

2016·제48호

시험연구보고서

ANNUAL RESEARCH REPORT



경상남도산림환경연구원

FOREST ENVIRONMENT RESEARCH INSTITUTE
GYEONGSANGNAM-DO PROVINCE

목 차

I. 산림소득원개발 분야	5
1. 뽕은감을 이용한 고품질 가공기술개발	7
2. 뽕은감 품종별 특성조사	48
3. 뽕은감 감꼭지 이용기술개발	94
4. 그로우백을 이용한 산약초 생육상황 연구	139
5. 산채류의 아고산지역 내 증식 및 재배기술개발	148
II. 산지자원화 분야	163
1. 경남지역 시험림 관리(공동)	165
2. 주요 활엽수 용재수종의 조림기술개발 연구(공동)	171
III. 산림생물 다양성 분야	181
1. 연화산 도립공원의 식물군락과 환경요인의 상관관계	183
2. 구상나무 현지내외 복원 전략(공동)	203
3. 기후변화 취약 산림식물종 계절성 모니터링 연구(공동)	212
4. 경남지역 희귀특산식물 모니터링 연구(공동)	251
IV. 산림환경·보호 분야	293
1. 산림병해충 발생예찰 조사(공동)	295
2. 소나무재선충병 감염경로 연구	315
3. 소나무재선충병 방제물질 및 매개충 포획트랩 개발에 관한 연구	325
4. 수목병해충 방제약종 선발시험(공립나무병원 실연과제)	339
5. 수종별 수목활력도 변화연구	352

부 록

I. 일반현황

1. 연 혁	363
2. 기 구	363
3. 인 원	364

II. 주요시설 현황

1. 재산현황	364
2. 시설현황	365

III. 주요 연구 성과

1. 2016년 연구결과	366
2. 지적재산권 보유 및 기술이전 산업화 현황	368

IV. 기후표

1. 기상 관측 장소	369
2. 기상 관측 값	369
3. 연도별 월별 기상 관측 자료	369

V. 기타

1. 수목원의 주요 식물 계절변화	370
--------------------------	-----

I 산림소득원개발 분야

1. 뽕은감을 이용한 고품질 가공기술개발
2. 뽕은감 품종별 특성조사
3. 뽕은감 감꼭지 이용기술개발
4. 그로우백을 이용한 산약초 생육상황 연구
5. 산채류의 아고산지역 내 증식 및 재배기술개발

뽕은감을 이용한 고품질 가공기술개발

시험기간 : 2015년 ~ 2017년

담 당 자 : 강승미, 서원택, 우연우, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

동아시아가 원산지인 감나무(*Diospyros kaki* Thunb.)는 우리나라, 중국, 일본 등지에서 많이 재배되고 있으며, 그밖에 남부 아세아, 지중해 연안, 아프리카와 오스트레일리아의 일부 지역에서도 재배하고 있다. 감나무는 연평균기온이 10℃ 이상, 1월 최저기온이 -10℃ 이상이며 평균기온이 6℃ 이상인 온화한 지역에서 재배가 가능하다. 따라서 우리나라에서는 중북부 및 일부 산간지대를 제외한 어느 지역에서나 재배가 가능하다. 또한 감나무는 비배관리가 용이하며, 강수량이 풍부하면서 지하수위가 낮은 지역의 약산성의 양토에서 잘 생육하므로 경사지나 집 주변 어느 곳에서 재배가 가능하여 토지의 이용률을 높일 수 있는 작물이 된다.

우리나라에서 감나무는 오랜 재배역사가 있는데 “향약구급방(鄉藥救急方)”에 경상도 고령(高靈)에서 재배하였다는 기록이 있다(두산백과). 감은 생것의 특성에 따라 크게 단감과 뽕은 감 두 종류가 있으며, 단감의 종류에는 부유시, 차란시, 부사시 등이 있으며, 뽕은 감의 종류에는 고종시, 반시, 사곡시 등이 있다(Hong and Chae, 2005). 뽕은 감 중에 경남지역에서 가장 많이 재배되고 있는 품종은 대봉감으로 불리는 갑주백목(甲州百目, *Diospyros kaki* cv. Hachiya)이 일본으로부터 도입되어 재배되고 있으며, 경남지역 재래종으로는 산청 단성시, 산청 고동시, 밀양 반시 등(토종 감 품종해설)이 있다.

대봉감은 1966년 농촌진흥청 원예연구소에서 도입하여 연시와 꽃감용으로 1981년 꽃이 피며 10월 하순에 성숙되며, 과실은 원추형으로 무게는 250 g 정도이고 과실 껍질과 속살은 오렌지색을 띤 홍색이며 씨앗 주변에 작은 갈변이 있다(두산백과). 산청 단성시는 산청지역이 원산으로 산청군, 함양군 일대에 분포하며, 옛날부터

꽃감용으로 재배하여 왔으나 1970년대 이후 재배가 많이 줄어들었다. 수세가 강하고 반 직립성이며 5월 하순에 개화하여 10월 중순에 성숙한다. 과일의 크기는 180 - 200g 정도이며 종자는 없거나 0 - 2개이다. 당도는 18 brix 정도이며 홍시나 꽃감용으로 적합하다. 산청 고동시는 산청군 시천면, 삼장면, 단성면 지역과 함양군 마천면, 서상면, 서하면 지역과 하동군 옥종면, 청암면 지역에서 많이 재배해오던 품종이다. 반직립형의 수형으로 가지가 굵고 마디사이가 길다. 5월 하순에 암꽃만 착생하며 10월 하순에 성숙한다. 과일은 짧은 원추형으로 180 g 정도이며 종자는 0 - 2개로 단위결실성이 강하다. 당도는 20 brix 정도이며 홍시나 꽃감용으로 적합하다. 밀양 반시는 밀양이나 경북 청도 등지에서 재배해 오던 품종이다. 반직립형의 수형으로 5월 하순에 암꽃만 착생하며 10월 중하순에 성숙한다. 과일은 편평형으로 종자는 1개 이하이다. 당도는 20 brix 정도이며 홍시나 꽃감용으로 적합하다.

붉은 감(갑주백목) 생것의 성분은 수분 83.8%, 단백질 0.5%, 지질 0.1%, 회분 0.5%, 탄수화물 15.1%, 섬유소 0.3%, 칼슘 15 mg%, 인 11 mg%, 철 0.3 mg%, 나트륨 5 mg%, 칼륨 140 mg%, 레티놀상당량 16 µg%, 베타-카로틴 97 µg%, 비타민 B1 0.03 mg%, 비타민 B2 0.02 mg%, 나이아신 0.2 mg%, 비타민 C 20 mg% 등이다(식품분석표, 2006).

감은 상기한 바와 같이 당분이 풍부하여 감미가 강한 알칼리성 식품으로 주로 꽃감이나 홍시로 이용되고 있다. 동의보감이나 본초강목 등 고문헌에서 감은 고혈압, 동맥경화 등 순환기 질환에 효과가 있는 것으로 기록되어 있으며, 암 예방을 위한 건강식품으로도 알려져 있다(Choi et al., 2006). 민간요법으로 감은 딸꾹질, 토혈, 주독, 갈증해소에 효과가 있으며(George and Redpath, 2008), 감의 타닌은 지혈에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Hanlam, 1981). 최근에 와서 감의 생리활성에 관한 연구가 다수 수행된 바 있는데, 항산화 및 항암(Seo et al., 2000; Jo et al., 2010), 동맥경화예방(Gorinstein et al., 2000), 알코올 대사 촉진(Kim et al., 2001), 항혈액응고(Lee et al., 2001) 등의 생리활성이 있는 것으로 보고되고 있다. 또한 감 껍질 추출물은 항암, 항에이즈, 항헬리코박터 활성이 있는 것으로 보고되고 있다(Kawase et al., 2003). 이러한 생리활성은 감에 들어 있는 카로티노이드와 카테킨류를 포함하는 각종 폴리페놀에 의한 것으로 보고되고 있다(Suzuki et al., 2005).

감의 다양한 생리활성에도 국내에서 감의 이용은 주로 꽃감과 홍시 및 일부 가공식품에 국한되고 있다. 감 가공식품 개발에 관한 연구에는 감식초 제조(Jeong et

al., 1998), 단감와인 제조(Bae et al., 2002), 잼 제조(Park et al., 1975), 감 조청 제조(Bae et al., 2001) 감 첨가 빵(Chung et al., 2002), 감 첨가 떡(Hong and Kim, 2005) 등이 있다.

우리나라에서 뚝은 감은 대봉감을 포함한 몇 가지 품종만이 주로 재배되고 있으며 지방 고유의 재래종 뚝은 감의 재배는 점차 줄어들고 있는 실정이다. 따라서 우리 지역의 주요 산림소득 작물로서 지방 특유의 뚝은 감을 이용하여 부가가치가 높은 뚝은 감 가공기술을 개발하면 감의 소비촉진과 함께 농가 소득향상에도 기여할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 초산함량이 증가된 고품질 감식초 개발 및 다양한 가공기술과 식품제조기술개발 통하여 뚝은 감의 산업화에 기여할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용되는 뚝은감은 경상남도 일원에서 2015년 10월에 수확하여 -20°C 에서 냉동보관중인 대봉감, 밀양 반시, 산청 단성시, 산청 고동시로 필요에 따라 세척하고 상온에서 해동하여 사용하였다.

효모와 초산균 보존용 배지는 YPDA(0.5% yeast extract, 0.5% peptone, 2% Dextrose, 1.5% agar) 배지를 사용하였다. 젖산균 분리 및 보존을 위한 배지는 Difco사의 젖산균 선택배지인 MRSA(DifcoTM, Becton, Dickinson & Co., USA) 배지를 사용하였다.

효모, 초산균 및 젖산균 종균배양은 엿기름배지(정수 1 L에 엿기름가루 200 g 가하고 60°C 에서 2 시간 당화 후 여과하여 여액을 1 L로 조정한 후 121°C 에서 15분 멸균)를 사용하였다.

주스 수득량 향상을 위한 pectinase는 Plantase TFTM(주식회사 비전바이오캡)으로 4°C 에서 보관하여 사용하였다. 배지 구성요소는 Difco사 제품을 사용하였고, 기타 필요한 시약 등은 필요에 따라 식품용 또는 분석용 시약을 구입하여 사용하였다.

2. 감주스 발효용 젖산균 분리, 선별 및 동정

각종 산야초발효액을 시료로 사용하여 젖산균을 순수 분리하였다. 적당히 희석한 산야초 발효액을 젖산균 분리용 배지인 MRS 한천배지(Difco™ Becton, Dickinson & Co., USA)에 도말하고 30℃에서 3 ~ 5일간 배양하여 단일집락을 형성시킨 후 젖산균 특유의 집락을 새로 만든 MRS 한천배지에서 순수분리 하였다. 순수하게 분리된 집락은 121℃에서 15분 멸균한 맥아추출액 배지에 접종하고 30℃에서 150 rpm으로 2일간 진탕배양 한 후 감 주스에 1% 부피비율로 접종하고 30℃에서 4일간 정치 발효하여 향과 맛을 포함하는 전반적인 풍미를 검토하여 순수분리한 젖산균의 감 주스 발효적성을 검토하였다. 순수분리한 젖산균 가운데 감 주스의 젖산발효 적성이 우수하다고 판단되는 균주 osl 9을 최종적으로 선별하였다. 선별균주 osl 9는 탄소원 이용성, 세포 지방산 분석, 및 16S rDNA 염기서열 분석에 의한 계통발생학적 연구에 의해 동정을 시도하였다(Yoon *et al.*, 2002).

3. 생균수 측정

적당히 희석한 시료를 일반세균은 YPDA 배지에, 젖산균은 MRSA에 도말하고 30℃에서 2 ~ 3일 배양하여 나타난 집락수를 계수하고 희석배수를 곱하여 생균수를 측정하였다.

4. 종균배양

알코올 발효를 위한 효모종균으로 YPDA배지에서 보관 중인 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11215를 사용하였다. 효모 종균배양을 위해서 엿기름배지 100 mL가 들어 있는 250 mL Erlenmyer flask에 1 백금이를 접종하고 30℃ 진탕배양기 (IS-971RF model, Jeiotech Co., Seoul, Korea)에서 160 rpm으로 2일간 진탕 배양하여 효모종균을 배양하였다.

초산발효를 위한 초산균 종균은 본 실험실에서 분리 보관하고 있는 *Acetobacter pasteurianus* A8 (Shin, 2013)를 사용하였으며, 2% 알코올을 함유하는 엿기름배지에서 효모종균 배양 방법과 같은 조건으로 3일간 진탕 배양하여 초산균종균을 배양하였다.

젖산발효를 위한 젖산균 종균배양은 엿기름 배지에서 효모종균 배양과 같은 조건으로 2일간 진탕 배양하여 젖산균 종균을 배양하였다.

5. 감식초 제조

5.1. 감주스 제조

수세하여 실온에서 해동한 감을 손으로 뭉개어 펄프상태로 만든 후 plantase를 0.4% 부피비율로 가하고 45℃에서 4시간 처리한 후 천으로 걸러 감 주스를 제조하였다. 감주스는 -20℃에서 냉동보관하면서 필요에 따라 상온에서 해동하여 사용하였다.

5.2. 알코올발효

해동한 감주스 4 L를 5 L 광구병(SCHOTT, DURAN group, Germany)에 분주하고 80℃에서 30분 저온살균한 후 상온으로 냉각한 감 주스에 효모종균을 5% 부피로 접종하여 30℃에서 10일간 정치 발효 시켜 초산발효를 위한 알코올 발효 기질(감와인)을 제조하였다.

5.3. 초산발효

알코올 발효가 끝난 감와인의 알코올 농도를 6% 내외로 조장하여 5 L 광구병에 4 L 분주하고 30℃에서 3일간 진탕 배양한 초산균 종균을 5% 부피비율로 접종하고 30℃에서 20일간 정치발효 시켜 감식초를 제조하였다.

6. 감주스 젖산발효음료 제조

해동한 감주스 4 L를 5 L 광구병에 분주하고 80℃에서 30분간 저온살균하고 상온으로 냉각시켰다. 살균한 감주스에 30℃에서 2일간 진탕배양한 젖산균 종균을 2.5% 부피로 접종하고 30℃에서 4일간 정치발효 시켜 감주스 젖산발효음료를 제조하였다.

7. 감소스 제조

냉동감을 세척하고 해동하여 껍질을 벗기고 손으로 눌러 으갠 다음 씨앗과 심을 제거하여 감 퓨레를 만들었다. 냉동 감 퓨레는 -20℃에서 보관하면서 필요시 해동하여 소스 제조를 위한 베이스로 사용하였다. 구성된 레시피에 정해진량을 계량하고 믹서로 혼합하여 감소스를 제조하였다.

8. 이화학적 특성 분석

8.1. pH

발효액을 원심분리기(MF-550, Hanil Science Industrial Co., Korea)에서 3,000 rpm 으로 30 분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 pH meter (model 3510, Jenway, UK)를 사용하여 pH를 측정하였다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타냈다.

8.2. 산도

상기한 조건으로 원심 분리한 시료 1 mL를 pH 8.2 ± 0.1까지 중화시키는데 소요된 0.1N-NaOH의 소비 mL 수를 구하고 아래 식에서와 같이 초산 양으로 환산하였다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타냈다.

$$\text{산도}(\%, \text{초산}) = 0.6 \times 0.1\text{N-NaOH 소비량}(\text{mL})$$

$$\text{산도}(\%, \text{젖산}) = 0.9 \times 0.1\text{N-NaOH 소비량}(\text{mL})$$

8.3. 가용성 고형분(Brix°)

상기 조건으로 원심 분리한 시료를 굴절당도계(W.S.R.O-90, Atago Co., Tokyo, Japan)에 취하여 가용성 고형분량을 측정하였다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

8.4. 알코올

500 mL 플라스크에 알코올 발효액 50 mL 취하고 DW 100 mL를 가한 후 가열하여 25 mL가 되도록 증류액을 취한 후 시료량을 50 mL가 되도록 DW 가하여 알코올 함량(%)을 측정하였다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

8.5. 유리당

시료를 원심분리기에서 3000 rpm으로 30분간 원심분리 한 후 상등액을 sep-pak NH₂ column (Waters Co., Milford, MA)을 통과시킨 후 0.2 µm-membrane filter (Dismic-25CS, Toyoroshikaisha, Ltd.)로 여과하여 당 분석을 위한 시료를 준비하였

다. HPLC 분석 조건은 Table 1과 같았다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

8.6. 유기산

시료를 원심분리기에서 3000 rpm으로 30분간 원심분리 한 후 상등액을 0.2 μ m membrane filter(Dismic-25CS, Toyoroshikaisha, Ltd.)로 여과하여 유기산 분석을 위한 시료를 준비하였다. HPLC 분석 조건은 Table 2에서와 같았다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

8.7. 수용성 phenolics

수용성 phenolics는 Folin-Denis법(Singleton and Rossi, 1965)으로 측정하였다. 발효액을 3000 rpm 으로 30분간 원심분리한 후 상등액을 적당히 희석하여 희석한 액 0.5 mL을 시험관에 분주하고 25% Na_2CO_3 용액 0.5 mL을 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2N-Folin-Ciocalteu phenol 시약 0.25 mL을 첨가하여 혼합한 다음 30°C에서 1시간 동안 정치시켜 발색시켰다. 발색된 청색을 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 750nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 수용성 phenolics 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타냈다.

8.8. 카테킨

시료를 원심분리기에서 3000 rpm으로 30분간 원심분리 한 후 상등액을 0.2 μ m-membrane filter (Dismic-25CS, Toyoroshikaisha, Ltd.)로 여과하여 카테킨 분석을 위한 시료를 준비하였다. HPLC 분석 조건은 Table 3과 같았다. 각 실험은 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

8.9. 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거활성)

Blois의 방법(Blois, 1959)을 변형하여 라디칼 소거활성을 측정하였다. 시험관에 1.5×10^{-4} M DPPH 용액 0.8 mL와 13,000 rpm로 3분간 원심 분리한 시료 상등액 0.2 mL를 가하고 10초간 vortex로 균질화 시킨 다음 실온에서 30분간 방치한 후 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조

구 흡광도는 시료 대신에 DW 0.2 mL를 취하여 측정 하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 아래와 같은 식으로 계산하여 백분율(%)로 표시하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거활성(\%)} = [1 - (\text{음성 대조구 흡광도} / \text{실험구 흡광도})] \times 100$$

Table 1. HPLC analytical condition for free sugars

HPLC Model	Shimadzu CLASS-VP
Column	Kromasil 100-5NH2 (250x4.6 mm, Eka Chemical)
Solvent	Acetonitrile : H ₂ O (3 : 1)
Flow rate	1.5 mL/min
Injection Volume	20 µL
Detection	Reflective Index detector
Run time of analysis	15 min
Column oven temp.	40°C

Table 2. HPLC analytical condition for free organic acids

HPLC Model	Shimadzu CLASS-VP
Column	Aminex HPX-87H (300 * 7.8 mm, Biorad)
Solvent	0.008N-H ₂ SO ₄
Flow rate	0.4 mL/min
Injection Volume	20 µL
Detection	UV detector (210 nm)
Run time of analysis	40 min
Column oven temperature	40°C

Table 3. HPLC analytical condition for catechins

HPLC Model	Shimadzu CLASS-VP
Column	Wakosil-II 5C18 HG
Solvent	Water : ACN : Phosphoric acid = 90 : 10 : 0.1
Flow rate	Flow rate gradient 0.3ml/min→12min 0.45ml/min→19min 1.0ml/min→41min 0.3ml/min→42min
Injection Volume	5 μ L
Detection	SPD-20A
Run time of analysis	42min
Column oven temperature	40 $^{\circ}$ C

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 품종별 감식초 제조

1.1. 감주스 제조

냉동보관 중에 있는 대봉감, 밀양반시, 산청고동시, 산청단성시를 가볍게 세척 후 꼭지와 흑반 등 병반부위를 제거하고 스테인레스 용기에 담아 실온에서 하룻밤 해동한 후 손으로 뭉개어 펄프상태의 감 과육을 만들었다.

펄프상태의 감 과육에 pectinase를 0.4% 무게 비율로 첨가하고 45 $^{\circ}$ C에서 4시간 처리 후 여과 착즙하여 감주스를 제조하였다. 원료 감에 대한 감주스 수율은 Fig. 2에서 보는바와 같이 대봉감 72%, 밀양반시 70%, 산청단성시 67%, 산청고동시 65%, 순으로 높았다. 얻어진 주스의 brix 당도는 밀양반시가 18 brix, 대봉감과 산청고동

시가 각각 17 brix, 산청단성시가 16.8 brix 이었다.

제조된 감 주스는 -20℃에서 냉동하여 보관하였으며, 필요시 실온에서 해동하여 사용하였다.

1.2. 감주스의 알코올 발효

냉동 보관중인 감 주스를 실온에서 해동하여 5 L 광구병에 4 L 분주하고 80℃에서 30분간 살균 후 실온까지 냉각시켰다. 냉각한 감 주스에 맥아배지에서 종배양한 *Saccharomyces cerevisiae*를 5% 비율로 접종하고 30℃에서 10일간 정치 발효 시켜 초산발효를 위한 알코올 발효 기질(감와인)을 제조하였다.

Table 4에서 보는 바와 같이 발효경과 6일이 경과하면서 알코올 농도는 최대에 도달하였으며, 가스발생이 중지되고 부유물이 침전되어 알코올 발효가 발효가 중지된 것으로 판단되었다. 감주스가 17%(brix°)의 발효성 당을 포함하고 있다고 가정할 때 이론적인 알코올 생산량은 8.67% 이므로 본 실험에서 감 주스는 별도의 영양분 첨가 없이 알코올발효가 진행되는 것으로 판단되었으며, 이론적 수율의 80 ~ 90%에 상당하는 알코올 생산하였다.

1.3. 감와인의 초산발효

알코올발효가 끝난 감와인의 알코올 농도를 정수를 가하여 6%로 조정하고 종배양한 종초를 5% 부피비율로 접종하여 30℃에서 정치발효 시킨 결과 Fig. 3과 같았다. Fig. 3에서 보는바와 같이 발효초기 pH 감소와 함께 초산 생성이 급격히 증가하였다. 대봉감과 밀양반시의 경우 발효가 원활 순조롭게 진행되어 발효경과 24일에서 각각 6.2%와 6.3%의 초산이 생산되었으나, 산청단성시와 산청고동시에서는 발효가 상대적으로 지연되어 발효경과 24일에서 각각 5.3%와 4.3%의 초산이 생성되었다. 이 같은 생산량은 대봉감, 밀양반시, 산청고동시, 및 산청단성시에서 각각 이론적수율의 82%, 80%, 67% 및 55%였다. 산청고동시와 산청단성시에서 발효가 지연된 이유는 발효기질에 들어있는 상대적으로 높은 phenolic 함량에 기인할 것으로 판단되었다. 발효 종료 후 생산된 식초는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 대봉감과 밀양반시에서는 투명한 식초가 생산되었으나 산청고동시와 산청단성시로부터 생산된 식초는 혼탁하였다. 이와 같은 이유는 와인에 존재하는 탄닌의 특성에 기인할 것으로 사료되었다.

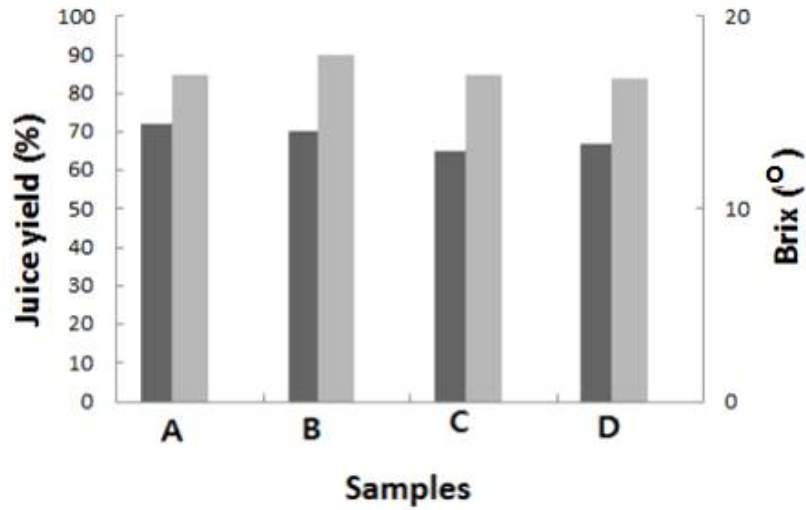


Fig. 2. Juice yields and sugar brix concentration from various persimmon cultivar.
A: Daebonggam, B: Milyangbanshi, C: Sancheonggodongshi, D: Sancheongdanseonshi;
■: Juice yield, □: Sugar concentration.

Table 4. Alcohol fermentation of persimmon juice from various cultivar*

Cultivar	Conents	Fermentation time (day)				
		0	2	4	6	8
Daebonggam	pH	4.82	4.09	4.08	4.28	4.19
	Brix°	17.0	10.5	7.0	6.0	6.1
	Alcohol (%)	0	4.4	5.4	6.8	7.0
Milyangbanshi	pH	4.76	4.05	4.12	4.25	4.20
	Brix°	18.0	10.8	6.8	6.2	5.9
	Alcohol (%)	0	4.9	6.1	7.8	7.8
Sancheonggodongshi	pH	4.76	4.06	4.15	4.20	4.20
	Brix°	17.0	9.8	5.9	6.1	6.2
	Alcohol (%)	0	4.5	7.2	7.5	7.3
Sancheongdanseonshi	pH	4.80	4.09	4.16	4.21	4.20
	Brix°	16.8	10.2	7.5	6.1	6.2
	Alcohol (%)	0	4.6	5.5	7.0	7.0

*Alcohol fermentation was proceed in static condition at 30℃

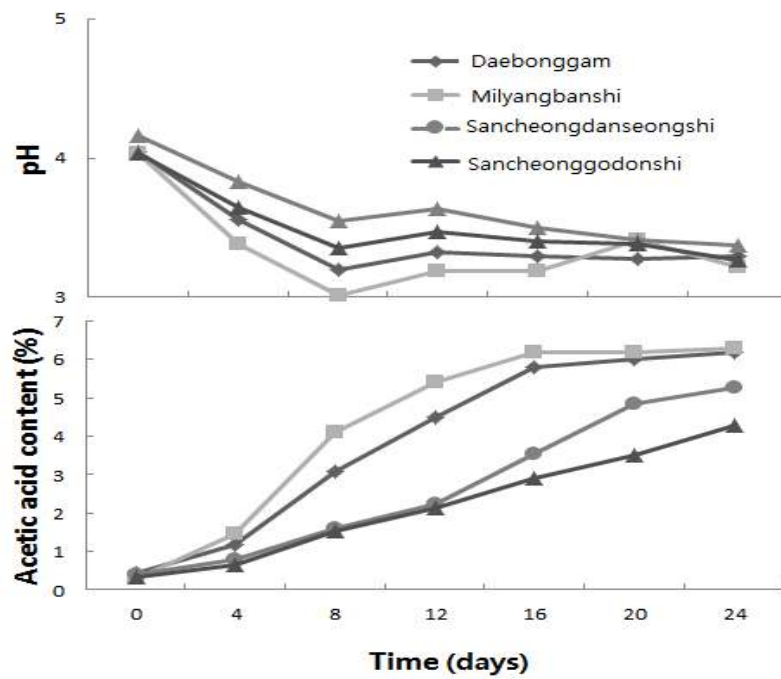


Fig. 3. Profiles of acetic fermentation of persimmon wine from various cultivar. Acetic fermentation was proceed in static condition at 30℃.



Fig. 4. Persimmon vinegar produced from various cultivar.
A: Daebonggam, B: Sancheongdanseongshi, C: Sancheonggodongshi, D: Milyangbanshi,

1.4. 품종별 감주스 및 감식초의 이화학적 특성

1.4.1. 유리당

품종별 감주스 및 감식초의 유리당 조성 및 함량은 Table 5 및 Fig. 5과 같았다. 감주스의 유리당 총량은 대봉감(161.54 g/L), 산청단성시(158.44 g/L), 산청고동시(156.06 g/L), 및 밀양반시(151.80 g/L) 순서로 높았다. 주된 구성당은 glucose와 fructose 이었으며, sucrose는 검출되지 않았다. 구성당에서 glucose 함량이 fructose 함량보다 높게 검출되었다.

감식초의 유리당은 알코올발효와 초산발효를 경유하는 과정에서 대부분 소비되었으며 그 함량은 대봉감 1.33 g/L, 산청단성시 1.51 g/L, 밀양반시 2.85 g/L, 및 산청고동시 6.27 g/L이었다.

1.4.2. 유기산

감주스 및 감식초의 유기산 구성 및 함량은 Fig. 6 및 Table 6과 같았다. Table 6에서 보는 바와 같이 감주스의 유기산 함량은 품종 사이에 차이가 다소 있지만 succinic acid, acetic acid, citirc acid, lactic acid, malic acid, oxalic acid 순서로 높았으며, 그 수준은 2.91 g/L에서 0.01 g/L로 검출되었다. 감식초 유기산 함량은 acetic acid가 가장 높았으며 밀양반시 58.12 g/L, 대봉감 57.65 g/L, 산청단성시 48.79 g/L, 산청고동시 39.58 g/L 이었으며, 그 밖의 유기산 함량 및 조성은 감주스와 유사하였다.

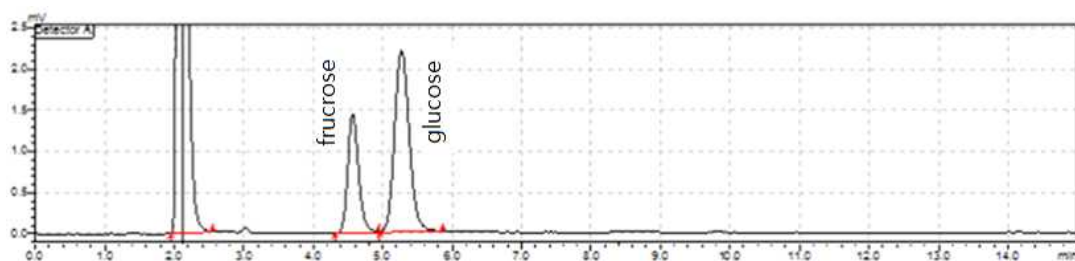


Fig. 5. Representative chromatogram of sugar in juice from extracted persimmon juice.

Table 5. Sugar contents of juice and vinegar produced from various persimmon cultivar

	Samples	brix(°)	g/L		
			Glucose	Fructose	Total
Juice	Daebonggam	17.0	87.25	74.29	161.54
	Milyangbanshi	16.5	78.94	72.86	151.80
	Sancheongdongshi	17.0	84.24	71.82	156.06
	Sancheongdanseongshi	16.8	82.12	76.32	158.44
Vinegar	Daebonggam	4.8	0.72	0.61	1.33
	Milyangbanshi	4.2	1.24	1.61	2.85
	Sancheongdongshi	4.1	1.51	4.76	6.27
	Sancheongdanseongshi	3.5	0.66	0.85	1.51

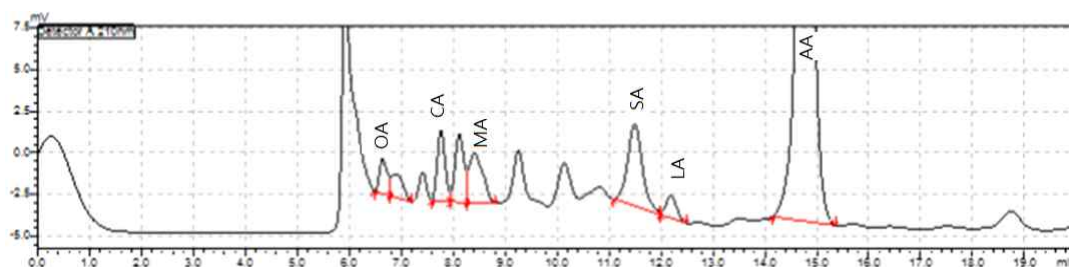


Fig. 6. Representative chromatogram of organic acids in persimmon vinegar. OA: oxalic acid, CA: citric acid, MA: malic acid, SA: succinic acid, LA: lactic acid, AA: acetic acid.

Table 6. Organic acid contents of juice and vinegar produced from various cultivar

Samples*		Organic acids (g/L)					
		Oxalic acid	Citric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid
Juice	A	0.01	0.47	0.01	2.90	0.04	2.02
	B	0.01	0.46	0.02	2.91	0.04	1.34
	C	0.01	0.45	0.01	1.77	0.04	0.65
	D	0.01	0.61	0.01	2.91	0.05	0.63
Vinegar	A	0.02	0.50	0.01	2.01	0.07	57.65
	B	0.01	0.29	0.01	1.33	0.10	58.12
	C	nd**	0.46	0.01	1.22	0.30	39.58
	D	0.01	0.46	0.01	1.95	0.06	48.79

* A: Daebonggam, B: Milyangbanshi, C: Sancheongdongshi, D: Sancheongdanseongshi.

** not detected.

1.4.3. 카테킨

감주스와 감식초의 카테킨 구성 및 함량은 Fig. 7 및 Table 7과 같았다. catechin(C), epicatechin(EC), epigallocatechin(EGC), epicatechin gallate(ECG), 및 epigallocatechin gallate(EGCG) 등 5종의 카테킨 유도체를 검출하였다. 대봉감, 밀양반시, 산청고동시에서는 EC 함량이 가장 높았으나, 산청단성시에서는 EG 함량이 가장 높았다. 초산발효 후에는 주스에 비하여 ECG와 EGCG 함량은 약간 감소하는 경향이였으나 C, EC, EG 함량은 증가하였다. 특히 C와 EC 함량의 증가는 많게는 각각 10.4배와 8.6배 증가하였다. 이와 같은 증가는 알코올발효와 초산발효를 경유하는 동안에 카테킨 중합체 등이 분해되어 생성된 것으로 사료된다.

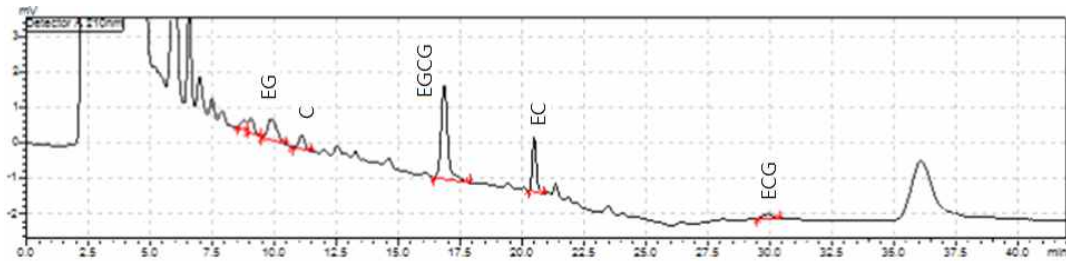


Fig. 7. Representative chromatogram of catechin derivatives in persimmon vinegar. C: catechin, EC: epicatechin, EGC: epigallocatechin, ECG: epicatechin gallate, EGCG: epigallocatechin gallate.

Table 7. Catechins contents of juice and vinegar produced from various cultivar

Sample *		Catechins ** (mg/L)				
		C	EC	EGC	ECG	EGCE
Juice	A	1.28	3.42	2.02	2.01	1.20
	B	1.48	3.38	1.87	2.05	2.03
	C	0.89	3.22	2.80	1.99	2.15
	D	1.52	3.00	4.16	2.52	0.85
Vinegar	A	9.90	15.05	3.61	1.34	1.24
	B	12.44	20.74	3.52	1.79	1.13
	C	9.22	24.71	3.33	1.57	1.02
	D	7.62	26.57	4.16	1.43	1.01

* A: Daebonggam, B: Milyangbanshi, C: Sancheongdongshi, D: Sancheongdanseonshi.

** C: catechin, EC: epicatechin, EGC: epigallocatechin, ECG: epicatechin gallate, EGCG: epigallocatechin gallate.

1.4.4. 유리 페놀화합물 및 항산화활성

품종별 감주스와 감식초의 총 유리페놀 함량 및 항산화활성은 Fig. 8 및 Fig. 9와 같았다. 총 유리페놀 함량은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 감주스의 경우 산청고동시(4.82 g/L), 산청단성시(2.60 g/L), 밀양반시(1.22 g/L), 대봉감(0.92 g/L) 순으로 높았다. 감식초의 경우 감주스에 비해 감식초에서 유리페놀 함량은 모두 감소하여 산청고동시(2.02 g/L), 산청단성시(0.32 g/L), 밀양반시(0.25 g/L), 대봉감(0.20 g/L) 순으로 높았다. 이와 같은 감소는 장기간의 발효과정에서 물리화학적 변화를 경유하여 유리페놀이 파괴되거나 침전되기 때문일 것으로 사료되었다.

품종별 감식초의 항산화 활성은 감식초에서 유리 페놀릭 함량이 50% 이상 감소하였음에도 불구하고 상대적으로 높은 활성을 유지하고 있었다. 이는 DPPH 라디칼 소거활성에 발효과정에서 생성된 유기산도 관여하기 때문일 것으로 판단되었다. 감식초의 항산화 활성은 산청단성시, 산청고동시, 대봉감, 밀양반시 순으로 높았다.

이상의 결과로부터 감식초 제조를 위한 감 품종은 대봉감 및 밀양반시가 적합할 것으로 판단되었으며, 산청고동시나 산청단성시는 상대적으로 높은 항산화활성 등에도 불구하고 식초발효에서 초산수율, 제조된 식초의 투명도 등에서 불리한 식초발효 적성을 나타내고 있었다.

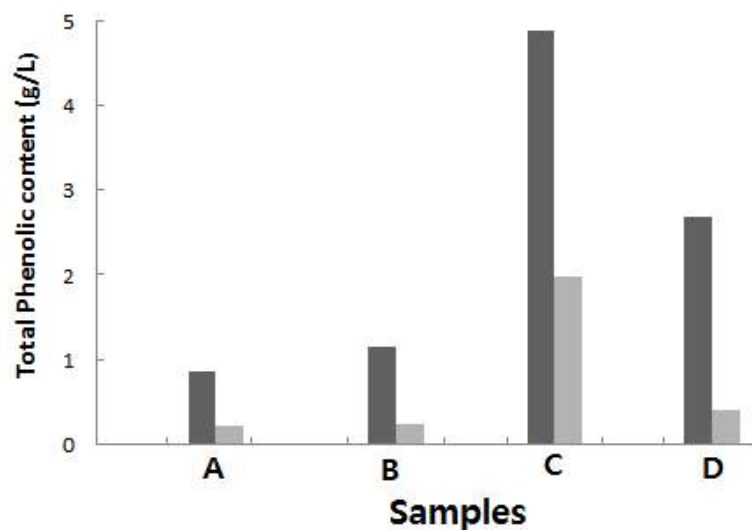


Fig. 8. Total free phenolics content of persimmon juices (■) and persimmon vinegars (▒). A: Daebonggam, B: Milyangbanshi, C: Sancheonggodongshi, D: Sancheongdanseongshi.

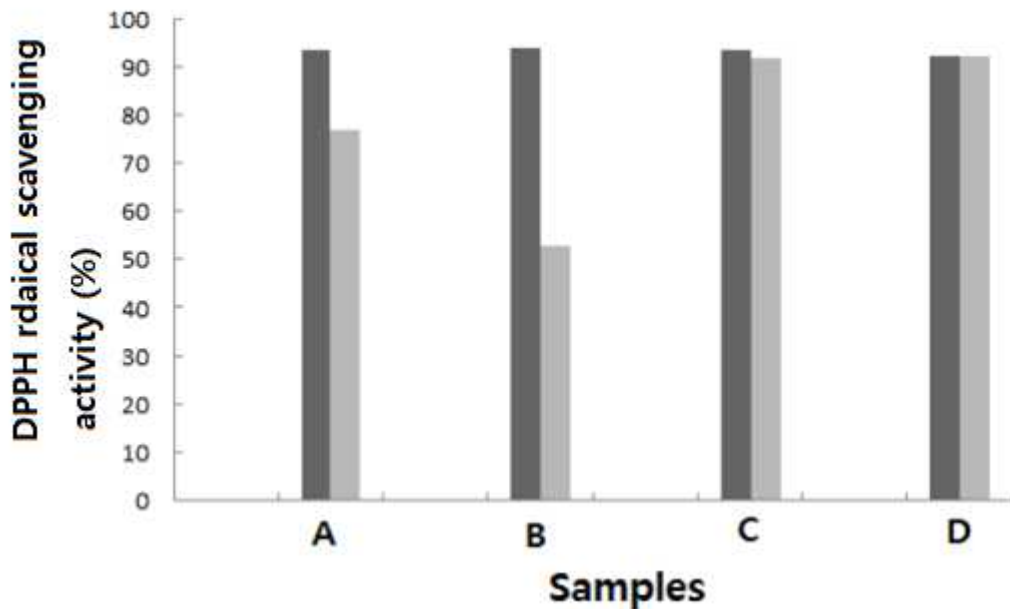


Fig. 9. DPPH radical scavenging activities of persimmon juices (■) and persimmon vinegars (□). A: Daebonggam, B: Milyangbanshi, C: Sancheonggodongshi, D: Sancheongdanseongshi.

2. 감주스 젖산발효음료

2.1. 젖산발효음료 균주개발

2.1.1. 균주분리, 선별

각종 산야초발효액을 시료로 사용하여 MRSA에서 젖산균을 순수 분리하였다. 순수하게 분리된 집락은 맥아배지에서 종균배양하여 80℃에서 30분간 저온살균한 감주스에 1% 부피비율로 접종하고 30℃에서 4일간 정치 발효하여 향과 맛을 포함하는 전반적인 풍미를 검토하였으며, 이 가운데 감주스의 젖산발효 적성이 우수하다고 판단되는 균주 osl 9을 최종적으로 선별하였다.

2.1.2. 선별균주 osl 9의 동정

선별균주 osl 9는 탄소원 이용성, 세포 지방산 분석, 및 16S rDNA 염기서열 분석에 의한 계통발생학적 연구에 의해 동정을 시도하였다.

osl 9 균주의 탄소원 이용성을 API 50 CHL 키트를 이용하여 검사한 결과 Table 8에서 보는 바와 같이 L-Arabinose, Ribose, D-Galactose, D-Glucose, D-Fructose, D-Mannose, Mannitol, Mannitol, Mannitol, Sorbitol, α -Methyl-mannoside, N-Acetyl-glucosamine, Amygdaline, Arbutine, Esculine, Salicine, Cellobiose, Maltose, Lactose, Melibiose, Saccharose, Trehalose, Melizitose, D-Raffinose, β -Gentiobiose, D-Turanose, 및 Gloconate 등의 탄소원을 이용할 수 있으며, 이러한 결과로부터 *Lactobacillus plantarum* 또는 *Lactobacillus pentosus* 근연종으로 동정되었다.

osl 9 균주의 세포 지방산 조성을 GLC로 분석한 결과 Fig. 11과 Table 9에 나타낸 바와 같이 C₁₆ ~ C₂₀의 다양한 포화, 불포화, 분지, 환상, 알코올 지방산을 함유하고 있었으며, 기존의 data base와 비교할 때 *Lactobacillus parabuchneri* 근연종으로 동정되었다.

osl 9 균주의 16S rDNA 염기서열분석(Fig. 12)에 의한 phylogenic tree 분석 결과 Fig. 13에서 보는 바와 같이 *Lactobacillus*에 속해 있음을 알 수 있었고 *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, 및 *Lactobacillus argentoratensis*와 밀접한 연관관계가 있음을 알 수 있었으며, 16S rDNA의 염기서열은 *Lactobacillus pentosus*와 유사성이 가장 높았다.

이상의 생화학적 및 계통발생학적 연구를 종합해 보면 osl 9 균주는 *Lactobacillus pentosus* 또는 그 근연종으로 동정할 수 있었다.

Table 8. Utilization of various carbon sources* by osl 9 strain

Carbon source	Utilization	Carbon source	Utilization
Control (none)	-	Esculine	+
Glycerol	-	Salicine	+
Erythritol	-	Cellobiose	+
D-Arabinose	-	Maltose	+
L-Arabinose	+	Lactose	+
Ribose	+	Melibiose	+
D-Xylose	-	Saccharose	+
L-Xylose	-	Trehalose	+
Adonitol	-	Inuline	-
β -Methyl-xyloside	-	Melizitose	+
D-Galactose	+	D-Raffinose	+
D-Glucose	+	Amidon	-
D-Fructose	+	Glycogen	-
D-Mannose	+	Xylitol	-
L-Sorbose	-	β -Gentiobiose	+
Rhamnose	-	D-Turanose	+
Dulcitol	-	D-Lyxose	-
Inositol	-	D-Tagatose	-
Mannitol	+	D-Fucose	-
Sorbitol	+	L-Fucose	-
α -Methyl-mannoside	+	D-Arabitol	-
α -Methyl-glucoside	-	L-Arabitol	-
<i>N</i> -Acetyl-glucosamine	+	Gloconate	+
Amygdaline	+	2-Ceto-gluconate	-
Arbutine	+	5-Ceto-gluconate	-

* API 50 CHL kit, +; positive, -; negative.

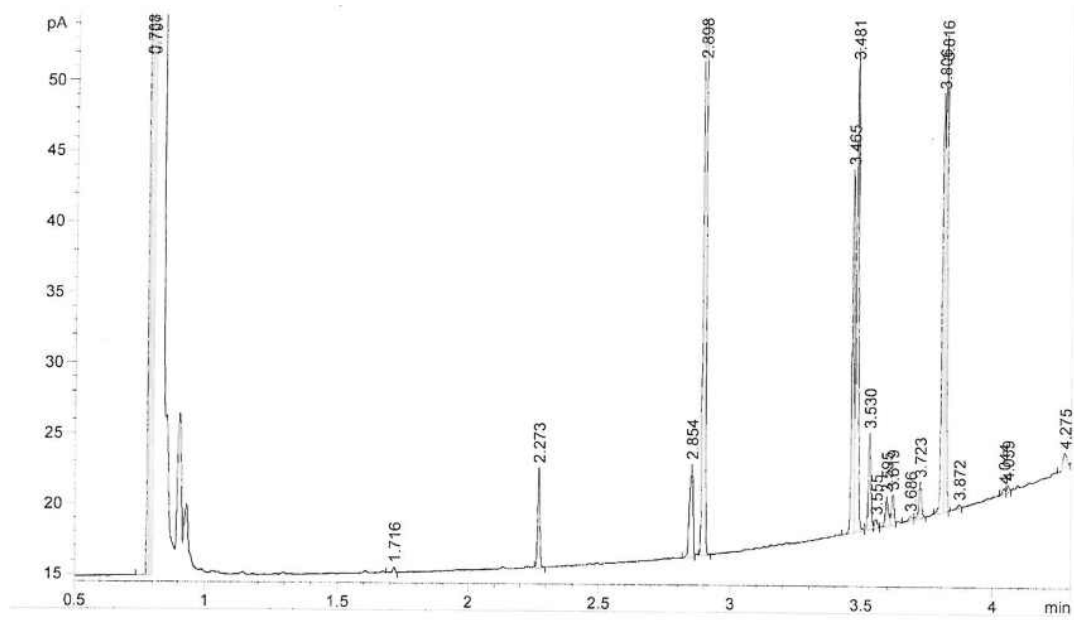


Fig. 11. Typical GLC profiles of cellular fatty acids of osl 9 strain.

Table 9. Cellular fatty acid profile of strain osl 9 strain

Retention time (min)	Fatty acid	Percent (%)
Saturated fatty acids		
2.897	C _{16:0}	38.23
3.480	C _{18:0}	3.02
3.619	C _{17:0} 2OH	0.93
Unsaturated fatty acids		
3.465	C _{18:1} ω9c	10.73
4.058	C _{20:2} ω6,9c	0.19
Branched fatty acids		
3.595	iso-C _{17:0} 3OH	1.07
3.686	iso-C _{19:1}	0.23
3.722	iso-C _{19:0}	1.32
3.816	cyclo-C _{19:0} ω8c	14.35
Summed features*		
2.853	3	4.04
3.806	7	11.57
3.480	8	14.31

*Summed features represent groups of two or three fatty acids that could not be separated by GLC with the Microbial Identification System (MIDI). Summed feature 3 contained one or more of following fatty acids : C_{16:1}ω7c/C_{16:1}ω6c. Summed 7 contained one or more of following fatty acids : C_{19:1}ω7c/C_{19:1}ω6c. Summed 8 contained one or more of following fatty acids : C_{18:1}ω7c/C_{18:1}ω6c.

TCTGTTATTGAGGTGCGCTTGCATCATGATTTACGTTTGGAGTGGTGGCGAACTGGTGAAT
AACACGTGGGAAACCTGCCAGAAAGCGGGGATAAACACCTGGAAACAGATGCTAATACCGC
ATAACAACCTTGACCGCAGGCTCCGAGTTTGAAGATGCGCTTCCGCTATCACTTTTGGATG
TCCCGCGGCTATTAGCTAGATGCTGGGTAAACGCTCACCAATGCAATGATACGTAGCCGA
CTTGAGAGGTTAACTGGCCACATTGGGACTGAGACACGGCCGAACTGCTACGGGAGGCGAG
CACTAGCGAATCTTCCACAATGACGAAAGTCTGATGAGCAACGCGCGCTGAGTGAA
GGTTTTCGGCTCGTAAAACTCTGTTTAAAGAAACATATCTGAGAGTAACTGTTTCAAGT
ATTGACGGTATTTAACCAAGAAAGCCACGCTAACTACGTTGACAGCAGCGCGGTAATACGT
AGGTGCAAGCGTTTTCGGATTTATTTGGCGTAAGCGACGCGCAGCGGTTTTTAAGTCT
GATGTTAAAGGCTTTCGGCTCAACCGAAGAACTGCATCGGAAACTGGGAACTTGGAGTGCAG
AAGAGGACAGTGGAACTCCATGTTGAGCGGTGAAATGCGTAGATATATGGAAGAACACAG
TGCGAAAGCGCGCTGCTGTTCTGTAACTGACGCTGAGGCTCGAAAGTATGGGTACCAACA
GGATTAGATACCTTGGTATCCATACGTTAAACGATGAAATGCTAAGTGTGGAGGTTTTCG
CCCTTCAGTCTGCACTAACGATTAAACATTCGCGCTGGGAGTACGGCGCAAGGCTGA
AACTCAAGGTAATTTACGCGGGGCGCCACAAAGCGGTGAGCATGTGTTTAAATCGAAGCT
ACGCGAAGAACTTACCAGGTCTTACATACTATGCAATCTAAGAGATTAGACGTTCCCT
TCGGGACATGGATACAGGTGCTCATGTTGCTGTCAGCTCGTCTGTTAGATGTTGGTT
AAGTCCCGCAACGAGCGCAACGCTTATTATCACTTCCAGCATTAAGTTGGGCACTCTGTT
AGACTGCCGTTGACAAACCGGAGGAAGGTGGGATGACGTCAAAATCACTATGCCCTTATG
ACCTGGGCTACACACGCTGCTACAATGATGTTACAACGAGTTCCGAACTCGGAGAGTTAAG
CTAATCTCTTAAAGCCATTCTCAATTGGATTGAGGCTGCAACTGCGCTACATGAAGTTGG
AATGCTTAGTAATCGCGATCAAGATGCGGCTGAAATACGTTCCCGGGCTTTGTACACAC
GCGGCTCACACCGTTGAGAT

Fig. 12. 16S rDNA sequence of osl9 strain

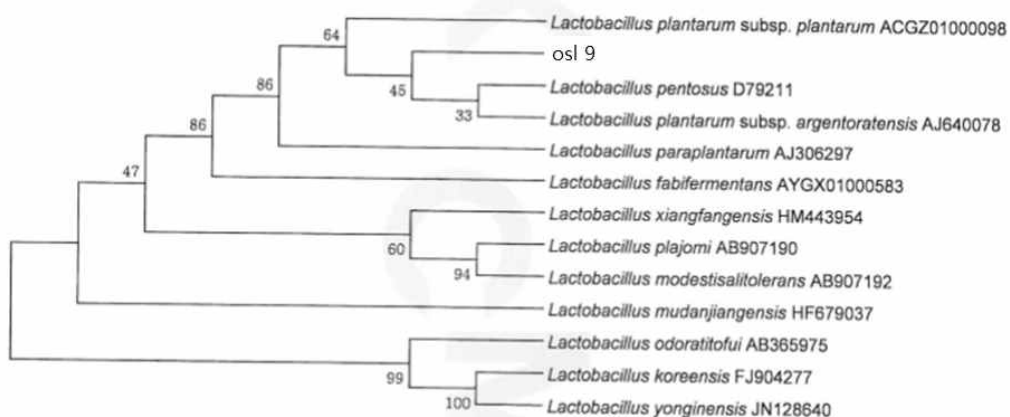


Fig. 13. Phylogenetic analysis of osl 9 strain.

2.1.3. osl 9 균주의 내산성 및 내담즙산성

분리 선별된 osl 9 균주의 probiotics로서의 잠재적 가치를 평가하기 위해 내산성과 내담즙산성 시험을 실시한 결과 Table 10. 및 Table 11과 같았다.

Table 10에서 보는 바와 같이 osl 9 균주의 내산성은 pH 3에서 30분경과시 생균수가 1.3×10^8 cells/mL에서 3.7×10^7 로 감소하여 생율이 약 28% 이었으며, 120분 경과시에도 생균수가 3.8×10^7 로 균의 생존율은 더 이상 감소하지 않았다. pH 2.0에서는 30분경과시 생균수가 10^8 cells/mL에서 10^3 cells/mL로 급격히 감소하였다. 공복 시 위의 pH는 pH 1.5 ~ 2.0 정도이나 음식물 섭취 시 위의 pH가 pH 3.0 정도로 높아지며 일반적인 식이에서 음식물의 위내 머무름 시간이 2시간 내외인 것을 감안할 때, osl 9 균주는 위에서 생존하여 소장에 전달될 수 있을 것으로 판단된다. Table 12에서 보는 바와 같이 osl 9 균주의 내담즙산성은 MRS 배지에서 담즙산염 농도가 0 ~ 1.0% 증가함에 따라 탁도(균수)증가 속도는 감소하였으나 시간경과에 따라 탁도가 서서히 증가하였음을 볼 수 있었다. 담즙산염은 osl 9 균주에 대하여 살균작용을 하기 보다는 어느 정도 정균작용을 하는 것으로 보여 진다. 따라서 osl 9 균주는 내담즙산성이 있음을 알 수 있었으며, 소장에 전달된 osl 9 균주는 대장에 살아있는 상태로 전달되어 정장작용을 할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 10. pH stability of osl 9 strain in MRS broth*

Time (min)	cell survival count (cfu/mL)		
	pH 6.7	pH 3.0	pH 2.0
0	1.3×10^8	1.3×10^8	1.3×10^8
30	1.7×10^8	3.7×10^7	4.1×10^3
60	2.5×10^8	3.2×10^7	5.0×10^2
90	3.5×10^8	2.3×10^7	0
120	4.5×10^8	3.8×10^7	0

*pHs of medium were controlled by addition of 2 N-HCl into MRS broth.

Table 11. Effect of bile salt addition on cell growth of osl 9 strain in MRS broth (OD₆₀₀)

Time (hrs)	bile salt concentration (%)		
	0	0.5	1.0
0	0.25	0.25	0.25
3	0.76	0.50	0.45
6	3.51	1.41	0.66
9	5.84	1.49	0.71
12	7.61	1.60	0.60
24	10.07	1.70	0.68
27	10.29	1.73	0.65
30	10.52	1.80	0.68
33	10.23	1.96	0.72

2.2. 감주스의 젖산발효

2.2.1. 살균조건 등이 감주스의 젖산발효에 미치는 영향

감주스의 젖산발효는 대봉감 주스를 기질로 사용하였다. 주스는 탈삼이 이루어지지 않은 냉동 대봉감과 완전히 탈삼된 대봉감으로부터 각각 제조하였다. 각각의 살균조건에서 처리한 감주스에 맥아배지에서 종배양한 osl 9 균주를 2.5% 부피비율로 접종하고 30℃에서 4일간 정치배양 하였다. 각각의 살균온도가 감주스의 젖산발효에 미치는 영향을 살펴본 결과 Fig. 14 및 Table 12와 같았다.

Fig. 14 및 Table 12에서 보는 바와 같이 탈삼이 덜 이루어진 감으로부터 생산된 주스의 젖산발효는 살균온도가 80℃ 이상에서는 osl 9 균주의 증식 및 젖산발효가 진행되지 않았다. 탈삼이 된 반 연시로부터 얻어진 주스의 젖산발효는 살균 및 멸균온도가 증가할수록 산도증가 및 최대 생균수의 감소가 관찰되었으나 70℃ ~ 121℃의 범위에서 균의 증식 및 원활한 젖산발효가 진행 되었다.

탈삼이 덜 이루어진 감주스에서 상대적으로 높은 온도로 살균하는 경우 osl 9 균주의 증식 및 젖산발효가 진행되지 않은 이유에 대하여서는 보다 상세한 연구가 필요로 하나, 상대적으로 높은 온도에서 열처리되는 동안에 감주스의 탄닌 등이 변화되어 균의 증식을 억제하는 물질을 생성하기 때문일 것으로 사료된다.

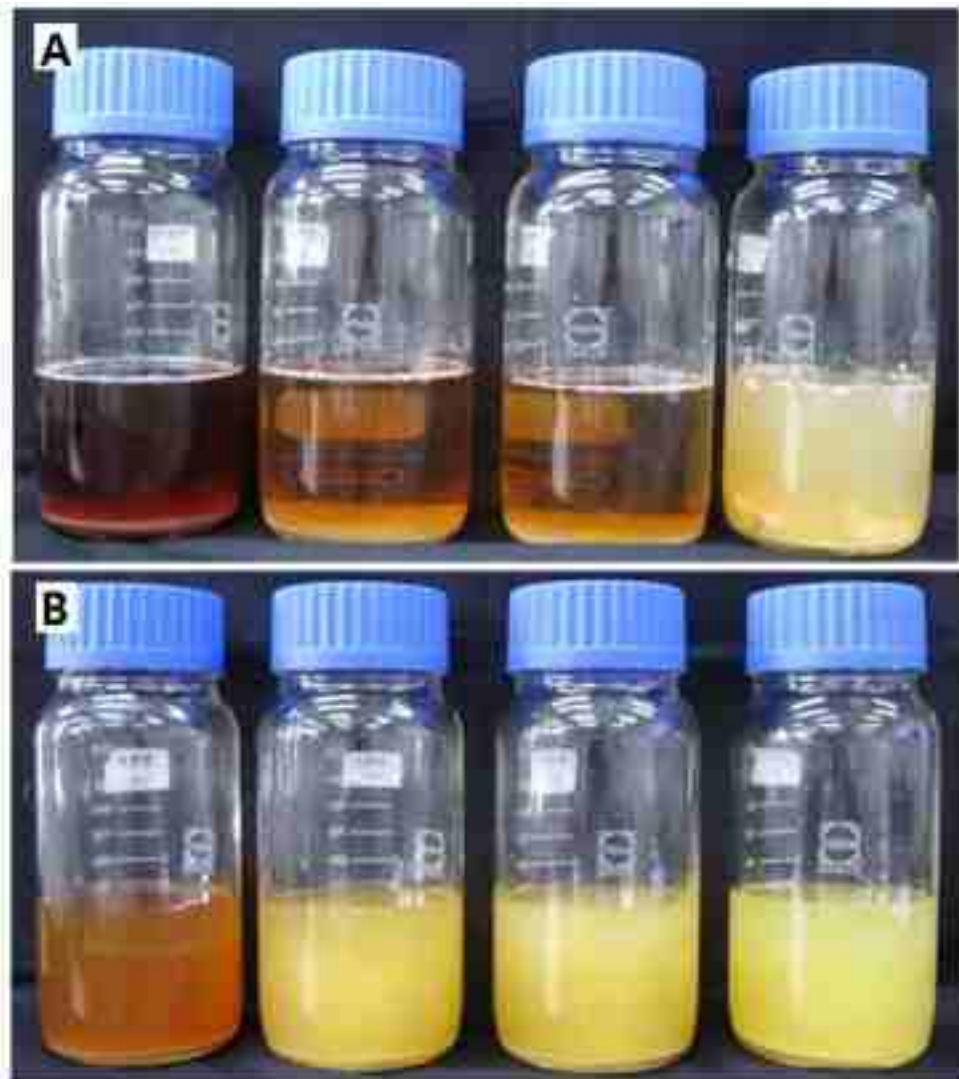


Fig. 14. Lactic fermentation of persimmon juice obtained different sources after sterilization of various temperature.

A: Juice obtained from frozen hard (astringent) persimmon B: Juice obtained from frozen soft (non-astringent) persimmon. Sterilization conditions of juices were 121°C/15min, 100°C/15min, 80°C/15min, and 70°C/15min from right, respectively, and lactic fermented for 4 days at 30°C by static condition.

Table 12. Effect of heat treatment of persimmon juice on lactic fermentation

Source of Juice		Frozen hard persimmon		Frozen semi soft persimmon	
Fermented time (days) /Heat treatment		0	4	0	4
pH	70℃/15min	4.52	3.64	4.42	3.36
	80℃/15min	4.53	4.33	4.43	3.35
	100℃/15min	4.52	4.39	4.43	3.40
	121℃/15min	4.54	4.55	4.46	3.47
acidity	70℃/15min	0.37	0.85	0.39	1.42
	80℃/15min	0.39	0.39	0.39	1.74
	100℃/15min	0.39	0.38	0.38	1.50
	121℃/15min	0.41	0.32	0.42	1.24
brix	70℃/15min	17.2	16.3	17.6	16.4
	80℃/15min	17.2	16.5	17.8	16.5
	100℃/15min	17.3	16.6	17.8	16.4
	121℃/15min	17.1	17.0	17.4	16.5
viable count	70℃/15min	1.3×10^7	7.8×10^8	2.4×10^7	8.5×10^6
	80℃/15min	1.3×10^7	1.0×10^7	2.4×10^7	2.8×10^8
	100℃/15min	1.3×10^7	1.8×10^6	2.4×10^7	2.1×10^8
	121℃/15min	1.3×10^7	2.5×10^6	2.4×10^7	1.6×10^8

2.2.2. 접종량이 감주스의 젖산발효에 미치는 영향

접종량을 1.25%에서 7.5%까지 변화를 주고 30℃에서 osl 9 균주의 젖산발효에 미치는 영향을 살펴본 결과 Table 13과 같았다.

Table 13에서 보는 바와 같이 접종량이 증가함에 따라 젖산발효속도는 증가하는 경향이 있으나 그 변화는 크지 않았다. 생균수는 발효경과 24시간에서 최대로 상승하여 10^9 cells/mL 수준을 유지하다가 72시간 이후에 감소하는 경향을 나타내었으며 산도 증가도 생균수 증가와 함께 증가하여 발효경과 24시간까지 급격히 증가하다 이후 서서히 증가하여 발효경과 96시간에서 1.54 mL ~ 1.60 mL 이었다. 이는 젖산으로 환산할 때 1.38% ~ 1.44%에 상당하는 양이다. 따라서 접종량은 1.25% ~ 2.5% 정도이면 감주스의 젖산발효가 진행되는 데 무리가 없는 것으로 판단되었다.

Table 13. Effect of inoculum rate on lactic fermentation of persimmon juice with osl 9 strain*

Time (hr)	Inoculum rate(%)	Viable cell (cells/mL)	pH	Acidity (mL)	Brix (°)
0	1.25	1.1×10^7	4.39	0.39	18.0
	2.5	2.6×10^7	4.36	0.40	17.9
	5.0	5.2×10^7	4.33	0.40	18.0
	7.5	6.9×10^7	4.30	0.42	18.0
12	1.25	2.6×10^8	4.14	0.40	18.2
	2.5	5.5×10^8	4.02	0.41	17.9
	5.0	9.4×10^8	3.94	0.58	18.0
	7.5	3.3×10^8	3.90	0.63	18.1
24	1.25	7.8×10^8	3.56	0.96	18.4
	2.5	2.5×10^9	3.51	1.02	18.2
	5.0	2.7×10^9	3.48	1.06	18.3
	7.5	3.5×10^9	3.47	1.07	17.8
36	1.25	2.4×10^9	3.62	1.21	18.0
	2.5	1.9×10^9	3.67	1.32	17.8
	5.0	1.4×10^9	3.64	1.30	17.1
	7.5	1.7×10^9	3.59	1.32	17.1
48	1.25	1.3×10^9	3.54	1.42	17.8
	2.5	2.1×10^9	3.51	1.43	17.6
	5.0	1.5×10^9	3.49	1.45	17.3
	7.5	1.4×10^9	3.48	1.44	17.3
72	1.25	5.8×10^8	3.38	1.49	17.8
	2.5	9.8×10^8	3.36	1.50	17.6
	5.0	1.2×10^9	3.34	1.53	17.3
	7.5	1.1×10^9	3.33	1.55	17.2
96	1.25	9.1×10^8	3.30	1.54	17.6
	2.5	6.9×10^8	3.31	1.58	17.6
	5.0	6.0×10^8	3.31	1.60	17.4
	7.5	4.8×10^8	3.30	1.60	17.2

*osl 9 strain seed was cultivated in malt extract broth at 30°C and 150 rpm in gyratory shaking incubator. Seed culture was inoculated into persimmon juice at the ratio of 1.25% to 7.5%, respectively.

2.2.3. 발효온도가 감주스의 젖산발효에 미치는 영향

발효온도를 20℃, 25℃, 및 30℃로 변화를 주고 온도에 따라 osl 9 균주가 감주스의 젖산발효에 미치는 영향을 살펴본 결과 Table 14과 같았다.

Table 14에서 보는 바와 같이 온도가 20℃에서 30℃까지 증가함에 따라 균증식 및 젖산 생성은 증가하는 경향이였다. 균 증식은 36시간에서 48시간 사이에 10^9 cells/mL 정도로 최대에 도달하였다가 감소하였으며 산도는 96시간에서 최대에 도달하여 산도가 1.06 mL ~ 1.47 mL이였다. 이는 젖산으로 환산할 때 0.95 ~ 1.32%에 상당하는 양이였다. 따라서 발효온도는 25℃ ~ 30℃이면 적당할 것으로 판단되였다.

Table 14. Effect of temperature on lactic fermentation of persimmon juice with osl 9 strain*

Time (hrs)	Temp. (°C)	Viable cells (cells/mL)	pH	Acidity (mL)	Brix (°)
T0	20	5.9×10^7	4.37	0.38	17.6
	25	5.9×10^7	4.37	0.38	17.6
	30	5.9×10^7	4.37	0.38	17.6
T12	20	7.0×10^7	4.62	0.36	17.6
	25	1.1×10^8	4.27	0.42	17.6
	30	2.8×10^8	4.16	0.47	17.5
T24	20	2.1×10^9	4.07	0.44	16.9
	25	2.2×10^9	3.69	0.83	17.4
	30	8.1×10^8	3.61	0.92	17.3
T36	30	1.6×10^9	3.89	0.70	17.4
	25	1.9×10^9	3.74	1.03	17.2
	30	2.1×10^9	3.65	1.18	17.2
T48	20	1.3×10^9	3.79	0.82	17.4
	25	1.1×10^9	3.56	1.16	17.3
	30	1.5×10^9	3.49	1.31	17.3
T72	20	2.3×10^9	3.59	0.99	17.3
	25	6.1×10^8	3.42	1.35	17.1
	30	8.1×10^8	3.38	1.42	17.1
T96	20	2.1×10^9	3.53	1.06	17.3
	25	1.6×10^9	3.43	1.41	17.2
	30	5.4×10^8	3.37	1.47	17.1

* Seed culture was inoculated into persimmon juice at the ratio of 2.5 v/v%.

2.2.4. 감주스의 젖산발효 경과

감주스에 종균배양한 osl 9 균주를 2.5% 부피비율로 접종하고 30℃에서 정지발효한 결과 Fig. 15와 같았다.

Fig. 15에서 보는바와 같이 세포증식은 발효시간이 경과함에 따라 발효 72시간에서 pH 4.28에서 pH 3.29로 급격히 낮아졌으며 발효 96시간에서는 pH 3.26 이었다. 산도 또한 발효 72시간 까지 급격히 상승하여 0.41에서 1.44로 높아졌으며, 96시간에서는 1.47로 약간 상승하였다. 이와 같은 산도는 젖산으로 환산할 때 1.32%에 상당하는 양이었다. 따라서 발효시간은 젖산생성이라는 측면에서 72시간이면 충분할 것으로 판단되었다.

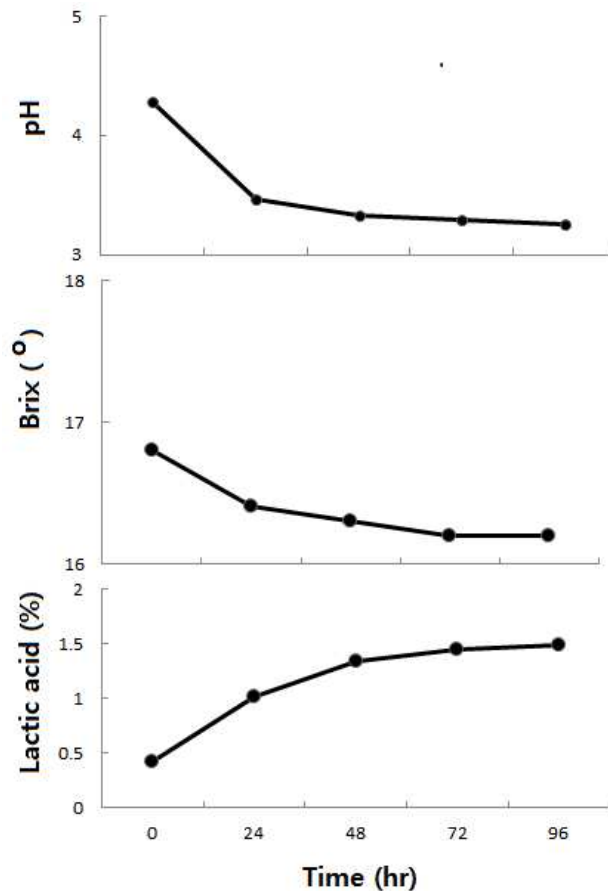


Fig. 15. Typical time course of lactic fermentation of daebonggam juice by osl 9 strain at 30℃, static condition. Seed culture was inoculated into persimmon juice at the ratio of 2.5%.

2.2.5. 젓산발효 감주스의 저장안정성

30℃에서 정치하여 96시간 발효한 감주스를 냉장온도(약 4℃)와 실온(약 25℃)에서 보관하면서 생균수, pH, 산도, brix° 변화를 살펴본 결과 Table 15 및 Fig. 16과 같았다.

실온 및 냉장온도에서 보관하는 경우 보관 기간 중의 brix°는 1 brix° 정도 감소하였으나, pH 및 산도변화는 크지 않았다. Table 15에서 보는 바와 같이 실온에서 보관하는 동안에 1주 경과에서부터 생균수가 급격히 감소하여 보관 4주 경과에서 생균수가 10^8 cells/mL에서 10^5 cells/mL로 감소하였다. 냉장온도에서 보관하는 경우에는 보관 2주 경과하면서 생균수가 감소하기 시작하여 보관 4주 경과에서 생균수가 10^8 cells/mL에서 10^6 cells/mL로 감소하여 냉장온도에서 보관하는 경우에 생균수 감소가 적었다.

실온에서 보관하는 경우 Fig. 16에서 보는바와 같이 보관 4주 경과에서 오염균주 증식이 관찰되었으나 냉장온도에서는 보관 4주 경과에서도 오염균주는 관찰되지 않았다. 따라서 osl 9 균주로 젓산발효 시킨 감주스는 냉장보관하는 경우 4주 이상 안전하게 보존하는 것이 가능한 것으로 판단되었다.

Table 15. Shelf life test of lactic fermented persimmon juice

Storage Time (weeks)		°Brix	pH	Acidity (0.1N NaOH mL)	Viable cells (cfu/mL)*
0	A	17.4	3.31	1.60	6.9×10^8
	B	17.4	3.31	1.60	6.9×10^8
1	A	17.1	3.33	1.60	2.0×10^8
	B	16.9	3.30	1.80	6.7×10^6
2	A	16.7	3.25	1.58	1.9×10^7
	B	16.8	3.25	1.84	7.0×10^5
3	A	16.8	3.30	1.50	5.3×10^6
	B	16.7	3.31	1.93	4.0×10^5
4	A	16.3	3.30	1.56	5.4×10^6
	B	16.2	3.30	1.60	6.5×10^5

A: refrigeration storage, B: room temperature storage. Contaminant colonies appeared in three weeks storage at room temperature sample.

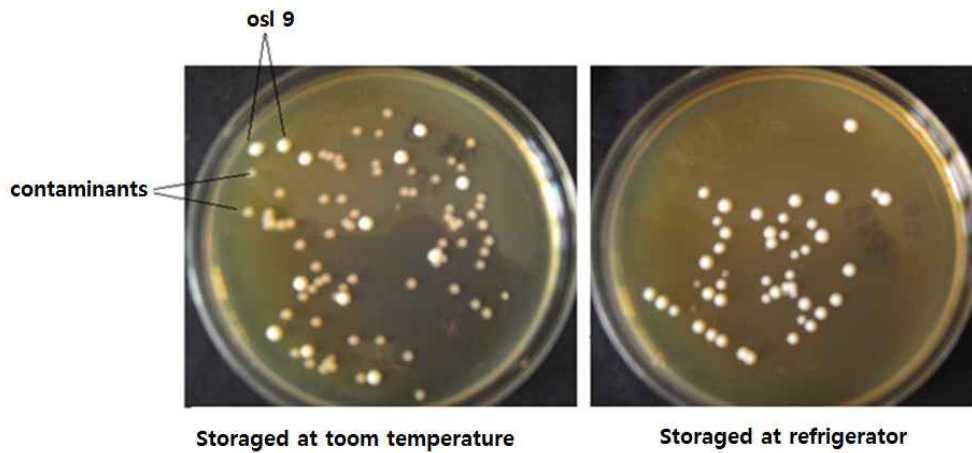


Fig. 16. Appearance of contaminant colonies (butterlike collar) from lactic fermented persimmon juice during storage of 4 weeks at room temperature.

2.3. 젖산발효 감주스의 이화학적 특성

2.3.1. 유리당

대봉감으로부터 제조한 감주스와 젖산발효 감주스의 유리당 조성 및 함량은 Table 16과 같았다.

Table 16에서 보는 바와 같이 감주스와 젖산발효 감주스의 유리당은 glucose와 fructose로 이루어져 있었으며, 젖산발효를 경과함에 따라 brix°와 총당 함량에서 각각 1 brix°와 13.7 g/L이 감소하였다. 감소한 당은 젖산발효하는 과정에서 균의 증식 및 젖산생성에 소비된 것이다.

Table 16. Sugar contents of juice and vinegar produced from various persimmon cultivar

Samples	brix(°)	g/L		
		Glucose	Fructose	Total
Juice	17.8	87.25	74.29	161.54
Lactic fermented juice	16.8	78.75	69.09	147.84

2.3.2. 유기산

감주스와 젖산발효 감주스의 유기산 패턴 및 조성은 Fig. 17 및 Table 17과 같았다. 젖산발효 감주스의 유기산 구성은 Table 17에서 보는 바와 같이 lactic acid (11.26 g/L)를 주성분으로 하여 oxalic acid (0.01g/L), citirc acid (0.19 g/L), malic acid (0.02 g/L), succinic acid (1.30 g/l), acetic acid (0.06 g/L) 등이 검출되었다. 감주스에서 검출되지 않았던 malic acid succinic acid 등은 젖산균의 대사활동의 결과로 생성된 것으로 사료되었다.

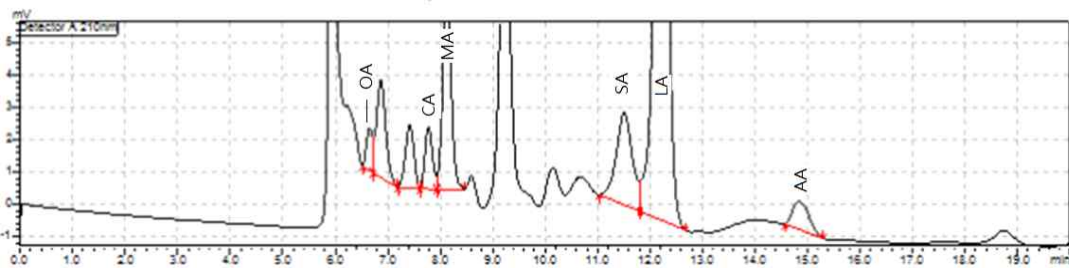


Fig. 17. Representative chromatogram of organic acids in lactic fermented persimmon juice. OA: oxalic acid, CA: citirc acid, MA: malic acid, SA: succinic acid, LA: lactic acid, AA: acetic acid.

Table 17. Organic acid contents of juice and lactic fermented juice

Organic acids (g/L)	Samples*	
	Juice	Lactic fermented juice
Oxalic acid	0.02	0.01
Citric acid	0.41	0.19
Malic acid	nd**	0.02
Succinic acid	nd	1.30
Lactic acid	nd	11.26
Acetic acid	0.02	0.06

*Juice prepared from Daebonggam.

** not detected.

2.3.3. 유리 페놀릭 함량 및 항산화활성

대봉감 주스의 젖산발효 전후 유리 페놀릭 함량과 항산화활성을 비교하면 Fig. 18과 같았다.

Fig. 18에서 보는 바와 같이 대봉감 주스의 유리 페놀릭 함량은 190 mg/L 정도였으나 젖산발효 후 160 mg/L로 감소하였다. 이 같은 감소는 발효과정 중 젖산균에 의해 일부가 분해되었을 것으로 판단된다. DPPH 라디칼 소거활성으로 표현되는 항산화활성은 감주스의 91%에서 젖산발효 감주스의 86%로 약간 감소하였다.

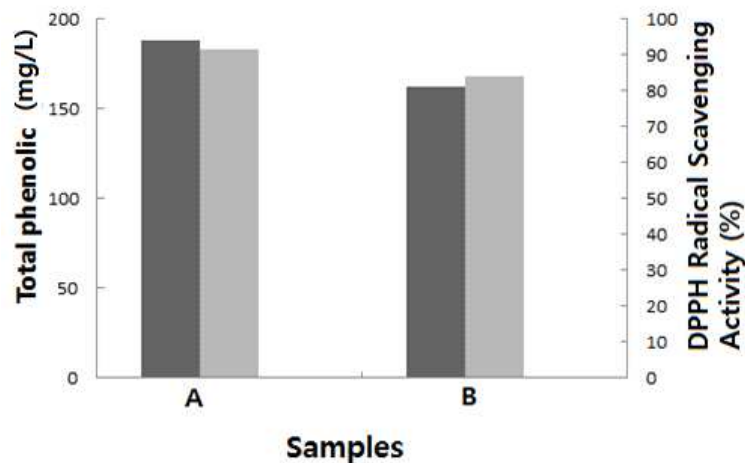


Fig. 18. Total phenolic contents and DPPH radical scavenging activities of daebonggam juice (A) and lactic fermented daebonggam juice (B) by osl 9 strain. ■: total phenolic content, ■: DPPH radical scavenging activity.

2.3.4. 카테킨

대봉감 감주스와 젖산발효 대봉감 감주스의 catechin (C), epicatechin (EC), epigallocatechin (EGC), epicatechin gallate (ECG), epigallocatechin gallate (EGCG) 등 주요 카테킨 함유량은 Table 18에 나타난 바와 같다.

Table 18에서 보는 바와 같이 감주스의 카테킨은 EG, EGCG, ECG, EC, C 순서로 높게 구성되어 있었으며, 그 함량은 3.09 mg/L ~ 1.73 mg/L 이었다. 젖산발효 대봉감 감주스의 카테킨은 EGCG, EC, EG, ECG, C 순으로 높게 구성되어 있었으며,

그 함량은 25.15 mg/L ~ 1.57 mg/L 이었다.

젖산발효를 경과함에 따라 EGCG 및 EC 함량이 각각 9.4배와 5.8배 증가하는 특성을 보이고 있는데, 이 같은 증가는 젖산균이 갖는 중합된 탄닌 분해활성 또는 젖산균의 생물변환(biotransformation) 활성에 기인할 것으로 사료되나 보다 상세한 연구를 필요로 한다.

Table 18. Catechins contents of juice and lactic fermented daebonggam juice

Samples*	Catechins (mg/L)				
	EG	C	EGCG	EC	ECG
Juice	3.09	1.73	2.67	2.19	2.63
Lactic fermented juice	3.48	1.57	25.15	12.71	2.60

*Juice prepared from Daebonggam.

**C: catechin, EC: epicatechin, EGC: epigallocatechin, ECG: epicatechin gallate, EGCG: epigallocatechin gallate.

3. 감소스 제조

3.1. 감소스 제조

전년도와 같은 방식으로 대봉감 샐러드 드레싱과 대봉감 딥핑소스를 제조하였다. 즉, Fig. 19에서 보는 바와 같이 냉동 보관중인 대봉감의 껍질을 제거하고 손으로 문게어 대봉감 퓨레를 제조하여 냉동보관 하면서 감소스 제조를 위한 주원료로 사용하였다.

대봉감 드레싱을 제조하기 위해 맛과 식감 등을 고려하여 대봉감 퓨레 50g, 설탕 10g, 감식초 25g, 레몬 1쪽(약 7g), 홍피망 20g, 양파 10g, 소금 3g, 포도씨유 8g로 구성되는 샐러드 1회 분량의 레시피를 구성하였다. 대봉감 퓨레에 설탕, 양파, 감식초, 레몬, 빨간 피망, 소금을 계량하여 믹서에서 곱게 분쇄한 후 포도씨유를 넣고 한번 더 갈아 Fig. 20 (A)에서와 같이 병입하여 대봉감 드레싱을 제조하였다.

대봉감 딥핑소스를 제조하기 위해 맛과 식감을 고려하여 대봉감 퓨레 40g, 마요네즈 35g, 소금 2g, 설탕 10g, 레몬즙 2g으로 구성되는 1회 분량의 딥핑소스를 구성하

였다. 대봉감 퓨레에 나머지 재료를 계량하여 넣고 잘 혼합하고 병입하여 Fig. 20 (B)와 같이 대봉감 딥핑소스를 제조하였다.

이상의 대봉감 소스는 저장안정성 등을 검토하기 위하여 100℃에서 10분간 가열한 후 냉각하여 저장안정성을 검토하였다.

3.2. 감소스의 저장안정성

감소스의 저장안정성은 100℃에서 10분간 살균 처리한 소스를 실온(25℃)와 냉장온도(4℃)에서 보존하면서 시료에 존재하는 생균수를 측정하여 검토하였다.

Table 19에서 보는 바와 같이 감 드레싱과 디핑 소스 모두 $1.0 \sim 3.5 \times 10^3$ cells/g 내외의 생균수가 검출되어 4주 이상 안전하게 보존할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 살균 처리하는 과정에서 약간의 물성변화가 관찰되어 보다 상세한 연구를 필요로 하고 있다.



Fig. 19. Preparation of persimmon puree.



Fig. 20. Preparation of persimmon salad dressing (A) and persimmon dipping source (B).

Table 19. Storage stability of persimmon sources

Storage tiime (weeks) and condition		Viable cell count (cells/g)	
0	room temperature [*]	A ^a	3.0×10^3
		B ^b	1.0×10^3
	refrigerator ^{**}	A	3.0×10^3
		B	1.0×10^3
1	room temperature	A	3.5×10^3
		B	1.5×10^3
	refrigerator	A	3.0×10^3
		B	1.0×10^3
2	room temperature	A	3.0×10^3
		B	1.0×10^3
	refrigerator	A	3.0×10^3
		B	1.5×10^3
3	room temperature	A	3.0×10^3
		B	1.5×10^3
	refrigerator	A	3.5×10^3
		B	1.0×10^3
4	room temperature	A	3.0×10^3
		B	1.0×10^3
	refrigerator	A	1.0×10^3
		B	3.0×10^3
5	room temperature	A	3.0×10^3
		B	1.0×10^3
	refrigerator	A	8.0×10^3
		B	3.0×10^3

^{*}25℃, ^{**}4℃, ^asalad dressing, ^bdipping source

이상의 결과를 요약하면, 냉동감을 해동 후 plantase를 0.4% 첨가하고 45℃에서 4시간 처리수하고 여과하여 대봉감 72%, 밀양반시 70%, 산청단성시 67%, 산청고동시 65% 수율로 주스를 얻었으며, 얻어진 주스의 brix 당도는 밀양반시가 18 brix대 봉감과 산청고동시가 각각 17 brix, 산청단성시가 16.8 brix 이었다. 알코올 발효 후 각각의 감와인의 알코올 농도를 6%로 조정하고 24일간 초산발효시킨 결과 대봉감과 밀양반시에서 각각 6.2%와 6.3%의 초산이 생산되었으나, 산청단성시와 산청고동시에서는 각각 5.3%와 4.3%의 초산이 생성되었다. 산청고동시와 산청단성시 주스로부터 발효한 식초는 혼탁 하였다. 총 유리페놀 함량은 감주스의 경우 산청고동시

(4.82 g/L), 산청단성시(2.60 g/L), 밀양반시(1.22 g/L), 대봉감(0.92 g/L) 순으로 높았다. 감식초의 폴리페놀 함량은 감주스에 비해 감식초에서 유리페놀 함량은 모두 감소하여 산청고동시(2.02 g/L), 산청단성시(0.32 g/L), 밀양반시(0.25 g/L), 대봉감(0.20 g/L) 순으로 높았다. 감주스와 감식초로부터 catechin(C), epicatechin(EC), epigallocatechin(EGC), epicatechin gallate(ECG), 및 epigallocatechin gallate(EGCG) 등 5종의 카테킨 유도체가 0.85 ~ 4.16 mg/L 수준으로 검출되었다. 대봉감, 밀양반시, 산청고동시에서는 EC 함량이 가장 높았으나, 산청단성시에서는 EG 함량이 가장 높았다. 초산발효 후에는 감식초의 카테킨 함량은 1.01 ~ 26.57 mg/L 수준으로 주스에 비하여 ECG와 EGCG 함량은 약간 감소하는 경향이였으나 C, EC, EG 함량은 증가하였다. 특히 C와 EC 함량의 증가는 많게는 각각 10.4배와 8.6배 증가하였다. 감주스의 유기산 함량은 품종 사이에 차이가 다소 있지만 succinic acid, acetic acid, citirc acid, lactic acid, malic acid, oxalic acid 순서로 높았으며, 그 수준은 2.91 g/L에서 0.01 g/L로 검출되었다. 감식초 유기산 함량 acetic acid가 가장 높았으며 밀양반시 58.12 g/L, 대봉감 57.65 g/L, 산청단성시 48.79 g/L, 산청고동시 39.58 g/L 이었으며, 그 밖의 유기산 함량 및 조성은 감주스와 유사하였다. 따라서 식초제조용 감으로는 밀양반시나 대봉감이 우수한 소재가 될 수 있을 것이다.

감주스 젖산발효음료를 제조하기 위하여 probiotics로 사용가능한 젖산균 osl 9 균주를 분리 선별하여 *Lactobacillus pentosus* 근연종으로 동정하였다. 80℃에서 30분 살균한 감주스에 종균을 2.5 v/v%로 접종하고 30℃에서 96시간 발효시 1.32%의 젖산을 함유하는 발효음료가 제조되었으며, 냉장온도에서 보관 시 4주 이상 안전하게 보관하는 것이 가능하였다. 대봉감 주스의 유리 페놀릭 함량은 190 mg/L 정도였으나 젖산발효 후 160 mg/L로 감소하였다. 대봉감 주스의 카테킨은 EG, EGCG, ECG, EC, C 순서로 높게 구성되어 있었으며, 그 함량은 3.09 mg/L ~ 1.73 mg/L 이었다. 젖산발효 대봉감 감주스의 카테킨은 EGCG, EC, EG, ECG, C 순으로 높게 구성되어 있었으며, 그 함량은 25.15 mg/L ~ 1.57 mg/L 이었다.

대봉감으로부터 제조한 감소스는 100℃에서 10분간 살균하고 실온 또는 냉장온도에서 보존 시 4주 이상 안전하게 보존 가능하였으나 가열 시 물성변화가 관찰되어 개선할 필요가 있었다.

IV. 적 요

뽕은 냉동감은 별도의 탈삼처리 없이도 기타 가공식품 가공에 사용 가능할 정도로 탈삼되었다. 냉동감을 해동 후 plantase를 0.4% 첨가하고 45℃에서 4시간 처리하고 여과하여 대봉감 73%(16.8 brix), 밀양반시 70%(16.8 brix), 산청 단성시 73%(14.6 brix), 산청 고동시 65%(20 brix)의 수율로 주스를 제조하였다. 생산 주스의 당은 glucose와 fructose가 주요 구성성분 이었다. 주스의 폴리페놀 함량은 산청 고동시가 2.52 g/L로 가장 높았으며, 대봉감 2.18 g/L, 밀양 반시 1.63 g/L, 산청 단성시 1.44 g/L 이었다. DPPH 라디칼 소거활성으로 표현되는 감주스의 항산화활성은 수용성 페놀함량에 비례하여 높았다. 감주스에 효모를 접종하여 6%의 알코올을 함유하는 감와인으로 제조한 후 *Acetobacter pasteurianus* A8을 접종하고 30℃에서 24일간 정치발효하는 경우 밀양 반시 와인으로부터 6.3%, 대봉감 와인으로부터 6.2%, 산청 단성시 와인으로부터 5.2%, 산청 고동시 와인으로부터 4.2%의 초산을 초산을 함유하는 식초가 제조되었다. 따라서 식초제조용 감으로는 밀양반시나 대봉감이 우수한 소재가 될 수 있을 것이다. 식초제조 과정에서 실리콘 막으로 만든 간접통기 장치를 활용하면 식초발효 기간을 1주일 이상 단축시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 냉동 대봉감을 베이스로 하여 샐러드드레싱과 디핑소스를 제조하였는데, 맛이 풍부하여 기능성 소스로 이용이 가능할 것으로 판단되었다.

이상의 연구 결과가 실제 현장에서 활용하기 위해서는 식초발효의 경우 약 100 L 규모 이상의 scale-up 연구가 필요하며, 소스의 경우 저장 안정성을 높이는 방법과 기타 생리활성에 관한 연구를 필요로 한다. 이밖에 제조된 감 주스는 젖산발효 등을 통하여 다양한 기능성음료 제조가 가능할 것이다.

V. 참고 문헌

1. Ahn YH. 2016. A study on the production of carrot vinegar. Master's Degree. Department of Food Science, Graduate School of Gyeongnam national University of Science and Technology.
2. Bae SM, Park KJ, Kim JM, Shin DH, Hwang YI, Lee SC. 2002. Preparation and characteristics of sweet persimmon wine. *J Korean Soc Agric Chem Biochtechnol* 45: 66 - 70.
3. Bae SM, Park KJ, Kim JM, Shin DH, Hwang YI, Lee SC. 2001. Preparation and characteristics of *Jochung* with sweet persimmon. *J Korean Soc Agric Chem Biochtechnol* 44: 88 - 91.
4. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 119-200.
5. Choi JH, Lee EY, Kim GJ, Park IH, Kim IS, Choi GB, Jung SG, Han YS. 2006. Physicochemical properties and physiological activities of *Ulsan* sweet persimmon peel. *J Korean Soc. Appl Biol Chem* 49: 309 - 314.
6. Chung JY, Kim KH, Shin DJ, Son GM. 2002. Effect of sweet persimmon powder on the characteristics of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 738 - 742
7. George AP, Redpath S. 2008. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. *Adv Hort Sci* 22: 244-249.
8. Gorinstein S, Kulasek GW, Bartnikowaska E, Leontowicz M, Zemser M, Morwicz M, Trakhenberg S. 2000. The effect of diets, supplemented with either whole persimmon or phenol-free persimmon, on rat fed cholesterol. *Food Chem* 70: 303 - 308.
9. Hanlam E. 1981. Vegetable tannins. In *Biochemistry of plants*. Stumpf PK, Comm EE, eds. Academic press, New York, USA. p 527 - 539.
10. Hong JS, Chae KY. 2005. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of persimmon concentrate by boiling. *Korean J Food Cookery Sci* 21:

709 - 716.

11. Hong JS, Chae KY. 2005. Quality characteristics of Sulgiduck by the addition of astringent persimmon paste. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 360 - 370.
12. Jeong YJ, Lee GD, Kim KS. 1998. Optimization for the fermentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1203 - 1208.
13. Jo YH, Park JW, Lee JM, Ahn GH, Park HR, Lee SC. 2010. Antioxidant and anticancer activities of methanol extracts prepared from differen Jangseong Daebong persimmon (*Diospyros kaki* cv. Hachiya). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 500 - 505.
14. Kawase M, Motohashi N, Satoh K, Sakagami H, Nakashima H, Tani S, Mhirataki Y, Kurihara T, Spengler G, Wolfard K, Molnar J. 2003. Biological Activity of Persimmon (*Diospyros kaki*) Peel Extracts. *Phytother Res* 17: 495 - 500.
15. Kim SG, Lee YC, Suh KG, Choi SH. 2001. Acetaldehyde dehydrogenase activator from persimmon and its processed food. *Korean J Food Sci Thechnol* 30: 954 - 958.
16. Lee YC, Sa YS, Jeong CS, Suh KG, Choi SH. 2001. Anticoagulating activity of persimmon and its processed food. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 4: 25 - 29.
17. Lee JH, Park AR, Choi DW, Kim JD, Kim JC, Ahn JH, Lee HY, Choe M, Choi KP, Shin IC, Park HJ. 2011. Analysis of chemical compositions and electron-donating ability of 4 Korean wild *sannamuls*. *Korean J Medicinal Crop* 19: 111 - 116.
18. Park WK, Yoo YH, Hyun JS. 1975. Study on the manufacture of jam with Korean persimmon. *J Korean Soc Food Nutr* 4: 25 - 29.
19. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant roperties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2: 152 - 159.
20. Seo JH, Jeong YJ, Kim KS. 2000. Physiological characteristics of tannins isolated from astringent persimmon fruits. *Korean J Food Sci Technol* 32: 212 - 217.

21. Singleton VL and JA Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolic with phosmolybdic phosphotungstic acid reagent. *Am J Enol Viticult* 16: 144 - 158.
22. Suzuki T, Someya S, Hu F, Tanokura M. 2005. Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). *Food Chem* 93: 149 - 152.
23. 식품분석표(제7개정판). 2006. 농촌진흥청 농촌자원개발연구소.
24. 토종감품종해설. 2006. 경상북도농업기술원 상주감시험장.

뽕은감 품종별 특성 연구

시험기간 : 2015년 ~ 2017년

담 당 자 : 강승미, 김학곤, 양우형, 용성현, 최명석
김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

우리나라의 뽕은감 분포지역은 경남북, 전남북 및 충북지역에 많이 분포하고 있다. 예부터 알려진 지역별 지방종들이 있으나 대부분 지방종들은 사라지고 대표적인 몇 가지 품종들만이 농가에서 집단 재배되고 있는 실정이다. 따라서 지역별 품종을 수집하여 대한민국 뽕은감 품종보존원을 조성하여 뽕은감의 유전자원을 보존하여 향후 뽕은감 산업화를 위한 자원을 보존하는 것이 필요하다. 대표적인 뽕은감 품종은 고동시, 상주 동시, 청도반시, 산청 고동시, 사곡시, 단성시, 함안 수시, 장동이, 월하시, 갑주백목, 평핵무, 도근조생, 대핵무 등이 있다. 뽕은감 주요 재배품종은 연시용으로는 갑주백목, 청도반시가 주로 재배되고 있으며 꽃감용으로는 동시, 고동시가 많이 재배되고 있다.

우리나라 뽕은감 재배면적 및 생산량은 2012년 생산량은 98,977톤(2013 임산물생산조사, 산림청), 생산면적은 7,377ha에 달한다. 최근 생산량은 급증하여 재배면적과 생산량 증가 등으로 과잉생산이 우려되어 뽕은감을 이용한 가공식품 개발이 절실하다고 할 수 있다. 뽕은감을 이용하기 위해 뽕은맛을 없애는 가공기초는 탈삼이므로 탈삼공정기술개발 및 확립이 필요하다. 뽕은감의 탈삼방법에는 알코올이나 탄산가스 처리법, 드라이아이스 탈삼법, 약 40℃의 온탕에 과실을 침지하는 온탕처리법 등이 있다. 두 세가지 품종에 대한 인공 탈삼공정 비교 결과는 있으나, 다양한 품종에 대한 탈삼공정 비교결과는 미비한 수준으로 특히 탈삼공정별 가공시 특징을 조사하여 가공방법별(꽃감용, 감식초용) 탈삼공정 기준을 제시하는 것이 필요하다. 이러한 탈삼공정 기준 제시로 향후 뽕은감 가공시 탈삼법에 따른 가공품의 품질 향상 등이

도움이 될 것이다. 경남지역의 뽕은감 주요 재배지역은 함양군, 산청군, 하동군, 함안군, 밀양시, 의령군, 고성군지역으로, 밀양시 지역은 반시, 산청군과 함양군지역은 고동시, 단성시, 함안군지역은 수시, 하동군과 의령군은 주로 갑주백목이 재배되고 있다. 경남지역은 현재 단감의 가격하락에 따라 단감에서 뽕은감 재배로 전환하는 임가가 늘고 있는 실정이다. 특히 1990년대 후반부터 생산량이 크게 증가하고 있는 것으로 추정되는 산청 꽃감은 고종황제 진상품으로 잘 알려져 있으며, 고동시와 단성시로 생산되고 씨가 거의 없으며 과질이 부드럽다. 고동시를 이용하여 생산되는 완주 꽃감은 검은 빛을 띤다는 특징이 있으며, 동시가 원료인 영동 꽃감은 크고 색상이 좋다는 특징을 지니고 있다. 최근 웰빙분위기 등의 확산으로 경남지역의 씨없는 꽃감은 최고의 제품으로 가치를 인정받고 있으나 이에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다. 기존에 연구된 품종별 특성조사 결과들을 살펴보면 대부분이 수세, 숙기, 과형, 과중, 당도, 수확전낙과, 단위결과성 등에 대한 특성으로 형태적 과실특성에서 벗어난 품종별 탄닌 함량, 비타민 함량 등 뽕은감에 존재하는 성분에 대한 품종별 비교 결과는 전무한 실정이다. 따라서 전국적으로 분포되어 있는 뽕은감의 품종을 수집하여 탄닌 함량, 비타민 함량 등 품종별 성분함량을 비교하여 DB를 구축해 놓는다면 뽕은감 가공기술개발을 위한 기초자료로 유용할 것으로 사료된다. 특히 탄닌함량의 경우 뽕은감의 탈삼공정과 밀접한 연관이 있으므로 향후 뽕은감의 소비촉진을 위한 가공기술개발을 위한 선행연구로 품종별 탄닌함량을 비교하고, 더 나아가 탄닌함량을 조절할 수 있는 메커니즘을 찾는 것도 필요하다고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 경남지역 주요 지방종을 수집하여 품종별 특성을 비교조사 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 뽕은감 수집

1) 뽕은감 품종 수집 및 동정

함양, 산청, 진주, 하동, 의령, 밀양 등지의 농가, 주택, 야산 등지에서 품종을 수집하였다. 품종의 수집은 농장주 등의 허락을 받아 채집하였다. 품종의 동정은 기존 발행된 감 도감, 식물분류전문가의 자문을 받아 행하였다.

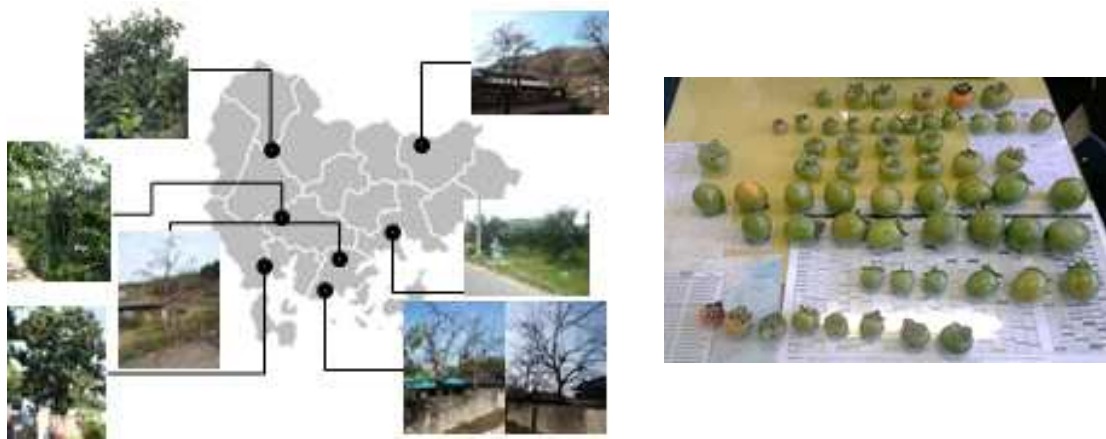


그림 1. 품종 수집 지역 (좌), 수집된 품종 감의 분류 및 동정 (우)

2) 뽕은감 수집 품종

본 연구에서는 뽕은감 18종을 대상으로 특성조사가 이루어졌다.

표 1. 수집한 뽕은감 18종

1	2	3	4	5	6
밀양개반시	밀양반시	밀양물감	함안수시	하동월예감	김천따발감
7	8	9	10	11	12
창녕반시	산청고동시	산청단성시	산청꾸리감	함안반시	갑주백목
13	14	15	16	17	18
함양두리감	창녕동우감	고성심시감	대핵무	청도반시	도근조생

3) 뽕은감 수집 시기

본 연구에 사용된 뽕은감들은 녹숙감과 완숙감의 차이를 비교분석하고자, 2016년도 7월에 녹색의 녹숙감과 10월에 주황빛의 완숙감을 2회에 걸쳐 채취하였다. 모든 뽕은감들은 환경적 영향을 줄이고자 같은 장소에서 자란 상주 감 시험장에서 같은 시간 날에 수집하였다. 또한 모든 감들은 냉동시킨 뒤, 이후에 실험에 사용되었다.



그림 2. 뽕은감 시료

2. 뽕은감 특성조사

1) 형태 조사

(1) 잎 크기 및 면적 측정

잎을 채취한 당일날에 잎을 붙여서 HP LaserJet M1522nf 기계를 이용하여 잎을 스캔하였다. 잎 스캔 후에는 Adobe photoshop program (Adobe Systems Inc., Mountain View, Calif)을 이용하여 잎의 가로, 세로 길이를 측정하고, 추가적으로 1cm^2 당 픽셀 수를 아래의 비례식을 이용하여 면적 값을 구하였다.

$$1\text{cm}^2 : 13924 \text{ pixel} = \text{잎 면적} : \text{잎 면적 pixel} \cdots \cdots \text{Formular 1}$$

(2) 중량(g) 측정

뽕은감의 중량은 전자저울(PB602, Mettler Toledo, Geneva, Switzerland)로 3차례 반복 측정하여 소수점 둘째자리까지 표시하였다.

(3) 크기(mm) 측정

과실의 길이는 가로, 세로, 높이(mm)를 각각 Caliper(CD-15CPX, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)을 사용하여 소수점 둘째자리까지 표기하여 3차례 반복 측정하였다.

(4) 경도(N/Ø3mm) 측정

과실의 경도는 균일한 원통형의 시료(직경 1cm, 높이 1cm)를 만들어 Instron

Universal Testing Machine (Instron, Model 1000, England)으로 약 5mm 직경의 탐침을 중심부에 7mm 깊이까지 침투시켜 탐침에 작용하는 압축력(N/Ø3mm)을 3회 반복 측정하였다.

(5) 기계적 색도 측정

뽕은감 색도는 뽕은감 과피를 색도계(Chroma Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. Hunter color의 명암을 나타내는 L값 (lightness 0~100; 100=white, 0=black), 적색과 녹색의 정도를 나타내는 a값 (+redness,-greenness -60~+60; -60=green, +60=red) 및 b값 (+yellowness,-blueness -60~+60; -60=blue, +60=yellow) 값을 3회 반복 측정하였고 기기는 L=96.54, a=0.07, b=1.90인 표준 백색판(standard white plate)으로 보정하여 사용하였다. 전체적인 색변화(overall difference, ΔE)는 백색판을 기준으로 아래의 식으로 계산하였다.

$$\Delta E(L^*, a^*, b^*) = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2} \dots \dots \text{Formular 2}$$

2) 유용성분조사

(1) 탄닌 함량 측정

뽕은감을 과육부분과 종자부분으로 나누어 과육부분의 조직 2g에 20ml 80% 에탄올을 가하여 24hr동안 교반시켜 추출하였다. 그리고 다시 침전물에 20ml 에탄올로 동일한 방법으로 재추출하였다. 추출한 모든 상등액 40ml을 합쳐서 10,000rpm으로 원심분리 후, 0.45µm-membrane filter를 이용하여 여과하였다. 여과된 추출물은 다시 40℃에서 감압 농축하였다. 감압 이후에는 적절한 배율로 희석시키고 Vanillin법을 이용하였다. Vanillin법은 빙초산 1ml에 1% vanillin 용액과 8% HCl를 혼합한 용액을 넣고 35℃에서 30분간 반응시키고 500nm에서 흡광도를 측정하였다. 아래의 그래프는 Tannic acid를 이용하여 작성한 탄닌의 흡광 표준곡선이다.

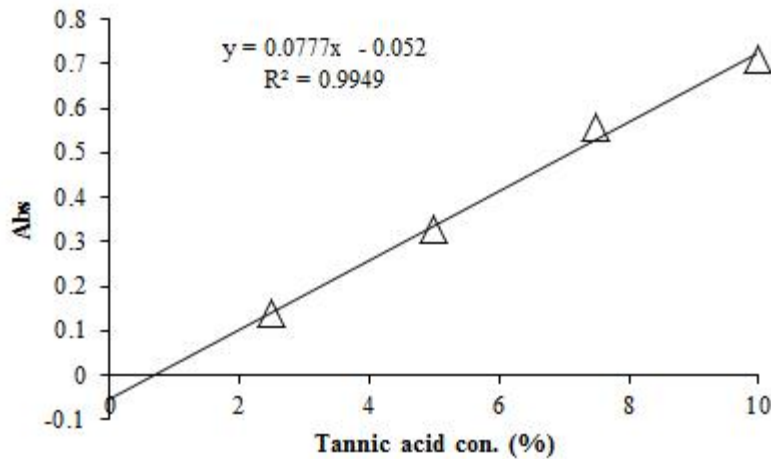


그림 3. 탄닌 표준 농도 곡선

(2) 당 함량 측정

뿔은감을 과육부분과 종자부분으로 각각 나누어 분리시킨 후, 과육부분의 조직 5g과 증류수 10ml로 균질화 하였다. 균질화 후에 10,000rpm에서 10분간 원심분리기를 이용하여 분리한 뒤 상등액만 채취하였다. 옮긴 상등액은 0.45 μ m-membrane filter로 여과하였고, HPLC로 분석하였다. HPLC 분석조건은 다음과 같다.

표 2. 당 분석을 위한 HPLC 조건

Items	Condition
Column	4.6×2500mm High performance Carbohydrate Column, waters, Ireland
Mobile phase	Acetonitrile : Water = 75 : 25 (v/v)
Flow rate	1.4ml/min
Column temperature	35℃
Injection volume	10 μ l
Detector	Water Model 410 Refractive Index Sensivity of 8

(3) 유기산 함량 측정

뽕은감을 과육부분과 종자부분으로 각각 나누어 분리시킨 후, 과육부분의 조직 5g과 증류수 10ml로 균질화 하였다. 균질화 후에 10,000rpm에서 10분간 원심분리기를 이용하여 분리한 뒤 상등액만 채취하였다. 옮긴 상등액은 0.45 μ m-membrane filter로 여과하고 HPLC로 분석하였다. HPLC 분석조건은 다음과 같다.

표 3. 유기산 분석을 위한 HPLC 조건

Items	Condition
Column	Aminex HPX-87H Column 300×7.8mm, Bio-Rad, USA
Mobile phase	0.05M Sulfuric Acid
Flow rate	0.60ml/min
Column temperature	35℃
Injection volume	5 μ l
Detector	UV 210nm

(4) 라이코펜 및 총 카르티노이드 함량 측정

뽕은감 시료를 과육부분과 종자부분으로 나눈 뒤, 과육부분의 조직을 2g에 acetone 넣고 균질화 하였다. 그리고 원심분리기를 이용하여 10,000rpm에서 원심분리 후, 상등액만 채취하여 0.45 μ m-membrane filter를 이용하여 여과하였다. 그리고 라이코펜은 503nm에서 총 카르티노이드는 455nm에서 흡광도를 측정하였다.

아래의 그래프는 각 라이코펜, 베타카로틴을 기준으로 작성한 라이코펜과 총 카르티노이드의 흡광 표준곡선이다.

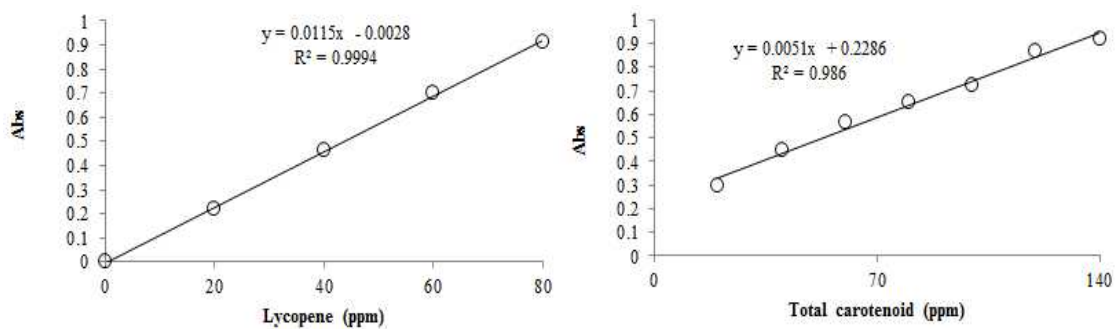


그림 4. 라이코펜(좌), 총 카로티노이드(우) 표준 농도 곡선

(5) 전자공여능 측정

항산화성은 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH)를 사용하는 Blois의 방법에 준하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 즉, 80% methanol 추출액 1 ml에 DPPH 용액 4 mL를 첨가하여 혼합한 뒤 40초 후에 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 항산화성은 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$\left\{1 - \frac{(Abs_{control} - Abs_{sample})}{Abs_{control}}\right\} \times 100 \dots \dots \dots \text{Formular 3}$$

3. 뽕은감 우량개체 선발

10월에 채취한 뽕은감 18종을 대상으로 이루어진 특성조사를 바탕으로 우량 품종을 선발하고자 하였다. 육종 목표를 제1, 2절에서 언급한 방법으로 측정된 뽕은감의 크기, 중량, 탄닌 함량, 당 함량, 라이코펜과 총카르티노이드 함량, 유기산 함량을 특성 기준으로 잡고 각 특성에 맞는 유리한 품종을 제시하였다.

4. 뽕은감 효율적 탈삼 공정 개발

1) 광과 온도의 영향 구명(야외시험)

효율적인 탈삼공정 실험에는 7월에 채취한 밀양반시의 녹색 녹숙과를 이용하였다. 온도와 빛의 차이에 의한 탈삼 변화를 관찰하고자 본 연구에서는 3가지 장소로 실험하였다. 탈삼 장소는 온도 56℃와 직사광선을 갖는 아스팔트 위, 온도 30℃와 차광 30%인 폴리카보네이트 판에서 그리고 오직 온도만 50℃이고 빛이 주어지지 않는 암상태인 드라이오븐 3가지로 나누어 7일간의 색도, 경도, 폴리페놀 함량, 환원당 함량을 관찰하였다.

Asphalt	Polycarbonate판	Dry oven
		
온도 56℃ 직사광선	온도 30℃ shade 30%	온도 50℃ 암상태

그림 5. 탈삼 장소별 온도, 빛 조건

2) 실내 광조절에 의한 탈삼효과 검정(실내시험)

실내에서도 탈삼환경을 동시에 고려한 환경에서 탈삼효과를 검정하였다. 7월의 밀양반시 녹숙과를 이용하여 빛에 따른 탈삼변화를 관찰하고자 태양광과 파장분포가 비슷한 백열등으로 처리하였다. 동일한 온도 50℃에서 빛이 없는 드라이오븐과 빛을 주는 백열등 처리에 따른 경도, 폴리페놀, 환원당 함량의 변화를 7일간 관찰하였다.

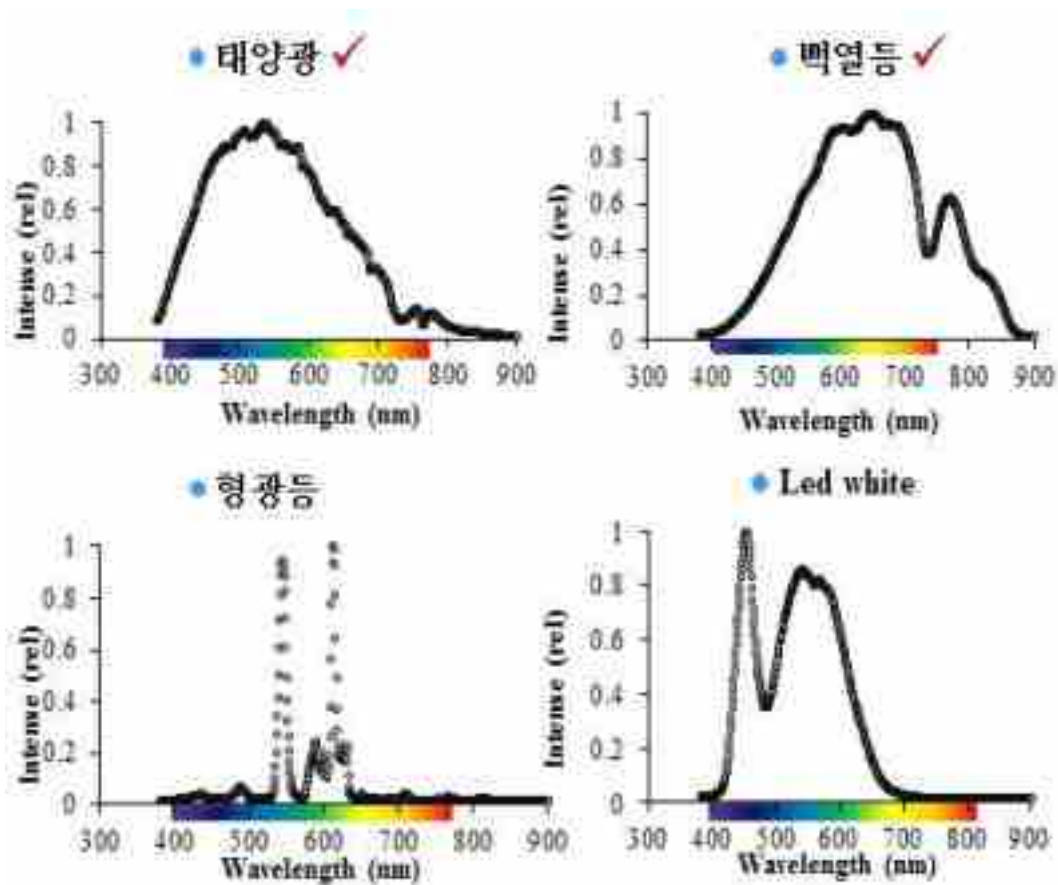


그림 6. 빛의 종류별 파장 분포

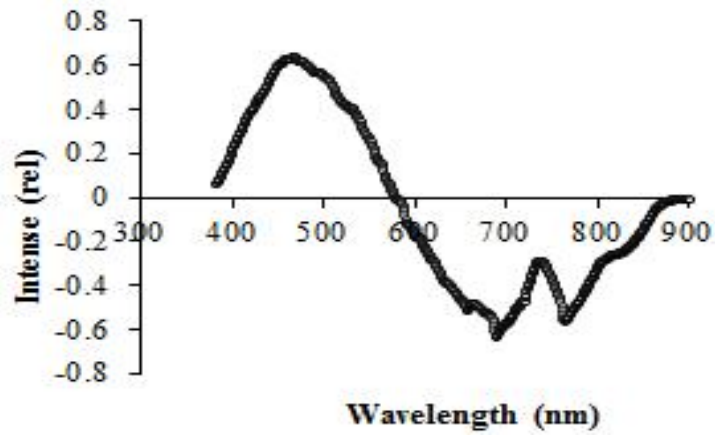


그림 7. 태양광 파장 대비 백열등 파장 비교

3) 통계처리

모든 실험 결과에 대한 통계분석은 SPSS program(IBM SPSS Statistics Version 21)을 이용하여 모든 유의차가 인정되는 항목을 던컨으로 5% 수준에서 각 처리구별로 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 뽕은감 품종 수집

본 연구에서는 뽕은감 18종을 동일한 환경과 동일한 날에 각 7월에 녹숙감, 10월에 완숙감을 수집하였다.

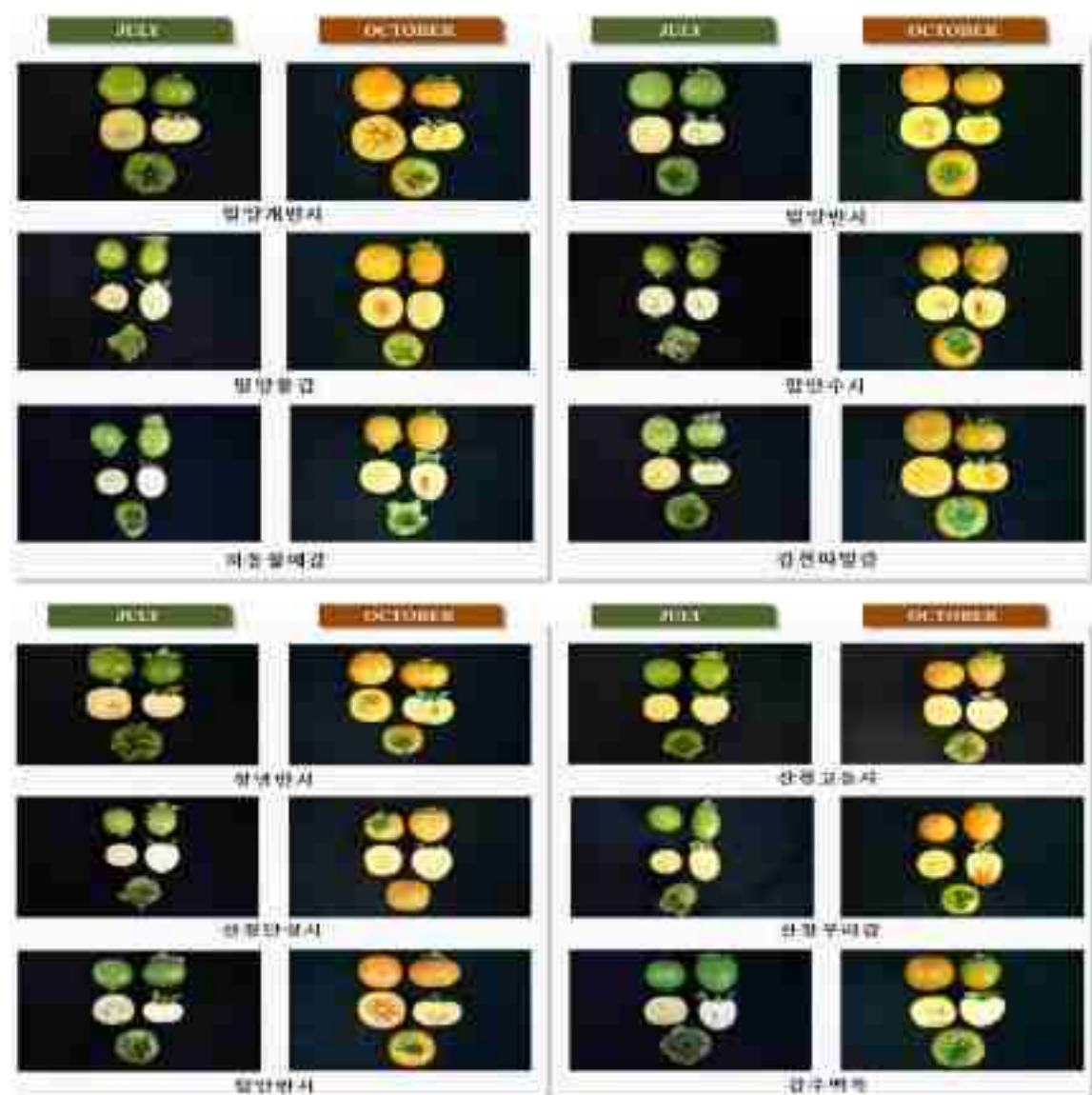


그림 8. 7월, 10월에 수집한 18종의 뽕은감

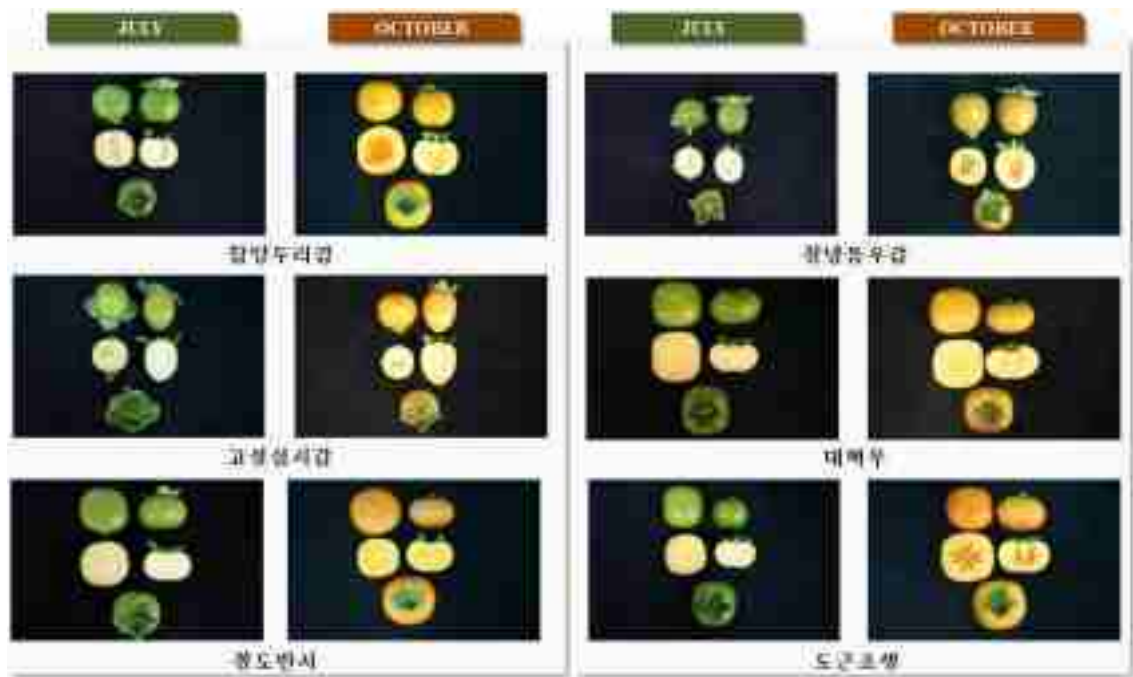


그림 8. 7월, 10월에 수집한 18종의 뽕은감(계속)

2. 뽕은감 특성조사

1) 형태 조사

(1) 엽 가로, 세로 길이 및 면적

2016년 7월, 10월에 채취하여 얻은 뽕은감 품종별 엽 크기는 다음과 같다. 엽폭(가로길이)은 7월에는 품종별로 유의한 차이를 갖지 않는 반면에 10월에는 차이를 보였다. 또한 모든 품종의 엽폭은 7월에 비해 10월에 증가하는 것으로 나타났다. 엽폭은 창녕반시가 가장 컸고, 고성심시감이 가장 작았다.

엽장(세로길이)은 엽폭과 마찬가지로 7월에는 품종별로 유의한 차이를 갖지 않는 반면에 10월에는 유의한 차이를 보였다. 또 모든 품종의 엽장 역시 7월에 비해 10월에 증가하는 것으로 나타났다. 엽장은 창녕반시가 가장 컸고, 도근조생이 가장 작게 나타났다.

엽 면적 역시 엽폭, 엽장과 동일하게 7월에는 품종별 차이가 크지 않았으나 10월에는 유의한 차이를 보였고, 또 7월에 비해 10월에 모든 품종이 증가하는 것으로 나타났다. 엽 면적은 창녕반시가 가장 컸고, 도근조생이 가장 작게 나타났다.

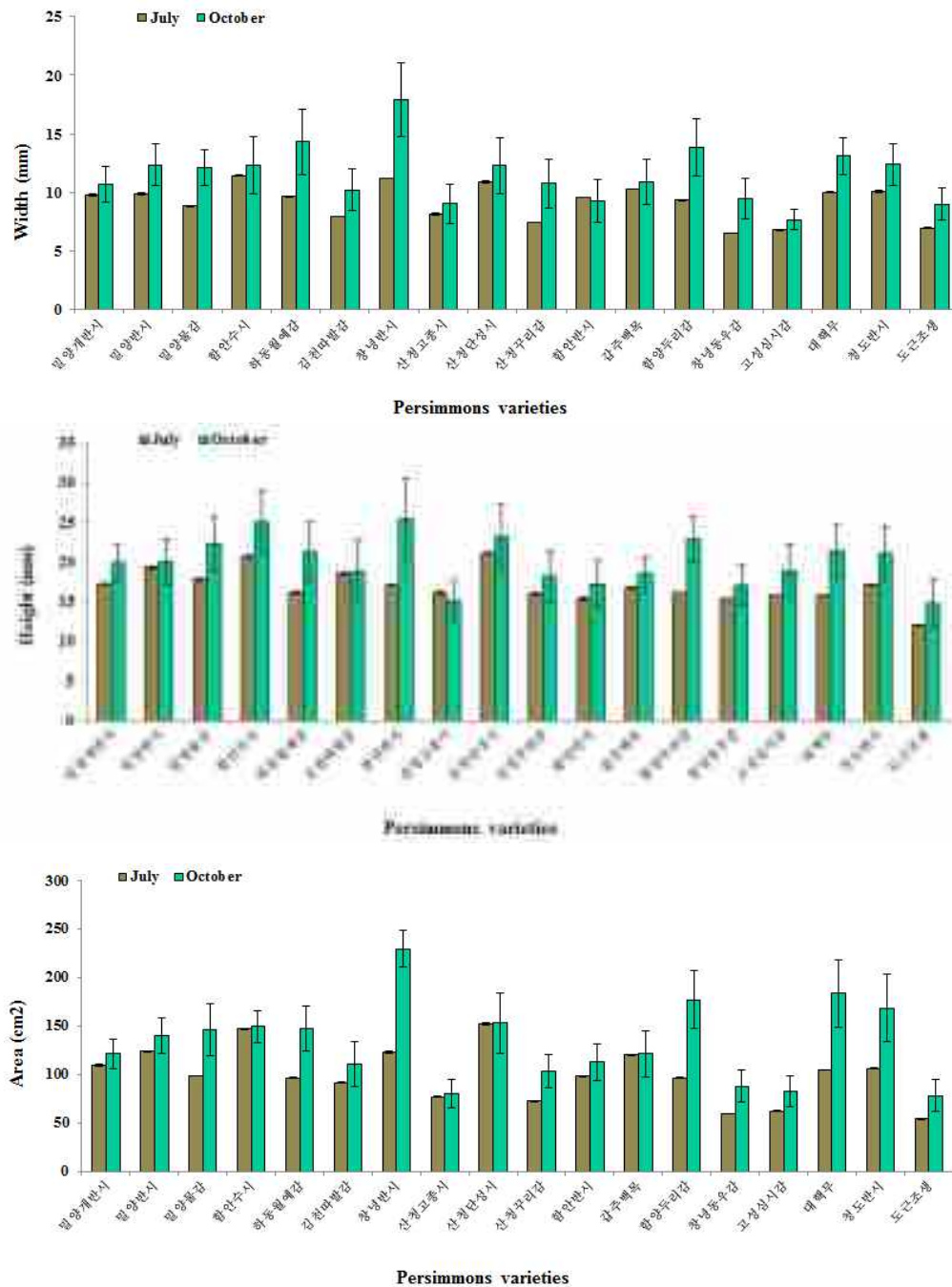


그림 9. 뽕은감 품종별 형태조사
 잎 가로길이(상), 잎 세로길이(중), 잎 면적(하)

18종의 엽면적의 평균값은 다음과 같다. 7월의 엽장(9.13mm), 엽폭(16.94mm), 엽면적(99.96cm²)은 모두 10월에 11.52mm, 20.09mm, 133.34cm²으로 1.2배 비율로 증가하였다. 10월에 엽장과 엽폭이 비슷한 비율로 증가한 것이 엽면적의 변화에도 영향을 준 것이라고 판단되었다.

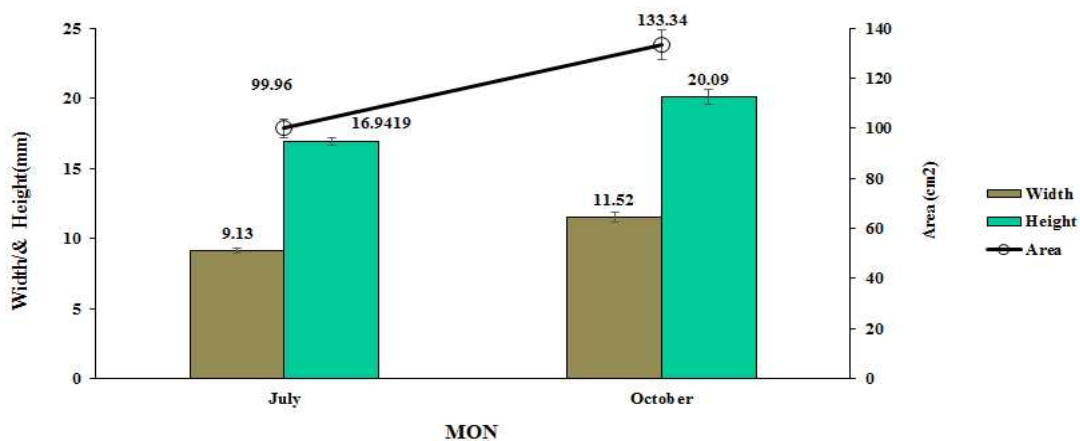


그림 10. 잎 길이, 면적 전체 평균 변화

(2) 과실 중량

2016년 7월, 10월에 채취하여 얻은 뽕은감 품종별 과실의 중량은 다음과 같다. 7월의 18종의 중량은 유의한 차이를 갖지 않았으나, 10월에는 유의한 차이를 가졌다. 또한 7월에 비해 모든 품종의 중량은 10월에 증가하였다. 중량의 증가량은 대핵무가 가장 높았으며, 가장 중량이 큰 품종(401g) 또한 대핵무였으나, 창녕동우감은 중량 증가폭도 가장 낮았고, 실제 10월 중량이 가장 낮았다(47g).

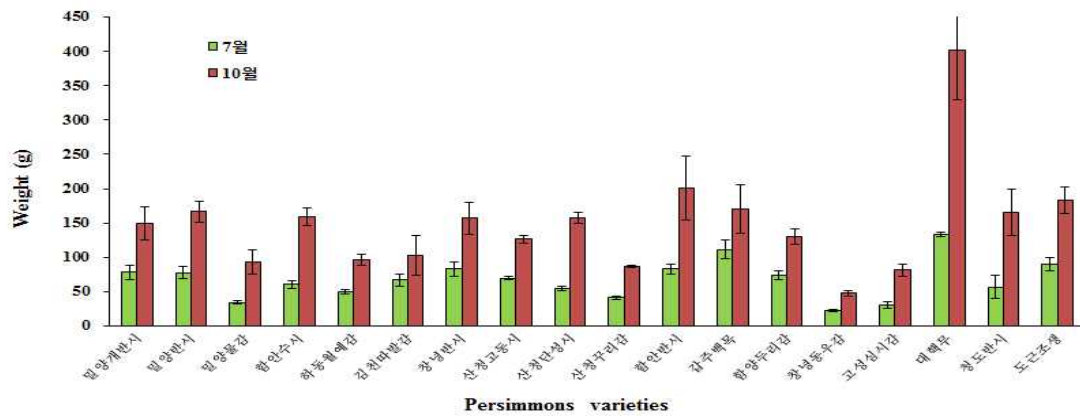


그림 11. 뽕은감 품종별 형태조사 - 과실 중량 변화

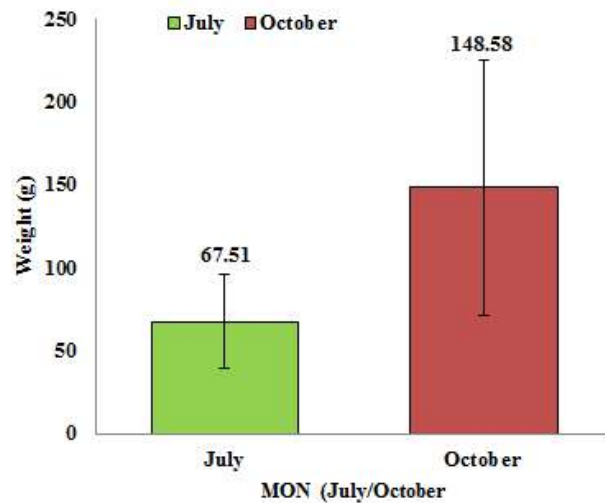


그림 12. 과실 중량 전체 평균 변화

18품종의 평균 중량 값을 비교한 결과, 7월의 평균값(67.51g)에 비해 10월(148.58g)은 2배 이상 증가하였다. 과실의 중량의 경우는 품종간에 변이도 매우 크게 나타났다.

(3) 과실 크기

뽕은감 과실의 크기는 가로너비, 세로길이, 과고 3가지로 나누어 관찰되었다. 가로너비, 세로길이, 높이 모두 7월에 비해 10월에 증가하는 형태를 보였다. 대핵무가

가로너비와 세로길이가 가장 큰 품종이었으나, 과고는 갑주백목이 가장 높게 나타났다. 이러한 결과에 비추어 대핵무의 경우는 가로, 세로 길이는 넓으나 과고가 상대적으로 적은 모양을 갖는다는 것을 알 수 있었다.

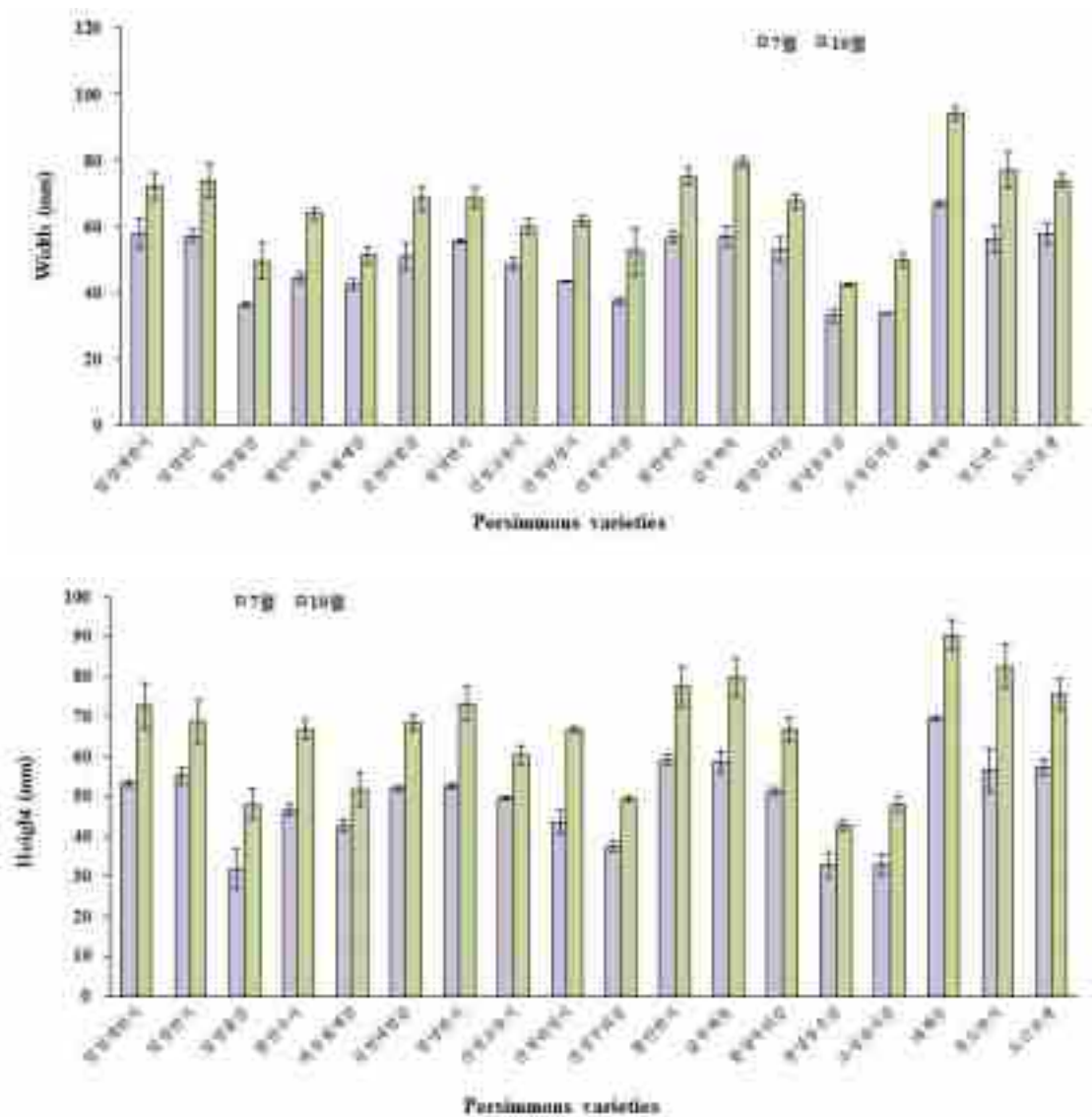


그림 13. 뽕은감 품종별 형태조사 - 과실 크기 변화
가로길이(상), 세로길이(중), 높이(하)

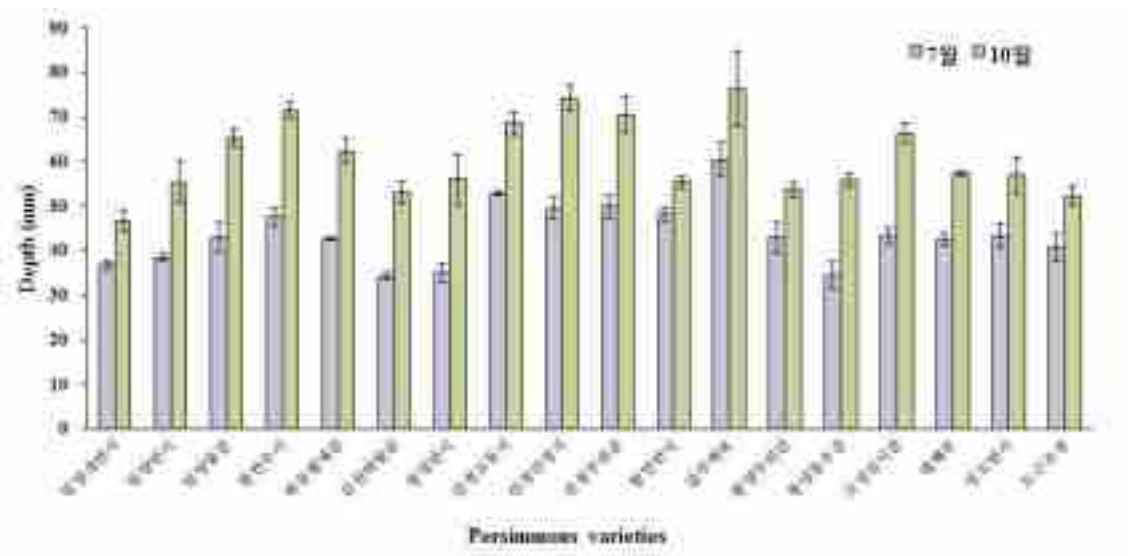


그림 13. 뽕은감 품종별 형태조사 - 과실 크기 변화(계속)
가로길이(상), 세로길이(중), 높이(하)

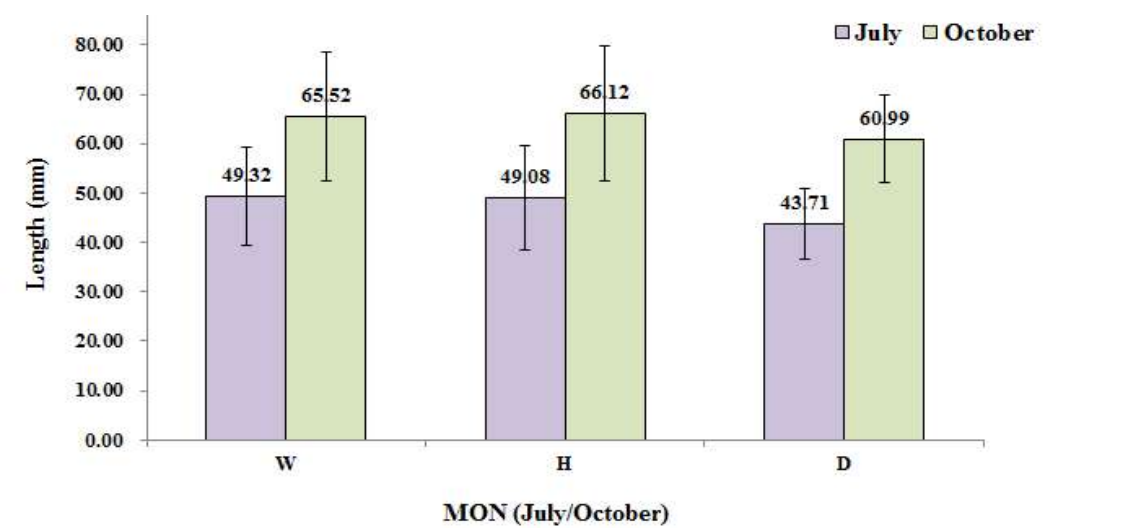


그림 14. 과실 크기 정체 평균 변화

(4) 과실 정도

7월, 10월 뽕은감 품종별 정도는 다음과 같다. 18종의 모든 품종들은 7월에 비해 10월에는 감소하는 형태로 나타났다. 7월과 10월 사이에 정도 차이가 가장 큰

품종은 함안반시, 밀양물감, 대핵무 순으로 나타났다. 7월의 평균 경도(2342N/Ø3mm)에 비해 10월 경도(1170N/Ø3mm)으로 대략 2배 정도 값이 감소하였다.

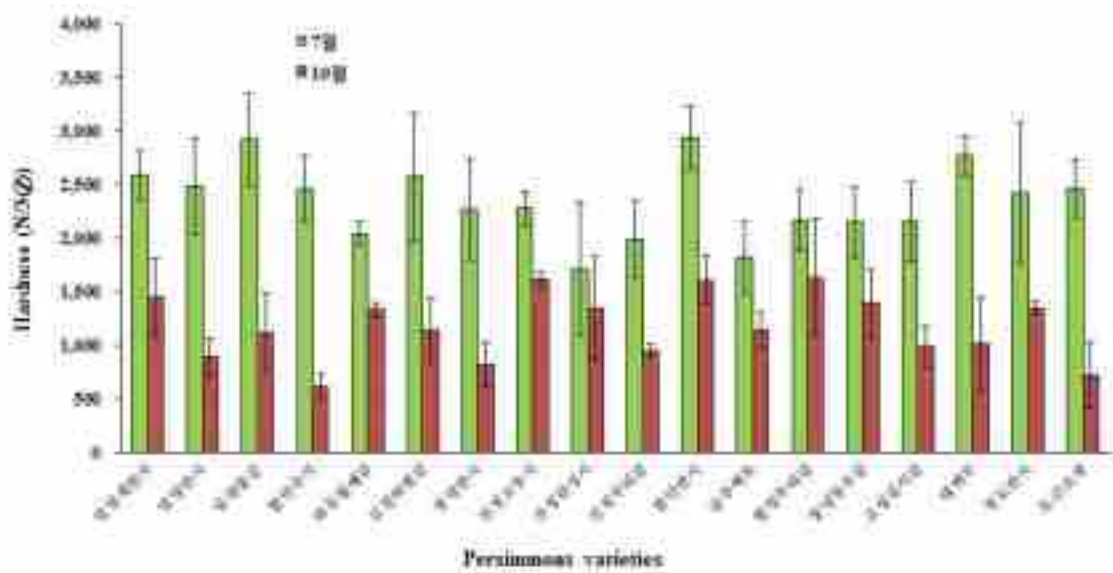


그림 15. 뽕은감 품종별 형태조사 - 과실 경도 변화

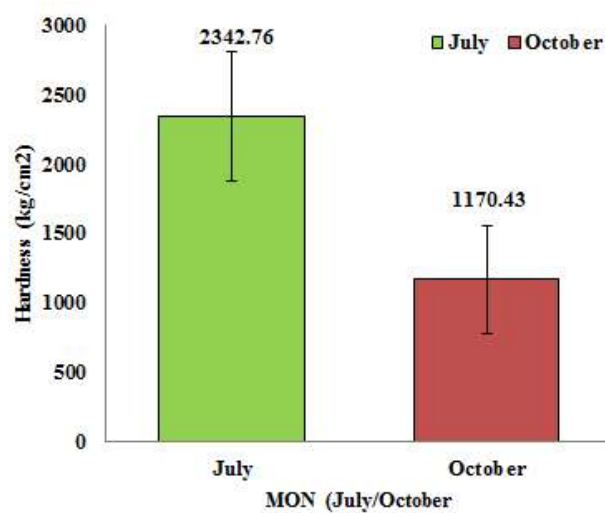


그림 16. 과실 경도 전체 평균 변화

(5) 과실 표면색도

7월, 10월 뽕은감 품종별 표면 색도는 다음과 같다. 밝기를 나타내는 L값은 품종별 표면 색도는 유의한 차이를 나타내지는 않았으나, 산청고동시와 고성심시감을 제외한 나머지 품종들은 7월에 비해 10월에 밝아지는 것으로 나타났다.

적색도를 나타내는 a값은 품종별로 유의한 차이를 나타냈다. 7월에는 18종 모두가 마이너스 값을 나타내어 녹색의 빛을 보이는 반면에 10월에는 플러스 값으로 상승하는 것을 통해 주황색 빛으로 변화한다는 것을 알 수 있었다.

b값은 황색도를 나타내는 것으로 7월에 비해 10월에 값이 상승하는 것을 보아, 푸른빛에서 황색으로 변화한다는 것을 알 수 있었다.

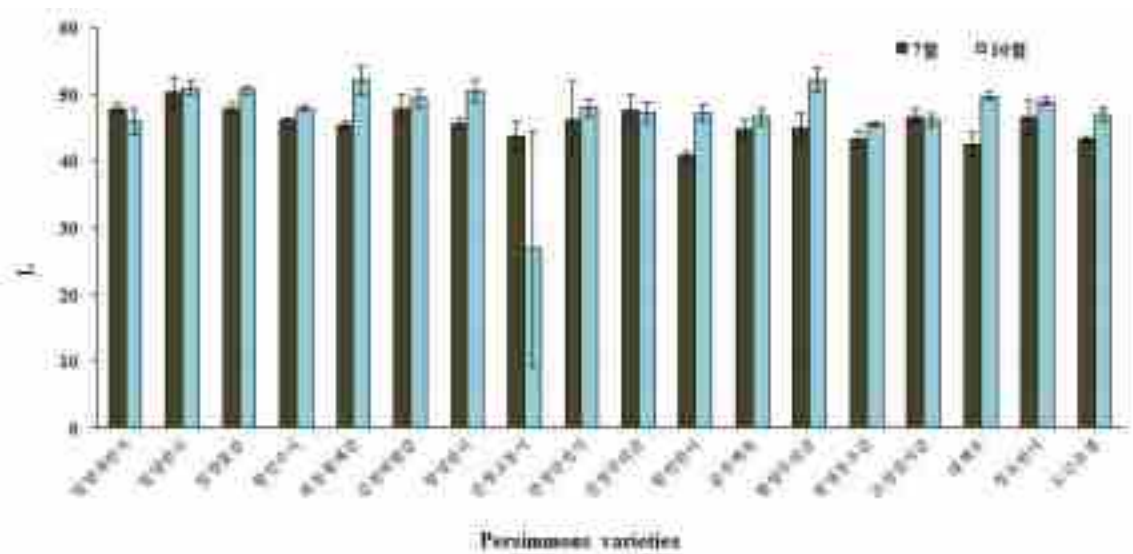


그림 17. 뽕은감 품종별 형태조사 - 과실 색도 변화
L값(상), a값(중), b값(하)

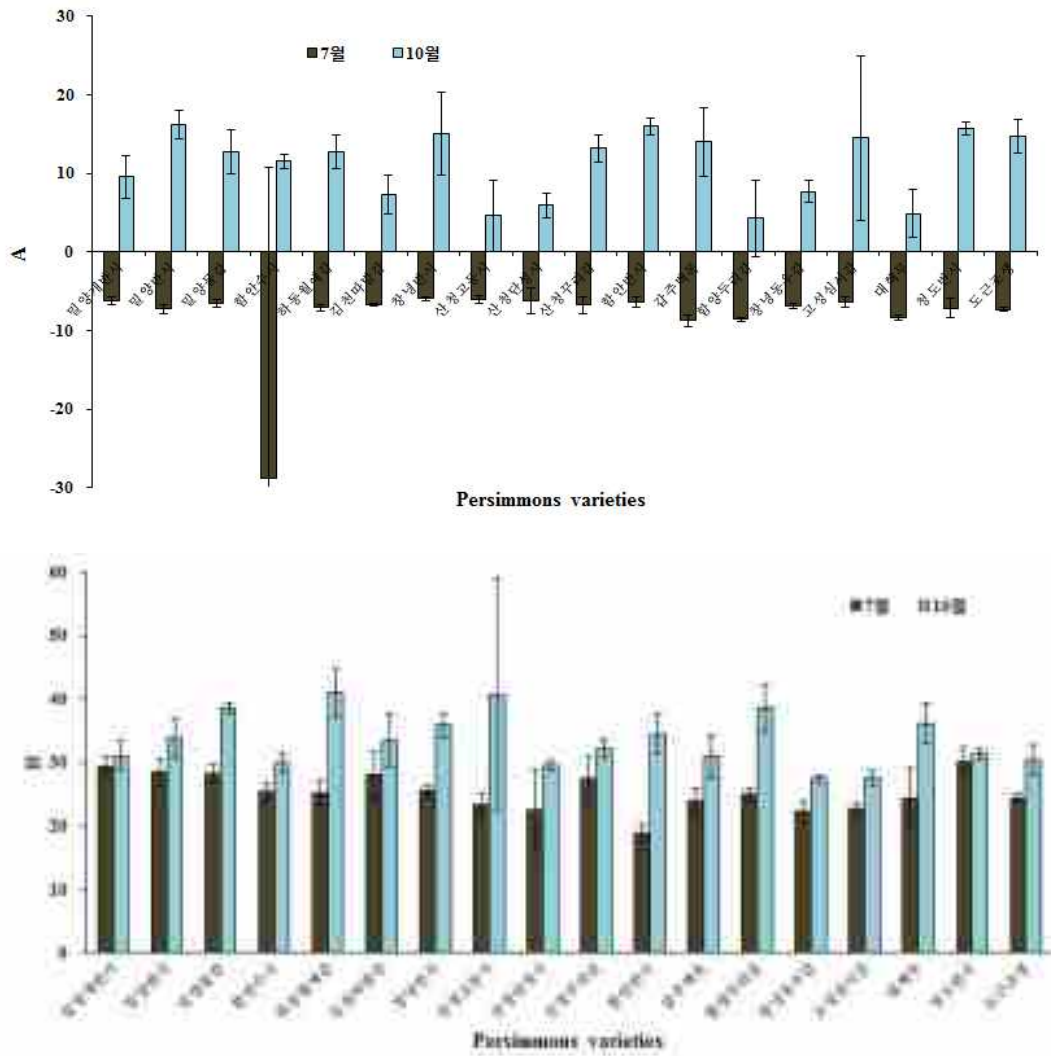


그림 17. 뽕은감 품종별 형태조사 - 과실 색도 변화(계속)
L값(상), a값(중), b값(하)

7월과 10월 사이에 색도는 모두 증가하는 것으로 나타났고, 그 중에서도 a값은 L 값과 b값과는 다르게 확연한 큰 차이를 나타냈다. 이는 7월과 10월 사이에 뽕은감의 표면 색도는 밝아지고, 녹색빛이 거의 주황빛으로 변하며, 푸른빛이 황색으로 변화한다는 것을 알 수 있었다.

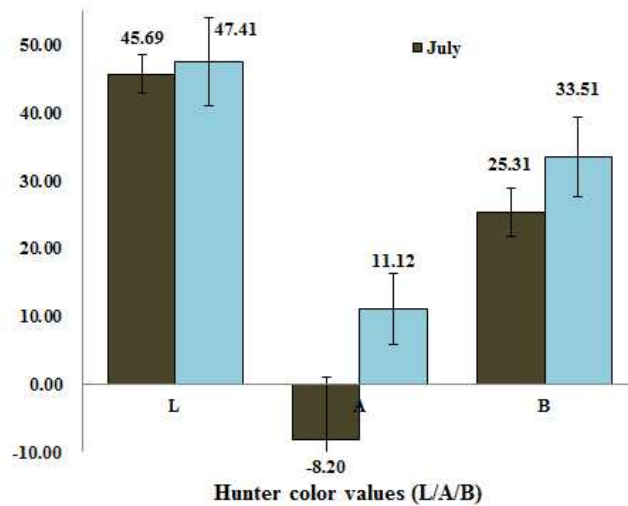


그림 18. 과실 색도 전체 평균 변화

L값, 적색도 a값, 황색도 b값을 이용하여 7월과 10월 사이의 색의 변화량(ΔE)을 구하였다. 18종 모두가 색이 유의하게 차이를 나타내는 것을 알 수 있었다.

또한, 전체 품종의 색 변화도를 보았을 때 평균적으로 5.4 정도의 변화를 갖는 것을 알 수 있었다.

2) 유용성분조사

(1) 탄닌 함량

7월과 10월의 품종별 탄닌 함량의 변화는 다음과 같다. 7월과 10월의 탄닌 함량은 모두 유의하게 다양한 차이를 나타내었으며, 18종 모두 7월에 비해 10월에 감소하는 형태를 보였다. 탄닌의 감소 정도는 창녕반시에서 가장 크게 나타났으나, 최종적으로 함안수시에서 탄닌 함량이 가장 적게 나타났다.

품종별로 나타난 그래프를 7월, 10월 평균값으로 나타낸 결과 역시나 7월에 비해 10월에는 크게 감소하는 것으로 나타났다. 결과적으로 7월의 뚝은감 내에 존재하는 탄닌 함량이 10월에 익으면서 감소하는 것이라고 판단되었다.

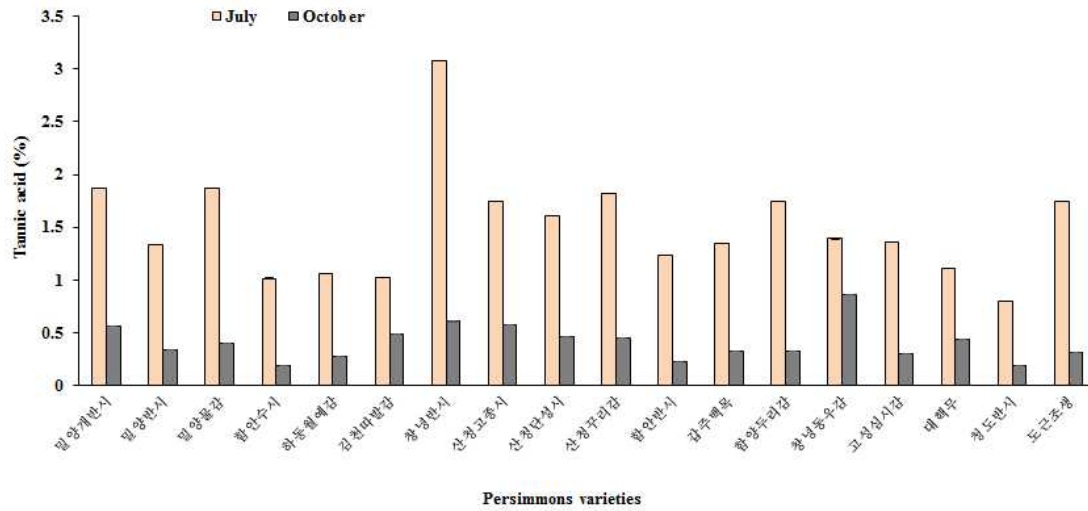


그림 19. 뚝은감 품종별 유용성분조사 - 과실 탄닌 함량 변화

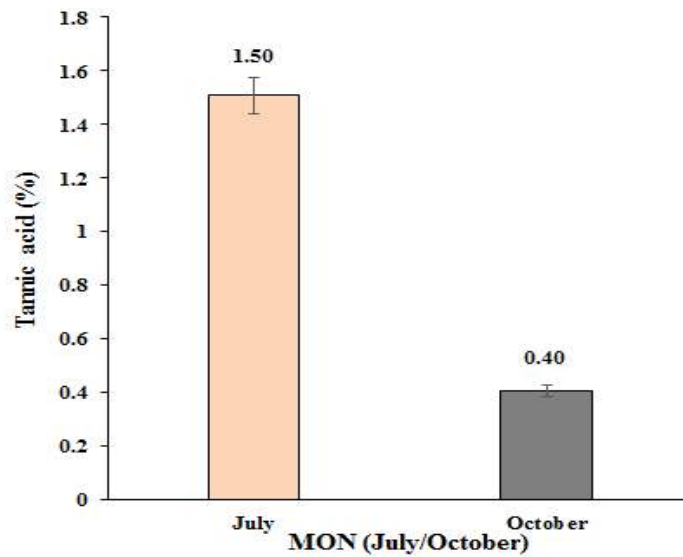


그림 20. 과실의 탄닌 함량 전체 평균 변화

(2) 당 함량

HPLC를 이용하여 5가지의 당 함량(Fructose, Glucose, Sucrose)을 조사하였다. 그러나 모든 수종에서 Maltose와 Lactose는 탐지되지 않았다. 그래서 뽕은감 18종을 대상으로 당 함량 조사는 당 fructose, glucose, sucrose 3종으로 이루어졌다.

Fructose의 경우, 7월과 10월의 함량 변화는 다음과 같다. 7월에는 모든 수종들이 유의하게 차이를 갖지 않는다고 나오는 반면에, 10월에는 모든 수종들이 유의하게 차이를 보였다. 또한 18종 모두가 7월에 비해 10월에 크게 증가하는 형태를 보였다. fructose의 경우 창녕반시, 밀양물감 순으로 높게 나타났다.

Glucose의 경우 위의 fructose와 매우 유사한 형태로 나타났다. 7월에 비해 10월에 모두 증가하는 것은 물론, glucose의 함량 역시 창녕반시, 밀양반시 순으로 높게 나타났다.

Sucrose의 경우는 위의 fructose와 glucose와 다르게 나타났다. 품종별로는 7월에 비해 10월에 일부 증가하는 수종도 있었으나, 대체적으로는 감소하는 형태를 보였다. 밀양반시에서 sucrose함량이 가장 변화하였으나, 10월의 sucrose함량은 전체적으로 비슷한 함량을 보였다.

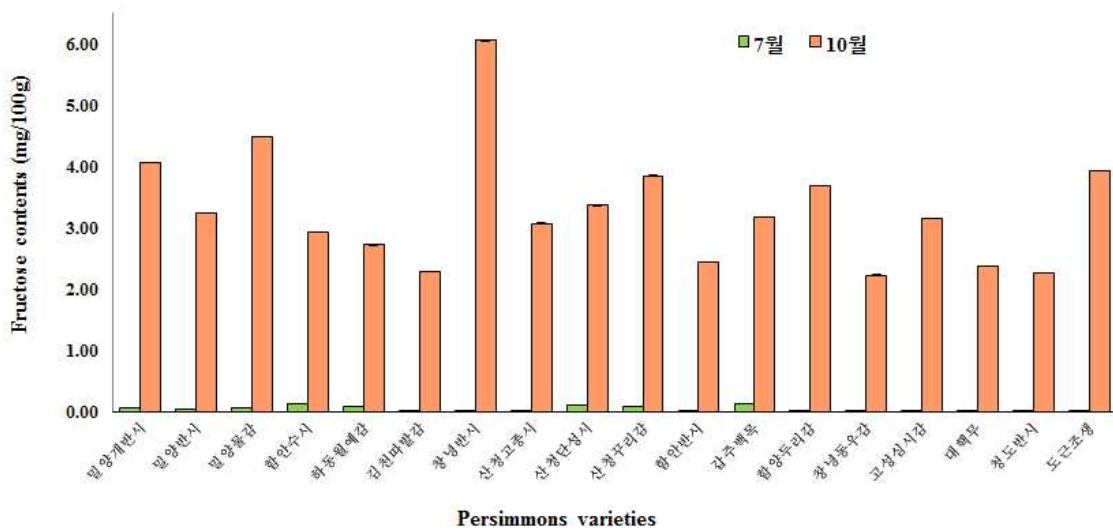


그림 21. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 당 함량 변화
fructose함량(상), glucose함량(중), sucrose함량(하)

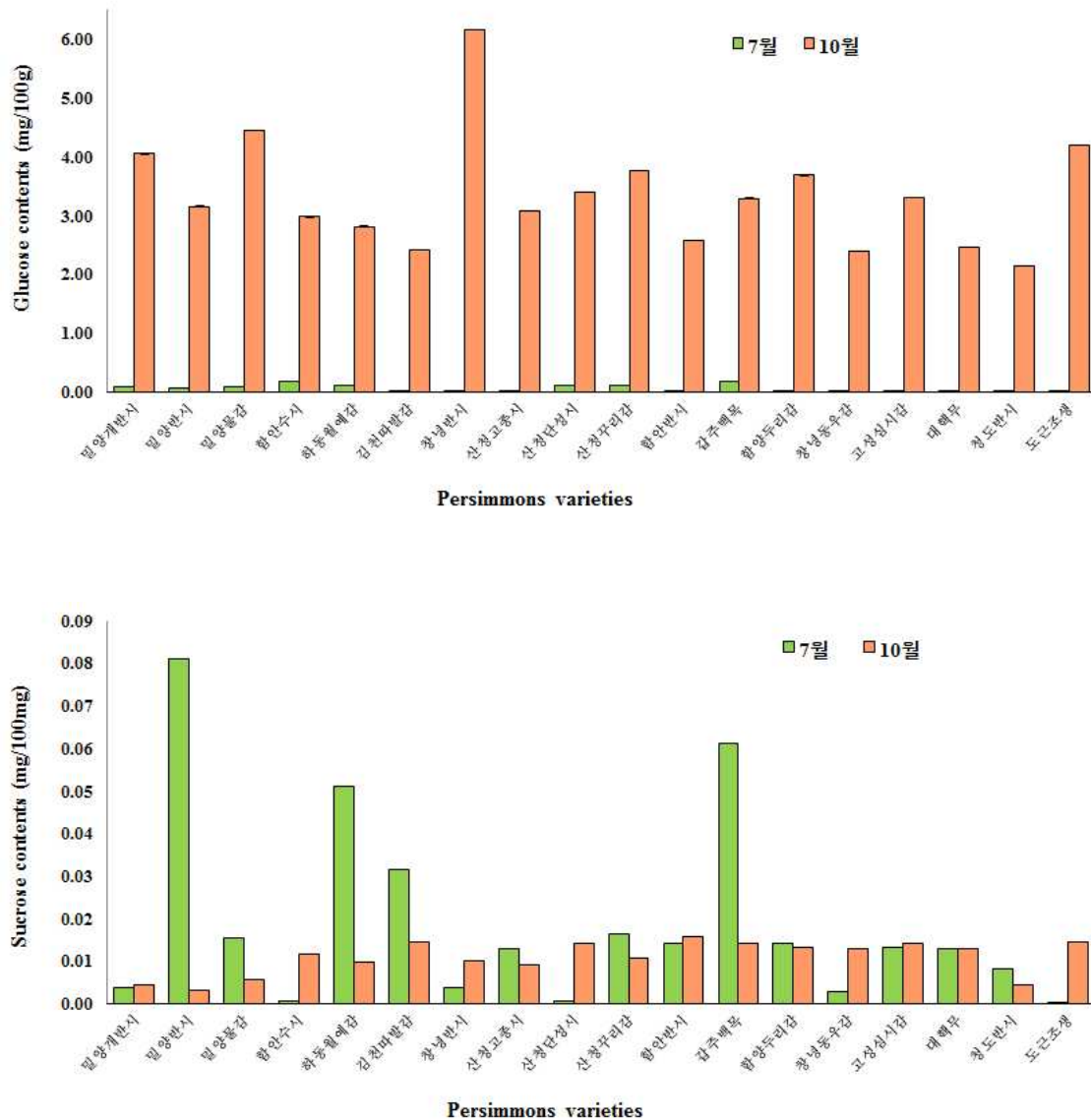


그림 21. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 당 함량 변화(계속)
fructose함량(상), glucose함량(중), sucrose함량(하)

18종의 전체 평균 fructose, glucose, sucrose 함량을 그래프로 나타난 결과이다. 앞에 품종별로 본 결과와 마찬가지로 fructose와 glucose의 경우에는 평균적으로 각각 65배, 57배 이상 증가하는 것으로 나타났으며, sucrose의 경우는 0.5배 감소하는

것으로 나타났다. 이는 단당류의 fructose, glucose와 달리 이당류인 sucrose는 7월에서 10월로 되는 동안에 분해되어 fructose나 glucose으로 분해되어 10월 함량이 증가한다고 판단되었다.

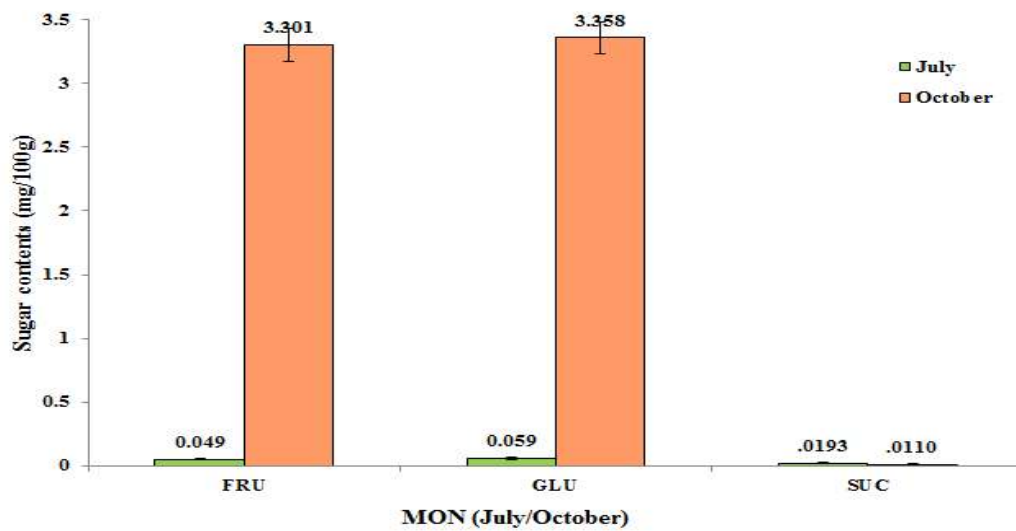


그림 22. 과실의 당 함량 전체 평균 변화

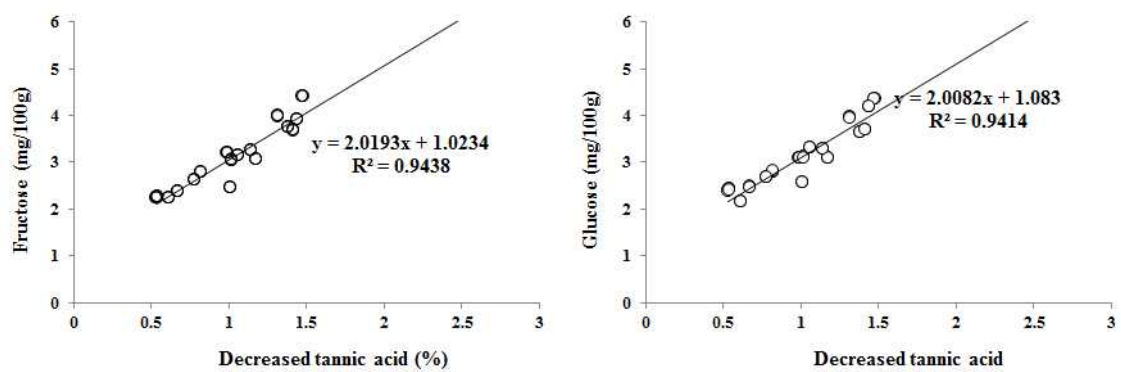


그림 23. Fructose과 탄닌(좌), Glucose와 탄닌의 상관관계(우)

(3) 유기산 함량

HPLC를 이용하여 유기산 6종류 Oxalic acid, Citric acid, Malic acid, Succinic acid, Formic acid, Acetic acid에 대해 조사하였다. 그러나 formic acid는 모든 18종에서 나타나지 않았다.

Oxalic acid 함량의 경우는 7월에 비해 10월에 일부를 제외하고는 대부분이 증가하였으나, 품종별로 다양하게 나타났다. Citric acid의 경우 역시 품종별로 다양하게 나타났으나, 산청단성시와 산청꾸리감에서 가장 많이 나타났다. Malic acid는 일부 품종을 제외하고는 나머지 품종들의 7월, 10월 사이에 큰 변화가 나타나지 않았다. Succinic acid는 7월과 10월 사이에 함량변화에 경향성이 존재하지 않았으며, 품종별로 매우 큰 차이를 나타냈다. 밀양물감과 도근조생 순으로 가장 많이 나타났다. Acetic acid 역시 품종별로 큰 차이를 나타냈으며, 일부 품종을 제외하고는 7월에 비해 10월에는 증가하는 것으로 나타났다. 또한 갑주백목, 창녕동우감, 김천파발감 순으로 가장 높게 나타났다.

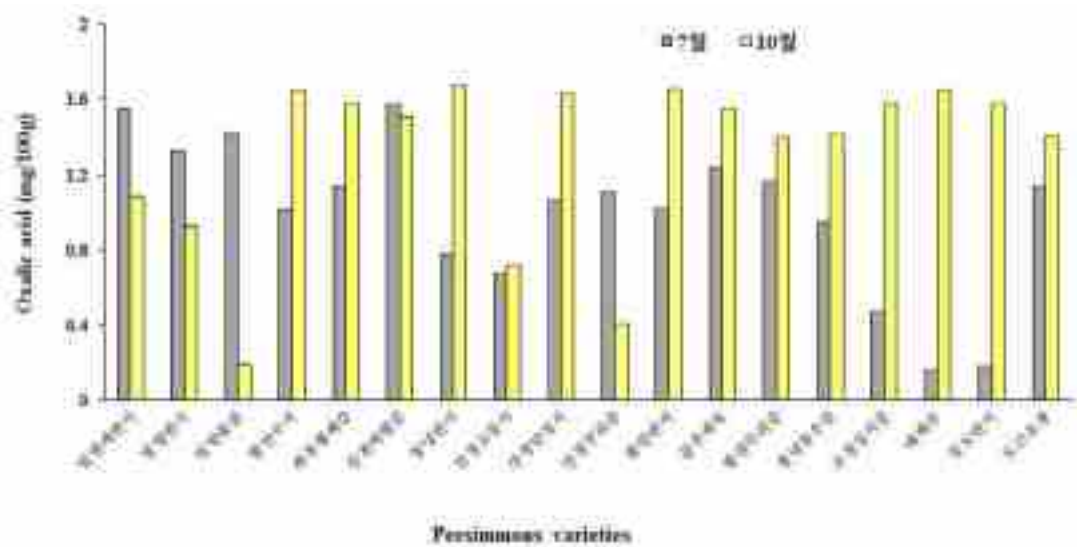


그림 24. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과일 유기산 함량 변화
(위에서부터 아래로) Oxalic acid, Citric acid, Malic acid, Succinic acid, Acetic acid

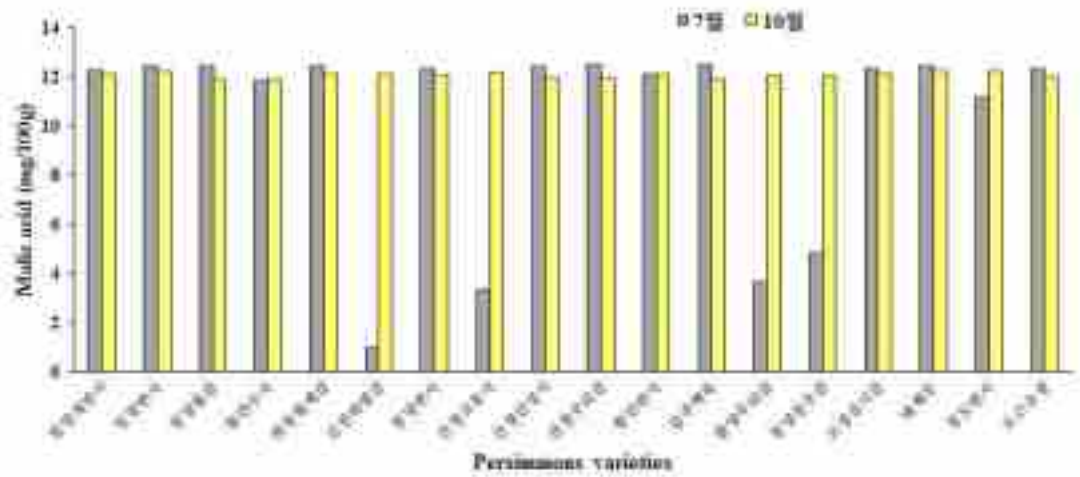
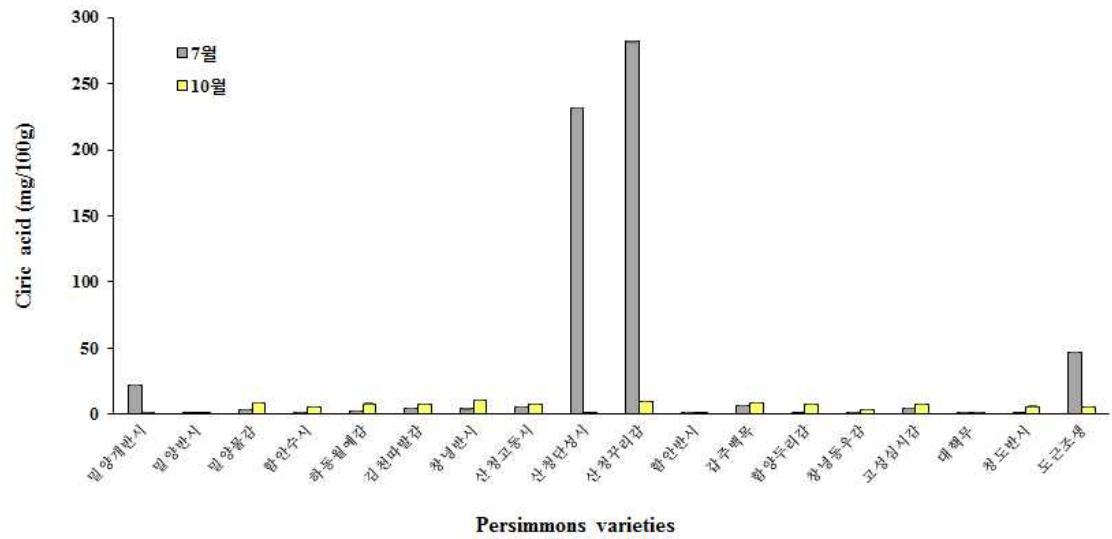


그림 24. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 유기산 함량 변화(계속)
(위에서부터 아래로) Oxalic acid, Citric acid, Malic acid, Succinic acid, Acetic acid

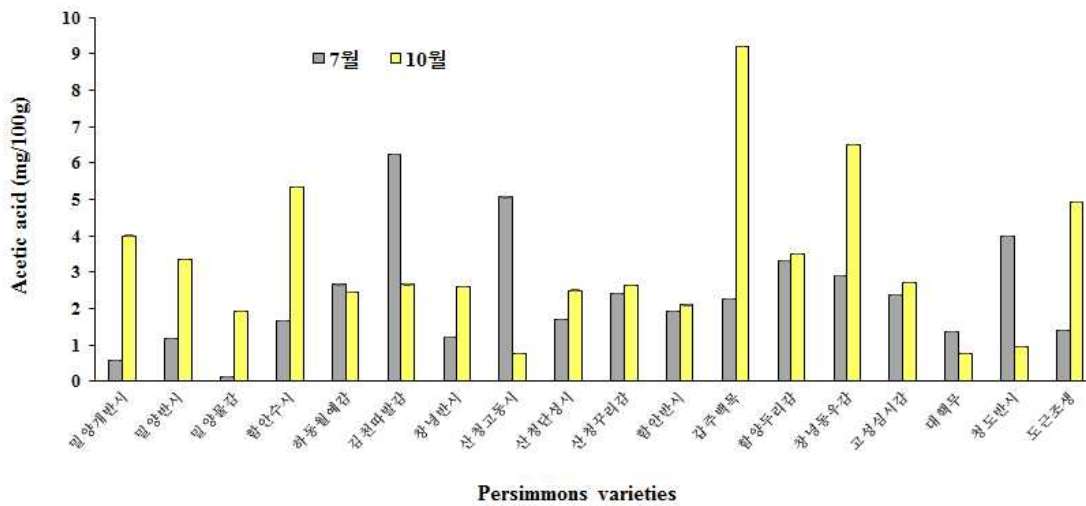
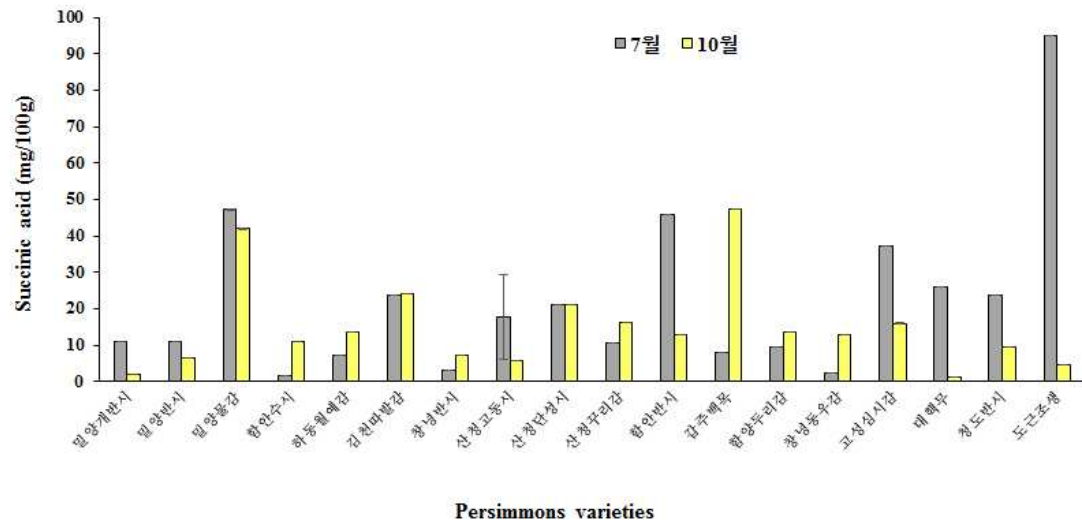


그림 24. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 유기산 함량 변화(계속)
(위에서부터 아래로) Oxalic acid, Citric acid, Malic acid, Succinic acid, Acetic acid

18품종의 7월과 10월 사이 유기산 함량 변화는 다양하게 나타났다. Citric acid와 succinic acid의 함량은 10월에 감소하여 나타나 전체 유기산의 평균 함량은 감소하는 것으로 나타났다.

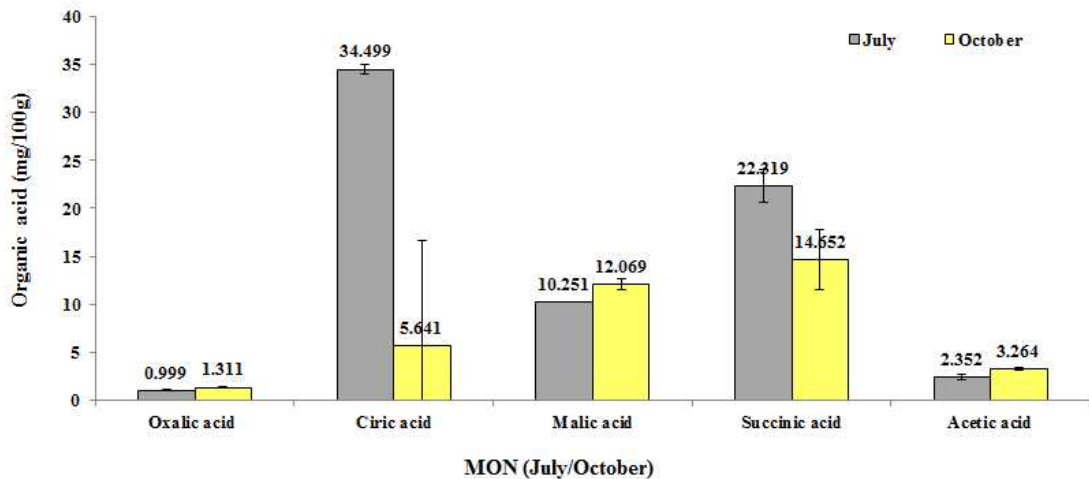


그림 25. 과실의 유기산 함량 전체 평균 변화

Oxalic acid는 전분을 가수분해하는 산으로 완성된 식품에는 있어서는 안 되고 불필요한 산이기도 하다. citric acid는 식품첨가물로 가장 많이 이용되는 산으로 신맛을 내는 유기산으로 감기예방, 각종 바이러스나 질병 예방이 도움을 준다.

(4) 라이코펜 및 총 카르티노이드 함량

7월, 10월 사이의 라이코펜과 총 카르티노이드 함량은 다음과 같다. 라이코펜 함량은 10월에 감소하는 수종도 존재하였으나, 대체적으로 7월에 비해 10월에 라이코펜 함량이 더 증가하는 것으로 나타났다. 총 카르티노이드 함량은 품종간 차이가 심하게 나타났는데, 역시나 일부 품종을 제외하고는 대체적으로 7월에 비해 10월에 더 많이 증가하였다. 라이코펜 함량은 창녕동우감에서 가장 많았고, 총 카르티노이드 함량 역시 창녕동우감에서 가장 많이 나타났다.

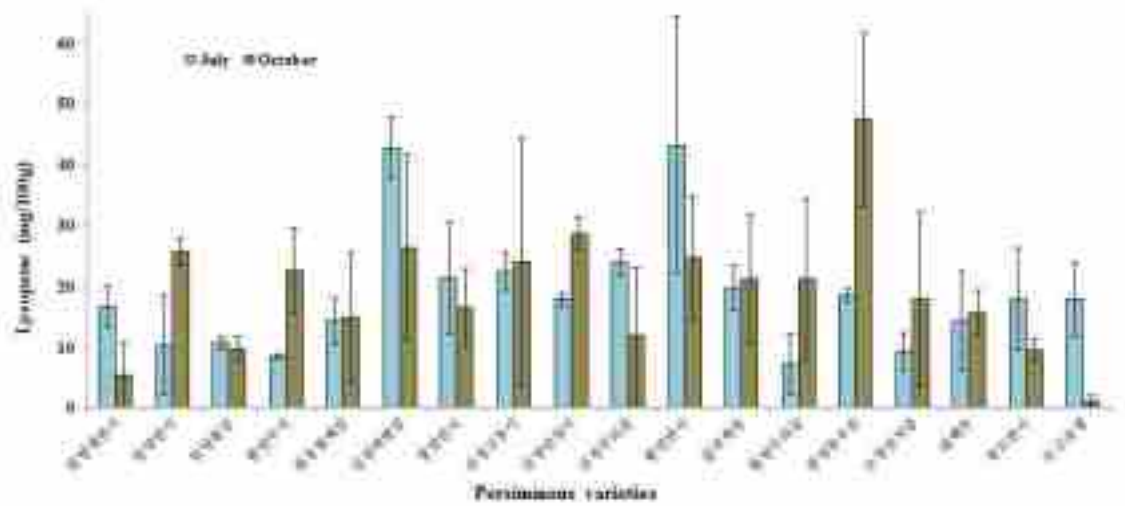


그림 26. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 항산화물질 함량 변화
라이코펜 함량(상), 총 카르티노이드 함량(하)

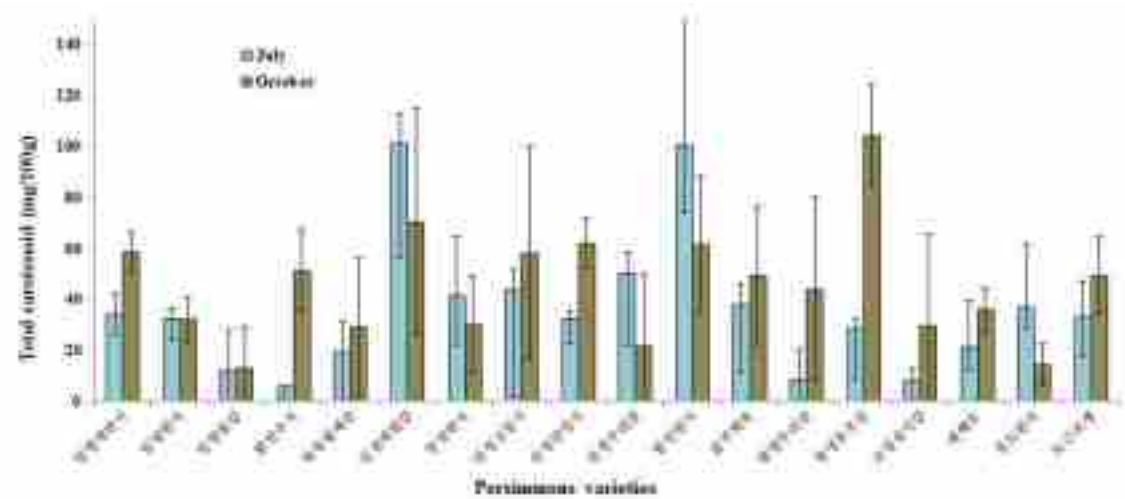


그림 26. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 항산화물질 함량 변화(계속)
라이코펜 함량(상), 총 카르티노이드 함량(하)

(5) 전자공여능 측정

라디칼 활성산소를 제거하는 능력을 나타내는 것으로 품종별 항산화활성 차이가 심하였다. 또한, 일부 품종을 제외하고는 대부분의 수종은 7월에 비해 10월에 항산화활성 능력이 더욱 증가하였다.

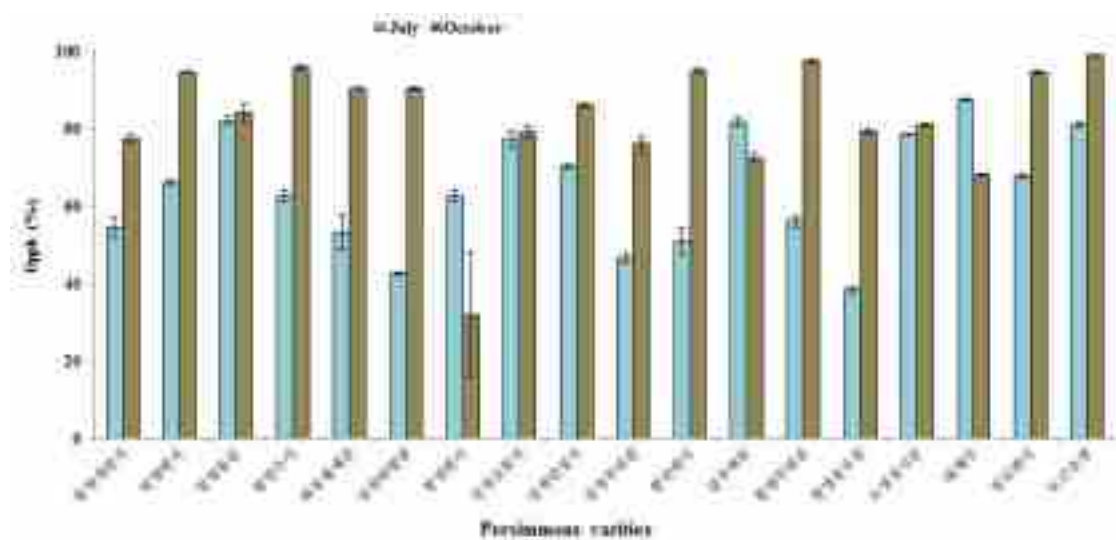


그림 27. 뽕은감 품종별 유용성분조사 - 과실 항산화활성의 변화

18품종을 대상으로 관찰하였을 때, 항산화물질로 알려진 총 카르티노이드와 라이코펜은 7월에 비해 10월에 증가하는 것으로 나타났다. 이와 동시에 총 카르티노이드가 1.2배 증가하는 것과 비슷하게 항산화활성 능력 역시 7월에 비해 10월에 1.2배 증가하였다.

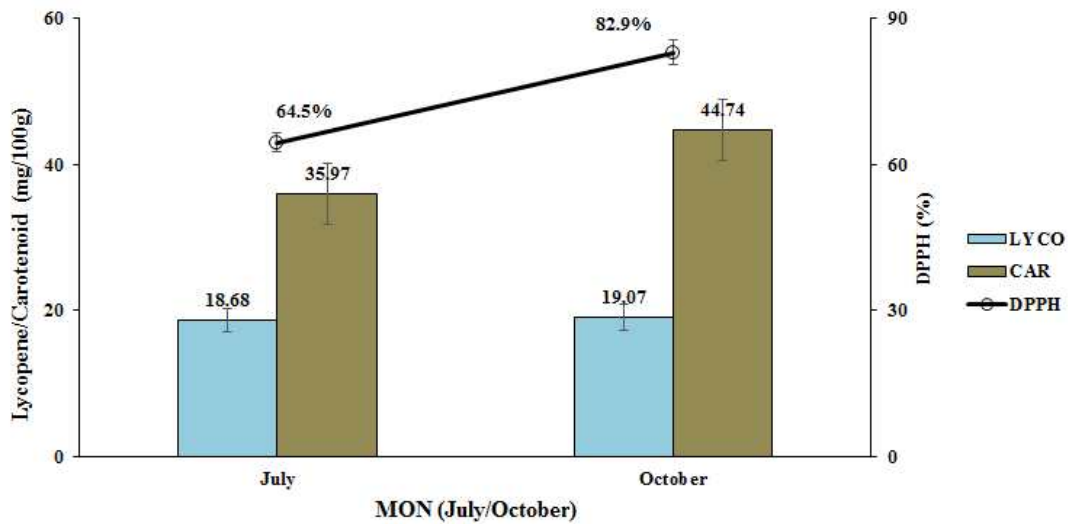


그림 28. 과실의 라이코펜, 총 카르티노이드, 항산화활성의 전체 평균 변화

총 카르티노이드와 DPPH 소거능, 라이코펜과 DPPH 소거능의 관계에 대해 각각 상관관계를 알아보려고 하였다. 10월에서 7월의 차이를 대입하여 만든 그래프이다. 각 그래프는 7월에서 10월로 갈수록 증가하는 형태를 보였다. 총 카르티노이드와 DPPH소거능, 라이코펜과 DPPH 소거능 각각은 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 즉 총 카르티노이드와 라이코펜의 함량 증가가 DPPH 소거능에 영향을 미쳐 항산화활성 또한 증가하는 것으로 판단되었다.

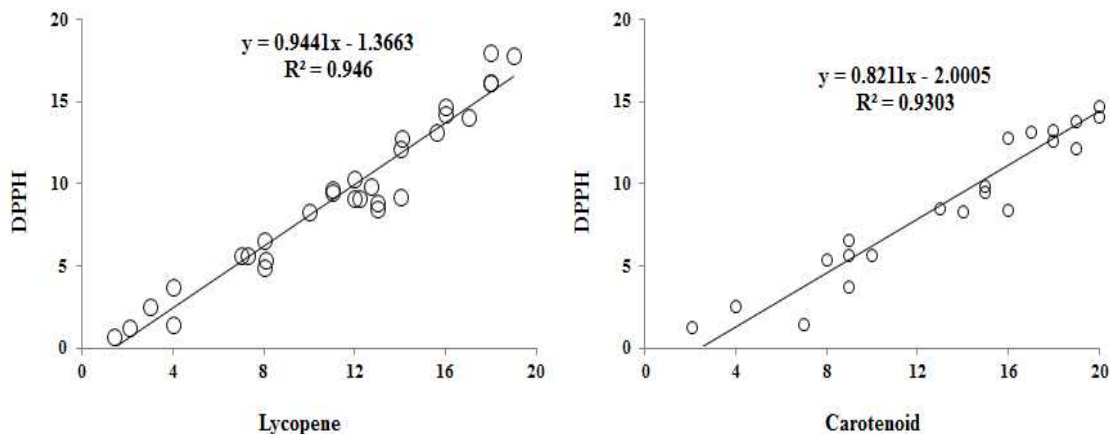


그림 29. 라이코펜과 DPPH 항산화활성, 총 카르티노이드와 DPPH 항산화활성의 상관관계

3. 뽕은감 우량 품종 선발

10월에 채취한 18품종의 뽕은감을 대상으로 이루어진 특성조사를 바탕으로 우량 품종을 선발하고자 하였다. 각 특성별로 우량 품종을 선정하여 그와 관련되는 활용 가능성까지 제시하고자 하였다.

1) 과실의 표면색도

색도는 외관상 품질을 판정하는데 중요한 요인 중의 하나이다. 때문에 밝고 붉은빛과 노란빛이 많을수록 상품적으로 가치가 높아질 것이라고 판단되었다. 따라서 Hunter color values에 의한 L값, a값, b값이 높을수록 우량 품종이라고 판단하였다.

18종 중 L값, a값, b값이 종합적으로 높은 수종은 밀양반시, 창녕반시, 함안반시, 청도반시 4품종이었다.

표 4. 10월에 수확한 뽕은감 18품종의 색도

Persimmon varieties	Hunter color values			ΔE
	L (lightness)	$\pm a$ (redness/greenness)	$\pm b$ (yellowness/blueness)	
밀양개반시	45.94±2.03 ^a	9.55±2.74 ^{abcdef}	31.07±2.29 ^{bcd}	59.174
밀양반시	50.94±1.06 ^a	16.19±1.86 ^a	33.82±3.09 ^{abcd}	57.95
밀양물감	50.68±0.56 ^a	12.7±2.85 ^{abcd}	38.55±0.92 ^{abc}	60.044
함안수시	47.96±0.33 ^a	11.53±0.89 ^{abcde}	29.85±1.61 ^{cd}	57.203
하동월예감	52.16±2.13 ^a	12.69±2.17 ^{abcd}	41.02±3.77 ^a	60.497
김천따발감	49.47±1.35 ^a	7.32±2.5 ^{cdef}	33.52±4.17 ^{abcd}	57.171
창녕반시	50.6±1.7 ^a	15.01±5.3 ^a	35.86±1.99 ^{abcd}	59.051
산청고동시	26.85±17.73 ^b	4.59±4.53 ^{ef}	40.65±18.3 ^{ab}	79.864
산청단성시	47.99±1.27 ^a	5.89±1.57 ^{def}	29.56±0.79 ^{cd}	56.18
산청꾸리감	47.34±1.61 ^a	13.17±1.69 ^{abc}	32.2±1.44 ^{abcd}	59.246
함안반시	47.23±1.17 ^a	15.96±1.03 ^a	34.47±3.01 ^{abcd}	61.195

표 4. 10월에 수확한 뽕은감 18품종의 색도(계속)

Persimmon varieties	Hunter color values			ΔE
	L (lightness)	$\pm a$ (redness/greenness)	$\pm b$ (yellowness/blueness)	
갑주백목	46.59 \pm 1.2 ^a	13.97 \pm 4.38 ^{abc}	30.91 \pm 3.43 ^{bcd}	59.413
함양두리감	52.15 \pm 1.85 ^a	4.25 \pm 4.93 ^f	38.62 \pm 3.65 ^{abc}	57.324
창녕동우감	45.51 \pm 0.38 ^a	7.64 \pm 1.43 ^{bcdef}	27.46 \pm 0.58 ^d	57.578
고성심시감	46.2 \pm 0.94 ^a	14.53 \pm 10.46 ^{abc}	27.62 \pm 1.14 ^d	55.246
대핵무	49.82 \pm 0.61 ^a	4.88 \pm 3.03 ^{ef}	36.19 \pm 3.21 ^{abcd}	58.155
청도반시	48.95 \pm 0.69 ^a	15.65 \pm 0.8 ^a	31.38 \pm 0.87 ^{abcd}	58.109
도근조생	47.07 \pm 1.02 ^a	14.66 \pm 2.11 ^{ab}	30.36 \pm 2.46 ^{cd}	58.911

2) 과실의 크기

과실의 크기가 크고 무게가 무거울수록 상품가치가 크고, 우량할 것이라고 가정할 경우 과실크기가 가장 큰 종은 대핵무로 조사되었다.

표 5. 10월에 수확한 뽕은감 18품종 과실 크기

Persimmon varieties	Width (mm)	Height (mm)	depth (mm)
밀양개반시	72.09 \pm 4.2 ^{cde}	72.71 \pm 72.71 ^{de}	46.63 \pm 2.24 ^g
밀양반시	73.82 \pm 5.13 ^{bcd}	68.7 \pm 68.7 ^e	55.33 \pm 4.71 ^f
밀양물감	49.44 \pm 5.53 ⁱ	48.11 \pm 48.11 ^{gh}	65.41 \pm 1.95 ^{cd}
함안수시	63.75 \pm 1.69 ^{fgh}	66.9 \pm 66.9 ^{ef}	71.55 \pm 1.74 ^{abc}
하동월예감	51.16 \pm 2.52 ⁱ	51.81 \pm 51.81 ^g	62.41 \pm 2.91 ^{de}
김천파발감	68.29 \pm 3.55 ^{ef}	68.51 \pm 68.51 ^e	53.02 \pm 2.48 ^f
창녕반시	68.55 \pm 3.16 ^{def}	73.33 \pm 73.33 ^{cde}	56.03 \pm 5.71 ^f
산청고동시	59.86 \pm 2.47 ^h	60.31 \pm 60.31 ^f	68.54 \pm 2.68 ^{bcd}
산청단성시	61.39 \pm 1.59 ^{g h}	66.85 \pm 66.85 ^{ef}	74.26 \pm 2.93 ^{ab}

표 5. 10월에 수확한 뽕은감 18품종 과실 크기(계속)

Persimmon varieties	Width (mm)	Height (mm)	depth (mm)
산청 꾸리감	52.39±7.1 ⁱ	49.27±49.27 ^{gh}	70.49±4.04 ^{abc}
함안반시	75.01±2.73 ^{bcd}	77.55±77.55 ^{bcd}	55.44±1.3 ^f
갑주백목	79.26±1.55 ^b	79.83±79.83 ^{bc}	76.41±8.4 ^a
함양두리감	67.45±2.28 ^{efg}	66.76±66.76 ^{ef}	53.59±1.72 ^f
창녕 동우감	42.29±0.36 ^j	42.85±42.85 ^h	55.87±1.44 ^f
고성 심시감	49.83±2.04 ⁱ	48.13±48.13 ^{gh}	66.32±2.23 ^{cd}
대핵무	94.03±2.08 ^a	90.4±90.4 ^a	57.4±0.75 ^{ef}
청도반시	77.06±5.51 ^{bc}	82.62±82.62 ^b	56.97±4.13 ^{ef}
도근조생	73.86±2.19 ^{bcd}	75.61±75.61 ^{cd}	52.24±2.28 ^{fg}

3) 과실의 중량

과실의 중량 역시 클수록 상품가치가 크고, 우량할 것이라고 판단하였는데, 크기와 마찬가지로 중량 역시 대핵무에서 가장 크다는 결과가 나타났다. 대핵무의 경우는 씨앗이 없기 때문에 홍시나 꽃감으로 만들기에 유리할 것이라 판단된다.

표 6. 10월에 수확한 뽕은감 18품종의 과실 중량

Persimmon varieties	Weight (g)
밀양개반시	149.49±24.68 ^{bcd}
밀양반시	166.66±15.21 ^{bc}
밀양물감	93.22±17.4 ^{ef}
함안수시	159.35±12.63 ^{bc}
하동월예감	96.3±8.61 ^{ef}
김천파발감	102.48±29.09 ^{de}
창녕반시	156.67±23.07 ^{bc}

표 6. 10월에 수확한 뽕은감 18품종의 과실 중량(계속)

Persimmon varieties	Weight (g)
산청 고동시	126.7±5.52 ^{cde}
산청 단성시	157.93±7.87 ^{bc}
산청 꾸리감	86.48±1.54 ^{ef}
함안반시	200.4±46.83 ^b
갑주백목	169.7±35.28 ^{bc}
함양두리감	130.32±11.69 ^{cde}
창녕동우감	47.58±4.06 ^f
고성심시감	81.54±8.63 ^{ef}
대핵무	401.67±71.47 ^a
청도반시	165.21±33.28 ^{bc}
도근조생	182.78±19.16 ^b

4) 탄닌 함량

뽕은감 산업화의 최대 난제는 탈삼을 통해 뽕은맛을 제거하는 것이다. 그 뽕은맛의 주 원인인 탄닌으로 탄닌 함량이 낮을수록 단맛이 강해져 상품가치가 높아질 것이다. 탄닌 함량이 가장 낮은 품종은 함안수시와 청도반시 순으로 낮게 나타났다. 반면에 창녕동우감, 창녕반시 순으로 탄닌 함량이 가장 높게 나타났다.

표 7. 10월에 수확한 뽕은감 18품종의 탄닌 함량

Persimmon varieties	Tannic acid (%)
밀양개반시	0.56±0 ^b
밀양반시	0.34±0 ^h
밀양물감	0.4±0 ^d
함안수시	0.19±0 ^o
하동월예감	0.27±0 ⁿ
김천파발감	0.49±0 ^l
창녕반시	0.61±0 ^a
산청고동시	0.57±0 ^c
산청단성시	0.46±0 ^f
산청꾸리감	0.44±0 ^d
함안반시	0.23±0 ^m
갑주백목	0.32±0 ⁱ
함양두리감	0.33±0 ^f
창녕동우감	0.86±0 ^e
고성심시감	0.3±0 ^j
대핵무	0.44±0 ^k
청도반시	0.19±0 ^p
도근조생	0.31±0 ^g

5) 당 함량

과일의 단맛을 결정짓는 것은 주 fructose, glucose, sucrose로 알려져 있다. 그러나 sucrose의 경우 분해되어 fructose와 glucose가 되기 때문에 fructose와 glucose에 중점을 맞추어 두 개의 당 함량이 높을수록 우수한 품종이라고 판단하였다. 품종 대부분이 fructose와 glucose의 함량이 비슷하게 나타나기에, fructose와 glucose 함량 모두가 가장 높은 함량은 창녕반시, 밀양물감 순으로 나타났다. 그러나 창녕반시는 당은 가장 높게 나타났으나, 탄닌 함량 또한 높게 나타났기 때문에 상대적으로 밀양물감이 더 단맛이 강하게 나타날 수 있을 것이라고도 생각되었다.

표 8. 10월에 수확한 뽕은감 18품종의 당 함량

Persimmons varieties	Fructose (mg/100g)	Glucose (mg/100g)	Sucrose (mg/100g)
밀양개반시	4.07±0 ^c	4.06±0.01 ^d	0±0 ⁿ
밀양반시	3.25±0 ^h	3.16±0 ^j	0±0 ^o
밀양물감	4.49±0 ^b	4.46±0 ^b	0.01±0 ^l
함안수시	2.94±0 ^l	2.98±0 ^l	0.01±0 ^g
하동월예감	2.73±0 ^m	2.82±0 ^m	0.01±0 ^j
김천따발감	2.29±0 ^p	2.43±0 ^p	0.01±0 ^b
창녕반시	6.06±0.01 ^a	6.16±0 ^a	0.01±0 ⁱ
산청고종시	3.08±0 ^k	3.09±0 ^k	0.01±0 ^k
산청단성시	3.37±0 ^g	3.41±0 ^g	0.01±0 ^d
산청꾸리감	3.85±0 ^e	3.77±0 ^e	0.01±0 ^h
함안반시	2.45±0 ⁿ	2.58±0 ⁿ	0.02±0 ^a
갑주백목	3.19±0 ⁱ	3.3±0 ⁱ	0.01±0 ^d
함양두리감	3.69±0 ^f	3.69±0 ^f	0.01±0 ^e
창녕동우감	2.24±0 ^r	2.4±0 ^q	0.01±0 ^f
고성심시감	3.16±0 ^j	3.31±0 ^h	0.01±0 ^d
대핵무	2.39±0 ^o	2.48±0 ^o	0.01±0 ^f
청도반시	2.26±0 ^q	2.16±0 ^r	0±0 ^m
도근조생	3.93±0 ^d	4.2±0.01 ^c	0.01±0 ^c

6) 라이코펜, 총 카르티노이드, 항산화활성 능력

라이코펜과 총 카르티노이드는 항산화물질로 알려져 기능성 식품으로도 이용할 수 있다. 때문에 항산화물질 함량과 항산화활성 능력이 높다고 나타날수록 우수한 품종이라고 할 수 있다. 창녕동우감의 경우는 라이코펜과 총 카르티노이드 함량이 높게 나와 기능적으로는 우수한 품종이라고 할 수 있으나 탄닌 함량은 가장 높게 나타나 떫은 맛이 상대적으로 높게 나타날 수 있을 것이라 판단된다.

표 9. 10월에 수확한 떫은감 18품종의 총 카로티노이드, 라이코펜 함량 및 항산화활성

Persimmon varieties	Carotenoid (mg/100g)	Lycopene (mg/100g)	DPPH (%)
밀양개반시	5.47±5.31 ^{abc}	58.4±7.88 ^{cd}	92.54±0.98 ^{abc}
밀양반시	25.7±2.31 ^{bc}	32.07±8.68 ^b	98.24±0.29 ^{ab}
밀양물감	9.7±2 ^c	12.8±16.29 ^{bcd}	94.79±2.25 ^{abc}
함안수시	22.53±7.06 ^{bc}	51.2±15.92 ^{bc}	98.6±0.74 ^a
하동월예감	14.8±10.71 ^{bc}	29±27.02 ^{bcd}	96.84±0.15 ^{abc}
김천파발감	26.37±15.33 ^{ab}	70.13±44.66 ^b	96.78±0.26 ^{abc}
창녕반시	16.53±6.36 ^{bc}	30.27±19.06 ^{bcd}	77.34±16.1 ^d
산청고동시	23.97±20.42 ^{bc}	58.2±41.94 ^{bc}	93.03±1.68 ^{abc}
산청단성시	28.63±2.71 ^{abc}	61.93±9.9 ^b	95.34±0.41 ^{abc}
산청꾸리감	11.9±11.14 ^{bc}	21.87±28.49 ^{bcd}	92.02±2.14 ^{abc}
함안반시	24.63±10.18 ^{abc}	61.6±26.65 ^{bc}	98.27±0.57 ^{ab}
갑주백목	21.2±10.62 ^{bc}	49.33±27.13 ^{bc}	90.82±1.22 ^{bc}
함양두리감	21.17±13.25 ^{bc}	43.93±35.93 ^{bc}	99.15±0.44 ^a
창녕동우감	47.3±14.24 ^a	103.93±20.05 ^a	93.1±0.64 ^{abc}
고성심시감	17.83±14.28 ^{bc}	29.73±35.91 ^{bcd}	93.65±0.51 ^{abc}
대핵무	15.57±3.66 ^{bc}	35.73±8.58 ^{bcd}	89.39±0.41 ^c
청도반시	9.43±1.8 ^c	14.27±8.36 ^{bcd}	98.24±0.35 ^{ab}
도근조생	1.17±1 ^{bc}	49.2±15.27 ^d	99.64±0.2 ^a

7) 유기산 함량

유기산은 주로 과일의 신맛을 내므로 많은 양을 가질수록 우량하다고 판단할 수 없다. 반면에 식초는 초산(acetic acid), 유기산이 주를 이루므로 감식초 혹은 발효가 목적이라면 초산과 유기산 고함유 품종이 유리할 것이라 판단된다. 갑주백목의 경우 전체 유기산의 함량도 가장 높을 뿐만 아니라 초산 역시 가장 높게 나타났다. 반면에 유기산 함량이 낮은 밀양개반시, 대핵무 등의 경우는 식초보다는 꽃감이나 홍시로 이용하는 것이 훨씬 적절할 것이라고 판단된다.

표 10. 10월에 떫은감 18종 유기산 함량

Persimmons varieties	Oxalic acid	Citric acid	Malic acid	Succinic acid	Acetic acid	Total
밀양개반시	1.09±0 ⁿ	1.01±0 ^o	12.12±0 ^f	1.97±0 ⁿ	4±0 ^e	4.04±4.67 ^o
밀양반시	0.93±0 ^o	0.27±0 ^q	12.25±0 ^a	6.28±0.01 ^{ij}	3.33±0 ^g	4.61±4.88 ⁿ
밀양물감	0.19±0 ^r	8.54±0.01 ^d	11.89±0 ^p	41.89±0.04 ^b	1.92±0 ^o	12.89±16.9 ^b
함안수시	1.65±0 ^c	5.47±0 ^l	11.9±0 ^o	10.84±0.02 ^g	5.33±0.01 ^c	7.04±4.26 ⁱ
하동월예감	1.57±0 ^b	8.22±0.02 ^e	12.13±0 ^e	13.53±0.03 ^f	2.43±0 ^m	7.58±5.46 ^{fg}
김천파발감	1.51±0 ^j	7.82±0.01 ^f	12.11±0 ^h	23.96±0.04 ^c	2.65±0 ⁱ	9.61±9.08 ^c
창녕반시	1.68±0 ^a	10.48±0.02	12.09±0 ^j	7.16±0.01 ⁱ	2.58±0 ^k	6.8±4.63 ^j
산청고동시	0.72±0 ^p	7.53±0 ⁱ	12.17±0 ^d	5.73±0.01 ^k	0.77±0 ^q	5.38±4.84 ^m
산청단성시	1.63±0 ^e	0.08±0 ^r	11.97±0 ^m	21.16±0.01 ^d	2.5±0 ^l	7.47±8.96 ^g
산청꾸리감	0.41±0 ^q	10.07±0.01 ^b	11.96±0 ⁿ	16.12±0.03 ^e	2.63±0 ^j	8.24±6.56 ^d
함안반시	1.66±0 ^b	0.32±0 ^p	12.11±0 ^g	12.93±0.02 ^f	2.09±0.01 ⁿ	5.82±6.15 ^l
갑주백목	1.55±0 ⁱ	8.74±0.01 ^c	11.87±0 ^q	47.34±0.06 ^a	9.2±0.01 ^a	15.74±18.07 ^a
함양두리감	1.4±0 ^m	7.64±0.01 ^h	12.09±0 ^j	13.66±0.01 ^f	3.49±0 ^f	7.66±5.3 ^{fg}
창녕동우감	1.42±0 ^k	3.74±0 ^m	12.07±0 ^k	12.71±0.01 ^f	6.5±0 ^b	7.29±5 ^h
고성심시감	1.58±0 ^g	7.8±0 ^g	12.11±0 ⁱ	16±0.01 ^e	2.71±0 ^h	8.04±6.13 ^e
대핵무	1.65±0 ^d	1.73±0 ⁿ	12.24±0 ^b	1.11±0 ^m	0.76±0 ^r	3.5±4.9 ^o
청도반시	1.58±0 ^f	6.15±0.01 ^j	12.21±0 ^c	9.51±0.02 ^h	0.93±0 ^p	6.08±4.9 ^k
도근조생	1.41±0 ^l	5.91±0.01 ^k	11.98±0 ^l	4.45±0.01 ^l	4.93±0 ^d	5.73±3.87 ^l

IV. 적 요

1. 뽕은감 품종 수집

2년차에서는 뽕은감 18종 밀양개반시, 밀양반시, 밀양물감, 함안수시, 하동월예감, 김천따발감, 창녕반시, 산청고동시, 산청단성시, 산청꾸리감, 함안반시, 갑주백목, 함양두리감, 창녕동우감, 고성심시감, 대핵무, 청도반시, 도근조생을 수집하였다. 동일한 환경과 동일 날에 각 7월에 녹숙감, 10월에 완숙감을 수집하였다.

2. 뽕은감 특성 조사

1) 형태 조사

뽕은감 잎의 엽폭, 엽장은 모든 품종에서 7월에 비해 10월에 증가하는 것으로 두 조건 모두 창녕반시에서 가장 크게 나타났다. 또한 잎의 가로, 세로 길이가 10월에 1.2배 증가하는 것과 마찬가지로 잎의 면적 역시 10월에 비슷하게 1.3배 정도 증가하였으며, 잎면적 역시 창녕반시가 가장 크게 증가하였다.

과실의 중량은 7월에 비해 10월에 모두 증가하였고 평균적으로는 2배 이상 증가하는 것으로 나타났으며, 18품종 중 대핵무에서 가장 크게 나타났다. 그러나 품종별로 변화는 다양하게 나타났다. 또한 과실의 크기인 가로길이, 세로길이, 높이길이 모두 역시나 10월에 평균적으로 1.3배 증가하였다. 모든 품종별로도 10월에 증가하는 것으로 나타났으며, 과실의 크기는 가로, 세로길이는 대핵무에서 가장 컸으며, 높이는 갑주백목이 가장 높게 나타났다.

경도는 7월에 비해 10월에 평균적으로 2배 이상 감소하는 형태를 띠었으며, 품종 모두 7월에 비해 10월에는 감소하였으나 그 폭은 품종별로 다양하게 나타났다. 경도의 차이는 함안반시, 밀양반시, 대핵무 순으로 크게 나타났다.

과실의 색도를 나타내는 L값, a값, b값은 평균적으로 7월에 비해 10월에 증가하는 것으로 나타났다. 7월에 비해 10월에 모두 표면 밝기가 밝아졌으며, 녹색빛은 붉은 빛으로 변하였으며, 푸른빛에서 노랑빛으로 변하는 것으로 나타났다. 7월과 비교하였을 때 10월의 색들은 평균적으로 5.40 정도 변하였으며, 품종별로는 색차가 유의하게 차이를 나타내었다.

2) 유용성분조사

모든 품종의 탄닌 함량은 7월에 비해 10월에 감소하였으며, 전체 평균적으로는 3.7배 정도 감소하였다. 창녕반시가 가장 크게 감소하였고, 결과적으로는 함안수시가 가장 낮은 탄닌 값을 나타내었다.

HPLC 결과, 품종별 당은 Fructose, glucose, sucrose 함량만 나타났고, maltose, lactose는 검출되지 않았다. 18종 모두에서 fructose, glucose 함량의 경우 7월에 비해 10월에 증가하는 것으로 나타났으나, 품종별로는 증가폭이 다양하게 나타났다. 반면에 sucrose함량은 10월에 증가하는 품종도 일부 있었으나, 대체적으로 10월에 감소하는 형태를 보였다. 이는 sucrose는 이당류로서 단당류 fructose, glucose 등으로 분해된다고 판단되었다. 당의 함량은 창녕반시, 밀양물감 순으로 높게 나타났다.

탄닌과 fructose, glucose 각각은 탄닌이 7월에 비해 10월에 감소하였으나, 당의 경우는 증가하여 음의 상관관계를 갖는다고 판단되었다.

라이코펜과 총카르티노이드 함량은 품종별로 일부 10월에 더 감소하여 나타나기도 하였으나, 대체적으로는 더 증가하는 형태를 나타냈다. 그리고 항산화활성력 역시 10월에 증가하는 형태를 보였고 창녕동우감에서 가장 많이 나타났다. 항산화물질인 라이코펜과 총카르티노이드가 증가하면서 10월의 항산화활성 또한 증가하였다고 판단되었다. 실제로 라이코펜과 항산화활성, 총카르티노이드와 항산화활성은 7월에서 10월로 갈수록 증가하는 모양을 나타내어 양의 상관관계가 나타났다.

Oxalic acid는 품종별로 다양하게 나타났으나 10월에 대체적으로 증가하는 것으로 나타났다. Citric acid는 산청고동시, 산청꾸리감에서 가장 많이 나타났으나 10월에는 다른 품종들과 유의하게 차이를 나타내지 않았다. Malic acid는 일부 품종을 제외하고는 7월과 10월 사이에 함량변화가 크게 나타나지 않았다. Succinic acid는 품종별로 차이가 가장 크게 나타났고, 함량 변화 사이에 경향성은 나타나지 않았다. Acetic acid함량은 품종별로 차이가 컸으나, 일부 품종을 제외하고는 10월에 증가하는 것으로 나타났다.

3. 우량품종 선발

색도는 외관상 품질을 판정하는데 중요한 요인 중의 하나이기에 Hunter color values에 의한 L값, a값, b값이 높을수록 우량 품종이라고 판단하였다. 18종 중 L값, a값, b값이 종합적으로 높은 수종은 밀양반시, 창녕반시, 함안반시, 청도반시이다.

과실의 크기가 크고 무게가 무거울수록 상품가치가 크고, 우량할 것이라고 판단하였고, 전체인 크기는 대핵무가 가장 크게 나타났다. 과실의 중량 역시 클수록 상품가치가 크고, 우량할 것이라고 판단하였다. 크기와 마찬가지로 중량 역시 대핵무에서 가장 크다는 결과가 나타났다. 대핵무의 경우는 씨도 없기 때문에 홍시나 귤감에도 유리할 것이라 판단된다.

뽕은맛의 주 원인인 탄닌으로 탄닌 함량이 낮을수록 단맛이 강해져 상품가치가 높아질 것이다. 탄닌 함량이 가장 낮은 품종은 함안수시와 청도반시 순으로 낮게 나타났다. 반면에 창녕동우감, 창녕반시 순으로 탄닌 함량이 가장 높게 나타났다.

과일의 단맛을 결정하는 fructose와 glucose에 중점을 맞추어 두 개의 당 함량이 높을수록 우수한 품종이라고 판단하였다. 품종 대부분이 fructose와 glucose의 함량이 비슷하게 나타났다. fructose와 glucose 함량 모두가 가장 높은 품종은 창녕반시, 밀양물감 순으로 나타났다. 그러나 창녕반시는 당은 가장 높게 나타났으나, 탄닌 함량 또한 높기에 상대적으로 밀양물감이 더 단맛이 강하게 나타날 수 있을 것이라고도 판단된다.

라이코펜과 카르티노이드는 항산화물질로 알려져 기능성 식품으로도 이용할 수 있다. 때문에 항산화물질 함량과 항산화활성 능력이 높다고 나타날수록 우수한 품종이라고 할 수 있다. 창녕동우감의 경우는 라이코펜과 카르티노이드 함량이 높게 나와 기능적으로는 우수한 품종이라고 할 수 있으나 탄닌 함량은 가장 높게 나타나 뽕은맛이 상대적으로 높게 나타날 수 있을 것이라 판단된다.

유기산은 주로 과일의 신맛을 내므로 많은 양을 가질수록 우량하다고 판단할 수 없다. 반면에 식초는 초산(acetic acid), 유기산이 주를 이루므로 감식초 혹은 발효가 목적이려면 초산과 유기산 고함유 품종이 유리할 것이라 판단된다. 갑주백목의 경우 전체 유기산의 함량도 가장 높을뿐만 아니라 초산 역시 가장 높게 나타났다. 반면에 유기산 함량이 낮은 밀양개반시, 대핵무 등의 경우는 식초보다는 귤감이나 홍시로 이용하는 것이 훨씬 적절할 것이라고 판단된다.

V. 참고 문헌

1. Cia, P., Benato, E. A., Sigrist, J. M. M., Sarantopoulos, C., Oliveira, L. M., and Padula, M. 2006. Modified Atmosphere Packaging for Extending the Storage Life of “Fuyu” Persimmon. *Postharvest Biology and Technology* 42(3): 228 - 234.
2. Clark, C. J. and MacFall, J. S. 1996. Magnetic Resonance Imaging of Persimmon Fruit (*Diospyros Kaki*) during Storage at Low Temperature and under Modified Atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* 9(1): 97 - 108.
3. Clark, C. J. and Smith, G. S. 1990a. Seasonal Changes in the Composition, Distribution and Accumulation of Mineral Nutrients in Persimmon Fruit. *Scientia Horticulturae* 42(1 - 2): 99 - 111.
4. Clark, C. J. and Smith, G. S. 1990b. Seasonal Changes in the Mineral Nutrient Content of Persimmon Leaves. *Scientia Horticulturae* 42(1): 85 - 97.
5. Cohen, Y., Gur, A., Barkai, Z., and Blumenfeld, A. 1991. Decline of Persimmon (*Diospyros Kaki* L.) Trees on *Diospyros Virginiana* Rootstocks. *Scientia Horticulturae* 48(1): 61 - 70.
6. Collins, R. J. and Tisdell, J. S. 1995. The Influence of Storage Time and Temperature on Chilling Injury in Fuyu and Suruga Persimmon (*Diospyros Kaki* L.) Grown in Subtropical Australia. *Postharvest Biology and Technology* 6(1 - 2): 149 - 157.
7. Deng, Y.-Y. and Dai, N. 2008. Huge Persimmon Bezoar Causing Colonic Bleeding. *Gastrointestinal Endoscopy* 68(6): 1196 - 1197.
8. Dentener, P. R., Alexander, S. M., Lester, P. J., Petry, R. J., Maindonald, J. H., and McDonald, R. M. 1996. Hot Air Treatment for Disinfestation of Lightbrown Apple Moth and Longtailed Mealy Bug on Persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 8(2): 143 - 152.
9. Grant, T. M., Macrae, E. A., and Redgwell, R. J. 1992. Effect of Chilling Injury on Physicochemical Properties of Persimmon Cell Walls. *Phytochemistry* 31(11). *The International Journal of Plant Biochemistry*: 3739 - 3744.

10. Hamada, K., Ogata, T., Fujiwara, S., and Hasegawa, K. 2009. Healing Process of the Wounds of the Branches of the Japanese Persimmon That Were Caused by Girdling, Scoring, and Strangulation. *Scientia Horticulturae* 120(2): 276 - 281.
11. Hu, D., Zhang, Q., and Luo, Z. 2008. Phylogenetic Analysis in Some *Diospyros* Spp. (Ebenaceae) and Japanese Persimmon Using Chloroplast DNA PCR-RFLP Markers. *Scientia Horticulturae* 117(1): 32 - 38.
12. Juan, M., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Reig, C., and Agustí, M. 2009. Branch Scoring Encourages Fruit Development and Climacteric in Persimmon. *Scientia Horticulturae* 122(3): 497 - 500.
13. Kim, D. H., Lee, J., and Kang, B. S. 2011. Changes in the Quality of Green Tea Concentration through Tannase Treatment. *Kor. J. Food & Nutr.* 24(4): 720 - 724.
14. Kim, Y. K., Lim, C. S., Kang, S. M., and Cho, J. L. 2009. Root Storage of Nitrogen Applied in Autumn and Its Remobilization to New Growth in Spring of Persimmon Trees (*Diospyros Kaki* Cv. Fuyu). *Scientia Horticulturae* 119(2): 193 - 196.
15. Lester, P. J., Dentener, P. R., Petry, R. J., and Alexander, S. M. 1995. Hot-Water Immersion for Disinfestation of Lightbrown Apple Moth (*Epiphyas Postvittana*) and Longtailed Mealy Bug (*Pseudococcus Longispinus*) on Persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 6(3 - 4): 349 - 356.
16. Matsuo, T. and Iro, S. 1978. The Chemical Structure of Kaki-Tannin from Immature Fruit of the Persimmon (*Diospyros Kaki* L.). *Agric. Biol. Chem.* 42(9): 1637 - 1643.
17. Oshida, M., Yonemori, K., and Sugiura, A. 1996. On the Nature of Coagulated Tannins in Astringent-Type Persimmon Fruit after an Artificial Treatment of Astringency Removal. *Postharvest Biology and Technology* 8(4): 317 - 327.
18. Parajuli, D., Kawakita, H., Inoue, K., Ohto, K., and Kajiyama, K. 2007. Persimmon Peel Gel for the Selective Recovery of Gold. *Hydrometallurgy* 87(3 - 4): 133 - 139.
19. Pizzamiglio, M., Marino, A., Denari, D., Tullio, V., and Garofano, L. 2006. DNA

- Typing from Persimmons Helps Solve a Murder Case. International Congress Series 1288(April). Progress in Forensic Genetics 11Proceedings of the 21st International ISFG Congress Held in Ponta Delgada, The Azores, Portugal between 13 and 16 September 2005: 867 - 869.
20. Prusky, D., Kobilier, I., Akerman, M., and Miyara, I. 2006. Effect of Acidic Solutions and Acidic Prochloraz on the Control of Postharvest Decay Caused by *Alternaria Alternata* in Mango and Persimmon Fruit. *Postharvest Biology and Technology* 42(2): 134 - 141.
 21. Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Hernando, I., and Pérez-Munuera, I. 2008. Reduced Effectiveness of the Treatment for Removing Astringency in Persimmon Fruit When Stored at 15 °C: Physiological and Microstructural Study. *Postharvest Biology and Technology* 49(3): 340 - 347.
 22. Seo, J. H., Jeong, Y. J., Shin, S. R., and Kim, K. S. 2000. Effects of Tannins from Astringent Persimmons in Alcohol Fermentation for Persimmon Vinegars. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 29(3): 407 - 411.
 23. Taniwaki, M., Hanada, T., and Sakurai, N. 2009. Postharvest Quality Evaluation of “Fuyu” and “Taishuu” Persimmons Using a Nondestructive Vibrational Method and an Acoustic Vibration Technique. *Postharvest Biology and Technology* 51(1): 80 - 85.
 24. Tiwari, G., Wang, S., Birla, S. L., and Tang, J. 2008. Effect of Water-Assisted Radio Frequency Heat Treatment on the Quality of “Fuyu” Persimmons. *Biosystems Engineering* 100(2): 227 - 234.
 25. Vilas-Boas, E. V. de B. and Kader, A. A. 2007. Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Softening of Fresh-Cut Kiwifruit, Mango and Persimmon Slices. *Postharvest Biology and Technology* 43(2): 238 - 244.
 26. Yamamura, H., Matsui, K., and Matsumoto, T. 1989. Effects of Gibberellins on Fruit Set and Flower-Bud Formation in Unpollinated Persimmons (*Diospyros Kaki*). *Scientia Horticulturae* 38(1 - 2): 77 - 86.

뽕은감 감꼭지 이용기술개발

시험기간 : 2015년 ~ 2017년

담 당 자 : 강승미, 강영민, 문병철, 이가연, 최지은
김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

감나무(*Diospyros kaki* Thunb.)는 감나무과(시수과柿樹科) 식물로써, 오랫동안 재배되어 온 과실수로 원산지는 온대 아시아, 우리나라, 중국, 일본이며, 우리나라의 중·북부 및 일부 산간 지방을 제외한 전국에서 재배되고 있다. 한국에서는 일찍부터 재배되었으며 품질 좋은 재래종이 육성되었다. 일본은 재래종 외에 8세기경 중국에서 전래된 품종과 지방품종을 포함하여 800여 종의 품종이 있으며 특히 단감은 일본 특유의 품종이다. 감나무의 높이는 6-14m이고 줄기의 겉껍질은 비늘 모양으로 갈라지며 작은 가지에 갈색 털이 있다. 잎은 어긋나고 혁질이며 타원상 난형이며, 잎의 길이 7-17cm, 너비 4-10cm로서 톱니는 없고, 잎자루는 길이 5-13mm로서 털이 있다. 꽃은 양성 또는 단성으로 5-6월에 황백색으로 잎겨드랑이에 달린다. 수꽃은 16개의 수술이 있으나 양성화에는 4-16개의 수술이 있다. 암꽃의 암술은 길이는 15-18mm이고 암술대에 털이 있으며 길게 갈라지고 씨방은 8실이며, 열매는 난원형 또는 편구형이고 10월에 황홍색으로 익는다.

근연종에 돌감나무, 고욤나무가 있는데, 모두 감나무를 닮았으나 열매의 지름이 1-2cm로 작다. 재배품종의 대목으로 널리 이용되며, 접수를 어떤 수종으로 선정하는가에 따라 감의 품질과 수확량의 차이가 있다. 연평균 기온 11-15℃, 열매가 성숙하는 9-10월의 평균기온 21-23℃가 생육에 가장 적합하며, 번식은 접목 또는 아접하는데 씨를 뿌려 묘목을 만들면 열매가 크게 퇴화하므로 반드시 접목해야한다. 우리나라의 뽕은감 재배면적 및 생산량은 매년 급격히 증가되고 있다. 뽕은감 생산량은

1995년은 39.8천톤 정도였으나 1997년부터 급격히 증가하여 2006년에는 146.3천톤으로 1995년에 비해 368%가 증가하였으며, 단감 생산량은 2000년에 227천톤으로 정점을 나타내었으나 지금은 감소추세이다.

구 분		'90	'95	'97	'00	'03	'04	'05	'06
감	면적(천ha)	13.6	25.0	28.8	31.2	28.0	27.2	26.8	28.4
	생산량(천톤)	95.8	194.6	239.6	287.8	249.2	299.0	363.8	352.8
뽕은감	면적(천ha)	3.7	4.9	6.2	7.4	8.4	8.6	9.6	11.1
	생산량(천톤)	30.1	39.8	54.4	60.5	86.2	104.0	128.0	146.3
단감	면적(천ha)	9.9	20.2	22.6	23.8	19.6	18.5	17.2	17.3
	생산량(천톤)	65.7	154.7	185.1	227.0	163.0	195.4	235.8	206.6

뽕은감의 10a당 소득은 1997년도는 1,642천원으로 다른 과수에 비해 다소 낮은 경향이나 2000년도 들어 감말랭이, 아이스홍시 등 다양한 감가공품의 생산과 꾀감의 가격상승으로 뽕은감 소득이 2003년에는 2,842천원, 2004년에는 2,153천원으로 높은 수익성을 나타내고 있다. 감나무 목재의 검은 속재목을 흑시(黑柿)라 하여 고급 가구재에 이용하며, 특히 감잎은 비타민 C가 풍부한 차로 애용되며 고혈압증의 치료에도 효과가 있다. 한방에서 감꼭지를 딸꾹질·구토·야뇨증 등에 달여서 복용하며, 꾀감은 해소·토혈·객혈·이질의 치료에 쓰이고 꾀감의 시설(柿雪)은 진해·거담의 효능이 있고 자양 식품으로 쓰인다. 국내 우량종 및 재래종 품종 육성이 체계적으로 되어 있지 않으며, 부산물 활용기술 및 과학적 효능 검증도 미비하기 때문에, 국내 재래종의 소재 발굴과 검증을 통한 국내 시장 및 세계시장 진출이 필요한 시점이다. 동의보감, 본초강목, 본초비효 등 고문헌에서 꾀감은 속혈을 없애고 패열, 혈토, 반위, 장풍과 치질을 다스린다고 기록되어 있으며, 민간요법과 대한민국약전의 감꼭지는 딸꾹질, 감기예방, 동맥경화, 심장병 예방, 혈관강화, 폐와 기관지질환 등에 대한 효과가 기록되어 사용되어 왔다고 하는데, 이에 대한 체계적인 연구 개발이 필요하다. 감나무의 꾀지는 민간에서 다양하게 이용되고 있으나 과학적인 검증이 없이 이용되고 있어 체계적인 연구가 필요하다. 또한 지역별 품종 유전자원 확보와 이를 기반으로 한 한국 지방 고유종의 소재발굴과 물질분석 및 효능 검증을 통한 특산종

발굴이 필요하다고 판단된다. 뽕은감의 이용 범위가 제한적이므로 부산물의 자원화가 필요한 시점이다. 뽕은감은 홍시와 꽃감으로 널리 이용되며, 가공 시에 버려지는 껍지는 한의학의 질환 치료제로 활용가능하기 때문에 품질과 기능성이 강화된 품종을 발굴하여 효능 검증이 이루어진다면 고부가가치 자원 개발이 가능하다. 이러한 효과를 근거로 하여 농가소득과 더불어 농산촌의 산업화 및 뽕은감 부산물의 국가적인 사업화 등의 기대효과를 나타낼 것이라 사료된다.

II. 재료 및 방법

1. 뽕은감 연구 대상 품목 확보 및 외부 형태적 특징

1) 연구 재료

본 연구에서는 지역별 특성에 따른 뽕은감의 형태적 차이, 미생물 다양성, 유용물질함량, 추출물의 독성평가 및 한의학적 효능을 알아보고자 지방 고유종인 함양고종시, 함양 단성시, 밀양 반시 3종류를 선별하였다. 경상남도산림환경연구원에서 3품목을 분양받았으며, 미성숙 생감, 성숙 생감, 꽃감의 감꼭지 부분을 절제하여 얻은 감꼭지와 감껍질을 분류하여 연구에 사용하였다.

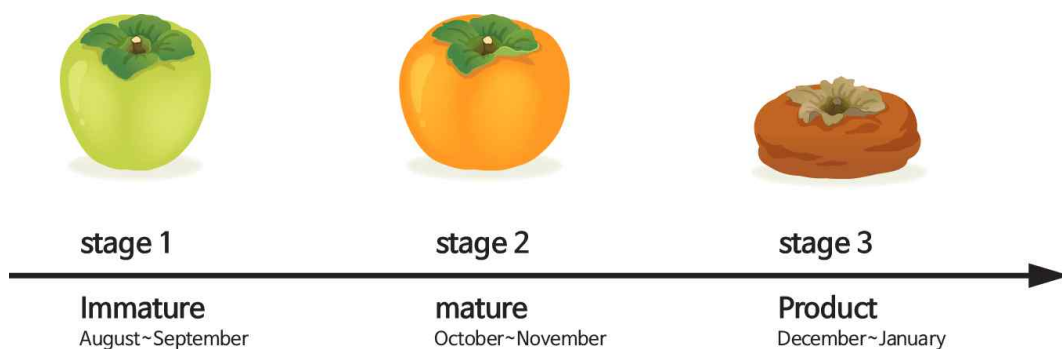


그림 2. 시기에 따른 과실의 성숙 과정
(Stage 1 : 8-9월, Stage 2 : 10-11월, Stage 3: 12-1월)



그림 3. 연구시료 (뽕은감 3품종).

A: 함양 고종시 미성숙 생감 B: 함양 고종시 성숙 생감 C: 함양 고종시 꽃감
D: 함양 단성시 미성숙 생감 E: 함양 단성시 성숙 생감 F: 함양 단성시 꽃감
G: 밀양 반시 미성숙 생감 H: 밀양 반시 성숙 생감 I: 밀양 반시 꽃감

2. 뽕은감 대상 시료의 미생물 분리 (Single culture: 개별 분리)

1) 시료 sampling

9개 대상 시료는 멸균된 상태의 핀셋을 이용하여 미성숙, 성숙 생감꼭지 부분과 꽃감꼭지를 구분하여 50mL Tube에 넣어 4°C에 보관하였다. LB (Luria- Bertani) broth 배지와 PD (Potato Dextrose) broth 배지에서 공동배양 하였다. 배양 조건은 50mL tube에 15mL 배지를 넣은 후 100rpm 암조건에서 48시간 incubation하였다. 현탁된 배양액 2mL을 transfer하여 agar가 포함된 LB와 PD 배지에 1차 계대 배양 하였다.

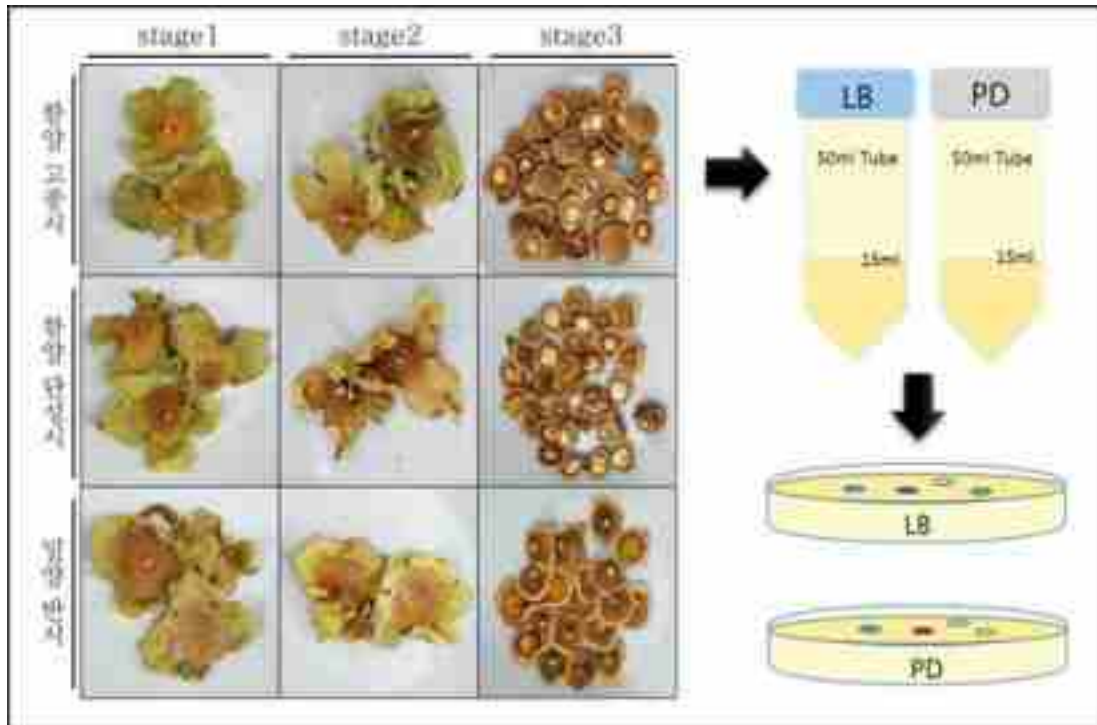


그림 4. 9개 대상 시료의 sampling과 미생물 배양 과정

2) 미생물 분리

1차적으로 계대된 미생물들은 single colony를 얻기 위해 멸균된 streaking stick을 이용하여 3-4회 이상 지속적으로 계대 배양을 하였다. 최종적으로 LB에서 자란 미생물과 PD에서 자란 미생물들은 각각 1.5mL E-tube에 보관하여 DNA 분리하기 전까지 -20°C 에 보관하였다.

3) 미생물 DNA 추출 및 정량

9개 대상 시료 중에서 LB에서 배양 되어 single colony를 확보한 것은 L로 표시하여 numbering을 하였고, PD에서 배양 되어 single colony를 확보한 것은 P로 표시하여 numbering하였다. 미생물 동정이 필요한 시료 최소 100 mg을 샘플링하여 분쇄한 후, 200 μL 의 증류수를 넣어 100°C 에서 10분간 가열 후 원심 분리를 진행하여 PCR template로 이용하였다. DNA 분리가 쉽지 않은 진균성 곰팡이는

DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Germany)를 이용하여 genomic DNA를 추출하였다. 이를 0.8% agarose gel에서 전기영동하여 추출된 genomic DNA의 양과 질 등의 상태를 확인하였으며, 농도는 NanoDrop 1000 spectrophotometer (NanoDrop, U.S.A.)를 이용하여 260 nm에서 정량하였다.

4) 16s rDNA 및 18s rDNA의 PCR 증폭 및 미생물 동정

16s rDNA (세균성 미생물 DNA) 및 18s rDNA (진핵균 미생물 DNA: 곰팡이 등)의 PCR 증폭은 Solgent사의 Universal primer를 이용하여 최종 30 μ l의 반응액에서 수행하였다. 16s rDNA Universal primer는 27F (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3'), 534R (5'-ATT ACC GCG GCT GCT GG-3')을 이용하였고, 18s rDNA Universal primer는 ITS5 (5'- GGA AGT AAA AGTCGT AAC AAG G-3'), ITS4 (5'- TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3')을 사용하였다. 약 20 ng의 genomic DNA와 30 pmole의 Universal primer 및 SolgTM 2X Taq PCR Pre-Mix(Solgent, Korea)를 각각 첨가한 뒤, 9700 Thermal Cycler (Applied Biosystems, Singapore)에서 95°C에서 15분간 pre-denaturation한 후 95°C에서 20초 denaturation, 50°C에서 40초 annealing, 72°C에서 1분 30초 extension을 30회 수행하고 마지막으로 72°C에서 5분간 extension 시켰다. 반응이 끝난 증폭산물 (1.5 Kb band로 확인된 16s rDNA와 600bp band로 확인된 18s rDNA) 중 10 μ l를 1.5% agarose gel에 전기 영동하여 DNA band를 UV상에서 확인하였다. 증폭된 단일 DNA 절편으로 확인된 산물은 PCR product purify kit (Solgent, Korea)을 이용하여 정제 후 pGEM-Teasy vector(Promega, USA)에 삽입하였다. 삽입된 증폭 산물은 XL1-Blue MRF' competent cell(Stratagene, USA)에 형질전환하여 각 시료별 colony를 선발하였으며 T7과 SP6 primer 부위로부터 ABI3730 automatic DNA sequencer (Applied Biosystems, CA, USA)를 이용하여 분석된 염기서열을 NCBI (National Center for Biotechnology Information) Fenebank Database (www.ncbi.nlm.nih.gov)와 비교하여 최종적으로 동정하였다.

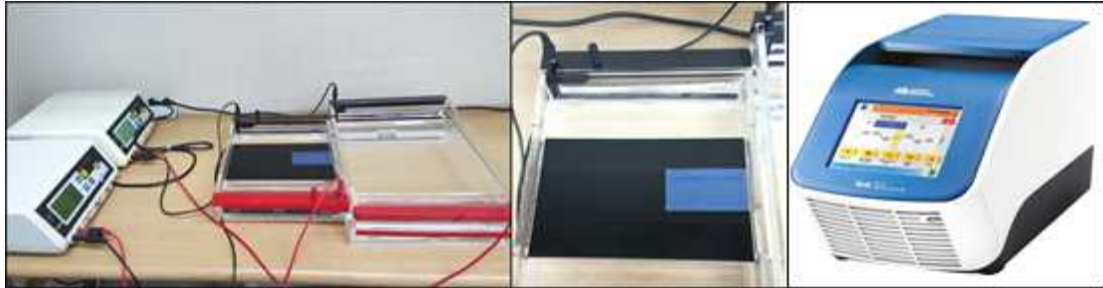


그림 5. 미생물 동정을 위한 전기영동 장치와 PCR Thermal Cycler

3. 뿔은감 대상 시료의 미생물 분리 (Pyrosequencing: 집단 분리)

1) 시료 sampling

9개 대상 시료는 멸균된 상태의 핀셋을 이용하여 미성숙, 성숙 생감꼭지 와 꽃감 꼭지를 구분하여 50mL Tube에 보관하였다. LB (Luria-Bertani) broth 배지와 PD (Potato Dextrose) broth 배지에서 공동배양 하였다. 배양 조건은 50mL tube에 15mL 배지를 넣은 후 100rpm 암조건에서 48시간 incubation하였다. 현탁된 배양액 2mL을 transfer하여 agar가 포함된 LB와 PD 배지에 1차 계대 배양하였다.

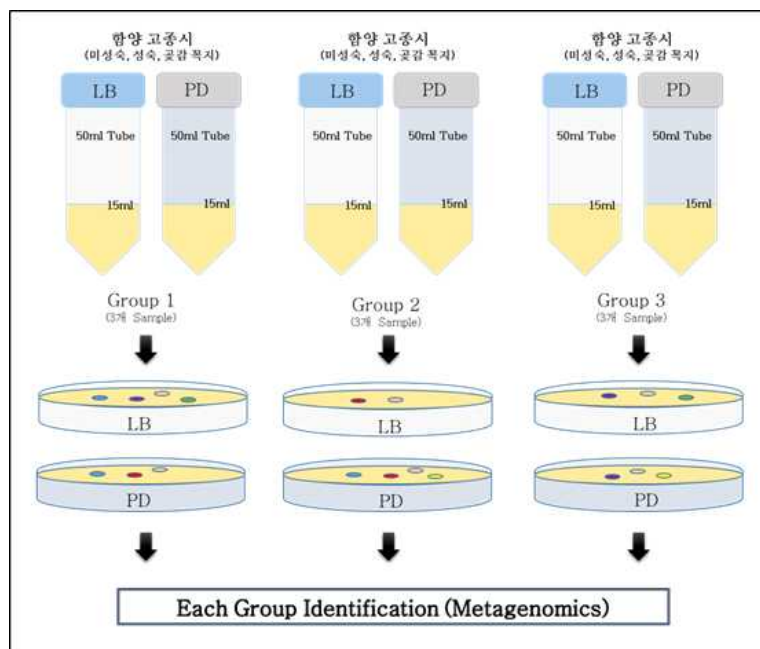


그림 6. 9개 대상 시료의 sampling과 미생물 배양 과정 (군집 분리)

미생물 개별 분리 방법과는 다르게 1차 계대 배양한 모든 배지 plate는 3개의 Group별로 각각 모아서 균집 분리를 실행하였다. Group 1은 함양 고종시(성숙, 미성숙 생감 및 꺾임 쪽지), Group 2은 함양 단성시(성숙, 미성숙 생감 및 꺾임 쪽지), Group 3은 밀양 반시(성숙, 미성숙 생감 및 꺾임 쪽지)로 총 3개의 Group별 집단 분석을 하기 위해 그림과 같이 분류하였다.

2) 미생물 분리

1차적으로 배양된 미생물들은 다량의 세균 및 진핵균들이 혼입된 상태로 colony 및 균사체를 형성하고 있어, 멸균된 streaking stick와 spoon을 이용하여 각 배지별 미생균체들을 50mL tube에 취합하였다. 미생물 생체시료는 PrecellysTM Grinder(Bertin Technologies, France)를 이용하여 파쇄한 후, 원심분리하였다. 미생물 배지와 agar를 제거하여, 2-3회 1x PBS (Biowhittaker, Lonza, USA) 세척 후 최종 pellet을 dry하여 Group별 미생물들은 각각 1.5mL E-tube에 보관하여 DNA 분리하기 전까지 -20 °C에 보관하였다.

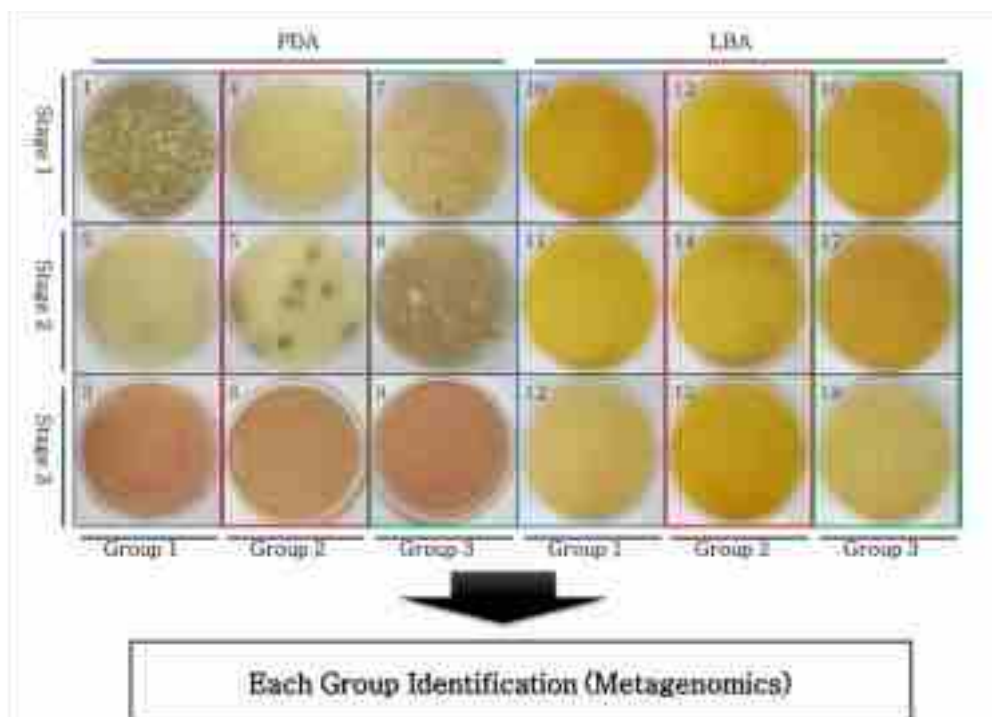


그림 7. Pyrosequencing 분석을 위한 Group별 미생물 확보 과정

3) 미생물 DNA 추출, 정량 및 Pyrosequencing

Group 1은 함양 고종시(성숙, 미성숙 생감 및 꽃감 꼭지), Group 2은 함양 단성시(성숙, 미성숙 생감 및 꽃감 꼭지), Group 3은 밀양 반시(성숙, 미성숙 생감 및 꽃감 꼭지)로 총 3개의 Group 시료는 MagListo™ Genomic DNA Extraction kit (Bioneer, Korea)를 사용하여 genomic DNA를 추출하였다.

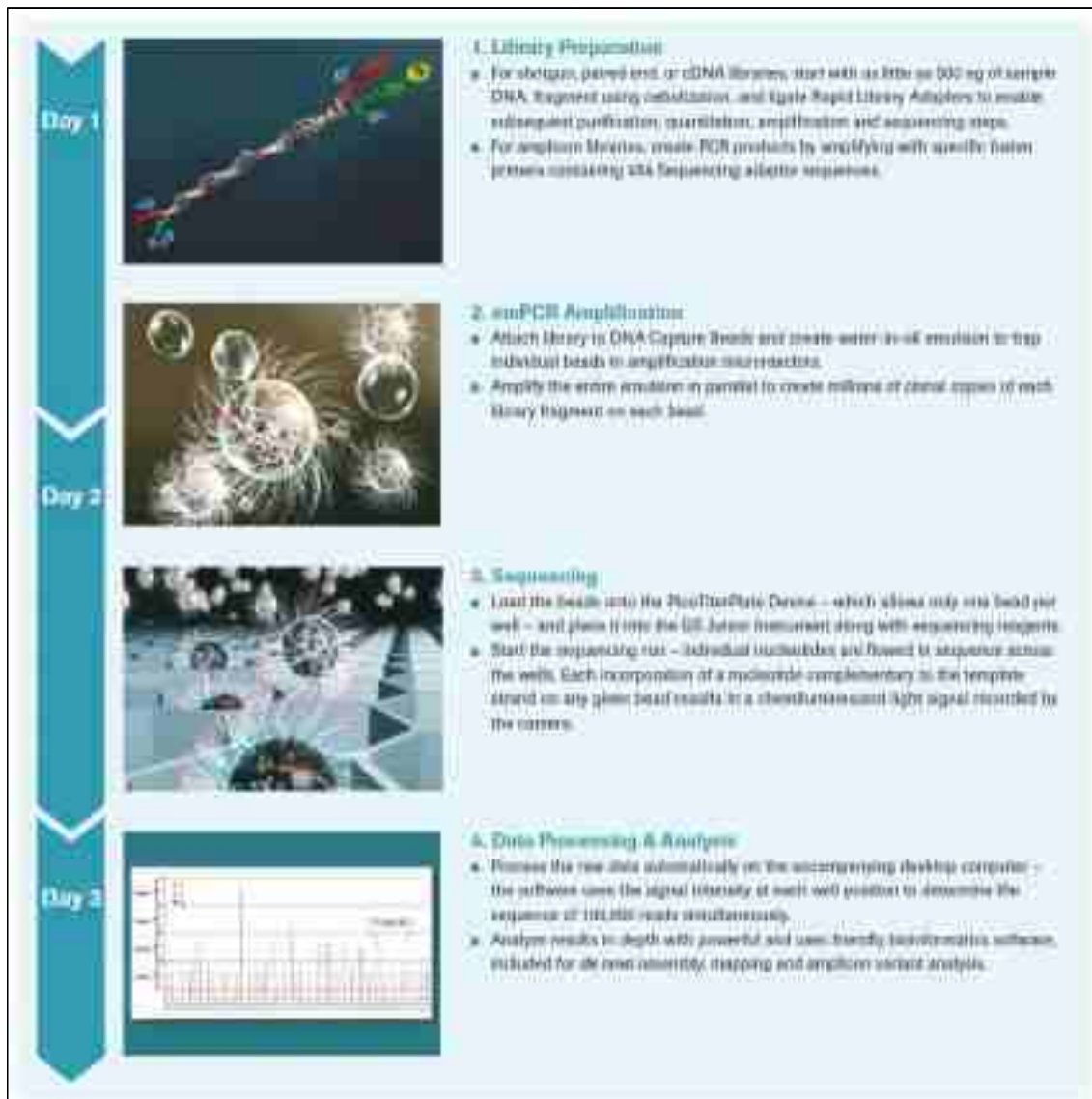


그림 8. Pyrosequencing 분석 과정

추출한 DNA는 NanoDrop 1000 spectrophotometer (NanoDrop, USA)를 이용하여 260 nm에서 정량하였다. 각 샘플에 대한 미생물의 분포를 알아보기 위해 GS Junior system (Roche, USA)을 이용하여 염기서열을 해독하고 분석하였다. 여러 종류의 샘플을 한 번에 확인하기 위한 방법으로 각각의 샘플에 adaptor와 MID 서열이 포함된 프라이머를 이용하여 PCR(Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler, USA)을 실시하여 product를 생성하였다. 먼저 세균 확인을 위해서는 27F-1, 27F-2, 27F-3, 그리고 534R을 이용하였고, 곰팡이 확인을 위해서는 ITS5F-1, ITS5F-2, ITS5F-3, 그리고 ITS4R을 이용하였다. 생성된 PCR product들은 정제과정을 거쳐 라이브러리를 제작하고 GS Junior Titanium Sequencing Kit (Roche, USA)에 적용하여 염기서열 해독을 실시하였다.

4) Pyrosequencing 의 DATA 분석 및 Taxonomic 분석

GS junior로부터 생산된 서열을 이용하여 NCBI-NT nucleotide sequence database에 BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) (V2.2.30+)로 염기서열 데이터베이스에 비교하는 BLASTN을 이용하여 각 서열에 분류군 정보를 도출했다.

결과파일은 xml형식으로 저장하여 MEGAN (V5.10.6) 프로그램을 이용하여 BLAST 결과로 NCBI taxonomy 정보를 이용하여 taxonomic classification을 수행했다. NCBI taxonomy는 660,000 이상의 taxon을 제공하고 있으며, 개개의 종은 계층적(Superkingdom, Kingdom Phylum, Class, Order, Family, Genus, and Species)으로 분류하였고, MEGAN은 LCA-assignment algorithm (LCA= lowest common ancestor)으로 각 서열에 정의된 모든 taxon 중 가장 낮은 분류군을 그 서열의 taxon으로 할당하였다. 그 실례로, 한 서열이 a와 b 두 개의 다른 taxon에 정의될 때 a가 b의 ancestor일 경우, a보다 더 특이적으로 정의된 b가 그 서열의 taxon으로 정해진다. 모든 서열을 각 노드에 할당하여 rooted tree 형식의 phylogenetic tree를 완성하였다. 또한 ITS taxonomic counting heat map을 작성하여 각 Group별 미생물 동정결과를 Microsoft Excel로 재 표현하여 결과를 완성 하였다.

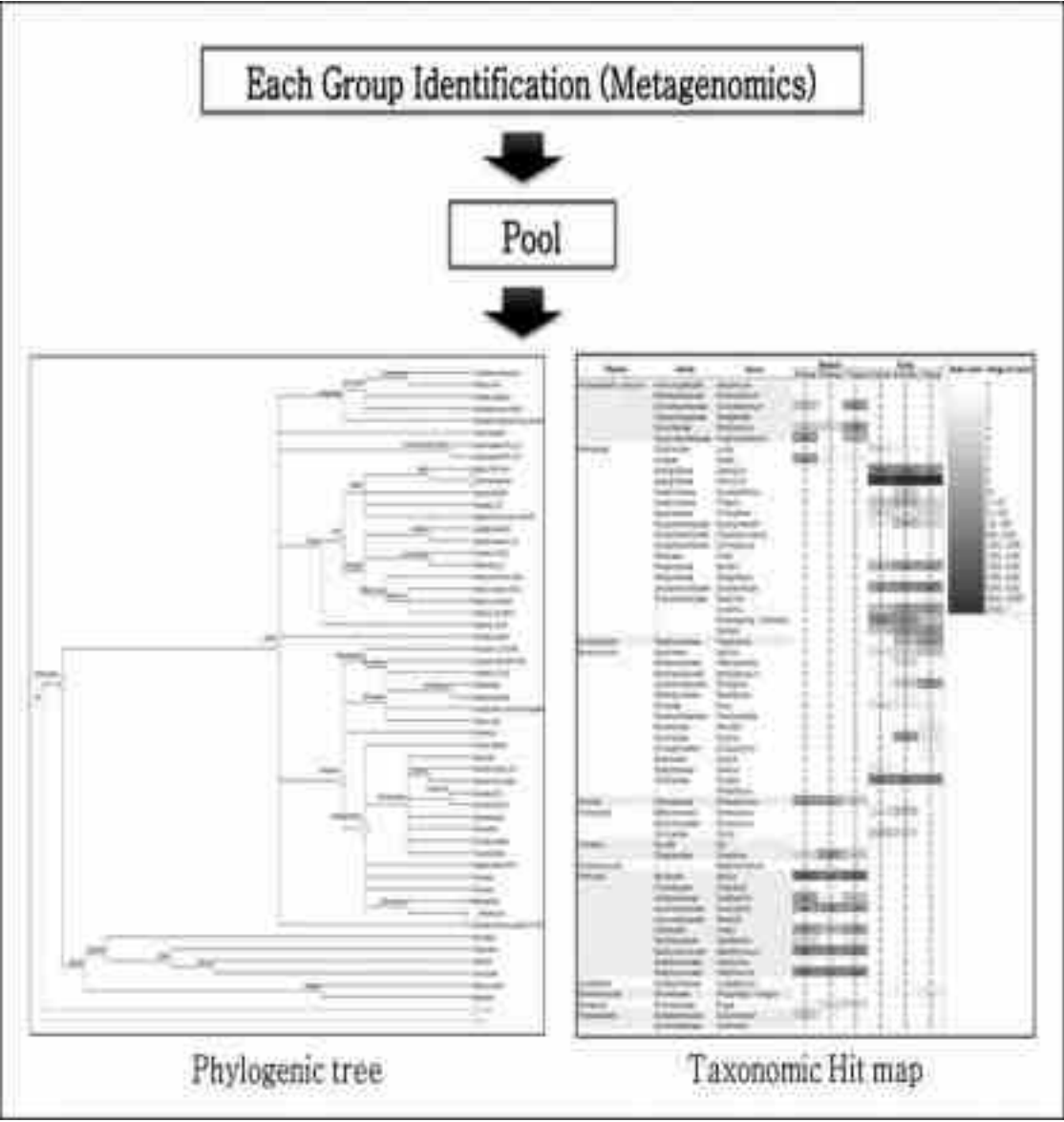


그림 9. 미생물 Taxonomic 분석 및 동정

4. 뽕은감 대상 품목의 유용물질 추출 및 함량분석

1) 뽕은감 대상 품목의 유용물질 추출

(1) 재료 및 시약

본 실험에 사용된 뽕은감 9개 대상 시료는 3품목 (함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시)의 미성숙 생감꼭지, 3품목(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시)의 성숙 생감꼭지, 3품목(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시)의 꽃감꼭지로 구분하여 추출물 연구시료로 이용하였다. 추출에 사용된 에탄올, 메탄올 등 시약은 HPLC grade (J.T.Baker Inc., Phillipsburg, NJ, USA)로 구입하여 0.2 μm membrane filter (PALL Corporation, Ann Arbor, MI, USA)로 여과하여 사용하였다.

(2) 추출물 제조

대상 품목 9개 시료는 생체중 20g을 준비하여 65°C dry oven에서 48시간 건조하였다. 건조된 시료는 곱게 분쇄하여 채에서 선별한 것을 2.0 g씩 정확히 무게를 달아 삼각플라스크에 옮겨 담았다. 시료를 담은 삼각플라스크에 70% 메탄올 25 ml 씩 넣어 잘 흔들어 준 후, 3시간 동안 환류 추출 후 동결건조하여 분석시료를 확보하였다. 동결건조된 추출물은 30분 방치하여 침전 시킨 뒤 맑은 추출용액을 걸러내고, 잔류물에 80% 메탄올 25 ml을 넣어 동일하게 반복한다. 여과물은 농축기로 증발·건조한 뒤, 다시 30% 메탄올 3 ml에 녹였다. 녹인 분석 시료는 주입하기 전에 2 ml를 취하여 0.45 μm membrane filter(PALL Corporation, Ann Arbor, MI, USA)에 여과하여 사용하였다.

2) 뽕은감 대상 품목의 함량분석

(1) 시약 및 기기

HPLC 분석에 사용된 표준품 Tannic acid ($\geq 98\%$ CFN90501, ChemFaces, China), acetonitrile, water, Methanol, trifluoroacetic acid (J.T.Baker Inc., Phillipsburg, NJ, USA)은 모두 HPLC grade로 구입하였다. 분석에 사용된 HPLC system (Waters Corporation, Manchester, UK)은 e2695 separation module, 2998 photodiode array detector 로 구성된 장비를 사용하였다.

(2) HPLC 분석 조건

HPLC에 사용된 분석용 컬럼은 phenomenex Luna C18(2) (250×4.6mm, 5 μm) 컬럼

온도는 40°C로 샘플온도는 25°C로 진행하였다. 이동상으로 solvent A는 0.1% TFA(Trifluoro acetic acid) B는 ANC(Acetonitrile)를 선정하였고, HPLC 분석조건이 각 성분의 농도에 대하여 유의성이 있는지 확인하기 위해 tannic acid 표준품에 대해 5가지 (25, 50, 100, 150, 200 µg/ml), 농도에 대한 검량선을 만들어 실험의 standard를 설정하였다. 유속은 1.0 ml/min, 주입량은 20 µl로 설정하였으며, 모든 시료에 대한 분석시간은 총 50 분이였다. 분석파장은 190-400 nm으로 스캔한 후, 각 성분의 UV spectra를 참고하여 측정하였다.

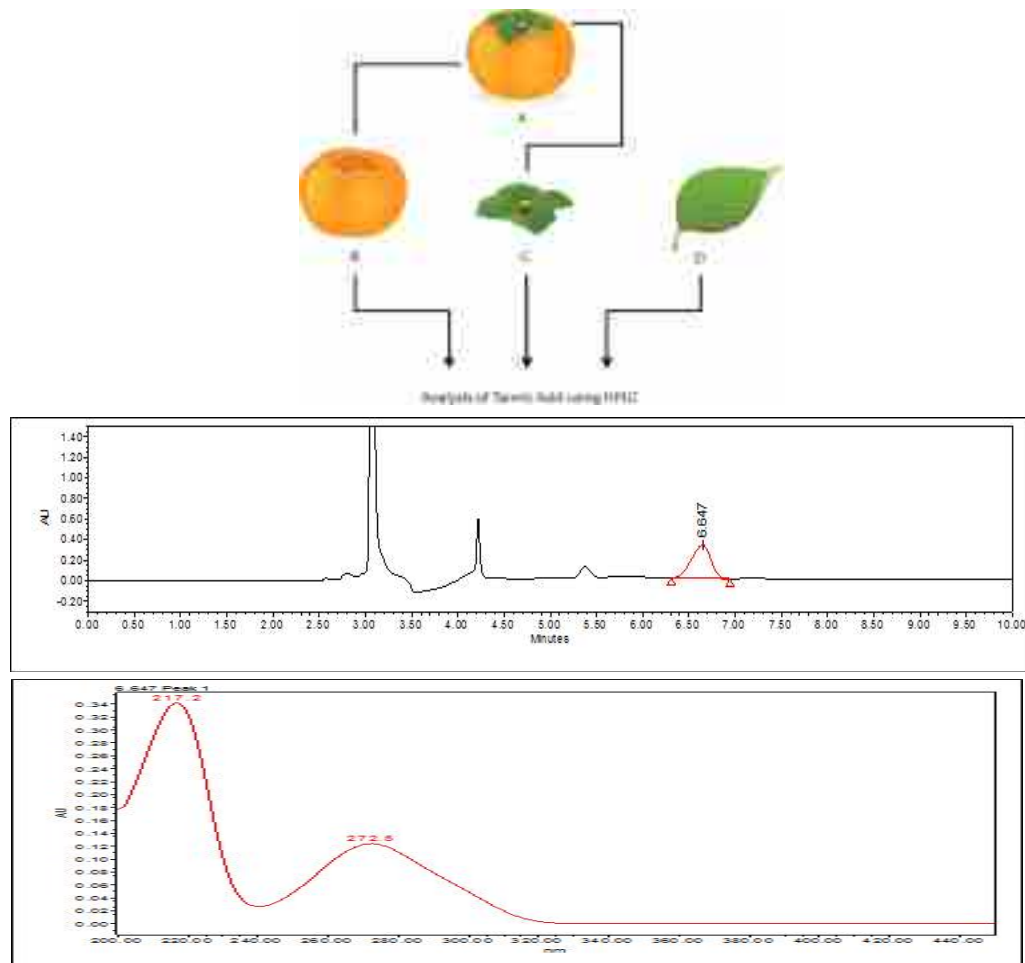


그림 10. 뽕은감의 부위별 HPLC 탐색 및 TA 분석 패턴

A : 뽕은감, B : 과실의 표면, C : 과실의 꼭지, D : 과실의 잎, 6.6분대 탄닌산 분석 가능 (20 nm UV 검출)

5. 뿔은감 대상 품목 추출물의 독성 평가

1) 대상 품목 추출물의 독성 평가

(1) 재료 및 시약

대상 품목 9개 시료는 생체중 20g을 준비하여 65°C dry oven에서 48시간 건조하였다. 건조된 시료는 곱게 분쇄하여 채에서 선별한 것을 2.0 g씩 정확히 무게를 달아 삼각플라스크에 옮겨 담았다. 시료를 담은 삼각플라스크에 70% 메탄올 25 ml 씩 넣어 잘 흔들어 준 후, 3시간 동안 환류 추출 후 동결건조하여 분석시료를 확보하였다. 확보된 대상품목 9개 시료는 다시 100% DMSO(dimethyl sulfoxide)로 녹인 후 최종 stock 농도를 250 mg/mL로 4 °C 보관하였다. 독성 평가시에는 미리 농축해둔 동결건조 시료에 20% DMSO (PBS로 희석)을 이용하여 본 연구에 이용하였다. 독성평가에 사용된 시약 CCK-8 assay kit와 dimethyl sulfoxide (DMSO) 등은 각각 Jindo Co.(Japan), Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 동물 세포주의 배양을 위해 RPMI 1640 medium, fetal bovine serum (FBS) 및 penicillin, streptomycin 등은 Gibco-BRL (Grand Island, NY, USA)에서 구입하였다.

(2) 세포주 분양 및 배양

마우스의 대식세포주인 RAW 264.7 세포는 한국생명공학연구원 세포주분양 은행으로부터 분양 받아 본 연구에 사용하였고, 세포배양을 위해 10% FBS과 1% penicillin-streptomycin을 포함하는 RPMI 1640 medium 배지를 사용하였다. 세포는 37°C, 5% CO₂ 조건에서 배양하였다.

(3) CCK-8 assay

마우스 대식세포 (RAW 264.7 ATCC 번호 TIB-71) 를 1% penicillin 및 streptomycin과 10% 우태아 혈청 (fetal bovine serum)이 포함된 RPMI 1640 medium 배지를 사용하여 5% CO₂, 37°C 배양기에서 배양시켜 사용한다. 우선 96 well에 마우스 대식 세포주 5× 10⁴개를 분주하고, 24시간 배양한 후 새 배지로 교체 후 처리시약의 일정농도 (0, 10, 50, 100, 200, 500, 1000 µg/ml)의 시료를 24시

간 동안 처리하였다. 10 μ l의 C 시약을 각 well에 처리하여 10분 배양한 후 10분 마다 ELISA reader (Wallac 1420, USA) 를 통해 570nm에서 흡광도를 측정 하였으며, triplicate반복을 원칙으로 하여 평균값을 구하였다.

6. 뿔은감 대상 품목 추출물의 함염증 효과 검증

1) 대상 품목 추출물의 함염증 효과 검증

(1) 재료 및 시약

대상 품목 추출물의 독성평가를 검정한 9개 연구시료 중 5개의 농도를 선택하여 함염증 효과 검증실험에 이용하였다. dimethyl sulfoxide (DMSO)를 비롯한 Nitric oxide detection kit는 INTRON BIOTECHNOLOGY CO., LTD. 에서 구입하여 본 실험에 이용하였다.

(2) Nitric oxide 소거능 측정

NO의 농도는 배양액 내의 nitrite 농도를 Griess 반응을 이용하여 측정하는 것으로 대체하였다. 마우스 대식세포 (RAW 264.7 ATCC 번호 TIB-71)를 1% penicillin 및 streptomycin과 10% 우태아 혈청 (fetal bovine serum)이 포함된 RPMI 1640 medium 배지를 사용하여 5% CO₂, 37°C 배양기에서 배양하였다. 우선 96 well에 마우스 대식세포주 1 × 10⁵개를 분주하고, 배양한 후 새 배지로 교체 후 일정농도의 시료를 1시간 동안 전처리 후 LPS (stimulator)를 1 μ g/mL로 24 시간 동안 처리하였다. 배양 동안 생성된 NO는 Griess시약을 이용하여 세포배양액 중에 존재하는 전체 NO²의 농도로 측정하였는데, 세포배양 상층액 100 μ l를 96 well에 덜어놓고 Griess 용액 (0.5% sulfanilamide / 0.5% N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride/ 2.5% H₃PO₄) 100 μ l를 첨가하고 15분 후 ELISA reader (Wallac 1420, USA) 를 통해 570 nm에서 흡광도를 측정하였으며, triplicate를 원칙으로 하여 평균값을 구하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 대상 품목 확보 및 외부 형태적 특징

뽕은감 9개 대상 시료는 3품목 (함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시)의 미성숙 생감꼭지, 3품목(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시)의 성숙 생감꼭지, 3품목(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시)의 꽃감 꼭지로 구분하였다. 뽕은감 3품목의 외형은 그림에서 보는 바와 같이 생감의 가로길이는 크게 차이가 없지만 과육의 아래 부분의 뭉뚝하고 뽕족한 정도의 차이 (경사도: 함양 단성시 > 함양 고종시 > 밀양 반시)가 보였으며, 특히 밀양 반시는 과육의 씨가 없는 것이 특징이다 (그림 11-14).

표 2. 뽕은감 9개 연구 대상 시료

번호	시료명	생산 및 구입처	비고 (그림 2 & 3)
1	미성숙 생감 꼭지1	함양 고종시	A
2	성숙 생감 꼭지1	함양 고종시	B
3	꽃감 꼭지1	함양 고종시	C
4	미성숙 생감 꼭지2	함양 단성시	D
5	성숙 생감 꼭지2	함양 단성시	E
6	꽃감 꼭지2	함양 단성시	F
7	미성숙 생감 꼭지2	밀양 반시	G
8	성숙 생감 꼭지2	밀양 반시	H
9	꽃감 꼭지3	밀양 반시	I



그림 11. 뽕은감 (고종시 측면과 윗면) - 생감 형태



그림 12. 뽕은감 (함양 단성시 측면과 윗면) - 생감 형태



그림 13. 뽕은감 (밀양 반시 측면과 윗면) - 생감 형태



그림 14. 뽕은감 꽃감 형태 및 꼭지 형태

A: 함양 고종시 꽃감, B: 함양 단성시 꽃감, C: 밀양 반시 꽃감, D: 함양 고종시 꽃감꼭지, E: 함양 단성시 꽃감꼭지, F: 밀양 반시 꽃감꼭지

2. 뿔은감 대상 시료의 미생물 분리 (Single culture: 개별 분리)

미성숙 생감꼭지와 성숙 생감꼭지와 달리 꽃감꼭지(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양반시) 시료에서만 *Metschnikowia sp.*가 공통으로 동정되었으며, 꽃감꼭지(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양반시)에서는 미성숙, 성숙 생감꼭지에 비해서 다양한 미생물이 동정되었다. *Metschnikowia sp.*는 이전의 2015년 산청 고종시, 산청 단성시, 밀양반시의 미생물 개별분리에서도 동정되었으며, 2016년 3품종의 시료에서도 동정되었다. 밀양 반시(미성숙 생감꼭지, 성숙 생감꼭지, 꽃감 꼭지)에서는 함양 고종시와 함양 단성시에 비해서 *Rhodotorula glutinis*가 동정되었으며, 이것은 진균인 효모로, 적색 내지 황색의 carotenoid 색소를 가지고 있으며, 미생물 발효능 크게 있지 않으며, colony의 색깔이 오렌지색이나 핑크색이다. 또한 *Yerinia sp.* 또한 발견되었는데, 이는 장내 세균으로 병원균의 일종이고, 함양 단성시의 꽃감 꼭지에서 원핵 생물인 *Rahnella sp.* 가 동정 되었으며, *Rahnella aquatilis* 균으로 부터 유래한 항효모물질의 작용양상에 대한 논문이 보고된바 있다.

표 3. 뽕은감 대상 품목의 대표종 및 기타종 (Sigle culture: 순수 분리 결과)

NO.	Sample	Stage	LBA	PDA	기타	Pool ID
1	함양고종시	피상숙 생검 육지 (3-9월)	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Mucor</i> sp.	<i>Fungal</i> sp., <i>Mucor circinelloides</i> f. <i>ustiliginosus</i> , <i>Enterobacter</i> sp.	Group 1
2	함양고종시	생숙 생검 육지(10-11월)	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Enterobacter</i> sp.	<i>Cedreia diversae</i> , <i>Enterobacter</i> sp., <i>Bacillus thuringiensis</i>	
3	함양고종시	꽃감 육지 (12-1월)	<i>Comamonas</i> sp.	Unidentified <i>Metschnikowia</i>	<i>Picula myanmarensis</i> , <i>Saccharomycete</i> sp., <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Mucor circinelloides</i> f. <i>ustiliginosus</i>	
4	함양단봉시	피상숙 생검 육지 (3-9월)	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Candida</i> sp.	<i>Aureobasidium pullulans</i> , <i>Dothideomycetes</i> sp., <i>Cladosporium unidentificat</i> , <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Pantoea ananatis</i>	Group 2
5	함양단봉시	생숙 생검 육지(10-11월)	<i>Enterobacter ludwigii</i>	<i>Mucor</i> sp.	<i>Mucor circinelloides</i> f. <i>ustiliginosus</i> , <i>Enterobacter</i> sp.	
6	함양단봉시	꽃감 육지 (12-1월)	<i>Rhizelia</i> sp.	<i>Metschnikowia</i> aff. <i>Chrysoperlae</i>	<i>Saccharomycetes</i> sp., <i>Picula myanmarensis</i> , <i>Cladosporium cocciniae</i> , <i>Saccharomycete</i> sp., <i>Metschnikowia</i> sp., <i>Bacillus cereus</i>	
7	함양반시	피상숙 생검 육지 (3-9월)	<i>Enterobacter ludwigii</i>	<i>Rhodotorula glutinis</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i> , <i>Sporobolus parvulus</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> <i>baiderian</i>	Group 3
8	함양반시	생숙 생검 육지(10-11월)	Uncultured <i>Yersinia</i> sp.	<i>Hanseniaspora uvarum</i> , <i>Mucor racemosus</i>	<i>Picula myanmarensis</i> , <i>Saccharomycete</i> sp., <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Escherichia hermanni</i>	
9	함양반시	꽃감 육지 (12-1월)	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Leuconostoc</i> sp.	<i>Metschnikowia</i> aff. <i>Chrysoperlae</i> , <i>Saccharomycetes</i> sp.	Unidentified <i>Metschnikowia</i> , <i>Metschnikowia pulcherrima</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	

NCBI DB matching 98% ≥

3. 뿔은감 대상 시료의 미생물 분리 (Pyrosequencing: 집단 분리)

집단분리 sample group 1(함양 고종시 미성숙, 성숙 생감꼭지, 꽃감꼭지), sample group 2(함양 단성시 미성숙, 성숙 생감꼭지, 꽃감꼭지), sample group 3(밀양 반시 미성숙, 성숙 생감꼭지, 꽃감꼭지)의 미생물 분리 결과 세 개의 그룹에서 *penicillium italicum*이 대부분을 차지하였으며, group 3 > group 2 > group 1 순으로 높았으며, group 1에서는 다른 그룹에 비해서 *Curbibacter putative symbiont of Hydra magipapillata*의 비율이 전체 중 0.99%를 차지하였다.(표 4, 그림 13-17).

본 집단 분리 (Pyrosequencing) 결과 중 개별 분리 (Single culture)와는 달리 *metschnikowia sp*가 동정되지 않았으며, *penicillium italicum*이 많이 분리 되었으며, *penicillium* 속은 곰팡이로 균사로 성장하며, 그 위에 포자를 형성한다. 또한 *penicillium italicum*는 푸른곰팡이에 속하는 식물 병원균 중 하나이며, 주로 감귤과 같은 과일에서 발생한다. 집단 분리 결과에서는 개별분리 결과와 비교했을 때 곰팡이들이 많이 동정되었는데, 이는 미생물의 배양과정에서 미생물의 오염이 되었을 가능성이 있으므로 추가적인 실험이 필요할 것으로 사료 된다.

표 4. 뽕은감 9 대상 품목의 미생물 분류 체계(group culture: 집단 분리 결과)

Pool ID	Sample	Stage	Identification of Microorganism by Pyrosequencing
Group 1	항양 고형시	미성숙 생감 껍지 (8-9월)	<i>Penicillium italicum</i> (44.17%) <i>Xanthomonas citri</i> (37.65%) <i>Bacillus amyloquelaciens</i> (9.63%)
		성숙 생감 껍지(10-11월)	<i>Aspergillus luchuensis</i> (2.06%) <i>Streptococcus pneumoniae</i> (1.76%) <i>Curvibacter magnipapillata</i> (0.99%)
		꽃감 껍지 (12-1월)	<i>Tremella mesenterica</i> DSM 1558(2.80%) 기타(2.89%)
Group 2	항양 단형시	미성숙 생감 껍지 (8-9월)	<i>Penicillium italicum</i> (65.99%) <i>Xanthomonas citri</i> (15.80%) <i>Xenorhabdus cabanillasii</i> (9.76%)
		성숙 생감 껍지(10-11월)	<i>Bacillus amyloquelaciens</i> (2.42%) <i>Tremella mesenterica</i> DSM 1558(1.20%) <i>Aspergillus luchuensis</i> (0.70%)
		꽃감 껍지 (12-1월)	<i>Streptococcus pneumoniae</i> (0.68%) 기타 (3.47%)
Group 3	항양 반시	미성숙 생감 껍지 (8-9월)	<i>Penicillium italicum</i> (71.76%) <i>Bacillus amyloquelaciens</i> (10.12%) <i>Xanthomonas citri</i> (7.02%)
		성숙 생감 껍지(10-11월)	<i>Xenorhabdus cabanillasii</i> (5.80%) <i>Tremella mesenterica</i> DSM 1558(1.46%) <i>Streptococcus pneumoniae</i> (0.76%)
		꽃감 껍지 (12-1월)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> RI03(0.73%) 기타(2.35%)

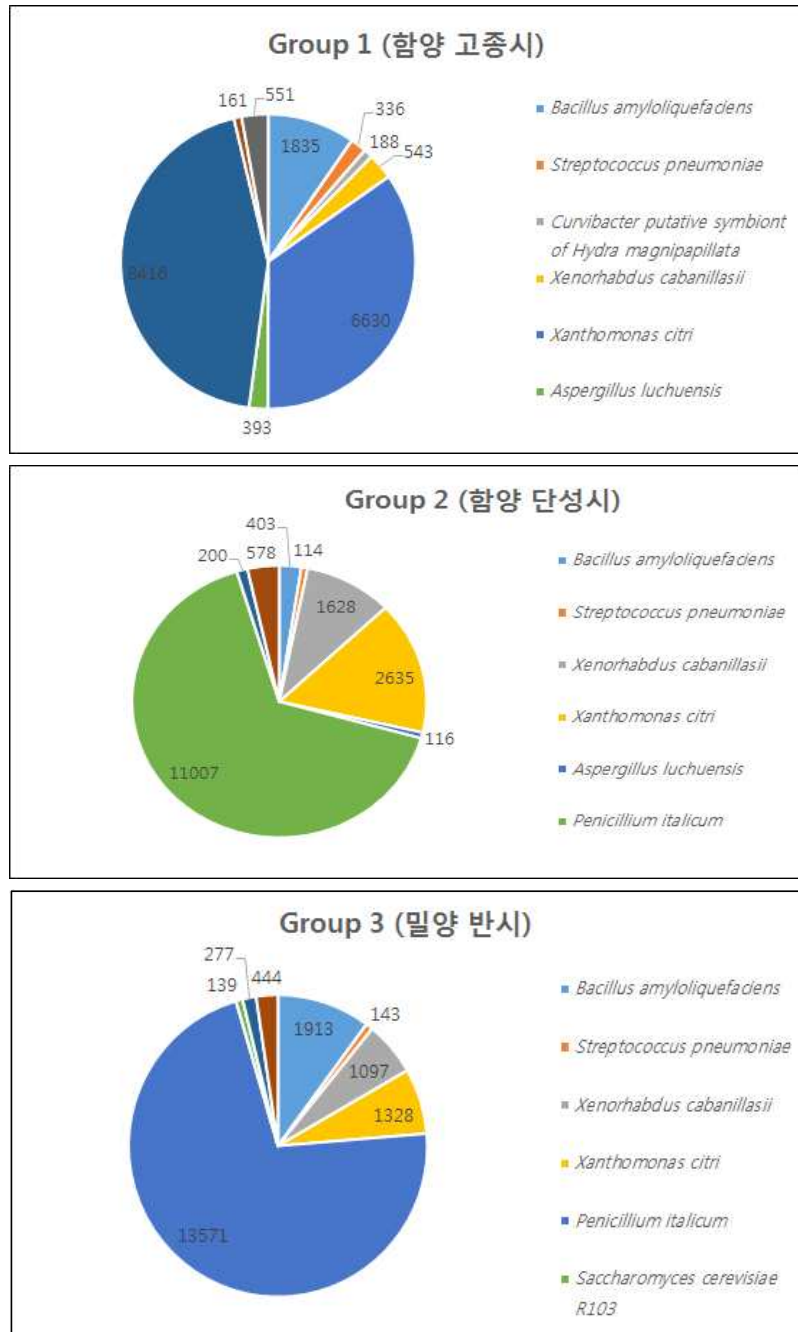


그림 15. Pyrosequencing을 통한 Group 1, 2, 3 pie chart
 Group 1 : 함양 고종시(미성숙, 성숙, 꽃감 꼭지), Group 2 : 함양 단성시(미성숙, 성숙, 꽃감 꼭지), Group 3 : 밀양 반시(미성숙, 성숙, 꽃감 꼭지)

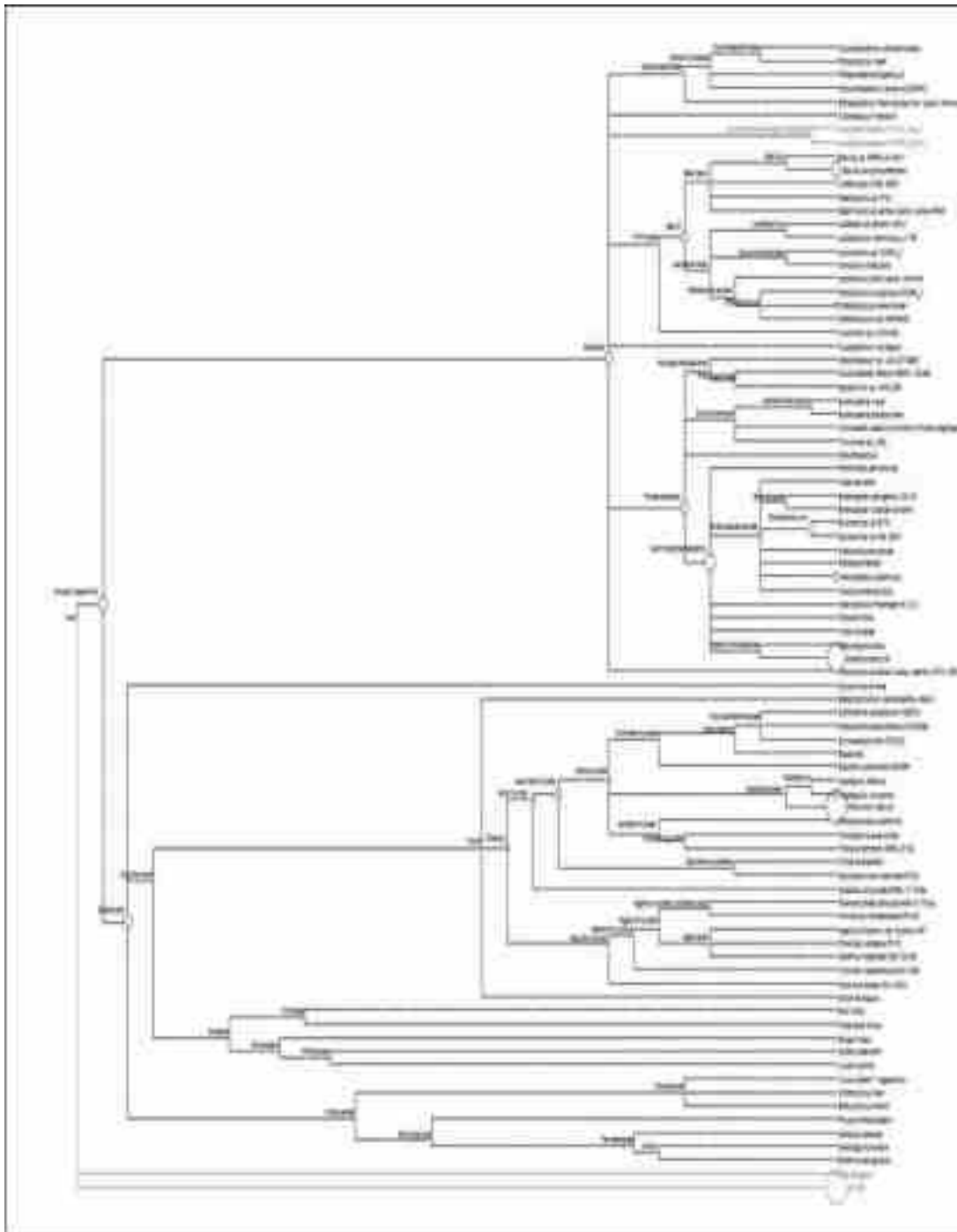


그림 16. Pyrosequencing을 통한 Group 1 Phylogenetic Tree
Group 1 : 함양 고종시(미성숙, 성숙, 꽃감 쪽지)

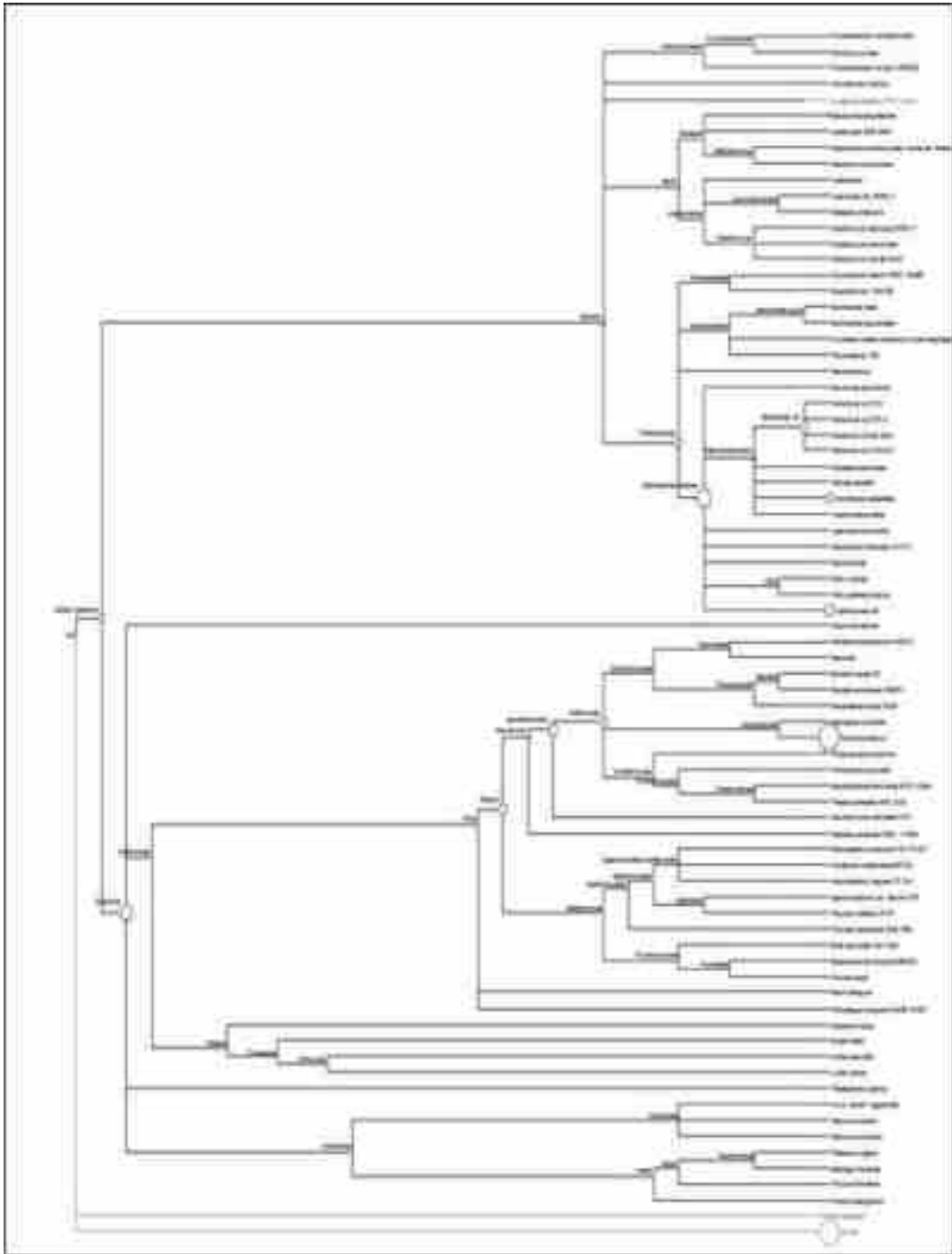


그림 17. Pyrosequencing을 통한 Group 2 Phylogenetic Tree
Group 2 : 함양 단성시(미성숙, 성숙, 꽃감 꼭지)

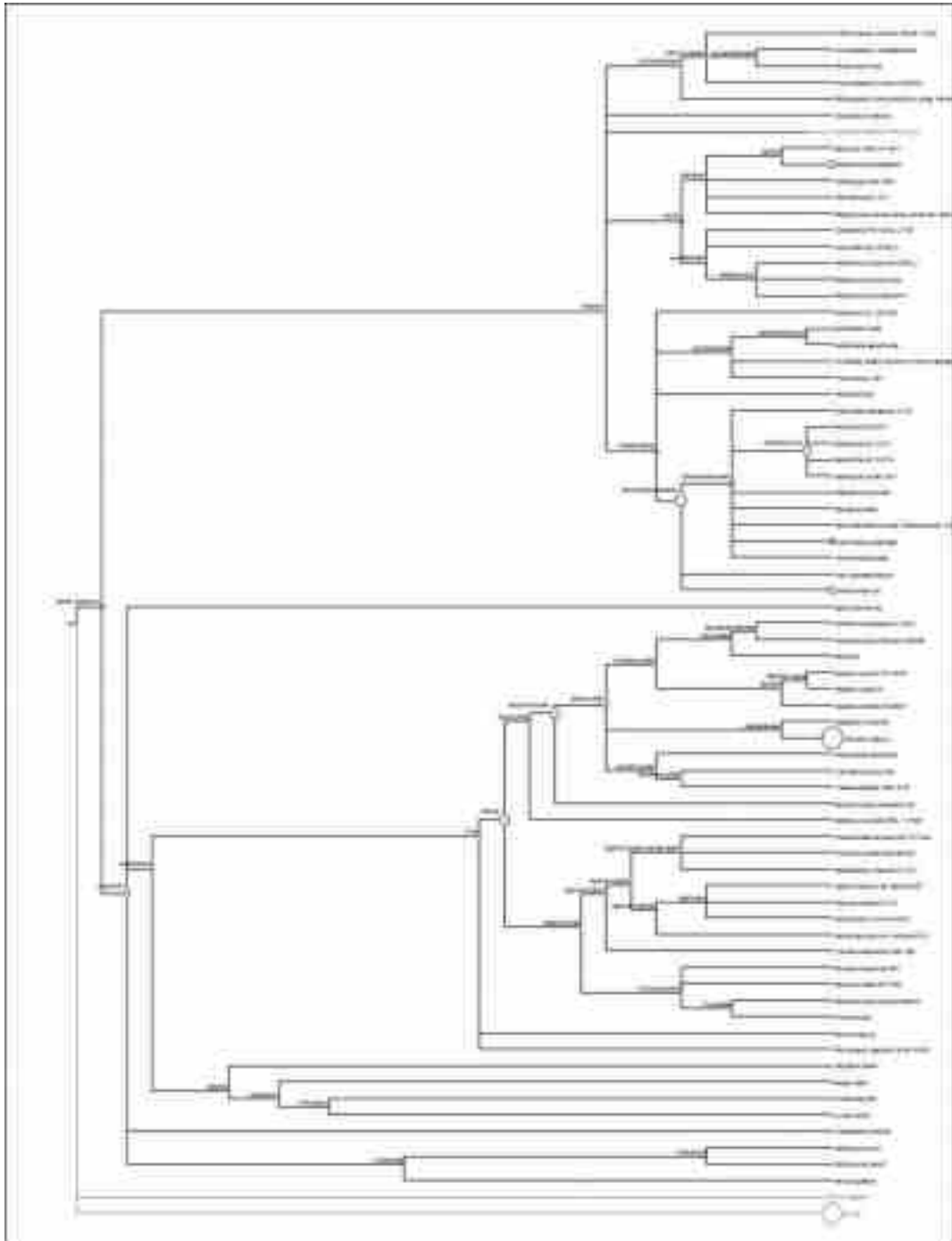


그림 18. Pyrosequencing을 통한 Group 3 Phylogenetic Tree
Group 3 : 밀양 반시(미성숙, 성숙, 꽃감 꼭지)

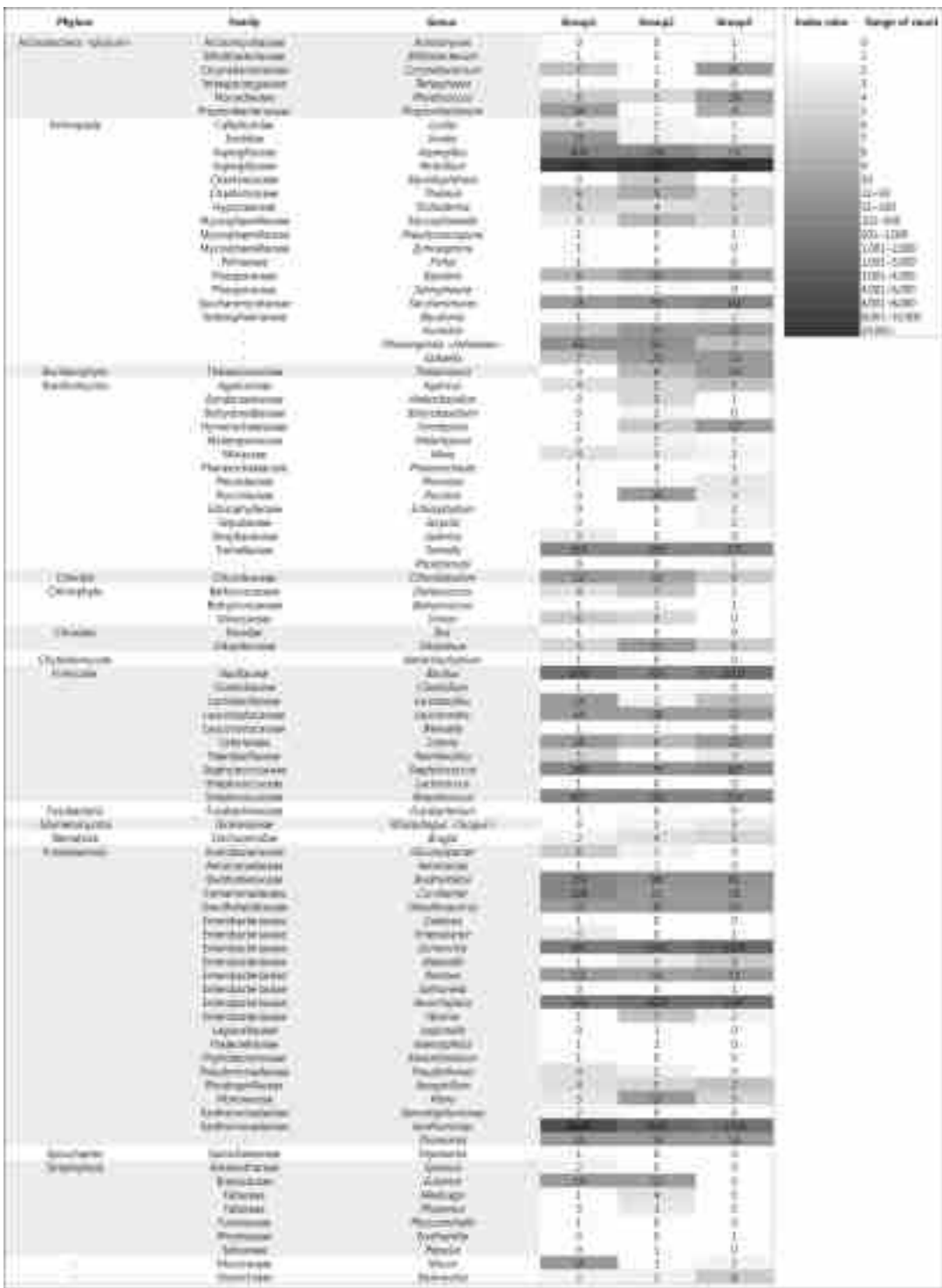


그림 19. Pyrosequencing 통한 Group 별 Taxoncount Hit map

4. 뽕은감 대상 품목의 유용물질 추출 및 함량분석

1) 뽕은감 대상 품목의 유용물질 추출 및 함량분석

9개 대상 시료는 70% EtOH 추출 후 동결건조 하였으며, 80% MeOH로 용해하여 HPLC로 유용물질 함량을 분석하였다 (표 5). 뽕은감의 2차대사산물 중 뽕은 맛을 내고 한의학적 효능에 관여하는 탄닌산 (tannic acid)을 중심으로 9개 대상 시료의 정량분석(HPLC)을 한 결과, 미성숙 생감꼭지1(함양 고종시)에서 높은 함량 (2.597 mg/g)을 가지며, 함양 단성시의 미성숙 생감꼭지에서는 2.350 mg/g, 밀양 반시의 미성숙 생감꼭지에서는 2.217 mg/g 순으로 높았다 (표 5). 미성숙, 성숙 생감과 꽃감의 꼭지는 시기에 따라 탄닌산 함량에 차이를 보일 수 있으며, 특히 3품종 비교 시 미성숙 생감 꼭지에서 꽃감으로 성숙될수록 탄닌산의 함량이 줄어드는 결과를 얻었으며, 계절에 따른 성숙정도에 의해서 탄닌산의 함량이 차이가 나는 것으로 사료된다. 또한 감꼭지 성숙 정도에 따른 tannic acid 함량은 미성숙 생감꼭지(밀양 수시, 밀양 고종시), 미성숙 생감 잎(밀양 반시), 성숙 생감꼭지(밀양수시, 밀양고종시), 성숙 생감 잎(밀양 반시) 총 6개 시료를 사용하여 분석하였다. 시료의 tannic acid 함량분석결과는 전반적으로 미성숙 생감꼭지에서의 tannic acid 함량이 성숙 생감꼭지, 꽃감꼭지, 잎에 비해서 높게 나타났으며, 꽃감으로 가공 건조되어 질수록 tannic acid의 함량은 줄어드는 것으로 나타났다. 특히, tannic acid 함량은 밀양 고종시 미성숙 생감꼭지에서에서 3.764 mg/g으로 가장 높게 나타났으며, 밀양 고종시 성숙 생감꼭지에서도 높게 나타났다. 이에 반해 밀양반시의 경우 tannic acid의 함량이 성숙의 시기를 지날수록 현저히 감소되었다. 꼭지와 잎의 미성숙, 성숙 시기별 tannic acid 함량은 밀양 고종시 3.764 mg/g가 밀양 수시 꼭지와 밀양 반시 잎에 비해서 2배 이상 높은 것으로 나타났다.

밀양지역 뽕은 감나무의 tannic acid 함량은 함양지역의 감꼭지에 비해 함량이 낮았다. 밀양지역의 수시와 고종시의 꼭지, 밀양반시의 잎의 tannic acid 함량은 잎이 꼭지보다 함량이 높았으며, 과수가 익으면서 tannic acid의 함량이 낮아지는 것을 확인하였다. 특히 밀양반시의 잎에서는 시간이 지날수록 tannic acid 함량이 1.479 mg/g에서 0.847 mg/g으로 약 2배가량 감소하는 것으로 나타났다. 이는 앞의 밀양 반시 꼭지의 함량분석에서와 같이 비슷한 양상을 보이는 것을 확인하였다. 또한 함양지역의 미성숙 꼭지는 밀양지역의 미성숙 꼭지에 비해서 높은 tannic acid

함량을 가지는 것을 확인하였다. 청도 반시, 사곡시, 경산 반시, 평핵무 4품종에 대한 감잎의 성장시기별 수용성 tannin 함량의 변화는 5월 중순과 6월 초에 최고함량을 나타낸 이후 7월 중순에는 증가하고, 그 후에 감소하는 경향을 나타냈으며, 감잎과 과실의 tannin 함량 변화는 비슷한 경향을 보인다.

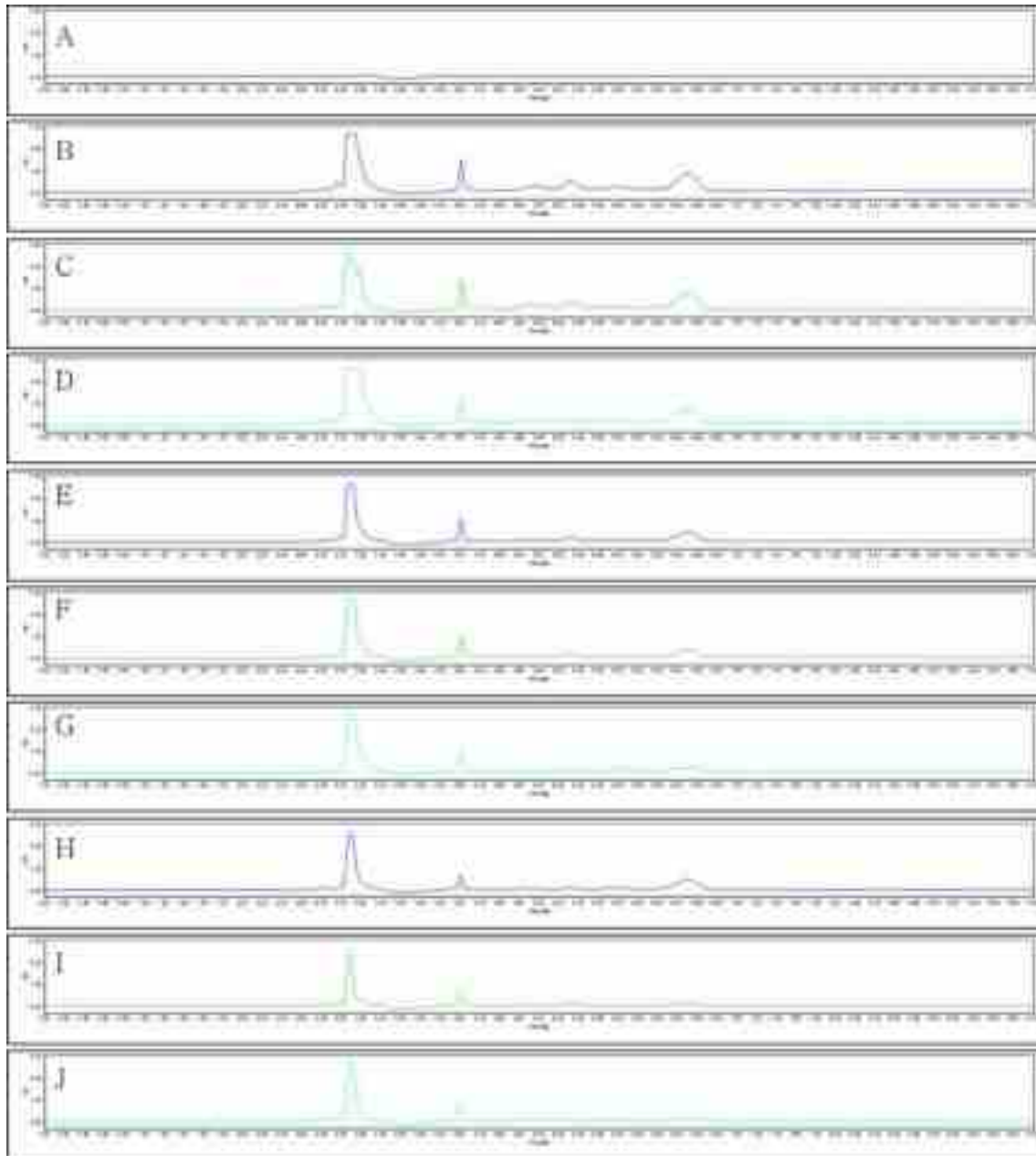


그림 20. 뽕은감 9개 대상 품목의 HPLC profiling

A: Tannic acid (TA) B: 함양 고종시 미성숙 생감꼭지 C: 함양 단성시 미성숙 생감꼭지 D: 밀양 반시 미성숙 생감꼭지 E: 함양 고종시 성숙 생감꼭지 F: 함양 단성시 성숙 생감꼭지 G: 밀양 반시 성숙 생감꼭지 H: 함양 고종시 꽃감꼭지 I: 함양 단성시 꽃감꼭지 J: 밀양 반시 꽃감꼭지

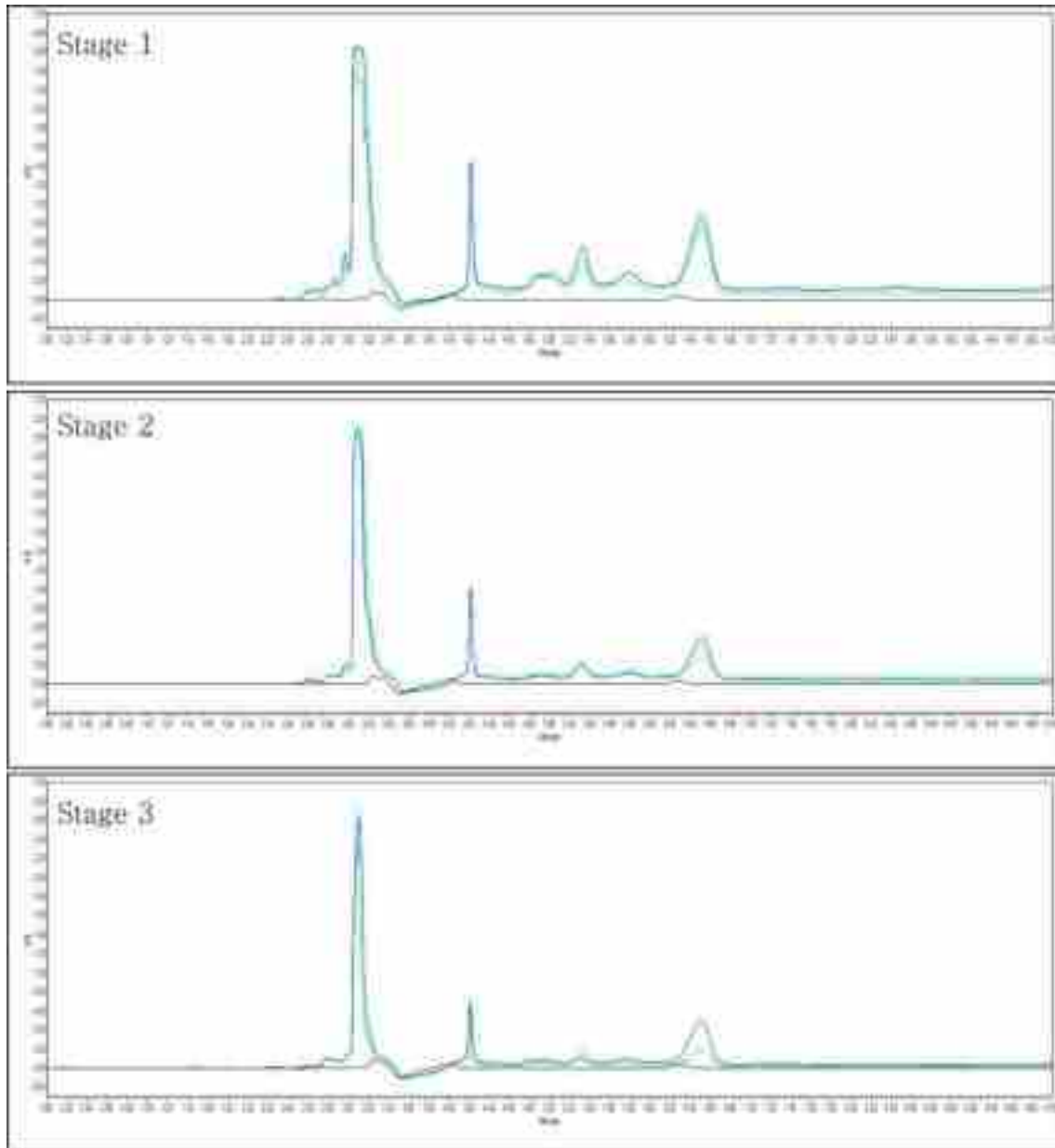


그림 21. 뽕은감 9개 대상 품목의 stage 별 HPLC profiling

Stage1 : 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시 미성숙 생감꼭지(8-9월),

Stage2 : 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시 성숙 생감꼭지(10-11월),

Stage3 : 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시 꽃감 꼭지(12-1월)

표 5. 뽕은감 9개 대상 품목의 HPLC 함량분석 결과 (탄닌산)

Sample	지역	상태	농도 (mg/ml)	UV (nm)	HPLC inject volume (μ l)	RT (min)	Area (nm)	Tannic acid 함량 (mg/g)	
1	함양 고종시	미성숙 생감 껍지	50	220	20	6.512	10391978	2.597 \pm 0.004	★
2	함양 고종시	성숙 생감 껍지	50	220	20	6.512	5833657	1.465 \pm 0.012	▲
3	함양 고종시	꽃감 껍지	50	220	20	6.511	6280748	1.576 \pm 0.009	▲
4	함양 단성시	미성숙 생감 껍지	50	220	20	6.515	9395102	2.350 \pm 0.010	★
5	함양 단성시	성숙 생감 껍지	50	220	20	6.512	4257122	1.074 \pm 0.003	▲
6	함양 단성시	꽃감 껍지	50	220	20	6.515	2327104	0.594 \pm 0.004	
7	밀양 반시	미성숙 생감 껍지	50	220	20	6.507	8858490	2.217 \pm 0.050	★
8	밀양 반시	성숙 생감 껍지	50	220	20	6.514	2410951	0.615 \pm 0.009	
9	밀양 반시	꽃감 껍지	50	220	20	6.519	1988960	0.510 \pm 0.002	

★: 2mg/g 이상, ▲: 1mg/g 이상

표 5-1. 밀양 지역 뽕은감 품종 및 부위별 HPLC 함량분석 결과 (탄닌산)

Season	밀양 수시 (감꼭지)		밀양 고종시 (감꼭지)		밀양 반시 (잎)	
	Average Contents of Tannic acid (mg/g)	RT (min)	Average Contents of Tannic acid (mg/g)	RT (min)	Average Contents of Tannic acid (mg/g)	RT (min)
Stage 1	1.747 \pm 0.020	6.516	3.764 \pm 0.018	6.516	1.479 \pm 0.005	6.519
Stage 2	1.867 \pm 0.006	6.394	2.097 \pm 0.006	6.515	0.847 \pm 0.004	6.515

Stage 1 : August - September (8-9 months), Stage 2 : October - November (10-11 months)

5. 뽕은감 대상 품목 추출물의 독성 평가

1) 대상 품목 추출물의 독성 평가

대상 품목 추출물의 독성 평가를 검정하기 위해 9개 연구시료를 CCK-8 assay로 독성 평가 검증실험을 하였다(표 6). 9개의 시료는 7개(1000, 500, 200, 100, 50, 10, 0 $\mu\text{g/ml}$)농도로 독성평가를 실시 하였다. 희석 용액은 20% DMSO/PBS용액을 사용하였으며, 면역세포 중 하나인 Raw 264.7 cell line을 통해 CCK-8 시약과 세포의 dehydrogenase에 의한 발색을 유도하여 흡광도를 측정하고, 대조군 대비 처리구의 독성을 알아본 결과 9개 시료 중 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시의 미성숙 생감 꼭지의 100, 50, 10 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서 독성이 없고, 특히 대조구에 비해서 이 특정 농도에서 세포 증식에 효과가 있는 것으로 나타났다. 농도가 높을수록 세포에 독성을 나타내는 것으로 나타났으며, 특히 미성숙에서 껍감으로 갈수록 세포독성이 나타나는데 이는 과실의 성숙에 따라 꼭지가 함유하고 있는 이차대사산물이 변하는 것으로 사료된다.

표 6. 뽕은감 9개 대상 품목의 70% EtOH 추출물 독성 평가 결과

No.	지역	Sample	농도($\mu\text{g/ml}$)						
			1000	500	200	100	50	10	0
1	함양고종시	미성숙 생감꼭지	68.09	38.90	37.37	133.51	149.61	126.66	100.00
2	함양단성시		58.27	34.83	63.43	117.81	132.79	101.06	100.00
3	밀양반시		64.38	40.02	40.32	113.05	124.80	104.51	100.00
4	함양고종시	성숙 생감꼭지	28.78	19.00	37.18	87.30	103.33	105.04	100.00
5	함양단성시		33.95	20.88	35.58	71.79	92.32	101.03	100.00
6	밀양반시		33.83	26.13	38.25	78.64	90.96	97.66	100.00
7	함양고종시	꽃감 꼭지	34.42	44.14	77.57	87.47	94.34	87.39	100.00
8	함양단성시		64.24	80.19	91.48	93.48	91.02	91.29	100.00
9	밀양반시		25.10	59.63	81.09	86.52	88.13	88.28	100.00

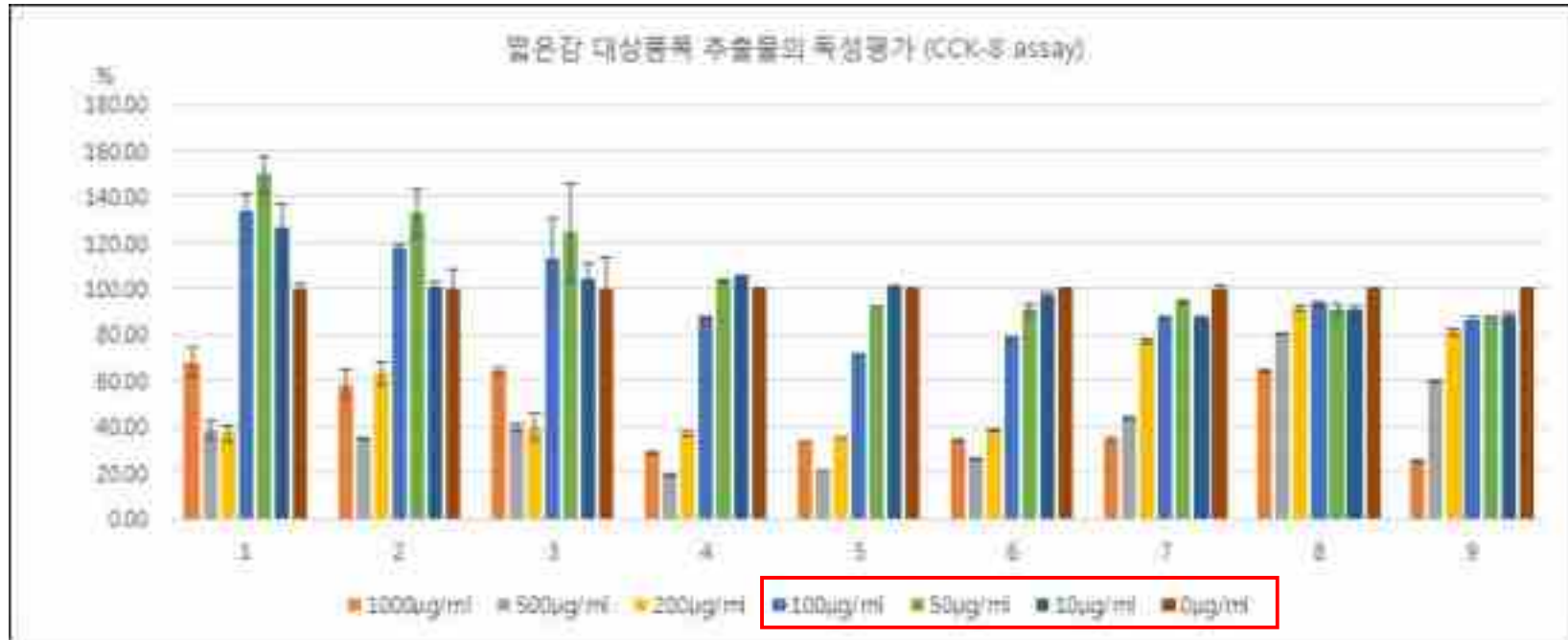


그림 22. 뽕은감 9개 대상 품목의 70% EtOH 추출물 독성 평가 결과

1. 함양 고종시 미성숙 생감꼭지 2. 함양 단성시 미성숙 생감꼭지 3. 밀양 반시 미성숙 생감꼭지 4. 함양 고종시 성숙 생감꼭지 5. 함양 단성시 성숙 생감꼭지 6. 밀양 반시 성숙 생감꼭지 7. 함양 고종시 꽃감 꼭지 8. 함양 단성시 꽃감 꼭지 9. 밀양 반시 꽃감 꼭지

6. 뽕은감 대상 품목 추출물의 항염증 효과 검증

1) 대상 품목 추출물의 항염증 효과 검증

대상 품목 추출물의 독성평가를 검정하기 위해 70% EtOH, 각 9개 연구시료를 항염증 테스트에 이용하였다. 시체(柿蒂) 한약재는 한의학적으로 딸꾹질을 멈추는 효능이 있어 항염증에 관여하는 기작을 검증하기 위해 Nitric Oxide(NO) Inhibition 테스트를 실시하였다 (표 7).

독성평가에서 9개 연구 시료를 0, 10, 20, 50, 100 $\mu\text{g/ml}$ 농도를 선정하여 NO assay를 실시하였다. 그 결과 대상 품목 9개 시료 중 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시의 미성숙 생감 꼭지가 50, 100 $\mu\text{g/ml}$ 농도의 처리구에서 대조구에 비하여 NO 생산을 저해하는 효과를 보였다. (그림 20, 그림 21).

함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시의 성숙 생감 꼭지와 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시의 꽃감 꼭지의 20, 50, 100 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서도 NO 생산을 저해 하는 효과를 보이지만, CCK-8 assay를 통한 독성 평가에서 세포 독성을 가지고 있기 때문에 세포 자체에 영향을 주어 NO 생산량이 줄어 든 것으로 사료된다.

시간이 지남에 따라 과실이 가지고 있는 이차대사산물의 변화가 있어나는데, 성숙 함에 따라 미성숙 생감꼭지의 뽕은맛을 내는 탄닌산 함량은 감소하며, 당의 함량이 증가하는데, 당의 함량이 세포의 삼투압에 영향을 미치는 것으로 사료되며, 이에 대한 추후의 실험이 필요할 것으로 사료된다.

NO 생산과 염증 질환은 비례하기 때문에 NO 생산을 저해 하면, 염증 발생을 저해할 수 있다고 사료되기 때문에 특정 뽕은감 추출의 유용물질이 항염증 효과를 가진다고 사료된다. 추후 NO 생산 메커니즘에 관여하는 유전자(iNOS, COX-2 등) 발현을 Real-time gPCR 정량검증을 통해 체계적으로 증명할 필요가 있다.

표 7. 뽕은감 9개 대상 품목의 70% EtOH 추출물 NO 생산량

No.	지역	Sample	NO 농도 (μM)					
			No LPS	LPS $1\mu\text{g/ml}$				
				0 μg	10 μg	20 μg	50 μg	100 μg
1	함양고종시	미성숙 생감꼭지	0.86	8.55	9.24	6.15	5.09	1.90
2	함양단성시		0.34	7.84	7.34	4.88	3.36	1.74
3	밀양반시		0.09	7.13	7.20	4.76	2.49	1.78
4	함양고종시	성숙 생감꼭지	0.26	7.59	7.72	6.18	6.59	3.26
5	함양단성시		0.22	8.57	9.01	6.95	7.18	4.03
6	밀양반시		0.13	7.99	8.49	6.11	5.36	2.05
7	함양고종시	꽃감 꼭지	0.22	8.13	7.95	5.47	5.43	2.78
8	함양단성시		0.20	8.84	7.74	6.13	7.90	7.09
9	밀양반시		0.32	8.72	8.20	6.18	7.65	4.65

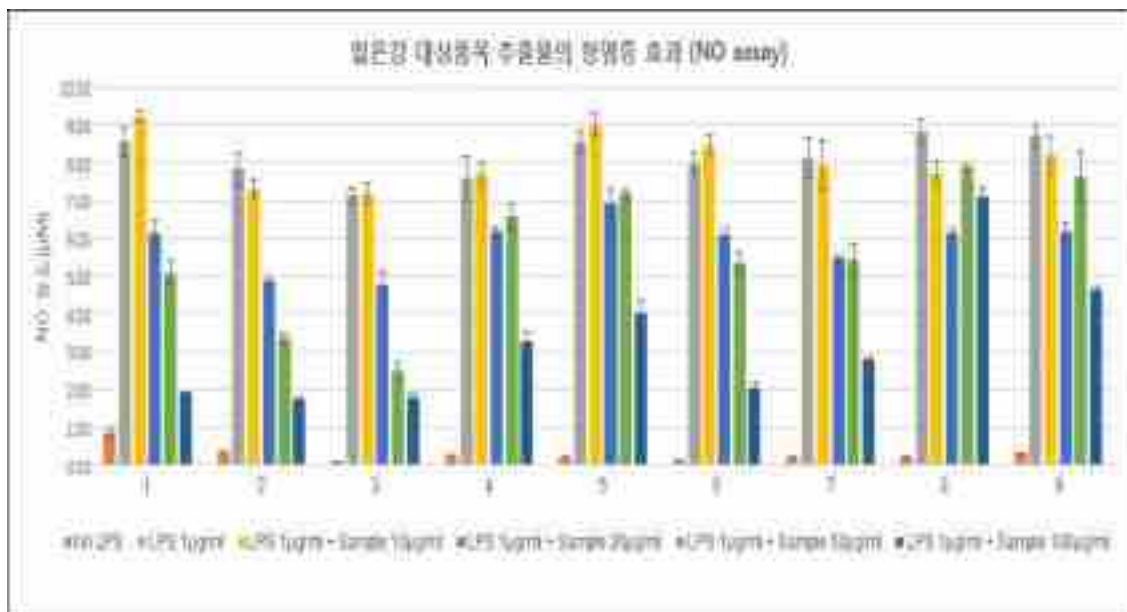


그림 23. 뽕은감 13개 대상 품목의 70% EtOH 추출물 NO 생산량

1. 함양 고종시 미성숙 생감꼭지
2. 함양 단성시 미성숙 생감꼭지
3. 밀양 반시 미성숙 생감꼭지
4. 함양 고종시 성숙 생감꼭지
5. 함양 단성시 성숙 생감꼭지
6. 밀양 반시 성숙 생감꼭지
7. 함양 고종시 꽃감 꼭지
8. 함양 단성시 꽃감 꼭지
9. 밀양 반시 꽃감 꼭지

IV. 적 요

본 연구에서는 지역별 특성에 따른 땃은감의 미생물 차이를 알아보고자 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시 3종류를 선별하였다. 각 시료의 미생물 동정을 실시하였고, HPLC를 이용하여 각 시료의 tannic acid의 함유량을 비교하였으며, 독성 검사인 CCK-8 assay 실험을 통해서 세포내 toxicity test를 시행하였다. 함양 고종시, 함양 단성시, 밀양 반시의 미성숙 생감꼭지에서 세포독성이 없었으며, 항영증에 효과가 있는 것으로 나타났다. 품종간 미생물의 분포, 수확 시기별, 저장 상태에 따른 차이점이 보였고, 미생물 동정에서는 미성숙 생감꼭지와 성숙 생감꼭지와 달리 곱감꼭지(함양 고종시, 함양 단성시, 밀양반시) 시료에서만 *Metschnikowia sp*가 공통으로 동정되었으며, 2015년의 연구와 비슷한 결과는 나타내었으나, 집단분리에서의 경우 미생물 동정시 *penicillium italicum*이 동정이 되면서 *Metschnikowia sp*가 동정되지 않았다. 본 연구 이후에 추가적으로, 땃은감의 홍시 및 곱감 생산 과정에서 버려질 수 있는 부산물 중에 하나인 감꼭지를 바탕으로 다양한 유용물질의 추출물을 이용하여 in vitro에서 수행한 연구여서 실험동물 및 pilot scale에서 연구가 필요할 것으로 사료된다. 추후에는 지역을 확대하여 품종별 sampling 개체수를 늘리고, 채취 시기에 따른 미생물 동정과 tannic acid 함량 분석도 실시할 예정이며 특히, 질환별 효능 test도 필요하다고 사료된다.

V. 참고문헌

1. Achiwa Y, Hibasmi H, Katsuzaki H, Iami K, Komiya T. 1997. Inhibitory effects of persimmon (*Diospyros kaki*) extract and related polyphenol compounds on growth of human lymphoid leukemic cells. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 1099-1101.
2. Ahn HS, Jeon TI, Lee JY, Hwang SG, Lim YH, Park DK. 2002. Antioxidative activity of persimmon and grape seed extract: *in vitro* and *in vivo*. *Nutr Res* 22: 1265-1273.
3. AOAC 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
4. Block G. 1993. Vitamin C, cancer and aging. *Age* 16: 55-58.
5. Cha JY, Kim SY, Jeong SJ, Cho YS. 1999. Effects of hesperetin and naringenin on lipid concentration in orotic acid treated mice. *Korean J Life Science* 9: 389-394.
6. Chang K., Kim G. 2008. Analysis of aroma components from *Zanthoxylum*. *Food Sci. Biotechnol.* 17:669-674.
7. Cho DH, Chon IJ, Kwon ST, Song YS, Chou YD. 2007. Genetic relationships of Korean astringent persimmon varieties using AFLP analysis. *J Korean Soc Hort Sci* 25: 114-118.
8. Choi JH, Lee EY, Kim GJ, Park IH, Kim JS, Choi GB, Jung SG, Ham YS. 2006. Physicochemical properties and physiological activities of Ulsan sweet persimmon peel · flesh according to cultivars. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49: 309-314.
9. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
10. Dushkin MI, Zykov AA, Pivovarov EN. 1993. The effects of natural polyphenol compounds on the oxidative modification of low-density lipoprotein. *Bull Eksp Bio Med* 116: 393-395.

11. Feskanich D, Ziegler RG, Michaud DS, Giovannucci EL, Speizer FE, Willett WC, Colditz GA. 2000. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *J Natl Cancer Inst* 92: 1812-1823.
12. Fujiki H, Suganuma M, Okabe S, Komori A, Sueoka E, Sueoka N, Kozu T, Sakai Y. 1996. Japanese green tea as a cancer preventive in humans. *Nutr Rev* 54: S67-70.
13. George AP, Redpath S. 2008. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. *Adv Hort Sci* 22: 244-249.
14. George AP, Redpath S. 2008. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. *Adv Hort Sci* 22: 244-249.
15. Gorinstein S, Kulasek GW, Bartnikowska E, Leontowicz M, Zemser M, Morwicz M, Trakhtenberg S. 2000. The effects of diets, supplemented with either whole persimmon or phenol-free persimmon, on rat fed cholesterol. *Food Chem* 70: 303-308.
16. Gorinstein S, Kulasek GW, Bartnikowska E, Leontowicz M, Zemser M, Morwicz M, Trakhtenberg S. 2000. The effects of diets, supplemented with either whole persimmon or phenol-free persimmon, on rat fed cholesterol. *Food Chem* 70: 303-308.
17. Hajar II, Kim WC, Abdalbasit AM, Maznah I. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chem* 119: 643-647.
18. Hong JH, Kim HJ, Choi YH, Lee IS. 2008. Physiological activities of dried persimmon, fresh persimmon and persimmon leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 957-964.
19. Hong JH, Kim HJ, Choi YH, Lee IS. 2008. Physiological activities of dried persimmon, fresh persimmon and persimmon leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 957-964.
20. Jang IC, Jo EK, Bae MS, Lee HJ, Jeon GI, Park E, Yuk HG, Ahn GH, Lee SC. 2010. Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of

- persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) fruit. *J Med Plants Res* (in press).
21. Jew SS, Bae ON, Chung JH. 2003. Anti-inflammatory effects of asiaticoside on inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in RAW 264.7 cell line. *J Toxicol Pub Health* 19: 33-37.
 22. Kim EO, Lee HJ, Cho CH, Kim YJ, Kim DO. 2011. Antioxidant capacity and anti-inflammatory effect of the ethyl acetate fraction of dried persimmon (*Diospyros kaki* Thumb.) on THP-1 human acute monocytic leukemia cell line. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem* 54(4):606-611.
 23. Kim ES, Kim MK. 1999. Effect of dried leaf powders and ethanol extracts of persimmon, green tea and pine needle on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutr* 32: 337-352.
 24. Kim ES, Kim MK. 1999. Effect of dried leaf powders and ethanol extracts of persimmon, green tea and pine needle on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutr* 32: 337-352.
 25. Kim SG, Lee YC, Suh KG, Choi HS. 2001. Acetaldehyde dehydrogenase activator from persimmon and its processed food. *Korean J Food Sci Technol* 30: 954-958.
 26. Kim YR, Choi SH, Kim KM. 1994. Anti-allergic and anti-inflammatory actions of *Cimicifuga heracleifolia* partial purification of active compounds. *J Appl Pharmacol* 2: 149-154.
 27. Kimura Y, Okuda H, Okuda T, Hatano T, Agata I, Arichi S. 1984. Studies on the activities of tannins and related compounds: V. Inhibitory effects on lipid peroxidation in mitochondria and microsomes of liver. *Planta Med* 50: 473-477.
 28. Kimura Y, Okuda H, Okuda T, Hatano T, Agata I, Arichi S. 1984. Studies on the activities of tannins and related compounds: V. Inhibitory effects on lipid peroxidation in mitochondria and microsomes of liver. *Planta Med* 50: 473-477.
 29. Lee HH, Lee SY, Park Y, Seob SW, Jang ES, Ryu MJ, Yoo JS. 2007. Cytotoxic and antioxidant effects of the methanol extract of persimmon (*Diospyros*

- kaki) leaf G.) roots. *J Korean Med Sci*, 287-287.
30. Lee YC, Sa YS, Jeong CS, Suh KG, Choi HS. 2001. Anticoagulating activity of persimmon and its processed food. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 4: 25-29.
31. Lim TK. 2011. Edible medicinal and non-medicinal plants. Springer. 428-443.
32. Ma J, Liu XY, Noh KH, Kim MJ, Song YS. 2007. Protective effects of persimmon leaf and fruit extracts against acute ethanol-induced hepatotoxicity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 12: 202-208.
33. Ma J, Liu XY, Noh KH, Kim MJ, Song YS. 2007. Protective effects of persimmon leaf and fruit extracts against acute ethanol-induced hepatotoxicity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 12: 202-208.
34. Matosuo T, Ito S. 1978. The chemical structure of kakitannin from immature fruit of the persimmon (*Diospyros kaki* L.). *Agric Biol Chem* 42: 1637-1643.
35. Michel D., Virginie R., Philippe M., Sophie F., Thomas L., Vincent H., Corinne R, Edouard M. 2015. Profiling the succession of bacterial communities throughout the life stages of a higher termite nasutitermes arborum(termitidae, nasutitermitinae) using 16SrRNA gene pyrosequencing. *PLoS ONE* 10(10):e0140014. doi:10.1371/journal.pone.0140014.
36. Moon SH, Kim KH, Park KY. 1996. Antitumor effect of persimmon leaves *in vivo* using sarcoma-180 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 865-870.
37. Moon SH, Kim KH, Park KY. 1996. Antitumor effect of persimmon leaves *in vivo* using sarcoma-180 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 865-870.
38. Moon SH, Park KY. 1995. Antimutagenic effects of boiled water extract and tannin from persimmon leaves. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 880-886.
39. Mutsuo T, Itoo S, Ben-Arie R. 1991. A model experiment for elucidating the mechanism of astringency removal in persimmon fruit using respiration inhibitors. *J Jpn Soc Hort Sci* 60: 437-442.
40. Otto JC, Smith WL. 1994. The orientation of prostaglandin endoperoxide synthases-1 and -2 in the endoplasmic reticulum. *J Biol Chem* 269: 19868-19875.
41. Qanungo S, Das M, Haldar S, Basu A. 2005. Epigallocatechin-3-gallate

- induces mitochondrial membrane depolarization and caspase-dependent apoptosis in pancreatic cancer cell. *Carcinogenesis* 26: 958-967.
42. Qanungo S, Das M, Haldar S, Basu A. 2005. Epigallocatechin-3-gallate induces mitochondrial membrane depolarization and caspase-dependent apoptosis in pancreatic cancer cell. *Carcinogenesis* 26: 958-967.
43. Reddy CM, Bhat VB, Kiranmai G, Reddy MN, Reddanna P, Madyastha KM. 2000. Selective inhibition of cyclooxygenase-2 by C-phycocyanin, a biliprotein from *Spirulina platensis*. *Biochem Biophys Res Commun* 277: 599-603.
44. Rodríguez-Ruano SM, Martín-Vivaldi M, Martín-Platero AM, López-López JP, Peralta-Sánchez JM, Ruiz-Rodríguez M. 2015. The hoopoe's uropygial gland hosts a bacterial community influenced by the living conditions of the bird. *PLoS ONE* 10(10): e0139734. doi:10.1371/ journal.pone. 0139734.
45. Sekiya K, Okuda H, Arichi S. 1982. Selective inhibition of platelet lipoygenase by esculetin. *Biochim Biophys Acta* 713: 68-72.
46. Seo JH, Jeong YJ, Kim KS. 2000. Physiological characteristics of tannins isolated from astringent persimmon fruits. *Korean J Food Sci Technol* 32: 212-217.
47. Seog HM, Seo MS, Kim HM, Ahn MS, Lee YT. 2002. Antioxidative activity of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 889-892.
48. Umekawa H, Takada Y, Furuichi Y, Takahashi T, Achiwa Y, Komiya T, Yoshida S. 1999. Inhibition of eukaryotic DNA polymerase α by persimmon extract and related polyphenols. *Biochem Mol Biol Int* 47: 795-801.
49. Umekawa H, Takada Y, Furuichi Y, Takahashi T, Achiwa Y, Komiya T, Yoshida S. 1999. Inhibition of eukaryotic DNA polymerase α by persimmon extract and related polyphenols. *Biochem Mol Biol Int* 47: 795-801.
50. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. 2007. Free radicals and antioxidant in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* 39: 44-84.
51. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. 2007. Free

- radicals and antioxidant in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* 39: 44-84.
52. Yonemori K, Matsushima J. 1983. Differences in tannins of non-astringent and astringent type fruits of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). *J Japan Soc Hort Sci* 52: 135-144.
 53. 경상북도 농업정보 DB (작목기술정보)
http://db.gba.go.kr/sub02/sub01_view.php?info_no=346&kind_code=17
 54. 김정연, 황수정, 은종방. 2011. 단감 분말을 첨가하여 제조한 고추장의 미생물학적 특성 및 관능적 특성. *한국응용생명화학회*. 54(4):303-308.
 55. 김정인, 이남근, 함영태. 2007. 야생 효모의 분리 · 동정 및 이를 이용한 포도주 제조. *미생물학회지*. 43(3):217-221.
 56. 김종국, 강우원, 오상룡, 김준한, 한진희, 문혜경, 최중욱. 2004. 전국 유명산지별 전통곶감의 품질특성 비교. *한국식품영양과학회지*. 33(1):140-145.
 57. 김태균, 조재환. 2001. 전통 곶감의 수출시장 소비자 선호분석. *한국유통학회 학술대회 발표논문집*. 35-53.
 58. 김희정, 박태순, 정미송, 손준호. 2011. 청도 반시의 과육과 감꼭지(시체: 柿滯)의 항산화 및 항염증 활성 연구. *한국응용생명화학회*. 54(2):71-78.
 59. 노영균, 장성호, 박석희, 변효숙, 성전중. 1999. 뽕은감의유통특성분석. *농산물저장유통학회지*. 6(2):184-187.
 60. 박영하, 우리나라 나무이야기, 282쪽, 2004년 이비컴
 62. 변린린, 유수연, 박정진, 양수진, 정현정. 2015. 뽕은감의 재배지역과 품종에 따른 영양성분 특성. *한국식품영양과학회지*. 44(3):379-385.
 63. 사유선, 김경아, 최혜선. 2003. 감꼭지로부터 혈액응고저해물질의 정제와 특성. *한국식품영양과학회지*. 32(8):1323-1327.
 64. 신승렬. 2011. 건시제조시 부산물(감 과피)를 이용한 기능성 소재 개발. *한국산업기술평가관리원 (중기청)*.
 65. 오상룡. 곶감의 고품질화 기술개발. 2002. *한국식품저장유통학회 학술발표논문집*. 2002권:41-47.
 66. 이영철, 사유선, 정춘수, 서광기, 최혜선. 2001. 감과 가공식품의 항응고물질활성. *한국식품영양과학회지*. 30(5):949-953.

67. 임지순, 이명희. 2007. 월하시 생감 및 꽃감의 이화학적 성분 분석. 한국식품저장유통학회지. 14(6):611-616.
68. 정창호, 곽지현, 김지혜, 최귀남, 정희록, 김대옥, 허호진. 2010. 숙성 중 대봉감의 영양성분 변화. 한국식품저장유통학회지. 17(4):526-532.
69. 조영홍, 박지원, 이정민, 안광환, 박해룡, 이승철. 2010. 장성 대봉감의 부위별 메탄올 추출물의 항산화 활성 및 항암 활성. 한국식품영양과학회지 39(4): 500-505.
70. 차배천. 2014. 감꼭지의 항산화 활성 성분. 생약학회지. 45(1);35-40.
71. 차환수. 1999. 뽕은감의활용도증진연구. 한국식품개발연구원.
72. 홍정희, 김현정, 최용화, 이인선. 2008. 꽃감, 생감 및 감잎 추출물의 생리활성 효과. 한국식품영양과학회지. 37(8):957-964.
73. 황주영, 박태순, 손준호. 2013. 감꼭지 추출물과 분획물의 미백효과. 생명과학회지. 20(3):383-388.
74. DP VII, 조선민주주의인민공화국 약전 제7판, 2011. (북한)
75. hP 2010, 중화인민공화국약전 2010년판, 2010. 증보1, 2012. 증보2, 2013. (중국)
76. JP XVI, 일본약국방 제16개정, 2011. 후보1, 2012. 후보2, 2014. (일본)
77. KHP IV, 대한민국약전외한약(생약)규격집 제4개정, 2012. 후보1, 2013. (한국)
78. KP 11, 대한민국약전 제11개정, 2014. (한국)
79. Non-JPS 2012, 일본약국방외생약규격 2012, 2012. (일본)
80. THP II, 대만중약전 제2판, 2013. (대만)

산림부산물(톱, 소나무톱밥)을 활용한 배양토 개발에 관한 연구

- 그로우 백(Grow bag)을 이용한 산약초 생육상황 연구 -

시험기간 : 2015 ~ 2017년(3년, 2년차)

담당자 : 유찬열, 최동성, 오성윤, 정한록

I. 서론

본 연구는 조림지 및 조경수종에서 덩굴류 제거대상인 톱과 산림병해충으로 고사된 소나무 등 산림자원을 재활용하여 순환산림의 육립, 자연 영양원을 이용한 우수 묘목의 대량생산, 수입 원자재의 대체, 기존 상토의 문제점인 이끼, 잡초, 곰팡이 발생저감 등의 기능을 수행하는 맞춤형 기능성 배양토의 개발에 따른 후속과제로 진행되고 있는 2년차 연구로서 구근류 재배에 강점을 보이는 부분을 확대하여 그로우 백(Grow bag)을 활용한 산약초 재배에 대한 시험연구이다. 장미목 콩과의 다년생 덩굴식물인 톱은 주위에 있는 다른 나무를 감아서 타고 올라가는 생육특성으로 인해 광합성을 방해하고 생장을 억제하여 서서히 고사시키며, 지상부와 지하부의 번식력은 매우 강하여 피해면적은 해마다 늘고 있어 지속적인 환경문제가 되고 있다(Pyon *et al.*, 2005). 2008년 기준으로 덩굴류(톱, 노박덩굴, 다래, 등나무 등) 제거대상 면적은 약 11만 ha(국유림 5천 ha, 사유림 10만 5천 ha)이며, 톱 제거를 위해 2009년 약 130억원(30ha)의 예산이 소요되었고, 이로 인한 경제적 손실은 매년 증가하고 있는 실정이다. 또한 소나무는 산림병해충으로 인해 피해확산과 고사목의 경관 저해에 따라 소나무를 제거함에 따른 2차적인 고사목에 대한 처리가 현실적인 문제가 되고 있다(전권석, 2011). 2014년 산림청 통계자료에서 소나무 재선충피해 면적은 9,644ha, 솔잎혹파리 56ha, 솔껍질깍지벌레 7.4ha로 전체 피해규모는 9,707ha로 매년 증가추세에 있어 이

에 대한 처리방안이 요구된다. 본 연구의 1차년도에 경우 덩굴류 제거대상인 칩과 산림병해충으로 고사된 소나무 등 산림자원을 재활용하여 순환산림의 육림, 자연 영양원을 이용한 우수 묘목의 대량생산, 수입 원자재의 대체, 기존 상토의 문제점인 이끼, 잡초, 굽벙이 발생저감 등의 기능을 수행하는 맞춤형 기능성 배양토의 개발에 초점을 두어, 편백을 공시수종으로 하여 종자 파종 및 1-1년차 유묘를 대상으로 연구를 진행하였고, 그 결과 일반 상토에 비해 개발한 배양토의 경우 뿌리 부분의 생육이 우수한 것을 알 수 있었다. 이를 기반으로 하여 뿌리작물 특히 산약초 중에서 구근류 부분을 특화하여 노지 재배와 개발한 배양토를 활용한 그로우 백(Grow bag) 재배와 비교를 위한 2차년도 연구를 기획 설계하였다. 산약초 재배에서는 첫째 토(土), 둘째 묘(苗), 셋째 기(技) 라는 말이 있듯이 약초 재배를 위하여는 환경요인으로서의 토양을 비롯하여, 유전적으로 우수한 기질을 가진 묘목도 중요하고, 그 다음으로는 재배자의 기술(유기물 관리 등)이 산약초 재배에 있어서 가장 중요하다. 토양은 고상, 액상, 기상 3상에 의하여 식물의 생장과 유기적으로 연결되어 있다. 그러므로 식물의 생태 특성에 따라 지역에 따라 선호하는 토양을 선정하여 활용하여야 한다. 예를 들면, 사질토의 경우 감초, 우방자, 향부자 등이 좋고, 사질양토에는 인삼, 홍화, 지모, 결명자, 방풍, 디기탈리스 등이 좋으며, 양토에는 당귀, 박하, 구기자, 현삼, 백지, 천궁, 패모, 지황 등이 좋다. 또한 식양토에는 황촉규, 토목향 등이 좋으며, 식토에는 택사 등이 생육에 좋다. 토양 유기물의 경우 유기물이 많으면 양호한 토양이라 생각할 수 있지만 유기물 양이 많다고 하여 항상 좋은 토양은 아니다. 적당하게 알맞게 있어야 좋은 토양이라 할 수 있다. 토양 중의 미생물도 세균, 진균, 원생동물, 선충 등 다양하게 있는데 이로운 것도 있고 해로운 것도 있다. 따라서 작물 재배시에 적절한 미생물 관리도 중요하다. 아울러 수소와 산소로 이루어지며 약용식물의 80~90%를 차지하는 것은 수분이므로 토양 수분도 중요하다. 물은 다른 액체에 비하여 비열, 잠열, 표면장력이 현저히 크나 점도는 비교적 낮다. 토양 수분은 강우, 관수, 지하수위, 온도 등과 직접적인 관계가 있고, 토양 속에 존재하는 수분은 결합수, 흡습수, 중력수 등이 있으나 주로 모관수를 이용하고 있다. 모관수는 식물이 주로 이용하는 수분으로서 표면 장력에 의하여 토양 공극 내에서 동력에 저항하여 유지되는 수분이며 모관 현상에 의해서 지하수가 모관 공극을 상승하여 공급된다. 특히 토양 산도(pH)는 식물의 생육 환경에서 중요하다. 식물 생육에 적합한 산도는 일반적으로 pH 5.5 ~

7.0으로 작물의 상황에 따라 조금씩 다르다. 육계, 인삼, 서양삼, 정향, 반대해, 황련 등은 산성 토양에 적합하고, 감초, 구기자 등은 알칼리성에 적합하다. 그 이외의 대부분의 약용식물은 중성 토양 즉 pH 7.0 정도가 적당하며 생육에도 좋다. 이러한 여러 토양 조건을 만족시키는 최적의 토양은 인공적으로 맞추지 않고는 최적지 선정이 쉽지 않다. 외부 조건이 최적지라는 판단이 들어도 실제 재배 적지인지 여부도 실상은 어렵다. 그래서 노지 재배는 최적지 선정에 신중을 기하여야 한다. 물론 산약초의 성격상 약효 성분이 충분하고, 약리작용을 원활히 하는 산약초 재배를 위하여는 통풍 잘 되며 자연의 부식토로 이루어진 관수가 용이한 곳이 좋겠지만, 그런 곳을 대규모화 단지를 구성하여 약초 작물 재배 하기는 쉽지 않다. 이러한 점을 보완 또는 대체하기 위한 방법 중의 하나가 그로우 백(Grow bag) 재배라고 생각된다. 우선 토양에서 이루어지는 각종 전염성 병원균을 차단할 수 있고, 점적관수시설 등을 활용하여 관수시설의 편의성, 적정량의 비배관리, 기능성 작물 재배 등 장점이 많다. 또한 이동이 간편하여 설치의 편리성이 있으며, 노지재배의 경우 논 또는 밭의 잡초 제거에 많은 인력이 들어가지만 이러한 그로우 백 재배는 멀칭을 하기 때문에 제초 문제가 없어 인력 활용에 유리하다. 한편 개발한 배양토의 경우 편백 묘목으로 실험한 결과 뿌리 성장에 유리하다는 것을 알게 되었으며 이를 바탕으로 구근류 재배를 위한 발판을 마련하였다. 즉 요즈음 시대적 흐름인 항노화 산업의 기반이 되는 산약초 재배에 초점을 두었으며 1차년도 시험연구 결과에서도 뿌리부분의 생육상황이 좋은 것으로 나타나, 2년차의 경우 산약초 중에서 뿌리 작물 즉 구근류를 노지재배와 그로우 백(Grow bag) 재배 비교를 위한 응용사례로 적용하고자 추진하였다.

II. 재료 및 방법

1. 예비시험 및 시험포지 조성

우선 2015년 1년차 배양토 개발 시험연구 중에 미리 예비시험으로 그로우 백 재배를 일부분만 실시하였는데 그림처럼 생육 및 수확량이 일반 노지재배에 비하여 매우 우수한 것을 확인할 수 있었다.



사진 1. 그로우 백(Grow bag) 활용 예비시험 모습

이를 바탕으로 경남산림환경연구원 시험포지에 2016년 2월부터 9월까지 대규모 그로우 백 재배를 위한 포지를 조성하였다. 일반 포지를 평평하게 정리작업을 하였고 이후 부직포로 멀칭 하였으며 PVC 파이프 등을 활용하여 점적관수시설을 설치하였다. 이러한 현장에서의 시험포지 조성 작업 전에 미리 온실에서는 산약초 재배 시험을 위한 모종을 준비하였다. 즉 관련 산약초 수종의 파종 및 모종을 준비하였다. 시험포지를 조성한 이후 개발한 배양토 및 소나무재선충병 감염목 등을 활용하여 그로우 백 재배를 위한 모종 식재를 완료하였다. 상호 비교 시험을 위하여 노지 재배도 같이 진행하였다. 그림에서 보는 것은 2016년 9월의 산약초 재배기술 시험 연구 중인 모습으로서, 향후 생육상황 조사가 마무리 되는 시점 이후부터는 노지 재배와 그로우 백 재배와의 약리 시험도 비교하여 노지재배와 어떠한 차이가 있는지 등에 대하여 시험연구도 추진할 예정이다.

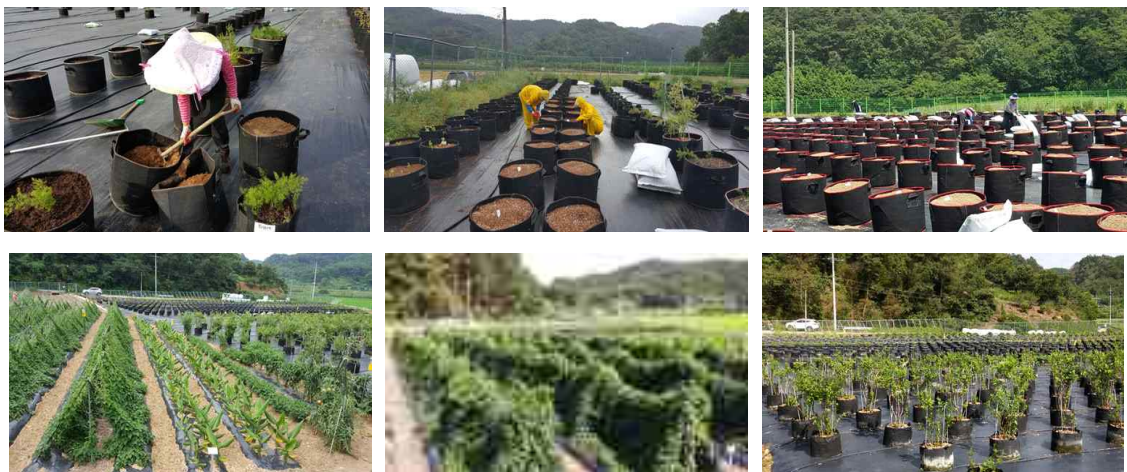


사진 2. 시험포지 조성 및 그로우 백(Grow bag) 활용 산약초(구근류) 재배 모습

2. 공시재료 선정

산림부산물을 활용한 배양토 개발에 관한 연구 중 산약초 재배 방법에 관한 연구로서 본 연구는 2년차의 경우로 공시재료로는 산약초 중에서 뿌리 작물 즉 구근류를 선정하였다. 특히 구근류 중에서 뿌리의 생태적인 특성 즉 심근성이 뛰어난 수종을 선택하였으며, 그 중에서도 특히 천문동, 지황, 하수오, 백하수오 등을 선정하여 진행하였다. 다만 산약초 재배 연구의 경우 생육 기간이 1년도 되지 않아 전체적인 산약초 수종에 대한 결과 도출은 쉽지 않은 상황이라서, 대규모로 식재한 특정한 수종 1품종(천문동)에 대한 것만 생육상황 데이터를 도출하였다. 이 또한 초장과 엽장에 대하여만 측정된 것으로서 이후 지속적인 연구를 추진하여 2년, 3년이 지난 시점에는 더욱 명확한 비교가 가능한 생중량 및 약리 성분 비교 등 유의미한 수치가 도출되리라 생각된다.



사진 3. 시험포지 내 천문동 식재 모습

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 천문동 초장 비교

산약초 재배시험연구를 위하여 올해 초 2월부터 온실에서 천문동 종자 파종을 실시하여 현장에 식재하기 위하여 준비하였다. 지속적인 관수 작업 후 발아한 천문동 유묘를 3월부터 시험연구포지를 조성한 곳에 식재하였다. 노지재배는 일반 흙에 식재하였고, 다른 형태로 노지재배는 산림부산물을 활용하여 개발한 배양토를 깔아 식재하여 상호 비교를 위한 준비를 하였다. 또한 그로우 백에도 식재를 하여 상호간의 생육상황 조사를 위하여 진행하였다. 식재한 이후 약 1개월이 지난 시점에 초

장과 엽장의 생육을 무작위로 선정하여 조사하였다. 최초 조사는 4월 6일에 실시하였고 이후 초장의 길이 변동이 거의 없는 5월 19일 까지 무작위로 3반복 조사하였으며 그 평균 값을 정리한 결과는 아래 표 1 및 그림 1과 같다.

노지(배양토) 재배의 경우 초장은 최초 8.3cm 에서 최종 10.2cm 까지 자라는 것을 알 수 있었다. 일반적인 노지 재배의 경우는 초기 생육이 4.9cm에서 최종 10.2cm 까지 나타났으며 초기 생육 상황이 좋지 않은 것을 알 수 있었다. 그로우백 재배의 경우는 최초 6.2cm 에서 최종 11.8cm 까지 생육 상황을 보였으며 전체적으로 초기 및 최종의 초장 생육에서 가장 좋은 수치를 보였다.

표 1. 천문동 초장 상호 비교표

	천문동 초장(cm)				
	4월 6일	4월 13일	4월 20일	4월 27일	5월 19일
노지(배양토) 재배	8.3	6.3	8.6	10.2	10.2
노지 재배	4.9	8.3	9.6	10.5	10.2
그로우백 재배	6.2	9.3	11.3	11.3	11.8



그림 1. 천문동 초장 상호 비교 그래프

2. 천문동 엽장 비교

천문동 엽장의 생육 상황 연구도 시험포지에 식재한 이후 약 1개월이 지난 시점에 무작위로 선정하여 조사하였다. 최초 조사는 4월 6일에 실시하였고 이후 엽장의 길이 변동이 거의 없는 5월 19일 까지 무작위로 3반복 조사하였으며 그 평균 값을 정리한 결과는 아래 표 2 및 그림 2와 같다.

노지(배양토) 재배의 경우 엽장은 최초 1.7cm 에서 최종 2.3cm 까지 자라는 것을 알 수 있었다. 일반적인 노지 재배의 경우는 초기 생육이 0.7cm에서 최종 2.2cm 까지 나타났으며 초장의 생육과 마찬가지로 엽장의 경우에도 초기 생육 상황이 좋지 않은 것을 알 수 있었다. 그로우백 재배의 경우는 최초 1.5cm 에서 최종 2.6cm 까지의 생육 상황을 보였으며 전체적으로 초장의 생육과 동일하게 초기 및 최종의 엽장 생육에서 가장 좋은 결과를 나타내었다.

표 2. 천문동 엽장 상호 비교표

	천문동 엽장(cm)				
	4월 6일	4월 13일	4월 20일	4월 27일	5월 19일
노지(배양토) 재배	1.7	1.3	1.8	2.3	2.3
노지 재배	0.7	1.8	2.0	2.5	2.2
그로우백 재배	1.5	2.3	2.5	2.5	2.6

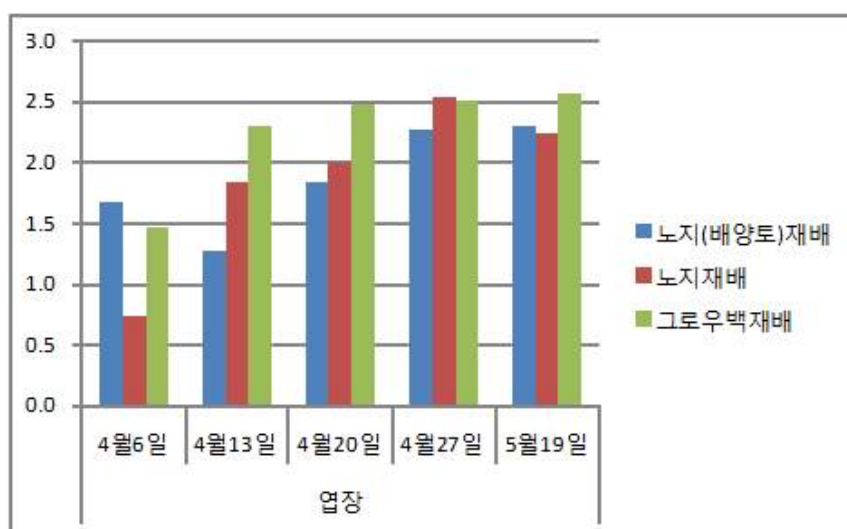


그림 2. 천문동 엽장 상호 비교 그래프

IV. 적 요

본 연구는 조림지 및 조경수종에서 덩굴류 제거대상인 칩과 산림병해충으로 고사된 소나무 등 산림자원을 재활용하여 순환산림의 육림, 자연 영양원을 이용한 우수 묘목의 대량생산, 수입 원자재의 대체, 기존 상토의 문제점인 이끼, 잡초, 굼벵이 발생저감 등의 기능을 수행하는 맞춤형 기능성 배양토의 개발에 따른 후속과제로 진행되고 있는 2년차 연구로서 구근류 재배에 강점을 보이는 부분을 확대하여 그로우 백을 활용한 산약초 재배에 대한 시험연구이다. 산약초 재배 연구의 경우 생육 기간이 1년도 되지 않아 전체적인 산약초 수종에 대한 결과 도출은 쉽지 않은 상황이라서, 대규모로 식재한 천문동의 초장과 엽장에 대한 생육 조사를 실시하였다.

그 결과 천문동 초장의 경우, 노지(배양토) 재배 초장은 최초 8.3cm 에서 최종 10.2cm 까지 자라는 것을 알 수 있었고, 일반적인 노지 재배의 경우는 초기 생육이 4.9cm에서 최종 10.2cm 까지 나타났으며, 그로우 백 재배의 경우는 최초 6.2cm 에서 최종 11.8cm 까지 생육 상황을 보였다. 천문동 엽장의 경우, 노지(배양토) 재배 엽장은 최초 1.7cm 에서 최종 2.3cm 까지 자라는 것을 알 수 있었고, 일반적인 노지 재배의 경우는 초기 생육이 0.7cm에서 최종 2.2cm 까지 나타났으며, 그로우 백 재배의 경우는 최초 1.5cm 에서 최종 2.6cm 까지의 생육 상황을 보였다.

V. 참고문헌

1. Chang, C.S., Lee, J.U., Seak, H.D., Chang, W.H., Son, C.H., Peak, S.H., and Chang, Y.J. 2000. Income Increase Alternatives of Mountain Village Utilizing Medicinal Plants. Korea Rural Economic Institute
2. Choi, S.I., Kim, J.S., Joo, R.W., and Kim, C.S. 2006. A study on the economic analysis of chestnut cultivation in Korea. Journal of Korean Forest Society 95(3): 274-281
3. Kang, H.M., Chang, C.S., and Choi, S.I. 2014. Analysis of Standard Income Regarding the Cultivation of Non-Timber Forest Products - Focused on Major

- nuts and fruits -. Journal of Korean Forest Society 103(3): 490-502
4. Kim, J.S., Joo, R.W., and Choi, S.I. 2007. An economic analysis of oak mushroom cultivation in Korea. Journal of Korean Forest Society 96(4): 440-451
 5. Kim, J.S. and Lee, U. 2010. Analysis of production cost of walnut tree cultivation in major cultivating regions, Journal of Korean Forest Society 99(4): 611-617
 6. Korea Forest Service. 2009. Forestry and Mountain Villages Development Promotion Act. Korea Forest Service. 2010. 2009 Forestry production cost survey report.
 7. Korea Forest Service. 2011. 2010~2014 Forestry production cost survey report.
 8. Park, Y.B., Kim, J.S., and Jung, B.H. 2009. Production and marketing analysis of mountain medical plant resource (I). Korea Forest Research Institute.
 9. Park, Y.B., Kim, J.S., and Kim, K.D. 2010. Production and marketing analysis of mountain medical plant resource (II). Korea Forest Research Institute.
 10. Park, Y.B., Kim, K.D., and Lee, H.S. 2011. Production and marketing analysis of mountain medical plant resource (III). Korea Forest Research Institute.

산채류의 아고산지역 내 증식 및 재배기술개발

시험기간 : 2013 ~ 2016년(4년차)

담 당 자 : 유찬열, 최동성, 오성윤, 정한록

I. 서 론

우리나라 임야면적은 6,408,069ha, 전국토의 63.9%이며 경남의 경우 706,990ha로 강원, 경북 다음으로 임야면적이 넓다(산림청, 2015년 통계연보). 산지이용 효율성 측면과 산림소득 증대의 양 측면에서 임야를 활용하는 방안으로 자주 거론되고 있는 것이 산림내 야생 초본류를 산채나물로 개발하자는 의견들이 많았다. 일반적으로 산채류는 고사리, 취나물류, 씩부쟁이, 산마늘, 고비, 미역취, 잔대, 참취, 오대산마늘, 두메부추, 곰취, 팔고비, 왜우산풀, 도라지, 더덕, 병풍쌈, 참당귀, 한대리곰취, 고추냉이 등이 포함되고 있으며, 그 중에는 일반 농작물로 선정·재배되고 있는 품목도 있다. 예로부터 산채나물은 구황식물로 흉년 시 식량대용으로 활용하였고, 지금은 성인병 예방의 식단표에 자주 거론이 되며 육류용 쌈채소로도 애용되고 있다. 일반 소비자들은 안전하고 건강한 먹거리에 대한 관심도가 높아 산에서 생산되는 산채류가 더욱 호평을 받을 것으로 예상되며, 향후 무농약, 유기농으로 재배한 산채류에 대한 시장규모가 커질 뿐만 아니라, 이는 참살이(Well-being), 로하스(LOHAS : Lifestyle of Health and Sustainability)라는 생활양식의 변화에도 기여할 것으로 본다. 그러나, 청정 산나물에 대한 소비자의 만족과 판매단가의 높은 유인으로 인한 자생지에서의 무분별 채취, 수관 울폐에 의한 햇볕량 감소로 자연산 산나물 개체수가 확연히 줄어드는 추세이다.

다른 한편으로는 산나물 공급을 위하여 밭에 산나물을 재배하는 농가가 서서히 증가하고 있으며, 최근 취나물의 경우 노지재배나 하우스재배가 실시되고 있으며 강원도 일부지역에서는 울릉도 특산식물인 고추냉이를 시험 재배하는 공공기관(태백농업기술센터, 철원농업기술센터)도 있어 산나물의 생산이 지역적 한계를 벗어나 전국적으로

파급되고 있는 실정이다. 본 시험은 임간(林間)내에서 사람의 인위적 간섭을 최소로 하여 노동력 투입과 비료 사용을 최대로 억제하여 산림 내 임상원형을 유지함을 원칙으로 임야를 집약적으로 이용하여 임간 내에서 단기소득을 올릴 수 있는 작목을 선정, 해발 800m 전후한 임야에 적합한 산채류를 재배 시험하여 청정 산채류의 대량생산 체계를 확립할 수 있는 자료를 마련하고자 실시하였다. 아울러 본 시험에서는 임간 내 재배라는 측면에서 산나물을 선정하여 고랭지 산채류 개발 및 농가 소득 증대를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 시험구 현황

본 시험지는 경상남도 거창군 위천면 상천리 산61-1 금원산생태수목원 일대에 위치한 활엽수 임지를 대상으로 일부 상층목을 제거하고 광투과도에 따라 20m×20m인 시험구 9개를 배치하였다(그림. 1). 시험구의 표고는 800m 내외이고, 경사도는 2°~30°(표. 1) 사이였다. 각 시험구당 산채식물(병품쌈, 울릉산마늘, 오대산마늘, 한대리곰취, 참취, 곰취, 눈개승마, 더덕, 도라지, 잔대, 고추냉이, 팔고비, 고비, 섬쑥부쟁이, 미역취, 두메부추, 참당귀)을 1m×20m 시험구에 각각 100축씩 식재하였다. 시험지내 기상자료는 최근 10년간 통계를 활용하였으며 시험지내 연평균 기온은 8℃, 연평균 강수량은 1,400mm, 최저기온은 -15.8℃로 나타났다. 시험구 조성 방위는 그림. 3과 같다.



그림 1. 시험구의 위치

표 1. 시험구의 방위

Site	Latitude		Longitude		Altitude(m)	Aspect	Slope(°)
I	N 35°43 '	23.68 "	E 127°46 '	57.00 "	808	SW	15
II	N 35°43 '	24.90 "	E 127°45 '	57.03 "	808	SW	15
III	N 35°43 '	26.53 "	E 127°46 '	57.64 "	797	S	8
IV	N 35°43 '	24.05 "	E 127°46 '	55.88 "	800	ES	2
V	N 35°43 '	23.15 "	E 127°46 '	55.00 "	804	ES	2
VI	N 35°43 '	23.68 "	E 127°46 '	57.05 "	810	E	30
VII	N 35°43 '	25.49 "	E 127°46 '	50.19 "	809	NE	3
VIII	N 35°43 '	24.93 "	E 127°46 '	49.15 "	810	NE	3
IX	N 35°43 '	24.65 "	E 127°46 '	50.00 "	815	NE	5

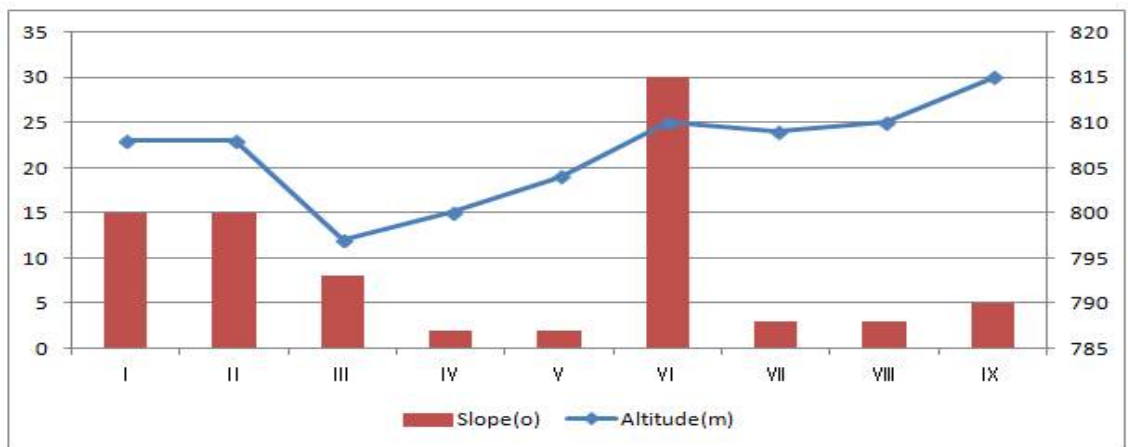


그림 2. 시험구의 고도(m) 및 경사(°)

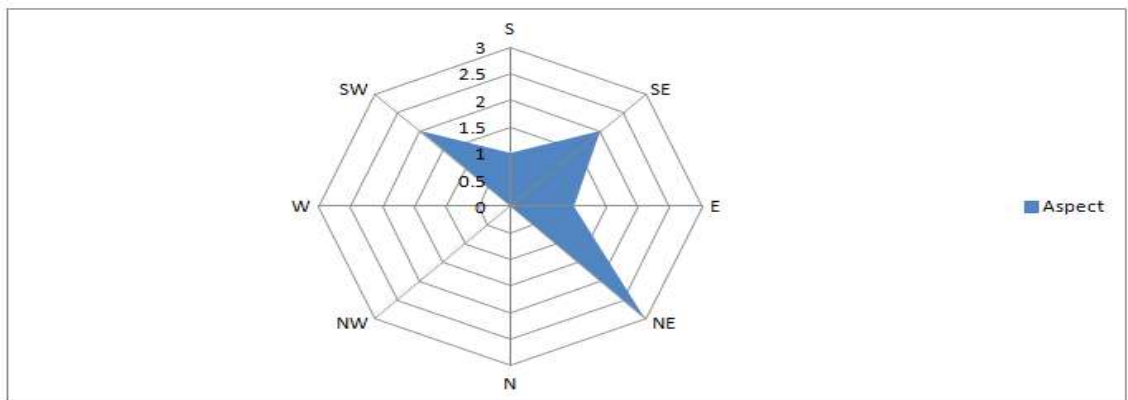


그림 3. 시험구의 방위

2. 공시식물

시험 산채류로는 국내에서 주요 먹거리 재배식물인 곰취(*Ligularia fischeri* Turcz), 참당귀(*Angelica gigas* Nakai), 두메부추(*Allium senescens* L.), 울릉산마늘(*Allium ochotense* Prokh.), (팔)고비(*Osmunda japonica* Thunb.), 한대리곰취(*Ligularia fischeri* var. *spiciformis* Nakai), 오대산산마늘(*Allium microdictyon* Prokh.)을 대상으로 하였다. 울릉산마늘은 울릉도 산(産)을 이용하였고 그 외의 식물은 강원도 산(産)을 이용하였으며 재배지와 자생지의 서식환경은 기존 연구자료와 식물도감을 참고하였다.

3. 수행방법

1) 토양성분분석

토양시료 채취는 시험구마다 낙엽층을 제거하고 10cm 깊이의 토양을 대상으로 각각 500g을 채집하여 시험실로 운반하여 7일간 풍건하여 2mm 체를 통과된 것을 화학성 분석에 사용하였다. 화학성 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양화학 분석법 (국립농업과학원, 2010)을 적용하였고, pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 pH meter (Orion 520A pH meter, Orion Research Inc., Boston, USA)와, EC meter (Orion 3STAR EC meter, Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법으로 정량하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 비색계 (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 치환성 양이온으로 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등은 1M NH_4OAc 로 추출하여 ICP (Optima 5300 DV, PerkinElmer Co., Shelton, USA)로 분석하였고 석회소요량은 ORD법으로 분석하였으며 암모니아태 및 질산태 질소는 습토를 사용하여 킬달증류법으로 분석하였다.

2) 활착률 및 생장률 조사

본 시험은 강원도 산채골농장 및 울릉도에서 구입한 식물을 2012년 7월 20일에서 24일 사이에 금원산생태수목원 시험지내에 식재하였다. 20m×20m인 시험구 9개를 설치하여 각 시험구당 산채식물(병품쌈, 울릉산마늘, 오대산산마늘, 한대리곰취, 참취, 곰취, 눈개승마, 더덕, 도라지, 잔대, 고추냉이, 팔고비, 고비, 섬쭈부쟁이, 미역취, 두메부추, 참당귀)을 1m×20m에 각각 1~3년생 포트묘 100축씩 식재하였고 묘당 거리는 세로 40cm, 가로 50cm를 유지하였다. 2013년 6월 1차 조사와 10월 2차 조사를 통하

여 생존율이 80%이상인 품목을 선정하여 곰취(*Ligularia fischeri* Turcz), 참당귀(*Angelica gigas* Nakai), 두메부추(*Allium senescens* L.), 울릉산마늘(*Allium ochotense* Prokh.), (팔)고비(*Osmunda japonica* Thunb.), 한대리곰취(*Ligularia fischeri* var. *spiciformis* Nakai), 오대산산마늘(*Allium microdictyon* Prokh.)을 대상으로 2016년 7월 10일 활착을 조사 및 각 품목을 크기별로 소, 중, 대를 선정하고 엽수, 엽장, 엽폭을 측정하여 생장률 조사를 수행하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시험지 토양의 화학적 성질

시험지에 대한 토양의 화학적 성질인 토양산도, 유기물함량, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온함량 등을 분석한 결과를 표. 2에서 보는바와 같이 나타났다. 금원산시험지의 토양 산도는 pH4.4~5.4 사이로 평균 산성도가 높게 나타났다. 울릉도 산마늘 자생지 토양 평균 산도는 대략 pH5.4(황재문 외, 1999), 오대산일대의 자생지 토양의 산도는 pH5.3(서 등, 1993)으로 보고되었으며 채산성에 있어 현재 임지의 토양 특성이 어느 정도 수준에 있는지를 파악하는 것은 효과적인 재배지 관리를 위해 중요하다. 토양 EC는 Ⅲ조사구(0.18ds/m)가 가장 높게 나타났으나 큰 차이를 보이지 않았다. 토양 내 유기물 함량은 9.2~19.0g/kg로 Choi *et al.*(1993)의 울릉도 나리분지의 유기물함량 32.1%보다 낮게 나타났고, Suh *et al.*(1994)이 보고한 오대산 산마늘 자생지의 유기물함량 11.8%와 비슷한 수치로 일반적으로 부식질이 많은 토양임을 알 수 있었다. 유효인산 함량은 7.0~24.0mg/kg으로 우리나라 산림토양(Jeong *et al.*, 2002)의 유효인산 함량(20mg/kg)과 유사한 수준이었다. 치환성양이온(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)의 함량은 우리나라 산림토양의 함량과 비슷한 수치를 나타내었으며, 특히 Ca^{2+} 함량은 우리나라 A층 산림토양(Jeong *et al.*, 2002)의 평균 2.44 cmolc/kg보다 낮은 1.66cmolc/kg를 나타내었는데 Suh *et al.*(1994)이 보고한 오대산의 산마늘 자생지 토양의 Ca^{2+} 함량(4.91 cmolc/kg)이 높은 조건을 유지한다는 것과는 상반되는 결과였다. 또한 치환성 양이온함량은 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ 순으로 나타나 일반적으로 산림토양에서 치환성 양이온의 함량순서와 달리 나트륨의 함량이 높은 것으

로 나타났다. 한편 허태철(2012)등은 울릉도 산마늘 자생지의 입지환경을 분석한 결과 평균 해발고도 563.4m, 평균 경사는 27.8°이었고 토성은 사토, 사질양토, 양질사토, 양토가 다양하게 나타났으며, 유기물층의 깊이는 평균 6cm, 토양산도는 pH는 5.4, 유효인산은 18.5ppm, 양이온 치환용량은 18.6 cmolc/kg으로 보고한 바 있다. 암모늄태 질소는 IX조사구가 9.8mg/kg, 질산태 질소는 I 조사구가 8.9mg/kg로 높게 나타났다.

표 2. 시험구 토양의 화학적 특성

Site	pH (1:5)	EC dS/m	O.M g/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	K cmolc/kg	Ca cmolc/kg	Mg cmolc/kg	Na cmolc/kg	NH ₄ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	ORD kg/10a
I	4.8	0.16	12.7	8	0.12	0.83	0.27	0.26	8.5	8.9	1000
II	4.6	0.14	12.1	15	0.11	0.36	0.18	0.31	7.7	8.1	1000
III	5.4	0.18	13.3	10	0.15	4.74	0.77	0.28	8.4	8.0	525
IV	5.3	0.12	10.5	9	0.20	1.72	0.41	0.27	4.2	5.2	525
V	5.2	0.17	13.3	34	0.17	3.56	0.69	0.28	4.6	7.1	525
VI	5.1	0.09	9.2	7	0.14	0.40	0.15	0.26	5.9	7.8	700
VII	4.8	0.15	10.5	23	0.19	1.04	0.41	0.29	6.4	6.0	787
VIII	4.7	0.17	11.1	24	0.18	1.64	0.50	0.30	6.0	5.1	787
IX	4.4	0.15	19.0	20	0.12	0.71	0.36	0.31	9.8	6.7	1000
평균	4.9	0.15	12.4	16.7	0.15	1.66	0.42	0.28	6.8	6.98	761.0

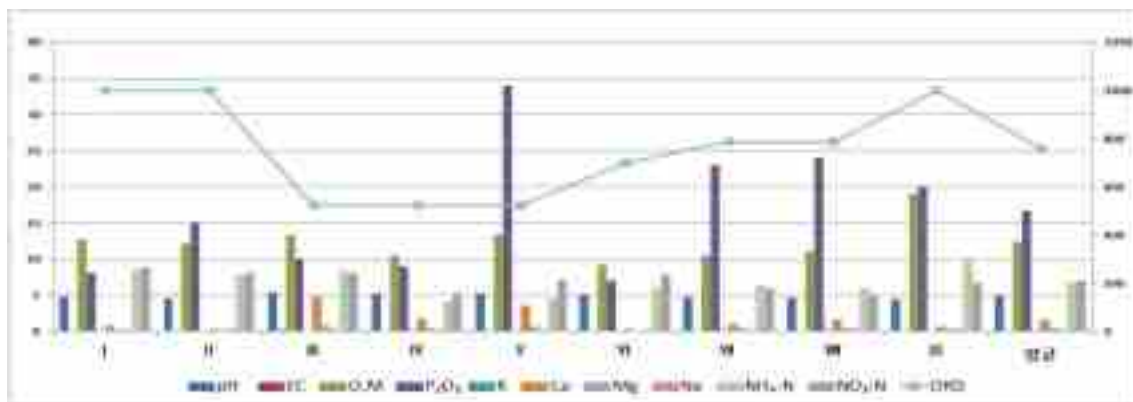


그림 4. 시험구 토양의 화학적 특성

2. 산채류별 생존율 및 성장률 현황

1) 곰취(*Ligularia fischeri* Turcz)

곰취의 평균 생존율은 65%이고, 비음도 60%에서 생존율 50%, 비음도 80%에서 생존율 83%, 비음도 40%에서 생존율 61%이며, V, VII, VIII에서 높은 개체수와 양호한 생육상태를 보였고, VII에서 가장 높은 개체수를 보였으나 생육상태는 약간 저조하였다. VI에서는 개체수 0개로 가장 저조하였으며, 이는 시험구 경사가 30°로 토양내 수분유실이 타 시험구에 비해 높아서 식물이 생존에 필요한 유효수분을 획득하는데 어려워서 고사한 것으로 보인다. 곰취의 평균 성장률은 엽수 8개, 엽장 12cm, 엽폭 17cm로 비음도 60%에서 엽수 5.4개, 엽장 8.1cm, 엽폭 11.6cm, 비음도 80%에서 엽수 8.9개, 엽장 12.9cm, 엽폭 19.0cm, 비음도 40%에서 엽수 11.8개, 엽장 15.7cm, 엽폭 21.9cm이며, VII, VIII, IX에서 전체적으로 고른 성장상태를 나타냈는데, 이는 계곡과 인접하고 있어 다른 시험구에 비해 상대 습도가 높은 환경 요인으로 인한 것으로 생각된다. IV, V에서 가장 양호한 성장상태를 보였는데 시험구의 입지조건(비음도 40%, 경사 3~4°, 수분 충분)이 곰취의 생육환경과 적합한 것으로 조사되었다. IV, V, VIII, IX 시험구는 공통적으로 습하고 서늘한 환경으로 인해 우수한 성장상태를 보였으나, IV, V에서 화아분화가 대부분 이루어진 것에 비해 VIII, IX에서는 화아분화가 거의 이루어지지 않아 비음도에 의한 화아분화 차이가 있는 것으로 조사되었다.

2) 참당귀(*Angelica gigas* Nakai)

참당귀의 평균 생존율은 61%이고, 비음도 80%에서 84%, 비음도 60%에서 75%, 비음도 40%에서 24%이며, IV, V에서 적은 개체수가 나타났는데, 해가 거듭될수록 개체수가 줄어드는 것으로 보아 화아분화 및 종자결실로 인한 뿌리의 목질화로 고사한 것으로 보인다. 비음도 60%와 비음도 80%에서 비슷한 개체수로 조사되었으나 비음도 80%에서 더 양호한 생존율을 보인다. 참당귀의 평균 성장률은 엽수 7개, 엽장 20cm, 엽폭 19cm로 비음도 80%에서 엽수 7.0개, 엽장 22.3cm, 엽폭 20.8cm, 비음도 60%에서 엽수 5.5개, 엽장 16.9cm, 엽폭 13.8cm, 비음도 40%에서 엽수 9.6개, 엽장 22.0cm, 엽폭 22.5cm이며, IV, V에서 생육상태가 가장 좋았는데, 비음도 40%의 차광율이 성장률을 높이는 기작으로 작용하는 것으로 조사되었다. 참당귀 자생지의 분포지가 대부분 계곡을 옆에 두고 있으며, 요(凹)형 지형으로 유기물이 축적되는 장소가 매우 유리한 입지이기 때문에(추병길 외, 2009) 유기물 함량이 높게 조사된

것과 시험지 내 유기물 함량이 비슷한 수치로 참당귀가 성장하는데 유리한 입지로 확인되었다.

3) 두메부추(*Allium senescens* L.)

두메부추의 평균 생존율은 42%이고, 비음도 60%에서 50%, 비음도 80%에서 49%, 비음도 40%에서 27%이며, VIII에서 66개체로 가장 높은 반면, VI에서 가장 낮은 0개체로 나타났다. 두메부추의 평균 생장률은 엽수 16개, 엽장 20cm, 엽폭 0.6cm이며. 비음도 60%에서 엽수 15.0개, 엽장 18.4cm, 엽폭 0.6cm, 비음도 80%에서 엽수 12.5개, 엽장 18.6cm, 엽폭 0.5cm, 비음도 40%에서 엽수 22.0개, 엽장 23.1cm, 엽폭 0.7cm이고, IV, V에서 양호한 생장률을 나타냈다. 비음도 60%에 비해 엽수와 엽장이 두배에 가까운 길이차이를 보였다. 3년간 두메부추의 생장률을 비교하였을 때 모든 시험구에서 엽수는 증가, 엽장은 감소하는 경향이였다.

4) 울릉산마늘(*Allium ochotense* Prokh.)

울릉산마늘의 평균 생존율은 63%이고, 비음도 80%에서 74%, 비음도 40%에서 40%, 비음도 60%에서 76%이며, II, VIII에서 94, 87개체로 가장 높고, 생육상태도 양호한 반면 VI에서 생존율이 가장 낮은 0개체로 나타났다. 울릉산마늘의 평균 생장률은 엽수 4개, 엽장 18cm, 엽폭 10cm로 비음도 80%에서 엽수 4.2개, 엽장 20.9cm, 엽폭 12.5cm, 비음도 60%에서 엽수 2.7개, 엽장 16.6cm, 엽폭 8.3cm, 비음도 40%에서 엽수 4.5개, 엽장 16.0cm, 엽폭 0.3cm이며, 비음도 80%에서 우수한 생장을 보이는 것으로 조사됐다. 이는 산마늘이 음지성 식물에 가깝다(권기원 외, 2009)는 연구와 일치하고, 내건성은 비교적 약한 특성을 지녔으며, 습윤한 지역이 생육에 적합하다(이경철 외, 2011)는 연구와 일치하는 것으로 조사되었다.

5) (팔)고비(*Osmunda japonica* Thunb.)

(팔)고비의 평균 생존율은 84%이고, 비음도 60%에서 99%, 비음도 40%에서 68%, 비음도 80%에서 85%이며, VII에서 118개체로 가장 높았으며, VI에서 가장 낮은 0개체로 나타났다. (팔)고비의 평균 생장률은 엽수 5개, 엽장 29cm, 엽폭 20cm로 비음도 60%에서 엽수 6.4개, 엽장 21.9cm, 엽폭 13.4cm, 비음도 80%에서 엽수 3.5개, 엽장 31.1cm, 엽폭 24.9cm, 비음도 40%에서 엽수 6.3개, 엽장 36.4cm, 엽폭 23.7cm이

며, 모든 시험구에서 양호한 생육상태를 보였다. 이는 고비가 pH 4.7~5.0의 약산성 토양에서 주로 자생하며 유기물 함량은 2.6~13.7%(성, 2005)로 보고된 내용과 시험지 내 토양 환경이 일치하기 때문에 고비를 재배하기에 적합한 장소로 조사되었다. 경사도가 심한 VI에서도 생장이 좋은 것으로 보아 경사지와 생장과는 연관성은 없는 것으로 조사되었다.

6) 한대리곰취(*Ligularia fischeri* var. *spiciformis* Nakai)

한대리곰취의 평균 생존율은 67%이고, 비음도 80%에서 93%, 비음도 60%에서 43%, 비음도 40%에서 65%이며, VII에서 102개체로 가장 높은 반면, VI에서 0%로 가장 낮게 조사되었다. 한대리곰취의 평균 생장률은 엽수 10개, 엽장 9cm, 엽폭 11cm로 비음도 80%에서 엽수 4.6개, 엽장 9.2cm, 엽폭 13.6cm, 비음도 60%에서 엽수 6.3개, 엽장 5.3cm, 엽폭 7.7cm, 비음도 40%에서 엽수 25.2개, 엽장 13.4cm, 엽폭 14.0cm이며, IV, V에서 생육상태가 가장 좋았으며, VIII에서도 양호한 생육을 보여 엽장과 엽폭은 차이가 거의 없었으나, 엽수에서 3배 이상의 차이가 나타났다. 곰취의 생장률과 비교해 보았을 때 한대리곰취의 생장률이 저조했으나 IV, V에서 곰취에 비해 약 2배 정도의 엽수차이가 나는 것으로 조사되었다.

7) 오대산산마늘(*Allium microdictyon* Prokh.)

오대산산마늘의 평균 생존율은 57%이고, 비음도 60%에서 57%, 비음도 40%에서 43%, 비음도 80%에서 72%이며, IV, VII에서 81개체로 가장 높은 반면 VI에서 가장 낮은 0개체로 조사되었다. 울릉 산마늘에 비해 오대산산마늘은 대부분 생육이 불량하였다. 오대산산마늘의 평균 생장률은 엽수 4개, 엽장 15cm, 엽폭 5cm로 비음도 60%에서 엽수 3.6개, 엽장 13.7cm, 엽폭 4.0cm, 비음도 80%에서 엽수 3.6개, 엽장 14.1cm, 엽폭 5.8cm, 비음도 40%에서 엽수 4.2개, 엽장 17.8cm, 엽폭 5.2cm이며, 전 시험구에서 비교적 고른 생장률을 나타내고 있다. 다른 시험구보다 경사도가 높고 건조한 I, II, VI에서도 생장이 나쁘지 않은 것으로 보아 울릉산마늘보다 사면에서의 생육이 좋은 것으로 조사되었다.

표 3. 비음도별 생존율

구 간	비음도60				비음도40				비음도80				합계 (평균)
	I	II	III	평균 (%)	IV	V	VI	평균 (%)	VII	VIII	IX	평균 (%)	
곰취	49	30	71	50	86	97	0	61	101	90	58	83	65
참당귀	78	73	75	75	47	25	0	24	83	93	77	84	61
두메부추	56	37	57	50	43	38	0	27	52	66	28	49	42
울릉산마늘	83	94	51	76	57	64	0	40	73	87	62	74	63
(팔)고비	96	115	86	99	95	109	0	68	118	79	59	85	84
한대리곰취	44	9	77	43	98	98	0	65	102	91	85	93	67
오대산산마늘	54	63	53	57	81	49	0	43	81	77	59	72	57
평 균	66	60	67	64	72	69	0	47	87	83	61	77	63

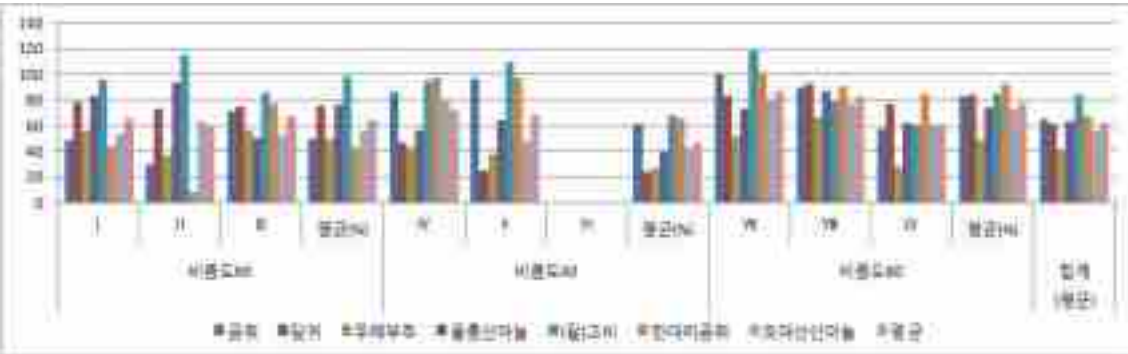


그림 5. 비음도별 생존율

표 4. 비음도 60%에 따른 생장

식물명	비음도 60%											
	I			II			III			평균		
	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭
곰취	4.8	9.2	12.2	2.4	5.6	7.7	9.0	9.6	15.0	5.4	8.1	11.6
참당귀	6.2	17.0	13.6	5.4	16.4	12.8	4.8	17.2	15.0	5.5	16.9	13.8
두메부추	22.0	17.4	0.7	12.2	18.4	0.5	10.8	19.4	0.6	15.0	18.4	0.6
산마늘	4.2	17.0	8.0	2.0	17.4	9.8	2.0	15.3	7.1	2.7	16.6	8.3
고비	6.8	20.2	12.8	9.2	24.0	12.9	3.2	21.6	14.6	6.4	21.9	13.4
한대리곰취	4.4	5.6	8.4	2.0	2.2	3.3	12.6	8.0	11.4	6.3	5.3	7.7
오대산산마늘	3.8	15.2	4.2	3.6	12.2	4.3	3.4	13.6	3.5	3.6	13.7	4.0

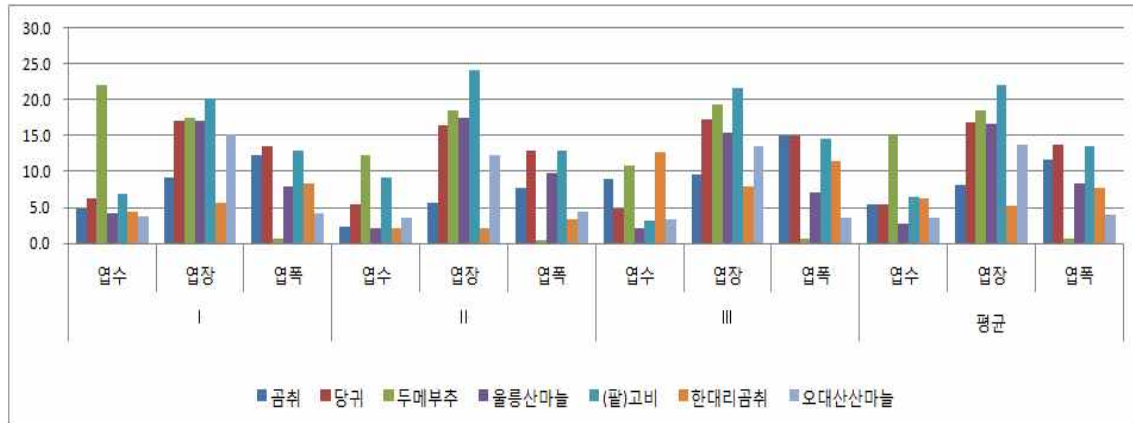


그림 6. 비음도 60%에 따른 생장

표 5. 비음도 40%에 따른 생장

식물명	비음도 40%											
	IV			V			VI			평균		
	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭
곶취	10.4	16.2	22.4	13.2	15.2	21.4	0.0	0.0	0.0	11.8	15.7	21.9
참당귀	9.0	24.4	29.0	10.2	19.6	16.0	0.0	0.0	0.0	9.6	22.0	22.5
두메부추	23.6	25.9	0.7	20.4	20.2	0.6	0.0	0.0	0.0	22.0	23.1	0.7
산마늘	4.0	14.0	9.8	5.0	18.0	10.8	0.0	0.0	0.0	4.5	16.0	10.3
고비	6.8	37.4	24.8	5.8	35.4	22.6	0.0	0.0	0.0	6.3	36.4	23.7
한대리곶취	32.4	14.6	19.6	18.0	12.1	8.4	0.0	0.0	0.0	25.2	13.4	14.0
오대산산마늘	3.2	18.0	5.2	5.2	17.6	5.1	0.0	0.0	0.0	4.2	17.8	5.2

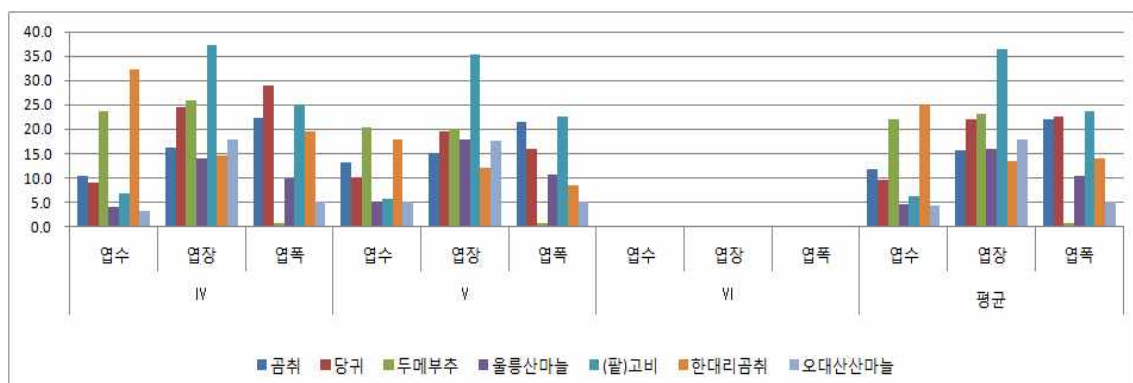


그림 7. 비음도 40%에 따른 생장

표 6. 비음도 80%에 따른 생장

식물명	비음도 80%											
	Ⅲ-1			Ⅲ-2			Ⅲ-3			평균		
	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭	엽수	엽장	엽폭
곰취	7.4	11.8	17.7	10.2	14.6	20.1	9.0	12.4	19.2	8.9	12.9	19.0
참당귀	6.2	20.0	23.6	6.4	23.8	20.8	8.4	23.0	18.0	7.0	22.3	20.8
두메부추	12.8	19.0	0.6	11.4	17.6	0.5	13.4	19.2	0.5	12.5	18.6	0.5
산마늘	4.2	22.2	13.2	5.4	22.0	14.4	3.0	18.4	9.9	4.2	20.9	12.5
고비	2.4	28.8	24.8	5.6	33.0	21.4	2.6	31.4	28.4	3.5	31.1	24.9
한대리곰취	4.0	8.3	11.9	6.6	12.5	19.3	3.2	6.9	9.7	4.6	9.2	13.6
오대산산마늘	3.6	14.6	5.9	3.4	15.0	5.8	3.8	12.8	5.6	3.6	14.1	5.8

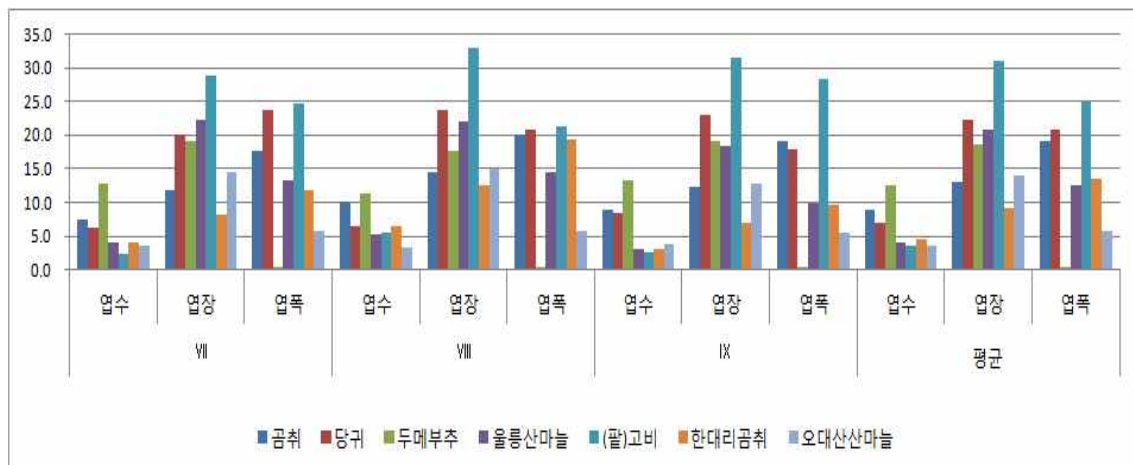


그림 8. 비음도 80%에 따른 생장

IV. 적요

임야를 집약적으로 이용하여 단기소득을 올릴 수 있는 작목을 선정하여 유휴 산지에 적합한 산채류를 재배 시험하여 대량생산 체계를 확립할 수 있는 자료를 마련하고자 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 시험지에 대한 토양의 화학적 성질을 분석한 결과, 토양 산도는 pH 4.4~5.4 사

이로 평균 산성도가 높게 나타났으며, 유기물 함량은 9.2~19.0g/kg, 유효인산 함량은 7.0~24.0mg/kg으로 나타났다.

2. 산채류별 생존율은 (팔)고비가 84%로 가장 높았고, 두메부추가 42%로 가장 낮은 생존율을 보였으며, 한대리곰취, 곰취, 울릉산마늘, 참당귀, 오대산마늘 순으로 낮게 나타났다.
3. 소구역별 생존율은 VII시험지에서 전체 평균 63%를 크게 상회하는 87% 생존율을 보인 반면, VI시험지에서는 0%로 가장 낮게 나타났으며, 이는 시험구내 경사도가 높고 남향에 의한 햇볕이 직접 들어와 토양습도가 다른 구역에 비해 낮아서 초기 활착과 지속적 생존에 부정적 영향을 미친 것으로 사료된다.
4. 비음처리에 따른 산채류별 생장률을 살펴보면, 비음처리 60%에서 조금 저조한 생장률이 나타났으며, 비음처리 40%에서 전체적인 생장이 가장 양호하게 나타났다. 비음처리 80%에서는 특히 울릉산마늘의 생육이 가장 왕성하게 조사되었다.

참고문헌

1. 한상섭, 김광륜. 1980. 수목의 수분특성에 관한 생리생태학적 해석 I -Pressure Chamber Technique에 의한 내건성 수종의 진단- 한국임학회지. 50:25-28.
2. 신영철, 김재길, 신정화. 1992. 자생 산채류의 개발에 관한 연구. 충북대농가연. 10(1) p.153-172
3. 홍성천, 배관호. 1995. 산마늘(*Allium victorialis* var. *platyphyllum*)의 형태적·유전적 변이. 경북대농학지. 13:45-53
4. 박병재, 박철호, 이기철, 안상득, 1997. 묘령을 달리한 참취종묘의 산지 활착 및 초기생육. 한국 자원식물학회지. 10(1): 24-29.
5. 황재문, 김성대, 정정학. 1999. 울릉도 자생 산마늘의 식물체 생장 및 종자발아 특성. 안동대 농업과학기술 연구논문집 제6집. p.53-62
6. 황재문, 정정학. 1999. 鬱陵島에서 自生하는 산마늘의 棲息 環境 特性. 안동대 농업과학기술 연구논문집 제6집. p.41-51
7. 이창복. 2003. 원색 대한식물도감. 향문사. 서울. p.910.

8. 농림부, 2005. 산림농업(Agroforestry) 모델 및 적용기술 개발. 연구보고서. p.478.
9. 김무열, 소순구, 한경숙, 이지혜, 박관수, 송호경. 2008. 고추냉이(*Wasabia japonica* (Miq.) Matsum.) 개체군의 식생과 토양 특성. 한국환경생태학회지 22(5):530-535.
10. 산림청, 2008. 특화품목 기술보급서④ 임산채소
11. 채정우, 정성철, 변준기, 허태철, 주성현. 2009. 울릉도 산채 생산지 토양의 화학적 특성 비교. (사)한국임학회 하계 학술연구발표회. p.172-173.
12. 한상섭, 전성렬, 사주영, 이경철. 2009. 산채류 산지농법 실용화 연구(I) -임내 환경별 산채 엽의 광합성 반응- (사)한국임학회 정기 학술연구발표회. p.267-269.
13. 허태철, 윤충원, 주성현. 2012. 울릉도 산마늘 자생지의 산림입지환경과 토양 특성. 경상대학교 농업생명과학연구. 46(3) p.19-26.
14. 추병길, 지윤의, 문병철, 이아영, 천진미, 윤태숙, 김호경. 2009. 참당귀(*Angelica gigas* Nakai) 개체군의 환경 특성 분석. 한국환경복원녹화기술학회지 12(1) : 92-100.
15. 권기원, 김길남, 조민석. 2009. 임간 재배지의 광 환경에 따른 산마늘(*Allium victorialis* var. *platyphyllum*)의 엽록소 함량과 생장특성1). 정기총회 학술발표회. p.248-250.
16. 이경철, 김하선, 한상섭. 2011. 오대산과 울릉도 산마늘의 수분특성. Journal of Forest Science. 27(1):33-37.
16. 성문호. 2005. 고비(*Osmunda japonica* Thunb.) 수집종의 분류·생육특성 및 재배 기술 확립. 학위논문(박사). 충남대학교 대학원.
17. 산림청, 2013. 2012년도 통계연보
18. Choi, S. T., J. T. Lee and W. C. Park. 1993. Growth environment and nutritional evaluation of native *Allium victorialis* var. *platyphyllum* in Ulrung Island. J. Korean Agric. Chem. Soc. 36: 502-509.
19. Lee, T. B. 2003. Coloured flora of Korea. Jyangmunsa. 910pp.
20. Jeong, J. H., K. S. Koo, C. H. Lee, and C. S. Kim. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. Jour. Korean For. Soc. 91: 694-700.

II 산지자원화 분야

1. 경남지역 시험림 관리(공동)
2. 주요 활엽수 용재수종의 조림기술개발 연구(공동)

경남 지역 시험림 관리 용역

시험기간 : 2016년 ~ 계속

담 당 자 : 강승미, 고정필, 김정민, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

우리나라 주요 용재수종을 대상으로 산지별 적응성 검정시험과 우리나라 기후풍토에 잘 적응하는 외국유망수종 육성을 위한 지역별 적응성 검정을 실시하여 우수산지를 발굴하고 조림적지를 구명하며, 임목 형질개량과 개량효과 증진 및 목재생산성 극대화 및 산지자원화에 기여하고자 본 용역을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 수행연구과제

- 가. 주요 용재수종의 유전검정 및 개량효과 증진 연구
- 나. 외국 유망수종 육성시험
- 다. 산림유전자원의 현지외 보존 및 Germplasm 재생기술 개발
- 라. 지리산 구상나무 유전다양성 보존 및 복원기반 조성
- 마. 밤나무 신품종 및 품질관리기술 개발

2. 수행내용 : 수행연구과제별 생육조사 및 시험지 관리

3. 수행방법

- 가. 수행연구 시험지 내역
시험지 내역은 15개소 10.21ha로 표 1과 같다.

표1. 시험림 내역 현황

수종	식재 년도	식재장소	면적 (ha)	시험지명
곰솔	1995	진주,일반성,답천	0.31	차대검정 차대검정
곰솔	1997	진주,일반성,답천	0.30	
소나무	1987	울주.삼공.조일	0.50	산지시험
소나무	1987	함양.함양.죽림	0.50	
소나무	1996	진주.일반성.답천	1.50	
소나무	2007	진주.일반성.답천	0.30	
상수리나무	1987	진주.일반성.답천	0.70	
느티나무	2009	경남.진주	1.00	
스트로브잣나무	1988	함양 안의 상원	1.0	외국유망수종 지역적응성 시험
백합나무	2002	진주 일반성 답천 산 89	1.0	
백합나무	2005	진주 이반성 대천 산 3	2.0	
루브라참나무	1993	진주 일반성면 답천리 산 87	0.5	현지의보존원
복분자딸기	2015	거창군 위천면 상천리 산61-1	0.3	
구상나무	2014 (1-1묘)	거창군 위천면 상천리 산61-1	온실 양묘	
밤나무	2010	진주시 일반성면 답천리 산110	0.3	밤나무 지역적응성검정
15개소			10.21	

나. 수행 기간

표 2에서와 같이 월별 추진은 2016. 4 ~ 11. 30까지 하였다

표 2. 월별 추진내용

월별 추진내용	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 2016년 연구설계서 수립	■									
2. 병해충 예찰 조사		■	■	■	■	■	■			
3. 시험지 임내정리					■	■	■	■	■	
4. 생장조사								■	■	
5. 생장조사 통계 분석 및 자료 작성								■	■	

다. 시험지 관리 내용

- 1) 임내 관리 : 풀베기 1회, 잡관목 제거, 고사목 제거, 가지정리 등 일반 관리 (13개소, 9.91ha) ※ 시험지 상황에 따라 임내 관리 시업사업 조정
- 2) 풀베기 2회, 주위목 정리, 가지치기 등 일반관리(1개소, 0.3ha)
- 3) 병해충예찰 및 방제(15개소, 10.21ha)
- 4) 시비(1개소, 0.3ha)
- 5) 간벌(1개소, 0.3ha)

라. 조사 사항

- 1) 도면 작성 및 생장조사(흉고, 수고)(1개소, 0.5ha)
 - 가) 1993년 루브라참나무 0.5ha

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시험지별 관리 내역

시험지별 관리 내역은 표 3과 같다.

표 3. 시험지별 관리내역

수종	식재 년도	사업면적 (ha)	작업 내역
곰솔	1995	0.31	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
곰솔	1997	0.30	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
소나무	1987	0.50	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
소나무	1987	0.50	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
소나무	1996	1.50	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
소나무	2007	0.30	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
상수리나무	1987	0.70	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
느티나무	2009	1.00	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
스트로브잣나무	1988	1.0	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
백합나무	2002	1.0	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
백합나무	2005	2.0	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
루브라참나무	1993	0.5	임내관리, 병해충 예찰 및 방제, 도면정리 및 생장조사
복분자딸기	2015	0.3	임내관리, 병해충 예찰 및 방제
구상나무	2014	20가계 2,000본	포트 및 포지 이식, 병해충 방제, 일반관리
밤나무	2010	0.3	풀베기(2회), 주위목 정리, 병해충방제, 가지치기, 시비, 간벌

2. 생장조사 결과

표 4에서 보는 바와 같이 1993년에 답천시험림에 시험 식재된 루브라참나무는 101본이 현존하고 있었으며, 평균 수고는 15.0m, 평균 흉고직경은 16cm로 나타났다.

표 4. '93 루브라참나무 생장조사 결과

구분	본수	생장량		
		수고 (m)	흉고직경 (cm)	수관폭 (m)
상수리	43	15	16	4.3
알바	47	15	14	4.1
루브라	101	15	14	4.0
핀오크	121	15	16	4.7
평균	78	15	16	4.3

* 장소 : 진주시 일반성면 답천리 산 81임

* 식재 : 1993(23년차)

* 조사년월일 : 2016. 11

다. 1993년 루브라참나무 도면

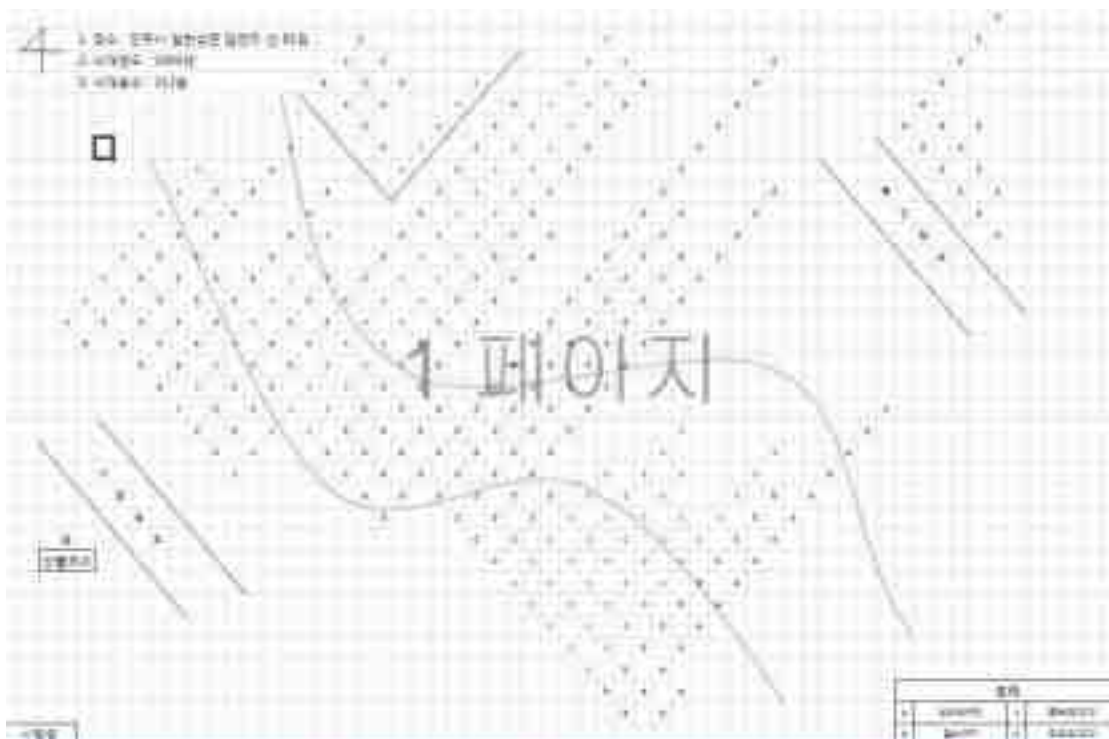


그림 18. 루브라참나무 도면

IV. 적요

외국유망수종 지역적응성 시험에서 '93년 식재한 루브라참나무는 101본이 현존하고 있었으며, 평균 수고는 15.0m, 평균 흉고직경은 16cm로 나타났다.

V. 참고문헌

1. 임경빈, 이여하, 권기원, 김진수. 1976. 임목 생장량의 조기추정에 관한 연구. 한림지 30 : 60.
2. 한영찬, 유근옥, 황석인. 1988. 일본산소나무 17년생의 산지간 특성. 임육연보 24 : 81-86
3. 정현관 등. 1996. 수형목의 유전형질 개량시험. 임목육종연구소. 임목육종 연구보고서 : 87-108.
4. 유근옥, 김홍은. 2003. 스트로브잣나무 산지별 생장 및 침엽의 특성조사를 통한 조림 및 조경용 종자산지 구명. 한국임학회지 92(4) : 287-296.
5. 유근옥, 장석성, 최원용, 김홍은. 2003. 우리나라에 식재한 백합나무의 적응력과 생장에 관한 연구. 한국임학회지 92(6) : 515-525.

주요 활엽수 용재 수종의 조림기술 개발 연구

시험기간 : 2016년 ~ 계속

담 당 자 : 고정필, 강승미, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

느티나무는 느릅나무과에 속하는 낙엽 활엽교목이다. 우리나라 거의 모든 지역에서 자라는데 흔히 부락 어귀에 시원한 그늘을 만들어주는 정자나무이기도 하다. 가지가 사방으로 비스듬히 뻗어 나무 모양이 거꾸로 된 3각형처럼 보이며, 흔히 굵은 가지가 줄기의 밑부분에서부터 갈라지고 키가 약 30m까지 자란다. 오래된 나무의 수피(樹皮)는 진한 회색으로 비늘처럼 떨어지며 피목(皮目)이 옆으로 길게 만들어진다.

잎은 어긋나고 잎끝은 뾰족하지만 잎밑은 둥글거나 심장처럼 약간 들어가 있으며 잎맥을 경계로 양쪽이 서로 다른 모양을 하고 있다. 잎은 가을에 황금색 또는 윤기 있는 구리색으로 물들어 가을의 정취를 물씬 풍긴다.

억센 줄기는 강인한 의지를, 고루 퍼진 가지는 조화된 질서를, 단정한 잎들은 예의를 나타내며 옛날부터 마을을 지켜주는 마을나무로 널리 심어진 나무 중 하나이다. 또한 은행나무와 함께 오래 사는 나무로 잘 알려져 있는데, 우리나라에서 자라는 1,000년 이상의 나이를 먹은 60여 그루의 나무 중 25그루가 느티나무라고 한다. 이들 대부분은 천연기념물이나 보호수로 지정되어 있다.

급속히 발전하는 생명공학기법과 더불어 산림자원의 이용, 개발 및 육성 기술도 많이 발전하고 있으며, 우수개체 선발을 통한 임목육종의 기간도 상당히 단축되었다. 그러나 목본식물의 육종기간은 아직 작물에 비해 훨씬 길며, 지속적 산림경영기법에도 여전히 대규모의 초기투자를 필요로 하기 때문에 미래의 수요에 탄력적으로

적응할 수 있는 수종이나 품종의 선택은 매우 중요하다.

산림과학원도 고급 목재인 느티나무 육성에 나섰다. 지난해까지 16개 지역에서 우량 수종 152개를 선발했다. 이를 올해부터 파종, 이식해 전국에 보급해 나가기로 했다. 느티나무 우량 품종 육성에 나서는 것은 느티나무가 고급 목재인데도 불구하고 그동안 체계적으로 육종을 하지 않아 자원이 고갈돼 가고 있기 때문이다. 현재 전국에 있는 느티나무 산림 면적은 1만2000여ha. 그러나 목조 문화재의 기둥으로 사용할 수 있는 100년 이상 된 나무는 찾아보기 어려운 실정이다. 느티나무 전체 산림 면적 중 51년생 이상도 54ha에 불과하다. 더구나 잘 관리하지 않은 나무가 대부분이어서 느티나무로 건축한 문화재의 개·보수에 쓸 동일 수종의 목재를 구하기가 힘들다(중앙일보, 2009. 4월 10일, 기사).

본 연구는 활엽수종의 용재적 가치증진을 위한 식재 밀도 구명과 활엽수 혼효림 시험 조림지 조성 및 조림목 초기 생장 특성 조사 연구로 수종 특성에 따라 식재 간격을 조정하여 지하고가 높은 직립형 우량 대경재를 생산하기 위한 조림으로 생장 조사 비교를 통해 식재 밀도별 활착 및 조림기술 개발과 향후 조림 시책에 반영하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 방법

1. 연구 범위

가. 공시 수종 : 활엽수 혼효림 조성

- 온대남부 : 느티나무 + 졸참나무

나. 조사항목 및 방법

- 조림목 생장(수고, 근원경) 및 활착률, 가지 발달 유형 등

- 식재간격에 따른 생장량 조사

- 혼효식재 방법 : 열상(3열) 혼효식재 (5,000본/ha, 1.4×1.4m)

다. 시험규모

- 시험 식재 : 4식재 밀도(1.8×1.8m, 1.4×1.4m, 1.2×1.2m, 1×1m), 2.5ha
- 1ha/1시험구/1지역

라. 분석항목 및 방법

- 조림목 생장(수고, 근원경) 및 활착률, 가지 발달 유형 등
- 혼효식재에 따른 조림목 생장 특성 조사



그림 1. 연구 장소

2. 연구 방법

가. 수종 선정

본 연구를 실시하기 위해 사용된 수종은 느티나무(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino), 졸참나무(*Quercus serrata* Murray)이다. 느티나무 및 졸참나무는 경기도 포천시 산림생산기술연구소에서 수급하였으며, 식재간격에 따른 시험은 2015년 1월 20일 현장 답사를 하고 4월 말에 시험지에 식재하였다. 그리고 혼효식재에 따른 시험은 2016년 4월 8일부터 18일에 걸쳐 식재하였다.



그림 2. 식재 모습

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수종 생장 특성

본 실험은 2가지 연구 목표를 가지고 수행하였다. 목표 1은 식재 밀도에 따른 느티나무의 생장량의 차이를 구명하였다. 이때 식재 밀도는 $1.8 \times 1.8\text{m}$, $1.4 \times 1.4\text{m}$, $1.2 \times 1.2\text{m}$, $1.0 \times 1.0\text{m}$ 로 총 4가지이고 각 밀도별로 본수를 달리하여 총 12,500본을 식재하였고 총 식재면적은 2.5ha이다.

목표 2는 공시수종 느티나무와 졸참나무를 대상으로 활엽수 혼효식재에 따른 조림목 생장 특성 조사로 열상(3열) 혼효식재 (2,000본/0.6ha, $1.4 \times 1.4\text{m}$), 열상(2열) 혼효식재 (500본/0.2ha, $1.4 \times 1.4\text{m}$), 열상(1열) 혼효식재 (500본/0.2ha, $1.4 \times 1.4\text{m}$)로 총 1ha이다.

가. 식재 밀도 따른 느티나무의 생장 차이

1) 근원경 생장

식재 밀도에 따른 느티나무 근원경 생장 조사는 15년에 상 · 하반기, 2016년 하반기 총 3번에 걸쳐 실시하였다. 4가지 식재 밀도별로 3반복하여 조사하였고, 식재 초기라 밀도에 따른 차이는 크게 보이지 않았다. 생장의 차이를 살펴보면

1.2×1.2m 식재 밀도에서 10.0mm로 가장 높은 수치를 보였고, 1.8×1.8m식재 밀도에서 8.0mm로 가장 낮은 생장량을 보였다.

2) 수고 생장

수고생장도 위의 근원경 생장조사와 동일하게 조사 되었고, 식재 초기라 밀도에 따른 차이는 크게 보이지 않았다. 수고 생장량의 차이를 살펴보면 1.2×1.2m 식재 밀도에서 107.0cm로 다른 식재 밀도에서의 수고 생장량보다 높은 수치를 보였고, 1.8×1.8m 식재 밀도에서 101.0cm로 가장 낮은 생장량을 보였다.

3) 생존율 조사

4가지 식재 밀도 모두 80%이상의 생존율을 보였는데 1.0×1.0m와 1.2×1.2m 식재밀도에서 90%의 높은 생존율로 조사되었다.

표 1. 처리구별 느티나무 생장량

식재 밀도	생존율 (%)	생장량	
		수고 (cm)	근원경 (mm)
1.0×1.0m	90	103.0	9.0
1.2×1.2m	90	107.0	10.0
1.4×1.4m	82	103.0	9.0
1.8×1.8m	86	101.0	8.0

나. 혼효식재에 따른 느티나무, 졸참나무의 생장 차이

1) 근원경 생장

혼효 식재에 따른 느티나무, 졸참나무 근원경 생장 조사는 2016년 상 · 하반기 2번에 걸쳐 실시하였다. 혼효 식재에 따라 1~5반복하여 조사하였고, 식재 초기라 혼효 식재에 따른 차이는 크게 보이지 않았다. 생장의 차이를 살펴보면

3월 혼효 식재에서 7.0mm로 가장 높은 수치를 보였고, 1,2월 혼효 식재에서 6.0mm의 생장량을 보였다.

2) 수고 생장

수고생장도 위의 근원경 생장처럼 조사 되었고, 식재 초기라 밀도에 따른 차이는 크게 보이지 않았다. 수고 생장량의 차이를 살펴보면 3월 혼효 식재에서 77.0cm로 다른 혼효 식재에서의 수고 생장량보다 높은 수치를 보였고, 2월 혼효 식재에서 63.0cm로 가장 낮은 생장량을 보였다.

3) 생존율 조사

혼효 식재 모두 80%이상의 생존율을 보였는데 3월 혼효 식재 처리에서 85.2%의 높은 생존율로 조사되었다.

표 2. 처리구별 느티나무 생장량

처리방법	생존율 (%)	생장량	
		수고 (cm)	근원경 (mm)
1.4×1.4m (3월 식재)	85.2	77.0	7.0
1.4×1.4m (2월 식재)	82	63.0	6.0
1.4×1.4m (1월 식재)	84	68.0	6.0



그림 3. 생장량 조사 모습

IV. 적 요

1. 본 연구는 식재 밀도에 따른 느티나무의 생장량의 차이와 혼효식재에 따른 느티나무, 졸참나무의 생장 차이를 비교한 연구로 근원경, 수고, 생존율을 조사함.
2. 식재 밀도에 따른 느티나무의 생장 조사는 1.2×1.2m 식재 밀도에서 근원경, 수고 생장이 가장 좋았고, 생존율도 다른 식재 밀도보다 가장 높게 생존함.
3. 혼효식재에 따른 느티나무, 졸참나무의 생장 조사는 3열 혼효 식재에서 근원경, 수고 생장이 1~2 혼효식재보다 더 좋았고, 생존율 역시 가장 좋게 나타남.

V. 참고문헌

1. 김갑태. 2003. 생태적 숲관리와 조림 문제-조림지, 천연림, 맹아림에서 물푸레나무 직경성장 비교. 한국환경생태학회지 17(2):105~111.
2. 김갑태. 2003. 생태적 숲관리와 조림 문제-조림지와 천연림에서 자작나무속 세수종의 직경성장 비교. 한국환경생태학회지 17(3):224~231.
3. 김지홍. 1993. 생태형태학적 특성 분석에 의한 활엽수종의 극성상수지 추정. 한국임학회지 82(2):176~187.
4. 이광수, 손영모, 박남창, 최영균, 강진택, 정수영, 이상태, 정영관. 1998. 자작나무식재의 밀도조절 효과. 농업연구소보 32:143~148.
5. 이돈구, 엄태원, 천정화. 2004. 강원도 평창군 중왕산 지역 거제수나무의 입지 및 성장 특성. 한국임학회지 93(1):86~94.
6. 정성호, 최문길, 이근수. 1983. 중부지방 주요활엽수의 직경성장에 관한 조사연구. 한국임학회지 60:24~29.
7. Ceacero C.J. et al. 2012. Interactions between soil gravel content and neighboring vegetation control management in oak seedling establishment success in Mediterranean environments. Forest Ecology and Management 271:10~18.
8. Devine, W.D. et al. 2011. Five-year vegetation control effects on aboveground biomass and nitrogen content and allocation in douglas-fir plantations on three contrasting sites. Forest Ecology and Management 262(12):2187~2198.
9. Hirata, A. et al. 2011. Effects of management, environment and landscape conditions on establishment of hardwood seedlings and saplings in central Japanese coniferous plantations. Forest Ecology and Management 262:1280~1288.
10. Hirata, R. et al. 2012. Influence of a non-weeding treatment on the early growth of planted Hinoki trees. Journal of the Japanese Forest Society 94:135~141.

11. Larouche, C. et al. 2011. Factors affecting northern white-cedar (*Thuja occidentalis*) seedling establishment and early growth in mixedwood stands. Canadian Journal of Forest Research 41:568~582.
12. Milakovsky, B. et al. 2011. Influences of gap position, vegetation management and herbivore control on survival and growth of white spruce (*Picea glauca*) seedlings. Forest Ecology and Management 261:440~446.
13. Nabeshima, E. et al. 2010. Variation in tree diameter growth in response to the weather conditions and tree size in deciduous broad-leaved trees. Forest Ecology and Management 259:1055~1066.

Ⅲ 산림생물 다양성 분야

1. 연화산 도립공원의 식물군락과 환경요인의 상관관계
2. 구상나무 현지내외 복원 전략(공동)
3. 기후변화 취약 산림식물종 계절성 모니터링 연구(공동)
4. 경남지역 희귀특산식물 모니터링 연구(공동)

연화산도립공원 지역의 식물군락과 환경요인의 상관관계

시험기간 : 2016(1년차)

답 당 자 : 유찬열, 최동성, 오성윤, 정한록

I. 서 론

1. 연구배경

경상남도에는 현재 가지산도립공원과 연화산도립공원이 도립공원으로 지정·관리되고 있다. 가지산도립공원의 경우에는 석남사지구, 통도사지구, 내원사지구로 나뉘어 지정·관리되고 있으며, 각 지구별로 식생에 대한 기초자료가 구축되어 있지만(강현미 등, 2015; 이상철 등, 2014; 예상열, 2002; 백재봉 등, 2000), 연화산도립공원의 경우 식생에 대한 기초자료가 부족한 실정이다. 연화산도립공원은 총면적 22.26km²로, 1983년 9월 29일 고성군 개천면·영현면을 포함한 연화산 일대가 경상남도 도립공원으로 지정되었다. 연화산은 최고 높이 528m로 태백산맥의 최남단 여맥에 자리잡고 있다. 지질은 퇴적암으로 신라층군에 해당하며, 산정을 중심으로 비교적 경사가 완만하며, 산 중턱에는 대나무가 분포하고 주변에 오래된 사찰과 문화재가 많이 있다. 안현철과 조현서(2000)는 연화산도립공원 내 옥천사를 중심으로 발달되어 있는 소나무림의 동태 및 식생구조를 조사하였지만 조사범위가 국지적이며, 소나무림만을 대상으로 하여 연화산도립공원 내 분포하고 있는 식생의 특징을 이해하기는 어려운 실정이다. 경상남도의 대표적 도립공원으로서 많은 문화재가 분포하고 있는 연화산도립공원은 타 도립공원에 비하여 식생을 폭넓게 조사한 사례가 없다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 연화산도립공원의 식물군집구조 조사를 실시하여 각 군락별 특징을 규명하여 향후 연화산도립공원의 체계적 관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

3. 연구범위 및 기간

연구범위는 경상남도 연화산도립공원을 공간적 범위로 설정하였으며, 연구기간은 목본류 및 초본류가 가장 왕성한 분포를 보이는 2016년 6월~7월을 기준으로 식생 조사를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 대상지

본 연구의 대상지는 경상남도 내 도립공원 중 하나로 연화산도립공원으로서 총면적은 22.26km²이다. 본 대상지가 속해 있는 경상남도는 한반도의 동남단에 위치하여 저위도이고, 남쪽에는 바다에 접하여 바다의 영향이 크며, 북쪽에는 높은 산맥이 가로 놓여 있어 겨울의 찬 북서풍을 막음으로써 기후는 우리나라 전체를 통해 보았을 때, 온화한 편에 속한다(경상남도 통계연보, 2007). 연화산도립공원이 위치한 고성군은 한반도 육지부의 남단, 경상남도 남부 연안의 중앙부 최남단에 위치하고 있다. 고성군은 행정구역 상 동으로는 바다를 끼며 거제시와 접하고, 서로는 사천시, 남으로는 통영시, 동북은 마산시, 서북은 진주시와 접하고 있으며, 고성군의 행정구역은 1읍 13면으로 면적은 516.7km²이다.

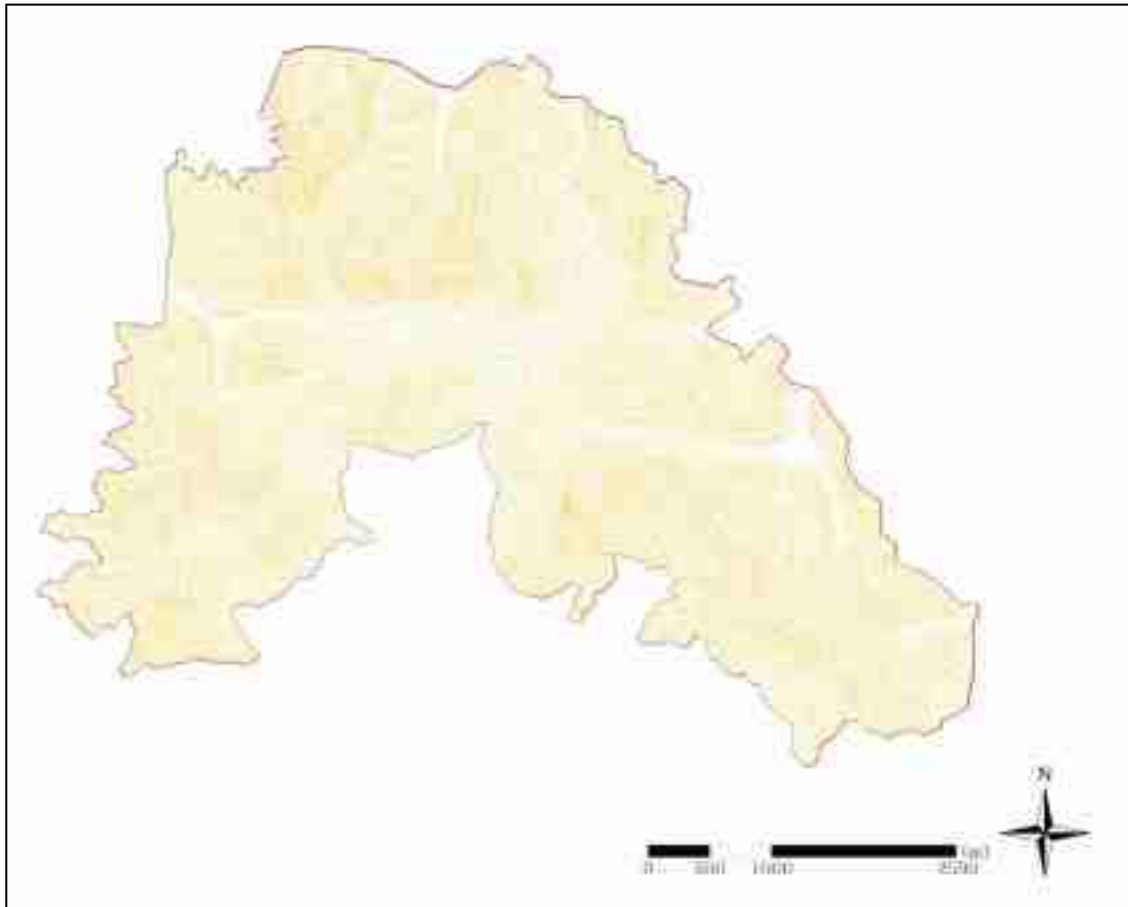


그림 1. 연구대상지 (연화산도립공원)

2. 연구내용 및 방법

1) 식물군락구조 및 환경요인

식물군락구조 조사는 Monk *et al.*(1969)와 박인협(1985)의 방법을 참고하여 수관층위별로 교목층, 아교목층, 관목층으로 나눠 실시하였다. 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 수고 2.0m이하의 수목을 관목층으로 구분하고 그 이외의 수목은 아교목층으로 구분하였다. 교목과 아교목층의 수목에 대해서는 수고와 흉고직경을 측정하였고, 관목층에서는 수고와 수관폭(장변X단변)을 조사하였다. Cuttis and McIntosh(1951)를 응용한 이경재 등(1990)의 방법으로 수관층위별 종간 상대적 우세를 비교하기 위해 상대우점치를 분석하였으며, 상대우점치는 (상대밀도+상대피도)/2으로 계산하였

다. 또한 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 평균상대우점치를 $\{(\text{교목층 I.P.} \times 3) + (\text{아교목층 I.P.} \times 2) + (\text{관목층 I.P.} \times 1)\} / 6$ 의 방법으로 구하였다. 각 조사구의 고도와 사면향, 경사도를 측정하였으며, 수관층위별 식피율과 조사구 내 종수 등을 조사하였다. 모든 식물명은 국가생물종지식정보시스템(국가표준식물목록)을 참고하였다.

2) 토양분석

산림토양의 이화학적 성질과 임목생장과는 밀접한 관련이 있는 것으로 많은 연구가 보고되고 있다. 연화산도립공원 산림지역의 토양 이화학적 특성을 알아보기 위해 조사구 내에서 임의의 지점 3곳을 골라 A₀층을 걷어내고 표층으로부터 30cm 정도의 깊이의 토양을 채취·혼합하여 실내에서 음건하였다. 분석용 토양은 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)을 참고로 하여 pH, EC, 유기물함량, 유효인산과 전질소함량, 치환성양이온함량 등을 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 대상지 현황

1) 대상지 일반현황

연화산도립공원은 행정상으로 경상남도 고성군 개천면, 영현면, 영오면, 대가면, 마암면에 접해 있으며, 지리적으로 동경 128°05' 10" ~ 128°10' 15", 북위 36°01' 00" ~ 36°05' 00"에 위치하고 있다(박태호, 2009). 연화산은 동북쪽에 선유(仙遊), 옥녀(玉女), 탄금(彈琴)의 세 봉우리가 둘러있어 마치 선인이 거문고를 타고, 옥녀가 비파를 다루고 있는 형국이었기 때문에 비슬(琵琶)산이라 불리었다. 연화산이라는 이름은 산의 형상이 연꽃을 닮았다하여 조선조 인조 때 학명대사로부터 연화산으로 고쳐 부르기 시작하였다. 연화산도립공원의 경우, 경남 고성군 일대에 면적 22.26km²가 1983.09.29.에 지정되었으며, 옥녀봉, 선도봉, 망선봉의 세 봉우리로 이루어져 있고 울창한 숲과 깊은 계곡 등 자연경관이 수려하여 많은 등산객이 찾는 곳이다(박태호, 2009). 도립공원은 국립공원에 준하는 자연풍경을 보호하고 이용할 목적으로 자연공원법에 따라 지정한 자연공원을 말하며, 관리는 시·도가 맡고 있다.



그림 2. 연화산 전경과 현장조사 사진

2) 대상지 해발고도 분석

연화산도립공원의 해발고도를 분석한 결과는 다음(표 1, 그림 3)과 같다. 연화산도립공원은 해발고도 200~300m의 분포가 41.67%로 가장 높았으며, 해발고도 300~400m는 27.99%, 100~200m가 19.51%로 나타났다. 연화산도립공원은 100~400m가 전체면적의 89.17%를 차지한다는 것을 알 수 있었다.

표 1. 연화산도립공원 해발고도 분석표

해발고도(m)	면 적(m ²)	비 율(%)
100 이하	303,358	1.36
100-200	4,347,174	19.51
200-300	9,283,255	41.67
300-400	6,236,365	27.99
400-500	2,024,320	9.09
500 이상	84,997	0.38
합 계	22,279,469	100.00

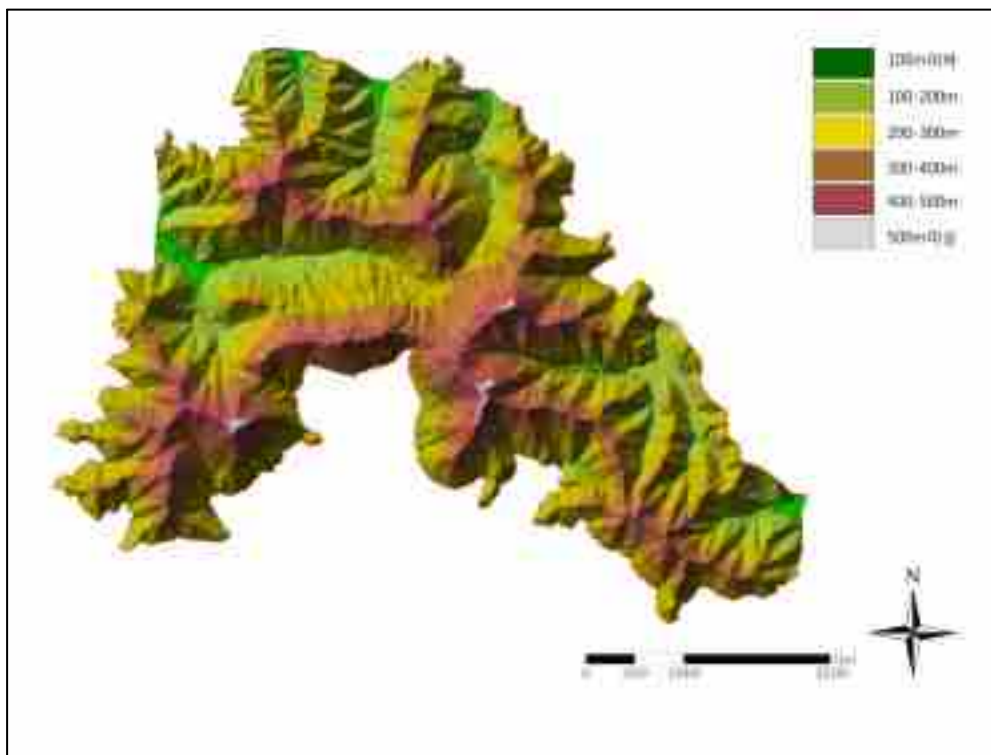


그림 3. 연화산도립공원 해발고도 분석

3) 대상지 경사도 분석

연화산도립공원의 경사도 분석 결과(표 2, 그림 4)를 살펴보면, 경사도 30~40° 지역의 비율이 전체 면적의 39.63%로 가장 높게 나타났다. 경사도 0~10°의 완경사 지역은 전체 면적의 5.62%로 나타났고, 대상지의 약 80% 이상 지역이 경사도 20° 이상의 급경사를 보이고 있음.

표 2. 연화산도립공원 경사도 분석표

경사도(°)	면 적(m²)	비 율(%)
0 - 10	1,252,701	5.62
10 - 20	2,765,814	12.42
20 - 30	8,163,596	36.64
30 - 40	8,829,314	39.63
40 이상	1,268,044	5.69
합 계	22,279,469	100.00

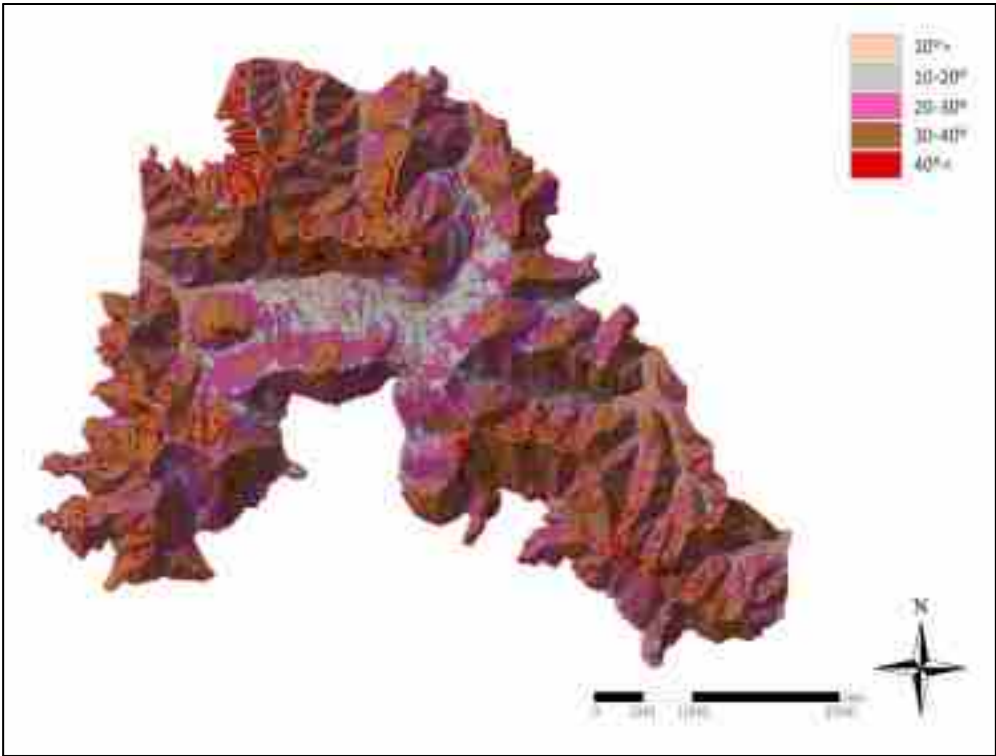


그림 4. 연화산도립공원 경사도 분석

4) 대상지 사면향 분석

연화산도립공원의 사면향 분석결과(표3, 그림 5), 평지와 8방위로 분류되었고, 평지를 제외한 전체 8방위가 고르게 분포하였다. 그 중 북향이 전체 면적의 14.88%로 가장 높게 나타났으며, 북동향 12.39%, 북서향 12.31%, 동향 12.13%, 남향 12.08% 순으로 분석되었다.

표 3. 연화산도립공원 사면향 분석표

사면향	면 적(m ²)	비 율(%)
Flat	858,039	3.85
North	3,315,181	14.88
Northeast	2,761,210	12.39
East	2,702,570	12.13
Southeast	2,160,943	9.70
South	2,690,401	12.08
Southwest	2,557,152	11.48
West	2,492,071	11.18
Northwest	2,741,902	12.31
합 계	22,279,469	100.00

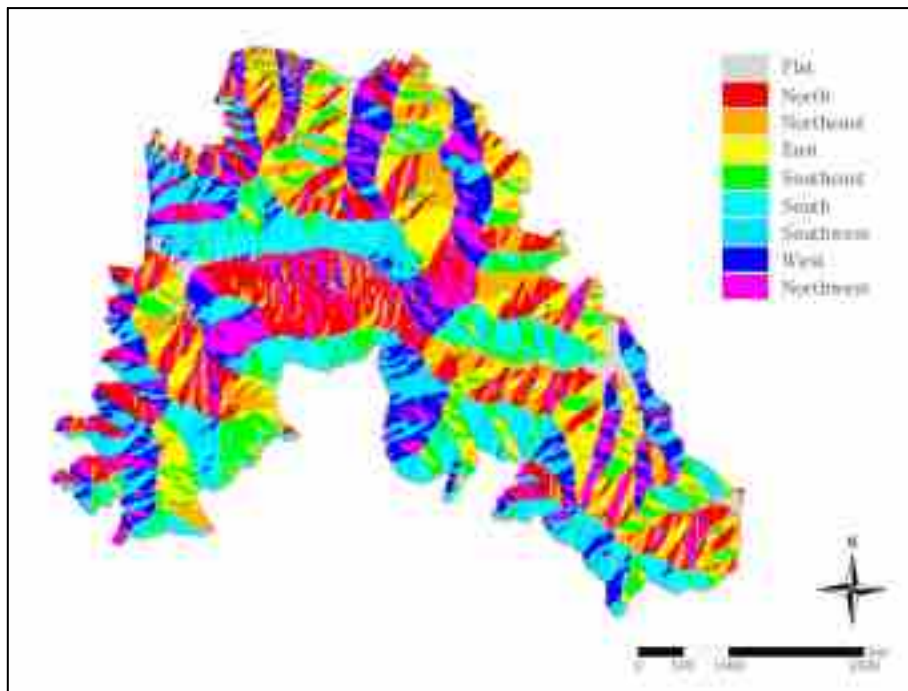


그림 5. 연화산도립공원 사면향 분석

2. 식물군집구조 및 토양 분석

1) 조사지 개황

식물군집구조를 파악하기 위한 현장조사구는 임상도와 위성영상을 참고하여 연화산도립공원 내 대표적 군집이 분포하고 있는 옥천사를 중심으로 설치하였다. 연화산도립공원 옥천사 주변 탐방로를 따라 설치된 조사구 수는 총 34개소이며, 위치는 그림 6과 같다.

각 조사구별 해발고도, 방위, 경사도, 교목층의 평균흉고직경 및 식피율, 아교목층의 평균흉고직경 및 식피율, 관목층의 식피율 등을 조사한 결과는 표 4와 같다. 식물생 조사구의 해발고도 범위는 최저 107m에서 최고 462m이며, 방위는 북서, 북동 등 북향이 주를 이루었고, 경사도 범위는 5~33°로 조사되었다. 각 조사구별(100m²) 출현종수는 최소 10종, 최대 26종으로 나타났다. 교목층의 평균흉고직경은 14.1~29.7cm, 아교목층의 평균흉고직경은 3.2~8.4cm로 다양하게 나타나고 있었다.

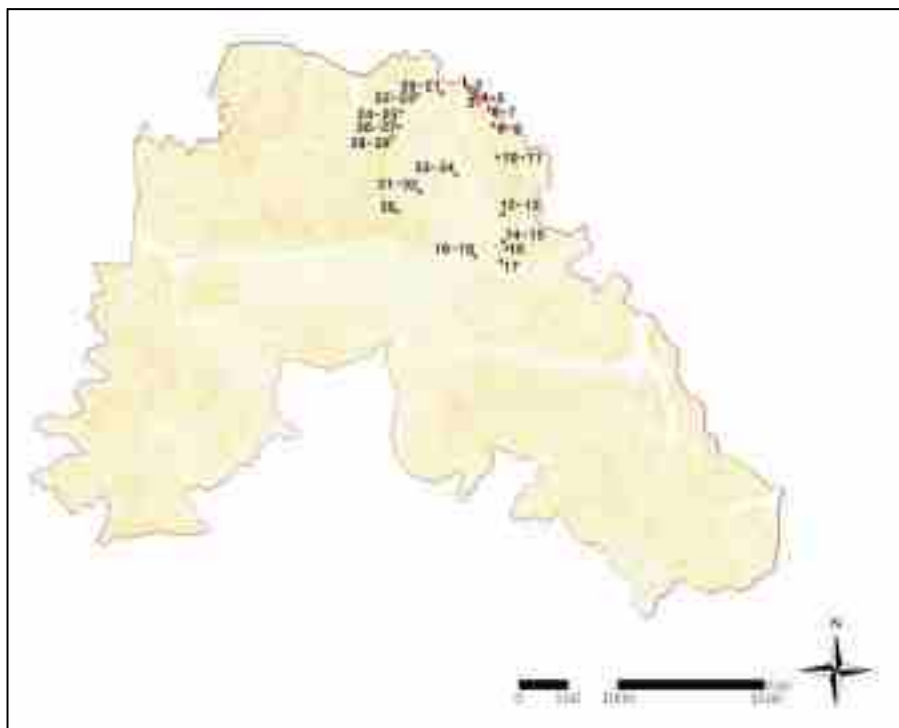


그림 6. 식물군집구조 조사구 위치도

표 4. 식물군집구조 조사구 개황

조사구		1	2	3	4	5	6	7
고도(m)		107	124	133	164	164	245	245
방위		N30W	N30E	N30E	N30W	N30W	S60E	W
경사(°)		35	35	20	15	15	20	15
종수		11	13	16	13	19	16	14
교목	수고(m)	15	15	17	15	15	12	15
	평균 흉고직경(cm)	18.5	14.8	19.1	16.2	18.1	14.1	20.1
	식피율(%)	60	60	50	80	80	80	60
아교목	수고(m)	7	7	10	10	10	7	10
	평균 흉고직경(cm)	4.1	5.5	5.4	4.5	3.5	5.8	5.6
	식피율(%)	70	70	80	50	50	50	20
관목	수고(m)	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	2.0	2.0
	식피율(%)	80	80	30	50	50	30	30

표 4. 식물군집구조 조사구 개황(계속)

조사구		8	9	10	11	12	13	14
고도(m)		259	259	360	360	322	322	385
방위		N60W	N60W	W	E	N45W	S45E	N20W
경사(°)		20	20	20	30	5	5	18
종수		10	12	13	12	13	16	11
교목	수고(m)	18	18	20	20	18	18	20
	평균 흉고직경(cm)	22.2	24.0	22.6	22.8	27.1	24.1	19.8
	식피율(%)	70	70	50	50	80	80	80
아교목	수고(m)	15	15	12	12	10	10	8
	평균 흉고직경(cm)	5.2	4.0	6.6	7.4	4.4	4.7	5.6
	식피율(%)	30	30	50	50	70	70	40
관목	수고(m)	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	식피율(%)	50	50	50	50	90	90	20

표 4. 식물군집구조 조사구 개황(계속)

조사구		15	16	17	18	19	20	21
고도(m)		385	420	372	317	316	153	153
방위		N20W	N30W	N60W	W	W	S	S
경사(°)		18	35	5	16	16	30	30
종수		12	15	15	12	15	26	21
교목	수고(m)	20	15	17	15	15	15	15
	평균 흉고직경(cm)	19.6	16.5	30.0	28.6	27.4	15.2	15.1
	식피율(%)	80	50	50	60	60	90	90
아교목	수고(m)	8	7	10	7	7	6	6
	평균 흉고직경(cm)	4.2	3.9	7.6	5.7	3.9	5.7	6.0
	식피율(%)	40	30	50	30	30	40	40
관목	수고(m)	1.0	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	식피율(%)	20	30	30	50	50	80	80

표 4. 식물군집구조 조사구 개황(계속)

조사구		22	23	24	25	26	27	28
고도(m)		228	228	281	281	331	331	322
방위		E	E	S50E	S50E	N60E	S60E	E
경사(°)		33	33	5	5	15	5	20
종수		13	13	14	12	16	16	12
교목	수고(m)	18	18	18	18	18	20	18
	평균 흉고직경(cm)	20.1	17.8	15.9	15.5	22.1	18.1	20.3
	식피율(%)	80	80	70	70	70	80	60
아교목	수고(m)	7	7	9	9	8	8	8
	평균 흉고직경(cm)	5.5	4.9	6.1	3.2	4.6	4.9	6.8
	식피율(%)	30	30	30	30	50	60	70
관목	수고(m)	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.2
	식피율(%)	30	30	20	20	40	20	30

표 4. 식물군집구조 조사구 개황(계속)

조사구		29	30	31	32	33	34	-
고도(m)		322	462	380	380	200	200	-
방위		E	N45E	S40E	S40E	N60E	N60E	-
경사(°)		20	15	21	21	18	18	-
종수		14	15	10	16	16	20	-
교목	수고(m)	18	12	20	20	20	20	-
	평균 흉고직경(cm)	24.6	15.5	28.2	25.4	26.9	29.7	-
	식피율(%)	60	60	60	60	60	60	-
아교목	수고(m)	8	5	8	8	10	10	-
	평균 흉고직경(cm)	5.2	6.0	6.3	8.4	6.5	6.9	-
	식피율(%)	70	30	60	60	50	50	-
관목	수고(m)	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	-
	식피율(%)	30	30	70	70	80	80	-

2) 각 군락별 상대우점치

① 소나무군락

소나무군락은 34개 조사구 중 17개로 나타났으며, 17개의 조사구를 통합하여 각 층위별 상대우점치 분석을 실시하였다(표 5). 그 결과, 연화산도립공원의 소나무군락은 교목층에서 93.17%로 우점을 하고 있었으며, 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 개서어나무, 상수리나무 등과 함께 나타났다. 아교목층에서 소나무의 세력(I.P. 7.31%)은 급격히 떨어졌으며, 개서어나무(I.P. 20.32%), 때죽나무(I.P. 19.65%) 등을 중심으로 한 낙엽활엽수가 우점하고 있었다. 관목층의 주요 출현종은 비목나무, 털팽나무, 진달래 등이 나타났다.

표 5. 소나무군락 상대우점치 분석표

수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
소나무	93.17	7.31	-	49.02	산딸나무	-	0.28	-	0.09
굴참나무	1.55	5.58	2.38	3.03	나도밤나무	-	0.19	0.12	0.08
졸참나무	1.39	4.16	0.39	2.15	참개암나무	-	0.16	-	0.05
신갈나무	1.28	1.92	0.76	1.41	비목나무	-	-	20.32	3.39
개서어나무	1.22	20.32	2.69	7.83	청미래덩굴	-	-	2.45	0.41
상수리나무	1.10	0.98	0.40	0.94	국수나무	-	-	1.33	0.22
팔배나무	0.30	2.89	0.65	1.22	대팻집나무	-	-	1.25	0.21
때죽나무	-	19.65	5.32	7.44	마삭줄	-	-	0.96	0.16
개울나무	-	9.67	10.65	5.00	물푸레나무	-	-	0.85	0.14
털팽나무	-	7.25	19.15	5.61	조록싸리	-	-	0.70	0.12
당단풍나무	-	5.16	2.13	2.08	밤나무	-	-	0.57	0.10
산벚나무	-	4.84	0.40	1.68	초피나무	-	-	0.57	0.10
진달래	-	3.33	10.64	2.88	작살나무	-	-	0.48	0.08
쪽동백나무	-	2.16	3.30	1.27	곰의말채나무	-	-	0.37	0.06
굴피나무	-	0.80	0.36	0.33	함박꽃나무	-	-	0.15	0.03
철쭉나무	-	0.73	0.28	0.29	다릅나무	-	-	0.15	0.03
생강나무	-	0.66	9.10	1.74	주목	-	-	0.10	0.02
층층나무	-	0.56	-	0.19	감태나무	-	-	0.09	0.02
노간주나무	-	0.41	0.12	0.16	사람주나무	-	-	0.09	0.02
산가막살나무	-	0.36	0.19	0.15	참회나무	-	-	0.10	0.02
노린재나무	-	0.35	0.22	0.15	개머루	-	-	0.09	0.02
산철쭉	-	0.31	-	0.10	음나무	-	-	0.09	0.02

② 소나무-낙엽활엽수군락

연화산도립공원 내 소나무-낙엽활엽수군락은 총 34개 조사구 중 6개로 나타났으며, 6개의 조사구를 통합하여 각 층위별 상대우점치 분석을 실시하였다(표 6). 소나무-낙엽활엽수군락은 교목층에서 소나무가 I.P. 48.43%로 우점하고 있었지만 낙엽활엽수인 굴참나무(I.P. 20.55%), 신갈나무(I.P. 15.25%), 졸참나무(I.P. 6.44%) 등과 경쟁을 하고 있었다. 또한 리기다소나무, 사방오리나무, 굴피나무, 벗나무 등이 교목층에서 출현하고 있었다. 아교목층에서는 졸참나무(I.P. 12.00%)가 우점하였으며, 소나무, 때죽나무, 정금나무, 노간주나무, 털팽나무 등이 나타났다. 관목층에서는 털팽나무(I.P. 13.40%)가 우점하였으며, 진달래, 산철쭉, 물푸레나무, 굴피나무 등이 함께 출현하였다.

표 6. 소나무-낙엽활엽수군락 상대우점치 분석표

수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
소나무	48.43	9.56	-	27.40	쪽동백나무	-	0.41	-	0.14
굴참나무	20.55	6.81	2.33	12.93	병꽃나무	-	0.38	4.14	0.82
신갈나무	15.25	3.16	0.46	8.76	산철쭉	-	-	5.61	0.94
졸참나무	6.44	12.00	3.07	7.73	공의말채나무	-	-	4.10	0.68
리기다소나무	3.50	-	-	1.75	취뽕나무	-	-	3.87	0.65
사방오리나무	2.12	-	-	1.06	나도밤나무	-	-	3.67	0.61
굴피나무	1.90	0.81	5.55	2.15	돌가시나무	-	-	3.53	0.59
벗나무	1.81	4.98	0.80	2.70	청미래덩굴	-	-	2.98	0.50
때죽나무	-	9.02	1.71	3.29	땅비싸리	-	-	2.79	0.47
정금나무	-	8.02	3.12	3.19	생강나무	-	-	2.35	0.39
노간주나무	-	7.37	-	2.46	조록싸리	-	-	2.35	0.39
털팽나무	-	7.11	13.40	4.60	윤노리나무	-	-	1.79	0.30
개서어나무	-	7.02	0.48	2.42	머루	-	-	1.30	0.22
철쭉나무	-	5.50	1.33	2.06	사람주나무	-	-	1.09	0.18
물푸레나무	-	4.23	5.61	2.35	작살나무	-	-	0.88	0.15
떡갈나무	-	3.48	-	1.16	참싸리	-	-	0.75	0.13
편백	-	2.80	-	0.93	비목나무	-	-	0.64	0.11
감태나무	-	1.95	4.96	1.48	국수나무	-	-	0.64	0.11
노린재나무	-	1.53	2.60	0.94	산딸기	-	-	0.49	0.08
개울나무	-	1.29	4.42	1.17	화살나무	-	-	0.39	0.07
팔배나무	-	1.28	-	0.43	밤나무	-	-	0.32	0.05
진달래	-	0.84	6.21	1.32	쫄레나무	-	-	0.28	0.05
산검양귀나무	-	0.47	-	0.16	-	-	-	-	-

③ 소나무-리기다소나무군락

소나무-리기다소나무군락은 2개소로 교목층에서 소나무와 리기다소나무가 경쟁하고 있는 군락으로 교목층에서는 소나무와 리기다소나무 외에 졸참나무, 굴참나무, 잣나무가 함께 출현하였다. 아교목층에서는 노간주나무(I.P. 15.84%)가 우점하였으며, 굴참나무(I.P. 14.02%), 소나무(I.P. 12.36%), 털팽나무(I.P. 9.89%) 등이 나타났고, 관목층에서는 진달래가 우점하였다.

표 7. 소나무-리기다소나무군락 상대우점치 분석표

수 목 명	교목층 I.P.	아교목 층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수 목 명	교목층 I.P.	아교목 층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
소나무	53.12	12.36	-	30.68	철쭉	-	3.27	20.07	4.44
리기다소나무	35.57	5.51	-	19.62	상수리나무	-	1.76	-	0.59
졸참나무	5.36	7.10	7.22	6.25	생강나무	-	1.66	-	0.55
굴참나무	3.07	14.02	2.66	6.65	사람주나무	-	-	9.62	1.60
잣나무	2.90	8.61	-	4.32	청미래덩굴	-	-	9.48	1.58
노간주나무	-	15.84	2.82	5.75	줄가시나무	-	-	3.12	0.52
털팽나무	-	9.89	3.16	3.82	개울나무	-	-	2.63	0.44
때죽나무	-	6.65	9.99	3.88	산검양울나무	-	-	1.42	0.24
떡갈나무	-	4.95	-	1.65	비목나무	-	-	1.31	0.22
진달래	-	4.79	25.20	5.80	아까시나무	-	-	1.31	0.22
벚나무	-	3.60	-	1.20	-	-	-	-	-

④ 리기다소나무군락

리기다소나무군락은 34개 조사구 중 1개로 상대우점치 분석을 실시하였다(표 8). 교목층에서는 리기다소나무가 상대우점치 86.93%로 우점하였으며, 신갈나무(I.P. 13.07%)가 함께 출현하였다. 아교목층에서는 때죽나무(I.P. 40.47%), 졸참나무(I.P. 20.88%) 등 낙엽활엽수가 우점하였으며, 주요 출현종은 때죽나무, 졸참나무를 포함하여 잣나무, 소나무, 리기다소나무, 털팽나무, 진달래 등 8종이 나타났다. 관목층에서는 진달래(I.P. 31.64%)가 우점하였으며, 굴참나무, 때죽나무, 털팽나무 등이 출현하였다.

표 8. 리기다소나무군락 상대우점치 분석표

수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
리기다소나무	86.93	6.89	-	45.76	굴참나무	-	-	19.48	3.25
신갈나무	13.07	3.05	-	7.55	개울나무	-	-	5.62	0.94
때죽나무	-	40.47	11.51	15.41	노간주나무	-	-	4.88	0.81
줄참나무	-	20.88	3.83	7.60	철쭉	-	-	4.10	0.68
잣나무	-	9.89	-	3.30	청미래덩굴	-	-	4.10	0.68
소나무	-	6.89	-	2.30	산철쭉	-	-	2.08	0.35
덜꿩나무	-	6.13	9.45	3.62	참개암나무	-	-	1.73	0.29
진달래	-	5.81	31.64	7.21	아까시나무	-	-	1.57	0.26

⑤ 일본잎갈나무-낙엽활엽수군락

일본잎갈나무-낙엽활엽수혼효림군락은 1개소로 교목층에서 인공식재 한 일본잎갈나무가 상대우점치 31.02%로 우점하지만, 벚나무, 밤나무, 개서어나무, 소나무, 줄참나무 등이 경쟁상태에 있었다. 아교목층에서는 때죽나무(I.P. 69.97%)가 우점하였고, 덜꿩나무, 줄참나무, 벚나무 등이 출현하였지만 연화산도립원 내 타 군락에 비해 아교목층의 발달이 저조하였다. 관목층에서는 덜꿩나무(I.P. 50.51%)가 우점하였고, 청미래덩굴, 잣나무 등이 주요 출현종으로 나타났다.

표 9. 일본잎갈나무-낙엽활엽수군락 상대우점치 분석표

수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수 목 명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
일본잎갈나무	31.02	-	-	15.51	때죽나무	-	69.97	6.42	24.39
벚나무	25.78	3.39	-	14.02	덜꿩나무	-	13.61	50.51	12.96
밤나무	16.55	-	-	8.28	청미래덩굴	-	-	14.74	2.46
개서어나무	9.07	-	-	4.54	잣나무	-	-	10.79	1.80
소나무	6.90	-	-	3.45	진달래	-	-	7.56	1.26
굴참나무	6.34	-	-	3.17	노간주나무	-	-	6.31	1.05
줄참나무	4.36	13.04	3.69	7.14	-	-	-	-	-

⑥ 굴참나무-혼효림군락

굴참나무-혼효림군락은 총 34개 조사구 중 3개 조사구로 교목층에서는 굴참나무가 우점하지만 상수리나무, 졸참나무, 소나무 등과 경쟁하고 있는 군락이다. 아교목층에서는 벚나무(I.P. 18.57%)가 우점하였으며, 굴참나무(I.P. 13.77%), 졸참나무(I.P. 9.04%) 순으로 상대우점치가 분석되었다. 관목층에서는 생강나무(I.P. 27.14%)가 우점하는 가운데 쥐똥나무(I.P. 12.51%), 굴참나무(I.P. 10.86%), 사람주나무(I.P. 7.61%), 졸참나무(I.P. 7.20%) 등이 함께 출현하였다.

표 10. 굴참나무-혼효림군락 상대우점치 분석표

수목명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수목명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
굴참나무	59.28	13.77	10.86	36.04	개서어나무	-	2.53	-	0.84
상수리나무	14.15	-	-	7.08	개울나무	-	2.29	5.11	1.62
졸참나무	10.36	9.04	7.20	9.39	느티나무	-	2.26	-	0.75
소나무	9.02	-	-	4.51	생강나무	-	2.23	27.14	5.27
떡갈나무	5.03	5.55	-	4.37	광대싸리	-	1.85	-	0.62
굴피나무	2.16	3.65	-	2.30	팽나무	-	1.17	-	0.39
산벚나무	-	18.57	3.36	6.75	곰의말채나무	-	1.17	-	0.39
나도밤나무	-	6.94	4.63	3.09	갈참나무	-	0.95	-	0.32
덜꿩나무	-	6.76	6.22	3.29	쥐똥나무	-	-	12.51	2.09
때죽나무	-	6.53	5.79	3.14	사람주나무	-	-	7.61	1.27
팔배나무	-	6.04	-	2.01	조록싸리	-	-	3.95	0.66
벚나무	-	5.60	-	1.87	감태나무	-	-	3.38	0.56
물푸레나무	-	3.09	-	1.03	청미래덩굴	-	-	2.24	0.37

⑦ 개서어나무군락

개서어나무군락은 서어나무와 함께 우리나라를 대표하는 극상림으로 알려져 있다. 개서어나무는 1개소로 교목층에서 상대우점치 80.71%로 우점하였으며, 굴피나무, 졸참나무 등과 함께 출현하였고, 아교목층에서는 팔배나무, 관목층에서는 덜꿩나무가 우점하는 구조로 분석되었다.

표 11. 개서어나무군락 상대우점치 분석표

수목명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수목명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
개서어나무	80.71	-	-	40.36	덜꿩나무	-	-	25.55	4.26
굴피나무	6.55	-	-	3.28	조록싸리	-	-	22.13	3.69
줄참나무	5.89	-	-	2.95	생강나무	-	-	5.47	0.91
팔배나무	3.66	39.30	14.38	17.33	비목나무	-	-	3.57	0.60
산벚나무	3.18	-	-	1.59	개머루	-	-	3.57	0.60
개울나무	-	30.87	7.86	11.60	병꽃나무	-	-	3.57	0.60
쪽동백나무	-	16.76	10.94	7.41	두릅나무	-	-	2.98	0.50
나도밤나무	-	13.07	-	4.36	-	-	-	-	-

⑧ 개서어나무-혼효림군락

연화산도립공원 내 개서어나무-혼효림군락은 총 34개 조사구 중 3개 조사구에서 나타났다. 교목층에서 개서어나무(I.P. 44.03%)가 우점하는 가운데, 신갈나무, 굴참나무, 소나무 등과 경쟁하고 있었으며, 그 외 상수리나무, 벚나무, 줄참나무 등이 함께 출현하였다. 아교목층에서도 개서어나무(I.P. 49.19%)가 우점하였으며, 사람주나무(I.P. 16.63%), 당단풍나무(I.P. 14.19%) 등이 주요 출현종으로 나타났다. 관목층에서는 개울나무(I.P. 20.14%)가 우점하는 가운데 당단풍나무(I.P. 19.58%), 사람주나무(I.P. 14.98%), 덜꿩나무(I.P. 11.72%)가 주요 출현종으로 나타났다.

표 12. 개서어나무-혼효림군락 상대우점치 분석표

수목명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.	수목명	교목층 I.P.	아교목층 I.P.	관목층 I.P.	M.I.P.
개서어나무	44.03	49.19	-	38.41	덜꿩나무	-	3.90	11.72	3.25
신갈나무	25.07	-	-	12.54	떡갈나무	-	2.62	-	0.87
굴참나무	10.08	-	3.64	5.65	진달래	-	1.98	-	0.66
소나무	8.10	-	-	4.05	쪽동백나무	-	1.57	7.74	1.81
상수리나무	5.50	-	-	2.75	팽나무	-	1.02	-	0.34
벚나무	5.09	2.24	-	3.29	팔배나무	-	0.91	6.51	1.39
줄참나무	2.13	-	0.90	1.22	개울나무	-	-	20.14	3.36
사람주나무	-	16.63	14.98	8.04	생강나무	-	-	8.24	1.37
당단풍나무	-	14.19	19.58	7.99	작살나무	-	-	1.80	0.30
윤노리나무	-	5.74	3.83	2.55	비목나무	-	-	0.90	0.15

3) 토양분석

연화산도립공원의 17개 조사구에 대하여 토양을 채취하고 음건하여 분석하였고 이를 각 군락별로 평균내어 정리하였다(표 13). 평균 수소이온농도(pH)는 4.91로 경남의 전체적인 평균 pH 5.27(정진현 등, 2002)보다 낮게 나타났고, 소나무-낙엽활엽수군락에서 pH 5.33으로 가장 높게, 개서어나무-혼효림에서 pH 4.70으로 가장 낮게 분석되었다. 유효인산의 평균은 18.45mg/kg으로 편차가 크게 나타났는데, 이는 기존 연구 결과(이수옥, 1981)에서 보고하고 있듯이 동일한 산림지역일지라도 그 변이가 매우 크다는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 치환성양이온(K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})은 토양 수소이온농도(pH)와 밀접한 관계가 있다(정진현 등, 2002). 본 연구결과 치환성양이온 함량은 Ca^{2+} 0.76%kg, Mg^{2+} 0.50%kg, K^+ 0.17%kg순으로 나타났다. 이는 산림토양에서 치환성양이온 양은 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ 순으로 감소한다고 보고(河田弘, 1989)한 결과와 일치하였다.

표 13. 연화산도립공원 주 군락별 토양분석 결과

군락명	pH (1:5)	EC (ds/m)	T-C %	P_2O_5 (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	T-N %
소나무군락	4.86	0.27	50.65	16.79	0.16	0.55	0.26	0.06	0.17
소나무- 낙엽활엽수군락	5.33	0.14	38.69	7.56	0.15	1.90	1.18	0.08	0.14
소나무- 리기다 군락	4.96	0.20	33.35	4.52	0.06	0.20	0.25	0.07	0.06
굴참나무- 혼효림군락	4.92	0.36	80.00	29.66	0.24	1.41	1.10	0.11	0.39
개서어나무군락	4.81	0.20	44.90	14.01	0.10	0.07	0.11	0.04	0.13
개서어나무- 혼효림군락	4.70	0.27	112.38	28.35	0.19	0.15	0.18	0.08	0.52
전체 평균	4.91	0.26	60.33	18.45	0.17	0.76	0.50	0.07	0.24

IV. 적요

경상남도에 위치하고 있는 도립공원 중 연화산도립공원을 대상으로 식물군집구조를 규명하고 향후 도립공원 내 산림 식생의 체계적인 관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 본 연구를 실시하였다. 연화산도립공원의 해발고도 분석을 실시한 결과, 해발고도 100~400m가 전체 면적의 89.17%를 차지하고 있었다. 연화산도립공원의 경사도 분석을 실시한 결과, 대상지의 약 80% 이상 지역이 경사도 20° 이상의 급경사를 보이고 있었다. 연화산도립공원의 사면향 분석을 실시한 결과, 북향이 전체 면적의 14.88%로 가장 높게 나타났으며, 북동향, 북서향, 동향, 남향 순으로 분석되었다. 식물군집구조를 파악하기 위해 현장에 34개소의 조사구를 설치하여 군집구조조사를 실시하였다. 식생 조사구의 해발고도 범위는 107 ~ 462m, 경사도 범위는 5 ~ 33°로 나타났다. 34개 조사구를 군락분류를 실시한 결과, 소나무군락, 소나무-낙엽활엽수군락, 소나무-리기다소나무군락, 일본잎갈나무-낙엽활엽수군락, 굴참나무-혼효림군락, 개서어나무군락, 개서어나무-혼효림군락 등 총 8개 군락으로 분류되었다. 연화산도립공원 내에는 소나무군락이 폭넓게 분포하고 있었으며, 리기다소나무군락도 일부 분포하고 있었다. 소나무군락은 최근 겨울철 한파로 생긴 상고대 피해로 나무들이 통째로 부러지거나 뽑혀있어, 체계적인 피해목 조사와 분포 범위를 파악하여 피해 복구를 위한 현장 조사가 필요하다고 판단되었다. 교목층에서 소나무와 함께 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 등 참나무류 등이 경쟁하고 있는 지역도 일부 분포를 하고 있었으며, 목표군락 설정을 통한 맞춤형 집중관리 계획이 필요한 실정이다. 연화산도립공원 내에도 우리나라를 대표하는 극상림으로 알려져 있는 개서어나무군락이 일부 분포하고 있었음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 강현미, 이상철, 최송현, 박석곤(2015) Studies on the Actual Vegetation and Vegetation Structure of the Tongdosa Temple Forest. 한국환경생태학회 29(1):46~61.
2. 김인택(1994) 연화산 도립공원 식생에 관한 생태학적 연구. 환경문제연구소 환경연구논문집 3:15~47.
3. 농업과학기술원(2000) 토양 및 식물체 분석법. pp202.
4. 박인협(1985) 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 46쪽
5. 박태호(2009) 경상남도 도립공원 식생의 식물사회학적 분석과 보전에 관한 연구. 창원대학교 박사학위 논문 pp220.
6. 백재봉, 최송현, 조재우(2000) 석남사지역의 식생경관 관리를 위한 삼림구조 분석. 한국전통조경학회지 18(4):68~76.
7. 예상열(2002) 가지산의 현존식생에 관한 식물사회학적 연구. 울산대학교 교육대학원 생물교육전공 석사학위논문 pp28.
8. 안현철, 조현서(2000) 연화산 도립공원의 산림군집구조와 동태에 관한 연구. 진주산업대학교 농업기술연구소 농업기술연구소보 13:87~95.
9. 이상철, 강현미, 김지석, 유찬열, 최송현(2014) 가지산도립공원 통도사지구의 식물군락과 환경요인의 상관관계. 한국환경생태학회 28(6):715~724.
10. 河田弘(1989) 森林土壤學概論. 傳友社. pp399.
11. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32:476~496.
12. Monk C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified Oak-Hickory community. Ecology 50(3):468~470

구상나무 현지 내·외 복원 전략

시험기간 : 2015년 ~ 2016년

담 당 자 : 고정필, 김정민, 오성윤, 정한록

I. 서 론

최근 급격한 인구증가와 경제발전, 그리고 기온상승 및 빈번한 이상기상 출현에 따른 생물자원의 고갈이 극심해지고 이러한 환경파괴로 지구 생태계의 생명부양 기능과 작용에 영향을 주어 식물들이 멸종위기에 처하고 있다. 멸종위기에 처하는 원인에는 여러 가지가 있는데 가장 큰 원인으로 지목되는 것이 생육지의 파괴가 가장 중요한 원인이며 식물종의 과도한 이용, 환경오염물질의 영향, 외래종의 무분별한 도입 등과 같은 인위적인 요인이 보다 심각한 멸종의 원인이 되고 있다. 인간간섭에 의한 멸종은 100년 안에 약 90종으로 자연적으로 멸종되는 종에 4만 배에 달한다고 하며(Schemske et al., 1994; Wolf, 1987; Raup, 1986), 우리나라의 경우, 생물다양성이 매년 500여종이, 매달 40여종, 매일 1.4종이 사라진다고 추정 하고 있다(한국환경정책평가연구원, 2001). 자연 상태에서는 고등식물의 경우 매년 평균 2종이 절멸하는 것으로 추정하고 있다(최와 신, 1994).

최근 세계적으로 기후변화와 자연생태계 보존에 대한 관심이 높아지고 있으며 환경 변화에 민감한 고산생태계의 변화에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 국내에서도 고산지대에 분포하는 식생변화에 관한 연구가 여러 측면에서 진행되고 있다. 구상나무에 대한 연구로는 쇄퇴에 관한 연구, 식생변화에 대한 연구, 아고산지대에 관한 연구 등이 진행되었다.

구상나무는 우리나라 특산종으로 인정되고 있어 관심이 요구되는 수종이며, 지리산과 한라산의

구상나무림이 원인 모르게 고사하는 현상이 발생하여 이에 대한 연구들이 꾸준히 지속되고 있고 온난화 등 기후변화에 따른 생육환경의 변화로 쇠퇴가 진행되는 것으로 전망되고 있다.

지리산 구상나무 자생지의 분포면적은 1981년 262ha에서 2007년 216ha로 약 30년간 18% 감소하였으며 분포면적 감소와 함께 분포범위 내에서의 생육밀도 감소가 보고되고 있다(김남신과 이희천, 2013).

구상나무림 쇠퇴 원인은 강풍, 겨울철 한건풍 및 한랭한 여름(강상준 등, 1997), 겨울기온의 상승으로 인한 광합성작용에서 기인하는 수분 불균형(구경아 등, 2001), 종관기상보다는 미기후적 특성(이창석과 조현제, 1993) 등으로 추정되고 있다.

이에 기후변화에 따른 고산 생태계의 보호와 종다양성의 보존을 감안해 대책이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 자생지내 환경변화에 따라 쇠퇴하고 있는 지리산 구상나무의 유전변이 및 생육환경 특성 구명하고 지리산 구상나무의 유전다양성 유지를 위한 자생지 내 복원재료 및 생육가능 환경 선정 기술 개발에 있다.

그리고 환경변화에 취약한 소멸위기 산림유전자원의 유전다양성 유지를 위한 현지 내·외 복원 전략 확립 등 구상나무의 보전과 기후변화 연구의 기초자료를 제공하는 데 도움이 되고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 복원재료 파종 및 수집

지리산 2지역(천왕봉, 반야봉) 24가계, 2연령(2-0묘, 1-0묘), 가계별 1~500립 총 4,000립을 파종하였다(그림 1). 그리고 세계유산한라산연구원에서 한라산 구상나무 종자 500g을 수집, 파종하였다.



그림 1. 금원산생태수목원 증식온실 파종

2. 파종 조건

파종상은 피트모스, 버미큐라이트, 펄라이트 1:1:1 혼합 상토로 파종밀도는 파종바트 (50×33cm)당 가계 파종립 수 1~500립으로 4월말(4.29)에 파종 시험하였다(그림 2).



그림 2. 파종 시험

3. 관리조건

관수는 파종 후 1회/일, 하절기 2회/일로 하고 관리는 비닐온실에서 하절기(7~8월)에 10시~17시 습도조절을 위해 덮개를 사용하여 발아 후 다른 파종상으로 이식하였다(그림 3).



그림 3. 시험 연구 관리

4. 지리산 구상나무 유전다양성 보존 및 복원기반 조성

국립산림과학원과 공동으로 기후변화로 쇠퇴하고 있는 지리산 구상나무의 유전 다양성 보존과 자생지 내 복원재료 및 생육가능환경 선정 기술 개발 등을 위한 복원기반 조성 확립 연구를 수행하고 있다(그림 4).



그림 4. 지리산 구상나무 보존 및 복원

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 구상나무 쇠퇴현황 조사

지리산 지역 중 쇠퇴현상이 가장 심하다고 보고된 반야봉 지역을 대상으로 노고단에서부터 반야봉 지역 조사 결과 생육양호지역, 생육열세지역, 고사지역 등으로 구분된다. 특히 노고단에서 노루목 사이는 해발 1,400m이하 지역으로 봉우리 근처에만 소규모로 분포하고 있고 봉우리 지역을 제외한 나머지 지역은 접근 가능한 등산로 주위로 구상나무가 거의 나타나지 않고 있으며 잔존개체 대부분도 고사한 상태로 존재하고 있었다.

2. 2015년도 구상나무 발아율 조사

2015년 파종한 구상나무의 충실도와 발아율은 표1 및 그림 5와 같이 나타났다. 구상나무 2지역 24가계 평균 발아율은 12.8%로 최고 발아율이 22.8%, 최저 발아율은 2.8%로 가계별로 차이를 보였다.

그리고 수종 특성을 감안하여 8주 동안 발아율 조사를 하였는데 평균발아일수는 37.9일로 나타났다.

표 1. 구상나무 가계별 충실도(%) 및 파종립 수

연번	집단	충실도(%)	파종립 수	비고	연번	집단	충실도(%)	파종립 수	비고
1	반야봉	37	200		13	반야봉	33	100	
2	반야봉	27	500		14	천왕봉	13	200	
3	반야봉	20	200		15	천왕봉	7	100	
4	반야봉	37	100		16	천왕봉	6	100	
5	반야봉	43	200		17	천왕봉	47	200	
6	반야봉	7	100		18	천왕봉	7	100	
7	반야봉	50	100		19	천왕봉	3	100	
8	반야봉	37	100		20	천왕봉	10	200	
9	반야봉	10	100		21	천왕봉	10	100	
10	반야봉	30	100		22	천왕봉	7	500	
11	반야봉	13	200		23	천왕봉	50	100	
12	반야봉	27	200		24	천왕봉	70	100	
계	2	27	4,000						

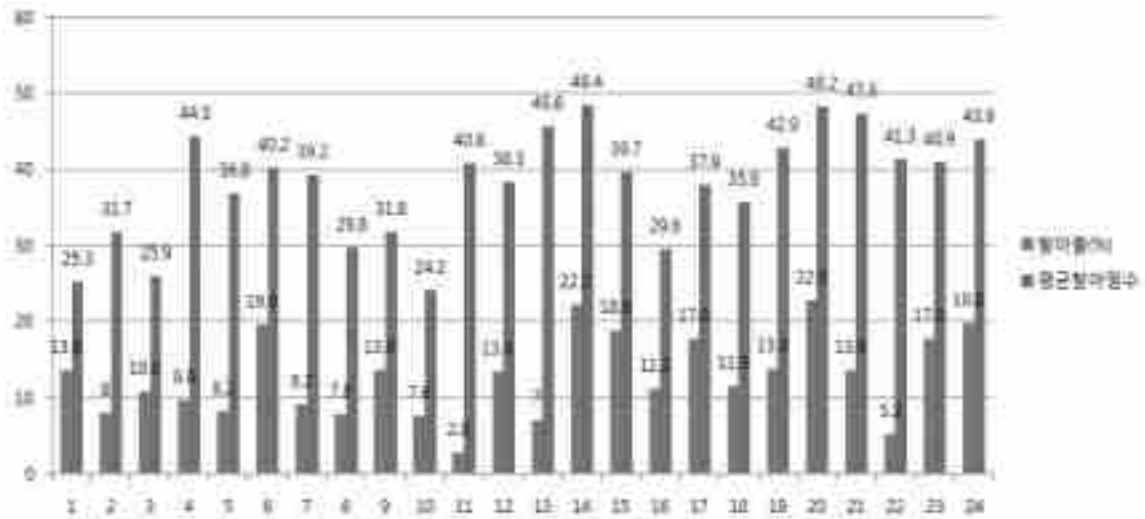


그림 5. 구상나무 종자 발아율(%) 및 평균발아일수

3. 2015년도 구상나무 묘목 규격 비교 조사

2014년에 파종한 구상나무 2-0묘는 지리산 구상나무 복원재료(20가계 × 100개체) 증식을 위해 시험 연구 관리하고 1-0묘, 2-0묘에 대해 묘목 규격 비교 조사를 하였다(그림 6). 1-0묘 구상나무 가계별 평균 간장 4.3cm, 근원경 0.9mm로 조사 되었고 2-0묘 구상나무는 평균 간장 6.5cm, 근원경1.6mm로 나타났다.

국립산림과학원 산림생산기술연구소에서 조사한 구상나무 묘목 규격과 비교해보면 구상나무 묘령 1-0 간장 4cm, 근원경 1.4mm와 묘령 2-0 간장 6cm, 근원경 2.0mm로 평균 간장에서는 1-0묘와 2-0묘 모두 생장이 좋은 것으로 나타났는데 근원경은 적은 규격을 보였다.

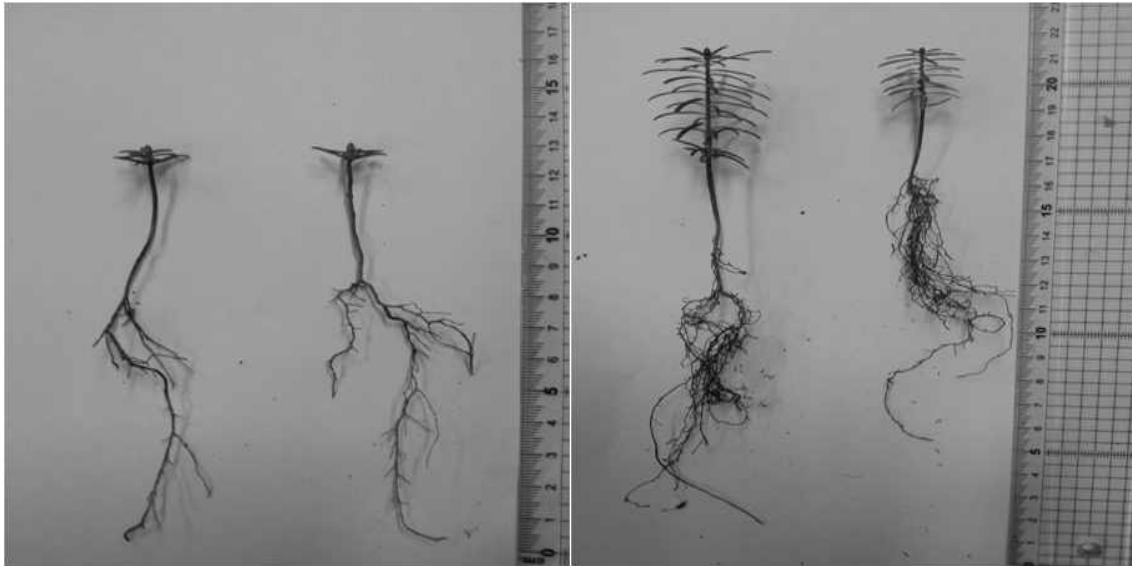


그림 6. 구상나무 묘목 규격 비교

4. 2016년도 구상나무 묘목 규격 비교 조사

2014년에 파종한 구상나무 2-1묘는 지리산 구상나무 복원재료(20가계 × 100개체) 증식을 위해 시험 연구 관리하고 1-1묘, 2-1묘에 대해 묘목 규격 비교 조사를 하였다(그림 7). 1-1묘 구상나무 가계별 평균 간장 8.6cm, 근원경 3.1mm로 조사 되었고, 2-1묘 구상나무는 평균 간장 21.2cm, 근원경 4.6mm로 나타났다.

국립산림과학원 산림생산기술연구소에서 조사한 구상나무 묘목 규격과 비교해보면 구상나무 묘령 2-0 간장 6cm, 근원경 2mm와 묘령 2-1의 묘목 규격 조사 자료가 없어 묘령 2-2 묘목 규격과 비교하면 간장 18cm, 근원경 5mm로 평균 간장 및 근원경 모두 높은 성장량을 보였다.

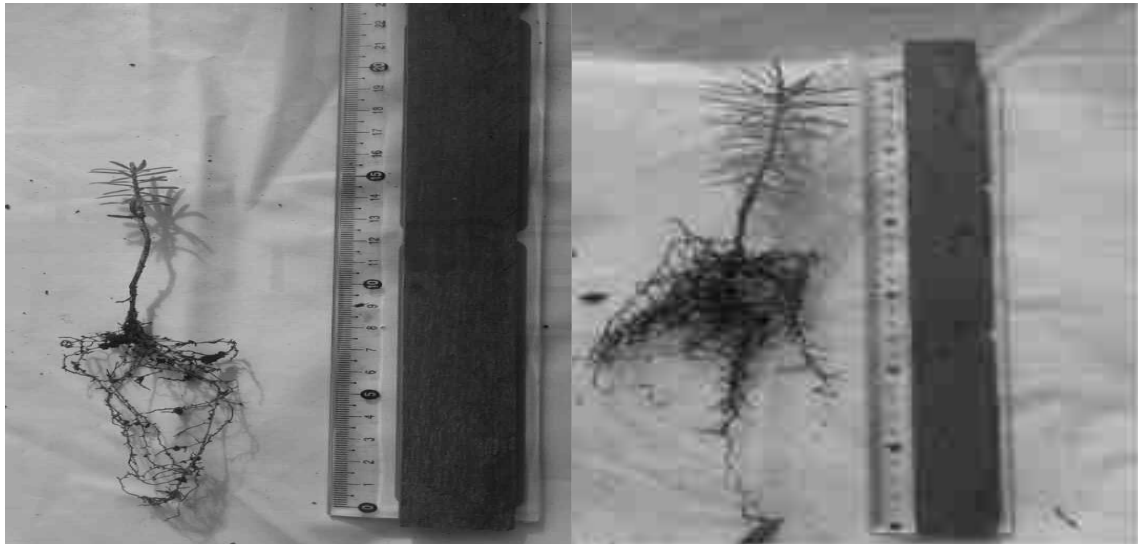


그림 7. 구상나무 묘목 규격 비교

IV. 적 요

1. 지리산 구상나무의 쇠퇴함에 따라 구상나무 현지 내 · 외 복원을 위해 지리산 2 지역(천왕봉, 반야봉) 24가계, 2연령(2-0묘, 1-0묘), 가계별 1~500립 총 4,000립 파종하였다.
3. 2015년에 파종한 구상나무 2-0묘는 평균 발아율은 12.8%로 최고 발아율이 22.8%, 최저 발아율은 2.8%로 가계별로 차이를 보였다. 그리고 평균발아일수는 37.9일로 나타났다.
3. 2015년에 파종한 구상나무 2-0묘는 충실도가 좋지 않아 연구가 진행 될수록 점 점 생존율이 감소하였다. 이에 2014년에 파종한 구상나무 2-1묘와 함께 지리산 구상나무 복원재료 증식을 위해 시험 연구 관리를 꾸준히 하였다.
4. 구상나무 묘목 규격 비교 조사는 2-0묘, 2-1묘 모두 평균 간장에서 생육이 좋고 근원경에서도 좋은 수치를 보였다.
5. 2017년에는 금원산생태수목원에 구상나무 종보존원을 조성할 계획이며, 기후변화 등으로 쇠퇴하고 있는 지리산 구상나무의 보존과 환경변화에 취약한 소멸위기 산림유전자원의 유전다양성 유지를 위한 생육가능환경 선정 기술 개발 등 복원기반 조성 확립에도 연구하고 있다.

V. 참고문헌

1. 이영노. 1996. 원색 한국식물도감. 교학사
2. 임경빈. 1997. 조림학본론. 향문사
3. 강상준. 1997. 한라산 구상나무 숲의 재생에 대하여. 제17회 국제학술대회 논문집 pp.21-50.
4. 구경아, 박원규, 공우석. 2001. 한라산 구상나무의 연륜연대학적 연구-기후변화에 따른 생장변동 분석. 한국생태학회지 24(5): 281-288.
5. 이창복. 2003. 원색대한식물도감(상·하). 향문사
6. 이현주. 2007. 구상나무 종자발아에 미치는 전처리의 영향
7. 송국만. 2011. 한라산 구상나무림의 식생 구조 및 동태
8. 홍용표, 안지영, 김영미, 양병훈, 송정호. 2011. 남한지역 구상나무와 분비나무 집단에서의 nSSR 표지 유전변이. 한국임학회지 100(4):577-584.
9. 김남신, 이희천. 2013. 아고산 지역의 구상나무 분포 변화에 관한 연구. 한국환경복원기술학회 16(5): 49-57.
10. 조민기. 2014. 지리산 구상나무림의 식생 구조 변화와 연륜생장 패턴

기후변화 취약 산림식물종 계절성 모니터링 연구 - 경상남도수목원을 중심으로 -

시험기간 : 2009년 ~ 계속

담 당 자 : 신재성, 유난희, 주정욱, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

경상남도수목원은 경상남도 진주시 이반성면 대천리에 걸쳐 위치하며 수목원 90ha, 시험림 57ha로 구성되어 있다. 지형은 대부분 50-300m 내외로 낮은 야산과 구릉지대로 완경사를 이루고 있다. 기후는 남쪽으로 바다와 근접하여 약간의 해양성 영향을 받으나 북서쪽으로 지리산 등 비교적 높은 산맥이 가로 놓여 있으며 본 부지의 지형적 특성이 입구가 평탄지로 북풍 및 북서풍에 직접 노출되어 있어 기온차가 심한 편이다.

대상지 내의 산계는 경사가 급하거나 위험하지 않아 다양한 체험활동을 유도할 수 있으며, 시각적 흥미를 부여할 수 있다. 입구 부분은 평탄지로 다양한 시설이 밀집되어 있다. 대부분 50 ~ 150m내외로 낮은 야산과 구릉지대로 완경사를 이루고 있으며, 표고 50~100m 지역이 362,771m²(54.9%)로 가장 넓으며 0~50m가 278,991m²(42.2%), 100~150m가 19,422m²(2.9%)이다.

표층이 토사 및 풍화토로 형성되어 있으며 부분적으로는 풍화암의 노두가 노출되어 있어 수목생육에 다소 불리한 조건이므로 토질개선이 필요하다. 부지의 대부분이 미사질양토 내지 자갈이 있는 양토로 되어있고 토양산도는 약산성 토양으로 식물생육에 적당한 편이다.

경남수목원 내 온난화에 취약한 식물을 복원하기 위하여 기후변화에 취약한 수종을 중심으로 생체나 삽수, 종자를 증식하고 자생지와 비슷한 생육환경을 조성하여 인공보존원을 조성했다. 경남지역의 인공보존원은 경남수목원 내 유전자원 증식은

실 앞에 위치하고 있으며 조성 면적 62.4m²로 2009년 11월에 조성됐다. 풍혈지의 요소를 가미하기 위하여 지하에 유공관 등을 통하여 공기의 통로를 만들었고, 판석이나 기왓장을 이용하여 조성, 아래쪽에 호박돌, 쇠석, 자갈 등을 넣은 후 왕 마사와 마사를 사용하여 마무리했다.

II. 재료 및 방법

1. 지표식물 선정

조사 대상 식물은 수목원과 수목원의 지역에 식재 또는 자생하고 있는 식물종 중 기후변화취약 산림식물종 보전·적응사업 조사매뉴얼(산림청·국립수목원 2010)에 기초하여 선정하였다. 수목원의 지역의 종 선정은 장기 모니터링을 위해 개발 등 인위적인 간섭 가능성이 적은 지역에서 자생하고 있는 종들 중 지표종을 선택했고, 조사 대상종이 3개체 이상 모여 있는 지역을 대상으로 했다.

2. 조사 내용 및 수행항목

가. 계절성 모니터링

1) 조사방법

단목조사를 하는 경우에는 주요수종에 대하여 한 개체씩 선정하여 조사를 하고 주요 개체군이 함께 출현하는 곳에 20 × 20m 현지내조사구를 설치하여 영구방형구로서 조사구를 설치한다. 각 지표종은 GPS로 좌표를 표시하고 각 식물마다 전경사진과 부분사진 등을 촬영한다. 특히 주요 조사항목에 따라 각 식물의 주요 생식기의 상태를 사진으로 촬영하여 기록한다.

2) 조사항목

- ① 잎의 변화 : 개엽, 단풍 및 낙엽 시기
- ② 생식기관의 변화 : 개화, 만개, 낙화 및 종자산포 시기

3) 조사기간

2월 16일부터 11월 28일까지, 1주 1회 이상을 조사하는 것을 원칙으로 하였다.

4) 관찰방법

- ① 교목(T1층) : 망원경으로 선정된 위치의 가치를 대상으로 관찰
- ② 아교목 이하(T2~H층) “육안으로 정해진 위치를 관찰”

5) 측정항목

- ① 목본식물 : 겨울눈의 파열, 개엽, 꽃눈의 형성, 개화, 낙화, 단풍, 종자산포 및 낙엽시기로 구분
- ② 초본식물 : 개엽, 꽃눈 형성, 개화, 낙화, 단풍, 낙엽 및 종자산포 시기로 구분, 단 초본식물은 이미 관찰한 시기가 개엽이나 꽃망울 상태로부터 시작, 월, 년, 생, 일의 경우나 지난해의 잎은 무시하고 새로 발생된 잎만 대상으로 함.

나. 미기상기후 측정

기상측정은 기후변화에 취약한 조사 대상식물이 분포하는 장소에 기상장비를 설치, 매시간 자동 기록된 기상정보를 30분 간격으로 data를 받아 기상변화추이를 분석했다. 장비 설치 장소는 수분지수, 향분석, 지형만곡도, 경사분석, 적산일사량 등의 data를 이용하여 GIS로 적지 예측한 뒤 결정하고, 기후변화 추이는 일별, 월 별, 년 중 변화와 년차별 변화 추이를 분석, 기후 환경 변화가 식물에 미치는 영향을 사전에 예측, 지속가능한 생태계 보존의 기초 자료로 활용하고자 한다.

다. 기후변화 취약식물 증식

기후변화 취약 수종의 보존·관리를 위하여 경남지역의 취약종을 중심으로 수집 및 증식을 수행했다. 대상 식물은 ‘기후변화 취약 산림식물종 보존·적응 사업 조사 매뉴얼’에 따라 분포지역별 취약종 100종과 관심종 50종을 중심으로 선정하고 IUCN 기준 희귀식물과 환경부 법정보호종, 특산식물(산림청) 등의 수집 및 증식도 함께 수행했다.

라. 인공보존원 관리

온난화에 취약한 식물을 복원하기 위하여 기후변화에 취약한 수종을 중심으로

생체나 삽수, 종자를 증식하고 자생지와 비슷한 생육환경을 조성하여 인공보존원을 조성한다. 경남지역의 인공보존원은 경남수목원 내 유전자원 증식온실 앞에 위치하고 있으며 조성 면적 62.4m²로 2009년 11월에 조성됐다. 국립수목원의 조성사례와 경남수목원에서 조성한 암석원의 사례로 하여 풍혈지의 요소를 가미하기 위하여 판석이나 기왓장을 이용하여 조성하고, 아래쪽에 호박돌, 쇠석, 자갈 등을 넣은 후 왕마사와 마사를 사용하여 마무리했다. 이 후 기후변화 취약종 보전하에 수집·증식된 식물을 식재하고 그 생육 상태를 주기적으로 모니터링 했다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 계절성 모니터링

가. 경남수목원 전시원

1) 조사대상종

경남수목원 조사대상종은 2009년 51종, 2010년은 구상나무를 제외하고 은행나무_암, 생강나무_암, 분비나무 3종을 추가하여 2011년까지 53종, 2012년은 고사한 섬말나리를 제외하여 52종, 2013년에는 훼손된 꽃창포를 제외하여 51종, 2014년은 생육불량으로 가시오갈피를 제외하고 은행나무_수를 추가하여 50종, 2015년은 고사한 꾀꾀이풀을 제외하고 구상나무와 비자나무_암, 주목_수 3종을 추가하여 50종, 2016년에는 소실 및 생육 불량으로 갯버들_수, 노랑만병초, 산국, 향나무_수 4종을 제외하여 46종을 조사하였다. 기후변화 취약 산림식물분류군은 취약종이 북방계 7종 남방계 8종, 총 15종, 관심종 25종, 일반종 6종으로 나뉘며, 침엽수 12종, 활엽수 30종, 초본류 4종을 조사하였다.

표 1. 경남수목원 전시원내 조사대상종

구 분		분류군
북방계(7)	침엽수(5)	구상나무, 전나무, 분비나무, 주목, 눈향나무
	활엽수(1)	만병초
	초 본(1)	둥근잎평의비름
남방계(8)	활엽수(7)	붉가시나무, 종가시나무, 구골나무, 가시나무, 미선나무, 굴거리나무, 히어리
	초 본(1)	한라구절초
관심종(25)	침엽수(7)	소나무, 잣나무, 일본잎갈나무, 측백나무, 비자나무, 개비자나무, 은행나무
	활엽수(17)	당단풍나무, 진달래, 산철쭉, 철쭉, 생강나무, 산수유, 개나리, 무궁화, 수수꽃다리, 백목련, 자귀나무, 아까시나무, 동백나무, 후박나무, 호랑가시나무, 먼나무, 장수만리화
	초 본(1)	복수초
일반종(6)		개가시나무, 매실나무, 뽕나무, 삼백초, 지리산오갈피, 풍년화

표 2. 경남수목원 전시원내 조사 대상종 목록 및 현황

고유 번호	국 명	학 명	비 고	조사기간
1	산수유	<i>Cornus officinalis</i>		2009~현재
2	뽕나무	<i>Prunus serrulata</i>		2009~현재
3	미선나무	<i>Abeliophyllum distichum</i>		2009~현재
4	복수초	<i>Adonis amurensis</i>	개체 변경	2009~현재
5	자귀나무	<i>Albizia julibrissin</i>		2009~현재
6	구골나무_암	<i>Osmanthus heterophyllus</i>		2009~현재
7	수수꽃다리	<i>Syringa oblata</i>		2009~현재
8	철쭉	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		2009~현재
9	진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>		2009~현재
10	산철쭉	<i>Rhododendron yedoense</i>		2009~현재
11	갯버들_수	<i>Salix gracilistyla</i>	소실	2009~2015
12	히어리	<i>Corylopsis gotoana</i>		2009~현재
13	종가시나무	<i>Quercus glauca</i>	개체 변경	2009~현재
14	가시나무	<i>Quercus myrsinifolia</i>		2009~현재
15	개나리	<i>Forsythia koreana</i>	개체 변경	2009~현재
16	장수만리화	<i>Forsythia velutina</i>	개체 변경	2009~현재

고유 번호	국 명	학 명	비 고	조사기간
17	붉가시나무	<i>Quercus acuta</i>		2009~현재
18	개가시나무	<i>Quercus gilva</i>		2009~현재
19	매실나무	<i>Prunus mume</i>	개체 변경	2009~현재
20	백목련	<i>Magnolia denudata</i>		2009~현재
21	꽃창포	<i>Iris ensata</i>	소실	2009~2012
22	눈향나무_암	<i>Juniperus chinensis</i>	개체 변경	2009~현재
23	분비나무	<i>Abies nephrolepis</i>		2010~현재
24	비자나무_수	<i>Torreya nucifera</i>	개체 변경	2009~현재
25	소나무	<i>Pinus densiflora</i>	개체 변경	2009~현재
26	굴거리나무_암	<i>Daphniphyllum macropodum</i>		2009~현재
27	먼나무_암	<i>Ilex rotunda</i>	개체 변경	2009~현재
28	풍년화	<i>Hamamelis japonica</i>		2009~현재
29	개비자나무_수	<i>Cephalotaxus koreana</i>	개체 변경	2009~현재
30	동백나무	<i>Camellia japonica</i>		2009~현재
31	아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i>		2009~현재
32	산국	<i>Dendranthema boreale</i>	소실	2009~2015
33	삼백초	<i>Saururus chinensis</i>	개체 변경	2009~현재
34	지리산오갈피	<i>Eleutherococcus divaricatus</i>		2009~현재
35	가시오갈피	<i>Eleutherococcus senticosus</i>	소실	2009~2013
36	전나무	<i>Abies holophylla</i>		2009~현재
37	잣나무	<i>Pinus koraiensis</i>		2009~현재
38	주목_암	<i>Taxus cuspidata</i>		2009~현재
39	향나무_수	<i>Juniperus chinensis</i>	제외	2009~2015
40	당단풍나무	<i>Acer pseudosieboldianum</i>		2009~현재
41	후박나무	<i>Machilus thunbergii</i>		2009~현재
42	일본잎갈나무	<i>Larix kaempferi</i>		2009~현재
43	무궁화	<i>Hibiscus syriacus</i>	개체 변경	2009~현재
44	만병초	<i>Rhododendron brachycarpum</i>		2009~현재
45	깽깽이풀	<i>Jeffersonia dubia</i>	소실	2009~2014
46	섬말나리	<i>Lilium hansonii</i>	소실	2009~2011
47	둥근잎꿩의비름	<i>Hylotelephium ussuriense</i>		2009~현재
48	한라구절초	<i>Dendranthema coreanum</i>	훼손	2009~현재
49	호랑가시나무_수	<i>Ilex cornuta</i>		2009~현재
50	측백나무	<i>Thuja orientalis</i>		2009~현재

고유 번호	국 명	학 명	비 고	조사기간
51	노랑만병초	<i>Rhododendron aureum</i>	제외	2009~2015
52	은행나무_암	<i>Ginkgo biloba</i>		2010~현재
53	생강나무_암	<i>Lindera obtusiloba</i>		2010~현재
54	구상나무	<i>Abies koreana</i>		2009, 2015~현재
55	굴거리나무_수	<i>Daphniphyllum macropodum</i>		2009~현재
56	비자나무_암	<i>Torreya nucifera</i>		2015~현재
57	은행나무_수	<i>Ginkgo biloba</i>		2014~현재
58	주목_수	<i>Taxus cuspidata</i>		2015~현재
변동 사항	개체변경- 종가시나무(2015), 매실나무(2015), 눈향나무_암(2015), 개비자나무_수(2015), 무궁화(2015), 소나무(2016), 먼나무_암(2015), 삼백초(2014), 복수초(2016), 개나리(2016), 장수만리화(2016), 비자나무_수(2015) [수목원 식물 정비시 훼손으로 개체 변경] 증명변경- 없음 모니터링 중단 수종- 갯버들_수(11), 꽃창포(21), 가시오갈피(35), 산국(32), 향나무_수(39), 섬만나리(46), 갯쟁이풀(45), 노랑만병초(51) [소실 및 생육불량으로 모니터링 중단]			

나) 식물종별 계절변화

(1) 경남수목원 침엽수의 계절성 변화

2016년 침엽수 조사종의 잎눈파열한 시기는 전년과 비교하여 은행나무_수, 일본잎갈나무 등 4종이 6일, 잣나무와 주목_암이 9일 빨라졌으며 개비자나무_수, 구상나무 등 9종은 비슷한 시기에 파열하였다. 개엽한 시기는 소나무가 6일, 분비나무가 9일, 비자나무_암이 13일 빨라졌고 측백나무, 개비자나무_수는 각각 6일, 7일 늦어졌으며 구상나무, 눈향나무_암 등 10종은 전년과 비슷한 시기에 개엽하였다.

90% 이상 단풍은 일본잎갈나무와 은행나무_암이 11일, 은행나무_수가 15일 늦어져 전년과 비교한 3종 모두 늦어진 것으로 확인되었다.

꽃가루 날리는 시기는 일본잎갈나무가 11일, 측백나무가 12일 빨라졌으며 소나무, 잣나무 등 6종은 비슷한 시기에 변화한 것으로 관찰되었다. 꽃가루가 날리지 않는 시기는 비자나무_수와 주목_수가 7일, 개비자나무_수가 8일, 측백나무가 9

일, 소나무가 15일, 잣나무가 23일 빨라졌고 은행나무_수와 일본잎갈나무는 전년과 비슷한 시기로 관찰되었다.

열매가 생성된 시기는 측백나무가 6일, 비자나무_암과 소나무가 7일, 주목_암이 13일 빨라졌고 잣나무가 8일 늦어졌으며 눈향나무_암과 은행나무_암은 비슷한 시기에 결실하였다. 열매성숙도3은 주목_암이 18일 늦어졌으며 비자나무_암과 은행나무_암, 측백나무는 비슷한 시기에 성숙한 것으로 관찰되었다.

표 3. 경남수목원 전시원내 침엽수 영양기관의 계절성 변화

식물명	잎눈파열시기								개엽								단풍90%이상		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2014	2015	2016
개비자나무_수	-	4/2	4/1	4/5	3/18	3/24	3/26	3/24	5/11	5/24	5/12	5/7	5/13	5/7	5/11	5/18	-	-	-
구상나무	4/20	-	-	-	-	-	4/16	4/11	5/11	-	-	-	-	-	5/7	5/2	-	-	-
은행나무_암	-	4/2	4/1	3/26	3/21	3/27	4/2	3/28	4/20	4/27	5/2	4/16	4/22	4/14	4/9	4/11	-	-	-
분비나무	-	5/2	4/25	4/26	4/22	4/14	4/21	4/18	-	5/10	5/12	5/7	5/6	4/29	5/11	5/2	-	-	-
비자나무_수	5/11	5/10	5/12	5/10	5/6	4/29	5/4	5/6	6/2	5/31	5/31	5/21	5/23	5/19	5/26	5/23	-	-	-
비자나무_암	-	-	-	-	-	-	4/7	4/5	-	-	-	-	-	-	5/22	5/9	-	-	-
소나무	5/11	5/17	5/12	5/7	5/2	5/7	4/23	4/22	6/23	6/30	6/30	7/2	6/18	6/23	6/16	6/10	-	-	-
은행나무_수	-	-	-	-	-	-	3/30	3/24	-	-	-	-	-	-	4/14	4/11	10/14	10/12	10/27
은행나무_암	-	4/19	4/17	4/16	4/18	4/10	4/14	4/8	-	4/27	4/25	4/23	4/22	4/21	4/21	4/18	10/17	10/16	10/27
일본잎갈나무	-	3/19	3/21	3/29	3/25	3/27	3/30	3/24	4/9	4/19	4/25	4/16	4/25	4/17	4/21	4/18	11/17	11/10	11/21
잣나무	5/11	5/10	5/12	4/30	5/13	5/2	5/7	4/28	6/23	6/24	6/23	7/2	7/1	6/30	7/6	7/11	-	-	-
전나무	4/9	4/15	4/17	4/16	4/8	4/3	4/7	4/8	4/20	5/2	4/25	4/26	4/22	4/25	4/23	4/22	-	-	-
주목_수	-	-	-	-	-	-	3/30	3/24	-	-	-	-	-	-	5/7	5/2	-	-	-
주목_암	4/9	4/13	4/8	4/16	4/1	3/31	4/2	3/24	5/4	5/10	5/12	5/7	5/6	5/7	5/7	5/2	-	-	-
측백나무	4/27	4/19	5/2	4/16	4/22	4/14	4/2	4/5	5/4	5/2	5/12	4/26	4/22	4/17	4/16	4/22	-	-	-
향나무_수	-	3/26	3/29	4/9	3/27	3/24	3/26	-	5/25	5/24	5/16	5/10	5/6	5/19	5/29	-	-	-	-

표 4. 경남수목원 전시원내 침엽수 생식기관의 계절성 변화

[illegible]

(2) 경남수목원 활엽수의 계절성 변화

2016년 활엽수 조사종의 잎눈파열한 시기는 전년과 비교한 31종 중 먼나무_암이 6일, 개가시나무가 7일, 구골나무_암과 가시나무가 각각 8일, 9일 빨라졌으며 호랑가시나무_수가 19일 빨라졌다. 자귀나무와 매실나무가 각각 8일, 17일 늦어졌으며 개나리, 당단풍나무 등 24종이 비슷한 시기에 파열하였다. 개엽은 개가시나무가 6일, 구골나무_암과 아까시나무, 호랑가시나무_수가 9일 빨라졌으며 수수꽃다리가 6일 늦게 개엽하였고 가시나무, 동백나무 등 26종이 비슷한 시기에 개엽한 것으로 관찰되었다.

90% 이상 단풍은 벗나무가 8일, 장수만리화가 10일 빨라졌고 백목련과 산철쭉이 7일, 당단풍나무와 산수유가 11일, 풍년화가 18일, 수수꽃다리가 23일 늦어졌으며 개나리, 무궁화 등 6종이 비슷한 시기에 단풍을 확인하였다.

90% 이상 낙엽은 장수만리화가 6일 빨라졌고 벗나무와 지리산오갈피가 8일, 백목련과 산수유, 철쭉이 12일, 아까시나무가 23일 늦어졌으며 무궁화, 미선나무 등 5종이 비슷한 시기에 낙엽이 관찰되었다.

꽃눈파열한 시기는 전년도와 비교 가능한 23종 중 산수유와 진달래가 9일 빨라졌으며 지리산오갈피가 10일, 산철쭉이 12일 늦어졌고 구골나무_암, 당단풍나무 등 19종은 비슷한 시기에 파열하였다. 개화한 시기는 미선나무가 6일, 산수유와 생강나무_암, 장수만리화, 호랑가시나무_수가 9일 빨라졌고 붉가시나무가 9일, 개나리가 12일, 구골나무_암이 19일 늦어졌으며 당단풍나무, 만병초 등 17종이 비슷한 시기에 개화하였다.

열매가 생성된 시기는 전년도와 비교 가능한 22종 중 굴거리나무_암이 6일, 진달래가 9일, 먼나무_암이 10일, 동백나무가 20일 빨라졌고 개나리, 당단풍나무 등 18종은 비슷한 시기에 결실한 것을 관찰하였다. 열매성숙도3에 도달한 시기는 구골나무_암이 7일, 매실나무가 8일, 당단풍나무가 16일, 생강나무_암이 19일, 산철쭉이 31일로 5종이 빨라졌고 굴거리나무_암, 만병초 등 10종이 7일 이상 늦어졌으며, 그 중 철쭉과 수수꽃다리가 각각 26일, 47일의 큰 차이를 보였다. 동백나무, 먼나무_암 등 7종은 비슷한 시기에 성숙하였다.

5/31일에 철쭉의 앞에서 미국선녀벌레 약충을 발견하였다.

표 5. 경남수목원 전시원내 활엽수 영양기관의 계절성 변화

식물명	잎눈파열시기								개엽							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
가시나무	5/18이전	5/17	5/12	4/30	5/9	5/7 이전	5/11	5/2	5/18	5/24	5/23	5/7	5/13	5/7	5/14	5/9
개가시나무	5/11	5/24	6/17이전	5/29이전	5/2	5/7	5/19	5/12	6/2	6/18	6/23	6/12	5/23	5/19	5/29	5/23
개나리	-	-	4/4	4/5	3/21	3/27	3/26	3/28	-	4/15	4/17	4/16	4/18	4/3	4/2	4/5
갯버들_수	-	3/3	3/24이전	3/15	3/4	3/10	3/9	-	-	3/26	4/8	4/2	3/27	3/20	3/23	-
구골나무	5/11이전	4/27	5/2	5/7	5/2	4/25	4/30	4/22	5/11이전	5/10	5/16	5/10	5/13	5/7	5/7	4/28
굴거리나무_수	4/15	4/19	4/17	4/19	4/18	4/10	4/7	4/5	4/27	5/6	5/2	4/23	5/2	5/7	4/16	4/14
굴거리나무_암	4/15	4/19	4/17	4/19	4/18	4/10	4/14	4/11	4/27	5/6	5/2	4/23	5/2	4/25	4/23	4/18
노랑만병초	-	5/2	5/2	5/7 이전	4/29	4/21	4/30	-	-	5/17	5/16	5/10	5/13	5/12	5/7	-
당단풍나무	4/3	4/9	-	4/9	4/1	3/31	4/7	4/5	4/27	5/6	5/12이전	4/30이전	5/2	5/7	4/27	4/22
동백나무	4/20	4/27	5/2	4/26	4/22	4/17	4/23	4/22	5/4	5/10	5/16	5/7	5/6	4/25	4/27	4/28
만병초	5/11이전	5/6	5/2	4/26	4/29	4/25	4/23	4/25	5/11	5/24	5/12	5/7	5/13	4/25	5/7	5/6
매실나무	4/15	4/15	4/25이전	4/2	3/25	3/24	3/19	4/5	4/15	4/27	5/2	4/16	4/18	4/7	4/7	4/8
먼나무_암	4/20이전	4/15	4/25이전	4/16	4/1	4/3	3/30	3/24	4/20이전	5/6	5/2	4/26	5/2	4/25	4/23	4/22
무궁화	4/9	4/13	4/8	4/2	3/25	3/20	3/23	3/28	4/20	5/6	5/12	4/23	4/29	4/17	4/23	4/18
미선나무	-	3/26	4/1이전	3/29	3/14	-	3/23	3/21	-	4/13	4/17	4/9	4/1	4/17	4/2	3/31
백목련	4/15	4/27이전	4/25이전	4/16	4/18	4/10	4/14	4/11	4/15	4/27	4/25	4/23	4/29	4/21	4/14	4/11
벚나무	4/9	3/26	4/8이전	-	4/1	3/31	3/30	3/28	4/15	4/13	4/25이전	-	4/15	4/14	4/14	4/14
붉가시나무	4/15	4/19	4/17	4/19	4/18	4/14	4/16	4/18	5/11	5/6	5/12	4/30	4/29	4/25	4/23	4/22
산수유	-	4/13이전	3/29	3/26	3/11	3/24	3/16	3/17	4/15	5/2	4/25	4/16	4/18	4/17	4/16	4/14
산철쭉	4/15이전	4/9	4/17이전	4/5	3/25	3/31	3/26	3/31	4/15이전	4/22	4/25	4/19	4/15	4/17	4/14	4/11
생강나무_암	-	4/9	-	4/2	3/25	3/27	3/23	3/24	-	4/22	4/17	-	4/15	4/10	4/14	4/11
수수꽃다리	-	4/2	3/29	3/15	3/21	3/20	3/16	3/21	4/9	4/13	4/17	4/16	4/4	4/7	3/30	4/5
아까시나무	4/15	4/19	4/25이전	4/9	4/1	3/31	4/9	4/5	4/20	5/6	4/25	4/23	4/25	4/21	4/23	4/14
자귀나무	4/15	5/10이전	5/2이전	4/30	4/15	4/10	4/14	4/22	5/25	5/24	5/31	5/15	5/20	5/15	5/14	5/12
장수만리화	-	4/20이전	4/1	3/26이전	3/14	3/27	3/19	3/24	4/9	4/19	4/17	4/16	4/8	3/31	4/2	4/5
종가시나무	4/20	4/27	5/2이전	4/23	4/18	4/14	4/21	4/18	5/11	5/6	5/12	4/30	5/6	4/25	4/27	4/25
지리산오갈피	4/9	4/9	4/17이전	4/16이전	4/4	4/3	4/2	4/5	4/9	4/15	4/17	4/16이전	4/15	4/10이전	4/7	4/8
진달래	4/9	4/2	4/10	4/2	3/25	3/24	3/19	3/21	4/20	4/27	4/25	4/16	4/18	4/10	4/9	4/5
철쭉	4/15	-	4/17	4/19	4/8	4/10	4/14	4/11	5/11	5/2	5/2	4/30	4/25	4/17	4/27	4/22
풍년화	4/3	4/9	4/8	4/2	4/1	3/31	3/30	3/31	4/27이전	5/6	5/2	4/23	4/25	4/17	4/21	4/18
호랑가시나무_수	4/20	4/15	-	4/9	-	4/10	4/16	3/28	5/4	5/17	-	5/7	-	5/7	4/27	4/18
후박나무	5/18	5/17	5/31	5/21	5/23	5/26	5/26	5/26	5/25	5/31	6/8	5/4	6/10	5/29	6/1	5/31
히어리	4/3	4/9	4/8	4/2	3/27	3/27	3/26	3/31	4/15	4/13	4/17	4/16	4/11	4/3	4/7	4/5

표 5. 경남수목원 전시원내 활엽수 영양기관의 계절성 변화(계속)

식물명	단풍(>90%)								낙엽(>90%)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개나리	11/19	11/17	11/7	-	-	-	11/16	11/17	-	11/17	-	11/19	-	-	-	11/24
갯버들 수	-	11/3	-	11/12	10/28	10/27	-	-	-	11/17	-	11/26	11/11	-	-	-
구골나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
굴거리나무 수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
굴거리나무 암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
노랑만병초	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
당단풍나무	11/4	11/3	11/7	10/29	11/7	11/3	11/10	11/21	-	11/24	-	-	-	-	-	-
동백나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
만병초	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
매실나무	10/20	10/12	10/5	10/5	10/17	10/14	10/12	-	10/20	10/27	10/26	10/18	10/24	11/3	-	11/21
먼나무 암	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
무궁화	10/26	11/3	10/26	10/23	10/28	10/10	10/20	10/31	10/26	11/3	11/14	11/8	11/11	10/23	11/10	11/15
미선나무	11/4	11/3	10/17	10/15	11/7	-	10/20	-	11/4	11/17	10/31	10/29	11/11	11/3	11/16	11/21
백목련	11/13	11/17	11/7	11/1	11/10	11/10	11/10	11/17	11/19	11/24	11/21	11/19	11/21	11/17	11/16	11/28
벚나무	10/12	10/4	9/30	9/24	-	9/18	10/5	9/27	-	10/12	10/11	10/11	10/10	9/29	10/12	10/20
붉가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
산수유	11/13	11/17	11/7	11/12	11/11	11/7	11/10	11/21	11/19	11/17	-	11/15	11/21	11/21	11/16	11/28
산철쭉	11/13	11/3	10/17	10/23	11/14	11/14	11/10	11/17	-	11/24	11/14	11/22	11/21	11/17	11/30	-
생강나무 암	-	11/10	11/7	11/5	11/7	10/27	11/10	11/7	-	11/24	11/14	11/19	11/21	11/14	11/16	11/15
수수꽃다리	10/26	11/3	10/31	10/29	11/4	10/30	10/23	11/15	-	11/17	11/14	11/12	11/11	11/14	11/16	11/17
아까시나무	10/20	-	-	-	10/31	-	-	-	10/20	10/12	10/31	10/23	11/4	10/6	9/24	10/17
자귀나무	-	-	-	11/15	11/18	11/7이전	-	-	-	11/10	11/14	11/8	11/21	11/14	11/16	11/15
장수만리화	10/26	11/17	10/31	10/29	11/11	11/7	11/10	10/31	11/13	11/17	11/7	11/1	11/14	11/14	11/16	11/10
종가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
지리산오갈피	11/4	10/27	10/26	10/18	10/14	10/14	10/23	-	11/4	11/3	10/31	10/23	11/4	10/23	10/23	11/15
진달래	11/13	11/3	11/17	11/8	11/7	11/14	11/10	11/15	-	11/10	-	11/26	-	11/17	11/30	-
철쭉	10/20	10/12	10/17	10/15	10/21	10/30이전	11/5	11/7	-	11/3	11/7	11/8	11/18	11/14	11/16	11/28
풍년화	10/26	11/3	10/31	10/29	11/4	10/30	10/28	11/15	11/13	11/17	11/7	11/8	11/14	11/10	11/16	-
호랑가시나무 수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
후박나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
히어리	-	11/17	-	10/25	11/4	11/3	11/16	11/15	-	-	-	11/8	11/21	11/17	11/30	-

표 6. 경남수목원 전시원내 활엽수 영양기관의 계절성 변화

식물명	꽃눈파열시기								개화시작시기							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
가시나무	-	-	5/23 이전	5/7	5/29 이전	-	-	-	-	-	5/23	5/10	5/29	-	-	-
개가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개나리	-	3/3	3/16	2/27	2/28	-	-	3/7 이전	-	3/10	4/1	3/15	3/14	-	3/9	3/21
갯버들_수	-	2/24	3/2	3/2	3/4	-	2/25 이전	-	-	3/26	3/24	3/29	3/18	3/20	3/23	-
구굴나무	10/26	-	10/17	-	10/10	10/10	10/5	10/4	11/4	-	10/26	-	10/14	10/14	10/12	10/24
굴거리나무_수	-	4/27	-	4/19	4/18	4/10	4/7	4/5	-	-	-	4/19	4/18	4/10	4/16	4/11
굴거리나무_암	5/4 이전	5/6	-	5/7 이전	4/29	4/25 이전	4/23	4/18	5/4 이전	5/6	-	5/7 이전	5/2	4/25 이전	4/23	4/18
노랑만병초	-	7/17	-	-	-	-	-	-	4/9	-	-	-	-	-	-	-
당단풍나무	4/9	4/13 이전	4/17	4/16	4/8	4/3	4/9	4/8	4/9	4/13	4/17	4/16	4/15	4/3	4/14	4/11
동백나무	-	3/3	4/4	3/9 이전	3/18	3/3 이전	-	2/16 이전	-	3/3	4/8	3/9 이전	3/25	3/3 이전	-	2/16 이전
만병초	-	5/28 이전	5/23 이전	-	5/6	5/7 이전	5/11	5/9	-	5/28	5/23 이전	-	5/13	5/7 이전	5/11	5/9
매실나무	-	2/24	3/2	3/6	3/4	-	-	2/16 이전	-	3/19	3/21	3/22	3/7	3/3	-	2/16 이전
먼나무_암	5/11	-	5/31 이전	5/10	5/16	5/12	5/11	5/6	6/2	-	6/8	5/29	6/3	5/29 이전	5/29	5/26
무궁화	7/17	7/17 이전	8/17 이전	8/14	7/29	7/28 이전	7/6	7/4	7/17	7/17	8/17 이전	8/20 이전	7/29	7/28	7/6	7/4
미선나무	-	3/3	3/11	3/9	3/4	3/3	3/4	2/29	-	3/19	3/24	3/26	3/18	3/17	3/23	3/17
백목련	-	3/26	4/4	3/19	3/21	3/24 이전	3/23	3/21	-	4/9	4/8	4/2	3/27	3/24	3/26	3/21
벚나무	-	4/2	4/4	4/2	3/25	3/27	3/30	3/28	-	4/9	4/8	4/9	4/1	3/31 이전	4/2	3/31
불가시나무	5/4	-	5/2	4/30	4/29	4/25	4/27	4/22	5/4	-	5/12	4/30	5/9	4/25	4/27	5/6
산수유	-	2/24	2/22	2/20	2/18	-	2/25	2/16	-	3/10	3/2	3/26 이전	3/11	3/10	3/16	3/7
산철쭉	-	4/2 이전	4/8	3/26	3/27	3/31	3/16	3/28	-	4/15	4/17	4/16	4/15	4/10	4/7	4/8
생강나무_암	-	3/19 이전	3/11	3/15	2/28	3/3	3/9	3/7	-	3/19	3/21	3/26	3/14	3/17	3/19	3/10
수수꽃다리	4/9 이전	3/19	3/21	3/26	3/21	3/27	3/9	3/7	4/9 이전	4/22	4/17	4/19	4/11	4/10	4/14	4/11
아까시나무	5/11 이전	5/10	5/12	5/7	5/13	5/7	5/7	5/6	5/11 이전	5/17	5/16	5/15	5/16	5/12	5/11	5/9
자귀나무	6/15	6/30	6/30	6/25 이전	6/24	6/23 이전	6/23	6/23	6/23	6/30	6/30	6/25 이전	6/24	6/23 이전	6/23	6/23
장수만리화	-	3/3	3/2	3/2	2/25	-	3/4	2/29	-	3/10	3/21	3/26	3/11	3/17	3/19	3/10
종가시나무	4/20	5/2	5/2	4/23	4/25	4/17	4/21	4/18	4/20	5/6	5/2	4/23	5/2	4/17	4/27	4/25
지리산오갈피	7/17	-	7/26	7/30	8/5	7/23	7/15	7/25	8/4	-	8/10	8/14	8/19	8/11	8/11	8/8
진달래	-	3/19	3/16	3/26 이전	3/11	3/3	3/16	3/7	-	4/2	3/29	3/29	3/21	3/20	3/23	3/21
철쭉	-	4/19	-	4/16	4/15	4/10	4/7	4/5	4/27 이전	4/27	5/2	4/23	4/18	4/17 이전	4/14	4/14
풍년화	-	-	2/16 이전	-	2/18 이전	-	2/25 이전	2/16 이전	-	2/24 이전	2/16	-	2/18 이전	-	2/25 이전	2/16 이전
호랑이사슴_수	-	-	2/22	-	2/25	-	2/25 이전	2/16 이전	4/20	5/6	5/12	4/26	4/29	4/21	4/27	4/18
후박나무	-	5/10	-	5/7 이전	-	-	-	5/31 이전	5/17	-	5/7 이전	-	-	-	-	5/31
히어리	-	2/24	2/16	3/2	2/18 이전	3/3 이전	2/25	2/29	-	3/3	3/2	3/9	3/11	3/3	3/9	3/7

표 6. 경남수목원 전시원내 활엽수 생식기관의 계절성 변화(계속)

식물명	개화(>50%)								낙화(>90%)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개나리	-	4/2	4/4	4/2	3/25	3/20	3/30	3/28	4/15	4/19	4/17	4/19	4/15	4/7	4/7	4/11
갯버들 수	4/3	4/2	4/4	4/5	3/25	3/27	3/26	-	4/20	4/22	4/25	4/23	4/18	4/21	4/16	-
구굴나무	-	-	-	-	-	10/14	10/16	10/31	-	-	-	-	-	11/7	11/10	-
굴거리나무 수	-	-	-	-	-	4/10	4/16	4/11	-	-	-	-	-	5/2	5/4	5/2
굴거리나무 암	-	-	-	-	-	4/25	4/30	4/22	-	-	-	-	-	5/2	5/7	4/28
노랑만병초	4/20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
당단풍나무	4/20	4/27	4/25	4/23	4/22	4/25	4/21	4/22	5/4	5/2	5/12	4/30	5/9	5/7	4/27	5/6
동백나무	-	-	-	-	-	3/31	3/26	2/16 이전	-	-	-	-	-	4/21	5/4	4/25
만병초	-	-	-	-	-	5/7	5/11	5/12	-	-	-	-	-	5/22	5/22	5/26
매실나무	-	3/26	4/1	3/26	3/21	3/17	2/27	3/2	-	4/9	4/10	4/9	4/1	3/27	3/30	3/31
먼나무 암	-	-	-	-	-	5/29	5/29	5/26	-	-	-	-	-	6/2	6/10	6/3
무궁화	8/24	8/23	8/30	8/20	8/26	9/2	7/21	7/11	9/7	9/14	9/14	9/10	9/9	9/18	9/7	9/27
미선나무	-	3/19	4/4	3/29	3/25	3/20	3/23	3/21	4/3	4/2	4/10	4/9	4/1	3/31	4/7	3/31
백목련	-	4/9	4/8	4/5	4/1	3/27	3/30	3/24	-	4/15	4/17	4/16	4/4	4/3	4/7	4/5
벗나무	-	4/9	4/10	4/9	4/1	3/31	4/2	4/5	4/15	4/22	4/25	4/23	4/11	4/10	4/14	4/11
붉가시나무	-	-	-	-	-	4/25	5/4	5/6	-	-	-	-	-	5/12	5/11	5/9
산수유	-	3/26	3/24	3/26	3/18	3/17	3/16	3/14	-	4/13	4/10	4/9	4/4	4/7	4/2	3/31
산철쭉	4/15	4/22	4/25	4/19	4/22	4/14	4/14	4/11	5/11	5/6	5/12	5/10	5/6	4/25	5/4	4/28
생강나무 암	-	3/26	3/29	3/26	3/18	3/24	3/19	3/14	-	4/9	4/10	4/19	4/18	4/10	4/7	3/31
수수꽃다리	4/15	4/22	4/25	4/23	4/25	4/10	4/16	4/11	4/20	5/10	5/12	5/7	5/16	5/7	4/30	4/25
아까시나무	5/11	5/24	5/23	5/15	5/16	5/15	5/11	5/9	-	6/24	5/31	5/21	5/23	5/22	5/22	5/18
자귀나무	7/1	7/5	7/7	7/2	7/1	6/23	6/23	6/23	8/4	7/27	8/17	8/6	8/19	7/28	7/28	8/8
장수만리화	-	3/19	3/29	3/29	3/14	3/20	3/19	3/17	-	3/26	4/1	4/5	3/27	3/27	4/2	3/31
종가시나무	-	-	-	-	-	4/25	4/30	4/28	-	-	-	-	-	5/7	5/4	5/6
지리산오갈피	8/4	-	8/24	8/20	8/19	8/26	8/31	-	8/24	-	9/5	8/27	9/2	9/5	9/3	-
진달래	-	4/9	4/8	4/9	4/1	3/27	3/30	3/24	4/15	4/22	4/25	4/23	4/18	4/17	4/14	4/11
철쭉	4/27	5/2	5/2	4/30	4/29	4/17	4/23	4/18	5/4	5/6	5/12	5/7	5/9	4/29	4/27	4/25
풍년화	-	2/24	2/22	-	2/18	-	2/25 이전	2/16 이전	-	3/26	4/8	4/2	3/18	3/20	3/23	3/21
호랑가시나무 수	-	-	-	-	-	4/29	4/30	4/22	-	-	-	-	-	5/7	5/7	5/2
후박나무	-	-	-	-	-	-	-	5/31	-	-	-	-	-	-	-	6/3
히어리	-	3/19	3/16	3/22	3/14	3/20	3/12	3/10	4/20	4/13	4/1	4/16	4/15	3/31	3/30	3/31

표 6. 경남수목원 전시원내 활엽수 생식기관의 계절성 변화(계속)

식물명	열매생성시기								열매(성숙도3)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
가시나무	-	-	6/8	6/18	6/24	-	-	5/31	-	-	10/26	-	-	-	-	11/17
개가시나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개나리	-	-	5/2	4/30	4/18	-	4/9	4/8	-	-	-	-	11/4	-	-	9/22
갯버들_수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
구골나무	-	-	11/20이전	-	11/7	11/7	-	2/16이전	-	6/30	-	-	-	-	6/10	6/3
굴거리나무_수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
굴거리나무_암	5/18	5/17	5/16	5/10	5/9	5/2	5/4	4/28	10/26	11/3	10/31	10/25	10/24	11/3	11/10	11/17
노랑만병초	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
당단풍나무	4/27	5/6	5/12이전	5/7	5/6	5/2	4/27	4/22	10/26	11/3	10/26	10/23	10/21	-	10/28	10/12
동백나무	4/15	4/15	5/12이전	4/23	4/22	4/10	3/30	3/10	9/15	9/27	9/30	9/27	9/9	9/18	9/14	9/19
만병초	-	-	6/8	-	5/23	5/15	5/22	5/18	-	-	10/5	-	10/21	10/14	8/18	8/30
매실나무	4/15이전	4/27	4/25	4/16	4/8	4/10	4/2	4/5	6/15	6/24	6/30	7/9	7/1	6/30	7/1	6/23
먼나무_암	-	5/24	-	6/4	6/10	6/10	6/10	5/31	-	10/19	10/26	10/23	10/28	10/23	10/23	10/27
무궁화	-	-	-	-	7/16	-	-	7/11	-	10/4	10/5	10/5	9/16	10/23	9/14	9/22
미선나무	4/20	4/27	4/25	4/23	4/18	4/10	4/2	4/5	-	10/4	9/14	9/18	9/2	8/26	9/24	9/27
백목련	-	4/13이전	-	4/19	4/8	4/7	4/7	4/5	-	-	-	-	-	-	-	10/4
벗나무	4/15	4/19	4/25	4/23	4/22	4/17	4/23	4/18	5/25	6/10	5/31	6/4	5/23	5/22	5/26	5/23
붉가시나무	6/2	5/10	6/8	5/21	5/20	5/19	5/19	5/18	-	9/27	-	10/5	-	10/10	10/5	10/20
산수유	4/3	4/19	4/10	4/16	4/8	4/7	4/7	4/5	-	10/19	10/11	10/2	10/7	10/2	9/24	10/
산철쭉	5/4	4/22	5/2	5/10	5/2	4/21	4/21	4/22	10/20	10/19	10/11	10/8	-	10/6	9/30	8/30
생강나무_암	-	4/19	4/25	4/19	4/18	5/7이전	4/21	4/18	-	9/7	9/5	9/13	9/16	9/11	9/24	9/5
수수꽃다리	-	5/17	5/12	5/7	5/16	5/2	4/30	4/25	-	7/23	7/26	7/23	7/1	6/10	7/6	8/22
아까시나무	5/18	5/28	5/31	5/21	5/20	5/26	5/22	5/23	-	8/31이전	8/10	8/14	8/5	8/5	8/4	8/2
자귀나무	-	-	7/21	7/23	7/22	7/23이전	7/21	7/25	-	9/7	9/14	9/10	9/23	9/11	8/31	9/5
장수만리화	-	-	-	-	4/1	3/31	-	3/31	-	-	-	-	-	-	-	-
종가시나무	-	5/24	5/16	5/15	5/23	5/12	6/23이전	5/6	-	11/17	-	12/3	11/25	11/14	11/16	-
지리산오갈피	9/15	-	8/30	8/27	9/9	9/11	8/11	8/16	-	10/4	10/17	10/18	10/21	10/10	10/16	10/24
진달래	-	4/9	4/25이전	4/16	4/8	3/24	4/2	3/24	-	9/27	10/11	-	10/21	10/17	8/26	8/22
철쭉	-	5/6	5/2	5/7	5/2	4/25	4/27	4/25	-	-	9/20	-	8/26	9/18	9/21	10/17
풍년화	5/11	5/17	5/2	5/7	5/6	5/7	3/23	3/21	10/5	10/19	10/5	10/5	10/7	10/6	9/14	9/27
호랑가시나무_수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
후박나무	-	6/10	-	5/29	-	-	-	5/31이전	-	9/7	-	-	-	-	-	-
히어리	4/20	4/15	4/8	4/19	4/8	4/3	4/2	4/5	-	10/12	10/11	10/8	9/2	10/2	10/5	10/13

(3) 경남수목원 초본류의 계절성 변화

2016년 초본류 조사종의 성장시작시기는 전년과 비교하여 삼백초가 비슷한 시기에 성장하였으며 둥근잎꿩의비름, 복수초, 한라구절초는 조사 이전 이미 성장이 시작되어 비교가 불가하였다. 개엽은 복수초가 전년 대비 23일 빠른 것으로 나타났는데 이는 다른 장소의 개체로 변경한 요인으로 보인다. 둥근잎꿩의비름과 삼백초, 한라구절초는 비슷한 시기에 개엽하였다. 80-100% 잎이 시들거나 죽은 시기는 복수초가 8일 빨라진 반면 삼백초는 13일 늦어졌다.

꽃눈파열한 시기는 삼백초가 16일 빨라졌고 둥근잎꿩의비름이 12일 늦어졌다. 개화는 삼백초가 7일 빨라졌으며 둥근잎꿩의비름이 10일 늦어졌다.

열매가 생성된 시기는 개체 변경된 복수초가 30일 빠르게 나타났고 둥근잎꿩의비름과 삼백초는 비슷한 시기에 결실하였다. 열매성숙도3은 삼백초가 15일 빠르게 도달하였고 복수초는 비슷한 시기에 성숙하였다.

표 7. 경남수목원 전시원내 초본류 영양기관의 계절성 변화

식물명	성장시작시기								개엽								80~100% 잎이 시들거나 죽은 시기							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
둥근잎꿩의비름	-	-	2/16 이전	-	2/18 이전	-	3/3 이전	2/16 이전	-	3/26	4/1	3/26	3/18	3/20	4/2	3/31	11/13	11/10	-	11/22	-	11/14	-	-
복수초	-	-	3/2	3/12	3/21 이전	3/17	2/25 이전	2/16 이전	-	-	3/29	3/15	4/1	3/24	3/30	3/7	5/18	5/24	5/23	5/29	-	5/29	5/26	5/18
산국	-	2/24 이전	-	-	2/18 이전	-	-	-	-	2/24	2/26 이전	-	2/18 이전	3/6	-	-	-	11/24	-	11/26	11/21	11/21	-	-
삼백초	-	4/9 이전	4/10 이전	-	-	-	3/9	3/7	5/4	5/6	5/2	-	-	-	4/2	4/5	10/20	9/14	10/26	10/23	10/7	10/23	11/2	11/15
한라구절초	-	-	2/22 이전	-	2/18 이전	-	2/25 이전	3/17 이전	-	4/2	4/8	3/26	3/14	3/20	4/2	4/5	-	11/17	-	11/22	11/21	11/14	11/24	-

표 8. 경남수목원 전시원내 초본류 생식기관의 계절성 변화

식물명	꽃눈파열시기								개화시작시기							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
둥근잎꿩의비름	8/10	9/7	8/30	8/27 이전	8/26 이전	8/5	8/18	8/30	9/21	10/4	9/30	9/24	9/30	9/18	9/24	10/4
복수초	-	-	3/2	3/15 이전	3/18 이전	3/17	2/25 이전	2/16 이전	-	2/24 이전	3/2	3/15 이전	3/18 이전	3/20	3/16	2/16 이전
산국	10/12	10/19	-	10/11	10/7	10/6	-	-	10/12	10/19	-	10/15	10/7	10/10 이전	-	-
삼백초	6/23	6/18	6/23	7/9 이전	6/24	6/16	6/16	5/31	7/1	6/24	6/23	7/16 이전	7/1	6/30	6/23	6/16
한라구절초	9/28	10/12	9/20	10/5	9/30	9/25	9/30	-	10/5	10/12	10/5	10/8	10/7	10/6	9/30	-

표 8. 경남수목원 전시원내 초본류 생식기관의 계절성 변화(계속)

식물명	개화 (>50%)								낙화 (>90%)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
동근잎평의비름	9/28	10/12	10/5	10/2	10/7	9/23	9/30	10/4	—	10/19	10/17	10/15	10/24	10/10	10/5	10/13
복수초	—	3/3	3/21	3/18	3/18	3/24	3/16	2/19	—	3/26	4/8	3/26	4/1	3/27	3/26	3/21
산국	10/20	11/3	—	10/18	10/14	10/10	—	—	11/13	11/24	—	11/15	11/7	10/23	—	—
삼백초	7/1	7/9	7/7	7/16	7/8	7/23 이전	7/1	6/23	7/27	7/27	7/26	7/23	7/29	—	7/28	7/18
한라구절초	10/5	10/19	10/17	10/15	10/7	10/6	10/8	—	—	—	11/7	11/12	11/11	10/30	11/2	—

표 8. 경남수목원 전시원내 초본류 생식기관의 계절성 변화(계속)

식물명	열매생성시기								열매(성숙도3)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
동근잎평의비름	10/27 이전	10/19	10/17	10/15 이전	10/7	10/10	10/8	10/13	11/13	—	11/14	—	11/7	—	—	—
복수초	—	3/3	4/8	3/26	4/1 이전	3/31 이전	3/26	2/25	—	4/19	5/12	—	—	4/29	4/21	4/18
산국	—	—	—	11/19	11/7	10/27	—	—	—	—	—	11/29	11/18	—	—	—
삼백초	7/17	7/23	7/26	7/30	8/5	7/28	7/21	7/18	9/21	9/7	9/14	9/6	9/16	9/18	9/14	8/30
한라구절초	11/4	11/3	11/7	11/8	11/14	10/30	10/28	—	—	—	—	—	—	11/21	—	—

2) 인공보존원

가) 조사대상종

경남수목원 인공보존원은 2009년 11월에 조성되어 2011년 7종으로 조사를 시작하였고, 2012년에 11종을 추가 식재하여 2013년까지 18종, 2014년에는 산마늘, 주목 등 4종이 고사하여 14종, 2015년에는 산마늘을 재추가하여 15종, 2016년에는 등대시호가 제외 수종으로 지정되어 14종을 조사하였다. 기후변화 취약 산림식물분류군은 취약종 8종, 관심종 4종, 일반종 2종이며, 활엽수 5종, 초본 9종으로 총 14종을 조사하였다.

표 9. 인공보존원 조사대상종

구 분		분류군
북방계(8)	활엽수(1)	만병초
	초 본(7)	피나무, 노랑무늬붓꽃, 돌단풍, 금평의다리, 좀비비추, 눈개승마, 산마늘
남방계(0)	활엽수(0)	
	초 본(0)	
관심종(4)	활엽수(3)	진달래, 산철쭉, 백리향
	초 본(1)	깽깽이풀
일반종(2)		털개회나무, 산오이풀

표 10. 국립수목원 인공보존원 조사 대상종 목록 및 현황

고유 번호	국명	채집지	초기 개체수	증식 현황	비고	조사 기간
1	깽깽이풀	보은	-	-		2011-현재
2	깽깽이풀	연천	-	-		2011-현재
3	깽깽이풀	정선	-	-		2011-현재
4	털개회나무	연천	-	-		2011-현재
5	털개회나무	정선	-	-		2011-현재
6	털개회나무	평창	-	-		2011-현재
7	산오이풀	지리산	-	-		2011-현재
8	산오이풀	가야산	-	-		2011-현재
9	산오이풀	설악산	-	-		2011-현재
10	산철쭉	정선	-	-		2011-현재
11	산철쭉	연천	-	-		2011-현재

고유 번호	국명	채집지	초기 개체수	증식 현황	비고	조사 기간
12	산철쭉	한라산	-	-		2011-현재
13	진달래	김포	-	-		2011-현재
14	진달래	정선	-	-		2011-현재
15	진달래	연천	-	-		2011-현재
16	눈개승마	태백	-	-		2011-현재
17	눈개승마	울릉도	-	-		2011-현재
18	눈개승마	화천	-	-		2011-현재
19	만병초	울릉도	-	-	고사	2011-2013
20	만병초	계방산	-	-		2011-현재
21	산마늘	울릉도	-	-		2012-2013, 2015-현재
22	피나물	오대산	-	-	고사	2012-2013
23	피나물	포천	-	-		2012-현재
24	피나물	철원	-	-		2012-현재
25	주저리고사리	설악산	-	-	고사	2012
26	주저리고사리	평창	-	-	고사	2012-2013
27	돌단풍	평창	-	-	제외	2012-2015
28	돌단풍	고성	-	-		2012-현재
29	등대시호	설악산	-	-	제외	2012-2015
30	좀비비추	제주	-	-	제외	2012-2015
31	좀비비추	완도	-	-		2012-현재
32	설앵초	한라산	-	-	고사	2012-2013
33	노랑무늬붓꽃	포항	-	-		2012-현재
34	노랑무늬붓꽃	평창	-	-		2012-현재
35	노랑무늬붓꽃	오대산	-	-		2012-현재
36	주목	한라산	-	-	고사	2012-2013
37	백리향	태백산	-	-	제외	2012
38	백리향	설악산	-	-		2012-현재
39	백리향	한라산	-	-		2012-현재
40	금평의다리	의왕	-	-	고사	2012-2013
41	금평의다리	평창	-	-	고사	2012
42	금평의다리	대관령	-	-	고사	2012-2016

비고 :

나) 식물종별 계절성 변화

(1) 인공보존원 활엽수의 계절성 변화

2016년 인공보존원 활엽수 조사종들의 잎눈파열한 시기는 전년과 비교하여 진달래_연천이 6일, 백리향_한라산이 9일, 진달래_정선이 12일, 진달래_김포가 16일 빨라졌고, 산철쭉_한라산이 8일 늦어졌으며 만병초_계방산, 백리향_설악산 등 7종은 비슷한 시기에 파열하였다. 개엽한 시기는 산철쭉_연천이 6일, 진달래_김포가 9일 빨라졌고, 만병초_계방산, 백리향_설악산 등 10종은 비슷한 시기에 개엽하였다.

90% 이상 단풍 시기는 전년도와 비교 가능한 5종 중 진달래_연천 8일, 산철쭉_연천, 산철쭉_정선, 진달래_정선이 10일, 진달래_김포가 21일 늦어졌다.

90% 이상 낙엽 시기는 산철쭉_정선, 진달래_김포, 진달래_연천, 진달래_정선이 6일, 산철쭉_한라산이 15일 빨라졌다. 산철쭉_연천이 8일, 털개회나무_정선과 털개회나무_평창이 각각 10일, 13일 늦어졌고, 털개회나무_연천은 비슷한 시기에 낙엽한 것을 관찰하였다.

꽃눈파열한 시기는 전년 대비 비교 가능한 4종 중 백리향_한라산과 산철쭉_연천이 9일 빨라졌고, 백리향_설악산과 진달래_김포는 비슷한 시기에 파열하였다. 개화 시기는 백리향_한라산이 9일 빨라졌으며 백리향_설악산, 산철쭉_연천, 진달래_김포는 비슷한 시기에 개화하였다.

90% 이상 낙화 시기는 백리향_한라산이 9일, 백리향_설악산이 11일, 진달래_김포가 12일 빨라졌고, 산철쭉_연천은 비슷한 시기에 낙화하였다.

열매는 전년 대비 비교 가능한 4종 중 백리향_설악산이 9일, 백리향_한라산이 13일, 산철쭉_연천이 26일 빠르게 생성되었고, 진달래_김포는 비슷한 시기에 결실한 것을 관찰하였다. 열매 성숙도3에 도달한 시기는 진달래_김포가 23일 빨라졌고, 백리향_설악산과 백리향_한라산은 비슷한 시기에 성숙도3에 도달하였다.

5/23에 산철쭉_연천의 앞에서 극동등에잎벌레와 그로 인한 충해를 발견하였다.

표 11. 인공보존원 낙엽활엽수 영양기관의 계절성 변화

식물명	앞눈파열시기						개엽						단풍(>90%)						낙엽(>90%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
만병초_계방산	-	3/29	4/25	4/17	4/14	4/18	-	5/10	5/6	4/25	4/30	5/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
백리향_설악산	-	-	3/14	3/20	3/19	3/17	-	-	3/21	3/31	4/2	4/5	-	10/29	-	-	-	-	-	11/26	-	-	-	-
백리향_태백산	-	-	3/11	3/20	3/30	제외	-	-	4/1	4/3	4/2	제외	-	-	-	11/14	-	제외	-	11/5	11/11	11/21	11/24	제외
백리향_한라산	-	-	3/21	3/20	3/30	3/21	-	4/16	4/8	4/10	4/2	4/5	-	-	-	10/10	-	-	-	11/8	-	11/21	-	-
산철쭉_연천	-	4/9	3/21	3/27	3/26	3/21	-	4/23	4/15	4/14	4/14	4/8	10/6	9/27	10/24	10/23	11/5	11/15	11/3	11/1	11/25	11/21	11/16	11/24
산철쭉_정선	-	4/9	3/21	3/24	3/19	3/17	-	4/23	4/18 이전	4/14	4/14	4/11	10/13	10/8	11/11	10/27	11/5	11/15	11/10	10/25	11/25	11/17	11/30	11/24
산철쭉_한라산	-	4/9	4/1	3/31	3/23	3/31	-	4/23	4/25	4/25	4/21	4/18	10/13	10/23	11/11	11/3 이전	11/16	-	11/10	11/5	11/25	-	11/30	11/15
진달래_김포	-	4/9	3/25	3/31	3/30	3/14	-	4/16	4/8	4/10	4/14	4/5	10/20	10/2	10/31	10/17	10/20	11/10	11/10	11/5	11/18	11/17	11/30	11/24
진달래_연천	-	3/26	3/14	3/27	3/23	3/17	-	4/9	4/1	4/3	4/2	4/5	10/28	10/18	11/4	11/7	11/2	11/10	11/10	11/5	11/25	11/21	11/30	11/24
진달래_정선	-	3/26	3/18	3/24	3/19	3/7	-	4/9	4/4	4/7	4/2	3/31	10/28	11/1	11/7	10/30	11/5	11/15	11/10	10/25	11/18	11/21	11/30	11/24
털개회나무_연천	-	3/19	2/23	3/3 이전	3/4	3/7	-	4/16	4/8	4/2	4/2	3/28	-	-	-	-	-	-	11/3	-	10/17	9/11	8/26	8/30
털개회나무_정선	-	3/19	2/20 이전	3/3 이전	3/9	3/7	-	4/9	4/4	4/3	4/2	3/31	-	-	-	-	-	-	11/3	10/15	10/10	9/15	9/30	10/10
털개회나무_평창	-	3/19	2/20 이전	3/3	3/9	3/7	-	4/9	4/4	4/10 이전	4/2	3/31	-	-	-	-	-	-	11/3	10/11	10/14	10/14	10/28	11/10

식물명	꽃눈파열시기						개화시기						개화(>50%)						낙화(>90%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
만병초_계방산	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
백리향_설악산	-	6/25	6/10	6/10 이전	6/16	6/13	-	7/2 이전	6/10	6/10	6/16	6/13	-	7/2	6/24	6/23	6/23	6/20	-	7/23	7/22	7/23 이전	7/15	7/4
백리향_태백산	-	7/9 이전	6/24	6/16	6/23	제외	-	7/9 이전	6/24	6/16	7/6 이전	제외	-	7/9	7/1	6/30	7/6	제외	-	7/23	7/29	7/23	7/21	제외
백리향_한라산	-	6/25 이전	6/18	6/10 이전	6/16	6/7	-	6/25 이전	6/18	6/10	6/16	6/7	-	6/25	6/24	6/16	6/23	6/10	-	7/2 이전	7/8	7/23	7/6	6/27
산철쭉_연천	-	4/9	-	4/25	4/27	4/18	-	5/7	-	5/7 이전	5/4	5/2	-	5/7	-	5/7	5/4	5/2	-	5/7	-	5/19	5/11	5/9
산철쭉_정선	-	-	4/22	-	-	4/18	-	-	5/2	-	-	5/2	-	-	5/6	-	-	5/2	-	-	5/16	-	-	5/12
산철쭉_한라산	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
진달래_김포	-	3/19	3/18	3/20	3/19	3/14	-	4/9	3/25	3/27	3/30	3/28	-	-	4/4	3/31	4/7	3/28	-	4/19	4/8	4/17	4/23	4/11
진달래_연천	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
진달래_정선	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
털개회나무_연천	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
털개회나무_정선	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
털개회나무_평창	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

표 12. 인공보존원 낙엽활엽수 생식기관의 계절성 변화(계속)

[illegible]

(2) 인공보존원 초본류의 계절성 변화

2016년 인공보존원 초본류 조사종들의 성장시작시기는 전년 대비 비교 가능한 6종 중 산오이풀_가야산이 9일, 산오이풀_설악산이 13일 빨라졌고, 금평의다리_대관령, 산마늘_울릉도 등 4종은 비슷한 시기에 성장 시작하였다. 개엽은 전년 대비 비교 가능한 13종 중 눈개승마_화천과 산마늘_울릉도가 6일, 산오이풀_가야산과 산오이풀_설악산, 산오이풀_지리산이 7일, 눈개승마_울릉도가 9일, 눈개승마_태백이 12일 빨라졌으며, 금평의다리_대관령, 깽깽이풀_보은 등 6종이 비슷한 시기에 변화한 것을 관찰하였다.

80-100% 잎이 시들거나 죽은 시기는 깽깽이풀_연천과 눈개승마_울릉도가 9일, 깽깽이풀_보은과 깽깽이풀_정선이 19일 빨라졌으며, 피나물_철원과 산오이풀_울릉도가 각각 29일, 32일 빨라져 한 달에 가까운 차이를 보였다. 이는 8월 폭염으로 인한 열해의 영향으로 보인다. 눈개승마_화천과 좀비비추_완도는 각각 8일, 10일 느려졌으며, 피나물_포천은 32일 늦어졌다. 눈개승마_태백과 돌단풍_고성은 비슷한 시기에 변화하였다.

꽃눈파열은 전년 대비 비교 가능한 9종 중 깽깽이풀_보은이 6일, 좀비비추_완도가 8일, 돌단풍_고성과 산오이풀_가야산이 9일 빨라졌으며, 산오이풀_설악산과 산오이풀_지리산이 24일 빠르게 파열하였다. 깽깽이풀_연천과 깽깽이풀_정선, 노랑무늬붓꽃_오대산은 비슷한 시기에 파열한 것으로 관찰되었다. 개화한 시기는 산오이풀_가야산이 9일, 좀비비추_완도가 10일 빨라졌고, 산오이풀_설악산, 산오이풀_지리산이 각각 24일, 31일 빨라졌다. 깽깽이풀_보은, 깽깽이풀_연천 등 5종은 전년도와 비슷한 시기에 개화하였다.

90% 이상 낙화 시기는 돌단풍_고성이 9일, 산오이풀_설악산이 12일, 좀비비추_완도가 17일, 산오이풀_지리산이 18일 빨라졌고, 깽깽이풀_연천이 7일, 노랑무늬붓꽃_오대산이 9일, 산오이풀_가야산이 10일 늦어졌다. 깽깽이풀_보은과 깽깽이풀_정선은 비슷한 시기에 낙화한 것을 관찰하였다.

열매는 돌단풍_고성이 9일, 산오이풀_가야산이 18일 빠르게 생성되었으며, 깽깽이풀_보은, 좀비비추_완도 등 4종이 전년도와 비슷한 시기에 결실하였다. 열매성숙도3에 도달한 시기는 깽깽이풀_정선 7일, 산오이풀_가야산이 8일, 산오이풀_설악산이 13일, 좀비비추_완도가 22일 빨랐으며, 깽깽이풀_보은과 깽깽이풀_연천, 돌단풍_고성이 비슷한 시기에 성숙도 3에 도달하였다.

5/2에 눈개승마_태백의 앞에서 진딧물과 그로 인한 충해를 발견하였다.

표 13. 인공보존원 초본류 영양기관의 계절성 변화

식물명	성장시작시기						개엽						80-100% 잎이 시들거나 죽은 시기					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
금평의다리_대관령	-	-	2/20	-	3/2	3/7	-	-	4/1	3/31	4/2	3/28	-	11/5	11/11	11/14	11/10	고사
깽깽이풀_보은	-	2/20	3/4	3/3	2/25	2/17 이전	-	4/9	4/8	4/3	4/9	4/8	10/6	8/14	8/12	8/26	9/24	9/5
깽깽이풀_연천	-	2/20	2/23	3/3 이전	2/25 이전	2/17 이전	-	4/9	4/8	4/3	4/7	4/8	10/6	8/14	8/19	8/26	9/14	9/5
깽깽이풀_정선	-	2/20	3/11	3/20	2/25 이전	2/17 이전	-	4/9	4/15	4/7	4/7	4/5	9/18	8/27	8/26	8/26	9/24	9/5
노랑무늬붓꽃_오대산	-	-	2/20 이전	3/17	2/25 이전	2/17 이전	-	-	2/28	3/17	2/25 이전	2/17 이전	-	11/26	11/21	11/17	-	-
노랑무늬붓꽃_평창	-	-	3/4	3/10	2/25 이전	2/17 이전	-	-	3/4	3/24	2/25 이전	2/17 이전	-	11/26	11/25 이후	11/17	-	-
노랑무늬붓꽃_포항	-	-	2/20 이전	3/3 이전	2/25 이전	2/17 이전	-	-	2/28 이전	3/31	2/25 이전	2/17 이전	-	11/26	11/25 이후	11/17	-	-
눈개승마_울릉도	-	2/20	2/20 이전	3/3 이전	2/25 이전	2/17 이전	-	4/9	3/21	3/27	4/2	3/24	10/20	9/24	10/7	10/10	11/16	11/7
눈개승마_태백	-	2/20	2/23	3/3 이전	2/25 이전	2/17 이전	-	4/9	3/21	3/27	4/2	3/21	10/13	10/2	9/30	11/3	11/16	11/17
눈개승마_화천	-	2/20	2/23	3/3 이전	2/25 이전	2/17 이전	-	4/9	3/21	3/27	3/30	3/24	10/28	10/11	9/30	9/25	11/16	11/24
돌단풍_고성	-	-	2/23	3/24	2/25 이전	2/17 이전	-	-	4/1	3/27	4/7	4/5	-	11/5	11/18	11/10	11/10	11/15
돌단풍_평창	-	-	3/21	3/27 이전	2/25 이전	제외	-	-	4/1	3/31	4/7 이전	제외	-	10/2	9/2	11/10	10/5	제외
등대시호_설악산	-	-	3/18	-	-	제외	-	-	3/18	3/27	3/30	제외	-	-	11/18	11/21	11/10	제외
산마늘_울릉도	-	-	-	-	3/12	3/7	-	-	3/11	-	3/23	3/17	-	-	7/8	-	9/17	8/16
산오이풀_가야산	-	3/19	2/20 이전	3/17	3/19	3/10	-	4/9	4/8	3/27	4/7	3/31	10/28	11/15	11/25	11/21	11/30	-
산오이풀_설악산	-	2/27	3/14	3/20	3/23	3/10	-	4/16	4/8	4/3	4/7	3/31	10/28	11/5	11/21	11/17	11/30	-
산오이풀_지리산	-	3/15	2/25	3/20	3/19	3/17	-	4/9	4/8	4/3	4/7	3/31	11/3	11/8	11/25	11/21	-	-
좀비비추_완도	-	4/9	3/18	3/31	4/7	4/5	-	4/19	4/18	4/17	4/21	4/21	-	10/23	10/7	10/6	9/30	10/10
좀비비추_제주	-	-	4/1	3/27	4/7 이전	-	제외	4/16	4/15	4/14	4/21	제외	-	10/15	9/9	9/29	9/30	제외
피나무_철원	-	-	3/18	3/20	-	3/28 이전	-	-	3/21	3/27	-	3/28 이전	-	6/25	6/10	6/23	9/14	8/16
피나무_포천	-	-	3/18	3/20	-	3/28 이전	-	-	3/21	3/27	-	3/28 이전	-	6/25	5/6	6/23	6/23	7/25

식물명	꽃눈파열시기						개화시작시기						개화(>50%)						낙화(>90%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
금평의다리_대관령	-	-	-	-	-	고사	-	-	-	-	-	고사	-	-	-	-	-	고사	-	-	-	-	-	고사
깽깽이풀_보은	-	3/26	-	3/27 이전	3/30	3/24	-	4/2	-	3/27	4/2	3/28	-	4/5	-	3/31	4/2	3/31	-	4/5	-	4/10	4/21	4/18
깽깽이풀_연천	-	3/12	3/21	3/31 이전	3/30	3/28	-	4/5	3/21	3/31 이전	3/30	3/28	-	4/5	4/1	3/31	4/7	3/31	-	4/5	4/8	4/3	4/14	4/21
깽깽이풀_정선	-	3/12	4/1 이전	3/27 이전	3/30	3/28	-	4/2	4/1 이전	3/27	3/30	3/28	-	4/5	4/1	3/31	4/9	3/31	-	4/5	4/8	4/14	4/21	4/18
노랑무늬붓꽃_오대산	-	-	-	4/17 이전	4/21	4/18	-	-	-	4/17 이전	4/21	4/18	-	-	-	4/17	4/21	4/21	-	-	-	4/25	4/30	5/9
노랑무늬붓꽃_평창	-	-	-	-	-	5/2	-	-	-	-	-	5/6	-	-	-	-	-	5/6	-	-	-	-	-	5/9
노랑무늬붓꽃_포항	-	-	-	-	-	4/21	-	-	-	-	-	4/25	-	-	-	-	-	4/25	-	-	-	-	-	5/2
눈개승마_울릉도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
눈개승마_태백	-	-	-	-	-	5/6	-	-	-	-	-	5/12	-	-	-	-	-	5/18	-	-	-	-	-	6/23
눈개승마_화천	-	-	-	-	-	5/31	-	-	-	-	-	5/31	-	-	-	-	-	6/7	-	-	-	-	-	6/20
돌단풍_고성	-	-	3/14	3/6	3/16	3/7	-	-	4/1	3/24	4/2	3/28	-	4/16	4/4	3/31	4/21	4/5	-	4/26	4/11	4/21	4/27	4/18
돌단풍_평창	-	-	3/14	3/17	3/16	제외	-	-	3/25	3/27	4/7	제외	-		4/1		4/14	제외	-	5/7	4/15	4/25	5/7	제외
등대시호_설악산	-	-	6/24	6/10	6/23	제외	-	-	6/24	6/23	7/6	제외	-	-	7/8	6/23	7/6	제외	-	-	7/16	6/30	8/11	제외
산마늘_울릉도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
산오이풀_가야산	-	8/6	7/16 이전	7/23 이전	8/11	8/2	-	8/6	7/16 이전	7/23	8/11	8/2	-	8/6	7/16	7/28	8/31	8/22	-	9/13	9/9	9/11	9/3	9/13
산오이풀_설악산	-	7/16	7/16 이전	7/23 이전	8/26	8/2	-	7/16	7/16	7/23	8/26	8/2	-	7/30	7/22	7/28	8/26	8/8	9/18	8/20	9/2	8/26	9/3	8/22
산오이풀_지리산	-	-	-	7/23 이전	8/11	7/18	-	-	-	7/23 이전	8/18	7/18	-	-	-	7/23	8/26	8/8	11/3	-	-	8/5	9/3	8/16
좀비비추_완도	-	6/25	6/24	6/16	7/1	6/23	-	7/16	7/16 이전	7/23 이전	7/21	7/11	-	7/23	7/16	7/23 이전	7/21	7/11	-	8/6	7/29	7/23	8/11	7/25
좀비비추_제주	-	7/30	7/22	7/23	7/21	제외	-	8/6	8/5 이전	8/5 이전	8/11	제외	-	8/20	8/5	8/5 이전	8/18	제외	-	8/27	8/19	8/5	8/31	제외
피나물_철원	-	-	4/1	-	-	-	-	-	4/8	-	-	-	-	-	4/8	-	-	-						

식물명	꽃눈파열시기						개화시작시기						개화(>50%)						낙화(>90%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016
금평의다리_대관령	-	-	-	-	-	고사	-	-	-	-	-	고사	-	-	-	-	-	고사	-	-	-	-	-	고사
괭괭이풀_보은	-	3/26	-	3/27 이전	3/30	3/24	-	4/2	-	3/27	4/2	3/28	-	4/5	-	3/31	4/2	3/31	-	4/5	-	4/10	4/21	4/18
괭괭이풀_연천	-	3/12	3/21	3/31 이전	3/30	3/28	-	4/5	3/21	3/31 이전	3/30	3/28	-	4/5	4/1	3/31	4/7	3/31	-	4/5	4/8	4/3	4/14	4/21
괭괭이풀_정선	-	3/12	4/1 이전	3/27 이전	3/30	3/28	-	4/2	4/1 이전	3/27	3/30	3/28	-	4/5	4/1	3/31	4/9	3/31	-	4/5	4/8	4/14	4/21	4/18
노랑무늬붓꽃_오대산	-	-	-	4/17 이전	4/21	4/18	-	-	-	4/17 이전	4/21	4/18	-	-	-	4/17	4/21	4/21	-	-	-	4/25	4/30	5/9
노랑무늬붓꽃_평창	-	-	-	-	-	5/2	-	-	-	-	-	5/6	-	-	-	-	-	5/6	-	-	-	-	-	5/9
노랑무늬붓꽃_포항	-	-	-	-	-	4/21	-	-	-	-	-	4/25	-	-	-	-	-	4/25	-	-	-	-	-	5/2
눈개승마_울릉도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
눈개승마_태백	-	-	-	-	-	5/6	-	-	-	-	-	5/12	-	-	-	-	-	5/18	-	-	-	-	-	6/23
눈개승마_화천	-	-	-	-	-	5/31	-	-	-	-	-	5/31	-	-	-	-	-	6/7	-	-	-	-	-	6/20
돌단풍_고성	-	-	3/14	3/6	3/16	3/7	-	-	4/1	3/24	4/2	3/28	-	4/16	4/4	3/31	4/21	4/5	-	4/26	4/11	4/21	4/27	4/18
돌단풍_평창	-	-	3/14	3/17	3/16	제외	-	-	3/25	3/27	4/7	제외	-		4/1		4/14	제외	-	5/7	4/15	4/25	5/7	제외
등대시호_설악산	-	-	6/24	6/10	6/23	제외	-	-	6/24	6/23	7/6	제외	-	-	7/8	6/23	7/6	제외	-	-	7/16	6/30	8/11	제외
산마늘_울릉도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
산오이풀_가야산	-	8/6	7/16 이전	7/23 이전	8/11	8/2	-	8/6	7/16 이전	7/23	8/11	8/2	-	8/6	7/16	7/28	8/31	8/22	-	9/13	9/9	9/11	9/3	9/13
산오이풀_설악산	-	7/16	7/16 이전	7/23 이전	8/26	8/2	-	7/16	7/16	7/23	8/26	8/2	-	7/30	7/22	7/28	8/26	8/8	9/18	8/20	9/2	8/26	9/3	8/22
산오이풀_지리산	-	-	-	7/23 이전	8/11	7/18	-	-	-	7/23 이전	8/18	7/18	-	-	-	7/23	8/26	8/8	11/3	-	-	8/5	9/3	8/16
좀비비추_완도	-	6/25	6/24	6/16	7/1	6/23	-	7/16	7/16 이전	7/23 이전	7/21	7/11	-	7/23	7/16	7/23 이전	7/21	7/11	-	8/6	7/29	7/23	8/11	7/25
좀비비추_제주	-	7/30	7/22	7/23	7/21	제외	-	8/6	8/5 이전	8/5 이전	8/11	제외	-	8/20	8/5	8/5 이전	8/18	제외	-	8/27	8/19	8/5	8/31	제외
피나물_철원	-	-	4/1	-	-	-	-	-	4/8	-	-	-	-	-	4/8	-	-	-	-	4/9	4/11	-	-	-
피나물_포천	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

표 14. 인공보존원 초본류 생식기관의 계절성 변화(계속)

[illegible]

2. 기상 변화

1) 경남수목원 전시원

경남수목원내 미기상을 측정하기 위해 풍향, 풍속, 강우, 기온, 상대습도, 일사량, 토양함수량 센서를 설치하였다. 기상장치는 2009년 7월 29일 경남수목원 무늬원 (N35°09' 35.4" E128°17' 43.5")에 설치하였으며, 기상변화분석은 2009년 8월 1일부터 2016년 10월 31일까지 30분마다 수집된 자료를 이용하였다.

가) 연도별 기상변화

경남수목원내 전시원 주기상장치 측정자료를 분석한 결과, 2016년 월 평균온도는 1월이 -1.1℃로 가장 낮고, 8월이 26.3℃로 가장 높았다. 2015년 1월 평균온도 0.2℃, 8월 평균온도 24.7℃와 비교하여 각각 -1.3℃ 낮아지고 1.6℃ 높아진 것으로 측정되었다. 2, 3월은 1℃ 이내의 비슷한 기온으로 나타났으며 4월, 6~10월은 전년에 비해 기온이 높아진 것으로 나타났다. 특히 7~10월은 2℃에 가까운 차이를 보였다. 월평균상대습도는 2월이 68%로 가장 낮았고, 9월이 90%로 가장 높게 나타났다. 월평균일사량은 1월이 54.5W/m²로 가장 낮았으며, 5월이 210.8W/m²로 가장 높았다. 연중 최고일사량은 7월, 1206.9W/m²로 2015년 연중 최고일사량 1141.9W/m²보다 65W/m² 더 높아진 것으로 나타났다. 월평균풍속은 9월이 0.02m/s로 가장 낮고, 3월이 0.12m/s로 가장 높았다. 월평균토양함수량은 전체적으로 2015년보다 높게 측정되었으며 1월이 0.1m³/m³로 가장 낮았고 9~10월이 0.19m³/m³로 가장 높았다. 월누적강우량은 9월이 425.60mm로 가장 많았고, 3월이 36.20mm로 가장 적게 측정되었다. 여름철 강우량이 2015년과 비교해 60mm 가량 적었으나 9, 10월에 각각 258mm, 113.4mm 많았으며 이는 장마 기간이 늦어진 영향으로 보인다. 봄철 강우량도 2015년보다 많아진 것으로 측정되었다.

표 15. 경남수목원내 기상장치의 연도별 기온변화

구분	월 최고온도(℃)								월 최저온도(℃)								월 평균온도(℃)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1월	—	15.2	6.8	10.8	12.1	14.6	11.0	12.9	—	-13.2	-16.9	-13.4	-13.7	-12.3	-12.5	-13.6	—	-1.1	-4.1	-0.9	-2.1	-0.6	0.2	-1.1
2월	—	19.3	19.9	15.0	18.5	21.3	14.9	16.4	—	-10.5	-12.0	-15.1	-11.7	-8.0	-10.8	-9.2	—	2.9	1.8	-0.3	1.1	3.2	1.4	2.2
3월	—	22.4	22.9	22.1	—	24.2	24.4	23.3	—	-6.0	-7.1	-7.2	—	-7.5	-5.3	-9.4	—	6.1	4.7	6.1	—	7.7	6.7	7.6
4월	—	24.2	26.9	28.0	25.6	26.8	31.2	27.3	—	-2.1	-2.9	-1.9	-2.8	-1.3	1.3	2.7	—	10.0	11.5	12.7	10.6	12.6	12.5	13.5
5월	—	30.8	—	29.9	32.2	33.3	—	32.3	—	0.6	—	6.9	3.5	1.8	—	4.7	—	16.8	—	17.8	17.5	17.6	—	17.9
6월	—	33.8	—	30.2	30.9	30.4	31.6	32.4	—	7.4	—	13.0	11.7	14.2	10.5	10.1	—	21.8	—	21.3	21.8	21.0	20.7	21.7
7월	—	33.0	32.7	34.6	33.6	35.5	35.5	37.4	—	19.6	16.7	18.5	19.5	17.3	15.0	18.5	—	25.0	25.3	25.4	26.2	24.2	23.8	25.7
8월	32.9	34.6	33.4	—	36.9	32.7	38.3	38.5	15.0	21.0	17.8	—	18.3	14.6	18.3	14.6	23.9	26.8	24.8	—	27.0	23.5	24.7	26.3
9월	31.3	32.9	32.8	—	31.3	29.9	30.1	31.2	10.5	8.5	8.4	—	9.4	10.9	9.8	10.6	20.8	21.9	21.1	—	21.0	20.1	19.4	21.2
10월	26.9	25.2	26.3	—	27.5	25.1	26.0	28.7	3.2	-0.9	-0.8	—	1.2	1.8	-1.6	2.6	14.1	14.4	13.4	—	15.1	13.8	13.6	15.6
11월	24.1	19.7	25.4	17.6	22.6	19.2	22.1	—	-6.1	-6.5	-4.6	-6.0	-6.1	-4.8	-2.8	—	7.6	5.4	10.3	5.8	6.0	7.5	10.2	—
12월	15.7	15.7	12.2	10.2	12.7	12.9	13.4	—	-11.6	-10.7	-10.5	-12.0	-10.8	-10.1	-9.0	—	1.1	0.5	0.5	-1.3	0.5	-0.2	3.2	—
연평균	—	25.6	—	—	—	25.5	—	—	—	0.6	—	—	1.7	1.4	—	—	—	12.5	—	—	13.2	12.5	—	—

표 16. 경남수목원 기상장치의 연도별 상대습도 변화

구분	월 최고상대습도(%)								월 최저상대습도(%)								월 평균상대습도(%)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1월	—	100	95	99	100	99	99	99	—	17	17	14	27	22	20	22	—	65	58	67	74	70	75	73
2월	—	100	99	99	100	99	100	100	—	16	17	14	18	17	19	22	—	72	73	65	67	72	72	68
3월	—	99	99	99	—	100	100	100	—	22	13	15	—	17	15	22	—	74	60	71	—	74	69	75
4월	—	100	100	100	100	100	100	100	—	18	10	18	19	17	20	18	—	73	70	72	70	72	81	79
5월	—	100	—	100	100	100	—	100	—	23	—	19	19	21	—	23	—	77	—	78	79	75	—	78
6월	—	100	—	100	100	100	100	100	—	32	—	47	43	41	24	36	—	79	—	84	88	86	87	88
7월	—	100	100	100	100	100	100	100	—	49	50	55	51	46	46	55	—	90	89	91	90	91	90	90
8월	100	100	100	—	100	100	100	100	37	58	61	—	46	52	44	36	87	91	93	—	87	93	90	86
9월	100	100	100	—	100	100	100	100	25	35	32	—	42	52	40	51	85	89	84	—	87	91	89	93
10월	100	100	100	—	100	100	100	100	29	26	29	—	31	26	32	31	80	84	83	—	85	87	85	91
11월	100	99	100	100	100	100	100		23	19	31	25	26	26	42		76	76	86	77	81	85	90	
12월	100	100	99	99	99	100	100		21	23	23	22	34	26	32		69	70	70	76	75	73	83	
연평균	—	100	—	—	—	100	—		—	28	—	—	—	30	—		—	78	—	—	—	81	—	

표 17. 경남수목원 기상장치의 연도별 풍속 변화

구분	월 최대풍속(m/s)								월 평균풍속(m/s)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1월	—	2.60	2.23	1.48	1.11	1.11	1.30	0.93	—	0.38	0.35	0.05	0.03	0.02	0.05	0.04
2월	—	2.41	1.86	1.48	1.30	1.11	1.30	1.30	—	0.41	0.21	0.07	0.06	0.05	0.05	0.06
3월	—	3.15	2.41	2.04	—	1.67	1.67	1.67	—	0.47	0.45	0.12	—	0.11	0.10	0.12
4월	—	2.97	2.60	3.53	2.04	1.30	1.86	1.67	—	0.47	0.26	0.15	0.14	0.04	0.10	0.08
5월	—	2.41	—	2.23	0.74	1.48	—	2.23	—	0.29	—	0.12	0.01	0.09	—	0.10
6월	—	1.11	—	1.30	0.56	0.93	2.23	0.93	—	0.19	—	0.09	0.00	0.07	0.06	0.04
7월	—	1.48	1.67	1.11	1.30	1.67	1.48	0.93	—	0.20	0.06	0.03	0.06	0.07	0.10	0.04
8월	1.67	1.67	1.67	—	1.30	1.30	0.93	1.48	0.26	0.24	0.13	—	0.05	0.13	0.06	0.03
9월	1.48	1.67	1.30	—	1.48	1.11	1.11	0.74	0.22	0.24	0.08	—	0.03	0.08	0.04	0.02
10월	2.41	1.86	1.30	—	1.48	1.48	1.30	1.67	0.24	0.23	0.07	—	0.07	0.07	0.06	0.03
11월	2.60	2.04	2.23	2.23	1.86	1.48	1.11	—	0.40	0.20	0.03	0.09	0.06	0.05	0.04	—
12월	2.23	2.41	1.30	0.93	1.48	1.48	1.30	—	0.36	0.37	0.05	0.03	0.04	0.12	0.02	—
연평균	—	2.15	—	—	—	1.34	—	—	—	0.31	—	—	—	0.08	—	—

표 18. 경남수목원 기상장치의 연도별 일사량 변화

구분	월 최고일사량(W/m²)								월 평균일사량(W/m²)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1월	—	640.6	635.6	579.4	606.9	554.4	641.9	515.6	—	74.9	78.7	60.5	70.1	57.7	62.6	54.5
2월	—	768.1	705.6	689.4	779.4	613.1	699.4	794.4	—	82.6	90.0	84.7	94.5	71.1	94.7	100.5
3월	—	875.6	860.6	866.9	—	750.6	1021.9	946.9	—	105.0	153.5	115.5	—	99.6	166.7	146.3
4월	—	1008.1	1019.4	935.6	1036.9	821.9	1069.4	1006.9	—	141.8	157.5	128.0	128.9	100.2	153.8	170.1
5월	—	1094.4	—	545.6	984.4	881.9	—	1129.4	—	116.1	—	58.5	72.6	61.9	—	210.8
6월	—	951.9	—	463.1	660.6	539.4	1105.6	1203.1	—	102.1	—	46.9	36.2	33.3	159.0	159.8
7월	—	888.1	350.6	385.6	605.6	746.9	1141.9	1206.9	—	70.4	21.1	43.8	26.0	38.4	156.4	168.8
8월	1009.4	709.4	499.4	—	610.6	761.9	1079.4	1096.9	78.2	72.8	26.3	—	38.0	39.6	169.2	187.0
9월	895.6	773.1	674.4	—	669.4	681.9	1110.6	874.4	77.5	63.0	46.4	—	47.6	50.8	121.0	81.3
10월	781.9	690.6	520.6	—	673.1	670.6	891.9	770.6	74.7	66.0	53.8	—	69.4	64.1	91.5	65.6
11월	633.1	665.6	490.6	713.1	594.4	653.1	688.1	—	64.8	78.1	44.6	75.1	54.9	62.7	54.2	—
12월	548.1	545.6	485.6	590.6	476.9	531.9	606.9	—	63.9	58.4	56.2	57.1	46.7	59.3	49.2	—
연평균	—	800.9	—	—	—	684.0	—	—	—	85.9	—	—	—	61.6	—	—

표 19. 경남수목원 기상장치의 연도별 토양함수 변화

구분	월 최고토양함수(m3/m3)								월 최저토양함수(m3/m3)								월 평균토양함수(m 3/m3)								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
1월	－	0.06	0.03	0.07	0.10	0.05	0.09	0.17	－	0.02	0.00	0.05	0.03	0.04	0.06	0.08	－	0.03	0.02	0.06	0.05	0.05	0.07	0.10	
2월	－	0.15	0.12	0.07	0.15	0.06	0.09	0.18	－	0.04	0.00	0.05	0.05	0.05	0.06	0.11	－	0.06	0.03	0.06	0.06	0.05	0.07	0.12	
3월	－	0.14	0.08	0.14	－	0.12	0.14	0.20	－	0.05	0.05	0.06	－	0.05	0.06	0.10	－	0.06	0.06	0.08	－	0.06	0.07	0.12	
4월	－	0.14	0.12	0.16	0.10	0.12	0.13	0.39	－	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.10	－	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07	0.14	
5월	－	0.14	－	0.13	0.13	0.07	－	0.37	－	0.03	－	0.03	0.02	0.02	－	0.09	－	0.05	－	0.06	0.04	0.04	－	0.12	
6월	－	0.05	－	0.03	0.12	0.02	0.10	0.22	－	0.02	－	0.02	0.03	0.01	0.04	0.07	－	0.03	－	0.02	0.05	0.02	0.05	0.09	
7월	－	0.40	0.40	0.08	0.14	0.09	0.39	0.39	－	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	0.06	0.10	－	0.06	0.09	0.04	0.04	0.04	0.09	0.12	
8월	0.17	0.40	0.39	－	0.17	0.38	0.15	0.10	0.02	0.03	0.06	－	0.01	0.02	0.07	0.07	0.05	0.05	0.09	－	0.02	0.07	0.09	0.09	
9월	0.03	0.11	0.07	－	0.14	0.10	0.39	0.40	－0.01	0.04	0.02	－	0.02	0.03	0.09	0.10	0.00	0.06	0.04	－	0.03	0.05	0.11	0.19	
10월	0.08	0.04	0.16	－	0.14	0.13	0.16	0.37	0.00	0.03	0.02	－	0.04	0.04	0.08	0.17	0.03	0.03	0.04	－	0.06	0.06	0.09	0.19	
11월	0.05	0.03	0.18	0.11	0.15	0.17	0.16		0.02	0.02	0.08	0.04	0.04	0.06	0.08		0.03	0.03	0.09	0.06	0.06	0.07	0.11		
12월	0.05	0.03	0.12	0.10	0.07	0.09	0.18		0.02	0.02	0.06	0.06	0.05	0.06	0.10		0.04	0.03	0.08	0.07	0.06	0.07	0.12		
연평균	－	0.14	－	－	－	0.12	－		－	0.03	－	－	－	0.04	－		－	0.05	－	－	－	0.05	－		

표 20. 경남수목원 기상장치의 연도별 누적강우량 변화

구분	월 누적강우량(mm)								월 강우횟수(day)							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1월	-	25.00	0.00	6.00	15.80	8.20	27.20	36.60	-	3	0	2	3	3	5	3
2월	-	127.20	66.20	16.00	61.40	12.00	21.80	36.20	-	6	7	4	8	2	4	3
3월	-	90.80	22.60	112.20	-	93.60	72.80	80.80	-	13	2	8	-	8	6	7
4월	-	131.40	85.40	130.20	66.60	118.00	168.00	233.00	-	9	7	9	5	6	13	11
5월	-	135.80	-	49.00	147.80	49.20	-	136.20	-	6	-	7	4	3	-	7
6월	-	42.00	-	47.60	126.00	56.40	157.82	97.60	-	5	-	5	9	7	10	8
7월	-	383.00	482.62	223.60	167.40	139.00	217.20	154.80	-	12	14	13	9	13	8	8
8월	113.60	188.00	259.61	-	117.40	578.62	107.20	94.20	7	15	13	-	9	14	8	7
9월	28.40	233.41	25.60	-	57.80	128.01	167.60	425.60	3	10	4	-	5	5	9	12
10월	49.60	34.00	87.80	-	77.60	113.80	37.80	151.20	3	5	4	-	2	5	2	8
11월	62.40	5.60	147.80	51.80	60.20	59.40	78.60		4	1	12	7	5	5	11	
12월	14.80	19.80	3.40	60.60	2.00	13.20	41.80		4	2	3	7	1	4	7	
총합계	-	1416.01	-	-	-	1369.43	-		-	87	-	-	-	75	-	

IV. 적 요

경남수목원내 조사 대상 식물은 북방계 7종(구상나무, 만병초, 둥근잎팽의비름 등), 남방계 8종(불가시나무, 미선나무, 한라구절초 등)으로 취약종 15종, 관심종 25종(일본잎갈나무, 자귀나무, 복수초 등) 및 일반종 6종(매실나무, 풍년화 등)을 포함한 총 46종(침엽수 12종, 활엽수 30종, 초본 4종)이다.

경남수목원내 전시원 조사 대상 식물의 목본류 영양기관 계절성 변화 분석 결과, 잎눈파열은 전년(2015)과 비교 가능한 46분류군 중 개비자나무_수, 개나리 등 대부분의 수종(33분류군)이 비슷한 시기에 변화를 보였다. 개엽 역시 비교 가능한 46분류군 중 구상나무, 동백나무 등 대부분의 수종(36분류군)이 비슷한 시기의 변화를 보였고, 단풍·낙엽은 전체적으로 늦어진 것으로 나타나 2016년 전시원 조사 대상 식물의 목본류 영양기관 계절성 변화는 전년 대비 잎눈파열과 개엽은 빨라졌음을, 단풍·낙엽은 늦어짐을 확인하였다. 이는 영양기관이 변화를 시작하는 3-4월의 기온

이 온도 차가 크지 않고 2016년 전체적인 평균 기온이 높았던 영향으로 보인다. 목본류 생식기관의 변화 분석 결과는 비교 가능한 23분류군 중 개나리, 구골나무_암 등 전체적으로(19분류군) 비슷한 시기에 꽃눈파열이 진행되었음을 확인하였고 개화 시작한 시기는 비교 가능한 25분류군 중 빨라진 5분류군(호랑가시나무_수, 장수만리화 등)과 늦어진 3분류군(개나리, 구골나무 등) 외 17분류군이 비슷한 시기에 진행되었음을 확인하였다. 초본류(4분류군)는 삼백초가 비슷한 시기에 성장을 시작한 것을 확인하였으며 그 외 3분류군은 조사 이전에 성장을 시작하였다.

조사 시작 연도인 2009년과 비교한 결과, 목본류의 잎눈파열은 비교 가능한 27분류군 중 13분류군이 비슷한 시기에 파열한 것으로 나타났고(비자나무_수, 종가시나무 등) 또 12분류군이 9일 이상 빠르게 파열한 것으로 나타나(주목_암, 벗나무 등) 대부분의 수종(25분류군)이 2009년에 비해 비슷하거나 빨라진 것으로 확인되었다. 개엽 역시 비교 가능한 34분류군 중 11분류군이 비슷한 시기에 변화하였고(주목_암, 진달래 등) 19분류군이 6일 이상 빨라진 것으로 나타났다(소나무, 철쭉). 영양기관의 변화 시기인 3-5월의 봄철 기온이 지난 6년간 소폭 상승했으며, 특히 4월 기온이 3.5℃ 높아진 영향으로 보인다. 꽃눈파열은 비교 가능한 8분류군 중 3분류군(구골나무_암, 무궁화, 붉가시나무)이 12일 이상 빨라졌고 지리산오갈피와 자귀나무는 8일 늦어진 것을 확인하였다. 개화는 10분류군 중 6분류군(붉가시나무, 자귀나무 등)이 비슷한 시기에 진행되었음을 확인하였다.

경남수목원내 인공보존원은 2009년 11월에 조성하여 2011년에 7종으로 조사를 시작하였으며 2012년에 11종을 추가하고 2014년에는 산마늘, 주목 등 4종이 고사하여 14종, 2015년에는 산마늘을 재추가하여 15종, 2016년에는 등대시호가 제외 수종으로 지정되어 14종을 조사하였다. 현재 경남수목원내 인공보존원 조사 대상 식물은 북방계 8종(만병초, 피나무, 노랑무늬붓꽃 등)으로 취약종 8종, 관심종 4종(진달래, 산철쭉 등) 및 일반종 2종(털개회나무, 산오이풀)을 포함한 총 14종 (활엽수 5종, 초본 9종)이다.

경남수목원내 인공보존원 조사 대상 식물의 활엽수 영양기관 계절성 변화 분석 결과, 잎눈파열은 전년과 비교 가능한 12분류군 중 만병초_계방산, 백리향_설악산 등 7분류군이 비슷한 시기에 파열하였으며, 개엽은 비교 가능한 12분류군 중 산철쭉_정선, 진달래_연천 등 대부분의 수종(10분류군)이 비슷한 시기 내의 변화하였다. 단

풍은 전년과 비교하여 비교 가능한 5분류군 모두 늦어진 것으로 확인되었고, 낙엽은 비교 가능한 9분류군 중 산철쭉_정선, 진달래_김포 등 5분류군이 빨라졌다. 꽃눈파열은 비교 가능한 4분류군 중 백리향_한라산, 산철쭉_연천이 9일 빨라졌고, 백리향_설악산, 진달래_김포는 비슷한 시기에 파열하였다. 개화는 비교 가능한 4분류군 중 3분류군(백리향_설악산, 산철쭉_연천, 진달래_김포)이 전년과 비슷한 시기에 개화하였다. 조사 시작 연도인 2012년과 비교한 결과, 잎눈파열한 시기는 비교 가능한 10분류군 중 9분류군이 빨라졌고, 개엽한 시기는 비교 가능한 11분류군 중 9분류군이 빨라져 인공보존원 조사 수종의 잎눈파열과 개엽하는 시기가 점차 빨라지고 있는 것으로 분석되었다. 단풍은 비교 가능한 5분류군 모두 늦어졌다.

경남수목원내 인공보존원 조사 대상 식물의 초본류 영양기관 계절성 변화를 분석한 결과, 비교 가능한 6분류군 중 4분류군이 전년과 비교하여 비슷한 시기에 성장 시작하였고, 개엽 시기는 비교 가능한 13분류군 중 7분류군이 빨라졌으며, 6분류군이 비슷한 시기에 개엽하였다. 꽃눈파열한 시기는 비교 가능한 9분류군 중 6분류군이 빨라졌고, 개화 시기는 비교 가능한 9분류군 중 4분류군이 빨라졌으며 5분류군은 비슷한 시기에 개화하였다. 조사 시작 연도인 2012년과 비교한 결과, 개엽은 비교 가능한 10분류군 중 6분류군이 빨라졌고, 4분류군이 비슷한 시기에 개엽하였다. 꽃눈파열한 시기는 비교 가능한 6분류군 중 3분류군이 느려졌고, 3분류군이 비슷한 시기에 파열하였으며 개화는 비교 가능한 6분류군 중 4분류군이 비슷한 시기에 개화하였다.

인공보존원 조사 수종의 대부분이 변화 시기가 빨라졌거나 비슷하였고 느려진 수종은 그보다 적은 것으로 확인하였다.

V. 사사

이 연구는 2016년 국립수목원 「기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업」 연구과제에 의해 수행되었습니다.

VI. 참고문헌

1. 이우철, 임양재. 1978. 한반도관속식물의 분포에 관한 연구. 한국식물분류학회지. 8 : 1-33.
2. 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사.
3. 이상태. 1997. 한국식물검색집. 아카데미.
4. 산림청. 1997. 희귀 및 멸종위기 식물도감.
5. Wilson. 1998. The diversity of life. Harvard Univ.
6. 국립수목원. 2004. 국가표준식물목록 <http://www.koreaplants.go.kr:9101/>
7. 이창복. 2005. 원색대한식물도감. 향문사.
8. 국립수목원. 2006. 국가생물종지식정보시스템 <http://www.nature.go.kr/>
9. 산림청·국립수목원. 2008. 한국 희귀식물 목록집.
10. 이경미, 권원태, 이승호. 2011. 우리나라 식물계절 시기의 변화 경향에 관한 연구. 한국지역지리학회지. 15(3) : 337-350.
11. 산림청·국립수목원. 2013. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 매뉴얼.
12. 국립수목원. 2009. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.
13. 국립수목원. 2010. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.
14. 국립수목원. 2011. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.
15. 국립수목원. 2012. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.
16. 국립수목원. 2013. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.
17. 국립수목원. 2014. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.
18. 국립수목원. 2015. 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 조사 보고서.

경남지역 희귀·특산식물 모니터링 연구

시험기간 : 2010년 ~ 계속

담 당 자 : 신재성, 유난희, 주정옥, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

현재 세계는 급격한 기후변화와 무분별한 개발행위로 인하여 종다양성의 감소가 심각한 수준에 이르고 있다. 국제자연보존연맹(2002)은 지구상에 서식하는 식물의 약 13%가 멸종위기라고 밝혔으며, 여러 학자들은 향후 50년 이내에 지구상에 생육하고 있는 25만종의 관속식물 중에 약 20%가 멸종될 가능성이 있다는 의견을 제시하였다(Wilson, 1998). 이에 IUCN(세계자연보전연맹)에서는 식물유전자원의 보전 및 관리를 위하여 희귀·멸종위기식물에 대한 평가기준을 제시하고 있다.

우리나라는 IUCN의 평가기준에 맞추어 국립수목원(2009)에서 희귀식물 571분류군을 정하여 관리하고 있다. 우리나라의 희귀식물 지정현황은 박만규(1975)가 106종류를 기재한 것을 필두로 이영노(1983) 118종류, 이창복(1987) 79종류를 발표하였다. 기관으로는 환경부(1993)가 132종류를 발표하였으며, 환경부(1998)가 법적보호종으로 58종류를 선정하였고, 2001년에는 보호종으로 78종류를 선정하기도 했다. 또한 산림청(1997)은 희귀식물 217종류와 후보종 41종류를 합친 총 258종류를 발표하였다.

외국의 지정현황을 보면 일본은 IUCN의 기준에 따라 EX 17종류, EW 12종류, CR 471종류, EN 410종류, VU 517종류, NT 및 DD 등 7개의 기준으로 선정하였고, NT 및 DD를 제외한 1,427종류를 희귀종으로 선정하였다(산림청·국립수목원, 2008).

생물다양성협약 당사국 회의에서는 협약상 규정되어 있는 생물유전 자원의 접근 및 이익공유로 인한 식물자원의 배타적 권리가 인정됨에 따라 그 희귀성과 잠재적

유용성이 매우 큰 희귀 및 특산식물에 대한 종합적인 대책마련이 필요하다. 따라서 본 연구는 경남지역의 희귀·특산식물에 대한 보다 체계적인 보전·관리 방안을 위한 장기적인 연구과제로 경남지역 희귀식물 복원 및 현지외보전을 위한 기틀을 마련하고 나아가 국가 식물유전자원 네트워크 구축을 위한 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 조사기간 및 조사대상지역

가. 조사기간 : 2016년 2월 ~ 11월

나. 조사대상지역 : 경남지역(산청군, 함양군, 거제시, 울산광역시)

2. 조사방법

가. 조사대상지 희귀특산식물 자생지 위치 확인(해발고, GPS 좌표 등 개황조사)

나. IUCN 적색목록에 따라 야생멸종종(EW), 멸종위기종(CR), 위기종(EN), 취약종(VU), 약관심종(LC), 자료부족종(DD)로 나누어 분류

다. 월별 2회 모니터링 : 각 종의 계절별 생리변화를 확인할 수 있는 시기

라. 조사대상 개체군 개화율 및 결실율 조사

마. 조사대상 개체군 공간 분포도 및 자생지 단면도 작성

바. 자생지 위협요인 분석

사. 학명과 국명은 국가표준식물목록에 따름

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 지역별 희귀·특산식물 모니터링

경남지역 희귀·특산식물 모니터링은 산청군, 함양군, 거제시, 울산광역시 4지역을 대상으로 나도승마, 처진물봉선 등 CR 2종, 꼬리말발도리, 백서향, 흰참꽃나무 등 EN 3종, 세뿔투구꽃, 자주솜대, 갯취 등 VU 3종, 매미꽃 등 LC 1종으로 총 9종 13 방형구를 실시하였다.

<경남지역 희귀·특산식물 모니터링 대상 분류군>

등급	국 명	학 명	지역	방형구 수
	계	9종	4지역	13개소
CR, 특	나도승마	<i>Kirengeshoma koreana</i> Nakai	산청군	2
CR	처진물봉선	<i>Impatiens koreana</i> B.U.Oh	거제시	1
EN, 특	꼬리말발도리	<i>Deutzia paniculata</i> Nakai	울산광역시	1
EN, 특	백서향	<i>Daphne kiusiana</i> Miq.	거제시	2
EN	흰참꽃나무	<i>Rhododendron tschonoskii</i> Maxim.	산청군	1
VU, 특	세뿔투구꽃	<i>Aconitum austrokoreense</i> Koidz.	산청군	2
VU, 특	자주솜대	<i>Smilacina bicolor</i> Nakai	함양군	1
VU, 특	갯취	<i>Ligularia taquetii</i> Nakai	거제시	1
LC, 특	매미꽃	<i>Coreanomecon hylomeconoides</i> Nakai	산청군	2

그림 1. 경남지역 희귀·특산식물 모니터링 대상 분류군



A:나도승마(*Kirengeshoma koreana* Nakai) B:처진물봉선(*Impatiens koreana* B.U.Oh)
C:꼬리말발도리(*Deutzia paniculata* Nakai) D:백서향(*Daphne kiusiana* Miq.) E:흰참꽃나무(*Rhododendron tschonoskii* Maxim.) F:세뿔투구꽃(*Aconitum austrokoreense* Koidz.)
G:자주숨대(*Smilacina bicolor* Nakai) H:갯취(*Ligularia taquetii* Nakai) I:매미꽃(*Coreanomecon hylomeconoides* Nakai).

가. 나도승마 (*Kirengeshoma koreana* Nakai)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 산청군 산청읍 내리
- 분포 패턴 : 계곡을 따라 불연속적으로 분포
- 해발고도 범위 : 250~305m
- 전체 점유면적 : 10m²
- 전체 개체군 크기 : 약 36개체



<나도송마 자생지 전경>



<나도송마>

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구 1

① 개체군 개황

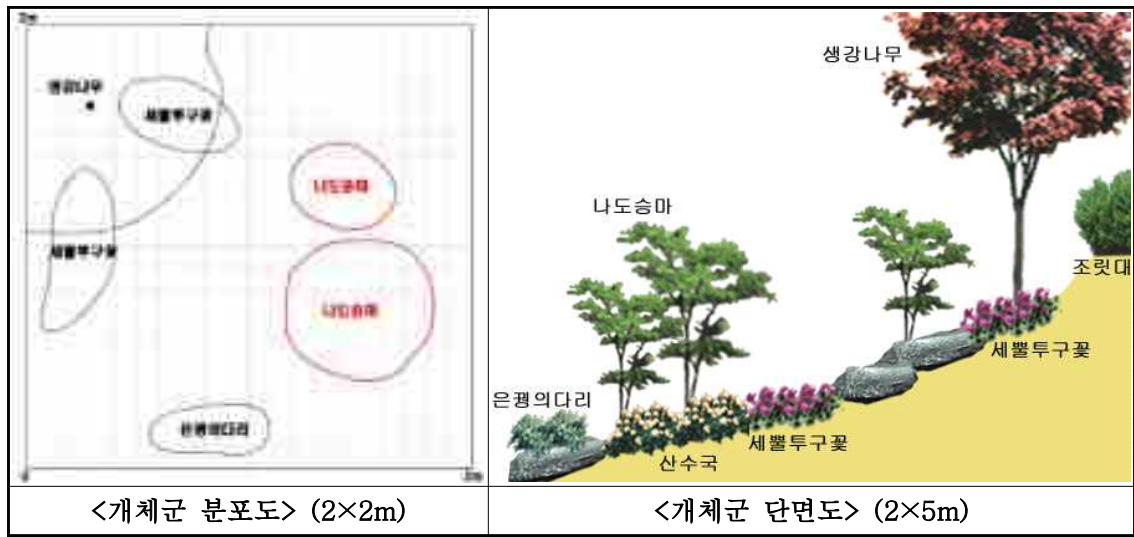
해발고		방위		경사도(°)	
250m		S		20~25°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면(중) 계곡부	

나도송마 개체군(1) 조사지역은 위도 35° 22' 43.5", 경도 127° 52' 24.2", 해발고 250m, 방위 S 로 웅석봉군립공원 등산로 옆에 위치하고 있다. 사면(중) 계곡부 자연활엽수림으로 모암은 퇴적암류이며, 경사도 20~25°, 암석노출 80%정도인 급경사 전석지대로 토양습도는 약습, 자생지 관리 흔적은 없고 앞에 초식의 피해가 전체 앞의 5%정도 있는 것으로 조사되었다.

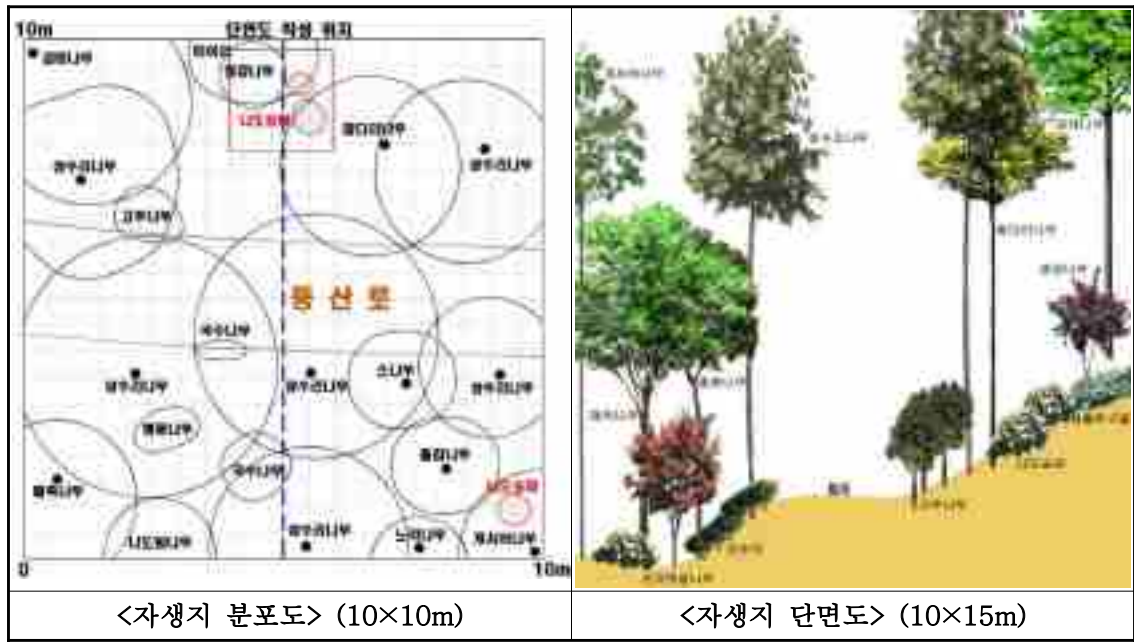
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	10	개화율	80%
꽃대 수 (성숙 개체수)	8		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	7	결실률	86%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도 및 단면도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2010년	7	4	4
2013년	7	6	6
2014년	9	6	3
2015년	9	5	3
2016년	10	8	7

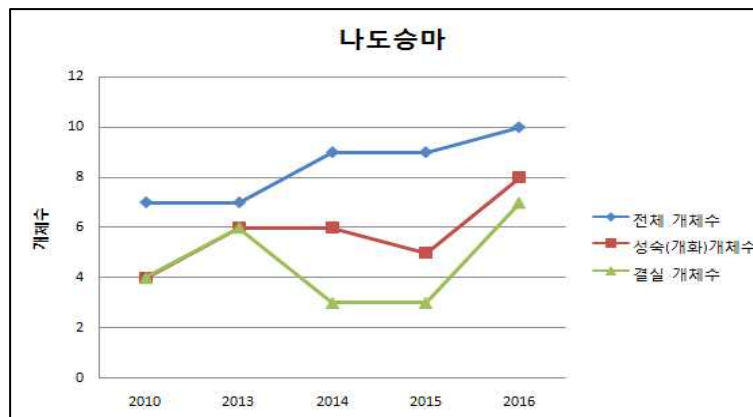


그림 2. 나도승마 개체군의 연도별 개체 수 변동현황

(2) 방형구 2

① 개체군 개황

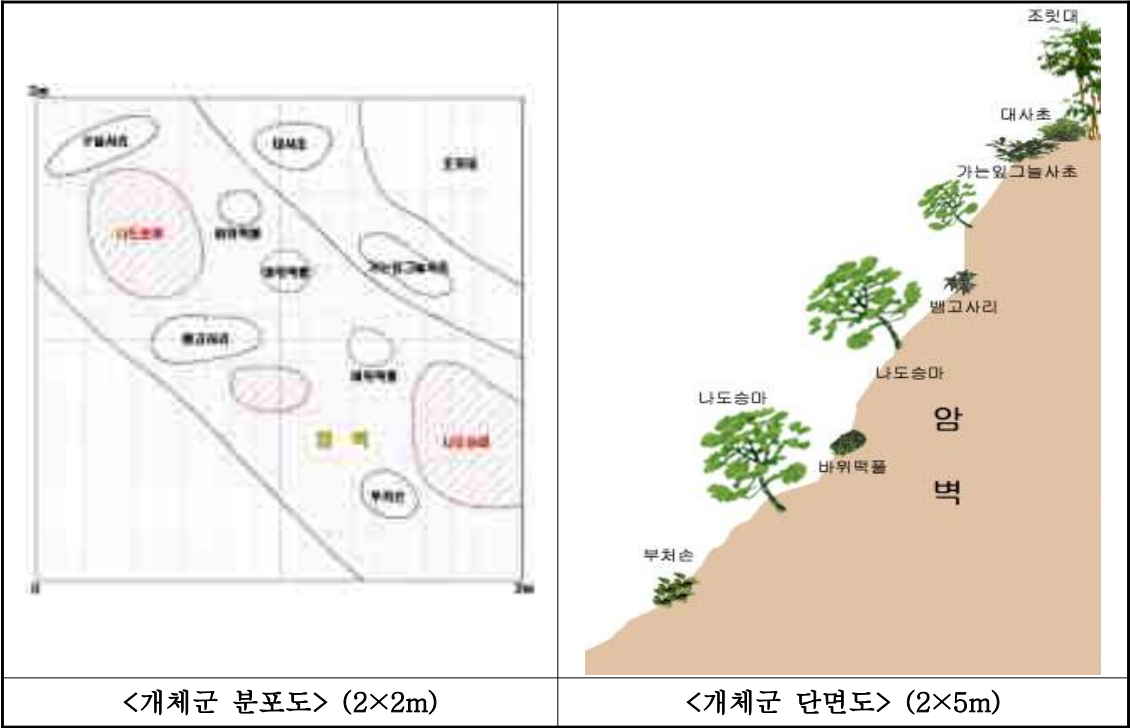
해발고		방위		경사도(°)	
304m		NW		5~85°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면(중) 계곡부	

나도승마 개체군(2) 조사지역은 위도 35° 22′ 49.8″ , 경도 127° 52′ 75.3″ , 해발고 304m, 방위 NW로 웅석봉군립공원 계곡 사면부에 위치하고 있다. 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류이며, 경사도 5~85° , 암석노출 90%정도인 급경사 암벽지대로 토양습도는 습, 자생지 관리 흔적은 없고 앞에 초식의 피해가 전체 앞의 20%정도 있는 것으로 조사되었다.

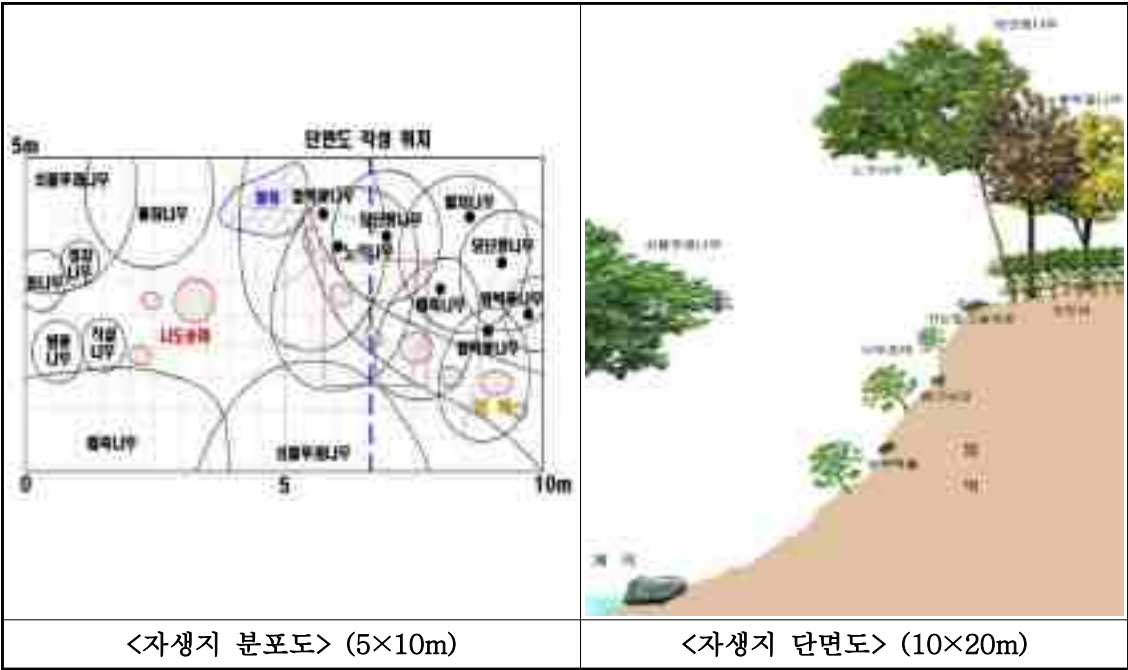
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	26	개화율	15%
꽃대 수 (성숙 개체수)	4		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	1	결실률	25%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도 및 단면도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2016년	26	4	1

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

나도승마 1번 개체군은 산청군 응석봉 등산로 바로 옆에 위치하고 있다. 교목층에 상수리나무, 아교목층에 합다리나무, 관목층에 국수나무, 초본층에는 산수국이 각 우점하고 있으며 나도승마는 초본층 피도 7% 정도를 차지하고 있다. 2번 개체군은 1번 개체군 위치 상부에 사면 암벽에 위치하고 있다. 교목층에 노각나무, 아교목층에 함박꽃나무, 관목층에 작살나무, 초본층에 나도승마가 피도 10%로 각 우점하고 있다.

1번 방형구는 2010년부터 전체 개체수가 지속적으로 조금씩 증가하는 것으로 조사되었다. 개화 개체수는 작년에 비해 3개체 증가하였고, 결실 개체수도 4개체가 많

아진 7개체가 조사되었다. 2번 방형구는 26개로 많이 나타났지만 개화율은 15%로 매우 낮은 것으로 나타났다.

나도승마의 자생지는 큰 훼손이나 개체 수 변화 없이 유지되고 있는 것으로 조사되었지만, 자생지가 등산로 바로 옆에 위치하고 있어 등산객들에 의한 훼손의 우려가 매우 높은 편이며, 계곡부에 인접하게 위치한 개체가 많아 여름철 집중 강우 시 자연 훼손될 가능성이 매우 높다. 주변 조사에서 나도승마의 자생지가 발견되지 않고 기존 자생지의 개체수 또한 적은 편이라 한번 훼손되면 회복되기 어려울 것으로 사료된다.

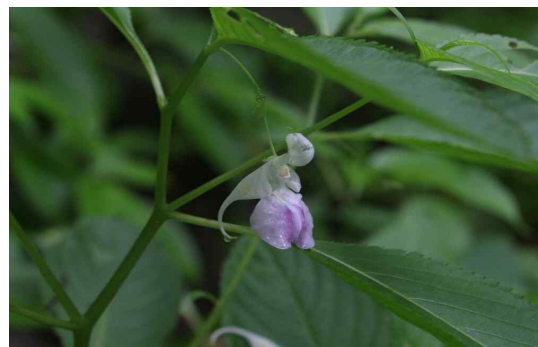
나. 처진물봉선 (*Impatiens koreana* B.U.Oh)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 거제시 일운면 지세포리
- 분포 패턴 : 사면부 전석지에 무리지어 분포
- 해발고도 범위 : 109m
- 전체 점유면적 : 100m²
- 전체 개체군 크기 : 약 1,000여 개체



<처진물봉선 자생지 전경>



<처진물봉선>

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구

① 개체군 개황

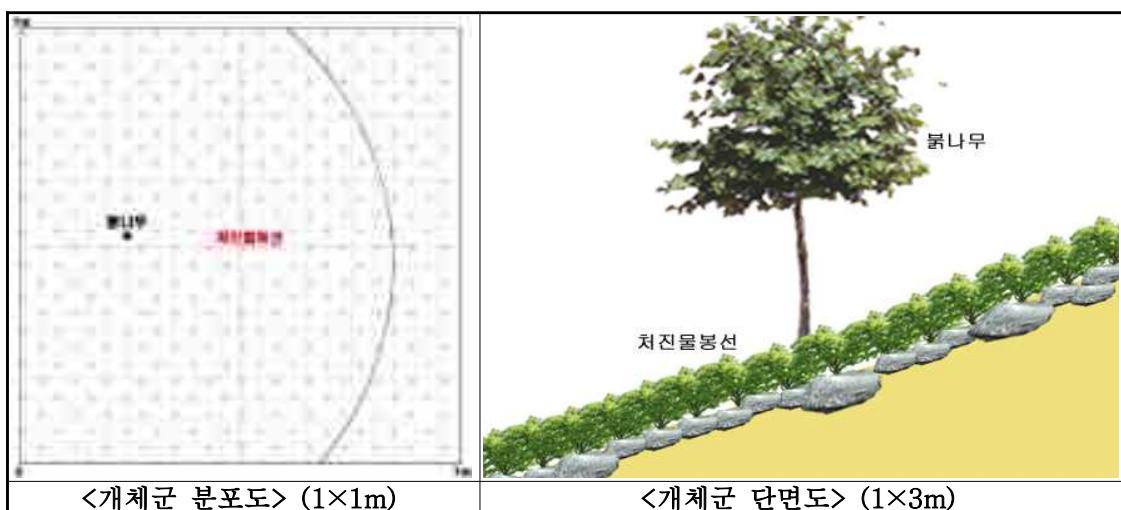
해발고		방위		경사도(°)
109m		SW		25°
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형
산지	자연림	관목지	퇴적암류	사면(중)

처진물봉선 개체군 조사지역은 위도 34° 47' 27.4", 경도 128° 44' 07.2", 해발고 109m, 방위 SW로 거제시 일운면 지세포리 서이말등대 임도 옆에 위치하고 있다. 사면 중부 자연 관목지로 모암은 퇴적암류이며, 경사도 25°, 암석노출 90%정도인 급경사 전석지대이다. 토습은 약건이며 자생지 관리 흔적은 없고, 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었지만 기타 인위적인 자생지 훼손이 조사되었다.

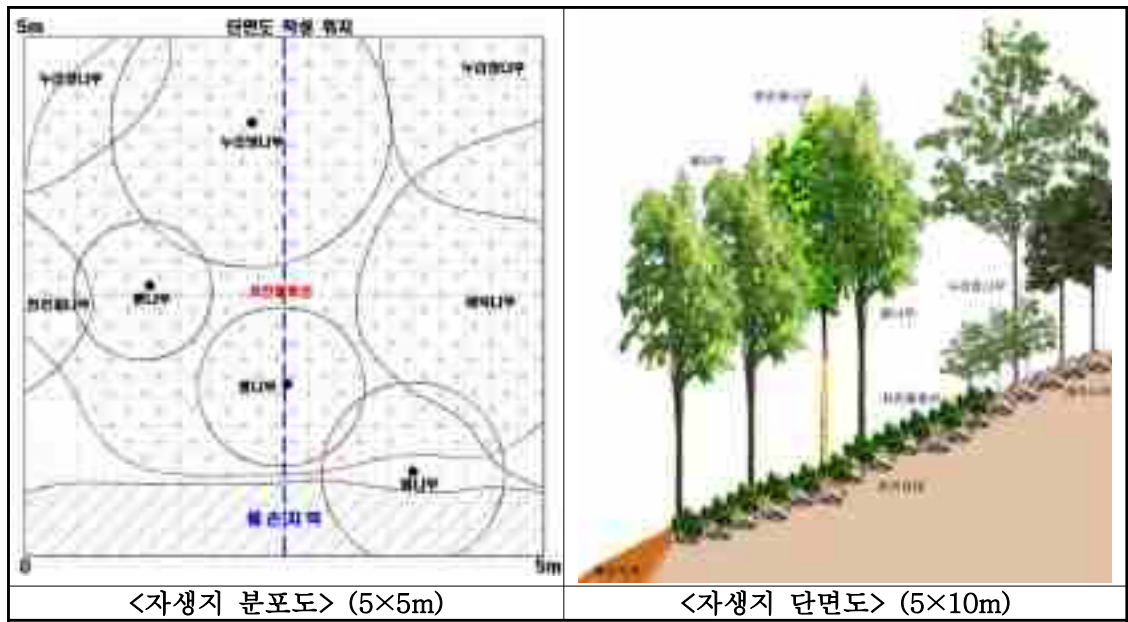
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	420	개화율	8%
꽃대 수 (성숙 개체수)	34		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	15	결실률	44%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2012년	200이상	200이상	200이상
2013년	480	420	420
2014년	480	440	440
2015년	480	440	80
2016년	420	34	15

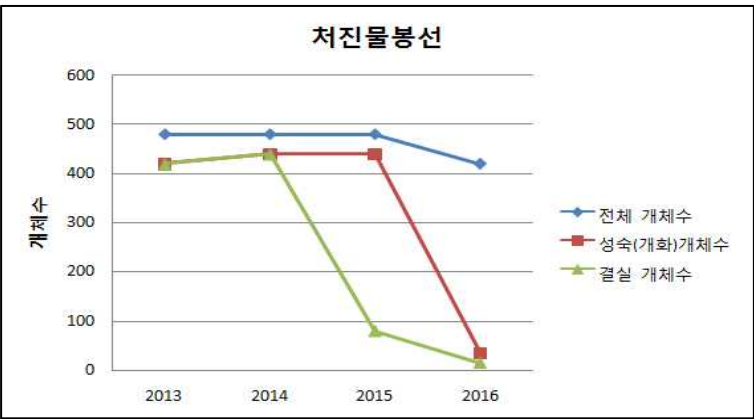


그림 3. 처진물봉선 개체군의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

처진물봉선의 자생지는 서이말등대 임도 옆 별이 잘 드는 관목지에 위치하고 있으며 아교목층에 예덕나무, 관목층에 누리장나무가 우점하고 있다. 초본층은 처진물봉선이 순군락을 이루며 군락 가장자리로 사위질빵, 거제딸기 등이 혼생하고 있다.

처진물봉선의 자생지가 있는 서이말등대 부근은 군사시설이 위치하고 있어 일반인들의 출입이 어렵고, 자생지가 급경사 전석지대로 남획 및 채집의 우려는 적은 것으로 나타났다. 하지만 작년 말부터 서이말등대 국방과학연구소 신축공사로 인하여 처진물봉선이 위치하고 자생지 바로 옆 임도에 공사차량의 왕래가 빈번하게 이루어졌고, 공사와 관련된 직접적인 자생지 훼손도 발견되어 이로 인한 영향으로 개화 및 결실률이 매우 낮아진 것으로 조사되었다. 처진물봉선의 자생지는 국방과학연구소의 완공까지 지속적으로 인위적인 영향을 받을 것으로 보이며, 낮아진 결실률 등이 내년 개체군 유지에 어떠한 영향을 미칠지 분석하기 위하여 세심한 관심과 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

다. 꼬리말발도리 (*Deutzia paniculata* Nakai)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 울산광역시 북구 대안동
- 분포 패턴 : 계곡부 평지에 소규모 자생지가 불연속적으로 분포
- 해발고도 범위 : 265~270m
- 전체 점유면적 : 1km²
- 전체 개체군 크기 : 약 2,000여 개체



<꼬리말발도리 자생지 전경>



<꼬리말발도리>

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구

① 개체군 개황

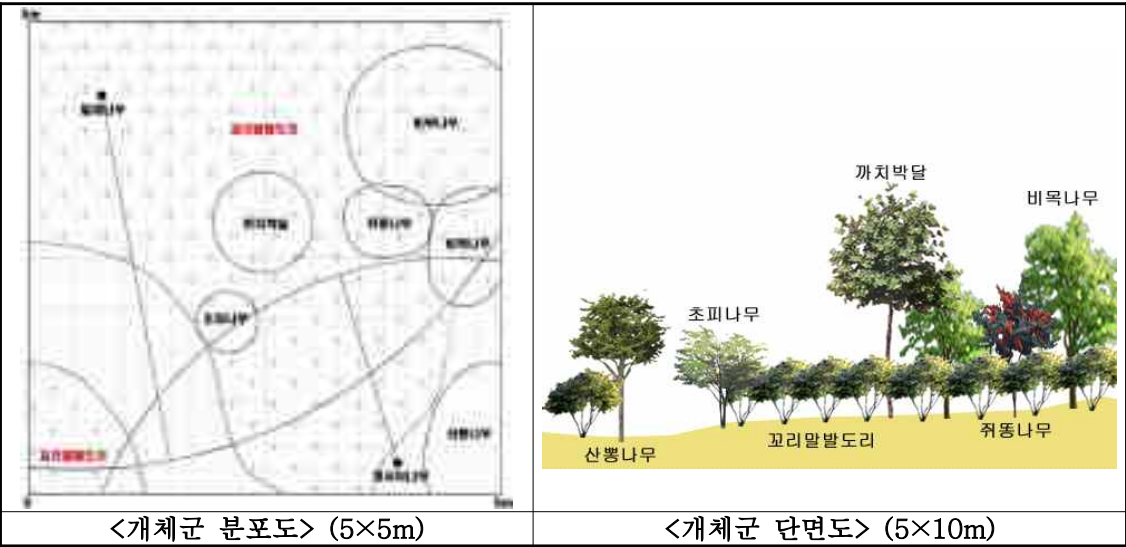
해발고		방위		경사도(°)	
265m		NE		10~15°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면(중)	

꼬리말밭도리 개체군 조사지역은 위도 35° 39′ 41.4″ , 경도 129° 23′ 14.1″ , 해발고 265m, 방위 NE로 울산광역시 북구 대안동 사찰 옆에 위치하고 있다. 사면 중부 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류 이며, 암석노출 30%정도이다. 토양은 적 윤하며 자생지 관리 흔적은 없고, 애벌레 등에 의한 잎의 초식피해가 5%정도 나타 나는 것으로 조사되었다.

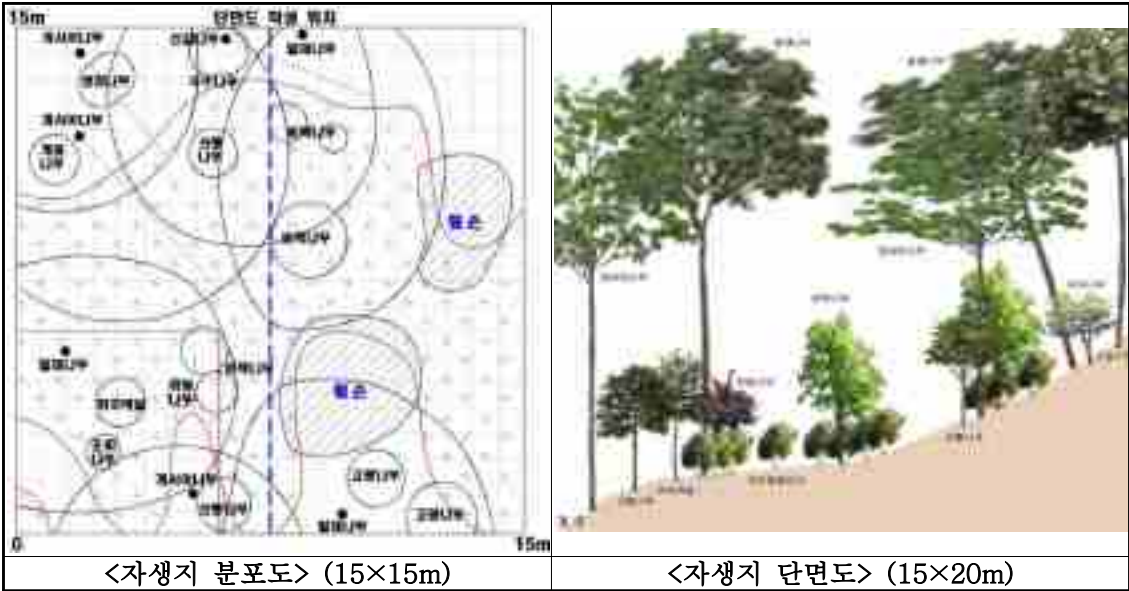
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	300	개화율	16%
꽃대 수 (성숙 개체수)	48		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	11	결실률	23%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2011년	60	0	0
2013년	150	5	1
2014년	310	25	8
2015년	310	3	0
2016년	300	48	11

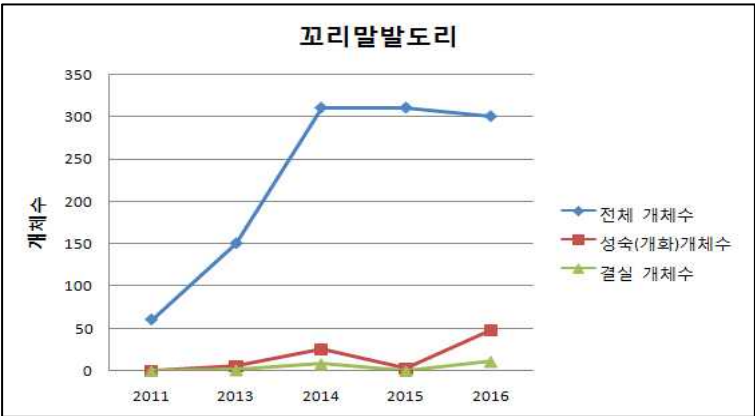


그림 4. 꼬리말발도리 개체군의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

꼬리말발도리는 신흥사(절) 근처 임도 옆 계곡부 주위로 소규모 군락을 이루고 있다. 교목층에 개서어나무가 우점하고 있으며, 관목층에 피도 55%로 꼬리말발도리가 우점하고 비목나무, 산뽕나무가 혼생하고 있다.

2013년 5 X 5 조사구에서 2014년 10 X 10으로 조사구를 더 넓게 설치하여 310개체가 계속적으로 유지되고 있는 것으로 나타났고, 기존 방형구 설치 오류로 인하여 15 X 15 방형구를 다시 설치하였다.

개체군 증감 현황을 살펴보면, 올해 조사에서 5년 동안 가장 많은 개체가 개화한 것으로 조사되었으며 결실한 개체수 역시 11개체로 가장 많았다. 실제 개화한 48개체가 대부분 결실한 것으로 조사되었지만 8월 2일 조사에서 자생지가 훼손(벌목 등)된 것이 발견되었고 이로 인하여 개화 결실 개체의 50% 정도가 완숙 전 고사한 것으로 나타났다. 자생지 바로 옆 계곡에 여름철 관광객이 많이 찾고 있고, 8월 조사에서 보였던 것처럼 임도에서 접근이 용이하여 인위적인 피해가 일어날 가능성이 많아 개체군의 안정적 유지를 위해서는 지속적인 관리가 필요한 것으로 사료된다.

라. 백서향 (*Daphne kiusiana* Miq.)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 거제시 일운면 지세포리
- 분포 패턴 : 산지 사면부 전석지대에 불연속 적으로 분포
- 해발고도 범위 : 100~130m
- 전체 점유면적 : 10km²
- 전체 개체군 크기 : 약 2,000여 개체



<백서향 자생지 전경>



<백서향>

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구 1

① 개체군 개황

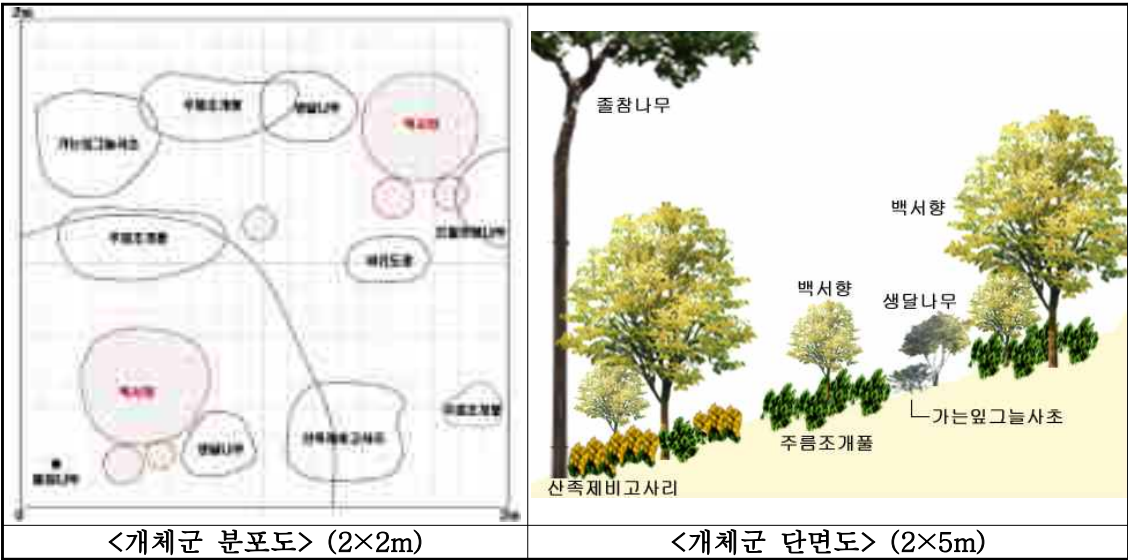
해발고		방위		경사도(°)	
115m		SW		20~25°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면(중)	

백서향 개체군(1) 조사지역은 위도 34° 47′ 28.0″ , 경도 128° 44′ 06.5″ , 해발고 115m, 방위 SW로 거제시 일운면 지세포리 서이말등대 임도 옆으로 위치하고 있다. 사면 중부 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류이며, 경사도 20~25° , 암석노출 80%정도인 급경사 전석지대이다. 토양습도는 약간 건조하며 자생지 관리 흔적은 없고, 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었다.

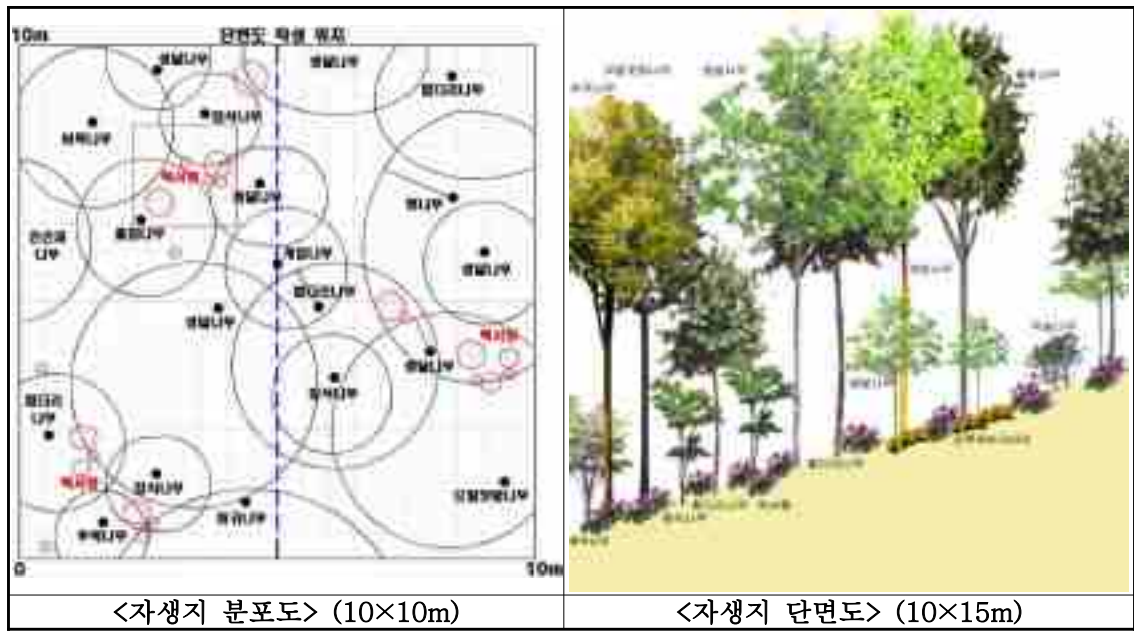
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	52	개화율	13%
꽃대 수 (성숙 개체수)	7		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	4	결실률	57%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2013년	5	5	5
2014년	11	6	6
2015년	16	8	5
2016년	52	7	4

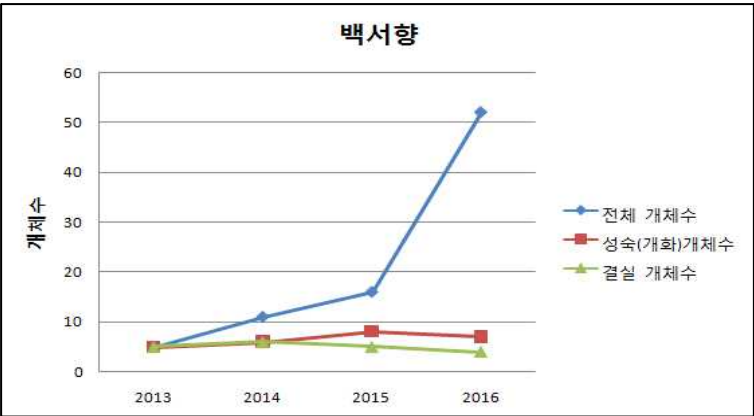


그림 5. 백서향 개체군(방형구1)의 연도별 개체 수 변동현황

① 개체군 개황

백서향 개체군(2) 조사지역은 위도 34° 47' 27.2", 경도 128° 44' 07.4", 해발고 113m, 방위 SW로 거제시 일운면 지세포리 서이말등대 임도 옆 백서향 개체군(1) 조사지 50m정도 떨어진 거리에 위치하고 있다. 암석노출 80%정도인 급경사 전석지로 자생지 관리 흔적은 없고, 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었다.

개체 줄기 수 (전체 개체수)	46	개화율	17%
꽃대 수 (성숙 개체수)	8		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	4	결실률	50%

④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2014년	23	14	12
2015년	27	15	12
2016년	46	8	4

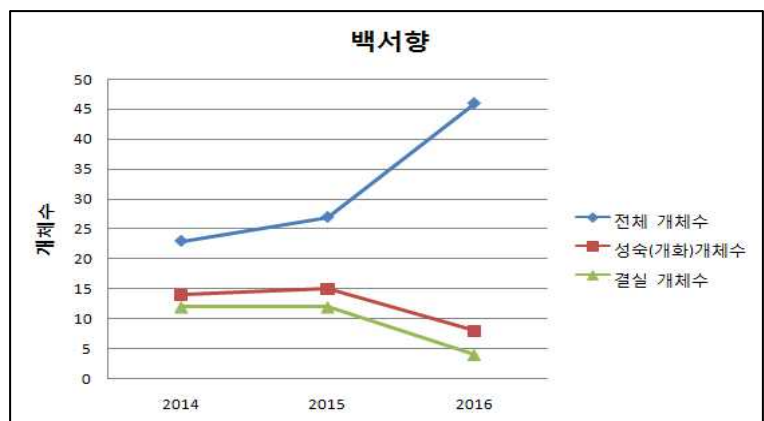


그림 6. 백서향 개체군(방형구2)의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

백서향의 자생지는 서이말등대 임도 부근으로 임도 위쪽 사면부에 불연속적으로 넓게 분포하고 있다. 조사구 2곳 모두 교목층에 생달나무가 우점하고 교목층과 아교목층의 피도가 높아 대부분 음지를 형성하고 있으며, 관목층은 참식나무가 피도 10~20%로 우점하고 있다.

개체군 증감 현황을 살펴보면, 1번, 2번 조사구 모두에서 종자 발아로 인한 치수가 증가하여 개체수가 전년도에 비해 50% 이상 증가 한 것으로 조사되었으며, 성숙 개체수 및 결실 개체수는 2015년 조사 때 보다 조금 적은 것으로 조사되었다.

백서향 자생지는 임도에 매우 가까우나 처진물봉선과 마찬가지로 임도 부근이 군사시설로 일반인들의 출입에 어려움이 있으며, 자생지 또한 임도에서 바로 보이지 않는 위쪽 급경사에 위치하고 있어 사람에 의한 훼손의 우려는 적은 것으로 조사되었다. 그리고 종자 발아로 인한 새로운 개체가 지속적으로 증가하고 있어 개체군 생육상태 역시 매우 양호한 것으로 조사되어 집중강우 등의 자연재해를 제외한 큰 위협요인은 없는 것으로 판단된다.

마. 흰참꽃나무 (*Rhododendron tschonoskii* Maxim.)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 산청군 시천면 중산리
- 분포 패턴 : 해발고도 1,700m 이상부터 산발적으로 분포
- 해발고도 범위 : 1,700~1,900m
- 전체 점유면적 : 10km² 이상
- 전체 개체군 크기 : 약 100여 개체 이상



<흰참꽃나무 자생지 전경>



<흰참꽃나무>

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구

① 개체군 개황

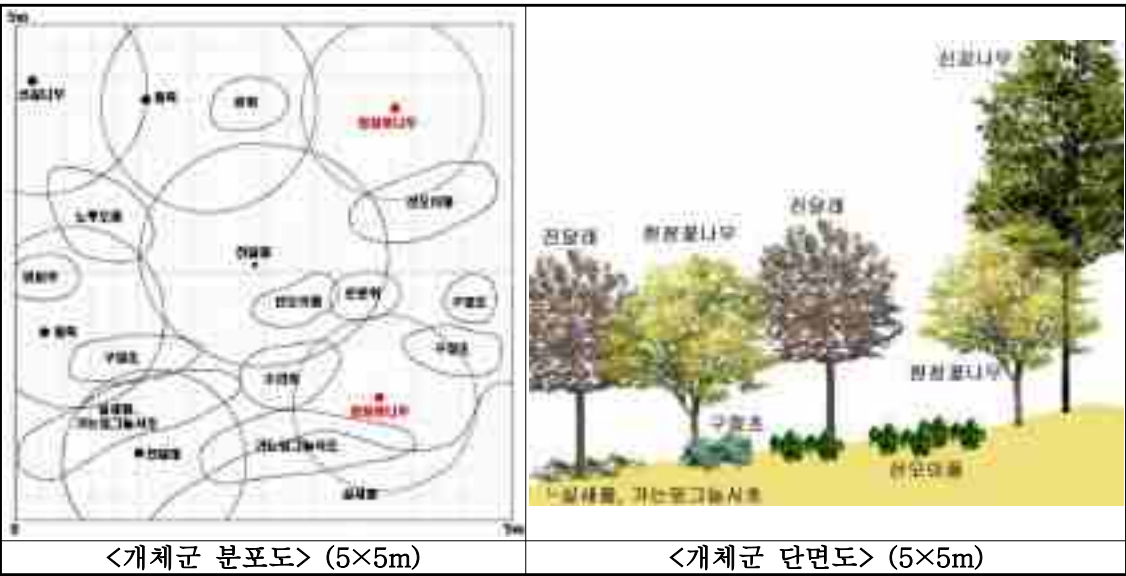
해발고		방위		경사도(°)	
1,750m		S		5~10°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	관목지	퇴적암류	사면 (상)	

흰참꽃나무 개체군 조사지역은 위도 35° 20′ 02.0″ , 경도 127° 43′ 49.0″ , 해발고 1,750m, 방위 S로 산청군 시천면 중산리 지리산 등산로 옆으로 위치하고 있다. 사면 중부 자연 관목지로 모암은 퇴적암류 이며 경사도 5~10° , 암석노출 10%, 토양노출 10%정도인 완경사 지대이다. 토양습도는 적윤하며 자생지 관리 흔적은 없고, 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었다.

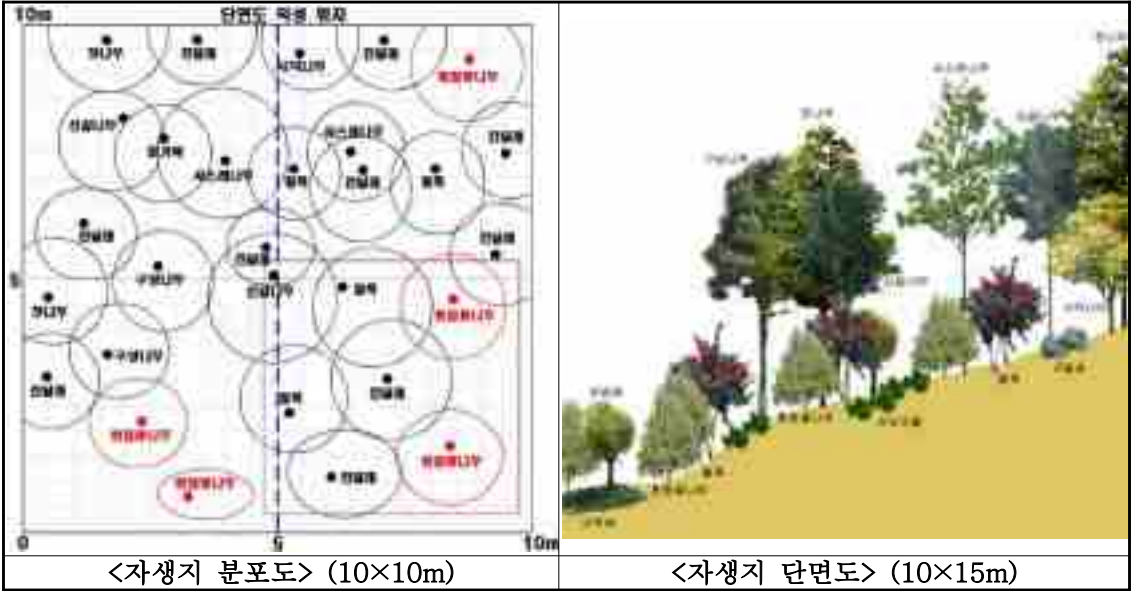
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	5	개화율	100%
꽃대 수 (성숙 개체수)	5		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	5	결실률	100%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2013년	4	4	4
2014년	5	5	5
2015년	5	5	5
2016년	5	5	5

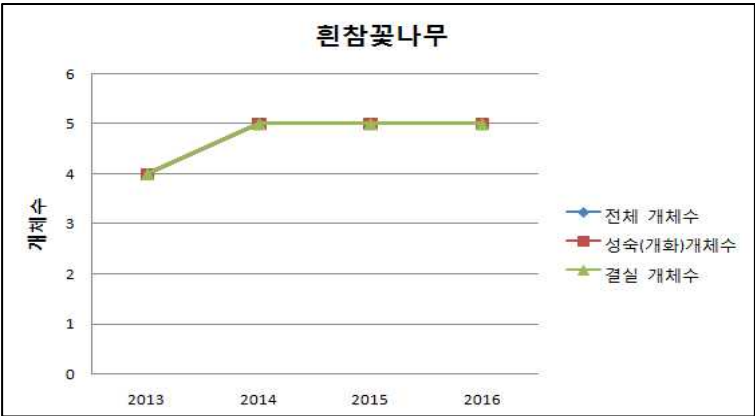


그림 7. 흰참꽃나무 개체군의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

흰참꽃나무의 자생지는 지리산 법계사 - 천왕봉 등산로 사이에 위치하고 있다. 아교목층에 사스래나무, 관목층에 진달래, 초본층에 산오이풀이 우점하고 있으며 흰참꽃나무는 관목층에 피도 20%정도 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

개체군 증감 현황을 살펴보면, 2013년에 조사하지 못하였던 새로운 개체가 2014년 조사에서 1개체 추가되어 2016년 조사까지 전체 5개체로 개체수의 변동은 없으며, 개화율과 결실률은 작년과 같이 100%로 조사되었다.

흰참꽃나무는 자생지가 지리산 해발 1,700m부근에서부터 1,900m까지 군상으로 매우 넓게 분포하고 있으며 각 개체의 생육상태가 매우 양호하고, 꽃이 그리 크지 않아 눈에 잘 띄지 않는 특징이 있어 자연재해로 인한 서식지 파괴의 원인을 제외하면 위협요인은 크게 없는 것으로 사료된다. 하지만 결실률이 높는데 반해 종자 번식으로 인한 치수 발생이 전혀 발견되고 있지 않아, 추후 기존 자생지의 훼손이 전체 종 수의 유지에 막대한 영향을 미칠 것으로 판단되어 복원을 위한 인공 개체증식이 필요할 것으로 보인다.

바. 세뿔투구꽃 (*Aconitum austrokoreense* Koidz.)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 산청군 산청읍 내리
- 분포 패턴 : 계곡을 따라 불연속 적으로 분포
- 해발고도 범위 : 250~400m
- 전체 점유면적 : 1km² 이상
- 전체 개체군 크기 : 약 100여 개체 이상



〈세뿔투구꽃 자생지 전경〉



〈세뿔투구꽃〉

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구 1

① 개체군 개황

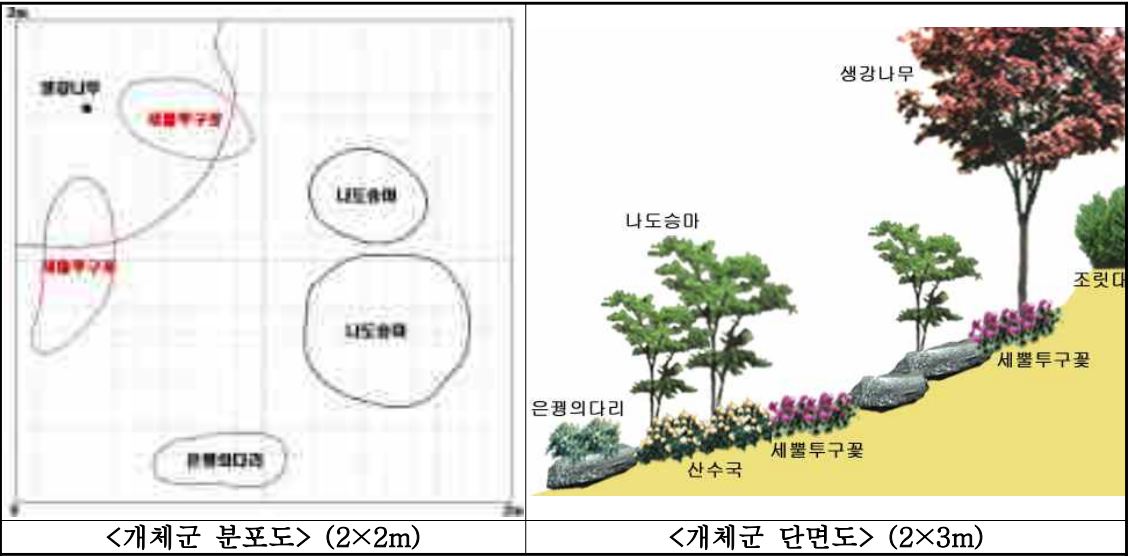
해발고		방위		경사도(°)	
250m		S		20~25°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면 (중)	

세뽕투구꽃 개체군 조사지역은 위도 35° 22′ 50.6″ , 경도 127° 52′ 26.4″ , 해발고 540m, 방위 SW로 웅석봉군립공원 등산로 옆에 위치하고 있다. 사면 중부 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류 이며, 경사도 20~25° , 암석노출 80%정도인 급경사 전석지대로 토양습도는 약간 습하며, 자생지 관리 흔적은 없고, 애벌레에 의한 초식 피해가 전체 잎의 10%정도 있는 것으로 조사되었다.

② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	7	개화율	71%
꽃대 수 (성숙 개체수)	5		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	5	결실률	100%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2010년	8	4	0
2013년	5	3	3
2014년	3	1	1
2015년	2	1	1
2016년	7	5	5

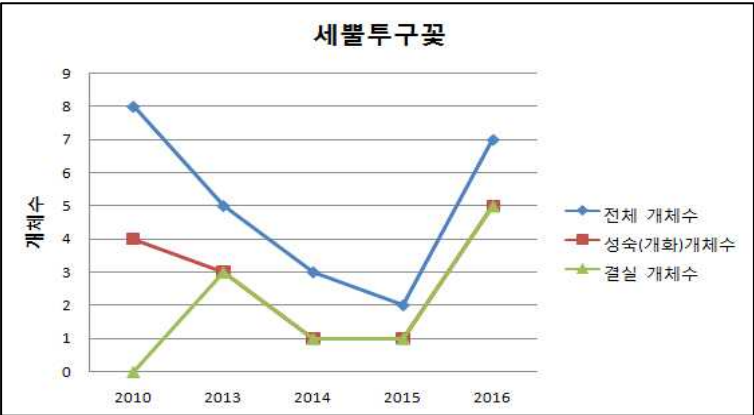


그림 8. 세뿔투구꽃 개체군(방형구1)의 연도별 개체 수 변동현황

(2) 방형구 2

① 개체군 개황

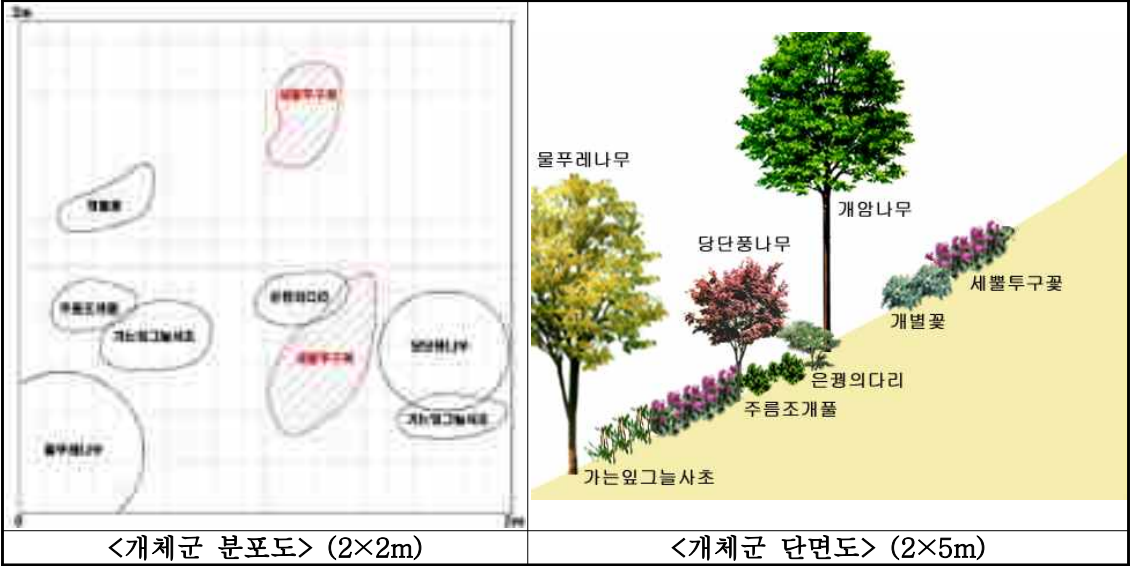
해발고		방위		경사도(°)	
304m		SE		30°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면 (중)	

세뿔투구꽃 개체군 조사지역은 위도 35° 22′ 40.7″ , 경도 127° 52′ 19.9″ , 해발고 304m, 방위 SE로 웅석봉군립공원 등산로 옆에 위치하고 있다. 사면 중부 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류 이며 경사도 30° , 암석노출 50%정도인 급경사 지대로 토양습도는 계곡부 바로 옆으로 매우 습하며 자생지 관리 흔적은 없고 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었다.

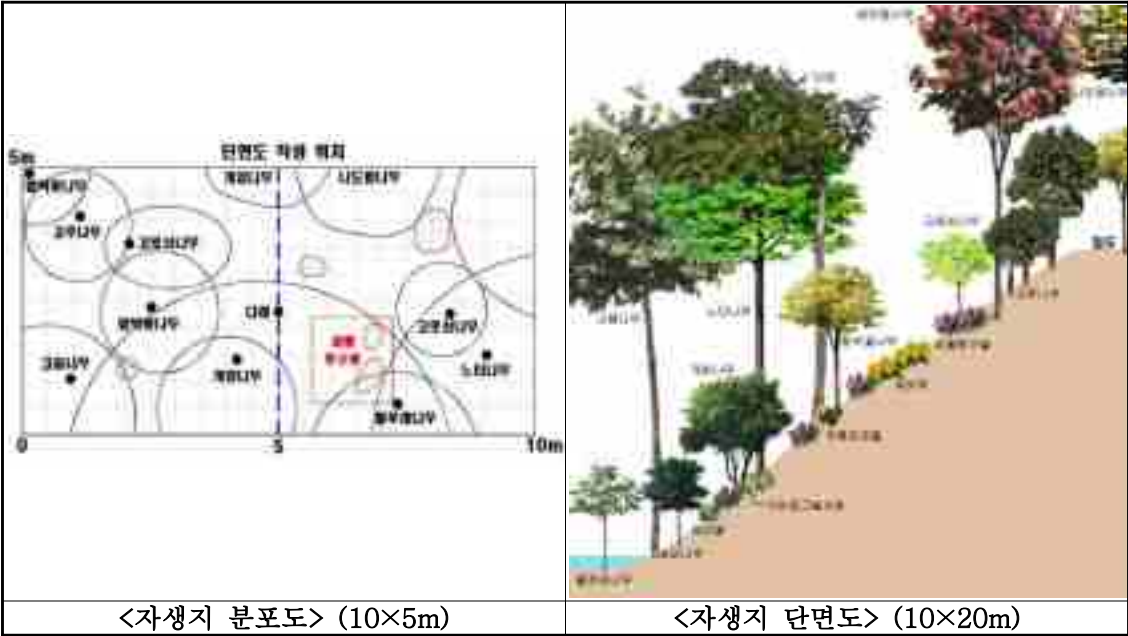
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	9	개화율	44%
꽃대 수 (성숙 개체수)	4		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	2	결실률	50%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2014년	60	52	50
2015년	42	21	20
2016년	9	4	2

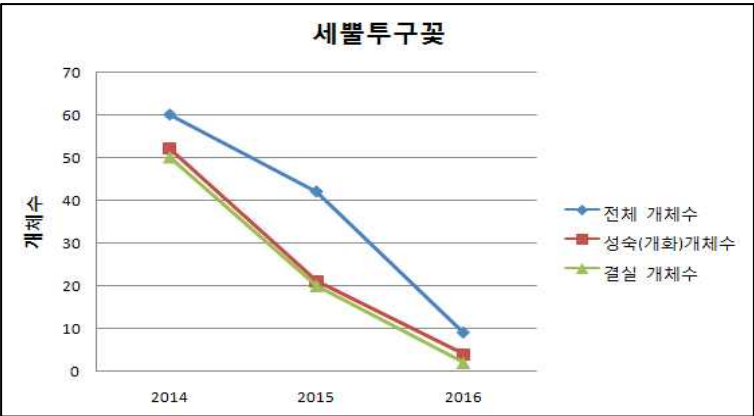


그림 9. 세뽕투구꽃 개체군(방형구2)의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

세뿔투구꽃의 자생지는 산청 웅성봉 등산로 인근에 위치하고 있다. 1번 방형구는 나도승마 방형구와 같은 위치로 교목층에 상수리나무, 아교목층에 합다리나무가 우점하는 자연 활엽수림이며 2번 방형구는 교목층에 느티나무, 아교목층에 함박꽃나무, 관목층에 초피나무가 우점하고 있고 초본층에는 주름조개풀, 세뿔투구꽃이 각 피도 5%로 혼생하고 있다.

자생지의 위치가 등산로에 인접해 있어 꽃이 피는 가을철에 등산객에 의한 남획 및 답압의 우려가 매우 높은 실정이다. 1번 방형구의 경우, 작년까지는 지속적으로 개체수가 줄어든 것으로 조사되었지만, 금년 조사에서는 2개체에서 7개체로 개체수가 증가하였고, 성숙(개화)개체수와 결실개체수도 높게 하게 나타나 개체군 생육상태가 양호한 것으로 조사되었다. 반면 2014년에 추가 설치된 2번 방형구에서는 지속적으로 개체수가 줄어들었고, 특히 금년 조사에서는 개화시기인 9월에 이미 대부분의 개체가 지상부가 고사한 것으로 나타나 개화·결실 개체수가 90% 정도 급감한 것으로 조사되었다. 이는 인위적인 훼손 보다는 여름철 이상고온 현상과 가뭄으로 인한 영향으로 사료되며, 추후 개체군의 유지가 어려울 것으로 보여 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 사료된다.

사. 자주솜대 (*Smilacina bicolor* Nakai)

1) 자생지 개황

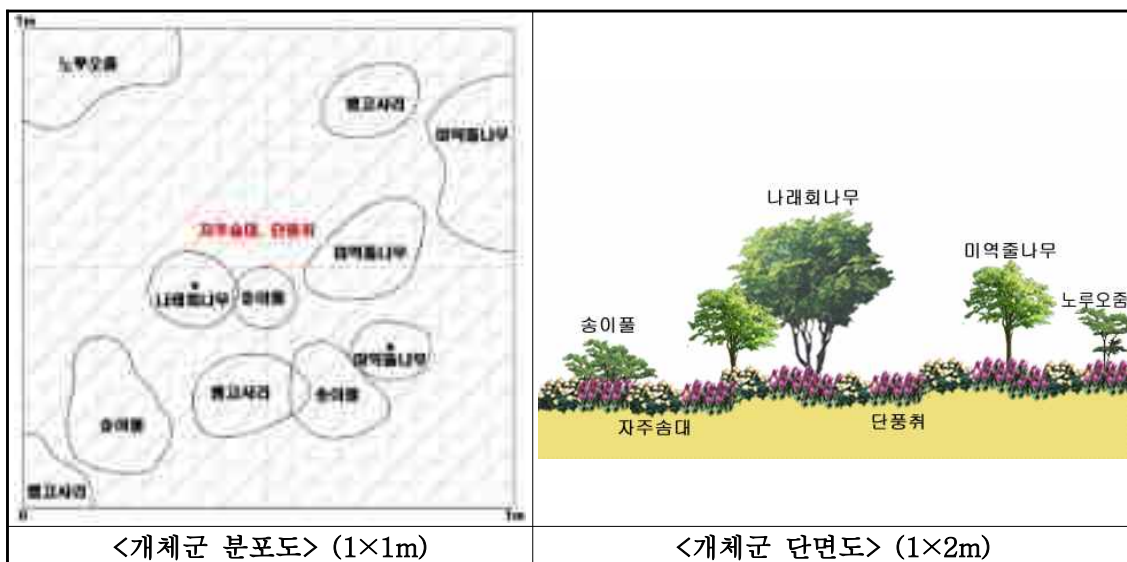
- 자생지 행정구역 : 경상남도 함양군 마천면 추성리
- 분포 패턴 : 능선 및 계곡부로 대군락을 이루며 분포
- 해발고도 범위 : 1,400 ~ 1,900m
- 전체 점유면적 : 1km² 이상
- 전체 개체군 크기 : 약 1,000여 개체 이상



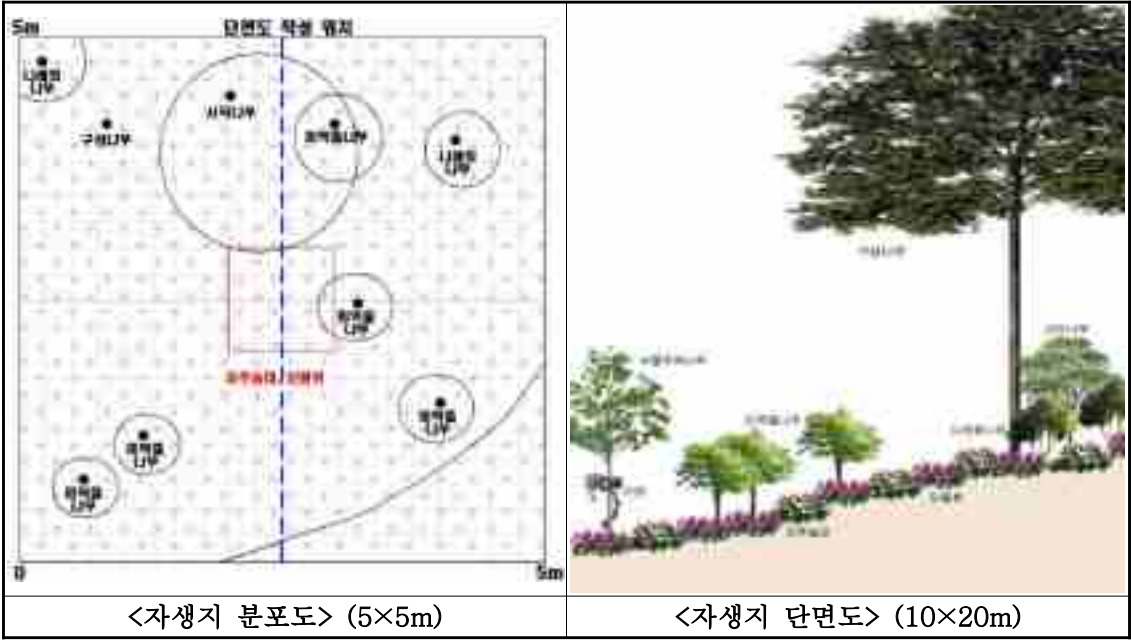
<자주솜대 자생지 전경>



<자주솜대>



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2013년	456	360	252
2014년	432	182	84
2015년	400	150	24
2016년	285	45	3

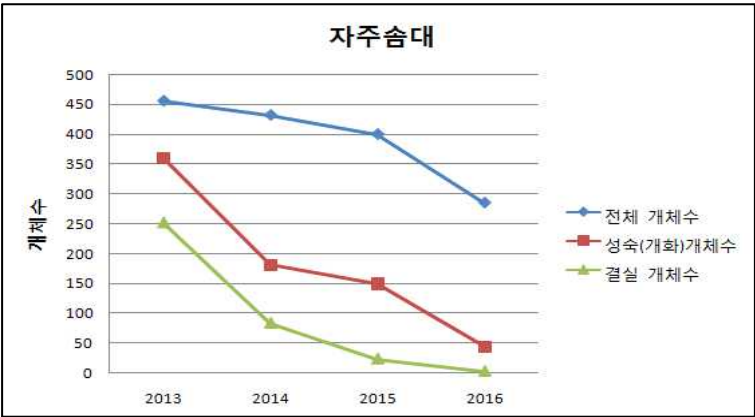


그림 10. 자주솜대 개체군의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

자주솜대 자생지는 지리산 칠선계곡 등산로 옆으로 위치하고 있다. 교목층에 구상나무, 아교목층에 시닥나무, 관목층에 미역줄나무가 우점하고 초본층에 단풍취와 자주솜대가 4:3정도로 혼생하고 있다.

전체 개체수는 2013년 조사부터 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 성숙 개체수와 결실 개체수 역시 2014년 조사에서 급격히 감소하였고, 금년 조사에서도 작년에 비해 50% 이상 개체수가 줄어든 것으로 조사되었다.

자주솜대 자생지가 위치하고 있는 칠선계곡은 현재 출입통제구역으로 일반 등산객들의 출입이 제한되어 있으며, 현재 자주솜대 자생지가 지리산 상부 지역에 매우 넓게 분포하고 있어 전체적인 자생지 상태는 양호한 것으로 판단된다. 하지만 세부적으로 방형구를 설치하여 개체수 변화를 살펴 본 결과, 여름철 이상고온과 집중강우, 특히 5~6월부터 생육을 시작하는 단풍취 군락 등 주변 초본식생에 자주솜대가 피압되는 모습을 보이고 있어 개화 및 열매형성에 매우 어려움이 있는 것으로 조사되었다. 이는 지리산 전체 자주솜대의 개체수에 점차적으로 영향을 미칠 것으로 보이며, 조사 방형구수를 추가하여 자주솜대 자생지의 초본식생 우점도의 변화와 개화-결실률을 비교 분석할 필요가 있는 것으로 사료된다.

아. 갯취 (*Ligularia taquetii* Nakai)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 거제시 일운면 지세포리
- 분포 패턴 : 사면부로 산발적으로 분포
- 해발고도 범위 : 60 ~ 100m
- 전체 점유면적 : 100m²
- 전체 개체군 크기 : 약 10여 개체 이상
- 특이사항 : 국방과학연구소 공사로 기존 조사 방형구 완전히 훼손됨



<갯취 자생지 훼손 전경-국방과학연구소>



<기존 조사구 주변 갯취>

2) 개체군 상세 설명

2015년 갯취 자생지 10m 상부에 국방과학연구소 해상시험소 신축공사가 시작되어 금년 조사에서 기존 갯취 자생지 방형구가 완전히 훼손된 것으로 관찰되었다. 갯취의 경우 거제, 남해 등 자생지 전체에서 지속적으로 개체수가 감소하고 있는 것으로 알려져 있어 정확한 기초자료를 얻기 위한 추가 방형구 설치가 필요하며, 서식지의 보전 등의 적극적인 관리방안이 필요한 것으로 판단된다.

자. 매미꽃 (*Coreanomecon hylomeconoides* Nakai)

1) 자생지 개황

- 자생지 행정구역 : 경상남도 산청군 시천면 중산리
- 분포 패턴 : 계곡을 따라 소군락을 이루며 분포
- 해발고도 범위 : 800 ~ 1,350m
- 전체 점유면적 : 1km² 이상
- 전체 개체군 크기 : 약 1,000여 개체 이상



<매미꽃 자생지 전경>



<매미꽃>

2) 개체군 특성 및 공간분포

(1) 방형구 1

① 개체군 개황

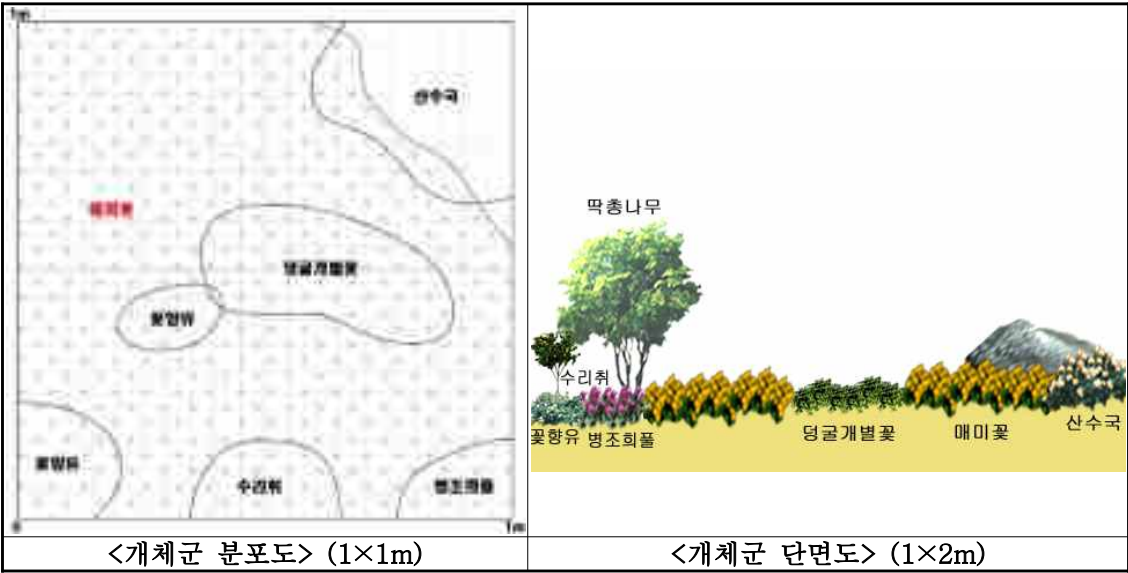
해발고		방위		경사도(°)	
1,316m		E		5°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면 (중)	

매미꽃 개체군 조사지역은 위도 35° 19' 38.6" , 경도 127° 44' 16.8" , 해발고 1,316m, 방위 E로 산청군 시천면 중산리 지리산 법계사 바로 아래에 위치하고 있다. 사면 중부 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류이며, 경사도 5° , 암석노출 40%, 토양노출 60%정도이다. 토양은 습하며 자생지 관리 흔적은 없고, 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었다.

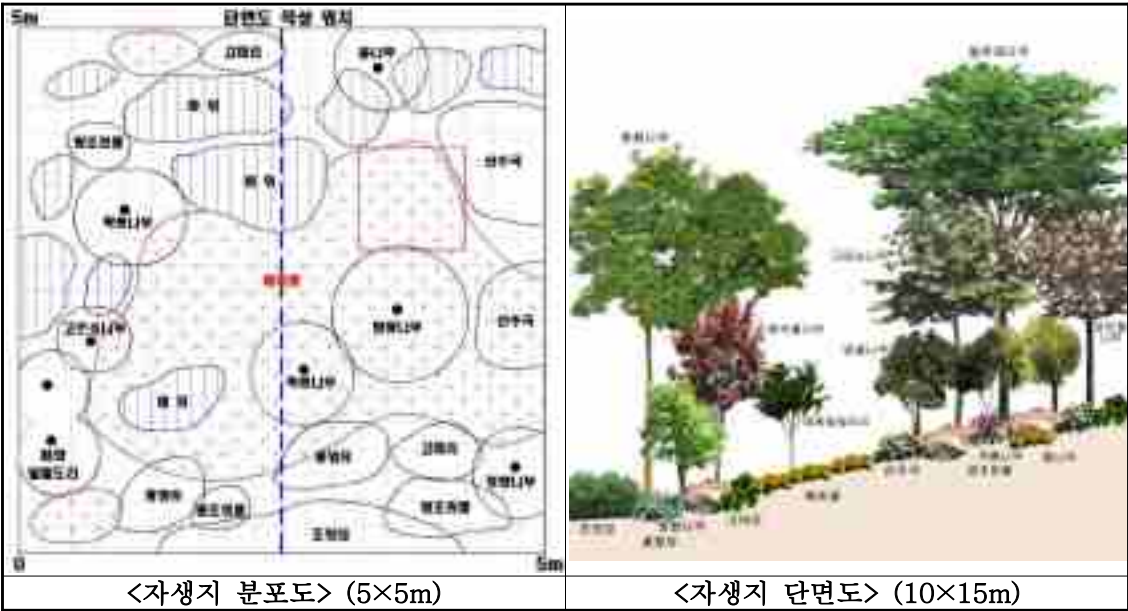
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	130	개화율	65%
꽃대 수 (성숙 개체수)	85		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	65	결실률	76%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2014년	160	160	160
2015년	160	160	160
2016년	130	85	65

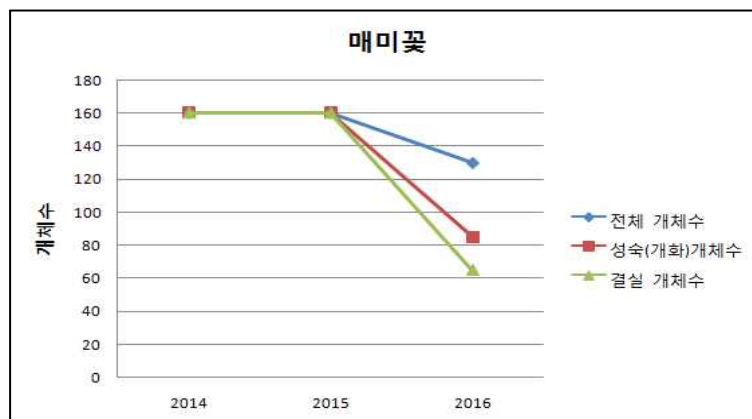


그림 11. 매미꽃 개체군(방형구1)의 연도별 개체 수 변동현황

(2) 방형구 2

① 개체군 개황

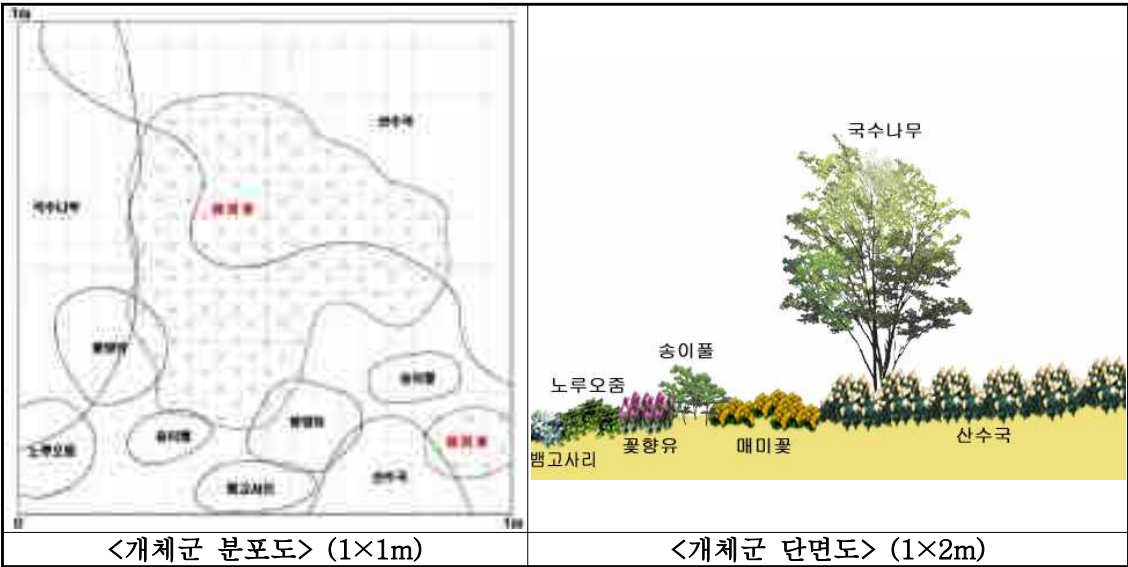
해발고		방위		경사도(°)	
1,283m		E		0~5°	
식생유형	식생기원	상관식생	모암	지형	
산지	자연림	활엽수림	퇴적암류	사면 (중)	

매미꽃 개체군 조사지역은 위도 35° 19′ 40.4″, 경도 127° 44′ 23.1″, 해발고 1,283m, 방위 E로 산청군 시천면 중산리 지리산 법계사 아래에 등산로 옆으로 위치하고 있다. 사면 중부 자연 활엽수림으로 모암은 퇴적암류이며, 경사도 0~5°, 암석 노출 40%, 토양노출 50%정도이다. 토양은 습하며 자생지 관리 흔적은 없고, 초식 및 병해의 피해는 없는 것으로 조사되었다.

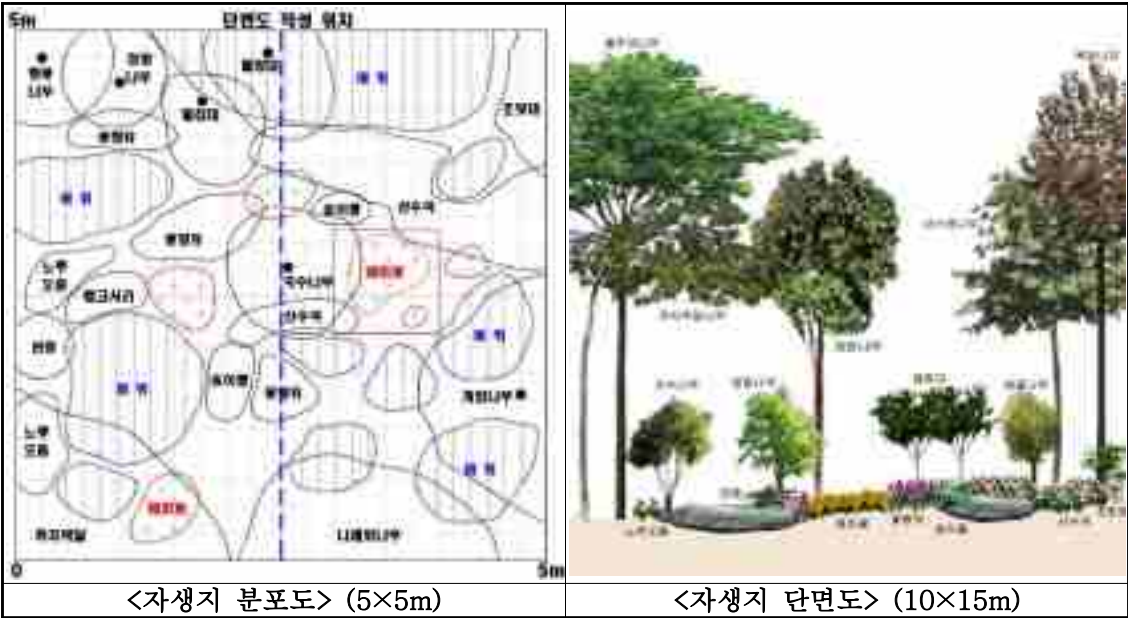
② 개체군 크기

개체 줄기 수 (전체 개체수)	54	개화율	57%
꽃대 수 (성숙 개체수)	31		
결실 줄기 수 (결실 개체수)	8	결실률	26%

③ 개체군 분포도 및 단면도



④ 자생지 분포도



⑤ 개체군 증감 현황 추정

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2014년	74	74	74
2015년	84	84	84
2016년	54	31	8

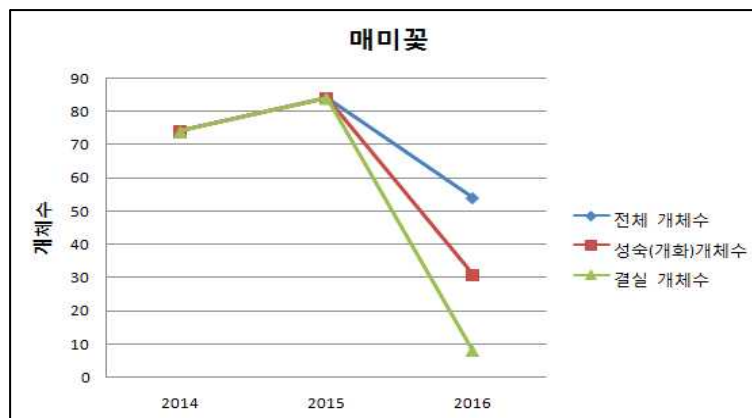


그림 12. 매미꽃 개체군(방형구2)의 연도별 개체 수 변동현황

3) 개체군 상세 설명 및 위협요인

매미꽃은 지리산 중산리 - 천왕봉 등산로 초입부터 관찰되기 시작하여 해발고 1,300m까지 자생지가 매우 넓은 것으로 나타났다. 1번 방형구는 지리산 법계사 아래 계곡부에 위치하며 교목층에 층층나무, 아교목층에 당단풍나무, 관목층에 병꽃나무, 딱총나무, 매화말발도리가 우점하고 있고 초본층은 매미꽃이 피도 50% 내외로 순군락을 이루고 있다. 2번 방형구는 교목층에 사스래나무, 아교목층에 까치박달, 관목층에 병꽃나무가 우점하고 있으며 초본층에는 산수국이 우점하고 있으며 매미꽃은 피도 30% 정도로 혼생하고 있다.

매미꽃은 자생지가 지리산 해발 850m에서 1,300m 까지 계곡부 주위로 매우 넓게 분포하고 있어 자생지의 존치 여부가 우려될 상황은 아니라고 판단된다. 하지만 1번 방형구와 2번 방형구의 개체수 및 개화·결실을 조사에서 나타났듯이 주변식생(산수국, 꽃향유 등)과의 경쟁과 여름철 이상고온 현상 등 기후변화의 영향으로 인하여 개체수가 지속적으로 감소하는 추세를 나타내고 있어 추후 기존 자생지의 유지 현황에 지속적으로 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

IV. 적 요

경남지역 희귀·특산식물 모니터링은 산청군, 함양군, 거제시, 울산광역시 4지역을 대상으로 나도승마, 처진물봉선 등 CR 2종, 꼬리말발도리, 백서향, 흰참꽃나무 등 EN 3종, 세뿔투구꽃, 자주솜대, 갯취 등 VU 3종, 매미꽃 등 LC 1종으로 총 9종 13 방형구를 실시하였다.

나도승마 1번 개체군은 산청군 웅석봉 등산로 바로 옆에 위치하고 있다. 1번 방형구는 2010년부터 전체 개체수가 지속적으로 조금씩 증가하는 것으로 조사되었다. 개화 개체수는 작년에 비해 3개체 증가하였고, 결실 개체수도 4개체가 많아진 7개체가 조사되었다. 2번 방형구는 26개로 많이 나타났지만 개화율은 15%로 매우 낮은 것으로 나타났다. 자생지는 큰 훼손이나 개체 수 변화 없이 유지되고 있는 것으로 조사되었지만, 자생지가 등산로 바로 옆에 위치하고 있어 등산객들에 의한 훼손의 우려가 매우 높은 편이며, 계곡부에 인접하게 위치한 개체가 많아 여름철 집중 강우 시 자연 훼손될 가능성이 매우 높다. 주변 조사에서 나도승마의 자생지가 발견되지 않고 기존 자생지의 개체수 또한 적은 편이라 한번 훼손되면 회복되기 어려울 것으로 사료된다.

처진물봉선의 자생지가 있는 서이말등대 부근은 군사시설이 위치하고 있어 일반인들의 출입이 어렵고, 자생지가 급경사 전석지대로 남획 및 채집의 우려는 적은 것으로 나타났다. 하지만 작년 말부터 서이말등대 국방과학연구소 신축공사로 인하여 처진물봉선이 위치하고 자생지 바로 옆 임도에 공사차량의 왕래가 빈번하게 이루어졌고, 공사와 관련된 직접적인 자생지 훼손도 발견되어 이로 인한 영향으로 개화 및 결실률이 매우 낮아진 것으로 조사되었다. 처진물봉선의 자생지는 국방과학연구소의 완공까지 지속적으로 인위적인 영향을 받을 것으로 보이며, 낮아진 결실률 등이 내년 개체군 유지에 어떠한 영향을 미칠지 분석하기 위하여 세심한 관심과 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

꼬리말발도리는 신흥사(절) 근처 임도 옆 계곡부 주위로 소규모 군락을 이루고 있다. 올해 조사에서 5년 동안 가장 많은 개체가 개화한 것으로 조사되었으며 결실한 개체수 역시 11개체로 가장 많았다. 실제 개화한 48개체가 대부분 결실한 것으로 조사되었지만 8월 2일 조사에서 자생지가 훼손(벌목 등)된 것이 발견되었고 이로 인하여 개화 결실 개체의 50% 정도가 완숙 전 고사한 것으로 나타났다. 꼬리말발도리

의 번식 특성상 땅에 닿은 가지의 마디 부분에서 뿌리를 내리는 휘묻이 형식이 번식이 이루어지고 있어 낮은 결실률이 개체군 유지에 크게 영향을 미칠 것으로 보이는 않지만 자생지 바로 옆 계곡에 여름철 관광객이 많이 찾고 있고, 8월 조사에서 보였던 것처럼 임도에서 접근이 용이하여 인위적인 피해가 일어날 가능성이 많아 개체군의 안정적 유지를 위해서는 지속적인 관리가 필요한 것으로 사료된다.

백서향의 자생지는 서이말등대 임도 부근으로 임도 위쪽 사면부에 불연속적으로 넓게 분포하고 있다. 1번, 2번 조사구 모두에서 종자 발아로 인한 치수가 증가하여 개체수가 전년도에 비해 50% 이상 증가 한 것으로 조사되었으며, 성숙 개체수 및 결실 개체수는 2015년 조사 때 보다 조금 적은 것으로 조사되었다. 백서향 자생지는 임도에 매우 가까우나 처진물봉선과 마찬가지로 임도 부근이 군사시설로 일반인들의 출입에 어려움이 있으며, 자생지 또한 임도에서 바로 보이지 않는 위쪽 급경사에 위치하고 있어 사람에 의한 훼손의 우려는 적은 것으로 조사되었다. 그리고 종자 발아로 인한 새로운 개체가 지속적으로 증가하고 있어 개체군 생육상태 역시 매우 양호한 것으로 조사되어 집중강우 등의 자연재해를 제외한 큰 위협요인은 없는 것으로 판단된다.

흰참꽃나무의 자생지는 지리산 법계사 - 천왕봉 등산로 사이에 위치하고 있다. 2013년에 조사하지 못하였던 새로운 개체가 2014년 조사에서 1개체 추가되어 2016년 조사까지 전체 5개체로 개체수의 변동은 없으며, 개화율과 결실률은 작년과 같이 100%로 조사되었다. 흰참꽃나무는 자생지가 지리산 해발 1,700m부근에서부터 1,900m까지 군상으로 매우 넓게 분포하고 있으며 각 개체의 생육상태가 매우 양호하고, 꽃이 그리 크지 않아 눈에 잘 띄지 않는 특징이 있어 자연재해로 인한 서식지 파괴의 원인을 제외하면 위협요인은 크게 없는 것으로 사료된다. 하지만 결실률이 높은데 반해 종자 번식으로 인한 치수 발생이 전혀 발견되고 있지 않아, 추후 기존 자생지의 훼손이 전체 종 수의 유지에 막대한 영향을 미칠 것으로 판단되어 복원을 위한 인공 개체증식이 필요할 것으로 보인다.

세뿔투구꽃의 자생지는 산청 응성봉 등산로 인근에 위치하고 있다. 자생지의 위치가 등산로에 인접해 있어 꽃이 피는 가을철에 등산객에 의한 남획 및 답압의 우려가 매우 높은 실정이다. 1번 방형구의 경우, 작년까지는 지속적으로 개체수가 줄어든 것으로 조사되었지만, 금년 조사에서는 2개체에서 7개체로 개체수가 증가하였고, 성숙(개화)개체수와 결실개체수도 높게 하게 나타나 개체군 생육상태가 양호한

것으로 조사되었다. 반면 2014년에 추가 설치된 2번 방형구에서는 지속적으로 개체수가 줄어들었고, 특히 금년 조사에서는 개화시기인 9월에 이미 대부분의 개체가 지상부가 고사한 것으로 나타나 개화·결실 개체수가 90% 정도 급감한 것으로 조사되었다. 이는 인위적인 훼손 보다는 여름철 이상고온 현상과 가뭄으로 인한 영향으로 사료되며, 추후 개체군의 유지가 어려울 것으로 보여 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 사료된다.

자주솜대 자생지는 지리산 칠선계곡 등산로 옆으로 위치하고 있다. 전체 개체수는 2013년 조사부터 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 성숙 개체수와 결실 개체수 역시 2014년 조사에서 급격히 감소하였고, 금년 조사에서도 작년에 비해 50% 이상 개체수가 줄어든 것으로 조사되었다. 자주솜대 자생지가 위치하고 있는 칠선계곡은 현재 출입통제구역으로 일반 등산객들의 출입이 제한되어 있으며, 현재 자주솜대 자생지가 지리산 상부 지역에 매우 넓게 분포하고 있어 전체적인 자생지 상태는 양호한 것으로 판단된다. 하지만 세부적으로 방형구를 설치하여 개체수 변화를 살펴 본 결과, 여름철 이상고온과 집중강우, 특히 5~6월부터 생육을 시작하는 단풍취 군락 등 주변 초본식생에 자주솜대가 피압되는 모습을 보이고 있어 개화 및 열매형성에 매우 어려움이 있는 것으로 조사되었다. 이는 지리산 전체 자주솜대의 개체수에 점차적으로 영향을 미칠 것으로 보이며, 조사 방형구수를 추가하여 자주솜대 자생지의 초본식생 우점도의 변화와 개화·결실률을 비교 분석할 필요가 있는 것으로 사료된다.

2015년 갯취 자생지 10m 상부에 국방과학연구소 해상시험소 신축공사가 시작되어 금년 조사에서 기존 갯취 자생지 방형구가 완전히 훼손된 것으로 관찰되었다. 갯취의 경우 거제, 남해 등 자생지 전체에서 지속적으로 개체수가 감소하고 있는 것으로 알려져 있어 정확한 기초자료를 얻기 위한 추가 방형구 설치가 필요하며, 서식지외 보전 등의 적극적인 관리방안이 필요한 것으로 판단된다.

매미꽃은 자생지가 지리산 해발 850m에서 1,300m 까지 계곡부 주위로 매우 넓게 분포하고 있어 자생지의 존치 여부가 우려될 상황은 아니라고 판단된다. 하지만 1번 방형구와 2번 방형구의 개체수 및 개화·결실률 조사에서 나타났듯이 주변식생(산수국, 꽃향유 등)과의 경쟁과 여름철 이상고온 현상 등 기후변화의 영향으로 인하여 개체수가 지속적으로 감소하는 추세를 나타내고 있어 추후 기존 자생지의 유지 현황에 지속적으로 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

V. 사사

이 연구는 2016년 국립수목원 「경남지역 희귀·특산식물 모니터링 및 보전 연구」 연구과제에 의해 수행되었습니다.

VI. 참고문헌

1. 박만규. 1975. 한국식물 중 절멸 또는 그 위기에 있는 것과 희귀종에 관한 조사 연구. 자연보존 9(특집호).
2. 이영노. 1983. 한라산의 희귀 및 특산식물. 한국의 희귀 및 멸종위기식물에 관한 워크샵논문집. 한국식물학회.
3. 이창복. 1987. 우리나라 희귀식물의 분포현황과 보존대책. 자연보존 59.
4. 환경부. 1993. 환경처지정 특정야생동식물목록. 자연보존 81.
5. 산림청. 1997. 희귀 및 멸종위기 식물도감.
6. 환경부. 1998. 국내 자생식물 보전 및 자산화 방안 연구.
7. Wilson. 1998. The diversity of life. Harvard Univ.
8. 환경부. 2001. 한국의 멸종위기 및 보호야생동·식물 국·영문 중 정보 기록연구.
9. 국립수목원. 2004. 국가표준식물목록 <http://www.koreaplants.go.kr:9101/>
10. 국립수목원. 2006. 국가생물종지식정보시스템 <http://www.nature.go.kr/>
11. 산림청·국립수목원. 2008. 한국 희귀식물 목록집.
12. 국립수목원. 2010. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라 구축 1차 보고서.
13. 국립수목원. 2011. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라 구축 2차 보고서.
14. 국립수목원. 2012. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라 구축 3차 보고서.
15. 국립수목원. 2013. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라 구축 4차 보고서.
16. 국립수목원. 2014. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라 구축 5차 보고서.
17. 국립수목원. 2015. 희귀·특산식물 보존 및 복원 인프라 구축 5차 보고서.

IV 산림환경 보호 분야

1. 산림병해충 발생예찰 조사(공동)
2. 소나무재선충병 감염경로 연구
3. 소나무재선충병 방제물질 및 매개충 포획트랩 개발에 관한 연구
4. 수목병해충 방제약종 선발시험(공립나무병원 실연과제)
5. 수종별 수목활력도 변화연구

산림병해충 발생예찰

시험기간 : 1989년 ~ 계속

담 당 자 : 권정화, 이연동, 제상대, 김종익, 박준호, 정한록
이병수, 최은심, 손원호, 윤영찬, 이영화

I. 서 론

산림병해충은 산림생태계의 주요 교란인자 중의 하나로서 지속가능한 산림경영을 위해서는 효율적으로 방제하는 것이 필수적이다. 산림에 발생하는 다양한 병해충별 발생시기, 발생량, 피해상황, 확산정도 등을 주기적으로 조사하여 병해충의 발생 예측, 조기발견, 적기방제 등에 의한 산림의 공익적 기능 및 산림자원화 증진에 따른 경제성과를 제고함은 물론 병해충연구 활성화를 위하여서도 예찰의 중요성이 요구된다.

지구온난화와 식생천이로 인한 산림구조 및 환경의 변화와 외래병해충의 유입에 의해 산림병해충이 다양해지고 매년 발생면적이 증가하는 추세에 있다. 1960~1970년대 소나무림에 대발생하여 막대한 피해를 준 솔나방이 1970년대 후반 이후 거의 종적을 감추었다가 2012년 경남지역에 약 560ha 정도 발생하여 소나무림에 큰 피해를 주었다. 기존의 솔나방 생태를 보면 연 1회 발생하며 7월 초·중순에 고치를 만들어 번데기가 되고 20일 내외의 번데기 기간을 거쳐 성충으로 우화하는 것으로 보고되어 있으나(국립산림과학원, 2007), 최근 기후온난화 영향으로 솔나방의 고치형성·우화·산란·부화시기가 빨라지면서 일부 개체는 연 2회 발생하여 더 큰 피해를 초래하였다. 그리고 산림에 큰 피해를 주고 있는 주요 병해충 중에는 국가 간의 교역과정에서 유입된 외래병해충이 많으며 소나무재선충병, 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 미국흰불나방, 꽃매미, 선녀벌레 등이 대표적으로, 이들은 원산지에서는 크게 문제시 되지 않지만 새로운 환경에서는 천적, 환경 등 저감요인이 없어 증식과 확산

이 빠르게 진행되는 경우가 많아 극심한 피해를 가져오고 있다. 특히 소나무재선충병은 1988년 부산 동래구에서 처음 발생한 후 1997년 함안을 시작으로 2015년 거창, 2016년 함양, 합천, 산청에 발생하면서 도내 18개 시·군 전역으로 확산되는 등 더욱 세심한 예찰활동이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 산림병해충을 조기에 발견하여 피해를 예방하고 주요 병해충의 발생시기와 발생량을 예측하여 적기방제 및 피해확산을 저지하고 방제대책 수립에 필요한 정보를 제공하기 위하여 솔잎혹파리, 솔나방, 참나무시들음병 등의 주요 병해충에 대하여 예찰조사를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 소나무재선충병 피해실태 및 매개충(솔수염하늘소) 우화시기 조사

가. 피해실태 조사

- 1) 조사시기 : 1월~12월
- 2) 조사지역 : 18개 시·군
- 3) 조사방법 : 고사 또는 고사중인 소나무의 목편을 채취하여 소나무재선충 감염여부를 조사
- 4) 조사규모 : 18개 시·군 × 12개월
- 5) 조사항목 : 감염여부 조사

나. 매개충(솔수염하늘소) 우화시기 조사

- 1) 조사시기 : 5월~8월
- 2) 조사지역 : 진주시 이반성면 답천리 시험림(우화상)
- 3) 조사방법 : 진주시 일원의 소나무재선충병 피해지역에서 산란 공시목을 수집하여 솔수염하늘소 우화상에 적치하고 월동 후 우화하는 성충 수 조사
- 4) 조사규모 : 1개소 × 2우화상 × 4개월
- 5) 조사항목 : 우화상황

2. 솔잎혹파리 우화시기 및 피해율 조사

가. 우화시기 조사

- 1) 조사시기 : 4월~7월
- 2) 조사지역 : 진주시 이반성면 대천리 경상남도수목원(소나무 임지)
- 3) 조사방법 : 경상남도수목원 내 소나무림의 하층 지면에 우화상($\varnothing 23\text{cm} \times$ 높이 34cm)을 설치하여 월동 후 우화하는 성충 수 조사
- 4) 조사규모 : 1개소 \times 15개(우화상) \times 4개월
- 5) 조사항목 : 우화상황

나. 피해율(충영형성율) 및 천적기생율 조사

- 1) 조사시기 : 10월~11월
- 2) 조사지역 : 18개 시·군 62개 고정조사지(시·군·구별 3개소, 창원 9개소, 하동, 거창 4개소)
- 조사지역 상세내역 : 표 5 참조
- 3) 조사방법 : 고정조사지역에서 임의로 5본의 조사목을 선정한 후 4방위에서 신초를 2가지씩 채취하여 피해율(충영형성율)을 조사하고, 충영형성엽에서 유충을 분리하여 천적인 솔잎혹파리먹좀벌과 흑파리살이먹좀벌의 기생율을 조사
- 4) 조사규모
가) 충영형성율 : 62지역 \times 5본 \times 4방위 \times 2가지 = 2,480가지
나) 천적기생율 : 2,480가지에서 분리된 유충의 천적 보유 현황
- 5) 조사항목 : 피해율(충영형성율), 천적기생율

3. 솔나방 발생량 조사

- 1) 조사시기 : 5월~9월
- 2) 조사지역 : 3개 시·군
- 진주시 이반성면 일원
- 남해군 설천면 감암리 일원
- 함양군 수동면 우명리 일원
- 3) 조사방법 : 고정조사지역에서 임의로 20본의 조사목을 선정한 후 각 조사목의

수관상부와 하부에서 가지 1개씩을 채취하여 피해율 및 유충 수 조사

- 4) 조사규모 : 3개소 × 20본 × 2가지 × 2회 = 240가지
- 5) 조사항목 : 발생량, 피해율

4. 오리나무잎벌레 발생량 조사

- 1) 조사시기 : 5월, 7월
- 2) 조사지역 : 3개 시·군
 - 진주시 진성면 동산리 산116-2
 - 산청군 금서면 지막리 산15
 - 함양군 유림면 화촌리 산23-2
- 3) 조사방법 : 고정조사지역에서 30본의 조사목을 선정 후 각 조사목의 수관을 상부와 하부로 구분하고 상부에서 100엽, 하부에서 200엽을 채취하여 난피 및 성충 수 조사
- 4) 조사규모 : 3개소 × 30본 × 300엽 × 2회 = 54,000엽
- 5) 조사항목 : 발생량
 - 5월 : 난피 및 성충
 - 7월 : 신성충

5. 미국흰불나방 피해율 조사

- 1) 조사시기 : 6월(1화기), 8월(2화기)
- 2) 조사지역 : 3개 시·군
 - 창원 마산합포구 진전면 양촌리 팔의사로 일원
 - 진주시 장재동 진사로 일원
 - 함안군 칠서면 무릉리 칠서IC입구
- 3) 조사방법 : 고정조사지역(버즘나무 가로수 구간)에서 2본당 1본 간격으로 총 50본의 조사목을 대상으로 하여 피해목 및 충소수 조사
- 4) 조사규모 : 3개소 × 50본 × 2회 = 300본
- 5) 조사항목 : 피해율

6. 버즘나무방패벌레 발생량 조사

- 1) 조사시기 : 8월
- 2) 조사지역 : 3개 시·군
 - 창원 마산합포구 진전면 양촌리 팔의사로 일원
 - 진주시 장재동 진사로 일원
 - 함안군 칠서면 무릉리 칠서IC입구
- 3) 조사방법 : 고정조사지역(버즘나무 가로수 구간)에서 조사목 30본 선정한 후 각 조사목에서 평균 피해를 나타내는 1가지를 선정하여 10엽을 채취 약충 수와 성충 수 조사
- 4) 조사규모 : 3개소 × 30본 × 10엽 × 1회 = 900엽
- 5) 조사항목 : 발생량

7. 복숭아명나방 우화시기 조사

- 1) 조사시기 : 6월~10월
- 2) 조사지역 : 6개 시·군
 - 진주시 이반성면 가산리 산36
 - 합천군 가회면 외사리 산142-2
 - 산청군 신등면 모례리 산47
 - 하동군 양보면 감당리 산61-1
 - 사천시 곤명면 조장리 산66
 - 함양군 수동면 화산리 산214-1
- 3) 조사방법 : 고정조사지역(밤나무 과수원)마다 페로몬트랩(7개)을 설치하여 채집된 성충 수 조사
- 4) 조사규모 : 6개소 × 7개(트랩) × 4개월
- 5) 조사항목 : 우화상황

8. 푸사리움가지마름병 피해율 조사

- 1) 조사시기 : 4월~5월
- 2) 조사지역 : 3개 시·군
 - 거제시 거제면 동상리 산9
 - 창녕군 창녕읍 산38
 - 합천군 쌍백면 장전리 산22

- 3) 조사방법 : 고정조사지역 내 입목에 대하여 피해도가 50% 이상은 심(피해도 5), 49~20% 는 중(피해도 3), 20% 이하는 경(피해도 1)으로 구분하여 피해율 산출

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

- 4) 조사규모 : 3개소 × 2회 = 6회
5) 조사항목 : 피해율

9. 참나무시들음병 발생량 조사

- 1) 조사시기 : 5~10월
2) 조사지역 : 2개 시·군
- 산청군 단성면 윤리 산147
- 양산시 하북면 용연리 산63-1
3) 조사방법 : 고정조사지역 내 고사목 및 가장 심한 피해목을 중심으로 반경 20m 내 모든 참나무류를 대상으로 하여 매개충의 침입공이 있거나, 이로 인해 고사한 나무를 조사
4) 조사규모 : 2개소 × 6회 = 12회
5) 조사항목 : 천공목율, 고사율

10. 양버즘나무 흰가루병 피해율 조사

- 1) 조사시기 : 9월~10월
2) 조사지역 : 진주시 중앙동 17
3) 조사방법 : 고정조사지역 내 입목에 대하여 피해도가 50% 이상은 심(피해도 5), 49~20% 는 중(피해도 3), 20% 이하는 경(피해도 1)으로 구분하여 피해율 산출

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

- 4) 조사규모 : 1개소 × 2회 = 2회
5) 조사항목 : 피해율

11. 특정지역 산림병해충 발생조사

- 1) 조사시기 : 4월~10월
- 2) 조사장소 : 12개소(진주 진양호·가좌동, 통영 제송당, 밀양 얼음골·표충사, 거제 해금강, 양산 통도사, 남해 금산, 하동 쌍계사, 합천 해인사, 함안 칠서면, 산청 대원사)
- 3) 조사방법 : 국립공원, 관광사적지, 도로변 등의 고정조사지역을 주기적으로 예찰하여 수종별 병해충 종류와 피해상황을 조사
- 4) 조사규모 : 12개소 × 7회 = 84회
- 5) 조사항목 : 병해충 종류, 가해수종 등

12. 유아등에 의한 산림해충 조사

- 1) 조사시기 : 4월~10월
- 2) 조사장소 : 진주시 이반성면 대천리 경상남도수목원 내(유아등)
- 3) 조사방법 : 경상남도수목원 내에 설치된 유아등(오후 7시~익일 오전 7시)에 유인되는 곤충을 수거하여 동정 및 매주 1회(수요일) 국립산림과학원으로 송부
- 4) 조사규모 : 1개소 × 1개(유아등) × 7개월
- 5) 조사항목 : 해충종류, 개체수

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 소나무재선충병 피해실태 및 매개충(솔수염하늘소) 우화시기 조사

가. 피해실태 조사

도내에서는 1997년 함안에서 소나무재선충병이 최초 발생되기 시작하여 2015년 거창, 2016년 함양, 합천, 산청에 발생하면서 18개 시·군 전지역으로 확산되었다.

18개 시·군에서 감염 의심목의 감염여부를 조사한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 도내 소나무재선충병 청정지역 의심목 검경 (단위 : 건)

조 사 지	조사시료	감염시료
18개 시·군	12,209	2,857(23.4%)

나. 우화시기 조사

시험림 내 야외 우화상에서 5월~8월까지 조사한 결과 소나무재선충병의 매개충인 솔수염하늘소의 우화 시작일은 5월 23일, 최성일은 6월 15일, 종료일은 8월 1일로 71일간 총 470개체가 조사되었으며 2015년 대비 우화 시작이 2일 빨라졌다(표 2).

표 2. 솔수염하늘소 우화시기 (단위 : 마리)

조사지	총 마리수	시작일	최성일	종료일
진주 일반성	470	5. 23	6. 15	8. 1

2. 솔잎혹파리 우화시기 및 피해율 조사

가. 우화시기 조사

솔잎혹파리 우화상을 설치하여 4월~7월까지 조사한 결과 우화 시작일은 4월 24일, 최성일은 6월 7일, 종료일은 7월 26일로 조사되었으며 2015년과 우화 시작일이 동일하다(표 3).

표 3. 솔잎혹파리 우화시기 (단위 : 마리)

조사지	총 마리수	시작일	최성일	종료일
진주 이반성	471	4. 24	6. 7	7. 26

나. 피해율(충영형성률) 및 천적분포 조사

고정조사지역 62개소에서 피해율 및 천적기생율을 조사한 결과 피해율 7.9%, 천적기생률 16.4%로 2015년 대비 피해율은 2.1% 증가하였고 천적기생률은 4.0% 감소하였다. 최근 10년간 피해율은 증가 후 감소하는 추세를 보이다 2016년 다시 증가하였고 천적기생율은 감소 후 증가하는 추세를 보이다 2016년 감소되었다(표 4).

표 4. 연도별 솔잎혹파리 피해율 및 천적기생율 (단위 : %)

구분 \ 년도		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
피 해 율		9.9	10.2	10.6	10.4	8.5	11.1	8.3	7.6	5.8	7.9
천 적 기 생 률	계	11.5	10.4	11.5	11.8	14.7	10.9	17.0	19.8	20.4	16.4
	살이	3.7	3.1	4.2	3.9	7.7	7.7	14.7	18.5	17.0	13.3
	먹좁	7.8	7.3	7.3	7.9	7.0	3.2	2.3	1.3	3.4	3.0

시·군별 피해율은 통영이 14.2%로 가장 높았으며, 함안이 3.5%로 가장 낮았고 조사구별로는 창원시 마산합포구 구산면 수정리가 20.9%로 가장 높게 나타난 반면, 창원시 의창구 동읍 금산리가 1.7%로 가장 낮은 피해율을 보였다. 천적기생률은 살이먹좁별이 13.3%로 2015년 17.0%보다 3.7% 감소하였고, 먹좁별은 3.0%로 2015년 3.4%보다 0.4% 감소하였다. 창원시 마산합포구 구산면 수정리 지역을 제외한 모든 조사지역의 피해율이 20% 이하로 피해도 '경' 지역으로 조사되었다(표 5).

표 5. 지역별 솔잎혹파리 피해율 및 천적기생율 (단위 : %)

조 사 지		2015				2016			
시·군	읍·면·동·리	피해율	천 적 기 생 율			피해율	천 적 기 생 른		
			살이	먹좁	계		살이	먹좁	계
합 계		5.8	17.0	3.4	20.4	7.9	13.3	3.0	16.4
창원	소 계	8.2	12.2	5.2	17.3	10.7	10.8	2.5	13.3
	북 무곡	1.1	6.5	8.2	14.7	7.5	5.9	0.9	6.8
	북 감계	19.8	15.2	1.9	17.1	12.1	3.2	1.9	5.2
	동 금산	3.6	17.5	2.4	19.9	1.7	12.4	3.2	15.5
	진북 영학	1.7	6.9	7.8	14.7	2.2	10.8	1.5	12.3
창원	구산 수정	5.9	12.4	3.5	15.9	20.9	8.5	1.4	9.8
	진동 동전	6.2	18.5	3.4	21.9	10.3	12.1	1.9	14.0
	여좌	17.3	17.7	2.3	20.0	9.0	10.3	3.4	13.7
	풍호	5.7	10.1	7.9	18.0	19.9	18.0	4.7	22.8
	웅천	15.2	4.8	8.9	13.7	12.0	15.8	3.8	19.6

표 5. 지역별 솔잎혹파리 피해율 및 천적기생율(계속)

조 사 지		2015				2016			
시·군 읍·면 동·리	피해율	천 적 기 생 율			피해율	천 적 기 생 른			
		살이	먹좁	계		살이	먹좁	계	
진주	소 계	7.6	17.3	2.4	19.7	9.8	10.5	2.2	12.7
	문산 상문	8.2	13.8	3.8	17.5	12.7	4.3	1.7	6.0
	진성 구천	10.0	17.6	1.2	18.8	11.2	15.3	4.1	19.3
	명석 관지	3.9	20.7	2.1	22.8	6.0	11.8	0.8	12.6
통영	소 계	9.5	19.5	1.9	21.4	14.2	12.3	1.8	14.2
	도산 수월	3.7	9.3	3.3	12.3	14.5	9.6	2.4	12.0
	산양 풍화	11.0	28.8	1.9	30.7	18.6	13.3	0.8	14.1
	미수	12.7	20.2	0.6	20.8	7.1	14.1	2.3	16.4
사천	소 계	3.3	19.5	1.5	21.0	6.9	13.0	3.8	16.7
	정동 사촌	1.4	26.1	2.8	29.0	3.9	17.2	4.7	21.9
	용현 덕곡	3.1	13.1	0.7	13.8	7.5	5.9	2.1	8.0
	축동 가산	6.4	19.3	0.9	20.2	9.5	15.8	4.6	20.3
김해	소 계	5.5	7.6	4.2	11.8	6.5	11.5	5.0	16.5
	상동 묵방	2.8	9.2	7.2	16.4	4.6	13.4	9.9	23.3
	어방	3.8	4.0	4.0	8.1	3.2	9.0	2.0	11.0
	진명 본산	9.4	9.5	1.5	10.9	10.2	12.1	3.2	15.3
밀양	소 계	4.2	18.0	3.6	21.6	10.2	12.9	2.5	15.4
	부북 위양	5.0	18.7	2.5	21.1	7.3	16.6	2.8	19.4
	단장 국전	2.8	14.5	4.4	18.9	7.0	18.3	4.1	22.4
	무안 동산	4.3	20.8	4.0	24.9	15.9	3.7	0.7	4.4
거제	소 계	10.8	18.3	2.0	20.3	7.6	17.6	3.0	20.7
	거제 동상	12.0	19.2	3.3	22.5	1.8	19.9	5.5	25.4
	남부 다포	8.4	18.3	0.9	19.3	5.5	18.3	1.4	19.7
	동부 산양	11.8	17.3	1.7	19.0	16.9	14.8	2.2	16.9
양산	소 계	1.4	11.5	2.3	13.8	5.2	10.6	4.3	14.9
	상북 소석	2.3	10.1	1.7	11.7	7.5	13.6	3.1	16.8
	하북 지산	0.9	12.6	3.7	16.3	5.7	4.4	1.5	5.9
	하북 삼감	1.2	11.8	1.4	13.2	3.0	13.7	8.4	22.1
의령	소 계	3.6	18.7	4.1	22.8	5.3	20.1	4.2	24.4
	가례 갑을	2.2	16.0	1.6	17.6	3.5	24.1	4.7	28.8
	대의 신전	3.9	17.7	9.4	27.1	6.6	21.5	4.2	25.7
	유곡 세간	4.6	22.4	1.2	23.6	5.7	14.8	3.7	18.5

표 5. 지역별 솔잎혹파리 피해율 및 천적기생율(계속)

조 사 지		2015				2016			
시·군 읍·면 동·리		피해율	천 적 기 생 율			피해율	천 적 기 생 율		
			살이	먹좁	계		살이	먹좁	계
함안	소 계	3.1	14.6	5.1	19.7	3.5	12.9	1.7	14.7
	가야 도항	3.5	13.5	8.2	21.6	3.8	0.5	0.7	1.2
	여항 주동	3.6	18.4	4.1	22.4	4.3	19.0	2.4	21.4
	군북 사촌	2.1	12.1	3.0	15.0	2.5	19.3	2.1	21.4
창녕	소 계	5.8	18.0	3.4	21.3	7.9	7.7	1.2	8.9
	창녕 퇴천	4.3	19.3	3.6	22.9	5.9	4.1	0.7	4.8
	길곡 상길	6.0	17.3	2.2	19.6	7.9	6.6	2.6	9.2
	이방 석리	6.9	17.3	4.3	21.5	10.2	12.3	0.4	12.7
고성	소 계	4.9	19.4	1.7	21.2	6.2	12.9	2.6	16.7
	구만 주평	4.3	20.2	1.9	22.1	8.0	11.0	2.5	13.5
	거류 신용	4.9	16.2	2.2	18.4	5.0	13.5	2.7	16.3
	상리 무선	5.4	21.9	1.0	23.0	5.9	14.0	2.6	16.7
남해	소 계	6.5	20.6	2.7	23.3	7.2	16.7	3.6	20.3
	고현 차면	6.3	22.6	3.8	26.4	6.0	24.3	2.9	27.3
	창선 서대	3.0	18.0	1.1	19.1	7.9	19.0	4.0	23.0
	상주 양아	9.5	21.1	3.2	24.3	7.9	6.8	4.0	10.7
하동	소 계	3.9	16.4	2.8	19.2	6.9	17.9	3.1	21.0
	금남 대송	7.7	11.8	3.3	15.1	11.5	34.0	5.3	39.2
	북천 직전	2.9	17.2	0.5	17.7	3.9	10.4	1.4	11.7
	적량 동산	3.4	24.4	1.8	26.2	2.1	13.2	1.9	15.1
	옥종 두양	2.5	12.2	5.4	17.7	10.2	14.2	3.8	18.0
산청	소 계	5.9	14.3	3.3	17.6	4.6	11.3	3.4	14.7
	신안 신안	4.3	7.8	4.4	12.2	3.9	13.3	0.0	13.3
	생초 월곡	8.9	19.8	3.6	23.4	4.1	14.4	3.9	18.4
	오부 양촌	4.1	15.3	2.0	17.3	5.5	6.3	6.1	12.4
함양	소 계	5.4	23.4	3.7	27.1	10.6	13.0	4.4	17.3
	안의 상원	9.2	19.4	5.5	25.0	9.2	7.9	6.9	14.8
	서상 상남	2.8	26.9	1.5	28.4	13.4	16.5	3.3	19.8
	서하 운곡	4.7	23.7	4.1	27.8	8.8	14.6	2.9	17.4

표 5. 지역별 솔잎혹파리 피해율 및 천적기생율(계속)

조 사 지		2015				2016			
시·군 읍·면 동·리		피해율	천 적 기 생 율			피해율	천 적 기 생 율		
			살이	먹좁	계		살이	먹좁	계
거창	소 계	6.5	26.1	5.1	31.2	4.7	12.7	3.0	15.7
	위천 상천	8.5	24.0	4.1	28.1	4.2	12.0	4.3	16.4
	주상 남상	4.8	32.4	2.7	35.0	7.5	8.2	1.6	9.8
	북상 월성	4.6	19.0	11.9	30.9	4.2	11.2	2.2	13.3
	북상 황산	8.5	28.8	1.7	30.5	2.3	19.5	3.7	23.3
합천	소 계	5.4	10.2	6.4	16.6	10.1	15.4	2.2	17.5
	봉산 압곡	1.4	8.8	8.8	17.5	13.3	15.0	3.0	18.1
	야로 정대	8.7	11.5	5.7	17.2	13.7	16.2	0.6	16.9
	가야 사촌	5.5	10.3	4.7	15.0	2.8	14.9	2.8	17.7

3. 솔나방 발생량 조사

고정조사지역에서 5월과 9월 2회 순회 조사한 결과 2015년, 2016년 솔나방은 관찰되지 않았다.

4. 오리나무잎벌레 발생량 조사

고정조사지역에서 오리나무잎벌레 난괴와 성충 수를 조사한 결과 5월은 9,000엽당 난괴 수 103개, 성충 수 72마리였고 7월은 9,000엽당 신성충 수가 1,000마리였다. 춘기 난괴 수는 2015년에 비해 감소하였고 춘기 성충 수 및 하기 신성충 수는 2015년에 비해 증가하였다(표 6).

표 6. 오리나무잎벌레 발생량

(단위 : 엽, 개, 마리)

조 사 지	2015				2016			
	조사 엽수	5월		7월	조사 엽수	5월		7월
		난괴 수	성충 수	신성충 수		난괴 수	성충 수	신성충 수
평 균	9,000	111	69	677	9,000	103	72	1,000
진주 진성	9,000	97	54	186	9,000	164	119	676
산청 금서	9,000	113	65	322	9,000	82	71	1,085
함양 유림	9,000	122	87	1,524	9,000	63	26	1,240

5. 미국흰불나방 피해율 조사

고정조사지역에서 1화기(6월 중순) 및 2화기(8월 중순)에 미국흰불나방 유충의 피해율을 조사한 결과 창원, 함안에서는 2015년, 2016년 모두 발생되지 않았다. 진주지역은 1화기에 피해율 60%, 100본당 충소수 266개로 나타났으며 2화기에 피해율 70%, 100본당 충소수 282개로 나타나 1화기보다 2화기 피해가 크게 나타났다(표 7).

표 7. 미국흰불나방 피해율 (단위 : %, 개)

조 사 지	2015				2016			
	피해율		100본당 충소수		피해율		100본당 충소수	
	1화기	2화기	1화기	2화기	1화기	2화기	1화기	2화기
평 균	3	11	4	22	20	23.3	88.6	94.0
진주 장재	10	34	12	66	60	70	266	282
창원 마산합포구 진전	0	0	0	0	0	0	0	0
함안 칠서	0	0	0	0	0	0	0	0

6. 버즘나무방패벌레 발생량 조사

고정조사지역에서 버즘나무방패벌레의 약충과 성충 수를 조사한 결과 10엽당 약충 수는 103마리, 성충 수는 40.8마리로 나타났으며 창원지역이 피해가 가장 심한 것으로 조사되었다(표 8).

표 8. 버즘나무방패벌레 발생량 (단위 : 마리/10엽)

조 사 지	2015		2016	
	약충 수	성충 수	약충 수	성충 수
평 균	6.4	12.3	103	40.6
진주 장재	2.8	11.6	36	19
창원 마산합포구 진전	11.6	17.1	156	58
함안 칠서	4.9	8.3	117	45

7. 복숭아명나방 우화시기 조사

복숭아명나방 우화성충 유인을 위한 페로몬트랩을 설치하여 5월~10월까지 조사한 결과 우화 시작일은 6월 14일, 최성기는 9월 19일, 9월 26일, 종료일은 10월 4일로 조사되었다(표 9).

표 9. 복숭아명나방 우화시기

(단위 : 마리)

조 사 지	총 마리수	시작일	최성기	종료일
계	85			
진주 이반성	-	-	-	-
사천 곤명	4	-	-	9. 26
하동 양보	7	-	-	10. 4
산청 신등	15	6. 14	9. 19	10. 4
합천 가회	48	6. 27	9. 26	10. 4
함양 수동	11	6. 14	9. 19	9. 26

8. 푸사리움가지마름병 피해율 조사

고정조사지역에서 푸사리움가지마름병 피해를 조사한 결과 평균 피해율은 0.97%로 2015년 피해율 2.22%보다 1.25% 감소하였으며 합천지역이 피해가 가장 심한 것으로 조사되었다(표 10).

표 10. 푸사리움가지마름병 피해율

(단위 : %)

조 사 지	2015			2016		
	평 균	4월	5월	평 균	4월	5월
평 균	2.22	2.32	2.11	0.97	0.72	1.23
거제 거제	2.19	2.50	1.88	1.25	1.25	1.25
합천 쌍백	2.73	2.73	2.73	1.36	0.91	1.82
창녕 창녕	1.73	1.73	1.73	0.31	0	0.61

9. 참나무시들음병 발생량 조사

고정조사지역에서 참나무시들음병 발생량을 조사한 결과 양산지역은 3년이상 피해가 발생하지 않아 조사되지 않았으며, 산청지역에서 13.3%의 천공목율이 나타났고 고사목은 2개소에서 모두 발생하지 않았다. 천공목율은 평균 13.3%로 전년도 60% 대비 46.7% 감소하였다(표 11).

표 11. 참나무시들음병 발생량 (단위 : 본, %)

조 사 지	2015				2016			
	조사본수	천공목수	천공목율	고사율	조사본수	천공목수	천공목율	고사율
평 균	22.5	4.5	20	0	15	2	13.3	0
양산 하북	30	0	0	0	-	-	-	-
산청 단성	15	9	60	0	15	2	13.3	0

10. 양버즘나무 흰가루병 피해율 조사

고정조사지역에서 양버즘나무 흰가루병 피해를 조사한 결과 평균 피해율은 50.95%로 10월 조사에서는 모든 조사목이 피해를 입은 것으로 조사되었다(표 12).

표 12. 양버즘나무 흰가루병 피해율 (단위 : %)

조 사 지	평 균	9월	10월
진주 중앙 17	50.95	36.7	65.2

11. 특정지역 산림병해충 발생조사

도내 특정지역을 대상으로 4월~10월까지 매월 1회 산림병해충 발생상황을 순회 조사한 결과 병해충은 해충 27종, 수병 13종이 발생되어 소나무 등 23수종에 피해를 주었으나, 심각한 피해는 나타나지 않았다(표 13).

표 13. 특정지역 병해충 발생내역

조 사 지	병해충명	피해수종	병해충명	피해수종
진주(진양호)	갈색날개매미충		소나무응애류	소나무
	꽃매미		진달래방패벌레	철쭉
	도토리거위벌레	참나무류	철쭉애매미충	철쭉
	두충밤나방	두충나무	회양목명나방	회양목
	메타세쿼이아응애	메타세쿼이아	갈색무늬구멍병	왕벚나무
	미국흰불나방	미국풍나무	그을음병	느티나무
	버즘나무방패벌레	양버즘나무	그을음병	배롱나무
	벚나무모시나방	왕벚나무	그을음병	소나무
	복숭아혹진딧물	왕벚나무	이팝나무 녹병	이팝나무
	소나무가루깍지벌레	소나무	철쭉 녹병	철쭉
	소나무왕진딧물	소나무	흰가루병	배롱나무
통영(제승당)	느티나무벼룩바구미	느티나무	소나무가루깍지벌레	소나무
	느티나무외줄진딧물	느티나무	팽나무혹응애	팽나무
	미국선녀벌레		갈색무늬구멍병	왕벚나무
	버즘나무방패벌레	양버즘나무	그을음병	소나무
	복숭아혹진딧물	왕벚나무	철쭉 딱병	영산홍
	뽕죽후박나무이	후박나무	흰가루병	배롱나무
	소나무응애류	소나무		
밀양(얼음골)	갈색날개매미충		붉은매미나방	밤나무
	꽃매미		소나무응애류	소나무
	느티나무외줄진딧물	느티나무	그을음병	배롱나무
	두충밤나방	두충나무	그을음병	소나무
	메타세쿼이아응애	메타세쿼이아	적성병	모과나무
	미국선녀벌레		흰가루병	배롱나무
	복숭아혹진딧물	벚나무	흰가루병	사철나무
거제(해금강)	복숭아혹진딧물	왕벚나무	그을음병	배롱나무
	소나무응애류	소나무	철쭉 딱병	영산홍
	진달래방패벌레	영산홍	흰가루병	배롱나무
	회양목명나방	회양목	흰가루병	사철나무
	갈색무늬구멍병	왕벚나무		

표 13. 특정지역 병해충 발생내역(계속)

조 사 지	병해충명	피해수종	병해충명	피해수종
양산(통도사)	메타세쿼이아응애	메타세쿼이아	회양목명나방	회양목
	복숭아혹진딧물	왕벚나무	갈색무늬구멍병	왕벚나무
	붉나무혹응애	붉나무	그을음병	배롱나무
	소나무응애류	소나무	그을음병	소나무
	소나무가루깍지벌레	소나무	흰가루병	배롱나무
남해(금산)	꽃매미		진달래방패벌레	영산홍
	벚나무모시나방	왕벚나무	그을음병	소나무
	복숭아혹진딧물	왕벚나무	적성병	꽃아그배
	붉나무혹응애	붉나무	철쭉 떡병	영산홍
	소나무응애류	소나무		
하동(쌍계사)	꽃매미		붉은매미나방	밤나무
	밤나무혹벌	밤나무	소나무응애류	소나무
	버즘나무방패벌레	양버즘나무	갈색날개매미충	
	복숭아혹진딧물	왕벚나무	그을음병	소나무
합천(해인사)	느티나무외줄진딧물	느티나무	그을음병	배롱나무
	밤나무혹벌	밤나무	그을음병	소나무
	복숭아혹진딧물	벚나무	참나무시들음병	신갈나무
	소나무응애류	소나무	흰가루병	배롱나무
함안(칠서면)	갈색날개매미충		소나무가루깍지벌레	소나무
	꽃매미		큰팽나무이	팽나무
	느티나무외줄진딧물	느티나무	팽나무혹응애	팽나무
	메타세쿼이아응애	메타세쿼이아	회양목명나방	회양목
	미국선녀벌레		그을음병	배롱나무
	버즘나무방패벌레	양버즘나무	그을음병	소나무
	소나무응애류	소나무	흰가루병	배롱나무
산청(대원사)	갈색날개매미충		오리나무잎벌레	오리나무
	꽃매미		그을음병	배롱나무
	도토리거위벌레	참나무류	그을음병	소나무
	미국선녀벌레		산수유 두창병	산수유
	밤나무혹벌	밤나무	이팝나무 녹병	이팝나무
	소나무응애류	소나무		

12. 유아등에 의한 해충 조사

유아등을 이용하여 4월~10월까지 조사한 결과 맵시밤나방, 톱날무늬노랑불나방, 흰줄태극나방 등 303종의 1,970개체가 채집되었다(표 14).

표 14. 유아등에 의한 산림해충 채집내역 (단위 : 마리)

구 분	월별 채집 수							
	계	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
개체 수	1,970	66	250	426	373	628	169	58

IV. 적 요

산림병해충 발생예찰 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 소나무재선충병 피해실태 및 매개충(솔수염하늘소) 우화시기 조사
2016년 함양, 합천, 산청에 발생하면서 도내 18개 시·군 전지역에 소나무재선충병이 발생되었다.
솔수염하늘소의 우화 시작일은 5월 23일, 최성기는 6월 15일, 종료일은 8월 1일이었다.
2. 솔잎혹파리 우화시기 및 피해율 조사
솔잎혹파리의 우화 시작일은 4월 24일, 최성기는 6월 7일, 종료일은 7월 26일이었으며, 솔잎혹파리의 충영형성율은 7.9%, 천적기생률은 16.4%였다.
3. 솔나방 발생량 조사
솔나방은 진주, 남해, 함양에서 모두 발생되지 않았다.
4. 오리나무잎벌레 발생량 조사
오리나무잎벌레 난괴 및 성충 수는 9,000엽당 5월은 난괴 103개, 성충 72마리였으며 7월 신성충 수는 1,000마리였다.
5. 미국흰불나방 피해율 조사
미국흰불나방 피해율 조사 결과 창원, 함안에서는 미국흰불나방이 발생하지 않았으며, 진주에서의 피해율은 1화기 60%, 2화기 70%였다.
6. 버즘나무방패벌레 발생량 조사
버즘나무방패벌레 약충과 성충의 수는 10엽당 각각 103마리, 40.6마리였으며, 창원지역이 피해가 가장 심했다.
7. 복숭아명나방 우화시기 및 피해율 조사
복숭아명나방 우화 시작일은 6월 14일, 종료일은 10월 4일이였다.
8. 푸사리움가지마름병 피해율 조사
푸사리움가지마름병 피해율은 4월 0.72%, 5월 1.23%였으며 합천지역이 피해가 가장 심했다.
9. 참나무시들음병 발생량 조사
참나무시들음병은 산청이 천공목율 13.3%였으며 고사목은 발생하지 않았다.

10. 양버즘나무 흰가루병 피해율 조사

양버즘나무 흰가루병 피해율은 9월 36.7%, 10월 65.2%였으며 10월 조사에서 모든 조사목에 피해가 발생하였다.

11. 특정지역 산림병해충 발생조사

특정지역 병해충 발생상황은 해충 27종, 수병 13종이 발생되어 소나무 등 23수종에 피해를 주었고 심각한 피해는 나타나지 않았다.

12. 유아등에 의한 해충 조사

유아등에 4월부터 10월까지 채집된 해충은 303종 1,970개체였다.

V. 참고문헌

1. 국립산림과학원. 2000~2014. 산림병해충 발생예찰조사 연보
2. 최광식, 최원일 등. 2007. 신 산림해충도감. 국립산림과학원
3. 최광식. 2007. 특용수 해충도감. 국립산림과학원
4. 박일권, 이상길 등. 2008. 외래 및 돌발병해충의 방제 대책 연구. 국립산림과학원
5. 김종국, 박승찬 등. 2008. 신고 산림보호학. 향문사
6. 이상현, 김경희 등. 2009. 조경수·특용수 병해도감. 국립산림과학원
7. 나용준, 우건석, 이경준. 2009. 조경수 병해충 도감. 서울대학교출판문화원
8. 산림청. 2015. 산림병해충 예찰·방제 계획
9. 이상현. 2011. 활엽수 병해도감. 국립산림과학원
10. 김영재 등. 2014. 나무병해충 예찰방제 관리. 충청남도산림환경연구소
11. 국립산림과학원. 2016. 산림병해충 발생조사 워크숍.

소나무재선충병 감염경로 연구

시험기간 : 2014~2016년

담 당 자 : 심기보, 제상대, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 세계적으로 가장 심각한 소나무류 병해 중 하나이며, 동아시아와 북아메리카, 유럽 등지에서 계속적인 피해가 보고 되고 있다(Ichihara et al., 2000; Tan et al., 2005). 소나무재선충은 전염성이 매우 강하여 소나무재선충에 감염된 소나무류는 급속히 시들며 감염 당년에는 80%, 이듬해 봄까지는 거의 100%가 고사한다(김준범 등 2001). 우리나라에서 소나무재선충병의 확산은 1988년 부산 금정산에서 처음 발생한 이래 매년 피해면적이 증가하여 2014년 말 현재 도내 14개 시·군에서 발생하였으며, 주로 부산, 경남지역에서 집중적으로 발생하였으나, 최근 들어 발생지역이 전국적으로 광범위해지고 있다(산림청, 2014).

소나무재선충병에 감수성이 있는 나무로는 소나무속의 소나무(*pinus densiflora*), 곰솔(*P. thunbergii*), 잣나무(*P. koraiensis*)가 있으며, 저항성 수종으로는 리기다소나무(*P. rigida*), 리기테다소나무(*P. rigida* × *P. taeda* hybrid)가 있다(이상명 등 2006).

소나무재선충은 식물에 기생하는 선충으로 소나무류를 말라 죽게하는 병으로 멕시코, 캐나다, 미국, 등 북아메리카의 토착종으로 알려져 있다(Dwinell, 1997). 크기는 암컷 0.7~1.0mm, 수컷 0.6~0.8mm dlu 상온에서의 수명은 약 35일이고 산란수는 100개 내외이다. 1세대 경과일 수는 25°C에서 4~5일, 30°C에서는 3일이며 계속반복하여 번식하므로 1쌍이 20일 후에는 20만 마리로 증식한다(이상명 등 2004).

소나무재선충병 확산 원인은 매개충에 의한 자연적인 요인도 있고, 감염된 원목의 이동으로 인한 인위적인 요인도 있다. 소나무재선충병의 피해를 막기 위해서는 확실한 방제도 중요하지만 소나무재선충병의 피해확산 저지와 효율적 방제체계 구축

을 위해서는 피해확산 원인을 다각적으로 분석하여 맞춤형 방제기술을 적용하여야 할 것이다.

본 연구는 소나무재선충병의 피해확산과 관련 다양한 감염요인을 명확히 분석하기 위하여 토양·뿌리·가지 및 매개충 산란에 의한 감염경로 연구로 체계적인 방제대책 수립을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 시험지역

본원 답천 시험림포지 내에 곰솔(H1.2×R2.5) 300본을 식재하였다.



그림 1. 본원 시험림포지 내 공시목 식재지 전경

2. 시험방법

가. 토양 내 이동에 의한 재선충병 감염전이 조사

소나무재선충의 토양 내 뿌리감염 전이여부를 구명하기 위해 진주시 관내 소나무 재선충병 피해지 내 검경 의뢰한 시료에 대하여 본원 실험실에서 선충 분리 후 광학현미경으로 소나무재선충을 추출하여 건전한 공시목 뿌리 주변 4-5cm 거리에 피펫으로 주입(5,000~6,000마리/250 μ m)하여 뿌리 감염전이 여부를 조사하였다.

공시목 접종은 7월21일에 접종 하였으며, 8월에서 10월까지 조사하였다.



그림 2. 토양 내 이동에 의한 재선충병 감염전이 조사 공시목 식재지

나. 감염목 뿌리밀착에 의한 감염전이 조사

건전목 4본을 밀착하여 식재한 후 여기서 2본을 인공접종하고 재선충은 5,000~6,000마리/250 μ m를 피펫으로 접종하여 공시목을 감염목으로 만들어 나머지 건전목 2본은 감염목 뿌리와 건전목 뿌리를 최대한 밀착시켜 Parafilm으로 묶어서 뿌리상처를 통한 뿌리감염전이 여부를 조사 하였다.

공시목 접종은 4월21일에서 4월22일 2일간 재선충 접종을 실시하였으며, 5월에서 10월까지 조사하였다.



그림 3. 감염목 뿌리밀착에 의한 감염전이 시험

다. 감염목 목질부 접합 및 감염목 상처접종에 의한 감염전이 조사

소나무재선충병에 감염된 소나무를 가로1.2cm×세로2.0cm×두께0.5mm로 직사각형 목편시료로 만들고 시험목 중간부분에 감염목의 크기에 맞추어 상처를 내어 접합시킨 후 Parafilm으로 상처부위를 감아 접합시켰다. 그리고 감염목의 가지부분을 길이 30cm×두께2cm의 크기로 봉을 만들어 상처를 입힌 시험목 중간부분에 감염목 봉으로 문질러 감염목의 가지와 시험목의 가지사이의 감염전이 변화여부를 조사하였다.

공시목 접종은 4월21일에서 4월22일 2일간 재선충 접종을 실시하였으며, 5월부터 10월까지 조사하였다.



그림 4. 감염목 뿌리밀착으로 파라필름을 묶은 모습



그림 5. 감염목 목질부 접합에 의한 감염전이 조사

토양내 이동에 의한 재선충병 감염전이 조사 한 결과 대조구 무처리에서 재선충병의 자연적인 감염요인은 없는 것으로 나타났으며, 뿌리 주변 뿌림과 토양속 재선충을 피펫에 의한 주입 결과 1처리구 및 2처리구 모두 재선충병이 감염되지 않았다.

제1구(무처리)						제2구						제3구					
제1구			제2구			제1구			제2구			제1구			제2구		
시행도 번호	교원	교감	시행도 번호	교원	교감	시행도 번호	교원	교감	시행도 번호	교원	교감	시행도 번호	교원	교감	시행도 번호	교원	교감
35		0	35		0	35		0	35		0	35		0	35		0
33		0	34		0	33		0	34		0	33		0	34		0
31		0	32		0	31		0	32		0	31		0	32		0
29		0	30		0	29		0	30		0	29		0	30		0
27		0	28		0	27		0	28		0	27		0	28		0
25		0	26		0	25		0	26		0	25		0	26		0
23		0	24		0	23		0	24		0	23		0	24		0
21		0	22		0	21		0	22		0	21		0	22		0
19		0	20		0	19		0	20		0	19		0	20		0
17		0	18		0	17		0	18		0	17		0	18		0
15		0	16		0	15		0	16		0	15		0	16		0
13		0	14		0	13		0	14		0	13		0	14		0
11		0	12		0	11		0	12		0	11		0	12		0
9		0	10		0	9		0	10		0	9		0	10		0
7		0	8		0	7		0	8		0	7		0	8		0
5		0	6		0	5		0	6		0	5		0	6		0
3		0	4		0	3		0	4		0	3		0	4		0
1		0	2		0	1		0	2		0	1		0	2		0

나. 감염목 뿌리밀착에 의한 감염전이 조사

건전목 4분을 뿌리까지 최대 밀착하여 2분은 인공접종을 시켜 감염본으로 만들면서 건전목과의 감염전이 조사한 결과 인공접종 시킨 30분중 16분은 감염된 것으로 확인 되었으며, 나머지 14분은 감염되지 않았다 감염되지 않은 14분의 공시목은 재선충에 대한 저항성이 강한 것으로 판단되어 진다. 소나무재선충병 감염목으로 확인된 16분에 대한 건전목과의 감염전이 조사 결과 감염전이는 일어나지 않았다.

표 2. 감염목 뿌리밀착에 의한 감염전이 조사

뿌리접종(뿌리접합)					
30분			30분		
시험목 접종	감염	미감염	시험목 접종	감염	미감염
59		0	60		0
57		0	58		0
55		0	56		0
53		0	54		0
51		0	52		0
49		0	50		0
47		0	48		0
45	0		46		0
43		0	44		0
41		0	42		0
39		0	40	0	
37		0	38		0
35		0	36		0
33		0	34		0
31		0	32		0
29		0	30		0
27		0	28	0	
25	0		26		0
23		0	24	0	
21	0		22		0
19		0	20	0	
17	0		18		0
15		0	16	0	
13	0		14		0
11		0	12	0	
9	0		10		0
7		0	8	0	
5	0		6		0
3		0	4	0	
1	0		2		0

다. 감염목 목질부 접합 및 감염목 상처접종에 의한 감염전이 조사

건전목 목질부에 감염목 목편으로 접합한 결과 18본 중 18본 모두 감염전이는 일어나지 않았고, 건전목 목질부에 감염목 목봉으로 문질러 상처를 입힌 후 감염전이를 조사한 결과 18본 중 18본 모두 감염전이 현상은 일어나지 않았다. 감염목 목편 접합으로서는 감염전이가 없는 것으로 사료되며, 또한 감염목으로 건전목에 상처를 입혀도 감염전이에 크게 영향을 주지않은 것으로 조사되었다.

표 3. 감염목 목질부 접합 및 감염목 상처접종에 의한 감염전이 조사

기적(감염목 목편접합)						기적(감염목 상처접합)					
18본			18본			18본			18본		
시험목 관통	교본	격감본	시험목 관통	교본	격감본	시험목 관통	교본	격감본	시험목 관통	교본	격감본
36		0	36		0	36		0	36		0
35		0	34		0	34		0	34		0
31		0	32		0	31		0	32		0
29		0	30		0	29		0	30		0
27		0	28		0	27		0	28		0
25		0	26		0	25		0	26		0
23		0	24		0	23		0	24		0
21		0	22		0	21		0	22		0
19		0	20		0	19		0	20		0
17		0	18		0	17		0	18		0
15		0	16		0	15		0	16		0
13		0	14		0	13		0	14		0
11		0	12		0	11		0	12		0
9		0	10		0	9		0	10		0
7		0	8		0	7		0	8		0
5		0	6		0	5		0	6		0
3		0	4		0	3		0	4		0
1		0	2		0	1		0	2		0

IV. 적 요

1. 토양내 이동에 의한 재선충병 감염전이 조사 한 결과 대조구 무처리에서 재선충병의 자연적인 감염요인은 없는 것으로 나타났으며, 뿌리주변 뿌림과 토양속 재선충을 피펫에 의한 주입 결과 1처리구 및 2처리구 모두 재선충병이 감염되지 않았다.
2. 건전목 4본을 뿌리까지 최대한 밀착하여 2본은 인공접종을 시켜 감염본으로 만들면서 건전목과의 감염전이를 조사한 결과 인공접종 시킨 30본중 16본은 감염된 것으로 확인 되었으며, 나머지 14본은 감염되지 않았다. 감염되지 않은 14본의 공시목은 재선충에 대한 저항성이 강한 것으로 판단되어 진다. 소나무재선충병 감염목으로 확인된 16본중에서 건전목과의 감염전이를 조사를 한 결과 16본 모두 감염전이는 나타나지 않았다.
3. 건전목 목질부에 감염목 목편으로 접합한 결과 18본중 18본 모두 감염전이는 일어나지 않았고, 건전목 목질부에 감염목 목봉으로 문질러 상처를 입혀 감염전이를 조사 한 결과 18본중 18본모두 감염전이 현상은 일어나지 않았다. 감염목 목편 접합으로서는 감염전이가 없는 것으로 사료되며, 또한 감염목으로 건전목에 상처를 입혀도 감염전이에 크게 영향을 주지않은 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. 이승규 등. 2006. 소나무재선충의 토양 내 생존시간 및 뿌리감염 가능성. 한국임학회
2. 정찬식 등. 2009. 소나무재선충병 생태특성 연구. 국립산림과학원
3. 문일성 등. 2011. 소나무재선충의 뿌리감염 가능성. 국립산림과학원
4. 김준범, 조명희, 오정수, 이광재, 박성중, 엄향희. 2001. GIS와 위성영상을 이용한 소나무재선충 피해지역과 기상인자와의 시·공간적 상관분석. 한국농림기상학회 2001년 춘계학술발표논문집:49-52.
5. 이상명, 하현보. 2004 알기쉬운 소나무재선충. 국립산림과학원. 서울. PP.104.
6. Ichihara, Y. Fukuda, K. Suzuki, K. 2000. Early Symptom Development and Histological Changes Associated with Migration of *Bursaphelenchus xylophilus* in Seedling Tissues of *Pinus Thunbergii*. Plant Disease 84:675-680.
7. TAN Jia-Jin. YE Jian-Ren. WU Xiao-Qin. ZHU Yun-Feng. LI Yan. 2005. A Study on Disease Development and Early Diagnosis of Pine Wood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, Infection of Japanese Black Pine. Nematology 7:481-485.

소나무재선충병 방제물질 및 매개충 포획트랩 개발에 관한 연구

시험기간 : 2016~2018년(3년, 1년차)

담 당 자 : 유찬열, 최동성, 오성윤, 정한록

1. 서 론

소나무재선충병(Pine wilt disease)은 1988년 부산 동래구 금정산을 시작으로 감염되어 빠르게 확산되어 이후부터 국내 소나무의 수난이 시작되었다. 소나무 잎이 우산살 모양으로 아래로 처지며 빠르면 1개월 만에 잎 전체가 적갈색으로 변하면서 말라 죽는다. 소나무재선충병의 병원체인 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 크기는 1mm 내외이며 실처럼 가늘고 길게 생겼다. 소나무재선충은 입안에 바늘같이 뾰족한 침으로 소나무의 양분을 빨아먹는다. 소나무재선충을 보유한 매개충인 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*)가 신초를 후식할 때 소나무재선충이 나무 조직 내부로 침입하여 빠르게 증식해 뿌리로부터 올라오는 수분과 양분의 이동을 방해하며 나무를 시들어 말라 죽게 한다. 병징 및 표징으로는 소나무 잎이 우산살 모양으로 아래로 처지며 잎 전체가 적갈색으로 변하고, 가지나 줄기에서 매개충의 타원형 침입공과 지름 5~8mm의 원형 탈출공이 발견된 것으로 알 수 있다. 감염속도가 빠르지만 최근에는 적극적인 예방조치가 실시되어 과거보다는 피해 확산속도가 느리지만 한번 감염되면 되돌릴 수가 없어 주의해야 한다. 고사목은 베어서 훈증 소각하고(훈증법 : 고사된 나무를 베어서 쌓고 살충제를 뿌린 후 비닐로 덮어 훈증하여 매개충을 제거하는 방법), 매개충 구제를 위해 5~8월에 아세타미프리드 액제를 3회 이상 살포한다. 예방을 위해서는 12~2월에 아바멕틴 유제 또는 에마멕틴

벤조에이트 유제를 나무주사하거나 4~5월에 포스티아제이트 액제를 토양 관주한다. 소나무 재선충병은 발생하면 치료할 수 있는 방법이 없기 때문에 예방이 중요하다. 소나무 재선충병을 예방하기 위해서는 나무주사와 약제를 살포하는 방법이 있다. 나무주사의 경우 1~3월에 소나무 잎의 상태를 관찰하여 건강한 나무를 대상으로 감염우려 지역에서 진행이 되고, 방제는 지상과 항공에서 실시가 되는 예방법으로 동력분무기, 방제차량 및 항공기 등을 이용하여 소나무의 잎과 줄기에 골고루 살포하는 방법이 있다. 1988년 첫 발생 이후 지난 30년간 방제작업에도 불구하고 소나무재선충병은 지속적으로 확산되고 있어 철저한 모니터링과 방제 방법이 중요하다.

따라서 본 연구는 소나무재선충병의 매개충인 솔수염하늘소의 먹이가 되는 송침유(pine needle oil)를 활용한 유인제 확산 트랩을 개발하여 소나무재선충병 매개충 포획량 조사 및 유채씨유에서 추출한 펠라르곤산*을 활용하여 실내 실험 및 이를 기반으로 실외 현장 시험을 통한 소나무재선충병 친환경방제물질 탐색에 있다.

※ 펠라르곤산이란?

- 유채꽃(*Brassica napus*) : 양귀비목, 쌍떡잎식물로 3~4월에 꽃이 가지 끝에 달림
- 종자에는 38~45% 기름이 함유 (15~25% 가용성 질소질과 20% 단백질)
- 유채유를 증류 및 정제하여 카놀라유, 착향료, 방향제, 천연도료 첨가제, 식첨제 등 활용
- 종자에서 분리한 지방유는 연고기제, 유성 주사약의 용제나 기계 윤활제로 활용
- 응고점 12.2 °C, 비등점 255 °C, 탄소수 9개의 곁은 사슬 포화지방산의 유상 액체(C9)
- 물에는 녹지 않고 에테르, 에탄올에 용해
- 버터, 모발유 및 식물계에는 쥐손이풀과(*Pelargonium roseum*)의 잎에 함유(펠라르곤산으로 명명)
- 작용기작 : 선충의 표피 콜라겐, 난낭 젤라틴, 알껍질 키틴을 용해



그림 1. 전국 소나무재선충병 피해 고사목 및 예산 현황(2015. 산림청)



사진 1. 소나무재선충병 피해, 방제 및 재선충 모습

II. 재료 및 방법

1. 소나무재선충 방제 물질 개발

- 장소 : 소나무재선충병 발생지 선정(진주 집현면 등)
- 방법 : 시험목 선정(비율별 6본)
 - 비율별 100배액~300배액, 500ml 링거병 형태의 주사
- 접종 후 매주 소나무 진행상황 모니터링
- 소나무 고사진행률 조사, 잎 생성시기 및 신초 개엽률 조사 등

2. 소나무재선충병 매개충 방제 트랩 개발

- 장소 : 소나무재선충병 발생지(진주, 하동 등)
- 방법 : 시험대상지 선정(1ha별 소형 7대 설치, 대형 1대 설치)
- 면적 : 소나무재선충 피해지 총 2ha(확산 트랩 14대 설치, 대형 3대 설치)
- 확산 트랩 설치 후 매주 매개충 포획률 조사

3. 연구 동향

가. 이채민 등(2015)은 우리나라의 소나무림에 만연되어 있는 소나무재선충에 대한 살선충 및 증식억제 활성을 우리나라 산림토양으로부터 분리 한 방선균을 이용하여 수행하였다. 우리나라 산림토양에서 분리 된 32개의 방선균 균주들 중 21개 균주의 2배 배양여액에서 소나무재선충에 대한 보정 사충률이 90% 이상을 나타내었다. 방선균들 중 AM210, SG16, YD116, YD315 균주의 병원성이 가장 높았으며 YD116 균주는 분자생물학적, 형태적 특성 조사결과 *Streptomyces atratus*로 동정되었다. *S. atratus*로부터 몇 가지 활성 물질들이 알려져 있으며 그들 중 세포독성을 가지는 hydrazidomycin과 유사한 hydrazine hydrate를 이용하여 소나무재선충에 대한 살선충 활성을 검정하였다. 10 ppm 농도의 hydrazine hydrate는 소나무재선충에 대하여 60.8%의 보정 사충율을 보였다.

나. 박승찬 등(2014)은 저병원성 계통 선충의 사전접종이 고병원성 소나무재선충에 대한 소나무의 저항성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 연구가 수행되었다. 치수에 저병원성 소나무재선충을 선접종한 결과, 선접종에 의하여 소나무재선충에 대한 저항력이 유도되었다. 그 유도저항성은 1년 후까지 유지되었으며, 저병원성 선충의 반복 감염은 보다 저항성 유도 효과가 큰 것으로 나타났다. 소나무재선충에 의하여 고사한 후 경과기간이 3개월 이하인 피해목 및 피해진행목에서 분리된 선충은 모두 고병원성이었으며, 고사 후 2~3년이 경과한 벌채목에서 분리된 선충 5계통 중 4계통은 저병원성이었다. 저병원성 선충이 소나무 치수에 인공접종 되었을 때 초기 정착률은 고병원성 선충과 차이가 없었으나, 접종 30일 후에 수목내의 부위별 개체수를 조사한바 저병원성 선충의 증식률은 고병원성보다 현저히 낮았다. 저병원성 선충의 잣빛곰팡이병 군사배지에서의 선충증식 속도는 계통에 따라

차이가 있었으며, 증식속도가 빠른 계통은 대체로 고병원성 선충의 증식속도와 차이가 없었다.

다. 김동수 등(2008)은 소나무재선충을 매개하는 솔수염하늘소의 산란생태와 소나무재선충 이동과의 관계 및 솔수염하늘소내 소나무재선충 보유율을 조사하기 위하여 소나무재선충병 피해 발생지역내 매년 고사목이 발생하는 지역을 대상으로 2007년 5월부터 10월까지 매월 초 건전한 소나무를 벌채하여 임내에 존치시켜 매개충인 솔수염하늘소의 산란을 유인하였다. 또한 야외 사육상(4×2×2.5m)내에 산란목을 설치하고 매개충의 산란을 유도하였다. 피해지내 임내에서 매월 벌채하여 솔수염하늘소 산란을 유도한 해송 공시목에서 이듬해 우화탈출한 솔수염하늘소를 채집(n=60)하여 소나무재선충 보유율을 조사한 결과 18.3%(n=11)였다. 솔수염하늘소 한 마리당 소나무재선충 보유수는 5,713마리(최대 24,533, 최소 13)였다. 야외 사육상에서 산란을 유도하여 이듬해 채집한 솔수염하늘소(n=64) 중 15.6%가 소나무재선충을 보유한 채로 우화탈출 하였다. 솔수염하늘소 한 마리당 선충 보유수는 2,034마리(최대 16,160, 최소 51)였다. 또한 매개충은 서식하고 있으나 소나무재선충이 없는 공시목에 인위적으로 소나무재선충을 접종하여 이듬해 우화탈출하는 솔수염하늘소(n=81)에서는 38.3%가 소나무재선충을 보유하였고, 솔수염하늘소 한 마리당 선충 보유수는 20,083마리(최대 128,700, 최소 56)였다.

라. 이상명 등에 의하면 메탐소디움 25%액제, 인화늄 56%정제, bifenthrin 4%과립혼연제, diazinon 3%입제, 양고추냉이 98%정유와 10%gas를 이용하여 소나무재선충병 매개충인(솔수염하늘소, 북방수염하늘소) 유충에 대한 살충활성과 메탐소디움 25% 액제의 혼중조건 등을 연구하였다.

마. 박일권 등에 따르면 메탐소디움 42%액제인 소일킹은 소나무 및 곰솔의 소나무재선충병 혼증방제약제로 농촌진흥청에 등록하였으며, 잣나무에 발생하는 소나무재선충병 혼증방제약제의 혼중조건 및 시기 등을 연구하였다.

바. 하만릉(2016)은 진주, 사천지역의 고사된 곰솔의 피해임지에서 소나무재선충과 유사선충의 비율을 조사한 결과 진주지역이 1년경과 후 소나무재선충 48%, 식물기생성선충 52%로 나타났으며, 사천지역은 1년경과 후 소나무재선충 53%, 식물기생성선충 47%로 나타났다. 시료목 내 소나무재선충의 생존기간의 비율은 진주지역이 9개월 경과한 후 각 지역별로 5~50%의 재선충이 검출되었으며, 1년이

경과한 후에는 각 지역별로 0~10% 소나무재선충이 검출되었다. 사천지역은 9개월 경과한 후 조사지역별로 30~40%, 1년경과 후에는 5~20% 소나무재선충 검출되었다. 경남지역과 진주지역의 소나무재선충 목재표면 함수율에 의한 생존 관계를 파악하여 목재 내 생존 함수율을 검증한 결과 경상남도 전체로 조사 결과 거제지역이 39.9%의 최고함수율을 나타냈으며, 최저함수율은 6%를 나타낸 창녕군으로 나타났다. 소나무재선충으로 인한 피해임지에서의 고사율을 조사한 결과 진주지역은 9월에 41.7%로 가장 많은 고사율을 보였으며, 이듬해인 1~6월까지 고사율은 11.1%으로 나타났다. 사천지역은 10월이 39.3%로 가장 높은 고사율을 보였으며, 이듬해인 1~6월까지 12.5%로 조사되었다. 두 지역 모두 8월에서 10월까지 70%가 고사하는 것으로 조사되었다.

사. 정호성(2015)은 소나무재선충병의 방제방법별 방제효과분석과 현행 방제시스템의 적합성을 검증하고 피해발생 증감원인과 문제점을 발굴하여 향후 보다 효율적인 방제개선책을 제시하기위하여 현장 중심으로 남부지방의 소나무재선충병 발생지역에 대한 피해 및 방제현황을 파악하였다.

아. 한중득(2009)은 소나무 마름병은 소나무 재선충이 원인이 되어 발생하는 것으로 써 소나무를 고사시키는 질병이다. 본 연구에서는 음식물 쓰레기 386개, 토양 547개, 김치 1,675개의 시료에서 2,608개의 각각 다른 균주를 분리하여 소나무 재선충에 대하여 길항작용 실험을 하였다. 실험 결과 소나무 재선충에 대하여 길항작용을 하는 균주 *Enterobacter hormaechei* H19, *Klebsiella pneumoniae* H24, *Klebsiella pneumoniae* H390, *Bacillus megaterium* C88, *Enterobacter ludwigii* C119, *Lactobacillus algidus* K16-2, *Leuconostoc gelidum* K25-3, *Enterobacter* sp. K45-3, *Bacillus lichemiformis* CH-19-3, *Staphylococcus aureus* KC4-JDc를 획득하였다. 이 중 소나무 재선충에 대하여 길항작용이 가장 좋은 균주는 *Bacillus megaterium* C88, *Leuconostoc gelidum* K25-3, *Enterobacter* sp. K45-3이었다. 소나무 재선충에 대하여 길항 능력이 가장 좋은 균주들을 각각 소나무 재선충에 감염된 소나무를 대상으로 소나무 재선충의 치유효과 검증을 실시한 결과, 소나무 재선충에 감염된 소나무에 치유효과가 나타남을 확인할 수 있었다. 이 결과 소나무 재선충에 대하여 길항 능력을 나타내는 미생물들이 소나무 재선충을 제어하며, 소나무 재선충에 감염된 소나무에 치유작용을 하는 것으로 나타났다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 소나무재선충 방제 물질 개발

소나무재선충병 친환경 방제물질 개발을 위하여 유채유를 활용하여 아래 그림 2와 같은 증류 및 정류 과정을 거쳐 펠라르곤산을 정제하였다.




그림 2. 유채유를 활용한 펠라르곤산 제조 공정

펠라르곤산의 경우 아래 그림 3에서 보는 바와 같이 이미 다른 나라에서는 살균제 또는 채소 세척제 등으로 그 안전성이 인정되어 사용되고 있다. 예를 들면 FDA(Food and Drug Administration, 식품의약품)의 식품 접촉면 살균제로 사용 인증번호 (12CFR178. 1010b), 합성식품 방향제 사용 인증번호 (21CFR172.515), 또한 USDA(United States Department of Agriculture, 美國農務部)의 과일 및 채소 세척 화합물 허가물질 리스트로 등재(1990 section 5.14), EPA(Enviromental Protection Agency, 환경 보호국)의 글리오글라디움 방제물질(EPA-HQ-OPP-2010-0439) 등에서 알 수 있다.

<div></div> <div>WIKIPEDIA</div> <div>The Free Encyclopedia</div>	<div>Nonanoic acid</div> <div> <chem>CCCCCCCC(=O)O</chem> </div>	
	Names	
	Systematic name	Nonanoic acid
	Other names	<p>Peranoic acid, 1-nonanecarboxylic acid</p>
	Identifiers	
	CAS Registry Number	112-120-4
	EINECS	204-100-4
	EC number	204-100-4
	PubChem	11212
	ChEMBL	11212
	Properties	
	Molar mass	158.17 g/mol
	Appearance	Colorless, translucent oily liquid
	Density	0.900 g/cm ³
	Melting point	12.3 °C (54.1 °F; 285.5 K)
	Boiling point	294 °C (488 °F; 527 K)
	Solubility in water	2.3 g/L
	Acidity (pK _a)	4.86 ^[1]
		1.000 ^[1]
		4.86 ^[1]
	Hazards	
	Signal word	Corrosive (C)
	H-phrases	H314
	P-phrases	(S1/2) 302+352 305+351+338
	NFPA 704	<div> <div> <div>3</div> <div>1</div> <div>0</div> </div> </div>
	Flash point	112 °C (233 °F; 385 K)
	Autoignition temperature	405 °C (761 °F; 678 K)
	<p>Except where otherwise noted, data are given for materials in their standard state (at 25 °C [77 °F], 101 kPa)</p>	
	<p>X may denote an unstable molecule</p>	
	<p>Reference: PubChem</p>	

* For fatty acid/salt and C8-C10 methyl esters, data gaps to address the following aspects of the ecotoxicological risk assessment were identified: aquatic organisms, bees, non-target arthropods, earthworms, soil microorganisms and non-target plants. A low risk to birds, mammals and sewage treatment organisms was concluded

 European Food Safety Authority

EFSA Journal 2013;11(1):3023

CONCLUSION ON PESTICIDE PEER REVIEW

Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Fatty acids C7 to C18¹ (approved under Regulation (EC) No 1107/2009 as Fatty acids C7 to C20)

European Food Safety Authority²

European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy

그림 3. 펠라르곤산의 환경 독성(안전성) 자료

위와 같이 다양한 방면으로 펠라르곤산을 활용하고 있었지만, 소나무재선충을 이
루는 주요 성분(콜라젠, 키틴 등)을 용해하는 작용기작을 이용하여 소나무재선충병
방제 물질로의 적용은 이루어지지 않았다. 이에 착안하여 소나무재선충 친환경 방
제약제 개발을 시작한 배경이다. 하지만 이론상으로는 결코 쉽지 않은 일이었다. 우
선 소나무재선충병에 의하여 병징과 표징이 나타나는 시기는 이미 목재 내부는 수
관 이동이 거의 멈추었고 세포가 파괴 되었기 때문에 약제를 내부에 주입하여도 이

동이 이루어지지 않았고 이미 파괴된 세포를 회생하기는 불가능하기 때문이다. 아래 표 1과 사진 2에서 보는 바와 같이 우선 실내실험으로 소나무재선충에 대한 살충 효과를 진행하였다. 펠라르곤산 250배액, 500배액, 1,000배액을 각각 처리하여 무처리 대조구와 비교하였다. 모두 10분 이내에 살충되는 것을 알 수 있었으며 그 작용기작이 표피가 용해되는 것을 알 수 있었다.

표 1. 펠라르곤산에 대한 소나무재선충 살충률 실험 결과

배액	소나무재선충 생충개체/시간대별			
	5분	10분	30분	60분
250	15.6	1.3	0	0
500	22.1	3.6	0	0
1000	39.3	7.2	0	0
무처리	100	100	100	100

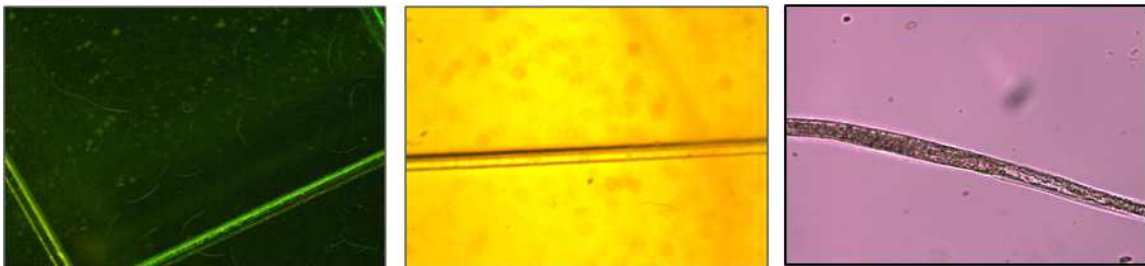


사진 2. 소나무재선충 살충 모습

상기 실내 자료를 바탕으로 경남 진주시 집현면의 소나무재선충병 피해지에 현장 적용 시험지를 선정하였다. 비율별로(100배액~300배액) 500ml 링거병 형태의 주사로 각각 피해가 진행 중인 소나무를 선정하여 6분을 예비실험으로 진행하였다. 지난해 11월에 최초 약제 주입 후 이듬해 2016년 6월까지를 목표로 지속적인 모니터링을 진행 하였다. 매주 소나무 진행상황 모니터링을 위해 소나무 고사진행률 조사, 잎 생성시기 및 신초 개엽률 조사 등을 위해 사진 촬영하였다. 그러나 2016년 2월에 소나무재선충병 방제단에 의하여 상기 시험목이 별목되어 추가 조사를 실시하지 못하였다.



사진 3. 소나무재선충병 친환경방제 약제 주입 현장 모습

2. 소나무재선충병 매개충 방제 트랩 개발

소나무재선충병 매개충 포획 트랩의 경우, 기존에 설치된 페로몬 트랩의 단가가 높고 유해하지 않은 곤충까지 포획하는 단점이 제기되어 솔수염하늘소의 선별적 방제법에 대하여 1년 동안 연구하였다. 그 결과 농진청에서 개발한 노린재 포획용 로켓 트랩을 응용하여, 유인 물질을 이용한 대상 해충의 선택적 포획기술과 태양광 확산판을 부착하여 24시간 가동되도록 좀 더 기능과 용도를 향상시킨 트랩을 개발하였다. 특히 곤충의 생태적인 면을 현장에 적용한 것으로 기존의 인위적인 빛을 이용한 포획과는 달리, 먹이로 유인한 후 트랩에 착지하여 스스로 상부로 이동하여 자연스레 포획되는 원리를 적용하였다. 트랩의 원리는 매개충의 먹이가 되는 유인

제를 확산트랩 내부에 넣고 팬(fan)을 장착하여 유인제를 확산시키는 것으로서 동력의 원천은 팬 상단부의 태양광이다. 이런 태양광을 응용하여 작은 팬을 돌려 트랩 내부의 유인제를 원경 50m 까지 확산시켜, 기존의 자연풍에 의존하는 것에 비하여 확산 효과가 큰 것으로 나타났다. 특히 바람이 불지 않을 경우에도 효과가 탁월할 것으로 보고 있다.



사진 4. 개발한 소나무재선충병 매개충 포획트랩 모습

선행시험으로 충남도 산림환경연구소와 협력하여 잣나무에 피해를 주는 북방수염하늘소의 4월경 우화시기에 맞춰 경남도 산림환경연구원에서 개발한 확산트랩을 지원하여 잣나무 피해지에 설치한 결과, 아래 사진 5와 같이 확산트랩 내부에 포획되는 것을 현장 확인하였다. 또한 본원 시험림 내 우화상에도 설치하여 내부에 포획되는 것을 확인하였다.



사진 5. 충남도 북방수염하늘소 및 본원 시험림 솔수염하늘소 포획 모습

상기의 자료를 기반으로 하여 2016년 5월말 이후부터 우화하는 솔수염하늘소의 포획을 위하여 현장 실연시험을 위하여 피해가 극심한 사천 곤양면과 진주 유곡동 지역을 시험대상지로 선정하여 각각 7대씩 총 14대의 트랩을 설치하였다. 개발한 트랩은 지금까지 각종 무해한 곤충까지도 포획되는 집합페로몬을 활용한 기존의 트랩과는 차별화된 선별적 트랩이다. 또한 페로몬의 확산 부분도 기존과는 차별화된 신선한 아이디어 접목으로서 그 성과가 있다고 생각된다.



사진 6. 개발한 포획 트랩 설치 지역

IV. 적 요

1. 펠라르곤산 250배액, 500배액, 1,000배액을 각각 처리하여 무처리 대조구와 비교하였다. 모두 10분 이내에 살충되는 것을 알 수 있었으며 그 작용기작이 표피가 용해되는 것을 알 수 있었다.
2. 소나무재선충병 매개충 방제 트랩의 경우, 유인 물질을 이용한 대상 해충의 선택적 포획기술과 태양광 확산팬을 부착하여 24시간 가동되도록 좀 더 기능과 용도를 향상시킨 트랩을 개발하였다. 특히 곤충의 생태적인 면을 현장에 적용한 것으로 기존의 인위적인 덫을 이용한 포획과는 달리, 먹이로 유인한 후 트랩에 착지하여 스스로 상부로 이동하여 자연스레 포획되는 원리를 적용하였고, 확산트랩 내부에 넣고 팬(fan)을 장착하여 유인제를 확산시키는 것으로서 기존의 자연풍에 의존하는 것에 비하여 확산 효과가 큰 것으로 나타났다. 선행시험으로 잣나무 피해지에 설치한 결과, 매개충이 확산트랩 내부에 포획되는 것을 현장 확인하였다. 또한 본원 시험림 내 우화상에도 설치하여 내부에 포획되는 것을 확인하였다.

V. 참고문헌

1. 이승규 등. 2006. 소나무재선충의 토양 내 생존시간 및 뿌리감염 가능성. 한국임학회
2. 정찬식 등. 2009. 소나무재선충병 생태특성 연구. 국립산림과학원
3. 문일성 등. 2011. 소나무재선충의 뿌리감염 가능성. 국립산림과학원
4. 김동윤. 2008. Web-GIS를 이용한 소나무재선충병 정보관리시스템 개발. 경일대대학원
5. 박정은. 2008. 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)에서 RNAi기술의 정립. 연세대대학원
6. 서동연. 2010. 소나무재선충과 소나무재선충 감염목, 그리고 매개충 솔수염하늘소에 존재하는 세균의 다양성. 단국대
7. 문일성. 2013. 소나무재선충 매개충의 생태특성 및 천적이용 연구. 국립산림과학원

수목병해충 방제약종 선발시험

시험기간 : 2013년 ~

담당자 : 권정화, 이인동, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서론

최근의 조경수 생산 및 유통현장에서는 신도시 조성, 대형 공원 등과 같은 정부 주도의 대규모 건설공사가 이루어지면서 이들 지역의 경관조성을 위하여 필요한 조경수의 수요가 급속히 증가되고 있으며, 조경수 전체 생산량 중 관목류가 교목류보다 월등히 많다(임현택 등 2010).

특히 관목 조경수 중에서 사계절 푸른 상록성인 사철나무는 맹아력이 좋고 토양 적응력이 우수하여 생울타리는 물론 조형목 등으로 꾸준히 수요가 있어 남부지역에서는 흔히 볼 수 있는 수종 중 하나이다. 하지만 사철나무에 흔히 발생하는 사철나무 탄저병은 나무의 미관을 해치고 피해가 심한 경우 조기낙엽 등으로 나무의 생육을 저해하여 조경수로서 가치를 크게 하락시키는 등 문제 시 되고 있다.

그리고 통풍이 불량한 조경수, 가로수에 빈번히 발생하는 각지벌레는 수목의 가지나 잎에 붙어 즙액을 빨아 먹으며 수세를 약화시키고 각지벌레가 분비하는 감로로 인해 그을음병이 발생해 미관을 해칠 뿐만 아니라 광합성 작용의 효율을 떨어뜨리는 피해를 주고 있다.

현재 작물보호지침서에 사철나무 탄저병, 각지벌레의 방제약제가 등록되어 있지 않을 뿐 아니라 전용약제 선발연구가 이루어지지 않아 조경수, 가로수 병해충 방제 시 유사 병해충 또는 고독성 농약의 오·남용으로 방제효과가 저하되고 환경오염 유발 등 2차 피해가 발생하고 있다. 이러한 이유로 우수한 방제약제를 선발하는 것은 환경적, 경제적 측면에서도 반드시 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내 농작물의 탄저병, 각지벌레 방제약제로 유통되고 있

는 살균제·살충제를 대상으로 사철나무 탄저병, 뽕밀깍지벌레의 방제효과 및 약해 발생 유무를 검증하여 생활권에서의 무분별한 농약사용으로부터 국민건강 및 자연환경을 보호하고 화학적 방제체계를 확립하고자 수행하였으며, 시험설계의 기준은 국립농업과학원의 「살균제·살충제 약효·약해시험의 기준과 방법」에 준하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사철나무 탄저병

가. 재 료

1) 시험수종 : 사철나무(*Euonymus japonicus* Thunb.)

노박덩굴과 수목으로 잎은 마주나기하며, 두텁고 거꿀달걀형 또는 좁은 타원형으로 예두 또는 무딘형이고, 표면에 윤채가 있으며 뒷면은 황록색이고 둔한 톱니가 있는 암수한그루의 상록활엽 관목이다.

2) 시험약종

시험약종 5종은 작물보호제 지침서(2016. 한국작물보호협회)에 탄저병 방제 약제로 등록된 약종과 국립산림과학원에서 선정해 준 약종 중 계통이 다른 저독성 농약을 중심으로 선정하였으며, 표 1과 같다.

표 1. 시험약종별 주성분 및 희석배수

약종	상표명	주성분 합량	계 통	독 성	희석배수 (약효, 약해)	
					기준량	배 량
메트코나졸 액상수화제	살림꾼	20%	트리아졸계	저독성	3,000	1,500
보스칼리드· 피라클로스트로빈 액상수화제	벨리스 에스	13.6% +8%	아닐라이드계 +스트로빌루린계	저독성	2,000	1,000
아죽시스트로빈· 프로피코나졸 유제	헤드웨이	5.7% +9.5%	스트로빌루린계 +트리아졸계	저독성	1,000	500
이미녹타딘트리스 알베실레이트 수화제	벨쿠트	40%	구아니딘계	저독성	1,000	500
피라클로스트로빈 액상수화제	프로키온	11%	스트로빌루린계	저독성	2,000	1,000

※ 참고 : 작물보호제 지침서(2016. 한국작물보호협회)

3) 시험수병 : 사철나무 탄저병(*Gloeosporium euonymicola* Hemmi)

가) 병원균의 특징 : 곰팡이의 일종으로 불완전균류에 속하며 나무의 잎이나 줄기에서 분생포자층 혹은 자낭각을 형성하면서 여러 해 동안 기생할 수 있고, 떨어진 식물 잔해에서도 당분간 살아남을 수 있다.

나) 피해 특성 : 채광과 통풍이 불량하거나 밀식된 곳에서 잘 발생하며 잎에 지저분한 병반이 다수 나타나 나무의 미관을 해치고, 다수의 잎이 말라죽어 나무의 생육이 저해된다(그림 1).

다) 병징 및 표징 : 갈색 혹은 적갈색의 소형 반점이 잎 가장자리로부터 발생하기 시작하여 불규칙한 모양의 대형 병반으로 확대된다. 병반 주변은 적색 혹은 적갈색을 띄고, 대형으로 발달한 병반은 후에 회색으로 퇴색하면서 마른다. 피사한 병환부에는 다수의 분생포자층이 어두운 색의 작은 점이 약간 솟아 올라있는 것처럼 나타난다. 습하면 분생포자층으로부터 어두운 오렌지색의 분생포자 덩이가 분출되어 나온다(활엽수병해도감. 2011. 국립산림과학원).



그림 1. 사철나무 탄저병 피해엽

나. 시험지

시험지는 진주시 일반성면 동부로 2060 반성초등학교 내 2015년 탄저병 발생지로 화분형 화단으로 인해 토양이 다습하며 밀식되어 통풍이 잘 되지 않아 사철나무 울타리 전반에 탄저병이 발병되어 대상지로 선정하게 되었다. 그리고 무처리구의 이병엽율이 73.0%로 약효를 검토하기에도 충분하였다.

다. 처리방법 및 시험규모

약효시험은 작물보호지침서에 명시된 정량배수로 약해시험은 정량의 2배로 희석하여 서늘한 오후시간(17시~19시)에 7일 간격으로 총 3회(7/14, 7/21, 7/28)에 걸쳐 경엽처리하였고, 시험규모는 표 2와 같다.

표 2. 시험규모

처리구	처리 수	본수 (면적)	반복 수	총 본수 (면적)
약 효	5약종	5본 (2.0m ²)	3	75본 (30.0m ²)
약 해	5약종, 2처리	1본 (0.4m ²)	3	30본 (12.0m ²)
대조구	무처리	5본 (2.0m ²)	3	15본 (6.0m ²)
계	5약종, 2 처리	-	9	120본 (48.0m ²)

라. 조사항목

- 1) 약효 : 최종 약제처리 후 10일 차(8/7)에 본당 4방위별 2가지씩 총 8개 가지에서 5엽씩(본당 40엽), 처리구당 5본에 대한 200엽을 채취하여 건전엽과 이병엽을 분리하여 이병엽율(%)과 방제가(%)를 조사하였다(그림 2).

※ 이병엽율(%) : 총 엽수에 대한 이병엽수 비율(이병엽수/총엽수×100)

방제가(%) : 무처리구의 이병엽율에 대한 약종별 이병엽율 비율

$[(\text{무처리 이병엽율} - \text{처리 이병엽율}) / \text{무처리 이병엽율}] \times 100$



그림 2. 이병엽과 건전엽

- 2) 약해 : 최종 처리 후 3, 5, 7일 차(7/31, 8/2, 8/4)에 반점, 뒤틀림, 황변 등의 약해증상을 달관조사하고, 약해등급(0 ~ 5단계)은 표 3의 기준에 의하여 평가하였다.

표 3. 약해 등급 평가표

약해정도	평가기준	피해율
0	육안으로 약해가 인정되지 않음	
1	아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨	0~20 %
2	처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨	21~40 %
3	처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨	41~60 %
4	상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음	61~80 %
5	심한 약해를 받고 고사한 상태임	81~100 %

※ 작물보호제 지침서(2016. 약해 등급 평가표 기준)

2. 뿔밑까지벌레

가. 공시재료

- 1) 시험수종 : 영산홍(*Rhododendron indicum* (L) Sweet.)

2) 시험약종

시험약종 5종은 작물보호제 지침서(2016. 한국작물보호협회)에 까지벌레 방제 약제로 등록된 약종과 국립산림과학원에서 선정해 준 약종 중 저독성 농약을 중심으로 선정하였으며, 표 4와 같다.

표 4. 시험약종별 주성분 및 희석배수

약종	상표명	주성분 함량	계 통	독 성	희석배수 (약효, 약해)	
					기준량	배 량
아미트라즈· 뷰프로페진 유제	히어로	12.5% +12.5%	아미딘계 +치아디아진계	보통독성	1,000	500
벤푸라카브 입상수화제	더원	30%	카바메이트계	보통독성	1,000	500
티아메톡삼 입상수화제	플래그쉽	24.49%	치아니코티닐계	저독성	5,000	2,500
페니트로티온 유제	스미치온	50%	유기인계	저독성	1,000	500
피리플루퀴나존 입상수화제	광파레	10%	-	저독성	2,000	1,000

※ 참고 : 작물보호제 지침서(2016. 한국작물보호협회)

3) 시험해충 : 뿔밀각지벌레(*Ceroplastes ceriferus* (Fabricius))

가) 피해 특징 : 새 가지나 잎에 붙어 즙액을 빨아 먹으므로 수세가 약해지고 각 지벌레가 분비하는 감로로 인해 그을음병이 발생하는데 미관을 해칠 뿐만 아니라 광합성 작용의 효율을 떨어뜨리게 된다(그림 3).

나) 뿔밀각지벌레 형태 특성 : 암컷 각지벌레는 몸길이가 3.5~7mm이고 등쪽에 뿔 같은 밀랍이 앞으로 돌출되어 있다. 암컷 성충은 등면이 볼록하고 두꺼운 백색의 끈끈한 밀납으로 덮여 있으며 몸체 가장자리의 밀납은 약간 말려 있다. 1령 약충은 몸 양쪽으로 네 쌍의 밀랍돌기가 있다.

다) 생태 특성 : 대개 1년에 1회 발생하고 수정한 암컷 성충으로 겨울을 난다. 5월 하순~6월 상순 사이에 체내에서 성숙한 알을 6월 상순경 산란하며 알기간은 1주일 정도 된다. 1령 약충은 6월 중순~하순에 나타나며 매우 활발하게 이동하여 새 가지나 줄기에 정착하는데 한번 자리를 잡으면 다른 곳으로 이동하지 않는다. 3령기를 거쳐 8월 하순에 성충이 된다. 바람에 의하여 분산하고, 정착하면 다리는 퇴화되어 이동할 수 없게 된다. 암컷은 3,000~5,000개의 알을 낳으며 평균 800~900개를 산란한다.(조경수병해충도감, 2009. 서울대학교출판문화원).



그림 3. 뽕밀깍지벌레 시험지

나. 시험지

시험지는 진주시 이반성면 수목원로 386 본원 내 2015년 뽕밀깍지벌레 피해가 발생한 영산홍 화단을 대상으로 선정하게 되었다.

다. 처리방법 및 시험규모

약효시험은 작물보호지침서에 명시된 정량배수로 약해시험은 정량의 2배로 희석하여 서늘한 오후시간(17시~19시)에 약충발생 시기를 맞추어 가지중심으로 약제처리(7/28, 8/5, 8/12)하였고, 시험규모는 표 5와 같다.

표 5. 시험규모

처리구	처리 수	본수 (면적)	반복 수	총 본수 (면적)
약 효	5약중	1본 (1.0m ²)	3	15본 (15m ²)
약 해	5약중	1/3본 (0.3m ²)	3	5본 (4.5m ²)
대조구	무처리	1본 (1.0m ²)	3	3본 (3m ²)
계	2 처리	-	9	23본 (22.5m ²)

라. 조사항목

- 1) 약효 : 약제 처리 후 7일 차(8/19)에 본당 1가지씩 처리구당 3가지를 채취하여 가지에 붙은 생충수(마리)와 방제가(%)를 조사하였다(그림 4).

※ 방제가(%) : 무처리구의 유충 수에 대한 약종별 유충 수 비율

$$[(\text{무처리 유충 수} - \text{처리 유충 수}) / \text{무처리 유충 수}] \times 100$$



그림 4. 빨밀까지벌레 생충(좌)과 사충(우)

- 2) 약해 : 최종 처리 후 3, 5, 7일 차(8/15, 8/17, 8/19)에 반점, 뒤틀림, 황변 등의 약해증상을 달관조사하고, 약해등급(0 ~ 5단계)은 표 6의 기준에 의하여 평가하였다.

표 6. 약해 등급 평가표

약해정도	평가기준	피해율
0	육안으로 약해가 인정되지 않음	
1	아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨	0~20 %
2	처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨	21~40 %
3	처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨	41~60 %
4	상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음	61~80 %
5	심한 약해를 받고 고사한 상태임	81~100 %

※ 작물보호제 지침서(2016. 약해 등급 평가표 기준)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 사철나무 탄저병

가. 방제효과 : 약종별 방제효과는 약제 처리 후 10일 차에 조사한 것으로 결과는 표 7과 같으며, 평균 방제가가 피라클로스트로빈 액상수화제가 80.8%로 가장 좋았고, 아족시스트로빈·프로피코나졸 유제가 74.9% 순으로 나타났다(표 7).

표 7. 약종별 방제효과 조사결과

구분	약종	이병엽율(%)				방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균	
1	메트코나졸 액상수화제	53	26	65	48.0	34.2
2	보스칼리드·피라클로스트로빈 액상수화제	34	18	23	25.0	65.7
3	아족시스트로빈·프로피코나졸 유제	18	11	26	18.3	74.9
4	이미녹타딘트리스알베실레이트 수화제	42	38	35	38.5	47.5
5	피라클로스트로빈 액상수화제	9	23	10	14.0	80.8
6	무처리	89	67	63	73.0	-

나. 약해 : 약종별·희석배수별 약해증상 조사 결과는 표 8과 같으며, 모든 처리구에서 약해증상은 나타나지 않았다. 사철나무의 경우 잎 자체가 두껍기 때문에 잎이 말리거나 뒤틀리는 등의 가시적인 약해 발현이 잘 발생하지 않기 때문이라고 사료된다.

표 8. 약종별 약해 조사결과

구분	시험약종	희석 배수	약해 증상	약해정도(0 ~ 5단계)			
				3일차	5일차	7일차	최 고
1	메트코나졸 액상수화제	3,000	없음	0	0	0	0
		1,500	없음	0	0	0	0
2	보스칼리드·피라클로스트로빈 액상수화제	2,000	없음	0	0	0	0
		1,000	없음	0	0	0	0
3	아족시스트로빈·프로피코나졸 유제	1,000	없음	0	0	0	0
		500	없음	0	0	0	0
4	이미녹타딘트리스알베실레이트 수화제	1,000	없음	0	0	0	0
		500	없음	0	0	0	0
5	피라클로스트로빈 액상수화제	2,000	없음	0	0	0	0
		1,000	없음	0	0	0	0

2. 뿔밀까지벌레

가. 방제효과 : 약종별 방제효과 조사 결과는 표 9와 같으며, 아미트라즈·뷰프로페진 유제 등 5약종 모두 방제가가 100%로 나타났다. 약제 살포 횟수를 줄여도 효과가 있을 것으로 사료된다.

표 9. 약종별 방제효과 조사결과

구 분	약종	유충 수(마리)				방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균	
1	아미트라즈·뷰프로페진 유제	0	0	0	0	100
2	벤푸라카브 입상수화제	0	0	0	0	100
3	티아메톡삼 입상수화제	0	0	0	0	100
4	페니트로티온 유제	0	0	0	0	100
5	피리플루퀴나존 입상수화제	0	0	0	0	100
6	무처리	25	19	21	22	-

2. 약해 : 약종별·희석배수별 약해증상 조사 결과는 표 10과 같으며, 모든 처리구에서 약해증상은 나타나지 않았다.

표 10. 약종별 약해 조사결과

구분	시험약종	희석 배수	약해 증상	약해정도(0 ~ 5단계)					
				3일차	5일차	7일차	20일차	40일차	최고
1	아미트라즈· 뷰프로페진 유제	1,000	없음	0	0	0	0	0	0
		500	없음	0	0	0	0	0	0
2	벤푸라카브 입상수화제	1,000	없음	0	0	0	0	0	0
		500	없음	0	0	0	0	0	0
3	티아메톡삼 입상수화제	5,000	없음	0	0	0	0	0	0
		2,500	없음	0	0	0	0	0	0
4	페니트로티온 유제	1,000	없음	0	0	0	0	0	0
		500	없음	0	0	0	0	0	0
5	피리플루퀴나존 입상수화제	2,000	없음	0	0	0	0	0	0
		1,000	없음	0	0	0	0	0	0

IV. 적 요

수목병해충 방제약종 선발시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 사철나무 탄저병 방제효과 조사결과 피라클로스트로빈 액상수화제가 방제가 80.8%로 가장 효과가 좋았으며, 아족시스트로빈·프로피코나졸 유제가 74.9% 순으로 방제 효과가 높은 것으로 조사되었다.
2. 뽕밀각지벌레 방제효과 조사결과 아마트라즈·뷰프로페진 유제, 벤퓨라카브 입상수화제, 티아메톡삼 입상수화제, 페니트로티온 유제, 피리플루퀴나존 입상수화제 5종 모두 방제가 100%로 조사되었다.
3. 약해조사 결과 모든 처리구에서 약해가 발생되지 않았다.

V. 참고문헌

1. 장태현, 임태현. 2001. In vitro에서 단감나무 둥근갈색무늬병 방제를 위한 살균제 선발. 한국농약과학회지
2. 고영진, 이재균 등. 2003. 참다래 저장병 방제약제 선발. 식물병리학회지
3. 최광식, 최원일 등. 2007. 신 산림해충도감. 국립산림과학원
4. 박일권, 이상길 등. 2008. 외래 및 돌발병해충의 방제 대책 연구. 국립산림과학원
5. 나용준, 우건석, 이경준. 2009. 조경수 병해충 도감. 서울대학교출판문화원
6. 박지두, 김민영 등. 2009. 꽃매미의 생태 특성 및 약제 살충 효과. 한국응용곤충학회
7. 활엽수병해도감. 2011. 국립산림과학원
8. 김영립. 2011. 약효·약해시험의 기준과 방법(살균제). 국립농업과학원
9. 김영립. 2011. 약효·약해시험의 기준과 방법(살충제). 국립농업과학원
10. 작물보호지침서. 2016. 한국작물보호협회

수종별 수목활력도 변화연구

시험기간 : 2015년 ~ 2016년

담 당 자 : 권정화, 이연동, 김종익, 박준호, 정한록

I. 서 론

주 5일 근무로 인해 생활의 여유가 생기고 그에 따른 여가시간 소비 패턴도 다양해지는 가운데 수목에 대한 관심도가 증가하면서 아파트 단지 내 식재 수목이 다양해지고 생활권 내 소공원이 증가하는 등 녹지공간이 증가하고 있다.

수목에 대한 관심도 증가는 식재수종이나 배치 등 조경분야 뿐만 아니라 수목의 건강도 그리고 이상 징후(병해충 피해, 생리적 피해 등)에 대한 예방·대응책 등 수목보호 및 관리방안에 대한 생각으로 이어지고 있다.

수목의 생장은 온대지방에서는 계절적인 기후변화에 따라 단계적으로 진행된다. 정상적인 건강한 수목은 봄부터 가을까지 생장개시, 왕성한 생장, 생장 둔화, 생장 정지, 그리고 휴면 돌입 등 대사활동의 정도가 사이클을 이루면서 변화한다. 반면에 어떤 이유로 인하여 수목의 건강도가 저하될 때 대사활동이 둔화되며, 심할 경우 병징을 나타내게 된다.

수목의 건강도를 측정하는 방법에는 가시적 병징 여부, 잎의 엽록소 혹은 양료 함량 측정, 잎의 형광 현상 측정, 형성층의 전기 저항치 측정 등이 있다. 이 중에서 형성층의 전기 저항치 측정은 매우 간편한 방법으로써 미국의 Shigo 박사에 의해 개발되었다. 수목이 휴면기에 있거나 스트레스로 대사활동이 둔화되면 수액의 이동이 감소되기 때문에 형성층에 전극을 삽입하여 전류를 흘려보내면 적은 전기가 흘러서 전기 저항치가 비교적 높게 나타나며, 반면 왕성한 수액 이동을 보이며 많은 전해 물질을 함유한 여름철에는 많은 전기가 흘러서 전기저항치가 낮게 나타난다.

그리고 수목이 완전히 고사한 상태에서는 전혀 전기가 통하지 않아서 매우 높은 저항치를 보인다.

다양한 수목들은 개엽시기, 성장속도, 직경급에 따른 형성층의 수액이동 정도가 서로 다르기 때문에 형성층의 전기 저항치가 큰 변화를 나타낸다(이경준 등 1997).

이에 수목의 건강도를 측정하며 이상징후(병해충 피해, 생리적 원인 등)를 예견하고 적극 대처하기 위하여 시기별 수종별로 수목의 피해정도 및 건강상태를 수목 형성층이나 목부의 수분, 수분 내 이온함량에 따라 얻어지는 전기 저항치를 통하여 측정하고 과학적이고 표준화된 데이터를 구축하여 체계적인 수목관리에 유용하게 이용하기 위해 본 조사를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험장소 : 본원 수목원 내

2. 조사시기 : 3월 ~ 12월

3. 조사수종

- 가. 침엽수 2종 : 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.),
메타세쿼이아(*Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C.Cheng)
- 나. 활엽수 3종 : 느티나무(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino),
단풍나무(*Acer palmatum* Thunb.),
벚나무(*Prunus serrulata* var. *spontanea* (Maxim.) E.H.Wilson)

4. 조사장비 : 수목활력도 진단기(JunesMeter1, 푸른바이오, 한국)

수목활력도 진단 원리 : 수목의 살아 있는 조직인 형성층 안쪽에 전극을 꽂아 전극 간 저항치($k\Omega$)로 수분함량과 수분 내 이온함량을 파악함. 즉 형성층 내 살아있는 목부조직(2차목부)인 도관 내 수분과 이온함량이 높으면 전기가 잘 흘러 전기저항치($k\Omega$)가 낮아지고 도관 내 수분과 이온 함량이 낮으면 전기가 적게 흘러 전기저항치($k\Omega$)가 높아진다는 원리를 이용함. 수목의 수피에 두 개의 전극을 수직으로 꽂아 수

목활력도를 수치로 표시함. 수목이 건강할수록 1에서부터 최대 100까지 수목활력도 진단기 값이 증가함.

5. 조사방법

- 가. 임목조사 : 본원 수목원 내 식재되어 5년 이상 경과 후 외관상 정상적으로 생육중인 침엽수(소나무, 메타세쿼이아)와 활엽수(느티나무, 단풍나무, 벚나무)에 대하여 위치(GPS)를 파악하고 흉고(윤척), 수고(하그로프)를 측정함
- 나. 수목활력도 조사 : 오전, 오후 수목활력도 진단기를 사용하여 흉고직경 높이인 1.2m에서 4방위로 10회 반복하여 매월 15일과 30일에 수목활력도 값을 측정함. 측정일 강우 시 강우종료 후 2일 경과 후 측정함.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 임목조사 : 조사수목에 대한 임목조사 결과는 표 1과 같다.

표 1. 임목조사 결과

구 분	수 종	흉 고	수 고	좌 표		비 고 (조사시기)
				X	Y	
계	5종 30본					
1		25.7	8.3	317716	185276	
2	소나무 1	39.5	8.7	317725	185265	
3		21.7	7	317726	185256	
4		35.2	18.1	317834	185568	
5	메타세쿼이아 1	45.7	19.6	317814	185564	
6		43.7	19.8	317806	185569	
7		36	10.2	317863	185435	오전
8	느티나무 1	29.4	9.6	317854	185432	
9		33.8	9.3	317863	185442	
10		25.3	5.5	317908	185645	
11	단풍나무 1	24.6	5.5	317914	185650	
12		24.5	5.9	317916	185654	

표 1. 임목조사 결과(계속)

구 분	수 종	흉 고	수 고	좌 표		비 고 (조사시기)
				X	Y	
13	벗나무 1	23	10.1	317652	185284	오전
14		33.5	10.7	317652	185277	
15		29.2	9.7	317653	185274	
16	소나무 2	38.5	9.2	317924	185011	
17		30.8	7.4	317949	185019	
18		32.4	9.1	318072	184955	
19	메타세쿼이아 2	45	79.3	318122	185218	
20		39	18.3	318120	185231	
21		37.5	21.3	318116	185226	
22	느티나무 2	25.9	7.2	317999	185011	오후
23		34	8	318003	185007	
24		26.8	8.1	318003	185008	
25	단풍나무 2	13.4	5.5	317816	184978	
26		10	6.3	317818	184976	
27		8.55	4.9	317817	184977	
28	벗나무 2	35	11	318064	185243	
29		30.1	9	318063	185245	
30		32	8.6	318063	185244	

2. 시기별 수목활력도 측정치

시기별 수목활력도는 표 2에 나타난 바와 같이 생육기는 모든 수종에서 80이상의 평균값을 보였으며 휴면기는 80이하의 평균값을 보였다. 생육기는 메타세쿼이아의 평균값이 89.2로 가장 높았고 소나무가 82.6으로 가장 낮았으며 휴면기는 느티나무의 평균값이 78.2로 가장 높았고 단풍나무가 72.8로 가장 낮았다.

표 2. 시기별 수목활력도 조사 결과

수 종	생육기(4~9월) 측정값			휴면기(10~3월) 측정값		
	최 저	최 고	평 균	최 저	최 고	평 균
소나무	71.7	91.6	82.6	57.3	86.8	74.2
메타세쿼이아	81.9	93.2	89.2	65.7	89.8	78.5
느티나무	73.5	92.5	87.9	71.7	90.1	79.7
단풍나무	75.1	91.3	83.1	55.5	86.8	72.8
벗나무	80.4	90.2	86.6	51.9	86.6	73.7

3. 수종별 수목활력도 측정치

수종별 수목활력도는 표 3에서 표 7에 나타난 바와 같이 조사되었다.

모든 수종의 수목활력도 값이 3월부터 증가하기 시작하여 8~9월에 가장 높은 값을 보였으며, 10월부터 다시 감소하기 시작하였다.

5수종 중에서 연평균 수목활력도가 가장 높은 수종은 84.9의 메타세쿼이아였으며 가장 낮은 수종은 79.0의 단풍나무였다. 여름철에 가장 높은 값을 보인 나무는 메타세쿼이아였으며 그 다음은 느티나무였고, 12월에 가장 낮은 값을 보인 나무는 단풍나무였으며 그 다음은 소나무였다.

소나무는 생육기와 휴면기에 변화의 폭이 적었으며 이는 겨울철에도 미약하나마 대사활동이 진행중이고 증산작용을 하기 때문으로 사료되며, 측정 하지는 않았지만 1~2월의 전기저항치도 활엽수보다 적게 상승할 것으로 추측된다.

표 3. 소나무 수목활력도 조사 결과

구 분	측 정 값			비 고
	최 저	최 고	평 균	
평균	73.4	85.6	79.2	
3월	69.0	82.8	74.7	
4월	71.7	87.9	79.5	
5월	76.0	89.2	82.4	
6월	78.3	89.5	82.3	
7월	75.9	87.1	82.6	
8월	77.0	89.6	82.7	
9월	84.0	91.6	86.3	
10월	76.6	86.8	82.0	
11월	68.5	79.6	74.3	
12월	57.3	72.7	65.7	

표 4. 메타세쿼이아 수목활력도 조사 결과

구 분	측 정 값			비 고
	최 저	최 고	평 균	
평균	82.3	87.6	84.9	
3월	74.8	80.4	78.3	
4월	81.9	85.0	83.7	
5월	86.0	93.2	89.1	
6월	87.1	92.2	90.7	
7월	86.4	92.7	90.4	
8월	90.2	91.3	90.8	
9월	89.8	92.7	90.8	
10월	83.2	89.8	86.4	
11월	78.0	85.6	80.3	
12월	65.7	73.2	69.0	

표 5. 느티나무 수목활력도 조사 결과

구 분	측 정 값			비 고
	최 저	최 고	평 균	
평균	80.3	88.5	84.6	
3월	73.3	84.8	79.0	
4월	73.5	87.7	81.7	
5월	82.1	90.1	86.7	
6월	84.6	91.4	88.2	
7월	85.0	92.2	89.0	
8월	89.1	92.5	90.9	
9월	88.3	92.1	90.8	
10월	81.5	90.1	86.8	
11월	74.1	87.4	78.9	
12월	71.7	77.4	74.2	

표 6. 단풍나무 수목활력도 조사 결과

구 분	측 정 값		비 고
	최 저	최 고	
평균	73.6	84.4	79.0
3월	67.5	77.7	72.2
4월	75.1	81.4	78.1
5월	77.6	86.1	81.9
6월	77.8	87.6	82.8
7월	76.2	90.6	84.0
8월	85.3	89.8	86.9
9월	82.1	91.3	85.2
10월	70.7	86.8	79.8
11월	68.5	80.9	73.7
12월	55.5	72.0	65.5

표 7. 벚나무 수목활력도 조사 결과

구 분	측 정 값		비 고
	최 저	최 고	
평균	77.1	84.8	81.4
3월	73.5	81.7	77.0
4월	80.4	84.1	82.6
5월	84.1	90.2	87.0
6월	85.3	88.6	86.8
7월	83.7	89.3	87.8
8월	83.3	89.6	87.8
9월	86.1	89.9	88.0
10월	75.4	86.6	80.5
11월	68.0	80.1	74.6
12월	51.9	68.7	62.9

IV. 적 요

수종별 수목활력도 조사 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 소나무의 수목활력도 값은 생육기(4~9월)는 평균 82.6, 최저 71.7, 최고 91.6으로, 휴면기(10~3월)는 평균 74.2, 최저 57.3, 최고 86.8로 조사되었다.
2. 메타세쿼이아의 수목활력도 값은 생육기(4~9월)는 평균 89.2, 최저 81.9, 최고 93.2로, 휴면기(10~3월)는 평균 78.5, 최저 65.7, 최고 89.8로 조사되었다.
3. 느티나무의 수목활력도 값은 생육기(4~9월)는 평균 87.9, 최저 73.5, 최고 92.5로, 휴면기(10~3월)는 평균 79.7, 최저 71.7, 최고 90.1로 조사되었다.
4. 단풍나무의 수목활력도 값은 생육기(4~9월)는 평균 83.1, 최저 75.1, 최고 91.3으로, 휴면기(10~3월)는 평균 72.8, 최저 55.5, 최고 86.8로 조사되었다.
5. 벚나무의 수목활력도 값은 생육기(4~9월)는 평균 86.6, 최저 80.4, 최고 90.2로, 휴면기(10~3월)는 평균 73.7, 최저 51.9, 최고 86.6으로 조사되었다.

V. 참고문헌

1. 이경준 등. 1997. 20개 조경수종의 형성충전기저항치의 수종간 차이와 계절적 변화. 한국임학회 84(4) : 415-421
2. 김선화 등. 2007. 입지유형별 가로수, 수목활력도 조사연구. 한국조경학회 2007 추계학술대회 논문집 : 9-12
3. 송근주 등. 2001. 내부 전기저항의 측정을 통한 조경수목의 변색 및 부후목재의 탐색. 한국환경생태학회 15(1) : 17-25
4. 송영근. 2014. 도시공원에 식재된 왕벚나무 수종을 중심으로 한 수목활력도 평가 지표 개발 및 이론적 고찰에 관한 연구. 한국환경복원기술학회 17(4) : 57-67
5. 문기원 등. 2014. 이식수목의 활력도 측정과 생육환경 분석. 한국조경학회 2014 추계학술대회 논문집 : 51-52
6. 김진석. 2014. 구례군 보호수의 생육환경 및 활력도에 관한 연구. 전북대학교

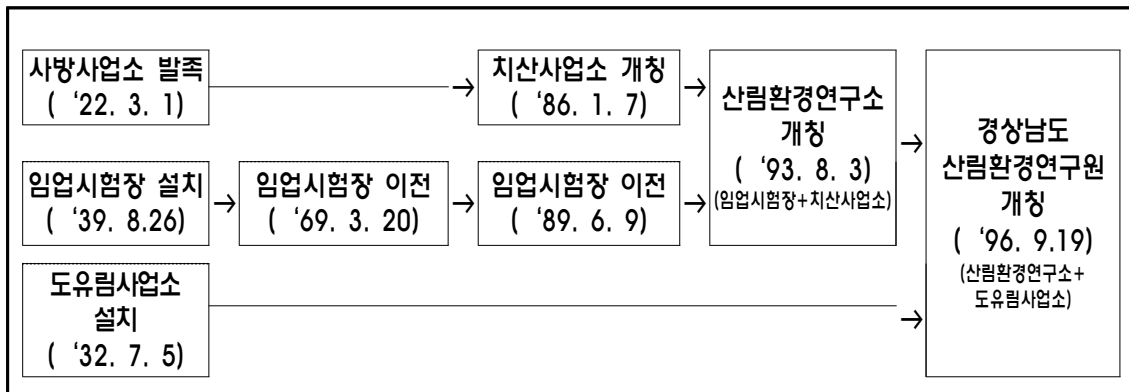
부록

- I. 일반현황
- II. 주요시설 현황
- III. 주요 연구 성과
- IV. 기후표
- V. 기타

[부록]

I. 일반현황

1. 연혁



- 2011. 5. 12 : 금원산수목원관리소 신설
- 2012. 1. 1 : 자연휴양림+생태수목원 통합 운영(거창군 →도)
- 2012. 1. 10 : '금원산산림자원관리소' 지위·명칭 변경

2. 기구(3과 1지소 11담당)



3. 인 원(54/52)

(2017. 1. 6. 현재, 정원/현원)

구 분		계	일 반 직						연 구 직		임기제	비고
			4급	5급	6급	7급	8급	9급	연구관	연구사		
계		54/52	1/1	3/3	12/12	16/18	6/6	4/0	1/1	7/7	4/4	
본원	소 계	44/42	1/1	2/2	9/9	14/17	4/3	4/0	1/1	6/6	3/3	
	관 리 과	13/13	1/1	1/1	2/3	4/7	2/0	2/0			1/1	
	산림연구과	18/16			3/2	4/4	1/1	1/0	1/1	6/6	2/2	
	산지보전과	13/13		1/1	4/4	6/6	1/2	1/0				
금원산산림자원관리소		10/10		1/1	3/3	2/1	2/3			1/1	1/1	

II. 주요시설 현황

1. 재산현황

- 건 물 : 62동 16,715.66㎡
- 토 지 : 319필지 5,429,052㎡
 - 전 답 : 143필지 256,531㎡, 임야 : 106필지 5,019,194㎡
 - 대 지 : 25필지 83,991㎡, 기타 : 45필지 69,336㎡
- 세부내역

(단위 : 동, 필지, ㎡)

구 분		계		본 원		금원산 산림자원관리소	
건 물		62	16,715.66	32	12,214.99	30	4,500.67
토 지	소 계	319	5,429,052	309	2,129,052	10	3,300,000
	수 목 원	131	2,743,733	125	743,733	6	2,000,000
	휴 양 림	4	1,300,000			4	1,300,000
	시 험 림	58	619,461	58	619,461		
	생 산 포 지	24	40,589	24	40,589		
	기 타	102	725,269	102	725,269		

2. 시설현황

○ 경상남도수목원

구 분		내 용
위 치 / 면 적		진주시 이반성면 수목원로 386 / 743,733㎡
개 원 / 등 록		1993. 4. 5. / 2002. 9. 6.
보 유 수 종		3,107종(목본 : 1,760종, 초본 : 1,347종)
주요 시설	증식재배시설	묘포장, 증식온실 5동(유리온실 2, 비닐온실 3), 밤나무채수포 46,000㎡
	관 리 시 설	본관청사, 전망대, 숲속의집, 창고 등
	전 시 시 설	전문수목원 5개소, 소원 11개소, 온실 4개소, 무궁화공원 4,400㎡, 무궁화홍보관(40종), 산림표본관(1,720종), 산림박물관 5,802㎡(지하1·지상3), 야생동물관찰원 15,000㎡
	편 의 시 설	방문자센터 1개소, 주차장 4개소, 화장실 8개소, 매점 등

○ 금원산생태수목원

구 분		내 용
위 치 / 면 적		거창군 위천면 금원산길 648-210(도유림) / 2,000,000㎡
개 원 / 등 록		2011. 6. 15. / 2010. 12. 31.
보 유 수 종		1,585종(자생 561, 조성 1,024)
주요 시설	전 시 시 설	고산암석원(1,395㎡), 고산특산식물원(12,520㎡), 양치식물원(2,580㎡), 자생식물원(1,800㎡), 비자자생원(2,480㎡), 만병초원(4,070㎡), 고산습지원(2,580㎡), 문학식물원(2,810㎡), 수생식물원(260㎡), 조릿대보존원(850㎡), 단풍수종원(3,010㎡), 수국 종보존원(1,195㎡) 등
	체 험 · 교 육 시 설	숲문화교육장(380㎡), 숲해설 야외교육장(131㎡), 숲생태관찰데크(4km), 전시온실(125㎡), 오감체험숲(3,130㎡), 방문자센터(553㎡)
	위 생 시 설	화장실 2개소, 급수대 1개소
	편 의 시 설	전망대 1개소, 휴게쉼터 4개소, 대피소 1개소

○ 금원산자연휴양림

구 분		내 용
위 치/면 적		거창군 위천면 금원산길 412(도유림) / 1,300,000m ²
개 장/등 록		1993. 10. 30. / 1992. 11. 12
주요 시설	숙 박 시 설	숲속의집 8동(11실), 산림문화휴양관 1동(12실)
	체 험 · 교 육 시 설	숲속수련장 1동(6실, 세미나실), 숲속교실, 목공예체험실, 수목표찰
	체 육 시 설	물놀이장 3개소, 어린이놀이터 1개소
	위 생 시 설	취사장 3개소, 화장실 10개소, 급수대 16개소
	편 의 시 설	주차장 5,433m ² , 매표소 1동, 매점 2개소, 야영테크 90개소, 관리사 1동

Ⅲ. 주요 연구 성과

1. 2016년 연구결과

년 도	연구결과
2016년(18건) - 특허등록 3건 - 특허출원 2건 - 논문 7건 - 보고서 6건	<ol style="list-style-type: none"> 소나무재선충병 매개충 예찰 트랩(디자인 특허) (등록번호 제30-0833789호, 등록일 2016.1.5) 소나무재선충병 매개충 포획 트랩(디자인 특허) (등록번호 제30-0833790호, 등록일 2016.1.5) 소나무재선충병 매개충 유인제 조성물 및 이를 이용한 소나무재선충병의 방제방법 (등록번호 제30-0833789호, 등록일 2016.7.18) 감나무 목은 꽃받침에서 분리한 메치니코비아 퍼시모네시스 균주 KIOM_G15050 신규 효모 및 이의 용도 (출원번호 10-2016-0137873, 출원일 2016.10.21) 젓산균 균주를 이용한 감주스 제조방법 (출원번호 10-2016-0180206, 출원일 2016.12.27)

1. 2016년 연구결과(계속)

년 도	연구결과
	6. 경남 지방의 뽕은감에서 유래한 한약재 시체(柿薺, 감꼭지)의 탄닌산 함량 분석(한약정보연구회지 (Korean Herb. Med. Inf.) 2016;4(1):35-42.)
	7. 건조생리특성 및 생화학물질을 인자로 한 국화과 식물의 내건성 식물 선발 (농업생명과학연구 50(5) pp.51-60, 2016)
	8. CVM을 이용한 경상남도산림박물관의 환경교육 가치추정 연구 (한국임학회지 105(1) 149-156, 2016)
	9. 태백산도립공원의 사면 및 해발고별 식생구조 변화 (환경생태학회지 30(3) 376-385, 2016)
	10. 도시녹화를 위한 국내 남부지역 상록활엽수의 내한성 비교 평가 (J. Korean Soc. People Plants Environ. Vol. 19 No. 2: 71-78, April 2016)
	11. 금원산생태수목원 방문객의 관람만족도 구조모형분석 (J. Korean Soc. People Plants Environ. Vol. 19 No. 3: 261-268, June 2016)
	12. Landscapes of early successional stage in the urban forest: Ecological Succession or Landscape Intersect?. 5 th international eco summit (2016), France
	13. 주요 활엽수 용재 수종의 조림기술 개발 연구 보고서 (국립산림과학원 공동연구, p 66)
	14. 2015 기후변화 취약 산림식물종 보전·적응사업 보고서 (국립수목원 공동연구, p 1,216)
	15. 2016 경남지역 희귀·특산식물 모니터링 및 보전 연구 보고서 (국립수목원 공동연구, p 80)
	16. 2016 경상남도산림환경연구원에 설치된 야외 내후성 평가 시험지 관리보고서 (국립산림과학원 공동연구, p 6)
	17. 경남 산림병해충 발생조사 연구 보고서 (국립산림과학원 공동연구, p. 77)
	18. 2015년 시험연구보고서 (제47호) p444 (간행물발간등록번호 76-6480091-000001-10)

2. 지적재산권 보유 및 기술이전 산업화 현황

년도	출 원 명	출원번호	출원자	비고
2016	젓산균 균주를 이용한 감주스 제조방법	10-2016-0180206	경상남도	특허출원
2016	감나무 목은 꽃받침에서 분리한 신규 효모 및 이의 용도	10-2016-0137873	경상남도 한국한의학연구원	특허출원
2016	소나무재선충병 매개충 유인제 조성물 및 이를 이용한 방제방법	제30-0833789호	경상남도 (주)그린아그로텍	특허등록
2016	소나무재선충병 매개충 예찰 트랩	제30-0833789호	경상남도 (주)그린아그로텍	특허등록
2016	소나무재선충병 매개충 포획 트랩	제30-0833790호	경상남도 (주)그린아그로텍	특허등록
2015	산림 해충 포획장치	제10-1572603호	경상남도 (주)그린아그로텍	특허등록
2015	식초 발효용 간접통기 방법	10-2015-0145725	경상남도	특허출원
2015	수목보호매트	제30-0818092호	경상남도	특허등록
2015	제초성 조성물을 포함하는 성형품의 제조방법	제10-1553608호	경상남도	특허등록
2015	산초유 치즈 및 그의 제조방법	제10-1551372호	경상남도	특허등록
2015	작물 재배용 배양토 및 재배포트의 제조방법	제10-1548212호	경상남도 (주)나라	특허등록 기술이전
2015	목재 부산물을 이용한 식생매트 제조방법	제10-1540794호	경상남도	특허등록 기술이전
2015	유향수지를 이용한 베게충진재 및 그의 제조방법	제10-1523521호	경상남도	특허등록
2015	유향수지를 이용한 다공성 목재 착화재 및 그의 제조방법	제10-1520274호	경상남도	특허등록
2015	산초유 정제 및 저장성 연장방법	10-2015-0018326	경상남도	특허출원
2014	산초나무 증식방법	제10-1395671호	경상남도	특허등록
2014	산패가 지연된 산초유 및 산초유의 산패 지연 방법	10-2014-0017930	경상남도	특허출원
2010	죽순차 제조방법 및 이로부터 제조된 죽순차	제10-0995402호	경상남도	특허등록

IV. 기후표

1. 기상관측장소

- 위치 : 경상남도산림환경연구원(경남 진주시 이반성면 수목원로 386)
- 해발고도 : 50m
- GPS 좌표 : N35° 09 ' 30 " E128° 17 ' 50 "

2. 기상관측값

연도	최고온도 (℃)	최저온도 (℃)	평균온도 (℃)	평균습도 (%)	총 강수량 (mm)
2016	37.9	-13.2	13.8	82.1	1660.5

3. 월별 기상관측 자료

연도	구분	월별											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013	평균온도(℃)	-1.4	1.6	8.1	10.6	17.9	22.0	26.6	27.4	21.3	15.5	6.6	1.2
	평균습도(%)	70.9	64.5	67.6	70.7	78.5	87.9	89.3	86.9	86.7	84.0	79.7	72.5
	최고온도(℃)	13.4	18.5	24.7	25.1	34.0	31.7	34.3	37.9	31.8	27.4	22.8	14.4
	최저온도(℃)	-13.1	-11.7	-6.9	-2.9	3.7	12.0	19.6	18.8	9.6	1.3	-5.6	-10.3
	강수량(mm)	13.0	60.5	62.0	52.0	152.0	128.0	165.5	141.0	72.0	77.0	71.5	2.0
2014	평균온도(℃)	0.2	3.5	8.0	12.7	18.0	21.2	24.5	23.7	20.5	14.3	8.1	0.4
	평균습도(%)	66.8	71.0	73.6	72.6	74.0	86.1	90.3	92.9	89.9	85.8	84.1	70.2
	최고온도(℃)	15.5	23.6	24.1	27.8	34.6	31.9	36.1	33.6	31.5	25.8	20.9	13.3
	최저온도(℃)	-11.9	-7.1	-7.5	-1.1	1.7	14.5	17.3	14.9	11.1	2.1	-4.2	-9.6
	강수량(mm)	9.0	12.0	113.0	89.5	50.0	58.5	169.0	655.5	151.5	149.5	60.5	4.0
2015	평균온도(℃)	0.9	2.0	7.1	12.7	18.5	20.9	23.9	24.8	19.2	15.6	11.1	3.9
	평균습도(%)	62.4	61.5	57.7	69.6	60.2	71.4	75.9	90.0	90.2	86.8	90.9	82.3
	최고온도(℃)	7.8	8.9	14.5	18.9	25.4	26.1	28.4	36.9	29.8	25.0	21.5	15.4
	최저온도(℃)	-5.0	-4.2	0.1	7.1	12.0	16.6	20.4	18.7	10.6	7.1	-2.5	-8.7
	강수량(mm)	29.8	41.1	94.5	225.9	127.7	95.9	221.1	114.0	189.0	33.5	87.0	46.5
2016	평균온도(℃)	-0.5	2.6	8.0	13.8	18.2	21.9	25.9	26.5	21.5	16.0	8.0	3.2
	평균습도(%)	72.2	66.8	75.2	79.8	78.4	89.2	91.6	87.0	93.5	91.7	82.5	77.2
	최고온도(℃)	15.5	16.8	23.5	26.9	31.8	32.2	35.5	37.9	31.3	29.4	21.1	19.1
	최저온도(℃)	-13.2	-8.8	-9.3	2.9	5.1	10.4	19.0	14.9	10.8	2.8	-3.8	-7.5
	강수량(mm)	44.0	38.5	86.5	239.5	130.5	110.5	132.5	95.0	464.5	172.0	34.5	112.5

[부록] 경남수목원 주요 식물의 계절변화 사진

가. 경남수목원내 전시원

◆ 진달래(*Rhododendron mucronulatum*, 진달래과)



16년 3월 21일(앞눈파열)



16년 4월 5일(개엽)



16년 11월 15일(단풍)



16년 3월 21일(개화)



16년 3월 24일(열매 생성)



16년 8월 22일(열매 성숙)

▶ 진달래의 열매성숙도3은 2011년~2014년은 10월에 나타났으나 15~16년은 8월로 두 달 가량 앞당겨졌다.

◆ 수수꽃다리(*Syringa oblata* var. *dilatata*, 물푸레나무과)



16년 3월 21일(앞눈파열)



16년 4월 5일(개엽)



16년 11월 15일



16년 4월 11일(개화)



16년 4월 25일(열매 생성)



16년 8월 22일(열매 성숙)

▶ 수수꽃다리는 09~14년에는 5월에 열매가 생성되었으나 15~16년은 4월로 앞당겨졌다. 열매성숙도3은 2015년보다 47일 늦어졌다.

나. 인공보존원

◆ 산철쭉_연천(*Rhododendron yedoense*, 진달래과)

16년 3월 21일(잎눈파열)



16년 4월 8일(개엽)



16년 11월 15일(단풍)



16년 4월 18일(꽃눈파열)



16년 5월 2일 (개화)



16년 5월 6일(열매생성)

▶ 산철쭉_연천의 잎눈파열한 시기는 2012년에는 4월 9일, 2015년에는 3월 26일, 2016년에는 3월 21일로 변화 시기가 점차 빨라지고 있다.

◆ 좀비비추_완도(*Hosta minor*, 백합과)

16년 4월 5일(성장시작)



16년 4월 21일(개엽)



16년 10월 10일(시듦)



16년 6월 23일(꽃눈파열)



16년 7월 11일 (개화)



16년 7월 25일(열매생성)

▶ 좀비비추_완도는 4월 5일 성장을 시작하여 4월 21일에 개엽하였다. 6월 23일에 꽃눈파열하여 7월 11일에 개화 시작하였고, 7월 25일에 결실하였다.

간행물발간등록번호 : 76-6480091-000001-10

2016년도 시험연구보고서 (제48호)

인쇄/발행 · 2017년 5월 일

발 행 인 · 정한록

편집책임자 · 박준호

편 집 자 · 강승미, 김희주, 김경태, 주정욱, 고정필, 신재성, 유난희,
제상대, 권정화, 허창미, 심기보, 유찬열, 김정민

발 행 처 · 경상남도산림환경연구원

인 쇄 처 · 도서출판 디자인필 (761-1886)
www.d-feel.kr

경상남도산림환경연구원

52615 경남 진주시 이반성면 수목원로 386

TEL(055)254-3811, 254-3851~8 / FAX(055)254-3859

홈페이지 <http://tree.gyeongnam.go.kr>