한 차이가 없었다.

딸기의 적색도를 나타내는 a 값도 코이어 배지의 재활용에 여부에 관계없이 46 이상이었고, 황색도를 나타내는 b 값도 코이어 배지의 재활용 연수에 따라 큰 차이가 없었다.

신규 코이어 배지에서 재배한 딸기 과실의 경도는 2.62N이었다. 반면 2년 재활용한 배지에서 재배한 딸기의 경도는 2.77N으로 재활용한 코이어 배지에서 딸기의 경도가 증가하는 경향이었으나, 유의성은 없었다. 과실의 당 함량은 2년 재활용한 코이어 배지에서 7.8°Brix 가장 높았으나 신규배지와 1년 재활용한 배지에서는 7.3°Brix 당 함량을 보였다. 또한, 과일의 산도는 코이어 배지의 재활용 유무에 관계없이 0.65-0.75%였으며, 당산비도 10.28-11.23로 코이어 배지의 재활용 유무에 따른 과일의 산도에는 큰 변화가 없었다. 따라서 코이어 배지의 재활용에 의해 과실의 색택을 비롯한 당도, 경도 등 과실의 품질에는 큰 영향을 주지 않았다.

Table 1.20. The effect of reused coir substrates on chromaticity, firmness, sugar content, and acidity of strawberry.

Substrate	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/T A ratio
	L	a	b				
New coir	44.39	46.05	31.05	2.62	7.3	0.71	10.28
1 year reused coir	42.47	47.21	29.56	2.90	7.3	0.65	11.23
2 year reused coir	45.11	48.23	32.11	2.77	7.8	0.75	10.40
LSD <sup>z</sup>	NS <sup>y</sup>	NS	NS	NS	0.3*	NS	NS

<sup>z</sup> Means columns are separated by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

<sup>y</sup> Nonsignificant or significant at P = 0.05, and 0.01, respectively.

시설원예의 수경재배용 배지로 널리 사용되는 코이어는 한번 사용하고 난 후 버려지는 경우가 대부분이다. 본 연구에서는 사용 후 폐기되는 코이어 배지를 딸기의 고설재배 배지로 재활용 가능성을 타진하고자 하였다. 그 결과 딸기의 생육 및 수량은 신규배지보다는 재활용한 배지에서 좋았다.

그 원인은 재활용한 배지가 신규배지보다 배지의 물리성 및 화학성이 안정화되어 작물생육 및 딸기의 과실 생산성이 향상된 것으로 판단된다(Lee et al., 2016a). 이상의 결과로 한번 사용한 후 폐기되는 코이어를 딸기의 고설재배 배지로 재활용이 가능하였다. 이는 수경재배 농가의 배지 구입비용을 절감할 수 있는 과학적 근거를 제공할 뿐만 아니라 자원의 유한성을 인식하여 천연자원을 재활용한다는 측면에서 크게 기여를 할 것으로 판단된다.

## 1-5. 이상 고온 조건이 딸기의 생육, 수량 및 생리활성 성분에 미치는 영향

### 가. 연구목적

본 연구는 최근 시설 딸기재배에 빈번하게 일어나고 있는 이상고온이 딸기의 생육과 수량, 품질 및 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향을 구명하여 이상고온 조건에서 고품질의 딸기 생산을 위한 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 이상 고온이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

본 시험에 사용된 딸기품종은 ‘설향’과 ‘매향’(*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Seolhyang and Maehyang)이었다. 시험은 2016년 5월부터 2017년 5월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산50번지)의 고설벤치 베드에서 수행하였다. 이상고온이 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향을 분석하기 위해 생육적온인 20℃, 생육적온보다 2.5℃ 높은 22.5℃ 및 생육적온보다 5℃ 높은 25℃로 온도환경을 설정하여 재배하였다.

육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충전된 포트에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트(길이 60cm × 길이 25cm × 높이 30cm)당 3주의 식물체를 정식하였다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7이었으며, EC는 1.5dS.m<sup>-1</sup> 였다.

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30일, 60일, 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복당 10주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중, 건물중을 조사하였다.

딸기 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기는 3g 이상의 크기로, 속도가 균일한 딸기를 대상으로 sampling 하였다.

생산성 검정을 위해 수확한 딸기의 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정 한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 100(redness), -800 (greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5 mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 pH 미터기로 측정하였고, 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다. 실험은 시료당 10개의 딸기를 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

#### (2) 이상 고온이 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향

딸기의 생리활성 물질을 분석하기 위해 사용된 딸기는 ‘설향’과 ‘매향’ 품종이었다. 이상 고온이 딸기의 생리활성에 미치는 영향을 조사하기 위해 생육온도를 20℃, 22.5℃ 및 25℃에서 재배하여 수확한 딸기를 동결 건조하여 분말 0.5g을 각각 15mL conical tube에 넣었다. 각각의 샘플이 담긴 conical tube에 50%, 70%, 95% EtOH, 증류수를 10 ml을 첨가하여 시료와 잘

섞이게 흔든 다음 1시간 동안 sonication(4020P, KODO Technical Research Co., Ltd. Hwaseong-City, Gyeonggi-Do. Korea)을 시킨 후 3,000rpm에서 10분 동안 centrifuge (HA-300, Hanil Science Industrial Co., Ltd. Incheon, Korea) 하였다. Centrifuge 한 tube의 상등액을 50mL conical tube에 따라 내는 방법을 3회 반복하여 최종 volume을 50ml 되도록 조정하였다. 그 중 5mL을 0.45µm membrane filter(SLLHH25NK, Merck Ltd. Tokyo, Japan)로 여과하여 HPLC 분석용으로 사용하였다.

딸기의 주요 생리활성 성분의 함량을 분석하기 위하여 high-performance liquid chromatography (HPLC)를 이용하였다. HPLC는 Agilent 1100 series를 사용하였고, column은 Luna-C18(250 × 4.6mm I.D.; 5µm particlesize, Phenomenex, Torrance, CA, USA), 이동상은 0.025% formic acid in distilled water : Acetonitrile로 모두 HPLC grade(Fisher, Fair lawn NJ, USA)를 사용하였으며, 유속 0.5mL/min, 검출기 PDA 254nm의 조건으로 분석하였다(Table 1.21).

딸기의 주요성분에 대하여 회귀직선식, 검출한계 및 정량한계를 확인하였다. 회귀직선식은 표준용액을 조제한 후, 그 표준용액을 5단계 이상 희석하여 각 농도 범위에서  $y=ax+b$ 의 형태로 시료함량(X)과 피크 면적(Y)의 회귀직선식(calibration curve)을 작성하였다. 회귀직선식은 상관계수  $r^2$ (correlation coefficient)로 평가하였다. 검출한계(limits of detection, LOD)는  $3.3\sigma / S$ 의 식에 의해서 계산하였으며,  $\sigma$ 는 반응의 표준편차를, S는 검량선의 기울기를 말한다.

딸기 추출물의 생리활성 성분의 함량을 분석하기 위하여 사용된 표준물질은 cyanidin-3-glucoside(Biopurify phytochemicals Ltd. Chengdu. Sichuan China), cinchonine (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), ellagic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), fisetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), quercetin (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), cinnamic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 등 6종 이었다.

Table 1.21. Chromatographic conditions for the determination of biological active compounds in strawberry fruits

Parameters	Values
Instrument	Agilent 1100 series
Solvent	0min B 0%, 28min B 100%, 35min B 100 %, 45min B 20%
A	0.025% formic acid in distilled water
B	Acetonitrile
Column	Luna C18 (2) column (Phenomenex, 250 x 4.6mm ID : 5µm)
Run time	60min
Flow rate	0.5mL/min
Detector	PDA 254, 260, 320nm (slit width = 4)
Column temp.	30°C

### (3) 통계분석

실험 결과의 통계분석은 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용한 최소유의차(Least Significant Difference)검정과 Excel 프로그램(Microsoft, USA)을 이용한 평균값±표준편차를 사용하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 이상 고온이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

여름철 시설딸기 재배에서 이상고온으로 인한 피해가 빈번하게 일어나고 있고, 이로 인해 고품질 딸기 생산의 제약 요인이 되고 있다(Nam et al., 2014). 따라서 고온에서 시설딸기의 안전재배를 위한 기초자료를 얻고자 고온조건을 부여하여 딸기의 생육, 수량 및 품질을 비교하였다.

딸기를 25℃에서 재배하였을 때 엽수와 엽면적, 엽장, 엽폭, 및 초장 등 전반적인 지상부 생육이 20℃나 22.5℃보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다. 온도에 따른 생육은 품종에 따라 큰 차이는 없었으며, '설향', '매향' 두 품종 모두 지상부 생육은 25℃에서, 지하부 생육은 20℃에서 좋았다(Table 1.22).

25℃에서 생육 90일간 생육시킨 '설향'의 엽면적은 710.59cm<sup>2</sup> 였으나 20℃에서 재배된 딸기는 511.95 cm<sup>2</sup>로 낮았다. '매향' 또한 25℃에서는 엽면적이 1088.35cm<sup>2</sup> 였으나, 20℃에서는 606.67 cm<sup>2</sup>로 약 2배 낮았다. 엽면적, 경직경, 초장 또한 25℃에 비해 20℃에서 지상부 생육이 억제되었다.

반면 지하부인 근장은 생육적온인 20℃에서 가장 생육이 우수하였다. 20℃의 생육온도에서 생육 90일간 생육시킨 '설향'의 근장은 27.53cm 였으나 25℃에서 재배된 딸기는 18.70cm로 낮았다. '매향'도 뿌리생육은 22.5℃나 25℃에 비해 우수하였다.

'설향' 및 '매향' 두 품종 모두 생육온도에 따라 생체중과 건물중에 큰 차이를 보였다. 고온인 25℃에서 재배된 딸기는 생육단계에 관계없이 20℃ 비해 지상부의 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 전 생육기간 동안 유지되었다. 이는 고추에서 생육온도가 높아질수록 생식생장으로 전환이 늦어져 영양생장이 활발했다는 Heo et al.(2013)의 결과와 일치하였다. 지하부의 생체중 및 건물중은 앞선 근장의 생육결과와 일치하였으며, 생육적온인 20℃에서 가장 좋았다. 이상의 연구결과에서 고온의 25℃에서 딸기의 생육은 지상부가 우수하였으나, 생육적온인 20℃에서는 지하부의 생육이 우수하였다.

25℃에서는 지상부의 생육이 높았으며 이는 영양생장과 생식생장을 병행하는 딸기(Jung, 2012)에서 고온은 영양생장에 의한 지상부의 과번무에 초래하였다. 반면 생육적온인 20℃에서는 균형적인 T/R율을 유지하였고, 이로 인해 생식생장을 촉진할 것으로 판단된다(Table 1.23 and Fig. 1.10).

Table 1.22. The effect of high temperature on number of leaves, leaf area, leaf length, leaf diameter, plant height and root height of strawberry plants.

Cultivars	Temp. (°C)	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf diameter (mm)	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Root height (cm)
<i>30 days after transplanting</i>								
Seolhyang	20.0	5.6	364.4	8.0	6.8	3.0	18.8	30.0
	22.5	5.6	353.3	8.9	8.6	3.1	23.9	19.7
	25.0	6.0	507.1	9.3	8.4	3.2	24.7	13.0
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	0.7	0.6	NS	2.4	NS
Maehyang	20.0	4.3	299.8	8.0	6.5	3.4	24.5	23.0
	22.5	5.2	536.2	10.5	9.2	3.8	32.3	15.7
	25.0	5.2	592.6	11.3	9.4	3.6	35.5	17.0
	LSD	NS	NS	1.1	0.8	0.3	2.8	5.6
<i>60 days after transplanting</i>								
Seolhyang	20.0	6.0	470.6	7.9	7.1	2.6	19.2	35.0
	22.5	5.3	549.6	9.5	8.8	2.7	25.4	36.2
	25.0	6.0	716.7	9.8	9.1	3.1	25.2	24.7
	LSD	0.6	NS	0.8	0.5	0.2	2.2	NS
Maehyang	20.0	5.2	566.6	9.0	7.5	2.7	26.2	45.6
	22.5	5.3	672.5	11.9	8.9	3.2	32.6	24.6
	25.0	5.4	830.5	11.6	9.1	3.2	37.8	34.9
	LSD	NS	NS	0.9	0.8	0.3	2.1	12.3
<i>90 days after transplanting</i>								
Seolhyang	20.0	6.0	511.9	8.7	7.8	3.3	20.1	27.5
	22.5	4.6	527.8	9.7	8.8	3.1	26.4	16.8
	25.0	6.1	710.6	10.2	9.5	3.5	26.7	18.7
	LSD	0.9	NS	0.8	0.9	0.3	1.8	8.3
Maehyang	20.0	4.6	606.7	10.9	8.4	3.6	30.4	35.7
	22.5	4.8	726.6	12.1	9.2	3.7	35.4	21.7
	25.0	5.6	1088.4	12.0	9.1	3.7	37.7	26.7
	LSD	0.6	205.7	0.9	0.7	NS	2.0	NS

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

Table 1.23. The effect of high temperature on fresh weight and dry weight of strawberry plants.

Cultivars	Temp. (°C)	FW(g/plant)			DW(g/plant)		
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>							
Seolhyang	20.0	16.8	7.3	24.1	2.9	1.3	4.2
	22.5	15.8	7.2	22.9	2.3	1.2	3.6
	25.0	21.6	4.6	26.2	3.2	0.7	3.9
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS	0.5	NS
Maehyang	20.0	17.4	16.1	33.4	2.5	2.0	4.5
	22.5	17.7	6.9	24.7	2.9	0.9	3.9
	25.0	23.8	8.5	32.3	4.3	1.2	5.5
	LSD	NS	5.0	NS	NS	0.7	NS
<i>60 days after transplanting</i>							
Seolhyang	20.0	29.1	9.9	39.0	4.6	1.4	6.0
	22.5	24.6	6.6	31.2	3.7	1.0	4.7
	25.0	35.4	6.5	41.9	4.9	0.9	5.9
	LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Maehyang	20.0	27.5	15.0	42.5	5.5	2.1	7.6
	22.5	39.5	8.5	48.0	5.6	1.1	6.7
	25.0	43.7	14.6	58.3	7.2	1.9	9.1
	LSD	NS	4.1	NS	NS	0.4	NS
<i>90 days after transplanting</i>							
Seolhyang	20.0	25.9	10.4	36.4	4.5	3.2	7.6
	22.5	26.3	7.5	33.8	5.3	1.7	7.0
	25.0	33.2	5.5	38.7	6.0	0.9	6.9
	LSD	NS	1.7	8.9	NS	NS	NS
Maehyang	20.0	36.4	21.4	57.7	5.9	3.3	9.2
	22.5	38.3	18.3	56.6	6.3	2.6	8.9
	25.0	50.9	9.8	60.7	8.4	2.5	10.9
	LSD	11.9	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

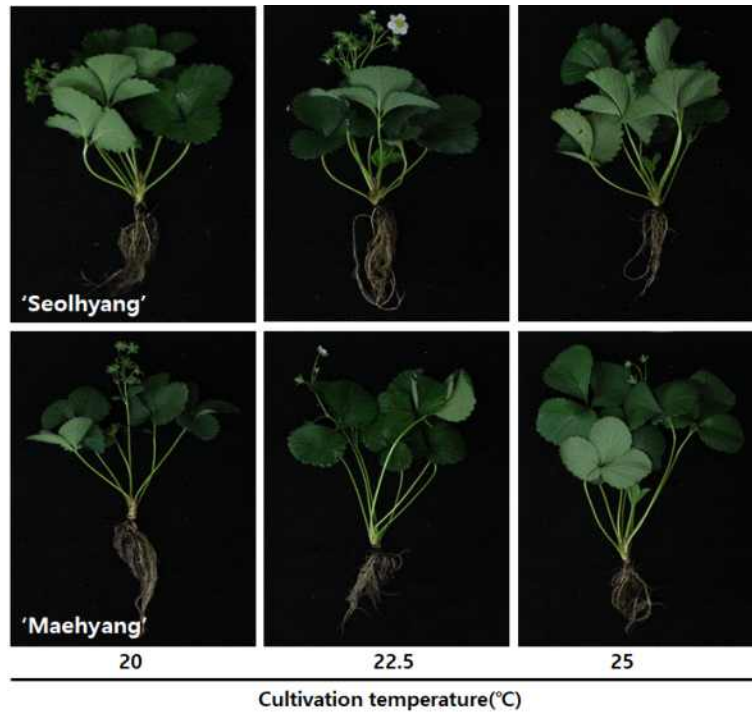


Fig. 1.10. Changes in growth as affected by cultivation temperature of strawberry plants at 30 days after transplanting.

딸기의 생육적온은 20°C로 비교적 저온에 강한 작물이지만 극단적인 고온은 낙뢰, 낙화, 수정 불량, 기형과 발생 등 여러 가지 측면에서도 딸기의 생육 및 수량성을 저하시키는 요인이 되고 있다(Ryou et al., 2008).

Table 1.24, 1.25 및 Fig. 1.11는 이상고온이 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 이를 위해 생육적온인 20°C를 기준하여 2.5°C 고온인 22.5°C 및 5°C 고온인 25°C로 조절된 온실에서 재배하면서 시기별 생육을 조사하였다. ‘설향’ 및 ‘매향’ 모두 생육적온인 20°C보다 온도가 높을수록 딸기의 상품성이 낮았고, 과중도 낮았다. 통계적 유의성은 없었다. 20°C에 재배한 ‘설향’은 주당 과중이 5.26g으로 높았고, 22.5°C에서는 5.2g으로 낮아졌고, 25°C에서는 4.9g에 불과하였다. ‘매향’은 ‘설향’보다는 고온에 의한 중량 감소현상이 뚜렷하지 않았으나, 20°C에서는 3.5g으로 가장 높았다. 과실의 길이와 직경 또한 생육적온인 20°C가 22.5°C나 25°C에 비해 높았다. 반면 딸기 수량성은 ‘설향’ 품종에서는 큰 차이가 없었으며, ‘매향’ 품종에서는 25°C에서 주당 10.5개로 가장 높았다. 따라서 딸기의 생육적온을 기점으로 하여 5°C 높은 25°C의 고온은 20°C에 비해 상품성이 감소하였다(Table 1.24, 1.25 and Fig 1.11).

생육온도가 딸기품질에 미치는 영향을 조사한 결과 생육온도에 따라 딸기의 품질이 달랐다. ‘설향’, ‘매향’ 모두 생육온도가 딸기의 색택인 Hunter (L(light) a(red) b(blue)) 값에는 차이가 있었다. 딸기는 미숙상태에서 완숙상태로 숙성이 진행되면서 밝기를 나타내는 L값이 낮아지고 붉은색을 나타내는 a값이 높아지며, 황색을 띄는 b값이 낮아지면서 전체적으로 짙은 빨간색으로 착색이 완료된다. 25°C에서 과실의 밝기를 나타내는 Hunter L값과 황색을 띄는 b값이 가장 낮았고, 붉은색을 나타내는 a값이 가장 높았다. 따라서 딸기의 숙기는 재배온도에 따라 차이가 있었으며, 25°C에서는 숙기가 가장 빨랐고, 반면 20°C에서 가장 늦었다.



딸기 과실의 경도는 재배온도에 따라 차이가 있었으며, '설향'과 '매향' 두 품종 모두 20℃에서 재배한 딸기에서 경도가 가장 높았고, 고온인 25℃에서는 과실의 경도가 낮았다.

과실의 당도는 '설향'에서는 20℃에서 재배한 딸기가 7.4°Brix로 가장 높았고, '매향'에서는 생육온도에 따라 당도에는 유의적인 차이가 없었다. 산도는 두 품종 모두 20℃에서 재배한 딸기가 가장 낮았다. 딸기의 맛을 나타내는 주요 요인인 당산비는 값이 높을수록 딸기의 풍미가 좋다고 알려져 있다. 당산비는 두 품종 모두 생육적온인 20℃에서 가장 높았다. 특히 20℃에서 재배한 '매향' 품종은 당산비가 18.2%로 가장 높았다.

이상의 결과에서 딸기는 생육온도에 따라 생육 및 품질에도 차이가 있었으며, 생육적온인 20℃에서는 균형적인 영양생장과 생식생장이 전개되어 딸기의 생산성 및 품질이 높았다. 반면 생육적온을 벗어난 25℃의 고온재배에서는 딸기의 상품성이 감소하였다(Table 1.24). 이는 고온에 의해 지하부에 비해 지상부 성장(T/R)이 높아짐으로 뿌리에서 흡수한 영양분이 과실보다는 식물체로 집중되는 영양생장에 의한 것으로 판단된다(Heo et al., 2013).

Table 1.24. The effect of high temperature on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry.

Cultivars	Temp. (°C)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
Seolhyang	20.0	14.1	5.3	23.7	21.7
	22.5	14.9	5.2	23.8	21.2
	25.0	14.7	4.9	23.1	20.8
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	NS	0.8
Maehyang	20.0	6.4	3.5	25.9	16.6
	22.5	9.9	3.2	23.9	16.7
	25.0	10.5	3.1	24.8	16.3
	LSD	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.

Table 1.25. The effect of high temperature on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of strawberry.

Cultivars	Temp (°C)	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/T A ratio
		L	a	b				
Seolhyang	20.0	44.3	44.2	31.7	2.2	7.4	0.5	14.6
	22.5	42.1	45.2	29.2	1.9	6.5	0.7	9.9
	25.0	41.9	46.9	30.5	1.8	7.2	0.7	10.4
	LSD <sup>z</sup>	0.9	0.7	0.9	0.2	0.2	0.02	0.9
Maehyang	20.0	42.4	44.3	31.1	2.7	8.5	0.5	18.2
	22.5	38.2	45.0	23.4	2.3	8.6	0.7	13.0
	25.0	39.7	46.7	25.0	2.1	8.6	0.6	14.1
	LSD	1.8	1.2	4.2	0.3	NS	0.04	1.4

<sup>z</sup> Means separation within columns of each cultivar by least significant difference(LSD) test at P = 0.05.



Fig. 1.11. Changes in the external appearance quality of fruit as affected by cultivation temperature of strawberry.

## (2) 딸기 지표 성분의 분석 방법 확립

딸기의 주요 생리활성 물질들은 분석하기 위해 6종의 물질들을 선정한 후, 이들 표준물질들을 구매하여 분석방법을 Table 1.26과 같이 확립하였다.

각 생리활성 물질들은 약간의 차이는 있지만 분석범위는 0.5에서 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$  이며, 모두 254nm에서 분석하였다. 각 표준물질은 모두  $r^2 > 0.999$ 로서 직선성(linearity)을 확인하였다. 각 물질들마다 회귀직선식을 작성하였으며, 검출한계(LOD)는 0.484–3.316이었으며, 정량한계(LOQ)는 1.596–10.941이었다.

Table 1.26. Compound identification, retention time (RT), regression equation, correlation coefficient ( $r^2$ ) and range of calibration ( $n = 6$ ), limit of detection (LOD), and limit of quantification (LOQ)

Compounds	RT	Wave length (nm)	Range ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	Regression equation	Correlation coefficient	LOD ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )
Cyanidin-3-glucoside	18.219	254	5–100	$y=13.17x-7.55$	0.9999	1.857	6.128
Cinchonine	18.464	254	2.5–100	$y=3.46x-2.55$	0.9999	1.467	4.842
Ellagic acid	42.372	254	1–100	$y=52.16x-3.92$	0.9990	0.484	1.596
Fisetin	48.838	254	0.5–50	$y=48.56x-21.71$	0.9995	1.929	6.366
Quercetin	50.254	254	0.5–50	$y=73.44x-25.34$	1.0000	1.467	4.842
Cinnamic acid	51.217	254	0.5–50	$y=1.27x-2.33$	0.9997	1.438	4.746

### (3) 이상 고온이 딸기의 생리활성 성분에 미치는 영향

딸기의 생육온도가 과실의 주요 생리활성 물질의 함량( $\mu\text{g/g}$  dry weight)에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.27에서 보는 바와 같다. Cyanidin-3-glucoside는 인체의 면역증진, 세포 기능 활성화 및 간해독능 증진에 효과가 있는 물질로 알려져 있다. 딸기 과실의 cyanidin-3-glucoside 함량은 생육온도 및 품종에 따라 차이가 있었다. '설향' 및 '매향' 품종 모두 22.5°C에서 cyanidin-3-glucoside 함량은 증가하였다. 특히 50% EtOH 추출물에서 함량이 가장 높게 나타났다. '매향' 품종은 22.5°C에서 cyanidin-3-glucoside 함량이 473.8 $\mu\text{g/g}$  으로 가장 높았고, 반면 고온인 25°C에서는 174.8 $\mu\text{g/g}$  함량이 감소하였다.

Cinchonine은 알칼로이드 화합물로 다른 quinine 관련 화합물에 비해 낮은 독성을 가지며, 항혈전 및 비만 효과가 있는 물질로 알려져 있다(Genne et al., 1995). 생육온도에 따라 딸기 과실의 cinchonine 함량에 차이가 있었으며, 두 품종 모두 고온에서는 함량이 낮았으나 22.5°C에서 함량이 증가하였다. '물' 추출물에서 가장 함량이 많았으며, cyanidin-3-glucoside와 같은 경향으로 '매향' 품종에서 더 높았다. 이는 딸기에서 cinchonine 함량은 품종에 차이가 있었으며, '매향'이 '설향'보다 cinchonine 함량이 더 높았다는 Ko(2016)의 보고와 동일한 결과였다.

딸기의 대표적인 생리활성 물질인 ellagic acid는 항산화 및 항암작용이 뛰어나다고 알려져 있다(Stoner and Gupta, 2001). 생육온도에 따라 딸기 과실의 ellagic acid 함량은 차이가 있었으며, 95% EtOH 용매에서 높은 함량이 추출되었다. 두 품종 모두 생육적온인 20°C에 가까울수록 함량이 높아졌으며 95% EtOH 조건으로 추출한 '설향' 품종의 ellagic acid 함량은 528.8  $\mu\text{g/g}$  였으나, '매향'은 1238.8 $\mu\text{g/g}$ 으로 높았다. 이와 같이 ellagic acid 함량은 품종간 차이가 있었으며, '매향'이 '설향' 품종보다 ellagic acid 함량이 1.5-2배 함량이 높았다.

채소에 많이 함유되어 있는 플라보놀 그룹에 속하는 fisetin은 합암, 항산화, 항염증 효과 및 당뇨합병증 예방효과가 있다고 알려져 있다(Maher et al., 2011). 생육온도에 따라 딸기 과실의 fisetin 함량에 차이가 있었다. 두 품종 모두 22.5°C에서 함량이 증가하였으며, '설향' 품종이 '매향'보다 fisetin 함량이 높았다.

Quercetin은 flavonoids 화합물의 일종으로 항바이러스, 항균효과, 발암물질의 활성 감소 등 광범위한 기능성을 지닌다고 알려져 있다(Leighton et al., 1992). 생육온도에 따라 딸기 과실의 quercetin 함량에 뚜렷한 차이가 없으나, '설향'과 '매향' 두 품종 모두 생육적온인 20°C에서 함량이 증가하는 경향이였다. 또한 용매 농도(50%, 75%, 95% EtOH)에 따른 차이도 미비하였다.

Cinnamic acid는 폴리페놀 성분으로 항산화 및 항균 등과 약학적 특성을 갖는 화합물이다(Chen et al., 2011). 딸기 과실의 cinnamic acid 함량은 생육온도 및 추출용매에 따라 달랐다. '물' 추출물에서 가장 많은 함량을 보였으며(Ko, 2016), '설향' 및 '매향' 품종 모두 생육적온인 20°C에서 함량이 높았다. 특히 20°C에서 재배한 '매향' 품종의 cinnamic acid 함량은 4,564.2 $\mu\text{g/g}$ 으로 '설향'보다 2배 이상 높았다.

딸기의 생리활성 성분은 생육온도에 따라 차이가 있었으며, 대체적으로 고온 생육조건인 25°C에서는 생리활성 성분의 함량이 감소하였으나, 생육적온인 20°C로 근접할수록 생리활성 성분의 함량이 증가하는 경향이 관측되었다(Table 1.27). 따라서 여름철 고온 조건은 딸기 생리활성 성분에 부정적인 영향을 끼치며 생육 적온에서 재배된 딸기에 항산화 물질 증가하여 고품질 딸기를 생산할 수 있음이 판단된다.

Table 1.27. Contents ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) of biological active compounds of strawberry fruits affected by culture temperature. Biological active compounds of strawberry fruits were extracted with 50% EtOH.

Cultivars	Temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	Content ( $\mu\text{g/g}$ dry weight)						
		Cyanidin-3 -glucoside	Cinchonine	Ellagic acid	Fisetin	Quercetin	Cinnamic acid	
<i>95% EtOH</i>								
Seolhyang	20.0	178.6 $\pm$ 23.4	1102.4 $\pm$ 72.0	528.8 $\pm$ 29.1	42.7 $\pm$ 2.3	29.0 $\pm$ 1.6	652.3 $\pm$ 42.9	
	22.5	198.7 $\pm$ 18.2	1180.5 $\pm$ 78.4	504.2 $\pm$ 57.9	39.8 $\pm$ 4.0	28.9 $\pm$ 0.5	476.9 $\pm$ 34.5	
	25.0	167.4 $\pm$ 5.5	1064.5 $\pm$ 13.3	404.8 $\pm$ 17.9	44.9 $\pm$ 1.2	27.6 $\pm$ 0.3	383.0 $\pm$ 28.2	
Maehyang	20.0	236.8 $\pm$ 21.2	1483.2 $\pm$ 47.1	1238.8 $\pm$ 14.0	30.4 $\pm$ 7.4	27.1 $\pm$ 1.2	984.1 $\pm$ 16.9	
	22.5	345.6 $\pm$ 1.2	1912.8 $\pm$ 30.1	1085.0 $\pm$ 41.7	52.5 $\pm$ 5.4	27.5 $\pm$ 0.9	900.7 $\pm$ 16.1	
	25.0	225.9 $\pm$ 34.3	1509.1 $\pm$ 43.1	622.2 $\pm$ 5.8	40.1 $\pm$ 7.7	22.6 $\pm$ 5.4	792.2 $\pm$ 35.3	
<i>70% EtOH</i>								
Seolhyang	20.0	271.6 $\pm$ 5.8	2794.6 $\pm$ 130.5	661.9 $\pm$ 31.8	34.1 $\pm$ 2.2	29.4 $\pm$ 0.2	670.5 $\pm$ 205.6	
	22.5	317.9 $\pm$ 59.1	3275.7 $\pm$ 337.5	873.1 $\pm$ 29.9	46.7 $\pm$ 12.0	28.7 $\pm$ 0.2	660.7 $\pm$ 7.7	
	25.0	339.6 $\pm$ 8.7	2993.1 $\pm$ 307.8	571.3 $\pm$ 29.1	33.1 $\pm$ 0.9	27.9 $\pm$ 1.3	433.2 $\pm$ 44.7	
Maehyang	20.0	322.3 $\pm$ 19.1	3768.9 $\pm$ 62.1	193.0 $\pm$ 1.2	34.5 $\pm$ 15.5	28.1 $\pm$ 0.1	824.5 $\pm$ 27.1	
	22.5	211.7 $\pm$ 7.8	5592.4 $\pm$ 386.5	338.5 $\pm$ 8.9	63.0 $\pm$ 23.6	26.9 $\pm$ 1.8	784.7 $\pm$ 39.2	
	25.0	272.1 $\pm$ 80.2	3621.9 $\pm$ 111.2	210.7 $\pm$ 1.1	34.7 $\pm$ 4.6	28.3 $\pm$ 0.1	558.3 $\pm$ 236.1	
<i>50% EtOH</i>								
Seolhyang	20.0	246.8 $\pm$ 14.7	3869.6 $\pm$ 9.0	145.5 $\pm$ 1.0	34.1 $\pm$ 6.8	30.3 $\pm$ 0.6	555.2 $\pm$ 32.5	
	22.5	288.5 $\pm$ 32.5	4635.3 $\pm$ 15.6	167.2 $\pm$ 2.3	36.1 $\pm$ 3.0	29.6 $\pm$ 0.3	414.0 $\pm$ 1.5	
	25.0	217.3 $\pm$ 83.3	1148.7 $\pm$ 21.6	105.9 $\pm$ 0.5	30.0 $\pm$ 2.6	29.3 $\pm$ 0.8	363.3 $\pm$ 3.2	
Maehyang	20.0	361.9 $\pm$ 2.3	3129.7 $\pm$ 174.0	101.3 $\pm$ 49.5	20.3 $\pm$ 2.4	27.8 $\pm$ 1.0	762.5 $\pm$ 2.6	
	22.5	473.8 $\pm$ 12.7	3379.3 $\pm$ 109.1	183.9 $\pm$ 18.9	16.0 $\pm$ 1.5	28.2 $\pm$ 1.3	760.5 $\pm$ 3.6	
	25.0	174.8 $\pm$ 13.3	2845.7 $\pm$ 39.6	100.6 $\pm$ 18.9	15.2 $\pm$ 0.1	25.4 $\pm$ 2.2	620.8 $\pm$ 11.6	
<i>Water</i>								
Seolhyang	20.0	106.5 $\pm$ 22.9	3796.6 $\pm$ 85.4	191.2 $\pm$ 1.1	16.5 $\pm$ 0.2	31.1 $\pm$ 1.6	1444.5 $\pm$ 150.8	
	22.5	119.2 $\pm$ 50.0	4327.7 $\pm$ 268.9	144.2 $\pm$ 0.9	16.3 $\pm$ 0.1	28.5 $\pm$ 1.2	1299.2 $\pm$ 29.9	
	25.0	84.4 $\pm$ 31.1	3940.7 $\pm$ 198.0	156.4 $\pm$ 1.6	15.0 $\pm$ 0.4	28.6 $\pm$ 0.2	1055.9 $\pm$ 24.5	
Maehyang	20.0	165.4 $\pm$ 24.7	4562.2 $\pm$ 156.7	204.0 $\pm$ 34.4	17.6 $\pm$ 1.1	30.2 $\pm$ 0.1	4564.2 $\pm$ 165.4	
	22.5	201.8 $\pm$ 98.2	6004.4 $\pm$ 175.6	302.5 $\pm$ 7.8	23.6 $\pm$ 4.4	28.1 $\pm$ 0.4	4184.3 $\pm$ 53.4	
	25.0	107.8 $\pm$ 29.8	4323.4 $\pm$ 108.0	233.4 $\pm$ 10.6	16.8 $\pm$ 1.2	28.7 $\pm$ 0.0	4135.8 $\pm$ 107.2	

## 1-6. 딸기의 주두 제거와 옥신 처리가 딸기의 과형 및 품질에 미치는 영향

### 가. 연구목적

지금까지 딸기에 대한 연구는 기능성 물질탐구(Kim et al., 2011), 병해충 방제(Choi et al., 2009)에 관한 연구는 많았으나 불완전한 수정 및 화기 손상이 기형과 발생에 미치는 영향을 고찰한 연구는 일부에 불과하였다(Lee et al., 2017). 따라서 본 연구는 딸기에서 인위적으로 주두를 제거하고 주두를 제거한 부위에 옥신제인 토마토톤을 처리하여 과실 생육과 품질 및 기형과 발생에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 주두 제거가 과실 발육에 미치는 영향

본 시험에 사용된 품종은 우리나라에서 재배면적이 가장 많은 ‘설향’이며, 시험은 2017년 1월부터 2017년 3월까지 경남 밀양시 상남면에 위치한 딸기농장에서 수행하였다. 딸기는 토양재배 하였으며, 재배방식 및 시비방법은 농촌진흥청 표준 딸기재배법에 준하여 실시하였다.

딸기 화기에서 주두제거는 딸기가 개화하기 전에 화방을 유산지로 밀봉한 상태를 유지하였다가 개화한 후 3일째에 주두를 제거하였다. 주두는 가위로 4처리로 나누어 제거하였고 시계방향으로 구간을 나누어 A; 주두 1/4 제거, B; 주두 2/4 제거, C; 주두 3/4 제거, D; 주두 완전제거, E; 주두 제거를 하지 않은 대조구로 처리하였다(Fig. 1.28). 시험구는 각 처리당 15개를 3반복 하였으며, 딸기 수확은 처리 후 20일, 40일, 60일에 각각 수확하였다. 수확한 딸기는 과중, 과장, 과폭을 조사하였고, 품질은 색도, 경도, 당도, 산도, 당산비, 페놀, 안토시아닌 함량을 조사하였다. 또한 수확한 딸기는 정상과와 기형과를 구분하여 조사하였고, 기형과는 과실형태가 기형 또는 변형되어 발육한 것으로 기준하였다(Fig. 1.13).

#### (2) 주두 제거 후 옥신 처리가 딸기 생육에 미치는 영향

주두를 제거한 후 토마토톤을 처리하여 과실의 발육에 옥신이 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 A; 주두 1/4 제거, B; 주두 1/4 제거 + 토마토톤 처리, C; 주두 2/4 제거, D; 주두 2/4 제거 + 토마토톤 처리, E; 주두 3/4 제거, F; 주두 3/4 제거 + 토마토톤 처리, G; 주두 완전제거, H; 주두 완전제거 + 토마토톤 처리, I; 주두 제거를 하지 않은 대조구를 각각 처리하였다. 옥신 처리는 과채류의 착과제로 널리 사용되는 토마토톤(4-CPA 0.15% 함유, EnBio, Korea)을 100배 희석하여 사용하였고, 주두를 제거한 3일 후에 처리하였다. 시험구는 각 처리당 15개씩 3반복하였고 수확은 주두제거 후 60일째에 하였다. 수확한 딸기의 과중, 과장, 과폭을 조사하였고 품질을 조사하기 위해 색도, 경도, 당도, 산도, 당산비, 페놀함량 및 안토시아닌 함량을 측정하였다. 또한 과실의 정상과 및 기형과를 진단하였다.

#### (3) 딸기의 색택 및 품질조사

색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정된 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 100(redness), -800(greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness) 으로 수치화하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, London, England)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도 (PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정

한 과실의 앞쪽을 5cm 가량 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 pH 미터기로 측정하였고, 산도는 Titratable acidity 법으로 측정하였다. 그리고 당산비를 조사하였다. 실험은 시료당 10 개의 딸기를 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

총 페놀 함량분석은 Folin-Ciocalteu colorimetric 방법(Singleton and Rossi, 1965)을 변형하여 측정하였으며, 표준물질은 gallic acid를 사용하였다. 딸기 추출액과 1차 증류수를 혼합한 후 Folin-Ciocalteu reagent 0.2mL씩 넣고 vortexing 하여 6분간 실온에서 방치한 후 750nm에서 spectrophotometer(Opitizen 3220 UV, Mecasys, Korea)로 측정하였다. 단위는 mg gallic acid equivalents(GAE)/100g FW로 표시하였다.

안토시아닌 함량분석은 pH differential method(Giusti and Wrolstad, 2005)를 변형하여 측정하였다. Potassium chloride buffer(0.025M, pH 1.0)와 Sodium acetate buffer(0.4M, pH 4.5)를 사용하였고. Spectrophotometer(Opitizen 3220UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 510nm와 700nm에서 흡광도를 측정한 다음 안토시아닌 함량을 측정한 후 계산식을 이용하여 함량을 계산하였다. 단위는 mg cyanidin 3-O-glucoside equivalents(CGE)/100g FW로 표시하였다.

$$\text{Anthocyanin content(mg CGE/100g FW)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon}$$

MW(cyanidin-3-glucoside molecular weight) = 449.2

DF(dilution factor) = 희석배수

$\epsilon$ (cyanidin-3-glucoside molar absorptivity) = 26,900

#### (4) 통계분석

실험결과의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.3, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 최소 유의차 검정(LSD) 을 실시하였다.



Fig. 1.12. Stigma removal treatment at open flower of 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 1/4 stigma removed on flower, B; 2/4 stigma removed on flower, C; 3/4 stigma removed on flower, D; all stigma removed on flower, E; stigma remained till harvest(control)

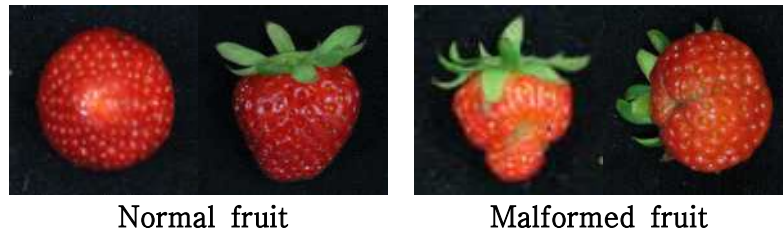


Fig. 1.13. Examples of normal fruit and malformed fruit.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 주두 제거가 딸기의 과실생육에 미치는 영향

딸기의 화기에서 주두를 제거한 후 시기별 딸기의 과실생육을 비교한 결과, 과실의 과중, 과장, 과폭이 낮아졌다. 이러한 경향은 생육이 진전되어 완숙과에 가까워질수록 뚜렷하였다. 또한 주두를 제거하는 부위가 많을수록 과실의 비대 발육이 부진하였다.

완숙과 상태인 주두 제거 후 60일째에 주두를 제거하지 않은 대조구의 과실 과중은 12.7g 이었으나, 주두를 완전제거한 처리에서는 9.8g으로 대조구에 비해 가벼웠다. 또한 과장과 과폭도 주두를 제거하지 않은 대조구에 비해 3.8mm 및 2.1mm 낮았다(Table 1.28). 딸기의 주두를 제거함으로써 과실 생육이 대조구에 비해 낮아졌는데, 이러한 원인은 화분이 발아하여 화분관이 신장하는 장소인 주두가 제거됨으로써 정상적인 수정이 이루어지지 않아 종자형성이 미흡하고, 이에 따라 과실비대를 촉진하는 호르몬인 옥신의 농도저하로 과실발생이 부진한 것으로 해석된다.

딸기의 화기에서 주두를 제거한 처리가 딸기의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과를 Table 1.29에 나타내었다. 주두 제거 처리는 과실의 품질에도 영향을 주었다. 과실의 성숙단계별 당도는 주두를 제거하지 않은 대조구에서 높았고, 주두를 제거하는 부위가 많을수록 낮아졌다. 또한 당산비도 주두를 제거하면 낮아지는 경향이였다. 당도와 적정산도의 비율(당산비)은 생과와 과즙 맛에 영향을 주는 요인이며(Lim et al., 2016), 미숙과인 주두제거 후 20일째에서 완숙과인 60일째까지 과실의 성숙이 진전될수록 당도와 당산비가 높아졌다. 당도 및 당산비는 딸기 품종 및 성숙정도 그리고 재배지역에 따라 달라질 수 있으며 (Kim and Shin, 2015), 주두가 손상 받았을 때도 낮아졌다.

경도는 주두제거 처리에 관계없이 착색이 되지 않은 상태인 주두제거 후 20일째의 미숙과에서 44-61N으로 가장 단단하였다. 그런 다음 주두제거 후 40일째에는 28-38N으로 낮아졌다가 주두제거 후 60일째의 완숙과에서는 1.3-2.3N으로 낮아졌다. 이는 과실이 성숙되면서  $\beta$ -galactosidase의 생성이 활발해짐에 따라 세포벽이 분해되어 경도가 낮아지는 것으로 판단되었다(Ahmed and Labavitch, 1980). 이상의 결과로 보아 주두를 제거하는 부위가 많을수록 과실의 경도는 낮아지는 경향이였다.

딸기는 미숙상태에서 완숙상태로 숙성이 진행되면서 밝기를 나타내는 L값이 낮아지고 붉은색을 나타내는 a값이 높아지며, 황색을 띄는 b값이 낮아지면서 전체적으로 짙은 빨간색으로 착색이 완료된다. 주두를 제거하여 성숙단계별 과실의 색택을 나타내는 Hunter L, a, b 값은 주두제거 처리에 비해 과실의 성숙단계에 따른 차이가 더 컸다. 완숙과인 주두제거 후 60일째의 대조구 딸기는 붉은색을 나타내는 a값이 높았으며, 황색을 띄는 b값이 주두 제거한 과실보다 높게 나타났다. 이와 관련하여 Lee et al.(2017)은 딸기에서 꽃받침 유무에 의해 과실의 색택

에는 큰 차이가 없어 딸기의 숙성에는 꽃받침이 관여하는 요인은 아니라고 하였다.

Table 1.28. The effect of stigma removal on fruit weight, fruit length and fruit diameter of 'Seolhyang' strawberry.

Removal of stigma <sup>z</sup>	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
<i>20 days after treatment</i>			
A	0.6	13.6	9.4
B	0.5	12.7	9.0
C	0.4	11.6	7.9
D	0.5	12.3	8.4
E	0.6	14.2	10.5
LSD <sup>y</sup>	NS	1.4	1.0
<i>40 days after treatment</i>			
A	3.2	20.6	17.9
B	2.8	19.1	16.1
C	1.6	16.7	13.7
D	4.2	22.5	18.8
E	5.9	26.3	21.6
LSD	1.2	2.6	2.2
<i>60 days after treatment</i>			
A	11.4	30.9	27.1
B	11.7	29.7	26.1
C	11.3	28.6	26.6
D	9.8	28.1	25.7
E	12.7	31.9	27.8
LSD	1.4	1.5	1.4

<sup>z</sup> A; 1/4 stigma removed on flower, B; 2/4 stigma removed on flower, C; 3/4 stigma removed on flower, D; all stigma removed on flower, E; stigma remained till harvest(control).

<sup>y</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.



Table 1.29. The effect of stigma removal on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in 'Seolhyang' strawberry.

Removal of stigma <sup>z</sup>	Huntery			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity <sup>y</sup> (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b				
<i>20 days after treatment</i>							
A	56.9	-16.8	43.5	42.0	5.7	0.3	19.0
B	57.7	-16.3	44.4	46.3	5.7	0.3	19.0
C	47.3	-13.8	38.2	43.6	5.9	0.3	19.6
D	46.9	-14.2	41.9	42.2	5.6	0.3	18.6
E	47.8	-12.1	38.8	44.8	6.3	0.3	21.8
LSD <sup>x</sup>	2.3	0.4	1.0	NS	0.2	NS	0.3
<i>40 days after treatment</i>							
A	62.4	-12.9	38.0	30.0	6.5	0.3	21.6
B	62.9	-12.8	38.3	27.1	6.6	0.3	22.0
C	63.3	-13.3	38.6	29.2	6.5	0.3	21.6
D	64.8	-11.9	39.4	24.0	6.3	0.3	21.0
E	62.9	-11.9	32.9	30.6	6.7	0.4	16.7
LSD	NS	0.7	1.3	1.3	0.2	NS	1.1
<i>60 days after treatment</i>							
A	36.3	43.5	21.6	2.0	9.4	0.3	31.3
B	35.2	42.2	19.8	2.2	9.5	0.3	31.6
C	36.1	42.3	20.9	2.5	8.9	0.3	29.0
D	34.9	41.3	21.6	2.0	9.0	0.3	30.3
E	32.3	44.9	18.9	2.3	9.9	0.3	33.0
LSD	1.3	0.7	1.2	0.3	0.6	NS	1.1

<sup>z</sup> A; 1/4 stigma removed on flower, B; 2/4 stigma removed on flower, C; 3/4 stigma removed on flower, D; all stigma removed on flower, E; stigma remained till harvest(control).

<sup>y</sup> Hunter's value L; lightness, a; redness, b; yellowness.

<sup>x</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.

주두 제거 처리에 따른 딸기의 총 페놀 화합물의 함량은 과실의 생육단계에 따른 차이는 있었으나, 주두 제거에 따른 차이는 없었다(Table 1.30). 따라서 주두 제거는 딸기의 페놀 함량

에는 큰 영향을 미치지 못하였다.

딸기의 총 안토시아닌 함량은 착색이 완료된 완숙에서 가장 높게 나타났고, 주두 제거보다는 과실 생육시기에 따른 차이가 컸다. 주두 제거 후 20일째에는 안토시아닌이 발현되지 않았으나 주두 제거 후 40일째부터 발현되기 시작하였고, 착색이 완료되는 시점인 주두제거 후 60일째의 완숙과에서 총 안토시아닌 함량이 증가하였다.

주두 제거 유무에 관계없이 주두 제거 후 60일째 완숙 딸기의 총 안토시아닌 함량은 13.0–14.5mg CGE/100g FW 였다. 이러한 결과는 ‘설향’ 딸기의 안토시아닌 함량이 재배지역에 따라 차이가 있지만 대체적으로 5.03–11.68mg CGE/100g FW 였다는 Kim and Shin(2015)의 보고와 유사하였다. 딸기에서 안토시아닌이 발현되는 시점은 주두 제거 후 40일 전후로 판단되며, 주두를 제거함으로써 과실의 안토시아닌 함량이 약간 낮아지는 경향이었다 (Table 1.30).

딸기는 미숙상태에서 완숙상태로 숙성이 진행됨에 따라 붉은색을 나타내는 Hunter a값이 높아지면서 빨간색으로 착색이 완료되었다(Table 1.29). 그러나 과실의 Hunter a 값은 주두를 제거할 경우 낮아졌다. 과실의 총 안토시아닌 함량도 주두를 제거하면 감소하였다. 따라서 딸기에서 주두는 과실의 숙성에 간접적으로 영향을 주는 것으로 판단된다.

주두를 제거한 후 과실의 종자 수에 미치는 영향을 조사하여 Table 1.32에 나타내었다. 주두를 제거하지 않은 대조구에서는 과실당 종자수가 148.3개로 가장 많았으며 주두를 제거한 부위가 클수록 종자수가 감소하였다. 또한 기형과 발생은 대조구가 2.0% 인데 비해 주두를 제거하는 부위가 클수록 증가하였으며, 특히 주두를 완전 제거한 D 처리구에서 18.6%로 가장 높았다(Table 1.31). 이러한 결과는 딸기의 주두가 여러 가지 요인에 의해 물리적인 손상을 받게 되면 기형과 발생율이 증가한다는 것을 의미한다(Table 1.28, 1.31 and Fig. 1.14). 따라서 딸기에서 과실 당 종자수가 감소하고 기형과 발생율이 증가한 것은 불 완전한 수정에 의한 것으로 판단된다. 또한 주두에 물리적 손상을 받으면 종자발달이 저해되어 소형과 딸기 발생이 증가하였다.

Table 1.30. The effect of stigma removal on total phenol and anthocyanin content of fruit in 'Seolhyang' strawberry.

Removal of stigma <sup>z</sup>	Total phenolics (mg GAE/100g FW)	Total anthocyanins (mg CGE/100g FW)
<i>20 days after treatment</i>		
A	331.4	—
B	344.9	—
C	374.7	—
D	356.1	—
E	371.2	—
LSD <sup>y</sup>	NS	—
<i>40 days after treatment</i>		
A	663.6	0.32
B	694.6	0.22
C	683.6	0.23
D	687.7	0.25
E	674.9	0.28
LSD	NS	NS
<i>60 days after treatment</i>		
A	279.5	14.25
B	284.2	13.90
C	312.9	13.04
D	274.4	13.54
E	283.4	14.96
LSD	NS	0.95

<sup>z</sup> A; 1/4 stigma removed on flower, B; 2/4 stigma removed on flower, C; 3/4 stigma removed on flower, D; all stigma removed on flower, E; stigma remained till harvest(control).

<sup>y</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.

Table 1.31. The effect of stigma removal on number of seed and malformed fruit of 'Seolhyang' strawberry.

Removal of stigma <sup>z</sup>	Number of seed	Malformed fruit (%)
A	136.4	7.0
B	120.0	11.0
C	108.2	18.0
D	89.6	18.6
E	148.3	2.0
LSD <sup>y</sup>	NS	0.8

<sup>z</sup> A; 1/4 stigma removed on flower, B; 2/4 stigma removed on flower, C; 3/4 stigma removed on flower, D; all stigma removed on flower, E; stigma remained till harvest(control).

<sup>y</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.

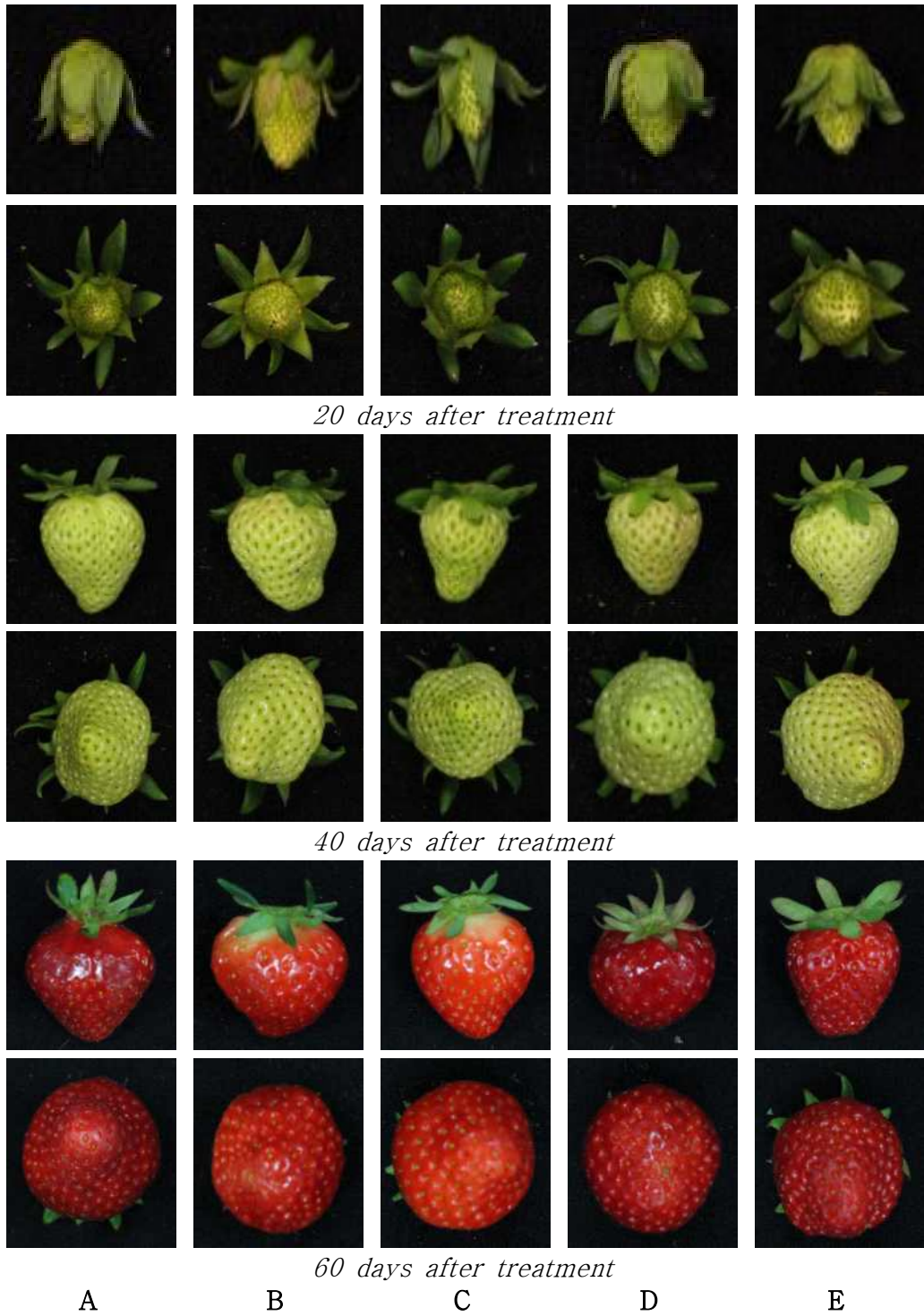


Fig. 1.14. Change in fruit shapes by the stigma removal 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 1/4 stigma removed on flower, B; 2/4 stigma removed on flower, C; 3/4 stigma removed on flower, D; all stigma removed on flower, E; stigma remained till harvest(control).

(2) 주두 제거 후 옥신 처리가 과실의 생육에 미치는 영향

시설과채류 재배에서 불량조건에 의해 화분발아가 불량하거나 주두의 손상으로 수정이 어려울 때 옥신제를 처리하여 단위결과를 유도한다. 과채류에서 착과제로 널리 이용되고 있는 토마토톤은 합

성 옥신의 일종인 4-chlorophenoxy acetic acid(4-CPA)를 0.15% 함유하고 있으며, 과채류에 4-CPA를 처리하면 착과율 및 과실크기를 증가시킨다고 알려져 있다(Gemici et al., 2006). Table 1.32는 딸기에 주두를 제거한 후 제거한 부위에 옥신제인 토마토톤을 처리하여 과실의 발육을 조사한 것이다. 과실의 생육인 과중, 과장, 과폭은 주두를 제거함으로써 낮아졌으며, 이러한 경향은 주두를 제거하는 부위가 많을수록 현저하였다. 그러나 주두를 제거한 후 토마토톤을 처리하면 과중과 과장 및 과폭이 토마토톤을 처리하지 않은 처리에 비해 증가하였고, 전체적인 과실생장은 주두를 제거하지 않은 대조구와 유사하였다. 따라서 주두에 손상을 받은 딸기에 토마토톤 처리를 하면 과실의 크기가 증대되었다. 이와 같은 결과는 토마토톤의 주요 성분인 옥신에 의한 것으로 판단되며 옥신처리에 의해 과실의 크기가 증가하는 원인은 자두와 비파에 서는 세포신장(Agussti et al., 2003), 베리에서는 세포분열 (Cosgrove, 1997)에 의한 것이라고 하였다. 딸기의 화기에서 주두를 제거한 후 + 토마토톤 처리가 과실의 품질에 미치는 영향을 비교하였다(Table 1.33). 주두 제거 후 + 토마토톤 처리는 과실의 품질에 영향을 주었다. 딸기는 숙성되면서 밝기를 나타내는 L값과 황색을 띄는 b값이 낮아지고 붉은색을 나타내는 a값이 높아지는 것이 일반적이다. 주두의 제거부위에 관계없이 주두를 제거한 후 + 토마토톤 처리하면 무처리에 비해 밝기를 나타내는 L값과 황색을 띄는 b값이 높아졌고 붉은색을 나타내는 a값이 낮아졌다. 따라서 토마토톤 처리는 과실의 크기를 증대시키지만 과실의 숙성을 지연시키는 작용을 하였다. 경도는 주두를 제거하는 부위가 많을수록 낮아지는 경향이었으며, 주두를 제거한 후 + 토마토톤 처리는 무처리에 비해 경도가 낮아지는 경향이였다. 과실의 당도는 주두를 제거하는 부위가 많을수록 낮아졌다. 주두를 제거한 후 + 토마토톤을 처리하면 당도가 낮아지는 경향이였다. 식물호르몬 중 에틸렌과 brassinosteroids(BRs)는 미성숙 과실에 처리하면 동화산물의 축적량과 축적 시기를 빠르게 하며 조기성숙을 유도하며(Symons et al., 2006), 반면 옥신은 당의 축적시기를 지연시켜 숙성을 지연시킨다고 하였다(Villarreal et al., 2009). 따라서 딸기에서 주두를 제거한 후 토마토톤을 처리하면 과실 내의 당의 함량이 감소하는 것은 옥신에 의한 작용으로 해석된다. 또한 당산비는 주두를 제거하지 않는 대조구에서 32.4로 가장 높았고, 주두를 제거하거나 토마토톤을 처리할 경우 낮아졌다.

Table 1.32. The effect of auxin treatment after stigma removal on fruit weight, fruit length and fruit diameter of 'Seolhyang' strawberry. Fruit growth was measured at 60 days after stigma removed on flower.

Removal of stigma	Tomatoton treatment (x100 dilution)	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
1/4	No	11.2	31.2	28.1
	Yes	12.3	32.4	29.1
2/4	No	10.7	30.2	27.3
	Yes	11.4	31.2	28.4
3/4	No	10.3	28.2	26.2
	Yes	11.2	31.3	27.2
All	No	9.3	27.8	24.4
	Yes	10.8	32.5	26.6
None(Control)		12.2	32.2	28.4
LSD <sup>z</sup>		1.4	1.4	1.3

<sup>z</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.

Table 1.33. The effect of auxin treatment after stigma removal on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of 'Seolhyang' strawberry. Fruit growth was measured at 60 days after stigma removed on flower.

Removal of stigma	Tomatoton treatment (x100 dilution)	Hunter <sup>z</sup>			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
		L	a	b				
1/4	No	35.3	44.5	20.8	2.1	9.6	0.3	32.0
	Yes	36.5	43.3	23.3	1.9	8.9	0.3	29.6
2/4	No	36.2	44.5	21.4	2.3	9.7	0.3	32.3
	Yes	37.0	43.9	23.4	2.1	8.7	0.3	29.0
3/4	No	35.8	44.6	21.2	2.3	9.0	0.3	30.0
	Yes	38.6	43.3	24.7	2.2	8.6	0.3	28.6
All	No	36.9	45.6	21.6	2.2	9.2	0.3	30.6
	Yes	37.8	42.9	24.7	1.9	8.6	0.3	28.6
None(Control)		34.3	46.4	19.7	2.2	9.8	0.3	32.6
LSD <sup>y</sup>		0.9	1.1	1.4	0.3	0.5	NS	2.2

<sup>z</sup> Hunter's value L; lightness, a; redness, b; yellowness.

<sup>y</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.

주두 제거 후 토마토톤 처리에 의해 페놀 화합물의 함량을 분석한 결과, 주두가 제거된 처리와 토마토톤의 처리에 의해 증가하는 경향을 보였다(Table 1.34). 딸기의 안토시아닌 함량은 주두를 제거하지 않은 대조구에서 16.8mg CGE/100g FW으로 가장 높았고, 주두를 제거한 후 + 토마토톤을 처리함으로써 감소하였다. 결과적으로 주두를 완전제거한 후 + 토마토톤 처리구에서 12.8mg CGE/100g FW으로 안토시아닌 함량이 가장 낮았다(Table 1.34). 옥신과 옥신 유사물질들은 아보가도(Tingwa and Young, 1975), 키위(Fabbroni et al., 2006), 토마토(Cohen, 1996) 등 많은 난클라이메트릭 과실에서 숙성을 지연시키며, 클라이메트릭 과실인 딸기(Villarreal et al., 2009)에서도 숙성을 지연시킨다고 알려져 있다. 이와 같이 옥신의 과실성숙에 관련된 기작은 명확하게 구명되지 않았지만 당과 안토시아닌의 발현 유전자에 관여하여 당과 안토시아닌이 과실에 축적되는 것을 지연시키며, 산도와 엽록소 비율이 감소되는 것을 억제하여 숙성을 지연시킨다고 하였다(Davies et al., 1997). 본 연구에서도 토마토톤 처리에 의해 딸기의 숙성이 지연되는 것은 이와 같은 원인에 의한 것으로 판단된다. 주두제거 및 토마토톤 처리가 기형과 발생에 미치는 영향을 조사한 결과, 대조구의 딸기 과실에서 종자 수는 152.4개 였고 주두제거 부위가 증가할수록 과실의 종자수가 감소하였다. 특히 주두를 완전 제거한 처리에서는 과실 당 89.6개의 종자수를 보였다. 주두를 제거한 후 + 토마토톤 처리는 수정을 촉진하지는 않지만 지방과 화탁발육을 촉진시켜 단위결과를 유도하여 종자 수에는 큰 변화가 없었다.

반면 기형과 발생률은 주두를 제거하는 부위가 많을수록 또한 토마토톤을 처리할수록 증가하였다. 주두를 제거하지 않는 대조구에서는 2%에 불과하였으나, 주두 완전 제거 + 토마토톤 처리에서는 43%로 크게 증가하였다(Table 1.35). 이상을 결과를 보아 주두제거 손상부위가 많을수록 기형과 발생 비율이 증가하며, 토마토톤과 같은 옥신제 처리는 기형과를 촉진하는 것으로 판단되었다. 시설 딸기재배 시에 생물적 환경적 요인에 의해 주두에 손상을 받았을 때 옥

신제를 처리하면 딸기의 크기는 증가시키는 긍정적 효과가 있으나 기형과 발생을 증가시켰다 (Table 1.32, 1.35 and Fig. 1.15). 따라서 딸기에서 기형과 발생률이 증가한 것은 불완전한 수정에 의한 것이며, 착과제로 사용되는 옥신제에 의한 것으로 판단된다.

Table 1.34. The effect of auxin treatment after stigma removal on total phenol of fruit in 'Seolhyang' strawberry. Fruit growth was measured at 60 days after stigma removed on flower.

Removal of stigma	Tomatoton treatment (x100 dilution)	Total phenolics (mg GAE/100g FW)	Total anthocyanins (mg CGE/100g FW)
1/4	No	219.4	10.0
	Yes	392.4	13.8
2/4	No	454.1	14.2
	Yes	367.8	16.3
3/4	No	312.9	13.0
	Yes	345.4	14.0
All	No	274.4	14.5
	Yes	404.6	19.0
None(Control)		283.4	16.8
LSD <sup>z</sup>		22.2	0.9

<sup>z</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.

Table 1.35. The effect of auxin treatment after stigma removal on number of seed, malformed fruit of 'Seolhyang' strawberry. Fruit growth was measured at 60 days after stigma removed on flower.

Removal of stigma	Tomatoton treatment (x100 dilution)	Number of seed	Malformed fruit (%)
1/4	No	129.4	7.0
	Yes	117.6	27.0
2/4	No	119.0	11.0
	Yes	113.6	26.8
3/4	No	106.2	18.0
	Yes	95.8	33.0
All	No	82.6	18.3
	Yes	78.4	43.0
None(Control)		152.4	2.0
LSD <sup>z</sup>		19.2	1.3

<sup>z</sup> Means separation within column by least significant difference(LSD) at P = 0.05.



Fig. 1.15. Change in fruit shapes by the auxin treatment after stigma removal 'Seolhyang' strawberry. Treatment were: A; 1/4 stigma removed on flower + Tomatoton treatment, B; 2/4 stigma removed on flower + Tomatoton treatment, C; 3/4 stigma removed on flower Tomatoton treatment, D; all stigma removed on flower + Tomatoton treatment, E; stigma remained till harvest(control).



## 1-7. 이상 고온 조건에서 지하수 냉방 처리가 딸기의 생육과 수량 및 품질에 미치는 영향 가. 연구목적

본 연구는 여름철 시설 딸기 재배에서 고온현상으로 인한 작물의 생산성과 품질하락 피해를 최소화하고 스트레스를 경감시킬 수 있는 재배적 방법을 모색하고자 하였다. 이를 위해 지하수를 활용하여 근권을 냉방하는 방식을 사용하여 딸기의 생육과 생산성 및 품질에 미치는 효과를 검정하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시재료 및 재배조건

##### (가) 공시품종 및 실험장소

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 '설향'과 '매향'이었다. 시험은 2016년 3월부터 2016년 8월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산 50번지)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 불량환경에 대응하여 딸기의 생육반응을 검정하고자 생육적온보다 높은 하절기 온도환경(일평균 29.5C)에서 재배하였다.

##### (나) 재배조건 및 지하수 냉방 처리

딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충전된 포트(길이 60cm × 길이 25cm × 높이 30cm)에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트당 3주의 식물체를 정식하였다. 실험에 사용된 딸기묘는 평균 크라운 직경이 8.5mm 되는 것을 사용하였다. 이상고온을 대응하기 위한 딸기의 안정생산 기술 개발하기 위해 지하수를 활용하여 근권을 냉방하는 방식을 채택하였다. 이를 위해 지름 2cm의 고무호스를 포트 하부로부터 5cm 깊이에 10cm 간격으로 두 줄로 매설한 후, 20°C 전후의 지하수를 순환시켜 냉방하는 방법을 이용하였다(Fig. 1.16). 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu, Korea)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400mL의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5dS/m<sup>-1</sup> 였다.

#### (2) 조사방법

##### (가) 온도측정

온도는 고온기(7월 1일부터 7월 31일까지) 30일 동안 측정하여 일평균 온도 그래프를 작성하였다. 온실 내 온도는 최고최저온도계(CS-50, YUIL, Korea)로 1시간 마다 측정하여 일평균 최고, 최저온도에 활용하였다, 근권부 온도는 막대온도계(AL-50, MIRAE, Korea)를 이용하여 작물과 작물 사이에 온도계를 상부에서 5-7cm 깊이에 꽂아 1시간 간격으로 측정하였다. 지하수 온도는 실험에 사용되기 전 지하수 1L를 1시간 간격으로 비커에 받아 막대온도계를 사용하여 측정하였다. 각 온도측정은 3반복으로 수행하였다.

##### (나) 생육조사

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30, 60 및 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복 당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기(LI-3100, LI Cor., USA)를 이용하였고, 엽수는 잎의 길이가 1cm 이상인

것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를, 건물중은 105℃에서 3시간 건조 후 측정하였다. 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다.

### (다) 생산성조사

딸기의 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 3g 이상이고, 속도가 균일한 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울(AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장, 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 딸기의 과장과 과폭을 측정하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

### (3) 통계분석

실험결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.



Fig. 1.16. Processing form of groundwater cooling treatment on growth of strawberry.

### 다. 결과 및 고찰

여름철 시설딸기 재배는 고온 피해가 빈번하여 고품질 딸기 생산의 제약요인이 되고 있다 (Nam et al., 2014). 따라서 딸기에서 고온 피해를 최소화 할 수 있는 재배적 방법을 모색하고자 지하수를 활용한 근권냉방기술을 사용하여 그 효과를 검정하였다.

7월 1일부터 7월 31일까지 온실 내 대기온도, 지하수 처리구의 근권부 온도, 대조구의 근권부 온도를 측정한 결과는 Fig. 1.17와 같다. 평균 대기온도는 29.5℃ 였으며, 지하수로 근권냉방 처리는 토양의 일평균 온도가 24.9℃로 지하수 온도인 20℃에 비해 4.9℃ 높게 나타났다. 하지만 대조구의 평균 토양온도가 26.9℃인 것과 비교하면 지하수 처리에 의해 토양온도를

2°C 정도 하강시키는 냉방 효과가 있었다. 이러한 결과는 Choi et al.(2014)이 코이어 배지에서 XL 파이프를 이용한 냉수 순환 근권 방식을 이용하였을 때 토양온도를 하강시켰다는 보고와 동일한 양상이었다. 하루 온도를 주간(오전 6시-오후 8시)과 야간(오후 8시-오전 6)로 구분하였을 때, 지하수 처리구의 주간/야간 평균온도는 25.3°C/24.3°C 였으며, 대조구의 주간/야간 평균온도는 27.4°C/25.9°C 였다. 지하수 근권냉방으로 인해 토양의 주간/야간 평균온도는 대조구보다 각각 2.1°C/1.6°C 낮아졌으며, 이러한 냉방효과는 야간보다 주간에 더 뚜렷하였다. 하루 중 시간에 따른 지하수 처리와 대조구의 토양 온도차는 오전 8시에 0.4°C로 가장 낮았으며, 오후 6시에 3.4°C로 가장 컸다. 이는 오전에 시설로 유입된 태양 복사에너지로 인해 토양 온도가 높아짐에 따라 지하수 냉방효과는 크지 않았고, 오후에 복사에너지가 감소되므로 냉방 효과가 상승한 것으로 해석된다. 하지만 여름철 고온기에는 지하수의 수온도 덩달아 상승하여 지하수 처리만으로 딸기의 적정 재배온도 범위인 17-20°C(Ryou et al., 2008)까지 냉각하는 것은 어려웠다. 따라서 히트펌프 등을 이용하여 10°C 이하로 냉각한 물을 근권부에 처리한다면 보다 효과적인 냉방효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 한계지온인 23-25°C의 범위로 냉각하는 것은 지하수를 이용하여도 충분한 것으로 판단되므로 경제적인 고온극복 수단으로는 지하수를 이용한 근권냉방시스템이 적당할 것으로 생각된다.

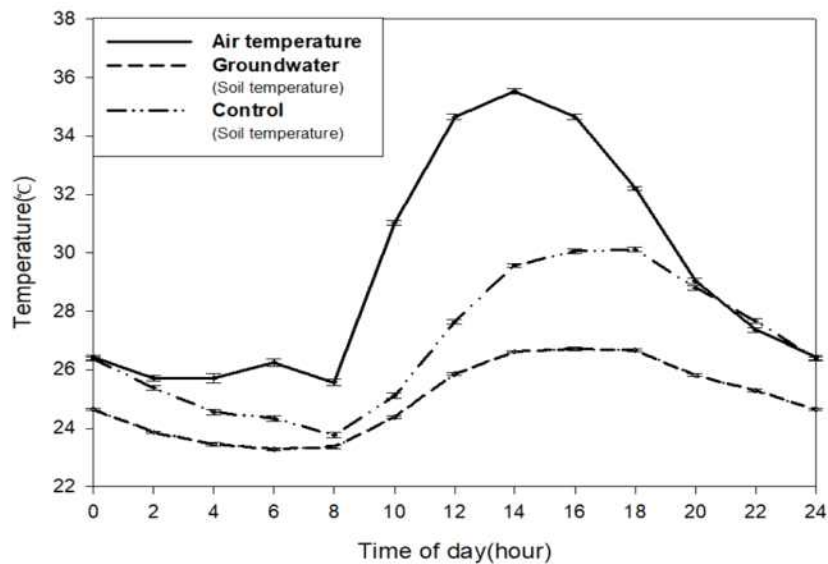


Fig. 1.17. Daily average temperature of soil as influenced by groundwater cooling treatment at root zone. Data were recorded every 1 hour between the 1 of July and 31 of July, 2017.

Table 1.36, 1.37 및 Fig. 1.18은 딸기의 고온재배에서 고온스트레스를 경감시키고자 근권부에 지하수로 냉방처리하여 딸기의 시기별 생육을 조사한 결과이다.

‘설향’과 ‘매향’ 두 품종 모두 지하수 처리는 무처리에 비해 엽수, 엽면적, 엽장, 엽직경, 초장 등 지상부 생육을 촉진하는 경향을 보였다. 이는 지하수 냉방으로 인한 생육적온에 근접한 지온의 변화가 뿌리의 생육뿐만 아니라 직·간접적으로 지상부의 생육에도 영향을 미치는 것을 의미한다. 이러한 생육향상은 효과는 ‘매향’ 품종에서 더욱 뚜렷하였다. ‘매향’ 품종은 근권부에 지하수로 냉방처리하면 엽면적이 516.1cm<sup>2</sup>로 대조구 보다 128cm<sup>2</sup> 높았다(생육 30일째). 작물의 생육 적온에는 생육이 촉진되며 Gosselin and Trudel(1986)은 고추의 지온을 12-36°C로

처리하여 8주간 재배한 결과 24°C 처리에서 엽면적이 가장 높았다고 하였다.

지하부 생육을 판단하는 근장은 지하수 냉방처리를 하였을 때 품종 및 생육기간에 따라 약간의 차이가 있으나 생육이 대조구보다 0.3–9.2cm 증가하였다. 근장은 ‘매향’ 품종의 생육 30일째를 기준하여 보면 대조구에서는 18.3cm 였지만, 지하수로 냉방처리하면 27.5 cm로 근장이 대조구보다 150% 증가하는 생육을 보였다. 생체중과 건물중 또한 ‘설향’, ‘매향’ 모두 지하수로 냉방 처리구에서 생육이 양호하였다. ‘매향’ 품종의 생육 30일째 대조구의 지하부 생체중은 6.7g 이었고 지하수 냉방 처리구의 지하부 생체중은 13.7g이었다. 근권온도의 영향은 근중보다 근장에 영향을 미친다는 Neilson and Cunningham(1964)의 결과와는 달리 본 실험에서는 근중, 근장 모두 대조구에 비해 지하수 냉방처리구에서 생육이 좋았다. 또한 근권온도가 높으면 뿌리의 호흡속도가 높아져 엽면적당 광합성 속도가 저하되고 노화가 촉진된다는 보고 (Udagawa et al., 1989)와 적은범위를 벗어난 조건하에서는 뿌리의 신장 특히 세근의 발달이 억제될 뿐만 아니라 코르크화가 촉진되어 양수분 흡수에 지장을 초래한다는 선행연구와 일치하는 결과였다(Nambiar et al., 1979). 전반적으로 고온기 딸기재배에 지하수로 이용하여 근권부를 냉각하면 ‘설향’과 ‘매향’ 두 품종 모두 생체중과 건물중이 증가하는 경향을 보였다.

Table 1.36. The effect of groundwater cooling treatment on number of leaves, leaf area, leaf length, leaf width, plant height and root length of strawberry plants.

Cultivar	Treatment	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Crown diameter (mm)	Plant height (cm)	Root length (cm)
<i>30 days after transplanting</i>								
Seolhyang	Groundwater	3.9	325.6	8.4	6.1	3.6	24.9	24.1
	Control	4.0	323.4	7.7	5.9	3.1	23.9	23.8
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.4
Maehyang	Groundwater	4.9	516.1	8.9	7.8	3.0	24.5	27.5
	Control	4.2	387.3	8.0	7.1	2.9	23.6	18.3
	LSD	NS	102.1	NS	NS	NS	NS	5.7
<i>60 days after transplanting</i>								
Seolhyang	Groundwater	5.8	690.8	8.4	5.9	3.0	24.1	20.7
	Control	5.3	478.9	8.4	5.3	2.9	22.4	20.3
	LSD	NS	159.0	NS	NS	NS	NS	NS
Maehyang	Groundwater	6.6	556.0	7.7	6.9	3.0	21.2	22.9
	Control	6.6	345.9	7.0	5.6	2.6	20.3	22.7
	LSD	NS	113.2	NS	1.2	NS	NS	NS
<i>90 days after transplanting</i>								
Seolhyang	Groundwater	10.9	1441.5	9.8	7.8	2.5	26.6	22.7
	Control	9.7	1351.6	8.7	6.9	2.5	25.4	21.7
	LSD	NS	626.5	0.8	0.7	NS	NS	NS
Maehyang	Groundwater	8.9	1444.0	11.7	7.7	3.1	32.8	30.3
	Control	8.6	1430.6	11.2	7.3	3.0	30.6	27.7
	LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1.2

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.37. The effect of groundwater cooling treatment on fresh weight and dry weight of strawberry plants.

Cultivar	Treatment	Fresh weight(g/plant)			Dry weight(g/plant)		
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after planting</i>							
Seolhyang	Groundwater	17.2	15.1	32.3	3.1	2.1	5.2
	Control	17.0	10.4	27.4	3.0	1.4	4.5
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Maehyang	Groundwater	25.9	13.5	39.4	4.4	1.9	6.3
	Control	19.5	6.7	26.2	3.6	1.1	4.6
	LSD	2.2	3.1	2.1	0.8	0.6	0.8
<i>60 days after planting</i>							
Seolhyang	Groundwater	26.8	8.9	35.7	6.6	1.5	8.1
	Control	18.4	6.4	24.8	4.6	1.2	5.8
	LSD	2.1	1.2	2.2	1.1	NS	1.0
Maehyang	Groundwater	23.6	10.2	33.8	4.8	1.5	6.3
	Control	11.6	9.8	21.4	3.6	1.2	4.8
	LSD	1.8	NS	2.9	0.7	NS	1.1
<i>90 days after planting</i>							
Seolhyang	Groundwater	54.0	9.2	63.2	10.3	1.3	11.6
	Control	46.4	7.4	53.8	8.9	1.3	10.2
	LSD	2.3	0.9	2.4	0.3	NS	0.6
Maehyang	Groundwater	66.7	21.8	88.5	12.5	3.6	16.1
	Control	57.9	20.9	78.8	10.6	2.5	13.1
	LSD	2.1	NS	2.4	1.1	0.6	1.1

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

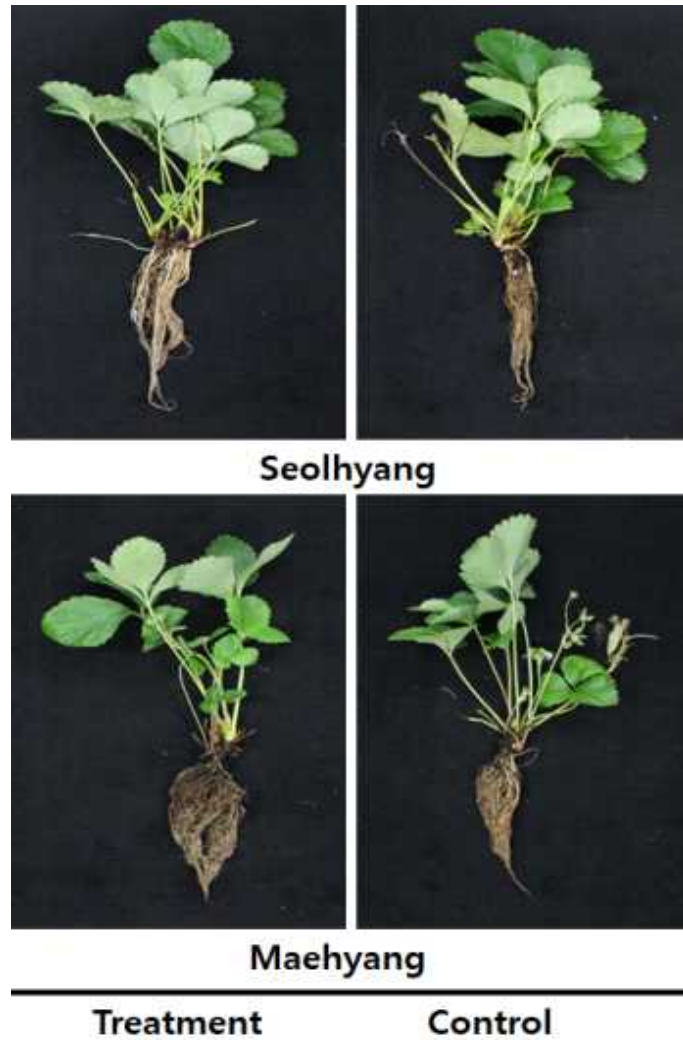


Fig. 1.18. The effect of groundwater cooling treatment on strawberry plants at 30 days after transplanting.

여름철 이상고온( $\geq 32^{\circ}\text{C}$ )에서는 낙화 및 낙과를 조장하여 생산량을 감소시킬 수 있다(Khan and Passam, 1992). 이상고온으로 인한 피해를 극복하기 위한 방안으로 근권부에 지하수 냉방처리하여 딸기의 생산량과 품질을 조사한 결과는 Table 1.38, 1.39 및 Fig. 1.19에 나타내었다. ‘설향’, ‘매향’ 두 품종 모두 지하수 냉방처리에 의해 주당 딸기 생산량이 증가되었다. ‘설향’ 품종의 경우 무처리에서는 주당 과실 생산량이 7.7개 였지만 지하수 근권냉방을 처리하였을 때 12.5개로 증가되었다. 과중은 ‘설향’, ‘매향’ 품종에서 지하수 냉방처리구가 대조구에 비해 각각 0.3g 및 1.3g 증가하였다. Lee et al.(2002a)은 근권 냉방으로 근권부를  $25^{\circ}\text{C}$  이하로 유지하였을 때 토마토 화방별 착과율이 대조구에 비해 수량이 증가되었으며, Jang et al.(2010)도 고온기에 파프리카의 양액을 냉각 처리하면 과실 착과율과 A등급 수량이 증가하였다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

딸기 과실의 색도는 처리구에 따른 통계적인 유의성이 인정되지 않았으며, 과실의 경도는 지하수 냉방처리로 인해 높아졌다. 특히 ‘매향’ 품종의 경도가 3.1N으로 가장 높았다. 딸기 과실의 경도가 높아지면 저장성이 증진되고 유통과정에서 손상을 받아 품질이 저하되거나 부패하는 확률이 줄어들어 내수 시장 및 수출에 용이하다는 것을 의미한다.

딸기 과실의 당도는 지하수 냉방 처리에 의해 0.2–0.3°Brix 당도가 향상되었다. 반면 과실의 산도는 품종과 처리구에 관계없이 0.7%로 동일하였다.

Park and Oh(2000)은 근권온도를 20°C, 25°C, 30°C, 35°C로 설정하여 ‘후지’ 사과와 딸기의 당도를 조사한 결과 처리간에 차이가 없었으나 산도는 25°C에서 0.41%로 가장 낮았다고 하였다. 당산비는 당도와 산도의 비율을 나타내며 맛에 직접적인 연관이 있는데, 당산비는 ‘매향’이 ‘설향’보다 높았다. 또한 지하수 냉방처리로 인해 당산비는 증가하였다.

이상의 결과로 지하수 근권냉방 처리는 이상고온 조건에서 딸기의 생육 및 생산성의 향상에 효과적이었으며 고온극복을 위한 경제적인 근권냉방 시스템으로 판단된다.

Table 1.38. The effect of groundwater cooling treatment on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry.

Cultivar	Treatment	No. of fruits	Fruit weight	Fruit length	Fruit diameter
		/plant	(g)	(mm)	(mm)
Seolhyang	Groundwater	12.5	5.7	23.7	21.9
	Control	7.7	5.4	23.1	21.3
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	NS	NS
Maehyang	Groundwater	8.7	4.5	26.9	19.8
	Control	6.7	3.2	24.1	17.4
	LSD	NS	0.8	2.3	1.3

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.39. The effect of groundwater cooling treatment on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in strawberry.

Cultivar	Treatment	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
		L	a	b				
Seolhyang	Groundwater	41.	43.	28.	2.5	6.6	0.7	9.8
		6	9	8				
	Control	41.	44.	29.	2.4	6.3	0.7	8.6
		9	3	8				
LSD <sup>z</sup>		9	3	8	0.4	0.4	NS	NS
		NS	NS	NS				
Maehyang	Groundwater	37.	43.	24.	3.1	7.6	0.7	11.3
		9	9	4				
	Control	39.	43.	24.	2.6	7.4	0.7	10.6
		2	6	9				
LSD		2	6	9	NS	NS	NS	1.1
		NS	NS	NS				

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

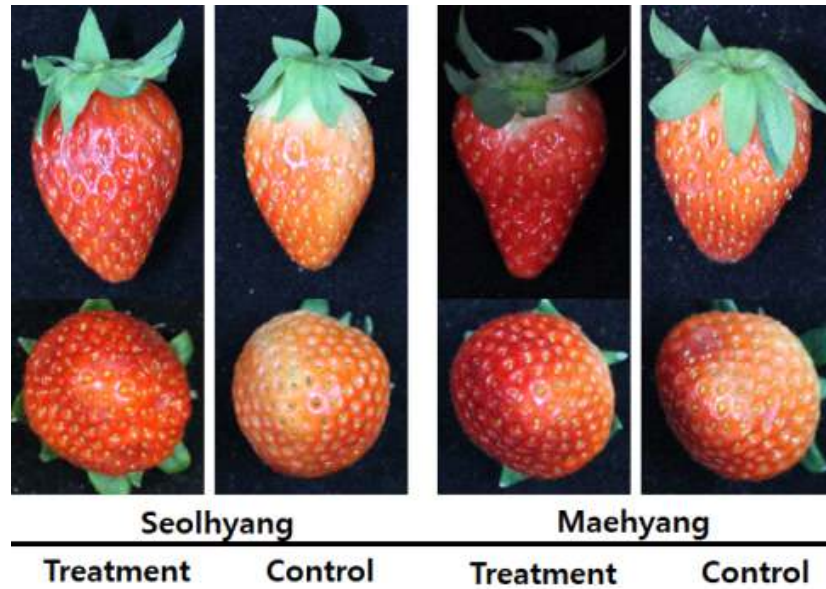


Fig. 1.19. Changes in fruit as influenced by groundwater cooling treatment of strawberry fruits.

## 1-8. 광부족 조건이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

### 가. 연구목적

최근 기후변화에 따라 일조부족 현상이 나타나면서 시설 재배에서도 일사량 부족에 의한 작물피해가 빈번해 지고 있는 실정이다(Lee et al., 2016b). 또한 봄철의 황사현상과 국부적이긴 하지만 각종 공사장의 먼지 피해, 전력공급용 철탑에 의한 그늘, 교각과 건물 같은 구조물에 의한 그늘에 의해 작물피해를 호소하는 농가 민원이 갈수록 늘어나고 있다(Chun et al., 2001). 다양한 작물을 대상으로 광량 부족에 관한 연구가 이루어져 왔으나 딸기에 체계적인 연구결과는 없었다. 본 연구는 차광처리를 통한 광부족 환경이 딸기의 생육, 과실수량 및 품질에 미치는 검증하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시재료 및 재배조건

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria x ananassa* Duch.) 품종은 '설향'이었다. 시험은 2017년 9월부터 2018년 4월까지 벤로형 유리온실(부산대학교 온실)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 생육온도는 주간 20℃로 야간 12℃로 설정하여 재배하였다. 차광처리는 딸기를 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충진된 포트(길이 60cm × 길이 25cm × 높이 30cm)에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트 당 3주의 식물체를 정식하였다. 실험에 사용된 딸기묘는 크라운 직경이 평균 8.5mm 되는 것을 사용하였다. 차광에 따른 딸기의 생육반응을 확인하기 위해 베드 위에 높이 70cm의 소형터널을 설치하여 30% 및 50%의 흑색 차광막을 씌워 차광 조건을 조성하였다(Fig. 1.20). 각 처리구에서 발생하는 액아와 런너는 수시로 제거하였으며, 적화 및 적과는 하지 않았다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu,



Korea)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회에 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는  $1.5\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  였다.

## (2) 조사방법

온실 내 유입되는 광량을 측정하기 위해 조도측정계(ANA-F9 Lux meter, Tokyo photo-electric, Japan)를 이용하였다. 측정은 베드 앞, 중간 및 뒤면에서 각각 3반복으로 측정하였으며 식물체가 광을 받는 포트 높이에서(바닥에서 80cm 높이) 측정하여  $\text{w}/\text{m}^2$ 로 환산하였다. 생육 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30, 60 및 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복 당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기(LI-3100, LI Cor., USA)를 이용하였고, 엽수는 잎의 길이가 1 cm 이상인 것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를, 건물중은  $105^\circ\text{C}$ 에서 3시간 건조 후 측정하였다. 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다. 딸기의 과실 수량조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 3g 이상이고, 속도가 80% 정도인 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울(AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장 및 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 측정하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 산도, 당도 및 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

## (3) 통계분석

실험 결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.

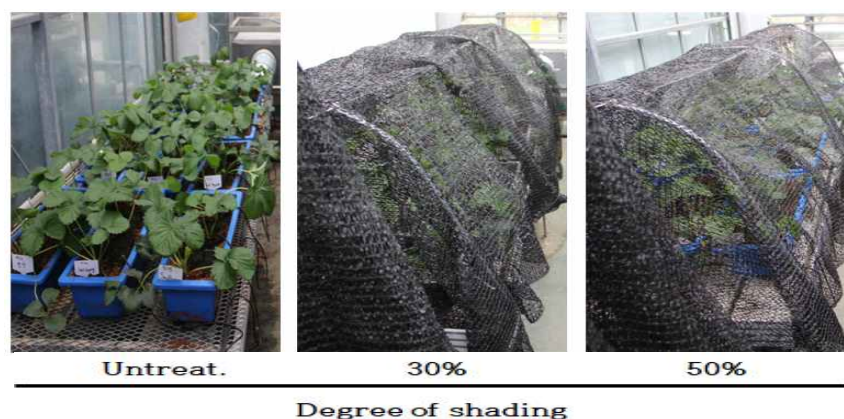


Fig. 1.20. Growth of 'Seolhyang' strawberry as affected by degree of shading during cultivation in greenhouse.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 차광처리가 딸기의 생육에 미치는 영향

최근 기후변화에 따라 국지적인 집중호우와 강우패턴의 변화로 일사량 부족 현상이 발생하기 시작하면서 시설 재배에서도 일사량 부족에 의한 피해가 빈발하고 있는 실정이다(Lee et al., 2016). 광량이 부족하면 생육이 저하된다.

시설 딸기 재배에서 30% 차광 및 50% 차광하여 일사량 부족 현상이 딸기의 시기별 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.40, 1.43 and Fig. 1.21). 무차광(자연광), 30% 및 50% 차광조건의 광 환경을 조사한 결과 무차광에서  $43\text{w/m}^2$ 로 광도가 가장 높았다. 반면 30% 차광했을 때의 조도는  $16.7\text{w/m}^2$ , 50% 차광했을 때의 조도는  $12.2\text{w/m}^2$  였다. 이와 같이 차광정도가 심해질수록 조도는 낮아졌는데 이는 온실내의 광량의 감소를 의미한다. 특히 50% 차광조건에서는 자연광에 비해 광량이  $30.8\text{w/m}^2$  가 낮았다. 또한 측정 위치에 따른 일사량의 차이도 있었다. 자연광의 경우 전면, 중앙, 후면 부분이 각각  $42.1$ ,  $45.7$ ,  $41.3\text{w/m}^2$  였다. 중앙 부분에서 조도가 높았으며, 전면과 후면부분은 중앙부분에 비해 조도가 낮았다. 이러한 차이는 온실 구조 및 자재로부터 생긴 그늘 때문인 것으로 판단된다(Table 1.40).

딸기의 생육은 무차광 조건에서 좋았다. 딸기를 자연광에서 재배하였을 때 엽수와 엽면적, 엽장, 엽직경 및 초장 등 지상부 생육이 30% 및 50% 차광처리한 조건보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다.

자연광 조건에서 90일간 생육시킨 '설향'의 엽면적은  $572.6\text{cm}^2$  였다. 반면 50% 차광조건에서 재배된 딸기의 엽면적은  $554.2\text{cm}^2$ 로 낮았다. 전반적으로 차광처리에 의해 지상부인 엽수, 엽장 및 엽폭의 생장이 억제되었으며 그 정도는 50% 차광조건에서 뚜렷하였다. 특히 50% 차광처리를 시작한 후 생육 30일째에는 딸기의 고사율은 0% 였으나 광 조건이 불량하여 누적광량이 부족하였던 생육 60일째에는 20%, 90일째는 22%로 딸기 고사율이 증가하였다(Table 1.41). Kang et al.(2010)도 수박과 토마토를 육묘할 때 차광처리는 광량 부족에 의해 식물체가 연약해지고 생육이 크게 부진했다고 하였다.

또한 경직경과 초장은 생육초기인 30일째에서는 50% 차광처리에 의해 억제되었다. 반면 생육이 60일 및 90일로 진전될수록 차광처리에 의한 경직경과 초장이 억제되는 경향이었으나 통계적으로 유의성이 없었다. 이는 경직경과 초장은 차광조건에 따른 처리간 유의성이 없었다는 Sin et al.(1991)과 유사한 결과였다. 또한 관부직경은 차광정도가 높을수록 무차광 처리에 비해 감소하여 연약한 식물체의 생육을 보였다.

지하부의 생장인 근장은 자연광에서 가장 생육이 우수하였다. 자연광에서 30일간 생육시킨 '설향'딸기의 근장은  $18.5\text{cm}$  였으나 50% 차광조건에서 재배된 딸기는  $12.7\text{cm}$ 로 낮았다(Table 1.42).

차광조건에 따라 생체중과 건물중도 큰 차이를 보였다. 자연광에서 재배된 딸기는 생육단계에 관계없이 차광처리에 비해 지상부의 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 전 생육기간 유지되었다. 지하부의 생체중 및 건물중도 자연광 조건에서 가장 좋았다(Table 1.43 and Fig. 1.21). 차광에 의한 건물중의 감소는 차광 수준이 높은 50% 차광조건에서 뚜렷하였다. Zhong and Kato(1988)는 피망에서 자연광, 35%, 55% 차광처리시 광량이 부족한 55% 차광조건에서 건물중이 가장 많이 감소되었다고 하였다. 이상의 결과는 차광처리는 광 부족으로 인하여 순광합성량이 감소하게 되고 이는 곧 식물체의 건물생산량 감소로 이어진 것으로 해석된다(Lee et al., 2017).

Table 1.40. Average light intensity measured at the illuminometer and measurement location

Degree of shading <sup>z</sup> (%)	Light intensity(w/m <sup>2</sup> )			
	Measurement location			
	Front	Middle	Rear	Average
30	16.1	18.5	15.5	16.7
50	10.9	14.7	10.9	12.2
Non shading	42.1	45.7	41.3	43.0

<sup>z</sup> Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading.

Table 1.41. The effect of low light intensity on number of leaves, leaf area, leaf length, leaf width and mortality of 'Seolhyang' strawberry plants

Degree of shading <sup>z</sup> (%)	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Plant mortality (%)
<i>30 days after transplanting</i>					
30	4.2b <sup>y</sup>	299.8b	9.8a	8.1a	0.0a
50	4.2b	315.8b	8.6b	7.1b	0.0a
Non shading	6.4a	486.8a	10.5a	8.6a	0.0a
<i>60 days after transplanting</i>					
30	5.6a	373.5b	11.3a	9.7a	10.5b
50	4.4b	339.8b	10.8b	9.3b	20.0a
Non shading	6.2a	955.7a	11.4a	10.1a	0.0c
<i>90 days after transplanting</i>					
30	6.2a	560.1b	11.3a	9.8a	22.2a
50	5.7b	554.2b	10.6b	9.2a	22.2a
Non shading	6.3a	572.6a	11.5a	9.4a	0.0b

<sup>z</sup> Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

Table 1.42. The effect of low light intensity on stem diameter, crown diameter, plant height and root length of 'Seolhyang' strawberry plants

Degree of shading <sup>z</sup> (%)	Stem diameter (mm)	Crown diameter (mm)	Plant height (cm)	Root length (cm)
<i>30 days after transplanting</i>				
30	2.2a <sup>y</sup>	8.8b	26.7a	14.5b
50	1.9b	6.3c	27.4a	10.5c
Non shading	2.6a	13.0a	28.0a	20.8a
<i>60 days after transplanting</i>				
30	3.5a	13.8a	31.0a	18.0a
50	3.5a	12.0b	27.9a	15.3b
Non shading	3.7a	13.1a	33.3a	21.3a
<i>90 days after transplanting</i>				
30	3.5a	12.9a	29.5a	13.9b
50	3.6a	11.0b	27.5a	12.7b
Non shading	3.7a	13.2a	31.8a	18.2a

<sup>z</sup> Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

Table 1.43. The effect of low light intensity on fresh weight and dry weight of 'Seolhyang' strawberry plants

Degree of shading <sup>z</sup> (%)	FW(g/plant)			DW(g/plant)		
	Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>						
30	9.5b <sup>y</sup>	7.7a	17.2b	1.6b	0.9a	2.5b
50	9.8b	5.4b	15.2b	1.5b	0.6b	2.1b
Non shading	13.0a	8.9a	21.9a	2.1a	1.1a	3.3a
<i>60 days after transplanting</i>						
30	13.7a	11.1a	24.8a	2.4a	1.0a	3.4b
50	9.9b	8.6b	18.5b	1.4b	1.1a	2.5c
Non shading	14.6a	10.3a	24.9a	2.4a	1.1a	3.5a
<i>90 days after transplanting</i>						
30	19.6b	11.4a	31.0b	3.2b	0.8a	4.0b
50	20.9b	9.1a	30.0b	3.0b	0.9a	3.9b
Non shading	24.3a	12.1a	36.4a	4.2a	0.9a	5.1a

<sup>z</sup> Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

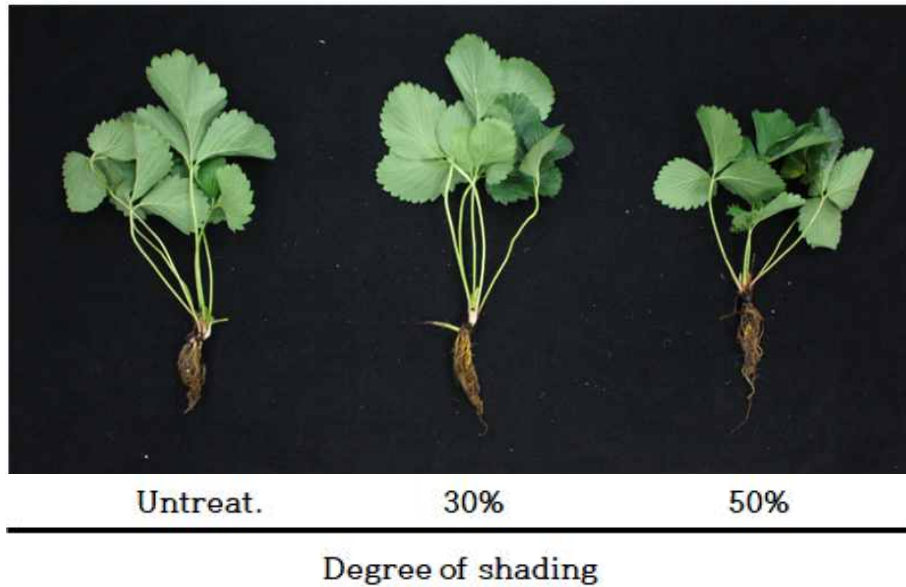


Fig. 1.21. The effect of degree of shading on growth of 'Seolhyang' strawberry at 90 days after transplanting.

## (2) 차광처리가 딸기의 생산성에 미치는 영향

과채류에서는 일사량이 부족하면 과실의 품질저하, 수량저하 및 생리장해가 발생하는데, 딸기에서는 이에 대한 체계적인 연구결과는 없었다. 따라서 차광처리를 통한 일사량 부족 환경이 딸기의 생산성에 미치는 영향을 Table 1.44, 1.45 및 Fig. 1.22에 나타내었다.

딸기 과실의 상품성은 일사량이 부족한 차광조건에서 딸기의 상품성이 낮아졌고, 과중도 낮았다. 자연광에서 재배한 식물체의 주당 과일수는 13.8개 였으나, 30% 차광조건에서는 7.3개로 낮아졌고, 50% 차광조건에서는 6.0개에 불과하였다.

Masuda and Shimada(1993)은 저광도 조건에서 오이의 수량이 자연광에 비해 감소되었다는 선행연구와 본 연구의 결과를 종합하여 볼 때 차광처리는 광량 부족으로 광합성 효율이 낮아 식물체 내에 동화산물을 충분히 확보하지 못하여 과실 생산이 저하된 것으로 판단된다.

과실의 길이와 직경은 자연광인 무차광 조건에서 높았고, 차광수준이 30%에서 50%로 높아질 수록 과실의 길이와 직경은 감소하였다. 일사량 부족 현상은 딸기의 크기와 수량에 부정적 영향을 주었으며 딸기의 상품성이 감소하였다(Table 1.44 and Fig. 1.22). 이와 같은 결과는 과실비대가 일어나는 시기에 광량부족은 광합성 능력이 떨어져 동화산물의 전류량이 부족해 과실 비대가 정상적으로 이루어지지 않는다는 Sin et al.(1991)의 연구와 일치하였다.

차광 정도가 딸기품질에 미치는 영향을 조사한 결과 광 조건에 따라 딸기의 품질이 달랐다. 차광조건에 비해 자연광에서 재배하였을 때 색도, 당도, 당산비가 높았다. 자연광에서 재배된 딸기 과실의 색택인 Hunter L(white), a(red), b(yellowness)값은 각각 48.9, 39.8, 33.3으로 차광처리하여 재배한 딸기에 비해 높았다. 특히 딸기의 과실성숙과 관련이 있는 붉은색을 나타내는 a값 높다는 것은 딸기의 색택이 우수하여 상품성이 높음을 의미한다.

당도 또한 자연광 조건에서 7.8°Brix로 높았다. 반면 30% 및 50%의 차광조건에서 재배한 딸기의 당도는 3.9 및 3.7°Brix에 불과하였다. 당도와 산도의 비율을 나타내며 맛에 직접적인 연관이 있어 감미비라고도 불리는 당산비 역시 자연광 조건에서 14.1로 가장 높았다(Table

1.45). 이러한 결과는 참외를 광량이 부족한 조건에서 재배하면 양수분의 흡수가 불량하여 과실품질이 저하되었다는 Chung et al.(1998)의 내용과 유사하였다.

따라서 딸기는 광 부족 조건에 따라 생육 및 품질에 차이가 있었으며, 자연광에서는 균형적인 생육과 생식생장이 전개되어 과실 수량과 품질이 높은 반면 광량이 부족한 차광조건에서는 딸기의 상품성이 감소하였다. 딸기에서 일사량 부족은 광합성에 직접적인 영향을 주어 딸기의 생육이 저하되었고, 이는 곧 화아형성의 불량 및 낙과율 증가로 이어져 과실 생산량이 감소한 것으로 판단된다.

Table 1.44. The effect of low light intensity on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of 'Seolhyang' strawberry

Degree of shading <sup>z</sup> (%)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
30	7.3b <sup>y</sup>	2.8b	16.9b	16.6b
50	6.0b	2.4c	15.9b	16.6b
Non shading	13.8a	5.2a	22.9a	21.6a

<sup>z</sup> Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

Table 1.45. The effect of low light intensity on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in 'Seolhyang' strawberry

Degree of shading <sup>z</sup> (%)	Hunter			Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b			
30	47.5b <sup>y</sup>	38.7b	29.9b	3.9b	0.5a	7.9b
50	45.9b	37.6b	30.8b	3.7b	0.5a	7.5b
Non shading	48.9a	39.8a	33.3a	7.8b	0.6a	13.1a

<sup>z</sup> Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

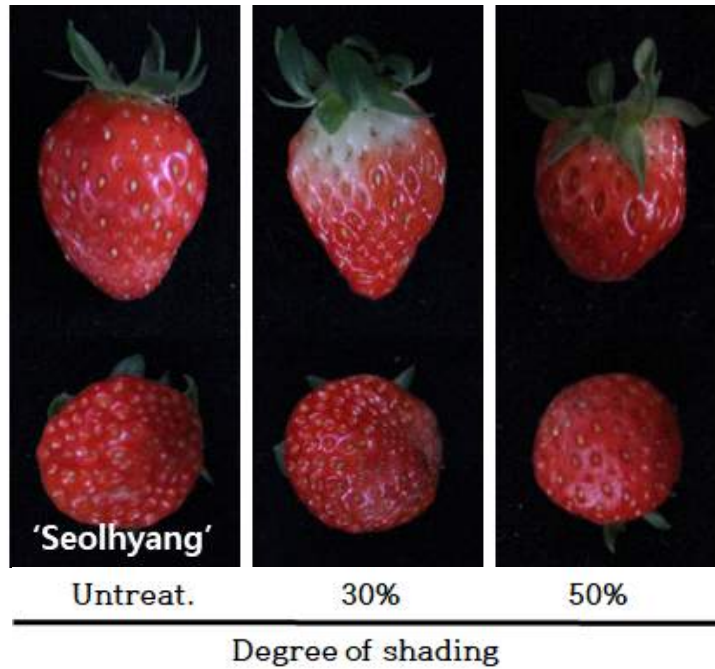


Fig. 1.22. Changes in fruit as influenced by low light intensity of 'Seolhyang' strawberry.

## 1-9. 인공광 처리가 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

### 가. 연구목적

고품질의 딸기를 생산하기 위해서는 기본적으로 광, 수분, 공기 등의 환경 조건이 양호해야 함에도 불구하고, 최근 들어 계속되는 기후 변화로 인하여 시설 작물의 광합성에 필요한 충분한 광량을 제공하는 맑은 날이 많이 줄어들고 있다. 이와 같이 흐린 날의 증가로 인한 일조량 부족은 딸기의 생산량 감소와 품질 저하의 문제를 유발한다.

시설딸기 재배 시 온실 내로 투과되는 태양복사 에너지는 기상조건에 따라 변동이 크고 장파복사가 많이 포함되어 있어 식물생산 시스템의 광원으로 태양광만을 사용할 경우 시스템 내의 환경을 완전하게 제어하기 쉽지 않다. 이와 같이 딸기의 안정적 생산을 위해서는 일조부족 대응 기술개발이 절실하다. 본 연구는 시설 딸기 재배에서 광 부족을 극복할 수 있는 대응 기술을 모색함으로써 안정적 딸기 생산을 위한 재배기술을 개발하기 위해 수행하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시품종 및 실험장소

본 시험에서 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 '설향'과 '매향'이었다. 2017년 9월부터 2018년 2월까지 부산대학교 첨단온실(경남 밀양시 삼량진읍 청학리 산 50번지) 고설 벤치 베드에서 수행하였다. 생육온도 20℃로 설정하여 재배하였다.

#### (2) 재배조건 및 적엽조건

딸기는 본엽이 4장 전개된 유묘를 정식하였으며 시험구는 난괴법 3반복이었다. 일조가 부족할 때 보조광원으로 인공광의 효과를 검증하기 위해 임의로 일조부족 환경을 조성하고 인공광

을 설치하였다. 일조부족 조건을 위해 베드 위 높이 1.2m의 터널을 시공한 후, 50% 차광막을 덮어 자연광을 차단하였다. 터널 골격에 메탈할라이드, 형광등, LED Red, LED Red+Blue(혼합광), LED Blue를 설치하였다(Table 1.46 and Fig. 1.23). 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 2호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5 dS.m<sup>-1</sup> 였다.

### (3) 조사방법

일조부족 조건에서 인공광의 효과검정을 위해 식물체 고사율을 측정하였다. 조도측정, 생육조사, 생산성 조사 및 통계분석은 실험 1-8의 조사방법에 준하여 실시하였다.

Table 1.46. Average light intensity measured at the illuminometer and distance of light source.

Light Source	Light intensity (w/m <sup>2</sup> )	Distance of Light Source (cm)
Metal halide lamp	21.8	90
Fluorescent lamp	12.9	65
LED Red	21.9	65
LED Red + Blue	19.3	65
LED Blue	18.1	65
Natural light	32.3	-



Metal halide lamp



Fluorescent lamp



LED Red

LED Red+Blue

LED blue



Natural light

Fig. 1.23. Effect of artificial light on growth of strawberry.



## 다. 결과 및 고찰

90일을 기준으로 엽수, 초장, 엽장, 엽폭, 경직경 및 관부직경 등 전반적인 생육이 품종에 관계없이 LED Blue(LB)에서 가장 좋았다. 자연광(NL)에서 90일간 생육시킨 설향의 초장은 25.31cm였으나 LED blue(LB)에서는 27.80cm로 높았다. 매향의 초장은 자연광(NL)에서 31.90cm였고 LED blue(LB)에서는 34.43cm으로 LED Blue광(LB)에서 증가하였다. 반면 메탈 할라이드(MHL)에서는 19.86cm, 20.75cm로 가장 낮았다. 엽수, 엽장, 엽폭, 엽장, 경직경, 관부직경 또한 메탈할라이드(MHL)에서 생육이 억제되는 경향을 보였다.

인공광 종류에 따른 설향의 고사율은 자연광(NL)에서 20%였고 메탈할라이드(MHL)에서 88.8%로 약 4배, 형광등(FL)에서는 72.2%로 약 3.5배 높았다. 이러한 경향은 매향에서도 유사하였다. 이는 메탈할라이드(MHL)의 과도한 발열, 형광등(FL)의 낮은 조도 때문인 것으로 판단된다. 반면 LED(C,D,E)에서는 자연광(NL)과 유사하게 안정적 딸기 생산이 가능할 것으로 판단된다(Table 1.47).

Table 1.47. The effect of artificial light on number of leaves, plant height, leaf length, leaf width, stem diameter, crown diameter and plant mortality of strawberry plants.

Cultivars	Light Source <sup>z</sup>	No. of Leaves	Plant height (cm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Stem diameter (mm)	Crown diameter (mm)	Plant mortality (%)
<i>30 days after transplanting</i>								
Seolhyang	MHL	5.4	30.1	9.9	8.8	3.5	11.4	22.2
	FL	5.1	30.0	10.1	8.8	3.3	12.2	11.1
	LR	5.3	29.6	10.9	8.9	3.3	11.3	0.0
	LR+B	5.6	27.9	11.0	9.1	3.8	11.5	0.0
	LB	6.0	26.4	9.9	8.7	2.7	12.6	0.0
	NL	5.5	30.3	11.2	9.7	2.9	13.5	11.1
	LSD <sup>y</sup>	NS	NS	0.9	NS	0.4	NS	—
Maehyang	MHL	4.2	33.5	10.7	7.3	3.9	10.7	16.6
	FL	5.1	33.7	11.9	7.8	4.1	13.0	11.1
	LR	4.6	30.1	11.8	7.4	4.0	12.2	0.0
	LR+B	5.0	27.6	9.7	6.6	3.3	12.3	0.0
	LB	4.6	35.0	11.8	8.4	3.1	13.1	0.0
	NL	5.2	32.6	11.5	8.3	3.5	12.7	5.5
	LSD	NS	2.4	1.2	0.8	0.5	NS	—
<i>60 days after transplanting</i>								
Seolhyang	MHL	3.8	30.7	10.5	8.9	3.6	11.1	77.7
	FL	4.1	31.3	10.2	9.0	3.7	11.7	55.5
	LR	3.3	27.9	10.4	8.8	3.2	8.5	16.6
	LR+B	4.0	30.2	11.0	8.9	3.4	8.7	16.6
	LB	4.3	27.8	9.7	8.4	3.2	9.9	33.3
	NL	5.1	28.6	10.8	9.6	3.5	12.0	16.6
	LSD	0.7	2.16	NS	NS	NS	1.1	—
Maehyang	MHL	3.3	33.8	10.9	7.4	3.9	11.5	72.2
	FL	3.8	35.2	11.3	7.5	4.0	9.6	50.0
	LR	3.0	28.9	10.8	7.4	4.0	11.3	0.0
	LR+B	3.6	27.1	9.1	7.0	3.1	8.7	16.6
	LB	4.0	35.5	12.7	8.5	3.6	10.3	0.0
	NL	4.0	34.1	12.0	8.6	3.5	12.0	16.6
	LSD	0.6	1.8	0.9	0.6	0.5	2.0	—
<i>90 days after transplanting</i>								
Seolhyang	MHL	2.1	19.8	6.08	5.0	0.8	5.2	88.8
	FL	2.7	25.4	8.56	7.0	1.3	5.6	72.2
	LR	3.6	17.0	6.50	5.3	1.3	3.6	50.0
	LR+B	4.6	25.1	10.23	8.1	1.9	6.1	33.3
	LB	4.6	27.8	10.00	8.5	2.1	6.8	50.0
	NL	3.7	25.3	10.10	8.2	2.4	10.9	20.0
	LSD	0.8	4.7	1.73	1.4	0.4	1.5	—
Maehyang	MHL	2.0	20.7	5.96	4.8	1.2	5.5	77.7
	FL	3.0	29.9	9.04	6.1	1.8	5.3	61.2
	LR	4.0	29.3	10.03	6.6	1.7	7.9	0.0
	LR+B	5.6	28.9	9.53	6.5	1.5	8.5	16.6
	LB	4.3	34.4	11.97	8.2	2.5	9.3	0.0
	NL	3.3	31.9	10.43	7.6	2.8	13.5	20.0
	LSD	1.1	5.3	1.94	1.2	0.4	1.6	—

<sup>z</sup> MHL; Metal halide lamp, FL; Fluorescent lamp, LR; LED Red, LR+B; LED Red + Blue, LB; LED Blue NL; Natural Light(control)

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

설향 과중은 자연광(NL)에서 4.5g이었고 LED Red(LR)에서 5.2g으로 증가하였다. 반면 메탈 할라이드(MHL)는 2.2g으로 가장 낮았다. 과장, 과폭 또한 동일한 경향을 보였다. 매향에서도 동일한 경향을 보였으나 메탈할라이드(MHL), 형광등(FL), LED Blue(LB)에서는 딸기가 생산되지 않았다(Table 1.48). 인공광 설치가 딸기의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 설향, 매향 모두 LED처리구(LR, LR+B, LB)가 대조구보다 품질이 증가하였으며 LED처리구에서는 Red(LR)가 가장 좋았다. 설향의 당도, 산도는 LED처리구가 대조구보다 높았다. 당산비는 형광등(FL), LED(LR, LR+B, LB)가 대조구보다 높았으나 메탈할라이드(MHL)는 감소하였다. 매향의 당도는 대조구(NL)에서 4.2°Brix인 반면 LED Red(LR)에서 8.5°Brix로 약 두 배정도 높았고 당산비는 자연광(NL)에서 4.0이었고 LED Red(LR)에서 16.2로 약 4배정도 높았다 (Table 1.48, 1.49 and Fig. 1.24). 이상의 결과에서 여러 인공광원들 중 LED(LR, LR+B, LB)는 대조구(NL)에 비해 딸기의 상품성 및 품질을 상승시키나 메탈할라이드(MHL)는 오히려 감소시키는 것으로 나타났다. 이는 설향보다 매향에서 효과가 더 뚜렷하게 나타났다.

Table 1.48. The effect of artificial light on fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry.

Cultivars	Light Source <sup>z</sup>	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
Seolhyang	MHL	2.2	14.9	15.4
	FL	2.5	16.3	16.8
	LR	5.2	23.2	20.4
	LR+B	2.8	16.7	16.2
	LB	2.5	17.3	16.9
	NL	4.5	21.7	20.0
	LSD <sup>y</sup>	0.6	1.2	1.0
Maehyang	MHL	0.0	0.0	0.0
	FL	0.0	0.0	0.0
	LR	2.3	16.8	16.2
	LR+B	1.6	15.1	15.4
	LB	0.0	0.0	0.0
	NL	1.3	13.9	15.2
	LSD	0.4	3.1	1.7

<sup>z</sup> MHL; Metal halide lamp, FL; Fluorescent lamp, LR; LED Red, LR+B; LED Red + Blue, LB; LED Blue NL; Natural Light(control)

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.49. The effect of artificial light on chromaticity, sugar content, acidity of fruit in strawberry.

Cultivars	Light Source <sup>z</sup>	Hunter			Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
		L	a	b			
Seolhyang	MHL	41.3	36.9	24.4	3.3	0.6	5.3
	FL	44.4	36.0	26.8	3.1	0.4	7.0
	LR	42.6	47.2	29.2	5.7	0.6	9.4
	LR+B	44.8	40.2	29.9	4.1	0.5	7.0
	LB	45.3	40.8	28.8	4.3	0.4	9.1
	NL	45.5	37.0	28.3	3.4	0.5	6.1
	LSD <sup>y</sup>	1.1	1.1	1.2	0.2	0.0	0.4
	Maehyang	MHL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LR	39.9	46.3	24.0	8.5	0.5	15.4	
LR+B	40.3	44.8	25.2	7.8	0.5	14.2	
LB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NL	42.0	36.8	21.7	4.2	1.0	4.0	
LSD	1.1	1.1	1.2	0.05	2.0	0.0	

<sup>z</sup> MHL; Metal halide lamp, FL; Fluorescent lamp, LR; LED Red, LR+B; LED Red + Blue, LB; LED Blue NL; Natural Light(control)

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

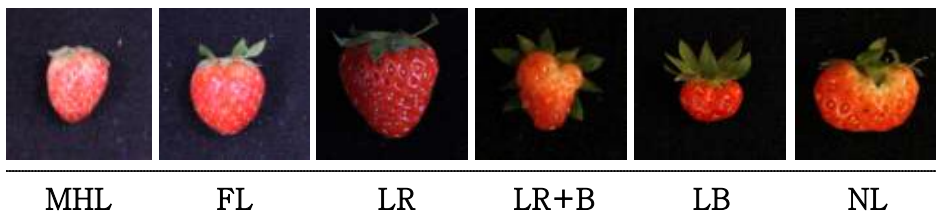


Fig. 1.24. Changes in fruit as influenced by artificial light of strawberry. Treatment were: MHL; Metal halide lamp, FL; Fluorescent lamp, LR; LED Red, LR+B; LED Red + Blue, LB; LED Blue NL; Natural Light(control)

## 1-10. 하위 적엽처리가 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

### 가. 연구목적

최근 우리나라도 이상기후의 빈도가 증가하고 있으며, 일조시간은 1970년대 2,429시간에서 2000년대에는 2,172시간으로 256시간이 감소하였다(Lee and Sim, 2011). 겨울철 시설 딸기 재배에서 일조 부족은 지상부를 웃자라게 하고 착과가 불량해진다. 이와 아울러 과일의 생장지연 및 기형과 발생율이 증가하여 상품성을 저하시키는 요인이 되어왔다(RDA, 2011). 적엽처리는 지상부가 과번무 하거나 수광량이 부족할 때 수광량을 확보하기 위한 수단 중 하나로 과실주변의 밀착엽과 노화된 잎을 제거해 주는 처리이다(Nam et al., 2016). 그러나 포도의 과도한 적엽처리는 광합성 면적의 감소와 함께 동화량 감소가 수반되므로 화아발육과 착과불량, 저장양분의 감소 및 착색과 당도저하 등 과실 품질을 악화시킨다고 하였다(Lee and Kang, 1992). 다양한 작물을 대상으로 연구가 진행되었으나 딸기에 대한 연구는 미흡하였다. 본 연구는 적엽처리 방법이 시설 딸기의 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향을 조사하여 고품질 딸기 생산을 위한 효과적인 적엽관리 기준을 확립하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시재료 및 재배조건

##### (가) 공시품종 및 실험장소

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 '설향'과 '매향'이었다. 시험은 2017년 9월부터 2018년 4월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산 50번지)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 주간온도 20°C로 온도환경을 설정하여 재배하였다.

##### (나) 재배조건 및 적엽처리

딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충진된 포트(길이 60cm x 길이 25cm × 높이 30cm)에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트 당 3주의 식물체를 정식하였다. 실험에 사용된 딸기묘는 평균 크라운 직경이 8.5mm 되는 것을 사용하였다. 무적엽(엽수 8장)을 대조구로 하였고, 전개된 잎의 30% 적엽(엽수 6장)과 50% 적엽(엽수 4장)을 실시하였다. 적엽 처리구는 하위엽을 제거하는 방식으로 관리하였으며 정식 후 7일 간격으로 적엽하여 전 실험기간 동안 처리엽수를 유지하도록 관리하였다. 무적엽 처리구는 황화된 잎만 제거해 주었다. 각 처리구에서 발생하는 액아와 런너는 수시로 제거하였으며, 적화 및 적과는 하지 않았다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu, Korea)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5dS.m<sup>-1</sup> 였다. 그 외의 재배관리는 농촌진흥청 표준 딸기 재배법에 준하여 실시하였다.

## (2) 조사방법

### (가) 생육조사

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30, 60 및 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복 당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기(LI-3100, LI Cor., USA)를 이용하였고, 엽수는 잎의 길이가 1 cm 이상인 것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를, 건물중은 105°C에서 3시간 건조 후 측정하였다. 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다.

### (나) 생산성 조사

딸기의 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 2g 이상이고, 속도가 균일한 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울 (AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장, 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 딸기의 과장과 과폭을 측정하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계 (CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다. 딸기의 품질에 관련된 분석 실험은 시료당 10개의 딸기를 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

## (3) 통계분석

실험 결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 하위엽 적엽처리가 딸기의 생육에 미치는 영향

적절한 적엽처리는 수광조건을 개선시켜 과실의 당 축적을 향상시킨다(Nam et al., 2016). 딸기 수확기의 엽수 관리는 현장에서 쉽게 적용할 수 있고 수량과 품질에 미치는 영향도 크지만 개별 농가마다 적엽방법이 달라 고품질의 딸기 생산을 위한 적엽 기준 설정이 필요하다. 시설 딸기재배에서 적엽처리 수준이 딸기의 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.50, 1.52 and Fig. 1.25). 이를 위해 무적엽(엽수 8매)를 기준하여 30% 적엽(엽수 6매) 및 50% 적엽

(엽수 4매)으로 적엽처리를 수준을 달리하여 딸기의 시기별 생육을 조사하였다. 무적엽으로 재배하였을 때 지상부 생육인 엽수와 엽면적, 엽장, 경직경 등이 수분별로 적엽한 처리보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다. 적엽과 딸기의 지상부 생육은 부의 상관관계를 나타냈는데, 적엽을 많이 할수록 딸기의 생육은 억제되었다. ‘설향’, ‘매향’ 두 품종 모두 무적엽처리에서 지상부 및 지하부 생육이 좋았다. 정식 후 30% 적엽한 처리구는 생육 90일째까지 6매의 엽수를 유지하였고, 50% 적엽한 처리구는 4매, 반면 무적엽 처리구는 8매의 엽수를 유지하였다. 적엽처리하면 식물체당 엽면적이 감소하였다. 적엽하지 않고 30일간 생육시킨 ‘설향’의 엽면적은  $355.7\text{cm}^2$  였으나 50% 적엽처리하면 엽면적이  $284.8\text{cm}^2$ 로 낮아졌다. ‘매향’도 같은 경향으로 적엽처리 수준이 높아질수록 엽면적은 감소하였다. 또한 엽장과 엽폭도 무적엽처리에서 가장 높았으며, 적엽처리 수준이 높아질수록 엽장과 엽폭은 작아지는 경향이였다(Table 1.50). 반면 적엽처리는 식물체의 초장에는 큰 영향을 미치지 않았으나 지하부의 생육은 억제되었다. 생육 30일째의 무적엽한 ‘설향’의 근장은 21.7cm 였고, 30% 적엽처리구는 20.5cm, 50% 적엽처리구는 12.7cm 나타나 딸기에서 적엽처리는 뿌리생장을 억제하였다. 이러한 현상은 생육이 진전된 60일 및 90일째에 지속되었고, ‘매향’에서도 유사한 결과를 보였다. 적엽처리에 의해 경직경과 관부직경은 생육 초기인 30일째까지는 억제되었으나 그 이후 생육이 진전될수록 유의적인 차이가 없었다(Table 1.51). 딸기에서 적엽처리에 의해 생육 초기에 관부직경이 얇아진 것은 잎을 제거하는 과정 중에 관부의 외경이 함께 감소했기 때문으로 판단되었다(Kim et al., 2016). ‘설향’ 및 ‘매향’ 두 품종 모두 적엽처리 수준에 따라 생체중과 건물중에 차이를 보였다. 무적엽으로 재배된 딸기는 생육단계에 관계없이 적엽처리에 비해 지상부의 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 생육 30일째에 가장 현저하였다. 이와 같이 딸기를 재배하는 과정 중 적엽처리는 식물체 수광을 개선하는 유익한 측면도 있으나 과도한 적엽처리는 엽면적을 감소시켜 생육저하를 초래하였다(Kim et al., 2016). 특히 적엽정도가 높은 50% 적엽처리에서는 무적엽 처리에 비해 식물체의 생체중과 건물중이 낮았다(Table 1.52). 그 원인은 적엽처리로 광합성의 주요 기관인 잎이 제거되어 광합성 효율이 낮아지고 이에 따라 식물체 내에 동화산물 축적량 감소로 이어진 것으로 해석된다(Keutgen et al., 1997; Lyu et al., 2014). 딸기 잎의 광합성 특성은 잎이 전개된 후 3주 미만의 잎보다는 생육이 진전된 7-9주 이상 경과된 잎에서 광합성 효율이 가장 높다고 하였다(Keutgen et al., 1997). 이에 따라 딸기의 효율적인 초세관리 및 생육의 최적화를 위해서는 과도하게 적엽하지 않고 노화 잎이나 병든 잎만 제거하는 낮은 수준의 적엽관리가 좋을 것으로 판단된다.

Table 1.50. The effect of defoliation on number of leaves, leaf area, leaf length and leaf width of strawberry plants

Cultivars	Defoliation treatment <sup>z</sup> (%)	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)
<i>30 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	6.1b <sup>y</sup>	284.8b	10.8a	9.1ab
	50	4.3c	263.4c	11.1a	9.4b
	Non defoliation	7.3a	355.7a	11.4a	10.1a
Maehyang	30	6.2b	149.7b	10.8a	8.1a
	50	4.4c	111.7c	11.0a	8.0a
	Non defoliation	8.4a	488.3a	11.9a	8.7a
<i>60 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	6.1b	416.8a	10.0a	8.6a
	50	4.1c	291.7b	10.1a	8.1a
	Non defoliation	7.2a	415.8a	10.5a	8.6a
Maehyang	30	6.0b	275.0b	9.9a	7.1a
	50	4.6c	233.6c	9.0a	6.9a
	Non defoliation	8.3a	328.5a	8.7a	6.8a
<i>90 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	6.2b	554.4b	10.6a	9.1a
	50	4.7c	504.2c	10.9a	8.8a
	Non defoliation	8.4a	617.2a	11.5a	9.4a
Maehyang	30	6.1b	552.3b	11.3a	7.4a
	50	4.6c	520.5c	11.1a	7.2a
	Non defoliation	8.3a	578.2a	11.8a	7.8a

<sup>z</sup> Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods. All values are means of 9 plants.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.



Table 1.51. The effect of defoliation on plant height, stem diameter, crown diameter and root length of strawberry plants

Cultivars	Defoliation treatment <sup>z</sup> (%)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Crown diameter (mm)	Root length (cm)
<i>30 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	31.5a <sup>y</sup>	3.1b	10.1a	20.5a
	50	31.8a	3.4b	8.6b	12.7b
	Non defoliation	31.8a	3.6a	10.2a	21.7a
Maehyang	30	32.3a	3.7a	11.8b	12.4b
	50	33.1a	3.2a	10.6b	14.7b
	Non defoliation	35.3a	3.7a	15.3a	16.2a
<i>60 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	31.9a	3.2a	13.2a	16.3b
	50	30.7a	3.5a	11.2b	11.8b
	Non defoliation	33.3a	3.5a	13.1a	26.3a
Maehyang	30	33.0a	3.4a	12.2a	17.5b
	50	33.5a	3.5a	13.2a	17.1b
	Non defoliation	35.6a	3.5a	13.3a	22.9a
<i>90 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	32.6a	3.6a	14.3a	22.5a
	50	32.2a	3.5a	13.4a	16.8b
	Non defoliation	34.0a	3.6a	14.0a	20.8a
Maehyang	30	33.8a	3.6a	13.5a	21.2a
	50	31.6a	3.5a	13.0a	17.7b
	Non defoliation	34.1a	3.6a	13.8a	24.7a

<sup>z</sup> Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained) defoliation. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods. All values are means of 9 plants.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.52. The effect of defoliation on fresh weight and dry weight of strawberry plants

Cultivars	Defoliation treatment <sup>z</sup> (%)	Fresh weight(g/plant)			Dry weight(g/plant)		
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>							
Seolhyang	30	7.8b <sup>y</sup>	7.5b	15.3b	1.3b	0.8b	2.1b
	50	5.1b	7.5b	12.6b	1.7b	0.5b	2.2b
	Non defoliation	29.0a	14.3a	43.3a	4.9a	1.4a	5.3a
Maehyang	30	9.3b	4.1b	13.4b	1.0b	0.9a	1.9b
	50	4.1c	3.0b	7.1c	0.6b	0.5b	1.1b
	Non defoliation	14.4a	11.2a	25.6a	2.5a	1.1a	3.6a
<i>60 days after transplanting</i>							
Seolhyang	30	12.5b	11.3a	23.8b	2.3a	1.3a	3.6a
	50	11.6b	6.5b	18.1c	1.9b	0.7b	2.6b
	Non defoliation	17.7a	14.8a	32.5a	2.5a	1.4a	3.9a
Maehyang	30	9.1b	9.6a	18.7a	1.6a	1.4a	3.0a
	50	5.6c	6.4b	12.0b	1.0b	0.7b	1.7b
	Non defoliation	12.9a	10.7a	23.6a	2.1a	1.6a <sup>2</sup>	3.7a
<i>90 days after transplanting</i>							
Seolhyang	30	26.2a	16.2b	42.4a	4.4a	0.9a	5.3a
	50	20.3b	15.1b	35.4b	4.0a	1.1a	5.1a
	Non defoliation	27.7a	19.0a	46.7a	4.5a	0.8a	5.3a
Maehyang	30	23.5a	15.1b	38.6b	3.9b	0.7a	4.6b
	50	22.0a	15.5b	37.5b	3.3b	0.8a	4.1b
	Non defoliation	23.5a	18.1a	41.6a	5.4a	0.9a	6.3a

<sup>z</sup> Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods. All values are means of 9 plants.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

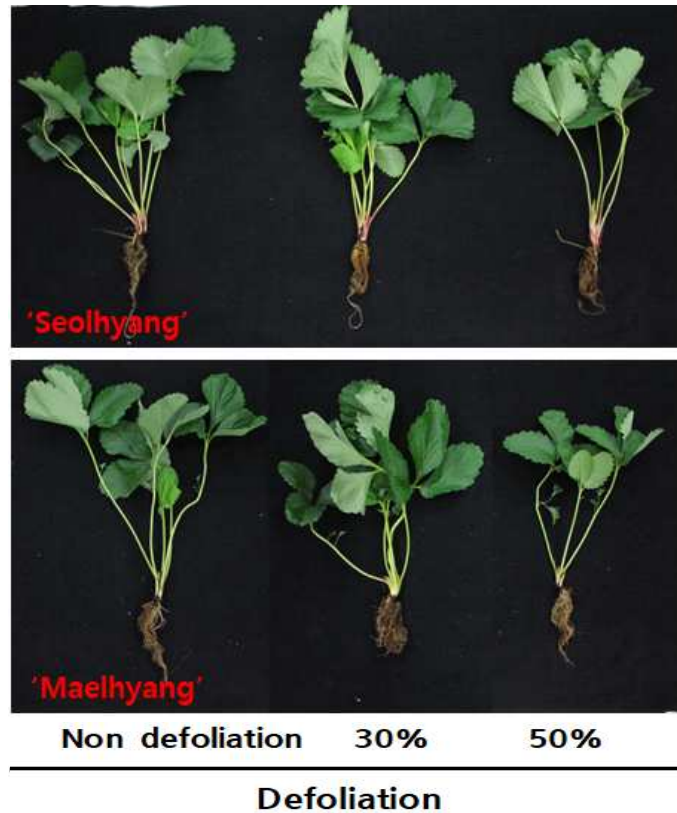


Fig. 1.25. The effect of different levels of defoliation on growth of strawberry at 90 days after transplanting.

## (2) 하위엽 적엽처리가 딸기의 과실수량에 미치는 영향

적엽처리는 적정 엽과비(leaf-fruit ratio)를 조성하기 위한 하나의 수단으로 수행되고 있으며 적엽 수준에 따라 과실비대, 당도 및 식미 등 딸기 품질에 영향을 끼친다. 시설 딸기재배에서 적엽처리가 딸기의 과실수량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.53 및 1.54에 나타내었다.

‘설향’ 및 ‘매향’ 모두 적엽처리하면 과중이 적은 소과가 생산되어 딸기의 상품성도 낮아졌다. 원예작물에서 고품질의 과실을 생산하기 위해서는 적정 엽수가 필요하며, 작물에 따라 요구되는 적정 엽수는 다르다고 알려져 있다(Heuvelink, 1997).

적엽을 하지 않고 재배한 ‘설향’은 주당 과실수가 13.8개로 가장 높았고, 적엽처리 수준이 높아질수록 과실수량은 감소하였다. 특히 50% 적엽처리구는 주당 과실수가 8.2개에 불과 하였다. 반면 ‘매향’은 적엽처리 수준에 관계없이 주당 과실수가 4.0-4.6개로 적엽처리에 의해 주당 과실수량에는 큰 차이가 없었다.

이러한 결과는 품종간 차이에 의한 것으로 판단되며 ‘설향’이 적엽처리에 더 민감하게 반응하였다. 딸기에서 적엽처리는 꽃눈발육과 분화에 관련되며(Albergts et al., 1992; Casierra-Posada et al., 2012; Lee et al., 2019), ‘설향’에서 적엽처리 수준이 높아질수록 과실이 작아지고 주당 과실수가 감소한 것은 과실생장에 필요한 충분한 잎의 확보하지 못하여 동화산물의 축적량이 부족했던 것에 기인한 것으로 판단된다(Kim et al., 2016).

과실의 길이와 직경도 적엽처리 수준에 따라 달랐으며 무적엽처리구가 30% 및 50% 적엽처리구에 비해 과실이 컸다. ‘설향’에서 무적엽으로 재배된 과실의 과장과 과경은 각각 22.9mm

및 21.6mm 였다. 이는 50% 적엽처리구에 19.1mm 및 18.8mm 비해 과장은 3.8mm 과폭은 2.8mm 높았다. ‘매향’에서는 무적엽처리와 30% 적엽처리는 50% 적엽 처리에 비해 과실수와 과장 및 과폭이 높았다. 반면 무처리와 30% 적엽처리 간에는 통계적인 유의성은 없었다. 따라서 ‘매향’에서는 하위엽 30% 적엽 처리도 유용할 것으로 판단된다.

과실의 무게는 동화산물의 축적에 의해 결정되는데, 적엽처리구는 주당 동화산물의 생산량이 감소하여(Marceils et al., 2004) 과실로의 동화산물 분배량이 적어 과실의 크기가 감소한 것으로 사료된다. 따라서 적엽처리는 딸기의 크기와 과실수량을 감소하는 원인이었다(Table 1.53).

적엽처리가 딸기 품질에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.54). 딸기재배에서 적엽처리는 과실 품질에 영향을 주었다. ‘설향’과 ‘매향’에서 적엽처리된 딸기는 색도, 당도 및 당산비 값이 감소하였다. 이러한 경향은 적엽정도가 많은 50% 적엽처리구에서 더욱 뚜렷하였다.

과실의 색도는 적엽처리 수준이 높아짐에 따라 명도를 나타내는 L은 직선적으로 감소하였다. 또한 과실성숙과 관련이 있는 붉은색을 나타내는 a값 및 황색을 나타내는 L값도 적엽처리 수준이 높아질수록 감소하였다.

반면 과실의 경도는 두 품종 모두 적엽처리에 의해 큰 차이가 없었다. 다만 품종간 차이는 있었으며, ‘매향’은 ‘설향’보다 경도가 0.5N 정도 높았다. 이는 ‘매향’이 저장성이 강하여 수출용으로 적합함을 시사하는 결과이다.

‘설향’에서 적엽처리를 하지 않은 재배한 과실의 당도는 7.8°Brix 였다. 반면 50% 적엽처리한 과실의 당도는 5.7°Brix로 무적엽 처리한 과실에 비해 당도가 2.1°Brix 낮아졌으며, ‘매향’ 또한 ‘설향’과 유사한 경향을 보였다. Ollat and Gaudillere(1998)는 딸기에서 적엽처리는 과실의 당도와 malic acid 함량을 감소시킨다고 하였고, 멜론에서도 적엽처리는 과실내의 Sucrose 함량을 감소시킨다고 하였다(Hubbard et al., 1990). 이와 같이 본 연구와 선행연구를 고찰하여 보면 딸기를 재배하는 동안 적엽처리는 과실의 당도를 감소시키는 것으로 판단된다.

당산비는 당도와 산도의 비율을 나타내며 과실의 맛을 결정하는 요인이다. ‘설향’에서 과실의 당산비는 무적엽 처리구에서 14.1로 가장 높았다. ‘매향’에서도 과실의 당산비는 무적엽 처리구에서 15.8로 가장 높았고, 50% 적엽처리구에서 12.9로 가장 낮았다.

딸기의 잎이 전개된 후 45일 이상 경과하여도 높은 광합성을 능력을 나타내고 동화산물의 공급원으로 중요한 역할을 한다(Keutgen et al., 1997; Lyu et al., 2014). 또한 딸기는 엽수가 증가하면 화방의 분화가 촉진되고 화수가 많아져 과실수량이 증가한다고 알려져 있다(Albergts et al., 1992; Casierra-Posada et al., 2012). 시설 딸기 재배에서 권고되고 있는 적엽관리는 정식 후에는 4매 그리고 첫 수확기에는 7-8매 정도의 엽수를 확보하는 좋다고 알려져 있다(Lee et al., 2019).

본 연구에서도 적엽처리에 비해 무적엽처리구에서 딸기의 생육과 과실품질이 우수하였다. 이는 식물체의 생육과 과실성숙에 필요한 충분한 엽수를 확보함으로써 잎을 통한 광합성 및 동화산물 전류가 균형적으로 이루어져 결과라고 판단된다. 시설 딸기 재배의 영농현장에서는 정식 후 30일 이후에 적엽을 하는 것이 일반적이지만 본 실험에서는 정식 후 7일 간격으로 주기적으로 적엽을 실시한 결과 광합성에 필요한 충분한 엽수와 엽면적을 확보하지 않아 생육과 과실생산량이 저하된 것으로 해석된다. 따라서 딸기에서는 적엽처리를 하지 않고 8매 정도의 엽수를 확보하여 충분한 엽면적을 확보하는 것이 과실수량 증진과 품질 향상에 유용할 것으로 판단된다. 또한 적엽처리에 소요되는 노동력을 절감하는 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

Table 1.53. The effect of defoliation on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry

Cultivars	Defoliation treatment <sup>z</sup> (%)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
Seolhyang	30	9.3b <sup>y</sup>	5.0a	22.4a	21.4a
	50	8.2b	3.6b	19.1b	18.8b
	Non defoliation	13.8a	5.2a	22.9a	21.6a
Maehyang	30	4.6a	4.4a	24.4a	20.2a
	50	4.0a	2.4b	17.9b	17.0b
	Non defoliation	4.0a	4.3a	29.0a	19.8a

<sup>z</sup> Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). All values are means of 18 plants and fruit characteristic measure from 1 flower clusters to 5 flower clusters.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.54. The effect of defoliation on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in strawberry(1 flower clusters ~ 5 flower clusters)

Cultivars	Defoliation treatment <sup>z</sup> (%)	Hunter value			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio <sup>y</sup>
		L	a	b				
Seolhyang	30	49.6a <sup>x</sup>	40.4b	34.8a	2.0a	7.2a	0.6a	12.9b
	50	49.5a	40.2b	33.2b	2.0a	5.7b	0.5b	12.1b
	Non defoliation	48.9b	41.3a	35.3a	2.2a	7.8a	0.6a	14.1a
Maehyang	30	47.6a	42.2a	29.9b	2.4a	9.2a	0.6a	16.1a
	50	45.8b	36.6b	27.0c	2.3a	7.7b	0.6a	12.9b
	Non defoliation	47.7a	41.6a	31.3a	2.5a	9.5a	0.6a	15.8a

<sup>z</sup> Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). All values are means of 18 plants and fruit characteristic measure from 1 flower clusters to 5 flower clusters.

<sup>y</sup> SSC/TA ratio; Soluble solids concentration/Titratable acidity ratio.

<sup>x</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

## 1-11. CO<sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 생육 및 생산성 검정

### 가. 연구목적

원예작물 재배 시 탄산가스가 높아질 경우 순광합성량, 엽면적, 건물량 등이 증가하며 증산, 기공전도도는 감소되는 등 다양한 생리 반응에 영향을 미치고, 근권부와 지상부의 비, 수확지수 등의 변화를 일으키는 것으로 보고된다. 겨울철 저온기에는 환기가 원활하게 되지 않아서 탄산가스의 농도저하가 쉽게 발생되며, 150ppm이하의 낮은 농도에서는 생육이 심하게 부진하게 되므로 재배시설 내부의 탄산가스를 적절히 유지하는 것이 필요하다. 국내 토마토, 파프리카 등 시설과채류를 양액재배하는 농가에서는 생육촉진 및 수량증대를 위하여 탄산가스를 사용하고 있다. 국내에서는 탄산가스 처리에 대한 보고는 착색단고추 재배시 생육과 스프레이 국화 품질에 관한 연구가 있었고, 국외는 딸기 재배시 탄산가스 처리가 보고되고 있다.

본 연구는 시설딸기 재배에서 탄산가스 농도별 조건이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향을 파악하고 이를 활용할 수 있는 적절한 기술을 모색함으로써 고품질의 딸기를 생산하기 위한 재배기술을 개발하기 위해 수행하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시 재료 및 재배 조건

##### (가) 공시품종 및 실험장소

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 ‘설향’과 ‘매향’이었다. 시험은 2018년 9월부터 2018년 12월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산 50번지)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 주간온도 20℃로 온도환경을 설정하여 재배하였다.

##### (나) 재배조건 및 일조부족 조건

딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충진된 포트(길이 60cm x 길이 25cm × 높이 30cm)에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트 당 3주의 식물체를 정식하였다. 실험에 사용된 딸기묘는 평균 크라운 직경이 8.5mm 되는 것을 사용하였다. CO<sub>2</sub> 공급은 각 온실별로 700, 1000, 1500ppm 농도로 조건을 조성하였다(Fig. 1.26). 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu, Korea)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5dS.m<sup>-1</sup> 였다.

#### (2) 조사방법

##### (가) 생육조사

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30일, 60일 및 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반

복 당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 경직경, 근부직경, 초장, 근장, 생체중, 건물중 및 식물체 고사율을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기(LI-3100, LI Cor., USA)를 이용하였고, 엽수는 잎의 길이가 1cm 이상인 것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를, 건물중은 105℃에서 3시간 건조 후 측정하였다. 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다. 식물체 고사율은 각 생육시기별로 위조되거나 고사되는 식물체를 대상으로 조사하였다.

### (나) 생산성조사

딸기의 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 3g 이상이고, 속도가 균일한 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울 (AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장, 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 딸기의 과장과 과폭을 측정하였다. 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계 (CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

### (3) 통계분석

실험 결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.



Fig. 1.26. Processing form of CO<sub>2</sub> fertilization treatment on growth of strawberry.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) CO<sub>2</sub> 공급 조건에서 딸기의 생육검정

원예작물 재배 시 탄산가스가 높아질 경우 순광합성량, 엽면적, 건물량 등이 증가하며 증산, 기공전도도는 감소되는 등 다양한 생리 반응에 영향을 미치고, 근권부와 지상부의 비, 수확지수 등의 변화를 일으키는 것으로 보고된다.

Table 1.55, 1.57 및 Fig. 1.27는 탄산가스 농도별 조건이 딸기의 생육에 미치는 영향을 검정하고자 하였다. 이를 위해 무처리를 포함해서 탄산가스를 750ppm, 1000ppm, 1500ppm 농도로 조성하여 딸기를 온실에서 재배하면서 시기별 생육을 조사하였다.

딸기 생육검정 결과 무처리에 비해 CO<sub>2</sub> 시비를 했을때 생육이 전반적으로 증진하였다. 특히 작물 재배를 위한 탄산가스 시비 농도는 1500ppm에서 가장 좋았다. 딸기를 CO<sub>2</sub> 1500ppm의 농도로 재배하였을 때 엽수와 엽면적, 엽장, 엽직경, 및 초장 등 전반적인 지상부 생육이 무처리나 750ppm 농도보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다. CO<sub>2</sub> 조건에 따른 생육반응은 품종에 따라 큰 차이는 없었으며, '설향', '매향' 두 품종 모두 지상부 생육, 지하부 생육이 1500ppm에서 좋았다(Table 1.55).

CO<sub>2</sub> 1500ppm에서 30일간 생육시킨 '설향'의 엽면적은 694.6cm<sup>2</sup> 였으나 750ppm 농도에서 재배된 딸기는 535.46cm<sup>2</sup>로 낮았다. '매향'의 엽면적은 1500ppm에서 761.98cm<sup>2</sup> 였고, 750ppm 농도에서는 649.35cm<sup>2</sup>로 낮았다. 엽면적, 경직경, 초장 또한 농도가 낮아질수록 생육이 억제되었으며 무처리에서 가장 낮은 생육을 나타냈다. 화방수는 생육 30일째에는 '설향'과 '매향' 품종 모두 0개였지만, 90일째는 CO<sub>2</sub> 함량이 높아질수록 식물체당 화방수가 증가하였다. 이러한 현상은 '설향' 품종에서 뚜렷하였다. 반면 경직경, 초장에서는 재배조건에 따른 생육의 차이가 크지 않았으며, 지하부인 근장은 1500ppm에서 가장 생육이 우수하였다. 1500ppm에서 30일간 생육시킨 '설향'의 근장은 22.52cm 였으나 750ppm 에서 재배된 딸기는 16.20cm였으며, 무처리에서 14.30cm로 가장 낮았다. '매향' 품종의 경우에도 1500ppm에서 23.45cm 였고, 750ppm 에서 18.10cm의 뿌리신장을 보여 1500ppm에서 뿌리생육이 좋았다(Table 1.56).

'설향' 및 '매향' 두 품종 모두 CO<sub>2</sub> 농도조건에 따라 생체중과 건물중에 큰 차이를 보였다. 고농도의 1500ppm에서 재배된 딸기는 생육단계에 관계없이 무처리에 비해 지상부의 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 전 생육기간 동안 유지되었다. 지하부의 생체중 및 건물중도 1500ppm 조건에서 가장 좋았다(Table 1.57).



Table 1.55. The effect of CO<sub>2</sub> fertilization on number of leaves, leaf area, leaf length and leaf width of strawberry plants.

Cultivars	CO <sub>2</sub> Concen. (ppm)	No. of leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	No. of flowers
<i>30 days after transplanting</i>						
Seolhyang	750	11.22	535.46	10.43	8.98	0.00
	1000	11.46	622.18	11.22	8.72	0.00
	1500	10.98	694.68	11.46	9.51	0.00
	Untreat.	10.43	574.46	10.98	9.20	0.00
	LSD <sup>z</sup>	0.99	NS	NS	NS	NS
Maehyang	750	12.04	649.35	12.04	7.49	0.00
	1000	12.30	636.89	12.30	7.63	0.00
	1500	12.42	761.98	12.42	8.18	0.00
	Untreat.	11.58	463.11	11.58	7.72	0.00
	LSD	0.64	NS	NS	NS	NS
<i>60 days after transplanting</i>						
Seolhyang	750	9.00	1082.25	11.84	10.11	1.67
	1000	6.78	1230.68	11.82	9.04	1.78
	1500	10.00	1289.89	12.09	10.11	0.56
	Untreat.	6.89	791.32	10.39	9.28	2.22
	LS	0.90	221.89	1.01	0.83	NS
Maehyang	750	7.56	1044.51	11.97	7.91	0.00
	1000	7.33	1203.22	12.70	7.96	0.00
	1500	7.62	1286.72	13.10	8.95	0.00
	Untreat.	5.78	1132.65	11.99	8.22	0.89
	LSD	1.09	169.32	NS	NS	1.10
<i>90 days after transplanting</i>						
Seolhyang	750	10.11	1088.97	11.42	9.43	8.67
	1000	8.67	1666.60	11.56	9.31	10.22
	1500	10.11	1764.12	11.99	9.83	11.22
	Untreat.	7.00	554.68	8.42	7.84	8.56
	LSD	2.25	333.45	1.18	0.91	NS
Maehyang	750	6.44	1087.31	11.87	7.52	4.11
	1000	6.11	1352.50	11.87	7.96	4.33
	1500	7.33	1363.96	13.58	7.96	8.89
	Untreat.	5.67	744.40	11.92	7.21	3.33
	LSD	NS	157.24	1.34	NS	3.99

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.56. The effect of CO<sub>2</sub> fertilization on stem diameter, crown diameter, plant height and root length of strawberry plants.

Cultivars	CO <sub>2</sub> Concen. (ppm)	Stem diameter (mm)	Crown diameter (mm)	Plant height (cm)	Root length (cm)
<i>30 days after transplanting</i>					
Seolhyang	750	3.04	16.27	33.62	16.20
	1000	3.02	15.49	32.41	20.60
	1500	3.42	16.87	35.07	22.52
	Untreat.	3.33	14.19	28.63	14.30
	LSD <sup>z</sup>	NS	NS	2.09	5.50
Maehyang	750	3.10	14.90	36.33	18.10
	1000	3.19	16.26	37.70	18.05
	1500	3.58	17.23	37.70	23.45
	Untreat.	2.93	12.05	32.88	23.40
	LSD	0.27	2.45	1.89	NS
<i>60 days after transplanting</i>					
Seolhyang	750	3.82	18.58	34.24	21.25
	1000	3.78	21.10	35.92	26.75
	1500	4.02	22.19	37.27	25.30
	Untreat.	3.47	19.15	30.31	24.80
	LSD	0.35	NS	3.08	NS
Maehyang	750	3.50	16.76	38.91	25.95
	1000	3.37	18.93	40.14	23.20
	1500	3.88	20.86	40.80	29.75
	Untreat.	3.69	19.65	36.80	25.29
	LSD	NS	2.35	2.91	NS
<i>90 days after transplanting</i>					
Seolhyang	750	3.45	25.69	34.56	21.15
	1000	3.43	25.15	33.48	29.15
	1500	4.52	26.32	35.31	26.75
	Untreat.	2.96	16.82	23.39	24.60
	LSD	0.72	3.70	3.77	5.43
Maehyang	750	3.85	17.52	36.54	29.90
	1000	3.93	20.90	35.71	30.15
	1500	4.78	18.75	40.65	37.70
	Untreat.	3.37	17.39	32.82	19.55
	LSD	0.71	NS	3.69	7.09

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.57. The effect of CO<sub>2</sub> fertilization on fresh weight and dry weight of strawberry plants.

Cultivars	CO <sub>2</sub> Concen. (ppm)	FW(g/plant)			DW(g/plant)		
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>							
Seolhyang	750	26.99	8.59	35.58	4.96	1.25	6.21
	1000	27.03	10.61	37.64	5.40	1.01	6.41
	1500	32.35	11.06	43.41	5.32	1.37	6.69
	Untreat.	22.78	6.79	29.57	4.18	0.89	5.07
	LSD <sup>z</sup>	NS	2.13	NS	NS	0.30	NS
Maehyang	750	21.52	5.97	27.49	4.16	1.01	5.17
	1000	26.01	8.22	34.23	5.02	0.87	5.89
	1500	27.71	13.28	40.99	5.10	1.44	6.54
	Untreat.	20.63	4.73	25.36	4.77	0.64	5.41
	LSD	NS	2.13	NS	NS	0.15	NS
<i>60 days after transplanting</i>							
Seolhyang	750	49.02	31.99	81.01	9.84	3.28	13.12
	1000	50.50	22.44	72.94	10.33	2.72	13.05
	1500	53.55	38.46	92.01	10.25	4.53	14.78
	Untreat.	32.05	20.28	52.33	6.42	2.46	8.88
	LSD	10.12	NS	NS	2.25	NS	NS
Maehyang	750	42.96	24.39	67.35	8.26	2.30	10.56
	1000	45.45	21.24	66.69	9.20	2.89	12.09
	1500	50.70	25.02	75.72	9.92	2.90	12.82
	Untreat.	46.32	16.36	62.68	9.17	2.10	11.27
	LSD	2.75	3.41	5.45	1.00	0.28	1.24
<i>90 days after transplanting</i>							
Seolhyang	750	57.83	36.68	94.51	11.21	4.65	15.86
	1000	71.48	45.39	116.87	13.73	5.31	19.04
	1500	64.54	49.41	113.95	13.23	5.58	18.81
	Untreat.	21.20	34.44	55.64	3.40	4.13	7.53
	LSD	11.27	NS	22.17	2.71	NS	3.16
Maehyang	750	50.27	24.60	74.87	10.90	3.38	14.28
	1000	60.29	32.02	92.31	11.93	4.02	15.95
	1500	67.46	33.55	101.01	16.49	5.46	21.95
	Untreat.	28.72	13.64	42.36	5.48	2.44	7.92
	LSD	9.12	7.11	8.11	2.03	0.95	1.37

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

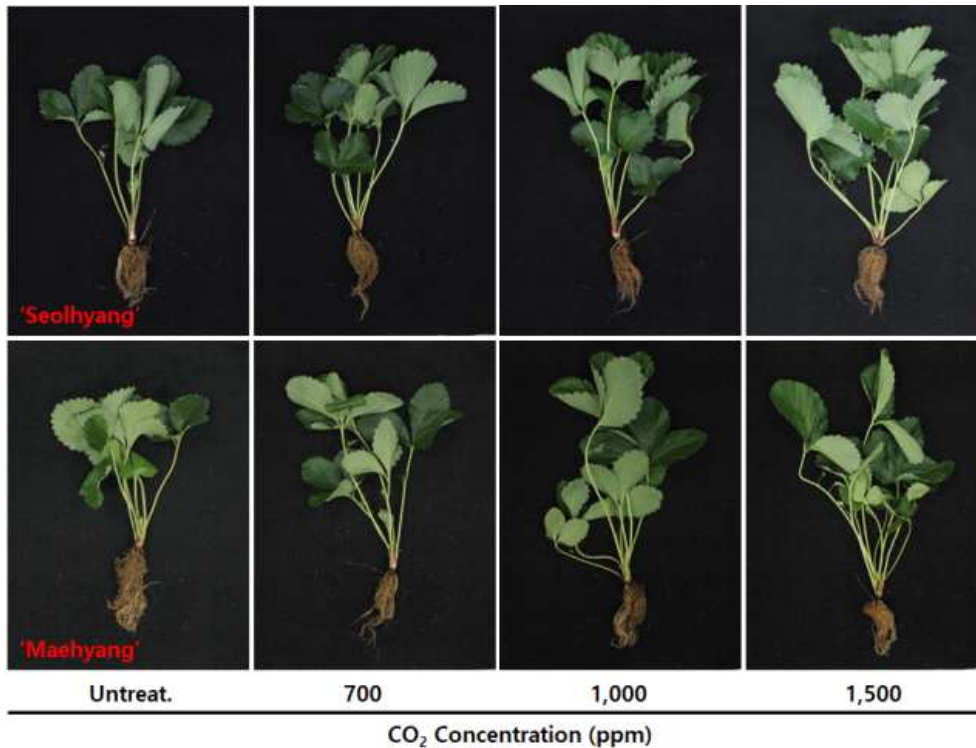


Fig. 1.27. The effect of CO<sub>2</sub> fertilization on growth of strawberry at 30 days after transplanting

## (2) CO<sub>2</sub> 공급 조건에서 딸기의 수량검정

‘설향’ 및 ‘매향’ 모두 CO<sub>2</sub> 농도가 높은 조건일때 딸기의 상품성이 좋아졌고, 과중도 높았다. 1000ppm에서 재배한 ‘설향’은 주당 과일 개체가 76.33개로 높았고, 750ppm 농도에서는 57.33개로 낮아졌고, CO<sub>2</sub>를 공급하지 않은 무처리 조건에서는 21.17개에 불과하였다. ‘매향’도 비슷한 경향으로 1,000ppm과 1,500ppm 조건에서 45.80개, 42.00개로 무처리에 비해 많았다.

과실의 길이와 직경 또한 높은 탄산가스 농도가 무처리에 비해 높았다. ‘설향’ 품종에서 1,000ppm에서 과장과 과경은 각각 24.11mm, 22.53mm로 가장 우수했다. 또한 ‘매향’ 품종의 과장, 과경은 1000ppm에서 각각 26.46mm, 20.74mm로 ‘설향’ 품종의 자연광보다 딸기 과실의 크기가 컸다. 따라서 CO<sub>2</sub> 공급처리는 딸기의 크기과 수량에 긍정적 영향을 미치며 딸기의 상품성이 증가하였다(Table 1.58 and Fig 1.28).

탄산가스 공급이 딸기 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 공급 농도에 따라 딸기의 품질이 달랐다. 무처리에 비해 탄산가스 공급 처리에서 재배하였을 때 색도, 당도, 당산비 값이 높았다. ‘설향’ 품종에서 1500ppm의 딸기의 색택은 Hunter (L(light) a(red) b(blue))값이 각각 44.47, 47.03, 32.60으로 가장 우수하였다. 특히 적녹도를 나타내는 Hunter a값이 가장 높음으로 딸기의 색택이 우수하여 상품성이 높았다. ‘매향’ 품종에서는 탄산가스 농도에 따른 색도의 차이가 없었다.

‘설향’ 품종에서 당도 또한 1500ppm 조건에서 8.6°Brix로 무처리의 7.1°Brix에 비해 월등히 높았다. 반면 당도와 산도의 비율을 나타내며 맛에 직접적인 연관이 있어 감미비라고도 불리는 당산비는 1000ppm에서 10.86으로 가장 높았다. ‘매향’ 품종 또한 동일한 경향을 보였다(Table 1.59).

따라서 딸기는 탄산가스 처리에 의해 균형적인 생육과 생식생장이 전개되어 딸기 생산성과 품질이 높아졌다. 탄산가스 농도에 따라 생육 및 품질에 차이가 있었으며, 고농도의 탄산가스 처리는 식물의 생육에 긍정적 영향을 주어 기형과 등이 감소하고 생육이 우수한 반면 저농도에서는 고농도 가스 처리에 비해 수량이 감소하였다.

Table 1.58. The effect of low light intensity on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry.

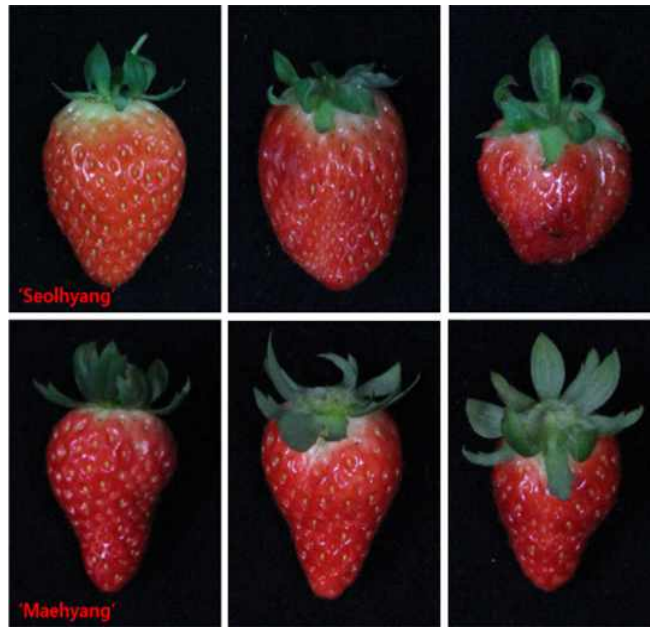
Cultivars	CO <sub>2</sub> Concen. (ppm)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruitlength (mm)	Fruit diameter (mm)
Seolhyang	750	57.33	4.97	21.00	20.41
	1000	76.33	6.36	24.11	22.53
	1500	60.33	5.52	22.80	21.51
	Untreat.	21.17	4.28	20.90	19.40
	LSD <sup>z</sup>	NS	0.24	0.40	0.76
Maehyang	750	38.00	4.73	23.61	20.59
	1000	45.80	6.87	26.46	20.74
	1500	42.00	4.79	23.56	19.96
	Untreat.	15.80	4.52	22.92	18.57
	LSD	NS	0.39	NS	0.49

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.59. The effect of low light intensity on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in strawberry.

Cultivars	CO <sub>2</sub> Concen. (ppm)	Hunter			Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
		L	a	b			
Seolhyang	750	43.77	45.03	30.03	7.2	0.92	7.83
	1000	43.99	46.73	30.94	7.6	0.70	10.86
	1500	44.47	47.03	32.60	8.6	1.09	7.89
	Untreat.	40.40	46.16	28.80	7.1	0.98	7.24
	LSD <sup>z</sup>	0.09	0.08	0.11	0.1	0.01	0.24
Maehyang	750	40.36	40.71	26.28	7.8	0.90	8.67
	1000	42.88	43.53	28.24	7.8	0.68	11.47
	1500	41.32	41.69	24.86	9.6	1.00	9.60
	Untreat.	38.69	43.70	22.96	7.8	0.99	7.88
	LSD	0.20	0.21	0.22	0.2	0.02	0.04

<sup>z</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.



CO<sub>2</sub> Concentration(ppm)

700

1,000

1,500

Fig. 1.28. The effect of CO<sub>2</sub> fertilization on growth of strawberry at 30 days after transplanting.

## 1-12. 딸기의 성숙단계별 호르몬 변화 분석

### 가. 연구목적

딸기 과일 성숙 메커니즘을 이해하는 것은 성숙 과정을 제어하는 데 필수적이다. 과일은 성숙 패턴의 생리적 차이에 따라 Climacteric 또는 Non-climacteric으로 분류된다. Non-climacteric 과일인 딸기는 에틸렌 생산 또는 호흡에 큰 변화를 보이지 않으며 에틸렌의 작용으로 성숙이 유발되지 않는다. 식물 호르몬은 식물 성장, 생물학적 및 비생물학적 신호에 대한 개발 및 반응에 중추적인 역할을 한다. 식물 성장 및 식물 호르몬에 의한 발달의 조절을 이해하기 위해서는 개별 식물 호르몬의 정확하고 효율적인 측정이 필요하다. 딸기에 관한 연구는 재배법 개선, 병충해 방제 및 육종에 관한 연구 등이 있으나 딸기의 내적 품질을 판단하는 호르몬에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 딸기는 육안적으로 품질변화를 파악할 수 있는 좋은 지표가 있음에도 이를 내적 품질과 연관시킨 자료가 미흡함으로 이에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 '설향', '매향' 딸기 품종에서 숙성 단계에 관여하는 식물호르몬 ABA, JA, GA<sub>3</sub>, IAA, Zeatin, SA의 함량의 변화를 조사하여 식물 호르몬이 딸기의 성숙에 미치는 역할을 구명하고 과일의 성숙을 제어하고 조절함으로써 이를 농업적으로 활용하기 위한 이론적 근거를 제시하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시재료

딸기 내 식물호르몬을 분석하기 위해 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 '설향'과 '매향'이었다. 딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambuja, Farmhannong, Korea)가 충전된 포트(길이 60cm × 길이 25cm × 높이 30cm)에 정식하였고, 재배기간 중

양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 양액을 공급하였다. 호르몬 분석을 위한 딸기 과일은 6개의 발달 단계, 즉 FB, FW, GF, WF, PF, RF로 나누었다. FB; 꽃봉오리, FW; 개화, GF; 녹색 과일, WF; 흰색 과일, PF; 분홍색 과일, RF; 빨간 과일(Fig 1.29, Fig 1.30).

## (2) 생육조사

과중은 실험용 전자저울(AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장, 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 딸기의 과장과 과폭을 측정하였다(Fig. 1.29 and Fig. 1.30). 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5 mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

실험 결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.

## (3) 호르몬 분석

### (가) HPLC 조건

HPLC는 degasser, pump, autosampler 및 column oven이 장착된 1260 series (Agilent, USA) liquid chromatography system에서 수행되었다. Chromatographic separations은 Esclipse plus C18 (4.6 x 50mm, 3.5 $\mu$ m) column (Agilent, USA)을 사용하였다. HPLC gradient 조건은 다음과 같다 : 0-5min, 95-5%(Mobile phase A : 0.1% formic acid in Methanol, Mobile phase B : 0.1% formic acid in Water), 1 min, 5-95%, 5min, 5%-95%, 10sec 95-5%, 1min return to initial conditions 95-5%, at a flow rate of 500 $\mu$ L/min, column temperature of 30 $^{\circ}$ C and an injection volume of 10 $\mu$ L in all experiments.

### (나) 질량 분광법 조건

질량 분광법은 네거티브로 작동하는 electrospray ionization (ESI) source가 장착된 API 4000 mass spectrometer (ABSCIEX, Canada)에서 수행되었다. 측정은 600  $^{\circ}$ C의 소스 온도에서 -4.5 KV (negative) ion spray voltages, 3 collision gas (CAD), 20 curtain gas (CUR), 50 psi ion source gas 1 and 60 psi ion source gas 2 and 150ms dwell time을 기준으로 수행되었다. Unit resolution은 Q1와 Q3이 사용되었다.

### (다) 선형성

Calibration curve standards는 각 호르몬 당 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 1.0, 5.0, 10 and 100 ng/mL (SA) 0.15, 0.3, 0.6, 1.5, 3.0 15, 30, 300ng/mL (ABA, JA) 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10, 50, 100 and 1,000ng/mL (GA3) 1.5, 3.0, 6.0, 15, 30, 150, 300 and 3,000ng/mL (Zeatin) 5, 10, 20, 50,

100, 500, 1,000 and 10,000ng/mL (IAA) 의 농도로 처리하였다. Calibration curves는 ABA, GA3, IAA, JA, SA 및 Zeatin 면적/IS 면적 대 ABA, GA3, IAA, JA, SA 및 Zeatin/IS 농도의 비율로 추정했다. 각 Calibration curves는 1/x weighted linear regression을 사용하여 개별적으로 분석했다. Calibration curve는 각 호르몬/IS 피크 면적 비율 대 각 호르몬/IS 농도 비율로 구성되었다. 분석을 위한 회귀 방정식은 ABA는  $Y = 0.0524 x + 0.000696$  ( $r=0.9995$ ), GA3는  $Y = 0.00216 x + 0.00392$  ( $r=0.9998$ ), IAA는  $Y = 0.00534 x + 0.0035$  ( $r=0.9995$ ), JA는  $Y = 0.124 x + 0.156$  ( $r=0.9960$ ), SA는  $Y = 0.124 x + 0.156$  ( $r=0.9960$ ), Zeatin은  $Y = 0.00587 x + 0.000911$  ( $r=0.9997$ )였으며 1/x의 가중 계수를 사용했다.

(라) 검출 한계 (LOD) 및 정량 한계 (LOQ)

LOD는 signal-to-noise 3을 사용하였고, LOQ는 signal-to-noise 10을 사용했다. 표준 호르몬 LOD는 각 호르몬 당 0.03ng/mL(ABA, JA), 0.30ng/mL (GA3), 0.03ng/mL (SA), 0.90ng/mL (Zeatin), 3.0ng/mL (IAA)였다. LOQ는 각각 GA<sub>3</sub> (1.0ng/mL), Zeatin (3.0ng/mL), 10ng/mL (IAA), 0.3ng/mL (JA, ABA) 및 0.1ng/mL (SA)였다.

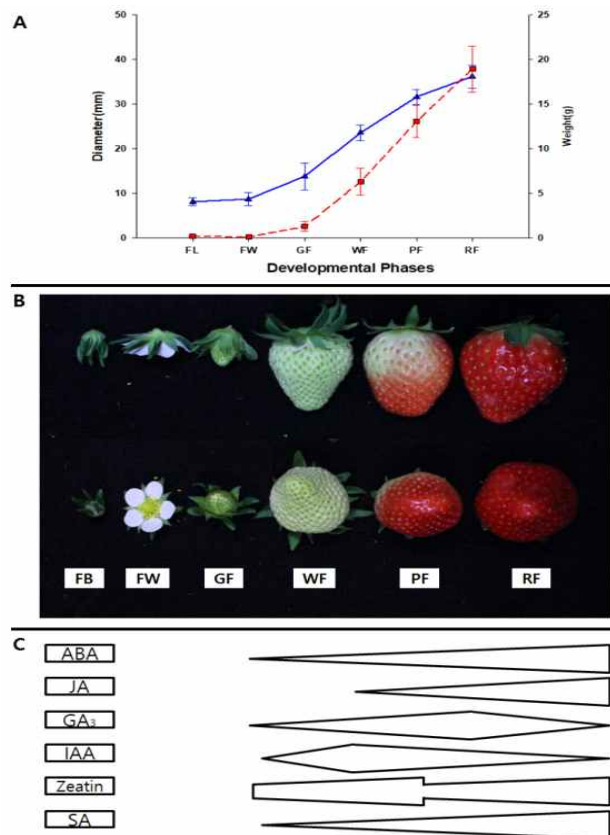


Fig. 1.29. (A) The pattern of 'Seolhyang' strawberry fruit development as measured by changes in diameter and fresh weight. (B) The various stages of fruit development: FB, flower bud; FW, flower; GF, green fruit; WF, white fruit; PF, pink fruit; RF, red fruit. (C) Diagrammatic representation of the changes in hormone levels at the different stages of fruit development based on the results in Fig. 1.32.



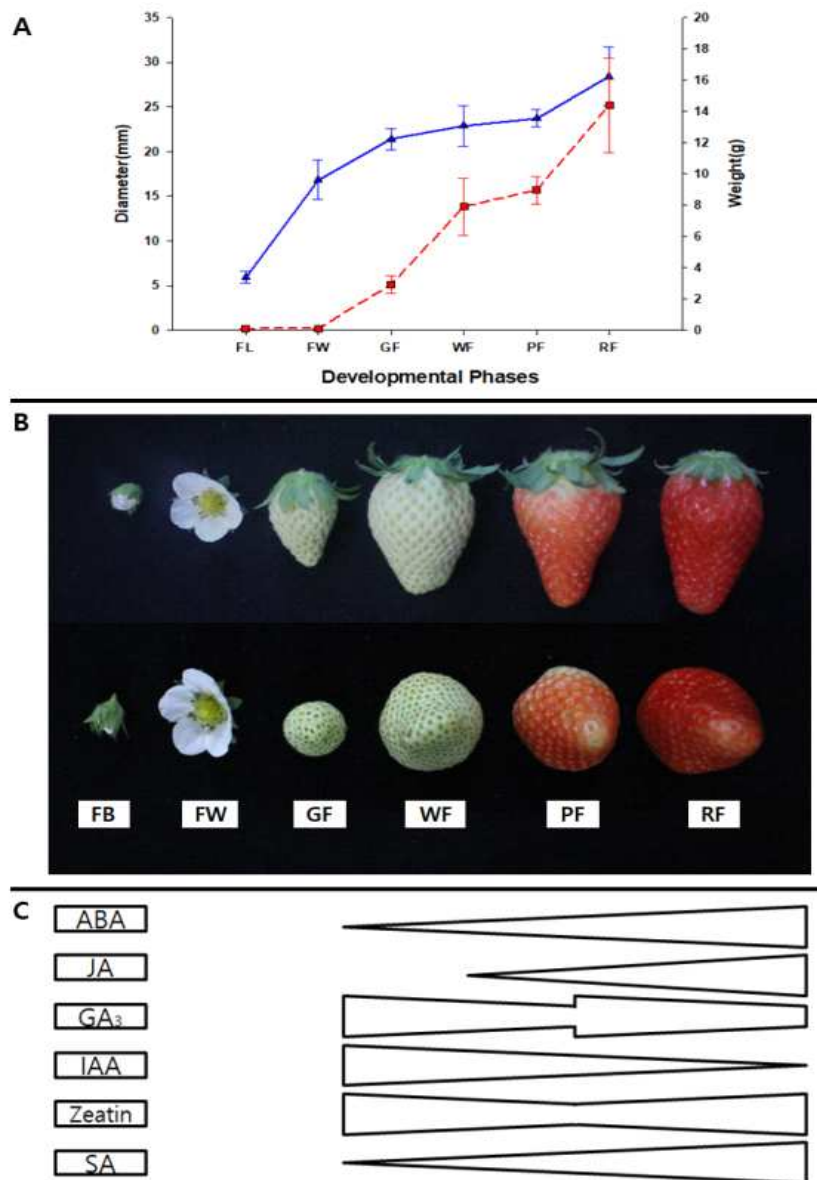


Fig. 1.30. (A) The pattern of 'Maehyang' strawberry fruit development as measured by changes in diameter and fresh weight. (B) The various stages of fruit development: FB, flower bud; FW, flower; GF, green fruit; WF, white fruit; PF, pink fruit; RF, red fruit. (C) Diagrammatic representation of the changes in hormone levels at the different stages of fruit development based on the results in Fig. 1.33.

Plant tissues( 50 mg )	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Always fresh samples</li> <li>* Precise amount measurement (sample) : 0.05g</li> <li>* Temperature critical (liquid nitrogen)</li> </ul>
▼	
Liquid nitrogen	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Put 50mg of sample in a mortar bowl.</li> </ul>
▼	
Grind add internal standard	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Grind the sample as soon as possible.</li> <li>* Measure accurately and put it in the tube quickly.</li> <li>* Weigh the sample dry</li> </ul>
▼	
Extraction I	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Add 500μl of extraction solvent. (2-propanol / H<sub>2</sub>O / concentrated HCl) (2 : 1 : 0.002, vol / vol / vol)</li> <li>* (100ml / 50ml / 100μl) : Available for 3months</li> <li>* Sample: solvent ratio always kept at 1:10</li> <li>* Hydrochloric acid (HCl); Sigma-Aldrich, cat. no. 278475</li> </ul>
▼	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 4°C, 100rpm, shaker (Important)</li> </ul>
Extraction II	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1ml의 "dichloromethane"을 첨가</li> </ul>
▼	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Add 1ml of "dichloromethane"</li> </ul>
Centrifugation	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 4 °C, 13,000g, 5minutes performed</li> </ul>
▼	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Dry(speed vacuum) after the lower layer</li> <li>* 0.1ml(100μl) dissolved in "methanol".</li> </ul>
HPLC-MS/MS	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 10μl of each sample was injected</li> </ul>
▼	
Quantitative	

Fig. 1.31. Conditions for the extraction of plant hormones in strawberry fruits(Nature protocol).

#### 다. 결과 및 고찰

딸기를 성숙정도에 따라 6단계(FB, FW, GF, WF, PF, RF)로 구분하여 생산량과 품질을 조사한 결과는 Table 1.60, 1.61과 같았다. ‘설향’, ‘매향’ 두 품종 모두 딸기의 품질은 과일 발달 6단계(RF)에서 가장 우수하였고 과일 발육이 덜 될수록(PF>WF>GF>FW>FB) 점차 감소하였다.

색도는 적색 및 황색을 뜻하는 Hunter a, b 값이 성숙단계에 따라 높아졌다. 완숙 단계인 RF는 선명한 붉은 색을 나타냈으나 미숙과는 성숙이 덜 되어 Hunter a, b 값이 (-) 값을 나타냈다. 이는 성숙이 이루어지며 딸기의 외형이 붉은색으로 변하였기 때문이다. 경도는 성숙이 진행됨에 따라 초기단계에 비하여 감소하였으며, 특히 ‘설향’ 품종의 결과(Table 1.60) 완숙 단계 RF에서 경도가 2.03으로 연화가 크게 진행되었다. ‘매향’ 품종의 경도는 전반적으로 ‘설향’ 품종에 비해 높았으나 역시 완숙 단계 RF에서 3.21로 가장 낮았다(Table 1.61). 당도는 숙성되면서 미숙과에 비해 2-3°Brix 이상 유의적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 산도는 성숙하는 동안에 계속하여 감소하였다. ‘설향’, ‘매향’ 품종에서 각각 하얀 과일인 WF단계에서 0.37, 1.50으로 가장 높았다. 과실의 산미는 당의 함량 여하에 따라 크게 달라진다. 이를 조사해 보기 위하여 당산비를 측정된 결과 당산비는 성숙이 진행됨에 따라 증가하여 감미가 상승함을 볼 수 있다. 완숙 단계인 RF에서 37.06으로 가장 높았다.

딸기의 성숙단계에 따른 색도, 경도, 당도, 산도 및 품질 차이를 조사해 본 결과, 미숙과(GF, WF)는 적숙과(PF, RF)에 비해 광택(Hunter L), 적색(a)이 낮게 평가되었다. 또한 미숙과는 적숙과보다 과육의 경도가 높았으며, 신맛이 강한 것으로 나타났다. 당산비는 성숙단계에 따라 점차 증가하는 경향이였다.

Table 1.60. The changes in chromaticity, firmness, sugar content, acidity at the different stages of ‘Seolhyang’ strawberry fruit development.

	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content(°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b				
FB <sup>z</sup>	61.31	-8.27	58.23	-	-	-	-
FW	40.36	-8.12	21.57	-	-	-	-
GF	65.17	-9.05	36.58	59.40	7.43	0.27	27.51
WF	39.32	-9.30	21.90	16.51	7.02	0.37	18.97
PF	57.94	20.61	32.96	4.49	8.23	0.31	26.56
RF	42.73	42.81	28.38	2.03	10.75	0.29	37.06
LSD <sup>y</sup>	2.14	2.33	2.57	2.53	0.35	0.03	2.64

<sup>z</sup> The various stages of fruit development: FB, flower bud; FW, flower; GF, green fruit; WF, white fruit; PF, pink fruit; RF, red fruit.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.61. The changes in chromaticity, firmness, sugar content, acidity at the different stages of 'Maehyang' strawberry fruit development.

	Hunter			Firmness	Soluble solid content(°Brix)	Titratable acidity	SSC/TA ratio
	L	a	b	s (N)		(Acetic acid %)	
FB <sup>z</sup>	—	—	—	—	—	—	—
FW	61.45	- 9.94	43.87	—	—	—	—
GF	70.21	-10.64	31.71	64.40	6.76	1.20	5.63
WF	72.06	-79.64	29.44	20.72	7.10	1.50	4.73
PF	53.07	27.96	29.83	5.23	8.57	0.87	9.85
RF	53.36	40.77	18.48	3.21	10.76	0.72	14.94
LSD <sup>y</sup>	18.97	NS	2.95	3.58	0.52	0.78	1.94

<sup>z</sup> The various stages of fruit development: FB, flower bud; FW, flower; GF, green fruit; WF, white fruit; PF, pink fruit; RF, red fruit.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Fig. 1.32, 1.33은 '설향', '매향' 품종 딸기 과실의 성숙정도(GF, WF, PF, RF)에 따라 각 호르몬(ABA, JA, GA<sub>3</sub>, IAA, Zeatin, SA)의 함량 변화를 나타낸 것이다.

Absciscic acid (ABA)는 Non-climacteric 과일 성숙에 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 바 있다. 본 실험에서도 ABA는 '설향', '매향' 품종에서 모두 과실이 익을수록 ABA의 함량이 높아졌다(GF → RF). 덜 익은 초록색 딸기(GF)일때는 ABA 수준이 낮았지만 성숙단계가 높아질수록 꾸준히 증가했다. ABA 수준은 빨간색 과실 단계(RF)에서 가장 높은 수치였다. 품종 별로 비교하였을때, 덜 익은 과일인 초록색, 하얀색 딸기 단계에서 ABA의 함량은 비슷하였다. 그러나 빨간색 딸기(RF)일때 '설향' 품종이 3077(ng/g DW)<sup>-1</sup> 로 '매향' 품종의 2548(ng/g DW)<sup>-1</sup> 보다 높았으며, 분홍색 딸기 단계(PF)일때도 1000(ng/g DW)<sup>-1</sup> 더 높았다.

Linolenic acid로부터 합성되는 Cyclopentanone 화합물인 jamic acid(JA)는 식물계에 널리 분포하고 있으며 최근 새로운 종류의 식물생장조절물질로 주목을 받고 있다. 본 실험에서 딸기의 덜 익은 초록색 단계(GF)에서는 JA 함량은 0으로 발견되지 않았으나, 딸기 성숙단계가 진행되며 점점 함량이 높아졌다. 이는 '설향'과 '매향' 품종에서 모두 동일한 양상이었다. 하얀색 과실(WF) 단계와 핑크색(PF) 단계는 0.29-0.66(ng/g DW)<sup>-1</sup> 으로 증가하였다. 최종 성숙단계인 빨간색 과실(RF)에서 '매향' 품종은 1.33(ng/g DW)<sup>-1</sup> '설향' 품종은 2.98(ng/g DW)<sup>-1</sup>의 함량을 나타냈다. JA의 함량은 성숙이 진행됨에 따라 증가하였고, 성숙이 어느정도 진행된 후(WF-RF) 과육 내 호르몬이 생성됨을 알 수 있었다.

Gibberellins(GA)는 Auxin, Cytokinins과 더불어 일반적으로 숙성을 지연시키는 작용을 한다고 보고된 바 있다. GA<sub>3</sub> 함량은 '설향'과 '매향'에서 각 단계별로 차이를 보였는데, '설향' 품종에서는 성숙단계가 진행될수록 증가하다가 최종 성숙단계인 빨간색 과실(RF)에서 전 단계(PF)에 비해 12.3(ng/g DW)<sup>-1</sup> 만큼 낮아졌다. '매향' 품종에서는 초록색 과실(GF)와 핑크색 과실(PF)일때 약 120(ng/g DW)<sup>-1</sup> 이었으며, 하얀색 과실(WF)와 최종 성숙단계인 빨간색 과실(RF)에서는 낮아졌다. Auxin은 Non-climacteric 과일에서 숙성 억제제로 작용한다고 알려져 있다. IAA의 함량 '설향'과 '매향' 품종에서 모두 녹색 단계(GF)에서 가장 높았으며 과일 성장이 지속되고 숙성이 진행됨에 따라 감소하였다. 완전히 성숙된 빨간색 단계(RF)에서는 16(ng/g DW)<sup>-1</sup> 으로 낮았다.

Zeatin은 Cytokinin의 한 종류로써 딸기의 화아분화 개시 과정에 관여하는 것으로 연구된 바 있으며 개화수와 딸기 형성을 증가시킨다고 알려져있다. Zeatin은 ‘설향’과 ‘매향’ 품종에 따라 다른 경향을 보였다. ‘설향’ 품종에서는 하얀색 과실(WF)과 빨간색 과실(RF)에서 Zeatin 함량이  $0.6-0.7(\text{ng/g DW})^{-1}$  으로 높았다. 반면 ‘매향’ 품종에서는 하얀색 과실(WF)에서  $0.4(\text{ng/g DW})^{-1}$  으로 가장 낮았으며, 빨간색 과실(RF)에서  $0.8(\text{ng/g DW})^{-1}$  으로 높았다.

Salicylic acid(SA)은 많은 식물에 존재하는 천연 페놀 화합물이며, 병원균에 대한 국소 및 전신 내성에 관여한다. 본 실험에서 SA 함량은  $151.6-344.2(\text{ng/g DW})^{-1}$  로 ‘설향’ 품종에서는 과실이 익을수록 높아졌으며(GF → RF), ‘매향’ 품종에서는 성숙단계가 높아질수록 꾸준히 증가하다 빨간색 과실(RF)에서 조금 감소하였다. ‘설향’ 품종에서 초록색 딸기(GF)일때  $151.6(\text{ng/g DW})^{-1}$  로 낮았지만, 빨간색 과실(RF)에서  $344.2(\text{ng/g DW})^{-1}$  로 2배 이상 증가하였다. ‘매향’ 품종 또한  $163.3(\text{ng/g DW})^{-1}$  에서 성숙이 진행됨에 따라 함량이  $200(\text{ng/g DW})^{-1}$  이상으로 높아졌다. 따라서 성숙 정도에 따른 딸기 내 SA 함량은 성숙이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였다.

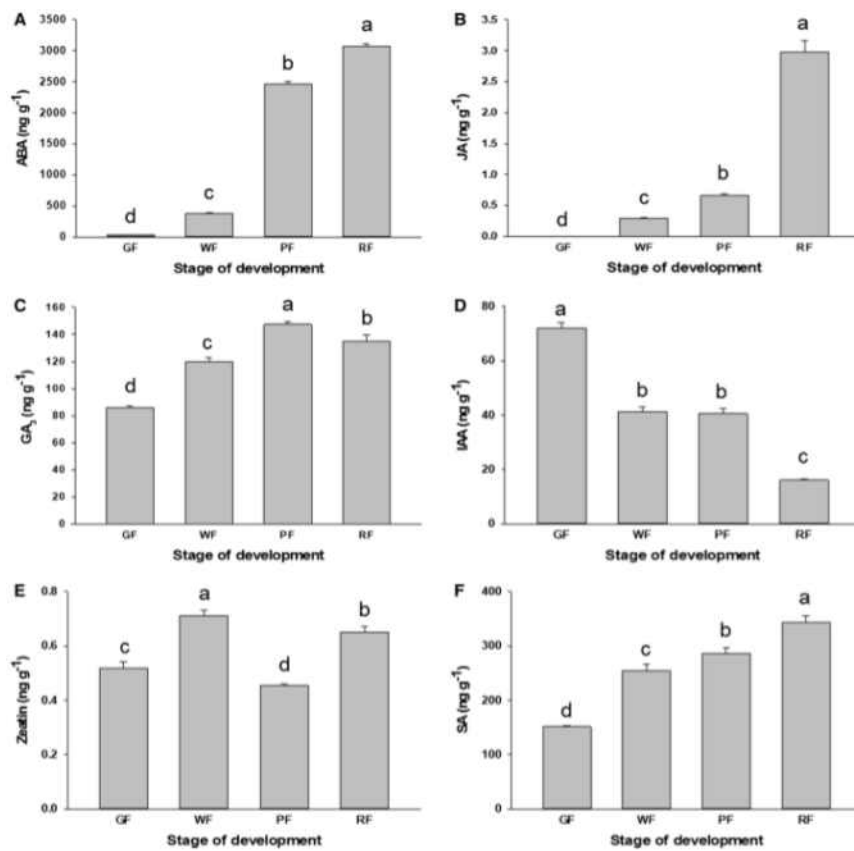


Fig. 1.32. Changes in the levels of ABA (A), JA (B), GA<sub>3</sub> (C), IAA (D), Zeatin (E) and SA (F) during 'Seolhyang' strawberry fruit development. Values represent the mean  $\pm$ SE derived from three individual replicates.

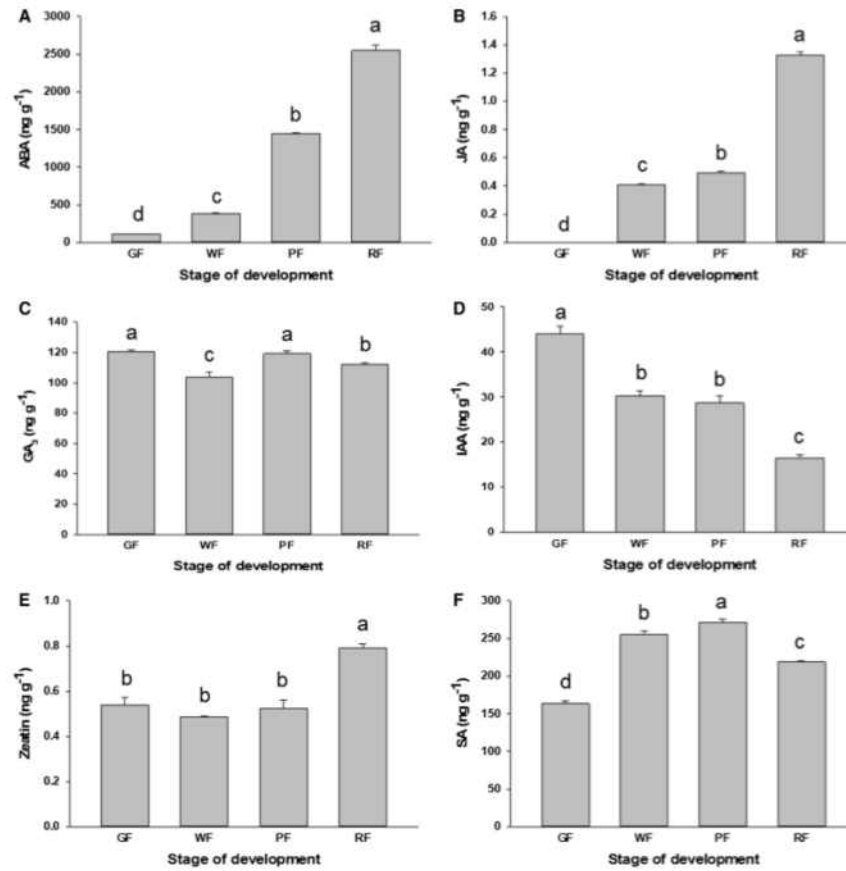


Fig. 1.33. Changes in the levels of ABA (A), JA (B), GA<sub>3</sub> (C), IAA (D), Zeatin (E) and SA (F) during 'Maehyang' strawberry fruit development. Values represent the mean  $\pm$ SE derived from three individual replicates.

## 1-13. 발아온도 및 Spermine, Putrescine이 딸기의 화분 발아에 미치는 영향

### 가. 연구목적

최근 들어 화석연료의 사용량 증가로 인한 기후변화는 작물재배에 부정적인 영향을 끼치며 (Lee, 2019), 곤충의 감소로 수정장해가 심화되어 과채류의 결실이 불안정한 사례가 점차 늘어나고 있다(Lee, 2003). 특히 겨울철 시설딸기 재배에서 저온과 일조부족 등의 불량환경은 화분활력이 저하되고 수분 매개체의 활동둔화로 착과가 불안정해지는 원인이 된다(Kim et al., 2013b).

본 연구는 화분발아를 촉진할 수 있는 폴리아민을 화분발아 배지에 첨가하여 화분발아력 증진 효과를 탐색하여 겨울철 저온기의 딸기재배에서 문제점으로 지적되고 있는 수정 불량문제를 극복할 수 있는 기초 자료를 얻기 위하여 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 공시품종 및 온도별 화분 발아율

본 실험에 사용된 딸기 품종은 '설향'과 '매향'이었다. 딸기 화분은 주간온도 20℃, 야간온도 13℃로 환경제어된 부산대학교 유리온실에서 고설재배한 딸기의 화분을 이용하였다. 화분 채취는 오전 9시에 건전한 식물체에서 활짝 개화한 꽃을 채취한 후 페트리디쉬(9 cm)에 유산지를 깔고 그 위에 약을 이탈시켜 실험에 사용하였다.

온도에 따른 딸기의 화분 발아율을 알아보기 위해 15℃, 20℃, 25℃, 30℃의 항온기에서 화분 발아력을 검정하였다. 화분 발아율 조사는 화분을 치상한 후 3, 6, 9, 12, 24시간 별로 실시하였다. 화분발아 배지로 1% agar - BK(Brewbaker and Kwack, 1963) 배지를 사용하였다. 배지의 유기물 구성은 sucrose 10%, boric acid 100mg/L, calcium nitrate 300mg/L, magnesium sulfate 200mg/L, potassium nitrate 100mg/L 였으며, pH는 5.5로 조절하였다. 이와 같이 유기물을 용해시킨 후 1% agar를 넣어 고압증기멸균기(AC-12, Jeio tech, Korea)를 이용해 120℃에서 15분간 소독해주었다. 그런 다음 BK 배지를 페트리디쉬(3.5 cm)에 분주하고 상온에서 4시간 동안 배지를 응고시킨 후 화분발아 실험을 진행하였다.

#### (2) 화분 발아율 화분관 신장을 검정

화분 발아율 검정은 광학현미경(E100, Nikon, Japan)하에서 150배 배율로 하나의 페트리디쉬 중에 임의로 5개 부분을 선정하여 디지털로 이미지를 관찰하였다. 화분 발아 관정은 화분관의 길이가 화분 직경보다 클 경우 발아한 것으로 간주하였으며 화분관 신장은 저장된 이미지를 이미지분석기(IMT iSolution Lite., version 9.1, BC, USA)를 이용해 측정하였다. 화분의 발아율과 화분관 신장은 화분을 치상한 후 24시간까지 조사하였다.

#### (3) Spermine과 putrescine이 화분 발아율에 미치는 영향

배지에 첨가된 폴리아민이 저온에서의 화분 발아율에 미치는 영향을 조사하기 위해 기본배지(1% agar - BK배지)를 고압증기멸균기(AC-12, Jeio tech, Korea)를 이용해 120℃에서 15분간 소독한 후 배양액의 온도를 70-75℃까지 식혔다. 그 후 2종류의 폴리아민인 spermine과 putrescine을 각각 0μM, 250μM, 500μM, 1000μM의 농도별로 배지에 첨가하였다. 그런 다음 화분을 치상하여 20℃의 항온기에서 실험을 진행하였다. 화분 발아율 조사는 화분을 치상한 후 3, 6, 9, 12시간별로 실시하였다.

#### (4) Spermine과 putrescine의 혼용이 화분 발아율에 미치는 영향

배지에 첨가된 혼용 폴리아민이 저온에서의 화분 발아율에 미치는 영향을 조사하기 위해 폴리아민인 최적 농도 설정 실험에서 그 효과가 가장 좋았던 spermine 500 $\mu$ M과 putrescine 250 $\mu$ M을 혼용하여 그 효과를 비교하였다. 그 외의 조건은 실험 3과 동일하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

##### (1) 온도별 화분 발아율

딸기 화분 발아실험을 위한 기초 자료를 얻고자 '설향' 화분을 25 $^{\circ}$ C에서 배양하면서 시간별 화분 발아율을 조사하였다(Fig. 1.34). 화분을 배지에 치상 후 30분부터 발아가 개시되어 9시간까지 대부분의 화분이 발아하였고, 이후 24시간 동안 화분 발아율의 증가는 없었다. 따라서 딸기의 화분발아 관정을 위한 조사시간은 화분을 배양한 후 12시간이 적합하였다. 화분의 발아완료 시점은 작물 및 발아온도에 따라 달라지며 개암은 20 $^{\circ}$ C에서 12-24시간(Bristow and Shawa, 1981)이 소요된다고 알려져 있다.

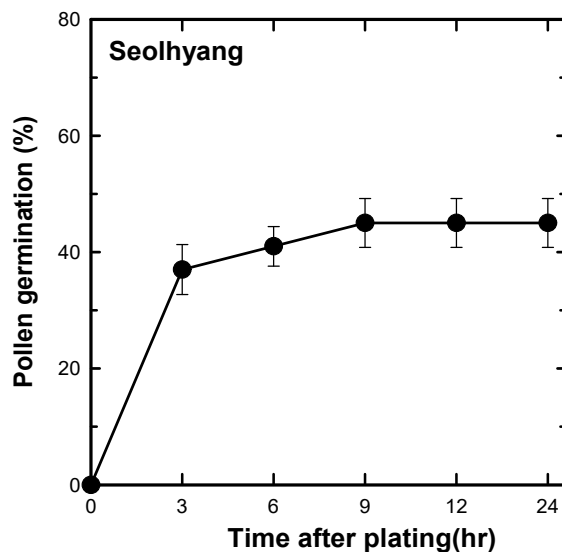


Fig. 1.34. Changes in pollen germination of 'Seolhyang' strawberry affected by incubation period at 25 $^{\circ}$ C. Vertical bars are means  $\pm$  SE of five replicates.

온도에 따른 '설향'과 '매향'의 화분발아율을 알아보기 위해 화분 발아온도를 15, 20, 25, 30 $^{\circ}$ C로 달리하여 시간별 화분 발아율을 조사하였다(Fig. 1.35). '설향'의 최종 화분발아율은 15 $^{\circ}$ C에서 38.6%, 20 $^{\circ}$ C에서 46.9%, 25 $^{\circ}$ C에서 48.3%, 30 $^{\circ}$ C에서 60.8%로 발아온도가 높아질수록 화분발아율이 향상되었다. 반면 매향은 15 $^{\circ}$ C에서 46.9%, 20 $^{\circ}$ C에서 50.2%, 25 $^{\circ}$ C에서 51.3%로 증가하였으나 30 $^{\circ}$ C에서 43.1%로 발아율이 감소하였다.

화분의 발아적온은 작물에 따라 차이가 있으며, 일반적으로 23 $^{\circ}$ C 범위가 화분 발아적온으로 알려져 있다(Sukhvibul et al., 2000). 본 실험에서는 딸기의 화분 발아적온은 품종에 따라 달랐으며 '설향'은 30 $^{\circ}$ C, '매향'은 25 $^{\circ}$ C가 좋았다. 따라서 '설향'에서는 착과율을 높이기 위해서는 '매향' 보다 재배온도를 높게 관리해주는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 반면 '매향'은 25 $^{\circ}$ C에서 화분발아율이 가장 높았으나 30 $^{\circ}$ C에서는 화분발아율이 감소하였다. 이러한 결과는 30 $^{\circ}$ C의



고온에서는 딸기의 화분 발아율이 감소되었다고 한 Leech et al.(2002)의 보고와 일치하였다. 화분발아율은 전반적으로 ‘설향’이 ‘매향’보다 높았다.

실내에서의 화분발아율과 포장조건에서 결실율은 정의 상관을 가지며, 실내 시험에서 화분 발아율이 높으면 포장조건에서 착과율이 향상된다(Polito and Luza, 1988). 이와 같이 실내에서 화분발아 결과들이 포장조건에서의 착과율 예측하기 위한 수단으로 활용될 수 있을 것이다.

본 실험에서 딸기 화분발아에 최적 조건은 품종간의 차이가 있으나 25-30℃ 내외였다.

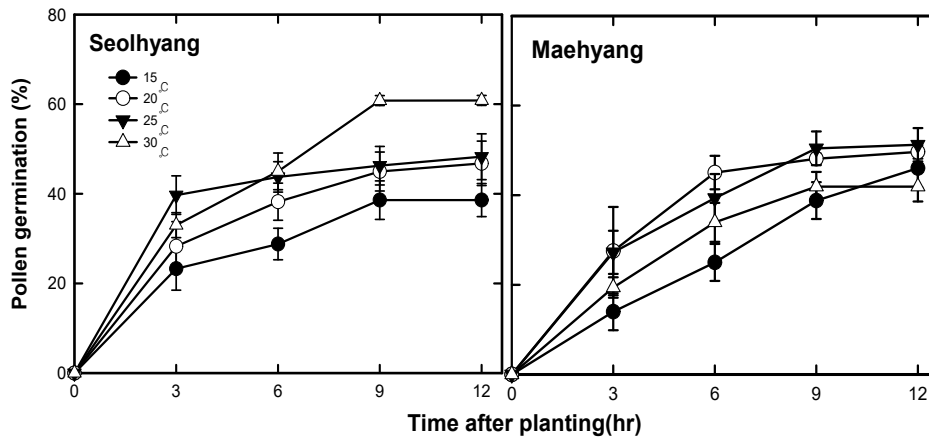


Fig. 1.35. Changes in pollen germination of ‘Seolhyang’ and ‘Maehyang’ affected by incubation period at 15, 20, 25 and 30℃. Vertical bars are means  $\pm$  SE of five replicates.

화분관 신장은 화분 발아율과 유사한 경향을 보였고, ‘설향’은 30℃에서 ‘매향’은 25℃에서 화분관 신장이 가장 높게 나타났다(Fig. 1.36). 이는 20-30℃에서 고추(Kim et al., 2013)의 화분관 신장이 가장 높았다는 선행 보고와 유사한 결과였다.

온도에 따른 화분관의 신장 속도는 ‘설향’의 경우 15℃에서는 21.7 $\mu$ m/hr 이지만 30℃에서는 51.3 $\mu$ m/hr로 화분발아 온도가 높아짐에 따라 화분관의 신장속도가 빨랐다. ‘매향’은 15℃에서는 화분관 신장속도가 10.0 $\mu$ m/hr 였으나 25℃에서는 41.7 $\mu$ m/hr로 화분관 신장속도가 가장 빨랐다. 그러나 30℃에서는 36.0 $\mu$ m/hr로 화분관 신장 속도가 약간 둔화되었다.

딸기의 수분 후 24시간 이내에 수정이 완료되며(Ledesma and Sugiyama, 2005), 15℃의 저온에서는 30℃에 비해 화분관 신장속도가 절반 이하로 떨어졌다(Fig. 1.36). 따라서 저온기의 시설딸기 재배에서 착과율을 저해하는 주요 원인은 저조한 화분발아율과 화분관 신장의 불량 이 복합적으로 작용한 것으로 판단된다.

딸기의 화분활력은 저온에 의해 영향을 크게 받지만 ‘매향’의 경우는 30℃ 이상의 고온에서도 화분 발아율이 저하되고 화분관의 신장속도가 늦어졌다. 따라서 30℃ 이상의 고온조건은 착과에 문제가 생길 것으로 예측된다.

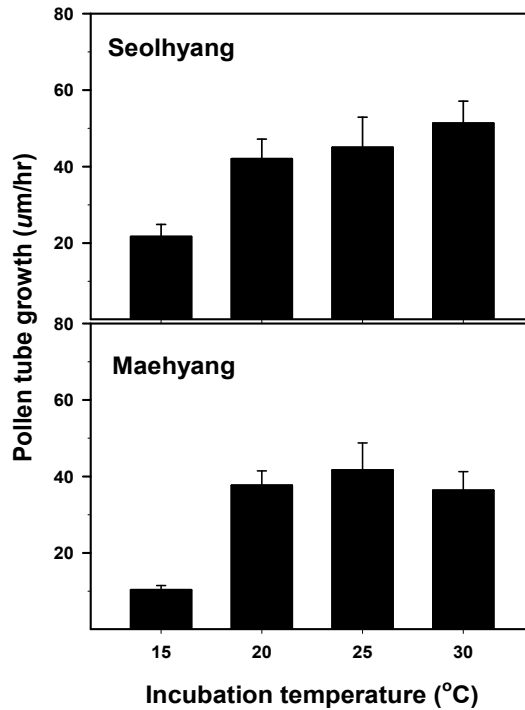


Fig. 1.36. Changes in pollen tube growth of 'Seolhyang' and 'Maehyang' strawberry at 15°C, 20°C, 25°C and 30°C. Vertical bars are means  $\pm$  SE of five replicates. Pollen tube growth were determined 24 hrs after bedding at various temperature.

## (2) 폴리아민 첨가에 의한 저온에서 화분 발아율 증진 효과

폴리아민류인 spermine과 putrescine을 화분발아 배지에 첨가하여 20°C의 저온조건에서 화분 발아율 증진 효과를 조사하였다(Fig. 1.37).

'설향' 대조구의 화분 발아율은 21.6% 였다. 화분배지에 spermine 500 $\mu$ M 처리하였을 때 화분 발아율이 45.2%로 대조구보다 23.6% 높았다. 또한 spermine 250 $\mu$ M 처리는 37.3%의 화분 발아율을 보여 대조구에 비해 15.7%의 화분 발아율을 증진시켰다. 반면 spermine 1000 $\mu$ M 처리에서는 오히려 대조구보다 발아율이 감소되었다. Putrescine은 250 $\mu$ M 처리에서 34.9%의 화분 발아율을 보여 대조구에 비해 13.3% 높았으며, 500 $\mu$ M 처리에서는 대조구보다 화분 발아율이 7.1% 향상되었다. 그러나 putrescine 1000 $\mu$ M 처리에서 대조구보다 화분 발아율이 감소하였다.

'매향'은 spermine 500 $\mu$ M 처리하였을 때 화분 발아율이 40.1%로 대조구에 비해 18.9% 향상되었다. 또한 spermine 250 $\mu$ M 처리에서도 화분 발아율이 증진되는 경향이었으나 그 효과는 500 $\mu$ M 처리보다는 현저하지 않았다. 반면 spermine 1000 $\mu$ M 처리에서는 17.9%로 대조구보다 화분 발아율이 감소하였다. Putrescine은 250 $\mu$ M 처리에서는 32.9%, 500 $\mu$ M 처리에서도 26.1%의 화분 발아율을 보여 대조구에 비해 화분 발아율이 향상되었으나 Putrescine 1000 $\mu$ M 처리에서는 대조구보다 오히려 화분발아율이 감소하였다.

폴리아민류 중에서 spermine이 putrescine 보다 화분 발아에 효과적 이었다. 처리수준도 화분 발아율을 증진시키는 중요한 요인이었으며, 전반적으로 500 $\mu$ M 이하의 spermine과 putrescine

을 처리하면 딸기의 화분 발아율을 증진 시킬 수 있었다. 반면 1000 $\mu$ M의 고농도 처리에서는 화분 발아율이 감소하였다. 유사한 결과는 선행연구에서도 보고된 바 있으며, Cheon et al.(2006)은 spermine을 처리하면 복숭아 화분 발아율 증진되었으나 1000 $\mu$ M 이상의 농도에서는 오히려 화분 발아율이 감소되었다고 하였다.

‘설향’과 ‘매향’ 딸기에서 화분발아를 극대화 시킬 수 있는 최적 농도는 spermine 500 $\mu$ M 처리였고, 다음은 spermine 250 $\mu$ M 이었다. 반면 putrescine은 spermine에 비해 효과가 낮았으나 ‘설향’은 500 $\mu$ M, ‘매향’은 250 $\mu$ M 처리에서 화분발아를 촉진하는 경향이 있었다. 유사한 결과는 선행연구에서도 보고된 바 있으며, Kim et al.(2013b)은 고추 화분 발아배지에 spermine과 putrescine을 첨가했을 때 화분 발아율이 증진되었으며 그 효과는 spermine이 더 좋았다고 하였다.

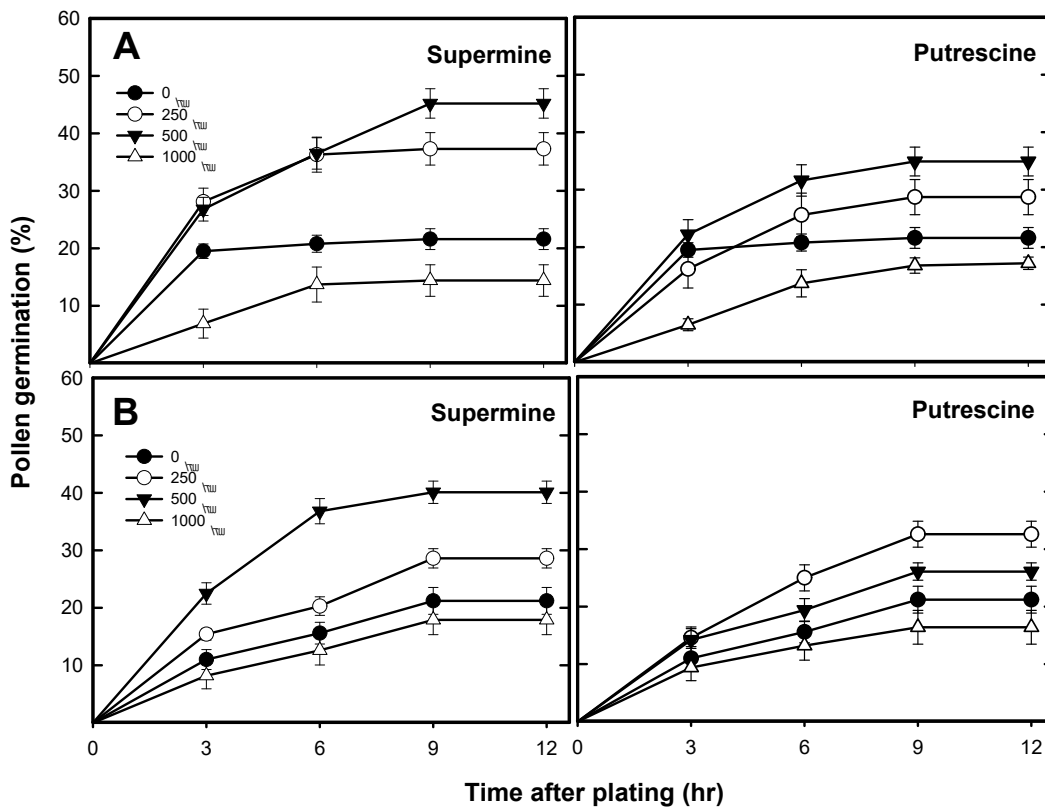


Fig. 1.37. Effect of spermine and putrescine in media on pollen germination ‘Seolhyang’(A) and ‘Maehyang’(B) strawberry at 20°C. Vertical bars are means  $\pm$  SE of five replicates.

### (3) Spermine과 putrescine 혼용효과

화분에는 아미노산과 무기염류 및 화분발아에 필요한 영양성분을 많이 함유하고 있다. 폴리아민류 가운데 딸기의 화분 발아에 가장 효과적이었던 spermine 500 $\mu$ M과 putrescine 250 $\mu$ M를 혼용하여 20°C에서 화분 발아율을 조사한 결과는 Fig. 1.38과 같다.

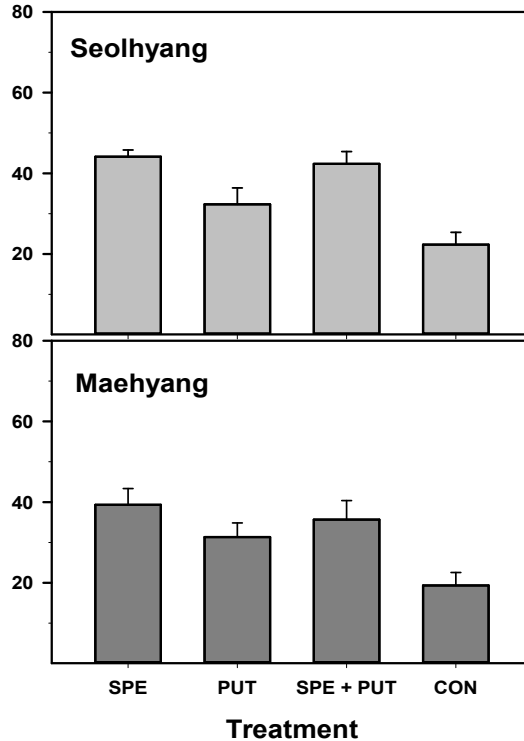


Fig. 1.38. Effect of Spermine and putrescine combination in media on pollen germination of 'Seolhyang' and 'Maehyang' strawberry 12 hrs plating at 20°C. Treatments were SPE; Spermine 500µM, PUT; Putrescine 250µM, SPE + PUT; Spermine 500µM + Putrescine 250µM, CON; control. Vertical bars are means ± SE of five replicates.

'설향'과 '매향' 두 품종 모두 화분발아 배지에 spermine과 putrescine를 첨가하면 화분발아율이 대조구에 비해 10-21.8% 향상되었다. 그 효과는 폴리아민 화합물들은 세포 성장기에 왕성하게 합성되며, 노화를 억제하고 화분의 발육촉진 및 세포의 수분결핍을 최소화하는 작용을 때문으로 판단된다(Ylstra et al., 1992).

딸기의 화분발아에 효과적이 spermine 500µM + putrescine 250µM을 혼용처리 하면 딸기의 화분 발아율을 극대화 시킬 수 있을 것으로 예상되었으나 두 물질을 혼용하면 오히려 단독처리 한 것에 비해 효과가 크지 않았다. '설향'과 '매향' 두 품종에서 화분 발아율을 향상시킬 수 있는 최적 폴리아민류는 spermine 500µM 처리였다.

과채류인 딸기에서 화분 발아율과 화분관 신장은 성공적인 수정을 위한 중요한 인자이며, 활력이 높으면 발아율도 높아진다. 겨울철 시설 딸기재배는 이상저온, 농약살포, 과습 등 불량환경 조건은 수분과 수정을 저해하는 외적 요인들이다. 따라서 딸기에서 화분 활력이 저하되면 비정상적인 수정으로 기형과 발생율이 증가하게 되고, 착과수가 감소하는 원인이 되고 있다.

겨울철 시설 딸기 재배에서는 저온 등으로 인해 수정장애와 기형과 발생이 문제가 되고 있는데 본 연구결과 화분발아 배지에 spermine를 처리하면 화분활력이 증진되었다. 이러한 결과는 저온기 딸기재배에서 spermine를 엽면처리하면 화분활력을 증진시켜 수정불량 문제를 극복하고 정상과 생산율을 향상시킬 수 있는 정보를 제공할 것으로 판단된다.

## 1-14. 난방 에너지 절감형 딸기생산 기술 개발

### 가. 연구목적

시설채소의 연중 수요 확대 추세 등으로 동계 가온시설 면적이 증가하고 있다. 시설농가의 경영비 중 난방비가 차지하는 비중은 지대별, 품목별, 시설구조별로 편차가 있을 수 있으나 광열동력비가 전체 경영비에 차지하는 비중은 약 30-35% 정도인 것으로 파악되고 있다. 농가에서 소비되고 있는 난방연료의 약 89%는 유류난방이며, 그 외 연탄 등 고체연료 6.6%, 전기 3.7%, 신재생에너지 0.4% 순이다. 2020년 기준 우리나라 원예시설의 재배면적은 1990년에 비해 2.1배 증가한 반면에 난방면적은 7.4배 증가하였다. 이처럼 최근 가온면적이 증가함에 따라 유류소비가 늘어나고 있는데 시설원에 난방연료의 약 89%는 유류난방에 의존하고 있는 실정이다. 반면 친환경적인 신재생에너지 사용비율은 약 0.7%에 불과하여 화석연료 대체용 자연에너지 이용 기술 개발이 매우 절실한 실정이다. 신재생에너지를 활용한 지열 히트펌프 시스템은 높은 에너지 절감율(78%)에도 불구하고 초기 투자비(14.5억 원/ha)가 과다하여 대부분 시설농가에서는 사업을 기피하는 실정이다. 시설 딸기재배는 생산비 상승을 우려하여 난방을 하지 않고 보온위주의 경영을 선호하고 있다. 하지만 앞으로 경쟁력을 높이기 위해서는 난방을 도입하여 적정 온도관리를 유지하여 수량을 증대시키고 품질을 향상시켜 경영효과를 높이는 것이 바람직할 것이다. 또한 난방을 할 경우에는 비용을 절감하면서 난방효율을 극대화하는 것이 중요하다. 시설원에 농가에서 이용하고 있는 난방방법으로는 연료를 연소시켜 따뜻한 공기를 불어넣는 온풍난방, 연료를 연소시켜 가열한 물을 파이프를 순환시켜 공기를 데우는 온수난방, 태양열로 물을 가열하여 공기를 데우는 태양열난방 등이 있다. 딸기의 보조난방 방법으로는 경유온풍기가 주로 사용되고 있으나 국제 유가 상승에 따라 생산비를 증가시키는 주요인으로 작용하여 경유온풍기보다 난방비 부담이 적은 난방방법이 필요하다. 최근에는 전기로 복사열을 발생시켜 물체를 직접 데우는 방식의 탄소나노섬유적외선 난방등이 이용되고 있다. 나노탄소섬유적외선 난방등은 가격이 저렴하고 설치가 쉬우며 농업용 전기를 사용하므로 다른 난방 연료에 비해 난방비가 저렴하다는 장점이 있다.

따라서 본 연구는 겨울철 시설딸기 재배에 난방비 절감을 위한 탄소나노섬유적외선 난방등과 전기온풍 난방 시스템과의 난방비 절감율을 구명하기 위해 수행되었다. 또한 두 난방 시스템에 따른 온실내부의 온도와 습도변화와 이러한 미기상의 변화가 딸기의 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다.

### 나. 재료 및 방법

본 시험에 사용된 품종은 '설향'이었다. 시험은 2019년 10월부터 2020년 3월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산50번지)에서 수행하였다. 난방은 2019년 11월 10일부터 시작하여 2020년 3월 30일까지 실시하였다. 실험장소는 40m<sup>2</sup> 벤로형 유리온실에서 고설벤치를 설치하여 베드 재배로 실험을 수행하였다. 나노탄소섬유적외선 난방등(NCFIHL, Nano Cabon Fiber Infrared Heating Lamp, Golden energy Co. Ltd. Korea)은 전력이 900W인 난방등을 2.5m 간격으로 설치하였고, 설치높이는 1.8m 였다. 온도설정은 오전 09:00시에서 19:50시까지 20℃ 이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였으며, 야간인 19:00시부터 다음날 오전 08:59시 12℃ 이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 온도를 설정하

였다. 전기온풍 난방은 전기온풍난방기(LG electronics Ins. Korea)에서 나오는 가열된 공기가 온실의 지면에 이중 공기튜브를 이동하면서 온실 전체를 난방하는 방식을 이용하였다. 전기온풍기의 난방온도 설정은 나노탄소섬유적외선 난방등 방법과 동일하게 하였다. 난방 시스템에 의한 온실내부의 변화를 측정하기 위하여 온습도기록계(TR-72Ui, TSD Corporation, Japan)를 식물체의 50cm 위치에 설치하여 1시간 간격으로 측정하였다. 난방비용 산출은 나노탄소섬유적외선 난방등 난방시스템과 전기온풍 난방 온실의 동일기간 동안 부과된 난방비를 비교하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트(길이 60cm x 길이 25cm × 높이 30cm)당 3주의 식물체를 정식하였다. 실험에 사용된 딸기묘는 평균 크라운 직경이 8.5mm 되는 것을 사용하였다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(대유)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5 dS.m<sup>-1</sup> 였다.

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30일, 60일, 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복당 10주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중, 건물중을 조사하였다. 딸기 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 지속적으로 실시하였다. 생산성 검정을 위해 수확한 딸기의 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였으며, 또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 당산비, 페놀, 안토시아닌을 조사하였다. 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정된 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 100(redness), -800(greenness), b value는 +70(yellowness), -70(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물 성분분석기(TA-XT2, Stable micro systems, London, England)에 5mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 pH 미터기로 측정하였고, 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다. 실험 결과의 통계분석은 최소 유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC. USA)를 이용하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 난방 에너지 절감형 딸기생산 기술 개발

#### (가) 나노탄소섬유적외선 난방등과 전기온풍기 난방시스템에 의한 온실내의 온습도 변화

국내외적으로 시설원예 분야에서 석유에너지를 대체할 수 있는 에너지 개발과 이용에 관한 많은 연구가 있어왔다. 우리나라처럼 에너지 부존자원이 극히 부족한 경우에는 에너지 소비가격 변동 폭이 커질 수밖에 없기 때문에 난방 연료의 종류나 기존 열관리 시스템의 복합적으로 연계시킬 수 있는 실용적인 에너지 절감 기술의 개발이 시급하다. 시설딸기 재배에 나노탄소섬유적외선 난방등과 전기온풍기를 이용한 난방 시스템이 온실 내부의 미세환경의 변화를 측정한 결과는 Table 1.62와 같다. 주간의 평균온도와 상대습도는 나노탄소섬유적외선 난방을 한 온실이 20.5℃와 56.2%였다. 이는 전기온풍난방에 비해 상대습도는 1.6-2.0% 높았다. 반면 온도는 나노탄소섬유적외선 난방을 한 온실이 전기온풍 난방에 비해 0.4-1.2℃ 낮았다. 실험기간 중 온실 외부의 야간 평균기온은 -3.4℃인 점을 감안한다면 나노탄소섬유적외선 난방을 하더라도 딸기의 야간의 설정온도인 12℃를 유지하는데 큰 문제가 없었다. 따라서 나노탄소섬유적외선 난방은 외부기온이 -10℃까지 기온에 떨어지더라도 야간 온도를 유지할 수 있어 석유를 대체할 수 있는 난방시스템인 것으로 판단된다(Table 1.62).

Table 1.62. Mean temperature and relative humidity during the days and night as affected by the heating system used during the experimental periods(2019. 11. 10–2020. 3. 30).

Measurement location	Night <sup>z</sup>		Day <sup>y</sup>	
	Temperature (°C)	RH (%)	Temperature (°C)	RH (%)
NCFIHL <sup>x</sup>	11.7	98.8	20.5	56.2
Electric heater(EH)	12.1	87.2	21.7	54.2
Outside	-3.4	- <sup>w</sup>	4.7	-

<sup>z</sup> Night 19:00–08:59.

<sup>y</sup> Day 19:00–18:59.

<sup>x</sup> NCFIHL; Nano-carbon fiber infrared heating lamp.

<sup>w</sup> No measurement

Table 1.63. Estimated monthly periods heating costs of Venlo type 100 m<sup>2</sup> greenhouse with two heating system, based on the assumption that out air temperature of -4°C and set point temperature air in the greenhouse day of 20°C and night temperature 12°C.

	Heating system	
	Nano-carbon fiber infrared heating lamp(NCFIHL)	Electric heater(EH)
Daily consumption	900 W x 20 unit x 10 hours = 180 kWh	13,200 W x 2 unit x 10 hours = 264 kWh
Monthly consumption	180 kWh x 30 days = 5,400 kWh	264 kWh x 30 days = 7,920 kWh
Unit price	39.2 won/kWh	39.2 won/kWh
Monthly charge	180 kWh x 39.2 won x 30 days = 211,680 won	260 kWh x 39.2 won x 30 days = 286,704 won
Saving against EH(%)	73.8	100

나노탄소섬유적외선 난방등과 전기온풍기를 이용한 난방 시스템의 난방효과 및 난방비용 절감율을 비교하였다(Table 1.63). 시설딸기 재배에서는 야간기온이 낮아지기 시작하는 11월부터 3월까지 난방이 필요하였다. 나노탄소섬유적외선 난방은 온실 100m<sup>2</sup> 기준하였을 하루 전력 소요량은 180 kWh, 1개월간 전력소모량은 5,400kWh 였으며, 1개월간 난방에 드는 전기비용은 211,680원 였다. 전기온풍기의 경우 온실 100m<sup>2</sup> 기준하였을 2대 필요 하였고, 하루 전력 소요량은 264kWh, 1개월간 전력소모량은 7,920kWh 였다. 이를 한달간 전기비용으로 산출하면 286,704원이 필요하였다. 설치비용은 나노탄소섬유적외선 난방등 설치비용은 38만원 정도이며, 전기온풍기의 경우는 한 대당 200만원 정도로 100m<sup>2</sup> 기준하였을 때 2대가 필요하여 400만원이 소요되는 단점이 이었다. 따라서 나노탄소섬유적외선 난방은 난방효율이 전기온풍기에 비해 큰 차이가 발생하지 않아 난방비가 절감 되어 경제적인 측면에서 효율성이 증명하였다.

(나) 나노탄소섬유적외선 난방등과 전기온풍기 난방시스템에 의한 딸기의 생육 검정

딸기의 시설재배에서는 보온만으로 재배가 가능하지만 다수확과 품질 향상을 위해서는 적절한 난방이 필요하다. 그러나 시설경영비의 약 30-35% 차지하는 난방비를 절감하는 하는 것은 시설원예의 경영력을 높이는 척도이기도 하다. 또한 사용된 난방방법들이 에너지를 절감시키는 것은 물론 작물의 생육과 품질 향상에 효과적이어야 한다. 이러한 목적으로 난방비용 절감을 위해 나노탄소섬유적외선 난방등 및 전기온풍기를 이용한 난방방법이 딸기의 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.64).

나노탄소섬유적외선 난방등과 전기온풍기를 이용하여 두 난방 시스템과 딸기의 시기별 생육인 엽수, 엽면적, 엽장, 엽직경, 및 초장 등을 조사한 결과 전기온풍 난방이 약간 나은 생육을 보였으나 유의적인 차이가 없었다. 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다.

나노탄소섬유적외선 난방하여 60일째의 지상부의 생육인 엽면적은 650cm<sup>2</sup> 였고 전기온풍기 난방으로 재배된 딸기의 엽면적도 670.6cm<sup>2</sup>로 큰 차이는 없었다. 다만 엽장은 전기온풍기가 10.2개 인데 반해 나노탄소섬유적외선 난방은 9.4개 였다. 그 외에 두 난방처리간 엽수, 엽폭, 크라운직경, 초장 및 근장 등의 생육에는 뚜렷한 차이가 없었다(Table 1.64).

또한 두 난방 시스템에 따른 딸기의 생체중과 건물중을 비교한 결과 전기온풍기로 난방하여 90일간 생육시킨 딸기의 총건물중은 7.4g 이었고, 나노탄소섬유적외선 난방은 7.5g으로 두 난방 시스템간 뚜렷한 차이는 없었다(Table 1.65).

겨울철 온실내부의 상하 온도 편차는 8℃ 정도가 일반적인데, 선행연구에서는 나노탄소섬유적외선 난방은 온도 편차를 1-2℃로 줄일 수 있다고 하였다(Lim, 2009). 이러한 온실내부의 상하부의 온도 변화폭이 적게 하는 것이 나노탄소섬유적외선 난방등의 장점이라고 하였다.

Table 1.64. The effect of heating system on number of leaves, leaf area, leaf length, leaf width, plant height and root length of strawberry plants.

Heating system	No. of Leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Crown diameter r (mm)	Plant height (cm)	Root length (cm)
<i>60 days after transplanting</i>							
NCFIHL <sup>z</sup>	7.8	650.2	9.4	8.9	3.3	26.2	28.0
Electric heater(EH)	8.0	670.6	10.2	8.8	3.2	25.4	27.2
LSD <sup>y</sup>	NS	NS	0.8	NS	NS	NS	NS
<i>90 days after transplanting</i>							
NCFIHL	8.9	723.2	10.2	9.6	3.5	28.1	29.5
Electric heater(EH)	8.8	735.8	10.4	9.8	3.4	26.4	28.7
LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> NCFIHL; Nano-carbon fiber infrared heating lamp.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.



Table 1.65. The effect of heating system on fresh weight and dry weight of strawberry plants.

Heating system	FW(g/plant)			DW(g/plant)		
	Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>60 days after transplanting</i>						
NCFFIHL <sup>z</sup>	32.1	10.2	42.3	5.0	1.6	6.6
Electric heater(EH)	35.2	13.2	48.4	5.4	1.7	7.1
LSD <sup>y</sup>	1.5	NS	2.1	0.2	NS	0.2
<i>90 days after transplanting</i>						
NCFFIHL	34.9	11.4	46.3	5.3	2.2	7.5
Electric heater(EH)	35.1	12.1	47.2	5.4	2.0	7.4
LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> NCFIHL; Nano-carbon fiber infrared heating lamp.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

나노탄소섬유적외선과 전기온풍기를 이용하여 난방한 딸기의 생육을 조사한 결과 나노탄소섬유적외선 난방하면 주당 과실수가 27.1개 였고, 전기온풍기로 난방하면 주당 28.1개의 과실이 생산되었으나 유의적인 차이는 없었다. 또한 난방 방법에 따라 과중, 과일 길이 및 과일 직경에 뚜렷한 차이는 없었다(Table 1.66).

나노탄소섬유적외선 난방등과 전기온풍기를 이용하여 두 난방 시스템과 딸기의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 난방방법은 딸기의 색택인 Hunter L(light) a(red) b(yellow)값에는 큰 영향을 주지 못했다. 과실의 명도를 나타내는 Hunter L값은 나노탄소섬유적외선 난방처리하는 44.3 이었고, 전기온풍 난방처리하는 46.1로 나타나 두 난방 방법에 따라 과실의 명도에는 큰 차이가 없었다. 또한 과실의 성숙과 관련이 있는 a값(적색) 및 과실의 황색을 나타내는 b값도 난방처리 방법에 따라 큰 차이는 없었다. 또한 과실의 저장성과 관련이 있는 과시의 경도는 두 난방 시스템 모두 2.2N 이었고, 당도는 8.3°Brix로 두 난방처리 간에 유의적인 차이는 없었다. 딸기의 맛을 나타내는 주요 요인인 당산비는 값이 높을수록 딸기의 풍미가 좋다고 알려져 있다. 당산비는 두 난방처리 모두 11.7로 나타나 난방방법에 따른 차이는 없었다(Table 1.67).

이상의 결과로 나노탄소섬유적외선 난방등으로 난방하더라도 딸기의 수량 및 품질은 전기온풍기를 이용한 난방한 것과 큰 차이가 없었다. 또한 나노탄소섬유적외선 난방등으로 난방은 전기온풍기 난방에 비해 난방비율이 73%에 불과하여 28%의 난방비를 절감할 수 있었다. 이러한 연구는 선행연구에서도 보고되고 있고, 적외선 난방등을 사용하면 난방비가 75.2% 절감되고, 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용하면 절화장미(Lim, 2009)에서 온수난방에 비하여 작물의 생육에 차이가 없으면서 오히려 난방비가 절감되어 나노탄소섬유적외선 난방의 효율성이 증명하였다. 딸기를 대상으로 한 본 연구에서도 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용한 난방은 고유가시대의 난방비 절감으로 딸기 생산농가의 생산비 부담을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

Table 1.66. The effect of heating system on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry.

Heating system	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
NCFFIHL <sup>z</sup>	27.1	6.3	25.7	23.7
Electric heater(EH)	28.1	6.6	25.8	23.2
LSD <sup>y</sup>	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> NCFFIHL; Nano-carbon fiber infrared heating lamp.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

Table 1.67. The effect of heating system on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in strawberry.

Heating system	Hunter			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b				
NCFFIHL <sup>z</sup>	44.	44.	33.	2.2	8.2	0.7	11.7
Electric heater(EH)	3	2	7	2.1	8.3	0.7	11.9
LSD <sup>y</sup>	1	2	2	NS	NS	NS	NS
	NS	NS	NS				

<sup>z</sup> NCFFIHL; Nano-carbon fiber infrared heating lamp.

<sup>y</sup> Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.



Fig. 1.39. Growth of Seolhyang strawberry by the two heating system a Nano-carbon fiber infrared heating lamp and Electric heater(EH) in greenhouse.

## 2. 생육조건에 따른 딸기의 주요 기능성분 분석

### 2-1. 딸기 육성 계통 및 품종의 과실 성숙 단계별 생리활성 성분 분석

#### 가. 연구 목적

본 연구에서는 국내에서 재배되는 주요 4가지 딸기 품종을 성숙 단계에 따라 녹색기, 착색 시작기, 50% 착색기, 100% 착색기, 과숙기로 분류한 과실과 육성 중인 계통을 95% pretanol, 50% pretanol 및 증류수 추출물의 생리활성 성분의 함량과 NO생성 억제효과를 조사하였다.

#### 나. 재료 및 방법

##### (1) 공시재료

본 실험에 사용된 공시재료는 국내에서 재배되는 주요 4가지 품종인 ‘설향’, ‘매향’, ‘아람’ 및 ‘홍실’을 사용하였으며, 이들을 성숙단계별로 녹색기, 착색 시작기, 50% 착색기, 100% 착색기, 과숙기로 나누어 수확한 뒤 동결 건조하여 분말화된 것을 경남농업기술원으로부터 받아서 사용하였다. 숙기에 따른 분류는 Fig. 2.1에서 보는 바와 같이 정하였다. 육성계통은 경남 농업기술원에서 선발 중에 있는 계통으로서 100% 착색기의 과실을 수확하여 분석재료로 사용하였다. 계통에 따른 시료도 동결 건조하여 분말화된 것을 사용하였으며, 재배종과 육성 중인 계통의 code는 Table 2.1에서 보는 바와 같다.

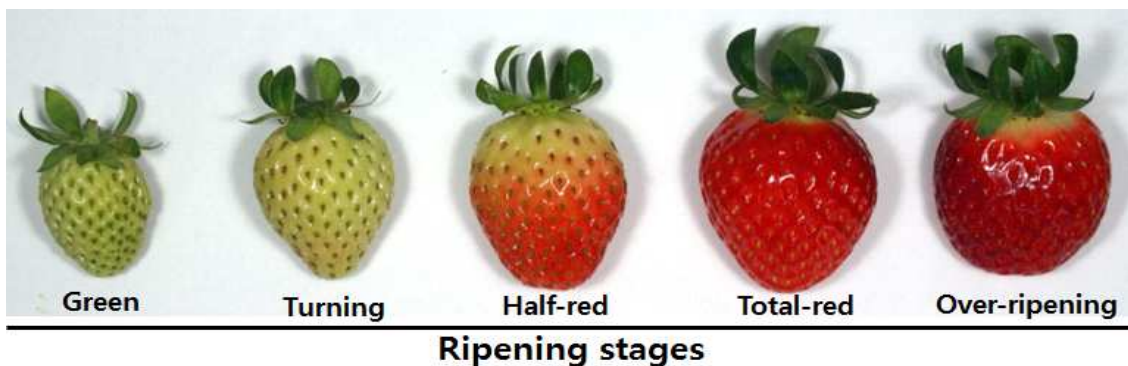


Fig. 2.1. Strawberry fruits were classified as five ripening stages in ‘Seolhyang’ cultivar.

T a b l e Thirty four genotypes of strawberry used in this experiments  
2.1.

Code No	Genotype	Type
SB-1	Seolhyang	Cultivars
SB-2	Maehyang	
SB-3	Aram	
SB-4	Hongsil	
SB-5	Okmae	
SB-6	Ssanta	
SB-7	1223-2	Breeding lines
SB-8	1225-5	
SB-9	1225-7	
SB-10	1225-8	
SB-11	124-6	
SB-12	1250-5	
SB-13	125-1	
SB-14	125-10	
SB-15	125-11	
SB-16	125-2	
SB-17	131-10	
SB-18	131-11	
SB-19	131-12	
SB-20	131-16	
SB-21	131-2	
SB-22	131-42	
SB-23	1322-3	
SB-24	1327-4-1	
SB-25	1327-4-2	
SB-26	1327-4-3	
SB-27	1329-5-1	
SB-28	1329-5-2	
SB-29	1332-2-1	
SB-30	1332-2-2	
SB-31	1332-4	
SB-32	1332-5	
SB-33	1341-2	
SB-34	1341-5	
SB-35	1341-6	
SB-36	1360-12	
SB-37	1360-16	
SB-38	1360-9-1	
SB-39	1360-9-2	

## (2) 추출물 제조

국내 주요 재배종인 ‘설향’, ‘매향’, ‘아람’ 및 ‘홍실’ 품종을 성숙시기별로 분류하여 동결 건조한 다음 분말화한 딸기 1g을 각각 15mL conical tube에 넣었다. 각각의 샘플이 담긴 conical tube에 95% pretanol, 50% pretanol 및 증류수 10mL을 첨가하여 시료와 잘 섞이게 흔들어 주었다. 그런 다음 1시간 동안 sonication(4020P, KODO Technical Research Co., Ltd.

Hwaseong-City, Gyeonggi-Do, Korea)을 시킨 후 3,000rpm에서 10분 동안 centrifuge(HA-300, Hanil Science Industrial Co., Ltd. Incheon, Korea) 한 뒤, 상등액을 잘 따라 내어서 50mL conical tube에 모으는 방식을 3반복하였다(Fig. 2.2). 2번째부터는 9mL의 용매를 첨가하여 동일하게 진행하였다. 각 시료를 용매당 3반복씩 진행하였으며, 3회의 상등액을 모은 뒤 최종 볼륨을 30mL로 맞추어 주었다. 이 중 5mL을 0.45µm membrane filter(SLLHH25NK, Merck Ltd. Tokyo, Japan)로 여과하여 HPLC 분석용으로 사용하였고, 나머지는 같은 시료끼리 모아서 Whatman NO. 2(1002090, Whatman international Ltd. Maidstone, England) 여과지로 용액을 감압 여과하였다. 이 여과액을 45°C에서 회전 진공농축기(Eyela N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 용매를 완전히 제거하여 추출물을 구하였다.

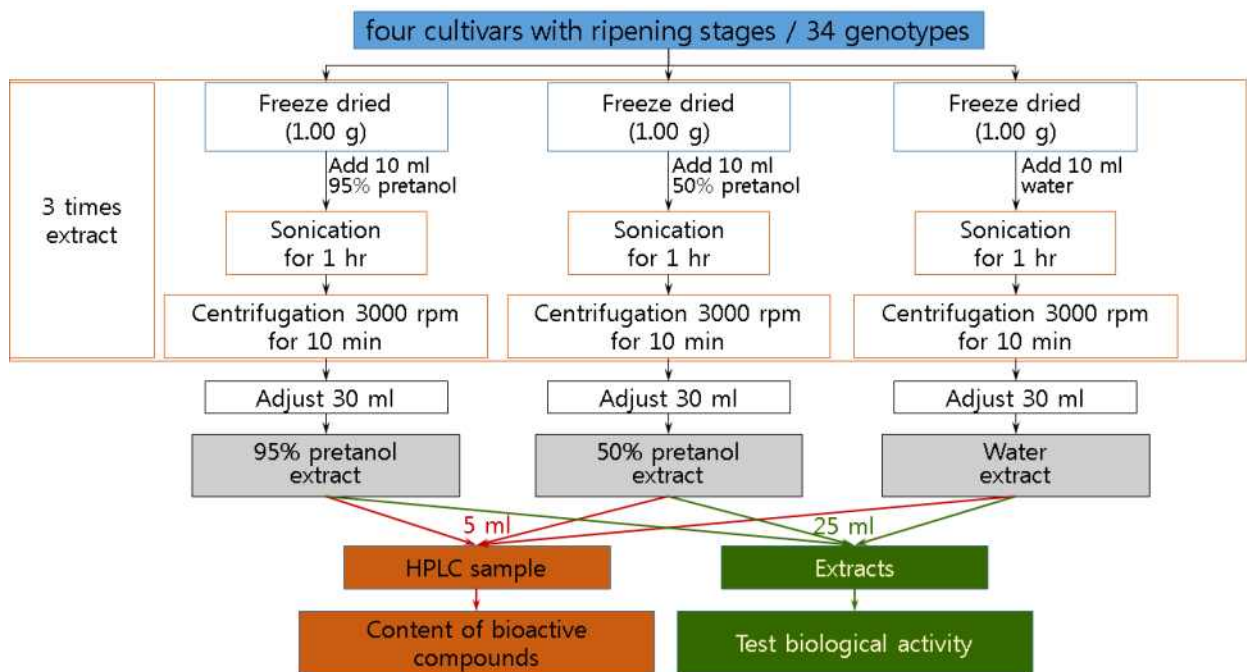


Fig. 2.2. Extraction scheme of four strawberry fruits with 95% pretanol, 50% pretanol and water in sonicator for one hour at three times.

### (3) HPLC 분석

딸기의 주요 생리활성 성분의 함량을 분석하기 위하여 high-performance liquid chromatography(HPLC)를 이용하였다. Agilent 1100 series를 사용하였고, column은 Luna-C<sub>18</sub>(250×4.6mm I.D.; 5µm particlesize, Phenomenex, Torrance, CA, USA), 이동상은 0.025% formic acid in distilled water : Acetonitrile로 모두 HPLC grade(Fisher, Fair lawn NJ, USA)를 사용하였으며, 유속 0.5mL/min, 검출기 PDA 254 nm의 조건으로 분석하였다(Table 2.2).

딸기의 주요성분에 대하여 회귀직선식, 검출한계 및 정량한계를 확인하였다. 회귀직선식은 표준용액을 조제한 후, 그 표준용액을 가지고 5단계 이상으로 희석하여 각 농도 범위에서  $y=ax+b$ 의 형태로 시료함량(X)과 피크 면적(Y)을 가지고 회귀직선식을(calibration curve)을

작성하였다. 회귀직선식은 상관계수  $r^2$ (correlation coefficient)으로 평가하였다. 검출한계 (limits of detection, LOD)는  $3.3\sigma / S$ 의 식에 의해서 계산하였으며,  $\sigma$ 는 반응의 표준편차를, S는 검량선의 기울기를 말한다.

정량한계(limits of quantification, LOQ)는 시료 중 분석대상물질의 최소량(실험방법 상의 최소량)이며(ICH Steering Committee, 1996; Liu et al., 2005; 식품의약품안전평가원, 2004),  $10\sigma / S$ 로 구한다.  $\sigma$ 는 반응의 표준편차와 S는 회귀직선의 기울기를 말한다. 위의 회귀직선식에 의해서 딸기 과실중의 함량은  $\mu\text{g/g}$  건물중으로 나타내었다.

딸기 추출물의 생리활성 성분의 함량을 분석하기 위하여 사용된 표준물질은 cyanidin-3-glucoside(Biopurify phytochemicals Ltd. Chengdu. Sichuan China), cinchonine(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), callistephin(pelargonidin 3-O-glucoside chloride)(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), epigallocatechin(Fluka, St. Louis, MO, USA), chlorogenic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), catechin(Fluka, St. Louis, MO, USA), epicatechin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), pelargonidin chloride(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), p-coumaric acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), ellagic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), quercetin-3-glucuronide(Fluka, St. Louis, MO, USA), fisetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), cinnamic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), kaempferol(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 약 14종이며, 그 중 pelargonidin chloride, cyanidin-3-glucoside, chlorogenic acid, p-coumaric acid는 검출되지 않았다.

Table 2.2. Chromatographic conditions for the determination of biological active compounds in strawberry fruits

Parameters	Values
Instrument	Agilent 1100 series
Solvent	0min B 0%, 28min B 100%, 3 min B 100%, 45 min B 20%
A	0.025% formic acid in distilled water
B	Acetonitrile
Column	Luna C18 (2) column (Phenomenex, 250 x 4.6mm ID : 5 $\mu\text{m}$ )
Run time	60min
Flow rate	0.5mL/min
Detector	PDA 254, 260, 320nm (slit with = 4)
Column temp.	30 $^{\circ}\text{C}$

#### (4) 과일 성숙 시기 및 육성 계통별 추출물의 항염증 효과

##### (가) Cell culture

RAW 264.7(ATCC TIB-71) cells은 Gibco BRL(Invitrogen Corporation, Carlsbad, CA, USA)로부터 구매한 Dulbecco's Modified Eagle Medium(DMEM)배지와 10% fetal bovine serum(FBS), 0.1% penicillin-streptomycin (BioSource International, Camarillo, CA, USA)에서 배양되었으며, 37 $^{\circ}\text{C}$ 에 5%  $\text{CO}_2$ , 95%의 air incubator에서 배양하였다.

### (나) Nitric Oxide 생성 저해 활성 검증

항염증 효과는 배양액 내의 Nitric oxide의 농도를 Griess 반응을 이용하여 측정하였다. 마우스 대식세포(RAW 264.7 ATCC TIB-71)를 penicillin(100units/mL), streptomycin(100µg/mL) solution과 10% 우태아 혈청(fetal bovine serum)이 포함된 DMEM(GIBCO BRL, USA) 배지를 사용하여 5% CO<sub>2</sub>, 37°C 배양기에서 배양하였다. 우선 96well에 마우스 대식세포주 2×10<sup>5</sup>개를 분주하였다. 24시간 뒤에 새 배지로 교체하고 일정농도의 시료를 처리 후에 LPS(stimulator)를 2µg/mL로 처리한 뒤 24시간 동안 인큐베이터에 배양하였다. 배양동안 생성된 NO는 Griess 시약을 이용하여 측정하였으며, 세포배양액 중에 존재하는 전체 NO<sup>2-</sup>의 농도로 항염증 능력을 측정하였다. 세포 배양 상층액 100µL를 96well에 옮긴 후 Griess 용액 [1% sulfanilamide/0.1% N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride/2.5% HP<sub>3</sub>O<sub>4</sub>] 100µL를 첨가하고 5분 후에 ELISA reader(Wallac 1420, USA)를 이용하여 540nm에서 흡광도를 측정하였으며, 3반복하여 평균값을 구하였다. Nitric oxide 소거능(%)은 다음과 같은 식으로 구하였다. Nitric oxide 소거능(%)은  $\{(control-sample)/(control)\} \times 100$ 과 같은 식을 이용하여 구하였다.

### (다) 항염증 효능 검증을 위한 세포독성 측정

마우스 대식세포(RAW 264.7 ATCC TIB-71)를 penicillin(100units/mL), streptomycin(100 µg/mL) solution과 10% 우태아 혈청(fetal bovine serum)이 포함된 DMEM(GIBCO BRL, USA) 배지를 사용하여 5% CO<sub>2</sub>, 37°C 배양기에서 배양하였다. 우선 96well에 마우스 대식세포주 2×10<sup>5</sup>개를 분주하였다. 24시간 뒤에 새 배지로 교체 후 시료를 처리 후 24시간 뒤, 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphebyltetrazolium bromide(0.1mg/mL)을 각 well에 처리하여 4 시간 배양한 후 형성된 insoluble formazan을 DMSO에 녹이고 ELISA reader(Wallac 1420, USA)를 통해 540nm에서 흡광도를 측정 하였으며, 3반복을 원칙으로 하여 평균값을 구했다. 세포의 %생존율은 (반응군/대조군)×100의 식에 의해서 계산하였다.

### (5) 통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 실시하였으며, 결과는 평균에 대한 표준편차로 나타내었다. 모든 그래프는 microsoft사의 excel program을 이용하여 평균값 ± 표준편차로 나타내었다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 딸기 성숙 단계별 주요 생리활성 성분의 함량 분석

#### (가) 딸기의 성숙 단계 및 추출물의 함량 분석

‘설향’, ‘매향’, ‘아람’ 및 ‘홍실’ 4가지 딸기 품종의 성숙 단계에 따라 녹숙기, 착색 시작기, 50% 착색기, 100% 착색기, 과숙기로 나누어 95% pretanol, 50% pretanol, 물로 추출하였을 때 추출 함량을 비교한 결과는 Fig. 2.2에서 보는 바와 같다.

‘설향’ 품종의 성숙 단계에 따라 추출율을 비교한 결과, 50% pretanol 추출물의 추출율은 녹숙기 73.0%, 착색 시작기 83.6%, 50% 착색기 90.1%, 100% 착색기 90.4%, 과숙기 93.8%였으며, 물 추출물의 추출율은 녹숙기 73.6%, 착색 시작기 87.4%, 50% 착색기 93.2%, 100% 착색기 95.0%, 과숙기 95.4%로 두 용매 모두 성숙이 진행됨에 따라 추출 수율이 증가하는 경

향을 보였다. 95% pretanol 추출물에서는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

‘매향’ 품종도 ‘설향’과 마찬가지로 50% pretanol과 물 추출물은 성숙이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 특히 100% 착색기에서 물 추출물은 96.5%로 전체적인 추출물 중에서 가장 높은 수율을 보였다. 95% pretanol 추출물은 녹숙기 54.6%, 착색 시작기 51.0%, 50% 착색기 47.3%, 100% 착색기 44.9%, 과숙기 46.4%로 성숙이 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였다.

‘아람’ 품종은 세 가지 용매 모두 ‘매향’과 유사한 경향을 보였으며, ‘홍실’ 품종은 50% pretanol과 물 추출물은 앞의 품종들과 유사한 경향을 보인 반면, 95% pretanol 추출물은 녹숙기 51.5%, 착색 시작기 66.1%, 50% 착색기 66.8%, 100% 착색기 64.5%, 과숙기 72.9%로 성숙이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였다.

4가지 품종 모두 50% pretanol과 물 추출물은 성숙이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 물 추출물에서 100% 착색기와, 과숙기의 추출물의 차이는 크지 않았다. 전체적으로 95% pretanol 추출물에 비해 월등히 높은 수율을 보였다.

정향의 용매별 추출물의 항산화효과에 관한 연구에서(Dong et al., 2004) 물, 에탄올 및 에테르로 추출하였을 때 각각의 추출수율은 물 34.7%, 에탄올 21.4%, 에테르 17.0%로 보고하였고 이때 추출용매의 극성이 증가할수록 식물체에 존재하는 수용성 폴리페놀 화합물과 방향족 아민 등의 용출이 증가한다고 하였다. 이는 일반적으로 하나 이상의 수산기로 치환된 방향족 환을 가지고 있는 식물성분인 페놀(phenol)성 물질이 에테르 결합에 의하여 당이나 단백질과 결합하여 배당체로서 존재하는 경우가 많아 극성용매에 잘 녹기 때문이다(Woo, 1995). 결과적으로 극성이 높은 용매로 추출하였을 때 추출수율이 높게 나타났는데, 이러한 결과는 본 실험의 결과에서도 비슷한 경향이 나타났다.

#### (나) 딸기 지표 성분의 분석 방법 확립

본 시험에 사용된 딸기의 생리활성물질들은 각종 문헌리뷰를 통하여 딸기에 함유되어 있는 약 15가지 물질들을 선정하였다(Table 2.3). 15종의 표준물질들을 구매하여 생리활성물질의 함량을 분석하기 위한 분석 방법을 Table 2.3과 같이 확립하였다. 15가지의 주요 생리활성물질(Fig. 2.4A)들과 4가지 품종의 95% pretanol 추출물(Fig. 2.4B)의 HPLC 크로마토그램은 Fig. 4에서 보는 바와 같다.

각 생리활성물질은 약간의 차이는 있지만 분석범위는 0.5에서 100 $\mu$ g/mL이며 모두 254nm에서 분석하였다. 각 표준물질은 모두  $r^2 > 0.999$ 로서 직선성(linearity)을 확인하였다. 각 물질들마다 회귀직선식을 작성하였으며, 검출한계(LOD)는 0.484–3.316이었으며, 정량한계(LOQ)는 1.596–10.941이었다. 예로 cinchonine의 회귀직선식은  $y = 3.46x - 2.55$ 이며 상관계수는 0.999다. 또한 검출한계(LOD)는 1.467, 정량한계(LOQ)는 4.842이다.



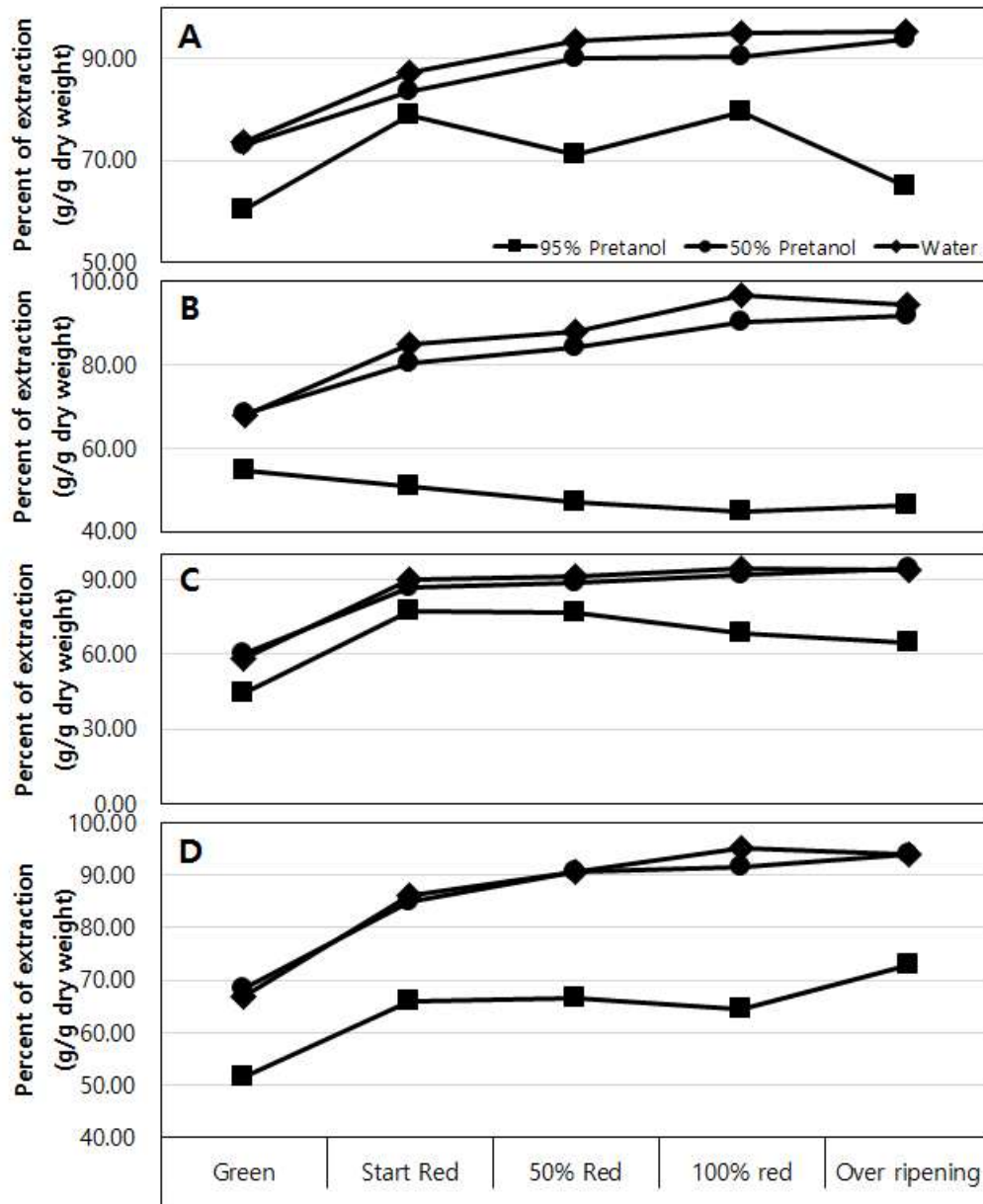


Fig. 2.3. Percent extracts as affected by 'Seolhyang' (A), 'Maehyang' (B), 'Aram' (C) and 'Hongsil' (D) strawberry fruits at five ripening stages and extracted with 95% pretanol, 50% pretanol, water in strawberry.

Table 2.3. Compound identification, retention time (RT), regression equation, correlation coefficient ( $r^2$ ) and range of calibration ( $n = 6$ ), limit of detection (LOD), and limit of quantification (LOQ)

Compounds	RT	Wave length (nm)	Range ( $\mu\text{g/mL}$ )	Regression equation	Correlation coefficient	LOD ( $\mu\text{g/mL}$ )	LOQ ( $\mu\text{g/mL}$ )
Cyanidin-3-glucoside	18.219	254	5-100	$y = 13.17x - 7.55$	0.9999	1.857	6.128
Cinchonine	18.464	254	2.5-100	$y = 3.46x - 2.55$	0.9999	1.467	4.842
Callistephin	19.536	254	2.5-100	$y = 17.32x + 3.75$	1.0000	0.903	2.981
Epi-gallocatechin	20.894	254	5-100	$y = 4.08x - 5.45$	1.0000	3.316	10.941
Chlorogenic acid	24.043	254	2.5-50	$y = 20.44x - 11.19$	1.0000	0.636	2.100
(+)-Catechin	24.517	254	10-100	$y = 2.77x - 1.78$	1.0000	1.052	3.471
Epi-catechin	30.632	254	10-100	$y = 2.14x + 0.22$	0.9999	1.786	5.895
P-Coumaric acid	41.553	254	2.5-50	$y = 15.25x - 2.13$	0.9999	0.639	2.108
Ellagic acid	42.372	254	1-100	$y = 52.16x - 3.92$	0.9990	0.484	1.596
Quercetin-3-glucuronide	45.313	254	1-50	$y = 47.70x - 30.27$	0.9999	0.875	2.889
Fisetin	48.838	254	0.5-50	$y = 48.56x - 21.71$	0.9995	1.929	6.366
Quercetin	50.254	254	0.5-50	$y = 73.44x - 25.34$	1.0000	1.467	4.842
Cinnamic acid	51.217	254	0.5-50	$y = 1.27x - 2.33$	0.9997	1.438	4.746
Kaempferol	51.409	254	0.5-50	$y = 42.70x + 9.91$	1.0000	1.067	3.52

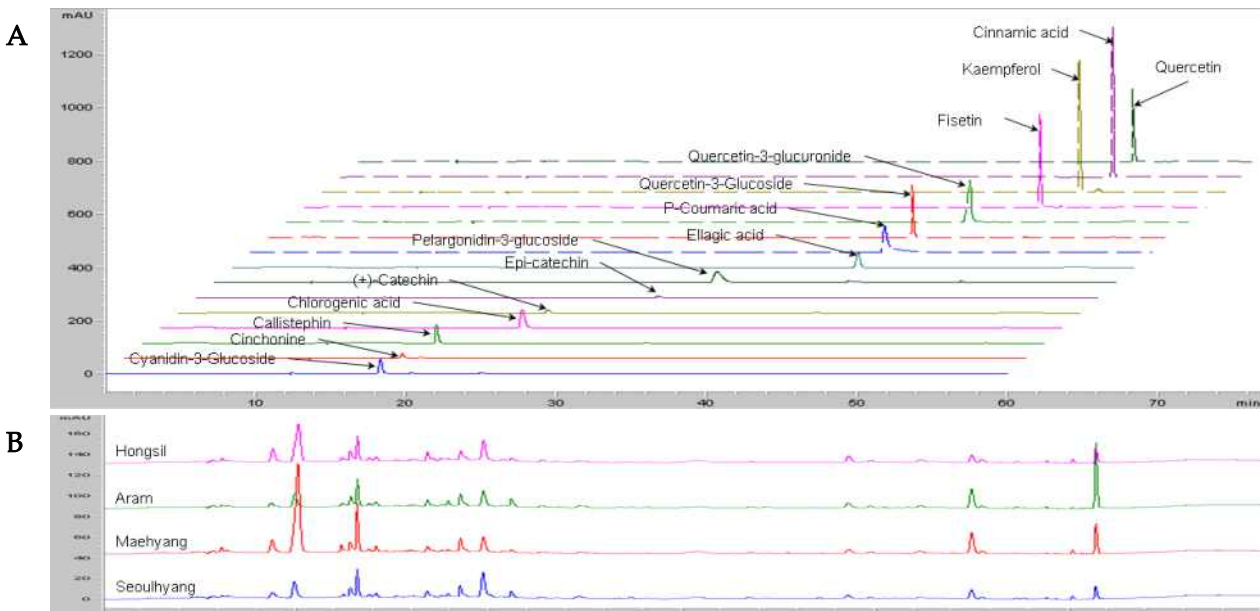


Fig. 2.4. HPLC chromatograms of 15 compounds (A) and four strawberry fruits in different cultivars (CV. 'Hongsil', 'Aram', 'Maehyang' and 'Seoulhyang') (B) recorded at 254 nm.

#### (다) 성숙 단계에 따른 생리활성 성분의 함량 비교

국내 주 재배품종인 ‘설향’, ‘매향’ 품종과, 경남 농업기술원에서 육성된 품종인 ‘아람’, ‘홍실’ 4가지 품종의 딸기를 성숙 단계별로 녹숙기, 착색 시작기, 50% 착색기, 100% 착색기, 과숙기 5단계로 나누어 95% pretanol, 50% pretanol, 물로 추출하여 각 생리활성 성분들의 함량을 분석하였다. 각 성분의 구조는 Fig. 2.5에서 보는 바와 같다.

Cinchonine(Fig. 2.5A)은 알칼로이드 화합물로서 다른 quinine관련 화합물에 비해 낮은 독성을 가지며(Genne et al., 1995), 항말라리아 치료 효과(Tracy and Webster, 1996)뿐만 아니라, 혈소판에서  $Ca^{2+}$ 의 유입과 PKC pathway를 억제함으로써 항혈전 작용(Shah et al., 1997; Gilani and Shaheen, 1997) 및 항비만에 효과가 있는 물질로 알려져 있다(Jung et al., 2012).

4가지 품종의 성숙 단계별 즉 녹숙기, 착색 시작기, 50% 착색기, 100% 착색기 및 과숙기로 나누어 95% pretanol, 50% pretanol, 물 추출물의 cinchonine의 함량을 비교하였을 때(Fig. 2.6), 전체적으로 50% pretanol 추출물이 가장 많은 함량을 보였다. 또한 50% pretanol 추출물에서 녹숙기의 건물중당 함량을 비교하였을 때 ‘설향’은  $1490.9 \pm 373.2 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $3644.1 \pm 108.6 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $3525.5 \pm 307.5 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $3157.8 \pm 271.8 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘매향’이 가장 많은 함량을 보였으며, 다음으로 ‘아람’, ‘홍실’, ‘설향’ 순이었다. 물 추출물에서 녹숙기의 건물중당 함량을 비교하였을 때 ‘설향’은  $632.0 \pm 38.1 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $1486.1 \pm 234.5 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $875.1 \pm 94.4 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $911.3 \pm 74.0 \mu\text{g/g}$ 으로 50% pretanol 추출물과 마찬가지로 ‘매향’에서 가장 많은 함량을 보였다. Cinchonine의 함량은 녹숙기에 많은 함량을 보이다가 성숙이 진행됨에 따라 다소 감소하다가 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 특히 주 식용 단계인 착색 100% 및 과숙기에서 cinchonine의 함량은 녹숙기보다는 조금 적지만 다른 성숙 단계에 비해 높은 함량을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 95% pretanol 추출물의 경우에는 성숙이 진행됨에 따라 조금씩 증가하는 경향을 보였다.

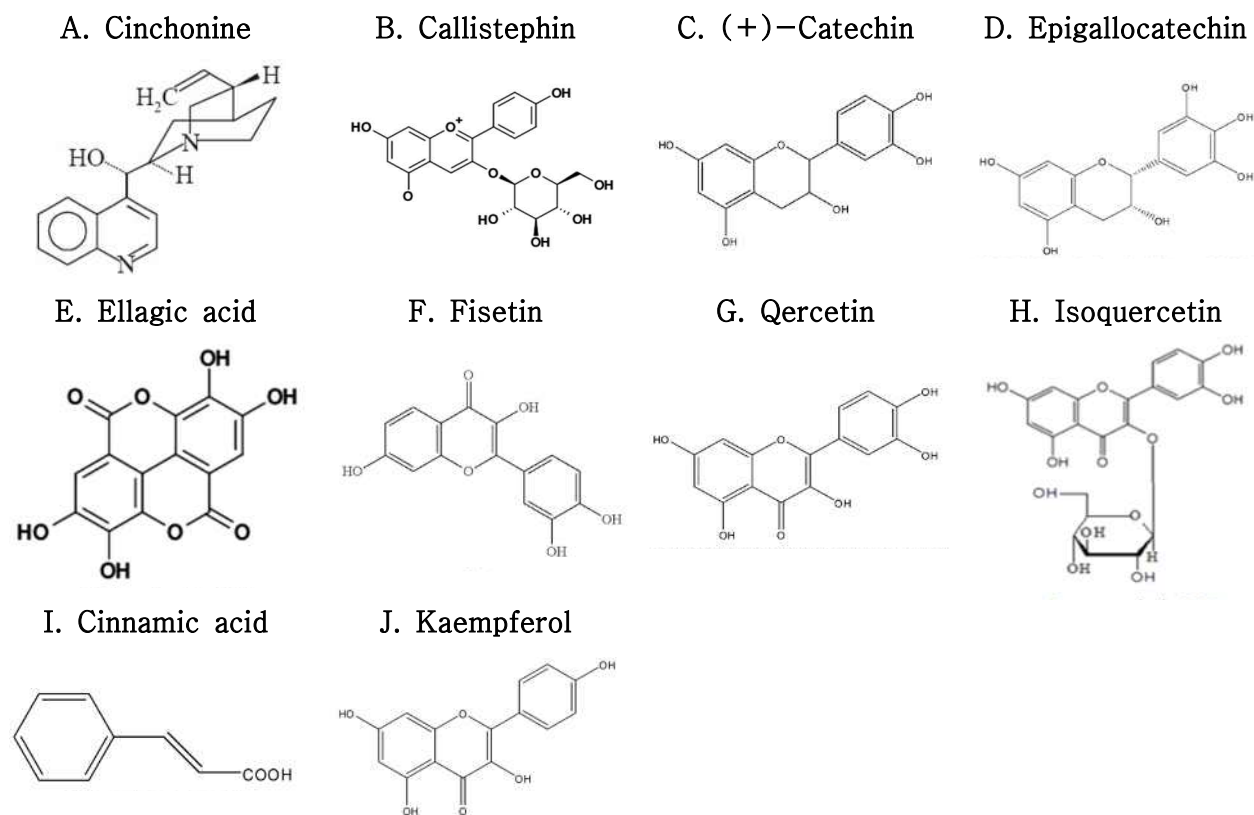


Fig. 2.5. Structures of selected biological activity compounds in strawberry.

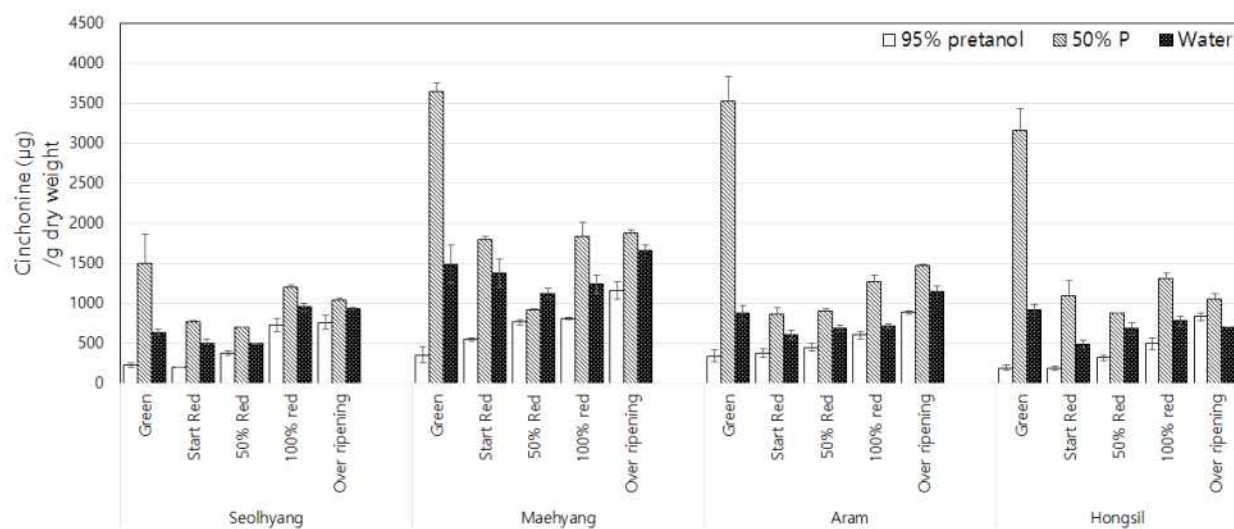


Fig. 2.6. Content of cinchonine ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at five stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

Callistephin(Fig. 2.5B)은 pelargonidin 3-O-glucoside chloride라고도 부르며, 붉은색 색소의 안토시아닌 화합물로 CGN apoptosis 모델에서 효과적인 기능성 산화방지 효과가 있으며 항산화 효과는 미토콘드리아 글루타치온 결핍과 카이디올리핀/지질 과산화를 막고, OPA-1의 분열을 보호하여 미토콘드리아 구조를 유지함으로써 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Kelsey and Natalie, 2010). 4가지 품종의 성숙 단계별로 3가지 용매 추출물의 함량을 비교하였을 때(Fig. 2.7), 전체적으로 50% pretanol과 물 추출물이 많은 함량을 보였다. 또한 4가지 품종 모두 100% 착색기와 과숙기로 갈수록 그 함량이 증가하는 경향을 보였으며 50% pretanol 추출물의 과숙기의 건물중당 함량을 비교하였을 때 ‘설향’은  $665.8 \pm 6.1 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $449.7 \pm 10.6 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $550.8 \pm 13.8 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $553.7 \pm 90.5 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘설향’의 함량이 가장 많았다. 물 추출물의 과숙기의 건물중당 함량에서도 마찬가지로 ‘설향’은  $608.6 \pm 30.6 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $448.4 \pm 28.1 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $509.2 \pm 30.1 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $482.9 \pm 16.3 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘설향’이 가장 많은 callistephin 함량을 나타내었다. 95% pretanol 추출물에서 callistephin의 함량은 성숙 초기에는 검출되지 않다가 성숙이 진행되어 50% 착색기가 되었을 때 검출되었으며, 과숙기로 갈수록 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 95% pretanol 추출물의 과숙기의 건물중당 함량은 앞의 두 용매와 마찬가지로 ‘설향’은  $77.1 \pm 4.3 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $48.3 \pm 0.7 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $61.2 \pm 1.2 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $57.0 \pm 0.7 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘설향’ 품종이 다른 세 품종에 비해 callistephin의 함량이 많은 것으로 나타났다.

세 가지 용매 모두 ‘설향’ 품종에서 callistephin의 함량이 가장 많았다. 또한 주 식용하는 단계인 착색 100%, 과숙기로 갈수록 함량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 딸기가 성장함에 따라 미숙과인 녹색으로부터 점차 녹색이 소실되면서 특유의 선홍색을 나타내게 되는 것과 관련이 있다. 일반적으로 과일 성숙의 초기인 세포증식의 단계에서는 급격히 합성되나 과일의 성장 중지와 더불어 엽록소는 감소되기 시작하고, 엽록체의 붕괴에 뒤이어 anthocyanin 합성이 증가되는 것으로 알려져 있다(Gross, 1987). 안토시아닌과 당이 결합된 배당체인 안토시아닌의 하나인 callistephin 역시 성숙 후기에 증가하는 것으로 보아 녹숙기에서 착색기, 과숙기로 갈수록 붉어져 anthocyanin의 발현이 많이 되므로 함량이 증가한다고 볼 수 있다.

(+)-Catechin(Fig. 2.5C)은 flavan-3-ol이라 불리어지는 화합물로서 폴리페놀의 대표적인 그룹에 속하며, 항산화 활성을 시작으로 하여 항염증 활성 등의 광범위한 효능을 나타내는 것으로 알려져 있다(Skrzydowska et al., 2002; Yokozawa et al., 2002; Rahman et al., 2006; Ferrándiz and Alcaraz, 1991; Sabu et al., 2002). 이들 관련 화합물은 녹차 및 과일 등의 다양한 천연 소재로부터 광범위하게 존재하는데, 특히 녹차에는 (-)-epicatechin, (-)-epicatechin 3-O-gallate, (-)-epigallocatechin 3-O-gallate 등이 14% 이상의 함량으로 존재하여 다양한 생리활성을 나타내는 것이 알려져 있으며 이들 화합물의 함량은 녹차의 재배 지역 및 종류와 밀접한 관계가 있음이 밝혀졌다(Hollman and Arts, 2000). 또한 (+)-catechin은 Uncaria 및 Theobroma속 식물 등에 주로 존재하며 식품 등으로부터 일상적인 섭취를 통하여 질병예방과 밀접한 관련이 있으며 쓴맛을 나타낸다(Hou et al., 2005; Natsume et al., 2000).

지금까지 녹차 catechin의 생리활성으로는 혈중 콜레스테롤 저하(Muramatsu et al., 1986)와 항균작용(Sakanaka et al., 1989), 중금속류 제거작용(Kim and Rhee, 1994), 충치 억제작용(Sakanaka et al., 1992), 항암작용(Cheng, 1986), 중추 신경계 활성화(Hayashi et al., 1990), 항돌연변이(Kada et al., 1985), 항알르기작용(林榮一, 1987), 면역증강(Faas et al.,

2003), 항산화작용(Matsuzaki and Hata, 1985) 및 혈소판 응집능 억제작용(Kazuko et al., 1991) 등이 있다고 알려지고 있다. 최근에는 (+)-catechin 단량체는 인간 혈장에서 글루코론산, 황산, 메칠기 등과 중합체를 형성하여 소장과 간에서 대사 및 흡수 되는 것이 보고되었다(Doanov et al., 2001).

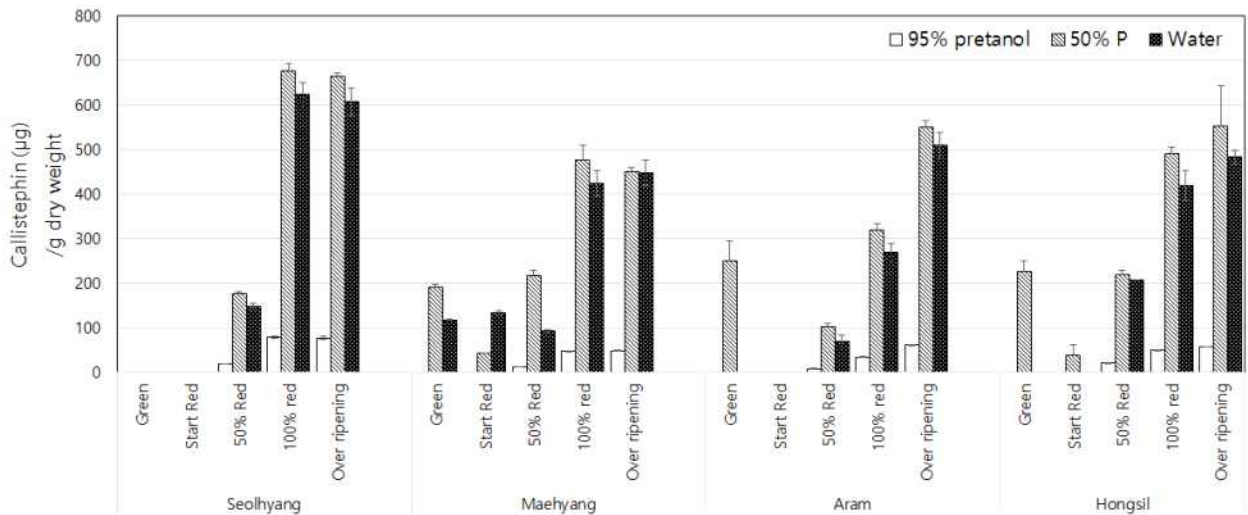


Fig. 2.7. Content of callistephin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

4가지 품종의 성숙 단계별로 3가지 용매로 추출했을 때 (+)-catechin의 함량은 50% pretanol 추출물에서 가장 많았다(Fig. 2.8). 또한 50% pretanol 추출물에서 녹색기의 건물중당 함량을 비교하였을 때 ‘아람’이  $1577.0 \pm 112.7 \mu\text{g/g}$ 으로, ‘설향’은  $817.7 \pm 35.1 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $604.4 \pm 32.2 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $1219.1 \pm 143.8 \mu\text{g/g}$ 으로 다른 품종에 비해 높은 함량을 보였다.

95% pretanol 추출물은 성숙 후기인 100% 착색기나, 과숙기에서 함량이 나타났으며, 과숙기의 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘아람’이  $992.7 \pm 13.3 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많은 함량을 보였으며 ‘설향’과 ‘홍실’은 비슷한 함량을 보인 반면 ‘매향’ 품종에서는 발견되지 않았다. 물 추출물은 ‘설향’과 ‘아람’은 녹색기에 있다가 성숙이 진행됨에 따라 감소하다가 다시 증가하는 한편, ‘매향’과 ‘홍실’에서는 성숙 초기에서만 그 함량이 나타났다. 전체적으로 ‘아람’의 과숙기에서 가장 많은 함량을 나타내었다.

(+)-Catechin의 함량은 세 가지 용매 추출물 모두 녹색기에서 가장 많았으며, 성숙이 진행됨에 따라 ‘설향’의 경우 감소하다가 성숙 후기에 다시 함량이 증가하는 경향을 보였으며, ‘아람’, ‘홍실’은 아예 함량이 검출되지 않다가, 성숙 후기에 다시 함량이 증가하는 경향을 보였다. ‘매향’은 녹색기 이후에 검출되지 않았다. 전체적으로 녹색기에 많은 함량을 보였지만 주 식용 단계인 100% 착색기 및 과숙기에서 (+)-catechin의 함량이 다시 증가하는 것으로 보아 녹색기 만큼은 아니지만 여러 생리활성 기능이 알려진 (+)-catechin을 우리가 충분히 섭취하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

건물중당 epi-gallocatechin(Fig. 2.5D)의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.9), 50% pretanol 추출

물에서만 검출되었으며, 95% pretanol과 물 추출물에서는 검출되지 않았다. 50% pretanol 추출물에서 녹숙기에서의 함량을 비교하였을 때 ‘설향’은  $611.5 \pm 420.4 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’  $2089.1 \pm 62.4 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’  $2623.1 \pm 250.6 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’  $2093.1 \pm 160.3 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘아람’이 가장 많은 함량을 보였으며, ‘매향’과 ‘홍실’은 유사한 함량을 보였다. 그에 반해 ‘설향’ 품종은 매우 적은 함량을 보였다. 과숙기에서의 함량을 비교하였을 때에는 ‘설향’  $139.3 \pm 32.2 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’  $255.2 \pm 62.0 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’  $167.2 \pm 15.7 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’  $124.8 \pm 0.000 \mu\text{g/g}$ 으로 녹숙기에 비해 현저히 감소하였다. 전체적으로 성숙이 진행됨에 4가지 품종 모두 epi-gallocatechin의 함량이 현저히 감소하는 경향을 보였다.

(+)-catechin은 성숙할수록 함량이 증가하였으나, epi-gallocatechin은 성숙이 진행될수록 감소하여 우리가 주로 식용하는 단계에 비하여 녹숙기에 함량이 증가하였다.

사과나 배는 성숙이 진행됨에 따라 catechin의 함량이 급격히 증가하는 경향을 보인다고 알려져 있다(Amiot et al., 1995; Burda et al., 1990). 또한, 1970년대 이후 TLC를 이용한 결과에서 catechin의 함량은 체리(Sto"hr et al., 1975), 딸기(Sto"hr and Herrmann, 1975a)의 경우 성숙시기에 따라 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 자두(Sto"hr et al., 1975), 블랙베리(Sto"hr and Herrmann, 1975b) 또한 소량이지만 유사한 경향을 보인다고 보고되어 있다.

Sto and Herrmann(1975a)은 16종류의 딸기로 (+)-catechin의 함량을 측정한 결과, 1kg 생체중당 10-70mg을 함유한다고 보고하였다. 그 중 (-)-epicatechin은 10mg 이상, (+)-gallocatechin은 거의 검출되지 않았고, (-)-epigallocatechin은 아예 검출되지 않았다. 또한 익은 과실에서 (+)-catechin의 함량은 약간 감소되었다고 하여 본 실험과 차이가 있음을 확인하였다. 반면 (-)-epigallocatechin은 성숙이 진행될수록 감소하는 경향을 보여 같은 catechin임에도 불구하고 차이가 나타나는 것을 확인하였다.

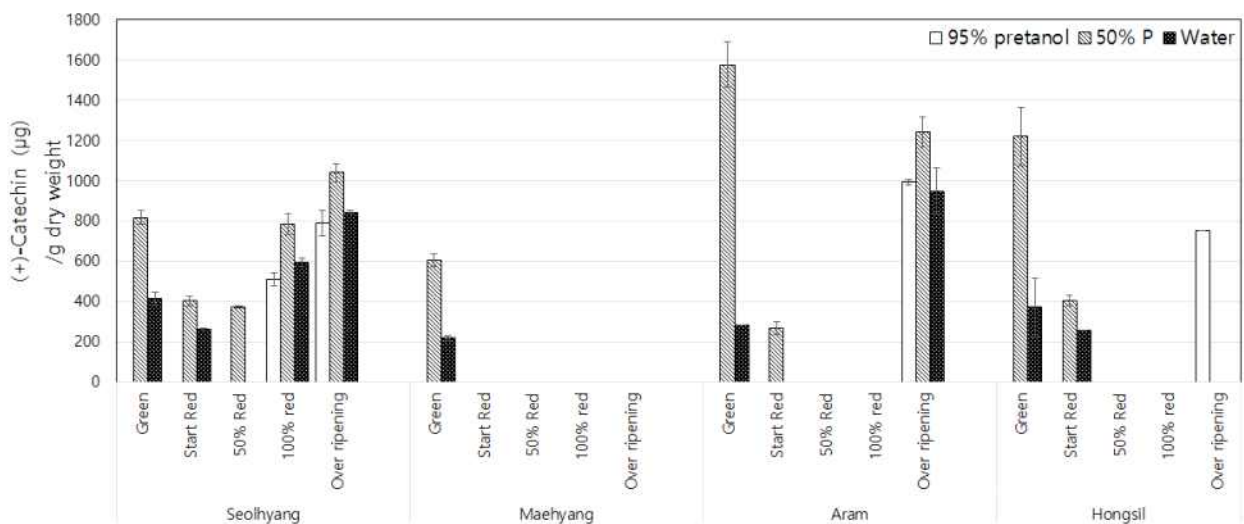


Fig. 2.8. Content of (+)-catechin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

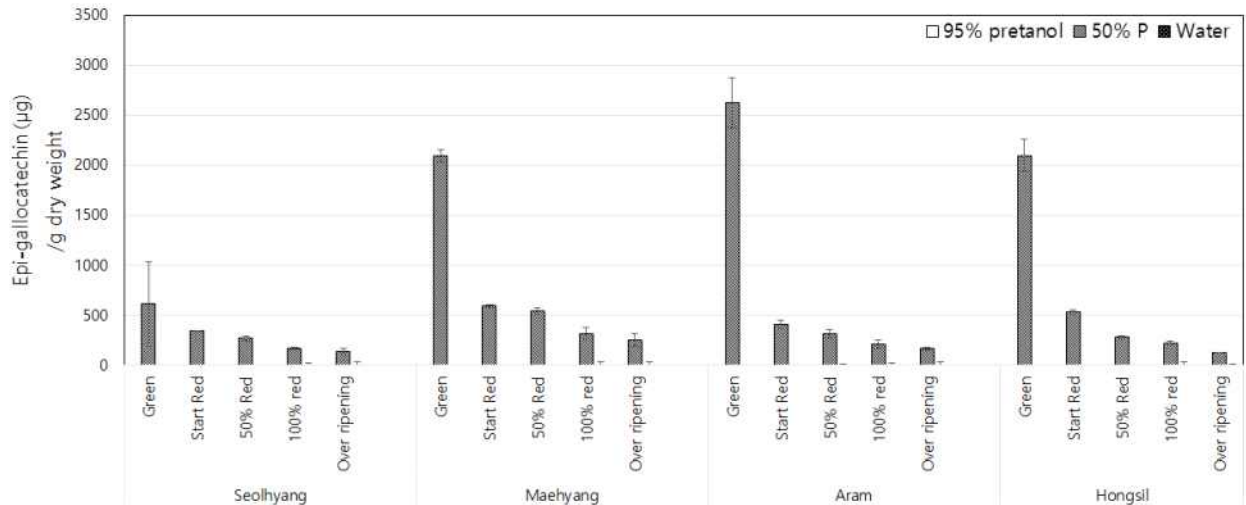


Fig. 2.9. Content of epi-gallocatechin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

딸기의 주요 항암성분으로 알려진 ellagic acid(Fig. 2.5E)는 딸기, 석류, 라즈베리, 블랙베리, 호두 등과 같은 과일, 채소 및 견과류에 함유되어 있는 천연폴리페놀 화합물(natural polyphenolic compound)이며(Daniel et al., 1989) 가장 대표적인 효능으로는 항산화 및 항암 작용이 알려져 있다(Mukhtar et al., 1988; Thresiamma and Kuttan, 1996; Osawa et al., 1987; Stoner and Gupta, 2001). Ellagic acid의 항암 작용은 주로 암세포 증식 억제, 세포사멸(apoptosis) 유발 및 세포주기를 조절하는 것으로 보고되었다(Edderkaoui et al., 2008; Larrosa et al., 2006; Pacheco-Palencia et al., 2008; Stoner and Gupta, 2001). Ellagic acid는 암세포 분열주기에서 G1을 저지해서 분열을 중단시키며(González-Sarrias et al., 2009; Li et al., 2005), 암세포가 p53의 종양억제유전자를 파괴하는 것을 방지한다고 보고된 바 있다(Mertens-Talcott et al., 2005). 또한 ellagic acid는 노화된 피부에서 피부 엘라스틴화(elastogenesis)에 대한 단백질 분해를 억제함으로써 항섬유화 및 주름개선에 기능을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Jimenez et al., 2006).

4가지 품종의 성숙 단계별로 3가지 용매로 추출하여 ellagic acid의 함량을 비교하였을 때 (Fig. 2.10), 전체적으로 4가지 품종 모두 50% pretanol 추출물의 녹숙기에서 월등히 많은 함량을 나타냈으며, 건물중당 함량을 비교하였을 때 ‘설향’은  $429.5 \pm 29.0 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $789.2 \pm 5.9 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $934.4 \pm 90.4 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $795.7 \pm 26.4 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘아람’에서 가장 많은 함량이 검출되었다. 또한 과숙기의 건물중당 함량을 비교하였을 때 ‘설향’은  $132.5 \pm 10.3 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $236.9 \pm 10.6 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $174.7 \pm 28.0 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $39.8 \pm 2.4 \mu\text{g/g}$ 으로 성숙이 진행되면서 현저히 감소하였으며, 녹숙기에서는 ‘아람’의 ellagic acid 함량이 가장 많았던 것에 비하여 과숙기에서는 ‘매향’의 함량이 가장 높게 검출되었다. 95% pretanol 추출물과 물 추출물은 성숙에 따라 함량이 감소하기는 하였으나, 그 차이가 크지는 않았다.

Ellagic acid는 딸기의 대표적인 생리활성 물질로 알려져 있으나, 주요 식용단계에 비해 녹숙기에 그 함량이 많은 것을 확인할 수 있었다. 성숙 단계에 따라 함량이 줄어드는 경향이 모든



품종에서 관측되었다. 그러나 물 추출물에서는 다른 용매로 추출하였을 때에 비해 검출되는 함량은 매우 적었으나, 녹숙기와 착색 100%, 과숙기와 그다지 큰 차이가 없는 것을 확인하였다.

John et al.(1991)은 같은 곳에서 재배한 35종의 품종 중 몇 가지를 선발하여 녹숙기와 착색기에서의 과육(pulp)부분과 수과(achene)부분의 ellagic acid의 건물중당 함량을 비교한 결과, 녹숙기 과육부분은 1.32-8.43mg/g이었으며, 수과는 1.32-20.73mg/g이었다고 보고하였다. 착색기의 과육에서는 0.43-4.64mg/g이었으며 성숙된 수과에서는 1.37-21.65mg/g이었다. 녹숙기 과육의 ellagic acid의 함량은 착색기 과육보다 대체로 더 높은 함량을 보인다고 하였다. 이는 본 실험에서 착색기에 비해 녹숙기에서의 ellagic acid의 함량이 더 많은 것과 유사하였다.

Ellagic acid는 자유기, glycoside가 결합되거나 ellagitannins이 glucose와 에스테르화 되어 있으며, 자유형 형태는 잘 발견되지 않는다(Bate-Smith, 1972; Haddock et al., 1982; Maas and Galletta, 1991). 식물 내에서 ellagic acid는 동식물 내에서 다양한 대사 작용뿐만 아니라 용해도, 이동성 및 반응성에 의해서 다양한 유도체로 존재한다(Maas and Galletta, 1991). 그러나 베리류에서 대부분의 ellagic acid는 glucose와 에스테르화된 ellagitannin 형태로 존재한다(Daniel et al., 1989).

Marcia et al.(2008)은 딸기의 ellagic acid 유도체의 추출을 위한 가장 좋은 용매를 알아보기 위해 실험한 결과, 각각의 용매에 따라 ellagic acid의 함량에 많은 차이가 있다는 것을 확인하였으며, methanol만을 이용하였을 때에는 생체중당 19.3mg/100g인 반면 80% acetone을 이용하였을 때에는 48.3mg/100g의 ellagic acid가 검출되었다.

또한 ellagic acid는 추출물의 산 가수 분해 후에 검출되어 본래는 상당량이 있지만 ellagitannin 파괴로 자유형 ellagic acid는 일반적으로 낮은 편이다(Beattie et al., 2005). Marcia et al.(2008)의 실험에서 7가지 품종을 분석하였을 때, 자유형 ellagic acid의 함량은 생체중당 0.6-2.6mg/100g이며 이것은 Amakura et al.(2000)에 의해 보고된 라즈베리의 결과와 유사하다. 때문에 ellagic acid의 함량은 본래 딸기의 대표적인 생리활성 성분으로 널리 알려져 있음에도 불구하고 함량이 그리 많이 발견되지 않은 것을 확인할 수 있었다. Marcia et al.(2008)의 실험을 참고해보면 총 ellagic acid의 함량은 품종에 따라 다양하며, 생체중당 17-47mg/100g 정도인 것으로 보고되어 있다.

플라보놀 그룹에 속하는 fisetin(Fig. 2.5F)은 딸기, 사과, 감, 양파, 포도, 오이 등과 같은 과일이나 채소에 많이 함유된 성분이다(Arai et al., 2000). 최근에는 옷나무 추출물로부터 얻은 fisetin이 전지방세포(pre-adipocytes)에서 지방세포(adipocytes)로 분화되는 과정인 adipogenesis를 억제하고 UVB에 의한 세포사멸을 감소시킨다는 보고(Kim et al. 2010; Kim et al., 2005; Jeong et al., 2007)를 비롯하여 항암(Suh et al., 2010), 항산화(Hanneken et al., 2006), 항염증효과(Higa et al., 2003)와 methyl glyoxal 의존성 단백질의 당화를 낮추고, 당뇨 합병증을 억제한다(Maher et al., 2011)고 알려져 있다.

또한 fisetin 보조제는 간지방증을 개선함으로써 심혈관계 위험을 감소시키며, 글루코스 순환 농도를 낮춰주며(Cho et al., 2013), 콜레스테롤과 담즙산 대사와 관련된 유전자의 표현을 조절함으로써 콜레스테롤 혈중 효과를 억제한다고 보고되어져있다(Shin et al., 2013).

4가지 품종의 성숙 단계별로 3가지 용매로 추출하여 fisetin의 함량을 비교하였을 때(Fig. 2.11), 전체적으로 4가지 품종 모두 50% pretanol 추출물의 녹숙기에서 가장 많은 함량이 검출되었으며 건물중당 함량을 비교하였을 때, '설향'은  $298.5 \pm 10.6 \mu\text{g/g}$ , '매향'은  $265.5 \pm 28.2 \mu\text{g/g}$ , '아람'은  $595.6 \pm 81.7 \mu\text{g/g}$ , '홍실'은  $415.3 \pm 35.8 \mu\text{g/g}$ 으로 '아람'에서 가장 높은 함량을 보

였다. 과숙기에서 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘설향’은  $91.8 \pm 0.0 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $40.7 \pm 6.1 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $69.2 \pm 0.0 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $47.7 \pm 0.0 \mu\text{g/g}$ 으로 현저히 감소하였으며, 그중에서 ‘설향’의 함량이 가장 높았다.

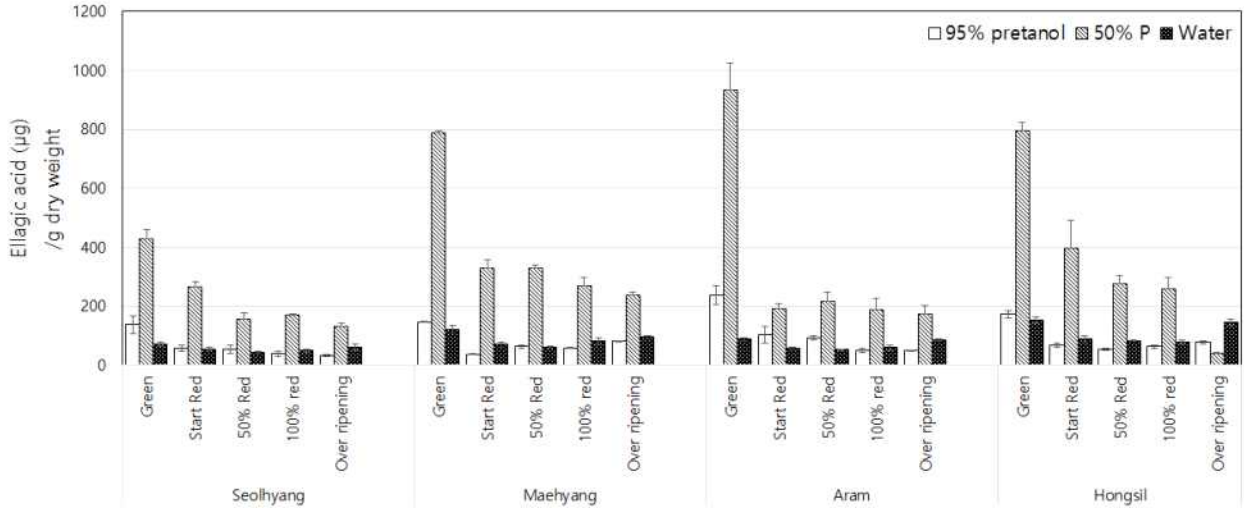


Fig. 2.10. Content of ellagic acid ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

95% pretanol 추출물의 경우 ‘설향’과 ‘아람’에서는 녹색기에 많다가 성숙이 진행됨에 따라 감소하다가 성숙 후기에 다시 증가하는 경향을 보인 반면, ‘매향’에서는 착색 시작기와 50% 착색기에서는 함량이 검출되지 않다가 100% 착색기부터 조금씩 검출되었다. ‘홍실’의 경우에는 녹색기에서 착색시작기로 가면서 약간 감소하였다가 성숙이 진행됨에 따라 그 함량을 유지하였다. 반면 물 추출물에서는 거의 검출되지 않다가 4 품종 모두 100% 착색기부터 나타나기 시작하여 과숙기에서 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘설향’은  $7.10 \pm 1.72 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $9.60 \pm 0.84 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $8.20 \pm 2.29 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $17.08 \pm 1.33 \mu\text{g/g}$ 으로 매우 적은 양이 검출되는 것을 확인하였다. Fisetin 또한 성숙이 진행됨에 따라 현저히 감소하는 경향을 보였으며, 4가지 품종 모두 유사한 경향을 보였다. 또한 앞의 ellagic acid와 유사하게 녹색기에 매우 많다가, 성숙이 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보여, 실제 우리가 식용하는 단계에서는 매우 적은 함량이 있는 것을 확인하였다. 양과에 비교적 다량 함유되어 있는 quercetin(Fig. 2.5G)은 flavonoids 화합물의 일종으로서 berry(William et al., 1999), 어성초(Hakkine et al., 1999), 두충나무(Lee et al., 2002b), 참당귀(Moon et al., 2002) 등의 식물체에 aglycon 또는 배당체의 형태로 존재하면서 건강기능성을 나타낸다고 보고되고 있다. Quercetin의 약리작용으로는 과산화지질 형성 억제작용(Cavallin et al., 1978), 항바이러스(Veckenstedt et al., 1978; Veckenstedt and Pusztai, 1981), 항균효과(Kimura and Hiromi, 1984; Han and Lee, 1989), 항돌연변이 작용(Edenhader and Tang, 1996) 및 발암물질의 활성 감소, 암세포의 효소작용 저해, 항암물질의 활성증대 및 변이 암세포의 성숙저해 작용 등 광범위한 기능성을 가진다고 보고되고 있다(Leighton et al., 1992).

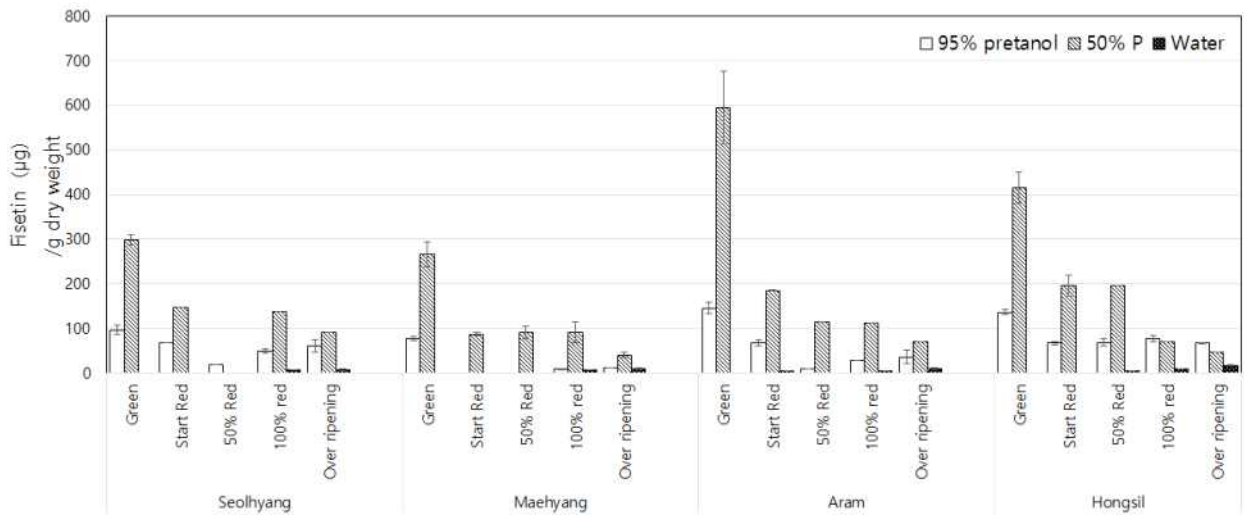


Fig. 2.11. Content of fisetin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

4가지 품종의 성숙 단계별로 3가지 용매로 추출하여 quercetin의 함량을 비교하였을 때(Fig. 2.12), 다른 생리활성 물질들에 비해 딸기에 적게 함유되어 있었으며, 전체적으로 4가지 품종 모두 95% pretanol 추출물에서 많은 함량을 보였다. ‘설향’, ‘매향’, ‘홍실’은 모두 성숙이 진행됨에 따라 약간씩 증가하는 경향을 보였으며 과숙기에서 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘설향’은  $21.1 \pm 0.2 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $20.7 \pm 0.4 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $15.6 \pm 0.9 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $20.9 \pm 0.5 \mu\text{g/g}$ 으로 ‘설향’에서 가장 높은 함량을 보였다. ‘아람’의 경우 95% pretanol 추출물에서는 다른 품종과 비슷한 경향을 보였으나, 50% pretanol 추출물은 50% 착색기에서 다소 감소하였다가 다시 증가하였으며, 물 추출물은 처음엔 발견되지 않다가, 50% 착색기 이후에서부터 함량이 나타나 과숙기로 진행될수록 증가하는 경향을 보였다.

4가지 품종의 성숙단계별로 3가지 용매로 추출하여 isoquercetin(Fig. 2.5H)의 함량을 비교하였을 때(Fig. 2.13), 전체적으로 4가지 품종 모두 95% pretanol, 50% pretanol 추출물에서 거의 유사한 함량을 보였으며 성숙이 진행됨에 따라 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다. 95% pretanol 추출물의 과숙기에서 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘설향’은  $225.4 \pm 8.4 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $387.0 \pm 0.8 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $430.5 \pm 1.3 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $179.8 \pm 0.5 \mu\text{g/g}$ 이며, 50% pretanol 추출물에서 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘설향’은  $226.7 \pm 3.7 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $394.9 \pm 7.4 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $437.5 \pm 8.9 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $180.1 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$ 으로 매우 유사하게 나타났으며, ‘아람’에서 isoquercetin이 가장 많은 것을 확인할 수 있었다.

Quercetin에 비해 딸기 내에 isoquercetin의 함량이 훨씬 많은 것을 확인하였으며, 두 가지 화합물 모두 성숙이 진행됨에 따라 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다. 특히, isoquercetin은 100% 착색기, 과숙기에서의 함량이 50% 착색기에 비해 급격히 증가하는 경향을 보였다.

Marcia et al.(2008)의 실험에서 주 플라보놀류인 quercetin 부산물의 함량은 생체중당  $1.2\text{--}4.4\text{mg}/100\text{g}$ 으로 확인하였다. 다른 실험에서는 quercetin 부산물의 함량은 생체중당  $1.81$

mg/100g으로 유사한 경향을 보였다(Francesca et al., 2014).

본 실험에서는 그보다 더 낮은 함량이 검출되었는데, 이는 quercetin 부산물을 확인한 이전 연구와 달리 본 실험에서는 quercetin과 isoquercetin의 함량을 따로 측정하였기 때문에 더 낮은 함량이 검출된 것으로 사료된다.

Cinnamic acid(Fig. 2.5I)는 계피의 주요 폴리페놀 성분으로 항산화, 항균 등과 같은 약학적 특성이 있는 화합물이다(Akaro et al., 2003; Chen et al., 2011). 또한 glycogenesis와 gluconeogenesis (Huang and Shen, 2012) 조절 기능, 당뇨가 있는 쥐에서의 인슐린 감수성(Arlt et al., 2004) 향상 기능 등 혈당조절 기능이 알려져 있다.

4가지 품종의 성숙 단계별로 3가지 용매로 추출하여 cinnamic acid의 함량을 비교하였을 때(Fig. 2.14), 전체적으로 4가지 품종 모두 물 추출물에서 가장 많은 함량을 보였으며 성숙이 진행될수록 증가하는 경향을 보였다. 특히 과숙기에서 건물중당 함량을 비교하였을 때, ‘설향’은  $4096.3 \pm 183.1 \mu\text{g/g}$ , ‘매향’은  $9497.4 \pm 0.0 \mu\text{g/g}$ , ‘아람’은  $12293.8 \pm 295.6 \mu\text{g/g}$ , ‘홍실’은  $5674.9 \pm 28.3 \mu\text{g/g}$ 으로 다른 생리활성 물질들에 비해 월등히 높은 함량을 나타내었으며, 그 중에서 ‘아람’이 가장 높은 함량을 나타내었다. 반면 95% pretanol과 50% pretanol 추출물은 대부분 과숙기에서만 발견되었다. 네 가지 품종 모두 녹색기에서는 검출되지 않다가 ‘매향’은 착색 시작기부터, ‘설향’은 50% 착색기부터, ‘아람’, ‘홍실’은 100% 착색기부터 cinnamic acid의 함량이 나타났다. 전체적으로 주로 식용하는 단계에서 많이 검출되는 것을 확인할 수 있었다.

Ehala et al.(2005)은 생체중당 완숙 딸기의 trans-cinnamic acid 함량은  $10.81 \pm 1.36 \mu\text{g/g}$ 이라고 보고하였다. 또한, Dong et al.(2004)은 trans-Cinnamic acid의 생체중당 함량은 green, white, white-red, red 단계에 따라 각각  $4.97 \pm 1.45 \mu\text{g/g}$ ,  $4.68 \pm 1.10 \mu\text{g/g}$ ,  $3.17 \pm 1.09 \mu\text{g/g}$ ,  $2.91 \pm 0.45 \mu\text{g/g}$ 으로 나타났다. 본 실험에서는 전체적으로 성숙이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보인 반면 이전의 실험에서는 감소하는 경향을 보여, 매우 다른 경향이 나타난 것을 확인하였다.

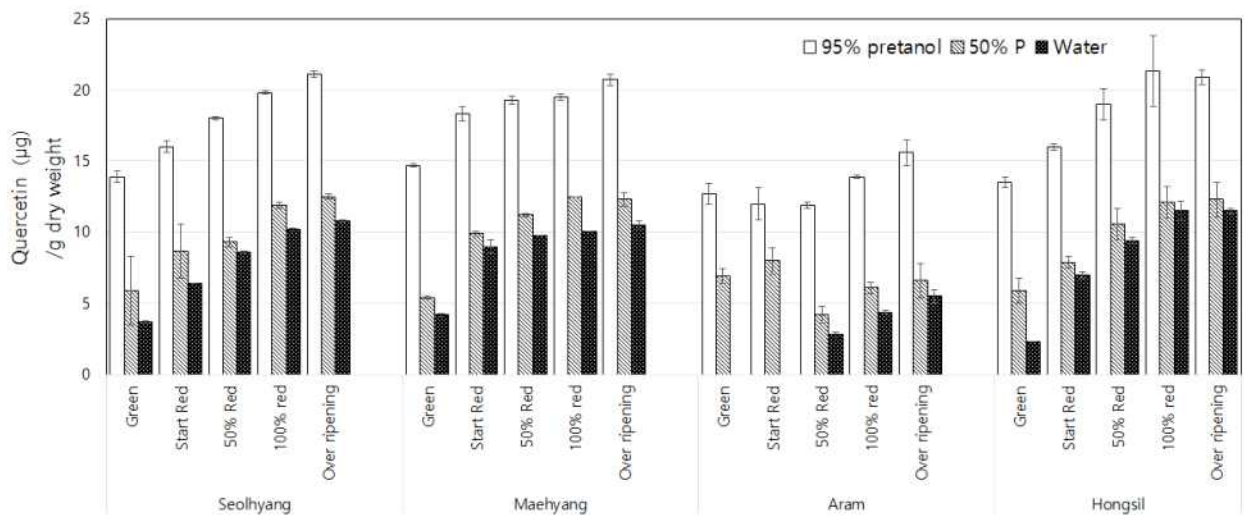


Fig. 2.12. Content of quercetin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

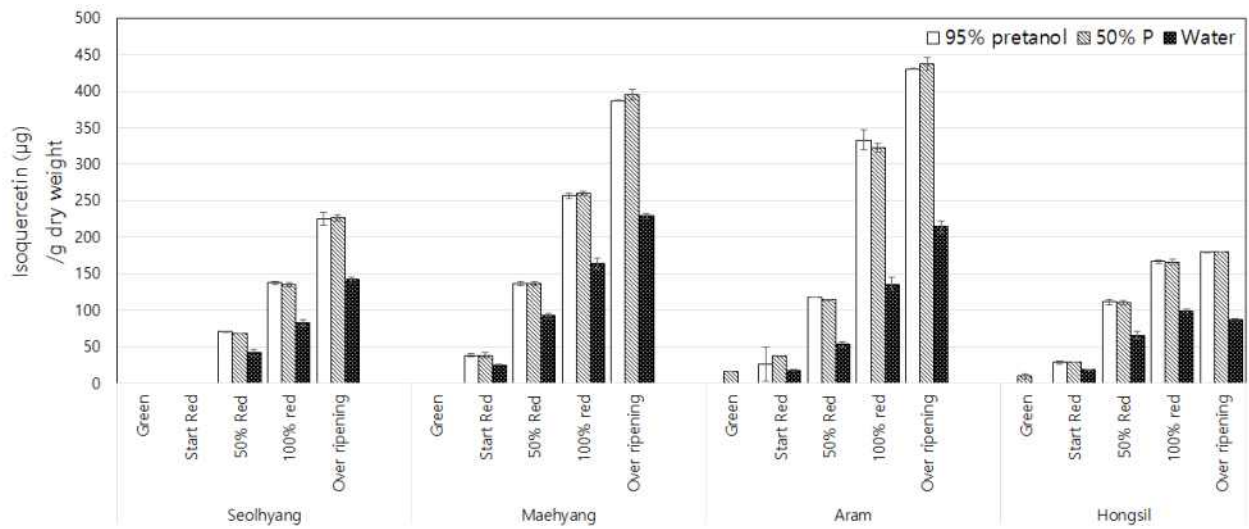


Fig. 2.13. Content of isoquercetin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

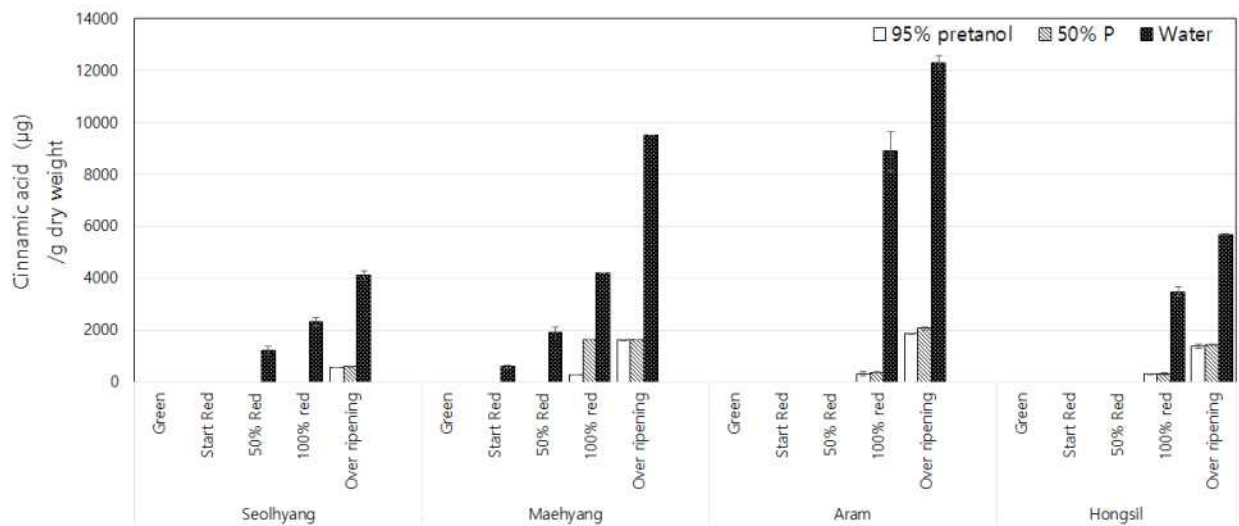


Fig. 2.14. Content of cinnamic acid ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in four strawberry fruits at 5 stages of ripening extracted with 95% pretanol, 50% pretanol and water. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

일반적으로 딸기는 과실표면이 70~80% 착색되었을 때를 수확적기로 보며, 실제 재배에서도 착색정도를 보고 수확기를 판정하고 있다. 그리하여 우리가 먹을 때는 거의 100% 착색기일 때 식용하게 된다. 따라서 우리가 식용하는 단계인 100% 착색기에서의 생리활성 성분의 함량을 품종 간 비교해보았다.

첫 번째로 95% pretanol로 추출하였을 때, 생리활성 물질을 비교한 결과(Fig. 2.15A) cinchonine의 함량이 다른 물질에 비해 높았으며, 그 중에서 '매향'의 함량이 높게 나타났다.

Callistephin은 ‘설향’이 다른 품종에 비해 약간 높게 나타났으며, 다음은 ‘홍실’, ‘매향’, ‘아람’ 순이었다. Catechin은 ‘설향’에서만 나타났다. 딸기의 주요 생리활성 물질로 알려진 ellagic acid는 4가지 품종 모두 유사한 함량을 나타냈으며, isoquercetin은 ‘아람’, ‘매향’, ‘홍실’, ‘설향’ 순이었다. Fisetin은 ‘홍실’이 가장 많았으며, ‘설향’, ‘아람’, ‘매향’ 순이었다. Quercetin과 cinnamic acid는 4가지 품종 모두 유사한 함량을 나타냈다.

다음으로 50% pretanol로 추출하였을 때, 생리활성 물질을 비교한 결과(Fig. 2.15B) 전체적인 경향은 95% pretanol 추출물과 유사하였다. 특히 epigallocatechin은 50% pretanol 추출물에서만 그 함량이 나타났으며, ‘매향’이 가장 많았고, ‘아람’과 ‘홍실’은 거의 유사하였으며, ‘설향’이 가장 낮게 나타났다. 또한 cinnamic acid에서 ‘매향’이 월등히 많은 함량을 나타냈다.

마지막으로 물로 추출하였을 때, 생리활성 물질을 비교한 결과(Fig. 2.15C) 마찬가지로 95% pretanol 추출물과 유사한 경향을 나타내었으며, 눈에 띄는 점은 cinnamic acid에서 ‘설향’의 함량이 나타났으며, ‘아람’이 다른 품종에 비해 월등히 높은 함량을 나타내었다. 다음은 ‘매향’, ‘홍실’, ‘설향’ 순이었다.

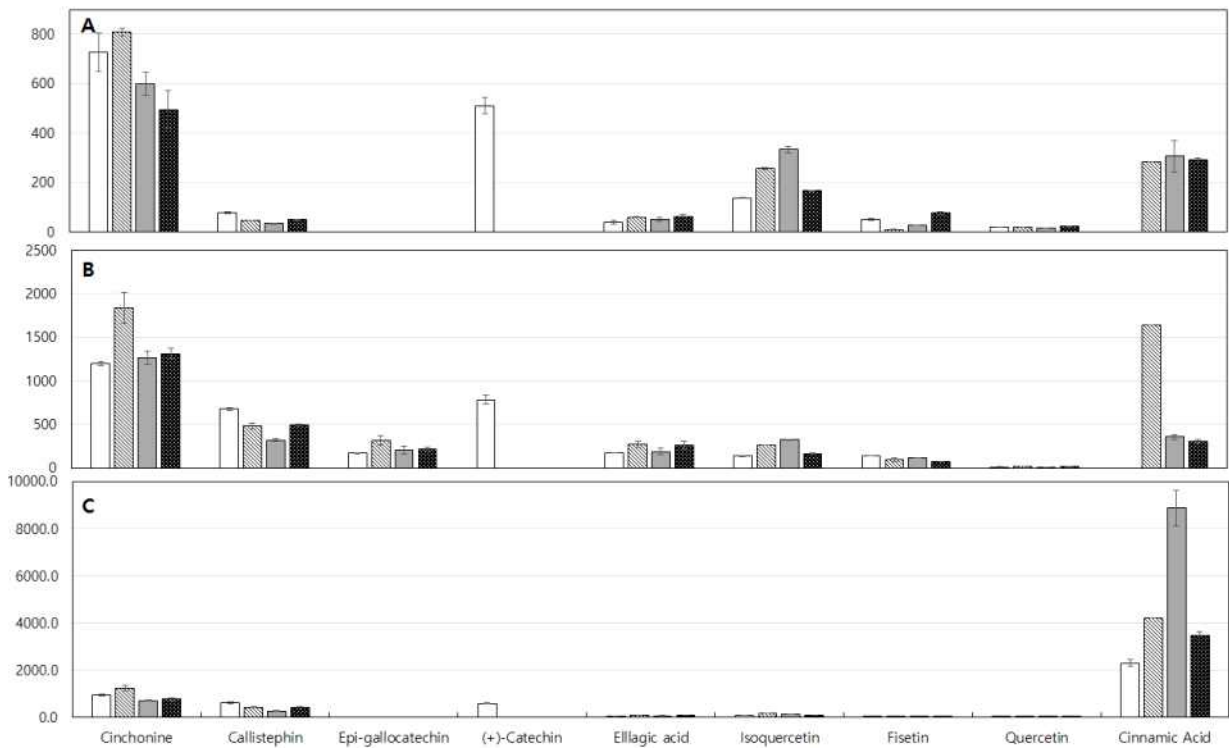


Fig. 2.15. Content of biological active compounds in strawberry fruits extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C) as affected by four cultivars at 100% red stage. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

#### (라) 성숙 단계별 추출물의 NO 소거능 비교

염증(inflammation)은 생체나 조직에 물리적 작용이나 화학적 물질, 세균 감염 등의 기질적 변화를 가져오는 침습이 가해질 때 그 손상부위를 수복, 재생하려는 기전이나(Tizard and Schubot, 2004), 지속적인 염증유발은 점막 손상을 촉진할 뿐만 아니라, 암 등의 질환도 유발

할 수 있다(Willoughby, 1975). 적절한 염증반응은 내재면역 반응을 바탕으로 적응면역 반응을 매개하여 외인적/내인적 인자로부터 생체를 보호하는 필수 불가결한 반응이나, 과도하고 부적절한 염증반응은 감염성 물질이나 산화적인 스트레스에 의해 유발될 수 있으며(Bodet et al., 2006; Fujihara et al., 2003; Muller et al., 2010), 대식세포에서 분비하는 과도한 염증성 싸이토카인, NO, PGE2 등은 인접한 여러 조직을 손상시켜 만성적인 염증반응을 유도하는 것으로 알려져 있다(Romier-Crouzet et al., 2009; Romier et al., 2008; Tanoue et al., 2008). 이렇게 과도하게 분비되는 산화 물질과 염증 물질은 세포막 지질, 단백질, DNA 등을 산화하거나 손상시켜 만성 염증성질환의 중요한 요인이 된다(Hemnani and Parihar, 1998; Tak and Firestein, 2001).

따라서 염증반응의 예방과 산화적 스트레스 완화에 도움을 줄 수 있는 항산화 물질에 대한 관심이 증가하고 있으며(Duthie and Crozier, 2000; Kris-Etherton et al., 2002; Riceevans et al., 1995), 직접적으로 ROS를 제거할 수 있는 강한 항산화 물질의 섭취는 산화적 스트레스를 감소시켜 만성적인 염증반응을 억제할 수 있는 것으로 보고되고 있다(Tak and Firestein, 2001; Widén et al., 2010).

4가지 딸기 품종을 성숙단계별로 95% pretanol, 50% pretanol, water로 추출하여 MTT assay를 한 결과(Fig. 2.18B), 95% pretanol 딸기 추출물을 10 $\mu$ g/mL 농도에서 세포 독성은 나타나지 않았다. 따라서 이 농도에서 NO 생성 억제율을 측정한 결과(Fig. 2.18A), 우리가 주로 식용하는 단계인 100% 착색기에서 비교해 보면 국내 주 재배종인 설향과 매향 품종에 비해 상대적으로 육성된 품종인 아람과 홍실 품종이 NO 생성 억제율이 더 높은 것을 알 수 있다. 또한 전체적으로 봤을 때에는 매향 품종의 50% 착색기일 때와 홍실 품종의 녹색기일 때 가장 NO 생성 억제율이 높은 것을 확인할 수 있었다. 50% pretanol 추출물과 물 추출물에서는 95% pretanol 추출물에 비해 더 높은 농도를 처리하였으나, 활성은 나타나지 않았다.

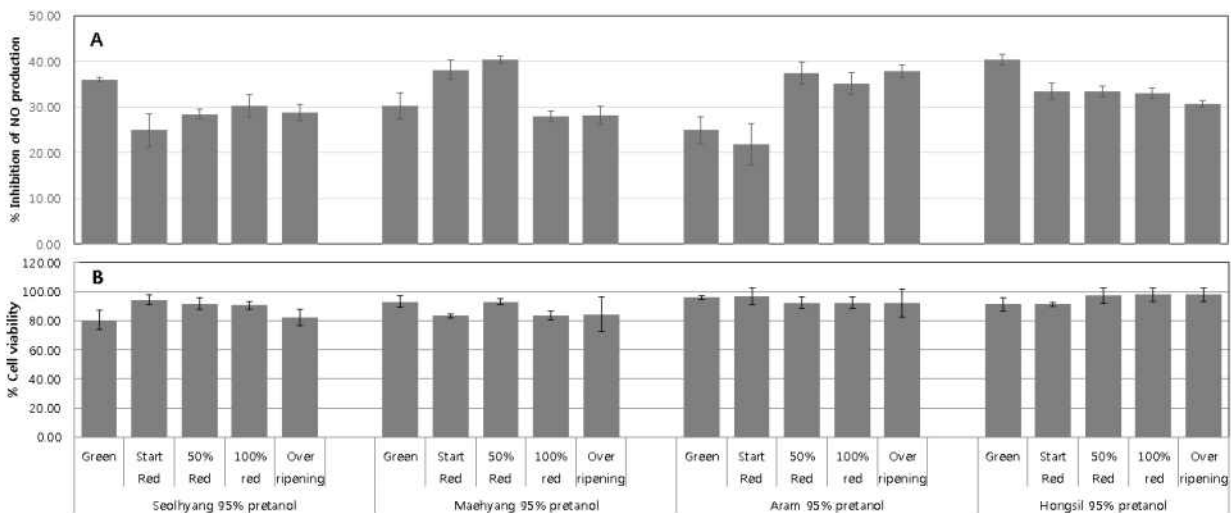


Fig. 2.16. Effect of strawberry fruits extracts from four cultivars at different ripening stages on the inhibitory LPS-induced NO production (A) and cell viability (B). Strawberries were extracted with 95% pretanol at five different ripening stages and then treated 10  $\mu$ g/mL. Each value represents the mean  $\pm$  the standard deviation (vertical bars) based on of three independent measurements.

(2) 딸기 육성 계통의 생리활성 성분 함량 분석

(가) 딸기 육성 계통의 추출 용매에 따른 추출물의 함량 비교

딸기 재배품종 6종과 육성계통 28종을 95% pretanol, 50% pretanol, 및 물로 추출하였을 때 추출물의 수율을 비교한 결과는 Fig. 2.17에서 보는 바와 같다. 전체적으로 95% pretanol보다는 물로 추출하였을 때에 추출 수율이 증가하여 극성이 높을수록 추출율이 증가하는 경향을 보였다. 재배품종 중에서는 ‘아람’이 95% pretanol에서 91.6%, 50% pretanol에서 86.4%, 물 추출물에서 90.5%로 세 가지 용매 모두에서 가장 높은 수율을 보였다. 육성계통 중에서는 95% pretanol 추출물에서는 SB-20이 91.3%로 아람 품종과 유사하게 높은 추출수율을 보였고, 다음은, SB-8이 79.7% 이었다. 50% pretanol 추출물에서는 SB-26(86.6%), SB-27(86.2%), SB-20(86.0%), SB-18(85.9%)이 유사한 수율을 보였다. 물 추출물에서는 SB-7이 93.1%, SB-20이 93.4%로 기존의 ‘아람’보다 훨씬 더 높은 수율을 보였다. 세 가지 용매를 종합해봤을 때 전체적으로 SB-20 계통이 가장 높은 수율을 보였다.

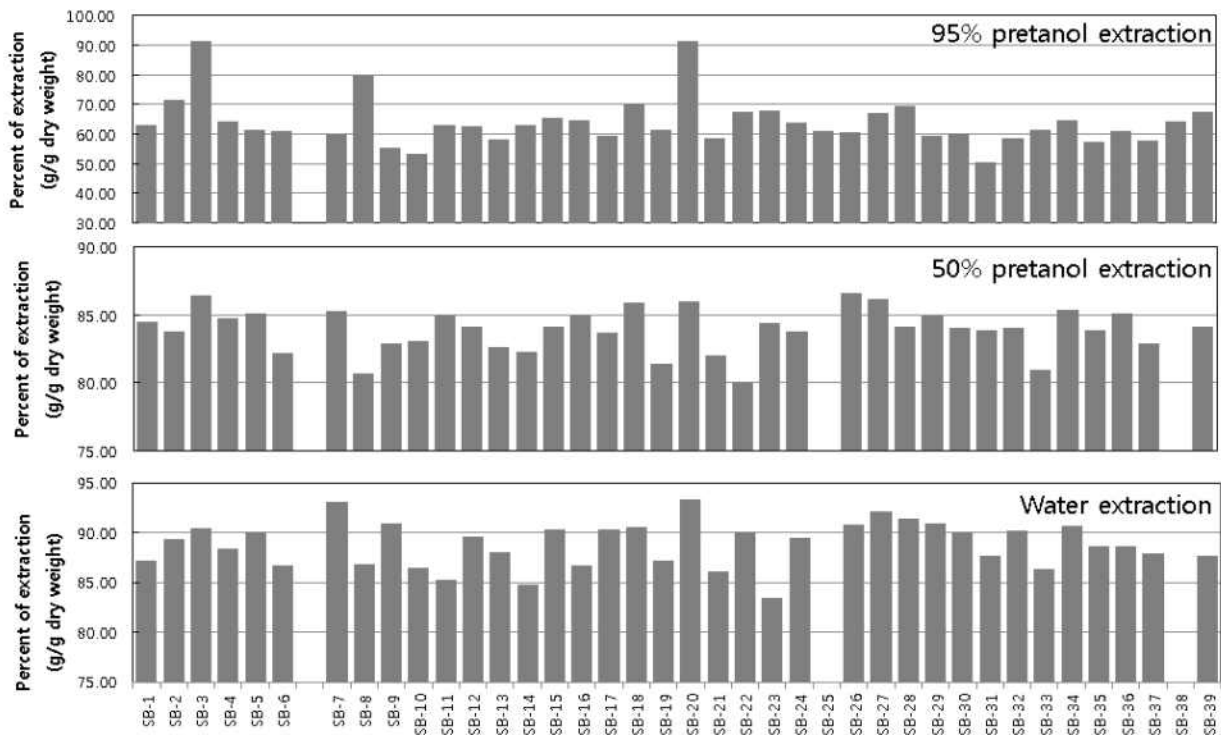


Fig. 2.17. Percent extracts as affected by cultivars, and extracting solvents.

(나) 딸기 육성 계통의 추출 용매에 따른 생리활성 성분 함량 비교

6종의 재배품종과 28종의 육성계통을 95% pretanol, 50% pretanol, 물로 추출한 추출물의 건물중당 cinchonine의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.18), 95% pretanol 추출물에서 SB-8은  $1116.95 \pm 17.95 \mu\text{g/g}$ , SB-19은  $1039.41 \pm 44.98 \mu\text{g/g}$ , SB-26은  $1033.83 \pm 52.52 \mu\text{g/g}$ 으로 기존 품종에 비해 많은 경향을 보였다. 50% pretanol 추출물은 SB-11이  $6519.58 \pm 302.19 \mu\text{g/g}$ 으로 다른 계통들에 비해 월등이 많았으며, 물 추출물은 SB-14 계통이  $1481.08 \pm 228.27 \mu\text{g/g}$ 으로 높게 나타났다. 전체적으로 50% pretanol 추출물이 95% pretanol과 물 추출물에 비해 많은



함량을 보였다.

건물중당 추출용매에 따른 callistephin의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.19), 95% pretanol, 50% pretanol, 물 추출물 모두 비슷한 함량을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 그 중에서 특히 SB-11 계통은 95% pretanol 추출물에서  $1210.98 \pm 35.89 \mu\text{g/g}$ , 50% pretanol 추출물에서  $1302.53 \pm 60.37 \mu\text{g/g}$ , 물 추출물에서  $1079.45 \pm 33.75 \mu\text{g/g}$ 으로 세 가지 추출물 모두에서 기존의 재배품종 및 다른 육성 계통에 비해 월등히 많은 함량을 보였다.

건물중당 추출용매에 따른 (+)-catechin의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.20), 대부분 50% pretanol 추출물에서 많은 함량을 보였으며, 재배종인 '설향', '아람', '홍실' 및 육성종인 SB-8, SB-10, SB-12, SB-21은 다른 계통들에 비해 95% pretanol 추출물에서도 검출되었다.

특히, SB-21 계통이 95% pretanol과 50% pretanol 추출물에서 각각  $875.89 \pm 13.76 \mu\text{g/g}$ ,  $1038.97 \pm 421.27 \mu\text{g/g}$ 으로 기존의 재배품종과 다른 육성 계통에 비해 (+)-catechin의 함량이 많은 것을 확인할 수 있었다. 반면 물 추출물에서는 검출되지 않았다.

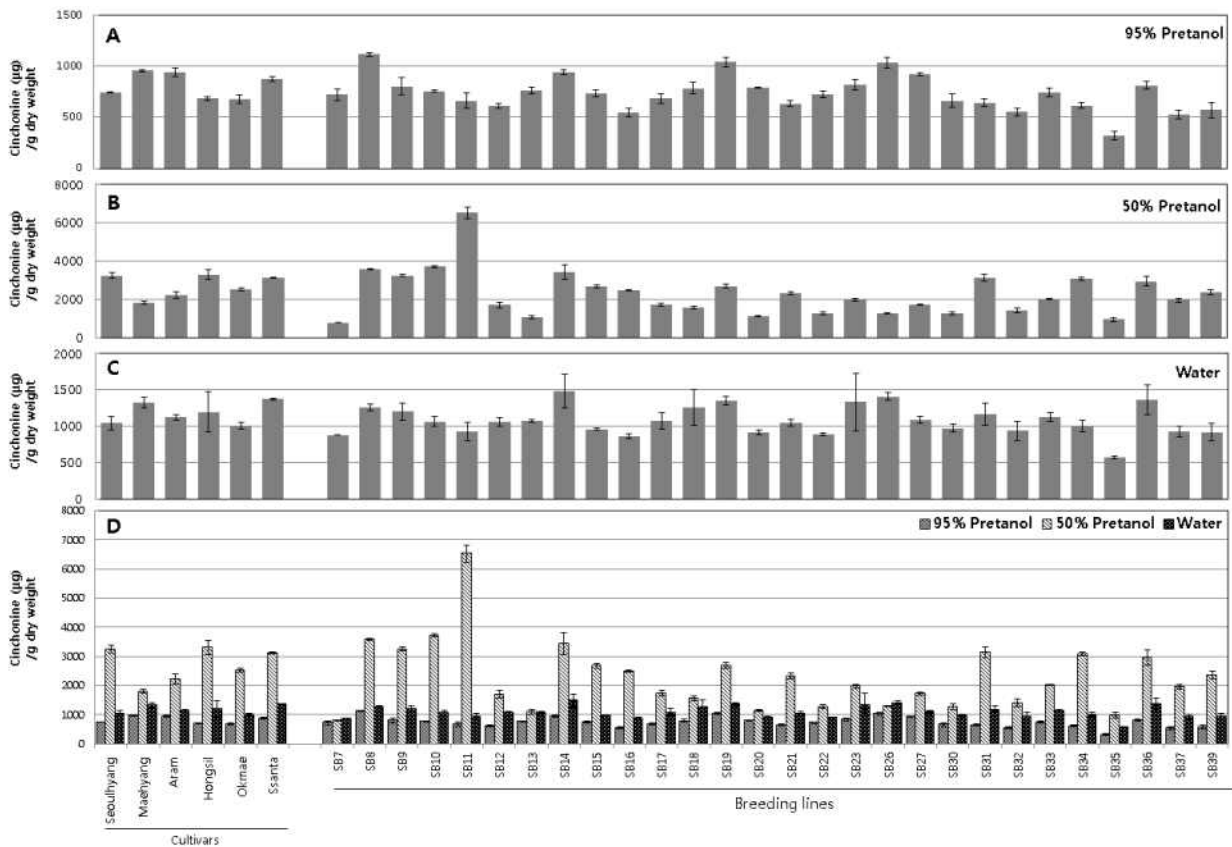


Fig. 2.18. Content of cinchonine ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C), and the extracts of three different solvents were compared (D). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

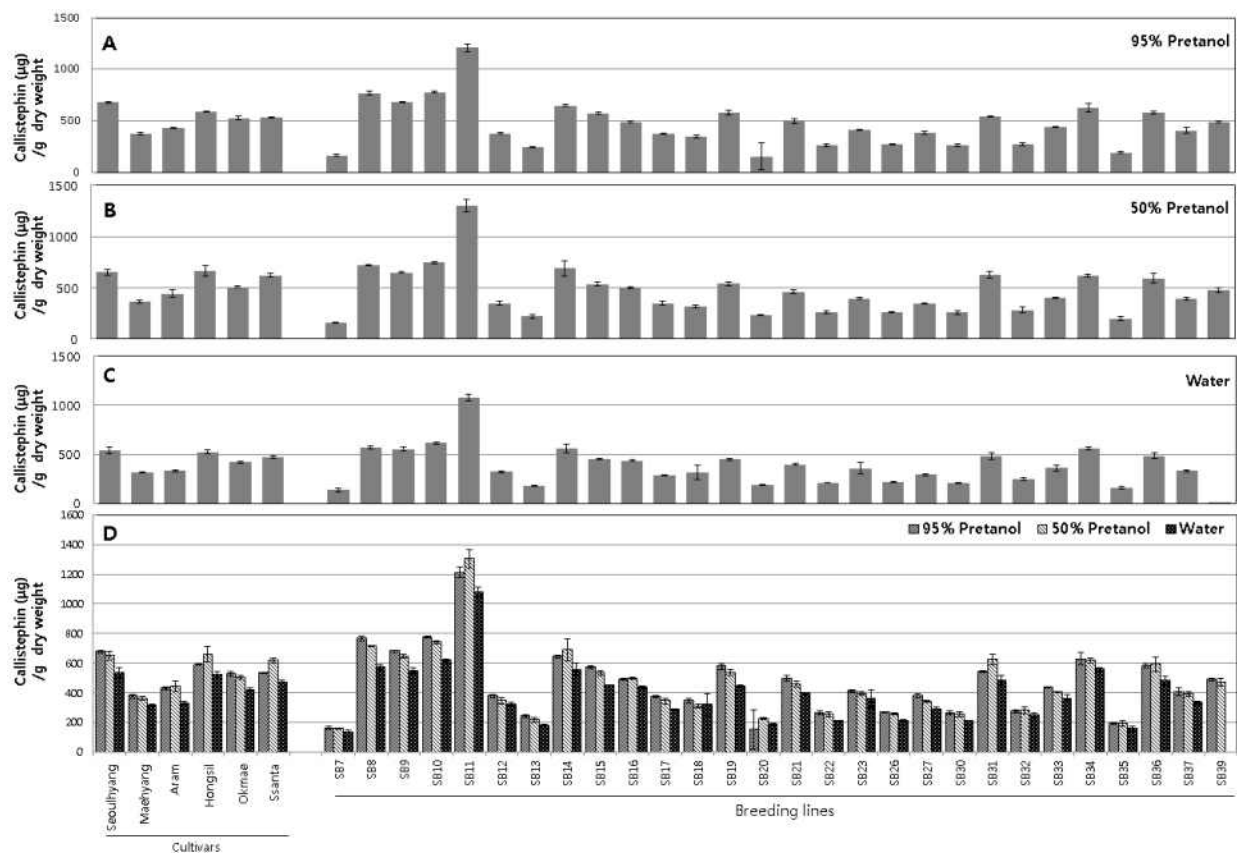


Fig. 2.19. Content of callistephin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C), and the extracts of three different solvents were compared (D). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

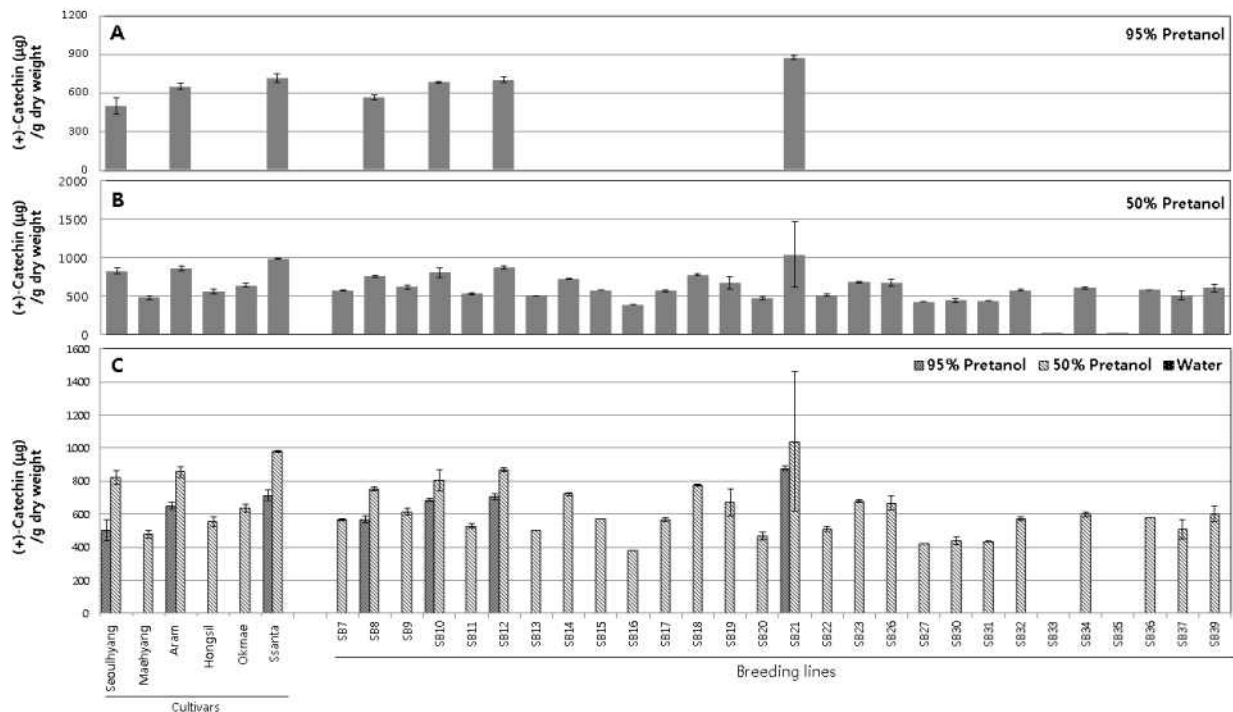


Fig. 2.20. Content of (+)-catechin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B) and the extracts of three different solvents were compared (C). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

건물중당 추출용매에 따른 ellagic acid의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.21), 95% pretanol 추출물은 SB-18 계통이  $125.15 \pm 24.7 \mu\text{g/g}$ 로 많았고, 50% pretanol 추출물에서는 SB-11 계통이  $369.27 \pm 24.01 \mu\text{g/g}$ , 그리고 물 추출물에서는 SB-8 계통이  $180.01 \pm 18.71 \mu\text{g/g}$ 으로 많은 함량을 나타내었다. 6가지 품종 및 28가지 계통 모두 50% pretanol 추출물에서 많은 함량을 보이는 것으로 나타났다.

건물중당 추출용매에 따른 fisetin의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.22), 95% pretanol 추출물에서 SB-19 계통은  $56.33 \pm 9.78 \mu\text{g/g}$ 으로 많았으며, 50% pretanol 추출물에서는 ‘홍실’이  $191.98 \pm 5.32 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많았다. 또한 육성 계통 중에서는 ‘홍실’보다 더 많은 함량을 나타내는 계통은 없었으나, 그 중에서 SB-34 계통이  $181 \pm 10.37 \mu\text{g/g}$ 으로 유사한 함량을 보였다. 물 추출물에서는 SB-8 계통이  $351.38 \pm 3.21 \mu\text{g/g}$ 으로 기존의 재배품종 및 육성 계통들 중 월등히 많은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 추출용매에 따른 함량은 대부분 50% pretanol 추출물에서 많았으며, 기존의 재배품종인 ‘옥매’와 육성종인 SB-8, SB-12, SB-14, SB-15, SB-22, SB-30은 물 추출물에서 함량이 더 많았다. 또한 95% pretanol 추출물은 50% pretanol과 물 추출물보다는 함량이 매우 적은 경향이였다.

건물중당 추출용매에 따른 quercetin의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.23), SB-19 계통이 95% pretanol 추출물에서  $22.27 \pm 1.18 \mu\text{g/g}$ , 50% pretanol 추출물에서  $15.9 \pm 1.36 \mu\text{g/g}$ , 물 추출물에서  $11.34 \pm 0.17 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, SB-10( $20.28 \pm 0.19$ ,  $15.56 \pm 1.12$ ,  $10.43 \pm 0.19 \mu\text{g/g}$ ), SB-14( $20.98 \pm 0.04$ ,  $15.15 \pm 1.24$ ,  $11.10 \pm 0.12 \mu\text{g/g}$ ), SB-21( $20.33 \pm 0.24$ ,  $14.61 \pm 1.9$ ,  $10.50 \pm 0.07 \mu\text{g/g}$ ) 계통이 95% pretanol, 50% pretanol, 물 추출물에서 그 다음으

로 높은 함량을 나타내었다. 전체적으로 SB-33, SB-34, SB-35, SB-36, SB-37 계통들을 제외하고는 95% pretanol 추출물에서 높은 함량을 나타내었다.

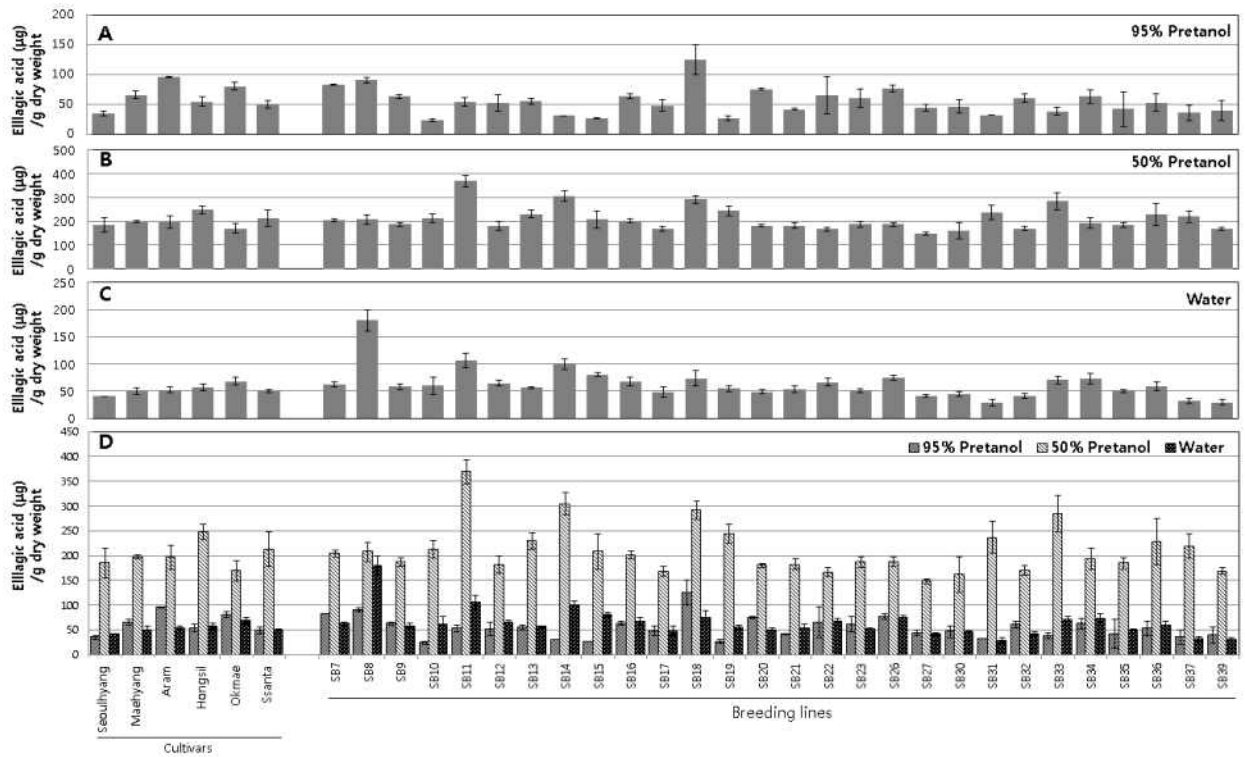


Fig. 2.21. Content of ellagic acid (µg/g dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C), and the extracts of three different solvents were compared (D). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

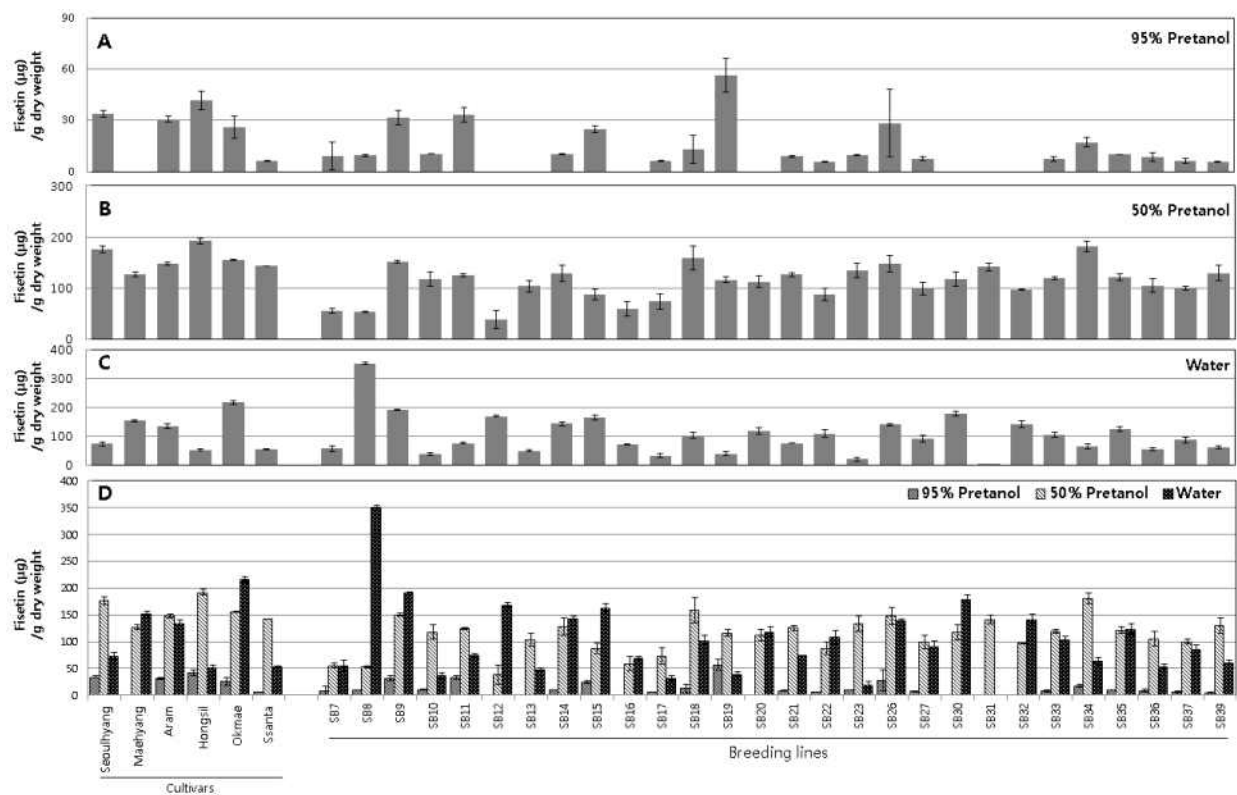


Fig. 2.22. Content of fisetin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C), and the extracts of three different solvents were compared (D). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

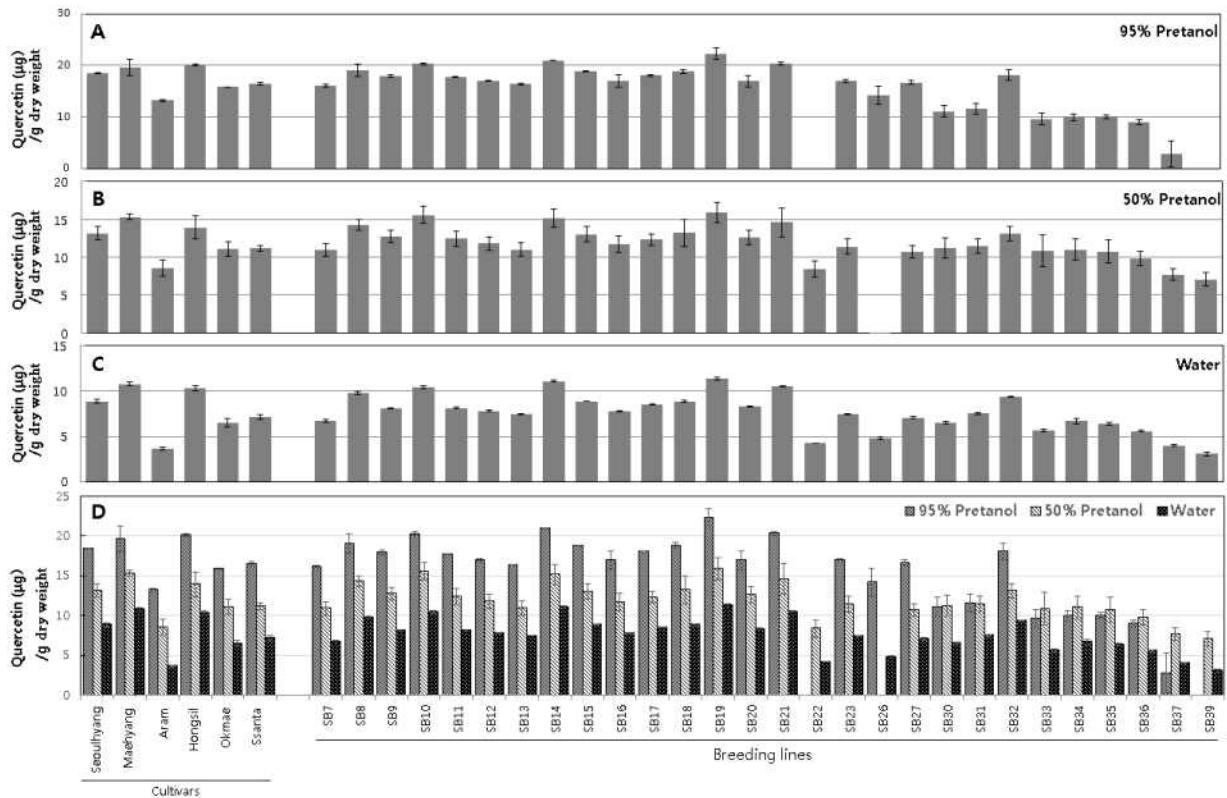


Fig. 2.23. Content of quercetin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C), and the extracts of three different solvents were compared (D). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

건물중당 추출용매에 따른 isoquercetin의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.24), 모든 품종 및 계통에서 95% pretanol, 50% pretanol 추출물에서 거의 동일하게 함량을 나타내었다. 그 중에서 SB-8 계통이 95% pretanol 추출물에서  $611.72 \pm 9.43 \mu\text{g/g}$ , 50% pretanol 추출물에서  $607.43 \pm 4.26 \mu\text{g/g}$ 으로 많은 함량을 나타내었다. 반면 물 추출물에서는 검출되지 않았다.

건물중당 추출용매에 따른 cinnamic acid의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.25), 95% pretanol 추출물에서는 SB-32 계통이  $615.89 \pm 56.55 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많은 함량을 보였으며, SB-7( $577.14 \pm 50.7 \mu\text{g/g}$ ), SB-8( $585.33 \pm 14.54 \mu\text{g/g}$ ), SB-9( $567.63 \pm 22.85 \mu\text{g/g}$ ) 계통이 다음으로 많은 함량을 보였다. 50% pretanol 추출물에서는 SB-7이  $653.93 \pm 53.97 \mu\text{g/g}$ , SB-8이  $680.04 \pm 17.89 \mu\text{g/g}$ , SB-9이  $590.4 \pm 26.66 \mu\text{g/g}$ 으로 높은 함량을 보였다. 물 추출물에서는 '아람'이  $12222.97 \pm 776.95 \mu\text{g/g}$ 으로 다른 품종과 계통에 비해서 월등히 높은 함량을 보였으며, 계통 중에서는 SB-8이  $11750.50 \pm 798.19 \mu\text{g/g}$ 으로 유사한 경향을 나타내었다. 전체적으로 water 추출물에서 많은 함량이 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 95% pretanol과 50% pretanol 추출물에서는 유사한 경향으로 물 추출물에 비해 소량 발견되었다.

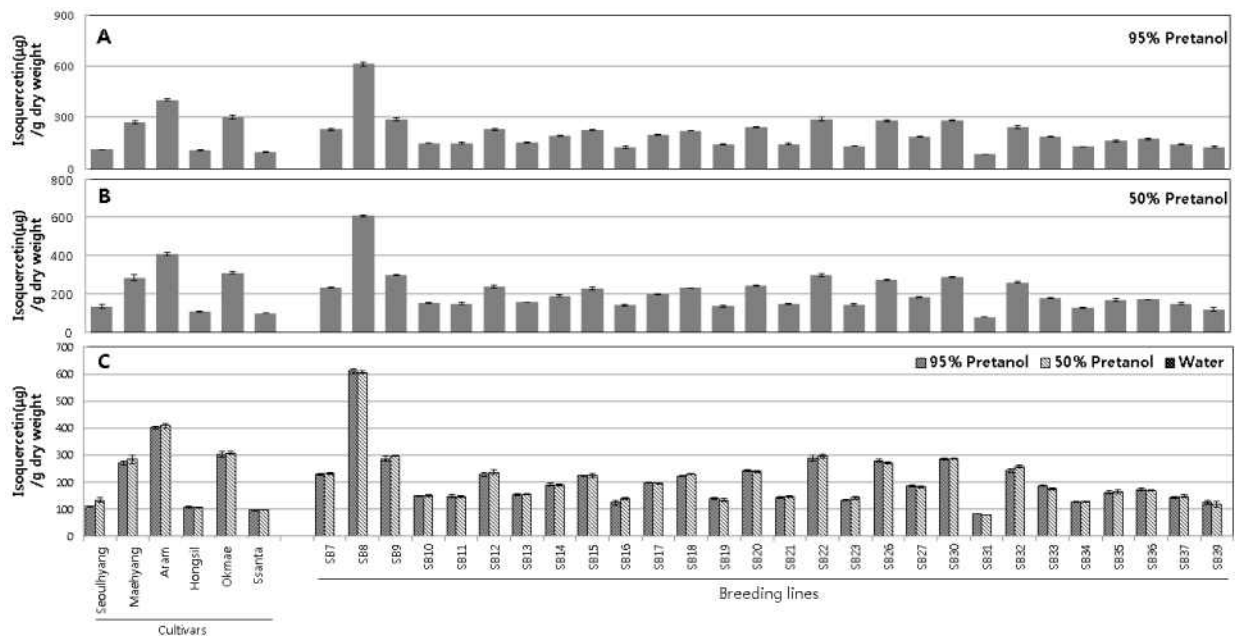


Fig. 2.24. Content of isoquercetin ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B) and the extracts of three different solvents were compared (C). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

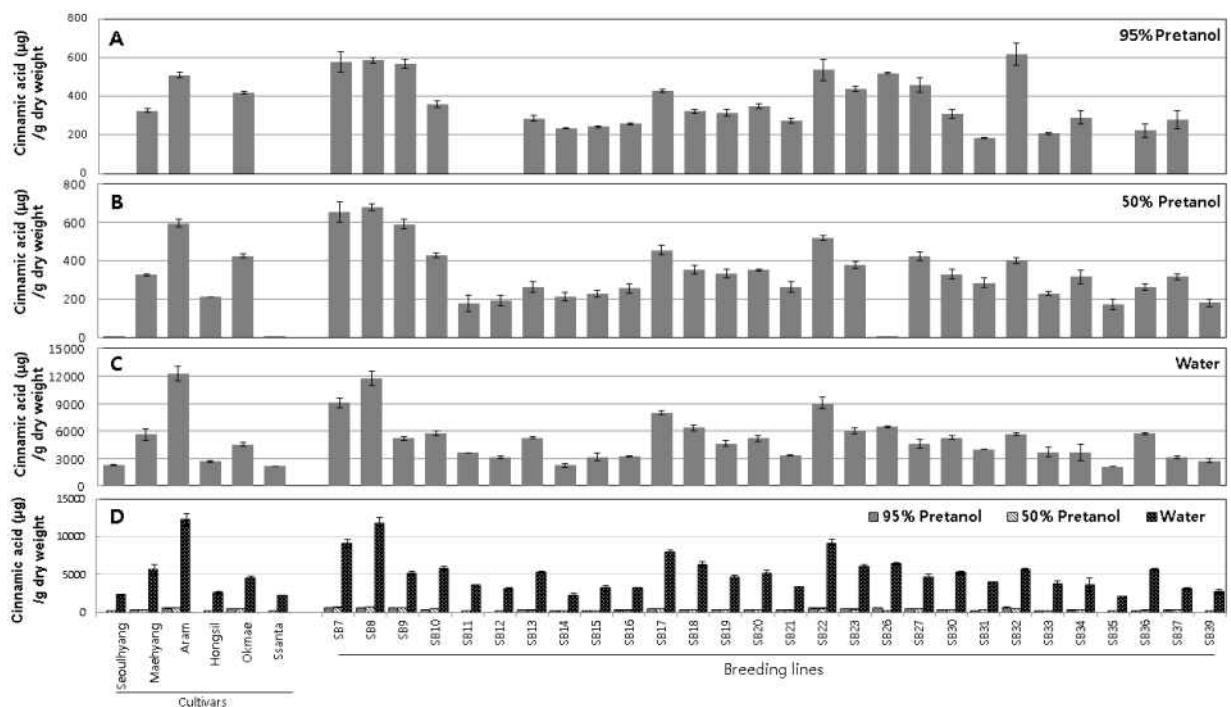


Fig. 2.25. Content of cinnamic acid ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B), water (C), and the extracts of three different solvents were compared (D). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

Kaempferol(Fig. 2.5J)는 피토에스트로젠으로 가장 일반적인 식이 플라보노이드 중 하나이며(Olszewska, 2008), 플라보노이드가 풍부한 음식과 음료의 섭취는 다양한 신경계 장애와 연관된 신경계퇴행을 억제하고 뇌의 퇴화를 억제하거나 방지한다(Spencer, 2010). 馬牙木屬(마가목속)(Olszewska, 2008), 紅花(홍화)(Yu et al., 2013), 靑黛(청대)(Oh et al., 2013), 山養蔘(산양삼)(Kim et al., 2012), 菟絲子(토사자)(Lin et al., 2011) 등에 함유되어 있는 플라보노이드 성분중 하나이다. Kaempferol의 실험적 연구에서 알레르기성 천식 생쥐(Gong et al., 2012), lipopolysaccharide(LPS)로 유도된 유선염 생쥐(Cao et al., 2014), 텍스트란 황산나트륨으로 유도된 궤양성 대장염 생쥐(Park et al., 2012) 및 카라기난을 이용한 air pouch model 쥐에서(Mahat et al., 2010) 항염증 효과가 있다고 보고되었다.

6가지 품종과 28가지 육성중인 계통을 95% pretanol, 50% pretanol, 물로 추출한 추출물의 kaempferol의 함량을 비교한 결과(Fig. 2.26), 대부분 95% pretanol과 50% pretanol 추출물에서 그 함량이 나타났으며, 95% pretanol 추출물이 조금 더 많은 함량을 나타내었다. 반면 물 추출물에서는 관찰되지 않았다. 또한 함량이 나타났던 95% pretanol과 50% pretanol 각각에서 계통의 비교를 하였을 때, 95% pretanol, 50% pretanol 추출물 모두 SB-31 계통이 각각  $12.18 \pm 1.61 \mu\text{g/g}$ ,  $11.44 \pm 1.36 \mu\text{g/g}$ 으로 높은 함량을 나타내었다.

Dong et al. (2004)은 kaempferol의 생체중당 함량은 green, white, white-red, red 단계에 따라 각각  $5.16 \pm 1.15 \mu\text{g/g}$ ,  $4.54 \pm 1.23 \mu\text{g/g}$ ,  $4.96 \pm 0.80 \mu\text{g/g}$ ,  $2.94 \pm 1.38 \mu\text{g/g}$ 으로 나타났다. 또한, Häkkinen and Törrönen (2000)의 결과에서는 완숙기 딸기 과실의 kaempferol의 생체중당 함량은 2.0–9.0 $\mu\text{g/g}$ 이라 보고하였다. 이는 본 실험 결과에 비해 다소 적게 나왔으며, 새로운 계통의 kaempferol 함량이 높은 경향을 보이는 것을 확인하였다.

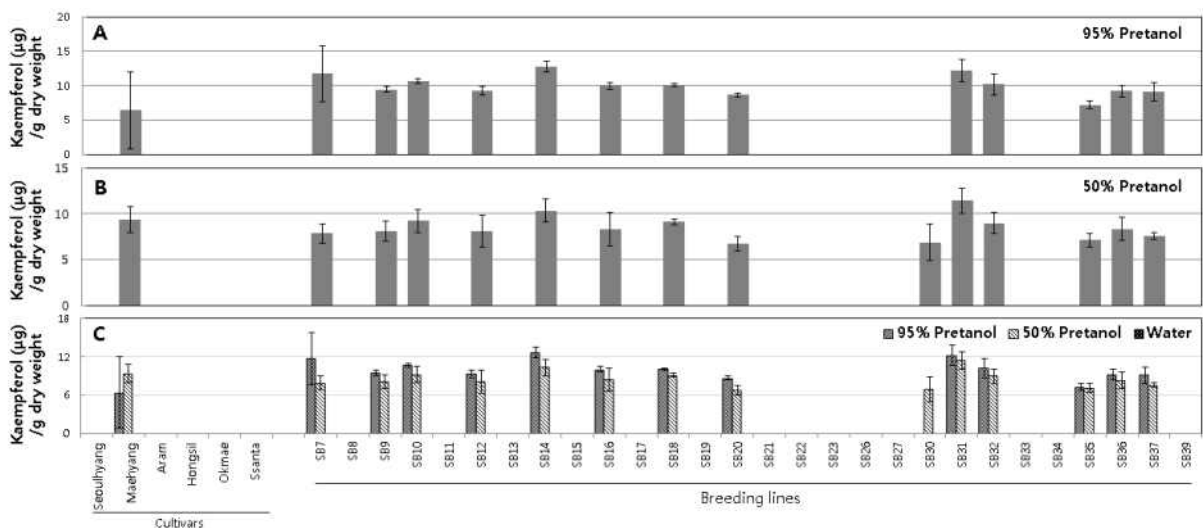


Fig. 2.26. Content of kaempferol ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in 34 strawberry genotypes extracted with 95% pretanol (A), 50% pretanol (B) and the extracts of three different solvents were compared (C). Results are presented as means  $\pm$  SD based on three independent samples.

#### (다) 딸기품종 및 육성계통의 NO 소거능 비교

6가지 품종과 28가지 육성중인 계통 즉 총 34가지 시료를 95% pretanol 로 추출하여 그 추



추출물을 30 $\mu$ g/g 처리하여 NO 생성억제율을 측정된 결과(Fig. 2.27), 세포독성은 거의 나타나지 않았다. NO 소거능은 전체적으로 SB-6인 신타품종이 가장 높은 활성을 보였으며, 육성 계통 중에서는 SB-12, SB-30 계통이 다음으로 높은 활성을 보였다. 50% pretanol 추출물과 물 추출물에서는 95% pretanol 추출물에 비해 더 높은 농도를 처리하였으나, 활성은 나타나지 않았다.

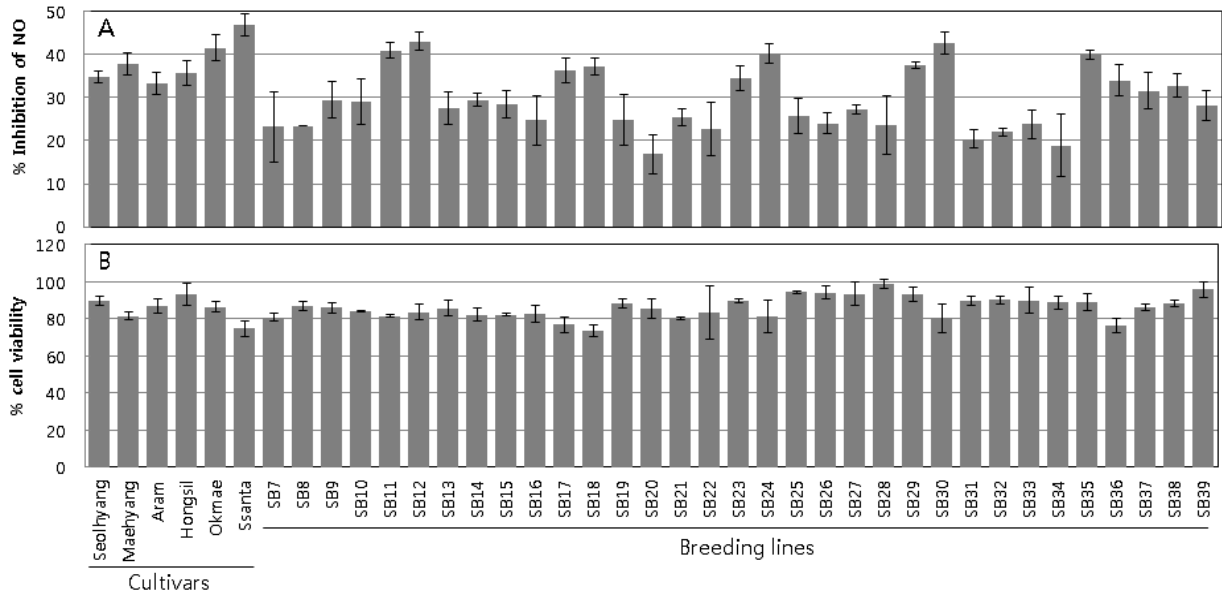


Fig. 2.27. Inhibitory effect of 34 strawberry genotypes extracts on the inhibitory LPS-induced NO production (A) and cell viability (B). Strawberries were extracted with 95% pretanol and treated 30  $\mu$ g/mL.

이상의 결과들을 종합해보면, 생리활성 성분의 함량은 품종, 성숙시기 및 추출용매에 따라서 그 함량에 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 딸기의 주요 생리활성 성분으로 알려진 ellagic acid는 전체적으로 성숙 초기인 녹숙기에 그 함량이 가장 많았으며, 성숙이 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 또한 50% pretanol 추출물에서 월등히 높은 함량을 나타냈다.

또한, cinchonine, cinnamic acid, catechin은 다른 생리활성 물질에 비해 조금 더 높은 함량을 보였으며, 95% pretanol 추출물에서는 성숙에 따라 증가하는 경향을, 50% pretanol 추출물에서는 녹숙기에 많다가 성숙에 따라 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 물 추출물에서도 50% pretanol 추출물과 유사한 경향을 보였다. 특히 cinnamic acid의 함량은 95% pretanol 추출물에서 신타를 제외한 매향, 아람, 홍실 품종에서 100% 착색기 이후 함량이 급격히 증가하였으며, 물 추출물에서도 4가지 품종모두 100% 착색기 이후 급격히 증가하였으며, 특히 아람 품종은 전체 시료의 1%를 차지할 정도로 많은 함량을 보였다.

육성중인 28계통을 95% pretanol, 50% pretanol, 물로 추출하여 생리활성 물질의 함량을 비교하였을 때는 용매에 따라서 계통간의 차이가 나타났지만 그 중에서도 SB-8, SB-11, SB-19, SB-36 계통이 세 가지 용매로 추출하였을 때 전체적으로 높은 함량을 보였다. 육성 중인 계통에서의 생리활성 물질의 함량 비교는 육성계통이 품종화하는데 활용할 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것이라 생각한다. 딸기의 품종을 육성하는데 있어서 당도와 유기산, 경도

등 다양한 것이 고려되지만, 생리활성 성분의 함량 또한 현대인의 많은 질병을 예방하는데 도움이 될 수 있을 것이라 생각한다.

또한 일부 품종의 추출물의 생리활성 성분의 함량이 녹숙기에서 과숙기에 비해 높았던 것을 확인할 수 있었는데, 베리류인 복분자, 블랙 라즈베리 등도 녹숙기의 생리활성들이 보고되고 있다. 따라서 이들을 식용이 아닌 생리활성 성분을 이용하는 방면으로 개발하여 새로운 부가가치의 창출의 기회가 될 수 있을 것이라 생각된다. 또한 높은 함량의 생리활성 성분을 가진 딸기를 선택하는데 이용될 수 있을 것이다.

## 2-2. 목적 대사체 접근분석에 의한 딸기의 주요생리활성 성분 분석

### 가. 실험 목적

본 연구는 딸기 과실에서 생리활성물질을 추출하기 위한 최상의 용매를 규명하였다. 또한 다양한 딸기 품종 및 육종 계통에서 딸기의 생육과 품질에 기여하는 표적화된 생리활성물질의 변화를 조사하였고, 성숙기간 중 표적화된 생리활성물질의 변화를 분석하였다.

### 나. 재료 및 방법

공시재료 및 실험방법은 실험 2-1의 조사방법에 준하여 실시하였다.

모든 분석은 3반복 실험의 결과를 분석하였다. 모든 데이터는 샘플 간의 차이를 증명하기 위하여 주성분 분석(PCA)과 계층적 군집화(HCL) 분석을 하였다. 익음 단계와 품종 간의 관계를 증명하기 위하여 주성분 분석은 ClustVis web tool (Metsalu and Vilo, 2017)을 사용하였다. 딸기 생리활성 성분의 추출 용매와 품종의 특성은 MetaboAnalyst (<http://www.metaboanalyst.ca/>; Xia et al., 2015)를 이용하여 분석하였다. 생리활성물질과 품종 및 육성계통 간의 통계적인 차이는 Dunnett's multiple comparison에 의한 one-way ANOVA분석을 하였다.

### 다. 결과 및 고찰

#### (1) 딸기 익음과정 중의 생리활성 성분 분석

본 실험에서는 목표 대사체 접근법을 이용하여 재배종과 육성계통 딸기에 대하여 14종의 주요 생리활성물질의 함량을 비교하였다. 생리활성물질의 분석을 위하여 독성이 없는 에탄올을 용매로 사용하여 추출하였으며, 추출물을 향산화와 HPLC분석에 사용하였다 (Fig. 2.28A). 3종의 용매를 이용하여 딸기성숙 단계를 5단계로 분류하여서 국내 주요 품종인 '설향', '매양', '아랑', '홍실'의 표적 대사체를 추출하였다 (Fig. 2.28B). 익음 단계 중에 3가지 용매에서 관측되지 않은 cyanidin-3-glucoside, chlorogenic acid 및 p-coumaric acid를 제외한 14종의 생리활성물질들이 성공적으로 확인되었다 (Fig. 2.28C). 안토시아닌(callistephin and pelargonidin), 알칼로이드(cinchonine), 플라보놀 (fisetin, quercetin, kaempferol, and isoquercetin), 카테킨 [(+)-catechin and epi-gallocatechin], 이랄지탄닌 (ellagic acid) 및 리그난 등의 11종의 대사산물이 함유되어 있었다.

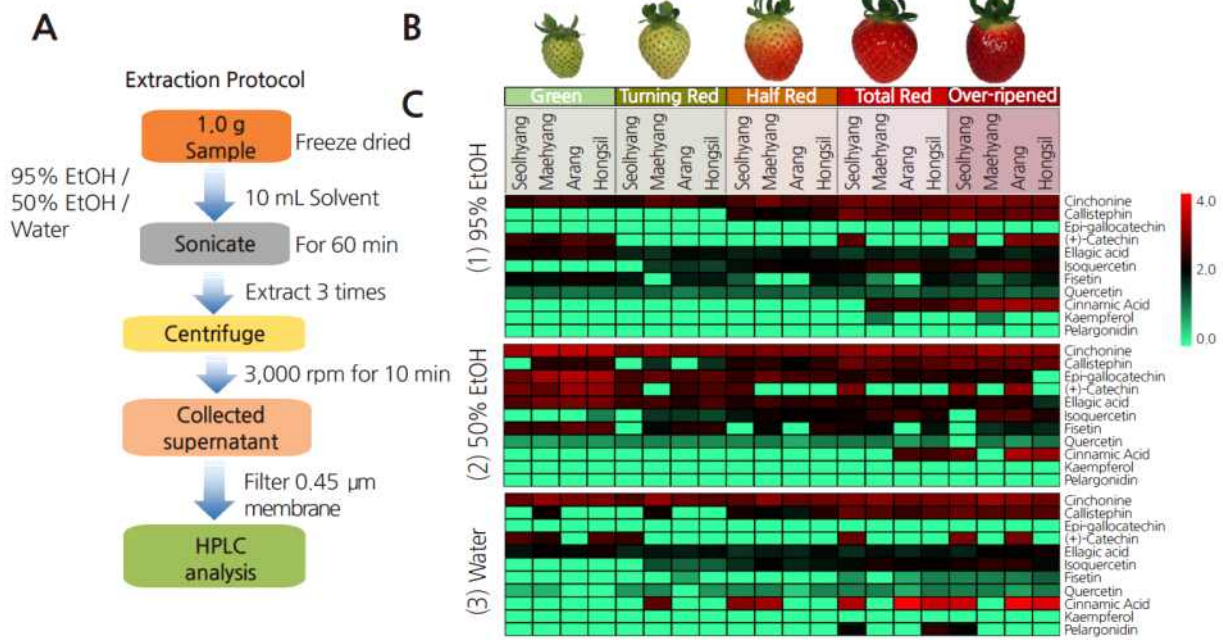


Fig. 2.28. Targeted bioactive compound extraction and abundance from different ripening stages of strawberry fruits. (A) Flow chart showing the extraction protocol for HPLC analysis. (B) Five different ripening stages of strawberry fruit. (C) Heat maps showing the relative levels of bioactive compounds (log<sub>10</sub> scale) found in fruits of four cultivars during their ripening stages. Extractions with (1) 95% EtOH, (2) 50% EtOH and (3) water are shown in separate heat maps.

## (2) 추출 용매의 효과

극성이 다른 3가지 용매 추출물에 대한 대사산물의 함량을 비교한 결과 주요성분들의 양적 및 질적 차이를 나타냈다. 과일의 성숙 과정 중에 4종의 우리나라 주요 품종에 대한 벤 다이어그램 분석 결과, 8종의 화합물이 모든 추출에 공통으로 함유되어 있었다(Fig. 2.29A). Kaempferol은 '매향' 품종에서는 95% EtOH로 추출되었으며, epi-gallocatechin은 G 및 TR 단계에서 '설향'을 제외한 모든 품종의 50% EtOH 추출물에서 검출되었다(Fig. 2.29B). Pelargonidin은 완전히 익은 '설향'과 '매향'의 물 추출물에서만 검출되었다(Fig. 2.28C). Isoquercetin과 cinnamic acid는 익지 않는 G단계의 과일에서 검출되지 않았으며, 성숙 단계에만 축적되어서, 이들 화합물이 성숙한 과일의 과일 품질 및 풍미에 기여하고 있음을 알 수 있었다.

50% EtOH 추출물은 거의 모든 성숙 단계에서 95% EtOH 및 물 추출물보다 생리활성 성분의 함량이 더 많았다. 이러한 결과는 딸기 과일로부터 이들 표적대사체 화합물의 추출용매로서 50% EtOH이 가장 적당한 용매로 판단되었다.

PCA분석 결과 용매의 종류, 성숙 단계 및 품종에 따라서 생리활성물질의 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2.29C). X축과 Y축은 주성분 1과 2를 보여 주었으며, 각각 분산의 27.9%와 22.6%이었다. PCA분석에서 물과 95% EtOH 추출물의 화합물은 서로 중복되는 물질이 많았는데, 이러한 결과는 이 두 용매를 이용하여서 추출한 화합물의 차이는 없다는 것을 의미한다. 그러나 50% EtOH 추출물 중의 생리활성 물질은 두 용매와는 현저한 차이가 있었으

며, 이러한 결과들을 종합해 볼 때 50% EtOH를 추출하는 것이 딸기의 생리활성 추출물에 가장 좋은 것임을 알 수 있었다(Fig. 2.29C).

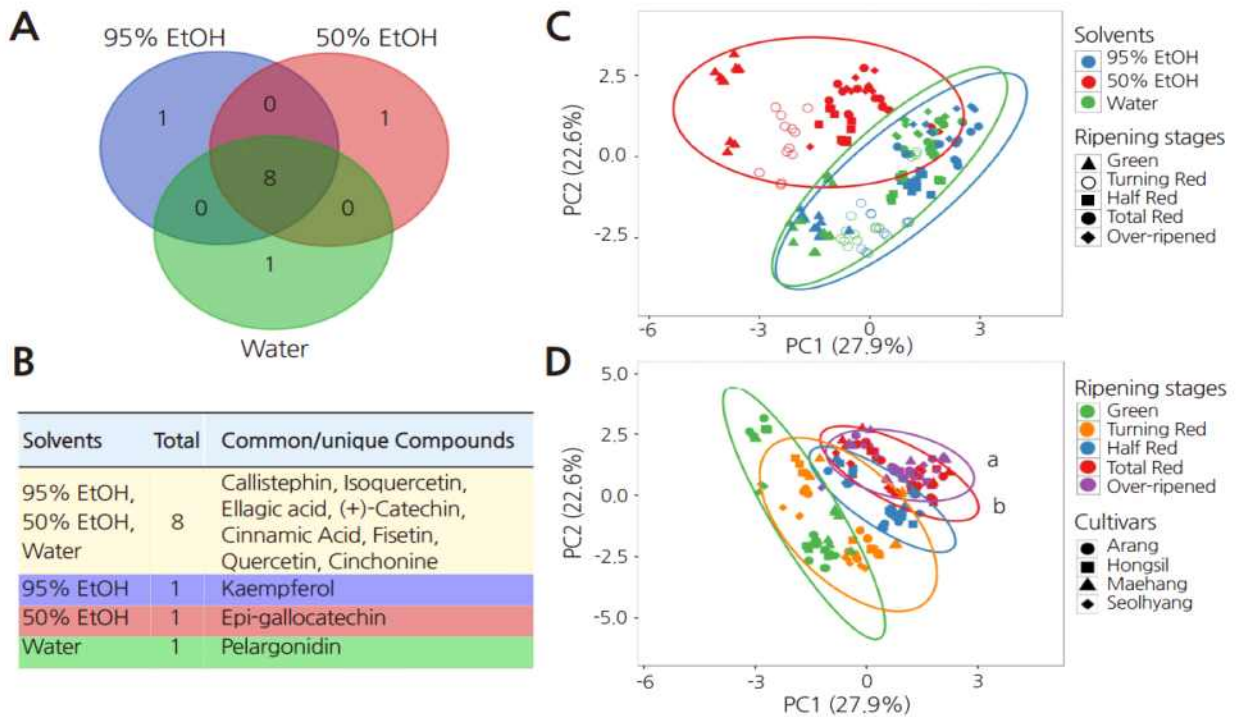


Fig. 2.29. Variation in bioactive compounds during ripening stages and extraction condition of strawberry fruits. (A) Venn diagram showing distribution of shared and (B) common/unique bioactive compounds identified among different extraction conditions. PCA score plots showing grouping of bioactive compounds based on (C) extraction solvent and (D) ripening stage. Ellipses and shapes show clustering of the samples.

### (3) 우리나라 주요 4품종의 성숙기간 중에 대사산물의 변이

PCA분석 결과, 4가지 품종의 과일발육 중의 대사산물 프로파일에서 주요한 변화를 나타내었다. 과육의 색이 녹색(G) 단계에서 오렌지(OR) 단계로의 전환은 익지 않은 과일에서 익는 과일로 전환되고, 오렌지에서 완전히 익은 붉은 색으로의 전환은 완전히 익음단계로 전환된 것이다(Fig. 2.29D). 이러한 유사한 결과는 익음 단계가 다른 과일과 극성이 다른 용매를 사용하였을 때에도 PCA분석 결과 유사한 경향이였다. 흥미롭게도, 녹색과일의 대사체 프로파일은 95%와 50% EtOH의 score plots에서도 명확하게 분리되었다(Fig. 2.29A와 2.29B). 성숙단계의 대사산물 프로파일에서는 중복되는 생리활성물질들이 관찰되었으며, 이는 딸기 과일이 성숙하는 동안에 특정화합물이 연속적으로 축적되고 있음을 말해준다. Callistephin, isoquercetin, 및 cinnamic acid는 흥미롭게도 과일이 익는 기간 중에 축적되었으나(Fig. 2.28C), 딸기의 기본성분으로 생각되는 cinchonine, ellagic acid 및 quercetin은 과일이 익는 기간 중에 변화가 없었다. 본 연구에 사용된 우리나라 주요 4품종은 heat maps과 PCA score plots 분석 결과(Fig. 2.29) 유의한 차이를 나타내지 않았다(Fig. 2.28C).

50 % EtOH 추출물의 생리활성성분의 함량을 조사하기 위하여 Radar plots 분석한 결과,

적색과(FR)와 오렌지색(OR)을 나타내는 과일에서 검출되었던 cinnamic acid를 제외한 모든 성분이 덜익은 녹색(G)에서 대사산물의 함량이 높았다(Fig. 2.30A–2.30D). 완전히 익은 TR stage에서의 주요 생리활성물질의 급속한 감소는 이 과정 중에 과일 생체중의 급격한 증가 때문인 것으로 판단되었다.

Anthocyanins과 cinchonine의 함량은 TR단계에서 OR단계로 전환되면서 증가하는 경향이었으나, flavonols과 ellagic acid의 함량의 변화에는 차이가 없었다. Flavanols의 함량은 오히려 감소하는 경향이였다. 총 안토시아닌의 함량은 HR단계보다 FR단계의 과일에서 1.8~3배 정도 함량이 증가하였는데, 이러한 결과는 이미 보고된 연구결과와 유사한 경향이였다(Pineli et al., 2011; Tulipani et al., 2011).

품종 간의 총 안토시아닌 함량은 ‘설향’ 품종에서 가장 높았으며 ‘매향’ 품종에서는 가장 낮았다. 과일의 익음기간 중의 anthocyanin함량의 변화는 품종 간에 약간의 차이는 있었으나, 차이가 미미한 것으로 나타났다.

Flavanol의 함량은 ‘설향’(Fig. 2.30A), ‘아랑’(Fig. 2.30C) 및 ‘홍실’(Fig. 2.30D) 품종은 과일의 익음 과정 중에 약간 감소하였으나, ‘매향’(Fig. 2.30B) 품종은 차이가 없었다.

Cinnamic acid는 FR 이후의 단계에서 검출되었으며 과실이 익으면서 증가하는 경향이였다. Cinnamic acid의 함량은 품종 간의 차이가 없었다.

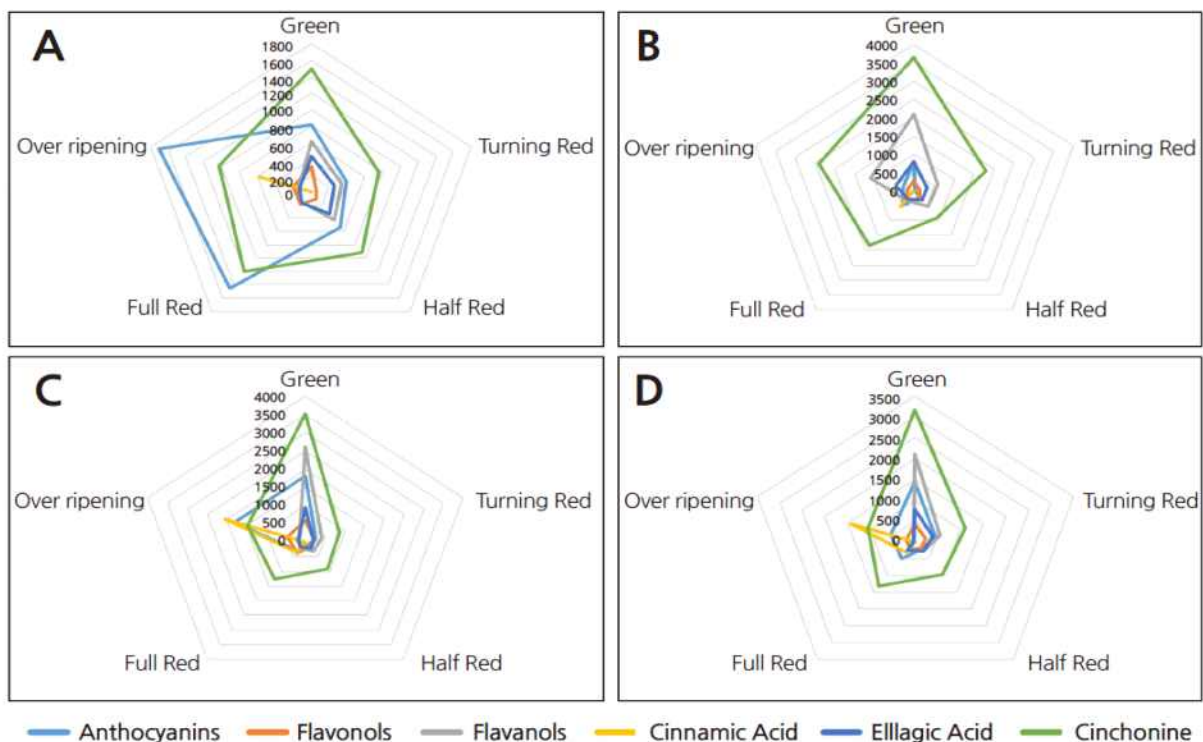


Fig. 2.30. Distribution of phytochemical classes among strawberry cultivars and fruit ripening stages. Radar plots of four cultivars, (A) ‘Seolhyang’, (B) ‘Maehyang’, (C) ‘Arang’, and (D) ‘Hongsil’, with varied targeted compounds. Values across the axis represent the concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) of dry weight) of anthocyanins, flavonols, flavanols, cinnamic acid, ellagic acid, and cinchonine as shown in lines of respective colors.

#### (4) 추출효율은 화합물에 따라 다르지만 전체적으로 50% EtOH이 최적

실험결과 50% EtOH가 딸기의 생리활성 추출용매로 가장 적당하다는 것이 증명되었다. 최적 용매가 50% EtOH가 최적인지를 확인하기 위하여 주요 재배품종 6종과 육성계통 26종을 대상으로 실험을 수행하였다. 예상한 바와 같이, PCA(Fig. 2.31A) 분석 결과 추출 그룹별로 명확하게 분류되었는데, 이러한 결과는 생리활성물질 함량에 대한 추출용매의 효과( $p < 0.05$ )임을 증명하는 결과로 해석된다. 이러한 결과는 PCA loadings plot분석 결과 더욱 확실한 결과임이 증명되었다(Fig. 2.31B).

PCA loadings plot분석에서 관찰된 결과에서 보는 바와 같이 생리활성물질의 효율적인 추출을 위한 최상의 용매를 선정할 수 있었다. 예를 들면 95% EtOH 용매는 HCL분류에서는 보는 바와 같이 '설향'과 '산타' 품종 및 SB08, SB10, SB12, 및 SB21계통의 추출용매로서 가장 적당한 용매이라는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2.31B). 이러한 결과는 다양한 딸기 품종으로부터 목표로 하는 생리활성물질의 추출을 위한 최적의 용매선정에 확용될 수 있을 것이다.

우리나라 주요 품종 및 육성계통을 95% EtOH, 50% EtOH 및 물로 추출한 다음 목표 생리활성물질에 대한 heat maps 분석을 수행하였다(Fig. 2.31C). 생리활성물질의 프로파일에 관한 연구결과는 품종 간(Tulipani et al., 2008), 추출방법(Lopes-da-Silva et al., 2007) 및 추출용매(Aaby et al., 2012)에 대해서 이미 보고된 바 있다. Tomás-Barberán and Clifford(2000)는 ellagic acid 함량을 측정하기 위한 모든 일반적인 분석 기술은 정확도와 재현성이 우수하지만 유리 ellagic acid는 물에 상당히 녹지 않기 때문에 추출에 사용된 용매에 따른 함량을 평가하기가 쉽지 않다고 하였다(Tomás-Barberán and Clifford, 2000). 본 연구의 결과 딸기의 생리활성물질에 대한 최적의 추출용매는 딸기 생리활성물질의 극성에 따라 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

용매에 따른 딸기 대사산물의 프로파일을 비교한 결과 품종 및 육성계통에 따라서 차이는 있었으나 50% EtOH가 우수한 것으로 생각되었고, 이는 PCA loadings plot(Fig. 2.31B)과 및 heat maps 분석을 통해서 증명되었다[Fig. 2.31C(2)]. 이러한 결과는 총 분산이 76.8%의 total variance를 나타내는 PCA score plot분석 결과에서도 증명되었다.

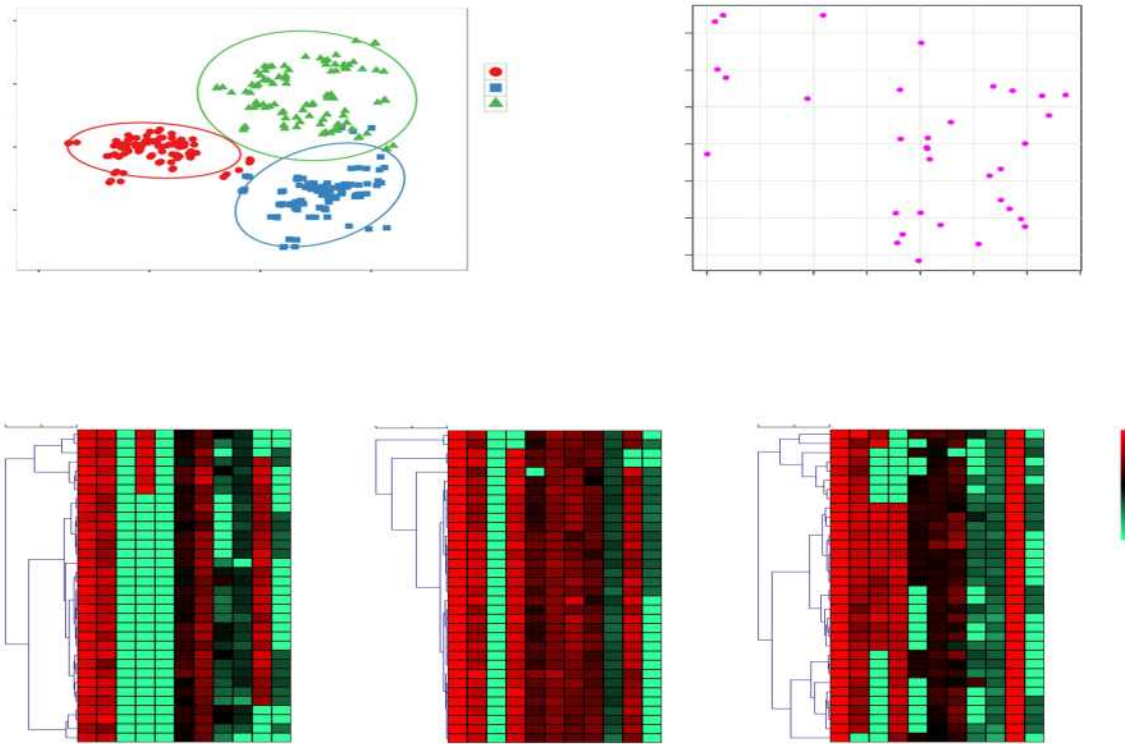


Fig. 2.31. Multivariate analysis of strawberry cultivars and breeding lines to evaluate differences among extraction solvents. (A) PCA score plots showing separation of clusters by extraction solvents. (B) PCA loading plots showing the contribution of 34 cultivars and breeding lines in the separation observed in the score plots under the influence of solvents. (C) Heat maps showing the distribution of targeted bioactive compounds among different cultivars and breeding lines of strawberry. Varied levels of compounds identified in (1) 95% EtOH, (2) 50% EtOH, and (3) water extracts. Thirty-four strawberry cultivars clustered based on the levels and distribution of targeted bioactive compounds.

#### (5) 딸기 품종 및 육성계통의 화합물의 분포

딸기의 폴리페놀 화합물은 색, 향 및 수렴성과 같은 감각적 및 관능적 특성 모두에 기여함으로써 딸기 품질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 딸기의 주요 페놀화합물은 붉은색을 나타내는 안토시아닌(pelargonidin과 callistephin), flavonols (fisetin, quercetin, kaempferol, and isoquercetin), flavanols [(+)-catechin and epi-gallocatechin], ellagitannins, 및 ellagic acid 유도물질 등이 있는 것으로 보고되었다(Aaby et al., 2007, 2012; Kim et al., 2013). 34종의 딸기 품종 또는 육성계통을 50% EtOH 로 추출한 다음 목표 대사체의 프로파일링을 분석하고(Fig. 2.32), 분류한 생리활성물질의 함을 계산한 결과 함량은 0.9 to 3.1 mg/건물중 이었다. One-way ANOVA분석 결과 평균 페놀화합물은 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다. 육성계통인 SB08은 phenolic compound의 함량이 매우 높았으며, 육성계통인 SB11는 알칼로이드 (cinchonine,  $6.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  of dry weight)함량이 가장 많았으며, 페놀 함량은 SB08계통 다음으로서 2번째로 많았다( $2.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  of dry weight). 페놀함량이 가장 낮은 SB35와 SB33계통을 제외한 우리나라 주요 딸기 품종과 육성계통의 페놀함량은 ( $2.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  of the dry weight)으로서 유사하였다. Dunnett's multiple competition분석 결과 페놀화합물의 함량

은 SB08, SB11, 'Arang', SB09, SB10, 및 SB21이 가장 많았고( $p < 0.0001$ ), 7종의 육성계통은 현저하게 낮았다(Fig. 2.32). 안토시아닌은 딸기의 페놀화합물 중에서 35%로서 함량이 가장 많았으며 다음은 flavanols, cinnamic acid 및 flavonols 순으로 각각 전체 페놀 화합물 중에서 각각 30%, 20% 및 18% 였다. Ellagic acid의 함량은 모든 품종과 육성 계통에서 유사하였으며 총 페놀화합물의 10%정도였다.

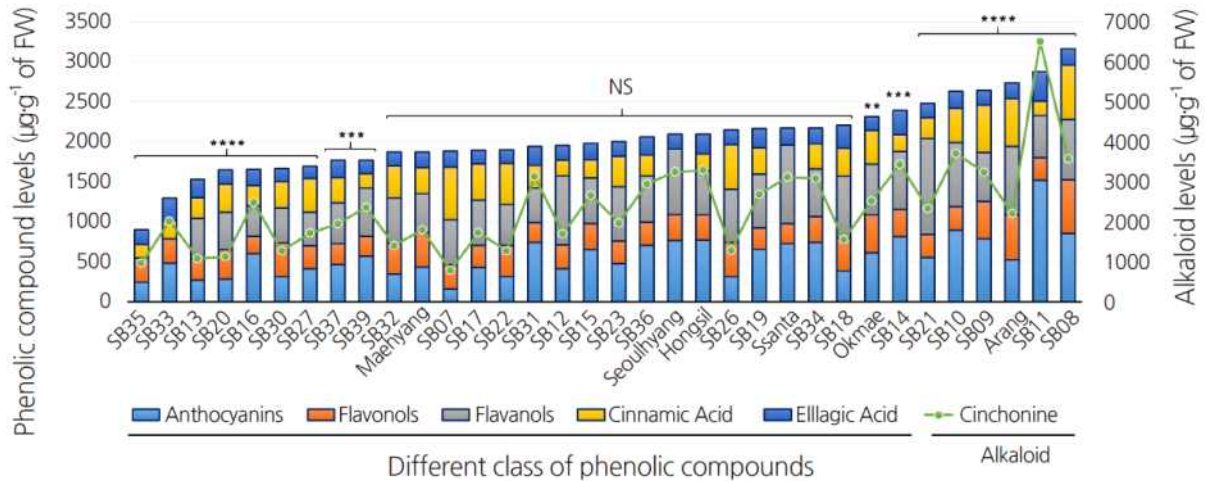


Fig. 2.32. Concentration of targeted bioactive compounds in different strawberry cultivars and breeding lines. The results are the summation of individual compounds within each compound group analyzed by HPLC: anthocyanins (callistephin and pelargonidin); flavonols (fisetin, quercetin, kaempferol, and isoquercetin); flavanols (catechin and epi-gallocatechin); ellagitannins (ellagic acid); lignans (cinnamic acid), and alkaloids (cinchonine). The cultivars and breeding lines were arranged in increasing order of their phenolic content. The alkaloid, cinchonine, was shown in a line graph along with phenolic contents shown in a bar graph. One way ANOVA followed by Dunnett's multiple comparisons test between strawberry cultivars/breeding lines suggested significant interaction at  $p < 0.0001$ . \*\*\*\* $p < 0.0001$ , \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ . NS represents no significant difference with that of average phenolic levels.

### 2-3. 밀리타리스 동충하초균 발효딸기의 항비만 효과

#### 가. 실험 목적

본 연구에서는 딸기의 활용도를 높이기 위하여 딸기와 번데기를 다른 농도로 혼합한 후에 밀리타리스 동충하초로 발효한 추출물의 항비만 효과를 증대시키기 위해서 수행하였다. 또한 딸기발효 추출의 항비만 효과를 증대 및 가공식품에서 활용하기 위하여 식용 가능한 주정의 농도를 70%, 50% 및 물로 추출한 다음 항비만 효과와 그 작용기작을 규명하였다.

#### 나. 재료 및 방법

##### (1) 시약

모든 antibodies는 Santa Cruz Biotechnology (Paso Robles, CA, USA)로부터 구입하였다.



Paraformaldehyde는 TCI (Tokyo, Japan)와 SDS, Tween-20 및 isopropanol은 GENEray (Shanghai, China)로부터 구입하였다. Western loading buffer, BioRad protein assay reagent 및 protein markers는 BioRad (Hercules, CA, USA)로부터 구입하였으며 A triglycerides detection kit와 glucose detection kit는 Asan Pharmaceutical (Seoul, Korea)으로부터 구입하였다. NaHCO<sub>3</sub>, HEPE, IN, ROS, DEX, oil red O, sodium deoxycholate, Tris-HCl 및 phenylmethylsulfonyl fluoride는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)로부터 2-Mercaptoethanol과 Triton X-100은 Bioshop (Burlington, ONT, Canada)로부터 구입하였다.

## (2) *C. militaris* 균주의 준비 및 배양

*C. militaris*는 농진청으로부터 분양받아서(Jeonju, Jeollabuk-do, Korea) 실험에 사용하였다. 배양배지는 potato dextrose(PD) agar (PDA, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA)에서 배양하였으며 1단 간격으로 사면배지에서 계대배양하였다.

## (3) 딸기의 고체발효

잘 익은 설향딸기(*Fragaria x ananassa* Duch. cv Sulhyang, Fig. S1)를 밀양의 농가로부터 구입하여 사용하였다. 구입한 딸기를 수돗물에서 씻은 다음 8시간 동안 실험실에서 방치한 다음, -20°C에 저장한 다음 필요시에 사용하였다. 얼린 딸기를 믹서기로 갈아서 300g씩 분류한 다음 번데기를 딸기에 중량%로 0(FS), 25(FSP25), 50(FSP50) 및 100% 번데기(FP)를 첨가하여 30분간 고압증기멸균하였다. 또한 발효하지 않은 딸기(NS)를 대조구로서 사용하였다. 고압증기멸균한 재료에 액체배양한 *C. militaris* 균주를 5%의 비율로 첨가하여 25°C에서 4주간 배양하였다.

## (4) 발효딸기의 추출

96% 주정과 증류수로서 알코올의 농도를 0%, 70%, 50%로 조정한 다음, 발효하지 않은 딸기(NS), 발효한 딸기(FS)를 10배의 양으로 첨가하여 water bath sonicator (JAC-4020P, Kodo Technical Research Co., Ltd., Hwaseong-si, Korea) 1시간 동안 3회 반복하여 추출한 다음 Whatman No. 2 filter paper (Whatman International Ltd., Maidstone, England, UK)로 필터한 다음에 사용하였다. 추출한 용매는 회전증발기로 증발하여서 사용하였다.

## (5) HPLC 분석

주요 생리활성물질은 0.45 µm syringe filter (Millipore, Darmstadt, Hesse, Germany)로 필터한 다음에 cordycepin, cyanidin-3-glucoside, chinchonine, callistephin, catechin, ellagic acid 및 quercetin을 HPLC로 분석하였다. HPLC 분석은 Agilent Technologies series 1100 Infinity HPLC (Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 분석조건은 Luna C<sub>18</sub> (2) 100 Å column (250 × 4.6 mm x 5µm) (Phenomenex, Torrance, CA, USA)칼럼을 사용하였으며, 10µl injection하였으며, 254 nm에서 분석하였다. 각각의 물질의 calibration curves는 cordycepin( $y = 18.11x - 5.54$ ), cyanidin-3-glucoside ( $y = 13.17x - 7.55$ ), chinchonine ( $y = 3.46x - 2.55$ ), callistephin ( $y = 17.32x + 3.75$ ), catechin ( $y = 2.77x - 1.78$ ), ellagic acid ( $y = 52.16x - 3.92$ ), 및 quercetin ( $y = 73.44x - 25.34$ )였으며 상관 rkat은  $r^2 > 0.999$ 으로서 직선성이 우수하였다. HPLC의 mobile phase는 0.025% formic acid in

distilled water (용액 A)와 100% acetonitrile (용액 B)를 0.5ml/min로 분석하였다.

#### (6) 세포배양

3T3-L1세포는 한국세포주 은행 (KCLB, Korea Cell Line Bank, Seoul, Korea)으로부터 구입하였으며 10% fetal bovine serum (v/v) (Welgene, Gyeongsna-si, Korea), 25 mM NaHCO<sub>3</sub> 및 25 mM HEPE (culture medium)이 첨가된 DMEM(Gibco, Grand Island, NY, USA)배지에서 배양하였다. 분화를 유도하기 위하여 세포를 48-well plates에서 48시간 동안 배양한 후에 지방세포의 분화는 10.0μM ROS, 10.0μg/ml IN 및 1.0μM DEX (IN + DEX + ROS)이 첨가된 분화배지(DM)에서 유지되었다. 분화배지에 증류수 (IN + DEX + ROS + DW), 딸기 추출물 100.0와 200.0μg/ml처리, 딸기 발효 추출물을 10일 동안 배양한 후에 효과를 조사하였다. 배양기간 중에 2일 간격으로 배지를 교체하였다.

#### (7) Oil red O 염색 및 함량 측정

배양 8일째에 배양 중인 세포에서 배지를 제거하고, 3% paraformaldehyde를 5분간 실온에서 세포를 고정하였다. paraformaldehyde를 제거하고 60% isopropanol을 이용하여 3회 washing 한 후, 각 well이 완전히 마를 때까지 정치하였다. 그 후, 각 well에 Oil red-O working solution(0.5% Oil Red-O in 70% Isopropanol)을 첨가하고 20분간 교반 염색하였다. Oil Red-O working solution을 제거하고 즉시 D.W.를 이용하여 4회 세척한 후, 지방이 축적된 세포 사진을 촬영하였다. 그 후 염색된 중성지방의 함량을 확인하기 위하여 100% isopropanol을 가하여 10분간 교반, 중성지방에 침착한 Oil Red-O를 용출시켰다. 용출된 용액은 1.5ml microtube에 옮겨 담고 20°C에서 10,000 x g로 원심분리한 후, 200μl의 상층액을 96 well ELISA plate에 옮겨 510nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 지방축적 정도를 계산하였다.

#### (8) Triglyceride (TG) 함량 측정

3T3-L1 지방전구세포의 분화유도 중에 생성된 triglyceride를 효율적인 방법으로 확인하였다. 8일째에 TG는 25μl 5% Triton X-100 (v/v)으로 추출한 다음 ELISA reader를 이용하여 회사의 프로토콜에 따라서 550 nm에서 함량을 측정하였다.

#### (9) 배지내 glucose 분석

세포를 48-well plates에서 배양 8일 후에 배지를 채취하여 생성된 글루코스는 측정용 키트 (Asan Pharmaceutical, Seoul, Korea)로 분석하였다.

#### (10) Western blots

3T3-L1 세포를 6-well plates에  $1 \times 10^6$  cells/ml로 분주한 뒤 24시간 동안 배양한 후 딸기 발효 추출물을 8일 동안 처리한 다음 RIPA lysis buffer (150 mM NaCl, 1% Triton X-100 (v/v), 0.5% sodium deoxycholate (w/v), 0.1% SDS (w/v), 50mM Tris-HCl, and 1mM phenylmethylsulfonyl fluoride)를 이용하여 4°C에서 용해시킨 후 원심분리 (12,000rpm, 10min, 4°C)하여 얻은 단백질의 농도를 측정하였다. 동일한 양의 단백질 (30 μg)과 β-mercaptoethanol를 포함한 sample buffer를 1 : 1로 혼합한 후 100°C에서 3분간 가열하였

다. 준비된 단백질샘플은 Bio-Rad minigel system를 이용하여 12% SDS-PAGE 후 polyvinylidene fluoride membrane (Merk Millipore Ltd., Billerica, MA, USA)으로 단백질을 전이하였다. Membrane은 1% BSA in PBST buffer (0.1% Tween-20 in PBS)에 1시간 동안 blocking 하였다. 그 후 3% BSA-PBST solution에 primary antibodies (C/EBP- $\alpha$ , C/EBP- $\beta$ , SREBP-1, PPAR- $\gamma$ , A-FABP, FAS, LPL, HMGCR and Glut4)를 희석하여서 4°C에서 overnight시켰다. 그런 다음 membrane은 2차 anti-rabbit IgG conjugates horseradish peroxidase antibody (Santa Cruz Biotechnology, Santa Cruz, CA, USA)가 첨가된 buffer를 넣고 상온에서 1시간 동안 반응한 후 5분 단위로 3차례에 걸쳐 세척하였다. 발색은 enhanced chemiluminescence method(Thermo Scientific, Rockford, IL, USA)를 이용하여 x-ray 필름에 감광시켰다. 그 밴드의 강도는 imageJ (National institutes of health, Bethesda, MD, USA) 소프트웨어를 이용하여 분석 정량하였다. 내부표준단백질은  $\alpha$ -tubulin (Santa Cruz Biotechnology, Santa Cruz, CA, USA)을 사용하였다.

### (11) 통계분석

생리활성 물질은 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software (Version 25, IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여서 Duncan's multiple range test로서 분석하였고, 물질의 처리 농도효과는 one-way ANOVA로 분석하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 발효딸기의 생리활성 물질의 변화

여러 가지 작물 즉 mung beans (Randhir and Shetty, 2007), Radix astragali (Lin and Chiang, 2008), chickpea (Xiao et al., 2014) 및 silkworm pupa (Kang et al., 2017) 등의 발효는 생리활성 물질의 질적 또는 양적인 변화를 유도하였다. *C. militaris*를 이용한 딸기의 발효는 생리활성물질의 변화에 의한 효능의 변화를 유도할 수 있을 것으로 예상되었다. 또한 발효시에 발효를 촉진시킬 수 있는 첨가물을 발효 효율의 증대 및 성분의 변화에도 영향을 미칠 것으로 판단되어서 단백질의 급원이 될 수 있는 누에 번데기의 첨가효과를 구명하고자 하였다. 딸기를 발효한 다음 딸기의 주요성분인 cyanidin-3-glucoside, cinchonine, callistephin, catechin, ellagic acid, 및 quercetin과 *C. militaris*의 주요 효능성분인 cordycepin의 함량을 HPLC로서 분석하였다. 그 결과 발효시에 이러한 물질의 변화가 관찰되었다. 특히 cyanidin-3-glucoside는 FS(번데기 무첨가) 발효 추출물에서는 검출되지 않았으나, FSP25(25%번데기 첨가) and FSP50(50% 번데기 첨가) 추출물은 딸기의 추출물보다 각각 10-28와 53-248배 높았다. Callistephin은 FS에서는 검출되지 않았으나, FP(100% 번데기 발효물)은 NS(생딸기)보다 2배 이상 많았다. Quercetin은 FP에서는 검출되지 않았으나, FSP25와 FSP50추출물은 NS보다 2-3배 정도 많았다. Cyanidin-3-glucoside는 FS추출물에서는 검출되지 않았으나 FSP25, FSP50 및 FP 추출물은 NS추출물보다 각각 10배, 12배 및 250배 많았다. FP, FSP50, FSP25 및 FS추출물의 cinchonine 함량은 NS보다 각각 2-15, 2-17, 6-26, 및 6-32배 증가하였다. Cordycepin은 NS에서는 당연히 검출되지 않았고, 번데기를 첨가 또는 첨가하지 않은 딸기 발효물 추출물에서 검출되었다. Cordycepin의 함량은 번데기 첨가량이 50%까지 많을수록 함량이 증가하였으며, 추출용매는 70% 에탄올로 추출하였을 때에 함량이 가장 많았다(Table 2.4). 이러한 결과는 *C. militaris*를 이용한 딸기의 발효 시에 번데기의

첨가는 생리활성을 가진 딸기의 기능성물질의 함량을 증가시킬 뿐 아니라 동충하초의 주요 기능성 성분인 cordycepin의 함량도 증가시켜 고기능성 소재로서 개발 가치가 높은 것으로 판단되었다.

Table 2.4. Content of biologically active compounds in non-fermented and fermented strawberry containing 0, 25, and 50% silkworm pupa extracts.

Fermentation Status	% of pupa in strawberry	Solvents	Code	Content ( $\mu\text{g/g}$ fresh weight)						
				Cordycepin	Cyanidin-3-glucoside	Chinchonine	Callistephin	Catechin	Ellagic acid	Quercetin
Non-Fermented	0	70% EtOH	NSE70	ND	6 $\pm$ 1d	31 $\pm$ 1j	62 $\pm$ 1bc	ND	30 $\pm$ 4e	1.8 $\pm$ 0.4b
		50% EtOH	NSE50	ND	7 $\pm$ 2d	58 $\pm$ 4i	57 $\pm$ 1bc	ND	29 $\pm$ 2e	2.0 $\pm$ 0.3b
		Water	NSW	ND	24 $\pm$ 1cd	160 $\pm$ 10h	110 $\pm$ 10ab	ND	ND	ND
Fermented	0	70% EtOH	FSE70	530 $\pm$ 10f	ND	990 $\pm$ 10a	ND	360 $\pm$ 10a	150 $\pm$ 10a	2.2 $\pm$ 0.3b
		50% EtOH	FSE50	540 $\pm$ 10f	ND	980 $\pm$ 10a	ND	360 $\pm$ 10a	130 $\pm$ 10b	2.4 $\pm$ 0.2b
		Water	FSW	500 $\pm$ 10fg	ND	960 $\pm$ 10b	ND	360 $\pm$ 10a	ND	2.1 $\pm$ 2b
	100	70% EtOH	FPE70	490 $\pm$ 40fg	1400 $\pm$ 40a	320 $\pm$ 10g	100 $\pm$ 10ab	85 $\pm$ 3d	ND	ND
		50% EtOH	FPE50	1400 $\pm$ 20e	1600 $\pm$ 20a	920 $\pm$ 40b	160 $\pm$ 20a	82 $\pm$ 6d	ND	ND
		Water	FPW	400 $\pm$ 10g	1300 $\pm$ 20a	330 $\pm$ 10g	95 $\pm$ 3ab	85 $\pm$ 9d	ND	ND
	50	70% EtOH	FSP50E70	7200 $\pm$ 100d	200 $\pm$ 10bc	500 $\pm$ 30e	11 $\pm$ 2cd	180 $\pm$ 10c	60 $\pm$ 5d	5.3 $\pm$ 0.3a
		50% EtOH	FSP50E50	7200 $\pm$ 90d	210 $\pm$ 20bcd	640 $\pm$ 10d	35 $\pm$ 6a	250 $\pm$ 20b	58 $\pm$ 3d	5.2 $\pm$ 0.2b
		Water	FSP50W	6900 $\pm$ 80d	250 $\pm$ 10b	390 $\pm$ 20f	16 $\pm$ 7cd	190 $\pm$ 10c	ND	ND
	25	70% EtOH	FSP25E70	8800 $\pm$ 100b	180 $\pm$ 10bcd	820 $\pm$ 20c	21 $\pm$ 2cd	290 $\pm$ 10b	93 $\pm$ 2c	4.6 $\pm$ 0.1a
		50% EtOH	FSP25E50	9100 $\pm$ 20a	220 $\pm$ 10b	870 $\pm$ 40c	61 $\pm$ 7bc	290 $\pm$ 10b	98 $\pm$ 3c	4.6 $\pm$ 0.1a
		Water	FSP25W	8500 $\pm$ 100c	220 $\pm$ 10b	850 $\pm$ 20c	34 $\pm$ 1cd	290 $\pm$ 10b	ND	1.4 $\pm$ 0.6bc
Pupa concentration				***	***	***	***	***	***	***
Solvents				***	***	***	***	NS	***	***
Pupa concentration x Solvents				***	***	***	***	NS	***	***

Strawberries containing 0, 25, or 50% silkworm pupa and silkworm pupa were fermented with *C. militaris* for 4wk at 25°C. Non-fermented strawberry, fermented strawberry and fermented silkworm pupa were extracted with 70 and 50% EtOH and water for each sample. Each value was expressed as the mean  $\pm$  SD (n = 3), ND indicates not detected. Mean values with different letters within a column differed significantly.

## (2) 발효 딸기 추출물의 지방세포 분화 억제효과

3T3-L1에 ROS, IN 및 DEX 처리는 지방생성을 촉진하는 것으로 알려져 있다. 8일 후에 ROS, IN 및 DEX는 지방세포의 분화를 유지하였다. 딸기 추출물 또는 발효 추출물인 NS, FS, FSP25, FSP50 및 FP처리는 지방생성을 농도의존적으로 억제하였다 (Fig. 2.33)

발효딸기 추출물의 지방형성 억제효과는 발효 추출물의 종류에 따라서 차이가 있었는데, FS 추출물은 200.0 $\mu$ g/ml, FSP50 추출물은 20.0 $\mu$ g/ml, 및 FSP25 추출물의 10.0 $\mu$ g/ml의 최대 농도에서 효과를 나타내었다. 그러나 발효하지 않은 NS추출물과 번데기만으로 발효한 FP추출물은 최대 농도인 200 $\mu$ g/ml의 농도에서 전혀 효과가 없었다. 이러한 결과들로부터 FSP25추출물이 FS와 FSP50추출물보다 효과가 좋다는 결론을 내렸다. 따라서 딸기의 발효추출물은 항비만 효과를 현저하게 증가시켰으며, 항비만 효과는 발효 추출물의 cordycepin의 함량이 많을수록 효과가 높다는 것을 알 수 있었다(Table 2.4, Fig. 2.33). Takahashi et al. (2012)은 cordycepin이 3T3-L1 cells에서 지방생성을 억제시키는 효과가 있다고 하였는데, 본 연구와 종합하면 번데기의 적당한 첨가에 의한 발효로 cordycepin의 함량 증가가 항비만 효과와 관계가 깊다는 것을 확인할 수 있었다.

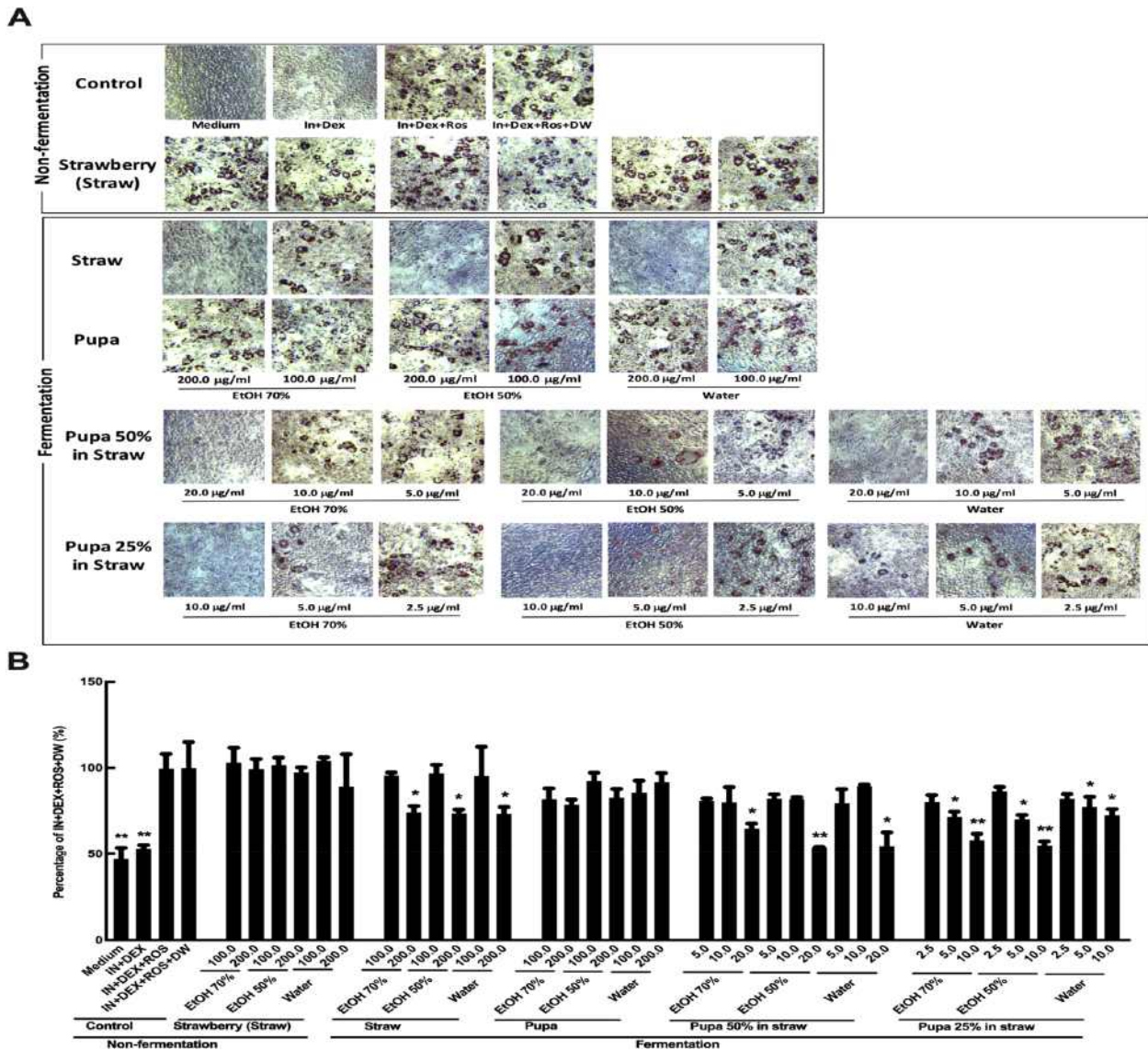


Fig. 2.33. Fermented strawberry extracts inhibited adipogenesis in the 3T3-L1 cell line. All extracts were treated throughout the induction period. Cells were stained with oil red O for photography (A), after which the oil red O was dissolved using iso-propanol and the OD value was determined (B). Pictures were taken at 200x (A). Values are shown as the mean  $\pm$  SD (n = 3), \* means  $p < 0.05$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group, \*\* means  $p < 0.01$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group.

### (3) FSP25E50추출물의 지방세포에서 TG축적과 glucose의 흡수 억제효과

PPAR- $\gamma$ 는 지방산의 저장과 글루코스의 흡수를 조절하는 것으로 알려져 있다(Jonas et al., 2011). 본 연구에서는 PPAR- $\gamma$  agonist인 rosiglitazone이 3T3-L1에서 pre-adipocyte의 분화를 촉진시키는 효과를 조사하기 위해서 발효 딸기추출물의 TG축적의 억제에 관한 효과를 조사하였다. 일련의 연구(Fig. 2.33) 결과로부터 FSP25E50이 항비만 효과가 가장 좋은 것으로 판단되어서 FSP25E50를 이용하여서 그 효과를 검증하고자한다. TG accumulation과 glucose intake효과를 조사한 결과 3T3-L1세포에서 FSP25E50추출물이 지방세포 분화과정

중에 TG 축적과 and glucose흡수를 농도의존적으로 흡수시켰다(Fig. 2.34).

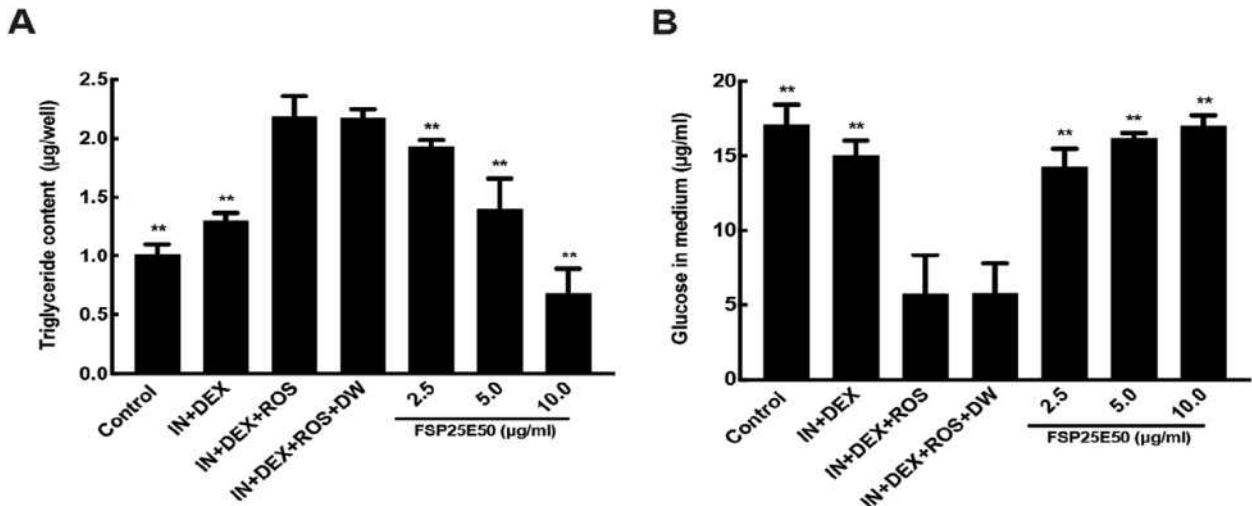


Fig. 2.34. The extracts of FSP25E50 decreased glucose intake and triglycerides (TG) content in differentiated 3T3-L1 cells. The 3T3-L1 cells were maintained in culture medium and adipogenesis was induced with differentiation medium. FSP25E50 was added to the medium at the same time and samples were cultured for 8 days. Medium from each well was then collected to determine the glucose content (A). TG was extracted using 5% Triton X-100 and then measured using a commercial TG kit according to the manufacturer's protocols. FSP25E50 decreased the TG content and glucose intake in the differentiated 3T3-L1 cell line (B). Values are shown as the means  $\pm$  SD (n = 3), \*\* means p < 0.01 vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group.

#### (4) FSP25E50 추출물의 C/EBP- $\beta$ 와 PPAR- $\gamma$ 발현 억제

3T3-L1 cells에서 C/EBP- $\alpha$ , C/EBP- $\beta$ , PPAR- $\gamma$  및 SREBP-1의 발현정도를 FSP25E50첨가 후 배양 1일째와 8일째에 western blots으로 검증하였다. 이러한 단백질은 pre-adipocytes에서 mature adipocytes로 분화하는데 중요한 역할을 하기 때문(Cao et al., 1991; Kubota et al., 1999; Yang et al., 2007)에 1일째와 8일째에 발현정도를 조사하였다. FSP25E50처리하는 C/EBP- $\beta$ 와 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 농도 의존적으로 현저하게 감소시켰다. 처리 1일째에 10.0µg/ml FSP25E50 처리는 C/EBP- $\beta$ 와 PPAR- $\gamma$ 를 각각 ~70%와 60%까지 감소시켰다(Fig. 2.35A). Fig. 2.35B에서 보는 바와 같이 FSP25E50 10.0 µg/ml처리 8일째의 C/EBP- $\beta$ 와 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 현저하게 감소시켰다

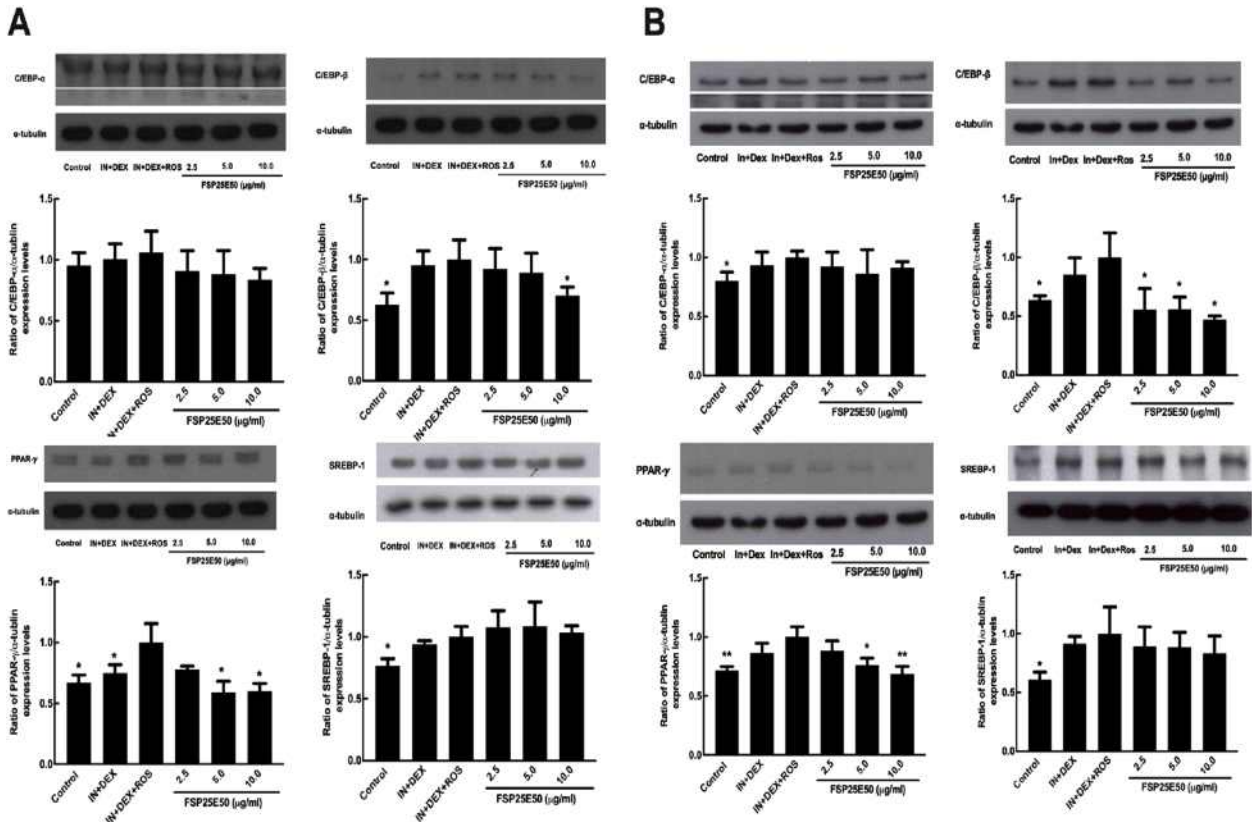


Fig. 2.35. FSP25E50 inhibited expression of C/EBP- $\beta$  and PPAR- $\gamma$  at 24 h (A) and 8 days (B). The 3T3-L1 cells were maintained in culture medium and adipogenesis was induced with differentiation medium. The cells were then treated with FSP25E50 for 24 h and 8 days, after which total proteins were extracted and subjected to Western blots analysis. The results showed that FSP25E50 inhibited expression of C/EBP- $\beta$  and PPAR- $\gamma$  at 24 h (A) and 8 days (B). Values are shown as the means  $\pm$  SD ( $n = 3$ ), \* means  $p < 0.05$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group, \*\* means  $p < 0.01$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group.

### (5) FSP25E50은 PPAR- $\gamma$ 's target genes의 발현억제

3T3-L1 세포 실험에서 FSP25E50처리 8일째에 PPAR- $\gamma$ 발현을 현저하게 억제시켰다(Fig. 2.36). 이러한 결과는 3T3-L1에서 TG축적을 억제시킨다는 것을 증명해 주는 결과이다. Adipocyte fatty acid binding protein(A-FABP)은 포화, 불포화 지방산과 결합한 후 다양한 염증 반응 경로와 대사경로로 지방산의 분포를 조절하여 주는 세포질 내 단백질로 알려져 있다(Makowski and Hotamisligil, 2004). A-FABP의 억제는 항비만 효과를 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 또한 fatty acid synthase(FAS)는 adipogenesis 조절에 있어 주요한 인자로 알려져 있다(Ranganathan et al., 2006). 지방세포 분화의 중요한 marker로 알려진 단백질인 지단백질 분해효소(lipoprotein lipase, LPL)는 중성지방을 가수분해하는 효소이다(Gonzales and Orlando, 2007). HMGCR(3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase)은 콜레스테롤 합성에 관여하는 효소로 알려져 있다(Goldstein and Brown, 1990). FSP25E50처리는 PPAR- $\gamma$ , A-FABP, FAS 및 HMGCR의 발현을 현저하게 억제하였다(Fig. 2.36).



Glut4는 pre-adipocytes differentiate에서 adipocytes로 분화하는 과정 중에 glucose의 이동을 촉진한다(Thong et al., 2005). FSP25E50처리는 Glut4의 발현을 농도의존적으로 현저하게 억제하였다(Fig. 2.36). 지방세포의 분화과정 중에 TG의 합성과 글루코스의 흡수를 억제하는 이러한 단백질들의 발현 억제는 분화중인 3T3-L1세포에 FSP25E50처리가 지방생성을 억제하고 TG함량을 감소시키는 이유를 알 수 있는 원인이 될 수 있다.

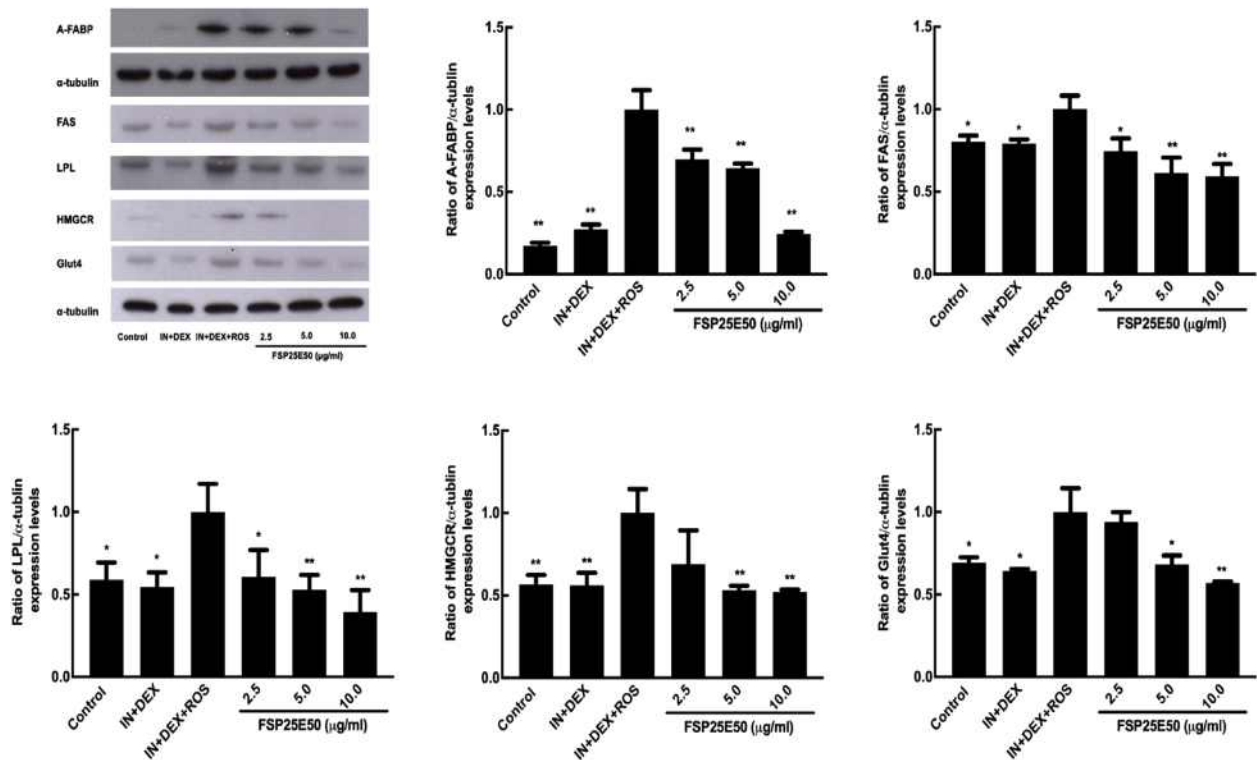


Fig. 2.36. FSP25E50 inhibited expression of PPAR- $\gamma$  target genes in differentiated 3T3-L1 cells. The 3T3-L1 cells were maintained in culture medium and adipogenesis was induced with differentiation medium. After treatment with FSP25E50 for 8 days, total proteins were extracted and subjected to Western blots analysis. The results showed that FSP25E50 inhibited expression of PPAR- $\gamma$  target genes at 8 days. Values are shown as the means  $\pm$  SD ( $n = 3$ ), \* means  $p < 0.05$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group, \*\* means  $p < 0.01$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group.

#### (6) FSP25E50는 지방분화 중인 3T3-L1세포의 ATGL와 HSL에 영향을 미치지 않음

FSP25E50는 분화중인 3T3-L1의 TG함량을 감소시켰다(Fig. 2.34A). PPAR- $\gamma$  pathway signaling의 억제가 TG의 축적을 억제할지라도 TG축적을 억제시키는 또다른 작용기전이 있을 것이라고 하였다(Tamori et al., 2002).

따라서 FSP25E50추출물이 또 다른 기작을 통한 항비만 효과인지를 확인하기 위해서 TG lipolysis 단백질인 ATGL(adipocyte triglyceride lipase)와 HSL(hormone-sensitive lipase)의 발현을 조사하였다(Kershaw et al., 2006; Morak et al., 2012). 그러나 FSP25E50는 분화중인 3T3-L1세포의 ATGL와 HSL의 발현에 영향을 미치지 않았다(Fig. 2.37). 이러한 결과는

FSP25E50의 항비만 효과는 TG lipolysis의 유도를 통한 효과가 아니고, TG accumulation의 억제를 통한 항비만 효과라는 것을 증명한 결과이다.

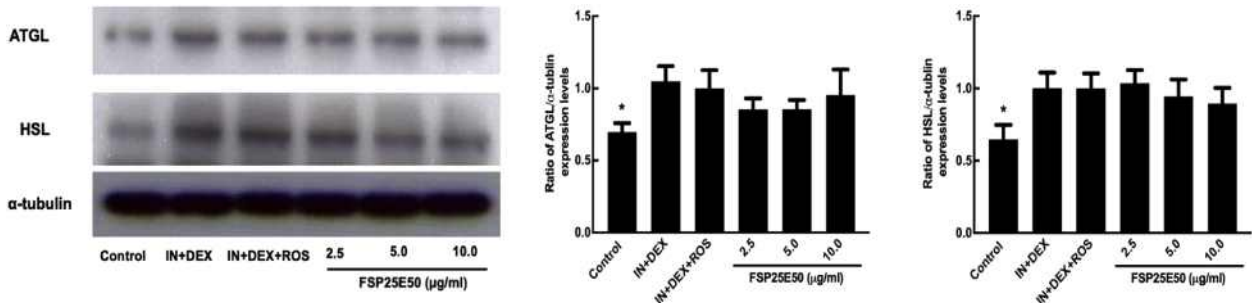


Fig. 2.37. FSP25E50 did not affect expression of ATGL and HSL in differentiated 3T3-L1 cells. The 3T3-L1 cells were maintained in culture medium and adipogenesis was induced with differentiation medium. After treatment with FSP25E50 for 8 days, total proteins were extracted and subjected to Western blots analysis. The results showed that FSP25E50 did not affect expression of ATGL and HSL at 8 days. Values are shown as the means  $\pm$  SD (n = 3), \* means  $p < 0.05$  vs differentiation medium with IN + DEX + ROS + DW group.

## (7) 결론

딸기에 번데기를 25%와 50% 첨가하여 *C. militaris*균주로 발효한 딸기의 발효추출물은 지방 생성억제를 통한 현저한 항비만 효과가 있었다. 또한, 딸기의 발효 추출물 중에서 cordycepin의 함량이 많은 FSP25와 FSP50는 배양 8일째에 3T3-L1세포를 이용한 in vitro 실험에서 C/EBP- $\beta$ , PPAR- $\gamma$  및 PPAR- $\gamma$  target gene의 발현 억제를 통한 항비만 효과가 매우 높았다. 이러한 연구결과를 종합하면 딸기와 번데기를 혼합한 고체배지를 *C. militaris*균주로서 발효시킨 발효추출물은 딸기의 주요 생리활성물질과 밀리타리스 동충하초균의 주요생리활성물질의 함량을 변화시켰으며, in vitro 실험결과 항비만 효과를 증가시켰으므로 항비만의 효과가 있는 추출물로 개발 가능성이 매우 높은 것으로 생각된다.

## 2-4. 딸기 주요 생리활성 성분인 Pelargonidin의 항비만 효과

### 가. 실험 목적

딸기에는 다양한 생리활성물질이 보고되고 있는데, 딸기의 주요생리활성물질들의 지방형성 억제효과를 스크리닝하였으며, 그 결과 주요 생리활성 성분인 pelargonidin의 효과가 매우 우수하였다. 딸기를 이용한 항비만 효능 기능성 제품을 개발하기 위해서는 기능성을 가진 성분 즉 유효성분을 이용한 표준화가 매우 중요하다, 따라서 딸기의 주요 생리활성물질이면서 지방형성에 매우 효과가 높은 pelargonidin의 지방형성억제 효과와 그 기작을 규명하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 시약

Pelargonidin chloride, rosiglitazone, NaHCO<sub>3</sub>, dexamethasone, insulin, HEPEs solution, DMSO, 및 oil red O은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였다. Antibodies와 RIPA buffer는 Santa Cruz Biotechnology(Paso Robles, CA, USA)로부터 구입하였다.

Paraformaldehyde은 Tokyo Chemical Industry(Tokyo, Japan)로부터 Isopropanol과 triton X-100은 GENEray(Shanghai, China)로부터 구입하였다. Western loading buffer, protein marker, 및 Bio-Rad protein assay 시약은 BioRad(Hercules, CA, USA)로부터 구입하였다.

#### (2) 세포배양

3T3-L1 cell line은 Korea Cell Line Bank (Seoul, Korea)로부터 구입하였으며 10% FBS (Welgene, Seoul, Korea), 25mM NaHCO<sub>3</sub>(Sigma), and 25 mM HEPEs(Sigma)가 첨가된 DMEM (Gibco, Gland Island, NY, USA)에서 37°C의 5% CO<sub>2</sub> 인큐베이터에서 배양하였다. 지방형성(adipogenesis)을 위하여, 3T3-L1 cells은 48-well plates에 세포를 시딩한 다음에 완전히 confluence될 때까지 배양하였다. 지방형성은 10% FBS, 25mM NaHCO<sub>3</sub>, 25mM HEPES, 10μM rosiglitazone(ROS), 10μg/ml insulin (In)와 1μM dexamethasone(DEX)가 첨가된 DMEM(DM배지)에서 배양하였다.

2일 간격으로 분화배지(DM)를 교체하였고, 이 때 pelargonidin(5μM, 10μM, and 20μM)도 동시에 처리하였다.

#### (3) MTT 분석

3T3-L1 cells를 DMEM가 분주된 96 well plates에서 배양 1일 후에 pelargonidin(5, 10, 20, 50, 100, 200μM)을 8일 동안 처리하였다. MTT 용액(50μl of 2mg/ml)을 각각의 well에 첨가한 후 4시간 동안 배양하였다. 4시간 동안 배양 한후 배지를 제거하고 formazan crystals를 형성하기 위하여 150μl DMSO(VWR, Solon, OH, USA)를 첨가하였다. MTT 분석은 ELISA reader(BioTek Instruments, VT, USA)를 이용하여 570nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### (4) Oil red O staining

8일째에 세포를 PBS로 세척하고 4% paraformaldehyde(Tokyo Chemical Industry)를 이용하여 20분 동안 실온에서 고정한 후, 30분 동안 실온에서 oil red O를 발색하였다. 그 다음 PBS로 세척한 다음 역상현미경(Moitec, Xiamen, Fujian, China) 100배와 200배율로 사진을 찍었다.

#### (5) Oil red O OD 값 측정

사진 촬영 후 PBS를 버린 후, 400 $\mu$ l isopropanol을 각 well에 첨가하여 oil red O를 elution 시켰다. 각각의 well로부터 100 $\mu$ l isopropanol을 96 well로 옮긴 후 ELISA reader(BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### (6) Glucose 함량 분석

지방형성은 DM배지가 첨가된 48-well plates에서 유도되었으며, glucose의 농도는 glucose quantify kit(Asan Pharmaceutical, Seoul, Korea)의 protocol에 의거하여 함량을 측정하였다.

#### (7) 배지내 glucose 분석

세포를 48-well plates에서 배양 8일 후에 배지를 채취하여 생성된 글루코스는 측정용 키트(Asan Pharmaceutical, Seoul, Korea)로 분석하였다.

#### (8) Western blots

3T3-L1 세포를 6-well plates에  $1 \times 10^6$  cells/ml로 분주한 뒤 24시간 동안 배양한 후 pelargonidin을 8일 동안 처리한 다음 RIPA lysis buffer(150mM NaCl, 1% Triton X-100(v/v), 0.5% sodium deoxycholate(w/v), 0.1% SDS(w/v), 50mM Tris-HCl, and 1 mM phenylmethylsulfonyl fluoride)를 이용하여 4°C에서 용해시킨 후 원심분리(12,000rpm, 10min, 4°C)하여 얻은 단백질의 농도를 측정하였다. 동일한 양의 단백질(30  $\mu$ g)과  $\beta$ -mercaptoethanol를 포함한 sample buffer를 1 : 1로 혼합한 후 100°C에서 3분간 가열하였다. 준비된 단백질샘플은 Bio-Rad minigel system를 이용하여 12% SDS-PAGE 후 polyvinylidene fluoride membrane(Merk Millipore Ltd., Billerica, MA, USA)으로 단백질을 전이하였다. Membrane은 1% BSA in PBST buffer(0.1% Tween-20 in PBS)에 1시간 동안 blocking 하였다. 그 후 3% BSA-PBST solution에 primary antibodies(C/EBP- $\alpha$ , C/EBP- $\beta$ , SREBP-1, PPAR- $\gamma$ , A-FABP, FAS, LPL, HMGCR and Glut4)를 희석하여서 4°C에서 overnight시켰다. 그런 다음 membrane은 2차 anti-rabbit IgG conjugates horseradish peroxidase antibody(Santa Cruz Biotechnology, Santa Cruz, CA, USA)가 첨가된 buffer를 넣고 상온에서 1시간 동안 반응한 후 5분 단위로 3차례에 걸쳐 세척하였다. 발색은 enhanced chemiluminescence method(Thermo Scientific, Rockford, IL, USA)를 이용하여 x-ray 필름에 감광시켰다. 그 밴드의 강도는 imageJ(National institutes of health, Bethesda, MD, USA) 소프트웨어를 이용하여 분석 정량하였다. 내부표준단백질은  $\alpha$ -tubulin(Santa Cruz Biotechnology, Santa Cruz, CA, USA)을 사용하였다.

#### (9) 통계분석

생리활성 물질은 Statistical Package for the Social Sciences(SPSS) software(Version 25, IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여서 Duncan's multiple range test로서 분석하였고, 물질의 처리 농도효과는 one-way ANOVA로 분석하였다.

### 다. 결과 및 고찰

### (1) Pelargonidin의 3T3-L1세포의 생존율에 미치는 영향

Pelargonidin이 3T3-L1세포의 생존율에 미치는 영향을 MTT방법으로 조사하였다. 세포에 pelargonidin 5, 10, 20, 50, 100, 200 $\mu$ M을 분화배지(differentiation medium)에서 8일 동안 배양한 후에 독성을 조사하였다. Pelargonidin은 200 $\mu$ M 이하의 농도에서는 독성이 없었다.(Fig. 2.38B).

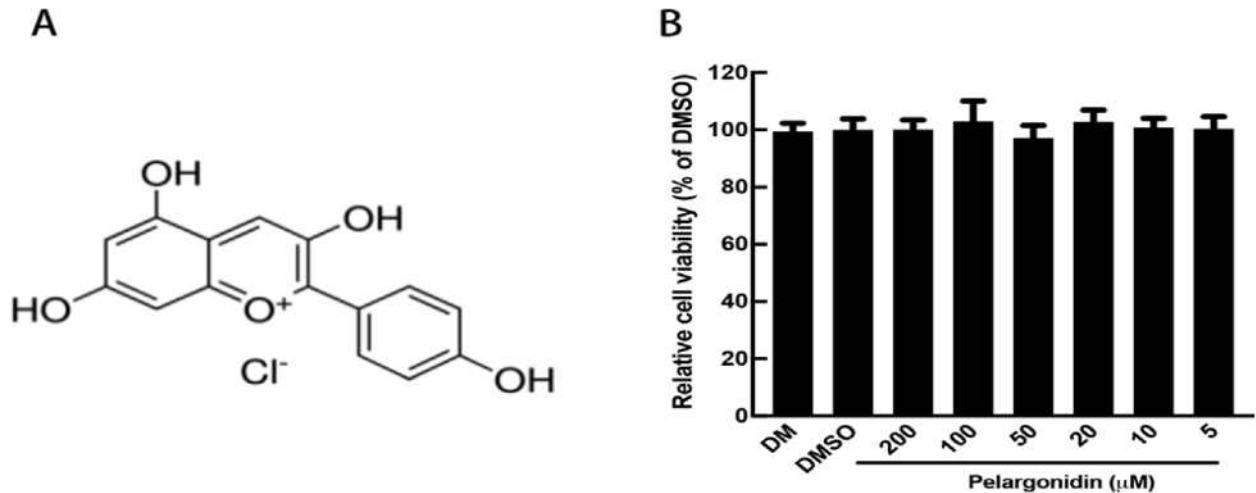


Fig. 2.38. Pelargonidin did not show cytotoxicity when concentration is lower than 200  $\mu$ M. Structure of pelargonidin (A). Cells were seeded in 96 well plate and grown to full confluence, then pelargonidin was added to differentiation medium. 8 days later, an MTT assay was performed to check cell viability (B). Values represent mean  $\pm$  SD (n = 3), \* as p < 0.05 and \*\* as p < 0.01 vs. DMSO group.

### (2) Pelargonidin의 지방형성(adipogenesis) 억제 효과

Pelargonidin이 3T3-L1세포에서 지방세포형성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 5 $\mu$ M, 10 $\mu$ M, and 20 $\mu$ M의 pelargonidin을 분화배지에 첨가하여 8일 동안 배양하였다, 배양 8일째에 oil red O로서 염색을 시킨 후에 역상현미경을 이용하여 사진을 찍었다. Pelargonidin 처리는 농도 의존적으로 지방형성을 억제하였으며(Fig. 2.39A and C). OD를 현저하게 감소시켰다(Fig. 2.39B). 특히 pelargonidin을 5 $\mu$ M, 10 $\mu$ M, 및 20 $\mu$ M로 처리 시에 DMSO처리보다 농도 의존적으로 현저하게 감소시켰다.

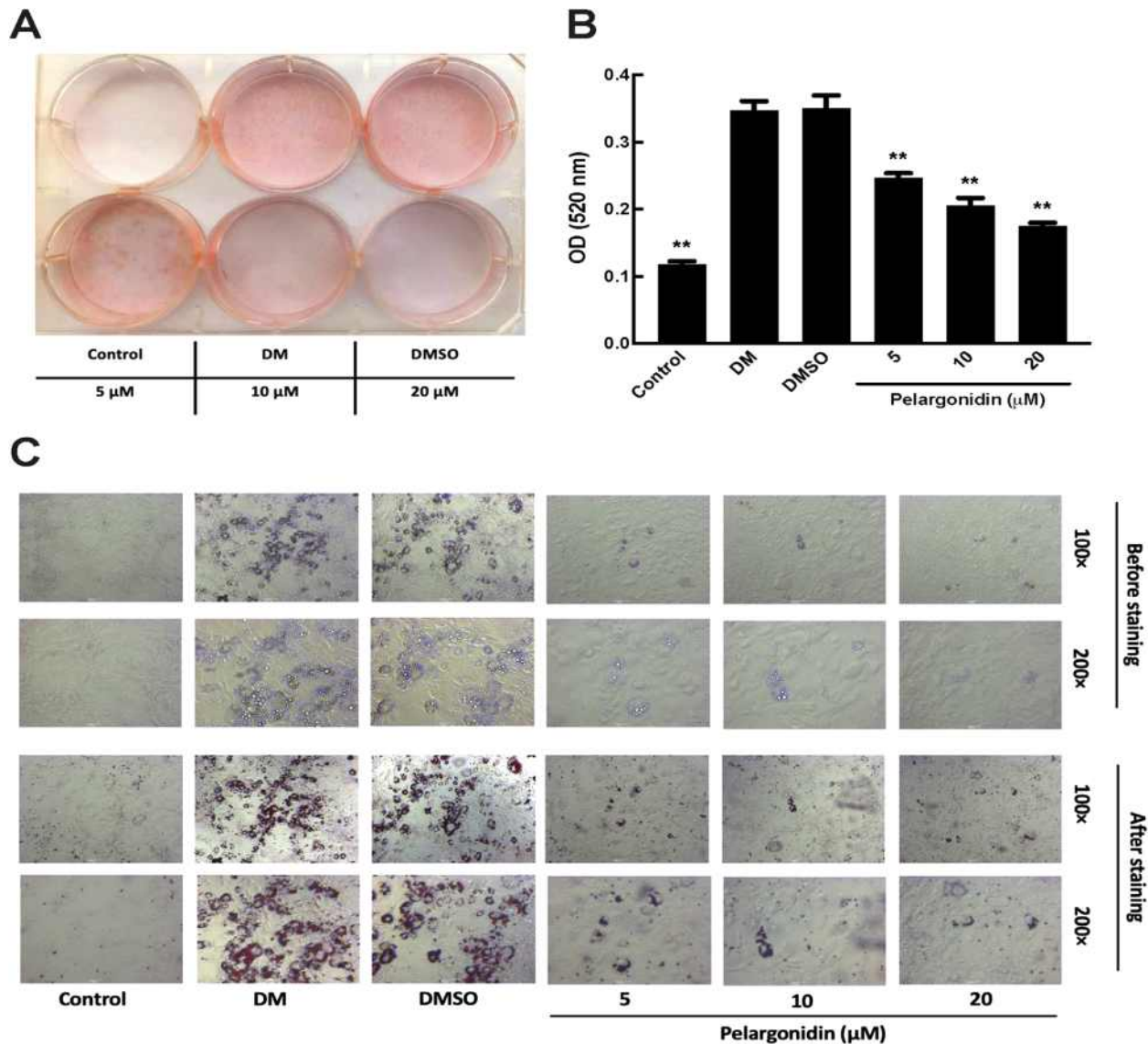


Fig. 2.39. Pelargonidin inhibited adipogenesis in 3T3-L1 cell line. 3T3-L1 cell line was cultured in DMEM containing 10% FBS, 25 mM NaHCO<sub>3</sub>, and 25mM HEPES (culture medium, Control) and adipogenesis was induced in the cells using culture medium containing 10 $\mu$ M rosiglitazone, 10 $\mu$ g/ml insulin, and 1 $\mu$ M dexamethasone (differentiation medium, DM). DMSO or pelargonidin dissolved in DMSO was added to the medium during the whole inducing period. Images were captured after oil red O staining on day 8 (A). OD value of each sample at 520nm was measured using an ELISA reader (B). Images were captured at 100  $\times$  and 200  $\times$  magnification before and after oil red O staining (C). Values represent mean  $\pm$  SD (n = 3), \*\* as p < 0.01 vs. DM with DMSO group. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

### (3) Pelargonidin의 glucose흡수 억제 효과

Pelargonidin의 glucose흡수 억제 효과를 조사하기 위하여, 배지내의 glucose 함량을 조사한 결과, pelargonidin처리구가 DMSO처리구보다 현저하게 높았다(Fig. 2.40). 특히, pelargonidin을 5  $\mu$ M, 10  $\mu$ M 및 20  $\mu$ M 처리 시에 배지내의 glucose농도는 각각  $4.49 \pm 0.10$ ,  $6.20 \pm$

0.15, 및  $7.15 \pm 0.10$ 으로서 배지내에 glucose의 함량이 높은 것으로 나타났는데, 이는 세포 내로 glucose의 흡수를 억제시킨 결과이다. 이러한 결과는 pelargonidin이 농도 의존적으로 glucose의 흡수를 억제한다는 것으로 보여 주는 것이다.

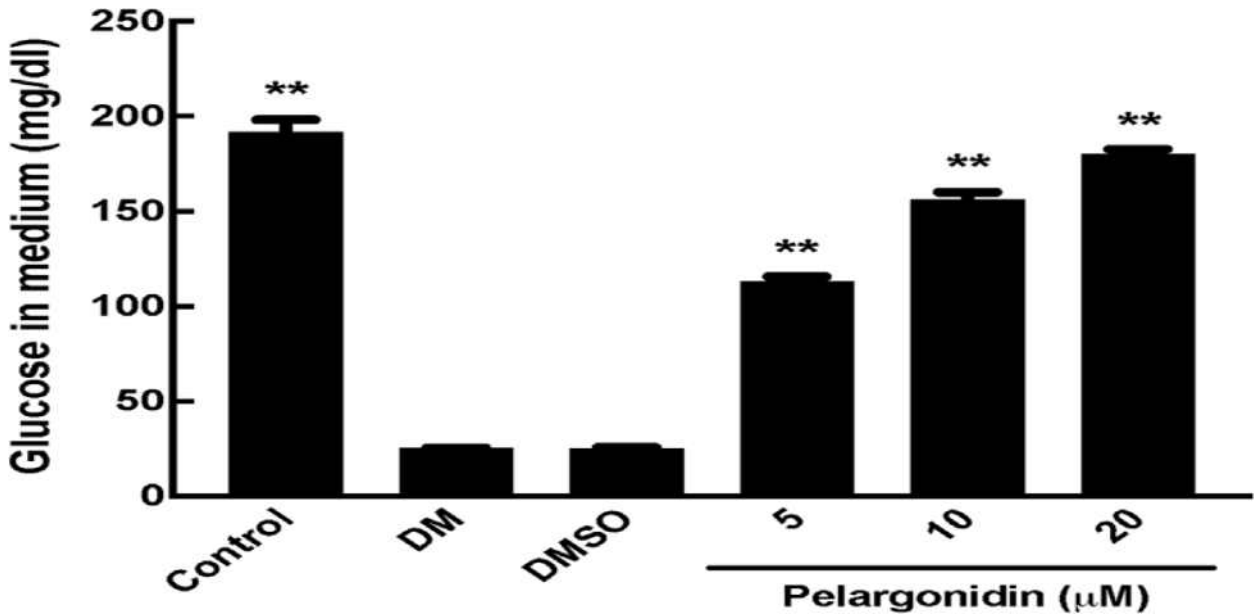


Fig. 2.40. Pelargonidin inhibited glucose consumption in 3T3-L1 cell line. 3T3-L1 cell line was cultured in DMEM containing 10% FBS, 25 mM NaHCO<sub>3</sub>, and 25mM HEPES (culture medium, Control) and adipogenesis was induced using culture medium containing 10μM rosiglitazone, 10μg/ml insulin, and 1μM dexamethasone (differentiation medium, DM). DMSO or pelargonidin dissolved in DMSO was added to medium during the whole inducing period. Medium of each well was collected to measure glucose content on day 8, and then, glucose content was using a commercial glucose determination kit. Pelargonidin suppressed glucose uptake in 3T3-L1 cells. Values represent mean  $\pm$  SD (n = 3), \*\* as p < 0.01 vs. with DMSO group.

#### (4) Pelargonidin은 TG의 축적 억제 효과

Oil Red O 염색 결과 pelargonidin이 세포내 지방의 축적을 억제시키는 것으로 나타났다(Fig. 2.39). TG 축적은 지방세포에 지방의 축적을 의미한다. 본 연구에서 pelargonidin의 처리는 TG의 함량을 농도 의존적으로 감소시켰다(Fig. 2.41). Pelargonidin을 5μM, 10μM, 및 20μM의 농도로 처리한 결과 TG의 함량이 각각 DMSO처리구의  $74.53 \pm 3.89\%$ ,  $61.54 \pm 1.36\%$  및  $47.86 \pm 1.07\%$ 으로서 농도가 증가할수록 TG의 함량은 감소하였다.

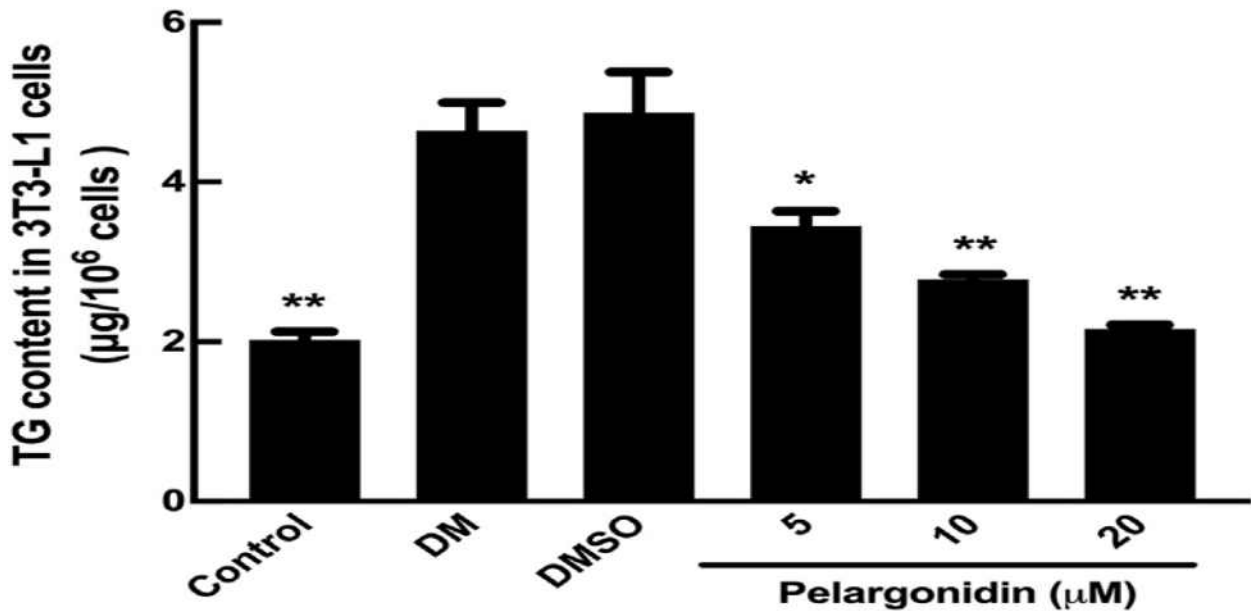


Fig. 2.41. Pelargonidin inhibited triglycerides (TG) accumulation in 3T3-L1 cell line. 3T3-L1 cell line was cultured in DMEM containing 10% FBS, 25mM NaHCO<sub>3</sub>, and 25mM HEPES (culture medium, Control) and adipogenesis induced using culture medium containing 10µM rosiglitazone, 10µg/ml insulin, and 1µM dexamethasone (differentiation medium, DM). DMSO or pelargonidin dissolved in DMSO was added to medium during the whole inducing period. Cells were collected on day 8, TG was extracted with 5% Triton X-100 and the quantity was determined using a commercial TG kit, according to manufacturer's protocol. Pelargonidin decreased TG content in differentiated 3T3-L1 cell line. Values represent mean  $\pm$  SD (n = 3), \* as p < 0.05 and \*\* as p < 0.01 vs. DMSO group.

#### (5) PPAR- $\gamma$ pathway의 발현 억제를 통한 pelargonidin의 항비만 효과

Pelargonidin의 항비만 억제 효과를 조사하기 위하여 총 단백질을 추출한 다음 western blot 방법으로 비만에 관련된 단백질의 발현정도를 조사하였다. 분화배지와 DMSO처리구는 대조구에 비하여 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 현저하게 증가시켰는데, pelargonidin을 처리한 결과 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 농도 의존적으로 감소시켰다, Pelargonidin을 5µM, 10µM 및 20µM의 농도로 8일 동안 처리한 후 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 조사한 결과 DMSO그룹에 비하여 각각 63.25  $\pm$  5.68%, 47.52  $\pm$  2.14% 및 21.23  $\pm$  3.41%으로서 처리농도가 높을수록 현저하게 감소하였다(Fig. 2.42). 그 외에도 지방의 분화와 관련된 HMGCR, LPL, Glut4 및 A-FABP의 발현을 조사한 결과(Fig. 2.42), pelargonidin의 처리는 HMGCR, LPL, Glut4 및 A-FABP의 발현을 농도 의존적으로 감소시켰다.



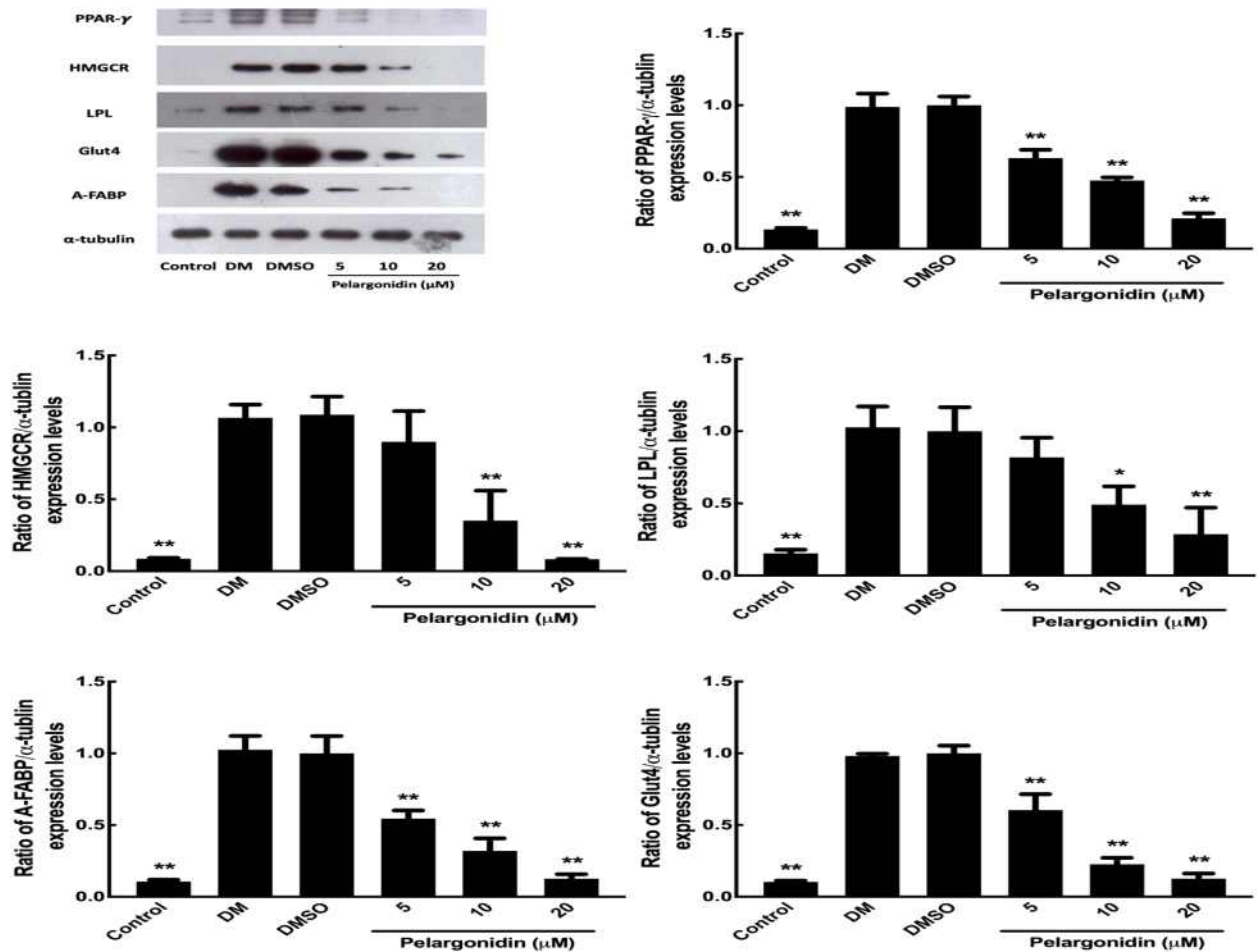


Fig. 2.42. Pelargonidin inhibited expression of PPAR- $\gamma$  and its target genes in differentiated 3T3-L1 cells. 3T3-L1 cell line was maintained in DMEM containing 10% FBS, 25mM NaHCO<sub>3</sub>, and 25mM HEPES (culture medium, Control) and adipogenesis was induced using culture medium containing 10 $\mu$ M rosiglitazone, 10 $\mu$ g/ml insulin, and 1 $\mu$ M dexamethasone (differentiation medium, DM). DMSO or pelargonidin dissolved in DMSO was added to the medium during the whole inducing period. The total proteins were extracted with RIPA buffer, and analyzed by western blotting. Pelargonidin inhibited expression of PPAR- $\gamma$  and its target genes after 8 days. Values represent mean  $\pm$  SD (n = 3), \* as p < 0.05 and \*\* as p < 0.01 vs. DMSO group.

#### (6) Pelargonidin에 의한 PPAR- $\gamma$ 전사억제 효과

3T3-L1 세포 분화 억제, PPAR- $\gamma$  및 PPAR- $\gamma$ 와 관련 target gene의 발현 억제 등에 대한 결과를 종합한 결과 pelargonidin이 PPAR- $\gamma$ 에 직접적으로 관련되어 있을 것으로 가정하였다. 이러한 가설을 기반으로 하여서 Dual-Luciferase Reporter분석을 수행하였다. Rosiglitazone은 PPAR- $\gamma$ 의 전사를 촉진시켰으며, pelargonidin은 촉진된 PPAR- $\gamma$ 의 활성을 현저하게 억제하였다(Fig. 2.43).

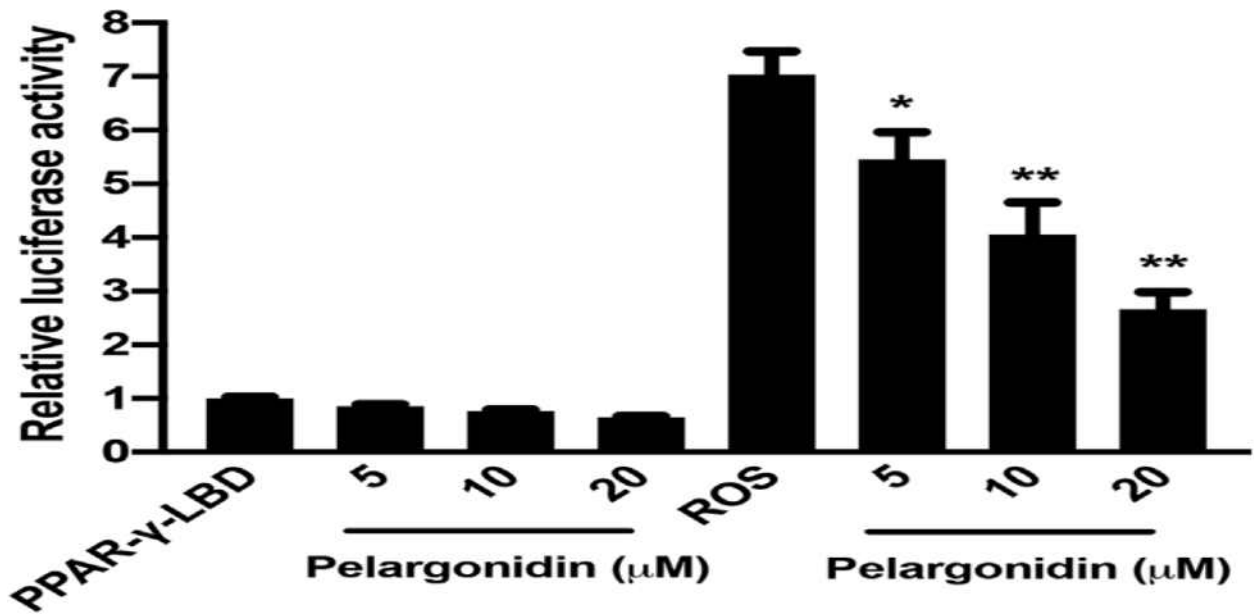


Fig. 2.43. Pelargonidin inhibited the transcription activity of PPAR- $\gamma$ . HEK293T cells were co-transfected with GAL4-PPAR- $\gamma$  ligand binding domain (LBD) fusion plasmid and a plasmid of the GAL4UAS-luciferase reporter for 24 h. Then, pelargonidin was added to the medium with or without rosiglitazone in the medium and remain for another 24 h. The Dual-Luciferase Reporter Assay system were carried out. Pelargonidin inhibited the transcription activity of PPAR- $\gamma$ . Values represent mean  $\pm$  SD (n = 3), \* as p < 0.05 and \*\* as p < 0.01 vs. DMSO group(Bodet et al., 2006; Fujihara et al., 2003; Muller et al., 2010).

## (7) 고찰

비만은 사람들의 일상생활과 삶의 질에 영향을 미치고 있다(Apovian, 2016). 3T3-L1세포는 in vitro실험에서 항비만에 효능을 가진 약물의 스크리닝에 이용되고 있다(Ruiz-Ojeda et al., 2016). Insulin, dexamethasone 및 rosiglitazone 등을 배지에 첨가하여 3T3-L1의 지방형성을 유도한다. 이러한 요인들을 배지에 첨가하여 3T3-L1세포로부터 지방형을 유도한(Zhang et al., 2014; Feng et al., 2016) 다음 pelargonidin을 처리하여 지방형성 억제효과를 조사하였다(Fig. 2.39).

3T3-L1세포에 rosiglitazone의 처리는 glucose의 소비를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Lennon et al., 2009). 고농도의 glucose는 pre-adipocytes가 to adipocytes로 분화하는 것을 촉진한다(Jackson et al., 2017). Pelargonidin은 glucose의 소비를 농도 의존적으로 억제시켰으며(Fig. 2.40), 또한 TG의 축적을 현저하게 억제하였다(Fig. 2.41). 이러한 결과들로부터 pelargonidin이 preadipocyte가 adipocytes로의 분화를 억제하는 이유가 설명할 수 있다.

PPAR- $\gamma$ 는 지방형성 억제 약물을 스크리닝하는 데에 많이 사용되고 있다(Park et al., 2016; Janesick and Blumberg, 2011). PPAR- $\gamma$ 는 지방산의 저장과 glucose의 소비를 조절하는 것으로 알려져 있다(Kintscher and Law, 2005). PPAR- $\gamma$  antagonists는 lipogenesis와 지방세포의 분화를 억제하며, 비만 마우스의 지방무게를 감소시키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 western blot분석방법으로 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 조사한 결과, pelargonidin은 PPAR- $\gamma$ 의 발현을 현저하게 억제하였다(Fig. 2.42). 또한, Luciferase reporter분석 결과, rosiglitazone에 의해서

유도된 PPAR- $\gamma$ 의 전사를 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 2.43). 따라서 pelargonidin은 비만을 완화시키거나 억제시키는 것으로 나타났다.

Glucose의 소비와 지방의 축적과 관련된 PPAR- $\gamma$  target genes의 발현을 western blot분석을 통해서 조사하였다.

A-FABP은 지방산의 저장을 조절하는 중요한 단백질로서 A-FABP의 발현억제는 비만을 억제할 수 있다고 하였다(Makowski and Hotamisligil, 2004). LPL은 지방의 흡수를 조절한다(Ranganathan et al., 2006). In vitro 실험에서 HMGCR의 발현억제는 세포내의 지방생성을 억제하고 TG함량을 감소시킨다고 하였다(Yeh et al., 2018). Fig. 2.42에서 보는 바와 같이 pelargonidin은 A-FABP, LPL 및 HMGCR의 발현을 억제시켰는데, 이러한 결과는 pelargonidin이 지방과 TG의 축적을 억제한다는 것을 설명해 주고 있다. Pelargonidin의 glucose소비 억제기작을 밝히기 위하여 Glut4의 발현을 조사한 결과, 농도 의존적으로 Glut4의 발현을 억제하였다(Fig. 2.42). Glut4는 3T3-L1가 지방세포로 분화할 때에 glucose의 이동에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Abel et al., 2001). 따라서 pelargonidin에 의한 Glut4의 발현 억제는 3T3-L1 세포의 glucose의 소비를 억제할 수 있으며, 지방세포의 형성을 억제한다고 결론지을 수 있다.

#### (8) 결론

Pelargonidin은 3T3-L1세포의 지방형성, glucose의 소비, TG의 축적을 억제하였다. 이러한 억제효과는 A-FABP, HMGCR, LPL 및 Glut4 등의 PPAR- $\gamma$  target gene의 발현을 억제하였다. 이러한 결과는 세포 및 분자수준에서 pelargonidin의 지방형성 억제기작을 규명하였다.

협동 2) 경남 시설딸기 수출 활성화 전략 개발

○ 시설 딸기 수출량 증대

- 1년차에는 신선딸기 수출대상국은 주로 말레이시아, 싱가포르, 태국 등으로 244회에 걸쳐서 신선딸기를 수출하였으며 수출액은 990백만원으로 전년 수출액 890백만원 대비 11.2% 증가하였으며 신선딸기 수출량을 증대시키고자 수출대상국인 말레이시아 등에서 신선딸기 관측 행사를 7회에 걸쳐서 수행하였다.



<한국신선딸기 수출 현지 관측행사>

- 2년차의 신선딸기 수출대상국은 말레이시아, 싱가포르, 태국 등으로 235회에 걸쳐서 신선딸기를 수출하였으며 수출액은 1,409백만원으로 전년 수출액 990백만원 대비 42.4% 증가하였으며 신선딸기 수출량을 증대시키고자 수출대상국인 말레이시아 등에서 신선딸기 관측 행사를 4회에 걸쳐서 수행하였다.



<한국 신선딸기 수출 현지 관측행사>

- 3년차에는 기존 수출대상국인 말레이시아, 싱가포르, 태국 등으로 신선딸기를 수출하여 수출액은 373백만원 수출하였으며 베트남과 미얀마 수출시장을 개척하고자 수출하고자 말레이시아에서 3회, 베트남 Sejong Vietnam JSC 사와 협약하여 수출현지국 베트남 시장에서 관측 행사를 2회에 걸쳐서 수행하였다.



<말레이시아 현지 관촉행사>



<베트남 현지 관촉행사>

- 4년차에는 기존 수출대상국인 말레이시아, 싱가포르, 태국 등으로 204회에 걸쳐서 신선딸기를 수출하였으며 수출액은 885.8백만원을 수출하였다. 신선딸기 수출량을 증대시키고자 수출대상국인 말레이시아에서 신선딸기 관촉행사를 4회에 걸쳐서 수행하였다. 또한 베트남과 미얀마에 딸기를 수출하고자 베트남 Sejong Vietnam JSC 사를 통해 관촉행사 4회에 걸쳐서 수행하였다.



<말레이시아 현지 관촉행사>

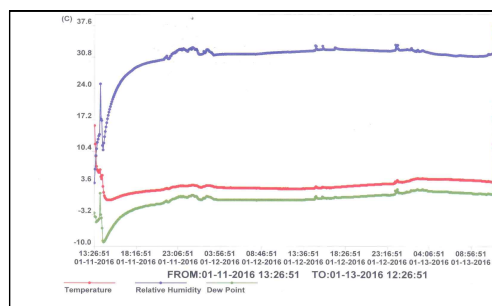
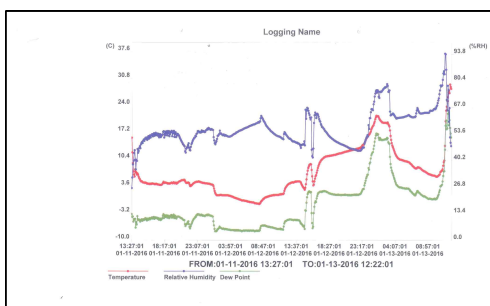


<베트남 현지 관촉행사>

- 5년차에는 기존 수출대상국인 말레이시아, 싱가포르, 태국 등으로 신선딸기를 116회에 걸쳐서 수출하였으며 수출액은 428.7백만원을 수출하였다. 신선딸기 수출량을 증대시키고자 수출대상국인 말레이시아와 베트남에서 신선딸기 관촉행사를 수행하고자 하였으나 코로나-19로 인하여 수행하지 못하였다.

○ 신선딸기 유통 문제점 파악 및 대응방안 수립

- 신선딸기 수출 시 가장 큰 문제점은 운송과정에 온도, 습도 편차가 심하여 수출 현지국에 도착하면 상품성 저하와 더불어 부패가 시작되기도 하였는데, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 생산농가와 수출업체는 미숙과를 수확하여 수출하고 있지만, 품질에 문제가 되고 있었음
- 생산지에서 수출국까지의 운송과정 중에 일어나는 온도와 습도의 변화를 조사한 결과, 수출용 일반 박스는 온도와 습도의 편차가 심하여 상품성에 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났음
- 그러나 보냉박스를 이용하여 운송한 결과 생산지에서 수출국까지 온도와 습도는 일정하게 유지되어 상품성을 유지하는데 유리하였음



(일반 박스)

(보냉박스)

<일반박스(좌)와 보냉박스(우)의 모양과 과일 유통시 온도와 습도 변화 양상>

- 생산지에서 수출국까지의 운송과정 중에 일어나는 온도와 습도의 급격한 변화로 상품성 저하와 더불어 곰팡이 발생 등이 허다하였는데, 수출포장 시 호흡억제 및 친환경 곰팡이 발생억제제를 티백 형태로 개발하여 같이 포장하면 상품성 유지에 효과적일 것으로 판단되었음



<운송 후 수출국 도착(좌)와 도착 후 판매장에 진열 시 곰팡이가 발생(우)한 수출 딸기>

- 수출딸기는 일반적으로 소포장은 250g, 대포장은 500g단위로 포장하여 종이박스에 담아 운송하는데 포장 단위별 중량을 감안하여 과중이 10-20g 사이면 포장할 수 있지만 10g이하 또는 20g 이상은 상품성이 없었음. 따라서 수출용 매향 딸기의 매취 품질 기준을 설정하였으며(과형; 타원형, 과중; 10-20g, 속도; 75-85%) 또한 수출 현지국에서의 품질 경쟁력을 위해서는 숙기가 균일한 과실을 포장하여 수출하는 것이 바람직함



<수출용 딸기의 소포장 및 운송 박스포장>

- 수출대상국의 현지에서 딸기 품질에 대한 호응도는 소포장(20과/250g) 보다는 중(15과/250g)이나 대포장(15과/350g)이므로 수출용 딸기의 대과 및 규격화 생산이 시급함
- 수출가격은 소과 포장의 경우 팩당 2500원 수준인데 비해 대과 포장은 팩당 4000원 수준이므로 대과생산이 요구됨
- 특히 현지에서의 소비자 반응은 일본이나 뉴질랜드산 딸기에 비해 가격이 비싸고 신맛이 있다는 지적과 더불어 다른 수입국에 비해 유통되는 딸기의 크기가 작다는 평가가 있었음



<소포장>



<중포장>



<대포장>

- 과일생산으로 인한 가격하락과 덤핑수출을 방지하기 위한 국내소비 패턴 다양화 필요
  - 동결건조 기술을 이용한 신선딸기 간식용 즉석식품 가공
  - 적색(설향), 흰색(만년설), 흰색(파인베리) 등 신선딸기 동결건조 제품 생산
  - 신선딸기의 고부가가치 증대 및 고유의 맛과 색상을 가진 딸기 년중 공급
  - 신선딸기 과일생산 시 즉석식품으로 가공하여 가격 안정화
  - 제품 가공 후 판촉행사를 통하여 홍보 및 소비패턴을 조사하고자 하였으나 코로나-19로 취소

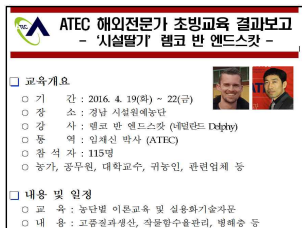
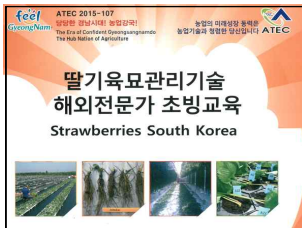




(협동 3) 시설딸기 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 운영

○ 신기술도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영

- 1년차에는 시설딸기 신기술도입을 위하여 해외(네덜란드, 벨기에)와 국내 전문가를 초빙하여 딸기 육묘관리, 수출딸기 품질 향상 등을 위한 농가 현장 교육 및 집합 이론 교육을 16회에 걸쳐서 1,072명을 대상으로 수행하였으며 수출딸기 품질향상 및 수량증대를 위한 재배기술 등 교육책자 4건을 제작 발간하였음



- 2차년도에는 시설딸기 신기술도입을 위하여 네덜란드, 스페인 등 해외 농업선진국 전문컨설턴트를 초빙하여 딸기 시설환경관리, 생물학제 방제기술, 양수분관리, 고온기 작물관리 등을 주제로 한 농가 현장 교육 및 집합 이론 교육을 16회 938명 대상으로 수행하였음. 관련된 신기술 교육책자 5건을 제작 발간하였음.

**ATEC 해외전문가 초빙교육 결과보고**  
- '시설딸기' 아르노 베이어 -

**교육개요**

- 기 간 : 2016. 9. 26 ~ 9. 29 (4일간)
- 장 소 : 경남 시설딸기 재배주산지
- 강 사 : 아르노 베이어 (네덜란드)
- ※ 통 역 : 임채신 박사(경남농업기술원 ATEC)
- 참석자 : 268명 (농가, 공무원, 관련업체 등)

**내용 및 일정**

- 교 육 : 지역농가 이론 및 실용화기술교육
- 내 용 : 육묘관리, 정식시기 양수분관리, 온실환경관리 등

일 자	장소(교육협조기관)	인원	시간계획
9.26(월)	신안군(농업기술센터 농업상담소)	38	이론교육 : 09:00-09:30 등록/안내, 09:30-10:30 양식초기 시설환경 설명, 11:00-11:40 현장답성
9.27(화)	진주시(농업기술센터 농업상담소)	91	이론교육 : 11:50-12:50 질소 및 양분관리, 13:00-14:00 휴식
9.28(수)	진주시(농업기술센터 농업상담소)	37	이론교육 : 14:00-15:00 온실환경관리

**시설재배 생물학적방제기술 해외전문가 초빙 교육계획**

해외전문가 초빙교육을 통해 생물학적방제기술을 조기에 도입함으로써 시설재배 농가의 경쟁력을 강화하고 농가소득 증대에 기여하고자 함.

**교육개요**

- 기 간 : 2016. 11. 09. ~ 11. 10. (2일간)
- 장 소 : 경남농업기술원 및 시설재배농가
- 강 사 : 안토니오 마르조 (스페인) 강사프렐라: 침부 협과, ※ 통 역 : 이호 (프렐라, 강사프렐라: 침부 협과)
- 교육인원 : 150명 정도 (농가, 공무원, 관련업체 등)
- 교육방법 : 이론교육 및 실용화기술 현장교육(지역농가)
- 교육내용 : 딸기 및 토마토 천적관리, IPM 주요기술 등
- 소요예산 : 11,826천원 정도

일 자	지역/장소	인원	시간계획
11.9(수)	시설딸기(이론교육) : 경남농업기술원 ATEC, 시설딸기(현장교육) : 함안군	80	이론교육 : 09:00-09:30 등록/안내, 09:30-10:50 침부 협과, 11:00-11:50 비닐온실 온실환경 기술, 12:00-12:30 점심휴식/휴식
11.10(목)	시설딸기(이론교육) : 경남농업기술원 ATEC, 시설딸기(현장교육) : 함안군	70	이론교육 : 14:00-17:00 천적 방제법 위한 연구 기법, 17:00-18:00 휴식/답성

**시설딸기 온실환경관리 기술 해외전문가 초빙 교육계획**

해외전문가 초빙교육을 통해 약광기 온실환경관리기술을 조기에 도입함으로써 시설딸기 농가의 경쟁력을 강화하고 농가소득 증대에 기여하고자 함.

**교육개요**

- 기 간 : 2016. 12. 12 ~ 12. 14. (3일간)
- 장 소 : 경남 딸기재배 주산지
- 강 사 : 조스 반 하르트 (네덜란드) 강사프렐라: 침부 협과 ※ 통 역 : 임채신 박사 (경남농업기술원 ATEC)
- 교육인원 : 190명 정도 (농가, 공무원, 관련업체 등)
- 교육방법 : 이론교육 및 실용화기술 현장교육(지역농가)
- 교육내용 : 약광기 온실환경, 환수율, 선택관리 등
- 소요예산 : 13,204천원 정도

일 자	지역/장소	인원	시간계획
12.12(수)	시설딸기(이론교육) : 경남농업기술원 ATEC, 시설딸기(현장교육) : 함안군	80	이론교육 : 09:00-09:30 등록/안내, 09:30-10:50 침부 협과, 11:00-11:50 비닐온실 온실환경 기술, 12:00-12:30 점심휴식/휴식
12.13(목)	시설딸기(이론교육) : 경남농업기술원 ATEC, 시설딸기(현장교육) : 함안군	70	이론교육 : 14:00-17:00 천적 방제법 위한 연구 기법, 17:00-18:00 휴식/답성

**시설딸기 양수분관리기술 해외전문가 초빙 교육계획**

해외전문가 초빙교육을 통해 농업선진국 실용화기술을 조기에 도입함으로써 우리도 농업인의 재배기술 향상과 품질 경쟁력을 강화하고자 함.

**교육개요**

- 기 간 : 2017. 3. 21. ~ 3. 24. (4일간)
- 장 소 : 경남농업기술원 및 딸기농가
- 강 사 : 헤르만 에글름 (네덜란드) 강사프렐라: 침부 협과 ※ 통 역 : 이강모 (그로단)
- 교육인원 : 250명 정도 (농가, 공무원, 관련업체 등)
- 교육방법 : 이론교육 및 실용화기술 현장교육(지역농가)
- 교육내용 : 광세기별 환수율관리, EC 및 pH관리 등
- 소요예산 : 19,946천원 정도

일 자	지역(협조부서)	인원	시간계획
3.21(화)	함안군(농업기술센터 농업상담소)	60	이론교육(실용화기술교육) : 09:00-10:00 이론/등록/안내



- 3년차에는 시설딸기 신기술도입을 위하여 네덜란드, 벨기에 등 해외 농업선진국에서 활동하는 전문컨설턴트를 초빙하여 딸기 정식초기 작물리, 병해충관리, 배지함수율관리, 봄철 작물관리 등을 주제로 한 농가 현장 교육 및 집합 이론 교육을 16회 1,025명 대상으로 수행하였음. 관련 된 신기술 교육책자 4건을 제작 발간하였음

**농업인 경남시대**

2017. 11. 08  
2017. 11. 08  
2017. 11. 08

담당자: 김민준, 김민준, 김민준, 김민준, 김민준

**시설딸기 양액 및 배지함수율 관리 해외전문가 초빙교육 계획**

경남농업기술원 (미래농업교육과)

**시설딸기 정식초기 재배기술 해외전문가 초빙 교육계획**

시설딸기 정식 후 초기 함수율, EC, pH 등 재배관리기술 해외전문가 초빙 교육을 통해 선진국 실용화기술을 조기에 도입하고자 함

기간: 2017. 9. 26(화) ~ 9. 29(금)  
장소: 경남농업기술원 및 시설딸기 주산지  
강사: 아르노 베이커 (Arno Baker) 네덜란드, 프랭크, 침부라코  
주동역: 임재진 박사 (ATEC)  
교육인원: 280명 정도 (농가, 공무원, 관련업체 등)  
교육방법: 이론교육 및 실용화기술 현장교육(지역농가)  
교육내용: 함수율관리, EC, pH 관리 등  
소요예산: 19,438천원 정도  
교육일정

일자	작목(지역협조부서)	인원	시간계획
9.28(화)	민주시민농업기술센터/농신유통과	100	이론교육 09:00-10:00 이동/동쪽농비 10:00-12:00 정식/2차리
9.29(수)	고성군	50	

**시설딸기 병해충 관리 기술 해외전문가 초빙교육 결과**

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 병해충 관리기술 향상 및 농기술도입 확대 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 교육 결과 보고함

**교육개요**

- 기간: 2018. 4. 3(화) ~ 4. 6(금)
- 장소: 경남농업기술원 및 시설딸기 주산지(사천, 합천, 김해)
- 참석인원: 199명 (농가, 공무원, 관련업체 등)
- 강사: 조스 반 하르든(네덜란드, 동역: 임재진 박사)

**교육내용**

- 시설 딸기 재배관리요령
- 양분관리 및 병해충관리 방법
- 질병예방 및 용합도론 등

**세부일정**

일차	지역	인원	시간계획
4.3(화)	사천시 (사천시농업기술센터/이차농업교육과, 안동농업기술원/교육지원과)	50	이론교육 10:00-12:00 현장방문(사천)
4.4(수)	합천군 (합천군농업기술센터/농업교육과)	50	이론교육 10:00-12:00 현장방문(합천)
4.5(목)	김해시 (김해시농업기술센터/농업교육과)	50	이론교육 10:00-12:00 현장방문(김해)
4.6(금)	경상남도농업기술원 (ATEC: 농정 2020팀)	100	이론교육 10:00-12:00 봄철 병해충관리 12:30-13:00 점심 13:30-17:00 현장방문 및 방화 17:00-18:00 현장토론

**교육사진**

**시설딸기 병해충관리기술 해외전문가 초빙교육 결과보고**

- 유럽의 딸기 병해충관리 선진 IPM기술 도입 및 안전성 향상
- 수출 대비 딸기 고품질 파생산물 핵심기술 습득

**교육개요**

- 교육기간: 2017. 12. 5. ~ 12. 8(4일)
- 교육장소: 사천딸기 재배주산지
- 초빙강사: 조스 반 하르든(네덜란드, Delphy 전문컨설턴트)
- 동역역: 홍준기(농촌연구원)
- 교육인원: 225명
- 교육장비: 5,000천원(기금 5,000천원)

**교육중점사항**

- 수확기 시설딸기 병해충관리 최신기술 동향
- 악장기 세척관리를 위한 환경 및 양분관리 현장컨설팅
- 시설딸기 IPM 관리 주요기술

**기대효과**

- 유럽 시설딸기 병해충관리 핵심기술 도입 및 습득

**시설딸기 양액 및 함수율관리 기술 해외전문가 초빙교육**

시설딸기 양액 및 함수율관리 기술  
Nutrient Management in Strawberry Production

경상남도농업기술원 (미래농업교육과)

**시설딸기 병해충 관리기술 해외전문가 초빙교육**

시설딸기 병해충 관리기술  
Pest Management in Strawberry Production

경상남도농업기술원 (미래농업교육과)

**시설딸기 정식초기 재배기술 해외전문가 초빙교육**

시설딸기 정식초기 작물관리  
CROP MANAGEMENT IN EARLY STAGE

경상남도농업기술원 (미래농업교육과)

**시설딸기 봄철 작물관리기술 해외전문가 초빙교육**

봄철 시설딸기 재배기술  
Crop Management Against Hot Seasons in Strawberry Production

경상남도농업기술원 (미래농업교육과)

- 4년차에는 시설딸기 신기술도입을 위하여 네덜란드, 벨기에 등 해외 농업선진국 농업컨설팅회사 소속 전문컨설턴트를 초빙하여 정식초기관리, 양분결핍관리, 화아분화관리, 과실품질 향상 등을 주제로 한 농가 현장 교육 및 집합 이론 교육을 17회 1,247명 대상으로 수행하였음. 관련된 신기술 교육책자 5건을 제작 발간하였음

### 시설딸기 정식초기 관리기술 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2018. 6. 19(화) ~ 6. 22(금)
- 장 소 : 시설딸기 [국내] 연성교육(거창, 밀양, 고창) 및 ATEC
- 참석인원 : 300명 (농가, 공무원, 관련업체 등) \* 당초 계획 200명
- 강 사 : 에리크 판데르비크(네덜란드) \* 통역 : 김명진 박사
- 교육내용 : 시설딸기 정식초기 작물관리 및 목표 관리 등.

**교육내용**

- 주요 부하량, 고온기 발생해충 방제, BEM 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
6.19(화)	거창	74	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
6.20(수)	밀양	40	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
6.21(목)	거창	50	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
6.22(금)	경상남도농업기술원 대강당	189	09:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심/13:00-17:00 집합교육/17:30-18:30 등록휴식

**교육사진**

### 시설딸기 화아분화 및 재배관리 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2018. 10. 15(월) ~ 10. 18(목)
- 장 소 : 시설딸기 주상기 연성교육(거창, 밀양, 고창) 및 국립현대미술관
- 참석인원 : 330명(농가, 공무원, 관련업체 등) \* 당초 계획 300명
- 강 사 : 아르노 베이어(네덜란드) \* 통역 : 김명진 박사, 이영호 교수
- 교육내용 : 정식초기 딸기 작물관리 및 화아분화 이해 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
10.15(화)	거창	20	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.16(수)	밀양	49	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.17(목)	거창	51	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.18(금)	국립현대미술관 대강당	210	10:00-12:00 화아분화 이해/12:10-13:00 점심/13:00-17:00 집합교육/17:30-18:30 등록휴식

**교육결과**

- 이번 교육은 신기술 습득 및 기술향상을 위해 참석자 수가 대다수로, 딸기 장사 이후 40% 가량이므로 우리나라에 이온 교육 시 20명만이 참석하는 등 높은 관심을 보임.
- 교육 만족도(내용, 기법, 강사) 또한 98% 정도로 평정된 높음.

### 양액재배작물 양분결핍증 판단 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2018. 10. 29(화) ~ 11. 1(목)
- 장 소 : 경남 양액재배작물 주상기(산청, 사천) 및 ATEC
- 참석인원 : 340명(농가, 공무원, 관련업체 등) \* 당초 계획 270명
- 강 사 : 아르노 베이어(네덜란드) \* 통역 : 김명진 박사
- 교육내용 : 양액재배작물 양분결핍증 원인 및 대책 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
10.29(화)	산청군 (양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	103	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.30(수)	사천시 (양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	31	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.31(목)	양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	147	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
11.01(금)	ATEC (양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	59	10:00-12:00 양액재배작물 양분 결핍/12:10-13:00 점심/13:00-17:00 양액재배작물 양분 결핍/17:30-18:30 등록휴식

**교육결과**

- 이번 교육은 신기술 습득 및 기술향상을 위해 대다수가 참석하였으며 교육에 대한 높은 만족도로 340명이 참석함. \*당초 계획 : 270명, \*참석자 340명 중 남자 247명(72.6%), 여자 89명(26.2), 무응답 4명(1.2)
- 교육 만족도(내용, 기법, 강사)는 87% 정도로 대체로 만족함.

### 양액딸기 시설환경관리 및 재배관리 기술 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2018. 12. 5(화) ~ 12. 7(목)
- 장 소 : 경남 시설딸기 주상기(산청, 양성) 및 ATEC
- 참석인원 : 132명(농가, 공무원, 관련업체 등) \* 당초 계획 180명
- 강 사 : 조스 반 아르트(네덜란드) \* 통역 : 김명진 박사
- 교육내용 : 양수분, 온실환경, 병해충, 양액관리 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
12.05(화)	경남 (양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	26	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
12.06(수)	산청 (양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	18	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
12.07(목)	양액재배작물 주상기(농촌진흥청))	88	09:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심/13:30-16:30 온실환경 관리/16:30-18:30 등록휴식

**교육결과**

- 이번 교육은 시설딸기 수확 시기로 온실환경, 재배관리 73%로 제조 하지만, 교육 만족도(내용, 기법, 강사)는 92%로 매우 높음.
- \*참석인원 : 132명(남자 98명, 74%, 여자 34명, 26%), 당초 계획 180명

시설딸기 정식초기 관리기술 해외전문가 초빙교육

시설딸기 재배기술  
Crop Management in Strawberry Production

시설딸기 해외전문가 초빙교육

시설딸기 품질향상 및 수확증대를 위한 재배기술  
Improving Quality and Yield of Greenhouse Strawberry

양액재배작물 양분결핍증 판단 해외전문가 초빙교육

시설딸기 양분결핍 판단  
Reading nutrient deficiencies in greenhouse crops

양액딸기 해외전문가 초빙교육

겨울철 시설딸기 선택유지 기술  
Strengthening Growth Power of Strawberry in Water

시설딸기 품질 재배기술 해외전문가 초빙교육

품질 시설딸기 재배기술  
Crop Management in Strawberry Production

- 5년차에는 시설딸기 신기술도입을 위하여 멕시코, 네덜란드, 벨기에 등 해외 농업선진국에서 활동하는 전문컨설턴트를 초빙하여 딸기 병해충관리, 양분결핍관리, 정식초기 양수분관리 등을 주제로 한 농가 현장 교육 및 집합 이론 교육을 10회 676명 대상으로 수행하였음. 관련된 신기술 교육책자 2건을 제작, 발간하였음.

### 시설딸기 수확증대 관리기술 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2018. 5. 14(수) ~ 5. 15(목)
- 장 소 : 통영, 거창
- 참석인원 : 10명
- 강 사 : 알토니 토레스(Antonio Torres, 멕시코)
- 통역 : 이 호 권장교

**교육내용**

- 주요 부하량, 고온기 발생해충 방제, BEM 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
5.14(수)	통영	58	09:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심/13:00-17:00 집합교육/17:30-18:30 등록휴식
5.15(목)	거창	23	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심

**교육사진**

### 시설딸기 양액재배 및 양분결핍증 판단 기술 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2019. 5. 27(화) ~ 5. 30(목)
- 장 소 : 고성, 진주, 경양농업기술원 ATEC
- 참석인원 : 40명
- 강 사 : 헤르만 에르보트(Herman Ervotboom, 네덜란드)
- 통역 : 홍순기 전문기술(농생명공학)

**교육내용**

- 양액재배 방법, 양분결핍 판단 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
5.27(화)	고성	43	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
5.28(수)	농업기술원(농촌진흥청)	96	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
5.29(목)	진주	160	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
5.30(금)	경양농업기술원 ATEC	127	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심

**교육사진**

### 시설딸기 정식초기 양수분관리 해외전문가 초빙교육 결과

농업선진국의 신기술도입 교육 실시로 농업 경쟁력향상 및 농가소득 향상을 위해 시행한 해외전문가 초빙교육에 대한 결과 보고함.

**교육개요**

- 기 간 : 2019. 10. 15(화) ~ 10. 18(목)
- 장 소 : 하동, 통영, 진주, 진주
- 참석인원 : 169명
- 강 사 : 아르노 베이어(네덜란드) \* 통역 : 김명진 박사, 이영호 교수

**교육내용**

- 작물선택 및 화과관리, 양수분관리 등.

**세부일정**

일 차	지 역	인원	시간계획
10.15(화)	하동	27	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.16(수)	통영	16	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.17(목)	진주	36	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심
10.18(금)	진주	90	10:00-10:00 등록/10:10-12:00 교육/12:10-13:00 점심

**교육사진**

시설딸기 해외전문가 초빙교육

양액재배 및 양분결핍증 판단기술  
Recipe Preparation and Fertilizer Management for Element Deficiencies in Strawberry

시설딸기 정식초기 양수분관리 해외전문가 초빙교육

시설딸기 품질향상 및 수확증대를 위한 재배기술  
Improving Quality and Yield of Greenhouse Strawberry



- 3차년 : 시설딸기농가 현장 전문 컨설팅 팀을 운영하여 병해충 방제 현장지원 15회 및 농업ICT 활용기술 지원을 위한 딸기 스마트팜 아카데미 교육과정을 운영하여 총 21회 현장애로기술 지원 컨설팅을 수행하였음. 병해충 방제 컨설팅은 3농가 대상 15회의 천적활용 생물학적 방제법 관련 현장기술지원을 수행하며 병해충 방제 애로기술을 효율적으로 해결 및 지원하였음. 시설딸기 스마트팜 아카데미 교육은 농업인 40명을 선발하여 6주간 주 1회 ICT기술 활용 딸기 재배, 스마트팜 기반 재배시설 관리 등 스마트팜 기술 도입 및 문제해결 역량강화 교육을 수행하였음.

출장일시	대상작목반	출장자
2018. 07. 19. 15:00-18:00	알찬영농 작목반 (인주시 수곡면)	황동현
구 분	내 용	
컨설팅 내용	1. 컨설팅 개요 - 장소: 수곡 원리리 알찬영농교육장 및 인근농가 하우스 - 참석인원: 17명 2. 시설 딸기 재배상 문제점 협의(응답(1시간)) - 인근농장 1개소 현장 컨설팅 3. 확산딸기 재배 관리 교육(2시간) 가. 방법: PPT교육 나. 주내용 - 시설딸기 경영 목적 - 딸기재배 특성	
조치 사항	1. 현장컨설팅 협의 응답 육묘 현장 및 화이발화관련 협의 5건 응답 2. 우유배출을 위한 하차기 관리 방법 연시	
비 고	- 컨설팅 기간 26중 응답시 환경측정기, 조도계, pH미터 2중, EC미터 3중(아날로그, 디지털, 근원형), 지온계, 3상식 배지습도계측기, 적외선온도계, 테스트레이터 2중, 당도계, 전자저울, 탄산가스측정기, 순간 운송도측정기, 확대경(25X), 휴대용화미경, 커피, 온도계, 버어니어캘리퍼스, EC조정시약, pH조정시약 3중, 용류수 - 스티디 재료 빙프로그젝터 1, 포인터, 스크린, 스티디 재료 17부	

출장일시	대상작목반	출장자
2018. 08. 24. 15:00-18:00	알찬영농 작목반 (인주시 수곡면)	황동현
구 분	내 용	
컨설팅 내용	1. 컨설팅 개요 - 장소: 수곡 원리리 알찬영농교육장 및 인근농가 하우스 - 참석인원: 16명 2. 시설 딸기 재배상 문제점 협의(응답(1시간)) - 인근농장 1개소 현장 컨설팅 3. 확산딸기 재배 관리 교육(2시간) 가. 방법: PPT교육 나. 주내용 - 시설딸기 정식전 관리 - 배지 관리 및 포장관리 - 8-9월 비배관리	
조치 사항	1. 현장컨설팅 협의 응답 육묘 현장 및 화이발화관련 협의 4건 응답 2. 조양 및 배지 소독 방법 연시	
비 고	- 컨설팅 기간 26중 응답시 환경측정기, 조도계, pH미터 2중, EC미터 3중(아날로그, 디지털, 근원형), 지온계, 3상식 배지습도계측기, 적외선온도계, 테스트레이터 2중, 당도계, 전자저울, 탄산가스측정기, 순간 운송도측정기, 확대경(25X), 휴대용화미경, 커피, 온도계, 버어니어캘리퍼스, EC조정시약, pH조정시약 3중, 용류수 - 스티디 재료 빙프로그젝터 1, 포인터, 스크린, 스티디 재료 17부	

출장일시	대상작목반	출장자
2018. 12. 20. 15:00-18:00	알찬영농 작목반 (인주시 수곡면)	황동현
구 분	내 용	
컨설팅 내용	1. 컨설팅 개요 - 장소: 수곡 원리리 알찬영농교육장 및 인근농가 하우스 - 참석인원: 16명 2. 시설 딸기 재배상 문제점 협의(응답(1시간)) - 인근농장 1개소 현장 컨설팅 3. 확산딸기 재배 관리 교육(2시간) 가. 방법: PPT교육 나. 주내용 - 시설딸기 정식 전 관리 - 12-01월 비배관리	
조치 사항	1. 현장컨설팅 협의 응답 가열과 및 조제관리에 관한 협의 4건 응답 2. 겨울철 비배관리 및 조제관리기술 연시	
비 고	- 컨설팅 기간 26중 응답시 환경측정기, 조도계, pH미터 2중, EC미터 3중(아날로그, 디지털, 근원형), 지온계, 3상식 배지습도계측기, 적외선온도계, 테스트레이터 2중, 당도계, 전자저울, 탄산가스측정기, 순간 운송도측정기, 확대경(25X), 휴대용화미경, 커피, 온도계, 버어니어캘리퍼스, EC조정시약, pH조정시약 3중, 용류수 - 스티디 재료 빙프로그젝터 1, 포인터, 스크린, 스티디 재료 17부	

- 4년차 : 시설딸기농가 현장 전문 컨설팅 팀을 운영하여 병해충 방제 현장지원 50회 및 시설딸기 양액재배 현장컨설팅 및 교육 6회 등 총 56회 현장애로기술 지원컨설팅을 수행하였음. 병해충 방제 컨설팅은 10농가 대상 각 5회의 천적활용 생물학적 방제법 관련 현장기술지원을 수행하며 병해충 방제 애로기술을 효율적으로 해결 및 지원하였음. 양액재배 현장컨설팅 및 교육은 17농가를 대상으로 6회동안 애로기술 현장컨설팅과 주요 재배기술 교육을 수행하였음.

출장일시	대상작목반	출장자
2018. 07. 19. 15:00-18:00	알찬영농 작목반 (인주시 수곡면)	황동현
구 분	내 용	
컨설팅 내용	1. 컨설팅 개요 - 장소: 수곡 원리리 알찬영농교육장 및 인근농가 하우스 - 참석인원: 17명 2. 시설 딸기 재배상 문제점 협의(응답(1시간)) - 인근농장 1개소 현장 컨설팅 3. 확산딸기 재배 관리 교육(2시간) 가. 방법: PPT교육 나. 주내용 - 시설딸기 경영 목적 - 딸기재배 특성	
조치 사항	1. 현장컨설팅 협의 응답 육묘 현장 및 화이발화관련 협의 5건 응답 2. 우유배출을 위한 하차기 관리 방법 연시	
비 고	- 컨설팅 기간 26중 응답시 환경측정기, 조도계, pH미터 2중, EC미터 3중(아날로그, 디지털, 근원형), 지온계, 3상식 배지습도계측기, 적외선온도계, 테스트레이터 2중, 당도계, 전자저울, 탄산가스측정기, 순간 운송도측정기, 확대경(25X), 휴대용화미경, 커피, 온도계, 버어니어캘리퍼스, EC조정시약, pH조정시약 3중, 용류수 - 스티디 재료 빙프로그젝터 1, 포인터, 스크린, 스티디 재료 17부	

출장일시	대상작목반	출장자
2018. 08. 24. 15:00-18:00	알찬영농 작목반 (인주시 수곡면)	황동현
구 분	내 용	
컨설팅 내용	1. 컨설팅 개요 - 장소: 수곡 원리리 알찬영농교육장 및 인근농가 하우스 - 참석인원: 16명 2. 시설 딸기 재배상 문제점 협의(응답(1시간)) - 인근농장 1개소 현장 컨설팅 3. 확산딸기 재배 관리 교육(2시간) 가. 방법: PPT교육 나. 주내용 - 시설딸기 정식전 관리 - 배지 관리 및 포장관리 - 8-9월 비배관리	
조치 사항	1. 현장컨설팅 협의 응답 육묘 현장 및 화이발화관련 협의 4건 응답 2. 조양 및 배지 소독 방법 연시	
비 고	- 컨설팅 기간 26중 응답시 환경측정기, 조도계, pH미터 2중, EC미터 3중(아날로그, 디지털, 근원형), 지온계, 3상식 배지습도계측기, 적외선온도계, 테스트레이터 2중, 당도계, 전자저울, 탄산가스측정기, 순간 운송도측정기, 확대경(25X), 휴대용화미경, 커피, 온도계, 버어니어캘리퍼스, EC조정시약, pH조정시약 3중, 용류수 - 스티디 재료 빙프로그젝터 1, 포인터, 스크린, 스티디 재료 17부	

출장일시	대상작목반	출장자
2018. 12. 20. 15:00-18:00	알찬영농 작목반 (인주시 수곡면)	황동현
구 분	내 용	
컨설팅 내용	1. 컨설팅 개요 - 장소: 수곡 원리리 알찬영농교육장 및 인근농가 하우스 - 참석인원: 16명 2. 시설 딸기 재배상 문제점 협의(응답(1시간)) - 인근농장 1개소 현장 컨설팅 3. 확산딸기 재배 관리 교육(2시간) 가. 방법: PPT교육 나. 주내용 - 시설딸기 정식 전 관리 - 12-01월 비배관리	
조치 사항	1. 현장컨설팅 협의 응답 가열과 및 조제관리에 관한 협의 4건 응답 2. 겨울철 비배관리 및 조제관리기술 연시	
비 고	- 컨설팅 기간 26중 응답시 환경측정기, 조도계, pH미터 2중, EC미터 3중(아날로그, 디지털, 근원형), 지온계, 3상식 배지습도계측기, 적외선온도계, 테스트레이터 2중, 당도계, 전자저울, 탄산가스측정기, 순간 운송도측정기, 확대경(25X), 휴대용화미경, 커피, 온도계, 버어니어캘리퍼스, EC조정시약, pH조정시약 3중, 용류수 - 스티디 재료 빙프로그젝터 1, 포인터, 스크린, 스티디 재료 17부	

- 5년차 : 시설딸기농가 현장 전문 컨설팅 팀을 운영하여 병해충 방제 현장지원 30회 및 청년농업인 대상 시설딸기 스마트팜 운영 현장컨설팅 및 교육 16회 등 총 46회 현장애로기술 지원컨설팅을 수행하였음. 병해충 방제 컨설팅은 13농가 대상 총 30회의 천적활용 생물학적 방제법 관련 현장기술지원을 수행하며 병해충 방제 애로기술을 효율적으로 해결 및 지원하였음. 청년농업인 스마트팜 운영 현장컨설팅 및 교육은 스마트팜 청년창업보육사업을 이수한 청년농업인 5명을 대상으로 6개월 16회에 걸쳐 딸기 스마트팜 운영을 위한 기자재 및 시설장비 활용방법 등에 대한 현장컨설팅을 수행하고, 실습교육을 지도하였음.

딸기 스마트팜 운영 현장컨설팅(교육)				딸기 스마트팜 운영 현장컨설팅(교육)				시설딸기 스마트팜 재배관리 현장컨설팅(교육)				시설딸기 병해충 방제 현장컨설팅(교육) 결과 요약			
재제자명	장 소	연일형태	일정내용	재제자명	장 소	연일형태	일정내용	장 소	주요 내용	연일형태	일정내용	총 기 명	총회(기간)	현장컨설팅 일자	2020. 03. 16.
<b>주요 교육형 컨설팅 내용</b> 4회차 (11월 26일 - 13일 - 17.00) ▶ 난방 및 자동화 스마트팜 기술 ▶ 기본적인 스마트팜 관리 방법 및 작물량 관리 시기에 대한 교육 ▶ 작물 사용에 적합한 시기에 대한 교육 ▶ 스마트팜 후 스마트팜 운영 ▶ 시설장비의 특성상 다수농가로 설치된 스마트팜 모두 동일한 상황에 맞게 사용할 수 있도록 지도 ▶ 온도에 따른 자동 관리 지도 ▶ 온도에 따른 자동 관리 지도				<b>주요 교육형 컨설팅 내용</b> 6회차 (12월 12일 - 13.00 - 17.00) ▶ 스마트팜 난방기기의 적정기 효율관리 ▶ 시설장비 설치 및 난방기기의 기본 작동과 원리에 대해 설명 ▶ 시설장비 보수 및 점검, 기온보조등의 역할과 사용 방법 지도 ▶ 공기 순도에 따른 기온보조등 사용 지도 ▶ 공기 순도에 따른 기온보조등 사용 지도 ▶ 난방의 절약을 위한 다양한 에너지 절약 및 테스트방법 지도 ▶ 구경별 난방 효과에 대한 설명과 작업 및 보양사상 지도				<b>주요 컨설팅(교육) 내용</b> 1회차 (2월 7일 - 13.00 - 17.00) 현장애로 컨설팅 -수정 2차/3차, 도량 2차/3차 (관수 / 관물 온도 및 EC 변화) 프로그램 개발 -수정 2차/3차, 도량 2차/3차 (관수 / 관물 온도 및 EC 변화) 프로그램 개발 -수정 2차/3차, 도량 2차/3차 (관수 / 관물 온도 및 EC 변화) 프로그램 개발 -수정 2차/3차, 도량 2차/3차 (관수 / 관물 온도 및 EC 변화) 프로그램 개발				<b>현장컨설팅 결과 요약</b> 1. 병해충 방제 현장컨설팅 결과 요약 2. 방제 Solution 3. 방제 Solution			

○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영

- 1년차 : 시설딸기 주산단지 및 선도농가 3농가(진주시, 고성군, 거창군)를 대상으로 친환경 고품질 딸기 생산을 위한 병해충종합관리(IPM) 프로그램 적용평가 시범사업을 추진하였음. 사업의 주요 목적은 1. 시설딸기 IPM 프로그램 적용을 위한 기초 기술 농가 적용, 2. 해충관리를 위한 IPM 호환성 농약 선발 및 적용기술 교육, 3. 천적 이용 및 농약절감 기술 적용, 4. IPM 농가 확대 기반 마련이며, 주요 수행 내용은 농가별 시설 환경 파악 및 주요 병해충 관리 실태 파악, 해충별 발생 상황 조사 및 천적 투입 일정 확정, 천적 및 농약 사용 프로토콜 분석 및 문제점 파악, 다음 작기 프로그램 작성임. 시범사업 추진결과에 따라 가장 큰 영향을 미치는 해충인 점박이응애의 효과적인 관리에 영향을 미치는 천적 정착시기, 신속하고 정확한 예찰 등 주요 요인을 파악하고, 분석에 따라 다음 작기 관리 프로토콜을 확정하였음.

<p>시설딸기 지역혁신 프로젝트 시범사업 추진 경과 보고</p> <p>친환경 고품질 딸기 생산을 위한 병해충종합관리(IPM) 프로그램 적용평가</p> <p>2016. 5.</p> <p>경상남도농업기술원 ATEC</p>
---

<p>행부 7. 딸기 IPM 프로그램 (2016-2017 작기)</p>
---







(단위 : 건수)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교 육 지 도	인력 양성	정책 활용·홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매출액 (백만 원)	수출액 (백만 원)	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
												SCI	비 SCI							
최종목표	25	15	-	5	-	5	6,480	5,890	-	-	5	30	35	50	300	150	5	60		
1 차 년 도	목 표	1	-	-	-	-	980	890	-	-	-	-	2	5	40	30	-	10		
	실 적	2	-	-	-	1	3,354.7	1,073.3	-	-	-	1	1	8	31	0		11		
2 차 년 도	목 표	3	1	-	-	1	1,150	1,100	-	-	1	4	6	10	50	30	1	10		
	실 적	4	2	-	-	1	3,572.9	1,409.7	-	-	-	2	0	11	69	0	1	14		
3 차 년 도	목 표	5	2	-	1	-	1,300	1,200	-	-	1	5	7	12	60	30	1	12		
	실 적	5	0		3		4,246.4	688.7	-	-	-	5	5	11	42	9	0	18		
4 차 년 도	목 표	7	4	-	1	-	1,450	1,300	-	-	1	8	7	13	70	30	1	13		
	실 적	8	3	-	1	-	4,600.0	885.8	3	-	-	4	7	12	60	14	-	4	12	
5 차 년 도	목 표	8	5	-	3	-	1,600	1,400	-	-	2	7	8	10	80	30	2	15		
	실 적	4	2	-	0	-	3,888.3	428.7	-	-	-	18	15	10	55	12	0	49		
소 계	목 표	24	12		5		6,480	5,890	-		5	24	30	50	300	150	5	60		
	실 적	23	7	-	6	-	19,662.3	4,486.2	3	-	0	30	28	52	257	35	1	96	12	
종료 1차년도		1	3	-	-	-	1	-	-	-	-	6	3		-		-			
종료 2차년도			-	-	-	-		-	-	-	-	-	2		-		-	-		
종료 3차년도				-	-	-		-	-	-	-				-		-	-		
종료 4차년도				-	-	-		-	-	-	-				-		-	-		
종료 5차년도				-	-	-		-	-	-	-				-		-	-		
소 계		1	3	-	-	-	1	-	-	-	-	6	5		-		-			
합 계		25	15	-	5	-	5	6,480	5,890	-	-	5	30	35	50	300	150	6	60	

□ 논문(국내외 전문학술지) 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
1	수출딸기 선별장에서 잿빛곰팡이균 밀도조사와 저장온도에 따른 잿빛곰팡이병 발생연구	농약과학회지	김다란	19	한국	한국농약과학회	비SCI	2015.09.01
2	Effect of chlorine dioxide on freshness of Maehyang strawberry during export	원예과학기술지	김혜민	34	한국	한국원예학회	SCI	2015.08.01
3	Effects of foliar fertilization containing titanium dioxide on growth, yield and quality of strawberries during cultivation	Hortic. Environ. Biotechnol.	최효길	56	한국	한국원예학회	SCI	2015.10.01
4	Correlation between strawberry ( <i>Fragaria ananassa</i> Duch.) productivity and photosynthesis-related parameters under various growth conditions	Frontier in Plant Science	최효길	7	Netherlands	Frontiers Media SA	SCI	2016.10.16
5	Epidemiology and control of strawberry bacterial angular leaf spot disease caused by <i>Xanthomonas fragariae</i>	Plant Pathol. J.	김다란	32	한국	한국식물병리학회	SCI	2016.08.01
6	꽃잎 및 꽃받침 제거가 딸기의 과형변화 및 품질에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	26	한국	한국환경과학회	비SCI	2017.01.31
7	토마토 폐배지를 딸기 수경재배 배지로 재이용 가능성 연구	한국폐기물자원순환학회지	이규빈	34	한국	한국폐기물자원순환학회	비SCI	2017.03.01
8	이상 저온조건이 딸기의 생육, 수량 및 생리활성 성분에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	26	한국	한국환경과학회	비SCI	2017.03.01
9	Investigation of genetic diversity of <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>fragariae</i> using PCR-RFLP	Plant Pathol. J.	김지수	33	한국	한국식물병리학회	SCI	2017.03.01
10	딸기 매향의 사이토키닌 처리방법과 농도에 따른 생육과 런너 생산	시설원예·식물공장	김영진	26	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2017.04.01
11	Anti-inflammatory effects of novel polygonum multiflorum compound via inhibiting NF- $\kappa$ B/MAPK and upregulating the Nrf2 pathways in LPS-stimulated microglia	Neuroscience Letters	박순영	651	Netherlands	Elsevier	SCI	2017.04.27
12	Foliar or subirrigation silicon supply mitigates high temperature stress in strawberry by maintaining photosynthetic and stress-responsive proteins	J. Plant Growth Regul	Sowbiya Munee r	36	Germany	Springer	SCI	2017.03.17

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
13	Proteomic analysis of coprinopsis cinerea under conditions of horizontal and perpendicular gravity	Mycobiology	김지수	45	한국	한국균학회	SCI	2017.09.01
14	Exported strawberry gray mold decay related spore density and disease incidence in cultivation filed	농약과학회지	전창욱	21	한국	한국농약과학회	비SCI	2017.09.01
15	Evaluation of bioactive compounds in strawberry fruits by a targeted metabolomic approach	원예과학기술지	고민정	35	한국	한국원예학회	SCI	2017.12.31
16	Foliar or subirrigational silicon supply modulates salt stress in strawberry during vegetative propagation	Hortic. Environ. Biotechnol.	박유경	59	한국	한국원예학회	SCI	2018.02.28
17	이상저온 조건에서 spermine 처리가 딸기의 생육과 수량 및 품질에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	27	한국	한국환경과학회	비SCI	2018.03.31
18	Silicon application during vegetative propagation affctcs photosynthetic protein expression in strawberry	Hortic. Environ. Biotechnol.	박유경	59	한국	한국원예학회	SCI	2018.04.30
19	하절기 매향 딸기의 삼목 번식시 관수 방법에 따른 생육 및 발근율	시설원예·식물공장	김현민	27	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2018.04.30
20	양액 EC 농도에 따른 육묘기 매향 딸기 모주의 생육 및 자묘 발생	시설원예·식물공장	김현민	27	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2018.04.30
21	Development qRT-PCR protocol to predict strawberry fusarium wilt occurrence	Plant Pathol. J.	홍성원	34	한국	한국식물병리학회	SCI	2018.08.31
22	육묘기 매향 딸기의 생육, 런너 및 자묘 생산에 미치는 지베렐린 처리방법 및 농도의 영향	시설원예·식물공장	강재현	27	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2018.10.31
23	시설재배 딸기 중 흰가루병 방제 농약의 경시적 잔류 특성	농업생명과학연구	이동열	52	한국	농업생명과학연구원	비SCI	2018.04.30
24	살리실 산 처리가 딸기 생육과 과실 품질에 미치는 영향	농업생명과학연구	최효길	52	한국	농업생명과학연구원	비SCI	2018.10.31

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
25	Construction of a proteome reference map and response of <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> to 2,4-diacetylphloroglucinol	Fungal Biology	권영상	122	Netherlands	Elsevier	SCI	2018.11.30
26	이상 고온조건에서 지하수 냉방 처리가 딸기의 생육과 수량 및 품질에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	27	한국	한국환경과학회	비SCI	2018.08.31
27	딸기의 주두 제거와 옥신 처리가 딸기의 과형 및 품질에 미치는 영향	시설원예·식물공장	이정은	28	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2019.01.30
28	이상고온 조건이 딸기의 생육, 수량 및 생리활성 성분에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	28	한국	한국환경과학회	비SCI	2019.01.30
29	이산화염소 가스 처리 농도에 따른 수출딸기 매향의 상품성 변화	시설원예·식물공장	김혜민	28	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2019.04.30
30	삼목번식지 가습과 차광 처리에 따른 매향 딸기의 생육	시설원예·식물공장	강동일	28	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2019.10.30
31	Growth and flower bud induction in strawberry Sulhyang runner plant as affected by exogenous application of benzyladenine, gibberellic acid and salicylic acid	시설원예·식물공장	Lus The Thi	28	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2019.04.30
32	양액 강도와 공급 중단 시기에 따른 삼목번식한 2품종 딸기의 성장과 개화반응	농업생명과학연구	강동일	53	한국	농업생명과학연구원	비SCI	2019.08.31
33	Extended supplementation of nutrient solution for runner plant production improved the growth of runner plants and enhanced the reproduction rate and quality of Maehyang strawberry fruits	원예과학기술지	김현민	37	한국	한국원예학회	SCI	2019.02.28
34	Characterization of antibacterial strains against kiwifruit bacterial canker	Plant Pathol. J.	김민정	35	한국	한국식물병리학회	SCI	2019.11.30
35	PGR and its application method affect number and length of runners produced in Maehyang and Sulhyang strawberries	Agronomy	Chen Liu	9	Switzerland	MDPI AG	SCI	2019.01.31

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
36	Prohexadione-calcium application during vegetative growth affects growth of mother plants, runners, and runner plants of Maehyang strawberry	Agronomy	김현민	9	Switzerland	MDPI AG	SCI	2019.03.31
37	Effect of light and carbon dioxide on photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and fruit yield in strawberry ( <i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) plants	J. Berry Research	최효길	9	Netherlands	IOS Press	SCI	2019.05.31
38	Evolution of antibiotic synthesis gene clusters in the <i>Streptomyces globosporus</i> TFH56, isolated from tomato flower	G3	조경준	9	USA	GSA	SCI	2019.06.30
39	Genome-wide screening antifungal genes in <i>Streptomyces griseus</i> S4-7, a fusarium wilt disease suppressive microbial agent	FEMS microbiology letters	홍성원	366	Federation of European	Oxford University Press	SCI	2019.06.18
40	Valinomycin, produced by <i>Streptomyces</i> sp. S8, a key antifungal metabolite in large patch disease suppressiveness	World J. Microbiol. Biotech.	전창욱	35	USA	Springer	SCI	2019.08.02
41	Hydrogen Sulfide Affects the Root Development of Strawberry During Plug Transplant Production	Agriculture	Jiangtao Hu	10	Switzerland	MDPI	SCI	2020.01.05
42	하위 적엽처리가 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	29	한국	한국환경과학회	비SCI	2020.03.02
43	IBA 처리방법과 농도에 따른 딸기 '매향'의 측아 발생 억제와 자묘 생육	시설원예·식물공장	황희성	29	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2020.01.30
44	광부족 조건이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	29	한국	한국환경과학회	비SCI	2020.02.28
45	Strawberry fermentation with <i>Cordyceps militaris</i> has anti-adipogenesis activity	Food bioscience	Lu Guo	35	Netherlands	Elsevier	SCI	2020.03.30

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
46	Pelargonidin suppresses adipogenesis in 3T3-L1 cells through inhibition of PPAR- $\gamma$ signaling pathway	Archives of biochemistry and biophysics	Lu Guo	686	Netherlands	Elsevier	SCI	2020.03.30
47	발아온도 및 Spermine, Putrescine이 딸기의 화분발아에 미치는 영향	한국환경과학회지	이정은	29	한국	한국환경과학회	비SCI	2020.04.29
48	하위 적엽처리가 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향	한국환경과학회지	이규빈	29	한국	한국환경과학회	비SCI	2020.03.30
49	On-site inspection of agricultural microorganism culture rooms for culture efficiency and contamination status	농업생명과학연구	조경준	53	한국	농업생명과학연구원	비SCI	2020.01.31
50	First report of kiwifruit brown leaf spot caused by Fusarium tricinctum in South Korea	농업생명과학연구	김민정	53	한국	농업생명과학연구원	비SCI	2020.06.30
51	S-Petasin isolated from Petasites japonicus exerts anti-adipogenic activity in the 3T3-L1 cell line by inhibiting PPAR- $\gamma$ pathway signaling	Food & Function	Lu Guo	10	UK	Royal Society of Chemistry	SCI	2019.06.30
52	수출 딸기 '매향'의 일중 수확시기와 예냉 및 저장 온도에 따른 상품성 변화	시설원예·식물공장	박지은	29	한국	한국생물환경조절학회	비SCI	2020.04.30
53	An optimal combination of the propagation medium and fogging duration enhances the survival, rooting and early growth of strawberry daughter plants	Agronomy	Hao Wei	10	Switzerland	MDPI AG	SCI	2020.04.29
54	Quality of supplementary morning lighting (SML) during propagation period affects physiology, stomatal characteristics, and growth of strawberry plants	Plants	Hao Wei	9	Switzerland	MDPI	SCI	2020.09.29
55	Phytohormone profiles of Seolhyang and Maehyang strawberry fruits during ripening	Hortic. Environ. Biotechnol.	이규빈	61	한국	한국원예학회	SCI	2020.03.30
56	S-petasin inhibits lipid accumulation in oleic acid-induced HepG2 cells through activation of the AMPK signaling pathway	Food & Function	Lu Guo	10	UK	Royal Society of Chemistry	SCI	2020.06.30

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	American Phytopathological Society	조현지	2016.08.01	Pasadena, CA	미국
2	한국식물병리학회학술발표대회	김다란	2015.10.15	거제대명리조트	대한민국
3	한국원예학회춘계학술발표대회	박유경	2016.05.25	창원컨벤션센터	대한민국
4	한국원예학회춘계학술발표대회	김영진	2016.05.25	창원컨벤션센터	대한민국
5	한국원예학회춘계학술발표대회	고민정	2016.05.25	창원컨벤션센터	대한민국
6	한국원예학회춘계학술발표대회	왕자옥	2016.05.25	창원컨벤션센터	대한민국
7	한국원예학회춘계학술발표대회	이상우	2016.05.25	창원컨벤션센터	대한민국
8	한국원예학회춘계학술발표대회	소비야	2016.05.25	창원컨벤션센터	대한민국
9	제 8회 국제딸기 심포지엄	강남준	2016.08.13	퀘백	캐나다
10	한국원예학회추계학술발표대회	김영진	2016.10.26	광주컨벤션센터	대한민국
11	ICFAT	김영규	2017.01.16	발리	인도네시아
12	한국원예학회춘계학술발표대회	이규빈	2017.05.24	대전컨벤션센터	대한민국
13	한국원예학회춘계학술발표대회	강남준	2017.05.24	대전컨벤션센터	대한민국
14	한국원예학회춘계학술발표대회	이규빈	2017.05.24	대전컨벤션센터	대한민국
15	한국생물환경조절학회학술발표대회	이규빈	2017.05.10	전남대학교	대한민국
16	한국원예학회춘계학술발표대회	정병룡	2017.05.24	대전컨벤션센터	대한민국
17	한국원예학회춘계학술발표대회	정병룡	2017.05.24	대전컨벤션센터	대한민국
18	한국식물병리학회학술발표대회	김다란	2016.10.19	서울대 평창캠퍼스	대한민국
19	한국식물병리학회학술발표대회	김지수	2016.10.19	서울대 평창캠퍼스	대한민국
20	한국식물병리학회학술발표대회	김다란	2017.09.13	제주컨벤션센터	대한민국
21	한국식물병리학회학술발표대회	홍성원	2017.04.27	한국과학기술회관	대한민국
22	18th International Symposium on the biology of actinomycetes	조경준	2017.05.27	제주	대한민국
23	한국생물환경조절학회학술발표대회	김현민	2017.10.20	경상대학교	대한민국
24	한국생물환경조절학회학술발표대회	김현민	2017.10.20	경상대학교	대한민국
25	2018 the Annual meeting of JOAAT & IJPMBS Editorial Board	강동일	2018.01.19	제주	대한민국
26	2018 the Annual meeting of JOAAT & IJPMBS Editorial Board	Hao Wei	2018.01.19	제주	대한민국
27	2018 the Annual meeting of JOAAT & IJPMBS Editorial Board	Jiangtao Hu	2018.01.19	제주	대한민국
28	한국생물환경조절학회학술발표대회	이규빈	2017.10.20	경상대학교	대한민국
29	한국원예학회추계학술발표대회	이정은	2017.10.14	송도컨벤션센터	대한민국
30	한국원예학회추계학술발표대회	이규빈	2017.10.14	송도컨벤션센터	대한민국
31	한국원예학회춘계학술발표대회	정병룡	2018.05.23	대전컨벤션센터	대한민국
32	한국원예학회춘계학술발표대회	정병룡	2018.05.23	대전컨벤션센터	대한민국
33	한국원예학회춘계학술발표대회	정병룡	2018.05.23	대전컨벤션센터	대한민국
34	한국원예학회추계학술발표대회	정병룡	2018.10.17	여수엑스포컨벤션센터	대한민국
35	한국원예학회춘계학술발표대회	황승재	2018.05.23	대전컨벤션센터	대한민국

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
36	한국원예학회추계학술발표대회	황승재	2018.10.17	여수엑스포컨벤션센터	대한민국
37	한국원예학회추계학술발표대회	황승재	2018.10.17	여수엑스포컨벤션센터	대한민국
38	한국생물환경조절학회학술발표대회	강점순	2018.04.19	무주덕유산리조트	대한민국
39	한국원예학회추계학술발표대회	강점순	2018.05.23	대전컨벤션센터	대한민국
40	한국원예학회추계학술발표대회	강점순	2018.05.23	대전컨벤션센터	대한민국
41	국생물환경조절학회학술발표대회	강점순	2018.10.04	연암대학교	대한민국
42	한국생물환경조절학회학술발표대회	강남준	2018.04.19	무주덕유산리조트	대한민국
43	International Conference on Agriculture and Biotechnology	Yali Li	2018.12.20	방콕	태국
44	한국원예학회추계학술발표대회	이정은	2019.05.22	경주화백컨벤션센터	대한민국
45	한국원예학회추계학술발표대회	강재현	2019.05.22	경주화백컨벤션센터	대한민국
46	한국원예학회추계학술발표대회	Yali Li	2019.05.22	경주화백컨벤션센터	대한민국
47	한국원예학회추계학술발표대회	강동일	2019.05.22	경주화백컨벤션센터	대한민국
48	International Conference on Asia Agriculture and Animal	Yali Li	2019.08.08	제주	대한민국
49	한국원예학회추계학술발표대회	Yali Li	2019.05.23	평창알펜시아컨벤션센터	대한민국
50	한국원예학회추계학술발표대회	강동일	2019.05.23	평창알펜시아컨벤션센터	대한민국
51	한국원예학회추계학술발표대회	황희성	2019.05.23	평창알펜시아컨벤션센터	대한민국
52	한국원예학회추계학술발표대회	강남준	2019.05.23	평창알펜시아컨벤션센터	대한민국

□ 기술요약정보

연도	기술명	요약내용	기술완성도	등록번호
2015	딸기 화분으로부터 분리한 식물 진균병 병원균에 대해 항균활성을 가지는 스트렙토마이세스 바디우스 SF7B6 균주 및 이의 용도	딸기 꽃으로부터 분리한 식물 진균병 병원균에 대해 항균 활성을 가지는 스트렙토마이세스 바디우스 SF7B6 균주 및 이의 용도에 관한 것으로, 식물 진균병 병원균에 대해 항균 활성을 가지는 Streptomyces badius SF7B6 균주, 상기 균주 또는 이의 배양액을 유효성분으로 포함하는 식물 진균병 방제용 조성물, 상기 균주를 배양하는 단계를 포함하는 식물 진균병 방제용 조성물의 제조 방법 및 상기 균주 또는 이의 배양액의 유효량을 식물 또는 토양에 처리하는 단계를 포함하는 식물 진균병을 방제하는 기술	특허만 신청	10-1695916



연도	기술명	요약내용	기술완성도	등록번호
2015	딸기 꽃으로부터 분리한 곤충병원균 또는 딸기 진균병 병원균에 대해 항균활성을 갖는 스트렙토마이세스 바디우스 SP6C4 균주 및 이의 용도	딸기 화분으로부터 분리한 곤충병원균 또는 딸기 진균병 병원균에 대해 항균활성을 갖는 스트렙토마이세스 바디우스 SP6C4 균주 및 이의 배양액을 유효성분으로 포함하는 곤충병 또는 딸기 진균병 방제용 조성물, 상기 균주를 배양하는 단계를 포함하는 곤충병 또는 딸기 진균병 방제용 조성물의 제조 방법 및 상기 균주 또는 이의 배양액의 유효량을 곤충병원균 감염 지역, 식물 또는 토양에 처리하는 단계를 포함하는 곤충병 또는 딸기 진균병을 방제하는 기술	특허만 신청	10-1695918
2018	두상 또는 안개 관수방법을 이용한 하절기 매향 딸기 삼목묘의 발근율 및 생육 향상 방법	딸기 삼목의 삼목 후 30~40% 차광막으로 덮인 반 밀폐형 시스템 내에서 1~10일 동안 두상관수(over head irrigation) 또는 안개관수(fog irrigation) 처리하며 육묘시키는 단계를 포함하는 고온 조건에서 딸기 삼목묘의 발근율 및 생육을 향상시키는 기술	특허만 신청	10-1870813
2018	딸기 런너의 뿌리 생장 방법	딸기 런너의 뿌리 생장방법은, 황화수소 나트륨(NaHS)을 증류수에 혼합하여 혼합액을 제조하는 단계, 상기 혼합액을 딸기런너의 줄기에 처리하는 2단계 및 완전배양액에서 재배하는 기술	특허만 신청	10-1886600
2018	딸기 삼목방법	딸기 모주에서 발생된 런너를 크라운이 포함되도록 자르는 단계, 런너를 배지에 꽂고, 상기 크라운은 노출되어 있는 상태이며 상기 런너와 배지를 투명한 비닐 하우스 내에서 재배하는 제 2단계와, 상기 하우스를 제거한 다음, 액비를 관주하고 청색 LED로 보광하여 삼목하는 기술	특허만 신청	10-1920185
2018	정식 전 양액 공급 시기 조절을 통한 딸기의 조기개화 유도 및 과실 수확량 향상 방법	딸기 자묘에 정식전에 양액을 17~23일간 처리한 후 정식하는 단계를 포함하는 딸기의 조기개화를 유도하고 과실 수확량을 향상시키는 기술	특허만 신청	10-2071287
2020	동결건조를 통한 신선딸기	수확기가 편중되어 과잉 생산된 신선딸기는 동결건조 기법으로 즉석 가공식품으로 제조하면 신선딸기의 부가가치 창출	아이디어 창안 및 시장 개척단계	-

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

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	딸기 화분으로부터 분리한 식물 진균병 병원균에 대해 항균활성을 가지는 스트렙토마이세스 바디우스 SF7B6 균주 및 이의 용도	대한민국	경상대학교산학협력단	2015.06.23	10-2015-0088836				100
2	딸기 꽃으로부터 분리한 곤충병원균 또는 딸기 진균병 병원균에 대해 항균활성을 갖는 스트렙토마이세스 바디우스 SP6C4 균주 및 이의 용도	대한민국	경상대학교산학협력단	2015.06.24	10-2015-0089477				100
3	시설딸기 매향의 육묘시 린너 생산을 위한 성장조절제 처리 방법	대한민국	경상대학교산학협력단	2016.11.07	10-2016-0147472				100
4	딸기 화분으로부터 분리한 식물 진균병 병원균에 대해 항균활성을 가지는 스트렙토마이세스 바디우스 SF7B6 균주 및 이의 용도	대한민국	경상대학교산학협력단	2015.06.23	10-2015-0088836	경상대학교산학협력단	2017.01.06	10-1695916	100
5	딸기 꽃으로부터 분리한 곤충 병원균 또는 딸기 진균병 병원균에 대해 항균활성을 갖는 스트렙토마이세스 바디우스 SP6C4 균주 및 이의 용도	대한민국	경상대학교산학협력단	2015.06.24	10-2015-0089477	경상대학교산학협력단	2017.01.06	10-1695918	100
6	딸기 육묘시 저면관수시스템을 이용한 적정 관수 방법	대한민국	경상대학교산학협력단	2017.02.14	10-2017-0019759				100
7	밀리타리 동충하초로 발효한 딸기의 기능성 성분 함량 증대 방법	대한민국	부산대학교산학협력단	2017.04.25	10-2017-0052990				100
8	눈꽃동충하초로 발효한 딸기의 기능성 성분 함량 분석	대한민국	부산대학교산학협력단	2017.04.25	10-2017-0052995				100
9	육묘기 딸기의 개화시기 조절방법	대한민국	경상대학교산학협력단	2017.06.01	10-2017-0068206				100
10	딸기 위황병 병원균을 특이적으로 검출하기 위한 프라이머 세트 및 이의 용도	대한민국	경상대학교산학협력단	2017.08.21	10-2017-0105212				100
11	Streptomyces badius SP6C4 strain having antimicrobial activity against insect pathogen or strawberry fungal disease pathogen isolated from strawberry	미국	경상대학교산학협력단	2017.11.17	15-575,182				50
12	두상 또는 안개 관수방법을 이용한 하절기 매향 딸기 삽목묘의 발근율 및 생육 향상 방법	대한민국	경상대학교산학협력단	2018.02.20	10-2018-0019848				100

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
13	딸기 런너의 뿌리 생장 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.03.06	10-2018-0026088				100
14	조절된 전기전도도를 가지는 양액을 이용한 육묘기 딸기의 모주 및 자묘의 생육 향상 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.03.08	10-2018-0027251				100
15	두상 또는 안개 관수방법을 이용한 하절기 매향 딸기 삽목묘의 발근율 및 생육 향상 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.02.20	10-2018-0019848	경상대학교 산학협력단	2018.06.19	10-1870813	100
16	딸기 삽목방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.07.28	10-2018-0088223				100
17	딸기 런너의 뿌리 생장 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.03.06	10-2018-0026088	경상대학교 산학협력단	2018.08.01	10-1886600	100
18	정식 전 양액 공급 시기 조절을 통한 딸기의 조기개화 유도 및 과실 수확량 향상 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.08.08	10-2018-0092136				100
19	딸기 삽목방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.07.28	10-2018-0088223	경상대학교 산학협력단	2018.11.13	10-1920185	100
20	기계 과중용 딸기 종자 테이프	대한민국	부산대학교 산학협력단	2019.01.02	10-2019-0000266				100
21	하위엽 적엽처리를 이용한 고품질 딸기 재배방법	대한민국	부산대학교 산학협력단	2019.01.02	10-2019-0000281				100
22	머위 추출물의 S-페타신을 포함하는 항비만용 조성물	대한민국	부산대학교 산학협력단	2019.01.03	10-2019-0000808				100
23	프로헡사디온-칼슘을 이용한 딸기의 런너 및 자묘의 생육 향상 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2019.03.21	10-2019-0032495				100
24	지베렐린을 이용한 딸기의 런너 및 자묘의 생육 향상 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2019.03.28	10-2019-0035535				100
25	정식 전 양액 공급 시기 조절을 통한 딸기의 조기개화 유도 및 과실 수확량 향상 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2018.08.08	10-2018-0092136	경상대학교 산학협력단	2020.01.223	10-2071287	100
26	IBA를 이용한 딸기 모주의 측아 발생 억제 및 자묘 생육 증진 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2020.02.20	10-2020-0021097				100

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
27	Streptomyces badius SP6C4 strain having antimicrobial activity against insect pathogen or strawberry fungal disease pathogen isolated from strawberry	미국	경상대학 교산학협력단	2017.11.17	15-575,182	경상대학 교산학협력단	2020.04.23	US 10,264,795, B2	50
28	페라르코니딘을 포함하는 항비만용 조성물	대한민국	부산대학 교산학협력단	2020.05.28	10-2020-0064196				100
29	페타신을 포함하는 항비만용 조성물	대한민국	부산대학 교산학협력단	2020.05.28	10-2020-0064197				100
30	딸기 재배를 위한 혼합배지 및 이의 제조방법	대한민국	부산대학 교산학협력단	2020.06.12	10-2020-00671891				100

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

No	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	공정육묘	2016.02.18	정병룡 등	2016.02.18	978-89-6257-111-0	경상대출판부	100
2	최신원예작물 번식과 육묘	2020.05.11	정병룡 등	2020.05.11	978-89-6257-301-5	경상대출판부	100

□ 시제품 제작

No	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요기간
1	딸기 동결건조	2020.03.20	진주팜	진주팜(진주)	사업화 타당성 조사	1-2년

□ 기술거래(이전) 등

No	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	전용실시권	인공광을 이용한 온실 내 딸기 재배기술	조은육묘장	2018.02.26	-	-
2	전용실시권	지하수 처리을 이용한 온실 내 딸기 재배기술	수성농장	2018.02.26	-	-
3	전용실시권	Supermine 처리를 이용한 온실 내 딸기 재배기술	(합자)클로벌바이오	2018.02.26	-	-
4	전용실시권	적엽처리를 이용한 고품질 딸기 재배 기술	수성농장	2018.12.20	-	-
5	전용실시권	생육촉진 및 광합성 증진을 위한 생리활성물질 조성 및 엽면처리 기술	진주팜(주)	2020.09.01	2,500,000	
6	전용실시권	리보플라빈과 메치오닌 혼합물을 이용한 수출용 딸기 매향 품종의 흰가루병 발병억제 기술	진주팜(주)	2020.09.01	2,500,000	

□ 사업화 투자실적

No	추가 R&D 투자*	설비 투자	기타 투자**	합계	투자자금 성격***
1	-	1,575 백만원 (선별장, 급속동결시스템, 딸기세척및 팔파라인)	-	1,575 백만원	내부자금 + 담보대출

□ 사업화 현황

(단위 : 백만원)

No	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생년도	기술 수명
							국내	국외		
1	기술이전 자기실시	기존제품개선	국내 국외	신선딸기 판매	신선딸기 수출	진주팜	3,354.7	1,073.3	2015.10 - 2016.05	
2	기술이전 자기실시	기존제품개선	국내 국외	신선딸기 판매	신선딸기 수출	진주팜	3,572.9	1,409.7	2016.11 - 2017.05	
3	기술이전 자기실시	기존제품개선	국내 국외	신선딸기 판매	신선딸기 수출	진주팜	4,246.4	688.7	2017.11 - 2018.02	
4	기술이전 자기실시	기존제품개선	국내 국외	신선딸기 판매	신선딸기 수출	진주팜	4,600.0	885.8	2018.11 - 2019.05	
5	기술이전 자기실시	기존제품개선	국내 국외	신선딸기 판매	신선딸기 수출	진주팜	3,888.3	428.7	2019.11 - 2020.04	

□ 매출실적(누적)

(단위 : 백만원)

구분	발생년도	매출액		합계	산정방법
		국내	국외		
사업화명	2015년	3,354.7 백만원	1,073.3 백만원	4,428.0	신선딸기 수출액(2015.10-2016.05)
	2016년	3,572.9 백만원	1,409.7 백만원	4,982.6	신선딸기 수출액(2016.11-2017.05)
	2017년	4,246.4 백만원	688.7 백만원	4,935.1	신선딸기 수출액(2017.11-2018.02)
	2018년	4,600.0 백만원	885.8 백만원	5,485.8	신선딸기 및 냉동딸기 국내판매 + 신선딸기 수출액(2015.10-2016.05)
	2019년	3,888.3 백만원	428.7 백만원	4,317.0	신선딸기 및 냉동딸기 국내판매 + 신선딸기 수출액(2015.10-2016.05)
합계		19,662.3 백만원	4,486.2 백만원	24,148.5	

□ 고용창출

No	사업화명	사업화업체	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	합계
1	경남 시설딸기 수출 활성화 전략 개발	농업회사법인진주팜주식회사	명	명	3 명	명	명	3 명
합계			명	명	3 명	명	명	명

□ 정책활용 내역

No	구분	정책명	관련기관 (담당부서)	활용년도	채택내용
1	제안	딸기 신선도 유지를 위한 특수 포장박스 유통시범사업	경남농업기술원	2017. 03. 01	수확 후 저장력 감소로 인한 신선딸기의 수출과정과 유통 시 품질 저하 문제를 해결

□ 전문연구 인력양성

No	분류	기준년도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	농수산	2017	1	7	1		4	5			8		1
2	농수산	2018	6	4	4		8	6			12		2
3	농수산	2019	1	7	4		6	6			7		5

□ 산업기술 인력양성

No	프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
1	해외전문가 초빙교육	우량묘 생산, 천적 활용 육묘기술, 병해충 관리 방법	경남농업기술원	4	32	400
2	FTA 전문가 포럼	FTA 대응 경남딸기 산업의 경쟁력 제고 방안	경남농업기술원	1	2	40
3	진주국제농식품박람회국제 심포지엄	경남 딸기 경쟁력 방안, 우량묘 생산기술	진주시	1	6	70
4	해외전문가 초빙교육	시설딸기 지역농가 실용화교육(재배, 양액, 온실환경, 병해충 관리)	경남농업기술원	4	32	159
5	해외전문가 초빙교육	농단별 이론 교육 및 실용화기술(생산기술, 양액 및 병해충 관리)	경남농업기술원	4	32	115
6	한국공정육묘 연구회	공정육묘 연구동향 및 발전 전략	국립원예특작과학원	1	1	40
7	창녕군귀농인 협의회	딸기 재배시 수질관리, 환경관리	창녕군농업기술센터	2	3	20
8	한국육묘산업 연합회 교육훈련	공정묘 생산 환경개선을 위한 환경조절기술	한국육묘산업협회	1	1	4-
9	신규농업인 교육 특강	시설채소 재배 이해	경남농업기술원	1	3	40
10	경남농업마이스터	시설환경관리	경남농업기술원	6	12	20

No	프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
11	경북농업마이 스터	수출딸기의 수확 후 관리	경북농업마이 스터대학	1	3	23
12	경상대 최고농업경영 자과정	딸기 모주 관리와 육묘기술 등 시설딸기반 교육	경상대학교	9	27	19
13	경상대 최고농업경영 자과정	시설딸기 육묘 및 재배관리 기술	경상대학교	12	48	20
14	경남수출딸기 사업단	딸기 육묘 및 재배기술	경남과기대	7	28	310
15	부산대학교최 고농업경영자 과정	고품질 시설딸기 재배기술	부산대학교	6	24	16
16	해외전문가 초빙교육	딸기재배기술 지역별 순회교육	경남농업기술원	15	135	840
17	신기술현장컨 설팅	선진기술 확산 신기술 시범농가 현장 컨설팅	경남농업기술원	7	42	3
18	현장기술지원 컨설팅	현장애로사항 기술지원 및 교육	경남농업기술원	19	152	337
19	경남과학영농 인력육성재단 해외현장교육	네덜란드의 딸기 재배 신기술 도입	경남농업기술원	6	48	20
20	한국방송통신 대학교	시설원예학 이론	경상대학교	1	4	30
21	첨단시설원예 연구회	온실 복합환경조절과 물리아다이어그램	경상대학교	1	3	25
22	경상대 최고농업경영 자과정	시설원예전문가 육성	경상대학교	7	21	20
23	시설딸기 농업교육	알찬영농법인 등 5지역 딸기 재배기술	경남딸기 사업단	5	20	237
24	해외 전문가 초빙 세미나	유럽 딸기산업과 첨단육묘기술	경상대학교	1	2	30
25	딸기 재배 선진기술 교육	딸기 수경재배기술	경남과학영농특 성화교육사업단	5	35	18
26	부산대 최고농업경영 자과정	딸기 시설재배 기술	부산대학교	2	8	16
27	시설원예전문 가과정	딸기 시설재배기술	부산대학교	2	8	33
28	해외전문가초 빙교육	시설딸기 정식초기 재배기술	경남농업기술원	4	24	280
29	시설원예 스마트팜 아카데미 교육	ICT 활용 첨단 시설딸기 재배기술	경남농업기술원	6	36	40
30	해외전문가 초빙교육	시설딸기 봄철 작물관리기술	경남농업기술원	4	24	250
31	해외전문가 초빙교육	시설딸기 정식초기 관리기술	경남농업기술원	4	24	352

No	프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
32	해외전문가초빙교육	시설딸기 화아분화 및 재배관리	경남농업기술원	4	24	330
33	해외전문가초빙교육	양액 딸기 시설환경관리 및 세력강화기술	경남농업기술원	3	21	122
34	시설딸기농업교육	딸기 환경관리와 병해충 실제 시설재배기술	경남딸기사업단	1	6	64
35	시설딸기농업교육	꽃눈분화와 육묘후기 관리	경남딸기사업단	1	6	85
36	시설딸기농업교육	딸기 정식 후 환경관리기술	경남딸기사업단	1	6	71
37	시설딸기농업교육	딸기 고품질 생산 환경관리기술	경남딸기사업단	1	6	65
38	시설딸기농업교육	딸기 주요 병해충 발생생태 및 농약안전사용	경남딸기사업단	1	6	101
39	시설딸기농업교육	딸기 수정재배 양수분조절기술	경남딸기사업단	1	6	125
40	경상대 최고농업경영자과정	필수원소의 역할과 결핍증상 등	경상대학교	7	42	18
41	스마트팜 전문가과정	고설딸기 재배기술 등	부산대학교	2	16	35
42	경상대 최고농업경영자과정	딸기 삼목번식 기술 등	경상대학교	8	24	19
43	현장실습교육(WPL)	식물조직배양 기초 등	경상대학교	4	32	11
44	청년창업농육성장학생창업실무교육	스마트 온실 맞춤 작물관리	경상대학교	2	24	16
45	시설딸기교육	시설딸기 품질 향상 및 수량증대를 위한 재배기술	경남딸기사업단	1	6	120
46	시설딸기교육	딸기 묘소질 향상을 위한 육묘기 관리	경남딸기사업단	1	6	60
47	경북농민사관학교	딸기 시설내 환경관리 기술	군귀군농업기술센터	1	4	54
48	신규농업인 영농교육	시설원에 온실환경과 재배 이해	경남농업기술원	1	3	45
49	귀농귀촌학교 시설원에	시설원에 온실환경과 재배 이해	울산시농업기술센터	1	4	100
50	해외전문가초빙교육	시설딸기 주요병해충 관리기술	경남농업기술원	2	16	100
51	해외전문가초빙교육	시설딸기 봄철 작물관리 기술	경남농업기술원	4	28	250
52	해외전문가초빙교육	딸기 양액처방 및 양분결핍증 판단기술	경남농업기술원	4	28	330
53	해외전문가초빙교육	시설딸기 정식초기 양수분관리	경남농업기술원	4	28	230



□ 홍보실적

No	홍보유형	매체명	제목	일자
1	언론매체	서울지하철	딸기의 고향 경남, 신선딸기 지하철 광고	2015.11.20. - 2016.01.09
2	언론매체	원예산업신문	경상대학교 경남 시설딸기 수출확대	2016.04.11
3	언론매체	서울지하철	경남의 신선딸기 지하철 광고	2016.11.15. - 2017.01.14
4	기타	달력	2018 딸기 재배력을 수록한 달력 제작	2018.01.01
5	언론매체	뉴스경남	딸기 디저트 카페 요리 체험 열어	2017.04.02
6	언론매체	경남도민일보	딸기특화사업단 디저트 카페 열어 소비촉진	2017.
7	언론매체	포커스뉴스	경남과기대, 딸기 요리체험 딸기 디저트 카페 열어	2017.04.02
8	언론매체	경남일보	경남과기대, 딸기 디저트 카페 호응	2017.04.02
9	언론매체	경남도민신문	경남과기대 새콤달콤 딸기 맛보세요	2017.04.02
10	언론매체	원예산업신문	경상대학교 지역농산업육성사업단 수출확대 기여	2017.04.10
11	언론매체	뉴스 사천	사천의 딸기 사랑 과학자들	2017.05.02
12	언론매체	경남일보	농기원, 서부권 딸기 농가 현장 기술 교육	2017.05.30
13	언론매체	매일일보	경남 서부권 딸기농가, 농업기술원 현장기술 지원으로 소득 증대	2017.05.30
14	언론매체	경남도민신문	도농기원, 서부권 딸기 농가 현장 기술 교육	2017.05.30
15	언론매체	프레시안	경남도농기원 서부권 딸기 농가 현장기술 지원 나서	2017.05.30
16	언론매체	경남뉴스	도내 서부권 딸기 농가 병해충 잡고 실력 키워	2017.05.30
17	언론매체	KBS 생생뉴스	하얀딸기가 있다	2017.11.24
18	언론매체	원예산업신문	경상대학교 지역농산업육성사업단 딸기 수출 확대	2018.01.29
19	언론매체	경남도민신문	한국공정육묘연구회 경상대서 현장토론회개최	2018.02.22
20	언론매체	신아일보	한국공정육묘연구회 경상대서 현장토론회개최	2018.02.22
21	언론매체	일요신문	베트남, 미얀마 딸기 수출 시장 개척	2018.02.23
22	언론매체	신아일보	경상대 지역농산업육성사업단 딸기수출 시장 개척	2018.02.23
23	언론매체	경상대학교 소식지	경상대 지역농산업육성사업단, 베트남, 미얀마 딸기수출 시장 개척	2018.02.23
24	언론매체	뉴스경남	경상대, 베트남, 미얀마 딸기수출 시장 개척	2018.02.25
25	언론매체	경남도민신문	경상대-진주팜, 베트남, 미얀마 딸기수출 시장 개척	2018.02.25
26	언론매체	오마이뉴스	경상대 지역농산업육성사업단 딸기수출 시장 개척	2018.02.25
27	언론매체	창원일보	경상대 지역농산업육성사업단-진주팜, 베트남, 미얀마 딸기수출 시장 개척	2018.02.25
28	언론매체	경남일보	경상대 김현민, 원예학회 우수구두 발표상	2018.10.28
29	기타	달력	2019 딸기 재배력을 수록한 달력 제작	2019.01.01
30	언론매체	원예산업신문	경상대학교 지역농산업육성사업단 딸기 수출 확대	2019.01.21
31	언론매체	신아일보	경상대학교 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
32	언론매체	베타뉴스	경상대학교 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
33	언론매체	베리타스알파	경상대 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
34	언론매체	경남연합일보	경상대, 고품질 시설딸기 수출 증대 실적 호평	2019.03.18
35	언론매체	경남도민신문	경상대 시설딸기 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18

No	홍보유형	매체명	제목	일자
36	언론매체	아시아뉴스통신	경상대학교 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
37	언론매체	경상대학교 뉴스 홍보	지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
38	언론매체	일요신문	지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
39	언론매체	쿠키뉴스	경상대 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
40	언론매체	진주인터넷뉴스	경상대학교 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
41	언론매체	일요서울	경상대학교 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
42	언론매체	대학저널	경상대 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
43	언론매체	뉴스경남	경상대학교 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
44	언론매체	CNB뉴스	경상대 지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.18
45	언론매체	경남도민일보	경상대 고부가 시설딸기 선도한다.	2019.03.19
46	언론매체	경상대학교 News Letter	지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.03.25
47	언론매체	경상대신문	지역농산업육성사업단 사업 5단계 계속과제 선정	2019.04.02
48	언론매체	경상대학교 뉴스홍보	농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
49	언론매체	대학저널	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
50	언론매체	베타뉴스	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
51	언론매체	일요서울	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
52	언론매체	경남뉴스투데이	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
53	언론매체	진주인터넷뉴스	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
54	언론매체	아시아뉴스통신	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
55	언론매체	베리타스알파	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
56	언론매체	한남일보	경상대 농업식물과학과 원예전시회 개최	2019.04.29
57	언론매체	경남일보	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
58	언론매체	경남도민신문	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
59	언론매체	일요신문	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
60	언론매체	CNB뉴스	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
61	언론매체	일간뉴스경남	경상대 농업식물과학과(원예전공) 원예전시회 개최	2019.04.29
62	언론매체	프레시안	딸기 전문가 경상대학교 황승재교수 초청 심포지엄 개최	2019.10.03
63	언론매체	경북일보	군위군 딸기 전문가 초청 심포지엄 개최	2019.10.03
64	언론매체	위키트리	군위군 딸기 전문가 초청 심포지엄 개최	2019.10.03
65	언론매체	대경일보	군위군 딸기 전문가 초청 심포지엄 개최	2019.10.03
66	언론매체	쿠키뉴스	군위군 딸기 전문가 초청 심포지엄 개최	2019.10.03
67	언론매체	환경일보	군위군 딸기 전문가 초청 심포지엄 개최	2019.10.04
68	언론매체	농촌여성신문	베리데이를 아시나요?	2020.03.11
69	언론매체	뉴시스	경남농업기술원, 베리데이를 아시나요?	2020.03.11

No	홍보유형	매체명	제목	일자
70	언론매체	쿠키뉴스	경남농업기술원 딸기 소비 촉진 베리데이 개최	2020.03.11
71	언론매체	경남도민일보	경남농업기술원 베리데이 행사	2020.03.11
72	언론매체	경남일보	경남 딸기 맛 보세요.	2020.03.11
73	언론매체	경남매일	달콤 딸기 봄맞이 선물로 어떠세요?	2020.03.11
74	언론매체	한국농업신문	딸기는 사랑을 신고 베리데이 행사 열려	2020.03.12
75	언론매체	대한급식신문	베리데이를 아시나요?	2020.03.12
76	언론매체	한국농어민신문	경남도 베리데이, 딸기 소비촉진 앞장	2020.03.16
77	언론매체	뉴시스	경남농업기술원 이상기후 딸기 육묘기 관리 당부	2020.05.06
78	언론매체	베타뉴스	경남도농업기술원, 딸기 육묘기 세심한 관리 당부	2020.05.06
79	전시회	경상대학교	경상대학교 원예전시회(경남 신선딸기 홍보)	2015.09.21
80	박람회	진주국제농업박람회	진주국제농업박람회(딸기 사업단 소개 및 홍보)	2015.11.11. - 2015.11.15
81	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, Isetan KLCC)	2015.12.01. - 2015.12.03
82	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, Jaya Grocer)	2016.03.19. - 2016.04.17
83	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, AEON)	2017.02.24. - 2017.02.26
84	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, Isetan KLCC)	2017.03.18. - 2017.03.19
85	전시회	경남과기대	새콤달콤 딸기 디저트 카페(경남 신선딸기 홍보)	2017.04.01
86	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, AEON)	2017.04.04. - 2017.04.10
87	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, Isetan KLCC)	2017.04.11. - 2017.04.12
88	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(베트남, Grand Saigon Hotel)	2018.02.13. - 2018.04.18
89	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, AEON)	2018.03.23 - 2018.04.08
9	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, Isetan KLCC)	2018.12.15. - 2019.01.06
91	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, AEON)	2018.12.22. - 2019.01.06
92	제품설명회	진주팜	신선딸기 제품 홍보(말레이시아, Jaya Grocer)	2018.12.28. - 2019.01.06
93	전시회	경상대학교	경상대학교 원예전시회(경남 신선딸기 및 딸기 가공품 홍보)	2019.4.29. - 2019.05.01

□ 포상 및 수상실적

No	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일자	포상기관
1	학술상	우수 포스터 발표상	Simultaneous analysis and contents of biological active compounds in main strawberry cultivars and breeding lines 으로 우수포스터상 수상	Ziyu Wang	2016. 10. 27	한국원예학회
2	학술상	우수 포스터 발표상	Growth of strawberry plantlet affected by irrigation time and dept in an Ebb-and-Flood system 으로 우수포스터상 수상	김현민	2017. 10. 12	한국원예학회
3	학술상	우수 논문 발표상	2018 2nd International conference on Food and Agriculture Technologies에서 딸기의 번식에 대한 논문을 발표하여 우수논문 발표상을 수상함	Mohammad Adil	2018. 01. 20	ICFAT
4	학술상	우수 논문상	Evaluation of bioactive compounds in strawberry fruits by a targeted metabolomic approach 으로 우수논문상 수상	고민정 등	2018. 05. 24	한국원예학회
5	공로상	최우수 심사위원상	2017년 한국원예학회 최우수심사위원으로 선정	강남준	2018. 05. 24	한국원예학회
6	학술상	우수 포스터상	Strawberry fermentation with Cordyceps militaris Exerts anti-adipogenesis in 3T3-L1 cell line though inhibition of PPAR pathway signaling 으로 우수포스터상을 수상	Lu Guo 등	2018. 08. 10	한국생명과학회
7	학술상	우수 구두발표상	Growth of daughter plants, flowering, fruit quality and yield in Maehyang strawberry as affected by supply period of nutrient solution during nursery period. 으로 우수구두발표상 수상	김현민	2018. 10. 18	한국원예학회

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

1세부) 시설딸기 고품질 안전생산을 위한 재배관리 기술 체계화 연구

- 시설딸기 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 개발
- 수출용 딸기 신품종 육성 기반 구축
- 시설딸기 생육 및 광합성 촉진을 위한 생리활성물질 이용기술 개발
- 수출용 시설딸기 흰가루병 친환경 종합방제 기술 개발
- 시설딸기 위황병 친환경 종합방제 기술 개발
- 시설딸기 육묘와 재배지의 식물기생선충 피해 양상 조사

2세부) 건전 규격묘 생산을 위한 모주관리와 육묘기술 체계화

- 시설딸기 모주 관리를 위한 시비기술 체계화
- 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구
- 시설딸기 묘소질 향상을 위한 지하부 환경관리 기술 체계화
- 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화
- 시설딸기 묘의 수확 후 품질 관리체계 연구

1협동) 불량환경 대응 시설딸기 재배기술 및 품질 평가기술 개발

- 불량환경 조건에서 딸기의 안정생산 기술 개발
- 불량환경 조건에서 시설딸기의 피해 최소화 기술 및 대응기술 개발
- 경남 시설딸기의 난방 에너지 절감 고품질 안정생산 기술 개발
- 경남 시설딸기의 주요생리활성 성분 분석 방법 확립
- 주요 재배 품종의 기능성분 함량 분석을 통한 고기능성 딸기 발굴
- 고기능성 딸기 가공 기술개발

2협동) 경남 시설딸기 수출 활성화 전략 개발

- 시설딸기 수출량 증대를 통한 증대를 통한 경남 농산업 활성화
- 시설딸기 생산 및 수출 현장의 애로사항 발굴과 대응 방안 구축
- 수출대상국의 시장정보 및 소비패턴 파악을 통한 마케팅 전략 수립
- 국가별 수출 전략에 따른 경제성 분석 및 이익 극대화 방안 수립

3협동) 시설딸기 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 운영

- 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육 프로그램 운영 및 전문 농업인 육성
- 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영
- 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영

3-2. 목표 달성여부

구분	세부연구개발 목표	평가의 착안점	가중치 (%)	달성도 (%)
1차 년도	○ 시설딸기 품종의 화분 활력검정 및 암술수정능력 검정	○ 외적 환경요인에 따른 화분활력 및 암술 수정능력 차이는 검정 되었는가? ○ 내적요인(당, 무기성분 등)에 따른 화분 활력 차이는 검정되었는가?	5	100
	○ 수출용 딸기 우수개체 1년차 선발	○ 1년차 목표형질에 적합한 우수개체가 선발되었는가?	2	100
	○ 생육촉진 및 광합성 증진에 효과적인 생리활성물질 선발	○ 생육촉진 및 광합성 증진에 효과적인 생리활성물질은 선발되었는가?	3	100
	○ 딸기 흰가루병 발병억제 물질선발	○ 흰가루병 발병 억제물질은 선발되었는가?	3	100
	○ 자묘기, 재배기 위황병 발병 조사	○ 딸기 위황병 피해도가 조사되었는가?	3	100
	○ 위황병원균 진단 프라이머 검증	○ 특이적 진단 프라이머가 개발되었는가?	2	
	○ 위황병원균 감염도 및 위험도 진단 수준 확립	○ 진단법의 신뢰수준이 검증되었는가?	2	
	○ 시설딸기 모주 관리를 위한 시비 기술 체계화	○ 저온기/고온기 육묘시 묘소질 향상을 위한 규산질 비료의 활용기술 연구는 수행되었는가?	10	100
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구	○ 생장조절제의 종류와 농도에 따른 시설딸기의 화아분화 조절 연구는 수행되었는가?	10	100
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발	○ 이상저온 조건에서의 딸기의 생리장해 및 생산성 ○ 이상저온 대응 딸기의 안정생산 기술 개발	5 5	100 100
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분인 ellagic acid, quercetin 및 kaempferol의 동시 분석 방법 확립	○ 생육적온에 따른 딸기의 주요성분 분석 및 탐색 ○ HPLC column 및 최적 HPLC 용매 ○ 딸기의 기능성 물질 기준의 품질 평가를 위한 분석 방법 ○ 주요 재배종의 생리활성 성분 함량 분석	10	100
	○ 시설딸기 수출량 증대	○ 전년 대비 수출의 증가량은?	10	100
	○ 시설딸기 유통 문제점 파악 및 대응 방안 수립	○ 경남 시설딸기 유통상의 문제점을 파악 하고 해결방안을 제시하였는가?	10	50
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	○ 신기술 교육 과정은 운영되었는가?	10	100
○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	○ 농가현장 컨설팅은 이루어졌는가?	4	100	
○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	○ 시범사업장은 운영되었는가?	6	100	
합계			100	97

구분	세부연구개발 목표	평가의 착안점	가중치 (%)	달성도 (%)
2차 년도	○ 기형과 발생 관련 환경요인 분석 및 제어	○ 환경요인에 따른 기형과 발생원인은 구명되었는가?	5	100
	○ 수출용 딸기 우량계통 선발	○ 수출용 딸기 우량계통은 선발되었는가?	3	100
	○ 생리활성물질 처리방법 체계화	○ 생리활성물질의 처리방법은 확립되었는가?	2	100
	○ 흰가루병 발병억제 기작 구명	○ 흰가루병 발병억제 기작은 구명되었는가?	5	100
	○ 화학제제를 이용한 토양 및 배드 소독에 의한 위황병원균 제거 기술	○ 기존 화학적 소독제의 병원균 사멸효과가 판별되었는가? ○ 친환경 제제의 소독법이 확립되었는가?	5	100
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절 기술 연구	○ 화아분화 유도를 위한 최적 광질 선발 연구가 수행되었는가?	10	100
	○ 시설딸기 묘소질 향상을 위한 지하부 환경관리 기술 체계화	○ 저면관수 시스템을 이용한 무기양분 관리 기술 연구가 수행되었는가?	10	100
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육 반응 검정 및 대응기술 개발	○ 이상고온 조건에서의 딸기의 생리장해 및 생산성 검정 ○ 이상고온 대응 딸기의 안정생산 기술개발	5 5	100 100
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분인 ellagic acid, quercetin 및 kaempferol의 동시 분석 방법 확립	○ 경남 지역 주요 재배품종 수집 ○ 재배종의 생리활성 성분함량 분석 ○ 성숙시기별 주요 생리활성 성분 분석 ○ 딸기의 품질별 생리활성 성분함량 비교	10	100
	○ 시설딸기 수출량 증대 ○ 수출시장 애로사항 발굴 및 대응 방안 수립	○ 전년 대비 수출의 증가량은? ○ 시설딸기 생산현장 및 수출현장의 문제점을 파악하여 대응방안을 제시하였는가?	10 10	100 50
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	○ 신기술 교육 과정은 운영되었는가?	10	100
	○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	○ 농가현장 컨설팅은 이루어졌는가?	4	100
	○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	○ 시범사업장은 운영되었는가?	6	100
	합계			100

구분	세부연구개발 목표	평가의 착안점	가중치 (%)	달성도 (%)
3차 년도	○ 수출용 딸기 우량계통 선발	○ 수출용 딸기 우량계통은 선발되었는가?	9	100
	○ 첨가물질 선발 및 처리효과 검증	○ 첨가물질 선발과 처리효과 검증은 되었는가?	3	100
	○ 친환경 위황병 방제 기술 개발 및 실용화	○ 맞춤형 방제 미생물이 선발되었는가? ○ 실내 실험을 통한 맞춤형 미생물 효과가 검증되었는가?	8	100
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구	○ 화아분화 유도를 위한 광주기, 온도 조건 연구가 수행되었는가?	10	100
	○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화	○ 하절기 공중삼목 번식을 위한 온도하강 환경조절기술 개발이 진행되었는가?	10	100
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육 반응 검증 및 대응기술 개발	○ 일조부족 조건에서의 딸기의 생리장해 및 생산성 검증 ○ 일조부족 대응 딸기의 안정생산 기술 개발	5 5	100 100
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분 탐색	○ 경남의 주요 딸기 재배 지역별 생리활성 성분 함량 비교 ○ 불량환경 조건에서 재배한 딸기의 생리활성 성분 분석	10	100
	○ 시설딸기 수출량 증대 ○ 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략 수립	○ 전년 대비 수출의 증가량은? ○ 수출대상국의 정확한 시장분석과 마케팅 전략이 제대로 수립되었는가?	10 10	100 50
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	○ 신기술 교육 과정은 운영되었는가?	10	100
	○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	○ 농가현장 컨설팅은 이루어졌는가?	4	100
	○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	○ 시범사업장은 운영되었는가?	6	100
합계			100	96



구분	세부연구개발 목표	평가의 착안점	가중치 (%)	달성도 (%)
4차 년도	○ 선발 우수계통 농가실증시험 및 생산력 검정	○ 선발된 우수계통 농가실증시험 및 생산력 검정이 되었는가?	5	100
	○ 생육촉진 및 광합성 증진을 위한 생리 활성물질 조성 및 현장 실증시험	○ 생육촉진제 및 광합성 증진제 조성법은 개발 되었는가? ○ 조성물질의 효과에 대한 현장 실증시험은 이루어졌는가?	5	70
	○ 흰가루병 방제물질 조성 및 현장 실증시험	○ 흰가루병 발병억제용 방제물질 조성법은 개발되었는가? ○ 방제물질의 효과에 대한 현장 실증 시험은 이루어졌는가?	3	70
	○ 시설딸기 육묘와 재배지의 식물 기생선충 피해 양상 조사	○ 시설딸기 육묘지의 식물기생선충 피해 양상은 조사되었는가?	2	100
	○ 친환경 위황병 방제 기술 개발 및 실용화	○ 위황병 맞춤형 방제 미생물 제제의 딸기 재배지 방제 효과가 확립되었는가?	5	100
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구	○ 화아분화 유도를 위한 적정 양분공급 중단시기 구명 연구가 수행되었는가?	10	100
	○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화	○ 시설딸기 매향 품종을 이용한 고설식 포트 육묘시 자묘 발생 부위별 묘소질 비교 연구는 수행 되었는가?	10	100
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육 반응 검정 및 대응기술 개발	○ CO <sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 생육 및 생산성 검정 ○ CO <sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 안정생산 기술 개발	5 5	100 100
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분 탐색	○ 경남의 딸기 재배 지역별 생리활성 성분 함량 비교 ○ 육성 품종의 생리활성 성분 분석을 위한 건조법 개발	10	100
	○ 시설딸기 수출량 증대 ○ 수출 대상국에 따른 이익 극대화 방안 수립	○ 전년 대비 수출의 증가량은? ○ 수출 대상국별 경제분석 및 이익 극대화 방안이 수립되었는가?	10 10	100 50
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	○ 신기술 교육 과정은 운영되었는가?	10	100
	○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	○ 농가현장 컨설팅은 이루어졌는가?	4	100
	○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	○ 시범사업장은 운영되었는가?	6	100
합계			100	93

구분	세부연구개발 목표	평가의 착안점	가중치 (%)	달성도 (%)
5차 년도	○ 수출용 신품종 증식 및 품종출원	○ 고경도 고품질의 수출용 신품종 증식과 품종출원이 되었는가 ?	8	50
	○ 생육촉진 및 광합성 증진용 조성 물질 현장 적용시험 및 기술이전	○ 생육촉진제 및 광합성 촉진제의 현장 적용실험과 기술이전은 이루어졌는가?	3	70
	○ 흰가루병 방제물질 현장 적용시험 및 기술이전	○ 흰가루병 방제물질 현장 적용 시험과 기술이전은 이루어졌는가?	3	70
	○ 시설딸기 육묘와 재배지의 식물 기생선충 피해 양상 조사	○ 시설딸기 육묘지의 식물기생선충 피해 양상은 조사되었는가?	2	100
	○ 딸기 위황병 종합 방제기술 확립	○ 딸기 위황병 종합적 방제기술이 확보 되었는가?	4	100
	○ 시설딸기묘의 수확 후 품질 관리체계 연구	○ 수확 후 품질 유지를 위한 적정 규소 농도 구명 연구가 수행되었는가?	10	100
	○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화	○ 고선포트 및 공중삼목 육묘방법을 이용한 시설딸기 매향의 육묘시기 단축, 규격화, 표준화 기술이 개발되었는가?	10	100
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발	○ 난방 에너지 절감 딸기생산 기술 개발 ○ 전기방열기(탄소나노등)을 활용한 딸기 생산기술 개발	10	100
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분 탐색	○ 불량환경에 의해서 생산된 딸기의 기능성 성분 분석 ○ 딸기의 주요 생리활성 성분분석	10	100
	○ 시설딸기 수출량 증대 ○ 경남 시설딸기 수출 고도화 전략 수립	○ 전년 대비 수출의 증가량은? ○ 경남 농산업 활성화를 위한 시설딸기 수출 전략이 수립되었는가?	10 10	100 50
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	○ 신기술 교육 과정은 운영되었는가?	10	100
	○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	○ 농가현장 컨설팅은 이루어졌는가?	4	100
	○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	○ 시범사업장은 운영되었는가?	6	100
합계			100	88

### 3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 수출용 신품종 육성의 목표였던 품종출원은 달성하지 못하였음. 달성도 미흡은 딸기작물의 특성상 종자에서 유래된 실생묘를 키워서 영양생장기관의 생육특성이나 생식생장 기관의 과실특성과 같은 유전적 특성은 최소한 3년차에서 검정이 가능함. 따라서 수출용 고경도 딸기 품종을 육성하고자 교배조합을 작성하여 4년차에서 일차로 선발하였으며 최종적으로 5년차에 3계통을 선발하여 과제가 종료되었지만 차후에 참여기업인 진주팍(주)과 공동으로 실증시험을 통해 생산력을 검정하고 품종보호 출원할 계획임. 또한 수출용 흰딸기 품종 개발은 흰딸기 품종인 파인베리 품종과 설향 또는 매향 등과 교배조합을 작성하여 과실색이 분홍색이며 과형이 다른 5개체를 선발하였으며 차후에 참여기업인 진주(팍)과 공동으로 생육과 과실특성을 조사하고 생산력 검정을 수행할 계획임
- 생육촉진 및 광합성 증진용 조성물질 현장 적용시험을 통한 기술이전은 달성하지 못하였음. 생육촉진을 위한 생리활성물질 선발, 처리농도 및 처리 방법 등을 확립하고 5년차에 처리효과를 검정하였으나 기술이전은 하지 못하였음. 차후에 연구결과를 정리하고 최종적으로 참여기업에 소속된 농가에서 실증실험 후 기술이전 할 계획임.
- 특히 생육촉진과 광합성 증진물질의 처리 효과는 이상기상(저온, 일조부족 등)에 대비한 시설딸기의 재배기술로 체계화 시키고 우량묘 생산을 위하여 육묘과정에 처리하여 그 효과를 검정하는 연구도 필요함
- 친환경 흰가루병 방제물질(리보플라빈과 메티오닌 혼합물)의 흰가루병 발병억제 기작에 대한 과학적 이론과 처리농도 등을 구명하였고 처리시 발병억제 효과도 구명하였으나 농가현장에서는 흰가루병 집중문제로 인하여 현장실증을 하지 처리하지 못하였음. 차후에 수출딸기(흰가루병 감수성 품종인 매향) 재배농가 중에서 흰가루병의 발병이 매년 반복적으로 나타나는 농가를 선택하여 실증연구를 하고자함. 또한 엽면처리 시 리보플라빈(노란색)으로 인하여 딸기과실에 생기는 혼적문제도 유통시 소비자가 이물질로 오해할 여지가 있을 것으로 판단되어 해결방안(초미립 분쇄 등)을 모색한 후 기술이전할 계획임
- 참여기업(2협동과제)에서 우리나라 시설딸기 유통상의 문제점을 파악하고 대응 방안을 수립하고자 하였으나 유통과 가격정보 등 많은 다양한 정보가 농림축산식품부 등에서 매년 다양한 정보가 제공되고 있으므로 수립하지 않았으며 대신 수출량 증대에 초점을 두었음
- 참여기업(2협동과제)에서 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략을 수립하여 수출 대상국에 따른 이익 극대화방안 마련하고자 하였으나 완전한 방안을 마련하지 못하였음. 특히 참여기업인 진주팍(주)에서는 베트남과 미얀마를 신규 수출국으로 만들기 위하여 2년에 걸쳐서 현지 시장에서 판촉행사 등을 수행하였으나 코로나-19로 인하여 마무리를 짓지 못하였음. 차후에 코로나 문제가 해결되면 다시 추진할 계획임
- 성장조절제 처리가 딸기 자묘의 정식 후 생육과 과실 수량 및 품질 등에 대한 영향 연구 필요
- 건전묘 생산의 작업 효율성 및 노동생산성을 고려한 농가 현장에서의 실증 실험 필요
- 기존 재배 품종의 단점을 개선한 ‘금실’, ‘킹스베리’, ‘비타베리’ 와 같은 신품종의 생육 특성에 맞춘 적정 건전묘 생산 기술에 대한 연구 필요

#### 4. 연구결과의 활용 계획 등

- 수출용 매향 품종의 기형과 발생 원인과 경감기술에 대한 농업인 교육과 기술지원
- 수출용 딸기 고경도 우량계통과 분홍색 딸기 계통은 생산력 검정을 수행한 후 신품종으로 등록하고 참여기업에 기술이전
- 딸기 생육촉진 및 광합성 증진용 생리활성물질 조성법과 처리기술은 재배농가에 기술이전
- 친환경 흰가루병 방제물질의 조성법, 처리농도 및 방법 등에 대한 노하우는 수출딸기 재배 농가에 교육과 기술지원 자료로 활용
- 위황병 맞춤형 미생물 및 화학제제를 중심으로 한 위황병 방제 스케줄을 확립하여 수출딸기 재배 농가 보급에 활용
- 육묘기 및 재배지의 위황병원균 분자생물학적 진단 기술 법은 각 포장의 위황병원균 오염에 따른 토양 진단 기법으로 기술이전
- 딸기 육묘기 자묘 생산량 증대를 위한 생장조절물질 적정 처리 기준 및 처리 방법에 대한 매뉴얼 개발과 보급 및 농가교육
- 딸기 육묘 시 생장조절제를 이용한 육묘기 건전묘 생산 기술 보급 및 생산 효율성 증대를 통한 농가의 생산성 향상
- 딸기 육묘 시 농가 작업 효율성 증대를 위한 저면관수 시스템의 사용 매뉴얼 개발 및 농가에 대한 기술 이전
- 딸기의 삼목 육묘 환경 조건 구명을 통한 농가의 건전묘 생산 및 생산 효율성 증가와 딸기 삼목 후방 산업 육성
- 딸기 육묘 시 화아분화 촉진을 위한 양액 공급 중단 기술의 보급을 통한 조기 수확과 품질 향상 및 시장 경제 활성화 도모
- 규격화된 딸기 건전묘 생산을 위한 모주 관리 기술의 보급 및 농가 교육
- 딸기의 생장조절제 처리 관련 농약허용물질목록관리제도(Positive List System, PLS) 기준 마련을 위한 기초자료로 활용
- 타 원예작물의 생장조절제 처리 연구 시, 기초 연구자료로 활용
- 딸기 건전묘 생산 기술 보급과 농가 교육 등을 통한 기술의 홍보 및 현장 적용성 확보
- 딸기는 생육적온인 20℃ 에서는 균형적인 안정적인 생육과 생식생장이 전개되어 딸기생산성이 높았고 품질도 높았다. 반면 생육적온을 벗어난 15℃ 의 저온재배에서는 수량성이 감소와 더불어 낙뢰, 낙화, 수정불량, 기형과 발생 등의 원인으로 분석되었다. 이러한 결과는 고품질 딸기를 생산할 수 있는 온도 조건을 구명하여 영농현장에서 활용할 수 있는 대안을 제시함
- 딸기의 화기구조가 기형과 발생에 미치는 연관성을 조사한 결과 꽃잎은 딸기의 생육 및 품질에는 영향을 주지 못했으나, 꽃받침을 제거하면 과일생장이 낮았고 기형과 발생율이 증가함. 반면 꽃받침은 과실의 색도, 경도, 당도 및 산도에는 큰 영향을 주는 요인이 아니었음. 따라서 이러한 결과는 딸기 기형과 발생에 관련된 화기구조 중 꽃받침이 기형과 발생의 주된 원인임을 과학적으로 증명함

- 겨울철 시설 딸기재배에서 저온현상으로 인한 작물의 생육부진과 생산량 감소 피해를 최소화하기 위한 화학적 대응방안을 모색하고자 spermine 처리하여 저온조건에서 딸기의 생육 및 생산성이 향상시킴. 저온기 시설딸기 재배에서 저온장해를 경감시킬 수 있는 생리활성물질로 spermine 사용하면 저온 피해 경감이 가능하여 영농현장에 활용 가능할 것임
- 딸기의 전반적인 생육 및 과실의 수량은 신규배지보다는 2년 재활용한 코이어 배지에서 좋았으나 과실의 품질은 재활용 여부에 큰 영향이 없었음. 시설원예의 수경재배용 배지로 널리 사용되는 코이어는 한번 사용하고 난 후 버려지는 경우가 대부분임. 사용 후 폐기되는 코이어 배지를 딸기의 고설재배 배지로 재활용 가능성을 제시함
- 딸기수량 및 품질은 20℃에서 가장 좋았고, 25℃의 고온재배에서는 딸기의 수량 및 품질이 저하됨. 딸기의 생리활성 물질은 생육적온인 20℃에서 증가하였으나, 고온인 25℃에서는 함량이 감소함. 고품질 딸기의 안정생산을 위한 적정온도를 제시하여 시설 딸기 재배의 지침서로 활용
- 화기 손상이 딸기에 기형과 발생에 미치는 영향을 조사하기 위해 주두를 제거하면 과실의 생장이 낮아졌고 기형과 발생이 증가함. 또한 주두를 제거하는 부위가 많을수록 과실의 비대 발육이 부진하였음. 또한 주두가 손상되면 당도 및 당산비가 낮아져 품질이 낮아졌음. 과실비대 촉진을 위해 인위적 옥신처리는 기형과 발생율이 증가하여 안정적인 옥신처리 기준을 제공함
- 딸기 고온재배에서 지하수를 이용한 근권냉방 처리는 평균 토양온도를 2℃ 정도 하강시키는 냉방 효과가 있었음. 지하수 근권냉방 처리는 이상고온 조건에서 딸기의 생육 및 생산성의 향상에 효과적이었음. 여름철 고온기에 딸기재배를 위한 고온극복 수단으로 지하수를 이용한 근권냉방 시스템이 이용이 적당할 것으로 판단되어 딸기 여름재배를 위한 단초를 제공함
- 일사량 부족한 차광조건에서는 딸기의 과실 비대 및 품질에 부정적인 영향을 주었으며, 특히 차광 수준이 높은 50% 차광조건에서 뚜렷하였음. 일사량이 부족하면 딸기의 생육 및 생산성에 부정적인 영향을 끼치며 충분한 광량을 확보하는 것이 수확량 증진과 고품질 딸기 생산이 가능하였음. 일조 부족한 조건에서는 인공광원에 의한 생산성을 증대시킬 수 있어 영농현장에 적용 가능할 것임.
- 일조가 부족한 조건에서 인공광원 중 적색 LED 조건에서 딸기의 수량과 품질을 상승 향상되었으나 메탈할라이드에서는 오히려 수량과 품질이 감소되었음. 인공광원의 종류에 따라 딸기의 생육 및 품질에 차이가 있었으며, 적색 LED 조건에서 딸기의 수량과 품질을 향상시킬 수 있는 인공광원 조건을 확보함
- 딸기 적엽처리는 딸기 생육 및 생산성에 부정적인 영향을 주며, 적엽처리를 하지 않고 8매 정도의 엽수를 확보하는 것이 과실수량 증진과 품질 향상에 유용하였음. 고품질의 딸기를 안정 생산할 수 있는 딸기의 적엽처리 조건을 구명하여 적엽처리에 소요되는 노동력을 절감하는 효과를 얻을 수 있었음.
- 시설딸기 재배에서 탄산가스 농도별 조건이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향을 조사한 결과 1000ppm 처리에서 수량과 품질이 우수하였음. 고품질의 딸기를 생산하기 위한 탄산가스 적정 기준을 설정하여 농가소득을 향상시키는 기술로 활용

- 딸기는 육안적으로 품질변화를 파악할 수 있는 식물호르몬인 ABA, JA, GA3, IAA, Zeatin, SA의 시기별 함량변화를 구명함. 식물호르몬이 딸기의 성숙에 미치는 역할을 구명하고 과일 성숙을 제어하고 조절함으로써 이를 농업적으로 활용하기 위한 이론적 근거를 제시함.
- 딸기의 화분발아성을 증진시킬 수 있는 적정 폴리아민 종류 및 처리농도는 ‘설향’과 ‘매향’ 모두 spermine 500  $\mu$ M 처리였고, 대조구에 비해 화분발아율이 19–23% 향상시킬 수 있었음. 불량환경 조건에서 딸기의 착과율을 향상시킬 수 있는 폴리아민의 적정 처리수준을 확립하여 그 기술을 딸기재배 농가에 제공하여 농가소득 증대에 기여
- 겨울철 시설딸기 재배에 난방비 절감을 위한 탄소나노섬유적외선 난방등을 적용한 결과 나노탄소섬유적외선 난방은 외부기온이  $-10^{\circ}\text{C}$ 까지 기온에 떨어지더라도 야간온도를 유지할 수 있었고, 난방효율은 전기온풍기에 비해 큰 차이가 발생하지 않아 석유를 대처할 수 있는 난방시스템이었음. 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용한 난방은 고유가시대의 난방비 절감으로 딸기 생산농가의 생산비 부담을 줄일 수 있는 방법으로 활용
- 국내 주요 딸기 6품종과 육성하고 있는 33 계통을 익음 단계인 녹색, 적색변화기, 절반정도 적색변화, 전체 녹색 및 과숙기로 구분하여 주요생리활성 물질 14종에 대하여 동시 분석 방법과 생리활성 성분의 함량을 확인하였음. 또한 6 품종과 33계통을 극성이 다른 용매 추출물의 항산화 효과를 검증한 결과 품종 및 계통에 따른 생리활성물질의 함량과 항산화 효과에 현저한 차이가 있음을 확인함. 딸기는 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있으며, 생리활성물질의 함량은 성숙시기, 추출용매, 계통 또는 용매에 따라서 상당한 차이가 있었으므로 딸기 가공시에 목표로 하는 주요 성분 또는 항산화 효과 기반의 고기능성 딸기 가공품 생산의 지침으로 활용
- 주요 딸기 성분을 품종, 계통, 익음정도 및 추출용매를 기반으로 다변량 및 통계분석을 통한 분석 결과 우리나라의 주요 품종간, 육종계통 및 과일이 익는 과정 중에 주요 성분의 함량은 현저한 차이가 있음을 확인함. 다양한 요인을 종합적으로 분석할 수 있는 방법을 제시함으로써 성분 육종, 품종 분석, 성분 분석 및 최적의 추출 용매 분석 등의 복잡한 농업적 요인의 체계적인 분석에 활용
- 수확 후기에 품질이 낮은 딸기를 고품질의 가공용 딸기로 개발하기 위하여 밀리타리스 동충하초로 발효시킨 결과, 딸기의 주요 생리활성 성분의 함량을 증가시키고, 밀리타리스 동충하초의 주요성분인 cordycepin의 함량을 증가시키는 방법을 확립함. 또한 딸기의 추출물은 항비만 효과가 전혀 없는데 반하여, 딸기의 발효 추출물은 매우 우수한 항비만 효과와 발효 추출물의 항비만 효과의 기작을 밝힘. 품질이 낮은 딸기를 이용하여 항비만 효과가 있는 고기능성 가공용 제품의 개발에 활용
- 딸기에는 주요한 생리활성 성분이 있는데, 주요 생리활성성분의 항비만 효능을 스크리닝한 결과 pelargonidin이 항비만 효과가 매우 높다는 것을 확인하였으며 항비만 효과의 작용 기전을 밝힘. 딸기 주요 성분의 효능을 밝힘으로서 고기능성 딸기 가공품 생산시에 효능성분 근거의 지표성분 성분 분석과 가공품의 표준화에 활용

## 붙임. 참고문헌

- Aaby, K., D. Ekeberg and G. Skrede. 2007. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria × ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *J. Agric. Food. Chem.* 55:4395-4406.
- Aaby, K., S. Mazur, A. Nes and G. Skrede. 2012. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chem.* 132:86-97.
- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresources Technology.* 82(3):441-245.
- Abel, E.D., O. Peroni, J.K. Kim, Y.B. Kim, O. Boss, E. Hadro, T. Minnemann, G.I. Shulman and B.B. Kahn. 2001. Adipose-selective targeting of the GLUT4 gene impairs insulin action in muscle and liver. *Nature.* 409:729-733.
- Ahmed, A.E and J.M. Labavitch. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit. *Plant Physiol.* 65:1009-1013.
- Akaro, Y., H. Maruyama, K. Mtasumoto, K. Ohguchi, K. Nishizawa, T. Sakamoto, Y. Araki, S. Mishima and Y. Nozawa. 2003. Cell growth inhibitory effect of cinnamic acid derivatives from propolis on human tumor cell lines. *Biol. Pharm. Bul.* 26:1057-1059.
- Albregts, E.E., C.M. Howard and C.K. Chandler. 1992. Defoliation of strawberry transplants for fruit production in Florida. *HortScience.* 127:887-891.
- Allaway, W.H. 1968. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. *Adv. in Agron.* 20:235-274.
- Amakura, Y., M. Okada, S. Tsuji and Y. Tonogai. 2000. High performance liquid chromatographic determination with photodiode array detection of ellagic acid in fresh and processed fruits. *J. Chromatogr. A.* 896:87-93.
- Amini, J. & Sidovich, D. 2010. The effects of fungicides on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* associated with *Fusarium* wilt of tomato. *Journal of plant protection research*
- Amiot, M.J., M. Tacchini, S.Y. Aubert and W. Oleszek. 1995. Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. *J. Agr. Food Chem.* 43:1132-1137.
- Anttonen, M.J., K.I. Hoppula, R. Nestby, M.J. Verheul and R.O. Karjalainen. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruits. *J. Agric. Food Chem.* 54:2614-2620.
- A.O.A.C. 1980. Association of official analytical chemists. 13th ed. Washington D.C.
- Apovian, C.M. 2016. Obesity: definition, comorbidities, causes, and burden, *Am. J. Manag. Care.* 22:176-185.

- Arai, Y., S. Watanabe, M. Kimira, K. Shimoi, R. Mochizuki and N. Kinae.** 2000. Dietary intakes of flavonoids, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *J. Nutr.* 130:2243-2250.
- Archbold, D.D.** 1988. Abscisic acid facilitates sucrose import by strawberry fruit explants and cortex disks in vitro. *HortScience.* 23:880-881.
- Arlt, W., P. Neogi, C. Gross and W.L. Miller.** 2004. Cinnamic acid based thiazolidinediones inhibit human P450c17 and 3-beta-hydroxysteroid dehydrogenase and improve insulin sensitivity independent of PPAR gamma agonist activity. *J. Mol. Endocrinol.* 32:425-436.
- Atkinson, C.J., P.A. Dodds, Y.Y. Ford, J. Le Miere, J.M. Taylor, P.S. Blake and N. Paul.** 2006. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. *Ann.* 97:429-941.
- Baayen, R. P. et al.** 2000. Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. *Phytopathology* 90, 891-900
- Baninasab, B. and M. Rahemi.** 2008. Effect of exogenous polyamines on flower bud retention in pistachio (*Pistacia vera* L.) trees. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49:149-154.
- Bate-Smith, E.C.** 1972. Detection and determination of ellagitannins. *Phytochem.* 11:1153-1156.
- Beattie, J., A. Crozier and G.G. Duthie.** 2005. Potential health benefits of berries. *Curr. Nutr. Food Sci.* 1:71-86.
- Bleecker, A. and S.E. Patterson.** 1997. Last exit: Senescence, abscission, and meristem arrest in *Arabidopsis*. *Plant Cell.* 9:1169-1179.
- Bodet, C., F. Chandad and D. Grenier.** 2006. Anti-inflammatory activity of a high-molecular-weight cranberry fraction on macrophages stimulated by lipopolysaccharides from periodontopathogens. *J. Dent. Res.* 85:235-239.
- Boff, P., J. De Kraker, M. Gerlagh and J. Kohl.** 2003. The role of petals in development of grey mould in strawberries. *Fitopatol. bras.* 28:76-83.
- Bremner, J.M.** 1965. Total nitrogen. *Methods of soil analysis.* 3:1149-1178
- Brewbaker, J. and B. Kwak.** 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *Am. J.* 50:859-865.
- Bristow, P.R. and A.Y. Shawa.** 1981. The influence of fungicides on pollen germination and yield of cranberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:290-292.
- Buendia, B., M.I. Gil, J.A. Tudela, A.L. Gady, J.J. Medina, C. Soria, J.M. Lopez and F.A. Tomas-Barberan.** 2010. HPLC-MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 58:3916-3926.
- Burda, S., W. Oleszek and C.Y. Lee.** 1990. Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. *J. Agr. Food Chem.* 38:945-948.
- Cao, R., K. Fu, X. Lv, W. Li and N. Zhang.** 2014. Protective effects of kaempferol on lipopolysaccharide-induced mastitis in mice. *Inflamm.* 37(5):1453-1458.



- Cao, Z., R.M. Umek and S.L. McKnight.** 1991. Regulated expression of three C/EBP isoforms during adipose conversion of 3T3-L1 cells. *Genes & Development*. 5(9):1538-1552.
- Casierra-Posada, F., I.D. Torres and D.H Riascos-Ortiz.** 2012. Growth in partially defoliated strawberry plants cultivated in the tropical highlands. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgacion Cientifica*. 15:349-355.
- Cavallin, L., A. Bindoli and N. Siliprandi** 1978. Comparative evaluation of antiperoxidative action of silymarin and other flavonoids. *Pharmacol. Res. Commun*. 10:133-136.
- Chelpinski, P., K. Skupien and I. Ochmian.** 2010. Effect of fertilization on yield and quality of cultivar kent strawberry fruit. *J. Elem.* 15:251-257.
- Chen, Y.L., S.T. Huang, F.M. Sun, Y.L. Chiang, C.J. Chiang, C.M. Tsai and C.J. Weng.** 2011. Transformation of cinnamic acid from trans-to cis-from raises a notable bactericidal and synergistic activity against multiple-drug resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Eur. J. Pharm. Sci.* 43:188-194.
- Chen, B.; Yang, H.** 2013. 6-Benzylaminopurine alleviates chilling injury of postharvest cucumber fruit through modulating antioxidant system and energy status. *J. Sci. Food Agric.* 93, 1915-1921.
- Cheng, S.J.** 1986. The preliminary study of inhibitory effects of green tea antioxidant on mutation. *Acta Expt. Biol.* 9:328-334.
- Cheon, B.D., I.S. Choi and J.S. Kang.** 2006. Effect of amino acid, polyamine, and flavonoid on the pollen germination of peach (*Prunus persica* SIEB). *J. Life Sci.* 16:711-715.
- Cho, Y., J.H. Chung, H.J. Do, H.J. Jeon, T. Jin and M.J. Shin.** 2013. Effects of fisetin supplementation on hepatic lipogenesis and glucose metabolism in Sprague Dawley rats fed on a high fat diet. *Food Chem.* 139(1-4):720-727.
- Choi, D.G.** 2004. Changes of fruit characteristics and storage by gibberellin and polyamine treatment of oriental pear (*Pyrus Pyrifolia*). *J. Bio-Env. Con.* 13:185-193.
- Choi, G.H., M.W. Cho, J.W. Cheong, H.C. Rhee, Y.C. Kim, M.Y. Roh and Y.I. Kang.** 2012. Effect of EC levels in nutrient solution on the growth of juvenile rose in hydroponics using coir substrate. *Journal of Bio-Environment Control*. 21(4):317-321.
- Choi, H.G., N.J. Kang, B.Y. Moon, J.K. Kwon, I.R. Rho, K.S. Park, S.Y. Lee.** 2013. Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:194-202.
- Choi, J., Park, J. & Latigui, A.** 2011. Impact of physicochemical properties of root substrates on growth of mother plants and occurrence of daughter plants in 'Seolhyang' strawberry propagation through bag culture. *Hortic Cultural Science & Technology* 29, 95-101
- Choi, J.J. and J.W. Song.** 2012. A study of physical characteristics of rectangular forest waste chip combined with urethane resin for sidewalk pavement. *Korea Solid Wastes Engineering Society*. 29(4):391-397.
- Choi, J.M., S.K. Jeong and K.D. Ko.** 2009. Characterization of symptom and determination of tissue critical concentration for diagnostic criteria in 'Maehyang' strawberry as influenced

- by phosphorus concentrations in the fertilization solution. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:55-61 (in Korean).
- Choi, J. M. & Lee, H. S.** 2013. Influence of Ca containing fertilizers on the growth of mother and daughter plants, and physiological disorders in propagation of 'Seolhyang' strawberry through plastic bag cultivation. *Horticultural Science & Technology* 31, 50-55
- Choi, K.Y., J.Y. Ko, H.J. Yoo, E.Y. Rhee, H.C. Choi and Y.B. Lee.** 2014. Effect of cooling timing in the root zone on substrate temperature and physiological response of sweet pepper in summer cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:53-59.
- Chun, J., Y.S. Kwon and Y.H. Woo.** 2001. Countermeasure and damage appearance on low solar radiation in protected horticulture. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 19(4):636-640.
- Chung, D.G., S.J. Yong and Y.J. Choi.** 1998. The effect of CaCl<sub>2</sub> foliar application on inhibition of abnormally fermented fruits and chemical composition of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak). *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 16(2):215-218.
- Cohen, J.D.** 1996. In vitro tomato fruit cultivars demonstrate a role for indole-3-acetic acid in regulating fruit ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 121:520-524.
- Cosgrove, D.J.** 1997. Relaxation in a high-stress environment: the molecular bases of extensible cell walls and cell enlargement. *The Plant Cell.* 9:1031-1041.
- Daniel, E.M., A.S. Kropnick, Y.H. Heur, J.A. Blinzler, R.W. Nims and G.D. Stoner.** 1989. Extraction, stability and quantitation of ellagic acid in various fruits and nuts. *J. Food Comp. Anal.* 2:338-349.
- Davies, C., P.K. Boss and S.P. Robinson.** 1997. Treatment of grape berries, a nonclimacteric fruit with a synthetic auxin, retards ripening and alters the expression of developmentally regulated genes. *Plant Physiology.* 115:1155-1161.
- De Cal, A.,** 2005. Martinez-Treceno, A., Salto, T., López-Aranda, J. & Melgarejo, P. Effect of chemical fumigation on soil fungal communities in Spanish strawberry nurseries. *Applied Soil Ecology* 28, 47-56
- D' Evoli, L., A. Tarozzi, P. Hrelia, M. Lucarini, M. Cocchiola, P. Gabrielli, F. Franco, F. Morroni, G. Cantelli-Forti and G. Lombardi-Boccia.** 2010. Influence of cultivation system on bioactive molecules synthesis in strawberries : Spin-off on antioxidant and antiproliferative activity. *J. Food Sci.* 75:94-99.
- Dong, S., S.H. Jung, J.S. Moon, S.K Rhee and J.Y. Son.** 2004. Antioxidant activities of clove by extraction solvent. *J. Kor Soc. Food Sci. Nutr.* 33:609-613.
- Donovan, J.L., V. Crespy, C. Manach, C. Morand, C. Besson, A. Scalbert and C. Rémésy.** 2001. Catechin is metabolized by both the small intestine and liver of rats. *J. Nutr.* 131:1753-1757.
- Duthie, G. and A. Crozier.** 2000. Plant-derived phenolic antioxidants. *Curr. Opin. Lipidol.* 11:43-47.
- Edderkaoui, M., I. Odinkova, I. Ohno, I. Gukovsky, V.L. Go, S.J. Pandol, and A.S. Gukovskaya.**

2008. Ellagic acid induces apoptosis through inhibition of nuclear factor  $\kappa$ B in pancreatic cancer cells. *World J. Gastroentero.* 14:3672–3680.
- Edenhader, R. and X. Tang.** 1996. Inhibition of the mutagenicity of 2-nitrofluorene, 3-nitrofluoranthene and 1-nitropyrene by flavonoids, coumarins, quinones and other phenolic compounds. *Food Chem. Toxicol.* 35:357–372.
- Ehala, S., M. Vaher and M. Kaljurand.** 2005. Characterization of phenolic profiles of northern European berries by capillary electrophoresis and determination of their antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 53:6484–6490.
- Faas, M.M., G. Van Der Schaaf, M. Schipper and H. Moes.** 2003. Glomerular immunoglobulin deposits induce glomerular inflation in pregnant but not in non-pregnant rats. *Am. J. Reprod. Immunol.* 49(1):57–63.
- Fabroni, C., F. Casta, A.M. Bregoli and G. Costa.** 2006. Effect of auxin on fruit morphogenesis: physiological and molecular aspects in kiwifruit ripening. Proceedings of the 6th International Symposium on Kiwifruit. Rotorua, New Zealand (International Society of Horticultural Science). 541–547.
- Farooq, U., Bano, A.** 2006. Effect of abscisic acid and chlorocholine chloride on nodulation and biochemical content of *Vigna radiata* L. under water stress. *Pak. J. Bot.* 38, 1511–1518.
- Feng, L., H. Luo, Z. Xu, Z. Yang, G. Du, Y. Zhang, L. Yu, K. Hu, W. Zhu, Q. Tong, K. Chen, F. Guo, C. Huang and Y. Li.** 2016. Bavachinin, as a novel natural pan-PPAR agonist, exhibits unique synergistic effects with synthetic PPAR- $\gamma$  and PPAR- $\alpha$  agonists on carbohydrate and lipid metabolism in db/db and diet-induced obese mice. *Diabetologia.* 59:1276–1286,
- Ferrándiz, M.L. and M.J. Alcaraz.** 1991. Anti-inflammatory activity and inhibition of arachidonic acid metabolism by flavonoids. *Agents Actions* 32:283–288.
- Francesca Giampieri, M. José, Alvarez-Suarez and Maurizio Battino.** 2014. Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 62:3867–3876.
- Foster, K.R.; Reid, D.M.; Pharis, R.P.** 1992. Ethylene biosynthesis and ethephon metabolism and transport in barley. *Crop Sci.* 32, 1345–1352.
- Fujihara, M., M. Muroi, K. Tanamoto, T. Suzuki, H. Azuma and H. Ikeda.** 2003. Molecular mechanisms of macrophage activation and deactivation by lipopolysaccharide: roles of the receptor complex. *Pharmacol. Ther.* 100:171–194.
- Gemici, M., B. Turkyilmaz and K. Tan.** 2006. Effect of 2,4-D and 4-CPA on yield and quality of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *JFS.* 29:24–32.
- Genne, P., O. Duchamp, E. Solary, J. Magnette, J.P. Belon and B. Chauffert.** 1995. Cinchonine per os : efficient circumvention of P-glycoprotein-mediated multidrug resistance. *Anticancer Drug Des.* 10(2):103–118.
- Giampieri, F., J.M. Alvarez-Suarez and M. Battino.** 2014. Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 62:3867–3876.

- Gilani, A.H. and F. Shaheen.** 1997. Studies on dual antihypertensive activity of cinchonine: an alkaloid from cinchona bark. Proceedings of the International Symposium on Bioassay Methods in Natural Product Research and Drug Development. 62.
- Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad.** 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, R.E., T.E. Acree. E.A. Decker. M.H. Penner. D.S. Reid. S.J. Schwartz. C.F. Shoemaker. D. Smith and P. Sporns(Eds.). Handbook of food analytical chemistry: Pigments, colorants, flavors, texture, and bioactive food components. John Wiley & Sons. Hoboken. N.J. 19-31.
- Goldstein, J.L. and M.S. Brown.** 1990. Regulation of the mevalonate pathway. Nature. 343(6257):425-430.
- Gong, J.H., D. Shin, S.Y. Han, J.L. Kim and Y.H. Kang.** 2012. Kaempferol suppresses eosinophil infiltration and airway inflammation in airway epithelial cells and in mice with allergic asthma. J. Nutr. 142(1):47-56.
- Gonzales, A.M. and R.A. Orlando.** 2007. Role of adipocyte-derived lipoprotein lipase in adipocyte hypertrophy. Nutrition & Metabolism (Lond). 4:22.
- González-Sarrías, A., J.C. Espín, F.A. Tomás-Barberán and M.T. García-Conesa.** 2009. Gene expression, cell cycle arrest and MAPK signalling regulation in Caco-2 cells exposed to ellagic acid and its metabolites, urolithins. Mol. Nutr. Food Res. 53:686-698.
- Gosselin, A. and M.J. Trudel.** 1986. Root-zone temperature effects on pepper. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:220-224.
- Gross, J.** 1987. Anthocyanins, in pigments in fruit. Food Sci. Technol. 59-85.
- Haddock, E.A., R.K. Gupta, S.M.K. Al-Shafi, K. Layden, E. Haslam, and D. Magnolato.** 1982. The metabolism of gallic acid and hexahydroxydiphenic acid in plants: Biogenetic and molecular taxonomic considerations. Phytochem. 21:1049-1062.
- Hakkine, S.H., S.O. Karenlampi, I.M. Heinone, H.M. Mykkanen and A.R. Torronen.** 1999. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. Agr. Food Chem. 47:2274-2279.
- Häkkinen, S.H. and A.R. Törrönen.** 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: Influence of cultivar, cultivation site and technique. Food Res. Intl. 33:517-524.
- Han, S.S. and B.J. Lee.** 1989. Studies on antimicrobial activities of morin alone and in combination with related flavonoids. Chungbuk J. Pharm. Sci. 4:19-27.
- Handreck, K.A.** 1993. Properties of coir dust. and its use in the formulation of soilless potting media. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 24(3-4):349-363.
- Hanneken, A., F.F. Lin, J. Johnson and P. Maher.** 2006. Flavonoids protect human retinal pigment epithelial cells from oxidative-stress-induced death. Investig. Ophthalmol. Vis. Sci. 47:3164-3177.
- Hayashi, E., M. HAYashi and H. Yamazoe.** 1990. Pharmacological action of tea extract on the

- central nervous system in mice. *Oyo Yakuri*. 40(3):351-356.
- Hedden, P., Sponsel, V.** 2015. A century of gibberellin research. *J. Plant Growth Regul.* 34, 740-760.
- Hemnani, T. and M. Parihar.** 1998. Reactive oxygen species and oxidative DNA damage. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 42:440-452.
- Heo, Y., S.H. Kim, E.G. Park, B.G. Son, Y.W. Choi, Y.J. Lee, Y.H. Park, J.M. Suh, J.H. Cho, C.H. Hong, S.G. Lee and J.S. Kang.** 2013. The influence of abnormally high temperatures on growth and yield of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agriculture & Life Sci.* 47:9-15.
- Heuvelink, E.** 1997. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. *Entia. J. Hort. Sci.* 69:51-59.
- Higa, S., T. Hirano, M. Kotani, M. Matsumoto, A. Fujita, M. Suemura, I. Kawase and T. Tanake.** 2003. Fisetin, a flavonol, inhibits TH2-type cytokine production by activated human basophils. *J. Allergy Clin. Immun.* 111:1299-1306.
- Hirano, K., K. Yonemori and A. Sugiura.** 1995. Involvement of sugar metabolism in persimmon growth inhibition by calyx lobe removal. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:75-77.
- Ho, L.C.** 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39:355-378.
- Hollman, P.C. and I.C. Arts.** 2000. Flavonols, flavones and flavanols-nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food Agr.* 80:1081-1093.
- Hou, W.C., R.D. Lin, C.T. Chen and M.H. Lee.** 2005. Monoamine oxidase B (MAO-B) inhibition by active principles from *Uncaria rhynchophylla*. *J. Ethnopharmacol.* 100:216-220.
- Huang, D.W. and S.C. Shen.** 2012. Caffeic acid and cinnamic acid ameliorate glucose metabolism via modulating glycogenesis and gluconeogenesis in insulin-resistant mouse hepatocytes. *J. Funct. Foods.* 4:358-366.
- Hubbard, N.L., D.M. Pharr and S.C. Huber.** 1990. Sucrose metabolism in ripening muskmelon fruit as affected by leaf area. *J. Amer. Hort. Sci.* 115:798-802.
- I.C.H.** 1996. Harmonized Tripartite Guidelien. Validation of analytical precedures. Methodology Q2B, I.C.H. Steering Committee.
- Inaba, A., M. Ishida and Y. Sobajima.** 1976. Changes in endogenous hormone concentrations during berry development in relation to the ripening of Delaware grapes. *J. Jpn. Sot. Hortic. Sci.* 45:245-252.
- Jackson, R.M., B.A. Griesel, J.M. Gurley, L.I. Szweda and A.L. Olson.** 2017. Glucose availability controls adipogenesis in mouse 3T3-L1 adipocytes via up-regulation of nicotinamide metabolism. *J. Biol. Chem.* 292:18556-18564.
- Janesick, A. and B. Blumberg.** 2011. Minireview: PPAR gamma as the target of obesogens, *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 127:4-8.
- Jang, Y.A., J.G. Lee, Y.C. Um, S.Y. Kim, S.S. Oh and S.H. Cha.** 2010. Effects of nutrient

- solution cooling on fruit setting and yield of paprika in summer hydroponics. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:58-59.
- Jeong, S.J., D.Y. Kim, S.H. Han, S.M. Shin, J.Y. Cha, N.B. Park, J.S. Lee and J.K. Park.** 2007. Effect of fisetin on UVB-induced apoptosis and DNA single strand breaks in NIH3T3 cells. *J. Life Sci.* 17:64-69.
- Jeong, S.J., J.S. Oh, W.Y. Seok and M.Y. Cho.** 2008. The effect of treatment of woody charred materials on the growth and components of tomato and Chinese cabbage. *Korean Journal of Organic Agriculture.* 16:455-469.
- Jimenez, F., T.F. Mitts, K. Liu, Y. Wang and A. Hinek.** 2006. Ellagic and tannic acids protect newly synthesized elastic fibers from premature enzymatic degradation in dermal fibroblast cultures. *J. Invest. Dermatol.* 126:1272-1280.
- Jin, P., S.Y. Wang, C.Y. Wang and Y.H. Zheng.** 2011. Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. *Food Chem.* 124:262-270.
- John, L., Maas, Y. Shiow, Wang and Gene J. Galletta.** 1991. Evaluation of strawberry cultivars for ellagic acid content. *Hortsci.* 26(1):6668.
- Jonas, D., E. Van Scoyoc, K. Gerrald, R. Wines, H. Amick and M. Triplette.** 2011. Newer diabetes medications, TZDs, and combinations. Final original report Portland, OR, USA: Drug Class Review.
- Jong, J.G.T.D., Veldstra, H.** 1971. Investigations on cytokinins. I. Effect of 6-benzylaminopurine on growth and starch content of *Lemna minor*. *Physiol. Plant.* 24, 235-238.
- Jung, H.S.** 2012. Characteristics of strawberries and seedling raising-method. *Agricultural and Horticulture.* 44-51.
- Jung, S.A., M.S. Choi, S.H. Kim, R.N. Yu and T.S. Park.** 2012. Cinchonine prevents high-fat-diet-induced obesity through down regulation of adipogenesis and adipose inflammation. *PPAR Research* 2012. Article ID 541204.
- Kada, T., K. Kaneko, T. Matsuzaki and Y. Hara.** 1985. Detection and chemical identification of natural bioantimutagens. *Mutation Res.* 150:127-131.
- Kang, N., H.H. Lee, I. Park and Y.S. Seo.** 2017. Development of high cordycepin -producing *Cordyceps militaris* strains. *Mycobiology.* 45(1):31-38.
- Kang, S.S., K.S. Cho, Y.K. Kim, S.B. Jeong, J.H. Song and H.J. Lee.** 2007. Shape alteration of 'Geumchonjosaeng' pear fruit by removing calyx. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:42-46.
- Kang, Y.I., J.K. Kwon, K.S. Park, I.H. Yu, S.Y. Lee, M.W. Cho and N.J. Kang.** 2010. Changes in growths of tomato and grafted watermelon seedlings and allometric relationship among growth parameters as affected by shading during summer. *J. Bio-Environ. Con.* 19(4):275-283.
- Kapoor, I.** 1988. Fungi involved in tomato wilt syndrome in Delhi, Maharashtra and Tamil Nadu. *Indian Phytopathol.* 41, 208-213
- Kazuko, N., Y. Midori., T. Chikusa., I. Michiko. and N. Mitsuo.** 1991. Platelet aggregation

- inhibitory activity of tea extracts. *J. Jpn. Soc. Food Sci.* 38(3):189-195.
- Kelsey and A. Natalie.** 2010. Neuroprotective effects of anthocyanins on neuronal death induced by inhibition of Bcl-2 and oxidative stress. *Electronic Theses and Dissertations.* 333.
- Kershaw, E.E., J.K. Hamm, L.A. Verhagen, O. Peroni, M. Katic and J.S. Flier.** 2006. Adipose triglyceride lipase: Function, regulation by insulin, and comparison with adiponutrin. *Diabetes.* 55(1):148-157.
- Keutgen, N., K. Chen and F. Lenz.** 1997. Responses of strawberry leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and macronutrient contents to elevated CO<sub>2</sub>. *Journal of plant physiology.* 150:395-400.
- Khan, E.M. and H.C. Passam.** 1992. Flowering, fruit set and development of the fruit and seed of sweet pepper cultivated under conditions of high ambient temperature. *J. Hort. Sci.* 67:251-258.
- Khanizadeh, S., S. Tao, S. Zhang, R. Tsao, D. Rekika, R. Yang, M.T. Charles, L. Gauthier and A. Gosselin.** 2009. Profile of antioxidant activities of selected strawberry genotypes. *Acta. Hort.* 814:551-556.
- Kim, C.H., C. Lee, O.Y. Kweon, and C.G. An.** 2014. Effect of transplanting methods on growth and yield of paprika in coir culture. *Protected Horticulture and Plant Factory.* 23(4):281-287.
- Kim, D.S., H.Y. Na, J.H. Song, Y. Kwack, S.K. Kim and C.H. Chun.** 2012. Antimicrobial activity of thinned strawberry fruits at different maturation stages. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(6):769-775.
- Kim, D.Y., E.H. Hwang and J.K. Park.** 2005. Effect of *Rhus verniciflua* stokes extract and fisetin on UVB-induced apoptosis in NIH3T3 cells. *J. Life Sci.* 15:141-146.
- Kim, D.Y., K.D. Ko, H.K. Yun, M.K. Yoon, J.H. Kwak and Kim T.I.** 2008. Characteristics of growth, yield and disease/pest occurrence among major strawberry cultivars for organic forcing and semi-forcing culture. *J. Bio-Envir. Cont.* 17:336-341.
- Kim, D.Y., S.Y. Kim and S.Y. Lee.** 2016. Effects of leaf management during winter season on the yield and soluble solid contents of fruits in forcing cultivation of strawberry 'Seolhyang'. *Protected Horticulture and Plant Factory.* 25:283-287.
- Kim, D.Y., W.B. Chae, J.H. Kwak, S. Park, S.R. Cheong, J.M. Choi and M.K. Yoon.** 2013. Effect of timing of nutrient starvation during transplant production on the growth of runner plants and yield of strawberry 'Seolhyang'. *J. Bio-Env. Con.* 22:421-426.
- Kim H M, Lee H R, Kang J H, et al.** 2019. Prohexadione-calcium application during vegetative growth affects growth of mother plants, runners, and runner plants of Maehyang strawberry[J]. *Agronomy*, 9: 155.
- Kim, J.G., H.H. Kim, D.E. Kim, S.K. Kim, S.K. Lee and Y.H. Woo.** 2008. Development of culture medium sterilizing system of horticulture. *Journal of Bio-Environment Control.* 17(1):309-313.

- Kim, J. S., Kang, N. J., Kwak, Y. S. & Lee, C.** 2017. Investigation of Genetic Diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* Using PCR-RFLP. *Plant. Pathol. J.* 33, 140-147
- Kim, M.J. and S.J. Rhee.** 1994. Effects of korean green tea, oolong tea and black tea beverage on the removal of cadmium in rat. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* 23(5):784-791.
- Kim, S.G., D.Y. Rhyu, D.K. Kim, D.H. Ko, Y.K. Kim, Y.M. Lee and H.J. Jung.** 2010. Inhibitory effect of heartwood of *rhus verniciflua* stokes on lipid accumulation in 3T3-L1 cells. *Kor. Soc. Pharmacogn.* 41:21-25.
- Kim, S.H., Y. Heo, E.G. Park, B.G. Son, Y.H. Choi, Y.J. Lee, Y.H. Park, J.S. Kang, J.M. Suh, J.H. Cho, C.O. Hong, and S.G. Lee.** 2013. The influence of temperature amino acid and polyamine on pollen germination of pepper. *J. Agric. & Life Sci.* 47:1-8.
- Kim, S.K., R.N. Bae and C.H. Chun.** 2011. Changes in bioactive compounds contents of 'Maehyang' and 'Seolhyang' strawberry fruits by UV light illumination. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:172-180.
- Kim, S.K., R.N. Bae, H. Na, K.D. Ko and C. Chun.** 2013. Changes in physicochemical characteristics during fruit development in June-bearing strawberry cultivars. *Hortic Environ Biotechnol.* 54:44-51.
- Kim. Y.J and Y. Shin.** 2015. Antioxidant profile, antioxidant activity, and physicochemical characteristics of strawberries from different cultivars and harvest locations. *J. Korean Soc Appl Biol Chem.* 58:587-595.
- Kimura, M. and Y. Hiromi.** 1984. Interaction in the antibacterial activity of flavonoid from *Sophora japonica* L. to propionibacterium. *J. Pharm. Soc. Jap.* 104:340-346.
- Kintscher, U. and R.E. Law.** 2005. PPAR  $\gamma$ -mediated insulin sensitization: the importance of fat versus muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 288:287-291.
- Kitagawa, H. and P.G. Glucina.** 1984. Persimmon culture in New Zealand. Science Information Publishing Center. Wellington. 25-26.
- Ko, M.J.** 2016. Analysis of biological active compounds affected by strawberry fruits in genotypes and cultivars at different ripening stages. Master Thesis. Pusan National University. Korea.
- Konduru, S., M.R. Evans and R.H. Stamps.** 1999. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. *HortScience.* 34(1):88-90.
- Kris-Etherton, P.M., K.D. Hecker, A. Bonanome, S.M. Cobal, A.E. Binkoski, K.F. Hilper, A.E. Grieland and D. Etherton.** 2002. Bioactive compounds in food: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am. J. Med.* 113:71-88.
- Kubota, N., Y. Terauchi, H. Miki, H. Tamemoto, T. Yamauchi and K. Komeda.** 1999. PPAR gamma mediates high-fat diet-induced adipocyte hypertrophy and insulin resistance. *Molecular Cell.* 4(4):597-609.
- Kwon, H.J., K.C. Son, and E.G. Gu.** 1994. Influence of auxin, ethylene, and polyamines on the flowering induction of morning glory (*Pharbitis nil* Chois. cv. Violet). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 35:258-264.



- Larrosa, M., F.A. Tomas-Barberan and J.C. Espin. 2006. The dietary hydrolysable tannin punicalagin releases ellagic acid that induces apoptosis in human colon adenocarcinoma Caco-2 cells by using the mitochondrial pathway. *J. Nutr. Biochem.* 17:611-625.
- Ledesma, N. and N. Sugiyama. 2005. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130:341-347.
- Lee, D.B. and K.M. Sim. 2011. Impact and countermeasures of climate change on agriculture. Korea Rural Economic Institute.
- Lee, G.B. 2019. Effect of poor environmental conditions against climate change on growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). PhD. Thesis. Pusan National University, Korea.
- Lee, G.B., E.J. Park, Y.H. Park, K.Y. Yeo, H.C. Lee, and J.S. Kang. 2016. Effect of recycled coir organic substrates on vegetable crops. *Journal of Environmental Science International.* 25(8):1077-1085.
- Lee, G.B., E.J. Park, Y.H. Park, Y.W. Choi, J.M. Suh, and J.S. Kang. 2015. Effect of the organic fertilizer mixed with various recycled coir substrates on Chinese cabbage (*Brassica Campestris* ssp. *Pekinensis*) and lettuce (*Lactuca Sativa*). *Journal of Environmental Science International.* 29(9):1221-1231.
- Lee, G.B., Y.U. Choe, E.J. Park, Y.H. Park, Y.W. Choi, N.J. Kang, and J.S. Kang. 2017. Effect of removing corolla and calyx lobes on fruit shape and quality of strawberry. *J. Environ. Sci. Inter.* 26(1):87-96.
- Lee, J.H., K.J. Kwon, O.K. Kwon, Y.H. Choi, and D.K. Park. 2002. Cooling efficiency and growth of tomato as affected by root zone cooling methods in summer season. *J. Bio-Env. Con.* 11:81-87.
- Lee, S.H. 2003. Studies for pollen and stigma viability in Asian pear (*Pyrus pyfolia*). PhD. Thesis. Chennam National University, Korea.
- Lee, S.H., E.H. Son, S.C. Hong, S.H. Oh, J.Y. Lee, J.H. Park, S.H. Woo, and C.W. Lee. 2016. Growth and yield under low solar radiation during the reproductive growth stages of rice plants. *Korean J. Crop Sci.* 61(2):87-91.
- Lee, S.T., Y.H. Lee, Y.J. Choi, G.M. Shon, H.J. Lee and H.S. Heo. 2002. Comparison of quercetin and soluble tannin in *Houttuynia cordata* Thunb. According to growth stages and plants parts. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 10:12-16.
- Lee, S.W., J.G. Yun, J.K. Hong, K.Y. Choi, and S.J. Park. 2019. The effects of different degrees of defoliation on ‘Seolhyang’ strawberry’s fruit characteristics, plant growth and changes in nonstructural carbohydrates. *Protected Horticulture and Plant Factory.* 28:9-15.
- Lee, S.W., M.W. Seo, S.Y. Lee, S.Y. Sim, S.H. Lee, and Y.H. Lee, 2002. Effect of washing and steam sterilization of perlite medium on the tomato cultivation in the recycling hydroponic system. *Korean Journal Horticultural Science and Technology.* 20(2):90-94.
- Lee, Y.C. and S.M. Kang. 1992. The immediate and carry-over effects of leaf area restrictions on vegetative and fruit growth of seibe 9110 (*Vitis* spp.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 10:106-107.

- Leech, L., D.W. Simpson, and A.B. Whitehouse. 2002. Effect of temperature and relative humidity on pollen germination in four strawberry cultivars. *Acta Hort.* (ISHS). 567:261-263.
- Leighton, T., C. Ginther, L. Fluss, W. Harter, J. Cansado, and V. Notario. 1992. Molecular characterization of quercetin and quercetin glycosides in *Allium* Vegetables ; Phenolic compounds in foods and their effects on health 2. *Am. Chem. Soc.* 507:220-238.
- Lennon, R., G.I. Welsh, A. Singh, S.C. Satchell, R.J. Coward, J.M. Tavaré, P.W. Mathieson and M.A. Saleem. 2009. Rosiglitazone enhances glucose uptake in glomerular podocytes using the glucose transporter GLUT1. *Diabetologia*.
- Li TM, Chen GW, Su CC, Lin JG, Yeh CC, Cheng KC, Chung JG (2005) Ellagic acid induced p53/p21 expression, G1 arrest and apoptosis in human bladder cancer T24 cells. *Anticancer Res.* 25:971-979.
- Lim, M.Y., C.H. Ko, M.S. Son, S.B. Lee, G.J. Kim, B.S. Kim, Y.B. Kim and B.R. Jeong. 2009. Effect of heating by nanocarbon fiber infrared lamps on growth and vase life of cut roses and heating cost. *J. Bio-Environ. Con.* 18:1-8.
- Lim, S.J., H.S. Hwang and Y.J. Shin. 2016. Physicochemical properties and antioxidant activities of 'Seolhyang' and 'Janghee' strawberries from different ripening stages grown in Korea. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 26:80-87 (in Korean).
- Lin, M.K., Y.L. Yu, K.C. Chen, W.T. Chang, M.S. Lee, M.J. Yang, H.C. Cheng, C.H. Liu and D.C. Chen. 2011. Kaempferol from Semen cuscatae attenuates the immune function of dendritic cells. *Immunobiology.* 216(10):1103-9.
- Lin, Y.W. and B.H. Chiang. 2008. Anti-tumor activity of the fermentation broth of *Cordyceps militaris* cultured in the medium of *Radix astragali*. *Process iochemistry.* 43(3):244-250.
- Lopes-da-Silva, F., M.T. Escribano-Bailon, J.J. Perez Alonso, J.C. Rivas-Gonzalo and C. Santos-Buelga 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *Lebensm Wiss Technol.* 40:374-382.
- Liu C, Guo Z, Park Y G, et al. 2019. PGR and its application method affect number and length of runners produced in 'Maehyang' and 'Sulhyang' Strawberries. *Agronomy*, 9: 59.
- Liu, R.X., Q. Wang, H.Z. Guo, L. Li, K.S. Bi and D.A. Guo. 2005. Simultaneous determination of 10 major flavonoids in *Dalbergia odorifera* by high performance liquid chromatography. *J Pharm. Biomed. Anal.* 39:469-76.
- Lyu, C.B., W.J. Yang and K.T. Li. 2014. Partial Defoliation and Runner Removal Affect Runnering, Fruiting, Leaf Photosynthesis and Root Growth in 'Toyonoka' Strawberries for Subtropical Winter Production. *Hort. Environ. Biotechnol.* 55(5):372-379.
- Maas, J.L. and G.J. Galletta. 1991. Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberries: A review. *HortSci.* 26(1):10-14.
- Maas, J.L., S.Y. Wang and G.J. Galletta. 1991. Evaluation of strawberry cultivars for ellagic acid content. *Hortsci.* 26(1):6668.
- MAFRA : Results of the agriculture. 2015. Forestry and fishery survey.

- Mahat, M.Y., N.M. Kulkarni, S.L. Vishwakarma, F.R. Khan, B.S. Thippeswamy, V. Hebballi, A.A. Adhyapak, V.S. Benade and S.M. Ashfaque.** 2010. Modulation of the cyclooxygenase pathway via inhibition of nitric oxide production contributes to the anti-inflammatory activity of kaempferol. *Eur. J. Pharmacol.* 642(1-3):169-76.
- Maher, P., R. Dargusch, J.L. Ehren, S. Okada, K. Sharma and D. Schubert.** 2011. Fisetin lowers methylglyoxal dependent protein glycation and limits the complications of diabetes. *PLoS One.* 6(6):221-226.
- Makowski, L. and G.S. Hotamisligil.** 2004. Fatty acid binding proteins—the evolutionary crossroads of inflammatory and metabolic responses. *Journal of Nutrition,* 134(9):2464-2468.
- Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R. Baan Hotman-Eijer, J. Den Bakker and L.B. Xue.** 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *J. Exper. Botany.* 55:2261-2268.
- Marcia da Silva Pinto, Franco Maria Lajolo and Maria Inês Genovese.** 2008. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) *Food Chem.* 107:1629-1635.
- Masuda, M., and Y. Shimada.** 1993. Diurnal changes in mineral concentrations of xylem exudate in tomato plants and their concentrations as affected by sunlight intensity and plant ages. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 61(4):839-845.
- Matsuzaki, T. and Y. Hata.** 1985. Antioxidative activity of tea leaf catechins. *J. Jpn. Agr. Chem. Soc.* 59:129-134.
- Mertens-Talcott, S.U., J.A. Bomser, C. Romero, S.T. Talcott and S.S. Percival.** 2005. Ellagic acid potentiates the effect of quercetin on p21waf1/cip1, and MAP-kinases without affecting intracellular generation of reactive oxygen species in vitro. *J. Nutr.* 135:609-614.
- Metsalu, T. and J. Vilo.** 2015. ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using Principal Component Analysis and heatmap. *Nucleic Acids Res.* 43:W566-W570.
- Mirković, B. et al.** 2015. Toxicity of copper hydroxide, dithianon, fluazinam, tebuconazole and pyraclostrobin to *Didymella applanata* isolates from Serbia. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 50, 175-183
- Moon, H.I., K.T. Ahn, K.R. Lee and O.P. Zee.** 2002. Flavonoid compounds and biological activities on the aerial parts of *Angelica gigas*. *J. Pharm. Soc. Kor.* 44:119-127.
- Morak, M., H. Schmidinger, G. Riesenhuber, G.N. Rechberger, M. Kollroser, and G. Haemmerle.** 2012. Adipose triglyceride lipase (ATGL) and hormone-sensitive lipase (HSL) deficiencies affect expression of lipolytic activities in mouse adipose tissues. *Molecular & Cellular Proteomics.* 11(12):1777-1789.
- Mukhtar, H., M. Das, W.A. Khan, Z.Y. Wang, D.P. Bik and D.R. Bickers.** 1988. Exceptional activity of tannic acid among naturally occurring plant phenols in protecting against 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-, benzo(a)pyrene-, 3-methylcholanthrene-, and N-methyl-N-nitrosourea-induced skin tumorigenesis in mice. *Cancer Res.* 48:2361-2365.

- Muller, C.E., C. Khoo and S.S. Percival.** 2010. Cranberry polyphenols down-regulate the toll-like receptor 4 pathway and NF- $\kappa$ B activation, while still enhancing tumor necrosis factor  $\alpha$  secretion. *Fed. Am. Soc. Expt. Biol. J.* 24:332-332.
- Muramatsu, K., M. Fukuyo and Y. Hara.** 1986. Effect of green tea catechins on plasma cholesterol level in cholesterol fed rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 32(6):613-622.
- Nam, M., Jeong, S., Lee, Y., Choi, J. & Kim, H.** 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. *Plant Pathol.* 55, 246-249
- Nam, M. H., Park, M. S., Kim, H. G. & Yoo, S. J.** 2009. Biological control of strawberry Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* using *Bacillus velezensis* BS87 and RK1 form  $\mu$ Lation. *J Microbiol Biotechnol* 19, 520-524
- Nam, M. H., Park, M. S., Kim, H. S., Kim, T. I. & Kim, H. G.** 2015. *Cladosporium cladosporioides* and *C. tenuissimum* cause blossom blight in strawberry in Korea. *Mycobiology* 43, 354-359
- Nam, M., Kim, H., Lee, W., Gleason, M. L. & Kim, H.** 2011. Control efficacy of gray mold on strawberry fruits by timing of chemical and microbial fungicide applications. *Hortic  $\mu$ Ltural Science & Technology* 29, 151-155
- Nam, J.C., E.H. Chang, H. Yang, E.K. Cho, S.M. Jung, Y.Y. Hur, S.W. Koh and I.M. Choi.** 2016. Effect of leaf removal on coloration improvement of red variety ‘Hongisul’ Grape. *J. Korean Soc. Int. Agric.* 28:231-236.
- Nam, S.W., Y.S. Kim, and D.U. Seo.** 2014. Change in the plant temperature of tomato by fogging and airflow in plastic greenhouse. *Protected Horticulture and Plant Factory.* 23;11-18.
- Nambiar, E.K.S., G.D. Bowen and R. Sands.** 1979. Root regeneration and plant water status of *Pinus radiata* at different soil temperatures. *J. Exp.* 30:1119-1131.
- Natsume, M., N. Osakabe, M. Yamagishi, T. Takizawa, T. Nakamura, H. Miyatake, T. Hatano, and T. Yoshida.** 2000. Analyses of polyphenols in cacao liquor, cocoa, and chocolate by normal-phase and reversed-phase HPLC. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 64:2581-2587.
- Neilson, K.F., and R.K. Cunningham.** 1964. The effect of soil temperature and form and level of N on growth and chemical composition of Italian rye grass. *Proc. Soc. Soil. Sci. Amer.* 28:213-218.
- Oh, H.A., N.R. Han, M.J. Kim, H.M. Kim and H.J. Jeong.** 2013. Evaluation of the effect of kaempferol in a murine allergic rhinitis model. *Eur. J. Pharmacol.* 718(1-3):48-56.
- Ollat, N., and J.P. Gaudillere.** 1998. The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Am. J. Eno. Vitic.* 49:251-258.
- Olsson, M.E., J. Ekvall, K.E. Gustavsson, J. Nilsson, D. Pillai, I. Sjöholm, U. Svensson, B. Akesson and M.G.L. Nyman.** 2004. Antioxidants, low molecular weight carbohydrates and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria ananassa*) : Effects of cultivar, ripening, and storage. *J. Agric. Food Chem.* 52:2490-2498.
- Olszewska, M.** 2008. Separation of quercetin, sexangularetin, kaempferol and isorhamnetin for

- simultaneous HPLC determination of flavonoid aglycones in inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 48(3):629–35.
- Osawa, T., A. Ide, J.D. Su and M. Namiki.** 1987. Inhibition of lipid peroxidation by ellagic acid. *J. Agr. Food Chem.* 35:808–812.
- Pacheco-Palencia, L.A., G. Noratto, L. Hingorani, S.T. Talcott and S.U. Mertens-Talcott.** 2008. Protective effects of standardized pomegranate (*Punica granatum* L.) polyphenolic extract in ultraviolet-irradiated human skin fibroblasts. *J. Agr. Food Chem.* 56:8434–8441.
- Park, E.G., Y. Heo, B.G. Son, Y.W. Choi, Y.J. Lee, Y.H. Park, J.M. Suh, J.H. Cho, C.O. Hong, S.G. Lee and J.S. Kang.** 2014. The influence of abnormally low temperatures on growth and yield of hot Pepper(*Capsicum annum* L.). *J. Environ. Sci. International.* 23:781–786.
- Park, H.S., U.I. Ju, J.W. Park, J.Y. Song, D.H. Shin, K.H. Lee, L.S. Jeong, J. Yu, H.W. Lee, J.Y. Cho, S.Y. Kim, S.W. Kim, J.B. Kim, K.S. Park and Y.S. Chun.** 2016. PPAR gamma neddylation essential for adipogenesis is a potential target for treating obesity. *Cell Death Differ.* 23:1296–1311.
- Park, J.M. and S.D. Oh.** 2000. Effect of root zone temperature on the mineral contents of leaves and roots, and fruit qualities of 'Fuji' apple trees (*Malus domestica* Borkh.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 41:387–391.
- Park, M.Y., G.E. Ji and M.K. Sung.** 2012. Dietary kaempferol suppresses inflammation of dextran sulfate sodium -induced colitis in mice. *Dig. Dis. Sci.* 57(2):355–63.
- Pineli, L.L, C.L. Moretti, M.S. dos Santos, A.B. Campos, A.V. Brasileiro, A.C. Córdova and M.D. Chiarello.** 2011. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. *J Food Compos Anal* 24:11–16.
- Polito, V.S. and J.G. Luza.** 1988. Longevity of pistachio pollen determined by in vitro germination. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:214–217.
- Ponappa, T. and A.R. Miller.** 1996. Polyamines in normal and auxin-induced strawberry fruit development. *Physiol. Plant.* 98:447–454.
- Rahman, I., S.K. Biswas and P.A. Kirkham.** 2006. Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochem. Pharmacol.* 72:1439–1452.
- Rajala, A.; Peltonen-Sainio, P.** 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agron. J.* 93, 936–943.
- Randhir, R. and K. Shetty.** 2007. Mung beans processed by solid-state bioconversion improves phenolic content and functionality relevant for diabetes and ulcer management. *Innovative Food Science & Emerging Technologies.* 8(2):197–204.
- Ranganathan, G., R. Unal, I. Pokrovskaya, A. Yao-Borengasser, B. Phanavanh, B. Lecka-Czernik.** 2006. The lipogenic enzymes DGAT1, FAS, and LPL in adipose tissue: Effects of obesity, insulin resistance, and TZD treatment. *The Journal of Lipid Research.* 47(11):2444–2450.
- Riceevans, C.A., N.J. Miller, G.P. Bolwell, P.M. Bramley and J.B. Pridham.** 1995. The relative

- antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Res.* 22:375-383.
- Romier, B., J. Van De Walle, A. During, Y. Larondelle and Y.J. Schneider.** 2008. Modulation of signalling nuclear factor B activation pathway by polyphenols in human intestinal Caco-2 cells. *Br. J. Nutr.* 100:542-551.
- Romier-Crouzet, B., J. Van De Walle, A. During, A. Joly, C. Rousseau, O. Henry, Y. Larondelle and Y.J. Schneider.** 2009. Inhibition of inflammatory mediators by polyphenolic plant extracts in human intestinal Caco-2 cells. *Food Chem. Toxicol.* 47:1221-1230.
- Ruiz-Ojeda, F.J., A.I. Ruperez, C. Gomez-Llorente, A. Gil and C.M. Aguilera.** 2016. Cell models and their application for studying adipogenic differentiation in relation to obesity: a review. *Int. J. Mol. Sci.* 17.
- Rural Development Administration(RDA).** 2011. Operating manual for improving agricultural income by commodity(vegetable)-strawberry. 11-1390000 -002935-01. Suwon. Korea.
- Ryou, Y.S., Y.G. Kang, Y.J. Kim and K.C. Kang.** 2008. Heating and cooling effect of perfected horticulture by geothermal heat pump system with horizontal heat exchanger. *Kor. J. New. Renew. Energy.* 630-633.
- Sabu, M.C., K. Smitha and R. Kuttan.** 2002. Anti-diabetic activity of green tea polyphenols and their role in reducing oxidative stress in experimental diabetes. *J. Ethnopharmacol.* 83:109-116.
- Sakanaka, S., M. Kim, M. Taniguchi and T. Yamamoto.** 1989. Antibacterial substances in Japanese green tea extract against *Streptococcus mutans*, a cariogenic bacterium. *Agr. Biol. Chem.* 53(9):2307-2311.
- Sakanaka, S., N. Shimura, M. Aizawa, M. Kim and T. Yamato.** 1992. Preventive effect of green tea polyphenols against dental caries in conventional rats. *Biosci. Biotech. Biochem.* 56(4):592-594.
- Shah, B.H., B. Safdar, S.S. Virani, Z. Nawaz, S.A. Saeed and A.H. Gilani.** 1997. The antiplatelet aggregatory activity of *Acacia nilotica* is due to blockade of calcium influx through membrane calcium channels. *Gen. Pharmacol.* 29(2):251-255.
- Shin, M.J., Y. Cho, J. Moon, H.J. Jeon, S.M. Lee and J.H. Chung.** 2013. Hypocholesterolemic effect of daily fisetin supplementation in high fat fed Sprague-Dawley rats. *Food Chem. Toxicol.* 57:84-90.
- Sin, G.Y., C.S. Jeong and K.C. Yoo.** 1991. Effects of temperature, light intensity and fruit setting position on sugar accumulation and fermentation in oriental melon. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 32(4):440-446.
- Singleton, V.L. and J.A. Rossi.** 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Vitic.* 16:144-158.
- Skrzydłowska, E., J. Ostrowska, R. Farbiszewski and K. Michalak.** 2002. Protective effect of green tea against lipid peroxidation in the rat liver, blood serum and the brain. *Phytomed.* 9:232-238.

- Sobajima, Y.** 1979. Flower bud formation and fruit growth of Japanese persimmons. *Stud. Inst. Hortic. Kyoto University.* 9:157-169.
- Spencer, J.P.** 2010. Beyond antioxidants: the cellular and molecular interactions of flavonoids and how these underpin their actions on the brain. *Proc. Nutr. Soc.* 69:244-60.
- Sto " hr, H. and K. Herrmann.** 1975a. The phenolics of fruits. V. The phenolics of strawberries and their changes during development and ripeness of the fruits. *Eur. Food Res. Technol.* 158:341-348.
- Sto " hr, H. and K. Herrmann.** 1975b. The phenolics of fruits. VI. The phenolics of currants, gooseberries and blueberries. Changes in phenolic acids and catechins during development of black currants. *Eur. Food Res. Technol.* 159:31-37.
- Sto " hr, H., H.D. Mosel and K. Herrmann.** 1975. The phenolics of fruits. VII. The phenolics of cherries and plums and the changes in catechins and hydroxycinnamic acid derivatives during the development of fruits. *Eur. Food Res. Technol.* 159:85-91.
- Stoner, G.D. and A. Gupta.** 2001. Etiology and chemoprevention of esophageal squamous cell carcinoma. *Carcinogenesis.* 22:1737-1746.
- Strydhorst, S.; Hall, L., Perrott, L.** 2018. Plant growth regulators: What agronomists need to know. *Am. Soc. Agron.* 51, 22-26.
- Suh, Y., F. Afaq, N. Khan, J.J. Johnson, F.H. Khusro and H. Mukhtar.** 2010. Fisetin induces autophagic cell death through suppression of mTOR signaling pathway in prostate cancer cells. *Carcinogenesis* 31:1424-1433.
- Sukhvibul, N., S.E. Hetherington, S.E. Smith, V. Vithanage, A.W. Whiley, M.K. Smith.** 2000. Effect of temperature on pollen germination. pollen tube growth and seed development in mango(*Mangifera indica* L.). *Acta Hort.* 509:609-616.
- Symons, G.M., C. Davies, Y. Shavrukov, I.B. Dry, J.B. Reid and M.R. Thomas.** 2006. Grapes on steroids. Brassinostroids are involved in grape berry ripening. *Plant Physiology.* 140:150-158.
- Symons, G.M., Y.J. Chua, J.J. Ross, L.J. Quittenden, N.W. Davies and J.B. Reid.** 2012. Hormonal changes during non-climacteric ripening in strawberry. *J. of Exper. Botany.* 12:2-10.
- Tak, P.P. and G.S. Firestein.** 2001. NF-kappa B: a key role in inflammatory diseases. *J. Clin. Invest.* 107:7-11.
- Takahashi, S., M. Tamai, S. Nakajima, H. Kato, H. Johno and T. Nakamura.** 2012. Blockade of adipocyte differentiation by cordycepin. *British Journal of Pharmacology.* 167(3):561-575.
- Tamori, Y., J. Masugi, N. Nishino and M. Kasuga.** 2002. Role of peroxisome proliferator-activated receptor-gamma in maintenance of the characteristics of mature 3T3-L1 adipocytes. *Diabetes.* 51(7):2045-2055.
- Tanoue, T., Y. Nishitani, K. Kanazawa, T. Hashimoto and M. Mizuno.** 2008. In vitro model to estimate gut inflammation using co-cultured Caco-2 and RAW264.7 cells. *Biochem. Biophys. Res. Co.* 374:565-569.

- Thong, F.S., C.B. Dugani, and A. Klip.** 2005. Turning signals on and off: GLUT4 traffic in the insulin-signaling highway. *Physiology (Bethesda)*. 20:271-284.
- Thresiamma, K.C., and R. Kuttan.** 1996. Inhibition of liver fibrosis by ellagic acid. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 40:363-366.
- Tingwa, P.O and R.E. Young.** 1975. Effect of indole-3-acetic acid and other growth regulators on ripening of avocado fruit. *Plant Physiology*. 55:937-940.
- Tizard, I.R. and R.M. Schubot.** 2004. *Veterinary immunology : An introduction*. W. B. Saunders Company. U.S.A. 531.
- Tomás-Barberán, F.A. and M.N. Clifford.** 2000. Dietary hydroxybenzoic acid derivatives - nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food Agric.* 80:1024-1032.
- Tracy, J.W. and L.T. Webster.** 1996. Drugs used in the chemotherapy of protozoal infections. *The Pharmacol. Basis Therapeutics*. 9:80-808.
- Tulipani, S., B. Mezzetti, F. Capocasa, S. Bompadre, J. Beekwilder, C.H.R. de Vos, E. Capanoglu, A. Bovy and M. Battino.** 2008. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 56:696-704.
- Tulipani, S., G. Marzban, A. Herndl, M. Laimer, B. Mezzetti and M. Battino.** 2011. Influence of environmental and genetic factors on health-related compounds in strawberry. *Food Chem.* 124:906-913.
- Udagawa, Y., T. Ito and K. Gomi.** 1989. Effects of root temperature on some physiological and ecological characteristics of strawberry plants 'Reiko' grown in nutrient solution. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58:627-638.
- Veckenstedt, A. and R. Pusztai.** 1981. Mechanism of antiviral action of quercetin against cardiovirus infection in mice. *Antivir. Res.* 1:249-261.
- Veckenstedt, A., I. Beladi and I. Mucsi.** 1978. Effect of treatment with certain flavonoids on mengo virus-induced encephalitis in mice. *Arch Virol.* 57:255-260.
- Villarreal, N.M., G.A. Martinez and P.M. Civello.** 2009. Influence of plant growth regulators on polygalacturonase expression in strawberry fruit. *Plant Science*. 176:749-757.
- Voca, S., L. Jakobek, J. Druzic, Z. Sindrak, N. Dobricevic, M. Seruga and A. Kovac.** 2009. Quality of strawberries produced applying two different growing systems *Calidad de fresas producidas aplicando dos diferentes sistemas de cultivo*. *Cyta. J. Food.* 7:201-207.
- Wang, S.Y. and P. Millner.** 2009. Effect of different cultural systems on antioxidant capacity, phenolic content, and fruit quality of strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.). *J. Agric. Food Chem.* 57:9651-9657.
- Wertheim, S.; Webster, A.** 2005. Manipulation of growth and development by plant bioregulators. In *Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production*; Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands, pp. 267-294.
- Widén, C., A. Ekholm, D. Piwowar-Zail and K. Rumpunen.** 2010. Antioxidant activity of polyphenol rich fruits on human erythrocytes. In *XXVIII International Horticultural Congress*



- on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium. 926:669-674.
- William, M., J.S. Amanda, E.J.L. Michael, G. Peter, G.D. Garry and C. Alan.** 1999. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, antioxidant capacity of red raspberries. *J. Agr. Food Chem.* 50:5197-5201.
- Willoughby, D.A.** 1975. Human arthritis applied to animal models. Towards a better therapy. *Ann. Rheum. Dis.* 34:471-478.
- Wingler, A.; Schaewen, A.; Leegood, R.C.; Lea, P.J.; Quick, W.P.** 1998. Regulation of leaf senescence by cytokinin, sugars, and light: Effects on NADH-dependent hydroxypyruvate reductase. *Plant Physiol.* 116, 329-335.
- Woo, W.S.** 1995. Phenolic compound. In *Natural product chemistry method*. 2nd ed. Seoul National University. 61-157.
- Xia, J., I.V. Sinelnikov, B. Han and D.S. Wishar.** 2015. MetaboAnalyst 3.0 making metabolomics more meaningful. *Nucleic Acids Res.* 43:W251-W257.
- Xiao, Y., G. Xing, X. Rui, W. Li, X. Chen and M. Jiang.** 2014. Enhancement of the antioxidant capacity of chickpeas by solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18. *Journal of Functional Foods.* 10:210-222.
- Yang, L.H., T.M. Chen, S.T. Yu and Y.H. Chen.** 2007. Olanzapine induces SREBP-1-related adipogenesis in 3T3-L1 cells. *Pharmacological Research.* 56:202-208.
- Yeh, Y.S., H.F. Jheng, M. Iwase, M. Kim, S. Mohri, J. Kwon, S. Kawarasaki, Y. Li, H. Takahashi, T. Ara, W. Nomura, T. Kawada and T. Goto.** 2018. The mevalonate pathway is indispensable for adipocyte survival. *iScience.* 9:175-191,
- Ylstra, B., A. Touraev, R.M. Bentito Moreno, E. Stoger, A.J. Van Tunen, O. Vicente, J.N.M. Mol and E. Heberle-Bors.** 1992. Flavonols stimulate development, germination, and tube growth of tobacco pollen. *Plant Physiol.* 100:902-907.
- Yokozawa, T., T. Nakagawa and K. Kitani.** 2002. Antioxidative activity of green tea polyphenol in cholesterol-fed rats. *J. Agr. Food Chem.* 50:3549-3552.
- Yonemori, K., A. Hirano and A. Sugiura.** 1995. Growth inhibition of persimmon fruit caused by calyx lobe removal and possible involvement of endogenous hormones. *Scientia Horti.* 61:37-45.
- Yonemori, K., A. Itai, R. Nakano and A. Sugiura.** 1996. Role of calyx lobes in gas exchange and development of persimmon fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:676-679.
- Yu, L., C. Chen, L.F. Wang, X. Kuang, K. Liu, H. Zhang and J.R. Du.** 2013. Neuroprotective effect of kaempferol glycosides against brain injury and neuroinflammation by inhibiting the activation of NF- $\kappa$ B and STAT3 in transient focal stroke. *PLoS One.* 8(2):255-839.
- Zhang, Y., L. Yu, W. Cai, S. Fan, L. Feng, G. Ji and C. Huang.** 2014. Protopanaxatriol, a novel PPAR  $\gamma$  antagonist from *Panax ginseng*, alleviates steatosis in mice. *Sci. Rep.* 4:1-12.
- Zhong, L.F. and T. Kato.** 1988. The effect of sunlight intensity on growth, yield and chemical

composition of xylem exudate in solanaceous fruits. Research Reports of Kochi Univ. Agricultural Sci. Japan. 37:39-40.

**Zheng, M.; He, J.; Wang, Y.; Wang, C.; Ma, S.; Sun, X.** 2018. Colorimetric recognition of 6-benzylaminopurine in environmental samples by using thioglycolic acid functionalized silver nanoparticles. Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc. 192, 27-33.

**Zhu, X.; Zeng, Y.; Zhang, Z.; Yang, Y.; Zhai, Y.; Wang, H.; Liu, L.; Hu, J.; Li, L.** 2018. A new composite of graphene and molecularly imprinted polymer based on ionic liquids as functional monomer and cross-linker for electrochemical sensing 6-benzylaminopurine. Biosens. Bioelectron. 108, 38-45.

식품의약품안전평가원. 2004. 의약품 등 분석법의 밸리데이션에 대한 가이드라인. 1-184.

林榮一 1987. 綠茶生藥の 藥理效果について. 浦上財團研究 報告書 1:25.

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 경남 시설딸기 고부가가치 산업화시스템 구축				
	(영문) Establishment of industrialization system for higher vale-added of greenhouse strawberry in Gyeongnam Province				
주관연구기관	경상대학교산학협력단		주 관 연 구	(소속) 경상대학교	
참 여 기 업	진주팜(주)		책 임 자	(성명) 강남준	
총연구개발비 (3,040,000천원)	계	3,040,000천원	총 연 구 기 간	2015. 03. ~2020. 06.(60개월)	
	정부출연 연구개발비	2,400,000천원	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	52
	기업부담금	640,000천원		내부인원	28
	연구기관부담금			외부인원	24

연구개발 목표 및 성과

(연구개발목표)

- 경남 시설딸기의 지역 특화작물 육성으로 수출 확대 및 지역 농산업 활성화
- 시설딸기 고품질 안정생산을 위한 원천기술 확보 및 보급
- 시설딸기 고품질 안정생산을 위한 재배관리 기술 체계 확립
- 수출용 시설딸기 신품종 육성 기반 구축
- 시설딸기 친환경 안전생산을 위한 원천 기술 개발 및 실용화
- 딸기의 기능성 성분 탐색 및 가공 기술 개발
- 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략 개발
- 시설원에 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 운영
- 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육 프로그램 운영 및 전문 농업인 육성
- 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영
- 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영

(연구개발 성과)

- 수출용 신품종으로 선발한 고경도 우량계통과 과색이 분홍색인 5계통 선발
- 다양한 딸기 유용 유전자원(과색 : 노란색, 흰색, 분홍색 등) 수집 및 확보
- 딸기 자묘 생산량 증대를 위한 성장조절물질 처리 농도 및 방법 개발
- 육묘 작업 효율성 증대를 위한 저면관수 시스템 활용기술 개발
- 딸기 육묘 시 화아분화 촉진을 위한 양액 공급 중단기술 개발
- 수출용 매향 품종의 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 확립
- 딸기 생산성 증대를 위한 생육촉진과 광합성 증진용 생리활성물질 조성 및 처리기술 확립
- 리보플라빈과 메티오닌을 이용한 시설딸기 흰가루병 친환경 방제기술 개발
- 친환경 위황병 방제기술, 배드상토 소독 기술 및 토양 건전성 확보 기술
- 불량환경(온도, 일조부족)에 대한 딸기의 생리적 반응과 피해 최소화 기술 개발
- 딸기의 기능성 성분 분석기술 확립과 그 효능에 대한 기초자료 확립

□ 연구내용 및 결과

○ 시설딸기 고품질 안정 및 안전생산을 위한 재배관리 기술 체계 확립

- 시설딸기 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 개발
- 시설딸기 생육촉진 및 광합성 증진을 위한 생리활성물질 이용 기술 개발
- 시설딸기 흰가루병 친환경 종합방제 기술 개발
- 시설딸기 위황병 친환경 종합방제 기술 개발

○ 딸기 건전 규격묘 생산을 위한 모주관리와 육묘기술 체계화

- 시설딸기 모주 관리를 위한 시비기술 체계화
- 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구
- 시설딸기 묘소질 향상을 위한 지하부 환경관리 기술 체계화
- 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화
- 시설딸기 묘의 수확 후 품질 관리체계 연구

○ 수출용 딸기 신품종 육성 기반 구축

- 수출용 딸기 품종 육성을 위한 고경도 딸기 유전자원 탐색 및 교배조합 작성
- 수출용 딸기 우량계통 육성 및 선발
- 수출용 우량계통 생산력 검정 및 농가실증 시험

○ 불량환경 대응 시설딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발

- 이상저온과 고온 대응 딸기의 안정생산 기술 개발
- 일조부족 대응 딸기의 안정생산 기술 개발
- CO<sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 생육과 생산성 검정을 통한 딸기의 안정생산 기술 개발
- 난방 에너지 절감형 딸기생산 기술 개발

○ 딸기 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략 개발

- 시설딸기 국내 생산, 유통 및 수출입 현황 분석
- 경남 시설딸기 수출국 현장 판촉행사 및 판매 전략 수립
- 시설딸기 시장 현황 조사와 애로사항, 발전 방안 및 대응 전략 수립

○ 시설원에 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 운영

- 시설딸기 실용화 기술지원을 위한 시설원에 아카데미 과정 운영
- 시설딸기의 체계화된 생산 시스템 현장 적용 방안 구축
- 시설딸기 관련 전문지식을 갖춘 후계 전문인력 양성 교육프로그램 개발
- 경남지역 농가에 개발 기술의 전수와 현장 생산시스템 개선을 통한 생산·수출 활성화 교육

□ 연구성과 활용실적 및 계획

(연구성과 활용실적)

- 학술논문 게재 및 발표 : SCI 논문 28편과 비SCI 논문 27편 게재, 학술발표 52회
- 지식재산권 : 특허출원 23건, 특허 등록 7건, 저작권(전문서적) 2건
- 기술이전, 사업화(제품화) 및 정책활용 : 기술이전 4건, 제품화 4건, 정책활용 1건
- 수출실적 : 수출대상국(말레이시아, 태국, 싱가포르 등) 4,086.7백만원
- 전문인력 및 산업기술 교육인력 : 전문인력(학.석.박사) 31명, 산업기술 교육 인력 6,214명
- 홍보 및 박람회 실적 : 원예산업신문 홍보 및 제품설명회 등 96회
- 수상실적 : 우수논문상, 우수발표상, 최우수논문심사상 등 7회

(연구성과 활용 계획)

- 수출용 신제품으로 선발한 고경도 우량계통과 분홍색 딸기 계통들은 생산력 검정 후 참여기업에 이전하여 사업화 추진
- 연구과정 중에 수집한 유용 유전자원과 우량계통은 신제품 육성을 위한 유전자원으로 공급
- 딸기 자묘 생산량 증대를 위한 성장조절물질 처리 농도 및 방법에 대한 매뉴얼 개발과 보급
- 육묘 작업 효율성 증대를 위한 저면관수 시스템의 사용 매뉴얼 개발과 농가 보급
- 딸기 육묘 시 화아분화 촉진을 위한 양액 공급 중단기술의 농가보급
- 규격화된 딸기 건전묘 생산을 위한 모주 관리 기술의 보급 및 농가 교육
- 수출용 매향 품종의 기형과 발생 원인 구명 및 경감기술 농가 기술이전
- 딸기 생산성 증대를 위한 생육촉진과 광합성 증진용 생리활성물질 조성 및 처리기술 농가보급
- 리보플라빈과 메티오닌을 이용한 흰가루병 친환경 방제기술 산업화 및 기술 이전
- 친환경 위황병 방제기술은 실용화하여 수출 딸기 재배농가에 보급
- 배드상토 소독 기술 및 토양 건전성 확보 기술에 대한 농가 보급
- 불량환경(온도, 일조부족)에 따른 딸기의 피해 최소화 기술 적용 매뉴얼 개발 및 농가 보급으로 이상기상에 대한 재배안정성 확보
- 저온기 및 하계 고온기의 고품질 딸기 생산의 지침서로 활용
- 딸기 주요 성분의 효능은 고기능성 딸기 가공품 생산시에 효능성분 근거의 지표성분 성분 분석과 가공품의 표준화에 활용

[별첨 2]

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		315004-05	
사업구분	농생명산업기술개발사업				
연구분야	농생명(원예)			과제구분	단위
사업명	지역농산업육성사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	경남 시설딸기 고부가가치 산업화시스템 구축			과제유형	응용
연구기관	경상대학교산학협력단			연구책임자	강남준
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2015.07-2016.06	480,000	120,000	600,000
	2차연도	2016.07-2017.06	480,000	120,000	600,000
	3차연도	2017.07-2018.04	400,000	120,000	520,000
	4차연도	2018.05-2019.02	400,000	120,000	520,000
	5차연도	2019.03-2020.06	640,000	160,000	800,000
	계		2,400,000	640,000	3,040,000
참여기업	진주팜(주)				
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

### 2. 평가일 :

### 3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
경상대학교	교수	강남준

### 4. 평가자(연구책임자) 확인 : 강남준

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

<b>확약</b>	<b>강남준</b>
-----------	------------

# I. 연구개발실적

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 보통

- 본 연구개발과제는 경남의 시설딸기 산업을 활성화시키고자 산학연이 공동으로 ‘시설딸기 고품질 안전생산을 위한 재배관리 기술’, ‘건전규격묘 생산을 위한 모주 관리와 육묘기술 체계화’, ‘불량환경 대응 수출딸기 재배기술 및 품질 평가 기술 개발’, ‘경남 시설딸기 수출활성화 전략 개발’ 및 ‘시설딸기 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 운영’ 등을 수행하여 학술논문(56건), 지식재산권(30건) 등 많은 성과를 달성하였음
- 본 연구과제의 주된 목적은 경남의 시설딸기 수출량을 증대시켜 딸기 산업을 활성화하는 것으로, 시설딸기 재배현장에서 문제가 되는 애로사항을 해결하기 위한 연구내용을 중심으로 결과를 도출하였고 이러한 결과를 시설딸기 재배현장에 바로 적용할 수 있도록 농업인 교육에 중점을 두었음
- 따라서 본 과제를 수행하는 과정에서 도출된 연구결과는 과학적인 측면에서는 다소 창의성이 낮지만, 시설딸기 재배현장에서는 적용 가치가 높은 우수한 결과들이라고 판단됨

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 경남의 시설딸기 재배면적은 2,580ha, 생산량 82,217톤으로 전국 재배면적(5,969ha)의 약 43%를 차지하는 중요한 농산업임
- 시설딸기 모주관리와 육묘기술에 대한 체계화된 연구결과는 건전 규격묘를 생산하는데 크게 기여할 것으로 판단됨
- 생육촉진과 광합성 증진을 위한 재배기술은 저온기 재배시 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 대책으로 활용 가능성이 높은 것으로 판단됨
- 수출용 딸기 매향 품종에서 문제가 되는 흰가루병과 위황병 방제를 위한 기초이론과 실용화 기술을 개발하여 시설딸기 고품질 안전생산을 위한 재배관리 기술을 확립하였음
- 시설딸기 재배농가를 대상으로 신기술 패키지 프로그램 운영하여 전문화된 산업인력을 양성하고자 지난 5년간 53회에 걸쳐서 6,214명을 교육하였음
- 또한 신선딸기 수출시장 확대를 위하여 말레이시아 등 수출대상국 현지에서 제품 설명회를 11회에 걸쳐서 수행하여 참여기업인 진주팜(주)에서 지난 5년간 신선딸기 4,086.7 백만원을 수출하였음
- 본 연구과제를 통하여 개발된 기초 및 응용기술들은 시설딸기 재배 농업인에게 피드백되어 농산업 활성화에 크게 기여할 것으로 판단됨

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 수출용 신품종 육성과정에서 선발된 과실의 경도가 높은 3계통과 과색이 분홍색인 5계통은 수출딸기 재배농가에서 관심이 많아서 생산성 검정 후에는 활용 가능성이 매우 높음
- 시설딸기 모주 관리기술 등 건전 규격묘 생산기술은 농업인 교육을 통하여 일부 선진 재배농가에는 적용되고 있으며 앞으로 많은 농가에서 활용할 것으로 예상함
- 생리활성물질을 이용하여 생육을 촉진시키고 광합성을 증진시키는 재배기술은 이상기상 조건하에서 적용할 수 있는 매뉴얼만 작성된다면 활용가능성이 매우 높을 것으로 판단됨
- 기형과 발생 원인구명과 경감기술 개발은 결과는 ‘매향’ 품종을 재배하는 농업인에 대한 교육을 통하여 현장에 일부 접목되고 있음
- 흰가루병과 위황병 친환경 방제기술은 이론적 연구결과를 바탕으로 현장적용에 효과를 검정한다면 수출딸기 재배농가에 크게 도움이 될 것으로 판단됨
- 불량환경에 따른 피해 최소화 기술은 저온기와 고온기의 고품질 시설딸기 생산의 지침서로 활용 가능함
- 딸기 주요 성분의 분석법과 효능 등은 고기능성 딸기 가공품 생산시에 효능성분 근거의 지표성분 분석과 가공품의 표준화에 활용 가능함

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 아주우수

- 경남의 시설딸기 농산업 활성화를 위하여 신선딸기의 수출량을 증대시키기 위하여 산학연이 공동으로 재배기술에 대한 연구개발과 더불어 개발된 기술의 현장 적용을 위하여 참여한 모든 연구원이 혼연일체가 되어 아주 성실하게 수행한 것으로 판단됨
- 이러한 수행 노력은 학술논문 게재 및 발표, 지식재산권 출원, 사업화를 통한 수출량 증대, 전문인력양성, 산업인력 양성 및 홍보실적 건수 등에서 보여주고 있음

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 아주우수

- 연구성과 목표 중에서 일부 항목은 100% 달성하지 못하였으나 연구과제를 수행하는 과정에서 공개 발표된 연구개발성과는 다음과 같은데, 특히 경남 시설딸기 산업의 활성화를 위해서 농업인에 대한 선진기술교육을 통하여 생산성 향상과 더불어 수출량 증대에 크게 기여하였음
- 학술논문 게재 및 발표 : SCI 논문 28편과 비SCI 논문 27편 게재, 학술발표 52회
  - 지식재산권 : 특허출원 23건, 특허 등록 7건, 저작권(전문서적) 2건
  - 기술이전, 사업화(제품화) 및 정책활용 : 기술이전 4건, 제품화 4건, 정책활용 1건
  - 수출실적 : 수출대상국(말레이시아, 태국, 싱가포르 등) 4,086.7백만원
  - 전문인력 및 산업기술 교육인력 : 전문인력(학.석.박사) 31명, 산업기술 교육 인력 6,214명
  - 홍보 및 박람회 실적 : 원예산업신문 홍보 및 제품설명회 등 96회
  - 수상실적 : 우수논문상, 우수발표상, 최우수논문심사상 등 7회



## II. 연구목표 달성도

구분	세부연구개발 목표	비중 (%)	달성도 (%)	자체 평가
1차 년도	○ 시설딸기 품종의 화분 활력검정 및 암술수정능력 검정	5	100	○ 외적 환경요인에 따른 화분의 활력과 암술의 수정능력 차이를 검정하였고, 내적요인에 따른 화분의 활력 차이를 검정
	○ 수출용 딸기 우수개체 1년차 선발	2	100	○ 재배되거나 등록된 딸기 품종의 특성을 조사하여 목표형질에 적합한 우수개체를 모본 또는 부분으로 선발
	○ 생육촉진 및 광합성 증진에 효과적인 생리활성물질 선발	3	100	○ 저온기 생육촉진과 광합성 증진에 효과적인 생리활성물질을 탐색하였음
	○ 딸기 흰가루병 발병억제 물질선발	3	100	○ 흰가루병 발병 억제물질로 리보프라빈과 메티오닌 혼합물을 선발
	○ 자묘기, 재배기 위황병 발병 조사	3	100	○ 재배현장에서의 딸기 위황병 피해도를 조사하였으며 특이적 진단 프라이머를 개발하였고 진단방법의 신뢰수준을 검증
	○ 위황병원균 진단 프라이머 검증	2		
	○ 위황병원균 감염도 및 위험도 진단 수준 확립	2		
	○ 시설딸기 모주 관리를 위한 시비 기술 체계화	10	100	○ 저온 또는 고온기 육묘시 묘소질 향상을 위한 규산질 비료의 활용기술을 개발함
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구	10	100	○ 생장조절제의 종류와 농도가 시설딸기의 화아분화 조절에 미치는 영향을 분석함
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발	10	100	○ 이상저온 조건에서 딸기의 생리장해 및 생산성을 검정하였음 ○ 이상저온 대응 딸기의 안정생산 기술을 개발
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분인 ellagic acid, quercetin 및 kaempferol의 동시 분석 방법 확립	10	100	○ 생육적온에 따른 딸기의 주요성분 분석 및 탐색하였음 ○ HPLC column 및 최적 HPLC 용매 선발 ○ 딸기의 기능성 물질 기준의 품질 평가를 위한 분석 방법 확립 ○ 주요 재배종의 생리활성 성분 함량 분석
	○ 시설딸기 수출량 증대	10	100	○ 말레이시아 등에 신선딸기 수출
	○ 시설딸기 유통 문제점 파악 및 대응 방안 수립	10	50	○ 경남 시설딸기 유통상의 문제점은 파악하였으나 해결방안에 대한 제시는 못함
○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	10	100	○ 시설딸기 재배농업인에 대한 우량묘 생산 등 신기술 교육 과정을 운영하였음	
○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	4	100	○ 농가현장 컨설팅은 주기적으로 수행하였음	
○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	6	100	○ 농가를 선정하여 시범사업장으로 운영	
합계		100	96	

구분	세부연구개발 목표	비중 (%)	달성도 (%)	자체 평가
2차 년도	○ 기형과 발생 관련 환경요인 분석 및 제어	5	100	○ 환경요인이 기형과 발생에 미치는 영향을 분석하였음
	○ 수출용 딸기 우량계통 선발	3	100	○ 고경도 딸기 우량계통을 선발하고자 실생을 증식하였음
	○ 생리활성물질 처리방법 체계화	2	100	○ 생리활성물질의 처리방법을 확립함
	○ 흰가루병 발병억제 기작 구명	5	100	○ RM 혼합물 처리에 의한 흰가루병 발병 억제 기작을 구명하였음
	○ 화학제제를 이용한 토양 및 배드 소독에 의한 위황병원균 제거 기술	5	100	○ 기존 화학적 소독제의 병원균 사멸효과를 검증하였고 친환경 제제의 소독법을 확립하였음
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절 기술 연구	10	100	○ 화아분화 유도를 위한 적정 광질을 선발하였음
	○ 시설딸기 묘소질 향상을 위한 지하부 환경관리 기술 체계화	10	100	○ 저면관수 시스템을 적용한 무기양분 관리 기술을 확립함
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육 반응 검정 및 대응기술 개발	10	100	○ 이상고온 조건에서의 딸기의 생리장해 및 생산성을 검정 ○ 이상고온 대응 딸기의 안정생산 기술을 개발
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분인 ellagic acid, quercetin 및 kaempferol의 동시 분석 방법 확립	10	100	○ 경남 지역의 주요 재배품종 수집하여 생리활성 성분함량을 분석 ○ 성숙시기별과 딸기의 품질별 생리활성 성분 함량 변화를 분석 비교하여 기초자료 작성
	○ 시설딸기 수출량 증대	10	100	○ 말레이시아 등에 신선딸기 수출
	○ 수출시장 애로사항 발굴 및 대응 방안 수립	10	50	○ 수출시 수송과정에서 발생하는 높은 온도와 습도로 인한 문제점을 파악하여 보냉포장 박스를 활용한 품질저하 대책을 수립함 ○ 수출대상국내의 유통과정은 현지의 수출 업체에 의존하여 대응방안 수립은 미흡함
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	10	100	○ 시설딸기 재배농업인에 대한 재배에 대한 신기술 교육 과정을 운영하였음
	○ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	4	100	○ 농가현장 컨설팅은 주기적으로 수행하였음
○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	6	100	○ 농가를 선정하여 시범사업장으로 운영	
합계		100	96	

구분	세부연구개발 목표	비중 (%)	달성도 (%)	자체 평가
3차 년도	○ 수출용 딸기 우량계통 선발	9	100	○ 고경도 딸기 우량계통을 선발하였음
	○ 첨가물질 선발 및 처리효과 검정	3	100	○ 첨가물질을 선발하고 처리효과를 검정하였음
	○ 친환경 위황병 방제 기술 개발 및 실용화	8	100	○ 맞춤형 위황병 방제 미생물을 선발하여 실내 실험을 통해 미생물 효과를 검정
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구	10	100	○ 광주기와 온도 조건이 화아분화 유도에 미치는 영향을 분석함
	○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화	10	100	○ 하절기 공중삼목 번식을 위한 온도하강 환경조절기술을 개발하였음
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육 반응 검정 및 대응기술 개발	10	100	○ 일조부족 조건에서의 딸기의 생리장해 및 생산성을 검정 ○ 일조부족 대응 딸기의 안정생산 기술을 개발
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분 탐색	10	100	○ 경남의 주요 딸기 재배 지역별 생리활성 성분의 함량을 비교함 ○ 불량환경 조건에서 재배한 딸기의 생리활성 성분을 분석 비교함
	○ 시설딸기 수출량 증대 ○ 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략 수립	10 10	100 50	○ 말레이시아 등에 신선딸기 수출 ○ 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략으로 제품설명회 등을 수행하였음 ○ 수출대상국의 정확한 시장분석을 통한 마케팅 전략수립은 미흡함
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	10	100	○ 시설딸기 재배농업인에 대한 재배에 대한 신기술 교육 과정을 운영하였음
	○ 현장에로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	4	100	○ 농가현장 컨설팅은 주기적으로 수행하였음
○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	6	100	○ 농가를 선정하여 시범사업장으로 운영	
합계		100	96	

구분	세부연구개발 목표	비중 (%)	달성도 (%)	자체 평가
4차 년도	○ 선발 우수계통 현장실증시험 및 생산력 검정	5	100	○ 선발된 고경도 우량계통의 생산성을 분석하여 최종 3계통을 선발하였음
	○ 생육촉진 및 광합성 증진을 위한 생리활성물질 조성 및 현장 실증시험	5	70	○ 생육촉진제 및 광합성 증진제의 주요 구성물질과 조성법을 확립하였음 ○ 조성물질의 처리효과에 대한 실증시험은 이루어졌지만 반복실험이 필요함
	○ 흰가루병 방제물질 조성 및 현장 실증시험	3	70	○ 흰가루병 발병억제용 방제물질의 조성법을 개발하였음 ○ 방제물질의 효과에 대한 검정은 이루어졌지만 농가현장에서의 반복적인 실증이 필요함
	○ 시설딸기 육묘와 재배지의 식물기생선충 피해 양상 조사	2	100	○ 시설딸기 육묘지의 식물기생선충 피해 양상을 조사하였음
	○ 친환경 위황병 방제 기술 개발 및 실용화	5	100	○ 위황병 맞춤형 방제 미생물 제제의 딸기 재배지 방제 효과를 확립하였음
	○ 시설딸기 육묘기 화아분화 조절기술 연구	10	100	○ 화아분화 유도를 위한 적정 양분공급 중단시기를 구명하였음
	○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화	10	100	○ 시설딸기 매향 품종을 이용한 고설식 포트 육묘시 자묘 발생 부위별 묘소질을 비교하여 표준화자료를 수집함
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육 반응 검정 및 대응기술 개발	10	100	○ CO <sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 생육 및 생산성을 검정 ○ CO <sub>2</sub> 공급에 의한 딸기의 안정생산 기술 개발
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분 탐색	10	100	○ 경남의 딸기 재배 지역별 생리활성 성분의 함량을 비교 ○ 육성 품종의 생리활성 성분 분석을 위한 건조법 개발
	○ 시설딸기 수출량 증대	10	100	○ 말레이시아 등에 신선딸기 수출
	○ 수출 대상국에 따른 이익 극대화 방안 수립	10	50	○ 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략으로 베트남 등에서 제품설명회를 수행 ○ 수출 대상국별 경제분석에 대한 자료는 작성은 미흡함
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	10	100	○ 시설딸기 재배농업인에 대한 재배에 대한 신기술 교육 과정을 운영하였음
	○ 현장에로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	4	100	○ 농가현장 컨설팅은 주기적으로 수행하였음
	○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	6	100	○ 농가를 선정하여 시범사업장으로 운영
합계		100	92	

구분	세부연구개발 목표	비중 (%)	달성도 (%)	평가의 착안점
5차 년도	○ 수출용 신품종 증식 및 품종출원	8	50	○ 고경도 고품질의 수출용 신품종은 증식하였으나 품종출원은 못함
	○ 생육촉진 및 광합성 증진용 조성물질 현장 적용시험 및 기술이전	3	70	○ 생육촉진제 및 광합성 촉진제의 현장 적용실험은 하였으나 기술이전은 못함
	○ 흰가루병 방제물질 현장 적용시험 및 기술이전	3	70	○ 흰가루병 방제물질 현장 적용시험은 하였으나 기술이전은 못함
	○ 시설딸기 육묘와 재배지의 식물기생선충 피해 양상 조사	2	100	○ 시설딸기 육묘지의 식물기생선충 피해 양상을 조사함
	○ 딸기 위황병 종합 방제기술 확립	4	100	○ 딸기 위황병 종합적 방제기술을 확보함
	○ 시설딸기묘의 수확 후 품질 관리체계 연구	10	100	○ 수확 후 품질 유지를 위한 적정 규소 농도를 구명함
	○ 시설딸기 육묘방법 및 육묘시설의 표준화	10	100	○ 고설포트 및 공중삼목 육묘방법을 이용한 시설딸기 매향의 육묘시기 단축, 규격화, 표준화 기술을 개발함
	○ 불량환경 대응 수출딸기의 생육반응 검정 및 대응기술 개발	10	100	○ 난방 에너지 절감 딸기생산 기술 개발함 ○ 전기방열기(탄소나노등)를 활용한 딸기 생산기술을 개발함
	○ 딸기의 주요 생리활성 성분 탐색	10	100	○ 불량환경에 의해서 생산된 딸기의 기능성 성분을 분석함 ○ 딸기의 주요 생리활성 성분을 분석함
	○ 시설딸기 수출량 증대 ○ 경남 시설딸기 수출 고도화 전략 수립	10 10	100 50	○ 말레이시아 등에 신선딸기 수출함 ○ 수출시장 확대를 위하여 베트남 등에서 제품설명회를 계획하였으나 코로나-19로 수행하지 못함 ○ 시설딸기 수출 전략 수립은 다소 미흡함
	○ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육프로그램 운영	10	100	○ 시설딸기 재배농업인에 대한 재배에 대한 신기술 교육 과정을 운영하였음
	○ 현장에로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	4	100	○ 농가현장 컨설팅은 주기적으로 수행하였음
○ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	6	100	○ 농가를 선정하여 시범사업장으로 운영	
합계		100	88	

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 연구과제는 2015년 7월부터 2020년 6월까지 5년 동안 산·학·연이 공동으로 52명의 연구원이 경남의 시설딸기 산업 발전을 위하여 최선을 다하여 수행하였음
- 매년 연차실적보고서를 기준으로 일부 계획했던 내용이 전문심사위원님의 지적과 과제관리 담당기관의 배려와 협조로 수정 및 보완되어 많은 연구결과를 도출할 수 있었고, 경남에서 시설딸기를 재배하는 농업인의 능력을 높이는데 크게 기여하였음
- 재배생리적인 접근을 통한 연구과제에서 SCI급 논문을 28편 이상을 게재하였고 지적재산권을 30건을 출원한 것은 최선을 다하여 연구를 수행했다는 것을 반영하고 있음
- 본 연구과제를 수행하는 동안 신선딸기 수출량을 증대시키고자 산·학·연이 노력한 결과, 참여기업은 5년 동안 4,086 백만원을 수출하였음
- 시설딸기 재배와 관련된 전문기술을 교육하여 산업기술 인력을 6,214명 배출하였으며 각종 매체를 통한 홍보 활동이 96회였고, 우수논문상, 우수발표상, 최우수논문심사상 등 7회의 수상실적을 올렸음
- 본 연구과제를 수행하는 과정을 통하여 과제에 참여한 연구원들의 학문적 발전은 물론 경남에서 시설딸기를 재배하는 농업인의 재배기술은 한 단계 발전되었음
- 본 연구과제를 수행하는 과정에 매년 연구결과와 계획을 심도 있게 심사해 주신 심사위원님과 연구과제 관리기관의 배려와 협조에 감사를 드림.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 본 연구과제를 계획하는 과정에서 과다한 성과지표를 설정하여 일부 지표는 달성하지 못하였음
- 기술인증은 5건을 목표로 하였지만, 달성하지 못하였는데 참여기업과 협동으로 차후에 기술인정을 받도록 추진하겠음
- 인력양성은 농업인 교육 등을 통하여 전문농업인을 150명 육성한다는 목표로 설정하였지만, 학사, 석사 또는 박사 대상으로 하는 인력양성은 44명을 양성하였음
- 비록 일부 성과지표의 달성도가 미흡하지만, 본 과제의 최종목표였던 수출량 증대를 통한 경남의 시설딸기 산업 활성화에는 크게 기여한 것으로 판단되므로 평가 시 고려해 주시기를 부탁드립니다

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구과제의 실용적 연구결과들은 시설딸기의 생산성 증대와 품질 향상에 기여할 수 있도록 협동연구기관인 경남농업기술원 등과 공동으로 농업인 교육, 현장 컨설팅 및 기술이전 등을 통하여 시설딸기 재배농가에 보급할 계획임
- 또한 과학적 기초연구 결과 중에서 학술논문으로 발표 또는 게재하지 못한 결과는 국내외 전문 학회에 발표하고 학술지에 게재할 예정임

### IV. 보안성 검토 : 해당사항 없음

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	농생명산업기술개발사업	
연구과제명	경남 시설딸기 고부가가치 산업화 시스템 구축			
주관연구기관	경상대학교산학협력단		주관연구책임자	강남준
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	2,400,000 천원	640,000 천원	-	3,040,000 천원
연구개발기간	2015. 07. 01 - 2020. 06. 30			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(     ) <input type="checkbox"/> 미활용(사유:     )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 경남 시설딸기의 지역 특화작물 육성으로 수출 확대 및 지역 농산업 활성화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경남 딸기 산업 확대 :</li> <li>○ 신선딸기 수출액(참여기업) : 4,086 백만원/5년</li> </ul>
② 시설딸기 고품질 안전생산을 위한 원천기술 확보 및 보급	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 학술논문 : SCI(28편), KCI(27편), 학술발표(52회)</li> <li>○ 지식재산권: 출원(23건), 등록(7건), 기술이전(4건)</li> <li>○ 교육지도(257건), 인력양성(44건), 홍보(96건)</li> </ul>
③ 시설딸기 고품질 안전생산을 위한 재배관리 기술 체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 육묘법 표준화 및 화아분화 촉진 기술 확립</li> <li>○ 매향품종의 기형과 발생원인 구명 및 경감기술 개발</li> <li>○ 생육촉진 및 광합성 증진 기술 확립</li> <li>○ 불량환경 조건에서 시설딸기의 피해 최소화 기술 및 난방 에너지 절감 기술 개발</li> </ul>
④ 수출용 시설딸기 신제품 육성 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고경도 수출용 딸기 품종 육성소재 선발</li> <li>○ 고경도 수출용 우량계통 선발 : 3계통</li> <li>○ 과색이 분홍색인 우량계통 선발 : 5계통</li> </ul>
⑤ 시설딸기 친환경 안전생산을 위한 원천 기술 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 매향품종의 흰가루병 친환경 방제기술 개발</li> <li>○ 시설딸기 위황병 친환경 종합 방제기술 개발</li> </ul>

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
⑥ 딸기의 기능성 성분 탐색 및 가공 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경남 시설딸기의 주요 생리활성 성분 분석 방법 확립</li> <li>○ 주요 재배 딸기품종의 기능성분 함량 분석</li> <li>○ 고기능성 딸기의 가공 기술 개발</li> </ul>
⑦ 수출시장 확대를 위한 마케팅 전략 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신선딸기 수출 : 말레이시아, 싱가포르, 홍콩 등</li> <li>○ 수출현장의 문제점 파악 및 대책 수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수송과정의 문제점 파악 및 대책 : 보냉 박스 활용</li> <li>- 소비자의 선호도 파악 : 규격품 생산</li> </ul> </li> <li>○ 마케팅 활동을 통한 수출시장 확대방안 모색 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수출국 현지(말레이시아 등) 제품 설명회 개최</li> <li>- 베트남과 미얀마 수출은 코로나 19로 무산</li> </ul> </li> </ul>
⑧ 시설원에 지역혁신을 위한 기술 패키지 프로그램 운영	○ 신기술도입을 위하여 국내외 전문가를 초빙하여 육묘관리 기술 등 집합 이론교육과 농가 현장 교육
⑨ 신기술 도입 농가 조기접목 실용화를 위한 교육 프로그램 운영 및 전문 농업인 육성	○ 실용화 기술지원을 위한 시설딸기 전문가 아카데미과정 운영
⑩ 현장애로기술지원 전문 컨설팅팀 운영	○ 시설딸기 농가 현장 전문 컨설팅 팀을 운영하여 재배기술, 병해충 방제 등 현장애로기술 지원컨설팅
⑪ 선진기술 확산을 위한 시범사업장 운영	○ 시설딸기 주산단지의 선도농가 3농가(진주시, 고성군, 거창군)를 대상으로 병해충종합관리 (IPM) 프로그램 적용평가 시범사업을 5년간 추진

### 3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	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		학술 발표			정책 활용	홍보 전시		
												SCI	비SCI							논문 평균 IF
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건				
가중치																				
최종목표	25	15	-	5	-	5	6,480	5,890	-	-	5	30	35		50	300	150	5	60	
연간내 달성실적	23	7	-	6	-	5	19,662	4,486	3		0	30	28	12.69	52	257	35	1	96	12
달성율(%)	92	47		100	-	100	100	76.2	-	-	0	100	80	-	100	85.7	-	20	100	-



#### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	딸기 화분으로부터 분리한 식물 진균병 병원균에 대해 항균활성을 가지는 스트렙토마이세스 바디우스 SF7B6 균주
②	딸기 꽃으로부터 분리한 곤충 병원균 또는 딸기 진균병 병원균에 대해 항균활성을 가지는 스트렙토마이세스 바디우스 SP6C4 균주
③	두상 또는 안개 관수방법을 이용한 하절기 매향 딸기 삽목묘의 발근율 및 생육 향상 방법
④	딸기 런너의 뿌리 성장 방법
⑤	딸기 삽목 방법
⑥	정식 전 양액 공급시기 조절을 통한 딸기의 조기개화 유도 및 과실 수확량 향상 방법
⑦	수출용 딸기 신품종 분홍색 딸기 우량계통

#### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개발	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	√					√				
②의 기술	√					√				
③의 기술		√				√		√		
④의 기술		√				√		√		
⑤의 기술		√				√		√		
⑥의 기술		√				√		√		
⑦의 기술					√	√	√			

#### 6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	○ 식물 및 토양 처리용 진균병 방제용 조성물로 활용 ○ 시설딸기의 진균병 친환경 방제로 안전성 확보 및 품질 향상으로 농가소득 증대
②의 기술	○ 곤충병원균 감염지역, 식물 및 토양 처리용 곤충병 및 딸기 진균병 방제용 조성물로 활용 ○ 시설딸기의 진균병 친환경 방제로 안전성 확보 및 품질 향상으로 농가소득 증대
③의 기술	○ 고온조건에서 딸기 삽목묘의 발근율 향상과 생육 촉진을 위한 육묘기술로 활용 ○ 고온기 우량묘 생산 및 우량묘 재배로 농가 소득 증대
④의 기술	○ 딸기의 건전 규격묘 육묘시 런너의 뿌리 성장을 촉진시키기 위해 활용 ○ 건전 규격묘 생산 및 규격묘 재배로 농가 소득 증대
⑤의 기술	○ 딸기의 육묘현장에서 삽목 효율을 높이기 위하여 활용 ○ 우량묘 대량 생산 및 재배로 농가 소득 증대
⑥의 기술	○ 일계성 딸기의 조기개화와 생산성 증대를 위해 활용 ○ 조기개화로 인한 수확기 단축으로 농가 소득 증대
⑦의 기술	○ 수출대상국의 소비패턴에 대응하는 수출용 신품종으로 기존의 과실과 혼합하여 수출 ○ 수출량 증대로 농가 소득 증대

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시		
												SCI	비SCI							논문평균IF
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치																				
최종목표	25	15	-	5	-	6	6,460	5,809	-	-	5	30	35	50	300	150	5	60		
연구기간내 달성실적	23	7	-	4	-	11	21,765	4,085	3	-	0	28	27	12.69	52	257	64.70	1	96	12
연구종료후 성과창출 계획	2	8	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	8	-	-	-	-	-	-	-

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	수출용 딸기 신품종 분홍색 딸기 우량계통		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	2년	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2022년
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	이전 받고자 하는 농가는 생산성 검정을 수행		

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.