발간등록번호	충청남도 간행물등록번호
74-6440084-000012-10	6440995-2019-000

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지 공공누리 공공저작물 자유이용허락

2018년도
시험연구보고서



충청남도산림자원연구소

2018년도 시험연구보고서 • Contents

01 산림경영분야 1

주요 단기소득 임산물 경영 표준 진단(자체)
– 지동현, 배연태, 박선자, 김기호 3

02 임업생산분야 25

고품질 가공용 밤 신품종 육성(자체)
– 지동현, 배연태, 박선자, 김기호 27

밤나무 시설양묘 기술 개발(자체)
– 지동현, 배연태, 박선자, 김기호 43

활엽수 용재 수종의 조림기술 개발 연구(공동)
– 조현선, 유원호, 김연태, 김기호 64

03 산림보전분야 77

식물 유전자원의 현지 외 보전 및 증식(자체)
– 김연태, 조현선, 유원호, 김기호 79

기후변화 취약 산림식물종 보전 · 적응 연구(공동)
– 조현선, 김연태, 권치원, 유원호, 김기호 97

04 산림환경분야 155

산림토양 산성화영향 모니터링 및 평가관리기술개발(공동)
– 조성효, 김영재, 류연희, 최유미 157

Contents • 2018년도 시험연구보고서

05 산림생물분야 177

소나무재선충 분리처리장치 개발(종결)
– 김영재, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호 179

산림병해충 발생조사 및 예측기술연구(공동)
– 김영재, 고승연, 김경진, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호 203

밤나무해충 연막방제법 개발(종결)
– 김영재, 고승연, 오세철, 류연희, 최유미, 김기호 228

공립나무병원운영(자체)
– 김영재, 고승연, 김경진, 조성효, 오세철, 최유미,
류연희, 김기호 251

06 특수임산물분야 285

산채재배 기술 및 가공기술 개발(자체)
– 조현선, 권치원, 유원호, 김연태, 김기호 287

항균식물자원의 발굴 및 활용기술개발(자체)
– 김연태, 김기호, 권치원 299

새로운 조경소재 발굴 및 증식법 개발(자체)
– 김연태, 조현선, 유원호, 김기호 331

부록 351

1. 연혁 353
2. 위치 및 규모 353
3. 기구 및 정원 353
4. 예산규모 354
5. 주요시설현황 354
6. 채종원 및 채수포 현황 355
7. 2018년 휴양림 이용객 현황 356



01 산림경영분야

주요 단기소득 임산물 경영 표준 진단(자체)

지동현, 배연태, 박선자, 김기호 –

주요 단기소득 임산물 경영 표준 진단
(자체 '14 ~ 5년차)

【지동현, 배연태, 박선자, 김기호】

1. 목 적

개발된 주요 단기소득 임산물 경영 표준진단표를 현장에 적용하여 재배자 경영개선에 의한 소득증대 도모

2. 본 연구와 관련된 기존사실

단기소득 임산물은 국내 임산물 생산액 중 20% 내외를 차지하고 있으며, 단기소득 임산물 중 수실류는 50%, 임산버섯류가 25%를 차지하고 있다. 최근 밤은 생산량 감소에 따라 생산액도 감소추세에 있으나 수실류 생산액 중 25% 내외를 차지하고 있다. 한편, 표고버섯은 임산버섯류 생산액 중 80% 수준으로 절대적 위치를 차지하고 있다. 따라서 밤과 표고버섯은 국내 단기소득 임산물 생산에서 중요한 품목이라 할 수 있다(송성환 등, 2012).

우리나라에서 밤은 2016년 현재 약 1,069억원의 농가소득을 올리는 대표적인 단기 임산물로서 국내 총 생산량은 약 53,600톤이고, 이 중 충남지역이 국내 생산량의 55%인 약 29,322톤을 생산하고 있으며, 생산액은 약 60%인 638억으로 절반 이상을 차지하고 있다. 또한 표고버섯(생표고)은 2016년 현재 1,793억원의 농가소득을 창출하고 있고 국내 총 생산량은 약 22,433톤이며, 이 중 충남지역이 국내 생산량의 29%인 약 6,525톤을 생산하고 있는데, 생산액은 27%인 482억원을 차지하고 있다(임업통계연보, 2017). 위 두 품목의 충청남도에서 위치를 살펴보면, 2016년 말 현재 밤은 7,441농가가 17,740ha를 재배하고 있으며 표고버섯은 1,569농가가 425ha를 재배하고 있어 순임산물 생산액 기준 전국 1위를 차지하고 있는 대표적인 단기소득 임산물이다(충청남도 내부통계자료, 2017).

WTO, FTA 등에 따라 세계 농산물 시장개방의 점진적 확대가 예상되는 상황에서 이에 대응한 농가단위의 경영개선이 시급한 과제로 부상하고 있다. 농업경영 여건변화에 따라 농가도 규모화·전문화되고 있으며 비슷한 영농기반을 가지고도 농가 간 경영성과에 큰 차이가 발생하고 있는 바, 농가의 경영개선을 위해서는 객관적인 진단과 분석이 불가피한 과제이다(박평식 등, 2001). 따라서 우리나라 대표적 임산물인 밤과 표고버섯에 대하여 경영자 자신이 경영하고 있는 경영체의 경영과 기술, 시장 등에 관한 문제점을 스스로 발견하여 이를 개선 가능한 목표수준에 도달하도록 단계별로 개선해 나가도록 유도하는 일은 매우 중요하다 할 수 있다. 이를 위해 현재의 경영 상태와 수준을 분석·평가하고 이를 토대로 경영상태를 개선할 수 있는 합리적인 진단이 선행되어야 한다.

본 연구는 충청남도 주요 단기소득 임산물인 밤과 표고버섯의 경영상태를 진단하고자 2014년 6월부터 7월까지 밤 61농가, 2015년 7월부터 8월까지 밤 52농가 및 표고버섯 52농가, 2016년 7월부터 8월까지 밤 53농가 및 표고버섯 53농가, 2017년 7월부터 8월까지 밤 53농가 및 표고버섯 54농가, 2018년 6월부터 8월까지 밤 51농가 및 표고버섯 50농가 등 총 479농가를 방문하여 국립산림과학원과 충청남도산림자원연구소가 공동 개발한 품목별 경영 표준진단표를 활용하여 조사하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

3. 수행방법

(사)한국밤재배자협회 및 시·군 산림 관련 업무 담당자의 도움을 받아 충청남도 내 밤과 표고버섯 재배자를 파악하여 인터뷰 하였다. 조사 기간은 1차 2014년 6월 5일부터 7월 22일까지 충청남도 밤 주산지인 공주, 부여 청양 재배자 61농가를 조사하였고, 2차는 2015년 7월 20일부터 8월 25일까지 밤 주산지인 공주, 부여, 청양 52농가와 표고버섯 주산지인 공주, 부여, 청양, 서천, 보령 52농가를 조사하였으며, 3차는 2016년 7월 11일에서 8월 18일까지 밤 주산지인 공주, 부여, 청양 53농가와 표고버섯 주산지인 공주, 부여, 청양, 서천 53농가를 조사하였고 4차는 2017년 7월 3일부터 8월 7일까지 밤 주산지인 공주, 부여, 청양 53농가와 표고버섯 주산지인 공주, 부여, 청양 54농가를 조사하였고 5차는 2018년 6월 28일부터 8월 23일까지 밤 주산지인 공주, 부여, 청양 51농가와 표고버섯 주산지인 공주, 부여, 청양 50농가를 조사하는 등 밤 총 270농가, 표고버섯 총 209농가를 임의 선정하여 재배자들이 직접 작성하는 자기기입방식(self-administered)을 사용하였다. 주요 설문내용으로는 경영기반, 생산기술 수준, 경영 및 판매능력에 대한 내용으로서 5점 척도에 의해 조사하였다.

〈표 1〉 조사내역

(단위 : 농가)

조사년도	품 목 별	계	조 사 지 역 별				
			공주	부여	청양	서천	보령
계		479	190	155	118	15	1
2014	밤	61	32	13	16	-	-
2015	밤	52	25	17	10	-	-
	표고버섯	52	7	20	15	9	1
2016	밤	53	30	10	13	-	-
	표고버섯	53	17	17	13	6	-
2017	밤	53	21	16	16	-	-
	표고버섯	54	17	22	15	-	-
2018	밤	51	21	20	10	-	-
	표고버섯	50	20	20	10	-	-

4. 결과 및 고찰

가. 밤 경영 표준진단 결과

(1) 경영성과 지표

경영성과 지표는 밤을 경영함으로써 궁극적으로 도달하려는 목표치이다. 2014~2018년까지 5회에 걸쳐 조사한 밤나무 재배 270농가의 경영성과는 평균 2.61점으로서 보통 수준이었음을 알 수 있다. 그 중 ha당 생산량은 3.06점이나 '특'이상 비율은 2.17점으로 조사되어, 생산량은 품등 비율에 비해 다소 높으나 시장에서 고가로 판매되는 대립 규격의 밤 생산량이 다소 적었음을 알 수 있다. 생산되는 밤의 크기가 작다는 것은 재배중인 밤나무의 수고, ha당 밀도, 시비, 수령 등과 관계가 있는 것으로 익히 알려져 있는 바, 아래의 각 요소별 수준에서 설명되겠지만 충남 지역의 ha당 밤나무 재배본수(2.9점, ha당 평균 250~300본 유지)가 비교적 많은 원인에 기인한 결과가 아닌가 추측해 볼 수 있다. 따라서 충남 지역 밤 재배자들이 판매가격이 높은 상등품의 밤을 지금보다 많이 생산하기 위해서는 좀 더 과감한 솎아베기가 필요한 것으로 본다.

〈표 2〉 경영성과 지표

구 분	**평균**	ha당 생산량	특이상 비율
경영성과	**2.61**	3.06	2.17

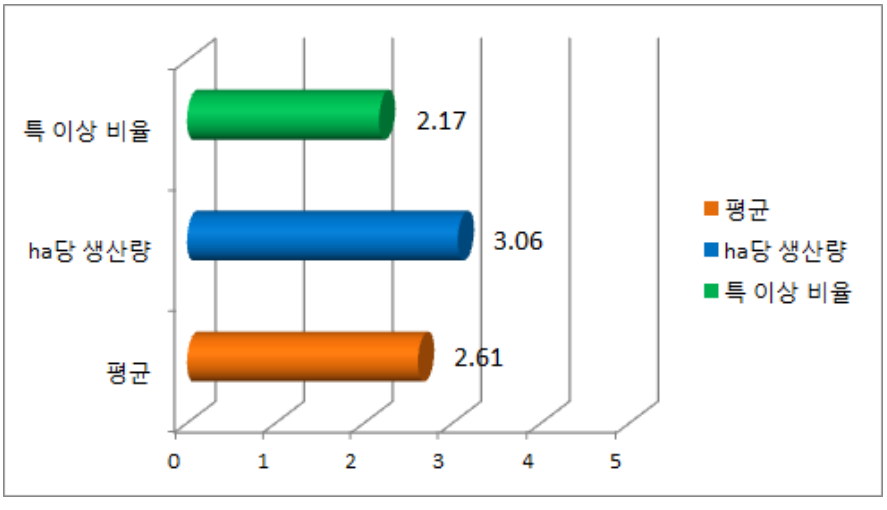


그림 1. 경영성과 지표

(2) 경영기반

밤 경영기반은 표 3과 같이 5개 항목을 조사하였다. 분석결과, 충남지역의 밤나무 재배 경영기반 중 ha당 작업로 밀도 및 주품종의 평균 수령은 양호한 수준이었으나 성목기준 나무높이(수고)와 기계화 정도는 다소 취약한 실정이었다. 즉 재배지의 평균 경사도는 대부분 25° 미만이고 기계화 및 시설보유는 농용트럭, 트랙터(경운기), 신형선별기, 밤나무 재배 전용 방제기, 농기구 창고, 저온저장고 중에서 평균 3종을 보유하고 있었고 ha당 작업로는 300m 이상을 개설하여 관리 작업을 원활히 수행하고 있었으며, 재배하고 있는 주품종의 평균 수령은 대부분 19~24년 미만으로 비교적 왕성한 수확시기의 밤나무를 재배하고 있으나 성목기준 나무 높이는 5m 이상이 많은 상태로 현재보다 좀 더 적극적인 정지전정과 저수고 재배가 요구되는 상황이다.

〈표 3〉 경영기반

구 분	**평균**	경사도	기계화	작업로 밀도	수령	수고
경영기반	**3.3**	3.4	3.2	3.4	3.4	3.0

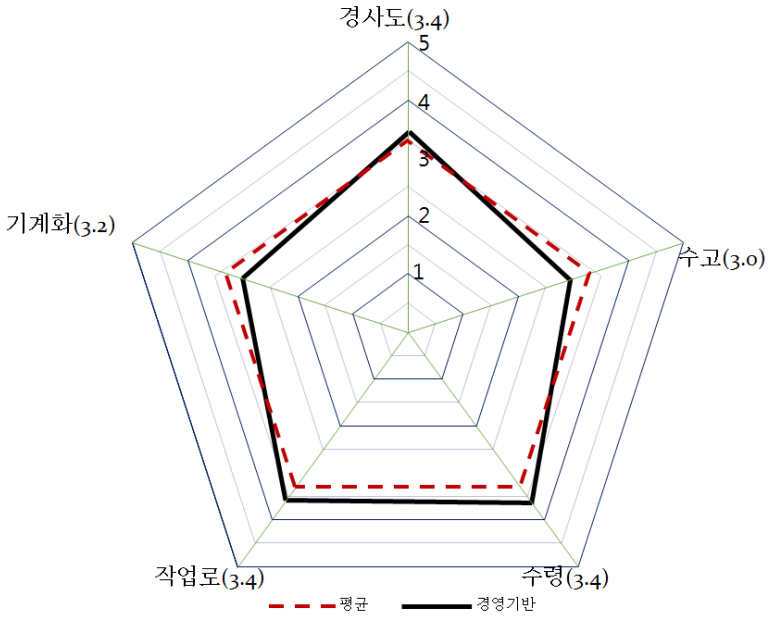


그림 2. 경영기반

(3) 경영 및 판매능력

밤 경영 및 판매능력은 아래 표 4와 같이 7개 항목을 조사하였다.

조사농가의 경영 및 판매능력 평점은 3.0점으로 보통 수준이었으나 자재구입 방법, 소비자 직거래 방법 및 경영 기록은 다소 저조한 수준이었다. 자세히 살펴보면, 수확 및 저장 방법은 2~3일에 한번씩은 수확 후 판매 또는 저장하였다가 출하시기를 조절하여(4.1점) 판매하는 이상적 수준의 경영주가 많았고, 선별 및 포장은 선별기로 자체 선별 또는 생산자 조직에 포장과 위탁을 일괄 의뢰하는 방식을 택하고(3.4점) 있었다. 그러나 밤 재배에 필요한 자재를 공동으로 구입하여 생산비를 절감하는 것이 이상적이나 대부분은 개별적으로 구입하는 실정(2.3점)이었고 작업일지 등의 경영 기록 및 경영성과 분석을 수행하지 않고 있었으며(2.5점), 밤나무 재배에 필요한 정보는 대중매체 및 교육을 통해 능동적으로 수집하고 있으나(3.2점) 소비자 직거래를 위한 홍보 또는 인터넷 판매 등을 위한 노력을 하지 않고 있는(2.3점) 실정이었다.

〈표 4〉 경영 및 판매능력

구 분	**평균**	경영기록	정보수집	자재구입	선별포장	수확저장	출하처	직거래
경영 및 판매능력	**3.0**	2.5	3.2	2.3	3.4	4.1	3.4	2.3

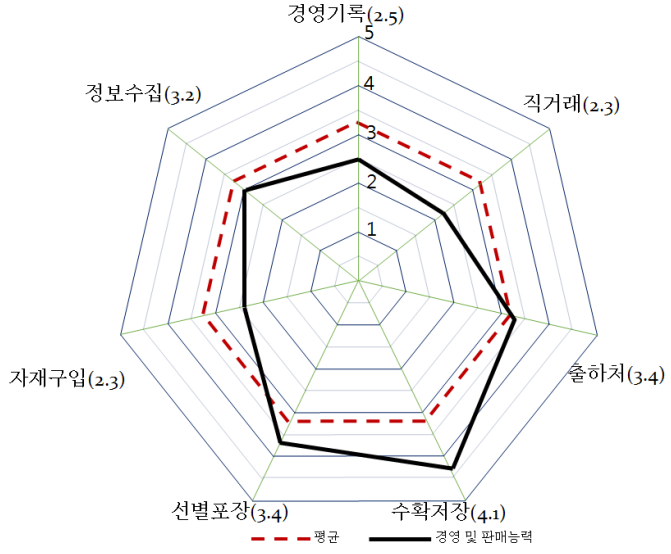


그림 3. 경영 및 판매능력

(4) 생산기술 수준

충남 지역의 밤 생산기술은 평균 3.6점으로 경영기반, 경영 및 판매능력과 비교하여 비교적 높은 수준으로 조사되었다. 아래 표 5에 나타낸 바와 같이, 대부분의 항목이 평균 이상의 수준을 유지하고 있으며 토양 특성과 수세 및 밤나무의 생리를 감안하여(3.8점) 화학비료, 유기질 비료 및 퇴구비를 전면적에 시비 하고(3.7점) 있었고, 병해충은 방제력이나 예찰 결과에 따라 적기 방제를 시행하고(3.7점) 있었으며, 재배지 내 잡초는 수확직전 1~2회 전면적을 하예작업 하는(4.0점) 것으로 분석되었다. 다만 성목 기준 ha 당 밤나무 밀도는 약 300~400본의 다소 밀도가 높은 수준(2.8점)으로서 이상적인 200본 미만/ha을 유지하기 위한 솎아베기가 필요할 것으로 사료된다.

〈표 5〉 생산기술 수준

구분	평균	품종 선택	ha당 밀도	병해충 방제	잡초 관리	정지 전정	시비 방법	비종 선택
생산기술 수준	3.6	3.2	2.8	3.7	4.0	3.9	3.7	3.8

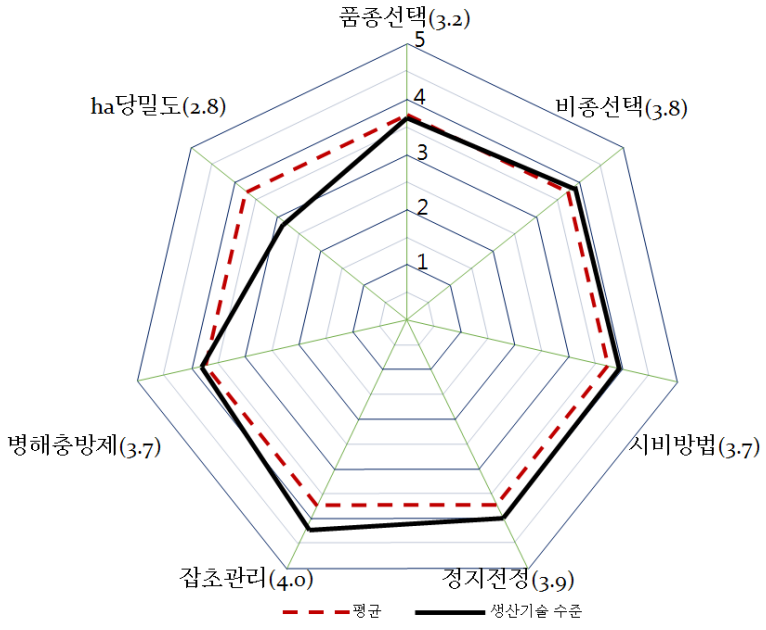


그림 4. 생산기술 수준

나. 표고버섯 경영 표준진단 결과

(1) 경영성과 지표

아래의 표 6 경영성과 지표는 표고버섯(원목 생표고)을 경영함으로써 궁극적으로 도달하려는 목표치에 대한 현재 수준을 나타낸 것이다. 충남도 내 표고버섯 재배 209농가의 경영성과는 평균 2.61점으로서 보통 이하의 수준이었음을 알 수 있다. 그 중 1본당 1기작에서의 생산량은 2.52점으로서 1.5~2.0kg을 생산하고 있고, 상등품율 또한 40% 미만으로 다소 저조하나 경영규모는 10천본 이상(3.09점)으로 다소 규모화된 경영을 하고 있는 것으로 분석되었다.

〈표 6〉 경영성과 지표

구 분	평균	1본당 수량	상등품율	경영규모
경영성과 지표	2.61	2.52	2.22	3.09

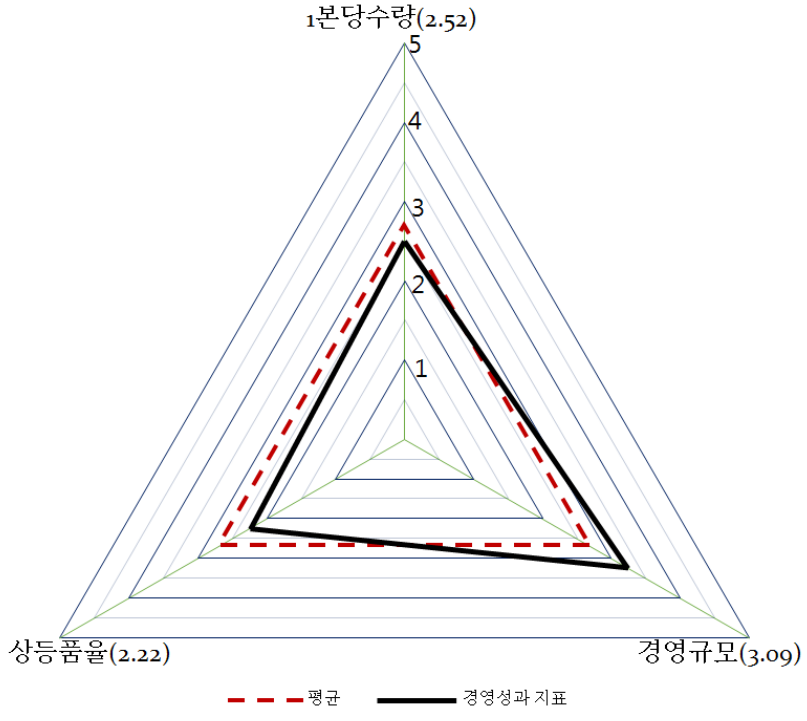


그림 5. 경영성과 지표

(2) 재배환경

충남도 내 209농가의 표고버섯 재배환경은 아래 표 7과 같이 보통 수준인 것으로 분석되었다. 구체적으로 살펴보면 재배사는 비닐과 차광망을 이용한 단동형 또는 연동이중형의 시설을 갖추고 있으나(3.8점) 살수시설, 비닐하우스, 환기시설, 건조기, 저온저장고, 골목 운반기기 중 보유하고 있는 시설 및 기기는 약 4가지로 기계화가 다소 부진한 수준(3.1점)이었으며 급수시설은 대부분 분무식 스프링클러를 설치한(3.1점) 것으로 조사되어 분무식과 안개식을 혼합한 시설로의 개선이 요구되고 있다.

〈표 7〉 재배환경

구 분	**평균**	시설기기	재배사형태	급수시설형태
재배환경	**3.3**	3.1	3.8	3.1

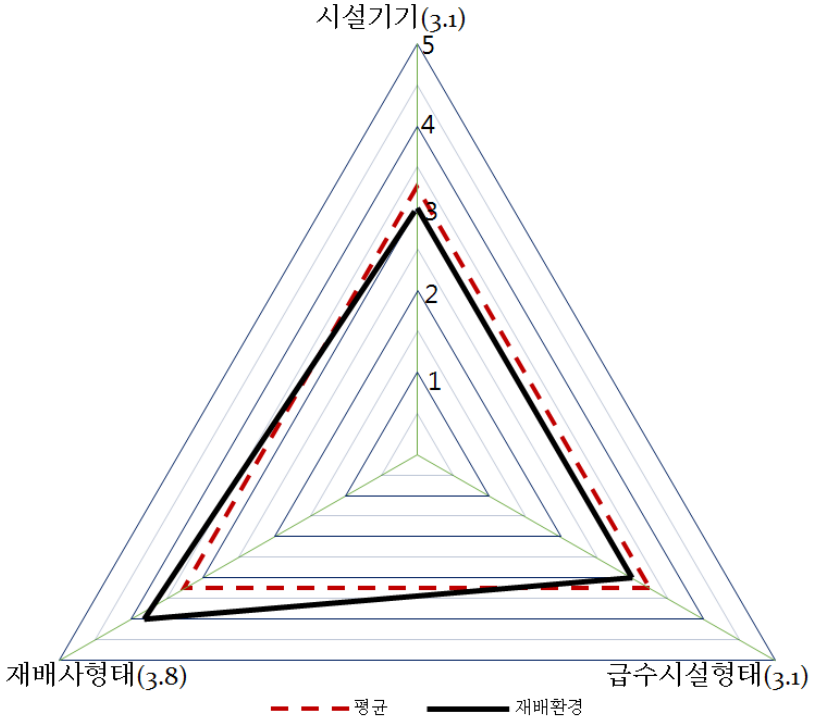


그림 6. 재배환경

(3) 접종관리

충남도 내 209농가의 표고버섯 접종관리 실태는 아래 표 8과 같이 매우 우수한 수준인 것으로 분석되었다. 구체적으로 살펴보면, 원목은 12월 중순에서 1월 사이에(4.1점) 80% 이상 동일한 수종으로 벌채하여(4.3점) 2~3월에 접종한 후(4.7점) 음지에서 차광, 관수 및 1회 이상 뒤집기를 실시(4.4점)하는 가장 이상적인 표고버섯 재배형태를 수행하고 있었다. 다만 종균은 구체적인 지식을 갖고 구입하는 것이 아닌 지역에 적합한 종균 위주로 직접 구입하고 있으며(3.4점) 원목에 있어서도 표고자목 구입이 어려워 표고재배 최적 규격인 직경 12~18cm인 표고자목 사용율이 70~80% 수준의 보통 수준(3.6점)인 것으로 조사되었다.

〈표 8〉 접종관리

구 분	평균	벌채시기	원목동일수종	원목동일규격	종균구입방법	접종후 배양관리	접종시기
접종관리	**4.1**	4.1	4.3	3.6	3.4	4.4	4.7

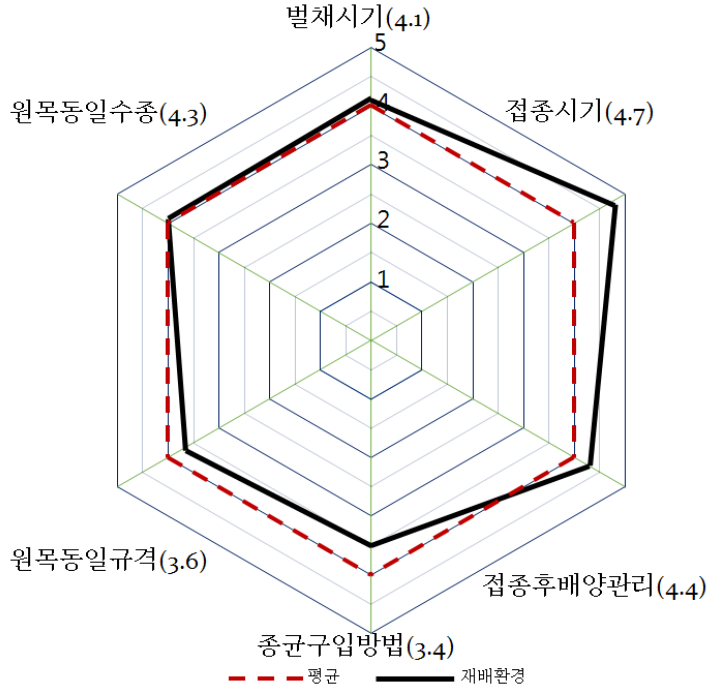


그림 7. 접종관리

(4) 재배관리

충남도 내 209농가의 표고버섯 재배관리 실태는 아래 표 9와 같이 우수한 수준인 것으로 분석되었다. 구체적으로 살펴보면, 버섯발생은 예비살수, 발생살수, 충격, 주기적 살수 및 수확 후 살수를 시행(4.8점)하고 있고, 개열정도가 최적인 시기에 수확(4.5점)하여 버섯 품질이 연갈색의 갈라짐이 다소 있고 수분이 적은 최상의 상태를 유지(4.4점)하고 있었으며 수확 후 예냉, 저온보관, 선별에 최선의 노력을 기울이고 있는 것으로(4.1점) 분석되었으나 생표고 저장기술에 있어서는 장기간 보관하여 출하시기를 조절하는 수준이 아닌 7일 이내 저장하고 출하하는 다소 저조한 실정인(2.6점) 것으로 분석되었다.

〈표 9〉 재배관리

구 분	평균	버섯발생방법	병해충관리	저장기술	수확시기	버섯품질	버섯선별
재배관리	3.9	4.8	3.1	2.6	4.5	4.4	4.1

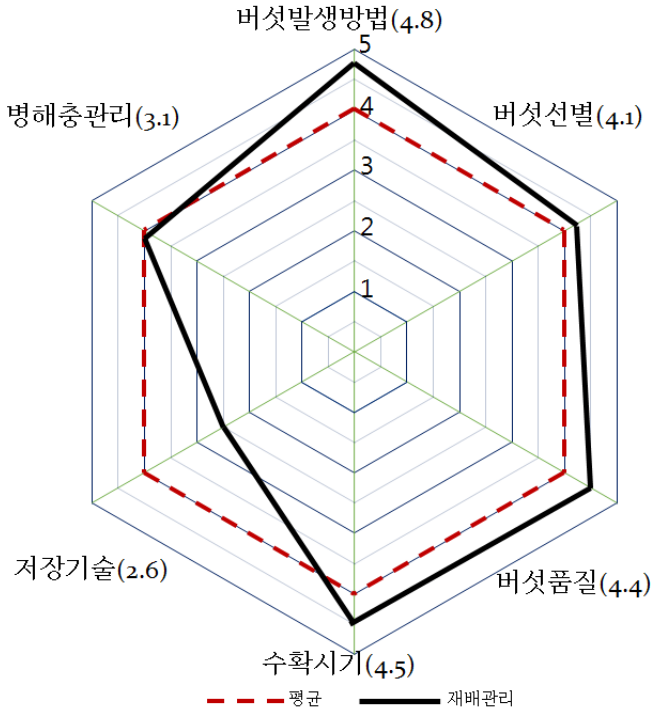


그림 8. 재배관리

(5) 경영관리

충남도 내 209농가의 표고버섯 경영관리 실태는 아래 표 10과 같이 보통 이하 수준인 것으로 분석되었다. 구체적으로 살펴보면, 표고버섯 재배를 위한 정보는 주로 농림업 관련 기관 등을 활용하여 적극적으로 정보를 활용하고(4.0점) 있으나, 작업일지 기록 등의 경영기록을 대부분 소홀히 하고(2.3점), 버섯재배에 필요한 자금을 계획적으로 운영하고 있지 않으며(2.2점), 품질인증 상표를 보유하지 않고 규격상자는 사용하나 소포장을 하지 않고 있으며(2.5점), 판매는 대부분 도매시장에 공동 판매(3.2점)하여 직거래가 드문 것으로 조사되었다.

〈표 10〉 경영관리

구 분	평균	경영기록	자금관리	정보활용	포장	판매방법
경영관리	2.9	2.3	2.2	4.0	2.5	3.2

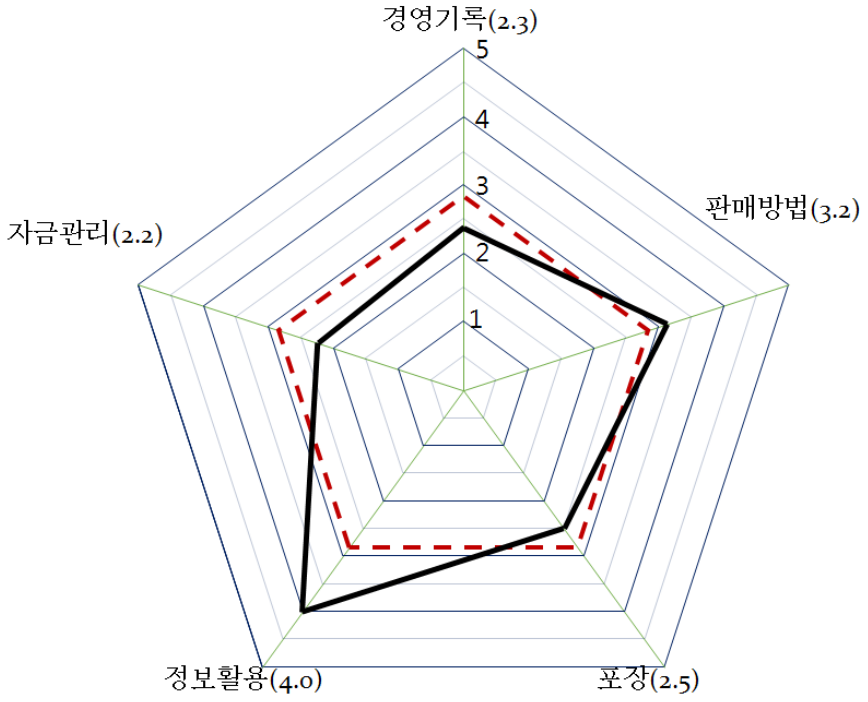


그림 9. 경영관리

첨부자료

밤 경영 표준진단표

진단일자 : 년 월 일

진단회수 : [ ] 번째

1. 농가 일반현황

□ 경영주 인적사항

○ 경영주 성명 [ ] 연령 [ ]세

○ 주소 : 시도 시군구 읍면동 리 번지

○ 전화번호 [ ]-[ ]-[ ] 휴대전화번호 [ ]-[ ]-[ ]

○ 전자우편(e-mail) 주소 [ ]

○ 밤 재배경력 [ ] 년

※ 진단결과를 수신할 수 있는 실제 거주지 주소를 기입해 주십시오.

□ 현재 밤 재배지에 거주하고 계신 가족은? (_____명)

□ 밤 재배의 경영형태. (_____)

① 경영주 혼자 ② 경영주+가족

③ 경영주+가족+임시고용인 ④ 경영주+가족+상시고용인

⑤ 다른 사람과 공동명의로 경영 ⑥ 영농조합법인(영농회사) 형태로 경영

⑦ 기 타(_____)

□ 귀하의 밤 재배업 경영 형태는?

① 주업 ② 겸업 (☞ 5-1번으로)

○ 겸업일 경우, 주업은 무엇입니까? (주업 :_____)

□ 귀하의 밤 재배 면적은?(단위가 “평”일 경우, 단위까지 기재해 주십시오)

자작지 : (_____ha)	차용지 : (_____ha)	합계 : (_____ha)

※ 각 항목 해당 빈칸에 ○표 하십시오.

2. 경영성과 지표

성 과 지 표	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
전체 생산량 중 "특" 이상 비율	29% 이하	30~39%	40~49%	50~69%	70% 이상
ha당 생산량	1.0ton 미만	1.0~1.5ton 미만	1.5~2.0ton 미만	2.0~2.5ton 미만	2.5ton 이상

3. 세부평가 진단표

〈경영기반〉

세 부 요 소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
재배지 평균 경사도	절험지 (30° 이상)	험준지 (25~30°미만)	급경사지 (20~25°미만)	경사지 (15~20°미만)	완경사지 (15° 미만)
기계화 및 시설보유	□ 농용트럭 □ 트랙터(경운기) □ 신형선별기 □ 전용방제기 □ 농기구창고 □ 저온저장고 □ 수확망				
	2종 이하 보유	3종 보유	4종 보유	5종 보유	6종 이상보유
ha당 작업로 밀도	100m 미만	100~300m 미만	300~400m 미만	400~500m 미만	500m 이상
평균수령 (주품종)	31년 이상	1~5년 또는 25~30년	19~24년	6~12년	13~18년
성목기준 나무높이	7m 이상	6~7m 미만	5~6m 미만	4~5m 미만	4m 미만

〈경영 및 판매능력〉

세 부 요 소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
경영기록 및 분석	□수입·지출 기록 □농약살포 약해 기록			□작업일지 기록 □경영성과분석	
	모두 안함	1가지만 함	2가지를 함	3가지를 함	4가지 모두 함
정보 수집 및 관리	관심 없음	대중매체에 의한 수동적 정보수집	대중매체 및 교육참석에 의한 능동적 정보수집	능동적 정보수집 및 인터넷 이용	밤 재배·경영 관련 정보를 생산함
자재구입 (비료, 농약, 제재료)	자재판매처가 추천하는 대로 개별구입	대부분의 자재를 개별적으로 선택하고 협상하여 구입	금액기준으로 30~59%를 공동으로 구입	금액기준으로 60~89%를 공동으로 구입	금액기준으로 90% 이상을 공동으로 구입
선별 및 포장	선별을 하지 않음	개략적으로 선별 하고, 포장은 하지 않음	선별기로 선별하여 마대 단위로 포장	선별기로 선별하여 규격 박스 포장	생산자 조직에 선별과 포장 위탁
수확 및 저장	4~5일에 한번씩 수확	2~3일에 한번씩 수확 후 즉시 판매	2~3일에 한번씩 수확 후 저장	매일 수확 후 판매	매일 수확 후 저장하여 출하시기 조절
주 출하처	자가 소비	주로 농가를 찾아 오는 산자수집상에 출하	주로 농협 및 산림조합에 출하	주로 도소매상에 직접출하	생산자조직 또는 개인 브랜드로 판매 및 출하처 관리
소비자 직거래 방 법	□ 지인 □ 방문객 □ 인터넷 판매 □ 직거래를 위한 홍보				
	모두 안함	1가지만 함	2가지를 함	3가지를 함	4가지 모두 함

〈생산기술 수준〉

세 부 요 소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
품종 선택	□ 생산량 □ 내병성 □ 밤알 크기 □ 저장성 □ 맛(당도)				
	이웃이나 종묘상 권유로 선택	1~2가지를 고려함	3가지를 고려함	4가지를 고려함	5가지 모두 고려하여 선택
성목 기준 ha당 밀도	400본 이상	300-400본 미만	250-300본 미만	200-250본 미만	200본 미만
병해충 방제	병해충 방제를 하지 않고 방치	항공방제에만 의존	병해충 피해 확인 후 방제	방제력에 따라 방제	병해충 발생 예찰 결과에 따라 적기 방제
잡초관리	전혀 제거하지 않음	제초제를 사용하여 제거	재배지내 잡초는 일부 제초제 또는 일부 하예작업	재배지내 잡초는 수확직전 1회 전면적 하예작업	재배지내 잡초는 전면적 2회 이상 하예작업
정지전정	실시하지 않음	타인을 모방하여 전정	작업단에 위탁하여 전정	교육을 통해 습득한 기술로 전정	타인에게 전정 기술을 보급할 수준
시비 방법	시비를 하지 않음	비료판매처의 추천에 따라 시비	수세를 감안하여 시비	토양특성과 수세를 감안하여 시비	토양특성, 수세 및 생리를 감안하여 시비
비종 선택 (성목기준)	비료를 전혀 구분하지 않고 시용	화학비료만 시용	화학비료, 유기질 비료, 퇴구비를 연 1회 일부 면적에 시용	화학비료·유기질 비료, 퇴구비를 전면적에 시용	유기질 비료 및 퇴구비 위주로 전면적에 연2회 이상 시용

표고버섯 경영 표준진단표

진단일자 : 년 월 일
진단회수 : [ ] 번째

1. 농가 일반현황

□ 경영주 인적사항

○ 경영주 성명 [ ] 연령 [ ] 세
○ 주소 시도 시군구 읍면동 리 번지
○ 전화번호 [ ]-[ ]-[ ] 휴대전화번호 [ ]-[ ]-[ ]
○ 전자우편주소 [ ]
○ 표고버섯 재배경력 [ ] 년

□ 재배규모

○ 재 배 사 [ ] ㎡, ○ 원목규모 [ ] 본

□ 경영형태

○ 주업 [ ] ○ 겸업 [ ] (주업 :)

□ 생산 및 소득

○ 연간 표고버섯 생산량 (생) [ ] kg
○ 연간 추정 농업소득
표고버섯 소득 [ ] 만원, 표고버섯 이외 소득 [ ] 만원

2. 경영성과 지표

경영성과 지표	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
1본 당 수량(생)	1.5kg미만	1.5~2.0kg	2.0~2.5kg	2.5~3.0kg	3.0kg이상
[ ] kg/1기작					
상 등 품 율	29%이하	30~39%	40~49%	50~59%	60%이상
[ ] %					
경 영 규모	5,000본미만	5,000~10,000본	10,000~20,000본	20,000~30,000본	30,000본이상
[ ] 본					

※ 각 경영성과 지표별 [ ]안에 숫자를 기록한 다음 해당단계의 빈칸에 ○표
※ 상등품율은 생산량 중에서 농산물 표준출하규격의 상품이 차지하는 비율

3. 세부평가 진단표

〈재배환경〉 ※ 각 항목 해당 빈칸에 ○표 하시오

세부요소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
재배시설 및 기기	살수시설, 비닐하우스, 환기시설, 건조기, 저온저장고, 골목운반기기				
	2가지 이하 갖춤	3가지 갖춤	4가지 갖춤	5가지 갖춤	전체 갖춤
재배사 형태	단동형 (차광막)	연동형 (비닐+차광망)	단동형 (비닐+차광망)	연동이중형 (비닐+차광막)	단동이중형 (비닐+차광망+ 수막시설)
급수시설 형태	급수시설 없음	호스이용 (수동급수)	스프링쿨러 (분무식)	스프링쿨러 (안개식)	스프링쿨러 (분무+안개)

〈접종관리〉

세부요소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
벌채시기	접종직전	2월~3월	9월~10월	12월 중순~1월	11월~12월 상순
원목 동일 수종	원목 동일수종이 60% 미만	원목 동일수종이 60~70%	원목 동일수종이 70~80%	원목 동일수종이 80~90%	원목 동일수종이 90% 이상
원목 동일 규격	12~18cm 비율이 60% 미만	12~18cm 비율이 60~70%	12~18cm 비율이 70~80%	12~18cm 비율이 80~90%	12~18cm 비율이 90% 이상
종균구입 방법	품종특성 모르고, 종균대리 구입	품종특성 알고, 종균대리 구입	지역에 적합한 종균 직접구입	품종특성 알고, 종균 직접구입	자신이 직접 시험재배를 통해 적합한 종균 구입
접종 후 배양관리	양지에서 차광, 관수 안함	음지에서 차광, 관수 안함	음지에서 차광, 관수	음지에서 차광, 관수, 1회 뒤집기	재배사내 차광, 관수, 2회 이상 뒤집기
접종시기	6월	5월	4월	2월	3월

〈재배관리〉

세부요소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
버섯 발생 방법	자연강우	살수+충격	예비살수+ 발생살수+충격	예비살수+ 발생살수+충격 +주기적 살수	예비살수+ 발생살수+충격+ 주기적 살수+ 수확후 살수
원목 배양시 병해충 관리	예방조치 없음 생석회 살포	생석회 살포+ 바닥 차광막	생석회 살포+ 제초 비닐	생석회 살포+ 제초 비닐+ 바닥 차광막	생석회 살포+ 제초 비닐+ 바닥 차광막+ 재배사 주변 제초
생표고 저장기술	즉시 출하	7일 이내	8~15일	16~30일	30일 이상
수확시기 (개열정도)	90% 이상 (인지못함) 	60~90% (완전히 펴진 것) 	30~60% (약간 펴진 것) 	15~30% (약간 오므라진 것) 	15% 미만 (완전히 오므라진 것) 
버섯 품질	색깔: 흑갈색 갈라짐: 없음 수분 : 많음	색깔: 흑갈색 갈라짐: 없음 수분 : 다소 있음	색깔: 갈색 갈라짐: 약간 있음 수분 : 보통	색깔: 연갈색 갈라짐: 다소 있음 수분 : 적음	색깔: 흰갈색 갈라짐: 많음 수분 : 적음
수확후 버섯선별	상온보관, 선별안함	상온보관, 선별실시	저온보관, 선별안함	예냉+저온보관, 선별실시	예냉+저온보관, 선별실시+ 습도유지

〈경영관리〉

세부요소	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
경영기록 및 분석	- 수입·지출 기록 -작업일지 기록 -생육상황기록(수확량 기록) - 경영성과분석				
	모두 안함	1가지만 함	2가지 함	3가지 함	4가지 모두 함
자금 관리	자금 관리에 대하여 특별히 신경 쓰는 부분 없음	자금 소요 및 조달에 관하여 대략적 계획 운영	연간 예상수익과 소요자금을 산출하여 연간자금 운영 계획을 수립한 후 자금관리	장기 사업계획 수립에 의하여 연차별 자금운영 계획을 수립한 후 자금관리	장기 사업계획 수립에 의하여 연차별 자금확보 계획 및 매년 월간 자금흐름을 파악하여 자금관리
농림업 정보 활용	관심이 없음	신문, 텔레비젼 등의 대중매체에 의존	농림업 관련 전문 잡지구독	농림업 관련 기관에서 정보수집 활용	컴퓨터 통신 등을 통하여 종합정보수집 활용
포장	고유상표 없음, 규격상자 사용하지 않음	고유상표 없음, 규격상자 사용	고유상표 보유, 규격상자 사용	고유상표 보유, 규격상자 사용 및 소포장 병행	품질인증 상표 보유, 규격상자 사용 및 소포장 병행
판매 방법	이웃농가 및 인근시장 판매	도매시장 개별 위탁판매	도매시장 공동판매	직거래 공동판매	직거래 온라인판매

5. 참고문헌

가. Camp, R.C. 1989. Benchmarking : the search for the industry best practice that lead to superior performance. Quality Press.

나. 경상남도산림환경연구원. 2005. 2004년 시험연구보고서 pp 105-108.

다. 김의경, 윤여창. 1995. 밤의 수급전망에 관한 연구. 산림경제연구지 3(1) pp 15-28.

라. 김재성, 김철상, 주린원, 최수임, 이귀용, 지동현, 임성구, 유한춘, 오득실, 구관효. 2004. 2003년 밤·표고 소득분석. 국립산림과학원 연구보고서.

마. 김재성, 정병헌, 주린원, 최수임. 2004. 밤 유통구조 및 경제성 분석. 한국임학회지 12(1) pp 12-21.

바. 마한옥. 1995. 밤의 경쟁력 제고방안. 한국임학회지 pp 101-106.

사. 박평식, 정호근, 이상덕. 2001. 농가의 경영진단기법 이용현황과 과제. 농업경영·정책연구 제28권 제3호 pp 540-555.

아. 박희성, 이상훈, Thomas, S.R. 2004. 미국사례를 통해 본 벤치마킹의 효과. 한국토목학회논문집 pp.617-622.

자. 손철호, 석현덕, 민경택. 2004. 국내 밤 산업의 동향과 전망. 한국임학회지 p 77-79.

차. 이태호, 성진근, 서종석. 2001. 충청북도 쌀농가의 벤치마킹을 위한 경영 진단표 개발. 농업경영·정책연구 제28권 제1호 pp 148-166.

카. 전준헌, 이상식. 1993. 밤 생산농가의 경영실태분석에 관한 연구. 한국 임학회지 82(1) pp 1-6.

타. 충청남도산림환경연구소. 2005. 밤나무 재배 기술 pp 5-14.

파. 한국학술진흥재단. 2000. 농업경영의 벤치마킹 추진을 위한 경영진단표의 개발 pp 5-39.





02 임업생산분야

고품질 가공용 밤 신품종 육성(자체)
지동현, 배연태, 박선자, 김기호 –

밤나무 시설양묘 기술 개발(자체)
지동현, 배연태, 박선자, 김기호 –

활엽수 용재 수종의 조림기술 개발 연구(공동)
조현선, 유원호, 김연태, 김기호 –

고품질 가공용 밤 신품종 육성
(자체 '08~ 11년차)

【지동현, 배연태, 박선자, 김기호】

1. 목 적

밤 가공제품 생산의 효율적인 원료 공급 기반 구축을 위해 가공이 용이하고 대립이면서 감미가 우수한 신품종 개발

2. 본 연구와 관련된 기존사실

우리나라의 임목육종 사업은 故 현신규 박사에 의하여 시작되었다. 서울대학교 농과대학 교수이셨던 향산 현신규 박사가 정부의 특별보조금을 지원받아 1953년 구내에 임목육종연구실을 설립한 것이 시초가 되었다. 1967년에는 산림청이 발족됨에 따라서 산림청 산하의 임목육종연구소가 설치되었고 임목육종연구소는 산림자원이 빈약하고 전국토의 64%가 산지인 우리나라의 산지 자원화에 기여함을 목적으로 우량품종의 임목을 선발 육성하고 개량 보급하기 위한 연구활동 등을 위해 설립된 기구이다. 우리나라 주요 육종사업의 성과로는 침엽수 및 포플러의 교잡육종을 비롯하여, 외국수종의 도입육종, 우량개체 선발과 채종원 조성의 선발육종, 밤나무 신품종의 육성, 무궁화 및 조경수 우량품종의 육성, 사방 및 연료수종의 육종, 임목 유전형질의 조기검정, 저항성 육종(잣나무털녹병, 솔잎혹파리), 임목의 조직배양 및 유전자원 연구, 생물공학적 연구 등 다양하다. 특히 리기테다소나무(리기다소나무×테다소나무), 은수원사시(은백양×수원사시나무) 등 육성은 교잡육종의 대표적 성과로 꼽을 수 있다. 외국수종의 도입육종은 1956~1987년까지 38개국으로부터 400여종의 외국수종을 도입하여 적응시험을 하였고 일부 성과를 거두기도 하였다(이효신 등, 2014).

우리나라의 밤나무 재배역사는 확실하지 않지만 사료에 의하면 고려 예종 13년(1118년)에 뽕나무, 옻나무 등과 함께 밤나무 식재를 권장하였다는 기록과 조선시대에서도 밤나무를 보호 장려하였다는 기록으로 미루어 볼 때 밤나무는 우리의 식생활에서는 물론 전통의 식과 밀접한 관계를 유지해 오면서 오랜 재배 역사를 가지고 있다고 미루어 짐작할 수 있

다(김선창 등, 2003). 밤은 예로부터 관혼상제에 빠져서는 안 되는 중요한 과실로 영양가가 풍부하여 식량 대용자원 및 기호식품으로 널리 이용되어 왔다. 또한 독특한 향과 단맛이 있어 생으로 또는 삶아서 먹거나 구워 먹으며 각종 요리에 첨가하기도 하고 감로자, 마롱글라세 등의 가공원료 및 제과원료 등 실제 이용범위가 아주 넓다(김만조 등, 2007).

밤나무는 참나무과(Fagaceae) 밤나무속(Castanea)의 낙엽활엽성 교목으로 원산지는 아시아, 유럽, 북아메리카 등 3개 대륙에 걸쳐 있으며 북반구 온대 지역에 널리 분포·자생하고 있다. 밤나무의 종류는 약간의 이견은 있으나 10여종으로 이 중 재배적 측면에서 볼 때 식용으로 과실생산을 위한 밤나무는 일본밤나무, 중국밤나무, 유럽밤나무, 미국밤나무 등이 있다. 이들 밤나무는 종에 따라 과실의 형태적 특성은 물론 이화학적인 물성에 있어서도 많은 차이가 있으며, 주요 밤 생산국가들은 자국의 밤 소비형태 및 용도에 따라 선발육종 및 종간 교잡육종을 통해 많은 품종을 육성하여 재배하고 있다.

1958년 충북 제천에서 발견된 밤나무혹벌(*Drycocosmus kuriphylus* Yasumatsu)이 전국에 만연하여 우리나라의 재래종 밤나무가 거의 고사됨에 따라 1961년부터 선발육종과 1966년부터 도입육종, 1967년부터 교잡육종 연구 등이 각각 시작되었다(안창영, 2000). 특히 인공교배를 통한 교잡육종은 재배면적의 확대와 밤 생산량이 급증하면서 품종에 대한 재배자의 선호도 및 소비자의 기호가 변함에 따라 품종별 수분수 선발 및 맛 개량, 군밤용 품종육성, 대립다수성 품종육성, 극조생성 품종육성, 과실의 맛과 품질이 우수한 품종육성 등 다양한 육종목표를 두고 각각 실시된 바 있다(김선창 등, 2003). Lamkley 등(1993)은 경제적으로 중요한 과수작물의 경우 교잡육종을 통해서도 쉽게 목적을 달성할 수 있다고 하였다. 또한 경제적으로 중요한 밤나무 4종의 육종연구에 대하여 Miller 등(1996)에 의해 재검토된 바가 있으며, Mehlenbacher(2003)는 세계 각국의 밤나무 육종현황 및 성과에 대해 보고한 바 있다. 안창영 등(1990, 1996)은 밤나무 인공교배를 통한 우량 개체선발과 과실형질 유전에 관하여 보고하였으며, Kotobuki 등(1999)은 밤나무 육종프로그램으로 대립과실 및 박피성이 우수한 개체를 개발하여 보고한 바가 있다.

지금도 여러 기관이나 개인은 밤나무 우량 신품종을 개발하고자 노력하고 있다. 이에 우리 연구소도 시대적 흐름에 부흥하며 소비자가 원하는 품종을 개발하고자 본 연구과제를 시작하게 되었다.

3. 수행방법

아래 그림 1의 밤나무 신품종 육성 모식도에 나타난 바와 같이 본 연구과제의 목표는 대립이면서 감미성이 우수하고 과육경도가 높으며 내피박피율이 좋고 내병해충성 및 내한성이 강한 신품종을 육성하는 것이다.

기존 재배품종		지역 밤 우량개체		신품종 육성
대립성	×	중립성	⇒	대립성
밤나무흑벌 저항성		밤나무흑벌 감수성		밤나무흑벌 저항성
줄기마름병 저항성		줄기마름병 저항성		줄기마름병 저항성
내한성 약		내한성 강		내한성 강
저 감미성		고 감미성		고 감미성
과육경도 낮음		과육경도 높음		과육경도 높음
내피박피율 낮음		내피박피율 높음		내피박피율 높음

그림 1. 밤나무 신품종 육성 모식도

목표 달성을 위해 그림 2와 같은 흐름에 의해 추진하고자 내부 계획을 수립했으며 충남산림자원연구소가 보유한 밤나무 유전자보존원 내 품종을 대상으로 그림 3과 같이 인공교배하여 얻은 후계목을 2009년과 2010년 2회에 걸쳐 충남 논산시 소재 상월시험장에 0.2ha 시험지를 조성하였다(그림 4).

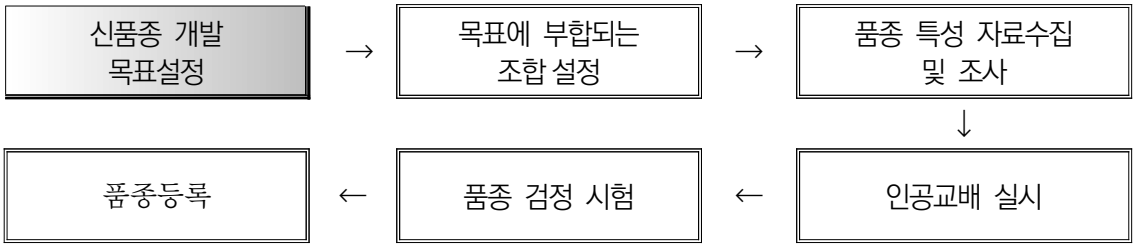


그림 2. 밤나무 신품종 육성 흐름도

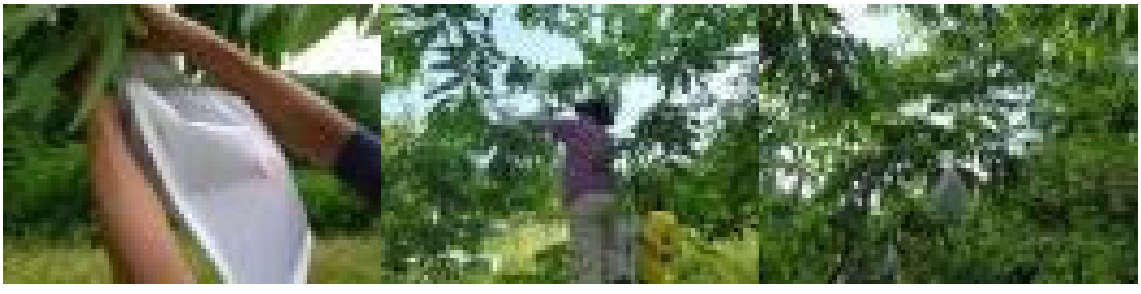


그림 3. 공시목 생산을 위한 인공교배 전경



그림 4. 과실특성 조사를 위한 수확망 설치 전경

보유 토지 여건상 간격을 2.5×2.5m로 좁혀 식재하여 2018년 말 현재 71본이 잔존하고 있으나 일부지역 식재간격이 좁아 불량개체는 간벌할 필요가 있다.

〈표 1〉 시험지 조성 내역

조 합	본 수				비 고
	현존	식 재 내 역			
		합계	09년	10년	
합 계	**71**	**191**	**91**	**100**	
DC(대* × *율)	16	25	10	15	
DW(대* × 연*)	8	13	12	1	
CM(*율 × 미*)	8	28	13	15	
CD(*율 × 대*)	11	27	12	15	
WM(연* × 미*)	6	32	14	18	
WD(연* × 대*)	12	31	11	20	
KW(*은 × 연*)	2	19	9	10	
KC(*은 × *율)	8	16	10	6	

시험지 관리는 4월에 전면적에 유기질 비료를 주고 6월과 8월에 전면적 풀베기 작업을 수행하였다. 병해충은 주기적으로 예찰을 통해 적극 방제하였고 월동관리를 위해 매년 11월에 수간에 백도제를 도포하였으며 12월에 정지전정 작업을 수행하였다.

공시목 과실 특성 조사를 위해 수확기인 8월 하순~10월 중순까지 주 2~3회 현장 출장하여 각 공시목별로 설치되어 있는 수확망에 낙과한 밤을 수거해와 아래와 같이 특성 조사 요령에 의거 실시하였다.

□ 과실 특성 조사 : 초기(8~10월), 후기(11~12월)

- 초기 : 함과수, 수확량, 입중, 낙과특성, 수확시기, 당도, 경도, 다배율, 열과수, 병해충과수, 건전과수 등
- 후기 : 후기당도, 후기경도, 내피박피성, 과피색, 좌면크기, 과실형태 등

※ 후기 특성조사는 수확·저장 8주 후 실시

〈 과실특성 조사 방법(초기) 〉

▸ 성숙기 : 정상적으로 성숙된 과실을 대상으로 조·중·만생종 판별

※ 조생종(8월하순~9월상순), 중생종(9월상순~9월하순), 만생종(9월하순~10월중순)

▸ 착구수 : 수관외부의 건전한 결과모지(전년가지) 20지의 평균 밤송이 수

▸ 낙과형태 : 나무 전체의 밤송이 중 약 50% 정도가 벌어져 떨어지는 시점에 밤알로 낙과, 밤알과 밤송이가 동시 낙과, 밤송이 낙과로 구분

▸ 과실중량 : 건전 과실의 평균무게(입중)

▸ 당도 : 수확 직후에 건전한 과실을 굴절당도계로 측정(과실 25개의 평균)

▸ 경도 : 수확 직후에 건전한 과실을 경도계로 측정(과실 25개의 평균)

▸ 열과율 : 수확 직후 건전과 100개를 임의로 선정하여 과정부, 측면부 및 좌면부 등에 외피가 자연적으로 터져 열과가 나타난 과실을 백분율로 환산

※ 매우적음(2%미만), 적음(2~5%), 중간(5~10%), 많음(10~25%), 매우많음(25%이상)

▸ 다배율 : 수확 직후 건전과 100개를 임의로 선정하여 횡축방향으로 절단한 후 다배과의 수를 조사하여 백분율로 환산

※ 매우적음(2%미만), 적음(2~5%), 중간(5~10%), 많음(10~20%), 매우많음(20%이상)

▸ 함과수 : 수관외부에 착생된 건전한 밤송이 30개를 조사하여 평균으로 판정

※ 적음(1.8개 미만), 중간(1.8~2.4개), 많음(2.4개 이상)

〈 과실특성 조사 방법(후기) 〉

▸ 과형 : 수확 최성기에 정상적으로 성숙된 직후의 측과를 대상으로 화주부를 제외한 바깥쪽 면의 형태를 관찰하여 구분

- 삼각형 : 과실의 과정부가 뾰족한 편이며 전체적으로 삼각형에 유사함
- 둥근삼각형 : 과실이 전체적으로 원형에 가까운 삼각형을 이룸

- 원형 : 과실의 종경과 횡경이 비슷하여 원형에 유사함
- 편원형 : 횡경이 종경보다 다소 큰 횡타원형에 유사함
- 편편형 : 횡경에 대한 종경의 비가 1.3이상인 횡타원형에 유사함

▸ 과피색 : 정상적으로 수확된 수확 직후의 과실을 대상으로 조사하며 황갈색, 갈색, 암갈색, 적갈색, 흑갈색으로 구분

▸ 좌면크기 : 측과의 바깥쪽 면을 관찰했을 때 외측면에서 좌면의 크기가 차지하는 비율

※ 작음(10% 미만), 중간(10~30%), 큼(30%이상)

▸ 내피박피성 : 수확직후 건전과 100개를 임의로 선정하여 좌면의 길이 방향 둘레에 칼금을 놓은 다음 고온(380℃, 10~15분)에서 구워낸 후 박피등급에 따른 내피박피율을 환산하여 박피용이성을 조사

※ 매우용이(95%이상), 용이(80~95%), 중간(60~80%), 힘듦(40~60%), 매우힘듦(40%미만)

- 조사방법 : 칼로 외피와 내피를 제거하는데 소요되는 시간을 기준

  0 : 내·외피 동시 제거 가능　　1 : 1분 이내 내피제거 가능

  2 : 1~5분 이내 내피제거 가능　　3 : 5분 이상 소요

- 내피박피율(Peeling Ratio)

$$P.R.(\%) = \frac{N0+N1}{N0+N1+N2+N3} \times 100$$

※ N0, N1, N2, N3 : 각각 0, 1, 2, 3 등급에 속하는 과실수

4. 결과 및 고찰

밤나무의 경우 수세 및 수령에 따라 생장량 차이가 큰 편이며 정지전정, 솎아베기, 시비 등 재배관리 형태에 따라 큰 영향을 받을 수 있다. 특히 동일한 품종도 그 해 기상 여건 및 밤나무 관리(정지전정의 정도 및 실시기간, 식재밀도, 시비횟수, 시비량) 및 전년도 결실량 등에 의해 당해 과실의 품질 및 수확량 등은 큰 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 인공교배에 의해 식재된 공시목은 개체별로 과실의 형질 및 생육상황을 면밀히 관찰하여 고유의 특성을 확인할 필요가 있다. 표 2에서 표 9는 2016년부터 2018년까지 인공교배 후계목을 개체별로 구분하여 과실 형질을 조사한 결과이다. 조사방법은 밤 과실 수확기(8월 말 ~ 10월 초)에 논산시 상월면 소재 상월시험장 내 시험지에 밤 수확 기간 내 주 2~3회 출장하여 각 개체별 수확망에 수집된 밤 종실을 사무실로 가져와 초기 당도, 후기 당도, 최대 응력, 후기 최대응력, 평균입중, 함과수, 착구수, 본당 수확량, 낙과형태, 정상과수, 열과수, 충과수, 병과수, 과실형태, 과피색, 좌면크기, 내피박피율, 다배율 등을 조사하였으나 본 보고서에서는 지면 관계 상 초기 당도, 후기 당도, 최대응력, 후기 최대응력, 평균입중, 함과수, 착구수, 본당 수확량 등 8개 항목만 보고토록 하겠다. 또한 2018년은 과실특성을 조사할 수 없을 정도로 수확량이 적은 개체에 대해서는 특성조사를 수행하지 못해 공란으로 표시하였다.

아래 표 2는 CD조합(*율 × 대*)의 과실형질을 조사한 결과이다. CD조합 현존 11개 개체 중 Ⅲ-CD-6번 개체와 추가-CD-4번 개체는 당도 및 최대응력에서 우수한 형질을 나타내고 있으며, Ⅰ-CD-7번 개체는 생산량(평균 입중, 본당 수확량)에서 우수한 형질을 나타내고 있다. 당도가 높으면 밤 맛에서 소비자 요구를 충족할 수 있고 최대응력이 높게 나타나면 밤의 저장성이 유리하다 할 수 있으며 평균 입중 및 수확량이 많으면 생산자가 선호하는 품종이므로 지속적인 조사와 관찰이 필요할 것으로 사료된다. 근래에 기후변화 등에 의한 병해충 발생, 지속적인 인건비 상승 및 노동 확보 어려움으로 인해 생산자들은 밤알 형태 낙과, 대립종 및 내병해충성이 강한 품종을 선호하고 있으며 또한 밤 소비 촉진을 위해 내피박피성이 우수하고 식감이 좋은 품종을 요구하고 있는 실정이다.

〈표 2〉 CD 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	CD	1	24.3	12.8	14.6	**17.2**	26.9	19.4	20.3	**22.2**	10.7	8.1	9.2	**9.3**	11.2	7.7	8.4	**9.1**
I	CD	3	19.7	11.7		**15.7**	23.6	20.5		**22.1**	9.2	6.6		**7.9**	8.7	7.3		**8.0**
I	CD	4	21.6	15.9	14.0	**17.2**	24.7	22.0	19.7	**22.1**	9.9	9.7	8.5	**9.4**	9.4	8.0	8.8	**8.7**
I	CD	5	20.6	11.9	13.2	**15.2**		19.2	18.9	**19.1**	9.0	8.7	9.0	**8.9**		7.4	8.5	**8.0**
I	CD	7	15.9	10.9	12.0	**12.9**	18.0	19.5	17.3	**18.3**	8.2	6.3	7.3	**7.3**	8.0	6.6	6.8	**7.1**
II	CD	6	16.6	13.7		**15.2**	25.5	21.2		**23.4**	9.4	8.0		**8.7**	10.4	8.3		**9.4**
II	CD	7	23.1	14.0	12.2	**16.4**		21.2	20.2	**20.7**	8.9	8.5	8.3	**8.6**		9.4	8.3	**8.9**
III	CD	4	26.3	16.9		**21.6**	22.1	22.5		**22.3**	12.8	9.6		**11.2**	10.5	9.2		**9.9**
III	CD	6	24.2	14.8	16.9	**18.6**		20.2	22.6	**21.4**		9.3	10.7	**10.0**		7.8	10.0	**8.9**
추가	CD	1	22.2	14.1	16.0	**17.4**	27.4	22.5	22.3	**24.1**	10.5	8.8	9.0	**9.4**	11.2	8.6	9.0	**9.6**
추가	CD	3	22.2	16.8	14.4	**17.8**		21.6	22.4	**22.0**	8.7	8.8	8.8	**8.8**		7.9	8.5	**8.2**
추가	CD	4	25.7	16.3	17.4	**19.8**	26.8	22.9	22.9	**24.2**	11.0	10.5	10.0	**10.5**	9.3	10.0	9.3	**9.5**
추가	CD	5	21.5	15.9	13.6	**17.0**	23.9	22.1	20.9	**22.3**	10.2	8.7	7.9	**8.9**	10.2	8.7	7.9	**8.9**

〈표 2〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	CD	1	15.2	25.0	22.4	**20.9**	2.6	2.6	2.6	**2.6**	82	68	87	**79**	3.9	4.4	5.1	**4.5**
I	CD	3	15.5	28.8		**22.2**	2.6	2.2		**2.4**	19	37		**28**	4.2	2.4		**3.3**
I	CD	4	14.5	23.9	22.7	**20.4**	2.6	2.6	2.5	**2.6**	77	52	77	**69**	4.2	3.2	4.4	**3.9**
I	CD	5	11.9	25.8	25.6	**21.1**	2.7	2.5	2.5	**2.6**	53	62	49	**55**	4.3	4.1	3.1	**3.8**
I	CD	7	22.8	39.4	34.4	**32.2**	2.5	2.3	2.5	**2.4**	89	152	177	**139**	10.7	14.0	15.4	**13.4**
II	CD	6	14.9	15.9		**15.4**	2.1	2.5		**2.3**	78	84		**81**	6.9	3.3		**5.1**
II	CD	7	17.0	31.9	21.3	**23.4**	2.1	2.0	2.0	**2.0**	38	38	26	**34**	1.6	2.4	1.1	**1.7**
III	CD	4	7.9	11.5		**9.7**	2.3	2.2		**2.3**	46	60		**53**	0.7	1.5		**1.1**
III	CD	6	9.3	31.2	19.5	**20.0**	2.3	2.4	2.5	**2.4**	118	30	82	**60**	0.3	2.2	3.9	**2.1**
추가	CD	1	9.6	16.4	18.4	**14.8**	2.2	2.7	2.7	**2.5**	32	45	33	**37**	2.0	2.0	1.7	**1.9**
추가	CD	3	15.4	17.2	18.3	**17.0**	2.3	2.7	2.6	**2.5**	7	51	54	**37**	0.5	2.4	2.6	**1.8**
추가	CD	4	16.8	19.5	23.6	**20.0**	2.6	2.3	2.5	**2.5**	47	55	28	**43**	2.9	2.4	1.6	**2.3**
추가	CD	5	16.5	24.8	17.4	**19.6**	2.5	2.6	2.5	**2.6**	65	70	105	**80**	3.4	4.6	4.6	**4.2**

아래 표 3은 CM조합(*율 × 미*)의 과실형질을 조사한 결과이다. CM조합 현존 8개 개체 중 당도와 경도(최대응력) 측면에서는 Ⅲ-CM-5번 개체와 Ⅲ-CM-3번 개체가 우수하고, 평균 입중 및 수확량 측면에서는 Ⅰ-CM-7번 개체가 우수한 것으로 조사 되었다. 앞에 설명하였듯이 대립·다수확이면서 식감이 좋은 품종을 선발하기 위해서는 내병성 및 내피박피성 등을 종합적으로 고려하여 판단해야 할 것이다.

〈표 3〉 CM 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
Ⅰ	CM	7	24.9	13.6	15.5	**18.0**		21.1	21.3	**21.2**	12.1	9.1	9.6	**10.3**		8.3	9.5	**8.9**
Ⅱ	CM	3	26.2	17.5		**21.9**	29.8			**29.8**	12.8	8.9		**10.9**	13.6			**13.6**
Ⅲ	CM	1	24.1	16.7		**20.4**	29.0	22.1		**25.6**	12.5	10.8		**11.7**	12.5	9.5		**11.0**
Ⅲ	CM	2	21.1	18.2	24.9	**21.4**	28.5	24.4	28.3	**27.1**	11.0	10.2	12.1	**11.1**	11.8	10.6	11.4	**11.3**
Ⅲ	CM	3	29.6	21.8	22.1	**24.5**	33.5	26.0	29.6	**29.7**	11.8	11.4	11.1	**11.4**	11.5	10.8	11.7	**11.3**
Ⅲ	CM	4	28.2	20.9	20.0	**23.0**					12.1	13.1	11.9	**12.4**				
Ⅲ	CM	5	22.5	22.7	20.3	**21.8**	30.3	28.7	24.1	**27.7**	13.8	12.7	10.9	**12.5**	13.1	10.0	10.5	**11.2**
Ⅲ	CM	7	25.4	21.5	15.3	**20.7**	29.2	24.4		**26.8**	14.0	11.4	9.3	**11.6**	12.8	10.9		**11.9**
추가	CM	4	24.9	18.4	16.2	**19.8**	29.9		24.1	**27.0**	11.5	10.0	9.9	**31.4**	12.2		8.9	**10.6**
추가	CM	6	22.2	15.1	15.2	**17.5**	23.9		22.0	**23.0**	12.0	9.3	9.5	**10.3**	10.7		9.1	**9.9**
추가	CM	7	21.2	15.5	15.7	**17.5**		21.5	22.9	**22.2**	9.6	9.3	9.6	**9.5**		7.8	9.2	**8.5**

〈표 3〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
Ⅰ	CM	7	20.9	34.1	20.6	**25.2**	2.8	2.3	2.2	**2.4**	12	102	85	**66**	1.1	8.1	3.8	**4.3**
Ⅱ	CM	3	6.3	20.1	10.2	**12.2**	2.7	1.8	1.9	**2.1**	68	13	30	**37**	0.7	0.5	0.6	**0.6**
Ⅲ	CM	1	11.4	16.3		**13.9**	2.3	2.0		**2.2**	76	75		**76**	1.0	2.4		**1.7**
Ⅲ	CM	2	3.2	6.2	6.9	**5.4**	2.4	2.5	2.5	**2.5**	95	70		**83**	1.1	1.1		**1.1**
Ⅲ	CM	3	6.1	12.4	7.5	**8.7**	2.4	2.7	2.6	**2.6**	105	36	220	**120**	4.4	1.2	4.2	**3.3**
Ⅲ	CM	4	6.5	21.7	16.5	**14.9**	2.7	2.3	2.3	**2.4**	68	27	43	**46**	0.4	1.4	1.7	**1.2**
Ⅲ	CM	5	7.0	9.4	4.4	**6.9**	2.5	2.3	1.9	**2.2**	59	21		**40**	1.7	0.5		**1.1**
Ⅲ	CM	7	7.9	16.5	7.3	**10.6**	2.1	2.5	1.4	**2.0**	63	26	82	**57**	0.9	1.1	0.8	**0.9**
추가	CM	4	13.7	23.5	19.3	**18.8**	2.3	2.2	2.6	**2.4**	54	20	56	**43**	1.5	1.0	2.8	**1.8**
추가	CM	6	17.0	24.4	19.1	**20.2**	2.5	2.4	2.5	**2.5**	50	20	54	**41**	2.9	1.2	2.6	**2.2**
추가	CM	7	18.1	22.1	19.2	**19.8**	2.6	2.5	2.5	**2.5**	49	61	24	**45**	2.9	3.4	1.2	**2.5**

아래 표 4는 DC조합(대* × *율)의 과실형질을 조사한 결과이다. DC조합은 현재 16개 개체가 생육 중에 있어 생육면에서는 우수하다 판단할 수 있다. 그러나 수확량 측면에서는 평균입중이 작고 본당 수확량이 적은 것으로 조사되었다. 당도와 경도(최대응력)에서는 Ⅲ-DC-6번 개체와 추가-DC-5번 개체가 우수하였고, 평균 입중 및 수확량 측면에서는 추가-DC-3번 개체가 다소 우수하여 향후 지속적인 관찰을 통해 내피박피성과 밤의 형태 등을 고려하여 군밤용에 적합한지를 판단해야 할 것이다.

〈표 4〉 DC 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	DC	1	26.0	17.3		**21.7**	35.6	22.8		**29.2**	11.9	10.0		**11.0**	12.2	9.6		**10.9**
I	DC	2	28.6	16.7	20.6	**22.0**	30.0	25.9	29.5	**28.5**	11.9	10.7	11.9	**11.5**	11.8	10.3	11.7	**11.3**
I	DC	4	27.5	17.2	18.4	**21.0**	31.1	25.5	25.2	**27.3**	12.0	12.5	11.7	**12.1**		10.7	11.0	**10.9**
I	DC	6	28.6	25.9	16.4	**23.6**		29.1		**29.1**	12.3	11.0	10.7	**11.3**		9.5		**9.5**
I	DC	7	29.0	18.3	19.0	**22.1**	38.3	30.5	26.0	**31.6**	12.7	11.4	11.9	**12.0**	11.8	10.4	11.2	**11.1**
II	DC	1	25.2	20.3		**22.8**					10.6	9.2		**9.9**				
III	DC	1	27.1	22.1		**24.6**					11.7	13.2		**12.5**				
III	DC	3	26.8	18.6		**22.7**		24.6		**24.6**	11.8	9.8		**10.8**		9.0		**9.0**
III	DC	6	26.9	22.5	22.1	**23.8**	35.3	26.7	28.9	**30.3**	10.1	12.9	12.1	**11.7**	11.6	11.4	11.8	**11.6**
III	DC	7	28.9	12.6	14.0	**18.5**		19.6	19.7	**19.7**	9.0	7.0	8.4	**8.1**		8.3	8.5	**8.4**
추가	DC	3	26.4	19.7	19.9	**22.0**	28.7	23.8	25.0	**25.8**	13.0	10.2	10.5	**11.2**	11.6	9.6	10.2	**10.5**
추가	DC	4	26.5	16.7	15.1	**19.4**	33.5	26.3	21.5	**27.1**	11.4	10.7	11.5	**11.2**	11.9	10.4	9.4	**10.6**
추가	DC	5	23.5	24.9	16.5	**21.6**	28.7		24.6	**26.7**	13.3	11.1	11.0	**11.8**	12.4		10.5	**11.5**
추가	DC	6	25.2	16.2	16.8	**19.4**	27.2	26.3	25.4	**26.3**	13.4	10.3	11.1	**11.6**	12.1	9.4	10.0	**10.5**

〈표 4〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	DC	1	12.1	20.1	17.1	**16.4**	2.4	1.8	2.1	**2.1**	76	64	36	**59**	2.6	2.4	1.3	**2.1**
I	DC	2	10.3	17.7	14.6	**14.2**	2.2	1.9	1.9	**2.0**	73	87	81	**80**	1.0	2.9	2.3	**2.1**
I	DC	4	8.0	18.5	13.2	**13.2**	2.5	2.5	2.6	**2.5**	93	66	110	**90**	3.0	3.1	3.7	**3.3**
I	DC	6	7.0	11.3	22.6	**13.6**	2.6	2.5	2.5	**2.5**	14	25	19	**19**	0.8	0.7	1.1	**0.9**
I	DC	7	9.7	11.2	14.7	**11.9**	2.5	2.5	2.3	**2.4**	66	92	140	**99**	5.3	2.5	4.8	**4.2**
II	DC	1	15.8	14.2		**15.0**	2.3	1.7	1.1	**1.7**	13	24	43	**27**	0.1	0.6		**0.4**
III	DC	1	8.2	19.0		**13.6**	2.8	2.9	2.2	**2.6**	22	35	18	**25**	0.4	1.9		**1.2**
III	DC	3	12.3	24.4		**18.4**	1.5	2.2		**1.9**	25	22		**24**	0.1	1.2		**0.7**
III	DC	6	7.8	15.2	12.6	**11.9**	2.1	2.2	2.6	**2.3**	109	90	178	**126**	2.0	3.0	5.8	**3.6**
III	DC	7	6.2	18.2	14.7	**13.0**	1.8	1.8	1.6	**1.7**	51	28	97	**59**	0.3	0.9	2.3	**1.2**
추가	DC	3	15.3	23.6	22.7	**20.5**	1.6	2.2	1.8	**1.9**	98	60	96	**85**	4.8	3.2	3.9	**4.0**
추가	DC	4	13.2	20.1	19.1	**17.5**	1.8	2.3	2.4	**2.2**	51	37	76	**55**	0.4	1.7	3.4	**1.8**
추가	DC	5	10.4	15.7	15.1	**13.7**	1.8	1.9	1.8	**1.8**	62	23	86	**57**	8.2	0.7	2.4	**3.8**
추가	DC	6	14.3	21.4	16.3	**17.3**	2.7	2.6	2.5	**2.6**	31	30	11	**24**	1.5	1.7	0.5	**1.2**

아래 표 5는 DW조합(대* × 연*)의 과실형질을 조사한 결과이다. DW조합 8개 개체는 과실이 작고 수확량이 적으며 경도(최대응력)가 다소 낮은 경향을 보이고 있다. 과실이 작아도 당도가 높고 내피박피성이 매우 우수하면 군밤용으로 가능하기 때문에 Ⅲ-DW-4번 개체의 경우 지속적인 관찰이 필요할 것으로 사료된다.

〈표 5〉 DW 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
Ⅰ	DW	1	27.3	15.3	15.3	**19.3**	27.1	21.3	20.6	**23.0**	9.7	8.8	9.8	**9.4**	9.1	8.7	8.8	**8.9**
Ⅰ	DW	2	15.1	11.8	16.5	**14.5**	25.7	23.1	21.6	**23.5**	10.8	8.7	9.8	**9.8**	8.9	9.7	8.8	**9.1**
Ⅰ	DW	3	21.8	12.6	12.3	**15.6**	29.9	23.9	21.2	**25.0**	6.7	8.5	9.1	**8.1**	9.2	9.3	8.6	**9.0**
Ⅱ	DW	5	22.1	17.0	19.6	**19.6**	29.6	23.1	30.0	**27.6**	9.5	10.3	10.6	**10.1**	12.2	9.5	10.0	**10.6**
Ⅱ	DW	7	27.9	17.4	14.3	**19.9**			23.0	**23.0**	10.8	8.4	8.5	**9.2**			8.8	**8.8**
Ⅲ	DW	4	23.5	17.8	21.8	**21.0**	29.8	24.7	27.3	**27.3**	9.6	12.4	12.2	**11.4**	11.3	10.8	12.4	**11.5**
Ⅲ	DW	5	22.6	14.2	15.5	**17.4**	25.0	22.0	23.2	**23.4**	9.6	10.7	9.3	**9.9**	8.7	9.4	9.1	**9.1**
Ⅲ	DW	6	26.0	13.7	15.2	**18.3**		22.9		**22.9**	10.2	9.3	9.5	**9.7**		8.7		**8.7**

〈표 5〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
Ⅰ	DW	1	11.9	19.6	14.1	**15.2**	2.5	2.3	2.6	**2.5**	72	60	102	**78**	1.3	2.7	3.8	**2.6**
Ⅰ	DW	2	12.1	12.5	14.7	**13.1**	2.3	2.3	2.0	**2.2**	78	64	89	**77**	2.7	1.9	2.6	**2.4**
Ⅰ	DW	3	14.5	18.7	17.1	**16.8**	2.3	2.4	2.3	**2.3**	64	62	86	**71**	3.8	2.8	3.4	**3.3**
Ⅱ	DW	5	5.2	19.5	17.4	**14.0**	2.3	2.4	2.4	**2.4**	28	49	28	**35**	0.8	2.3	1.2	**1.4**
Ⅱ	DW	7	10.5	26.4	16.2	**17.7**	2.8	2.8	2.5	**2.7**	26	6	51	**28**	1.5	0.4	2.1	**1.3**
Ⅲ	DW	4	7.2	18.5	12.5	**12.7**	2.0	2.2	2.1	**2.1**	48	36	80	**55**	2.8	1.4	2.1	**2.1**
Ⅲ	DW	5	5.6	14.3	6.9	**8.9**	2.3	2.1	2.1	**2.2**	247	110	145	**167**	1.4	3.3	2.1	**2.3**
Ⅲ	DW	6	7.1	12.9	9.6	**9.9**	2.6	2.3	2.3	**2.4**	26	52	38	**39**	0.4	1.5	0.8	**0.9**

아래 표 6은 KC조합(*은 × *율)의 과실형질을 조사한 결과이다. KC조합 8개 개체도 과실이 작고 수확량이 적은 경향을 보이고 있다. 이 또한 II-KC-4번 개체의 경우처럼, 내병충성 및 내피박피성 등을 감안하여 군밤용 등에 적합한 개체를 찾을 수 있도록 지속적인 관찰을 할 계획이다.

〈표 6〉 KC 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	KC	1	29.9	18.3	16.1	**21.4**		24.6		**24.6**	10.9	9.7	9.8	**10.1**		9.0		**9.0**
I	KC	2	28.5	14.4	13.7	**18.9**	33.5	21.1	21.1	**25.2**	10.9	8.5	9.2	**9.5**	12.3	8.3	8.1	**9.6**
I	KC	3	28.8	14.7	16.6	**20.0**	33.1	22.3	23.2	**26.2**	9.8	8.8	9.4	**9.3**	8.9	8.4	9.2	**8.8**
I	KC	4	28.6	65.6	13.3	**35.8**	28.9	20.5	22.4	**23.9**	8.1	8.9	8.4	**8.5**	9.8	7.1	8.9	**8.6**
I	KC	5	14.1	13.2	14.1	**13.8**	25.4	23.4	20.4	**23.1**	9.7	8.3	9.6	**9.2**	9.4	8.4	8.8	**8.9**
II	KC	3									14.1			**14.1**	12.5			**12.5**
II	KC	4	25.8	17.4	16.6	**19.9**	31.2		23.6	**27.4**	12.5	9.7	10.0	**10.7**	10.2		9.6	**9.9**
II	KC	5	25.4	19.3	15.4	**20.0**	28.4	26.4		**27.4**	12.9	11.1	10.3	**11.4**	13.3	9.0		**11.2**
II	KC	6	23.0			**23.0**	26.7			**26.7**	12.3			**12.3**	12.6			**12.6**

〈표 6〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	KC	1	19.7	16.8	10.1	**15.5**	2.3	2.3	2.2	**2.3**	57	31	27	**38**	1.5	1.2	0.6	**1.1**
I	KC	2	14.7	21.1	19.7	**18.5**	2.3	2.0	2.0	**2.1**	25	30	58	**38**	1.2	1.3	2.3	**1.6**
I	KC	3	9.6	20.1	19.3	**16.3**	2.4	2.3	2.7	**2.5**	63	24	28	**38**	1.7	1.1	1.5	**1.4**
I	KC	4	10.2	24.4	21.4	**18.7**	2.7	2.3	2.5	**2.5**	55	36	55	**49**	1.6	2.0	3.0	**2.2**
I	KC	5	13.2	21.7	18.6	**17.8**	2.6	2.4	2.6	**2.5**	44	26	42	**37**	2.6	1.4	2.0	**2.0**
II	KC	3																
II	KC	4	10.7		16.3	**13.5**	3.0	2.7	3.6	**3.1**	23	10	30	**21**	1.8		1.7	**1.8**
II	KC	5	12.3	17.9	20.2	**16.8**	2.3	2.2	2.3	**2.3**	44	10	12	**22**	1.2	0.5	0.6	**0.8**
II	KC	6	13.7	17.1		**15.4**	2.6	3.0		**2.8**	8	1		**5**	1.7	0.4		**1.1**

아래 표 7은 KW조합(*은 × 연*)의 과실형질을 조사한 결과이다. KW조합은 현재 2개 개체만 생육하고 있어 생육이 불량한 것으로 판단된다. 생육 본수가 적다는 것은 동해 등 내병충성이 약한 것으로 추론할 수 있어 이러한 점도 감안해야 할 것이다. 과실특성에 있어서도 수확량이 적고 평균 입중이 작으며 경도(최대응력) 또한 우수한 형질을 나타내지 못하고 있다. 이러한 조합은 향후 과실형질 조사 결과에 따라 폐기(벌채) 여부를 검토할 예정이다.

〈표 7〉 KW 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**
II	KW	5	26.8	23.2		**25.0**					13.0	12.1		**12.6**				
III	KW	6	24.7	20.1		**22.4**		26.0		**26.0**	13.6	12.0		**12.8**		11.4		**11.4**
III	KW	7	27.4	17.1	20.9	**21.8**		21.9		**21.9**	11.2	11.1		**11.2**		10.1		**10.1**

〈표 7〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**
II	KW	5	8.7	14.5	12.2	**11.8**	2.7	2.3	2.0	**2.3**	20	4	7	**10**	0.2	0.1	0.2	**0.2**
III	KW	6	7.3	12.0		**9.7**	1.9	2.3		**2.1**	36	20		**28**	0.4	0.6		**0.5**
III	KW	7	10.1	18.2	9.3	**12.5**	2.6	2.4	1.6	**2.2**	62	62	65	**63**	0.7	2.7	1.0	**1.5**

아래 표 8은 WD조합(연* × 대*)의 과실형질을 조사한 결과이다. WD조합은 현재 12개 개체가 생육하고 있고 과실특성에 있어서는 추가-WD-8번과 II-WD-1번 개체의 경우, 평균 입중은 작지만 수확량이 많고 당도, 경도(최대응력) 등이 양호하여 지속적인 관찰이 필요하다.

〈표 8〉 WD 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	WD	3	17.9	15.6	15.8	**16.4**	24.0	19.9	24.0	**22.6**	10.5	10.7	10.7	**10.6**	10.8	10.2	10.3	**10.4**
I	WD	5	26.0	14.8	15.0	**18.6**		22.1	22.3	**22.2**	9.2	9.4	9.2	**9.3**		8.6	8.9	**8.8**
I	WD	7	31.8	37.2	15.5	**28.2**			22.0	**22.0**	15.0	8.9	9.2	**11.0**			9.6	**9.6**
II	WD	1	20.7	16.1	18.5	**18.4**	29.0	22.8	25.0	**25.6**	12.0	10.7	11.8	**11.5**	12.3	9.7	11.7	**11.2**
II	WD	4	25.3		16.4	**20.9**	30.1	21.8	22.6	**24.8**	10.5	10.0	8.5	**9.7**	10.6	9.0	9.4	**9.7**
II	WD	5	20.2	14.9		**17.6**		24.1		**24.1**	9.4	9.9		**9.7**		10.9		**10.9**
II	WD	6	30.6	15.1	15.1	**20.3**	34.9	22.9	22.7	**26.8**	12.4	10.1	10.1	**10.9**	11.9	10.0	9.9	**10.6**
III	WD	5	26.4	15.4	17.4	**19.7**		25.0	25.2	**25.1**	12.9	12.0	12.0	**12.3**		11.3	11.9	**11.6**
추가	WD	1	15.5	13.4	13.3	**14.1**	29.3	22.0	20.9	**24.1**	9.7	8.8	9.5	**9.3**	9.3	8.0	8.7	**8.7**
추가	WD	2	19.4	13.8	13.4	**15.5**	25.5	20.9	22.5	**23.0**		8.3	7.8	**8.1**	9.1	8.3	8.7	**8.7**
추가	WD	8	24.9	15.8	15.6	**18.8**	26.9	25.2	23.6	**25.2**	11.2	10.8	11.1	**11.0**	11.7	10.6	9.5	**10.6**
추가	WD	9	23.1	12.4	15.5	**17.0**		21.3	21.4	**21.4**	11.8	8.3	9.9	**10.0**		8.7	8.7	**8.7**

〈표 8〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018	평균
I	WD	3	10.2	20.2	25.5	**18.6**	2.6	2.7	2.1	**2.5**	53	132	47	**77**	1.7	7.2	2.5	**3.8**
I	WD	5	9.3	15.7	14.0	**13.0**	2.6	2.3	2.1	**2.3**	70	171	118	**120**	1.1	6.2	3.5	**3.6**
I	WD	7	11.0	18.5	34.1	**21.2**	2.8	2.4	2.7	**2.6**	36	64	33	**44**	4.1	2.9	3.0	**3.3**
II	WD	1	13.2	28.8	12.4	**18.1**	2.6	2.3	2.4	**2.4**	115	40	180	**112**	4.2	2.7	5.3	**4.1**
II	WD	4	14.8	24.0	20.0	**19.6**	2.2	2.3	2.7	**2.4**	22	57	63	**47**	1.7	3.1	3.4	**2.7**
II	WD	5	12.8	13.0		**12.9**	2.6	2.6		**2.6**	28	40		**34**	1.4	1.4		**1.4**
II	WD	6	9.3	24.1	12.1	**15.2**	2.5	2.2	2.4	**2.4**	44	62	62	**56**	2.0	3.3	1.8	**2.4**
III	WD	5	7.6	14.0	12.8	**11.5**	1.7	2.2	2.4	**2.1**	96	82	56	**78**	1.1	2.6	1.7	**1.8**
추가	WD	1	12.3	17.9	13.7	**14.6**	2.2	2.3	2.3	**2.3**	84	90	95	**90**	3.5	3.7	3.0	**3.4**
추가	WD	2	14.8	21.7	28.8	**21.8**	2.5	2.4	2.7	**2.5**	45	80	18	**48**	3.4	4.2	1.4	**3.0**
추가	WD	8	11.5	20.0	14.4	**15.3**	2.6	2.5	2.3	**2.5**	84	82	110	**92**	10.4	4.0	3.7	**6.0**
추가	WD	9	15.3	26.4	16.0	**19.2**	2.4	2.4	2.2	**2.3**	35	67	92	**65**	2.5	4.2	3.3	**3.3**

아래 표 9는 WM조합(연* × 미*)의 과실형질을 조사한 결과이다. WM조합은 현재 6개 개체만 생육하고 있고 아직까지는 과실특성에 있어서 우량한 형질을 발견하지 못했다. WM 조합 역시 과실형질을 조금 더 조사한 후, 조사결과에 따라 폐기(벌채) 여부를 결정할 예정이다.

〈표 9〉 WM 조합의 과실형질 조사결과

반복	조합	번호	당 도(brix)				후기 당도(brix)				최대응력(kg/㎠)				후기 최대응력(kg/㎠)			
			2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**
I	WM	7	19.8	13.8	15.4	**16.3**	27.3	21.2	21.7	**23.4**	9.0	8.0	9.4	**8.8**	9.7	8.3	8.6	**8.9**
II	WM	4	26.8	15.5		**21.2**	37.3	22.1		**19.8**	10.8	9.0		**9.9**	10.9	8.4		**9.7**
II	WM	5	29.3	17.1	22.0	**22.8**	33.4	24.4	28.2	**28.7**	11.9	10.8	11.6	**11.4**	11.7	10.1	11.3	**11.0**
III	WM	6	22.4	14.1	16.9	**17.8**	27.2	20.6	26.0	**24.6**	11.4	8.0	10.2	**9.9**	11.9	7.7	9.7	**9.8**
추가	WM	2	20.1	15.9	14.7	**16.9**	23.1	22.3	21.7	**22.4**	10.3	8.4	8.1	**8.9**	11.2	7.7	7.5	**8.8**
추가	WM	3	16.6	11.3	11.4	**13.1**		21.1	19.4	**20.3**		6.4	6.9	**6.7**		7.0	6.2	**6.6**

〈표 9〉 계속

반복	조합	번호	평균 입중(g)				함과수(개)				착구수(개)				본당 수확량(kg)			
			2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**	2016	2017	2018	**평균**
I	WM	7	8.0	17.1	19.2	**14.8**	2.8	2.5	2.4	**2.6**	85	108	67	**86.7**	3.4	4.6	3.1	**3.7**
II	WM	4	11.7	16.1		**13.9**	2.4	2.7		**2.6**	66	113		**89.5**	2.9	4.9		**3.9**
II	WM	5	11.5	18.0	9.3	**12.9**	2.6	2.6	2.3	**2.5**	105	101	94	**100**	3.4	4.7	2.0	**3.4**
III	WM	6	8.1	22.2	10.9	**13.7**	2.4	2.6	2.5	**2.5**	91	32	33	**52**	1.4	1.8	0.9	**1.4**
추가	WM	2	14.8	25.1	26.0	**22.0**	2.5	2.4	2.4	**2.4**	53	43	33	**43**	3.4	2.6	2.0	**2.7**
추가	WM	3	9.3	19.3	22.4	**17.0**	2.5	2.5	2.5	**2.5**	56	45	75	**59**	0.5	2.2	4.2	**2.3**

2016~2018년까지 3년간 인공교배에 의해 생산된 후계목 8개 조합 71본의 과실형질을 조사하였다. 3년간의 조사값은 기후 및 기상 등(최근 3년간의 가뭄)의 영향으로 인해 각 개체의 고유 특성을 반영하였다고 보기는 어렵다. 따라서 향후 지속적인 관찰 및 조사를 통해 소비자와 생산자가 요구하는 신품종을 발굴할 수 있도록 노력할 예정이다.

5. 참고 문헌

가. Kotobuki. K., T. Saito. Y. Kashimura and M. Shoda. 199. Chestnut breeding program in National Institute of Fruit Tree Science, Japan. Acta Horticulturae 494 : 323-326.

나. Lamkley. K.R. and M. Lee. 1993. Quantiative genetics, molecular marker and plant improvement. Proceeding of 10th Australian Plant Breeding Conference. Gold Coast, Australia, pp. 104-115.

다. Miller. G., D.D, Miller and R.A. Jaynes. 1996. Chestnuts. pp 99-123. In. Janick. J. and J.N. Jaynes. Fruit breeding. Vol. 3. Nuts. Wiley. New York.

라. Mchlenbacher. S.A. 2003. Progress and Prospects in nut breeding. Acta Horticulturae 622 : 57-79.

마. 김만조, 김선창, 이욱. 2006. 한국의 밤나무 품종. 국립산림과학원.

바. 김선창, 김만조, 황명수, 이문호. 2003. 밤나무 품종육성 배경과 성과. 임업연구원 산림과학논문집 66 : 145-158.

사. 안창영, 황명수, 김기철, 김선창. 1990. 밤나무 교배 차대검정에 의한 우량개체 선발. 임육연보. 26 : 84-89

아. 안창영, 황명수, 홍성호. 1996. 밤나무 교배 차대의 수확기와 과실 형질 유전. 임육연보. 32 : 42-47.

자. 안창영. 2000. 밤나무 육종연구 동향 및 금후계획. 월간 임업정보. 116 : 257-260.

차. 이욱, 김만조, 이문호, 황명수, 황석인. 2005. 밤나무 교잡종 과실의 양적특성에 관한 고찰. 한국임학회 94 : 34-38.

카. 이효신, 항상억, 박지민, 현정오, 강규석. 2014. 우리나라 임목육종 사업의 주요 성과 및 연구 동향. 한국임학회 pp 291.

밤나무 시설양묘 기술 개발
(자체 '13 ~ 종결)

【지동현, 배연태, 박선자, 김기호】

1. 목 적

이상기후로부터 밤나무 묘목생산의 안정성을 제고하고 조림 활착률 향상을 위한 시설양묘 기술 개발

2. 본 연구와 관련된 기존사실

우리나라에서 조림용 용기묘가 본격적으로 생산·식재된 역사가 짧음에도 불구하고 현재 조림현장에서는 다양한 조림 수종의 묘목을 용기묘로 식재하기를 요구하고 있다. 이와 같은 현실은 시설양묘를 통하여 생산되는 용기묘의 생산과정 뿐만 아니라 식재 후의 높은 활착률 등 전반적인 효율성의 확인에서 비롯되고 있다. 동해안 산불피해지 복원조림을 위한 소나무 용기묘의 생산식재에서 시작된 성공적인 결과(김종진 등, 2010; 정차식 등, 2006; 홍한표 등, 2000)가 상수리나무 용기묘 생산과 조림(김종진 등 2010; 김종진 등, 2006)으로 이루어 졌으며, 나아가 용기묘 생산에 대한 기술력이 축적되면서 다양한 수종의 도입을 요구하게 된 것이다(김종진 등, 2010). 외국의 경우 이미 캐나다, 미국, 핀란드와 같은 임업 선진국에서는 용기양묘에 의한 묘목생산이 산업화 되어 있으며 최근에는 멕시코, 칠레, 말레이시아, 이스라엘, 뉴질랜드 등 대부분의 나라에서 양묘형태가 노지양묘에서 용기양묘로 이미 전환 하였거나 급속히 전환하고 있는 추세이다. 하지만 용기묘에 의한 우리나라 전체 조림 비율을 보면 9~12% 수준으로 대부분의 임업선진국에 비하여는 매우 미약한 실정이다(김종진 등, 2006).

기존 용기묘에 관한 연구를 살펴보면 낙엽송의 용기묘 생산을 위한 적정 용기 탐색(김종진 등, 2010)에서 낙엽송의 1년생 용기의 최소용적 90～100㎖, 2년생 용기의 최소용적 300～500㎖을 규명하였고 조림과정에서 용기 규격에 따른 소나무 용기묘(1-1)의 생육반응(조민석 등, 2010)과 소나무 용기묘(1-0)의 생육반응(권기원 등, 2009)에서는 조림 시 적정 용기와 식재시기에 관한 연구가 진행하였다. 시설양묘과정에서 생육밀도에 따른 용기묘의

생장 및 생리적 특성(조민석 등, 2012)에서는 물푸레나무와 들메나무를 대상으로 적당한 생육밀도를 구명하였고 백합나무 등 속성수에 관한 연구 등 최근 들어 용기묘에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이처럼 소나무와 상수리나무 같은 장기수 중심에서 점점 다양한 수종으로 연구가 이루어지고 있으나 아직까지 임업인 소득하고 밀접한 밤나무 등 단기소득 임산물에 관한 연구는 진행되고 있지 않다.

밤은 2016년 현재 약 1,069억원의 농가소득을 올리는 대표적인 단기 임산물로서 국내 총 생산량은 약 53,600톤이고, 이 중 충남지역이 국내 생산량의 55%인 약 29,322톤을 생산하고 있으며, 생산액은 약 60%인 638억으로 절반 이상을 차지하고 있다.

현재 밤나무의 모든 묘목 생산이 노지생산에 의해 의존되고 있는 상황으로 점점 농촌 양묘농가의 인력난과 고령화로 인해 노지양묘가 한계에 부딪히고 있다. 또한, 최근 봄철 이상고온 및 이상저온 현상이 잦아지면서 조림활착 장애 및 묘목 동해 피해가 증가되었다. 따라서 밤나무의 경우에도 가뭄 등 기상이변에 대처할 수 있고 조림 활착률을 높일 수 있는 안정화되고 규격화된 시설양묘에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

이를 위해 본 연구에서는 밤나무 시설양묘 기술을 개발하고자 2012년 예비시험을 통해서 가능성을 검토하여 2013년부터 착수하였고, 2018년 종결년도까지 수행한 연구 내용인 밤나무에 적합한 용기규격, 상토종류 및 재배환경 관리 등의 연구내용을 정리·보고함으로써 밤나무가 노지양묘에서 실질적으로 시설양묘로 전환할 수 있는 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

3. 수행방법

가. 처리 방법

(1) 적정 용기 탐색

1) 공시 용기(상부직경×하부직경×높이)

가) 1구용기(9,900㎖) : 245㎜×185㎜×270㎜

나) 4구용기(4,700㎖) : 200㎜×140㎜×200㎜

다) 6구용기(1,300㎖) : 120㎜×80㎜×168㎜

라) 12구용기(1,050㎖) : 102㎜×70㎜×170㎜

마) 20구용기(400㎖) : 68㎜×47㎜×150㎜

※ 2014~2016년은 1구, 4구, 12구, 20구 용기 실험, 2017년부터는 1구, 4구, 6구, 12구 용기 사용

2) 용기 파종묘

2017년 춘기 용기에 파종 후 2018년 춘기 접목

3) 규격

가) 종 자 : 전년도 수확한 밤나무 종자 18.0g(±1.0)를 사용

나) 접 목 : 전년도 파종한 묘목을 대목으로 사용

4) 시험규모 : 240용기(4용기×20립×3반복)

(2) 적정 상토 탐색

1) 상토배합비

〈표 1〉 상토 배합비

구성성분 (vol,%)	대조구 (일반상토)	A	B	C
코코피트	-	25	50	70
피트모스	33	25	20	10
펄라이트	33	25	20	10
질석	33	25	10	10

2) 공시용기 : 4구 용기(4,700㎖)

3) 시험규모 : 240용기(4상토×20립×3반복)

4) 시험기간 : 상토배합비는 2013~2016년까지 수행, 2017년부터는 피트모스:펄라이트:질석 = 1:1:1의 상토 사용

나. 파종 및 접목

(1) 용기묘 파종 : 4월 중 배합비별 상토를 용기에 채운 후 종자 두께의 1.5배를 질석으로 복토

(2) 용기묘 접목 : 4월 중 절접법으로 접목(접수 : 대보 품종)

다. 생육 환경 관리

(1) 관수

○ 발아전까지 상토가 마르지 않도록 관수

○ 자동관수시스템 스프링클러 활용하였으며, 춘·추기(4, 5, 6, 10, 11월)는 2016년까지 주 2회(회당 40분), 2017년은 주 2회(회당 20분) 관수, 하계(7, 8, 9월)은 2016년까지 매일 40분, 2017년은 매일 20분 관수, 동계(12, 1, 2, 3월)는 2016년까지 매월 2회(회당 40분), 2017년은 매월 2회(회당 20분) 관수, 2018년은 시험비닐하우스를 분리하여 묘목 성장기 매일 10분, 20분, 40분 구분 관수

○ 발아유묘 80% 정도가 자엽을 충분히 펼쳤을 때부터 매일 아침 8시에 관수

(2) 시비

○ 생육초기(6월 이전) : 2016년까지는 본엽이 본격적인 생장을 시작한 시점부터 4주 후까지 멀티피트(N:P:K 19:19:19) 1,000배액을 주 1회 시비, 5주 이후부터 500배액을 주 1회 시비

○ 생육중기(8월 이전) : 2016년까지는 멀티피트(N:P:K 16:8:32) 500배액을 주 1회 시비

○ 생육후기(8월~9월 중순) : 2016년까지는 멀티피트(N:P:K 11:10:33) 500배액을 주 1회 시비

※ 2017년은 멀티피트(N:P:K 19:19:19) 1,000배액을 주 1회(하계는 주 2회) 관수와 동시에 시비하였고 2018년은 유박비료를 용기규격별 10g, 20g, 50g으로 구분하여 적정 시비량 시험

(3) 차광망 설치 : 여름철 비닐하우스 내부온도가 35℃ 이상 넘어가지 않도록 필요에 따라 차광망 설치, 그 외 시기는 제거

라. 성적 조사

○ 11월에 현존률 및 수고, 근원부(상토 위 1㎝ 부분) 직경을 측정

※ 접목묘 근원부 직경 : 접목 바로 윗부분 측정

4. 결과 및 고찰

가. 상토 배합비별 파종묘 생육상황

적정 상토 배합비를 구명하기 위하여 코코피트, 피트모스, 펄라이트, 질석의 배합비를 달리하여 파종묘의 생육상황을 조사하였다. 아래 표 2는 상토 배합비별 파종묘의 연도별 생육상황 조사결과이고 그림 1~3은 생육상황 조사요소별(간장, 근원경, 생존율) 그래프로 표시하였다. 3년간 상토 배합비별 처리 결과 용기 파종 밤나무 묘목은 평균 간장 0.61m, 근원경 0.4cm 및 생존율은 84%로서 노지파종묘보다 다소 작은 규격임을 알 수 있다. 상토 배합비별로 보면 대조구는 평균 간장 0.68m, 근원경 0.5cm로서 상토처리한 A, B, C 처리구보다 간장 및 근원경이 더 양호한 생육을 하는 것을 알 수 있으며 생존율 또한 처리구별 전체 평균과 같은 84%로 조사되었다.

따라서 밤나무 용기 파종묘의 생육은 상토 배합비와 유의성이 없는 것으로 파악되어 2017년부터는 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 1 : 1 : 1의 비율로 혼합한 상토를 전체 용기묘 생산 시험에 활용하였고, 시중에서 판매하는 산림용 원예상토도 사용 가능할 것으로 판단된다.

〈표 2〉 상토 배합비별 파종묘의 연도별 생육상황 조사결과

상토별	평 균			2014년			2015년			2016년		
	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)
평 균	**0.61**	**0.4**	**84**	**0.53**	**0.2**	**90**	**0.43**	**0.5**	**73**	**0.88**	**0.6**	**90**
대조구	**0.68**	**0.5**	**84**	0.69	0.2	93	0.45	0.6	70	0.90	0.6	90
A	**0.61**	**0.4**	**86**	0.57	0.2	88	0.40	0.5	80	0.86	0.6	90
B	**0.58**	**0.4**	**81**	0.46	0.2	87	0.43	0.5	68	0.86	0.6	88
C	**0.58**	**0.4**	**85**	0.41	0.2	92	0.44	0.5	73	0.89	0.6	91

※ 상토구분(코코피트:피트모스:펄라이트:질석) = 대조구(0:33:33:33), A(25:25:25:25), B(50:20:20:10), C(70:10:10:10)

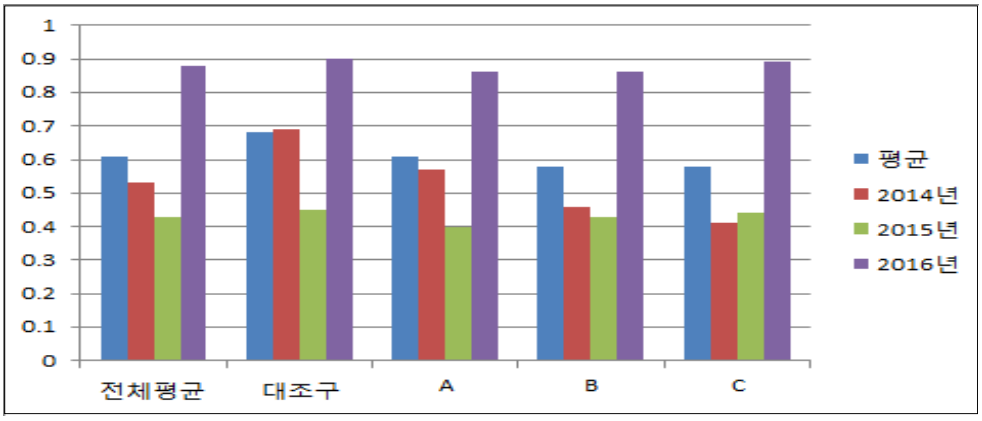


그림 1. 연도별, 상토별 파종묘의 간장(m) 생육상황 조사결과

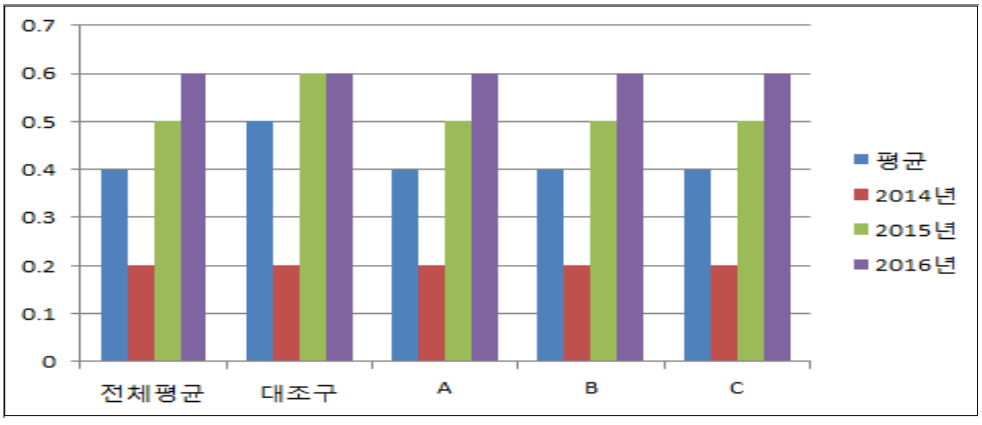


그림 2. 연도별, 상토별 파종묘의 근원경(cm) 생육상황 조사결과

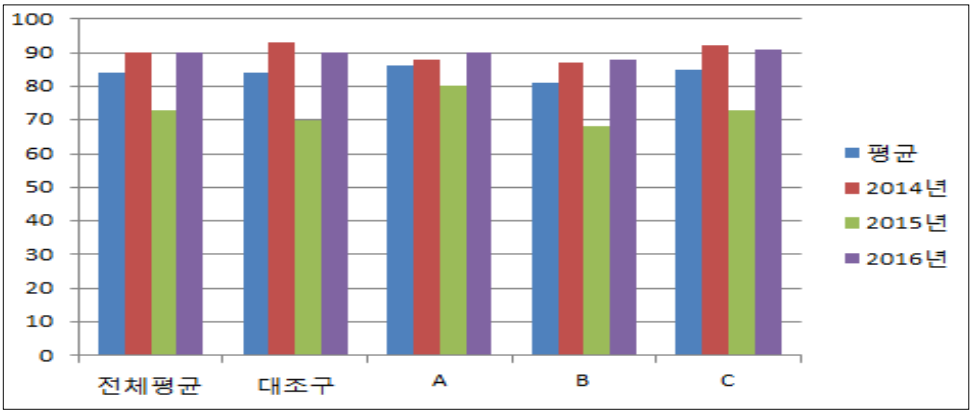


그림 3. 연도별, 상토별 파종묘의 생존율(%) 조사결과

나. 상토 배합비별 접목묘 생육상황

적정 상토 배합비를 구명하기 위하여 코코피트, 피트모스, 펄라이트, 질석의 배합비를 달리하여 접목묘의 생육상황을 조사하였다. 아래 표 3은 상토 배합비별 용기묘의 연도별 생육상황 조사결과이고 그림 4~6은 생육상황 조사요소별(간장, 근원경, 생존율) 그래프로 표시하였다. 3년간 상토 배합비별 처리 결과 용기 접목 밤나무 묘목은 평균 간장 0.44m, 근원경 1.0cm 및 생존율은 86%로서 접목묘 또한 파종묘와 마찬가지로 노지접목묘보다 다소 작은 규격임을 알 수 있다. 상토 배합비별로 보면 대조구는 평균 간장 0.40m, 근원경 1.0cm로서 상토처리한 A, C 처리구보다 간장은 다소 생육이 불량하지만 근원경 및 생존율은 다소 우수한 것으로 조사되었다.

따라서 밤나무 용기 접목묘의 생육도 파종묘와 마찬가지로 상토 배합비와는 유의성이 없는 것으로 파악되어 2018년부터는 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 1 : 1 : 1의 비율로 혼합한 상토를 전체 용기묘 생산 시험에 활용할 계획이고, 접목묘 생육 또한 시중에서 판매하는 산림용 원예상토도 사용 가능할 것으로 판단된다.

〈표 3〉 상토 배합비별 접목묘의 연도별 생육상황 조사결과

상토별	평 균			2015년			2016년			2017년		
	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)
평 균	**0.44**	**1.0**	**86**	**0.21**	**1.0**	**82**	**0.54**	**0.8**	**55**	**0.59**	**1.1**	**97**
대조구	**0.40**	**1.0**	**91**	0.20	1.0	83	-	-	-	0.59	1.0	98
A	**0.48**	**1.0**	**78**	0.25	1.0	80	0.64	0.9	55	0.55	1.1	100
B	**0.40**	**0.9**	**86**	0.20	1.0	83	0.44	0.7	85	0.55	1.0	89
C	**0.47**	**1.0**	**88**	0.20	1.0	83	0.55	0.8	80	0.66	1.1	100

※ 상토구분(코코피트:피트모스:펄라이트:질석) = 대조구(0:33:33:33), A(25:25:25:25), B(50:20:20:10), C(70:10:10:10)

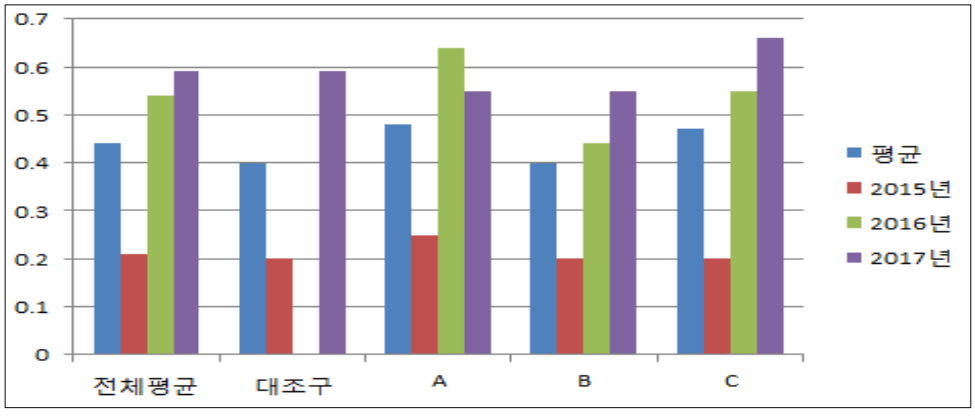


그림 4. 연도별, 상토별 접목묘의 간장(m) 조사결과

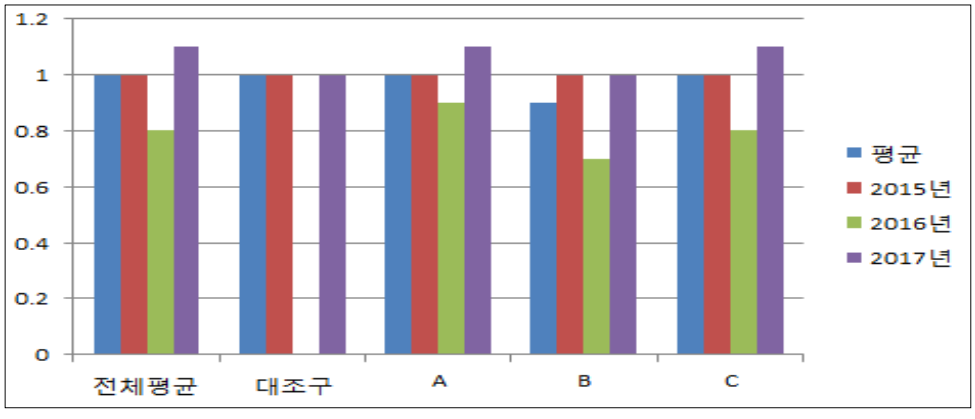


그림 5. 연도별, 상토별 접목묘의 근원경(cm) 조사결과

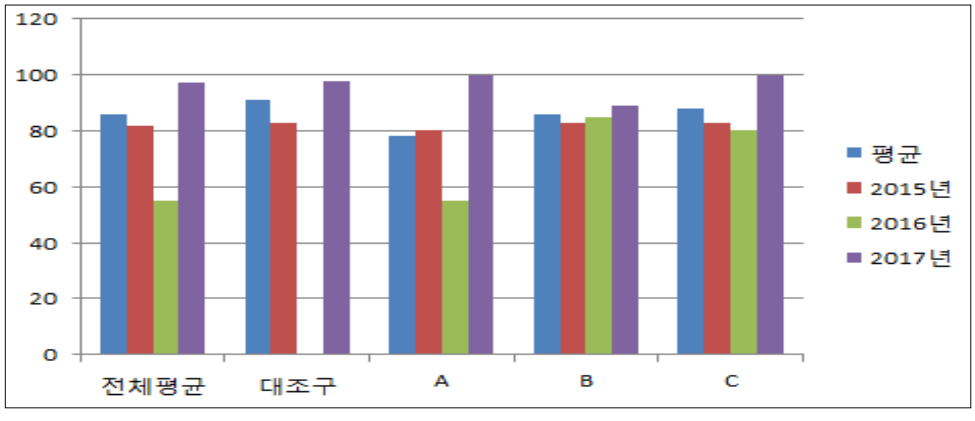


그림 6. 연도별, 상토별 접목묘의 생존율(%) 조사결과

다. 용기 규격별 생육상황

적정 용기 규격을 구명하기 위하여 1구(9,900㎖), 4구(4,700㎖), 6구(1,300㎖), 12구(1,050㎖), 20구(400㎖) 등 밤나무 파종 용기 규격을 달리하여 파종묘의 생육상황을 조사하였다. 아래 표 4는 용기 규격별 파종묘의 연도별 생육상황 조사결과이고 그림 7~9는 생육상황을 조사요소별(간장, 근원경, 생존율) 그래프로 표시하였다. 4년간 용기 규격별 처리 결과 용기 파종 밤나무 묘목은 평균 간장 0.66m, 근원경 0.5cm 및 생존율은 88%로서 대체적으로 양호한 생육상황을 보였다. 특히 시험에 있어서 관수장치를 자동화 하여 충분한 관수를 실시한 결과 용기별 파종묘의 생육은 연도별로 증가하는 경향을 보였다.

아래 표 4에서 알 수 있는 바와 같이 2014~2016년까지 사용한 20구는 파종묘의 생육 및 생존율이 다른 용기에 비해 불량하여 2017년부터는 20구를 제외하고 6구 용기를 추가하여 시험하였다. 용기가 크면 밤나무의 근계 발달은 유리하나 인건비(상토조제, 묘목 관리비 등), 재료비(용기 가격, 상토량·시비량·관수량 등) 및 운반비(묘목 운반비 등)에서 보다 많은 지출이 수반될 것이나 용기 크기가 너무 작으면 묘목의 생육이 불량하여 식재 활착률이 저조할 것으로 예상된다. 따라서 적정 용기 규격은 밤나무 묘목의 산지 식재 활착률 제고 및 용기묘 생산비용 측면에서 매우 중요하다 할 수 있다. 지금까지의 연구결과, 1구와 4구 용기는 밤나무 묘목의 생육은 양호하나 규격이 너무 커서 생산비 측면에서 단점일 것으로 예상되고 20구 용기는 묘목의 생육이 저조한 것으로 조사되었다. 따라서 6구와 12구, 즉 1,000~1,300㎖ 가량의 용기 규격이 밤나무 생육에 적합할 것으로 사료된다.

〈표 4〉 용기 규격별 파종묘의 연도별 생육상황 조사결과

용기별	평균			2014년			2015년			2016년			2017년		
	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)
평균	**0.66**	**0.5**	**88**	**0.59**	**0.2**	**91**	**0.40**	**0.5**	**72**	**0.77**	**0.6**	**92**	**0.82**	**0.6**	**93**
1구	**0.66**	**0.5**	**86**	0.67	0.2	88	0.43	0.6	75	0.79	0.6	90	0.74	0.5	89
4구	**0.67**	**0.5**	**89**	0.58	0.2	92	0.39	0.5	75	0.81	0.6	87	0.91	0.6	100
6구	**0.81**	**0.6**	**93**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.81	0.6	93
12구	**0.64**	**0.4**	**86**	0.61	0.2	90	0.38	0.4	68	0.76	0.5	97	0.82	0.6	88
20구	**0.54**	**0.4**	**85**	0.50	0.2	93	0.40	0.5	71	0.71	0.6	92	-	-	-

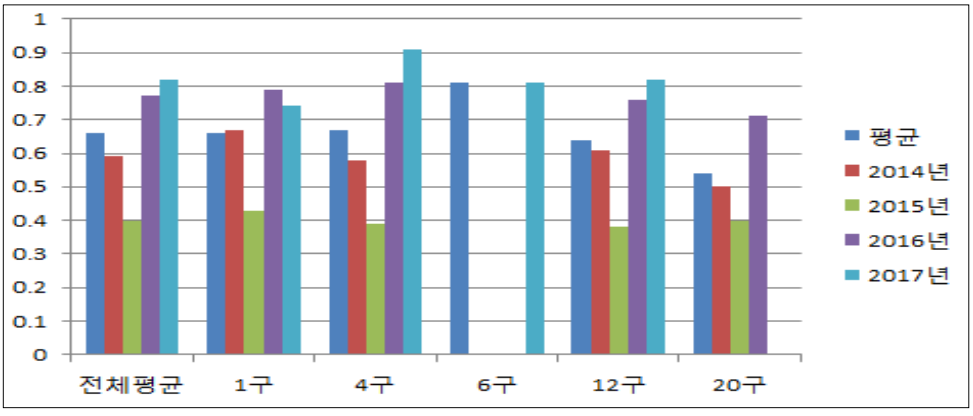


그림 7. 연도별, 용기 규격별 파종묘의 간장(m) 조사결과

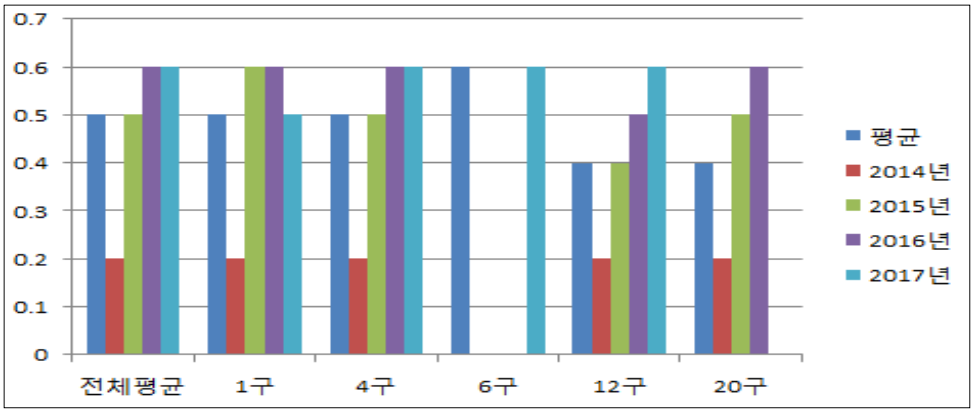


그림 8. 연도별, 용기 규격별 파종묘의 근원경(cm) 조사결과

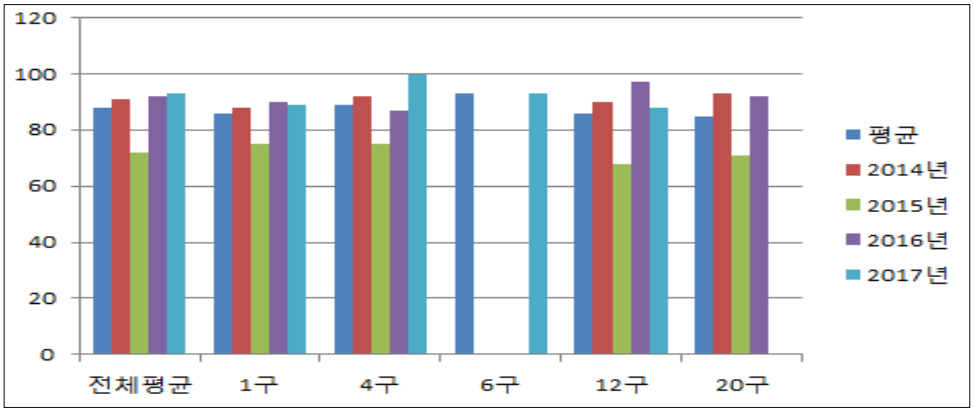


그림 9. 연도별, 용기 규격별 파종묘의 생존율(%) 조사결과

적정 용기 규격을 구명하기 위하여 1구(9,900㎖), 4구(4,700㎖), 6구(1,300㎖), 12구(1,050㎖), 20구(400㎖) 등 밤나무의 용기 규격을 달리하여 접목묘 생육상황을 조사하였다. 아래 표 5는 용기 규격별 접목묘의 연도별 생육상황 조사결과이고 그림 10~12는 생육상황을 조사요소별(간장, 근원경, 생존율) 그래프로 표시하였다. 4년간 용기 규격별 처리 결과 용기 접목 밤나무 묘목은 평균 간장 0.45m, 근원경 0.8cm 및 생존율은 74%의 생육상황을 보였다. 접목묘도 파종묘와 마찬가지로 관수장치를 자동화 하여 충분한 관수를 실시한 결과 용기별 접목묘의 생육은 연도별로 증가하는 경향을 보였다. 2016년 하계 자동관수시설의 고장으로 일부 고사목이 발생하고 생육이 저조했던 것을 감안하면 정상 생육 시, 밤나무 접목묘의 용기 내 성장은 양호할 것으로 예상되어 진다. 또한 파종묘에서 설명한 바와 같이, 1구와 4구 용기의 밤나무 생육 및 생존율은 양호하나 생산비 측면에서 다소 불리할 것으로 예상되며, 6구 접목묘는 2017년에 파종하여 2018년에 접목묘의 생육상황을 조사한 결과, 간장 0.63m, 근원경 0.6cm, 생존율 93%로 비교적 양호한 것을 알 수 있었다.

〈표 5〉 용기 규격별 접목묘의 연도별 생육상황 조사결과

용기별	평 균			2015년			2016년			2017년			2018년		
	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)	간장(m)	근원경(cm)	생존율(%)
평균	**0.45**	**0.8**	**74**	**0.21**	**0.8**	**70**	**0.39**	**0.7**	**35**	**0.50**	**1.0**	**94**	**0.69**	**0.7**	**96**
1구	**0.54**	**0.9**	**82**	0.24	0.9	80	0.51	0.8	48	0.68	1.1	100	0.74	0.8	100
4구	**0.55**	**0.9**	**83**	0.24	0.8	85	0.43	0.7	50	0.68	1.1	100	0.84	0.8	98
6구	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.63	0.6	93
12구	**0.36**	**0.8**	**67**	0.21	0.8	73	0.27	0.7	10	0.38	1.1	89	0.57	0.6	94
20구	**0.25**	**0.7**	**53**	0.15	0.7	40	0.36	0.7	32	0.25	0.6	86	-	-	

※ 용기규격 구분은 파종묘와 동일, 2016년은 하계 자동 관수시설 고장으로 공시목 고사 및 생육 저조현상 발생

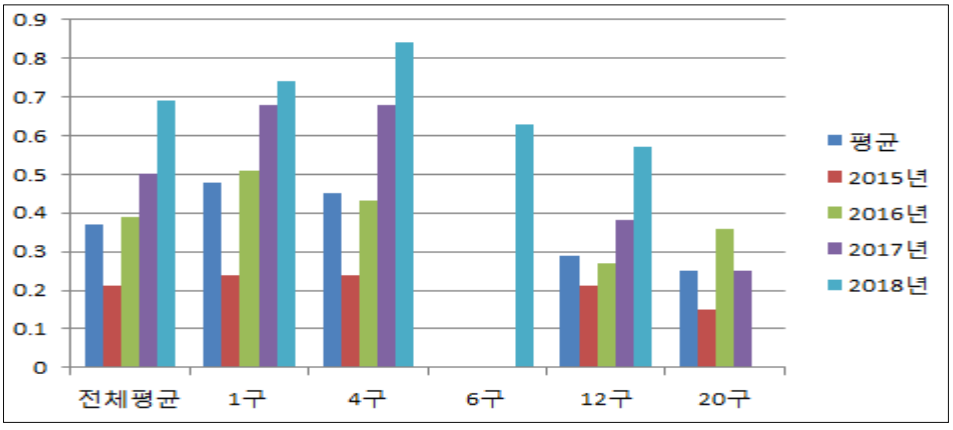


그림 10. 연도별, 용기 규격별 접목묘의 간장(m) 조사결과

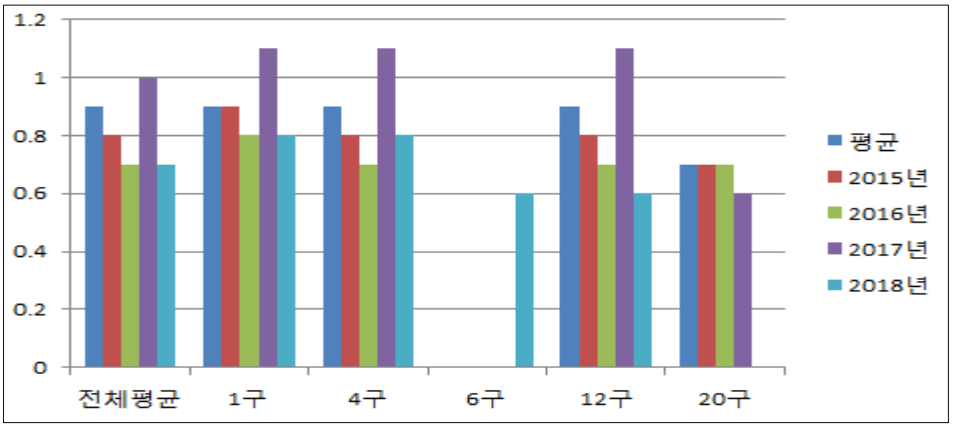


그림 11. 연도별, 용기 규격별 접목묘의 근원경(cm) 조사결과

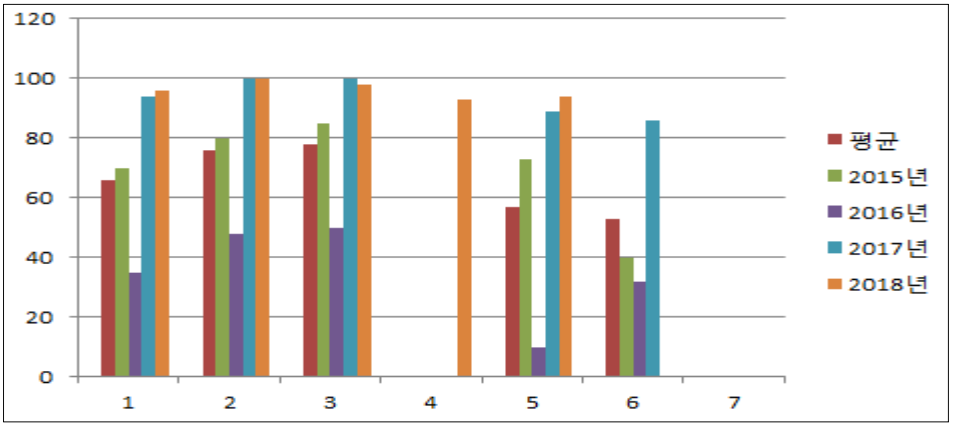


그림 12. 연도별, 용기 규격별 접목묘의 생존율(%) 조사결과

라. 추가 시비에 따른 생육상황

위의 수행방법에서 설명하였듯이 밤나무 용기묘 생산을 위한 시비는 생육초기(6월 이전)에 2016년까지는 본엽이 본격적인 생장을 시작한 시점부터 4주 후까지 멀티피트(N:P:K 19:19:19) 1,000배액을 주 1회 시비, 5주 이후부터 500배액을 주 1회 시비하였고, 생육중기(8월 이전)에 2016년까지는 멀티피트(N:P:K 16:8:32) 500배액을 주 1회 시비하였고, 생육후기(8월~9월 중순)에 2016년까지는 멀티피트(N:P:K 11:10:33) 500배액을 주 1회 시비하였다. 단 2017년은 멀티피트(N:P:K 19:19:19) 1,000배액을 주 1회(하계는 주 2회) 관수와 동시에 시비하였다.

앞에 설명한 바와 같이, 밤나무 용기묘는 적당량의 관수가 생육에 매우 중요한 요인으로 작용을 하며 이와 더불어 시비량도 중요한 요인일 것으로 추측되어 적정 시비량을 구명하고자 2017년에는 액비 시비 외에 유박비료 추가 시비 시험을 수행하였다.

표 6은 2017년에 3종의 용기 규격에 유박비료 10g씩 동일량을 추가 시비한 파종묘의 생육상황을 조사한 결과이다. 즉 무처리구는 액비만 시비하였고 처리구는 액비 외에 유박비료를 처리하였다. 그 결과 처리구와 무처리구의 생육상황은 큰 차이가 없는 것으로 조사되었으나 추가 시비한 양이 너무 적어서 이러한 결과가 도출되었을 수도 있어 추가적인 연구로 표 7의 시험을 수행하였다.

〈표 6〉 용기 규격별 동일량의 유박비료 추가 시비에 따른 파종묘의 생육상황

처리별	평균			9,900㎖용기			4,700㎖용기			1,300㎖용기		
	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)
무처리구	0.82	0.6	94	0.74	0.5	89	0.91	0.6	100	0.81	0.6	93
처리구	0.83	0.6	87	0.76	0.5	90	0.87	0.6	90	0.87	0.6	80

※ 처리구는 용기 규격별 동일량 10g씩 추가시비

표 7은 동일한 4구 용기(4,700㎖)에 10g, 20g, 40g으로 시비량을 구분하여 처리한 접목 용기묘의 생육상황을 조사한 결과이다. 처리구의 평균 간장은 0.81m, 근원경은 1.2cm, 생존율은 98%로서 무처리구 평균 간장 0.59m, 근원경 1.1cm, 생존율 96%보다 월등히 우수한 생육을 하였다. 또한 10g에서 40g으로 시비량이 증가한 결과 간장은 큰 폭으로 증가했음을 알 수 있었다. 즉 동일 규격의 용기에서 유박비료량 증가는 밤나무 묘목의 생육과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

〈표 7〉 동일 규격의 용기에 유박비료 추가 시비량 조절에 따른 접목묘의 생육상황

처리별	평균			10g 추가시비			20g 추가시비			40g 추가시비		
	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)	간장 (m)	근원경 (cm)	생존율 (%)
무처리구	0.59	1.1	96	0.55	1.1	100	0.55	1.0	89	0.66	1.1	100
처리구	0.81	1.2	98	0.77	1.3	97	0.74	1.2	100	0.91	1.2	97

※ 용기는 동일(4,700㎖) 규격 사용

마. 적정 시비량 구명

기존 연구 결과에 의해 밤나무 용기묘의 생육을 촉진하기 위해서는 시비가 필요함을 알 수 있었다. 그러나 기존 연구 방법은 관수 시에 액비를 용해하여 시비하는 방법을 사용하였으나, 액비는 가격이 비싸 농가에 부담으로 작용할 수 있다. 따라서 가격이 저렴하고 편하게 시비할 수 있는 방법을 찾고자 아래와 같이 밤나무가 심어져 있는 용기에 1년에 한번 유박비료를 시비하면 경제적이고 간편한 방법이라 판단되어 각각의 용기 규격별 시비량을 조절(10g, 20g, 50g)하여 생육상황을 조사하였다.



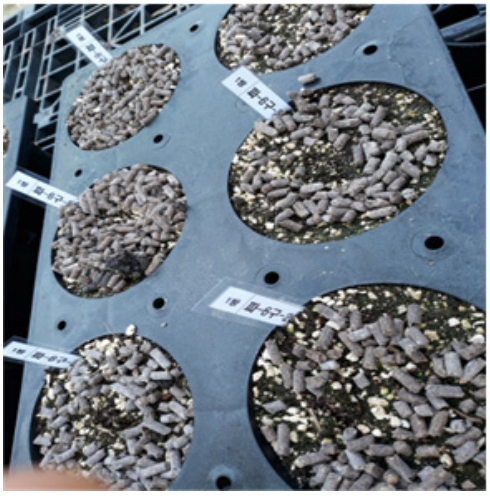


그림 13. 밤나무 용기묘 시비 장면

아래 표 8과 그림 14에서 알 수 있듯이, 무시비(대조구)에 비해 유박비료를 시비한 처리구의 생육상황이 매우 우수함을 알 수 있었다. 또한 시비량이 증가할수록 밤나무 접목묘의 생육상황(수고, 근원경)이 우수함을 알 수 있어, 액비가 아닌 유박비료 년 1회 시비로도 충분히 생육을 촉진시킬 수 있음을 알 수 있다. 향후 밤나무 용기 규격묘(저접묘)의 기준이 수립된다면 적정 시비량 또한 정해질 수 있다고 판단된다.

〈표 8〉 밤나무 접목묘의 용기규격·시비량별 생육상황 조사결과

용기별	구 분	평균	시 비 량			대조
			10g	20g	50g	
평균	**수 고(m)**	**0.69**	**0.72**	**0.78**	**0.80**	**0.49**
	근원경(mm)	**6.75**	**6.75**	**7.33**	**7.74**	**5.19**
1구	수 고(m)	**0.74**	0.68	0.85	0.89	0.54
	근원경(mm)	**7.49**	7.42	8.04	8.75	5.76
4구	수 고(m)	**0.84**	0.88	0.84	1.08	0.54
	근원경(mm)	**7.73**	7.64	7.74	9.90	5.62
6구	수 고(m)	**0.63**	0.69	0.72	0.70	0.41
	근원경(mm)	**6.21**	6.36	7.36	6.67	4.45
12구	수 고(m)	**0.57**	0.61	0.69	0.52	0.46
	근원경(mm)	**5.58**	5.57	6.17	5.64	4.94

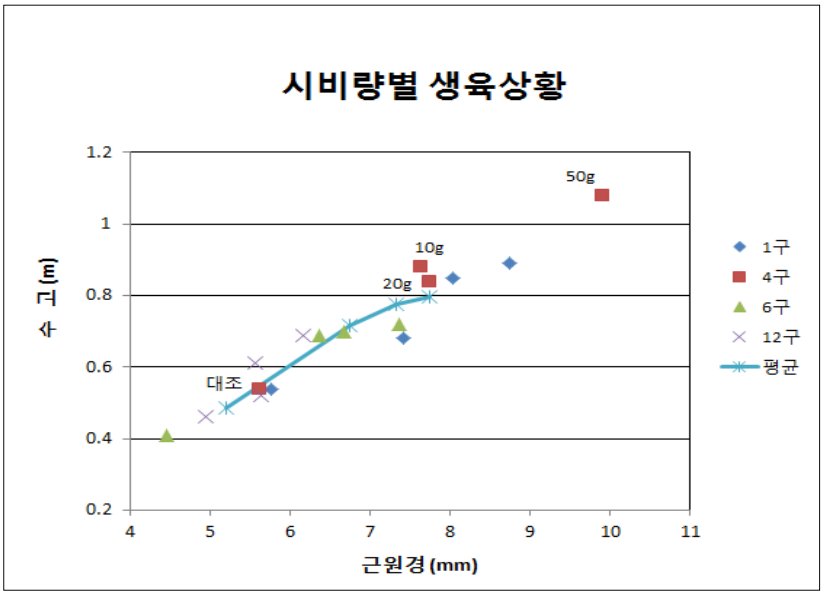


그림 14. 밤나무 접목묘의 용기규격·시비량별 생육상황 조사결과

바. 적정 관수량 구명

밤나무 용기묘의 생육을 위해 춘·추기는 주 2회, 하계는 매일, 동계는 매월 1회 회당 20분씩 자동관수시스템을 사용하여 관수하였다. 그러나 용기묘에 있어 관수량은 매우 중요한 생장요인이기 때문에 관수량이 적으면 밤나무 용기묘의 생육이 저조하고 관수량이 많으면 생산비 상승은 물론 물의 낭비를 초래할 수 있어 적정 관수량 구명은 밤나무 용기묘 개발에 필수 조건이라 여겨진다.

표 9는 규격별 용기에 스프링클러를 이용하여 20분간 관수 시, 용기에 들어가는 물의 양(관수량)과 용기 밑으로 흘러 나오는 양(유수량)을 측정하였고, 용기 밑으로 흘러 나오지 않는 물을 흡수량으로 산정하였다. 그러나 1구 용기는 기존 상토에 있던 물까지 용탈하여 관수량보다 유수량이 더 많았지만 4구, 6구 및 12구는 각각 43㎖, 35㎖, 9㎖씩 흡수하는 것으로 조사되었다.

〈표 9〉 용기 규격별 관수량 및 흡수량

구 분	1구	4구	6구	12구
관수량	450	228	111	72
유수량	470	185	76	63
흡수량	-	43	35	9

※ 스프링클러를 이용한 20분 관수 시 조사결과임(㎖)

2018년은 아래 표 10과 그림 15와 같이, 용기규격별 관수량을 달리하여 밤나무 생육상황을 조사하였다. 밤나무 접목묘의 용기 규격별 관수시간을 10분, 20분, 40분으로 구분하여 매일 일정량을 관수한 결과, 4구 용기는 관수량이 증가하면 밤나무 접목묘의 생육도정의 상관관계를 이루었으나, 1구 용기는 관수량이 증가하면 밤나무 접목묘의 생육이 부의 상관관계를 이루고 있어 그 원인 규명이 필요할 것으로 판단된다. 또한 적정 관수량은 밤나무 용기묘의 규격이 정해지면 그에 따른 추가 연구가 필요할 것이다.

〈표 10〉 밤나무 접목묘의 용기규격·관수량별 생육상황 조사결과

관수량	구 분	평균	1구	4구	6구	12구
10분 관수	수 고(m)	0.76	0.89	0.94	0.62	0.58
	근원경(mm)	6.67	8.15	7.85	5.76	4.91
20분 관수	수 고(m)	0.69	0.73	0.79	0.69	0.56
	근원경(mm)	6.99	7.65	7.58	6.84	5.91
40분 관수	수 고(m)	0.64	0.60	0.84	0.53	0.58
	근원경(mm)	6.35	6.52	7.89	5.40	5.58

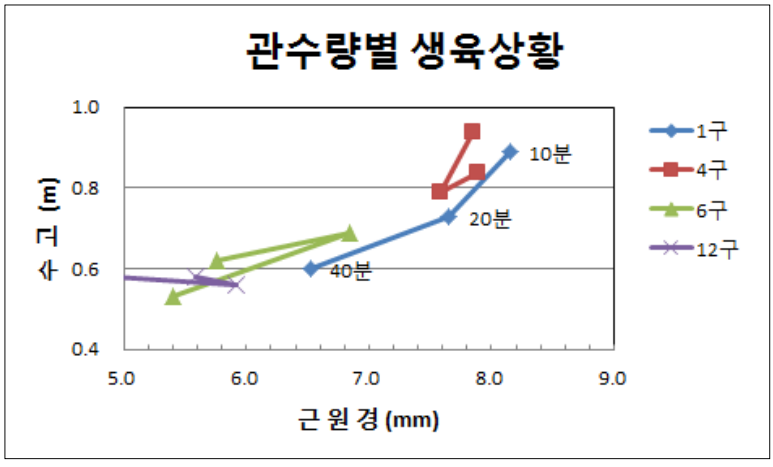


그림 15. 밤나무 접목묘의 용기규격·관수량별 생육상황 조사결과

5. 결론 및 요약

가. 상토 배합비별 파종묘 생육상황

2014~2016년까지 밤나무 파종 용기묘의 상토 배합비를 코코피트 : 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 대조구(0 : 33 : 33 : 33), A(25 : 25 : 25 : 25), B(50 : 20 : 20 : 10), C(70 : 10 : 10 : 10)으로 구분하여 파종한 결과, 밤나무 파종 용기묘 생육과 상토 배합비는 유의성이 없는 것으로 판단되었다.

나. 상토 배합비별 접목묘 생육상황

2014~2016년까지 밤나무 접목 용기묘의 상토 배합비를 코코피트 : 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 대조구(0 : 33 : 33 : 33), A(25 : 25 : 25 : 25), B(50 : 20 : 20 : 10), C(70 : 10 : 10 : 10)으로 구분하여 생육상황을 관찰하고 성적조사한 결과, 밤나무 접목 용기묘 생육과 상토 배합비는 유의성이 없는 것으로 판단되었다.

다. 용기 규격별 생육상황

밤나무 용기 규격을 1구(9,900㎖), 4구(4,700㎖), 6구(1,300㎖), 12구(1,050㎖), 20구(400㎖)로 구분하여 파종묘 및 접목묘의 생육상황을 조사한 결과, 20구 용기는 생육이 불량하였고, 1구, 4구, 6구, 12구 용기는 생육이 양호하였으나, 묘목 생산비(인건비, 재료비, 운반비 등)를 감안할 경우 1,000~1,300㎖가 적합한 것으로 판단되었다.

라. 추가 시비에 따른 생육상황

2017년에 멀티피트(N : P : K = 19 : 19 : 19) 1,000배액을 춘·추기 주 1회 회당 20분간, 하계 주 2회 회당 20분간 액비 시비 하는 것 외에 유박비료를 추가 시비한 결과, 동일 규격(4,700㎖)의 용기묘에서는 추가 시비량이 10g → 40g으로 증가할수록 생육이 양호한 것으로 조사 되었다.

마. 적정 시비량 구명

비교적 가격이 저렴하고 간편하게 시비할 수 있는 유박비료를 용기규격별 10g, 20g, 50g으로 구분하여 시비한 결과, 시비량이 증가할수록 밤나무 접목묘의 생육도 우수함을 알 수 있었다.

바. 적정 관수량 구명

밤나무 접목묘를 용기 규격별로 구분하여 스프링클러를 이용, 매일 10분, 20분, 40분간 관수한 결과, 4구 용기는 관수량이 증가하면 밤나무 접목묘의 생육도 정의 상관관계를 이루었으나 1구 용기는 관수량이 증가하면 밤나무 접목묘의 생육이 부의 상관관계를 이루고 있어 그 원인 규명이 필요할 것으로 판단된다.

6. 참고 문헌

가. 권기원, 조민석, 김길남, 이수원. 2009. 조림 시기에 따른 소나무 용기묘(1-0)의 생육반응. 한국임학회 정기 학술연구발표회 : 245-246

나. 김종진, 윤택승, 조혜경, 송국현. 2006. 소나무·상수리나무 용기묘와 노지묘의 생육 비교분석 및 효율적인 조림방안연구. 산림청. pp10-221

다. 김종진, 이경재, 송기선, 차영근, 정영숙, 이종화, 윤택승. 2010. 낙엽송의 용기묘 생산을 위한 적정용기 탐색. 한국임학회지 99(4): 638~643

라. 산림청. 2016. 임업통계연보.

마. 이수원, 조민석, 이상태. 2012. 주요활엽수의 추기 조림에 따른 생육반응. 2012 산림과학공동학술대회 : 592-594

바. 정차식, 박인동, 유세원. 2006. 강송 용기묘·노지묘 생육상황 비교에 관한 연구. 동부지방산림청 현장기술 Report 2호 : 1-7

사. 조민석, 김길남, 권기원, 이수원. 2010. 조림과정에서 용기 규격에 따른 소나무 용기묘(1-0)의 생육반응.한국임학회 정기 학술연구발표회 2010:.243-246

아. 조민석, 이수원, 김재원. 2012. 시설양묘과정에서 생육밀도에 따른 용기묘의 생장 및 생리적 특성. 2012 산림과학공동학술대회 : 586-588

자. 홍한표, 이명보, 윤종규, 이정주, 윤택승, 김원극, 홍성각, 김종진, 이지현, 이정식, 정순신, 김귀순. 2000. 시설양묘를 이용한 묘목의 대량생산 시업기술 개발. 농림부 pp 400.

활엽수 용재 수종의 조림기술 개발 연구
(공동 '15 ~ 4년차)

【조현선, 유원호, 김연태, 김기호】

1. 목 적

활엽수의 경제적 가치 증진 및 활용도 제고를 위한 적정 식재기술을 규명하고 조림지 풀베기 작업 생력화를 위한 조림기술 개발

2. 본 연구와 관련된 기존사실

우리나라의 산림면적은 2010년을 기준으로 6,369천ha로 전체 국토면적의 63.7%에 해당하는데, 이 중 침엽수림이 40.5%로 가장 넓게 분포하고, 활엽수림이 27.0%, 혼효림이 29.3%, 기타 죽림과 무립목지 순으로, 침엽수림의 비율은 점차 감소하고 활엽수림과 혼효림의 비율은 증가하는 추세이다(산림청, 2014). 수종별로는 소나무류와 참나무류가 각각 21.9%, 24.2%를 차지하여 우리나라 대표적인 수종이다(산림청, 2014).

윤재호(1959)는 일찍부터 활엽수 육림에 대한 필요성을 주장하였으나, 여러 가지 원인으로 활엽수의 조림은 실적이 매우 부진하였으며, 수종별 용도가 개발되어 활엽수종에 대한 관심이 높아져 활엽수 조림이 1970년대 말부터 시험적으로 시도되었다.(김갑태, 2003) 우리나라의 활엽수림은 대부분 천연림으로서 넓은 면적에 걸쳐 참나무류, 물푸레나무, 피나무, 음나무, 층층나무, 고로쇠나무 등 다양한 수종들로 구성되어 있으며 혼효림의 형태로 이루어져 있다. 그러나, 이에 대한 종구성과 혼효형에 관한 연구와 주요 수종에 관한 조림학적 분석은 미비한 편이다. 특히 참나무류를 제외한 유용활엽수종에 관한 혼효형과 혼효형에 따른 임분구조와 수종별 임목본수의 발달에 관한 연구는 초보적인 단계에 있다.(배상원 외, 2002)

1980년대까지 지속된 대면적 개벌과 침엽수 위주의 단순림을 조성하는 조림정책은 조림수종의 생태적 특성이 조림지의 환경조건과 부합되지 않고 지속적인 무육관리가 부실하여 전생수의 씨모와 맹아에 밀려 조림 실패지가 생겨나는 문제점이 최근에 많이 지적되고 있다. 다양한 활엽수에 대한 수요가 급증하고 생태적으로 건전한 숲관리나 다양한 목재수요의 충족이라는 필요에 의하여 활엽수 조림은 점진적으로 확대될 수 없는 실정이다,(김갑태, 2003)

또한 과거 치산 녹화기에 조림하였던 우리의 산림자원도 점차 벌기령에 도달하는 입목 축척의 증가로(원경록 외, 2014) 벌채가 확대되면서 재조림과 관련한 내용은 중요하게 부각되고 있으며, 실질적인 조림면적도 증가하는 추세이다. 더불어 산림청에서는 현재 21,000ha 수준의 연간 조림 면적을 점진적으로 30,000ha까지 확대할 계획으로 적정한 조림기술 개발이 필요한 시점이다.

그러나 아직까지 우리나라에 맞는 잣나무 낙엽송 등 일부조림수종에 대한 시업체계는 정립되어 있으나 우리나라 대표수종인 참나무와 소나무에 대한 시업체계정립 미흡하며, 특히 과거부터 지금까지 단순 인공림 위주의 사업 추진으로 혼효 조림에 대한 연구는 더욱 미약하다.

식재방법뿐만 아니라 조림지 사후 관리 분야에 있어 풀베기 작업의 중요성이 날로 커지고 있으며, 향후 조림 면적이 증가할 경우 풀베기 작업을 위한 소요 경비 역시 증가할 것이기에 이와 관련한 경비 절감 내지는 생력화를 위한 조림기술 개발이 요구된다.

따라서 본 연구를 통해 활엽수 경제적 가치 증진 및 활용도 제고를 위한 적정 식재기술 구명하여 풀베기 작업의 생력화를 위한 조림 기술 개발하고 활엽수의 혼효 식재에 따른 조림목 생장 및 토양 특성 변화와 생리특성 변화 조사를 통해서 혼효식재 방법에 대한 적정 조림기술을 개발하고자 한다.

3. 수행방법

가. 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명

풀베기 작업 생력화를 위한 밀식 방법 규명을 위하여 충청남도 부여군 외산면 수신리 산 12번지 충청남도 소유 도유림내에 2.4ha에 2015년도 졸참나무 묘목(1-0)을 식재하여 시험림을 조성하였다. 밀도별 처리내역은 1.8×1.8m, 1.4×1.4m, 1.2×1.2m, 1.0×1.0m 4가지 유형의 식재간격으로 3개 시험구로 구획하였고 시험 조사의 효율성을 위하여 50본의 조사구를 처리별로 3반복씩 표2와 같이 총 600본의 공시목을 선정하였다.

식재 후 풀베기 작업 및 잡관목 제거 등 시험지 관리 작업을 지속적으로 실시하였으며, 매년 생장 조사를 실시하였다.

〈표 2〉 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명 시험지 공시목 선정내역

(단위 : 본)

식재간격	반복	공시목선정본수
계		600
1.0×1.0m	소계	150
	1	50
	2	50
	3	50
1.2×1.2m	소계	150
	1	50
	2	50
	3	50
1.4×1.4m	소계	150
	1	50
	2	50
	3	50
1.8×1.8m	소계	150
	1	50
	2	50
	3	50

나. 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구

충남 공주시 정안면 대산리 산 93-1번지 시험림내에 2ha에 2016년 3월 28일부터 4월 3일까지 물푸레나무(1-0)와 졸참나무(1-0) 묘목을 1.4m 간격으로 식재하였으며, 혼효 방법에 따른 차이를 알아보기 위해 그림1과 같이 시험구역을 구획하여 1열 혼효, 2열 혼효, 3열 혼효 처리하였다.

조림 직후 생장특성을 알아보기 시험조사구를 구획하고 표3 같이 공시목을 선정하여 수고와 근원경을 측정하였으며, 생장종료 후(2016년 8월) 초기 생장특성을 알아보기 위하여 생장량 조사와 활착률 조사를 실시하였고 풀베기 작업 및 잡관목 제거 등 시험지 관리 작업을 지속적으로 실시하였으며, 매년 생장 조사를 실시하였다.

수고의 경우 수고자를 이용해 지면에서부터 줄기 끝부분까지 측정하였으며, 근원경은 지면에서 2㎝ 정도 상단부를 측정하였다.



그림 1. 시험구 배치도

〈표 3〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 공시목 선정내역

(단위 : 본)

시험구	반복	공시목본수		
		계	물푸레나무	졸참나무
계		294	147	147
1열혼효	소계	84	42	42
	1	28	14	14
	2	28	14	14
	3	28	14	14
2열혼효	소계	84	42	42
	1	28	14	14
	2	28	14	14
	3	28	14	14
3열혼효	소계	126	63	63
	1	42	21	21
	2	42	21	21
	3	42	21	21

4. 결과 및 고찰

가. 시험지 관리

시험지 관리 내용은 임내관리(풀베기, 잡관목 제거, 고사목 제거 등) 및 병해충 예찰로 다음 그림과 같다.



1차 풀베기 작업



2차 풀베기 작업



작업 후

그림 2. 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명 시험지 풀베기 작업



1차 풀베기



2차 풀베기



작업 후

그림 3. 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 시험지 풀베기 작업 사진

나. 생육상황 조사

1) 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명

표4에서와 같이 밀도시험 전체 평균 생존율은 78%였으며, 1.4m 간격 시험구에서 86%로 가장 높았으며, 1.0m 간격 시험구(64%)로 가장 낮게 나타났다.

〈표 4〉 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명 시험 생존율

(단위 : 본, %)

식재간격	반복	조사본수	생존본수	고사본수	생존율
계		600	499	101	78
1.0X1.0m	소계	150	96	54	64
	1	50	26	24	52
	2	50	35	15	70
	3	50	35	15	70
1.2X1.2m	소계	150	107	43	71
	1	50	34	16	68
	2	50	39	11	78
	3	50	34	16	68
1.4X1.4m	소계	150	134	16	86
	1	50	42	8	84
	2	50	42	8	84
	3	50	45	5	90
1.8X1.8m	소계	150	121	29	74
	1	50	34	16	68
	2	50	46	4	92
	3	50	31	19	62

표5, 표6에서 보는 바와 같이 평균수고는 1.2X1.2m(246.2cm) 간격 시험구에서 가장 높게 나타났으며, 평균근원경은 1.8X1.8m(40.4㎜) 간격 시험구에서 가장 높게 나타났다.

〈표 5〉 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명 시험 수고 생장량 집계표

(단위 : ㎝)

식재간격	초기	15년	16년	17년	18년	생장량	
						18년 연간생장량	기간생장량 (15~18년)
1.0X1.0m	64.4	83.5	124.5	197.6	242.0	44.4	177.6
1.2X1.2m	66.5	89.7	144.1	191.9	246.2	54.3	179.7
1.4X1.4m	70.0	85.6	129.8	196.0	245.3	49.3	175.3
1.8X1.8m	62.6	81.9	132.3	178.6	230.6	52.0	168.0

〈표 6〉 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명 시험 근원경 생장량 집계표

(단위 : ㎜)

식재간격	초기	15년	16년	17년	18년	생장량	
						18년 연간생장량	기간생장량 (15~18년)
1.0X1.0m	4.69	10.09	15.24	28.5	37.2	8.7	32.5
1.2X1.2m	5.09	10.97	16.87	30.4	38.5	8.1	33.5
1.4X1.4m	5.45	10.61	14.91	29.8	39.5	9.7	34
1.8X1.8m	4.97	9.63	16.38	31	40.4	9.4	35.4

2) 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구

〈표 7〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 시험 졸참나무 생존율

(단위 : 본, %)

시험구	반복	조사본수	생존본수	고사본수	생존율
전체		147	115	43	79%
1열혼효	계,평균	42	31	11	74%
	1	14	10	4	71%
	2	14	11	3	79%
	3	14	10	4	71%
2열혼효	계,평균	42	33	9	79%
	1	14	10	4	71%
	2	14	11	3	79%
	3	14	12	2	85%
3열혼효	계,평균	63	51	12	81%
	1	21	11	10	52%
	2	21	17	4	81%
	3	21	16	5	76%

〈표 8〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 시험 물푸레나무 생존율

(단위 : 본, %)

시험구	반복	조사본수	생존본수	고사본수	생존율
전체		147	140	7	95%
1열혼효	계,평균	42	41	1	98%
	1	14	14	0	100%
	2	14	14	0	100%
	3	14	13	1	93%
2열혼효	계,평균	42	41	1	98%
	1	14	14	0	100%
	2	14	13	1	93%
	3	14	14	0	100%
3열혼효	계,평균	63	58	5	92%
	1	21	20	1	95%
	2	21	19	2	90%
	3	21	19	2	90%

표7, 표8에서 보는 바와 같이 생존율은 졸참나무 79%, 물푸레나무는 95%로 상대적으로 물푸레나무 생존율이 높게 나타난 것으로 조사되었다.

〈표 9〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 시험 졸참나무 수고 생장량 집계표

(단위 : cm)

시험구	초기	16년	17년	18년	생장량	
					18년 연간생장량	기간생장량 (16년~18년)
1열혼효	41.2	55.9	97.9	167.3	69.4	126.1
2열혼효	39.6	58.5	112.2	157.6	45.4	118.0
3열혼효	41.7	54.5	106.4	139.7	33.3	98.0

〈표 10〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 시험 졸참나무 근원경 생장량 집계표

(단위 : ㎜)

시험구	초기	16년	17년	18년	생장량	
					18년 연간생장량	기간생장량 (16년~18년)
1열혼효	7.1	12.8	18	31.1	13.1	24.0
2열혼효	6.3	13.9	22.15	27.4	5.3	21.1
3열혼효	7	14.7	20.3	28.4	8.1	21.4

표9, 표10에서 보는 바와 같이 졸참나무 평균 수고는 1열 혼효(167.3cm)에서 가장 높게 나타났으며, 평균 근원경도 1열 혼효(31.1㎜)에서 가장 높게 나타났다.

〈표 11〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 시험 물푸레나무 수고 생장량 집계표

(단위 : ㎝)

시험구	초기	16년	17년	18년	생장량	
					18년 연간생장량	기간생장량 (16년~18년)
1열혼효	53.6	78.2	115.9	163.1	47.2	109.5
2열혼효	49.9	68.7	110	165.3	55.3	115.4
3열혼효	49.5	69.8	113.6	171.7	58.1	122.2

〈표 12〉 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구 시험 물푸레나무 근원경 생장량 집계표

(단위 : ㎜)

시험구	초기	16년	17년	18년	생장량	
					18년 연간생장량	기간생장량 (16년~18년)
1열혼효	9.8	15.9	17.5	28.4	10.9	18.6
2열혼효	9.8	15.9	20	24.5	4.5	14.7
3열혼효	10.3	15.1	20.3	27.8	7.5	17.5

표11, 표12에서 보는 바와 같이 물푸레나무 평균 수고는 3열 혼효(171.7m)에서 가장 높게 나타났으며, 평균 근원경은 1열 혼효(28.4㎜)에서 가장 높게 나타났다.

5. 요 약

가. 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명

- 수고 기간생장량(15~18년)은 1.2×1.2m 시험구가 179.7㎝로 가장 높았으며, 수관 관섭이 가장 적은 1.8×1.8m 시험구는 168.0㎝로 수고생장이 가장 저조한 것으로 조사되었다.
- 근원직경 기간생장량(15~18년)은 1.8×1.8m시험구에서 35.4㎜로 가장 높았고, 수관 관섭이 가장 많은 1.0×1.0m 시험구는 32.5㎜로 가장 낮은 것으로 나타났다.
- 조림 2년차의 경우 수관이 간섭을 일으키는 정도로 자라지 못해 식재밀도에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 3년차부터 어느 정도 수고와 직경 생장에 영향을 미친 것으로 조사되었다.

나. 활엽수 혼효식재지 내 조림목 초기 생장 특성 연구

- 수고 기간생장량(16~18년)은 졸참나무의 경우 1열혼효 시험구 126.1㎝, 2열혼효 시험구 118.0㎝, 3열혼효 시험구 98.0㎝로 순으로 조사되었으며, 물푸레나무의 경우 3열혼효 시험구 122.2㎝, 2열혼효 시험구 115.4㎝, 3열혼효 시험구 109.5㎝ 순으로 조사 되었다.
- 근원직경 기간생장량(16~18년)은 졸참나무의 경우 1열혼효 시험구 24.0㎜, 3열혼효 시험구 21.4㎜, 2열 혼효 시험구 21.1㎜로 조사되었고, 물푸레나무는 1열혼효 시험구 18.6㎜로 3열혼효 시험구 17.5㎜, 2열혼효 시험구 14.7㎜순으로 조사되었다.
- 조림 3년차 성적은 당초 식재할 당시 묘목 상태에 따른 영향으로 혼효방법에 따른 영향은 미미할 것으로 보여지며, 향후 꾸준한 생장특성을 관찰해야 할 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

가. 산림청. 2014. 산림과 임업 동향에 관한 연차보고서

나. 산림청. 2014. 임업통계연보

다. 김갑태. 2003. 생태적 숲관리와 조림문제. 한국환경생태학회지 pp. 106

라. 윤재호, 1959. 활엽수를 증식하여 산림의 내외를 개선해야한다. 지방행정 73 : 157~166

마. 배상원, 김석권, 이경재, 김희채. 2002.주요 활엽수종 임목본수변화에 관한 조림학적 고찰. 한국임학회 학술논문 발표논문집 2002, pp. 77~78

바. 원경록, 홍남의, 이광수, 유병오, 박용배, 정수영, 변희섭. 임분 피해특성에 따른 지역별 졸참나무의 물리·역학적 특성. Journal of Agricultoure & Life Science 48(6): 133-140

사. 김지홍. 1993. 생태형태학적 특성 분석에 의한 활엽수종의 극성상수지 추정. 한국임학회지 82(2):176~187.

아. 조민석. 용기의 생육밀도와 용적이 온대 주요 활엽수의 양묘 및 조림 초기 생장과 생리 특성에 미치는 영향. 충남대학교 박사학위논문, pp. 194

자. 이광수, 손영모, 박남창, 최영균, 강진택, 정수영, 이상태, 정영관. 1998. 자작나무 식재의 밀도조절 효과. 농업연구소보 32:143~148.

차. 이돈구, 엄태원, 천정화. 2004. 강원도 평창군 중왕산 지역 거제수나무의 입지 및 생장 특성. 한국임학회지 93(1):86~94.

카. 정성호, 최문길, 이근수. 1983. 중부지방 주요활엽수의 직경성장에 관한 조사연구. 한국임학회지 60:24~29.

타. 이돈구, 신만용, 김갑태, 권기원, 김지홍, 엄태원. 2006. 환경친화적 조림기술과 지속가능한 산림관리기술 개발 연구. 한국임학회 정기학술발표논문집 2006권 0호. 227~229

파. 권기원, 최정호, 송호경. 2001. 참나무류 주요 수종의 갱신전략 수립에 관한 연구. 한국임학회 정기학술발표논문집 2001권 0호. 224~226.

하. 이미정, 이선, 김효정, 지윤의, 박관수, 송호경. 2002. 참나무류 주요수종의 식생구조와 생태적지-굴참나무, 졸참나무, 상수리나무를 중심으로. 한국임학회 정기학술발표논문집 2002권 0호.64~66

거. 서희영, 김춘식, 권정화, 이광수, 유병오, 박용배. 2013. 삼나무 임분의 임목밀도에 따른 상대생장식 및 바이오매스. 한국임학회 학술발표논문집 2013권 0호.53~55

너. 최규성, 최진영, 윤국상, 이종화, 한병환 이상길, 황재홍, 김종진. 2013.생육밀도 차이에 따른 산벚나무 1년생 묘목의 생장특성. 한국임학회 학술발표논문집 2013권 0호.137~139

더. 양아람. 조민석. 황재홍. 2014. 묘목 종류 및 식재 사면에 따른 토양 특성이 느티나무 조림목 초기 생장에 미치는 영향. Journal of Agricultoure & Life Science 48(4): 1-2





03 산림보전분야

식물 유전자원의 현지 외 보전 및 증식(자체)
김연태, 조현선, 유원호, 김기호 –

기후변화 취약 산림식물종 보전 · 적응 연구(공동)
조현선, 김연태, 권치원, 유원호, 김기호 –

식물 유전자원의 현지 외 보전 및 증식
(자체 '99~20년차)

【김연태, 조현선, 유원호, 김기호】

1. 목 적

환경변화로 개체수가 현저하게 줄거나 멸종위기에 처한 식물자원의 소멸이 심화되어 가고 있어 자생식물과 도입종 등 특정 생물 종 자원 등의 확보수집 및 증식을 통한 체계적 보존으로 21세기 자원경쟁 시대에 대처하고 학술 연구 자료로 활용코자 함

2. 본 연구와 관련된 기존사실

식물 유전자원은 인류의 생존과 관련된 식량 및 의약품 공급원으로서 중요할 뿐 아니라 생태계를 이루는 주요 구성요소로서 매우 중요하다고 할 수 있다. 최근 전 세계적으로 산업화와 공업화에 따라 경작지 축소 및 생태계 파괴 등이 가속화됨으로서 유용한 식물자원의 소멸이 심화되어 가고 있어 국가들마다 자국의 유전자원의 보존과 이용을 위하여 현지 내 보존 즉 국립공원 및 자연보존지역 지정 및 현지 외 보존을 위해 종자은행과 식물원 신축 등을 확대 강화해 나가고 있다. 특히 2010년 10월 제 10차 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity) 에서 채택된 30개 조문(條文)과 2개 부속서로 이루어진 나고야의정서는 생물유전자원을 이용하는 국가는 그 자원(資源)을 제공(提供)하는 국가에 사전 통보와 승인을 받아야 하며 유전자원 이용으로 발생한 금전적, 비금전적 이익은 상호 합의된 계약조건에 따라 공유(共有)해야 한다는 내용을 담고 있다. 따라서 각국들은 유전자원 보존 및 지속적인 이용을 위해 타국에는 자원분양을 기피하는 현장이 두드러지고 있으며, 이러한 현상은 자원이 부족한 우리나라는 원산지의 유전확보가 매우 어렵게 되고 있다. 캐나다 BC주는 산림유전자원 보존방법으로 현지내 보존, 현지외 보존, 기타 등 3가지로 크게 나누어 보존 및 관리를 수행하고 있다. 즉 천연집단을 대상으로 parks, 생태보존지구, 보존지구 등을 현지내 보존으로 관리하고 있으며 종자(seeds),이나 클론 보존원을 조성하여 현지 외 보존방법으로 운영하고 있다.

태국은 농작물 유전자원은 농림부, 산림자원은 왕립삼림부, 약용 유전자원은 보건과학부 책임하에 각각 수집, 보존, 특성평가를 수행하고 있으며 태국은 벼재래종 약생식물등 약 10,000여종의 다양한 유전자원을 보유하고 있다. 유전자원의 현지 내 보존을 위해 740ha에 보호구역을 지정하였고, 현지 외 보존을 위해 국립 벼 종자 실험실과 국립종자은행을 설립하여 운영 중이다. 우리나라의 경우 식물 유전자원은 44목 152과 485속 3,328종으로 보고된 바 있다. 유전자원은 신품종육성, 신 작물 창출 및 생명공학에 필요한 재료 공여 등 연구의 기초재료로서 매우 중요한 역할을 차지한다. 자원이 빈약한 우리나라로서는 원산지 유용자원의 확보를 위하여 정보탐색 및 자원수집 등에 많은 노력과 예산을 투입해야 할 것이다.

3. 수행방법

가. 식물자원의 수집

1) 대상식물

목본(교목, 관목), 초본류(다년생초본, 양치식물, 난류, 등) 중 특산, 희귀 및 멸종위기 대상식물 등 자생식물 우선 선정수집

2) 수집장소

전 국

3) 수집방법

○ 종자 및 분근 채취로 자생지가 훼손되지 않도록 채취

○ 수목원, 식물원, 각 도 산환연 등과 연계 식물 상호교환

4) 채취시기

식물의 식별이 용이한 4~10월중 집중 수집

5) 규 모

수수꽃다리 26품종

6) 조사항목

식물특성 및 서식지 생육환경 분석

나. 식물자원의 증식기술 개발

1) 희귀·특산식물 증식

가) 파종증식

- 멸종위기종(CR) : 6종(부채붓꽃, 정향풀, 섬시호, 대청부채, 섬현삼, 큰바늘꽃, 해오비난초)
- 위기종(EN) : 5종(개병풍, 바늘엉겅퀴, 용머리, 깽깽이풀, 키큰산국)
- 취약종(VU) : 6종(고삼, 갯취, 범부채, 산토끼꽃, 꼬리진달래, 꿩의비름, 가시연꽃)
- 약관심종(LC) : 3종(뻐꾹나리, 도깨비부채, 낙지다리)
- 기 타 : 9종(노랑아까시나무, 목화 등)

나) 시 기

2~3월

다) 장 소

유리온실, 비닐하우스

라) 규 모

31종

마) 방 법

- 부엽토(〃) : 끈끈이장구채 등 30종 파종 후 비닐피복

다. 식물표본 제작

1) 식물표본 현황

❍ 보유수량 : 123과 650종(780점)

- 표본장 1(금강자연휴양림 채취 식물표본) : 371점
- 표본장 2~3(기존 보유 식물표본) : 409점

2) 식물표본 제작

가) 대상식물

- 목본, 초본 : 수생식물, 습지식물, 고산식물 등

나) 시 기

- 식물 채집 및 표본제작 : 4~8월
- 식물표본 고정 및 라벨부착 : 9~10월
- 표본 보존 및 손질 : 11~12월

다) 규 모

50종

라) 채집 방법

※ 표본의 구비 조건(완전한 표본)

- 초본 : 뿌리, 줄기, 잎, 생식기관(꽃 또는 열매)
- 목본 : 가지(2년지 까지), 잎, 생식기관(꽃 또는 열매)
- 양치류 : 뿌리, 줄기, 잎, 홀씨(포자)

☞ 위의 구비 조건 중 어느 한 가지라도 빠진다면, 완전한 표본이라고 할 수 없으며, 특히 생식기관이 없으면 정확한 동정이 불가능하므로 표본으로서는 전혀 가치가 없게 된다. 따라서 채집 시 표본의 구비 조건을 항상 염두에 두어 완전한 표본만을 채집하도록 한다. 기타 채집 시 주의사항은 다음과 같다.

(1) 초본의 경우 뿌리까지 완벽하게 채집한다.

※ 구경, 인경, 괴경, 괴근, 근경 등의 채집 시 특히 주의

(2) 키가 큰 표본도 줄기만을 자르지 말고 뿌리까지 채집하고 채집 후 대지의 크기에 맞게 여러 차례 접어서 야책에 넣는다.

(3) 대형의 초본은 생식기관이 붙은 가지(줄기)와 잎, 뿌리 등을 따라 여러 장의 대지에 붙여 일련번호를 매겨둔다.

(4) 기생식물은 기생주와 함께 채집 : 겨우살이 등

(5) 목본의 대지의 크기에 맞게 2년지 까지 채집한다.

(6) 양치식물은 엽병 및 줄기 기부의 비늘조각이나 털이 떨어지지 않게 조심하며, 특히 뿌리가 캐기 어려우나 가급적 함께 채집한다.

(7) 동일한 집단(동일 종)에서 최소한 3점 이상 채집
(1. 보관용, 2. 연구용, 3. 교환용 또는 의뢰용)

(8) 개체가 작은 것은 많이 채집하여 앞뒷면을 모두 볼 수 있도록 대지에 보기 좋게 배열

(9) 생육상태가 양호한 것으로 채집: 벌레 먹은 것, 영양기관에 상처가 난 것은 피함

(10) 소형의 식물, 열매, 종자, 연한식물 등은 작은 비닐봉지나 종이봉지에 넣어 따로 운반 한다

(11) 채집품의 청결 유지

(12) 띠종이 기록 시 유의사항: 반드시 연필로 기록 → 채집일(년, 월, 일), 채집 장소(도, 군, 면, 산, GPS정보), 채집지의 생육환경, 간단한 식물체의 특징(화색) 등을 기록 한 후 식물체에 묶어 표본 제작 시 함께 대지에 붙임

(13) 채집비닐(지퍼백) 사용법

- 한번 비닐에 넣은 채집품은 야책에 옮길 때까지 함부로 넣었다 꺼냈다 하지 않는다.
- 비닐에 가득 차면(대략 50분 채집에 10분 휴식) 그늘에서 휴식과 동시에 야책에 옮기고 다시 채집

(14) 현지에서의 관찰: 채집 전후에 꽃, 열매 등을 해부하여 돋보기 등으로 형태나 구조를 조사하거나, 꽃의 색깔, 식물체의 냄새, 선점이나 반점의 형태 등을 자세히 관찰하여 띠종이의 일련번호에 맞춰 야장에 기록

마) 제작방법

(1) 압 착

말린 표본이 쭈글거리는 것을 방지하고 건조를 용이하게 하기 위함으로써 흡습지(또는 신문지 또는 두 가지 함께)에 끼워서 야책에 눌러 놓는다.

- 한 장의 눌림판 위에 식물을 끼운 신문지(신문지 사이에 흡습지와 통풍지)를 차곡차곡 쌓아 그 위에 눌림판을 놓고 야책끈으로 단단히 고정하여 묶는다.
- 쌓을 때 굵은 줄기는 뿌리 때문에 한 쪽만 높아지지 않도록 고르게 쌓는다.
- 눌림돌을 이용하거나 압착기를 이용하기도 한다.

※ 0~3일간은 하루에 한번(또는 필요에 따라 하루에 여러 번)씩 야책의 신문지, 흡습지 및 통풍지를 갈아 준다

※ 3~7일간은 2일에 한번씩 야책의 신문지, 흡습지 및 통풍지를 갈아준다.

※ 7일 이후 : 상태에 따라 적당 시기에 야책의 신문지, 흡습지 및 통풍지를 갈아준다.

(2) 건 조

(가) 신문지, 흡습지 및 통풍지 갈아 끼우기

- 따로 준비한 마른 신문지, 흡습지 및 통풍지를 갈아준다.

(나) 이 때 신문지를 갈아주면서 핀셋으로 잎이나 가지의 구김살을 펴고 모양을 바로 잡아 준다.

(다) 흡습지의 교환

☞ 첫 3일 동안은 하루에 2번, 4일째부터는 하루에 1번, 1주일 후에는 2일에 1번

☞ 1주일까지는 1일 1회, 2주까지는 2일 1회, 3주까지는 3일 1회

(라) 주의할 점

☞ 물기 많고 연한 풀은 신문지를 갈 때 함부로 들쳐서는 안 된다. 잎이 찢어지거나 떨어져 나가기 쉽다(처음부터 모양을 잘 잡는 것이 중요하다).

☞ 흡습지, 신문지 및 통풍지는 충분히 말려서 사용한다.

☞ 물기가 많고 큰 식물과 건조하기 쉬운 작은 식물을 맞대 놓고 쌓아서는 안 된다.

라. 식물종자 저장시설 운영

1) 식물종자 현황

❍ 보유수량 : 57과 205종

- 단기저장고 : 57과 205종(목본37과 96종, 20과 109종)
- 장기저장고 : 51과 142종(목본37과 92종, 초본17과 50종)

2) 식물종자 수집

가) 대상식물

- 목본, 초본 : 수생식물, 습지식물, 고산식물 등

나) 시 기

- 식물종자 수집 : 5~11월
- 종자 정선 및 저장 : 6~12월
- 종자등록 : 6~12월

다) 규 모

50종

라) 방 법

(1) 식물종자 수집

(가) 수집 : 연구 및 조사사업 등을 통한 직·간접 방법으로 수집

(나) 기증 : 타 기관, 개인 또는 단체 등으로부터 기증 받아 확보

(다) 교환 : 종자교환은 상호간의 목적과 필요에 따라 여유분의 종자를 대상으로 교류함을 원칙으로 한다

(2) 종자처리

(가) 임시등록

- 수집된 모든 종자는 종자 가등록 대상에 등록하고 임시번호를 부여하고 Passport data를 기록한다.

※ 등록순서 : 종자목록과 종자의 접수 ⇒ 목록과 종자 일치여부 확인 ⇒ 신규번호 부여 ⇒ Passport data ⇒ 임시 등록번호 부여 ⇒ 건조 및 자원 분류

(나) 종자정선

- 종자에 피해를 적게 줄 수 있는 방법을 선택하여 탈각하고 이때 파쇄립, 병해충감염립, 미숙종자. 이물질 등을 제거
- 종자의 정선은 종자의 특성에 따라 부숙, 수선, 사선, 풍선, 입선 등 적절한 방법을 선택

(다) 종자 수분함량 측정

- 충분한 저장량이 확보된 종자에 한하여 수분함량을 조사

※ 종자 수분함량의 측정

• 공시 종자량의 결정
- 채취된 표본은 전체 종자를 충분히 대표할 수 있어야 한다.
- 4g의 2반복을 원칙으로 한다(단 종자량이 소량인 경우 반복당 0.5g)
• 사전건조의 필요성 결정
- 종자가 아주 습한(30%이상) 경우 사전건조는 필수적이다.

(라) 종자건조
- 종자의 활력을 감소시키지 않는 방법을 적용하여 종자저장에 알맞은 수준으로 종자 수분함량 감소
- 건조는 종자의 생명력에 안전한 방법으로 우선 적용하며 방법이 알려지지 않은 야생종의 경우 IPGRI 권장 방법인 상대수분함량이 10~15%이고, 온도가 15℃인 조건에서 건조 원칙

(마) 종자등록
- 종자저장시설에 들어온 각 종자에 대하여 관리번호를 들어오는 순서대로 부여

※ 종자의 등록 방법
• 종자의 기 보존여부 확인
- 패스포트 데이터 및 종자관리대장 확인
• 종자상태 확인
- 육안에 의한 종자상태를 점검하여 저장여부 결정
- 해충 피해여부, 곰팡이, 파쇄립, 쭉정이 등을 감정비교
• 종자 보존여부 판정
- 종자의 상태가 양호하고 기 보존되어 있지 않은 경우 또는 보유중인 종자와 다른 경우 보존 결정 후 등록
• 관리번호 부여
- 보존 결정한 종자에 대한 연속되는 관리번호 부여
• 데이터 입력
- 패스포트 데이터를 파일에 입력

(바) 종자의 포장
- 종자포장 : 종자의 포장은 안전보존에 필요한 수분함량으로 건조처리 직후 포장
- 종자의 포장은 처리실에서 포장한다(20±3℃, ≤30%RH)
- 각 포장용기 표면에 라벨을 부착하고 포장용기 내에도 라벨 넣는다
- 자원의 관리번호, 학명 등을 기록한다.
- 종자량을 측정한 후 보존용기에 넣어 밀봉한다.
- 보존된 종자량을 기록한다.
- 데이터(저장량, 수집일자 등)를 데이터 파일에 입력한다.

(사) 종자저장

- 수집된 종자는 정선, 건조, 포장 등의 과정이 진행되어 일련의 공정이 끝나는 즉시 저장
- 종자의 저장은 20,000립 내외를 원칙(야생종 예외)
- 저장되는 종자는 필요 시 훈증 또는 저온살균 등을 통해 소독 후 저장

(아) 종자점검

- 기초보온 종자는 매 10년, 활성보온 종자는 매 5년마다 검사함을 원칙으로 하되 식물종과 종자은행의 여건에 따라 그 주기를 다르게 할 수 있다.

마. 종 보존 및 전시·보존원 관리

1) 조성현황

구 분	면 적 (㎡)	보 유 종			비 고
		계	목 본	초 본	
계	7,500	1,031종 (123과)	259 (48과)	772 (83과)	
종보존원	5,500	1,031	259	772	
전시·보존원	2,000	3개 소원			

2) 장 소

세종특별자치시 금남면 도남리 산21-1

3) 시 기

4~12월중

4) 규 모

- 관리면적 : 7,500㎡
- 식물 표찰정비 및 생육밀도 조절 : 300종

5) 관리방법

가) 작업로 및 상관리

경계 Plot 정비로 식물 생육환경 개선

나) 생육밀도 조절

번식능력이 강하여 타종의 생육에 지장을 주는 식물의 생육밀도 조절

다) 표찰정비 : 체계적 식물관리를 위하여 식물별 표찰정비

바. 외국소나무 전시림 관리

1) 조성년도 : 2009

2) 위　　치 : 공주 반포 도남 (포지, 산지)

3) 규　　모 : 960본(0.4ha)

4) 식재간격 : 포지(1m), 산지(1.8m)

5) 조성내역

국 별	품 종		산 지	비 고
	종 명	학 명		
한 국	소 나 무	*Pinus densiflora*	강원 경북지역 1개소	
	소 나 무	*Pinus densiflora*	정이품송(후계목)	
중 국	홍 개 호 송	*Pinus densiflora* var. ussnuenisis	흑룡강지역 3개소 길림지역 1개소	
	미 인 송	*Pinus sylvestris* var. sylvestriformis	길림(백두산)지역 1개소	
몽 고	구주소나무	*Pinus sylvestris*	몽고 북부지역 3개소	
	장 자 송	*Pinus sylvestris* var. mongolica	흑룡강지역 2개소 내몽고 1개소	

6) 조사항목 : 생육상황조사(수고, 근원경)

7) 관　　리 : 풀베기, 정지전정(수형관리)

4. 결과 및 고찰

가. 식물자원의 수집

2018년도에는 종보존원 및 수목원에서 채취한 종자를 파종 증식한 결과 멸종위기종인 부채붓꽃, 정향풀, 섬시호 등 7종, 위기종으로 삼백초 등 5종과 취약종 6종, 약관심종 등 3종과 기타 9종 등 총 31종을 파종하여 증식하였다. 2018년도에 유관기관 등에서 분양받아 확보한 식물은 수수꽃다리 26품종으로 종보존원에 식재하였다. (Table 2)

Table 1. 희귀·특산식물 파종 내역

NO	식 물 명	파 종(립)	등 급	비고
계	23종	1,800		
1	부채붓꽃	100	멸종위기종(CR)	
2	정향풀	100	〃	
3	섬시호	50	〃	
4	대청부채	100	〃	
5	섬현삼	50	〃	
6	큰바늘꽃	200	〃	
7	해오라비난초	5	〃	
8	개병풍	100	위기종(EN)	
9	바늘엉겅퀴	100	〃	
10	용머리	100	〃	
11	깽깽이풀	200	〃	
12	키큰산국	100	〃	
13	고삼	30	취약종(VU)	
14	갯취	10	〃	
15	범부채	100	〃	
16	산토끼꽃	50	〃	
17	꼬리진달래	300	〃	
18	꿩의비름	100	〃	
19	가시연꽃	10	〃	
20	뻐꾹나리	100	약관심종(LC)	
21	도깨비부채	150	〃	
22	낙지다리	500	〃	
23	노랑아까시나무	10	기타	
24	목화	100	〃	
25	물레나물	200	〃	
26	비수리	50	〃	
27	야광나무	20	〃	
28	옥잠화	30	〃	
29	초롱꽃	100	〃	
30	큰꽃으아리	20	〃	
31	피나물	50	〃	

Table 2. 식물유전자원 확보 및 식재내역

번호	품 종	본수	비고
계	1종(수수꽃다리), 26품종	52	
1	Finlandia (핀란디아)	2	
2	Red Pixie (레드 픽시)	2	
3	Agnes Smith (애니스 스미스)	2	
4	Dark Purple (다크 퍼플)	2	
5	Bellicent (벨리센트)	2	
6	Congo (콘고)	2	
7	Sugar Plum Fairy (슈가 플럼 페어리)	2	
8	Royalty (로열티)	2	
9	Beauty of Moskow (뷰티 오브 모스코)	2	
10	Bicolor (바이컬러)	2	
11	Holger (홀거)	2	
12	George Eastman (조지아 이스트맨)	2	
13	Pink Perfume (핑크 퍼퓸)	2	
14	Aureovariegata (아우리아 버리어가타, 시베리아 라일락)	2	
15	Ivory Silk (아이보리 실크)	2	
16	Amigo (아미고)	2	
17	Mme Lemoine (마담 레모니)	2	
18	Red Holger (레드 홀거)	2	
19	Andenken an Ludwig Spath (엔데컨 아 스패스)	2	
20	Minuet (미뉴에트)	2	
21	Primrose (프림로즈)	2	
22	Charles Joly (찰스 졸리)	2	
23	Michel Buchner (미첼 부챠)	2	
24	Miss Canada (미스 캐나다)	2	
25	Red Wine (레드 와인)	2	
26	micr. Superba (마이크로 슈퍼바)	2	

나. 식물자원의 증식기술 개발

식물자원의 증식은 산림청과 환경부에서 지정한 희귀·멸종위기식물 중 우리 연구소에서 보유하고 있는 식물을 대상으로 증식연구 시험을 하였다. 2011년도에 줄기삽목, 엽삽, 분근 등 5가지 방법으로 증식 시험을 한 결과 미선나무는 100%발근하여 삽목증식이 용이한 수종으로 분류되었으며 섬개야광나무의 줄기삽목 발근율은 90%이상, 기타 연잎꿩의다리, 노랑무늬 붓꽃, 대청부채, 섬시호 등은 분근 증식이 용이한 수종으로 분류되었다. 2012년도에는 우리 소에서 보유하고 있던 깽깽이풀, 노랑무늬붓꽃, 둥근잎꿩의비름, 황기, 히어리 등이 환경부의 희귀·멸종위기 대상 식물 변경에 따라 제외되었으나 산림청 지정 희귀특산식물 지정은 계속 유효한 상태로 희귀·특산식물로 분류되어 관리 유지되고 있다.

2017년도에는 파종으로 20종 783본의 식물을 증식하였으나 파종한 식물 중 가지돌꽃 등 3종의 식물이 발아되지 않았다. 발아되지 않은 식물은 종자보관 또는 파종시기에 문제가 있을 것으로 생각되어 문헌조사 및 파종시험 등이 필요한 것으로 판단되었으며, 2016년도에 증식하여 종보존원에 이식한 갯방풍 등은 해안지역에 자라는 식물임에도 불구하고 현지에 잘 적응하고 있는 것으로 조사되었다.



그림 1. 파종증식



그림 2. 식물확보

다. 식물표본 제작

식물표본 제작은 수목원 및 종 보존원에 식재되어 있는 식물 중에서 초본과 목본식물로 구분하여 초본은 뿌리, 줄기, 잎, 생식기관(꽃 또는 열매) 목본식물은 가지(2년지 까지), 잎, 생식기관(꽃 또는 열매)를 채취하여 변산바람꽃 등 30점의 표본을 제작하였다.

라. 식물종자 저장시설 운영

2018년도 종자수집은 5월부터 11월까지 주로 소내 수목원과 종보존원에서 채취하였으며 일부 수종은 계룡산과 가야산 등지에서 76종의 식물을 채취하여 종자저장고에 보관하였다. 현재 단기저장고에는 57과 205종, 장기저장실에는 51과 142종이 저장되어 있다.



그림 3. 식물표본정리



그림 4. 식물종자 수집

Table 3. 2018년 식물종자 채취내역

번호	식물명	채취수량 (립)	채취시기	채취장소
1	깽깽이풀	300	2018. 5	계룡산
2	뻐꾹채	200	2018. 5	금강수목원
3	할미꽃	200	2018. 5	〃
4	금낭화	100	2018. 5	〃
5	매발톱꽃	3,000	2018. 5	〃
6	털동자꽃	20	2018. 6	〃
7	딱총나무	100	2018. 7	가야산
8	도깨비부채	500	2018. 7	금강수목원 〃
9	용머리	1,000	2018. 7	〃
10	꽃창포	1,000	2018. 8	〃
11	먹넌출	3,000	2018. 8	안면도
12	쪽동백나무	300	2018. 8	가야산
13	망개나무	100	2018. 8	주왕산
14	개비자나무	30	2018. 8	금강수목원
15	앵초	100	2018. 8	〃
16	부채붓꽃	300	2018. 8	〃
17	흑삼릉	100	2018. 8	〃
18	우산나물	300	2018. 8	〃
19	산마늘	100	2018. 8	〃
20	고추나무	2,000	2018. 8	〃
21	히어리	1,000	2018. 8	〃
22	진달래	3,000	2018. 9	가야산
23	칠엽수	50	2018. 9	금강수목원
24	조록싸리	3,000	2018. 9	〃
25	병아리꽃나무	100	2018. 9	〃
26	산딸나무	1,000	2018. 9	〃
27	혈피단풍	500	2018. 9	〃
28	모감주나무	100	2018. 9	〃
29	비비추	100	2018. 9	〃
30	모란	200	2018. 9	〃
31	선백미꽃	100	2018. 9	〃
32	낙지다리	10,000	2018. 9	〃
33	구상나무	20	2018. 9	〃
34	노각나무	200	2018. 9	〃
35	비자나무	100	2018. 9	〃
36	팽나무	200	2018. 9	〃
37	범부채	10	2018. 9	〃
38	벽오동	300	2018. 9	〃

번호	식물명	채취수량 (립)	채취시기	채취장소
39	흑호두	3	2018. 9	〃
40	파비아칠엽수	50	2018. 9	한밭수목원
41	굴거리나무	20	2018. 9	금강수목원
42	덜꿩나무	100	2018. 9	〃
43	정향풀	2,000	2018. 9	〃
44	미국(꽃)산딸나무	300	2018. 10	〃
45	산수유	200	2018. 10	〃
46	일월비비추	100	2018. 10	〃
47	쪽동백나무	100	2018. 10	〃
48	영아자	500	2018. 10	〃
49	단양쑥부쟁이	1,000	2018. 10	〃
50	노랑원추리	100	2018. 10	가야산
51	고욤	200	2018. 10	가야산
52	주목	200	2018. 10	금강수목원
53	가시칠엽수	10	2018. 10	한밭수목원
54	병꽃나무	100	2018. 10	계룡산
55	야광나무	100	2018. 10	계룡산
56	별목련	3,000	2018. 10	금강수목원
57	홍자단	300	2018. 10	〃
58	계수나무	5,000	2018. 10	〃
59	탱자나무	500	2018. 10	〃
60	옥잠화	20	2018. 10	〃
61	낙상홍	500	2018. 10	〃
62	회목나무	200	2018. 10	서천
63	대청부채	200	2018. 10	금강수목원
64	노란피라칸사(소량)	200	2018. 10	태안
65	왕보리수나무	1,000	2018. 10	금강수목원
66	가막살나무	500	2018. 10	〃
67	꽝꽝나무	500	2018. 10	〃
68	무환자나무	300	2018. 10	충남대학교
69	장구밤나무	1,000	2018. 10	한밭수목원
70	순비기나무	1,000	2018. 10	금강수목원
71	비비추(류)	100	2018. 10	〃
72	참산부추	300	2018. 10	〃
73	헛개나무	200	2018. 10	〃
74	참빗살나무	200	2018. 10	〃
75	붉가시나무	10	2018. 10	〃
76	해당화	200	2018. 10	〃
계	76종			

마. 외국소나무 전시림 관리

외국수종의 국내 적응시험을 위하여 중국의 흑룡강 지역과 길림성 지역 에서 자생하고 있는 소나무와 몽고 북부지역과 내몽고 지역에서 채취한 종자를 국내로 들여와 생산한 묘목(2-0묘)을 포지(1×1m)와 산지 (1.8×1.8m)로 구분하여 2009년도에 식재하고 3년 간격으로 생육상황조사를 실시하고 있으며, 2014년도 현존율 및 생육상황 조사 결과는 Table 2와 같다.

몽골(울란바타르, 두흐나르, 오르스다바)의 구주소나무는 산지식재한 나무는 두흐나르 지역의 3본만 남아있고 포지에 식재한 나무의 평균 현존율은 71%로 비교적 양호하였으나 생육이 저조하여 적응하기 어려운 품종으로 분류되었다. 중국의 장자송도 산지에서는 현존율 10%로 저조하여 국내 적응이 쉽지 않은 것으로 나타났으나, 포지에서의 현존율은 86%로 비교적 양호하였다. 수고 생장은 국내소나무에 비하여 1/3정도에 불과하여 국내 적응이 쉽지 않은 소나무로 분류되었다. 그러나 중국의 미인송과 홍개호송, 중국의 지동, 동녕, 안도의 소나무는 산지와 포지에서 현존율과 생육이 대체로 양호 하였다. 미인송과 홍개호송의 포지 현존율은 100%로 조사되었으며 수고생장도 포지에서는 2m이상 생장한 것으로 조사되었다. 특히 중국 홍개호 지역의 소나무가 수고 2.43m로 가장 잘 자라는 개체로 조사되었으며, 두 번째는 중국 안도지역의 소나무가 수고 2.23m로 양호하게 나타났다. 그러나 국내산 강원지역의 소나무 비교에서는 수고생장과 근원경의 생장이 저조한 것으로 조사되어 충남지역에 중국산 소나무의 조림은 부적합한 것으로 조사되었다.

Table 4. 외국소나무 현존율 및 생육상황

구 분			현존율			생육상황		비고
			식재 본수	현존 본수	비율 (%)	수 고 (m)	근원경 (cm)	
몽 골 (구주소나무)	울란바타르	산지	36	0	0	-	-	
		포지	24	19	79	0.97	4.4	
	두흐나르	산지	36	3	8	0.47	0.67	
		포지	24	16	67	1.35	5.6	
	오르스다바	산지	36	0	0	-	-	
		포지	24	16	67	1.24	5.4	
중 국 (장자송)	막 하	산지	36	4	11	0.67	0.9	
		포지	24	20	83	0.60	2.0	
	흑 하	산지	36	1	3	0.39	0.7	
		포지	24	19	79	1.45	5.5	
	홍화이기	산지	36	6	17	1.01	1.0	
		포지	24	23	96	1.39	5.6	
중 국 (미인송)	이도백하	산지	36	19	53	1.19	2.4	
		포지	24	24	100	2.08	7.4	
중 국 (홍개호송)	홍 개 호	산지	36	21	58	1.75	3.9	
		포지	24	24	100	2.43	8.1	
중 국 (소나무)	지 동	산지	36	29	81	0.83	1.8	
		포지	24	24	100	2.06	7.7	
	동 녕	산지	36	27	75	1.83	5.4	
		포지	24	24	100	2.11	8.5	
	안 도	산지	36	19	53	1.67	5.3	
		포지	24	24	100	2.23	8.7	
한 국 (소나무)	강 원	산지	36	27	75	2.41	7.8	
		포지	24	24	100	3.24	11.8	

5. 참고문헌

○ 조양희, 윤성탁, 이동진. 1998. 태국의 식물유전자원 보존 및 이용현황
한국국제농업개발학회지 10권(4) pp 40~45

○ 한상돈, 캐나다 BC주의 산림유전자원 보존전략, 해외산림정보 47

○ 이창복, 조무형, 최명섭 1987. 한국수목도감

○ 윤주복, 1975. 나무 쉽게 찾기

○ 이동혁, 2007. 오감으로 찾는 우리 나무

○ 박수현, 이유미, 양종철, 조동광, 이강협, 장창석, 이혜정, 최혁재, 정승선, 이정희 2008.
한국식물 도해 도감 2 양치식물

○ 정헌관, 김세현, 2007. 우리 생활속의 나무

○ 최영전, 1991. 한국민속식물

○ 김학범, 장동수, 1994. 마을숲

기후변화 취약 산림식물종 보전·적응 연구
(공동 '14 ~ 5년차)

【조현선, 김연태, 권치원, 유원호, 김기호】

1. 목 적

산림내 분포하는 기후변화 취약 산림식물과 수목원내에 식재된 식물의 변화와 영향을 미치는 요인 파악 및 보전대책 수립

2. 배 경

기후변화 가속화에 따라 자생식물의 서식지 이동추세가 심화되고 있다. 평균기온이 1℃ 상승하면 새싹이 나는 시기가 약 7일 정도 빠라진다. 한국과학기술원 환경연구센터는 연평균기온이 2℃가 상승하면 온대지역의 대표 수종인 신갈나무가 지리산, 덕유산, 태백산맥 일부만 분포하고, 주목 등 아한대식물은 거의 멸종할 것으로 예상하였다.

이러한 생태계 변화는 거의 대부분이 국토 면적의 64%인 산림 지역 내에서 발생하기 때문에 미기상변화와 식물생태계변화, 개화결실의 생리적인 변화를 장기적 모니터링을 통하여 분포, 이동, 쇠퇴 등 미세변화를 감지할 수 있을 것이며, 이러한 변화정보의 파악과 확보를 위하여 본 조사 사업을 시작하게 되었다.

3. 조사지개황

가. 금강수목원

금강수목원의 지리적 위치는 동경 127˚2′ 북위 36˚45′에 위치하고, 대전 기점에서 국도 32번을 따라 공주 방향 29㎞지점에 위치하며 유성 나들목에서 14㎞, 공주기점에서 대전방향으로 10㎞지점에 위치하고 있다. 주봉인 매봉재에서 북쪽으로 향한 부능선은 산림환경연구소의 부지를 좌우로 나누면서 크고 작은 물줄기를 이루고 있는데, 좌측에 형성된 계곡은 길이가 약 1,030m로 깊고 다양하게 형성되어 있으며, 우측으로는 실개천 형태의 계곡으로 길이가 약 660m 정도에 불과하며 규모가 작아 수직적 공간보다는 수평으로

전개되어 있다. 부지의 경사는 전체적인 경사도가 0°~20°이며, 지형변화를 최소화하여 조성되었고 비교적 15°이하 완경사지에는 본관, 산림박물관, 열대온실, 주차장 등이 배치되어 있다. 비교적 급경사지에는 수목원 등을 배치하였으며, 전반적인 시설이 북향으로 위치해 있어 일조량 확보가 불량한 실정이다. 기후 및 기상은 계절풍의 영향을 받는 중부내륙성 기후이고 공주지역 월별 자동 기상 관측 자료에 의한 기온은 연평균 12.0℃, 최고평균기온은 18.7℃, 최저 평균기온은 6.4℃이며, 월별로 보면 1월의 평균 기온은 -2.3℃로 가장 낮고 8월이 25.1℃로 가장 높다. 강수량은 연간 1,409.8㎜로서 7~9월에 전체 강수량의 약 57.5%가 집중되고 있으며, 증발량이 많아 여름에는 고온 다습하며 강설은 11월부터 3월까지 계속된다. 풍향은 남서풍이 주풍향이고, 평균풍속은 1.6m/sec이며 최대풍속은 14.3m/sec이다. 국지적인 기후현상으로 주간에는 금강에서 불어오는 강바람이, 야간에는 계곡에서 바람이 형성되며, 강변에 위치하고 있는 관계로 11월부터 5월까지 안개 끼는 날이 많다.

나. 계룡산

계룡산은 1968년 12월 31일 우리나라 국립공원 2호로 지정되었고, 지리적으로는 N 36° 18 ' 02 " ~ 36° 23 ' 38 ", E 127° 11 ' 60 ~ 127° 17 ' 86 "에 위치하며, 계룡산은 한반도의 내륙지방에 위치하고 있어서 반도내의 다른 위도상의 지방과 비교하면 해양의 영향을 덜 받아 대륙성기후의 특성이 강하게 나타나며 비교적 온화하고 계절성이 뚜렷하다. 계룡산은 차령산맥과 노령산맥사이에 걸쳐있는 산으로 행정구역상으로는 충청남도 공주시와 논산시 그리고 대전 등 1도 1시 1구 4면에 결쳐 있는 면적 61,148㎢의 산이다. 또한 다양한 야생동 · 식물과 여러 문화재가 곳곳에 분포하고 있으며 동학사, 갑사, 신원사 등 고찰이 자리하고 있다.

계룡산 국립공원의 최근 10년간(1983~1992) 연평균 기온은 12.5℃로서 충청남도 지역 평균기온과 비슷하나 여름철 최고기온은 이들 지역보다 약 3~4℃ 가량 낮은 기온분포를 보인다. 강수량은 연평균 1,354㎜로서 하계인 7, 8, 9월에 연중 강우량의 약 56% 정도가 집중되고 있다. 강설 및 결빙기는 11월 초부터 4월 초까지 계속되며, 인접 대전광역시 및 충청남도 전역과 비교해 볼 때 맑은 날이 연평균 92일, 습도는 연평균 70%로서 인접 지역에 비해 5~6% 정도가 높은 편이다. 계룡산은 지형의 굴곡과 기복이 심한 산악으로서 기후의 영향이 크고 일교차가 심한 편이며, 특히 산악지대에 일반적으로 나타나는 저온현상으로서 평지와는 영하 4~5℃ 가량 차이가 난다. 차령산맥 이남에 위치하여 산맥이 북서

계절풍을 막아주기 때문에 겨울철에 따뜻하고, 여름철에는 비를 동반한 고온다습한 북태평양기단의 영향을 받아 소나기가 자주 내린다. 계룡산의 식생대는 남대성 식물의 북방한계선이 되고 있어 식생연구에 중요한 지역이 되고 있다. 특히 합다리나무, 감태나무, 비목, 사람주나무, 대팻집나무, 때죽나무, 쪽동백나무, 초피나무 등은 눈여겨 볼만하다.

계룡산의 관속생물상에 대한 조사는 정(1958)에 의해 542분류군으로 처음조사 되었고, 이와 임(1978)이 591분류군으로, 최(1979)는 597분류군, 이와 이(1979)가 754 분류군으로 조사된 바 있다.

다. 가야산

가야산은 행정구역상으로 충청남도 예산군과 서산시에 걸쳐있고, 최고봉인 가야봉(677.6m)은 금북정맥이 지나고 있다. 가야산은 충청남도 서부지역에서 가장 높은 산이며, 해양성 기후와 대륙성 기후가 교차되어 한국식물의 분포구계가 남부와 중부로 갈라지는 경계지역으로 식물분포학적으로 의미가 있다. 경위도 좌표는 동경 126° 36′ ~ 북위 36° 42′ 주변에 걸쳐있으며 가야산의 주봉인 가야봉을 중심으로 원효봉(677m), 옥양봉(621.4m), 일락산(521m)이 있으며, 면적은 20,099㎢이다. 산림식생은 소나무군락군, 층층나무군락군, 인공림유형으로 구분되어 있다. 가야산과 봉수산의 행정구역인 충청남도의 연평균기온은 지속적으로 상승(0.6~0.7℃)하였으며, 강수량이 크게 많아졌고, 일조시간은 크게 감소되었다. 가야산의 현존식생은 상관우점종으로 분류한 결과, 천연림은 신갈나무군락과 소나무군락, 소사나무군락, 떡갈나무군락, 굴참나무군락이 전체적으로 우점하고 있었다. 인공 식재림으로는 잣나무림과 리기다소나무림이 나타났고, 능선부에서 억새군락이 출현하고 있었으며, 계곡부에는 헛개나무군락과 층층나무군락, 합다리나무군락이 우점하고 있는 것으로 나타났다. 기후는 해안에서 그리 멀지 않으나 바다의 영향은 비교적 적어 기온 교차가 심하다. 한반도의 기후형인 여름철의 남동풍과 겨울철의 북서풍이 탁월한 온대계절풍 지대이며, 여름이 몹시 덥고 겨울이 추운 대륙성기후가 나타난다. 강수량의 반 이상이 여름에 내리는 하계 다우형기후이며, 연평균기온은 11.8℃, 1월 평균기온 −4℃, 8월 평균기온은 26.3℃ 이다. 연평균강수량은 1,133mm이다.

4. 조사 내용 및 방법

가. 조사대상종 선정

조사대상 식물 선정은 자생지 외 지역인 금강수목원과 자생지인 계룡산과 가야산에 자생하고 있는 식물 중 기후변화취약 산림식물종 보전·적응사업 조사메뉴얼(산림청·국립수목원2013)에 기초하여 분포지역별 취약종 29종(북방계 16종, 남방계12종)과 관심종 51종, 지역종 3종 등 총 83종을 선정하였다. 수목원외 지역의 종 선정은 장기 모니터링을 위해 개발 등 인위적인 간섭 가능성이 적은 지역에서 생육하고 있는 종을 지표종으로 선정 하였다.

나. 조사 내용 및 수행 항목

(1) 계절성 모니터링

식물계절성 조사는 2018년 2월부터 11월까지 수행하였으며, 충남에서는 2014년도에 처음 조사대상목을 선정하고 조사를 시작하여 금년도는 5년차가 된다. 조사방법은 생육초기와 개화기, 단풍낙엽시기에는 매주 1회 조사하는 것을 원칙으로 하고, 하절기인 6~8월은 격주로 조사하였다. 지표 식물종의 조사방법은 교목 및 관목(침엽수, 낙엽활엽수, 상록활엽수)와 초본류(1년생, 다년생)로 구분하여 잎눈, 개엽, 단풍, 낙엽, 꽃눈, 꽃, 열매 등의 주기적 계절 생태변화를 조사야장에 기록하였으며, 관찰부위에 대한 사진촬영을 병행하였다.

(2) 기상자료 수집

기상변화 추이는 일별, 월별, 연중 변화와 년차별 변화 추이를 분석하여 기후 환경변화가 식물에 미치는 영향을 사전에 예측함으로써 미래 지구환경 변화에 대응하는 수단과 방법을 찾아 지속가능한 생태계 보존의 기초 자료로 활용하고자 분석하는 것으로, 기상측정은 기후변화에 취약한 조사 대상식물이 분포하는 장소인 자생지 2개소와 수목원 2개소 등 총 4개소에 간이 Hobo(온·습도(U23-001) 2개 항목)만을 설치하고 1월부터 11월까지 30분 간격으로 자동 측정된 데이터는 1개월 단위로 수집하여 계절별·산지별 기후변화 패턴을 분석하였고, 주기상장비(온습도, 일사량, 강우량, 풍향·풍속)는 2015년도 8월부터 1개월 단위로 수집 분석 하였다.

5. 조사결과

가. 계절성 모니터링

(1) 금강수목원 전시원

(가) 조사대상종

2018년도 금강수목원 내 기후변화 취약식물 조사 대상종은 북방계, 남방계, 관심종으로 구분하여 조사하였다. 북방계는 침엽수 5종, 활엽수 4종, 초본류 7종, 남방계는 활엽수 7종, 초본류 3종, 관심종은 침엽수 6종, 활엽수 14종, 초본류 5종을 포함하여 총 51분류군이다.〈표 1〉

〈표 1〉 금강수목원 조사 대상종

구 분			52 분류군
분포 지역별 취약종 (26)	북방계(16)	침엽수(5)	구상나무, 전나무, 분비나무, 주목, 눈향나무
		활엽수(4)	복자기, 산겨릅나무, 매자나무, 마가목
		초본류(7)	피나물, 둥근잎꿩의비름, 노랑무늬붓꽃, 돌단풍, 산마늘, 애기앉은부채, 눈개승마
	남방계(10)	활엽수(7)	구골나무, 가시나무, 꽝꽝나무, 미선나무, 굴거리나무, 노각나무, 히어리
		초본류(3)	미치광이풀, 개족도리풀, 한라개승마
관심종(25)		침엽수(6)	소나무, 잣나무, 측백나무, 비자나무, 개비자나무, 은행나무
		활엽수(14)	진달래, 산수유, 개나리, 무궁화, 수수꽃다리, 백목련, 자귀나무, 동백나무, 왕벚나무, 호랑가시나무, 매발톱나무, 모감주나무, 단풍나무, 함박꽃나무
		초본류(5)	복수초, 산국, 원추리, 깽깽이풀, 노랑꽃창포

〈표 2〉 금강수목원 조사 대상종 목록 및 현황

고유번호	국 명	학 명	조사기간
1	구상나무	*Abies koreana* E.H.Wilson	2014-현재
2	호랑가시나무	*Ilex cornuta* Lindl. &Paxton	2014-현재
3	전나무	*Abies holophylla* Maxim.	2014-현재
4	분비나무	*Abies nephrolepis* (Trautv. ex Maxim.) Maxim.	2014-현재
5	주목_암	*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.	2014-현재
6	주목_수	*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.	2015-현재
7	눈향나무	*Juniperus chinensis* var. *sargentii* A.Henry	2014-현재
8	은행나무	*Ginkgo biloba* L.	2014-현재
9	산겨릅나무	*Acer tegmentosum* Maxim.	2014-현재
10	복자기	*Acer triflorum* Kom.	2014-현재
11	매자나무	*Berberis koreana* Palib.	2014-현재
12	마가목	*Sorbus commixta* Hedl.	2014-현재
13	피나물	*Hylomecon vernalis* Maxim.	2014-현재
14	둥근잎꿩의비름	*Hylotelephium ussuriense* (Kom.) H.Ohba	2014-현재
15	무궁화	*Hibiscus syriacus* L.	2014-현재
16	노랑무늬붓꽃	*Iris odaesanensis* Y.N.Lee	2014-현재
17	돌단풍	*Mukdenia rossii* (Oliv.) Koidz.	2014-현재
18	산마늘	*Allium microdictyon* Prokh.	2014-현재
19	애기앉은부채	*Symplocarpus nipponicus* Makino	2014-현재
20	눈개승마	*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* (Maxim.) H. Hara	2014-현재
21	구골나무	*Osmanthus heterophyllus* (G.Don) P.S.Green	2014-현재
22	가시나무	*Quercus myrsinifolia* Blume	2014-현재
23	꽝꽝나무	*Ilex crenata* Thunb.	2014-현재
24	미선나무	*Abeliophyllum distichum* Nakai	2014-현재
25	굴거리나무	*Daphniphyllum macropodum* Miq.	2014-현재
26	노각나무	*Stewartia pseudocamellia* Maxim.	2014-현재
27	히어리	*Corylopsis gotoana* var. *coreana* (Uyeki) T.Yamaz.	2014-현재
28	미치광이풀	*Scopolia japonica* Maxim.	2014-현재
29	개족도리풀	*Asarum maculatum* Nakai	2014-현재

고유번호	국 명	학 명	조사기간
30	한라개승마	*Aruncus aethusifolius* (H.Lév.) Nakai	2014-현재
31	소나무	*Pinus densiflora* Siebold &Zucc.	2014-현재
32	잣나무	*Pinus koraiensis* Siebold &Zucc.	2014-현재
33	비자나무_암	*Torreya nucifera* (L.) Siebold &Zucc.	2014-현재
34	비자나무_수	*Torreya nucifera* (L.) Siebold &Zucc.	2015-현재
35	개비자나무	*Cephalotaxus koreana* Nakai	2014-현재
36	산수유	*Cornus officinalis* Siebold & Zucc.	2014-현재
37	수수꽃다리	*Syringa oblata* var. *dilatata* (Nakai) Rehder	2014-현재
38	백목련	*Magnolia denudata* Desr.	2014-현재
39	자귀나무	*Albizia julibrissin* Durazz.	2014-현재
40	동백나무	*Camellia japonica* L.	2014-현재
41	왕벚나무	*Prunus yedoensis* Matsum.	2014-현재
42	모감주나무	*Koelreuteria paniculata* Laxmann	2014-현재
43	복수초	*Adonis amurensis* Regel & Radde	2014-현재
44	산국	*Dendranthema boreale* (Makino) Ling ex Kitam.	2014-현재
45	원추리	*Hemerocallis fulva* (L.) L.	2014-현재
46	깽깽이풀	*Jeffersonia dubia* (Maxim.) Benth. &Hook.f. ex Baker &S.Moore	2014-현재
47	노랑꽃창포	*Iris pseudacorus* L.	2015-현재
48	개나리	*Forsythia koreana* (Rehder) Nakai.	2014-현재
49	매발톱나무	*Berberis amurensis* Rupr.	2014-현재
50	측백나무	*Thuja orientalis* L.	2014-현재
51	단풍나무	*Acer palmatum* Thunb.	2014-현재
52	진달래	*Rhododendron mucronulatum* Turcz.	2014-현재
53	함박꽃나무	*Magnolia sieboldii* K.Koch.	2015-현재
변동사항	개체변경 - 없음 종명변경 - 꽃창포→노랑꽃창포(2015) 종수추가 - 주목_수(2015), 비자나무-수(2015), 함박꽃나무(2015)		

(나) 식물종별 계절성 변화

1) 금강수목원 침엽수의 계절성 변화

2018년 침엽수 조사종들의 잎눈 파열시기는 전년(2017년) 대비 잣나무, 비자나무, 은행나무가 2~7일 빨라졌고 이들을 제외한 모든 조사종에서는 대체로 늦어졌다. 그러나 개엽시기는 오히려 전나무를 제외하고는 모든 수종에서 빨라졌다.

조사대상종 침엽수종 중에 가장 늦게 개엽된 수종은 예년과 마찬가지로 소나무와 잣나무였으며 5월 23일로 조사되었다. 가장 빨리 개엽이 시작된 수종은 눈향나무로 3월 12일 개엽이 시작되었다.

침엽수종 중에 단풍이 들고 낙엽이 지는 수종은 은행나무가 유일하였으며, 90%이상 단풍 든 시기는 2017년도와 같은 10월 23일로 조사되었다. (표 3)

2018년도 침엽수의 꽃가루 날리는 시기는 전년대비 주목이 5일, 잣나무가 9일 빨라졌으며, 종료 시기 역시 주목이 3일, 잣나무가 9일 빨라진 것으로 조사되었다. (표 4)

열매생성시기는 소나무를 제외한 모든 수종에서 빨라졌으며, 측백나무가 4월 9일로 예년과 마찬가지로 다른 수종에 비해 가장 먼저 생성되었고, 잣나무가 5월 23일로 가장 늦게 생성되었다. 침엽수의 열매가 완전히 익거나 낙과되어 성숙도 3이 되는 시기는 눈향나무가 5월 29일로 예년과 마찬가지로 가장 빨리 성숙하였고, 다음으로 개비자나무 7월 19일 성숙하였으며, 소나무가 11월 2일로 가장 늦게 성숙이 완료된 것으로 조사되었다. (표 5)

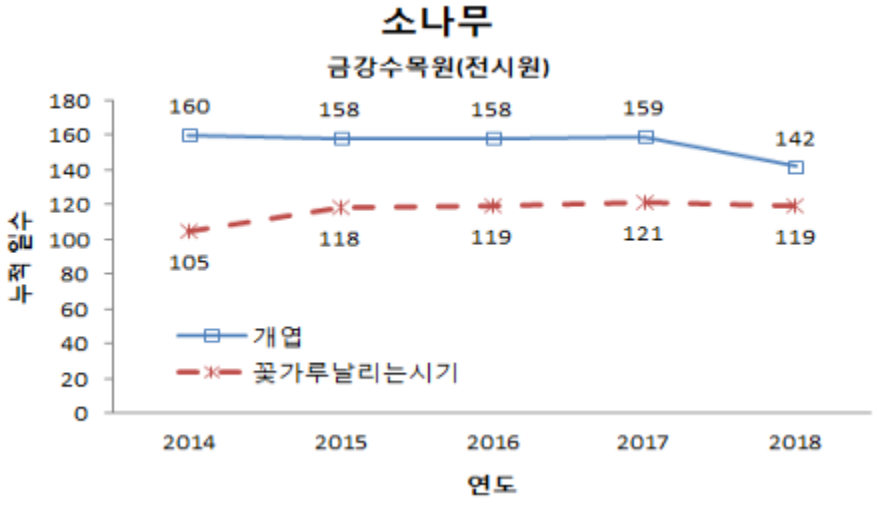


그림 1. 금강수목원 전시원 내 소나무의 개엽, 개화시작일

〈표 3〉 금강수목원 전시원내 침엽수 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	잎눈파열시기					개 엽					단풍 90% 이상				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
구상나무	-	3/27	4/11	4/10	4/17	4/24	4/29	4/25	5/2	4/24	-	-	-	-	-
전나무	-	4/22	4/18	4/12	4/17	4/16	4/29	4/25	4/24	5/9	-	-	-	-	-
분비나무	4/16	4/9	4/18	4/2	4/9	4/24	4/29	4/25	5/2	4/30	-	-	-	-	-
주목-암	4/16	4/9	4/18	4/7	4/17	4/24	5/7	5/9	5/2	5/4	-	-	-	-	-
주목-수			-		4/17			-		4/30	-	-	-	-	-
눈향나무_암	4/16	2/3	2/24	2/27	3/5	4/24	3/2	3/8	3/13	3/12	-	-	-	-	-
소나무	4/30	5/7	5/9	5/2	5/9	6/10	6/8	6/7	6/9	5/23	-	-	-	-	-
잣나무	5/10	5/7	5/9	5/2	4/30	5/26	6/8	5/30	5/31	5/23	-	-	-	-	-
측백나무	-	3/19	3/7	3/6	4/9	4/16	4/3	4/11	4/12	4/24	-	-	-	-	-
비자나무_암	4/24	4/22	4/9	4/24	4/17	5/10	5/7	5/9	5/11	4/30	-	-	-	-	-
비자나무_수	-	5/7	5/9	5/2	4/30	-	5/12	5/16	5/19	5/15	-	-	-	-	-
개비자나무_암	4/16	4/22	4/18	4/7	4/17	5/20	5/7	5/9	5/2	4/30	-	-	-	-	-
은행나무_암	-	4/15	4/11	4/7	4/2	4/16	4/22	4/18	4/19	4/17	10/22	11/2	10/31	10/23	10/23

〈표 4〉 금강수목원 전시원내 침엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃가루 날리는 시기					꽃가루 날리는 시기(〉50%)					꽃가루 날리지 않는 시기				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
구상나무	-	4/15	4/11	4/19	4/17	-	4/22	4/18	-	4/24	4/30	4/29	4/25	4/24	4/30
전나무	-	4/22	-	4/19	4/12	4/16	4/29	-	-	4/12	4/24	5/7	-	4/24	4/17
분비나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
주목-암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
주목-수	-	3/19	-	4/7	3/30	3/27	-	-	4/7	4/2	-	4/3	-	4/12	4/9
눈향나무_암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
소나무	4/16	4/29	4/29	5/2	4/30	4/24	5/7	5/6	-	4/30	5/10	5/12	5/9	5/11	5/9
잣나무	5/20	5/19	5/16	5/19	5/9	5/26	5/26	5/23	5/24	5/15	6/10	6/8	6/13	5/31	5/23
측백나무	-	3/27	3/14	3/22	3/26	4/3	-	4/4	3/30	-	4/16	4/9	4/7	4/7	4/9
비자나무_암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
비자나무-수	-	-	-	-	4/30	5/7	-	-	-	4/30	-	5/12	5/9	5/11	5/9
개비자나무_암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
은행나무_암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

〈표 5〉 금강수목원 전시원내 침엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
구상나무	5/14	5/12	4/29	-	5/15	9/11	9/7	9/26	-	8/15
전나무	5/14	5/7	4/29	5/19	5/9	10/22	9/7	10/25	10/10	9/13
분비나무	5/26	-	6/7	-	-	9/30	-	10/17	-	-
주목_암	4/24	5/19	4/29	5/2	4/24	10/08	9/30	9/19	9/19	10/4
주목-수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
눈향나무	5/20	4/29	4/29	5/11	4/17	-	5/19	5/16	5/24	5/29
소나무	6/10	6/8	4/29	5/2	5/9	11/11	11/2	11/7	10/23	11/2
잣나무	6/22	6/8	5/30	5/24	5/23	8/13	9/30	8/30	8/21	-
측백나무	-	3/27	3/29	4/10	4/9	10/27	9/21	10/17	10/16	10/15
비자나무_암	5/14	5/12	6/7	5/24	5/9	9/11	9/7	9/19	9/13	9/13
비자나무-수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개비자나무	-	6/8	5/30	5/31	4/30	-	조기낙과	조기낙과	조기낙과	7/19
은행나무	5/14	5/26	5/9	5/19	5/9	9/11	9/7	9/19	9/19	9/28

〈표 6〉 금강수목원 전시원내 침엽수 병해충 발생

식물명	2016			2017			2018		
	발병부위	발병시작시기	병해충명	발병부위	발병시작시기	병해충명	발병부위	발병시작시기	병해충명
주목	줄기	6/13	갈색날개매미충	줄기	2/14	갈색날개매미충	-	-	-
소나무	잎	6/20	솔잎혹파리, 소나무왕진딧물	-	-	-	-	-	-

2) 금강수목원 활엽수의 생물계절성 변화

2018년도 잎눈파열시기는 복자기 등 25분류군 중 미선나무가 3월 23일로 가장 먼저 파열이 시작되었고 매자나무, 마가목, 수수꽃다리, 매발톱나무가 3월 26일에 파열이 시작되었다. 4월에는 산겨릅나무, 산수유, 개나리 왕벚나무, 단풍나무 함박꽃나무, 굴거리나무 등이 파열되었다. 전년(2017년) 대비 파열시기가 빨라진 수종은 산수유, 개나리, 왕벚나무, 모감주나무, 구골나무, 꽝꽝나무, 굴거리나무로 조사되었고 가시나무가 전년과 같은 4월 24일로 조사되었으며, 그 외 수종은 전년 대비 파열이 늦게 시작된 것으로 조사되었다.

대부분의 수종은 4월 중에 개엽이 시작되었으나, 미선나무가 전년보다 15일 일찍 3월 26일에 개엽하여 가장 빨리 개엽한 것으로 조사되었고 예년과 마찬가지로 자귀나무와 구골나무가 각각 5월 23일과 5월 15월에 개엽이 시작되어 5월에 개엽되는 수종으로 조사되었다.

낙엽활엽수의 90%이상 단풍이 진행되는 시기는 10월에서 11월로 조사되었다. 전년에 가장 먼저 단풍이 시작된 식물은 자귀나무와 함박꽃나무였으며, 금년에는 자귀나무와 마가목이 10월 4일로 가장 먼저 단풍이 진행되었다. 전년 보다 9일 이상 빨리 단풍 90%가 진행된 식물은 마가목과 노각나무 2수종이었으며, 9일 이상 늦게 단풍 90%가 진행된 식물은 복자기, 마가목 2종으로 조사되었다. 10월중에 단풍 90% 진행된 식물은 마가목, 미선나무, 노각나무, 히어리, 진달래, 산수유, 자귀나무, 왕벚나무, 매발톱나무, 모감주나무, 단풍나무, 함박꽃나무로 조사되었고, 11월 중에는 복자기, 산겨릅나무, 매자나무, 산수유, 개나리, 수수꽃다리, 백목련 등으로 조사되었다.

90%이상 낙엽 시기는 히어리와 단풍나무가 10월 23일로 가장 빨리 시작되었으며, 나머지 조사종은 모두 11월 2일에서 11월 12일 경에 낙엽이 지는 것으로 조사되었다.(표 7)

활엽수의 꽃눈 파열시기는 히어리와 산수유가 3월 12일로 가장먼저 파열이 시작되어, 미선나무, 진달래, 개나리, 수수꽃다리, 백목련, 동백나무, 호랑가시나무 등이 3월에 파열된 것으로 조사되었고 4월에는 복자기, 산겨릅나무, 매자나무, 마가목, 왕벚나무, 단풍나무, 가시나무, 굴거리나무 등의 꽃눈이 파열 되었다. 5월에는 모감주나무, 함박꽃나무 2종의 꽃눈이 파열되었고, 6월에는 노각나무, 무궁화, 자귀나무 3종의 꽃눈이 파열되었다. 구골나무는 가을에 피는 꽃으로 10월 15일에 파열되어 2017년 대비 1일 늦게 파열된 것으로 조사되었다.

활엽수의 개화시기는 산수유가 예년과 마찬가지로 가장 먼저 개화(3월 16일)를 시작하였고 다음으로 미선나무와 히어리가 3월 26일에 개화를 시작한 것으로 조사되었다. 전년 대비 9일 이상 늦어진 수종은 가시나무(10일) 1개 수종이였으며, 무궁화, 단풍나무, 함박

꽃나무, 동백나무, 호랑가시나무, 구골나무, 굴거리나무가 3~8일 늦어진 것으로 조사되었다. 그 외 다른 조사종들은 3월 30일 개화한 백목련(전년 동일)을 제외하고는 대체로 전년대비 빨리 개화한 것으로 나타났다.

3월에 개화가 50% 진행된 수종은 미선나무와 산수유 2개 수종으로 조사되었으며 2017년에 3월에 50% 진행된 동백나무의 경우 18일 늦어진 4월 17일에 진행되었다. 4월에 50% 이상 개화하는 수종은 복자기, 산겨릅나무, 진달래, 산수유, 개나리, 수수꽃다리, 백목련, 왕벚나무, 단풍나무, 동백나무, 호랑가시나무, 굴거리나무 등으로 나타났고, 6~7월 여름에 개화하는 수종은 노각나무, 무궁화, 자귀나무, 모감주나무 등으로 조사되었고, 가을에 개화하는 구골나무는 11월 2일에 개화 50%진행되어 2017년보다 10일 늦게 진행된 것으로 조사되었다.

활엽수 개화시작 시기를 기준으로 낙화 90%이상 진행된 시기까지 개화기간이 가장 긴 수종은 무궁화로 개화기간이 46일로 조사되었다 전년 대비 9일이상 늦어진 수종은 자귀나무(15일), 모감주나무(12일) 2수종이 이었으며, 히어리, 동낙나무, 꽝꽝나무가 2~5일 늦어진 것으로 나타났다. 그 외 나머지 조사종들은 전년대비 낙화가 빨리 된 것으로 조사되었다.(표 8)

활엽수의 열매 생성시기가 2017년도와 비교해 9일이상 늦어진 수종은 동백나무(12일) 1개 수종이었으며, 모감주나무 8일, 단풍나무 6일, 히어리·함박꽃나무 5일, 매자나무·굴거리나무 4일, 산수유 3일, 자귀나무 1일 늦어진 것으로 조사되었다.

열매가 완전히 성숙하는 시기는 왕벚나무가 예년(2014~2017년)과 마찬가지로 5월 29일로 가장 빨랐고 마가목은 전년대비 13일 빨라져 8월에, 복자기나무 등 대부분의 활엽수는 9월 이후에 성숙하는 것으로 조사 되었다. 2017년도와 비교해서 열매 성숙시기가 빨라진 수종은 마가목 등 11개 조사종은 빨라졌고 복자기 나무 등 7개 조사종은 늦어진 것으로 조사되었다.(표 9)

〈표 7〉 금강수목원 전시원내 활엽수 영양기관의 생물계절성 변화

구분 / 지표종	잎눈파열시기					개엽					단풍(〉90%)					낙엽(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
복자기	-	4/9	4/4	3/30	4/9	-	4/15	4/11	4/12	4/17	11/03	11/2	11/7	10/23	11/2	11/17	11/24	11/15	10/30	11/12
산겨릅나무	-	4/9	4/4	3/30	4/2	-	4/22	4/18	4/12	4/17	11/08	-	10/31	11/6	11/2	11/11	11/16	11/15	11/13	11/12
매자나무	-	3/9	3/21	3/22	3/26	-	4/3	4/4	3/30	4/2	11/03	11/16	11/7	10/23	11/2	11/25	11/24	11/22	11/13	11/12
마가목	-	3/27	4/4	3/30	3/26	-	4/9	4/11	4/12	4/4	9/30	11/9	11/7	10/16	10/4	10/08	11/27	11/15	10/23	11/2
미선나무	-	3/27	3/21	3/22	3/23	-	4/15	4/4	4/10	3/26	9/30	-	10/4	11/6	10/15	11/11	11/2	11/15	11/13	11/12
노각나무	-	4/22	4/11	4/2	4/9	4/16	4/29	4/18	4/19	4/17	9/30	10/12	10/17	10/23	10/15	10/27	10/26	11/15	10/30	11/2
히어리_암	-	4/3	3/29	4/7	4/2	-	4/9	4/11	4/19	4/17	10/27	11/9	10/25	10/23	10/15	11/17	11/24	11/22	10/23	10/23
진달래	-	4/9	4/11	4/7	4/9	4/16	4/22	4/18	4/17	4/17	11/03	10/26	10/25	10/23	10/23	11/17	10/26	11/7	11/13	11/12
산수유	-	4/3	4/4	4/7	4/2	-	4/22	4/11	4/19	4/17	10/13	11/16	10/31	11/6	11/2	11/17	11/24	11/15	11/13	11/12
개나리_암	-	3/27	4/4	4/7	4/2	-	4/9	4/11	4/17	4/9	11/11	11/2	10/25	11/6	11/2	11/17	11/16	11/7	11/13	11/12
무궁화	-	4/3	4/4	4/7	4/9	4/16	4/29	4/25	4/24	4/24	11/03	11/16	10/17	10/30	11/2	11/11	11/24	11/7	11/13	11/12
수수꽃다리	-	3/19	3/21	3/13	3/26	-	4/3	4/4	4/10	4/2	11/17	11/24	11/7	11/6	11/2	11/25	12/2	11/29	11/13	11/12
백목련	-	4/15	4/11	4/2	4/17	-	4/19	4/18	4/19	4/30	11/11	11/24	11/7	11/6	11/2	11/17	11/24	11/15	11/13	11/12
자귀나무	4/16	4/29	4/18	4/19	4/24	4/24	5/19	5/16	5/19	5/23	10/27	10/26	10/17	10/10	10/4	11/11	11/2	11/7	10/30	11/2
왕벚나무	-	4/9	4/11	4/10	4/2	-	4/22	4/18	4/17	4/17	10/13	10/26	10/17	10/16	10/23	11/11	11/24	11/7	10/23	11/12
매발톱나무	-	3/19	3/29	3/22	3/26	-	4/9	4/4	4/7	4/2	10/08	10/20	10/10	10/30	10/25	10/27	10/20	10/31	11/6	11/2
모감주나무	-	4/15	4/18	4/12	4/9	-	4/29	4/25	5/2	4/24	10/13	10/20	10/17	10/16	10/23	11/03	11/2	11/7	10/23	11/12
단풍나무	-	3/27	3/29	3/30	4/2	-	4/15	4/11	4/12	4/17	11/03	11/9	11/7	10/30	10/23	11/17	11/24	11/22	11/13	11/12
함박꽃나무	-	4/3	4/4	3/30	4/2	-	4/15	4/11	4/12	4/17	-	11/16	10/31	10/10	10/15	-	11/24	11/7	10/16	10/23
동백나무	4/16	4/29	4/29	4/19	4/24	4/30	5/7	5/9	5/2	4/30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
호랑가시나무_암	4/16	4/29	4/25	4/19	4/24	4/30	5/7	5/9	5/11	4/30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
구골나무_암	4/30	4/29	4/29	5/11	5/9	5/14	5/7	5/16	5/19	5/15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
가시나무	4/24	4/29	4/29	4/24	4/24	4/30	5/7	5/9	5/11	4/30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
꽝꽝나무_암	4/16	3/19	4/18	4/19	4/17	4/24	4/9	4/29	5/11	4/30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
굴거리나무-암	-	4/3	4/11	4/7	4/2	4/16	4/29	4/25	4/24	4/24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※ 2016년도 조사 대상종 제외 : 백리향

〈표 8〉 금강수목원 전시원내 활엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃눈파열시기					개화시작시기					개화(>50%)					낙화(>90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
복자기	-	3/27	3/29	4/7	4/2	-	4/3	4/4	4/12	4/2	-	4/9	4/11	4/19	4/9	-	4/15	4/18	5/2	4/17
산겨릅나무	-	4/15	4/11	4/12	4/9	-	4/22	4/18	4/19	4/17	4/16	4/29	4/25	4/24	4/24	4/30	5/7	4/29	5/2	4/30
매자나무	-	4/3	4/4	4/24	4/24	-	5/7	4/29	5/2	4/30	-	5/12	5/5	5/2	5/4	-	5/19	5/9	5/11	5/9
마가목	-	4/15	4/4	4/24	4/24	-	5/7	4/25	5/2	4/30	4/25	5/12	4/29	5/2	5/4	5/10	5/19	5/9	5/19	5/9
미선나무	-	3/19	3/21	3/13	3/23	-	3/27	3/29	3/30	3/26	-	4/3	4/4	4/7	3/30	4/16	4/9	4/11	4/10	4/2
노각나무	5/10	5/12	4/29	6/20	6/12	-	7/2	6/13	6/28	6/21	6/23	7/6	6/20	7/4	6/27	7/07	7/15	7/11	7/13	7/12
히어리_암	-	3/19	3/14	3/13	3/12	-	3/19	3/29	3/30	3/26	-	3/27	4/4	4/7	4/2	4/24	4/9	4/11	4/12	4/17
진달래	-	3/27	3/29	3/30	3/30	-	4/3	4/4	4/12	4/2	-	4/9	4/11	4/17	4/9	4/16	4/22	4/25	4/24	4/20
산수유	-	2/23	3/8	2/20	3/12	-	3/19	3/21	3/17	3/16	-	3/27	3/29	3/30	3/26	4/16	4/15	4/11	4/19	4/9
개나리_암	-	3/9	3/21	3/30	3/23	-	3/19	3/29	4/7	3/30	4/16	3/27	4/4	4/12	4/2	4/24	4/22	4/18	4/19	4/17
무궁화	6/22	6/22	6/20	7/10	6/27	7/7	7/8	6/27	7/17	7/25	7/28	7/22	7/25	8/8	7/25	8/26	8/17	8/22	9/4	9/3
수수꽃다리	-	3/19	4/4	3/30	3/26	-	4/9	4/11	4/10	4/9	4/16	4/15	4/18	4/17	4/17	4/24	4/29	4/29	5/2	4/30
백목련	-	3/19	3/21	3/13	3/23	-	3/27	3/29	3/30	3/30	-	4/3	4/4	4/7	4/2	4/16	4/9	4/11	4/10	4/9
자귀나무	5/26	6/8	6/7	5/24	6/12	-	6/18	6/13	6/20	6/18	6/22	7/2	6/20	6/23	6/27	7/07	7/22	7/11	7/10	7/25
왕벚나무	-	3/19	3/29	3/22	4/2	-	3/27	4/4	4/7	4/2	-	4/3	4/11	4/10	4/4	4/16	4/15	4/18	4/19	4/17
매발톱나무	-	4/9	-	미개화	미개화	-	4/22	-	미개화	미개화	-	4/29	-	미개화	미개화	-	5/7	-	미개화	미개화
모감주나무	6/10	6/22	6/20	5/24	5/29	-	7/2	6/27	6/16	6/12	6/22	7/6	7/7	7/4	6/27	7/07	7/22	7/11	7/13	7/25
단풍나무	-	4/9	4/11	4/12	4/17	-	4/15	4/18	4/12	4/17	4/16	4/22	4/25	4/19	4/24	4/24	4/29	5/1	5/2	4/30
함박꽃나무	-	4/29	4/18	5/2	5/9	-	-	5/9	5/11	5/15	-	5/21	5/16	5/19	5/23	-	5/26	5/30	5/31	5/29
동백나무	-	3/19	3/21	2/20	3/26	-	3/27	3/29	3/22	4/9	-	4/15	4/11	3/30	4/17	4/16	4/29	4/25	4/19	4/24
호랑가시나무	-	3/19	3/29	3/22	3/26	-	4/15	4/18	4/12	4/17	4/16	4/22	4/18	4/24	4/24	4/24	4/29	4/29	5/2	4/30
구골나무	10/27	10/20	10/10	10/16	10/15	-	10/26	10/25	10/16	10/23	11/03	11/2	11/7	10/23	11/2	11/11	11/16	11/15	11/13	11/12
가시나무	-	5/7	5/9	4/24	4/30	-	-	5/16	4/24	5/4	-	5/12	5/16	5/2	5/7	-	5/19	5/21	5/19	5/9
꽝꽝나무	5/20	5/26	5/9	5/19	5/23	5/26	-	5/23	5/31	5/25	-	6/8	5/30	5/31	5/29	6/10	6/18	6/7	6/9	6/12
굴거리나무	-	-	4/25	4/19	4/24	-	-	4/27	4/24	4/27	-	-	4/29	5/2	4/30	-	-	5/9	5/11	5/9

〈표 9〉 금강수목원 전시원내 활엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성시기					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
복자기	-	4/22	4/11	5/2	4/17	9/01	9/15	9/5	9/4	9/28
산겨릅나무	4/24	5/7	미결실	5/2	4/30	10/08	조기낙과	-	10/10	10/23
매자나무	-	5/19	5/9	5/11	5/15	-	9/15	9/5	9/4	8/22
마가목	5/10	5/19	5/16	5/19	5/15	9/11	9/7	9/19	9/4	9/3
미선나무	4/30	4/15	4/11	4/10	4/9	9/16	8/31	8/30	9/13	9/13
노각나무	7/7	7/22	7/11	7/13	7/12	9/11	9/21	9/5	9/19	9/3
히어리_암	4/24	4/9	4/18	4/19	4/24	10/08	9/30	10/4	9/19	9/3
진달래	4/16	4/22	4/18	4/17	4/20	9/16	10/20	10/10	9/25	10/4
산수유	4/24	4/29	4/11	4/24	4/17	9/11	9/30	9/26	10/10	10/4
개나리_암	5/20	5/12	5/16	4/24	4/24	9/30	미결실	10/25	9/13	조기낙과
무궁화	8/26	8/31	8/8	9/4	8/16	9/16	10/12	10/10	10/10	10/4
수수꽃다리	4/30	4/29	4/25	5/2	4/30	9/11	-	8/22	9/13	9/3
백목련	5/10	4/6	4/11	4/17	4/9	9/16	9/15	9/5	9/13	조기낙과
자귀나무	7/7	-	7/11	7/24	7/25	9/16	9/7	9/6	9/4	9/3
왕벚나무	4/24	4/22	4/18	4/17	4/17	6/09	6/8	6/13	5/19	5/29
매발톱나무	-	5/7	미결실	미결실	미결실	-	8/3	-	-	미결실
모감주나무	-	-	7/11	7/13	7/25	8/26	8/31	8/30	8/21	9/3
단풍나무	4/24	4/29	4/21	4/24	4/30	10/22	10/12	9/26	10/10	9/28
함박꽃나무	-	6/8	5/16	5/24	5/29	-	조기낙과	9/19	9/13	조기낙과
동백나무	-	4/22	미결실	4/12	4/24	-	9/30	-	9/25	조기낙과
호랑가시나무	4/30	4/29	4/25	5/2	4/30	10/27	11/16	10/31	11/6	10/23
구골나무	-	11/16	11/22	11/27	11/12	-	성숙도(1)	-	-	-
가시나무	6/10	6/8	6/7	5/31	5/29	10/27	11/2	11/7	10/30	11/2
꽝꽝나무	6/10	6/22	6/7	6/9	6/12	10/22	10/20	10/17	10/10	10/15
굴거리나무	-	-	5/9	5/11	5/15	-	-	조기낙과	9/25	9/13

〈표 10〉 금강수목원 전시원내 활엽수 병해충 발생

식물명	2016			2017			2018		
	발병부위	발병시작시기	병해충명	발병부위	발병시작시기	병해충명	발병부위	발병시작시기	병해충명
복자기	잎	4/18	진딧물						
산겨릅나무	줄기	5/30	갈색날개매미충						
마가목	잎	8/30	반점병						
노각나무	-	-	-	줄기	2/20	갈색날개매미충			
				줄기	5/31	꽃매미			
히어리	줄기	5/30	갈색날개매미충	줄기	2/14	갈색날개매미충			
진달래	-	-	-	잎	5/24				
개나리	-	-	-	줄기	2/20	갈색날개매미충			
				잎	4/24	개나리잎벌			
무궁화	잎	8/15	식엽성해충						
수수꽃다리	-	-	-	줄기	2/14	갈색날개매미충			
백목련	-	-	-	줄기	2/14	갈색날개매미충			
왕벚나무	잎	5/9	벚나무혹진딧물						
	잎	8/23	갈색무늬구멍병						
매발톱나무	-	-	-	줄기	2/20	갈색날개매미충			
				줄기	5/31	꽃매미			
호랑가시나무				줄기	2/14	갈색날개매미충			
가시나무	줄기	5/30	갈색날개매미충	줄기	2/14	갈색날개매미충			
꽝꽝나무	-	-	-	줄기	3/6	쐐기나방			
				줄기	7/13	미국선녀벌레유충			
함박꽃나무	잎, 줄기	6/7	꽃매미, 갈색날개매미충	줄기	2/14	갈색날개매미충			

3) 금강수목원 초본류의 생물계절성 변화

2018년도 금강수목원 지역의 초본류의 성장 시작 시기는 2월 9일에 애기앉은부채가 가장먼저 성장을 시작하였고, 2월 19일에 둥근잎꿩의비름, 가지복수초 등의 성장이 시작되었다. 3월에는 노랑무늬붓꽃(3월 2일), 산마늘, 깽깽이풀(3월12일), 피나물, 개족도리풀(3월 20일), 눈개승마, 미치광이풀, 한라개승마, 산국, 원추리, 노랑꽃창포 등이 성장이 시작되었다. 2017년도 대비 성장시기가 늦어진 식물은 40일 늦어진 눈개승마, 원추리, 노랑꽃창포, 20일 늦어진 한라개승마로 조사되었고 피나물은 10일 빨라진 것으로 조사되었다. 나머지 식물은 전년도 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 조사되었다.

성장 시작에서 개엽까지의 기간이 가장 오래 걸린 초본류는 애기앉은부채가 39일 정도 소요되었고 다음으로 노랑무늬붓꽃 31일, 둥근잎꿩의비름와 가지복수초 29일정도 소요되었다. 그 외 식물은 2~14일정도 소요되는 것으로 조사되었다.

초본류가 80~100% 잎이 시들거나 고사된 시기는 2017년도와 비교해 노랑꽃창포 47일, 노랑무늬붓꽃, 돌단풍, 원추리가 13일 빨라진 것으로 조사되었다. 그 외에 대부분의 초본류가 80%이상 시들거나 고사 시기는 2017년과 비슷한 시기에 고사된 것으로 나타났다. (표 11)

2018년도 전시원내 초본류의 꽃눈파열은 돌단풍, 가지복수초와 깽깽이풀이 3월 20일로 가장 먼저 파열되었고 다음으로 3월 23일에 애기앉은부채, 3월 28일에 미치광이풀이 파열되었다. 4월에는 피나물(4월 2일), 개족돌이풀(4월 9일), 산마늘(4월 30일) 꽃눈이 파열되었으며, 5월에는 노랑꽃창포(5월 9일), 눈개승마(5월 15일), 7월에는 원추리(7월12일), 9월에는 둥근잎꿩비름(9월19일), 한라개승마(9월19일) 그리고 10월에는 산국(10월 15일)에 파열되어 가을꽃 식물로 분류되었다.

초본류 개화(〉50%)시기가 2017년도 대비 6일 이상 늦어진 종은 산국(17일), 애기앉은부채(10일), 노랑무늬붓꽃(9일)로 조사되었고 6일 이상 빨라진 종은 피나물(10일),로 조사되었다. 돌단풍, 애기앉은부채, 눈개승마 등은 전년도 대비 ±5일로 비슷한 시기에 50%이상 개화가 시작되었다.

낙화(〉90%)가 진행된 시기는 가지복수초와 깽깽이풀이 4월 2일 전년도 대비 10일 빨리 가장 먼저 진행되었고 다음으로 미치광이풀이 4월 9일, 피나물과 돌단풍이 4월 17일 낙화되었다. 전년도 대비 낙화시기가 크게 차이나는 식물은 한라개승마 19일, 둥근잎꿩의비름과 노랑무늬붓꽃 13일 늦게 낙화되었고, 피나물 15일, 가지복수초와 깽깽이풀이 10일, 노랑무늬붓꽃이 8일 빨리 낙화되었다. 그 외 돌단풍, 산마늘, 애기앉은부채 눈개승마, 개족

돌이풀 등은 2017년도와 비교해 ±5일로 전년도와 비슷한 시기에 낙화가 진행된 것으로 조사되었다.(표 12)

초본류의 열매 생성시기는 전년 대비 노랑무늬붓꽃 8일, 피나물 7일, 애기앉은부채가 6일 빨리 생성되었고, 한라개승마는 22일, 둥근잎꿩의비름는 13일 늦게 생성되었다. 그 외 식물은 전년도 와 비슷한 시기에 열매가 생성되었다.

열매(성숙도 3)은 전년도 대비 노랑꽃창포 28일, 산마늘 13일, 피나물 9일 빠르게 성숙이 완료되었고, 한라개승마 6일 느리게 성숙이 완료되었다. 개족도리풀은 환경적 요인으로 조기낙과되어 조사를 하지 못하였다. (표 13)

〈표 11〉 금강수목원 전시원내 초본류 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	성장시작시기					개 엽					80~100% 잎이 시들거나 죽은 시기				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
피나물	-	3/19	3/29	3/30	3/20	-	3/27	4/4	4/12	4/2	6/10	6/8	6/27	-	6/27
둥근잎꿩의비름	-	2/3	2/24	2/20	2/19	-	4/3	3/29	4/7	3/20	11/11	11/24	11/7	11/13	11/12
노랑무늬붓꽃	-	3/2	2/24	2/20	3/2	-	3/9	3/8	4/12	4/2	11/11	8/3	8/22	9/4	8/22
돌단풍	-	3/27	3/29	3/30	4/2	-	4/3	4/4	4/7	4/9	11/03	8/17	8/22	9/4	8/22
산마늘	-	3/2	3/9	3/6	3/12	-	3/19	3/14	3/13	3/20	7/22	7/8	7/11	7/10	7/26
애기앉은부채	-	3/9	3/8	2/14	2/9	-	3/27	3/21	3/13	3/20	8/16	7/8	7/11	6/9	6/12
눈개승마	-	3/19	3/21	2/14	3/26	-	3/27	3/29	3/30	4/2	11/11	11/9	11/7	11/13	11/2
미치광이풀	-	3/9	3/21	3/22	3/26	-	4/3	4/4	4/12	3/28	5/20	6/8	6/7	5/31	5/29
개족도리풀	-	3/19	3/14	2/20	3/20	-	4/3	4/11	3/30	4/2	9/01	9/15	8/22	8/21	8/22
한라개승마	-	2/23	3/21	3/6	3/26	-	3/19	3/29	3/30	4/2	11/17	10/12	10/4	11/6	11/12
가지복수초	-	2/3	2/24	2/14	2/19	-	3/19	3/9	3/6	3/20	5/20	5/12	5/16	5/11	5/15
산국	-	2/23	2/21	3/30	3/26	-	3/2	3/29	4/7	4/2	11/25	11/9	11/7	11/13	11/12
원추리	-	3/2	3/10	2/14	3/26	-	3/27	3/21	4/19	4/2	11/03	훼손	11/7	11/13	훼손
깽깽이풀	-	2/10	2/14	2/14	3/12	-	3/19	3/21	3/13	3/23	9/22	7/8	7/25	7/10	6/27
노랑꽃창포	-	2/23	3/8	2/14	3/26	-	3/2	3/14	4/19	4/9	11/25	11/2	9/19	10/30	9/3

〈표 12〉 금강수목원 전시원내 초본류 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃눈파열시기					개화시작시기					개화(〉50%)					낙화(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
피나물	-	4/3	4/18	-	4/2	-	4/9	4/25	4/12	4/2	-	4/15	4/29	4/19	4/9	4/16	4/29	5/9	5/2	4/17
둥근잎꿩의비름	7/22	9/7	8/3	8/21	9/19	8/26	9/21	9/26	-	9/28	9/16	9/30	10/4	9/25	10/4	9/30	10/20	10/25	10/10	10/23
노랑무늬붓꽃	-	4/15	4/18	-	-	-	-	4/18	4/19	4/17	4/16	4/22	4/25	4/24	-	4/24	4/29	4/29	5/2	4/24
돌단풍	-	3/19	3/29	3/13	3/20	-	3/27	4/4	4/7	4/2	4/16	4/3	4/11	4/12	4/9	4/24	4/29	4/18	4/19	4/17
산마늘	4/30	4/29	4/25	5/2	4/30	5/10	5/7	5/9	-	5/9	5/14	5/12	5/16	5/11	5/15	5/26	5/26	5/23	5/24	5/23
애기앉은부채	-	3/9	3/29	3/22	3/23	-	3/19	-	4/7	3/26	-	3/27	-	4/12	4/2	4/16	4/9	4/11	4/19	4/17
눈개승마	4/30	5/19	-	4/24	5/15	5/10	-	-	5/11	5/15	5/20	5/26	-	5/19	5/23	6/10	6/22	-	6/9	6/12
미치광이풀	-	3/19	3/29	-	3/28	-	3/27	4/4	-	4/2	4/24	4/3	4/11	-	-	4/30	4/22	4/18	-	4/9
개족도리풀	-	4/22	4/11	4/19	4/9	-	-	4/11	4/19	4/17	4/16	4/29	4/29	4/24	4/24	4/24	5/7	5/9	5/2	4/30
한라개승마	6/22	6/22	6/27	8/8	9/19	7/7	7/8	7/11	8/8	9/28	7/22	7/22	7/21	-	10/4	8/26	8/26	8/22	9/19	10/8
가지복수초	-	2/23	2/24	3/6	3/20	-	3/2	3/9	3/13	3/20	-	3/9	3/21	3/22	3/26	-	4/3	4/11	4/12	4/2
산국	10/08	9/30	9/19	10/10	10/15	-	10/7	10/10	10/10	10/23	10/13	10/12	10/25	10/16	11/2	11/03	11/2	11/7	11/6	11/12
원추리	-	7/2	6/20	7/24	7/12	-	7/6	7/11	8/8	-	7/22	7/22	7/25	-	-	8/13	8/17	8/8	-	7/25
깽깽이풀	-	3/2	3/14	3/22	3/20	-	3/9	3/21	-	3/23	-	3/19	3/29	3/30	3/26	-	3/27	4/11	4/12	4/2
노랑꽃창포	-	5/7	4/29	-	5/9	-	5/12	5/9	5/19	5/15	-	5/19	5/16	5/24	5/23	-	5/26	5/30	5/31	5/29

〈표 13〉 금강수목원 전시원내 초본류 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성시기					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
피나물	4/16	4/22	4/25	4/24	4/17	5/20	5/19	5/30	5/24	5/15
둥근잎꿩의비름	9/30	10/7	10/25	10/10	10/23	11/03	11/24	11/7	11/13	11/16
노랑무늬붓꽃	-	4/29	5/9	5/2	4/24	-	5/19	6/7	조기낙과	5/23
돌단풍	4/24	5/7	4/18	4/19	4/17	5/20	5/20	5/16	5/19	5/15
산마늘	5/20	5/26	5/23	5/24	5/23	7/07	7/2	6/27	7/10	6/27
애기앉은부채	-	4/9	미결실	4/24	4/24	-	-	-	조기종료	5/9
눈개승마	6/23	6/22	미결실	6/28	6/27	9/16	8/31	-	10/23	10/23
미치광이풀	4/24	4/29	4/25	-	4/9	-	5/26	5/9	-	5/9
개족도리풀	4/24	5/7	5/9	5/2	4/30	5/20	6/8	6/17	6/9	조기낙과
한라개승마	8/13	8/31	8/22	9/13	10/15	10/08	9/21	9/19	11/6	11/12
가지복수초	-	3/27	3/21	3/30	4/2	4/30	5/12	4/25	5/2	4/30
산국	-	11/2	11/7	11/13	11/16	11/11	11/24	11/24	11/30	-
원추리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
깽깽이풀	-	4/3	4/4	4/7	4/2	5/10	5/19	5/9	5/11	5/9
노랑꽃창포	-	6/8	5/23	5/31	5/29	-	9/21	8/22	9/19	8/22

(2) 계룡산국립공원

(가) 조사대상종

계룡산의 기후변화 취약식물 조사종은 북방계, 남방계로 구분하였으며, 북방계는 초본류 1종, 남방계도 초본류 1종을 선정하였으며, 관심종은 침엽수 2종, 활엽수 9종, 초본류 2종, 지역종으로 초본류 2종을 선정 총 17분류군을 대상 종으로 선정하였으며, 2015년도에 진범을 흰진범으로 종명을 변경하였다. (표 14)

〈표 14〉 계룡산국립공원 조사 대상종

구 분			17분류군
분포지역별 취약종(2)	북방계(1)	초본류(1)	너도바람꽃
	남방계(1)	초본류(1)	흰진범
관심종(13)		침엽수(2)	소나무, 개비자나무
		활엽수(9)	당단풍나무, 진달래, 생강나무, 산철쭉, 철쭉, 신갈나무, 산벚나무, 서어나무, 단풍나무
		초본류(2)	원추리, 깽깽이풀
지역종(2)		초본류(2)	어리병풍, 현호색

〈표 15〉 계룡산 조사 대상종 목록 및 현황

고유번호	국 명	학 명	비고	조사기간
1	깽깽이풀	*Jeffersonia dubia* (Maxim.) Benth. &Hook.f. ex Baker &S.Moore		2014-현재
2	생강나무	*Lindera obtusiloba* Blume		2014-현재
3	단풍나무	*Acer palmatum* Thunb.		2014-현재
4	너도바람꽃	*Eranthis stellata* Maxim.		2014-현재
5	산벚나무	*Prunus sargentii* Rehder		2014-현재
6	원추리	*Hemerocallis fulva* (L.) L.		2014-현재
7	신갈나무	*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.		2014-현재
8	서어나무	*Carpinus laxiflora* (Siebold & Zucc.) Blume		2014-현재
9	개비자나무	*Cephalotaxus koreana* Nakai		2014-현재
10	흰진범	*Aconitum longecassidatum* Nakai		2014-현재
11	진달래	*Rhododendron mucronulatum* Turcz.		2014-현재
12	산철쭉	*Rhododendron yedoense* f. *poukhanense* (H.Lév.) M.Sugim. ex T.Yamaz.		2014-현재
13	철쭉	*Rhododendron schlippenbachii* Maxim.		2014-현재
14	현호색	*Corydalis remota* Fisch. ex Maxim.		2014-현재
15	어리병풍	*Parasenecio pseudotaimingasa* (Nakai) B.U.Oh		2014-현재
16	당단풍나무	*Acer pseudosieboldianum* (Pax) Kom.		2014-현재
17	소나무	*Pinus densiflora* Siebold &Zucc.		2014-현재
변동사항	개체변경 - 없음			

(나) 식물종별 계절성 변화

1) 계룡산 침엽수의 계절성 변화

계룡산 자생지의 2018년도 침엽수 잎눈파열시기는 소나무가 5월 11일로 전년 대비 7일 늦게 파열되었으며, 개비자나무는 5월 4일로 2017년 대비 14일 늦어진 것으로 조사되었다. 침엽수의 개엽시기는 소나무가 14일 빨리, 개비자나무는 7일 늦게 개엽되었다. (표 16) 자생지 공통 조사 종인 계룡산내 소나무 개엽 시기 변화그래프는 그림 2과 같다.

소나무의 꽃가루 날리는 시기와 비산(〉50%)는 2014~2018년도 5년간 거의 비슷한 시기에 시작되었으며, 개비자나무는 전년가 같은 4월 13일 꽃가루가 날리기 시작하여 꽃가루가 날리지 않는 시기는 전년보다 1일 빠른 4월 19일로 조사되었다(표 17)

소나무의 열매생성시기는 5월 11일로 15일 빨라졌고, 열매가 완전 성숙(성숙도 3)된 시기는 10월 12일로 조사되어 전년도 대비 1일 빨리 성숙되었다. 개비자나무는 공시목 주변에 암그루가 없어 열매생성 여부 확인이 불가하였다.(표 18)

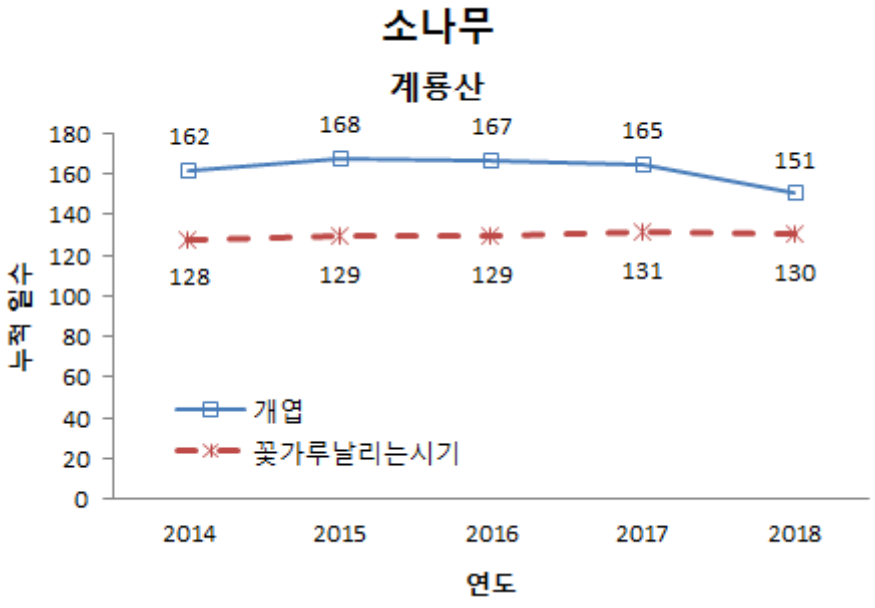


그림 2. 계룡산 소나무의 개엽, 개화시작일

〈표 16〉 계룡산 침엽수 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	잎눈파열시기					개 엽					낙엽(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
소나무	5/15	5/08	5/13	5/4	5/11	6/12	6/18	6/16	6/15	6/1	-	-	-	-	-
개비자나무_수	4/17	4/10	4/22	4/20	5/4	4/24	5/04	5/3	5/18	5/25	-	-	-	-	-

〈표 17〉 침엽수 생식기관의 생물계절성 변화

구분 / 지표종	꽃가루 날리는 시기					꽃가루 날리는 시기(〉50%)					꽃가루 날리지 않는 시기				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
소나무	5/09	5/10	5/9	5/12	5/11	5/15	5/15	5/13	5/12	5/11	-	5/22	5/19	5/18	-
개비자나무_수	-	4/10	4/15	4/13	4/13	-	4/21	4/22	4/13	4/13	-	5/04	5/04	4/20	4/19

〈표 18〉 침엽수 생식기관의 생물계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
소나무	6/05	6/04	5/13	5/26	5/11	10/17	10/16	11/04	10/13	10/12
개비자나무_수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2) 계룡산 활엽수의 계절성 변화

2018년 계룡산 활엽수의 전년 대비 잎눈파열시기가 빨라진 수종으로는 생강나무, 산벚나무와 단풍나무가 3일 빨리 파열이 시작되었고 늦어진 수종으로 철쭉이 16일, 당단풍나무, 산철쭉, 서어나무가 10일, 진달래와 신갈나무가 6일 늦어진 것으로 조사되었다.

개엽 시기는 조사종 모두 4월에 개엽하였으며 생강나무가 전년 대비 14일 빠른 4월 6일에 개엽하였으며, 다음으로 산벚나무와 단풍나무가 4월 13일에 개엽하였다.

활엽수의 단풍(〉90%) 진행된 시기는 조사종 모두 빨라졌으며, 산철쭉과 산벚나무가 10월 12일, 그 외 다른 조사종들은 10월 24일에 단풍(〉90%) 진행되었다. 낙엽(〉90%)은 철쭉이 10월 12일 가장 먼저 진행되었으며, 다음으로 산철쭉, 신갈나무, 산벚나무가 10월 24일에 당단풍나무 등 그 외 조사종들은 11월 13일에 가장 늦은 것으로 조사되었다. 산철쭉, 철쭉, 벚나무가 10월 18일로 가장 먼저 낙엽이 지는 것으로 조사되었다. 2017년 대비 당단풍나무, 진달래, 단풍나무가 8일, 철쭉이 6일 빨리 낙엽이 진행되었고 산벚나무는 6일 늦게 진행 된것으로 나타났다. (표 19)

2018년 계룡산 자생지의 활엽수 꽃눈파열시기는 생강나무가 3월 9일로 전년 대비 6일 늦어졌으며 활엽수 중 가장 먼저 파열이 시작되었다. 전년도에 꽃이 피지 않은 서어나무는 2016년과 2018년 2년 주기로 꽃이 피었으며, 2016년 대비 5일 늦은 4월 13일에 꽃눈이 파열되었다.

개화시작 시기 조사 결과는 생강나무가 3월 20일에 가장먼저 개화가 시작되었으며 4월에는 산벚나무와 진달래, 산철쭉, 서어나무 등이 개화하였고, 당단풍나무가 5월 11일로 가장 늦게 개화되었다. 개화 50%까지 걸리는 기간은 대부분 10~16일 정도 소요되었다.

활엽수 꽃눈 파열에서 낙화(〉90%)까지 기간이 긴 수종은 산철쭉 36일, 생강나무로 35일로 조사되었으며, 가장 개화기간이 짧은 수종은 서어나무로 12일로 조사되었다. (표 20)

열매생성시기는 전년 대비 신갈나무 27일, 산벚나무 9일, 생강나무 7일 빨라진 것으로 산철쭉과 철쭉은 7일, 단풍나무 6일 늦어진 것으로 조사되었다.

자생지 공통조사 종인 당단풍나무와 생강나무의 개엽, 개화시작일 변화 그래프는 그림 3, 그림 4과 같다.

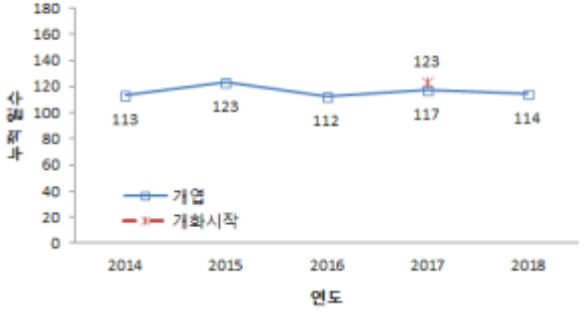


그림 3. 계룡산 당단풍나무의 개엽, 개화시작일

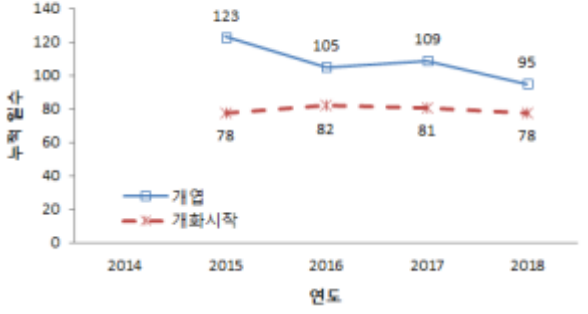


그림 4. 계룡산 생강나무의 개엽, 개화시작일

〈표 19〉 계룡산 활엽수 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	잎눈파열시기					개 엽					단풍(>90%)					낙엽(>90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
당단풍나무	-	3/26	4/8	4/3	4/13	4/24	5/4	4/22	4/28	4/25	10/28	10/23	10/27	10/27	10/24	11/18	11/24	11/10	11/21	11/13
진달래	-	4/21	4/8	4/13	4/19	4/17	4/21	4/28	4/28	4/25	10/28	10/23	11/4	11/1	10/24	11/10	11/12	11/10	11/21	11/13
생강나무_암	-	3/26	4/1	4/3	3/30	-	5/4	4/15	4/20	4/6	10/28	11/3	10/27	11/1	10/24	11/10	11/12	11/10	11/9	11/13
산철쭉	-	3/26	4/1	4/3	4/13	4/17	5/4	4/28	5/4	4/25	9/23	10/16	10/14	10/13	10/12	10/17	10/16	10/27	10/18	10/24
철쭉	4/17	5/4	4/15	4/3	4/19	4/24	5/8	5/4	5/4	4/25	9/23	9/25	9/22	9/22	-	10/06	10/6	10/7	10/18	10/12
신갈나무	-	4/10	4/22	4/13	4/19	4/17	5/4	4/28	4/28	4/25	10/17	10/16	10/7	10/13	-	10/28	10/16	10/19	10/27	10/24
산벚나무	-	3/26	4/8	4/3	4/6	-	4/21	4/13	4/20	4/13	10/06	10/23	10/7	10/13	10/12	10/17	10/23	10/14	10/18	10/24
서어나무	-	4/10	4/15	4/3	4/13	-	4/21	4/22	4/20	4/25	10/17	10/23	10/19	10/27	10/24	10/28	11/3	11/10	11/9	11/13
단풍나무	-	3/20	4/1	4/3	4/6	-	5/4	4/15	4/20	4/13	10/28	11/3	11/4	11/1	-	11/18	11/24	11/10	11/21	11/13

〈표 20〉 계룡산 활엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃눈파열시기					개화시작시기					개화(〉50%)					낙화(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
당단풍나무	-	5/4	-	-	-	-	-	-	5/4	-	-	5/8	-	5/4	5/11	-	5/15	-	5/18	-
진달래	-	4/21	4/8	4/13	-	-	-	4/15	4/20	4/13	4/17	5/4	4/22	4/20	4/25	4/24	5/8	4/28	4/28	4/25
생강나무_암	-	2/26	3/17	3/3	3/9	-	3/20	3/23	3/23	3/20	-	3/26	4/8	4/3	3/30	-	4/10	4/15	4/13	4/13
산철쭉	4/17	5/4	4/22	4/20	4/19	4/24	-	4/28	5/4	4/25	5/02	5/8	5/4	5/12	5/11	5/09	5/15	5/13	5/18	5/25
철쭉	4/17	5/4	4/28	4/13	4/25	4/24	-	5/4	5/4	-	4/24	5/8	5/13	5/12	5/11	5/15	5/15	5/19	5/18	5/25
신갈나무	4/17	-	4/22	-	-	-	-	4/28	4/28	4/25	4/24	-	5/4	5/4	-	5/2	5/8	5/13	5/12	-
산벚나무	-	4/10	4/8	-	4/6	-	-	4/12	4/20	-	4/17	4/21	4/15	4/28	4/19	4/24	5/4	4/22	5/4	4/25
서어나무	-	-	4/8	-	4/13	-	-	4/15	-	4/19	-	-	4/22	-	-	-	-	4/28	-	4/25
단풍나무	-	-	-	-	-	-	-	-	4/28	5/11	-	5/4	-	4/28	-	-	5/8	-	5/12	-

〈표 21〉 계룡산 활엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성시기					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
당단풍나무	-	5/22	-	5/18	6/1	-	조기낙과	-	조기낙과	9/11
진달래	4/24	5/4	4/22	4/28	4/25	10/28	11/2	11/10	9/28	10/24
생강나무_암	-	5/4	5/13	4/20	4/13	9/04	9/4	9/8	9/15	9/11
산철쭉	5/15	5/15	5/13	5/18	5/25	10/06	10/6	10/14	9/28	9/11
철쭉	5/15	5/22	5/13	5/18	5/25	10/17	10/6	10/14	9/22	9/11
신갈나무	6/5	6/4	5/19	6/15	5/11	9/04	9/17	9/22	조기낙과	조기낙과
산벚나무	4/24	5/4	4/28	5/4	4/25	6/25	6/18	6/23	6/29	6/20
서어나무	-	-	5/4	-	5/4	-	-	9/22	-	6/14 (조기낙과)
단풍나무	-	6/4	-	5/12	5/18	-	9/4	-	조기낙과	조기낙과

3) 계룡산 초본류의 생물계절성 변화

2018년도 계룡산 자생지의 초본류 성장시작시기는 깽깽이풀이 2017년도 대비 13일 늦은 3월 9일 가장 먼저 시작되었고 너도바람꽃이 전년 대비 5일 늦은 3월 20일에 다음으로 3월 30일에 흰진범, 어리병풍, 현호색이 3월 30일에 시작하였으며, 원추리가 가장 늦은 4월 6일로 조사되었다.

초본류가 낙엽되었거나 지상부가 고사(〉90%)되는 시기는 2017년도와 마찬가지로 너도바람꽃과이 5월 4일로 가장 빨랐으며 전년도 대비 8일 빨리 고사한 것으로 조사되었다. (표22)

낙화(〉90%) 진행된 시기는 너도바람꽃이 전년대비 14일 빠른 3월 30일로 가장 먼저 진행된 것으로 조사되었으며, 깽깽이풀이 꽃눈 파열 후 14일 후인 4월 13일에 낙화되었다. (표23)

초본류의 열매 생성시기는 너도바람꽃이 3월 30일, 깽깽이풀 4월 13일, 헌호색 4월 25일로 조사 되었으며, 낙화와 비슷한 시기에 열매가 생성되는 것으로 나타났다. 열매가 완숙되는 시기는 너도바람꽃이 4월 25일로 전년 대비 9일 일찍 진행되었고 깽깽이풀은 5월 4일, 헌호색은 5월 11일 성숙 하는 것으로 나타났다.(표 24)

2015년도에는 동물(멧돼지) 피해로 인하여 흰진범과 어리병풍의 생식기관 계절성 변화 조사를 하지 못하였으나 2016년도는 동물피해는 발생하지 않았고 산나물 채취자가 어리병풍을 일부분 채취하는 피해가 발생하였으며, 2017년도에는 피해가 나타나지 않았다. 2018년에는 2015년과 마찬가지로 동물(멧돼지) 피해가 심각하여 생식기관 계절성 변화가 불가능하였다.

〈표 22〉 계룡산 초본류 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	성장시작시기					개 엽					낙엽·지상부고사(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
너도바람꽃	-	3/12	3/17	3/15	3/20	-	3/26	3/23	3/23	3/20	5/02	5/8	5/13	5/12	5/4
흰진범	-	3/12	3/17	3/3	3/30	-	3/20	3/23	4/28	4/13	11/10	10/23	10/27	11/21	10/12
원추리	-	3/26	4/1	3/23	4/6	-	3/30	4/15	4/13	4/13	11/10	11/3	11/10	11/9	10/24
깽깽이풀	-	2/26	3/2	2/24	3/9	-	3/20	4/1	4/3	3/30	9/12	9/17	9/8	9/15	9/11
어리병풍	-	4/10	3/23	3/23	3/30	4/17	4/21	4/8	4/20	4/13	10/28	11/3	11/4	11/9	10/12 (조기낙과)
현호색	-	3/20	3/23	3/23	3/30	-	3/26	4/8	4/3	4/13	5/02	5/8	5/13	5/18	5/11

〈표 23〉 계룡산 초본류 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃눈파열시기					개화시작시기					개화(〉50%)					낙화(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
너도바람꽃	-	3/20	3/11	3/15	-	-	3/26	3/11	3/23	-	-	3/30	3/17	4/3	-	-	4/10	4/1	4/13	3/30
흰진범	9/04	9/11	-	-	-	9/12	9/17	-	-	-	9/23	-	-	-	-	10/06	9/25	-	-	-
원추리	7/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7/25	-	-	-	-	8/08	-	-	-	-
깽깽이풀	-	3/12	3/23	3/23	3/30	-	3/20	4/1	4/3	3/30	-	3/26	4/8	-	4/6	-	3/30	4/15	4/13	4/13
어리병풍	6/05	-	7/14	6/8	-	7/10	-	7/14	6/29	-	7/25	-	7/29	7/14	-	7/30	-	9/8	9/5	-
현호색	-	3/26	3/23	4/13	-	-	3/30	4/8	-	-	-	4/10	4/15	4/20	4/13	5/02	4/21	4/22	5/4	4/25

〈표 24〉 계룡산 초본류 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성시기					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
너도바람꽃	-	3/30	4/8	4/13	3/30	4/24	5/8	5/4	5/4	4/25
흰진범	9/17	9/25	-	-	-	10/28	동물피해	-	-	-
원추리	7/25	-	-	-	-	9/12	-	-	-	-
깽깽이풀	-	3/30	4/8	4/20	4/13	5/09	5/22	5/13	5/12	5/4
어리병풍	-	-	10/7	9/15	9/11	8/12	동물피해	11/4	10/27	-
현호색	-	4/21	4/15	5/4	4/25	5/09	5/8	5/13	5/12	5/11

(3) 가야산

(가) 조사대상종

가야산도립공원내 기후변화 취약식물 조사종은 북방계, 남방계, 관심종, 지역종으로 구분하였으며, 북방계는 조사대상종이 없었고, 남방계는 초본류 1종, 관심종은 침엽수 2종, 활엽수 9종, 초본류 1종을 지역종으로 초본류 1종 총 14분류군을 조사 하였다.(표 25)

〈표 25〉 가야산 조사 대상종

구 분			14분류군
분포지역별 취약종(1)	남방계(1)	초본류(1)	변산바람꽃
관심종(12)		침엽수(2)	소나무, 개비자나무
		활엽수(9)	당단풍나무, 진달래, 철쭉, 생강나무, 신갈나무, 산벚나무, 졸참나무, 서어나무, 단풍나무
		초본류(1)	원추리
지역종(1)		초본류(1)	현호색

〈표 26〉 가야산 조사 대상종 목록 및 현황

고유번호	국 명	학 명	비고	조사기간
1	개비자나무	Cephalotaxus koreana Nakai		2014-현재
2	산벚나무	Prunus sargentii Rehder		2014-현재
3	철쭉	Rhododendron schlippenbachii Maxim.		2014-현재
4	신갈나무	Quercus mongolica Fisch. ex Ledeb.		2014-현재
5	원추리	Hemerocallis fulva (L.) L.		2014-현재
6	서어나무	Carpinus laxiflora (Siebold & Zucc.) Blume		2014-현재
7	당단풍나무	Acer pseudosieboldianum (Pax) Kom.		2014-현재
8	진달래	Rhododendron mucronulatum Turcz.		2014-현재
9	소나무	Pinus densiflora Siebold &Zucc.		2014-현재
10	변산바람꽃	Eranthis byunsanensis B.Y.Sun		2014-현재
11	단풍나무	Acer palmatum Thunb.		2014-현재
12	현호색	Corydalis remota Fisch. ex Maxim.		2014-현재
13	생강나무	Lindera obtusiloba Blume		2014-현재
14	졸참나무	Quercus serrata Murray		2014-현재
변동 사항	개체변경- 없음 종명변경 - 없음			

(나) 식물종별 계절성 변화

1) 가야산 침엽수의 계절성 변화

가야산 자생지내 침엽수 잎눈파열시기는 소나무의 경우 2017년과 같은 5월 8일에 파열이 시작되었으며, 개비자나무는 전년도 대비 5일 늦은 4월 16일 파열된 것으로 조사되었다. 소나무의 개엽은 전년도 대비 15일 빠른 5월 28일 개엽 되었고, 개비자나무는 5월 2일로 전년과 같은 날짜에 개엽이 시작되었다.(표 27)

침엽수의 꽃가루 날리는 시기는 소나무 5월 14일, 개비자나무 4월 3일 시작되어 전년도 대비 소나무가 6일 편차가 발생하였으며, 개비자나무는 최근 4년간 편차가 3일 이내로 조사되었다. 꽃가루가 날리지 않는 시기는 소나무가 5월 21일로 전년도 대비 1일 빨리 종료되었다. 개비자나무는 전년도보다 7일 빠른 4월 11일 종료되어 8일간 꽃가루가 날리는 것으로 나타났다. 소나무의 열매생성 시기는 5월 21일로 전년도 대비 1일 빠르게 생성되었으며 전년도 열매 성숙도 3이 되는 시기는 2일 빠른 10월 10일로 조사 되었다. (표 28, 29)

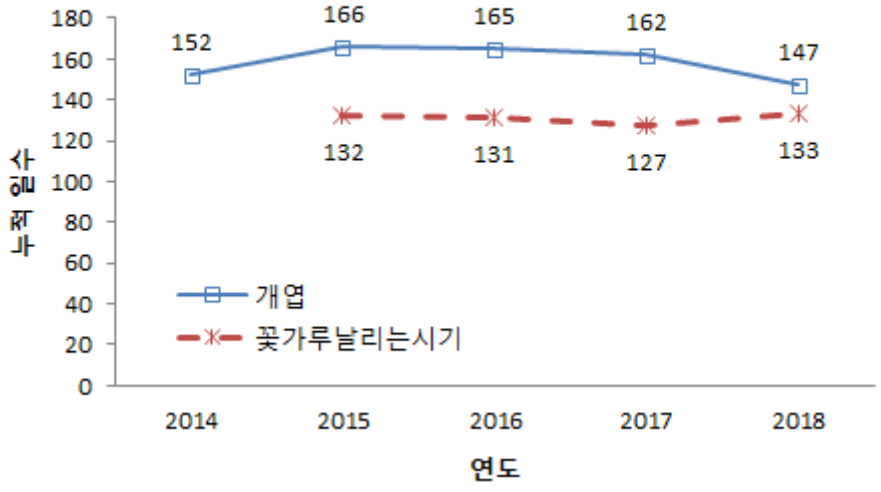


그림 5. 가야산 소나무의 개엽, 개화시작일

〈표 27〉 가야산 침엽수 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	잎눈파열시기					개 엽					낙엽(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
소나무	5/13	5/06	5/17	5/8	5/8	6/02	6/16	6/14	6/12	5/28	-	-	-	-	-
개비자나무	-	4/02	4/5	4/11	4/16	4/29	4/30	4/26	5/2	5/2	-	-	-	-	-

〈표 28〉 가야산 침엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃가루 날리는 시기					꽃가루 날리는 시기(〉50%)					꽃가루 날리지 않는 시기				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
소나무	-	5/13	5/11	5/8	5/14	-	5/20	5/17	5/15	-	-	5/27	5/25	5/22	5/21
개비자나무	-	4/2	4/5	4/4	4/3	-	4/8	4/12	4/11	-	-	4/14	4/26	4/18	4/11

〈표 29〉 가야산 침엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
소나무	5/19	6/5	5/25	5/22	5/21	10/24	10/28	11/2	10/12	10/10
개비자나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2) 가야산 활엽수의 생물계절성 변화

가야산 자생지 내 활엽수 조사 대상종의 잎눈파열시기는 9종 모두 4월 중에 잎눈파열이 시작 되었다. 수종별로는 진달래, 생강나무, 산벚나무와 졸참나무가 4월 3일, 철쭉, 서어나무, 단풍나무가 4월 11일에 신갈나무가 4월 16일, 당단풍나무가 4월 27일에 파열이 시작하였다. 개엽 시작은 파열시작 후 5~16일 경과 후에 개엽되었다. 잎눈 파열후 개엽까지 가장 짧은 기간에 개엽된 수종은 파열 5일 후 개엽된 서어나무로 조사되었고, 개엽까지 기간이 가장 오래 걸린 수종은 단풍나무로 16일 정도 소요되었다.

활엽수의 단풍(〉90%)은 2017년도 대비 진달래가 5일 늦은 11월 5일에 진행되었으며 그 외 다른 조사종들은 모두 전년 대비 2〜16일 빨리 진행된 것으로 조사되었다.

활엽수의 낙엽(〉90%)은 산벚나무만 10월에 진행되었고 그 외 조사종들은 모두 11월에 낙엽 90%가 진행되었다.(표 30)

2018년 가야산 자생지의 활엽수 꽃눈파열시기는 생강나무가 가장 일찍 3월 14일 파열되어 13일 후인 3월 27일에 개화가 시작되었으며 당단풍나무가 5월 8일로 개화가 가장 늦게 시작되는 것으로 조사되었다. 개화(〉50%) 진행시기는 생강나무가 3월에 진달래, 산벚나무, 서어나무, 단풍나무는 4월에 개화 50% 진행되었고, 철쭉과 단풍나무는 5월에 개화되는 것으로 조사되었다. 꽃눈파열부터 낙화(〉90%)까지 소요되는 기간은 생강나무가 26일로 개화기간이 가장 긴 수종으로 조사되었고 산벚나무 16일, 당단풍나무와 진달래가 13일, 철쭉, 신갈나무와 졸참나무가 11일 소요되는 것으로 조사되었다.(표 31)

열매 생성시기는 진달래가 4월 16일로 가장 일찍 생성되었고 당단풍나무, 신갈나무, 졸참나무는 5월 21일에 가장 늦게 생성된 것으로 조사되었다. 열매 성숙도3은 산벚나무가 전년대비 23일 늦어진 6월 23일 성숙하는 하는 것으로 조사되었으며, 나머지 조사종들은 9〜10월 성숙하였다.(표 32)

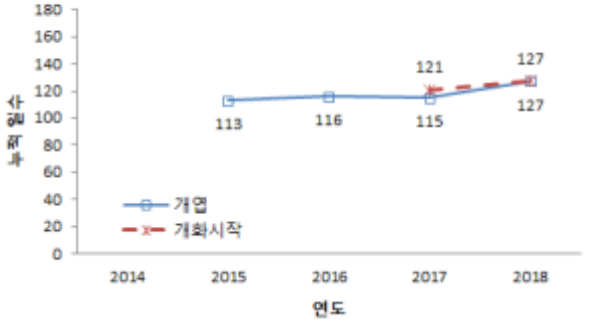


그림 6. 가야산 당단풍나무의 개엽, 개화시작일



그림 7. 가야산 생강나무의 개엽, 개화시작일

〈표 30〉 가야산 활엽수 영양기관의 생물계절성 변화

구분 / 지표종	잎눈파열시기					개 엽					단풍(>90%)					낙엽(>90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
당단풍나무	-	4/2	4/12	4/11	4/27	-	4/24	4/26	4/26	5/8	10/24	10/6	10/18	10/26	10/24	11/27	11/27	11/2	11/7	11/14
진달래	-	4/8	4/12	4/11	4/3	-	4/24	4/26	4/26	4/16	11/06	10/22	10/28	10/31	11/5	11/27	11/27	11/16	11/17	11/14
철쭉	-	4/24	4/19	4/11	4/11	-	4/30	5/2	5/2	4/27	10/24	10/22	10/28	10/26	10/24	10/30	10/28	11/2	10/31	11/5
생강나무_암	-	4/2	4/5	4/4	4/3	-	4/24	4/19	4/18	4/16	10/30	11/11	11/8	10/31	10/24	11/12	11/22	11/16	11/7	11/5
신갈나무	-	4/14	4/12	4/11	4/16	4/29	4/24	4/19	4/18	4/27	10/14	10/14	10/18	10/26	10/10	10/24	10/22	10/28	10/31	11/5
산벚나무	-	4/2	4/12	4/4	4/3	-	4/14	4/19	4/18	4/16	9/19	10/14	10/6	10/19	10/10	10/01	10/14	10/18	10/26	10/24
졸참나무	-	4/2	4/5	4/4	4/3	-	4/24	4/26	4/26	4/16	11/06	11/11	11/8	11/7	11/5	11/27	11/27	11/16	11/7	11/14
서어나무	-	4/14	4/12	4/11	4/11	-	4/24	4/19	4/26	4/16	10/30	11/5	11/8	11/7	11/5	11/06	11/22	11/16	11/17	11/14
단풍나무	-	4/8	3/22	3/21	4/11	-	4/24	4/19	4/18	4/27	10/30	10/28	10/28	10/31	10/24	11/27	11/27	11/8	11/7	11/14

〈표 31〉 가야산 활엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃눈파열시기					개화시작시기					개화(>50%)					낙화(>90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
당단풍나무	-	4/30	-	4/26	5/8	-	-	-	-	5/8	-	5/6	-	5/2	5/14	-	5/20	-	5/15	5/21
진달래	-	4/2	4/5	3/28	4/3	-	4/14	4/12	4/11	-	-	4/24	4/19	4/18	4/11	-	4/30	4/26	5/2	4/16
철쭉	-	4/24	4/19	4/11	4/27	-	4/30	4/26	4/26	-	4/29	5/6	5/2	5/2	5/2	5/08	5/13	5/17	5/15	5/8
생강나무	-	2/24	3/22	2/23	3/14	-	3/25	3/28	3/28	3/27	-	4/2	4/5	4/4	3/29	-	4/24	4/12	4/26	4/11
신갈나무	-	-	-	-	4/27	-	-	-	-	4/27	-	5/6	4/26	4/26	-	-	5/13	5/2	5/8	5/8
산벚나무	-	4/14	4/12	4/11	4/11	-	-	4/19	-	-	-	4/24	4/19	4/18	4/16	-	4/30	5/2	4/26	4/27
졸참나무	-	4/24	4/26	-	4/27	-	-	5/2	-	4/27	-	4/30	5/9	5/8	-	-	5/6	5/11	5/15	5/8
서어나무	-	-	4/5	-	4/11	-	-	4/12	-	4/11	-	-	4/19	-	4/16	-	-	5/2	-	4/27
단풍나무	-	4/24	4/20	4/26	-	-	-	4/26	5/2	4/16	-	4/30	5/2	5/8	4/27	-	5/6	5/11	5/15	5/8

〈표 32〉 가야산 활엽수 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성시기					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
당단풍나무	-	5/6	5/17	5/8	5/21	-	10/6	10/12	9/20	9/6
진달래	-	4/30	4/26	5/2	4/16	9/25	10/6	9/21	9/27	9/12
철쭉	5/8	5/13	5/17	5/15	5/14	10/10	10/6	10/12	10/12	10/10
생강나무_암	-	4/30	5/2	5/2	4/27	9/13	9/8	9/7	9/20	9/6
신갈나무	6/11	5/27	5/17	6/12	5/21	9/19	9/23	9/21	-	9/12
산벚나무	4/29	4/30	5/2	5/2	4/27	6/11	6/16	6/14	5/30	6/22
졸참나무	-	5/27	5/17	6/12	5/21	9/13	9/23	9/7	-	9/6
서어나무	-	-	5/2	-	5/8	-	-	11/2	-	10/10
단풍나무	-	5/6	5/11	5/15	5/14	-	10/6	9/21	9/7	9/6

3) 가야산 초본류의 계절성 변화

가야산 자생지의 초본류 성장시작시기는 변산바람꽃이 전년대비 3일 빠른 3월 14일 시작하여 13일 후 개엽되었고, 원추리는 전년대비 7일 빠른 4월 3일 성장을 시작하여 8일 후 인 4월 11일에 개엽, 현호색은 3월 6일 성장을 시작하여 개엽까지 21일이 소요되었다.

초본류의 잎이 80~100% 시들거나 고사된 시기는 변산바람꽃이 전년과 같은 5월 8일, 원추리는 전년 대비 10일 늦은 11월 5일, 현호색은 7일 빠른 5월 8일로 조사되었다. (표 33)

꽃눈파열시기는 변산바람꽃이 3월 14일 가장 먼저 꽃눈파열이 시작되었고, 현호색 3월 27일, 원추리는 8월 10일 시작되었다. 개화시작시기는 변산바람꽃은 전년대비 5일 빠른 3월 16일 현호색은 전년대비 8일 빠른 3월 27일, 원추리는 전년대비 16일 빠른 7월 24일 시작하는 것으로 조사되었다. 낙화(〉90%)는 변산바람꽃이 3월 29일로 꽃눈파열에서 낙화까지 총 15일간 개화기간으로 조사되었고, 현호색은 4월 11일에 낙화되어 15일간 개화기간으로 조사되었다. (표 34)

2018년도 변산바람꽃의 열매 생성시기는 전년 대비 6일 빠른 3월 29일로 열매가 성숙한 시기는 5월 8일로 조사되었다. 원추리는 8월 10일 열매를 생성하여 10월 2일 성숙하였고 현호색은 전년 대비 15일 빠른 4월 3일에 열매가 생성되었으며 4월 27일 성숙이 완료된 것으로 조사되었다.(표 35)

〈표 33〉 가야산 초본류 영양기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	성장시작시기					개 엽					80-100% 잎이 시들거나 고사된 시기				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
변산바람꽃	-	3/4	3/5	3/17	3/14	-	3/11	3/9	3/21	3/27	5/08	5/6	5/17	5/8	5/8
원추리	-	4/2	4/5	4/11	4/3	-	4/8	4/12	4/26	4/11	10/30	11/11	11/8	10/26	11/5
현호색	-	3/16	3/16	3/21	3/6	-	3/25	3/22	3/28	3/27	5/08	5/20	5/11	5/15	5/8

〈표 34〉 가야산 초본류 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	꽃눈파열시기					개화시작시기					개화(〉50%)					낙화(〉90%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
변산바람꽃	-	2/24	2/25	3/21	3/14	-	3/11	3/9	3/21	3/16	-	3/16	3/22	3/28	3/21	-	3/25	3/28	4/11	3/29
원추리	7/08	7/23	-	-	7/3	7/21	7/30	-	8/9	7/24	7/28	-	-	8/25	-	8/11	8/4	-	-	8/10
현호색	-	3/25	3/22	3/28	3/27	-	4/2	4/5	4/4	3/27	-	4/8	4/12	4/11	3/29	-	4/24	4/19	4/18	4/11

〈표 35〉 가야산 초본류 생식기관의 계절성 변화

구분 / 지표종	열매생성시기					열매(성숙도3)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
변산바람꽃	-	3/26	4/26	4/4	3/29	4/29	5/6	5/11	5/2	5/8
원추리	7/28	8/10	8/11	9/7	8/10	9/13	10/6	9/21	-	10/2
현호색	-	4/24	4/12	4/18	4/3	4/29	5/13	5/2	5/2	4/27

다. 기상변화

(1) 금강수목원 전시원

금강수목원 내 온,습도 변화를 측정하기 위해 2014년 4월 24일 간이 Hobo(온·습도(U23-001) 2개 항목)를 목련원(N : 36 ° 26′ 12.69", E : 127 ° 14′ 13.25") 내 설치하고 조사를 시작하였다. 기상변화분석은 매 30분마다 수집된 데이터를 기록하였다.

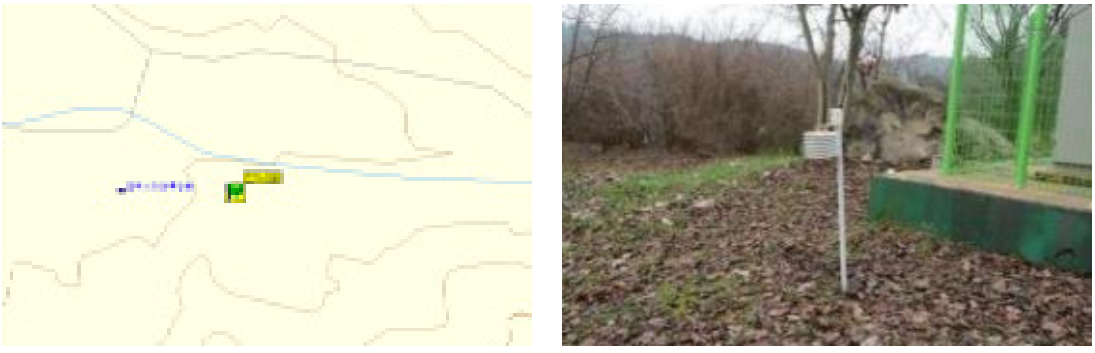
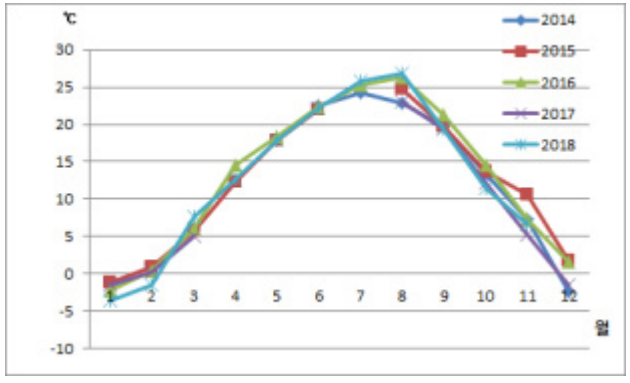


그림 8. 수목원내 기상관측장비(간이 Hobo)

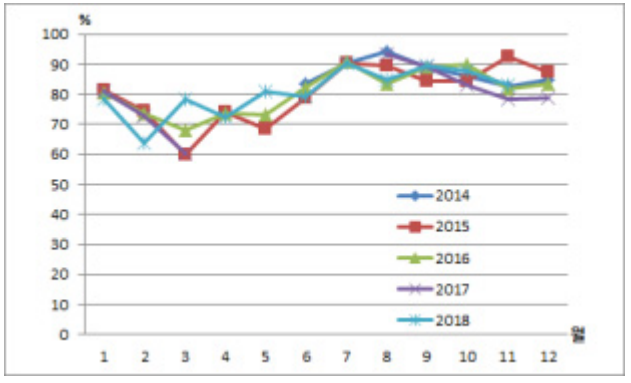
1월 온도 분석결과 평균온도는 -3,85℃로 2017년 대비 1.99℃낮았으며, 최저온도는 -17,81℃로 2017년 대비 3.73℃ 낮은 것으로 조사되었고 최고온도는 9.26℃로 전년대비 4.48℃ 내려간 것으로 나타났다. (표 36)

평균 상대습도는 2월을 제외하고는 매월 70% 이상 유지 되었으며, 7월에 84.79%로 가장 높게 측정되었으며, 2월에 62.59% 가장 낮게 측정되었다.(표 38)

금강수목원 전시원의 기상데이터 변화추이의 그래프는 아래와 같다.(그림 9, 10)



〈그림 9〉 전시원 월평균 온도 변화



〈그림 10〉 전시원 월평균 상대습도 변화

〈표 36〉 전시원내 기상장치의 연도별 기온변화

구분	월 최고온도(℃)					월 최저온도(℃)					월 평균온도(℃)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	9.21	-	13.74	9.26	-	-11.65	-	-14.04	-17.81	-	-1.2	-	-1.86	-3.85
2월	-	12.63	-	14.51	12.77	-	-13.93	-	-11.08	-16.32	-	0.88	-	-0.13	-1.73
3월	-	22.94	-	-	23.66	-	-8.07	-	-	-7.86	-	5.77	-	-	7.68
4월	-	26.52	28.32	-	29.36	-	0.27	-2.68	-	-1.29	-	12.23	12.94	-	12.72
5월	32.1	30.93	29.99	-	29.24	3.0	2.90	7.22	-	7.64	17.8	17.77	18.29	-	18.05
6월	30.6	33.31	31.56	-	33.31	14.6	10.39	12.39	-	12.19	21.7	21.92	22.55	-	22.28
7월	33.7	-	33.78	-	35.71	17.6	-	18.91	-	17.74	24.7	-	25.55	-	26.57
8월	30.5	34.39	36.04	-	37.78	15.4	16.99	14.19	-	17.39	23.3	24.80	26.62	-	27.49
9월	29.1	29.12	30.77	-	28.86	10.9	10.86	10.91	-	8.31	19.8	19.75	21.42	-	19.75
10월	25.6	24.10	27.14	-	23.56	0.0	-1.93	-1.19	-	-0.78	13.2	13.66	14.69	-	11.16
11월	17.0	20.48	21.84	-	18.32	-3.9	-1.13	-4.56	-5.14	-4.96	7.0	10.61	7.30	-	6.06
12월	9.2	-	15.39	11.10	15.08	-11.6	-	-10.62	-13.39	-13.47	-2.7	-	1.12	-1.65	-1.00

〈표 37 〉 금강수목원내 기상장치의 연도별 상대습도 변화

구분	월 최고습도(%)					월 최저습도(%)					월 평균습도(%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	100	-	100	100	-	31.01	-	30.26	28.42	-	80.66	-	79.53	77.22
2월	-	100	-	100	100	-	26.34	-	24.35	16.04	-	72.83	-	72.80	62.59
3월	-	100	-	-	100		11.27	-	-	21.86	-	58.83	-	-	76.63
4월	100	100	100	-	100	18.8	16.29	15.14	-	15.6	74.8	72.77	68.36	-	71.42
5월	100	100	100	-	100	21.6	17.37	18.91	-	25.13	66.7	68.81	71.95	-	77.99
6월	100	100	100	-	100	39.9	20.37	36.28	-	27.24	81.3	73.95	79.71	-	76.66
7월	100	-	100	-	100	34.4	-	57.5	-	50.31	86.4	-	87.75	-	84.79
8월	100	100	100	-	100	54.1	46.94	36.37	-	36.26	90.3	86.47	79.89	-	80.63
9월	100	100	100	-	100	29.8	30.64	42.24	-	40.09	86.2	80.62	86.27	-	85.22
10월	100	100	100	-	100	28.6	30.81	100	-	36.37	83.7	82.01	100	-	85.41
11월	100	100	100	100	100	24.0	38.46	27.9	20.83	21.80	82.5	90.99	81.64	-	81.79
12월	100	-	100	100	100	36.1	-	39.07	17.08	26.31	83.6	-	84.11	77.21	75.75

(2) 인공보존원

금강수목원 인공보존원(N : 36 ° 25′ 50.49", E : 127 ° 13′52.52")의 온, 습도 변화를 측정하기 위해 2014년 5월 간이 Hobo(온·습도(U23-001) 2개 항목)를 설치하였고, 2015년 6월에 주기상 장치를 설치하여 풍향, 풍속, 일사량, 강우량 등의 기상변화 분석을 매 30분마다 데이터를 기록한 후 매월 1회 수집하여 분석하였다. (그림 11)



그림 11. 인공보존원내 기상관측장비 설치 위치도 및 기상장치

(가) 연도별 기상변화

금강수목원 인공보존원의 주기상장치를 2015년 6월에 설치하고 조사를 시작하였다. 기상장비가 에러값이 자주 발생하여 누락된 자료가 많이 발생하였다.

금강수목원 인공보존원 지역에 설치한 간이 Hobo 데이타 수집은 월 최저온도는 전년도와 마찬가지로 1월달에 -16.95℃로 측정되었으며, 월평균 최저기온은 예년과 마찬가지로 1월에 -3.65℃로 조사되었다. (표 38)

금강수목원 내 인공보존원의 평균습도 7월에 90.49%로 가장 높게 나타났으며, 2월에 64.70%로 가장 낮게 측정되었다. (표 39) 기상데이터 변화추이의 그래프는 아래와 같다. (그림 12, 13)

최고 일사량은 예년과 마찬가지로 5월에 가장 높았으며 1,146.9w/㎡로 측정되었다. 월 평균 일사량 역시 5월이 159.89w/㎡로 가장 높게 측정되었으며 최저 일사량은 12월로 515.6w/㎡으로 조사되었으며, 월 평균 최저 일사량은 12월로 60.46w/㎡로 측정 되었다.(표 41)

4월 누적 강우량이 150㎜ 가장 높은 것으로 조사되었으며 강우횟수는 3월이 10번으로 가장 많은 것으로 조사되었으며, 9월에 한번도 비가 오지 않은 것으로 측정되었다. (표 42)

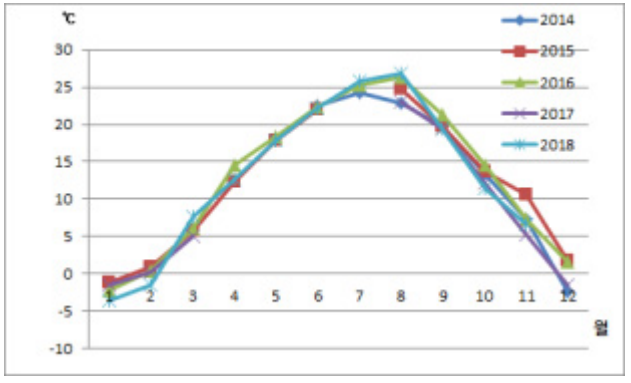


그림 12. 인공보존원 월평균 온도 변화

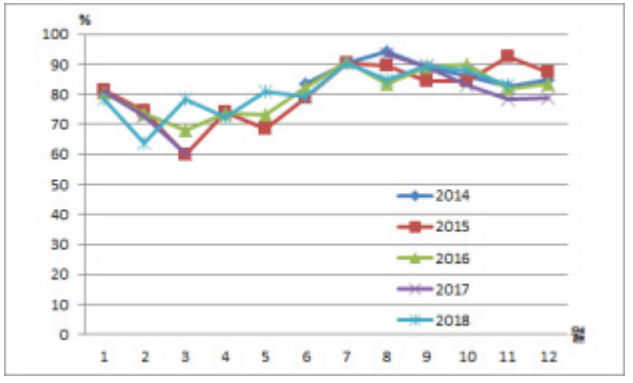


그림 13. 인공보존원 월평균 상대습도 변화

〈표 38〉 인공보존원내 기상장치의 연도별 기온변화

구분	월 최고온도(℃)					월 최저온도(℃)					월 평균온도(℃)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	9.21	11.61	13.67	8.86	-	-11.65	-17.73	-13.13	-16.95	-	-1.2	-2.21	-1.59	-3.65
2월	-	12.63	18.51	14.15	12.31	-	-13.93	-11.04	-9.92	-15.30	-	0.88	0.38	0.24	-1.50
3월	-	22.94	21.29	19.13	23.61	-	-8.07	-9.07	-4.65	-6.93	-	5.77	6.02	5.06	7.57
4월	-	26.52	28.99	-	29.49	-	0.27	5.44	-	-0.95	-	12.23	14.60	-	12.70
5월	-	30.93	31.15	-	30.52	-	2.90	5.17	-	8.22	-	17.77	18.40	-	17.81
6월	31.0	33.31	31.77	-	33.33	17.1	10.39	13.19	-	13.25	22.5	21.92	22.35	-	22.15
7월	33.8	-	34.86	-	35.68	18.1	-	19.08	-	15.81	24.2	-	25.20	-	25.82
8월	29.9	34.39	37.32	30.95	37.61	15.9	16.99	15.22	14.50	18.31	22.8	24.80	26.26	23.02	26.88
9월	28.7	29.12	30.67	27.54	28.64	12.1	10.86	11.81	8.52	9.26	19.7	19.75	21.22	19.32	19.34
10월	25.6	24.10	27.09	22.22	23.56	0.8	-1.93	-0.28	0.73	0.10	13.3	13.66	14.58	12.17	11.42
11월	16.7	20.48	21.84	19.77	18.13	-3.4	-1.13	-4.56	-5.82	-3.93	7.3	10.61	7.3	5.27	6.55
12월	9.6	13.16	15.53	10.74	-	-10.4	-8.86	-	-12.12	-	-2.3	1.84	1.56	-1.45	-

〈표 39〉 인공보존원 내 기상장치의 연평균 상대습도 변화

구 분	월 최고습도(%)					월 최저습도(%)					월 평균습도(%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	100	100	100	100	-	32.15	30.04	31.92	34.76	-	81.55	80.32	80.84	78.52
2월	-	100	100	100	100	-	28.46	26.47	24.69	20.91	-	74.29	73.78	72.90	63.70
3월	-	100	100	99.15	100	-	13.18	20.07	18.44	24.56	-	59.98	68.18	60.27	78.34
4월	-	100	100	-	100	-	16.01	21.48	-	16.14	-	74.16	73.52	-	72.44
5월	-	100	100	-	100	-	17.76	20.02	-	26.24	-	68.44	73.06	-	80.95
6월	100	100	100	-	100	44.8	19.11	34.22	-	31.91	83.5	78.83	82.4	-	79.32
7월	100	100	100	-	100	35.5	39.25	58.47	-	54.41	90.5	90.22	90.96	-	90.49
8월	100	100	100	100	100	57.5	51.04	36.63	45.45	42.55	94.3	89.64	83.66	93.58	84.91
9월	100	100	100	100	100	33.2	30.67	43.94	40.63	43.18	89.3	84.58	88.91	89.17	89.72
10월	100	100	100	100	100	29.5	31.39	31.96	33.14	45.67	86.1	84.29	89.96	83.03	87.77
11월	100	100	100	100	100	24.6	48.32	27.9	22.32	24.27	82.7	92.62	81.64	78.47	83.14
12월	100	100	100	100	-	38.2	28.65	34.14	19.68	-	84.8	87.52	83.36	78.89	-

〈표 40〉 금강수목원 인공보존원 기상장치의 연도별 풍속 변화

구분	월 최대풍속(m/s)				월 평균풍속(m/s)				평균풍향			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	10.76	6.22	3.74	-	0.97	0.22	0.28	-	156.96	160.60	165.76
2월	-	10.2	-	5.39	-	1.24	-	0.85	-	153.81	-	147.65
3월	-	10.2	-	-	-	1.17	-	-	-	148.6	-	-
4월	-	7.79	-	-	-	0.89	-	-	-	173.47	-	-
5월	-	9.46	-	-	-	0.8	-	-	-	163.3	-	-
6월	-	4.27	-	-	-	0.65	-	-	-	186.73	-	-
7월	1.67	7.24	-	-	0.31	0.71	-	-	154.10	159.92	-	-
8월	1.67	6.68	-	-	0.22	0.53	-	-	151.12	170.86	-	-
9월	1.48	5.94	-	-	0.23	0.56	-	-	157.20	186.96	-	-
10월	1.86	5.38	-	-	0.26	0.54	-	-	143.51	171.56	-	-
11월	1.67	5.94	-	-	0.24	0.58	-	-	166.53	157.49	-	-
12월	9.65	6.64	-	3.74	0.65	0.66	-	0.35	139.77	149.30	-	144.85

〈표 41〉 금강수목원 인공보존원 기상장치의 연도별 일사량 변화

구분	월 최고일사량(W/㎡)				월 최저일사량(W/㎡)				월 평균일사(W/㎡)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	593.1	611.9	543.1	-	0.60	0.60	0.6	-	64.73	68.87	62.36
2월	-	714.4	756.9	653.1	-	0.60	0.60	0.6	-	86.23	103.87	93.74
3월	-	836.9	823.1	795.6	-	0.60	0.60	0.6	-	130.77	132.59	116.73
4월	-	933.1	898.4	993.1	-	0.60	0.60	0.6	-	154.69	160.13	146.28
5월	-	1193.1	1,104.4	1146.9	-	0.60	0.60	0.6	-	175.44	176.40	147.64
6월	-	1078.1	1,043.1	1061.9	-	0.60	0.60	0.6	-	156.88	174.07	159.89
7월	1091.90	1030.6	-	1076.9	0.60	0.60	-	0.6	114.62	154.11	-	152.3
8월	980.60	1128.1	-	1073.1	0.60	0.60	-	0.6	135.05	132.94	-	134.04
9월	916.90	930.6	-	938.1	0.60	0.60	-	0.6	108.22	86.94	-	102.36
10월	791.90	889.4	788.1	-	0.60	0.60	0.60	-	95.25	76.9	82.10	-
11월	638.1	650.6	605.6	633.1	0.60	0.60	0.60	0.6	41.72	69.59	63.12	67.43
12월	519.4	525.6	515.6	544.4	0.60	0.60	0.60	0.6	46.89	54.30	58.21	60.46

〈표 42〉 금강수목원 인공보존원 기상장치의 연도별 누적강우량 변화

구분	월 누적강우량(mm)				월 강우횟수(day)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	4.4	14.8	17.8	-	6	8	7
2월	-	48.2	40.2	29.6	-	9	7	5
3월	-	25.4	7.3	94.8	-	4	11	10
4월	-	47.2	70.6	150	-	4	4	9
5월	-	116.2	22.7	80	-	7	4	9
6월	-	57.2	17.0	34.4	-	8	3	8
7월	197.4	-	-	121	16	-	-	8
8월	67.8	39.4	-	0.2	7	11	-	1
9월	20.2	80	-	0	6	16	-	0
10월	89.4	1	8	-	8	5	3	-
11월	128.2	43.8	13	52	15	7	3	6
12월	45.2	50.3	33.2	326.6	13	11	7	5

(3) 계룡산 국립공원

계룡산 지역의 온, 습도 변화를 측정하기 위해 2014년 5월 금잔디고개 부근(N : 36˚ 21′ 44.54", E : 127˚ 12′ 37.78")에 간이 Hobo(온·습도(U23-001)를 설치하였다. 2015년도에는 부기상장치를 7월에 설치하고 강우량과 일사량을 측정도 시작하였다.(그림 14)



그림 14. 계룡산 기상관측장비 설치 위치도 및 기상장치

(가) 연도별 기상변화

계룡산 지역에 설치한 간이 Hobo 데이타 수집결과 최저기온은 1월로 -20.26℃를 기록하였고 월 평균온도는 1월 -7.10℃로 나타났다. (표 43)

계룡산 지역의 월 평균 상대습도는 2월과 4월에 70% 밑으로 떨어져 2월은 67.03%, 4월은 69.49%로 측정되었다. 월 평균습도가 가장 높게 측정된 달은 7월로 92.56%를 나타났으며, 전년에는 1월 습도가 높게 나타났었는데 금년의 경우 여름철 강우가 어느정도 내려 여름철 습도가 높게 측정된 것으로 보여진다. (표 44) 계룡산의 기상데이터 변화추이의 그래프는 아래와 같다.(그림 15, 16)

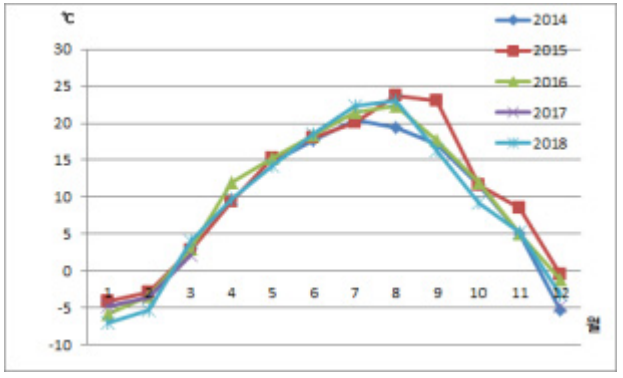


그림 15. 계룡산 월평균 온도 변화

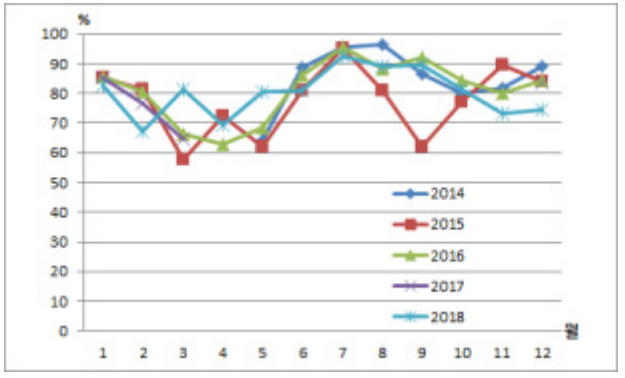


그림 16. 계룡산 월평균 상대습도 변화

〈표 43〉 계룡산 기상장치의 연도별 기온변화

구분	월 최고온도(℃)					월 최저온도(℃)					월 평균온도(℃)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	5.49	5.08	6.43	3.77	-	-13.35	-20.93	-14.47	-20.26	-	-4.11	-5.79	-4.74	-7.10
2월	-	6.26	12.56	7.12	5.51	-	-15.47	-12.38	-13.05	-17.59	-	-2.94	-3.46	-3.51	-5.24
3월	-	16.08	14.96	11.81	16.46	-	-10.93	-11.72	-8.60	-11.43	-	2.86	3.05	2.17	4.10
4월	-	20.77	17.7	-	23.76	-	1.13	6.76	-	-3.47	-	9.38	11.9	-	9.78
5월	25.9	23.52	23.64	-	23.23	2.2	5.57	5.08	-	4.32	14.8	15.25	15.25	-	14.29
6월	22.9	26.18	24.82	-	25.25	13.2	11.83	13.62	-	11.17	17.6	17.98	18.34	-	18.48
7월	26.2	26.23	26.16	-	28.32	15.9	13.93	16.18	-	13.88	20.4	20.16	21.41	-	22.38
8월	24.6	28.64	27.85	-	30.04	15.5	17.58	12.36	-	15.36	19.4	23.70	22.42	-	23.07
9월	22.4	26.20	23.23	-	22.10	12.7	13.16	10.59	-	9.31	17.2	23.01	17.73	-	16.20
10월	18.8	19.67	20.29	-	17.06	2.6	-0.99	-0.2	-	-1.04	11.7	11.56	11.93	-	9.25
11월	11.8	14.19	15.18	-	13.50	-5.1	1.75	-8.63	-	-5.05	5.1	8.51	4.99	-	5.18
12월	4.5	8.87	13.02	4.64	12.36	-15.5	-10.23	-11.36	-14.16	-14.83	-5.4	-0.55	-1.10	-4.81	-3.30

〈표 44〉 계룡산 기상장치의 연도별 상대습도 변화

구 분	월 최고습도(%)					월 최저습도(%)					월 평균습도(%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	100	100	100	100	-	12.21	31.39	18.95	17.53	-	85.05	85.79	85.37	82.62
2월	-	100	100	100	100	-	28.56	31.76	18.32	25.31	-	81.42	80.32	76.69	67.03
3월	-	100	100	100	100	-	15.98	17.92	25.30	17.05	-	57.80	66.24	64.73	81.43
4월	-	100	95.82	-	100	-	16.64	38.00	-	12.44	-	72.41	62.99	-	69.49
5월	100	100	100	-	100	15.4	17.19	23.47	-	26.28	64.0	61.84	68.49	-	80.39
6월	100	100	100	-	100	40.4	29.23	41.46	-	34.04	88.7	81.03	86.13	-	81.02
7월	100	100	100	-	100	60.7	64.88	44.26	-	54.56	95.5	95.10	95.61	-	92.56
8월	100	100	100	-	100	48.6	35.29	54.82	-	53.95	96.2	81.12	88.43	-	89.15
9월	100	93.07	100	-	100	45.6	22.61	59.91	-	54.89	86.5	61.93	92.2	-	89.68
10월	100	100	100	-	100	18.2	25.09	19.36	-	38.74	79.9	77.07	84.45	-	81.44
11월	100	100	100	-	100	25.4	30.49	17.73	-	16.64	81.7	89.32	79.91	-	73.32
12월	100	100	100	100	100	36.7	15.41	24.34	17.07	16.91	89.3	83.76	84.27	83.56	74.70

〈표 45〉 계룡산 기상장치의 연도별 일사량 변화

구분	월 최고일사량(W/㎡)				월 최저일사(W/㎡)				월 평균일사(W/㎡)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	156.9	121.9	134.4	-	0.60	0.60	0.6	-	16.28	12.48	12.62
2월	-	304.4	289.4	288.1	-	0.60	0.60	0.6	-	23.35	25.05	-
3월	-	541.9	-	-	-	0.60	-	0.6	-	48.98	-	-
4월	-	811.9	-	-	-	0.60	-	0.6	-	88.66	-	-
5월	-	959.4	-	-	-	0.60	-	-	-	41.18	-	-
6월	-	460.6	-	-	-	0.60	-	-	-	18.64	-	-
7월	-	104.4	-	-	-	0.60	-	-	-	11.94	-	-
8월	280.60	213.1	-	655.6	0.60	0.60	-	0.6	15.36	13.51	-	14.48
9월	225.60	476.9	-	183.1	0.60	0.60	-	0.6	14.39	10.45	-	12.10
10월	169.40	283.1	-	-	0.60	0.60	-	-	13.33	11.86	-	-
11월	144.40	141.9	-	-	0.60	0.60	-	-	14.40	14.87	-	-
12월	145.60	121.9	-	11.06	0.60	0.60	-	0.6	11.14	10.18	-	9.74

〈표 46〉 계룡산 기상장치의 연도별 누적강우량 변화

구분	월 누적강우량(mm)				월 강우횟수(day)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	4.2	12.93	0.7	-	3	2	3
2월	-	54.6	34.87	9.8	-	11	6	2
3월	-	26.2	-	-	-	5	-	-
4월	-	0	-	-	-	0	-	-
5월	-	148.8	-	-	-	7	-	-
6월	-	62.2	-	140.6	-	7	-	8
7월	-	340.8	-	-	-	14	-	-
8월	56.2	28.2	-	178.4	6	7	-	10
9월	25.2	153.6	-	0	6	11	-	0
10월	95.6	93.8	-	-	8	9	-	-
11월	102.2	26.8	-	-	11	7	-	-
12월	46.2	52.30	-	0	12	9	-	0

(4) 가야산

가야산 지역의 온,습도 변화를 측정하기 위해 2014년 4월 간이 Hobo(온·습도(U23-001)를 헬기장 부근(N : 36 ° 42′ 12.55", E : 126 ° 36′ 49.90")에 설치하였다. 부기상장치는 2015년도 7월에 설치하고 8월부터 조사를 시작하였다. (그림 17)



그림 17. 가야산 기상관측장비 설치 위치도 및 기상장치

가) 연도별 기상변화

가야산 지역에 월 최저온도는 1월에 -17.90℃를 기록하였고, 월 평균 최저 온도도 1월로 -5.58℃를 나타내어, 계룡산 지역보다 1.52℃ 정도 높은 것으로 나타났다. (표 47)

가야산 지역의 월 평균 상대습도는 2월이 66.60%로 가장 낮게 측정되었고 다음으로 4월에 69.29%로 측정되었다. 가장 높은 달은 2016년, 2017년과 마찬가지로 1월로 81.73%로 측정되었다.(표 48) 가야산의 기상데이터 변화추이의 그래프는 아래와 같다.(그림 17, 18)

가야산 지역에 월 최고 일사량은 5월로 1,214.4W/㎡로 나타났으며, 월평균 일사량의 경우 4월로 118.23.W/㎡로 나타났다. (표 49)

가야산 지역에 월 누적 최고 강우량은 8월로 253.2㎜로 나타났으며, 최저 강우량은 1월로 15.2㎜로 나타났다. 강우 횟수는 5월과 8월이 11회로 가장 횟수가 많았던 것으로 나타났다. (표 50)

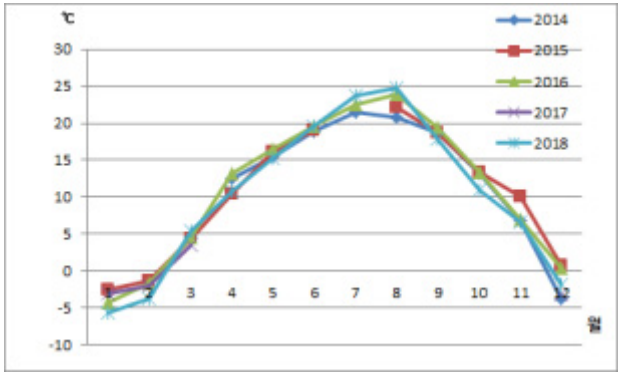


그림 18. 가야산 월평균 온도변화

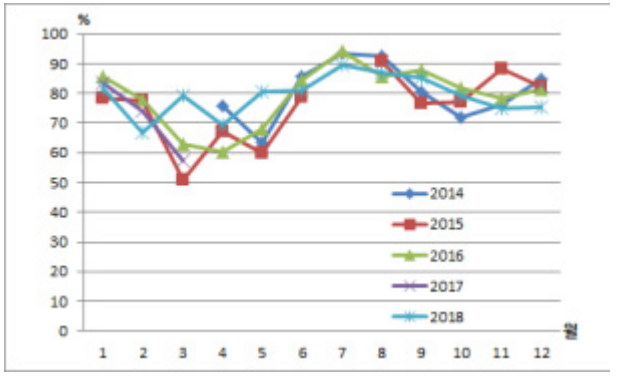


그림 19. 가야산 월평균 상대습도 변화

〈표 47〉 가야산 기상장치의 연도별 기온변화

구분	월 최고온도(℃)					월 최저온도(℃)					월 평균온도(℃)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	7.14	7.97	8.67	4.81	-	-10.55	-17.86	-11.72	-17.90	-	-2.55	-4.35	-3.09	-5.58
2월	-	7.75	13.74	9.02	8.69	-	-12.98	-11.15	-10.48	-14.82	-	-1.39	-1.64	-2.00	-3.78
3월	-	16.80	19.22	14.19	18.65	-	-9.00	-9.68	-7.25	-8.33	-	4.30	4.61	3.52	5.48
4월	22.7	20.32	25.45	-	25.40	9.4	2.07	8.2	-	-1.9	12.5	10.45	13.12	-	10.82
5월	27.0	26.92	25.99	-	25.38	3.5	6.91	6.31	-	4.94	15.5	16.04	16.4	-	15.17
6월	24.3	28.22	26.33	-	29.54	14.0	12.58	14.86	-	13.44	18.8	18.97	19.52	-	19.54
7월	27.2	-	29.67	-	33.46	16.7	-	16.77	-	15.65	21.5	-	22.47	-	23.80
8월	26.8	29.34	30.5	-	35.60	16.1	16.20	14.05	-	16.03	20.7	22.21	23.92	-	24.68
9월	24.6	25.14	26.38	-	26.23	14.1	13.16	12.46	-	10.78	18.7	18.64	19.36	-	17.81
10월	21.2	21.39	22.06	-	19.96	5.1	1.64	0.33	-	0.96	13.2	13.38	13.29	-	10.87
11월	14.4	16.75	18.75	-	16.18	-2.9	2.82	-5.23	-	-4.02	6.8	10.00	6.88	-	6.58
12월	5.4	9.58	13.55	7.17	13.02	-11.4	-8.40	-9.54	-12.05	-13.43	-3.8	0.68	0.35	-3.29	-1.84

〈표 48〉 가야산 기상장치의 연도별 상대습도 변화

구 분	월 최고습도(%)					월 최저습도(%)					월 평균습도(%)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1월	-	100	100	100	100	-	15.66	32.62	28.95	32.59	-	78.4	85.75	83.67	81.73
2월	-	100	100	100	100	-	20.00	33.2	20.82	17.12	-	77.6	78.05	73.94	66.60
3월	-	100	100	100	100	-	14.09	21.15	20.73	10.35	-	50.87	62.87	57.13	79.35
4월	93.3	100	100	-	100	55.0	10.99	20.43	-	12.31	75.6	67.27	60.16	-	69.29
5월	100	100	100	-	100	18.9	15.33	23.06	-	17.41	63.4	60.10	68.09	-	80.38
6월	100	100	100	-	100	40.9	27.46	38.83	-	34.76	85.5	78.89	84.34	-	80.77
7월	100	-	100	-	100	41.8	-	53.53	-	40.18	93.2	-	94.32	-	89.51
8월	100	100	100	-	100	57.5	63.95	44.31	-	46.40	92.4	90.85	85.64	-	86.95
9월	100	100	100	-	100	34.2	28.03	51.24	-	40.54	80.5	76.69	87.79	-	85.25
10월	100	100	100	-	100	8.4	35.73	29.8	-	43.90	72.1	76.89	81.59	-	79.08
11월	100	100	100	-	100	15.8	42.69	37.21	-	20.28	76.0	88.05	78.52	-	74.71
12월	100	100	100	100	100	22.1	22.48	35.29	18.66	21.25	84.9	82.41	81.57	82.68	75.45

〈표 49〉 가야산 기상장치의 연도별 일사량 변화

구분	월 최고일사량(W/㎡)				월 최저일사량(W/㎡)				월 평균일사량(W/㎡)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	503.1	576.9	513.1	-	0.6	0.6	0.6	-	43.65	46.69	51.08
2월	-	700.6	689.4	696.9	-	0.6	0.6	0.6	-	71.82	80.32	80.34
3월	-	809.4	798.1	859.4	-	0.6	0.6	0.6	-	112.06	121.03	101.04
4월	-	931.9	986.9	1078.1	-	0.6	0.6	0.6	-	117.78	134.03	118.23
5월	-	1111.9	1165.6	1214.4	-	0.6	0.6	0.6	-	128.36	134.71	116.33
6월	-	1069.4	1115.6	1146.9	-	0.6	0.6	0.6	-	98.86	120.31	112.26
7월	-	1044.4	928.1	1110.6	-	0.6	0.6	0.6	-	75.9	46.24	102.36
8월	950.60	1054.4	1,091.9	1064.4	0.60	0.6	0.6	0.6	72.37	78.71	61.14	87.28
9월	918.10	929.4	968.1	1073.1	0.60	0.6	0.6	0.6	86.50	70.02	86.54	69.28
10월	763.10	773.1	818.1	960.6	0.60	0.6	0.6	0.6	65.98	55.67	67.10	65.91
11월	545.60	576.9	650.6	631.9	0.60	0.6	0.6	0.6	40.32	51.53	56.04	60.58
12월	470.60	494.4	478.1	494.4	0.60	0.6	0.6	0.6	36.24	39.92	46.66	53.38

〈표 50〉 가야산 기상장치의 연도별 누적강우량 변화

구분	월 누적강우량(mm)				월 강우횟수(day)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
1월	-	10.6	8.4	15.2	-	5	2	7
2월	-	37	32.1	28	-	8	5	2
3월	-	29	4.6	65	-	4	3	10
4월	-	20.4	39.3	151	-	3	5	10
5월	-	131.2	32.4	128.4	-	7	6	11
6월	-	29.6	43.6	109.4	-	6	5	10
7월	-	90.6	63.1	158.2	-	30	31	8
8월	46.8	6.2	6.3	253.2	7	23	27	11
9월	10.4	2.4	2.4	103.6	5	12	12	8
10월	63.4	2.4	21.39	134.6	7	12	5	8
11월	95.4	26.2	13	65.0	7	10	6	3
12월	1.915	47.1	26.4	25.0	12	7	7	9

5. 종합고찰

충남지역 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업은 2014년도에 처음으로 참여하여 4월 중에 대상 종 선정을 완료하고 조사를 시작하였다. 조사 대상식물 선정은 자생지 외 지역인 금강수목원과 자생지인 계룡산과 가야산에 자생하고 있는 식물종 중 기후변화취약 산림식물종 보전 · 적응사업 조사메뉴얼(산림청 · 국립수목원2013)에 기초하여 기후변화 취약종 29종(북방계 16종, 남방계12종)과 관심종 49종, 지역종 3종 등 총 81종을 선정하였고 2015년도에 관심종 2종을 추가로 대상종에 포함 시켰다. 2015년 추가 시킨 2종 1종(백리향)은 조사가 불가하여 2016년도 제외 시켰다.

가. 자생지외 지역 모니터링

금강수목원 침엽수의 2018년도 영양기관 계절성 변화 시기는 잎눈파열시기는 전년에 비해 대체적으로 늦어진 경향을 보였으나 개엽시기는 전년과 유사하거나 약간 빨라진 것으로 조사되었다. 열매생성은 2017년의 경우 측백나무 4월 9일을 제외 하고는 5월에 집중되었으나 2018년에는 주목(4월 24일), 눈향나무 (4월 17일), 개비자나무(4월 30일) 등 4개 조사종이 4월에 생성되었다. 활엽수의 영영기관 계절성 변화 역시 침엽수와 마찬가지로 전년에 비해 잎눈 파열시기는 대체적으로 늦어진 경향을 보였으나 개엽시기는 전년과 유사하거나 오히려 약간 빨라진 경향을 보였다. 2017년도 대비 잎눈 파열시기가 빨라진 수종은 산수유, 개나리, 왕벚나무, 모감주나무, 구골나무, 꽝꽝나무, 굴거리나무로 조사되었고 가시나무가 전년과 같은 4월24일로 조사되었으며, 그 외 수종은 전년 대비 파열이 늦게 시작된 것으로 조사되었다. 2018년도 90%이상 단풍이 진행된 시기는 10월에서 11월로 조사되었다. 전년에 가장 먼저 단풍 90%가 진행된 식물은 자귀나무와 함박꽃나무였으며, 금년에는 자귀나무와 마가목이 10월 4일로 가장 먼저 단풍이 진행되었다. 전년도 보다 9일 이상 빨리 단풍 90%가 진행된 식물은 마가목과 노각나무 2수종이었으며, 9일 이상 늦게 단풍 90%가 진행된 식물은 복자기, 마가목 2종으로 조사되었다. 10월중에 단풍 90% 진행된 식물은 마가목, 미선나무, 노각나무, 히어리, 진달래, 산수유, 자귀나무, 왕벚나무, 매발톱나무, 모감주나무, 단풍나무, 함박꽃나무로 조사되었고, 11월 중에 단풍 90% 진행된 식물은 복자기, 산겨릅나무, 매자나무, 산수유, 개나리, 수수꽃다리, 백목련 등으로 조사되었다. 활엽수의 개화시기는 전년 대비 9일 이상 늦어진 수종은 가시나무(10일) 1개 수종이었으며, 무궁화, 단풍나무, 함박꽃나무, 동백나무, 호랑가시나무, 구골나무, 굴거리나무가 3~8일 늦어진 것으로 조사되었다. 그 외 다른 조사종들은 대체로 전년대비 빨리 개화한 것으로 나타났다.

나. 자생지내 지역 모니터링

(1) 계룡산국립공원

계룡산 자생지의 2018년도 침엽수 잎눈파열시기는 소나무가 5월 11일로 전년 대비 7일 늦게 파열되었으며, 개비자나무는 5월 4일로 2017년 대비 14일 늦어진 것으로 조사되었다. 침엽수의 개엽시기는 소나무 14일 빨리, 개비자나무는 7일 늦게 개엽되었다. 생강나무가 3월 9일로 전년 대비 6일 늦어졌으며 활엽수 중 가장 먼저 파열이 시작되었다. 전년도에 꽃이 피지 않은 서어나무는 2016년과 2018년 2년 주기로 꽃이 피었으며, 2016년 대비 5일 늦은 4월 13일에 꽃눈이 파열되었다.

개화시작 시기는 생강나무가 3월 20일에 가장먼저 개화가 시작되었으며 4월에는 산벚나무와 진달래, 산철쭉, 서어나무 등이 개화하였고, 당단풍나무가 5월 11일로 가장 늦게 개화되었다. 개화 50%까지 걸리는 기간은 대부분 10~16일 정도 소요되었다.

(2) 가야산도립공원

2018년도 침엽수 잎눈파열은 소나무의 경우 2017년과 같은 5월 8일에 파열이 시작되었으며, 개비자나무는 전년도 대비 5일 늦은 4월 16일 파열된 것으로 조사되었다. 소나무의 개엽은 전년도 대비 15일 빠른 5월 28일 개엽 되었고, 개비자나무는 5월 2일로 전년과 같은 날짜에 개엽이 시작되었다. 활엽수의 개화개화(〉50%) 진행시기는 생강나무가 3월에 진달래, 산벚나무, 서어나무, 단풍나무는 4월에 개화 50% 진행되었고, 철쭉과 단풍나무는 5월에 개화되는 것으로 조사되었다. 꽃눈파열부터 낙화(〉90%)까지 소요되는 기간은 생강나무가 26일로 개화기간이 가장 긴 수종으로 조사되었고 산벚나무 16일, 당단풍나무와 진달래가 13일, 철쭉, 신갈나무와 졸참나무가 11일 소요되는 것으로 조사되었다.

6. 참고문헌

가. 최봉석, 2008. 계룡산국립공원 자원 모니터링 보고서 계룡산국립공원사무소

나. 산림청 국립수목원 2013. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라구축 4차 보고서

다. 기상청, 1981~2010 기상연보.

라. 신학섭, 윤충원, 2013. 충남 가야산 산림식생의 종조성 및 군집특성

마. 산림청, 국립수목원 2013. 기후변화 취약 산림식물종 보존·적응사업 보고서

바. 산림청, 국립수목원 2013. 기후변화 취약 산림종 보존·적응사업 조사 매뉴얼.

사. 충청남도산림환경연구소 2006. 활성화 방안 연구 보고서

아. 산림청, Nature 국가생물종지식정보시스템, 식물자원

자. 산림청 2009 자생식물 및 산림유전자원보호림 관리요령 p50.

차. 산림청, 임업연구원, 희귀 및 멸종위기 식물도감, 중부임업시험장.

카. 국립산림과학원, 2007. 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축



04 산림환경분야

산림토양 산성화영향 모니터링 및 평가관리기술개발(공동)

조성효, 김영재, 류연희, 최유미 –

산림토양 산성화영향 모니터링 및 평가관리기술개발
(공동 : '11 ~ 8년차)

【조성효, 김영재, 류연희, 최유미】

1. 목 적

강수산도와 대기 중 SO_2 농도의 경시적 변화량이 산림생태계에 미치는 영향을 구명하여 산림 피해예방과 회복을 위한 기초자료 제공과 산림토양 산성화영향 모니터링 및 평가관리 기술개발 체계 확립을 목적으로 한다.

2. 본 연구와 관련된 기존사실

○ 중국의 대기오염이 우리나라에 미치는 영향

중국의 대기오염이 우리나라에 미치는 영향과 관련하여, 김기현 등(1999)은 중국이 우리나라 풍상측에 위치하고 있어 편서풍의 영향을 받는 우리나라로 산성물질의(SO_2등) 대량유입이 예상된다고 하였으며, Kim and Chung(2007)은 동아시아가 세계 3대 공업지역으로 부상함에 따라 이 지역의 국제적인 대기오염 관측이 지속적으로 수행되고 있는데 특히 중국 대륙의 도시와 산업지대에서 배출된 오염물질들이 황해를 지나 한반도에 상륙 및 통과하는 광역적인 대기오염 이동을 인공위성과 지상관측을 통해 확인하였다고 보고하였다.

○ 먼 지역에서 발생한 먼지-모래바람이 도시 생태환경에 미치는 영향

중국 서북지역 북부, 華北, 黃河 지역에서 불어온 모래폭풍으로 눈과 함께 내려앉은 먼지는 하루에 최고 13.0g/㎡이었고, 48시간 세균배양 결과 흙과 눈에 있는 세균은 약 6.4억 개로 밝혀졌다(胡克 등, 2002).

○ 중국의 기후 온난화와 건조화 추세변화

길림성 서부지역의 온난화, 동북지역의 급격한 기후 변화 등으로 토지의 사막화가 더욱 더 진행될 전망이다(沈柏竹 등, 2002).

○ 대기오염의 이동

최근에는 인위적인 오염 발생원이 없어 청정지역으로 예상되던 백령도나 제주도에서도 강한 산성비가 내리고 있는 것으로 확인되었다(김기현 등, 1999).

○ 주요 이산화황(SO2)의 발생 지역

선진국의 경우에는 황 함유율이 낮은 연료를 사용하거나 제어기술이 발달되어 일반적으로 SO_2의 대기오염 기여도가 작지만, 황 함유율이 높고 고체연료를 주로 이용하는 개발도상국의 경우에는 SO_2에 의한 대기오염문제가 심각하다(김기현 등, 1999).

○ 우리나라의 이산화황(SO_2)의 배출원

우리나라의 SO_2 배출량의 현황을 배출원별로 보면 발전(25%), 난방(8%), 산업(46%), 수송(22%)이고, 연료별 현황을 보면 석탄(32%), 유류(68%), 가스(0%)로 산업시설과 유류가 가장 많은 SO_2의 배출원인으로 나타났다(환경부, 1997). 용도별 배출량의 경우 SO_2는 산업에서의 배출량이 가장 많으나 겨울철 짧은 기간 동안 집중적으로 사용되는 난방용 연료의 연소도 큰 비중을 차지한다(김기현 등, 1999).

○ 자동차에 의한 대기오염

1997년 우리나라에서 운행 중인 1,000만대의 차량 중 경유사용 차량은 약 29% 정도인데 실제로 경유차에 의하여 배출되는 대기오염물은 전체 차량에 의해 배출되는 대기오염물의 약 70%를 차지하였고(환경부, 1997), 급속한 산업화와 도시화로 심각한 대기오염문제가 야기된 1980년대에는 SO_2와 부유분진이 주요 관리대상 오염물질이었으나, 서울 올림픽이 열린 1988년부터 교통량의 급속한 증가와 함께 NO_2와 O_3에 의한 대기오염이 더욱 악화되었다(Kim,S.T.외, 2002).

○ 도시지역의 계절별 pH

계절별 pH 분포는 공업도시인 울산 이외의 도시지역의 경우 비교적 여름철에 높은 pH를 나타낸 반면 겨울철에는 pH가 낮게 나타났다. 이는 상대적으로 가정용 난방연료의 연소에 의하여 배출된 산성물질의 영향을 강하게 받기 때문인 것으로 생각된다(김기현 등, 1999).

○ 토양산도 및 주요 양이온에 대한 장기적 변화

도시에서 토양산성화는 지속적으로 심화됨은 물론 지역적으로 확대되고 있고 도시의 인위적인 오염원으로부터 방출되는 산성강하물이 토양에 지속적으로 퇴적되면서 염기성 양이온의 용탈은 비례적으로 진행되고 있다. 특히, 공단지역 토양은 H^+의 소비를 위한 중화능력은 없는 것으로 판단된다(장관순, 2003).

○ 산성비가 토양에 미치는 영향

산성 강하물이 지상 생태계에 부착하여 토양을 산성화시키며, 이로 인하여 토양 비옥도가 저하됨과 함께 식물에 유해한 Al, Mn, Fe을 토양 용액중에 용출시켜 근계의 생육을 저해

한다(戶塚, 1990)고 하였다. 대기오염에 의한 임목 및 산림토양의 반응은 아주 느리며 초기에는 생장차이가 없는 것으로 나타났음을 밝혔다. 비오염지역의 엽 질소 함량은 오염지역의 엽 질소 함량보다 낮은 반면 기본 양이온의 함량은 높아서 K, Mg, P 등과의 영양적 균형이 좋게 이루고 있음을 밝혔다(Boxman, 1994). 산성비는 낙엽율의 증가, 황백화 현상, 잎말림(wrinkling) 같은 증상을 유발할 수 있다고 한다. 실제로 우리나라 국립환경과학원의 실험연구에 의하면 붉은가문비나무에 pH 2.5의 산성비를 5개월 동안 뿌린 결과 40-50% 낙엽율을 보였다(허인애외 10인, 1992).

○ 산성비에 대한 임목의 내성

일반적으로 산성비에 대한 내성은 침엽수가 활엽수보다 강하다. 침엽수 중에서도 소나무, 주목 등이 산성비에 대한 내성이 강하고, 미국측백은 산성비에 민감한 것으로 나타났다(김기현 등, 1999). 또한 산성비는 식물피해뿐만 아니라 물고기의 생존에도 심각한 영향을 주고 있어 pH가 6.0이하로 떨어지면 물고기의 생존이 어렵게 된다(문광순, 1992).

3. 수행방법

가. 대기오염실태조사

(1) 조사구 설정

도내 산림지역을 40㎞×40㎞로 구분하여 1지점씩 6개소를 선정하여 강수 채취기와 대기물질 포집기(passive sampler)를 설치하였다.

(2) 조사장소

┌ 태안 소원 신덕, 예산 봉산 효교, 보령 청라 라원
└ 천안 동남 안서, 대전 유성 덕명, 세종 금남 도남

(3) 조사방법

(가) 강수산도조사

1) 기　　간 : 1-12월
2) 장　　소 : 도내 6개소
3) 강수채취

가) 강수채취기에 6 l 통을 설치하고 1mm 이상 강우시 모두 채취한다.

나) 강수채취기 및 채수용기의 오염방지를 위하여 자주 먼지를 제거하여 준다.

※ 강수량 : 채수량(㎤ 또는 ㎖)/채수면적(510.4㎠)

4) pH측정

pH meter 측정기구를 pH 4.0, pH 7.0, pH 10.0 표준용액으로 표시 수치를 표준용액과 일치하도록 교정한 후 pH를 측정한다.

(나) 이온분석

1) 기 간 : 1-12월

2) 장 소 : 도내 6개소

3) 측정방법 : 강수산도 측정시와 마찬가지로 강수를 일괄 채취하여 IC를 이용 음이온(SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-), 양이온(Na^+, NH_4^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) 8가지 성분을 분석한다.

(다) 대기 중 SO_2 농도조사

1) 기 간 : 1-12월

2) 장 소 : 도내 6개소

3) 측정방법 : 대기 중에 SO_2 측정기구(Passive Sampler)를 30±2일간 방치한 후 수거하여 분석한다.

(라) 대기 중 NO_2 농도조사

1) 기 간 : 1-12월

2) 장 소 : 도내 6개소

3) 측정방법 : 대기 중에 NO_2 측정기구(Passive Sampler)를 30±2일간 방치한 후 수거하여 분석한다.

(마) 대기 중 O_3 농도조사

1) 기 간 : 1-12월

2) 장 소 : 도내 6개소

3) 측정방법 : 대기 중에 O_3 측정기구(Passive Sampler)를 30±2일간 방치한 후 수거하여 분석한다.

나. 산성화 산림피해 조사

(1) 조사기간 : 1-12 월

(2) 조사장소

태안 안면 승언 , 예산 봉산 효교 , 보령 성주 성주
천안 동남 안서 , 대전 유성 덕명 , 세종 금남 도남

(3) 지상부 조사 방법

(가) 낙엽낙지 조사

고정 조사구 20m×20m내 낙엽트랩은 3개를 설치하고 30일간 방치한 후 낙엽과 낙지를 수거하여 건중량 측정

(4) 지하부 조사 방법

(가) 산림 입지 토양 조사

고정 조사구내의 입지 환경조사 및 토양시료를 A, B층에서 각각 1kg 채취 후 이화학성 분석

(5) 조사규모

(가) 낙엽낙지 조사 : 6개소×3트랩=18트랩

(나) 산림입지토양 조사 : 6개소×2개층=12개층

4. 결과 및 고찰

가. 대기오염 실태조사

(1) 강수량 및 강수일수 조사

(가) 월별 강수량 및 강수일수 조사

세종 금남지역 2018년도 강수량 및 강수일수 조사 결과 표 1과 같다. 연간 총 강수량은 1096.6mm로 이는 전년도 1233.4mm보다 136.8mm 적었으며, 강수일수는 31일로 기록되어 전년도 37일보다 6일이 적었다.

〈표 1〉 세종지역 강수량 및 강수일수 월별내역

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총계	평균
강수량 (mm)	50.9	3.9	16.7	122.5	134.4	56.2	175.7	251.8	131.3	79.2	50.9	23.1	1,096.6	91.38
강수일수	2	1	1	3	4	1	5	5	3	2	2	2	31	2.58

(나) 연도별 강수량 및 강수일수

세종 금남 도남리('97-'18년) 지역의 연도별 강수량 및 강수일수는 표 2와 같다.

〈표 2〉 세종지역의 연도별 강수량과 강수일수('97-'18)

구분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
강수량 (mm)	1,779	2,054	1,655	1,507	846	1,374	1,203	1,377	1,658	1,122
강수일수	67	76	96	86	88	94	49	90	85	86
구분	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
강수량 (mm)	1,525	863.0	991.0	1,507.0	1,811.3	1,475.4	1,144.0	1,066.2	852.6	981
강수일수	100	81	77	122	127	142	134	105	88	47
구분	'17	'18	평균							
강수량 (mm)	1233.4	1,096.6	1323.7							
강수일수	37	31	86.7							

(2) 강수산도(pH) 조사

(가) 연도별 강수산도 조사

연도별 강수산도를 조사한 결과 표 3과 같다. '94년 강수산도는 pH 5.5로서 '95년 pH 5.8, '01년 pH 6.0, '04년 pH 6.1로 매년 pH의 수치가 높아지다가 '08년 pH 5.2 '09년~'10년에 pH 5.3으로 수치가 낮아졌고 '11년~'16년에 점차 높아졌으며 25년간 평균 pH는 5.7이다.

〈표 3〉 연도별 강수산도 변화량('94-'18)

구분	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
강수산도 (pH)	5.5	5.8	5.8	5.6	5.6	6.0	5.8	6.0	5.8	6.0	6.1	5.9	5.9
구분	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	평균
강수산도 (pH)	5.5	5.2	5.3	5.3	5.6	5.7	5.6	5.8	5.6	5.7	5.4	5.7	5.7

(나) 월별 강수산도 조사

2018년도 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종의 월별 강수산도를 조사한 결과 표 4와 같다.

〈표 4〉 지역별·월별 강수산도

지역별 / 월별	강수산도 (pH)					
	천안	보령	예산	태안	대전	세종
평 균	5.81	6.01	5.70	5.29	5.59	5.57
1월	5.89	5.91	5.80	4.98	5.49	5.49
2월	6.16	6.22	5.77	6.33	-	6.13
3월	6.21	6.27	6.01	5.35	5.78	5.80
4월	5.74	6.28	5.61	4.93	5.51	5.09
5월	5.64	5.81	5.51	4.53	5.69	5.49
6월	5.66	6.12	5.59	5.00	5.55	5.33
7월	5.51	5.31	5.49	5.22	5.09	5.21
8월	6.27	6.26	6.27	5.34	5.61	5.80
9월	5.94	5.99	6.45	5.94	5.86	6.00
10월	5.87	6.21	5.80	5.70	6.08	5.79
11월	5.43	6.08	5.12	5.17	5.52	5.42
12월	5.45	5.77	5.03	5.08	5.39	5.38

(다) 이온농도 분석

도내 6개소 산림지역 고정조사구에서 채취한 강수의 연간 음이온 및 양이온을 분석한 결과 표 5와 같다.

〈표 5〉 지역별·월별 이온농도

구분 / 월별	음이온(ppm)						평균	양이온(ppm)						평균
	천안	보령	예산	태안	대전	세종		천안	보령	예산	태안	대전	세종	
평균	2.29	2.36	1.92	2.90	1.77	1.48	2.13	6.67	7.22	5.46	5.89	6.14	4.07	6.05
1월	0.40	1.54	0.71	1.77	0.40	0.34	0.86	4.70	23.1	18.7	17.2	3.94	4.33	12.0
2월	0.84	1.70	1.63	0.10	-	0.44	0.94	26.09	24.7	24.5	1.14	-	4.99	16.3
3월	1.12	2.43	0.82	0.48	1.60	1.40	1.57	29.15	17.7	3.87	13.0	16.8	23.9	17.4
4월	1.23	1.27	1.19	1.08	0.86	1.71	1.22	4.04	3.66	2.65	20.4	33.6	3.53	11.32
5월	5.95	2.17	2.69	1.84	2.99	1.15	2.8	3.95	2.24	2.14	1.74	2.37	1.04	2.25
6월	2.09	4.03	1.91	5.14	1.01	2.33	2.75	1.81	3.84	2.08	3.34	1.5	2.38	2.49
7월	1.25	0.29	1.05	0.79	0.51	0.75	0.77	1.68	1.17	1.94	1.38	1.27	1.39	1.47
8월	1.43	0.87	0.99	0.88	1.1	0.7	1.0	1.5	1.39	1.5	1.03	1.2	1.19	1.3
9월	1.03	1.27	1.63	3.71	1.07	0.98	1.62	1.22	1.45	1.77	2.61	1.11	1.19	1.56
10월	4.65	3.23	2.19	6.93	2.48	3.8	3.88	2.07	2.32	1.98	3.23	1.52	1.85	2.16
11월	3.19	7.4	3.7	4.09	2.86	2.44	3.95	1.76	3.57	2.05	2.31	1.86	1.68	2.21
12월	4.25	2.11	4.54	7.95	4.64	1.7	4.2	2.04	1.43	2.25	3.33	2.35	1.31	2.12

〈표 5-1〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 1월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.73	1.53	0.32	0.86	37.79	3.61	5.67	0.03	0.89	12.00
천안	0.68	0.39	0.13	0.40	3.01	6.12	8.84	0.01	0.82	4.70
보령	0.95	3.33	0.35	1.54	89.52	0.00	1.61	0.06	1.11	23.08
예산	0.85	0.81	0.47	0.71	61.70	6.24	6.03	0.04	0.95	18.74
태안	0.63	4.23	0.47	1.77	66.22	0.00	1.53	0.06	1.02	17.21
대전	0.64	0.31	0.24	0.40	3.18	3.60	8.24	0.01	0.72	3.94
세종	0.64	0.10	0.27	0.34	3.11	5.68	7.79	0.01	0.73	4.33

〈표 5-2〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 2월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.66	1.54	0.63	0.94	58.46	2.53	2.34	0.16	1.67	16.29
천안	0.98	0.72	0.82	0.84	93.87	4.83	0.47	0.63	4.57	26.09
보령	0.82	3.44	0.85	1.70	96.24	0.00	1.52	0.06	1.11	24.73
예산	0.73	3.15	1.01	1.63	95.96	0.00	1.00	0.07	0.98	24.50
태안	0.12	0.00	0.19	0.10	3.20	0.00	0.31	0.05	0.98	1.14
대전	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
세종	0.67	0.37	0.30	0.44	3.01	7.82	8.42	0.01	0.71	4.99

〈표 5-3〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 3월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.72	2.80	0.41	1.31	63.24	1.66	3.78	0.05	0.94	17.41
천안	0.75	2.01	0.62	1.12	114.24	0.00	1.22	0.07	1.07	29.15
보령	0.86	6.10	0.35	2.43	65.33	0.03	4.62	0.05	0.93	17.74
예산	0.46	1.78	0.23	0.82	4.66	4.24	5.85	0.01	0.72	3.87
태안	0.83	0.29	0.32	0.48	39.54	4.60	6.82	0.03	0.92	12.98
대전	0.71	3.49	0.60	1.60	62.48	1.06	2.82	0.05	0.92	16.83
세종	0.71	3.14	0.36	1.40	93.21	0.00	1.32	0.06	1.06	23.91

〈표 5-4〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 4월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.62	2.71	0.34	1.22	37.65	2.77	3.97	0.03	0.83	11.32
천안	0.66	2.81	0.21	1.23	5.17	4.43	5.80	0.02	0.75	4.04
보령	0.49	3.07	0.24	1.27	5.27	3.92	4.72	0.02	0.71	3.66
예산	0.37	2.97	0.22	1.19	5.08	1.52	3.24	0.02	0.72	2.65
태안	0.74	2.11	0.39	1.08	76.63	1.14	2.79	0.05	0.98	20.40
대전	1.06	0.65	0.85	0.86	126.82	3.10	3.35	0.07	1.09	33.61
세종	0.39	4.63	0.12	1.71	6.95	2.48	3.94	0.02	0.71	3.53

〈표 5-5〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 5월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	1.33	3.54	3.51	2.80	3.41	3.68	0.34	0.17	1.38	2.25
천안	1.07	9.61	7.15	5.95	3.59	8.94	0.60	0.23	2.43	3.95
보령	0.68	2.65	3.17	2.17	3.30	3.96	0.32	0.10	1.27	2.24
예산	1.87	2.83	3.36	2.69	4.22	2.99	0.29	0.15	0.92	2.14
태안	0.57	2.24	2.70	1.84	4.06	1.76	0.28	0.06	0.79	1.74
대전	3.41	2.43	3.11	2.99	3.55	2.63	0.42	0.41	2.47	2.37
세종	0.39	1.50	1.55	1.15	1.76	1.77	0.14	0.05	0.42	1.04

〈표 5-6〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 6월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.71	3.84	3.70	2.75	3.59	4.80	0.28	0.09	1.21	2.49
천안	0.45	2.94	2.87	2.09	3.05	2.89	0.19	0.08	1.04	1.81
보령	1.31	5.57	5.19	4.03	3.52	7.90	0.54	0.25	3.14	3.84
예산	0.45	2.48	2.79	1.91	3.69	3.75	0.28	0.04	0.58	2.08
태안	0.95	7.63	6.85	5.14	4.03	7.54	0.27	0.12	1.39	3.34
대전	0.40	1.11	1.52	1.01	3.69	1.58	0.21	0.02	0.49	1.50
세종	0.69	3.30	3.00	2.33	3.53	5.14	0.20	0.05	0.59	2.38

〈표 5-7〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 7월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.36	1.07	0.89	0.77	2.95	1.84	0.27	0.06	0.76	1.47
천안	0.41	1.91	1.43	1.25	2.86	2.79	0.27	0.06	0.74	1.68
보령	0.16	0.30	0.42	0.29	2.72	0.97	0.24	0.05	0.69	1.17
예산	0.57	1.35	1.22	1.05	2.97	3.56	0.35	0.07	0.82	1.94
태안	0.51	1.03	0.84	0.79	3.18	1.12	0.29	0.07	0.87	1.38
대전	0.25	0.64	0.63	0.51	2.87	1.17	0.25	0.05	0.75	1.27
세종	0.27	1.18	0.80	0.75	3.09	1.45	0.24	0.07	0.71	1.39

〈표 5-8〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 8월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.50	1.23	1.25	1.00	2.27	1.40	0.23	0.08	1.23	1.30
천안	0.49	2.23	1.58	1.43	2.14	2.29	0.22	0.00	1.34	1.50
보령	0.57	0.79	1.25	0.87	2.22	1.49	0.27	0.16	1.41	1.39
예산	0.47	1.28	1.22	0.99	2.34	2.10	0.26	0.07	1.22	1.50
태안	0.69	0.97	0.99	0.88	2.71	0.21	0.21	0.00	1.01	1.03
대전	0.49	1.33	1.49	1.10	2.12	0.99	0.23	0.13	1.33	1.20
세종	0.31	0.80	0.99	0.70	2.07	1.30	0.18	0.11	1.08	1.19

〈표 5-9〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 9월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	0.77	2.26	1.81	1.62	2.79	1.85	0.21	0.13	1.27	1.56
천안	0.29	1.64	1.17	1.03	2.26	1.30	0.14	0.11	1.06	1.22
보령	0.63	1.69	1.48	1.27	2.70	1.73	0.19	0.06	1.12	1.45
예산	1.33	1.83	1.74	1.63	3.17	2.14	0.32	0.16	1.32	1.77
태안	1.64	5.56	3.92	3.71	3.95	3.92	0.27	0.25	2.06	2.61
대전	0.40	1.58	1.23	1.07	2.43	0.73	0.16	0.07	1.05	1.11
세종	0.32	1.28	1.34	0.98	2.24	1.27	0.15	0.10	1.00	1.19

〈표 5-10〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 10월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	4.51	3.92	3.22	3.88	3.39	2.68	0.26	0.42	1.90	2.16
천안	3.68	5.98	4.29	4.65	2.97	2.36	0.25	0.42	2.28	2.07
보령	4.95	2.13	2.61	3.23	3.76	2.60	0.29	0.47	2.15	2.32
예산	1.96	2.34	2.27	2.19	2.86	3.10	0.31	0.18	1.48	1.98
태안	11.57	4.96	4.27	6.93	6.03	3.37	0.36	0.82	2.36	3.23
대전	3.08	2.36	2.01	2.48	2.57	1.45	0.16	0.29	1.59	1.52
세종	1.80	5.74	3.85	3.80	2.14	3.22	0.21	0.32	1.52	1.85

〈표 5-11〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 12월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	2.55	5.52	3.77	3.95	3.68	2.92	0.26	0.30	1.66	2.21
천안	1.41	4.92	3.24	3.19	2.83	2.47	0.17	0.19	1.36	1.76
보령	6.07	10.06	6.08	7.40	4.99	5.72	0.38	0.59	2.59	3.57
예산	1.61	5.15	4.33	3.70	3.15	2.83	0.24	0.27	1.72	2.05
태안	3.43	5.23	3.60	4.09	4.57	2.21	0.28	0.33	1.84	2.31
대전	1.54	4.28	2.78	2.86	3.45	2.06	0.21	0.22	1.48	1.86
세종	1.25	3.48	2.57	2.44	3.10	2.23	0.27	0.17	0.94	1.68

〈표 5-12〉 지역별 이온농도 분석

구분	2018년 12월									
	음이온(ppm)			평균	양이온(ppm)					평균
	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
평균	3.62	5.06	3.92	4.20	2.84	3.35	0.35	0.28	1.64	2.12
천안	2.79	5.80	4.15	4.25	2.33	3.83	0.28	0.21	1.51	2.04
보령	0.59	2.99	2.75	2.11	1.46	2.96	0.21	0.11	0.95	1.43
예산	3.45	5.01	5.16	4.54	3.10	3.25	0.31	0.35	2.00	2.25
태안	11.57	6.77	5.50	7.95	6.09	3.19	0.91	0.63	2.49	3.33
대전	2.43	7.49	4.00	4.64	2.35	4.65	0.20	0.24	1.94	2.35
세종	0.87	2.30	1.94	1.70	1.72	2.22	0.21	0.15	0.93	1.31

(라) 대기 중 SO_2 농도분석

1) 연도별 대기 중 SO_2 농도

1999-2018년까지 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 지역 산림지역 내 고정조사구 6개소의 연도별 대기 중 SO_2 농도(ppb)는 표6과 같다.

〈표 6〉 연도별 대기 중 SO_2 농도

지역별 / 연도별	평 균	SO_2 농도(ppb)					
		천안	보령	예산	태안	대전	세종
평 균	4.7	4.4	4.8	4.3	5.5	4.0	4.9
1999	5.2	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0
2000	4.5	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0
2001	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0	4.0
2002	4.3	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0
2003	4.5	4.2	5.6	3.7	5.1	4.1	4.0
2004	6.2	4.0	5.0	3.3	5.0	3.6	16.4
2005	4.4	3.3	5.6	4.6	4.9	3.7	4.0
2006	4.6	3.8	5.6	4.1	5.8	3.7	4.2
2007	6.1	5.2	7.3	5.2	6.5	5.6	6.5
2008	4.5	3.9	5.1	3.8	5.7	4.0	4.5
2009	4.8	4.2	5.8	4.6	5.7	4.2	4.2
2010	5.1	4.8	5.1	4.6	5.6	4.4	5.8
2011	4.5	3.7	5.8	3.2	5.4	3.6	4.8
2012	4.6	5.9	2.8	4.4	6.2	4.4	3.9
2013	6.0	5.6	6.1	8.2	5.6	4.8	5.7
2014	3.2	4.1	2.5	3.1	3.7	2.7	3.1
2015	3.1	3.6	2.2	2.6	5.8	2.3	2.6
2016	5.9	5.90	5.12	6.17	9.46	4.38	4.19
2017	2.3	3.15	1.69	2.22	2.64	1.71	2.23
2018	1.9	2.61	1.86	2.04	2.35	1.11	1.13

2) 지역별·월별 대기 중 SO_2 농도분석

2018년 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 산림지역 내 고정조사구 6개소의 월별 대기 중 SO_2의 농도는 표7과 같다.

〈표 7〉 지역별·월별 대기 중 SO_2 농도분석

지역별 / 월별	평균	SO_2 농도(ppb)					
		천안	보령	예산	태안	대전	세종
평 균	1.85	2.61	1.86	2.04	2.35	1.11	1.13
1월	1.53	1.89	1.06	1.61	2.24	0.89	1.46
2월	1.03	1.09	1.38	0.99	0.54	1.05	1.13
3월	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
4월	0.64	0.01	0.74	0.92	0.01	1.21	0.95
5월	1.87	4.02	1.08	1.84	2.50	0.98	0.79
6월	2.32	4.44	4.28	1.51	2.15	0.76	0.77
7월	1.60	2.65	0.97	2.15	1.71	0.76	1.35
8월	1.96	2.58	3.48	1.32	3.08	0.80	0.50
9월	3.02	3.07	2.59	3.74	3.80	2.26	2.64
10월	2.91	3.73	2.19	3.78	3.53	1.88	2.37
11월	3.22	3.50	3.13	5.66	4.05	2.14	0.82
12월	2.11	4.37	1.44	0.94	4.59	0.59	0.74

(마) 대기 중 NO_2 농도분석

1) 연도별 대기 중 NO_2 농도

2005-2018년까지 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 지역 산림 내 고정조사구 6개소의 연도별 대기 중 NO_2 농도(ppb)는 표 8과 같다.

〈표 8〉 연도별 대기 중 NO_2 농도

지역별 / 년도별	평 균	NO_2 농도(ppb)					
		천안	보령	예산	태안	대전	세종
평 균	5.1	8.1	6.5	4.4	3.2	4.1	4.7
2005	2.4	5.5	7.1	5.3	4.3	6.1	5.0
2006	5.6	4.2	5.9	4.6	3.5	4.4	3.6
2007	4.4	8.4	6.7	5.1	3.5	5.2	3.8
2008	5.5	3.9	6.0	4.2	2.6	3.7	3.1
2009	4.3	3.4	5.2	4.2	2.4	3.6	6.8
2010	4.3	3.7	5.0	3.1	2.3	3.6	7.0
2011	4.1	2.8	3.7	2.7	2.4	2.9	5.7
2012	2.9	4.0	3.3	2.5	2.1	2.6	3.1
2013	3.1	2.6	4.9	2.9	2.2	2.9	3.0
2014	3.8	7.4	3.0	3.0	2.7	3.4	3.5
2015	7.7	11.3	4.4	6.9	7.4	7.1	9.6
2016	14.60	39.36	25.59	10.41	3.67	5.73	2.87
2017	4.01	8.77	3.65	2.77	2.87	2.64	3.36
2018	3.86	8.22	4.70	2.71	2.07	2.67	2.80

2) 지역별·월별 대기 중 NO_2 농도

2018년 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 산림지역 내 고정조사구 6개소의 월별 대기 중 NO_2의 농도는 표 9와 같다.

〈표 9〉 지역별·월별 대기 중 NO_2 농도분석

지역별 / 월별	평균	NO_2 농도(ppb)					
		천안	보령	예산	태안	대전	세종
평 균	3.86	8.22	4.70	2.71	2.07	2.67	2.80
1월	2.08	4.50	1.75	1.42	0.93	1.55	2.35
2월	3.04	7.90	3.02	2.26	1.74	2.02	1.30
3월	4.51	4.94	4.99	5.57	3.92	3.29	4.33
4월	1.12	2.16	0.63	1.01	1.07	0.89	0.96
5월	2.55	7.69	1.89	1.18	1.25	1.76	1.52
6월	3.90	11.59	2.82	2.67	2.09	2.41	1.82
7월	1.49	3.66	0.89	0.89	0.80	1.37	1.36
8월	4.71	10.25	7.53	2.59	2.12	3.41	2.38
9월	2.00	5.54	1.21	1.38	1.42	1.22	1.24
10월	3.65	9.66	4.32	1.39	1.71	2.44	2.35
11월	9.81	21.40	7.45	7.76	4.97	8.23	9.08
12월	7.46	9.34	19.90	4.36	2.80	3.41	4.95

(바) 대기 중 O_3 농도분석

1) 연도별 대기 중 O_3 농도

2011-2018년까지 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 지역 산림지역 내 고정조사구 6개소의 연도별 대기 중 O_3 농도(ppb)는 표 10과 같다.

〈표 10〉 연도별 대기 중 O_3 농도분석

지역별 / 년도별	평 균	O_3 농도(ppb)					
		천안	보령	예산	태안	세종	대전
평 균	42.1	37.3	42.2	40.7	49.6	42.4	40.3
2011	31.5	29.9	30.3	30.1	38.6	31.1	29.2
2012	33.5	32.0	30.4	33.3	39.9	34.5	30.7
2013	31.8	32.1	28.8	30.0	36.7	32.8	30.2
2014	32.2	28.0	32.2	31.3	38.5	30.5	32.6
2015	31.9	27.5	31.9	32.4	39.1	33.4	27.6
2016	100.5	81.3	108.3	102.4	113.3	100.3	97.2
2017	33.2	30.0	33.3	25.6	41.2	34.4	34.5
2018	19.77	17.09	28.30	13.87	21.45	18.26	19.69

2) 지역별·월별 대기 중 O_3 농도

2018년 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 산림지역 내 고정조사구 6개소의 월별 대기 중 O_3의 농도(ppb)는 표 11과 같다.

〈표 11〉 월별 대기 중 O_3 농도

지역별 / 월별	평균	O_3 농도(ppb)					
		천안	보령	예산	태안	대전	세종
평 균	19.77	17.09	28.30	13.87	21.45	18.26	19.69
1월	17.47	22.31	17.20	0.03	24.51	15.52	25.23
2월	22.94	0.00	79.51	0.03	0.00	23.35	34.77
3월	0.03	0.00	0.10	0.02	0.02	0.02	0.01
4월	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03	0.14	0.01
5월	25.95	34.35	21.84	22.50	37.80	24.48	14.72
6월	33.81	31.53	39.16	27.58	38.23	36.19	30.16
7월	16.48	24.75	12.40	11.99	14.61	14.95	20.17
8월	25.67	16.90	52.76	16.00	24.11	21.40	22.85
9월	28.49	26.98	29.39	27.38	28.82	27.48	30.89
10월	22.18	19.87	24.63	19.79	27.22	19.52	22.04
11월	21.93	15.78	20.79	21.92	33.74	20.75	18.63
12월	22.29	12.55	41.77	19.16	28.27	15.26	16.75

나. 산성화 산림피해조사

(1) 개황조사

2018년 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 산림지역 내 고정조사구 6개소의 개황조사 결과는 표 12와 같다.

〈표 12〉 조사구의 개황

Plot No.	조사 지역명	좌표	북위	지황					임황			
				기후대	지형	표고(m)	경사도(℃)	경사 방위	임종	수종	수고(m)	흉고직경(cm)
1	세종	127°13′56.1″	36°26′09.9″	온대 중부	산복중	31	15°	N	침엽수	리기다	15~23	25.0~41.2
2	대전	127°17′20.1″	36°20′47.9″	온대 중부	산복하	110	3°	N	침엽수	소나무	17~25	36.5~47.6
3	보령	126°39′16″	36°21′02.1″	온대 중부	산복중	206	15°	W	침엽수	소나무	14~25	37.3~49.9
4	예산	126°41′01.9″	36°43′51.8″	온대 중부	산복하	66	5°	W	혼효림	소나무 참나무	11~20	12.6~45.7
5	천안	127°11′32.2″	36°49′46.5″	온대 중부	산복하	133	3°	N	침엽수	소나무 리기다	14~27	16.7~46.2
6	태안	126°21′40.11″	36°29′35.93″	온대 중부	산복하	20	4°	W	침엽수	리기다	15~28	13.1~46.5

(2) 입지환경조사

2018년 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 산림지역 내 고정조사구 6개소의 산림토양 단면을 조사한 결과는 표 13과 같다.

〈표 13〉 산림토양 단면조사(9개 항목)

지역	토심(cm)		토성	토 색	지 형	석 력(%)	건습도	견밀도 (kg/cm^2)	암석 노출도	사면 위치
	층위	깊이								
세종	A	10	SL/SCL	7.5YR 6/6	입상	5%이하	약건	1.5	10%이하	산복
	B	90	SL/SL	10YR 5/6	입상	5%이하	약습	1.5	10%이하	산복
대전	A	20	L/SCL	5YR 3/4	입상	5%이하	적윤	0.5	10%이하	산록
	B	50	SL/CL	5YR 3/6	입상	5%이하	약습	0.8	10%이하	산록
보령	A	20	SL/SCL	10YR 3/3	각괴상	30～50%	약건	2.5	30～50%	산록
	B	60	SL/SCL	10YR 2/3	각괴상	30～50%	약건	2.5	30～50%	산록
예산	A	20	SL/SCL	5YR 4/6	입상	5%이하	건조	1.5	10%이하	산록
	B	45	L/LS	5YR 3/6	입상	5%이하	약건	2.0	10%이하	산록
천안	A	20	L/SCL	7.5YR 4/6	입상	5%이하	적윤	0.7	10%이하	산록
	B	50	SiL/CL	7.5YR 4/4	입상	5%이하	약습	1.0	10%이하	산록
태안	A	10	L/SCL	7.5YR 4/6	입상	30～50%	약건	1.5	10%이하	산록
	B	40	L/CL	5YR 5/8	입상	30～50%	약건	1.5	10%이하	산록

(3) 산림토양 분석

2018년 천안, 보령, 예산, 태안, 대전, 세종 산림지역 내 고정조사구 6개소의 산림토양조사결과 표 14와 같고, 낙엽낙지 조사한 결과 표 15와 같다.

〈표 14〉 산림토양분석 결과(9개 항목)

시료채취지역	산도 pH	유기물 O.M(g/kg)	전질소 T.N(%)	OM/N ratio	EC
세종	4.24	21.09	0.39	53.74	0.39
대전	4.33	29.80	0.56	52.79	0.32
보령	4.37	64.71	0.85	75.97	0.41
예산	4.39	40.60	0.54	75.17	0.36
천안	4.44	27.05	0.41	65.19	0.27
태안	4.17	60.67	0.60	101.84	0.57

〈표 14-1〉 산림토양분석 결과(6개 항목)

시료채취지역	유효인산 mg/kg	C.E.C (cmol+/kg)	치환성 양이온(cmol+/kg)			
			K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
세종	24.09	13.52	0.08	0.07	0.58	0.39
대전	27.72	14.3	0.12	0.06	0.49	0.32
보령	17.46	22.5	0.12	0.10	0.89	0.41
예산	22.91	25.36	0.14	0.07	1.39	0.36
천안	24.64	12.76	0.08	0.06	0.66	0.27
태안	32.45	17.12	0.12	0.12	0.96	0.57

〈표 15〉 낙엽낙지 조사 결과(5개 항목)

구 분 / 지역별	평균	구 분				
		잎	가지	열매	수피	기타
평 균	3.19	10.91	1.46	0.31	1.25	2.04
세종	3.50	12.39	1.38	0.29	0.64	2.79
대전	3.12	12.16	0.96	0.02	0.72	1.72
보령	2.56	8.96	1.13	0.36	1.04	1.31
예산	3.30	9.29	1.56	0.34	2.57	2.74
천안	3.20	11.22	2.06	0.21	0.80	1.71
태안	3.47	11.42	1.64	0.62	1.73	1.95

5. 참고문헌

○ Kim, S. T. and H. S. Kim, 2002. The nationwide NO2 monitoring with passive sampler in Korea. J. Korea, J. KOSAE. 18: 69-77.

○ Bubenick, D. V. 1984. Acid Rain Information Book. Noyes Date Corp,. N. J. p. 397.

○ Evans, L. S. 1984. Botanical aspects of acid precipitation. Bot. Rev. 50: 449-490.

○ Puckett, L. J. 1982. Acid rain, air pollution, and tree growth in southeaster New York. J. Environ. Qual. 11: 376-381.

○ 김기현 등. 1999. 향문사. 신제 대기오염개론. p. 53. p 256. p. 260.

○ 김재봉 등. 1988. 침엽수의 대기오염 정화력에 관한 연구. 국립환경연구원 보고. 10: 77-87.

○ 김학성 등. 2007. 동아시아 지역에서 광역적 대기오염의 이동; 위성과 지상관측. 한국지구과학회지. 28(1): 123-135.

○ 과학기술처. 1994. 환경오염이 산림생태계에 미치는 영향. 1, 2차 보고서. pp. 57-72.

○ 농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. pp. 35- 58.

○ 이돈구·김갑태. 1986. 인공산성우가 몇 수종의 종자발아와 묘목생장에 미치는 영향. 서울대 관악수목원 연구보고. 7: 15-21.

○ 이수욱·장관순. 1987. 한국내 산성우의 장거리 오염원에 관한 연구. 충남대학교 환경연구보고. 5(1): 1-14.

○ 장관순. 2003. 대도시 및 주변의 토양에서 pH와 주요 양이온의 장기적인 변화에 대한 고찰. 환경관리학회지. 9(4): 399-406.

○ 朝克등. 2002. 沅源沙토 暴촌 域市 生態環境 影響的 初步 研究 먼 지역에서 발생한 먼지-모래바람이 도시 생태환경에 미치는 영향에 관한 기초 연구. 吉林大學 地球科學學院. 130061. 長春.

○ 沈柏竹등. 2002. 길림성 서부지역의 최근 수년간 기후의 온난화와 건조화 추세변화 및 모래폭풍이 주변국가에 미치는 영향에 대한 기초 연구. 中國長春吉 林成氣象科學研究所. 130062. 微意.





05 산림생물분야

소나무재선충 분리처리장치 개발(종결)
김영재, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호 –

산림병해충 발생조사 및 예측기술연구(공동)
김영재, 고승연, 김경진, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호 –

밤나무해충 연막방제법 개발(종결)
김영재, 고승연, 오세철, 류연희, 최유미, 김기호 –

공립나무병원운영(자체)
김영재, 고승연, 김경진, 조성효, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호 –

소나무재선충 분리처리장치 개발

(자체 '17 ~ 종결)

【김영재, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호】

1. 본 연구와 관련된 기존사실

○ 소나무재선충병은 1988년 우리나라 부산에서 처음으로 발견된 이래 1995년 소나무재선충병 방제특별법을 제정하여 방제를 위해 범정부적인 노력을 하였으나 현재까지 경남, 제주도, 경기도, 충청도 등 전국적으로 확산되어 소나무류를 전멸시킬 수 있는 우려와 함께 경제적으로 막대한 손실을 끼치고 있다.

○ 전국 소나무재선충병 발생지역은 2018년 8월 기준으로 충남, 경기, 경남, 제주 등에서 114개 시군에서 발생되었고, 청정지역으로 환원된 곳은 17개 시군이다.

○ 전국 재선충병 피해본수는 2018년 4월에 686천본, 2017년 4월에 992천본, 2016년 4월 1,373천본, 2015년 4월 1,737천본, 2014년 4월 265천본, 2006년 4월 863천 본이다.

○ 충남도의 경우 소나무재선충병이 발생되어 소나무류의 반출금지구역으로 지정된 곳이 천안시, 보령시, 논산시, 아산시, 금산군, 청양군, 부여군, 서천군, 홍성군, 예산군으로 10개시군 144개리이고, 2012년 2월(보령)에 발생되어, 2014년 6월(태안), 2015년 3월(서천), 2015년 4월(천안), 2015년 10월(논산), 2016년 2월(금산), 2017년 3월(부여), 4월(홍성), 7월(청양), 2018년 3월(예산)에서 발생되었으나, 2018년 6월에 태안군이 청정지역으로 회복되어 2018년 12월 현재 15개시군 중 9개시군에서 발생되었다.

○ 소나무재선충병 발생으로 인해 소나무류의 시료를 채취하여 검사한 건수는 2012년 2,381건(감염257본)을 시작으로 매년 증가하여 2017년에는 10,607건(감염 76본), 2018년에는 7,333건(감염202본)이다. 또한 소나무재선충병 미감염확인증 발급 건수는 157건(11,907본)이다.

○ 소나무재선충병은 매개충인 솔수염하늘소와 북방수염하늘소가 소나무류(소나무, 해송, 잣나무 등)을 가해하는 과정(섭식, 산란, 번식)에서 감염시키므로 재선충을 몸에 지닌 하늘소류 성충 방제가 중요하다.

○ 현행 소나무재선충병 감염여부 확인 방법은 의심고사목을 시료채취하여 깔때기에 잘게 썰어 넣고 물을 부어 목재 속에 들어 있는 선충이 빠져 나오게 만드는 방법으로 계절에 따른 물의 온도에 따라 선충이 분리되는 시간에 차이가 있어 겨울철에는 물의 온도가 낮아 신속하게 분리하는데 어려움이 있다.

○ 반면에 연간 전국 각도 산림자원연구소에서는 적게는 몇 천 건에서 많게는 만 건이 넘는 시료를 검경하고 있어 재선충을 분리 검경하는 업무의 개선이 필요하다.

○ 따라서 목재 내 서식하는 재선충을 계절에 구애 받지 않고 신속분리 할 수 있고 깔때기를 세척할 수 있는 장치를 개발하여 노동력 절감 및 신속한 선충 분리로 업무효율성을 증대시킬 필요성이 있다.

2. 연구개발 목표

○ 소나무재선충병에 감염된 소나무의 목질부 내 서식하는 재선충을 분리할 수 있는 적정 온도·시간 규명

○ 소나무류 목질부 내의 소나무재선충을 신속하게 분리할 수 있는 장치를 개발하고, 특허등록과 기업체에 기술이전 사업화하여 업무 현장에 적용

3. 재료 및 방법

가. 시험목 및 재선충

실험에 사용된 시료와 재선충은 부여군 외산면 지선리 산36번지(사유림) 등에서 재선충병에 감염된 직경 약 10~20cm, 길이 1m 크기의 소나무 절단목 10개를 수분이 마르지 않게 주기적으로 물을 뿌려 실험실에 보관하고 이용하였다.

나. 시험장소

소나무재선충병 진단실(세종특별자치시 금남면 산림박물관길 110)

다. 대상해충 : 소나무재선충

(1) 목 : 참선충목(Tylenchida)

(2) 과 : 잎선충과(Aphelenchoididae)

(3) 학 명 : *Bursaphelenchus xylophilus*(Steiner et Buhrer) Nickle

(4) 영 명 : Pine wood nematode

라. 시험기구

현미경(100배, 1000배), 온도히팅기(실온~100℃), 깔때기(400㎖), 비이커(500㎖), 주사기(1㎖), 페트리디쉬(50㎖), 자체제작 선충 분리장치

마. 시험규모

(1) 사충시험 : 7가지 온도×13방법(시간), 기기제작 1종

(2) 재선충 분리시험 : 8가지 온도×23방법(시간)

(3) 기기제작 : 1종(가로 1400mm, 높이 1600mm, 폭590mm)

바. 시험항목

사충률, 분리율, 재선충 분리장치 제작

사. 시험방법

(1) 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충의 사충률

소나무재선충병에 감염된 소나무를 가로×세로 1cm 이하로 잘게 잘라 90g씩 준비하고, 깔때기(400㎖ 용량)에 물 25℃(실온) 300㎖를 채운 후 준비된 시료 90g을 넣어 베르만 깔때기법(Baermann funnel)으로 분리한 소나무재선충을 시험에 이용하였다. 시험온도는 2017년에 -15℃, 30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃, 60℃ 7개 시험구로, 2018년에는 -12℃, 1℃, 5℃, 7℃, 30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃ 9개 시험구로 하였다. -15℃, -12℃는 10㎖ 페트리디쉬에 물과 함께 받아 냉장고 냉동실에, 1℃, 5℃, 7℃는 저온저장고를 이용하였고, 30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃, 60℃는 10㎖ 페트리디쉬에 물과 함께 받은 재선충을 1㎖ 주사기로 물과 함께 빨아들여 미리 온수(400㎖)를 담아 준비해 논 비이커(500㎖)에 재선충과 물이 든 주사기를 넣어(2017년 13개, 2018년 14개) 온도를 맞춰 조사하였다. 30·35·40·45·50℃ 물의 온도는 전극봉을 이용하여 자체 제작한 히팅기로 맞추었다. 조사는 2017년에 16시간까지, 2018년은 22시간까지 조사를 하였다. 소나무재선충의 생사유무는 실체현미경으로 직접 치사유무를 확인하고 수를 세었다(그림 1).

(2) 소나무 목질부 내 재선충 분리 온도 및 시간 규명

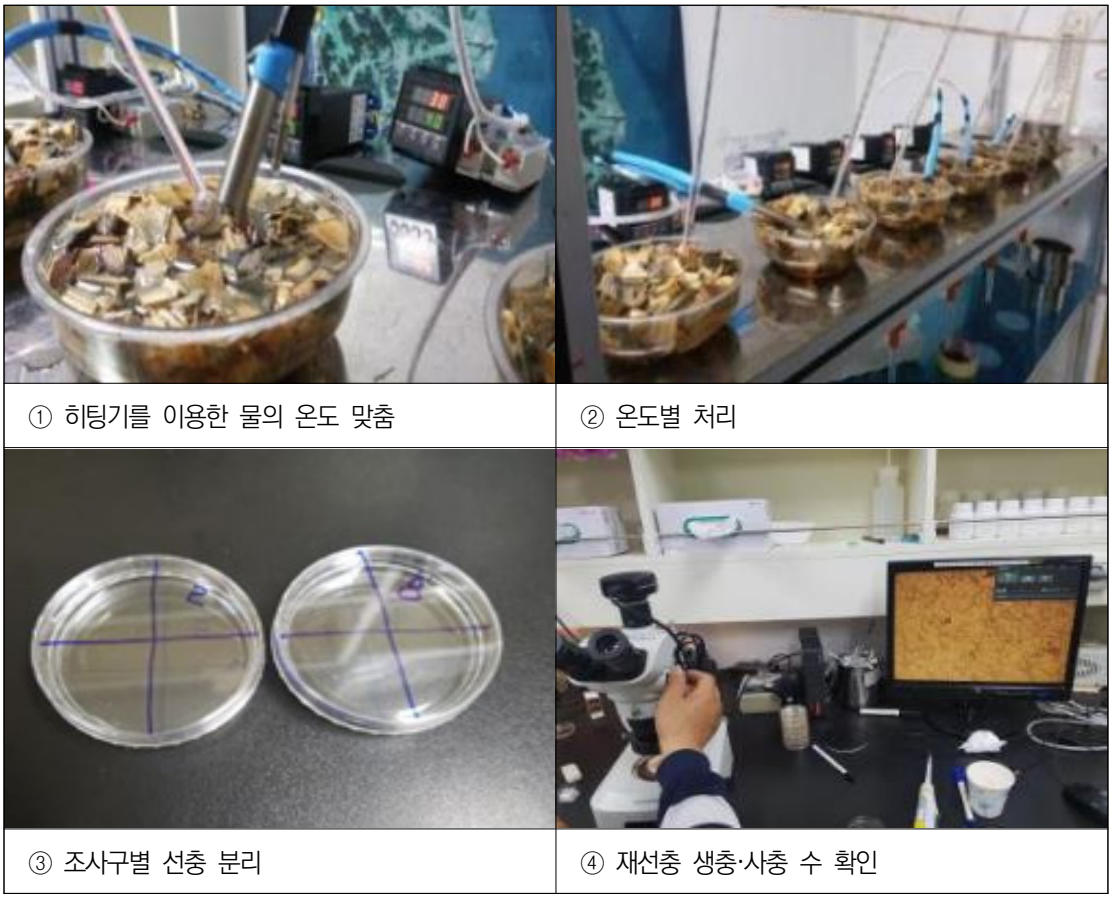
소나무재선충병에 감염된 소나무를 가로×세로 1cm 이하로 잘게 잘라 90g씩 준비하고, 깔때기(400㎖ 용량)에 물 300㎖를 채운 후 준비된 시료 90g을 넣어 베르만 깔때기법(Baermann funnel)으로 아래쪽에 모여든 재선충을 물과 함께 받아 이용하였고, 줄어드는 물은 같은 온도로 만든 물을 깔때기에 보충하면서 시험을 하였다. 물의 온도는 2017년에 1℃, 6℃, 15℃, 30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃, 60℃로, 2018년 1차 분리시험 물의 온도는 0℃, 2℃, 4℃, 8℃, 18℃, 30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃로, 2차 분리시험 물의 온도는 0℃, 4℃, 8℃, 18℃, 30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃로 시험하였다. 물의 온도가 일정하지 않고 시험차별로 저온에서 다른 것은 저온저장고와 냉장고를 이용하여 차이가 있다. 저온은 실험실에 비치된 냉장고와 저온저장고를, 고온은 히팅기를 이용하여 맞추었고, 조사 시간은 1차는 49시간까지, 2차는 869시간(36일)까지 하였다. 분리된 재선충은 10㎖ 페트리디쉬에 물과 함께 받아 실체현미경으로 직접 개체 수와 사충 유무를 확인하였다(그림 2).

(3) 소나무재선충 분리처리장치 제작 시험

소나무재선충 사충시험과 분리시험 결과를 토대로 실내의 온도를 20~35℃ 범위로 맞출 수 있는 챔버(Chamber)를 대전에 소재하는 JS바이오(주)에 의뢰하여 제작하고 소나무재선충 분리시험을 하였다.



그림 1. 물의 온도와 시간의 경과에 따른 소나무재선충의 사충 시험



① 히팅기를 이용한 물의 온도 맞춤 ② 온도별 처리

③ 조사구별 선충 분리 ④ 재선충 생충·사충 수 확인

그림 2. 물의 온도와 시간별 소나무 목질 내 서식하는 소나무재선충 분리 시험

4. 결과

가. 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충의 사충률

2017년 6월 9일, 2018년 3월 22일에 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충 사충률(%)을 시험한 결과 〈표 1〉, 〈표 2〉와 같다. 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충의 사충률은, 2017년 시험결과, -15℃ 5시간과 40℃ 30시간, 45℃·50℃ 30분에서 100%였고, 30℃ 30시간에서 85.76%, 54시간에 9.15%, 35℃ 17시간에 44.34%, 54시간에서 81.76%였다. 2018년 시험결과, -12℃ 14시간에 98.68%, 1℃ 14시간에 45.26%, 5℃ 12시간에 55.15%, 7℃ 12시간에 66.67%, 30℃ 14시간에 56.45%, 35℃ 12시간에 64.62%, 40℃ 14시간에 63.16%, 45℃ 1시간에 100%, 50℃ 30분에 100%였다. 처음 재선충이 물에서

죽기 시작한 시점은 물의 온도 -12℃와 -15℃에서 1시간이 경과한 후 죽은 재선충이 보였다(사충률 3.73%, 2.13%). 1℃는 1시간에(0.74%), 5℃는 2시간에(1.08%), 7℃는 2시간에(0.72%), 30℃ 1시간에(1.06%, 0%), 35℃는 2시간에(1.89%, 0%), 40℃는 1시간에(1.55%, 0%), 45℃는 30분에(77.59%와 100%), 50℃는 30분에(100%), 60℃는 선충 자체가 보이지 않았다. 이러한 결과로 볼 때 소나무재선충은 감수성 수종인 소나무에서 물 없이 밖으로 빠져나오지 못하고, 서식처인 목재 내에서 외부로 빠져나와 유영하기 가장 좋은 물의 온도는 30℃와 35℃였다. -15℃에서는 4시간 만에 99.76%가 치사하여 거의 다 죽고, 5시간 만에 100% 치사하였다. 30℃와 35℃에서 가장 활동리듬도 좋고 오래 살았으며, 45℃와 50℃에서는 30분과 1시간에 100%로 치사하였다. 60℃에서는 선충이 분리가 안됐는데 물의 온도 때문에 목재 밖으로 빠져나오지 못한 것으로 판단된다.

※ 동일한 온도조건의 사충률 시험 조사구는 여러 개의 공간(주사기)에 분리된 재선충을 넣고 격리시켜 시험을 했기 때문에 조사시점(시간)이 늦은 시료가 사충률이 낮게 나오는 경우도 있었음

〈표 1〉 2017년 6월 9일 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충 사충률(%)

시간	물의 온도에 따른 소나무재선충 사충률(%)					
	-15℃	30℃	35℃	40℃	45℃	50℃
30min	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1hr	3.73	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2hr	48.46	0.00	0.00	-	100.00	100.00
3hr	92.12	0.00	0.00	5.62	100.00	100.00
4hr	99.76	0.00	0.00	-	100.00	100.00
5hr	100.00	0.00	0.00	-	100.00	100.00
6hr	99.89	0.00	0.00	-	100.00	100.00
7hr	100.00	0.00	5.00	-	100.00	100.00
8hr	-	2.00	9.72	-	100.00	100.00
9hr	-	2.35	4.49	-	100.00	100.00
17hr	-	4.38	44.34	-	100.00	100.00
30hr	-	85.76	21.38	100.00	100.00	100.00
54hr	-	9.15	81.76	-	100.00	100.00

〈표 2〉 2018년 3월 22일 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충 사충률(%)

시간	물의 온도에 따른 소나무재선충 사충률(%)								
	-12℃	1℃	5℃	7℃	30℃	35℃	40℃	45℃	50℃
30min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.59	100.00
1hr	2.13	0.74	0.00	0.00	1.06	0.00	1.55	100.00	100.00
2hr	2.53	1.02	1.08	0.72	4.41	1.89	1.55	100.00	100.00
3hr	7.34	2.81	1.43	0.94	8.00	1.39	4.04	99.02	100.00
4hr	66.22	1.16	1.96	0.90	7.61	5.88	1.60	100.00	100.00
5hr	5.45	0.99	1.18	2.86	6.78	0.00	1.10	100.00	100.00
6hr	84.21	1.99	1.27	2.21	26.80	12.50	5.56	100.00	100.00
7hr	52.53	4.94	5.22	1.33	10.94	9.56	15.38	100.00	100.00
8hr	74.62	7.27	1.96	5.73	8.20	19.42	8.89	100.00	100.00
9hr	54.21	4.71	4.27	8.65	12.50	13.79	14.89	100.00	100.00
10hr	73.98	32.81	26.73	29.63	37.50	37.10	22.97	100.00	100.00
12hr	92.82	20.92	55.15	66.67	43.24	64.62	29.71	100.00	100.00
14hr	98.68	45.26	48.31	57.48	56.45	51.11	63.16	100.00	100.00
16hr	81.44	41.72	50.28	30.97	38.55	39.29	47.83	100.00	100.00

나. 소나무 목편 내 재선충 분리 온도 및 시간 규명

2017년 7월 13~14일까지 30시간 동안 소나무재선충병에 감염된 소나무를 1~2cm로 잘게 자르고, 1℃ · 6℃ · 15℃ · 30℃ · 35℃ · 40℃ · 45℃ · 50℃ · 60℃ 온도의 물에 담갔을 때 시간이 경과함에 따른 재선충 분리율(%)은 〈표 3〉과 같다. 물의 온도와 시간에 따른 소나무재선충의 분리율은 1℃ 30시간에 6.68%, 6℃ 30시간에서 23.73%, 15℃ · 30℃ · 35℃ · 40℃ 30시간에 100%였다. 45℃ 28시간에 10.99%, 50℃ 16시간에 8.96%, 60℃에서는 0%로 재선충이 분리가 되지 않았다. 소나무재선충 50% 분리 시점은 1℃와 6℃는 50%가 분리되지 않았고, 15℃ 15시간에 57.28%, 30℃ 11시간에 55.50%, 35℃ 6시간에 50.96%, 40℃ 7시간에 53.96%였다. 1℃, 6℃, 45℃, 50℃는 30시간까지 각각 6.68%, 23.73%, 10.99%, 8.96%로 재선충의 분리율이 낮았다.

2018년 3월과 4~6월에 소나무재선충 분리시험을 2회 실시한 결과 〈표 4〉, 〈표 5〉와 같다. 2018년 3월 28~29일까지 49시간 동안 소나무재선충병에 감염된 소나무를 1~2cm로 잘게 자른 시료 90g을 0℃ · 2℃ · 4℃ · 8℃ · 18℃ · 30℃ · 35℃ · 40℃ · 45℃ · 50℃ 온도의 물에 담갔을 때 시간이 경과함에 따른 재선충 분리율(1차)은 표 4와 같이 49시간 동안 0℃

16.27%, 2℃ 14.49%, 4℃ 22.59%, 8℃ 33.38%, 18℃(실온) 54.87%, 30℃ 100%, 35℃ 84.46%, 40℃ 44.76%, 45℃ 17.31%, 50℃ 1.64%의 분리율을 보였다. 소나무재선충 50% 분리 시점은 18℃ 18시간에 50.82%, 30℃ 4시간에 52.12%, 35℃ 4시간에 55.48%였다. 0℃, 2℃, 4℃, 8℃, 40℃, 45℃, 50℃에서는 분리율이 50%에 도달하지 못했다.

2018년 4월 26일부터 6월 1일까지 869(36일)시간 동안 소나무재선충병에 감염된 소나무를 1~2cm로 잘게 자른 시료 90g을 0℃·4℃·8℃·18℃·30℃·35℃·40℃·45℃·50℃ 온도의 물에 담갔을 때 시간이 경과함에 따른 재선충 분리율(2차)은 표 5와 같이 869(36일)시간 동안 0℃ 50.96%, 4℃ 75.76%, 8℃ 217시간(9일) 100%, 18℃(실온) 337시간(14일) 42.53%, 30℃ 677시간(28일) 100%, 35℃ 677시간(28일) 76.25%, 40℃ 605시간(25일) 47.86%, 45℃ 653시간(27일) 19.18%, 50℃ 845시간(35일) 12.15%였다. 위와 같이 8℃ 217시간(9일)과 30℃ 677시간(28일)에 100%의 분리율을 보였다. 소나무재선충 50% 분리 시점은 0℃ 869시간(36일)에 50.96%, 4℃ 55시간(2.3일)에 52.74%, 8℃ 14시간에 50.71%, 30℃ 2시간에 48.10%, 35℃ 3시간에 54.33%였다.

※ 온도별 시험결과에 대한 재선충 분리율의 기준은 재선충의 활동성을 고려하여 시험기간 동안 실온(30℃)에서 30시간동안 분리된 재선충의 총 마리수를 100% 탈출기준으로 적용하였다. 이에 저온(1℃, 6℃)과 고온(45℃, 50℃, 60℃)의 분리율(%)은 상온(30℃)에서 분리된 총 마리 수로 적용하고, 분리된 재선충 수가 30℃에서 분리된 수보다 더 많이 분리된 시험구(15℃, 35℃, 40℃)는 분리 수를 조정하지 않고 실제 분리수를 적용하였다.

〈표 3〉 2017년 7월 13~14일까지 30시간 동안 소나무재선충병에 감염된 소나무를 1~2cm로 잘게 자르고, 1℃·6℃·15℃·30℃·35℃·40℃·45℃·50℃·60℃ 온도의 물에 담갔을 때 시간이 경과함에 따른 재선충 분리율

시간	1℃			6℃			15℃			30℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
계	2,858		6.68	2,858		23.73	6,460		100.00	2,858		100.00
1hr	0	0.00	0.00	-	0.01	0.01	-	0.00	0.00	5	0.16	0.16
2hr	0	0.00	0.00	2	0.05	0.06	15	0.23	0.23	18	0.57	0.73
3hr	3	0.10	0.10	6	0.16	0.22	63	0.98	1.21	118	4.16	4.88
4hr	2	0.07	0.17	2	0.07	0.30	197	3.05	4.26	150	5.32	10.20
5hr	9	0.31	0.49	24	0.59	0.88	167	2.59	6.84	144	4.86	15.07
6hr	11	0.38	0.87	20	0.86	1.74	247	3.82	10.67	259	8.93	24.00
7hr	12	0.42	1.29	53	1.77	3.50	228	3.53	14.20	153	5.40	29.40
8hr	65	2.27	3.57	37	0.59	4.09	166	2.57	16.76	194	6.86	36.26
9hr	4	0.14	3.71	16	0.70	4.79	271	4.20	20.96	202	6.84	43.10
11hr	28	0.98	4.69	109	2.00	6.79	438	6.78	27.74	361	12.41	**55.50**
12hr	7	0.24	4.93	69	1.51	8.30	359	5.56	33.30	261	8.99	64.49
13hr	23	0.80	5.74	63	1.15	9.45	489	7.57	40.87	208	7.32	71.82
14hr	9	0.31	6.05	109	2.21	11.66	490	7.59	48.45	178	6.16	77.98
15hr	5	0.17	6.23	80	1.72	13.38	570	8.82	**57.28**	149	5.16	83.14
16hr	3	0.10	6.33	90	1.76	15.14	470	7.28	64.55	114	3.93	87.07
17hr	2	0.07	6.40	70	1.52	16.67	430	6.66	71.21	85	3.04	90.11
18hr	1	0.03	6.44	60	1.41	18.08	100	1.55	72.76	70	2.57	92.68
20hr	0	0.00	6.44	60	1.29	19.37	540	8.36	81.11	68	2.49	95.17
22hr	0	0.00	6.44	70	1.29	20.66	380	5.88	87.00	23	0.87	96.04
24hr	1	0.03	6.47	50	1.06	21.72	390	6.04	93.03	45	1.79	97.82
26hr	0	0.00	6.47	60	0.83	22.55	190	2.94	95.98	18	0.67	98.50
28hr	3	0.10	6.58	-	0.59	23.14	180	2.79	98.76	15	0.55	99.05
30hr	3	0.10	**6.68**	30	0.59	**23.73**	80	1.24	100.00	25	0.95	100.00

시간	35℃			40℃			45℃			50℃			60℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)
계	4,223		100.00	3,886		100.00	2,858		10.99	2,858		8.96	-	-	-
1hr	6	0.14	0.14	13	0.33	0.33	3	0.10	0.10	-	0.00	0.00	-	-	-
2hr	334	7.91	8.05	220	5.66	6.00	6	0.21	0.31	4	0.14	0.14	-	-	-
3hr	421	9.97	18.02	358	9.21	15.21	12	0.42	0.73	7	0.24	0.38	-	-	-
4hr	531	12.57	30.59	321	8.26	23.47	1	0.03	0.77	3	0.10	0.49	-	-	-
5hr	429	10.16	40.75	341	8.78	32.24	4	0.14	0.91	6	0.21	0.70	-	-	-
6hr	431	10.21	**50.96**	380	9.78	42.02	19	0.66	1.57	64	2.24	2.94	-	-	-
7hr	620	14.68	65.64	464	11.94	53.96	31	1.08	2.66	16	0.56	3.50	-	-	-
8hr	302	7.15	72.79	357	9.19	63.15	9	0.31	2.97	13	0.45	3.95	-	-	-
9hr	313	7.41	80.20	290	7.46	70.61	28	0.98	3.95	28	0.98	4.93	-	-	-
11hr	306	7.25	87.45	356	9.16	79.77	101	3.53	7.49	12	0.42	5.35	-	-	-
12hr	190	4.50	91.95	167	4.30	84.07	30	1.05	8.54	19	0.66	6.02	-	-	-
13hr	91	2.15	94.10	126	3.24	87.31	46	1.61	10.15	39	1.36	7.38	-	-	-
14hr	45	1.07	95.17	132	3.40	90.71	21	0.73	10.88	17	0.59	7.98	-	-	-
15hr	20	0.47	95.64	118	3.04	93.75	-	-	-	8	0.28	8.26	-	-	-
16hr	17	0.40	96.05	80	2.06	95.81	-	-	-	20	0.70	**8.96**	-	-	-
17hr	32	0.76	96.80	35	0.90	96.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18hr	25	0.59	97.40	36	0.93	97.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20hr	25	0.59	97.99	27	0.69	98.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22hr	20	0.47	98.46	20	0.51	98.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24hr	20	0.47	98.93	10	0.26	99.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26hr	15	0.36	99.29	15	0.39	99.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28hr	10	0.24	99.53	10	0.26	99.74	3	0.10	**10.99**	-	-	-	-	-	-
30hr	20	0.47	100.00	10	0.26	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

〈표 4〉 2018년 3월 28~29일까지 49시간 동안 소나무재선충병에 감염된 소나무를 1~2cm로 잘게 자른 시료 90g을 ·2·4·8·18·30·35·40·45·50℃ 온도의 물에 담갔을 때 시간이 경과함에 따른 재선충 분리율(1차)

시간	0℃			2℃			4℃			8℃			18℃(상온)		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
계	1,455		16.27	1,296		14.49	2,020		22.59	2,985		33.38	4,907		54.87
30min	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
1hr	2	0.02	0.02	0	0.00	0.00	2	0.02	0.02	1	0.01	0.01	9	0.10	0.10
2hr	2	0.02	0.04	0	0.00	0.00	5	0.06	0.08	3	0.03	0.04	31	0.35	0.45
3hr	0	0.00	0.04	4	0.04	0.04	49	0.55	0.63	77	0.86	0.91	247	2.76	3.21
4hr	10	0.11	0.16	6	0.07	0.11	38	0.42	1.05	31	0.35	1.25	452	5.05	8.26
5hr	34	0.38	0.54	2	0.02	0.13	45	0.50	1.55	38	0.42	1.68	117	1.31	9.57
6hr	32	0.36	0.89	7	0.08	0.21	66	0.74	2.29	42	0.47	2.15	43	0.48	10.05
7hr	20	0.22	1.12	1	0.01	0.22	55	0.62	2.91	52	0.58	2.73	25	0.28	10.33
8hr	63	0.70	1.82	4	0.04	0.27	59	0.66	3.57	47	0.53	3.25	64	0.72	11.05
9hr	66	0.74	2.56	4	0.04	0.31	228	2.55	6.12	58	0.65	3.90	45	0.50	11.55
10hr	116	1.30	3.86	6	0.07	0.38	128	1.43	7.55	64	0.72	4.62	63	0.70	12.26
11hr	107	1.20	5.05	42	0.47	0.85	107	1.20	8.74	23	0.26	4.88	74	0.83	13.08
12hr	116	1.30	6.35	48	0.54	1.39	92	1.03	9.77	53	0.59	5.47	148	1.65	14.74
13hr	54	0.60	6.96	51	0.57	1.96	61	0.68	10.46	72	0.81	6.27	78	0.87	15.61
14hr	176	1.97	8.92	85	0.95	2.91	63	0.70	11.16	86	0.96	7.23	753	8.42	24.03
15hr	93	1.04	9.96	84	0.94	3.85	101	1.13	12.29	154	1.72	8.96	958	10.71	34.74
16hr	39	0.44	10.40	61	0.68	4.53	83	0.93	13.22	161	1.80	10.76	655	7.32	42.07
17hr	46	0.51	10.91	35	0.39	4.92	136	1.52	14.74	212	2.37	13.13	467	5.22	47.29
18hr	21	0.23	11.15	102	1.14	6.06	98	1.10	15.83	111	1.24	14.37	316	3.53	**50.82**
20hr	32	0.36	11.51	67	0.75	6.81	91	1.02	16.85	42	0.47	14.84	129	1.44	52.26
22hr	51	0.57	12.08	85	0.95	7.76	109	1.22	18.07	83	0.93	15.77	40	0.45	52.71
24hr	54	0.60	12.68	99	1.11	8.87	53	0.59	18.66	114	1.27	17.04	31	0.35	53.06
26hr	33	0.37	13.05	86	0.96	9.83	58	0.65	19.31	71	0.79	17.84	48	0.54	53.59
28hr	43	0.48	13.53	87	0.97	10.80	66	0.74	20.05	166	1.86	19.69	39	0.44	54.03
30hr	31	0.35	13.88	107	1.20	12.00	53	0.59	20.64	121	1.35	21.04	14	0.16	54.19
32hr	19	0.21	14.09	53	0.59	12.59	43	0.48	21.12	123	1.38	22.42	16	0.18	54.37
49hr	195	2.18	**16.27**	170	1.90	**14.49**	131	1.46	**22.59**	980	10.96	**33.38**	45	0.50	54.87

〈표 4〉(계속).

시간	30℃			35℃			40℃			45℃			50℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)
계	8,943		100.00	7,553		84.46	4,003		44.76	1,548		17.31	147		1.64
30min	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
1hr	201	2.25	2.25	174	1.95	1.95	72	0.81	0.81	28	0.31	0.31	17	0.19	0.19
2hr	880	9.84	12.09	1100	12.30	14.25	810	9.06	9.86	510	5.70	6.02	17	0.19	0.38
3hr	2170	24.26	36.35	2036	22.77	37.01	1058	11.83	21.69	474	5.30	11.32	17	0.19	0.57
4hr	1410	15.77	**52.12**	1652	18.47	**55.48**	838	9.37	31.06	230	2.57	13.89	8	0.09	0.66
5hr	1274	14.25	66.36	1022	11.43	66.91	504	5.64	36.70	53	0.59	14.48	8	0.09	0.75
6hr	465	5.20	71.56	397	4.44	71.35	149	1.67	38.37	36	0.40	14.88	3	0.03	0.78
7hr	727	8.13	79.69	323	3.61	74.96	91	1.02	39.38	16	0.18	15.06	8	0.09	0.87
8hr	352	3.94	83.63	118	1.32	76.28	31	0.35	39.73	12	0.13	15.20	5	0.06	0.93
9hr	215	2.40	86.03	68	0.76	77.04	29	0.32	40.05	10	0.11	15.31	2	0.02	0.95
10hr	424	4.74	90.77	126	1.41	78.45	76	0.85	40.90	37	0.41	15.72	6	0.07	1.02
11hr	308	3.44	94.22	162	1.81	80.26	38	0.42	41.33	6	0.07	15.79	3	0.03	1.05
12hr	106	1.19	95.40	76	0.85	81.11	25	0.28	41.61	18	0.20	15.99	3	0.03	1.08
13hr	139	1.55	96.96	86	0.96	82.08	23	0.26	41.87	12	0.13	16.12	4	0.04	1.13
14hr	69	0.77	97.73	27	0.30	82.38	41	0.46	42.32	19	0.21	16.34	6	0.07	1.20
15hr	68	0.76	98.49	28	0.31	82.69	37	0.41	42.74	32	0.36	16.69	10	0.11	1.31
16hr	69	0.77	99.26	35	0.39	83.08	42	0.47	43.21	16	0.18	16.87	7	0.08	1.39
17hr	13	0.15	99.41	17	0.19	83.27	16	0.18	43.39	7	0.08	16.95	3	0.03	1.42
18hr	9	0.10	99.51	10	0.11	83.38	4	0.04	43.43	7	0.08	17.03	2	0.02	1.44
20hr	6	0.07	99.58	5	0.06	83.44	7	0.08	43.51	2	0.02	17.05	3	0.03	1.48
22hr	1	0.01	99.59	8	0.09	83.53	3	0.03	43.54	1	0.01	17.06	0	0.00	1.48
24hr	2	0.02	99.61	17	0.19	83.72	2	0.02	43.56	1	0.01	17.07	1	0.01	1.49
26hr	6	0.07	99.68	8	0.09	83.81	3	0.03	43.60	1	0.01	17.09	4	0.04	1.53
28hr	7	0.08	99.75	15	0.17	83.98	11	0.12	43.72	9	0.10	17.19	2	0.02	1.55
30hr	9	0.10	99.85	14	0.16	84.13	7	0.08	43.80	1	0.01	17.20	4	0.04	1.60
32hr	10	0.11	99.97	11	0.12	84.26	9	0.10	43.90	4	0.04	17.24	2	0.02	1.62
49hr	3	0.03	100.00	18	0.20	84.46	77	0.86	**44.76**	6	0.07	**17.31**	2	0.02	**1.64**

〈표 5〉 2018년 4월 26일부터 6월 1일까지 869(36일)시간 동안 소나무재선충병에 감염된 소나무를 1~2cm로 잘게 자른 시료 90g을 0·4·8·18·30·35·40·45·50℃ 온도의 물에 담갔을 때 시간이 경과함에 따른 재선충 분리율(2차)

시간	0℃			4℃			8℃			18℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
계	3,351		50.96	4,982		75.76	7,764		118.07	2,797		42.53
30min	3	0.05	0.05	6	0.09	0.09	12	0.18	0.18	153	2.33	2.33
1	3	0.05	0.09	2	0.03	0.12	25	0.38	0.56	179	2.72	5.05
2	5	0.08	0.17	27	0.41	0.53	320	4.87	5.43	420	6.39	11.44
3	9	0.14	0.30	60	0.91	1.44	210	3.19	8.62	206	3.13	14.57
4	12	0.18	0.49	68	1.03	2.48	270	4.11	12.73	138	2.10	16.67
5	7	0.11	0.59	94	1.43	3.91	230	3.50	16.23	190	2.89	19.56
6	17	0.26	0.85	108	1.64	5.55	290	4.41	20.64	170	2.59	22.14
7	20	0.30	1.16	105	1.60	7.15	220	3.35	23.98	140	2.13	24.27
8	14	0.21	1.37	86	1.31	8.45	235	3.57	27.55	61	0.93	25.20
9	9	0.14	1.51	108	1.64	10.10	224	3.41	30.96	83	1.26	26.46
10	15	0.23	1.73	91	1.38	11.48	229	3.48	34.44	19	0.29	26.75
11	14	0.21	1.95	71	1.08	12.56	287	4.36	38.81	127	1.93	28.68
12	17	0.26	2.20	89	1.35	13.91	353	5.37	44.18	151	2.30	30.98
13	28	0.43	2.63	140	2.13	16.04	230	3.50	47.67	93	1.41	32.39
14	17	0.26	2.89		0.00	16.04	200	3.04	**50.71**	75	1.14	33.53
15	11	0.17	3.06	120	1.82	17.87	270	4.11	54.82	86	1.31	34.84
16	8	0.12	3.18	130	1.98	19.84	320	4.87	59.69	84	1.28	36.12
17	6	0.09	3.27	85	1.29	21.14	150	2.28	61.97	105	1.60	37.71
19	7	0.11	3.38	130	1.98	23.11	160	2.43	64.40	30	0.46	38.17
21	20	0.30	3.68	90	1.37	24.48	330	5.02	69.42	13	0.20	38.37
23	10	0.15	3.83	150	2.28	26.76	200	3.04	72.46	23	0.35	38.72
25(1일)	12	0.18	4.01	159	2.42	29.18	165	2.51	74.97	20	0.30	39.02
27	14	0.21	4.23	121	1.84	31.02	90	1.37	76.34	16	0.24	39.26

시간	0℃			4℃			8℃			18℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
29	12	0.18	4.41	59	0.90	31.92	84	1.28	77.62	16	0.24	39.51
31	43	0.65	5.06	225	3.42	35.34	125	1.90	79.52	12	0.18	39.69
33	24	0.36	5.43	179	2.72	38.06	129	1.96	81.48	16	0.24	39.93
47(2일)	86	1.31	6.74	530	8.06	46.12	336	5.11	86.59	30	0.46	40.39
50	30	0.46	7.19	207	3.15	49.27	155	2.36	88.94	20	0.30	40.69
55	71	1.08	8.27	228	3.47	**52.74**	99	1.51	90.45	38	0.58	41.27
70	91	1.38	9.66	41	0.62	53.36	58	0.88	91.33	9	0.14	41.41
74	21	0.32	9.98	43	0.65	54.01	16	0.24	91.58	16	0.24	41.65
79(3일)	34	0.52	10.49	62	0.94	54.96	56	0.85	92.43	5	0.08	41.73
97	170	2.59	13.08	119	1.81	56.77	14	0.21	92.64	3	0.05	41.77
104	104	1.58	14.66	27	0.41	57.18	23	0.35	92.99	9	0.14	41.91
121	101	1.54	16.20	91	1.38	58.56	12	0.18	93.17	9	0.14	42.05
128	44	0.67	16.86	60	0.91	59.47	47	0.71	93.89	0	0.00	42.05
145	75	1.14	18.00	53	0.81	60.28	50	0.76	94.65	1	0.02	42.06
152(6일)	400	6.08	24.09	44	0.67	60.95	31	0.47	95.12	4	0.06	42.12
169	130	1.98	26.06	22	0.33	61.28	17	0.26	95.38	5	0.08	42.20
176	33	0.50	26.57	23	0.35	61.63	58	0.88	96.26	0	0.00	42.20
193(8일)	37	0.56	27.13	19	0.29	61.92	142	2.16	98.42	0	0.00	42.20
200	32	0.49	27.62	29	0.44	62.36	75	1.14	99.56	1	0.02	42.21
217	46	0.70	28.32	30	0.46	62.82	140	2.13	101.69	2	0.03	42.24
224(9일)	35	0.53	28.85	31	0.47	63.29	115	1.75	103.44	4	0.06	42.31
241	108	1.64	30.49	28	0.43	63.72	65	0.99	104.43	2	0.03	42.34
248	10	0.15	30.64	39	0.59	64.31	30	0.46	104.88	1	0.02	42.35
265	10	0.15	30.79	17	0.26	64.57	12	0.18	105.06	2	0.03	42.38
272	8	0.12	30.92	70	1.06	65.63	20	0.30	105.37	0	0.00	42.38
289(12일)	13	0.20	31.11	141	2.14	67.78	10	0.15	105.52	3	0.05	42.43
296	6	0.09	31.20	33	0.50	68.28	19	0.29	105.81	0	0.00	42.43

시간	0℃			4℃			8℃			18℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
313	27	0.41	31.61	26	0.40	68.67	62	0.94	106.75	0	0.00	42.43
320	19	0.29	31.90	18	0.27	68.95	27	0.41	107.16	2	0.03	42.46
337	23	0.35	32.25	34	0.52	69.46	62	0.94	108.11	1	0.02	42.47
344	14	0.21	32.47	17	0.26	69.72	36	0.55	108.65	0	0.00	42.47
361(15일)	21	0.32	32.79	23	0.35	70.07	29	0.44	109.09	0	0.00	42.47
368	22	0.33	33.12	23	0.35	70.42	19	0.29	109.38	0	0.00	42.47
385	35	0.53	33.65	19	0.29	70.71	75	1.14	110.52	0	0.00	42.47
392	11	0.17	33.82	22	0.33	71.05	50	0.76	111.28	0	0.00	42.47
409	11	0.17	33.99	23	0.35	71.40	34	0.52	111.80	0	0.00	42.47
416	5	0.08	34.06	18	0.27	71.67	11	0.17	111.97	0	0.00	42.47
433(18일)	20	0.30	**34.37**	12	0.18	71.85	32	0.49	112.45	1	0.02	42.49
440	11	0.17	34.53	15	0.23	72.08	20	0.30	112.76	0	0.00	42.49
457	55	0.84	35.37	8	0.12	72.20	30	0.46	113.21	0	0.00	42.49
464	35	0.53	35.90	8	0.12	72.32	26	0.40	113.61	0	0.00	42.49
481(20일)	149	2.27	38.17	10	0.15	72.48	24	0.36	113.98	1	0.02	42.50
509	107	1.63	39.80	78	1.19	73.66	32	0.49	114.46	0	0.00	42.50
533	123	1.87	41.67	14	0.21	73.87	24	0.36	114.83	0	0.00	42.50
605(25일)	92	1.40	43.07	15	0.23	74.10	26	0.40	115.22	0	0.00	42.50
653	59	0.90	43.96	20	0.30	74.41	29	0.44	115.66	0	0.00	42.50
677	36	0.55	44.51	18	0.27	74.68	34	0.52	116.18	0	0.00	42.50
701	38	0.58	45.09	19	0.29	74.97	30	0.46	116.64	1	0.02	42.52
773	135	2.05	47.14	14	0.21	75.18	41	0.62	117.26	0	0.00	42.52
797(33일)	40	0.61	47.75	5	0.08	75.26	6	0.09	117.35	0	0.00	42.52
821	42	0.64	48.39	16	0.24	75.50	17	0.26	117.61	0	0.00	42.52
845	49	0.75	49.13	6	0.09	75.59	16	0.24	117.85	0	0.00	42.52
869(36일)	120	1.82	**50.96**	11	0.17	**75.76**	14	0.21	**118.07**	1	0.02	**42.53**

〈표 5〉(계속).

시간	30℃			35℃			40℃			45℃			50℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)
계	6,576		100.00	5,014		76.25	3,147		47.86	1,261		19.18	799		12.15
30min	24	0.36	0.36	113	1.72	1.72	102	1.55	1.55	111	1.69	1.69	192	2.92	2.92
1	1330	20.23	20.59	780	11.86	13.58	776	11.80	13.35	418	6.36	8.04	159	2.42	5.34
2	1809	27.51	**48.10**	1920	29.20	42.78	1030	15.66	29.01	372	5.66	13.70	131	1.99	7.33
3	870	13.23	61.33	760	11.56	**54.33**	600	9.12	38.14	160	2.43	16.13	92	1.40	8.73
4	352	5.35	66.68	166	2.52	56.86	93	1.41	39.55	40	0.61	16.74	31	0.47	9.20
5	470	7.15	73.83	200	3.04	59.90	91	1.38	40.94	34	0.52	17.26	11	0.17	9.37
6	280	4.26	78.09	140	2.13	62.03	65	0.99	41.93	12	0.18	17.44	9	0.14	9.50
7	187	2.84	80.93	110	1.67	63.70	22	0.33	42.26	15	0.23	17.67	6	0.09	9.60
8	86	1.31	82.24	60	0.91	64.61	12	0.18	42.44	13	0.20	17.87	12	0.18	9.78
9	83	1.26	83.50	59	0.90	65.51	12	0.18	42.62	2	0.03	17.90	7	0.11	9.88
10	88	1.34	84.84	57	0.87	66.38	18	0.27	42.90	9	0.14	18.04	6	0.09	9.98
11	81	1.23	86.07	51	0.78	67.15	21	0.32	43.22	12	0.18	18.22	2	0.03	10.01
12	50	0.76	86.83	40	0.61	67.76	12	0.18	43.40	6	0.09	18.31	6	0.09	10.10
13	36	0.55	87.38	33	0.50	68.26	11	0.17	43.57	4	0.06	18.37	2	0.03	10.13
14	110	1.67	89.05	68	1.03	69.30	23	0.35	43.92	6	0.09	18.46	2	0.03	10.16
15	120	1.82	90.88	75	1.14	70.44	32	0.49	44.40	7	0.11	18.57	5	0.08	10.23
16	130	1.98	92.85	82	1.25	71.68	33	0.50	44.91	3	0.05	18.61	7	0.11	10.34
17	110	1.67	94.53	85	1.29	72.98	25	0.38	45.29	3	0.05	18.66	1	0.02	10.36
19	30	0.46	94.98	25	0.38	73.36	18	0.27	45.56	0	0.00	18.66	0	0.00	10.36

시간	30℃			35℃			40℃			45℃			50℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
21	25	0.38	95.36	12	0.18	73.54	7	0.11	45.67	0	0.00	18.66	0	0.00	10.36
23	34	0.52	95.88	28	0.43	73.97	13	0.20	45.86	1	0.02	18.67	1	0.02	10.37
25(1일)	31	0.47	96.35	32	0.49	74.45	14	0.21	46.08	0	0.00	18.67	4	0.06	10.43
27	18	0.27	96.62	11	0.17	74.62	9	0.14	46.21	2	0.03	18.70	3	0.05	10.48
29	14	0.21	96.84	21	0.32	74.94	2	0.03	46.24	1	0.02	18.72	2	0.03	10.51
31	27	0.41	97.25	23	0.35	75.29	2	0.03	46.27	2	0.03	18.75	0	0.00	10.51
33	24	0.36	97.61	16	0.24	75.53	10	0.15	46.43	5	0.08	18.83	2	0.03	10.54
47(2일)	16	0.24	97.86	2	0.03	75.56	8	0.12	46.55	2	0.03	18.86	2	0.03	10.57
50	9	0.14	97.99	7	0.11	75.67	6	0.09	46.64	1	0.02	18.87	2	0.03	10.60
55	16	0.24	98.24	6	0.09	75.76	4	0.06	46.70	0	0.00	18.87	1	0.02	10.61
70	8	0.12	98.36	4	0.06	75.82	5	0.08	46.78	1	0.02	18.89	2	0.03	10.64
74	7	0.11	98.46	1	0.02	75.84	6	0.09	46.87	0	0.00	18.89	1	0.02	10.66
79(3일)	6	0.09	98.56	0	0.00	75.84	2	0.03	46.90	0	0.00	18.89	0	0.00	10.66
97	1	0.02	98.57	2	0.03	75.87	5	0.08	46.97	1	0.02	18.90	0	0.00	10.66
104	7	0.11	98.68	0	0.00	75.87	4	0.06	47.03	0	0.00	18.90	0	0.00	10.66
121	1	0.02	98.69	0	0.00	75.87	8	0.12	47.16	0	0.00	18.90	0	0.00	10.66
128	3	0.05	98.74	1	0.02	75.88	1	0.02	47.17	0	0.00	18.90	0	0.00	10.66
145	1	0.02	98.75	0	0.00	75.88	0	0.00	47.17	1	0.02	18.92	0	0.00	10.66
152(6일)	3	0.05	98.80	0	0.00	75.88	0	0.00	47.17	0	0.00	18.92	0	0.00	10.66
169	9	0.14	98.94	4	0.06	75.94	7	0.11	47.28	0	0.00	18.92	0	0.00	10.66
176	7	0.11	99.04	4	0.06	76.00	5	0.08	47.35	1	0.02	18.93	0	0.00	10.66

시간	30℃			35℃			40℃			45℃			50℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적 분리율(%)
193(8일)	1	0.02	99.06	0	0.00	76.00	2	0.03	47.38	2	0.03	18.96	0	0.00	10.66
200	2	0.03	99.09	3	0.05	76.05	3	0.05	47.43	0	0.00	18.96	0	0.00	10.66
217	6	0.09	99.18	1	0.02	76.06	3	0.05	47.48	1	0.02	18.98	0	0.00	10.66
224(9일)	8	0.12	99.30	1	0.02	76.08	4	0.06	47.54	2	0.03	19.01	2	0.03	10.69
241	4	0.06	99.36	0	0.00	76.08	2	0.03	47.57	0	0.00	19.01	0	0.00	10.69
248	14	0.21	99.57	2	0.03	76.11	2	0.03	47.60	0	0.00	19.01	0	0.00	10.69
265	1	0.02	99.59	0	0.00	76.11	3	0.05	47.64	0	0.00	19.01	0	0.00	10.69
272	2	0.03	99.62	0	0.00	76.11	1	0.02	47.66	1	0.02	19.02	0	0.00	10.69
289(12일)	2	0.03	99.65	0	0.00	76.11	1	0.02	47.67	0	0.00	19.02	2	0.03	10.72
296	4	0.06	99.71	0	0.00	76.11	1	0.02	47.69	1	0.02	19.04	0	0.00	10.72
313	3	0.05	99.76	1	0.02	76.13	3	0.05	47.73	1	0.02	19.05	1	0.02	10.74
320	2	0.03	99.79	1	0.02	76.14	2	0.03	47.76	1	0.02	19.07	1	0.02	10.75
337	4	0.06	99.85	0	0.00	76.14	1	0.02	47.78	1	0.02	19.08	1	0.02	10.77
344	3	0.05	99.89	2	0.03	76.17	2	0.03	47.81	0	0.00	19.08	0	0.00	10.77
361(15일)	1	0.02	99.91	0	0.00	76.17	0	0.00	47.81	0	0.00	19.08	4	0.06	10.83
368	1	0.02	99.92	0	0.00	76.17	1	0.02	47.83	0	0.00	19.08	2	0.03	10.86
385	1	0.02	99.94	0	0.00	76.17	0	0.00	47.83	0	0.00	19.08	16	0.24	11.10
392	0	0.00	99.94	0	0.00	76.17	1	0.02	47.84	1	0.02	19.10	4	0.06	11.16
409	0	0.00	99.94	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	1	0.02	19.11	7	0.11	11.27
416	1	0.02	99.95	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	0	0.00	19.11	1	0.02	11.28
433(18일)	0	0.00	99.95	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	0	0.00	19.11	8	0.12	11.41

시간	30℃			35℃			40℃			45℃			50℃		
	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)	분리수(마리)	분리율(%)	누적분리율(%)
440	0	0.00	99.95	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	0	0.00	19.11	17	0.26	11.66
457	0	0.00	99.95	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	0	0.00	19.11	1	0.02	11.68
464	0	0.00	99.95	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	2	0.03	19.15	2	0.03	11.71
481(20일)	1	0.02	99.97	0	0.00	76.17	0	0.00	47.84	0	0.00	19.15	5	0.08	11.79
509	0	0.00	99.97	3	0.05	76.22	0	0.00	47.84	1	0.02	19.16	0	0.00	11.79
533	0	0.00	99.97	0	0.00	76.22	0	0.00	47.84	0	0.00	19.16	2	0.03	11.82
605(25일)	1	0.02	99.98	0	0.00	76.22	1	0.02	**47.86**	0	0.00	19.16	14	0.21	12.03
653	0	0.00	99.98	2	0.03	**76.25**	0	0.00	47.86	1	0.02	**19.18**	2	0.03	12.06
677	1	0.02	**100.00**	0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	1	0.02	12.07
701				0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	3	0.05	12.12
773				0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	0	0.00	12.12
797(33일)				0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	0	0.00	12.12
821				0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	1	0.02	12.14
845				0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	1	0.02	**12.15**
869(36일)				0	0.00	76.25	0	0.00	47.86	0	0.00	19.18	0	0.00	12.15

※ 2017년과 2018년 시험에서 물의 온도(0℃~60℃범위)에 따라 소나무재선충이 목재 내에서 탈출 수의 편차를 줄이기 위해 온도별 시험처리구의 재선충 분리율 총 탈출 수의 기준은 소나무재선충이 목재 내에서 활동에 영향을 덜 받는 2017년에 시험한 상온(30℃)을 기준으로 모든 시험처리구에 환산하여 적용하였음.

다. 소나무재선충 분리처리장치 제작 시험

소나무재선충병에 감염된 소나무의 시료를 온도가 다른 물에 담가놓고 사충률과 분리율을 조사한 결과를 토대로 재선충에 물리적 영향을 주지 않는 범위의 온도에서 가장 신속하게 분리할 수 있는 조건을 갖춘 소나무재선충 분리장치를 제작하였다. 제작한 설계도는 그림 3과 같고, 실물 사진은 그림 4와 같다. 분리장치는 가로 1460mm, 세로 1600mm, 폭 800mm로 재질은 스테인레스로 제작하였다. 도어는 양쪽 개폐식이고, 재선충 분리 거치대는 2단 서랍식으로 1단에 가로 5개, 세로 3개의 깔때기를 안착 할 수 있게 총 30개의 깔때기를 처리할 수 있게 했다. 상하 거치대 아래에 도르래를 달아 밖과 안으로 들락 할 수 있는 방식으로 시료와 물을 넣고 빼는 작업을 편리하게 할 수 있도록 했고, 장치의 온도 조절은 기계의 우측 부분에 히터기를 설치하여 열을 실내에 휀으로 불어 넣는 방식으로 깔때기 물의 온도를 맞출 수 있게 온도조절 측정 장치의 길이를 조절할 수 있게 설치하였다. 온도조절 범위는 10~60℃까지 이고, 장치 안에서 물을 공급할 수 있게 관수 장치를 설치했다.

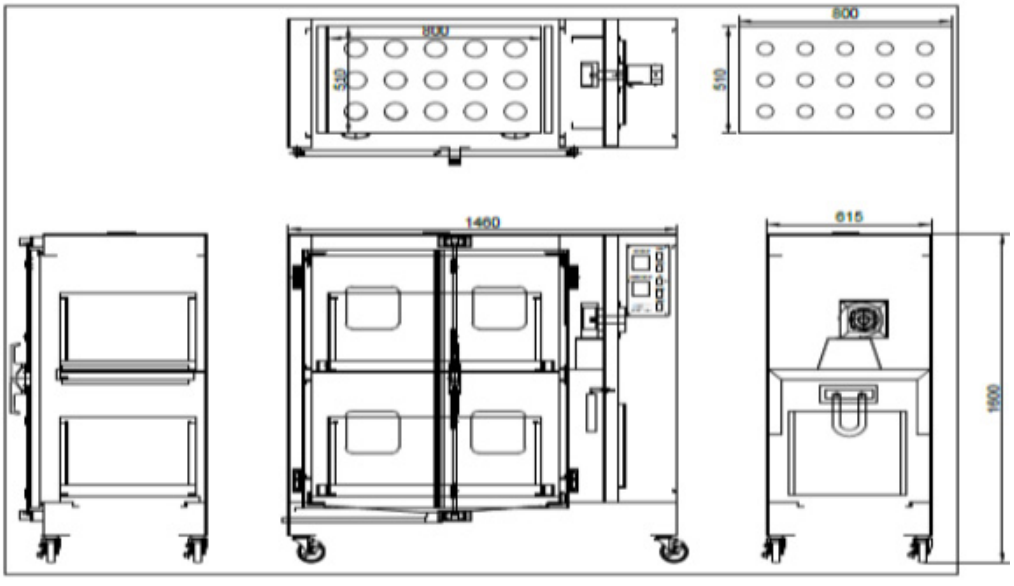


그림 3. 소나무재선충 분리처리장치 도면



① 재선충 분리처리 장치 실물 | ② 실내 선충 분리 거치대

③ 온도조절기 | ④ 관수 호스

그림 4. 소나무재선충 분리처리장치 실물 사진

5. 적 요

가. 물의 온도와 시간의 경과에 따른 소나무재선충의 사충률

소나무재선충병에 감염된 소나무의 목편을 채취하여 분리한 재선충을 온도가 다른 물에 54시간과 16시간 동안 침지하여 시간별로 2회 조사한 사충률

○ 2017년 54시간 침지 사충시험은 -15℃(5hr), 40℃(30hr), 45℃·50℃(30분)에서 재선충이 100% 죽었고, 30℃(30hr)에서 85.76%, (54hr)에서 9.15%, 35℃(17hr)에 44.34%, (54hr)에서 81.76%의 사충률을 보였다.

○ 2018년 16시간 침지 사충시험은 -12℃(14hr)에 98.68%, 1℃(14hr)에 45.26%, 5℃(12hr)에 55.15%, 7℃(12hr)에 66.67%, 30℃(14hr)에 56.45%, 35℃(12hr)에 64.62%, 40℃(14hr)에 63.16%, 45℃(1hr)와 100%, 50℃(30분)에 100%의 사충률을 보였다.

○ 2017년(1회)과 2018년(2회)에 온도별·시간별 재선충 사충률을 조사한 결과, -15℃부터 50℃ 사이 온도의 물속에서 처음으로 소나무재선충의 사충이 보인 온도와 시간은 45℃와 50℃에서 30분이었다. -12℃와 -15℃, 1℃, 30℃, 40℃는 1시간에, 5℃와 7℃, 35℃는 2시간에 재선충의 사충이 보였다. [사충률(2017년, 2018년); -15℃, -12℃ 1hr(3.73%, 2.13%), 1℃ 1hr(-, 0.74%), 5℃ 2hr(-, 1.08%), 7℃ 2hr(-, 0.72%), 30℃ 1hr(0%, 1.06%), 35℃ 2hr(0%, 1.89%), 40℃ 1hr(0%, 1.55%), 45℃ 30분(100%, 77.59%), 50℃ 30분(100%, 100%)]

나. 물의 온도와 시간의 경과에 따른 소나무재선충의 분리율

소나무재선충병에 감염된 소나무의 목편을 채취하여 선충분리장치에 넣고 각기 다른 물의 온도조건에서 30시간, 49시간, 869시간(36일) 동안 분리되는 재선충을 시간대별로 3회 조사한 분리율

○ 2017년 30시간 재선충 분리시험은 1℃에 6.68%, 6℃에 23.73%, 15℃·30℃·35℃·40℃에 100%였다. 45℃는 28시간에 10.99%, 50℃는 16시간에 8.96%, 60℃에서는 0%로 재선충이 분리가 되지 않았다. 소나무재선충 50% 분리 온도와 시간은 15℃ 15시간에 57.28%, 30℃ 11시간에 55.50%, 35℃ 6시간에 50.96%, 40℃ 7시간에 53.96%였다. 1℃·6℃·45℃·50℃는 30시간까지 각각 6.68%, 23.73%, 10.99%, 8.96%로 재선충의 분리율이 낮았다.

○ 2018년 49시간 재선충 분리시험은(1차) 0℃ 16.27%, 2℃ 14.49%, 4℃ 22.59%, 8℃ 33.38%, 18℃(실온) 54.87%, 30℃ 100%, 35℃ 84.46%, 40℃ 44.76%, 45℃ 17.31%, 50℃ 1.64%의 분리율을 보였다. 소나무재선충 50% 분리 시점은 18℃ 18시간에 50.82%, 30℃ 4시간에 52.12%, 35℃ 4시간에 55.48%였다. 0℃·2℃·4℃·8℃·40℃·45℃·50℃에서는 분리율이 50%에 도달하지 못했다.

○ 2018년 869(36일)시간 분리시험은(2차) 0℃ 50.96%, 4℃ 75.76%, 8℃ 217시간(9일) 118.07%, 18℃(실온) 337시간(14일) 42.53%, 30℃ 677시간(28일) 100%, 35℃ 677시간(28일) 76.25%, 40℃ 605시간(25일) 47.86%, 45℃ 653시간(27일) 19.18%, 50℃ 845시간(35일) 12.15%였다. 소나무재선충 50% 분리 시점은 0℃ 869시간(36일)에 50.96%, 4℃ 55시간(2.3일)에 52.74%, 8℃ 14시간에 50.71%, 30℃ 2시간에 48.10%, 35℃ 3시간에 54.33%였다. 18℃·40℃·45℃·50℃에서는 분리율이 50%에 도달하지 못했다.

○ 소나무재선충은 적당한 온도의 물이 있어야 서식처인 소나무의 목질부에서 탈출할 수 있음을 알 수 있었다. 목재 내에서 외부로 탈출하는 활동리듬이 가장 좋은 물의 온도는 30℃와 35℃였다. 그리고 18℃이하와 0℃사이, 40℃와 50℃ 사이의 물 온도는 소나무재선충의 활동성이 떨어짐을 알 수 있었다. 또한 이 시험에서 특이한 점은 8℃에서 869시간(36일) 동안 소나무재선충의 분리율이 118.07% 재선충의 활동리듬이 가장 좋은 온도인 30℃보다 높게 나왔다. 0℃와 4℃에서도 짧은 시간(30시간과 49시간)에서는 분리율이 낮았지만 긴 시간(36일) 동안 침지 키켰을 때는 분리율이 높게 나타났다. 이러한 이유로 목질부 내에 서식하는 소나무재선충이 8℃ 이하 저온근처의 물에서 오랜 시간 동안 생존할 수 있고 암수 상호간 교미에 의한 번식을 하여 새로운 개체가 증식되는 것으로 추측되었다.

○ 분리장치는 가로 1460mm, 세로 1600mm, 폭 800mm로 재질은 스테인레스로 제작하였다. 도어는 양쪽 개폐식이고, 재선충 분리 거치대는 2단 서랍식으로 1단에 가로 5개, 세로 3개의 깔때기를 안착 할 수 있게 총 30개의 깔때기를 처리할 수 있게 했다. 상하 거치대 아래에 도르래를 달아 밖과 안으로 들락 할 수 있는 방식으로 시료와 물을 넣고 빼는 작업을 편리하게 할 수 있도록 했고, 장치의 온도 조절은 기계의 우측 부분에 히터기를 설치하여 열을 실내에 휀으로 불어 넣는 방식으로 깔때기 물의 온도를 맞출 수 있게 온도조절 측정 장치를 줄로 길이를 조절할 수 있게 했고, 온도조절 범위는 10~60℃까지, 장치 안에서 물을 공급할 수 있게 관수장치를 설치했다.

산림병해충 발생조사 및 예측기술연구
(공동 '68 ~ 영구)

【김영재, 고승연, 김경진, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호】

1. 목 적

병해충 피해의 조기발견으로 초기에 피해를 예방하고 발생시기와 발생량을 예측, 적기 방제로 피해확산을 방지하며, 방제대책 수립 및 실행에 필요한 직접적 정보를 제공하고, 주요병해충 방제효과조사 분석 및 방제효율을 제고하고자 함.

2. 본 연구와 관련된 기존사실

산림병해충예찰조사 사업은 1968년도부터 영구적으로 실시하는 과제로 산림병해충예찰조사 요령에 따라 산림 및 조경 수목에 피해를 주는 병해충을 대상으로 예찰활동을 실시하고 있다.

산림자원에 큰 피해를 주고 있는 주요 병해충은 주로 외래병해충으로 소나무재선충병, 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 버즘나무방패벌레, 미국흰불나방, 밤나무혹벌 등이 대표적이며, 외래침입 병해충은 발생초기에 집중적으로 피해를 주며 이들 병해충의 유입은 대부분 국가 간의 교역과정에서 나타나고 있다. 또한 토착 병해충은 그 해의 환경변화에 따라 주기적, 돌발적으로 대발생하여 극심한 피해를 주고 있으며, 솔나방, 잣나무넓적잎벌, 꽃매미, 매미나방, 대벌레 등이 대표적인 토착해충으로 분류되고 있다.

소나무재선충병은 1988년 부산 동래구 금정산에서 처음 발생하여 경남, 경북, 전남, 강원 점차 확대되어 우리나라 소나무류 (소나무, 해송, 잣나무)에 큰 피해를 주고 있다. 2009년 충북 옥천, 경북 영덕, 충북 단양에서 발생, 2010년 전남 여수, 순천, 광양에서 발생, 2011년 경기 용인, 성남, 포천에서 발생되었고, 서울 용산을 비롯해 강원 강릉, 충북 영동과 단양, 충남 서천·천안·논산, 전북 군산, 경남 거창 지역이 발생되었다. 2013년 경기 양평·하남·연천·가평, 충북 충주, 광주광역시에서 발생, 2017년에는 파주, 인제, 정읍, 영양, 봉화, 예천, 부여, 홍성, 청양에서 신규 발생하였다. 한편, 소나무재선충병에 대한 방제는 매개충(솔수염하늘소와 북방수염하늘소)과 재선충 방제 방법이 있다. 방제방법으로는

감염목의 훈증, 소각 및 매개충 약제살포, 재선충 예방 나무주사 등 화학적 방제법을 주로 이용하고 있으나 토양 및 수질오염 등 산림생태계를 교란시키는 영향을 주는 것으로 알려져 있어 최근에는 식물기생선충 방제 등 생물학적 방제법에 대한 관심이 높아지고 있다.

솔껍질깍지벌레는 1963년 전남 고흥군 도양읍 '비봉산'에서 최초 발생된 후 해송에 큰 피해를 주고 있으며 해안지방을 중심으로 점진적으로 확산되다가 충남지역에서는 2008년 서천군 춘장대해수욕장과 동백정에서 처음 발견되었고, 2009년 서천 춘장대해수욕장 해송림에서 3.9ha, 보령 대천해수욕장 및 무창포 해수욕장 10ha, 태안 소원면 모항리 35ha, 근흥면 신진도리의 가로수에서 발생되었다. 2013년에는 당진 동부제강에서 바다를 매립하고 식재한 소나무에서 발견되었고, 2016년 현재 보령지역은 지속적으로 방제를 실시하여 밀도가 감소하였으나, 서천지역은 서울시 서초구 휴양림 주변이 확산되었고, 태안지역은 소원면 모항 인근 발생면적이 확산되어 큰 피해를 주었으나 2016~2017년 나무주사를 실시하여 밀도가 많이 낮아졌다. 당진은 소나무 이식목에 대하여 방제를 수회 실시하여 성충 발생빈도가 현저히 줄어들었다. '15~'18년에는 기존발생지(서천, 보령, 태안, 당진)에서 추가 확산되지 않았고 '17년 기준 전국 발생면적은 4,043ha로 최근 3년간 발생면적이 줄어드는 추세이다('15. 5,711ha, '16. 4,906ha, '17. 4,043ha). 솔잎혹파리 피해는 1929년 서울과 목포에서 처음 발견된 이래 1970~1980년대 소나무, 해송에 극심한 피해를 주었으며, 1979년부터 2008년까지 생물적 방제 방법으로 솔잎혹파리 천적(혹파리사리먹좀벌, 솔잎혹파리먹좀벌)을 사육하여 꾸준히 방사하고, 화학적 방제방법으로 나무주사를 병행하여 실시한 결과, 2018년 현재 도내 60개 고정조사구 충영형성률은 4.3%, 천적기생률은 22.4%로 생태적 안정화 단계이다.

솔나방은 우리나라에서는 1970년대 중반까지 전국적으로 소나무에 피해가 심하였으나 그 이후부터 산림이 녹화되고 임산연료 채취가 감속되면서부터 밀도가 감소하였다. 2012년 세종특별자치시 금남면 영곡리 일대와 대전광역시 유성구 국립대전현충원 주변 골프장을 중심으로, 그리고 경기도 안성시 일부지역에서 리기다소나무림에 대발생하여 큰 피해를 주었다. 1970년대와 2012년의 발생 차이점은 섭식기주 선호도가 '70년대는 소나무에서 '12년에는 리기다소나무, 잣나무로 바뀌었다는 것이다.

참나무시들병은 2004년 가을 경기 성남에서 처음 발견된 후 2008년을 정점으로 감소하였으나, 2011년 수도권과 충북을 중심으로 피해가 극심한 이후 수도권 외곽으로 피해가 확산되고 있으며, 수도권에 집중 발생되고 있다. 2016년에는 중서부지역으로 확산되어 피

해가 발생하였다. 우리 도는 2006년 천안, 보령, 부여에 처음 발생되었지만 천안 지역은 완전 방제하였고, 보령과 부여지역은 발생면적이 광범위하여 2009년 보령에서 50ha, 부여에서 11ha가 발생되었다. 2012년은 보령, 부여 지역은 지속적인 방제로 확산은 안 되었지만 논산에서 신규로 약 200여ha가 추가로 발생되었고 2014년 청양지역 칠갑산도립공원 내 신갈나무에서 발생되었으며, 또한 2017년 금산군 진산면 묵산리에서 추가로 참나무시들음병이 발생하였다. 참나무시들음병을 방제하기 위해서는 매개충인 광릉긴나무좀을 완전 방제해야 하는 실정이나 완전방제는 어려워 참나무시들음병도 솔껍질깍지벌레와 마찬가지로 주변으로 확산을 최대한 줄일 수 있는 밀도조절에 초점을 맞춰나가야 할 것이다.

따라서 주요 산림병해충, 침입우려 병해충, 돌발병해충에 대하여 정기적으로 예찰을 실시하고 발생시기와 발생량을 조사하여 전망함으로써 초기에 피해를 예방하고 적기방제하며, 방제대책 수립을 위한 자료축적 및 정보제공 능력을 높이고자 한다.

3. 수행방법

가. 주요 산림병해충의 발생상황조사

1) 소나무재선충병

가) 피해실태조사

(1) 조사시기 : 정기(4~5월, 9~10월), 수시(1~12월)

(2) 조사장소 : 도내 일원

(3) 조사대상 수종 : 소나무, 해송, 잣나무 등 감수성 수종

(4) 조사방법

(가) 항구의 수입목 하역지, 제재소, 신축중인 사찰주변 등을 도보로 예찰하여 고사목 목편을 채취하여 조사

(나) 기타 지역에서는 도로주행 및 도보, 드론을 활용한 예찰로 고사목에 대해서 육안관찰 및 시료채취조사

2) 솔잎혹파리

가) 우화조사

(1) 조사 시기 : 4~7월

(2) 조사장소 : 세종시 금남면 도남리 산12-1 소나무림

(3) 조사방법 : 우화상은 4월 10일까지 설치하되, 산기슭·산허리·산꼭대기의 솔잎혹파리 유충이 많은 평탄한 지면에 고루 설치하여 우화상황 조사

(4) 조사항목 : 우화초일 및 우화최성기 조사

나) 충영형성률 조사

(1) 조사시기 : 9~10월

(2) 조사장소 : 천적분포고정조사지 61개소〈표 1〉

(3) 조사방법 : 고정조사지별로 신초 채취가 가능한 고정 조사목 중앙 1本을 중심으로 4방위에 5本씩 선정하고 조사목당 수관 상·하부위에서 신초 2枝 채취

(4) 조사규모 : 2,440枝(61개소×20本×2枝)

(5) 조사항목 : 충영형성률(천적기생률은 5년 간격으로 조사)

〈표 1〉 도내 솔잎혹파리 천적분포 61개 고정조사지

조사지			조사지			조사지			조사지		
시·군	읍·면	리·동	시·군	읍·면	리·동	시·군	읍·면	리·동	시·군	읍·면	리·동
대전	유성	구암	금산	추부	마전	청양	비봉	사점	당진	정미	매방
〃	〃	덕명	계룡	두마	엄사	〃	화성	장계	〃	당진	사기소
〃	〃	교촌	논산	상월	월오	〃	정산	마티	아산	염티	대동
〃	〃	안산	〃	연산	청동	〃	대티	장곡	〃	〃	〃
〃	〃	봉산	부여	구룡	현암	홍성	광천	광천	〃	〃	〃
〃	대덕	읍내	〃	은산	가곡	〃	은하	장척	〃	음봉	원남
〃	동	하소	〃	초촌	세탑	〃	장곡	가송	서산	인지	성
천안		안서	공주		상왕	예산	예산	향천	〃	팔봉	어송
〃		삼용	〃	반포	봉곡	〃	예산	대회	〃	성연	고남
〃		신방	서천	비인	장포	〃	신양	차동	세종*	연기	눌왕
〃	목천	신계	〃	종천	종천	〃	대술	산정	〃	금남	발산
〃	〃	남화	〃	판교	판교	태안	안면	창기	〃	〃	용담
〃	〃	교촌	보령	성주	성주	〃	안면	정당	〃	장군	은용
〃	〃	석천	〃	청소	신송	〃	〃	승언			
금산	금성	대암	〃	〃	성연	〃	근흥	안기			
〃	남이	구석	〃	청라	장산	당진	순성	성북			

* 행정구역명이 2012년 7월부터 연기군에서 세종특별자치시로 변경

3) 솔껍질깍지벌레

가) 발생조사

(1) 조사시기 : 4월

(2) 조사장소 : 서천, 보령, 태안, 당진

※ 기존발생지 주변 : 춘장대, 동백정, 서천연수원, 보령해수욕장, 무창포해수욕장, 태안 소원 모항, 태안 근흥 신진도, 당진 동부제강

(3) 조사규모 : 4지역

(4) 조사방법 : 소나무, 해송림에 발생된 난낭 확산 여부조사

나) 발생선단지 조사

(1) 조사시기 : 4월

(2) 조사장소 : 서천, 보령, 부여, 홍성, 태안, 당진, 서산

(3) 조사규모 : 7지역

(4) 조사방법 : 서천군, 보령시, 태안군, 당진시 접경 경계지역 일원 소나무, 해송림을 대상으로 난낭 조사

(5) 조사항목 : 난낭 발생조사

4) 솔나방

가) 발생량조사

(1) 조사시기 : 5월, 9월

(2) 조사장소 : 천안시 입장면 가산리, 천안시 성환면 매주리

(3) 조사규모 : 2개소×20본×2회

(4) 조사방법 : 고정조사지에서 임의로 2본을 조사목으로 선정한 후 각 1개씩을 택하여 가지위에 있는 유충수를 조사함. 단 최근 3년 이상 미발생지는 임지를 순회 답사하면서 50본 이상의 소나무를 대상으로 발생여부를 육안으로 확인

※ 2000년도 솔나방 발생지역 : 천안시 입장면 가산리·산정리

(5) 조사항목 : 유충밀도

5) 오리나무잎벌레

가) 발생량조사

(1) 조사시기 : 5월, 7월

(2) 조사장소 : 계룡시 남선면 봉동리(공주 반포 학봉; 2008년 변경)
대전시 동구 산내동(금산 추부 마전; 2008년 변경)
천안시 유량동 (천안 신부동에서; 2008년 변경)
※ 변경사유 : 고사 등으로 조사목 부족

(3) 조사규모 : 3개소×30본×2회
(4) 조사방법 : 고정조사지의 30본의 조사목을 선정한 후, 각 조사목의 수관을 상부와 하부로 구분하여 상부에서 100엽, 하부에서 200엽을 채취하여 난괴 및 성충 수 조사
(5) 조사항목 : 난괴밀도, 성충밀도

6) 미국흰불나방

가) 발생량조사
(1) 조사시기 : 6월, 8월
(2) 조사장소 : 연기 전동 노장, 공주 반포 학봉, 대전 유성 장동
(3) 조사규모 : 3지역×50본×2회
(4) 조사방법 : 고정조사지에서 2본당 1본 간격으로 총 50본의 조사목을 대상으로 본당 충소수를 조사함
(5) 조사항목 : 피해율, 충소수

7) 버즘나무방패벌레

가) 발생량조사
(1) 조사시기 : 8월
(2) 조사장소 : 연기 전동 노장, 공주 학봉, 부여 석성 정각
(3) 조사규모 : 3개소×30본
(4) 조사방법
(가) 고정조사지의 가로수 1㎞구간에서 일정간격으로 조사목 30본을 선정 하고 조사목의 피해도를 다음 기준에 의해 판별
- 「경」: 전체 잎의 20% 미만이 피해
- 「중」: 전체 잎의 20~50%가 피해
- 「심」: 전체 잎의 50% 이상이 피해를 받음

(나) 각 조사목의 피해도를 대표할 수 있는 1가지를 선정하고 10엽을 채취하여 엽당 약충수와 성충수를 조사
(5) 조사항목 : 피해도, 밀도

8) 푸사리움가지마름병 발생추이조사

가) 조사시기 : 4~5월
나) 조사장소 : 부여 부여 송간, 태안 남면 신온, 천안 성환 매주
다) 조사규모 : 3개소(10×15m)

라) 조사방법 : 기 선정된 고정 조사지 3개소(10×15m)에서 조사구내 전체 나무의 흉고직경, 수고, 피해도(심, 중, 경, 건전)를 조사

마) 조사항목 : 조사구 피해율, 고사율

피 해 도	5(심)	3(중)	1(경)	0
피해가지 수	50% 이상	49~20%	20% 이하	미 발생

$$\text{피해율}(\%) = \frac{(\text{“심”의 본수})+3\times(\text{“중”의 본수})+1\times(\text{“경”의 본수})}{\text{총 조사본수}\times 5}\times 100$$

9) 참나무시들음병 매개충(광릉긴나무좀 우화조사)

가) 조사시기 : 4월 중순 ~ 8월

나) 조사장소 : 보령시 청라면 향천리 산102

다) 조사방법 : 4월말까지 조사지에 흉고직경 20cm이상인 신갈나무 1그루를 벌채한 후 1m인 3개의 이목을 조재하여 '상', '중', '하' 로 표시한 후, 세워서 스티키트랩을 부착후 유인된 광릉긴나무좀의 우화상황 조사

라) 조사 항목 : 우화초일 및 우화최성기 조사

나. 돌발산림병해충의 발생모니터링

1) 일반지역조사

가) 조사시기 : 수시조사

나) 조사장소 : 도내 일원

다) 조사규모 : 16개 시·군×수시

라) 조사방법

(1) 각 시·군의 보고나 민원을 통해 알려진 산림병해충 피해지를 방문하여 병해충의 종류와 피해면적, 피해도를 조사

(2) 피해지 위치(경도, 위도, 행정명) 표시 및 피해지와 충태 사진촬영

마) 조사항목 : 병해충종류, 피해지역, 피해도, 피해상황

2) 특정지역조사

가) 조사시기 : 5~9월(매월 1회)

나) 조사장소 : 동학사, 갑사, 계룡대, 수덕사, 칠갑산, 무령왕릉, 현충사, 칠백의총, 독립기념관, 부소산, 춘장대

다) 조사방법

(1) 특정지역

(가) 11개소의 주요지역에 대해 사람의 왕래가 가장 빈번한 구간(1km)을 조사구간으로 선정하고, 이를 왕복답사 하면서 발견되는 병해충을 나무병해충도감에 의해 동정하고, 피해도별 피해 본 수를 조사

(나) 도감에 나타나지 않는 종은 임의로 표본기호(예, 파리류1)를 기재 하고 액침표본(해충), 건조표본 (수병)을 만듦

(2) 이동로 : 이동(국도, 고속도변)중에 발견되는 병해충도 같은 요령으로 조사

(3) 탐문조사 : 특정지역 관리인이나 현지 주민과의 탐문조사를 통해 해충과 관련된 제반정보(과거 발생여부, 대 발생 징후, 문제 해충 등)를 수집

라) 조사항목 : 병해충 종류, 피해지역, 피해도, 피해면적(가해수종), 방제효과

마) 피해도 산정기준

- 「경」: 피해목 전체부위의 10%미만 피해발생
- 「중」: 피해목 전체부위의 10-50%미만 피해발생
- 「심」: 피해목 전체부위의 50%이상 피해발생
- 「고사」: 고사 되었거나 고사 직전

3) 민원발생 병해충 상황조사

가) 조사시기 : 1~12월

나) 조사장소 : 도내 일원

다) 조사규모 : 3항목

라) 조사방법 : 관내 기관 및 민원인으로부터 의뢰받은 나무병해충의 원인을 진단하고 이를 토대로 기타 돌발병해충의 발생상황을 조사

마) 조사항목 : 병해충 종류, 발생빈도, 피해도

4) 유아등에 의한 돌발해충조사

가) 조사시기 : 4~10월

나) 조사장소 : 연구소 내 유아등

다) 조사방법 : 유아등에 타이머를 부착 일몰 후부터 일출 직전까지 유인하고 살충제를 넣어 살충포획 분류동정

라) 조사규모 : 매주 수요일×7월

마) 조사항목 : 곤충 종류, 개체 수

다. 방제효과분석 및 방제기술 보급

1) 방제효과

가) 솔잎혹파리 나무주사 효과조사

(1) 조사장소 : 2015년도 나무주사지

(2) 조사시기 : 10월

(3) 조사방법 : 솔잎혹파리 나무주사지 3개소에서 임의의 10본을 선정한 후 수관의 중간부위에서 5가지씩을 채취하여 충영형성률 및 나무주사 효과(살충률)를 조사함

(4) 조사규모 : 3개소×10본×5가지

(5) 조사항목 : 충영형성률, 살충률

나) 돌발산림병해충 방제효과조사

(1) 조사장소 : 도내일원

(2) 조사시기 : 수시

(3) 조사방법 : 방제실시 장소에서 산림청 훈령 제654호의 기준에 따라 방제효과조사

(4) 조사항목 : 방제효과

2) 방제기술 보급

가) 주관 : 충청남도산림자원연구소

나) 대상 : 도민, 공무원, 예찰조사원

다) 시기 : 수시

라) 방법

(1) 나무병원 운영을 통한 대국민 방제기술 상담

(2) 방제교육을 통한 방제담당자 기술지도

(3) 예찰조사 세미나를 통한 전문교육

3) 소나무재선충 진단실 운영

가) 장소 : 충청남도산림자원연구소 연구동

나) 대상 : 접수되는 모든 시료(소나무류)

다) 시기 : 수시(1-12월)

라) 방법

(1) 감염의심목 선충분리 및 검경통보

(2) 재선충 검출지역에 대한 현지조사

(3) 소나무재선충병 교육 및 방제지도

4. 결과 및 고찰

1. 주요산림병해충 발생상황 조사

가. 소나무재선충병

(1) 피해실태조사

소나무재선충병은 전 세계적으로 북위 20~40°선에 위치한 국가인 미국, 캐나다, 멕시코, 포르투갈에 발생하였으며, 동아시아 지역에서는 일본, 대만, 중국 등에 발생하여 소나무, 해송, 잣나무 등을 고사시키는 병으로 우리나라는 1988년 부산 금정산에 처음 발생한 이래 경남, 경북, 전남, 강원 등에서 발생되어 우리나라 소나무류(소나무, 해송, 잣나무)에 큰 피해를 주고 있다. 2009년 충북 옥천, 경북 영덕, 충북 단양에서 발생, 2010년 전남 여수, 순천, 광양에서 발생, 2011년 경기 용인, 성남, 포천에서 발생되었고, 서울 용산을 비롯해 강원 강릉, 충북 영동과 단양, 충남 서천·천안·논산, 전북 군산, 경남 거창 지역이 발생되었다. 2017년 파주, 인제, 정읍, 영양, 봉화, 예천, 부여, 홍성, 청양에서 추가발생 하였다. 2018년 4월기준 전국 117개 시·군·구에서 피해고사목 69만본 피해 발생하였으나 4월 이후 4개지역(서울 성북구·중랑구, 강원 강릉시, 충남 태안군)이 청정지역으로 전환되고 1개지역(충북 진천군)에 신규발생하여 현재 114개 시·군·구에서 피해가 발생하고 있다. 피해고사목은 2017년 4월기준 99만본에서 2018년 4월기준 69만본으로 30.8% 감소한 것으로 나타났다. 충남에서는 2012년 보령에서 발생되었고 2014년 6월에 태안 안면도에서 추가로 발생이후, 2015년 서천, 천안, 논산, 2016년 금산, 2017년 부여, 홍성, 청양, 2018년 예산에서 추가 발생되어 15개 시·군 중 10개 시·군에서 발생되었으나 2018년 6월에 태안이 청정지역으로 회복되면서 현재는 9개 시군에서 피해가 발생되고 있다. 충남에서 소나무재선충병 발생현황을 살펴보면 보령시, 천안시, 청양군 등 9개시·군으로 2012년 2월에 처음으로 보령 청라면 소양리 산 40번지 일원에서 발생되었고 2014년 6월에 태안 안면도 정당리 1311-34번지 일원에서 발생되었다. 2015년에는 3월 서천 장항읍 옥남리 647-13번지, 4월 천안 성환읍 학정리 산74-10번지, 11월 논산 연산면 사포리 산27-3번지 일원에서 추가로 발생되었으며, 2016년 2월 금산 제원면 제원리 산1-11번지, 2017년에는 홍성 구항면 오봉리, 부여 외산면 지선리, 청양 화성면 장계리 일원에서 발생되었다. 2018년에는 청양 정산면 대박리, 예산 대술면 장복리의 2지역에서 신규발생하였으며 2018년 6월 태안군이 청정지역으로 회복되면서 현재는 15개 시·군 중 9개 시·군에서 발생되어 충남 전 지역에 대하여 확산 우려를 낳고 있다. 2012~2018년까지 7년간 소나무재선충병 의심시료

검경 건수는 46,839건으로, 일반고사목은 45,662건이었고, 소나무재선충병 감염목은 1,177건이었다. 2018년 지역별 시료검경 건수는 소나무재선충병 발생지역인 부여가 1,224건으로 가장 많았고, 보령 997건, 아산 710건, 계룡 655건, 당진 646건, 공주 537건 등의 순이었다. 충남 도내 지역별 소나무재선충병 검경 건수(2012~2018년)는 〈표 1〉과 같다. 2018년 소나무재선충병 감염목은 보령 94본, 청양 73본, 서천 22본, 금산 5본, 예산 3본, 천안 2본, 부여 2본, 논산 1본으로 총 202본이었다.

전국 소나무재선충병 발생 현황은 〈그림 1〉과 같다. 2009년 267천본(5,633ha), 2010년 133천본(3,547ha), 2011년 477천본(5,123ha), 2012년 506(5,286ha), 2013년 1,537천본(11,550ha), 2014년 2,180천본(9,644ha), 2015년 1,800천본(9,048ha), 2016년 1,370천본(6,325ha), 2017년 992천본, 2018년 4월기준 686천본으로 소나무재선충병은 1988년 최초 발생 이후 특별법 제정('05년), 인력·예산 대폭 확충 및 방제방법 보완 등 적극적인 방제를 한 결과 감소추세를 보였으나, 2013년 고온현상·가뭄 등 기후적 요인과 고사목 존치·피해목 무단이동 등 인위적 요인이 결합하여 피해가 급속히 확산되었다. 그 이후 산림청, 지방자치단체, 유관기관이 권역별로 방제전략을 수립하고 피해고사목 방제방법의 다양화 및 예방사업의 확대로 방제지원 여건 개선으로 발생 감소추세를 보이고 있다.

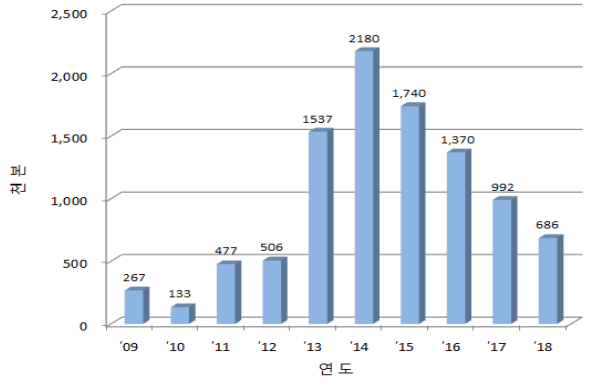


그림 1. 전국 소나무재선충병 발생현황

〈표 1〉 충남 도내 지역별 소나무재선충병 검경 건수(2012~2018년)

구 분	시·군별 소나무재선충병 검경 건수(건)																		
	계	천안	공주	보령	아산	서산	논산	계룡	당진	금산	부여	서천	청양	홍성	예산	태안	대전	세종	기타	자체
계	46,839	1,100	1,302	6,017	2,777	1,567	1,551	2,016	1,720	399	4,367	2,155	1,238	1,295	822	1,225	171	2,216	1,685	13,216
'12	2,381	80	49	566	101	55	38	64	109	24	227	35	47	17	149	213	0	7		600
'13	2,238	36	9	980	13	2	37	0	21	0	61	26	4	16	19	37	0	3		974
'14	5,206	120	82	1,163	80	132	57	68	117	33	266	151	122	290	73	465	3	0		1,984
'15	7,296	235	105	235	501	217	188	114	192	47	294	852	147	290	102	106	20	4		3,647
'16	9,607	217	324	478	1,000	216	276	471	206	68	578	333	114	209	118	210	59	1,050	150	3,530
'17	10,676	201	196	1,598	372	443	553	644	429	52	1,717	359	411	288	197	61	30	644		2,481
'18	9,435	211	537	997	710	502	402	655	646	175	1,224	399	393	185	164	133	59	508	1,535	

나. 솔잎혹파리

(1) 피해율 및 천적분포조사

충남도내(대전, 세종 포함) 60개 고정조사지에서 조사된 2018년도 솔잎혹파리(*Thecodiplosis japonensis,* Uchida et Inouye)의 충영형성률은 평균 4.3%, 천적기생률은 22.4%(혹파리살이먹좀벌 13.9%, 솔잎혹파리먹좀벌 8.5%)이었고 2017년 대비 충영형성률은 -4.2% 감소하였고 천적기생률은 18.7% 증가하였다〈표 2〉.

전국적으로 솔잎혹파리의 피해 면적은 감소추세이나 강원, 경북지역으로 확산되고 있으며, 대체로 10~12년 주기로 대 발생 하는 경향이 있어 지속적인 관심이 필요하다. 최근 솔잎혹파리는 생태적 안정화 단계에 있어 〈그림 2〉 나무생장 저해나 경관을 해치지 않는 범위 내에서 임업적 방제를 실시하여 소나무림의 생태적 건강성을 확보하는 것이 중요하다.

〈표 2〉 2017~2018년 시군별 솔잎혹파리 충영형성률 및 천적기생률

시·군별	조사 구수 (개)	충영형성률(%)			천 적 기 생 률(%)					
					2017			2018		
		2017	2018	증감	계	사리	먹좀	계	사리	먹좀
합계(평균)	60	8.4	4.3	-4.2	3.7	2.5	1.2	22.4	13.9	8.5
천안시	7	6.9	2.1	-4.8	3.8	2.6	1.2	15.6	7.8	7.9
공주시	2	5.1	3.1	-2.0	3.6	2.4	1.2	35.3	21.5	13.8
보령시	4	13.7	4.3	-9.4	4.4	2.6	1.9	25.8	14.2	11.6
아산시	4	12.5	1.6	-10.9	2.4	1.7	0.7	9.7	7.1	2.6
서산시	3	13.7	6.3	-7.3	3.1	2.2	0.9	25.4	15.6	9.7
논산시	2	7.8	11.7	3.9	3.9	2.9	1.0	28.2	22.6	5.5
계룡시	1	1.8	1.5	-0.4	4.2	2.4	1.8	0.0	0.0	0.0
당진시	3	4.6	4.6	0.0	3.0	2.0	1.0	18.9	13.3	5.6
금산군	3	7.3	0.7	-6.5	5.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0
부여군	3	11.0	5.6	-5.4	4.7	3.3	1.4	43.9	24.4	19.5
서천군	3	12.8	4.3	-8.6	3.8	2.4	1.4	15.9	11.4	4.5
청양군	4	7.2	12.1	4.9	3.1	2.3	0.7	38.0	21.4	16.6
홍성군	3	13.7	3.8	-9.9	3.2	2.5	0.7	40.0	22.2	17.8
예산군	4	7.3	4.3	-3.0	4.6	3.6	1.0	17.9	11.8	6.1
태안군	4	13.5	4.0	-9.5	4.7	3.8	0.9	11.4	7.6	3.9
세종시*	4	4.9	2.7	-2.2	3.2	1.7	1.4	30.8	19.9	10.9
대전시	6	3.5	1.3	-2.2	3.2	2.1	1.2	15.3	8.9	6.4

* 행정구역명이 2012년 7월부터 연기군에서 세종특별자치시로 변경

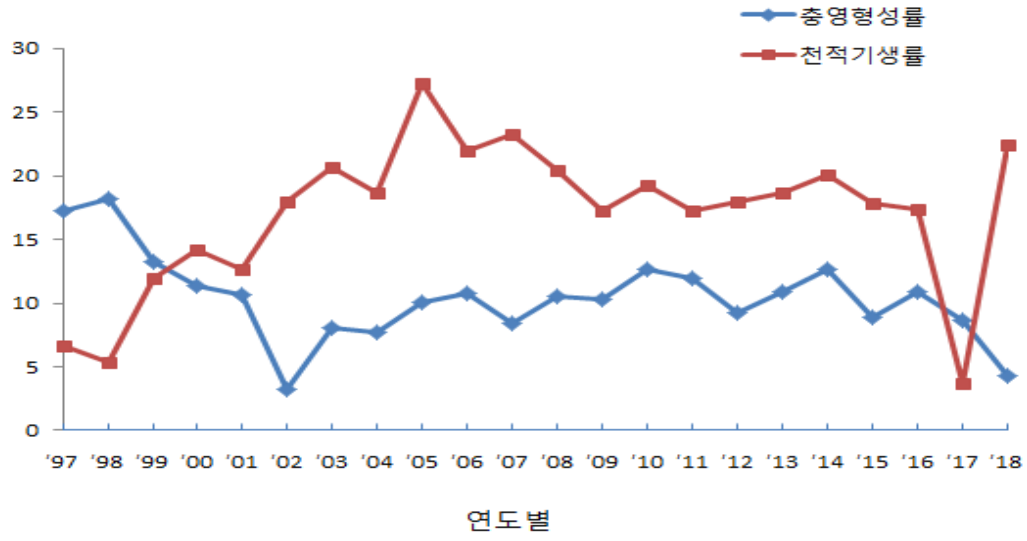


그림 2. 1997~2018년까지 61개 고정조사구 충영형성률 및 천적기생률

다. 솔껍질깍지벌레

우리도는 2008년 서천군 춘장대해수욕장과 홍원항 동백정에 있는 해송에서 처음 발견되었고, 2009년 서천 춘장대해수욕장 해송림에서 3.9ha, 보령 대천해수욕장 및 무창포 해수욕장 10ha, 태안 소원면 모항리 35ha, 근흥면 신진도리의 가로수 수십 본, 2013년에는 당진 동부제강에서 바다를 매립하고 식재한 소나무에서 발견 확산되었다. 당진에 식재된 소나무는 전라북도 고흥에서 감염된 소나무를 운반하였다.

2017년 서천 장항면, 비인면, 서면 일대로 솔껍질깍지벌레 피해가 확산되었고, 그 중 서천 서울시 서천연수원과 동백정 주변은 고사목이 나타나고 외관상 잎이 갈변하는 피해가 있었다. 암컷 성충과 번데기도 다수 발견되었다. 보령지역은 대천해수욕장 임해수련원(기존발생지) 주변으로 1km 정도 확산되었고 무창포해수욕장에서는 미 발생되었다. 태안지역 소원면 모항 인근도 발생면적이 의항리(만리포해수욕장)까지 확산되었고, 이원면 내리 일대(꾸지나무골 ~ 만대항)에서도 발생면적이 확산되어 피해를 주었다. 당진은 동부제철 식재목에서는 2014년 난낭이나 성충이 외관상 보이지 않다가 2015년 난낭 및 성충이 발견되었고 2016년 당진 삽교호, 서산 삼길포항에서 암컷 성충이 발견되었다. 솔껍질깍지벌레는 1963년 전남 고흥에서 발생된 것으로 추정되는 해충으로 우리나라에서는 겨울철(11월~다음해 3월)에 구기를 인피부에 꽂고 수액을 흡수하여 임목을 고사시키는 특이한 생태습성을 지니고 있는 해충으로 성충의 크기가 작고, 산란 밀도가 높아 일시적 완전방제가 어려운 해충으로 발생주변 지역으로 확산될 가능성이 매우 높다.

최근 충남, 전남, 전북, 경남 해안지역의 해송림을 중심으로 확산 중에 있으며 전북, 경남 지역은 소나무재선충병과 함께 혼재하여 발생되고 있을 뿐만 아니라 해안가 우량 해송림 관리 미흡과 기상여건 및 인위적인 영향에 따른 생육환경 악화로 주요해충으로서의 심각성이 부각되고 있다. 전국 솔껍질깍지벌레 발생추이(ha)는 〈그림 3〉과 같다.

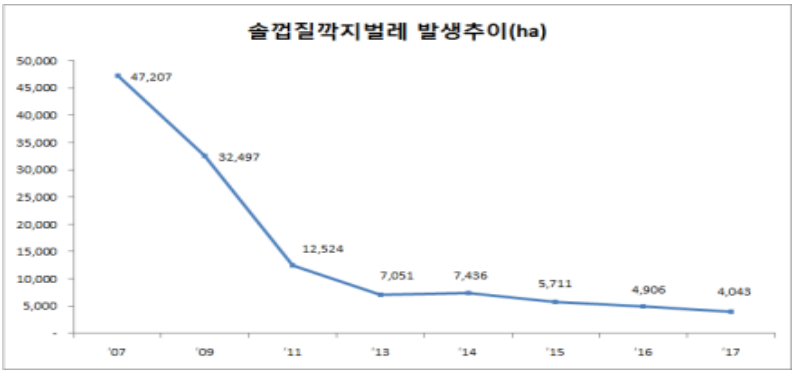


그림 3. 전국 솔껍질깍지벌레 발생추이(ha)

라. 솔나방

도내 천안, 아산, 논산의 일부지역에서 2000년까지 대발생하여 국부적으로 피해를 주었던 솔나방(*Dendrolimus spectabilis* Butler)은 환경기후 조건이 맞으면 언제든지 큰 피해를 줄 수 있으므로 정기적인 예찰을 수행해야 할 해충 중의 하나이다.

2000년 이후 수년 동안 공주 지역에 유아등을 설치하여 4~10월까지 솔나방 발생조사를 실시한 결과 발생되지 않거나 적은 수의 개체가 발생되고 있어 산림생태계의 일원으로 산림에 피해를 줄 만한 정도는 아니었으나 2012년에 세종특별자치시 금남면 일대에서 솔나방이 대발생되어 리기다소나무에 큰 피해를 입혔다. 이러한 징조로 2011년 세종시 금남면에 설치해 놓은 유아등에서 많은 솔나방이 포획되었다. 충남지역의 솔나방 피해는 '90년대 후반에 피해가 나타났다가 2000년대는 발생 밀도가 감소되었으며, '11~'12년에 다시 발생 밀도가 높아져 약 10년 주기로 나타난 것을 볼 수 있다. 2013년 이후부터는 지속적인 방제로 인하여 발생량이 적어졌으며 2014년부터는 발생하지 않았다.

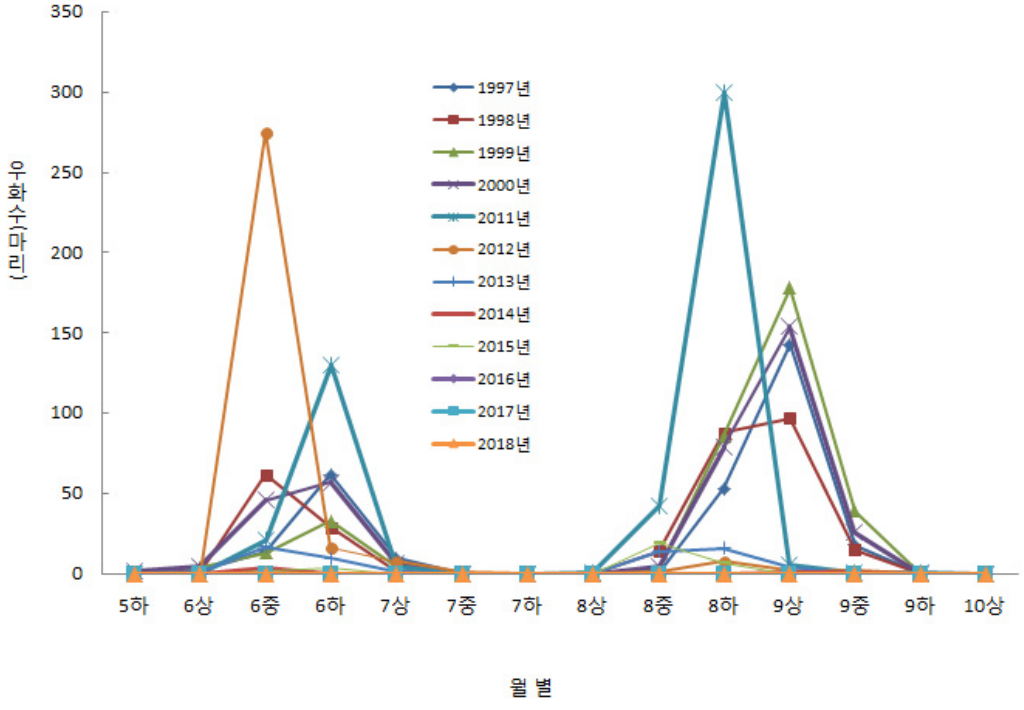


그림 4. 1997~2018년까지 충남지역에 발생된 솔나방 성충의 발생소장

1997~2011년까지 우리 도에 발생된 솔나방 발생 시기는 1화기가 6월 중순~6월 하순, 2화기가 8월 하순~9월 상순으로 나타났지만 '12년 이후 2화기가 8월 중순~8월 하순으로 나타났다〈그림 4〉.

마. 오리나무잎벌레

도내 고정조사지 계룡, 대전, 천안지역의 1997~2017년도 오리나무잎벌레 (*Agelastica coerulea* Baly) 100엽당 성충발생 밀도는 〈그림 5〉와 같다.

오리나무잎벌레의 성충의 발생은 1화기보다는 2화기에 많이 발생되었으며, 1997, 2003, 2011년도 성충발생밀도가 높았다. 2011년 성충발생밀도는 1화기는 낮았으나, 2화기는 6.73으로 다소 높게 나타났다. 조사 당시 오리나무 잎을 잎맥만 남기고 전부 식해하여 가지만 남았을 정도로 앙상하게 피해를 받은 상태였다. 이와 같은 결과는 다른 병해충과 마찬가지로 전년도 산란부터 우화시기의 기후가 오리나무잎벌레의 생육조건에 알맞은 환경을 조성해 주었기 때문이라 판단된다. 2018년 성충발생밀도는 1화기 0.08, 2화기 0.36으로 발생밀도는 낮으나 주요 도로변, 가시권 지역에 대한 지속적인 예찰이 요구된다.

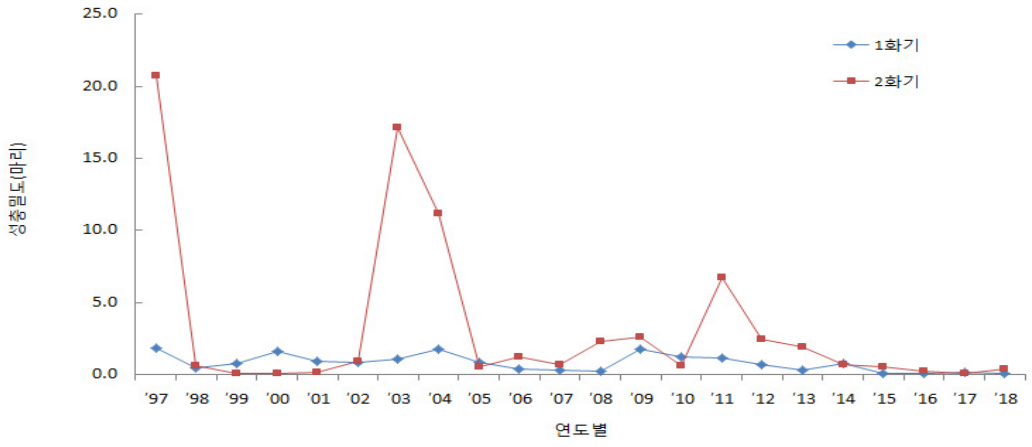


그림 5. '97~'18년까지 충남지역에 발생된 오리나무잎벌레 성충발생밀도

※ 발생밀도(피해도) 구분

"심" : 100엽당 난괴/성충 밀도가 5.2개 이상.

"중" : 100엽당 난괴/성충 밀도가 2.1-5.1개.

"경" : 100엽당 난괴/성충 밀도가 2.0개 이하.

바. 미국흰불나방 발생량조사

도내 3개 고정조사지인 공주, 대전, 세종에서의 양버즘나무를 대상으로 1997~2017년 미국흰불나방(*Hyphantria cunea*, Drury) 발생량 조사를 실시한 결과 〈그림 6〉과 같다. 발생 연도별 미국흰불나방 발생은 본당 충소수가 1997년 2.67%였고, 2002년 3.8%(대전), 2007년 0.08%(대전)의 피해율을 보였다. 2010년 고정조사지 3개소 모두 미국흰불나방은 발생되지 않았으나 충남도내 서산, 당진 등 서해안과 대전, 세종 등 도심 가로수에 발생하여 피해를 주었다. 2011년은 고정조사지에서 모두 발생되었고 피해율은 1.23%로 높게 나타났으며, 1화기 보다는 2화기 때 큰 피해를 보였다. 고정조사지 뿐만 아니라 논산, 예산, 서천, 대전 등 가로수 등에 높은 피해율이 나타났다. 2018년은 피해율이 0.13%로 전년도에 비해 피해율이 높아졌으며, 고정조사지인 세종 전동 노장에서 2화기 피해율이 높게 나타났다.

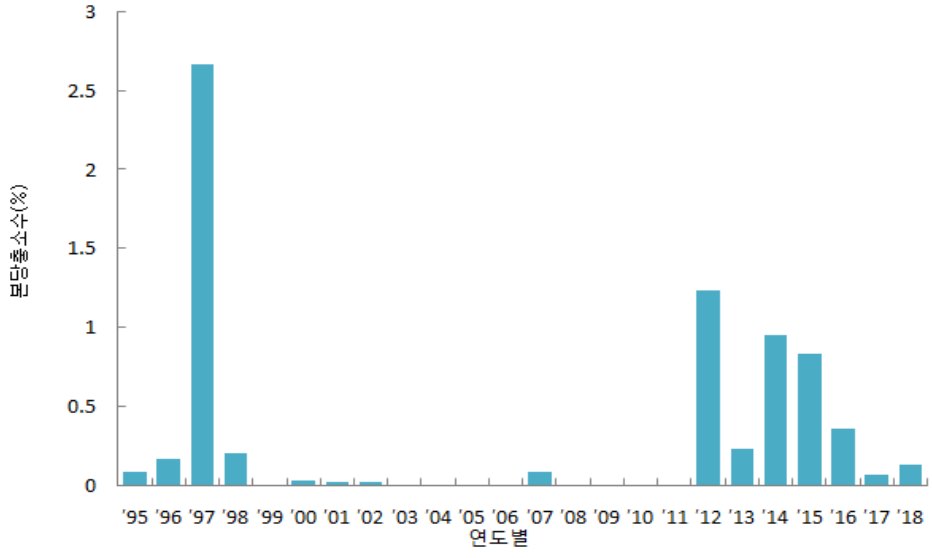


그림 6. 연도별 버즘나무, 벚나무에서의 미국흰불나방 발생 충소수

가해수종으로는 버즘나무, 벚나무, 뽕나무, 느릅나무, 이팝나무, 감나무, 아까시나무, 낙우송 등 이었다. '09~'10년 서해안과 논산지역의 가로수 벚나무, 버즘나무 등에 피해가 심했으며, '11~'15년에는 피해도가 낮았으나 '16~'18년에는 서해안 일대 국지적 피해가 심하여 '19년에도 서해안을 중심으로 국지적으로 발생될 것으로 보인다.

사. 버즘나무방패벌레 발생량조사

2017년도 버즘나무방패벌레의 밀도조사 결과 〈표 3〉과 같다. 버즘나무 방패벌레의 밀도는 엽당 15.6개체로 엽당 26.5개체 였던 2016년 보다 감소하였다. 지역별로는 공주 학봉지역이 10.6개체, 세종 전동 노장 23.2개체, 부여 석성 정각 13.0개체 였다. 2018년도에는 조사목 훼손으로 조사하지 못하였다. 버즘나무방패벌레의 발생은 일정한 추세를 가지기 보다는 발생 환경조건에 따라 또는 도로변의 약제방제에 의해 연도별로 발생밀도가 다르게 나타났다.

〈표 3〉 2017년 버즘나무방패벌레 발생밀도

조사일자	조 사 장 소	조사본수 (본)	10엽당(마리)		발생밀도 (마리/엽)
			성충수	약충수	
8. 24	세종 전동 노장	30	23.2	196.9	23.2
8. 27	부여 석성 정각	30	13.0	114.0	13.0
8. 28	공주 반포 학봉	30	10.6	95.7	10.6
계(평균)		90	15.6	135.5	15.6

* 조사목훼손으로 공주시 봉황동에서 학봉으로 조사지 변경(2013)

아. 푸사리움가지마름병 발생추이조사

푸사리움가지마름병의 도내 피해발생과 그 추이를 분석하기 위하여 3개소에 고정조사구를 설치하고 조사한 결과 〈표 4〉와 같다. 부여지역의 조사구는 당초 고정조사구 설정 시부터 2008년까지는 미 발생 되었다가 2009년에 21.6%의 피해도 "중"으로 나타났으나 2013년도에는 10.0%, 2014년부터 2018년까지는 미 발생되었다. 천안지역의 조사구는 2015년 14.5%, 2016년 7.3%로 7.1% 피해율이 감소하였고, 2017년에는 미 발생하였지만 2018년에는 피해율이 4%로 나타났다. 태안지역은 개발로 인하여 2012년도에 고정조사구가 모두 훼손되었다.

푸사리움가지마름병은 가지의 상처를 통해 병원체(포자)가 바람에 날려 감염되고, 임내 온도, 습도 등 기후환경인자와 임분 밀도 등의 생육환경에 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

우리도내 푸사리움가지마름병은 1999년도 홍성군 홍성읍 관내에서 처음 발견되었으며, 이후 확산되기 시작하여 현재는 도내 전 지역에 산발적으로 발생하여 피해를 주고 있다. 푸사리움가지마름병이 발생된 지역 중 피해가 심한 장소로는 축사, 쓰레기매립장, 소각장

등 환경오염시설이 있는 곳의 피해가 병의 확산이 빠르고 자연치유의 회복성도 낮았다.

〈표 4〉 '06~'18년까지 푸사리움가지마름병 고정조사지 피해 변화추이

조사구	임령 (년)	방위	간벌 여부	DBH (㎝)	수고 (m)	피해율(%)												
						'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
부여 부여 송간	28	S	′11	24.8	16.8	0	0	0	21.6	15.0	8.3	10.0	10.0	0	0	0	0	0
태안 남면 달산	31	S	-	-	-	1.6	0	0	1.4	2.8	1.7	-	-	-	-	-	-	-
천안 성환 매주	33	S	′99	22.4	15.5	10.0	8.3	13.3	16.0	13.3	16.0	13.3	20.0	13.0	14.5	7.3	0	4

※ 2012년 태안 조사지훼손

자. 참나무시들음병 매개충 광릉긴나무좀 우화조사

2018년 금산군 진산면 묵산리 조사지에서 참나무시들음병 매개충인 광릉긴나무좀의 우화시작일은 5월 12일로 작년과 비슷하였으나 조사지 내 성충 발생량이 적어 우화 최성기 및 종료일을 확인할 수 없었다. 2019년은 기 발생된 천안·부여·보령·금산·논산 지역을 중심으로 확산가능성이 높을 것으로 보인다.

2. 돌발산림병해충의 발생모니터링

가. 특정지역 병해충조사

2018년도 도내 특정지역 11개소(갑사, 계룡대, 칠백의총, 독립기념관, 동학사, 무령왕릉, 부소산성, 수덕사, 춘장대, 칠갑산, 현충사)에 대한 산림병해충 발생조사를 실시한 결과 〈표 5〉와 같다. 발생된 해충의 종수는 51종, 병의 종류는 31종, 기타 생리적 피해 등이 5건으로, 총 87종 이었다.

특정지역에 서식하는 나무에 발생된 주요 해충은 갈색날개매미충 〉 미국선녀벌레 〉 느티나무외줄진딧물 〉 미국흰불나방 〉 진달래방패벌레 〉 가루깍지벌레 〉 솔잎혹파리 순이었으며, 병해는 그을음병 〉 점무늬병 〉 흰가루병 〉 두창병 〉 붉은별무늬병 〉 세균성구멍병 〉 둥근무늬병 〉 떡병 순으로 발생 빈도가 높았다.

특히 수덕사에서는 갈색날개매미충의 발생빈도가 높게 나타났고, 작년에 발생빈도가 높

았던 미국선녀벌레는 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 전체 조사지역에서 솔잎혹파리 피해도는 작년에 비해 크게 감소하였으나, 갈색날개매미충과 그 약충의 발생빈도가 높아져 많은 수목에 피해를 입힌 것으로 조사되었다. 수병은 그을음병과 점무늬병, 흰가루병이 높은 발생빈도를 나타내었으며, 현충사에서는 그을음병 발생빈도가 특히 높았다. 미국선녀벌레는 충남 대부분의 지역에서 발생되었다.

〈표 5〉 2018년도 특정지역 11개소에 대한 피해 형태별 발생 종수

구분	병해충명	발생종수(종)
계		87
해충	갈색날개매미충 등	51
수병	그을음병 등	31
기타	생리적피해(동해) 등	5

3. 주요 산림병해충 발생 예측

주요 산림병해충 발생 고찰 및 예측은 전국적으로 문제시 되는 해충과 최근 또는 지속적으로 충남도 내에 발생되어 방제의 필요성이 있는 병해충을 대상으로 하였다.

가. 소나무재선충병

소나무재선충병은 1988년 부산 동래구 금정산에서 처음 발생하여 경남, 경북, 전남, 강원 점차 확대되어 우리나라 소나무류 (소나무, 해송, 잣나무)에 큰 피해를 주고 있다. 2009년 충북 옥천, 경북 영덕, 충북 단양에서 발생, 2010년 전남 여수, 순천, 광양에서 발생, 2011년 경기 용인, 성남, 포천에서 발생되었고, 2013년에는 경기 양평·하남·연천·가평, 충북 충주, 광주광역시에서 발생되었다. 2017년에는 파주, 인제, 정읍, 영양, 봉화, 예천, 부여, 홍성, 청양에서 신규발생 하였다. 2018년 4월 기준, 전국 117개 시·군·구에서 피해고사목 69만본 피해가 발생하였고, 2018년 4월 이후 4개지역(서울 성북구·중랑구, 강원 강릉시, 충남 태안군)이 청정지역으로 전환되고, 1개지역(충북 진천군)이 신규발생하여 114개 시·군·구에서 피해가 발생된 것으로 보고되고 있다. 발생본수는 '14년 2,184본, '15년 1,737본, '16년 1,373본, '17년 99만본, '18년 69만본으로 2013년 이후 산림청, 지방자치단체, 유관기관 등의 총력 방제 대응으로 소나무재선충병 피해가 감소추세로 전환되었으며, '18년은 '17년에 비해 약 30만본 감소하였다.

우리도에서는 소나무재선충병 추가 유입을 막기 위해서 정기예찰(4~5월, 9~10월) 및 수시예찰(11~3월, 6~8월)을 실시하고 있으며, 또한 2005년 부터 소나무재선충병 진단실을 운영하여 시·군에서 송부해온 감염 의심목 시료를 검경하여 시·군에 확인 통보하였다. 충남에서는 2012년 보령에서 발생되었고 2014년 6월에 태안 안면도에서 추가로 발생이후, 2015년 서천, 천안, 논산, 2016년 금산, 2017년 부여, 홍성, 청양, 2018년 예산에서 추가 발생하였다. 현재 도내 재선충병이 전 시군에 고르게 분포되어있어 2019년에는 모든 시군에 항시 발생할 가능성이 상존할 것으로 보인다. 한편, 소나무재선충병에 대한 방제는 매개충(솔수염하늘소와 북방수염하늘소)과 재선충 방제 방법이 있다. 방제방법으로는 감염목의 훈증, 소각 및 매개충 약제살포, 재선충 예방 나무주사 등 화학적 방제법을 주로 이용하고 있으나 토양 및 수질오염 등 산림생태계를 교란시키는 영향을 주는 것으로 알려져 있어 최근에는 식물기생선충 방제 등 생물학적 방제법에 대한 관심이 높아지고 있다.

나. 솔껍질깍지벌레

솔껍질깍지벌레는 1963년 전남 고흥에서 처음으로 발생된 것으로 추정되는 해충으로 북쪽과 서쪽 방향으로 40여 년간 확산된 해충이다.

2000년 전북 군산에서 발생하여 계류 중이던 해충으로, 우리 도는 2008년 서천 춘장대해수욕장과 홍원항 동백정에 있는 해송에서 처음 발견하였다. 2009년에는 서천 춘장대해수욕장 해송림 3.9ha, 보령 대천해수욕장 및 무창포해수욕장 10ha, 태안군 소원면 모항리 35ha, 태안군 근흥면 신진도리 가로수에서 수십 본, 2013년 당진 동부제강에서 바다를 매립하고 식재한 소나무에서 발견 확산되었다. 당진에 식재된 소나무는 전라북도 고흥에서 감염된 소나무를 운반한 나무였다. 2017년에는 서천 장항면, 비인면, 서면 일대로 솔껍질깍지벌레 피해가 확산되었고 그중 서천 서울시 서천연수원과 동백정 주변은 고사목 및 잎이 갈변하는 외관상 피해가 나타났다. 암컷 성충 및 번데기도 다수 발견되었다. 2017년 보령지역은 대천해수욕장 임해수련원(기존발생지) 주변으로 1km 정도 확산되었고 무창포해수욕장에서는 미 발생되었다. 태안 소원면 모항에서 해안선을 따라 의항리(만리포해수욕장)까지 크게 확산되어 큰 피해를 주었고, 이원면 내리 일대(꾸지나무골 ~ 만대항)까지 확산되었다. 당진은 동부제강 이식목에서 2014년 난낭이나 성충이 미 발생 되었으며 2017년에는 당진 삽교호에 추가 발생 되었다. 2019년 우리도는 태안 소원면, 이원면 지역에서 서산지역으로 확산이 예상되므로 재선충병과 병행 예찰이 필요할 것으로 보인다.

2017년 페로몬 트랩을 이용한 솔껍질깍지벌레 수컷 성충 유인 실연 효과를 시험한 결과 트랩당 성충 33 ~ 414 마리가 포획되었으며, 지역별로 전체수컷 포획률의 70~90%가 3월 이내에 포획되었다. 이러한 결과는 지구온난화로 인한 기온 등의 영향으로 수컷 성충의 우화 시기가 예년보다 빨라지면서 나타난 것으로 판단된다. 2018년에는 조사가 이루어지지 못했으며, 2019년에는 서천에서 페로몬 트랩을 이용한 수컷 성충 유인 시험을 수행할 계획이다.

다. 참나무시들음병

참나무시들병은 2004년 가을 경기 성남에서 처음 발견된 후 2017년 서울·대전·울산·경기·강원·충남·충북·전북·전남·경남·경북 11개 시도에 감염 확산되고 있는 병으로 매개충은 광릉긴나무좀이다. 현재까지 우리나라 참나무에는 그다지 문제시 되는 병해충이 없었다는 점에서 참나무 병해충의 방제에 또 다른 국면을 맞이하게 되는 계기가 된 병이기도 하다. 우리 도는 2006년 천안, 보령, 부여에 처음 발생되었지만, 천안 지역은 완전 방제하였고, 2014년 이후 보령, 부여, 금산, 논산, 청양, 아산 등으로 확산되었다.

2018년 참나무시들음병 매개충인 광릉긴나무좀의 우화시작일은 5/12일, 우화종료일은 7/13일로 조사되었다. 2018년 조사로 확인된 개체수는 4마리로, 개체수가 적어 최성기를 판단하기는 어려웠다.

참나무시들음병을 방제하기 위해서는 매개충인 광릉긴나무좀을 완전 방제해야 하는 실정이나 현실적으로 불가능하여 참나무시들음병도 솔껍질깍지벌레와 마찬가지로 주변으로의 확산을 최대한 줄일 수 있는 밀도조절에 초점을 맞춰나가야 할 것이다.

라. 솔잎혹파리

충남도내(대전, 세종 일부포함) 60개 고정조사지에서 조사된 2018년도 솔잎혹파리(Thecodiplosis japonensis, Uchida et Inouye)의 충영형성률은 평균 4.3%, 천적기생률은 22.4%(혹파리살이먹좀벌 13.9%, 솔잎혹파리먹좀벌 8.5%)이었고 2017년 대비 충영형성률은 4.4% 감소하였고, 천적기생률은 18.7% 증가하였다.

최근 '15~'18년 충영형성률은 낮아지고 천적기생률은 높아지는 추세로 '19년 솔잎혹파리 발생률은 낮아질 것으로 전망된다. 그러나 솔잎혹파리는 대체로 10~12년 주기로 대 발생하는 경향이 있어 지속적인 관심이 필요하다. 최근 솔잎혹파리는 생태적 안정화 단계에 있어 나무생장 저해나 경관을 해치지 않는 범위 내에서 임업적 방제를 실시하여 소나무림의 생태적 건강성을 확보하는 것이 중요하다.

마. 푸사리움가지마름병

푸사리움가지마름병은 1999년도 홍성군 홍성읍 관내에서 처음 발견 되었으며, 이후 확산되기 시작하여 현재는 도내 전 지역에 산발적으로 발생하여 피해를 주고 있다. 지속적으로 발생밀도는 낮아지는 추세로 '19년에도 발생밀도는 낮아질 것으로 판단된다. 푸사리움가지마름병의 전염은 가지의 상처를 통해 병원체(포자)가 바람에 날려 감염되고, 임내 온도, 습도 등 기후환경 인자와 임분 밀도 등의 생육환경에 많은 영향을 받기 때문에 현재 발생 지역을 중심으로 축사, 쓰레기매립장, 화장장, 공장 주변 등 환경취약지 주변 리기다 소나무림에서 계속 발생할 가능성이 높다.

바. 벚나무빗자루병

벚나무빗자루병은 1990년대까지는 크게 문제되지 않았으나 2000년대 중반 이후부터 제주도를 비롯해 남부지방에서 피해가 나타났다. 최근 중부지방에서도 동학사, 태안, 세종 국도변 가로수에서 나타나기 시작하여 충남도 내 전반적으로 발생하였으나 '10~'12년 적극 방제로 '13~'18년 기존 발생지역이 감소하였으며, '19년에는 일부지역 위주로 경미하게 발생할 것으로 예상된다.

벚나무빗자루병은 이른 봄 새잎이 피면서 포자도 함께 발생되어 이웃가지나 나무로 전염되기 때문에 잎이 피기 전에 가지를 잘라 없애주어야 한다.

따라서 빗자루병에 걸린 가지를 그냥 방치할 경우 계속해서 주변 나무에 옮겨 피해율이 늘어날 것이나, 이른 봄 잎이 피기 전 병든 가지를 잘라 제거해 준다면 발생량은 줄어 들 것이다.

사. 돌발 산림병해충

갈색날개매미충은 2010년 공주 지역에서 처음으로 발생되어 2011~2015년 충남 전 시군으로 확산되었고, 두릅나무, 옻나무, 사과나무, 복숭아나무, 느티나무, 밤나무 등의 수액을 빨아먹거나 신초에 산란하여 피해를 주어 조경수의 가치를 떨어트리거나 결실에 영향을 준다. 2016년에는 공주 등 전 지역 발생밀도가 높아져 농가에 큰 피해를 주었다. 2018년부터 발생밀도가 줄어드는 추세로 2019년에도 발생밀도는 줄어들 것으로 예상되나, 미국 선녀벌레와 함께 문제해충으로 지속될 전망이다.

붉은매미나방은 2010년 공주, 부여 청양 지역을 중심으로 대발생 되어 밤나무에 큰 피해를

주었으나, 2012년에는 발생밀도가 줄었고 2013년 이후로 미 발생되다가 2017~2018년 공주, 청양 등 국지적으로 대발생되어 농가에 피해를 주었다. 2019년에도 밤 재배원에 국지적으로 피해가 발생할 것으로 예상된다. 또한 2010년에 태안 지역에 발생되어 감나무, 오갈피 등에 많은 피해를 준 미국선녀벌레는 2016년 천안, 서산, 공주, 금산 등 주변 시군으로 확산, 발생되었고 2017년 부여, 공주, 2018년 태안, 서산, 예산 등 도내 전 지역에 국지적으로 발생하였다. 2019년에는 도내 전 지역에 지속적으로 발생, 확산 될 것으로 판단된다. 이러한 돌발해충의 발생 원인으로 최근 세계적으로 문제시 되고 있는 기후 온난화 현상이 해충들의 번식 조건을 충족시켜 돌발적으로 발생하여 확산된 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

○ 국립산림과학원. 2013. 2013년도 산림병해충발생예찰조사연보.

○ 김길하, 최미현, 김정화. 버즘나무방패벌레(노린재목, 방패벌레과) 발육과 생식에 미치는 온도의 영향. 1999. 한국응용곤충학회지. 38(2): 117-121.

○ 김영재. 2006. 밤나무에 발생하는 복숭아명나방과 밤바구미의 발생생태 및 방제전략. 충북대학교 박사학위논문.

○ 김영재, 한종빈, 서동규, 김연태, 박병규, 최광식, 김철수, 신상철, 이상길, 김길하. 밤바구미 방제를 위한 살충제의 탐색. 농약과학회지. 제8권 제4호. 347-352.

○ 김철수, 김종국, 박지두, 신상철, 박일권, 최광식. 2003. 한국임학회지. 92(3): 222-226.

○ 국립산림과학원·충북. 2013. 산림병해충 발생조사 워크숍

○ 국립산림과학원. 2008. 기후온난화에 따른 외래종 괴벌레 떼의 극성 (산림환경신문 2008.8.18일자)

○ 유정수, 김길하, 이상길, 신상철, 박지두, 박승찬. 2002. 털두꺼비하늘소 성충에 대한 monoterpenoids의 살충활성과 산란기피. 한응곤지. 41(4): 285-292.

○ 이상명, 정진영, 문일성, 이상길, 이동운, 추호열, 이총규. 2003. 솔수염 하늘소 (Monochamus alternatus) 훈증방제를 위한 수종 살충제의 살충활성 및 훈증조건. 한국임학회지. 92(3): 191-198. 2003.

○ 이총규, 임종택, 최재식, 김우룡, 박지두, 이상명. 2002. 밤나무의 천공성 해충인 하늘소류 3종의 피해 및 발생생태에 관한 연구. 학국임학회지. 91(6): 701-705.

○ 위안진, 박승찬. 2001. 합성페로몬에 대한 솔껍질깍지벌레 수컷의 반응에 관여하는 생물적, 기상적 요인. 한국임학회지. 90(1): 139-145.

○ 전문장, 신상철. 2002. 솔잎혹파리와 그 기생봉인 혹파리반뿔먹좀벌 및 솔잎혹파리먹좀벌의 우화시기와 우화수의 년차 변동(1986-1997). 한국임학회지. 91(5): 632-636.

○ 국립산림과학원. 2008. 신 산림해충도감.

밤나무해충 연막방제법 개발

(자체 '16 ~ 종결)

【김영재, 고승연, 오세철, 류연희, 최유미, 김기호】

1. 연구배경 및 필요성

본 연구는 밤나무의 방제방법 개선에 관한 것으로 주로 산림지역의 나무를 베어내고 조성해 놓은 밤 재배원은 정부에서 항공기를 지원하는 항공방제와 차량이나 경운기를 이용하여 직접 방제하는 방법으로 밤나무에 가장 피해가 심한 복숭아명나방과 밤바구미 등을 방제하여 재배를 하고 있으나, 정부에서는 항공방제를 줄이는 추세이고 재배인력의 고령화로 직접방제의 어려움을 호소하고 있어 보다 간편하고 방제효과가 높은 방제방법이 시급한 실정이다. 따라서 밤 재배자가 밤나무 해충을 방제함에 있어 보다 간편하고 방제인력을 절감할 수 있는 방제방법이 필요하다.

2. 연구개발 목표

경사가 급한 산악지역 밤나무림 방제의 애로사항 해결을 위한 밤나무 해충의 효율적 방제방법 발굴

3. 수행방법

가. 시험기간

2016~2018(3년간)

나. 대상해충

복숭아명나방, 밤바구미

다. 방제기기

연막기(태흥실업) MODEL. T. H 150B

연료탱크용량	1.2ℓ	약재소비량	연막 45ℓ/h	시동방식	자동
약제탱크용량	6.5ℓ	길이 높이	1270×260×330mm	냉각방식	이중공랭식
연료소비량	1.30ℓ/h	무게	9.5kg	사용연료	휘발유

라. 시험지 현황

No.	장 소	면적(ha)	품종	비고
계	6개소	33ha		
1	공주시 동현동 산55-1	10ha	대보,옥광,삼조생	
2	공주시 신풍면 백룡리 산118-1	4ha	대보,축파,삼조생,옥광	자체양봉
3	부여군 은산면 내지리 산33-1	4ha	대보,축파	
4	부여군 은산면 각대리 산23-1	4ha	옥광,단파	주변양봉
5	청양군 목면 안심리 514-7외	3ha	대보,축파,석추	자체양봉
6	청양군 장평면 지천리 산22-1	8ha	축파	주변양봉

마. 시험방법

밤 재배원에서 밤나무 종실 해충인 복숭아명나방과 밤바구미를 연막기로 방제제를 살포하여 살충률 및 피해율조사

바. 시험규모

3지역×2개소×2해충

사. 시험항목

1) 복숭아명나방 우화시기

2) 밤 종실 피해율

3) 방제효과(노즐 및 연막기 살포)

4) 연막기를 이용한 방제 가능성 분석

아. 시험 순기표

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
• 사업지 선정	-	-	-									
• 실연방제 시험						-	-	-	-	-		
• 피해율, 방제효과분석									-	-	-	-

4. 결과 및 고찰

가. 예비시험

복숭아명나방 연막방제 시험에 앞서 사육 가능한 배추좀나방을 실내 사육하여 밤 재배원에서 10m 간격으로 100m까지 각각 5마리씩 그물망사에 넣고 밤나무에 매달아 2016년

6월 20일 연막기를 이용하여 3반복으로 간이 방제시험을 하고 4시간 후 살충률을 조사한 결과 표 1과 같다. 연막기에 사용한 약제 및 확산제는 델타메트린액상수화제와 식물성 오일을 사용하였다. 거리별 살충률은 10m · 30m는 26.7%, 20m · 40m · 50m · 90m는 6.7%, 100m는 13.3%였고, 10m 지점에 추가로 그물망사에 19마리를 넣어 조사한 결과 73.7%의 살충률을 보였다.

이러한 결과를 볼 때 연막방제 효과는 근거리와 원거리 사이의 살충률 상관관계는 적었고, 밤 재배원 방제지역은 계곡 형태의 지형으로 아래에서 위로 바람이 부는 특성이 있어 원거리에서는 연막이 오래 머무는 곳이 살충률에 영향을 미친 것으로 판단된다. 시험결과, 배추좀나방의 살충률은 낮았지만 1차 발생밀도를 줄이는 효과가 2차 · 3차 피해율을 줄이는 효과가 있을 것으로 생각된다.

〈표 1〉 2016년 6월 20일 청양군 목면 안심리 514-7 밤 재배원에서 연막기를 이용하여 방제한 배추좀나방의 살충률

반복	약제	살포 방법	시험수 (마리)	거리별 살충 수(살충률)									
				10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
계			150	4 (26.7)	1 (6.7)	4 (26.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	-	-	-	1 (6.7)	2 (13.3)
1	델타메트린 액상수화제	연막	50	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-
2			50	1	-	1	-	-	-	-	-	1	2
3			50	2	1	1	1		-	-	-	-	-

※ 10m 지점에 배추좀나방 19마리 추가 설치한 조사구는 14마리 살충(73.7%)

나. 연막방제 시험 현황

공주, 부여, 청양 지역 밤 재배원에서 각각 2개소씩 6개소에서 6월부터 9월까지 복숭아명나방과 밤바구미를 대상으로 한 1차 · 2차 · 3차 연막방제 시험 현황은 〈표 2〉, 〈 표 3〉, 〈표 4〉와 같다. 1차 방제는 밤 꽃이 피는 시기로 양봉(벌)을 하는 농가에 피해가 없는 티아클로프리드액상수화제를 사용하고, 2차 · 3차 방제는 벌의 피해와 상관없는 델타메트린액상수화제로 방제에 이용하였다.

〈표 2〉 2016년 공주, 부여, 청양 지역 6개소 밤 재배원의 1차 연막방제 시험 현황

No.	방제일	방제 기기	사용약제	면적 (ha)	총사용량 (ℓ)	사용량(ℓ)				횟수 (회)	희석 배수 (배)
						계	약제	식물 오일	물		
계				33ha							
1	6.29	연막기	티아클로프리드액상수화제 (250㎖)	10ha	55.8	6.2	0.2	5.4	0.6	9	30
2	6.28	〃		4ha	37.2	6.2	0.2	5.4	0.6	6	30
3	6.30	〃		4ha	37.2	6.2	0.2	5.4	0.6	6	30
4	6.30	〃		4ha	37.2	6.2	0.2	5.4	0.6	6	30
5	6.29	〃		3ha	37.2	6.2	0.2	5.4	0.6	6	30
6	6.28	〃		8ha	55.8	6.2	0.2	5.4	0.6	9	30

〈표 3〉 2016년 공주, 부여, 청양 지역 6개소 밤 재배원의 2차 연막방제 시험 현황

No.	방제일	방제 기기	사용약제	면적 (ha)	총사용량 (ℓ)	사용량(ℓ)				횟수 (회)	희석 배수 (배)
						계	약제	식물 오일	물		
계				33ha							
1	8.16	연막기	델타메트린 액상수화제 (500㎖)	10ha	62.0	6.2	0.2	5.4	0.6	10	30
2	8.16	〃		4ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
3	8.19	〃		4ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
4	8.19	〃		4ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
5	8.17	〃		3ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
6	8.17	〃		8ha	49.6	6.2	0.2	5.4	0.6	8	30

〈표 4〉 2016년 공주, 부여, 청양 지역 6개소 밤 재배원의 3차 연막방제 시험 현황

No.	방제일	방제 기기	사용약제	면적 (ha)	총사용량 (ℓ)	사용량(ℓ)				횟수 (회)	희석 배수 (배)
						계	약제	식물 오일	물		
계				33ha							
1	9.5	연막기	델타메트린 액상수화제 (500㎖)	10ha	62.0	6.2	0.2	5.4	0.6	10	30
2	9.5	〃		4ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
3	9.7	〃		4ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
4	9.7	〃		4ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
5	9.6	〃		3ha	24.8	6.2	0.2	5.4	0.6	4	30
6	9.6	〃		8ha	49.6	6.2	0.2	5.4	0.6	8	30

공주, 부여, 청양 지역 밤 재배원에서 각각 2개소씩 6개소에서 6월부터 9월까지 복숭아명나방을 대상으로 한 연막방제 시험사진은 〈그림 1〉, 〈그림 2〉, 〈그림 3〉과 같다.



No.1 공주시 동현동 산55-1	No.2 공주시 신풍면 백룡리 산118-1	No.3 부여군 은산면 내지리 산33-1
No.4 부여군 은산면 각대리 산23-1	No.5 청양군 목면 안심리 514-7외 3필	No.6 청양군 장평면 지천리 산22-1

그림 1. 2016년 공주, 부여, 청양 지역 6개소 밤 재배원의 1차 연막방제 시험 사진



No.1 공주시 동현동 산55-1	No.2 공주시 신풍면 백룡리 산118-1	No.3 부여군 은산면 내지리 산33-1
No.4 부여군 은산면 각대리 산23-1	No.5 청양군 목면 안심리 514-7외 3필	No.6 청양군 장평면 지천리 산22-1

그림 2. 2016년 공주, 부여, 청양 지역 6개소 밤 재배원의 2차 연막방제 시험 사진



No.1 공주시 동현동 산55-1	No.2 공주시 신풍면 백룡리 산118-1	No.3 부여군 은산면 내지리 산33-1
No.4 부여군 은산면 각대리 산23-1	No.5 청양군 목면 안심리 514-7외 3필	No.6 청양군 장평면 지천리 산22-1

그림 3. 2016년 공주, 부여, 청양 지역 6개소 밤 재배원의 3차 연막방제 시험 사진

※ 2017~2018년 연막방제 시험도 동일 지역과 동일한 방법으로 실시
※ 2018년 시험지 중 청양군 장평면 지천리 밤재배원은 소유주의 사정으로 제외

다. 연막기 성능

연막기 1회 사용시간은 연막분출 노즐 개폐 정도에 따라 다르나 15~20분 정도 소요되었고, 1회 살포 휘발유의 소비량은 0.5 l 가 소요되었으며, 밤 재배원 방제 면적은 6.2 l (약제+확산제+물) 용량의 연막기로 1ha였다.

라. 연막기와 노즐 방제지의 밤나무해충 피해율

공주, 부여, 청양 지역 밤 재배원에서 각각 2개소씩 6개소에서 2016~2018년 6~9월까지 복숭아명나방을 대상으로 한 연막방제와 노즐방제 시험결과는 〈표 5〉, 〈표 6〉과 같다. 연막방제 밤 재배원에서 복숭아명나방에 의한 밤 종실 피해율은 2016년에 8.40%, 2017년에 11.81%, 2018년에 3.66%, 노즐을 이용한 방제지에서는 2016년 13.78%, 2017년 12.74%, 2018년 4.83%였다. 연막기를 이용한 방제지가 노즐을 이용한 방제지보다 밤 종실에 대한 복숭아명나방 피해율이 2016년에는 5.38% 낮았고, 2017년에는 0.93% 높았으며, 2018년에는 1.17% 높았다.

〈표 5〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율

시험장소	복숭아명나방 약제방제 시험				
	숙기별(품종)	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			8.40	13,502	1,134
공주시 동현동 산55-1	대보	연막살포	10.51	847	89
	옥광	〃	18.77	1,172	220
공주 신풍 백룡 산118-1	삼조생	〃	5.63	1,492	84
	축파	〃	3.53	962	34
	옥광	〃	5.86	938	55
	대보	〃	2.69	1,154	31
부여 은산 내지 산33-1	대보	〃	10.65	751	80
	축파	〃	18.27	739	135
부여 은산 각대 산23-1	옥광	〃	15.06	883	133
	단파	〃	13.29	948	126
청양 목면 안심 514-7	대보	〃	1.67	1,016	17
	축파	〃	6.24	882	55
	석추	〃	5.04	992	50
청양 장평 지천 산22-1	축파	〃	3.44	726	25

〈표 5-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율

시험장소	복숭아명나방 약제방제 시험				
	숙기별(품종)	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			11.81	5,316	628
공주시 동현동 산55-1	조생종(삼조생)	연막살포	5.26	989	52
공주 신풍 백룡 산118-1	조생종(삼조생)	〃	7.22	1,371	99
부여 은산 내지 산33-1	조생종(뜨래1)호	〃	65.02	526	342
부여 은산 각대 산23-1	조생종(단택)	〃	7.71	1,206	93
청양 목면 안심 514-7	조생종(삼조생)	〃		-	-
청양 장평 지천 산22-1	조생종(단택)	〃	3.43	1,224	42

〈표 5-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 5개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율

시험장소	복숭아명나방 약제방제 시험				
	숙기별	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			3.66	12,522	458
공주시 동현동 산55-1	조생종	연막살포	2.56	1,213	31
	중생종	〃	4.67	984	46
	만생종	〃	5.12	782	40
공주 신풍 백룡 산118-1	조생종	〃	0.92	1,734	16
	중생종	〃	0.93	1,179	11
	만생종	〃	2.98	906	27
부여 은산 내지 산33-1	중생종	〃	3.49	1,117	39
	만생종	〃	11.33	909	103
부여 은산 각대 산23-1	중생종	〃	2.67	1,199	32
	만생종	〃	8.68	691	60
청양 목면 안심 514-7	중생종	〃	1.45	1,101	16
	만생종	〃	5.23	707	37

〈표 6〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율

시험장소	복숭아명나방 약제방제 시험				
	숙기별(품종)	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			13.78	14,170	1,953
공주 신풍 백룡 산118-1	조생종(삼조생)	노즐살포	10.07	1,281	129
부여 은산 내지 산33-1	조생종(단택)	〃	8.41	868	73
	조생종(뜨래1호)	〃	15.65	869	136
청양 목면 안심 514-7	조생종(혼합)	〃	10.08	2,054	207
공주 신풍 백룡 산118-1	중생종(혼합)	〃	14.53	1,707	248
부여 은산 내지 산33-1	〃	〃	19.49	1,380	269
청양 목면 안심 514-7	중생종(축파)	〃	10.38	1,310	136
공주 신풍 백룡 산118-1	만생종(혼합)	〃	20.16	1,280	258
부여 은산 내지 산33-1	〃	〃	8.13	1,709	139
청양 목면 안심 514-7	만생종(덕명)	〃	20.91	1,712	358

〈표 6-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율

시험장소	복숭아명나방 약제방제 시험				
	숙기별(품종)	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			12.74	6,437	820
공주 동현동 산55-1	조생종(삼조생)	노즐살포	6.90	985	68
공주 신풍 백룡 산118-1	조생종(삼조생)	〃	11.76	1,088	128
부여 은산 내지 산33-1	조생종(뜨래1호)	〃	44.72	937	419
부여 은산 각대 산23-1	조생종(단택)	〃	4.69	1,195	56
청양 목면 안심 514-7	조생종(삼조생)	〃	8.82	1,100	97
청양 장평 지천	조생종(단택)	〃	4.59	1,132	52

〈표 6-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율

시험장소	복숭아명나방 약제방제 시험				
	숙기별	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			4.83	10,967	530
공주 동현동 산55-1	조생종	노즐살포	9.41	1,126	106
	중생종	〃	9.01	1,177	106
	만생종	〃	3.97	882	35
공주 신풍 백룡 산118-1	중생종	〃	0.33	1,227	4
	만생종	〃	3.69	1,112	41
부여 은산 내지 산33-1	중생종	〃	2.87	1,151	33
	만생종	〃	8.44	901	76
부여 은산 각대 산23-1	중생종	〃	2.42	1,241	30
	만생종	〃	7.17	628	45
청양 목면 안심 514-7	중생종	〃	1.65	847	14
	만생종	〃	5.93	675	40

공주, 부여, 청양 지역 밤 재배원에서 각각 2개소씩 6개소에서 6~9월까지 밤바구미를 대상으로 한 연막방제와 노즐방제 시험결과는 〈표 7〉, 〈표 8〉과 같다. 밤 재배원에서 밤바구미에 의한 밤 종실 피해율은 연막방제지에서 2016년에 43.64%, 2017년에 15.02%, 2018년에 9.20%, 노즐방제지에서는 2016년 42.62%, 2017년 28.80%, 2018년 8.79%였다. 연막기 방제지가 노즐 방제지보다 밤 종실에 대한 밤바구미 피해율이 2016년에는 28.62% 낮았고, 2017년에는 13.78% 높았으며, 2018년에는 0.41% 높았다.

〈표 7〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 밤바구미 피해율

시험장소	밤바구미 약제방제 시험				
	숙기별 (품종)	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			43.64	12,124	5,291
공주 동현동 산55-1	대보	연막살포	53.46	767	410
	옥광	〃	56.97	739	421
공주 신풍 백룡 산118-1	삼조생	〃	19.91	1,301	259
	축파	〃	35.96	926	333
	옥광	〃	46.46	876	407
	대보	〃	42.42	1,009	428
부여 은산 내지 산33-1	대보	〃	57.92	587	340
	축파	〃	27.00	1,000	270
부여 은산 각대 산23-1	옥광	〃	38.45	723	278
	단파	〃	53.31	786	419
청양 목면 안심 514-7	대보	〃	56.67	937	531
	축파	〃	58.98	802	473
	석추	〃	57.70	955	551
청양 장평 지천 산22-1	축파	〃	23.88	716	171

〈표 7-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 밤바구미 피해율

시험장소	밤바구미 약제방제 시험				
	숙기별 (품종)	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			15.02	1,152	173
공주 동현동 산55-1	삼조생	연막살포	6.00	50	3
	옥광	〃	6.59	273	18
공주 신풍 백룡 산118-1	삼조생	〃	9.26	54	5
	축파	〃	6.25	96	6
부여 은산 내지 산33-1	뜨래1호	〃	51.39	144	74
	대보	〃	5.88	17	1
	축파	〃	12.79	172	22
부여 은산 각대 산23-1	단택		9.68	93	9
	축파	〃	13.70	73	10
	광은	〃	5.88	68	4
청양 목면 안심 514-7	삼조생	〃	-	-	-
	축파	〃	22.22	27	6
청양 장평 지천 산22-1	단택	〃	9.30	43	4
	축파	〃	26.19	42	11

〈표 7-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 밤바구미 피해율

시험장소	밤바구미 약제방제 시험				
	숙기별	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			9.20	10,932	1,006
공주 동현동 산55-1	조생종	연막살포	3.33	930	31
	중생종	〃	5.49	965	53
	만생종	〃	8.95	648	58
공주 신풍 백룡 산118-1	조생종	〃	3.68	1,713	63
	중생종	〃	15.81	1,094	173
	만생종	〃	9.07	386	35
부여 은산 내지 산33-1	중생종	〃	2.36	1,100	26
	만생종	〃	9.72	669	65
부여 은산 각대 산23-1	중생종	〃	4.47	1,006	45
	만생종	〃	25.14	696	175
청양 목면 안심 514-7	중생종	〃	11.30	1,071	121
	만생종	〃	24.62	654	161

〈표 8〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 밤바구미 피해율

시험장소	밤바구미 약제방제 시험					
	숙기별 (품종)	방제방법	피해율 (%)	조사종실수 (개)	피해종실수 (개)	중량 (kg)
계(평균)			42.62	8,472	3,611	
공주 신풍 백룡	삼조생	노즐	9.5	1,152	109	20
부여 은산 내지	단택	〃	8.1	782	63	17.5
	뜨래1호	〃	3.5	686	24	16
청양 목면 안심	혼합	〃	47.5	989	470	20
공주 신풍 백룡	혼합	〃	33.4	875	292	20
부여 은산 내지	혼합	〃	77.3	774	598	20
청양 목면 안심	축파	〃	73.8	738	545	20
공주 신풍 백룡	혼합	〃	18.9	693	131	20
부여 은산 내지	혼합	〃	79.5	984	782	20
청양 목면 안심	덕명	〃	74.7	799	597	20

〈표 8-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 밤바구미 피해율

시험장소	밤바구미 약제방제 시험					
	숙기별 (품종)	방제방법	피해율 (%)	조사종실수 (개)	피해종실수 (개)	중량 (kg)
계(평균)		노즐	28.80	1,906	549	19.0
공주시 동현동	삼조생	〃	26.76	71	19	0.8
	대보	〃	14.29	70	10	0.5
공주시 신풍면 백룡리	삼조생	〃	55.08	118	65	0.8
	축파	〃	13.08	260	34	1.7
공주시(김천기농가)	혼합	〃	49.35	77	38	1.6
공주시(이순애농가)	혼합	〃	71.88	32	23	0.4
부여군 은산면 내지리	뜨래1호	〃	35.25	417	147	3
	대보	〃	21.24	113	24	0.84
	석추	〃	17.43	109	19	1.8
부여군 은산면 각대리	단택	〃	1.92	52	1	0.32
	혼합	〃	35.14	148	52	3
	광은	〃	13.40	97	13	0.64
청양군 목면 안심리	삼조생	〃	8.33	96	8	0.9
	축파	〃	18.42	38	7	0.3
	만적	〃	55.74	61	34	0.9
	대명	〃	64.52	62	40	1
청양군 장평면 지천리	단택	〃	11.54	52	6	0.5
	축파	〃	27.27	33	9	0.19

〈표 8-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 밤바구미 피해율

시험장소	밤바구미 약제방제 시험				
	숙기별	방제방법	피해율 (%)	조사 종실수(개)	피해 종실수(개)
계(평균)			8.79	9,383	825
공주 동현동 산55-1	조생종	노즐살포	3.18	1,007	32
	중생종	〃	7.56	1,072	81
	만생종	〃	3.22	715	23
공주 신풍 백룡 산118-1	중생종	〃	6.09	1,280	78
	만생종	〃	18.12	712	129
부여 은산 내지 산33-1	중생종	〃	2.83	1,061	30
	만생종	〃	24.72	623	154
부여 은산 각대 산23-1	중생종	〃	3.36	1,072	36
	만생종	〃	11.42	508	58
청양 목면 안심 514-7	중생종	〃	9.51	810	77
	만생종	〃	24.28	523	127

마. 연막기와 노즐 방제지의 밤 숙기별, 지역별 밤나무해충 피해율

2016~2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기와 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 피해율은 〈표 9〉, 〈표 10〉, 〈표 11〉, 〈표 12〉와 같다.

연막기를 이용한 방제지 밤 재배원의 해충별, 숙기별 복숭아명나방 피해율은 2016년에 조생종 5.63%, 중생종 8.47%, 만생종 9.17%였고, 2017년에 조생종 11.81%, 중생종 10.36%였으며, 2018년에 조생종 1.59%, 중생종 2.58%, 만생종 6.68%였다. 밤바구미 피해율은 2016년에 조생종 19.91%, 중생종 45.13%, 만생종 55.50%였고, 2017년에 조생종 22.54%, 중생종 10.61%였다. 2018년에 조생종 3.56%, 중생종 7.98%, 만생종 16.68%였다.

노즐을 이용한 방제지 밤 재배원의 복숭아명나방 피해율은 2016년에 조생종 10.73%, 중생종 14.80%, 만생종 16.40%였고, 2017년에 조생종 12.74%, 중생종 9.15%, 만생종 9.15%였으며, 2018년에 조생종 9.41%, 중생종 3.31%, 만생종 5.65%였다. 밤바구미 피해율은 2016년에 조생종 20.92%, 중생종 61.49%, 만생종은 57.70%였고, 2017년에 조생종 30.52%, 중생종 15.88%, 만생종은 42.13%였으며, 2018년에 조생종 3.18%, 중생종 1.07%, 만생종 15.94%였다.

〈표 9〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 평균 피해율

해충	숙기별 평균 피해율(%)			조사종실 수 (개)
	조생종	중생종	만생종	
복숭아명나방	5.63	8.47	9.17	13,502
밤바구미	19.91	45.13	55.50	13,751

〈표 9-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 평균 피해율

해충	숙기별 평균 피해율(%)			조사종실수 (개)
	조생종	중생종	만생종	
복숭아명나방	11.81	10.36	-	13,105
밤바구미	22.54	10.61	-	1,152

〈표 9-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 평균 피해율

해충	숙기별 평균 피해율(%)			조사종실수 (개)
	조생종	중생종	만생종	
복숭아명나방	1.59	2.58	6.68	12,522
밤바구미	3.56	7.98	16.18	10,932

〈표 10〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 평균 피해율

해충	숙기별 피해율(%)			조사종실수 (개)
	조생종	중생종	만생종	
복숭아명나방	10.73	14.80	16.40	14,170
밤바구미	20.92	61.49	57.70	13,335

〈표 10-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 평균 피해율

해충	숙기별 피해율(%)			조사종실수 (개)
	조생종	중생종	만생종	
복숭아명나방	12.74	9.15	9.15	18,811
밤바구미	30.52	15.88	42.13	1,906

〈표 10-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 해충별, 숙기별 평균 피해율

해충	숙기별 피해율(%)			조사종실수 (개)
	조생종	중생종	만생종	
복숭아명나방	9.41	3.31	5.65	10,967
밤바구미	3.18	1.07	15.94	32,254

연막기를 이용하여 방제한 밤 재배원의 지역별 피해율은 복숭아명나방이 2016년에 공주가 6.56%, 부여가 13.98%, 청양이 4.15%로 평균 8.23%였고, 2017년에 공주가 12.89%, 부여가 23.34%, 청양이 3.28%로 평균 13.17%였으며, 2018년에는 공주가 2.86%, 부여가 6.54%, 청양이 3.34%로 평균 3.54%였다. 밤바구미는 2016년에 공주가 32.56%, 부여가 47.22%, 청양이 53.37%로 평균 44.38%였고, 2017년에는 공주가 7.03%, 부여가 20.05%, 청양이 16.75%로 평균 14.61%였였으며, 2018년에는 공주가 7.72%, 부여가 10.42%, 청양이 17.96%로 평균 9.66%였다.

노즐을 이용한 방제지 밤 재배원의 지역별 복숭아명나방 피해율은 2016년에 공주가 14.92%(조생종 10.07%, 중생종 14.53%, 만생종 20.16%)였고, 부여지역은 13.22%(조생종 12.03%, 중생종 19.49%, 만생종 8.13%)였으며, 청양지역은 13.79%(조생종 10.08%, 중생종 10.38%, 만생종 20.91%)였다. 2017년에는 공주가 10.02%(조생종 9.33%, 중생종 13.82%, 만생종 7.51%)였고, 부여지역은 18.89%(조생종 24.70%, 중생종 9.90%, 만생종 22.08%)였으며, 청양지역은 6.53%(조생종 6.71%, 중생종 3.55%, 만생종 8.80%)였다. 2018년에는 공주가 5.97%(조생종 9.41%, 중생종 2.99%, 만생종 5.85%), 부여가 5.22%(중생종 2.64%, 만생종 7.80%), 청양이 3.79%(중생종 1.65%, 만생종 5.93%)였다.

노즐을 이용한 방제지 밤 재배원의 지역별 밤바구미 피해율은 2016년에 공주가 20.58%(조생종 9.46%, 중생종 33.37%, 만생종 18.90%)였고, 부여는 54.17%(조생종 5.78%, 중생종 77.26%, 만생종 79.47%)였으며, 청양은 65.36%(조생종 47.52%, 중생종 73.85%, 만생종 74.72%)였다. 그리고 2017년에 공주가 38.41%(조생종 40.92%, 중생종 13.68%, 만생종 60.61%)였고, 부여는 20.73%(조생종 18.59%, 중생종 17.32%, 만생종 26.28%)였으며, 청양은 30.97%(조생종 9.94%, 중생종 22.85%, 만생종 60.13%)였다. 2018년에는 공주가 16.89%(조생종 3.18%, 중생종 6.82%, 만생종 10.67%), 부여가 10.58%(중생종 3.09%, 만생종 18.07%), 청양이 16.89%(중생종 9.51%, 만생종 24.28%)였다.

〈표 11〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 지역별, 해충별, 숙기별 피해율

구분	연막기 이용 화학방제지 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
평균	8.23	5.63	8.47	9.17	44.38	19.91	45.13	55.50
공주	6.56	5.63	7.48		32.56	19.91	45.20	
부여	13.98		14.66	13.29	47.22		41.12	53.31
청양	4.15		3.26	5.04	53.37		49.05	57.70

〈표 11-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 지역별, 해충별, 숙기별 피해율

구분	연막기 이용 화학방제지 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
평균	13.17	15.35	11.00		14.61	15.32	13.90	
공주	12.89	6.24	19.53		7.03	6.13	7.93	
부여	23.34	36.37	10.32		20.05	30.53	9.56	
청양	3.28	3.43	3.13		16.75	9.30	24.21	

〈표 11-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 5개소에서 연막기를 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 지역별, 해충별, 숙기별 피해율

구분	연막기 이용 화학방제지 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
평균	3.54	1.74	2.45	6.43	9.66	3.51	8.46	17.02
공주	2.86	1.74	2.80	4.05	7.72	3.51	10.65	9.01
부여	6.54		3.08	10.01	10.42		3.42	17.43
청양	3.34		1.45	5.23	17.96		11.30	24.62

〈표 12〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 지역별, 해충별, 숙기별 피해율

구분	노즐이용 화학방제지 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
평균	13.98	10.73	14.80	16.40	46.70	20.92	61.49	57.70
공주	14.92	10.07	14.53	20.16	20.58	9.46	33.37	18.90
부여	13.22	12.03	19.49	8.13	54.17	5.78	77.26	79.47
청양	13.79	10.08	10.38	20.91	65.36	47.52	73.85	74.72

〈표 12-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 지역별, 해충별, 숙기별 피해율

구분	노즐이용 화학방제지 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
평균	11.82	13.58	9.09	12.79	30.04	23.15	17.95	49.01
공주	10.02	9.33	13.82	7.51	38.41	40.92	13.68	60.61
부여	18.89	24.70	9.90	22.08	20.73	18.59	17.32	26.28
청양	6.35	6.71	3.55	8.80	30.97	9.94	22.85	60.13

〈표 12-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 5개소에서 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 지역별, 해충별, 숙기별 피해율

구분	노즐이용 화학방제지 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
평균	6.08	9.41	2.99	5.85	9.11	3.18	6.47	17.67
공주	5.97	9.41	4.67	3.83	6.89	3.18	6.82	10.67
부여	5.22		2.64	7.80	10.58		3.09	18.07
청양	3.79		1.65	5.93	16.89		9.51	24.28

2016~2018년까지 연막기와 노즐을 이용하여 방제한 밤 재배원에서의 복숭아명나방과 밤바구미의 피해율 증감효과는 〈표 13〉, 〈표 14〉와 같다.

복숭아명나방 피해율은 연막방제가 노즐방제보다 평균피해율이 2016년에는 5.75%(조생종 -5.10%, 중생종 -6.33%, 만생종 -7.23%) 낮았고, 2017년에는 평균피해율이 1.84%(조생종 1.77%, 중생종 1.91%) 높았으며, 2018년에는 2.50%(조생종 -7.82%, 중생종 -0.73%, 만생종 1.03%) 낮았다.

밤바구미 피해율은 연막방제가 노즐방제보다 평균피해율이 2016년에는 2.32%(조생종 -1.01%, 중생종 -16.37%, 만생종 -2.20%) 낮았다. 2017년에는 연막방제가 노즐방제보다 평균피해율이 15.43%(조생종 -7.83%, 중생종 -4.05%) 낮았으며, 2018년에는 2.51%(조생종 0.38%, 중생종 6.91%, 만생종 0.24%) 높았다.

〈표 13〉 2016년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기와 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방과 밤바구미의 피해율 증감효과

구분	평균 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
증감	-5.75	-5.10	-6.33	-7.23	-2.32	-1.01	-16.37	-2.20
연막방제	8.23	5.63	8.47	9.17	44.38	19.91	45.13	55.50
노즐방제	13.98	10.73	14.8	16.4	46.7	20.92	61.5	57.7

〈표 13-1〉 2017년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기와 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방과 밤바구미의 피해율 증감효과

구분	평균 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
증감	1.84	1.77	1.91	-	-15.43	-7.83	-4.05	-
연막방제	13.18	15.35	11.00	-	14.61	15.32	13.9	-
노즐방제	11.34	13.58	9.09	-	30.04	23.15	17.95	-

〈표 13-2〉 2018년 6~9월까지 공주, 부여, 청양 3지역 5개소에서 연막기와 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 복숭아명나방과 밤바구미의 피해율 증감효과

구분	평균 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	조생종	중생종	만생종	평균	조생종	중생종	만생종
증감	-2.50	-7.82	-0.73	-1.03	2.51	0.38	6.91	0.24
연막방제	3.62	1.59	2.58	6.68	9.24	3.56	7.98	16.18
노즐방제	6.12	9.41	3.31	5.65	6.73	3.18	1.07	15.94

〈표 14〉 2016~2018년까지 공주, 부여, 청양 3지역 6개소에서 연막기와 노즐을 이용하여 화학약제(1차; 티아클로프리드액상수화제, 2·3차; 델타메트린액상수화제)를 3차(6, 8, 9월)에 걸쳐 살포한 밤 재배원의 노즐방제지 대비 연막방제지의 복숭아명나방과 밤바구미의 피해율 증감효과

구분	밤 재배원 6개소(공주2, 부여2, 청양2)의 평균 피해율(%)							
	복숭아명나방				밤바구미			
	평균	2016	2017	2018	평균	2016	2017	2018
증감	-2.14	-5.75	1.84	-2.50	-5.08	-2.32	-15.43	2.51
연막방제	8.34	8.23	13.18	3.62	22.74	44.38	14.61	9.24
노즐방제	10.48	13.98	11.34	6.12	27.82	46.7	30.04	6.73

2016~2018년까지 3년간 방제시험한 결과, 연막기를 이용한 방제가 노즐을 이용한 방제보다 복숭아명나방의 평균피해율은 2.14% 낮았고, 밤바구미는 5.08% 낮았다. 복숭아명나방은 연막방제가 노즐방제보다 2016년(-5.75%)과 2018년(-2.50%)에는 낮았으며, 2017년(+1.84%)에는 높았고, 밤바구미는 연막방제가 노즐방제보다 2016년(-2.32%)과 2017년(-15.43%)에는 낮았으며, 2018년(+2.51%)에는 높았다. 다만 방제현장에서 방제방법에 따라 육안으로 확인한 체감효과는 노즐방제 시 해충에 직접적으로 약제가 묻으면 살충효과가 컸고, 연막방제 시 3m 이내의 근거리에서는 미스트 형태의 액체에 닿아 해충이 즉사하였고 그 이상의 거리에서는 연막에 휩싸였을 때 해충은 멀리 날아가 기피하거나 잠시 기절했다가 다시 깨어났다. 따라서 육안 상으로 노즐방제의 효과가 훨씬 클 것으로 예상하였으나, 실제 피해율의 결과는 반대로 나타났다.

2016~2018년까지 시험결과를 종합적으로 고찰해 보면, 결과론적으로 복숭아명나방과 밤바구미의 평균피해율은 연막기를 이용한 방제가 노즐을 이용한 방제보다 낮았다.

다만, 밤나무 연막방제가 화학방제보다 효과가 좋게 나왔음에도 밤나무 해충인 복숭아명나방과 밤바구미의 방제방법을 연막방제로 바꿀 경우 우려스러운 것은,

첫째 연막방제 시험지가 공주, 부여, 청양 각 2개소씩 6개소의 밤 재배 농가의 협조를 받아 밤 재배원에서 시험을 하였기 때문에 연막시험 방제 이외에 농가가 개별적으로 방제를 추가로 했을 경우를 배제할 수가 없다는 것이다.

둘째 연막기를 이용한 방제지가 노즐을 이용한 방제지보다 복숭아명나방과 밤바구미의 3년간 밤 종실 평균 피해율은 낮았지만, 연막방제지의 밤 종실 피해율이 2016년과 2017년 시험에서는 낮았고, 2018년에는 높았다.

셋째 농가의 소득과 직결되는 매우 예민한 사항으로 적극적으로 연막방제 방법을 권유하기가 난이하다. 그럼에도 불구하고 밤 재배원은 대부분 경사가 가파른 산림지역을 개간하고 식재하여 재배하는 곳이 대부분이고, 고령화된 농민들이 방제작업에 어려움을 겪고 있어, 주요 밤나무해충 방제방법 개선이 꼭 필요한 농가도 있을 것이다. 따라서 적은 인력과 저비용으로 방제효과를 높일 수 있는 연막 방제법이 반드시 필요한 농가들에게는 이를 개선하고 타파하기 위한 대안이 될 수도 있다. 따라서 연막방제 효과시험 결과에 대한 방제방법 선택은 농민들의 자율적인 판단에 맡겨야 할 것으로 생각된다.

5. 적 요

○ 밤 재배원에서 배추좀나방 유충을 이용한 거리별 살충률은 10m·30m는 26.7%, 20m·40m·50m·90m는 6.7%, 100m는 13.3%였다.

○ 연막방제 효과는 근거리와 원거리 사이의 살충률 상관관계는 적었고, 밤 재배원 방제지역은 계곡 형태의 지형으로 아래에서 위로 바람이 부는 특성이 있어 원 거리에서는 연막이 오래 머무는 곳이 살충률에 영향을 미친 것으로 판단된다.

○ 연막기 1회 사용시간은 연막분출 노즐 개폐 정도에 따라 다르나 15~20분 정도 소요되었고, 1회 살포 휘발유의 소비량은 0.5 l 가 소요되었으며, 밤 재배원 방제면적은 6.2 l (약제+확산제+물) 용량의 연막기로 1ha였다.

○ 복숭아명나방 연막방제 밤 종실 피해율은 2016년에 8.40%, 2017년에 11.81%, 2018년에 3.66%, 노즐방제 밤 종실 피해율은 2016년 13.78%, 2017년 12.74%, 2018년 4.83%였다. 연막기 방제지가 노즐 방제지보다 복숭아명나방 밤 종실 피해율이 2016년에는 5.38% 낮았고, 2017년에는 0.93% 높았으며, 2018년에는 1.17% 높았다.

○ 밤바구미 연막방제 밤 종실 피해율은 2016년에 43.64%, 2017년에 15.02%, 2018년에 9.20%, 노즐방제 밤 종실 피해율은 2016년 42.62%, 2017년 28.80%, 2018년 8.79%였다. 연막기 방제지가 노즐 방제지보다 밤바구미 밤 종실 피해율이 2016년에는 28.62% 낮았고, 2017년에는 13.78% 높았으며, 2018년에는 0.41% 높았다.

○ 연막기 방제지 밤 종실 숙기별 복숭아명나방 피해율은 2016년에 조생종 5.63%, 중생종 8.47%, 만생종 9.17%였고, 2017년에 조생종 11.81%, 중생종 10.36%였으며, 2018년에 조생종 1.59%, 중생종 2.58%, 만생종 6.68%였다. 밤바구미 피해율은 2016년에 조생종 19.91%, 중생종 45.13%, 만생종 55.50%였고, 2017년에 조생종 22.54%, 중생종 10.61%였다. 2018년에 조생종 3.56%, 중생종 7.98%, 만생종 16.68%였다.

○ 노즐 방제지 숙기별 복숭아명나방 밤 종실 피해율은 2016년에 조생종 10.73%, 중생종 14.80%, 만생종 16.40%였고, 2017년에 조생종 12.74%, 중생종 9.15%, 만생종 9.15%였으며, 2018년에 조생종 9.41%, 중생종 3.31%, 만생종 5.65%였다. 밤바구미 피해율은 2016년에 조생종 20.92%, 중생종 61.49%, 만생종은 57.70%였고, 2017년에 조생종 30.52%, 중생종 15.88%, 만생종은 42.13%였으며, 2018년에 조생종 3.18%, 중생종 1.07%, 만생종 15.94%였다.

○ 연막기 방제지의 지역별 밤 종실 피해율은 복숭아명나방이 2016년에 공주가 6.56%, 부여가 13.98%, 청양이 4.15%로 평균 8.23%였고, 2017년에 공주가 12.89%, 부여가 23.34%, 청양이 3.28%로 평균 13.17%였으며, 2018년에는 공주가 2.86%, 부여가 6.54%, 청양이 3.34%로 평균 3.54%였다. 밤바구미는 2016년에 공주가 32.56%, 부여가 47.22%, 청양이 53.37%로 평균 44.38%였고, 2017년에는 공주가 7.03%, 부여가 20.05%, 청양이 16.75%로 평균 14.61%였었으며, 2018년에는 공주가 7.72%, 부여가 10.42%, 청양이 17.96%로 평균 9.66%였다.

○ 노즐 방제지의 복숭아명나방 지역별 밤 종실 피해율은 2016년에 공주가 14.92%(조생종 10.07%, 중생종 14.53%, 만생종 20.16%)였고, 부여지역은 13.22%(조생종 12.03%, 중생종 19.49%, 만생종 8.13%)였으며, 청양지역은 13.79%(조생종 10.08%, 중생종 10.38%, 만생종 20.91%)였다. 2017년에는 공주가 10.02%(조생종 9.33%, 중생종 13.82%, 만생종 7.51%)였고, 부여지역은 18.89%(조생종 24.70%, 중생종 9.90%, 만생종 22.08%)였으며, 청양지역은 6.53%(조생종 6.71%, 중생종 3.55%, 만생종 8.80%)였다. 2018년에는 공주가 5.97%(조생종 9.41%, 중생종 2.99%, 만생종 5.85%), 부여가 5.22%(중생종 2.64%, 만생종 7.80%), 청양이 3.79%(중생종 1.65%, 만생종 5.93%)였다.

○ 노즐 방제지의 밤바구미 지역별 밤 종실 피해율은 2016년에 공주가 20.58%(조생종 9.46%, 중생종 33.37%, 만생종 18.90%)였고, 부여는 54.17%(조생종 5.78%, 중생종 77.26%, 만생종 79.47%)였으며, 청양은 65.36%(조생종 47.52%, 중생종 73.85%, 만생종 74.72%)였다. 그리고 2017년에 공주가 38.41%(조생종 40.92%, 중생종 13.68%, 만생종 60.61%)였고, 부여는 20.73%(조생종 18.59%, 중생종 17.32%, 만생종 26.28%)였으며, 청양은 30.97%(조생종 9.94%, 중생종 22.85%, 만생종 60.13%)였다. 2018년에는 공주가 16.89%(조생종 3.18%, 중생종 6.82%, 만생종 10.67%), 부여가 10.58%(중생종 3.09%, 만생종 18.07%), 청양이 16.89%(중생종 9.51%, 만생종 24.28%)였다.

○ 연막기와 노즐을 이용한 방제지의 밤나무해충 밤 종실 3년간(2016~2018) 평균피해율은 복숭아명나방의 경우 연막 방제지가 노즐 방제지보다 피해율이 2.14% 낮았고, 밤바구미도 연막방제지가 노즐방제지보다 피해율이 5.08% 낮았다.

- 복숭아명나방 : 연막방제가 노즐방제보다 평균피해율이 2016년에는 5.75%(조생종 -5.10%, 중생종 -6.33%, 만생종 -7.23%) 낮았고, 2017년에는 1.84%(조생종 1.77%, 중생종 1.91%) 높았으며, 2018년에는 2.50%(조생종 -7.82%, 중생종 -0.73%, 만생종 1.03%) 낮았다.

- 밤바구미 : 연막방제가 노즐방제보다 평균피해율이 2016년에는 2.32%(조생종 -1.01%, 중생종 -16.37%, 만생종 -2.20%) 낮았다. 2017년에는 연막방제가 노즐방제보다 평균피해율이 15.43%(조생종 -7.83%, 중생종 -4.05%) 낮았으며, 2018년에는 2.51%(조생종 0.38%, 중생종 6.91%, 만생종 0.24%) 높았다.

○ 밤나무 연막방제가 화학방제보다 효과가 좋게 나왔음에도 밤나무 해충인 복숭아명나방과 밤바구미의 방제방법을 연막방제로 바꿀 경우 **우려스러운 것은, 첫째** 밤 재배농가의 협조를 받아 밤 재배원에서 방제시험을 하였기 때문에 연막방제 이외에 농가가 개별적으로 방제를 추가로 했을 경우가 있을 수 있다. **둘째** 연막기를 이용한 방제지가 노즐을 이용한 방제지보다 복숭아명나방과 밤바구미의 3년간 밤 종실 평균 피해율은 낮았지만, 연막방제지의 밤 종실 피해율이 2016년과 2017년 시험에서는 낮았고, 2018년에는 높았다. **셋째** 농가의 소득과 직결되는 매우 예민한 사항으로 적극적으로 연막방제 방법을 권유하기가 난이하다. 그럼에도 불구하고 밤 재배원은 대부분 경사가 가파른 산림지역을 개간하고 식재하여 재배하는 곳이 대부분이고, 고령화된 농민들이 방제작업에 어려움을 겪고 있어, 주요 밤나무해충 방제방법 개선이 꼭 필요한 농가가 있을 수 있다. 따라서 적은 인력과 저비용으로 방제효과를 높일 수 있는 연막 방제법이 반드시 필요한 농가들에게는 이를 개선하고 타파하기 위한 대안이 될 수도 있다. 따라서 연막방제 효과시험 결과에 대한 방제방법 선택은 농민들의 자율적인 판단에 맡겨야 할 것으로 생각된다.

공 립 나 무 병 원 운 영

(자체 : '98 ~ 21년차)

【김영재, 고승연, 김경진, 조성효, 오세철, 최유미, 류연희, 김기호】

1. 목 적

최근 기후온난화가 진행되면서 수목가해 병해충의 증가 추세로 현장 수목진료 방제기술의 개발과 병해충 확산예방 및 대민산림보호서비스 증진을 목적으로 함.

2. 본 연구와 관련된 기존사실

○ *Colletotrichum* spp.에 의한 탄저병은 채소 및 과수 등 다양한 작물에 발생하여 경제적으로 많은 손실을 일으키고 있다(Agrios, 2005).

○ 전 세계적으로 큰 피해를 주는 병으로 보통 따뜻하고 습기가 많은 곳에서 발생한다. 병원균의 분생포자는 습도가 높을 경우 잘 형성되고 비가 내릴 때 빗방울이 전염원이 되며 특히 장마철에 많이 발생한다(Agrios, 2005). 우리나라에서는 시설재배를 많이 하는 경남, 충남지역에 많이 발생하는 것으로 알려져 있다(Huh et al., 2010).

○ 탄저병은 미이라병과 함께 우리나라에서 가장 피해가 큰 진균병해로 전 생육기간동안 발생하여 주로 줄기, 잎자루에 불규칙한 갈색병반을 만든다.

○ 탄저병균은 포자나 균사의 형태로 종자나 병든 식물의 잔재물에서 월동하여 다음해의 전염원이 되므로 건전종자의 사용, 종자소독, 이병잔재물의 처리 등 포장위생이 방제의 기본이 된다(안 등, 1970).

○ 탄저병균은 기주표피에 도달, 부착기를 형성하여 침입균사를 낸 후 각피와 세포벽을 직접 뚫고 침입하는 것으로 알려져 있다(도 등, 1987; Tiffany, 1951). 생육기에 탄저병의 발생이 심하게 되면 약제방제가 불가피하며 이때에 필요한 것이 오이흰가루병의 경우에서(김 등, 2006) 약제방제의 경제성을 정당화시킬 수 있는 기준의 마련이다.

○ 다양한 환경조건에서 서식하고 있는 곤충은 해충방제에 따른 농약사용 생태계 변화 등 주변 매질의 급속한 파괴에 따라 내부 환경의 동적평형과 항상성을 유지하는 문제에 직면하고 있다.

○ 탄저병은 비바람에 의해서 전반되는 병이기 때문에 시설재배 또는 노지에서 반비가림 재배를 한다면 살균제를 사용하여 방제할 수 있는 정도의 효과를 얻을 수 있으나 시설하는데 들어가는 경비와, 일정시간이 경과한 후에 시설을 철거하고 보수하는데 들어가는 비용이 크다.

○ 대표적인 탄저병균으로는 *C. orbiculare*, (Syn. *C. lagenarium*), *C. acutatum, C. gloeosporioides, C. lindemuthianum* 및 *C. sublineolum* 등이 있다. 탄저병균은 작물 지상부의 거의 모든 부위를 침해할 수 있으며, 기주 식물의 잎, 줄기, 과실 등에 병반을 형성하고 병이 진전되면 조직 괴사, 썩음, 가지 마름 등의 증상을 나타낸다.

○ 한국산 깍지벌레에 관해서는 1943년 Kanda에 의해 75종의목록이 발표되었으며 근래 관엽식물, 열대식물들의 온실재배가 유행됨에 따라 온실에 특유한 해충으로 깍지벌레의 피해가 문제되고 있다.

○ 식나무깍지벌레(*Pseudaulacaspis cockerelli)*는 매미목(Homoptera), 깍지벌레과(Cocoidea)에 속하며 관행방제 과원에서도 5% 내외의 피해과율을 보이는 주요 해충으로서, 흡즙에 의한 기형과 발생과 배설물에 의한 그을음병은 과실의 상품가치를 저하시키는 큰 요인이 된다.

○ 깍지벌레는 자라면서 백색의 왁스 물질을 분비해서 몸체를 보호하기 때문에, 방제적기를 놓칠 경우 약제 효율이 극히 낮아진다

○ 오미자에 발생한 식나무깍지벌레를 천연식물추출제(메리골드, 쿠아시아, 님오일, 로테논)로 방제한 결과, 피해율은 대조구가 48.7%였고, 각각 17.2%, 22.6%, 27.2%, 31.1%로 발생되었다. 석회유황합제와 기계유유제는 월동휴면기에 오미자에 대한 약해는 없었으며, 피해율은 무처리 대비 50% 정도의 발생억제 효과가 있었다.

○ 성충의 우화시기가 하루 중 기온변화에 의하여 크게 영향을 받는다는 연구보고(Odell 1978)와 같이 조사시기 중 7월 19일부터 기온이 급상승하여 27.2℃에 이르렀다. 이 같은 온도상승은 성충의 우화율을 급속히 상승시켜 최대의 발현효과를 낸다(이해풍 등. 1999).

○ 유충의 발생수준을 가름하기 위한 조사방법으로 채집한 유충수가 30마리 이하, 31마리이상 99마리 이하, 100마리 이상의 경우 등으로 구분하여 밀도 수준을 각각 저, 중, 고밀도 등으로 구분하였다(Feuester *et all.* 1983).

○ 근래 들어 식물과 해충간의 상호관계에 대한 관심이 높아지고 있는데 그 이유는 첫째, 생물의 공진화적 기작을 규명하는 훌륭한 자료이며 둘째, 해충의 퇴치와 천연물질 개발의 기초를 제공할 수 있기 때문이다(Bemsom *et al.,* 1975).

○ 현재 우리나라의 자연생태계는 심각한 훼손의 위기에 있으며 농약이나 살충제의 과다살포는 환경오염을 더욱 증대시키고 있다(추호렬, 1992).

○ 따라서 병해충과 식물관리를 위하여 다른 방법을 모색하여야 하는데 최근 천적을 이용한 생물학적 방제에 많은 관심이 집중되고 있다(추호렬, 1992).

○ 일반 식물에서는 많은 종류의 곤충들이 서식하고 있으며 곤충은 기주특이성이 있을 뿐만 아니라 가해정도가 높다(추호렬, 1992).

○ 식물의 생물적 방제가 성공을 거두기 위해서는 천적의 존재나 정착, 천적개체군의 형성 및 방제대상 잡초에서의 효과가 인정되어야 한다(Andres, 1977).

○ 맥주와 담배 혼합액을 민달팽이가 심하게 발생된 상추 재배하우스에 3일간 연속으로 처리한 결과 68.4%의 방제효과를 나타내었으며, 상추 육묘상에서는 58.3%의 방제효과를 보였다.

○ 감염된 잎과 종실은 땅속에 묻거나 소각하고, 밀생된 가지를 솎아내어 통풍을 좋게 한다. 비배관리를 하여 수세를 회복시키며, 상처가 생기지 않게 한다. 방제는 5월 중순부터 테부코나졸 유제(25%) 2000배액을 2주간격으로 2~3회 수관살포한다. 7월부터는 종실에 탄저병이 발생되지 않도록 플루아지남수화제(50%) 1000배액을 2주간격으로 3회 살포한다.

○ 우리나라에서 흰가루병균은 Blumeria, Golovinomyces, Erysiphe, Leveillula, Sphaerotheca, Phyllactinia등 13속의 다양한 종에 의하여 흰가루병이 발생한다. 우리나라에서는 수목과 초본식물을 포함하여 약 300여종의 식물에서 흰가루병이 발생하고 있는 것으로 알려지고 있다(한국식물병명목록, 2004; Shin, 1994; 이 등, 2008).

○ 흰가루병을 방제하는 방법은 매우 다양하다. 화학농약의 사용(MacGrath, 1991; MacGrath, 1992), 중복기생균등을 이용한 생물적 방제(Shin and Kyeung, 1994), 저항성 품종의 이용(hosoya et al., 2000), 그리고 식물성 오일의 이용(MacGrath and Staniszewska, 1996) 등 다양한 방법에 의해 방제가 이루어지고 있지만 국내에서 실제 이용되는 방법은 매우 국한되어 있다. 주로 이용되고 있는 방법인 농약 사용은 매우 효과적이고 빠른 방법 중 하나이다.

○ 현재 흰가루병 방제는 주로 합성농약에 의존하고 있으며, 지속적인 농약 사용으로 저항성균이 출현하여 방제효과가 저하되고 있다(McGrath, 2001).

○ 농약 이외의 흰가루병 방제재로서 Cho 등(1998)은 수용성 규소와 계면활성제를 사

용함으로써 오이의 흰가루병 방제 가능성을 보고하였고, 탄산수소나트륨(NaHCO3)은 장미(Horst 등, 1992), Euonymus(Ziv와 Hagiladi, 1993), 오이(Ziv와 Zitter, 1992)의 흰가루병과 citrus의 green mold(Smilanick 등, 1999) 및 Botrytis cinerea(Palmer 등, 1997) 방제에 이용되었다.

○ 난황유는 각종 흰가루병에 우수한 방제효과를 나타내는 것으로 알려져 왔으며, 특히 상추, 오이, 장미 흰가루병에 탁월한 방제효과를 나타내고 있다(Jee 등, 2006, 2008; 지 등, 2006). 친환경 농자재인 난황유는 살균에 대하여 내성을 나타내는 장미와 오이 흰가루병에 방제가 90%에 달하는 우수한 효과를 나타내었을 뿐 아니라 잎색이나 꽃, 과실의 품질이 향상되었고, 상추 흰가루병을 방제하기 위하여 난황유를 처리하였을 때 수량도 증수하였다고 보고하였다(Jee 등, 2005; Jee, 2008).

○ 장 등(2001)은 단호박 흰가루병의 약제방제 실험을 한 결과 difenoconasole 등 시험약제 모두 80% 이상의 방제 효과를 보였고, 특히 triforine과 triflumizole이 각각 88.5%와 89.9%의 높은 방제효과를 나타냈다.

○ 우리나라에서 매미나방(*Lymantria dispar* L.)은 현재까지 전국적으로 분포되어 있으나, 비교적 낮은 밀도인 것으로 알려져 있다. 그러나 지난 몇 년 사이에도 강원도 철원군일대, 경기도 남양주시 일부지역 등 국지적, 일시적으로 대발생한 경우가 있고 현재는 제주도 한라산 일부 지역에 대발생하여 활엽수에 큰 피해는 주고 있다.

○ 매미나방(*Lymantria dispar* L.)의 발생은 오래전부터 있어 온 것으로 추측되며 발생해충으로 기록은 일제시대의 문헌에서 찾아볼 수 있고, 그 이전의 발생기록에 대한 정보는 부족한 실정이다.

○ 중부지역 공주, 부여, 청양 지역의 복숭아명나방 발생은 3회 발생되었다. 최성기는 1화기 6월초순, 2화기 8월중순, 3화기 9월초중순이었다.

○ 밤바구미 성충(Curculio sikkimensis)에 대한 100%의 살충율을 나타낸 약제는 chlorpyrifos, fenitrothion, phenthoate, benfuracarb, thiodicarb, carbosulfan, bifenthrin, cypermethrin, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, clothianidin, acetamiprid+bifenthrin, etofenprox+diazinon, esfenvalerate+ fenitrothion, furathiocarb+diflubenzuron, fipronil 등 16종이었다. 잔효성 시험에서는 phenthoate, benfuracarb, thiodicarb가 1일째까지는 80% 이상을 나타내었으나 그 이후로는 급속히 떨어졌다. 그 외 약제들도 잔효성은 낮았다. 야외포장 방제효과 시험에서는 phenthoate, thiodicarb, fipronil, acetamiprid+bifenthrin, furathiocarb+diflubenzuron이 1일째부터 90% 이상의 높은 방제효과를 나타내었다.

○ 계피유를 함유한 친환경방제제를 밤 재배원에 살포한 결과, 부여 79.1%, 청양 76.1%, 세종 67.4%의 방제가를 보였고, 멀구슬나무 추출물을 함유한 친환경방제제를 밤 재배원에 살포한 결과, 부여 81.5%, 청양 71.4%, 세종 64.2%의 방제가를 보였다.

○ 시설 재배 온실에서 무인 연무방제기를 이용한 목화진딧물(Aphis gossypii)과 복숭아혹진딧물(Myzus persicae)의 방제결과, 무인 연무방제기를 가동시키는 동안 시설 내 측창과 출입구가 완전히 폐쇄된 조건하에서는 시설 내 상대습도가 높게 유지되었고(〉95%) 관행방제 약제처리구와 유사한 방제 효과를 보였다(방제가 61.0～94.1%). 반면 무인 연무방제기 가동 시간 동안 측창과 출입구를 50% 정도 개방한 조건에서는 시설 내 상대습도가 상대적으로 낮았고(〈95%), 측창과 출입구가 모두 폐쇄된 온실 조건보다 방제 효율이 낮았다(방제가 36.0～54.4%).

3. 수행방법

가. 나무병원

(1) 운영기간

2018.1.1. ~ 2018.12.31.

(2) 운영주체

충청남도공립나무병원

(3) 운영대상

도민(대전시, 세종시 포함)

(4) 운영방법

(가) 나무병원 : 의뢰 민원 건에 대하여 전화통신에 의한 진단, 내방에 의한 진단, 인터넷을 통한 사이버 진단, 직접방문에 의한 진단의 유형으로 분류하여 진단하고, 이동진단 시스템을 이용 현장 위주의 화상비교 설명진단을 실시한다.

(나) 재선충병 진단실 : 시·군 산림관련 부서나 민원인으로부터 의뢰되는 소나무재선충병 감염의심목 시료나 자체 예찰에 의해서 채취하는 시료에서 1차적으로 선충을 분리하고 실체현미경으로 관찰한 후 이상이 있는 경우 400배율로 소나무재선충의 특징을 관찰하여 진단한다. 진단한 결과는 전화나 공문으로 개별 통보한다.

(5) 도 구

이동식현미경, 실체현미경, 확대경, 산림병해충도감, PCR 등

(6) 항 목

(가) 나무 해충·병, 생리적 피해, 화학적 피해, 제초제 등 진단

(나) 병해충 담당자·밤 재배자 교육

나. 실연사업(방제약제 선발시험)

(1) 밤나무왕진딧물 약제방제 효과시험

(가) 목 적

1) 산림병해충 방제약제 선발로 방제효율성 증대

2) 수목병해충 약제방제체계 확립으로 산림방제분야 취약점 보강

(나) 시험기간 : 2017.1.1. ~ 2018.12.31(2년차)

(다) 시험장소 : 도내 발생지

1) 2017년 : 청양 비봉 관산 산10-1, 부여군 은산면 내지리 산26-23

2) 2018년 : 세종특별자치시 장군면 송문리 산1-1, 공주시 석장리동 산73

(라) 대상해충 : 밤나무왕진딧물(Lachnus tropicalis)

(마) 대 상 목 : 밤나무(Castanea crenata)

(바) 시험방법 : 밤나무에 가해하는 공시충에 직접 약제를 살포하고 약효·약해 시험

(사) 시험구 배치 및 면적 : 임의배치법

구 분	처 리 수	반 복 수	총 구 수	구당주수	소요주수	총소요주수
약 효	20	3	60	1/3	20	24
약 해	4	1	4	1	4	

(아) 조사방법

구 분	조사항목	조사 횟수	조 사 일	조사방법
약효시험	성충 생충율	3회	7-10월	약제처리 전 및 후 1, 3, 7일후
약해시험	외관상 약해유무	3회	7-10월	약제처리 3,5,7일 후 기준량, 배량 에서 외관상약해 유무 달관조사

(자) 처리내용

시험약제	주성분 함 량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험		시험 년차
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량	
machine oil emulsion 20	20	1,000배	3-4월,10월 스프레이	1	2	1
machine oil emulsion 40	40	1,000배	〃	〃	〃	1
machine oil emulsion 100	100	1,000배	〃	〃	〃	〃
machine oil emulsion 200	200	1,000배	〃	〃	〃	〃
Acetamiprid 8%	8	1,000배	〃	〃	〃	〃
fenitrothion 40%	40	1,000배	〃	〃	〃	〃
imidacloprid 10%	10	2,000배	〃	〃	〃	〃
대조구		-	-	-	-	-

(차) 시험규모 : 1해충×7종×3반복

(카) 시험항목 : 약효, 약해

(2) 중국단풍 흰가루병 방제약종 선발시험

(가) 목 적

1) 산림병해충 방제약제 선발로 방제효율성 증대

2) 수목병해충 약제방제체계 확립으로 산림방제분야 취약점 보강

(나) 시험기간 : 2017.1.1. ~ 2018.12.31(2년차).

(다) 시험장소 : 계룡시 신도안면 정장리 212

(라) 대 상 병 : 흰가루병(Powdery mildew)

(마) 대 상 목 : 중국단풍(Acer buergerianum Miq.)

(바) 시험방법 : 중국단풍흰가루병 발생목을 선발하여 실내외에서 약제 살균 약효·약해 시험을 한다.

(사) 처리내용

시험약제	주성분 함 량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험		시험 년차
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배량	
sulfur WG 80%	80	2,000배	발병초 10일 간격 3회 경엽처리	1	2	1
kresoxim-methyl SC 44.2%	44.2	2,000배	〃	〃	〃	〃
polyoxin B WP 10%	10	1,000배	〃	〃	〃	〃
sodium hypochlorite (NaClO) 20% etc.	-		〃	〃	〃	〃
무처리	-	-	-	-	-	-

(아) 시험구 배치 및 면적 : 난괴법 3반복

구 분	처 리 수	반 복 수	총 구 수	구당주수	소요주수	총소요주수
약 효	4	3	12	1	12	16
약 해	4	1	4	1	4	

(자) 조사방법

구 분	조사항목	조사 횟수	조 사 일	조사방법
약효시험	이병엽율 조사	1	약제처리 7일 후	구당 잎과 과실의 발병도
약해시험	외관상 약해유무	2	약제처리 후 3, 7일	잎, 과실, 수세에 대한 달관조사

(차) 시험규모 : 4종(약제)×2종(약효,약해)×3반복

(카) 시험항목 : 약해, 약효

4. 결과 및 고찰

가. 나무병원 운영

(1) 민원 나무병해충 진단 및 발생상황

2018년 수종별 유형별 진단 건수는 〈표 1〉과 같다. 나무병해충 진단 건수는 237건이었다. 피해 유형별 진단건수는 해충 97건, 병해 34건, 동해 17건, 생리적피해 50건, 제초제 13건, 관리방법 9건, 기타 17건이었다. 진단 수종은 소나무가 76건, 밤나무가 63건으로 가장 많았고, 이들 두 수종의 진단 건수가 58.6%를 차지하였다. 병해충 진단 수종은 소나무, 밤나무, 느티나무, 곰솔(해송) 등 총 37종이었다.

병해충별 진단 건수의 증감 변동은 이용자들의 심리와 주변 여건변화, 돌발해충의 발생 등에 의해 좌우된다. 최근 몇 년간 우리연구소는 밤 재배자의 밤나무 병해충 교육을 통해 나무병원을 홍보하여 진단 건수를 지속적으로 늘려왔다. 그러나 이용자들이 어느 정도 방제지식을 얻고 자기능력개발을 통해서 이용 빈도가 줄었고, 도내 학교 병해충 컨설팅과 밤 담당의 컨설팅 건수의 이탈, 진단 담당자의 업무과중 등으로 연도별 진단 건수는 감소하는 추세였으나 2017~2018년에는 핸드폰 문자메세지 발송 등 홍보로 밤나무 재배자와 조경수 관리 등 컨설팅이 증가하였다. 따라서 병해충의 확산방지 및 진단서비스의 활성화를 위해서는 진단전문가의 확보로 현장진단 건수를 늘리고, 공립나무병원을 독립시켜 확대시켜 나가야 할 필요성이 있다.

〈표 1〉 2018년 수종 및 유형별 진단 건수

(단위 : 건)

구 분	계	해충	병해	동해	생리 피해	관리 방법	제초제	기타
37종	237	97	34	17	50	9	13	17
가죽나무	1	1						
감나무	1					1		
금송	3	2	1					
노각나무	2	1	1					
느티나무	14	2	1	2	6		3	
느릅나무	1	1						
동백나무	2			1				1
무궁화	1				1			

미루나무	1					1		
매화나무	2	1			1			
밤나무	63	49	5	3	3	1		2
배롱나무	2			1	1			
버드나무	2				1	1		
벚나무	6				5		1	
보리수나무	1				1			
복자기	1						1	
살구나무	1	1						
상수리	1						1	
소나무	76	22	11	5	19	4	6	9
우산고로쇠	1	1						
은행나무	1				1			
이팝나무	4				3	1		
자귀나무	1	1						
자작나무	3	1	1	1				
잣나무	1	1						
장미	2	1	1					
전나무	1				1			
주목	1				1			
측백나무	3			1	2			
칠엽수	4	2	2					
팽나무	2	1	1					
향나무	3	1		1	1			
곰솔(해송)	15	6	4				1	4
호두나무	8	1	5	1	1			
화백나무	3	1	1		1			
화살나무	2				1			1
키위	1			1				

2018년 병해충별 진단 건수는 〈표 2〉, 〈표 3〉과 같다. 해충별 진단 건수는 24종 97건으로 복숭아명나방이 26건으로 가장 많았고, 병해별 진단 건수는 11종 34건으로 가장 발생빈도가 높은 것은 그을음병과 소엽병이 6건으로 가장 많았다. 공주, 부여, 청양지역 밤 재배원에 돌발적으로 붉은매미나방이 2017년도에 이어 2018년에도 발생하여 피해를 주었다.

〈표 2〉 2018년 해충별 진단 건수

해충명	가해수종	진단횟수(건)
24종		97
갈색날개매미충	금송,노각나무,밤나무,소나무,칠엽수	6
거위벌레	밤나무	1
깍지벌레류	금송,노각나무,매실,소나무,장미,칠엽수,해송	6
미국선녀벌레	밤나무	1
미국흰불나방	느릅나무,느티나무,호두나무	2
바구미류	우산고로쇠	1
밤나무왕진딧물	밤나무	1
밤나무혹나방	밤나무	7
밤바구미	밤나무	6
복숭아명나방	밤나무,잣나무	26
붉은매미나방	밤나무	4
선녀벌레	느티나무,자작나무,팽나무	1
소나무가루깍지벌레	소나무,해송	3
소나무좀	소나무	10
솔껍질깍지벌레	소나무,해송	4
솔잎혹파리	소나무	1
오리나무좀	밤나무	2
응애류	소나무,향나무	4
잎마름병류	소나무	1
장미등에잎벌	살구나무	1
진딧물류	가죽나무,노각나무,소나무,칠엽수	2
하늘소류	소나무,자귀나무	4
화백먼지응애	화백나무	2
흰제비불나방	밤나무	1

〈표 3〉 2018년 병해별 진단 건수

병해명	가해수종	진단횟수(건)
11종		34
검은무늬병	장미	1
그을음병	느티나무,소나무,자작나무, 팽나무,화백,금송	6
밤나무 종실탄저병	밤나무	3
밤나무 줄기마름병	밤나무	3
빗자루병	밤나무	1
소엽병	금송,노각나무,소나무,칠엽수	6
소나무재선충병	소나무	2
잎마름병류	소나무	5
탄저병	호두나무	1
페스탈로치아엽고병류	밤나무	1
호두나무 갈색썩음병	호두나무	5

생리적 피해 및 동해, 가뭄 등의 피해는 〈표 4〉와 같다. 생리적 피해 50건, 동해 17건, 제초제·약해가 13건, 관리방법이 9건, 가뭄·고온이 4건, 활착불량이 2건, 대기오염 등 기타 11건 이었다. 생리적 피해는 조경수에 피해가 많았고, 기후에 의한 피해는 서해안 바닷가를 중심으로 곰솔 등 소나무류에 2년 잎이 갈변하는 증상이 많았으며, 공주, 부여, 청양지역의 밤나무는 동해 피해가 많았다.

〈표 4〉 2018년 생리적 피해, 동해, 제초제 등 진단 건수

피해명	가해수종	진단횟수(건)
계		106
생리적 피해	느티나무,무궁화,밤나무,배롱나무,버드나무,벚나무, 보리수,살구나무,소나무,은행나무,이팝나무, 잣나무,전나무,주목,측백,호두나무,화백,화살나무	50
관리방법	감나무,매화,미루나무,밤나무,버드나무,소나무, 이팝나무	9
동해	느티나무,동백나무,밤나무,배롱나무,소나무, 자작나무,잣나무,측백,편백,해송,호두나무	17
제초제 · 약해	느티나무,벚나무,복자기,상수리,소나무,해송	13
활착불량	소나무,동백나무	2
가뭄 · 고온	밤나무,,해송,향나무,화살나무	4
대기오염 등	느티나무,밤나무,소나무,해송,호두나무	11

지역별 나무병해충 진단 건수는 〈표 5〉, 나무병해충 진단방법별 건수는 〈표 6〉과 같다. 지역별 건수는 공주가 40건으로 가장 많았으며, 부여 20건, 대전 19건, 금산 · 보령 16건, 천안 · 청양 14건, 논산 13건 ,세종 12건, 서산 11건, 태안 9건순이었다. 공주 지역이 진단 의뢰 건수가 많은 것은 2017년과 2018년에 돌발해충인 붉은매미나방과 밤나무 주요해충인 복숭아명나방의 문의가 많았다.

진단방법별 건수는 전화 204건, 출장 19건, 방문 2건, 인터넷 12건이었다. 최근 들어 충남공립나무병원의 진단방법 중 핸드폰을 이용한 사진전송이 주요 수단으로 이용되고 있다.

〈표 5〉 2018년 지역별 나무병해충 진단 건수

구분	지역별 진단 건수(건)																		
	계	천안	공주	보령	아산	서산	논산	계룡	금산	부여	서천	청양	홍성	예산	태안	당진	대전	세종	기타
병해충	237	14	40	16	4	11	13	0	16	20	8	14	8	7	9	7	19	12	19

〈표 6〉 2018년 나무병해충 진단방법별 건수

구 분	진단 방법별 건수(건)				
	계	전화	출장	방문	인터넷
병해충	237	204	19	2	12

2002~2018년까지 연도별·지역별·진단 방법별 나무병해충 진단 건수는 〈표 7〉과 같다. 지난 17년간 나무병해충 진단 건수는 3,385건이었다. 지역별 진단 건수는 충남이 2,640건, 대전 535건, 기타(세종포함) 210건이었다. 2018년 진단 건수는 전화 〉 출장 〉 인터넷 〉 내방 순이었다.

〈표 7〉 연도별·지역별·방법별 나무병해충 진단 건수(2002~2018)

구분	진단방법별 건수(건)															
	계	충남					대전					기타(세종포함)				
		소계	전화	출장	내방	인터넷	소계	전화	출장	내방	인터넷	소계	전화	출장	내방	인터넷
계	3,385	2,640	2,069	369	122	80	535	436	46	36	17	210	147	7	8	48
2002	90	54	52	2			35	35				1	1			
2003	139	98	98				39	39				2	2			
2004	152	121	114	5	2		31	28	2	1						
2005	166	124	119	5			37	35	1	1		5	4		1	
2006	154	115	108	6	1		37	34	2	1		2	2			
2007	209	161	87	44	30		46	36	2	8		2	1		1	
2008	224	181	133	32	16		40	30	6	4		3	3			
2009	215	169	138	18	13		38	25	4	9		8	7		1	
2010	248	198	138	48	12		36	25	6	5		14	14			
2011	269	209	147	39	8	15	45	27	10	1	7	15	9			6
2012	227	179	105	31	18	25	26	14	8	3	1	22	11		1	10
2013	230	183	124	38	6	15	23	19	2		2	24	19			5
2014	204	168	119	31	9	9	23	20	1	1	1	13	7	2	1	3
2015	205	171	131	29	4	7	16	13		1	2	18	13			5
2016	196	137	113	18	1	5	29	26	1	0	2	30	20	1	1	8
2017	220	185	174	8	2	1	15	13		1	1	20	16	1		3
2018	237	187	169	15		3	19	17	1		1	31	18	3	2	8

2018년 월별·유형별 나무병해충 진단 건수는 〈표 8〉과 같다. 해충 97건, 생리적피해 50건, 병해 34건, 동해 17, 제초제 13건, 관리방법 9건, 가뭄·고온 4건, 활착불량 2건, 기타 11건으로 총 237건이었다. 월별 진단은 8월에 51건으로 가장 많았고, 7월에 41건, 6월에 34건, 5월에 31건, 4월에 22건순이었다.

〈표 8〉 2018년 월별·유형별 나무병해충 진단 건수

구 분	월별·유형별 상담 및 진단건수(건)												
	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계	237	3	4	10	22	31	34	41	51	15	14	7	5
해충	97	1	1	3	4	10	14	20	31	6	6	1	
병해	34	1	1	2		5	6	6	6	4	1	2	
동해	17	1	1	1	2	2	3	1	2	1			3
생리적피해	50			2	10	8	5	9	5	3	6	2	
관리방법	9		1	1	1	1	3		1		1		
제초제피해	13				3	4		2	2			1	1
활착불량	2			1	1								
가뭄,고온	4						2	1	1				
기타	11				1	1	1	2	3	1		1	1

연도별, 월별 나무병해충 상담 및 진단 건수(2002～2018)는 〈표 9〉와 같다. 17년간 월별로 진단한 건수의 분포는 6월〉 7월〉 5월〉 8월〉 4월 순이었다.

〈표 9〉 연도별·월별 나무병해충 상담 및 진단 건수(2002～2018)

구분	연도별·월별 진단건수(건)												
	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계	3,406	53	84	253	392	460	527	501	438	255	252	138	53
2002	90	3	0	7	13	19	13	16	19	0	0	0	0
2003	139	0	0	11	8	22	30	19	25	8	12	4	0
2004	152	0	1	13	13	17	32	19	18	15	15	7	2
2005	166	1	3	7	16	28	27	13	11	15	29	14	2
2006	154	0	11	9	16	25	21	25	17	15	13	2	0
2007	209	9	2	23	37	41	31	19	15	9	13	10	0
2008	224	0	1	19	43	26	27	35	24	20	19	8	2
2009	215	5	15	17	34	26	25	27	23	15	10	9	9
2010	248	5	8	14	21	27	51	26	30	26	21	14	5
2011	269	3	4	29	17	21	43	45	39	30	25	10	3
2012	227	5	7	25	31	34	28	26	38	12	15	5	1
2013	230	0	3	9	30	38	31	30	29	23	16	13	8
2014	204	6	9	16	26	21	24	28	25	13	15	19	2
2015	205	5	7	14	27	26	27	42	21	13	16	3	4
2016	196	6	6	16	25	33	24	23	23	13	11	7	9
2017	241	2	3	14	13	25	59	67	30	13	8	6	1
2018	237	3	4	10	22	31	34	41	51	15	14	7	5

(2) 주요 산림병해충 발생 전망

주요 산림병해충의 2018년 발생현황 및 2019년 발생 전망은 〈표 10〉과 같다. 전국적으로 문제시 되는 해충과 최근 또는 지속적으로 충남도 내에 발생되어 방제의 필요성이 있는 병해충을 대상으로 발생을 예측하였다.

〈표 10〉 2018년 주요 나무병해충 발생현황 및 2019년 발생전망(28종; 해충21, 병7)

○ 해충 : 28종

구 분	기존발생	2019년 발생전망
솔나방	○ 발생현황 - '12년 세종 금남 영곡 발생 - '13년 미발생(경미) - '14~'19년 미발생	○ '19년은 생태적으로 안정화 전망 ※ 1970년대 주 가해수종은 소나무였으나 '12년 발생 솔나방은 리기다, 잣나무를 주로 가해
솔껍질깍지벌레	○ 발생연혁 - '63년 전남 고흥 추정 - '90년 전북 고창 - '95년 경남 진해, 창원 - '00년 부산,전남,전북,경남 등 - '08년 충남 서천 발생 - '09~'10년 충남 보령·태안 - '12년 서천, 보령, 태안 - '13년 서천,보령,태안,당진(신규) - '14년 서천,보령,태안,당진 - '15~'18 서천,보령,태안,당진	○ '15년 태안 소원 모항, 이원면 내리 기발생지를 중심으로 크게 확산되었으나 나무주사 등으로 밀도는 낮아짐 ○ '16년 서산 삼길포, 당진 삽교천 해상공원 확산 ※ 2013년 전라북도 고창군에서 소나무 이동 당진 동부제강 주변 발생 ○ '19년은 태안 소원면, 이원면 지역에서 서산지역으로 확산예상 * 재선충병과 병행 예찰필요
솔잎혹파리	○ 도내 평균 피해율 (충영형성율, 천적기생율) - 2001년 : 10.7%, 12.7% - 2002년 : 3.2%, 18.0% - 2003년 : 8.7%, 20.6% - 2004년 : 7.7%, 18.6% - 2005년 : 10.1%, 27.3% - 2006년 : 10.8%, 22.0% - 2007년 : 10.1%, 23.2% - 2008년 : 10.5%, 20.4% - 2009년 : 10.3%, 17.3% - 2010년 : 12.7%, 19.2% - 2011년 : 11.8%, 17.5% - 2012년 : 9.1%, 17.9% - 2013년 : 10.9%, 18.9% - 2014년 : 12.7%, 20.0% - 2015년 : 8.9%, 17.8% - 2016년 : 6.8%, 18.3% - 2017년 : 8.4%, 3.7% - 2018년 : 4.3%, 22.4%	○ 솔잎혹파리 고정조사지 61개소에 대한 충영형성율 및 기생율은 안정화 단계임 ○ 최근 '15~'18년 충영형성율은 낮아지고 천적기생율은 높아지는 추세로 '19년 솔잎혹파리 발생율은 낮아질 것으로 전망 ※ 피해밀도는 월동시기 토양조건(온도, 강수량)에 따라 좌우되므로 국지적 피해율은 높게 나타날 가능성 있음

구 분	기존발생	2019년 발생전망
복숭아명나방	○ 2016년 성충발생 최성기 - 1화기 : 6월 중순 - 2화기 : 8월 중하순 - 3화기 : 9월 초중순 ○ 피해율 - '15년 : 조생11.1%, 중생14.9%, 만생11.7% - '16년 : 조생10.7%, 중생14.8%,만생16.4% - '17년 : 조생12.7%, 중생9.2%,만생9.2% - '18년 : 조생2.8%, 중생2.3%,만생5.4%	○'15~'17년은 충남지역 극심한 가뭄의 영향으로 병해충 피해율이 높았으나, '18년은 밤나무재배환경이 좋아져 피해율이 낮아짐. ○'19년은 평년기온과 비슷할 것으로 예상, 피해율은 평년 수준의 피해율을 보일 것으로 판단됨
밤바구미	○ 피해율 - '14년 : 10.4%, 중생29.4%, 만생49.5% - '15년 : 조생12.6%, 중생29.9%, 만생46.7% - '16년 : 조생21.0%, 중생61.5%, 만생57.7% - '17년 : 조생30.5%, 중생15.9%, 만생42.1% - '18년 : 조생2.9%, 중생10.2%,만생14.9%	○'16년을 기점으로 낮아지는 추세로 '19년도는 '18년과 비슷할 것으로 예상
밤송이진딧물	○ 발생현황 - '14~'17년 공주,부여,청양 발생밀도 높아짐 - '18년 발생밀도 낮아짐	○'19년 발생밀도가 낮아질 것으로 전망되나 방제를 하지 않는 밤나무와 진딧물에 약한 밤 품종 뜨레1호 등에 발생 예상
밤나무혹나방	- '18년 : 부여, 서천	○밤 재배원에 국지적으로 발생 "심"
꽃매미	○ 발생현황 - '08년 천안, 아산, 연기, 공주 - '09~'18년 전 시군 발생	○'09~'18년까지 발생밀도 계속 감소, 피해도 "경"으로 '19년도 도내 발생밀도가 낮을 것으로 전망
잣나무넓적잎벌	○ 발생현황 - '08년 공주 유구(2ha) 공주 사곡(1ha) - '09~'10년 공주 유구(2ha) 공주 사곡(1ha)	○'08년 피해도 "심" 발생 이후 지속적으로 방제를 실시하여, '09년 피해도 "중", '10년 "경"으로 '11~'18년 피해 없어 '19년 발생 가능성 낮음 * 강원도 일부 발생
소나무가루깍지벌레	○ 발생현황 - '03~'12년 태안, 서산, 논산, 홍성지역 산림지역 발생 - '15~'18년 큰 피해 없음	○'19년 산림지역에서 대발생할 가능성은 없으나 일부 조경수는 관리상태에 따라 피해수준의 발생 가능성 있음

구 분	기존발생	2019년 발생전망
미국흰불나방	○ 발생현황 - '07년, '08년 당진, 서산, 서천 등 서해안과 대전 지역의 버즘나무, 벚나무 등 활엽수에 발생 - '09년 당진, 서산, 서천, 대전 - '10년 논산, 당진, 서산, 서천 - '11~'15년 발생밀도 낮음 - '16~'18년 예산, 서산 등 서해안	○ '09~'10년 서해안과 논산지역의 가로수 벚나무, 버즘나무 등에 피해가 "심", '11~'15년에는 피해도가 낮았으나, '16~'18년에는 서해안 일대 국지적 피해 "심"하여 '19년에도 서해안을 중심으로 국지적으로 발생될 것으로 판단
아까시잎혹파리	○ 발생현황 - '02~'12년 전국적 발생 - '13~'18년 발생밀도 매우 낮음	○ 도내에 경미하게 발생될 것으로 전망
붉은매미나방	○ 발생현황 - '10~'11년 부여, 청양, 공주 등 "심" - '12년 발생 "경" - '13~'16년 미발생 - '17~'18년 공주,부여,청양등 발생	○ '10~'11년 부여, 청양, 공주 밤나무림에 대발생, '18년 공주, 부여, 청양, 서천 등 국지적으로 대발생하여 '19년에도 밤재배원에 국지적 피해 예상
미국선녀벌레	○ 발생현황 - '10~'18년 태안,서산,예산 등 전시군 감나무, 오갈피 등에 발생	○ '19년 도내 전 지역에 지속적으로 발생확산 될 것으로 판단
갈색날개매미충	○ 발생현황 - '10년 공주 신풍, 감나무, 두릅, 밤나무 0.3ha - '11~'18년 도내 공주, 청양, 부여 등 전 시군	○ '10~'17년까지 지속적으로 발생밀도가 높아져 농작물과 수목에 많은 피해를 주었으나 '18년부터 발생밀도가 줄어드는 추세로 '19년에도 발생밀도는 줄어들 것으로 예상되나, 미국선녀벌레와 함께 문제해충으로 지속은 될 것으로 전망
기타 돌발해충 (뒤흰가지나방 등)	○ 발생현황(금강자연휴양림) - '05~'07년 : "심" - '08년 : "중" - '09년 발생 경미 - '10~'18년 미발생	○ '05~'07년 뒤흰가지나방 등 돌발해충이 대발생, '08~'09년 피해도 "경", '10~'18년 미발생, '19년 미발생 될 것으로 추정
곱추재주나방	○ 발생현황 - '13년 예산 가야산국립공원 대발생 - '14년 "경" - '16~'18년 미발생	○ '19년 미 발생될 것으로 추정

구 분	기존발생	2019년 발생전망
두릅나무밤나방	○ 발생현황 - '13년 공주, 청양 등 두릅나무에 피해 "심" - '14~'18년 미발생	○ '19년 미 발생될 것으로 추정
산맴돌이거저리	○ 발생현황 - '13년 10월 청양 장평 중추리 표고 재배하우스에서 대 발생 - '14~'18년 미발생	○ '19년 일반 표고 재배하우스에서 발생될 가능성은 적음 - 표고자목 유입 때 관리를 어떻게 하느냐에 따라 발생 여부결정
백송애기잎말이나방	○ 발생현황 - '14~'18년 공주, 금산, 당진, 세종, 천안 등	○ 도내 백송, 잣나무, 소나무 등 가로수, 조경수에 발생하여 '19년에도 방제가 미흡한 장소에 발생가능성 높음
메타응애	○ 발생현황 - '13~'16년 부여,청양,대전 등 발생 - '18년 천안 등 일부 지역에서 발생 ※ 가뭄이 심할 때 많이 발생	○ 발생밀도가 낮아지는 추세로 '19년에도 발생밀도가 낮을 것으로 예상됨

○ 병 : 7종

구 분	기존발생	2019년 발생전망
소나무재선충병	○ 발생현황 - '88년 부산 최초발생 - '97년 전남 구례, 경남 함안 - '98년 경남 진주 - '99년 경남 통영 - '00년 울산, 경남 사천 - '01년 경남거제, 경북구미, 전남목포 - '04년 제주도 - '05년 경북 안동, 영천 등 - '06년 경기 광주	○ '12년 보령에 처음 발생, 올해 예산(3.7)에서 추가 발생되었고, 태안이 청정지역으로 회복(되어, 현재 15시군 중 9시군이 발생 ○ 도내 재선충병 분포는 전 시군에 고르게 분포되어 있어 모든 시군에 항시 발생할 가능성 상존(2019)

구 분	기존발생	2019년 발생전망
소나무재선충병	- '07년 강원,서울,경기,전북,경남 - '09년 충북 옥천, 단양 - '10년 전남 여수 - '11년 경기 포천·성남, 경북 의령·고령, 대구 달성 - '12년 보령 - '14년 태안 안면도 - '15년 서천, 천안, 논산 - '16년 금산, 세종 - '17년 홍성, 청양, 부여 - '18년 예산 등 9시군 * 태안 청정지역 회복('18. 6월)	
참나무시들음병	○ 발생현황 - '04년 경기 의정부, 가평, 광주 등 - '05년 서울 불암산, 수락산, 강원 화천, 춘천, 고성, 충북 월악산, 전북 무주 - '06년 부여 - '08년 보령, 천안 - '09년 보령, 부여 - '10년 보령, 부여 - '11년 금산 - '12~'18년 논산	○ '18년 기 발생된 천안, 부여, 보령, 금산, 논산 지역을 중심으로 확산 가능성 높음
벚나무빗자루병	○ 발생현황 - '06년부터 제주도 가로수에서 "심"하게 발생 문제시 됨 - '08년 공주 동학사에서 발견 (몇 년 전부터 확산된 것으로 추정) - '09~'12년 공주, 태안, 홍성 등 도내 전 지역 발생 - '13~'18년 기존 발생지역 감소	○ '10~'12년 적극 방제로 발생 경감, '19년에는 일부지역 위주로 경미하게 발생 예상 ※ 이른 봄 잎이 피기 전 가지 절단 제거 시 확산방지 가능

구 분	기존발생	2019년 발생전망
푸사리움가지마름병	○ 발생연혁 - '46년 미국 플로리다 - '96년 인천 - '99년 홍성 - '00～'18년 도내 전 시군 발생	○ 지속적으로 발생밀도는 낮아지는 추세로 '19년에도 발생밀도는 낮아질 것으로 판단 ○ 환경취약지(쓰레기매립장, 축사 등) 주변에서 발생될 것으로 전망
리지나뿌리썩음병	○ 발생연혁 - '81년 경주시 최초발생 - '87년 강릉시 병산동 - '01년 태안, 서천 - '02~'09년 강원, 충남 해안 - '12~'18년 미발생 ※ 국외발생 : 독일, 프랑스, 미국 네덜란드, 일본	○ '05~'06년 서해안 해수욕장 주변으로 확산, '07~'10년 발생면적이 감소, '11～'12년은 피해 "경", '13～'18년 미발생되어 '19년에도 미발생 전망
소나무류잎마름병	○ 발생현황 - '08~'12년 16개 시군 - '13~'17년 피해도 "경" - '18년 서해안 피해도 "심"	○ '09년 발생율이 높았다가 '10～'17년 다소 낮아졌으나, '18년 서해안 해송림, 소나무림을 중심으로 2년 잎에 피해 "심", '19년은 겨울철 기후에 따라 발생에 영향을 끼칠 것으로 예상
아까시잎황화현상	○ 발생현황 - '01년 경북 최초발생 - '03～'08년 당진, 서산, 태안 등 - '09～'12년 도내 전역 - '13～'18년 미발생	○ '09년 아까시 잎 황화현상이 심하게 나타났다가 '10년 다소 줄었고, '11～'12년 감소, '19년 미발생 전망

나. 실연사업(방제약제 선발시험)

(1) 밤나무왕진딧물 약제방제 효과시험

2017~2018년까지 연간 2지역 총 4개소의 밤재배원에 발생한 밤나무왕진딧물을 채집하여 약제 7종을 스프레이 살포 시험한 결과 〈표 1〉과 같다. 약충의 살충률은 machine oil EC 95% 20배가 98.55%, machine oil EC 95% 40배가 97.53%, machine oil EC 95% 100배가 98.39%, machine oil EC 95% 200배가 96.06%, Acetamiprid WP 8%가 98.76%, fenitrothion EC 40%가 90.51%, imidacloprid WP 10%가 96.15%, Control이 1.20%였다. 성충의 살충률은 machine oil EC 95% 20배가 80.39%, machine oil EC 95% 40배가 79.63%, machine oil EC 95% 100배가 72.15%, machine oil EC 95% 200배가 64.41%, Acetamiprid WP 8%가 97.93%, fenitrothion EC 40%가 93.49%, imidacloprid WP 10%가 95.20%, Control이 0.45%였다. 가장 살충률이 높은 약제는 Acetamiprid WP 8%였다.

약충의 살충률은 모든 약종에서 방제효과가 좋았고, 그 중에서 machine oil의 방제효과가 가장 우수하였고, 반면 성충의 살충률에서는 machine oil은 방제효과가 낮았고, 기타 3가지 약종 모두 우수하였으나 Acetamiprid WP 8%가 방제효과가 가장 우수하였다.

〈표 1〉 2017~2018년까지 연간 2지역 총 4개소의 밤재배원에 발생한 밤나무왕진딧물 약충·성충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	살충률(%)	
	약충	성충
machine oil EC 95% 20배	98.55	80.39
machine oil EC 95% 40배	97.53	79.63
machine oil EC 95% 100배	98.39	72.15
machine oil EC 95% 200배	96.06	64.41
Acetamiprid WP 8%	98.76	97.93
fenitrothion EC 40%	90.51	93.49
imidacloprid WP 10%	96.15	95.20
Control	1.20	0.45

2017년 청양군 비봉면 관산리 산10-1 밤재배원에 발생한 밤나무왕진딧물을 채집하고 살충제를 살포하여 조사한 살충률은 〈표 2〉, 〈표 3〉과 같다. 약충은 machine oil EC 95% 20배가 99.07%, machine oil EC 95% 40배가 99.39%, machine oil EC 95% 100배가 98.65%, machine oil EC 95% 200배가 97.11%, Acetamiprid WP 8%가 96.51%, fenitrothion EC 40%가 92.36%, imidacloprid WP 10%가 97.78%, Control이 1.10%였고, 성충은 machine oil EC 95% 20배가 95.35%, machine oil EC 95% 40배가 94.33%, machine oil EC 95% 100배가 88.46%, machine oil EC 95% 200배가 94.16%, Acetamiprid WP 8%가 95.48%, fenitrothion EC 40%가 84.88%, imidacloprid WP 10%가 90.00%, Control이 0.82%였다.

〈표 2〉 2017년 청양군 비봉면 관산리 산10-1 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 약충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	시험 수(마리)	살충 수(마리)	살충률(%)
machine oil EC 95% 20배	107	106	99.07
machine oil EC 95% 40배	165	164	99.39
machine oil EC 95% 100배	519	512	98.65
machine oil EC 95% 200배	553	537	97.11
Acetamiprid WP 8%	172	166	96.51
fenitrothion EC 40%	157	145	92.36
imidacloprid WP 10%	180	176	97.78
Control	181	2	1.10

〈표 3〉 2017년 청양군 비봉면 관산리 산10-1 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 성충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	시험 수(마리)	살충 수(마리)	살충률(%)
machine oil EC 95% 20배	215	205	95.35
machine oil EC 95% 40배	141	133	94.33
machine oil EC 95% 100배	468	414	88.46
machine oil EC 95% 200배	154	145	94.16
Acetamiprid WP 8%	354	338	95.48
fenitrothion EC 40%	371	352	84.88
imidacloprid WP 10%	290	261	90.00
Control	244	2	0.82

2017년 부여군 은산면 내지리 산 26-23 밤재배원에 발생한 밤나무왕진딧물을 채집하고 살충제를 살포하여 조사한 살충률은 〈표 4〉, 〈표 5〉와 같다. 약충은 machine oil EC 95% 20배가 100.00%, machine oil EC 95% 40배가 100.00%, machine oil EC 95% 100배가 100.00%, machine oil EC 95% 200배가 90.91%, Acetamiprid WP 8%가 100.00%, fenitrothion EC 40%가 88.10%, imidacloprid WP 10%가 98.62%, Control이 1.81%였고, 성충은 machine oil EC 95% 20배가 94.44%, machine oil EC 95% 40배가 94.74%, machine oil EC 95% 100배가 88.57%, machine oil EC 95% 200배가 86.89%, Acetamiprid WP 8%가 96.23%, fenitrothion EC 40%가 90.91%, imidacloprid WP 10%가 92.00%, Control이 0.00%였다.

〈표 4〉 2017년 부여군 은산면 내지리 산26-23 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 약충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	시험 수(마리)	살충 수(마리)	살충률(%)
machine oil EC 95% 20배	77	77	100.00
machine oil EC 95% 40배	57	57	100.00
machine oil EC 95% 100배	85	85	100.00
machine oil EC 95% 200배	55	50	90.91
Acetamiprid WP 8%	72	72	100.00
fenitrothion EC 40%	84	74	88.10
imidacloprid WP 10%	217	214	98.62
Control	166	3	1.81

〈표 5〉 2017년 부여군 은산면 내지리 산26-23 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 성충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	시험 수(마리)	살충 수(마리)	살충률(%)
machine oil EC 95% 20배	54	51	94.44
machine oil EC 95% 40배	38	36	94.74
machine oil EC 95% 100배	35	31	88.57
machine oil EC 95% 200배	61	53	86.89
Acetamiprid WP 8%	53	51	96.23
fenitrothion EC 40%	44	40	90.91
imidacloprid WP 10%	75	69	92.00
Control	117	0	0.00

2018년 세종시 장군면 송문리 산1-1 밤재배원에 발생한 밤나무왕진딧물을 채집하고 살충제를 살포하여 조사한 약충의 살충률은 〈표 6〉, 〈표 7〉과 같다. 약충은 machine oil EC 95% 20배가 95.14%, machine oil EC 95% 40배가 90.73%, machine oil EC 95% 100배가 96.99%, machine oil EC 95% 200배가 97.22%, Acetamiprid WP 8%가 100.00%, fenitrothion EC 40%가 89.11%, imidacloprid WP 10%가 95.03%, Control이 0.74%였고, 성충은 machine oil EC 95% 20배가 64.42%, machine oil EC 95% 40배가 62.65%, machine oil EC 95% 100배가 55.24%, machine oil EC 95% 200배가 36.60%, Acetamiprid WP 8%가 100.00%, fenitrothion EC 40%가 99.33%, imidacloprid WP 10%가 99.50%, Control이 0.47%였다.

〈표 6〉 2018년 세종특별자치시 장군면 송문리 산1-1 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 약충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	살충률(%)			
	1반복	2반복	3반복	평균
machine oil EC 95% 20배	95.81	97.21	92.39	95.14
machine oil EC 95% 40배	92.52	91.94	87.72	90.73
machine oil EC 95% 100배	97.02	95.41	98.53	96.99
machine oil EC 95% 200배	96.21	98.63	96.83	97.22
Acetamiprid WP 8%	100.00	100.00	100.00	100.00
fenitrothion EC 40%	88.12	93.52	85.69	89.11
imidacloprid WP 10%	98.47	93.79	92.82	95.03
Control	0.16	0.84	1.21	0.74

〈표 7〉 2018년 세종특별자치시 장군면 송문리 산1-1 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 성충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	살충률(%)			
	1반복	2반복	3반복	평균
machine oil EC 95% 20배	33.80	88.81	77.02	64.42
machine oil EC 95% 40배	69.77	68.55	34.67	62.65
machine oil EC 95% 100배	45.45	68.16	48.05	55.24
machine oil EC 95% 200배	97.65	45.36	7.33	36.60
Acetamiprid WP 8%	100.00	100.00	100.00	100.00
fenitrothion EC 40%	100.00	100.00	98.02	99.33
imidacloprid WP 10%	100.00	97.53	98.89	99.50
Control	0.73	0.20	0.49	0.47

2018년 공주시 석장리동 산 73 밤재배원에 발생한 밤나무왕진딧물을 채집하고 살충제를 살포하여 조사한 살충률은 〈표 8〉, 〈표 9〉와 같다. 약충은 machine oil EC 95% 20배가 100.00%, machine oil EC 95% 40배가 100.00%, machine oil EC 95% 100배가 97.92%, machine oil EC 95% 200배가 98.98%, Acetamiprid WP 8%가 98.51%, fenitrothion EC 40%가 92.45%, imidacloprid WP 10%가 93.18%, Control이 1.15%였다.

성충은 machine oil EC 95% 20배가 67.36%, machine oil EC 95% 40배가 66.81%, machine oil EC 95% 100배가 56.33%, machine oil EC 95% 200배가 39.97%, Acetamiprid WP 8%가 100.00%, fenitrothion EC 40%가 98.82%, imidacloprid WP 10%가 99.29%, Control이 0.50%였다.

〈표 8〉 2018년 공주시 석장리동 산73 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 약충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	살충률(%)			
	1반복	2반복	3반복	평균
machine oil EC 95% 20배	100.00	100.00	100.00	100.00
machine oil EC 95% 40배	100.00	100.00	100.00	100.00
machine oil EC 95% 100배	98.22	99.64	95.91	97.92
machine oil EC 95% 200배	99.32	99.77	97.86	98.98
Acetamiprid WP 8%	97.31	98.22	100.00	98.51
fenitrothion EC 40%	91.24	97.13	88.98	92.45
imidacloprid WP 10%	93.51	89.03	96.99	93.18
Control	0.88	0.94	1.62	1.15

〈표 9〉 2018년 공주시 석장리동 산73 밤재배원에 발생된 밤나무왕진딧물 성충에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 살충률(%)

시험약제	살충률(%)			
	1반복	2반복	3반복	평균
machine oil EC 95% 20배	50.76	74.14	77.18	67.36
machine oil EC 95% 40배	67.98	91.58	70.86	66.81
machine oil EC 95% 100배	59.23	58.81	50.95	56.33
machine oil EC 95% 200배	29.94	43.15	46.81	39.97
Acetamiprid WP 8%	100.00	100.00	100.00	100.00
fenitrothion EC 40%	99.65	100.00	96.82	98.82
imidacloprid WP 10%	99.33	99.72	98.83	99.29
Control	0.42	0.36	0.71	0.50

(나) 약해시험

작물보호제 7종을 2017, 2018년 4개 장소의 밤나무에 약해시험을 실시한 결과 〈표 10〉, 〈표 11〉, 〈표12〉, 〈표13〉과 같다. 모든 약종에서 외관상 약해가 관찰되지 않았다.

〈표 10〉 2017년 청양군 비봉면 관산리 산10-1 밤재배원 밤나무에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 약해

시험약제	시험작물	약해정도 (0~5)		비 고
		기 준 량	배 량	
machine oil EC 95% 20배	밤나무	0	0	약해없음
machine oil EC 95% 40배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 100배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 200배	〃	〃	〃	〃
Acetamiprid WP 8%	〃	〃	〃	〃
fenitrothion EC 40%	〃	〃	〃	〃
imidacloprid WP 10%	〃	〃	〃	〃
Control	〃	-	-	〃

〈표 11〉 2017년 부여군 은산면 내지리 산26-23 밤재배원 밤나무에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 약해

시험약제	시험작물	약해정도 (0~5)		비 고
		기 준 량	배 량	
machine oil EC 95% 20배	밤나무	0	0	약해없음
machine oil EC 95% 40배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 100배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 200배	〃	〃	〃	〃
Acetamiprid WP 8%	〃	〃	〃	〃
fenitrothion EC 40%	〃	〃	〃	〃
imidacloprid WP 10%	〃	〃	〃	〃
Control	〃	-	-	〃

〈표 12〉 2017년 세종특별자치시 장군면 송문리 산1-1 밤재배원 밤나무에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 약해

시험약제	시험작물	약해정도 (0~5)		비 고
		기 준 량	배 량	
machine oil EC 95% 20배	밤나무	0	0	약해없음
machine oil EC 95% 40배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 100배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 200배	〃	〃	〃	〃
Acetamiprid WP 8%	〃	〃	〃	〃
fenitrothion EC 40%	〃	〃	〃	〃
imidacloprid WP 10%	〃	〃	〃	〃
Control	〃	-	-	〃

〈표 13〉 2018년 공주시 석장리동 산73 밤재배원 밤나무에 7종의 약제로 스프레이 살포하고 조사한 약해

시험약제	시험작물	약해정도 (0~5)		비 고
		기 준 량	배 량	
machine oil EC 95% 20배	밤나무	0	0	약해없음
machine oil EC 95% 40배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 100배	〃	〃	〃	〃
machine oil EC 95% 200배	〃	〃	〃	〃
Acetamiprid WP 8%	〃	〃	〃	〃
fenitrothion EC 40%	〃	〃	〃	〃
imidacloprid WP 10%	〃	〃	〃	〃
Control	〃	-	-	〃

(2) 중국단풍흰가루병 방제약종 선발시험

(가) 약효

시중에서 판매되는 작물보호제 4종을 구입하고 2017년, 2018년 중국단풍나무에 발생한 흰가루병에 대하여 약제를 살포하고 방제 효과를 조사한 결과 〈표 1〉, 〈표 2〉와 같다. 2년간 중국단풍 흰가루병 방제시험 평균 방제가는 sulfur WG 80%가 63.14%, kresoxim-methyl SC 44.2%가 73.00%, polyoxin B WP 10%가 72.63%, sodium hypochlorite(NaClO) 20% etc.가 67.91%, Penthiopyrad SC 15%가 59.87%였다.

2017년 1년차에는 sulfur WG 80%의 방제가는 69.77%, kresoxim-methyl SC 44.2%가 73.89%, polyoxin B WP 10%가 71.15%, sodium hypochlorite(NaClO) 20% etc.가 67.91%였다. 2018년 2년차 방제가는 sulfur WG 80%가 56.51%, kresoxim-methyl SC 50%가 72.00%, polyoxin b 10%가 74.10%, Penthiopyrad SC 15%가 59.87%였다.

〈표 1〉 2017년 계룡시 신도안면 정장리 212 도로변 가로수 중국단풍에 발생한 흰가루병에 4종의 약제를 스프레이 살포하고 조사한 방제가(%)

시험약제	발병도(%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	Ⅰ반복	Ⅱ반복	Ⅲ반복	평 균		
sulfur WG 80%	6.4	5.8	18.4	10.20	b	69.77
kresoxim-methyl SC 44.2%	7.9	10.6	8.1	8.87	b	73.89
polyoxin B WP 10%	10.7	10.6	8.1	9.80	b	71.15
sodium hypochlorite(NaClO) 20% etc.	6.8	12.1	13.8	10.90	b	67.91
무처리	42.1	29.7	30.1	33.97	a	-

CV(%)----------(36.1)

〈표 2〉 2018년 계룡시 신도안면 정장리 212 도로변 가로수 중국단풍에 발생한 흰가루병에 4종의 약제를 스프레이 살포하고 조사한 방제가(%)

시험약제	발병도(%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	Ⅰ반복	Ⅱ반복	Ⅲ반복	평 균		
sulfur WG 80%	18.6	21.3	18.2	19.37	b	56.51
kresoxim-methyl SC 44.2%	11.2	11.0	15.2	12.47	b	72.00
polyoxin B WP 10%	11.0	9.8	13.8	11.53	b	74.10
Penthiopyrad SC 15%	14.9	20.2	18.5	17.87	b	59.87
무처리	51.3	32.7	49.6	44.53	a	-

CV(%)----------(25.7)

* WG(입상수화제), SC(액상수화제), WP(수화제)
* (상표) sulfur(쿠므러스), kresoxim-methyl(해비치), polyoxin B(포리옥신), Penthiopyrad(골드타임)

(나) 약해시험

작물보호제 4종을 2017, 2018년 중국단풍나무에 약해시험을 실시한 결과 〈표 3〉, 〈표 4〉와 같다. 모든 약종에서 외관상 약해가 관찰되지 않았다.

〈표 3〉 2017년 계룡시 신도안면 정장리 212 도로변 가로수 중국단풍에 약제를 스프레이 살포하고 조사한 약해

시험약제	시험작물	약해정도(0-5)		비 고
		기준량	배 량	
sulfur WG 80%	중국단풍	0	0	약해없음
kresoxim-methyl SC 44.2%	〃	〃	〃	〃
polyoxin B WP 10%	〃	〃	〃	〃
sodium hypochlorite(NaClO) 20% etc.	〃	〃	〃	〃
무처리	〃	〃	〃	〃

〈표 4〉 2018년 계룡시 신도안면 정장리 212 도로변 가로수 중국단풍에 약제를 스프레이 살포하고 조사한 약해

시험약제	시험작물	약해정도(0-5)		비 고
		기준량	배 량	
sulfur WG 80%	중국단풍	0	0	약해없음
kresoxim-methyl SC 44.2%	〃	〃	〃	〃
polyoxin B WP 10%	〃	〃	〃	〃
Penthiopyrad SC 15%	〃	〃	〃	〃
무처리	〃	〃	〃	〃

5. 적 요

○ 나무병해충 진단 건수는 237건이었다. 피해 유형별 진단건수는 해충 97건, 병해 34건, 동해 17건, 생리적피해 50건, 제초제 13건, 관리방법 9건, 기타 17건이었다. 진단 수종은 소나무가 76건, 밤나무가 63건으로 가장 많았고, 이들 두 수종의 진단 건수가 58.6%를 차지하였다. 병해충 진단 수종은 소나무, 밤나무, 느티나무, 곰솔(해송) 등 총 37종이었다.

○ 해충별 진단 건수는 24종 97건으로 복숭아명나방이 26건으로 가장 많았고, 공주, 부

여, 청양지역 밤 재배원에 돌발적으로 붉은매미나방이 2017년도에 이어 발생하여 피해를 주었다. 병해별 진단 건수는 11종 34건으로 가장 발생빈도가 높은 것은 그을음병과 소엽병이었다.

○ 기타 피해로는 생리적 피해 50건, 동해 17건, 제초제·약해가 13건, 관리방법이 9건, 가뭄·고온이 4건, 활착불량이 2건, 대기오염 등 기타 11건 이었다. 생리적 피해는 조경수에 피해가 많았고, 기후에 의한 피해는 서해안 바닷가를 중심으로 곰솔 등 소나무류에 2년 잎이 갈변하는 증상이 많았으며, 공주, 부여, 청양지역의 밤나무는 동해 피해가 많았다.

○ 지역별 진단 건수는 충남이 2,640건, 대전 535건, 기타(세종포함) 210건이었다. 2018년 진단 건수는 전화 〉 출장 〉 인터넷 〉 내방 순이었다. 시군별 진단 건수는 공주가 40건으로 가장 많았으며, 부여 20건, 대전 19건, 금산 · 보령 16건, 천안 · 청양 14건, 논산 13건 ,세종 12건, 서산 11건, 태안 9건순이었다.

○ 진단방법별 건수는 전화 204건, 출장 19건, 방문 2건, 인터넷 12건이었다.

○ 2018년 월별 나무병해충 진단 건수는 8월에 51건으로 가장 많았고, 7월에 41건, 6월에 34건, 5월에 31건, 4월에 22건순이었다. 17년간 월별로 진단한 건수의 분포는 6월〉 7월〉 5월〉 8월〉 4월 순이었다.

○ 2019년 주요해충의 발생전망으로 소나무재선충병은 기존 발생지인 보령, 청양, 부여 지역을 중심으로 확산 가능성이 크고, 기존 발생지나 최근 감염목이 적거나 발생되지 않고 있는 홍성, 예산, 논산 지역은 예비청정지역으로 될 가능성이 크다. 솔껍질깍지벌레는 피해가 심한 서해안(태안, 서천, 보령) 지역을 중심으로 지속적으로 발생될 것으로 판단되고, 솔잎혹파리는 국지적으로 발생되어 피해를 줄 수는 있으나 도평균 피해율은 낮게 나타나 생태적으로 안정화 단계가 지속될 것으로 본다. 그리고 밤나무해충은 국지적으로 돌발해충인 붉은매미나방이 발생될 것으로 보이며, 복숭아명나방과 밤바구미의 피해율은 2018년 수준으로 높지 않을 것으로 판단된다.

○ 밤나무왕진딧물 약충의 살충률은 machine oil EC 95% 20배가 98.55%, machine oil EC 95% 40배가 97.53%, machine oil EC 95% 100배가 98.39%, machine oil EC 95% 200배가 96.06%, Acetamiprid WP 8%가 98.76%, fenitrothion EC 40%가 90.51%, imidacloprid WP 10%가 96.15%, Control이 1.20%였다. 성충의 살충률은 machine oil EC 95% 20배가 80.39%, machine oil EC 95% 40배가 79.63%, machine oil EC 95% 100배가 72.15%, machine oil EC 95% 200배가 64.41%, Acetamiprid WP 8%가 97.93%,

fenitrothion EC 40%가 93.49%, imidacloprid WP 10%가 95.20%, Control이 0.45%였다. 가장 살충률이 높은 약제는 Acetamiprid WP 8%였다.

약충의 살충률은 모든 약종에서 방제효과가 좋았고, 그 중에서 machine oil의 방제효과 가장 우수하였고, 반면 성충의 살충률에서는 machine oil은 방제효과가 낮았고, 기타 3가지 약종 모두 우수하였으나 Acetamiprid WP 8%가 방제효과가 가장 우수하였다.

○ 작물보호제 7종으로 밤나무 약해시험을 실시한 결과 모든 약종에서 외관상 약해가 관찰되지 않았다.

○ 2년간 중국단풍 흰가루병 방제시험 평균 방제가는 sulfur WG 80%가 63.14%, kresoxim-methyl SC 44.2%가 73.00%, polyoxin B WP 10%가 72.63%, sodium hypochlorite(NaClO) 20% etc.가 67.91%, Penthiopyrad SC 15%가 59.87%였다.

○ 작물보호제 4종으로 중국단풍나무에 약해시험을 실시한 결과 모든 약종에서 외관상 약해가 관찰되지 않았다.

6. 참고문헌

○ 국립산림과학원. 2012. 산림병해충 기술교본. 158p.

○ 남상호외. 1998. 한국곤충생태도감. 고려대학교한국곤충연구소. 1~5pp.

○ 박세정, 이수민, 권현욱, 이호택, 김홍태. 2014. 고추 탄저병에 대한 보르도액의 방제효과. 18(3) : 168-174.

○ 백운하. 1972. 온실의 깍지벌레 조사연구. 11(1) : 1-4

○ 심선아, 장경수, 최용호, 김진철, 김홍태, 최경자. 2013. 탄저병(*Colletotrichum orbiculare*)에 대한 박과작물의 저항성. 31(3) : 371-379

○ 장석원 등. 2001. 단호박 흰가루병의 약제방제. *Res. Plant Dis.* 7(1):31~36pp.

○ 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록.

○ 함은혜, 이영수, 이준석, 박종균. 2013. 노지재배 오미자에서 식나무깍지벌레(*Pseudaulacaspis cockerelli*)와 볼록총채벌레(*Scirtothrips dorsalis*)의 생물적 방제를 위한 토착천적 *Chrysoperla nipponensis*와 지중해이리응애(Amblyseius swirskii)의 적용 효과. 7(2) : 142-146.

○ Cho, I.C., Lee, S.H., Cha, B.J. 1998. Effects of soluble silicon and several surfactants on the development of powdery mildew of cucumber. Korean J. of Environmental Agriculture 17.

○ McGrath, M.T. 1991. Evaluation of fungicides and effect of timing of bayleton applications on control of pumpkin powdery mildew, 1990. *Fungic. Nematicide Tests* 47:124p.

○ McGrath, M.T. 1996. Increased resistance to triadimefon and to benomyl in Sphaerotheca fuliginea populations follwing fungicide usage over one season. *Plant Dis.* 80: 633~639pp.

○ McGrath, M.T. and Staniszewska, H. 1994. Efficacy of fungicides applied preventively or following disease detection for managing powdery mildew of pumpkin, 1993. *Fungic. Nematicide Tests* 49:142p.

○ McGrath, M.T.2001. fungicide resistace in cucurbit powdery mildew:experience and challenges. Plant Dis. 85:236~245pp.

○ Jee, H.J. 2008. Manageent of pests by using egg yolk and cooking oil mixture in organic vegetables. Proceedings in Organic Agriculture in Asia. ISOFAR conf erence. Dankook University, Korea. 317~324 pp.

○ Jee, H.J., Shim, C.K., Ryu, K.Y. and Choi, D.H. 2005. Effects of cooking sils on control of powdery mildew of cucumber caused by *Sphaerotheca fuliginea. Plant Phytho. J.* 21:415p.

○ Jee, H.J., Shim, C.K., Ryu, K.Y., Lee, B.M., Park, J.H. and Choi, D.H.2006. Effects of air-circulation fan and egg-yolk and cooking oil mixture on production and control of powdery mildew of letuce in the greenhouse cultivation. *Plant Phytho. J.* 22: 188p.





06 특수임산물분야

산채재배 기술 및 가공기술 개발(자체)
조현선, 권치원, 유원호, 김연태, 김기호 –

항균식물자원의 발굴 및 활용기술개발(자체)
김연태, 김기호, 권치원 –

새로운 조경소재 발굴 및 증식법 개발(자체)
김연태, 조현선, 유원호, 김기호 –

산채재배 기술 및 가공기술 개발
(자체 '18 ~ 1년차)

【조현선, 권치원, 유원호, 김연태, 김기호】

1. 목 적

국민의 웰빙식품 선호현상에 부응하는 고품질 산채류의 재배기술을 개발하고 가공기술 개발로 고급 산채류의 생산량 증대 기술 개발을 통한 산채 산업 활성화에 기여

2. 본 연구와 관련된 기존사실

우리나라는 지형·지질·기후가 다양하여 온대지역 국가 중 상대적으로 식물종이 풍부한 나라이다. 국내 식물자원은 학자마다 다소 차이는 있지만 총 8,896종으로 그 중에서 자생식물이 8,458종이고 외래식물이 438종이다. 자생식물자원 8,458종 중에서 목본이 1,178종, 초본이 2,980종, 선태식물 등이 4,300종이다. 약용 및 식용작물은 2,104종으로 약용이 1,253종이고 식용이 851종으로 풍부한 식물종을 가지고 있다.

최근 국민들의 삶의 질이 향상되고 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 소비경향이 건강식품과 자연식품을 선호하는 쪽으로 변화하고 있다. 따라서 우리나라 산간 청정지역에서 자란 식용식물은 지역토질과 기후에 따라 독특한 향과 맛과 성분을 지니고 있어 산촌지역의 대표적인 소득원으로 부각되고 있어 FTA 등 대외 개방화 추세를 맞이하여 고품질의 청정 임산물 생산 확대를 통해 임업인의 경쟁력을 강화시킬 필요성이 대두되고 있다.

참취(*Aster scaber* Thunb.)는 대중적으로 잘 알려진 봄나물로 많은 사람들이 즐겨 먹고 있는 산채 중 하나이며 국화과에 속하는 다년생의 식물로 전국의 산지와 초생지에서 자라고 백운초, 백산국, 동풍, 나물채, 암취 및 나물취라고도 한다. 참취와 관련된 선행연구들을 살펴보면 항산화활성과 암세포 증식억제, 지방분화 억제 등이 있어 기능성이 높은 식재료로 인식되고 있다. 참취의 소비 형태를 보면 종래에는 주로 통조림 등으로 가공되거나 건조 한 후 나물의 원료로 이용되었으나 최근에는 생산 및 유통 기술의 개선과 소비자의 고품질 제품에 대한 선호 추세에 따라 blanching 된 상태의 유통 비율이 증가하고 있다. 그러나 blanching 처리는 제품을 연화시키거나, blanching 공정 중 색, 질감, 맛 및 향

의변화, vitamin C 등 수용성 영양성분의 파괴, 지용성 carotenoid의 산화 등의 문제와 같은 제품의 손실을 발생시킨다. 그러므로 고품질의 나물류를 동결채소 형태로 가공, 유통시키기 위해서는 blanching 중 발생하는 품질 변화에 대한 안정적인 유지 기술이 필요하다.

고려엉겅퀴(*Cirsium setidens*)는 곤드레라고도 불리며 국화과의 다년생 야생 초본으로서 한방에서는 지상부 또는 뿌리를 약용으로 이용해 왔으며, 지상부는 개화기에 수확하고 뿌리는 가을철에 채취하여 말려서 경혈, 지혈, 소종의 효능으로 토혈, 혈뇨, 대하, 간염 및 고혈압 등의 치료에 사용한다고 알려져 있다.

고려엉겅퀴는 식이섬유, 비타민 및 무기질이 함유되어 있으며 매월 5월에 채취하여 식용으로 이용된다. 연한 어린잎과 부드러운 줄기는 데쳐서 나물이나 국으로 이용하고 말려서 묵나물로 사용한다. 줄기는 껍질을 벗겨내어 튀김, 무침, 볶음, 데침 등으로 요리하며 특유의 향미가 있어 차로도 사용 한다. 또한 고려엉겅퀴를 이용하여 두부 제조, 떡 제조, 양조간장 개발, 건강음료 개발등이 시도된 바 있다. 따라서 점차 고려엉겅퀴의 수요량이 증가되어 고려엉겅퀴의 생육촉진 및 재배환경 개선에 대한 연구도 진행되고 있다.

최근 산채와 관련된 연구결과에 의하면 국화과에 속하는 *Cirsium* 속 식물은 이러한 항산화 성분인 페놀성 화합물을 포함하고 있고, *Cirsium* 속에 들어있는 silymarin은 간 보호작용, 알코올 유도 지질의 산화예방과 알코올성 간경화 보호 효과 등에 생리활성이 보고되고 있으며 항비만 효능도 보고되어 지고 있다. 그러나 데치기 처리는 제품을 연화시키거나, 데치기 공정 중 색, 질감, 맛 및 향의변화, vitamin C 등 수용성 영양성분의 파괴, 지용성 carotenoid의 산화 등의 문제와 같은 제품의 손실을 발생시킨다. 그러므로 고품질의 나물류를 동결채소 형태로 가공, 유통시키기 위해서는 데치기 중 발생하는 품질 변화에 대한 안정적인 유지 기술이 필요하다.

본 연구는 소비자의 웰빙 트렌드에 부응하기 위하여 산채 생산량 증식법과 적정 재배법을 규명함은 물론 고부가가치 창출을 위한 가공기술을 개발하여 소비를 다양화하는데 그 목적이 있다.

3. 수행방법

가. 취나물 비배(추비) 시험

2018년 9월 18일부터 9월 20일 까지 연구소 내 산채 시험 비닐하우스에서 시험구별 비료와 물을 혼합하여 1,000배액으로 제조하여 3일간 3회에 걸쳐 시비하여 하였으며, 10월 29일 처리구 별로 생산량을 조사하였다.

〈표 1〉 취나물 비배시험 처리 내역

(단위 : g)

시험구	질산(N)	칼륨(K)
무처리(대조구)	-	-
1처리	3.5	3
2처리	7	6
3처리	14	12



그림 1. 시험 비닐하우스 생산량 조사

나. 산채 가공 관련 특허 및 시제품 조사

특허청 특허정보넷(키프리스) 자료를 바탕으로 특허제품에 대한 조사와 제조에 따른 배합비를 조사하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 취나물 비배(추비) 시험

〈표 2〉 취나물 시험구별 ㎡ 당 생산량

시험구	생산량(g)
무처리(대조구)	205
1처리	210
2처리	205
3처리	220

표에서와 같이 추가시비에 따른 생산량은 3처리에서 가장 높게(220g), 무처리와 2처리에서 가장 낮게 측정되었으며, 비배효과에 대한 유의성은 나타나지 않았다. 이는 9월 하순부터 기온이 하락으로 인해 취나물 생장이 정상적인 생육이 불가능했기 때문에 발생한 결과로 추측된다.

※ 9월 하순(15~19℃), 10월(8℃~17℃)

나. 산채 가공 관련 특허 및 시제품 조사

1) 곤드레 및 취나물 관련 제품 특허 현황

〈표 3〉 곤드레 이용 제품 특허 현황

번호	특허명(곤드레)	출원연도	출원인
1	곤드레 칩 제조방법(Method for making cirsium setidens chips)	2014.11.07	농업회사법인 지원푸드 주식회사
2	곤드레 국수의 제조 방법 및 곤드레 국수 (Manufacturing method of Cirsium setidens noodle and Cirsium setidens noodle)	2015.01.30	문병수
3	곤드레 식빵 제조방법(Preparation method of Cirsium setidens bread)	2016.01.22	홍종흔
4	곤드레 나물이 함유된 떡의 제조방법(Preparation Method of Rice Cake Comprising Cirsium setidens namul)	2013.06.24	안연옥
5	곤드레를 함유한 두부 제조방법(PROCESS FOR PREPARING THEREOF OF A BEAN-CURD WHICHCONTAINS CIRSIUM SETIDENS)	2010.03.29	송상민

번호	특허명(곤드레)	출원연도	출원인
6	곤드레 나물 즙을 사용한 곤드레 나물밥의 제조 방법(The preparation of boiled Gondre herb Rice with extracting its juice)	2010.07.14	박대룡
7	곤드레막국수(omitted)	2013.07.30	김길남
8	곤드레 나물을 함유한 연잎 찹쌀밥의 제조방법 (Preparation Method of Glutinous Rice of Lotus Leaf Comprising Cirsium setidens namul)	2013.06.24	안연옥
9	산채 현미찐빵의 제조방법(Manufacturing method steamed bread using brown rice and wild edible greens)	2009.02.18	강원대학교산학 협력단 (주)덕천푸드
10	산채류 추출물이 포함된 두부 제조 방법(Preparation method of soybean curd with wild edible greens)	2016.03.21	강원도 양양군
11	나물을 포함하는 무균포장 즉석밥의 제조방법 (A method for manufacturing cooked rice in aseptic packing system having vegetables)	2014.03.10	호서대학교 산학협력단
12	산채 감자떡 및 그 제조방법(Wild vegetables potato cake and manufacturing method thereof)	2014.03.07	농업회사법인 태백산채떡(주)
13	산나물이 함유된 떡갈비 스테이크(TTEOKGALBI STEAK CONTAINING WILD PLANT)	2014.12.05	윤우석 주형동
14	나물죽 제조방법(Herbs Gruel Cooking Method)	2015.02.17	최복이
15	산채 김의 제조방법 및 상기 방법에 의하여 제조된 산채 김(Method of Preparing Wild Vegetable Sheet and Wild Vegetable Sheet Prepared Thereby)	2014.02.07	김한나

〈표 4〉 참취를 이용 제품 특허 현황

번호	특허명(참취)	출원연도	출원인
1	참취 피클의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 참취 피클(Method for producing Aster scaber pickle and Aster scaber pickle produced by same method)	2012.10.31	주식회사 디저트키친
2	참취 백김치의 제조방법(Preparation Method for Chamchi-White Kimchi Using Korean Cabbage & Aster scaber)	2007.03.15	김명선
3	참취 간장 소스의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 참취 간장 소스(Method for producing Aster scaber soy sauce and Aster scabersoy sauce produced by same method)	2012.10.31	주식회사 디저트키친

번호	특허명(참취)	출원연도	출원인
4	참취와 백운배 추출물을 함유하는 음료 조성물 (Compostion for beverage comprising extract of Aster scaber and Pear c.v.'Baekwoon')	2011.09.30	광양시
5	참취를 함유하는 건강보조식품의 제조방법(PRODUCING METHOD OF HEALTH SUPPLEMENT FOOD CONTAINING ASTER SCABER)	2013.05.14	박종언
6	참취 통배추 김치의 제조방법(Manufacturing method for Chamchi-Kimchi Using Korean Cabbage & Aster scaber)	2007.02.28	김명선
7	산채추출물을 함유하는 산채음료, 산채음료의 제조방법 및 산채추출물을 분말화한 것을 유효성분으로 함유하는 타블렛의 제조방법(Wild Vegetable drink and Manufacturing Method for Thereof and Manufacturing Method for Tablet with Wild	2001.02.15	한국식품 연구원
8	일품식 산나물 주먹밥의 제조방법(METHOD FOR PREPARING RICE BALL CONTAINING	2003.12.19	이상수
9	산채전 제조방법(Manufacturing methods of Sanchae-jeon)	2012.05.08	정읍시
10	효소 약초 기능성 장아찌의 제조방법(Manufacturing method of medicinalnt jangajji with function using enzyme)	2012.01.19	최주철
11	효소 약초 저염 장아찌의 제조방법(Manufacturing method of medicinal plant jangajji with low-salt using enzyme)	2010.11.18	최주철
12	산채 청국장 제조방법(A method for making fermented soybeans containing mountain herbs)	2009.03.30	양우직
13	산채가 함유된 된장의 제조방법(MANUFACTURE METHOD OF SOYBEAN PASTE HAVING WILD EDIBLEGREENS)	2005.07.21	양우직
14	취나물을 이용한 장아찌 및 제조방법(The culinary vegetables salty food manufacture methodand the food)	2005.08.12	이정숙

2) 곤드레 및 취나물 관련 특허제품 배합비

〈표 5〉 특허별 배합비

특허명	원료 순서	원료 이름	비율
곤드레칩제조방법(Methodformakingcirsiumsetidenschips)	1	생곤드레	1kg
	2	설탕	10~15%
	3	천일염	3.6~5.3%
	4	구연산	0.3~0.5%
	5	L-시스테인	0.1~0.2%
	6	물	80~86%
곤드레를 함유한 두부 제조방법(PROCESS FOR PREPARING THEREOF OF A BEAN-CURD WHICHCONTAINS CIRSIUM SETIDENS)	1	두유	18%
	2	염화칼륨	0.5~1%
	3	물	
	4	청초	
	5	곤드레가루	0.1-1%
산채류 추출물이 포함된 두부 제조 방법 (Preparation method of soybean curd with wild edible greens)	1	콩	130g
	2	해양심층수	80g
	3	산채류 추출물	15~20g
	4	시금치 즙	15g
	5	프레타놀-에이 식용 에탄올	50%
산채 김의 제조방법 및 상기 방법에 의하여 제조된 산채 김(Method of Preparing Wild Vegetable Sheet and Wild Vegetable Sheet Prepared Thereby)	1	김 원초	
	2	산채류	
	3	식염수	
	4	중탄산나트륨	
참취 피클의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 참취 피클(Method for producing Aster scaber pickle and Aster scaber pickle produced by same method)	1	참취	1000g
	2	물	800g
	3	식초	600g
	4	설탕	190g
	5	소금	30g
	6	간장	40g
	7	고추	20g
	8	정향	1g
	9	통후추	1g
	10	월계수 잎	1g
	11	피클링 스파이스	1g
	12	통계피	6g
	13	생강	10g

특허명	원료 순서	원료 이름	비율
참취 백김치의 제조방법(Preparation Method for Chamchi-White Kimchi Using Korean Cabbage & Aster scaber)	1	배추	64~67%
	2	참취	6~7%
	3	무채	6~7%
	4	새우젓	0.5~0.7%
	5	생강채	0.5~0.7%
	6	배채	1.2~1.5%
	7	사과즙	1.2~1.5%
	8	배즙	1.2~1.5%
	9	마늘채	0.5~0.7%
	10	밤채	0.5~0.8%
	11	인공감미료	0.06~0.08
	12	소금	0.4~0.6%
	13	대추채	0.5~0.8%
참취 간장 소스의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 참취 간장 소스(Method for producing Aster scaber soy sauce and Aster scabersoy sauce produced by same method)	1	간장	50%
	2	참취	10%
	3	설탕	8%
	4	양파	3%
	5	사과	5%
	6	배	5%
	7	생강	3%
	8	통후추	0.50%
	9	다시마	1.50%
	10	물	14%
참취를 함유하는 건강보조식품의 제조방법 (PRODUCING METHOD OF HEALTH SUPPLEMENT FOOD CONTAINING ASTER SCABER)	1	참취	65~75%
	2	산마	10~15%
	3	삽주	6~8%
	4	개다래	6~8%
	5	다시마	2~4%
	6	조청	
	7	계피가루	

특허명	원료 순서	원료 이름	비율
참취 통배추 김치의 제조방법(Manufacturing method for Chamchi-Kimchi Using Korean Cabbage & Aster scaber)	1	배추	64~69%
	2	참취	6~8%
	3	고춧가루	2.8~3.1%
	4	다시마물	5~6%
	5	무채	6.5~7.5%
	6	무즙	3~4%
	7	새우젓	2.5~2.7%
	8	까나리 액젓	0.7~1%
	9	사과즙	1.6~1.8%
	10	배즙	4~6%
	11	깨	0.2~0.3%
	12	소금	0.06~0.08%
	13	마늘	1~1.3%
	14	생강	0.5~0.7%
	15	인공감미료 아스파탐	0.02~0.04%
산채추출물을 함유하는 산채음료, 산채음료의 제조방법 및 산채추출물을 분말화한 것을 유효성분으로 함유하는 타블렛의 제조방법(Wild Vegetable drink and Manufacturing Method for Thereof and Manufacturing Method for Tablet with Wild Vegetable Extract Powder)	1	산채추출물	0.3~0.5%
	2	정제수	80~90%
	3	황기추출물	0.2~0.5%
	4	대추추출물	0.1~0.5%
	5	계피추출물	0.01~0.05%
	6	설탕:고과당	5~12%
	7	구연산	0.05~0.2%
산채가 함유된 된장의 제조방법 (MANUFACTURE METHOD OF SOYBEAN PASTE HAVING WILD EDIBLEGREENS)	1	된장	
	2	산채 즙	20~50%
	3	천일염	3~5%
	4	식초	0.7~1%

5. 참고문헌

1. Jeon SM, Lee JY, Kim HW, Lee YM, Jang HH, Hwang KA, Kim HR, Park DS. 2012. Antioxidant activity of extracts and fractions from Aster scaber. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 41(9):1197-1204,
2. Woo HI. 2012 Antioxidant and cell cytophysiological activity of Aster scaber Fractions. Master' degree hesis, Hanyang University, pp 1-8,
3. Kim HK, Kwon YJ, Kim YE, Bae Nahmgung B. 2004. Changes of total polyphenol content and antioxidant activity of Aster scaber Thunb. extracts with different microwave assisted extraction conditions. Korean J. Food Preserv., 11(1):88-93
4. Choi JH, Park YH, Lee IS, Lee SP, Yu MH. 2013. Antioxidant activity and inhibitory effect of Aster scaber Thunb. extract on adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. Korean J. Food Sci. Technol., 45(3):356-363,
5. Lee KH. 2009. In vivo function of Aster scaber seed in the regulation of lipid metabolism. Master' degree thesis, Kangwon University, pp 1-6
6. Lee, C.H. and Park, S.H. (1982) Studies on the texture describing terms of Korea. Korean J. Food Sci. Technol., 14, 28-34
7. Jung JY, Lim JH, Jeong EH, Kim BS, Jeong MC. 2007. Effect of blanching conditions and salt concentrations on the quality properties of Aster scaber. Korean J Food Preserv 14: 584-590.
8. I. J. Kang, S. S. Ham, C. K. Chung, S. Y. Lee, D. H. Oh, K. P. Choi, J. J. Do, Development of fermented soysauce using Cirsium setidens Nakai and comfrey, J Korean Soc Food Sci Nutr, 26, 1152-1158(1997).
9. S. Y. Chang, J. H. Song, Y. S. Kwak, M. J. Han, Quality characteristics of Gondre tofu by the level of Cirsium setidens powder and storage, Korean J Food Culture, 27, 737-742(2012).
10. J. T. Suh, S. Y. Ryu, W. B. Kim, K. S. Choi, B. H. Kim, Improvement of gemination rate by low temperature and development of effective shading cultivation of Cirsium setidens under rain shelter in highland, Korean J Plant Res, 9, 151-156(1996).
11. S. H. Lee, Y. S. Jin, S. I. Heo, T. H. Shim, J. H. Sa, D. S. Choi, M. H. Wang, Composition analysis and antioxidative activity from different organs of Cirsium setidens Nakai, Korean J Food Sci Technol, 38, 571-576(2006).
12. H. E. Im, H. K. Yoe, S. Y. Chang, M. J. Han, Quality characteristics of Gondregaedduck by the level of Cirsium setidens and storage, Korean J Food Culture, 27, 400-406(2012).

13. S. S. Ham, S. Y. Lee, D. H. Oh, S. H. Kim, J. K. Hong, Development of beverages drinks using mountain edible herbs, J Korean Soc Food Sci Nutr, 26, 92-97(1997).
14. M. J. Park, J. K. Choi, M. Kakishima, H. D. Shin, First report of rust disease caused by Puccinia nishidana on Cirsium setidens, Plant Pathol J, 27, 297(2011).
15. K. C. Lee, H. S. Noh, J. W. Kim, S. S. .Han, Physiological responses of Cirsium setidens and pleurospermum camtschaticum under different shading treatments, J Bio-Env Con, 21, 153-161(2012).
16. N. Morita, M. Shimizu, M. Arisawa, Two new flavone glycosides from Cirsium lineare, Phytochemistry, 12, 421-423(1973).
17. H. M. Rauen, H. Schriewer, The antihepatotoxic effect of silymarin on liver damage in rats induced by carbon tetrachloride, d-galactosamine and allyl alcohol, Arzneimittelforschung, 21, 1194-1201(1971).
18. M. Mourelle, P. Muriel, L. Favari, T. Franco, Prevention of CCl4-induced cirrhosis by silymarin, Fundam Clin Pharmacol, 3, 183-191(1989).
19. M. Ingelman-Sundberg, I. Johansson, K. E. Penttilä, H. Glaumann, K. O. Lindros, Centrilobular expression of ethanol-inducible cytochrome P450 (IIE1) in rat liver, Biochem Biophys Res Commun, 157, 55-60(1988).
20. P. Ferenci, B. Dragosics, H. Dittrich, H. Frank, L. Benda, H. Lochs, S. Meryn, W. Base, B. Schneider, Randomized controlled trial of silymarin treatment in patients with cirrhosis of the liver, J Hepatol, 9, 105-113(1989).
21. S. H. Lee, Y. S. Jin, S. I. Heo, T. H. Shim, J. H. Sa, D. S. Choi, M. H. Wang, Composition analysis and antioxidative activity from different organs of Cirsium setidens Nakai, Korean J Food Sci Technol, 38, 571-576(2006).
22. J. Surh, J. O. Kim, M. H. Kim, J. C. Lee, B. Y. Lee, M. Y. Kim, H. W. Yang, S. Yun, H. R. Jeong, Nutritional properties, as food resources for menu development, of cubed snailfish, shaggy sea raven, and two kinds of wild vegetables that are staple products in Samcheok, Korean J Food Cookery Sci, 25, 690-702(2009).
23. W. B. Lee, H. C. Kwon, O. R. Cho, K. C. Lee, S. U. Choi, N. I. Baek, K. R. Lee, Phytochemical constituens of Cirsium setidens Nakai and their cytotoxicity against human cancer cell lines, Arch Pharm Res, 25, 628-635(2002).
24. Y. M. Yoo, J. H. Nam, M. Y. Kim, J. Choi, H. J. Park, Pectolinarin and pectolinarigenin of Crisium setidens prevent the hepatic injury in rats caused by D-galactosamine via an antioxidant mechanism, Biol Pharm Bull, 31, 760-764(2008).

25. W. B. Lee, H. C. Kwon, O. R. Cho, K. C. KC, S. U. Choi, N. I. BaekI, K. R. Lee, Phytochemical constituents of Crisium setidens Nakai and their cytotoxicity against human cancer cell lines, Arch Pharm Res, 25, 628-635(2002).
26. M. J. Ahn, S. J. Hur, E. H. Kim, S. H. Lee, J. S. Shin, M. K. Kim, J. A. Uchizono, W. K. Whang, D. S. Kim, Scopoletin from Cirsium setidens increases melanin synthesis via CREB phosphorylation in B16F10 cells, Korean J Physiol Pharmacol, 18, 307-311(2014).
27. Y. J. Lee, D. B. Kim, J. S. Lee, J. H. Cho, B. K. Kim, H. S. Choi, B. Y. Lee, O. H. Lee, Antioxidant activity and anti-adipogenic effects of wild herbs mainly cultivated in Korea, Molecules, 18, 12937-12950(2013).
28. J. W. Jeong, S. W. Jeong, K. J. Park, Changes in internal pressure of frozen fruits by freezing methods, Korean J Food Preserv, 10., 459-465(2003).

항균식물자원의 발굴 및 활용기술개발

(자체 '16 ~ 3년차)

【 김연태, 김기호, 권치원】

1. 목 적

○ 국내 자생식물자원 중 항균효과가 있는 식물을 발굴하고 이를 인체에 안전한 천연방부제로 개발하여 산림자원을 부가가치 창출

2. 연구의 필요성 및 선행연구

가. 연구의 필요성

○ 물질의 부패를 막는 약제 즉, 동식물성 유기물이 미생물의 작용에 의해 부패하는 것을 막는 것이 방부이고, 보존을 목적으로 방부하기 위해 첨가하는 약제가 방부제임

○ 방부제는 화장품, 의약품, 생활용품, 식품 등 다양한 제품군의 품질을 장기간 유지하기 위해 필수적이며, 특히 화장품의 경우에는 유통기간이 비교적 길고 기름이나 물이 주성분으로 구성되어 미생물의 탄소원이 되는 글리세린이나 솔비톨 등과, 질소원이 되는 아미노산 유도체, 단백질 등으로 조성되어 있어 더욱 필수적임. 따라서 인체에 해가 되지 않아야 하고, 방부제 첨가로 인해 제품의 품질을 손상시키지 않아야 함

○ 그러나 화장품, 의약품에 범용적으로 사용되는 화학적 방부제인 파라벤(파라옥시안식향산 에스텔)류는 피부 알레르기(Conti, A. et al., 1997)와 내성균 유발 및 환경호르몬으로서의 작용 가능성(Routledge, E. J. et al., 1998) 등의 문제점을 불러일으킴

○ 또한, 파라벤은 화장품뿐만 아니라 잼이나 간장, 소스 등 식품 방부제로도 널리 쓰였는데, 안전성 문제가 꾸준히 제기되자, 식약청이 부적합 판정을 내려 식품 내 첨가를 금지한 품목이며, 파라벤 다음으로 많이 사용되는 방부제인 이미다졸리 디닐유레아는 파라벤류와 혼합되어 사용되기도 함

○ 미국 피부과학회지에 발표된 연구결과에 따르면, 이미다졸리 디닐유레아는 호흡기나 피부를 자극하여 염증을 발생시키고, 심장 맥박수를 증가시켜 심계항진을 유발하고, 접촉성 피부염의 원인이 된다고 하며, 이 때문에 일본에서는 사용이 금지되었고, 유럽에서는 사용을 자제할 것을 권고하고 있음

○ 천연물 유래의 항균성 물질로서 페놀릭(phenolic), 폴리페놀(polyphenol), 퀴닌(quinine), 플라본(flavone), 플라보노이드(flavonoid), 플라보놀(flavonol), 탄닌(tannin), 쿠마린(coumarin), 테르페노이드(terpenoid), 알카노이드(alkaloid), 레세틴(lectin), 폴리펩타이드(polypeptide) 등이 보고되었으며, 상기 천연물 유래 항균성 물질의 항균력에 대한 작용 기작이 모두 밝혀지지는 않았지만, 테르페노이드와 페놀릭은 미생물의 세포막을 파괴하는 기작을 통해 항균작용을 지닌다고 보고되었고, 페놀과 플라보노이드는 미생물의 대사작용에 필수적인 물질에 결합함으로써 미생물의 성장을 억제한다고 알려져 있음

○ 그러나 보고된 천연 항균성 물질의 대부분은 색취, 제품 안정성 저하, 좁은 항균 스펙트럼, 제형 상의 문제점 등으로 인하여 상용화되지 못하고 있으며, 편백 추출물인 히노키티올(hinokitiol), 황금 추출물인 바이칼린(baicalin), 자몽 종자 추출물인 DF-100 등 극히 일부만이 상용화되고 있음

○ 그 외 다른 천연항균제 등은 경제성이 낮거나 좁은 항균 스펙트럼 또는 물성에 의해 사용 범위가 제한되는 등의 문제가 있어, 보다 진보되고 안전성과 경제성이 우수한 천연 항균물질 개발이 필요한 실정임.

○ 또한, 2017년부터 발효된 나고야 의정서에 따라 생물(동식물, 미생물 포함)유전자원을 이용하는 나라는 유전자원의 제공 국가에 미리 통보해 승인을 받아야 하고, 해당 유전자원으로 얻은 이익은 상호 합의된 조건에 따라 배분해야 하는 등, 천연유전자원에 대한 중요성이 높아지고 있음

○ 따라서 국내 자생식물의 유전자원을 연구하여 인체에 자극적이지 않은 천연 항균물질의 필요성이 높아지고 있으며, 유전자원의 발굴을 통해 국내 자생식물의 가치를 높이고, 농업 및 임업의 새로운 부가가치를 창출할 수 있음

나. 연구성과

○ 2014년 선정된 식물의 혼합조성물(식물추출물30%+ 다가알코올70%)을 2%포함한 로션의 Challenge test 결과 세균과 진균이 3일만에 사멸했으나, 다가알코올의 조합에 따라 세균, 진균의 사멸일수가 달라졌고, 세균과 진균이 3일안에 사멸하는 조합물의 경우 방부효과는 우수했지만 식물추출물 자체의 방부력이 미흡하였음

○ 이에 2015년에는 항균력이 우수하여 식물추출물 만으로 세균, 진균을 사멸시키는

식물을 발굴하는 것에 중점을 두고 실험을 진행하였고 또한 기존 실험은 플라보노이드류 등 유효성분이 많으면 방부력이 높다는 전제하에 유효성분 분석으로 후보식물을 선정하였으나, 실제 방부력 시험 결과 유효성분과 방부력과의 연계성이 보이지 않아 실험 순서를 변경하였음

○ 기존의 방부력 시험 결과를 중심으로 방부력이 높을 것으로 예상되는 식물의 challenge test를 우선 시행하고, 시험 결과 항균력이 높은 식물 3종을 유효성분 분석 및 항산화 실험을 진행하였고, 이같은 실험순서 변경은 항균 식물탐색기간을 단축시키는 결과를 가져다 주었음

○ 2016년에는 2015년 실험에서 방부력이 높은 것으로 나타난 BR을 중심으로 BR의 성분중 방부력에 영향을 끼치는 물질을 중심으로 연구를 진행하였고, BR 추출물을 포함하는 천연방부제 개발 및 특허를 취득하여 화장품 원료생산업체에 기술이전하는 성과를 거둠

○ 선행 연구를 통하여 항균력이 있는 것으로 나타난 BR을 산업 활용성을 위해 BR의 효율적인 항균성분 추출방법에 대한 연구를 진행하였음.

3. 연구 내용 및 결과

가. 식품 및 생활용품 등에 적용 가능한 항균식물 발굴

1) 실험의 개요

○ 국내 자생하는 유전자원 중 항균성분을 함유한 식물을 발굴하여, 이를 활용할 수 있는 방안을 연구함

○ 과거 문헌자료 및 항균성분을 지니고 있을 가능성이 큰 식물을 선별하여 항균력 실험을 통해 자료를 수집

○ 다양한 항균성분에 대한 자료화 및 산업과의 연계성 확보

2) 실험방법 (5종 선정)

① 시료성분 추출(전처리)

○ 건조된 시료를 분쇄기를 이용하여 파쇄함

○ 파쇄한 시료 각각을 30g씩 삼각플라스크에 담음

○ 시료가 담긴 삼각플라스크에 60% 에탄올을 210ml첨가함

○ 시료가 들어 있는 삼각플라스크를 50℃, 오븐에서 7일 동안 하루 2회씩 저어주며 추출

○ 각각의 삼각플라스크에 들어있는 시료를 110mm ø Filter paper 를 사용하여 여과함

② 항균시험

○ 세균용 배지(SAD)와 진균용 배지(TSA)를 각각 준비하여 Aotoclaave를 이용하여 120℃/15분 고압멸균 처리함

○ 준비된 배지액을 60 ~70℃로 냉각한 후 Petri dish에 각각 20㎖씩 분주함

○ 고체화된 배지에 각 균을 10배씩 희석하여 1㎖씩 첨가하여 넓게 접종시킴

○ 검사용diskpaper에 시료용액을 7 ~ 8㎕씩 첨가한 후 접종된 배지에 간격을 맞추어 배열함

○ 오염되지 않게 실링한 후 적정조건에서 배양

〈표 1〉 실험에 사용된 균주

구 분	사용균주명	비고
세 균	*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC9027)	
	Escherichia coli (ATCC8739)	
	Staphylococcus aureus(ATCC6538)	
진 균	*Candia albicans* (ATCC 10231)	
	Aspergillus Niger (ATCC 16404)	

3) 실험결과

① MIC실험결과

○ 선정된 5종 식물과 BR포함한 총 6종 식물의 항균력실험(MIC테스트)을 실시하였음

○ 에탄올 60%를 용매로 50℃에서 70일 동안 침지한 후 MIC테스트를 실시하였으며, 항균실험은 세균 3종, 진균 2종을 사용하였음

○ 실험결과 “E” 식물과 BR에서 세균, 진균 모두 항균력이 나타났으며, “B”식물은 옅은 농도에서 진균에 대한 항균력이 있는 것으로 나타났음

○ 선정된 5종의 식물 중 에탄올을 용매로 하였을 때 “B”와 “E”를 대상으로 항균성분을 추출할 수 있는 것을 확인되었으며, “A~D”는 다른 추출방법을 통하여 성분 추출이 필요한 것으로 조사되었음

〈표 2〉 선발된 식물 세균 항균력 결과

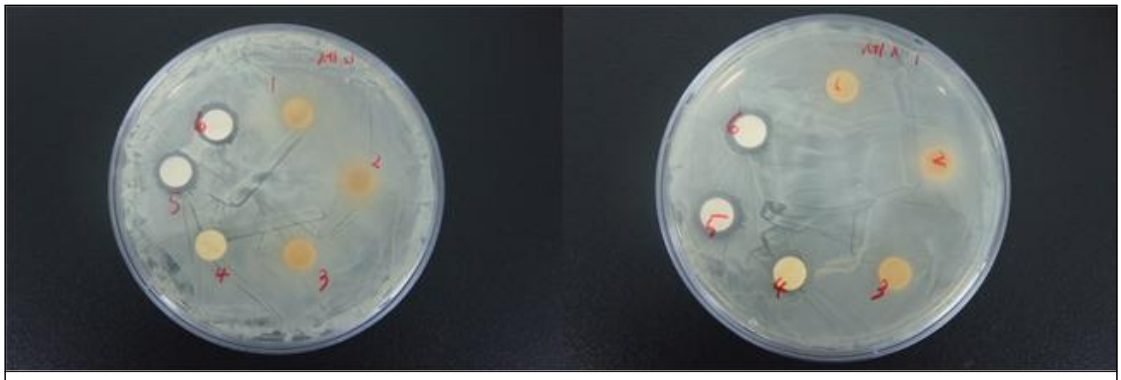
구분	시료명	세균혼합 배지							
		10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8
1	A	X	X	X	X	X	X	X	X
2	B	X	X	X	X	X	X	X	X
3	C	X	X	X	X	X	X	X	X
4	D	X	X	X	X	X	X	X	X
5	E	O	O	O	O	O	O	O	O
6	BR	O	O	O	O	O	O	O	O

〈표 3〉 선발된 식물 진균 항균력 결과

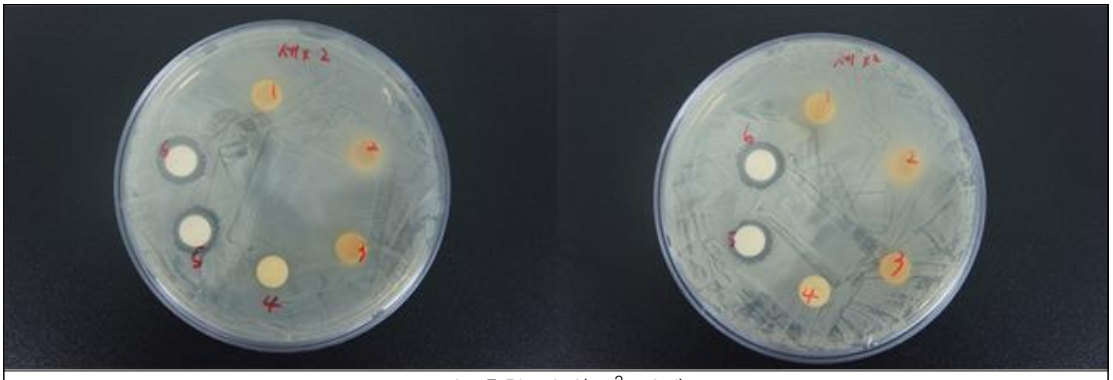
구분	시료명	진균혼합배지							
		10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8
1	A	X	X	X	X	X	X	X	-
2	B	X	X	X	X	X	O	O	-
3	C	X	X	X	X	X	X	X	-
4	D	X	X	X	X	X	X	X	X
5	E	O	O	O	O	O	O	O	O
6	F	O	O	O	O	O	O	O	O

② 결과사진

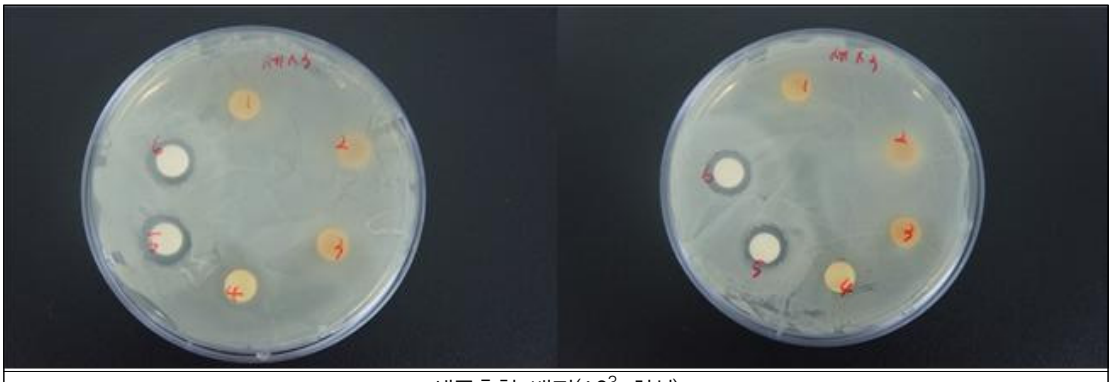
○ 세균혼합 배지



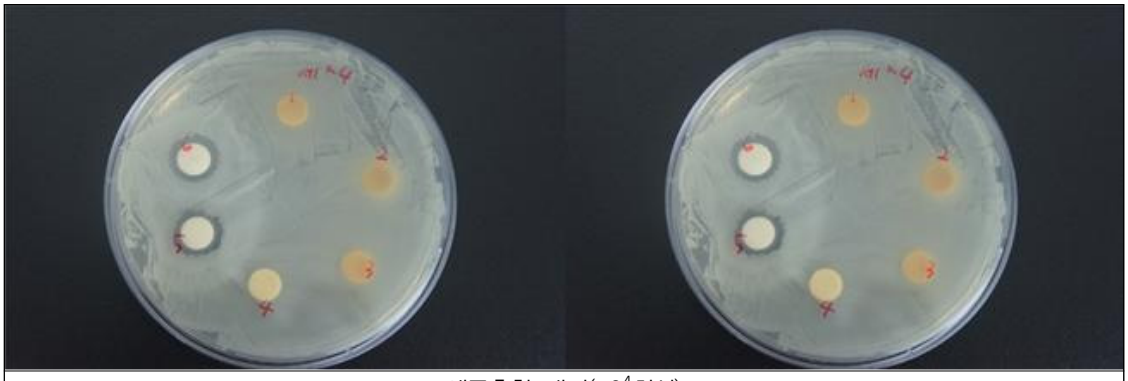
세균혼합 배지



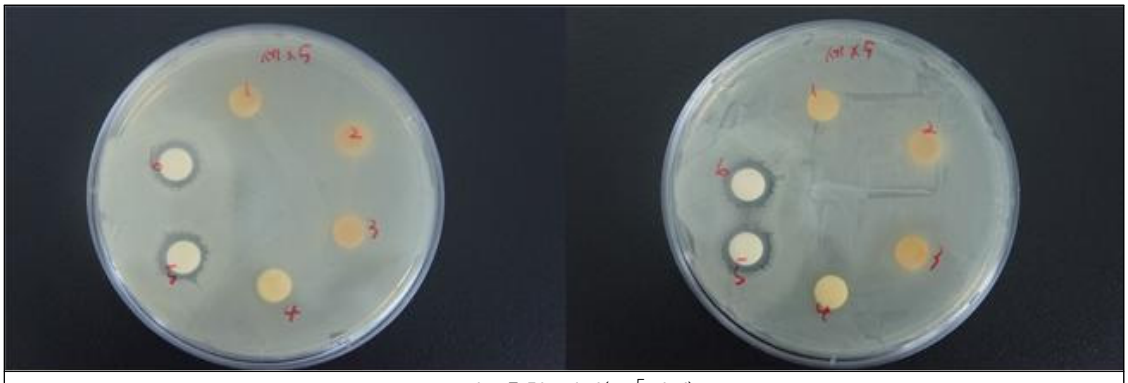
세균혼합 배지(10^2 희석)



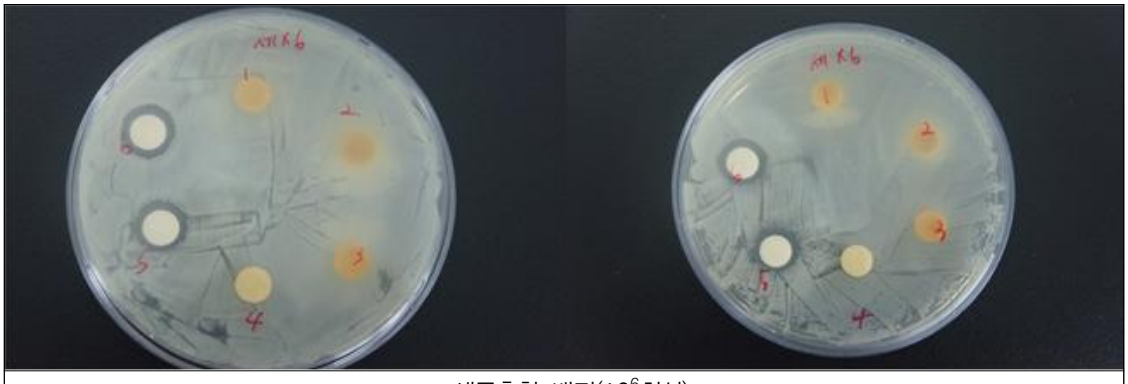
세균혼합 배지(10^3 희석)



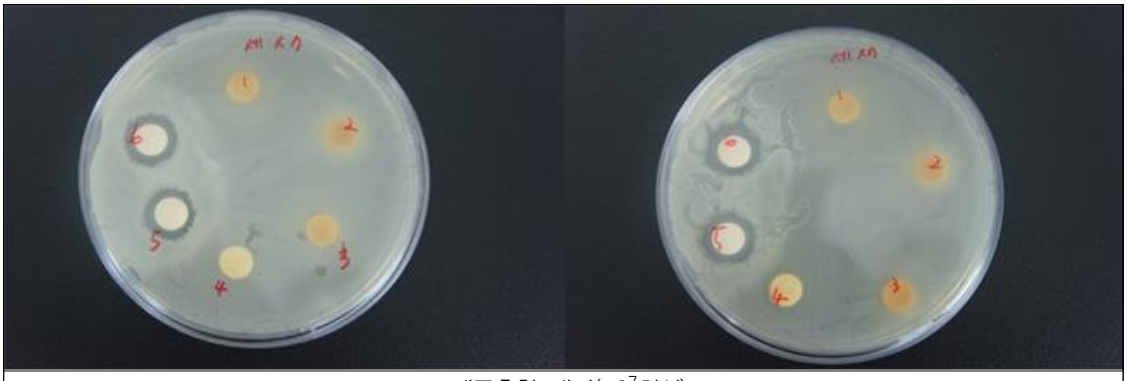
세균혼합 배지(10^4희석)



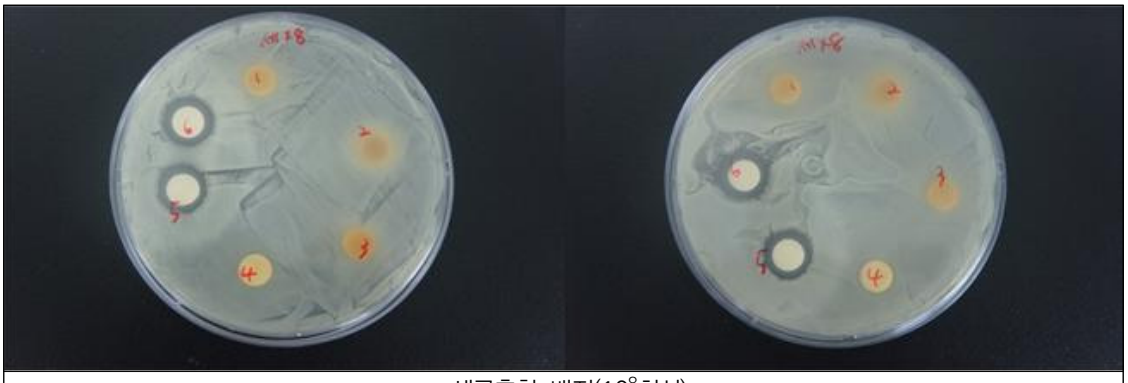
세균혼합 배지(10^5희석)



세균혼합 배지(10^6희석)

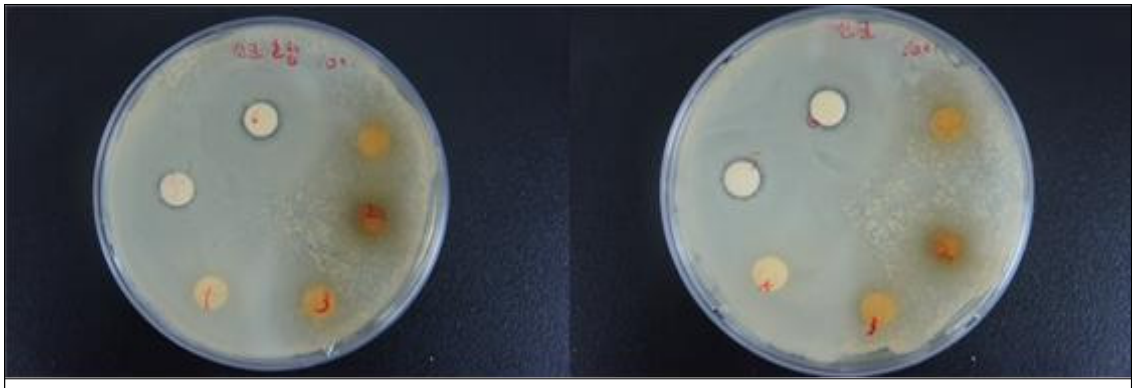


세균혼합 배지(10^7희석)

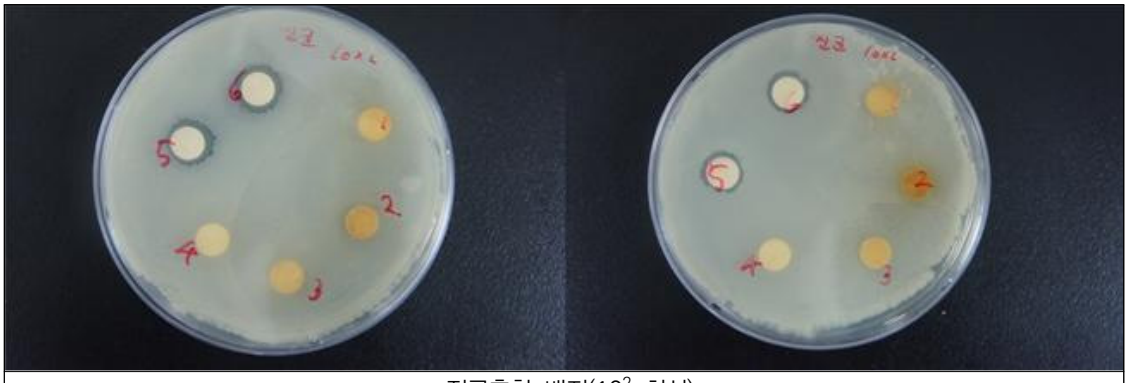


세균혼합 배지(10^8희석)

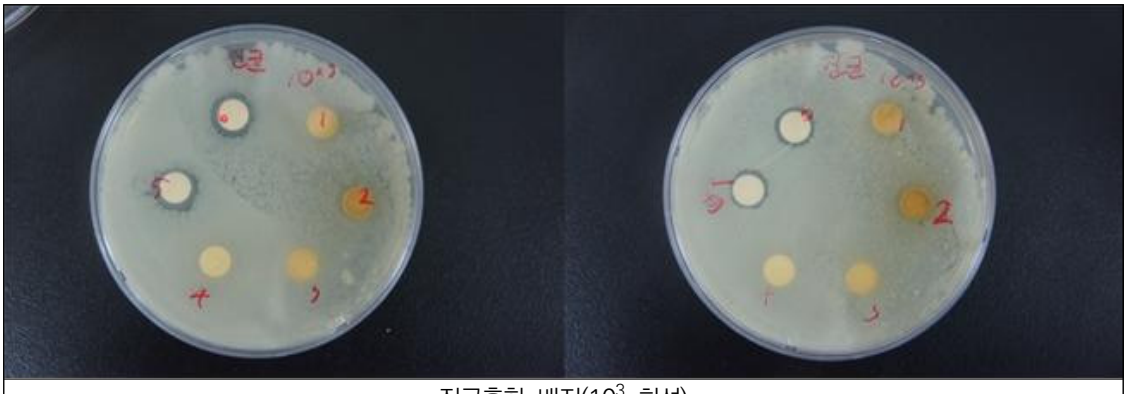
◦ 진균혼합 배지



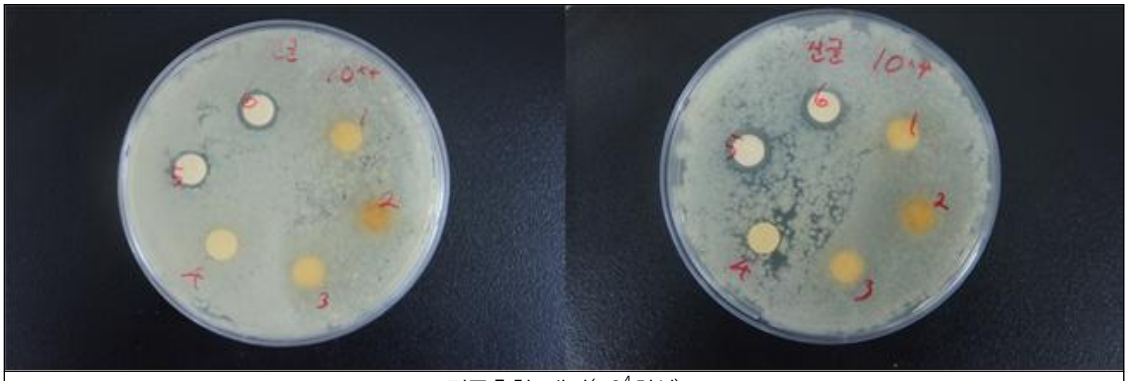
진균혼합 배지



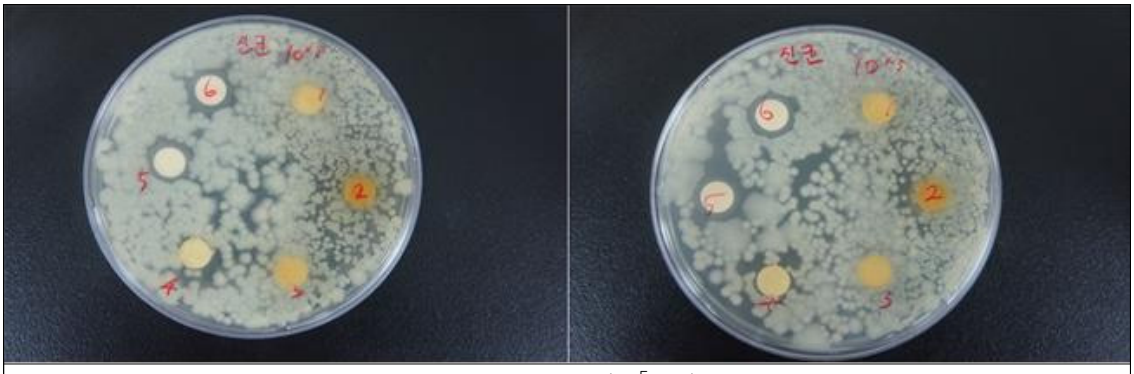
진균혼합 배지(10^2 희석)



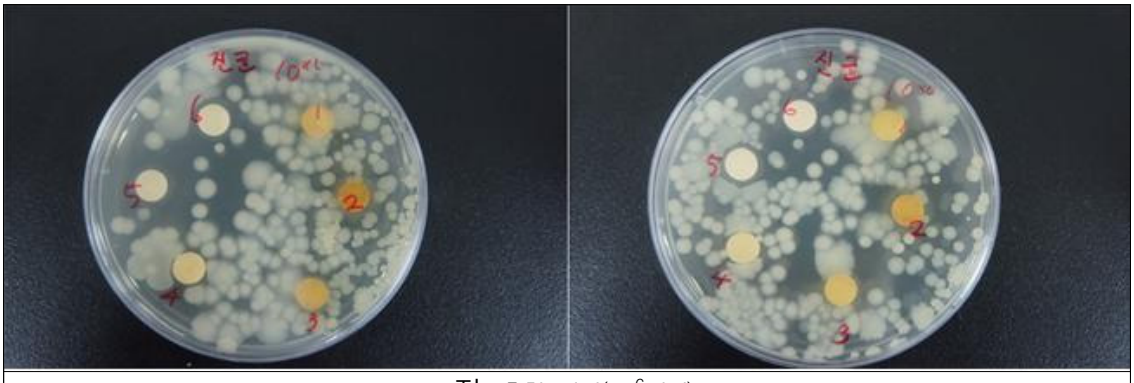
진균혼합 배지(10^3 희석)



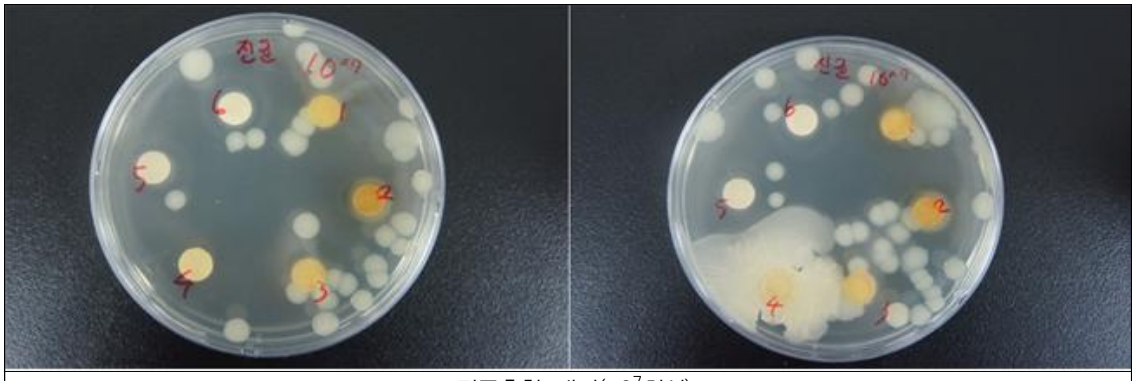
진균혼합 배지(10^4희석)



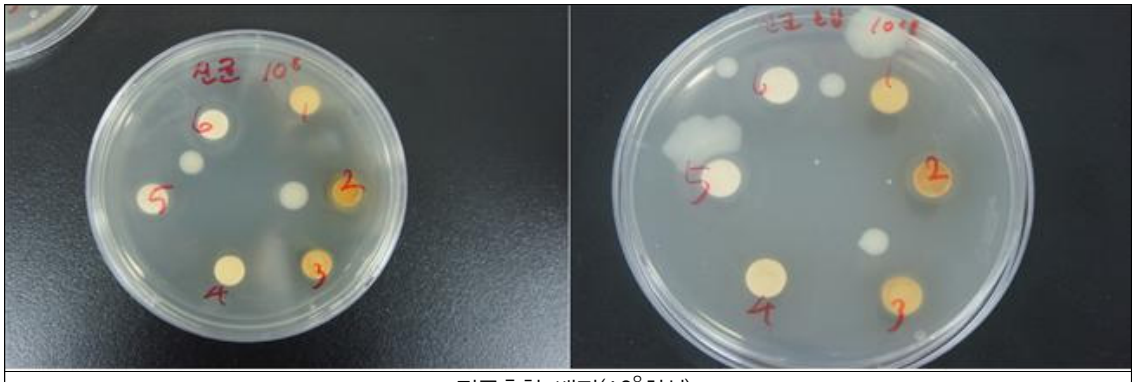
진균혼합 배지(10^5희석)



진균혼합 배지(10^6희석)



진균혼합 배지(10^7희석)



진균혼합 배지(10^8희석)

4) 결론

- ○ 문헌 등을 참고하여 선정한 5종을 대상으로 항균력 시험을 실시함
- ○ 시험 결과 에탄올을 용매로 사용하였을 때 E의 항균력이 가장 우수한 것으로 확인되었음
- ○ E의 경우 비교대상으로 추가 실시한 BR시료와 비슷한 항균력을 나타났으며, 실험에 사용된 세균과 진균 모두 효과가 있는 것으로 확인됨
- ○ MIC테스트를 2회 반복한 결과, E는 2회 모두 항균력이 확인되었음
- ○ B의 경우 옅은 농도에서 항균력이 있는 것으로 나타났으며, 추출방법을 달리하여 추가적인 실험이 필요함
- ○ 다른 시료들의 경우 추출용매(에탄올)와 침지환경을 달리하는 방법을 통해 추가 실험 실시 예정임

나. BR의 채취지역에 따른 방부력 차이

1) 실험의 개요

○ 2015년, 2016년 시험결과 BR의 방부력이 확인 되었고, 이에 따라 BR원료의 차이에 따른 방부력을 검증하고자 실험을 실시함

○ BR원료의 생장 지역에 따른 방부력 차이를 검증 하고자, 세종시, 공주시, 고성군 이상 3지역의 BR시료를 채취하여 비교 실험을 실시함

2) 실험방법

① 시료조제(전처리)

○ BR 시료는 건조 후 파쇄기를 사용하여 각각 추말 분쇄하고, 분쇄한 시료는 각각 100g, 60% 글리세린을 혼합한 후 3일 동안 50℃의 온도에서 교반하였음



〈교반〉



〈여과〉



〈추출액 농축〉



〈농축된 시료〉

○ 교반한 시료를 110mm ø Filter paper 로 여과하여 이물질을 제거하고, 가열추출여과액을 400g씩 3개를 준비한 후 표 가-1과 같이 처리하여 여과액을 준비하였음

○ 준비한 여과액 400g을 감압농축기를 사용하여 농축여과액을 생성함

○ 위 과정을 거친 시료를 항균시험에 사용함

② 항균시험

○ 항균실험에 사용할 균주는 세균3종 진균2종으로 (사)한국종균협회의 표준균주를 배양하여 사용하였으며, 아래 표4와 같음

〈표 4〉 항균실험 사용균주

구 분	사용균주명	비고
세 균	*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC9027)	
	Escherichia coli (ATCC8739)	
	Staphylococcus aureus(ATCC6538)	
진 균	*Candia albicans* (ATCC 10231)	
	Aspergillus Niger (ATCC 16404)	

○ 배양된 균주 집락을 백금이로 묻혀내어 Letheen broth에 현탁시켜 세균 현탁액과 진균 현탁액을 만듬

○ 멸균된 sample 병에 시험 제품(검체)을 50g씩 달아 분리(한 시험 제품 당 세균용 및 진균용을 각각 50g씩 준비)

○ 각 검체에 세균 및 진균을 각각 0.1ml씩 접종 후 섞어 줌

○ 접종된 검체를 25℃ 배양하면서 일정 시간 후 균 수 측정

3) 실험결과

○ 항균시험 결과 공주에서 채취한 BR농축 시료는 세균 배지에서 4일 후 사멸, 진균 배지에서 7일 후99.9% 사멸, 10일 후 100% 사멸하였음

○ 세종에서 추출한 시료는 세균 배지에서 4일 후 99.9% 사멸, 7일후 100% 사멸되었고, 진균 배지에서 7일 후 99.9%사멸, 10일 후 100%사멸되었음

○ 고성에서 추출한 시료는 세균 배지에서 4잃 후 99.9%사멸, 7일 후 100%사멸 되었으며, 진균 배지에서 4일후 99.9%사멸, 7일 후 100%사멸 되었음

○ 각 지역별로 BR를 채취하여 비교 항균시험 결과 각각 세균과 진균에서 우수한 항균력을 지는 것으로 나타났으며, 지역별 항균력의 차이는 미비한 것으로 조사되었음

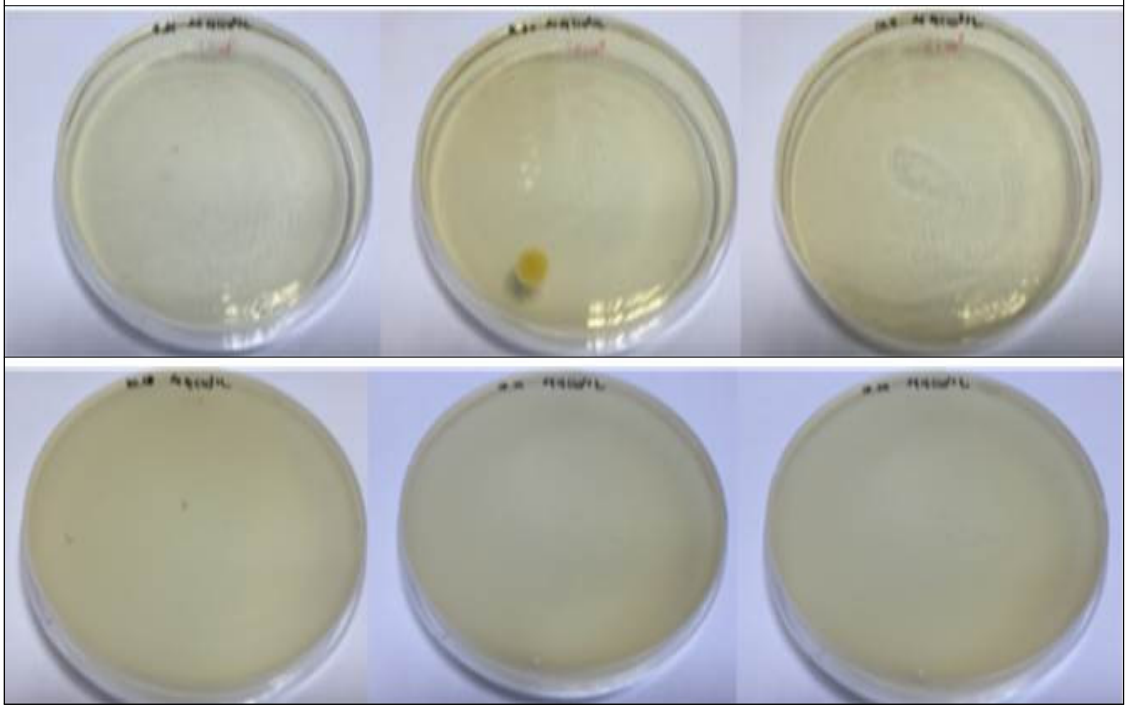
〈표 5〉 지역별 BR항균력 시험 결과

지역	종류	초기	4일후	7일후	10일후	13일후	17일후
공주	세균	$\langle 10^4$	- (100%)	- (100%)	- (100%)	-	-
	진균	3×10^7	$\langle 10^3$ (99.99%)	20 (99.99%)	- (100%)	-	-
세종	세균	1×10^7	$\langle 10^3$ (99.99%)	- (100%)	- (100%)	-	-
	진균	2×10^7	2×10^3 (99.99%)	20 (99.99%)	- (100%)	-	-
고성	세균	2×10^7	$\langle 10^3$ (99.99%)	- (100%)	- (100%)	-	-
	진균	3×10^7	$\langle 10^3$ (99.99%)	- (100%)	- (100%)	-	-

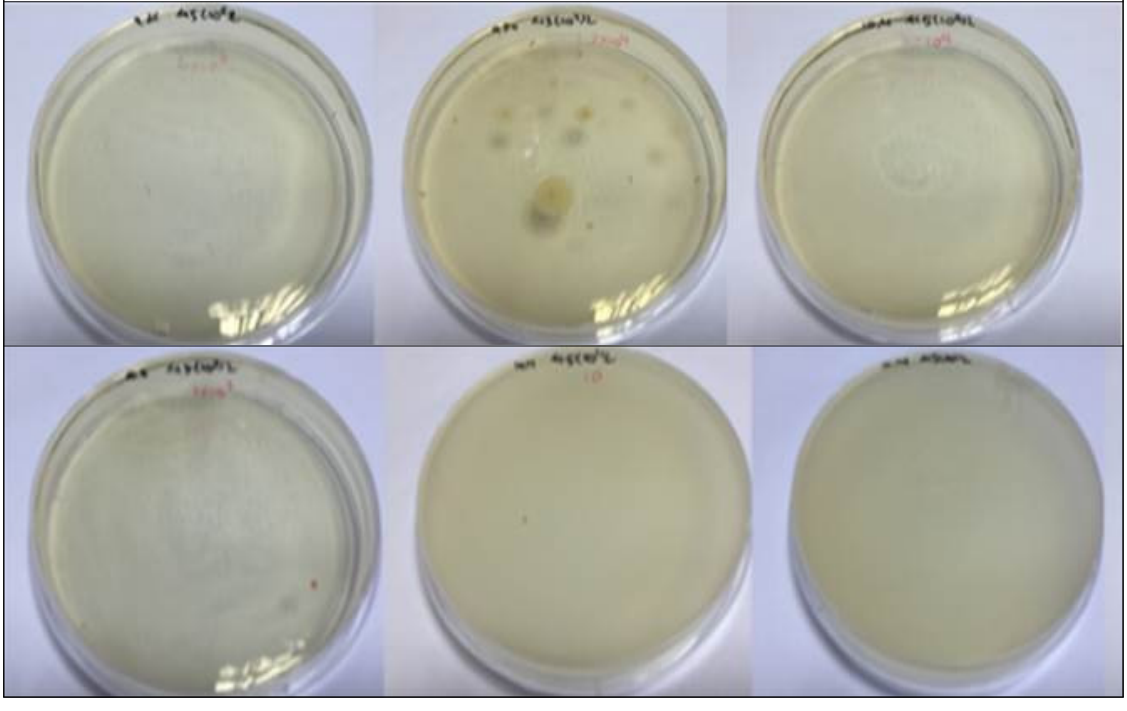
판정 기준 접종 후 3-15 일 이내 세균 99.9% 이상 , 진균 99 .0% 이상 감소 시 합격 판정

방부력 시험 결과 , 접종 일 7 일 이내에 세균 및 진균이 거의 사멸하였고 , 10 일 이내에 완전 사멸

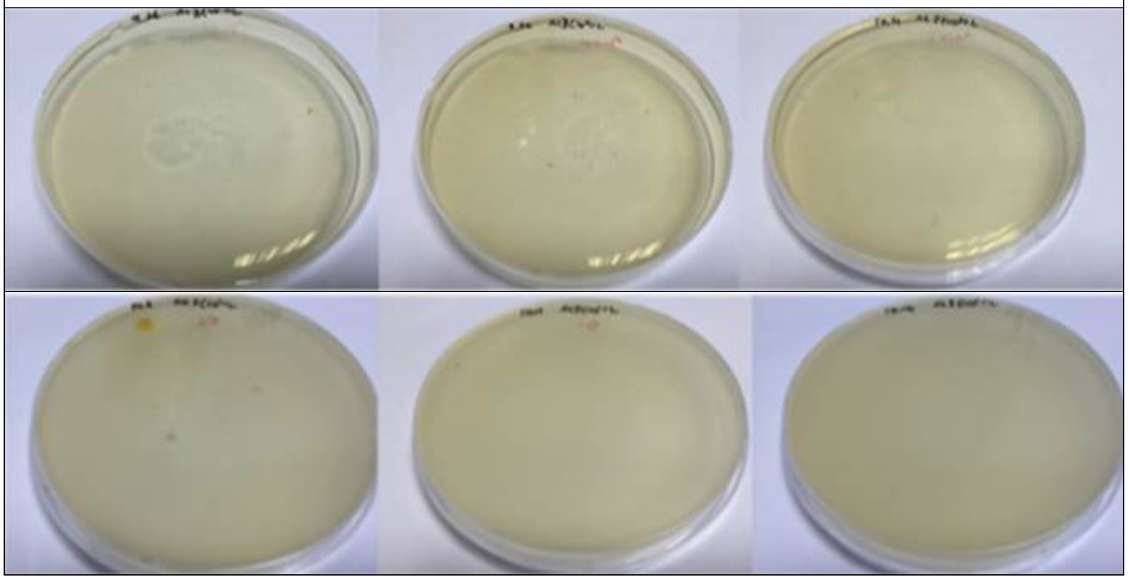
1-1. 지역별 방부력 검증_초기_세균



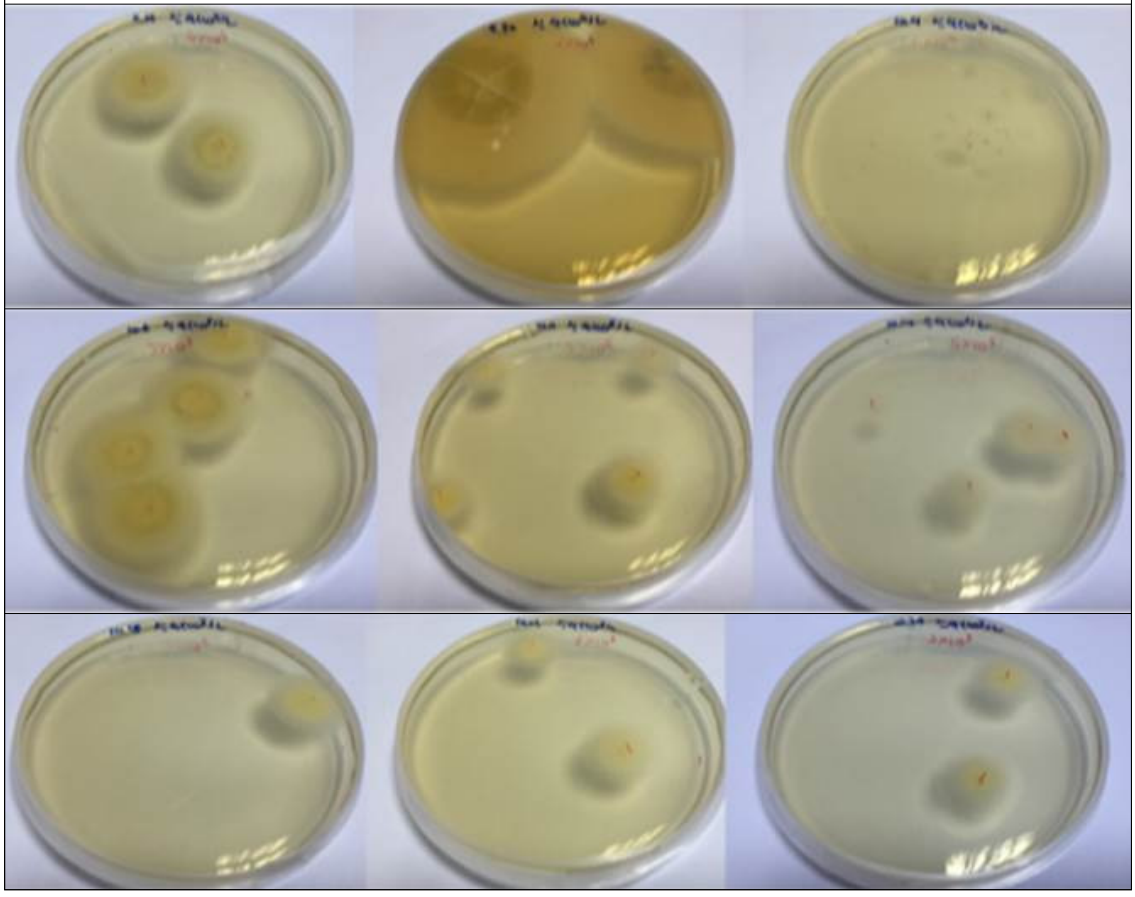
1-2. 지역별 방부력 검증_초기_진균



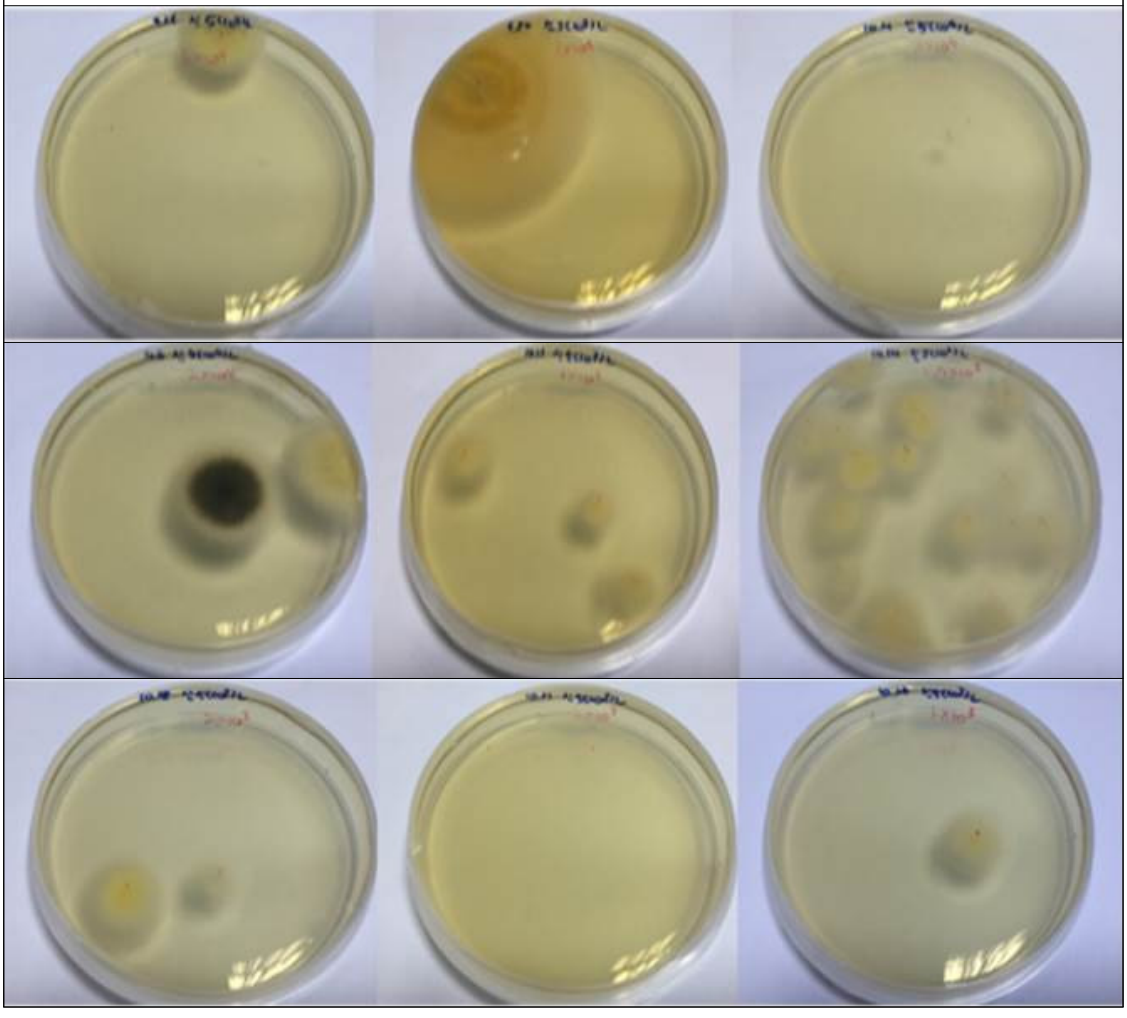
2-1. 지역별 방부력 검증_4일차_세균



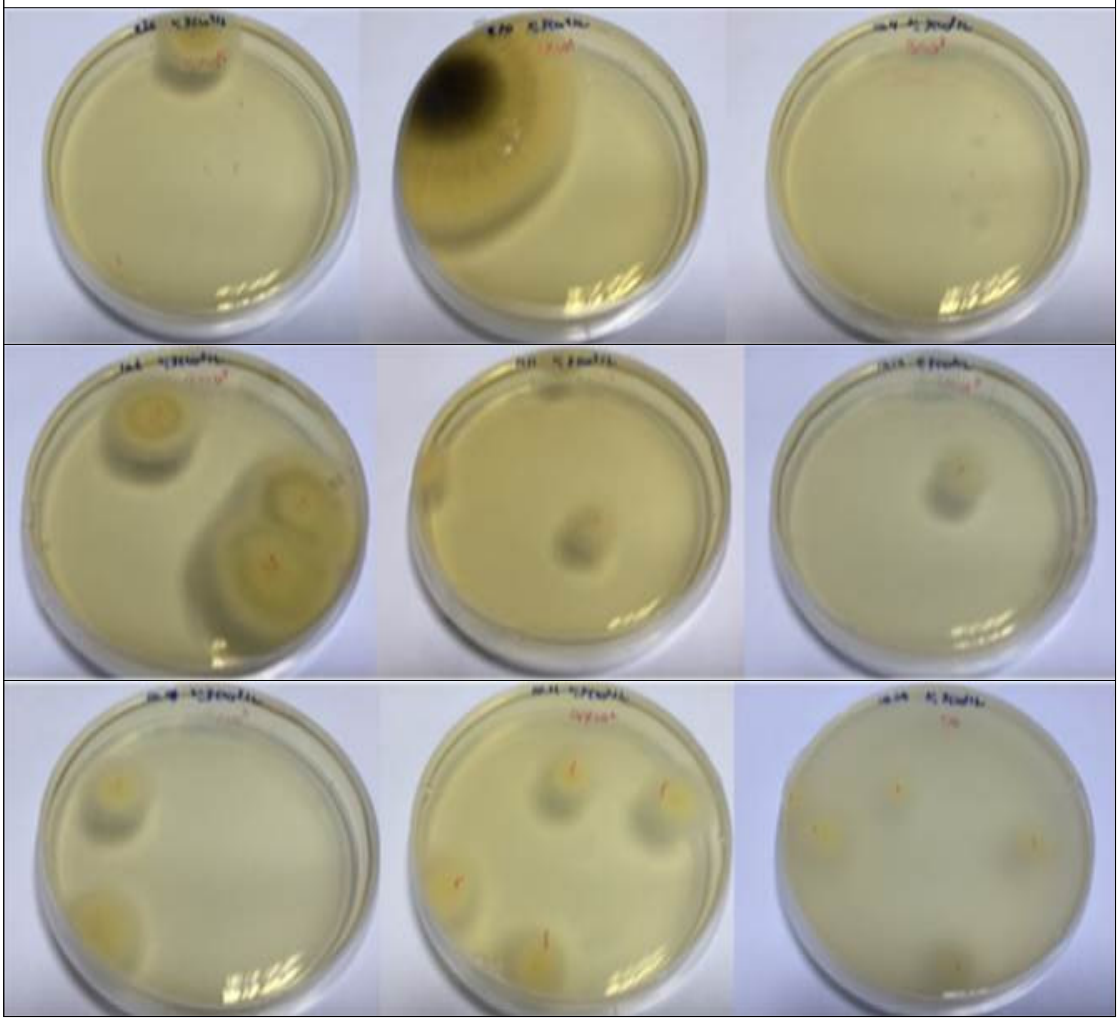
2-2. 지역별 방부력 검증_4일차_진균



3-1. 지역별 방부력 검증_7일차_세균



3-2. 지역별 방부력 검증_10일차_진균



다. BR항균성분의 추출의 침지조건

1) 실험의 개요

○ 선행 시험결과 BR의 항균성분은 열수추출방법, sonication, 다가알콜, 글리세린 등을 통하여 추출할 수 있음을 확인하였음.

○ 그 중 항균력이 우수하고, 활용성이 높은 글리세린을 이용하여 BR의 효율적인 항균성분 추출방법을 연구하고자 함

○ 용매에 침지하는 조건을 달리하여 항균성분 추출의 최적의 조건을 확인하고, 항균성분 추출의 효율적인 방법을 모색하고자 함

2) 실험방법

① 시료조제(전처리)

○ BR시료는 건조 후 파쇄기를 사용하여 각각 추말 분쇄하고, 분쇄한 시료는 각각100g을 첨가 하였고, 용매는 글리세린을 사용하였음

○ 용매와 혼합한 시료를

○ 용매와 혼합한 시료를 각각의 조건에 맞춰 교반 시킨 후 110mm ø Filter paper로 여과하여 이물질을 제거하여 여과액을 준비하였음

○ 준비한 여과액을 감압농축기를 사용하여 농축여과액을 생성함

〈표 6〉 시료별 침지조건

온 도 / 침지시간	저온	중온	고온	비고
24시간	1-1	1-2	1-3	
48시간	2-1	2-2	2-3	
72시간	3-1	3-2	3-3	

② 항균시험

○ 항균실험에 사용할 균주는 세균3종 진균2종으로 (사)한국종균협회의 표준균주를 배양하여 사용하였으며, 아래 표 와 같음

〈표 7〉 항균실험 사용균주

구 분	사용균주명	비고
세 균	*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC9027)	
	Escherichia coli (ATCC8739)	
	Staphylococcus aureus(ATCC6538)	
진 균	*Candia albicans* (ATCC 10231)	
	Aspergillus Niger (ATCC 16404)	

○ 배양된 균주를 표준액체배지에 배양 후 한천배지를 분주 한 pertri dish에 접종

○ 5mm 크기의 disk parer에 준비된 시료(농축액)를 각각 0.8㎕를 첨가한 후 균주가 접종 된 pertri dish에 일정 간격으로 올려 둔 뒤 파라필름으로 밀봉함

3) 실험결과

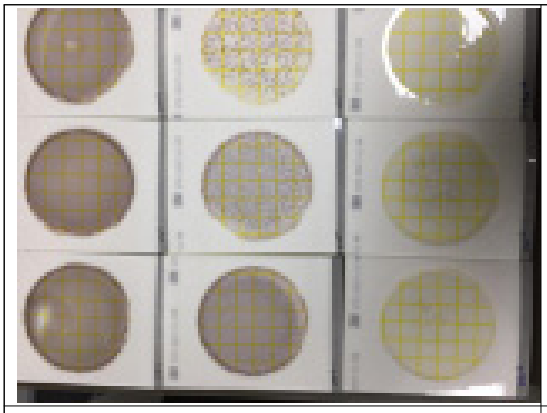
○ 배양기에서 4일 동안 관찰한 결과

○ 본 BR 글리세린 추출원액 시료 6종 함유 로션제형은 균 접종 후 9일 이내에 공주BR(9월) 검체 세균 10마리로 99.99% 이상 감소하고 나머지는 세균, 진균 모두 사멸함

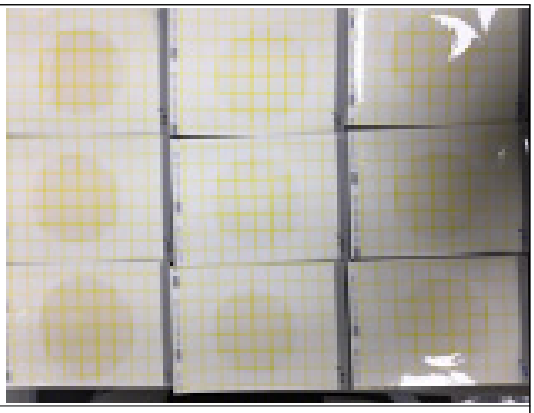
○ 9일차 확인 시험에서 공주BR(9월)과 고성BR(9월) 검체만 진균 10마리 다시 확인 되었으나, 15일 이전에 사멸하였음

○ BR 시료 채취시기를 5월과 9월 시기로 분류하여 항균실험을 실시 한 결과 시기별 유의성 보이지 않음, 연중 채취가 가능한 것으로 판단됨

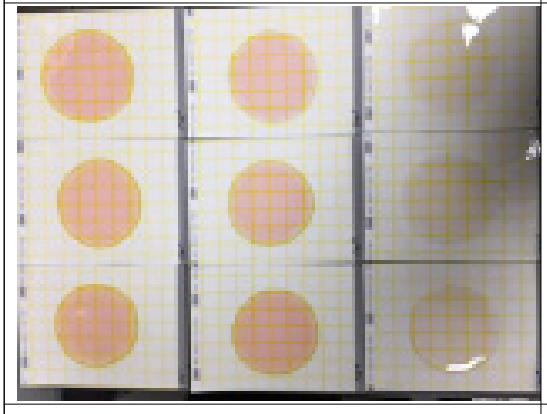
○ BR 산지별(품종)로 항균실험을 실시한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았음, 따라서 3지역 품종 모두 천연방부제 원료목으로 가능한 것으로 나타남(※ KBR 또한 원료목으로 가능)



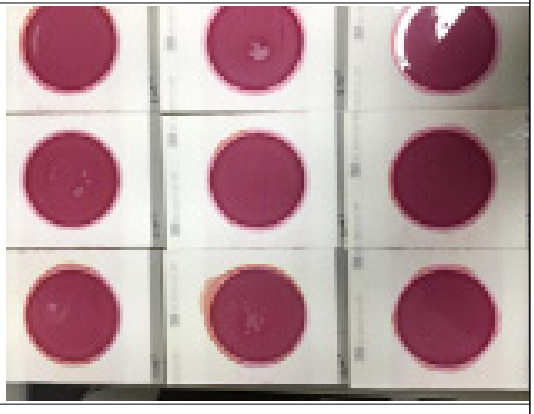
세균 검출 결과



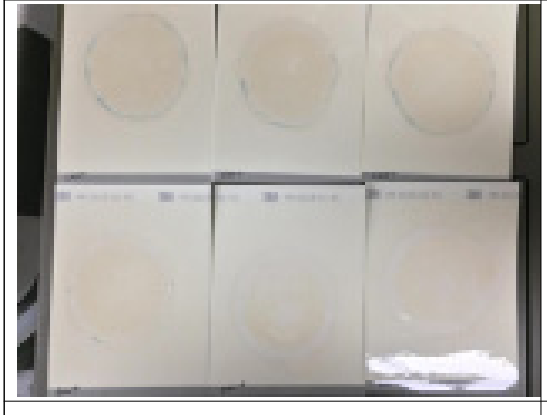
세균 검출 결과



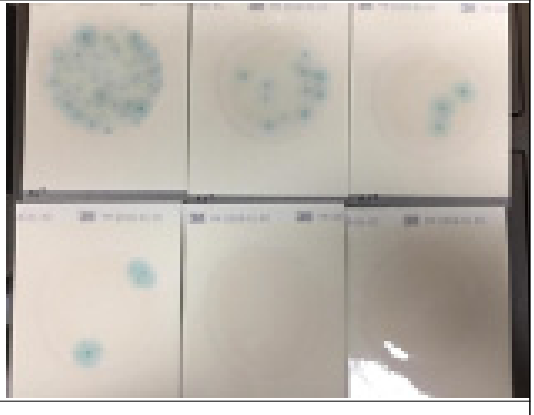
세균 검출 결과



세균 검출 결과



진균 검철 결과



진균 검출 결과

라. 제형제조 후 항균력 확인 및 안정성 시험

1) 실험의 개요

○ 선행연구에서 확인된 BR의 항균력이 제품의 제형제조 과정 이후 유효하게 확인되는지 알아보기 위해 제형제조 후 항균력 시험을 실시함

○ 제형은 로션화장품제형으로 제조하였으며, 로션제형으로 BR의 항균력 추출은 선행연구에서 확인된 글리세린 용매를 사용하였음, 또한 추출조건은 50℃에서 3일 교반 시킨 후 추출하였음

○ 항균력의 차이가 없는 세지역의 BR을 5월과 9월에 채취한 시료로 나누어 총 6종의 시료를 시험하였고, 추가로 KBR의 항균력을 동시에 시험하여, 채취지역 및 채취시기별 항균력의 차이와 KBR의 항균력 및 제품 제형제조 후 항균력 확인을 시험하고자 하였음

2) 실험의 방법

① 시료조제(전처리)

○ 세지역의 BR 시료를 건조 후 파쇄기를 사용하여 추말 분쇄하고, 분쇄한 시료는 각각 1kg을 첨가 하였고, 용매는 글리세린 60%를 혼합하여 준비하였음

○ 용매와 혼합한 시료를 50℃에서 3일 교반 시킨 후 110mm ø Filter paper 로 여과하여 이물질을 제거하여 여과액을 준비하였음

○ 준비한 여과액을 감압농축기를 사용하여 농축여과액을 생성함

○ 여과액을 화장품 제형을 제조하여 항균시험을 실시함

② 항균시험

○ 항균실험에 사용할 균주는 세균3종 진균2종으로 (사)한국종균협회의 표준균주를 배양하여 사용하였으며, 아래 표와 같음

〈표 8〉 항균실험 사용균주

구 분	사용균주명	비고
세 균	*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC9027)	
	Escherichia coli (ATCC8739)	
	Staphylococcus aureus(ATCC6538)	
진 균	*Candia albicans* (ATCC 10231)	
	Aspergillus Niger (ATCC 16404)	

○ 배양된 균주 집락을 백금이로 묻혀내어 Letheen broth에 현탁시켜 세균 현탁액과 진균 현탁액을 만듬

○ 멸균된 sample 병에 시험 제품(검체)을 50g씩 달아 분리(한 시험 제품 당 세균용 및 진균용을 각각 50g씩 준비)

○ 각 검체에 세균 및 진균을 각각 0.1ml씩 접종 후 섞어 줌

○ 접종된 검체를 25℃ 배양하면서 일정 시간 후 균 수 측정

3) 실험결과

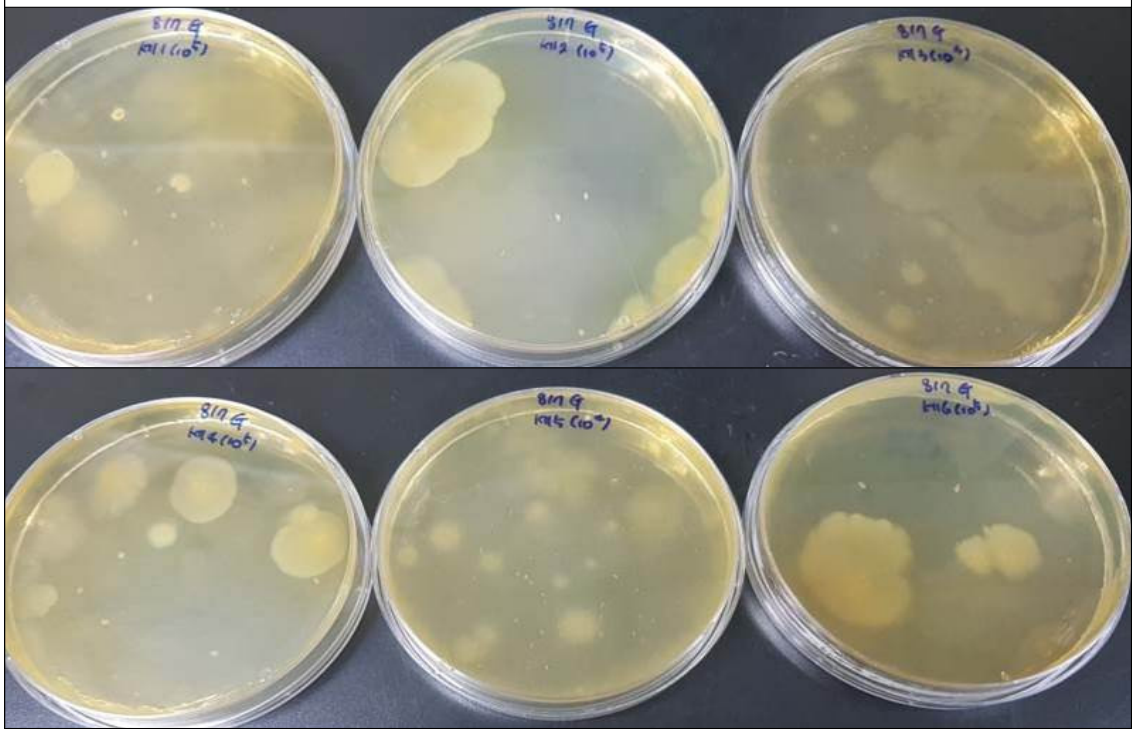
〈표 9〉 BR시료의 화장품제형 첨가 후 항균력 시험 결과

구분 / 측정일		초 기	4일 후	9일 후	12일 후	15일 후	18일 후	21일 후
시료명	종 류							
고성 (5월)	세 균	$3x10^3$	$2x10^4$ (93.3%)	- (100%)	- (100%)			
	진 균	$2x10^7$	$7x10^4$ (99.6%)	- (100%)	- (100%)			
고성 (9월)	세 균	$8x10^5$	$<10^4$ (99.68%)	- (100%)	- (100%)			
	진 균	$8x10^6$	$<10^4$ (80%)	- (100%)	10 (99.99%)	- (100%)		
공주 (5월)	세 균	$1x10^6$	$6x10^4$ (94%)	- (100%)	- (100%)			
	진 균	$1.3x10^7$	$1x10^5$ (99.2%)	- (100%)	- (100%)			
공주 (9월)	세 균	$9x10^5$	$7x10^4$ (92.2%)	10 (99.99%)	- (100%)			
	진 균	$8x10^6$	$1x10^5$ (98.7%)	- (100%)	- (100%)			
세종 (5월)	세 균	$1x10^6$	$4x10^4$ (97.3%)	- (100%)	- (100%)			
	진 균	$8x10^6$	$5x10^4$ (99.3%)	- (100%)	- (100%)			
세종 (9월)	세 균	$1x10^6$	$7x10^4$ (95.6%)	- (100%)	- (100%)			
	진 균	$1.7x10^7$	$8x10^4$ (98.25%)	- (100%)	10 (99.9%)	- (100%)		
KBR	세 균	$>10^7$	$5x10^4$ (99.5%)	- (100%)	- (100%)			
	진 균	$5x10^5$	$1x10^5$ (80%)	20 (99.99%)	- (99.9%)	- (100%)		

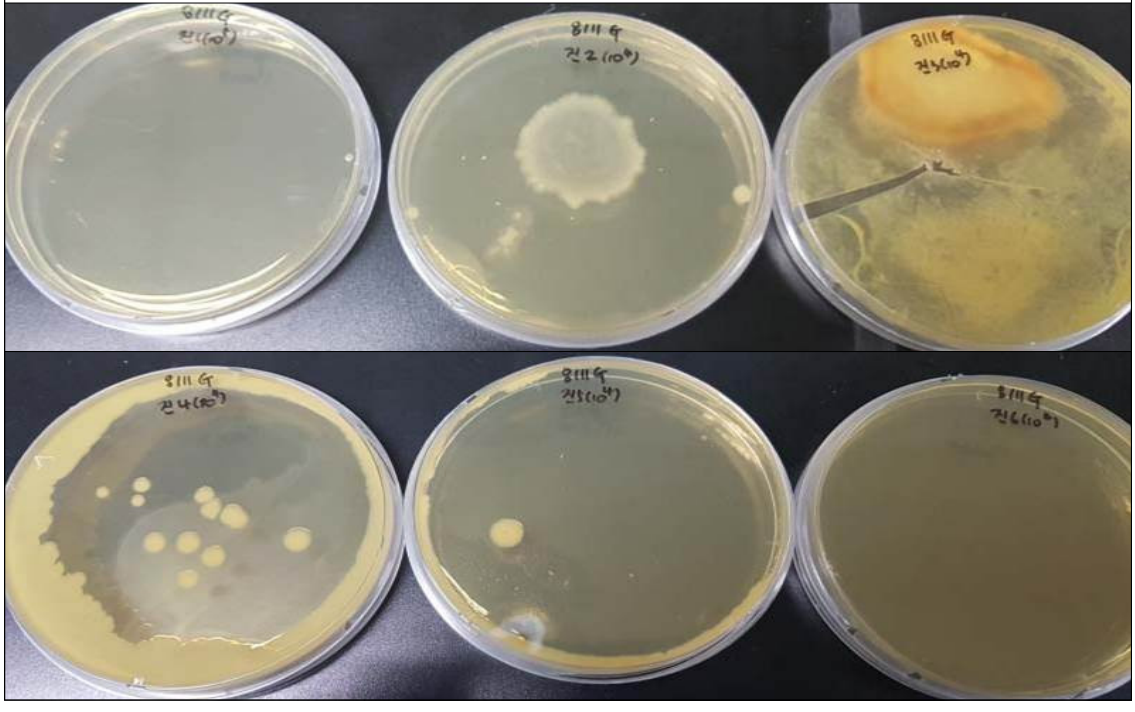
※ 판정기준 : 접종 후 3~15일 이내 세균 99.9%, 진균 99.0% 이상 감소 시 합격판정

※ KBR는 추가 시험실시 결과

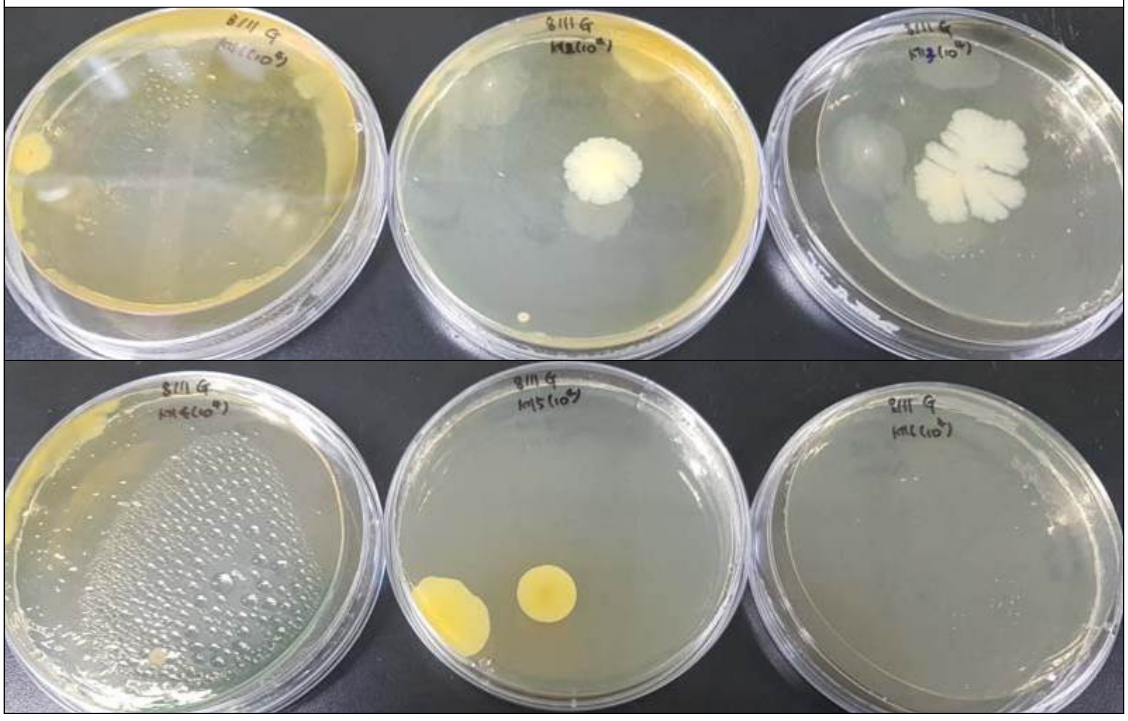
1-1. BR 추출물 첨가 로션_초기_세균



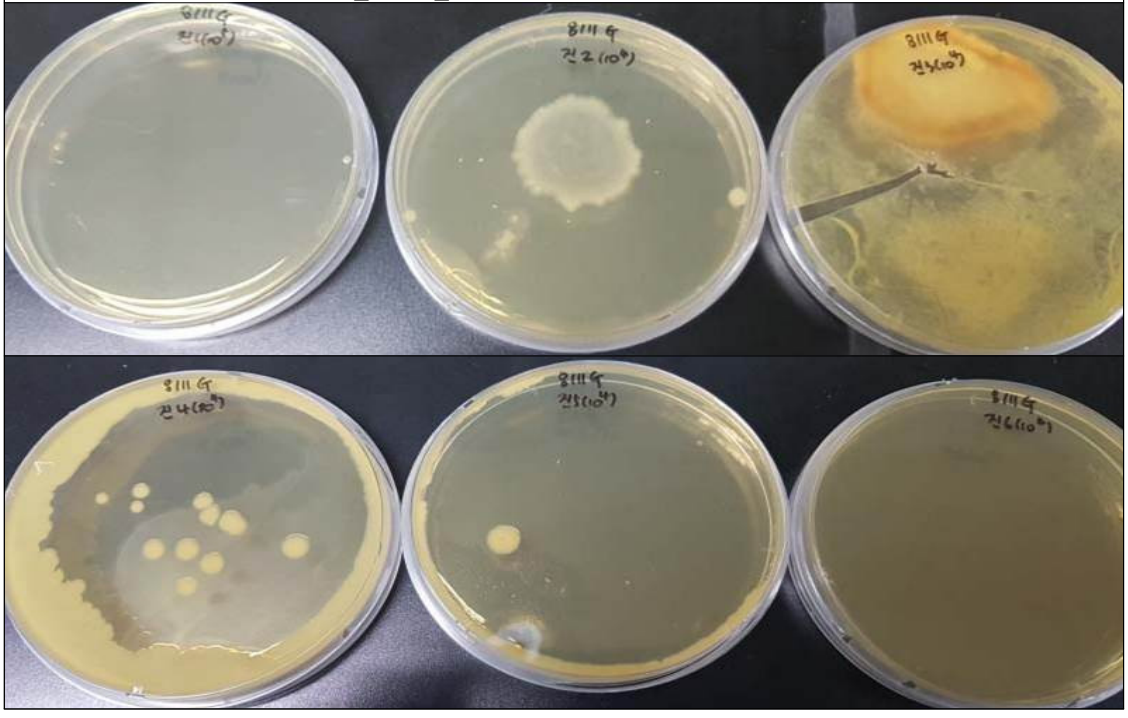
1-2. BR 추출물 첨가 로션_초기_진균



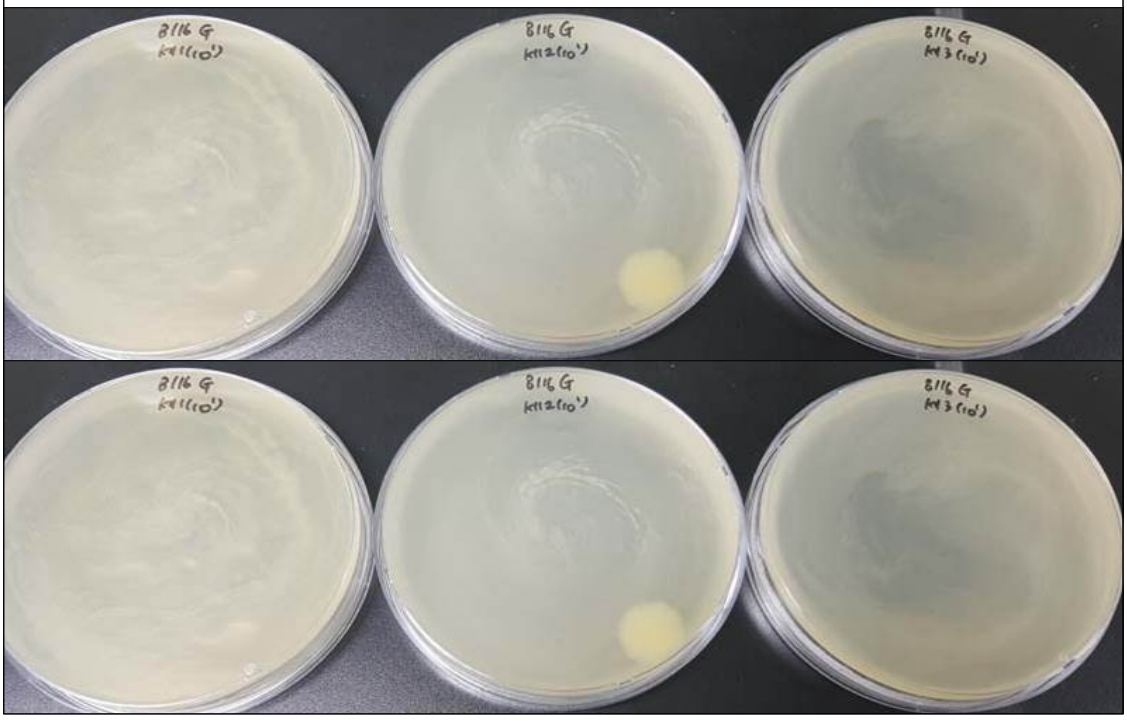
2-1. BR 추출물 첨가 로션_4일차_세균



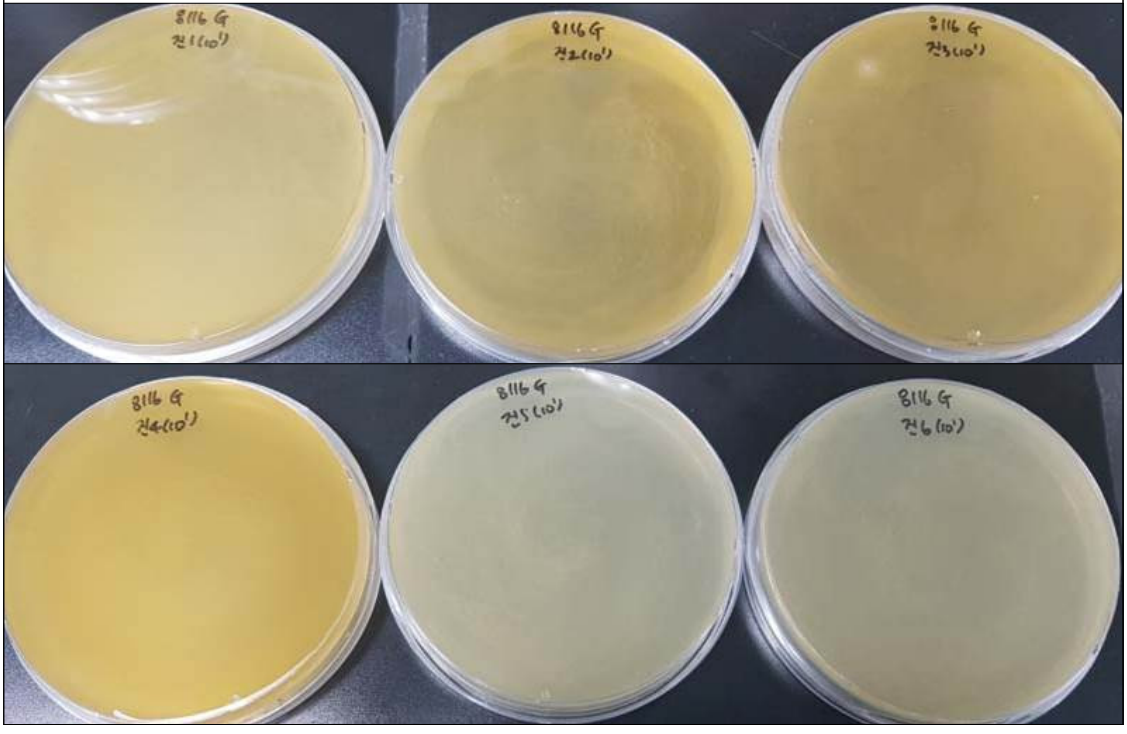
2-2. BR 추출물 첨가 로션_4일차_진균



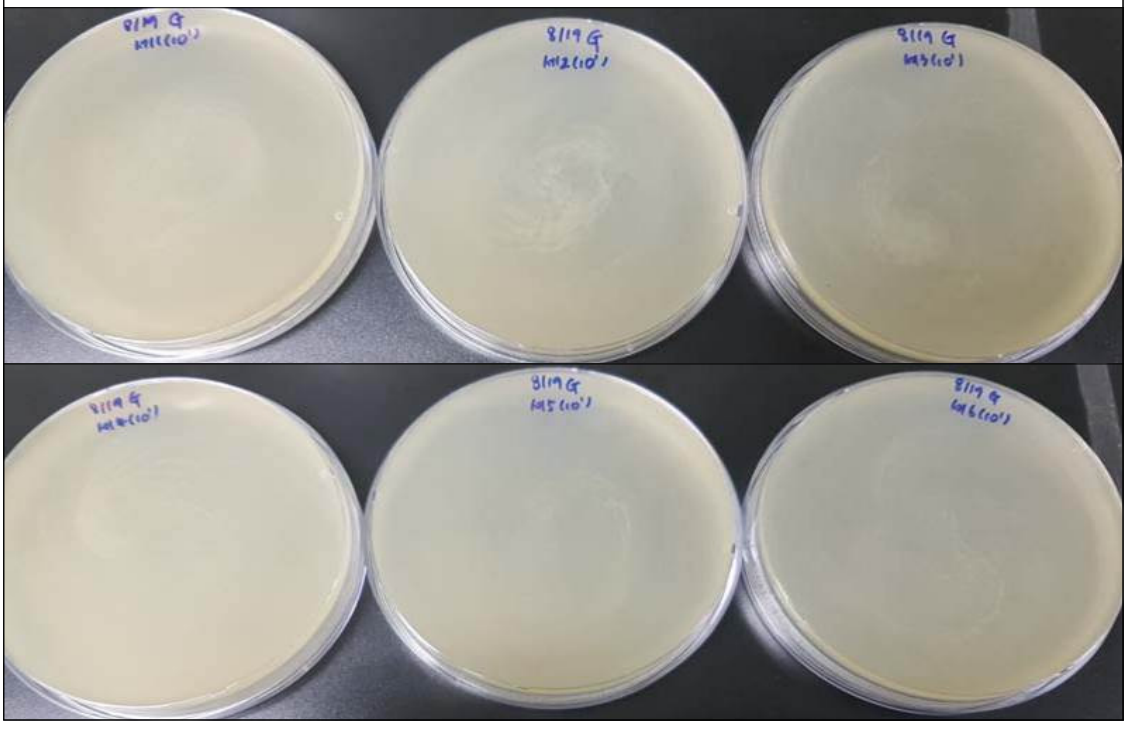
3-1. BR 추출물 첨가 로션_9일차_세균



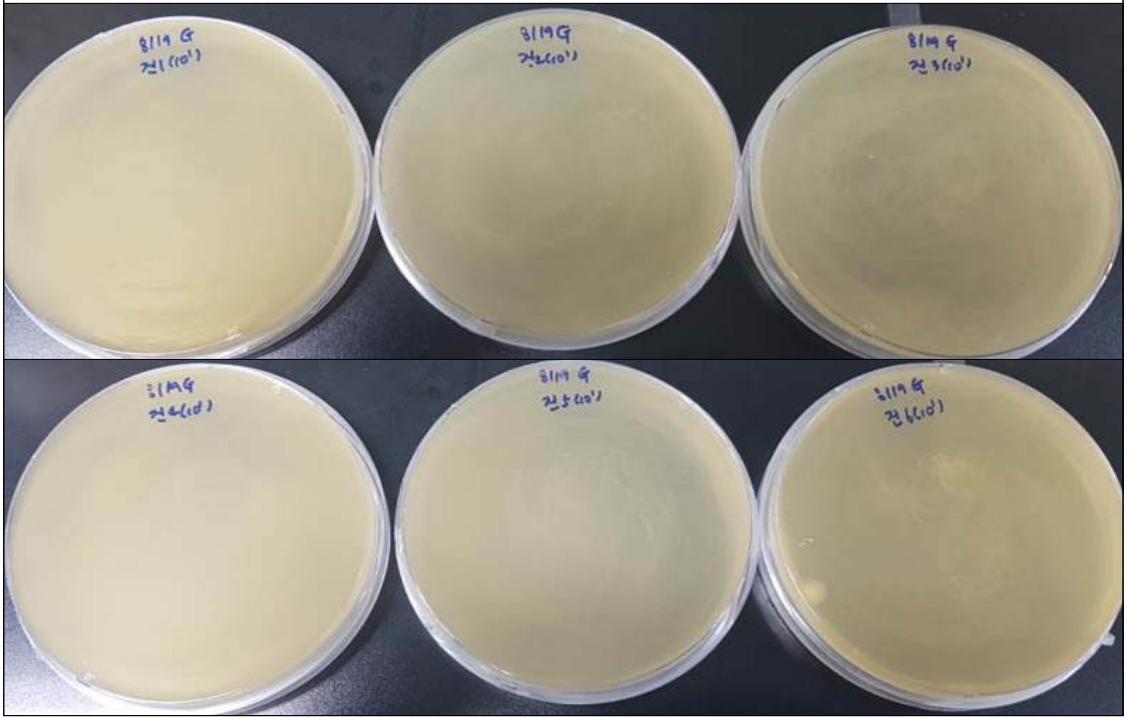
3-2. BR 추출물 첨가 로션_9일차_진균



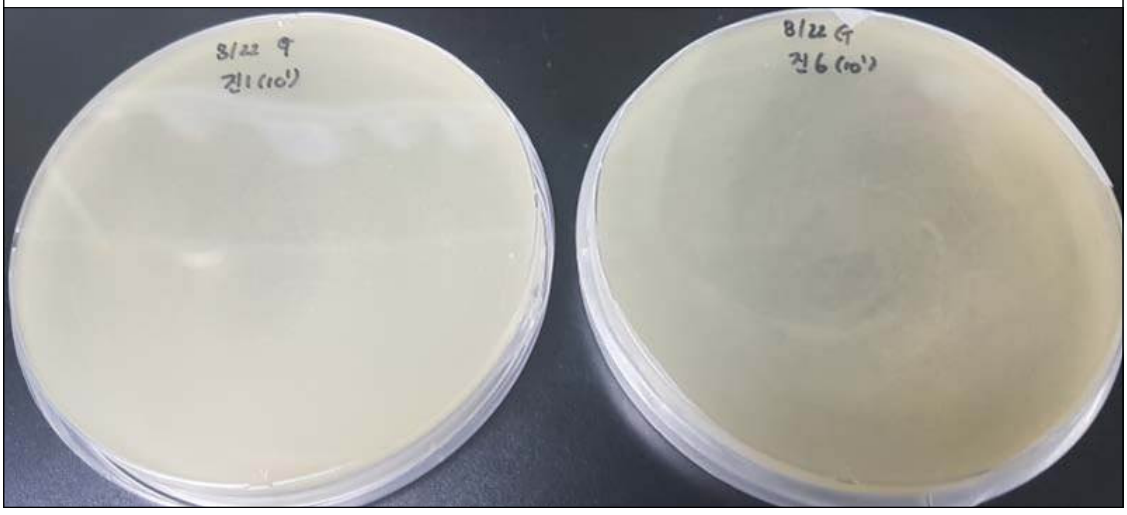
4-1. BR 추출물 첨가 로션_12일차_세균



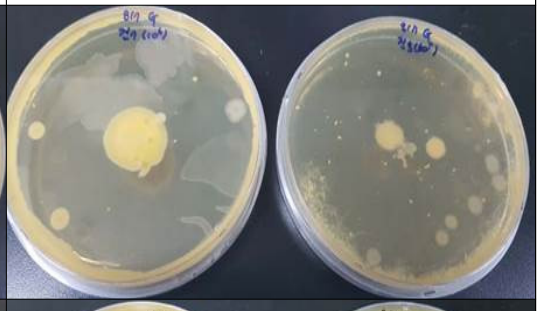
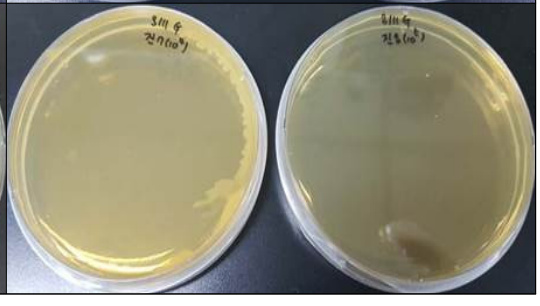
4-2. BR 추출물 첨가 로션_12일차_진균



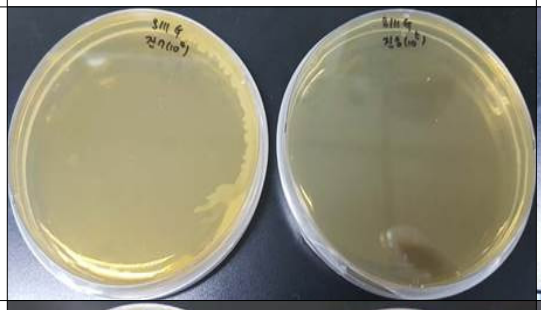
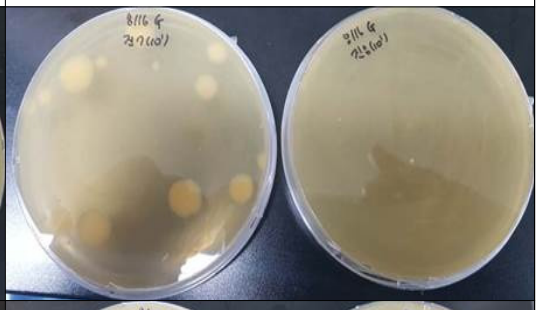
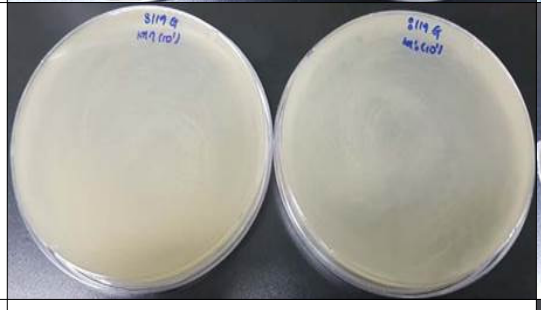
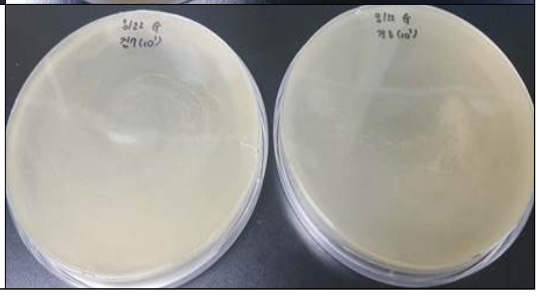
5-1. BR 추출물 첨가 로션_15일차_진균



6. 추가 실험(KBR)

구분	세 균	진 균
초기		
4일후		

6. 추가 실험(KBR)

구분	세 균	진 균
9일후		
12일후		
15일후		

○ 본 BR 글리세린 추출원액 시료 6종 함유 로션제형은 균 접종 후 9일 이내에 공주 BR(9월) 검체 세균 10마리로 99.99% 이상 감소하고 나머지는 세균, 진균 모두 사멸함

○ 9일차 확인 시험에서 공주 BR(9월)과 고성BR(9월) 검체만 진균 10마리 다시 확인 되었으나, 15일 이전에 사멸하였음

○ BR 시료 채취시기를 5월과 9월 시기로 분류하여 항균실험을 실시 한 결과 시기별 유의성 보이지 않음, 연중 채취가 가능한 것으로 판단됨

○ BR 산지별(품종)로 항균실험을 실시한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았음, 따라서 3지역 품종 모두 천연방부제 원료목으로 가능한 것으로 나타남(※ KBR 또한 원료목으로 가능)

4. 결론

○ BR 원료의 생장환경에 따라 항균성분의 차이에 대한 연구를 진행하였음, 세지역의 (공주, 세종, 고성) 시료를 채취하여 항균력을 비교한 결과 세지역 모두 세균과 진균에 항균성분이 있는 것으로 나타났으며, 생장지역에 따른 차이는 미비하였음

○ 식물의 생장 주기에 따른 항균성분의 비교하기 위해 새잎이 생성되는 5월과 낙엽이 지기 전의 9월에 시료를 채취하여, 항균성분이 높은 시기를 알아보고자 하였으나, 5월에 채취한 시료와 9월에 채취한 시료의 항균력은 차이는 없었음

○ 따라서, BR의 생장환경과 채취시기에 따른 항균력의 차이 미비할 것으로 사료되며, BR의 농가 보급과 원료 채취에 큰 어려움은 없을 것으로 판단됨

○ 글리세린을 통한 항균석분을 추출시 침지환경에 대해 온도와 침지시간의 복합적인 조건으로 시험한 결과 50℃의 온도에서 3일 동안 침지하였을 때 항균력이 가장 높았으며, 50℃에서 2일동안 침지하였을 때와 40℃에서 3일동안 침지하였을 때는 비슷한 항균력을 보이는 것으로 나타났음

○ BR의 글리세린을 통한 항균성분 추출시 가장 효율적인 방법을 50℃ 온도에서 72시간 침지한 경우 항균력이 높았고, 온도와 침지시간의 영향을 동시에 받는 것으로 판단되며, 대량으로 추출시에는 용질과 용매의 부피 등의 차이로 인하여 더 높은 온도와 많은 시간이 필요할 것으로 사료됨

5. 참고문헌

가. 2011. 화장품의 미생물한도 기준 및 시험방법 가이드라인. 식품의약품안전처

나. 김선영, 원두현, 박수남, 2010. 며느리배꼽 추출물의 항균 작용과 성분 분석Kor. J. Microbiol. Biotechnol. Vol. 38, No. 3, 278-282 (2010)

다. 이지영, 이정노, 이강태, 이건국, 2012. 항균활성을 갖는 천연물개발과 화장품으로 응용에 관한 연구. J. Soc. Cosmet. Scientists Korea Vol. 38, No. 2, June 2012, 171-179

라. 정은주, 박나영, 이신호. 2012. Chitosan 자몽종자추출물 Adipic Acid를 함유한 항균제제의 항균효과. 한국키틴키토산학회지 17(2), 68-74.

마. 조춘규, 안창규. 1999. 천연물질의 항균효과. 대한화장품학회지 제25권 3호, 87-100.

바. 황신혜, 박창호, 2009. 황금黃芩의에탄올추출물에의한화장품방부효과

KSBB journal 347-352

사. 홍주현, 윤경영, 김광수, 김남우, 신승열, 2007. 뜰보리수(Elaeagnusmultiflora THUNB) 잎의 유용성분과 생리활성에 관한 연구. 한국식품저장유통학회. 239.

새로운 조경소재 발굴 및 증식법 개발
(자체 '08 ~ 11년차)

【김연태, 조현선, 유원호, 김기호】

1. 목 적

조경소재로서 전망 있는 수종을 선정하여 수종별 생리·생태적 특성과 재배 및 증식방법을 체계적으로 정립하고 화분교배에 의한 신품종을 개발하여 재배농가에 보급

2. 본 연구와 관련된 기존사실

앞으로 조경수목은 품종의 개념을 적용하여야 한다. 향후 미국을 비롯한 세계 여러 국가와 WTO, FTA 등의 조약 체결이 현실화 되어 자유무역이 확대되면 국내산 경쟁력 압박이 가중될 것이 확실시 되고 있다. 또한 UPOV(국제 식물 신품종 보호동맹)와 같은 품종보호 관련문제가 민간업자 뿐 아니라 정부차원의 이슈로 확대됨으로써 앞으로는 자국의 이익을 위해 식물자원의 수출입이나 신품종 등록·판매 등에서 국가 간에 치열한 각축을 벌이는 시대가 되었다.

조경수목에 있어 품종개념의 도입은 조경수목의 질적 향상을 위해서 특히 필요하며 이제까지는 양적으로 생산 되었지만 앞으로는 질적으로 상품화가 될 수 있어야 국제시장 에서 인정을 받게 될 것이다. 새로운 조경수 개발 노력은 외국에서는 매우 활발히 진행되고 있고 미국 및 캐나다에서는 오래전부터 한국 원산 및 자생수종을 도입하여 새로운 조경수 신품종을 개발함으로써 조경수목 보급의 다양화를 도모하고 있으며, 일부 수종은 한국명으로 널리 통용되고 있다. 또한 신품종을 육성하여 상품화하고 있으며 그 일부는 우리나라에 역수입되고 있다.

한국자생으로 미국 및 캐나다에 도입되어 재배 및 판매되고 있는 나무는 교목이 약 119종으로 29종에서 신품종이 육성되어 있다. 관목은 142종으로 이중 50종에서 신품종이 육성 되어져 있다. 한국 원산 및 자생수목으로 미국 및 캐나다, 영국에 도입된 수종 중 교목은 119종으로 이중 116종이 식물원에서 재배되고 있으며, 이중 조경수판매회사에서 판매되고 있는 수종이 78종 있었으며 품종으로 육성되어 판매되고 있는 수종은 구상나무,

야광나무, 노각나무, 자귀나무, 녹나무, 층층나무, 산딸나무, 굴거리나무, 들메나무, 은행나무, 노간주나무, 모감주나무, 야광나무, 가문비나무, 잣나무, 섬잣나무, 눈잣나무, 회화나무, 팥배나무, 때죽나무, 주목, 비자나무, 참느릅나무, 느티나무, 대추나무, 사시나무, 감나무, 담팔수, 배나무 등 29종이다. 또한 교잡종으로 육성되어진 수종이 5종 있다. 현지답사와 문헌상으로 조사된 한국자생 및 원산으로 미국에 도입되지 않은 수종은 망개나무, 왕개서어나무, 긴잎이팝나무 3수종에 불과하다.

관목과 만경목은 142종이 미국에 도입되어 조경수로 판매되고 있는 수종도 85종에 이르며 품종으로 육성 개발되어 판매되고 있는 수종은 으름덩굴, 회양목, 보리밥나무, 만리화, 함박꽃나무, 탱자나무, 진달래, 산철쭉, 정향나무, 수수꽃다리, 분꽃나무, 붉은병꽃나무, 미선나무, 다래, 쥐다래, 개머루, 두릅나무, 자금우, 식나무, 매자나무, 좀작살나무, 작살나무, 둥근잎말발도리, 보리수나무, 화살나무, 사철나무, 줄사철, 사스레피나무, 땅비싸리, 꽝꽝나무, 호랑가시나무, 싸리나무, 광나무, 쥐똥나무, 왕쥐똥나무, 산사나무, 돈나무, 만병초, 산가막살나무, 꽃말발도리나무, 큰꽃으아리, 한라산진달래, 흰진달래, 철쭉, 국수나무, 털개회나무, 백당나무, 개나리 등 50종이 있고, 이중 교잡종은 20종이며, 식물원과 조경수판매회사에서 신품종육성 및 교잡종까지 개발된 수종도 12종으로 으름, 회양목, 보리밥나무, 만리화, 함박꽃나무, 탱자나무, 진달래, 산철쭉, 정향나무, 수수꽃다리, 분꽃나무, 붉은병꽃나무 등이 있다. 한국원산 및 자생으로서 아직 도입되지 않은 수종은 댕강나무, 털댕강나무, 섬오갈피나무, 왕가시오갈피, 으름, 개느삼, 다래나무, 복분자 딸기, 왕초피나무, 섬노린재나무의 11종이다.

우리나라는 1970년을 전후로 본격적인 조경수 생산이 시작된 이래 급진적인 경제발전과 더불어 각종 건설공사에 따른 조경공사가 증가함에 따라 환경수의 수요가 커지고, 침체되었던 조경수 생산업체가 다소 회복세를 보이면서 오늘에 이르고 있다. 특히 사회구조의 도시화 및 산업화가 촉진되면서 쾌적하고 풍요로운 녹지 공간에 대한 국민의 요구도가 증대되고 있지만 이러한 국민들의 욕구를 충족시킬 만큼 다양한 품종의 개발은 물론이고 선택적으로 활용할 수 있는 수종 자체도 미흡한 실정이다. 따라서 삶의 질을 향상시킬 수 있으며 수형, 꽃, 열매, 단풍색 등이 아름다운 조경수 우량품종 육성보급을 위한 연구가 필요한 상황으로 조경수 생산 분야에서도 보다 향상된 재배기술을 통해 차별화된 품질을 갖추고, 나아가 아름다운 자생 향토수종을 새로운 조경수로 적극 발굴 활용함으로서 국내외 경쟁력을 확보하여야 하며, 이를 위해서는 무엇보다도 가능성 있는 국내 수종들의 생태적·생리적 특성과 재배관리방법 등을 바로알고 이를 현장에 직접 적용하여 품질 좋은 적정규격의 조경수를 생산 보급하는 것이 중요하다고 보고 하였다.

3. 수행방법

가. 화분교배에 의한 신품종 육종

만병초는 꽃이 화려하고 아름다워 조경수로 선호도가 높은 수종이나 표고 700~2,200m 사이의 고산지대에서 자생하는 상록활엽관목으로 공중습도가 높아야 잘 자라며 저지대에서는 야외 식재 시 환경에 적응하지 못하고 고사되거나 생육이 저조하여 온실재배만 하고 있는 실정으로 노지에서 월동이 가능하면서 꽃이 크고 아름다운 신품종 육종 필요

1) 만병초 교배종 산지 적응시험

가) 공시재료

만병초 교배종

나) 장　　소

산림식물 유전자 보존원(산지식재)

다) 방　　법

만병초 화분교배 증식묘를 산지에 25본/㎡(식재간격 20㎝)로 이식하고 월동피해 및 생육상황 조사

라) 시　　기

월동피해(3～4월), 생육상황(10월)

마) 규　　모

300본

바) 조사항목

동해여부(엽변색 등), 생육상황(수고, 근원경)

2) 도입종 산지식재

가) 공시재료(월동 가능한 외국산 수종)

재닛블레어, 신틸레이션, 사이노서, 파커스핑크

나) 이식시기

2~3월

다) 방　　법

파종으로 생산한 만병초 묘목을 삽목상에 이식

라) 규　　모

80본(20본/품종×4품종)

나. 경쟁력있는 조경소재 발굴 및 증식기술 개발

1) 조경수 선정 및 증식

가) 대상수종

- 나르시시플로라 : 철쭉 교잡종 중에 베스트로 꼽히는 나무로 수선화를 닮은 노란꽃에서 나르시시라는 이름이 붙었으며, 개화를 시작할 때 향이 난다.
- 청벚나무 : 꽃이 연한 녹색으로 피는 것이 특징이며, 벚나무의 돌연변이종이다. 일본에서도 진귀한 벚꽃나무로 알려져 있다.

나) 증식방법

(1) 나르시시플로라 증식

(가) 장　　소 : 유리온실

(나) 시　　기 : 6월

(다) 규　　모 : 20본

(라) 방　　법

- 삽수채취 : 6월 중순 꽃이 지고난 후 새 순이 경화되기 시작할 때 삽수 채취
- 삽　　목 : 채취한 삽수를 마르지 않게 비닐봉투에 넣어 운반한 후 삽수 하단 부만 매끈하게 절단하고 피트모스 상토에 충분히 관수를 실시한 후에 삽목

(마) 조사항목

발근율, 삽목상 온·습도

(2) 청벚나무 증식

(가) 장　　소 : 비닐하우스

(나) 시　　기 : 2~4월

(다) 규　　모 : 200본

(라) 방　　법

- 접수채취 : 2월 상순~중순에 채취하여 접수 저장고 온도 5~10℃에 수분이 마르지 않도록 비닐로 포장하여 저장
- 접　　목 : 3월 중순에 절접

(마) 조사항목

활착 및 생육상황

다. 조경수 재배 증식포 관리

1) 조성현황

구 분	수 종	면 적 (㎡)	비 고
계	12수종	1,000	
수고생장유도시험	가침박달, 풀또기	200	
무성증식기술개발	단풍철쭉, 가막살나무, 수양단풍, 안개나무, 히어리 등 10수종	800	

2) 장 소 : 조경수 재배 시험포지

3) 관리내용

제초 및 배수로 관리, 조경수 수형조절(정지전정), 시비 및 표찰정비

라. 난대수종 적응시험

난대수종의 우리 도 지역 적응성 시험

1) 식재년도

2009년 3월

2) 장 소

태안(해안), 공주(충남 이남), 천안(충남 이북)

3) 규 모

120본(10본×4수종×3지역)

4) 식재수종

아왜나무, 홍가시나무, 금목서, 은목서

5) 조사항목

생육상황(수고, 직경), 동해피해여부 등

4. 결과 및 고찰

가. 화분교배에 의한 신품종 개발

1) 화분교배

자가 교배를 방지하기 위하여 자화로 이용할 만병초가 개화하는 순서대로 암술만 남기고 수술대를 제거한 후에 진마리만병초, 루즈벨트만병초, 하이돈헌터 만병초의 개화와 동시에 화분을 채취하여 곧바로 면봉에 찍어 암술머리(주두)를 가볍게 접촉시켜 수정하였다. R.degronianum과 R.fortunei 등 2품종에만 교배가 성립되었으며, 교배율은 8%정도로 낮게 나타났다. 화분교배가 성립된 2품종에 대하여 6월경 삭과의 생육상태를 조사한 결과 삭과는 좁고 긴 타원형으로 R.degronianum 삭과의 길이는 0.8~1.0㎝이었고 R.fortunei 삭과의 길이는 3~3.5㎝ 정도로 교배가 되지 않은 비립종자와는 8~9배정도 차이가 나는 것으로 조사 되었으며 결실된 종자는 10~11월중 삭과가 갈색이 되어 약간 벌어지기 시작했을 때 채취하여 종자를 정선하였다.

2) 교배종 증식

유럽과 북미 등지에서 만병초류는 매우 유명한 관상수로 널리 알려져 있다. 내한성이 강한 상록수이면서도 꽃이 크고 다양하여 최고의 정원식물로 200년이상 육종되어 왔다. 국내로 도입된 만병초는 분화용으로 일부 판매되고 있으나 꽃이 화려하고 아름다우면서 월동이 가능한 품종은 그리 많지 않다. 히말라야 만병초중에서도 내한성이 강한 R.fortunei를 암꽃으로 하고 꽃이 화려하나 내한성이 약한 진마리만병초, 루즈벨트, 하이돈헌터에서 채취한 화분으로 2010년도 4월경 수분하여 결실된 종자를 11월경 채취 저온건조 저장한 종자를 다음해 2011년 2월중순~ 2월하순에 육묘상자에 수태를 10㎝두께로 깔고 충분히 관수한 상태에서 종자를 뿌린 후 습도를 유지시키고 약 70일 후에 종자발아율 조사결과 80% 정도로 높게 나타났다. 만병초 종자는 너무 작기 때문에 바람에 날리기 쉽고 조밀하게 뿌려질 우려가 있어 주의해야 한다. 발아직후 자엽은 크기 1~2㎜ 정도이며 자엽이 나온 후 약 20~30일이 지나 본엽이 나왔다. 본엽은 자엽처럼 매우 작으며 다음해 이른봄이 되어도 본엽은 4~6장 정도 나오고 크기는 3~5㎜에 불과 하였다. 때문에 이시기에 이식하게 되면 생장이 불량하게 된다. 만병초의 2차 생장을 유도하기 위해서는 봄 새순이 나와 굳은 후 이식하는 것이 가장 좋다.



그림 1. 만병초 발아



그림 2. 만병초

3) 재배기술 개발

(가) 적정 재배상토 규명

만병초의 육종에 있어 내한성이 강한 품종을 만드는 것은 획기적인 일이나 매우 낮은 온도 뿐 만아니라 강한 햇빛에 노출되어도 적응력이 뛰어난 형질을 가진 교배종을 선발해야 4계절이 뚜렷한 우리나라 기후에 적응 할 수가 있다. 만병초는 산성토양에 잘 자라며 석회질, 점질, 미사질토 등의 토양에서는 잘 자라지 못하며 특히 답압이 심한 토양이나 배수가 원활하지 못한 토양에서는 식재가 거의 불가능하다. 묘목에서 성목이 되기 까지 적정 재배상토를 규명하기 위하여 종묘포트 24구(350㎖)에 펄라이트:피트모스=1:1 와 고운 마사토를 상토로 하여 교배종 묘목을 식재하고 생육상태를 비교한 결과 펄라이트+피트모스에 식재한 묘목의 생장이 마사토 상토에 비하여 엽장의 경우 2.8배 생장이 빠르고 잎의 지질은 얇고 뒷면에 밀모가 없는 것으로 나타났으며, 묘고는 펄라이트+피트모스 5.36㎝ 마사토에서 생장한 묘목의 크기는 1.91㎝로 펄라이트+피트모스 상토에서 2.8배 생육이 왕성한 것으로 조사되었다.



그림 3. 마사토



그림 4. 펄라이트+피트모스

만병초 교잡종 2년생(1-1묘)을 4월에 목질칩과 원예상토 에 이식하고 5개월 후 생장 비교 결과 엽장과 엽폭의 생장량은 큰차이가 없었으나 묘고의 생장은 목질칩 상토에서 5개월간 5.8㎝생장량을 보였고 원예상토 에서는 10.3㎝로 자라 평균 생장량이 거의 배 이상 잘 자라는 것으로 조사되었다. 따라서 만병초의 생장촉진을 위해서는 발근묘 초기 에는 펄라이트+피트모스 상토에 식재하고 생장을 촉진시킨 후에 다시 원예 상토에 이식하여 재배하는 것이 유리할 것으로 조사되었다.

(나) 노지월동 적응시험

만병초의 노지월동 상태를 관찰하기 위하여 중국만병초와 아스마만병초 5년생을 종보존원 내 2개 장소에 식재하고 생육상태를 조사하였다. 만병초의 식재 장소가 철쭉 및 참나무류 등 관목으로 구성되어 있어 햇빛에 직접 노출되지 않고 바람의 영향은 많이 받지 않으며 배수가 잘되고 토양 수분이 적정한 장소에 식재되어 있는 개체는 월동 후에도 잎이 정상적으로 자라고 생육상태가 매우 양호하였다. 그러나 식재지 주변 환경이 척박하고 햇빛에 노출되어 있으며 겨울철 바람의 영향을 많이 받는 곳에 식재된 개체는 생육이 부진하고 쇠약하여 식엽성 피해를 더 받는 것으로 조사되어 식재지 주변환경의 영향을 많이 받는 식물로 조사되었다. 토양은 물 빠짐과 보수성이 좋은 산성토양에서 잘 자라며, 여름철 이른 아침 햇빛은 괜찮으나 오후 서쪽 햇빛은 피할 수 있는 장소가 만병초의 생육적지로 조사되었다. 만병초 생육상황은 평균 근원경 8.3㎜, 수고 38.9㎝로 조사되었고 동해 피해는 15% 정도 피해를 본 것으로 나타났다.(표 1)



그림 5. 만병초 노지생육상태



그림 6. 만병초 산지이식

식재지가 반음지 상태에서 공기중 수분이 있는 곳은 생육이 왕성하고(그림5), 참나무 및에 반그늘은 형성되나 건조하고 척박한 환경에서는 생육이 저조한 것으로 조사되었다.(그림6)

〈표 1〉 만병초 교배종 생육상황 및 월동피해조사표

구 분	생육상황		동해(피해율)		비 고
	근원경 (㎜)	수 고 (㎝)	고사본수 (고사/식재본수)	비 율 (%)	
평 균	8.3	37.9	3/20	15	5년생
Ⅰ반복	8.4	45.3	5/20	25	
Ⅱ반복	7.9	31.7	2/20	10	
Ⅲ반복	8.6	36.7	2/20	10	



그림 7. 만병초 고사목



그림 8. 만병초 월동피해

나. 경쟁력있는 조경소재 발굴 및 증식기술 개발

1) 조경소재 증식

철쭉 교잡종 중에 베스트로 꼽히는 나무로 수선화를 닮은 노란꽃에서 나르시시라는 이름이 붙었으며, 개화를 시작할 때 향이 나는 식물로 증식이 어려운 수종으로 알려져 있다. 6월 초순경 새순이 경화되기 시작할 때 삽수를 채취한 후 채취한 삽수를 마르지 않게 비닐봉투에 넣어 운반한 후 삽수 하단부만 매끈하게 절단하고 피트모스 상토에 충분히 관수를 실시한 후에 수직으로 삽목 하였다. 삽목 후 삽목상의 온도는 24~28℃, 습도는 80%이상 유지시켜주고 60일 후 발근율 조사결과 삽수 50본 중 30본이 발근하여 60%의 발근율을 보였다.



그림 9. 나르시시플로라 삽목



그림 10. 나르시시플로라 개화

청벚나무는 꽃이 연한 녹색으로 피는 것이 특징이며, 벚나무의 돌연변이 종으로 일본에서도 진귀한 벚꽃나무로 알려져 있다. 접수채취는 2월 중순에 채취하여 접수 저장고 온도 1~5℃에 접수의 1/3이 젖은 수태를 넣어 수분이 마르지 않도록 비닐로 포장하여 저장하였다. 2016년도 3월 20일에 50본의 대목에 절접을 실시하고 습도유지를 위하여 비닐터널을 한 결과 10본이 활착하여 20%의 활착율을 보여 저조한 결과를 얻었는데 비닐터널에 의한 온도상승효과로 인하여 접수의 생장이 너무 빨리 진행되었고 접목부분이 활착이 되기 전 높은 습도로 인한 곰팡이 발생과 연관이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 2017년도에는 비닐터널을 하지 않고 3월 24일 120본을 접목을 실시한 결과 55본이 활착되어 접목 활착률이 46%로 증가하였다. 따라서 청벚나무의 접목에 의한 증식은 접목 후 비닐터널을 설치하지 않는 것이 활착에 유리한 것으로 나타났다.



그림 11. 청벚나무 접목



그림 12. 청벚나무 개화(고접)

나. 관목류의 수고생장 유도시험

1) 수고생장 촉진

장미과에 속하며 낙엽활엽관목인 풀또기와 세계적인 희귀수종으로 알려진 가침박달의 수고생장을 유도하기 위하여 파이프처리와 맹아발생 억제 처리, 무처리 등 처리별로 각각 20본씩 풀또기 60본과 가침박달 60본을 2012년 3월 20일 공시목을 식재하고 수고생장 결과를 조사한 결과 Table 2, 3과 같다. 2013년 4월에 수고생장을 유도하기 위하여 주지만 남기고 모두 제거한 후 PVC파이프를 씌우고 2개월 후인 6월에 생장조사를 한 결과 가침박달은 160㎝, 풀또기는 100㎝로 수고생장은 양호하였으나 PVC파이프내부 온도 상승으로 대부분이 고사하였다. 또한 수고생장한 가지가 연약하여 무게를 이기지 못하고 아래로 쳐지는 현상이 나타나 조경수의 가치를 상실하게 되어 파이프 처리에 의한 수고생장 유도방법은 실용성이 없는 것으로 판단 되었다(그림13, 14)



그림 13. PVC파이프 처리



그림 14. 휘어진 모습(가침박달)

가침박달의 맹아 및 가지제거를 실시한 공시목의 연간 생장량은 79.4㎝로 무처리구 69.2㎝ 대비 10.2㎝ 정도 양호한 생장을 보였으나 풀또기에서는 맹아와 가지를 제거한 처리구의 생장량이 82.6㎝로 조사되었고 무처리구의 수고생장량이 87.2㎝로 나타나 오히려 무처리구의 생장량이 4.6㎝ 양호한 것으로 나타나 가침박달은 가치치기를 해주는 것이 유리하고 풀또기는 방치한 후 생장이 완료된 후에 가지치기를 해주는 방법이 좋을 것으로 나타났으나 지속적인 생장상태를 관찰하면서 판단하여야 할 것으로 사료된다.

다. 무성증식기술 개발

1) 단풍철쭉

단풍철쭉은 낙엽활엽관목으로 5월에 개화한다. 가을에 익은 종자를 채취 하여 기건 저장하였다가 이듬해 2월 중순~3월 초순사이에 수태를 10㎝ 두께로 깔고 그 위에 파종하면 80%이상 발아 하였다. 삽목 증식은 전년 또는 당년 생장한 가지를 이용하는데 전정가위를 사용하지 않고 기부에서 손으로 채취하여야 하며 삽수길이 3~6㎝로 조제하여 삽수를 지면에 꽂는 깊이는 2㎝정도로 수직으로 세워 꽂으면 된다. ㎡당 삽목처리 본수는 300본정도가 적당하며 삽목상의 온도는 22~26℃, 습도는 80%이상 유지시켜주는 것이 좋다. 삽목결과는 숙지삽(3월) 13%, 녹지삽(5월) 96%, 반녹지삽(7월) 100%로 조사되어 단풍철쭉의 삽목은 당년도 자란 새순이 경화되기 시작하는 7월경 채취하여 삽목하는 것이 가장 유리한 것으로 조사되었으며 발근에 소요되는 기간은 약 40일 정도로 나타났으며, 삽상의 재료는 피트모스나 마사토에서 큰 유의성을 보이지 않았다.



그림 15. 단풍철쭉 발근



그림 16. 단풍철쭉

2) 가막살나무

가막살나무는 낙엽활엽관목으로 높이 3m정도 자라고 몇 개의 줄기가 올라와 많은 가지를 퍼트려 화관을 형성하며 5월에 황백색으로 꽃이 피며 가을에 적색으로 익은 열매가 아름다운 수종이다.

종자번식은 가을에 익은 열매를 채취하여 정선한 후 2년간 노천매장 하였다가 파종하여야 발아가 잘된다. 가막살나무의 발아촉진을 위하여 정선된 종자를 준비하여 용기(비이커)에 담고 황산 95%원액으로 종자가 잠기도록 하였다. 교반기를 이용하여 30분동안 밀납층을 제거하고 황산 처리가 끝난 종자를 체에 걸러 종피에 묻은 발열반응에 주의하면서

완전히 제거하였다. 황산이 제거된 종자를 물에 넣고 종피를 부벼 황산에 부식된 종피를 깨끗하게 세척하고 다시 망사자루에 넣고 흐르는 물에 종자를 잘 비벼주어 검게 탄 부분과 남아있는 황사를 완전히 제거 하고 흐르는 물에 1주일 정도 침적하여 종자가 충분히 물을 흡수하도록 불린 후 파종하였으나 종자가 부패되어 발아되지 않았다. 종자가 발아에 미치는 요인은 온도, 수분, 광도, 배의 후숙, 발아억제물질 등 여러 요인이 있다. 본 시험은 2년 발아 종자인 가막살나무 종자를 발아촉진 처리하여 발아시기를 1년 앞당기는데 주안점을 두고 2년 연속 파종하였으나 발아 시키는데 실패하였다. 실패 원인은 황산처리 시간을 40분에서 30분으로 단축하였으나 이 또한 종피가 너무 많이 제거되어 배젖이 노출 종자가 부패한 것으로 추정되어 황산 침지 시간을 20분 정도로 조절하고 황산처리 시 농도 및 침지시간에 각별히 유의해야 될 것으로 판단되었다.

삽목 상토는 마사+적옥토를 각각 1:1로 Peatmoss는 타 재료를 혼합하지 않고 100% Peatmoss만을 사용 하였으며, 가막살나무의 삽수는 6~8㎝ 길이로 조제하였으며 삽수 절단부위가 상하지 않도록 안내봉을 이용한 방법과 고랑을 파서 세우는 방법 2가지를 병행하여 삽목을 실시하였으며, 삽수에 눈은 최소 2~3개 정도 붙은 것을 공시재료로 이용하였다. ㎡당 삽목본수는 200본이 적당하였으며 삽목상의 온·습도 조절은 단풍철쭉과 동일하게 처리하고 시기별 발근율 조사결과 숙지삽(3월) 57%, 녹지삽(5월) 100%, 반녹지삽(7월) 100%로 조사되어 가막살나무의 삽목증식은 삽수 윗부분까지 캘루스가 형성되어 삽목증식이 용이한 수종으로 조사되었으며 발근에 소요되는 기간은 약 35일 정도로 나타났다. 삽상의 재료는 피트모스나 마사토에서 큰 유의성을 보이지 않았다.



그림 17. 가막살나무 발근



그림 18. 가막살나무

3) 수양단풍

수양단풍의 원산지는 일본이며 낙엽활엽교목, 소교목이다. 수양버들같이 자연적으로 늘어져 수양단풍이라 부르며 색깔은 7~8월까지 청·홍색을 유지하다가 가을에 아름답게 단풍이 드는 희귀수종이다. 삽목 증식이 어려워 접목증식만 가능한 수종으로 알고 있었으나 최근 기술이 개발되어 삽목 증식이 가능한 수종으로 분류된다.

수양단풍의 종자는 홍색단풍에서 결실이 많이 되며 청색수양단풍은 결실이 되어도 비립이 많은 편이다. 가을에 채취한 종자를 직파하면 발아되는데 발아율은 12%정도 저조한 것으로 조사되었으며 수양단풍이 나올 가능성은 60%정도인데 발아된 묘목이 1~2년 정도 더 자라봐야 알 수 있을 것으로 판단되었다.

수양단풍의 삽목증식은 삽수를 채취하는 방법과 삽상의 환경조건이 성공여부를 좌우한다고 볼 수 있다. 삽수채취는 새순이 15~20㎝ 자랐을때가 적당하며 전정가위를 사용하여 삽수를 채취하면 발근율이 저조하게 된다.

손을 이용하여 채취하되 전년지와 새순이 갈라지는 기부에서 전년지의 껍질이 약간 붙어있다는 느낌으로 순을 딴 후에 접목도를 이용하여 절단면을 매끈하게 정리하고 삽목 전 잎은 1/3만 남기고 제거해준다. 삽목상의 온도나 습도조절은 상기 수종과 동일하며 삽목시기별로는 전년지를 이용한 숙지삽의 발근율은 17%로 저조하며 발근에 소요되는 기간도 길어지게 된다. 5월 새순을 이용하여 녹지삽을 실시한 결과 32%정도의 발근율을 보였으며 7월의 반녹지삽은 평균 90%로 높은 발근율을 보였다. 발근소요 일수는 61~65일이 소요되어 다른 수종 대비 발근 소요일수가 2배 이상 오래 걸리는 수종으로 조사되었다. 처리별로는 유의성을 보이지 않아 발근 촉진제(루톤)나 경단처리를 할 필요성이 없는 것으로 판단되었으며 삽상재료는 마사토 대비 피트모스가 약 5~7% 정도 발근율이 높게 나타났다.



그림 19. 수양단풍 발근



그림 20. 삽목상

4) 안개나무

낙엽활엽 관목으로 중국 및 히말라야가 원산지로 4~5m정도 자란다. 줄기는 곧고 자갈색으로 털이 많이 나있다. 잎은 어긋나기하며 도란형으로 가지 끝에 모여 달린다. 5~7월에 담자색으로 피는 꽃은 마치 안개를 연상할 만큼 뭉게뭉게 피는 것이 특징이다. 안개나무의 삽목 방법은 상기수종과 마찬가지로 동일한 상토와 시기에 삽목을 실시하였다. 삽수의 길이는 8~14㎝ 길이로 조제하고 눈은 윗부분에 집중되어 있어 조절할 수가 없었으며 삽수의 윗부분은 직각으로 아랫부분은 45°각도로 비스듬히 절단하여 발근부위가 넓게 처리하였다. 삽수를 꽂을 때 주의할 점은 반드시 절단면이 아래로 향하게 하여야 한다. 숙지삽(3월삽목)의 발근율은 5% 미만으로 저조하였고 녹지삽(5월)에서는 상토를 마사토를 이용하였을 때는 6%만이 발근되었으나 상토를 피트모스를 이용한 곳에서는 84%으로 높은 발근율을 보였다. 그러나 발근된 삽목묘를 뿌리 내린 그대로 방치하게 되면 뿌리가 썩어버리는 현상이 발생하여 발근이후 묘목의 관리가 매우 중요하며 뿌리가 썩지 않게 하기 위해서는 일반 사양토로 이식해 주어야 할 것으로 판단되었다.



그림 21. 안개나무 발근



그림 22. 안개나무

5) 고추나무

전국의 표고 100~500m사이의 계곡 및 산록에서 자라는 낙엽활엽관목으로 높이 3~5m에 달하며 지리적으로는 중국과 일본에 분포한다. 종자번식은 채취하여 말리지 말고 노천매장 하였다가 이듬해 봄에 파종하면 90% 이상 발아 한다. 주의할 점은 종자를 말리게 되면 전혀 발아하지 않는다는 점이다.

고추나무의 발근율은 숙지삽(전년지 사용 3월 삽목)에서 70%이상 발근이 되며 마사토보다는 피트모스에서 약 5%정도 유리한 것으로 조사되었다. 새순을 이용한 녹지삽과 새순이 경화된 후에 삽목하는 반녹지삽은 발근율이 95% 이상으로 나타나 대량생산이 용이한 수종으로 분류되었다.



그림 23. 고추나무 발근



그림 25. 고추나무

6) 히어리

우리나라 특산이며 낙엽활엽관목으로 높이 5m까지 자란다. 환경부 지정 멸종위기 Ⅱ급으로 분류된다. 히어리는 이른 봄 3월 8~12개의 작은 꽃이 주렁주렁 늘어져 나무전체를 노랗게 뒤덮고 9월에 익은 종자를 채취하여 노천매장 하였다가 이듬해 봄에 파종하면 78%이상의 발아율을 보인다.

삽수길이를 8~14㎝로 조제하여 5월의 녹지삽과 7월 반녹지삽을 실시하면 상토재료에 관계없이 100% 발근을 하는 수종이나 숙지삽목에서는 50% 정도로 저조하였다. 삽목에서 발근까지 소요되는 기간은 약 40일정도 소요 되었다. 멸종위기식물로 지정되어 있어 번식이 어려울 것으로 예상되었으나 시험결과는 실생 및 무성번식이 용이한 수종으로 분류되었다.



그림 25. 히어리 발근



그림 26. 히어리

7) 금송, 백송, 흰진달래

줄기가 회백색을 띄는 희귀수종인 백송은 실생 번식 외에 무성번식에 대한 자료는 찾아보기 어려운 수종이고 흰진달래 역시 삽목번식이 잘 안되는 수종으로 알려져 있다. 금송은 삽목번식이 가능하나 시기와 방법에 대하여 구체적으로 정립할 필요성이 있는 수종이다. 따라서 3수종에 대한 증식 방법은 숙지삽, 녹지삽, 반녹지삽 등 3단계로 구분하여 실시하였다. 숙지삽목을 하기 위하여 채취한 삽수의 평균 규격은 금송(길이 8.3㎝, 직경 5.0㎜), 백송(길이 9.1㎝, 직경 4.2㎜), 흰진달래(길이 9.8㎝, 직경 2.2㎜), 이었으며 삽목상토는 마사토, Peatmoss+펄라이트, 사양토를 사용 하였다.

루톤이 발근에 미치는 영향을 구명하기 위하여 루톤을 물에 녹여 10분간 삽수 기부를 침지 시킨 후 삽목을 실시하고 4~8월까지 삽목상의 온도는 18～22℃를 유지하였으며 습도는 70~90%로 평균습도 80%로 유지하고 발근율 등을 조사하였다.

금송의 삽목에 의한 증식방법은 2012년도와 2013년도 2회에 걸쳐 실시한 결과 숙지삽목으로 3월 초~중순경 피트모스를 상토재료로 삽목을 했을 때 무처리와 루톤처리 모두 100% 발근되는 것으로 조사되었으며 마사토와 사양토에서는 50%이하의 발근율을 보였다 또한 녹지삽목에서도 피트모스+펄라이트를 상토로 삽목을 했을 때 무처리구에서 66%의 발근율을 보여 금송의 삽목증식은 피트모스+펄라이트를 상토로 이용하고 숙지삽목을 실시해야할 것으로 조사되었다.(그림 27)



그림 27. 금송 발근



그림 28. 백송 발근

백송의 증식은 발근촉진제를 바르고 숙지삽으로 처리했을 때 마사토에서 3% 피트모스에서 7%로 발근율은 저조하게 나타났으나 일단 삽목증식이 가능한 수종으로 구분되어 삽목시기를 조절하고 삽목상의 환경조건만 조절해 준다면 발근율을 높일 수 있을 것으로 판

단 되었다.(그림 26)

흰진달래는 숙지삽목에서 마사토를 삽상재료로 이용하였을 때 10%내외의 발근율을 보였으나 6월에 실시한 녹지삽목에서는 피트모스 상토에서 무처리 90%와 루톤처리구에서 97%의 양호한 발근율을 나타나는 것으로 조사되었고 타 수종과 달리 반녹지삽목에서도 40%정도의 발근율을 보였다.



그림 29. 금송, 흰진달래 삽목



그림 30. 흰진달래 발근

8) 슈퍼왕석류

관목 또는 소교목인 석류나무를 열매가 크다 하여 슈퍼왕석류로 분류 하였으며 슈퍼왕석류 삽목시험 결과는 전년지를 이용한 숙지삽에서는 전혀 발근이 되지 않았고 녹지삽과 반녹지삽에서 60%이상 발근율을 보였으나 발근 후 뿌리가 부패하는 현상이 나타났다. 모수 또한 직경생장을 하지 못하고 맹아가 많이 발생하며 내한성이 약해 조경수로서 부적합한 수종으로 판단되었다.

라. 난대수종 적응시험

해안지역인 안면도와 내륙지역으로 공주, 도심지역인 천안에 난대수종의 월동가능 여부를 규명하기 위하여 2009년도 3월에 금강자연휴양림, 안면 수목원, 천안시양묘장 등 3지역에 홍가시나무, 은목서, 금목서 아왜나무 등 4수종을 수종별 10본씩 3지역에 각각 40본을 식재하고 생육상황을 모니터링 한 결과 금강자연휴양림과 천안양묘장에 식재한 4수종 모두 고사 하였다. 천안지역에 식재한 나무는 식재 1년만에 전 수종 모두 고사하였고 내륙지역 인 금강자연휴양림에 식재한 수종은 2012년도까지는 은목서만 잔존하였으나 2013년도에 모두 고사하였다. 그러나 안면수목원에 식재한 나무는 아왜나무 와 금목서 일부는 생육상태가 다소 불량하였으나 은목서, 종가시나무의 생육은 양호한 것으로 조사되어 안

면도 지역은 해양성 기후의 영향으로 난대수종에 대한 식재가 가능할 것으로 판단되었고, 도 내륙 및 도심지역에서는 아직은 불가능한 것으로 조사되었다. (표 2)

〈표 2〉 난대수종 현존율조사

지역별	계(평 균)			은 목 서			금 목 서			홍가시나무			아왜나무		
	식재 본수	현존 본수	비율 (%)	식재 본수	현존 본수	비율 (%)	식재 본수	현존 본수	비율 (%)	식재 본수	현존 본수	비율 (%)	식재 본수	현존 본수	비율 (%)
공주시	40	0	0	10	0	0	10	-	0	10	-	0	10	-	0
태안군	40	32	80	10	9	90	10	8	80	10	8	80	10	7	70
천안시	40	0	0	10	-	0	10	-	0	10	-	0	10	-	0

5. 참고문헌

가. 이경준, 손성인, 이돈구. 1979. 임목육종학

나. 김기철, 이갑연, 이성규, 김종한, 이정주. 2001. 노각나무 천연집단의 특성 및 맹아지 삽목증식

다. 한상돈, 홍성호, 민영택. 김영모, 김홍은. 1994. 물푸레나무속 수형목의 수심에 의한 지조맹아 발생력과 이를 이용한 녹지삽목

라. 탁우식, 김태수, 강규석, 최충호. 2004. 우리나라 주요 조림 6수종의 발아율 및 수분함량 분석

마. 이성열, 조수현, 노준현, 윤종탁, 유창연, 이진하, 김종대. 2003. 마가목 종자의 발아율 향상 및 육묘기술

바. 이성호, 임정대, 김명조, 허권, 유창연. 2003. 가시오갈피 개갑종자의 저온 처리에 의한 발아 묘목의 생육특성

사. 권오준, 심경구, 하유미. 1997. 한국자생 때죽나무의 조경수 이용을 위한 번식방법에 관한 연구

아. 김봉찬, 새로운 식물을 찾아서, 만병초류 재배사례 pp 16~19



07 부록

1. 연혁
2. 위치 및 규모
3. 기구 및 정원
4. 예산규모
5. 주요시설현황
6. 채종원 및 채수포 현황
7. 2018년 휴양림 이용객 현황

1. 연 혁

○ 1918. 3 : 충청남도 연기사방사업소 설치

○ 1938. 3. 1 : 충청남도 임업시험장 설치

○ 1993. 9. 1 : 충청남도산림환경연구소 설치(임업시험장+치산사업소)

○ 1994. 7. 15 : 연구소 이전 및 산림박물관 건물 준공

○ 1997. 2. 10 : 연구소 내 충청남도자연학습원 흡수 통합

○ 1998. 9. 5 : 기구개편(치산사업과 및 자연학습장 폐지)

○ 2008. 7. 1 : 기구개편(휴양림관리사업소 통합)

○ 2017. 1. 1 : 기구개편(명칭 변경)

2. 위치 및 규모

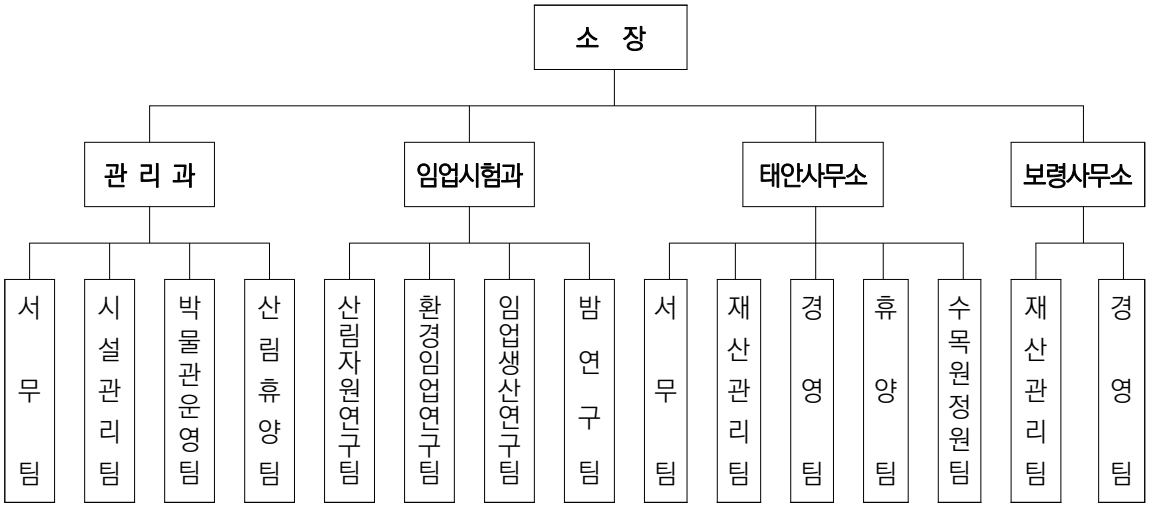
○ 위 치 : 세종특별자치시 금남면 산림박물관길 110 외 2개소(안면, 보령)

○ 규 모

- 건 물 : 128동(연건평 21,209㎡)
- 토 지 : 5,325필지 10,294ha(임야 : 9,814.5ha)

3. 기구 및 정원

○ 기 구 : 2과, 2사무소, 15팀



○ 정 원

(단위 : 명, %)

구 분	계	일 반 직						연구직
		4급·연구관	5급·연구관	6급	7급	8급	9급	연구사
정원	52	1	4	12	13	11	4	7
비율	(100)	(2)	(8)	(23)	(25)	(21)	(8)	(13)

4. 예산규모

○ 세입 : 8,673백만원(경상적세외수입 2,499, 국비보조금 5,711 등)

○ 세출 : 19,008백만원(산림환경보존 13,368, 행정운영경비 5,640 등)

5. 주요시설 현황

시 설 별	규 모	비 고
산 림 박 물 관	3,173㎡	67항목, 5,588점
자 연 휴 양 림	2개소	319ha(금강 184ha, 안면 135ha)
숲 속 의 집	26동 34실	금강-7동 12실, 안면-19동 22실
수 목 원	103.5ha	3,973종(금강 2,149종, 안면 1,915종)
열 대 온 실	1,685㎡	514종, 28,574본
동 물 마 을	7,065㎡	10개소 31종
주 차 장	1,637대	본소 550, 안면 1,087

6. 채종원 및 채수포 현황

○ 중앙지정(채종림)

수 종	면적(ha)	본수(본)	비 고
합 계	**4.0**	**1,513**	
상 수 리	3.0	1,080	세종 3.0ha
자 작	1.0	433	세종 1.0ha

○ 도 지정(채종임분)

수 종	면 적(ha)	본 수	비 고
합 계	51.71	27,977	8개 시·군
굴 참	13	4,870	공주시(2), 보령시(10), 금산군(1)
느 티	2	150	공주시(2)
백 합	4	800	천안시(2), 대전시(2)
상수리	12	4,320	세종시(12)
오 리	2	1,000	보령시(2)
아까시	1.4	800	보령시(1.4)
안면송	11	10,020	태안군(11)
졸 참	1	250	공주시(1)
참 죽	0.06	17	공주시(0.06)
헛 개	3	5,050	공주시(2) 보령시(1)
옻나무	0.35	200	아산시(0.35)
옻나무	0.40	200	금산군(0.40)
낙엽송	1.5	300	천안시(1.5)

○ 수형목 지정

수 종 별	계(본)	공주시	금산군
계	6	3	3
졸 참 나 무	4	1	3
신 갈 나 무	2	2	-

○ 채수포

- 포플러

면적(㎡)	계(본)	품 종 명			
		양황철	1-214	이태리-2	수원
1,600	240	60	60	60	60

- 상수리

면적(㎡)	계(본)	품 종 명					
		경북7	영암1	전북0552	전북0561	경기16	산정1
4,614	669	250	182	68	58	42	69

7. 2018년 휴양림 이용객 현황

휴양림별	이용객 (명)	징 수 액 (천원)				
		계	입장료	시 설 사 용 료		
				소계	숲속의집	주차장 등
계	537,068	1,427,683	1,304,410	976,379	649,541	326,838
금 강	189,641	527,278	515,889	380,822	238,174	142,648
안면도	347,427	900,405	788,521	595,557	411,367	184,190

2018년도 시험연구보고서(제44호)

인 쇄 : 2019년 5월 일
발 행 : 2019년 5월 일
발행인 : 김승환
편집위원장 : 김연태
편 집 위 원 : 김영재, 지동현, 이주택, 조현선,
김보미, 김남희, 조성효, 김경진,
배연태, 유원호
발행처 : 충청남도산림자원연구소(비매품)

충청남도산림자원연구소

30085 세종특별자치시 금남면 산림박물관길 110
Tel. 041-635-7351, Fax. 041-635-7978