조사연구 보고서

제15호

2016. 2.

한라산
Mt. Hallasan

Research Report

제주특별자치도 세계유산 · 한라산연구원
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute, Jeju Special Self-Governing Province





보전해야 할 세계인의 보물섬 제주도 !

제주도는 180만 년 전 화산활동으로 형성된 화산섬으로, 다양한 동 · 식물들이 서식하고 있는 생태계의 보고입니다. 이는 제주가 가진 최고의 환경자산으로 2002년 생물권보전지역, 2007년 세계자연유산, 2010년 세계지질공원으로 지정되어 그 가치를 전 세계적으로 인정받았습니다. 이제 제주는 전 인류가 지키고 보전해야 할 세계인의 보물섬으로 그 위상이 날로 높아지고 있습니다.

세계유산 · 한라산연구원은 지난 2014년 세계자연유산관리단과 한라산연구소가 통합되면서 명실공히 제주를 대표하는 연구기관으로 발돋움하고 있으며, 국제보호지역의 생태 환경자원 조사와 보존활용방안 제시, 기후변화에 대응하기 위한 장기적인 생태연구 및 모니터링, 제주 생물자원의 가치발굴 및 산업적 이용방안 등을 제시하기 위한 연구 사업들을 지속적으로 추진하고 있습니다.

이번에 발간되는 제15호 조사연구보고서에는 기후 변화에 따른 한라산 수목분포 특성변화, 한라산 세계자연유산지구 내 주요 오름의 식물상, 제주도내 서식하는 노루 먹이식물의 현존량 조사, 고산식물에 대한 항균활성 연구, 제주도 역사시대 화산분출에 관한 연구, 구상나무의 삽목 증식에 관한 연구, 산림병해충 연구 등 지난 한 해 동안 세계유산 · 한라산연구원에서 수행한 연구업적들이 수록되어 있습니다.

앞으로도 도민의 생활과 도정의 정책 결정에 실질적인 도움이 될 수 있는 다양한 연구과제들을 수행하여 보다 내실 있는 연구결과를 도출해 낼 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

본 조사보고서가 발간될 수 있기까지 힘들고 열악한 여건 속에서도 조사연구에 매진해 준 연구원들과 직원들의 노고에 다시 한 번 감사의 말씀을 드립니다.

2016. 2.

제주특별자치도 세계유산 · 한라산연구원장

이 순 배







Table of Contents

연구논문
Research Paper

9 ~ 264

9 • 최근 5년 동안 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화
고정군, 김대신, 고윤정, 김종갑

25 • 최근 5년 동안 한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화
고정군, 김대신, 고윤정, 김종갑

41 • 한라산 남·북사면 등산로별 낙엽활엽수림의 식생구조
김대신, 김종갑, 고정군

58 • 한라산 영실일대 털진달래의 개화 및 생육특성
김대신, 김종갑, 김수경, 고정군

75 • 한라산 세계자연유산지구 내 골머리, 냇새오름 및 걸시오름의 식물상
김대신, 고윤정, 김종갑, 고정군

98 • 한라산 영천유역의 곤충상 – 돈내코 지역을 중심으로
정세호

141 • 한라산 영천 및 효돈천 일대에 서식하는 야생조류의 분포 특성
김완병, 고윤정, 고정군

156 • 제주도내 서식하는 노루 먹이식물의 현존량 조사
오장근, 이규진, 김현철, 신창환, 이일환, 조수언, 이윤영, 문형태

192 • 수종의 고산식물에 대한 항균활성 탐색
김현철, 김종갑, 김도은, 최고봉, 권난희, 송진영, 김태근, 송창길, 정세호

221 • 문헌에 기록된 제주도 화산활동에 관한 연구
안웅산

253 • 구상나무의 숙지삽시 전처리제와 배지조성이 발근에 미치는 영향
김종갑, 김대신, 김현철, 고용현, 양승훈, 고정군





Research Report

연구초록
Research Abstract

265 ~ 360

267 • 농작물 피해지역 제주노루 개체수 조사
오장근, 정세호

273 • 제주도 서부지역 송이자원 분포현황 조사
안웅산

275 • 곶자왈, 1만년 이내의 젊은 용암지대에 형성된 자연숲
안웅산, 최형순

278 • 솔수염하늘소의 지역별 · 고도별 서식 분포조사
한태완, 이성권, 강윤복, 이영돈, 신창훈

293 • 팽나무벼룩바구미 약제방제효과 시험연구
한태완, 김동철, 조병창, 이영돈, 신창훈

304 • 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제법 연구
한태완, 김영림, 현지숙, 신창훈

313 • 먹무늬재주나방 약제방제법 연구
한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 신창훈

323 • 한라산 물장오리 및 사라오름 고산습지의 퇴적물에 관한 연구
고석형, 김경범, 신창훈

335 • 애월과 구좌 곶자왈의 토양특성과 미생물 다양성에 관한 고찰
고석형, 김종식, 김대신, 김영림, 신창훈

351 • 섬매발톱나무와 좀갈매나무의 숙지삽목시기와 배지조성이 발근에 미치는 영향
김종갑, 김대신, 김현철, 고용현, 김수경, 고정군



Research Report





보고서
Report

361 ~ 526

363 • 한라산 북서 · 남사면 오름의 경관특징 및 인문자원 고찰
고윤정, 김대신, 전용문, 고수미, 고정군

391 • 희귀 · 특산식물에 관한 생태 · 생리 특성조사
(수종의 희귀 · 특산식물 분포 및 동태)
김현철, 김대신, 김종갑, 고석형, 정세호

413 • 산림병해충 발생 예찰조사 연구
한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 양윤희, 박정훈, 신창훈, 이순배

433 • 소나무 재선충병 피해지 산림생태계 조사연구

433 _ 식물분야 **소나무 재선충병 피해지 산림생태계 조사연구**
김대신, 김종갑, 김권수, 김현철

460 _ 동물분야 **소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구**
(야생동물 서식특성 조사(1차년도)
오장근, 이영돈

477 _ 병해충분야 **소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 병해충 발생 조사연구(Ⅰ)**
한태완, 고석형, 박정훈, 신창훈

497 _ 토양분야 **소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 토양 및 광물학적 특성(Ⅰ)**
고석형, 안웅산, 한태완, 박정훈

515 • 한라수목원 주차장 차량증가로 인한 대기오염이 수목원 식물에 미치는 영향 분석
김종갑, 이창호

한라산
Mt. Hallasan

연구논문



- 최근 5년 동안 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화
  고정군, 김대신, 고윤정, 김종갑
- 최근 5년 동안 한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화
  고정군, 김대신, 고윤정, 김종갑
- 한라산 남·북사면 등산로별 낙엽활엽수림의 식생구조
  김대신, 김종갑, 고정군
- 한라산 영실일대 털진달래의 개화 및 생육특성
  김대신, 김종갑, 김수경, 고정군
- 한라산 세계자연유산지구 내 골머리, 냇새오름 및 걸시오름의 식물상
  김대신, 고윤정, 김종갑, 고정군
- 한라산 영천유역의 곤충상 – 돈내코 지역을 중심으로
  정세호
- 한라산 영천 및 효돈천 일대에 서식하는 야생조류의 분포 특성
  김완병, 고윤정, 고정군
- 제주도내 서식하는 노루 먹이식물의 현존량 조사
  오장근, 이규진, 김현철, 신창환, 이일환, 조수언, 이윤영, 문형태
- 수종의 고산식물에 대한 항균활성 탐색
  김현철, 김종갑, 김도은, 최고봉, 권난희, 송진영, 김태근, 송창길, 정세호
- 문헌에 기록된 제주도 화산활동에 관한 연구
  안웅산
- 구상나무의 숙지삽시 전처리제와 배지조성이 발근에 미치는 영향
  김종갑, 김대신, 김현철, 고용현, 양승훈, 고정군

최근 5년 동안 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화

고정군*, 김대신, 고윤정, 김종갑
제주특별자치도 세계유산・한라산연구원

요 약

본 연구는 장기생태연구를 위해 구축된 한라산 1100도로일대 침활혼효림의 생태적 특성 변화를 밝히기 위해 최근 5년 동안의 종 조성, 흉고직경 및 수고 계급의 빈도분포의 변화에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 27종이었으며, 상층에서는 소나무의 상대우점도가 22.8%, 중층에서는 때죽나무의 상대우점도가 19.7%로 가장 높았다. 이는 전체적으로 지난 5년 동안 소나무의 상대우점도는 3.2% 감소한 반면 때죽나무 등 낙엽활엽수는 높아진 것으로 나타났다. 이 지역에 출현하는 목본식물은 총 1,214본이며, 이중 17.7%인 215본이 고사되었는데, 5년 동안 살아있는 개체수가 79본이 감소하였다. 살아있는 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 445,165.5㎠로 분석되었는데, 5년 동안 3,858.3㎠가 감소하였다. 이러한 기저면적의 감소는 흉고직경급이 높은 소나무의 개체수 감소와 관련 있는 것으로 추측된다. 그리고 출현수목의 흉고직경은 5.1~10.0㎝ 범위에 있는 개체수가 전체의 32.4%를 차지하여 매우 높게 나타났으며, 수고는 4.0~8.0m 범위에 있는 수목들이 전체의 49.9%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였는데, 지난 5년 동안 흉고직경 5.0㎝ 미만 및 수고 4.0m 미만의 개체수가 감소한 것으로 나타났다. 수목활력도는 62.4%가 수목들

* 교신저자 ; 전화: 064-710-6576, e-mail: kjg3839@korea.kr

이 곧추서서 건강하게 자라는 유형을 보였지만, 본 가지가 부러졌지만 건강한 유형, 기운형태로 자라는 유형, 곧추서거나 쓰러진 채로 죽은 유형은 증가한 것으로 나타났다. 이와 같이 1100도로일대 침활혼효림은 상층에는 소나무, 산벚나무, 신갈나무 등이 발달하며, 중층에는 때죽나무, 비목나무, 서어나무, 신갈나무, 단풍나무 및 윤노리나무 등의 발달이 이루어지고 있고, 소나무의 우점도가 낮아지고 낙엽활엽수의 발달이 지속적으로 이루어지는 경향을 보여주고 있다.

서 론

식물군집의 동태변화를 연구하는 방법 중 하나가 장기생태연구(long term ecological research)인데, 이는 특정한 장소에 영구방형구를 설치하여 시간경과에 따른 변화를 장기간 관찰하여 결론을 내리는 연속관찰법이다. 이러한 특정군집이나 생물다양성 등이 높은 장소에서 이루어지는 장기생태연구는 환경변화에 대한 개체군, 군집 그리고 생태계의 상대적인 반응을 분석할 수 있게 한다. 나아가, 장기생태연구결과의 종합분석과 모델링 등은 환경변화에 대한 긍정적인 또는 부정적인 예측을 가능하게 한다. 현재까지 산림군집의 동태 변화의 원인과 기작에 대한 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 일반적이고 체계적이며 정확성을 갖춘 이론이 부재한 것은 세계적으로 장기생태 모니터링에 기초한 자료가 부족하기 때문이라 할 수 있다.

최근 세계적으로 다양한 장기생태연구가 이루어지고 있는데, 우리나라에서도 이러한 추세를 반영하여 북부, 중부 및 남부지역을 대표하여 점봉산, 월악산 및 지리산을 장기생태연구 장소로 지정하여 생태적 현상을 모니터링하고 있다(이창석 등, 2006; 조현제 등, 2006). 그리고 제주지역에서도 장기생태연구를 위한 기반구축이 이루어지고 있다(고정군 등, 2009; 고정군 등, 2010; 고정군과 김철수, 2011).

한라산에 분포하는 침활혼효림은 소나무 군락이 형성된 후 오랜 시간이 경과하면서 다양한 낙엽활엽수림이 이입되면서 형성된 것으로 볼 수 있다. 이는

현재 한라산내 소나무 군락이 종 조성 및 출현종의 생육특성을 볼 때 천이가 진행됨에 따라 서어나무, 개서어나무, 물참나무 군락으로 바뀌어질 가능성이 높다고 제시되고 있다(고정군 등, 2012; 고정군 등, 2009; 임양제 등, 1991).

한편 최근 제주지역에서는 한라산 고지대의 식생을 중심으로 다양한 식생구조의 변화가 이루어질 것으로 예상되고 있다(고정군, 2007). 이러한 변화는 지구온난화와 같은 환경변화에 의해 그 속도가 더욱 두드러질 것으로 예측되고 있다.

따라서 본 연구는 한라산 침활혼효림의 장기생태연구를 위해 구축된 1100도로일대 장기생태연구지 내 종 조성 및 흉고직경, 수고 계급의 빈도분포 등 생육상황에 대한 정보를 제공하고자 최근 5년 동안의 수목분포 특성변화를 알아보았다.

조사지역 및 방법

1. 조사장소 및 조사구의 설치

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구를 위한 조사구는 제주시 해안동 한라산국립공원 내에 설치하였다(그림 1). 1100도로일대에 설치된 장기생태연구지는 N 33° 22′ 14.5″, E 126° 28′ 18.3″에 위치하며, 해발고도 1,050m일대로 부분적으로 평지에서 5°까지 완만한 경사를 이루고 있다. 장기생태연구지는 1.0ha(100×100m) 크기로 설치한 후 400㎡(20×20m) 크기의 방형구 25개를 각각 구분하였다.

2. 산림군집 조사 및 분석

산림군집 구조를 알아보기 위한 조사는 방형구법을 이용하였다. 각 방형구의 크기는 20×20m(400㎡)로 하였다. 식생조사는 수목층위를 상층과 중층을 구분하여 수종명, 흉고직경, 수고, 수관 폭을 2015년 5월에 조사하였다. 조사된 자료는 Curtis와 Mcintosh(1951)의 방법에 기초하여 상대우점도(Importance Percentage;

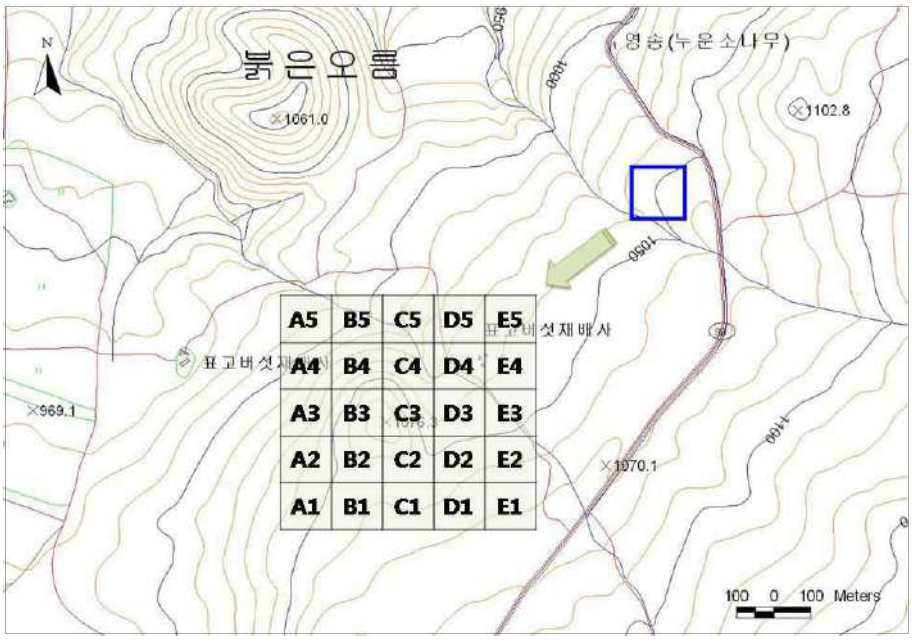


그림 1. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지 위치도
(□: 100×100m), A1~E5: 장기생태연구지내 방형구를 의미함)

IP)를 분석하였다. 즉, 상대밀도(Relative Density, %) = 어느 한 수종의 밀도/전체 수종의 밀도 × 100, 상대피도(Relative Coverage, %) = 어느 한 수종의 피도/전체 수종의 피도 × 100, 상대우점도(IP, %) = 상대밀도+상대피도/2로 계산하였다.

3. 목본식물의 동태조사

장기생태연구지내 목본식물에 대한 흉고직경은 직경 테이프를 이용하였으며, 수고는 측고기 등을 이용하여 측정하였다. 목본식물의 흉고직경은 지표면으로부터 약 1.5m을 기준으로 측정하였으며 1.0ha 영구방형구내에 출현하는 수목의 동태변화를 파악하기 위하여 흉고직경 2.0㎝ 이상의 모든 목본에 대하여 조사를 실시하였다. 흉고측정위치는 2011년 조사와 동일하게 장기적인 모니터링을 위해 고유 번호표가 부착되었고, 이때 맹아로 발생하여 같은 뿌리를 갖는 여러 줄기가 있을 경우 가장 굵은 줄기를 선택한 위치에서 실시하였다.

또한 수관 폭은 개체별 동-서 및 남-북의 수관 폭을 측정하여 산출하였다. 목본들의 건강상태는 국가장기생태연구사업단(2005)기준에 따라 구분하여 조사하였다.

조사결과를 이용한 수목의 밀도, 흉고단면적을 계산하였으며, 현존식생의 지속적인 유지 가능성 및 천이 경향을 예측하기 위하여 수종별 흉고직경 및 수고의 계급별 빈도 분포도를 작성하였다. 빈도 분포도의 흉고직경계급은 조사대상 수목 중 가장 작은 개체와 큰 개체 사이의 직경을 5.0㎝ 간격으로 9개 계급으로 구분하였고, 수고는 2.0m 간격으로 8개 계급으로 구분하였다.

4. 수목특성변화 분석

장기생태연구지내 수목특성변화는 지난 2011년 조사를 통해 얻어진 결과(고정군 등, 2012년)를 토대로 동일한 자료처리를 통해 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 산림군집구조

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 27종으로 나타났는데, 산림군집구조는 전체적으로 소나무(*Pinus densiflora*)와 때죽나무(*Styrax japonicus*)가 각각 12.9%, 12.2%로 가장 높았으며, 산벚나무(*Prunus sargentii*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 신갈나무(*Quercus mongolica*) 및 서어나무(*Carpinus laxiflora*)가 8.0~9.0%의 상대우점도를 보여 비슷하게 나타났다(표 1). 그리고 주목(*Taxus cuspidata*), 단풍나무(*Acer palmatum*), 윤노리나무(*Pourthiaea villosa*), 팥배나무(*Aria alnifolia*) 등의 순으로 점차 상대우점도가 낮아졌다. 그러나 이들 상대우점도는 전체 수목의 평균 수고를 고려하여 10.0m을 기준으로 상층과 중층으로 구분하면 층위에 따라 큰 차이를 보였다. 즉, 상층에서는 소나무의 상대우점도 22.8%로 나타나 가장 높았으며, 산벚나무와 신갈나무가 13.3%, 서어나무가 8.2%, 팥배나무가 8.0%, 졸참나무가 7.2%, 때죽나무와 비목나무가 각각 6.4%, 6.3% 순으로 높게 나타났다. 이외의 수종은

표 1. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 임분의 종 구성

수종	전체			상층			중층		
	RD[1)]	RC	IP	RD	RC	IP	RD	RC	IP
소나무	9.8	16.0	12.9	23.5	22.0	22.8	0.5	1.2	0.9
때죽나무	15.6	8.8	12.2	7.9	4.8	6.4	20.7	18.6	19.7
주목	10.3	4.8	7.5	0.2	0.1	0.1	17.1	16.3	16.7
비목나무	9.7	7.1	8.4	7.7	4.9	6.3	11.1	12.4	11.8
산벚나무	7.9	10.1	9.0	13.9	12.7	13.3	3.9	3.8	3.9
서어나무	7.4	8.7	8.0	7.7	8.7	8.2	7.2	8.6	7.9
윤노리나무	7.3	2.9	5.1	-	-	-	12.3	9.9	11.1
신갈나무	5.5	10.9	8.2	11.9	14.6	13.3	1.2	1.7	1.4
단풍나무	5.4	5.0	5.2	2.7	3.9	3.3	7.2	7.8	7.5
산딸나무	4.8	2.7	3.7	0.7	0.3	0.5	7.6	8.5	8.1
졸참나무	3.4	5.1	4.2	7.4	6.9	7.2	0.7	0.8	0.8
팥배나무	2.8	7.3	5.0	6.0	9.9	8.0	0.7	1.0	0.8
층층나무	2.3	2.3	2.3	3.0	2.1	2.5	1.9	3.0	2.4
솔비나무	0.4	1.0	0.7	0.5	1.3	0.9	0.3	0.3	0.3
곰의말채나무	0.8	0.8	0.8	1.5	1.1	1.3	0.3	0.1	0.2
아그배나무	1.0	0.6	0.8	0.5	0.5	0.5	1.3	0.7	1.0
마가목	0.9	1.2	1.1	0.5	1.2	0.8	1.2	1.3	1.2
음나무	0.8	0.8	0.8	1.5	1.1	1.3	0.3	0.2	0.3
노린재나무	0.9	0.3	0.6	-	-	-	1.5	1.1	1.3
참빗살나무	0.8	0.5	0.7	0.7	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8
고로쇠나무	0.8	0.8	0.8	1.3	1.0	1.1	0.5	0.3	0.4
까치박달나무	0.6	1.8	1.2	0.7	2.3	1.5	0.5	0.3	0.4
참꽃나무	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
굴거리나무	0.2	0.1	0.2	-	-	-	0.3	0.4	0.4
덜꿩나무	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.3	0.2
나도밤나무	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.3	0.2
꽝꽝나무	0.1	0.0	0.1	-	-	-	0.2	0.1	0.1
소계	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[1)]RD: 상대밀도(Relative Density, %), RC: 상대피도(Relative Coverage, %), IP: 상대우점도(Importance Percentage)

5.0%이하로 낮은 상대우점도를 보였다. 이에 반해 중층에서는 때죽나무가 19.7%로 가장 높은 상대우점도를 보였고, 주목이 16.7%, 비목나무가 11.8%, 윤노리나무가 11.1%, 산딸나무가 8.1%, 서어나무가 7.9%, 단풍나무가 7.5% 순으로 나타났으며, 이외의 수종은 4.0% 이하로 낮게 나타났다.

이러한 결과는 지난 2011년 조사에서 얻어진 결과(고정군 등, 2012)와 비교할 때, 전체적으로 소나무의 상대우점도가 3.2% 감소한 반면 때죽나무, 비목나무, 서어나무, 신갈나무, 단풍나무 및 윤노리나무 등은 상대우점도가 높아진 것으로 나타났다. 더욱이 층위를 구분할 때 상층에서 소나무의 상대우점도는 7.0%로 크게 감소한 반면 3.0% 증가를 보인 때죽나무를 비롯하여 비목나무, 서어나무, 신갈나무, 단풍나무, 팥배나무 등 대부분의 낙엽활엽수가 증가되는 것으로 나타났다. 그러나 중층에서는 주목의 상대우점도 증가를 제외한 대부분의 수종에서 2011년과 유사하거나 다소 감소되는 경향을 보였다. 이처럼 한라산 1100고지일대 조사대상지의 침활혼효림은 특정한 수종이 우점 하는 형태가 아닌 상층에는 소나무가 다소 우점하고 있지만 점차 감소되고 있고, 중층에는 주목 등이 발달하면서 때죽나무 등 소나무를 제외한 다른 활엽수가 발달하는 숲의 형태로 변화되는 것으로 나타났다.

2. 임분 구성목의 밀도 및 크기분포

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지 내에 출현하는 목본식물은 총 27종으로 전체 개체수는 1,214본으로 조사되었다(표 2). 이중 살아있는 개체목은 27종 999본으로 전체의 82.3%를 차지하였다. 이에 반해 고사된 개체수는 15종 215본으로 전체 개체수의 17.7%로 나타났다. 이들 고사목은 당해연도에 고사된 개체뿐만 아니라 오래전부터 고사되어 장기생태연구지에 남아있는 모든 개체들을 확인한 결과이다.

한편, 고사목을 포함한 모든 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 473,799.1㎠로 분석되었는데, 전체면적 중 94.0%인 445,165.5㎠가 살아있는 개체들로 구성되어 있었다. 이는 2011년과 비교할 때 살아있는 개체들의 기저면적이 3,858.3㎠가 감소한 것이다. 이러한 기저면적의 감소는 비교적 흉고직경급의 높은 소나무의 살아있는 개체수의 감소와 관련이 있는 것으로 추측된다.

표 2. 최근 5년 동안 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목의 밀도 및 크기의 변화

년도	출현종수			밀도(개체수/ha)			기저면적(㎡/ha)		
	계	생목	사목	계	생목	사목	계	생목	사목
2015	27	27	15	1,214 (100%)	999 (82.3)	215 (17.7%)	473,799.1 (100%)	445,165.5 (94.0%)	28,633.5 (6.0%)
2011	27	27	15	1,191 (100%)	1,078 (90.5%)	113 (9.5%)	466,879.4 (100%)	449,023.8 (96.2%)	17,855.6 (3.8%)

3. 수목의 흉고 및 수고 직경급별 분포

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지 내에 출현하는 전체 수목 중 살아있는 999본의 수고 및 흉고직경을 기준으로 산포도를 작성하여 보면 수고에 의한 산림 층위구분이 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 다양한 수목이 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다(그림 2). 즉, 특정 수종이 성장하여 우점 하는 형태의 산림이 아닌 성숙목과 어린나무들의 지속적인 성장단계로 볼 수 있다.

1100도로일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 흉고는 전체적으로 18.4(±15.2)㎝로 나타났다(표 3). 그러나 구성종간에 많은 차이를 보였는데, 비교적 출현빈도가 높은 30본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 49.2㎝로 월등히 높게 나타났으며, 신갈나무가 29.9㎝, 산벚나무가 27.1㎝, 졸참나무가 24.2㎝로 비교적 크게 나타난 반면 단풍나무, 주목, 윤노리나무 등은 평균 10.0㎝ 이하로 작게 나타났다. 이 지역에서 흉고 직경급의 분포를 보면 전체적으로 흉고직경 5.1~10.0㎝ 범위에 있는 개체수가 전체의 32.4%를 차지하여 매우 높게 나타났다. 다음으로 10.1~15.0㎝, 40.0㎝ 이상 15.1~20.0㎝ 범위에 있는 순으로 나타나는 경향을 보였다. 그러나 이러한 경향은 수종 간에는 많은 차이를 보였는데, 소나무의 대부분은 흉고직경이 20.1㎝ 이상으로 나타났는데, 이중 78.6%가 40.1㎝ 이상으로 나타나 장기생태연구지내 흉고직경이 큰 대부분의 수목은 소나무가 차지하는 것으로 분석되었다. 그리고

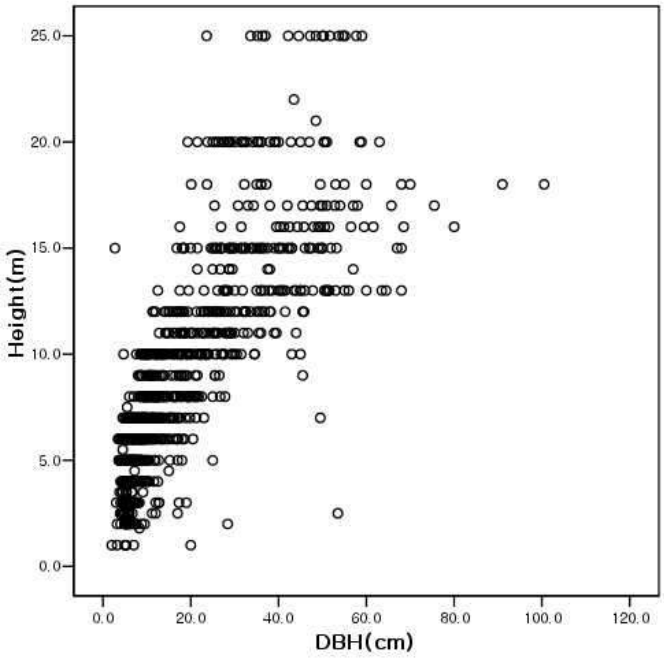


그림 2. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목의 개체별 수고 및 흉고직경의 분포도

산벚나무, 신갈나무, 졸참나무, 팥배나무의 비교적 흉고등급이 높을수록 개체수비율이 증가하다가 감소되는 특징을 보였다.

이들 결과를 2011년과 비교할 때 전체적으로 살아있는 수목의 흉고는 평균 0.6㎝가 증가한 것으로 나타났으며, 흉고등급별 분포는 5.0㎝ 미만의 개체수가 크게 줄어든 반면 전체적인 분포는 유사하였다.

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 수고는 전체적으로 9.0(±5.0)m인데, 비교적 출현빈도가 높은 30본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 16.3m로 가장 높게 나타났으며 신갈나무가 12.3m, 졸참나무가 12.8m, 산벚나무가 11.9m, 서어나무가 9.7m, 비목나무가 7.9m, 단풍나무가 7.4m, 때죽나무가 7.3m, 산딸나무가 6.7m 순으로 나타났다(표 4). 이 지역에서 출현수목의 수고급별 분포를 보면 수고 4.0m에서 8.0m까지

표 3. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현수목의 흉고직경급별 분포

수종	평균 흉고 (㎝)	흉고 직경급(㎝)									
		≤5.0	5.1~10.0	10.1~15.0	15.1~20.0	20.1~25.0	25.1~30.0	30.1~35.0	35.1~40.0	40.1≤	전체
소나무	49.2(±12.4)	-	1	-	-	1	3	1	15	77	98
때죽나무	10.4(±5.2)	9	82	40	17	4	1	1	1	-	155
주목	7.5(±2.9)	15	68	17	3	-	-	-	-	-	103
비목나무	13.9(±6.2)	2	30	28	27	5	3	1	1	-	97
산벚나무	27.1(±14.5)	5	7	2	7	11	24	10	-	13	79
서어나무	16.4(±10.1)	5	21	17	11	4	8	3	3	2	74
윤노리나무	5.4(±1.4)	40	33	-	-	-	-	-	-	-	73
신갈나무	29.9(±10.5)	-	-	4	5	8	11	11	11	5	55
단풍나무	9.6(±4.4)	3	32	14	3	1	1	-	-	-	54
산딸나무	10.9(±4.3)	3	23	14	6	2	-	-	-	-	48
졸참나무	24.2(±8.1)	1	-	3	8	6	8	5	3	-	34
팥배나무	30.4(±13.3)	1	3	1		3	4	3	7	6	28
층층나무	18.9(±10.2)	1	4	4	3	6	3	1	-	1	23
솔비나무	19.5(±1.7)	-	-	-	3	1	-	-	-	-	4
곰의말채나무	24.6(±12.0)	-	2	-	1	-	3	1	-	1	8
아그배나무	14.9(±5.2)	-	2	2	4	2	-	-	-	-	10
마가목	16.4(±7.5)	1	1	1	3	2	1	-	-	-	9
음나무	28.4(±17.8)	-	2	-	1	1	1	-	-	3	8
노린재나무	6.2(±2.0)	5	4	-	-	-	-	-	-	-	9
참빗살나무	12.2(±5.3)	1	2	3	2	-	-	-	-	-	8
고로쇠나무	17.5(±10.1)	1	1	2	-	1	3	-	-	-	8
까치박달나무	18.4(±13.5)	1	2	-	-	1	-	1	1	-	6
참꽃나무	6.5(±2.0)	1	2	-	-	-	-	-	-	-	3
굴거리나무	13.1(±0.6)	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
덜꿩나무	5.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
나도밤나무	8.8(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
꽝꽝나무	9.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
소계	18.4(±15.2)	96	324	154	104	59	74	38	42	108	999

표 4. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현수목의 수고급별 분포

수종	평균 수고 (m)	수고급(㎝)								
		≤4.0	4.1 ~ 6.0	6.1 ~ 8.0	8.1 ~ 10.0	10.1 ~ 12.0	12.1 ~ 14.0	14.1 ~ 16.0	16.1 ≤	전체
소나무	16.3(±4.2)	1	-	2	5	39	29	10	12	98
때죽나무	7.3(±2.3)	7	53	63	30	2	-	-	-	155
주목	4.0(±1.8)	36	62	4	-	1	-	-	-	103
비목나무	7.9(±3.2)	11	19	36	25	5	1	-	-	97
산벚나무	11.9(±5.0)	3	10	10	22	19	6	8	1	79
서어나무	9.7(±4.4)	-	12	31	19	4	4	2	2	74
윤노리나무	4.5(±1.5)	20	48	5	-	-	-	-	-	73
신갈나무	12.3(±3.0)	-	-	7	28	14	5	1	-	55
단풍나무	7.4(±2.1)	1	21	21	10	1	-	-	-	54
산딸나무	6.7(±1.8)	3	18	24	3	-	-	-	-	48
졸참나무	12.8(±4.3)	-	1	3	18	5	2	4	1	34
팥배나무	14.2(±5.7)	1	2	1	7	9	-	6	2	28
층층나무	10.0(±4.9)	2	3	6	7	2	1	2	-	23
솔비나무	9.3(±1.7)	-	-	2	2	-	-	-	-	4
곰의말채나무	13.8(±5.5)	-	-	2	2	1	-	3	-	8
아그배나무	8.2(±2.9)	-	3	5	1	1	-	-	-	10
마가목	7.0(±5.0)	2	3	2	1	-	1	-	-	9
음나무	10.4(±3.9)	1	-	1	4	2	-	-	-	8
노린재나무	3.7(±1.2)	4	5	-	-	-	-	-	-	9
참빗살나무	7.8(±3.3)	1	2	2	3	-	-	-	-	8
고로쇠나무	10.6(±5.8)	-	3	-	2	2	-	1	-	8
까치박달나무	12.2(±6.8)	-	3	-	-	-	2	1	-	6
참꽃나무	6.7(±3.5)	1	-	1	1	-	-	-	-	3
굴거리나무	4.5(±2.1)	1	1	-	-	-	-	-	-	2
덜꿩나무	2.5(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
나도밤나무	6.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
꽝꽝나무	4.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
소계	9.0(±5.0)	96	271	228	190	107	51	38	18	999

범위가 전체의 49.9%를 차지하였으며, 수고가 높을수록 개체수는 감소하는 경향을 보였다. 2011년과 비교할 때 수고 4.0m 미만 개체수의 감소를 제외하고는 유사한 경향을 보였다.

이와 같은 결과로 볼 때, 소나무 군락이 형성된 후 산벚나무, 신갈나무가 먼저 이입되어 성장하면서 졸참나무, 팥배나무가 들어와 성장하고, 마지막으로 때죽나무, 비목나무, 단풍나무 및 층층나무 등의 낙엽활엽수가 생장하면서 현재의 숲을 형성한 것으로 볼 수 있다. 더불어, 소나무의 어린나무의 발생이 전혀 이루어지지 않고 있으며, 개체수 감소가 지속되고 있어 낙엽활엽수로의 발달이 빠르게 진행될 것으로 예측할 수 있다.

4. 수목활력도

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내에 출현한 각 구성 수목의 활력도를 9개 유형(국가장기생태연구사업단, 2005)으로 구분하여 분석하면 건강하게 곧추서서 자라는 AS(standing alive)형이 62.4%로 나타났다(그림 3). 그리고 기운형태로 자라는 AL(leaning alive)형이 16.9%, 곧추 선채로 고사된 **DS**(standing dead)형이 8.1%, 쓰러져서 고사된 **DF**(fallen/prone dead)형이 2.6% 순으로 나타났다. 이처럼 조사대상 침활혼효림에서 수목은 곧추서서 자라는 형태의 양호한 생육상황을 보이는 개체수의 비율이 높게 나타났지만 2011년에 비해서는 상대적으로 12.4%가 감소한 결과이다.

이와 같은 결과를 종합하여 보면 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 1100도로일대 침활혼효림은 상층인 경우 소나무가 군락을 형성한 후 교목성인 신갈나무, 졸참나무, 산벚나무, 때죽나무 등이 발달하며, 중층인 경우 주목 등의 발달이 이루어지는 숲의 형태를 지닌 것으로 판단된다. 그리고 특정 수종이 우점 하는 형태의 산림이 아닌 중층을 중심으로 다양한 나무들의 지속적인 성장단계로 볼 수 있다. 그러므로 향후 모니터링을 통해 소나무와 낙엽활엽수가 같이 자라는 침활혼효림이나 소나무림의 천이기작, 기후변화 등의 의한 종간 생장특성 등을 밝히는 기초 자료로 활용가치가 높다고 판단된다.

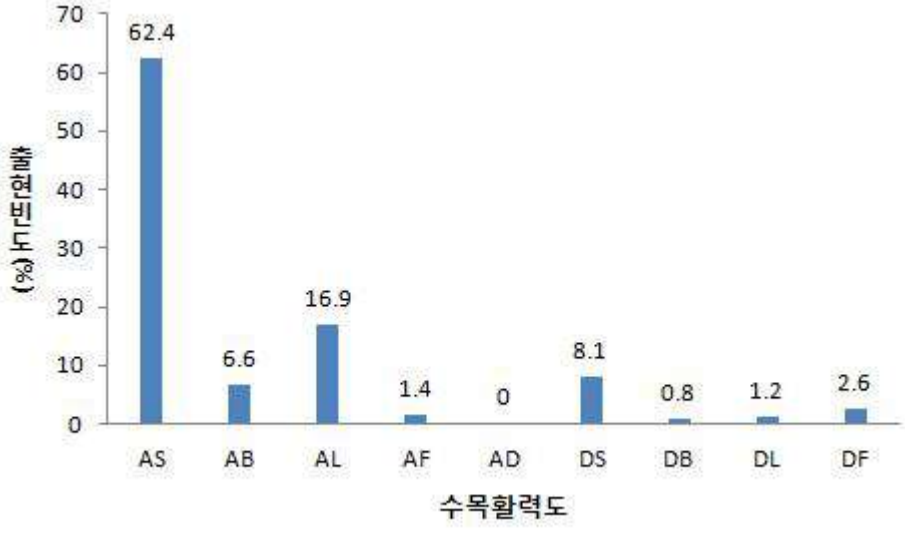


그림 3. 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목활력도의 출현빈도 비교

AS(standing alive): 건강하고 곧추섬, **AB**(broken alive): 본 가지가 부러졌지만 건강함, **AL**(leaning alive): 기운형태로 자람, **AF**(fallen/prone alive): 쓰러져서 지표면에 붙어서 자람, **AD**(standing alive dead top): 정상부가 죽은 채 곧추서서 자람, **DS**(standing dead): 곧추선 채로 사망함, **DB**(broken dead): 본 줄기가 부러져서 사망함, **DL**(leaning dead): 기울어진 채로 사망함, **DF**(fallen/prone dead): 쓰러져서 사망함

Changes of Distributional Characteristics of Woody Plants in the Mixed Forest of Soft and Hardwood around 1100 Road in Mt. Hallasan as a Long Term Ecological Research Site for the Last 5 Years

Jung-Goon Koh*, Dae-Shin Kim, Yoon-Jeong Ko and Jong-Kab Kim
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

Changes of plant species composition, spatial distribution of woody plant species, diameter and height classes distribution, and species diversity were analyzed in the permanent quadrat of mixed forest of soft and hardwood for the last 5 years, which are designed for long term ecological research(LTER) around 1100 Road in Mt. Hallasan, Jeju Island.

The number of woody plant species at the permanent quadrat of mixed forest of soft and hardwood were 27 taxa, *Pinus densiflorai* have a very high importance percentage(IP) with 22.8% in the upper layer, *Styrax japonicus* with 19.7% in the middle layer. This result was entirely IP of *Pinus densiflora* decreased by 3.2% over the past 5 years, the IP of deciduous trees including *Styrax japonicus* etc. appeared to have been increased. Individuals of woody plants are total of 1,214, of which 215 individuals accounting for 17.7% of all are dead trees, it has 79 living trees reduced during the past 5 years. Basal areas of wood plants occupied the

dimension of 445,165.5㎠, which was decreased to 3,858.3㎠ during the past 5 years. This reduction in the basal area is thought to be related to the reduction of the number of *Pinus desiflora* individuals with high diameter at breast high(DHB) class. Individuals of woody plants with 5.1~10.0㎝ in DBH accounted for 32.4%, 4.0~8.0m in high accounted for 49.9%, but individuals of wood plants with less than 5.0㎝ in DBH and 4.0m in high showed significantly decreased for the past 5 years. Also, standing alive type of woody plants in LTER sites appeared high rate with 62.4%, but broken alive type, leaning alive type, standing dead type and fallen dead type of woody plants showed decreased for the past 5 years. On the whole, there are show that *Pinus densiflora, Prunus sargentii* and *Quercus mongolica* developed in the upper layer, *Styrax japonicus, Taxus cuspidata* and *Lindera erythrocarpa* in the middle layer, but there is indistinguishable from the middle layer of mixed forest of soft and hardwood around 1100 Road in Mt. Hallasan for LTER. And, there are continuous growth of various woody plant species.

인용문헌

고정군. 2007. 지구온난화와 한라산의 식생. 한라산연구소 조사연구보고서 제6호:3~17.

고정군, 이창흡, 김철수. 2009. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제1권:202~214.

고정군, 이창흡, 김철수. 2010. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 낙엽활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제2권:135~151.

고정군, 김철수. 2011. 동백동산 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제10호:41~55.

고정군, 김권수, 김철수. 2012년. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포특성. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제11호:3~16.

국가장기생태연구사업단. 2005. 국가장기생태연구프로토콜. 350pp.

이창석, 조용찬, 신현철, 이충화, 이선미, 설은실, 오우석, 박성애. 2006. 국가장기생태연구장소로서 구축된 남산 소나무림의 생태적 특성. 한국생태학회지 29(6):593~602.

임양재, 백광수, 이남주. 1990. 한라산의 식생. 중앙대학교. 291pp.

조현제, 이중효, 배관호. 2006. 월악산 주요 임분의 종조성과 구조: 국가장기생태연구지소를 중심으로. 한국생태학회지 29(6):531~537.

Curtis, J. T. and McIntosh, R. P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3):476~496.

최근 5년 동안 한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화

고정군*, 김대신, 고윤정, 김종갑
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 장기생태연구를 위해 구축된 한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무림의 생태적 특성을 밝히기 위해 최근 5년 동안의 종 조성, 흉고직경 및 수고계급의 빈도분포변화에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 19종이었으며, 상층에서는 소나무의 상대우점도가 90.9%로 월등히 높았고, 중층에서는 서어나무와 신갈나무의 상대우점도가 각각 19.3%, 19.2%로 높게 나타났다. 이러한 결과는 지난 5년 동안 종구성이나 종별 상대우점도에 있어 큰 변화는 없는 것으로 나타난 것이다. 이 지역에 출현하는 목본식물은 총 1,767본이며, 이중 27.1%인 478본이 고사목으로 분포되었는데, 지난 5년 동안에 살아있는 나무는 141본이 감소한 반면 고사목은 218본이 증가한 것으로 분석되었다. 살아있는 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 519,640.5㎠로 분석되었는데, 5년 동안 1,012.3㎠가 증가하였다. 이는 살아있는 나무의 개체수는 감소되었지만 지속적인 흉고성장이 활발히 진행되고 있음을 의미한다. 그리고 출현수목의 흉고 직경은 5.1~10.0㎝ 범위에 있는 개체수가 전체의 21.6%를 차지하여 높게 나타났으며, 수고는 10.1~12.0m 범위에 있는 수목들이 전체의 25.1%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였다. 이는 지난 5년 전과 비교할 때, 흉고직경급이 다소 높게 이동된 것을 제외하고는 유사한 분포경향을 보이는 것이다.

수목활력도는 71.9%가 수목들이 곧추서서 건강하게 자라는 유형(AS)을 보였지만, 지난 5년 동안 AS유형은 감소한 반면 기운형태로 자라는 유형, 쓰러져서 고사한 유형 및 본 가지가 부러졌지만 건강하게 자라는 유형이 증가된 것은 특이할 만 하다. 이와 같이 속밭일대 소나무림은 상층에는 소나무가 매우 발달하며, 중층에는 소나무뿐만 아니라 때죽나무, 층층나무 및 서어나무 등의 발달이 이루어지고 있어 산림 중층위구분이 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 다양한 수목이 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다.

서 론

식물군집의 동태변화를 연구하는 방법 중 하나가 장기생태연구(long term ecological research)인데, 이는 특정한 장소에 영구방형구를 설치하여 시간경과에 따른 변화를 장기간 관찰하여 결론을 내리는 연속관찰법이다. 이러한 특정군집이나 생물다양성 등이 높은 장소에서 이루어지는 장기생태연구는 환경변화에 대한 개체군, 군집 그리고 생태계의 상대적인 반응을 분석할 수 있게 한다. 나아가, 장기생태연구결과의 종합분석과 모델링 등은 지구의 환경변화에 대한 긍정적인 또는 부정적인 예측을 가능하게 한다. 현재까지 산림군집의 동태 변화의 원인과 기작에 대한 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 일반적이고 체계적이며 정확성을 갖춘 이론이 부재한 것은 세계적으로 장기생태 모니터링에 기초한 자료가 부족하기 때문이라 할 수 있다.

최근 세계적으로 다양한 장기생태연구가 이루어지고 있는데, 우리나라에서도 이러한 추세를 반영하여 북부, 중부 및 남부지역을 대표하여 점봉산, 월악산 및 지리산을 장기생태연구 장소로 지정하여 생태적 현상을 모니터링하고 있다(이창석 등, 2006; 조현제 등, 2006). 그리고 제주지역에서도 장기생태연구를 위한 기반구축이 이루어지고 있다(고정군 등, 2009; 고정군 등, 2010; 고정군 등, 2012).

소나무는 한반도 전역, 중국의 산동반도 및 만주 그리고 일본 열도에 분포한다(Critchfield와 Little, 1966). 한라산에서 소나무는 해발 1,500m 이하의 산

록의 양지나 산복의 약간 건조한 지역에 분포하며, 해발 1,100~1,200m 부근에 높은 출현빈도를 나타낸다(임양제 등, 1993). 또한 소나무는 영실 해발 1,000~1,300m 부근과 관음사등산로 해발 1,200~1,300m 부근에서는 낙엽활엽수인 신갈나무, 서어나무, 졸참나무 등과 혼재하고 있으며 천이에 의한 산림이 발달하며 그 분포역은 감소할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다(임양제 등, 1993).

한편 최근 제주지역에서는 한라산 고지대의 식생을 중심으로 다양한 식생구조의 변화가 이루어질 것으로 예상되고 있다(고정군, 2007). 특히, 온대의 대표적인 침엽수인 소나무는 점차 고지대로 이동이 예상되고 있다. 이러한 변화는 지구온난화와 같은 환경변화에 의해 그 속도가 더욱 두드러질 것으로 예측되고 있다.

따라서 본 연구는 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 성판악등산로 속밭일대 소나무림 내 종 조성 및 흉고직경, 수고 계급의 빈도분포 등 생육상황에 대한 최근 5년 동안의 변화를 제공하고자 하였다.

조사지역 및 방법

1. 조사장소 및 조사구의 설치

한라산 소나무림 장기생태연구를 위한 조사구는 제주시 조천읍 성판악등산로 주변에 설치하였다(그림 1). 성판악등산로 속밭일대에 설치된 장기생태연구지는 N 33° 22′ 28.3″, E 126° 35′ 17.3″에 위치하며, 해발고도 1,000m일대로 부분적으로 평지에서 10°까지 완만한 경사를 이루고 있다. 장기생태연구지는 1.0ha(100×100m) 크기로 설치한 후 400㎡(20×20m) 크기의 방형구 25개를 각각 구분하였다.

2. 산림군집 조사 및 분석

산림군집 구조를 알아보기 위한 조사는 방형구법을 이용하였다. 각 방형구의 크기는 20×20m(400㎡)로 하였다. 식생조사는 수목층위를 상층과 중층을 구분하여

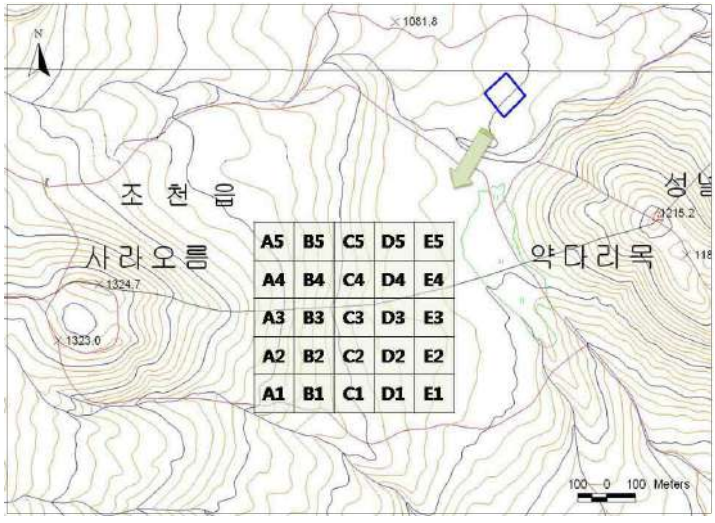


그림 1. 한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지 (□, 100×100m) 위치도

A1~E5: 장기생태연구지내 방형구를 의미함

수종명, 흉고직경, 수고, 수관 폭을 2015년 4월에 조사하였다. 조사된 자료는 Curtis와 Mcintosh(1951)의 방법에 기초하여 상대우점도(Importance Percentage; IP)를 분석하였다. 즉, 상대밀도(Relative Density, %) = 어느 한 수종의 밀도/전체 수종의 밀도 × 100, 상대피도(Relative Coverage, %) = 어느 한 수종의 피도/전체 수종의 피도 × 100, 상대우점도(IP, %) = 상대밀도+상대피도/2로 계산하였다.

3. 목본식물의 동태조사

장기생태연구지내 목본식물에 대한 흉고직경은 직경 테이프를 이용하였으며, 수고는 측고기 등을 이용하여 측정하였다. 목본식물의 흉고직경은 지표면으로부터 약 1.5m을 기준으로 측정하였으며 1.0ha 영구방형구내에 출현하는 수목의 동태변화를 파악하기 위하여 흉고직경 2.0㎝ 이상의 모든 목본에 대하여 조사를 실시하였다. 흉고측정위치는 지난 2011년 조사와 동일하게 장기적인 모니터링을 위해 고유 번호표가 부착되었고, 이때 맹아로 발생하여 같은

뿌리를 갖는 여러 줄기가 있을 경우 가장 굵은 줄기를 선택한 위치에서 실시하였다. 또한 수관 폭은 개체별 동-서 및 남-북의 수관 폭을 측정하여 산출하였다. 목본들의 건강상태는 국가장기생태연구사업단(2005) 기준에 따라 구분하여 조사하였다.

조사결과를 이용한 수목의 밀도, 흉고단면적을 계산하였으며, 현존식생의 지속적인 유지 가능성 및 천이 경향을 예측하기 위하여 수종별 흉고직경 및 수고의 계급별 빈도 분포도를 작성하였다. 빈도 분포도의 흉고직경계급은 조사 대상 수목 중 가장 작은 개체와 큰 개체 사이의 직경을 5.0㎝ 간격으로 9개 계급으로 구분하였고, 수고는 2.0m 간격으로 8개 계급으로 구분하였다.

4. 수목특성변화 분석

장기생태연구지내 수목특성변화는 지난 2011년 조사를 통해 얻어진 결과(고정군 등, 2012년)를 토대로 동일한 자료처리를 통해 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 산림군집구조

한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무(*Pinus densiflora*)림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 19종으로 나타났는데, 산림군집구조는 전체적으로 소나무의 상대우점도가 54.1%로 월등히 높게 나타났다(표 1). 그리고 신갈나무(*Quercus mongolica*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 층층나무(*Cornus controversa*), 때죽나무(*Styrax japonicus*), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*) 순으로 상대우점도가 높게 나타났고, 이외의 수종은 상대우점도가 1.0% 이하로 임분의 종 구성에서 차지하는 밀도나 피도가 매우 낮았다. 그러나 이들 상대우점도는 전체 수목의 평균 수고를 고려하여 10.0m을 기준으로 상층과 중층으로 구분하면 층위에 따라 큰 차이를 보였다. 즉, 상층에서는 소나무의 상대우점도 90.9%로 대부분을 차지하였고, 이외 수종의 상대우점도는 신갈나무가 4.6%, 층층나무가 1.4%, 산벚나무가 1.0% 순으로 극히 낮게 나

타났다. 이에 반해 중층에서는 서어나무와 신갈나무가 각각 19.3%, 19.2%로 가장 높게 나타났으며, 때죽나무가 18.5%, 층층나무가 18.1%로 비교적 높은 상대우점도를 보였다. 그리고 소나무가 9.6%, 산벚나무가 6.0%, 비목나무가 2.0%, 단풍나무(*Acer palmatum*)와 팥배나무(*Aria alnifolia*)가 1.6% 순으로 나타났으며, 이외의 수종은 1.0% 이하로 낮게 나타났다.

표 1. 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 임분의 종 구성

수종	전체			상층			중층		
	RD[1)]	RC	IP	RD	RC	IP	RD	RC	IP
소나무	56.1	52.1	54.1	94.4	87.5	90.9	11.1	8.0	9.6
때죽나무	8.4	9.2	8.8	0.6	1.1	0.9	17.6	19.4	18.5
서어나무	10.1	8.1	9.1	0.3	0.9	0.6	21.6	17.1	19.3
신갈나무	9.3	13.1	11.2	2.2	7.0	4.6	17.7	20.7	19.2
층층나무	7.8	10.1	9.0	1.3	1.5	1.4	15.5	20.7	18.1
산벚나무	2.9	3.5	3.2	0.6	1.3	1.0	5.7	6.3	6.0
비목나무	1.2	1.0	1.1	0.4	0.4	0.4	2.2	1.8	2.0
단풍나무	1.0	0.4	0.7	-	-	-	2.2	1.0	1.6
팥배나무	0.9	0.7	0.8	0.1	0.1	0.1	1.9	1.4	1.6
솔비나무	0.4	0.3	0.3	-	-	-	0.8	0.6	0.7
산딸나무	0.3	0.5	0.4	-	-	-	0.7	1.0	0.8
마가목	0.3	0.3	0.3	-	-		0.7	0.7	0.7
노린재나무	0.4	0.3	0.3	-	-	-	0.9	0.7	0.8
고로쇠나무	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
굴거리나무	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.1	0.1
주목	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.2	0.2
윤노리나무	0.2	0.0	0.1	-	-	-	0.5	0.1	0.3
합다리나무	0.1	0.0	0.1	-	-	-	0.1	0.0	0.1
아그배나무	0.2	0.1	0.2	-	-	-	0.3	0.2	0.3
소계	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[1)]RD: 상대밀도(Relative Density, %), RC: 상대피도(Relative Coverage, %), IP: 상대우점도(Importance Percentage)

이들 결과를 2011년과 비교하면, 전체적으로 종 구성 및 상대우점도는 유사한 것으로 나타났다. 더욱이, 중층에서도 소나무의 상대우점도 7.3% 증가한 것으로 나타났는데, 이는 소나무림의 발달시기가 비교적 짧은 상황으로 상층뿐만 아니라 중층에서도 소나무의 생장이 다른 수종에 비해 상대적으로 잘 이루어지는 것으로 판단된다.

2. 임분 구성목의 밀도 및 크기분포

한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지 내에 출현하는 목본식물은 총 19종으로 전체 개체수는 1,767본으로 조사되었다(표 2). 이중 살아있는 개체목은 19종 1,289본으로 전체에 72.9%를 차지하였다. 이에 반해 고사된 개체수는 9종의 478본으로 전체 개체수의 27.1%로 나타났다. 이들 고사목은 당해연도에 고사된 개체뿐만 아니라 오래전부터 고사되어 장기생태연구지에 남아있는 모든 개체들을 확인한 결과이며, 2011년 조사에서 나타난 개체중에 2015년 조사에서 확인이 안 된 204본을 포함한 것이다. 이들 결과는 2011년에 비해 생목은 141본이 감소하고, 고사목은 218본이 증가한 것이다.

표 2. 최근 7년 동안 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목의 밀도 및 크기의 변화

년도	출현종수			밀도(개체수/ha)			기저면적(㎠/ha)		
	계	생목	사목	계	생목	사목	계	생목	사목
2015	19	19	9	1,767 (100%)	1,289 (72.9%)	478[1] (27.1%)	561,973.7 (100%)	519,640.5 (92.5%)	42,333.2 (7.6%)
2011	19	19	9	1,690 (100%)	1,430 (84.6%)	260 (15.4%)	565,953.5 (100%)	518,628.2 (91.6%)	47,325.3 (8.4%)

[1]2011년 조사된 수목 중 확인이 안 된 204본 포함

한편, 고사목을 포함한 모든 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 561,937.7㎠로 분석되었는데, 이중 살아있는 나무는 519,640.5㎠로서 전체의 92.5%를 차지한다. 이는 2011년에 비해 전체적으로 3,979.8㎠가 감소한 결과이

지만, 살아있는 나무를 기준으로 하면 증가한 결과이다. 이는 고사목의 증가로 인해 전체 살아있는 나무의 개체수는 감소하였지만 살아있는 나무의 지속적인 성장으로 인해 발생된 것으로 해석된다. 이들 지역의 수목밀도는 영실 소나무림의 1,086본에 비해 18.7% 정도 높은 것으로 나타났다(고정군 등, 2013). 이에 반해 살아있는 수목의 흉고를 기준으로 하는 기저면적은 영실 소나무림의 550,938.4㎠ 보다는 31,297.9㎠ 적게 나타났다. 이는 성판악등산로 속밭일대의 소나무림이 영실일대 소나무림 보다 숲의 형성기간이 상대적으로 짧은 것으로 해석할 수 있다.

3. 수목의 흉고 및 수고 직경급별 분포

한라산 성판악등산로 속밭일대 장기생태연구지 내에 출현하는 전체 수목 중 살아있는 1,289본의 수고 및 흉고직경을 기준으로 산포도를 작성하여 보면 다양한 수목의 수고가 지속적으로 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다(그림 2). 이 지역은 명확한 산림 층위구분은 이루어지지 않고 있으며, 다양한 수종의 성숙목과 어린나무들의 지속적인 성장 단계로 볼 수 있다.

성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 흉고는 전체적으로 20.1(±10.5)㎝인데, 출현빈도가 높은 100본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 27.1㎝로 높게 나타났으며 신갈나무가 13.2㎝, 층층나무가 13.0㎝, 때죽나무가 10.8㎝, 서어나무가 8.3㎝ 순으로 나타났다(표 3). 이들 수종은 2011년에 비해 대부분 흉고직경이 성장된 것으로 소나무가 평균 1.4㎝, 때죽나무가 1.2㎝, 층층나무가 1.1㎝, 서어나무가 0.9㎝, 신갈나무가 0.2㎝ 순으로 증가한 것이다. 이 지역에서 흉고 직경급의 분포를 보면 흉고직경 5.1~10.0㎝ 범위에 있는 개체수가 전체의 21.6%를 차지하여 높게 나타났다. 다음으로 25.1~30.0㎝, 20.1~25.0㎝, 10.1~15.0㎝, 30.1~35.0㎝ 범위에 있는 순으로 수목밀도가 높게 차지하는 경향을 보였다. 그러나 이러한 경향은 수종 간에는 많은 차이를 보였는데, 소나무는 20.1~30.0㎝ 범위의 개체수가 전체 소나무의 57.8%를 차지하여 가장 높은 출현빈도를 보였다. 더욱이, 소나무는 전체 출현 개체수의 98.1%가 10.0㎝ 이상 범위에 포함되고 있어 어린나무가 거의 출현하지 않는 것으로 판단된다. 이에 반해 때죽나무, 서어나무, 신갈나무, 층층

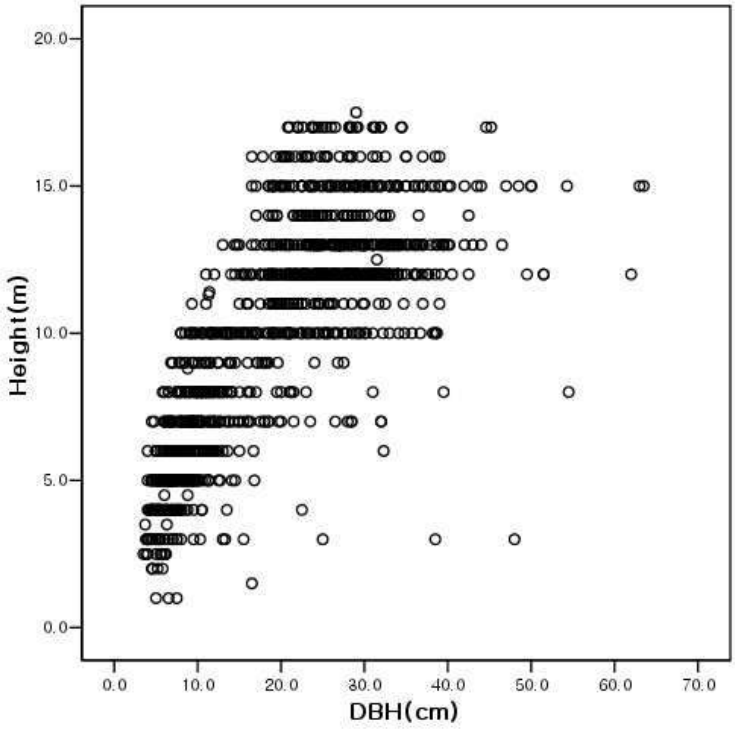


그림 2. 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목의 개체별 수고 및 흉고의 분포도

나무 등 대부분의 활엽수종은 일부 개체만을 제외하고 흉고직경 20㎝ 이하의 범위에 대부분 포함하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 2011년과 비교할 때 대부분 수종별로 흉고 직경급의 상향으로 이동된 것으로 제외하고는 유사한 경향을 보였다.

성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 수고는 전체적으로 10.2(±3.7)m인데, 비교적 출현빈도가 높은 100본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 12.8m로 가장 높게 나타났으며 층층나무가 8.0m, 신갈나무가 7.3m, 때죽나무가 6.7m, 서어나무가 6.1m 순으로 나타났다(표 4). 2011년과 비교하면 대부분의 수종에서 평균 수고성장은 거의 이루어지지 않은 것으로 분석되었다. 이는 살아있는 나무 중에서 곧추서서 자라는

표 3. 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 흉고직경급별 분포

수종	평균 흉고 (㎝)	흉고 직경급(㎝)									
		≤5.0	5.1 ~ 10.0	10.1 ~ 15.0	15.1 ~ 20.0	20.1 ~ 25.0	25.1 ~ 30.0	30.1 ~ 35.0	35.1 ~ 40.0	40.1 ≤	전체
소나무	27.1(±7.0)	1	4	9	84	200	218	134	50	23	723
때죽나무	10.8(±4.9)	8	50	32	14	3	1	-	-	-	108
서어나무	8.3(±5.7)	20	87	20	-	1	-	-	-	2	130
신갈나무	13.2(±9.2)	7	59	23	6	9	10	3	2	1	120
층층나무	13.0(±4.7)	1	28	43	23	4	2	-	-	-	101
산벚나무	12.4(±6.3)	2	16	11	2	7	-	-	-	-	38
비목나무	9.4(±2.8)	1	8	7	-	-	-	-	-	-	16
단풍나무	8.3(±2.7)	1	10	2	-	-	-	-	-	-	13
팥배나무	10.7(±7.4)	2	6	2	1	-	-	1	-	-	12
솔비나무	7.4(±3.0)	-	4	1	-	-	-	-	-	-	5
산딸나무	10.3(±4.6)	-	2	1	1	-	-	-	-	-	4
마가목	11.4(±3.0)	-	1	3	-	-	-	-	-	-	4
노린재나무	4.8(±0.8)	4	1	-	-	-	-	-	-	-	5
고로쇠나무	24.6(±28.4)	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2
굴거리나무	8.5(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
주목	7.5(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
윤노리나무	4.4(±0.7)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
합다리나무	5.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
아그배나무	7.6(±0.6)	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
소계	20.1(±10.5)	52	278	154	131	224	231	138	52	27	1,289

나무의 상대밀도가 낮아졌고(그림 3 ; 고정군 등, 2012), 수고측정의 어려움으로 인한 일부 측정값의 오류에 의해 발생된 것으로 해석된다. 이 지역에서 출현수목의 수고급별 분포를 보면 수고 10.1~12.0m 범위에 있는 수목들이 전체의 25.1%를 차지하여 가장 높은 분포비율을 보였으며, 다음으로 12.1~14.0m 범위의

표 4. 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 수고급별 분포

수종	평균 수고 (m)	수고급(㎝)								
		≤4.0	4.1 ~ 6.0	6.1 ~ 8.0	8.1 ~ 10.0	10.1 ~ 12.0	12.1 ~ 14.0	14.1 ~ 16.0	16.1 ≤	전체
소나무	12.8(±2.0)	5	4	8	49	295	208	123	31	723
때죽나무	6.7(±2.1)	16	32	42	14	4	-	-	-	108
서어나무	6.1(±2.1)	24	63	27	14	-	1	1	-	130
신갈나무	7.3(±3.0)	19	34	35	17	9	3	3	-	120
층층나무	8.0(±2.1)	5	24	29	34	8	1	-	-	101
산벚나무	7.0(±2.9)	9	10	4	11	4	-	-	-	38
비목나무	7.5(±3.0)	2	5	2	4	2	1	-	-	16
단풍나무	6.5(±2.5)	2	4	5	2	-	-	-	-	13
팥배나무	5.8(±2.7)	3	4	4	-	1	-	-	-	12
솔비나무	5.2(±1.6)	3	-	2	-	-	-	-	-	5
산딸나무	4.3(±1.0)	2	2	-	-	-	-	-	-	4
마가목	6.0(±2.5)	1	1	2	-	-	-	-	-	4
노린재나무	5.0(±2.1)	2	1	2	-	-	-	-	-	5
고로쇠나무	10.5(±9.2)	1	-	-	-	-	-	-	1	2
굴거리나무	4.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
주목	3.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
윤노리나무	2.5(±1.3)	3	-	-	-	-	-	-	-	3
합다리나무	6.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
아그배나무	3.5(±0.7)	2	-	-	-	-	-	-	-	2
소계	10.2(±3.7)	101	185	162	145	323	214	127	32	1,289

수목들은 16.6%를 차지하였다. 수종에 따라 수고급별 분포를 보면 흉고직경급의 분포양상과 유사한 경향을 보였는데, 10.0m 이상으로 상층을 형성하고 있는 수종은 소나무가 대부분을 차지하였으며, 신갈나무, 층층나무 및 산벚나무의 일부도 분포하였다. 소나무를 제외한 대부분의 출현수종은 10.0m 이하의 중층에 분포하는 것으로 나타났다.

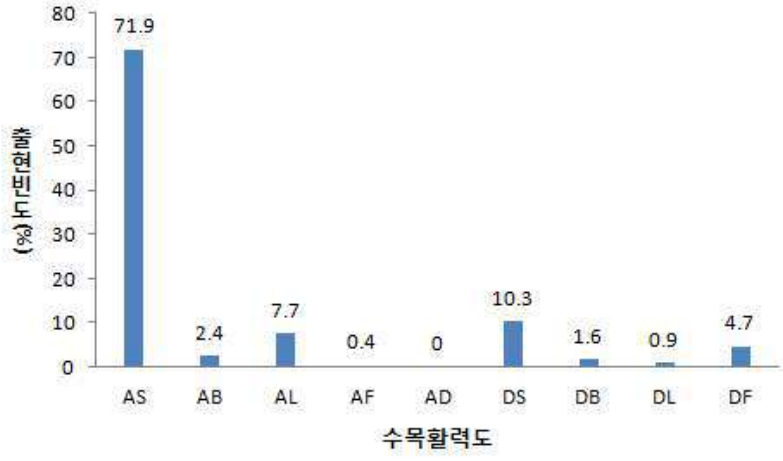


그림 3. 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목활력도의 출현빈도 비교 **AS**(standing alive): 건강하고 곧추섬, **AB**(broken alive): 본 가지가 부러졌지만 건강함, **AL**(leaning alive): 기운형태로 자람, **AF**(fallen/prone alive): 쓰러져서 지표면에 붙어서 자람, **AD**(standing alive dead top): 정상부가 죽은 채 곧추서서 자람, **DS**(standing dead): 곧추선 채로 사망함, **DB**(broken dead): 본 줄기가 부러져서 사망함, **DL**(leaning dead): 기울어진 채로 사망함, **DF**(fallen/prone dead): 쓰러져서 사망함

4. 수목활력도

성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내에 출현한 각 구성 수목의 활력도를 9개 유형(국가장기생태연구사업단, 2005)으로 구분하여 분석하면 건강하게 곧추서서 자라는 AS(standing alive)형이 71.9%로 매우 높게 나타났다(그림 3). 그리고 곧추선 채로 고사된 **DB**(broken dead)형이 10.3%로 나타났고, 기운형태로 자라는 AL(leaning alive)형이 7.7%, 쓰러져 고사한 DF(fallen/prone dead)형이 4.7%, 본 가지가 부러졌지만 건강한 AB(broken alive)형이 2.4%였으며, 나머지 수목활력도 유형은 1.0% 이하의 비율을 보였다. 이러한 수목의 활력도는 2011년과 비교하면 AS형이 감소한 반면 AL형이 6.4%, DF형이 4.5%, AB형이 1.9%가 증가한 것이 특이할 만하다. 이처럼 소나무림 장기생태연구지내 대부분의 수목은 곧추서서 자라는 형태의 양호한 생육

상황을 보이는 것으로 나타났지만, 최근 5년 동안 본줄기가 부러지거나 쓰러져 살아있거나 죽어버린 개체들이 상당부분 증가한 경향을 보이고 있다.

이와 같은 결과를 종합하여 보면 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 속밭일대 소나무림은 상층인 경우 소나무 군락을 형성한 후 중층에 때죽나무, 서어나무, 신갈나무, 층층나무, 산벚나무 등의 발달이 이루어지는 숲의 형태를 지닌 것으로 판단된다. 특히, 중층에서는 특정 수종이 우점 하는 형태의 산림이 아닌 지속적인 성장단계로 볼 수 있다. 그러므로 향후 모니터링을 통해 한라산 소나무림의 천이기작이나 기후변화 등의 의한 종간 생장특성 등을 밝히는 기초 자료로 활용가치가 높다고 판단된다.

Changes of Distributional Characteristics of Woody Plants in the *Pinus densiflora* Forest around Sokbat in Mt. Hallasan as a Long Term Ecological Research Site for the Last 5 Years

Koh Jung-Goon*, Kim Dae-Shin, Ko Yoon-Jeong and Kim Jong-Kab
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

Changes of plant species composition, spatial distribution of woody plant species, diameter and height classes distribution, and species diversity for the past 5 years were analyzed in the permanent quadrat of *Pinus densiflora* forests, which are designed for long term ecological research(LTER) around Sokbat in Mt. Hallasan, Jeju Island.

The number of woody plant species at the permanent quadrat of *Pinus densiflora* forest in Mt. Hallasan for LTER were 19 taxa, *Pinus densiflora* have a very high importance percentage(IP) with 90.9% in the upper layer, *Carpinus laxiflora* and *Quercus mongolica* with 19.3% and 19.2% in the middle layer, respectively. These results indicated that there are no large changes in the species composition and IP in the last 5 years. Individuals of woody plants are total of 1,767, of which 478 individuals accounting for 27.1% of all are dead trees. Living trees were reduced 141 during the past 5 years, while dead trees were increased to 218. Basal areas of living wood plants occupied the dimension of 519,640.5㎠, which was increased to

1,012.3㎠ during the past 5 years. This mean that number of living trees were decreased but diameter at breast high(DBH) growth of other living trees have been actively made. Individuals of woody plants with 5.1~10.0㎝ in DBH accounted for 21.6%, 10.1~12.0m in high accounted for 25.1%. This class has been moved DBH upwards when compared to before the last 5 years and showed a similar distribution pattern. Also, standing alive(AS) type of woody plants in LTER sites appeared high rate with 71.9%, AS type of wood plants during past 5 years is reduced but unusually increased leaning alive type, fallen dead type and broken alive type. On the whole, there are show that *Pinus densiflora* developed in the upper layer, *Carpinus laxiflora* and *Quercus mongolica* in the middle layer, but there is indistinguishable from the middle layer of *Pinus densiflora* forest in Mt. Hallasan. Expecially, there are continuous growth of various woody plant species in the middle layer.

인용문헌

고정군. 2007. 지구온난화와 한라산의 식생. 한라산연구소 조사연구보고서 제6호:3~17.

고정군, 이창홉, 김철수. 2009. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제1권:202~214.

고정군, 이창홉, 김철수. 2010. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 낙엽활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제2권:135~151.

고정군, 김권수, 김철수. 2012. 한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포 특성. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제11호:17~30.

고정군, 김권수, 한태완. 2013. 최근 5년 동안 한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성변화. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제12호:3~16.

국가장기생태연구사업단. 2005. 국가장기생태연구프로토콜. 350pp.

이창석, 조용찬, 신현철, 이충화, 이선미, 설은실, 오우석, 박성애. 2006. 국가장기생태연구장소로서 구축된 남산 소나무림의 생태적 특성. 한국생태학회지 29(6):593~602.

임양재, 백광수, 이남주. 1990. 한라산의 식생. 중앙대학교. 291pp.

조현제, 이중효, 배관호. 2006. 월악산 주요 임분의 종조성과 구조: 국가장기생태연구지소를 중심으로. 한국생태학회지 29(6):531~537.

Curtis, J. T. and McIntosh, R. P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3):476~496.

한라산 남·북사면 등산로별 낙엽활엽수림의 식생구조

김대신*, 김종갑, 고정군
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

한라산 남·북사면 낙엽활엽수림의 해발고도별 종조성의 변화를 파악하기 위하여 돈내코등산로와 관음사등산로를 중심으로 식생조사를 실시하였다.

한라산 남사면 돈내코등산로는 등산로의 초입부에서 해발 약 800m까지는 구실잣밤나무-붉가시나무 군락, 해발 약 800m부터 1,300m까지는 서어나무-졸참나무 군락, 1,200m부터는 소나무 군락으로 구분되었다. 북사면 관음사등산로는 등산로 초입에서 해발 약 1,000m 지점까지 서어나무-졸참나무 군락, 해발 1,000m부터 1,200m까지는 신갈나무 군락이 형성되면서 1,100m부터는 소나무 군락이 나타났다.

한라산 낙엽활엽수림에 분포하는 주요 목본식물의 해발고도별 분포특성은 남사면의 경우 제주조릿대를 비롯하여 산딸나무, 굴거리나무, 덜꿩나무, 꽝꽝나무, 당단풍나무 등은 거의 모든 등산로구간에 걸쳐 분포하고 있었고, 그 외 수종은 해발고도별로 차이를 보였다. 북사면의 경우는 제주조릿대를 비롯하여 고로쇠나무, 팥배나무, 개서어나무 등 모든 구간에 걸쳐 분포하고 있었다. 그러나 북사면은 난대성수종의 분포는 거의 없는 특징이 있었으며, 구상나무는 1,373m 지점부터 신갈나무, 소나무, 사스래나무 등과 혼재되어 분포하고 있어 남사면과 차이를 보였다.

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7585, e-mail: kds3374@korea.kr

서 론

세계적으로 산림의 면적은 41억ha에 달하며, 최근 기후변화 등에 따라 산림생태계는 육상생태계 중 최고의 탄소저장고로 주목을 받고 있다(McCarl and Schneider, 2001; 장지혜 등, 2014). 산림식생의 구조는 각 임목의 생장 및 상호작용 등에 의해 변화한다(Oliver et al., 2001). 이러한 변화는 생태계 전체에 교란을 일으키고 먹이사슬의 최상위에 있는 인간에게도 영향을 줄 수 있다(Doi, 2011).

제주도는 Ronald Good의 세계식물구계 분류에 의하면 중일식물구계의 온대아구계에 속하며(이경재 등, 1992), 섬의 중앙에 한라산이 위치하고 있어 좁은 면적이지만 난대림, 온대림, 한대림 등 수직적 식생분포가 뚜렷한 특징이 있다(오구균 등, 2007). 이러한 한라산의 수직적 식생분포를 밝히기 위해 천연보호구역내 주요 등산로 및 사면별에 따른 식생변화 연구로는 어리목, 영실, 돈내코지역의 식물군집구조 연구(이경재 등, 1992), 한라산 아고산지대 식물군집구조 및 식생훼손 연구(이경재 등 1992), 한라산국립공원 동사면의 해발고도별 식생변화 및 구조연구(이상철 등, 2010) 등이 수행되어 왔으며, 지역별로 해발고도에 따른 식생구조와 종조성에 차이를 보이고 있는 것으로 보고된 바 있다. 그러나 최근 기후변화 등으로 한라산의 식생구조변화와 함께 해발고도에 따라 구분된 식생대는 장기적으로 고지대로 이동 등이 예상되고 있다.

따라서 본 조사는 한라산 세계자연유산지구 내 남·북사면별 주요 등산로를 중심으로 분포하는 낙엽활엽수림지역의 해발고도에 따른 식생 구조 및 종 조성 변화에 대한 자료를 구축하고 관련 정보를 제공하고자 실시하였다.

조사지역 및 방법

세계자연유산 한라산의 남사면 및 북사면 등산로변 낙엽활엽수림 분포지역의 식생구조 및 변화를 알아보기 위해 돈내코등산로 및 관음사등산로를 따라

2015년 5월부터 10월까지 현지조사를 실시하였다. 조사구간은 온대 낙엽활엽수림이 분포하는 지역으로 돈내코등산로 해발 약 720m부터 1,490m 지점까지 13개소와 관음사등산로 해발 약 720m부터 1,370m 지점까지 15개소 등 총 28개소의 조사구(20×20m)를 조사대상으로 하였다(그림 1). 식생조사는 식생조사법에 따라 교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층 등 층위별 식물의 종류와 출현하는 식물의 피도와 군도를 기록하고 입지정보를 기록하였다.

식물의 분류와 동정은 원색식물도감(이창복, 2003)을 기준으로 하였고, 학명과 국명은 국가표준식물록과 국가생물종지식정보시스템을 기준으로 작성하였다.

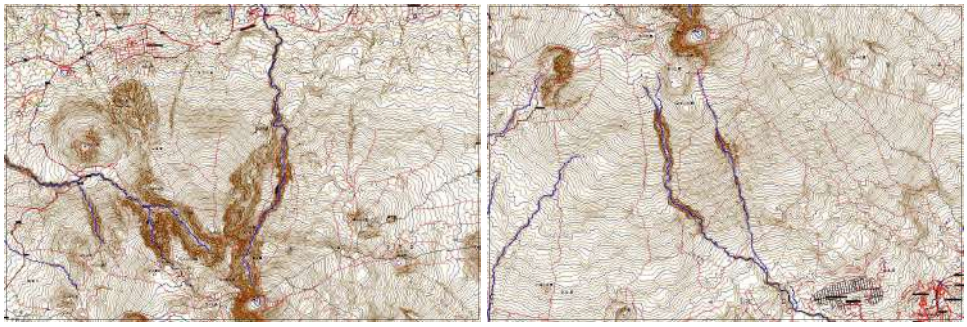


그림 1. 조사지역 위치도(좌: 한라산 북사면, 우: 한라산 남사면)

결과 및 고찰

1. 한라산 남·북사면의 식생

한라산 남사면의 낙엽활엽수림 산림식생의 종 조성을 파악하기 위하여 돈내코등산로는 해발 약 720m부터 구상나무(*Abies koreana*)가 출현하는 1,490m 지점까지 조사하였다. 그 결과 해발고도의 변화에 따라 오구균 등(2007)과 고정군(2012)이 제시한 구실잣밤나무(*Castanopsis sieboldii*)-붉가시나무(*Quercus acuta*) 군락, 서어나무(*Carpinus laxiflora*)-졸참나무(*Quercus serrata*) 군락, 소나무(*Pinus densiflora*) 군락 등으로 구분되었다(부록 1).

구실잣밤나무-붉가시나무 군락은 돈내코등산로의 초입부에서 해발 약 800m까지 분포하며 방형구내 출현종수는 30종류/400㎡ 내외였다. 주요 구성종은 구실잣밤나무, 붉가시나무를 비롯하여 개서어나무(*Carpinus tschonoskii*), 새덕이나무(*Neolitsea aciculata*), 참식나무(*Neolitsea sericea*) 등이 교목층을 형성하고, 아교목층에는 단풍나무(*Acer palmatum*)와 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum*), 산벚나무(*Prunus sargentii*) 등이 분포하고 있었다. 관목층에는 사스레피나무(*Eurya japonica*)가 우점하였고, 그 외로 비쭈기나무(*Cleyera japonica*), 새덕이나무 등이 분포하고 있었다. 초본층에는 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis*)가 다른 군락보다는 낮은 피도로 우점하는 특징이 있었으며, 그 외로 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 마삭줄(*Trachelospermum asiaticum*), 송악(*Hedera rhombea*), 자금우(*Ardisia japonica*) 등이 분포하고 있었다.

서어나무군락은 해발 약 800m부터 1,300m까지 이어졌다. 이 군락은 방형구내 평균 출현종수가 23.5종류(15~28종류)/400㎡이며, 북사면의 경우보다는 졸참나무의 피도가 상대적으로 낮은 특징이 있었다. 층위별로 살펴보면 교목층에 서어나무의 피도가 높고 졸참나무, 개서어나무 등이 분포하였으며, 아교목층에는 당단풍나무가 우점하였고 그 외로 산벚나무 등이 분포하고 있었다. 관목층은 해발고도가 상승할수록 사스레피나무의 피도가 낮아졌고 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum*)의 피도 및 군도가 높아지는 경향을 보였으며, 그 외로 주목(*Taxus cuspidata*), 꽝꽝나무(*Ilex crenata*), 덜꿩나무(*Viburnum erosum*), 대팻집나무(*Ilex macropoda*), 사람주나무(*Sapium japonicum*) 등이 분포하고 있었다. 초본층은 제주조릿대가 우점하고 있었으며, 바위족제비고사리(*Dryopteris saxifraga*), 마삭줄, 낚시제비꽃(*Viola grypoceras*), 송악 등이 낮은 피도로 분포하고 있었다. 이들 남사면의 서어나무 군락을 북사면의 관음사등산로와 비교해 볼 때, 이 군락에는 개서어나무 보다는 서어나무의 피도 및 군도가 다소 높게 나타나고 있었으며, 개서어나무는 해발 약 1,100m에서 1,300m 지역까지 낮은 피도로 분포하는 특징이 있었다(부록 2). 이러한 종구성은 이경재 등(1992)이 한라산 남사면지역의 경우는 개서어나무의 분포가 거의 없고 서어나무가 우점하고 있다는 것과 부분적으로 일치하는 결과이기도 하다. 따라서 서어나무 군락은 남사면지역에서는 가장 넓은 분포를 보이는 식물군락으로 낙엽활엽수림 지역의 대

표적인 식물군락이라 할 수 있다. 국내 산림식생의 조사결과를 볼 때, 서어나무림은 우리나라 온대중부림의 극상림으로 보고된 바 있는데, 제주도의 낙엽활엽수림의 종구성은 국내 주요 국립공원 산림식생과는 다소 차이를 보이는 부분이기도 하다.

서어나무 군락은 해발 1,200m 부근에서 소나무 군락으로 변하는데, 소나무림은 해발 약 900m지점에서 일부 분포가 확인되었다. 소나무 군락의 방형구내 평균 출현종수는 28.4종류(20～33종류)/400㎡로 비교적 종수가 많은 특징이 있었다. 소나무가 교목층을 형성하였으며, 아교목층에는 산개벚지나무(*Prunus maximowiczii*), 당단풍나무, 산딸나무(*Cornus kousa*), 팥배나무(*Sorbus alnifolia*) 등이 분포하였으며, 관목층에는 주목, 마가목(*Sorbus commixta*), 산개벚지나무, 윤노리나무(*Pourthiaea villosa*) 등이 분포하고 있었다. 초본층은 제주조릿대가 높은 피도 및 군도로 우점하고 있었다. 이러한 소나무 군락은 해발고도에 따른 분포보다는 비정규적으로 분포하는 것으로 보이며, 하층부에는 거의 출현하고 있지 않고 있어 향후 종구성에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 보인다.

한라산 북사면에 위치한 관음사등산로 지역의 식생변화를 조사한 결과, 등산로 초입에서부터 서어나무-졸참나무 군락, 신갈나무(*Quercus mongolica*) 군락, 소나무 군락 등으로 구분되었다(부록 2).

등산로 초입에서 해발 약 1,000m 지점까지 분포하는 개서어나무-졸참나무군락은 방형구내 평균 출현종수가 20종류(14～26종류)/400㎡ 내외로 남사면 지역보다는 종수가 적은 특징이 있었다. 이 군락은 졸참나무의 피도와 군도가 매우 높았으며, 개서어나무, 당단풍나무, 서어나무, 산벚나무 등이 교목층을 형성하고 있었다. 아교목층은 당단풍나무, 서어나무 등이 분포하였으며, 관목층은 덜꿩나무가 우점하였고 주목, 정금나무(*Vaccinium oldhamii*) 등이 낮은 피도로 분포하였다. 초본층은 제주조릿대가 높은 피도로 우점하였으며, 마삭줄, 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*) 등이 낮은 피도로 분포하고 있었다. 이 군락은 졸참나무의 피도와 군도가 매우 높아 남사면 돈내코등산로와는 차이를 보였으며, 관목층의 구성종에도 사스레피나무의 분포가 거의 없어 차이를 보였다. 이 군락의 우점종인 개서어나무는 이후에 이어지는 신갈나무 군락 형성구간을 제외하면 낙엽활엽수림이 형성된 대부분 구간에서 높은 피도와 군도로 분포하는 특징이

있었다. 이러한 결과는 관음사지역과 인접한 어리목지역의 산림군집구조에 대한 연구(엄태원 등, 2007)에서 제시한 것처럼 개서어나무가 다른 수종들보다 상층 및 중층에서 중요도가 높아 당분간 우점군락으로 형성될 것으로 판단한 것과 유사한 결과를 보이고 있는 것으로 판단된다.

신갈나무 군락은 해발 1,000m에서부터 1,200m까지 형성되어 있는데, 방형구내 평균출현 종수는 18.6종류(16～23종류)/400㎡였다. 관음사등산로의 경우 졸참나무 군락에서 1,000m 지점에서 확연하게 신갈나무 군락으로 변화는 특징이 있는데, 서어나무, 개서어나무 및 졸참나무 등과 혼재하면서 분포하는 남사면과는 차이를 보였다. 이들 신갈나무를 우점으로 하는 낙엽활엽수림의 비교적 높은 지역에 형성되는 군락으로 경사가 급한 능선 구간에 형성되어 있다. 이 군락은 신갈나무와 개서어나무 등이 교목층을 형성하며, 아교목층에는 서어나무, 산벚나무 등이 분포하였다. 초본층에는 제주조릿대가 높은 피도와 군도로 우점하고 있어 다른 식물의 출현빈도는 매우 낮았다. 이 군락의 우점종인 신갈나무는 소나무 군락에서는 출현빈도가 매우 낮았으며, 1,400m 이상에서 다시 출현하는 특징이 있었다.

소나무 군락은 신갈나무 군락에서 이어지며, 방형구내 평균출현 종수는 21종류(18～26종류)/400㎡로 관음사지역 산림식생 중 출현 종수가 가장 많은 특징이 있었다. 교목층에는 소나무가 우점하고 아교목층에는 산개벚지나무, 팥배나무, 마가목 등이 낮은 피도로 분포하고 있었다. 관목층에는 보리수나무(*Elaeagnus umbellata*), 산개벚지나무 등이 낮은 피도로 분포하였으며 초본층에는 제주조릿대가 높은 피도로 우점하고 있었다. 이러한 소나무 군락은 1,300m 부근까지 이어지며 해발 약 1,350m 부근에서 구상나무 출현하고 이후 구상나무, 사스래나무(*Betula ermanii*) 등 분포하는 구상나무림 및 아고산 관목림으로 이어졌다.

2. 한라산 남・북사면 해발고도별 주요 목본식물의 분포 특성

한라산 낙엽활엽수림지역에 분포하는 주요 목본식물의 분포특성을 파악하기 위해 해발고에 따른 분포상을 조사하였다. 한라산 남사면 돈내코등산로의 해발 720m에서 1,492m까지 분포하는 구상나무 등 25종류 주요 목본류에 대한 해발고도별 분포 변화를 조사한 결과는 표 1과 같다. 제주조릿대를 비롯하여 산딸나

무, 굴거리나무, 덜꿩나무, 꽝꽝나무, 당단풍나무 등은 거의 모든 등산로 구간에 걸쳐 분포하고 있었다. 난대성수종인 붉가시나무, 구실잣밤나무, 새덕이나무, 비쭈기나무 등은 해발 약 800m까지 분포하였다. 특히 참식나무는 교목층 및 초본층에 해발 900m 지점까지 분포하였고, 관목류인 사스레피나무는 1,000m 지점까지 분포하여 차이를 보였다.

낙엽활엽수림 식생의 주요 구성종인 졸참나무는 1,200m 지점까지 분포하였으며, 신갈나무는 1,180m 지점에서부터 졸참나무와 혼재하며 분포가 계속되어 구상나무림까지 이어졌다. 가장 높은 피도를 보이는 서어나무와 개서어나무는 등산로 시작점에서부터 해발 약 1,300m 지점까지 분포가 이어졌다. 소나무는 해발고도에 따른 분포 경향을 보이지는 않았지만 돈내코등산로의 경우에 해발 약 1,180m 지점에서부터 임분을 형성하여 구상나무림까지 이어졌다. 마가목, 산개벚지나무는 해발 약 1,180m 지점부터 분포를 시작하였으며, 털진달래(*Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum*)는 해발 1,360m부터 분포를 시작하였다. 구상나무는 해발 1,490m 지점부터 수고가 낮은 소나무림 및 관목림에 혼재되어 분포를 시작하고 있었다. 이러한 주요 목본식물의 낙엽활엽수림 지역 내에서의 변화는 일부 관목류나 양수의 경우는 해당식물의 일반적인 분포와는 다소 차이를 보이고 있다.

한라산 북사면 관음사등산로의 해발 720m에서 1,373m까지 분포하는 구상나무 등 27종류의 주요 목본류에 대한 해발고도별 분포 변화를 조사한 결과는 표 2와 같다. 제주조릿대를 비롯하여 고로쇠나무, 팥배나무, 개서어나무 등 모든 조사구간에 걸쳐 분포하고 있었다. 난대성수종의 분포는 거의 없는 특징을 보였으며, 관목류인 사스레피나무는 하천을 따라 800m 지점까지 분포하여 남사면과는 차이를 보였다.

낙엽활엽수림 식생의 주요 우점종인 졸참나무는 1,000m 지점까지 분포하였으며, 서어나무는 1,200m 지점까지 분포하고 있어 남사면과 차이를 보인다. 낙엽활엽수림의 주요 구성종인 당단풍나무, 덜꿩나무는 1,150m까지 분포하고, 산벚나무는 1,200m까지, 단풍나무는 졸참나무와 비슷한 1,000m 지점까지 분포

표 1. 한라산 남사면(돈내코등산로) 낙엽활엽수림지역의 해발고도별 주요 목본식물의 분포

Altitude(m) Scientific name	720	850	900	945	994	1026	1060	1125	1180	1290	1360	1407	1492	Korean name	Layer
Abies koreana													—	구상나무	T2/S
Elaeagnus umbellata											—	—	—	보리수나무	T2/S
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*												—	—	털진달래	S
Symplocos sawafutagi											—	—	—	노린재나무	S/H
Rhododendron yedoense for. *poukhanense*											—	—	—	산철쭉	S/H
Pourthiaea villosa									—	—	—	—	—	윤노리나무	T2/S/H
Pinus densiflora			—						—	—	—	—	—	소나무	T/1
Sorbus commixta									—	—	—	—	—	마가목	T2/S
Prunus maximowizii										—	—	—	—	산개벚지나무	T2/S
Sorbus alnifolia							—	—	—	—	—	—	—	팥배나무	T2
Quercus mongolica									—	—	—	—	—	신갈나무	T1
Taxus cuspidata		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	주목	T2/S
Cornus kousa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	산딸나무	T1/T2/S
Viburnum erosum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	덜꿩나무	S/H
Asarum maculatum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	개족도리	H
Quercus serrata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		졸참나무	T1/T2
Ilex crenata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	꽝꽝나무	S H
Acer pseudosieboldianum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	당단풍나무	T1/T2/S
Daphniphyllum macropodum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		굴거리나무	T1/T2/S/H
Dryopteris saxifraga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		바위족제비고사리	H
Styrax japonicus	—	—	—	—	—									때죽나무	T2
Carpinus laxiflora	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			서어나무	T1/ T2
Prunus sargentii	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			산벚나무	T1/T2/S
Carpinus tschonoskii	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			개서어나무	T1/T2
Eurya japonica	—	—	—	—	—	—	—							사스레피나무	T2/S
Meliosma myriantha	—	—	—	—	—	—	—							나도밤나무	T2/S
Acer palmatum	—	—	—	—	—	—	—							단풍나무	T2/S
Neolitsea sericea	—	—	—	—	—									참식나무	T2/H
Lindera erythrocarpa	—	—	—											비목나무	H

표 1. ⇒ 계속

Altitude(m) Scientific name	720	850	900	945	994	1026	1060	1125	1180	1290	1360	1407	1492	Korean name	Layer
Castanopsis sieboldii	——													구실잣밤나무	T1
Quercus acuta	——													붉가시나무	T1
Neolitsea aciculata	——													새덕이	T2/S/H
Cleyera japonica	——													비쭈기나무	T2/S
Sasa quelpaertensis	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	제주조릿대	H

T1: tree layer, T2: subtree layer, S: shrub layer, H: herb layer

하고 있었다. 관목층 구성종 중 주목은 해발 약 700m부터 구상나무림까지 분포하며, 굴거리나무는 해발 1,000m까지, 남사면 하층부의 주요 구성종인 꽝꽝나무의 분포는 빈약하며 남사면과 차이를 보였다.

소나무는 해발 약 1,100m 지점에서부터 임분을 형성하여 분포하기 시작하였으며, 아그배나무, 산개벚지나무는 해발 약 1,180m 지점부터 분포를 시작하여 남사면과 유사한 특징이 있었다. 구상나무는 해발 1,373m부터 신갈나무, 소나무, 사스래나무 등과 혼재되어 분포하고 있어 남사면 보다는 해발고도에 따른 분포로 볼 때 다소 해발이 낮은 곳에서부터 분포하는 특징이 있었다.

이들 결과를 종합할 때, 한라산 남・북사면의 낙엽활엽수림의 주요 식생구조는 유사한 경향을 보이고 있으나 종구성이나 해발고도에 따른 분포 특성을 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 2. 한라산 북사면(관음사등산로) 낙엽활엽수림지역의 해발고도별 주요 목본식물의 분포

Altitude(m) / Scientific name	721	732	750	810	849	963	1000	1088	1118	1158	1179	1254	1300	1360	1373	Korean name	Layer
Abies koreana															—	구상나무	T1
Betula ermanii															—	사스래나무	T2
Prunus maximowizii												—	—	—	—	산개벚지나무	T2/S
Malus sieboldii												—	—	—	—	아그배나무	T2/S
Pinus densiflora									—	—	—	—	—	—	—	소나무	T1
Sorbus commixta										—	—	—	—	—	—	마가목	T2/S
Quercus mongolica								—	—	—	—	—	—	—	—	신갈나무	T1/T2
Carpinus laxiflora	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					서어나무	T1/T2/S
Prunussargentii	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				산벚나무	T1/T2
Acer pseudosieboldianum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					당단풍나무	T1/T2/S
Viburnumerosum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					덜꿩나무	S
Lindera erythrocarpa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					비목나무	T2/T1/H
Acer palmatum	—	—	—	—	—	—	—									단풍나무	T2
Quercus serrata	—	—	—	—	—	—	—									졸참나무	T1/T2
Daphniphyllum macropodum	—	—	—	—	—	—	—									굴거리나무	T1
Styrax japonicus	—	—	—	—	—	—	—	—								때죽나무	T1
Magnolia kobus	—	—	—	—	—	—	—									목련	T2
Viburnum dilatatum	—	—	—	—	—	—										가막살나무	T2
Vaccinium oldhami	—	—	—	—	—	—	—	—	—							정금나무	S
Taxus cuspidata			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	주목	T2/S
Kalopanax septemlobus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	음나무	T1/T2
Acer pictum var. *mono*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	고로쇠나무	T1/T2/H
Sorbus alnifolia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	팥배나무	T2/S
Carpinus tschonoskii	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	개서어나무	T1/T2
Sasa quelpaertensis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	제주조릿대	H

T1: tree layer, T2: subtree layer, S:shrub layer, H:herb layer

Vegetation Structure of Deciduous Broad-leaved Forest on the Southern and Northern Slopes in Mt. Hallasan

Kim Dae-Shin*, Kim Jong-Kab and Koh Jung-Goon
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

This study was carried out to classify vegetation structure of deciduous broad-leaved forest by altitude on the southern(Donnaeko trail) and northern(Gwaneumsa trail) slopes in Mt. Hallasan.

The communities on the Donnaeko trail were divided in *Castanopsis sieboldii-Quercus acuta* community from trail entrance up to 800m above sea level(a.s.l.), *Castanopsis sieboldii-Quercus serrata* community from 800m a.s.l. up to 1,300m and *Pinus densiflora* community more than 1,200m a.s.l. The communities on the Gwaneumsa trail were divided in *Carpinus laxiflora-Quercus serrata* community from trail entrance to 800m a.s.l., *Quercus mongolica* community from 1,000m a.s.l. up to 1,200m and *Pinus densiflora* community more than 1,100m a.s.l.

In the distribution of main woody plants on deciduous broad-leaved forest by altitude on the Donnaeko trail, *Cornus kousa*, *Daphniphyllum macropodum*, *Viburnum erosum*, *Ilex crenata* and *Acer pseudosieboldianum* containing *Sasa quelpaertensis* were distributed in all trail sections but other species differed depending on the elevation. *Acer pictum* var. *mono*, *Sorbus alnifolia* and

Carpinus tschonoskii containing *Sasa quelpaertensis* by altitude on the Gwaneumsa trail were distributed in all trail sections. Gwaneumsa trail compared to Donnaeko trail showed differences that temperate species was not distributed on trail and it was distributed the mixed forests of *Abies koreana, Quercus mongolica* var. *crispula, Pinus densiflora,* and *Betula ermanii etc.* from 1,373m a.s.l.

인용문헌

Doi, H. and N.I. Yurlova. 2011. Consequent Effect of Parasitism on Population Dynamics, Food Webs, and Human Health Under Climate Change, *A Journal of the Human Environment*, 40: 332-334.

McCarl, B.A. and U.A. Schneider. 2001. Greenhouse gas mitigation in U.S agriculture and forest. Science 294: 2481-2482.

Oliver, H., A.F. Lotter and G. Lemcke. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology 25: 101-110.

고정군. 2012. 한라산국립공원 자연자원조사-식생. 제주특별자치도 한라산연구소. pp.85-104.

엄태원, 김갑태, 추갑철, 류동엄. 2007. 한라산 어리목지역의 산림군집 구조에 관한 연구. 한국환경생태학회지, v.21, no.2, pp.113-119.

오구균, 고정군, 김태환. 2007. 한라산 돈내코계곡의 해발고별 식물군집분포. 한국환경생태학회지, v.21, no.2, pp.141-148.

이경재, 류창희, 최송현. 1992. 한라산 어리목, 영실, 돈내코지역의 식물군집구조. 한국환경생태학회지, v.6, no.1, pp.25-43.

이경재, 조우, 조현서. 1992. 한라산 아고산지대 식물군집구조 및 식생훼손. 한국환경생태학회지, v.6, no.1, pp.44-54.

이영노. 2007. 새로운 한국식물도감 Ⅰ, Ⅱ. (주)교학사. 서울

이우철. 1996. 원색한국기준식물도감. 아카데미서적. 서울

이창복. 2003. 원색 대한식물도감(상, 하). 향문사. 서울

이상철, 최송현, 강현미, 조현서, 조재우. 2010. 한라산국립공원 동사면의 해발고별 식생변화 및 구조. 한국환경생태학회지, v.24 no.1, pp.26-36.

장지혜, 이준석 ,정지선, 송태영, 이경재, 서상욱, 이재석. 2014. 계룡산 국립공원 산림생태계의 탄소축적량 산정에 관한 연구. 생태와환경, v.47, no.4, pp.319-327.

부록 1. 한라산 돈내코 등산로변 고도별 식생조사표

Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Area	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400		
Altitude(m)	720	850	900	945	994	1026	1076	1125	1180	1290	1360	1407	1492		
Height of tree layer(m)	13	10	15	14	13	13	14	15	15	12	10	10	6		
Cover of tree layer(%)	85	70	80	80	80	70	70	80	80	60	70	60			
Height of tree subtree layer(m)	8	6	9	8	8	7	9	9	10	8	6	7	8		
Cover of tree subtree layer(%)	40	40	40	40	30	40	40	20	50	50	50	50	70		
Height of tree shrub layer(m)	3	2	4	3	4	3	4	5	4	3	3	2	4		
Cover of tree shrub layer(m)	50	40	30	40	40	30	30	20	20	30	50	50	50		
Height of tree herb layer(m)	0.5	0.5	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1		
Cover of tree herb layer(%)	60	60	30	80	85	90	95	95	100	95	95	100	100		
Number of species	29	25	23	26	24	21	28	15	25	25	30	29	20		
Scientific name														Korean name	Layer
Castanopsis sieboldii	1.1													구실잣밤나무	T1
Quercus acuta	+.2													붉가시나무	T1
Neolitsea aciculata	1.1													새덕이	T2/S/H
Cleyera japonica	+.2													비쭈기나무	T2/S
Neolitsea sericea		+.2	+	+										참식나무	T2/H
Eurya japonica	2.2	1.1	1.1	+.2	+.2	+								사스레피나무	T2
Meliosma myriantha	+	+	+	+	+	+	+							나도밤나무	T2/S
Acer palmatum	1.1	1.1	1.1		+.2		+.2							단풍나무	T2/S
Quercus serrata	2.2		1.1				1.1		1.1					졸참나무	T1/T2
Daphniphyllum macropodum	+	1.1	+	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	+.2	+	+			굴거리나무	T1/T2/ S/H
Dryopteris saxifraga	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+			바위족제비고사리	H
Styrax japonicus	+				+									때죽나무	T2
Carpinus laxiflora	+.2	3.3	3.3	3.3	3.3	2.2	2.2	2.2	1.1	1.1				서어나무	T1/T2
Prunus sargentii		+.2		+.2		+.2		+	+.2	+				산벚나무	T1/T2/ S
Carpinus tschonoskii	1.1					1.1	2.2	2.2	1.1	1.1				개서어나무	T1/T2
Acer pseudosieboldianum	+.2	+.2	1.1	1.1	+	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		1.1		당단풍나무	T1/T2/S
Lindera erythrocarpa	+	+												비목나무	H
Taxus cuspidata		+.2	+.2	1.1	+.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	+	+.2	주목	T2/S
Cornus kousa		1.1		+.2	+.2	1.1	1.1		+.2		+.2	+.2	+.2	산딸나무	T1/T2/ S
Viburnum erosum			+	+	+		+.2	+	+	+.2	+.2	1.1		덜꿩나무	S/H
Ilex crenata	+	+	+	+	1.1	+.2	+.2	+	+	+	+	+		꽝꽝나무	S/H
Asarum maculatum		+	+	+						+	+	+		개족도리	H
Quercus mongolica									2.2					신갈나무	T1
Pourthiaea villosa									+	+	+.2	+.2		윤노리나무	T2/S/ H
Pinus densiflora			+.2						2.2	3.3	3.3	3.3	3.3	소나무	T1
Sorbus commixta									+.2		+.2	1.1	+.2	마가목	T2/S
Prunus maximowizii										+	1.1	1.1	1.1	산개벚지나무	T2/S
Sorbus alnifolia							+			+.2	1.1	1.1	1.1	팥배나무	T2
Elaeagnus umbellata											+.2	+	+	보리수나무	T2/S
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*												+		털진달래	S

부록 1. ⇒ 계속

Scientific name														Korean name	Layer
Symplocos sawafutagi											+.2	1.1	+.2	노린재나무	S/H
Rhododendron yedoense f. *poukhanense*											+	+.2	+.2	산철쭉	S/H
Abies koreana													1.1	구상나무	S
Sasa quelpaertensis	3.3	3.3	1.1	4.4	4.4	4.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	제주조릿대	H
Viburnum erosum var. *taquetii*		+			+	+	+		+		+.2	+		가새딜꿩나무	S/H
Hydrangeapetiolaris			+		+	+	+	+	+	+				등수국	S/H
Arisaema peninsulae				+	+	+	+			+	+	+		점백이천남성	H
Viola grypoceras				+	+		+			+	+	+		낚시제비꽃	H
Smilax china	+		+				+			+	+	+		청미래덩굴	S/H
Trachelospermum asiaticum	+	+		+	+			+						마삭줄	S/H
Ilex macropoda				+		+.2			+	1.1		+		대팻집나무	T2/S
Huperzia serrata		+			+	+					+		+	뱀톱	H
Euonymus alatus										+.2	+	+.2	+.2	화살나무	S
Euonymus oxyphyllus		+					+			+.2	+			참회나무	T2/S/H
Viola albida var. *chaerophylloides*				+		+	+				+			남산제비꽃	H
Arisaema ringens			+	+		+		+						큰천남성	H
Goodyera velutina	+		+	+	+									털사철란	H
Carex ciliatomarginata							+		+		+			털대사초	H
Vaccinium oldhami									+		+	+.2		정금나무	T2/S
Cornus macrophylla			+.2	1.1		+								곰의말채나무	T2
Ainsliaea apiculata			+			+			+					좀딱취	H
Neoshirakia japonica	+	+	+											사람주나무	S
Hedera rhombea	+	+			+									송악	H/S
Hydrangea serrata for. *acuminata*							+				+	+		산수국	H
Dryopteris bissetiana		+										+	+	산족제비고사리	H
Potentilla yokusaiana							+	+				+		민눈양지꽃	H
Mitchella undulata									+	+				호자덩굴	H
Maackia fauriei					+			+						솔비나무	S/H
Viburnum furcatum							+.2				+.2			분단나무	S
Rhododendron weyrichii		+							+					참꽃나무	S
Callicarpa japonica				+			+							작살나무	S
Berberis amurensis var. *quelpartensis*												+	+	섬매발톱나무	S/H
Viburnum furcatum									+.2				+	분단나무	S/H
Viola violacea				+							+			자주잎제비꽃	H

The others companion species: *Ardisia japonica*(자금우, +), *Cornus controversa*(층층나무, +.2), *Reynoutria japonica*(호장근, +), *Schizophragma hydrangeoides*(바위수국, +), *Acer pictum* var. *mono*(고로쇠나무, +.2), *Smilax sieboldii*(청가시덩굴, +), *Hosta minor*(좀비비추, +), *Goodyera schlechtendaliana*(사철란, +), *Tripterospermum japonicum*(덩굴용담, +), *Arundinella hirta* var. *ciliata*(털새, +), *Clerodendron trichotomum*(누리장나무, +), *Ligustrum japonicum* (광나무, +), *Aralia elata*(두릅나무, +), *Weigela florida*(붉은병꽃나무, +), *Lysimachia japonica*(좀가지풀, +), *Arisaema thunbergii*(무늬천남성, +), *Prunus buergeriana*(섬개벚나무, +.2), *Thelypteris japonica*(지네고사리, +), *Dryopteris erythrosora*(홍지네고사리, +), *Ajuga decumbens*(금창초, +), *Miscanthus sinensis*(억새, +), *Athyrium vidalii*(산개고사리, +), *Botrychyum ternatum*(고사리삼, +), *Stauntonia hexaphylla*(멀꿀, +), *Calanthe reflexa*(여름새우난초, +), *Lecanorchis japonica*(무엽란, +)

부록 2. 한라산 관음사 등산로변 고도별 식생조사표

Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Area	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400		
Altitude(m)	721	732	750	810	849	963	1000	1088	1118	1158	1179	1254	1300	1360	1373		
Height of tree layer(m)	15	15	13	15	15	16	15	12	13	16	15	13	16	12	13		
Cover of tree layer(%)	70	70	70	80	70	70	80	70	70	60	70	70	75		60		
Height of tree subtree layer(m)	8	8	7	7	7	7	8	6	7	7	8	7	10	7	8		
Cover of tree sutree blayer(%)	30	30	30	20	30	30	30	30	30	20	40	40	10	15	50		
Height of tree shrub layer(m)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4		
Cover of tree shrub layer(m)	10	5	20	20	20	10	20	10	20	10	20	20	20	30	40		
Height of tree herb layer(m)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1	1	1		
Cover of tree herb layer(%)	100	100	100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		
Number of species	18	14	17	24	26	19	25	17	16	23	20	18	18	22	26		
Scientific name																Korean name	Layer
Quercus serrata	3.3	2.2	3.3	3.3	3.3	4.4										졸참나무	T1/T2
Daphniphyllum macropodum		+	+	+	+.2	1.1	1.1			+						굴거리나무	T1
Styrax japonicus			+.2	+	+.2		+	+								때죽나무	T1
Vaccinium oldhami	1.1	+	+	+	+				+							정금나무	S
Carex ciliatomarginata	+			+	+	+									+	털대사초	H
Magnolia kobus			+	+	+	+	+									목련	T2
Acer palmatum		+				+.2										단풍나무	T2
Carpinus laxiflora	1.1	1.1	1.1	+.2	+.2	1.1	1.1	+.2	1.1	1.1						서어나무	T1/T2/S
Prunus sargentii	+		+.2	1.1	1.1		+.2		+	+	+.2					산벚나무	T1/T2
Acer pseudosieboldianum	1.1	1.1	2.2	1.1	+.2	+	+.2	1.1	+.2	+						당단풍나무	T1/T2/S
Viburnum erosum	1.1	+.2	1.1	1.1	1.1	+		+	+	+.2						덜꿩나무	S
Lindera erythrocarpa			+		+		+.2	+		+.2						비목나무	T2/T1/H
Taxus cuspidata				+	+		+	+	+	+	+.2			+		주목	T2/S
Carpinus tschonoskii	+.2	1.1		1.1	1.1	+.2	2.2	2.2	1.1				+.2	+.2	1.1	개서어나무	T1/T2
Acer pictum var. *mono*			+.2	+	+		+.2	+		+	+			+	+	고로쇠나무	T1/T2/ H
Hydrangea petiolaris										+.2	+	+	+	+	+	등수국	H
Smilax china	+			+	+	+			+	+	+		+			청미래덩굴	S
Kalopanax septemlobus					+.2	+.2	+.2			+	+.2	+.2		+	+	음나무	T1/T2
Parthenocissus tricuspidata		+	+	+	1.1		+	+			+					담쟁이덩굴	S/H
Asarum maculatum								+		+	+	+	+	+	+	개족도리	H
Cornus kousa	1.1	+.2			+		+		+			+.2				산딸나무	T2
Quercus mongolica								2.2	3.3	1.1					+.2	신갈나무	T1/T2
Mitchella undulata						+			+.2	+			+	+		호자덩굴	H
Disoprum smilacinum							+			+		+	+	+		애기나리	H
Pourthiaea villosa								+	+.2	+	1.1		+	1.1		윤노리나무	S
Pinus densiflora									+.2	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	3.3	소나무	T1
Sorbus commixta										+	+.2	1.1			+	마가목	T2/S

부록 2. ⇒ 계속

Scientific name																Korean name	Layer
Prunus maximowizii												1.1	1.1	+	+	산개벚지나무	T2/S
Sorbus alnifolia						+				+	1.1	+.2	+.2	+.2		팥배나무	T2/S
Elaeagnus umbellata												1.1	+	+.2	+.2	보리수나무	S
Malus sieboldii												+.2		+.2	1.1	아그배나무	T2/S
Abies koreana															+.2	구상나무	T1
Betula ermanii															1.1	사스래나무	T2
Sasa quelpaertensis	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	제주조릿대	H
Dryopteris saxifraga	+	+			+						+					바위족제비고사리	H
Maackia fauriei	1.1		+	+			+									솔비나무	T1/T2
Euonymus oxyphyllus										+.2	+	+			1.1	참회나무	T2
Trachelospermum asiaticum	+	+	+	+												마삭줄	S
Ilex crenata					+								+	+		꽝꽝나무	H
Hydrangeapetiolaris								+.2	+						+	등수국	T2
Goodyera biflora				+		+		+								섬사철란	H
Lindera obtusiloba	+			+	+											생강나무	S
Viburnum dilatatum	+.2			1.1	1.1											가막살나무	T2
Dryopteris erythrosora						+	+		+							홍지네고사리	H
Dryopteris chinensis	+				+							+				가는잎족제비고사리	H
Viola grypoceras												+		+		낚시제비꽃	H
Cornus controversa							+								+.2	층층나무	T1
Arisaema peninsulae							+	+								점백이천남성	H
Viburnum wrightii			+					+.2								산가막살나무	S
Rhododendron weyrichii	+														+	참꽃나무	H
Hydrangea serrata f. *acuminata*										+.2					+	산수국	H
Meliosma oldhamii			+	+												합다리나무	S
Lepisorus ussuriensis						+									+	산일엽초	S/H
Viola violacea						+				+						자주잎제비꽃	H
Arisaema robustum													+	+		넓은잎천남성	H
Prunus buergeriana							+								+	섬개벚나무	T2/T1
Ajuga decumbens							+					+				금창초	H

The others companion species: *Cornus macrophylla*(곰의말채나무, +), *Hydrangea petiolaris*(등수국, +), *Reynoutria japonica*(호장근, +), *Euonymus pauciflorus*(회목나무, +), *Neoshirakia japonica*(사람주나무, +), *Schizophragma hydrangeoides*(바위수국, +), *Hedera rhombea*(송악, +), *Dryopteris crassirhizoma*(관중, +), *Callicarpa japonica*(작살나무, +), *Goodyera schlechtendaliana*(사철란, +), *Maianthemum bifolium*(두루미꽃, +), *Rosa multiflora* (찔레나무, +), *Senecio nemorensis*(금방망이, +), *Clerodendron trichotomum*(누리장나무, +), *Euonymus bungeanus*(좀참빗살나무, +), *Viburnum furcatum*(분단나무, +.2), *Vaccinium japonicum*(산매자나무, +), *Asplenium incisum*(꼬리고사리, +), *Dryopteris bissetiana*(산족제비고사리, +), *Schisandra repanda*(흑오미자, +), *Hepatica insularis*(새끼노루귀, +), *Ostrya japonica*(새우나무, +), *Viburnum erosum* (덜꿩나무, +), *Ardisia japonica*(자금우, +)

한라산 영실일대 털진달래의 개화 및 생육특성

김대신*, 김종갑, 김수경, 고정군
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 조사는 털진달래의 개화 및 생육특성을 파악하기 위해 한라산 영실지역 해발 1,450m부터 해발 1,800m 방애오름일대까지를 대상으로 조사하였다.

영실일대 털진달래 꽃눈의 발생 수는 조사목에 따라 다소 차이는 있으나 최근 3년 동안 점차 감소되는 경향을 보였다. 털진달래는 해발고도에 따라 생육특성에는 큰 차이는 없는 것으로 나타났으나 수고, 수관폭 및 꽃눈 수의 형성에는 밀접한 상관관계를 보였다. 해발고도가 높아질수록 꽃눈의 파열시기, 개화시작이 늦어짐과 함께 낙화의 시작 및 완료시기도 늦어졌으나 개화기간은 짧아지는 특성을 보였다.

털진달래의 생육특성은 유묘기, 생육초기, 성숙기, 완숙기 및 쇠퇴기를 구분할 수 있었으며, 해발 1,680m 이하지역에서는 쇠퇴기에 접어든 개체들이 많은 반면 그 이상지역에서는 상대적으로 성숙기의 개체들이 많이 분포하는 것으로 나타났다. 또한 유묘기 및 생육초기의 발생정도는 털진달래 자생지의 식생구조나 미지형적 특성에 의해 많은 차이를 가져오는 것으로 나타났다.

한라산 영실일대 털진달래의 개화정도는 각각 개체들의 생육특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다. 더욱이 영실일대 해발 약 1,700m 이하지역은 꽃눈 수의 발달 및 개화가 상대적으로 많이 발생되는 성숙기 및 완숙기의 개체들보다 쇠퇴기의 개체들이 많을 뿐만 아니라 유묘기, 생육초기의 개체들이 빈도가 낮아 털진달래의 개화량은 지속적으로 감소될 것으로 판단된다.

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7585, e-mail: kds3374@korea.kr

서 론

진달래속(*Rhododendron*) 식물은 아시아, 북미, 유럽 등에 약 1,000여 종류가 분포하고 있다(Fang et al., 2005). 국내에는 23종류, 제주지역에는 산철쭉(*R. yedoense* f. *poukhanense*), 진달래(*R. mucronulatum*), 털진달래(*R. mucronulatum* var. *ciliatum*), 참꽃나무(*R. weyrichii*), 털참꽃나무(*R. weyrichii* var. *psilostylum*) 6종류가 분포하고 있는 것으로 알려져 있다(제주특별자치도, 2007).

진달래속 식물들은 일반적으로 주요 산지의 정상이나 능선부에 자라고 있어 주요 국립공원이나 산지지역의 특이한 풍경을 만들어주는 경관식물이기도 하다. 또한 벚나무류와 더불어 진달래속 식물들은 춘기 개화식물로 각종 봄관련 축제나 철쭉제 같은 행사에 중요한 소재로 활용되고 있어 중요한 관광자원이다. 그리고 다양한 조경소재로 활용되고 있어 이용 가치가 매우 높은 특징이 있다. 이러한 진달래속 식물들은 산지의 수림에 자라는 관목류로 지구적인 기후변화 등으로 생육환경이 변하고 있고, 산림식생의 천이에 따라 생육에 영향을 받고 있어 지속적인 관찰이 요구되는 식물들이기도 하다. 진달래속 식물에 대한 생태학적 연구로는 생육특성에 관한 연구(Nam, 1970; Lee and Lim, 1998; 박인환과 조광진, 2013; 강귀옥 등, 2013)와 개화 특성에 관한 연구(Kim and Ryu, 1985; 김진희 등, 2013; 김대신 등, 2015) 등이 이루어져 왔지만, 한라산 지역 털진달래의 개화 및 생육특성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 조사는 한라산 영실지역에 분포하는 털진달래의 개화 및 생육특성을 조사하고, 향후 보호와 관리를 위한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

조사지역 및 방법

1. 조사지역

털진달래(*Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum* Nakai)의 개화 및 생육특성을 파악하기 위해 한라산 영실지역 해발 1,450m에서부터 1,800m 방애오름일대까지를 대상으로 조사하였다(그림 1).

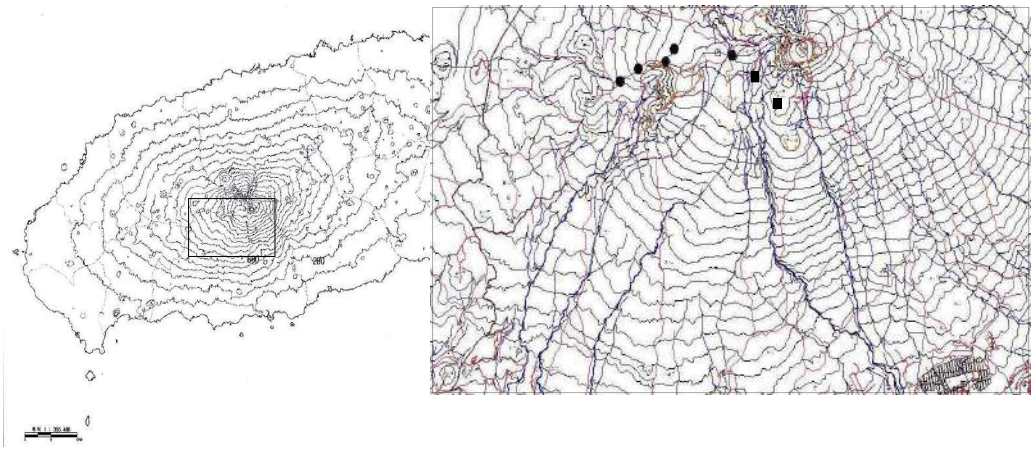


그림 1. 조사지역 위치도(●: 고정조사구, ■: 대조구)

2. 털진달래 개화특성 조사

영실일대 털진달래의 식물계절변화조사는 영실등산로 주변을 중심으로 해발 1,453m부터 1,680m까지 4개의 지역으로 구분하고, 각각의 지역에서 5~10개체의 조사목을 선정하여 수고 및 수관폭 등의 생육상황을 조사한 후 실시하였다(표 1). 식물계절변화는 꽃눈파열, 개화시작, 낙화시작 및 낙화완료 등의 개화특성을 2013년 3월부터 2015년 6월까지 조사하였다.

3. 털진달래 생육특성 조사

털진달래의 생육조사는 영실지역 해발 1,575m부터 1,800m 방애오름일대까지 비교적 개체수의 밀도가 높은 7개소 8지점에서 각 400㎡ 내에 분포하는 개체들을 대상으로 2015년 5월부터 10월까지 실시하였다(그림 1). 방형구내에 출현하는 털진달래 개체들은 각각 유묘기, 생육초기, 성숙기, 완숙기 및 쇠퇴기로 구분하여 기록하였으며, 수고 및 수관폭 등의 생육상황도 조사하였다. 식물의 동정은 원색식물도감(이창복, 2003)을 기준으로 하였고, 학명 및 국명은 국가표준식물목록과 국가생물종 지식정보시스템을 기준으로 작성하였다.

표 1. 영실일대 털진달래의 개화특성 조사를 위한 조사목 생육특성

영실지역 (해발고도)	조사목 No.	생 육 상 황		
		수고(m)	수관폭(m)	
			동-서	남-북
1,453m	1	1.38	1.40	1.25
	2	1.15	1.10	1.23
	3	1.03	1.20	1.00
	4	1.85	1.90	1.75
	5	1.50	1.05	1.25
	6	1.33	0.90	0.91
	평균	1.37	1.26	1.23
1,610m	1	0.90	1.00	1.30
	2	0.75	0.75	0.75
	3	0.75	0.75	0.75
	4	0.85	0.50	0.80
	5	0.80	0.55	0.90
	6	1.00	1.05	0.90
	평균	1.11	1.01	1.07
1,671m	1	1.32	1.65	1.32
	2	1.31	1.80	1.25
	3	1.41	1.70	2.10
	4	1.40	1.95	1.60
	5	1.60	1.47	1.20
	6	1.04	1.33	1.20
	7	1.16	1.33	1.70
	8	1.25	0.85	1.05
	9	1.35	1.66	1.60
	10	1.30	1.10	1.35
	평균	1.31	1.48	1.44
1,680m	1	1.10	1.10	1.55
	2	1.10	1.05	1.28
	3	1.19	1.13	1.16
	4	0.89	0.93	1.20
	5	1.16	1.14	0.78
	평균	1.09	1.07	1.19
전체 평균		1.32	1.21	1.26

결과 및 고찰

1. 털진달래의 개화특성

영실일대 동절기동안 조사된 털진달래의 꽃눈 수는 조사 지역 및 조사목에 따라 많은 차이를 보였다(표 2). 최근 3년 동안 털진달래의 꽃눈 형성이 없었던 1개의 조사목을 제외하면, 꽃눈의 수는 2013년의 경우 조사목에 따라 최소 12개에서 최대 3,005개로 나타났으며, 2014년에는 3～2,830개, 2015년에는 0~2,860개로 나타났다. 전체적으로 평균 꽃눈 수는 조사목에 따라 다소 차이는 있으나 최근 3년 동안에는 점차 감소되는 경향을 보였다. 또한 각각의 개체에 대한 꽃눈 수는 상대적으로 일정비율이 유지되는 것으로 조사되었다. 즉, 2013년에 꽃눈 수를 많이 발생한 개체목인 경우 2014년과 2015년에도 상대적으로 다른 개체목에 비해 많은 꽃눈 수를 발생하는 것으로 나타난 반면 2013년 꽃눈 수가 적었던 개체는 3년 동안 다른 개체들에 비해 상대적으로 적은 꽃눈 수가 발생되었다. 이는 각각의 개체들의 생육상황과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다. 그러나 해발고도에 따라 꽃눈수의 변화에 대한 일정한 경향을 보이지는 않았다. 이러한 꽃눈수의 변화는 개화량과 매우 밀접한 관련이 있는 부분으로 향후 한라산 털진달래 군락지의 개화불량원인 등을 규명하기 위하여 연차적인 조사와 분석이 필요한 부분으로 사료된다.

영실일대 개화특성을 살펴보면 꽃눈파열시기는 지역과 조사목에 따라 차이를 보였는데, 최근 3년 동안 가장 이른 시기는 해발 1,453m 위치에서 2014년 4월 2일로 나타났으며, 가장 늦은 시기는 해발 1,672m 및 1,680m 위치에서 2013년 5월 14일에 이루어진 것으로 나타났다(표 3). 개화시작이 가장 이른 시기에 이루어진 것은 해발 1,453m 위치에서 2014년 4월 14일로 나타난 반면 해발 1,671m 위치에서 2013년 5월 29일이 가장 늦게 개화가 시작되었던 것으로 나타났다. 낙화시작은 해발 1,453m 위치에서 2015년 4월 22일에 시작된 것이 가장 이른 시기로 나타난 반면 해발 1,671m 위치에서 2013년 5월 29일에 시작된 것이 가장 늦은 시기로 나타났다. 낙화완료는 해발 1,453m 위치에서 2014년 5월 13일이 가장 이른 시기이고, 해발 1,680m 위치에서 6월 27일이 가장 늦은 시기로 나타났다. 그리고 개화기간은 2013년에 위치와 조사목에 따라 최소 15일에서 56일로

표 2. 연도별 영실지역 털진달래 고정조사목 꽃눈 수의 비교

영실지역 (해발고도)	조사목 No.	꽃눈 수		
		2013년	2014년	2015년
1,453m	1	2,596	2,138	1,006
	2	833	1,355	658
	3	2,241	2,830	739
	4	1,849	2,049	1,833
	5	1,017	2,490	1,116
	6	679	764	403
	평균	1,535.8	1,937.6	959.17
1,610m	1	12	3	0
	2	0	0	0
	3	325	202	331
	4	149	151	313
	5	32	47	77
	6	1,565	742	275
	평균	347.1	190.8	166.00
1,671m	1	1,565	742	986
	1	2,265	2,600	2,860
	3	1,447	2,433	2,167
	4	937	662	1,030
	5	1,474	591	969
	6	1,264	655	434
	7	1,975	629	472
	8	1,117	314	267
	9	3,005	1,506	856
	10	873	18	21
	평균	1,592.2	1,015.0	1,006.20
1,680m	1	2,795	207	0
	2	1,106	1,046	412
	3	2,091	881	1,327
	4	1,476	648	725
	5	1,740	2,215	910
	평균	1,841.6	994.4	674.80

표 3. 영실일대 털진달래 고정조사목 년도별 식물계절 특성

해발고도 및 조사목 No.		꽃눈파열			개화시작			낙화시작			낙화완료			개화기간		
		2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
1,453m	1	4/18	4/14	4/8	4/22	4/24	4/22	5/7	5/2	5/4	5/21	5/13	5/8	33	29	30
	2	4/12	4/2	4/8	4/18	4/14	4/22	4/25	5/2	5/4	5/14	5/13	5/8	32	41	30
	3	4/12	4/2	4/8	4/18	4/14	4/16	4/25	5/2	4/22	5/14	5/13	5/4	32	41	26
	4	4/18	4/2	4/8	4/25	4/14	4/22	5/7	5/2	5/4	5/14	5/13	5/8	26	41	30
	5	4/18	4/2	4/8	4/22	4/14	4/22	5/14	5/2	5/4	5/14	5/13	5/8	26	41	30
	6	4/18	4/2	4/8	4/22	4/14	4/22	4/25	5/2	5/4	5/14	5/13	5/14	26	41	36
1,610m	1	5/7	5/2	x	5/14	5/7	x	5/21	5/13	x	5/29	5/19	x	22	17	x
	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	3	5/3	5/2	4/16	5/14	5/7	5/4	5/21	5/13	5/8	6/4	5/19	5/20	32	17	34
	4	4/25	4/24	4/16	5/3	5/2	4/27	5/14	5/13	5/8	5/21	5/19	5/14	26	25	28
	5	5/3	5/2	4/16	5/10	5/7	5/4	5/14	5/13	5/8	5/21	5/19	5/14	18	17	28
	6	4/25	5/2	4/22	5/3	5/7	4/27	5/14	5/13	5/8	5/21	5/23	5/20	26	21	28
1,671m	1	5/2	5/2	4/27	5/14	5/7	5/4	5/21	5/19	5/8	5/29	5/28	5/20	27	26	23
	1	5/2	5/7	4/27	5/14	5/13	5/4	5/21	5/19	5/8	6/4	5/28	5/20	33	21	23
	3	5/14	5/2	5/4	5/17	5/7	5/8	5/21	5/19	5/14	6/4	5/28	5/20	21	26	16
	4	5/14	5/2	5/4	5/17	5/7	5/8	5/21	5/19	5/14	5/29	5/28	5/20	15	26	16
	5	5/14	5/2	5/4	5/21	5/7	5/8	5/29	5/19	5/14	6/7	5/28	5/20	24	26	16
	6	5/7	5/2	4/27	5/14	5/7	5/4	5/21	5/19	5/8	5/29	5/28	5/20	22	26	23
	7	5/14	5/2	4/27	5/17	5/7	5/4	5/29	5/19	5/8	6/13	5/28	5/20	30	26	23
	8	5/14	5/2	5/4	5/21	5/7	5/8	5/29	5/19	5/14	6/13	5/28	5/20	30	26	16
	9	5/10	5/2	4/27	5/14	5/7	5/4	5/21	5/19	5/8	6/13	5/28	5/20	34	26	23
	10	5/21	5/7	5/4	5/29	5/13	5/8	5/29	5/19	5/11	6/13	5/28	5/14	23	21	10
1,680m	1	5/2	5/2	x	5/14	5/7	x	5/21	5/19	x	6/27	5/28	x	56	26	x
	2	5/7	5/2	5/4	5/14	5/13	5/11	5/21	5/23	5/20	6/13	6/5	5/28	37	34	24
	3	5/14	5/7	5/4	5/21	5/13	5/14	5/29	5/23	5/20	6/27	6/5	5/28	44	29	24
	4	5/7	5/2	5/4	5/14	5/7	5/14	5/21	5/19	5/20	6/13	5/28	5/28	37	26	24
	5	5/14	5/2	5/4	5/21	5/13	5/14	5/29	5/23	5/20	6/13	6/10	5/28	30	39	24

조사되었고, 2014년에는 17~41일, 2015년에는 10~36일로 조사되어 많은 차이를 보였다.

전체적으로 털진달래의 개화 및 낙화 등의 식물 계절적 시기는 조사 위치 및 조사목에 따라 많은 차이를 보이지만 꽃눈 파열시기는 해발고도가 높아질수록 점차 늦어지는 경향을 보였다. 더불어 꽃눈파열시기에 따라 개화시기 및 낙화시작과 완료시기가 결정되는 것으로 나타났다.

2. 털진달래의 개화특성 조사목의 생육과 식물계절과의 관계

한라산 영실일대 털진달래는 해발고도에 따라 생육특성에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(표 1, 표 4). 그러나 털진달래 조사목의 위치에 관계없이 수고, 수관폭 및 꽃눈 수의 형성은 매우 밀접한 상관관계를 보였다(표 4). 또한 해발고도 높아질수록 꽃눈의 파열시기, 개화시작은 늦어지는 것으로 나타났으며, 이에 따라 낙화시작 및 낙화완료시기로 늦어지는 것으로 나타났다. 그러나 개화기간은 해발고도가 높아질수록 짧아지는 특성을 보였다. 이러한 결과는 한라산 영실일대의 털진달래의 개화 및 낙화 시기는 해발고도에 따라 일정하게 변화되는 것을 의미한다. 이는 온도 등 기상특성과 밀접한 관계가 있을 것으로 판단되지만, 온도변화와 털진달래의 식물계절을 명확하기 밝히기 위해서는 보다 장기간의 기상자료 축적과 함께 다양한 상관관계 규명이 요구된다(김대신 등, 2015).

표 4. 영실일대 털진달래의 자생지, 생육특성 및 개화특성간의 상관관계

구분	해발고도	생육특성			식물계절			
		수고	수관폭	꽃눈 수	꽃눈파열	개화시작	낙화시작	낙화완료
수고	-0.222							
수관폭	0.107	0.702**						
꽃눈 수	-0.180	0.534**	0.588**					
꽃눈파열	-0.929**	-0.093	0.151	-0.144				
개화시작	-0.984**	-0.271	0.059	-0.240	0.938**			
낙화시작	-0.793**	0.034	0.161	-0.139	0.759**	0.801**		
낙화완료	-0.737**	-0.094	-0.002	0.073	0.805**	0.730**	0.629**	
개화기간	-0.623**	0.036	-0.235	0.323	-0.596**	-0.652**	-0.523**	-0.081

**Pearson 상관계수는 0.01수준(양쪽)에서 유의함

한편 영실일대 털진달래의 개화정도는 생육특성과 밀접한 관계가 있는 것으

로 판단된다. 즉, 수고와 수관폭 생육이 발달된 개체일수록 꽃눈수의 발달이 이루어지고 있어, 털진달래의 생육이 양호한 개체군의 밀도에 따라 한라산 아고산대의 경관적인 측면의 개화정도를 결정하는 중요한 요인 중 하나인 것으로 판단된다.

3. 털진달래의 생육특성

한라산 영실일대 털진달래의 생육특성은 조사 개체들을 대상으로 하여 발달단계를 분석하면 유묘기, 생육초기, 성숙기, 완숙기 및 쇠퇴기로 구분할 수 있었다(그림 2). 이러한 발달단계를 기준으로 생육 및 분포특성을 살펴보면, 유묘기에 해당하는 개체들은 대체로 해발 1,800m 이상지역이나 부분적으로 나지 및 암석들이 나출되어 다른 관목류의 간섭이 적은 곳에서 관찰되었다. 이는 대체로 해발 1,800m 이하의 지역은 대부분 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis*)가 하층에 분포하고 있어 털진달래의 발아 및 유묘기 형성이 가능한 지역이 거의 없기 때문으로 보이며, 털진달래 군락의 형성을 예측하거나 보존을 위하여 지속적인 모니터링이 이루어져야 할 부분으로 판단된다.

초기 생육기 유묘에서부터 수고 약 20㎝ 이하의 개체들로 김의털(*Festuca ovina*)이나 털새(*Arundinella hirta* var. *ciliata*) 같은 화본과식물 및 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii*), 시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum*) 등과 경쟁을 하는 경우가 많았다. 이러한 개체들은 노출된 암석이 많고 숲의 틈이나 해발 1,800m 이상 지역에서 주로 관찰되며, 제주조릿대에 의해 피압된 지역에서는 관찰할 수 없었다. 이는 김종원(2004)이 한반도 진달래나무의 생태적 최적범위가 산악 암벽틈이나 산화지, 벌채·조림지 같은 교란지역으로 보고한 결과와 부분적으로 일치하는 것으로 한라산지역 털진달래의 생육적지가 점차 높은 해발고도의 지역으로 이동할 것으로 예측된다.

성숙기에 해당하는 개체들은 대체로 둥근형태의 수관 및 치밀한 수간을 형성하며, 수고는 약 30~60㎝ 정도로, 개화기에 수관전체에 꽃이 피는 형태이다. 완숙기에 접어들면 수관하부의 가지들이 자연고사 또는 적설기 동안 쌓인 눈에 의해 부러지는 현상이 나타난다. 특히 하부의 가지들은 피압이 있을 경우 가장 먼저

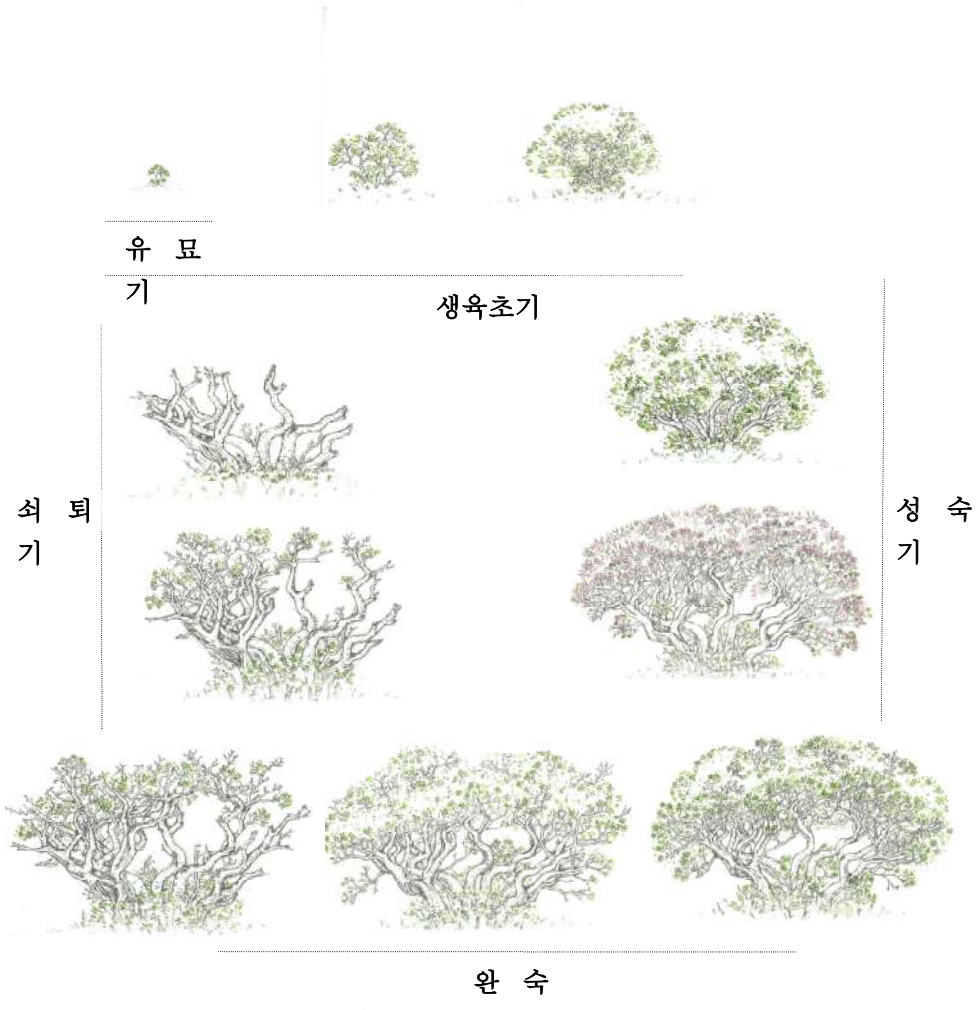


그림 2. 털진달래 생육 모식도

고사하며, 점차 수관은 일반적인 버섯모양으로 변해간다. 이는 동절기 동안 적설에 의해 수관하부의 가지가 부러지면서 하단부의 가지부터 고사가 진행되는 것으로 판단된다. 성숙기 및 완숙기에 해당하는 개체들은 주변 식생이 없이 노출된 지역에 생육하는 경우는 어린가지들이 고사현상이 증가하여 수관의 치밀성이 떨어져 듬성듬성 갭(gap)이 있는 형태로 변해갔다. 현재 한라산 해발 1,670m 이하의 지역에는 이러한 개체들이 많은 특징이 있다.

이러한 어린가지의 고사현상을 일으키는 원인으로는 최근 기후변화로 평균기온이 상승하면서 적설량 감소하고 있어 동절기에 수관 외곽의 어린가지들이 강한 바람에 빈번하게 노출되면서 고사현상이 진행되는 것으로 사료된다.

쇠퇴기에 접어든 개체들은 수관의 가장자리에 잔가지들이 거의 없어지며, 수간을 형성하는 주요 가지에 분재처럼 잎이나 꽃눈이 잔가지 없이 자라는 특징이 있고, 시간이 경과하면 점차 주요 가지들이 고사하면서 근부에 맹아처럼 잔가지가 나오기도 하지만 개화를 하는 경우는 거의 없는 특징이 있다.

이러한 털진달래의 생육과정을 볼 때, 한라산 영실 해발 1,700m 이하지역의 경우는 쇠퇴기에 해당하는 개체들이 많아 개화불량 현상이 나타나는 것으로 판단된다. 이러한 진달래류의 생육불량에 대해 박인환과 조광진(2012, 2013)은 비술산의 경우 토양환경의 변화 같은 자연적인 요인과 인간의 간섭 및 답압 등 인위적인 요인에 의한 것으로 생육환경을 개선하기 위한 노력이 필요하다고 보고한 바 있다. 한라산 영실지역의 경우도 이와 유사한 형태로 생육지의 식생천이와 적설량의 감소 등 자연적인 원인과 등산로변 등에서 흔한 인위적인 간섭 등이 개화불량의 주요 원인으로 보아진다. 특히 선작지왓 같은 털진달래의 주요 생육지는 제주조릿대 및 관목림 등으로 천이가 진행되고 있어 어린나무의 발생이 거의 없는 실정으로 향후 안정적인 분포는 어려울 것으로 보인다.

털진달래의 5개 생육단계별로 분포상황을 조사한 결과, 영실일대 해발 1,575m, 1,600m 1,632m 조사지점까지는 쇠퇴기에 해당하는 개체들이 많은 것으로 조사되었으며, 해발 1,671m, 1,680m 및 큰윗세오름과 방애오름사면 조사지점에서는 완숙기에 해당하는 개체들이 많은 것으로 조사되었다(표 5). 특히 해발 1,575m 지점에서는 유묘기 및 생육초기에 해당하는 개체들이 거의 없었는데, 이 지역은 대부분 제주조릿대 및 관목류에 의한 피압 된 경우가 많았기 때문으로 사료된다. 해발 1,600m 및 1,632m 조사지점에서는 유묘기와 성장초기단계의 개체들이 약 10% 이하의 낮은 비율로 분포는 하지만 전반적으로 50% 이상의 개체들이 쇠퇴기에 해당하는 것으로 조사되었다.

영실일대 해발 1,671m 지점인 선작지왓 구상나무림 주변에서는 완숙기에 해당하는 개체들이 50% 정도로 이전과는 차이를 보이며, 전반적으로 유묘기에서

표 5. 영실일대 주요 지점별 및 생육단계별 털진달래 생육상황 조사

영실지역 (해발고도)	조사 개체수	생육단계별 개체수				
		유묘기 (%)	생육초기 (%)	성숙기 (%)	완숙기 (%)	쇠퇴기 (%)
1,575m	40	- (0.0)	- (0.0)	- (0.0)	17 (42.5)	23 (57.5)
1,600m	35	4 (11.4)	1 (2.9)	1 (2.9)	11 (31.4)	18 (51.4)
1,632m	43	3 (7.0)	3 (7.0)	- (0.0)	3 (7.0)	34 (79.0)
1,671m	40	1 (2.5)	2 (5.0)	3 (7.5)	20 (50.0)	14 (35.0)
1,680m	42	4 (9.5)	9 (21.4)	5 (11.9)	21 (50.0)	3 (7.2)
큰윗세오름 (1,740m)	39	- (0.0)	5 (12.8)	4 (10.3)	22 (56.4)	8 (20.5)
방애오름일대 (1,800m)	69	- (0.0)	6 (8.7)	6 (8.7)	56 (81.2)	1 (1.4)
	41	2 (4.9)	11 (26.8)	10 (24.4)	12 (29.3)	6 (14.6)

성숙기에 이르는 개체들이 다소 증가하는 특징이 있지만 제주조릿대가 하층에 우점하고 있어 지속적인 모니터링이 필요한 지역이다. 그리고 해발 1,680m 노루샘 주변에서는 쇠퇴기에 해당하는 개체의 비율이 확연하게 감소하고 있으며, 유묘기 및 성장초기의 개체들이 비율이 높아지고 있지만 제주조릿대가 하층에 우점하고 있어 지속적인 모니터링이 필요한 지역이다.

한편, 비교적 털진달래의 생육상황이 양호한 곳으로 볼 수 있는 윗세오름(상봉)과 방애오름일대에서는 완숙기에 해당하는 개체들이 50~60% 정도로 많은 것으로 조사되었다. 쇠퇴기의 개체들 비율이 20% 이하로 낮은 특징이 있다. 털진달래의 생육동태를 파악하기위해서는 이 지역을 중심으로 한 장기적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

현재의 개화불량원인 중 하나인 생육이 불량하고 쇠퇴기에 해당하는 개체들이 분포하는 지역은 영실일대 해발 약 1,670m 이하의 노루샘 및 윗세오름주변 지역으로 보아지며 1,670m 이상의 지역에서는 비교적 생육이 양호한 것으로 보

아진다. 해발 1,670m 이하의 지역은 대체로 제주조릿대, 주목(*Taxus cuspidata*), 산철쭉 등에 의한 피압이 많으며, 등산객 등에 의한 훼손도 많은 지역이다. 1,670m 이상의 지역은 시로미, 눈향나무 등 포복형 식물에 의한 피압 정도가 있는 정도로 차이가 있으며, 노출된 토양이나 암석 등을 중심으로 어린개체의 생육이 유지되고 있다.

이상의 결과를 종합하면, 한라산 영실일대 털진달래의 개화정도는 각각 개체들의 생육특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 더욱이 영실일대 해발 약 1,700m 이하지역은 꽃눈 수의 발달 및 개화가 상대적으로 많이 발생되는 성숙기 및 완숙기의 개체들보다 쇠퇴기의 개체들이 많을 뿐만 아니라 유묘기, 생육초기의 개체들이 빈도가 낮아 털진달래의 개화량은 지속적으로 감소될 것으로 판단된다.

Flowering and Growth Characteristics of *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum* Nakai around Yeongsil in Mt. Hallasan

Kim Dae-Shin*, Kim Jong-Kab, Kim Su-Kyoung and Koh Jung-Goon
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

This study was investigated to flowering and growth characteristics of *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum* Nakai from 1,450m to 1,800m above sea level(a.s.l.) around Yeongsil and Bangaeoreum in Mt. Hallasan.

Number of flower buds of *R. mucronulatum* var. *ciliatum* were slight differences among selected trees but it showed a tendency to decrease gradually over the last three years. Growth characteristics depending on the altitude were not found significant difference, there are high correlation among height, crown width and number of flower buds. Period of flower bud burst, flowering begins, falling begin and falling finish of blossoms were delayed depending on the higher elevation but flowering period tended to be shorter.

Growth of *R. mucronulatum* var. *ciliatum* was divided into seedling, early grow, maturity, full maturity and decline phase. There are a lot of the decline trees relatively on the region less than 1,680m a.s.l. while maturity trees are many on the region over than about 1,700m a.s.l. Also, spontaneous generation of seedling and early grow trees are many differences depending on vegetation structure of the *R.*

mucronulatum var. *ciliatum* habitat and micro-topographic characteristics.

The different flowering stages of *R. mucronulatum* var. *ciliatum* around Yeongsil seems to be closed related to the growth characteristics of the trees. In addition, there are relatively a lot of the decline trees than maturity and full maturity with many flowering buds and there are small in number of seedling and young tress on the region less than about 1,700m a.s.l. This means that the amount of blooming of *R. mucronulatum* var. *ciliatum* is continuously reduced in the future around Yeongsil in Mt. Hallasan.

인용문헌

Fang, M. Y., R. C. Fang, M. Y. He, L. C. Hu, H. P. Yang and D. F. Chamberlain. 2005. *Rhododendron* In Flora of China Vol. 14. Wu, Z. Y. and P. H. Raven (eds.), Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden, St. Louis. Pp. 260-455.

Kim, J. H. and Ryu, B. T. 1985. On the flowering and leafing time of *Rhododendron mucronulatum* and *R. schlippenbachii* along elevation at Mt. Kwanak. Journal of ecology and field biology 8(1): 53-59. (in Korean with English summary)

Nam, Y. W. 1970. A Study of the habitat preferences of the azalea, *Rhododendron mucronulatum* T. Journal of Plant Biology 13(3): 25-31. (in Korean with English summary)

Lee, J. S. and Lim A. N. 1998. Soil chemical properties of natural Rododendron habitats and content of foliar inorganic nutrient of Rododendrons growing in the natural habitats. Journal of Catholic University of Daegu 57: 141-149. (in Korean with English summary)

강귀옥, 현영남, 안영희. 2011. 중국 장백산(長白山) 일대의 진달래(*Rhododendron mucronulatum* var. *mucronulatum*), 산진달래(*R. dauricum*), 철쭉(*R. schlippenbachii*)의 분포 및 생태적 특성. 한국환경생태학회지, pp.527-540.

김대신, 김수경, 고정군. 2015. 한라산 영실지역 털진달래 개화특성. 제주특별자치도 세계유산한라산연구원 조사연구보고서 제14호:42-54.

김종원. 2004. 자연과 인간. 서울. 월드사이언스.

김진희, 천정화, 윤진일. 2013. 신 기후변화시나리오 조건에서 한반도 봄꽃 개화일 전망한국농림기상학회지, v.15, no.1, pp.50-58.

박인환, 조광진. 2013. 비슬산 진달래군락지의 생육활성화 방안. 한국환경복원기술학회지, v.16, no.2, pp.105-114

박인환, 조광진. 2012. 비슬산 진달래나무군락지의 식생특성과 관리방안. 한국

환경복원기술학회지, pp.55-66.
이창복. 2003. 원색 대한식물도감(상, 하). 향문사. 서울
제주특별자치도 한라산연구소. 2007. 한라산 데이터북. pp.236

한라산 세계자연유산지구 내 골머리, 냇새오름 및 걸시오름의 식물상

김대신*, 고윤정, 김종갑, 고정군
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

한라산 세계자연유산지구 내에 위치한 골머리, 냇새오름 및 걸시오름의 관속식물상을 조사하였다. 세 개의 오름에서 확인된 관속식물은 92과 209속 278종 33변종 4품종으로 총 315종류로 조사되었는데, 이 중 걸시오름에서 78과 162속 193종 24변종 3품종 등 총 220종류로 가장 많은 식물종이 분포하는 것으로 나타났다. 오름 간의 식물분포종의 유사도는 골머리와 냇새오름이 0.84로 높게 나타났으며, 걸시오름과 냇새오름은 0.67이었고, 걸시오름과 골머리오름은 0.64로 나타났다.

멸종위기야생식물은 냇새오름에서 백운란[*Vexillabium yakushimensis* (Yamam.) F. Maek.] 1종의 분포를 확인하였고, 특산식물은 개족도리풀, 새끼노루귀 등 9종류의 분포를 확인하였다. 식물구계학적 특정식물종은 5등급 7종류, 4등급 9종류, 3등급 19종류, 2등급 11종류, 1등급 29종류 등 총 75분류군을 확인하였다. 조사된 식물들의 휴면형에 따른 생활형을 분석한 결과, 3개의 오름은 모두 대형 및 소형지상식물의 비율이 각각 30.8%, 27.7%, 25.5% 등으로 다른 생활형의 식물보다 높은 비율을 보였다.

*교신저자 ; 전화: 064-710-7585, e-mail: kds3374@korea.kr

서 론

오름은 제주도의 화산활동과 지형발달을 이해할 수 있는 특성을 가지고 있으며, 제주의 독특한 자연경관을 구성하는 기본요소이다(김상법, 2005; 박승필, 1986). 제주도내 오름은 360여개이며, 이 중 제주시에 210개, 서귀포시에 158개가 분포하며, 한라산지역에는 람사르습지로 지정된 물장오리오름 등 46개가 분포하고 있다. 대부분이 단성화산(monogenetic volcano)인 오름은 화산쇄설물이 쌓여 만들어지며, 화구가 잘 발달하여 원추형의 화구호나 침식작용 등으로 말굽형의 화산체를 형성하기도 하여 주변과는 다른 환경을 형성하고 있다(김태호, 2006).

제주의 오름은 해안지역부터 백록담주변까지 다양한 해발고도에 분포하고 있어 오름의 식물상은 오름의 규모와 해발고 및 식생대에 따라 차이를 보이게 된다(고정군과 고석형, 2008). 오름의 식물상 및 식생 연구는 물영아리오름, 물장오리오름 등 산정화구호가 형성된 오름을 중심으로 한 연구가 주를 이루며(김종원 등, 1998; 고정군 등, 2002; 고정군 등, 2008; 김태호, 2009), 규모가 작고 저지대에 위치하여 인위적인 간섭이 많은 오름에 대한 조사는 거의 없는 실정이다.

본 조사는 한라산 세계자연유산지구의 하단부에 위치한 골머리, 걸시오름, 냇새오름 등을 대상으로 지형·지질의 특성 및 식물상을 조사하여 세계자연유산 및 천연보호구역의 관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

조사지역 및 방법

1. 조사지 개황

본 조사는 제주특별자치도 제주시 노형동에 위치한 골머리, 제주시 연동 걸시오름 및 제주시 애월읍에 위치한 냇새오름을 대상으로 하였다(그림 1). 골머리는 다수의 골짜기가 형성되어 있으며, 해발 약 650～950m까지 이어지며 그 경계는 불명확한 편이다. 골머리의 인근에는 천왕사, 충혼묘지 등이 위치하고 있

고, 오름 내에는 석굴암이 위치하고 있다. 걸시오름은 550~720m까지 이어지며, 비고는 82m, 둘레는 2,093m 면적은 277,449㎡, 저경은 711m이다. 걸시오름의 중앙에는 분석구가 있으며, 오름주변으로는 제주시 공설묘지 등이 위치하고 있다. 냇새오름은 원추형오름으로 해발 약 650~800m까지 이어지며 주변으로는 광령천 및 2개의 지류가 있고 최근에 한라산 둘레길이 조성되어 운영되고 있다(제주도, 2007).



그림 1. 조사대상 오름별 위치도

2. 조사기간 및 조사방법

현지 조사는 2015년 2월부터 11월까지 실시하였다. 현장 조사를 통해 출현하는 모든 관속식물을 기록하였고, 주요 출현종 및 현장 동정이 어려운 분류군은 채집을 통해 건조표본으로 제작 후 연구실에서 동정 및 분류하였다. 채집된 관

속식물은 여러 문헌(Iwatsuki, 1992; 이우철, 1996; 이창복, 2003; 이영노, 2007) 등을 참조하여 동정하였다. 이를 통하여 얻어진 결과를 통해 전 출현종에 대한 목록을 작성하였으며, 식물 조사목록의 정리 및 식물 종에 사용되는 분류군의 배열과 학명, 고유식물종의 판단은 'The Genera of Vascular Plants of Korea(Park, 2007)' 등을 기준으로 정리하였다. 그리고 조사된 식물목록을 토대로 수생식물 및 구계학적 특정식물종을 추출하였다(환경부, 2011). 한편 조사된 식물의 생활형(Life form)은 Raunkiaer 및 Numata. M의 방식을 채용한 이우철(1996)에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 식물상

골머리, 냇새오름 및 걸시오름의 관속식물상을 조사한 결과, 92과 209속 278종 33변종 4품종으로 총 315종류의 분포를 확인하였다(표 1, 부록 1). 오름별로 보면 걸시오름이 78과 162속 193종 24변종 3품종 등 총 220종류로 가장 많은 식물종이 분포하는 것으로 나타났다. 골머리오름은 81과 158속 191종 22변종 3품종으로 총 216종류였으며, 냇새오름은 70과 131속 157종 15변종 2품종으로 총 174종류였다.

표 1. 골머리, 냇새오름 및 걸시오름의 식물상

구분	과	속	종	변종	품종	계
골 머 리	81	158	191	22	3	216
냇새오름	70	131	157	15	2	174
걸시오름	78	162	193	24	3	220
계	92	208	278	33	4	315

조사된 315종류의 식물 중 3개의 오름의 공통분포종은 110종류였으며, 걸시

오름과 골머리의 공통분포종은 140종류, 걸시오름과 냇새오름은 118종, 골머리오름과 냇새오름은 147종류였다. 오름간 유사도를 보면, 걸시오름과 골머리오름이 0.64, 걸시오름과 냇새오름은 0.67, 골머리오름과 냇새오름은 0.84로 나타났다(표 2). 골머리오름, 냇새오름 및 걸시오름 등 3개의 오름은 한라산 북사면의 해발 약 600～900m 사이에 분포하고 있으며, 한라산천연보호구역의 경계지점에 위치하는 공통점이 있지만, 오름내외 계곡의 분포, 분석구의 유무, 토양형성, 경사 등의 오름의 환경특성과 인위적인 간섭의 정도에 따라 차이를 보이는 것으로 사료된다. 골머리는 오름의 내외에 다수의 하천이 발달하는 특징이 있으며, 냇새오름은 오름의 이름에서도 알 수 있듯이 오름의 주변으로 광령천의 지류와 본류사이에 위치하고 있어 골머리오름과의 유사성이 비교적 높은 것으로 판단된다.

표 2. 오름간 식물상 유사도

오름	걸시오름	골머리
골 머 리	0.64	-
냇새오름	0.67	0.84

골머리 등 3개 오름에서 확인된 멸종위기야생식물 및 특산식물은 표 3과 같다. 멸종위기야생물식물 분포를 보면, 냇새오름에서 백운란[*Vexillabium yakushimensis* (Yamam.) F. Maek.] 1종류의 분포를 확인하였다. 백운란은 멸종위기야생식물 2급종으로 냇새오름의 하단부에서 드물게 생육하고 있다.

또한 특산식물은 3개의 오름에서 9종류의 분포를 확인하였는데, 이 중 개족도리(*Asarum maculatum* Nakai), 새끼노루귀(*Hepatica insularis* Nakai), 솔비나무[*Maackia fauriei* (H. Lév.) Takeda], 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis* Nakai)등 4종류는 3개의 오름에서 공통적으로 분포하고 있었다. 오름별로 살펴보면 골머리오름에서는 개족도리, 새끼노루귀, 산철쭉[*Rhododendron yedoense* f. *poukhanense* (H. Lév.) M. Sugim. ex T. Yamaz.], 나비국수나무[*Stephanandra incisa* var.

quadrifissa (Nakai) T.B. Lee], 솔비나무, 제주새비나무(*Callicarpa chejuensis* Y.H. Chung et H. kim), 제주조릿대, 좀비비추[*Hosta minor* (Baker) Nakai], 한라감자난초(*Oreorchis hallasanensis* Y.N. Lee & K.S. Lee) 등 9종류의 분포를 확인하였다. 냇새오름에서는 개족도리풀, 새끼노루귀, 솔비나무, 제주새비나무, 제주조릿대 등 5종류, 걸시오름에서는 개족도리풀, 새끼노루귀, 나비국수나무, 솔비나무, 제주조릿대, 좀비비추 등 6종류를 확인하였다(표 3).

표 3. 골머리, 냇새오름 및 걸시오름에 분포하는 희귀 및 특산식물

구 분	학명 / 국명	골머리	냇새오름	걸시오름
멸종위기 야생식물	*Vexillabium yakushimensis* (Yamam.) F. Maek. 백운란		○	
특산식물	*Asarum maculatum* Nakai 개족도리풀	○	○	○
	Hepatica insularis Nakai 새끼노루귀	○	○	○
	Rhododendron yedoense f. *poukhanense* (H. Lév.) M. Sugim. ex T. Yamaz. 산철쭉	○		
	Stephanandra incisa var. *quadrifissa* (Nakai) T.B. Lee 나비국수나무	○		○
	Maackia fauriei (H. Lév.) Takeda 솔비나무	○	○	○
	Callicarpa chejuensis Y.H. Chung et H. Kim 제주새비나무	○	○	
	Sasa quelpaertensis Nakai 제주조릿대	○	○	○
	Hosta minor (Baker) Nakai 좀비비추	○		○
	Oreorchis hallasanensis Y.N. Lee & K.S. Lee 한라감자난초	○		

식물구계학적 특정식물종은 서로 다른 지역의 환경을 서로 다르게 표현해 주고, 서로 유사한 지역의 환경은 서로 유사하게 표현해 주는데 이용되는 분류군이다(환경부, 2011).

골머리, 냇새오름 및 걸시오름 등 3개 오름에서 확인된 구계학적특정식물은

확인된 종류는 5등급 7종류, 4등급 9종류, 3등급 19종류, 2등급 11종류, 1등급 29종류 등 총 75분류군이었다. 오름별로는 골머리오름이 5등급 5종류, 4등급 8종류, 3등급 16종류, 2등급 10종류, 1등급 18종류 등 총 57분류군으로 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 그 다음으로는 냇새오름이 5등급 6종류, 4등급 6종류, 3등급 17종류, 2등급 7종류, 1등급 14종류 등 총 51분류군이었으며, 걸시오름은 5등급 3종류, 4등급 6종류, 3등급 11종류, 1등급 21종류 등 총 11분류군 순으로 나타났다(표 4).

구계학적등급별로 확인된 식물을 살펴보면 Ⅴ 등급식물로는 3개의 오름 모두에서 목련(*Magnolia kobus* DC.), 덩굴용담[*Tripterospermum japonicum* (Siebold & Zucc.) Maxim.]을 비롯하여, 주걱일엽[*Loxogramme grammitoides* (Baker) C. Chr.], 나사미역고사리(*Polypodium fauriei* Christ), 고란초[*Crypsinus hastatus* (Thunb.) Copel.], 백운란, 천마(*Gastrodia elata* Blume) 등 총 8종류가 나타났다.

표 4. 골머리, 냇새오름 및 걸시오름에 분포하는 식물구계학적 특정식물

등급	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
	Loxogramme grammitoides (Baker) C. Chr.	주걱일엽	o	o	
	Polypodium fauriei Christ	나사미역고사리	o		
	Crypsinus hastatus (Thunb.) Copel.	고란초	o	o	
5	*Magnolia kobus* DC.	목련	o	o	o
	Tripterospermum japonicum (Siebold & Zucc.) Maxim.	덩굴용담	o	o	o
	Vexillabium yakushimensis (Yamam.) F. Maek.	백운란		o	
	Gastrodia elata Blume	천마		o	o
	Thelypterisbeddomei(Baker) Ching	가는잎처녀고사리	o	o	o
	Elatostema laetevirens Makino	몽울풀	o		o
	Schisandra repanda (Siebold & Zucc.) Radlk.	흑오미자	o	o	
	Prunus buergeriana Miq.	섬개벚나무	o	o	
4	*Maackia fauriei* (H. Lév.) Takeda	솔비나무	o	o	o
	Hydrocotyle yabei Makino	제주피막이			o
	Vaccinium japonicum Miq.	산매자나무	o		o
	Rhododendron weyrichii Maxim.	참꽃나무	o	o	o
	Peracarpa carnosa var. *circaeoides* (F. Schmidt ex Miq.) Makino	홍노도라지	o	o	

표 4. ⇒ 계속

등급	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
	Ophioglossumvulgatum L.	나도고사리삼		o	
	Hypolepispunctata (Thunb.) Mett.	점고사리			o
	Arachniodesstandishii (T.Moore) Ohwi	일색고사리	o	o	
	Ostrya japonica Sarg.	새우나무	o	o	o
	Cimicifuga biternata (Siebold & Zucc.) Miq.	개승마	o	o	o
	Hydrangea petiolaris Siebold & Zucc.	등수국	o	o	o
	Schizophragma hydrangeoides Siebold & Zucc.	바위수국	o	o	o
	Daphniphyllum macropodum Miq.	굴거리나무	o	o	o
	Zanthoxylum ailanthoides Siebold & Zucc.	머귀나무	o	o	o
3	*Acer palmatum* Thunb.	단풍나무	o	o	o
	Ilex crenata Thunb.	꽝꽝나무	o	o	
	Ligustrum ovalifolium Hassk.	왕쥐똥나무	o	o	o
	Mitchella undulata Siebold & Zucc.	호자덩굴	o	o	
	Callicarpa chejuensis Y.H. Chung et H. Kim	제주새비나무	o	o	
	Callicarpa mollis Siebold & Zucc.	새비나무	o	o	o
	Viburnum furcatum Blume	분단나무	o	o	o
	Rhynchospermum verticillatum Reinw.	추분취		o	
	Diarrhena fauriei (Hack.) Ohwi	광릉용수염	o	o	
	Goodyera maximowicziana Makino	섬사철란	o	o	
	Lycopodiumchinense H. Christ	다람쥐꼬리	o		
	Crepidomanes minutum (Blume)K. Iwats.	부채괴불이끼	o	o	
	Pleurosoriopsis makinoi (Maxim. ex Makino) Fomin	좀고사리	o		
	Taxus cuspidata Siebold & Zucc.	주목	o	o	
	Ulmus laciniata (Trautv.) Mayr	난티나무	o	o	
2	*Chrysosplenium pilosum* Maxim.	털괭이눈	o	o	
	Prunus maximowiczii Rupr.	산개벚지나무	o	o	
	Oxalis acetosella L.	애기괭이밥	o		
	Oxalis obtriangulata Maxim.	큰괭이밥	o	o	
	Euonymus pauciflorus Maxim.	회목나무	o		
	Ligularia fischeri (Ledeb.) Turcz.	곰취		o	
	Thelypteris laxa (Franch.&Sav.) Ching	드문고사리			o
	Thelypteris parasitica (L.) Fosberg	털별고사리			o
1	*Coniogramme japonica* (Thunb.) Diels	가지고비고사리		o	
	Dryopteris erythrosora (D.C. Eaton) Kuntze	홍지네고사리	o		
	Cyrtomium fortunei J. Sm.	쇠고비	o		o

표 4. ⇒ 계속

등급	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
1	*Polystichum ovatopaleaceum* var. *coraiense* (H. Christ) Sa. Kurata	참나도히초미	o	o	o
	Pyrrosi alingua (Thunb.) Farw.	석위	o		
	Torreya nucifera (L.) Siebold & Zucc.	비자나무			o
	Asarum maculatum Nakai	개족도리풀	o	o	o
	Eurya japonica Thunb.	사스레피나무	o		o
	Mallotus japonicus (Thunb.) Muell. Arg.	예덕나무	o		
	Meliosma myriantha Siebold & Zucc.	나도밤나무	o	o	o
	Meliosma oldhamii Maxim.	합다리나무	o	o	o
	Ilex macropoda Miq.	대팻집나무	o	o	o
	Euonymus fortunei var. *radicans* (Miq.) Rehder	줄사철나무	o	o	o
	Cayratia japonica (Thunb.) Gagnep.	거지덩굴			o
	Viola ovato-oblonga (Miq.) Makino	긴잎제비꽃		o	
	Viola violacea Makino	자주잎제비꽃	o	o	o
	Gynostemma pentaphyllum (Thunb.) Makino	돌외			o
	Hedera rhombea (Miq.) Siebold & Zucc. ex Bean	송악	o	o	o
	Vaccinium oldhamii Miq.	정금나무	o		o
	Ardisia japonica (Thunb.) Blume	자금우	o		
	Galium verum var. *asiaticum* Nakai	솔나물			o
	Ainsliaea apiculata Sch. Bip.	좀딱취	o	o	o
	Polygonatum falcatum A. Gray	진황정			o
	Hosta minor (Baker) Nakai	좀비비추	o		o
	Microstegium japonicum (Miq.) Koidz.	민바랭이새	o	o	o
	Arisaema ringens (Thunb.) Schott	큰천남성		o	
	Platanthera japonica (Thunb.) Lindl.	갈매기난초		o	

Ⅳ 등급식물로는 가는잎처녀고사리[*Thelypterisbeddomei* (Baker) Ching], 솔비나무[*Maackia fauriei* (H. Lév.) Takeda], 참꽃나무(*Rhododendron weyrichii* Maxim.) 등 3종이 3개의 오름 모두에서 확인되었고 그 외로 몽올풀(*Elatostema laetevirens* Makino), 흑오미자[*Schisandra repanda* (Siebold & Zucc.) Radlk.], 섬개벚나무(*Prunus buergeriana* Miq.), 제주피막이(*Hydrocotyle yabei* Makino), 산매자나무(*Vaccinium japonicum* Miq.), 홍노도라지[*Peracarpa carnosa* var. *circaeoides*

(F. Schmidt ex Miq.) Makino] 등 6종류는 각각의 오름에서 확인되었다. Ⅲ 등급 식물종으로는 새우나무(*Ostrya japonica* Sarg.), 개승마[*Cimicifuga biternata* (Siebold & Zucc.) Miq.], 등수국[*Hydrangea petiolaris* Siebold & Zucc.], 바위수국 (*Schizophragma hydrangeoides* Siebold & Zucc.), 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum* Miq.), 머귀나무(*Zanthoxylum ailanthoides* Siebold & Zucc.), 단풍나무(*Acer palmatum* Thunb.), 왕쥐똥나무(*Ligustrum ovalifolium* Hassk.), 새비나무 (*Callicarpa mollis* Siebold & Zucc.), 분단나무(*Viburnum furcatum* Blume) 등 10종류는 3개의 오름에서 공통적으로 확인되었으며, 그 외로 나도고사리삼 (*Ophioglossu mvulgatum* L.), 점고사리[*Hypolepis punctata* (Thunb.) Mett.], 일색고사리[*Arachniodes standishii* (T. Moore) Ohwi], 꽝꽝나무 (*Ilex crenata* Thunb.), 호자덩굴(*Mitchella undulata* Siebold & Zucc.), 제주새비나무, 추분취 (*Rhynchospermum verticillatum* Reinw.), 광릉용수염[*Diarrhena fauriei* (Hack.) Ohwi], 섬사철란(*Goodyera maximowicziana* Makino) 등 9종류가 각각의 오름에서 확인되었다. Ⅱ 등급식물은 걸시오름에서는 확인된 종류가 없었는데, 부채괴불이끼[*Crepidomanesminutum* (Blume) K. Iwats.], 주목(*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.), 난티나무[*Ulmuslaciniata* (Trautv.) Mayr], 털괭이눈(*Chrysosplenium pilosum* Maxim.), 산개벚지나무(*Prunus maximowiczii* Rupr.), 큰괭이밥(*Oxalis obtriangulata* Maxim.) 등 6종류는 골머리오름과 냇새오름에서 모두 확인되었고, 그 외로 다람쥐꼬리(*Lycopodium chinense* H. Christ), 좀고사리[*Pleurosoriopsis makinoi* (Maxim. ex Makino) Fomin], 애기괭이밥(*Oxalis acetosella* L.), 회목나무 (*Euonymus pauciflorus* Maxim.), 곰취[*Ligularia fischeri* (Ledeb.) Turcz.] 등은 각각의 오름에서 확인되었다. Ⅰ등급식물은 참나도히초미[*Polystichum ovatopaleaceum* var. *coraiense* (H. Christ) Sa. Kurata], 개족도리풀(*Asarum maculatum* Nakai), 나도밤나무(*Meliosma myriantha* Siebold & Zucc.), 합다리나무(*Meliosma oldhamii* Maxim.), 대팻집나무(*Ilex macropoda* Miq.), 줄사철나무 [*Euonymus fortunei* var. *radicans* (Miq.) Rehder], 자주잎제비꽃(*Viola violacea* Makino), 송악[*Hedera rhombea* (Miq.) Siebold & Zucc. ex Bean], 좀딱취 (*Ainsliaea apiculata* Sch. Bip.), 민바랭이새[*Microstegium japonicum* (Miq.) Koidz.] 등 10종류가 3개의 오름에서 모두 확인되었고, 그 외로 드문고사리

[*Thelypterislaxa*(Franch. & Sav.) Ching], 털별고사리[*Thelypteris parasitica* (L.) Fosberg], 가지고비고사리[*Coniogramme japonica* (Thunb.) Diels], 홍지네고사리[*Dryopteris erythrosora*(D. C. Eaton) Kuntze], 쇠고비(*Cyrtomium fortunei* J. Sm.), 석위[*Pyrrosi alingua* (Thunb.) Farw.], 비자나무[*Torreya nucifera* (L.) Siebold & Zucc.], 사스레피나무(*Eurya japonica* Thunb.), 예덕나무[*Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell. Arg.] 거지덩굴[*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.], 긴잎제비꽃[*Violaovato-oblonga* (Miq.) Makino], 돌외[*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino], 정금나무(*Vaccinium oldhamii* Miq.), 자금우[*Ardisia japonica* (Thunb.) Blume], 솔나물(*Galium verum* var. *asiaticum* Nakai), 진황정(*Polygonatum falcatum* A. Gray), 좀비비추[*Hosta minor* (Baker) Nakai], 큰천남성[*Arisaema ringens* (Thunb.) Schott], 갈매기난초[*Platanthera japonica* (Thunb.) Lindl.] 등은 각각의 오름에서 확인되었다.

이러한 구계학적 식물을 점수로 환산해보면, 골머리오름이 286점으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 냇새오름 266점이었으며, 걸시오름이 186점으로 가장 낮았다. 이는 조사된 식물의 종수는 걸시오름이 많지만 공동묘지 및 도로 조성 등 다른 오름보다 인위적인 간섭이 많아 구계학적특정식물의 분포가 적은 것으로 판단된다.

2. 생활형

골머리오름, 냇새오름 및 걸시오름에서 조사된 식물의 휴면형에 따른 생활형을 비교한 결과는 그림 2와 같다. 3개의 오름은 각각 원추형 및 분석구 형태를 가져 차이를 보이지만 유사한 해발고도에 위치하고 있어 휴면형에 따른 생활형의 비율이 거의 유사한 것으로 나타났다.

조사된 식물들의 생활형 비율을 보면, 냇새오름, 골머리오름 및 걸시오름 등 3개의 오름은 모두 대형 및 소형지상식물(M)의 비율이 각각 30.8%, 27,7% 25.5% 등으로 다른 생활형의 식물보다 높은 비율을 보였다.

오름별로 살펴보면, 골머리오름은 대형 및 소형지상식물의 비율이 27.7%로 가장 높았으며, 그 다음 반지중식물(H) 20.2%, 관목성식물(N) 16.9%, 지중식물(G) 16.0%, 지표식물(Ch) 10.8% 순이었다. 냇새오름도 대형 및 소형지상식물의

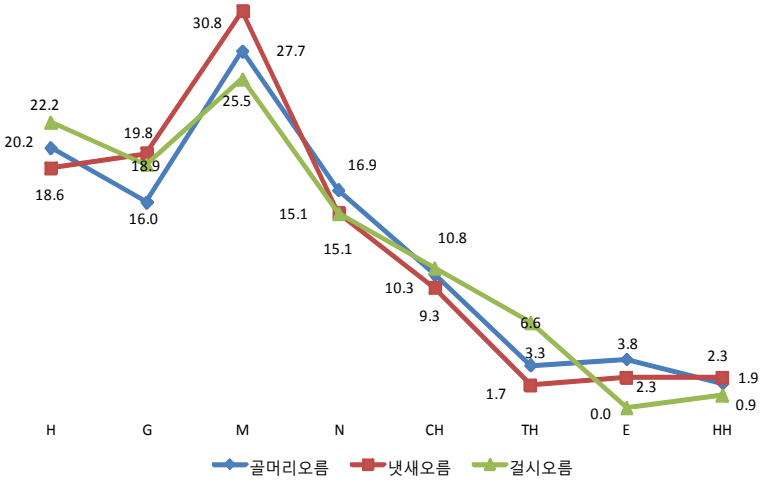


그림 2. 조사대상 3개 오름의 휴면에 따른 생활형 비교

(Ch:지표식물, E:착생식물, G:지중식물, H:반지중식물, HH:수생식물 및 기생식물, M:대형 및 소형지상식물, N:관목성식물, Th:1년생식물)

비율이 30.8%로 가장 높았으며, 그 다음 지중식물 19.8%, 반지중식물 18.6%, 관목성식물 15.1%, 지표식물 9.3% 순으로 나타나 골머리오름과는 다소 차이를 보였다. 걸시오름도 대형 및 소형지상식물의 비율이 25.5%로 가장 높았으며, 그 다음 반지중식물 20.2%, 지중식물 18.9%, 관목성식물 15.1%, 지표식물 10.8% 순으로 나타나 차이를 보였다.

각각의 오름은 생활형을 보면 걸시오름은 일년생식물(Th)의 비율이 6.6%로 다른 2개의 오름보다 높게 나타나 공동묘지, 도로 등 인위적인 간섭의 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 골머리오름의 경우는 착생식물(E)의 비율이 3.8%로 높지만, 지중식물의 비율은 16.0% 로 다른 오름보다 낮은 특징을 보이는데, 이는 골머리의 오름의 경우 계곡의 형성이 많고 노출된 바위들이 많아 토양층 형성이 어렵고 착생식물의 분포가 많은 것으로 사료된다. 냇새오름은 대형 및 소형지상식물과 지중식물의 비율이 각각 30.8%, 19.8%로 높고, 일년생식물의 비율은 1.7%로 가장 낮아 비교적 인위적인 간섭이 적고 광령천의 지류를 포함하고 있어 목본성식물의 비율이 높은 것으로 보여 진다.

Flora of Golmurioreum, Naetsaeoreum and Geolsioreum in Mt. Hallasan World Heritage Site

Kim Dae-Shin*, Ko Yoon-Jeong, Kim Jong-Kab
and Koh Jung-Goon
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

This study was investigated to the flora of Golmurioreum, Naetsaeoreum and Geolsioreum in Mt. Hallasan World Heritage Site from February to November 2015.

The vascular plants observed total 315 taxa consisting of 92 families 209 genera 278 species 33 varieties 4 forma in the three Oreums. Geolsioreum showed that the most diverse of plant species distributed to total 220 taxa consisting of 78 families 162 genera 193 species 24 varieties 3 forma than other Oreums. The degree of similarity between the distribution of plant species appeared in the high 0.84 between Golmurioreum and Naetsaeoreum, and it was 0.67 between Geolsioreum and Naetsaeoreum, 0.64 between Geolsioreum and Golmurioreum.

Among the investigated species, endangered wild plant was only one species as *Vexillabium yakushimensis* (Yamam.) F. Maek. in Naetsaeoreum, endemic plants were 9 taxa containing *Asarum maculatum* Nakai and *Hepatica*

insularis Nakai etc. in the three Oreums. The special plant species on floral region by Ministry of Environmental were total 75 taxa divided into 7 taxa in grade V category, 9 taxa in Ⅳ, 19 taxa in Ⅲ, 11 taxa in Ⅱ and 29 taxa in Ⅰ. The life forms according to the dormant types of the investigated plants, rate of Microphanerophytes and Megaphanerphytes are the highest accounting for 30.8%, 27.7% and 25.5% in three Oreums, respectively.

인용문헌

고정군, 고석형. 2008. 한라산 고산습지의 현황 및 식물상. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제 학술심포지엄 자료집. 제주특별자치도 환경자원연구원. pp.1~41.

고정군, 문명옥, 김찬수. 2008. 한라산의 백록담 및 동수악 분화구내의 식물상. 한국녹지환경디자인학회지 4(1):1~11.

고정군, 신용만, 문명옥. 2002. 한라산의 백록담과 1100고지 및 동수악 습지일대의 식물분포특성. 한라산연구소 조사연구보고서 No.1:73~99.

국립수목원, 한국식물분류학회. 2007. 국가식물표준목록.

권동희. 2006. 한국의 지형. 한울아카데미. 서울

김상법. 2005. 제주도 오름의 경관 선호성 분석. 고려대학교 대학원 석사학위논문

김종원, 이율경, 이윤정, 제갈재철. 1998. 제주도 오름의 식생. 자연보전연구보고서. 17:23~48.

김태호. 2006. 한라산천연보호구역학술조사보고서, 한라산천연보호구역의 지형. pp.65~86.

김태호. 2009. 제주도 산지 습지의 지형특성 -1100고지 습지와 물영아리오름 습지를 사례로-. 한국지형학회지 16(4):35~45

박승필. 1986. 제주도 기생화산에 관한 연구. 제주도연구, Vol.3. pp373-378

이영노. 2007. 새로운 한국식물도감 Ⅰ, Ⅱ. (주)교학사. 서울

이우철. 1996. 원색한국기준식물도감. 아카데미서적. 서울

이창복. 2003. 원색 대한식물도감(상, 하). 향문사. 서울

임동욱. 2012. 제주시 일대 오름의 식물다양성과 보전방안. 한국환경생태학회지, V.26.No.5. pp635-653

제주도. 2007. 한라산천연보호구역학술조사보고서. 제주도

환경부. 2011. 전국내륙습지 조사지침. 환경부. pp.73~118.

Iwatsuki K. 1992. Fern and Fern Allies of Japan. Heibonsha Ltd., Tokyo.

Park Chong-wook. 2007. The Genera of Vascular Plants of Korea. Flora of Korea Editional Committee. pp.1482.

부록 1. 골머리, 냇새오름 및 걸시오름에 분포하는 관속식물 목록

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
석송과	*Lycopodium chinense* H. Christ	다람쥐꼬리	o		
	Lycopodium clavatum L.	석송			o
	Lycopodium serratum Thunb.	뱀톱	o	o	o
부처손과	*Selaginella remotifolia* Spring	비늘이끼	o		
고사리삼과	*Ophioglossum vulgatum* L.	나도고사리삼		o	
	Sceptridium japonicum (Prantl) Lyon	산꽃고사리삼	o	o	
	Sceptridium ternatum (Thunb.) Lyon	고사리삼		o	
고비과	*Osmunda japonica* Thunb.	고비	o	o	o
처녀이끼과	*Crepidomanes minutum* (Blume) K. Iwats.	부채괴불이끼	o	o	
잔고사리과	*Dennstaedtia hirsuta* (Sw.) Mett. ex Miq.	잔고사리	o		o
	Deparia conilii (Franch. & Sav.) M. Kato	좀진고사리	o	o	o
	Deparia japonica (Thunb.) M. Kato	나도진고사리			o
	Deparia lasiopteris (Kunze) Nakaike	큰진고사리			o
	Deparia okuboaba (Makino) M. Kato	진퍼리개고사리			o
	Deparia pycnosora (Christ) M. Kato	털고사리	o	o	
	Hypolepis punctata (Thunb.) Mett.	점고사리			o
	Lepisorus ussuriensis (Regel & Maack) Ching	산일엽초	o	o	
비고사리과	*Loxogramme grammitoides* (Baker) C. Chr.	주걱일엽	o	o	
	Pleurosoriopsis makinoi (Maxim.ex Makino) Fomin	좀고사리	o		
넉줄고사리과	*Davallia mariesii* T.Moore ex Baker	넉줄고사리	o		
	Parathelypteris japonica (Bak.) Ching	지네고사리	o	o	o
	Thelypteris beddomei (Baker) Ching	가는잎처녀고사리	o	o	o
	Thelypteris decursive-pinnata (H.C. Hall) Ching	설설고사리			o
	Thelypteris laxa (Franch. & Sav.) Ching	드문고사리			o
	Thelypteris parasitica (L.) Fosberg	털별고사리			o
	Coniogramme japonica (Thunb.) Diels	가지고비고사리		o	
꼬리고사리과	*Asplenium incisum* Thunb.	꼬리고사리	o	o	o
	Athyrium iseanum Rosenst.	가는잎개고사리	o	o	o
	Athyrium vidalii (Franch. & Sav.) Nakai	산개고사리	o	o	o
	Diplazium squamigerum (Mett.) Matsum.	내장고사리	o		
	Pteridium aquilinum var. *latiusculum* (Desv.) Underw. ex A. Heller	고사리	o	o	o
면마과	*Arachniodes borealis* Seriz.	왁살고사리	o	o	o
	Arachniodes standishii (T. Moore) Ohwi	일색고사리	o	o	
	Cornopteris crenulato-serrulata (Makino) Nakai	응달고사리	o		o
	Cyrtomium devexiscapulae (Koidz.) Ching	긴잎도깨비쇠고비			o
	Cyrtomium fortunei J. Sm.	쇠고비	o		o
	Dryopteris bissetiana (Baker) C. Chr.	산족제비고사리		o	o
	Dryopteris chinensis (Baker) Koidz.	가는잎족제비고사리	o	o	o
	Dryopteris crassirhizoma Nakai	관중	o	o	o
	Dryopteris dickinsii (Franch. & Sav.) C. Chr	큰톱지네고사리	o		

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
면마과	*Dryopteris erythrosora* (D.C. Eaton) Kuntze	홍지네고사리	o		
	Dryopteris hikonensis (H. Ito) Nakaike	큰족제비고사리	o		
	Dryopteris lacera (Thunb.) Kuntze	비늘고사리	o	o	
	Dryopteris monticola (Makino) C. Chr.	왕지네고사리		o	
	Dryopteris saxifraga H. Itô	바위족제비고사리	o	o	o
	Dryopteris uniformis (Makino) Makino	곰비늘고사리	o		o
	Matteuccia orientalis (Hook.) Trev.	개면마	o		o
	Polystichum ovatopaleaceum var. *coraiense* (H. Christ) Sa. Kurata	참나도히초미	o	o	o
	Polystichum polyblepharum (Roem. ex Kunze) C. Presl	나도히초미			o
	Polystichum tripteron (Kunze) C. Presl	십자고사리	o	o	o
처녀고사리과	*Stegnogramma pozoi* subsp. *mollissima* (Fisch. ex Kunze) K. Iwats.	진퍼리고사리	o	o	o
고란초과	*Crypsinus hastatus* (Thunb.) Copel.	고란초	o	o	
	Polypodium fauriei Christ	나사미역고사리	o		
	Pyrrosia lingua (Thunb.) Farw.	석위	o		
소나무과	*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.	소나무	o	o	o
	Pinus thunbergii Parl.	곰솔			o
낙우송과	*Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don	삼나무	o	o	o
주목과	*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.	주목	o	o	
	Torreya nucifera (L.) Siebold & Zucc.	비자나무			o
가래나무과	*Platycarya strobilacea* Siebold & Zucc.	굴피나무	o		o
자작나무과	*Carpinus cordata* Blume	까치박달	o	o	
	Carpinus laxiflora (Siebold & Zucc.) Blume	서어나무	o	o	o
	Carpinus tshonoskii Maxim.	개서어나무	o	o	o
	Corylus sieboldiana Blume	참개암나무	o	o	o
	Ostrya japonica Sarg.	새우나무	o	o	o
참나무과	*Quercus serrata* Thunb.	졸참나무	o	o	o
느릅나무과	*Celtis jessoensis* Koidz.	풍게나무		o	
	Ulmus laciniata (Trautv.) Mayr	난티나무	o	o	
	Zelkova serrata (Thunb.) Makino	느티나무	o	o	
뽕나무과	*Morus bombycis* f. *dissecta* Nakai ex Mori	가새뽕나무			o
	Morus bombycis Koidz.	산뽕나무	o	o	o
쐐기풀과	*Boehmeria longispica* Steud.	왜모시풀	o		o
	Boehmeria nivea (L.) Gaudich.	모시풀			o
	Boehmeria platanifolia Franch. & Sav.	개모시풀	o	o	o
	Boehmeria sieboldiana Blume	긴잎모시풀	o	o	o
	Boehmeria spicata (Thunb.) Thunb.	좀깨잎나무	o	o	
	Elatostema laetevirens Makino	몽울풀	o		o
	Laportea bulbifera (Siebold & Zucc.) Wedd.	혹쇄기풀	o		
단향과	*Thesium chinense* Turcz.	제비꿀			o
겨우살이과	*Viscum album* var. *coloratum* (Kom.) Ohwi	겨우살이	o		

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
마디풀과	*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.	호장근		o	
	Persicaria filiformis (Thunb.) Nakai ex Mori	이삭여뀌	o	o	o
	Persicaria hydropiper (L.) Spach	여뀌		o	o
	Persicaria praetermissa (Hook. f.) Hara	좁은잎미꾸리낚시			o
	Persicaria senticosa (Meisn.) H. Gross ex Nakai	며느리밑씻개			o
	Persicaria thunbergii (Siebold & Zucc.) H. Gross	고마리	o		
	Rumex acetosella L.	애기수영			o
	Rumex obtusifolius L.	돌소리쟁이			o
자리공과	*Phytolacca americana* L.	미국자리공			o
석죽과	*Cerastium holosteoides* var. *hallaisanense* (Nakai) Mizush.	점나도나물			o
석죽과	*Pseudostellaria palibiniana* (Takeda) Ohwi	큰개별꽃	o		
비름과	*Achyranthes japonica* (Miq.) Nakai	쇠무릎	o		o
목련과	*Magnolia kobus* DC.	목련	o	o	o
오미자과	*Schisandra repanda* (Siebold & Zucc.) Radlk.	흑오미자	o	o	
녹나무과	*Lindera erythrocarpa* Makino	비목나무	o	o	o
	Lindera obtusiloba Blume	생강나무	o	o	o
미나리아재비과	*Aconitum japonicum* subsp. *napiforme* (H. Lév. & Vaniot) Kadota	한라돌쩌귀	o	o	
	Cimicifuga biternata (Siebold & Zucc.) Miq.	개승마	o	o	o
	Clematis apiifolia DC.	사위질빵	o	o	o
	Hepatica insularis Nakai	새끼노루귀	o	o	o
으름덩굴과	*Akebia quinata* (Thunb.) Decne.	으름덩굴	o	o	o
방기과	*Cocculus trilobus* (Thunb.) DC.	댕댕이덩굴	o	o	o
쥐방울덩굴과	*Asarum maculatum* Nakai	개족도리풀	o	o	o
	Asarum sieboldii Miq.	족도리풀		o	
다래나무과	*Actinidia arguta* var. *platyphylla* (A. Gray) Nakai	털다래	o	o	o
차나무과	*Eurya japonica* Thunb.	사스레피나무	o		o
현호색과	*Corydalis ochotensis* Turcz.	눈괴불주머니		o	
십자화과	*Arabis hirsuta* (L.) Scop.	털장대			o
돌나물과	*Sedum bulbiferum* Makino	말똥비름			o
범의귀과	*Chrysosplenium pilosum* Maxim.	털괭이눈	o	o	
	Hydrangea petiolaris Siebold & Zucc.	등수국	o	o	o
	Hydrangea serrata f. *acuminata* (Siebold & Zucc.) Wilson	산수국	o	o	o
	Saxifraga fortunei var. *incisolobata* (Engl. & Irmsch.) Nakai	바위떡풀	o		
	Schizophragma hydrangeoides Siebold & Zucc.	바위수국	o	o	o
장미과	*Agrimonia pilosa* Ledeb.	짚신나물	o	o	
	Duchesnea indica (Andr.) Focke	뱀딸기	o		
	Malus sieboldii (Regel) Rehder	아그배나무	o		
	Potentilla fragarioides var. *major* Maxim.	양지꽃			o

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
장미과	*Potentilla yokusaiana* Makino	민눈양지꽃	o	o	
	Pourthiaea villosa (Thunb.) Decne.	윤노리나무	o	o	o
	Prunus buergeriana Miq.	섬개벚나무	o	o	
	Prunus maximowiczii Rupr.	산개벚지나무	o	o	
	Prunus sargentii Rehder	산벚나무	o		
	Prunus serrulata var. *spontanea* (Maxim.) E.H. Wilson	벚나무			o
	Rosa multiflora Thunb.	찔레꽃	o	o	o
	Rosa wichuraiana Crep. ex Franch. & Sav.	돌가시나무			o
	Rubus coreanus Miq.	복분자딸기			o
	Rubus crataegifolius Bunge	산딸기	o	o	o
	Rubus oldhamii Miq.	줄딸기	o	o	o
	Rubus parvifolius L.	멍석딸기	o	o	o
	Sanguisorba officinalis L.	오이풀			o
	Sorbus alnifolia (Siebold & Zucc.) K. Koch	팥배나무	o	o	o
	Sorbus commixta Hedl.	마가목	o		
	Stephanandra incisa (Thunb.) Zabel	국수나무	o		o
	Stephanandra incisa var. *quadrifissa* (Nakai) T.B. Lee	나비국수나무	o		o
콩과	*Albizia julibrissin* Durazz.	자귀나무		o	o
	Desmodium podocarpum var. *mandshuricum* Maxim.	애기도둑놈의갈고리	o	o	o
	Dunbaria villosa (Thunb.) Makino	여우팥			o
	Glycine soja Siebold & Zucc.	돌콩			o
	Lespedeza bicolor Turcz.	싸리	o		o
	Lespedeza maximowiczii C. K. Schneid.	조록싸리	o		
	Lespedeza virgata (Thunb.) DC.	좀싸리			o
	Maackia fauriei (H. Lév.) Takeda	솔비나무	o	o	o
	Pueraria lobata (Willd.) Ohwi	칡		o	
	Sophora flavescens Solander ex Aiton	고삼			o
	Trifolium repens L.	토끼풀			o
괭이밥과	*Oxalis acetosella* L.	애기괭이밥	o		
	Oxalis corniculata L.	괭이밥			o
	Oxalis obtriangulata Maxim.	큰괭이밥	o	o	
대극과	*Euphorbia sieboldiana* Morren & Decne.	개감수		o	o
	Mallotus japonicus (Thunb.) Muell. Arg.	예덕나무	o		
대극과	*Sapium japonicum* (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm.	사람주나무	o	o	o
굴거리나무과	*Daphniphyllum macropodum* Miq.	굴거리나무	o	o	o
운향과	*Zanthoxylum ailanthoides* Siebold & Zucc.	머귀나무	o	o	o
	Zanthoxylum piperitum (L.) DC.	초피나무	o	o	o
	Zanthoxylum schinifolium Siebold & Zucc.	산초나무	o	o	o
옻나무과	*Rhus javanica* L.	붉나무	o		o
단풍나무과	*Acer palmatum* Thunb.	단풍나무	o	o	o
	Acer pictum subsp. *momo* (Maxim.) Ohashi	고로쇠나무	o	o	o
	Acer pseudosieboldianum (Pax) Kom.	당단풍	o	o	o
나도밤나무과	*Meliosma myriantha* Siebold & Zucc.	나도밤나무	o	o	o
	Meliosma oldhamii Maxim.	합다리나무	o	o	o

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
봉선화과	*Impatiens textori* Miq.	물봉선	o	o	o
감탕나무과	*Ilex crenata* Thunb.	꽝꽝나무	o	o	
	Ilex macropoda Miq.	대팻집나무	o	o	o
노박덩굴과	*Celastrus flagellaris* Rupr.	푼지나무	o	o	
	Celastrus orbiculatus Thunb.	노박덩굴	o	o	o
	Euonymus alatus (Thunb.) Siebold	화살나무	o	o	o
	Euonymus fortunei var. *radicans* (Miq.) Rehder	줄사철나무	o	o	o
	Euonymus hamiltonianus Wall.	참빗살나무		o	o
	Euonymus oxyphyllus Miq.	참회나무	o	o	o
	Euonymus pauciflorus Maxim.	회목나무	o		
고추나무과	*Staphylea bumalda* DC.	고추나무			o
갈매나무과	*Rhamnella franguloides* (Maxim.) Weberb.	까마귀베개	o	o	o
포도과	*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.	거지덩굴			o
	Parthenocissus tricuspidata (Siebold & Zucc.) Planch.	담쟁이덩굴	o	o	o
	Vitis flexuosa Thunb.	새머루	o	o	o
보리수나무과	*Elaeagnus umbellata* Thunb.	보리수나무	o		o
제비꽃과	*Viola albida* var. *chaerophylloides* (Regel) F.Maek	남산제비꽃	o	o	o
	Viola grypoceras A.Gray	낚시제비꽃	o	o	
	Viola ovato-oblonga (Miq.) Makino	긴잎제비꽃		o	
	Viola rossii Hemsl.	고깔제비꽃	o	o	o
	Viola tokubuchiana var. *takedana* (Makino) F. Maek.	민둥뫼제비꽃	o	o	o
	Viola variegata Fisch. ex Link	알록제비꽃	o	o	
	Viola verecunda A. Gray	콩제비꽃	o		o
	Viola violacea Makino	자주잎제비꽃	o	o	o
박과	*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino	돌외			o
	Trichosanthes kirilowii Maxim.	하늘타리		o	o
바늘꽃과	*Circaea mollis* Siebold & Zucc.	털이슬	o		o
개미탑과	*Halorragis micrantha* (Thunb.) R. Br. ex Siebold & Zucc.	개미탑			o
박쥐나무과	*Alangium platanifolium* var. *trilobum* (Miq.) Ohwi	박쥐나무	o	o	
층층나무과	*Cornus controversa* Hemsl.	층층나무	o	o	o
	Cornus kousa F. Buerger ex Miquel	산딸나무	o	o	o
	Cornus macrophylla Wall.	곰의말채	o	o	o
두릅나무과	*Aralia elata* (Miq.) Seem.	두릅나무	o	o	o
	Hedera rhombea (Miq.) Siebold & Zucc. ex Bean	송악	o	o	o
	Kalopanax septemlobus (Thunb.) Koidz.	음나무	o	o	o
산형과	*Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm) Benth. & Hook.f. ex Franch. & Sav.	구릿대			o
	Cryptotaenia japonica Hassk.	파드득나물	o		
	Hydrocotyle yabei Makino	제주피막이			o
	Pimpinella brachycarpa (Kom.) Nakai	참나물	o	o	
	Sanicula chinensis Bunge	참반디			o
노루발과	*Pyrola japonica* Klenze ex Alef.	노루발	o	o	o
진달래과	*Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum* Nakai	털진달래	o		o

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
진달래과	*Rhododendron weyrichii* Maxim.	참꽃나무	o	o	o
	Rhododendron yedoense f. *poukhanense* (H. Lev.) M. Sugim. ex T. Yamaz.	산철쭉			o
	Vaccinium japonicum Miq.	산매자나무	o		o
	Vaccinium oldhamii Miq.	정금나무	o		o
자금우과	*Ardisia japonica* (Thunb.) Blume	자금우	o		
앵초과	*Lysimachia barystachys* Bunge	까치수염			o
	Lysimachia japonica Thunb.	좀가지풀	o	o	o
때죽나무과	*Styrax japonicus* Siebold & Zucc.	때죽나무	o	o	o
	Styrax obassia Siebold & Zucc.	쪽동백나무	o	o	
노린재나무과	*Symplocos chinensis* f. *pilosa* (Nakai) Ohwi	노린재나무	o	o	o
물푸레나무과	*Ligustrum obtusifolium* Siebold & Zucc.	쥐똥나무	o		o
	Ligustrum ovalifolium Hassk.	왕쥐똥나무	o	o	o
용담과	*Gentiana squarrosa* Ledeb.	구슬붕이			o
	Tripterospermum japonicum (Siebold & Zucc.) Maxim.	덩굴용담	o	o	o
협죽도과	*Trachelospermum asiaticum* (Siebold & Zucc.) Nakai	마삭줄	o	o	o
꼭두서니과	*Galium trachyspermum* A. Gary	네잎갈퀴	o	o	o
	Galium verum var. *asiaticum* Nakai	솔나물			o
	Mitchella undulata Siebold & Zucc.	호자덩굴	o	o	
	Paederia scandens (Lour.) Merr.	계요등	o	o	o
	Rubia chinensis Regel & Maack	큰꼭두서니		o	o
마편초과	*Callicarpa chejuensis* Y.H. Chung et H.kim	제주새비나무	o	o	
	Callicarpa japonica Thunb.	작살나무	o	o	o
	Callicarpa mollis Siebold & Zucc.	새비나무	o	o	o
	Clerodendrum trichotomum Thunb.	누리장나무	o	o	o
꿀풀과	*Ajuga decumbens* Thunb.	금창초	o	o	o
	Clinopodium gracile var. *multicaule* (Maxim.) Ohwi	탑꽃	o	o	o
	Isodon inflexus (Thunb.) Kudo	산박하			o
	Leonurus japonicus Houtt.	익모초			o
	Meehania urticifolia (Miq.) Makino	벌깨덩굴	o		
	Mosla dianthera (Buch.-Ham. ex Roxb.) Maxim.	쥐깨풀	o	o	o
	Phlomis umbrosa Turcz.	속단			o
	Prunella vulgaris var. *lilacina* Nakai	꿀풀			o
	Teucrium viscidum var. *miquelianum* (Maxim.) Hara	덩굴곽향	o	o	o
현삼과	*Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis	주름잎			o
파리풀과	*Phryma leptostachya* var. *asiatica* H. Hara	파리풀	o	o	o
질경이과	*Plantago asiatica* L.	질경이	o	o	
인동과	*Lonicera japonica* Thunb.	인동덩굴	o		o
	Sambucus sieboldiana (Miq.) Blume ex Graebn.	덧나무	o	o	o
	Viburnum dilatatum Thunb.	가막살나무	o	o	o
	Viburnum erosum Thunb.	덜꿩나무	o	o	o

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
인동과	*Viburnum erosum* var. *taquetii* (H. Lév.) Rehder	가새덜꿩나무	o	o	o
	Viburnum furcatum Blume	분단나무	o	o	o
초롱꽃과	*Adenophora remotiflora* (Siebold & Zucc.) Miq.	모시대	o	o	
	Adenophora triphylla var. *japonica* (Regel) H. Hara	잔대			o
	Codonopsis lanceolata (Siebold & Zucc.) Trautv.	더덕			o
	Peracarpa carnosa var. *circaeoides* (F. Schmidt ex Miq.) Makino	홍노도라지	o	o	
국화과	*Adenocaulon himalaicum* Edgew.	멸가치	o		
	Ainsliaea apiculata Sch. Bip.	좀딱취	o	o	o
	Artemisia princeps Pamp.	쑥	o		o
	Aster scaber Thunb.	참취			o
	Carpesium glossophyllum Maxim.	애기담배풀	o		
	Carpesium glossophyllum Maxim.	천일담배풀	o		o
	Cirsium japonicum var. *maackii* (Maxim.) Matsum.	엉겅퀴			o
	Eupatorium japonicum Thunb.	등골나물	o	o	o
	Gnaphalium affine D. Don	떡쑥			o
	Hypochoeris radicata L.	개민들레			o
	Ixeridium dentatum (Thunb. ex Mori) Tzvelev	씀바귀	o		o
	Ixeris stolonifera A. Gray	좀씀바귀	o	o	o
	Ligularia fischeri (Ledeb.) Turcz.	곰취		o	
	Parasenecio auriculatus var. *matsumuranus* Nakai	박쥐나물		o	
	Rhynchospermum verticillatum Reinw.	추분취		o	
	Solidago virgaurea subsp. *asiatica* Kitam. ex H. Hara	미역취	o	o	
	Tephroseris kirilowii (Turcz. ex DC.) Holub	솜방망이			o
백합과	*Disporum sessile* D. Don	윤판나물아재비	o	o	o
	Disporum smilacinum A. Gray	애기나리	o		
	Hosta minor (Baker) Nakai	좀비비추	o		o
	Polygonatum falcatum A. Gray	진황정			o
	Polygonatum lasianthum Maxim.	죽대	o		
	Smilacina japonica A. Gray	풀솜대	o		
	Smilacina japonica var. *mandshurica* Maxim.	큰솜대	o	o	
	Smilax china L.	청미래덩굴	o	o	o
	Smilax riparia var. *ussuriensis* (Regel) Hara & T. Koyama	밀나물	o		
	Smilax sieboldii Miq.	청가시덩굴	o	o	o
	Veratrum nigrum var. *ussuriense* Lose. f.	참여로		o	
마과	*Dioscorea japonica* Thunb.	마			o
	Dioscorea septemloba Thunb.	국화마			o
골풀과	*Luzula capitata* (Miq.) Miq.	꿩의밥	o		o
닭의장풀과	*Commelina communis* L.	닭의장풀			o

부록 1. ⇒ 계속

과명	학명	국명	골머리	냇새오름	걸시오름
벼과	*Dactylis glomerata* L.	오리새			o
	Diarrhena fauriei (Hack.) Ohwi	광릉용수염	o	o	
	Eragrostis ferruginea (Thunb.) P. Beauv.	그령			o
	Festuca ovina L.	김의털			o
	Imperata cylindrica var. *koenigii* (Retz.) Pilg.	띠			o
	Microstegium japonicum (Miq.) Koidz.	민바랭이새	o	o	o
	Microstegium vimineum (Trin.) A. Camus	나도바랭이새	o		
	Milium effusum L.	나도겨이삭	o		
	Miscanthus sinensis Anderss.	참억새			o
	Muhlenbergia japonica Steud.	쥐꼬리새	o		
	Oplismenus undulatifolius (Ard.) P. Beauv.	주름조개풀	o	o	o
	Oplismenus undulatifolius var. *japonicus* (Steud.) Koidz.	민주름조개풀			o
	Poa sphondylodes Trin.	포아풀	o		
	Sasa palmata (Bean) Nakai	제주조릿대	o	o	o
	Setaria chondrachne (Steud.) Honda	조아재비			o
	Setaria viridis (L.) P. Beauv.	강아지풀			o
	Zoysia japonica Steud.	잔디			o
천남성과	*Arisaema peninsulae* Nakai	점박이천남성	o	o	o
	Arisaema ringens (Thunb.) Schott	큰천남성		o	
사초과	*Carex aphanolepis* Franch. & Sav.	골사초		o	
	Carex ciliatomarginata Nakai	털대사초	o		o
난초과	*Cymbidium goeringii* (Rchb. f.) Rchb. f.	보춘화			o
	Gastrodia elata Blume	천마		o	o
	Goodyera maximowicziana Makino	섬사철란	o	o	
	Goodyera schlechtendaliana Rchb. f.	사철란	o		o
	Liparis kumokiri F.Maek.	옥잠난초		o	
	Oreorchis hallasanensis Y.N. Lee & K.S. Lee	한라감자난초	o		
	Platanthera japonica (Thunb.) Lindl.	갈매기난초		o	
	Spiranthes sinensis (Pers.) Ames	타래난초			o
	Tipularia japonica Matsum.	비비추난초	o		
	Vexillabium yakushimensis (Yamam.) F. Maek.	백운란		o	

한라산 영천유역의 곤충상

- 돈내코 지역을 중심으로 -

정세호*
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 2002년 생물권보전지역으로 지정된 제주특별자치도 서귀포시 영천 유역 상류인 돈내코 지역을 중심으로 곤충상을 조사하였으며, 조사구역은 돈내코유원지를 비롯하여 한라산 돈내코등산로 해발 700m지역과 입석동지역까지 조사하였다.

돈내코지역의 곤충상은 총 15목142과878종으로 나타났으며, 이 중 환경부 지정 곤충 중 멸종위기종 Ⅱ급 2목3과3종, 한국고유생물종 8목24과53종, 국외반출승인대상종 3목13과17종, 특정종 8목29과53종으로 나타났다. 그리고 제주도 고유종 2목6과7종, 우리나라 중 제주도에만 분포하는 종으로는 7목19과23종으로 조사되었다.

서 론

천혜의 자연풍광이 아름답고 생태환경이 좋은 서귀포 돈내코 지역은 영천의 중상류층에 형성된 계곡으로 연중 물이 풍부하게 흐르는 제주에서는 몇 안 되는 이른바 흐르는 하천이다. '돈내코'라는 지명의 유래는 '멧돼지[돈]들이 물

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7480, e-mail: jsh6200@korea.kr

을 먹던 하천[코]'이라는 뜻으로 예부터 생태환경이 좋은 관계로 많은 동·식물이 서식하기도 하였으며, 현재에는 한라산천연보호구역에 포함되어 지정 보호받고 있는 지역이다. 그러나 최근에 유원지로 지정되어 많은 관광객들이 찾아올 뿐만 아니라, 주변에 감귤과수원 및 목장, 청소년수련원과 골프장 시설 등이 들어서면서 인간의 간섭이 점점 증가되어 생태계의 파괴가 우려되고 있는 곳이기도 하다.

한라산국립공원내에 분포하는 곤충은 제주도에 분포하는 곤충류의 60%인 총 20目230科2,595種을 필자(2006)에 의해 기록하고 있다. 본 조사는 2010년 관음사등산로를 시작으로, 2011년 영실등산로, 2012년 성판악등산로, 2013년 어리목등산로, 그리고 2015년 돈내코등산로 주변을 조사함으로써 한라산국립공원내의 주요 등산로 5개소의 곤충을 비교 정리하여 향후 기후변화대응에 따른 제주도 곤충상의 변화를 가늠하는데 기초 자료로 삼고자 하였다.

조사지역 및 방법

한라산 돈내코등산로는 돈내코유원지 상류에 위치한 탐방로 입구(해발 500m)를 시작으로 썩은물통, 살채기도, 평궤대피소를 지나 남벽분기점(해발 1,600m)까지 이어지는 총 7km의 등산로이다. 본 조사는 돈내코유원지를 비롯한 해발 700m지역, 그리고 입석동지역까지 야외 조사를 하였다(그림 1).

조사지역 하천변에는 우리나라 최대의 상록활엽수림인 구실잣밤나무를 비롯한 참가시나무, 동백나무, 종가시나무, 단풍나무인 교목, 자금우, 호자덩굴인 관목류 그리고 바위족제비고사리와 송악, 마삭줄, 큰봉의꼬리, 콩짜개란이 분포하고 있으며, 천연기념물 제191호로 지정보호하고 있는 한란의 자생지이기도 하다.

조사방법은 잠자리류 등의 날아다니는 곤충은 포충망을 이용한 채어 잡기 방법, 길가나 목야지 등 잡초가 우거진 곳은 쓸어 잡기방법, 그리고 돌이나 썩은 나무나 건초에 붙어사는 곤충들은 이를 뒤집거나 헤쳐서 채집하였다.



그림 1. 조사지역

야행성 곤충들을 채집하기 위하여 파장의 범위가 낮은 단파장에 의해 정량적으로 채집할 수 있는 Global & Yuasa Battery Co Ltd.에서 제작한 UV bucket light trap(Bioquip 12V, 18AH, 지름 31.3cm, 높이 32cm)과, 휴대용 발전기를 이용 수은등을 설치하여 포획하였으며, 포획된 나방은 다음날 회수하여 표본제작 및 분류 동정하였다. 또한 기타지역은 휴대형 발전기(220V 수은등)를 이용하여 포획하여 표본제작 및 분류 동정하였다(그림 2, 3, 4).



그림 2. 곤충조사장면



그림 3. UV bucket light trap



그림 4. 야간채집장면

한편 조사지역의 문헌기록을 정리하였으며, 또한 제주특별자치도민속자연사박물관, 한라수목원, 국립수목원, 국립임업연구원, 서울대학교, 순천대학교, 성신여자대학교, 이화여자대학교, 인천대학교, 경북대학교, 강원대학교에 소장되어 있는 표본을 검경하여 정리하였다.

결과 및 고찰

금번 조사결과 돈내코 부근의 곤충은 총 15目142科878種이었다(표 1).

표 1. 조사지역 내에 분포하는 곤충종수

구 분	조 사 결 과							
	과수	종수	환 경 부				제주고유종	우리나라 중 제주도에만 분포하는종
			멸종위기종 Ⅱ급	한국고유생물종	국외반출대상종	특정종		
1. Odonata 잠자리目	4	18						1
2. Blattodea 바퀴目	2	4		1				
3. Mantodea 사마귀目	2	4						1
4. Dermaptera 집게벌레目	3	5		3				
5. Orthoptera 메뚜기목	10	54		33	1	3	2	3
6. Phasmatodea 대벌레目	1	2		2		1		
7. Thysanoptera 총채벌레目	1	2						
8. Hemiptera 노린재目	19	66	1			4		2
9. Homoptera 매미目	10	34		1				
10. Neuroptera 풀잠자리目	3	3				1		
11. Coleoptera 딱정벌레目	37	248	2	6	8	30	5	7
12. Hymenoptera 벌目	9	19				6		
13. Mecoptera 밑드리目	1	1						1
14. Diptera 파리目	9	48		3		4		
15. Lepidoptera 나비目	31	370		4	8	10		8
Total	111	508	3	49	9	49	7	15

분포하고 있는 목별 종수는 나비목(370종, 42%) > 딱정벌레목(248종, 28%) > 노린재목(66종, 8%) > 메뚜기목(54종, 6%) > 파리목(48종, 6%) > 매미목(34종, 4%) > 벌목(19종, 2%) > 잠자리목(18종, 2%) > 기타[21종, 2%(집게벌레목 5종, 바퀴목 4종, 사마귀목 4종, 풀잠자리목 3종, 대벌레목 2종, 총채벌레목 2종, 밑드리목 1종)] 순이었다(그림 5).

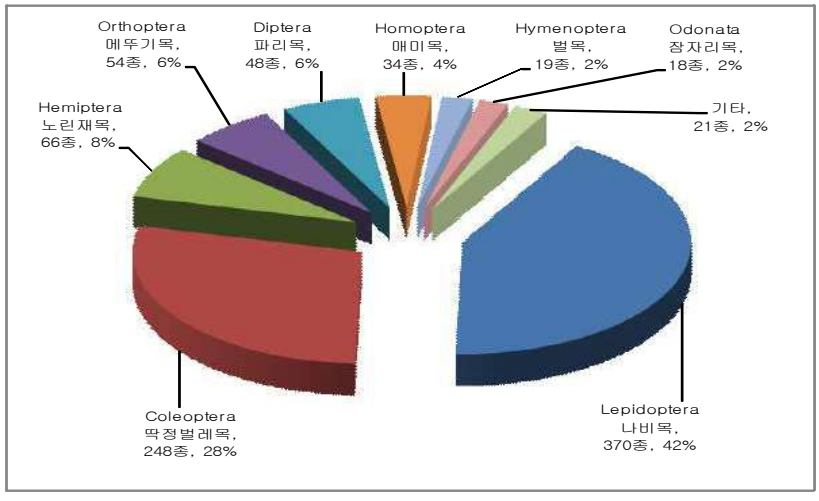


그림 5. 조사지역내에 분포하는 목별 곤충 종수

1. 환경부지정 멸종위기종

조사지역 내에서 분포하고 있는 환경부지정 멸종위기종 Ⅱ급은 노린재目 물장군科[Belostomatidae]에 속하는 물장군[*L. deyrollei* (Vuillefroy, 1863)] 1種과, 딱정벌레목 사슴벌레科[Lucanidae]에 속하는 두점박이사슴벌레[*P. blanchardi* (Parry, 1873)] 1種, 소똥구리科[Scarabaeidae]에 속하는 애기뿔소똥구리[*C. tripartitus* Waterhouse, 1875] 1種(그림 6) 등 2科2種으로 총 2目3科3種이었다(표 2).



그림 6. 애기뿔소똥구리

표 2. 조사지역내에 분포하는 곤충의 특이종

구 분		종수	종 명	비 고
환경부	멸종위기종 Ⅱ급	3	물장군, 두점박이사슴벌레, 애기뿔소똥구리	
	한국고유생물종	53	산바퀴, 애흰수염집게벌레, 민집게벌레, 큰집게벌레, 꼽등이, 검정꼽등이, 잔날개여치, 긴꼬리쌕새기, 여치, 긴날개여치, 베짱이붙이, 실베짱이, 검은다리실베짱이, 매부리, 날베짱이, 알락귀뚜라미, 모대가리귀뚜라미, 남쪽귀뚜라미, 왕귀뚜라미, 극동귀뚜라미, 긴꼬리, 땅강아지, 어리귀뚜라미, 장삼모메뚜기, 모메뚜기, 섬서구메뚜기, 방아깨비, 팔공산밑들이메뚜기, 참어리삽사리, 한국땅달보메뚜기, 딱다기, 풀무치, 삽사리, 등줄메뚜기, 팥중이, 우리벼메뚜기, 등검은메뚜기, 대벌레, 긴수염대벌레, 춘향버들매미충, 물납작먼지벌레, 제주그물눈검정풍뎅이, 줄우단풍뎅이, 제주풍뎅이, 흰점박이꽃무지, 제주호리병거저리, 헛톱니등초파리, 옆줄무늬버섯초파리, 노랑큰니초파리, 꼬마노랑잎말이나방, 얼룩갈고리나방, 갈고리박각시, 탐시버짐나방	
	국외반출승인대상종	17	팔공산밑들이메뚜기, 멋쟁이딱정벌레, 홍단딱정벌레, 우리딱정벌레, 왕딱정벌레, 참넓적사슴벌레, 애기뿔소똥구리, 제주풍뎅이, 참나무하늘소, 대추애기잎말이나방, 노랑무늬들명나방, 굵은줄제비가지나방, 참나무산누에나방, 갈고리박각시, 노린재나무재주나방, 홍점알락나비, 은점표범나비	
	특 정 종	59	실베짱이, 방아깨비, 풀무치, 대벌레, 다리무늬침노린재, 큰별노린재, 억새노린재, 썩덩나무노린재, 칠성풀잠자리, 검정송장벌레, 넉점박이송장벌레, 꼬마검정송장벌레, 큰수중다리송장벌레, 수중다리송장벌레, 큰넓적송장벌레, 넓적송장벌레, 좀반날개, 주홍좀반날개, 모난좀반날개, 두점박이사슴벌레, 다우리아사슴벌레, 참넓적사슴벌레, 애기뿔소똥구리, 장수풍뎅이, 주둥무늬차색풍뎅이, 검정풍이, 열흰점박이무당벌레, 칠성무당벌레, 무당벌레, 꼬마남생이무당벌레, 붉은산꽃하늘소, 하늘소, 남색초원하늘소, 알락하늘소, 참나무하늘소, 털두꺼비하늘소, 적갈색긴가슴잎벌레, 밤나무잎벌레, 상아잎벌레, 큰호리병벌, 말벌, 두눈박이쌍살벌, 일본애수염줄벌, 어리호박벌, 호박벌, 파리매, 호리꽃등에, 배짧은꽃등에, 꽃등에, 대추애기잎말이나방, 솔나방, 멧누에나방, 참나무산누에나방, 꽃술재주나방, 노랑애기나방, 으름밤나방, 무궁화밤나방, 남방제비나비, 왕나비	
제주도고유종		7	제주청날개애메뚜기, 제주끝검은메뚜기, 물납작먼지벌레, 제주풍뎅이, 돈내코버섯벌레, 제주호리병거저리, 제주거칠바구미	
우리나라중 제주도에만 분포하는종		23	한라별왕잠자리, 애기사마귀, 제주베짱이붙이, 제주왕귀뚜라미, 제주밑들이메뚜기, 왕소금쟁이, 큰별노린재, 제주애기물방개, 제주우단풍뎅이, 해변애녹슬은방아벌레, 털보소바구미, 돈내코참바구미, 가는밀감바구미, 곰보왕바구미, 제주밑드리, 삼나무잎말이나방, 어리무늬애기잎말이나방, 뾰족노랑들명나방, 큰조명나방, 검정꼬리박각시, 무늬흰불나방, 회색이끼밤나방, 뒷흰날개밤나방	

2. 환경부지정 한국고유생물종

조사지역내 분포하는 환경부지정 한국고유생물종은 총 8目24科53種이었다.

- 바퀴벌레目은 바퀴科[Blattellidae]에 속하는 산바퀴[*B. nipponica* Asahina, 1963] 1種이었다.

- 집게벌레目은 민집게벌레科[Anisolabiidae]에 속하는 애흰수염집게벌레[*A. annulipes* (Lucas, 1847)] 등 2種, 큰집게벌레科[Labiduridae]에 속하는 큰집게벌레[*L. riparia japonica* (De Haan, 1842)] 1種 등 2科3種이었다.

- 메뚜기目은 꼽등이科[Rhaphidophoridae]에 속하는 꼽등이[*D. coreana* (Yamasaki, 1969)] 등 2種, 여치科[Tettigoniidae]에 속하는 잔날개여치[*C. bonneti* (I. Bolivar, 1890)] 등 9種, 귀뚜라미科[Gryllidae]에 속하는 남쪽귀뚜라미[*L. siamensis* (Chopard, 1961)] 등 5種, 긴꼬리科[Oecanthidae]에 속하는 긴꼬리[*O. euryelytra* Ichikawa, 2001] 1種, 어이귀뚜라미科[Mogoplistidae]에 속하는 어리귀뚜라미[*O. kanetataki* (Matsumura, 1904)] 1種(그림 7), 땅강아지科[Gryllotalpidae]에 속하는 땅강아지[*G. orientalis* Burmeister, 1839] 1종, 모메뚜기科[Tetrigidae]에 속하는 장삼모메뚜기[*E. insularis* Bey-Bienko, 1951] 등 2種, 섬서구메뚜기科[Pyrgomorphidae]에 속하는 섬서구메뚜기[*A. lata* (Motschulsky, 1866)] 1種, 메뚜기科[Acrididae]에 속하는 한국땅달보메뚜기[*C. abbreviatus* Ikonnikov, 1913] 등 11種 총 9科33種이었다.


그림 7. 어리귀뚜라미

- 대벌레目은 대벌레科[Phasmatidae]에 속하는 대벌레[*B. elongatum* (Thunberg, 1815)] 등 2種이었다.

- 매미目은 매미충科[Cicadellidae]에 속하는 춘향버들매미충[*K. koreana* Kwon et Lee, 1979] 1種이었다.

- 딱정벌레目은 먼지벌레科[Harpalidae]에 속하는 물납작먼지벌레[*O. uenoi* Paik et Lafer, 1995] 1種, 검정풍뎅이科[Melolonthidae]에 속하는 제주그물눈검정풍뎅이[*H. reticulata* Murayama, 1941] 등 2種, 풍뎅이科[Scarabaeidae]에

속하는 제주풍뎅이[*C. quelparta* (Okamoto, 1924)] 1種, 꽃무지科[Cetoniidae]에 속하는 흰점박이꽃무지[*P. brevitarsis seulensis* (Kolbe, 1886)] 1種(그림 8), 거저리科[Tenebrionidae]에 속하는 제주호리병거저리[*M. chejudoensis* Chûjô and Imasaka, 1982] 1種 등 5科6種이었다.


그림 8. 흰점박이꽃무지

- 파리目은 초파리科[Drosophilidae]에 속하는 헛톱니등초파리[*H. pseudonokogiri* (Kang, Lee et Bahng, 1965)] 등 3種이었다.

- 나비目은 잎말이나방科[Tortricidae]에 속하는 꼬마노랑잎말이나방[*A. obligatoria* Park et Razowski, 1991] 1種, 갈고리나방科[Drepanidae]에 속하는 얼룩갈고리나방[*Auzata minuta nigrata* Park and Shin, 1981] 1種, 박각시科[Sphingidae]에 속하는 갈고리박각시[*O. japonica* (Rothschild, 1894)] 1種, 밤나방科[Noctuidae]에 속하는 탐시버짐나방[*X. contaminata* (Draudt, 1937)] 1種 등 4科4種이었다(표 2).

3. 환경부지정 국외반출 승인대상종

조사지역내에 분포하는 환경부지정 국외반출 승인대상종은 3目13科17種이었다. 그 내용을 살펴보면

- 메뚜기目은 메뚜기과[Acrididae]에 속하는 팔공산밑들이메뚜기[*A. beybienkoi* Rentz et Miller, 1971] 1種이었다.

- 딱정벌레目은 딱정벌레科[Carabidae]에 속하는 홍단딱정벌레[*D. smaragdinus* Von Waldheim Fischer, 1824](그림9) 등 4種, 사슴벌레科[Lucanidae]에 속하는 참넓적사슴벌레[*S. consentaneus* (Albers, 1886)] 1種, 소똥구리科[Scarabaeidae]에 속하는 애기뿔소똥구리[*C. tripartitus* Waterhouse, 1875] 1種,


그림 9. 홍단딱정벌레

풍뎅이科[Scarabaeidae]에 속하는 제주풍뎅이[*C. quelparta* (Okamoto, 1924)] 1種, 하늘소科[Cerambycidae]에 속하는 참나무하늘소[*B. lineolata* Chevrolat, 1852] 1種 등 5科8種이었다.

- 나비目은 잎말이나방科[Tortricidae]에 속하는 대추애기잎말이나방[*A. sativa* Liu, 1979] 1種, 명나방科[Pyralididae]에 속하는 노랑무늬들명나방[*G. exemplaris* Hampson, 1898] 1種, 자나방科[Geometridae]에 속하는 굵은줄제비가지나방[*O. koreana* Inoue, 1993] 1種, 산누에나방科[Saturniidae]에 속하는 참나무산누에나방[*A. yamamai ussuriensis* Schachbazov, 1953] 1種, 박각시科[Sphingidae]에 속하는 갈고리박각시[*O. japonica* (Rothschild, 1894)] 1種, 재주나방科[Notodontidae]에 속하는 노린재나무재주나방[*N. delia* (Leech, 1889)] 1種, 네발나비科[Nymphalidae]에 속하는 홍점알락나비[*H. assimilis* (Linnaeus, 1758)](그림 10) 등 2種 총 7科8種이었다(표2).


그림 10. 홍점알락나비

4. 환경부지정 특정종

환경부지정 특정종은 총 8目29科59種이었다. 그 내용을 살펴보면

- 메뚜기目은 여치科[Tettigoniidae]에 속하는 실베짱이[*P. falcata* (Poda, 1761)] 1種, 메뚜기科[Acrididae]에 속하는 풀무치[*L. migratoria migratoria* (Linnaeus, 1758)] 등 2種 총 2科3種이었다.

- 대벌레目은 대벌레科[Phasmatidae]에 속하는 대벌레[*B. elongatum* (Thunberg, 1815)] 1科1種이었다(그림 11).

- 노린재目은 침노린재科[Reduviidae]에 속하는 다리무늬침노린재[*S. impressicollis* (Stål, 1861)] 1種, 큰별노린재科[Largidae]에 속하는 귤큰별노린재[*P.*


그림 11. 대벌레

gutta (Burmeister, 1834)] 1種, 억새노린재科[Phyllocephalidae]에 속하는 억새노린재[*G. affinis* (Uhler, 1860)] 1種, 노린재科[Pentatomidae]에 속하는 썩덩나무노린재[*H. halys* (Stål, 1855)] 1種 등 총 4科4種이었다.

- 풀잠자리目은 풀잠자리科[Chrysopidae]에 속하는 칠성풀잠자리[*C. pallens* (Rambur, 1838)] 1科1種이었다.

- 딱정벌레目은 송장벌레科[Silphidae]에 속하는 검정송장벌레[*N. concolor* Kraatz, 1877] 등 7種, 반날개科[Staphylinidae]에 속하는 좀반날개[*P. japonicus* Sharp, 1874] 등 3種, 사슴벌레科[Lucanidae]에 속하는 다우리아사슴벌레[*P. dauricus* (Motschulsky, 1860)] 등 3種, 소똥구리科[Scarabaeidae]에 속하는 애기뿔소똥구리[*C. tripartitus* Waterhouse, 1875] 1種, 장수풍뎅이科[Dynastidae]에 속하는 장수풍뎅이[*A. dichotoma* (Linnaeus, 1771)] 1種, 풍뎅이科[Scarabaeidae]에 속하는 주둥무늬차색풍뎅이[*A. tenuimaculatus* Waterhouse, 1875] 등 2種, 무당벌레科[Coccinellidae]에 속하는 무당벌레[*H. axyridis* (Pallas, 1773)](그림12) 등 4種, 하늘소科[Cerambycidae]에 속하는 붉은산꽃하늘소[*C. rubra* (Linnaeus, 1758)] 6種, 잎벌레科[Chrysomelidae]에 속하는 상아잎벌레[*G. bifasciata* Motschulsky, 1860](그림 13) 등 3種 총 9科30種이었다.


그림 12. 무당벌레


그림 13. 상아잎벌레

- 벌目은 호리병벌科[Eumenidae]에 속하는 큰호리병벌[*O. decorata* (Smith, 1852)] 1種, 말벌科[Vespidae]에 속하는 두눈박이쌍살벌[*P. chinensis antennalis* Pérez, 1905](그림 14) 등 2種, 청줄벌科[Anthophoridae]에 속하는 일본애수염줄벌[*T. nipponensis* Pérez, 1911] 1種, 꿀벌科[Apidae]에 속하는 호박벌[*B. ignitus* Smith, 1869] 등 2種 총 4科6種이었다.

- 파리目은 파리매科[Asilidae]에 속하는 파리매[*P. yesonicus* Bigot, 1887] 1種, 꽃등



그림 14. 두눈박이쌍살벌



그림 15. 배짧은꽃등에

에科[Syrphidae]에 속하는 배짧은꽃등에[*E. cerealis* Fabricius, 1805](그림 15) 등 3種 총 2科4種이었다.

- 나비目은 잎말이나방科[Tortricidae]에 속하는 대추애기잎말이나방[*A. sativa* Liu, 1979] 1種, 솔나방科[Lasiocampidae]에 속하는 솔나방[*D. spectabilis* (Butler, 1877)] 1種, 산누에나방科[Saturniidae]에 속하는 참나무산누에나방[*A. yamamai ussuriensis* Schachbazov, 1953] 1種, 재주나방科[Notodontidae]에 속하는 꽃술재주나방[*D. sphingiformis* Moore, 1872] 1種, 애기나방科[Ctenuchidae]에 속하는 노랑애기나방[*A. germana* (Felder et Felder, 1862)] 1種, 밤나방科[Noctuidae]에 속하는 으름밤나방[*A. tyrannus* (Guenée, 1852)] 등 2種, 호랑나비科[Papilionidae]에 속하는 남방제비나비[*P. protenor* Cramer, 1775] 1種, 왕나비科[Danaidae]에 속하는 왕나비[*P. sita* (Kollar, 1833)] 1種 등 총 8科10種이었다(표 2).

5. 제주도 고유종

제주도 고유종 곤충은 필자(2006년)에 의해 10目37科77種으로 기록하고 있다. 최근에는 기후 변화 등으로 인하여 제주도 고유종이 한반도에 분포하는 종들이 늘어나는 실정이다. 따라서 추후 재정리가 필요한 실정이다. 조사지역 내에 분포하는 제주도 고유종 곤충은 총 2目6科7種이었다.

그 내용을 살펴보면

- 메뚜기目은 메뚜기科[Acrididae]에 속하는 제주청날개애메뚜기[*M. jejuensis* Kim, 2008](그림16)와 제주끝검은메뚜기[*S. kevani* Storozhenko & Otte, 1994](그림 17) 1科2種이었다.



그림 16. 제주청날개애메뚜기



그림 17. 제주끝검은메뚜기

- 딱정벌레目은 먼지벌레科[Harpalidae]에 속하는 물납작먼지벌레[*O. uenoi* Paik et Lafer, 1995] 1種, 풍뎅이科[Scarabaeidae]에 속하는 제주풍뎅이[*C. quelparta* (Okamoto, 1924)] 1種(그림18), 버섯벌레科[Erotylidae]에 속하는 돈내코버섯벌레[*Dacbe osawai* Ashida et Kim, 1999] 1種, 거저리科[Tenebrionidae]에 속하는 제주호리병거저리[*M. chejudoensis* Chûjô and Imasaka, 1982] 1種(그림19), 바구미科[Curculionidae]에 속하는 제주거칠바구미[*R. confinis* Voss, 1958] 1種 등 총 5科5種이었다(표2).



그림 18. 제주풍뎅이



그림 19. 제주호리병거저리

그 중 물납작먼지벌레[*O. uenoi* Paik et Lafer, 1995]와 돈내코버섯벌레[*Dacbe osawai* Ashida et Kim, 1999]는 돈내코에서 채집하여 신종 기록한 종이다.

6. 우리나라 중 제주도에만 분포하는 종

과거 고유종 또는 특산종의 규정 기준은 그 범위가 광범위하였다. 따라서 필자(2006년)는 지구상에서 제주도에만 분포하는 제주도 고유종과 외국에는 분포하나 우리나라 중 제주도에만 분포하는 종으로 나뉘어 정리한 결과 12目 81科250種이었다. 이 또한 기후변화에 따라 한반도에서 채집되는 경향이 있어 추후 재정리가 필요하다고 사료된다.

조사지역내에 분포하는 우리나라 중 제주도에만 분포하는 종은 총 7目19科 23種이었다. 그 내용을 살펴보면

- 잠자리目은 왕잠자리科[Aeshnidae]에 속하는 한라별왕잠자리[*S. pryeri* (Martin, 1909)] 1科1종이었다.

- 사마귀目은 애기사마귀科[Hymenopodidae]에 속하는 애기사마귀[*A. japonica* Westwood, 1889] 1科1種이었다.

- 메뚜기目은 여치科[Tettigoniidae]에 속하는 제주베짱이붙이[*P. japonica* (Shiraki, 1930)] 1種, 귀뚜라미科[Gryllidae]에 속하는 제주왕귀뚜라미[*D. ivani* Gorochov, 1988] 1種, 메뚜기科[Acrididae]에 속하는 제주밑들이메뚜기[*P. setouchiensis* Inoue, 1979] 1種(그림 20) 등 3科3種이었다.



그림 20. 제주밑들이메뚜기

- 노린재目은 소금쟁이科[Gerridae]에 속하는 왕소금쟁이[*G. elongatus* (Uhler, 1896)] 1種(그림 21), 큰별노린재科[Largidae]에 속하는 귤큰별노린재[*P. gutta* (Burmeister, 1834)] 1種(그림 22) 등 2科2種이었다.



그림 21. 왕소금쟁이

- 딱정벌레目은 물방개科[Dytiscidae]에 속하는 제주애기물방개[*R. yessoensis* Sharp, 1891] 1種, 검정풍뎅이科[Melolonthidae]에 속하는 제주우단풍뎅이[*M. secreta* (Brenske, 1897)] 1種, 방아벌레

科[Elateridae]에 속하는 해변애녹슬은방아벌레[*A. miyamotoi* (Nakane et Kishii, 1955)] 1種, 소바구미科[Anthribidae]에 속하는 털보소바구미[*E. crassicornis* (Fabricius, 1801)] 1種, 바구미科[Curculionidae]에 속하는 돈내코참바구미[*S. chujoi* Voss, 1957] 등 2種, 왕바구미科[Rhynchophoridae]에 속하는 곰보왕바구미[*S. shirozui* Morimoto, 1978] 1種 등 총 6科8種이었다. 또한 돈내코참바구미[*S. chujoi* Voss, 1957]도 돈내코에서 채집되어 우리나라에서 처음 기록되는 종이다.


그림 22. 큳큰별노린재

- 밑드리目은 밑드리科[Panorpidae]에 속하는 제주밑들이[*P. approximata* Esben-Petersen, 1915] 1科1種이었다(그림 23).


그림 23. 제주밑들이

- 나비目은 잎말이나방科[Tortricidae]에 속하는 삼나무잎말이나방[*H. issikii* Yasuda, 1962] 등 2種, 명나방科[Pyralididae]에 속하는 뾰족노랑들명나방[*C. nycterina* Butler, 1879] 등 2種, 박각시科[Sphingidae]에 속하는 검정꼬리박각시[*M. saga* (Butler, 1878)] 1種, 불나방科[Arctiidae]에 속하는 무늬흰불나방[*Nyctemera adversata* (Schaller, 1788)] 1種, 밤나방科[Noctuidae]에 속하는 회색이끼밤나방[*B. parva* Sugi, 1980] 등 2種 총 5科8種이었다(표2).

한라산국립공원내에 분포하는 곤충은 총 20目 230科 2,595種으로 기록하고 있다(정, 2006). 지금까지 주요 등산로별 분포하고 있는 곤충류는 관음사등산로(2010) 15目131科915種 > 돈내코지역(2015) 15目142科878種 > 성판악등산로(2012) 11目105科560種 > 어리목등산로(2013년) 15目103科506種 > 영실등산로(2011년) 11目74科438種 순으로 종다양성이 나타났다(표 3, 그림 24).

표 3. 한라산국립공원내의 등산로별 분포하는 곤충 종수

지역별	조사자	조사연도	조사결과			비고
			목수	과수	종수	
관음사	정세호·김원택	2010	15	131	915	전체
영실	정세호	2011	11	74	438	전체
성판악	정세호	2012	11	105	560	전체
어리목	정세호	2013	15	103	506	전체
돈내코	정세호	2015	15	142	878	일부

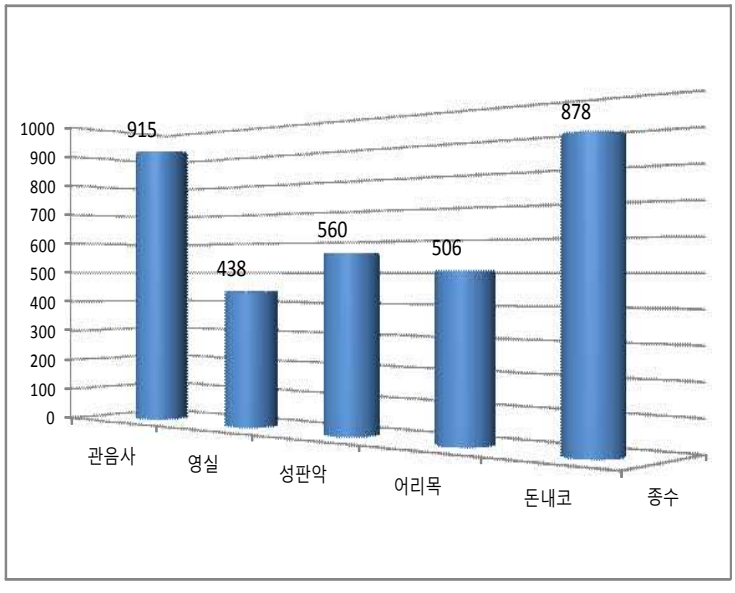


그림 24. 한라산국립공원내 주요 등산로별 곤충 종수

관음사등산로와 돈내코지역에서 상대적으로 다른 등산로보다 많은 종 다양성이 나타나는 이유는 목장을 비롯한 식생이 다양하기 때문이라고 볼 수 있다.

과거 필자(2001년)에 의해 효돈천 학술조사결과 총 13目97科542種 중 돈내코 지역에 속하는 중류지역에 분포하는 곤충을 총 12目85科374種으로 정리하

고 있다. 이는 선행연구자들의 지속적인 연구와 다양한 채집방법 등으로 인하여 곤충 종수가 다양화 되었다고 볼 수 있다.

최근 돈내코지역도 유원지로 지정되어 많은 관광객들이 찾아와 생태계를 파괴시키는 일들이 증가되고 있으며, 주변 지역에는 감귤과수원 그리고 골프장 등 시설물의 증가로 인하여 생태계가 위협받고 있는 실정이다. 따라서 독특한 생태계를 간직한 돈내코지역을 후손에게 물려주기 위해 다함께 노력해야 할 것이다.

Insect Fauna of Donnaeko in Jeju Island

Jung Sai-ho*
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

As a result of the long-term monitoring of the insect fauna of Donnaeko area, Jeju Island. Totally of 878species belonging to 142families in 15orders were identified and enumerated.

In terms of the species observed, 370 Lepidoptera species(42%) were observed, followed by 248 Coleoptera species(28%), 66 Hemiptera species(8%), 54 Orthoptera species(6%), 48 Diptera species(6%), 34 Homoptera species(4%), 19 Hymenoptera species(2%), 18 Odonata species(2%), and 5 Dermaptera species, 4 Blattodea species, 4 Mantodea species, 3 Neuroptera species, 2 Phasmatodea species, 2 Thysanoptera species, 1 Mecoptera species (2%). The composition of species number of each order was comparative to that of Jeju Island. Among them, endangerd species level Ⅱ were 3species belonging to 3families in 2orders, management of exotic species were 17species belonging to 6families in 2orders, Designated species were 53species belonging to 29families in 8orders. These results may reflect that the natural environment of Donnaeko area relatively specific on this island and well conserved.

인용문헌

An. S. L. and Y. J. Kwon (1995) A Check list of the Chrysomelidae from Chejudo (Coleoptera), *Insecta Koreana Suppl.,* 5: 91-124.

배양섭 (2004) Lepidoptera (Pyraloidea Ⅱ: Phychitinae and Crambinae etc.), Economic Insects of Korea 22(Insects of Korea Suppl. 29), Junghaeng-sa, pp. 205.

배양섭 (2011) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제16권 1호, 애기잎말이나방류Ⅰ(절지동물문: 곤충강: 나비목: 잎말이나방과: 애기잎말이나방과), 환경부·국립생물자원관, pp. 179.

Bae, Y. S. and K. T. Park (1992) Notes on the genus *Lobesia* (Lepidoptera: Tortricidae) from Korea, with description of a new species, *Tyo to Ga*, 43(1): 75-82.

배양섭·변봉규·백문기 (2008) 한국산 명나방상과 도해도감, 국립수목원, pp 426.

배양섭·변봉규·김민선 (2012) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제16권 8호, 애기잎말이나방류Ⅲ(절지동물문: 곤충강: 나비목: 잎말이나방과: 애기잎말이나방과), 환경부·국립생물자원관, pp. 150.

배양섭·채도영·안능호 (2012) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제16권 3호, 애기잎말이나방류Ⅱ(절지동물문: 곤충강: 나비목: 잎말이나방과: 애기잎말이나방과), 환경부·국립생물자원관, pp. 152.

배양섭·김용기·박보선·치무지에 (2014) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제16권 13호, 명나방류Ⅰ(절지동물문: 곤충강: 명나방상과: 풀명나방과), 환경부·국립생물자원관, pp. 159.

변봉규·박규택·정한평 (1995) 제주도의 곤충-제주도의 Microlepidoptera(나비目), 제주도민속자연사박물관, p. 95-124.

Byun, B. K., Y. S. Bae, and K. T. Park (1998) *Illustrated Catalogue of Tortricidae in Korea* (*Lepidoptera*). Kor. Res. Inst. Biosci. Biotech. and Cent. Ins. Sys. Kor., pp. 317.

조영복 (2014) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제12권 18호, 좀반날개아족(절지동물문: 곤충강: 딱정벌레목: 반날개과: 반날개아과), 환경부·국립생물자원관, pp. 106.

한경덕·박상욱·홍기정·Nikolai Yunakov (2014) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제12권 20호, 바구미류Ⅲ(절지동물문: 곤충강: 딱정벌레목: 바구미과: 줄바구미아과), 환경부·국립생물자원관, pp. 99.

Hong, K. J., A. B. Egorov and B. A. Korotyaev (2000) Illustrated Catalogue of Curculionidae in Korea(Coleoptera) Kor. Res. Inst. Biosci. Biotech. and Cent. Ins. Sys. Kor., pp. 337.

홍기정·박상욱·한경덕 (2011) 대한민국 생물지 한국의 곤충, 제12권 2호, 바구미류Ⅰ(절지동물문: 곤충강; 딱정벌레목: 바구미과: 물바구미아과, 애바구미아과, 좁쌀바구미아과, 거미바구미아과, 버들바구미아과, 거미바구미아과, 참바구미아과, 알좁쌀바구미아과), pp. 316.

홍기정·박상욱·한경덕 (2012) 대한민국 생물지, 한국의 곤충, 제12권 7호, 바구미류Ⅱ(절지동물문: 곤충강; 딱정벌레목: 바구미과: 밤바구미아과, 막대바구미아과, 통바구미아과), 환경부·국립생물자원관, pp. 186.

Huh, E. Y. and Y. J. Kwon. (1995) A Check List of the Caelifera from Chejudo (Orthoptera). *Ins. Koreana Suppl.,* 5: 7-18.

허은엽·권용정 (1995) 제주도의 곤충 - 제주도의 메뚜기亞目 (메뚜기目). 제주도민속자연사박물관, 199-209.

Jeong J. C. and J. W. Lee (2006) Taxonomy of Listrodromini (Hymenoptera: Ichneumonidae: Ichneumoninae) from *korea, Ent. Res.* 36(3): 127-132.

정부희 (2012) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제12권 9호, 거저리류(절지동물문: 곤충강: 딱정벌레목: 거저리과: 르위스거저리아과, 썩덩벌레아과), 환경부·국립생물자원관, pp. 85.

정부희 (2013) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제12권 12호, 거저리류(절지동물문: 곤충강: 딱정벌레목: 거저리과: 잎벌레붙이아과, 호리병거저리아과, 조롱박거저리아과)), 환경부·국립생물자원관, pp. 83.

정상배 (2006) 제주도 습지내 수서곤충(딱정벌레목) 분포에 관한 연구, 제주대학교 일반대학원 석사학위 청구논문, p. 55.

정세호 (1994) 제주도나방亞目 중 불나방科에 대한 조사연구, 제주도민속자연사박물관 연구보고서, 9: 81-91.

정세호 (1995) 제주도나방亞目 중 자나방科에 대한 조사연구, 제주도민속자연사박물관 연구보고서, 10: 109-140.

정세호 (1997) 韓國産 박각시科의 地域的 分包와 季節的 消長, 제주대학교 석사학위청구논문, pp. 176.

정세호 (2001a) 濟州島産 메뚜기目(昆蟲綱)의 分類, 제주대학교 박사학위청구논문, pp. 290.

정세호 (2001b) 효돈천의 곤충, 한라산학술대탐사 제주생명의 원류 하천과 계곡 2. 한라일보사, p. 224-259.

정세호·조영복·김원택 (1999) 제주도의 송장벌레, 제주생명과학연구, 2(2): 33-47.

강옥철 (1982) 西歸浦市內 河川의 水棲昆蟲群集에 관한 연구. 高麗大學校 敎育大學院 碩士學位 論文. 29 pp.

Kim, C. W. (1978) Distribution atlas of insects of Korea, ser. 2. Coleoptera. *Korea University Press*, 288-306.

김대호 (1995) 제주도의 곤충 -제주도의 노린재, 제주도민속자연사박물관, p. 211-241 .

김진일 (1987a) 韓國産 측기문풍뎅이類의 分類學的 硏究 VI. 똥풍뎅이科(똥풍뎅이族 2). 韓國 昆蟲學會誌, 17(1): 69-74.

김진일 (1991b) 韓國産 측기문풍뎅이類의 分類學的 硏究 XIV. 송장풍뎅이科. 韓國昆蟲學會誌, 21(3): 133-139.

김진일 (1993) 韓國産 측기문풍뎅이類의 分類學的 硏究 XV. 追加 및 訂正. 韓國昆蟲學會誌, 23(4): 267-271.

Kim, J. I. (1995a) Check list of Laparosticti from Chejudo (Col., Scarabaeoidea), *Insecta Koreana, Suppl.* 5: 63-72.

김진일 (2000a) 한국경제곤충 4, 풍뎅이上科 딱정벌레目(Coleoptera) (Insecta

Koreana Suppl. 10), 농업과학기술원, p. 113.

김진일 (2011) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제 12권 1호 상기문류(절지동물문: 곤충강: 딱정벌레목: 풍뎅이상과), 환경부·국립생물자원관, pp. 263.

Kim, M. Y., H. K. Lee, L. Ronkay and K. T. Park (2006) A review of the Korean Thyatiridae (Lepidoptera) from Korea. Trans. Lepid. Soc. Jpn. 46: 23-25.

김상호·김상혁 (1988) 제주도의 나비, 제주도학생과학관, pp. 195.

김성수·E. V. Beljaev (2001) 한국경제곤충 8(Insecta Koreana Suppl. 15), 나비목 자나방科, 농업과학기술원, pp. 245.

Kim, T. W. (2007) A Taxonomic Review of the Korean Orthoptera (Insecta), *These for the degree of Doctor. Sungshin Women's University,* p. 370.

Kim. T. W. (2013) A Taxonomic Study on the Burrowing Cricket Genus *Velarifictorus* with Morphologically Resembled Genus *Lepidogryllus* (Orthoptera: Gryllidae: Gryllinae) in Korea, *Animal Systematics Evolution and Diversity* 29: 294-307.

김원택·정세호 (1995) 제주도의 곤충 -제주도의 초파리, 제주도민속자연사박물관, p. 167-189.

권용정·허은엽 (1995) 濟州道의 매미亞目 (매미目), 제주도의 곤충, 제주도민속자연사박물관, p. 243-265.

Kwon, Y. J. and E. Y. Huh (1995) A check list of the Auchenorrhyncha from (Homoptera). *Ins. Koreana Supppl.,* 5: 19-54.

권용정·허은엽 (2001) 한국경제곤충 19(Insecta Koreana Suppl. 26) 매미아목(매미목: Homoptera), 농업과학기술원, pp. 460.

이창언 (1971a) 韓國産 거품벌레類(同翅亞目), 生物과 自然, 2: 1-8.

Lee, C. E. and Y. J. Kwon (1976) Faunistic investigation on a collection of Aucheno- rrhyncha from Mt. Chuwang. *Korean J. Entomol.*, 6(2): 1-9.

Lee, C. E. and Y. J. Kwon (1977a) Revision of the Cercopoidea of Korea with the special reference to the faunistic notes (Homoptera. Auchenorrhyncha). *Kor. J. Ent.,* 7(2): 11-27.

이창언·권용정 (1977b) 거품벌레, 매미충 및 멸구類에 對한 硏究(半翅目: 同翅亞目, 頸吻類). 生物과 自然, 7(2): 55-111.

이창언·이승모·권용정 (1976) 國立科學館所藏 頸吻類 昆蟲目錄 (同翅亞目). 生物과 自然, 6: 51- 64.

이종은·정광수 (2012) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제4권 3호, 잠자리류(절지동물문: 곤충강: 잠자리목: 청동잠자리과, 잔삼잠자리과, 잠자리과), 환경부·국립생물자원관, pp. 82.

이종욱·정종철·이설매·최진경 (2014) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제13권 7호, 맵시벌류Ⅳ(절지동물문: 곤충강: 벌목: 맵시벌과: 맵시벌아과Ⅲ. 곤봉납작맵시벌아과), 환경부·국립생물자원관, pp. 118.

Lee, S. H. (1995) Elateridae of Chejudo (Coleoptera) Ⅰ. Pyrophorinae and Melanotinae. *Ins. Koreana Supppl.,* 5: 73-82.

이승모·정세호 (1995) 제주도의 곤충-濟州道의 박각시科 및 불나방科, 제주도 민속자연사박물관, p. 125-134.

이영인·김원택·김대호 (1985) 한라산의 곤충상.-한라산천연보호구역학술조사보고서, 제주도. p. 351-455.

임업연구원 (2001) 2000년도 산림병해발생예찰조사연보, p. 247.

임업연구원 (2002) 2001년도 산림병해발생예찰조사연보, p. 300.

임업연구원 (2003) 2002년도 산림병해발생예찰조사연보, p. 259.

임업연구원 (2004) 2003년도 산림병해발생예찰조사연보, p. 256.

임업연구원 (2005) 2004년도 산림병해발생예찰조사연보, p. 170.

Morimoto, K. and C. E. Lee (1992) Curculionidae from Cheju Island, Korea, with description of three new species (Insecta, Coloeptera), *Esakia*, 32: 1-18.

Paik J. C. (2005) Some ground beetles (Coleoptera, Carabidae) from Korea(14), *Korean Jour. of Soil Zool.* 10(1/2): 26-41.

Paik, J. C. and G. Sh. Lafer (1995) A new species of *Onycholabis* (Coleoptera, Carabidae) from Jejudo, South Korea. *Spec. Bull. Jpn. Soc. Coleopteol., Tokyo*, (4): 253-257.

백종철·박규택·권용정·이승모·안승락·강성진·정세호 (1994) 제주도곤충학술조사 보고서. 제주도민속자연사박물관, pp 212.

백종철·박규택·권용정·김태흥·서상재·안성복·안승락·이승모·강성진·정세호 (1995) 제주도의 곤충. 제주도민속자연사박물관, p. 291-614.

Park, J. K. and Kwon, Y. J. (1995) A check list of the subfamily Carabinae from chejudo (Coleoptera: Carabidae). *Ins. Koreana, Suppl.*, 5: 55-62.

박종균·최익제·박진영·최은영 (2014) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제12권 16호, 딱정벌레류(절지동물문: 곤충강: 딱정벌레목: 딱정벌레과: 무늬먼지벌레족, 수상성먼지벌레류: 목대장먼지벌레아과, 십자무늬먼지벌레아과), 환경부·국립생물자원관, pp. 115.

박규택 (2000) 한국경제곤충 1 (Insecta Koreana Suppl. 8) 나비목(불나방과, 독나방과, 솔나방과, 박각시과), 농업과학기술원, pp. 276.

박규택 (2014) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제16권 12호, 미소나방류(절지동물문: 곤충강: 나비목: 통나방과, 밑두리뿔나방과, 풀굴나방과), 환경부·국립생물자원관, pp. 128.

Park, K. T. and M. G. Ponomarenko (2007) In: Park, K. T.(eds.) Gelechiidae of the Korean peninsula and Adjacent Territories (Lepidoptera). *Insectof Korea series* 12. 312pp.

박규택·김민영 (2012) 대한민국 생물지 한국의 곤충 제16권 4호, 갈고리나방류(절지동물문: 곤충강: 나비목: 갈고리나방과, 뾰족날개나방과), 환경부·국립생물자원관, pp. 150.

박규택·안성복·변봉규·권영대 (1995) 제주도의 곤충-제주도의 Macrolepidoptera(나비目), 제주도의 곤충, 제주도민속자연사박물관, p. 37-93.

박규택·김성수·Y. A. Tshistjakov·권영대 (1999) 한국의 나방(Ⅰ), 생명공학연구소・한국 곤충분류연구회, pp. 358.

Shin, Y. H. (1996) *Synonymic List and Distribution of the Geometridae of Korea* (*Lepidoptera*). *Cent. Ins. Sys. Kor.,* pp. 153.

서인원·이경진·염진화·박경화·황정미·김태우·이관석·이승환·정상우 (2014) 한반

도 고유종 곤충 Ⅰ(톡토기목; 뿔톡기목; 둥근톡토기목; 하루살이목; 잠자리목; 귀뚜라미붙이목; 바퀴목; 집게벌레목; 메뚜기목; 대벌레목; 총채벌레목; 노린재목; 매미목; 뱀잠자리목; 강도래목; 풀잠자리목), 환경부·국립생물자원관, pp. 672.

Takaoka, H. (1974) Blackflies from Cheju Island in Korea with the description of *Simulium (Eusimulium) subcostatum chejuense* n. sp. (Diptera, Simuliidae). *Japanese J. sanit. Zool.*, 25(2): 141-146.

Takaoka,H. and C. Aoki (2007) A new Species of Simulium (Nevermannia) (Diptera: Simuliidae) from Hokkaido. Japan, Medical Entomology and Zoology, 58(4) 313-323.

우건석·신현경 (2000) 한국경제곤충 5(Insecta Koreana Suppl. 12) 총채벌레목 (Thysanoptera) 관총채벌레과, 농업과학기술원, pp. 106.

양경식 (2006). 한라산 5·16도로변에 분포하는 딱정벌레류의 군집분석, 제주대학교 대학원 석사학위청구논문, p. 40.

유재기·고현관·이승환·최준열·이관석·염문옥·이희아·한태만·박영미·권기면 (2000) 농업과학기술원 소장 곤충표본목록(Ⅰ), 딱정벌레목편(풍뎅이상과, 무당벌레과, 하늘소과), 농업과학기술원, pp. 213.

Yoon, I. B. and H. C. Park (1985) A taxonomic study of Subfamily Coccinellinae (Coccinellidae; Coleoptera) from Korea, *Ent. Res. Bull.*, 11: 1-36.

부록 1. 조사지역내의 곤충 목록

Order 1. Odonata 잠자리目

Family 1. Coenagrionidae 실잠자리科

1. *Ceriagrion melanurum* Selys, 1876
노란실잠자리
2. *Ischnura asiatica* (Brauer, 1865)
아시아실잠자리
3. *Ischnura senegalensis* (Rambur, 1842)
푸른아시아실잠자리
4. *Paracercion hieroglyphicum* (Brauer, 1865)
등줄실잠자리

Family 2. Platycnemididae 방울실잠자리科

1. *Platycnemis phyllopoda* Djakonov, 1926
방울실잠자리

Family 3. Aeshnidae 왕잠자리科

1. *Anax parthenope julius* Brauer, 1865
왕잠자리
2. *Gynacantha japonica* Bartenef, 1909
잘록허리왕잠자리
3. *Sarasaeschna pryeri* (Martin, 1909)
한라별왕잠자리

Family 4. Libellulidae 잠자리科

1. *Crocothemis servilia mariannae* Kiauta, 1898
고추잠자리
2. *Lyriothemis pachygastra* (Selys, 1878)
베치레잠자리
3. *Orthetrum albistylum* (Selys, 1848)
밀잠자리
4. *Orthetrum melania* Selys, 1883
큰밀잠자리
5. *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798)
된장잠자리
6. *Pseudothemis zonata* (Burmeister, 1839)
노란허리잠자리
7. *Sympetrum croceolum* (Selys, 1883)
노란잠자리
8. *Sympetrum darwinianum* (Selys, 1883)
여름좀잠자리
9. *Sympetrum depressiusculum* (Selys, 1841)
대륙고추좀잠자리
10. *Sympetrum eroticum* (Selys, 1883)
두점박이좀잠자리

Order 2. Blattodea 바퀴目

Family 1. Blattidae 왕바퀴科

1. *Periplaneta fuliginosa* (Serville, 1839)
먹바퀴
2. *Periplaneta japonica* Karny, 1908
집바퀴

Family 2. Blattellidae 바퀴科

1. *Blattella nipponica* Asahina, 1963
산바퀴
2. *Symploce striata* (Shiraki, 1906)
줄바퀴

Order 3. Mantodea 사마귀目

Family 1. Mantidae 사마귀科

1. *Statilia maculata* (Thunberg, 1784)
좀사마귀
2. *Tenodera* sinensis Saussure, 1871
왕사마귀
3. *Tenodera angustipennis* Saussure, 1869
사마귀

Family 2. Hymenopodidae 애기사마귀科

1. *Acromantis japonica* Westwood, 1889
애기사마귀

Order 4. Dermaptera 집게벌레目

Family 1. Anisolabiidae 민집게벌레科

1. *Anisolabis annulipes* (Lucas, 1847)
애흰수염민집게벌레
2. *Anisolabis maritima* (Gene, 1832)
민집게벌레
3. *Gonolabis marginalis* (Dohrn, 1864)
흰수염집게벌레

Family 2. Labiduridae 큰집게벌레科

1. *Labidura riparia japonica* (De Haan, 1842)
큰집게벌레

Family 3. Forficulidae 집게벌레科

1. *Anechura harmandi* (Burr, 1904)
흑집게벌레

Order 5. Orthoptera 메뚜기목

Family 1. Stenopelmatidae 어리여치科

1. *Nippancistroger koreanus* Storozhenko et Paik, 2003
민어리여치

Family 2. Rhaphidophoridae 꼽등이科

1. *Diestrammena (Tachycines) coreana* (Yamasaki, 1969)
꼽등이
2. *Paratachycines (Paratachycines) ussuriensis* Storozhenko, 1990
검정꼽등이

Family 3. Tettigoniidae 여치科

1. *Chizuella bonneti* (I. Bolivar, 1890)
잔날개여치
2. *Conocephalus exemptus* (Walker, 1869)
긴꼬리쌕새기
3. *Conocephalus maculatus* (Le Guillou, 1841)
점박이쌕새기
4. *Ducetia japonica* (Thunberg, 1815)
줄베짱이
5. *Euconocephalus nasutus* (Thunberg, 1815)
뾰족매부리
6. *Gampsocleis sedakovii obscura* (Walker, 1869)
여치
7. *Gampsocleis ussuriensis* Adelung, 1910
긴날개여치
8. *Hexacentrus japonicus* Karny, 1907
베짱이

9. *Holochlora japonica* Brunner von Wattenwyl, 1878
베짱이붙이
10. *Kuwayamaea sapporensis* Matsumura et Shiraki, 1908
북방실베짱이
11. *Phaneroptera falcata* (Poda, 1761)
실베짱이
12. *Phaneroptera nigroantennata* Brunner von Wattenwyl, 1878
검은다리실베짱이
13. *Psyrana japonica* (Shiraki, 1930)
제주베짱이붙이
14. *Ruspolia lineosa* (Walker, 1869)
매부리
15. *Sinochlora longifissa* (Matsumura et Shiraki, 1908)
날베짱이

Family 4. Gryllidae 귀뚜라미科
1. *Duolandrevus* (*Eulandrevus*) *ivani* Gorochov, 1988
제주왕귀뚜라미
2. *Lepidogryllus siamensis* (Chopard, 1961)
남쪽귀뚜라미
3. *Loxoblemmus arietulus* Saussure, 1877
알락귀뚜라미
4. *Loxoblemmus doenitzi* Stein, 1881
모대가리귀뚜라미
5. *Meloimorpha japonica japonica* (de Haan, 1842)
방울벌레
6. *Modicogryllus siamensis* Chopard, 1961
남쪽귀뚜라미
7. *Polionemobius taprobanensis* (Walker, 1869)
노랑머리방울벌레
8. *Pteronemobius yezoensis* (Shiraki, 1911)
습지방울벌레
9. *Teleogryllus emma* (Ohmachi et Matsumura, 1951)
왕귀뚜라미
10. *Velarifictorus micado* (Saussure, 1877)
극동귀뚜라미

Family 5. Oecanthidae 긴꼬리科
1. *Oecanthus euryelytra* Ichikawa, 2001
긴꼬리
2. *Oecanthus longicauda* Matsumura, 1904
대만긴꼬리(개칭)

Family 6. Mogoplistidae 어리귀뚜라미科(각시귀뚜라미科)
1. *Ornebius kanetataki* (Matsumura, 1904)
어리귀뚜라미

Family 7. Gryllotalpidae 땅강아지科
1. *Gryllotalpa orientalis* Burmeister, 1839
땅강아지

Family 8. Tetrigidae 모메뚜기科
1. *Euparatettix insularis* Bey-Bienko, 1951
장삼모메뚜기
2. *Tetrix japonica* (I. Bolivar, 1887)
모메뚜기

Family 9. Pyrgomorphidae 섬서구메뚜기科
1. *Atractomorpha lata* (Motschulsky, 1866)
섬서구메뚜기

Family 10. Acrididae 메뚜기科
1. *Acrida cinerea cinerea* (Thunberg, 1815)
방아깨비
2. *Aiolopus thalassinus tamulus* (Fabricius, 1798)
청분홍메뚜기
3. *Anapodisma beybienkoi* Rentz et Miller, 1971
팔공산밑들이메뚜기
4. *Arcyptera coreana* Shiraki, 1930
참어리삽사리
5. *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov, 1913
한국땅딸보메뚜기
6. *Chorthippus biguttulus maritimus* Mistshenko, 1951
애메뚜기
7. *Gastrimargus marmoratus* (Thunberg, 1815)
콩중이
8. *Gonista bicolor* (de Haan, 1842)
딱다기
9. *Locusta migratoria migratoria* (Linnaeus, 1758)
풀무치
10. *Mecostethus alliaceus alliaceus* (Germar, 1817)
벼메뚜기붙이
11. *Megaulacobothrus jejuensis* Kim, 2008
제주청날개애메뚜기
12. *Mongolotettix japonicus japonicus* (I. Bolivar, 1898)
삽사리
13. *Nomadacris japonica* (I. Bolívar, 1898)
등줄메뚜기
14. *Oedaleus infernalis* Saussure, 1884
팥중이
15. *Oxya chinensis sinuosa* Mistshenko, 1951
우리벼메뚜기
16. *Parapodisma setouchiensis* Inoue, 1979
제주밑들이메뚜기
17. *Shirakiacris shirakii* (I. Bolivar, 1914)
등검은메뚜기
18. *Stethophyma kevani* Storozhenko & Otte, 1994
제주끝검은메뚜기
19. *Trilophidia annulata* (Thunberg, 1815)
두꺼비메뚜기

Order 6. Phasmatodea 대벌레目
Family 1. Phasmatidae (Phasmidae) 대벌레科
1. *Baculum elongatum* (Thunberg, 1815)
대벌레
2. *Phraortes illepidus* (Brunner von Wattenwyl, 1907)
긴수염대벌레

Order 7. Thysanoptera 총채벌레目
Family 1. Phlaeothripidae 관총채벌레

1. *Ecacanthothrips inarmatus* Kurosawa, 1932
가시더듬이관총채벌레

2. *Opthalmothrips miscanthicola* (Haga, 1975)
억새관총채벌레

Order 8. Hemiptera 노린재目

Family 1. Nepidae 장구애비科
1. *Laccotrephes japonensis* Scott, 1874
장구애비
2. *Nepa hoffmanni* Esaki, 1925
메추리장구애비

Family 2. Belostomatidae 물장군科
1. *Diplonychus esakii* Miyamoto et Lee, 1966
각시물자라
2. *Lethocerus deyrollei* (Vuillefroy, 1863)
물장군

Family 3. Notonectidae 송장헤엄치게科
1. *Notonecta triguttata* Motschulsky, 1861
송장헤엄치게

Family 4. Gerridae 소금쟁이科
1. *Gerris elongatus* (Uhler, 1896)
왕소금쟁이
2. *Gerris gracilicornis* (Horváth, 1879)
등빨강소금쟁이
3. *Gerris paludum insularis* Motschulsky, 1866
소금쟁이

Family 5. Nabidae 쐐기노린재科
1. *Nabis stenoferus* Hsiao, 1964
긴날개쐐기노린재

Family 6. Miridae 장님노린재科
1. *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778)
연리초장님노린재
2. *Adelphocoris suturalis* (Jakovlev, 1882)
변색장님노린재
3. *Adelphocoris triannulatus* (Stål, 1858)
설상무늬장님노린재
4. *Creontiades coloripes* Hsiao, 1963
날개홍선장님노린재
5. *Lygus saundersi* Reuter, 1896
얼룩장님노린재
6. *Polymerus pekinensis* Horváth, 1901
페킨장님노린재

Family 7. Reduviidae 침노린재科
1. *Cydnocoris russatus* Stål, 1886
고추침노린재
2. *Ectrychotes andreae* (Thunberg, 1784)
우단침노린재
3. *Haematoloecha rufithorax* (Breddin, 1903)
붉은등침노린재
4. *Oncocephalus assimilis* Reuter, 1882
필리핀침노린재
5. *Peirates turpis* Walker, 1873
검정무늬침노린재
6. *Polididus armatissimus* Stål, 1859
가시침노린재
7. *Sphedanolestes impressicollis* (Stål, 1861)
다리무늬침노린재

Family 8. Lygaeidae 긴노린재科
1. *Metochus abbreviatus* (Scott, 1874)
큰흰무늬긴노린재
2. *Neolethaeus assamensis* (Distant, 1901)
아샘긴노린재
3. *Neolethaeus dallasi* (Scott, 1880)
달라시긴노린재
4. *Nysius plebejus* Distant, 1883
애긴노린재
5. *Panaorus japonicus* (Stål, 1874)
굴뚝긴노린재
6. *Paradieuches dissimilis* (Distant, 1883)
갈색무늬긴노린재
7. *Paraparomerus lateralis* (Scott, 1874)
측무늬표주박긴노린재

Family 9. Pyrrhocoridae 별노린재科(별박이노린재科)
1. *Pyrrhocoris sibiricus* Kuschakewitsch, 1867
땅별노린재

Family 10. Largidae 큰별노린재科
1. *Physopelta cincticollis* Stål, 1863
여수별노린재
2. *Physopelta gutta* (Burmeister, 1834)
큰별노린재

Family 11. Coreidae 허리노린재科
1. *Acanthocoris sordidus* (Thunberg, 1783)
꽈리허리노린재
2. *Cletus punctiger* (Dallas, 1852)
시골가시허리노린재
3. *Cletus schmidti* Kiritschenko, 1916
우리가시허리노린재
4. *Homoeocerus dilatatus* Horváth, 1879
넓적배허리노린재
5. *Homoeocerus marginiventris* Dohrn, 1860
녹두허리노린재
6. *Homoeocerus unipunctatus* (Thunberg, 1783)
두점배허리노린재
7. *Plinachtus bicoloripes* Scott, 1874
노랑배허리노린재

Family 12. Alydidae 호리허리노린재科
1. *Paraplesius unicolor* Scott, 1874
막대허리노린재
2. *Riptortus clavatus* (Thunberg, 1783)
톱다리개미허리노린재

Family 13. Rhopalidae 잡초노린재科
1. *Liorhyssus hyalinus* (Fabricius, 1794)

투명잡초노린재
2. *Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758)
흑다리잡초노린재

Family 14. Plataspidae 알노린재科
1. *Megacopta punctissimum* (Montandon, 1894)
무당알노린재

Family 15. Acanthosomatidae 뿔노린재科
1. *Dichobothrium nubilum* Dallas, 1851
남방뿔노린재

Family 16. Cydnidae 땅노린재科
1. *Adrisa magna* (Uhler, 1860)
장수땅노린재
2. *Geotomus pygmaeus* (Dallas, 1851)
애땅노린재
3. *Macroscytus japonensis* Scott, 1874
땅노린재

Family 17. Dinidoridae 톱날노린재科
1. *Megymenum gracilicorne* Dallas, 1851
톱날노린재

Family 18. Phyllocephalidae 억새노린재科
1. *Gonopsis affinis* (Uhler, 1860)
억새노린재

Family 19. Pentatomidae 노린재科
1. *Aelia fieberi* Scott, 1874
메추리노린재
2. *Carbula humerigera* (Uhler, 1860)
참가시노린재
3. *Carbula putoni* (Jakovlev, 1876)
가시노린재
4. *Carpocoris purpureipennis* (De Geer, 1773)
홍보라노린재
5. *Dalpada cinctipes* Walker, 1867
다리무늬두흰점노린재
6. *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758)
알락수염노린재
7. *Eurydema rugosum* Motschulsky, 1861
비단노린재
8. *Graphosoma rubrolineatum* (Westwood, 1837)
홍줄노린재
9. *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)
썩덩나무노린재
10. *Lelia decempunctata* (Motschulsky, 1859)
열점박이노린재
11. *Nezara antennata* Scott, 1874
풀색노린재
12. *Pentatoma semiannulata* (Motschulsky, 1859)
장흙노린재
13. *Plautia stali* Scott, 1874
갈색날개노린재
14. *Rubiconia intermedia* (Wolff, 1811
애기노린재
15. *Scotinophara scotti* Horváth, 1879
꼬마먹노린재
16. *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758)
남색주둥이노린재

Order 9. Homoptera 매미目
Family 1. Cercopidae 쥐머리거품벌레科
1. *Eoscartopsis assimilis* (Uhler, 1896)
쥐머리거품벌레

Family 2. Aphrophoridae 거품벌레科
1. *Aphrophora intermedia* Uhler, 1896
흰띠거품벌레
2. *Aphrophora maritima* Matsumura, 1903
갈잎거품벌레
3. *Aphrophora pectoralis* Matsumura, 1903
거품벌레

Family 3. Cicadellidae 매미충科
1. *Alobaldia tobae* (Matsumura, 1902)
남방매미충
2. *Bothrogonia japonica* Ishihara, 1962
끝검은말매미충
3. *Ctenurella paludosa* Vibastem, 1968
어리섬매미충
4. *Drabescus fasciatus* (Kato, 1932)
왕버들각시매미충
5. *Exitianus fusconervosus* (Motschulsky, 1863)
머리띠매미충
6. *Hecalus prasinus* (Matsumura, 1905)
주걱매미충
7. *Koreanopsis koreana* Kwon et Lee, 1979
춘향버들매미충
8. *Ledra auditura* Walker, 1858
귀매미
9. *Paramesodes albinervosus* (Matsumura, 1902)
섬매미충
10. *Recilia coronifera* (Marshall, 1866)
잡초매미충
11. *Recilia latifrons* (Matsumura, 1902)
그물날개매미충
12. *Xestocephalus guttatus* Matsumura, 1902
별매미충
13. *Yanocephalus yanonis* (Matsumura, 1902)
야노뾰족매미충

Family 4. Ricanidae 큰날개매미충科
1. *Orosanga japonica* (Melichar, 1898)
일본날개매미충
2. *Pochazia albomaculata* (Uhler, 1896)
먹날개매미충
3. *Ricania taeniata* Stal, 1870
남쪽날개매미충

부록 1. 계속

Family 5. Issidae 알멸구科
1. *Gergithus variabilis* (Butler, 1875)
홍도알멸구
2. *Ishiharanus iguchii* (Matsumura, 1916)
알락알멸구
3. *Sarima amagisana* Melichar, 1906
길쭉알멸구

Family 6. Flatidae 선녀벌레科
1. *Geisha distinctissima* (Walker, 1858)
선녀벌레
2. *Mimophantia maritima* Matsumura, 1900
봉화선녀벌레

Family 7. Tropiduchidae 방패멸구(군배충멸구)科
1. *Ossoides lineatus* Bierman, 1910
운계방패멸구

Family 8. Dictyopharidae 상투벌레科
1. *Orthopagus lunulifer* Uhler, 1896
깃동상투벌레

Family 9. Delphacidae 멸구科
1. *Cenus nigropunctatus* (Motschulsky, 1863)
흑점멸구
2. *Tropidocephala nigra* (Matsumura, 1900)
먹멸구

Family 10. Cicadidae 매미科
1. *Cryptotympana dubia* (Fabricius, 1775)
말매미
2. *Graptopsaltria nigrofuscata* (Motschulsky, 1866)
유지매미
3. *Meimuna opalifera* (Walker, 1850)
애매미
4. *Oncotympana fuscata* Distant, 1905
참매미
5. *Platypleura kaempferi* (Fabricius, 1794)
털매미

Order 10. Neuroptera 풀잠자리目
Family 1. Chrysopidae 풀잠자리科
1. *Chrysopa pallens* (Rambur, 1838)
칠성풀잠자리

Family 2. Myrmeleontidae 명주잠자리科
1. *Distoleon contubernalis* (MacLachlan, 1875)
잔명주잠자리

Family 3. Ascalaphidae 뿔잠자리科
1. *Hybris subjacens* (Walker, 1853)
뿔잠자리

Order 11. Coleoptera 딱정벌레目
Family 1. Cicindelidae 길앞잡이科
1. *Cicindela gemmata* Faldermann, 1835
아이누길앞잡이
2. *Cicindela lewisii* Bates, 1873
큰무늬길앞잡이
3. *Cicindela specularis* Chaudoir, 1865
쇠길앞잡이

Family 2. Carabidae 딱정벌레科
1. *Calosoma chinense* (Kirby, 1818)
큰명주딱정벌레
2. *Calosoma cyanescens* Motschulsky, 1869
풀색명주딱정벌레
3. *Calosoma maximowiczi* (Morawitz, 1863)
검정명주딱정벌레
4. *Carabus fiduciarius* Thomson, 1865
왕딱정벌레
5. *Carabus sternbergi* Roeschke, 1898
우리딱정벌레
6. *Damaster jankowskii* Oberthur, 1885
멋쟁이딱정벌레
7. *Damaster smaragdinus* Von Waldheim Fischer, 1824
홍단딱정벌레
8. *Hemicarabus tuberculosus* Dejean et Boisduval, 1829
애딱정벌레
9. *Nebria chinensis* Bates, 1877
중국먼지벌레

Family 3. Scaritidae 조롱박먼지벌레科
1. *Scarites sulcatus* Olivier, 1795
큰조롱박먼지벌레

Family 4. Harpalidae 먼지벌레科
1. *Aephnidius adelioides* (MacLeay, 1825)
가시밑빠진먼지벌레
2. *Agonum leucopus* (Bates, 1873)
꼬마납작먼지벌레
3. *Amara chalcites* Dejean, 1828
둥글먼지벌레
4. *Amara congrua* Morawitz, 1862
어리둥글먼지벌레
5. *Amara nipponica* Habu, 1959
일본둥글먼지벌레
6. *Amara simplicidens* Morawitz, 1863
애기둥글먼지벌레
7. *Anisodactylus punctatipennis* Morawitz, 1862
점박이먼지벌레
8. *Anisodactylus signatus* (Panzer, 1797)
먼지벌레
9. *Archipatrobus flavipes* (Motschulsky, 1864)
습지먼지벌레
10. *Bembidion lissonotum* Bates, 1883
큰강변먼지벌레
11. *Chlaenius abstersus* Bates, 1873
청동무늬먼지벌레
12. *Chlaenius costiger* Chaudoir, 1856
줄먼지벌레
13. *Chlaenius micans* (Fabricius, 1792)

끝무늬녹색먼지벌레
14. *Chlaenius naeviger* Morawitz, 1862
쌍무늬먼지벌레
15. *Chlaenius posticalis* Motschulsky, 1853
노랑무늬먼지벌레
16. *Colpodes buchanani* Hope, 1831
날개끝가시먼지벌레
17. *Curtonotus macronota macronota* (Solsky, 1875)
야산먼지벌레
18. *Diplocheila zeelandica* (Redtenbacher, 1868)
모래사장먼지벌레
19. *Dolichus halensis* (Schaller, 1868)
등빨간먼지벌레
20. *Drypta japonica* Bates, 1873
청띠호리먼지벌레
21. *Galerita orientalis* Schmidt-Goebel, 1846
목가는먼지벌레
22. *Harpalus chalcentus* Bates, 1873
가는청동머리먼지벌레
23. *Harpalus crates* Bates, 1873
한국머리먼지벌레
24. *Harpalus jureceki* (Jedlicka, 1928)
수염머리먼지벌레
25. *Harpalus roninus* Bates, 1873
설악머리먼지벌레
26. *Harpalus sinicus* Hope, 1845
중국머리먼지벌레
27. *Harpalus tinctulus* Bates, 1873
붉은다리먼지벌레
28. *Lebia idae* Bates, 1873
하늘십자무늬먼지벌레
29. *Lebidia octoguttata* Morawitz, 1862
팔점박이먼지벌레
30. *Lesticus magnus* (Motschulsky, 1860)
큰먼지벌레
31. *Onycholabis uenoi* Paik et Lafer, 1995
물납작먼지벌레
32. *Planetes puncticeps* Andrewes, 1919
두점박이먼지벌레
33. *Pterostichus solskyi* Chaudoir, 1878
탐라길쭉먼지벌레
34. *Stenolophus castaneipennis* Bates, 1873
검정좁쌀먼지벌레
35. *Stenolophus difficilis* (Hope, 1845)
초록좁쌀먼지벌레
36. *Stenolophus quinquepustulatus* (Wiedemann, 1823)
점박이좁쌀먼지벌레
37. *Synuchus nitidus* (Motschulsky, 1861)
윤납작먼지벌레
38. *Synchuchus* sp.
먼지벌레 일종
39. *Trigonognatha coreana* (Tschischerine, 1895)
한국길쭉먼지벌레

Family 5. Brachinidae 폭탄먼지벌레科
1. *Brachinus scotomedes* Redtenbacher, 1868
꼬마목가는먼지벌레
2. *Pheropsophus jessoensis* Morawitz, 1862
폭탄먼지벌레

Family 6. Dytiscidae 물방개科
1. *Agabus japonicus* Sharp, 1884
땅콩물방개
2. *Cybister japonicus* Sharp, 1873
물방개
3. *Cybister tripunctatus orientalis* Gschwendtner, 1931
애물방개
4. *Hydaticus pacificus* Aubé, 1838
큰알락물방개
5. *Ilybius chishimanus* Kono, 1944
섬모래무지물방개
6. *Rhantus yessoensis* Sharp, 1891
제주애기물방개

Family 7. Hydrophilidae 물땡땡이科
1. *Enochrus esuriens* (Walker, 1858)
꼬마넓적물땡땡이

Family 8. Histeridae 풍뎅이붙이科
1. *Atholus depistor* (Marseul, 1873)
어깨줄풍뎅이붙이
2. *Saprinus planiusculus* Motschusky, 1860
제주풍뎅이붙이
3. *Saprinus splendens* (Paykull, 1811)
유리둥근풍뎅이붙이

Family 9. Silphidae 송장벌레科
1. *Eusipha brunneicollis* (Kraatz, 1877)
대모송장벌레
2. *Eusilpha jakowlewi* (Semenow, 1891)
큰넓적송장벌레
3. *Necrodes asiaticus* Portevin, 1922
큰수중다리송장벌레
4. *Necrodes nigricornis* Harold, 1875
수중다리송장벌레
5. *Nicrophorus concolor* Kraatz, 1877
검정송장벌레
6. *Nicrophorus quadripunctatus* Kraatz, 1877
넉점박이송장벌레
7. *Ptomascopus morio* Kraatz, 1877
꼬마검정송장벌레
8. *Silpha perforata* Gebler, 1832
넓적송장벌레
9. *Thanatophilus sinuatus* (Fabricius, 1775)
좀송장벌레

Family 10. Staphylinidae 반날개科
1. *Cafius algarum* (Sharp, 1874)
쇠바닷말반날개
2. *Cafius histrio* (Sharp, 1874)
바닷말반날개
3. *Creophilus maxillosus* Linnaeus, 1758

왕반날개
4. *Gabronthus sulcifrons* (Sharp, 1889)
홍딱지애눈반날개
5. *Philonthus havelkai* Dvorak, 1958
길쭉좀반날개
6. *Philonthus japonicus* Sharp, 1874
좀반날개
7. *Philonthus rectangulus* Sharp, 1874
모난좀반날개
8. *Staphylinus circumcinctus* Bernhauer, 1914
띠반날개
9. *Philonthus spinipes* Sharp, 1874
주홍좀반날개
10. *Philonthus sublucanus* Herman, 2001
비단좀반날개
11. *Philonthus tardus* Kraatz, 1859
붉은테좀반날개
12. *Philonthus wuesthoffi* Bernhauer, 1939
극동좀반날개
13. *Phucobius simulator* Sharp, 1874
해변반날개
14. *Pseudohesperus rutiliventris* Sharp, 1874
등줄좀반날개

Family 11. Lucanidae 사슴벌레科
1. *Macrodorcas rectus* (Motshulsky, 1861)
애사슴벌레
2. *Prismognathus dauricus* (Motschulsky, 1860)
다우리아사슴벌레
3. *Prosopocoilus astacoides blanchardi* (Parry, 1873)
두점박이사슴벌레
4. *Prosopocoilus inclinatus* (Motschulsky, 1858)
톱사슴벌레
5. *Serrognathus consentaneus* (Albers, 1886)
참넓적사슴벌레
6. *Serrognathus platymelus castanicolor* Motschulsky, 1861
넓적사슴벌레

Family 12. Trogidae 송장풍뎅이科
1. *Trogus setifer* Waterhouse, 1875
송장풍뎅이

Family 13. Geotupidae 금풍뎅이科
1. *Bolbelasmus coreanus* (Kolbe, 1886)
참금풍뎅이

Family 14. Scarabaeidae 소똥구리科
1. *Copris ochus* (Motschulsky, 1860)
뿔소똥구리
2. *Copris tripartitus* Waterhouse, 1875
애기뿔소똥구리
3. *Liatongus phanaeoides* (Westwood, 1840)
창뿔소똥구리
4. *Onthophagus atripennis* Waterhouse, 1875
흑가슴검정풍뎅이
5. *Onthophagus fodiens* Waterhouse, 1875
모가슴소똥풍뎅이
6. *Onthophagus japonicus* Harold, 1874
소요산소똥풍뎅이
7. *Onthophagus lenzii* Harold, 1874
렌즈소똥풍뎅이
8. *Sisyphus schaefferi* (Linnaeus, 1758)
긴다리소똥구리

Family 15. Aphodiidae 똥풍뎅이科
1. *Aphodius elegans* Allibert, 1847
큰점박이똥풍뎅이
2. *Aphodius koreanensis* Kim, 1986
고려똥풍뎅이
3. *Aphodius lewisii* Waterhouse, 1875
루이스똥풍뎅이
4. *Aphodius nigrotessellatus* Motschulsky, 1866
알락똥풍뎅이
5. *Aphodius propraetor* Balthasar, 1932
왕똥풍뎅이
6. *Aphodius rectus* (Motschulsky, 1866)
똥풍뎅이
7. *Aphodius sordidus* (Fabricius, 1789)
넉점박이똥풍뎅이
8. *Aphodius sturmi* Harold, 1870
애노랑똥풍뎅이
9. *Aphodius sublimbatus* (Motschulsky, 1890)
엷은똥풍뎅이
10. *Aphodius urostigma* Harold, 1862
갓털똥풍뎅이
11. *Saprosites formosensis* Nomura, 1939
대만통나무풍뎅이

Family 16. Melolonthidae 검정풍뎅이科
1. *Gastroserica herzi* (Heyden, 1887)
줄우단풍뎅이
2. *Heptophylla picea* Motschulsky, 1857
긴다색풍뎅이
3. *Holotrichia kiotoensis* Brenske, 1894
검정풍뎅이
4. *Holotrichia parallela* (Motschulsky, 1854)
큰검정풍뎅이
5. *Holotrichia picea* Waterhouse, 1875
꼬마검정풍뎅이
6. *Holotrichia reticulata* Murayama, 1941
제주그물눈검정풍뎅이
7. *Lasiopsis sahlbergi* (Mannerheim, 1849)
사흘베르그털보갈색풍뎅이
8. *Maladera castanea* koreana Kim and Kim, 2003
우리밤색우단풍뎅이
9. *Maladera fusania* (Murayama, 1934)
부산우단풍뎅이
10. *Maladera japonica* (Motschulsky, 1860)
우단풍뎅이
11. *Maladera orientalis* (Motschulsky, 1857)
애우단풍뎅이
12. *Maladera secreta* (Brenske, 1897)

제주우단풍뎅이
13. *Maladera verticalis* (Fairmaire, 1888)
빨간색우단풍뎅이
14. *Sericania yamauchii* Sawada, 1938
하세가와다색우단풍뎅이

Family 17. Dynastidae 장수풍뎅이과
1. *Allomyrina dichotoma* (Linnaeus, 1771)
장수풍뎅이

Family 18. Scarabaeidae 풍뎅이과
1. *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse, 1875
주둥무늬차색풍뎅이
2. *Anomala albopilosa* Hope, 1839
청동풍뎅이
3. *Anomala corpulenta* Motschulsky, 1853
다색줄풍뎅이
4. *Anomala sieversi* Heyden, 1887
대마도청동풍뎅이
5. *Bifurcanomala aulax* (Wiedemann, 1823)
홈줄풍뎅이
6. *Chejuanomala quelparta* (Okamoto, 1924)
제주풍뎅이
7. *Mimela splendens* (Gyllenhall, 1817)
풍뎅이
8. *Miridiva castanea* (Waterhouse, 1875)
밤색풍뎅이
9. *Poecilophilides rusticola* (Burmeister, 1842)
알락풍뎅이
10. *Popillia formosana* Arrow, 1913
남방콩풍뎅이
11. *Popillia mutans* Newmann, 1838
콩풍뎅이
12. *Popillia quadriguttata* (Fabricius, 1787)
녹색콩풍뎅이
13. *Pseudosymmchia impressifrons* (Fairmaire, 1887)
고려노랑풍뎅이
14. *Pseudotorynorrhina japonica* (Hope, 1841)
풍이
15. *Rhomborrhina polita* Waterhouse, 1875
검정풍이
16. *Sophrops heydeni* (Brenske, 1892)
하이덴갈색줄풍뎅이
17. *Spilota plagicollis* (Fairmaire, 1866)
등노랑풍뎅이

Family 19. Cetoniidae 꽃무지과
1. *Gametis jucunda* (Faldermann, 1835)
풀색꽃무지
2. *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe, 1886)
흰점박이꽃무지

Family 20. Psephenidae 물삿갓벌레과
1. *Eubrianax granicollis* Lewis, 1895
물가둥근물삿갓벌레

Family 21. Buprestidae 비단벌레과
1. *Chalcophora japonica* (Gory, 1840)
소나무비단벌레

Family 22. Elateridae 방아벌레과
1. *Agrypnus binodulus coreanus* Kishii, 1961
녹슬은방아벌레
2. *Agrypnus fuliginosus* (Candèze, 1866)
가는꽃녹슬은방아벌레
3. *Agrypnus miyamotoi* (Nakane et Kishii, 1955)
해변애녹슬은방아벌레
4. *Aphotistus notabilis* (Candèze, 1873)
넓적방아벌레
5. *Ectinus sericeus* (Candeze, 1878)
누런방아벌레
6. *Paracalais berus* (Candèze, 1865)
맵시방아벌레
7. *Pectocera forunei* Candeze, 1873
왕빗살방아벌레
8. *Tetrigus lewisi* Candèze, 1873
루이스방아벌레

Family 23. Lampyridae 반딧불(반딧불이)과
1. *Lachnurus rufa* (Olivier, 1886)
늦반디불이

Family 24. Cantharidae 병대벌레과
1. *Athemus vittelinus* (Kiesenwetter, 1874)
회황색병대벌레

Family 25. Melandryidae 긴썩덩벌레과
1. *Holostrophus orientalis* Lewis, 1895
---긴썩덩벌레

Family 26. Nitidulidae 밀빠진벌레(나무밑쑤시기)과
1. *Amphicrossus japonicus* Reitter, 1873
희시무루밑빠진벌레
2. *Glishrochilus japonicus* (Motschulsky, 1857)
네눈박이밑빠진벌레
3. *Lasiodactylus pictus* (MacLeay, 1758)
갈색무늬밑빠진벌레

Family 27. Erotylidae 버섯벌레과
1. *Dacbe osawai* Ashida et Kim, 1999
돈내코버섯벌레

Family 28. Coccinellidae 무당벌레과
1. *Clavia decemguttata* (Linnaeus, 1767)
열흰점박이무당벌레
2. *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758
칠성무당벌레
3. *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773)
무당벌레
4. *Propylea japonica* (Thunberg, 1781)
꼬마남생이무당벌레
5. *Propylea quaduordecimpunctata* (Linnaeus, 1758)

큰꼬마남생이무당벌레
6. *Scymnus dorotae* Bielawiski, 1980
북방애기무당벌레

Family 29. Meloidae 가뢰科(가래科)
1. *Meloe corvinus* Marseul, 1876
등글목남가뢰

Family 30. Lagriidae 잎벌레붙이(어리잎벌레)科
1. *Luprops orientalis* (Motschulsky, 1868)
털보잎벌레붙이

Family 31. Tenebrionidae 거저리科
1. *Gonocephalum pubens* (Marseul, 1876)
모래거저리
2. *Heterotarsus carinula* Marseul, 1876
강변거저리
3. *Misolampidius chejudoensis* Chûjô and Imasaka, 1982
제주호리병거저리
4. *Pedinus strigosus* Faldermann, 1835
제주거저리.
5. *Platydema nigroaeneum* Motschulsky, 1861
흑진주거저리
6. *Platydema subfascia subfascia* (walker, 1858)
진주거저리
7. *Promethis valgipes valgipes* (Marseul, 1876)
대왕거저리
8. *Strongylium cultellatum cultellatum* Maklin, 1866
별거저리

Family 32. Cerambycidae 하늘소科
1. *Acalolepta fraudatrix* (Bates, 1873)
우단하늘소
2. *Acalolepta sejunctus* (Bates, 1873)
작은우단하늘소
3. *Agapanthia pilicornis* (Fabricius, 1787)
남색초원하늘소
4. *Anoplophora malasiaca* (Thomson, 1865)
알락하늘소
5. *Apriona germari* (Hope, 1831)
뽕나무하늘소
6. *Batocera lineolata* Chevrolat, 1852
참나무하늘소
7. *Clytus melaenus* Bates, 1884
흰줄범하늘소
8. *Corymbia rubra* (Linnaeus, 1758)
붉은산꽃하늘소
9. *Exocentrus lineatus* Bates, 1873
줄콩알하늘소
10. *Massicus raddei* (Blessig, 1872)
하늘소
11. *Mesosa hirsuta* Bates, 1884
흰깨다쉬하늘소
12. *Mesosa myopes* (Dalman, 1817)
깨다시하늘소
13. *Moechotypa diphysis* (Pascoe, 1871)
털두꺼비하늘소
14. *Prionus insularis* Motschulsky, 1857
톱하늘소
15. *Spondylis buprestoides* (Linnaeus, 1758)
검정하늘소

Family 33. Chrysomelidae 잎벌레科
1. *Alltica olderacea* (Linnaeus, 1758)
바늘꽃벼룩잎벌레
2. *Alltica viridicyanea* (Baly, 1874)
광녹색잎벌레
3. *Atrachya menetriesi* (Faldermann, 1835)
외잎벌레붙이
4. *Aulacophora indica* (Gmelin, 1790)
오이잎벌레
5. *Aulacophora nigripennis* Motschulsky, 1857
검정오이잎벌레
6. *Cassida nebulosa* Linnaeus, 1758
남생이잎벌레
7. *Chaetocnema concinnicollis* (Baly, 1874)
세줄털다리벼룩잎벌레
8. *Chrysolina aurichalcea* (Mannerhein, 1825)
쑥잎벌레
9. *Chrysolina exanthematica* (Wiedemann, 1821)
안개잎벌레
10. *Colasposoma dauricum* Mannerheim, 1849
고구마잎벌레
11. *Galerucella grisescens* (Joannis, 1866)
딸기잎벌레
12. *Gallerucida bifasciata* Motschulsky, 1860
상아잎벌레
13. *Hemipyxis plagioderoides* (Motschuldky, 1860)
보라색잎벌레
14. *Scelodonta lewisii* Baly, 1874
이마줄꼽추잎벌레
15. *Lema diversa* Baly, 1865
적갈색긴가슴잎벌레
16. *Physosmaragdina nigrifrons* (Hope, 1842)
밤나무잎벌레

Family 34. Bruchidae 콩바구미科
1. *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus, 1758)
팥바구미

Family 35. Anthribidae 소바구미科
1. *Araecerus fasciculatus* (De Geer, 1775)
술소바구미
2. *Eucorynus crassicornis* (Fabricius, 1801)
털보소바구미
3. *Exechesops leucopis* (Jordan, 1928)
소바구미

Family 36. Curculionidae 바구미科
1. *Calomycterus setarius* Roelofs, 1873
털줄바구미
2. *Cardipennis shawouensis* (Voss, 1958)

환삼덩굴좁쌀바구미
3. *Centrinopsis nitens* Roelofs, 1875
마름모애바구미
4. *Ceutorhynchus albosuturalis* (Roelofs, 1875)
유채좁쌀바구미
5. *Ceutorhynchus filiae* Dalla Torre, 1922
초록좁쌀바구미
6. *Cotasteromimus squanmiger* Morimoto and Miyakawa, 1985
흙빛바구미
7. *Curculio funebris* (Roelofs, 1874)
천선과밤바구미
8. *Eugnathus distinctus* Roelofs, 1873
쌍무늬바구미
9. *Hylobitelus haroldi* Faust, 1873
솔곰보바구미
10. *Larinus griseopilosus* Roelofs, 1873
장수바구미
11. *Larinus latissimus* Roelofs, 1873
우엉바구미
12. *Macrotelephae ichihashii* Morimoto, 1960
왕거미바구미
13. *Monaulax rugicollis* Roelofs, 1875
주름바구미
14. *Lepidepistomodes fumosus* (Faust, 1882)
주둥이바구미
15. *Orchestes japonicus* Hustache, 1920
떡갈나무벼룩바구미
16. *Orochlesis takaosanus* Kono, 1932
둥근가슴바구미
17. *Phylaitis maculiventris* Voss, 1958
뿔거미바구미
18. *Pimelocerus elongatus* (Roelofs, 1873)
흰모무늬곰보바구미
19. *Pimelocerus hylobioides* (Desbrochers, 1891)
녹나무곰보바구미
20. *Psilarthroides czerskyi* (Zaslavskij, 1956)
한삼덩굴애바구미
21. *Rhadinomerus annulipes* (Roelofs, 1875)
주름목도리바구미
22. *Rhadinopus confinis* Voss, 1958
제주거칠버들바구미
23. *Rhinoncus jakovlevi* Faust, 1893
참소리쟁이애좁쌀바구미
24. *Seleuca chujoi* Voss, 1957
돈내코참바구미
25. *Shirahoshizo rufescens* (Roelofs, 1875)
솔흰점박이바구미
26. *Simulatacalles simulator* (Roelofs, 1875)
썩이바구미
27. *Sympiezomias cribricollis* Kono, 1930
가는밀감바구미
28. *Sympiezomias lewisi* (Roelofs, 1876)
밀감바구미
29. *Tychius ovalis* Roelofs, 1874
알바구미

Family 37. Rhynchophoridae 왕바구미科
1. *Cryptoderma fortunei* (Waterhouse, 1853)
흰줄왕바구미
2. *Sipalinus gigas* (Fabricius, 1775)
왕바구미
3. *Synommatoides shirozui* Morimoto, 1978
곰보왕바구미

Order 12. Hymenoptera 벌目
Family 1. Tenthredinidae 잎벌科
1. *Beleses satonis* (Takeuchi, 1929)
광대발톱잎벌

Family 2. Ichneumonidae 맵시벌科
1. *Anisobas prominens* Jeong and Lee, 2006
이마주름목돌기맵시벌
2. *Enicospilus shinkanus* (Uchida, 1928)
대만별자루맵시벌

Family 3. Scoliidae 배벌科
1. *Campsomeriella annulata* (Fabricius, 1793)
애배벌
2. *Carinoscolia melanosoma fasciata* (Smith, 1873)
홍조배벌
3. *Megacampsomeris prismatica* (Smith, 1855)
금테줄배벌
4. *Megacampsomeris schulthessi* Bandrem, 1928
긴배벌

Family 4. Formicidae 개미科
1. *Camponotus japonicus* Mayr, 1866
일본왕개미
2. *Monomorium pharaonis* (Linnaeus, 1758)
애집꼬마개미

Family 5. Eumenidae 호리병벌科
1. *Orumenes decorata* (Smith, 1852)
큰호리병벌

Family 6. Vespidae 말벌科
1 *Polistes chinensis antennalis* Pérez, 1905
두눈박이쌍살벌
2. *Polistes japonicus* Saussure, 1858
꼬마쌍살벌
3. *Vespa crabro flavofasciata* Cameron, 1903
말벌
4. *Vespa simillima xanthoptera* Cameron, 1903
황말벌

Family 7. Sphecidae 구멍벌科
1. *Ammophila infesta* Smith, 1873
나나니

Family 8. Anthophoridae 청줄벌科
1. *Tandralonia nipponensis* Pérez, 1911
일본애수염줄벌

부록 1. 계속

Family 9. Apidae 꿀벌科
1. *Apis mellifera* Linnaeus, 1758
양봉꿀벌
2. *Bombus ignitus* Smith, 1869
호박벌
3. *Xylocopa appendiculata circumvolans* Smith, 1873
어리호박벌

Order 13. Mecoptera 밑드리目
Family 1. Panorpidae 밑드리科
1. *Panorpa approximata* Esben-Petersen, 1915
제주밑드리

Order 24. Diptera 파리目
Family 1. Tipulidae 각다귀科
1. *Tipula coquilletti* Enderlein, 1912
잠자리각다귀

Family 2. Simulidae 먹파리科
1. *Simulium (Nevermannia) chejuense* Takaoka, 1974
제주뿔먹파리

Family 3. Tabanidae 등에科
1. *Tabanus chrysurus* Loew, 1858
왕소등에

Family 4. Asilidae 파리매科
1. *Eutolmus brevistylus* (Coquillett, 1898)
분파리매
2. *Neoitamus angusticornis* (Loew, 1858)
광대파리매
3. *Promachus yesonicus* Bigot, 1887
파리매

Family 5. Syrphidae 꽃등에科
1. *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776)
호리꽃등에
2. *Eristalis cerealis* Fabricius, 1805
배짧은꽃등에
3. *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758)
꽃등에

Family 6. Dryomyzidae 대모파리科
1. *Stenodryomyza formosa* (Wiedemann, 1830)
대모파리

Family 7. Drosophilidae 초파리科
1. *Amiota okadai* Maca, 1977
얼룩무늬눈초파리
2. *Amiota stylopyga* Wakahama et Okada, 1985
꼬리검눈초파리
3. *Drosophila angularis* Okada, 1956
각시별초파리
4. *Drosophila bifasciata* Pomini, 1940
두줄검정초파리
5. *Drosophila bizonata* Kikkawa et Peng, 1938
두띠노랑초파리
6. *Drosophila busckii* Coquillett, 1901
줄무늬초파리
7. *Drosophila curviceps* Okada et Kurokawa, 1957
굽은꼬리초파리
8. *Drosophila* sp. of *curviceps* species-subgrop.
9. *Drosophila histrio* Meigen, 1830
두줄옆무늬초파리
10. *Drosophila immigrans* Sturtevant, 1921
왕노랑초파리
11. *Drosophila lacertosa* Okada, 1956
노랑점먹초파리
12. *Drosophila lutescens* Okada, 1975
겉노랑초파리
13. *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830
노랑초파리
14. *Drosophila pengi* Okada & Kurokawa, 1957
펭초파리
15. *Drosophila sternopleuralis* Okada et Kurokawa, 1957
세줄옆무늬초파리
16. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)
벗초파리
17. *Drosophila transversa* Fallén, 1823
---초파리
18. *Drosophila triauraria* Bock et Wheeler, 1972
들흰점박이초파리
19. *Drosophila unipectinata* Duda, 1938
홑빗살초파리
20. *Drosophila unispina* Okada, 1956
가시별초파리
21. *Hirtodrosophila confusa* (Staeger, 1844)
꼬리검정등초파리
22. *Hirtodrosophila pseudonokogiri* (Kang, Lee et Bahng, 1965)
헛톱니등초파리
23. *Hirtodrosophila quadrivittata* (Okada, 1956)
네줄등초파리
24. *Hirtodrosophila sexvittata* (Okada, 1956)
여섯등줄초파리
25. *Hirtodrosophila trivittata* (Strobl, 1898)
꼬마세줄등초파리
26. *Leucophenga concilia* Okada, 1956
산골황금초파리
27. *Leucophenga orientalis* Lin et Wheeler, 1972
뿔황금초파리
28. *Leucophenga ornata* Wheeler, 1959
옆줄무늬황금초파리
29. *Liodrosophila aerea* Okada, 1956
검정꼽추초파리
30. *Lordiphosa collinella* (Okada, 1968)
끝검정띠초파리
31. *Lordiphosa magnipectinata* (Okada, 1956)
큰빗살띠초파리
32. *Mycodrosophila gratiosa* (De Meijère, 1911)
검정버섯초파리

33. *Mycodrosophila nigropteropleura* Kang, Lee et Bahng, 1965
옆줄무늬버섯초파리
34. *Nesiodrosophila radidentata* (Okada et Chung, 1960)
노랑큰니초파리
35. *Scaptodrosophila coracina* (Kikkawa et Peng, 1938)
검정콩초파리
36. *Scaptodrosophila puncticeps* (Okada, 1956)
깃갈색콩초파리
37. *Scaptodrosophila subtilis* (Kikkawa et Peng, 1938)
주석날개콩초파리

Family 8. Scatophagidae 똥파리科
1. *Scatophaga stercoraria* (Linnaeus, 1758)
똥파리

Family 9. Calliphoridae 검정파리科
1. *Stomorhina obsoleta* (Wiedemann, 1830)
점박이꽃검정파리

Order 25. Lepidoptera 나비目
Family 1. Tortricidae 잎말이나방科
1. *Acleris enitescens* (Meyrick, 1912)
멍석딸기잎말이나방
2. *Acleris obligatoria* Park et Razowski, 1991
꼬마노랑잎말이나방
3. *Acleris takeuchii* Razowski et Yasuda, 1964
세모무늬잎말이나방
4. *Adoxophyes orana* (Fischer von Röslerstamm, 1834)
애모무늬잎말이나방
5. *Ancylis sativa* Liu, 1979
대추애기잎말이나방
6. *Antichlidas holocnista* Meyrick, 1931
홀로애기잎말이나방
7. *Apotomis basipunctana* (Walsingham, 1900)
괴불큰애기잎말이나방
8. *Archips ingentanus* (Christoph, 1881)
왕사과잎말이나방
9. *Archips semistructus* (Meyrick, 1937)
딸기잎말이나방
10. *Celypha cespitana* (Hubner, 1817)
들장미애기잎말이나방
11. *Diplocalyptis congruentana* (Kennel, 1901)
반달무늬잎말이나방
12. *Epiblema foenella* (Linnaeus, 1758)
흰갈퀴애기잎말이나방
13. *Epinotia bicolor* (Walsingham, 1900)
노랑줄애기잎말이나방
14. *Epinotia rubiginosa koraiensis* Falkovitsh, 1968
잣애기잎말이나방
15. *Eubrodoneura altissima* Kawabe, 1978
흑색꼬마애기잎말이나방
16. *Eucosma metzneriana* (Treitschke, 1830)
쑥애기잎말이나방
17. *Eupoecilia ambiguella* (Hübner, 1876)
버찌가는잎말이나방
18. *Gnorismoneura hoshinoi* (Kawabe, 1964)
꼬마무늬잎말이나방
19. *Gnorismoneura mesotoma* (Yasuda, 1975)
낙엽꼬마잎말이나방
20. *Gravitarmata margarotana* (Heinemann, 1863)
백송애기잎말이나방
21. *Gypsonoma bifasciata* Kuznetsov, 1966
황철애기잎말이나방
22. *Homona issikii* Yasuda, 1962
삼나무잎말이나방
23. *Lobesia aeolopa* Meyrick, 1907
어리무늬애기잎말이나방
24. *Neoanathamna nipponica* (Kawabe, 1971)
잔주름애기잎말이나방
25. *Olethreutes nigricrista* Kuznetsov, 1976
우수리애기잎말이나방
26. *Pandemis corylana* (Fabricius, 1794)
치악잎말이나방
27. *Statherotomantis pictana* (Kuznetsov, 1969)
노랑눈애기잎말이나방
28. *Zeiraphera fulvomixtana* Kawabe, 1974
좁은날개애기잎말이나방

Family 2. Yponomeutidae 집나방科
1. *Ocnerostoma friesei* Svensson, 1966
꼬마집나방

Family 3. Plutellidae 좀나방科
1. *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758)
배추좀나방

Family 4. Choreutidae 뭉뚝날개나방科
1. *Tebenna issiki* (Matsumura, 1931)
우엉뭉뚝날개나방

Family 5. Oecophoridae 원뿔나방科
1. *Cryptolechia malacobyrsa* Meyrick, 1921
갈색띠원뿔나방
2. *Deuterogonia pudorina* (Wocke, 1857)
북방원뿔나방

Family 6. Cosmopterigidae 창날개뿔나방科
1. *Cosmopterix gracilis* Sinev, 1985
섬대창날개뿔나방

Family 7. Gelechiidae 뿔나방科
1. *Dichomeris praevacua* Meyrick, 1992.
2. *Dichomeris rasilella* (Herrich-Schaffer, 1854)
쑥잎말이뿔나방
3. *Dichomeris ustalella* (Fabricius, 1794)
큰털보뿔나방
4. *Stegasta jejuensis* Park et Omelko, 1994

Family 8. Blastobasidae 밑두리뿔나방科
1. *Neoblastobasis songi* Park, 2014
제주밑두리뿔나방

Family 9. Pyralididae 명나방科

1. *Ancylolomia japonica* Zeller, 1877
벼포충나방
2. *Bocchoris inspersalis* (Zeller, 1852)
팔점박이들명나방(신칭)
3. *Botyodes principalis* Leech, 1889
큰점노랑들명나방
4. *Circobotys nycterina* Butler, 1879
뾰족노랑들명나방
5. *Cirrhochrista brizoalis* (Walker, 1859)
은빛들명나방
6. *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée, 1854)
흑명나방
7. *Cotachena alysoni* Whalley, 1961
울릉노랑들명나방
8. *Diasemia accalis* (Walker, 1859)
점애기들명나방
9. *Dichocrocis punctiferalis* (Guenée, 1854)
복숭아명나방
10. *Dioryctria albietella* (Denis et Schiffermüller, 1775)
솔알락명나방
11. *Endotricha consocia* (Butler, 1879)
큰홍색뾰족명나방
12. *Endotricha olivacealis* (Bremer, 1864)
검은점뾰족명나방
13. *Eurrhyparodes accessalis* (Walker, 1859)
애기무늬들명나방
14. *Flavocrambus striatellus* (Leech, 1889)
검은줄포충나방
15. *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859)
회양목명나방
16. *Goniorhynchus exemplaris* Hampson, 1898
노랑무늬들명나방
17. *Herculia pelasgalis* (Walker, 1859)
쥐빛비단명나방
18. *Herpetogramma luctuosalis* (Guenée, 1854)
포도들명나방
19. *Hypsotropha solipunctella* Ragonot, 1901
애알락명나방
20. *Locastra muscosalis* (Walker, 1866)
벼슬집명나방
21. *Maruca tvitrata* (Fabricius, 1787)
콩명나방
22. *Nacoleia commixta* (Butler, 1870)
얼룩애기들명나방
23. *Nephopterix bicolorella* Leech, 1889
줄노랑알락명나방
24. *Ostrinia orientalis* Mutuura et Munroe, 1970
오리엔트조명나방
25. *Ostrinia zaguliaevi* Mutuura et Munroe, 1970
큰섬들명나방
26. *Ostrinia zealis* (Guenee, 1854)
큰조명나방
27. *Pagyda quadrilineata* Butler, 1881
몸긴네줄들명나방
28. *Paliga minnehaha* (Preyer, 1877)
앞붉은들명나방
29. *Palpita indica* (Saunder, 1851)
목화바둑명나방
30. *Palpita nigropunctalis* (Bremer, 1864)
수수꽃다리명나방
31. *Piletocera aegimiusalis* (Walker)
32. *Piletocera sodalis* (Leech, 1889)
콩팥무늬들명나방
33. *Pleuroptya quadrimaculalis* (Kollar, 1848)
네눈들명나방
34. *Pyralis regalis* Denis et Schiffermüller, 1775
은무늬줄명나방
35. *Pyrausta unipunctata* Butler, 1881
앞무늬들명나방
36. *Tyspanodes hypsalis* Warren, 1891
줄검은들명나방
37. *Udea ferrugalis* Hubner, 1796
주홍날개들명나방

Family 10. Zygaenidae 알락나방科

1. *Chalcosia remota* (Walker, 1854)
뒤흰띠알락나방
2. *Pidorus glaucopis* (Drury, 1773)
흰띠알락나방

Family 11. Limacodidae 쐐기나방科

1. *Austrapoda nitobeana* (Matsumura, 1931)
쐐기나방 일종
2. *Monema flavescens* Walker, 1855
노랑쐐기나방

Family 12. Drepanidae 갈고리나방科

1. *Agnidra scabiosa fixseni* (Bryk, 1949)
참나무갈고리나방
2. *Auzata minuta nigrata* Park and Shin, 1981
얼룩갈고리나방
3. *Macrauzata maxima* Inoue, 1960
유리창갈고리나방
4. *Oreta insignis* Butler, 1877
큰갈고리나방
5. *Oreta loochooana timutia* Watson, 1967
멋쟁이갈고리나방
6. *Oreta pulchripes* Butler, 1877
노랑갈고리나방

Family 13. Thyatiridae (Cymatophoridae) 뾰족날개나방科

1. *Habrosyne aurorina* (Butler, 1881)
애기담홍뾰족날개나방
2. *Parapsestis argenteopicta argenteopicta* (Oberthur, 1879)
점박이뾰족날개나방
3. *Tethea consimilis consimilis* (Warren, 1912)
홍백띠뾰족날개나방
4. *Ththea ampliata* (Butler, 1878)
넓은뾰족날개나방

Family 14. Geometridae 자나방科

1. *Abraxas latifasciata* Warren, 1894
참빗살얼룩가지나방
2. *Alcis angulifera* (Butler, 1878)
털뿔가지나방
3. *Amraica superans* (Butler, 1878)
노박덩굴가지나방
4. *Arichanna melanaria* (Linnaeus, 1758)
뒷노랑점가지나방
5. *Ascotis imparata* (Walker, 1860)
남방네눈쑥가지나방
6. *Ascostis selenaria* (Denis et Schiffermüller, 1775)
네눈쑥가지나방
7. *Auaxa sulphurea* (Butler, 1878)
외줄노랑가지나방
8. *Biston recursaria* Moore, 1888
불회색가지나방
9. *Biston thoracicaria* (Oberthür, 1884)
쌍봉담흑가지나방
10. *Callygris compositata* (Guenēe, 1857)
배노랑물결자나방
11. *Carige curuciplaga* (Walker, 1861)
점줄뾰족물결자나방
12. *Chiasmia defixaria* (Walker, 1861)
두줄점가지나방
13. *Chiasmia hebesata* (Walker, 1861)
세줄점가지나방
14. *Chlorissa obliterata* (Walker, 1863)
애기푸른자나방
15. *Cleora leucophaea* (Butler, 1878)
흰점세줄가지나방
16. *Colotois pennaria* (Linnaeus, 1761)
흰점갈색가지나방
17. *Comostola subtiliaria* (Bremer, 1864)
애기네눈박이푸른자나방
18. *Culcula panterinaria* (Bremer et Grey, 1853)
노랑띠알락가지나방
19. *Deileptenia ribeata* (Clerck, 1759)
솔검은가지나방
20. *Descoreba simplex* Butler, 1878
큰빗줄가지나방
21. *Duliophyle agitata* (Butler, 1878)
넓은띠큰가지나방
22. *Duliophyle majuscularia* (Leech, 1899)
누런큰가지나방
23. *Ecliptopera umbrosaria* (Motschulsky, 1861)
큰톱날물결자나방
24. *Endropiodes indictinaria* (Bremer, 1864)
두줄짤룩가지나방
25. *Episteira nigrilinearia* (Leech, 1897)
초록고운물결자나방
26. *Eulithis convergenata* (Bremer, 1864)
멋진노랑물결자나방
27. *Eulithis fabiolaria* Oberthür, 1884
무늬박이흰물결가지나방
28. *Euryobeidia languidata* (Walker, 1862)
깃노랑가지나방
29. *Fascellina chromataria* Walker, 1860
갈고리가지나방
30. *Gandaritis fixeni* (Bremer, 1864)
큰노랑물결자나방
31. *Gelasma ambigua* (Butler, 1878)
외줄푸른자나방
32. *Geometra valida* Felder et Rogenhofer, 1875
흰줄큰푸른자나방
33. *Hemithea aestivaria* (Hübner, 1799)
붉은선두리푸른자나방
34. *Heterarmia charon* (Butler, 1878)
물결가지나방
35. *Heterolocha aristonaria* (Walker, 1860)
뒷분홍가지나방
36. *Hirasa paupera* (Butler, 1881)
검은줄재빛가지나방
37. *Hydrelia nisaria* (Christoph, 1881)
고운물결자나방
38. *Hypomecis punctinalis* (Scopoli, 1763)
네눈가지나방
39. *Hypomecis roboraria* (Denis et Schiffermüller, 1775)
세줄날개가지나방
40. *Isturgia vapulata* (Butler, 1879)
쥐빛가지나방
41. *Jankowskia pseudathleta* Sato, 1980
북방구름무늬가지나방
42. *Krananda semithyalina* Moore, 1868
줄점겨울가지나방
43. *Lomographa simplicior* (Butler, 1881)
연노랑가지나방
44. *Lomographa temerata* (Denis et Shiffermüller, 1775)
흑점박이흰가지나방
45. *Menophra harutai* (Inoue, 1954)
연노랑먹그림가지나방
46. *Menophra atrilineata* (Butler, 1881)
뽕나무가지나방
47. *Menophra senilis* (Butler, 1878)
먹그림가지나방
48. *Myrteta angelica* Butler, 1881
먹세줄흰가지나방
49. *Myrteta tigagmaria* (Guenee, 1857)
50. *Northomiza aureolaria* Inoue, 1982
앞노랑가지나방
51. *Obeidia tigrata* (Guenée, 1857)
노랑날개무늬가지나방
52. *Odontopera arida* (Butler, 1878)
남방갈고리가지나방
53. *Orthocabera tinagmaria* (Guenée, 1858)
가는줄흰가지나방
54. *Ourapteryx koreana* Inoue, 1993
굵은줄제비가지나방
55. *Ourapteryx maculicaudaria* (Motschulsky, 1866)
흰제비가지나방

56. *Oyrapteryx nivea* Butler, 1883
연노랑제비가지나방
57. *Oxymacaria normata* (Alpheraky, 1892)
고운날개가지나방
58. *Oxymacaria temeraria* (Swinhoe, 1891)
회색무늬가지나방
59. *Pachyligia dolosa* Butler, 1878
뒷흰가지나방
60. *Parabapta aetheriata* (Graeser, 1889)
두줄연노랑가지나방
61. *Parabapta clarissa* (Butler, 1878)
연푸른가지나방
62. *Paradarisa consonaria* (Hübner, 1799)
영실회색가지나방
63. *Pareclipsis gracilis* (Butler, 1879)
끝짤룩노랑가지나방
64. *Pelurga comitata* (Linnaeus, 1758)
갈색물결자나방
65. *Photoscotosia atrostrigata* (Bremer, 1864)
먹줄물결자나방
66. *Phthonosema tendinosaria* (Bremer, 1864)
뿔무늬큰가지나방
67. *Polymixinia appositaria* (Leech, 1891)
담흑가지나방
68. *Protoboarmia simpliciaria* (Leech, 1897)
팽나무가지나방
69. *Scopula apicipunctata* (Ch ristoph, 1881)
점무늬흰애기자나방
70. *Somatina indicataria* (Walker, 1861)
구름무늬흰애기자나방
71. *Synegia esther* Butler, 1881
검은톱니가지나방
72. *Synegia hadassa* (Butler, 1878)
톱니무늬가지나방
73. *Tanaorhinus reciprocata* (Walker, 1861)
갈고리왕푸른자나방
74. *Trigonoptila latimarginaria* (Leech, 1891)
끝흰외줄가지나방
75. *Xandrames dholaria* Moor, 1868
흰띠왕가지나방
76. *Xanthorhoe saturata* (Guenée, 1857)
물결자나방

Family 15. Lasiocampidae 솔나방科
1. *Dendrolimus spectabilis* (Butler, 1877)
솔나방
2. *Malacosoma neustria testacea* (Motschulsky, 1861)
텐트나방
3. *Odonestis pruni rufescens* Kardakoff, 1928
사과나무나방
4. *Paralebeda femorata* (Ménétriès, 1859)
대만나방

Family 16. Bombycidae 누에나방科
1. *Bombyx mandarina* (Moore, 1872)
멧누에나방

Family 17. Saturniidae 산누에나방科
1. *Antheraea yamamai ussuriensis* Schachbazov, 1953
참나무산누에나방
2. *Caligula japonica* (Moore, 1862)
어스렝이나방
3. *Samia cynthia* (Drury, 1773)
가중나무고치나방

Family 18. Sphingidae 박각시科
1. *Acosmeryx castanea* Rothschild et Jordan, 1903
물결포도박각시
2. *Acosmeryx naga* (Moore, 1857)
포도박각시
3. *Agrius convolvuli* (Linnaeus, 1758)
박각시
4. *Ampelophaga rubiginosa* Bremer et Grey, 1852
머루박각시
5. *Cephodes hylas* (Linnaeus, 1771)
줄녹색박각시
6. *Clanis bilineata* (Walker, 1866)
콩박각시
7. *Dolbina exacta* Staudinger, 1892
애물결박각시
8. *Dolbina tancrei* Staudinger, 1887
물결박각시
9. *Hemaris affinis* (Bremer, 1861)
검정황나꼬리박각시
10. *Kentrochrysalis consimilis* Rothschild et Jordan, 1903
검정무늬박각시
11. *Macroglossum bombylans* (Boisduval, 1875)
작은검은꼬리박각시
12. *Macroglossum pyrrhostictum* (Butler, 1875)
벌꼬리박각시
13. *Macroglossum saga* (Butler, 1878)
검정꼬리박각시
14. *Marumba gaschkewitschii* (Bremer et Grey, 1852)
분홍등줄박각시
15. *Marumba jankowskii* (Oberthür, 1881)
작은등줄박각시
16. *Marumba maackii* (Bremer, 1861)
산등줄박각시
17. *Marumba saishiuana* Okamoto, 1924
제주등줄박각시
18. *Marumba sperchius* (Mènètriès, 1857)
등줄박각시
19. *Neogurelca himachala sangaica* (Butler, 1875)
애벌꼬리박각시
20. *Oxyambulyx japonica* (Rothschild, 1894)
갈고리박각시
21. *Oxyambulyx ochracea* (Butler, 1885)
점갈고리박각시
22. *Parum colligata* (Walker, 1856)
닥나무박각시
23. *Phyllosphingia dissimilis* Bremer, 1861
벚나무박각시

24. *Psilogramma increta* (Walker, 1864)
큰쥐박각시
25. *Rhagastis mongoliana* (Butler, 1875)
우단박각시
26. *Smerinthus planus* Walker, 1856
뱀눈박각시
27. *Theretra japonica* (De L'Orza, 1869)
줄박각시
28. *Theretra nessus* (Drury,1773)
노랑줄박각시
29. *Theretra oldenlandiae* (Fabricius,1775)
세줄박각시

Family 19. Notodontidae 재주나방(하늘나방)科
1. *Cnethodonta grisescens* Staudinger, 1887
뒷검은재주나방
2. *Dudusa sphingiformis* Moore, 1872
꽃술재주나방
3. *Epodonta lineata* (Oberthür, 1880)
줄재주나방
4. *Euhampsonia cristata* (Butler, 1877)
곱추재주나방
5. *Fentonia ocypete* (Bremer, 1861)
밤나무재주나방
6. *Hexafrenum leucodera* (Staudinger, 1892)
끝흰재주나방
7. *Hupodonta corticalis* Butler, 1877
벚나무재주나방
8. *Lophocosma atriplaga* (Staudinger, 1887)
검은줄재주나방
9. *Mesophalera sigmata* (Butler, 1877)
동백나무재주나방
10. *Neodrymonia coreana* Matsumura, 1922
고려재주나방
11. *Neodrymonia delia* (Leech, 1889)
노린재나무재주나방
12. *Peridea aliena* (Staudinger, 1892)
옹이재주나방
13. *Phalera assimilis* (Bremer et Grey, 1852)
참나무재주나방
14. *Phalera flavescens* (Bremer et Grey, 1853)
먹무늬재주나방
15. *Pterostoma gigantina* Staudinger, 1892
주름재주나방
16. *Semidonta biloba* (Oberthür, 1880)
겹날개재주나방
17. *Stauropus basalis* Moore, 1877
꽃무늬재주나방
18. *Syntypistis cyanea* (Leech, 1899)
때죽나무재주나방
19. *Syntypistis pryeri* (Leech, 1889)
회색재주나방
20. *Syntypistis subgeneris* (Strand, 1915)
연갈색재주나방
21. *Uropyia meticulodina* (Oberthür, 1884)
기생재주나방
22. *Zaranga tukuringra* Streltzov and Yakovlev, 2007
박쥐재주나방

Family 20. Lymantriidae 독나방科
1. *Arctornis kumatai* Inoue, 1956
점흰독나방
2. *Euproctis piperita* (Oberthür, 1880)
무늬독나방
3. *Euproctis pseudoconspersa* (Strand, 1914)
차독나방
4. *Euproctis pulverea* (Leech, 1889)
꼬마독나방
5. *Euproctis subflava* (Bremer, 1861)
독나방
6. *Lymantiria mathura* Moore, 1865
붉은매미나방
7. *Lymantria monacha* (Linnaeus, 1758)
얼룩매미나방

Family 21. Arctiidae 불나방科
1. *Agylla collitoides* (Butler, 1885)
앞노랑검은불나방
2. *Agylla gigantea* (Oberthür, 1878)
앞선두리불나방
3. *Eilema cribrata* (Staudinger, 1887)
앞날개무늬불나방
4. *Eilema deplanata* (Esper, 1787)
노랑배불나방
5. *Lemyra imparilis* (Butler, 1877)
수검은줄점불나방
6. *Lithosia quadra* (Linnaeus, 1758)
넉점박이불나방
7. *Miltochrista striata* (Bremer et Grey, 1852)
홍줄불나방
8. *Nyctemera adversata* (Schaller, 1788)
무늬흰불나방
9. *Rhyparioides metelkana* (Lederer, 1861)
꼬마안주홍불나방
10. *Spilosoma flammeola* (Moore, 1877)
11. *Spilosoma seriatopunctatum* Motschulsky, 1860
줄점불나방
12. *Spilosoma subcarneum* Walker, 1855
배붉은흰불나방
13. *Stigmatophora flava* (Bremer et Grey, 1852)
알락노랑불나방
14. *Stigmatophora rohodophila* (Walker, 1865)
검정무늬주홍불나방

Family 22. Ctenuchidae(Amatidae) 애기나방科
1. *Amata germana* (Felder et Felder, 1862)
노랑애기나방

Family 23. Noctuidae 밤나방科
1. *Acanthoplusia agnata* (Staudinger, 1892)
콩은무늬밤나방

부록 1. 계속

2. *Acronicta major* (Bremer, 1861)
왕뿔무늬저녁나방
3. *Adris tyrannus* (Guenée, 1852)
으름밤나방
4. *Aedia leucomelas* (Linnaeus, 1758)
뒤흰날개밤나방
5. *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1776)
검거세미나방
6. *Agrotis segetum* (Denis et Schiffermüller, 1775)
거세미나방
7. *Amphipoea burrowsi* (Chapman, 1912)
큰깃노랑밤나방
8. *Amphipoea ussuriensis* (Petersen, 1914)
깃노랑밤나방
9. *Amphipyra livida* (Denis et Schiffermüller, 1775)
까마귀밤나방
10. *Anaplectoides virens* (Butler, 1878)
큰녹색밤나방
11. *Anomis mesogona* (Walker, 1858)
무궁화잎밤나방
12. *Arcte coerula* (Guenée, 1852)
암청색줄무늬밤나방
13. *Athetis albisignata* (Oberthür, 1879)
흰점국화밤나방
14. *Athetis stellata* (Moore, 1882)
국화밤나방
15. *Bryophila parva* Sugi, 1980
회색이끼밤나방
16. *Callopistria duplicans* Walker, 1858
제주어린밤나방
17. *Callopistria juventina* (Stoll, 1782)
어린밤나방
18. *Calyptra gruesa* (Draudt, 1950)
큰갈고리밤나방
19. *Chrysodeixis eriosoma* (Doubleday, 1843)
붉은금무늬밤나방
20. *Chrysorithrum amatum* (Bremer et Grey, 1853)
사랑밤나방
21. *Daddala lucilla* (Butler, 1881)
톱날무늬잎밤나방
22. *Diarsia albipennis* (Butler, 1889)
앞점무늬밤나방
23. *Dictyestra dissectus* (Walker, 1865)
노랑맥검은밤나방
24. *Edessana gentiusalis* Walker, 1859
큰흰점수염나방
25. *Ercheia niveostrigata* Warren, 1913
청백무늬밤나방
26. *Erebus ephesperis* (Hübner, 1823)
왕흰줄태극나방
27. *Eudocima fullonia* (Clerk, 1764)
애으름밤나방
28. *Euromoia subpulchra* (Alpheraky, 1897)
주홍흰무늬저녁나방
29. *Euxoa karschi* (Graeser, 1889)
앞노랑밤나방
30. *Grammodes geometrica* (Fabricius, 1775)
토막무늬밤나방
31. *Hadena aberrans* (Eversmann, 1856)
흰변두리밤나방
32. *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)
왕담배나방
33. *Hermonassa cecilia* Butler, 1878
점박이밤나방
34. *Hoplodrina euryptera* Boursin, 1937
주을밤나방
35. *Hypena amica* (Butler, 1878)
뒷노랑수염나방
36. *Hypena trigonalis* (Guenée, 1854)
대만수염나방
37. *Iscadia uniformis* (Inoue et Sugi, 1958)
남방껍질밤나방
38. *Lithophane pruinosa* (Butler, 1878)
가을회색밤나방
39. *Lygephila maxima* (Bremer, 1861)
큰목검은밤나방
40. *Lygephila recta* (Bremer, 1864)
목검은밤나방
41. *Mecodina kurosawai* Sugi, 1982
42. *Mecodina subviolacea* (Butler, 1881)
보라애기잎밤나방
43. *Metopta rectifasciata* (Ménétriès, 1863)
흰줄태극나방
44. *Mocis ancilla* (Warren, 1913)
꼬마구름무늬밤나방
45. *Mocis undata* (Fabricius, 1775)
큰구름무늬밤나방
46. *Mythimna divergens* Butler, 1878
긴쌍띠밤나방
47. *Mythimna nigrilinea* (Leech, 1899)
검은띠맵시밤나방
48. *Mythimna striata* (Leech, 1900)
줄흰무늬밤나방
49. *Mythimna turca* (Linnaeus, 1761)
쌍띠밤나방
50. *Oraesia excavata* (Butler, 1878)
붉은갈고리밤나방
51. *Orthogonia sera* Felder et Felder, 1862
모진밤나방
52. *Orthosia increta incognita* Sugi, 1955
53. *Pangrapta costaemavula* Staudinger, 1888
연무늬끝짤름나방
54. *Pangrapta disruptalis* (Walker, 1865)
떠들썩짤름나방
55. *Pangrapta flavomacula* Staudinger, 1888
흰줄짤름나방
56. *Pangrapta obscurata* (Butler, 1879)
검은끝짤름나방
57. *Peridrona saucia* (Hubner, 1808)
뒷흰날개밤나방
58. *Polia bombycina* (Hufnagel, 1766)
큰갈색밤나방

부록 1. 계속

59. *Polypaenis subviridis* (Butler, 1878)
회록색밤나방
60. *Pseudoips fagana* (Fabricius, 1781)
쌍줄푸른밤나방
61. *Rhesala imparata* Walker, 1958
앞점무늬짤름나방
62. *Serrodes camppana* Guenee, 1852
왕잎밤나방
63. *Simplicia niphona* (Butler,1878)
곧은띠수염나방
64. *Sineugraphe bipartita* (Graeser, 1889)
담색쌍검은밤나방
65. *Sineugraphe exusta* (Butler, 1878)
쌍검은밤나방
66. *Spharagifera biplaga* (Walker, 1865)
꼬마봉인밤나방
67. *Spirama helicina* (Hübner, 1831)
톱니태극나방
68. *Spirama retorta* (Clerck, 1759)
태극나방
69. *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775)
담배거세미나방
70. *Sugia stygia* (Butler, 1878)
지옥꼬마밤나방
71. *Thyas juno* (Dalman, 1823)
무궁화밤나방
72. *Thysanoplusia intermixta* (Warren, 1913)
국화금무늬밤나방
73. *Triphaenopsis cinerescens* Butler, 1885
뒷노랑밤나방
74. *Triphaenopsis jezoensis* Sugi, 1962
북방뒷노랑밤나방
75. *Triphaenopsis lucilla* Butler, 1878
흰점뒷노랑밤나방
76. *Xanthomantis contaminata* (Draudt, 1937)
탐시버짐밤나방

Family 24. Agaristidae 얼룩나방과
1. *Sarbanissa subflava* (Moore, 1887)
뒷노랑얼룩나방

Family 25. Hesperiidae 팔랑나비科
1. *Daimio tethys* (Ménétriès, 1857)
왕자팔랑나비
2. *Ochlodes venatus* (Bremer et Grey, 1852)
수풀떠들석팔랑나비
3. *Parnara guttata* (Bremer et Grey, 1852)
줄점팔랑나비
4. *Pelopidas mathias* (Fabricius, 1798)
제주꼬마팔랑나비
5. *Pyrgus maculatus* (Bremer et Grey, 1852)
흰점팔랑나비

Family 26. Papilionidae 호랑나비科
1. *Graphium sarpedon* (Linnaeus, 1758)
청띠제비나비
2. *Papilio bianor* Cramer, 1777
제비나비
3. *Papilio maackii* (Ménétriès, 1858)
산제비나비
4. *Papilio machaon* Linnaeus, 1758
산호랑나비
5. *Papilio macilentus* Janson, 1877
긴꼬리제비나비
6. *Papilio protenor* Cramer, 1775
남방제비나비
7. *Papilio xuthus* Linnaeus, 1767
호랑나비

Family 27. Pieridae 흰나비科
1. *Anthocharis scolymus* Butler, 1866
갈구리나비
2. *Colias erate* (Esper, 1804)
노랑나비
3. *Eurema hecabe* (Linnaeus, 1758)
남방노랑나비
4. *Eurema laeta* (Boisduval, 1836)
극남노랑나비
5. *Pieris melete* (Ménétriès, 1857)
큰줄흰나비
6. *Pieris napi* (Linnaeus, 1758)
줄흰나비
7. *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758)
배추흰나비

Family 28. Lycaenidae 부전나비科
1. *Celastrina argiolus* (Linnaeus, 1758)
푸른부전나비
2. *Everes argiades* (Pallas, 1771)
암먹부전나비
3. *Lycaena phlaeas* (Linnaeus, 1761)
작은주홍부전나비
4. *Niphanda fusca* (Bremer et Grey, 1852)
담흑부전나비
5. *Pseudozizeeria maha* (Kollar, 1844)
남방부전나비
6. *Tongeia fischeri* (Eversmann, 1843)
먹부전나비

Family 29. Danaidae 왕나비科
1. *Parantica sita* (Kollar, 1833)
왕나비

Family 30. Nymphalidae 네발나비科
1. *Argynnis paphia* (Linnaeus, 1758)
은줄표범나비
2. *Argyreus hyperbius* (Linnaeus, 1763)
암끝검은표범나비
3. *Argyronome laodice* (Pallas, 1771)
흰줄표범나비
4. *Argyronome sagana sagana* (Doubleday, 1847)
큰흰줄표범나비

부록 1. 계속

5. *Cyntia cardui* (Linnaeus, 1758)
작은멋장이나비
6. *Damora sagana* (Doubleday, 1847)
암검은표범나비
7. *Fabriciana adippe* (Linnaeus, 1767)
긴은점표범나비
8. *Fabriciana pallescens* (Butler, 1873)
은점표범나비
9. *Hestina assimilis* (Linnaeus, 1758)
홍점알락나비
10. *Kaniska canace* (Linnaeus, 1763)
청띠신선나비
11. *Neptis sappho* (Pallas, 1771)
애기세줄나비
12. *Polygonia c-aureum* (Linnaeus, 1758)
네발나비
13. *Vanessa indica* (Herbst, 1794)
큰멋장이나비

Family 31. Satyridae 뱀눈나비과

1. *Lethe diana* (Butler, 1866)
먹그늘나비
2. *Melanargia halimede* (Ménétriès, 1858)
흰뱀눈나비
3. *Minois dryas* (Scopoli, 1793)
굴뚝나비
4. *Mycalesis francisca* (Cramer, 1782)
부처사촌나비
5. *Ypthima amphithea* Ménétriès, 1858
석물결나비
6. *Ypthima argus* Butler, 1866
애물결나비
7. *Ypthima motschulskyi* (Bremer et Grey, 1852)
물결나비

한라산 영천 및 효돈천 일대에 서식하는 야생조류의 분포 특성

김완병[1)]*, 고윤정, 고정군

[1)]제주특별자치도민속자연사박물관, 제주특별자치도세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 제주특별자치도 서귀포시 영천 및 효돈천 계곡에 서식하는 조류 분포 특성을 파악하기 위하여, 2015년 3월부터 2016년 1월까지 조사하였다. 영천 및 효돈천 일대에서 확인된 조류는 문헌조사를 포함하여 모두 76종이었다. 번식유무와 계절별 이동유형에 따른 생활형을 보면, 텃새 35종, 여름철새 18종, 겨울철새 17종, 나그네새 6종으로 각각 나타났다. 법적 희귀조류는 원앙, 황조롱이, 매, 물수리, 벌매, 두견이, 소쩍새, 솔부엉이, 팔색조, 긴꼬리딱새 등 10종이었다.

서 론

제주에는 한라산 일대에서 발원한 60여개의 소규모의 하천과 계곡들이 분포해 있으며, 이중 물이 흐르는 곳은 하류를 중심으로 광령천, 창고천, 연외천, 중문천, 강정천, 효돈천 등이 대표적이다. 효돈천은 한라산 백록담을 기준으로 남쪽으로 발달된 계곡이며, 중간에 영천과 효돈천 두 갈래로 나누어지다가 하류에서 합쳐진다. 이 곳은 다른 어떤 계곡이나 하천보다도 고도별 상록수림대, 낙엽수림대, 침엽수림대, 고산초원 등으로 이어지는 식생 분포가 다양하게 나

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7704, e-mail: kwb8705@korea.kr
저자는 본 연구의 외부연구원으로 위촉되어 공동조사를 수행하였음

타난다. 또한 효돈천은 바다와 맞닿는 하류에서부터 돈내코 유원지까지는 연중 수량이 풍부할 뿐만 아니라 수질도 아주 양호하다.

야생조류의 종구성은 다양한 식생과 서식 공간, 수자원의 존재, 먹이의 풍부도, 좋은 은신처에 따라 의존도가 높다. 이러한 점에서 볼 때 효돈천은 야생조류에게 있어서는 최적의 서식공간이다.

특히 영천 및 효돈천 유역은 생물 다양성의 가치를 인정받아, 지난 2002년 유네스코로부터 세계생물권보전지역으로 등록되었으며, 효돈천의 일부 구간은 한라산 천연보호지역과 한라산 국립공원 그리고 세계자연유산지구에도 포함되어 있다.

한라산 계곡에서의 조류상에 대한 조사연구로는 박(1976, 1984, 1989), 박과 김(1981, 1983), 윤과 박(1986), 소와 박(1987) 그리고 김(2000, 2003, 2011, 2013a, 2014, 2015) 등이 있으며, 효돈천에서의 조류 조사로는 김(2001)이 보고한 바 있다.

본 조사에서는 조사 기간 중에 확인된 조류를 중심으로 구간별로 야생 조류의 출현현황, 서식환경, 생태습성에 대해 약식으로 기술하고자 한다.

조사범위 및 방법

효돈천의 야생 조류의 분포는 해발 고도를 비롯하여 발원지 형성과 계곡의 발달정도, 교량, 도로망 등에 따라 탐사구간을 구분하였다. 조사지역은 쇠소깍, 하효항과 인근 조간대 및 해상, 돈내코 유원지, 선돌계곡 그리고 산벌른내, 아고산대 지역에 이르기까지이며, 주변 영천악, 칡오름 등의 오름, 감귤과수원, 마을 인가와 도로변 등에 출현하는 조류도 포함하였다.

조사일정은 2015년 3월부터 2016년 1월까지 실시하였으며, 각 구간별 조사지역은 표 1과 같다. 조사범위는 계곡의 발원지점에서 해안에 이르기까지 탐사 경로를 따라 좌우 100m내에 출현하는 야생조류의 분포상을 조사하였다. 종과 개체수 조사는 Line Census와 Spot Census를 병행하였다(Bibby *et al.* 1992). 관찰도구는 망원경(40×)과 쌍안경(12×5)을 이용하였으며, 육안 관찰, 울음소리, 비상형, 배설물 및 둥지 흔적, 사체 확인 등으로 파악하였다. 또한 제보

표 1. 영천 및 효돈천 일대의 구간별 조사지역

구간	조 사 구 간	해발(m)
Ⅰ	쇠소깍~효례교~상효교(제1횡단도로)	0~180m
Ⅱ	상효교~돈내코 유원지~야영수련장	180~500m
Ⅲ	청소년야영장~산벌른내~백록담 남벽	500~1,800m

자의 정보를 비롯하여 로드킬, 촬영기록, 탐문조사 등 조사자의 과거 조사 자료도 추가하였다.

결과 및 고찰

1. 조류상

효돈천 일대에서 확인된 조류는 문헌조사를 포함하여 모두 76종이었으며, 이번 현지조사에서는 72종이 관찰되었다. 구간별로는 제Ⅰ구간 60종, 제Ⅱ구간 47종, 제Ⅲ구간 43종이 각각 확인되었으며, 과거 문헌 조사에서는 45종이 보고되었다. 번식 유무와 계절별 이동유형에 따른 생활형을 보면, 텃새 35종, 여름철새 18종, 겨울철새 17종, 나그네새 6종으로 각각 나타났다(표 2). 전 구간에서 확인된 종은 꿩, 말똥가리, 매, 멧비둘기, 검은등뻐꾸기, 뻐꾸기, 두견이, 솔부엉이, 소쩍새, 칼새, 때까치, 까치, 어치, 큰부리까마귀, 박새, 곤줄박이, 제비, 직박구리, 섬휘파람새, 동박새, 호랑지빠귀, 흰배지빠귀, 딱새, 노랑할미새, 방울새, 멧새, 노랑턱멧새 27종이었다.

제Ⅰ구간에서만 확인된 종은 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 아비, 논병아리, 뿔논병아리, 왜가리, 중대백로, 중백로, 쇠백로, 흑로, 가마우지, 물수리, 물닭, 깝작도요, 괭이갈매기, 재갈매기, 큰재갈매기, 물총새, 바다직박구리, 검은머리방울새 18종이었다. 효돈천의 하류인 쇠소깍, 해안조간대와 주변 해상의 서식환경에 의존하는 물새들의 출현이 높게 나타났다.

표 2. 영천 및 효돈천 일대에서 관찰·기록된 조류목록

	학 명	국 명	구 간 별[1]			문헌기록[2]	생활형[3]
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
1	*Phasianus colchicus*	꿩	○	○	○	○	R
2	*Aix galericulata*	원앙	○	○		○	W
3	*Anas platyrhynchos*	청둥오리	○				W
4	*Anas poecilorhyncha*	흰뺨검둥오리	○				R, W
5	*Gavia stellata*	아비	○				W
6	*Tachybaptus ruficollis*	논병아리	○				R, W
7	*Podiceps cristatus*	뿔논병아리	○				W
8	*Nycticorax nycticorax*	해오라기		○		○	P
9	*Bubulcus ibis*	황로	○	○		○	S
10	*Ardea cinerea*	왜가리	○				R, W
11	*Egretta alba*	중대백로	○				S
12	*Egretta intermedia*	중백로	○			○	S
13	*Egretta garzetta*	쇠백로	○			○	S
14	*Egretta sacra*	흑로	○				R
15	*Phalacrocorax capillatus*	가마우지	○				R, W
16	*pandion haliaetus*	물수리	○				W
17	*Pernis ptilorhynchus*	벌매			○	○	P
18	*Buteo buteo*	말똥가리	○	○	○	○	W
19	*Falco tinnunculus*	황조롱이	○	○		○	W
20	*Falco peregrinus*	매	○	○	○	○	R
21	*Fulica atra*	물닭	○				W
22	*Actitis hypoleucos*	깝작도요	○			○	P
23	*Larus crassirostris*	괭이갈매기	○				W
24	*Larus vegae*	재갈매기	○				W
25	*Larus schistisagus*	큰재갈매기	○				W
26	*Streptopelia orientalis*	멧비둘기	○	○	○	○	R
27	*Cuculus micropterus*	검은등뻐꾸기	○	○	○		S
28	*Cuculus canorus*	뻐꾸기	○	○	○	○	S
29	*Cuculus poliocephalus*	두견이	○	○	○	○	S
30	*Otus sunia*	소쩍새	○	○	○		S
31	*Ninox scutulata*	솔부엉이	○	○	○		S
32	*Caprimulgus indicus*	쏙독새				○	S
33	*Apus pacificus*	칼새	○	○	○		S
34	*Eurystomus orientalis*	파랑새			○		S
35	*Alcedo atthis*	물총새	○				R, W
36	*Dendrocopos leucotos*	큰오색딱다구리		○	○	○	R
37	*Pitta nympha*	팔색조		○	○		S
38	*Lanius bucephalus*	때까치	○	○	○	○	R
39	*Terpsiphone atrocaudata*	긴꼬리딱새		○	○	○	S
40	*Pica pica*	까치	○	○	○	○	R

표 2. ⇒ 계속

	학 명	국 명	구 간 별[1]			문헌기록[2]	생활형[3]
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
41	*Garrulus glandarius*	어치	○	○	○	○	R
42	*Corvus frugilegus*	떼까귀	○	○			W
43	*Corvus corone*	까마귀				○	R
44	*Corvus macrorhynchos*	큰부리까마귀	○	○	○	○	R
45	*Parus major*	박새	○	○	○	○	R
46	*Parus ater*	진박새			○	○	R
47	*Parus varius*	곤줄박이	○	○	○	○	R
48	*Hirundo rustica*	제비	○	○	○	○	S
49	*Aegithalos caudatus*	오목눈이		○	○	○	R
50	*Alauda arvensis*	종다리				○	R
51	*Hypsipetes amaurotis*	직박구리	○	○	○	○	R
52	*Cettia diphone cantans*	섬휘파람새	○	○	○	○	R
53	*Phylloscopus coronatus*	산솔새				○	P
54	*Zosterops japonicus*	동박새	○	○	○	○	R
55	*Troglodytes troglodytes*	굴뚝새			○	○	R
56	*Sturnus cineraceus*	찌르레기	○		○	○	R
57	*Zoothera dauma*	호랑지빠귀	○	○	○		R
58	*Turdus pallidus*	흰배지빠귀	○	○	○	○	R
59	*Tarsiger cyanurus*	유리딱새	○				W
60	*Phoenicurus auroreus*	딱새	○	○	○	○	R
61	*Monticola solitarius*	바다직박구리	○			○	R
62	*Muscicapa sibirica*	제비딱새		○	○		P
63	*Muscicapa dauurica*	쇠솔딱새		○	○		P
64	*Ficedula zanthopygia*	흰눈썹황금새		○	○	○	S
65	*Cyanoptila cyanomelana*	큰유리새		○	○	○	S
66	*Passer montanus*	참새	○	○		○	R
67	*Motacilla cinerea*	노랑할미새	○	○	○	○	R
68	*Motacilla alba leucopsis*	알락할미새	○	○	○		S
69	*Motacilla alba lugens*	백할미새	○	○	○		W
70	*Anthus hodgsoni*	힝둥새	○	○			W
71	*Anthus rubescens*	밭종다리	○	○			W
72	*Carduelis sinica*	방울새	○	○	○	○	R
73	*Carduelis spimus*	검은머리방울새	○				W
74	*Emberiza cidides*	멧새	○	○	○	○	R
75	*Emberiza elegans*	노랑턱멧새	○	○	○	○	R
76	*Coccothraustes coccothraustes*	콩새	○	○		○	R
계			60	47	43	45	

[1] 구간별(Ⅰ : 쇠소깍~상효교, 0~180m, Ⅱ : 상효교~야영수련장, 180~500m, Ⅲ : 야영 수련장~백록담 남벽, 500~1,800m)
[2] 문헌기록: 김(2001), 강 등(2009), 김 등(2013)
[3] 생활형 : R(Resident, 텃새), W(Winter visitor, 겨울철새), S(Summer visitor, 여름철새), P(Passage migrant, 나그네새), Vag(길잃은새, Vagrant)

제Ⅰ, Ⅱ구간까지 서식하는 종은 원앙, 해오라기, 황로, 찌르레기, 참새, 알락할미새, 백할미새, 힝둥새, 콩새 등 9종으로, 계곡의 물과 주변 초지대, 인가 주변에 출현하는 종들이 많았다. 종에 따라서는 계절적, 고도별에 차이가 있는데, 힝둥새는 보통 겨울철새에 저지대에서 흔히 관찰되는 종이지만, 한라산 백록담에서 번식한 적이 있다(김 등, 2007).

제 Ⅱ, Ⅲ구간에서 확인된 종은 벌매, 큰오색딱다구리, 팔색조, 긴꼬리딱새, 오목눈이, 제비딱새, 쇠솔딱새, 흰눈썹황금새, 큰유리새 등 9종, 제Ⅲ구간에서는 파랑새, 굴뚝새, 진박새 등 3종이었다. 계곡의 숲환경을 의존하는 경향이 높은 산새들의 출현이 높았으며, 진박새는 비교적 고지대에 서식하는 경향이 높다. 굴뚝새와 파랑새는 저지대에서도 관찰되며, 파랑새는 개방형 서식지를 선호하는 종으로 돈내코 산록도로변에서 확인되었다.

문화재보호법의 천연기념물이나 야생생물보호 및 관리에 관한 법률의 멸종위기종은 원앙, 황조롱이, 매, 물수리, 벌매, 두견이, 소쩍새, 솔부엉이, 팔색조, 긴꼬리딱새 등 10종이었다(표 3). 텃새인 매를 제외하고는 모두 철새들이며, 겨울철새는 원앙, 황조롱이, 물수리 등 3종, 여름철새는 두견이, 소쩍새, 솔부엉이, 팔색조, 긴꼬리딱새 등 5종이었다.

원앙은 하례리 마을 인근에서부터 돈내코 북쪽까지 확인되었으며, 주로 물이 고여 있는 곳에서 휴식을 취하는 경향이 있다. 제주에서는 효돈천을 비롯하여 창고천, 중문천, 광령천, 한천 그리고 곶자왈 등이 월동지로 이용되고 있다(김, 2001, 2013a, 2014; Kim et al., 2012). 황조롱이는 제주에서 일부 번식하기도 하나, 주로 겨울철에 도래하는 경향이 높다. 농경지 상공을 비롯하여 해안변이나 중산간 도로변의 전신주에 앉아 있을 때가 많다. 본 조사시에는 감귤과수원 인근의 전신주에서 휴식을 취하고 있었으며, 돈내코 일대의 초지대 상공에서도 확인되었다. 매는 제주도의 가파른 오름 절벽이나 해안 절벽에서 번식하는 텃새이다(김 등, 2010b; 김, 2013b). 번식기에는 먹이활동 영역이 300m 이내로 좁지만(Ikeda *et al.*, 1990), 번식기 이후에는 번식지를 떠나 중산간 오름이나 한라산 아고산대 지역까지 활동을 반경을 넓히는 경향이 있다. 벌매는 주로 봄과 가을에 제주도를 통과하는 철새이다. 제주도는 지정학적 위치뿐만 아니라 맹금류의 시야가 확보되는 해안조간대, 농경지, 오름, 아고산대

표 3. 영천 및 효돈천 일대에서 관찰된 보호조류(문헌기록 포함)

No.	학 명	국 명	멸종위기등급		천연 기념물
			Ⅰ	Ⅱ	
1	*Aix galericulata*	원앙			327호
2	*Falco tinnunculus*	황조롱이			323-8호
3	*Falco peregrinus*	매	○		323-7호
4	*Pandion haliaetus*	물수리		○	323-7호
5	*Pernis ptilorhychus*	벌매		○	
6	*Cuculus poliocephalus*	두견이			447호
7	*Otus sunia*	소쩍새			324-6호
8	*Ninox scutulata*	솔부엉이			323-3호
9	*Pitta nympha*	팔색조		○	204호
10	*Terpsiphone atrocaudata*	긴꼬리딱새		○	

등의 서식환경을 보유하기 때문에, 이동성이 강한 맹금류의 중간 기착지나 월동지로 이용되고 있다. 선행 연구에서도 제주도를 비롯하여 우리나라의 서해안과 남해안의 도서 지역은 맹금류의 주요 이동 경로가 되고 있기 때문에(김 등, 2004; 권 등, 2006; 김, 2009, 최 등, 2009; 김 등, 2010a; 김 등, 2011a, 2013; Kim et al., 2014), 제주도가 맹금류의 번식지 또는 정기적인 중간 기착지로서 자리잡을 것으로 판단된다. 물수리는 제주도 전역의 해안조간대에서 관찰되면, 특히 철새도래지, 양식장 인근, 기수역 부근에서 비교적 높은 출현율을 보이며, 효돈천의 하류에서는 조간대 해상에서 확인되었다.

그리고 두견이, 긴꼬리딱새, 소쩍새, 솔부엉이, 팔색조는 주로 울음소리에 의해 확인되었으며, 두견이는 한라산 백록담 인근에서 관찰된다.

한편, 과거에 확인된 조류 중에 쏙독새, 까마귀, 종다리, 산솔새, 쇠박새는 이번 조사에 확인이 안 되었다. 까마귀는 제주의 텃새이지만, 최근에는 저지대에서만 관찰되는 경향이 있으며(강 등, 2009), 쇠박새는 한라산에 서식하지 않는 것으로 보고하고 있다(김 등, 2011b; 김 등 2013).

2. 구간별 출현 현황

2-1. 쇠소깍에서 제1효례교까지

이곳의 주변 환경은 감귤과수원, 비닐하우스, 인가 등으로 인위적인 간섭이 심한 지역이며, 드물게는 계곡 양옆으로 구실잣밤나무, 종가시나무, 동백나무 등의 상록활엽수림대가 발달되었다. 하천수는 풍부하고 수질은 크게 오염되지 않은 상태에 있다. 이곳에서 볼 수 있는 조류는 제주의 텃새 집단이 우점을 이루며, 바다와 접해 있기 때문에 해안성 조류들을 볼 수 있다. 인가, 도로, 농경지등에서는 주로 참새, 방울새, 직박구리, 멧비둘기, 제비, 동박새, 찌르레기, 떼까마귀 등이 출현하는 경향이 높았다. 쇠소깍에서는 쇠백로, 깝작도요, 물닭, 물총새 그리고 해안조간대에서는 왜가리, 중대백로, 중백로, 쇠백로, 흑로, 깝짝도요 등이 각각 확인되었다. 또한 해상에서는 물수리, 재갈매기, 괭이갈매기, 가마우지 등이 다른 곳으로 이동 중이거나 먹이 탐색을 위한 비행을 하고 있었다.

쇠소깍 및 해안 지역은 바다와 담수가 접하는 기수지역으로, 담수에서 내려오는 풍부한 영양염류를 분해하면서 생기는 먹이사슬의 생태계로 이어지는 생물다양성이 높은 곳이다. 또한 이러한 지역은 바로 바다로 연결되기 때문에 밀물과 썰물이 교차하는 조간대에 분포하는 해양생물의 생태계에도 적지 않은 영향을 미치기도 한다. 쇠소깍에 분포하는 담수성 어류로는 수중 살벤자리, 꾹저구, 검정망둑, 뱀장어, 복섬, 숭어 등이 분포하며(제주도민속자연사박물관, 1995), 바다와 접하는 곳에도 많은 저서무척추동물이 풍부하게 분포할 것으로 생각된다. 제주도의 연안은 육지부처럼 갯벌습지가 넓게 분포하지는 않으나, 계곡이나 하천에서 내려오는 담수나 저지대에 넓게 분포한 용천수로 인하여 좁은 면적의 기수역이 많은 편이다. 이러한 곳에는 해안성 조류의 먹이가 되는 저서무척추동물들이 많아, 백로류, 도요류, 물떼새류 등이 많이 이용한다. 기수역의 환경의 질은 수질의 오염기준 뿐만 아니라 기수성 동물상의 다양성과 이곳을 이용하는 조류의 선호도로도 쉽게 판가름할 수 있다. 따라서 해안 조간대의 기수역은 야생 조류의 서식공간으로 뿐만 아니라 생태계의 먹이사슬에서 중요한 위치를 차지하고 있으므로 생활하수, 오폐수, 쓰레기, 농약, 자연폐기물 등으로 서식지의 기능이 상실되지 않도록 오염원의 유입을 최소화해야

한다. 수질의 오염은 곧바로 하천 생태계는 물론 연안 및 바다 생태계에까지 커다란 피해를 줄 수 있기 때문에, 기수역을 중심으로 한 연안생태계의 변화상을 지속적으로 모니터링하는 것이 필요하다.

2-2. 제1효례교에서 제2효례교까지

이곳은 계곡 양옆으로 구실잣밤나무 등의 난대성 상록수림대가 발달해 있으며, 연중 물이 흐르는 구간이다. 또한 계곡 양쪽으로 감귤과수원의 밀집으로 인한 농약살포, 인가 및 군데군데 계곡 유원지가 있어서 사람들의 출입이 빈번하여 새들에게 있어서는 방해요인이 많은 곳이기도 하다. 따라서 이곳에는 여름철새보다는 제주도의 텃새들의 출현이 상대적으로 높은 곳이다. 텃새들은 일년 내내 이곳에서 머물면서 주변 환경을 익히고 그에 맞는 생존전략을 터득하여 계곡 양쪽의 상록수림대를 중심으로 채식, 휴식, 이동, 번식한다. 반면 여름철새들은 3~4월에 도래하여 번식기인 4~6월 사이에 집중적인 농약 살포 및 사람들의 출입, 일부 구간에서의 무속행위에 의한 소음, 감귤과수원 밀집 등으로 번식에 필요한 먹이와 행동권 범위에 제한을 받게 되어 보다 안전한 상류지역으로 이동하는 경향이 높게 나타난다.

주로 계곡 산림이나 그 주변에서 관찰된 텃새로는 직박구리, 멧비둘기, 동박새, 박새, 곤줄박이, 섬휘파람새, 큰부리까마귀, 어치 등이며 인가나 농경지 주변에는 까치, 방울새, 참새, 꿩, 직박구리 등이다. 겨울철에는 원앙 무리가 물이 고여 있는 소(沼)에서 휴식을 취하는 장면을 목격할 수 있다.

2-3. 직사교에서 돈내코 유원지까지

이 구간도 연중 물이 흐르며 계곡 양옆으로 난대성 상록수림이 울창하게 분포하고 있다. 계곡 외곽으로는 감귤과수원 및 초지대가 들어서 있는 곳이다. 계곡의 흐름이 칡오름(271m) 북쪽에서 두 갈래로 나누어진다. 발원지 방향을 기준으로 하나(일명 효돈천)는 오른쪽으로 직사교와 남서교를 거쳐 선돌이 위치한 입석동으로, 다른 하나(일명 영천)는 왼쪽으로 상효교와 원앙 폭포를 지나 서귀포학생문화원야영수련장까지 이어진다. 영천 구간은 영천악(277m) 서쪽에 위치하며, 돈내코 유원지로 이용되는 곳으로 특히 여름철에는 피서객의

방문이 높은 곳이다. 출현이 높은 종으로는 직박구리, 제비, 뻐꾸기, 두견, 참새, 노랑할미새, 멧비둘기, 섬휘파람새, 동박새, 박새, 곤줄박이, 딱새, 꿩, 어치, 큰부리까마귀, 방울새, 노랑텃멧새 등이었다. 간혹 물가에는 알락할미새, 백할미새, 노랑할미새도 등이 나타나기도 한다. 선돌 계곡의 방향 구간은 돈내코 유원지 구간에 비해 비교적 사람들의 출입과 감귤과수원의 면적도 적을 뿐만 아니라 계곡 양옆으로 이어지는 식생면적이 넓게 발달되어 있어서 조류의 종 구성이 다소 차이다 있다. 팔색조를 비롯하여 큰오색딱다구리, 노랑턱멧새, 흰눈썹황금새, 큰유리새, 두견, 뻐꾸기 등의 울음소리를 확인할 수 있다.

2-4. 야영수련장에서 백록담 남벽까지

이 구간은 계곡의 상록수림대가 낙엽활엽수림대로 바뀌어가는 곳으로 계곡의 수량은 중하류에 비해 적은 편이다. 상대적으로 사람들의 출입이 적은 곳이며, 한라산 돈내코 등반코스는 영천의 동쪽 능선을 따라 개설되어 있다. 발원지는 백록담 남벽에 위치한 웃방에오름(1,747.9m) 지점까지 이른다. 해발 700~800m 까지 계곡 양옆으로 구실잣밤나무, 붉가시나무 등의 상록활엽수림대가 발달해 있으며, 점차 졸참나무, 서어나무 등 낙엽활엽수림대로 바뀐다. 관찰되는 종으로는 직박구리, 흰눈썹황금새, 큰오색딱다구리, 동박새, 곤줄박이, 박새, 큰부리까마귀, 어치 등이며, 계곡 하상에서는 노랑할미새, 원앙이 확인된다. 원앙은 해발 800m 지점까지 올라오며, 물이 고여 있는 구간에서는 원앙의 배설물이 확인할 수 있다. 그리고 상공에서는 황조롱이, 매, 말똥가리, 벌매, 제비, 칼새 등이 관찰된다.

해발 1,400m 이상의 고산 초원 지대와 구상나무 군락에서는 큰부리까마귀, 박새, 진박새, 딱새, 멧새, 굴뚝새 등이 출현하며, 간혹 상공에서는 매, 칼새 등이 비행하는 모습도 확인되었다.

3. 종합 고찰

야생 조류의 출현은 각 종의 생태 습성, 번식지 조건, 계절적 및 고도별 분포 등에 따라 다르게 나타나는 경향이 있으며, 효돈천의 경우 하류가 중상류보다 종 출현율이 비교적 높게 나타났다. 이는 저지대의 경우 인가, 해안가,

산림 등 비교적 서식지 중복이 많은 종이 많은 편이고 고지대로 갈수록 제한된 서식지를 선호하는 종이 분포하기 때문이다. 또한 동절기에는 상류에 머물기보다는 중하류로 내려오는 경향이 있으며, 상류로 갈수록 제한된 종구성을 보여준다.

하류의 경우도 해안형 조류와 육지형 조류에 차이가 있으나, 섬휘파람새, 방울새, 직박구리, 멧비둘기, 제비, 동박새, 박새 등의 텃새군은 중하류와 출현하는 종들과 중복된다. 남서교, 선돌계곡 등 중류 구간 이상에서는 큰오색딱다구리, 어치, 긴꼬리딱새, 흰눈썹황금새, 큰유리새, 팔색조 등의 출현율이 높아지다가 점차 상류로 갈수록 감소한다. 1,000m 이상에서는 동박새, 굴뚝새, 진박새, 큰부리까마귀 등 종구성이 단순한 경향을 보인다. 맹금류는 비행 높이, 이동 범위, 출현 개체수 등을 고려할 때 저지대에서부터 고지대까지 중복 출현하며, 매는 한라산 백록담 인근까까지 비행하는 경우가 많다.

한라산의 하천과 계곡은 저지대의 곰솔군락과 상록수림 그리고 중산간 초지대, 상록수림, 낙엽활엽수림, 혼효림, 아고산 관목대로 이어지는 연속적인 다양한 생태환경과 수자원을 보유하고 있기 때문에 야생조류의 서식지로서 좋은 조건을 갖추고 있다. 이번 조사에서 법적 보호조류로는 원앙, 황조롱이, 매, 물수리, 벌매, 두견이, 소쩍새, 솔부엉이, 팔색조, 긴꼬리딱새 등 10종이 서식하는 것으로 확인되었다. 이는 영천 및 효돈의 조류 서식환경이 양호함을 보여주는 것이 되며, 생물다양성을 평가하는 지표가 될 수 있다. 향후 백로류, 오리류, 할미새류 등의 물새들은 습지의 수위, 식생, 잠재적인 먹이원 등에 따라 서식지 선택에 영향을 받는다. 따라서 어느 한 곳의 식생변화, 단절화, 수질변화와 같은 생태 환경이 변화는 곧 야생조류의 군집 구조에 변화를 가져올 수 있다. 따라서 효돈천을 비롯하여 한라산 하천에 서식하는 야생 조류를 보호하기 위해서는 우선적으로 다양한 식생 구조의 유지, 사람에 의한 방해요인 최소화, 생물상의 변화 모니터링 등이 지속적으로 이루어져야 한다.

Distributional Characteristic of Wild Birds at Yeongcheon and Hyodoncheon Valley inn Jeju Island

Kim Wan-byung*[1)], Ko Yoon-Jeong and Jung-Goon Koh
[1)]Folklore & Natural History Museum Jeju Special Self-Governing Province,
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

This study was surveyed to understand the distributional characteristic of wi1d birds at Yeongcheon and Hyodoncheon Valley in Jeju Island from Feb. 2015 to Jan. 2016. The results were surveyed 76 species including literature investigation. According to the breeding state and seasonal migration, among the investigated birds were observed 35 species of resident, 18 species of summer visitor, 17 species of winter visitor, 6 species of passage migrant. The legal protection birds were identified 10 species: Mandarin Duck (*Aix galericulata*), Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*), Common Kestrel (*Falco tinnunculus*), Osprey (*Pandion haliaetus*), Crested Honey Buzzard (*Pernis ptilorhychus*), Lesser Cuckoo (*Cuculus poliocephalus*), Oriental Scops (*Otus sunia*), Brown Hawk-Owl (*Ninox scutulata*), Fairy Pitta (*Pitta nympha*), Black Paradise Flycatcher (*Terpsiphone atrocaudata*).

인용문헌

Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. *Bird Census Techniques..* Academic Press.

Ikeda Y, Inoue Y, Sudo K. Yaku Y, Yasuda M, Kubokami S, Toma M. 1990. Foraging and feeding behavior of nesting Peregrine Falcons in the Wakasa Bay. Strix 9: 15-22.

Kim W. B., S. D. Jin, J. P. Yu, I. H. Paik, J. H. Kang, W. K. Paik. 2014. Characteristics of the birds community in the islands off the West Coast Paekof Seogwipo City, Korea. Journal of Asia-Pacific Biodiversity 7(2): 156-163.

Kim, W. B., Y. H. Kim, J. G. Oh. 2012. Distribution of Birds in the Jeju Seonheul Gotjawal Region, a Survey Site of Long-term Ecological Study. Journal of Korean Nature 5(2): 115-119.

강창완, 강희만, 김완병, 김은미, 박찬열, 지남준. 2009. 제주조류도감. 제주특별자치도·제주야생동물연구센터·국립산림과학원난대림연구소·제주지역환경기술개발센터.

권영수, 김미란, 유정칠. 2006. 국립공원 소매물도의 조류상. 한국조류학회지 13(2): 137-143.

김동원. 2009. 봄철 하태도의 조류 번식 및 이동양상. 한국조류학회지 16(2): 93-106.

김성현, 大西敏一, 山田浩司, 渡辺靖夫, 越山洋三, 三島隆伸, 猪狩敦史. 가을철 어청도의 매목(Falconiformes)의 이동 양상. 2010a. 한국조류학회지 11(1): 37-44.

김성현, 三島隆伸, 猪狩敦史, 박진영, 김진한, 허위행, 한상훈. 2011a. 가을철 소청도를 통과하는 수리과(Accipitridae) 조류의 이동 현황. 한국조류학회지 18(1): 35-41.

김연수. 2006. 참매의 국내 첫 번식기록. 한국야생조류협회지 3(1): 35-38.

김완병, 김병수, 김태욱. 2013. 2012한라산국립공원자연자원조사(조류). 제주특

별자치도한라산연구소: 231-263.
김완병, 김은미, 김병수, 오홍식, 김원택. 2004. 제주도 돈내코와 한남리 시험림의 조류상. 한국조류학회지 11(1): 33-39.
김완병. 김영호, 오홍식. 2011b. 제주도의 조류목록. 한국조류학회지 18(1): 93-113.
김완병. 2000. 천미천의 야생조류. 한라일보사. 한라산학술대탐사 천미천보고서: 160-175.
김완병. 2001. 효돈천의 야생조류. 한라일보사. 한라산학술대탐사 효돈천: 206-223.
김완병. 2003. 한천의 야생조류. 한라일보사. 한라산학술대탐사 한천: 200-215.
김완병. 2011. 옹포천 주변 마을의 자연과 생활문화-동물자원. 제주고고학연구소. 옹포천보고서: 43-68.
김완병. 2013a. 광령천의 원류를 찾아서: 광령천 일대에 서식하는 조류 분포 특성. 제주특별자치도민속자연사박물관 광령천학술조사보고서: 123-144.
김완병. 2013b. 제주도에 분포하는 맹금류(매목 Falconiformes)의 분포 특성. 제주특별자치도민속자연사박물관 2012 박물관연보 4: 191-209.
김완병. 2014. 중문천의 원류를 찾아서: 중문천에 서식하는 야생조류의 분포 특성. 제주특별자치도민속자연사박물관 중문천 학술조사보고서: 123-144
김완병. 2015. 창고천의 원류를 찾아서: 연외천 일대에 서식하는 조류 분포 특성. 제주특별자치도민속자연사박물관 창고천 학술조사보고서: 155-170.
김은미, 박찬열, 강창완. 2010b. 최근 3년간 제주도에 도래한 법적보호조류의 출현 현황. 한국조류학회지 17(3): 259-273.
김은미, 오장근, 강창완. 2007. 한반도 남부 지역에서 힝둥새(Anthus hodgsoni)에 대한 첫 번식기록. 한국조류학회지 14(2): 157-159.
박행신, 김원택. 1981. 제주도 산림조류 조사(Ⅰ). 제주대학교논문집 13: 151-165.
박행신, 김원택. 1983. 제주도 조류의 지역별 분포. 제주대학교논문집 16: 175-186.
박행신. 1976. 제주도의 하계조류조사, 제대교양논문집 5: 205-217.

박행신. 1984. 한라산 북사면 산림조류의 군집구조에 관한 연구, 제주대학교논문집 10: 165-171.

박행신. 1989. 제주시 3대 하천의 조류상. 제주시.

소대진, 박행신. 1987. 한라산 산림조류의 군집에 관한 연구. 제주대학교과학교육연구소과학교육 4: 93-126.

윤원석·박행신. 1986. 한라산 남사면의 조류 군집 구조에 관한 연구. 제주대학교과학교육연구소과학교육 3: 37-66.

제주도민속자연사박물관. 1995. 제주도 담수어류.

최영복, 채희영, 김성현. 2009. 전남 홍도를 통과하는 벌매 *Pernis ptilorhynchus*의 이동양상. 한국환경생태학회지 23(1): 50-55.

제주도내 서식하는 노루 먹이식물의 현존량 조사

오장근, 이규진[1], 김현철, 신창환[2], 이일환[2], 조수언[2], 이윤영[3], 문형태[2]*
세계유산·한라산연구원, [1]생태계순환연구소, [2]공주대학교 생물학과,
[3]황학산수목원

요 약

본 연구에서는 제주도내 서식하는 노루의 적정 서식밀도를 파악하기 위해 제주도를 대표하는 산림을 대상으로 노루 먹이식물 및 먹이식물의 현존량을 추정하고자 하였다.

조사결과, 각 조사지소에서 섭식이 확인된 먹이식물은 61과 121속 173분류군이 확인되었다. 제주도 산림을 대상으로 섭식이 가능한 노루 먹이식물의 현존량은 총 122,251.84 ton으로 추정되었으며, 이중 한라산국립공원에서 12,468.34ton, 한라산국립공원 외 지역에서 109,783.50ton으로 확인되었다. 노루의 섭식 습성을 고려해 볼 때, 관목 및 초본성 식물의 섭식 가능한 식물 부위별 현존량은 총 48,467.90ton으로 추정되었으며, 이중 한라산국립공원에서 4,259.04ton, 한라산국립공원 외 지역에서 44,208.86ton으로 확인되었다.

서 론

생동물은 생활여건의 개선야으로 생태관광자원으로서 높은 경제적 부가가치를 창출할 수 있는 중요한 자원으로 활용될 수 있다. 제주도내 대표적인 야

* 교신저자 ; 전화: 041-850-8499, e-mail: htmun@kongju.ac.kr

생동물로 사슴과(Cervidae)에 속하는 노루를 들 수 있다.

제주도에 서식하는 노루는 관찰되지 않을 정도로 개체수가 극소수였으나 1980년대 민관군 합동으로 노루 보호운동을 전개하면서 제주도 전역에서 노루의 목견이나 배설물 등의 흔적이 흔하게 관찰될 정도로 개체수가 증가하였다(오장근 등, 2009). 개체수의 증가로 인한 영역다툼과 먹이경쟁 등으로 최근 제주도 전역으로 분포지역이 확산되었고, 분포지역 확산으로 인해 농작물 피해, 로드킬에 의한 교통사고 유발 등의 경제적 손실이 발생하고 있으며, 노루의 탈각 및 섭식 활동으로 인해 산림의 건전성에 영향을 미치는 등 인간과의 마찰이 빈번하게 발생되고 있는 실정이다.

노루에 의한 농작물 피해를 줄이기 위하여 제주특별자치도에서는 지난 2013년 7월 1일부터 2016년 6월 30일까지 한시적 유해동물로 지정하여 해발 400m 이하 지역에 서식하면서 농작물 피해를 주는 노루에 한하여 포획하고 있는 실정이다. 그러나 제주도내 서식하는 노루의 생태에 관한 연구는 일부 진행되고 있을 뿐 수용 가능한 적정 개체 밀도 및 관리방안에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 제주도 산림내 노루 먹이식물을 파악하고 현존량을 추정함으로써 제주도내 서식하는 노루의 적정 서식밀도를 파악하는데 있어 기초자료를 얻기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사지소

1-1. 일반 현황

제주도는 우리나라에서 가장 큰 섬으로서 한반도에서 가장 남쪽에 위치하고 있다. 한라산(해발 1,950m)를 중심으로 동서간 폭은 73.1㎞, 남북간 거리는 40.9㎞로서 동북동 방향으로 신장된 타원형의 형태를 하고 있다. 제주도 면적은 약 1,849㎢이며, 산림이 가장 넓은 면적(약 888.74㎢)을 차지하고 있다. 제주도는 아열대성 기후대에 속하며, 사면이 바다로 둘러싸여 있는 화산섬이다. 또한, 쓰시마난류의 영향을 받고 있으며, 연중 습윤한 해양성 기후 특성을 보

인다. 제주도내 30년간(1981～2010년) 평균 기온은 15.9℃, 연평균 강수량은 1,632.6㎜이었으며, 최근(2015년)의 평균 기온은 16.1℃, 강수량은 1,886.7㎜로 확인되었다.

표 1. 제주도 1981～2010년 연평균 기후 현황

구 분	평균기온 (℃)	월 평균 최고기온(℃)	월 평균 최저기온(℃)	강수량 (mm)
제주(청)	15.8	29.8	3.2	1,497.6
고산(기)	15.6	29.1	3.8	1,142.8
서귀포(기)	16.6	30.1	3.6	1,923.0
성산(기)	15.4	29.5	2.0	1,966.8
평 균	15.9	29.6	3.2	1,632.6

표 2. 제주도 2015년 연평균 기후 현황

구 분	평균기온 (℃)	월 평균 최고기온(℃)	월 평균 최저기온(℃)	강수량 (mm)
제주(청)	16.7	29.3	4.7	1,728.3
고산(기)	15.6	28.6	4.2	1,546.4
서귀포(기)	16.7	29.0	4.9	2,583.8
성산(기)	15.7	29.3	2.5	2,496.1
평 균	16.2	29.1	4.1	2,088.7

* 청 ; 지방청, 기 ; 기상대

1-2. 조사지소 선정

지역간 생물학적, 환경적 요인에 의한 출현 식물 및 현존량에 조사지소별 차이가 발생할 수 있어 이러한 차이를 최소화하기 위해 지역적 구분을 통한 제주도 산림을 대표할 수 있는 낙엽활엽수림, 상록활엽수림, 상록침엽수림, 침활혼효림을 대상으로 조사지소를 선정하였다. 한라산국립공원(20개소), 곶자왈 지역(4개소), 그 외 산림 지역(17개소)을 대상으로 영구방형구(20m×20m) 총 41개소를 설정하였다(그림 1, 표 3).

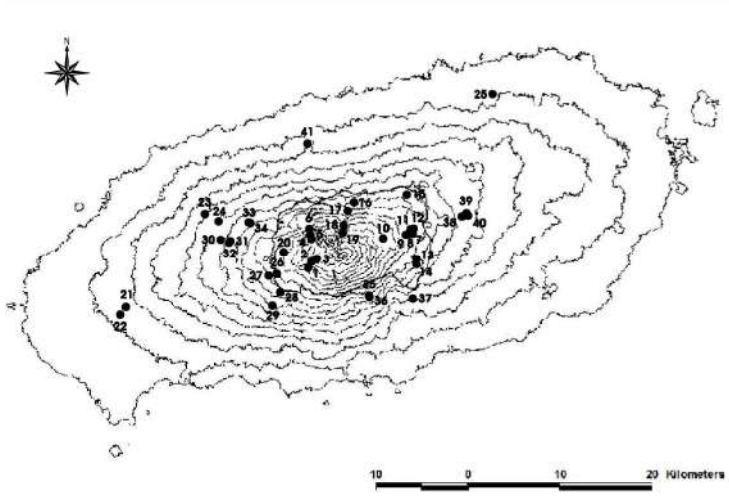


그림 1. 조사지소 현황

표 3. 조사지소별 위치 및 식생유형 현황

No.	좌 표	식생유형	No.	좌 표	식생유형
1	33° 21′ 00.3″ N, 126° 29′ 45.4″ E	EC	22	33° 18′ 10.0″ N, 126° 16′ 38.0″ E	EB
2	33° 21′ 21.7″ N, 126° 29′ 59.9″ E	BD	23	33° 24′ 06.7″ N, 126° 22′ 30.3″ E	EC
3	33° 22′ 29.7″ N, 126° 29′ 58.6″ E	SB	24	33° 23′ 41.0″ N, 126° 23′ 27.5″ E	BD
4	33° 22′ 41.6″ N, 126° 29′ 58.5″ E	EC	25	33° 31′ 12.9″ N, 126° 42′ 35.9″ E	EB
5	33° 22′ 52.0″ N, 126° 29′ 55.0″ E	BD	26	33° 20′ 35.8″ N, 126° 27′ 37.4″ E	BD
6	33° 23′ 17.3″ N, 126° 29′ 49.5″ E	BD	27	33° 20′ 29.8″ N, 126° 26′ 59.5″ E	BD
7	33° 23′ 02.9″ N, 126° 37′ 02.4″ E	BD	28	33° 19′ 31.0″ N, 126° 27′ 49.3″ E	BD
8	33° 23′ 01.2″ N, 126° 36′ 46.8″ E	BD	29	33° 18′ 44.6″ N, 126° 27′ 16.1″ E	BD
9	33° 22′ 57.6″ N, 126° 36′ 33.4″ E	BD	30	33° 22′ 37.0″ N, 126° 23′ 37.1″ E	BD
10	33° 22′ 42.1″ N, 126° 35′ 01.9″ E	BD	31	33° 22′ 30.3″ N, 126° 24′ 17.5″ E	EC
11	33° 23′ 17.2″ N, 126° 36′ 57.9″ E	BD	32	33° 22′ 29.0″ N, 126° 24′ 15.9″ E	EC
12	33° 23′ 19.5″ N, 126° 37′ 06.7″ E	BD	33	33° 23′ 38.1″ N, 126° 25′ 35.9″ E	BD
13	33° 21′ 30.7″ N, 126° 37′ 20.3″ E	BD	34	33° 23′ 37.4″ N, 126° 25′ 39.1″ E	BD
14	33° 21′ 13.5″ N, 126° 37′ 18.6″ E	BD	35	33° 19′ 20.1″ N, 126° 33′ 59.7″ E	BD
15	33° 25′ 18.3″ N, 126° 36′ 38.0″ E	BD	36	33° 19′ 15.6″ N, 126° 34′ 03.1″ E	BD
16	33° 24′ 52.2″ N, 126° 32′ 58.5″ E	BD	37	33° 19′ 11.1″ N, 126° 31′ 01.8″ E	MSH
17	33° 24′ 20.2″ N, 126° 32′ 33.0″ E	BD	38	33° 24′ 01.4″ N, 126° 40′ 29.6″ E	BD
18	33° 23′ 25.7″ N, 126° 32′ 14.6″ E	EC	39	33° 24′ 13.0″ N, 126° 40′ 50.0″ E	EC
19	33° 23′ 07.5″ N, 126° 32′ 09.4″ E	EC	40	33° 24′ 08.0″ N, 126° 40′ 55.0″ E	EC
20	33° 21′ 51.7″ N, 126° 28′ 03.6″ E	BD	41	33° 28′ 17.8″ N, 126° 29′ 39.4″ E	EC
21	33° 18′ 36.6″ N, 126° 17′ 00.7″ E	EB	-	-	-

* BD ; 낙엽활엽수림, EB ; 상록활엽수림, EC ; 상록침엽수림, MSH ; 침활혼효림, SB ; 조릿대군락

1-3. 실험구 설정

식생유형(낙엽활엽수림 26개소, 상록활엽수림 4개소, 상록침엽수림 9개소, 침활혼효림 1개소)별 실험구(영구방형구 20m×20m) 선정시 노루의 섭식흔적, 배설물 및 목견 지역을 중심으로 관목 및 초본층내 식물의 출현 밀도가 균질한 지역내 실험구를 설정하였다. 또한 실험구내 노루의 침입으로 인한 먹이식물의 섭식을 방지하기 위해 실험구 경계지역에 침입방지망을 설치하였다(그림 2).



그림 2. 상록활엽수림내 영구방형구(좌), 낙엽활엽수림내 영구방형구(우)

1-4. 대조구 설정

노루의 섭식 패턴 및 먹이식물을 파악하기 위해 실험구(No. 1, 8, 25, 28, 32, 37)와 인접한 지역에 대조구 6개소(낙엽활엽수림 2개소, 상록활엽수림 1개소, 상록침엽수림 2개소, 침활혼효림 1개소)를 선정하였으며, 실험구내 출현하는 식물을 고려하여 밀도가 유사한 지역을 대조구로 설정하였다.

2. 현존량 추정

2-1. 수확대상 식물 선정 및 출현 식물종 정리

조사지소별 출현 식물종 수확은 관목 및 초본층으로 층위를 구분하여 각 층내 분포하는 목본 및 초본성 식물을 구분하여 수확하였다. 관목층내 분포하는 목본성 식물은 일반적으로 수고 3~5m 이하의 줄기와 가지가 구별이 확실하지 않는 작은 나무를 통칭하나, 수고 3~5m 이하의 식물을 대상으로 수확

하여 단위면적당 현존량을 추정할 경우 노루의 섭식행동을 고려해 볼 때 과대 추정될 수 있다. 따라서 관목층내 출현하는 목본성 식물의 경우 노루(성체기준)의 섭식 가능한 높이(약 1.5m)를 고려하여 수고 약 2m 이하의 식물종을 대상으로 수확하였다(그림 3).

또한 노루는 주로 먹이식물의 잎 부위를 주로 섭식하기 때문에(김과 김, 2001), 출현 식물종 수확시 목본성 식물의 경우 기관별(잎+가지, 줄기)로 구분하여 수확하였으며, 초본성 식물의 경우 지하부를 제외한 지상부를 수확하였다.

식물종의 분류와 동정은 이우철(1996a, b)에 따랐으며, 누락된 종은 이창복(2003)을 참고하였다. 학명은 국가생물종지식정보시스템(http://www.nature.go.kr)의 식물표준목록을 활용하였다. 산림청 지정 희귀식물은 산림청(2008), 식물구계학적 특정식물종은 환경부와 국립환경과학원(2006) 등의 보고를 기준으로 하였다.

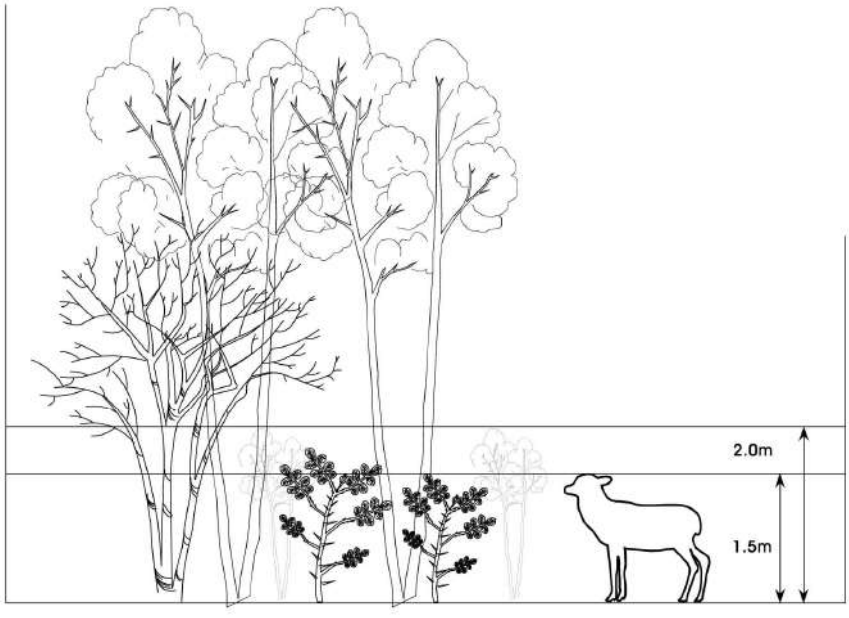


그림 3. 노루의 섭식 가능한 식물의 수고

2-2. 수확법

영구방형구내 소형방형구(2m×2m) 2개를 설치하여 식물의 생육이 가장 왕

성한 시기(8월과 9월)에 소형방형구내 목본 및 초본성 식물을 수확하였다(그림 4, 5).



그림 4. 상록활엽수림내 소형방형구 수확 전(좌), 수확 후(우)



그림 5. 수확법을 이용한 소형방형구내 목본 및 초본성 식물 채취

2-3. 산림식생 유형별 현존량 추정

소형방형구내 목본 및 초본성 식물은 채취시 섭식유무 및 식물종별로 구분하고 실험실로 운반 하여 건조, 칭량한 후 단위면적(ha)으로 환산하였다. 단위면적당 현존량(ton/ha)은 제주도내 활엽수림, 침엽수림, 혼효림의 전체 면적을 적용하여 한라산 국립공원, 곶자왈 및 그 외 산림지역의 산림을 대상으로 하는 출현식물, 먹이식물의 현존량을 추정하였다.

제주도 전체 산림 면적은 산림청 통계연보를 기준으로 활엽수림 30,538ha, 침엽수림 23,341ha, 혼효림 11,089ha로 적용하였다(산림청. 2015).

표 4. 한라산국립공원의 주요 식물 군락별 분포 면적

식 생 명	분포면적 (ha)	비율 (%)	주요 구성종
초지 및 암반	389.714	2.5	제주조릿대, 털새, 김의털 등
관목림	778.482	5.1	산철쭉, 털진달래, 눈향나무 등
침엽수림	2,715.644		
구상나무림	795.316	5.2	구상나무, 사스래나무 등
소나무림	1,324.375	8.6	소나무, 졸참나무, 서어나무 등
곰솔림	464.287	3.0	곰솔
삼나무림	131.666	0.9	삼나무
낙엽활엽수림	11,206.983	73.1	졸참나무, 서어나무, 신갈나무 등
상록활엽수림	157.097	1.0	구실잣밤나무, 붉가시나무 등
기타(도로, 시설지구 등)	85.265	0.6	
합 계	15,333.185	100.0	

* 제주특별자치도 한라산연구소. 한라산국립공원 자연자원조사. 2012

결과 및 고찰

1. 식물상 현황

1-1. 조사지소내 출현 식물상

전체 조사지소(41개소)에서 관목 및 초본층내 확인된 관속식물은 72과 154속 209종 1아종 23변종 5품종으로 총 238분류군이 확인되었다(표 5, 부록 1).

이중 한라산국립공원에서 59과 98속 122종 14변종 5품종으로 총 141분류군, 곶자왈 지역에서 34과 53속 57종 3변종 1품종으로 총 61분류군, 기타 산림지역에서 61과 115속 151종 1아종 15변종 4품종으로 총 171분류군이 각각 확인되었다(부록 1).

조사지소별 관목층 및 초본층내 출현하는 식물종은 기타 산림지역에서 높게 나타났으며, 조사지소별 식물종의 차이는 각 조사지소별 입지여건의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

표 5. 조사지소내 식물 종조성

구 분	과	속	종	아종	변종	품종	계
양치식물	6	15	30	-	1	-	31
나자식물	1	1	1	-	-	-	1
피자식물							
단자엽식물	8	25	34	-	4	1	39
쌍자엽식물	57	113	144	1	18	4	167
총 계	72	154	209	1	23	5	238

1-2. 조사지소내 노루 먹이식물

전체 조사지소내 확인된 관속식물상 중 노루에 의한 섭식이 확인된 식물은 총 61과 121속 148종 1아종 20변종 4품종으로 총 173분류군이 확인되었다(표 6, 부록 1).

이중 한라산국립공원에서 50과 78속 89종 14변종 4품종으로 총 107분류군, 곶자왈 지역에서 27과 37속 40종 3변종으로 총 43분류군, 기타 산림지역에서 52과 91속 113종 1아종 12변종 3품종으로 총 129분류군이 각각 확인되었다(부록 1).

표 6. 조사지소내 노루 먹이식물 종조성

구 분	과	속	종	아종	변종	품종	계
양치식물	1	2	2	-	-	-	2
나자식물	1	1	1	-	-	-	1
피자식물							
단자엽식물	7	20	26	-	3	-	29
쌍자엽식물	52	98	119	1	17	4	141
총 계	61	121	148	1	20	4	173

2. 특정 식물종

2-1. 산림청 지정 희귀식물

전체 조사지소에서 확인된 관속식물 중 관목층 및 초본층내 분포하는 산림

청 지정 희귀식물중 멸종위기종 등급(CR, Critically endangered species)은 목련 1분류군, 위기종 등급(EN, Endangered sp.)은 나도고사리삼 1분류군, 취약종 등급(VU, Vulnerable sp.)은 거꾸리개고사리, 주목, 새우난초, 백량금 4분류군, 약관심종 등급(LC, Least concerned sp.)은 골고사리, 사철란, 개족도리풀, 수정난풀 4분류군이 확인되었다. 이중 섭식이 확인된 산림청 지정 희귀식물은 주목, 사철란 등 6분류군으로 확인되었다(표 7).

표 7. 산림청 지정 희귀식물 목록

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	종합	비고
고사리삼과 (Ophioglossaceae)							
Ophioglossum vulgatum L.	나도고사리삼		●		●	●	EN
꼬리고사리과 (Aspleniaceae)							
Asplenium scolopendrium L.	골고사리				●	●	LC
Athyrium reflexipinnum Hayata	거꾸리개고사리				●	●	VU
주목과 (Taxaceae)							
Taxus cuspidata Siebold & Zucc.	주목	○	●		●	●	VU
난초과 (Orchidaceae)							
Goodyera schlechtendaliana Rchb. F.	사철란	○	●			●	LC
Calanthe discolor Lindl.	새우난초	○		●		●	VU
쥐방울덩굴과 (Aristolochiaceae)							
Asarum maculatum Nakai	개족도리풀	○	●		●	●	LC
목련과 (Magnoliaceae)							
Magnolia kobus DC.	목련	○	●			●	CR
노루발과 (Pyrolaceae)							
Monotropa uniflora L.	수정난풀		●			●	LC
자금우과 (Myrsinaceae)							
Ardisia crenata Sims.	백량금	○	●		●	●	VU

* St.A ; 한라산국립공원, St.B ; 곶자왈 지역, St.C ; 기타 산림지역

2-2. 식물구계학적 특정종

전체 조사지소에서 확인된 관속식물 중 관목층 및 초본층내 분포하는 식물구계학적 특정종은 Ⅴ등급 5분류군, Ⅳ등급 6분류군, Ⅲ등급 28분류군, Ⅱ등급 5분류군, Ⅰ등급 37분류군이 확인되었다. 이중 섭식이 확인된 식물구계학적 특정종은 Ⅴ등급 3분류군, Ⅳ등급 2분류군, Ⅲ등급 20분류군, Ⅱ등급 3분류군, Ⅰ

등급 23분류군으로 확인되었다(표 8).

표 8. 식물구계학적 특정식물 목록

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	종합	등급
석송과 (Lycopodiaceae)							
Lycopodium chinense H. Christ	다람쥐꼬리		●			●	Ⅱ
고사리삼과 (Ophioglossaceae)							
Ophioglossum vulgatum L.	나도고사리삼		●		●	●	Ⅲ
잔고사리과 (Dennstaedtiaceae)							
Microlepia strigosa (Thunb.) C. Presl	돌토끼고사리				●	●	Ⅳ
Lemmaphyllum microphyllum C. Presl	콩짜개덩굴			●		●	Ⅰ
면마과 (Aspidiaceae)							
Polystichum lepidocaulon (Hook). J. Sm.	더부살이고사리			●		●	Ⅴ
Cyrtomium caryotideum var. *coreanum* Nakai	참쇠고비				●	●	Ⅰ
Rumohra aristata (G. Forst.) Tindale	가는쇠고사리		●			●	Ⅳ
Arachniodes sporadosora (Kunze) Nakaike	좀쇠고사리			●	●	●	Ⅳ
Arachniodes rhomboidea (Wall. ex Presl) Ching	쇠고사리		●			●	Ⅰ
Arachniodes tandishii (T. Moore) Ohwi	일색고사리				●	●	Ⅲ
Dryopteris erythrosora (D. C. Eaton) Kuntze	홍지네고사리		●		●	●	Ⅰ
넉줄고사리과 (Davalliaceae)							
Thelypteris glanduligera (Kunze) Ching	사다리고사리				●	●	Ⅰ
꼬리고사리과 (Aspleniaceae)							
Asplenium scolopendrium L.	골고사리				●	●	Ⅲ
Athyrium reflexipinnum Hayata	거꾸리개고사리				●	●	Ⅴ
주목과 (Taxaceae)							
Taxus cuspidata Siebold & Zucc.	주목	○	●		●	●	Ⅱ
벼과 (Gramineae)							
Lophatherum gracile Brongn.	조릿대풀	○	●		●	●	Ⅰ
천남성과 (Araceae)							
Arisaema ringens (Thunb.) Schott	큰천남성		●		●	●	Ⅰ
백합과 (LiLiaceae)							
Veratrum oxysepalum Turcz.	박새		●			●	Ⅱ
Hosta minor (Baker.) Nakai	좀비비추	○			●	●	Ⅰ
난초과 (Orchidaceae)							
Goodyera velutina Maxim. ex Regel	털사철란	○	●		●	●	Ⅲ
Goodyera maximowicziana Makino	섬사철란	○	●		●	●	Ⅲ
Goodyera macrantha Maxim.	붉은사철란	○			●	●	Ⅲ
Calanthe discolor Lindl.	새우난초	○		●		●	Ⅴ

표 8. 계속

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	종합	등급
참나무과 (Fagaceae)							
Quercus glauca Thunb.	종가시나무	○		●		●	Ⅰ
Quercus salicina Blume	참가시나무	○		●	●	●	Ⅲ
느릅나무과 (Ulmaceae)							
Aphananthe aspera (Thunb.) Planch.	푸조나무		●			●	Ⅰ
쐐기풀과 (Urticaceae)							
Nanocnide japonica Blume	나도물통이	○			●	●	Ⅰ
Elatostema densiflorum Franch. & Sav.	몽울풀	○			●	●	Ⅳ
쥐방울덩굴과 (Aristolochiaceae)							
Asarum maculatum Nakai	개족도리풀	○	●		●	●	Ⅰ
석죽과 (Caryophyllaceae)							
Pseudostellaria coreana (Nakai) Ohwi	참개별꽃	○	●		●	●	Ⅱ
미나리아재비과 (Ranunculaceae)							
Aconitum longecassidatum Nakai	흰진범		●			●	Ⅲ
Aconitum jaluense Kom.	투구꽃	○			●	●	Ⅰ
Cimicifuga acerina (Siebold & Zucc.) Miq.	개승마	○			●	●	Ⅲ
으름덩굴과 (Lardizabalaceae)							
Stauntonia hexaphylla (Thunb.) Decne.	멀꿀	○	●		●	●	Ⅲ
목련과 (Magnoliaceae)							
Magnolia kobus DC.	목련	○	●			●	Ⅴ
Kadsura japonica (L.) Dunal	남오미자	○		●		●	Ⅲ
녹나무과 (Lauraceae)							
Machilus thunbergii Siebold & Zucc.	후박나무	○			●	●	Ⅰ
Machilus japonica Siebold & Zucc.	센달나무			●		●	Ⅲ
Neolitsea sericea (Blume) Koidz.	참식나무		●	●	●	●	Ⅰ
Neolitsea aciculata (Blume) Koidz.	새덕이	○	●			●	Ⅲ
Litsea japonica (Thunb.) Juss.	까마귀쪽나무	○		●	●	●	Ⅲ
범의귀과 (Saxifragaceae)							
Hydrangea petiolaris Shiebold & Zucc.	등수국	○	●		●	●	Ⅲ
Schizophragma hydrangeoides Siebold & Zucc.	바위수국	○	●	●	●	●	Ⅲ
조록나무과 (Hamamelidaceae)							
Distylium racemosum Siebold & Zucc.	조록나무	○		●		●	Ⅲ
장미과 (Rosaceae)							
Rubus buergeri Miq.	겨울딸기	○			●	●	Ⅲ
Prunus pendula for. *ascendens* (Makino.) Kitam.	올벚나무	○	●		●	●	Ⅰ
콩과 (Leguminosae)							
Maackia fauriei (H. Lév.) Takeda	솔비나무		●		●	●	Ⅳ

표 8. 계속

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	종합	등급
운향과 (Rutaceae)							
Zanthoxylum ailanthoides Siebold & Zucc.	머귀나무				●	●	Ⅲ
Orixa japonica Thunb.	상산				●	●	Ⅰ
대극과 (Euphorbiaceae)							
Daphniphyllum macropodum Miq.	굴거리나무		●	●	●	●	Ⅲ
Mallotus japonicus (L. f.) Müll. Arg.	예덕나무	○	●		●	●	Ⅰ
Mercurialis leiocarpa Siebold & Zucc.	산쪽풀	○			●	●	Ⅲ
감탕나무과 (Aquifoliaceae)							
Ilex macropoda Miq.	대팻집나무	○			●	●	Ⅰ
Ilex crenata Thunb.	꽝꽝나무	○	●		●	●	Ⅲ
노박덩굴과 (Celastraceae)							
Euonymus fortunei var. *radicans* (Siebold & Miq.) Rehder	줄사철나무	○	●		●	●	Ⅰ
단풍나무과 (Aceraceae)							
Acer palmatum Thunb.	단풍나무	○	●			●	Ⅲ
나도밤나무과 (Sabiaceae)							
Meliosma myriantha Siebold & Zucc.	나도밤나무	○	●			●	Ⅰ
Meliosma oldhamii Maxim.	합다리나무		●			●	Ⅰ
포도과 (Vitaceae)							
Cayratia japonica (Thunb.) Gagnep.	거지덩굴	○		●		●	Ⅰ
차나무과 (Theaceae)							
Camellia japonica L.	동백나무			●		●	Ⅰ
Eurya japonica Thunb.	사스레피나무	○	●	●	●	●	Ⅰ
제비꽃과 (Violaceae)							
Viola violacea Makino	자주잎제비꽃	○	●		●	●	Ⅰ
Viola ovato-oblonga (Miq.) Mikino	긴잎제비꽃	○			●	●	Ⅰ
보리수나무과 (Elaeagnaceae)							
Elaeagnus macrophylla Thunb.	보리밥나무	○		●	●	●	Ⅰ
바늘꽃과 (Onagraceae)							
Circaea cordata Royle	쇠털이슬	○		●		●	Ⅰ
두릅나무과 (Araliaceae)							
Hedera rhombea (Miq.) Siebold & Zucc. ex Bean	송악	○	●	●	●	●	Ⅰ
Dendropanax morbifera H. Lév.	황칠나무		●	●		●	Ⅲ
층층나무과 (Coraceae)							
Aucuba japonica Thunb.	식나무			●		●	Ⅰ
노루발과 (Pyrolaceae)							
Monotropa uniflora L.	수정난풀		●			●	Ⅰ
진달래과 (Ericaceae)							

표 8. 계속

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	종합	등급
Vaccinium oldhami Miq.	정금나무	○			●	●	Ⅰ
자금우과 (Myrsinaceae)							
Ardisia crenata Sims.	백량금	○	●		●	●	Ⅲ
Ardisia japonica (Thunb.) Blume	자금우	○	●	●	●	●	Ⅰ
물푸레나무과 (Oleaceae)							
Ligustrum ovalifolium Hassk.	왕쥐똥나무	○		●	●	●	Ⅲ
마편초과 (Verbenaceae)							
Callicarpa mollis Siebold & Zucc.	새비나무	○			●	●	Ⅲ
꿀풀과 (Labiatae)							
Teucrium veronicoides Maxim.	곽향	○	●			●	Ⅱ
쥐꼬리망초과 (Acanthaceae)							
Strobilanthes oligantha Miq.	방울꽃	○			●	●	Ⅴ
꼭두서니과 (Rubiaceae)							
Mitchella undulata Siebold & Zucc.	호자덩굴	○	●			●	Ⅲ
박과 (Cucurbitaceae)							
Gynostemma pentaphyllum (Thunb.) Makino	돌외	○	●	●	●	●	Ⅰ
초롱꽃과 (Campanulaceae)							
Peracarpa carnosa var. *circaeoides* (F. Schmidt ex Miq.) Makino	홍노도라지	○	●			●	Ⅳ
국화과 (Compositae)							
Ainsliaea apiculata Sch. Bip.	좀딱취	○			●	●	Ⅰ

* St.A ; 한라산국립공원, St.B ; 곶자왈 지역, St.C ; 기타 산림 지역

3. 출현식물 및 먹이식물의 단위면적당 현존량

3-1. 출현식물의 단위면적당 현존량

제주도 산림의 관목 및 초본층내 출현하는 식물의 현존량을 파악하기 위해 2015년 3월부터 2015년 10월까지 조사한 결과, 전체 조사지소(41개소)에서 관목 및 초본층내 출현식물의 단위면적당 평균 현존량은 5.08ton/ha로 추정되었다(표 9). 이중 초본층에서 출현하는 식물의 단위면적당 평균 현존량이 전체 현존량의 약 69.29%(3.52ton/ha)로 대부분을 차지하고 있는 것으로 확인되었다.

조사지역별 출현하는 식물의 단위면적당 평균 현존량은 한라산국립공원에서 5.38ton/ha, 기타 산림지역에서 5.15ton/ha, 곶자왈지역에서 3.41ton/ha 순으로 확인되었다(표 9). 이러한 차이는 조사 지역별 입지여건에 의한 환경 및 생물학적 요인에 따른 출현 식물종의 다양성에 기인하는 것으로 판단된다. 조

사 결과, 한라산국립공원에서 초본층내 제주조릿대, 곶자왈 지역에서 초본층내 관중, 더부살이고사리, 좀쇠고사리 등과 같은 양치식물, 기타 산림 지역에 관목층내 꽝꽝나무, 새비나무, 비목나무 등의 출현 밀도가 높게 나타났다. 이에 한라산국립공원, 곶자왈 지역에서 전체 출현식물 중 초본층내 분포하는 초본성 식물의 단위면적당 평균 현존량은 각각 약 73.79%(3.97ton/ha), 약 49.85%(1.70ton/ha), 기타 산림 지역에서 전체 출현식물 중 관목층내 분포하는 목본성 식물의 단위면적당 평균 현존량은 약 52.62%(2.71ton/ha)를 차지하고 있는 것으로 확인되었다.

표 9. 조사지소별 관목 및 초본층내 출현 식물의 단위면적당 현존량

구 분		단위면적당 현존량(ton/ha)					
		관목층		초본층			합계
		목본성 식물		목본성 식물		초본성 식물	
		잎+가지	줄기	잎+가지	줄기		
한라산 국립공원	낙엽활엽수림	0.31	0.64	0.28	0.65	2.76	4.64
	상록침엽수림	-	-	0.01	0.01	6.60	6.62
	조릿대군락	-	-	-	-	11.50	11.50
	평 균	0.23	0.48	0.21	0.49	3.97	5.38
곶자왈 지역	상록활엽수림	0.27	0.66	0.15	0.35	1.81	3.24
	상록침엽수림	0.18	0.85	0.44	1.03	1.36	3.86
	평 균	0.25	0.71	0.23	0.52	1.70	3.41
기타 산림 지역	낙엽활엽수림	0.84	2.54	0.38	0.89	1.12	5.77
	상록침엽수림	0.29	1.34	0.33	0.73	1.76	4.45
	침활혼효림	0.24	0.51	0.31	0.71	0.15	1.92
	평 균	0.65	2.06	0.36	0.83	1.25	5.15
평 균		0.40	1.16	0.27	0.63	2.62	5.08

3-2. 노루 먹이식물의 단위면적당 현존량

제주도 산림의 관목 및 초본층내 출현하는 노루 먹이식물의 현존량을 파악하기 위해 2015년 3월부터 2015년 10월까지 조사한 결과, 전체 조사지소(41개소)에서 관목 및 초본층내 노루 먹이식물의 단위면적당 평균 현존량은 1.48ton/ha로 추정되었다(표 10). 이중 관목 및 초본층에서 출현하는 목본성

식물의 단위면적당 평균 현존량이 전체 현존량의 약 83.78%(1.24ton/ha)로 대부분을 차지하고 있는 것으로 확인되었다.

조사 지역별 노루 먹이식물의 단위면적당 평균 현존량은 곶자왈 지역에서 2.38ton/ha, 기타 산림지역에서 2.06ton/ha, 한라산국립공원에서 0.82ton/ha 순으로 확인되었다(표 10).

한라산 국립공원 외 지역(곶자왈, 기타 산림 지역)에 비해 한라산국립공원에서 노루 먹이식물의 단위면적당 평균 현존량이 낮게 나타난 것은 한라산 국립공원내 광범위하게 분포하고 있는 제주조릿대(노루의 비선호 식물)의 높은 출현 밀도에 기인하는 것으로 판단된다. 한라산국립공원내 조사지소(20개소) 중 총 12개소에서 제주조릿대의 출현이 확인되었다. 이중 낙엽활엽수림내 조사지소 15개소 중 8개소, 상록활엽수림 4개소 모두에서 제주조릿대의 출현이 확인되었다. 또한, 곶자왈 지역에서 노루 먹이식물 중 초본성 식물의 현존량이 한라산 국립공원, 기타 산림 지역에 비해 높게 나타난 것은 양치식물인 관중의 높은 출현 밀도에 기인하는 것으로 판단된다.

표 10. 조사지소별 노루 먹이식물의 단위면적당 현존량

구 분		단위면적당 현존량(ton/ha)					
		관목층		초본층			합계
		목본성 식물		목본성 식물		초본성 식물	
		잎+가지	줄기	잎+가지	줄기		
한라산 국립공원	낙엽활엽수림	0.08	0.25	0.20	0.47	0.09	1.09
	상록침엽수림	-	-	0.01	0.01	-	0.02
	조릿대군락	-	-	-	-	-	-
	평 균	0.06	0.18	0.15	0.36	0.07	0.82
곶자왈 지역	상록활엽수림	0.18	0.46	0.12	0.27	1.05	2.08
	상록침엽수림	0.18	0.85	0.32	0.74	1.19	3.28
	평 균	0.18	0.56	0.17	0.39	1.08	2.38
기타 산림 지역	낙엽활엽수림	0.19	0.51	0.29	0.67	0.21	1.87
	상록침엽수림	0.26	1.00	0.29	0.63	0.39	2.57
	침활혼효림	0.20	0.38	0.31	0.71	0.07	1.67
	평 균	0.21	0.65	0.29	0.66	0.25	2.06
평 균		0.13	0.41	0.21	0.49	0.24	1.48

4. 출현식물 및 먹이식물의 현존량

4-1. 출현식물의 현존량

전체 조사지소(41개소)에서 추정한 단위면적당 출현 식물의 현존량을 토대로 제주도 산림내 관목 및 초본층내 출현 식물의 현존량은 282,189.41ton으로 나타났다(표 11). 이중 초본층에서 출현하는 초본성 식물의 현존량은 전체 현존량의 약 39.04%(110,159.19ton)로 가장 높게 나타났다.

제주도 산림 면적의 약 78.33%를 차지하고 있는 한라산국립공원 외 지역(곶자왈, 기타 산림지역)에서 관목 및 초본층내 출현 식물의 현존량은 211,482.52ton으로 한라산국립공원 70,706.89ton에 비해 높게 나타났다(표 11).

표 11. 제주도 산림의 관목 및 초본층내 식물 현존량

구 분		현존량(ton)					합계
		관목층		초본층			
		목본성 식물		목본성 식물		초본성 식물	
		잎+가지	줄기	잎+가지	줄기		
한라산 국립공원	활엽수림	3,522.86	7,273.01	3,181.94	7,386.65	31,364.86	52,729.32
	침엽수림	-	-	27.16	27.16	17,923.25	17,977.57
	소 계	3,522.86	7,273.01	3,209.10	7,413.81	49,288.11	70,706.89
한라산 국립공원 외 지역	활엽수림	13,805.22	41,032.19	6,327.39	14,955.66	24,350.88	100,471.34
	침엽수림	5,568.85	25,987.95	7,218.87	16,087.78	34,856.85	89,720.30
	혼효림	2,661.36	5,655.39	3,437.59	7,873.19	1,663.35	21,290.88
	소 계	22,035.43	72,675.53	16,983.85	38,916.63	60,871.08	211,482.52
합 계		25,558.29	79,948.54	20,192.95	46,330.44	110,159.19	282,189.41

4-2. 노루 먹이식물 및 섭식 가능한 먹이식물 기관별 현존량

전체 조사지소(41개소)에서 추정한 단위면적당 노루 먹이식물의 현존량을 토대로 제주도 산림내 관목 및 초본층내 노루 먹이식물의 현존량은 122,251.84ton으로 나타났다(표 12). 이중 초본층에서 출현하는 목본성 식물의 현존량이 전체 현존량의 약 43.89%(53647.95ton)로 가장 높게 나타났다.

제주도 산림 면적의 약 78.33%를 차지하고 있는 한라산 국립공원 외 지역(곶자왈, 기타 산림지역)에서 관목 및 초본층내 노루 먹이식물의 현존량이

109,783.50ton으로 한라산 국립공원 12,468.34ton에 비해 높게 나타났다(표. 12).

현지조사 결과, 조사지소에서 확인된 먹이식물 중 섭식이 이루어진 식물의 기관은 잎, 가지 부위로 확인되었다. 이에 노루 먹이식물 현존량에서 노루가 선호하는 식물의 기관별(목본성식물의 잎+가지, 초본성식물) 현존량은 총 48,467.90ton으로 초본층에 전체 현존량의 75.82%(36,747.84ton)가 집중되어 있는 것으로 확인되었다.

표 12. 제주도 산림의 관목 및 초본층내 노루 먹이식물 현존량

구 분		현존량(ton)					합계
		관목층		초본층			
		목본성 식물		목본성 식물		초본성 식물	
		잎+가지	줄기	잎+가지	줄기		
한라산 국립공원	활엽수림	909.13	2,841.02	2,272.82	5,341.12	1,022.77	12,386.86
	침엽수림	-	-	27.16	27.16	27.16	81.48
	소 계	909.13	2,841.02	2,299.98	5,368.28	1,049.93	12,468.34
한라산 국립공원 외 지역	활엽수림	3,643.04	9,586.96	4,793.48	11,312.61	7,477.83	36,813.92
	침엽수림	4,950.09	20,212.85	6,187.61	12,375.21	10,725.19	54,450.95
	혼효림	2,217.80	4,213.82	3,437.59	7,873.19	776.23	18,518.63
	소 계	10,810.93	34,013.63	14,418.68	31,561.01	18,979.25	109,783.50
합 계		11,720.06	36,854.65	16,718.66	36,929.29	20,029.18	122,251.84

최근 기후 변화에 따른 한라산국립공원내의 제주조릿대 확산이 먹이식물의 현존량과 밀접한 연관성이 있으며, 한라산국립공원내 먹이식물의 감소가 제주도 전역으로 노루의 확산을 가속화 시키고 있다. 또한 기후 변화는 산림내 미기후에 영향을 미쳐 생물학적, 환경적 요인의 변화에 의해 식물의 생장에 밀접한 관련이 있다. 따라서 기후 변화에 따른 제주조릿대의 분포 확산과 산림내 생물학적, 환경적 요인의 변화가 노루 먹이식물 생장 및 현존량에 미치는 영향을 장기적으로 모니터링함으로써 지속적인 노루의 관리방안에 대한 모색이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

제주도내 서식하는 노루 먹이식물의 현존량 조사를 원활하게 진행할 수 있도록 식물 분류 및 동정에 많은 도움을 주신 세계유산·한라산연구원 김대신 연구사님과 문명옥 박사님께 진심으로 감사드립니다.

인용문헌

국가생물종지식정보시스템. http://www.nature.go.kr

기상청. http://www.kma.go.kr

김지은, 김문홍. 노루(*Capreolus pygarus tianschanicus*)가 선호하는 한라산의 자생식물 조사. 2001. 제주대학교 기초과학연구소 논문집. 14(1):63～72.

산림청. 2015. 임업통계연보.

산림청 국립수목원. 2008. 한국 희귀식물 목록집. 332p.

오장근, 박성욱, 변희수, 진승환, 고석형, 조병창, 이창흡, 김철수. 2009. 노루밀도조사 ('01～'09) - 제주도 전역에 분포하는 노루 개체수 조사. 제주특별자치도환경자원연구원보 제2권. pp. 152～167.

이우철. 1996a. 원색한국기준식물도감. 아카데미서적. 서울. 624p.

이우철. 1996b. 한국식물명고 (Ⅰ)·(Ⅱ). 아카데미서적. 서울. 2383p.

이창복. 2003. 원색 대한식물도감(상, 하). 향문사. 서울.

제주특별자치도 한라산연구소. 한라산국립공원 자연자원조사. 2012. pp. 90～91.

환경부·국립환경과학원. 2006. 제3차 전국자연환경조사 지침(식물상). pp. 114～155.

Standing Biomass on the Food plants of Roe Deer(*Capreolus pygarus tianschanicus*) in Jeju Special Self-Governing Province

Jang-Geun Oh[1)], Kyu-Jin Lee[2)], Hyoun-Chol Kim[1)], Chang-Hwan Shin[3)], Il-Hwan Lee[3)], Su-Eon Jo[3)], Yoon-Young Lee[4)], Hyeong-Tae Mun[*3)]

World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute[1)], Ecosystem Cycle Institute[2)], Department of Biology, Kongju National University[3)], Hwanghaksan Arboretum[4)]

Summary

This study focuses on investigating the diversity of the plants that the roe-deer(*Capreolus pygarus tianschanicus*) can feed on and standing biomass to estimate the optimal habitat density of the roe-deer on Jeju Special Self-Governing Province.

As the result, the feeding damages by the roe-deer were observed in 173 species of 121 genera in 61 families from 41 study areas (each area 20×20 meters) on Jeju Special Self-Governing Province. The estimated standing biomass of the plants that the roe-deer can feed is, in total, 122,251.84 ton. Among the total standing biomass of the plants, 12,468.34 ton(ca. 10.2%) was distributed in Hallasan National Park, and the rest portion of the standing biomass (10,983.50 ton, ca. 89.8%) was distributed in other study areas. With consideration that the roe-deer feed on only the green leaves and twigs, the total standing biomass of the edible portions in 48,467.90 ton : 4,259.04 ton in Hallasan National Park, and 44,208.86 ton in other study areas on Jeju Special Self-Governing Province.

부록 1. 조사지소내 분포하는 식물목록

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
석송과 (Lycopodiaceae)							
Lycopodium serratum THUNB.	뱀톱		●		●		
Lycopodium chinense H. Christ	다람쥐꼬리		●				Ⅱ
고사리삼과 (Ophioglossaceae)							
Ophioglossum vulgatum L.	나도고사리삼		●		●	EN	Ⅲ
Botrychium ternatum (Thunb.) Lyon	고사리삼		●		●		
Botrychium japonicum (Prantl) Lyon	산꽃고사리삼		●		●		
잔고사리과 (Dennstaedtiaceae)							
Dennstaedtia hirsuta (Sw.) Mett. ex Miq.	잔고사리				●		
Microlepia strigosa (Thunb.) C. Presl	돌토끼고사리				●		Ⅳ
Deparia japonica (Thunb.) M. Kato	진고사리		●	●	●		
Deparia kiusiana (Koidz.) M. Kato	털진고사리			●			
Lemmaphyllum microphyllum C. Presl	콩짜개덩굴			●			Ⅰ
면마과 (Aspidiaceae)							
Polystichum lepidocaulon (Hook). J. Sm.	더부살이고사리			●			Ⅴ
Polystichum tripteron (Kunze) C. Presl	십자고사리	○	●		●		
Cyrtomium caryotideum var. *coreanum* Nakai	참쇠고비				●		Ⅰ
Rumohra aristata (G. Forst.) Tindale	가는쇠고사리		●				Ⅳ
Arachniodes sporadosora (Kunze) Nakaike	좀쇠고사리			●	●		Ⅳ
Arachniodes rhomboidea (Wall. ex Presl) Ching	쇠고사리		●				Ⅰ
Arachniodes tandishii (T. Moore) Ohwi	일색고사리				●		Ⅲ
Dryopteris crassirhizoma Nakai	관중	○	●	●	●		
Dryopteris uniformis (Makino) Makino	곰비늘고사리		●	●	●		
Dryopteris varia (L.) Kuntze	족제비고사리		●				
Dryopteris chinensis (Baker) Koidz.	가는잎족제비고사리				●		
Dryopteris bissetiana (Baker) C. Chr.	산족제비고사리		●		●		
Dryopteris saxifraga H. Ito	바위족제비고사리		●		●		
Dryopteris erythrosora (D. C. Eaton) Kuntze	홍지네고사리		●		●		Ⅰ
넉줄고사리과 (Davalliaceae)							
Thelypteris glanduligera (Kunze) Ching	사다리고사리				●		Ⅰ
Thelypteris japonica (Bake) Ching	지네고사리		●		●		
Thelypteris acuminata (Houtt.) Morton	별고사리			●			Ⅰ
꼬리고사리과 (Aspleniaceae)							
Asplenium scolopendrium L.	골고사리				●	LC	Ⅲ
Athyrium reflexipinnum Hayata	거꾸리개고사리				●	VU	Ⅴ

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
Athyrium yokoscense (Franch. & Sav.) Christ	뱀고사리		●				
Athyrium vidalii (Franch. & Sav.) Nakai	산개고사리		●		●		
주목과 (Taxaceae)							
Taxus cuspidata Siebold & Zucc.	주목	○	●		●	VU	Ⅱ
벼과 (Gramineae)							
Sasa palmata (Bean) E. G. Camus	제주조릿대		●		●		
Agrostis clavata var. *nukabo* Ohwi	겨이삭	○			●		
Bromus pauciflorus (Thunb.) Hack.	꼬리새	○		●			
Poa sphondylodes Trin.	포아풀			●			
Lophatherum gracile Brongn.	조릿대풀	○	●		●		Ⅰ
Diarrhena japonica (Franch. & Sav.) Franch. & Sav.	용수염	○	●		●		
Arundinella hirta (Thunb.) Tanaka	새				●		
Oplismenus undulatifolius (Are.) P. Beauv.	주름조개풀	○	●	●	●		
Oplismenus undulatifolius var. *japonicus* (Steud.) Koidz.	민주름조개풀	○	●		●		
Miscanthus sinensis Andersson	참억새	○		●			
사초과 (Cyperaceae)							
Carex lanceolata Boott	그늘사초	○	●		●		
Carex ciliatomarginata Nakai	털대사초	○			●		
Carex aphanolepis Franch. & Sav.	골사초				●		
천남성과 (Araceae)							
Arisaema ringens (Thunb.) Schott	큰천남성		●		●		Ⅰ
Arisaema robustum (Engl.) Nakai	넓은잎천남성		●		●		
Arisaema peninsulae Nakai	점박이천남성		●		●		
Arisaema amurense for. *serratum* (Nakia) Kitag.	천남성		●	●	●		
닭의장풀과 (Commelinaceae)							
Commelina communis L.	닭의장풀	○		●			
백합과 (LiLiaceae)							
Veratrum nigrum var. *ussuriense* Lose. f.	참여로				●		
Veratrum oxysepalum Turcz.	박새		●				Ⅱ
Hosta minor (Baker.) Nakai	좀비비추	○			●		Ⅰ
Asparagus schoberioides Kunth	비짜루	○			●		
Polygonatum lasianthum Maxim.	죽대	○	●				
Smilacina japonica A. Gray	풀솜대	○	●		●		
Disporum sessile D. Don	윤판나물아재비	○	●		●		
Disporum smilacinum A. Gray	애기나리	○	●		●		
Liriope platyphylla F. T. Wang & T. Tang	맥문동	○	●		●		

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
Ophiopogon japonicus (L. f). Ker Gawl.	소엽맥문동	○	●	●	●		
Smilax riparia var. *ussuriensis* (Regel) Hara & T. Koyama	밀나물	○	●		●		
Smilax china L.	청미래덩굴	○	●	●	●		
Smilax sieboldii Miq.	청가시덩굴	○	●		●		
마과 (dioscoreaceae)							
Dioscorea japonica Thunb.	참마	○	●	●	●		
Dioscorea batatas Decne.	마	○	●	●	●		
생강과 (Zingiberaceae)							
Zingiber mioga (Thunb.) Roscoe.	양하	○			●		
난초과 (Orchidaceae)							
Goodyera velutina Mamim. ex Regel	털사철란	○	●		●		Ⅲ
Goodyera schlechtendaliana Rchb. F.	사철란	○	●			LC	
Goodyera maximowicziana Makino	섬사철란	○	●		●		Ⅲ
Goodyera macrantha Maxim.	붉은사철란	○			●		Ⅲ
Calanthe discolor Lindl.	새우난초	○		●		VU	V
자작나무과 (Betulaceae)							
Betula ermani var. *saitoana* Hatus.	좀고채목	○	●				
Carpinus tschonoskii Maxim.	개서어나무	○	●		●		
Carpinus laxiflora (Siebold & Zucc.) Blume	서어나무	○	●		●		
참나무과 (Fagaceae)							
Quercus mongolica Fisch. ex Ledeb.	신갈나무	○	●				
Quercus serrata Murray	졸참나무	○	●		●		
Quercus mongolica var. *crispula* (Blume) H. Ohashi	물참나무	○	●				
Quercus glauca Thunb.	종가시나무	○		●			I
Quercus salicina Blume	참가시나무	○		●	●		Ⅲ
느릅나무과 (Ulmaceae)							
Zelkova serrata (Thbun.) Makino	느티나무	○	●		●		
Celtis sinensis Pers.	팽나무	○			●		
Celtis jessoensis Koidz.	풍게나무				●		
Aphananthe aspera (Thunb.) Planch.	푸조나무		●				I
뽕나무과 (Moraceae)							
Cudrania tricuspidata (Carr.) Bureau ex Lavaljlee	꾸지뽕나무	○		●			
Morus bombycis Koidz.	산뽕나무	○	●		●		
Morus bombycis for. *kase* Uyeki.	가새뽕나무	○	●		●		
쐐기풀과 (Urticaceae)							
Urtica thunbergiana Siebold & Zucc.	쐐기풀			●			

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
Nanocnide japonica Blume	나도물통이	○			●		Ⅰ
Elatostema densiflorum Franch. & Sav.	몽울풀	○			●		Ⅳ
Boehmeria nivea (L.) Gaudich.	모시풀		●				
Boehmeria platanifolia Franch. & Sav.	개모시풀	○			●		
쥐방울덩굴과 (Aristolochiaceae)							
Asarum maculatum Nakai	개족도리풀	○	●		●	LC	Ⅰ
마디풀과 (Polygonaceae)							
Bistorta globispica Nakai	둥근범꼬리	○	●				
Persicaria filiforme (Thunb.) Nakai ex Mori	이삭여뀌	○	●	●	●		
Persicaria sagittata (L.) H. Gross	미꾸리낚시				●		
Persicaria muricata (Meisn.) Nemoto	넓은잎미꾸리낚시	○			●		
Persicaria hydropiper (L.) Delarbre	여뀌	○	●		●		
Persicaria longiseta (Bruijn) Kitag.	개여뀌	○	●		●		
비름과 (Amaranthaceae)							
Achyranthes japonica (Miq.) Nakai	쇠무릎	○		●	●		
석죽과 (Caryophyllaceae)							
Pseudostellaria heterophylla (Miq.) Pax	개별꽃	○	●		●		
Pseudostellaria coreana (Nakai) Ohwi	참개별꽃	○	●		●		Ⅱ
미나리아재비과 (Ranunculaceae)							
Clematis terniflora var. *mandshurica* (Rupr.) Ohwi	으아리	○	●		●		
Clematis apiifolia DC.	사위질빵	○			●		
Hepatica asiatica Nakai	노루귀	○			●		
Hepatica insularis Nakai	새끼노루귀	○			●		
Aconitum longecassidatum Nakai	흰진범		●				Ⅲ
Aconitum jaluense Kom.	투구꽃	○			●		Ⅰ
Cimicifuga acerina (Siebold & Zucc.) Miq.	개승마	○			●		Ⅲ
으름덩굴과 (Lardizabalaceae)							
Akebia quinata (Houtt.) Decne.	으름덩굴	○	●	●	●		
Stauntonia hexaphylla (Thunb.) Decne.	멀꿀	○	●		●		Ⅲ
방기과 (Menispermaceae)							
Menispermum dauricum DC.	새모래덩굴	○			●		
Cocculus trilobus (Thunb.) DC.	댕댕이덩굴	○	●		●		
목련과 (Magnoliaceae)							
Magnolia sieboldii K. Koch	함박꽃나무		●				
Magnolia kobus DC.	목련	○	●			CR	Ⅴ
Kadsura japonica (L.) Dunal	남오미자	○		●			Ⅲ

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
녹나무과 (Lauraceae)							
Lindera erythrocarpa Makino	비목나무	○	●	●	●		
Cinnamomum yabunikkei H. Ohba	생달나무		●	●	●		Ⅲ
Machilus thunbergii Siebold & Zucc.	후박나무	○			●		Ⅰ
Machilus japonica Siebold & Zucc.	센달나무			●			Ⅲ
Neolitsea sericea (Blume) Koidz.	참식나무		●	●	●		Ⅰ
Neolitsea aciculata (Blume) Koidz.	새덕이	○	●				Ⅲ
Litsea japonica (Thunb.) Juss.	까마귀쪽나무	○		●	●		Ⅲ
범의귀과 (Saxifragaceae)							
Chrysosplenium grayanum Maxim.	괭이눈	○			●		
Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser.	수국	○	●				
Hydangea serrata for. *acuminata* (Siebold & Zucc.) E. H. Wilson	산수국	○	●		●		
Hydrangea petiolaris Shiebold & Zucc.	등수국	○	●		●		Ⅲ
Schizophragma hydrangeoides Siebold & Zucc.	바위수국	○	●	●	●		Ⅲ
Ribes fasciculatum var. *chinense* Maxim	까마귀밥나무	○	●				
조록나무과 (Hamamelidaceae)							
Distylium racemosum Siebold & Zucc.	조록나무	○		●			Ⅲ
장미과 (Rosaceae)							
Stephanandra incisa (Thunb.) Zabel	국수나무	○	●	●	●		
Duchesnea indica (Andr.) Focke	뱀딸기	○	●				
Rubus buergeri Miq.	겨울딸기	○			●		Ⅲ
Rubus crataegifolius Bunge	산딸기	○	●		●		
Rubus parvifolius L.	멍석딸기	○	●	●			
Rubus oldhamii Miq.	줄딸기	○	●	●	●		
Agrimonia pilosa Ledeb.	짚신나물	○		●			
Rosa multiflora Thunb.	찔레꽃	○	●		●		
Prunus pendula for. *ascendens* (Makino.) Kitam.	올벚나무	○	●		●		Ⅰ
Prunus serrulata var. *spontanea* (Maaxim.) E. H. Wilson	벚나무	○	●				
Prunus sargentii Rehder	산벚나무	○	●				
Pourthiaea villosa (Thunb.) Decne.	윤노리나무	○			●		
Sorbus alnifolia (Siebold & Zucc.) C. Koch	팥배나무	○	●				
콩과 (Leguminosae)							
Albizzia julibrissin Durazz.	자귀나무	○			●		
Maackia fauriei (H. Lév.) Takeda	솔비나무		●		●	특	Ⅳ
Desmodium fodocarpum var. *mandshuricum* Maxim	애기도둑놈의갈고리	○	●				
Desmodium podocarpum DC.	개도둑놈의갈고리	○	●				

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
운향과 (Rutaceae)							
Zanthoxylum piperitum (L.) DC.	초피나무	○			●		
Zanthoxylum schinifolium Siebold & Zucc.	산초나무	○			●		
Zanthoxylum ailanthoides Siebold & Zucc.	머귀나무				●		Ⅲ
Orixa japonica Thunb.	상산				●		Ⅰ
대극과 (Euphorbiaceae)							
Daphniphyllum macropodum Miq.	굴거리나무		●	●	●		Ⅲ
Mallotus japonicus (L. F.) Mull. Arg.	예덕나무	○	●		●		Ⅰ
Sapium japonicum (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm.	사람주나무	○	●		●		
Mercurialis leiocarpa Siebold & Zucc.	산쪽풀	○			●		Ⅲ
옻나무과 (Anacardiaceae)							
Rhus javanica L.	붉나무				●		
감탕나무과 (Aquifoliaceae)							
Ilex macropoda Miq.	대팻집나무	○			●		Ⅰ
Ilex crenata Thunb.	꽝꽝나무	○	●		●		Ⅲ
노박덩굴과 (Celastraceae)							
Euonymus fortunei var. *radicans* (Siebold & Miq.) Rehder	줄사철나무	○	●		●		Ⅰ
Euonymus alatus (Thunb.) Siebold	화살나무	○			●		
Euonymus hamiltonianus Wall.	참빗살나무				●		
Celastrus orbiculatus Thunb.	노박덩굴	○			●		
고추나무과 (Staphyleaceae)							
Staphylea bumalda DC.	고추나무	○	●				
단풍나무과 (Aceraceae)							
Acer pictum subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi	고로쇠나무	○			●		
Acer palmatum Thunb.	단풍나무	○	●				Ⅲ
Acer pseudosieboldianum (Pax.) Kom.	당단풍나무	○	●				
나도밤나무과 (Sabiaceae)							
Meliosma myriantha Siebold & Zucc.	나도밤나무	○	●				Ⅰ
Meliosma oldhamii Maxim.	합다리나무		●				Ⅰ
갈매나무과 (Rhamnaceae)							
Rhamnella frangulioides (Maxim.) Weberb.	까마귀베개	○	●		●		
포도과 (Vitaceae)							
Vitis thunbergii var. sinuata (Regel) H. Hara	까마귀머루	○		●	●		
Vitis flexosa Thunb.	새머루	○			●		
Ampelopsis heterophylla (Thunb.) Siebold & Zucc.	개머루	○	●	●	●		
Parthenocissus tricuspidata (Siebold & Zucc.) Planch.	담쟁이덩굴	○	●	●	●		

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
Cayratia japonica (Thunb.) Gagnep.	거지덩굴	○		●			I
다래나무과 (Actinidiaceae)							
Actinidia polygama (Siebold & Zucc.) Planch. ex Maxim.	개다래	○			●		
Actinidia arguta (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq.	다래	○			●		
차나무과 (Theaceae)							
Camellia japonica L.	동백나무			●			I
Eurya japonica Thunb.	사스레피나무	○	●	●	●		I
제비꽃과 (Violaceae)							
Viola dissecta var. *chaerophylloides* (Regel) F. Maek. ex Hara	남산제비꽃	○	●		●		
Viola rossii Hemsl.	고깔제비꽃	○			●		
Viola mandshurica W. Becker	제비꽃	○	●		●		
Viola variegata Fisch. ex Link var. *variegata*	알록제비꽃	○			●		
Viola selkirkii Pursh ex Goldie	뫼제비꽃	○	●		●		
Viola violacea Makino	자주잎제비꽃	○	●		●		I
Viola grypoceras A. Gray	낚시제비꽃	○	●	●	●		
Viola ovato-oblonga (Miq.) Mikino	긴잎제비꽃	○			●		I
Viola verecunda A. Gray	콩제비꽃	○	●		●		
보리수나무과 (Elaeagnaceae)							
Elaeagnus umbellata Thunb.	보리수나무	○	●	●	●		
Elaeagnus macrophylla Thunb.	보리밥나무	○		●	●		I
박쥐나무과 (Alangiaceae)							
Alangium platanifolium var. *trilobum* (Miq.) Ohwi	박쥐나무	○	●		●		
바늘꽃과 (Onagraceae)							
Circaea cordata Royle	쇠털이슬	○		●			I
Circaea mollis Siebold & Zucc.	털이슬	○	●		●		
두릅나무과 (Araliaceae)							
Hedera rhombea (Miq.) Siebold & Zucc. ex Bean	송악	○	●	●	●		I
Dendropanax morbifera H. Lév.	황칠나무		●	●			Ⅲ
Kalopanax pictus (Thunb.) Koidz.	음나무	○	●				
Aralia elata (Miq.) Seem.	두릅나무	○	●		●		
산형과 (Umbelliferae)							
Pimpinella brachycarpa (Kom.) Nakai	참나물				●		
Pimpinella gustavohegiana Koidz.	노루참나물				●		
층층나무과 (Coraceae)							
Aucuba japonica Thunb.	식나무			●			I
Cornus macrophylla Wall.	곰의말채나무	○	●				

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
노루발과 (Pyrolaceae)							
Monotropa uniflora L.	수정난풀		●			LC	I
진달래과 (Ericaceae)							
Vaccinium oldhami Miq.	정금나무	○			●		I
자금우과 (Myrsinaceae)							
Ardisia crenata Sims.	백량금	○	●		●	VU	Ⅲ
Ardisia japonica (Thunb.) Blume	자금우	○	●	●	●		I
앵초과 (Primulaceae)							
Lysimachia japonica Thunb.	좀가지풀	○	●		●		
노린재나무과 (Symplocaceae)							
Symplocos chinensis for. *pilosa* (Nakai) Ohwi	노린재나무	○	●				
때죽나무과 (Styracaceae)							
Styrax japonica Siebold & Zucc.	때죽나무		●		●		
물푸레나무과 (Oleaceae)							
Ligustrum ovalifolium Hassk.	왕쥐똥나무	○		●	●		Ⅲ
Ligustrum obtusifolium Siebold & Zucc.	쥐똥나무	○	●	●	●		
Ligustrum obtusifolium var. *regelianum* Rehder	털쥐똥나무	○		●			
용담과 (Gentianaceae)							
Gentiana scabra Bung	용담	○			●		
협죽도과 (Apocynaceae)							
Trachelospermum asiaticum (Siebold & Zucc.) Nakai	마삭줄	○	●	●	●		
박주가리과 (Asclepiadaceae)							
Metaplexis japonica (Thunb.) Makino	박주가리			●			
마편초과 (Verbenaceae)							
Callicarpa japonica Thunb.	작살나무	○	●		●		
Callicarpa mollis Siebold & Zucc.	새비나무	○			●		Ⅲ
Clerodendron trichotomum Thunb.	누리장나무	○	●		●		
꿀풀과 (Labiatae)							
Ajuga decumbens Thunb.	금창초	○			●		
Teucrium veronicoides Maxim.	곽향	○	●				Ⅱ
Scutellaria indica L.	골무꽃	○			●		
Scutellaria fauriei H. Lév. & Vaniot	그늘골무꽃	○	●				
Agastache rugosa (Fisch. & Mey.) Kuntze	배초향	○			●		
Clinopodium gracile var. *multicaule* (Maxim.) Ohwi	탑꽃	○			●		
Isodon inflexus (Thunb.) Kudô	산박하	○			●		
가지과 (Solanaceae)							

학 명	국 명	섭식 유무	St.A	St.B	St.C	비고 1	비고 2
Solanum nigrum L. var.*nigrum*	까마중	○					
쥐꼬리망초과 (Acanthaceae)							
Strobilanthes oligantha Miq.	방울꽃	○			●		Ⅴ
파리풀과 (Phrymaceae)							
Phryma leptostachya var. *asiatica* H. Hara	파리풀	○	●	●	●		
꼭두서니과 (Rubiaceae)							
Paederia scandens (Lour.) Merr var. *scandens*	계요등	○	●		●		
Mitchella undulata Siebold & Zucc.	호자덩굴	○	●				Ⅲ
Rubia chinensis Regel & Maack var. *chinensis*	큰꼭두서니				●		
인동과 (Caprifoliaceae)							
Viburnum erosum Thunb.	덜꿩나무	○	●		●		
Viburnum dilatatum Thunb.	가막살나무	○	●		●		
Lonicera japonica Thunb.	인동덩굴	○	●		●		
박과 (Cucurbitaceae)							
Trichosanthes kirilowii Maxim.	하늘타리	○		●			
Gynostemma pentaphyllum (Thunb.) Makino	돌외	○	●	●	●		Ⅰ
초롱꽃과 (Campanulaceae)							
Peracarpa carnosa var. *circaeoides* (F. Schmidt ex Miq.) Makino	홍노도라지	○	●				Ⅳ
Codonopsis lanceolata (Siebold & Zucc.) Benth. & Hook. F. ex Trautv.	더덕	○	●				
국화과 (Compositae)							
Carpesium abrotanoides L.	담배풀	○			●		
Ainsliaea apiculata Sch. Bip.	좀딱취	○			●		Ⅰ
Eupatorium japonicum Thunb.	등골나물	○	●				

* 1) St.A ; 한라산국립공원, St.B ; 곶자왈 지역, St.C ; 기타 산림 지역

2) 비고 1 ; 산림청 지정 희귀식물, 비고 2 ; 식물구계학적 특정종

부록 2. 조사지소별 현황

	
No_1	No_2
	
No_3	No_4
	
No_5	No_6

부록 2. 계속

	
No_7	No_8
	
No_9	No_10
	
No_11	No_12

부록 2. 계속

	
No_13	No_14
	
No_15	No_16
	
No_17	No_18

부록 2. 계속

	
No_19	No_20
	
No_21	No_22
	
No_23	No_24

부록 2. 계속

	
No_25	No_26
	
No_27	No_28
	
No_29	No_30

부록 2. 계속

	
No_31	No_32
	
No_33	No_34
	
No_35	No_36

부록 2. 계속

	
No_37	No_38
	
No_39	No_40
	
No_41	

수종의 고산식물에 대한 항균활성 탐색

김현철*, 김종갑, 김도은[1)], 최고봉[1)], 권난희[1)], 송진영[1)], 김태근[1)], 송창길[1)], 정세호
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원
[1)]제주대학교 농학과

요 약

본 연구는 고산식물인 구상나무, 시로미, 섬매발톱나무 등을 이용하여 친환경 농자재로 개발하기 위한 기초자료를 제공하고자 수용성 추출액 농도에 따른 검은무늬병, 갈색잎마름병, 검은점무늬병 등 작물 병원균에 대해 생장을 조사하였다.

검정식물별에 따른 수용성 추출액 농도가 증가됨에 따라 작물 병원균 균사의 생장이 감소하는 경향을 보이나 공여체식물과 병원균의 종류에 따라 억제의 정도차이를 보였다. 검은무늬병인 경우 구상나무, 시로미, 사스래나무에서 농도 증가에 따라 각각 r= -0.972($p<0.01$), r= -0.965($p<0.01$), r= -0.687($p<0.01$)로 역의 상관을 보였고 갈색무늬병은 섬매발톱나무 r=-0.963($p<0.01$), 사스래나무 r=-0.956($p<0.01$), 시로미 r=-0.844($p<0.01$), 구상나무 r=-0.874($p<0.01$)로 역의 상관을 보였다. 모마름병, 모잘록병, 역병, 잿빛곰팡이병도 농도가 증가함에 따라 각각 r=-0.981~-0.705($p<0.01$), r=-0.977~-0.707($p<0.01$), r=-0.955~-0.714($p<0.01$), r=-0.932~-0.850($p<0.01$)로 역의 상관을 보였고 균핵병은 시로미, 구상나무, 섬매발톱나무에서 r=-0.611~-0.607($p<0.01$)로 역의 상관을 보였다. 100% 처리구에서 균사의 생장억제 활성은 구상나무와 시로미인 경우 모마름병, 모잘록병, 역병, 균핵병에 대해 90%의 높은 억제율을 보이는 것으로 분석되었다. 항균활성을 보이는 수용체식물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량은 좀갈매나무 13.75mg/g, 시로미 11.01mg/g, 사스래나무 10.70mg/g, 구상나무 6.04mg/g, 섬매발톱나무 5.92mg/g 순으로 조사되었고 총 플라보노이드 함량은 좀갈매나무 12.93mg/g, 사스래나무 11.27mg/g, 시로미 10.31mg/g, 구상나무 3.71mg/g, 섬매발톱나무 7.46mg/g 순으로 조사되었다

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7572, e-mail: khc4078@korea.kr

서 론

최근 환경문제는 식량문제와 직접적으로 관련되어 전 세계적으로 시선이 집중되어 있는 가운데 국내에서도 농산물에 대한 농약 잔류 문제가 꾸준히 대두되어 문제시 되고 있다. 국내 농약 사용량은 1990년대 중반 1,205kg/km^2로 OECD 회원국 중 일본에 이어 2위이며, OECD 평균 사용량 263 kg의 4.6배, 농약최소 사용국인 뉴질랜드(25kg)의 48배에 해당된다(김, 2011). 우리나라의 농약 과다 사용으로 인해 자연 환경 생태계 파괴, 지하수 오염, 농작물의 잔류 독성 및 해충의 저항성 출현 등 심각한 문제를 야기되고 있는데 2006년에 이러한 문제로 관련된 농촌진흥청 민원 접수는 연간 2만 4천 여 건이 접수 되고 있으며 접수되지 않은 민원을 포함하면 연간 4만건 수준에 이렀다(농업과학기술원, 2006). 또한 농산물 수출시 농산물에 잔류된 농약으로 인한 통관 문제와 과채류 생식에 따른 친환경 농산물에 대한 국내·외 소비자들의 요구가 점차 커짐에 따라 식물 추출물을 활용한 작물 병해충 방제기술 수요가 최근 급격히 증가하고 있으며, 이를 위한 식물 추출물별 병해충 방제 기능성에 대한 연구도 여러 분야에서 진행되고 있다(Kwon 등, 1997; Kyung 등, 1999; Kim 등, 2009; Seo 등, 2011; Kim 등, 2013; Song 등, 2013). 이는 식물체로부터 유래한 병해충 방제 유용물질은 화학합성농약의 개발에 비해 저투입개발이 가능하여 많은 연구자들은 항균활성 물질을 지닌 자생식물을 조사하고 이로부터 항균 활성 물질을 찾으려는 시도를 하였다(Park 등, 1986; Park 등, 1990; Hong 등, 1988). 그중 1988년 수박을 비롯하여 박과작물의 과일생산을 위협하는 수박 과실 썩음병균(*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*)에 대해 항균활성은 귤껍질과 붉나무(*Schlechtendalia chinensis*)이 강한 활성을 보였고(노와 최, 2015; 김과 최, 2015) 우리나라의 감자 생산에 약 10~90% 정도의 피해를 입히는 더뎅이병 병원균(*Streptomyces scabies*)에 대해서도 녹비작물 추출액이 항균활성을 보인다(박 등, 2011). 또한 일황련, 황백나무, 지모 등의 추출물도 고추역병에 방제효과가 있다고 한다. 이처럼 모든 식물 추출액으로 항균력을 검정한 결과 거의 모든 식물에 활성물이 포함되어 있고 함유되어 있는 활성물질은 식물의 분류학적 위치와 관련이 없이 서로 다른 활성을 보이며 시료의 풍건, 채취시기 및 추출방법, 작물의 병원균 종류에 따라 활성이 다르다(Gillicer, 1947).

우리나라의 자생식물는 약 4,100여 분류군이 분포하고 있고 이중 제주지역에는 1,900여 분류군이 분포하고 있어 국내에서는 식물 종 다양성이 가장 풍부한 곳으로 알려져 있다(한라산연구소, 2007). 이중 한반도에 분포하는 고산식물은 51과 175속 269종 5아종 73변종 9품종으로 보고되고 있고 남한에서 가장 높은 한라산에는 박(1942)은 79종, 정(1989)은 81종(목본 17종, 초본 84종) 이(2000)는 180종, 김(2005)은 123종(목본 18종, 초본 105종)으로 학자마다 견해 차이를 보이나 가장 높은 분포를 보인다. 이는 남한에서 가장 높은 한라산(1950m)에는 빙하기중 기후가 한랭해지면서 동북아시아로부터 유입된 식물 중 일부가 후빙기에 기온이 상승하면서 한랭한 피난처를 찾아 고지대로 이동하면서 정상일대에 격리 분포를 보이기 때문이다. 최근 기후변화에 따른 고산식물 자생지의 분포 급감과 자생식물을 이용한 산업화 연구가 진행됨에 따라 고산식물의 종보존을 위한 증식방법 도출과 유전자원확보, 새로운 소재 발굴에 따른 산업화연구 등이 진행되고 있다.

따라서 본 연구도 새로운 소재 발굴에 따른 산업화연구의 일환으로 세계유산·한라산연구원에서 증식방법이 도출된 고산식물을 대상으로 제주지역 농작물 재배 시 발생하는 병원균에 대해 in vitro상에서 항균활성 측정하여 친환경 살균제 개발 시 기초자료로 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시료채취 및 처리

검정식물(Test plants)의 선발은 아고산지역의 대표적인 수목으로 구상나무(*Abies koreana*), 시로미(*Empetrum nigrum* var. *asiaticum*), 섬매발톱나무(*Berberis amurensis* var. *quelpaertensis*), 좀갈매나무(*Rhamnus taquetii*), 사스래나무(*Betula ermani*)를 선정하였고 세계유산·한라산연구원에서 증식방법이 도출된 수종이다. 각각의 시료는 해발 1500m이상 지역인 한라산 영실 및 어리목지역에서 지상부를 채취하였고 채취된 시료는 3cm정도로 잘라 음건하여 사용하였다.

2. 수용성 추출액 준비

공여체식물의 수용성 추출액은 음지에서 건조시킨 전초를 분쇄하여 건중량 100g당 1,000㎖의 증류수를 넣어 고온가압추출(Autoclave extraction)하였다. 이 여과된 추출액을 100%로 임의로 정하여 증류수로 75%, 50%, 25%로 희석하였고 배지 제조 시 물 대신 수용성 추출액을 첨가하였으며 대조구는 24시간 전에 받아둔 증류수를 사용하였다.

3. 수용성 추출액에서의 항균실험

실험에 사용된 균은 검은무늬병(*Alternaria brassicae*), 갈색무늬병(*Rhizoctonia solani*), 모마름병(*Pythium graminicola*), 역병(*Phytophthora capsici*), 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 모잘록병(*Pythium ultimum*), 균핵병(*Sclerotinia sclerotiorum*), 검은점무늬병(*Diaporthe citri*)으로 한국농업미생물자원센터(KACC)에서 분양 받아 사용하였고 대조구의 배지는 증류수 900ml에 Potato dextrose agar 39g과 Agar 5g을 혼합하여 조성하였으며 실험구 배지는 증류수 대신 농도별 추출액을 넣어 사용하였다. 균주는 1주에서 2주 동안 배양한 후 동일한 사이즈를 얻기 위해 Cork borer(직경 8mm)를 이용하였으며 배지가 굳은 후 배양된 균주를 배지의 가운데에 접합 한 후 3~7일 동안 Colony diameter를 측정하였고 대조구에 대한 상대생장률(%)을 산출하였다.

4. 수용성 추출액에서의 총 페놀함량 분석

수용성 추출액의 총 페놀함량은 Prussian blue법(Graham, 1992)으로 3회

반복 측정하였고, 각각 시료의 수용성 추출액 100㎕에 증류수 3㎖, 0.01M $FeCl_3$/0.1N HCL 1㎖, 0.016M $K_3Fe(CN)_6$ 1㎖을 혼합하여 진탕한 후 실온에서 15분간 방치 후 stabilizer(H_2O : 1% gum arabic : 85% phosphoric acid = 3:1:1, v/v/v) 5㎖를 첨가한 후 700nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid를 이용하여 검량곡선을 작성하고 gallic acid에 대한 당량으로 환산하였다.

총 플라보노이드 함량은 동결 건조된 각 부위별 메탄올추출물 0.1 g에 Lister 등(1994)의 변형된 방법에 따라 3회 반복 측정하였고 각각 시료의 수용성추출액 100㎕를 시험관에 취하고 3㎖의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1 N NaOH 300㎕를 잘 혼합시켜 37℃의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 증류수로 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 naringin(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 표준 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

결과 및 고찰

1. 수용성 추출액에 대한 항균활성

1) 검은무늬병(*Alternaria brassicae*)

검은무늬병은 *Alternaria*균에 의해 채소, 화훼, 과수, 약초 등의 많은 작물에 수량과 상품가치를 떨어뜨리고 고온, 다습한 여름과 가을철 비가 많을 때 주로 무와 배추 등에 암갈색 내지 흑색의 작은 원형 반점을 만들어 잎 전체가 황갈색으로 변하며 말라 죽는다. 그중 *Alternaria brassica*는 무, 양배추, 배추, 갓의 잎, 줄기, 꼬투리에 발생하고 작물의 품질 저하를 가져온다. *Alternaria*균에 대해 현지 시판중인 14종의 친환경자제를 대상으로 균사생장 억제를 조사한 결과 탄저스탑, 랜드세이버, 탑시드, 벨로퍼, KO팡, 닥터프란트는 5 mm 내외로 억제율을 보였고 이중 식물추출물 제제는 탄저스탑, 랜드세이버이다(이 등, 2011). 제주지역에 분포하는 구상나무, 시로미 등 5종의 고산식물에 대해 균사생장 억제에 대해 조사한 결과 시로미 100%처리구에서 대조구에 비해

85%의 균사생장 억제를 보였고 구상나무 65%, 섬매발톱나무 22%, 사스래나무 8%, 좀갈매나무 2% 순으로 억제되는 것으로 분석되었다. 농도도 증가에 따른 억제 경향은 구상나무 r=-0.972($p<0.01$), 시로미 r=-0.965($p<0.01$), 사스래나무 r=-0.687($p<0.01$)는 감소하는 경향을 보이나 섬매발톱나무, 좀갈매나무는 농도 증가에 따른 억제의 경향을 보이지 않았다.

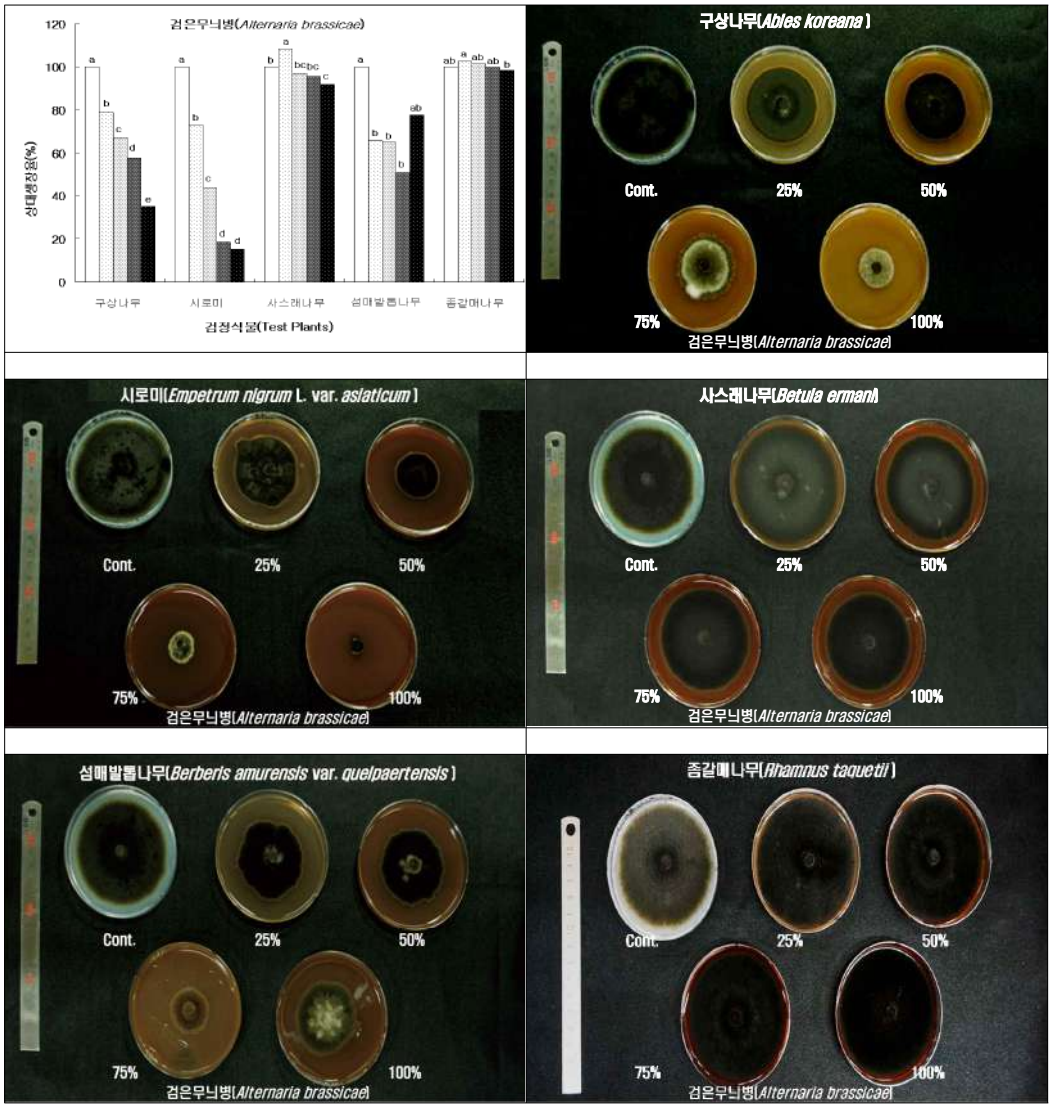


그림 1. 검은무늬병에 대한 항균활성

2) 갈색무늬병(*Rhizoctonia solani*)

해를 거듭할수록 국내의 골프인구가 차츰 증가하고 있는 추세이다. 국내의 골프장 그린에는 한지형 잔디인 Bentgrass, Fairway에는 난지형인 한국 잔디가 주로 식재되어 있는데 *Rhizoctonia solani*에 의한 피해가 나타나고 있다(KTRI, 2007). Large patch의 병원균에 감염되면 식물체내에 암모니아 축적되어 생장에 해를 미치는 등 방제에 대부분 차지하는 농약의 과다한 처리에도 불구하고 완전한 방제가 일어나지 않은 채 오히려 환경오염 의 결과를 나타나게 된다(우 등, 2011). 따라서 골프장 잔디에서 갈색무늬병을 방제할 수 있는 화학적 방제 대체법 강구를 위하여 다양한 연구들이 수행되고 있는데 목초액과 같은 천연물 제제나 길항미생물을 이용한 생물적 방제, 저항성 품종의 개발 등이 시도되고 있다(Chai 등, 2001; Geon 등, 2005; Islam 등, 2009; Jung 등, 2008). 따라서 구상나무, 시로미 등 제주지역 고산식물 수용성 추출액에 따른 갈색무늬병 균사 생장을 조사한 결과 대조구에 비해 구상나무 80%, 시로미 71%, 섬매발톱나무 63%, 사스래나무 30%의 억제률을 보였고 좀갈매나무는 억제작용을 보이지 않는 것으로 분석되었다. 농도별 억제 경향은 섬매발톱나무 $r=-0.963(p<0.01)$, 사스래나무 $r=-0.956(p<0.01)$, 시로미 $r=-0.844(p<0.01)$, 구상나무 $r=-0.874(p<0.01)$ 순으로 농도가 증가함에 따라 순차적인 감소를 보이는 것으로 분석되었다. 이는 강 등(2013)은 약용식물인 송절(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)와 측백나무(*Thuja orientalis* L.)에 추출물에 대해 균사억제를 조사한 결과 송절 50.7%, 측백나무 45.2%의 균사생장 억제 보다 구상나무, 시로미, 섬매발톱나무의 추출액이 항균활성 높은 것으로 나타났다.

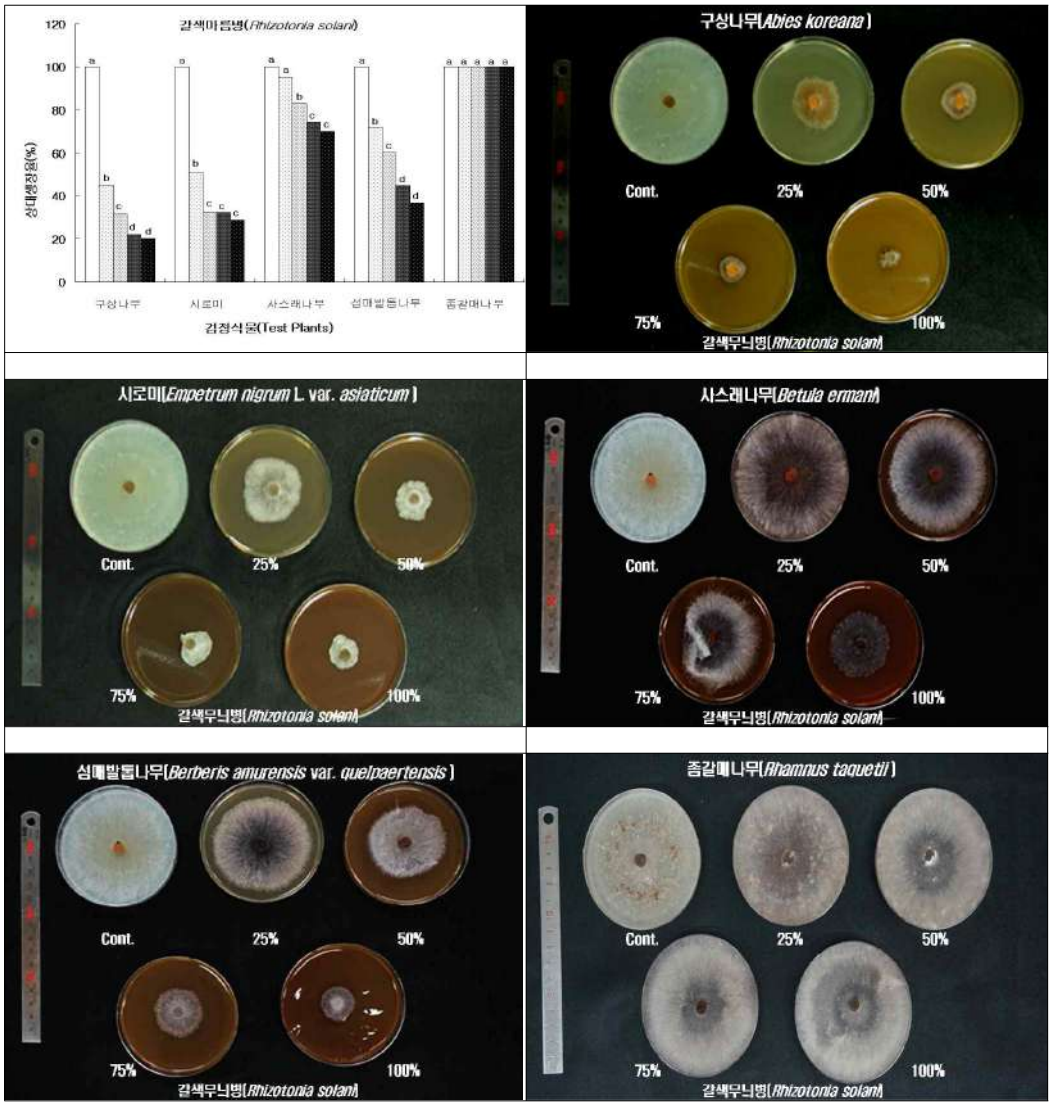


그림 2. 갈색무늬병에 대한 항균활성

3) 모마름병(*Pythium graminicola*)

Pythium spp.에 의해 화본과 작물인 잔디류에 발생하는 병에는 종자의 발아 전·후에 발생하는 모잘록병, 잎마름병, 관부썩음병, 뿌리썩음병 등이 있다. 이중 가장 문제가 되는 병은 *Pythium* spp.에 의해 발생되는 잎마름병의 일종인 피시움마름병(*Pythium blight*)으로 한지형 잔디가 있는 퍼팅 그린에 주로발생하고 수매성으로 전파되어 방제가 쉽지 않다. 현재 골프장에서는 피시움마름병을 방제하기 위해 유기 합성 살균제를 이용한 화학적방제과 경종적 방제가 주로 사용되고 있어 환경오염, 인축 독성, 저항성 병원균의 발생 등이 문제로 야기되고 있다(Nelson, 1997; Uddin와 Viji, 2002). 이러한 문제점을 보안하기 위해 친화적인 기술개발인 식물추출물, 길항미생물 등을 이용한 생물학적 방제 요소의 연구 개발이 이루어지고 있다(강 등, 2013). 따라서 본연구에서 잔디에 발생하는 모바름병의 원인균중 하나인 *Pythium graminicola*에 대한 항균활성을 탐색한 결과 검정식물 대부분이 *Pythium graminicola*에 대해 높은 항균 활성을 보였는데 구상나무, 시로미, 섬매발톱나무인 경우는 25% 처리구 이상부터 90%의 균사 억제율을 보였는데 이는 균사의 생장이 전혀 이루어지지 않는 것으로 나타났다(그림 3). 반면 사스레나무와 좀갈매나무는 25% 처리구에서 각각 51%, 21%의 억제율을 보이나 100%처리구에서는 각각 90%, 84%의 억제율을 보이는 것으로 분석되었다. 또한 농도가 증가함에 따라 균사의 생장이 역의 상관($r=-0.981\sim-0.705$($p<0.01$))을 보이는 것으로 분석되었다.

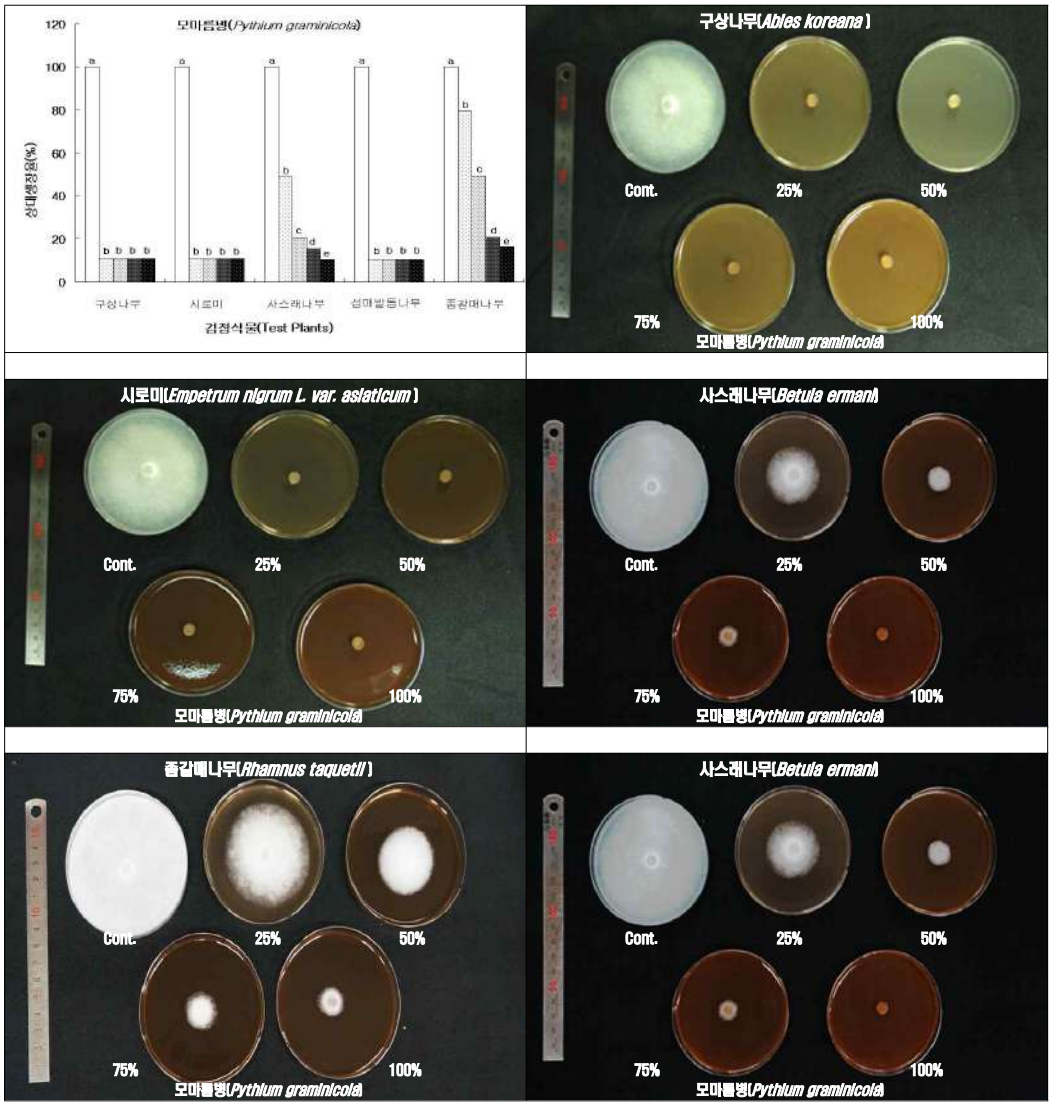


그림 3. 모마름병에 대한 항균활성

4) 모잘록병(*Pythium ultimum*)

모잘록병은 전 세계적으로 고추, 토마토, 오이, 호박 등 거의 모든 작물에 심각한 피해를 입히는 주요 병해이다. 이 병은 차고 수분이 많은 토양에서 많이 발생하는데 파종한 종자가 발아되기 전에 토양 내에서 썩거나, 종자가 발아하는 동안 또는 토양 표면으로 나온 후에 병원균의 공격을 받아서 뿌리나 줄기 부분이 물러 썩으면서 식물체가 지탱하지 못하고 쓰러지는 모잘록 증상을 나타낸다(Agrios, 2005). 모잘록병을 방제하기 위해서 적절한 토양 배수 및 관수 관리 등의 경종적 방법과 비닐 멀칭을 이용한 묘상의 태양열 소독방법, 그리고 살균제를 종자에 처리하거나 토양 소독에 이용하는 화학적 방법이 주로 사용되어왔다. 그러나 화학적 방제에 따른 환경오염, 생태계파괴 등으로 인해 최근 길항미생물, 식물 추출물 등을 이용한 환경친화적 방제가 주목 받으면서 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다(Handelsman과 Stabb, 1996; Islam과 Faruq, 2012). 따라서 모잘록병 생물학적 방제를 위한 기초자료로 제공하고자 고산식물의 수용성 추출액을 이용한 모잘록병균의 생육을 조사한 결과 구상나무와 시로미에서 25%처리구부터 균사의 생장이 이루어지지 않았고 섬매발톱나무, 사스래나무, 좀갈매나무는 대조구에 비해 각각 90%, 54%, 35%의 억제율을 보이는 것으로 분석되었다. 이중 섬매발톱나무는 대조구에 비해 25%처리구에서 22%, 50%처리구에서 85%억제율을 보이는 것으로 보아 50% 처리구부터 모잘록병 방제에 효과가 있을 것으로 판단된다. 또한 각시료별 농도가 증가됨에 따라 모잘록병 균사생장은 역의상관($r=-0.977\sim-0.707$($p<0.01$))을 보이는 것으로 분석되었다.

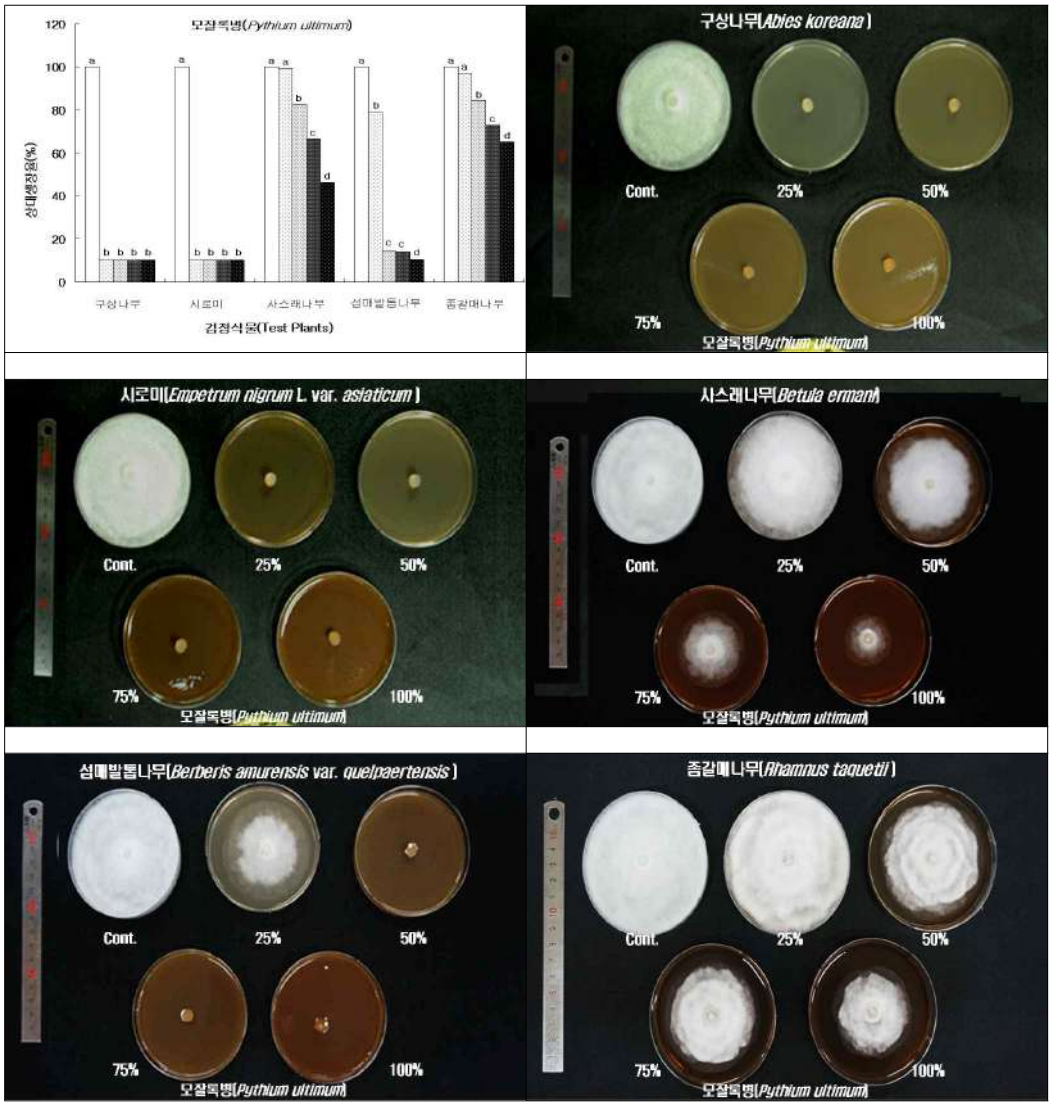


그림 4. 모잘록병에 대한 항균활성

5) 역병(*Phytophthora capsici*)

*Phytophthora capsici*는 고추의 생산량을 위협하는 중요한 병으로 매년 5% 이상 되는 발생주율을 보이고 고추 총 생산액이 1조 4500억원인 것을 감안하면 매년 고추 역병으로 인한 피해액은 최소한 7백억원에 가까울 것으로 추정하고 있으며 고추역병의 방제는 주로 유기합성 농약을 사용하여 수행되고 있다(Kim과 Park, 1988; Shin 등, 1999; Yin, 2007). 그러나 최근 고추역병에 대한 길항미생물을 이용한 미생물제제 개발에 대한 연구가 진행되고 있고 친환경농자재로 등록되어 있는 무기염류, 오일류, 식물추출물 등을 이용하여 역병 방제에 대한 효과를 조사되고 있다. 역병균에 대한 항균활성 분석결과 시로미와 구상나무는 100%처리구에서 대조구에 비해 90%억제율을 보이고 섬매발톱나무 70%, 사스래나무 58%, 좀갈매나무 11% 순으로 억제율을 보이는 것으로 분석되었다. 시료의 농도가 증가함에 따라 균사생장은 역의 상관($r=-0.955\sim-0.714$($p<0.01$))을 보이는 것으로 분석되었다(그림 4).

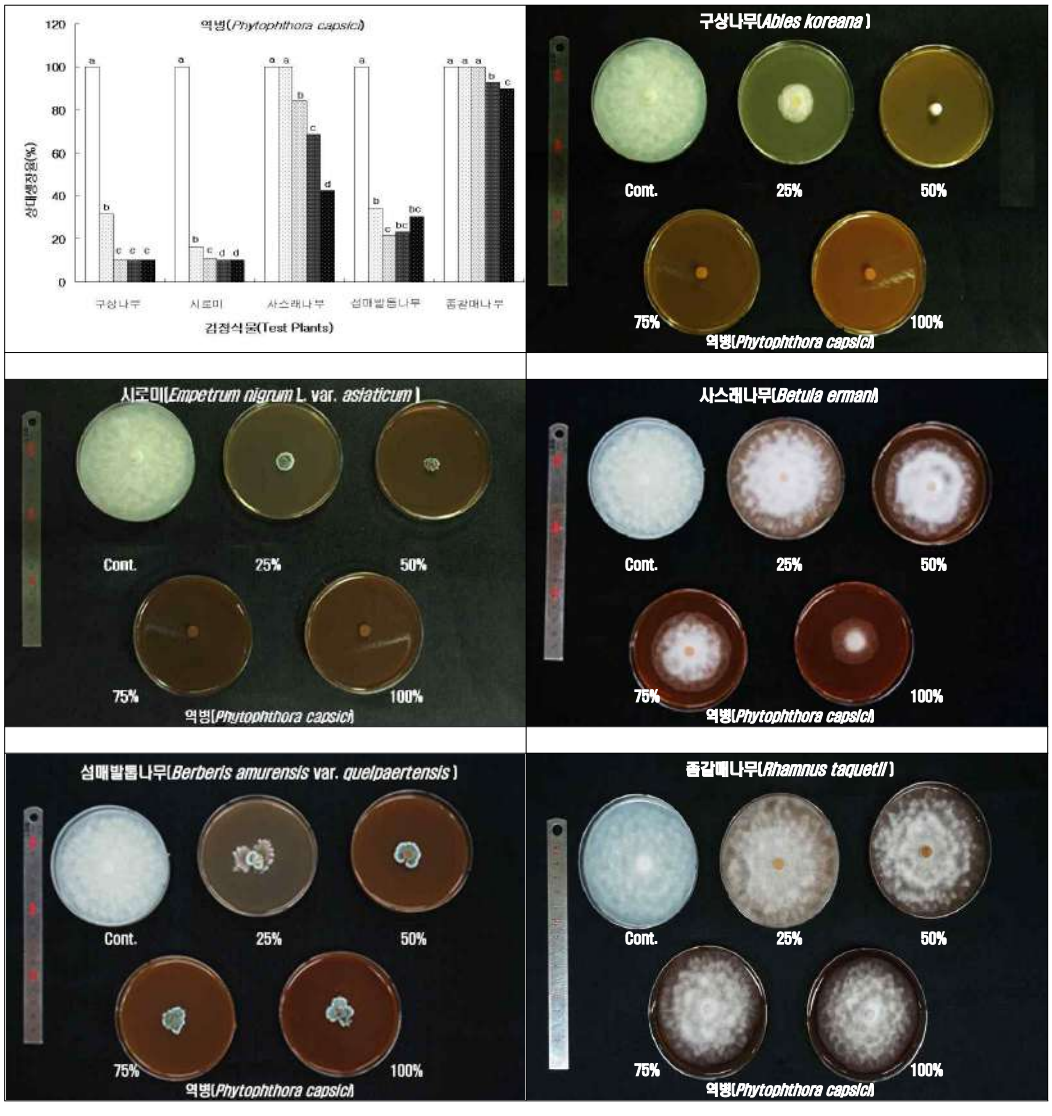


그림 5. 역병에 대한 항균활성

6) 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)

잿빛 곰팡이병(Botrytis cinerea)은 오이, 토마토, 딸기 등의 여러 작물에서 발생하고 있으며 습도가 높은 온실에서 많이 발생하고 있다. 이 병해의 방제는 주로 화학농약에 의존해 왔으나 benzimidazole계와 dicarboximide계 살균제에 대한 저항성 균이 나타나 방제 효력이 저하되었다(Delp,1988). 국내에서는 Kim 등(1995)의 보고에 따르면 benzimidazole계 및 N-phenylcarbamate계 살균제에 다중 저항성인 잿빛 곰팡이 병이 출현하였다고 하였다. Choi 등(2006)은 in vitro 살균 활성인 포자 발아 억제효과와 균사생장 억제효과는 각각 in vivo 살균 활성의 예방효과와 치료효과와 관련이 있다. 따라서 본 실험결과 대조구에 비해 시로미 59%, 섬매발톱나무 56%, 구상나무 38%, 사스래나무 16%, 좀갈매나무 10%의 억제율을 보이는 것으로 분석되었고 추출액 농도가 증가함에 따라 억제의 경향성을 역의 상관($r=-0.932\sim-0.850(p<0.01)$)을 보이나 수종에 따라 억제율을 다르게 분석되었다.

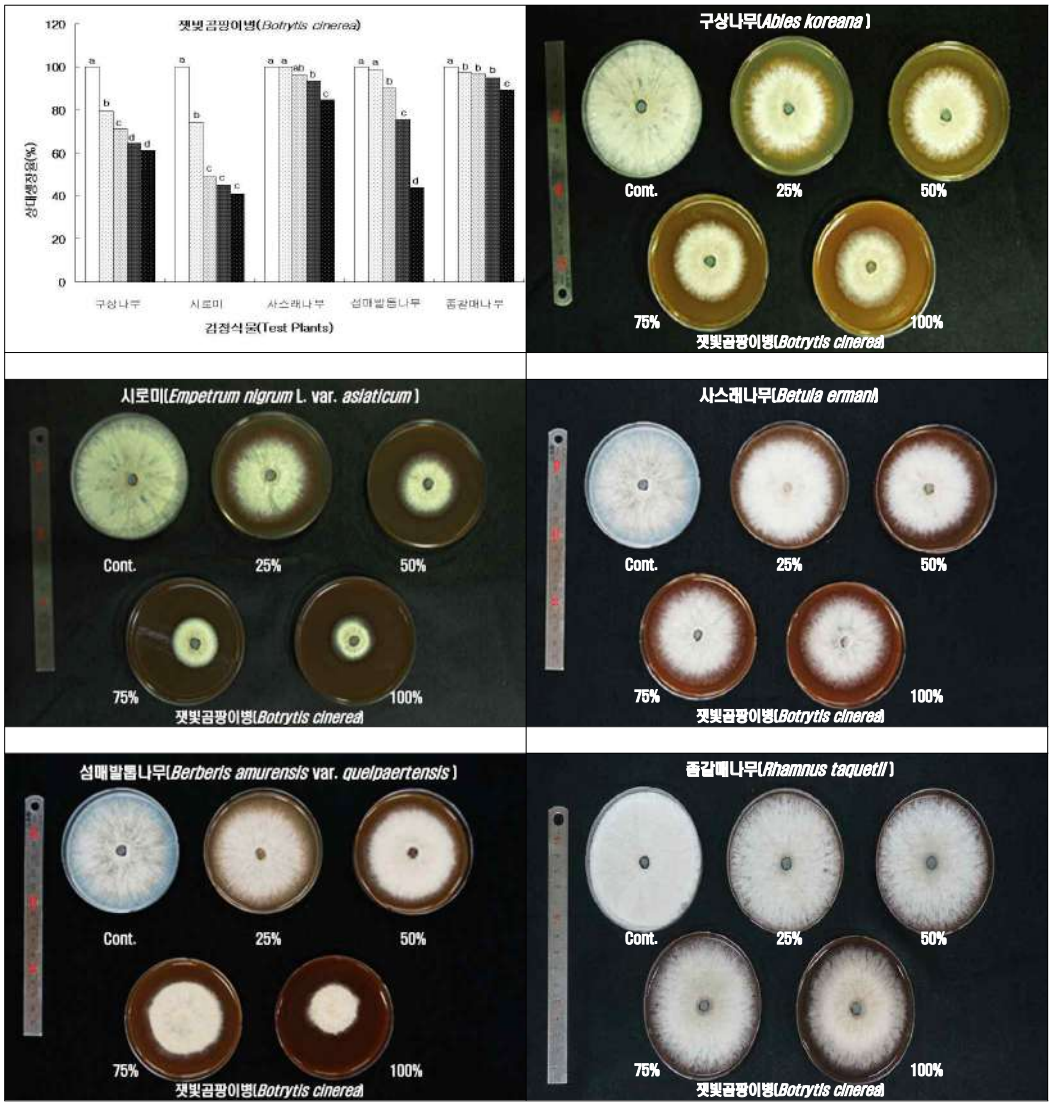


그림 6. 잿빛곰팡이에 대한 항균활성

7) 균핵병(*Sclerotinia sclerotiorum*)

미국, 유럽 등 상추를 생산하는 주요 국가에서는 상추 균핵병이 수량손실을 야기하는 중요한 병으로 알려져 있으며, 미국에서는 매년 1-75%의 작물손실을 일으키는 병으로 알려져 있다(Purdy, 1979). 국내에서 연중 생산되는 상추는 주로 시설내에서 재배되며, 연작과 늦가을부터 초봄에 이르는 겨울철의 저온다습한 시설내의 환경은 균핵병의 발생을 조장하여 농가에 경제적 피해를 주고 있다(Chang 과 Kim, 2003; Kim과 Cho, 2002). 균핵병 화학적 방제시 잔류농약, 환경오염 등의 발생으로 인해 최근 국내외적으로 생물학적 균핵병의 방제를 위해 관심이 높아지면서 길항세균을 이용한 방제효과에 대한 연구가 진행되었다(Kim 등, 2004; 황 등, 2006; 전 등, 2013). 따라서 균핵병 방제를 위한 기초자료로 제공하고자 고산식물의 수용성 추출액을 이용한 균핵병의 생육을 조사한 결과 시로미인 경우 50%처리구부터 균사 생장이 이루어지지 않았고 구상나무인 경우 75%처리구부터 이루어지지 않았다. 반면 좀갈매나무인 경우 대조구에 비해 100%처리구에서 2.3%로 매우 낮은 균사생장 억제가 이루어진 것으로 분석되었다. 농도 증가에 따른 균핵병 균사생장은 구상나무, 시로미, 섬매발톱나무는 유의확률 99%에서 r=-0.926~-0.743으로 분석되었고 사스래나무와 좀갈매나무는 유의확률 95%에서 r=-0.611~-0.607로 분석되어 역의 상관을 보이는 것으로 나타났다.

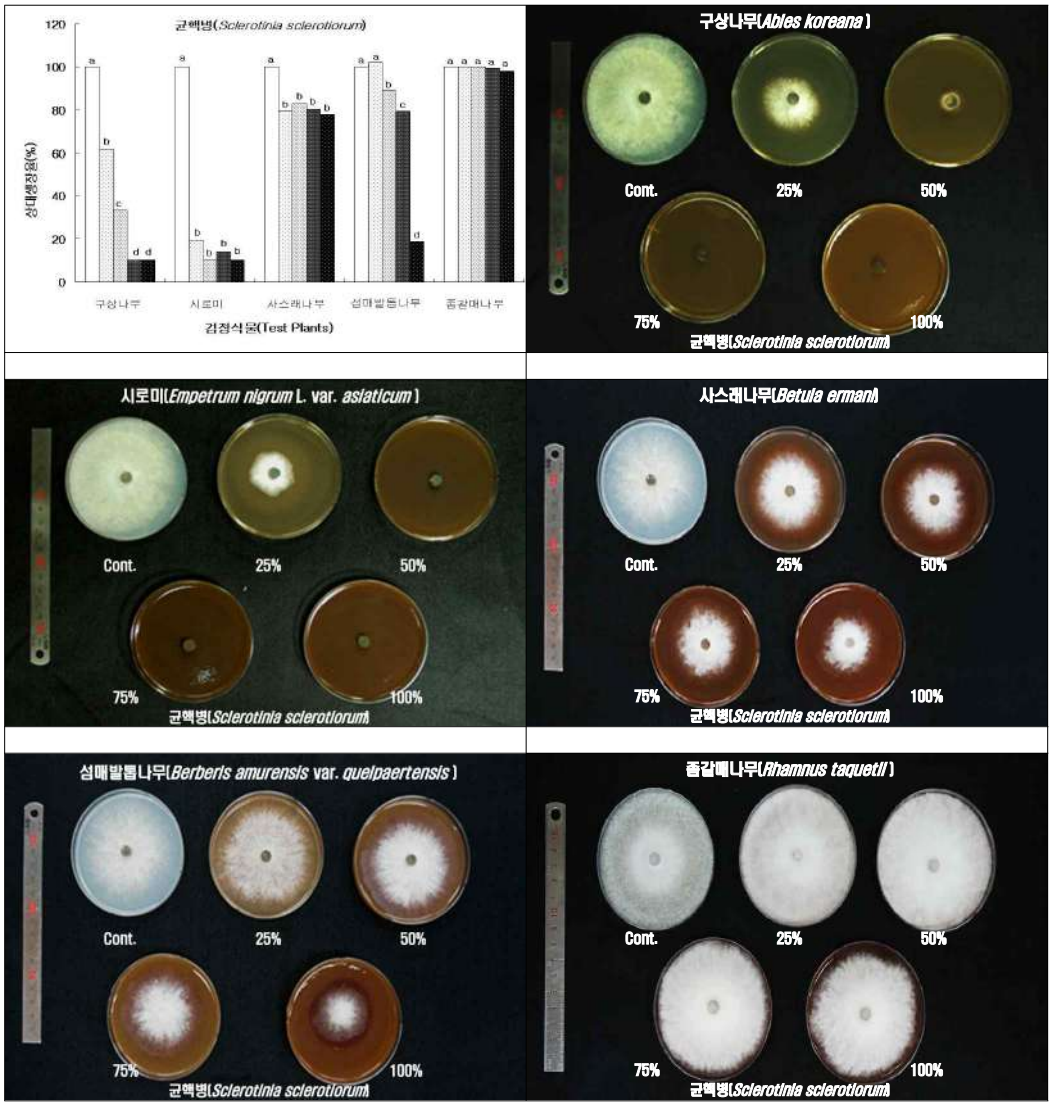


그림 7. 균핵병에 대한 항균활성

8) 검은점무늬병(*Diaporthe citri*)

감귤에서 검은점무늬병은 *Diaporthe citri*에 의해 발생되는 병으로 잎, 가지, 과실에 발생하고, 과실의 수량 및 과실표면에 흑점형, 니괴형, 누반형 등의 증상으로 과실의 품질에 관여된 상품성을 크게 떨어뜨려 감귤재배 농가의 경제적 피해를 주는 원인이 된다. 검은점무늬병은 무방제시 95%이상 발생이 되고 이를 방제하기 위해 화학농약 중 mancozeb를 사용하는데 mancozeb 유래된 농약은 감귤뿐만 아니라 과수 수출시 상대국의 농약잔류 허용기준에 의해 사용을 제한하거나 검출되어서는 안 되는 농약으로 분류되어 있다(Kim 등, 2005). 이를 보안하기 위해 최근 구리제는 기계유제와 혼용하여 보호 살균제로 친환경 감귤원에서 사용하고 있으나 감귤나무의 어린 새순 또는 과실에 구리제에 대한 약해가 발생하여 문제가 되고 있다(Hyun 등, 2005). 따라서 친환경 농자제의 개발을 위한 기초자료 제공으로 제주지역 고산식물의 수용성 추출액을 이용하여 균사의 생장 측정 한 결과 대조구에 비해 100% 처리구에서 시로미 76%, 구상나무 70%, 사스레나무 41%, 섬매발톱나무 16%, 좀갈매나무 14%의 억제율을 보이는 것으로 분석되었고 시로미, 구상나무, 사스래나무는 농도가 증가함에 따라 유의확률 99%에서 역의 상관(r=-0.937~-0.802)을 보이는 것으로 분석되었다.

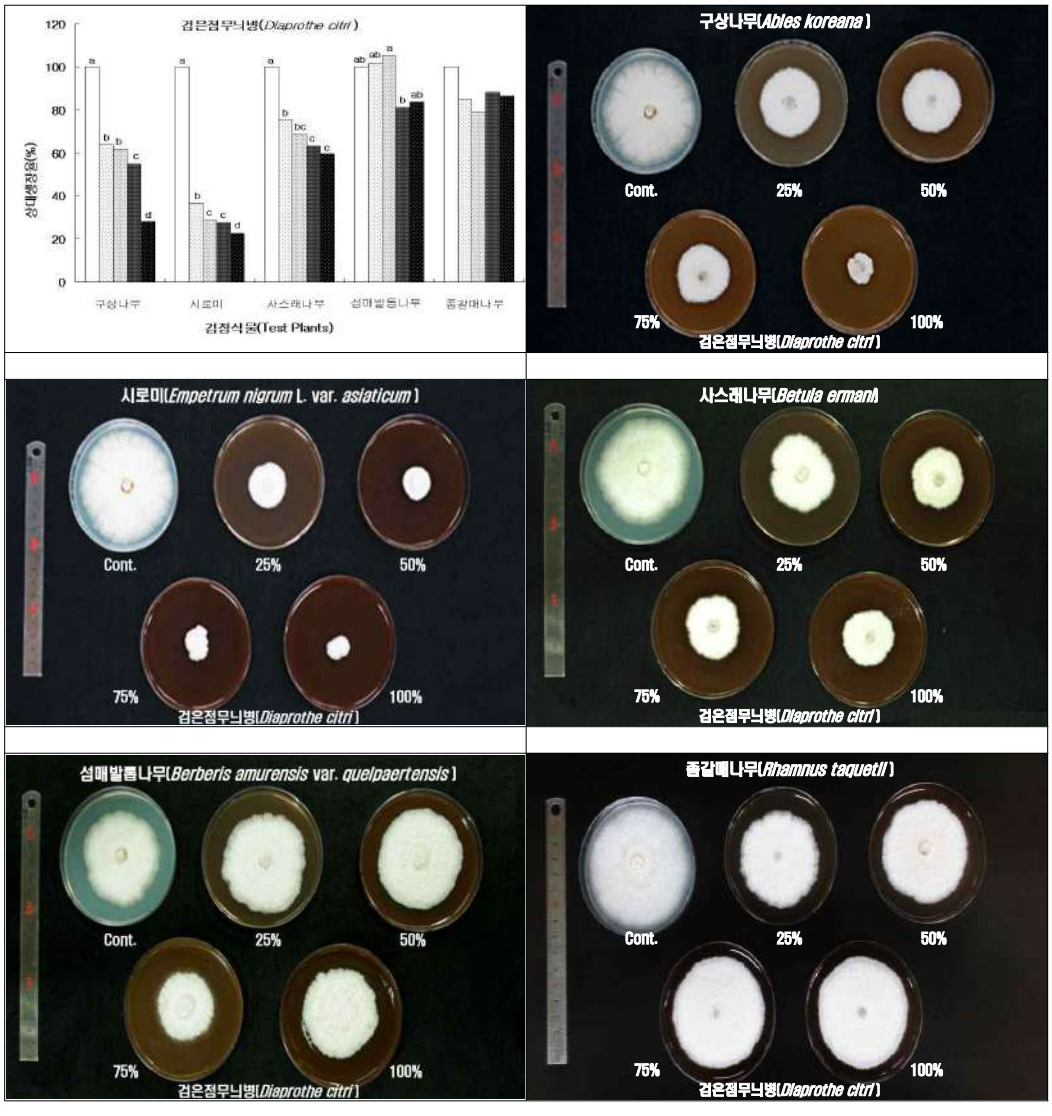


그림 8. 검은점무늬병에 대한 항균활성

2. 수용성 추출액의 총페놀 함량

식물에 존재하는 항균물질의 대부분은 alkaloid류, flavonoid류, terpenoid류, phenolic compound류, quinone류 및 volatile oil 등의 이차대사산물 또는 그 유도체인 것으로 알려져 있다(Mischer 등, 1980; 이와 신, 1991). Chung and Moon(2001)은 오이 용매별 분획추출물의 항균활성을 조사한 결과, methanol 추출물에서는 대부분 저해환을 형성하였으나 물과 butanol 획분에서는 항균활성을 전혀 나타내지 않는다고 보고하였으며, 겨자추출물을 이용한 Shim 등(1995)의 결과에서도 동일한 경향을 보였다. 이는 추출용매에 따라 항균성에 현저한 차이를 보이는 것으로서 항균 효과를 높이기 위해서는 각 소재에 따른 적합한 용매 선정이 중요하다고 본다. 식물체에 함유된 페놀성 물질이 항균활성을 나타낸다는 연구결과들(Clark, 1981; Kim 등, 2005) 이는 총 폴리페놀 함량과는 다소 다른 양상으로 플라보노이드 성분 축적은 과실의 생육과는 크게 상관이 없는 것으로 추측되었다(양과 부, 2013). 총페놀함량에서 상대적으로 높았던 장죽청장과 장형낙합 추출물이 항균활성에서도 다소 높은 것으로 나타남으로서 오이 품종별 추출물이 가지는 항균활성이 polyphenol성분과 관련성이 있을 것으로 판단되었다.

김 등(2005)는 총 페놀성 화합물의 함량은 목초액 농축물이 227.5 mg/g이었으며, 용매 분획별로는 에틸아세테이트 분획과 헥산 분획이 488.3 mg/g과 403.8 mg/g으로 높게 나타났으며 부탄올 및 수용성 분획은 각각 83.6 mg/g과 74.5 mg/g으로 수용성 추출액에 함유되어 있는 페놀성 화합물이 가장 적은 수치로 나타났다. 이는 식물체를 에탄올과 메탄올의 경우 열수 추출보다 많은 allelochemicals를 추출할 수 있지만, 본 연구에서는 안전성이나 이용성, 경제성 등을 고려하여 수용성 추출액을 추출하였다. 식물체에 함유된 페놀성 물질과 플라보노이드 물질에 의해 항균효과를 나타나고 항균활성은 총페놀, 총플라보노이드 함량과 상관관계는 있지만 실험병원균 종류에 따라 서로 다른 항균활성을 보인다(Clark 등, 1981; 고와 양, 2001). 따라서 각 시료별 수용성 추출액에 대한 총 페놀 함량을 분석한 결과 좀갈매나무 13.75mg/g, 시로미 11.01mg/g, 사스래나무 10.70mg/g, 구상나무 6.04mg/g, 섬매발톱나무 5.92mg/g 순으로 조사되었고 총 플라보노이드 함량은 좀갈매나무 12.93mg/g,

사스래나무 11.27mg/g, 시로미 10.31mg/g, 구상나무 3.71mg/g, 섬매발톱나무 7.46mg/g 순으로 조사되어 본 연구에 사용된 실험병원균의 항균활성과 검정식물의 총 페놀, 총 플라보노이드 함량과는 상관관계가 없는 것으로 분석되었다(표 1).

표 1. 검정식물 총 페놀, 총 플라보노이드 함량 비교

	구상나무	시로미	사스래나무	섬매발톱나무	좀갈매나무
총페놀 (mg/g)	6.04	11.01	10.7	5.92	13.75
총플라보노이드 (mg/g)	3.71	10.31	11.27	7.46	12.93

Screening of Antifungal Activities of the Aqueous Extracts of Alpine Plants

Hyoun-Chol Kim*, Jong-Kab Kim, Do-Eun Kim[1)], Go-Bong Choi[1)], Nan-Hei Gun[1)], Jin-Young Song[1)], Tea-Gun Kim[1)], Chang-Khil Song[1)]

World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province[1)] Major of plant Resources and Environment, Cheju National University

ABSTRACT

The study researched antifungal activity on *Alternaria brassicae*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium graminicola*, *Phytophthora capsici* and so on according to concentration of water-soluble extract in order to provide basic data for developing natural agricultural resources by using native plants including *Abies koreana*, *Empetrum nigrum* var. *asiaticum*, *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis*, *Rhamnus taquetii*, and *Betula ermani*.

It was generally decreased the mycelium growth of pathogens by concentration of the water extracts from test plant. But they analyzed differently inhibitory activity from the the kind of test plants, kind of pathogens. It was decreased mycelium growth of *Alternaria brassicae by* concentration of the water extracts from *Abies koreana*($r=-0.972$, $p<0.01$), *Empetrum nigrum* var. *asiaticum*($r=-0.965$, $p<0.01$) and *Betula ermani*($r=-0.687$, $p<0.01$). Also, *Rhizoctonia solani* and *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis*($r=-0.963$, $p<0.01$), *Rhizoctonia solani* and *Betula ermani*($r=-0.956$, $p<0.01$), *Rhizoctonia solani* and *Empetrum nigrum* var. *asiaticum*($r=-0.844$, $p<0.01$), *Rhizoctonia solani* and *Abies*

koreana(r=-0.874, p<0.01) showed an inverse relationship.

It showed an inverse relationship on mycelium growth of *Pythium graminicola*(r=-0.981~-0.705, p<0.01), *Pythium ultimum*(r=-0.977~-0.707, p<0.01), *Phytophthora capsici*(r=-0.955~-0.714, p<0.01), *Botrytis cinerea*(r=-0.932~-0.850, p<0.01) *by* concentration of the water extracts from test plants and mycelium growth of *Sclerotinia sclerotiorum*(r=-0.611~-0.607, p<0.01) *by* concentration of the water extracts from *Empetrum nigrum* var. *asiaticum*, *Abies koreana*, *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis* 100% treatment of *Empetrum nigrum* var. *asiaticum* and *Abies koreana* inhibited *Pythium graminicola* 90%, *Pythium ultimum* 90%, *Phytophthora capsici* 90%, *Sclerotinia sclerotiorum* 90%. Inhibition rate of mycelial growth of pathogens analysised *Pythium graminicola* 90%, *Pythium ultimum* 90%, *Phytophthora capsici* 90%, *Sclerotinia sclerotiorum* 90% in 100% treatment of *Empetrum nigrum* var. *asiaticum*, *Abies koreana*. For total amount of content of phenol with antifungal activities, *Rhamnus taquetii* 13.75mg/g, *Empetrum nigrum* var. *asiaticum* 11.01mg/g, *Betula ermani* 10.70mg/g, *Abies koreana* 6.04mg/g, *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis* 5.92mg/g and total amount of content of flavonoid, *Rhamnus taquetii* 12.93mg/g, *Betula ermani* 11.27mg/g, *Empetrum nigrum* var. *asiaticum* 10.31mg/g, *Abies koreana* 3.71mg/g, *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis* 7.46mg/g analysised in order, respectively.

인용문헌

Agrios, G. N. 2005. Plant diseases caused by fungi. 5th ed. Plant pathology. Elsevier Academic Press, Burlington, USA. 594 pp.

Chang, S. W. and Kim, S. K. 2003. First report of Sclerotinia rot caused by Sclerotinia sclerotiorum on some vegetable crops in Korea. Plant Pathology J. 19:79-84.

Choi, Y.H., H.T. Kim, J.C. Kim, K.S. Jang, K.Y. Cho, and G.J. Choi. 2006. In vitro antifungal activities of 13

cinerea to benzimidazole and N-phenylcarbamate fungicide. Korean J. Plant Pathol. 11: 146-150.

Clark, A.M., EI-Feraly, F.S. and Li, W.S., (1981) Antimicrobial activity of phenolic constituent of Mangolina grandiflora L. J. Pharm. Sci., 70: 951-952

Delp, C.J. 1988. Fungicide resistance in North America. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn., p133.

fungicides against pepper anthracnose fungi. The Kor. J. of Pesticide Sci. 10:36-42.

Gillicwr, K. 1947. The effect of plant extracts on the germination of the conidia of Venturia inaequalis. Ann. Appl. Biol. 34: 136-143.

Graham, H. D. 1992. Modified prussian blue assay for total phenol compound. J. Agric. Food Chem. 40: 801-807.

Handelsman, J. and Stabb, E. V. 1996. Biocontrol of soilborne plant pathogens. Plant Cell 8: 1855-1869.

Hong Moo Gi, Young Ho Chung, and Jong Ok Hong. 1988. Development of Vegetable Fungicide for Valsa ceratosperma. Collected Papers for Farming (Crop Protection). 30(3): 24-30.

Islam, M. T. and Faruq, A. N. 2012. Effect of some medicinal plant extracts

on damping-off disease of winter vegetable. World Appl. Sci. J. 17: 1498-1503.

J. Plant Res. 26(5): 645-651

Kim, B.S., T.H. Lim, E.W. Park, and K.Y. Cho. 1995. Occurrence of multiple resistant isolate of *Botrytis*

Kim, C. H. and Park, K. S. 1988. A predictive model of disease progression of red-pepper anthracnose. Korean J. Plant Pathol. 4: 325- 331.

Kim, H. W., Lee, K. Y., Baek, J. W., Kim, H. J., Park, J. Y., Lee, J. W., Jung, S. J. and Moon, B. J. 2004. Isolationj and identification of antagonistic bacterium active against Sclerotinia sclerotiorum causing sclerotinia rot on crisphead lettuce. Res. Plant Dis. 12:254-259. (In Korean)

Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Jee, H. J., Yun, J. C., Hong, S. J., Park, J. H., & Han, E. J. (2013). Insecticidal effect of organic materials of BT, neem, and matrine alone and its mixture against major insect pests of organic chinese cabbage. The Korean Journal of Pesticide Science, 17(3), 213-219.

Kim, S. K., Jin, J. H., Lim, C. K., Hur, J. H., & Cho, S. Y. (2009). Evaluation of insecticidal efficacy of plant extracts against major insect pests. The Korean Journal of Pesticide Science, 13(3), 165-170.

Kim, W. G. and Cho, W. D. 2002. Occurrence of Sclerotinia rot on composite vegetable crops and the causal Sclerotinia spp. Mycobiology 30: 41-46.

Kwon, O. K., Lim, S. K., Seong, K. S., & Choi, B. R. (1997). Screening of pesticidal active compounds from various domestic wild plants. The Korean Journal of Environmental Agriculture, 16(4), 347-355.

Kyung, S. H., & Yoon, Y. H. (1999). Insecticidal activity of native plant extracts against Culix pipiens pallens and Musca domestica. The Korean Journal of Pesticide Science, 3(1), 46-50.

Mischer, L.A., Y.H. Park and D. Clark. 1980. Antimicrobial agents from higher plants, antimicrobial isoflavonoids and related substances from *Glycyrrhiza glabra* L. var. Typica. J. Nat. Prod. 43: 259-269.

Nelson, E. 8. 1997. Biological control thrfgrass disease. Golf Course Management 60-69.

Park Dong-Seong. Kohmoto Keisuke, Katayama Masato(1986) Isolation and Identification of Antifungal Fatty Acids from the Extract of Common Purslane (Portulaca oleracea L.). Journal of Korea Society of Plant Pathology. 2(2): 82-88.

Park, J. H., K. Y. Ryu, H. J. Jee, B. M. Lee, and Paik Soo-Bong, Seok-Hyeon Kyeong. 1990. Research of Antagonistic Plants and Development of Application Technology for Control of Gray Mold Disease (II). Collected Papers on Agricultural Experimentations and Researches (Academic-Agricultural Industry Cooperation). 33: 29-134.

Purdy, L. H. 1979. Sclerotinia sclerotiorum : History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. Phytopathology 69: 875-880.

Seo, M. J., Shin, H. S., Jo, S. H., Gawk, C. S., Kwon, H. R., Park, M. W., Kim, S. H., Cho, D. H., Yu, Y. M., & Youn, Y. N. (2011). Selection of environmental-friendly control agents for controlling the comstock mealybug [Pseudococcus comstocki (Kuwana), Pseudococcidae, Hemiptera]. The Korean Journal of Pesticide Science, 15(4), 479-484.

Shim, K.H., K.I. Seo, K.S. Kang, J.S. Moon and H.C. Kim. 1995. Antimicrobial substance of distilled compounds from mustard seed. J. Korean Soc. Food. Nutr. 24: 948-955.

Shin, H. J., Chen, Z. J., Hwang, J. M. and Lee, S. G. 1999. Comparison of pepper anthracnose pathogen from Korea and China. Plant Pathology J. 15: 323.329.

Song, J. S., Lee, C. M., Lee, S. M., Lee, D. S., Choi, Y. H., & Lee, D. W.

(2013). Insecticidal activity of 7 herbal extracts against black pine bast scale, Matsucoccus thunbergianae. The Korean Journal of Pesticide Science, 17(4), 411-418.

Uddin, W. and Viji, G. 2002. Biological control of turfgrass disease. pp. 313-314. In: Gnanamanckam (ed.). Biological control of crop diseases. Marcel Dekker, Inc. Barsel, New.

Yin, J. F., Zhang, W. H., Li, J. Q., Li, Y. H., Hou, H. L. and Zhou, X. Y. 2007. Screening and antagonistic mechanism of biocontrol agents against Phytophthora blight of pepper. Acta Phytopathologica Sinica. 37: 88-94.

강재영, 김대호, 이동구, 김인섭, 전민구, 이재득, 김익휘, 이상현. 2013. 잔디 병해 방제를 위한 약용식물의 향균작용 탐색. 한국잡초학회지. 2(1): 70~75.

강재영, 김대호, 이동구, 김인섭, 전민구, 이재득, 김익휘, 이상현. 2013. 잔디 병해 방제를 위한 약용식물의 향균작용 탐색. 한국잡초학회지. 2(1): 70~75.

고명수, 양종범. 2011. 청미래 덩굴 잎 추출물의 항산화 및 항균 활성, 한국식품영양과학회지. 18(5): 764-772.

김영권. 2011. 가지과 작물 대상의 친환경농자재 개발 동향. KIC News. 14(4): 19-28.

김영섭, 추호렬, 박정규, 이동운. 2005. 대미수출을 위한 병해충 방제 체계 적용 농약살포 단감원에서 수확한 단감의 잔류 농약량 조사. 한국토양비료학회. 9: 166-172.

김종수, 박승우, 함유식, 정수근, 이상한, 정신교, 2005, 목초액의 항균활성과 페놀화합물의 함량, 한국식품영양학회., 12(5): 470-475.

김찬수. 2005. 한라산 고산식물의 다양성. 한국토종연구회. pp. 29-48

김현우, 최용화. 2015. 오배자(Schlechtendalia chinensis)로부터 수박 과실썩음병 병원균(Acidovorax avenae subsp. citrulli)에 대한 항균 활성물질 탐색. 한국유기농학회. 23(2): 323-334.

노진택, 최용화. 2015. 수박 과실썩음병 병원균(Acidovorax avenae subsp. citrulli)에 대한 식물유래 항균 활성물질 탐색. 한국유기농학회. 23(1): 77-89.

농업과학기술원. 2006. 친환경농업연구. 농업과학연구사업연보. pp. 135-140.

박만규. 1942. 조선 고산식물 목록. 조선박물학회지. 9(33): 1-12.

박종인, 정희정, 배용희, 강권규, 노일섭. 2011. 녹비작물 추출물의 감자 더뎅이병균에 대한 항균력 검정. Korean J. Plant Res. 24(5): 622~627

이병완, 신동화. 1991. 식품 부패미생물의 증식을 억제하는 천연 항균성물질의 검색. 한국식품영향학회. 23: 200-204

이영노. 2000. 한국의 고산식물. 교학사.

이재은, 용영록, 권순배, 김병섭. 2011. 당근 유기재배를 위한 검은잎마름병과 검은무늬병 종자소독제 선발. 한국식물병리학회. 17(2): 148-154.

전봉관, 박수지, 김진원. 2013. 길항세균을 이용한 상추 균핵병의 생물학적 방제. 한국식물병리학회. 19(1): 12-20

한라산연구소. 2007. 한라산 데이터 북. 제주특별자치도 한라산연구소.

현재욱, 고상욱, 김동환, 한승갑, 김광식, 권혁모, 임한철. 2005. 친환경적 감귤병 방제를 위한 구리제의 효율적 사용. 한국토양비료학회. 11(2): 115-121.

황지영, 심창기, 류경열, 최두회, 지형진. 2006. 상추 균핵병 생물적방제를 위한 Brevibacillus brevis B23과 Bacillus stearothermophilus B42의 선발. 한국식물병리학회. 12(3): 254－259.

문헌에 기록된 제주도 화산활동에 관한 연구

안웅산*
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

제주도 역사시대 화산활동 기록의 실체를 밝히기 위하여 제주도에서 가장 젊은 화산으로 추정되는 화산 3개에 대하여 방사성탄소연대측정 및 광여기루미네선스 연대측정을 실시하였다. 연대분석 결과, 송악산은 최소 3.8ka 전 이후, 비양도는 최소 4.5ka전 이전, 일출봉은 6~7ka전 이후에 분출한 화산으로 파악된다. 연대분석 결과만으로는 역사서 상의 천 년 전 화산을 찾아내지는 못하였다. 하지만 제주도에 비교적 매우 가까운 과거에도 화산활동이 있었음을 알 수 있었다. 연대측정과 병행된 역사기록의 재해석에 의하면, 기존 해석에서 두 번의 서로 다른 화산분출 사건으로 해석되고 있는 1002년과 1007년의 두 차례 기록은 하나의 단성화산에서 일어난 일련의 화산분출 사건으로 해석하는 것이 타당하다. 즉, 1002년의 기록은 탐라(제주)의 화산활동이 최초로 고려조정에 보고(혹은 전달)된 시점이며, 1007년의 기록은 태학박사 전공지가 탐라를 방문하여 화산분출 사건의 실체를 확인한 결과가 정리되어 기술된 시기인 것이다. 더불어 역사서 상의 화산분출 기록에 기술된 사항들을 종합하여 화산지질학적 관점에서 해석하면, 탐라의 천 년 전 화산은 상당한 규모를 가지며, 수성화산활동과 마그마성 화산활동을 모두 가지는 화산으로 추정된다. 이상의 해석을 종합할 때, 역사서 상에 기록된 화산은 초기 수성화산활동과 후기 마그마성 화산활동이 순차적으로 일어났으며, 그 분출연대가 3.8ka 전 이

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7483, e-mail: ungsan@korea.kr

후의 어느 시기로 밝혀진 대정읍 송악산이 가장 유력시된다. 하지만, 이러한 해석으로는 지금까지 밝혀진 송악산의 분출연대와 역사기록상의 화산분출 시점(1002년)에서 나타나는 시간적 간격을 설명할 수 없다. 그러나 송악산 최후기 용암분출 사건이 역사서 상의 화산분출 기록과 일치할 가능성은 여전히 남아있다. 이는 향후 보다 정밀한 연대측정을 통해 확인될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 화산분출 사건이 기록된 고려 초기 탐라와 고려의 실제적 관계, 시대·문화적 배경 등을 고려하여 화산분출 기록 시점과 실제 화산분출 시기의 상호 불일치 가능성도 조심스럽게 제시하고자 한다.

향후 연대자료의 축적, 새로운 연대분석 기법의 개발과 적용, 제주 탐라시대에 대한 심도 있는 이해와 연구가 뒷받침된다면, 역사시대 화산분출 기록의 실체가 보다 구체적으로 밝혀질 것으로 기대된다.

1. 서언

『세종실록』「지리지」(1454), 『고려사』「오행지」(1451), 『신증동국여지승람』(1531) 등 역사서에는 제주에서의 화산활동이 직접 목격되었을 것으로 추정되는 기록이 존재한다. 이러한 기록에 근거하여 제주도 내 비양도, 군산, 우도, 가파도 등 여러 화산이 역사서에 기록된 화산일 것으로 추정되어 왔다(그림 1, 표 1). 뿐만 아니라, 그 기록에 근거하여 『세계화산백과사전(Encyclopedia of volcano)』(Sigurdsson et al., 2000)에 제주도가 활화산으로 표기되기도 하였다. 하지만 지금까지 역사서에 기록된 화산의 실체는 밝혀지지 않았다.

최근 제주도 지표에 분포하는 화산분출물(용암류 혹은 화산쇄설물) 하부의 고토양(혹은 생물편)에 대한 방사성탄소연대측정 및 광여기루미네선스 연대측정 연구에 의해 1만년 이내의 비교적 젊은 화산활동들이 다수 보고된 바 있다(안웅산 등, 2015; 이진영 등, 2014a, 2014b; Sohn et al., 2015). 이러한 기존의 연구성과는 분출시기가 오래지 않을 것으로 추정되는 화산에 대하여 적절한 연대분석 시료만 확보된다면 역사기록 상의 천 년 전 화산의 실체를 밝히는 것이 가능하다는 것을 의미한다.

본 연구는 제주도 역사시대 화산활동 기록의 실체를 밝히기 위해 제주도에서 가장 젊은 화산으로 여겨지는 3개 화산에 대한 연대측정 결과를 보고하고,

역사서에 기록된 화산활동에 대하여 다양한 관점에서 새롭게 해석해 보고자 한다.

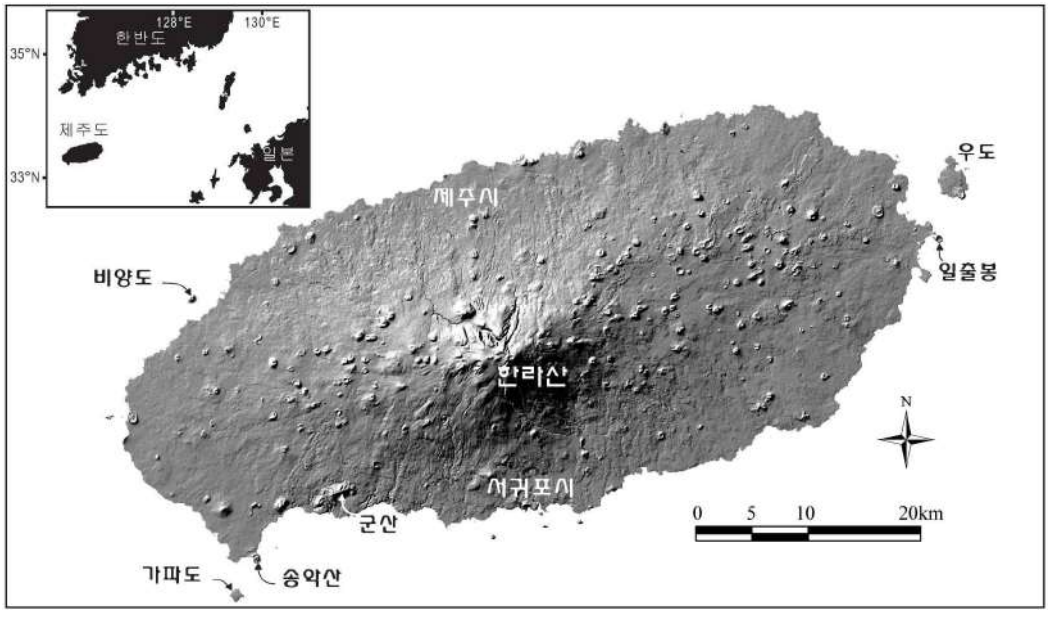


그림 1. 지금까지 역사시대에 분출한 것으로 추정되고 있는 여러 화산들

2. 기존 연구

2.1. 제주도 역사시대 화산기록에 관한 문헌 연구사례

역사 기록에 근거하여 고려 목종 5년(1002)과 목종 10년(1007)에 제주에서 발생했을 것으로 추정되는 화산활동은 오랜 과거부터 관심의 대상이었다. 「탐라시 삼십오절」(1487년), 『신증동국여지승람』(1531년), 『남사록』(1601년), 『남환박물』(1704년), 『탐라지초본』(1841년)을 비롯하여, 일제 강점기 「제주도화산도잡기」(1925년), 「제주도의 지질학적 관찰」(1928년), 「제주화산도」(1930년), 「제주도의 지질」(1931년) 등의 문헌에서 그 화산분출 위치가 추정된 바 있다(강창룡, 2004). 특히 강창룡(2004)은 역사서와 후대의 관련 문헌 기록들을 상세히 비교 분석하고, 조선시대를 거쳐 현재까지 역사시대에 분출한 화산으로 추정되었던 화산들이 천 년 전 분출한 화산으로 볼 수 없는 고고학적 증거들을 제시하고 있다(표 1). 특히 그는 시기를 달리하는 『세종실록』 「지리지」, 『고려사』「오행지」, 그리고『신증동국여지승람』에서 화

산활동에 관한 기술상의 차이점을 비교하여 제시하고 있다. 그런가 하면, 고기원 등(2008a)은 『고려사』 이후의 사서와 고문헌들을 분석하고, 이들 기록들이 대부분 구체적인 증거나 뒷받침할 만한 자료의 출처 없이 앞선 기록에 내용을 추가하거나 저자의 사견까지 포함시킨 것으로 해석하였다. 더 나아가 역사기록에 남은 화산이 비양도라고 확정할만한 문헌적 기록이 존재하지 않는다고 보고하였다.

표 1. 문헌 속 천 년 전 분출된 것으로 추정되는 화산들(강창룡, 2005 자료 정리)

추정 화산	출 처	추정근거	천 년 전 화산으로 볼 수 없는 증거
가파도	• 이형상 『남환박물』(1704 년)	• 『신증동국여지승람』에 상서로운 산이 위치한 곳이 대정현이라고 함. • 상서로운 산의 주위가 사십 여리에 달함	• 가파도에 선돌, 고인돌, 패총, 유물산포지 존재(제주도민속자연사박물관, 2001) * Ar-Ar 연대 824±32 Ka, 758±9Ka(고기원 등, 2010)
군산	• 이원조 『탐라지초본』「대정-고적조」(1841)	• 추정 근거 제시하지 않음	• 군산 주변 일대 선사시대 유적으로, 바위그늘집자리, 고인돌, 유물산포지 분포(남제주군과 제주문화예술재단문화재연구소, 2003; 서귀포시와 제주대학교박물관, 2000)
	• 中村新太郎 「제주화산도 잡기」(1925)	• 고려 목종 10 년(1007) 화산을 군산으로 추정 • 지표에 집괴암 분포	
비양도	• 김상헌 『남사록』 권지삼(1601)	• 추정 근거 제시하지 않음	• 선사시대 거주흔적, 신석기 시대 토기, 탐라시대 토기와 석기 등 유물 분포(제주도민속자연사박물관, 2003) * Ar-Ar 연대 27±9ka(고기원 등, 2008b)
	• 中村新太郎 「제주화산도 잡기」(1925)	• 고려 목종 5 년(1002) 화산을 비양도로 추정 • 화산이 터진 구멍이 몇 개 있고, 지질이 새로운 모습을 보임	
우도	• 최부 「탐라시 삼십오절」(1487 년)	• 추정 근거 제시하지 않음	• 고인돌, 마제석부 등 유물 분포(우도지편찬위원회, 1996)
송악산	• 原口九萬「제주도화산도」 1930	• 침식작용도 심하지 않고 분출이 새롭다는 것을 보여주고 있음. 그러나 화산의 규모가 기록보다 작아 송악산으로 추정하기 어렵다고 기술.	

*표시 : 별도 자료 참조

2.2. 역사시대 분출로 추정되는 화산에 대한 연대측정

앞에서 언급된 천 년 전 화산으로 지목되었던 여러 화산들 중 그 화산분출 연대를 밝히기 위한 연구가 수행된 화산은 많지 않다. 고기원 등(2008b)이 일반인들 사이에 천 년 전의 화산섬으로 믿어지고 있는 비양도 용암류에 대하여 Ar-Ar 연대를 측정한 바 있다. 이들은 연대측정 자료와 육상 환경에서의 분출을 지시하는 용암류의 야외적 특징을 근거로, 비양도를 형성한 화산활동 시기는 해수면이 현재보다 낮았던 27±9ka전일 것으로 해석하였다.

가파도, 우도의 경우 제주도 도서지역 해수 담수화취수정 개발 사업으로 착정된 시추공으로 부터 획득된 시추코어 시료에 대한 Ar-Ar 연대측정을 통해 824±32 ~ 758±9 Ka(고기원 등, 2010b)와 102±69 ~ 86±10ka(고기원 등, 2008c)가 각각 보고된 바 있다.

3. 연구방법

3.1. 연대분석 대상 화산 선정

일반적으로 하나의 화산으로부터 분출된 화산쇄설물 혹은 용암류의 경우 그 분출물의 분포영역 밖에 위치하는 또 다른 화산과의 선후 관계를 파악하는 것에는 많은 노력이 필요하다. 하지만, 여러 지질학적 특징을 근거로 상대적으로 젊은 화산을 추정하는 것은 가능하다. 젊은 화산활동 시기를 지시하는 증거로는 침식되지 않은 분화구의 형태, 용암 및 화산체 표면의 퇴적층 부재, 신선한 암석표면 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 기존 발간된 지질도(박기화 등, 1998, 2000a, 2000b; 원종관 등, 1993, 1994; 윤선 등, 2014; 고기원 등, 2013)를 참조하여 지질층서상 최후기에 해당하는 화산들을 선별하고, 이들 중 야외 특성상 분출시기가 오래지 않은 것으로 추정되는 화산들을 선정하였다. 야외 특성상 침식이 적고 지표 퇴적물이 거의 없으며 화산의 외형이 잘 보존된 송악산, 일반인들에 의해 천 년 전 화산으로 인식되고 있는 비양도, 그리고 세계자연유산으로 약 5000년 전에 화산활동이 있었던 것으로 알려져 있는 일출봉 등 3개의 화산에 대하여 연대측정을 실시하였다(그림 1).

3.2. 연대분석

화산작용의 시기를 밝히기 위한 연대측정은 흔히 화산분출물 내 유리 혹은 일차 광물(zircon, hornblende, K-felspar, biotite, quartz 등)을 이용하여 직접적으로 연대를 측정하거나, 화산분출물 주변 물질을 이용하여 간접적으로 연대를 측정하는 방법(radiometric incremental, age-equivalance, age-modeling of sediment sequences)이 있다(Lowe, 2011).

지금까지 제주도 화산활동 시기를 밝히기 위해 다수의 K-Ar연대 및 Ar-Ar 연대측정 연구들이 수행되어 왔다(고기원 등, 2008c, 2010a, 2010b, 2013; 윤상규 등, 1987; 원종관 등, 1993; 이문원 등, 1994; Brenna et al., 2015; Miyake et al., 1993; Tamanyu, 1990; Won et al., 1986). 하지만 Ar-Ar 연대측정법의 경우 2만년 이내의 비교적 젊은 화산활동 시기를 측정하기에는 다소 어려움이 있을 뿐만 아니라 비용 및 시간이 많이 소요된다.

본 연구에서는 화산분출물 하부의 고토양층에 대한 방사성연대측정과 광여기루미네선스 측정을 통해 화산활동 시기를 추정하였다. 방사성연대분석은 한국지질자원연구원 분석센터에서, 그리고 광여기루미네선스 연대분석은 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 실시하였다.

4. 연대측정 결과

송악산, 비양도, 일출봉에서의 방사성탄소연대측정 및 광여기루미네선스 연대측정 결과는 표 2와 표 3에 각각 제시하였다.

4. 1. 송악산

제주도 남서부에 위치하는 송악산은 직경이 약 700m인 응회환 내부에 분석구와 용암호를 갖는 화산으로, 초기 수성화산활동과 후기 마그마성 화산활동에 의해 형성되었다(황상구 등, 1992; Sohn et al., 2002). 이번 연구에서는 특히 송악산 응회환과 그 내부의 용암호 사이에 부분적으로 분포하는 퇴적물에 대하여 광여기루미네선스 연대측정을 실시하여, 3.6±0.1ka ~ 3.9±0.3ka(천년, 이하 생략)의 연대를 얻었다(그림 2b, 2c). 그리고 송악산 인접하는 섯알오름 진지동굴 입구에서 송악산 응회암층 하부의 고토양층에 대한 방사성탄소연대

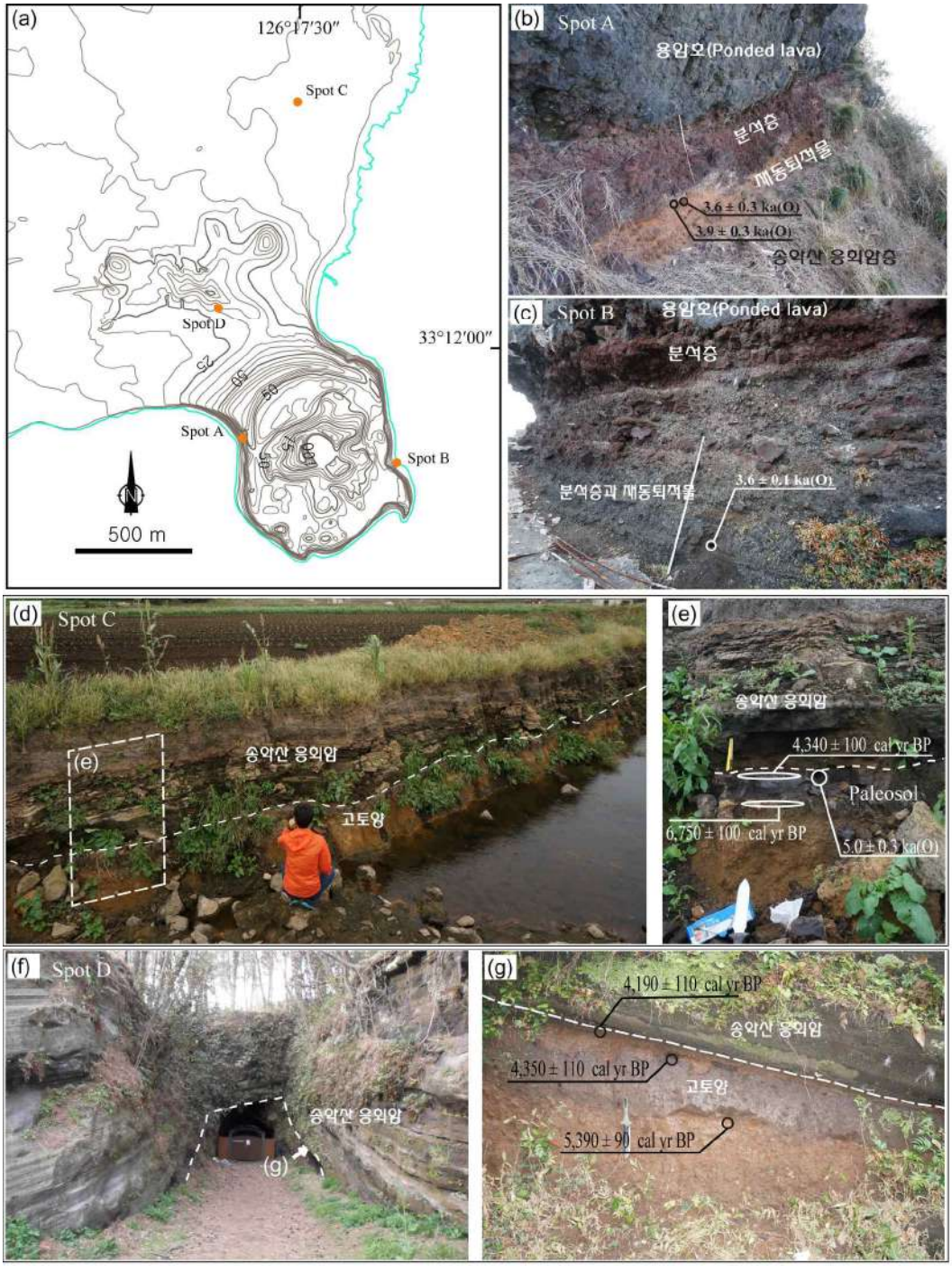


그림 2. 송악산 연대측정 결과(연대측정값 뒤에 붙은 cal yr BP는 방사성탄소연대측정 연대를 의미하며, ka(O)는 광여기루미네선스 측정에 의한 천년단위 연대임)

측정으로 4,190±110 cal yr BP ~ 5,390±90 cal yr BP(그림 2f, 2g)을 얻었으며, 상모리 신규 저류지 인근에 노출된 송악산응회암층 하부의 고토양층에서 방사성탄소연대 측정을 통해 4,340±110 cal yr BP와 6,750±110 cal yr BP와 광여기루미네선스 연대측정에 의해 5.0±0.3ka(그림 2d, 2e)를 얻었다. 본 연구에서 얻은 연대자료들은 기존 연구에서 송악산 분출연대로 보고된 3.7 ~ 3.8ka(안웅산 등, 2015; Sohn et al., 2015)에 비해 조금 오래긴 하지만, 분석시료의 특징 및 분석기법에 따른 오차 등을 고려할 때 비교적 잘 조화된다고 여겨진다. 일반적으로 단성화산의 화산활동 기간은 짧게는 수일에서 길게는 수년이라는 비교적 짧은 시간동안 지속된다(Cas and Wright, 1987; Sigurdsson et al., 2000). 이를 감안할 때, 본 연구에서 초기 수성화산활동과 후기 마그마성 분출 사이의 휴지기에 형성된 퇴적층에서 광여기루미네선스 연대측정을 통해 얻은 3.6 ~ 3.9ka의 연대 또한 송악산의 수성화산활동 시기를 지시하는 것으로 해석된다. 송악산 최후기 마그마성 화산활동의 시기는 3.6 ~ 3.9ka 이후의 어느 시기로 추정되지만 그 분출연대는 아직까지 밝혀지지 않았다. 그 원인은 토의에서 다시 언급할 것이다.

4. 2. 비양도

비양도에는 분석층과 조면현무암질 용암이 분포한다. 분석층은 다시 비양도 형성 이전의 비양리분석층과 비양도조면현무암 분출과 관련된 분석층으로 나뉜다. 비양리분석층은 비양도조면현무암과 관련된 화산활동이 있기 전에 형성된 것으로 대부분은 바닷물에 의해 삭박되었고, 비양도 북부와 서부 해안에 탑 모양으로 일부 남아있다(제주특별자치도, 2014). 이번 연구에서는 비양도 남서쪽 비양도조면현무암의 상위에 놓이는 퇴적물(토양)에 대한 방사선탄소연대측정으로 3,970±110 cal yr BP와 4,500±90 cal yr BP의 연대를 얻었다(그림 3). 퇴적물 내의 상부 시료가 하부 시료보다 더 오랜 연대를 보이는 연대역전 현상이 관찰된다. 동일 지점에 대하여 광여기루미네선스 연대측정을 시도하였으나 연대결과를 얻지 못하였다. 방사성탄소연대측정에 있어서 연대역전 현상은 탄소의 재동을 의미할 수 있다. 하지만 해당 퇴적물의 지형적 위치를 고려할 때, 퇴적물 내의 탄소성분이 비양도 이외의 지역으로부터 유입된 오랜 된

퇴적물에 의해 영향을 받았을 것으로 보기에는 어려움이 있다. 다시 말해, 해당 지표 퇴적물 내의 탄소성분은 비양봉 형성 이후 지표에 퇴적된 탄소성분이 부분적으로 재동된 것으로 해석하는 것이 타당할 것이다. 이는 비양도에서의 화산활동이 비양도조면현무암 상부의 퇴적물에서 얻은 방사성탄소연대(약 4.5ka)보다 오래되었음을 지시하는 것이다.

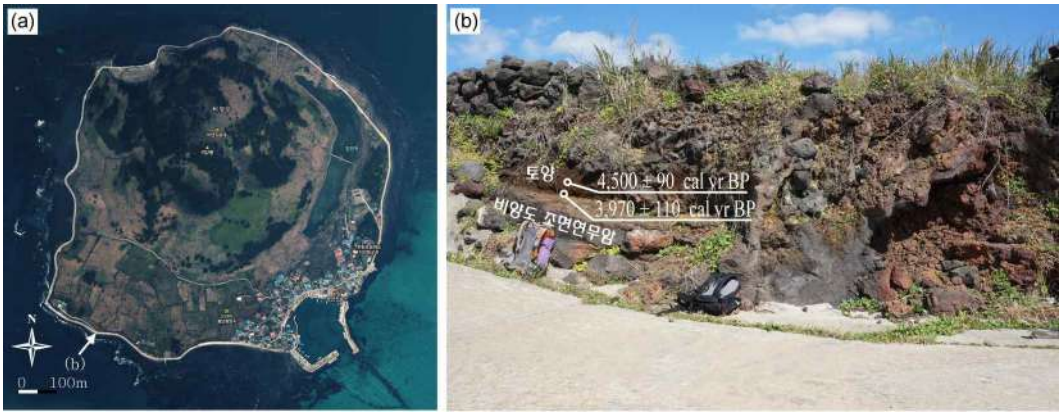


그림 3. 비양도 연대측정 위치 및 결과

4. 3. 일출봉

현재 일출봉의 분출시기는, 화산분출 이후 화산물질이 파도와 해류에 의해 재동 퇴적되어 형성된 신양리층에 포함된 조개화석에서 얻은 방사성탄소연대(4,780±60 yr BP, Sameshima et al., 1988; 4,400 and 1,570 yr BP, Kim et al., 1999)에 근거하여, 이보다 젊은 약 5000년 전으로 추정되어 왔다(Sohn et al., 2002).

이번 연구에서는 일출봉 북서쪽 약 1.2km 거리에 위치한 해안절벽에서 일출봉 응회암층 하부의 고토양층에 대한 방사성탄소연대 측정을 통해 7,590±80 cal yr BP와 7,750±80 cal yr BP의 연대를 그리고 광여기루미네선스 측정에 의해 6.7±0.6ka의 연대를 얻었다(그림 4). 기존 약 5000년 전으로 추정되어왔던 연대가 일출봉 분출 이후의 시기를 지시하는 것이라면, 이번 연구에서 얻은 약 6,000 ~ 7,800년 전의 연대는 일출봉 분출 이전의 시기를 지시하는 것이다. 이를 종합적으로 고려한다면, 일출봉의 화산활동 시기는 약 5,000년 전에서 약 6,000 ~ 7,800년 전 사이로 해석하는 것이 타당할 것이다.

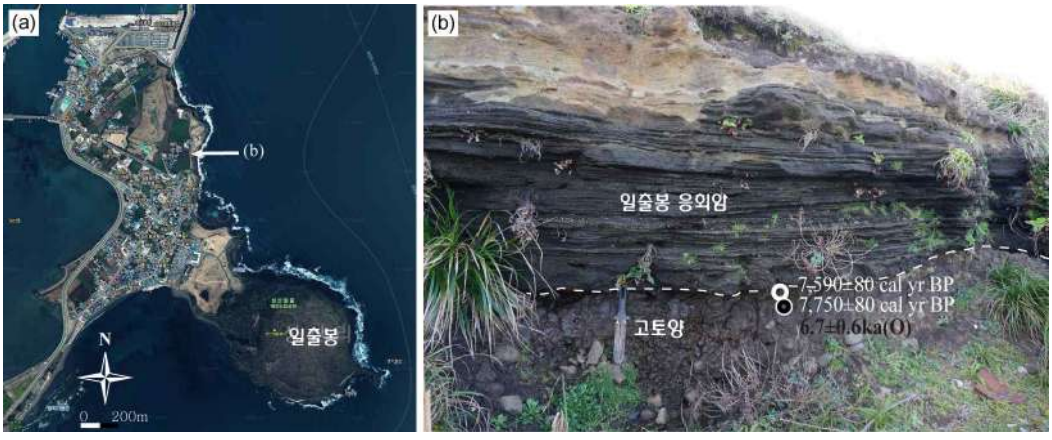


그림 4. 일출봉 연대측정 위치 및 결과

표 2. 방사성탄소연대 측정결과

화산 (위치)	위도	경도	시료 번호	δ 13C (‰)	방사성탄소 연대 yr BP	보정연대 (2σ range) Cal yr BP	비고
성악산	N33° 12' 46.0"	E126° 17' 21.4"	321-1	-20	3,910±40	4,340±110	그림 2d&2e
(Spot C)	N33° 12' 46.0"	E126° 17' 21.4"	321-2	-14.5	5,910±40	6,750±100	그림 2d&2e
송악산 (Spot D)	N33° 15' 00.6"	E126° 16' 29.3"	SAA1	-17.90	3,800±40	4,190±110	그림 2f&2g
	N33° 15' 00.6"	E126° 16' 29.3"	SAA2	-15	3,920±40	4,350±110	그림 2f&2g
	N33° 15' 00.6"	E126° 16' 29.3"	SAA3	-15	4,650±40	5,390±90	그림 2f&2g
비양도	N33° 24' 19.1"	E126° 13' 26.4"	348-1	-29.7	4,020±40	4,500±90	그림 3b
	N33° 24' 19.1"	E126° 13' 26.4"	348	-23.7	3,650±40	3,790±110	그림 3b
일출봉	N33° 28' 01.4"	E126° 56' 10.2"	337	-23.7	6,720±40	7,590±80	그림 4b
	N33° 28' 01.4"	E126° 56' 10.2"	337-1	-21.8	6,920±40	7,750±80	그림 4b

표 3. 광여기루미네선스 연대측정 결과

화산 (위치)	시료 번호	연간선량 (Gy/ka)	수분 함량 (%)	등가선량 (Gy)	사용된 서브샘플 (n/N)	OSL연대 (ka, 1σ SE)	비고
송악산 (Spot A)	SA-1	2.32 ± 0.06	4.9	9.0 ± 0.5	16/16	3.9 ± 0.3	그림 2b
	SA-2	2.28 ± 0.06	5.3	8.2 ± 0.5	16/16	3.6 ± 0.2	그림 2b
송악산 (Spot B)	332-1	2.23 ± 0.06	12.6	8.1 ± 0.2	16/16	3.6 ± 0.1	그림 2c
송악산 (Spot C)	321	2.22 ± 0.06	26.8	11.0 ± 0.5	16/16	5.0 ± 0.3	그림 2e
일출봉	337	2.21 ± 0.07	32.6	14.9 ± 1.2	12/16	6.7 ± 0.6	그림 4b

5. 토의

기존 발간된 지질도상의 층서 및 연대자료, 그리고 금번 연대분석 자료 등을 종합적으로 고려할 때, 역사서 상에 기록된 화산활동의 존재여부를 확신할 만한 구체적 증거는 찾아내지 못하였다. 특히 이번 연구에서 얻어진 연대자료들은 그동안 선인들 혹은 현재 일반인들에 의해 천 년 전 화산으로 믿어져 왔던 비양도를 비롯한 화산들이 천 년 전 화산이 될 수 없음을 보여주고 있다. 역사서에서 높이 백여 장, 둘레 사십 여리라고 기재될 만큼 상당한 규모를 갖는 화산의 실체가 지금까지 밝혀지지 않은 것은 문헌 기록에 대한 근본적인 재검토가 필요함을 의미하는 것이다. 토의 부분에서는 역사서 상의 화산분출 기록을 재해석하고, 이를 바탕으로 역사서상에 기록된 화산학적 특징들을 재구성하여 천 년 전 화산을 동정하고자 한다. 더 나아가 화산활동이 기록될 당시의 시대·문화적 배경을 고려하여 지금까지 논의된 바 없는 새로운 관점에서의 해석을 제시하고자 한다.

5.1. 문헌 기록에 관한 재검토

中村新太郎(1925)는 고려 목종 5년(1002)의 화산을 비양도로, 고려 목종 10년(1007)의 화산을 군산으로 추정한 바 있다. 하지만 다른 문헌들은 역사서 상에 기술된 서로 다른 두 기록을 하나의 화산으로 추정하고 있다(표 1). 두 차례의 화산기록을 각각의 화산으로 해석할 것인가 아니면 하나의 화산에서 일어난 화산활동으로 해석할 것인가는 역사시대 화산활동의 실체를 확인하고자 하는 본 연구에 큰 영향을 미칠 것이다.

5.1.1. 목종 5년, 목종 10년의 두 차례 화산활동 기록에 대한 해석

본 연구에서는 역사서 편찬과정 및 기술방식을 고려하여 두 번의 화산기록이 두 개의 서로 다른 화산을 의미하는 것이 아니라, 하나의 화산에서 일어난 일련의 화산 분출사건을 기술한 것으로 해석하고자 한다. 이는 편찬시기가 『고려사』(기전체)에 비해 6개월 늦으나 탐라 화산활동 관련 기술내용이 거의 유사한 『고려사절요』(편년체)의 기술특징을 살펴보면 유추가 가능하다. 편년체인 『고려사절요』는 연도별로 구체적 시기가 제시되는 내용이 먼저 기술되

고 뒷부분에는 상당 기간에 걸친 특정 인물의 일생이나 사건의 전말이 전체적으로 서술되어 있다. 이러한 편년체 기술방식을 고려한다면, 1002년 6월의 기록은 탐라에서 발생한 화산분출 정보가 고려 조정에 보고 혹은 접수된 시기이며, 1007년의 기록은 고려로부터 화산분출 정보가 접수됨에 따른 조치 및 행위(전공지 파견)와 행위 후의 결과(탐라방문, 탐라인 면담과 그림 작성)가 종합되어 기록된 것으로 해석할 수 있다. 즉 1002년에 기록된 사항과 1007년에 기록된 부분이 연관되어 있으며, 이들 두 차례의 기록이 하나의 화산에서 일어난 일련의 화산활동으로 해석될 수 있는 것이다. 이러한 해석은 『세종실록』「지리지」1007년 기록에만 있는 '바다에서 솟아나온 산이 있다(有山湧出海中)'는 표현이『신증동국여지승람』(1531)의 1002년 기록에도 '바다에서 솟아나온 산이 있다(有山湧海中)'라는 표현으로 갑자기 추가되는 현상을 설명할 수 있다(표 4). 지금까지 두 차례의 화산기록이 두 번의 서로 다른 화산활동이 있었던 것처럼 기록되고 해석된 것은 『고려사』의 편찬과정을 통해 그 이유를 추정할 수 있다. 『고려사』(1451)는 최종 발간되기까지 약 60년에 걸쳐 4번의 개찬과정을 거쳤다. 초기『고려국사』(1396)와 『수교고려사』(1423)는 편년체로 작성된데 반해, 그 이후의『고려사전문』(1442)과 『고려사』(1451) 는 기전체로 개찬되었다. 그 다음해의 『고려사절요』는 기전체를 다시 편년체로 변경하여 발간한 것이다. 이러한 역사서 편장과정을 살펴볼 때, 편년체로 작성될 때 연도별로 각각 서술되었던 화산기록이 후기에 기전체로의 개찬과정에서 동일 항목으로 분류되어 두 화산기록이 연이어 서술되었으며, 그 결과 연이어 기술된 화산활동 기록은 특히 일제 강점기 일본학자들의 문헌해석 과정에서 마치 서로 다른 두 화산에서 서로 다른 두 차례의 화산활동이 있었던 것처럼 해석된 것으로 추정된다.

5.1.2. 두 차례 화산기록 : 단일 화산에서 발생한 일련의 화산분출

앞서 시기를 달리하는 화산기록이 하나의 화산에 대한 기록인 것으로 해석하였다. 이러한 해석에 기초한다면, 시기를 달리하는 두 번의 기록에 서술된 화산현상들은 하나의 화산에서 일어난 화산활동임을 의미하는 것이다. 이러한 관점에서 여러 역사서 상에 두 차례 기록된 화산현상들을 종합하여 화산활동

과정에 대한 재구성이 가능하다.

역사서에 기록된 화산분출의 특징을 나열해 보면 다음과 같다. ① 山開四孔 : 화구가 4개 존재함, ② 赤水湧 : 용암이 흘러나왔음, ③ 其水皆成瓦石 : 흘러나온 용암은 굳어서 기와형태의 암석들을 이룸, ④ 有山湧出海中 : 바다에서 분출한 수성화산임, ⑤ 山之出也, 雲霧晦 : 구름과 안개가 자욱한 것은 수성화산분출에 의한 화산쇄설물의 분출을 의미함, ⑥ 山高可百餘丈, 周圍可四十餘里 : 그 크기를 구체적으로 제시할 수는 없으나 상당한 규모의 크기를 가지는 화산체가 존재함, ⑦ 山無草木 : 산에 풀과 나무가 없었다는 것은 화산분출물(화산쇄설물 혹은 용암류)에 의해 화산체 주변이 뒤덮였음. 기록된 화산현상들을 화산학적 관점에서 살펴보면 ②, ③의 사항은 마그마성 분출에 의한 용암의 분류(effusion)를 의미하며, ④, ⑤의 사항은 수성화산활동 양상을 지시한다. ①, ③, ⑥, ⑦의 사항들은 화산활동 후의 결과로서 화산체의 규모, 형태 등을 의미한다. 특히 ⑥부분에 대하여 강창룡(2004)은 높이 330m, 주위가 16km임을 의미하는 것으로 해석된 바 있다. 하지만, 제주도 단성화산의 높이(2.5~350.2m)와 기저면 직경(87.5~2,450m)의 범위(이정현과 윤성효, 2012)를 감안할 때, 높이가 330m에 이르는 화산의 실체는 기대할 수 있으나 둘레가 16km에 달하는 화산의 존재를 기대할 수 없을 것이다. 이러한 불일치는 ⑥부분이 실제 화산체의 주변 길이가 아니라 화산폭발에 의한 용암류나 화산쇄설물로 뒤덮인 광범위한 지역을 의미하는 하는 것으로 해석하는 것이 타당할 것이다. 본 연구에서는 해당부분을 화산체의 구체적 규모를 기재하기보다는 상당한 규모를 가지는 화산체를 기술한 것으로 해석한다. 이러한 특징을 모두 종합해 보면, 역사서 상에 기술된 화산은 상당한 규모를 가지며, 수성화산활동과 마그마성 화산활동을 모두 가지는 화산으로 추정된다.

하나의 화산에서 발생한 마그마성 화산활동과 수성화산활동 사이의 선후관계는 기존 문헌에 대한 재해석을 통해 유추할 수 있다. 본 연구에서는 서로 다른 화산활동의 선후관계의 증거를 『세종실록』「지리지」기록의 재해석에서 찾고자 한다. 『세종실록』「지리지」(1454)는 발간년도에 있어 『고려사』(1451) 및 『고려사절요』(1452)에 뒤진다. 하지만 『세종실록』「지리지」가 1432년(세종14년)에 완성된 「신찬팔도지리지」를 기초하였으며, 1411년(세종1년)에서 1432

년(세종14년)까지의 사실 변화를 첨가하고, 압두만강 유역의 변화 상황은 특별히 세종 말년까지 반영하여 수록한 것으로 감안할 때(한국민족문화대백과), 『세종실록』「지리지」가 『고려사』 및 『고려사절요』에 비해 상대적으로 이른 시기의 기록일 것이기 때문이다. 이러한 해석은 이들 역사서 상의 화산분출 기록의 차이점을 비교 분석하여 『세종실록』「지리지」가 『고려사』 및 『고려사절요』에 비해 앞선 기록인 것으로 해석한 강창룡(2004)의 연구에 의해서도 지지된다(표 4).

본 연구에서는 기존 해석과 달리 표 4의 『세종실록』「지리지」 부분에서 ②와 ③ 부분을 「'해중에서 솟아난 산이 있다'고 탐라로부터 전해 들었다」로 해석하고, ④ 부분을 전해들은 소식을 확인하는 차원에서 태학박사 전공지를 보내어 조사하게 한 것으로 풀이하면, 이미 존재했던 해중에서 솟아오른 산은 ①탐라산으로 해석될 수 있다. 이렇게 해석한다면 『세종실록』「지리지」에서 ①'탐라(耽羅)'부분이 『신증동굴여지승람』에서는 ⑥'유산용해중(有山湧海中)'으로 변경 기재된 것도 쉽게 해석이 가능하다. 뒷부분에서 다시 언급하겠지만 ②의 **有山** 부분은 『고려사』 및 『고려사절요』에서 ⑤서산(瑞山)으로 표기되는데, **有山**과 **瑞山**은 그 해석에 있어 큰 차이가 있을 것이다. 『세종실록』「지리지」 내의 대부분의 '**有**'는 **'있다'**라고 해석되고 있는 점에 미루어 볼 때, 기존의 해석에서 '생겨나다'라는 의미로 해석된 것보다는 "있다"라고 해석하는 것이 타당할 것이다. 즉 이미 수성화산활동으로 형성된 화산이 존재했고, 그 화산에서 마그마성 화산활동(4개의 구멍에서 붉은 물이 솟아오름)이 발생한 것으로 해석하는 것이다. 이러한 해석은 이미 존재했던 수성화산에서 마그마성 화산분출이 새롭게 일어나고, 그 현상이 1002년경에 고려 조정에 보고되고 기록된 것이며, 태학박사 전공지가 제주를 방문한 후 화산 사건의 전말이 1007년에 종합적으로 정리되어 기록된 것으로 보는 앞의 해석과 조화된다.

만약 앞의 해석과 같이 수성화산활동 이후 마그마성 화산분출이 발생한 화산이 제주에 존재한다면 이는 역사서 상의 화산일 가능성이 크다. 제주도 내 말머리오름, 당산봉, 송악산, 차귀도 등과 같은 단성화산들은 초기 수성화산활동에서 후기 마그마성 화산활동으로 변화해가는 독특한 양상을 보인다. 이들 중 특히 송악산은 『신증동국여지승람』에서 화산분출 위치로 언급된 대정읍(표

4의 ⑦) 내에 위치하는 화산으로, 역사서 상에 기록된 현상들을 잘 설명할 수 있다.

표 4. 문헌 속 화산분출 기록들(굵은 글씨체는 시기에 따라 변이되는 부분임. 강창룡(2004) 참조)

『세종실록』「지리지」(1454)

靈異, 高麗穆宗五年壬寅六月, ①**耽羅**山開四孔, 赤水湧。 十年丁未, ②**有山湧出海中,** ③**耽羅以聞**, ④**王遣太學博士田拱之, 往驗之。** 耽羅人言: "山之出也, 雲霧晦, 地動如雷, 凡七晝夜, 始開霽, 山無草木, 烟氣冪其上。 望之如石流黃, 人不能進。" 拱之躬詣山下, 圖其形以進。

『고려사』「오행지」(1451)

穆宗五年六月 耽羅山開四孔, 赤水湧出, **五日而止, 其水皆成瓦石.** 十年 耽羅, ⑤**瑞山**湧出海中, 遣大學博士田拱之, 往視之. 耽羅人言, “山之始出也, 雲霧晦冥, 地動如雷. 凡七晝夜, 始開霽, **山高可百餘丈, 周圍可四十餘里,** 無草木, 烟氣冪其上, 望之如石硫黃, 人恐懼不敢近.” 拱之躬至山下, 圖其形以進.

『고려사절요』(1452)

○ 六月, 耽羅山, 開四孔, 赤水湧出, 五日而止, 其水皆成瓦石。

○ 耽羅, **奏**, 瑞山湧出海中, 遣大學博士田拱之, 往視之, 耽羅人, 言, 山之始出也, 雲霧晦冥, 地動如雷, 凡七晝夜, 始開霽, 山高可百餘丈, 周圍可四十餘里, 無草木, 煙氣冪其上, 望之如石硫黃, 人恐懼, 不敢近, 拱之躬至山下, 圖其形以進。

『신증동국여지승람』(1531)

瑞山: 高麗樓宗 五年六月 ⑥**有山湧海中** 山開四孔 赤水湧出 五日而止 其水皆成瓦石 十年 瑞山湧出海中 遣大學博士田拱之 往視之 **人言** 山之始出也 雲霧晦冥 地動如雷 凡七晝夜 始開霽 山高可百餘丈 周圍可四十餘里 無草木 烟氣冪其上 望之如石硫黃 人不恐懼不敢近 拱之躬至山下 圖其形以進 ⑦**今屬大靜縣**

금번 연구에서 수성화산활동 시 쌓인 송악산 응회암층 하부 고토양층의 방사성탄소연대(그림 2d, 2e, 2f, 2g) 그리고 수성화산활동과 마그마성 화산활동 사이에 퇴적된 퇴적물에 대한 광여기루미네선스 연대측정 결과(그림 2b, 2c)를 바탕으로 송악산이 3천 8백 년 전 이후에 화산활동이 있었을 것으로 추정하였다. 하지만 수성화산활동으로 만들어진 응회환 내에 마그마성 화산활동으로 새롭게 쌓인 용암층의 연대는 용암층 아래에서 얻은 광여기루미네선스연대(3.6~3.9ka) 이후의 특정 시기로 추정되나 그 특정 시기를 아직까지는 밝혀내지 못하였다. 그 마그마성 화산분출의 연대를 밝히는 것은 향후 과제로 남게 될 것이다. 왜냐하면, 일반적으로 화산암 시료를 이용하여 직접 연대를 측정하기 위하여 K-Ar연대측정, Ar-Ar연대측정, 우라늄계열연대측정법 등이 활용되는데, 일반적으로 K-Ar 연대측정은 10만년 이상의 연대를 가지는 암석에 그리고 Ar-Ar 연대측정은 2~3만년 이상의 연대를 가지는 암석의 연대측정에 적합하기 때문이다(Renfrew and Bahn, 2007). 우라늄계열연대측정법에 있어서 ^{230}Th-^{238}U 계는 최대 38만년 이내, ^{226}Ra-^{230}Th 계는 최대 8000년 이내의 연대측정이 가능하지만, 그 연대 결과 해석에 있어 분별결정작용, 지각혼염, 마그마 혼입 등과 같은 다양한 마그마 작용을 고려하여야 하는 어려움이 있다. 특히 ^{226}Ra-^{230}Th 계의 경우 ^{230}Th-^{238}U 계와 달리 Ra을 표준화할 수 있는 반감기가 매우 긴 동위원소 혹은 안정동위원소가 존재하지 않아 보다 정확한 연대측정에 어려움이 있다(Dosseto and Turner, 2011; Peate and Hawkesworth, 2005; Turner and Bourdon, 2011). 앞으로 기존 분석기법의 개선 및 새로운 기술의 개발이 이루어진다면, 송악산의 마그마성 화산활동에 의한 최후기 용암류 분출의 시기를 보다 구체적으로 밝힐 수 있을 것이다.

이상의 해석을 종합하면 역사서 상의 화산기록은 다음과 같이 재해석될 수 있을 것이다. 『1002년에 탐라에서 보고된(혹은 전해진) 바에 의하면 해중에서 솟아나온 산이 있는데, 그 탐라 산의 4개 구멍에서 붉은 물(용암)이 솟아나왔으며 5일 만에 그치었다. 그곳에서 솟아나온 붉은 물들은 기와와 같은 돌들이 되었다. 이러한 상서로운 소식을 접한 고려조정은 기이하게 생각하여 1007년 어간에 태학박사 전공지를 제주에 보내어 직접 가서보게 하였다. 전공지가 직접 탐라를 방문하여 바다에서 솟아오른 산에 대하여 탐라인에게 들은 바에 의

하면, “산이 솟아나오는데 구름과 안개가 자욱하게 끼었고, 벼락치는 것 같이 땅이 움직였다. 무릇 칠 주야가 지나서야 비로서 개었는데, 산에는 풀과 나무가 없고, 연기만이 그 위를 덮고 있었다. 바라다보니 석류황과 같기도 하여 사람들이 갈수가 없었다.”고 하였다. 전공지는 직접 산 아래까지 나아가 그 모양을 그려 나라에 바쳤다』. 여기서 태학박사 전공지가 보고, 듣고, 기록한 화산은 현제 제주도 대정읍에 위치한 송악산이었을 것으로 추정된다.

5.2. 새로운 해석의 가능성

앞서 1007년의 기록은 제주에서의 화산활동에 대한 전반적인 사항을 기술한 것으로 해석하였고, 1002년의 기록이 제주에서의 실제 화산활동을 지시하는 것으로 추정하였다. 더 나아가 화산기록에 나타나는 여러 화산학적 사실들과 이에 대한 재해석을 바탕으로 역사서 상에 기록된 화산이 현재 대정읍에 위치하는 송악산일 것으로 추정하였다. 하지만 문헌상의 기록 외에 1002년의 기록 시점이 실제 화산활동 시기를 지시한다고 확언할만한 증거는 존재하지 않는다. 화산분출이 기록된 1002년 경 실제로 송악산의 마지막 마그마성 화산분출(용암분출) 사건이 발생하였는지 증명하기 위해서는 향후 연대측정방법의 개선과 새로운 측정방법의 적용이 필요하다고 제안한다. 더불어 화산활동이 기록된 시기의 시대·문화적 배경을 고려하여 지금까지 제시되지 않은 또 다른 해석을 제시하고자 한다.

5.2.1 역사서 상의 기록시기와 실제 화산분출 시기에 관한 검토

화산활동이 기록된 시기는 고려초기로, 이 시기의 고려조정과 탐라의 실질적 관계를 먼저 살펴보는 것이 무엇보다 중요하다. 700여 년간 해상 왕국으로 존속했던 탐라국이 고려국의 실질적 통제영향권 내로 들어가기 전까지의 상태에 대해서는 크게 세 가지 견해가 있다. 하나는 고려 초기 탐라가 사실상 독립적 상태로서 고려에 조공을 하는 관계를 맺고 있었다는 것이고(그림 5의 C, D), 다른 하나는 이미 태조 대부터 탐라가 고려의 지방행정단위로 편입되어 있었다는 것이다(그림 5의 A). 또 다른 하나는 화내 단계에서 기미주 단계를 거쳐 내지 단계로 점진적으로 고려의 통제권 내로 흡수되었다는 견해이다(그

림 5의 B). 화산활동이 기록된 시기에 있어서 탐라의 정치·문화적 독립성이 어떠했는가에 따라 화산활동 기록의 신뢰도는 달라질 수 있을 것이다. 만약 김일우(2007)의 견해와 같이 탐라초기부터 고려의 실질적 지방행정단위로 편입되었다고 전제한다면 외관파견은 없었지만 고려와 탐라는 상당히 교류가 활발했을 것이며, 이로 인해 화산분출 기록의 신뢰도는 매우 높을 것이다. 하지만 진영일(1996), 김창현(1998), 노명호(2005) 등의 견해와 같이 탐라가 고려건국 이후에도 상당기간 실질적 독립국가 형태로 존재했다면 화산분출 기록의 신뢰도에 대해서는 보다 신중한 검토가 필요할 것이다.

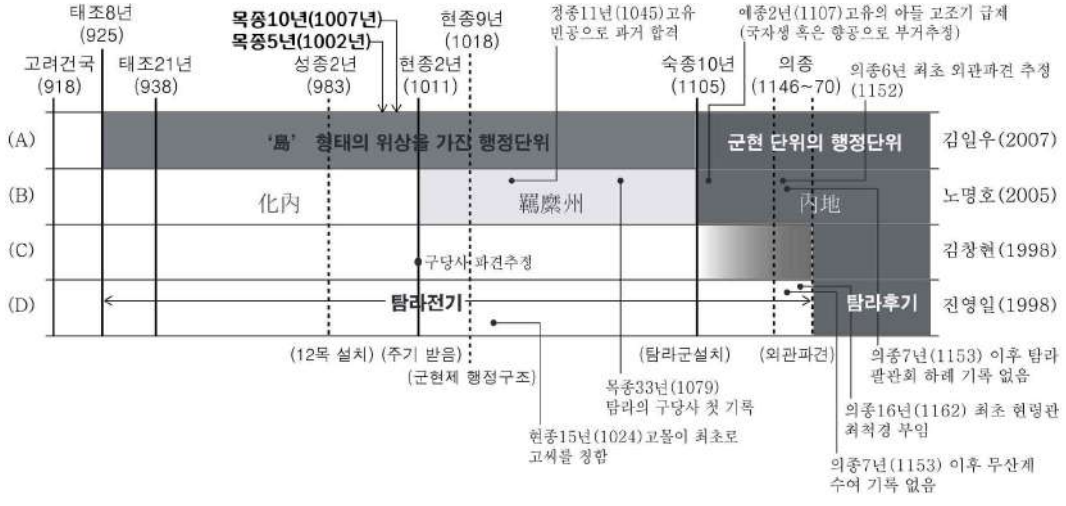


그림 5. 고려 초기 탐라와 고려조정의 지배관계에 관한 다양한 견해(명도가 클수록 탐라에 대한 고려조정의 통제력이 크게 작용하였음을 의미함).

특히 역사서 상에 제주도 화산활동이 구체적으로 기록된 시기(1002년과 1007년)는 고려 성종2년(983) 12목 설치로 중앙집권화 정책이 시도된 이후 현종9년(1018)에 비로소 호족세력에 대한 직접적인 통제책과 군현제의 기본골격이 완성되는 기간 내에 해당한다. 이 기간 동안 탐라는 현종2년(1011)에 고려조정으로부터 주기(朱記)를 받았다. 이러한 시대적 여건을 고려할 때 화산활동이 기록된 시점은 탐라와 고려의 실질적인 교류가 급격히 증가하기 시작한 시기로 해석할 수 있을 것이다.

이러한 시대적 배경을 고려할 때, 고려조정의 정책 혹은 탐라의 필요에 의해 고려와 탐라의 교류가 어느 시기엔가 증가함에 따라 제주에서 일어난 화산분출에 관한 정보가 어떠한 경로를 통해 고려조정으로 보고된 사항임에는 틀림이 없을 것이다. 하지만 수집되고 전달된 내용이 반드시 그 당시에 발생한 사건이라고 단언할 만한 증거는 없다. 앞서 언급한 바와 같이 제주도 육상과 해안의 인근 해저에는 천 년 전 연대를 갖는 상당한 규모의 화산이 보고된 바 없다. 최근 국립해양조사원에서는 2015년 5월 표선면 앞 바다에서 해중 화산체를 발견 보고하였다. 이 화산은 연대가 약 13만년으로 직경이 2km에 달하는데, 화산의 중심부에는 직경 600m 규모의 함몰분화구(pit crater)가 존재하기도 한다. 국립해양조사원 연구원과의 개별통신에 의하면 다년간의 연안지역 해저조사에도 또 다른 화산체를 발견하지는 못했다고 한다. 이는 제주도 연안 해저에 천 년 전 화산이 존재했을 가능성이 매우 낮음을 의미한다. 특히 천 년 전 당시 둘레 사십 여리, 높이 백여 장에 달했던 화산체가 현재 제주도 연안의 수중에서 흔적이 발견되지 않는 것은 해중에 화산체가 없었다는 것을 의미하는 것이라 판단된다. 왜냐하면 현재 해안에 위치하는 송악산 응회환(<38ka), 일출봉 응회구(5<분출시기<6~7.8ka)와 같이 보다 오랜 연대를 보이는 수성화산들 조차 화산체의 원형태가 상당부분 보존되어 있다는 것을 고려할 때, 천 년 전 화산체가 해중에서 만들어지고 이후 비교적 짧은 시간에 완전히 침식되어 사라졌을 것이라고 유추하기에 어려움이 있기 때문이다.

만약 고려시대 초기 실질적 독립국가로 유지되던 탐라국과 고려의 교류가 증가함에 따라 제주에 전해 내려오던 상서로운 현상이 고려 조정으로 전해짐으로써 실제 화산분출 시기와 무관하게 그 분출현상이 기록된 것이라고 가정하면 어떠한 해석이 가능할까?

흔히 상서로운 현상은 시대를 불문하고 마치 가까운 과거에 발생한 사건처럼 많은 사람들의 뇌리에 각인되어 있을 가능성이 높다. 탐라시대 당시 제주인들의 시간에 대한 인식이 어떠했는지에 관한 어떠한 연구나 기록도 없는 것을 고려한다면 더욱 그 가능성을 배제할 수 없을 것이다. 한반도에서 고려시대 이전의 역사기록이 구체적으로 남아 있는데 반해, 같은 시기를 거쳐 간 탐라왕국의 경우 구체적인 역사기록이 남아있지 않다. 이는 당시 탐라인들의 시

간 인식적 성향을 보여주는 것이 아닌가 생각된다. 탐라시대의 구전된 기록 혹은 표기된 기록이 후대에 소실되었을 것이라는 단순한 논리만으로는 탐라시대 역사의 부재를 설명하는데 어려움이 많다. 제주인들의 시간 인식적 성향에 관한 연구들이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 역사서에 표기된 시기와 화산현상에 대한 서술사이에 시간적 간격이 존재했을 가능성을 배제하지 말아야 할 것이다.

5.2.2 역사서 상에 구체적으로 명시되지 않은 화산분출 시기

앞서 언급한 바와 같이 역사서에서 기록된 1002년과 1007년의 시기는 각각 고려 조정이 제주로부터 최초로 화산활동을 보고받은 시기(1002년)와 전공지를 보내어 상서로운 산을 조사하게 한 시기(1007년)를 기재한 것으로 해석하는 것이 타당할 것이다. 하지만 기록 어디에도 제주에서 실제로 붉은 물(용암)이 분출한 시기나, 바다 가운데서 산이 솟아나는 시기는 드러나지 않는다. 본 연구는 이 부분에서 탐라인들이 과거의 시간을 구체적으로 제시할 수 있는 시간적 개념을 갖고 있었을까 의문을 제기한다.

우리는 현재 서구화된 시간인식과 개념 속에서 생활하고 있다. 하지만 우리나라의 달력은 초기에는 중국에서 수입해서 사용하였으며, 14세기 초 고려 충선왕 때부터 달력을 스스로 만들어 쓰기 시작했고, 그나마 독자적인 관측과 역법 추산에 의해 제대로 된 달력을 만들어 쓴 것은 조선 세종 때 관상감에서 직접 제작하여 쓰면서부터라고 한다(정연식, 2006). 이러한 시대적 배경을 고려한다면 역사서에 기록된 고려 초기에 한반도로부터 외떨어져진 섬이라는 지리적 위치에 놓여 있을 뿐만 아니라 고려로부터 사실상 독립적인 위치에 있었던 탐라 사람들이 어떠한 시간개념을 가지고 있었을지 깊이 생각해 보아야 할 것이다. 더욱이 제주도사 연구자들 사이에서 논란이 되고 있기는 하나, 탐라가 백제·고구려·신라 등과 조공관계를 맺었고, 그 발전단계가 삼국과 같은 형태에 이르지 않았을지라도 자율적으로 운영되던 정치체계였다(김일우, 2007의 각주 8 참조)는 것을 감안할 때, 과거 탐라인들의 시간개념에 대해 검토해 보는 것은 화산기록의 실체를 밝히는 중요한 해석의 키가 될 수 있다.

과거 인류의 시간개념에 관해서는 20세기까지 문자를 가지지 않은 즉 문명

화되지 않은 종족들에 대한 인류학적 연구 결과들을 통해 어렴풋이 그들의 시간개념을 인식할 수 있다. 수단의 하르툼에서 남쪽으로 50km 떨어진 곳에 거주하는 누에르족의 경우 에번처 프리처드가 1930년대 연구할 당시 전체 인구가 25만 명 정도 되며, 외부인들과 접촉이 상대적으로 자유로운 부족이었다. 하지만 이들은 사건들 사이의 긴 간격을 연도 단위를 통해서 측정하는 것이 아니라 구조적 시간으로 측정하는 특징을 보였다고 한다. 구조적 시간이란 1년 단위의 시간이라기보다 사람들을 서로 연계시켜주는 훨씬 긴 시간들로 이루어진 틀이다. 이러한 이유로 이들은 10세대 또는 12세대 전까지의 과거에 대한 역사는 가지고 있었으나, 그 이상의 시대에 대해서는 모든 현상이 시간적으로 뭉뚱그려져서 시간과 순서에 무관하게 기억하고 있었다고 한다. 에티오피아의 무르시족 또한 서양인들의 방식과 달리 한사람의 나이를 연대로 표현하지 않는다고 한다. 부시맨들의 경우 정해진 기간으로서 1년의 개념을 가지고 있지 않았고 이 때문에 아무도 자신의 나이를 확실히 알지 못했으며, 오직 가족 내의 다른 구성원들과 비교해서 자기의 나이를 추측했다고 한다. 이들 종족들은 공통적으로 현대의 문자를 갖지 못한 종족들로, 시간을 추상적인 관점에서 바라보지 않고 자신들에게 필요한 독특한 관점에서 시간을 바라본다. 즉 시간을 인간과 상관없이 일정하게 흐르는 어떤 것으로 인식하고 있지 않았다고 한다(Aveni, 1989).

이러한 문화인류학적 연구들의 사례를 볼 때, 제주의 화산활동에 대한 공간적인 정보와 현상에 대한 기억은 옛 제주인들로부터 전해질 수 있었겠지만, 그 시간적 정보가 구체적으로 전달되는 데는 많은 어려움이 있었을 것이다. 태학박사 전공지가 제주를 방문하여 제주인으로부터 화산활동에 관해 정보를 요구했을 때, 아마 그들이 제시한 정보는 시간에 관한 구체적이 언급 없이 단편적인 화산활동 양상과 그 위치 등에 관한 사항들만이 개개의 단편적 정보로 제공되었을 것이다. 이렇게 단편적으로 전달된 공간정보와 화산활동 현상이 태학박사 전공지에 의해 기록되고, 이후 후대 기록자의 취향과 정보수집 능력에 따라 취사선택되어 역사서에 기재되고 전달되었을 것이다. 이는 역사서 상의 화산활동을 논리적 과학적 접근방법을 통해 실체를 밝히고자 하는 그동안의 여러 시도들에 있어 어려움으로 작용했을 것이다.

5.2.3. “서산”이라는 표현에 대한 해석

목종 10년(1007)년 기록에는 탐라 서산이라는 표현이 있다. 서산이 당시의 지명인지 아니면 상서로운 산을 후대에 한자로 기재한 것인지 판단해야 할 것이다. 태학박사 전공지가 직접 관찰한 산은 당시 제주인들에 의해 특별히 상서로운 산으로 여겨지는 특정 지형지물이었을 가능성이 크다. 고려 조정에서 파견된 태학박사는 당연히 제주인들에 의해 상서롭게 여겨지는 산을 “서산”이라는 한자식 표현으로 기재하였을 것이다.

『세종실록』「지리지」나 『고려사』에 비해 시대적으로 늦은 시기의 기록인 『신증동국여지승람』에는 화산분출이 일어났던 지역이 당시의 대정현이라는 부분이 추가된다. 과거 대정현에 속하는 지역 중 특별히 상서로운 화산이 존재한다면 그곳이 아마 “서산”이 아닐까? 화산활동은 자연현상이며, “서산”이라는 표현은 그 자연현상에 대한 인간의 감정이 이입된 지형지물을 가르키는 서술적 명칭으로 보는 것이 타당할 것이다.

대정현 내 역사서 상에서 “서산”이라 불릴만한 곳으로는 송악산이 있다. 송악산은 당시 대정현에 해당하는 지역에서 외관상 가장 젊어 보이는 특징을 보일뿐만 아니라, 제주 사람들이 송악산을 상서롭게 여겼음을 지시하는 고고학적 증거물이 존재한다. 아직 고고학계에서 보고되고 해석된 바 없지만, 송악산 선착장 인근에는 성혈이 새겨진 바위덩이들 분포한다(그림 6). 제주도 고인돌을 제외하고 지금까지 제주에서 부정형의 바위덩어리에 성혈이 보고된 사례는 없다. 송악산 인근에서 발견되는 성혈이 새겨진 바위덩이들은 과거 제주인들이 이 지형지물(화산)을 매우 상서롭게 여겼음을 지시하는 증거물이 될 것이다. 제주도와 달리 한반도의 울산, 창원 등지에는 계곡과 같은 곳에 크고 작은 바위마다 성혈이 가득 새겨져 있는 장소들이 있는데, 이러한 성혈들은 선사시대부터 제의를 지내던 신성한 장소였을 것으로 해석되기도 한다(한국향토문화전자대전). 한편 창원지역의 성혈 바위 중에는 조선시대 혹은 그 이후의 것으로 추정해 볼 수 있는 알바위가 있다고 한다. 그 생성시기를 구체적으로 논하는 것은 이 논문의 범위를 벗어나는 것이긴 하지만 공통적으로 신성한 곳으로 인식했다는 것은 유추할 수 있다.



그림 6. 송악산 인근 마라도 선착장에서 관찰되는 성혈이 새겨진 바위덩어리들

그렇다면 지금은 왜 제주에 송악산 혹은 그 당시 상서로운 산이라고 여겼던 산에 대한 기억 혹은 경외심을 가지고 있지 않은 것일까? 김녕사굴과 관련된 조선 중종(1500년대) 시기의 서련 판관 전설에는 자연지물(동굴)에 대한 경외심에서 제사를 지내고 제물을 바치는 행위를 근절시키는 의도적 행위가 나타난다. 그런가 하면 이러한 정책 혹은 사회적 풍토는 1700년대 초 이형상 목사가 제주에 부임하고 나서 대대적으로 당과 절을 철폐했다는 기록에도 잘 드러난다. 이러한 시대적 배경을 고려한다면 적어도 조선시대를 거치면서 제주에서 '서산'에 대한 기억은 차차 사라지지 않았을까 생각된다.

5.2.4. 화산활동 양상 및 공간적 문제에 관한 재해석

『세종실록』「지리지」 상의 ①耽羅山開四孔에서 "탐라산"이라는 부분이 "탐라의 산"으로 해석할 수도 있지만 "한라산"을 지시할 가능성도 배제할 수 없다. 그렇다면 "산에 구멍이 네 개 열려서 붉은 물이 치솟아 올랐다"라는 부분은 하나의 화산에서 4개의 구멍으로부터 용암이 흘렀다고 해석하기 보다는 한라산체에 있는 4개의 화산에서 용암이 흘러나온 것을 의미하는 것일 수 있다. 이런 관점에서 해석한다면, 문헌상에서 기술된 4개 구멍(4개의 화산)은 어디에 있었을까? 대정읍 인근에는 5~6천년보다 젊은 화산 3개가 존재한다. 송악산(< 3.8ka: 안웅산 등, 2015), 도너리오름(< 6ka: 안웅산과 최형순, 2015), 병악(< 5ka: 이진영 등, 2014a)이 그것이다. 만약 송악산과 유사한 시기에 분출하였다

고 추정되는 형제섬까지 고려한다면 4개의 구멍에 대한 해석이 가능하다. 더불어 바다 가운데 산이 하나 솟아 나왔다는 1007년의 기록도 수성화산인 송악산이나 형제섬으로 해석이 가능하다. 또한 산의 높이가 백여 장이 되고 둘레가 사십 여리가 된다는 부분은 도너리오름에서 흘러나온 용암류에 의해 덮인 부분이거나 아니면, 송악산 화산재에 덮인 대정뜰 지역으로 해석이 가능하다. 특히 "풀과 나무가 없고 연기만 그 위를 덮고 있었다"는 부분은 과거에 풀과 나무가 있었던 부분이 화산재나 용암류에 뒤덮여 모두 매몰된 화산분출 당시의 광경에 대한 기억된 역사를 전공지에게 묘사한 것으로 해석할 수 있다. 2013년 대정인근 저류지 공사현장에서 지표의 송악산 응회암층 하부에서 화산재에 매몰된 많은 식물화석들이 발굴된 것은 화산활동으로 당시 풀과 나무들이 화산재에 뒤덮여 매몰되었음을 지시한다. 목종 10년(1007년) 비교적 자세히 기재된 화산활동 기록은 태학박사 전공지가 당시 탐라인들로부터 전해들은 사실임을 다시 한 번 생각해 봐야 할 것이다.

6. 결론

제주도 역사시대 화산활동 기록의 실체를 밝히기 위하여 제주도에서 가장 젊은 화산으로 추정되는 화산 3개에 대하여 방사성탄소연대측정 및 광여기루미네선스 연대측정을 실시하였다. 연대분석 결과, 송악산은 최소 3.8ka 전 이후, 비양도는 최소 4.5ka 전 이전, 일출봉은 6~7ka전 이후에 분출한 화산으로 파악된다. 연대분석 결과만으로는 역사서 상의 천 년 전 화산을 찾아내지는 못하였다. 하지만 제주도에 비교적 매우 가까운 과거에도 화산활동이 있었음을 알 수 있었다. 연대측정과 병행된 역사기록의 재해석에 의하면, 기존 해석에서 두 번의 서로 다른 화산분출 사건으로 해석되고 있는 1002년과 1007년의 두 차례 기록은 하나의 단성화산에서 일어난 일련의 화산분출 사건으로 해석하는 것이 타당하다. 즉, 1002년의 기록은 탐라(제주)의 화산활동이 최초로 고려조정에 보고(혹은 전달)된 시점이며, 1007년의 기록은 태학박사 전공지가 탐라를 방문하여 화산분출 사건의 실체를 확인한 결과가 정리되어 기술된 시기인 것이다. 더불어 역사서 상의 화산분출 기록에 기술된 사항들을 종합하여 화산지질학적 관점에서 해석하면, 탐라의 천 년 전 화산은 상당한 규모를 가

지며, 수성화산활동과 마그마성 화산활동을 모두 가지는 화산으로 추정된다. 이상의 해석을 종합할 때, 역사서 상에 기록된 화산은 초기 수성화산활동과 후기 마그마성 화산활동이 순차적으로 일어났으며, 그 분출연대가 3.8ka 전 이후의 어느 시기로 밝혀진 대정읍 송악산이 가장 유력시된다. 하지만, 이러한 해석으로는 지금까지 밝혀진 송악산의 분출연대와 역사기록상의 화산분출 시점(1002년)에서 나타나는 시간적 간격을 설명할 수 없다. 그러나 송악산 최후기 용암분출 사건이 역사서 상의 화산분출 기록과 일치할 가능성은 여전히 남아있다. 이는 향후 보다 정밀한 연대측정을 통해 확인될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 화산분출 사건이 기록된 고려 초기 탐라와 고려의 실제적 관계, 시대·문화적 배경 등을 고려하여 화산분출 기록 시점과 실제 화산분출 시기의 상호 불일치 가능성도 조심스럽게 제시하고자 한다.

향후 연대자료의 축적, 새로운 연대분석 기법의 개발과 적용, 제주 탐라시대에 대한 심도 있는 이해와 연구가 뒷받침된다면, 역사시대 화산분출 기록의 실체가 보다 구체적으로 밝혀질 것으로 기대된다.

Study of Jeju Island Volcanic Activity in Historical Record

Ung san Ahn*
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute, Jeju Special Self-Governing Province
Biological Resource Research Division

Summary

To identify the historic eruptions in Jeju in the 11th century, this study measured radiocarbon age and OSL age of 3 monogenic volcanoes which are suspected to be the youngest volcanoes by volcanic stratigraphy and geological features. According to the results of these age dating, the eruption age of the Mt. Songaksan has less than 3.8ka, that of Biyang islet is more than 4.5ka, and that of Ilchulbong is less than 6~7ka. The historic volcanoes are not identified by these age data but the results of age data mean that there were several volcanoes which had erupted in relatively recent past. By the reinterpretation of historic record about volcanic eruption in jeju in the 11th century, two volcanic records which have been respectively interpreted to be two volcanic events in two volcanoes indicate the sequential volcanic events in one monogenic volcano. In other words, the volcanic record in A.D. 1002 means the time when the news of Tamla's volcanic activity had been reported or delivered from Tamla to the

Goryeo dynasty and in A.D. 1007 the time when the Doctor Jeon Kong-Ji made a report for Goryeo dynasty on the result of visiting and researching for Tamla's volcanoes. In addition, by the volcanological interpretation about the descriptions for the volcanic activities on historic books, it is inferred that the Tamla's volcanoes in historic age have considerable dimensions in size and both phreatomagmatic and magmatic eruptions in volcanic activities. Synthesizing the interpretations discussed above, the volcanoes recorded in historic books are most likely to have been Mt. Songaksan which had early phreatomagmatic and late magmatic activities in anytime less than 3.8ka, and is located in Daejeong-eup where was pointed out as to be the spot in one of the historic books. But this interpretation wasn't explained the time disparity so far between the known age data(less than 3.8ka) for the eruption of Mt. Songaksan and the time of volcanic activities(A.D. 1002) in the historic books.

However, It is likely that the last volcanic eruption of Mt, Songaksan matches up with the records of eruption in historic books. This study newly proposes the possibility of the discrepancy between the recorded time for the volcanic activities and the real time of volcanic eruption, considering the practical relationship between the Goryeo dynasty and the Tamla kingdom, the periodical and cultural background and so on in the 11th century.

In future, the time of eruption and the volcano recorded in historic books is expected to be concretely revealed if underpinned by the accumulation of age data for Jeju volcanoes, the improvement and development of age dating technique, and the in-depth study about the Tamla age of Jeju.

인용문헌

강창룡, 2004, 문헌과 자료로 본 상서로운 산의 위치에 관한 고찰, 제주문화재연구, 2, 131-150.

고기원, 박기화, 박준범, 박원배, 2008a. 제주도 서부 비양도의 화산활동 해석(Ⅰ). 2008 추계지질과학연합학술발표회: 27-27.

고기원, 박기화, 박준범, 박원배, 2008b. 제주도 서부 비양도의 화산활동 해석(Ⅱ). 2008 추계지질과학연합학술발표회: 28-28.

고기원, 박준범, 2010a. 제주도 지질과 화산활동에 관한 연구(3): 40Ar/39Ar절대연대자료에 근거한 제주도 형성 초기 용암 분출 기록. 자원환경지질, 43(2), 163-176.

고기원, 박준범, 2010b. 제주도의 지질과 화산활동에 관한 연구(2): 가파도와 마라도 화산암류의 암석학 및 40Ar/39Ar 절대연대. 자원환경지질, 43(1), 53-66.

고기원, 박준범, 강봉래, 김기표, 문덕철, 2013. 제주도의 화산활동. 지질학회지, 49(2), 209-230.

고기원, 박준범, 박윤석, 2008c. 제주도의 지질과 화산활동에 관한 연구(I): 동부지역 저지대 시추코어 화산암류의암석화학 및 40Ar/39Ar 절대연대. 자원환경지질, 41, 93-113.

김일우, 2007, 고려시대와 조선초기 제주도 지역의 행정단위 변천. 한국중세사연구, 23, 283-319.

김창현, 1998, 고려의 탐라에 대한 정책과 탐라의 동향. 한국사학보, 5, 309-345.

남제주군, 제주문화예술재단문화재연구소, 2003, 남제주군문화유적분포지도. 일원피앤씨. 243p.

노명호, 2005. 10~ 12 세기 탐라와 고려국가. 제주도연구, 28, 173-214.

박기화, 이병주, 조등룡 외 8인, 1998, 제주애월도폭 지질보고서. 한국자원연구소, 290p.

박기화, 조등룡, 김정찬, 2000a, 모슬포한림도폭 지질보고서. 한국자원연구소, 56p

박기화, 이병주, 조등룡 외 9인, 2000b, 서귀포하효리도폭 지질보고서. 한국자원연구소, 163p.

서귀포시, 제주대학교박물관, 2000, 서귀포시문화유적분포지도. 한국지도원. 173p.

안웅산, 손영관, 윤우석, 류춘길, 정종옥, 강창화, 2015. 사람 발자국 퇴적층 하부의 테프라 유리 조성 연구. 지질학회지, 51(2), 105-126.

안웅산, 최형순, 2015, 곶자왈, 1만년 이내의 젊은 용암지대에 형성된 자연숲. 2015 추계지질과학연합학술대회: 201.

우도지편찬위원회, 1996, 우도지. 태화인쇄사, 739p.

원종관, 이문원, 이동영, 손영관, 1993. 성산도폭 지질도 설명서. 건설부・제주도・ 한국수자원공사, 104p.

원종관, 이문원, 이동영, 윤성효, 고보균, 1995. 표선도폭지질도 설명서. 건설교통부, 한국수자원공사: 59p.

윤상규, 한대석, 이동영, 1987, 제주도 남부지역의 제4기 지질조사연구. 한국동력자원연구소 연구보고 KR-86-2-(B)-2, 64p.

윤선, 정차연, 현원학 and 송시태, 2014, 제주도 구조운동사. 지질학회지, 50(4), 457-474.

이문원, 1994, 제주도의 형성사와 지질구조, 대한지하수환경학회, 전략광물자원연구센터 공동학술심포지엄 논문 집 제주도지하수원의 환경학적 보전과 개발이용, 54-74.

이정현, 윤성효, 2012. 제주도에 분포하는 제 4 기 단성화산체의 화산형태학적 분석. 지질학회지, 48(5), 383-400.

이진영, 김진철, 박준범, 홍세선, 임재수, 최한우, 2014a. 제주도 상창리 제 4 기 퇴적층 연대와 화산활동. 지질학회지, 50(6), 697-706.

이진영, 홍세선, 최한우, 남욱현, 임재수, 김진철, 카츠키 코우타, 2014b, 제주도 화산활동에서 제4기퇴적층의 지질학적 해석 예비 연구, 한국지질자원연구

원, 대전, 145p.

정연식, 2006, 조선시대의 시간개념. 제4회 한국학특성화기반조성사업단 학술대회 : 한국전통문화의 근대체험과 새로운 모색II, 3-10

제주도민속자연사박물관, 2001. 가파도 학술조사보고서. 대영인쇄사, 173p.

제주도민속자연사박물관, 2003. 비양도 학술조사보고서. 제주사람들, 110p.

제주특별자치도, 2014, 우도·비양도·선흘곶자왈(동백동산) 학술조사 및 활용방안 보고서, 제주특별자치도 세계자연유산관리단, 269p.

진영일, 1996. 고려전기 탐라국 연구. 탐라문화, 16, 163-184.

황상구, 황재하, 김동학, 1992. 제주도 송악산 응회환·분석구의 화산과정. 지질학회지, 28(1), 110-120.

Aveni, A., 1989. Empires of time. Calendars, Clocks, and Cultures. New York.[최광열, 시간의 문화사: 달력, 시계 그리고 문명 이야기(북로드, 2007), 576p.]

Brenna, M., Cronin, S., Kereszturi, G., Sohn, Y., Smith, I.M. and Wijbrans, J., 2015. Intraplate volcanism influenced by distal subduction tectonics at Jeju Island, Republic of Korea. Bulletin of volcanology, 77(1), 1-16.

Cas, R.A.F. and Wright, J.V., 1987, Volcanic successions: modern and ancient. Allen & Unwin Ltd., London, 528p.

Dosseto, A. and Turner, S.P., 2011. Magma cooling and differentiation—uranium-series isotopes, Timescales of Magmatic Processes: From Core to Atmosphere. Wiley-Blackwell, pp. 160-180.

Kim, K.H., Tanaka, T., Nakamura, T., Nagao, K., Youn, J.S., Kim, K.R., Yun, M.Y., 1999. Paleoclimatic and chronostratigraphic interpretations from strontium, carbon and oxygen isotopic ratios in molluscan fossils of Quaternary Seoguipo and Shinyangri Formations, Cheju Island, Korea. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 154, 219–235.

Lowe, D.J., 2011. Tephrochronology and its application: A review. Quaternary Geochronology, 6(2), 107-153.

Miyake, Y., Furuyama, K., Yoon, S., Koh, G. W. and Nagao, K., 1993, Temporal chemical variation of Pliestocenes volcanic rocks from Cheju Island Korea., In geological correlation of southwest Japan and Korea Peninsular-tectonics for spreading of active continental margin. Sci. Report, Shimane Univ., 106-111.

Peate, D.W. and Hawkesworth, C.J., 2005. U series disequilibria: Insights into mantle melting and the timescales of magma differentiation. Reviews of Geophysics, 43(1), RG1003.

Renfrew, C. and Bahn, P., 2007. Archaeology essentials. Thames and Hudson, London.[이희준, 현대 고고학 강의(사회평론, 2008), 312p.]

Sameshima, T., Ogawa, T., Kashima, N., 1988. 5th Int. Symp. Vulcanospeleology, Cheju Island (Korea), Excursion Guide Book, 30-36.

Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H. and Stix, J., 2000. Encyclopedia of volcanoes. ACADEMIC PRESS, 1417p.

Sohn, Y.K., Park, J.B., Khim, B.K., Park, K.H. and Koh., G.W., 2002. Stratigraphy, petrochemistry and Quaternary depositonal record of the Songaksan tuff ring, Jeju Island, Korea. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 119, 1-20.

Sohn, Y.K., Yoon, W.S., Ahn, U.S., Kim, G.B., Lee, J.H., Ryu, C.K., Jeon, Y.M. and Kang, C.H., 2015. Stratigraphy and age of the human footprints-bearing strata in Jeju Island, Korea: Controversies and new findings. Journal of Archaeological Science: Reports, 4, 264-275.

Tamanyu, S., 1990, The K-Ar Ages and their Stratigraphic Interpretation of the Cheju Island Volcanics, Korea. Bull. Geol. Surv. Japan, 41: 527-537(in Japanese with English abstract).

Turner, S. and Bourdon, B., 2011. Melt transport from the mantle to the crust–Uranium-series isotopes. Timescales of Magmatic Processes: From Core to Atmosphere, edited by A. Dosseto, S. Turner, and JA

Van Orman: 102-115.

Won, J. K., Matsuda, J. I., Nagao, K., Kim, K. H. and Lee, M. W., 1986, Paleomagnetism and Radiometric Age of Trachytes in Jeju Island, Korea. Jour. Korean Inst. Mining Geol., 19(1), 25-33.

中村新太郎, 1925, ㅍ濟州火山島雜記」「地球」제4권 제4호.

原口九萬, 1930,「齊州火山島ㅍ「小川博士還曆記念地學論叢」.

原口九萬, 1931, 「濟州島ノ地質」「朝鮮地質調査報」 第十卷ノ一.

川崎繁太郎, 1928, 「濟州島の地質學的 觀察」「文敎の朝解」10월호.

구상나무의 숙지삽시 전처리제와 배지조성이 발근에 미치는 영향

김종갑*, 김대신, 김현철, 고용현, 양승훈, 고정군
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 한라산 구상나무(*Abies koreana* E.H. Wilson)의 효율적인 증식체계를 마련하기 위하여 숙지삽을 이용하여 자생지별 삽수의 전처리제 처리와 배지의 조성상태, 수분조건에 따른 발근과 초기 성장의 특성을 조사하였다.

구상나무 숙지삽목에 대한 자생지별 생존율은 하우스내 삽목시 영실지역 삽수에서만 23.3%를 보였고, 밀폐상내 삽목시 영실지역 삽수가 56.7%, 장구목지역 삽수가 20.0%로 나타나 삽목상과 지역별로 차이를 보였다. 또한 발근율도 하우스내 삽목시 영실지역에서 채취한 삽수에서만 20.0%의 발근율을 보였고, 밀폐상내 삽목시 영실지역 삽수가 33.3%, 장구목지역 삽수가 3.3%로 나타났다. 전처리제 처리에 따른 생존율은 영실지역 삽수에서 $Ca(OH)^2$ 처리구에서 63.6%, H_2O 처리시 56.7%로 비교적 높았고, 장구목 지역의 삽수도 전처리제 종류에 따른 생존율이 비슷한 경향으로 분석되었다. 발근율은 영실지역 삽수에서 H_2O 처리시 33.3%로 가장 높아 생존율과는 다소 차이를 보였다. 구상나무 삽목시 배지조성에 따른 생존율은 영실지역 삽수가 배양토에 삽목시 56.7%로 가장 높았고 발근율도 배양토에서 33.3%로 가장 높았으며, 뿌리생장도 상대적으로 양호하였다.

이들 결과를 종합하면 구상나무의 숙지삽목은 밀폐상을 이용하여 물로 전

* 교신저자 ; 전화: 064-710-3557, e-mail: jakal3182@korea.kr

처리하고 배양토에 삽목하는 것이 효과적이기는 하지만 지역별로 삽수 채취시기 등이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

서 론

고산식물은 아고산대 수목한계선 이상에 특징적으로 나타나는 자생식물을 말하지만, 이러한 수목한계선은 지형이나 지질에 따라 뚜렷하지 않고, 구분이 어려운 것으로 알려져 있다(Korner, 1995). 구상나무는 고산지대에만 한정되어 분포하고, 기후변화 등에 민감하여 지속적인 관리가 필요한 국가 기후변화 생물지표(CBIS: Climate-sensitive Biological Indicator Species) 수종으로 선정되어 있다(환경부, 2010). 한라산의 구상나무는 해발 1,300m 이상 지역에 795.3ha가 분포하며(송국만 등, 2010), 기온이 상승하면서 구상나무 분포지가 다른 수종에 의해 자생지가 축소 될 것이며 이것은 자생지 전체에 광범위하게 나타나고 있다(김은식, 1994; 구경아 등, 2011).

멸종위기에 처한 종이나 생존이 위협받고 있는 집단처럼 보존이 시급한 경우 미리 종자를 수집하여 증식하는 현지외(ex situ) 보존에 의존하게 된다(Maxted 등, 1997; 국립산림과학원, 2008). 구상나무의 현지외 보존을 위한 자생지별 발아 특성조사에 의하면 지리산(반야봉) 집단은 78.3%, 지리산(천왕봉) 집단 87.7%, 한라산 집단은 86.0%가 각각 발아되었다(송정호 등, 2010). 무성번식 방법인 삽목에 의한 현지외 보존 방법도 시도되고 있으며 2년, 5년생 모수에서 각각 평균 88%와 93%의 삽목발근율을 보여 성숙목과 큰 차이를 보이지만 삽목증식도 가능한 수종으로 보고되고 있다(김종원 등, 1987; 김태수와 김찬수, 1998).

따라서 본 연구는 한라산 구상나무의 현지외 보존(field conservation) 증식방법을 확립하기 위한 기초 자료로 활용하고자 자생지별 삽수의 전처리제 처리 및 배지조성에 따른 숙지삽시 발근과 초기생장특성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시 시료

본 시험의 공시 재료인 구상나무(*Abies koreana* E.H. Wilson) 삽수는 2015년 4월 16일에 영실 및 장구목일대 해발고도 1,600m 이상인 지점에서 채취하였다. 채취 시기는 자생지의 식물계절성 특성을 토대로 잎의 생장이 시작되기 전에 이용하였다. 이 지역에서 구상나무 잎의 눈은 2015년 5월 20일경에 파열하였으며, 개엽은 6월 9일경에 시작되었다.



그림 1. 구상나무 삽수채취 위치도

2. 숙지삽목 증식시험

채취한 삽수는 전년에 자란 숙지를 이용하였으며, 삽수 길이는 5㎝ 내외로 제조하여 이용하였다. 삽수 자체에 함유되어 발근을 억제하는 물질을 제거하기 위해 1,000배액의 $Ca(OH)^2$, $AgNO^3$, $KMnO^4$ 및 H_2O에 24시간 동안 삽수 절단부위를 침지시킨 후 증류수로 세척하여 사용하였다.

삽목배지 조성은 물, 고흡수성 수지 및 배양토를 이용하였는데, 고흡수성

수지는 GK그린코리아 제품(700~3,000㎛)을 30분간 물에 침지하여 사용하였다. 배양토는 피트모스(peat moss), 버미큘라이트(vermiculite), 펄라이트(perlite)를 동일하게 1:1:1로 혼합하여 사용하였다. 물배지는 압축스티로폼을 삽수가 구멍으로 빠지지 않을 정도의 크기로 일정한 간격으로 뚫고 물위에 띄우는 방법으로 이용하였다. 모든 실험은 각 처리구당 30개체씩 완전임의 3반복으로 하였으며 삽목 170일 후에 생존율, 발근율, 뿌리수, 뿌리길이를 조사하였다.

3. 증식환경

삽목증식은 제주시에 위치한 한라수목원 자원식물 증식시험포에서 실시하였다. 삽목증식이 이루어지는 하우스와 밀폐상의 온·습도의 변화를 알아보기 위해 5월부터 10월까지 온습도계(HOBO-Pro v2, ONSET)를 이용하여 30분 간격으로 온·습도를 측정하였다(표 1). 하우스의 온도는 평균 21.05℃, 습도는 85.85%로 조사되었고, 밀폐상의 경우 온도가 평균 24.43℃, 습도는 99.65%로 분석되었다. 밀폐상의 온도가 하우스보다 3.38℃가 높고 습도는 13.8%가 높은 것으로 나타났다. 또한 하우스의 경우 일교차는 12.8~21.9℃를 보였으며, 월 평균온도는 21.4~35.3℃를 보여 밀폐상이 하우스보다 높은 것으로 분석되었다. 습도의 일교차 변화는 하우스가 44.7~66.1%, 밀폐상이 0~33.2%로 나타나 밀폐상이 하우스에 비해 온도의 일교차 변화는 크나 습도는 안정적으로 유지되는 것으로 분석되었다.

표 1. 증식시설 월별 온·습도 변화

		월	5	6	7	8	9	10
하우스	온도	평균	18.9	20.5	24.4	24.7	20.8	17.0
		일교차	17.0	18.0	21.9	16.3	12.8	14.5
	습도	평균	76.1	88.8	89.1	89.3	88.8	83.0
		일교차	66.1	57.9	53.3	43.2	44.7	55.8
밀폐	온도	평균	23.1	24.1	28.1	27.9	23.5	19.9
		일교차	35.3	30.4	30.7	30.0	22.3	21.4
	습도	평균	99.4	99.5	99.8	99.7	99.5	100
		일교차	20.8	18.3	12.9	8.2	33.2	0

결과 및 고찰

1. 삽수채취지역별 증식환경에 따른 발근특성

구상나무의 삽수채취 지역 및 삽목상의 종류에 따라 숙지삽을 실시한 결과, 영실지역에서 채취한 삽수를 이용할 때 밀폐상에서 생존율이 56.7%, 발근율이 33.3%로 가장 높았고 하우스에서는 생존율이 23.3%, 발근율이 20.0%로 나타나 밀폐상내의 삽목이 효과적인 것으로 분석되었다(그림 2). 또한 장구목 지역도 밀폐상에서만 생존율이 20.0%, 발근율이 3.3%를 보였고 하우스 내에서는 발근이 이루어지지 않았다. 이는 하우스 개폐상태의 공중습도는 변화가 심하여 약 50~76% 변화를 보이고 밀폐상인 경우 공중습도는 95%로 외부 기상조건 주·야간에 따른 습도 변화는 적어 밀폐상 내에서 삽수는 안정적으로 발근이 유도된 것으로 생각된다. 따라서 황금쥐똥나무, 하와이무궁화, 피라칸사스, 치자의 경우 밀폐상이 개폐상보다 발근율과 생육이 높다는 보고와 유사하였다(서영교 등, 1984).

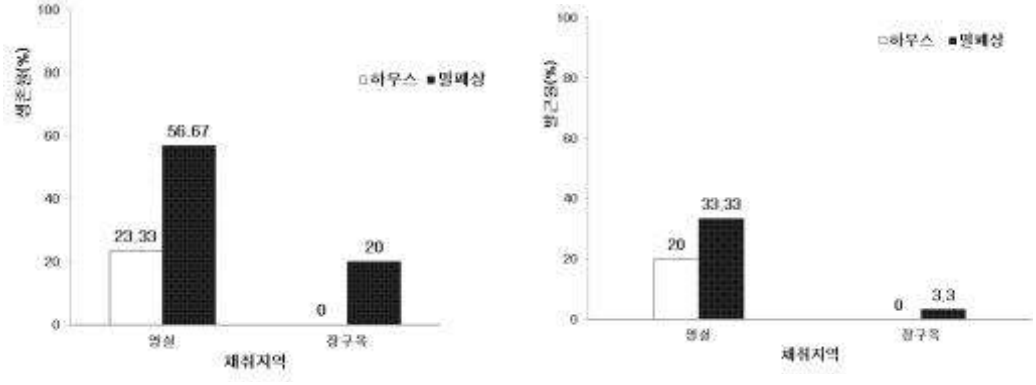


그림 2. 삽수채취지역별 삽목상 종류에 따른 지상·지하부의 변화

발근된 삽수를 대상으로 뿌리수와 뿌리길이를 측정한 결과 영실지역에서 채취한 삽수를 이용한 밀폐상에서 평균 뿌리길이가 75.2㎜로 가장 높은 생장을 보였고 하우스에서는 평균 38.8㎜로 나타나, 밀폐상이 뿌리길이 생장에 효과적인 것으로 분석되었다(그림 3). 반면 뿌리수인 경우는 하우스에서 평균

3.3개, 밀폐상에서 평균 2.9개로 미비한 차이를 보였다. 장구목지역의 삽수에서도 영실지역과 비슷한 경향으로 나타났다. 따라서 구상나무를 삽목을 할 경우 증식환경을 밀폐상을 이용하면 삽목시 중요한 공중습도의 변화폭이 적어 하우스보다 생존율과 발근율이 양호하며 뿌리수와 뿌리길이도 양호할 것으로 생각된다.

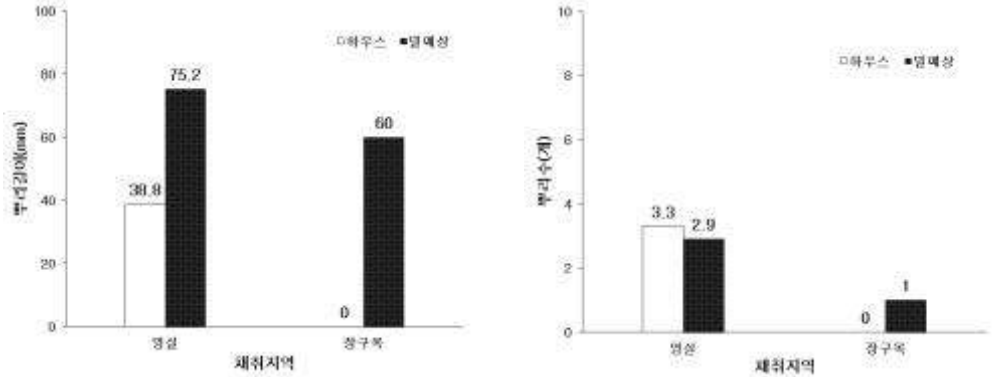


그림 3. 삽수채취지역별 삽목상 종류에 따른 발근 특성

2. 채취지역별 전처리제에 따른 발근 특성

발근억제물질을 제거하여 생존율과 발근율을 향상시키고자 $AgNO^3$, $KMnO^4$ 등 전처리제 1,000배액을 사용하여 밀폐상에 삽목한 결과, 생존율은 영실지역 삽수에 $Ca(OH)^2$을 처리한 처리구에서 63.6%로 가장 높았으며, H_2O에 전처리한 영실지역 삽수도 56.7%로 높은 생존율을 보였다(표 2). 반면 발근율은 영실지역 삽수에 H_2O를 처리한 처리구에서 33.3%로 가장 높았으며, $KMnO^4$ 20.0%, $Ca(OH)^2$ 13.3%, $AgNO^3$ 3.3% 순으로 조사되었다. 한편 장구목지역은 영실지역에 비해 낮은 생존율과 발근율을 보였고 전처리제의 효과는 미비한 것으로 분석되었다

일반적으로 모든 식물체에는 발근억제 또는 저해작용을 하는 물질이 함유하여 있다. 이들 물질 중 Abscisic acid, Cinnamic acid, Caffeic acid, Phenolic acid, Tannic acid 등이 있고 삽목 발근이 어려운 소귀나무, 밤나무등은

$AgNO^3$ 처리를 통하여 Tannin류 등을 제거하여 30~50% 발근율을 보였다고 한다(Hicino 등, 1986). 그러나 구상나무에서는 다른 효과를 가져 온 것으로 보인다. 이는 구상나무의 삽목 시 발근은 모수의 연령에 영향을 받는 것으로 알려져 있는데, 이덕주(1986)는 모수의 연령이 20년 이상일때는 발근제 처리를 하지 않으면 0%의 발근율을 보이고, 송진영(2014)은 구상나무 전처리제로 처리한 삽목시 모든 처리구에서 발근율 10%이하로 나타났다고 한다. 따라서 본 연구와 구상나무의 모수연령에 따른 발근 특성과 전처리제 처리에 따른 발근율이 차이를 보여 차후 구상나무의 지역별, 연령별 발근특성에 대해 연구가 진행되어야 할 것이다.

표 2. 삽수채취지역별 전처리제에 따른 지상·지하부의 변화

처리구	생존율(%)				발근율(%)			
	H_2O	$AgNO^3$	$KMnO^4$	$Ca(OH)^2$	H_2O	$AgNO^3$	$KMnO^4$	$Ca(OH)^2$
영실	56.7	43.3	36.7	63.3	33.3	3.3	20.0	13.3
장구목	20.0	0.0	3.3	23.3	3.3	0.0	3.3	6.7

3. 자생지별 배지조성에 따른 발근 특성

자생지별 H_2O에 전처리한 삽수에 배양토, 물, 고흡수성수지를 이용하여 삽목한 결과, 영실지역 삽수가 배양토와 고흡수성 배지에서 생존율이 각각 평균 56.7%, 53.3%를 보였고, 발근율은 33.3%, 6.7%를 보였다. 물배지에서는 발근이 관찰되지 않았다(표 3).

표 3. 삽수채취 지역 및 배지조성에 따른 지상·지하부의 변화

처리구	생존율(%)			발근율(%)		
	배양토	고흡수성수지	물	배양토	고흡수성수지	물
영실	56.7	53.3	0.0	33.3	6.7	0.0
장구목	20.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0

4. 배양토 종류과 전처리제의 발근 효과

영실지역 구상나무를 전처리제 처리와 배지조성에 따른 발근특성을 조사한 결과, 생존율은 $Ca(OH)^2$을 전처리한 배양토에서 17.2%로 가장 높게 조사되었고, H_2O을 전처리한 배양토와 $Ca(OH)^2$을 전처리한 물배지에 삽목한 처리구에서 16.7%로 조사되었다. 발근율은 H_2O을 전처리한 배양토 처리구에서 9.4%로 가장 높은 것으로 분석되었다(표 4).

표 4. 배양토 종류와 전처리제에 따른 지상·지하부의 변화

처리구	생존율(%)				발근율(%)			
	H_2O	$AgNO^3$	$KMnO^4$	$Ca(OH)^2$	H_2O	$AgNO^3$	$KMnO^4$	$Ca(OH)^2$
배양토	16.7	7.2	11.1	17.2	9.4	0.6	6.7	5.0
고흡수성수지	8.9	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0
물	9.4	0.0	7.78	16.7	0.6	0.0	0.6	1.1

발근된 삽수를 대상으로 뿌리수와 뿌리길이를 측정한 결과, H_2O에 전처리한 배양토에 삽목한 처리구에서 발근수가 평균 2.4개, 뿌리 길이가 평균 58.0㎜로 가장 양호한 결과를 보였으며, H_2O를 전처리한 물배지에서도 발근수 2.0개이고 뿌리길이도 48.0㎜로 양호한 결과를 보였다. 따라서 구상나무 삽목시 배지조성별로 보면 배양토에 삽목하는 것이 가장 좋으며, 습도처리는 밀폐삽목을 실시하고, 전처리제는 H_2O과 $Ca(OH)^2$을 처리하는 것이 효과적인 것으로 생각된다.

표 5. 배양토 종류와 전처리제가 미치는 발근 특성 ND: Not detected

처리구	발근수(개)				뿌리길이(mm)			
	H_2O	$AgNO^3$	$KMnO^4$	$Ca(OH)^2$	H_2O	$AgNO^3$	$KMnO^4$	$Ca(OH)^2$
배양토	2.4	1.0	1.6	1.9	58.0	65.0	37.47	45.07
고흡수성수지	1.5	ND	ND	ND	20.0	ND	ND	ND
물	2.0	ND	1.0	2.0	48.0	ND	80.0	21.5

Effect of Pre-treatments and Medium on the Rooting of Hardwood Cutting of Korean fir in Mt. Hallasan

Kim Jong-Kab*, Kim Dae-Shin, Kim Hyoun-Chol, Ko Yong-hyun,
Yang Seung-hoon and Koh Jung-Goon
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,
Jeju Special Self-Governing Province

Summary

This study was investigated to effect of rooting and early growth by the pre-treatments, container media and humidity condition on the hardwood cuttings for efficient propagation of Korean fir(*Abies koreana* E.H. Wilson) in Mt. Hallasan.

Survival rate of Korean fir cuttings collected from Yeongsil was 23.3% in house and 56.7% in vinyl moist chamber but that collected from Janggumok was 0.0%, 20.0%, respectively. Also, rooting rate of cuttings collected from Yeongsil was 20.0% in house and 33.3% in vinyl moist chamber but that collected from Janggumok was 0.0%, 3.3%, respectively. Survival rate of cuttings collected from Yeongsil was relatively high 63.6% in $Ca(OH)^2$ treatment group, 56.7% in H_2O treatment group and it showed a similar trend in that collected form Janggumok but the rates were lower. Rooting rate cuttings collected from Yeongsil was the highest with 33.3% in H_2O treatment group and showed little difference patterns from survival rate. Survival rate on the composition of the container medium was the

highest with 56.7% in artificial culture soil(peat moss: vermiculite: perlite = 1:1:1) cuttings collected from Yeongsil, rooting rate was the highest with 33.3% and the growth of roots was also relatively favorable.

These results indicates that hardwood cuttings of Korean fir is effective in the vinyl moist chamber containing artificial culture soil under pre-treatment of H_2O but there is thought to be reviewed on cutting period.

인용문헌

Hicino, H., T.M. Otake and Kono, C. 1986. Isolation and hypoglycemic activity of Eleutherans A.B.C.D.E.F and G. glycans of *Eleutherococcus senticosus* roots. J. of Natural Products. 49:293-297.

Korner, C. and 1995. Alpine plant diversity: A global survey and functional interpretations. In: Arctic and alpine biodiversity: Patterns, causes and ecosystem consequences(Eds. Chapin, F. S. and C. Korner), Springer-Verlag Berlin Heiglberg New York. pp. 45-62.

Maxted, N., Ford-Llouyd, B.V. and Hawkes, J.G. 1997. Complementary conservation strategies. Plant Genetic Conservation. Maxted, N. Ford-Lloyd, B.V. and Hawkes, J.G. (Eds.), Chapman and Hall, London, 15-39.

구경아, 박원규, 공우석. 2001. 한라산 구상나무(*Abies koreana* W.)의 연륜연대학적 연구 - 기후변화에 따른 생장변동 분석-. 한국생태학회지 24(5): 281-288.

김갑태, 김준선, 추갑철. 1991. 반야봉 지역 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-. 한국환경생태학회지. 5(1): 25-31.

김갑태, 추갑철, 엄태원. 1997. 지리산 천왕봉-덕평봉 지역의 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-. 한국임학회지. 86(2): 146-157.

김은식. 1994. 환경변화와 고산지대 수목생장 쇠퇴현상과 상관성 해석. 한국과학재단 연구보고서 KOSEF 921-1500-018-2, pp. 89.

김종원, 박유현, 문홍규. 1987. 삽목발근에 의한 구상나무 묘목 생장. 강원도임업시험장연구보고 4: 34-40.

김창호, 남정철. 몇 발근환경인자가 주목삽수 발근에 미치는 효과. 한국임학회지. 70(1): 1-6

김태수, 김찬수. 1988. 구상나무 삽목발근에 미치는 삽수모수령, 삽목시기 및 식물생장소의 효과. 임목육종연구보고 24: 47-56.

서영교, 이동우, 박인환. 1984. 몇가지 관상식물의 하계녹지삽수의 발근에 미치는 밀폐상의 효과. 농업과학기술연구소보

송국만, 김찬수, 고정군, 강창훈, 김문홍. 2010. 한라산 구상나무림의 식생구조와분포특성. 한국환경과학회지 19

송국만. 2011. 한라산 구상나무림의 식생구조와 동태. 제주대학교 대학원

송정호, 장경환, 허성두. 2010 한국특산 구상나무 천연집단의 종자·발아특성 변이. 한국임학회지 99: 849-854

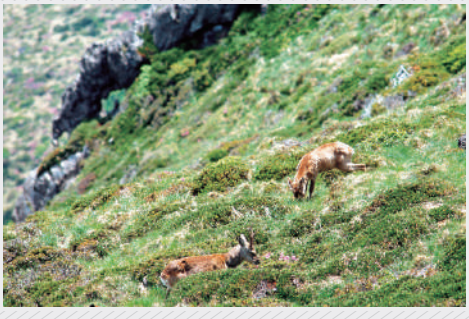
송진영. 2013 한라산 고산식물의 생육특성 및 증식연구 제주대학교 대학원

이덕주. 1986. 구상나무 삽목발근에 관한연구. 건국대학교 대학원

환경부 국립생물자원관. 2010. 기후변화 생물지표 100종 (http://www.nibr.go.kr).

한라산
Mt. Hallasan

연구초록



- 농작물 피해지역 제주노루 개체수 조사
  오장근, 정세호
- 제주도 서부지역 송이자원 분포현황 조사
  안웅산
- 곶자왈, 1만년 이내의 젊은 용암지대에 형성된 자연숲
  안웅산, 최형순
- 솔수염하늘소의 지역별 · 고도별 서식 분포조사
  한태완, 이성권, 강윤복, 이영돈, 신창훈
- 팽나무벼룩바구미 약제방제효과 시험연구
  한태완, 김동철, 조병창, 이영돈, 신창훈
- 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제법 연구
  한태완, 김영림, 현지숙, 신창훈
- 먹무늬재주나방 약제방제법 연구
  한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 신창훈
- 한라산 물장오리 및 사라오름 고산습지의 퇴적물에 관한 연구
  고석형, 김경범, 신창훈
- 애월과 구좌 곶자왈의 토양특성과 미생물 다양성에 관한 고찰
  고석형, 김종식, 김대신, 김영림, 신창훈
- 섬매발톱나무와 좀갈매나무의 숙지삽목시기와 배지조성이 발근에 미치는 영향
  김종갑, 김대신, 김현철, 고용현, 김수경, 고정군

농작물 피해지역 제주노루 개체수 조사

오장근*, 정세호
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

서 론

제주도에서는 1980년대부터 대대적인 노루보호 운동 전개로 노루 개체수 증가와 더불어 제주도 전역으로 확산되어 서식하면서 농작물 피해, 로드 킬 등 많은 문제점이 나타나고 있는 실정이다.

제주의 노루는 1990년 말부터 제주도 전역으로 확산 되어 오름, 곶자왈 등 산림지역을 중심으로 서식하면서 인근 농작물에 피해를 주기 시작하였다. 특히 노루에 의한 농작물 피해는 1990대 초부터 발생하기 시작하여 지속적으로 증가하고 있으며, 노루와 차량과의 충돌로 노루뿐만 아니라 사람의 인명 및 재산상의 피해를 주고 있다. 농작물 피해 등 노루에 의해 발생되는 문제점들을 해결하기 위하여 노루 출입방지 그물망 지원, 전기책 시설 지원과 농작물 피해 보상 등 다각도로 노력해 왔음에도 불구하고 농작물 피해나 노루에 의한 각종 문제들이 줄어들지 않고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 2013년 7월 1일 제주에 서식하는 노루를 한시적 유해동물로 지정하여 농작물 피해를 주는 노루에 대해 포획하는 방안을 마련하여 시행하고 있다. 그러나 환경단체나 이익단체에서 노루 개체수 조사 및 적정서식밀도, 노루 생태연구 등 보다 기초적인 연구가 선행되어야 한다고 주장하는 입장이다. 따라서 본 연구는 농작물 피해지역 노루 개체수 조사를 파악하기 위하여 인력을 동원하여 농작물 피해 극심지역을 중심으로 실시하였다.

* 교신저자 ; 전화 : 064-710-7577, e-mail :ojg6532@korea.kr

조사기간 및 방법

2015년도 제주도 전역 노루 개체수 정밀조사는 2015년 3월부터 11월까지 인력을 동원하여 농작물 피해 극심지역을 중심으로 실시하였다.

조사는 2015년 3월 1일부터 11월30일까지 실시하였으며, 조사장소는 노루에 의한 농작물 피해가 극심한 지역인 제주시 구좌읍과 애월읍지역, 서귀포시 성산읍과 안덕면 지역을 조사장소로 선정하여 실시하였다.

조사장비는 야간에 대상동물이 식별이 가능한 적외선카메라(Recon Ⅲ-MRTB, FLIR-USA), 레이저 거리측정기(Laser-800, BUSHNELL, china), 서치라이트와 조사경로 및 조사거리를 파악하고 기록하기 위한 GPS, GPS 기능이 있는 노트북 등을 활용하였으며 조사가 불가능한 지역에서는 사람과 사냥개 등을 동원하여 조사에 임했다.

현지조사는 차량과 사람 출입이 가능한 모든 지역을 대상으로 조사하였으나 조사지의 상황에 따라 상이한 방법을 이용하여 조사하였다. 목장용지 및 경작지역 등 시야가 확보되고 도로가 있는 지역에서는 조사차량 지붕에 적외선카메라를 설치하여 저속(10~20㎞/h)으로 이동하면서 조사하였으며 서식이 의심스러운 지점에서는 정차 후 확인하는 방법으로 조사하였다.

조사결과 및 고찰

농작물 피해 극심지역인 제주시 구좌읍과 애월읍과 서귀포시 안덕면과 성산읍 일대의 해발 600m 이하지역을 중심으로 야간에 조사하였다.

2015년 조사결과 애월읍지역이 평균 5.25마리/㎢가 서식하여 서식밀도가 가장 높게 나타났다. 다음으로 성산읍 5.16마리/㎢, 구좌읍 평균 4.78마리/㎢이었으며, 안덕면 지역 3.05마리/㎢ 순으로 분석되었다(그림 1).

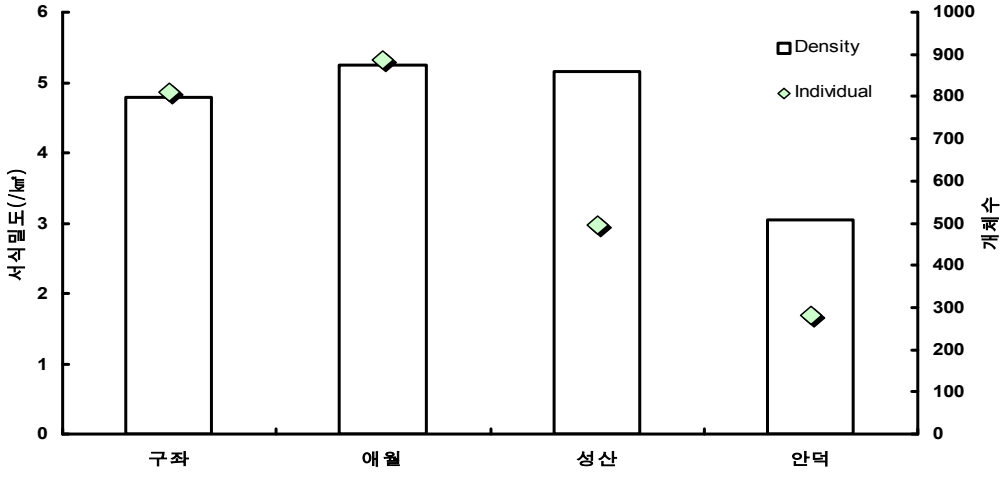


그림 1. 농작물 피해지역 노루 서식밀도 및 개체수 현황

제주시 애월읍 지역은 평균 5.25마리/㎢가 서식하며, 애월읍 노루 서식 가능면적 대비 총 886마리가 서식하는 것으로 분석되었다. 이는 2014년(7.58마리/㎢, 1,279마리)에 비해 감소 경향이 뚜렷하였다. 구좌읍지역은 노루가 서식하는 평균 서식밀도는 4.78마리/㎢로 조사되어 2013년(10.78마리/㎢)과 2014년(4.26마리/㎢)에 비해 꾸준한 감소 경향을 보여주고 있었다(그림 2, 그림 3).

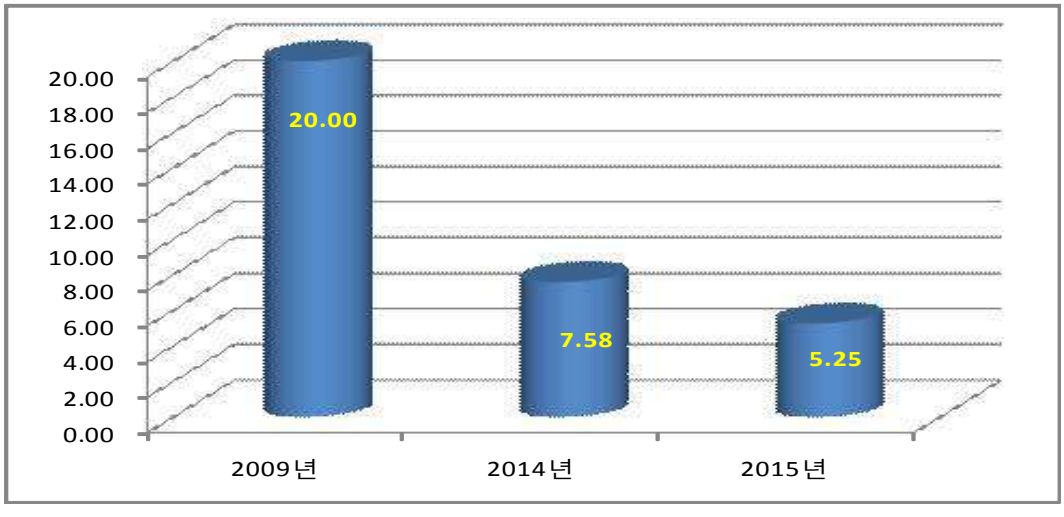


그림 2. 애월읍지역 연도별 노루 서식밀도 현황.

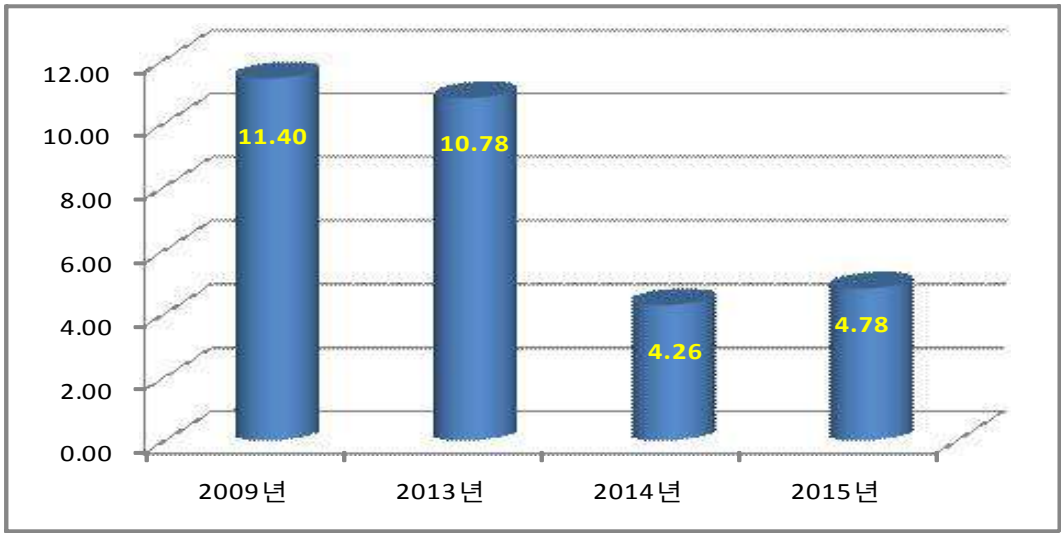


그림 3. 구좌읍지역 연도별 서식밀도 현황.

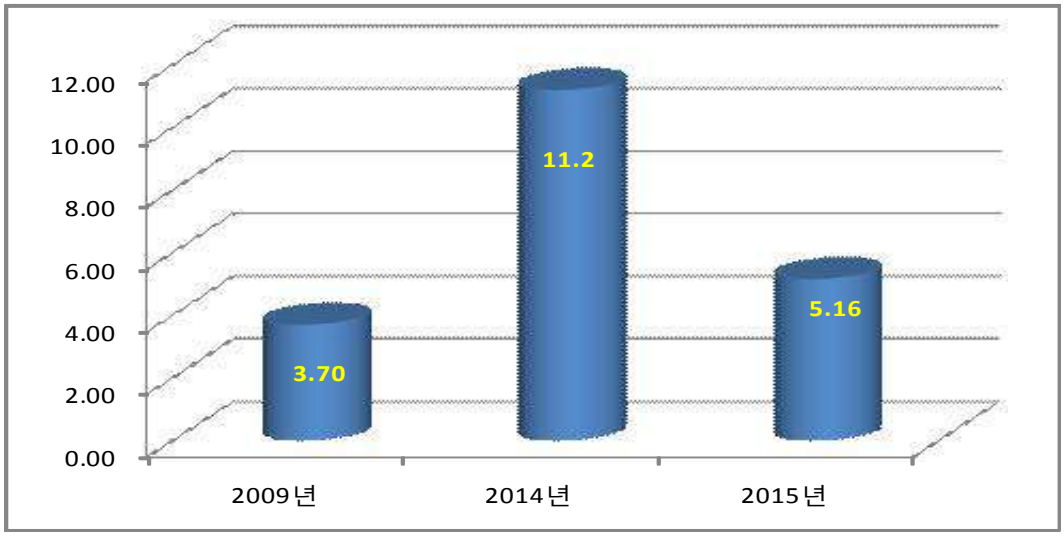


그림 4. 성산읍지역 연도별 노루 서식밀도 현황.

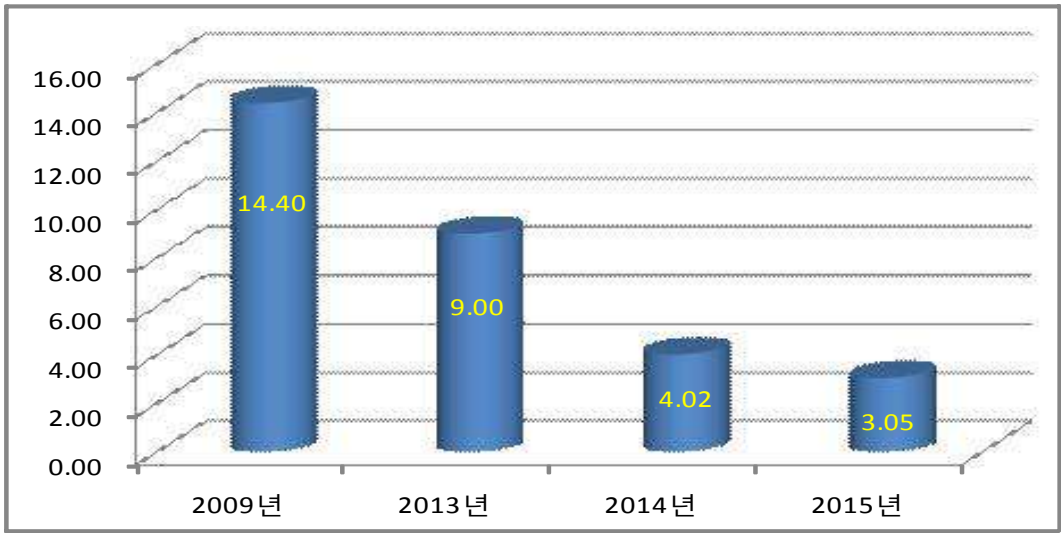


그림 5. 안덕면지역 연도별 노루 서식밀도 현황.

서귀포시 지역에서는 성산읍지역과 안덕면 지역을 대상으로 조사결과를 분석하였다. 성산읍지역의 면적은 총 107㎢이나 산림 등 노루 서식 가능면적은 96.08㎢ 이었으며, 안덕면 지역은 총 105.58㎢로 노루 서식가능 면적은 91.58㎢로 분석되었다. 성산읍지역은 평균 서식밀도가 5.16마리/㎢로 분석되어 현재 496마리가 서식하고 있다고 추정된다(그림 4). 이는 2014년 평균 11.2마리/㎢에 비해 상당히 감소한 것으로 분석되었다. 안덕면 지역은 평균 서식밀도가 3.05마리/㎢로 분석되어 280여 마리가 서식하는 것으로 추정되었다(그림 5). 연도별로 분석한 결과 2013년 9마리(/㎢)였으며, 2014년 4.02마리/㎢보다 감소 경향이 있었다. 성산읍지역과 안덕면 지역은 포획 등으로 인해 노루 개체수가 감소하고 있다고 판단된다.

전체적으로 농작물 피해지역 노루 서식밀도 및 개체수는 지속적으로 감소하고 있는데 이는 한시적 유해동물로 지정 운영되면서 포획으로 인한 개체수 감소와 더불어 포획활동으로 인한 총소리 등 인위적 방해요인이 증가되면서 보다 안정된 서식지로 이동 서식하기 때문으로 판단되나 향후 이에 대한 정밀조사가 필요한 실정이다.

인용문헌

오장근. 2004. 최근 3년 동안 한라산국립공원내 노루분포특성. 한라산연구소 조사연구보고서 3: 35-50.

오장근. 2015. 제주도 전역 노루 개체수 조사. 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 14: 267-274.

오장근, 김현철, 2006. 한라산 노루의 먹이 선택성. 한라산연구소 조사연구보고서 5: 19-48.

오장근, 이창홉, 김철수. 2010. 제주도에 분포하는 노루의 개체수 조사. 환경자원연구원보 2: 154-167.

오장근, 2010. 노루의 분포특징과 보호관리 방안. 제주노루의 가치와 효율적인 관리방안 심포지엄 자료집. 제주특별자치도 환경자원연구원. p. 1-40.

오장근. 2012. 한라산 포유동물 서식특성. 2012 한라산산국립공원 자연자원조사. p. 195-228

오장근, 이영돈, 고석형, 강인보, 김철수, 한상훈. 2012. 제주노루의 행동권 조사 연구. 한라산연구소 조사연구보고서 11: 82-106

오장근, 이영돈, 신창훈, 양영환. 2014, 농작물 피해 극심지역 노루 개체수 조사. 한라산연구소 조사연구보고서 13: 231-235.

서귀포시. 2014. 서귀포시 통계연보.

제주시. 2014. 제주시 통계연보.

제주도 서부지역 송이자원 분포현황 조사

안웅산*

제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

제주도 송이(분석, scoria)는 현무암질 화산활동 시 분출된 화산쇄설물로 화산학적으로는 스코리아(분석)를 의미하는 제주어이다(이하 송이로 표기함). 이러한 송이는「제주특별자치도 보존자원 관리에 관한 조례」 상에 보존자원으로 지정 고시된 유한자원으로, 과거 보온, 단열, 방음, 방습재 등으로 사용되었으며, 최근에는 화장품의 주요 원료로 활용되고 있는 고부가 지질자원으로 급부상하였다. 2011년 4월 송이 관련 상표등록 건수가 579건에 달하는 것은 송이자원의 경제적 가치가 매우 크고, 다양하게 활용될 수 있음을 보여준다.

본 연구는 2015년에서 2016년에 걸쳐 제주도 전역에 걸친 야외조사를 통해 제주도내 송이자원의 분포와 매장량을 조사하기 위한 것으로, 2015년에는 제주도 서부지역을 대상으로 연구를 수행하였다.

야외조사와 병행하여 제주·애월 도폭, 모슬포·한림 도폭, 서귀포·하효리도폭 지질보고서의 기존 지질도를 참조하였으며, 지표 하 스코리아 층의 분포 및 두께를 얻기 위하여 제주도 지질주상도 자료집을 참조하였다. 기존 시추코아 주상도상에는 스코리아층, 사력층, 화산쇄설층 등 송이층으로 해석될 수 있는 층들이 기재되어 있지만 시추자료는 오랜 기간에 걸쳐 여러 기재자들에 의한 것으로 기재 기준이 서로 달라, 기재된 부분이 송이층이라는 것을 확인하기 위해 야외 조사를 통해 별도 확인 작업을 수행하였다. 기존 시추코아 주상도상에서 화산쇄설층, 사력층 등으로 기재된 상당 부분들은 송이층이라기 보다는 용암류의 흐름에 의해 자파쇄작용으로 형성된 클링커층임을 알 수 있었다. 더불어 송이 분포와 함께 용암류의 분포현황 조사를 통해 그 공급지를 추적하여 지질도 작업을 병행 실시하였다. 야외에서 용암류의 구분은 암석 내 반정

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7483, e-mail: ungsan@korea.kr

의 종류 및 함량의 유사성에 기초하였다. 지질도작성과 병행하여 기존 지질도폭 자료 및 연구논문 자료들에 제시된 암석성분 자료들을 정리하고 야외지질경계설정 작업 시 참조하였다.

송이는 분포양상에 따라 ① 분석구 형성 시 분출되었으나 후기 용암류에 의해 피복되어 용암류 아래에 분포하는 경우, ② 지형적 저지대로 재이동되어 퇴적된 재동 송이층, ③ 비교적 분출시기가 오래지 않아 지표에 퇴적되어 있는 지표 송이층으로 크게 구분된다. 제주도 서부지역 송이자원은 대부분 오름(분석구)에 국한되며, 일부 오름 인근지역의 저지대에 재동 퇴적된 송이층의 양상으로 분포한다. 대부분의 송이자원이 오름에 국한된 것은 오름(분석구)형성 당시 오름 인근에 쌓인 송이층들이 후기의 화산활동으로 인한 용암류에 덮여 용암층 아래에 분포하기 때문으로 판단된다. 노꼬메, 왕이메 등 비교적 젊은 화산체 인근에는 송이층이 지표에 분포하지만 그 두께가 1~2m로 얇고, 부분적으로 재동된 점토질 퇴적물이 협재하는 특징을 보인다. 야외조사를 통해 지표에서의 송이 분포영역을 확인하고 분포도를 작성하였으며, 이를 바탕으로 지형을 고려하여 송이자원의 체적을 계산하였다. 송이분포지역의 체적은 1:5000수치지형도를 활용하여 GIS 프로그램(ArcMap)상에서 TIN자료를 만들고 송이가 분포하는 지역에 한정하여 그 체적을 구하였다. 그 결과, 서부지역 송이자원의 총 매장량은 약 3.02㎦에 달할 것으로 판단된다.

서부지역 오름들 중 그 생성연대가 비교적 젊어 다른 용암류에 피복되지 않은 노꼬메, 왕이메 오름 등의 경우 오름 주변의 특정 지역에 비교적 넓은 면적으로 송이층이 지표에 노출되어 있다. 본 연구에서는 초기 핸드오거를 이용하여 송이층의 두께를 직접 확인하는 작업을 수행하였으나, 인력에 의한 송이층 시추에 어려움이 있을 뿐만 아니라 시추가능 깊이도 2m 내외로 얕아 실질적 송이층 두께측정에 제한이 많았다. 2016년에는 GPR(ground penetrating radar) 탐사법을 적용하여 지표하 송이층의 두께를 측정하는 방법을 적용해 나갈 것이다.

향후 2016년 동부지역 송이자원 조사 시에는 물리탐사법을 추가 적용하여 지표 송이층, 국지적으로 저지대에 분포하는 재동 송이층에 체적측정을 보완한다면 보다 상세한 송이매장량 연구가 가능할 것으로 판단된다.

곶자왈, 1만년 이내의 젊은 용암지대에 형성된 자연숲

안웅산*, 최형순[1)]

제주특별자치도 세계유산·한라산연구원, [1)]국립산림과학원
난대・아열대산림연구소

제주도의 동부와 서부지역에는 제주어로 '곶자왈' 이라 부르는 지대가 비교적 넓게 분포한다. 1990년대 지질학적 관점에서의 초기 연구에서는 곶자왈 지대가 전형적인 암괴상 아아(Aa)의 특징을 보이는 용암지대라는 것에 주목하고, 곶자왈을 이루는 용암류를 "곶자왈 용암"이라고 명명한바 있다. 하지만 최근 들어 곶자왈이 아아 뿐만 아니라 파호이호이 지대에도 발달한다는 것이 보고되었으며, 하나의 곶자왈 지대를 이루는 용암류의 표면적 특징이 아아(aa), 파호이호이(pahoehoe), 전이(transitional)적 특징 등 다양한 형태를 보일 뿐만 아니라, 마그마의 성분과도 특별한 연관성이 없음이 보고되었다. 최근 안웅산 등(2015)은 곶자왈의 형성(잔존)의 가장 큰 요인으로 ① 용암류의 매우 젊은 연대, ② 그로 인한 토양층 부재, ③ 지형기복이라고 제시된바 있으며, 그 증거로 조천곶자왈(< 11ka)과 구좌-성산 곶자왈(< 9.5ka)에 대하여 매우 젊은 용암류 연대를 보고한바 있다.

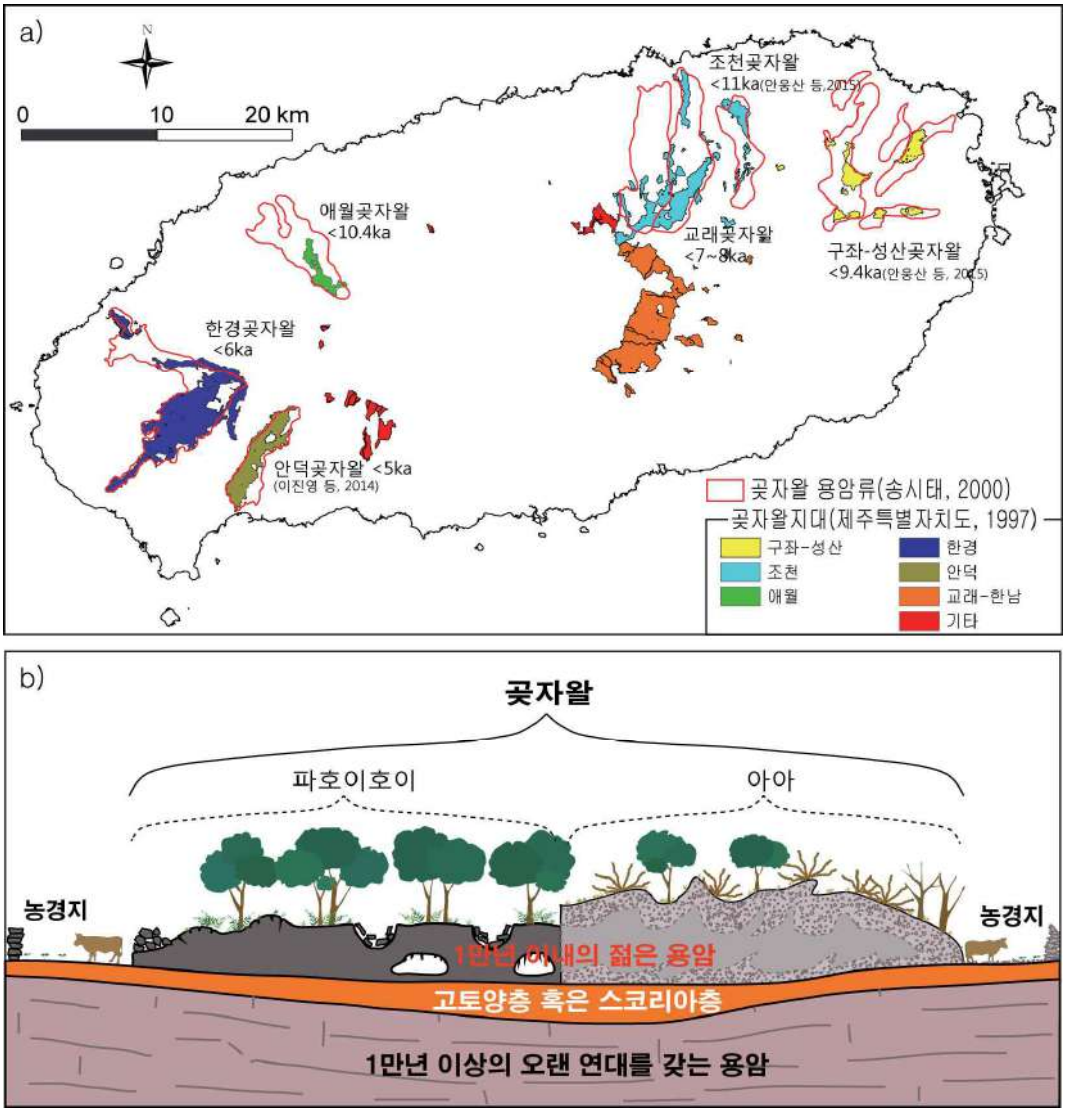
본 연구에서는 지금까지 곶자왈의 기반을 이루는 용암류에 대한 연대가 밝혀지지 않은 애월, 한경, 교래 곶자왈에 대하여 용암류 연대를 측정하였으며, 선흘 곶자왈에 대한 추가 연대분석을 실시하였다. 화산작용의 시기를 밝히기 위한 연대측정은 흔히 화산분출물(테프라) 내 유리 혹은 일차 광물(zircon, hornblende, K-felspar, biotite, quartz 등)을 이용하여 직접적으로 연대를 측정하거나, 화산분출물(테프라) 주변 물질을 이용하여 간접적으로 연대를 측정하는 방법(radiometric incremental, age-equivalance, age-modeling of sediment

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7483, e-mail: ungsan@korea.kr

sequences)이 있다. 본 연구에서는 비교적 많은 시간과 비용이 요구되는 화산분출물을 이용한 방법을 대신하여 화산분출물 주변의 물질, 즉 용암층 하부의 고토양층 대한 방사성탄소연대측정과 광여기루미네선스 측정을 통해 화산활동시기를 측정하였다. 방사성탄소연대측정은 한국지질자원연구원 및 베타연구소에서 그리고 광여기루미네선스 연대측정은 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 실시하였다.

금번 연대측정 결과, 애월곶자왈(10.4천년 전 이후), 한경곶자왈(6천년 전 이후), 교래곶자왈(7~8천년 전 이후)의 연대를 새롭게 얻었다. 이러한 연대측정 결과는 안웅산 등(2015)에서 보고된 선흘곶자왈(11천년 전 이후), 구좌-성산곶자왈(9.4천년 전 이후)과 이진영 외(2014)의 안덕곶자왈(5천년 전 이후)의 연대를 종합적으로 고려해 보면, 제주도 곶자왈을 이루는 용암의 분출시기가 1만 년 전 내외로 매우 젊다는 것을 지시한다(아래 모식도 참조). 이렇게 젊은 곶자왈 용암의 분출연대는 토양층이 빈약하고 암괴로 뒤덮인 제주 곶자왈의 특징과 형성원인을 잘 설명해 주는 것이라 판단된다. 즉, 곶자왈을 이루는 용암류 표면에 토양이 새롭게 퇴적되거나 침전되는 시간이 매우 짧았음을 지시하는 것이다.

기 보고된 제주도 토양층 및 고토양층 연대자료를 근거로 퇴적층의 퇴적률을 계산해 보면 약 120~180mm/천년 정도임을 알 수 있다. 기존 퇴적층 연대자료들이 비교적 퇴적작용이 잘 일어나는 화산지대의 오목한 곳이라는 점을 고려한다면, 실제 퇴적률은 이보다 훨씬 적을 것으로 판단된다. 이는 현무암질 화산활동으로 형성된 제주도의 경우 농경이 적합할 정도의 토양층이 형성되기 위해서는 상당한 시간이 경과되어야 함을 의미하는 것이다. 하지만, 현재 곶자왈을 이루고 있는 1만년 이내의 매우 젊은 용암의 경우 풍화 혹은 퇴적작용으로 농경에 적합할 정도로 토양층이 생성될 시간이 상대적으로 부족했고, 결과적으로 해당 용암지대는 농지로 활용되지 못하고 자연숲으로 남게 된 것으로 유추할 수 있다(그림 1b).



곶자왈 분포도 및 모식도. a) 곶자왈의 분포도 및 곶자왈 용암의 연대. 붉은 선 영역은 송시태(2000)에 의한 곶자왈 영역. 채색된 영역은 제주도(1997)에 의해 곶자왈로 지정된 영역으로 박준범 외(2014)에 의해 각 곶자왈 지역이 구분됨, b) 곶자왈 형성의 주요 원인을 보여주는 단면모식도곶자왈 모식도. 곶자왈은 용암류의 표면적 특징에 관계없이 1만년 이내의 매우 젊은 용암류의 상부에 형성됨. 매우 젊은 용암류 상부에는 토양이 거의 존재하지 않아 농경지로 활용이 불가능함. 이에 반해 비교적 오랜 생성연대를 가지는 용암류 표면에는 상대적으로 두꺼운 토양층이 발달하여 농경지로 활용

솔수염하늘소의 지역별·고도별 서식 분포조사

한태완*, 이성권, 강윤복, 이영돈, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

국내에 솔수염하늘소의 분포는 충청이남지역에서 부터 제주도까지 분포하고 있으며 해발 700m까지 분포한다는 설은 있으나 정확한 연구자료는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 2015년 외부제안 연구과제로서 제주도 해송림에 큰 피해를 주고 있는 소나무재선충병 매개충인 솔수염하늘소에 대해 지역별·고도별 서식 분포범위를 조사하여 방제계획 수립에 기초자료로 사용하고자 실시하였다.

솔수염하늘소의 지역별·고도별 서식분포 조사 내용은 솔수염하늘소 우화시기에 맞춰 지역별 및 고도별(해발 100m간격) 소나무임지 대상 유인 페로몬제 트랩을 설치하여 매개충 출현 개체수를 조사하였다.

조사결과 유인된 곤충은 5월부터 10월까지 페로몬 트랩에 유인·조사된 곤충은 총 7목 24과 53종으로 2,224마리가 수거되었으며, 이중 솔수염하늘소는 6마리가 유인되었으며 지역별·고도별 분포는 제주지역에서 해발 0m, 100m, 200, 300m, 400m에서 조사되었고 서귀포지역에서는 해발 100m 지역에만 채집되었다.

서 론

소나무재선충병은 지난 2013년에 제주도, 경남·북 등 남부지방을 중심으로 피해 고사목이 218만본이 발생하였으나 총력방제로 2014년에는 174만본이 발생되어 감소추세로 전환되었고 아울러, 2016년(1월말 현재)에는 86개 시·군·

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7581, e-mail: htw6613@korea.kr

구에서 91만본의 피해고사목이 발생하였으며(산림청, 2016), 제주도에서는 2004년에 최초 발생하여 2015년 8월까지 총 1,128천본의 고사목을 제거하였고 2015년 9월부터 2016년 8월까지 총 290천본이 고사목 발생을 예상하고 있다(제주도, 2015).

페로몬(pheromone)은 동물 개체로부터 체외로 배출되어 동종의 타 개체에 특이한 반응을 일으키는 생리활성 물질로서 성페로몬을 비롯하여 수신자의 반응에 따라 여러 가지 종류로 나뉠 수 있으며, 생리변화 페로몬에는 메뚜기목이나 딱정벌레목에서 발견되는 성숙페로몬, 흰개미목이나 사회성 벌목에서 발견되는 계급분화페로몬 등이 있다. 행동유기페로몬에서 가장 유명한 것이 성페로몬(sex pheromone)이다. 성페로몬은 수많은 곤충에서 발견되며 특히 농업이나 산림에 피해를 주는 나방류의 성페로몬은 예찰 및 방제에 가장 많이 이용되고 있다. 이외에도 군집형성에 관여하는 집합페로몬, 경고를 알리는 경보페로몬, 길잡이페로몬, 분산페로몬, 교미자극페로몬, 교미억제페로몬 등이 알려져 있다(박 등, 2014).

페로몬 트랩은 대상 해충의 발생을 정확히 예찰하기 위하여 사용되고 있는데, 톱다리개미허리노린재의 경우에도 이 집합페로몬을 이용하여 발생소장을 조사(허 등, 2006 ; Mizutani et al, 1996, 2002 ; Moriya and Mizutani, 2003 ; Huh et al, 2005b ; Tabuchi et al, 2005)와 매미나방 개체군변화의 단계별 특징과 페로몬 트랩에 의한 포획효과도 조사한 바 있으며(이 등, 2000), 페로몬 트랩을 발생소장 조사, 방제, 공시충 확보 등의 수단으로 사용할 경우에는 낮은 밀도에서도 충분한 유인효과를 나타낼 수 있어야 할 것이다.

페로몬을 이용한 직접적 해충방제 방법으로서 교미교란(mating disruption)에의 이용은 깍지벌레류의 경우 Stemlicht 등(1983) 및 Bar-Zakay 등(1989)에 의하여 Califomia red scale을 대상으로 검토된 바 있다.

깍지벌레류 중 최초로 성유인물질의 존재가 밝혀진 것은 1966년 Doane이 미국의 솔껍질깍지벌레류 암컷은 수컷을 유인하는 물질을 발산함을 증명한 것이었다. Warthen 등(1970)은 Califomia red scale의 성유인페로몬을 분리하였으며, Roelofs 등(1978)은 이의 화학구조를 동정하였다. 이어서 그 외 몇종의 깍지벌레류에 있어 페로몬의 화학구조가 밝혀졌으며, 이들의 이용연구가 진전되

고 있으나 그 연구실적은 다른 주요 해충류에 비하여 미약한 형편이다.

성페로몬을 이용한 해충방제는 Shorey 등(1967)이 최초로 나비목 해충의 교미교란에 관한 실험을 한 이후 해충의 방제예찰, 교미교란, 대량포획의 방법에 대한 연구가 보고되었다(Jacobson, 1972 ; Sanders, 1986 ; Staten et al, 1987). 이는 특정 해충만을 대상으로 작용하고 적은 양으로도 충분하며, 환경오염의 부작용이 없어 해충의 발생예찰에도 이용되고 직접 방제에도 이용이 될 수 있는 장점이 있다(Jutsum and Gordon, 1989). 국내에서는 복숭아심식나방(*Carposina sasakii*)의 발생조사(Jung et al, 2012), 복숭아명나방에 대한 페로몬 트랩의 처리조건에 따른 유인효과(김 등, 2013), 솔껍질깍지벌레 수컷 성충의 합성 페로몬에 대한 반응(Park et al, 1994), 파밤나방의 합성페로몬 트랩을 이용한 방제효과(Kim et al, 1995)에 관한 연구들이 진행되었다. 복숭아명나방의 성페로몬에 대해서는 성페로몬 조성(Jung et al, 2000)과 성충의 활동리듬, 밤나무림에서의 발생생태(Choi, 1998)에 대한 연구가 진행되었다.

소나무재선충은 식물기생성 선충으로 가늘고 실과 같은 구조로 0.6～1.0mm의 크기로 성충은 교미 후 30일 전후하여 약 100개 정도의 알을 낳고 25℃ 조건에서 1세대 기간은 약 5일이며, 1쌍의 재선충이 20일 후 20여만 마리 이상으로 증식한다(한, 2007).

소나무재선충 매개충인 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*)는 해송수염치레하늘소라고도 하는데 한국, 중국, 일본, 타이완 등에 분포한다. 몸은 전체적으로 붉은 갈색이고 몸길이는 20~30㎜이다. 수컷 더듬이는 몸 길이의 2~2.5배, 암컷 더듬이는 1.5배 정도이며, 완전변태를 하고, 6~9월에 100여 개의 알을 소나무류의 수피속에 낳는다. 다 자란 애벌레의 몸 길이는 40㎜ 안팎이고 1~2개월간은 소나무류 수피 밑의 형성층 부위를 갉아 먹으면서 자란다.

소나무류 목질부 속에서 애벌레 상태로 월동한 뒤, 4월 무렵에 수피와 가까운 곳에 용실을 만들고 번데기가 된다. 성충은 5월 하순부터 7월 하순에 걸쳐 6㎜ 정도의 둥근 구멍을 뚫고 밖으로 나와 소나무의 어린 가지 수피를 갉아 먹는다. 암컷은 우화한 뒤 20일 무렵에 쇠약하거나 고사한 나무의 수피를 물어뜯어 1개씩 알을 낳는데 건강한 나무에는 산란하지 않는다(이 등, 2013; 국립산림과학원, 2008).

현재 국내에 솔수염하늘소의 분포는 충청이남지역에서 부터 제주도까지 분포하고 있으며 해발 700m까지 분포한다는 설은 있으나 정확한 연구자료는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 2015년 외부제안 연구과제로서 제주도 해송림에 큰 피해를 주고 있는 소나무재선충병 매개충인 솔수염하늘소에 대해 지역별, 고도별 서식 분포범위를 조사하여 방제계획 수립에 기초자료로 사용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험장소 및 시험재료

본 실험에 사용한 페로몬 트랩의 구성은 포획통과 다중 깔대기 트랩 하단에 연결된 반투명의 플라스틱 통에 유인되어 떨어진 매개충이 외부로 탈출하지 못하도록 포획하는 장치이고 페로몬 유인제는 α-피넨과 에탄올 혼합으로 액체(젤리)형태의 페로몬 및 유인제를 용기에 담은 일체형 플라스틱 통을 깔대기 트랩에 설치하여 사용하였다(동부한농 Co.).

솔수염하늘소의 지역별·고도별 서식분포 조사 내용은 솔수염하늘소 우화시기에 맞춰 지역별 및 고도별(해발 100m간격) 소나무임지 대상 유인 페로몬제 트랩을 설치하여 매개충 출현 개체수를 조사하였으며, 조사대상지는 제주시지역(0~700m) 및 서귀포시 지역(0~700m) 조사구에 각각 2개의 페로몬 트랩(16개소 32개 트랩)을 설치하였고 휘발성 물질로 시간이 경과하면 없어지는 페로몬 루어는 3개월 마다 총 2회 추가 교체하였다(그림 1, 표 1). 또한 해발 800~1100m 지역에서 솔수염하늘소 서식분포조사는 소나무재선충병 매개충 페로몬 유인 트랩 방제 도입에 따른 시범사업 추진 및 방제효과 조사 가이드라인(산림청, 2015)에서 제시한 매개충 유인에 의한 2차 피해확산 방지를 위해 피해 선단지는 대상지에서 제외함에 따라 해당지역의 고사목 단편을 수거하여 솔수염하늘소 성충 우화여부를 조사하였다. 조사기간은 2015년 4월경에 계획수립, 대상지 선정, 트랩구입 및 설치 완료하였고 5월부터 10월까지 주1회 및 월4회 트랩설치 장소에 현장 방문하여 수거·조사하였으며 트랩에 유인된 곤충은 실험실로 갖고 와서 동정 및 표본 제작하였다.



그림 1. 솔수염하늘소 페로몬 유인트랩 지역별·고도별 설치장소

표 1. 솔수염하늘소 지역별・고도별 분포조사지 현황

트랩 번호	해발고도 (m)	행정시	지 번	설 치 트랩수	설치장소
1	0	제주시	도두1동 산1	2	도두봉 구)전경부대 입구주변
2	100		노형동 2243-2	2	00입도조묘 위쪽
3	200		노형동 216-1	2	카트체험장 동쪽
4	300		노형동 295-1	2	축산진흥원 원내
5	400		연동 산100-13	2	일방통행 진입도로변
6	500		연동 산 146-1	2	어승생 승마장 동쪽
7	600		해안동 산 63-44	2	어승생 삼거리 입구서쪽
8	700		해안동 산217	2	천아수원지 입구 소나무임지
1	0	서귀포시	중문동 2520-2	2	컨벤션주변 공사장주변
2	100		중문동 1131-1	2	회수사거리 서쪽 1.5km
3	200		대포동 169-9	2	회수정수장 위쪽 한라산방면
4	300		대포동 29	2	구)탐라대입구 삼거리주변
5	400		대포동 산39-5	2	산록도로 교차로 상창방면
6	500		하원동 산 66-1	2	서홍축산 아래쪽
7	600		대포동 산 6-	2	유향난원 앞
8	700		대포동 산1-8	2	거린사슴동쪽 둘레길 입구

결과 및 고찰

2015년 외부제안 연구과제로서 제주도 해송림에 큰 피해를 주고 있는 소나무 재선충병 매개충인 솔수염하늘소에 대해 지역별·고도별 서식 분포범위를 조사하여 방제계획 수립에 기초자료로 사용하고자 실시하였다.

솔수염하늘소의 지역별·고도별 서식분포 조사 내용은 솔수염하늘소 우화시기에 맞춰 지역별 및 고도별(해발 100m간격) 소나무임지 대상 유인 페로몬제 트랩을 설치하여 매개충 출현 개체수를 조사하였으며, 조사대상지는 제주시지역(0~700m) 및 서귀포시 지역(0~700m) 조사구에 각각 2개의 페로몬 트랩을 설치하였고 휘발성 물질로 시간이 경과하면 없어지는 페로몬 루어는 3개월 마다 2회 교체하였다. 조사기간은 2015년 4월경에 계획수립, 대상지 선정, 트랩구입 및 설치 완료하였고 5월부터 10월까지 주1회 및 월4회 트랩설치 장소에 현장 방문하여 수거·조사하였으며 트랩에 유인된 곤충은 실험실로 갖고 와서 동정 및 표본 제작하였다. 솔수염하늘소에 대해 지역별·고도별 서식 분포범위를 조사한 결과 페로몬 트랩에 유인된 곤충 종은 7목 24과 53종으로 총 2,224마리가 조사되었다(그림 2, 부록 1).



그림 2. 솔수염하늘소 지역별・고도별 서식분포조사
A: 설치된 페로몬 유인트랩, B: 유인된 솔수염하늘소,
C: 풍이, D: 큰곰보하늘소

조사된 곤충목록에서 월별 페로몬트랩 유인 곤충현황(그림 3)을 보면 7월에 1,199마리, 8월에 929마리가 수거되었으며, 6월에는 43마리, 5월과 9월에 각각 22마리, 10월에 5마리가 수거되었다. 7월~8월에 유인된 곤충수가 많았는데 이는 도두봉 조사지에서 풍이가 1,902마리와 털매미가 116마리가 유인되었다.

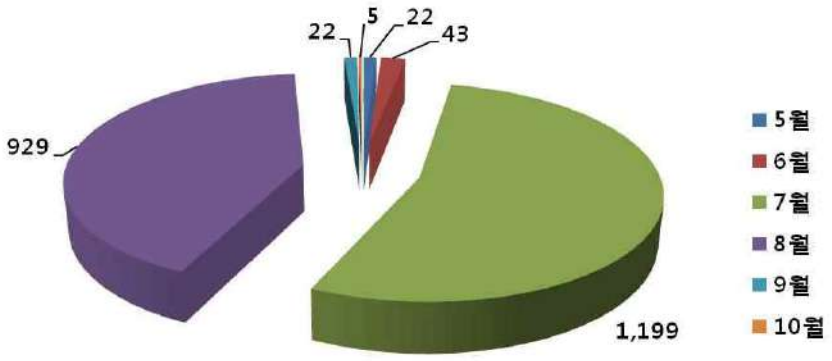


그림 3. 월별 페로몬 트랩 유인곤충 현황

목별 페로몬트랩 유인 곤충현황(그림 4)을 보면 딱정벌레목이 36종으로 가장 많았고 메뚜기목, 노린재목, 파리목은 각각 3종, 그 외 매미목이나 벌목은 적게 유인되었다. 또한 과별 페로몬트랩 유인 곤충현황(그림 5)을 보면 총24과로 하늘소과와 풍뎅이과가 각각 7종으로 가장 많았고, 꽃무지과가 4종, 방나방과가 3종이 유인되었으며 나머지 과는 각각 1종만이 유인되었다.

솔수염하늘소 등 하늘소과 곤충 유인현황(부록 1)을 보면 검정하늘소 등 112종이 유인되었으며 이중 솔수염하늘소는 제주지역에서는 6마리가 유인되었으며 지역별·고도별 분포는 제주지역에서 해발 0m, 100m, 200, 300m, 400m에서 5마리가 조사되었고 서귀포지역에서는 해발 100m 지역에 1마리만 채집되었다. 기타 하늘소류는 검정하늘소가 6월~9월까지 93마리로 가장 많이 유인되었고 넓적하늘소, 홍띠하늘소, 검은넓적하늘소, 꼬마긴다리범하늘소 등이 채집되었지만 종수는 그리 많지 않았다. 또한 800~1100m 지역의 고사목 단편을 수거하여 솔수염하늘소 성충 우화여부를 조사한 결과 관찰할 수가 없었다.

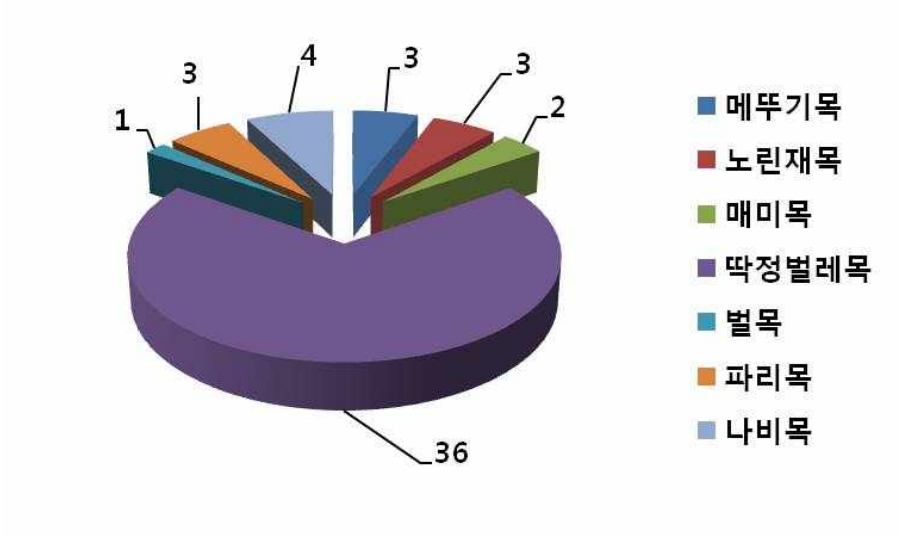


그림 4. 목별 페로몬 트랩 유인곤충 현황

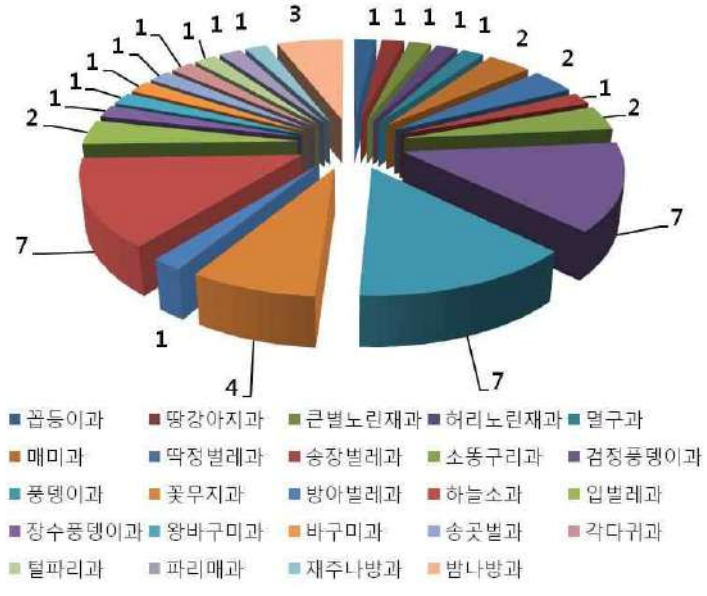


그림 5. 과별 페로몬 트랩 유인곤충 현황

본 시험연구 결과 페로몬 트랩에 유인된 곤충 종은 7목 24과 53종으로 총 2,224마리가 조사되었고 솔수염하늘소는 6마리가 유인되었으며 지역별·고도별 분포는 제주지역에서 해발 0m, 100m, 200, 300m, 400m에서 조사되었고 서귀포지역에서는 해발 100m 지역에만 채집되었다. 현재 고사목 방제현황과 소나무 고사목 소나무재선충병 검사결과(미제시)를 보면 해발 600m까지 재선충병에 의한 고사목이 발생하는 것으로 봐서 솔수염하늘소 분포범위가 해발 600m까지 분포한다고 볼 수 있으나 본 연구에서는 해발 400m까지만 서식분포를 확인할 수 있었다. 이는 고사목 방제작업 지역에 트랩 설치 등 연구대상지 선정이나 소나무 임지여건, 페로몬트랩 유인기작 등이 복합적으로 작용해서 해발 500m~700m에서는 관찰하지 못한것이라고 사료된다. 또한 본 연구에서 솔수염하늘소 유인된 개체수가 6마리인것과 **소**나무재선충병 매개충 페로몬 유인 트랩 방제 도입에 따른 시범사업 추진 및 방제효과 조사결과에서 본연구와 다른 페로몬 루어을 사용하여 조사한 유인효과(미제시)와 비교해 봤을 때는 매우 저조한 실적이었다. 따라서 2016년도에 연구과제 추진 시 페로몬 루어 종류를 다양화하고 페로몬 설치 대상지 선정을 재검토하여 추진하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료되며, 이러한 조사자료를 토대로 지역별·고도별 서식분포 범위를 조사함으로서 효과적인 매개충 정보 제공하고 소나무재선충으로부터 한라산국립공원 보호를 위한 자료를 구축할 수 있다고 사료된다.

인용문헌

Choi, K. S. 1998. The Peach pyralid moth, *Dichocrocis purictiferalis* Guenee (Lepidoptera : Pyralidae), adults : circadian rhythms in activity and seasonal occurrence at chestnut orchards. Ph. D. Thesis of Seoul National University. pp. 16~17, 47~50.

산림청. 2015. 소나무재선충병 매개충 페로몬 유인 트랩 방제 도입에 따른 시범사업 추진 및 방제효과 조사 가이드라인. 산림청.

산림청. 2016. 2016년 소나무재선충병 방제 대책. 산림청 브리핑자료(1.20일자)

한혜림. 2007. (산림정보)소나무재선충의 생물학적 특성. 산림지 2007(12): 82~85.

허완, 박정규. 2006. 먹이 첨가에 의한 톱다리개미허리노린재 집합페로몬 트랩의 유인력 증진. 韓應昆誌 45(1): 87~90.

Huh, H.S., W. Huh, S.D. Bae and C.G. Park. 2005b. Seasonal occurrence and ovarian development of bean bug, *Riptortys clavatus*. Korean J. Appl. Entomol. 44: 199~205.

Jacobson, M. 1972. Insect sex pheromone. Academic press, New York. pp. 382.

제주도. 2015. 소나무재선충병 방제실행계획. 제주도

Jung j. G., K. S. Han, G. S. Choi and K. S. Boo. 2000. Sex Pheromone Composition for Field-trapping of *Dichocrocis punctiferalis* (Lepidoptera: Pyralidae) Males. Korean J. Appl. Entomol. 9: 105~110.

Jung S. A., L. P. Sah, J. J. Ahn, Y. I. Kim and C. Jung. 2012. Occurrence patterns of three major fruit moths, Grapholita molesta, *Grapholita dimorpha* and *Carposina sasakii*, monitored by sex ppheromone in plum orchards. Korean J. Appl. Entomol. 50: 449~459.

Jutsum, A. R. and R. F. S. Gordon. 1989. Introduction. Pheromone: importance to insects and role in pest management in insect pheromones in plant protection, eds by A.R. Jutsum and R.R.S. Gordon. pp. 1~13.

Kim K. J., J. D. Park and D. S. Choi. 1995. Seasonal occurrence of *Spodoptera exigua* in Chonnam Province and a possibility of their

control in vinyl house with pheromone traps. Korean J. Appl. Entomol. 34: 106~111.

김영재, 김현경, 강길남, 김영명, 문선주, 김길하. 2013. 복숭아명나방에 대한 페로몬트랩의 처리조건에 따른 유인효과. 농약과학회지 17(3) : 200~205.

이장훈, 이해풍. 2000. 매미나방 개체군 변화의 단계별 특징과 페로몬 트랩에 의한 포획 효과. 한국생태학회지 23(1) : 65~70.

이상현 외. 2013. 식물병해충도감(진단과 방제), 병해편. 학술편수관. pp. 21~25.

Mizutani, N., Y. Hirose, H. Higuchi and T. Wada. 1996. Seasonal abundance of *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of phytophagous bug, in summer soybean fields. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 40 : 199~204.

Moriya, S. and N. Mizutani. 2003. Examination of the form of synthetic aggregation pheromone traps for the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg). Ann. Rep. Kanto- Pl. prot. 50 : 139~141.

국립산림과학원. 2008. 新 산림병해충도감. 국립산림과학원 연구신서 제25호. pp. 223~225.

박일권, 고상현, 정영진. 2014. 산림병해충 페로몬 및 천연물 해충방제제의 현장적용기술 개발. 국립산림과학원 연구보고 제14~25호.

박승찬, 위안진, K. Mori. 1994. 솔껍질깍지벌레 수컷 성충의 비행습성 및 합성 페로몬에 대한 반응. 韓應昆誌 33(4) : 250~256.

Roelofs, W. M. Gieselmann, A. Carde, H Tashiro, D. S. Moreno, C. A. Henrick & R. J. Anderson. 1978. Identification of the Califomia red scale sex phero-mone. J. Chem. Ecol 4: 211~224.

Sanders, C. J. 1986. Evaluation of high-capacity, nonsaturating sex pheromone traps for monitoring population densities of spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Entomol. 118: 611~619.

Shorey, H. H., L. K. Gaston and C. A. Saario. 1967. Sex pheromones of noctuid moths. XIV. Feasibility of behavioral control by disrupting pheromone communication in cabbage loopers. J. Econ. Entomol. 60:

1541~1545.

Staten, R. T., H. M. Flint, R. C. Weddle, E. Quintero, R. E. Zarate, C. M. Finnell, M. Hernandes and A. Yamamoto. 1987. Pink Bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae): Large-scale field trials with a high-rate gossyplure formulation. J. Econ. Entomol. 80: 1267~1271.

Stemlicht, M., W. L Roelofs, E. Dunkelblum & M. J. Gieselmann. 1983. Management of scale pests th-rough utilization of their pheromone. Bet Dagan. Is-rael, Bard. 20 pp.

Tabuchi, K., S. Moria and N. Mizutani. 2005. Seasonal catches of the bean bug, *Riptortus clavatus*(Thunberg) (Heteroptera: Alyd-idae), in water-pan traps with synthetic attractants. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 49: 99~104.

Warthen, J. D., Jr., M. Rudrum, D. S. Moreno & M. Jacobson. 1970. *Aonidiella aurantii* sex pheromone isolation. J. Insect Physiol. 16: 2207~2209.

부록 1. 솔수염하늘소 유인페로몬 트랩 수거 곤충목록

Species name / Korean name	5월	6월	7월	8월	9월	10월
Orthoptera 메뚜기목				1	1	
Rhaphidophoridae 꼽등이과						
Diestrammena coreana 꼽등이						
Gryllotalpidae 땅강아지과						
Gryllotalpa orientalis Burmeister 땅강아지		1				
Hemiptera 노린재목						
Largidae 큰별노린재과						
Physopelta gutta Burmeister 큰별노린재		1		2	3	1
Coreidae 허리노린재과						
Plinachtus bicoloripes 노랑배허리노린재						
Alydidae 허리호리노린재과						
Plinachtus bicoloripes 허리호리노린재						
Delphacidae 멸구과						
멸구 sp		1				
Homoptera 매미목						
Cicadellidae 매미과						
Meimuna opalifera(Walker) 애매미			1	1	1	
Platypleura kaempferi(Fabricius) 털매미			98	18		
Coleoptera 딱정벌레목						
Carabidae 딱정벌레과						
Crepidactyla nitidus Motschulsky 윤납작먼지벌레	2	1			1	
Pectocera fortunei Candeze 왕빗살방아벌레						
Silphidae 송장벌레과						
Nicrophorus concolor 검정송장벌레				1		
Scarabaeidae 소똥구리과						
Copris ochus(Motschulsky) 뿔소똥구리					1	
Onthophagus japonicus Harold 소요산소똥풍뎅이						
Melolonthidae 검정풍뎅이과						
Holotrichia diomphalia(Bates) 참검정풍뎅이	6	5				

부록 1. 계속.

Species name / Korean name	5월	6월	7월	8월	9월	10월
Holotrichia parallela 큰검정풍뎅이	1		1			
Maladera fusania Murayama 부산우단풍뎅이	1					
Maladera japonica(Motschulsky,1860) 우단풍뎅이			1			
Holotrichia reticulata Murayama 제주그물눈검정풍뎅이		1				
Maladeracariniceps(Moser) 알모양우단풍뎅이		1				
Sophrops striata 황갈색줄풍뎅이		1				
Rutelidae 풍뎅이과						
*Adoretus tenuimaculatus*Waterhouse 주둥무늬차색풍뎅이		1				
Anomala albopilosa 청동풍뎅이				1		
Bifurcanoma laaulax(Wiedemann,1823) 홈줄풍뎅이			1			
Onthophagus fodiens 모가슴소똥풍뎅이	1					
Onthophagus lenzii 렌지소똥풍뎅이		1				
Heptophylla picea 긴다색풍뎅이		3				
Apogonia cupreoviridis Kolbe 감자풍뎅이		1				
Cetoniidae 꽃무지과						
Gametis jucunda(Faldermann) 풀색꽃무지			1			
Protaetia brevitarsis seulensis(Kolbe) 흰점박이꽃무지	1					
Pseudotorynorrhina japonica(Hope, 1841) 풍이			1,023	879		
Cetonia pilifera(Motschulsky,1860) 꽃무지			1			
Elateridae 방아벌레과						
Agrypnus binodulus coreanus 녹슬은방아벌레					1	
Cerambycidae 하늘소과						
Monochamus alternatus 솔수염하늘소		2	1		3	
Phymatodes maaki Kraatz 홍띠하늘소	1	2				
Spondylis buprestoides 검정하늘소		13	61	14	5	
Rhaphuma diminuta Bates 꼬마긴다리범하늘소	1					
Cephalallus unicolor(Gahan,1906) 넓적하늘소			2	1		1
Megasemum quadricostulatum 검은넓적하늘소		1		1	2	
Pterolophia annulata chevrolat 큰곰보하늘소	1					
Chrysomelidae 잎벌레과						
Thlaspida cribrosa 큰남생이잎벌레	1					
Phaedon brassicae 좁은가슴잎벌레				1		
Dynastidae 장수풍뎅이과						
Eophileurus chinensis(Faldermann) 외뿔장수풍뎅이			8	3	1	

부록 1. 계속.

Species name / Korean name	5월	6월	7월	8월	9월	10월
Dryophthoridae 왕바구미과						
Sipalinus gigas(Fabricius) 왕바구미	1			1		
Curculionidae 바구미과						
Hylobitelus haroldi(Faust) 솔곰보바구미		1				
Hymenoptera 벌목						
Siricidae 송곳벌과						
Xoanon matsumurae(Rohwer) 호랑무늬송곳벌				2		
Diptera 파리목						
Tipulidae 각다귀과						
Ypthima motschulskyikoreana 아이노각다귀	1					
Bibionidae 털파리과						
Bibio tenebrosus Coquillett 검털파리	2					
Asilidae 파리매과						
Machimus scutellaris 검정파리매		2				
Lepidoptera 나비목						
Notodontidae 재주나방과						
Cnethodonta grisescens Staudinge 뒷검은재주나방	1					
Noctuidae 밤나방과						
Amphipyra livida 까마귀밤나방				3	2	2
Amphipyra schrenckii 흰점까마귀밤나방				2		
밤나방 sp					1	1
Craniophora ligustri 쥐똥나무저녁나방						
Lymantriidae 독나방과						
Euproctis piperita Oberthür,1880 무늬독나방						
Thysanura 좀목						
lepismatidae 좀과						
좀 sp		6				

팽나무벼룩바구미 약제방제효과 시험연구

한태완*, 김동철, 조병창, 이영돈, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

매년 팽나무 새순 출엽시 가해로 엽 생장억제 및 갈변화로 미관을 저해하고 있는 팽나무벼룩바구미에 대한 약제방제법을 구명하여 방제법을 정립하고 농약 살포방법을 달리하여 방제시간 및 예산을 절감할 수 있는 방제기술을 제공하고자 본 시험을 실시하였다.

조사결과 아바멕틴 기준량과 배량 처리구에서 방제가가 88.1~96.1%로 높게 조사되었으며, 에마멕틴 기준량과 배량 처리구에서는 82.9~87.2%, 이미다클로프리드 기준량, 배량 처리구에서는 방제가가 85.8~93.5% 로 조사되었다. 특히 아바멕틴과 이미다클로프리드 배량처리구에서 방제가가 각각 96.1%, 93.5%로 조사되어 농약등록시험 기준에 적합하였으며, 약제방제 모든 처리구에서 약해 피해는 없었다. 또한 팽나무벼룩바구미를 방제하기 위해 3~4회 실시하던 방제 횟수를 1회 나무주사 실시로 방제효과가 높아 방제시간 및 예산을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

서 론

팽나무(*Celtis sinensis*)는 해발 600m 이하 제주지역에 자생하는 느릅나무과(*Ulmaceae*) 팽나무속(*Celtis*)에 속하고 당산목, 정자목, 풍치목으로 제주도민에

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7581, e-mail: htw6613@korea.kr

게 ‘폭낭’으로 아주 친숙하게 이용되는 낙엽교목으로서 높이는 20m이상 자라고 잎은 호생하며, 끝이 뾰족하고 비뚤어진 모양을 하고 있다. 꽃은 5월에 피고 열매는 핵과로서 둥글고 등황색으로 10월에 익으며, 과육은 단맛이 난다. 제주도 성읍리에서 자라는 것은 천연기념물 제161호, 한림읍 명월리의 팽나무 군락은 제주도기념물 제19호로 지정되어 있으며(이, 1993; 이 등, 2001). 주로 발생하는 병해충으로는 심재부후병과 팽나무알락진딧물이 보고되고 있다(장, 2003).

제주지역에 주로 발생하는 산림병해충은 소나무재선충병, 솔나방, 벚나무빗자루병 등 5종 외에도 팽나무에 피해를 주고 있는 바구미류, 알락진딧물, 상수리나무에 갈무늬재주나방, 왕벚나무에 복숭아혹진딧물 등의 발생이 확인되고 있다고 보고하고 있다(김, 2012, 한 등, 2014).

수목병해충을 구제하고자 화학약품을 사용하여 방제하는 방법을 화학적 방제 또는 약제방제라 하는데 그 효과는 사용방법, 약제의 성질, 곤충의 특성, 환경조건 등에 의하여 좌우되지만 이러한 외적조건들의 다소 변한다고 해도 살포농도나 살포량을 달리하여 방제목적을 달성할 수 있다(신, 2012).

수목해충에 대한 방제연구로는 하 등(2003)이 3종의 살충제가 온실가루이와 담배가루이의 생육 단계별 살충효과 및 방제효과에서 처리후 3일째부터 90% 이상의 방제효과를 나타난다고 보고하고 있으며, 이뇨, 지갈, 위내정수 등 한약재 용도인 택사를 가해하는 중요한 해충의 하나인 진딧물방제를 위하여 몇 가지 살충제를 시험하였고(신 등, 2000), 정 등(2014)이 비펜트린수화제, 클로티아니딘액상수화제 등 몇 가지 살충제가 썩덩나무노린재와 뚱보기생파리에 대해 사충율을 조사하였다. 또한 박 등(2009)이 꽃매미 2-3령 약충에 대한 살충제의 살충활성 조사하였고 또한 배 병해충 방제시 농약사용 절감과 방제효율 개선을 위해 삼식충류와 잎말이나방 등에 의한 과실피해를 조사하였으며(조, 2012), 박 등(2013)이 진천지역에 분포하는 꼬마나무이를 대상으로 27종 살충제에 대해 살충효과를 검정하여 저항성 여부를 조사하였고 현재 전국적으로 소나무에 많은 피해를 주고 있는 솔수염하늘소에 대한 수종 살충제의 살충효과에 대해서도 보고하고 있으나(이 등, 2003), 이(2009)는 생태계를 파괴하고 천적을 소멸시키는 살충제의 사용을 최대한 줄이고 밤나무종실해충인 복숭아

명나방과 밤바구미를 방제하는 친환경방제 방법을 선발하여 방제관리 기술 제공을 실시하기도 하였다.

팽나무벼룩바구미(*Orchestes horii*)는 유충이 잎 가장자리를 중심으로 잎 속에서 엽육만 먹고 표피를 남기며, 성충은 잎에 주둥이를 꽂고 엽육을 먹어 자그마한 구멍이 생긴다. 성충은 몸길이가 2.3~2.6mm로 뒷다리가 잘 발달해 벼룩처럼 잘 뛴다. 연1회 발생하며 성충으로 월동한 후 4월 하순에 잎에 산란한다. 유충은 4월하순~5월상순에 잎 속에서 가해하다가 번데기가 되고 성충은 5월상순~6월에 주로 가해한다. 피해가 심하면 잎이 갈색으로 변하면서 일찍 떨어지는데 매년 팽나무 새순 출엽시 가해로 엽 생장억제 및 갈변화로 미관을 저해하고 있는 해충이다(국립산림과학원, 2007).

수목해충인 바구미류에 대한 연구로 느티나무에 큰 피해를 주고 있는 느티나무벼룩바구미의 생태와 방제(이, 1996), 느티나무벼룩바구미의 생물적 특성과 몇가지 약제를 공시하여 살충효과를 조사하였고(김 등, 2006), 외래해충인 잔디왕바구미가 국내에 최초 발생되어 골프장 잔디에 피해가 주고 있다는 보고(양 등, 2009)와 느티나무벼룩바구미가 1, 2월에 발생하는 해충으로 내장산, 백양사 국립공원 등에 큰 피해를 주고 있다고 보고하였으며(변, 1994), 외래 및 돌발 병해충의 방제대책 연구로서 느티나무벼룩바구미의 생태와 방제에서 충태별 외부형태, 온도별 용 발육기간, 생활환, 주요천적, 약제방제에 대해서 논하였으나(국립산림과학원, 2008), 1998년 하반기에 중국에서 건너온 것으로 추정할 뿐 팽나무벼룩바구미에 대한 생태는 일부 도감과 미디어상에서 서술되고 있을 뿐이며 약제방제로는 4월 하순에 이미다클로프리드 분산성액제를 나무주사하거나 5월 상순부터 페니트로티온 유제 1,000배액을 2~3회 살포한다고 기록되었지만(문 등, 2014), 농촌진흥청 농약관리시스템에 등록된 팽나무벼룩바구미 방제약제는 없으며, 또한 대부분 식재된 팽나무 나무높이가 높아 농약방제에 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 매년 팽나무 새순 출엽시 가해로 엽 생장억제 및 갈변화로 미관을 저해하고 있는 팽나무벼룩바구미에 대한 약제방제법을 구명하여 방제법을 정립하고 농약 살포방법을 달리하여 방제시간 및 예산을 절감할 수 있는 방제기술 정보를 제공하고자 본 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험장소 및 시험재료

본 실험은 한라수목원 원내에 식재된 팽나무(수고 7~15m, 흉고직경 18~51cm, 21본)를 선택하여 약제방제 시험을 실시하였다. 공시농약으로 솔수염하늘소, 솔잎혹파리, 진딧물등의 방제약제로 등록되어 있는 Abamectin 1.8% 유제(로멕틴, 로탐), Emamectin-benzoate 2.15% 유제(에코팜골드, KC생명과학), Imidacloprid 20% 분산성액제(어드마이어, 바이엘) 3종의 약제(농약사용지침서, 2015)를 농도별(기준량 3~5㎖, 배량 6~10㎖)로 사용하였으며, 약제처리 시기는 2015년 3월 25일에 충전식 드릴을 이용하여 약제종류 및 농도별로 나무주사를 실시하였다(표 1). 나무 주사한 부위는 2차 감염을 예방하기 위해 살균제인 티오파네이트메틸 도포제(톱신페스트)를 도포하였다.

표 1. 팽나무벼룩바구미 나무주사 약제방제시험 약제처리 내용

농약 품목명 (시험약제명)	주성분 함 량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
Abamectin (로멕틴)	1.8	5~10㎖/ 흉고직경10cm	처리시기 : 3. 25 1회 나무주사 처리	5㎖/흉고 직경 10cm	10㎖/흉고 직경 10cm
EmamectinBenzoate (에코팜골드)	2.15	5~10㎖/ 흉고직경10cm		5㎖/흉고 직경 10cm	10㎖/흉고 직경 10cm
Imidacloprid (어드마이어)	20	3~6㎖/ 흉고직경 10cm		3㎖/흉고 직경 10cm	6㎖/흉고 직경10cm
무처리	-	-		-	-

2. 약제처리 및 약효조사

시험구배치는 완전임의배치법으로 3반복 실시하였으며, 약효시험은 농촌진흥청 농약의 등록시험 기준과 방법의 과수굴나방류 등록시험 기준에 따라 실시하였다. 조사방법은 최종 약제처리후 6월9일에 피해엽을 채취하여 조사하였으며,

주당 8방위에서 수관부 하부로부터 무작위로 선택하여 가지당 25엽씩 주당 총 200엽에 대한 피해 면적율 계수의 모집단별로 분류 조사하였고 성충의 피해공은 피해로 간주하지 않았다. 이 200엽에 대하여 각 잎의 피해면적율(%)에 따라 아래와 같은 피해면적율 계수 모집단별로 분류하여 산출식에 의해 피해도를 산출하였으며(농약 등록시험기준 과수굴나방류), 피해도 면적율 계수, 피해도 및 방제가 산출식은 아래와 같다.

- 피해면적율 계수 : (0) 피해무, (1) 피해면적율 0.1~10%, (2) 피해면적율 10.1~25%, (3) 피해면적율 25.1~50%, (4) 피해면적율 50.1%이상, (N) 조사주수
- 피해도 산출 : 피해도 = Σ (피해엽수 × 계수) / 4 N x 100
- 방제가 산출식 : 100 -【(약제처리구 피해도 / 대조구 피해도) x 100】

약해시험은 약제처리 15일, 30일 후에 팽나무 주당 4방위에서 수관부 전체 약해여부를 2회 외관 달관 조사를 실시하였으며, 약해조사 방법으로는 아래 기준에 의거 실시하였다(농약 등록시험기준 과수굴나방류).

- 약해조사 기준 : (0) 육안으로 약해가 인정되지 않음 (1) 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨 (2) 처리된 잎이 적은 부분에 약해가 인정됨 (3) 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨 (4) 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아있음 (5) 심한 약해를 받고 고사상태임

결과 및 고찰

팽나무벼룩바구미 약제방제 효과를 조사하기 위해 한라수목원 원내에 식재된 팽나무(수고 7~15m, 흉고직경 18~51cm, 21본)를 선택하여 약제방제 시험을 실시하였다. 공시농약으로 솔수염하늘소, 솔잎혹파리, 진딧물 등의 방제약제로 등록되어 있는 Abamectin 1.8% 유제(로멕틴, 로탐), Emamectin-benzoate 2.15% 유제

(에코팜골드, KC생명과학), Imidacloprid 20% 분산성액제(어드마이어, 바이엘) 3종의 약제(농약사용지침서, 2015)를 농도별(기준량 3~5㎖, 배량 6~10㎖)로 사용하였으며, 약제처리 시기는 2015년 3월 25일에 충전식 드릴을 이용하여 약제종류 및 농도별로 나무주사를 실시하였으며(그림 1), 피해면적율 계수, 피해도 및 방제가 산출 등 약효조사와 약해조사 방법은 농촌진흥청 농약 등록시험기준 과수굴나방류를 적용하였다.



그림 1. 팽나무벼룩바구미 약제방제효과 시험연구
A: 팽나무벼룩바구미 성충 및 피해, B: 팽나무벼룩바구미 피해
C: 나무주사 드릴천공, D: 약제 나무주사

효과조사는 6월9일에 피해엽을 채취하여 조사하였으며 주당 8방위에서 수관부 하부로부터 무작위로 선택하여 가지당 25엽씩 주당 총 200엽에 대한 피해 면적율 계수의 모집단 별로 분류하여 조사하였다. 조사결과(그림 2), 약제 나무주사한 처리구에서 모두 갈변엽이나 팽나무벼룩바구미 유충은 발견되지 않았으며, 성충에 의한 피해공은 관찰되었으나 이는 발생초기 피해로 사료되며 무처리구와 비교했을시 피해정도는 아주 미비하였다. 농약등록기준에 따라 피

해도와 방제가를 조사한 결과를 보면 약제별 처리농도에서 피해도는 14.6~3.3 로무처리구 85.0에 비해 아주 양호하였으며, 특히 아바멕틴 배량처리구와 이미다클로프리드 배량처리구에서 피해도가 각각 3.3, 5.5로 아주 효과가 높았다.



그림 2. 팽나무벼룩바구미 약제방제효과 조사결과
A: 무처리구, B: 아바멕틴 배량, C: 무처리구, D: 아바멕틴 배량.

약제별 처리농도별 방제가는 모든 처리구에서 82.9~96.1%로 살충효과가 매우 높은 것으로 조사되었다. 아바멕틴 기준량과 배량 처리구에서 방제가는 88.1%, 96.1%로 매우 높았으며, 에마멕틴 기준량과 배량 처리구에서 방제가는 82.9%, 87.2%로 조사되었고, 이미다클로프리드 기준량과 배량 처리구에서 방제가는 85.8%, 93.5%로 조사되었다. 특히 아바멕틴 배량처리구에 방제가 96.1%와 이미다클로프리드 배량처리구에서 방제가 93.5% 조사결과는 농촌진흥청 농약등록시험기준에 적합하고 효과가 매우 좋아 2016년도에 국립산림과학원과 공동으로 실시하는 공립나무병원 실연연구과제에 포함해서 추가시험을 실시함으로서 동일한 방제효과가 나타나면 팽나무벼룩바구미 방제농약으로 등록할 예정이다.

약제처리 15일, 30일 후에 주당 4방위에서 수관부 전체 2회 외관 달관조사를 실시하여 약해여부를 조사한 결과 모든 처리구에서 약제처리에 의한 약해피해를 관찰할 수 없었다.

표 2. 팽나무벼룩바구미 나무주사 약제방제 조사 결과

약 제 명	약 제 사용량 (㎖/10cm)	주당 200엽에 대한 유충 피해 면적율 계수(0-4) 단계별 엽수와 피해도								
		구분	0	1	2	3	4	계	피해도	방제가 (%)
아바멕틴	5	엽수	142	39	15	2	1	200	10.1	88.1
		계수	0	39	29	7	5	81		
아바멕틴	10	엽수	176	23	1	0	0	200	3.3	96.1
		계수	0	23	1	1	1	26		
에마멕틴	5	엽수	125	43	24	5	3	200	14.6	82.9
		계수	0	43	48	15	11	117		
에마멕틴	10	엽수	136	47	13	2	2	200	10.9	87.2
		계수	0	47	27	6	7	87		
이미다클로프리드	3	엽수	135	46	9	8	2	200	12.1	85.8
		계수	0	46	18	23	9	97		
이미다클로프리드	6	엽수	170	20	7	1	1	200	5.5	93.5
		계수	0	20	15	4	5	44		
무 처 리	0	엽수	0	14	20	33	132	200	85.0	0
		계수	0	14	41	99	528	682		

방제약제별, 처리농도별에 따른 방제가는 모든 처리구에서 82.9~96.1%로 살충효과가 매우 높은 것으로 조사되었는데 이 등(2005)은 벼멸구, 애멸구, 끝동매미충 등 멸구류와 벼물바구미 등에 대한 약제저항성 모니터링한 결과 이미다클로프리드에 대해서만 일부 지역에서 68배의 저항성을 보이고 있다는 보고와 일치하지 않았으나, 김 등(2003) 아바멕틴, 이미다클로프리드, 아세타미프리드 등은 담배가루이 방제에 효율적으로 이용되며 침투이행성과 잔효성이 높은 것으로 조사된 것과 점박이응애 약제시험에서 아바멕틴 5종이 감수성계통과 야외계통에서 100%의 살충율을 보여 우수약제로 선발되었으며, 꽃노랑총재벌래 성충에 대한 80% 이상의 살충율을 보인 약제는 에마멕틴 등 8종이 조사와 비슷한 결과를 얻었다

본 시험에 사용된 아바멕틴유제는 굴파리류, 응애류, 총채벌레류, 초록애매미충, 솔나방, 소나무재선충병 방제약제로 등록되어 있고 에마맥틴유제는 담배나방 등 나방류, 소나무재선충, 잎벌레류, 총채벌레, 굴파리류, 응애류에, 이미

다클로프리드 분산성 액제는 느티나무벼룩바구미, 진딧물류, 솔수염하늘소, 솔잎혹파리, 버즘나무방패벌래류, 깍지벌레류, 굼벵이류, 꽃매미 살충제로 등록되어 있으나(한국작물보호협회, 2015), 팽나무벼룩바구미 방제약제로는 등록되거나 약제방제 살충제로 보고된 적이 없다.

따라서 본 연구결과 아바멕틴, 에마멕틴유제, 이미다클로프리드 분산성 액제의 살충효과가 매우 높고 아바멕틴과 이미다클로프리드 분산성 액제의 방제가가 농약등록시험기준에 적합해 추가 검증시험을 통해 효과가 입증되면 팽나무벼룩바구미 방제약제로 등록되어 제주도내 천연기념물, 보호수, 당산목, 정자목, 풍치목 등으로 보호관리 되고 있는 대부분의 팽나무 나무높이가 매우 높아 방제하는데 어려움이 있지만 방제하는데 본 연구결과를 적용하면 방제횟수나 방제시기, 예산절감 등을 얻을 수 있으며 또한 나무주사기 주입형태나 약제 주사량을 개선하면 매우 효과적일 것이라고 생각된다.

인용문헌

변병호. 1994. 1,2월의 해충(ⅩⅦ) 느티나무벼룩바구미. 한국조경수협회 18(1): 22.

하태기, 황인처, 김종관, 송유한, 김길하, 유용만. 2003. 몇 가지 살충제의 온실 가루이와 담배가루이의 생육 단계별 살충효과 및 방제효과. 한국농약과학회지 7(3): 207~215.

한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 박정훈, 신창훈. 2014. 산림병해충 발생 예찰조사 연구. 제주특별자치도 세계유산한라산연구원 제14호 조사연구보고서 14: 386~404.

장명준. 2003. 노거수 생육환경 및 보호에 관한 조사연구. 공주대학교 석사학위논문.

정부근, 임유진, 이홍수, 박정규. 2014. 몇가지 살충제의 썩덩나무노린재와 똥보기생파리에 대한 독성. 한국응용곤충학회지 52(4): 457~460.

김길하, 이영수, 유정수, 최미현, 송명희, 김주일. 2003. 장미 주요해충의 발생생태 및 방제기술 개발. 농림부 최종연구보고서. pp. 176~180.

김철수, 김종국, 신상철, 최광식, 전문장, 박일권. 2006. 느티나무벼룩바구미의 생물학적 특성 및 약제 살충 효과. 韓應昆誌 45(2): 195~200.

김준범. 2012. 제주 주요 산림병해충 생태와 방제. 산림지 2012(10): 66~69.

한국작물보호협회. 2015. 2015 농약사용지침서. 삼정인쇄공사.

이광래. 1996. 느티나무벼룩바구미 생태 및 방제. 산림 363: 110~225.

이상명, 문일성, 정영진, 이상길, 이동운, 추고열, 이정규. 2003. 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*)에 대한 數種殺蟲劑의 殺蟲效果. 韓國林學會誌 92(4): 305~312.

이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사

이총규. 2009. 친환경적 밤 종실해충 방제 연구. Korean J. Appl. Entomol. 48(1): 95~100.

이시우, 최병렬, 박형만, 유재기. 2005. 주요 병해충에 대한 약제저항성 모니터링. 농약과학회지 9(4): 365~373.

이영노, 이경서, 신용만. 2001. 제주자생식물도감. 서울특별시시설관리공단제주관광식물원여미지.

문성철, 이상길. 2014. 나무병해충도감. 자연과생태 p.879.

국립산림과학원. 2007. 외래 및 돌발병해충의 방제 대책 연구. 국립산림과학원

국립산림과학원. 2008. 新 산림병해충도감. 국립산림과학원 연구신서 제25호. P. 133.

박준원, 박영욱, 안정진, 박상은, 최장전, 구현나, 김길하. 2013. 진청지역 꼬마배나무이에 대한 27종 약제의 살충효과. 농약과학회지 17(1): 72~75.

박지두, 김민영, 이상길, 신상철, 김준헌, 박일권. 2009. 꽃매미(*Lycorma delicatula*)의 생태 특성 및 약제 살충 효과. 韓應昆誌 48(1): 53~57.

농촌진흥청. 2008. 농약의 등록시험 기준과 방법--농촌진흥청 고시 제2008-4호. 농촌진흥청.

신종섭, 권병선, 이상래. 2000. 살충제에 의한 택사 진딧물 방제. 한국자원식물학회지 13(30: 255~259.

신상철. 2012. 수목해충의 화학적방제(1). 한국조경수협회 pp. 34~40.

양승원, 심규열, 김정호, 홍기정, 정영기. 2009. 외래해충 잔디왕바구미(*Sphenophorus venatus* vestitus Chittenden)의 발생보고. Kor. Turfgrass Sci., 23(2): 265~270.

다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제법 연구

한태완*, 김영림, 현지숙, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

아파트 울타리나 정원수 및 도로 중앙분리대의 경계목으로 많이 식재되고 있는 다정큼나무에 *Entomosporium mespili*에 의한 갈색둥근무늬병이 발생하여 조기낙엽 및 수목고사 등 큰 피해를 주고 있으며 방제농약이 등록되지 않아 가로수 관리부서 등에 불편을 주고있어 이에 대한 약제 방제법 정립 및 조경수 재배농가 등에 방제 정보제공과 농약등록을 추진하기 위하여 본 시험을 실시하였다. 제주시 연북로 도로변 중앙분리대에 식재된 다정큼나무에 5종의 약제를 농도별로 10일 간격 3회 살포 후 약해 및 약제 방제효과를 조사하였다.

조사결과, 테부코나졸 25% 1000배액과 500배액 처리구에서 방제가가 각각 84.7%, 90.9%로서 높은 방제효과를 나타냈으며, 티오파네이트메틸수화제 70% 처리구 중 500배액에서 82.0%의 방제효과가 나타났지만 마이클로뷰타닐수화제 등 다른 약제 처리구에서는 방제가가 66% 이하로 조사되어 방제효과가 저조하였으며, 약제방제 모든 처리구에서 약해피해는 없었다.

서 론

장미과(*Rosaceae*) 다정큼나무속(*Raphiolepis*) 식물인 다정큼나무(*Raphiolepis indica* var. *umbellata*)는 관상용으로 많이 심고, 한국(제주와 전남, 경남), 일본,

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7581, e-mail: htw6613@korea.kr

대만 등지에 분포하며 주로 산기슭 양지나 해안가에 자란다. 높이는 2～4m이고, 줄기는 곧게 서며 가지가 돌려난다. 꽃은 4～6월에 흰색으로 피고 가지 끝에 원추꽃차례를 이루며 달린다. 열매는 이과로 둥글고 지름이 7～10mm이며 윤기가 있고 가을에 검게 익으며 나무껍질과 뿌리는 생사(生絲)를 염색하는데 쓰인다. 잎 가장자리에 톱니가 없거나 일부에 톱니가 약간 있는 것을 둥근잎다정큼(var. *integerrima*), 잎이 거꾸로 세운 바소 모양 또는 긴 타원 모양이고 물결 모양의 톱니가 약간 있거나 밋밋하며 길이가 5～10cm, 폭이 1～3cm인 것을 긴잎다정큼(var. *iukiuensis*)이라고 한다(이, 1993, 육, 1993). 제주에서는 아파트 울타리나 정원수 및 도로 중앙분리대의 경계목으로 많이 식재하고 있다.

다정큼나무갈색둥근무늬병(*Entomosporium* leaf spot)은 원반병(圓玟病)이라고 하며, 봄에 새잎이 나오면서 가을까지 발병이 계속되므로 병든 나무는 때때로 잎이 조기에 낙엽지고 수세가 쇠약해지며, 심한 경우 말라 죽는다. 병반은 처음에 적갈색으로 작지만 나중에는 암갈색으로 둥글게 되고 직경이 2~5mm에 달하며, 자홍색～자흑색띠로 둘러싸여진다. 오래된 잎에서는 병반이 상당히 커져서 부정형이 되고 병반의 뒷면은 자색~자홍색으로 부정형이 된다. 4월 하순부터 발생을 시작 하는데 병에 걸린 잎은 5월경까지 대부분이 낙엽된다. 통풍이 좋지 않고 습도가 높은 조건에서 발생하기 쉬어며, 병원균은 주로 잎 표면의 각피 밑에 접시모양으로 생기며 얼마 후 각피를 깨고 돌출한다(이 등, 2013; 나 등, 2009).

갈색둥근무늬병은 가지, 굴참나무 등 참나무류, 다정큼나무 등에 주로 발생하지만 기주식물에 따라 병원균이 각각 다르고 다정큼나무갈색둥근무늬병은 *Entomosporium mespili*에 의해 발생되며 *Entomosporium mespili*에 의해 주로 발생되는 병은 비파나무(*Eriobotrya japonica*), 홍가시나무(*Photinia glabra*), 다정큼나무(*Raphiolepis indica*), 채진목(*Rhododendron schlippenbachii*)에서 점무늬병을 일으킨다고 보고(Seo 등, 2010; Seo 등, 2011; Shin 등, 1998; 신 등, 2013; 한 등, 2014; The Korean Society of Plant Pathology, 2009, Bowen 등, 1994)되고 있는 병원균과 일치한다고 보고되고 있다(산림청, 2016).

외국의 경우 *E. mespili*에 의한 점무늬병 방제에 대한 보고가 있으며(Cobb

등, 1985; Lange 등, 1998), 또한 Cobb 등(1985)은 photinia 점무늬병에 chlorothalonil 처리시 방제효과가 우수하게 나타났고 propiconazole의 경우 방제효과는 우수하게 나타났지만 약해증상이 발생한다고 보고하고 있고 chlorothalonil은 배나무에 발생하는 *Entomosporium* 점무늬병에도 방제효과가 있다고 보고하고 있다(Chandler, 1967). 현재까지 국내에서는 비파나무, 홍가시나무 등(서 등, 2010, 서 등 2011)이 연구가 보고된 바 있지만 다정큼나무둥근갈색무늬병에 대한 연구결과는 미비하고 등록된 약제방제 농약은 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 제주도에서 다정큼나무에 피해를 주고 있는 다정큼나무갈색둥근무늬병에 대하여 약제 방제법 정립 및 조경수 재배농가 등에 방제 정보제공과 농약등록을 추진하기 위하여 본 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험포장 및 시험재료

본 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제 시험장소로는 제주시 노형동 애조로도로변 중앙분리대에 식재되어 있는 건전하고 동일 규격의 다정큼나무를 선택하여 2015년 4월~6월에 걸쳐 실시하였다. 공시재료인 다정큼나무는 수고 1m 이고 건강하고 병해피해와 차량, 동물피해 등이 없고 수관폭이 넓은 것을 선정하였으며, 공시농약으로 Cooper hydroxide 52% 수화제(코사이드, 동부한농팜), Thiophanatemethyl 70% 수화제(지오판, ㈜아그로텍), Miclobutanil 6% 수화제(시스텐, 경농), Iminoctadinetriacetate 25% 액제(배푸란, 동방아그로), Tebuconazol 25% 수화제(실바코, 바이엘크롭사이언스) 5종의 약제(표 1)를 사용하였다.

2. 약제처리 및 약효조사

다정큼나무갈색둥근무늬병 방제약제 선발은 약제살포를 총 3회(2015년 5월 4일, 5월 14일, 5월 26일) 처리하였으며, 약효는 최종 약제처리 10일 후인 6월8일에 조사하였다. 약제살포는 압력식 분무기(4L)를 이용해 잎이 흠뻑 젖어 약

액이 흐를때 까지 충분히 살포하였으며, 5종약제 × 2농도 처리 × 5나무, 50나무에 대조구 5나무 총 55 나무에 실시하였다. 약해조사는 최종 약제처리 3일후부터 총 3일(5월 29일, 6월 1일, 6월 4일)간격으로 3회 현장 목측확인 조사하였으며, 약제방제 효과조사는 4방위별 가지를 무작위로 선택하여 건전엽수와 이병엽수를 조사하여 이병률(이병엽수/전체엽수×100)과 방제가를 조사하였으며, 약해 피해도 함께 조사하였다.

표 1. 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제 시험연구에 사용한 살균제

일 반 명	유 효 성 분 명[a)]	제제 형태	농도 (%)
Miclobutanil	(*RS*)-2-(4-chlorophenyl)-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)hexanenitrile	WP	6
Iminoctadinetri-acetate	1,1'-Iminodi(octamethylene)diguanidinium triacetate	EC	25
Tebuconazole	(RS)-1-pchlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazolylmethyl)pentane-3-ol	WP	25
Thiophanate-methyl	Dimethyl 4,4'-(o-phenylene)bis(3-thioallophanate)	WP	70
Cooper hydroxide	Copper(Ⅱ) hydroxide	WP	77

[a)] 유효성분명 : IUPAC(Internationanal Union of Pure and Applied Chemistry)명명
WP(Wettable Powder) : 수화제, EC(emulsifiable Concentrate) : 유제.

결과 및 고찰

다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제 효과를 조사하기 위해 제주시 노형동 애조로 도로변 중앙분리대에 식재되어 있는 다정큼나무를 선정하여 2015년 4월~6월에 걸쳐 시험연구를 실시하였으며, 사용된 약제로는 Cooper hydroxide 52% 수화제, Thiophanatemethyl 70% 수화제, Miclobutanil 6% 수화제, Iminoctadinetriacetate 25% 액제, Tebuconazol 25% 수화제 5종의 약제를 처리하여 4방위별 가지를 무작위로 선택, 이병율과 방제가를 조사하였으며(그림 1), 최종 약제 살포 후 3일 간격으로 약해피해도 조사하였다.



그림 1. 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제법 연구
A : 갈색둥근무늬병균*(Entomosporium mespili)*, B : 약제방제,
C : 약제방제, D: 약제방제 효과조사, E: 무처리구,
F: 테부코나졸 약제처리구(500배액)

다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제 효과를 조사하기 위해 실시한 결과를 보면 무처리구에서 평균 이병율이 각각 96.3%로 아주 높게 나타났으며, 테부코나졸 25% 500배액 처리구에서 이병율이 8.7%로 아주 낮게 나타났고 방제가는 90.9%로 높게 나타났으며, 테부코나졸 25% 수화제 1000배액에서는 이병율과 방제가가 각가 14.7%, 84.7%로 나타났다. 또한 티오파네이트메틸 70% 수화제 500배액, 1000배액 처리구에서는 방제가가 82.0%, 72.1%로 조사되었으나, 마이클로뷰타닐 6% 수화제, 이미녹타딘트리아세테이트 25% 액제 모든 처리구에서는 70%이하의 방제가를 보였는데 한 등(2014)이 2종 약제처리에 따른 동일한 질병을 일으키는 *Entomosporium mespili*에 의해 발생되는 홍가시나무점무늬병 방제효과에서 마이클로뷰타닐 6% 수화제 500배액에서 방제가가 82.5%~100%와 1000배액에서 87.7%~100%로 높게 나타난 것과 다른 결과를 보였다.

표 2. 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제효과 조사결과

약 제 명	처리농도 (배액)	총엽수	약제처리 후 이병엽수	이병율[a] (%)	방제가[b] (%)
테부코나졸 25%	1000	651	96	14.7	84.7
	500	626	55	8.7	90.9
쿠퍼하이드로사이드수화제 52%	1000	525	284	54.1	43.8
	500	577	314	54.4	43.5
티오파네이트메틸수화제 70%	1000	539	145	26.9	72.1
	500	594	103	17.3	82.0
마이클로뷰타닐수화제 6%	1000	620	257	41.5	56.9
	500	570	229	40.2	58.2
이미녹타딘트리아세테이트수화제 25%	1000	511	233	45.6	52.7
	500	530	169	31.9	66.9
무처리구		571	550	96.3	0.0

- a 이병율 = (약제처리 후 이병엽수/총엽수)×100
- b 방제가 = [(무처리 이병율 - 처리 이병율)/무처리 이병율]×100.

또한 쿠퍼하이드로사이드 52% 수화제에서는 방제가 43%이하로 나타나 다정큼나무갈색둥근무늬병 약제방제에 효과가 없는 것으로 조사되었으며 한 등(2004)이 토마토 풋마름병 방제시에 효과가 우수한 쿠퍼하이드로사이드 52% 수화제가 무기동제로서 친환경유기농자재로 등록이 되어있고 일반 관행재배나 무농약, 유기농 재배시에도 유효하다는 결과와 일치하지 않았다. 홍가시나무점무늬병 방제효과가 높은 마이클로뷰타닐 수화제와 일반 관행재배에 널리 사용되는 쿠퍼하이드로사이드 수화제 결과, Benomyl, thiophanate methyl과 같은 benzimidazole계 농약에 대한 *E. mespili*의 저항성 발현이 강력히 시사되고 있는(Lange 등, 1998) 결과와 본 조사결과는 일치하지 않았는데 이는 숙주식물의 종류, 재배포장의 토양환경 및 기후, 미생물상 등의 영향으로 앞으로 연구가 필요하다고 사료된다.

본 시험 연구 결과 다정큼나무갈색둥근무늬병 방제를 위해 테부코나졸 25% 500배액 처리구에서 이병율이 8.7%로 아주 낮게 나타났고 방제가는 90.9%로 높게 나타났으며, 테부코나졸 25% 수화제 1000배액에서는 이병율과

방제가가 각각 14.7%, 84.7%로 나타나 농약등록기준에 적합하였다. 또한 테부코나졸 25% 수화제가 방제면에서 높은 효과를 나타내지만 살균효과가 비슷한 티오파네이트메틸 수화제가 가격면에서 테부코나졸 보다 저렴하여 일반 재배 농가에서 사용하면 여러면에서 효과가 높을 것이라 사료된다.

인용문헌

Bowen, K.L., Hagan, A.K., Olive, J. and Foster, W. 1994. Application rates and spray intervals of ergosterol-biosynthesis inhibitor fungicides for control of Entomosporium leaf spot of Photinia. Plant Dis. 78: 578~581.

Chandler, W.A. 1967. Fungicidal control of Fabrea leafspot of pear. Plant Dis. 51: 257~261.

Cobb, G. S., Hagan, A. K., Gilliam, C. H. and Mullen, J. M. 1985. Fungicidal control of entomosporium leaf spot on photinia. Plant Dis. 69: 684~685.

산림청. 2016. 병해충검색-병해검색. 산림청.

한유경, 한경숙, 이성찬, 김수. 2011. 코퍼 하이드록사이드를 이용한 토마토 풋마름병 방제, 농약과학회지 15(3): 298~302.

한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 이영돈, 고석형, 박정훈, 신창훈. 2013. 2종 약제 처리에 따른 홍가시나무점무늬병 방제효과. 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 14: 324~339.

The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of plant diseases in Korea. pp. 853.

Lange, R. M., Bains, P. S. and Howard, R. J. 1998. Efficacy of fungicides for control of entomosporium leaf and berry spot of saskatoon. Plant Dis. 82: 1137~1141.

이상현 외. 2013. 식물병해충도감(진단과 방제), 병해편. 학술편수관. pp. 39~40.

이창복. 2003. 원색식물도감. 향문사.

나용준 외. 2009, 조경수병해충 도감. 서울대학교출판문화원. pp. 192~193

Seo, S. T., Kim, K. H., Park, M. J. and Shin, H. D. 2010. Occurrence of Entomosporium leaf spot on *Photinia glabra* in Korea. Plant Pathol. J. 26: 100.

Seo, S.T., Park, M.J., Shin, H.D. and Kim, K.H. 2011. Occurrence of leaf spot on *Eriobotrya japonica* caused by *Entomosporium mespili* in Korea. Res.

Plant Dis. 17: 228~231.

서상태, 신창훈, 지권혁, 박소영. 2011. 비파나무 및 홍가시나무 점무늬병의 살균제 방제효과. Res. Plant Dis. 17(3) : 410~412.

Shin, H.D., Lee, H.T., Yang, S.I. and Lee, S.H. 1998. Leaf spot of *Amelanchier asiatica* caused by *Entomosporium mespili*. Korean J. Plant Pathol. 14: 732~734.

신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보, 서상태. 2013. 홍가시나무점무늬병 (*Entomosporium* leaf spot disease) 방제법 연구. 한라산연구소 조사연구보고서 12: 141~149.

육창수. 1993. 한국약용식물도감. 아카데미서적.

먹무늬재주나방 약제방제법 연구

한태완*, 김경범, 김영탁, 강희석, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

제주도내 주요 도로변 및 집단식재지 내에 먹무늬재주나방이 발생하여 왕벚나무류에 큰 피해를 주고 있어 이에 대한 방제법을 구명하여 방제법 정립 및 재배농가에 방제정보를 제공하고자 본 시험을 실시하였다. 약제방제 시험장소로는 제주시 해안동 해안교차로 주변에 식재되어 있는 왕벚나무 가로수를 선택하여 나무주사 약제방제시험을 실시하였다.

조사결과 아바맥틴 배량과 기준량 처리구에서 방제가가 83.0~85.3%로 높게 조사되었으며, 클로티아니딘 배량 처리구에서 방제가 80.4%로 조사되었으나, 에마맥틴 처리구에서는 기준량, 배량 모든 처리구에서 방제가가 50%이하로 방제효과가 저조하였고 약제방제 모든 처리구에서 약해피해는 없었다.

서 론

산림해충은 수목이나 삼림에 해를 주는 곤충들로 2,252종이 기록되어 있으며(임업연구원, 1995), 농업해충은 농작물 생물에 영향을 주는 곤충들로 국내에 2,619종이 기록되어 있다(한국식물보호학회, 1985). 해충의 피해는 해충의 발생시기, 발생량에 의해 매우 다르게 나타날 수 있다.

국내의 산림병해충 발생현황은 2006년에는 389천ha가 발생되었으나 점차적

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7581, e-mail: htw6613@korea.kr

으로 감소추세에 있으며 2014년에는 110천ha로 감소하였고 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 기타 병해충 등은 감소추세에 있으나 소나무재선충병은 2011년도 기점으로 지속적으로 증가추세에 있다(산림청, 2015).

제주지역에 주로 발생하는 산림병해충은 소나무재선충병, 솔나방, 솔잎혹파리, 벚나무빗자루병 등 5종 외에도 팽나무에 피해를 주고 있는 바구미류, 알락진딧물, 상수리나무에 갈무늬재주나방, 왕벚나무에 복숭아혹진딧물 등의 발생이 확인되고 있다고 보고하고 있다(김준범, 2012, 한 등, 2014).

수목해충을 방제하는 살충제는 유인제, 기피제 등 일부를 제외하고는 직접적인 살충을 목적으로 개발되었으며, 그 효과는 사용방법, 약제의 성질, 곤충의 특성, 환경조건 등에 의하여 좌우된다(신, 2012).

수목해충에 대한 방제연구로는 잎침지법을 이용하여 후추 열매 메탄올 추출물 및 분리된 화합물들의 배추좀나방 유충에 대한 살충활성율 검정(박, 2012)과 etofenprox에 대한 복숭아혹진딧물 감수성과 저항성 개체군의 살충제에 대한 살충활성 차이를 비교(조 등, 2009)하였으며, 박 등(2009)이 꽃매미 2~3령 약충에 대한 살충제의 살충활성 조사하였고 정 등(2014)이 비펜트린수화제, 클로티아니딘액상수화제 등 몇가지 살충제가 썩덩나무노린재와 뚱보기생파리에 대해 사충율을 조사하였다. 또한 배 병해충 방제시 농약사용 절감과 방제효율 개선을 위해 삼식충류와 잎말이나방 등에 의한 과실피해를 조사하였으며(조, 2012), 박 등(2013)이 진천지역에 분포하는 꼬마나무이를 대상으로 27종 살충제에 대해 살충효과를 검정하여 저항성 여부를 조사하였고 현재 전국적으로 소나무에 많은 피해를 주고 있는 솔수염하늘소에 대한 수종 살충제의 살충효과에 대해서도 보고하고 있으며(이 등, 2003), 느티나무에 큰 피해를 주고있는 느티나무벼룩바구미의 생물적특성과 몇가지 약제를 공시하여 살충효과를 조사하였다(김 등, 2006). 이외에도 시설가지 주요 해충방제, 주황긴다리풍뎅이, 온실가루이와 담배가루이, 아까시잎혹파리 등 생물학적 특성과 약제 살충효과에 대해서 많은 연구가 진행되어 오고 있다(문 등, 2008; 최 등, 2001; 하 등, 2003; 박 등, 2009).

장미과(*Rosaceae*) 살구속(*Prunus*) 식물인 왕벚나무(*Prunus yedoensis*)는 높이 15m에 달하는 교목으로 수피는 회갈색이고 잎은 도란형으로 끝이 길게 뾰족

하고 4월경에 잎보다 먼저 5개의 꽃잎으로 흰색 또는 홍색의 꽃이 달리고 열매는 핵과로 6~7월에 흑자색으로 익는다.

제주도에는 한라산 해발 500~900m 사이에 자생하며, 관상용으로 많이 심는 낙엽활엽교목이다. 원산지는 한국으로 내조성은 강한 편이나 추위와 병충해에 약하다(이, 1993, 육, 1993). 제주시에 식재되어 관리하고 있는 가로수는 194개 노선 32종 3만 1,585본으로 이중 왕벚나무는 8,978본으로 전체의 약28%를 차지하고 있다(제주시, 2015).

먹무늬재주나방(*Phalera flavescens*)은 장미과하늘나방이라고도 하는데 중형의 나방으로 6~7월경에 성충이 나타나며, 성충의 얼굴과 가슴은 유백색인데 긴 털로 덮여 있다. 어린 유충은 몸이 자주색이고, 머리는 검은색이며 집단으로 모여 산다. 방해를 받으면 일제히 실을 타고 죽 내려왔다가 다시 올라간다. 자라면서 흩어지고 종령 유충은 검은 몸에 자주색 무늬가 있고 길고 흰 털들이 있으며, 벚나무・배나무・자두나무・버드나무・오리나무 등의 잎을 먹는다. 번데기로 월동하고 한국・일본・중국・타이완・우수리・시베리아 등지에 분포한다(국립산림과학원, 2008)

제주도에서는 1990년에 벚나무류에 대발생한 후 매년 제주도 전역에 7월을 시작으로 9월까지 주로 왕벚나무에 큰 피해를 주고 있다. 또한 2014년도에는 제주시 평화로주변, 제주시 구좌읍 만장굴주변, 정실입구~제주대사거리, 제주시 애월읍 광령입구~장전리 구간, 중문관광단지 내 가로수에서 발생이 심한 것으로 조사되었으며(한 등, 2015), 매년 여름에 발생하는 먹무늬재주나방은 활동이 시작되면 하루 만에 왕벚나무 잎 전체를 갉아먹을 만큼 생육에 큰 지장을 초래할 뿐 아니라 도시미관을 저해하고 있고 먹무늬재주나방에 대한 약제방제 연구와 등록된 약제는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 제주도내 주요 도로변 및 집단식재지 내에 먹무늬재주나방이 발생하여 왕벚나무류에 큰 피해를 주고 있어 이에 대한 방제법을 구명하여 방제법 정립 및 재배농가에 방제정보를 제공하고자 본 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험장소 및 시험재료

본 먹무늬재주나방 약제방제 시험장소로는 제주시 해안동 해안교차로 주변에 식재되어 있는 왕벚나무 가로수(흉고직경 16~24cm, 21본)를 선택하여 2015년 7월~9월에 걸쳐 약제방제 시험을 실시하였다. 공시농약으로 솔수염하늘소, 솔잎혹파리, 진딧물등의 방제약제로 등록되어 있는 Abamectin 1.8% 유제(로멕틴), Emamectin-benzoate 2.15% 유제(모스파워), Clothianidine 20% 액제(볼케이노) 3종의 약제(농약사용지침서, 2015)를 농도별(기준량 3~5㎖, 배량 6~10㎖)로 사용하였으며(표 1), 약제처리 시기는 2015년 7월 27일에 충전식 드릴을 이용하여 약제종류 및 농도별로 나무주사를 실시하였다. 나무 주사한 부위는 2차 감염을 예방하기 위해 살균제인 티오파네이트메틸 도포제(톱신페스트)를 도포하였다.

표 1. 먹무늬재주나방 나무주사 약제방제시험 약제처리 내용

농약 품목명 (시험약제명)	주성분 함 량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
AbamectinEC (로멕틴)	1.8	5~10㎖/ 흉고직경10cm	처리시기 : 7. 27 유충 발생 한달 전 1회 나무주사 처리	5㎖/흉고 직경 10cm	10㎖/흉고 직경 10cm
EmamectinBenzoate (모스파워)	2.15	5~10㎖/ 흉고직경10cm		5㎖/흉고 직경 10cm	10㎖/흉고 직경 10cm
Clothianidin (볼케이노)	20	3~6㎖/ 흉고직경 10cm		3㎖/흉고 직경 10cm	6㎖/흉고직 경10cm
무처리	-	-		-	-

2. 약제처리 및 약효조사

시험구배치는 완전임의배치법으로 3반복 실시하였으며, 약효시험은 농촌진흥청 농약의 등록시험 기준과 방법의 과수잎말이나방 등록시험 기준에 따라 실시하였다. 조사방법은 최종 약제처리후 30일차 각 잎의 피해면적율에 따라 피해도

를 조사하였으며, 피해조 조사방법은 주당 8방위에서 수관부 하부로부터 1/4 높이와 3/4 높이 사이의 가지를 임의로 1개씩 채취하여, 각 가지의 하부로부터 25엽씩 주당 8주, 총200엽을 채취, 이 200엽에 대하여 각 잎의 피해 면적율(%)에 따라 아래와 같은 피해면적율 계수 모집단별로 분류하여 산출식에 의해 피해도를 산출하였으며(농약 등록시험기준 과수잎말이나방류), 방제가 산출식은 아래와 같다.

- 피해면적율 계수 : ⓪ 피해면적율 0%, ① 0.1~10%, ③10.1~25%,
  ⑤ 25~50%, ⑦ 0.1~75%, ⑨ 75%이상, (N): 주당 조사엽수(= 200엽)
- 피해도 산출식 : 피해도 = Σ(피해엽수 × 계수) / 9N x 100)
- 방제가 산출식 : 100 -【(약제처리구 피해도 / 대조구 피해도) x 100】

약해시험은 약제처리 15일, 30일 후 주당 4방위에서 수관부 전체를 약해유무 2회 외관 달관조사를 실시하였으며, 약해조사 방법으로는 아래 기준에 의거 실시하였다.

- (0) 육안으로 약해가 인정되지 않음, (1) 아주 가벼운 약해로서 작은 약해 반응이 약간 인정됨, (2) 처리된 잎이 적은부분에 약해가 인정됨, (3) 처리된 잎의 50%정도 약해가 인정됨, (4) 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아있음, (5) 심한 약해를 받고 고사상태임.

결과 및 고찰

먹무늬재주나방 약제방제 효과를 조사하기 위해 제주시 해안동 해안교차로 주변에 식재되어 있는 왕벚나무 가로수를 선택하여 2015년 7월~9월에 걸쳐 약제방제 시험을 실시하였다. 공시농약으로 솔수염하늘소, 솔잎혹파리, 진딧물등의 방제약제로 등록되어 있는 Abamectin 1.8% 유제(로멕틴), Emamectin benzoate 2.15% 유제(모스파워), Clothianidine 20% 액제(볼케이노) 3종의 약제를 농도별(기준량 3~5㎖, 배량 6~10㎖)로 사용하였으며, 약제처리 시기는 2015년 7

월 27일에 충전식 드릴을 이용하여 약제종류 및 농도별로 나무주사를 실시하였으며(그림 1), 피해도, 방제가 등 약효조사와 약해조사 방법은 농촌진흥청 농약 등록시험기준 과수잎말이나방류를 적용하였다.

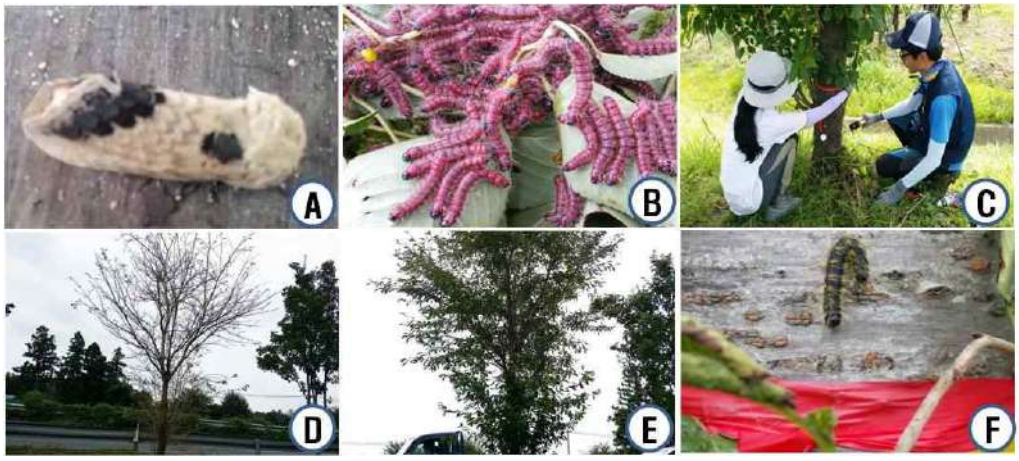


그림 1. 먹무늬재주나방 약제방제법 연구
A: 먹무늬재주나방 성충, B: 먹무늬재주나방 유충, C: 약제주사,
D: 대조구, E: 약제처리구, F: 폐사유충.

시험조사구에서 먹무늬재주나방 유충발생일은 약제처리 후 20일이 경과한 2015년 8월 17일에 대량으로 발생하였고 약제처리구를 제외한 왕벚나무에 먹무늬재주나방 유충 섭식으로 인한 피해가 심하게 발생하였다(그림 1). 약제방제 농도는 흉고직경 10cm당 아바멕틴과 에마멕틴은 5~10㎖, 클로티아니딘은 흉고직경 10cm당 3~6㎖를 나무 주사하였다. 약제방제 효과조사 결과(표 2), 아바멕틴 5㎖/10cm 처리구와 10㎖/10cm 처리구에서 방제가가 각각 83.0%, 85.3%로 높게 조사되었으며, 클로티아니딘 3㎖/10cm 처리구와 6㎖/10cm처리구에서 방제가가 76.1%와 80.4%로 조사되었지만 에마멕틴 5㎖/10cm 처리구와 10㎖/10cm 처리구에서 49.2%, 50%로 효과가 저조하였다. 방제가가 80%이상이면 살충효과는 우수하지만 농진청 농약등록시험기준에 적합하지는 못했다. 이는 먹무늬재주나방이 유충발생시기가 약제나무주사 후 20일이 지나서 발생하였는

데 나무주사 후 약제가 수목가지 끝부분까지 이동하는데 걸리는 기간이 1개월 후 도달한다는 보고(이 등 2009)와 약제방제효과 조사시 약제처리구에서 지하부는 유충 섭식에 의한 피해가 미비했으나 주로 지상부에만 피해가 발생한 점으로 봤을 때 나무주사 후 약제가 지상 끝까지 도달하지 못한 결과라고 사료된다. 이는 2016년도에 기상조건 등을 충분히 검토한 후 유충발생 1개월 전에 다시한번 나무주사 재시험을 실시하여 약제효과 결과를 비교하여 보는게 필요하다.

표 1. 먹무늬재주나방 나무주사 약제방제 조사 결과

약 제 명	약 제 사용량 (㎖/10cm)	주당 200엽에 대한 피해 면적율 계수(0-9) 모집단별 엽수와 피해도									
		구분	0	1	3	5	7	9	계	피해도	방제가 (%)
아바멕틴	5	엽수	114.7	30.3	23.0	17.3	6.0	8.7	200	17.0	83.0
		개수	0	30.3	69.0	86.7	42.0	78.0	306.0		
아바멕틴	10	엽수	120.7	28.3	24.3	14.3	9.3	3.0	200	14.7	85.3
		개수	0	28.3	73.0	71.7	65.3	27.0	265.3		
에마멕틴	5	엽수	62.7	20.7	15.0	11.0	11.0	79.7	200	50.8	49.2
		개수	0	20.7	45.0	55.0	77.0	717.0	914.7		
에마멕틴	10	엽수	46.0	30.3	22.7	16.0	26.0	59.0	200	49.5	50.5
		개수	0	30.3	68.	80.0	182.0	531.0	891.3		
클로티아니딘	3	엽수	98.3	29.3	19.7	27.3	11.3	14.0	200	23.9	76.1
		개수	0	29.3	59.0	136.7	79.3	126.0	430.3		
클로티아니딘	6	엽수	102.0	32.7	28.0	18.3	13.0	6.0	200	19.6	80.4
		개수	0	32.7	84.0	91.7	91.0	54.0	353.3		
무 처 리	0	엽수	0	0	0	0	0	200	200	100	0
		개수	0	0	0	0	0	1800	1800		

본 시험에 사용된 아바멕틴유제는 굴파리류, 응애류, 총채벌레류, 초록애매

미충, 솔나방, 소나무재선충병 방제약제로 등록되어 있고 에마멕틴유제는 담배나방 등 나방류, 소나무재선충, 잎벌레류, 총채벌레, 굴파리류, 응애류에, 클로티아니딘액제는 노린재류, 진딧물류, 솔수염하늘소, 솔잎혹파리, 버즘나무방패벌래류 살충제로 등록되어 있으나(한국작물보호협회, 2015), 먹무늬재주나방 방제약제로는 등록되거나 약제방제 살충제로 보고된 적이 없다. 따라서 본 연구결과 아바멕틴과 클로티아니딘이 살충효과가 높지만 농약등록시험기준인 방제가가 90%이하로 나타나 기준에 미치지 못했지만 나무주사 처리시기를 1개월 이전에 실시하면 상기 시험 3종의 약제 모두에서 농약등록시험기준에 맞는 높은 방제가를 얻을 수 있어 벚나무류 재배농가나 가로수 관리부서에 방제정보를 제공할수 있을 것으로 기대된다. 또한 벚나무류는 다른 수목에 비해 상처에 민감하게 반응하는 수종이어서 드릴 천공에 의한 나무주사 후 살균제 도포 등 2차 감염을 방지하면 고압분무기를 이용해서 방제약제 살포하는 방법보다 여러 가지 면에서 효과가 높을 것으로 사료된다.

인용문헌

최우근, 이동운, 이승욱, 추호렬, 박정규, 사공영보. 2001. 기주 식물에 따른 몇 가지 살충제의 주황긴다리풍뎅이, *Ectinohopliarufipes*(Coleoptera : Scarabaeidae)에 대한 살충효과. Kor. Turfgrass Sci. 15(3): 119~126.

조창욱, 박초롱, 윤규식, 강민아, 권혜리, 강은진, 서미자, 유용만, 윤영남. 2009. Etofenprox에 대한 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)의 저항성과 감수성 개체군의 생명표와 섭식행동 비교. 韓應昆誌 48(3): 301~310.

조영식. 2012. 농약사용 조건에 따른 배 병해충 방제 효과. 한국응용곤충학회 학술발표자료.

산림청. 2015. 임업통계정보- 산림병해충 발생 및 방제 현황. 산림청

김철수, 김종국, 신상철, 최광식, 전문장, 박일권. 2006. 느티나무벼룩바구미의 생물학적 특성 및 약제 살충 효과. 韓應昆誌 45(2): 195~200.

김준범. 2012. 제주 주요 산림병해충 생태와 방제. 산림지 2012(10): 66~69.

한국작물보호협회. 2015. 2015 농약사용지침서. 삼정인쇄공사.

하태기, 황인처, 김종관, 송유한, 김길하, 유용만. 2003. 몇 가지 살충제의 온실가루이와 담배가루이의 생육 단계별 살충효과 및 방제효과. 한국농약과학회지 7(3): 207~215.

한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 박정훈, 신창훈. 2014. 산림병해충 발생 예찰조사 연구. 제주특별자치도 세계유산한라산연구원 제14호 조사연구보고서 14: 386~404.

제주시. 2015. 제주시내 가로수 식재현황. 제주시.

정부근, 임유진, 이홍수, 박정규. 2014. 몇가지 살충제의 썩덩나무노린재와 똥보기생파리에 대한 독성. 한국응용곤충학회지 52(4): 457~460.

이상명, 문일성, 정영진, 이상길, 이동운, 추고열, 이정규. 2003. 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*)에 대한 數種殺蟲劑의 殺蟲效果. 韓國林學會誌 92(4): 305~312.

이상명, 김동수, 김철수, 조규성, 추호렬, 이동운. 2009. 수간주입한 아바맥틴의 곰솔과 잣나무 내 분포와 지속성. 농약과학회지 13(3): 190~196.

이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사

문형철, 임주락, 황창연, 김주, 류정, 신용규. 2008. 시설가지 주요 해충 방제를 위한 약제 방제 체계. Journal of Bio-Environment Control 17(4): 330~335.

국립산림과학원. 2008. 新 산림병해충도감. 국립산림과학원 연구신서 제25호. P. 133.

박일권. 2012. 후추 열매 유래 화합물들의 배추좀나방 유충에 대한 살충 활성. 韓應昆誌 51(2): 149~152.

박준원, 박영욱, 안정진, 박상은, 최장전, 구현나, 김길하. 2013. 진청지역 꼬마배나무이에 대한 27종 약제의 살충효과. 농약과학회지 17(1): 72~75.

박지두, 김민영, 이상길, 신상철, 김준헌, 박일권. 2009. 꽃매미(*Lycorma delicatula*)의 생태 특성 및 약제 살충 효과. 韓應昆誌 48(1): 53~57.

박지두, 신상철, 김철수, 전문장, 박일권. 2009. 아까시잎혹파리(*Oboldiplosis robiniae*)의 생물학적 특성 및 약제 살충 효과. 韓應昆誌 48(3): 327~333.

농촌진흥청. 2008. 농약의 등록시험 기준과 방법 - 농촌진흥청 고시 제2008-4호. 농촌진흥청.

신상철. 2012. 수목해충의 화학적방제(1). 한국조경수협회 pp. 34~40.

한라산 물장오리 및 사라오름 고산습지의 퇴적물에 관한 연구

고석형*, 김경범, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

서 론

습지는 다양한 생명정보를 담고 있다. 습지보전법 제8조에 의해 우리나라의 습지보호지역은 2015년 7월 기준으로 34개소가 지정되어 있다. 그 중 람사르 습지로 지정된 곳은 21개소이다(환경부, 2015). 람사르 협약에서는 희귀하고 독특한 습지 유형과 생물다양성이 풍부해 세계적으로 보전가치가 높은 지역을 람사르습지로 등록해서 보호하고 있다. 제주도(2001)의 보고에 의하면 제주도의 습지는 약 250여개가 있는 것으로 알려져 있으며 현재 5개소가 람사르습지로 지정되어 관리되고 있다. 2006년에 물영아리가 최초로 지정되었으며 물장오리, 1100고지 습지, 동백동산 습지 및 2015년에 지정된 숨은물뱅듸가 있다. 이외에도 한라산 및 중산간지역 일대에는 보전가치가 높은 소백록담(물가마왓), 물찻오름, 볼레오름 고산습지 등이 있다. 이들 지역은 화산활동에 의해서 형성된 습지로 접근성이 용이하지 않아 보전상태가 양호하다고 할 수 있으나 등반객에 의한 훼손 위험이 높은 곳이다. 따라서 이들 고산습지에 대하여 지속가능한 보전계획을 수립하고 자연자원적 가치에 대한 제고를 위하여 학술적 연구가 절실히 필요한 실정이다.

제주도 고산습지에 대한 연구로는 김은희 등(2002)에 의한 식물성 플랑크톤상, 고정군(2002), 고정군(2006), 고정군과 고석형(2008), 김대신 등(2015)에 의한

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7578, e-mail: ksh5251@korea.kr

한라산 고산습지의 식생 및 식물상, 정상배와 김원택(2008)에 의한 한라산 고산습지의 수서곤충, 오장근(2008)에 의한 한라산 주요습지의 조류상 등의 발표가 있다. 또한 과거로부터 제4기 환경변화 복원을 위한 연구가 수행되고 있으며 이창수 등(2011)에 의해서 제주도 물영아리늪의 화분분석 연구가 발표된바 있으나 한라산 고산습지에 관한 발표는 미비한 편이다. 최근 전국내륙습지 조사를 통해 습지에 관한 연구가 환경부를 중심으로 수행되고 있으나 습지 전반에 대한 학술적 조사연구 자료들이 부족한 상황으로 생각된다.

본 연구는 한라산 고산습지 연구의 일환으로 물장오리와 사라오름 습지를 대상으로 토심별로 퇴적물의 이화학적 성질, 연대측정 등의 분석 및 해석을 통해서 체계적인 습지 보전을 위한 학술적인 자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지개황

연구대상지인 물장오리와 사라오름 습지의 전경은 그림 1과 같다. 물장오리와 사라오름은 한라산 백록담과 같이 산정화구호를 이루고 있다.



그림 1. 연구대상지 전경

(a) : 물장오리 습지, (b) : 사라오름 습지.

천연기념물 제517호인 물장오리는 한라산 정상에서 동북쪽에 위치해 있으며 습지 정상부 해발고도는 937m에 이른다. 이곳은 제주에서 물영아리 다음으로 2009년도에 람사르 습지로 지정되었으며 제주시 봉개동에 위치해 있다. 물장오리 주변으로는 태역장오리, 쌀손장오리 등이 위치해 있는데 동일한 명칭이 들어가는 장오리(장올)에 대한 어원은 현재 미상이다. 물장오리는 한라산 영실기암과 더불어 제주도에서 신성시하는 곳으로 제주도 설화에서 나오는 설문대 할망 전설이 전해지기도 한다. 강우에 의해서 담수가 유지되는 이곳은 사라오름 습지와는 달리 겉보기에는 물이 마른 것처럼 보였으나 이탄층과 같은 퇴적물로 물이 계속해서 유지되고 있었으며 갈수기에는 수심이 깊지 않았다. 물장오리오름 습지보호지역으로 지정된 면적은 610,471㎡이며, 담수가 유지되는 습지 내부면적은 12,270㎡였다(고정군과 고석형, 2008).

물장오리 오름내의 관속식물상은 92과 219속으로 총 337종류가 분포하고 있으며, 습지내 주요식생은 마름, 골풀, 큰고랭이, 좀올챙이골, 송이고랭이, 기장대풀 등이 있다(김대신 등, 2015). 정상배와 김원택(2006)에 의하면 물장오리 습지내의 수서곤충은 우점종인 자색물방개를 비롯한 20여종이 확인되었으며 담수어류는 인위적으로 유입된 것으로 추정되는 미꾸리가 분포하는 것으로 보고한바 있다. 또한 습지내의 조류는 직박구리가 우점하고 있었으며 총 23종이 관찰되어 분화구형 습지중에서 종 다양도가 높은 것으로 보고하였다(오장근, 2008).

명승 제83호인 사라오름 습지는 한라산 정상에서 동쪽에 위치해 있으며 습지 정상부 해발고도는 1,325m이다. 소재지는 서귀포시 남원읍에 위치해 있으며 사라오름 분화구는 제주도 6대 명당자리 제일로 꼽는다(제주도, 2004). 사라오름 주변으로는 진달래밭, 흙붉은오름, 성널오름 등이 위치해있다. 사라오름 습지내는 화산분출물의 일종인 스코리아(Scoria), 화산탄 등의 화산쇄설물을 쉽게 볼 수 있으며 물장오리와 마찬가지로 강우에 의해서 담수가 유지되나 연중 바닥을 드러내는 일수가 많았다. 사라오름 문화재구역으로 지정된 면적은 62,863㎡이며, 담수가 유지되는 습지 내부면적은 10,690㎡였다(고정군과 고석형, 2008).

고정군과 고석형(2008)의 보고에 의하면 사라오름 습지내 주요식생은 골풀,

비녀골풀, 애기고추나물, 좀새풀, 솔이끼 등이 있으며, 정상배와 김원택(2006)은 사라오름 습지내의 수서곤충상은 꼬마물방개 및 땅콩물방개로 2종 533개체를 확인하였으며 수서곤충 종 풍부도가 낮음을 보고한바 있다. 오장근(2008)은 사라오름에서 조류 22종을 확인하였으며, 제주에서는 처음으로 왕새매와 논병아리가 관찰되었음을 보고하였다.

2. 시료채취

그림 2에 연구대상지 위치 및 시료채취 저점을 표기하였다. 물장오리와 사라오름 습지 조사는 2015년 4월부터 12월까지 실시하였다. 방사성 탄소 연대 측정을 위한 토양시료는 습지용 토양채취기(Peat sampler, Netherland)를 이용하여 층위를 고려하면서 표층에서부터 200cm 깊이까지 채취하였다. 물장오리 토양시료는 0~2cm, 50~52cm, 100~102cm, 150~152cm 및 198~200cm의 총 5개 시료로 각각 2cm 간격으로 절취하여 연대측정 하는 데 이용하였다. 사라오름 토양시료는 0~2.5cm, 50~52.5cm, 100~102.5cm, 150~152.5cm 및 197.5~200cm의 총 5개 시료로 각각 2.5cm 간격으로 절취하여 연대측정 하는 데 이용하였다(그림 3).

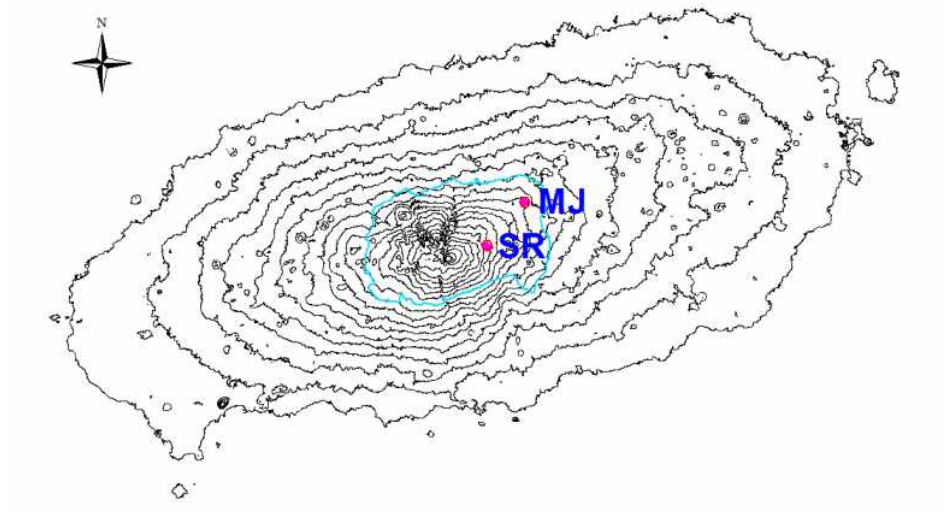


그림 2. 연구대상지 및 시료채취 지점
● : 시료채취 지점, MJ : 물장오리 습지, SR : 사라오름 습지.

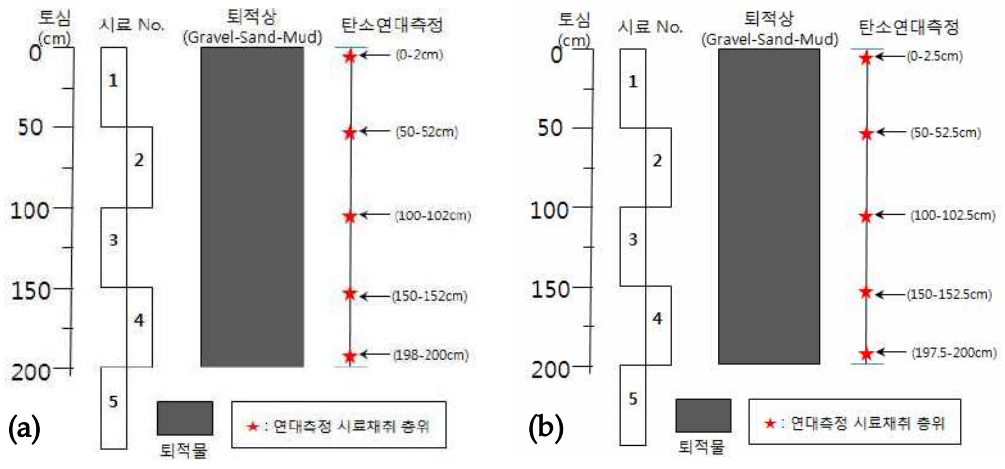


그림 3. 방사성 탄소 연대 측정
(a) : 물장오리 습지, (b) : 사라오름 습지.

토양의 이화학적 성질을 측정하기 위한 시료는 물장오리는 한 지점에서 120㎝(MJ-12), 사라오름 습지는 두 지점에서 70㎝(SR-7) 깊이까지 채취하였으며 10㎝ 간격으로 구분하여 분석하는데 이용하였다. 공통적으로 물장오리는 120㎝, 사라오름 습지는 60㎝ 깊이에서 토양층 사이로 계속해서 물이 흘러 고여 토양시료를 채취하기가 힘들었다.

3. 분석방법

1) 방사성 탄소 연대 측정

연대측정용 시료 총 8점을 미국의 Beta Analytic Inc.에 분석을 의뢰하였다. 동위원소 분석에 있어서 초정밀 질량분석 기술에 속하는 가속기질량분광분석법(AMS)을 이용하였다. 탄소연대보정곡선 Database는 INTCAL09를 사용하였고, 보정탄소연대는 2 Sigma calibration한 결과이며 95%의 신뢰도를 가졌다.

2) 토양의 이화학적 성질 분석

토양의 이화학적 성질은 농촌진흥청 토양분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 입자밀도는 pycnonmeter 방법을 응용하여 측정하였다. 입도분석은

풍건토양 10g을 정량하여 500㎖ Tall beaker에 담은 후 증류수를 300㎖씩 가하고 30% 과산화수소를 25㎖씩 가한 뒤 90℃로 가열된 전열판 위에서 유기물을 분해하였다. 과산화수소 분해가 끝나면 원심분리병에 분산제 5% sodium hexametaphosphate 10㎖를 가한 후 약 18시간 정도를 진탕시키면서 완전히 분산시켰다. 이후 Pipette법과 체분석을 이용하여 측정하였다. 토양 pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 5로 하여 토양 5g에 증류수 25mL를 첨가한 다음 진탕하여 pH meter(Orion Star A211, Thermo)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 Conductivity Meter(CM-11P TOA Electronics Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley and Black법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법을 이용하여 UV/Vis Spectrometer(Lambda 25, PerkinElmer)로 측정하였다. 총 질소함량은 토양시료를 황산으로 분해한 다음 Kjeldahl법으로 자동질소분석장치(Kjeltec analyzer unit, Foss, USA)를 이용하여 분석하였다. 교환성양이온은 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액 50mL를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 ICP-OES(JY 138 Ultrace, Jobin Yvon)를 이용하여 분석하였다. 양이온교환용량은 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액으로 포화 후 ethanol로 과잉의 NH_4^+ 세척한 후 증류하여 정량하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 토양의 방사성 탄소 연대 측정 결과

조사지 토양의 방사성 탄소 연대 측정 결과를 표 1, 2에 나타내었다. 물장오리의 보정탄소연대를 보면 토심 198～200㎝ 깊이에서 4150±80으로 나타났다. 보정탄소연대는 1950년을 기준으로 사용하기 때문에 이는 약 2200년 전(기원전 22세기)에 해당한다고 볼 수 있다. 반면에 사라오름의 보정탄소연대를 보면 토심 197.5～200㎝ 깊이에서 4290±130으로 나타났다. 보정탄소연대를 적용하면 이는 약 2340년 전(기원전 24세기)에 해당한다고 볼 수 있다. 이를 비교

해 볼 때 물장오리가 사라오름보다 먼저 생성되었다고 볼 수 있으나 같은 청동기 시대를 지시하고 있다. 현재 200㎝ 깊이의 토심을 대상으로 하였으며 층위의 교란이 없이 토양시료 채취가 잘 된 것으로 보이고 안정되게 퇴적된 것으로 보인다. 향후 토심이 몇 ㎝ 깊이까지 나올지도 의문이며 이와 관련하여 추가 조사가 필요하겠다.

표 1. 물장오리 퇴적물의 탄소 연대측정 결과

시료 번호	토양깊이 (cm)	탄소연대(yr.B.P.) ^{14}C BP(± 1σ)	보정탄소연대(yr.B.P.) Cal BP(± 2σ)
1	0-2	modern	modern
2	50-52	300±30	380±80
3	100-102	1000±30	880±80
4	150-152	2280±30	2270±90
5	198-200	3780±30	4160±80

표 2. 사라오름 퇴적물의 탄소 연대측정 결과

시료 번호	토양깊이 (cm)	탄소연대(yr.B.P.) ^{14}C BP(± 1σ)	보정탄소연대(yr.B.P.) Cal BP(± 2σ)
1	0-2.5	760±30	700±30
2	50-52.5	2720±30	2815±60
3	100-102.5	2730±30	2820±55
4	150-152.5	2940±30	3085±90
5	197.5-200	3870±30	4290±130

2. 조사지 토양의 이화학적 성질

물장오리 및 사라오름 습지 토양의 이화학적 성질은 표 3과 같다. 물장오리는 전체적인 데이터를 제시하였으나 사라오름과 비교시에는 70㎝ 깊이까지를 기준으로 비교하였으며, 사라오름 분석결과는 두 지점에서 채취한 분석값에 대한 평균치로 나타내었다. 물장오리 및 사라오름 습지 토양의 입도분석 결과 사라오름은 사양토가, 물장오리는 미사와 점토함량이 많은 미사질양토가

주를 이뤘다. 평균 입자밀도는 물장오리 및 사라오름 습지에서 각각 2.19g/㎤ 및 2.27g/㎤로 일반토양 입자밀도보다는 다소 낮았다.

표 3. 조사지 토양의 이화학적 성질

시료채취 지역	입자 밀도	토양 pH	전기 전도도	유기물 함량	유효 인산	총 질소	교환성 칼륨	교환성 칼슘	교환성 마그네슘	교환성 나트륨	양이온 교환용량
	(g/㎤)	(1:5)	(dS/m)	(%)	(㎎/㎏)	(%)	(cmol$_c$/㎏)				
MJ-1	1.72	5.24	0.39	17.74	64	0.41	0.16	1.20	0.50	0.20	31.9
MJ-2	1.89	5.24	0.27	12.96	86	0.26	0.08	0.49	0.18	0.15	26.7
MJ-3	2.23	5.31	0.25	5.31	45	0.18	0.10	0.38	0.14	0.16	19.1
MJ-4	2.22	5.37	0.28	3.26	22	0.15	0.09	0.28	0.11	0.12	20.4
MJ-5	2.04	5.43	0.23	3.53	22	0.10	0.09	0.43	0.10	0.19	18.9
MJ-6	2.17	5.55	0.23	2.55	25	0.09	0.09	0.37	0.17	0.20	17.4
MJ-7	2.17	5.61	0.26	1.34	30	0.08	0.10	0.47	0.27	0.15	18.8
MJ-8	2.41	5.60	0.20	1.65	30	0.07	0.14	0.69	0.42	0.17	13.3
MJ-9	2.05	5.83	0.18	1.24	26	0.06	0.10	1.10	0.47	0.29	16.8
MJ-10	2.46	5.87	0.20	1.34	19	0.06	0.09	0.84	0.45	0.16	12.7
MJ-11	2.48	6.04	0.27	1.31	17	0.06	0.09	0.69	0.38	0.18	11.6
MJ-12	2.47	6.06	0.27	1.68	16	0.04	0.14	1.03	0.69	0.20	17.9
평균	2.19	5.60	0.25	4.24	34	0.13	0.11	0.69	0.32	0.18	18.8
SR-1	2.37	5.50	0.54	5.37	16	0.15	0.07	0.43	0.24	0.14	14.2
SR-2	2.33	5.83	0.31	4.62	15	0.15	0.06	0.48	0.27	0.13	11.5
SR-3	2.43	5.56	0.43	4.84	14	0.17	0.05	0.33	0.15	0.13	14.4
SR-4	2.08	5.80	0.29	7.39	10	0.16	0.06	0.56	0.32	0.15	23.1
SR-5	2.20	5.83	0.31	9.67	12	0.15	0.06	0.48	0.29	0.14	15.0
SR-6	2.27	5.88	0.26	7.02	15	0.17	0.05	0.64	0.36	0.15	19.4
SR-7	2.24	5.89	0.34	7.77	12	0.16	0.06	0.47	0.25	0.14	19.0
평균	2.27	5.75	0.35	6.67	13	0.16	0.06	0.48	0.27	0.14	16.6

조사지의 토양 pH는 5.24~6.06 범위였다. 평균 토양 pH는 물장오리와 사라오름 습지에서 각각 5.60 및 5.75였다. 이와 같은 수치는 볼레오름 습지 pH 5.70과 매우 유사하였으나 숨은물뱅듸 습지보다는 약 pH 2 이상으로 매우 높았다. 일반적으로 토심이 깊어질수록 토양 pH가 높아지는데 본 연구결과에서도 이러한 경향이 뚜렷하였다. 전기전도도가 높은 토양은 토양 수분에 염류이온의 농도가 높아 식물생육에 영향을 미친다. 전기전도도는 0.18~0.54 dS/m 범위였으며

전체적으로 염류이온의 농도가 낮아 식물생육에 대한 염류집적의 영향은 거의 무시할 수 있다고 판단된다. 이와 같은 결과는 볼레오름 습지의 전기전도도 결과와도 유사하였다.

유기물함량은 동식물의 유체가 분해되어 토양에 쌓이는 것이 일반적이나 제주도의 경우 화산분출시 분출된 화산재가 토양입자와 결합하고 동식물의 유체로부터 유래된 유기물이 화산회성 Al과 결합하여 난분해성 유기물로 집적된다. 유기물은 1.24～17.74% 범위로 함량의 차이가 컸다. 일반적으로 유기물함량은 표층에서 높고 토심이 깊어질수록 함량이 낮아진다. 본 연구결과 물장오리 습지에서 토심이 깊어짐에 따라 유기물함량이 낮아지는 경향을 보였으나 사라오름 습지에서는 그러한 경향을 나타내지 않았다. 토양깊이에 따른 유기물함량과 토양 pH 사이에는 유의한 부의 상관관계($r=-0.68^{*}$)를 보였다. 물장오리 조사구에서는 30～40㎝ 깊이에서부터 유기물함량이 5%로 낮아졌는데 이는 육지부 토양과 유사한 non-Andisols 토양이 분포했음을 지시한다. 이는 토양시료 채취 위치가 중심부에 위치하지 않고 이탄토와 같은 유기질 토양이 아니기 때문이라고 판단된다. 평균 유기물함량은 물장오리와 사라오름 습지에서 각각 4.24% 및 6.67%였으며, 이는 볼레오름 습지와는 유사하였으나 숨은물뱅듸 습지보다는 약 4배 정도 낮은 함량을 보였다. 일반적으로 총 질소함량도 표층에서 높고 토심이 깊어질수록 함량이 낮아지는 유기물함량과 아주 유사한 경향을 보인다. 본 연구결과 유기물함량과 같이 물장오리 습지에서는 토심이 깊어짐에 따라 유기물함량이 낮아지는 경향을 보였으나 사라오름 습지에서는 그러한 경향을 나타내지 않았다. 총 질소함량은 0.04～0.41% 범위였으며, 평균 총 질소는 물장오리와 사라오름 습지에서 각각 0.13% 및 0.16%로 함량이 매우 낮았다. 이와 같은 결과는 고석형 등(2015)이 발표한 볼레오름 총 질소함량보다 약 2배 정도 낮은 수치이며, 고석형 등(2014)이 발효한 숨은물뱅듸 총 질소함량보다도 약 7배 정도 낮았다.

화산회토양은 유효인산함량이 매우 낮아 토양비옥도가 낮은 원인으로 알려져 있다. 일반적으로 표토에서 함량이 높고 토심이 깊어질수록 낮아지는데 물장오리에서는 이와 일치하는 경향을 보였으나 사라오름 습지에서는 그러한 경향을 나타내지 않았다. 유효인산함량은 10～86㎎/㎏ 범위였다. 평균 유효인산

도 물장오리와 사라오름 습지에서 각각 34㎎/㎏ 및 13㎎/㎏로 물장오리가 사라오름 습지보다 약 3배 정도 함량이 높았다. 물장오리의 유효인산은 숨은물뱅듸 및 볼레오름 습지보다도 함량이 높았으나 식물생장에 필요한 함량보다 낮아 습지주변 식생이 생장하는데 있어서 제한요인이 될 수 있다고 판단된다.

물장오리의 교환성양이온은 K 0.08～0.16㏄㏖$_c$/㎏, Ca 0.28～1.20㏄㏖$_c$/㎏, Mg 0.10～0.69㏄㏖$_c$/㎏ 및 Na 0.12～0.29㏄㏖$_c$/㎏ 범위였으며, 사라오름은 K 0.08～0.16㏄㏖$_c$/㎏, Ca 0.28～1.20㏄㏖$_c$/㎏, Mg 0.10～0.69㏄㏖$_c$/㎏ 및 Na 0.12～0.29㏄㏖$_c$/㎏ 범위였다. 본 연구결과는 숨은물뱅듸 및 볼레오름 습지의 평균 교환성양이온 함량과 유사한 경향을 보였다(고석형 등, 2014; 고석형 등, 2015). 반면에 정진현 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 교환성양이온 함량보다 매우 낮았다. 교환성양이온은 많은 강우에 의해 퇴적층 상부에서 하부로 용탈되는 특성을 보이며 본 조사지는 다우 지역으로써 이러한 경향을 보였다고 생각된다. 양이온교환용량이 클수록 양분보유능이 커지고 토양의 완충능이 커지며 양분을 보관하여 식물이 필요시에 공급할 수 있는 능력이 더 커지는 특성을 갖고 있다(류순호, 2000). 양이온교환용량은 11.6～31.9㏄㏖$_c$/㎏ 범위였다. 평균 양이온교환용량은 물장오리와 사라오름 습지에서 각각 18.8㏄㏖$_c$/㎏ 및 16.6㏄㏖$_c$/㎏으로 유사한 수치를 나타냈다. 일반적으로 양이온교환용량은 심토보다 표토에서 높은 값을 나타내나 본 연구결과 조사지점 및 토심별에 따라 다양한 차이를 보였다. 본 연구결과는 볼레오름 습지의 양이온교환용량보다 다소 낮았으나 숨은물뱅듸 습지보다는 약 3배 정도 낮은 경향을 보였다(고석형 등, 2014; 고석형 등, 2015).

이상의 결과를 종합하면 조사지는 겉보기에는 마른 것으로 보이나 숨은물뱅듸 및 볼레오름 습지처럼 시료채취 시 물이 계속해서 나오는 토양수분 상태를 보였다. 이러한 토양수분 조건, 지형 및 퇴적조건 등에 의해서 토양 pH가 양호하였으나 유기물함량, 총 질소, 유효인산, 교환성양이온 함량이 낮아 이러한 원인에 대한 추가적인 연구가 필요하겠다. 또한 조사지에 대한 연대측정이 일부 이루어졌으나 추가 조사가 필요하며 화분분석이 진행되지 않아 본 보고서에는 미기재 하였다. 향후 추가 분석 및 해석을 통해서 기후복원 및 식생변화에 대한 고찰을 실시할 예정이다.

인용문헌

고석형, 박지훈, 양승훈, 김현철, 고용현, 신창훈. 2014. 숨은물벵뒤 습지의 퇴적물에 관한 연구. 제주특별자치도 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 제13호: 242-253.

고석형, 이영돈, 신창훈. 2015. 한라산 볼레오름 고산습지의 토양특성. 제주특별자치도 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 제14호: 333-339.

고정군, 신용만, 문명옥. 2002. 한라산의 백록담과 1100고지 및 동수악 습지일대의 식물분포 특성. 제주도 한라산연구소 조사연구보고서 창간호: p. 73-85.

고정군. 2006. 한라산 백록담일대의 식생. 제주특별자치도 한라산연구소 학술조사보고서. p. 339-350.

고정군, 고석형. 2008. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제 - 한라산 고산습지의 현황 및 식물상. 제주특별자치도 환경자원연구원 학술심포지엄자료집. p.1-21.

김대신, 김수경, 김종갑, 고정군. 2015. 세계자연유산지역 물장오리 및 어승생악 오름의 식물상. 제주특별자치도 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 제14호: 55-69.

김은희, 이호원, 이상명, 강현무. 2002. 제주 기생화산 화구호의 환경과 식물성 플랑크톤상. 한국습지학회지 제4권 제1호: 1-19.

류순호. 2000. 토양사전. 서울대학교출판부. pp. 470.

오장근. 2008. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제 - 한라산 주요습지의 조류상. 제주특별자치도 환경자원연구원 학술심포지엄자료집. p. 111-123.

이창수, 강상준, 최기룡. 2011. 제주도 물영아리늪 퇴적물의 화분분석에 의한 식생변천. 한국환경과학회지 20(3): 341-350.

정상배, 김원택. 2008. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제 - 한라산 고산습지의 수서곤충. 제주특별자치도 환경자원연구원 학술심포지엄자료집. p. 43-52.

정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.

제주도, 제주발전연구원, 제주환경운동연합. 2001. 제주의 습지. 대영인쇄사. PP. 270.

제주도. 2004. 제주도생물권보전지역 아름다운생태이야기. 제주도. p.24-25.

환경부. 2015. http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10261&seq=6531.

NIAST. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea. p. 35-131.

애월과 구좌 곶자왈의 토양특성과 미생물 다양성에 관한 고찰

고석형*, 김종식[1)], 김대신, 김영림, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원, [1)]경북해양바이오산업연구원

서 론

제주특별자치도 곶자왈 보전 및 관리 조례가 2014년 4월에 공포되면서 곶자왈은 제주도 화산활동 중 분출한 용암류가 만들어낸 불규칙한 암괴지대로 숲과 덤불 등 다양한 식생을 이루는 곳으로 정의하고 있다. 또한 곶자왈 중 특별히 보호할 필요가 있다고 인정되어 지정·고시하는 지역을 곶자왈 보호지역이라고 하고 있다. 이들 곶자왈 보호지역 지정은 생태적, 지질적 및 역사문화적 요소로 나뉘어 보호지역 기준이 된다. 예를 들어 생태적 요소는 멸종위기 및 천연기념물 동식물 군락지와 서식지 등이며, 지질적 요소는 동굴, 숨골 등 특이한 지형과 지질 분포지역, 역사문화적 요소는 농경, 수렵, 생활 유적이 소재한 지역을 의미하는 것으로 제주도민과 함께 명맥을 이어온 삶의 터전이라 할 수 있다. 이와 같이 곶자왈 정의와 곶자왈 보호지역 지정은 곶자왈 보전과 관리에 있어 매우 중요한 사항임에는 틀림이 없다.

국립산림과학원은 곶자왈의 보전과 이용기술을 개발하고자 2012년부터 선흘과 저지-청수 곶자왈 국유시험림을 대상으로 동식물, 수문, 지질, 역사문화 등의 분야에 대한 연구가 이뤄지고 있다. 한편 제주특별자치도 세계유산·한라산연구원도 2012년부터 곶자왈 지역을 대상으로 토양 및 토양미생물에 관한 연구를 수행하고 있다. 이에 관한 연구자료 구축도 곶자왈 보호지역 선정에 대하여 학술적으로 중요한 부분 중의 하나라고 생각된다.

곶자왈에 관한 토양특성 연구는 제주특별자치도 한라산연구소(2013)에 의해

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7578, e-mail: ksh5251@korea.kr

서 네 개 곶자왈 지대에 대한 이화학적 성질, 광물학적 분석, 인지질 지방산(PLFA) 분석 등이 보고되었다. 곶자왈에 관한 미생물의 연구는 Kim *et al.*(2014), Lee *et al.*(2015a; 2015b; 2015c)에 의해서 곶자왈 신속 및 신종의 발표가 이루어졌으며, Kim *et al.*(2014)과 Kim *et al.*(2015)에 의해서 곶자왈 Archaea 및 세균의 다양성 연구가 발표되었다. Kim *et al.*(2015)은 교래 곶자왈 토양의 pyrosequencing을 처음으로 수행하여 밝혀진 적이 없는 곶자왈 토양 미생물의 전체 모습을 제시하였으며, 더 많은 연구를 통해서 곶자왈 고유의 미생물 생태시스템을 규명할 가능성을 제시하였다.

본 연구의 목적은 곶자왈 지역의 토양 및 미생물의 다양성 분석을 통해서 곶자왈 토양의 미생물에 대한 생태학적인 이해를 증진시키고, 곶자왈 독특성에 대한 학술적인 데이터를 제시하고자 한다. 2013년부터 시작된 조천-함덕의 교래 곶자왈과 한경-안덕의 산양 곶자왈 연구에 이어서, 2015년에 추진 중인 애월 곶자왈과 구좌-성산의 구좌 곶자왈 연구는 처음으로 토양의 이화학적 특성 연구 및 pyrosequencing 분석법을 적용하였으며, 그에 따른 미생물 다양성 연구를 진행하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료채취

토양과 미생물 분석시료는 애월, 구좌 곶자왈 및 대조구인 한라산 5·16 도로 주변으로 3개의 채취지점에서 봄, 여름 및 가을에 각각 6점씩 총 54점을 채취하였다(그림 1). 시료채취 지점인 애월 곶자왈 중부(AWJB)는 해발 510m로 곶자왈 분포 위치상 애월 곶자왈 중간지역에, 구좌 곶자왈(GSDG)은 해발 150m로 구좌-성산 곶자왈 지역에, 대조구(Control)인 한라산 5·16 도로주변은 해발 650m로 한라산국립공원 지역에 속하였다. 본 보고서에는 애월 곶자왈은 AW, 구좌 곶자왈은 GS 및 대조구는 C로 표기하였다. 토양 및 토양미생물 시료는 전형적으로 곶자왈 형태를 띠는 곳에서 채취하였으며 많은 암석과 뿌리 등으로 인하여 시료채취가 용이하지 않았다. 시료 채취에 대한 오류를 줄이기 위해서 하나의 토양 시료 채취지점에 대하여 근처 6점을 합하여 1점으로 정하였다. 대조구는 한라산국립공원에 위치하며 곶자왈 지역보다는 토심이 깊고 비교적 시료채취가 용이

하였다. 토양미생물 분석을 위한 토양시료는 18점으로 봄에 채취한 토양을 이용하였으며 토양을 풍건시키지 않고 2㎜ 체로 쳐서 코니칼 튜브에 담아 냉장보관하였다. 토양의 이화학적 성질 분석을 위한 토양시료는 36점으로 풍건시킨 후 2㎜ 체로 쳐서 폴리에틸렌병에 보관하면서 분석 시 사용하였다.

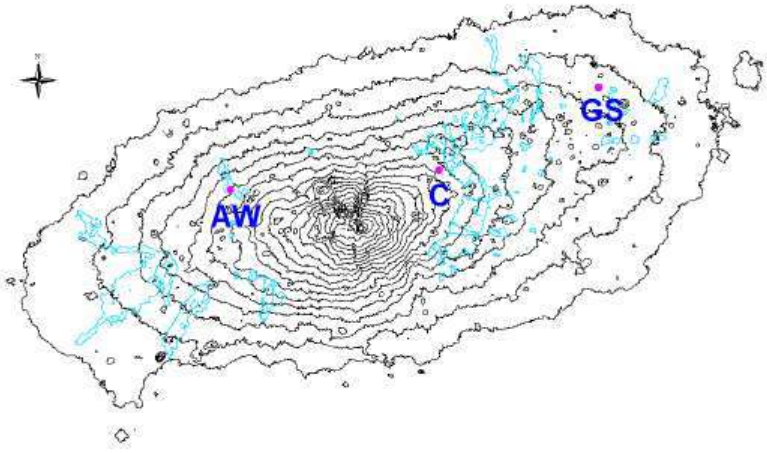


그림 1. 토양 및 토양미생물 시료 채취지점
● : 시료 채취지점, AW : 애월 곶자왈, GS : 구좌 곶자왈,
C : 대조구(한라산 5·16 도로주변).

2. 분석방법

1) 토양의 이화학적 성질

토양의 이화학적 성질은 농촌진흥청 토양분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 입자밀도는 pycnonmeter 방법을 응용하여 측정하였다. 입도분석은 풍건토양 10g을 정량하여 500㎖ Tall beaker에 담은 후 증류수를 300㎖씩 가하고 30% 과산화수소를 25㎖씩 가한 뒤 90℃로 가열된 전열판 위에서 유기물을 분해하였다. 과산화수소 분해가 끝나면 원심분리병에 분산제 5% sodium hexametaphosphate 10㎖를 가한 후 약 18시간 정도를 진탕시키면서 완전히 분산시켰다. 이후 Pipette법과 체분석을 이용하여 측정하였다. 토양 pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 5로 하여 토양 5g에 증류수 25mL를 첨가한 다음 진탕하여 pH meter(Orion Star A211, Thermo)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 pH

를 측정하고 남은 여액을 Conductivity Meter(CM-11P TOA Electronics Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley and Black법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법을 이용하여 UV/Vis Spectrometer(Lambda 25, PerkinElmer)로 측정하였다. 총 질소함량은 토양시료를 황산으로 분해한 다음 Kjeldahl법으로 자동질소분석장치(Kjeltec analyzer unit, Foss, USA)를 이용하여 분석하였다. 교환성양이온은 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액 50mL를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 ICP-OES(JY 138 Ultrace, Jobin Yvon)를 이용하여 분석하였다. 양이온교환용량은 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액으로 포화 후 ethanol로 과잉의 NH_4^+ 세척한 후 증류하여 정량하였다.

2) 토양미생물 분석

(1) 토양 DNA의 추출

토양 DNA는 FastDNA SPIN kit for Soil(QBiogene Inc., Vista, CA, USA)을 이용하여 추출하였다.

(2) Pyrosequencing

① DNA의 전처리

가. Barcode primer를 이용한 PCR 수행

전체 미생물의 다양성을 분석하기 위하여 16S rRNA 유전자 중 가변영역인 V1~V3부분을 특이적으로 증폭할 수 있는 primer를 제작하였다. 세균 특이적 primer에는 27F(5′-GAG TTT GAT CMT GGC TCA G-3′)/800R (5′-TAC CAG GGT ATC TAA TCC-3′)에 sequencing을 진행하는 각각의 역방향 primer에는 pyrosequencing을 수행하기 위한 adaptor A(5′-CCA TCT CAT CCC TGC GTG TCT CCG AC-3′)부분과 핵심 염기서열인 TCAG, 10개의 염기서열로 이루어진 각각의 barcode, linker를 붙이고, sequencing을 하지 않는 정방향 primer에는 adaptor B(5′-CCT ATC CCC TGT GTG CCT TGG CAG TC-3′)와 핵심 염기서열과 각각의 linker를 붙여 제작하였다(표 1). 추출된 미생물의 전체 genomic를 주형으로 삼아 제작된 primer로 PCR을 수행하였다(표 2).

표 1. Barcoded-PCR primer에 사용된 adaptor

이름	염기서열(5′-3′)
Adaptor	
Forward primer adaptor B	CCTATCCCCTGTGTGCCTTGGCAGTCTCAG
Reverse primer adaptor A	CCATCTCATCCCTGCGTGTCTCCGACTCAG

표 2. PCR master mix 및 PCR 프로그램 조건

Master mix		PCR program			
Reagent	1 Amplicon	Step	℃	Min	Cycle
Forward Primer(10μM)	1㎕	Initial denaturation	94	3	1
Reverse Primer(10μM)	1㎕	Denaturation	94	15(sec)	25~35
dNTP mix(10mM each)	0.5㎕	Annealing	55~65	45(sec)	
Faststart 10X Buffer #2	2.5㎕	Extention	72	1	
Faststart HiFi Polymerase(5U/μl)	0.25㎕	Final Extention	72	8	
Molecular Biology Grade Water	18.75㎕	Hold	4	∞	
Total	24㎕				

② GS-FLX Plus Run

가. Microreactor 형성

Library ssDNA를 DNA Capture beads와 섞어준다. Capture bead에는 library의 A adapter와 결합할 수 있는 상보적인 primer가 존재하여 library와 결합이 가능하다. 이때 한 가닥의 single strand와 하나의 capture bead가 결합시키는 것이 중요하다. DNA가 결합된 capture bead와 emulsion oil을 shaker를 이용하여 섞어준다. 결국 한 개의 oil에는 한 개의 capture bead, 한 가닥의 library DNA가 존재하며, 이를 "Micro-reactor"라 명한다. 이 과정은 sequencing결과를 결정하는 데 중요한 요인이 되며, 혼합해주는 농도와 shaking 정도를 잘 조절하는 것이 관건이다.

나. Emulsion PCR

Microreactor가 형성되면 PCR reagent와 반응하여 각각의 microreactor내부에서 clonal amplification이 일어나고 대략 1000분자 증폭이 일어나면 oil막이 깨져 amplified DNA를 얻게 된다. 이는 sequencing이 이루어지는 최소 단위가 되며 microreactor 1개당 하나의 sequencing결과가 생성된다.

다. PicoTiterPlate packaing

Sequencing을 하기 위한 마지막 단계로 sequencing이 일어나는 PicoTiterPlate에 Micro-reactor를 넣어준다. Picotiterplate는 직경 44um pore를 가지고 있어 Micro-reactor가pore에 하나씩 들어가게 된다. 적정농도의 Micro-reactor를 plate에 흘려주고 centrifugation을 통해 deposit 시킨다. 그 후 pore의 공간을 채우기 위해 packing beads를 넣고 sequencing을 하기위한 enzyme beads를 마지막으로 넣고 centrifugation을 통해 packing 완료한다.

라. Pyrosequencing 수행

100만 개의 PicoTiter pore마다 Pyrosequencing의 원리를 이용한 연속적인 sequencing이 이루어진다. 이는 동시에 수만 개의 signal을 얻음으로써 sequencing의 효율을 높이는 작용을 한다. 우선 polymerase에 의해 A adapter에 결합되어 있는 key sequence부터 합성이 시작되고 이로부터 얻어지는 signal은 각 nucleotide가 나타내는 signal의 정도를 나타내는 기준점으로 작용된다. Pyrosequencing은 하나의 nuleotide가 합성되면서 n상태가 n+1상태가 되고 이때 부산물로 생성되는 PPi가 Adenylphosphate sulfate(APS)와 반응하여 ATP를 형성하게 된다. 생성된 ATP는 luciferase에 의해 luciferin과 반응하여 생성되는 signal을 통해 sequencing이 이루어진다. Pyrosequencing의 경우 4개의 nucleotide를 G-C-T-A 순으로 넣어 주어 sequencing을 진행하게 된다.

③ Data 분석

Pyrosequencing data는 Kim *et al.*(2015)와 같은 방법으로 분석하였는데, 주로 R VEGAN package(Oksannen *et al.* 2011), MOTHUR program(Schloss *et al.* 2009)와 SILVA database(Pruesse *et al.* 2007)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 토양의 이화학적 성질

애월, 구좌 곶자왈 및 대조구인 한라산 5·16 도로주변 토양의 이화학적 성질은 표 3과 같으며, 분석결과는 봄과 여름철 분석값에 대한 평균치로 나타내었다. 애월, 구좌 곶자왈 및 대조구 토양의 입도분석 결과 미사와 점토함량이 많은 미사질식양토가 주를 이뤘다. 애월, 구좌 곶자왈 및 대조구 토양의 평균 입자밀도는 각각 1.54, 1.70 및 1.83g/㎤로 화산재의 영향을 받은 화산회토의 특성을 나타내었다.

표 3. 애월, 구좌 곶자왈 및 대조구의 이화학적 성질

시료채취 지역	입자 밀도	토성명	토양 pH	전기 전도도	유기물 함량	유효 인산	총 질소	교환성 칼륨	교환성 칼슘	교환성 마그네슘	교환성 나트륨	양이온 교환용량
	(g/㎤)		(1:5)	(dS/m)	(%)	(㎎/㎏)	(%)			(cmol$_c$/㎏)		
AW-1	1.59	미사질양토	4.63	4.80	46.55	66	1.57	0.94	25.80	6.75	0.52	49.50
AW-2	1.45	미사질양토	4.71	6.88	47.72	116	1.68	1.21	31.96	9.87	0.43	41.55
AW-3	1.49	미사질식양토	4.69	6.95	49.57	113	1.54	1.06	35.40	9.44	0.46	48.20
AW-4	1.50	미사질양토	4.70	6.11	50.83	97	1.68	1.03	33.21	8.70	0.47	41.45
AW-5	1.75	미사질식양토	4.80	6.10	45.76	79	1.51	1.05	40.19	6.96	0.44	42.20
AW-6	1.46	미사질양토	4.82	7.76	49.92	117	1.68	1.40	51.60	9.71	0.47	49.75
평균	1.54		4.72	6.43	48.39	98	1.61	1.12	36.36	8.57	0.46	45.44
GS-1	1.68	식양토	4.98	3.19	33.03	13	1.42	0.64	13.30	4.04	0.50	50.00
GS-2	1.63	미사질식양토	5.25	1.71	32.14	15	1.38	0.72	16.87	3.75	0.46	47.70
GS-3	1.59	미사질양토	5.07	3.42	31.91	39	1.45	0.72	20.06	4.77	0.48	54.45
GS-4	1.69	미사질식양토	5.28	2.30	30.24	10	1.32	0.68	13.98	4.41	0.40	50.85
GS-5	1.73	미사질식양토	5.11	3.54	35.60	22	1.31	0.84	19.19	4.47	0.45	51.40
GS-6	1.87	미사질식양토	5.10	1.95	26.41	7	1.01	0.46	7.86	3.75	0.42	49.95
평균	1.70		5.13	2.68	31.56	18	1.31	0.68	15.21	4.20	0.45	50.06
C-1	1.84	미사질식양토	4.77	1.96	24.37	9	0.92	0.52	4.16	1.87	1.17	37.85
C-2	1.86	미사질식양토	4.76	2.38	23.31	8	0.77	0.50	4.62	1.81	0.22	38.90
C-3	1.83	미사질식양토	4.47	1.82	24.87	8	0.94	0.46	1.86	1.07	0.21	37.50
C-4	1.78	미사질식양토	4.60	2.01	25.24	8	0.88	0.51	4.30	2.10	0.23	40.95
C-5	1.86	미사질식양토	4.66	1.20	21.09	7	0.75	0.47	2.45	1.20	0.20	37.25
C-6	1.84	식토	4.57	3.10	26.40	20	0.83	0.55	5.09	2.27	0.21	35.85
평균	1.83		4.64	2.08	24.21	10	0.85	0.50	3.75	1.73	0.37	38.05

조사지의 평균 토양 pH는 애월 4.72, 구좌 5.13 및 대조구 4.64로 한라산 5·16 도로주변에서 토양 pH가 가장 낮았다. 이는 정 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양 표토의 평균 토양 pH 5.3에 비해서 조사지 전체가 낮은 수치를 보였다. 류순호와 송관철(1984)에 의하면 미경지에서의 토양 pH는 일반적으로 낮으며 한라산국립공원에 속하는 갈색산림토에서도 토양 pH가 낮다는 보고와 일치하고 있다. 또한 해발고도에 따른 해안지방에서 산간지방으로 올라갈수록 pH가 낮다는 보고와도 유사하였으며, 고 등(2015)이 보고한 결과와도 일치하는 경향을 보였다. 전기전도도는 애월 6.43dS/m, 구좌 2.68dS/m 및 대조구 2.08dS/m로 대조구에서 가장 낮았으며 애월 곶자왈에서 높았다. 대조구와 구좌 곶자왈의 농도는 식물생육에 대한 염류집적의 영향은 없을 것으로 생각되나 애월 곶자왈은 염류피해로 인한 식물생육에 영향을 줄 수도 있다고 생각된다. 전기전도도가 4dS/m 이상일 경우는 식물의 생육에 영향을 미칠 수 있는 기준값으로 보고 있다(류순호, 2000). 유기물함량은 애월 및 구좌 곶자왈에서 각각 48.39%, 31.56%로 30% 이상의 높은 함량을 보였으며 대조구에서 24.21%의 함량을 보였다. 이는 정 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 유기물함량 10.40%보다 약 2～4배 높은 수치이다. 화산회토양은 유효인산함량이 매우 낮아 토양비옥도가 낮은 원인으로 알려져 있다. 조사지의 평균 유효인산함량은 대조구 및 구좌 곶자왈에서 각각 10㎎/㎏, 18㎎/㎏으로 매우 낮은 함량을 보였다. 이에 비해 애월 곶자왈의 유효인산함량은 98㎎/㎏로 다른 조사지보다 약 9배 높았다. 정 등(2002)은 제주지역 산림토양의 평균 유효인산함량을 표토 27.4mg/kg로 보고한 바 있는데 이에 비해서 곶자왈 토양은 약 4배정도 함량이 높았다. 일반적으로 유기물함량이 높아지면 질소함량이 높아지는데 이는 유기물이 화산재에서 유래된 Al과 결합하면서 용탈에 대한 저항성이 있기 때문에 화산재가 많이 집적된 토양에서 질소함량도 높게 나타난다. Pearson 상관분석을 한 결과 본 조사지의 유기물함량과 총 질소함량과의 상관계수는 $r=0.91^{**}$로 매우 유의한 정의 상관관계를 보였다. 총 질소함량은 애월과 구좌 곶자왈에서 각각 1.61%, 1.31%로 1%를 상회하는 함량을 보였으며, 대조구에서 0.85%였다.

조사지의 평균 교환성양이온 함량은 K 0.50～1.12㏄㏖$_c$/㎏, Ca 3.75～36.36㏄㏖$_c$/㎏, Mg 1.73～8.57㏄㏖$_c$/㎏ 및 Na 0.37～0.46㏄㏖$_c$/㎏ 범위였다. 정 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 교환성양이온 K 0.34㏄㏖$_c$/㎏, Ca 2.07㏄㏖$_c$/㎏, Mg 1.97㏄㏖$_c$/㎏ 및 Na 0.46㏄㏖$_c$/㎏과 비교했을 때 교환성 Na를 제외하고는 교

환성양이온 함량들이 매우 높았다. 특히 애월 곶자왈의 교환성 K, Ca 및 Mg 함량이 매우 높았으며, 교환성 Ca는 36.36$cmol_c$/kg으로 매우 높게 나타났다. 이와 같이 곶자왈 지역에서 교환성 Ca 함량이 매우 높았는데 생성연대가 오래지 않아 풍화가 덜 진행되어 모재의 영향에 의해 함량이 높은 것인지에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 양이온교환용량은 토양비옥도를 나타내는 지표로서 양이온교환용량이 클수록 양분보유능이 커지고 토양의 완충능이 커지며 양분을 보관하여 식물이 필요시에 공급할 수 있는 능력이 커진다(류순호, 2000). 조사지의 양이온교환용량은 애월 45.44$cmol_c$/kg, 구좌 50.06$cmol_c$/kg 및 대조구 38.05$cmol_c$/kg으로 양이온교환용량이 30$cmol_c$/kg 이상으로 매우 높았다. 이는 정 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 양이온교환용량 19.7$cmol_c$/kg보다 곶자왈 지역에서 약 2배 내외로 높았다.

이와 같은 결과를 종합하면 조사지의 토양산도는 강산성으로 제주 산림토양의 평균 토양 pH 5.3보다 낮았으며, 구좌 곶자왈과 대조구에서도 유효인산 함량이 10㎎/kg 이하로 매우 낮았다. 반면에 다른 화학성분은 함량이 대체적으로 높은 것으로 나타났으나 애월 곶자왈은 교환성 Ca 및 Mg가 매우 높아 식물 생장에 역효과로 작용할 수도 있는 것으로 생각되어 지속적인 모니터링이 필요하겠다.

2. 곶자왈 조사지의 토양미생물 다양성

그림 2에 pyrosequencing 분석으로 얻어진 곶자왈 조사지의 세균 분포를 나타내었다. 곶자왈 토양에 있어서 Actinobacteria는 애월 곶자왈이 24.85%, 구좌 곶자왈이 15.25%의 분포를 보였으며, 대조구 토양이 11.7%으로 곶자왈 토양이 높았다. Actinobacteria 중에서도 우점하는 *Acidothermus* 속은 애월 곶자왈 6.22%, 구좌 곶자왈 3.57%, 대조구 5.38%의 분포를 보였다. 본 미생물은 주로 셀룰로스를 분해하는 것으로 알려져 있어서 용암숲 곶자왈에서 그 역할이 중요할 것이다. 이는 곶자왈의 큰 특징 중의 하나인 미기상(microclimate), 풍혈 등과 깊은 관련이 있을 것으로 추측되며 그 기능에 대한 구체적인 연구가 필요하다. 구좌 곶자왈보다 애월 곶자왈에 있어서 높은 분포를 보이는 Actinobacteria의 역할이 용암숲 곶자왈의 생성 및 유지에 중요한 인자를 제공하고 있음을 알 수 있다.

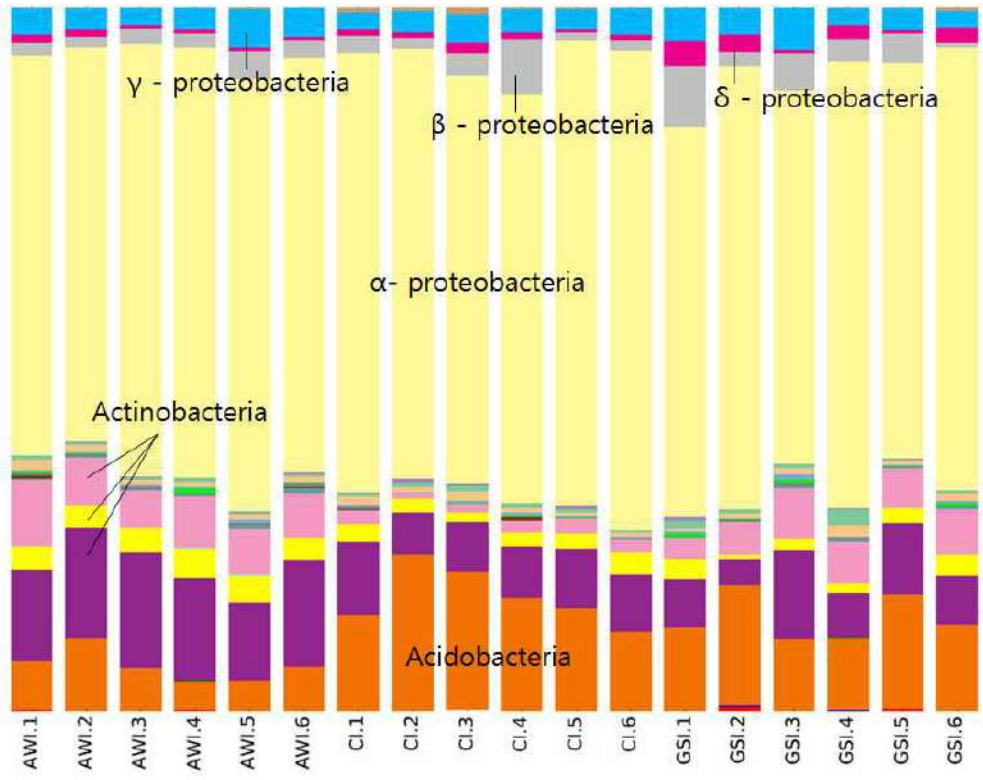


그림 2. Pyrosequencing으로 분석한 조사지 토양의 세균 분포
AW : 애월 곶자왈, C : 대조구, GS : 구좌 곶자왈.

Acidobacteria는 애월 곶자왈 6.37%, 구좌 곶자왈 13.05%, 대조구 토양 16.20%의 분포를 보였다. 곶자왈 토양이 대조구 토양에 비해서 낮게 분포하였지만, 구좌 곶자왈이 대조구 토양과 거의 비슷하게 분포하였다. (그림 2). 그 중에서 Cadidaturs Solibacter는 애월 1.83%, 구좌 3.45%, 대조구 4.88%로 상당히 높은 수치를 나타냈다. 일반적으로 Acidobacteria는 산림토양뿐만 아니라 광범위한 환경에 분포하는 것으로 알려지고 있는데, 예를 들면 sediment, 온천, 산성 광산 호수, 깊은 심해, 동굴 등에도 분포하는 것으로 밝혀지고 있다 (Kielak et al., 2009; Naether et al., 2012).

전체적인 pyrosequencing의 결과로 두드러진 특징은 Alphaproteobacteria가 매우 높다는 것이었다. 애월 59.32, 구좌 59.02%, 대조구 토양이 62.38%를 보였다. 특히 그 중에서도 질소고정세균인 *Bradyrhizobium*을 포함하는

Rhizobiales가 애월 53.07%, 구좌 53.55%, 대조구 토양 54.92%이며, 곶자왈과 대조구 양쪽 모두 높은 수치를 보였다(그림 2). 그중에서 우점을 보이는 Xanthobacteraceae 강(綱)은 애월 24.07, 구좌 24.05%, 대조구 27.42%의 분포를 보였다.

속(屬) 레벨에서 *Labrys miyagiensis*를 포함한 *Labrys* 속이 애월 0.20%, 구좌 0.07%, 대조구가 0.3%을 보였으며, uncultured *Pseudolabrys*가 애월 0.05%, 구좌 0.12%, 대조구 0.18%를 보인데 반해서, uncultured Xanthobacteraceae 속은 애월 18.52%, 구좌 18.83%, 대조구 20.52%로 아주 높은 분포를 보였다. 이와 같이 높은 분포를 보인 uncultured Xanthobacteraceae속에 대해서 현재로서는 비교가능한 정보가 부족하며, 다각도의 분석이 요구된다(그림 3).

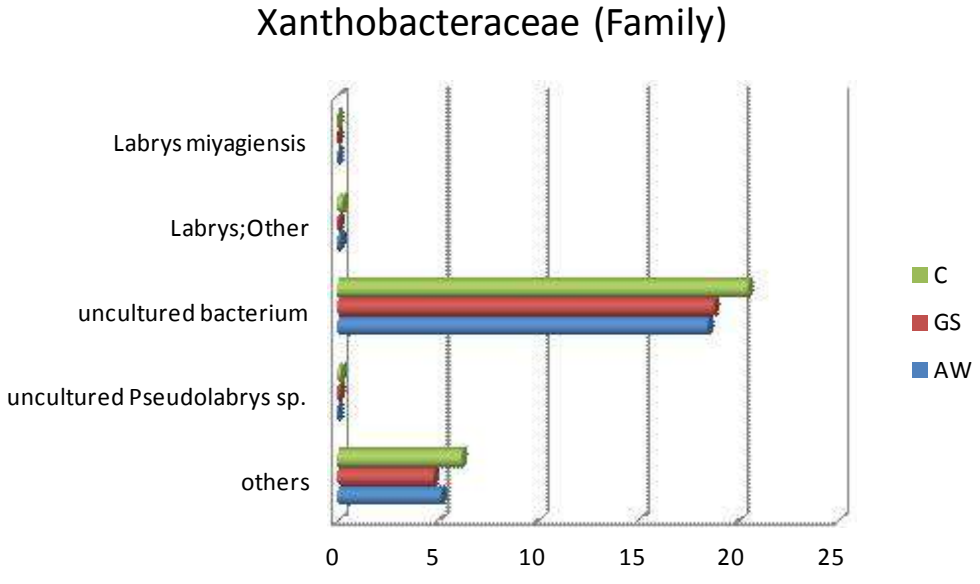


그림 3. 곶자왈에 있어서 Xanthobacteraceae 綱의 분포.

또한 질소고정세균이 대량으로 검출되었는데, *Bradyrhizobiuim* 단일 속이 애월 18.4%, 구좌 14.43%, 대조구 13.52%로 곶자왈 토양에서 높은 분포를 보임을 알 수 있었다. 조천-함덕의 교래 곶자왈(JHKR)과 한경-안덕의 산양 곶자왈(HASY) 토양 시료 분석에 있어서, 질소고정 유전자의 하나인 *nifH*유전자의 pyrosequencing 결과에 따르면, 곶자왈 토양과 대조구 토양이 구별될 뿐만 아

니라, 곶자왈 토양과 하와이를 포함한 미국 토양의 pyrosequencing 결과가 완전히 구별되는 결과를 얻었다(Sul *et al.*, unpublished data). 이는 곶자왈 토양 미생물이 아주 독특함을 설명하고 있다. 이와 같이 대조구 토양뿐만 아니라 용암숲 곶자왈 토양에 있어서 질소고정 미생물 단일 속의 높은 분포는 곶자왈 환경에서의 질소고정 활성이 활발히 발현된다는 것을 알 수 있다. GeoChip을 통해 인산 순환에 관련된 유전자의 발현에 큰 특이점을 발견하였는데 (unpublished data), 일반적으로 산림토양에는 인산의 유효능이 아주 부족해서 곶자왈에서 인산의 순환에 대한 심화된 이해가 요구된다.

하와이 화산 토양이 특징인 *Ktedonobacter*는 애월 0.22%, 구좌 0.27%, 대조구 0.12%를 보여 하와이와 곶자왈 토양과 유사성을 보였다. 이와 관련하여 하와이, 대만, 일본, 뉴질랜드 등지의 화산폭발에 의해서 생성된 화산섬에서의 토양미생물 비교 연구의 필요성을 제안하며, 향후 그 특징을 규명하여 곶자왈의 세계적인 독특성을 규명하고자 한다.

OTU 분석에 따른 조사지의 세균에 대한 조작상 분류단위 수(operational taxonomic unit, OTU)의 분석결과, 종(97% homology) 레벨에서 애월 277, 구좌 175, 대조구 258의 결과를 보였다(표 4). 또한 세 지점에 대한 전체적인 관련성을 규명하기 위해서 그림 4와 같은 clustering 결과에서, 구좌 곶자왈과 대조구 토양이 근린관계에 있는 반면에 애월 곶자왈은 전체적인 유연관계가 멀다는 것을 알 수 있었다. 구좌 곶자왈에는 상대적으로 토양층이 적게나마 존재하며, 대조구는 토양층이 있는 조면현무암 지대로서 유사성이 낮다. 이에 반해, 해발 510m인 애월, 650m인 대조구는, 공통적으로 온대 기후대이며, 낙엽활엽수림이므로 더 근린관계일 것으로 예상되었다. 하지만, 그림 4에서는 애월 곶자왈보다는 구좌와 대조구 토양이 더 근린관계의 결과를 보였다. 이에 대해 진행중에 있는 여름, 가을, 겨울 토양 DNA의 분석 및 reads 수의 증가 등 추가연구를 통해서 보다 확실한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

표 4. 군집 부유도 및 다양성

	OTUs	Chao1	Shannon	Simpson	Goods Coverage
AW-1	405	476.12676	6.5001669	0.9559402	0.974488507
AW-2	313	423	6.2423714	0.9437816	0.938202247
AW-3	210	351.42857	5.8611766	0.9434787	0.903381643
AW-4	229	309.71698	5.8616567	0.9418498	0.928240741
AW-5	234	383.875	6.1693796	0.9509844	0.892367906
AW-6	273	330.58065	6.0251274	0.9298127	0.950408401
GS-1	159	230.09091	6.0642201	0.9606489	0.887987013
GS-2	158	272	5.3832367	0.9356437	0.91611479
GS-3	179	266.07317	6.0949621	0.95782	0.871794872
GS-4	182	238.47727	5.5654763	0.9322381	0.931334623
GS-5	179	282.12121	5.7036234	0.9451654	0.911795962
GS-6	197	265.46667	5.6728537	0.9439936	0.934925865
C-1	313	383.5	6.2914206	0.964818	0.965718454
C-2	267	313.92857	5.9907066	0.9629538	0.973328462
C-3	278	349.51786	6.3867081	0.9709496	0.956521739
C-4	197	298.10811	5.7996148	0.9593337	0.933537051
C-5	284	361.78182	5.8939837	0.9521854	0.971269694
C-6	214	340.66667	5.6624745	0.9362445	0.931330472

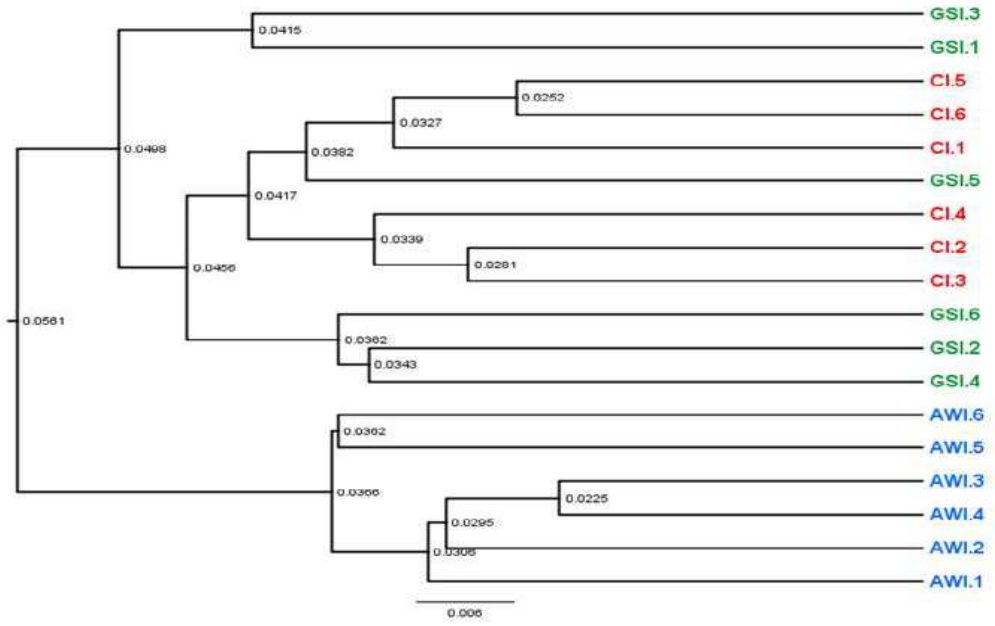


그림 4. Pyrosequencing 결과를 토대로 한 애월·구좌 곶자왈의 clustering.

지금까지 얻어진 결과는 2015년 사계절 중에서 봄에 채취한 토양시료에 한해서 진행되었으며, Alphaproteobacteria의 uncultured Xanthobacteraceae 속, *Bradyrhizobium*속, Actinobacteria의 *Acidothermus*속, Acidobacteria의 Cadidaturs Solibacter 등이 곶자왈 토양에 있어서 우점하는 결과를 얻었다. 이들 우점하는 미생물들에 의해서 곶자왈 숲의 생성, 유지에 중요한 인자인 탄소·질소·인 순환 등이 용암숲에의 영양공급에 관여하는 중요한 인자들을 제공하고 있을 가능성을 보였다. 사계절 토양미생물의 pyrosequencing 결과 및 곶자왈에서의 토양미생물의 기능에 대한 연구가 추가적으로 진행되면 보다 이해가 가능할 것이다. 이처럼 곶자왈 지역에 대한 체계적이고 장기적인 연구로써 곶자왈 생태계의 변화 추이와 곶자왈의 독특성 및 지구생태계에서 그 역할을 도출해 낼 수 있을 것이다.

인용문헌

고석형, 김종식, 이영돈, 신창훈. 2015. 교래와 산양 곶자왈의 계절별 토양특성과 미생물의 다양성. 제주특별자치도 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 제14호:201-226.

류순호. 2000. 토양사전. 서울대학교출판부. pp.730.

류순호, 송관철. 1984. 제주도 토양의 화학적 특성 조사연구- I. 지대별 화학적 특성 변화. 한국토양비료학회. 17(1): 1-6.

정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지. 91(6): 694-700.

제주특별자치도 한라산연구소. 2013. 곶자왈 환경자원 조사 - Ⅴ. 곶자왈 토양특성. 한라산연구소. p.184-216.

Kielak A., Pijl A.S., van Veen J.A., Kowalchuk G.A. 2009. Phylogenetic diversity of Acidobacteria in a former agricultural soil. The ISME Journal. 3: 378-382.

Kim J.S., Jung M.Y., Lee K.C., Kim D.S., Ko S.H., Lee J.S., Rhee S.K. 2014. The Archaea community associated with lava-formed Gotjawal forest soil in Jeju, Korea. Journal of Agricultural Chemistry and Environment. 3: 96-102.

Kim J.S., Lee K.C., Kim D.S., Ko S.H., Jung M.Y., Rhee S.K., Lee J.S. 2015. Pyrosequencing analysis of a bacterial community associated with lava-formed soil from the Gotjawal forest in Jeju, Korea. Microbiology Open. 4: 301-312.

Kim K.K., Lee K.C., Eom M.K., Kim J.S., Kim D.S., Ko S.H., Lee J.S. 2014. *Variibacter gotjawalensis* gen. nov., sp. nov., isolated from soil of a lava forest. Antonie van Leeuwenhoek. 105: 915-924.

Lee K.C., Kim K.K., Eom M.K., Kim J.S., Kim D.S., Ko S.H., Lee J.S. 2015a. *Mucilaginibacter gotjawali* sp. nov., isolated from soil of a lava forest.

International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology> 65: 952-958.

Lee K.C., Kim K.K., Kim J.S., Kim D.S., Ko S.H., Yang S.H., Lee J.S. 2015b. *Cohnella collisoli* sp. nov., isolated from lava forest soil. International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology> 65: 952-958.

Lee K.C., Kim K.K., Kim J.S., Kim D.S., Ko S.H., Yang S.H., Kim S.G., Lee J.S. 2015c. *Sphingomonas vulcanisoli* sp. nov., isolated from soil of a lava forest. International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology. 65: 952-958.

Naether A., et al., 2012. Environmental factors affect Acidobacteirla communities below the subgroup level in grassland and forest soils. Applied and Environmental Microbiology. 78(20): 7398-7406.

NIAST. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea. p.35-131.

Oksanen, J., F. Guillaume Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O' 'Hara, et al. 2011. Vegan, Community Ecology Package. R package Version 2.0-0. Available at http://CRAN.R-project.org/package=vegan(accessed December 2013).

Pruesse, E., C. Quast, K. Knittel, B. M. Fuchs, W. Ludwig, J. Peplies, et al. 2007. SILVA: a comprehensive online resource for quality checked and aligned ribosomal RNA sequence data compatible with ARB. Nucleic Acids Res. 35:7188--7196.

섬매발톱나무와 좀갈매나무의 숙지삽목시기와 배지조성이 발근에 미치는 영향

김종갑*, 김대신, 김현철, 고용현, 김수경, 고정군
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 섬매발톱나무와 좀갈매나무의 증식방법 연구를 위하여 숙지삽시 삽목시기와 배지의 조성상태에 따른 발근과 초기 성장의 특성을 조사하였다.

섬매발톱나무는 6월경에 삽수를 채취하고, 배지 조성은 물 배지를 이용하여, 하우스 내에서 일반 삽목하면서 습도 처리하는 것이 생존율과 발근율이 각각 51.7%, 46.7%로 나타나 밀폐 삽목보다 효과적인 것으로 판단된다.

좀갈매나무는 삽수를 5월경에 채취하고, 배지 조성은 물배지를 이용하여 밀폐삽목으로 습도처리를 하는 것이 생존율과 발근율이 각각 25.0%, 10.5%로 나타나 비교적 효과적인 것으로 보인다. 그러나 전체적으로 생존 및 발근율이 낮게 나타나는 결과를 보여 보다 효율적인 삽목증식을 위한 다양한 연구접근이 필요한 것으로 판단된다.

서 론

제주지역 특산식물은 제주지역의 자연환경에서 적응하면서 진화해온 세계적으로 제주 또는 우리나라에만 분포하는 유일하고도 독특한 식물로 제주만이

* 교신저자 ; 전화: 064-710-3557, e-mail: jakal3182@korea.kr

가지고 있는 귀중한 유전자원이다. 제주지역에 분포하는 특산식물은 39과 70속 59종 16변종 12품종으로 총 88분류군이며, 이중 제주지역에만 분포하는 27과 46속 36종 12변종 8품종 56분류군 알려져 있다(고정군, 2010).

제주지역의 특산식물 중 좀갈매나무는 갈매나무과(Rhamnaceae)에 속하는 낙엽관목으로 한라산 관목림대 이상의 고지대에서 드물게 자라고(김찬수 등, 2003), 수고가 1m 이상 자라며 잔가지 끝은 흔히 가시로 변하는 특징을 가지고 있다(이창복, 2003). 그리고 희귀식물로 학술적 가치가 크기 때문에 현지외 종보전 방안이 필요한 상황이다(고정군, 2010).

섬매발톱나무는 매자나무과(Berbenaceae)에 속하는 낙엽관목으로 키가 2m에 달하고 가지가 많으며 꽃은 황색으로 피고 열매는 붉게 익어 관상 및 약용자원 개발이 유망한 식물로 평가받고 있다(고정군, 2010).

제주지역 특산식물인 좀갈매나무와 섬매발톱나무는 자연 상태에서 분포가 극히 한정되어 있고 개체수가 적으며 어린치수가 발생되지 않고 있는 것으로 파악되고 있어 보존대책마련이 필요하다(고정군 등, 2008). 더욱이 이와 같은 유용식물자원의 현지 내 보전 및 자원화를 위한 연구가 미흡하다.

따라서 본 연구는 좀갈매나무와 섬매발톱나무의 효율적인 번식체계를 확립하기 위하여 숙시삽시 삽목시기 및 삽목상의 조건이 발근과 초기생장에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시 시료

본 시험의 공시 재료는 2015년 5월 8일과 6월 25일에 한라산 영실 등산로변 해발고도 1,500m 지점에서 좀갈매나무(*Rhamnus taquetii* H. Lév.)의 삽수를 채취하였고, 섬매발톱나무(*Berberis amurensis* var. *quelpaertensis* Nakai)의 삽수는 해발고도 1,650m 선작지왓 일대에서 채취하였다(그림 1). 채취 시기는 자생지의 식물계절성 특성을 토대로 잎의 생장이 시작되기 전에 이용하였다. 삽수 채취지역의 좀갈매나무는 4월 8일에 잎눈이 파열하여 5월 8일에 개엽하였으

며, 섬매발톱나무는 4월 8일에 잎눈이 파열하여 5월 4일에 개엽하였다.



그림 1. 좀갈매나무 및 섬매발톱나무의 삽수채취 위치도

2. 숙지삽목 증식시험

채취한 삽수는 전년에 자란 숙지를 이용하였으며, 삽수 길이는 5㎝ 내외로 제조하여 이용하였다.

삽목배지 조성은 물, 고흡수성수지 및 배양토를 이용하였는데, 고흡수성수지는 GK그린코리아 제품(700~3,000㎛)를 30분간 물에 침지하여 사용하였다. 배양토는 피트모스(peat moss), 버미큘라이트(vermiculite), 펄라이트(perlite)를 동일하게 1:1:1로 혼합하여 사용하였다. 물배지는 압축스티로폼을 삽수가 구멍으로 빠지지 않을 정도의 크기로 일정한 간격으로 뚫고 물위에 띄우는 방법으로 이용하였다.

모든 시험은 각 처리구당 30개체씩 완전임의 3반복으로 하였으며, 5월에 삽목한 것은 150일, 6월 삽목한 것은 100일 후에 생존율, 발근율, 뿌리수, 뿌리길이를 조사하였다.

삽목증식은 제주시에 위치한 한라수목원 자원식물 증식시험포에서 실시하였다. 삽목증식이 이루어지는 하우스와 밀폐상의 온·습도의 변화는 밀폐상의

온도 및 습도가 하우스보다 높은 것으로 나타났다(김종갑 등, 2016). 또한 밀폐상이 하우스에 비해 온도의 일교차 변화는 크나 습도는 안정적으로 유지되는 것으로 분석되었다.

결과 및 고찰

1. 섬매발톱나무의 삽목시기와 배지조성이 발근에 미치는 효과

섬매발톱나무의 숙지삽의 삽목시기에 따른 효과를 알아본 결과, 5월보다는 6월에 삽목한 모든 처리구에서 생존율과 발근율이 가장 높게 나타났다(표 1). 삽목상별로 보면 물을 이용한 배지에서 5월에 삽목한 경우 생존율과 발근율이 각각 31.7%, 25.0%였으며, 6월에는 각각 45.0%, 43.3%로 높아지면서 상대적으로 가장 높은 비율을 보였다. 이에 반해 5월에 삽목한 경우 배양토에서는 생존율과 발근율이 각각 5.0%를 보인반면 6월에는 각각 20.0%, 16.7%로 다소 증가하였다. 그러나 고흡수성수지를 이용한 배지에서는 시기에 관계없이 발근이 이루어지지 않았다. 또한 삽수에서 발생된 뿌리의 수나 길이도 삽목시기에 따라 생장의 차이가 다소 발생되었으나 발근율과 비슷한 효과를 보이는 것으로 보인다. 이처럼 전체적으로 삽목상 조성의 효과는 물배지가 배양토나 고흡성수지를 이용한 삽목상보다 모든 처리구에서 상대적으로 생존율과 발근율이 높게 나타나는 효과를 가져 왔다. 이는 김홍림과 고정군(2007)이 한라산 고산식물인 들쭉나무는 삽목 최적 시기는 5월 중순 이전에 실시하는 것이 효과적이라고 한 결과와는 다소 차이가 있었다.

2. 섬매발톱나무 삽목상 조성과 습도 처리가 발근에 미치는 효과

삽목상에 따라 습도 처리를 달리하여 섬매발톱나무의 발근 효과를 알아본 결과, 하우스에 실시된 일반삽목의 생존율과 발근율이 삽목상에서 밀폐삽목한 처리구 보다 높게 나왔다(표 2). 특히, 물을 이용한 삽목상에서는 일반삽목에서 생존율과 발근율이 각각 51.7%, 46.7%로 밀폐삽목의 25.0%, 21.7%보다 2배 이상의 효과를 보였다. 그리고 발근된 뿌리의 수와 길이성장에도 다소 차이를

나타냈다.

표 1. 섬매발톱나무 삽목시기・배지조성에 따른 지상・지하부의 변화

삽목시기		배양토	고흡수성수지	물
5월	생존율(%)	5.0	0.0.	31.7
	발근율(%)	5.0	0.0	25.0
	미발근(%)	0.0	0.0	6.7
	뿌리갯수(개)	4.0	0.0	5.8
	뿌리길이(㎜)	132.3	0.0	107.4
6월	생존율(%)	20.0	6.7	45.0
	발근율(%)	16.7	0.0	43.3
	미발근(%)	3.3	6.7	1.7
	뿌리갯수(개)	12.2	0.0	9.0
	뿌리길이(㎜)	63.7	0.0	91.2

이와 같은 결과는 온실 개폐상태의 공중습도는 변화가 심하여 약 50~76% 변화를 보이고 밀폐상인 경우 공중습도는 95%로 외부 기상조건 주야간에 따른 습도 변화는 없어 밀폐상 내에서의 삽목은 발근에 도움이 된다는 결과와 달리 나타났다(서영교 등, 1984). 또한 밀폐상의 습도가 안정적으로 유지되면 발근이 빠르게 진행되며 황금쥐똥나무, 하와이무궁화, 피라칸사스, 치자의 경우 밀폐상이 개폐상보다 발근율과 생육이 높다는 보고(서영교 등, 1984)와 상반된 결과가 조사되었다. 이는 섬매발톱나무의 발근특성이 높은 습도보다는 적당한 습도가 발근에 유리한 것으로 보이며, 섬매발톱나무의 종 특이성에 의한 습도처리와의 관계는 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

전체적으로 섬매발톱나무의 숙지삽목인 경우 삽수는 6월경에 채취하고, 배지 조성은 물배지를 이용하여 습도처리는 하우스 내에서 일반 삽목으로 하는 것이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

표 2. 섬매발톱나무 삽목상조성·습도 처리에 따른 지상·지하부의 변화

습도 처리		배양토	고흡수성수지	물
일반 삽목	생존율(%)	6.7	5.0	51.7
	발근율(%)	6.7	0.0	46.7
	미발근(%)	0.0	5.0	5.0
	뿌리갯수(개)	15.3	0.0	6.2
	뿌리길이(㎜)	29.0	0.0	102.1
밀폐 삽목	생존율(%)	18.3	1.7	25.0
	발근율(%)	15.0	0.0	21.7
	미발근(%)	3.3	1.7	3.3
	뿌리갯수(개)	6.6	0.0	8.6
	뿌리길이(㎜)	115.3	0.0	96.5

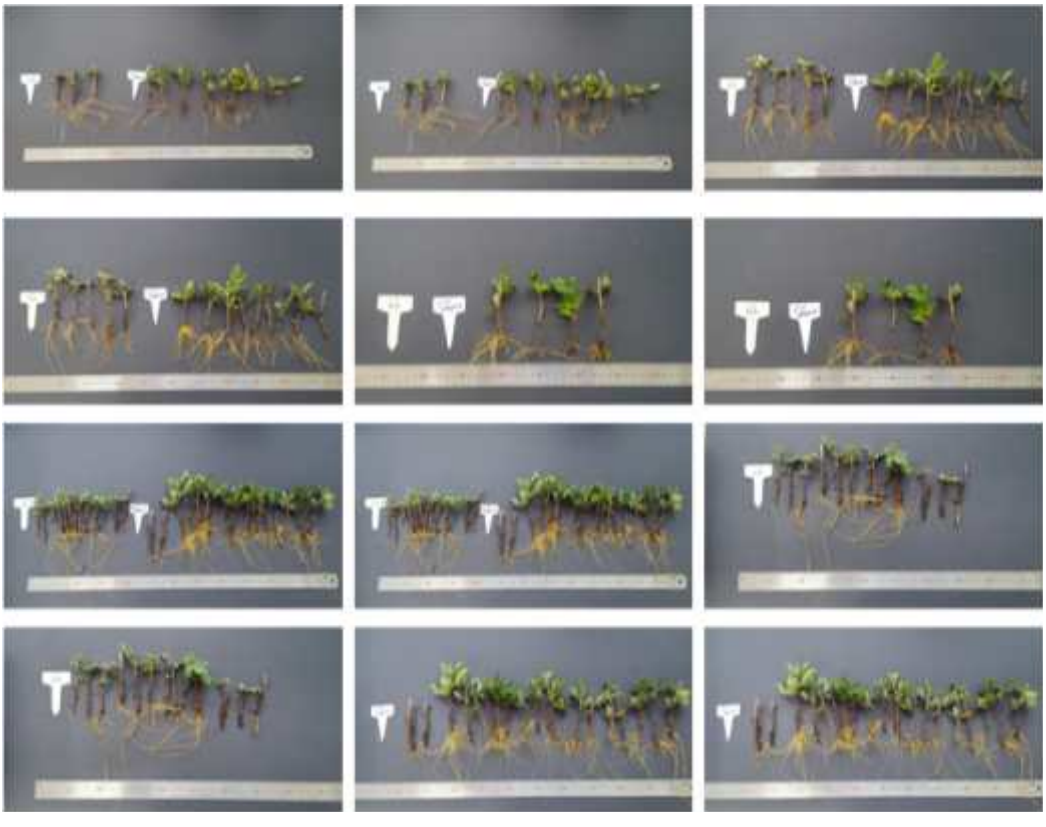


그림 2. 섬매발톱나무 삽목시 지상·지하부의 변화 사진

3. 좀갈매나무 삽목시기와 삽목상 조성이 발근에 미치는 효과

좀갈매나무 숙지삽의 삽목시기에 따른 효과를 알아본 결과 5월에 삽수를 채취하여 물을 이용한 삽목상에 생존율과 발근율이 각각 25.0%, 10.0%를 보여 다른 조건에 비해 높게 나타났다(표 3). 그리고 6월의 삽수를 채취한 경우에는 배양토에 삽목한 조건에서 생존율이 8.3%, 발근율 1.7%로 조사되었다. 그러나 이들 처리조건을 제외한 모든 삽목상 조건에는 생존 및 발근이 전혀 관찰되지 않았다. 이는 김홍림과 고정군(2007)이 한라산 고산식물인 들쭉나무는 삽목 최적시기는 5월 중순 이전에 실시하는 것이 효과적이라고 한 결과와 일치하였지만, 섬매발톱나무 결과와는 차이를 보였다(김종갑 등, 2016).

표 3. 좀갈매나무 삽목시기·삽목상에 따른 발근 특성

삽목시기		배양토	고흡수성수지	물
5월	생존율(%)	0.0	0.0	25.0
	발근율(%)	0.0	0.0	10.0
	미발근(%)	0.0	0.0	15.0
	뿌리갯수(개)	0.0	0.0	10.6
	뿌리길이(㎜)	0.0	0.0	66.8
6월	생존율(%)	8.3	0.0	0.0
	발근율(%)	1.7	0.0	0.0
	미발근(%)	6.7	0.0	0.0
	뿌리갯수(개)	5.0	0.0	0.0
	뿌리길이(㎜)	50.0	0.0	0.0

4. 좀갈매나무 삽목상 조성과 습도 처리가 발근에 미치는 효과

좀갈매나무 삽목시 습도처리에 따른 발근 효과를 알아본 결과, 밀폐삽목의 생존율과 발근율이 하우스 내에서 일반 삽목한 것보다 높게 나왔다(표 4). 특히 물배지에 밀폐삽목한 처리구에서 생존율이 18.3%와 발근율이 8.3%로 다른 처리구에 비해 높게 나타났고, 뿌리 갯수는 평균 10.2개, 뿌리 길이는 평균 94.6㎜로 조사되었다. 그리고 일반삽목한 처리구중에는 물배지에서만 생존율이 6.7%, 발근율이 1.7%로 조사되었으며 고흡수성수지에서는 밀폐상과 일반상에서 생존과 발근이 이루어지지 않았다.

표 4. 좀갈매나무 삽목상 조성 및 습도 처리에 따른 발근 특성

삽목상		배양토	고흡수성수지	물
일반 삽목	생존율(%)	0.0	0.0	6.7
	발근율(%)	0.0	0.0	1.7
	미발근(%)	0.0	0.0	5.0
	뿌리갯수(개)	0.0	0.0	11.0
	뿌리길이(㎜)	0.0	0.0	39.0
밀폐 삽목	생존율(%)	8.3	0.0	18.3
	발근율(%)	1.7	0.0	8.3
	미발근(%)	6.7	0.0	10.0
	뿌리갯수(개)	5.0	0.0	10.2
	뿌리길이(㎜)	50.0	0.0	94.6

이와 같은 결과는 표 2에 나타난 섬매발톱나무의 경우와 반대되는 결과로서, 서영교 등(1994)이 밀폐상의 경우 공중습도를 높게 일정하게 유지되어 삽목의 발근에 도움이 된다는 보고와 일치되었다.

좀갈매나무를 숙지삽목은 삽수를 5월경에 채취하고, 배지 조성은 물배지를 이용하여 밀폐삽목으로 습도처리를 하는 것이 비교적 효과적인 것으로 생각된다. 그러나 전체적으로 생존 및 발근율이 낮게 나타나는 결과를 보여 보다 효율적인 삽목증식을 위한 다양한 연구접근이 필요한 것으로 판단된다.

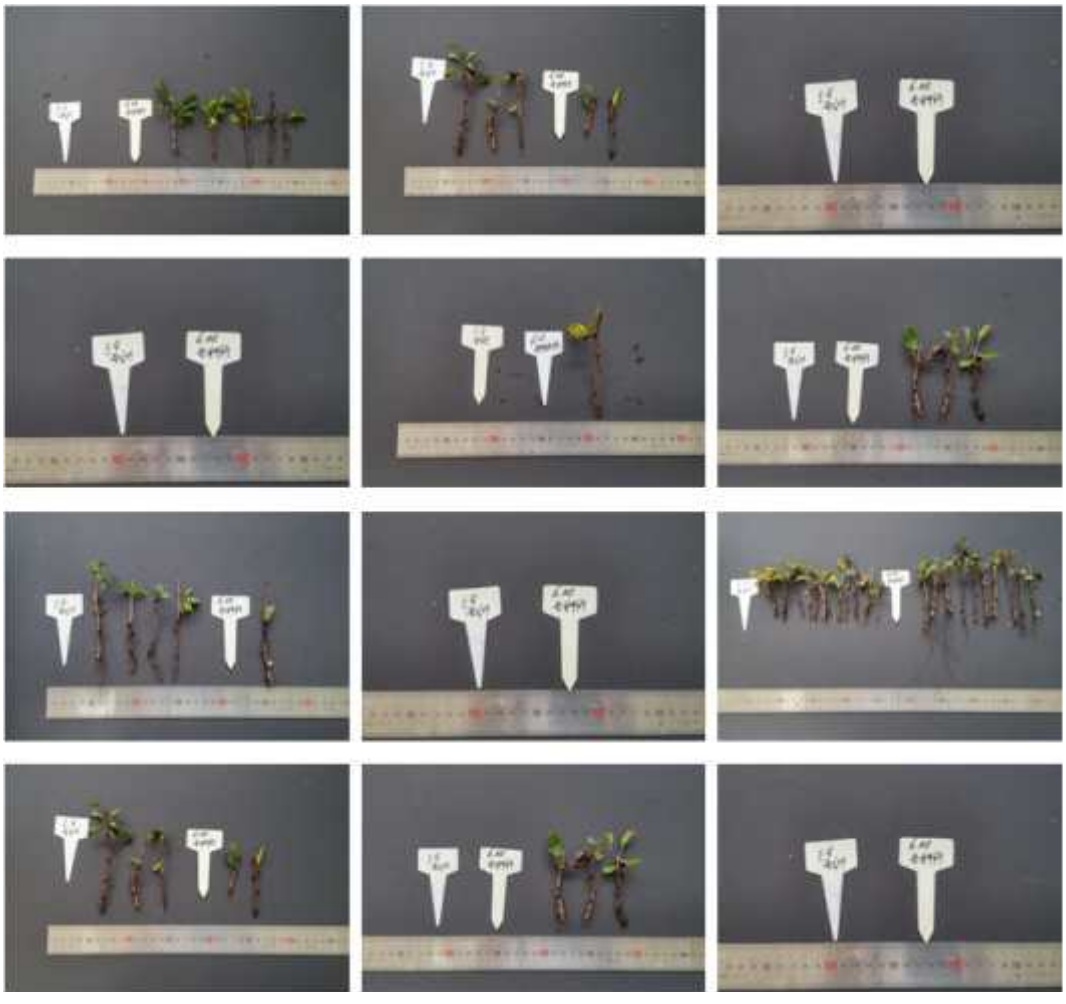


그림 3. 좀갈매나무 삽목시 지상·지하부의 변화 사진

인용문헌

Korner, C. and 1995. Alpine plant diversity: A global survey and functional interpretations. In: Arctic and alpine biodiversity: Patterns, causes and ecosystem consequences(Eds. Chapin, F. S. and C. Korner), Springer-Verlag Berlin Heiglberg New York. pp.45-62.

고정군. 2010. 제주지역의 특산식물. 제주특별자치도 환경자원연구원. pp.229.

고정군, 조병창, 김홍림. 2008. 한라산 특산식물 좀갈매나무의 자생지 색생 및 생육특성. 한라산연구소 조사연구보고서 제7호 19-29

김종갑, 김대신, 김현철, 고용현, 양승훈, 고정군. 2016. 구상나무의 숙지삽시 전처리제와 배지조정이 발근에 미치는 영향. 제주특별자치도 환경자원연구원. 조사연구보고서 제15호(인쇄중)

김찬수, 양정배, 강영식, 강영제, 김진, 김지은, 이은주, 문명옥, 송관필, 송국만, 양동곤, 김영호, 양은숙. 2003. 남제주군의 희귀식물. 남제주군·최남단청정환경21실천협의회. pp342

김창호, 남정철. 몇 발근환경인자가 주목삽수 발근에 미치는 효과. 한국임학회지. 70(1): 1-6

김홍림, 고정군. 2007. 들쭉나무의 숙지삽시 식물생장조절물질 및 삽목시기가 발근에 미치는 영향. 한라산연구소 조사연구보고서 제6호 73-83

서영교, 이동우, 박인환. 1984. 몇가지 관상식물의 하계녹지삽수의 발근에 미치는 밀폐상의 효과. 농업과학기술연구소보

이창복, 2003. 원색대한식물도감. 향문사. pp719.

한라산
Mt. Hallasan

보 고 서



- 한라산 북서 · 남사면 오름의 경관특징 및 인문자원 고찰
  고윤정, 김대신, 전용문, 고수미, 고정군
- 희귀 · 특산식물에 관한 생태 · 생리 특성조사
  (수종의 희귀 · 특산식물 분포 및 동태)
  김현철, 김대신, 김종갑, 고석형, 정세호
- 산림병해충 발생 예찰조사 연구
  한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 양윤희, 박정훈, 신창훈, 이순배
- 소나무 재선충병 피해지 산림생태계 조사연구
  식물분야 **소나무 재선충병 피해지 산림생태계 조사연구**
  김대신, 김종갑, 김권수, 김현철
  동물분야 **소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구**
  (야생동물 서식특성 조사(1차년도)
  오장근, 이영돈
  병해충분야 **소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 병해충 발생 조사연구(Ⅰ)**
  한태완, 고석형, 박정훈, 신창훈
  토양분야 **소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 토양 및 광물학적 특성(Ⅰ)**
  고석형, 안웅산, 한태완, 박정훈
- 한라수목원 주차장 차량증가로 인한 대기오염이 수목원 식물에 미치는 영향 분석
  김종갑, 이창호

한라산 북서·남사면 오름의 경관특징 및 인문자원 고찰

고윤정*, 김대신, 전용문, 고수미[1)], 고정군
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원, [1)]제주대학교 사학과

서 론

제주도의 중앙부에 위치한 한라산은 제주도의 상징일 뿐 아니라 화산폭발로 형성되어 육지부의 여느 산과는 다른 독특한 모양을 이루고 있다. 지금까지 한라산은 현무암과 조면암이 대칭적으로 겹겹이 쌓여 만들어진 순상화산체로 인식되어 왔다. 이러한 인식의 근거는 한라산의 해발고도 600~1,000m 이상인 산악지대의 대부분이 15° 미만의 완만한 경사면을 이루고 있기 때문으로 판단하였다. 그러나 최근 제주도 지하의 시추자료에 대한 연구결과 동쪽과 서쪽의 지하에 분포하는 용암의 연령분포와 암석구성이 비대칭적이며, 용암의 하부에 위치한 서귀포층의 분포심도 또한 비대칭적으로 분포되어 있어 대칭적인 순상화산으로 형성되었다는 이론에 대한 반론이 제기되고 있는 실정이다.

한라산 세계자연유산 핵심지역 내에는 정상부의 백록담 분화구를 중심으로 장구목과 방애오름, 영실기암의 가파른 암벽 등 약 50개의 오름을 비롯한 여러 화산지형들이 분포한다. 한라산에는 주로 조면현무암과 조면암이 분포하고 있는데, 제주도(2000)에 의하면 한라산천연보호구역 내에는 대략 11개의 암층이 나타나는 것으로 알려져 있다.

본고에서는 한라산 세계자연유산지구 핵심지역내 오름 중에서도 주로 법정동조면현무암과 조면현무암으로 이루어진 한라산 북서사면 및 남사면의 오름 14개를 대상으로 경관특징을 조사하고 인문자원 등을 고찰하였다.

* 교신저자 ; 전화: 064-710-6987, e-mail: kyj5526@korea.kr

조사지역 및 방법

1. 조사지 개황

본 조사는 백록담을 중심으로 세계자연유산 핵심지역인 한라산 북서사면 및 남사면의 오름 14개를 대상으로 2015년 2월부터 10월까지 조사하였다(그림 1). 북서사면 오름은 걸시오름과 골머리오름, 냇새오름과 붉은오름을 시작으로 족은드레와 큰드레, 쳇망오름, 사제비동산과 민대가리동산, 장구목까지 이어지며, 남사면 오름은 웃방애와 방애오름, 알방애오름을 대상으로 하였다.

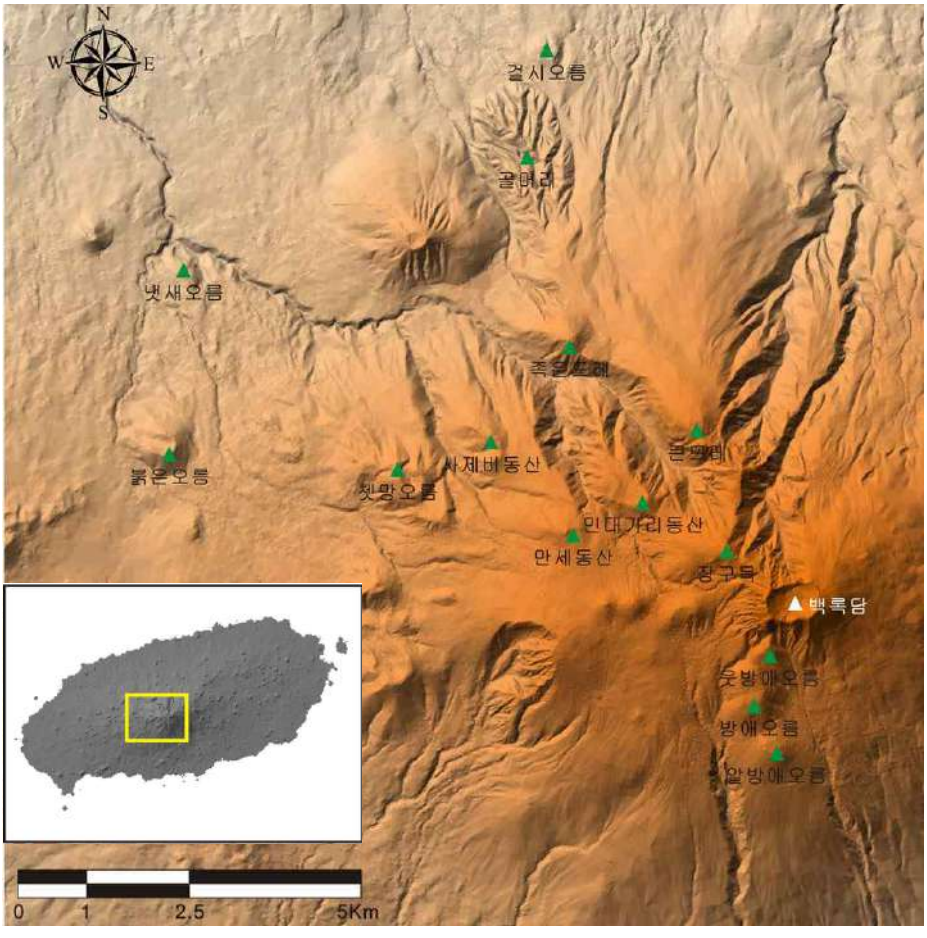


그림 1. 조사지 개황

2. 조사방법

오름의 현장조사를 통하여 경관 및 지질특성을 조사하고 사진촬영을 실시하였으며, 오름에 대한 문헌적 고찰로 기존 문헌자료 및 관련서적과 고지도 등을 분석하여 각 오름에 대한 지명유래 및 역사와 민속에 대한 자료를 정리하였다. 또한 오름에 대한 용천수 및 현재 이용되고 있는 상황도 함께 제시하였다. 각 오름의 나열순서는 한라산 백록담을 중심으로 해발고도가 높은 순으로 정리하여 이해를 돕고자 하였으며, 오름의 명칭은 2009년 제주특별자치도 환경자원연구원 발행 『한라산의 자연자원』을 기준으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 장구목

1) 경관특징

장구목은 일명 장구목오름으로 불기기도 하며 제주시 오라동 산 107 일대에 위치한 해발 1,813m의 오름이다(그림 2).

장구목 최고점을 기준으로 동쪽으로는 삼각봉 정상으로 이어지는 능선을 포함하고 있다. 지형 분석결과 장구목은 완만한 언덕모양으로 솟아있는 형태이며 분화구 지형은 관찰되지 않는다.



그림 2. 장구목

지질학적으로 장구목은 윗세오름조면현무암 분포지역에 위치하고 있는데, 약 10m 두께의 용암류가 누적된 형태를 보이고 있다. 용암류의 단면에서는 불규

칙한 유동구조가 관찰되며 다공질의 용암들이 두껍게 엉겨붙은 외형을 보이고 있으며 곳곳에 스코리아의 파편들도 관찰된다. 이와 같이 스코리아와 다공질의 용암들이 엉겨 붙어 있는 특징은 주로 분화구 내부 또는 외부 사면에서 나타나는 특징이다. 따라서 장구목은 지형적으로 분화구의 형태를 보이고 있지는 않지만 분석구 내부에서 나타나는 암석적인 특징을 보이고 있음에 따라 오래전에 분화구가 형성되고 풍화침식을 거치면서 일부 분화구 사면만 언덕형태로 남아있는 것으로 추정된다.

2) 지명유래

'장고목' 이라고도 불리는데 우리나라 타악기인 장구의 목과 같이 잘록한 부분이라는 데서 붙였다 한다. 옛 지도에 보이는 長鼓項(장고항)의 長鼓(장고)는 '장고'의 음독자 표기로 오늘날의 '장구'를 말한다. 項(항)은 '목(項 목 항)'의 훈독자 표기로, '다른 곳으로는 빠져나갈 수 없는 중요한 통로의 좁은 곳'이란 뜻으로 볼 수도 있고, '어떤 물건의 목에 해당하는 부분'이란 뜻으로 볼 수도 있다.

18세기『탐라지도』(1709)와『제주삼읍도총지도』를 보면 두리여(斗里礇)남서쪽 또는 소두리(小斗里)남서쪽, 大斗里(대두리) 북서쪽 골짜기에 '長鼓項(장고항)'이라고 표기하였다. 19세기 후반「제주삼읍전도」(1872)와「제주지도」(1872)에도 斗里礇(두리여)와 小斗里(소두리) 남서쪽에 '長鼓頂(장고정)'으로 표기하였다. 옛 지도의 내용으로 보아 지금 한라산 북쪽에서 발원하여 '큰두레왓오름'·'족은두레왓오름'과 '촛대봉(민대가리동산)' 사이 골짜기 일대를 '장고목>장구목'이라 했던 것으로 보인다(오, 2007).

3) 역사와 민속

장구목 오름 정상에서 삼각봉 정상으로 이어지는 능선 선상에 넓은 초원이 형성되어 있고 예전에 우마 방목을 했을 때 남북으로 갈라놓은 돌담이 현재 남아 있다. 그리고 남서사면에는 구상나무가 숲을 이룬 가운데 '웃상궤'라는 바위굴이 있는데 '위쪽 구상나무 숲에 있는 바위굴'이란 뜻으로 예전에 마소를 치는 사람들이 이용하였다.

장구목 능선에는 1977년 9월 한국에베레스트 원정대의 일원으로 참가하여 한국인으로는 처음으로 에베레스트 정상에 오른 제주출신 산악인 故 고상돈의 케른이 세워져 있다. 그리고 장구목 정상의 바위에는 1983년 제주대 산악부 적설기 훈련 중 사망한 대원의 추모판이 새겨져 있는데, 제주대 산악부에서 추모제를 지내기도 한다.

겨울철에는 강한 북서풍이 눈과 함께 동반되어 용진각 계곡쪽으로 눈처마가 형성되어 산악 훈련하는 산악인들에게 눈사태 위협을 주는 장소이다.

4) 용천수

장구목물은 동어리목골(Y계곡 우측)이 발원되는 끝부분에 위치한다. 고상돈 케른에서 서쪽으로 작은 골짜기를 따라 계곡을 향해 가다보면 샘이 있는데 하루 용출량은 10톤 정도가 된다. 한라산이 국립공원으로 지정되기 전에는 대학산악부가 개설한 Y코스 계곡으로 산악훈련과 더불어 Y코스로 등산을 하며 야영을 할 때 식수로 사용했던 용천수이다.

5) 현재 이용 현황

현재는 동어리목골과 서어리목골이 합류되는 지점에 도민의 식수원인 수원지가 생겨 출입을 제한하고 있다.

2. 웃방애오름

1) 경관특징

웃방애오름은 일명 웃방애, 웃방에, 윗방아오름이라고도 하며, 백록담 남벽 밑에 바로 붙어 있는 오름으로써 서귀포시 동홍동 산 1번지 일대에 위치하며 해발 1,747.9m, 비고 73m의 나지막하고 완만한 경사의 오름이다(그림 3).

백록담 남벽이 장대하게 우뚝 솟아 뒤를 받쳐주고 있어 언뜻보면 오름처럼 보이지 않고 작은 둔덕처럼 보이나 막상 오름 정상에 올라가면 남벽과는 완전히 분리되어 있으며, 발아래로 방애오름과 왼쪽으로 알방애오름이 한눈에 관망할 수 있는 장관이 펼쳐지는 곳이다.



그림 3. 웃방애오름

아래로 방애오름과 왼쪽으로 알방애오름이 연결되어 있는데, 방애오름의 위쪽에 있다 하여 웃방애오름이라고 하고 있다.

지형도 상에서 뚜렷하지는 않지만 화산체의 형태가 남아 있으며, 분화구가 없어 평탄한 지형을 보이고 있다. 지질조사 결과 이 세 오름은 모두 윗세오름조면현무암 분포지역에 위치해 있으며, 분화구의 사면은 대부분 적갈색의 스코리아(scoria)로 구성되어 있다. 스코리아는 대부분 서로 눌러 붙어 있는 형태의 용결구조가 잘 나타난다. 따라서 이 세 오름은 전형적인 분석구로 추정되며, 인접한 위치에 분포하고 있으며 용암류의 특징이 유사하여 비슷한 시기에 만들어진 분석구로 추정된다.

2) 지명유래

세 오름 중 가운데 있는 방애오름의 정상부 모양이 야트막하게 패인 원형으로, 제주어로 '방애[방에]'와 유사하다하여 붙여진 방애오름의 위쪽에 있다하여 웃방애오름으로 불린다. 제주어 '웃'은 '위[上]'를 뜻하는 말로 방애오름을 중심으로 위쪽에 위치하여 '웃방애오름'이라 한다. 한라산국립공원 지도에는 '웃방애오름(上碾岳)'으로 표기되어있다.

3) 용천수

웃방애오름 아래쪽 기슭 등산로 주변에 방아오름샘이 있는데 웃방애오름에서 흘러 내려오는 용천수이다. 과거 등반객들이 자주 이용하는 곳이기도 하다.

한라산 백록담 남벽 해발 1,700m 일대에 위치한 방아오름샘[방아샘, 방애샘, 방아오름물]은 하루 10톤 정도의 물이 용출되는 것으로 알려져 있다. 이

물은 웃방애오름에서 흘러내려오는 용천수인데, 그전에는 사람들에게 알려지지 않았었는데 1986년 서북벽등산로가 훼손이 되어 남벽등산로를 개방하게 되면서 등산객에게 알려진 용천수이다.

영실과 어리목등산로, 돈내코등산로를 이용하여 남벽분기점까지 가는 많은 등산객의 식수원 역할을 톡톡히 하는 곳이지만 가뭄때와 겨울철에는 말라버릴 때가 있다.

3. 방애오름

1) 경관특징

방애오름은 일명 방아오름이라고도 하며 위로는 웃방애오름과 아래로는 알방애오름을 중심으로 백록담 남벽 밑에 연이어 붙어 있는 세 개의 오름 중 가장 가운데에 있는 널따랗게 펼쳐진 오름으로써 서귀포시 동홍동 산 1번지 일대에 위치하며 해발 1,699.3m, 비고 129m의 오름이다(그림 4).

오름의 모양이 연자방아를 이르는 제주어인 '방애[방에]'와 닮았다고 하여 붙여진 이름으로써, 백록담에서 방애오름을 바라봤을 때 정상부가 원형 경기장을 연상케 만드는 모습이 영락없이 나무를 다듬어 만든 디딜방아 모양의 제주어로 '남방애'를 연상하게 한다.



그림 4. 방애오름

방애오름을 좌우 경계로 하여 한라산 남쪽의 가장 큰 하천인 효돈천의 상류로부터 '산벌른내'가 형성되어 있다. 오름의 동쪽 하천은 백록담 남벽에서 발원하여 서귀포 미악산[솔오름]으로 향하고, 서쪽 하천은 백록담 서북벽에서부터 흘러 방애오름 주변에서 합쳐진 후 산벌른내로 흐르며, 돈내코 상류와 영천악 부근에서 하나로 합쳐진다.

2) 지명유래

제주어로 '방애'는 절구와 연자방아를 통틀어 일컫는 도정기구인 '방아'를 뜻한다. 한자로 침악(砧岳)으로 표기하였다. '砧岳(침악)'의 砧(침)은 '방하(砧 방하돌 침, 방핫돌 침)'의 제주어 '방애(방에)'의 훈독자 표기이고, 岳(악)은 '오롬'의 훈독자 표기이다. 곧 砧岳(침악)은 '방애오롬'의 차자표기이다.

「탐라지도」(1709),「제주삼읍전도」(1872),「대정군지도」등에 '砧岳(침악)', 우낙기 『제주도』에는 '방애오름, 石釜岳(석부악)'으로 표기되어 있다(오, 2007). '砧岳(침악)'의 砧(침)은 '방하(砧, 방하돌)'의 제주어 '방애(방에)'의 훈독자 표기이고, 岳(악)은 '오롬'의 훈독자 표기이다. 곧 砧岳(침악)은 '방애오롬'의 차자표기이다. 우낙기『제주도』에 보이는 石釜岳(석부악)은 '돌방아'의 제주어 '돌방에'를 한자로 표기한 것으로 보여 진다.

3) 현재 이용 현황

윗세오름 대피소에서 돈내코등산로로 연결되는 남벽분기점까지는 방애오름과 웃방애오름 사이에 가로질러 있어 영실등산로와 돈내코등산로를 이용하는 등산객이면 누구나 방애오름 옆을 거치게 된다. 방애오름 정상에는 기상관측장비가 설치되어 있다.

4. 알방애오름

1) 경관특징

알방애오름은 일명 알방아, 알방에오름 등으로 불리는데, 위로부터 웃방애오름과 방애오름의 가장 아래쪽에 위치하는 오름으로써 서귀포시 동홍동 산 1번지 일대에 위치하며 해발 1,584.8m, 비고 85m의 오름이다(그림 5).

웃방애오름과 방애오름, 알방애오름은 모두 북쪽에서 남쪽으로 향해 분포하고 있는 오름들이다. 알방애오름은 방애오름 남사면에 가파르게 비탈져서 뻗어 있으며, 둥그스름하며 비교적 완만한 사면을 가졌으며 위가 평퍼짐한 모양을 하고 있다.

방애오름과 알방애오름 옆으로는 남벽을 발원으로 하는 하천을 끼고 돈내

코등산로가 지나가게 되며, 돈내코등산로의 최고점인 남벽분기점에서 알방애오름 쪽으로 내려오게 되면 천연의 자연동굴(궤)를 이용하여 대피소로 만든 평궤대피소가 있다.



그림 5. 알방애오름

2) 지명유래

제주어 '알'은 '아래[下)]'를 뜻하는 말로 방애오름을 중심으로 아래쪽에 위치하여 '알방애오름'이라 한다. 한라산국립공원 지도에는 '알방애오름[下碾岳]'으로 표기되어 있다.

5. 큰드레

1) 경관특징

큰드레는 일명 큰두레왓, 큰드레왓이라고도 하며 제주시 오라동 산 107번지 일대에 위치한 오름으로써 해발 1,628.4m의 화구 없는 원추형 오름이다(그림 6).

항공사진과 지형도 상에서는 화산체의 지형이 나타나지 않으며 완만한 언덕위에 넓은 평지가 드러난 지형을 보이고 있다. 그러나 정상부 평지에는 커다란 암괴들이 흩어져 분포하고 있다.

큰드레의 암석은 기존 지질조사 결과를 살펴보면 한라산 최정상부를 구성하고 있는 한라산조면암 분포지역에 해당된다. 이 암석은 한라산 정상에서 북서쪽으로는 큰드레를 거쳐 족은드레 하부에 이르며 두께는 50여m로 북서쪽으로 가면서 두께는 얇아지는 것으로 알려져 있다. 큰 드레 지역은 스코리아가 나타나지 않고 전형적인 한라산조면암이 분포하고 있는 것으로 미루어 백록담 남벽과 동일하게 돔 형태를 이루던 한라산조면암의 일부분이 남아있는 것으로 추정된다.



그림 6. 큰드레

장구목과 삼각봉 중간지점에서 어승생악 방향으로 내려오는 능선에 위치하며, 큰드레 정상은 평지로 이루어져 있고 평지가운데에 위치한 암괴가 정상임을 알려준다. 동쪽으로는 탐라계곡[서탐라골], 서쪽으로는 어리목광장, 남쪽으로는 어리목계곡에 걸쳐져 있다. 동어리목계곡 급사면에는 '병풍바위' 또는 '선녀바위(또는 선의바위)'라는 암벽이 깎아지르며 펼쳐져 있어 장관을 이룬다.

2) 지명유래

'큰드레왓', '큰두레밭', '두리오름', '두리봉', '큰두리오롬', '큰두레왓오롬' 이라고도 불린다. 이형상의『탐라순력도』「한라장촉」(1702),「탐라지도」(1709), 18세기『해동지도』「제주삼현도」등에서 '斗里�globe(두리여)', 18세기 중반「제주삼읍도총지도」에 '大斗里(대두리)', 19세기「제주삼읍전도」,「제주군지도」에는 '斗里嶼(두리서)',『제주군읍지』「제주지도」에는 '斗里峯(두리봉)' 으로 표기되어 있다. 1:5,000 지형도에는 '큰두레왓'으로 표기하였다.

이 오름을 '두리여' 또는 '두리오름'으로 부르고 한자로 斗里�globe(두리여) 또는 斗里嶼(두리서), 斗里峯(두리봉) 등으로 표기한 것을 알 수 있다. 두 개의 오름이 있는데, 이들을 구분해서 부를 때는 '큰두리여'와 '족은두리여'로 부르고, 한자로 大斗里(대두리)와 小斗里(소두리)로 표기하였다.

斗里�globe(두리여)와 斗里嶼(두리서)는 '두리여' 또는 '두리오롬'의 한자차용표기이고, 斗里峯(두리봉)은 '두리오롬'의 한자차용표기이다. 大斗里(대두리)는 '큰두리'의 한자차용표기이다. 斗里(두리)는 '두리'의 음가자 결합 표기로 '둥글다'의 뜻인 '두리'(圓 두리 원)의 표기로 보인다. 大(대)는 '큰'의 훈독자 표기,

礇(여)와 嶼(서)는 '바위' 또는 평지에 있는 산을 뜻하는 것으로 '오롬'의 훈독자 표기이고, 峯(봉)도 '오롬'의 훈독자 표기이다.

이 오름의 형태가 둥그스름한 오름이라는 뜻에서 '두리여', '두리오름'이라 한 것으로 보이고, 다시 '큰' 것과 '작은' 것으로 나누어 부른 것으로 보인다. '큰드레왓' 또는 '큰두레왓'의 '드레' 또는 '두레'는 '두리'의 변음으로 보이며 '왓'은 '밭(田)'의 제주어로, 넓은 밭과 같다는 데서 붙여진 이름으로 보인다.

또한 드레[왓]는 '들판'과 '에'(처소격 조사)와 '왓[밭]'이 합쳐진 것으로 편평한 방목지였을 것으로 추정하고 있다. 『탐라순력도』(1702)에는 큰드레가 빨간색으로 방목장으로 표시되어 있어 목장지대였음 알 수 있다(오, 2007).

3) 역사와 민속

『탐라순력도』(1702)에 큰드레와 족은드레가 빨간색으로 방목장으로 표시되어 있는데, 큰드레 동쪽에는 탐라계곡 상류, 서쪽에는 Y계곡, 북쪽에는 아흔아홉골이 걸쳐 있는 고원지대로 들판처럼 평평하여 방목에 적합한 곳이었다. 실제 큰드레에는 예전에 제주사람들이 방목을 했던 돌담표시가 남아 있으며, 목자(牧者)들의 길표시용으로 추정되는 돌무더기가 군데군데 남아있다.

또한 지금은 이용되고 있지 않지만 옛날에는 제주시에서 큰두레왓 동쪽 서탐라골 능선을 따라 올라서 장구목을 거쳐 서귀포로 넘어가는 한라산 횡단도로가 통해 있었다고 한다.

6. 만세동산

1) 경관특징

만세동산은 일명 만수동산이라고도 하며 제주시 광령리 산 138-1에 위치해 있으며 해발 1,606.2m의 원추형 오름이다(그림 7).

만세동산은 완만한 언덕형태의 지형이 발달하는 곳으로 한라산조면암의 파편들이 넓게 분포하는 곳으로 알려져 있는데 만세동산역암이라고도 부른다. 만세동산역암은 장구목 능선을 따라 분포하고 있고, 남측으로는 웃방애오름과 윗세오름대피소의 북측 능선과 하천에 따라 1km의 연장을 갖고 분포하고 있



그림 7. 만세동산

고, 북쪽으로는 한라산 정상부와 삼각봉 사이에 형성되어 있는 협곡에 두껍게 형성되어 있다. 역암의 대부분은 한라산조면암으로 구성되며, 일부 조면현무암 및 분석(噴石)을 포함하고 있다. 한라산조면암체에 가까운 곳(예를 들면 백록담 서측 절벽아래, 장구목 능선, 웃방애오름 능선 일대 등)에는 백록담 정상부에서 떨어져 나온 애추성 역암으로 나타난다. 이 역암은 최후기의 암석으로 한라산 주변에 광활하게 분포되어 있으며 이전에 분출한 모든 암석을 피복한다.

2) 지명유래

일찍이 이 오름은 '만수동산'이라 부르고 '晩水同山(만수동산)', '萬水同山(만수동산)' 등으로 표기하였다.「탐라지도」(1709)와「제주삼읍전도」(1872),『제주군읍지』「제주지도」(1899)등에 '晩水同山(만수동산)'으로, 18세기 중반「제주삼읍도총지도」에는 '萬水同山(만수동산)'으로 표기되어 있다.

'만세동산'이라고 하는 '만세'는 '만수'의 잘못으로 보인다. 晩水(만수)와 萬水(만수)는 '만수'의 음가자 결합 표기로, 그 뜻은 확실하지 않다. 同山(동산)은 '동산'의 음가자 결합 표기로, 나지막한 언덕을 뜻하는 말이다.

한편 '망동산'이라고도 부르는데, 말과 소를 모는 목동들이 이 오름에 올라 망을 보았다는 데서 유래하였다(오, 2007).

3) 용천수

만세동산의 서쪽방면으로 다소 급경사를 이뤄 경사진 부분에 빗물이 모여 사제비동산과 쳇망오름의 물을 끌어 모은 후 한라계곡으로 흘러드는데, 어리

목의 한밝교 건너편 다리인 한라교로 이어지며 하류로 50m 가량 내려가면 어리목골의 물과 합쳐진다. 무수천을 걸쳐 월대로 이어지는 이 외도천 골짜기의 물들이 제주도민의 식수원으로도 이용되고 있다.

만세동산 앞에는 오름약수라는 용천수가 샘솟고 있으며, 어리목 등산로를 이용하는 많은 등산객들의 중요한 음용수로 활용되고 있다.

4) 역사와 민속

한라산 어리목 등산로를 따라 오르다 사제비동산을 지나면 오른편에 만세동산이 위치하는데, '만수(萬水)' 또는 '만수(万水)'라 하여 '물 수(水)'를 사용하는 것으로 보아 만세동산 동쪽에 있는 넓은 산지형 습지 때문에 불리던 이름으로 여겨진다. 또한 '망동산'은 주위 경관이 한 눈에 들어와 '말과 소를 치는 테우리들이 망을 보던 곳'이라는 데서 유래한 것으로 방목지로 활용되었음을 알 수 있다.

실제 만세동산 남측과 윗세오름 중봉 사이에는 방목지의 경계표시인 돌담의 흔적으로 추정되는 돌무더기들이 흩어져 나뒹굴고 있다.

7. 민대가리동산

1) 경관특징

민대가리동산은 일명 민오름이나 촛대봉으로 불리는 오름으로써, 제주시 애월읍 광령리 산 138-1에 위치한 원추형 오름으로 해발 1,600.5m의 오름이다(그림 8).

민대가리동산은 완만하게 솟아있는 형태의 화산체이며, 정상부가 편평한 언덕형태의 지형을 보이고 있다. 지형적으로 분화구는 서쪽으로 경사진 지형을 보이는 것으로 미루어 초기 분화구가 서쪽으로 열려져 있을 가능성이 있다. 민대가리동산을 구성하는 용암류는 법정동조면현무암 분포지역에 해당되며, 주변에 스코리아와 화산탄들이 분포하고 있어 분석구(噴石口)의 일부였던 것으로 추정된다.

민대가리동산은 한라산에서 높은 부분에 위치한 오름 중 하나로 한라산의 숨어있는 다양한 비경을 감상할 수 있는 곳이기도 하다. 남서쪽으로는 만세동


그림 8. 민대가리동산

산이, 서북쪽으로는 사제비동산이 펼쳐져 있다. 어리목 계곡방향으로 솟아있는 정상부에 올라가면 오른쪽으로는 장구목과 삼각봉, 큰드레, 족은드레가 발아래 놓여 있으며 이들 오름은 하나의 산맥처럼 보인다. 특히 선녀바위의 숨은 비경도 볼 수 있어 한라산의 아름다운 절경을 감상할 수 있는 또 하나의 오름 전망대라고 할 수 있다. 오름의 정상부는 초원으로 나무나 바위가 없고 경사도 평탄하여 '민오름'이라 불렀던 것으로 추측된다.

2) 지명유래

민대가리동산의 '민'은 나무가 없이 풀밭으로 덮인 민둥산이라는 데서 붙여졌고, '대가리'는 '머리'의 속어이다. '촛대봉' 또는 '민오름'으로도 불린다.

3) 현재 이용 현황

2003년 민대가리 동산의 일부 사면 붕괴를 방지하기 위해 훼손지역에 녹화마대를 이용하여 복구하였다. 이 지역은 등산로와 널리 떨어진 지역에 위치하고 있어 훼손원인에 대한 논의와 함께 복구공사에 대한 타당성 여부에 대해 많은 논쟁이 이뤄졌던 곳이다. 지금은 대규모 복구공사로 인해 붉은색을 띠는 스코리아(scoria)가 노출되었던 지역에 부분적으로 식물들이 자라고 있다.

8. 사제비동산

1) 경관특징

사제비동산은 일명 사제비오름, 사재비오름 등으로 불리는 오름으로써 제

주시 애월읍 광령리 산 138-1에 위치하며 해발 1,423.8m의 오름이다(그림 9).


그림 9. 사제비동산

사제비동산은 서쪽으로 오목하게 경사진 지형을 보이는데, 이 지형은 화산체가 형성되는 과정에서 서쪽으로 분화구가 터져나가면서 만들어진 것으로 추정된다. 사제비 동산은 외형상 전형적인 화산체와는 달리 지형 기복이 낮아 분화구처럼 보이지 않기도 한다. 그러나 정상부를 구성하는 암석이 대부분 적갈색의 스코리아로 구성되어 있어 분석구로 형성되었던 것으로 추정된다.

제주시와 애월읍의 경계인 어리목 계곡을 사이에 두고 어승생악과 남북으로 마주보고 서 있는 오름이다. 어리목으로 한라산을 오르다 보면 오른쪽으로 처음 거쳐 가는 오름으로 사방이 넓게 트인 편평한 초원지대이다. 그리고 오름의 정상부에 다다를 쯤 동쪽 등산로변에 사제비약수가 있다.

2) 지명유래

사제비동산의 어원에 대해서는 확실하게 밝혀져 있지 않다. 흔히 제비가 죽어 있는 형국이라는 얘기가 전해지기는 하나 이와 달리 과거 테우리들은 '사제비'가 아니라 '새재비오름'이라고 불렀다고 한다. 이는 오름 주변의 비문에 표기된 '鳥接'(조접)이라는 용어에서 연유를 찾는 데 '조접'은 '새접' 또는 '새접이'의 표기로 볼 수 있으며, '새접이'에서 '새저비, 새재비, 세재비'의 음성형으로 불리게 된 것으로 추측하고 있다. 또한 제주어 '새잽이'는 새매를 일컫는데, 새매를 닮은 형상인데서 혹은 숲에 새잽이가 서식한 데서 유래한 것이라는 주장도 있으나 확실하지 않다.

3) 용천수

사제비오름은 양쪽에 계곡을 끼고 있는데, 동쪽은 약수터 계곡에서 발원하여 어리목계곡으로 흘러가고 서쪽은 남쪽에서 발원하여 쳇망오름 사이를 흘러 어리목계곡과 합류하여 외도천으로 흘러간다.

오름 정상부에 다다를 쯤 동쪽 등산로 변에 사제비약수가 있다. '사제비물(사제비약수)'은 어리목등산로를 따라 사제비동산 정상 부근인 해발 1,400m 부근에서 하루 500톤 정도 용출되고 있어 등산객들이 편하게 식수로 이용하고 있으나 가뭄 때와 겨울철에는 물이 마르기도 한다.

4) 현재 이용 현황

만세동산과 함께 어리목등산로 이용되고 있으며, 윗세오름 대피소까지 가는 동안 한라산 서쪽의 오름군락을 시원스레 관망할 수 있는 곳이다. 실제로 사제비동산을 지나 만세동산 가까이에 한라산 오름 관망대가 설치되어 있어 많은 등산객들의 호응을 받고 있다.

9. 쳇망오름

1) 경관특징

쳇망오름은 일명 망체악이라고도 불리며 제주시 애월읍 광령리 산 138-1에 위치한 해발 1,354.9m의 오름으로 북서쪽으로 입구가 벌어진 말굽형 오름이다(그림 10).

쳇망오름은 법정동조면현무암 분포지역에 위치한 분석구로 알려져 있는데, 북쪽으로 터진 외형을 보인다. 분석구의 외형이 잘 남아있을 뿐만 아니라 대부분이 스코리아로 구성되어 있어 말굽형 분석구의 전형적인 모습을 보이고 있다.

1100도로 탐라각휴게소에서 한라산 쪽을 바라볼 때 보이는 3개의 오름 중 가장 왼쪽에 있으며, 사제비동산 옆에 둥그스름하게 누워 있는 오름으로 어리목계곡을 사이에 두고 어승생악과 마주보고 있다. 어리목 등산로를 따라 사제비 동산에 오르면 쳇망오름의 분화구가 원형 경기장처럼 보이기도 한다.

2) 지명유래


그림 10. 쳇망오름

'망체오름', '망체악', '천망악(川望岳)' 등으로 불린다. 쳇망[쳇바퀴]과 생김새가 비슷하다하여 '쳇망오름'이라고 부르고 있지만 정확하게는 북서쪽으로 터진 말굽형 화구이다.

민간에서는 '쳇망오름' 또는 '망체오름'이라고도 한다. '쳇망'과 '망체'는 소리를 앞뒤로 바꾼 것으로, 가루를 곱게 치거나 액체를 거를 때 사용하는 도구인 '체의 테두리'라는 뜻이다. 오름의 모양이 '체'와 비슷한 모양을 하고 있다는 데서 '망체오름' 또는 '쳇망오름'이라 하였다고 한다.

「탐라지도」(1709)에 盖山岳(개산악), 18세기 중반의「제주삼읍도총지도」에는 乾松岳(건송악)으로 표기되어있다. 현재 1:5,000 지형도에는 '망체오름'으로 표기하고,「한라산국립공원」지도에는 '망체오름, 쳇망오름, 川望岳(천망악)' 등으로 표기하였다(오, 2007).

3) 역사와 민속

오름 서쪽 기슭 해발 1,000m 표지석이 있는 도로변에는 수령 100년이 넘은 '영송(靈松)'이라는 소나무가 있는데, 키가 1m, 둘레가 20m로 7개의 굵은 가지가 제주섬 모양을 하고 받치고 있었다. 옛날 한라산신이 타고 다니던 사슴이 이 자리에서 죽은 뒤 이 소나무가 자랐다는 전설이 있으며, 죽은 사슴을 쓰다듬듯 산신령의 손길 때문에 키가 크지 않는다고 전해지고 있다. 하지만 십 여 년 전부터 많은 관광객의 발길에 가지가 하나씩 말라죽기 시작하고 주변에 심어놓은 소나무의 치수가 자라나 무성하게 덮어버려서, 지금은 가지 하나만 겨우 붙어서 목숨을 유지하고 있다.

4) 용천수

쳇망오름 남동쪽과 동쪽에서 각각 작은 골짜기로 발원하는 계곡은 사제비오름 사이에서 합류, 1100도로의 한라교를 지나 외도천 주류인 어리목계곡으로 들어간다. 남서쪽에도 어슬렁오름과의 사이에 외도천 상류 지부의 계곡을 끼고 있다.

10. 족은드레

1) 경관특징

족은드레는 일명 족은두레왓, 작은두레왓이라고도 불리며, 제주시 해안동 산 220-1일대에 있는 해발 1,339.2m의 원추형 오름이다(그림 11).



그림 11. 족은드레

족은드레는 지형도상에 화산체의 형태가 일부 남아 있고 다량의 스코리아가 분포하며 암석의 종류도 큰드레와 달리 윗세오름조면현무암으로 구성되어 있다. 따라서 족은드레는 한라산조면암이 용암돔 형태로 지형을 이루고 난 이후 소규모로 스코리아들이 분출하며 만든 분석구로 추정된다. 이와같은 암석의 물리적 특성차이로 인해 큰드레와 족은드레의 식생분포도 차이를 보이는 것으로 추정된다.

족은드레(왓)는 한라산 어리목 광장을 사이에 두고 어승생악과 마주 보고 있으며 화구가 없는 원정구(圓頂丘)로 오름의 서쪽 사면은 어리목 광장에 면해 있고, 남사면은 급경사를 이루며 동어리목계곡으로 내지른다. 북쪽으로 뻗친 등성이는 아흔아홉골을 형성한다.

큰드레보다는 오름이 작아 족은드레라고 불리지만 어리목광장에서 백록담

방향으로 보면 높은 비고와 경사로 이루어져있고 분화구 능선이 동북쪽으로 길게 뻗어있어 비교적 큰 오름임을 확인할 수 있다. 풍수적으로는 금(金)형의 형상을 하고 있다고 해서 금봉(金峰)이라고도 한다.

2) 지명유래

'작은두레왓', '족은두레왓', '족은두리오름'이라고도 불린다. 이형상 목사의 『탐라순력도(耽羅巡歷圖)』(1702)와「제주지도」(1709)등에 '斗里�globe(두리여), 18세기 중반의「제주삼읍도총지도(濟州三邑都摠地圖)」와「제주삼읍전도」(1872)등에 '小斗里(소두리),「제주군지도」(1872)에 '斗里嶼(두리서), 小斗里(소두리)',『제주군읍지』「제주지도」(1899)에 '小斗里峯(소두리봉)'등으로 표기되어 있다.

한편 우낙기『제주도』(1965)에는 '대왕오름, 大王岳(대왕악)'으로 표기 되어 있으며, 1:5,000 지형도에는 '작은두레왓'으로 표기하였다.

이 오름은 일찍부터 '두리여' 또는 '두리오름'으로 부르고 한자로 斗里�globe(두리여) 또는 斗里嶼(두리서)로 표기하였다. 큰 오름과 작은 오름을 구분지어 '족은두리오름'이라 하여 한자로 小斗里(소두리) 또는 小斗里峯(소두리봉)으로 표기하였다. 斗里嶼(두리서)와 斗里�globe(두리여)는 '두리여' 또는 '두리오름'의 한자차용표기이고, 小斗里(소두리)는 '족은두리'의 한자차용표기이다. 小斗里峯(소두리봉)은 '족은두리오름'의 한자차용표기이다. 斗里(두리)는 '두리'의 음가자 결합 표기로 '둥글다'의 뜻인 '두리'(圓 두리 원)의 표기로 보인다. 小(소)는 '작은'의 제주어 '족은'의 훈독자 표기, 峯(봉)은 '오름'의 훈독자 표기이다. 오늘날의 '족은드레'의 '드레' 또는 '두레'는 '두리'의 변음으로 보인다(오, 2007).

한편『탐라순력도』(1702)에는 족은드레가 큰드레와 같이 빨간색으로 방목장으로 표시되어 있어 목장지대였음 알 수 있다.

3) 용천수

오름 정상에서 장구목과 민대가리 동산을 각각 사이에 두고 발원하는 어리목계곡의 흐름을 확인 할 수 있다.

11. 붉은오름

1) 경관특징

붉은오름은 제주시 애월읍 광령리 산 18-2 일대에 위치한 해발 1,050m, 표고는 약 150m의 비교적 높이가 낮은 오름이다(그림 12).



그림 12. 붉은오름(촬영 신용만)

오름의 형태는 지표에서 우뚝 솟은 삼각형을 띠고 있으며, 주변이 완만한 용암대지임을 볼 때 주변과 지형기복의 차가 뚜렷하게 구분된다. 분화구는 북서쪽으로 크게 터진 말발굽형의 외형을 보인다.

붉은오름은 사면에 화산탄을 비롯한 분석들이 관찰되며, 수직의 노출된 단면이 볼 수 없다. 일부 1m 크기의 화산탄도 나타나기도 한다. 정상부에는 분석들이 엉겨붙은 분석층이 수십 cm 두께로 나타난다. 이 분석층은 액체상태의 분석들이 뜨거운 상태로 달라붙어 굳어진 외형을 보여준다. 따라서 붉은오름의 분화구 형태와 구성물질로 미루어 전형적인 스트롬볼리안 분출에 의해 형성된 화산체로 추정된다. 분석구는 형성이후 용암분출에 의해 북서쪽 분화구가 붕괴되면서 남겨지고 분출된 소규모 용암의 일부 분화구 주면에만 얇게 쌓인 것으로 추정된다.

붉은오름 남쪽에는 삼형제오름이라는 세 개의 오름이 있고, 서남쪽으로는 노로오름이 위치하고 있다.

2) 지명유래

붉은오름은 오름을 덮고 있는 송이로 인해 붉다는 데서 유래하였다. 한자를 차용하여 赤岳(적악)이라고도 불린다. 赤(적)은 '붉은'의 훈독자표기, 岳(악)

은 ‘오름’의 훈독자 표기이다.

3) 역사와 민속

붉은오름은 제주에 들어 온 삼별초를 이끌었던 김통정 장군의 전설이 서려 있는 곳이다. 1273년 여·몽연합군과의 격전에서 항파두리성이 함락되자 김통정 장군은 붉은오름에서 최후의 격전을 치른 후 자결했으며 당시 군사들이 흘린 피로 흙이 붉게 물들었다고 하여 붉은오름이라고 불리어졌다는 전설이 깃들어 있는 곳이다.

4) 용천수

동·서로 크고 깊은 계곡이 흐르며 북으로 흘러 천아오름 부근에서 외도천으로 합류한다.

5) 현재 이용 현황

붉은오름은 천백도로변의 삼형제오름 북쪽 2km 가량의 거리에 있는데, 진입은 고상돈 기념비 북쪽에서 표고밭 진입로를 따라 들어가는 길을 주로 이용한다. 오름의 서남쪽에는 표고버섯재배지가 조성되어 있다.

2015년 3월에는 냇새오름과 천아오름을 연결하는 한라산둘레길인 천아숲길이 개통되어 트레킹코스로 이용되고 있다.

12. 골머리

1) 경관특징

골머리는 일명 골머리오름, 아흔아홉골로 불리는 오름으로써 제주시 1100로 노형동 산 20 일대에 위치한 해발 848.4m의 오름이다(그림 13).

항공사진 분석결과 분화구가 없이 볼록하게 솟아있는 외형을 보이며 곳곳에 깊은 계곡이 발달한 지형을 보인다. 특히 계곡은 주로 북서쪽으로 발달하고 있으며, 깊이가 수십미터에 이르는 절벽이 계곡의 양쪽 사면에 발달하고 있다. 골머리와 어승생악은 서로 맞닿아 있으며 두 지형사이를 따라 깊은 계



그림 13. 골머리

곡이 발달하고 있다.

음영기복도상에서 골머리(오름)은 북쪽방향으로 뻗어 있는 로브(lobe) 모양의 지형을 보이고 있다. 계곡은 하류에서 상류로 갈수록 고도가 높아짐에 따라 깊이가 얕아지고 규모도 적어지는 특징을 보인다. 이는 골머리오름의 계곡이 상류에서 하류로 가면서 지속적인 침식작용에 의해 점차 깊은 계곡을 형성된 결과로 추정된다. 또한 하천의 분포양상이 나무가지처럼 분기된 양상은 침식에 의해 하천이 발달하는 과정에 의해 형성되었음을 뒷받침한다.

골머리는 '아흔아홉골'이라 불리는 골짜기의 가장 첫머리에 해당하는 서쪽 머리 부분의 제 1봉으로 천왕사 일대를 이르고 있는데, 위쪽의 석굴암(石窟庵)이 위치해 있는 금봉곡(金峰谷) 동쪽 능선 상에 있는 오름으로 아흔아홉골의 가장 대표적인 골짜기이다.

오름 자체가 자연림에 덮인 채 뚜렷한 산형을 갖추고 있지는 않지만 북사면은 급경사로 벼랑이 져서 북쪽의 노로손이오름 정상에서 바라보면 오름의 형태를 뚜렷하게 가늠해 볼 수 있다.

한편 골머리오름의 해발고도는 848.4m로 알려져 왔다. 그러나 지형도 분석상 가장 높은 곳의 해발고도는 1,004m로 나타나 일반적인 골머리오름의 높이와 차이를 보였다. 이는 골머리오름의 최고높이를 실제 가장 높은 지점을 대상으로 설정한 것이 아니라 아흔아홉골 중 가장 깊은 골짜기의 높은 지점을 해발고도의 기준으로 잡았기 때문으로 추정된다. 따라서 골머리오름의 정확한 해발고도는 다시 한 번 검토해볼 필요가 있다고 생각된다. 그리고 지질조사결과 골머리오름은 제주도의 일반적인 오름을 구성하는 스코리아가 나타나고 단일한 용암류로만 구성되어 있는 것을 확인하였다. 이러한 특징은 골머리오름

이 스트롬볼리안분출에 의해 형성된 분석구가 아니라 용암돔 또는 언덕지형을 형성한 이후 지속적인 하천의 침식작용에 의해 형성된 것으로 추정된다.

2) 지명유래

골머리는 일찍부터 '아흔아홉골' 또는 '골머리오름'이라 부르고 洞山(동산), 谷頭(곡두), 骨頭(골두) 등으로 표기했다. 이원진의『탐라지』(1653)와 김정호의『대동지지』(1864년경),『증보탐라지』(1954)등에 '洞山(동산)', 「탐라지도」(1709)에는 '谷頭(곡두)', 18세기 중반의 「제주삼읍도총지도」에는 '骨頭(골두)' 등으로 표기되어 있다.

洞山(동산)과 谷頭(곡두), 骨頭(골두) 등은 모두 '골머리'의 한자차용표기이다. 洞(동)은 '골'(洞 골 동, 峒 묏골 동)의 훈독자 표기로, '九十九洞(아흔아홉골)'을 이른다. 山(산)은 '뫼'의 제주어 '미' 또는 '메'의 훈독자 표기이다. 谷(곡)은 '골(谷 골 곡)'의 훈독자 표기, 骨(골)은 '골'의 음가자 표기, 頭(두)는 '머리(頭 머리 두)'의 훈독자 표기이다. '골머리'는 '골(谷)의 머리'에 해당한다는 뜻이다. 그리고 우낙기의 『제주도』에는 '골머리오름', 한자어로는 笏頭岳(홀두악)으로 표기되어 있다.

한편 '아흔아홉골'은 이익태의 『지영록』(1696)에서 '御乘生後洞(어승생후동: 어승생 뒷골)'으로 표기되어져 있다(오, 2007).

3) 역사와 민속

뛰어난 경승을 자랑하는 아흔아홉골의 오름과 계곡들은 예부터 산승들이 수행하던 이름 있는 도량이기도 하다. 금봉곡의 상류에 있는 암자인 '석굴암(石窟庵)'은 골머리오름 서쪽 협곡 아래 호젓이 들어서 있다. 그리고 상류로 올라가면 깎아지른 바위의 아래에 궤(암굴)가 있고, '안경샘'이라는 약수가 흘러나온다. 주변에는 '산신바위', '칠성바위', '삼장동(三藏洞)', '세존동(世尊洞)' 등 불교적인 이름이 붙어 있는 바위와 골짜기가 있어 서쪽에 위치한 전통사찰인 천왕사를 중심으로 한 이 일대를 '나한도량'이라 부르기도 한다.

아흔아홉골에 깃든 설화는 제주에 맹수가 없는 이유를 들려주고 있다. 옛날 한라산에 100개의 골짜기가 있었는데 사자와 호랑이 같은 맹수들이 뛰놀며

백성들을 괴롭히고 있었다. 어느 날 중국에서 한 스님이 찾아와 맹수들을 한 골짜기에 몰아넣고 그 골짜기를 없애버렸다. 그 뒤부터 제주에 맹수가 없어지고 큰 인물도 나오지 않게 되었다고 전해지기도 한다.

4) 용천수

'금봉곡(金峰谷)'이라 불리는 골머리계곡 서쪽 자락에는 '선녀폭포[천녀폭포]'가 모습을 감추고 있는데 일 년 내내 사시사철 폭포수를 이루는 곳이다. 이 폭포에서 흘러내리는 물은 어승생 수원지로 합류 되어 식수원으로 이용된다. 어승생 주변에는 깊은 계곡이 발달했는데 동쪽으로 일명 골머리계곡이 있다. 골머리계곡은 도근천의 상류로 어승생 자락인 어리목 광장 습지에서 발원해 선녀폭포를 거쳐 제주시 이호동의 월대(월대) 동쪽에서 외도천과 만난다. 제주시 충혼묘지가 접해있는 상류로 제주시 상수도보호지구로 보호되고 있다.

13. 냇새오름

1) 경관특징

냇새오름은 제주시 애월읍 광령리 산183-2에 위치한 원추형 오름으로 해발 807m의 오름으로 천아오름 동남쪽에 위치한 나지막한 오름이다(그림 14).

냇새오름은 한라산 서측에 위치하고 있으며 광령천의 두 줄기 중간에 위치하여 내와 내 사이 중간에 놓여있다고 해서 이름 붙여진 오름이다.



그림 14. 냇새오름

비고는 100m 내외에 불과하여 비교적 낮은 형태의 오름이다. 그러나 냇새오름의 동쪽 광령천과 인접한 부분에 50-70도의 급경사면이 형성되어 있어 오름의 내부를 관찰할 수 있다. 항

공사진이나 음영기복도상에서 냇새오름은 전형적인 분화구의 외형을 보이지 않고 불규칙한 언덕형태의 외형을 보여주고 있다.

냇새오름은 전형적으로 분화구를 가진 분석구와 달리 외관상 낮은 언덕지형을 보이고 있다. 그러나 구성물질이 대부분 분석과 소규모 용암으로 구성되어 있어 전형적인 분석구의 특징을 보이고 있다. 또한 화산체의 하부에 다량의 분석들이 누적되어 있고, 일차적인 화산분출에 의해 쌓인 특징을 보이고 있어 스트롬볼리안 분출에 의해 형성된 분화구의 일종으로 추정된다. 그리고 분화구가 뚜렷이 남아있지 않지만 대체로 북서쪽으로 터진 형태를 보이는 것으로 미루어 북서쪽으로 터진 말발굽형 분화구로 형성되었으며, 오랜 기간 풍화침식에 의해 지형이 풍화 침식작용을 거치면서 현재 일부만 남게 된 것으로 추정된다

2) 지명유래

‘냇새오름’, ‘냇세오름’, ‘냇서오름’ 이라고도 한다. 내(川)와 내 사이에 있는 오름이라는 데서 ‘냇새오름’이라 한 것이다. 1:5,000 지도에 ‘냇새오름’으로 표기하고, 「한라산국립공원」지도에 ‘냇새오름, 納賽岳(납새악)’으로 표기되어 있다.

3) 현재 이용 현황

제주시 천아수원지가 접해 있으며, ‘천아숲길’이라는 한라산둘레길이 2015년 3월에 개통되어 트레킹코스로 이용되고 있다.

14. 걸시오름

1) 경관특징

걸시오름은 일명 걸시악이라고도 하며 제주시 연동 2448-281일대에 위치한 해발 732.4m의 야트막한 말굽형 오름이다(그림 15).

골머리오름인 아흔아홉골의 북동쪽 가장자리에 위치한 오름으로 산록북로를 사이에 두고 북쪽에 있는 노리손이오름과 남쪽으로 마주해 있다. 오름의



그림 15. 걸시오름

형태는 전체적으로 북쪽으로 벌어진 말굽형 화구를 끼고 양쪽 등성이가 길쭉하게 뻗어 내려 북쪽방향으로 벌어진 말굽형 오름이다. U자에 가까운 형태로 침식이 상당히 진행되어 있으며, 한라산 쪽은 새로운 용암에 의해 덮여있어 상대적인 비고를 파악하기 어렵다. 대부분 스코리아로 이루어져있다.

2) 지명유래

'걸쉐오름', '걸세오름', '걸시악', '걸씨악' 이라고도 불리는데, '걸시'는 '걸쇠'[문을 걸어 잠그는 쇠]의 옛말 '걸솨>걸쇄>걸새'의 제주어이다. 오름의 형태가 '걸쇠'와 같다는 데서 붙여졌다. '걸쉐'도 '걸쇠'의 제주어이다.

「제주삼읍전도」(1872)와 「제주군지도」(1872)에 '傑始岳(걸시악)', 『제주군읍지』「제주지도」(1899)에 '傑時岳(걸시악)', 「제주지도」(1899)에 '濕始岳(걸시악)', 1910년경 『조선지지자료』에 '傑氏岳(걸씨악)', 주변의 비문에는 '傑豺岳(걸시악)'으로 표기되어 있다.

傑始岳(걸시악), 傑時岳(걸시악), 濕始岳(걸시악), 傑豺岳(걸시악), 傑氏岳(걸씨악)은 '걸시오름'의 한자차용표기이다. 傑始・傑時・濕始・傑豺(걸시)와 傑氏(걸씨)는 '걸시'의 음가자 결합 표기이고 岳(악)은 '오름'의 훈독자 표기이다(오, 2007).

3) 현재 이용 현황

현재 제주시 공설공동묘지와 한울누리공원이 조성되어 있으며 오름 등성이 곳곳에 가족묘지가 대규모로 형성되어 있어 제주시공동묘지 단지를 이루고 있다.

향후 계획

백록담을 중심으로 한라산 세계자연유산 핵심지역 중 북서·남사면에 위치한 14개 오름의 경관특징 및 지명유래, 역사와 민속, 용천수, 현재 이용 현황 등을 살펴보았다.

예로부터 제주인들 삶의 터전이 되었던 한라산 자락의 오름은 자연적 가치 외에도 삶의 흔적이 배어있는 역사유적, 인문자원 등 다양한 문화적 가치를 지니고 있다. 이번의 조사를 토대로 한라산 전역으로 조사범위를 확대하고 경관특징, 식생의 분포, 역사문화자원 및 인문자원 조사에 주력해 나갈 계획이다.

본 조사를 통하여 한라산의 대표적인 경관자원인 오름 특성연구의 기초자료로써 오름의 문화적 가치조명 및 향후 제주도 경관자원의 보전관리와 이용계획 수립 시 기초자료로 활용되기를 기대해 본다.

인용문헌

<사료>

『耽羅地圖』

『濟州三邑全圖』

『大靜郡地圖』

『濟州三邑都總地圖』

<문헌>

이익태, 『知瀛錄』

이형상, 『耽羅巡歷圖』

김종철, 『오름나그네 2』, 높은오름, 1995.

_____, 『오름나그네 3』, 높은오름, 1995.

서재철, 『화산섬의 바람자리 오름』, 일진사, 2005.

신영대, 『제주의 오름과 풍수』, 백산출판사, 2009.

오창명, 『제주도 오롬이름의 종합적 연구』, 제주대학교출판부, 2007.

禹樂基, 『濟州道_大韓地誌Ⅰ』, 韓國地理硏究所, 1965.

이원진 저, 김찬흡 외 편역, 『譯註 耽羅志』, 푸른역사, 2002.

홍순만 외 역, 담수계 편, 『譯註 增補耽羅志』, 제주문화원, 2005.

국토지리정보원, 『한국지명유래집-전라・제주편』, 2010.

제주도, 『제주의 오름』, 1997.

제주특별자치도, 『개정증보 제주어사전』, 2009.

제주특별자치도 한라산국립공원, 『한라산-유네스코가 인정한 세계인의 보물』, 2012.

제주특별자치도 환경자원연구원, 『한라산의 자연 자원』, 2009.

희귀·특산식물에 관한 생태·생리 특성조사

- 수종의 희귀·특산식물 분포 및 동태 -

김현철*, 김대신, 김종갑, 고석형, 정세호
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

서 론

최근 기후변화와 자생지 훼손으로 인해 식물종 감소가 지속적으로 이루어지고 있어 희귀·특산식물은 기후변화의 영향 뿐만이 아니라 생육환경의 민감성, 분포지역의 제한성 등으로 멸종 가능성이 높아 국가차원의 보전관리가 시급한 실정이다. 이들 희귀 및 특산식물의 보전 전략을 수합하기 위해서는 대상 식물에 대한 보전지위 평가가 우선되어야 하는데 과거 희귀식물에 대한 평가는 주로 일부 전문자들의 관련 식물의 발견빈도에 대한 개인적인 경험을 토대로 각기 다른 방식으로 취합하여 평가하여 왔다(Kim and Kim, 1990; Kim, 1994; Chang et al., 2001). 따라서 대상 식물의 개체군에 대한 생태와 분포 역, 크기, 동태 등에 관한 정보는 객관적으로 수집되지 못했다. 이 결점을 보안하기 위해 세계자연보전연맹(IUCN)은 위기식물의 평가 시 반드시 과학적인 자료를 통한 객관적이고 정량적인 평가기준(criteria)요구하고 있으며(IUCN, 2001) 따라서 국내 희귀식물의 경우도 해당 식물에 대한 정확한 분포범위, 자생지의 환경특성, 개체군의 유전학적 특성 및 동태 등의 생물학적 특성을 정량적으로 파악해야 한다(Song 등, 2012). 따라서 산림청에서는 국내 자생하는 571종 희귀식물을 대상으로 국가 수준에서 IUCN 기준 등급 목록 작성하였는데 전국 4,100여종 중 약 48%가 분포하는 제주지역에는 희귀식물 237분류군, 특산식물 54분류군, 중복종 28분류군을 대상으로 평가하였고 극심멸종위기(CR) 65분류군, 멸종위기(EN) 53분류군, 취약

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7572, e-mail: khc4078@korea.kr

(VU) 66분류군 등으로 분류되었다(국립수목원, 2008). 한편 김 등(2008)은 제주지역 수준의 평가는 멸종(EX) 1종, 야생멸종(EW) 1종, 지역멸종(RE) 3종, 극심멸종위기(CR) 61분류군, 멸종위기(EN) 13분류군, 취약(VU) 83분류군, 위기접근(NT) 374분류군로 구분 하였다.

희귀·특산식물은 기후변화의 영향뿐만이 아니라 생육환경의 민감성, 분포지역의 제한성 등으로 멸종 가능성이 높아 국가차원의 보전관리가 필요하다. 한편 제주지역에는 우리나라에서 제주지역에만 한정 분포하는 희귀·특산식물이 다양하게 분포하고 있으나 이들 식물자원의 현황, 자생지 동태 변화 등에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 최근 제주지역에 분포하는 희귀·특산식물은 인위적 또는 자연적 요인으로 인해 자생지 면적 감소, 개체수 감소 등을 보이고 있는데 특히 중산간 이하에 자라는 대부분 희귀·특산식물은 보호지역 지정 등 제도적 장치 미흡과 서식지의 접근 용이성으로 인한 자생지 교란 위험성을 가지고 있고 반면 한라산국립공원 내 분포하는 희귀·특산식물은 인위적 훼손의 위험성은 상대적으로 낮은 편이나 대부분 수종이 환경에 민감한 수종으로 구성되어 있어 제주조릿대 군락이나 참억새 군락의 발달, 소나무림의 확장 등 자연적인 요인으로 인한 서식지 환경 변화에 따른 자생지 및 개체수 감소 등이 이루어지고 있어 제주지역에 분포하는 희귀·특산식물에 대한 장기적인 모니터링 체계구축과 이를 통한 현지 내·외의 종 보존을 위한 자료 구축이 시급한 실정이다. 따라서 본 조사는 제주지역 수종의 희귀·특산식물에 대해 모니터링 체계를 구축하고 자생지 주변식생과 생육특성 등 동태를 파악하여 현지 내·외의 종보존을 위한 기초자료로 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사대상 식물 선정

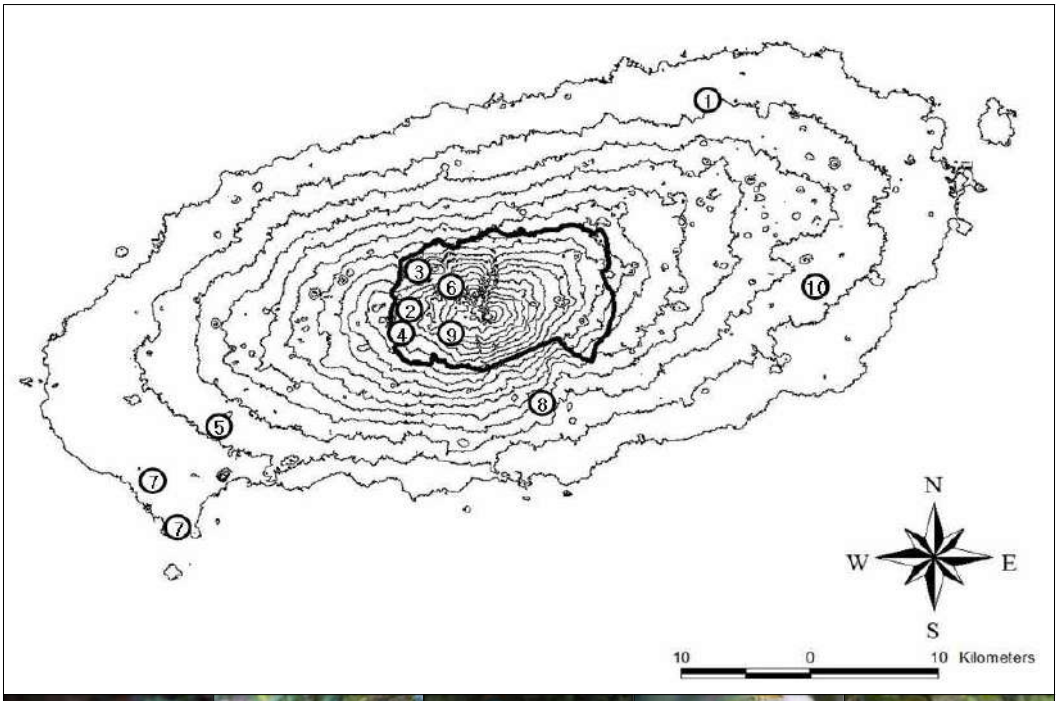
제주지역 희귀·특산식물에 대한 생육특성을 파악하기 위해 특산식물(E) 3분류군, 희귀식물인 멸종위기종(CR) 7분류군, 위기종(EN) 7분류군, 중복종 2분류군으로 총 6과 10속 10분류군에 대해 조사하였다. 지역적 분포를 보면 국립공원 5개 지역, 서귀포시 3개 지역, 제주시 2개 지역에 방형구를 설치하여 조사

하였다(표 1, 그림 1).

표 1. 2015년 제주지역 희귀・특산식물 조사대상 식물목록

연번	등급[1)]	국명	학명	지역
1	E, CR	제주고사리삼	*Mankyua chejuense*	제주시
2	CR	한라옥잠난초	*Liparis auriculata*	국립공원
3	CR	백운란	*Vexillabium yakushimensis*	국립공원
4	E,CR	두잎감자난	*Oreorchis coreana*	국립공원
5	E	제주방울란	*Habenaria chejuensis*	제주시
6	E,EN	모데미풀	*Megaleranthis saniculifolia*	국립공원
7	CR	백양더부살이	*Orobanche filicicola*	서귀포시
8	CR	만년콩	*Euchresta japonica*	서귀포시
9	CR	제주황기	*Astragalus membranaceus* var. *alpinus*	국립공원
10	EN	전주물꼬리풀	*Dysophylla yatabeana*	서귀포시

[1)] CR: 멸종위기종, EN: 위기종, E: 특산식물



				
1: 제주고사리삼	2: 한라옥잠난초	3: 백운란	4: 두잎감자난	5: 제주방울란
				
6: 모데미풀	7: 백양더부살이	8: 만년콩	9: 제주황기	10: 전주물꼬리풀

그림 1. 조사지 개황

2. 자생지 특성 및 식생조사

식생조사를 위한 방형구 설치는 2010~2015년에 조사된 기존 조사구와 주변 군락에 교란을 받지 않고, 조사대상 식물이 가장 대표적으로 분포하는 지점을 찾아 새로운 조사구를 추가 설치하였다. 2개체 이하로 고립된 단일개체 생육지점에 대해서는 조사구의 중심에 개체가 위치하도록 조사구를 설치하였다. 일반적으로 식생조사에서 조사구의 크기는 식물군락의 종 조성에 따라 그 면적이 결정되기 때문에 희귀·특산식물의 자생지 방형구 조사에서는 대상 종의 특성을

고려하여 그 면적을 결정하였다. 그 외 자생지 특성, 개체군 구조 및 생태, 위협요인, 개체군 분포지 충위별 특성 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 제주고사리삼 (*Mankyua chejuense* B.Y.Sun, M.H.Kim & C.H.Kim)

1) 주변식생 및 동태

제주고사리삼은 해발 약 200m 이내 소택지 형태로 주변 환경보다 낮은 함몰구와 유사한 형태로 갖추고 있는 지역에 다양한 크기와 형태로 분포하며 참느릅나무, 자귀나무, 붉가시나무, 동백나무 등 상록활엽수림이나 관목림 등의 하층식생으로 자리잡고 있고 강우가 빈번한 여름에는 보다 오랜 기간 동안 물에 잠겨 있는 부분에 자란다. 제주고사리삼의 분포 자생지는 행정구역상 제주특별치도 제주시 조천읍 선흘리에 속하며 약 100㎡에 40개체가 분포하는 것으로 조사되었고 소택지 형태의 함몰구 지역에 자생하고 있으며 상층식생의 종구성은 낙엽활엽수림인 팥배나무, 참느릅나무, 까마귀베게 등이 최상층부에 사스레피나무, 동백나무 등이 분포하고 있다 하층식생은 지형적 특수성으로 인해 자금우, 청가시덩굴 등 일부 수종만 이 분포하고 있다.

고정조사구(1×1m)의 종구성을 보면 곶자왈 지역에 분포하는 소택지 형태의 함몰구 지역으로 자금우 60%정도 우점하고 있고 제주고사리삼 20%정도가 분포하고 있으며 제주고사리의 근경번식을 함으로써 분포 유형은 군락적이고 선(line) 형태의 분포양상을 보인다(그림 2).

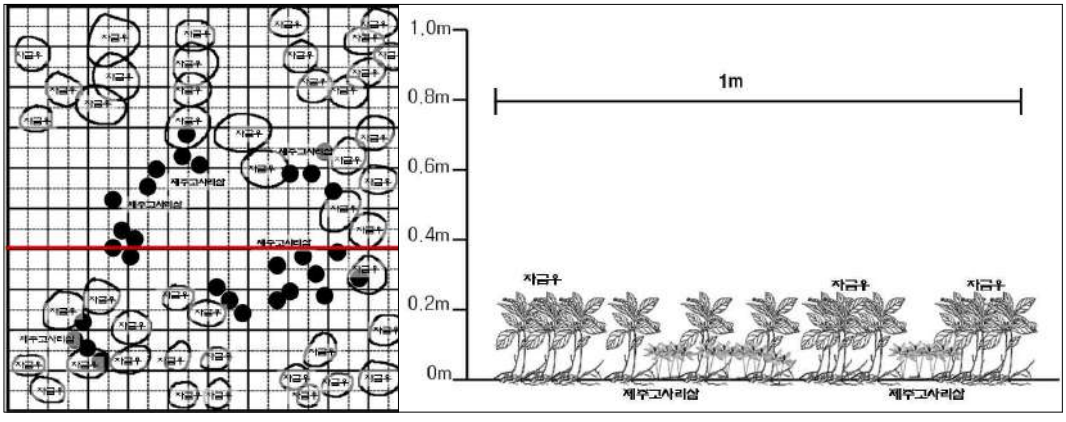


그림 2. 제주고사리삼 개체군 분포도 및 단면도

제주고사리삼에 대한 모니터링은 2011년에 시작은 되었으나 조사지역이 환경부 멸종위기종 보호를 위해 휀스를 설치되어 모니터링은 중단되었다. 따라서 2014년부터 선흘곶자왈 지역 내 다른 고정조사구 설치하여 조사한 결과 2014년 조사시 전체 개체수 40개, 포자결실개체 26개로 조사되었고 2015년 조사시 전체 개체수 42개, 포자결실개체 29개로 조사되어 지상부의 수가 증가된 것으로 분석되었다(표 1).

표 1. 제주조사리삼 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2014년	40	26	26
2015년	42	29	29

2) 위협요인

제주고사리삼 서식지는 선흘곶자왈 등에 분포하여 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 접근이 용이하며 방문에 따른 산채와 답압에 의한 위험성 가지고 있는 것으로 판단된다. 최근에 발생된 치수가 자생지 주연부로 분포 확산되고 있어 자생지 입·출입 관리 등 자생지 보호를 하면 개체수가 증가 할 것으로 생각된다.

2. 한라옥잠난 (*Liparis auriculata* Blume ex Miq.)

1) 주변식생 및 동태

한라옥잠난은 한라산 해발 1100습지지역에 이삭귀개, 기장대풀 등 습지식물 등과 함께 서식하며 습지 가장자리의 물이 고이는 부분에 자란다. 한라옥잠난의 분포 자생지는 행정구역상 제주특별치도 제주시 해안동 속하며 한라산 해발 1,100m에 발달한 습지지역 가장자리의 물이 고이는 부분에 자란다. 현재까지 관찰된 지역은 1곳으로 약 345㎡의 분포면적을 보이고 있으면 70여 개체가 분포하는 것으로 조사되었다(그림 3). 상층식생의 종구성은 낙엽활엽수림인 물참나무가 교목층으로 자리잡고 있으며 팥배나무, 때죽나무, 단풍나무, 산개벚나무 등이 아교목층으로 분포하고 있고 관목층으로는 비목, 꽝꽝나무가 분포하고 있다. 하층식생은 곰취, 기장대풀, 뱀톱, 청가시덩굴, 주름조개풀, 탑꽃, 미꾸리낚시 등이 분포하고 있다.

고정조사구(1×1m)의 상층식생의 종구성을 보면 비목 10%, 단풍나무 60%, 때죽나무 10%의 피도를 보이고 하층식생은 한라옥잠난, 기장대풀, 곰취, 미꾸리낚시, 탑꽃, 뱀톱 등이 분포하였다.

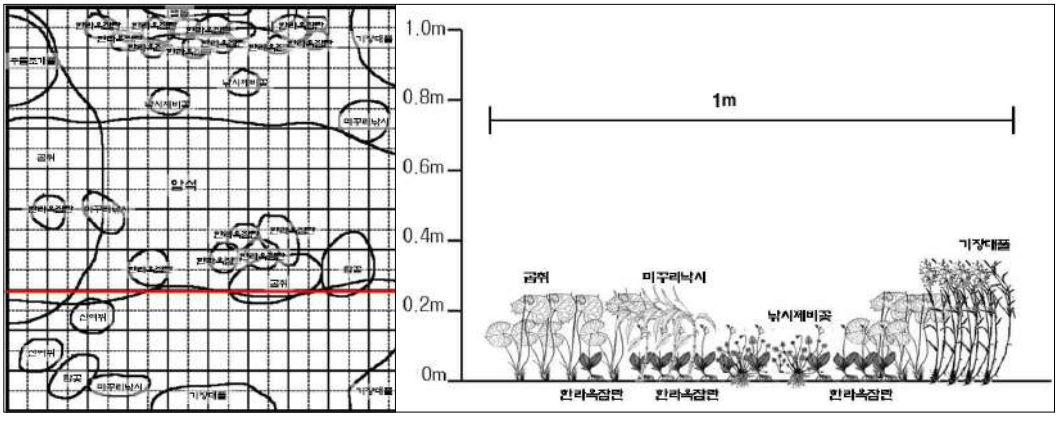


그림 3. 한라옥잠란 개체군 분포도 및 단면도

개체군의 증감현황 조사결과 전체 개체수는 2010년 14개체, 2013년 10개체, 2014년 12개체, 2015년 19개체로 증가하는 경향을 보이는 것으로 분석되었다(표 2). 이는 한라옥잠난 생육특성상 근경번식을 함으로써 성숙개체 옆 치수발생과 낮은 확률로 종자번식이 이루어 지기 때문이다. 또한 성숙개체는 2010년 8개체, 2013년 7개체, 2014년 7개체, 2015년 5개체로 감소하는 것으로 분석이 되었다.

표 2. 한라옥잠란 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2010년	14	8	8
2013년	10	7	7
2014년	12	7	5
2015년	19	5	4

2) 위협요인

한라옥잠난의 서식지는 국립공원에 분포하고 있으나 사실상 서식지 관리가 이루어지고 않고 있으며 주요 분포지는 수계가 발달한 협소한 장소에 군락적으로 분포하고 있다. 한라옥잠난 개체수의 변동의 원인은 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 방문에 따른 도채와 답압이라고 생각된다. 따라서 한라옥잠난 자생지에 인위적인 간섭이 없을 시에는 한라옥잠난은 개체수 유지 및 증가가 될 것으로 생각된다.

3. 백운란 (*Vexillabium yakushimensis* (Yamam.) F.Maek.)

1) 주변식생 및 동태

백운란은 제주도내 해발 370~800m의 지역의 낙엽활엽수림 내에서 분포하지만 서식지는 낙엽층이 미비하게 발달 된 곳에 한정적으로 분포양상을 보인다. 현재까지 백운란의 출현지역을 보면 한라산을 중심으로 성판악 일대(약 해발고도 640m)의 동쪽지역과 어리목 일대(약 해발고도 700m)의 서쪽으로 분포양상을 보인다. 본 조사지역인 백운란의 자생지는 한라산 해발 764m에 위치하고 있고 행정구역상 제주특별치도 제주시 해안동 속하며 수고 8m이상인 소나무 상층식생으로 자리잡고 그 아래 누리장나무, 팽나무, 쥐똥나무, 까마귀베개 등이 분포하였다. 하층식생으로 줄딸기, 주름조개풀이 우점하였고 이삭여뀌, 청가시덩굴, 계요등, 좁은잎미꾸리낚시, 쇠무릎 등이 분포하였다(그림 4).

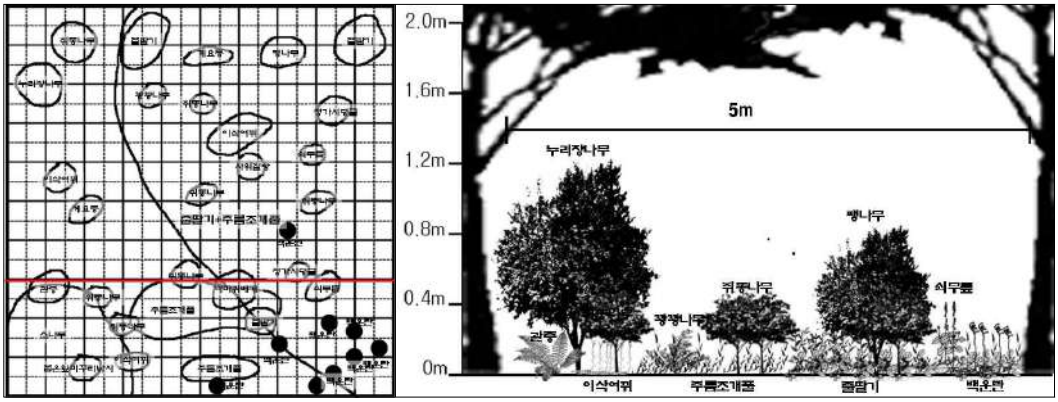


그림 4. 백운란 개체군 분포도 및 단면도

백운란의 개체수 증감현황 조사 결과 2013년 조사시 전체 개체수는 12개체에서 2014년 조사시 3개체로 감소되었는데 이는 조사지역의 멧돼지의 출현으로 자생지가 파괴가 되었기 때문이다. 2015년 조사시에는 9개체가 조사되어 전년도 대비 증가된 것으로 조사되어 자생지의 회복이 이루어지는 것으로 판단된다. 또한 조사방형구내 백운란의 분포를 보면 경사면 하단부나 교목이 근경 주변에 분포하는 것으로 조사되었는데 이는 백운란의 근계가 토심 2~5cm사이에 매우 얕게 뻗고 있어 폭우시 부엽층과 토양 유실시 개체 훼손이나 개체 이동이 되었기 때문이라고 생각된다(표 3). 조사구에 출현된 전체 개체수는 9개로 조사되었고 100%의 개화율을 보였으며 개화한 개체는 결실이 되어 결실율도 100%로 조사되었다. 또한 백운란의 근계가 2~5cm사이에 분포하여 토양수분과 대기중 수분 등의 환경인자 영향을 많이 받을 것으로 생각된다.

표 3. 백운란 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2010년	-	-	-
2013년	12	11	6
2014년	3	3	3
2015년	9	9	9

2) 위협요인

백운란 조사지역은 국립공원으로 서식지의 접근이 어려워 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 방문에 따른 도채와 답압 등 인위적 훼손을 적을 것으로 판단이 되나 본 조사시 멧돼지의 이동과 섭식에 따른 자생지의 훼손을 관찰되어 동물에 의한 자생지 파괴의 위험성을 가지고 있다. 또한 백운란은 다년초로 알려져 있으나 지상부의 생활사에 대한 연구 보고가 없어 현재로써 개체수 증감의 파악이 어려운 실정이다. 따라서 지상부의 생활사를 파악하기 위해 2013년 조사지역 분포개체에 고유 라벨를 설치하였으나 동일 장소 개체 발생을 확인하지 못하였으며 낙엽, 낙지가 쌓이는 곳이나 교목의 근계 주변에 발생되어 폭우시 백운란 개체의 유실 및 이동이 이루어지는 것으로 추정이 된다. 따라서 2016년 백운란 조사시 퇴적물이 쌓이도록 자생지 내에서 이랑 작업을 하여 현지내 보존방안 연구가 필요하다고 생각된다.

4. 두잎감자란 (*Oreorchis coreana* Finet)

1) 주변식생 및 동태

두잎감자란은 현재까지 보고된 자생지는 제주시 조천읍 교래리, 서귀포시 수악교에 분포하며 곶자왈이라고 칭하는 지역에 상산, 으름, 찔레 등과 함께 혼생한다고 한다. 본 조사지역은 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 색달동에 속하며 해발 1,098m에 위치한 낙엽활엽수림 지역에 자생하고 있고 조사지역의 층위별 구조를 보면 수고가 10m이상인 교목층은 곰의말채가 분포하고 아교목층은 비목, 주목 등으로 구성되어 있으며 관목층은 산수국 등으로 구성되어 있다. 하층식생은 제주조릿대가 높은 피도로 우점하고 있고 개족도리, 새끼노루귀, 십자고사리, 이른범의꼬리 등이 분포하고 있다. 조사구의 상층식생의 수고별 종구성을 보면 수고 8m이상인 교목층은 곰의말채가 분포하고 비목, 주목 등으로 구성되어 있으며 관목층은 산수국 등으로 구성되어 있다. 하층식생은 제주조릿대가 피도 90%로 가장 높게 조사되었고 사위질빵, 으름, 기장대풀, 새끼노루귀, 갈퀴꼭두서니, 풀솜대 등이 제주조릿대 하층에 간헐적 분포하고 있다(그림 5).

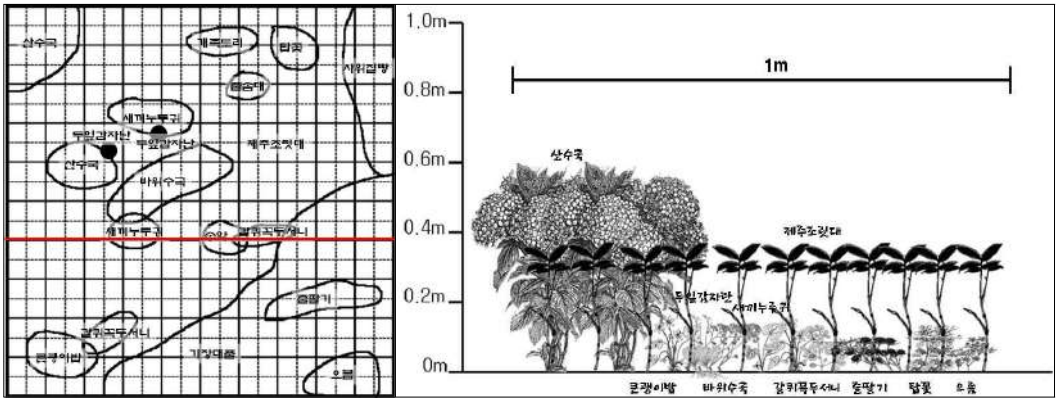


그림 5. 두잎감자란 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감현황 조사 결과 2013년에 조사구(1×1m)에 4개의 개체가 출현하였으나 2014년에는 출현을 확인 하지 못하였고 당년 조사시 2개체가 출현되어 50%의 감소가 이루어진 것으로 분석이 되었다. 이는 2013년도에 비해 제주조릿대 지상부 밀도가 높아짐에 따라 습도, 광량, 피압 등 조사구내 서식환경이 변화와 두잎감자란의 개화 및 지상부출현 등 생리적 기작에 의해 감소가 이루어진 것으로 추정된다(표 4).

표 4. 두잎감자란 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2013년	4	4	4
2014년	0	0	0
2015년	2	2	2

2) 위협요인

본 조사지역의 위협요인은 접근이 용이성, 희귀성에 따른 채집과 기념비 근처에 분포하고 있어 예초 및 주변정리에 따른 서식지 환경변화인 것으로 생각된다. 또한 두잎감자난 결실시 굴파리 등 곤충의 섭식과 자생지의 주요 하층식생인 제주조릿대의 확장에 따른 서식지환경 변화가 이루어지고 있어 개체 감소가 이루어질 것으로 생각된다.

5) 제주방울란 (*Habenaria chejuensis* Y. Lee & K. Lee)

1) 주변식생 및 동태

제주방울란은 해발 100m 이하지역에 분포하고 있으며 한라산을 기준으로 서쪽지역 곶자왈지대의 약한 습한 돌위나 땅에 한정적인 분포양성을 보인다. 본 조사지역인 제주방울란의 자생지는 행정구역상 제주특별치도 서귀포시 안덕면 속하며 해발 78m에 위치한 곶자왈 지역에 자생하고 있으나 교목층은 없는 것으로 조사되었고 소나무, 붉가시나무, 상동나무 등이 아교목층으로 자리잡고 있으며 산초나무, 상동나무, 쥐똥나무, 소귀나무 등이 관목층으로 이루는 지역에 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 하층식생은 아욱메풀, 잔디, 쥐꼬리망초, 계요등, 여우구슬, 산박하, 주름조개풀, 청가시덩굴, 송악 등이 분포하고 있다. 조사구의 상층식생의 수고별 종구성을 보면 수고 8m이상인인 교목은 없는 것으로 조사되었고 아교목층으로는 쥐똥나무가 분포하고 있고 관목층으로 꾸지뽕나무, 덜꿩나무, 쥐똥나무, 누리장나무 등이 분포하고 있다. 자생지의 암석노출이 심하여 하층식생은 잔디가 피도 30%로 가장 높고 무릇, 짚신나물, 여우콩, 고사리, 산딸기 등 낮은 피도로 분포하고 있다.

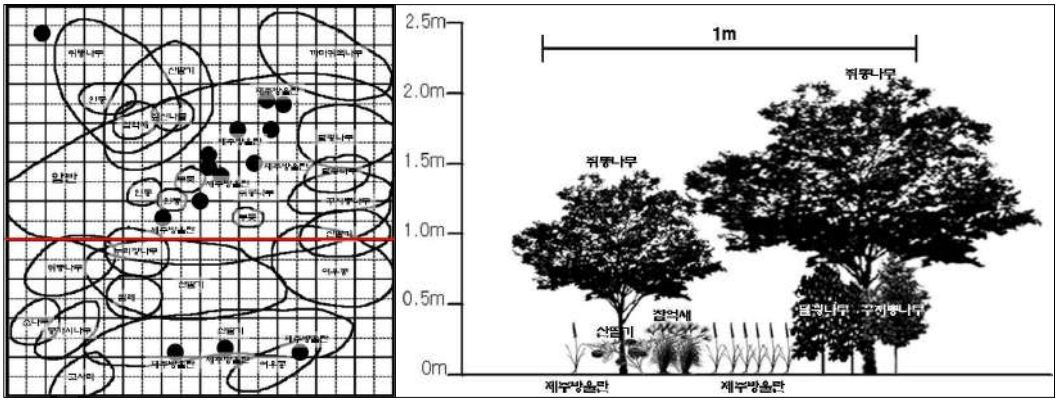


그림 6. 제주방울란 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감은 2013년 조사시 전체 5개체에서 2014년 2개체로 2013년 발생된 치수가 사멸되어 감소된 것으로 분석되었고 2015년 14개체로 많은 치수발생을 보였다. 이처럼 제주방울난이 개체수 변화가 큰 것은 자연상태에서의 제

주방울란 수정 및 종자번식은 잘되나 치수상태에서 환경에 민감하여 사멸되는 것으로 추정된다(표 5).

표 5. 제주방울란 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2013년	5	2	2
2014년	2	2	2
2015년	14	8	6

2) 위협요인

제주방울란은 종자번식은 잘되나 치수상태에서 환경요구도 높아 치수상태에서 사멸되는 경향을 보이고 제주방울란 조사지역은 곶자왈 지역으로 탐방로 근처 및 탐방로에 분포하고 있어 탐방객에 따른 답압과 희소성에 의한 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 방문에 따른 답압, 산채로 자생지의 파괴의 위험성을 가고 있다. 따라서 제주방울란은 빌레 형태의 암석이 발달되어 토양층이 미발달한 지역에 분포하고 있어 폭우시 자생지 훼손, 식생 천이, 제주방울란의 높은 환경요구도 등이 위협요인으로 작용 할 것으로 판단된다.

6) 모데미풀 (*Megaleranthis saniculifolia* Ohwi)

1) 주변식생 및 동태

모데미풀은 한라산의 고지대지역 중에서 하천의 사면과 계곡부의 주변에 수분이 풍부한 곳에 분포한다. 현재까지 알려진 자생지는 한라산을 중심으로 북쪽에 위치한 제주시 오등동 탐라계곡 중류와 제주시 해안동에 위치한 Y계곡 중류에 분포한다고 한다. 본 조사지역은 행정구역상 제주특별자치도 제주시 해안동에 속하며 해발고도 1,085m에 위치한 경사도 70°인 계곡 사면의 낙엽활엽수림 하에 자생하고 있고 수고별 종구성을 보면 수고 8m이상인 개서어나무와 수고 2~8m인 개서어나무, 산개벚나무 등이 분포하며 수고 2m이하인 산딸나무, 산수국, 덜꿩나무, 참빗살나무 등이 분포하고 있다. 하층식생으로는 제주조릿대가 우점하고 있고 참취, 개별꽃, 북천물통이, 새끼노루귀, 세바람꽃

등이 낮은 피도로 분포하고 있다(그림 7).

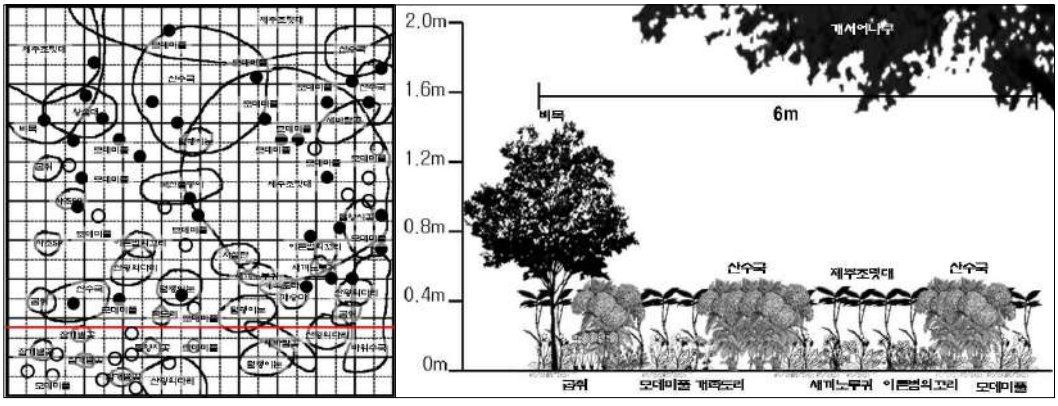


그림 7. 모데미풀 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감현황 조사 결과 2010년 41개체에서 2013년 97개, 2014년 24개체로 급격한 감소를 보였는데 이는 발생한 치수들이 폭우나 제주조릿대의 피압으로 사멸된 것으로 추정이 된다. 2015년 조사시에는 54개체로 증가된 것으로 조사되었는데 성숙개체가 32개체로 20여 개체가 근생엽만 가지고 있는 치수가 증가된 것으로 조사되었다(표 6).

표 6. 모데미풀 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2010년	41	28	17
2013년	97	39	29
2014년	24	18	15
2015년	54	32	24

2) 위협요인

모데미풀은 경사도 70°인 계곡 암반사면의 낙엽활엽수림 하에 자생하고 있고 폭우시 산사태의 치수 및 지상부의 유실 가능성을 보이고 있으며 희소가치가 높아 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 방문에 따른 도채와 답압 등 인위적 훼손이 높을 것으로 생각된다. 또한 제주조릿대가 하층식생으로 분포하고

있어 제주조릿대의 군락 발달에 따른 서식지 환경변화도 모데미풀의 생육에 위협요인으로 작용할 것으로 생각된다.

7) 백양더부살이 (*Orobanche filicicola* Nakai)

1) 주변식생 및 동태

백양더부살이 자생지는 해발 10m미만인 지역으로 해안도로와 접해 있고 매년 잡초제거와 군사훈련으로 자생지의 교란이 이루어지는 곳이다. 현재까지 알려진 백양더부살이 출현지역은 한라산을 기준으로 남서쪽 해안근처의 목초지대로 말이나 소를 방목하고 정기적인 제초를 하는 지역이다. 본 조사지역은 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 대정읍에 속하며 해발 4m에 위치한 목초지로 상층식생은 분포하지 않는 것으로 조사되었고 초본류인 띠, 쑥, 꿩의밥, 수영, 돼지풀, 얼치기완두, 쥐보리풀 등이 분포하고 있다. 2015년 자생지내 전수조사 결과 230여개체가 분포하였고 고정조사구(1×1m)에 출현된 전체 개체수는 32개이고 개화와 결실이 각각 32개로 100%의 개화, 결실율을 보이는 것으로 분석되었다. 조사구의 상층식생은 분포하지 않는 것으로 조사되었고 하층식생은 쑥과 띠가 70%이상의 피도를 보였으며 미나리아재비, 갯메꽃, 고사리, 괭이밥, 소리쟁이, 살갈퀴, 개자리 등이 낮은 피도로 분포하는 것으로 조사되었다. 백양더부살이 지상부의 출현은 불연속적 군락형태로 출현하였다(그림 8).

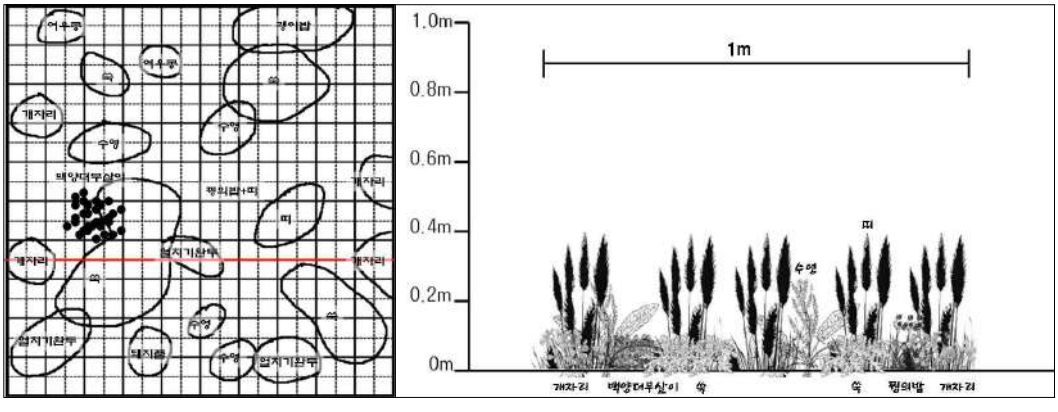


그림 8. 백양더부살이 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감현황 조사 결과 2013년 조사시 방형구내(1×1m)에 지상부가 41개가 출현하였는데 2014년 조사시에는 방형구내의 백양더부살이가 산채로 인해 자생지 파괴가 된 것으로 조사 되었다. 2014년부터 새로운 방형구 1개를 추가한 후 조사한 결과 전체 개체수 11개체에서 2015년 32개체로 증가한 것으로 나타났다(표 7).

표 7. 백양더부살이 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2013년	41	37	37
2014년	11	11	11
2015년	32	32	32

2) 위협요인

백양더부살이는 제주도에서 자생하는 사실이 최근에 알려진 식물로 자생지의 접근이 쉽고 매우 희소가치가 높아 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 방문에 따른 도채와 답압 등 인위적 훼손이 매우 높은 것으로 조사되었다. 또한 정기적인 제초와 말이나 소의 방목, 군사훈련, 도로확대, 해안개발사업 등으로 인한 자생지의 환경변화가 위협요인으로 작용할 것으로 생각된다.

8) 만년콩 (*Euchresta japonica* Hook.f. ex Regel)

1) 주변식생 및 동태

만년콩은 해발 220m에 위치하고 경사는 40~50°로 매우 가파른 암석지대로, 돈네코 계곡의 북사면 일대에 소수의 개체가 불연속적이며 제한적으로 분포하고 있다. 본 조사지역은 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 토평동에 속하며 해발고도 302m에 위치한 경사도 60°인 돈네코 계곡 사면의 상록활엽수림하에 분포하고 있다. 자생하고 있는 수고별 종구성을 보면 수고 8m이상인 교목인 구실잣밤나무, 참가시나무 등이 80% 피도를 보이고 수고 2~8m인 동백나무, 종가시나무, 단풍나무 등이 40% 피도를 보이는 것으로 조사되었다. 수고 2m이하인 관목류는 자금우, 호자덩굴 등이 10% 피도를 보이고 하층식생으로

는 바위족제비고사리가 40% 피도로 가장 높은 피도로 산출이 되었으며 송악, 마삭줄, 큰봉의꼬리, 콩짜개란 등이 낮은 피도로 분포하는 것으로 조사되었다 (그림 9).

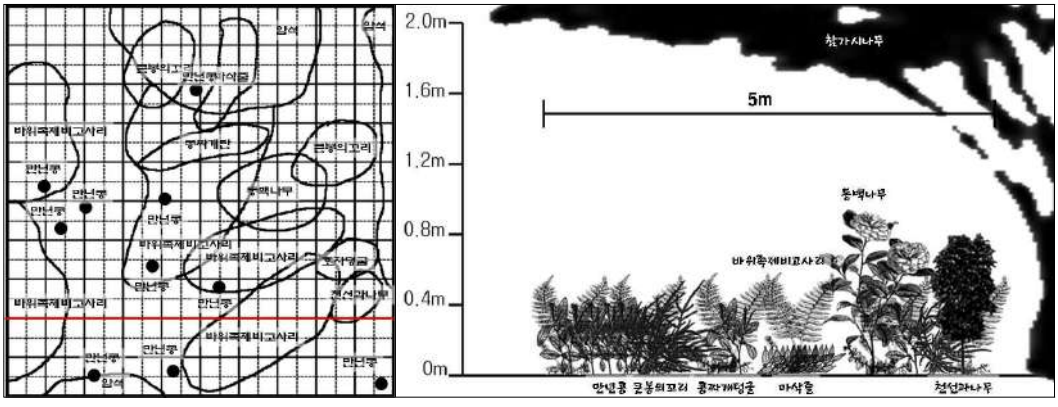


그림 9. 만년콩 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감 현황조사 결과 2012년 조사시 전체 개체수 7개, 성숙 개체수 3개, 결실 개체수 1개로 조사 되었고 2013년 조사시 전체 개체수 9개, 성숙 개체수 6개, 결실 개체수 0개로 조사되었으며 2014년 조사시 전체 개체수 10개, 성숙 개체수 2개, 결실 개체수 2개로 전체 개체수는 증가한 것으로 조사되었다. 2015년 조사시에도 2014년 조사시와 같이 전체 개체수 10개, 성숙 개체수 2개, 결실 개체수 2개로 조사되어 개체수는 유지되는 것으로 분석되었다(표 8).

표 8. 만년콩 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2012년	7	3	1
2013년	9	6	0
2014년	10	2	2
2015년	10	2	2

2) 위협요인

만년콩은 중국과 일본 그리고 한국에서는 제주도 돈네코 계곡에만 한정적으로 분포하는 식물로 희귀성과 높은 관상 가치로 인하여 야생화 동호회, 사진작가, 연구자 등이 방문에 따른 도채와 답압 등 인위적 훼손이 높은 것으로 생각된다. 또한 매우 가파른 지형에 입지하여 산사태 등 자연적인 요인과 계곡 정비 등 인위적인 요인으로 개체유실 및 자생지 파괴의 위협요인으로 작용할 것으로 생각된다.

9) 제주황기 (*Astragalus membranaceus* var. *alpinus* Nakai)

1) 주변식생 및 동태

제주황기 자생지의 특성은 한라산 해발 1,500m이상 고지대에 한정된 지역에만 자생하며, 양지바른 초지나 바위주변의 나지에 분포하고 개체수도 매우 적다. 현재까지 알려진 자생지로는 한라산 정상일대나 영실등반로에 분포한다. 본 조사지역은 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 하원동에 속하며 해발고도 1,500m에 위치한 관목림 또는 초원지대에 분포한다. 조사지역은 영실기암 서쪽 사면 상부로 경사도 약 10°, 부엽층 60mm, 토양은 점토로 구성되어있고 해발 1,500m지역으로 관목림대에 속하며 상층부의 식생은 보리수나무, 산철쭉, 털진달래 등 하층식생은 제주달구지풀, 제주조릿대, 가는범의꼬리, 돌양지꽃, 털새, 김의털 등이 분포하고 있다. 조사구의 상층식생의 수고별 종구성을 보면 교목층과 아교목층은 분포하지 않았고 관목층은 보리수나무가 20%의 식피율을 보이는 것으로 조사되었다. 하층식생은 제주조릿대 70%, 털새, 김의털이 각각 20%로 가장 높은 식피율을 보였고 가시엉겅퀴, 나비나물, 제주달구지출 등이 매우 낮은 피도로 분포하는 것으로 조사되었다.

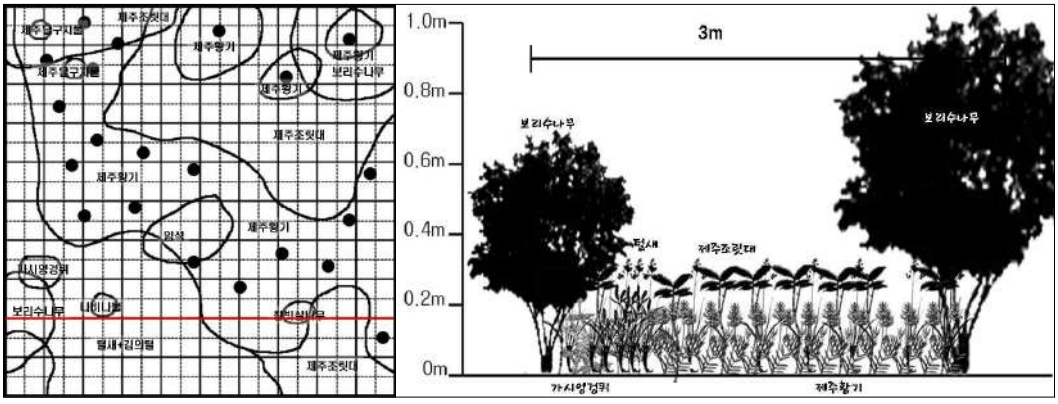


그림 10. 제주황기 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감현황 조사 결과 2011년 조사시 전체 개체수는 5개, 2013년 조사시에는 4개체, 2014년 11개체, 2015년 20개체로 증가한 것으로 나타났다. 2013년에는 약초꾼이나 야생화 동호회, 연구자 등에 의해 채취가 되어 4개체로 개체수가 감소하였지만 2015년 조사시 치수의 발생의 증가로 개체수가 20개체로 증가되고 있다. 그러나 제주황기의 분포를 보면 털새, 제주조릿대 등 화본과식물과 털진달래나 산철쭉 등 관목림 사이에 분포하여 주변식생의 발달에 따른 피압 등으로 개체수 및 피도 감소가 우려가 된다(표 9).

표 9. 제주황기 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2011년	5	5	5
2013년	4	4	4
2014년	11	7	7
2015년	20	15	8

2) 위협요인

제주황기의 개체군 증감현황 예측 및 위협요인을 분석한 결과 이 지역은 한라산국립공원 지역이지만 영실등산로 옆 개활지에 분포하고 있고 점차 자생지가 털새, 김의털, 제주조릿대 등 화본과 식물의 이입에 따른 피압, 주변환경 변화 등으로

개체수 감소가 우려가 되고 접근이 용이하고 민간에서도 약용으로 사용하고 있어 약초꾼이나 야생화 동호회, 연구자 등에 의해 채취나 답압 등으로 인한 자생지 교란 위험성을 가지고 있다.

9) 전주물꼬리풀 (*Dysophylla yatabeana* Makino)

1) 주변식생 및 동태

전주물꼬리풀의 분포 특성은 난산리 초지에 형성된 소택지에 분포하고 소택지에서의 분포상을 보면 중앙부에는 분포하지 않고 주연부에만 분포한다. 본 조사지역은 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 성산읍에 속하며 해발고도 136m에 위치한 소택지에 분포하고 있다. 본 조사지역의 소택지 면적 약 2409㎡ 중 물이 항시 고여 있는 수계지역과 퇴적물이 많이 쌓인 구릉지 제외한 1,483㎡에 분포하는 것으로 조사되었다. 이는 습지 중앙부는 약 70cm이상의 물이 항상 고여 있는 곳은 분포하지 않고 주연부는 강우시에만 물이 30cm 내외로 고이는 곳 분포하는 것으로 조사되었다. 조사구의 종구성을 보면 전주물고리풀은 70%의 피도로 가장 높았고 고마리 30%, 기장대풀 10%, 가막사리 10%, 감자개발나물 10%로 조사되었으며 물고추나물이 간헐적 분포를 보였다. 전주물꼬리풀 북쪽 분포지역 감자개발나물이 60%이상으로 전주물꼬리풀 상층에 자리잡고 있어 점차 감자개발나물 피압으로 인해 점차 왜소화 현상과 지상부 수 감소 현상이 관찰되었다.

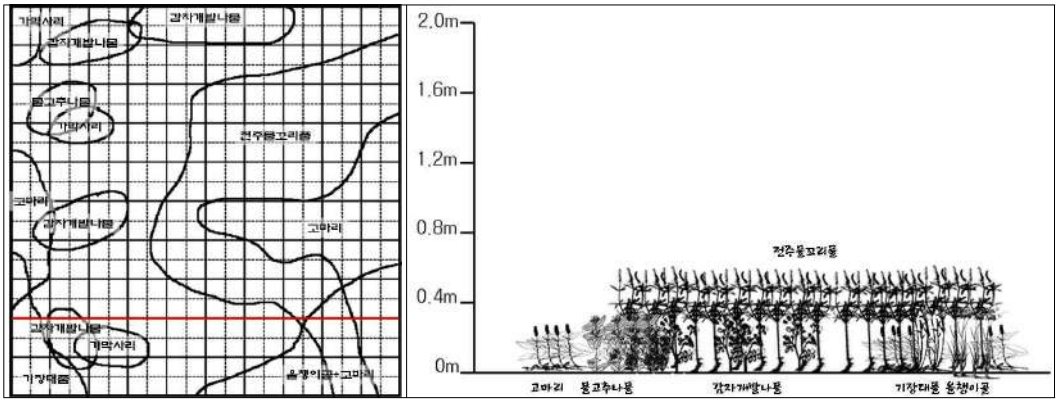


그림 10. 제주황기 개체군 분포도 및 단면도

개체수 증감현황 조사 결과 2012년 조사시 발생된 지상부 수는 102개, 성숙지상부 58개, 결실 지상부 52개, 2013년 조사시 지상부 수는 115개, 성숙지상부 69개, 결실 지상부 65개, 2014년 조사시 지상부 수는 138개, 성숙지상부 78개, 결실 지상부 78개 증가되는 것으로 나타났으며 2015년 조사시는 지상부 135개, 성숙지상부수 72개, 결실 지상부수는 72개체 유지되는 것으로 분석되었다. 개체군의 면적 증가는 자생지 주변에 돌담이 형성이 되어 인근 주변으로 확산이 힘들 것으로 생각된다(표 10).

표 10. 전주물꼬리풀 개체수 변화

	전체 개체수	성숙 개체수	결실 개체수
2012년	102	58	52
2013년	115	69	65
2014년	138	78	78
2015년	135	72	72

2) 위협요인

최근 야생화에 관심이 많아짐에 따라 희귀성으로 인한 야생화 동호회, 연구자 등에 의해 채취나 답압 등으로 인한 자생지 교란 위험성 매우 높고 본 조사시에도 답압과 채취의 흔적으로 관찰되었다. 또한 경작지 인근에 분포하여 농약살포 등으로 인한 농약 이입으로 인한 자생지 훼손이 클 것으로 생각된다.

인용문헌

Chang, C. S., H. Kim and Y. S. Kim. 2001. Reconsideration of rare and endangered plant species in Korea based on the IUCN Red List Categories. Korean J. Pl. Taxon. 31: 107-142(in Korean).

IUCN. 2001. IUCN Red List Categories; Version 3.1. Prepared by the IUCN Species Survival Commissin. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. http://www.iucn.org/themes/ssx.

Kim, Y. S. 1994. The Necessity of Evaluation Criteria Selecitions for Korean Rare and Endangered Plant Species. Kor. J. Env. Eco. 8: 1-10(in Korean).

Kim, Y. S. and T. U. Kim. 1990. The Conservation od Rare Endangered Plants and The Role of Botanic Gardens and Arboreta in Korea. Seoul Nationa Univ. Coll. of Agric. Res. 15: 33-47(in Korean).

Song S. W., J. M. Chung, J. K. Shin, B. C. Lee, K. W. Park and S. J. Park. 2012. Distribution, vegetation characteristics and assessment of the conservation status of rare and endemic plant, Conreanomecon hylomeconoides Nakai. Kor. J. Pl. Taxon. 42(2): 116-125.

국립수목원. 2008. 한국 희귀식물 목록집. 산림청 국립수목원.

김찬수, 고정군, 문명옥, 송관필, 김수영, 김진, 김대신, 도재화, 송국만. 2008. 제주지역의 희귀식물. 국립산림과학원.

산림병해충 발생 예찰조사 연구

한태완*, 김경범, 김영탁, 강희석, 양윤희, 박정훈, 신창훈,
제주특별자치도 세계유산・한라산연구원

1. 목 적

❍ 주요 산림병해충 발생 및 모델 분석 연구를 기반으로 주요 산림병해충 동태 구명, 발생원인 및 시기를 예측함으로써 산림병해충 종합적 관리를 위한 기반 지식 구축

❍ 주요 산림병해충 군집분석 연구를 통하여 이후 산림구조의 변화가 산림병해충상 변화에 미치는 영향 평가

❍ 산림상 변화에 의한 주요 및 돌발 산림병해충의 발생량, 발생시기 등에 대한 발생조사

2. 조사방침

❍ 주요 산림병해충 주기적인 발생 정밀 예찰조사로 적기 방제 체제 구축

❍ 산림병해충 및 돌발병해충의 발생량, 발생시기, 피해실태 모니터링

❍ 주요 관광사적지 주변 및 도로변 등 산림병해충 피해실태 조사

❍ 침입우려 병해충 감시기능 강화로 피해 조기 차단 및 자연경관 보존

3. 조사방법

가. 소나무재선충병 피해실태 조사

1) 선단지 주변 등 고사목조사

(1) 조사장소 : 발생지역 경계지역 및 미 발생지역 위주 고사목 집중 조사 피해 확산 여부 판단

(2) 조사시기 : 년 2회('15. 7. 10.~7. 20., '15. 10. 12.~10. 19.)

(3) 조사방법 : 의뢰 들어오거나 자체 조사를 실시하여 원인 모르게 고사한 소나무류의 목편을 채취 후 검사를 실시하여 소나무재선충병 감염유무 확인

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7581, e-mail: htw6613@korea.kr

2) 집단발생지내 감염율 표본조사

(1) 조사장소 : 애월읍, 한경면, 대정읍, 안덕면, 구좌읍, 한림읍, 성산읍, 표선면

(2) 조사시기 : 년 2회(2015. 3. 12.~3. 31., 2015. 10. 05.~10. 23.)

(3) 조사방법 : 지역별 고사목 집단발생지(7개 읍면) 및 선단지(3개 읍면)를 대상으로 재선충병 감염율 표본조사

3) 솔수염하늘소 수종별 가해 및 재선충병 감염여부 조사

(1) 조사기간 : 2015년 4월~8월

(2) 조사장소 : 한라수목원 내 임업시험연구실

(3) 시험수종 : 5종(해송, 적송, 섬잣나무, 구상나무, 리기다소나무)

(4) 조사방법 : 솔수염하늘소 우화상내에 5종을 화분에 식재해 먹이 선호도 및 재선충병 감염율 조사

4) 솔수염하늘소 우화상황 조사

(1) 조사기간 : 2015년 4월~8월

(2) 조사장소 : 제주시 오라동 임지에 설치한 우화상

(3) 조사방법 : 매개충이 침입한 고사목을 우화상에 집재한 후 우화하는 솔수염하늘소의 개체수를 매일 조사

나. 솔잎혹파리 우화상황 및 충영형성율 조사

(1) 조사시기 : 2015년 5.08.~7.15(우화상황), 2015년 11.13.~11.27.(충영협성율)

(2) 조사장소 : 도 일원 해송림(고정 조사구 16개소)

(3) 조사방법 :

○ 조사대상지내에서 피해정도가 평균이 되는 조사목 5본을 전 구역에서 고루 선정

○ 조사목 1본당 충영형성 상태가 평균이 된다고 판단되는 1년생 신초를 4방위에서 2가지씩 채취

○ 채취된 가지위에 붙어 있는 총엽수와 충영이 형성된 엽수를 계산

○ 충영형성율 = (충영형성엽수/총엽수)×100

* 심 : 50%이상, 중 : 20~49%, 경 : 19%이하

다. 주요지역 수목병해충 발생조사

(1) 조사시기 : 2015년 5월~9월

(2) 조사장소 : 도 일원(조사구 10개소 및 주요 도로변)

(3) 조사방법 : 주요 관광사적지 및 주요도로변 등 조사구에 월 1회 이상 현지 답사하여 발생 병해충 종류와 가해수종, 발생상황을 조사

라. 솔나방 발생상황 조사

(1) 조사시기 : 2015년 5월(춘기), 9월(추기)

(2) 조사장소 : 도 일원(고정조사구 17개소 등)

(3) 조사방법 : 조사구에서 임의로 20본을 선정한 후 수관 상부와 하부에서 1 가지씩을 선택하여 가지위에 서식하는 유충수를 조사함.

4. 조사결과

가. 소나무재선충병 피해실태 조사

1) 시료 검사 결과(검사 의뢰된 시료나 발생지 경계지역인 선단지 주변 등 위주 검사)

❍ 제주도 전지역에 대한 소나무 재선충병 고사목 표본조사 등에서 조사·채취한 고사목 1,040본에 대한 시료 검사결과 615본 검출되었고 감염율은 59.1%로 작년 44.5%보다 높게 나타났다.

☞ 발생추세 : 2014년도에는 솔수염하늘소 우화시기인 5월~8월에는 잦은 비날씨와 낮과 밤의 일교차가 커서 발생정도가 주춤하였으나 추석명절을 기점으로 온도가 상승하여 기존의 방제현장 중심으로 고사목 발생빈도가 기하급수적으로 증가하였지만 2015년도 소나무재선충병 고사목 발생현황을 보면 일교차나 기온이 특별한 변화가 없어 기존 발생지역 주변으로 고사목이 지속적으로 발생되고 제주도 전역으로 확산되는 추세이며, 국립공원 경계주변에 고사목이 발생하고 있으나 검사결과 미감염 된 것으로 조사되고 있고 국립공원관리사무소 자체적으로 나무주사를 실시하여 한라산국립공원으로 확산을 방지하는데 총력을 기울이고 있는 실정이며, 2016년에는 선단지 및 국립공원 경계지역 등 소나무재선충병 예찰조사를 더욱 강화할 계획이다.

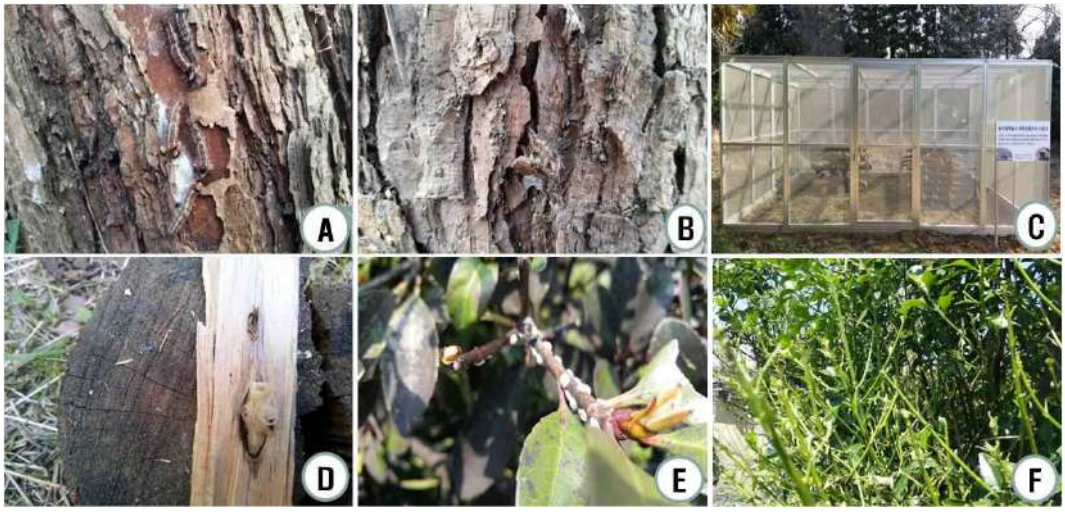


그림 1. 산림병해충 발생조사 및 예측기술연구

A: 월동중인 솔나방 유충, B: 폐사한 솔나방 유충, C: 우화상(신규),

D: 솔수염하늘소 용화, E: 거북등깍지벌레(다정큼나무), F: 노랑털알락나방 피해(사철나무).

2) 선단지주변 고사목 조사결과

❍ 제주지역 내 국립공원 경계지역, 번영로, 평화로, 비자림로, 산록도로 등 미발생 지역주변을 중심으로 년 2회(2015.7.10~7.20, 2015.10.12~10.19) 조사하여 소나무재선충병 감염여부를 검사 분석하였다. 상반기(조사일자 : 2015.7.10.~ 7.20) 선단지주변 고사목 조사결과 고사목 49본 시료를 채취하여 검사결과 17본이 감염목으로 판명되었고 감염율은 43.5%였다. 하반기(조사일자 : 2015.10.12~10.19) 선단지주변 고사목 조사결과 재선충병 검사한 시료는 40본이었고 검사결과 34본이 감염목으로 판명되었고 감염율은 85%였다.

(1) 상반기 선단지(1100도로변 지역 등) 고사목 조사 결과

❍ 조사기간 : '15. 7. 10.~7. 20.

❍ 조 사 지 : 선단지(1100도로변 지역 등) 도로변 양측 50m

❍ 조사결과 : 고사목 39본, 시료검사 39본(감염목 17본, 감염율 43.5%)

(2) 하반기 선단지 고사목 조사 결과

❍ 조사기간 : '15. 10. 12.~10. 19.

❍ 조 사 지 : 선단지(번영로, 평화로, 비자림로, 산록도로 등) 조사

❍ 조사결과 : 고사목 40본, 시료검사 40본(감염목 34본, 감염율 85%)

3) 집단발생지 내 표본조사 결과

❍ 제주지역 내 소나무재선충병 집단발생지, 생활권 주변, 경작지 주변을 중심으로 피해유형별 시료를 년 2회 채취하여 소나무재선충병 감염여부를 검사 분석하였다. 상반기 집단발생지 내 표본조사를 실시하였는데 그 결과는 표 1과 같다. 상반기 조사시기는 2015년 3월 12일부터 3월 31일까지 조사하였으며, 9개 읍·면지역 조사구에서 총 180본 고사목 시료를 채취하여 검사하였다. 검사결과 총 180본 중 150본이 감염되어 85.0%가 재선충병에 감염된 것으로 조사되었다.

표 1. 고사목 집단발생지에 대한 상반기 표본조사 결과

조사지역	애월읍	한경면	대정읍	안덕면	구좌읍	조천읍	한림읍	성산읍	표선면	합계
조사본수	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
검출본수	16	18	17	18	18	12	19	18	17	153
검출율(%)	80.0	90.0	85.0	90.0	90.0	60.0	95.0	90.0	85.0	85.0

❍ 하반기 소나무재선충병 고사목 표본조사 계획에 의거 하반기 집단발생지 내 표본조사를 실시하였는데 그 결과는 표 2와 같다. 하반기 조사시기는 2015년 10월 05일부터 10월 23일까지 조사하였으며, 10개 읍·면지역 조사구에서 총 187본 고사목 시료를 채취하여 검사하였다. 검사결과 총 187본 중 150본이 감염되어 80.2%가 재선충병에 감염되어 상반기와 같이 높게 나타났다. 이는 작년 잦은 비날씨와 낮과 밤의 일교차 커서 발생정도가 주춤한 반면 올해에는 기온, 일교차가 예년과 비슷한 날씨를 보여 고사목 발생이 높았고 또한 감염율도 높게 나타났다.

표 2. 고사목 집단발생지에 대한 하반기 표본조사 결과

조사지역	조천읍	구좌읍	성산읍	표선면	남원읍	안덕면	대정읍	한경면	한림읍	애월읍	합계
조사본수	20	20	20	16	11	20	20	20	20	20	**187**
검출본수	19	18	18	14	5	12	17	19	18	10	**150**
검출율(%)	95.0	90.0	90.0	87.5	45.5	60.0	85.0	95.0	90.0	50.0	**80.2**

4) 솔수염하늘소 수종별 가해 및 재선충병 감염여부 조사

❍ 솔수염하늘소 수종별 가해 및 재선충병 감염여부를 조사하기 위해 한라수목원 임엄시험연구실 주변 우화상 내에서 5개 수종(해송, 적송, 섬잣나무, 리기다소나무, 구상나무)을 대상으로 먹이섭식, 고사, 재선충병 감염여부를 조사하였으며, 먹이섭식 여부는 줄기표면에 섭식흔을 관찰하였고 고사여부는 고사현상, 재선충병 감염여부는 고사한 시료를 채취분리하여 현미경으로 검사하였다. 조사방법으로 솔수염하늘소 우화상내에 5종의 화분묘(2그루씩 2반복)를 배치하여 먹이 섭식 선호도 및 고사여부, 재선충병 감염율을 조사하였다. 솔수염하늘소 성충은 솔수염하늘소 매개충 우화상황 조사에서 우화되는 솔수염하늘소를 채집하여 시험조사 우화상내로 방사하였다. 조사결과(그림 1, 표 4), 먹이가 풍부하지 못한 상황(총 시험목 10그루)이어서 5개의 수목에 모두가 대량의 섭식흔적을 관찰할 수 있었으며, 고사여부로는 해송, 적송, 섬잣나무, 리기다소나무는 고사하였고 구상나무는 고사되지 않았다. 재선충병 감염여부를 검사한 결과 해송, 적송, 섬잣나무, 리기다소나무에서는 재선충이 검출되었지만 구상나무에서는 검출되지 않았다. 2014년도에 이어 2015년 시험결과 리기다소나무는 금번 실험에서 고사 및 감염되었으나 자연상태의 동종의 고사목에서는 재선충이 관찰되지 않았다. 이는 자연상태에서는 먹이분포가 풍부한 반면 우화상내에서는 솔수염하늘소 밀도에 비해 먹이 수종이 부족하여 감염되었다고 사료된다. 또한 2016년도에 먹이선호도와 감염여부을 제주도에 주 분포수종인 삼나무 등에 확대하여 소나무재선충병 감염여부 등을 재조사할 계획이다.

표 4. 솔수염하늘소 수종별 가해 및 재선충병 감염여부 조사

수 종 명	섭식여부	고사여부	감염여부	비 고
구상나무	섭 식	**생 존**	**미감염**	
리기다소나무	섭 식	고 사	감 염	
해송(곰솔)	섭 식	고 사	감 염	
적송	섭 식	고 사	감 염	
섬잣나무	섭 식	고 사	감 염	



그림 3. 솔수염하늘소 수종별 가해 및 재선충병 감염여부 조사
A: 섬잣나무, B: 적송, C: 리기다소나무, D: 구상나무, E&F: 고사

5) 솔수염하늘소 매개충 우화상황 조사 결과

❍ 2015년 우화조사 상황

1) 설치장소 : 제주시 노형동 567번지(속칭 전경부대 - 해발157m)

• 총우화 수량 : 55마리

- 최초우화일 : 2015. 5. 27.
- 우화종료일 : 2014. 8. 05.
- 우화최성기 : 2015. 6. 20. ~ 6. 25.
- 최고우화일 : '15. 6. 20.(5마리)

2) 설치장소 : 제주시 오라2동 407번지(속칭 모수원 - 해발241m)

• 총우화 수량 : 77마리

- 최초우화일 : 2015. 5. 27.
- 우화종료일 : 2014. 8. 03.
- 우화최성기 : 2015. 6. 12. ~ 6. 20.
- 최고우화일 : '15. 6. 14.(7마리)

❍ 해발 157m인 노형동 567번지에 설치된 우화상에서 소나무재선충병의 매개충인 솔수염하늘소의 최초 우화일은 2015년 5월 27일로 전년도 6월 2일에 비해 7일 빨랐으며, 우화 최성기는 6월 20일~6월 25일 사이였고 우화 종료일은 8월 05일로 총 55마리가 우화한 것으로 조사되었다(그림 2).

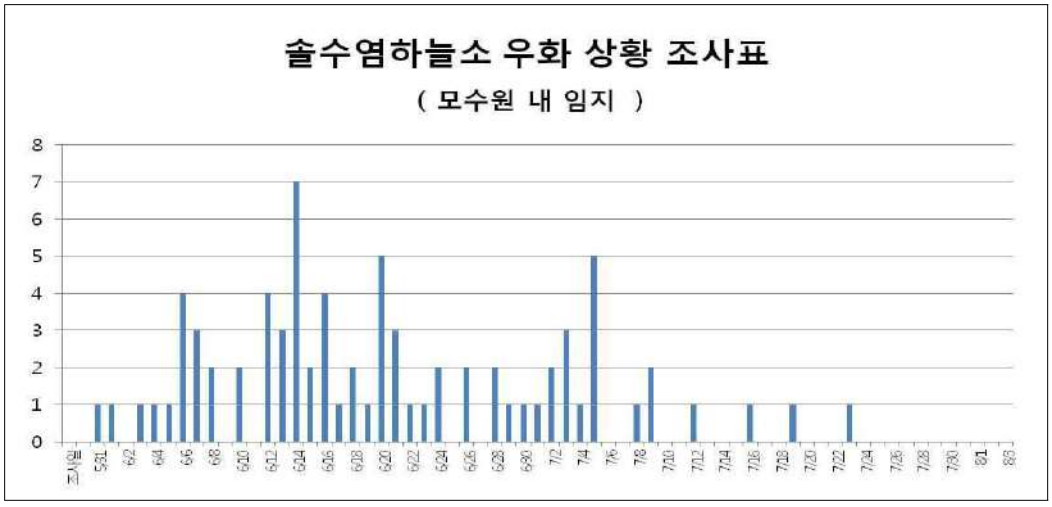


그림 2. 소나무재선충병 매개충 솔수염하늘소 우화상황 조사 결과(모수원)

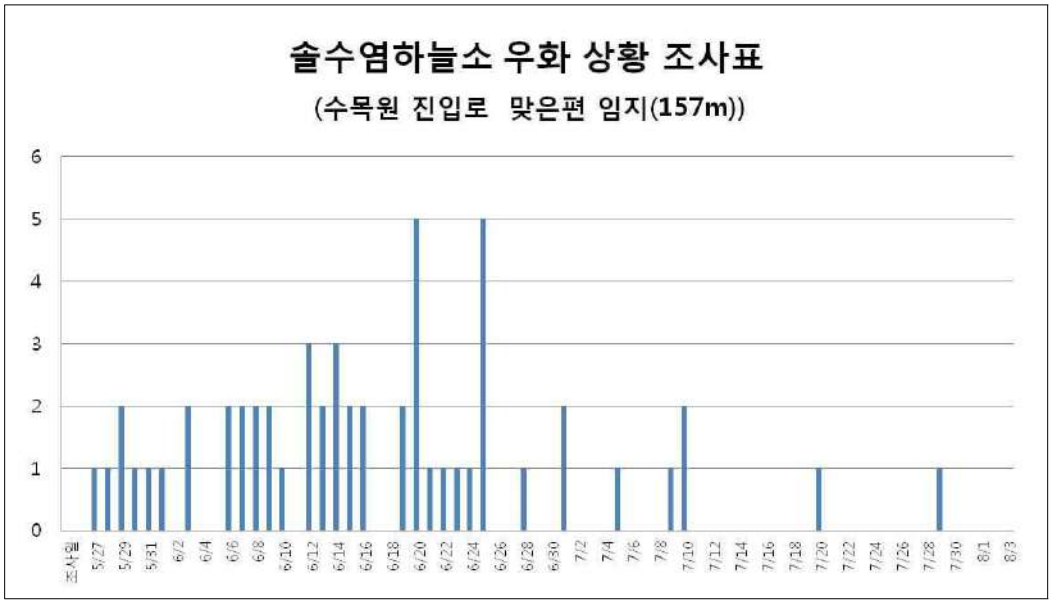


그림 3. 소나무재선충병 매개충 솔수염하늘소 우화상황 조사 결과(수목원 맞은편)

❍ 해발 241m인 오라2동 407번지에 설치된 우화상에서 소나무재선충병의 매개충인 솔수염하늘소의 최초 우화일은 2015년 5월 27일 이었으며, 우화 최성기는 6월 12일~6월 20일 사이였고 우화 종료일은 8월 03일로 총 77마리가 우화한 것으로 조사되었다(그림 3).

4. 솔잎혹파리 우화상황 및 충영형성율 조사결과

❍ 2015년 솔잎혹파리 우화상황 조사결과

- 설치장소 : 제주시 노루생이 오름 주변(제주시 연동 산146-11번지)
- 설치일시 : 2015. 4. 22.
- 설 치 수 : 10개
- 조사방법 : 우화상 설치 후 솔잎혹파리 우화 개체수를 조사
- 조사결과

  - 총우화수량 : 62마리
  - 최초우화일 : 2015. 5. 14.(2014년도 최초우화일 : 5. 2.)
  - 우화종료일 : 2015. 7. 06.(2014년도 우화종료일 : 7. 14.)
  - 우화최성기 : 2015. 6. 12. ~ 6. 21.(2014. 6. 6.~ 6. 15.)

❍ 솔잎혹파리의 최초 우화일은 2015년 5월 14일로 전년도 5월 2일에 비해 12일 늦었으며, 우화 최성기는 6월 12일~6월 21일 사이였고 우화 종료일은 7월 6일로 총 62마리가 우화한 것으로 조사되었다(그림 4, 그림 5).



그림 4. 솔잎혹파리 우화상황 조사

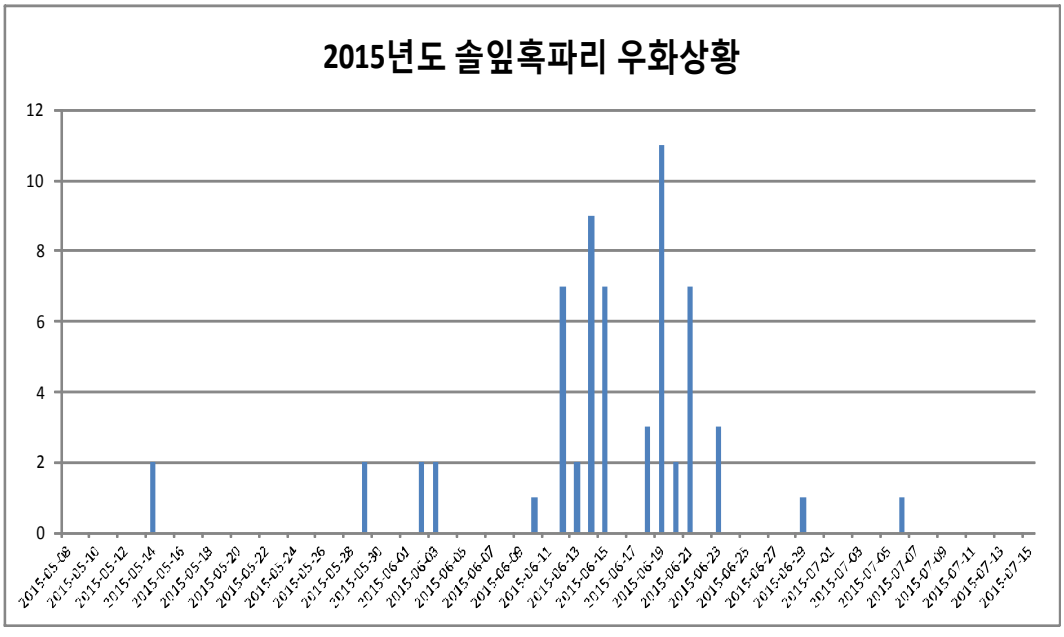


그림 5. 솔잎혹파리 우화상황 조사 결과

나. 솔잎혹파리 충영형성율 조사 결과

❍ 2015년 솔잎혹파리 충영형성율 조사결과 피해율을 보면(표 5), 2014년도에 이어 조사 전지역에서 피해정도가 19%이하인 경급으로 조사되었다. 대부분 고정조사구 내에서 충영형성율을 보면 전년도 보다 감소하고 있으나 조천읍 알밤악. 아라동 관음사, 오등동 오라목장인 곳에서는 충영형성율이 증가하였으나 피해정도는 경급이었으며 솔잎혹파리의 피해발생에 의한 피해가 감소되고 있다고 볼 수 있다. 또한 충영형성율 조사결과를 보면(표 6) 전년도에 비해 전체 평균 0.7% 감소한 4.5%로 조사되었으며 제주시 지역은 전년과 같이 5.9%로 증감에 변화가 없었고 서귀포시 지역도은 3.2%로 1.2% 감소한 것으로 조사되었다. 제주시지역에서는 전년도에 비해 관음사, 해안목장, 오라목장, 조천읍 알밤악오름, 구좌읍 덕천경계에서 충영형성율이 다소 증가하였으나 소나무 생육에 피해를 줄 정도가 아닌 경미하게 발생하였다. 서귀포시지역에서는 안덕면 창천북쪽과 안덕면 거린오름지역에서 충영형성율이 다소 증가하였으나 경미하였다. 솔잎혹파리 충영형성율 조사결과를 종합해 보면 2014년 조사결과보다 평균적으로 0.6%가 감소하여 솔잎혹파리로 인한 소나무림 피해가 발생되지 않고

회복이 되고 있는 것으로 사료된다.

표 5. 솔잎혹파리 충영형성율(피해율) 조사결과

조 사 장 소		총엽수	충영엽수	충영율 (%)	피해 정도
제주시	해안동 해안목장	5,270	562	10.7	경
	아라동 들위오름	4,749	169	3.6	경
	애월읍 광령리(항몽유적지 주변)	4,430	266	6.0	경
	조천읍 알밤악	5,560	522	9.4	경
	구좌읍 덕천경계	6,120	410	6.7	경
	아라동 관음사	4,966	270	5.4	경
	영평동 삼미목장	6,607	381	5.8	경
	오등동 죽성	4,131	98	2.4	경
	오등동 오라목장	4,687	357	7.6	경
	오등동 오등목장	2,608	78	3.0	경
	조천읍 산굼부리	3,264	201	6.2	경
	조천읍 조천목장	5,766	260	4.5	경
서귀포시	예래동 군산	4,853	188	3.9	경
	안덕면 창천북쪽	2,151	51	2.4	경
	표선면 태흥목장	4,672	154	3.3	경
	안덕면 거린오름	4,562	182	4.0	경
	남원읍 민악	5,398	136	2.5	경

* 피해도 조사요령

1. 조사대상지내에서 피해정도가 평균이 되는 조사목 5본을 전구역에서 고루선정
2. 조사목 1본당 충영형성상태가 평균이 된다고 판단되는 1년생 신초를 4방위에서 2가지씩 채취
3. 채취된 가지위에 붙어 있는 총엽수와 충영이 형성된 엽수를 계산
4. 충영형성율=(충영형성엽수/총엽수)×100
   (심 : 50%이상, 중 : 20~49%, 경 : 19%이하)

표 6. 솔잎혹파리 충영형성율 조사결과

조 사 지		충 영 형 성 율(%)		
		2014	2015	증 감
도 평 균		**5.1**	4.5	△0.6
제주시	아라동(들위오름)	5.1	3.6	△1.5
	아라동(관음사)	3.1	5.4	2.3
	영평동(삼미목장)	10.9	5.8	△5.1
	해안동(해안목장)	7.8	10.7	2.9
	오등동(죽성)	4.5	2.4	△2.1
	오등동(오라목장)	3.2	7.6	4.4
	오등동(오등목장)	4.8	3.0	△1.8
	조천읍(알밤악)	8.6	9.4	0.8
	조천읍(산굼부리)	6.1	6.2	0.1
	조천읍(조천목장)	5.6	4.5	△1.1
	애월읍(항몽유적지)	6.1	6.0	△0.1
	구좌읍(덕천경계)	5.1	6.7	1.6
	평 균	**5.9**	5.9	0
서귀포시	예래동(군산)	5.9	3.9	△2.0
	안덕면(창천북쪽)	1.7	2.4	0.7
	표선면(태흥목장)	6.1	3.3	△2.8
	안덕면(거린오름)	3.7	4.0	0.3
	남원읍(민악)	4.9	2.5	△2.4
	평 균	**4.4**	3.2	△1.2

* 피해도 조사 방법

1. 조사대상지내에서 피해정도가 평균이 되는 조사목 5본을 전 구역에서 고루선정
2. 조사목 1본당 충영형성상태가 평균이 된다고 판단되는 1년생 신초를 4방위에서 2가지씩 채취
3. 채취된 가지위에 붙어 있는 총엽수와 충영이 형성된 엽수를 계산
4. 충영형성율=(충영형성엽수/총엽수)×100 - (심:50%이상, 중:20～49%, 경:19%이하)

다. 주요지역 수목병해충 발생상황 조사 결과

❍ 제주도일원 관광사적지 및 주요도로변 등 주요지역에 대한 수목병해충 발생상황 조사결과(표 7), 주요 발생 해충으로는 잎벌류, 깍지벌레류, 선녀벌레류 진딧물류, 먹무늬재주나방, 팽나무벼룩바구미 등이 주로 발생하

였으며, 병해로는 빗자루병, 그을음병, 갈색무늬구멍병, 떡병 등이 발생하였다. 전년도와 같이 팽나무에 벼룩바구미 피해와 왕벚나무에 갈색무늬구멍병 피해가 많은 것으로 조사되었으며 도로변 중앙분리대에 식재된 수목에 진딧물로 인한 그을음병이 발생하였다. 발생양상을 보면 해충류는 온도변화에 따라 여러수종이 발생하였지만 병해는 한번 발생하면 계속 남아있어 발병초기에 방제하는 것이 급선무라 생각된다.

표 7. 주요지역 수목병해충 발생상황 조사 결과

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
제주시 삼성혈	6월	조록나무	줄솜깍지벌레	
			조록나무혹진딧물	
		팽나무	복숭아혹진딧물	
		사철나무	팽나무벼룩바구미	
		사스레피나무	흰가루병	흰가루병
		생달나무	그을음병	그을음병
			뾰족생달나무이(가칭)	
	7월	조록나무	줄솜깍지벌레	
			조록나무혹진딧물	
		사철나무	복숭아혹진딧물	
		사스레피나무		갈색무늬구멍병
		생달나무		흰가루병
		사스레피나무		그을음병
		생달나무	뾰족생달나무이(가칭)	
	8월	조록나무	조록나무혹진딧물	
		왕벚나무		갈색무늬구멍병
		사철나무		흰가루병
		사스레피나무		그을음병
	9월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
		조록나무	조록나무혹진딧물	
		사철나무		흰가루병
		사스레피나무		그을음병
		생달나무	뾰족생달나무이(가칭)	

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
제주시연삼로-서사라주변 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
제주시 구좌읍 만장굴 주변	6월		극동등애잎벌	
		철쭉	선녀벌레약충	
		조록나무	조록나무혹진딧물	
			줄솜깍지벌레	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	
			벚나무빗자루병	
		해 송	소나무순나방	
	7월	조록나무	조록나무혹진딧물	
			줄솜깍지벌레	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
		철 쭉	극동등애잎벌	
			선녀벌레	
	8월	조록나무	조록나무혹진딧물	
		왕벚나무	먹무늬재주나방	벚나무빗자루병
			줄솜깍지벌레	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
	9월	후박나무	뾰족후박나무이(가칭)	그을음병
		조록나무	조록나무혹진딧물	
		왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
만장굴 ~ 덕천리 교차로	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
	9월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
		후박나무	집명나방류	
제주시 구좌읍 비자림 주변	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
제주시 구좌읍 비자림 주변	6월	철쭉,진달래	극동등애잎벌	떡병
			선녀벌레약충	
		사철나무		흰가루병
	7월	왕벚나무		벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
		철쭉,진달래	극동등애잎벌	
		사철나무		흰가루병
	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		아왜나무	선녀벌레	
		돈나무	선녀벌레	
			돈나무이	그을음병
제주시 애월읍 항몽유적지	6월 ~ 9월	내성지 발굴 공사로 인하여 수목이 벌채됨으로 조사 불가		
제주시 한림읍 한림공원	6월	느티나무	느티나무벼룩바구미	
		돈나무	돈나무이	그을음병
		동백나무		흰가루병
	7월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
			느티나무벼룩바구미	
		돈나무	돈나무이	그을음병
	8월	돈나무	돈나무이	그을음병
	9월	돈나무	돈나무이	그을음병
서귀포시 안덕면 산방산 주변	6월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		철쭉		떡병
	7월	철쭉	선녀벌레약충	떡병
			극동등애잎벌	
	8월	철쭉,진달래	선녀벌레	
	9월	해 송	소나무재선충병	
서귀포시 안덕계곡 주변	6월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
서귀포시 안덕계곡 주변	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
		철쭉, 진달래	선녀벌레	
	8월	왕벚나무		벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
		생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
		광나무	선녀벌레	
	9월	왕벚나무		벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
		생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
서귀포시 중문동 천제연폭포	6월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		구실잣밤나무		빗자루병
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
	7월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
		돈나무	돈나무이	그을음병
		구실잣밤나무		빗자루병
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
		철쭉,진달래	선녀벌레	
	8월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
		왕벚나무		벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
		구실잣밤나무		빗자루병
		철쭉,진달래	선녀벌레, 약충	
	9월	왕벚나무		벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
		구실잣밤나무		빗자루병
		느릅나무	선녀벌레	

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
정실입구 ~ 제주대사거리 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
	7월		먹무늬재주나방	
	8월		노랑쐐기나방	갈색무늬구멍병
			먹무늬재주나방	
	9월		먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
제주시 애월읍 광령입구 ~ 장전리 구간 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
	7월		복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	8월		먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
	9월		먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
중문관광단지 내 가로수	8월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
	9월		먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병

라. 솔나방 발생상황 조사 결과

❍ 춘기 솔나방 발생상황을 조사한 결과 조사구 대부분 피해도는 '경' 또는 '미발생'으로 조사되었지만(표 8), 한림읍 상대리 가축분묘처리장주변, 금악리 한전스마트센터주변 소나무 임지에서는 발생 및 피해정도가 '중'으로 조사되었다. 이지역은 2014년도 추기 솔나방 조사때에도 발생정도가 증가한 지역이었다. 제주시지역에는 한경면 저지오름 임지에서 경미할 정도로 솔나방 유충이 발생하였고 나머지 조사구에서는 유충발생을 관찰할 수가 없었다. 서귀포시 지역에서는 예례동 해안도로변주변임지에서 유충이 발생하였으나 그 외 지역에서는 발생하지 않았다.

❍ 추기 솔나방 발생상황을 조사한 결과 춘기에 비해 발생정도가 감소하였다. 특히 춘기조사때 발생정도가 '중'으로 조사되었던 한림읍 상대리 가축분묘공공처리장 주변 및 금악리 한전스마트센터 주변 소나무임지에서 발생정도가 경으로 감소되었고 서귀포시 지역에서 춘기때 발생하지 않았던 안덕면 동광리 거린오름 주변임지에 솔나방 유충이 관찰되었으나 발생정도는 경미하였다.

표 8. 춘기 솔나방 발생상황 조사 결과

시별	읍·면·동별	지 역 별	발생 및 피해정도				비 고
			심	중	경	미발생	
제주시	도두동	도두봉 주변임지				●	고정조사구
	연 동	민오름 주변임지				●	고정조사구
	삼양동	원당봉 주변임지				●	고정조사구
	애월읍	상귀리 항몽유적지 주변임지				●	고정조사구
		수산리 수산봉 주변임지				●	고정조사구
		고내리 고내봉 주변임지				●	고정조사구
		곽지리 과오름 주변임지				●	고정조사구
		봉성리 어도봉 주변임지				●	고정조사구
	한림읍	상대리 가축분묘 공공처리장 주변		●			
		금악리 한전스마트센터 주변		●			
	한경면	고산리 수월봉 주변임지				●	
		저지리 저지오름 주변임지			●		고정조사구
	조천읍	선흘리 알밤악 주변임지				●	고정조사구
		선흘리 동백동산 주변임지				●	
	구좌읍	김녕리 만장굴 주변임지				●	고정조사구
서귀포시	서홍동	삼매봉 주변임지				●	고정조사구
	예래동	해안도로변 임지			●		
	보목동	제지기오름 주변임지				●	
	성산읍	고성리 대수산봉 주변임지				●	고정조사구
		수산리 대왕산 주변임지				●	고정조사구
		고성리 터진목 주변임지				●	
		종달리 지미봉 주변임지				●	
	표선면	표선리 매오름 주변임지				●	고정조사구
	안덕면	동광리 거린오름 주변임지				●	
		동광IC~덕수2교차로 주변임지				●	
	대정읍	상모리 송악산 주변임지				●	고정조사구
		일과리 해안도로변 임지				●	
		사계리 산방산 주변임지				●	고정조사구

* 조사대상지에서 피해가 평균이 되는 조사목을 선정하여 직경×길이가 100㎠ 정도되는 가지위에 있는 유충수를 조사
  - 총유충수/조사본수가 1.0이상이면 **심**, 0.5~1미만이면 **중**, 0.5미만이면 **경**으로 피해도 표시

표 9. 추기 솔나방 발생상황 조사

시별	읍·면·동별	지 역 별	발생 및 피해정도				비 고
			심	중	경	미발생	
제주시	도두동	도두봉 주변임지				●	고정조사구
	연 동	민오름 주변임지				●	고정조사구
	삼양동	원당봉 주변임지				●	고정조사구
	애월읍	상귀리 항몽유적지 주변임지				●	고정조사구
		수산리 수산봉 주변임지				●	고정조사구
		고내리 고내봉 주변임지				●	고정조사구
		곽지리 과오름 주변임지				●	고정조사구
		봉성리 어도봉 주변임지				●	고정조사구
	한림읍	상대리 가축분묘 공공처리장 주변			●		
		금악리 한전스마트센터 주변			●		
	한경면	고산리 수월봉 주변임지				●	
		저지리 저지오름 주변임지			●		고정조사구
	조천읍	선흘리 알밤악 주변임지				●	고정조사구
		선흘리 동백동산 주변임지				●	
	구좌읍	김녕리 만장굴 주변임지				●	고정조사구
서귀포시	서홍동	삼매봉 주변임지				●	고정조사구
	예래동	해안도로변 임지				●	
	보목동	제지기오름 주변임지				●	
	성산읍	고성리 대수산봉 주변임지				●	고정조사구
		수산리 대왕산 주변임지				●	고정조사구
		고성리 터진목 주변임지				●	
		종달리 지미봉 주변임지				●	
	표선면	표선리 매오름 주변임지				●	고정조사구
	안덕면	동광리 거린오름 주변임지			●		
		동광IC~덕수2교차로 주변임지				●	
	대정읍	상모리 송악산 주변임지				●	고정조사구
		일과리 해안도로변 임지				●	
		사계리 산방산 주변임지				●	고정조사구

* 조상대상지에서 피해가 평균이 되는 조사목(20본)을 선정하여 직경×길이가 100㎠ 정도 되는 가지위에 있는 유충수를 조사
  - 총유충수/조사본수가 2.0이상이면 **심**, 1.0이상~2.0미만이면 **중**, 1.0미만이면 **경**으로 피해도 표시

인용문헌

산림청. 1992. 산림병해충방제요령. 산림청.

산림청. 2014. 산림병해충 예찰・방제계획. 산림청.

산림청. 2015. 산림병해충 예찰・방제계획. 산림청.

Keenji Umeya, Toshitsugu Okada. 2014. 해충대사전. 아카데미 서적.

이기형, 권건형, 안찬기, 김영재, 전원찬, 황진현, 박정훈. 2014. 공립나무병원 진단사례집. 대한인쇄기획.

이상명, 김동수, 김준범, 전향미, 최광식, 박남창. 2010. 한국의 소나무재선충병 방제연구. 웃고문화사.

이상현 외. 2013. 식물병해충도감 -진단과방제-. 학술편수관.

이창복. 2003. 원색식물도감. 향문사.

국립산림과학원. 2012. 소나무재선충병 방제 실무매뉴얼(개정). 청산기획사.

국립산림과학원. 2012. 분재재배 및 병해충 관리. 웃고문화사.

국립산림과학원. 2007. 新산림해충도감. 웃고문화사.

(사)한국산림기술사협회. 2015. 「소나무재선충병」은 숲의전염병. 명성기획인쇄사.

신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보. 2012. 산림병해충 발생 예찰조사 연구. 한라산연구소 조사연구보고서 12: 275~298.

신창훈, 고형종, 김경범, 김영탁, 강희석. 2013. 산림병해충 발생 예찰조사 연구. 한라산연구소 조사연구보고서 13: 287~305.

한태완, 김경범, 김영탁, 강희석, 박정훈, 신창훈. 2014. 산림병해충 발생 예찰조사 연구. 제주특별자치도 세계유산한라산연구원 제14호 조사연구보고서 14: 386~404.

소나무 재선충병 피해지 산림생태계 조사

김대신, 김종갑, 김권수[1)], 김현철*
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원, [1)]제주특별자치도 산림휴양정책과

서 론

우리나라의 산림면적은 전 국토면적의 64% 이상인 637만 5천ha이며, 이중 소나무류를 포함한 침엽수림은 268만 ha로 가장 널리 분포하고 있다. 제주도인 경우 소나무를 포함한 침엽수림의 분포면적은 23,341ha이고 이중 소나무림 면적은 16,284ha로 산림면적 8만8874ha의 18%를 차지하고 있다. 과거 소나무에 발생하는 병해충을 보면 과거 솔나방, 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레 등의 피해가 발생이 되었으나 최근 소나무 재선충병의 확산이라는 위기에 직면해 있다. 재선충의 발생은 국내인 경우 1988년 부산에서 최초 발생한 이래 2009년 현재 전국적으로 확산되었으며 제주지역의 소나무 재선충병 발생은 2004년도에 오라동에서 처음 발생하여 2013년부터 이상기후 등으로 급속하게 도 전역으로 확산됨에 따라 그 피해면적은 7,088ha로 제주지역 소나무 면적의 43.5%를 차지하고 있다. 또한 소나무재선충병은 기주인 소나무류, 병원체인 소나무재선충, 매개충인 솔수염하늘소와 북방수염하늘소, 그리고 미생물과 기후 등 환경요인간 상호작용에 의해 소나무를 고사시켜 방제가 매우 어려운 산림병해충이다. 따라서 이를 방제하기 위해 고사목제거, 나무주사, 항공방제, 집합페르몬 등이 시행되고 있고 지속적인 예방 및 방제약 개발이 진행되고 있다. 본 연구는 소나무 재선충 피해지 고사목제거 후 산림생태계의 미치는 영향을 모니터링하여 소나무 재선충 방제전략의 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7572, e-mail: khc4078@korea.kr

재료 및 방법

1. 조사지 개황

조사지는 소나무 재선충 피해지로 벌채작업이 진행된 곳으로 애월읍 유수암리, 광령리와 도두봉, 조천읍 와흘리를 대상지로 선정하여 조사를 실시하였다(표 1, 그림 1).

표 1. 조사대상지 현황

대상지			면적	소 유 자
조사구	읍・동・리	지번	(㎡)	
1	애월읍 유수암리	342-2	11,818	도유지
2	애월읍 광령리	2554-1	9,855	도유지
3	도두1동	산1 외 3필지	69,400	국유지(산림청)
4	조천읍 와흘리	1173 외 1필지	6,297	도유지 외 1

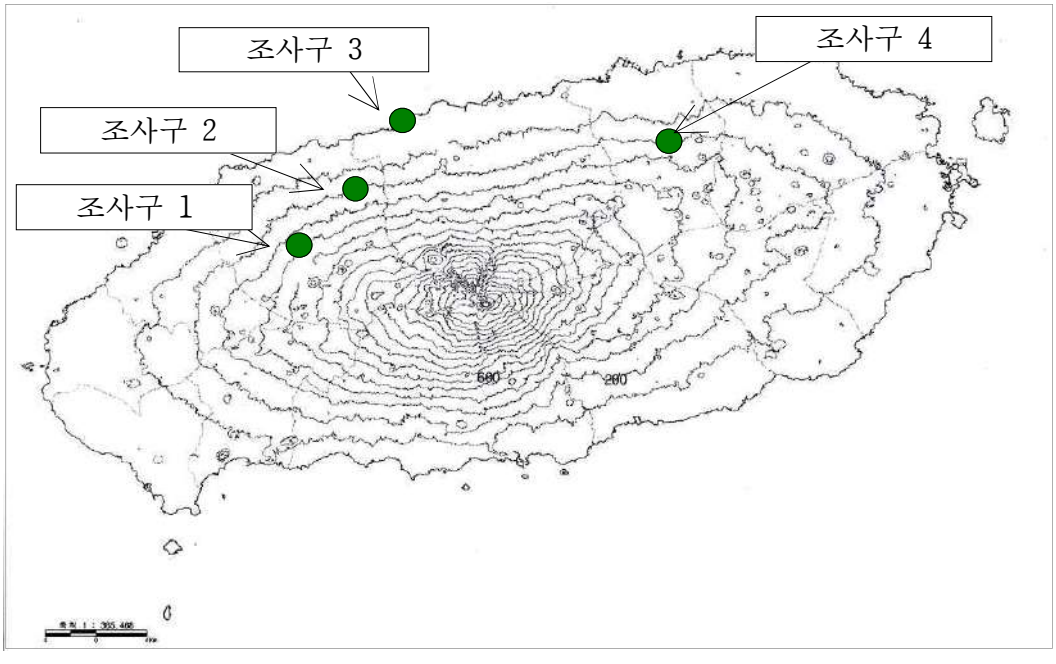


그림 1. 조사지 개황

2. 조사방법

1) 조사구 설치

각 조사지역에 대해 실험구는 소나무 재선충 피해로 벌채작업을 진행된 곳을 조사구를 선정하였고 대조구는 각 조사구 주변의 재선충 피해가 적은 곳을 선정하여 10×10m 정방형 형태의 고정방형구를 설치였다(표 2). 고정방형구 설치방법은 4개 꼭지와 중앙에 기준점 설치 후 조사구 기준점에는 붉은색으로 표시하였고 정확한 표시를 위해 좌표 체계를 기준점에서 사면방향 수직방향(오른쪽)이 x축, 사면방향(윗쪽)이 y축으로 구분하여 조사하였다(그림 2).

표 2. 고정조사구 위치정보 및 현황

조사구역		위치정보	고도	방위	해송본수	
					생목	벌목
조사 1지역	실험구	N 33°25′18.46 E126°25′00.40	409M	210°	0	10
	대조구	N 33°25′19.73 E126°24′58.18	404M	230°	8	1
조사 2지역	실험구	N 33°27′03.67 E126°26′03.44	214M	210°	4	10
	대조구	N 33°27′05.04 E126°26′03.02	209M	225°	7	1
조사 3지역	실험구	N 33°30′27.11 E126°28′03.34	45M	200°	0	6
	대조구	N 33°30′27.93 E126°28′01.84	33M	240°	10	1
조사 4지역	실험구	N 33°29′59.23 E126°28′12.81	142M	110°	0	8
	대조구	N 33°30′19.34 E126°37′40.08	118M	270°	7	0

2) 조사내용

각 지역별 조사구와 주변지역에 대해 식물상 조사를 하여 지역별 출현종수, 특정식물 출현종수, 식물구계학적 등급, 유사도지수 등을 비교분석 하였으며 재선충 방제를 위해 벌채한 지역에 대해 식생의 간섭을 규명하기 위해 귀화식물의 분포를 이용하여 귀화율, 도시화지수(Urbanization Index) 등을 산출하였다. 조사방형구내 식생변화를 조사하기 위해 조사방형구의 곰솔의 피도, 근원경, 수고, 수령 등 생장조사와 하층식생을 이루고 있는 식생에 대해 조사

하였으며 이를 이용하여 수관 단면도와 평면도를 작성하였다(이 등, 2011; Yim and Jeon, 1980; Numata, 1978). 또한 곰솔 벌채에 따른 식생천이를 추정하기 위해 고정방형구 내 1×1m 소형방형구 설치하였고 곰솔의 개체수 변화를 조사하기 위해 곰솔 치수 옆에 지침봉을 이용하여 마킹하였다.

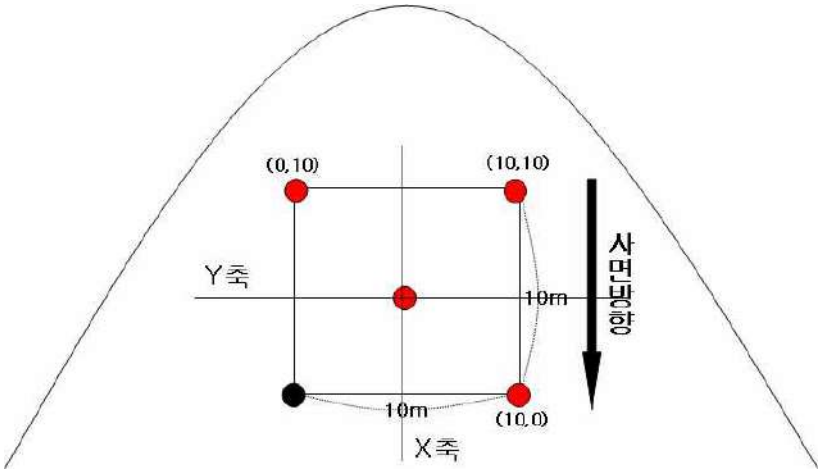


그림 2. 고정조사구 설치 및 좌표체계

귀화율 (Naturalization Index)	NI = S/N×100	S : 귀화식물종 수 N : 일정지역의 전체 식물종 수
도시화지수 (Urbanization Index)	UI = S/N × 100	S : 그 지역의 귀화식물 종 수 N : 국내 귀화식물 종수 321종
체감도시화지수 (Actual urbanization Index)	AUI = E/S×E/Et×1/A	E : 귀화식물 종수 S : 출현 식물종의 총수 Et : 국내의 귀화식물종수 321종 A : 전체 지역내에서 지역의 면적비
유사도 지수 (Index of Similarity)	S= A/(A+B+C)	A : 서식지 A와 B에 공통으로 서식하는 종수 B : B에는 서식하나 A에는 서식하지 않은 종수 C : A에는 서식하나 B에 서식하지 않는 종수

결과 및 고찰

1. 조사지역별 관속식물상

조사지역별 관속식물상을 분포를 조사하기 위해 대조구, 실험구, 주변지역으로 구분하여 조사한 결과 조사 2지역(광령리)일대에 총 출현된 관속식물의 수가 119분류군으로 가장 높았으며 조사 1지역(유수암) 112분류군, 조사 4지역(와흘리) 102분류군, 조사 3지역(도두봉) 87분류군 순으로 조사되었다(표 3). 각 지역별 곰솔 벌채가 되어 식생이 이입되는 실험구에 대한 관속식물의 분포는 조사 1지역은 개쑥갓, 서양금혼초, 주홍서나물, 깨풀 등의 초본류와 보리수나무, 붉나무, 비자나무, 산철쭉, 예덕나무 등 목본류가 이입이 되어 총 38과 50속 64분류군으로 제일 높은 것으로 조사되었다. 반면 제일 낮은 지역은 조사 4지역으로 돌외, 밀나물, 예덕나무, 찔레꽃, 초피나무 등 30과 35속 42분류군으로 조사되었다. 대조구는 각 실험구와 인접한 지역으로 최대한 인위적 간섭이 없는 지역을 선택하여 조사하였는데 그 결과 조사 4지역 49분류군, 조사 2지역 47분류군, 조사 3지역 43분류군, 조사 1지역 34분류군 순으로 조사되었다(부록 1). 벌채 및 간벌과 같은 인간 활동은 산림생태계의 가장 중요한 요소인 교목 종의 구조와 구성을 급격하게 변화시키며, 직·간접적인 과정을 통해 생태계 기능을 변화시킨다. 그리고 이러한 산림 활동은 대부분의 식물다양성이 존재하는 하층식생의 구조와 종조성에 큰 영향을 미치게 된다(Halpern and Spies, 1995; Cho et al., 2011). 정 등(2015)은 소나무를 벌채 시 하층식생 피도 및 종다양성은 대상 벌채 넓이에 상관없이 교목 종 및 광 선호 수종의 확장에 의해 증가한다고 한다. 따라서 총 출현 종수에 대해 각 실험구과 대조구에 분포한 식물종의 비율 차를 보면 조사 1지역 27%, 조사 2지역 11%, 조사 3지역 22%가 곰솔이 벌채된 실험구가 높은 것으로 분석되어 정 등(2015)이 제시한 결과와 유사하게 나타났다. 반면 조사 4지역인 경우 7%가 대조구에 비해 실험구의 출현종수가 낮은 것으로 분석되었는데 이는 조사 4지역인 와흘리 일대 전면 벌채가 이루어져 대조구를 주변의 다른 곳으로 지정하여 조사가 진행되었기 때문이라고 생각된다.

표 3. 조사지역별 관속식물의 분포현황

		과	속	종	아종	변종	품종	분류군	총출현종수
조사 1지역	대조구	24	32	31	-	3	-	34	
	실험구	38	50	55	-	5	4	64	112
	주변지역	27	36	39		3		42	
조사 2지역	대조구	33	44	41	-	5	1	47	
	실험구	34	50	49	-	9	1	59	119
	주변지역	27	46	49	-	3	-	52	
조사 3지역	대조구	29	41	37	-	6	-	43	
	실험구	31	50	45	-	7	1	53	87
	주변지역	14	22	20	-	4	-	24	
조사 4지역	대조구	37	48	44	-	4	1	49	
	실험구	30	35	38	1	3	-	42	102
	주변지역	48	37	44	-	4	1	49	

2. 조사지역별 특정식물 분포 현황

1) 희귀·특산식물 분포

조사지역별 희귀·특산식물 분표현황을 보면 조사 1지역인 경우 희귀식물 등급이 DD(자료부족종)인 옥녀꽃대(*Chloranthus fortunei*)가 대조구 및 주변식생으로 분포하는 것으로 조사되었고 특산식물인 떡윤노리나무가 실험구에 분포하는 것으로 조사되었다(표 4). 한편 조사 2지역인 경우 LC(약관심종)인 개지치(*Lithospermum arvense*)와 VU(취약종)인 방울새란(*Pogonia minor*)이 분포하였고 조사 3지역인 경우 EN(위기종)인 담팔수(*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*)와 LC(약관심종)인 솜양지꽃(*Potentilla discolor*)꽃이 분포하는 것으로 조사되었으며 조사 4지역인 경우 희귀·특산식물은 분포하지 않는 것으로 조사되었다.

표 4. 조사지역 희귀·특산식물 분포 현황

과명	한국명	학명	희귀 식물	특산 식물	조사지역 1	2	3	4
홀아비꽃대과	옥녀꽃대	*Chloranthus fortunei*	DD		○			
지치과	개지치	*Lithospermum arvense*	LC			○		
난초과	방울새란	*Pogonia minor*	VU			○		
담팔수과	담팔수	*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*	EN				○	
장미과	솜양지꽃	*Potentilla discolor*	LC				○	
	떡윤노리나무	*Pourthiaea villosa* var. *brunnea*		●	○			

2) 식물구계학적 특정식물 분포

식물구계학적 특정식물종은 Ministry of Environment(2012)에 의해 식물의 보전가치에 따라 Ⅰ등급부터 Ⅴ등급까지 분류하였는데 조사지역 전체를 대상으로 총 34과 44속 46종 3변종 1품종 50분류군이 조사되었다. 등급별 분포 현황은 Ⅰ등급은 후박나무(*Machilus thunbergii*), 장딸기(*Rubus hirsutus*), 옥녀꽃대(*Chloranthus fortunei*) 등 34분류군, Ⅲ등급은 병풀(*Centella asiatica*), 멀꿀(*Stauntonia hexaphylla*), 후피향나무(*Ternstroemia gymnanthera*) 등 13분류군 Ⅳ등급은 돌토끼고사리(*Microlepia strigosa*), 담팔수(*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*) 등 3분류군으로 조사되었다(표 5).

조사지역별 식물구계학적 특정식물종 분포를 보면 조사 3지역이 20과 23속 22종 1변종 23분류군으로 가장 높았고 조사 1지역 18과 20속 18종 1변종 1품종 20분류군, 조사 4지역 17과 19속 18종 1변종 1품종 20분류군, 조사 2지역 17과 19속 18종 1변종 1품종 20분류군으로 조사되었으며 조사지역별 등급별 분류는 조사 1지역 Ⅰ등급 16분류군 Ⅲ 등급 3분류군, Ⅳ 등급 1분류군, 조사 2지역 Ⅰ등급 12분류군 Ⅲ 등급 8분류군, 조사 3지역 Ⅰ등급 11분류군 Ⅲ 등급 10분류군, Ⅳ 등급 2분류군, 조사 4지역 1 Ⅰ등급 14분류군 Ⅲ 등급 5분류군, Ⅳ 등급 1분류군으로 분석되었다.

표 5. 조사지역 희귀·특산식물의 분포 현황

등급	과명	한국명	학명	조사지역			
				1	2	3	4
	고사리과	선바위고사리	*Onychium japonicum*			○	
	고추나무과	말오줌때	*Euscaphis japonica*				○
	노박덩굴과	사철나무	*Euonymus japonicus*			○	○
		줄사철나무	*Euonymus fortunei* var. *radicans*	○			
	녹나무과	참식나무	*Neolitsea sericea*	○			
		후박나무	*Machilus thunbergii*	○	○	○	○
	느릅나무과	참느릅나무	*Ulmus parvifolia*			○	
	대극과	예덕나무	*Mallotus japonicus*	○	○	○	○
	돈나무과	돈나무	*Pittosporum tobira*			○	
	두릅나무과	송악	*Hedera rhombea*	○	○	○	○
	면마과	별고사리	*Thelypteris acuminata*				○
		사다리고사리	*Thelypteris glanduligera*				○
		쇠고비	*Cyrtomium fortunei*	○			
		털별고사리	*Thelypteris parasitica*		○		
	물푸레나무과	광나무	*Ligustrum japonicum*		○		
	미나리아재비과	개구리발톱	*Semiaquilegia adoxoides*		○	○	
	박과	돌외	*Gynostemma pentaphyllum*				○
Ⅰ	백합과	진황정	*Polygonatum falcatum*	○			
	보리수나무과	보리밥나무	*Elaeagnus macrophylla*			○	
	뽕나무과	모람	*Ficus oxyphylla*	○			
		좁은잎천선과	*Ficus erecta* var. *sieboldii*		○		○
		천선과나무	*Ficus erecta*		○		
	산형과	갯기름나물	*Peucedanum japonicum*			○	
	실고사리과	실고사리	*Lygodium japonicum*		○		
	운향과	개산초	*Zanthoxylum planispinum*	○	○		
	자금우과	자금우	*Ardisia japonica*				○
	장미과	올벚나무	*Prunus pendula* f. *ascendens*	○	○		○
		장딸기	*Rubus hirsutus*	○			
	주목과	비자나무	*Torreya nucifera*	○			
	차나무과	사스레피나무	*Eurya japonica*	○	○		○
	참나무과	구실잣밤나무	*Castanopsis sieboldii*	○			
	포도과	거지덩굴	*Cayratia japonica*	○		○	○
	홀아비꽃대과	옥녀꽃대	*Chloranthus fortunei*	○			
	고추나무과	말오줌때	*Euscaphis japonica*				○
	갈매나무과	상동나무	*Sageretia theezans*		○	○	○
	감탕나무과	먼나무	*Ilex rotunda*		○		
	국화과	털머위	*Farfugium japonicum*			○	
	녹나무과	까마귀쪽나무	*Litsea japonica*		○	○	○
	두릅나무과	팔손이	*Fatsia japonica*		○	○	
	멀구슬나무과	멀구슬나무	*Melia azedarach*	○	○	○	
Ⅲ	산형과	병풀	*Centella asiatica*		○	○	
	새모래덩굴과	함박이	*Stephania japonica*			○	
	오미자과	남오미자	*Kadsura japonica*	○	○		○
	운향과	머귀나무	*Zanthoxylum ailanthoides*		○	○	○
		왕초피나무	*Zanthoxylum coreanum*				○
	으름덩굴과	멀꿀	*Stauntonia hexaphylla*	○		○	
	차나무과	후피향나무	*Ternstroemia gymnanthera*			○	
	고사리과	돌토끼고사리	*Microlepia strigosa*				○
Ⅳ	담팔수과	담팔수	*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*			○	
	산형과	제주피막이	*Hydrocotyle yabei*	○		○	

3) 귀화식물 분포

조사지역별 귀화식물의 분포를 보면 조사 2지역은 9과 15속 15종으로 가장 많이 분포하고 있고 조사 1지역 6과 12속 12종, 조사 4지역 3과 8속 8종, 조사 3지역 3과 6속 6종 순으로 분포하고 있다(표 6). 각 지역별 공통적으로 분포하는 수종으로는 개망초(*Erigeron annuus*), 방가지똥(*Sonchus oleraceus*), 서양금혼초(*Hypochaeris radicata*)가 분포하고 있고 조사지역 3곳 이상 분포하는 수종으로는 소리쟁이(*Rumex crispus*), 미국자리공(*Phytolacca americana*), 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia*), 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides*) 등이 분포하고 있다. 각 조사지역별 대조구와 실험구에 출현한 귀화식물을 비교하며 조사 1지역인 경우 곰솔이 벌채된 실험구에서만 개쑥갓(*Senecio vulgaris*), 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides*), 미국자리공(*Phytolacca americana*) 등 8분류군이 분포하고 대조구에는 귀화식물이 분포하지 않는 것으로 조사되었으며 조사 3지역도 실험구에서 개망초(*Erigeron annuus*), 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia*) 등 3분류군만 분포하였고 조사 4지역도 실험구에만 개망초(*E. annuus*), 미국자리공(*P. americana*) 등 5분류군이 분포하는 것으로 분석되었다. 한편 조사 2지역에서는 실험구 미국자리공(*P. americana*), 방가지똥(*S. oleraceus*) 등 4분류군, 대조구 서양금혼초(*H. radicata*) 1분류군이 분포하였다.

표 6. 조사지역 귀화식물 분포 현황

과명	국명	학명	1	2	3	4	비교
벼과	방울새풀	*Briza minor*			○		
	오리새	*Dactylis glomerata*	○	○			
마디풀과	소리쟁이	*Rumex crispus*	○	○		○	
바늘꽃과	달맞이꽃	*Oenothera biennis*		○			
산형과	솔잎미나리	*Apium leptophyllum*		○			
십자화과	냄새냉이	*Coronopus didymus*		○			
	들갓	*Sinapis arvensis*	○				
자리공과	미국자리공	*Phytolacca americana*	○	○		○	
콩과	개자리	*Medicago polymorpha*	○		○		
	토끼풀	*Trifolium repens*	○	○			
현삼과	선개불알풀	*Veronica arvensis*		○			
국화과	개망초	*Erigeron annuus*	○	○	○	○	
	개쑥갓	*Senecio vulgaris*	○	○			
	돼지풀	*Ambrosia artemisiifolia*	○	○	○		교란
	뚱딴지	*Helianthus tuberosus*		○			
	미국가막사리	*Bidens frondosa*				○	
	방가지똥	*Sonchus oleraceus*	○	○	○	○	
	별꽃아재비	*Galinsoga parviflora*				○	
	서양금혼초	*Hypochaeris radicata*	○	○	○	○	교란
	주홍서나물	*Crassocephalum crepidioides*	○	○		○	

귀화율과 관련한 선행연구를 보면 Numata and Ono(1952)은 동경지역 일대의 귀화율을 분석하였는데 시가지 27.7%, 냇가 13.3%, 논 14.5%, 풀밭 4.9%, 숲 4.4%으로 분석하였고 국내 지역별 귀화율은 광주 도심하천의 14.9%, 한라산국립공원내 도로변 13.7%, 서울시 산림지역의 귀화율 19.7%, 가야산국립공원 지역 17.7%의 귀화율을 보이는 것으로 분석하였다(Lim et al, 2004; Kim et al, 2007; Song et al, 2005; Lim and Hwang, 2006). 조사지역에 대해 귀화율을 산출한 결과 조사 2지역이 13.4%로 가장 높게 분석되었고 조사 1지역 10.7%, 조사 4지역 7.8%, 조사 3지역 6.9%로 분석되었다(표 7). 따라서 조사 2지역은 제주관광대학교 인근으로 주변 주택이 분포하여 귀화율이 높게 산출된 것으로 판단이 되며 한라산국립공원내 도로변 귀화율과 유사한 것으로 분석되었다. 조사지역별 곰솔 벌채에 따른 방형구내의 귀화율을 보면 조사 1지역 7.1%로 가장 높게 산출되었고 조사 4지역 4.9%, 조사 2지역과 조사 3지역 3.4%로 분석되었으며 곰솔벌채에 따른 귀화율이 증가하는 경향을 보이는 것으

로 분석되었다. 이는 대조구에 비해 실험구의 귀화식물 종수가 높은 이유는 대부분의 귀화식물은 풍매화이고 호광성식물의 특징을 가지고 있어 곰솔 간벌에 따른 광량 증가, 토양교란 등에 의한 자생지 환경변화인 것으로 판단된다. 도시화지수는 국내 귀화식물 종수를 대상으로 조사지역에 분포하는 귀화식물 종수의 백분율로 산출되기 때문에 귀화율과 비슷한 경향을 보이고 0.0~3.7%의 도시화지수를 보이는 것으로 분석되었다(표 7). 이는 타지역인 광주 도심하천 17.2%, 백운산 5.3%, 손죽도 8.2%보다 낮은 수치이다.

표 7. 조사지역별 귀화율과 도시화지수 비교

구분	조사 1지역			조사 2지역			조사 3지역			조사 4지역		
	실험구	대조구	전체	실험구	대조구	전체	실험구	대조구	전체	실험구	대조구	전체
면적(㎡)	100	100	69,400	100	100	9,855	100	100	11,818	100	100	6,297
출현종수	64	34	112	59	47	119	53	43	87	42	49	102
귀화식물 종수	8	0	12	4	1	16	3	0	6	5	0	8
귀화율	7.1	0.0	10.7	3.4	0.8	13.4	3.4	0.0	6.9	4.9	0.0	7.8
도시화 지수	2.5	0.0	3.7	1.2	0.3	5.0	0.9	0.0	1.9	1.6	0.0	2.5

유사도는 조사지역간에 공통으로 분포하는 식물종수를 표현한 것으로 유사도지수를 산출한 결과 조사 1지역과 조사 4지역의 식물종 분포 유사도가 0.40으로 가장 높게 산출이 되어 식물종 분포가 유사한 것으로 분석되었다(표 8). 조사 2지역과 조사 4지역은 0.38, 조사 2지역과 조사 1지역은 0.36으로 산출되었으며 조사 1지역과 조사 3지역이 0.21로 가장 낮게 산출되었다.

표 8. 각 조사지역별 유사도 지수

	조사 1지역	조사 2지역	조사 3지역	조사 4지역
조사 1지역		0.36	0.21	0.40
조사 2지역			0.29	0.38
조사 3지역				0.23
조사 4지역				

3. 조사지역별 식생분포 특성

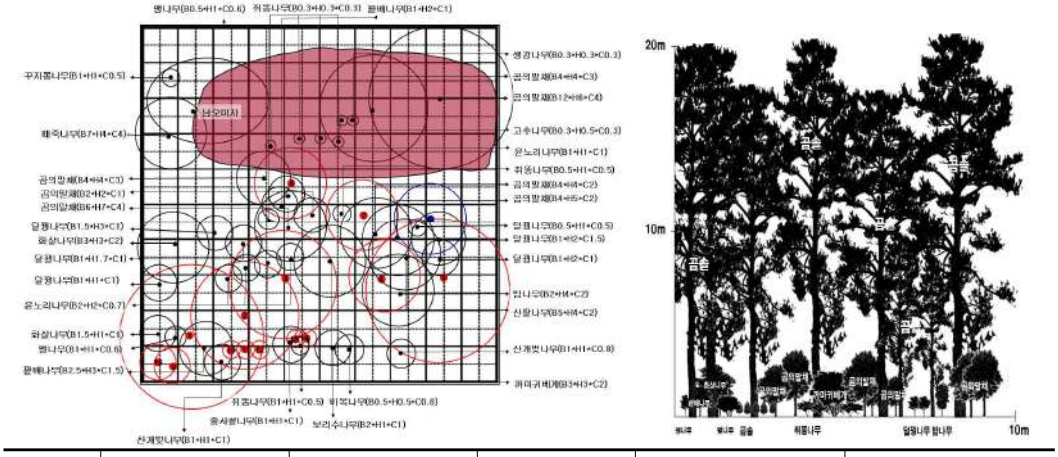
1) 조사구 식생분포 현황

본 연구사업은 재 재선충 피해지 고사목제거 후 산림생태계의 미치는 영향을 모니터링하여 소나무 재선충 방제전략의 기초자료를 제공하고자 실시한 조사로 조사구내 식생변화를 조사하기 위해 수관 투영도 및 수관단면도를 작성하였다.

(1) 조사 1지역

① 대조구

대조구는 곰솔림 지역으로 총 15개체의 곰솔이 분포하고 있고 이중 1개체가 고사되어 14개체가 군락을 형성하고 있으며 수고 9-21cm이고 흉고직경(DBH)이 20-42cm인 곰솔 8개체가 대조구의 상층식생으로 자리잡고 있다. 곰솔의 피도는 약 40% 보이고 곰의말채, 덜꿩나무, 윤노리나무, 화살나무. 팥배나무 등이 하층식생으로 분포하고 있다(그림 3).

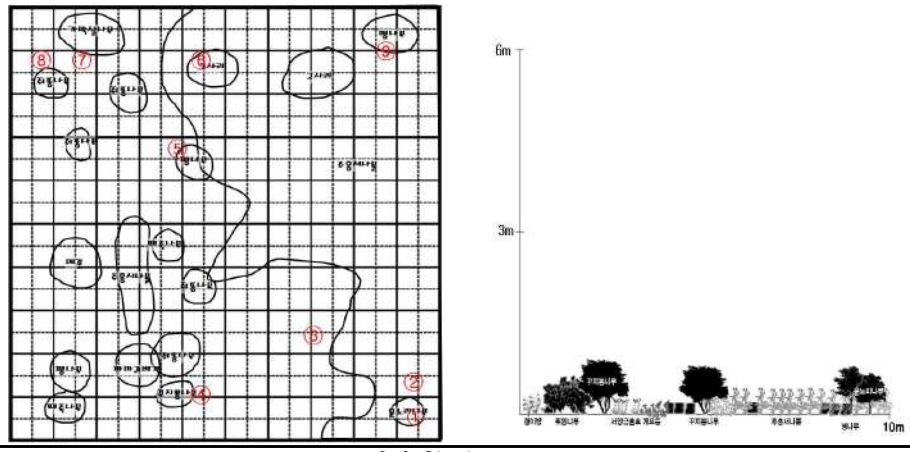


순번	수종	흉고직경(cm)	수고(m)	수관폭(m)	비고
1	곰솔	40	20	4	
2	곰솔	30	18	3	
3	곰솔	30	21	3	
4	곰솔	20	10	2	
5	곰솔	40	20	4	
6	곰솔	42	9	-	고사
7	곰솔	20	18	2	
8	곰솔	20	19	2	
9	곰솔	13	1.5	0.3	
10	곰솔	3	1.5	0.3	
11	곰솔	3	1.5	0.3	
12	곰솔	3	1.5	0.3	
13	곰솔	3	1.5	0.3	
14	곰솔	3	1.5	0.3	
15	곰솔	3	1.5	0.3	

그림 3. 조사 1지역 대조구의 수관투영도 및 수관단면도

② 실험구

실험구는 재선충의 발생으로 9개체의 곰솔을 벌채가 되었으며 근원직경은 30~72cm이고 수령이 약 30~35년이 된 곰솔이 벌채되었다. 실험구에는 교목층과 아교목층은 분포하지 않고 관목층으로 때죽나무, 가막살나무, 쥐똥나무 등이 분포하며 주홍서나물, 고사리, 쇠무릎, 칡, 강아지풀 등 초본류가 80%이상의 피도로 분포하는 것으로 조사되었다(그림 4). 곰솔 벌채 후 발생된 곰솔 치수의 변화를 보기위해 실험구 내 1×1m 소형방형구를 설치하여 조사한 결과 곰솔 치수는 9개가 분포하고 있고 주변 초본 식생으로 강아지풀, 새머루, 매듭풀, 마, 으름, 차풀 등이 분포하였다.



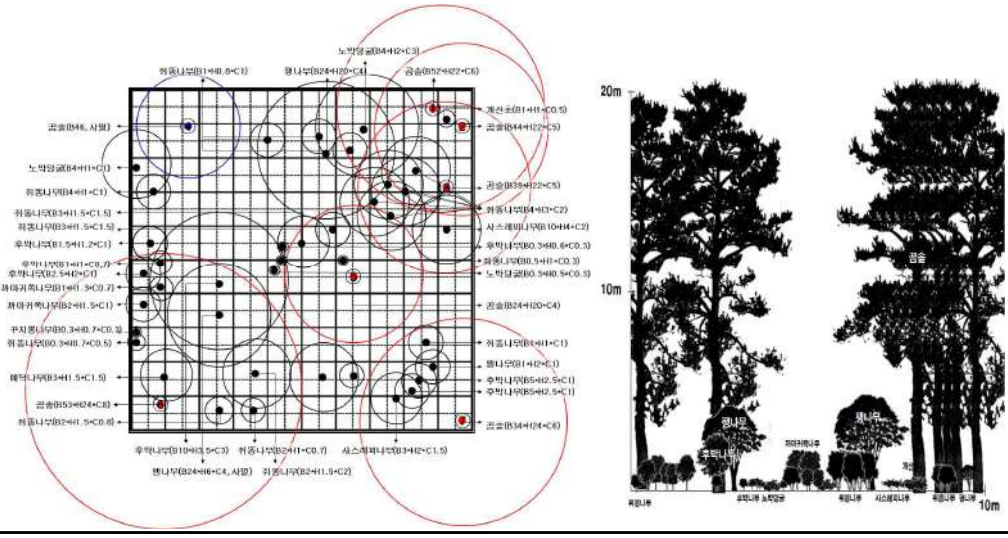
순번	수종	근원직경(cm)		수령	비고
		장축	단축		
1	곰솔	36.5	32.5	31	벌채
2	곰솔	46.5	34	33	벌채
3	곰솔	44	32.5	22	벌채
4	곰솔	58.5	52.5	33	벌채
5	곰솔	72.5	60	35	벌채
6	곰솔	58	46	33	벌채
7	곰솔	46	34.5	34	벌채
8	곰솔	40	30	32	벌채
9	곰솔	50.5	30	30	벌채

그림 4. 조사 1지역 실험구의 수관투영도 및 수관단면도

(2) 조사 2지역

① 대조구

대조구는 곰솔림 지역으로 총 7개체의 곰솔이 분포하고 있고 이중 1개체가 고사되어 6개체가 분포하고 있다. 이들 곰솔은 수고 20~24cm, 흉고직경(DBH) 20-46cm이며 대조구의 주요 상층식생으로 자리잡고 있다. 곰솔의 피도는 약 60% 보이고 후박나무, 까마귀쪽나무, 예덕나무, 쥐똥나무, 팽나무 등이 하층식생으로 분포하고 있다(그림 5).

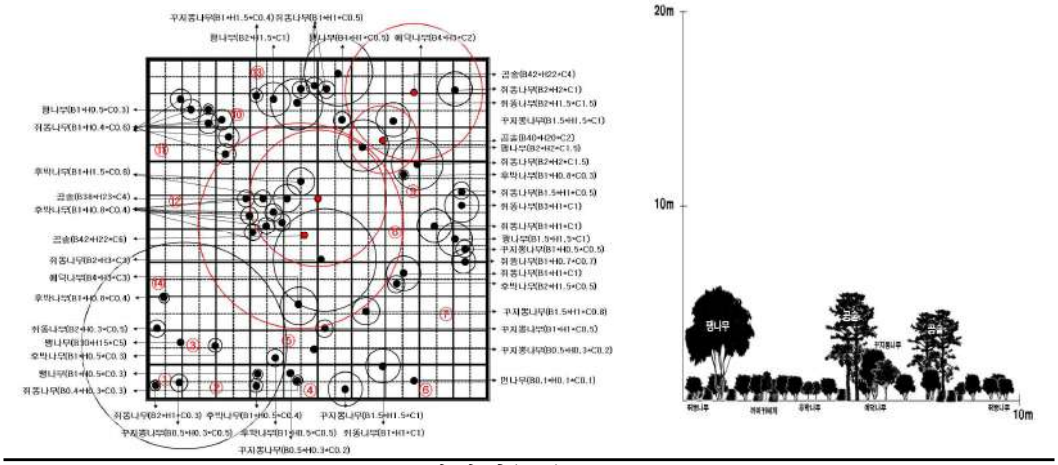


순번	수종	흉고직경(cm)	수고(m)	수관폭(m)	비고
1	곰솔	52	22	6	
2	곰솔	44	22	5	
3	곰솔	29	20	5	
4	곰솔	46			고사
5	곰솔	20	20	4	
6	곰솔	24	24	8	
7	곰솔	24	24	6	

그림 5. 조사 2지역 대조구의 수관투영도 및 수관단면도

② 실험구

실험구는 재선충의 발생으로 14개체의 곰솔을 벌채가 진행되었는데 근원직경은 18~67cm이고 수령이 약 21~43년이 된 곰솔이 벌채되었다. 본 조사지역은 조사 1지역과 달리 곰솔이 전면 벌채가 진행된 것이 아니고 수고 20~22m, 흉고직경 38~42cm인 곰솔 4그루가 남아 교목층으로 자리 잡고 있고 관목층으로 후박나무, 예덕나무, 쥐똥나무, 먼나무 등이 분포하며 맥문동, 왕고들빼기, 방가지똥, 칡, 까마중 등 초본류가 70%이상의 피도로 분포하는 것으로 조사되었다(그림 6). 조사구내 곰솔 치수의 변화를 보기위해 실험구 내 1×1m 소형방형구를 설치하여 조사한 결과 곰솔 치수는 4개가 분포하고 있고 주변 초본 식생으로 주홍서나물, 왕고들빼기, 으름, 부채마, 배풍등, 방가지똥, 계요등 등이 분포하였다.



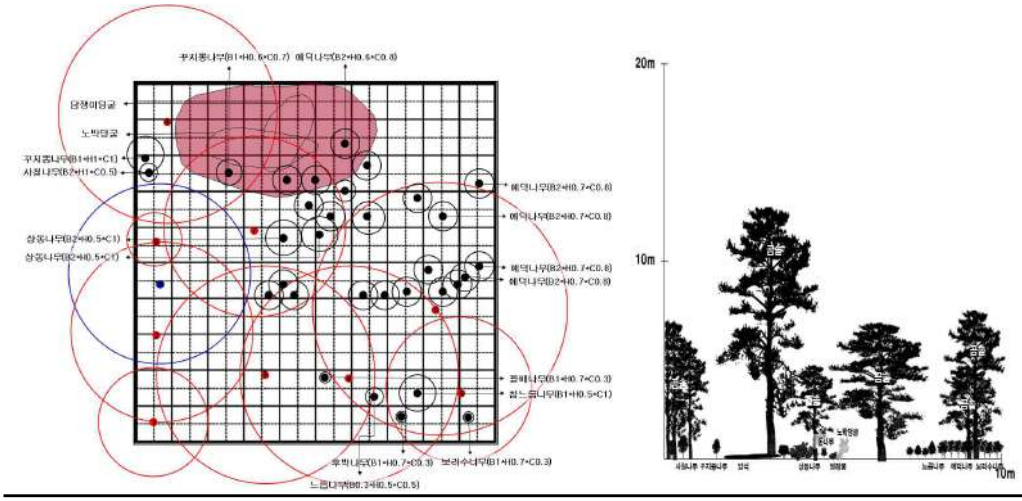
순번	수종	근원직경(cm)		수령	비고
		장축	단축		
1	곰솔	39	30	36	벌채
2	곰솔	34	31	38	벌채
3	곰솔	40	31	37	벌채
4	곰솔	61	52	40	벌채
5	곰솔	27	21	37	벌채
6	곰솔	50	67	36	벌채
7	곰솔	28	25	32	벌채
8	곰솔	37	53	40	벌채
9	곰솔	24	32	34	벌채
10	곰솔	26	31	38	벌채
11	곰솔	20	25	33	벌채
12	곰솔	18	22	21	벌채
13	곰솔	28	42	41	벌채
14	곰솔	35	42	43	벌채

그림 6. 조사 2지역 실험구의 수관투영도 및 수관단면도

(3) 조사 3지역

① 대조구

대조구는 도두봉 해안선에 위치한 곰솔림 지역으로 총 9개체의 곰솔이 분포하고 있고 수고 2~16cm이고 흉고직경(DBH)이 7-38cm인 곰솔 9개체가 대조구의 상층식생으로 자리잡고 있다. 곰솔의 피도는 약 80% 보이고 상동나무, 팥배나무, 꾸지뽕나무, 예덕나무 등이 하층식생으로 분포하고 있다(그림 7).

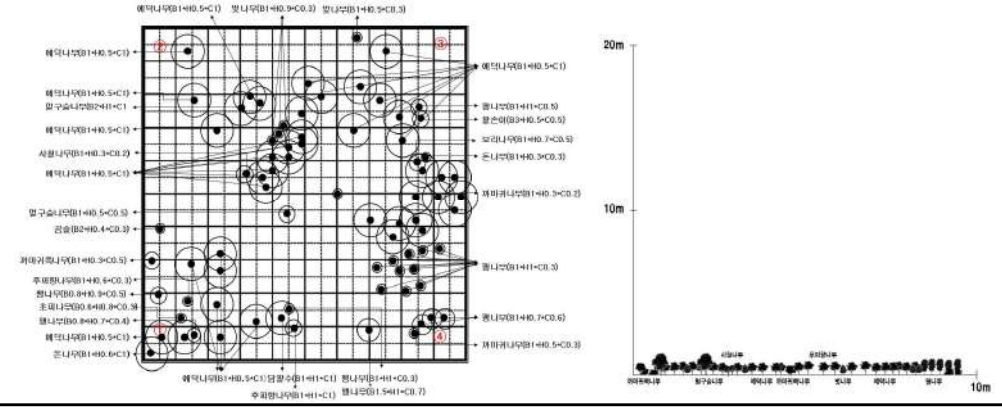


순번	수종	흉고직경(cm)	수고(m)	수관폭(m)	비고
1	곰솔	12	6	3	
2	곰솔	22	6	5	
3	곰솔	30	12	6	
4	곰솔	26	10	6	
5	곰솔	18	8	4	
6	곰솔	40	14	7	
7	곰솔	29	12	5	
8	곰솔	38	16	6	
9	곰솔	7	2	1.5	

그림 7. 조사 3지역 대조구의 수관투영도 및 수관단면도

② 실험구

실험구는 재선충의 발생으로 4개체의 곰솔을 벌채가 진행되었는데 근원직경은 36~52cm이고 수령이 약 33~54년이 된 곰솔이 벌채되었다. 본 조사지역은 다른 조사지역과 달리 곰솔이 수령이 오래된 곳으로 수관폭이 매우 커 피도가 80%이상으로 추정된다. 현재는 예덕나무가 관목층 주요식생으로 자리 잡고 있고 멀구슬나무, 팽나무, 까마귀쪽나무 등이 분포하고 있다. 초본층으로는 엉겅퀴, 솔나물, 수영, 털마위, 좀싸리 등이 분포하고 있다(그림 8). 곰솔 벌채에 따른 치수의 변화를 보기 위해 1×1m 소형방형구를 설치하여 치수를 파악한 결과 6개가 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 주변 초본식생으로 주름조개풀, 인동, 돌콩, 망초, 으아리 등이 분포하였다.



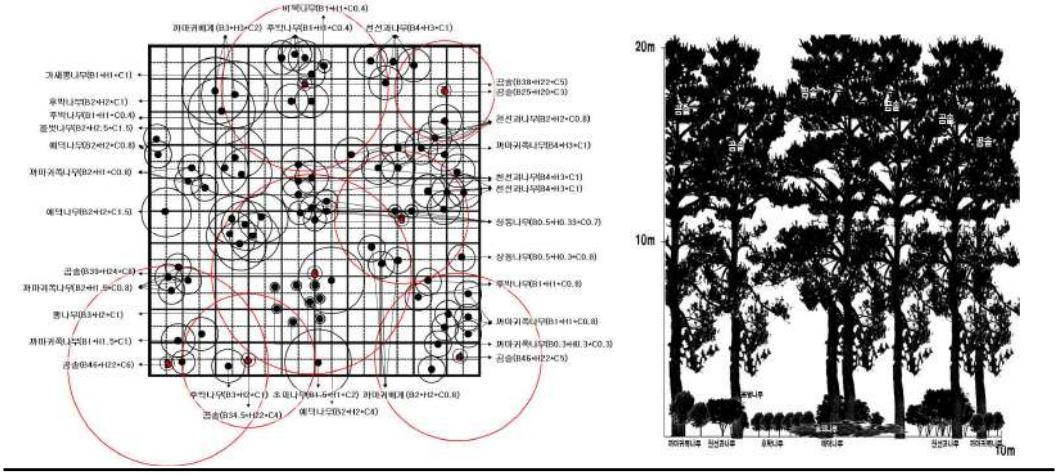
순번	수종	근원직경(cm)		수령	비고
		장축	단축		
1	곰솔	50	41	54	벌채
2	곰솔	36	52	48	벌채
3	곰솔	38	36	33	벌채
4	곰솔	46	40	35	벌채

그림 8. 조사 3지역 실험구의 수관투영도 및 수관단면도

(4) 조사 4지역

① 대조구

대조구는 와흘리 일대로 실험구내의 곰솔을 전면벌채를 하였기 때문에 인접지역을 선발하였다. 대조구내에는 수고 20~24m, 흉고직경(DBH) 25~46cm인 곰솔이 7개체가 피도 80%이상으로 상층식생으로 자리잡고 있고 천선과나무, 올벚나무, 예덕나무, 까마귀쪽나무, 후박나무, 초피나무 등이 하층식생으로 자리잡고 있다(그림 9).

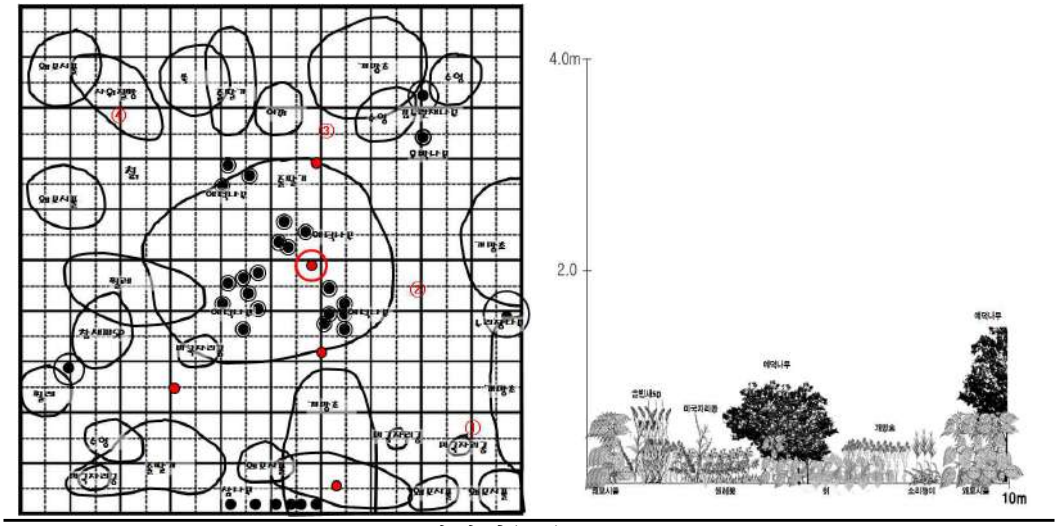


순번	수종	흉고직경(cm)	수고(m)	수관폭(m)	비고
1	곰솔	34.5	22	4	
2	곰솔	46	22	6	
3	곰솔	39	24	8	
4	곰솔	46	22	5	
5	곰솔	34	22	4	
6	곰솔	38	22	5	
7	곰솔	25	20	4	

그림 9. 조사 4지역 대조구의 수관투영도 및 수관단면도

② 실험구

실험구에는 4개체의 곰솔을 벌채가 진행되었는데 근원직경은 33~88cm이고 수령이 약 46~65년으로 조사지역 중 가장 곰솔의 수령이 오래된 곳으로 조사되었다. 실험구 내에는 교목층과 아교목층이 분포하고 있지 않고 관목층으로 검노린재나무, 예덕나무, 후박나무, 찔레가 간헐적 분포를 보인다. 실험구 내는 대부분 초본층으로 칡이 60%이상으로 주요 초본층으로 자리잡고 있고 미국자리공, 개망초, 왜모시풀, 수영 등이 분포하고 있다(그림 10). 조사구내 곰솔 치수는 4개로 다른 조사지역에 비해 매우 낮은 것으로 조사되었는데 이는 칡, 사위질빵, 배풍등 등 만경식물이 우점하여 치수발달이 매우 낮은 것으로 생각된다.



순번	수종	근원직경(cm)		수령	비고
		장축	단축		
1	곰솔	88	60	65	벌채
2	곰솔	56	33	56	벌채
3	곰솔	75	54	46	벌채
4	곰솔	55	50	58	벌채

그림 10. 조사 4지역 실험구의 수관투영도 및 수관단면도

인용문헌

Cho, Y.C., Pee, J.H., Kim, K.S., Koo, B.Y., Cho, H.J., Lee, C.S. (2011) Ecological responses of natural and planted forests to thinning in southeastern Korea: a chronosequence study. Journal of Ecology and Environment 34: 347-355.

Haugo RD, Halpern CB., 2007. Vegetation responses to conifer encroachment in a dry, montane meadow: a chronosequence approach. Canadian Journal of Botany 85: 285-298.

Numata, M. and Ono, K.(1952) Studies in the ecology of naturalized plants in Japan Ⅰ. The ecological society of Japan 2(3): 117-122.

Numata, M., 1978. Observation and study of plant ecology. Tokai University Press, Kanagawa, 275pp.

Yim, Y.J. and E.S. Jeon(1980) Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. Journal of Plant Biology 23(0): 69-83.(in Korean with English abstract)

박인환, 조광진, 사공정회, 김혜영. 2014. 충청남도 금산천과 기사천의 식물상 및 식생분석. 한국환경복원기술학회지

이유미, 박수현, 정수영, 오승환, 양종철. 2001. 한국내 귀화식물의 현황과 고찰. 식물분류학회지 41(1): 87-101.

정세영, 조용찬, 변봉규, 김혜진, 배관호, 김현섭, 김준수. 2015. 강원도 삼척 지역에서 소나무 이차림의 대상 벌채에 따른 초기 식생 재생 반응. 한국환경생태학회지 29(5): 785-790.

부록 1. 조사지역별 식물상

과명	학명	국명	조사지역			
			1	2	3	4
고비과	*Osmunda japonica*	고비	○			
실고사리과	*Lygodium japonicum*	실고사리		○		
고사리과	*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*	고사리	○	○	○	○
	Microlepia strigosa	돌토끼고사리				○
	Onychium japonicum	선바위고사리			○	
넉줄고사리과	*Nephrolepis cordifolia*	줄고사리				○
면마과	*Dryopteris uniformis*	곰비늘고사리	○	○		
	Cyrtomium falcatum	도깨비쇠고비		○	○	
	Thelypteris acuminata	별고사리				○
	Thelypteris glanduligera	사다리고사리				○
	Dryopteris bissetiana	산족제비고사리	○			
	Thelypteris decursivepinnata	설설고사리		○		
	Cyrtomium fortunei	쇠고비	○			
	Dryopteris hikonensis	큰족제비고사리		○		○
	Thelypteris parasitica	털별고사리		○		
꼬리고사리과	*Asplenium incisum*	꼬리고사리	○	○		
주목과	*Torreya nucifera*	비자나무	○			
나한송과	*Podocarpus macrophyllus*	나한송				○
낙우송과	*Cryptomeria japonica*	삼나무				○
소나무과	*Pinus thunbergii*	곰솔	○		○	
측백나무과	*Chamaecyparis obtusa*	편백				○
벼과	*Agropyron tsukushiense* var. *transiens*	개밀		○		
	Imperata cylindrica var. *koenigii*	띠			○	
	Briza minor	방울새풀			○	
	Dactylis glomerata	오리새	○	○		
	Dactylis glomerata	오리새				
	Oplismenus undulatifolius	주름조개풀		○	○	○
	Paspalum thunbergii	참새피		○		
	Miscanthus sinensis	참억새	○		○	○
	Setaria viridis	강아지풀	○	○		
사초과	*Carex lanceolata*	그늘사초		○	○	○
	Carex boottiana	밀사초			○	
	Cyperus cyperoides	방동사니아재비		○		
천남성과	*Arisaema amurense* f. *serratum*	천남성	○			
닭의장풀과	*Commelina communis*	닭의장풀	○	○	○	○
골풀과	*Luzula capitata*	꿩의밥			○	
백합과	*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum*	둥굴레	○			
	Liriope platyphylla	맥문동	○	○		○
	Smilax riparia var. *ussuriensis*	밀나물		○		○
	Asparagus schoberioides	비짜루		○	○	○

부록 1. 계속

과명	학명	국명	조사지역			
			1	2	3	4
백합과	*Allium macrostemon*	산달래			○	
	Smilax nipponica	선밀나물	○			
	Polygonatum falcatum	진황정	○			
	Lilium lancifolium	참나리			○	
	Smilax sieboldii	청가시덩굴	○			
	Smilax china	청미래덩굴	○	○		○
마과	*Dioscorea septemloba*	국화마		○		○
	Dioscorea quinqueloba	단풍마	○			
	Dioscorea japonica	참마	○	○	○	○
생강과	*Zingiber mioga*	양하				○
난초과	*Pogonia minor*	방울새란		○		
	Cymbidium goeringii	보춘화		○		
홀아비꽃대과	*Chloranthus fortunei*	옥녀꽃대	○			
참나무과	*Castanopsis sieboldii*	구실잣밤나무	○			
	Castanea crenata	밤나무	○			
	Quercus acutissima	상수리나무				○
느릅나무과	*Ulmus parvifolia*	참느릅나무			○	
	Celtis sinensis	팽나무	○	○	○	○
뽕나무과	*Morus bombycis* f. *dissecta*	가새뽕나무	○		○	
	Cudrania tricuspidata	꾸지뽕나무	○	○		
	Ficus oxyphylla	모람	○			
	Morus bombycis	산뽕나무				○
	Ficus erecta var. *sieboldii*	좁은잎천선과		○		○
	Ficus erecta	천선과나무		○		
삼과	*Humulus japonicus*	환삼덩굴	○	○		○
쐐기풀과	*Boehmeria platanifolia*	개모시풀	○			
	Boehmeria nivea	모시풀				○
	Boehmeria longispica	왜모시풀				○
마디풀과	*Persicaria longiseta*	개여뀌	○	○		
	Persicaria senticosa	며느리밑씻개	○			
	Rumex crispus	소리쟁이	○	○		○
	Rumex acetosa	수영			○	○
	Persicaria hydropiper	여뀌	○	○		○
	Persicaria filiformis	이삭여뀌	○			○
마편초과	*Callicarpa japonica*	작살나무	○			○
비름과	*Achyranthes japonica*	쇠무릎	○	○	○	○
자리공과	*Phytolacca americana*	미국자리공	○	○		○
석죽과	*Stellaria media*	별꽃				○
미나리아재비과	*Semiaquilegia adoxoides*	개구리발톱		○	○	
	Clematis apiifolia	사위질빵	○	○		○
	Clematis terniflora var. *mandshurica*	으아리	○	○	○	○
으름덩굴과	*Stauntonia hexaphylla*	멀꿀	○		○	

부록 1. 계속

과명	학명	국명	조사지역			
			1	2	3	4
으름덩굴과	*Akebia quinata*	으름덩굴	○	○		○
새모래덩굴과	*Cocculus trilobus*	댕댕이덩굴	○	○	○	○
	Stephania japonica	함박이			○	
오미자과	*Kadsura japonica*	남오미자	○	○		○
녹나무과	*Litsea japonica*	까마귀쪽나무		○	○	○
	Lindera erythrocarpa	비목나무	○			○
	Neolitsea sericea	참식나무	○			
	Machilus thunbergii	후박나무	○	○	○	○
십자화과	*Coronopus didymus*	냄새냉이		○		
	Capsella sp	냉이	○			
	Sinapis arvensis	들갓	○			
	Cardamine impatiens	싸리냉이	○			
돌나물과	*Sedum sarmentosum*	돌나물			○	
	Sedum bulbiferum	말똥비름	○			
돈나무과	*Pittosporum tobira*	돈나무			○	
장미과	*Rosa wichuraiana*	돌가시나무			○	
	Potentilla chinensis	딱지꽃		○	○	
	Pourthiaea villosa var. *brunnea*	떡윤노리나무	○			
	Rubus parvifolius	멍석딸기		○	○	
	Duchesnea indica	뱀딸기				○
	Prunus serrulata var. *spontanea*	벚나무	○		○	
	Rubus crataegifolius	산딸기	○	○		○
	Potentilla discolor	솜양지꽃			○	
	Potentilla fragarioides var. *major*	양지꽃				○
	Prunus pendula f. *ascendens*	올벚나무	○	○		○
	Pourthiaea villosa	윤노리나무	○	○		
	Rubus hirsutus	장딸기	○			
	Rubus oldhamii	줄딸기	○	○		○
	Agrimonia pilosa	짚신나물		○		
	Rosa multiflora .	찔레꽃	○	○	○	○
	Sorbus alnifolia	팥배나무	○			
콩과	*Lespedeza tomentosa*	개싸리		○		
	Medicago polymorpha	개자리	○		○	
	Sophora flavescens	고삼		○		
	Glycine soja	돌콩	○			
	Kummerowia striata	매듭풀	○			
	Lotus corniculatus var. *japonica*	벌노랑이		○	○	
	Lespedeza cuneata	비수리		○		
	Vicia angustifolia var. *segetilis*	살갈퀴			○	
	Amphicarpaea bracteata subsp.	새콩				○
	Lespedeza bicolor	싸리	○			
	Vicia tetrasperma	얼치기완두		○		

부록 1. 계속

과명	학명	국명	조사지역			
			1	2	3	4
콩과	*Rhynchosia volubilis*	여우콩			○	
	Dunbaria villosa	여우팥		○	○	
	Lespedeza virgata	좀싸리			○	
	Chamaecrista nomame	차풀	○	○		
	Pueraria lobata	칡	○	○		○
	Trifolium repens	토끼풀	○	○		
쥐손이풀과	*Geranium thunbergii*	이질풀			○	○
괭이밥과	*Oxalis corniculata*	괭이밥				○
	Oxalis stricta	선괭이밥		○	○	
운향과	*Zanthoxylum planispinum*	개산초	○	○		
	Zanthoxylum ailanthoides	머귀나무		○	○	○
	Zanthoxylum schinifolium	산초나무		○	○	
	Zanthoxylum coreanum	왕초피나무				○
	Zanthoxylum piperitum	초피나무				○
멀구슬나무과	*Melia azedarach*	멀구슬나무	○	○	○	
대극과	*Acalypha australis*	깨풀	○		○	
	Mallotus japonicus	예덕나무	○	○	○	○
	Ricinus communis	피마자			○	
옻나무과	*Rhus javanica*	붉나무	○	○		○
감탕나무과	*Ilex rotunda*	먼나무		○		
노박덩굴과	*Celastrus orbiculatus*	노박덩굴	○	○	○	○
	Euonymus japonicus	사철나무			○	○
	Euonymus fortunei var. *radicans*	줄사철나무	○			
	Euonymus hamiltonianus	참빗살나무	○			
	Euonymus alatus	화살나무	○			
고추나무과	*Staphylea bumalda*	고추나무		○		○
	Euscaphis japonica	말오줌때				○
갈매나무과	*Rhamnella franguloides*	까마귀베게	○	○		○
	Sageretia theezans	상동나무		○	○	○
포도과	*Cayratia japonica*	거지덩굴	○		○	○
	Vitis ficifolia var. sinuata	까마귀머루		○	○	
	Parthenocissus tricuspidata	담쟁이덩굴	○	○	○	○
	Vitis flexuosa	새머루	○	○	○	○
담팔수과	*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*	담팔수			○	
피나무과	*Corchoropsis tomentosa*	수까치깨				○
다래나무과	*Actinidia polygama*	개다래				○
차나무과	*Eurya japonica*	사스레피나무	○	○		○
	Ternstroemia gymnanthera	후피향나무			○	
제비꽃과	*Viola japonica*	왜제비꽃	○			○
	Viola mandshurica	제비꽃		○		
보리수나무과	*Elaeagnus macrophylla*	보리밥나무			○	
	Elaeagnus umbellata	보리수나무	○	○		○

부록 1. 계속

과명	학명	국명	조사지역			
			1	2	3	4
바늘꽃과	*Oenothera biennis*	달맞이꽃		○		
두릅나무과	*Hedera rhombea*	송악	○	○	○	○
	Fatsia japonica	팔손이		○	○	
산형과	*Torilis scabra*	개사상자		○		
	Peucedanum japonicum	갯기름나물			○	
	Centella asiatica	병풀		○	○	
	Torilis japonica	사상자		○	○	○
	Apium leptophyllum	솔잎미나리		○		
	Hydrocotyle yabei	제주피막이	○	○	○	
층층나무과	*Cornus macrophylla*	곰의말채	○			○
	Cornus walteri	말채나무		○		
	Cornus kousa	산딸나무	○			
진달래과	*Rhododendron yedoense* f. *poukhanense*	산철쭉	○			
자금우과	*Ardisia japonica*	자금우				○
앵초과	*Lysimachia japonica*	좀가지풀				○
감나무과	*Diospyros kaki*	감나무	○			
노린재나무과	*Symplocos tanakana*	검노린재			○	
때죽나무과	*Styrax japonicus*	때죽나무	○			
물푸레나무과	*Ligustrum japonicum*	광나무		○		
	Ligustrum obtusifolium .	쥐똥나무	○	○		○
협죽도과	*Trachelospermum asiaticum*	마삭줄		○		
박주가리과	*Metaplexis japonica*	박주가리		○		
메꽃과	*Calystegia sepium* var. *japonicum*	메꽃				○
지치과	*Lithospermum arvense*	개지치		○		
꿀풀과	*Ajuga decumbens*	금창초	○	○	○	
	Prunella vulgaris var. *lilacina*	꿀풀			○	
	Isodon inflexus	산박하		○	○	○
	Clinopodium gracile var. *multicaule*	탑꽃	○			○
	Isodon inflexus var. *canescens*	털산박하	○			
가지과	*Solanum nigrum*	까마중	○	○		○
	Physalis alkekengi var. *francheti*	꽈리		○		
	Solanum lyratum	배풍등	○	○	○	○
현삼과	*Veronica arvensis*	선개불알풀		○		
파리풀과	*Phryma leptostachya* var. *asiatica*	파리풀		○		○
질경이과	*Plantago asiatica*	질경이	○	○		○
꼭두서니과	*Paederia scandens*	계요등	○	○	○	○
	Galium verum var. *asiaticum*	솔나물			○	
	Rubia cordifolia var. *pratensis*	갈퀴꼭두서니		○	○	
인동과	*Sambucus sieboldiana*	덧나무				○
	Lonicera japonica	인동덩굴	○		○	○
	Viburnum dilatatum	가막살나무	○	○		○
박과	*Gynostemma pentaphyllum*	돌외		○		○

부록 1. 계속

과명	학명	국명	조사지역			
			1	2	3	4
박과	*Trichosanthes kirilowii*	하늘타리	○	○		○
	Bidens tripartita	가막사리		○	○	
	Dendranthema indicum	감국	○	○		
	Erigeron annuus	개망초	○	○	○	○
	Senecio vulgaris	개쑥갓	○	○		
	Carpesium divaricatum	긴담배풀			○	
	Ambrosia artemisiifolia	돼지풀	○	○	○	
	Gnaphalium affine	떡쑥				○
	Helianthus tuberosus	뚱딴지		○		
	Bidens frondosa	미국가막사리				○
	Taraxacum platycarpum	민들레		○		
국화과	*Sonchus oleraceus*	방가지똥	○	○	○	○
	Ixeris debilis	벋음씀바귀			○	
	Galinsoga parviflora	별꽃아재비				○
	Youngia japonica	뽀리뱅이	○	○	○	○
	Hypochaeris radicata	서양금혼초	○	○	○	○
	Artemisia princeps	쑥	○	○		○
	Cirsium japonicum var. *maackii*	엉겅퀴	○	○	○	○
	Lactuca indica	왕고들빼기		○	○	○
	Crassocephalum crepidioides	주홍서나물	○	○		○
	Hemistepta lyrata	지칭개			○	
	Farfugium japonicum	털머위			○	

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구
- 야생동물 서식특성 조사(1차년도) -

오장근*, 이영돈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 소나무 재선충병 피해지 야생동물 서식현황을 파악하기 위하여 2015년 3월부터 12월까지 현장조사를 실시하였다. 조사장소는 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사지역으로 선정된 4개 지역을 대상으로 조사지역내 야생동물의 서식상황을 파악하였다.

포유류는 노루, 제주족제비, 제주등줄쥐, 집쥐 등이 관찰되었으며, 조류는 31종이 관찰되었는데, 유수암지역에서 17종 62개체, 도두봉 16종 79개체, 영송학교인근 조사지역 9종 38개체, 조천 와흘리 조사구 16종 81개체로 나타났다. 양서류는 모든 지역에서 관찰되지 않았으나 파충류는 줄장지뱀, 누룩뱀 등이 관찰되었다.

곤충류는 총 14목 58과 131종이 조사되었으며, 조사 지역별로는 유수암이 가장 많은 12목 52과 92종, 와흘 11목 51과 85종, 광령 12목 44과 82종이며, 도두봉이 12목 49과 79종이 출현하였다. 분류군별로는 딱정벌레목 16과 59종, 나비목 7과 19종, 노린재목 8과 17종, 메뚜기목 7과 12종, 파리목 7과 12종, 벌목 4과 9종순으로 조사되었다.

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7577, e-mail: ojg6532@korea.kr

서 론

야생동물은 유용한 먹이자원, 번식하거나 은신할 수 있는 서식처의 유무, 물, 인위적 간섭정도 등 다양한 요소에 의해 서식여부 및 서식밀도가 달라진다.

노루와 같은 초식동물은 인위적인 간섭정도가 낮고 먹이가 풍부하며, 낮 동안 은신할 수 있는 산림과 초지대가 조성되어 있는 지역을 선호한다. 그 외 포유동물은 먹이의 풍부도에 따라 서식여부가 달라진다. 또한 소형 포유동물은 식물의 종자나 곤충류의 풍부도에 따라서도 달라지기 때문에 산림의 유형에 따라 종 조성이 달라진다.

조류는 이용할 수 있는 먹이자원과 번식할 수 있는 은신처 유무에 따라 서식여부가 결정되어 생물다양성에 영향을 주기 때문에 야생조류의 서식은 곤충 및 식물의 먹이자원과 밀접한 관계가 있어서 야생조류의 출현특성은 산림의 크기와 낙엽활엽수림대와 상록침엽수가 혼생하는 혼효림에서 종수나 개체수 출현빈도가 높게 나타난다(박 등, 2012). 양서·파충류는 곤충 등 무척추동물을 주요 먹이자원으로 이용하며, 포유류와 조류의 주요 먹이자원이 된다. 또한 파충류는 생태계 내에서 상위포식자로 생태계의 안정성을 조절하는 역할을 수행한다(Bonnet et, al., 2002).

소나무재선충병은 1988년 부산에서 처음으로 발생하여 최근 몇 년 동안 급속히 확산되고 있다. 제주도에서는 2004년에 최초로 발생되었으며, 재선충병 피해를 최소화하기 위하여 다각적으로 노력하고 있으나 피해가 확산되고 있다(산림청, 2015). 제주도의 소나무림 면적은 16,284ha로 제주면적의 18%(산림청, 2015)에 해당되며 소나무재선충병 피해면적은 7,088ha로 제주도 소나무림의 39%가 감염되어 545,000여 본이 사라지는 등 제주지역 산림유형이 변화하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 소나무재선충병 피해지내 산림의 유형 변화정도에 따라 야생동물 변화 정도를 파악하여 향후 효율적 산림 갱산 방안을 마련하는데 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

조사지역은 제주시 애월읍 유수암리 건승원(해발 400m)일대, 애월읍 광령리 영송학교 일대(해발 200m), 제주시 도두봉(해발60m)일대, 조천읍 와흘리 임지(해발140m)일대 등 4곳이다. 총 조사 면적은 97,370m^{2}이며, 이 중 도두봉이 69,400m^{2}으로 가장 넓었고, 유수암이 11,818m^2, 광령리 일대가 9,885m^{2}이였고, 와흘리가 6,297m^{2}로 조사면적이 가장 작았다(그림 1).

포유류 조사는 소형과 중형 포유류를 대상으로 실시하였다. 대부분의 동물은 동굴, 식흔, 배설물과 족적 등 흔적을 이용하여 서식여부를 기록하였으나 자료를 확보하기 위하여 소형 및 중대형 생포트랩을 이용하여 생포 후 동정하였다. 설치류 등 소형 포유류는 소형 생포트랩(shaman traps)을 이용하였고 유인 먹이는 땅콩과 버터를 사용하여 생포 후 종 동정하였다.

조류 조사는 2015년 3월부터 12월까지 월별로 1~2회씩 실시하였으며, 조사범위는 조사지 내의 조사경로를 선정하여 조사경로를 따라 좌우 100m 범위 그리고 인접지역을 포함하였다. 각 조사구에 출현하는 야생 조류는 망원경과 쌍안경 그리고 육안을 통한 관찰, 울음소리, 나는 모양, 사체 등으로 각 종과 개체수를 파악하였다. 개체수 확인은 군집 전체를 한 눈에 볼 수 있는 지점을 선정하여 정점조사법(Point Counts Method)와 일정한 조사 경로를 따라 실시하는 선조사법(Line Census Method)을 병행하였다(Bibby et al., 1992). 또한 번식여부 확인은 조사경로를 따라 출현 조류의 둥지와 알, 새끼 출현, 어미의 먹이급여, 암수의 구애행동 등으로 판단하였다. 조류 목록 순서는 한국조류목록(한국조류학회, 2009)를 따랐다.

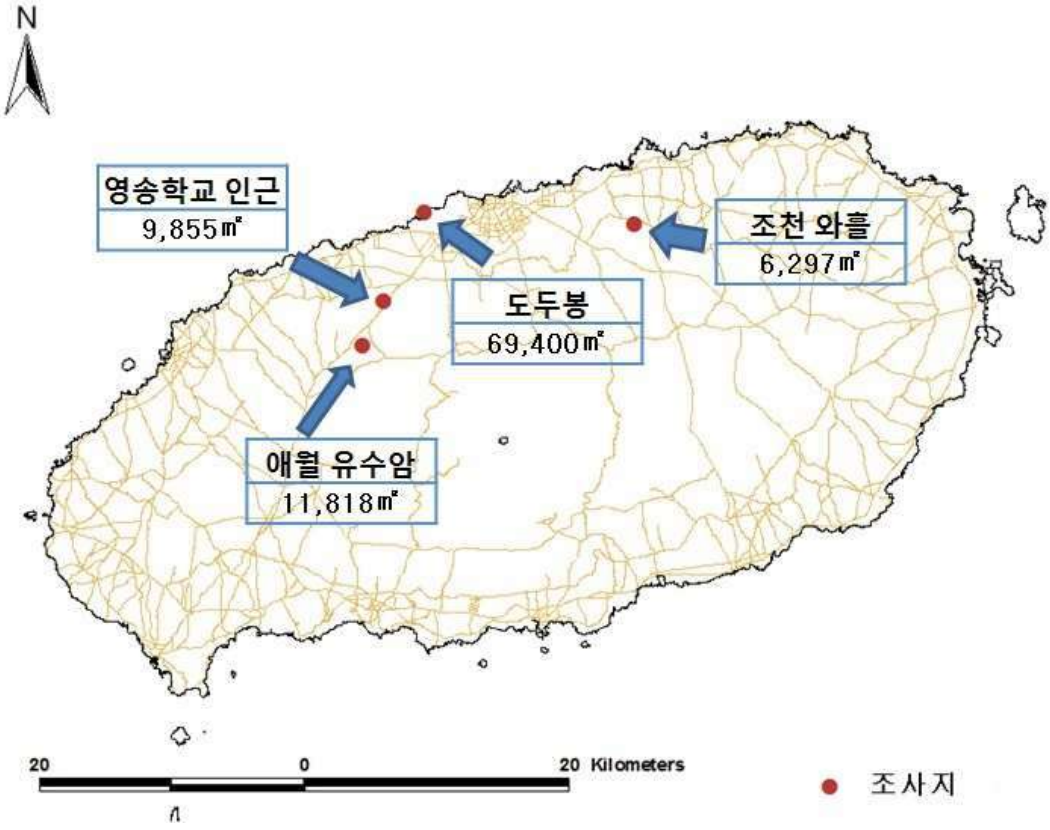


그림 1. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사지역

유사도 지수(CCs)는 두 군집 간에 종구성의 유사도를 나타내는 것으로, SØrensen(1948)의 공식을 이용하였다.

$$CCs=2C/S_1+S_2$$

C; 두 군집의 공통종수, S_1 및 S_2; 군집 1 및 2의 종수)

양서·파충류 조사는 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사지역으로 선정된 4개 지역을 대상으로 양서·파충류 서식상황을 조사 기록하였다. 조사시기는 양서·파충류가 산란 등 활발하게 활동하는 시기를 정하여 조사하였으며, 일부 종에 대해서는 낙엽과 돌, 나무토막 등을 들추어내면서 조사하였다. 특히 양서류는 산란시기와 활발하게 활동하는 2월부터 9월까지 실시하였으며, 양서류는 고(2005)의 방법을 이용하여 알의 모양과 크기, 유생의 모양 등을 이

용하여 동정하였으며, 또한 관찰되거나 습지주변을 대상으로 돌이나 낙엽 등을 들추어 제주도롱뇽 등을 확인하는 직접적인 방법과 울음소리 등 간접적인 방법 등을 이용하여 서식여부를 조사하였다.

파충류는 대부분 직접 관찰되는 개체를 대상으로 기록하였으나 일부 종은 돌담이나 낙엽 등을 들추어 서식여부를 조사하였다.

곤충 서식현황 조사는 2015년 5월부터 10월까지 소나무 재선충병 피해지를 대상으로 월 1~2회 조사를 실시하였다. 곤충은 종에 따라 서식환경과 생활패턴이 각각 다르기 때문에 한 가지 조사법으로는 여러 종을 확인하는데 한계가 있기 때문에 본 연구는 여러 가지 채집방법 중 함정 덫(Pit-fall trap, 7cm X 10cm), 쓸어잡기법(sweaping), 털어잡기법(Beating)을 사용하여 조사를 실시하였다. 함정 덫은 조사지역별 5개씩 설치하였으며, 유인제로는 번데기 분말과 당밀을 사용하였다.

조사결과 및 고찰

소나무재선충병 피해지 산림생태계조사 일환으로 2014년도 벌채가 완료된 제주시 애월읍 유수암리 건승원(해발 400m)일대, 애월읍 광령리 영송학교 일대(해발 200m), 제주시 도두봉(해발60m)일대, 조천읍 와흘리 임지(해발140m)일대 등 4곳을 대상으로 포유류, 조류, 양서·파충류와 곤충류 등의 출현 현황을 조사하였다.

포유류는 노루, 제주족제비, 제주등줄쥐, 집쥐 등이 서식확인되었다. 제주족제비와 제주등줄쥐는 모든 지역에서 관찰되었으나 노루는 제주시 도두봉 조사지역을 제외한 모든 지역에서 서식이 확인되었다.

조류는 모두 31종이 관찰되었으며, 대조구와 비교할 경우 많은 차이가 있었다.

표 1. 소나무재선충병 피해지내 관찰 종 목록

국명/학명			유수암	도두봉	영송학교	와흘
포유류	노루	*Capreolus pygargus ochracea*	7(2)		1(1)	6(1)
	제주족제비	*Mustela sibirica quelpartis*	1	(2)		
	제주등줄쥐	*Opademus agrarices*	3(1)	1(1)	1(1)	2(1)
	집쥐	*Rattus norvegicus*		1(1)	2(1)	2
조류	꿩	Phasianuscolchicus	10(1)		5(2)	5
	왜가리	*Ardea cinerea*		1		
	황조롱이	*Falco tinnunculus*			(1)	
	매	*Falco peregrinus*	2			
	멧비둘기	*Streptopelia orientalis*	6(3)	1(13)	3(4)	7(29)
	두견	*Cuculus poliocephalus*	(1)			
	파랑새	*Eurystomus orientalis*				(1)
	큰오색딱다구리	*Dendrocopos leucotos*	3(2)			
	때까치	*Lanius bucephalus*	2(3)	1(3)	(1)	1(1)
	까치	*Pica pica*	17(23)	5(24))	5(12)	9(20)
	큰부리까마귀	*Corvus macrorhynchos*	1(2)	(1)	(4)	
	박새	*Parus major*	1(4)	4(17)	(4)	4(12)
	곤줄박이	*Parus varius*	(1)			
	제비	*Hirundo rustica*	(10)	5(22)	(2)	4(6)
	직박구리	*Ixos amaurotis*	22(50)	30(87)	15(43)	26(38)
	휘파람새	*Cettia diphone cantans*	1(7)	2(17)		3(7)
	솔딱새	*Muscicapa sibirica*	(2)	(2)		
	동박새	*Zosterops japonicus*	3(8)	3(15)		8(6)
	호랑지빠귀	*Zoothera dauna*	(2)			
	흰배지빠귀	*Turdus pallidus*	(1)	1(4)	(1)	
	딱새	*Phoenicurus auroreus*		2(2)		
	제비딱새	*Muscicapa griseissticta*	(2)	(2)		
	바다직박구리	*Monticola solitarius*		2(2)		
	참새	*Passer montanus*	(8)	7(52)	2(11)	14(68)
	백할미새	*Motacilla alba lugens*		(1)		
	방울새	*Carduelis sinica*	3(8)	10(39)	7(10)	5(4)
	검은머리방울새	*Carduelis spinus*	(80)		11(8)	
	멧새	*Emberiza cioides*	4(6)	1(5)	(2)	2(8)
	노랑턱멧새	*Emberiza elegans*	18(9)	6(12)	2(1)	6(4)
	밭종다리	*Anthus spinoletta*	2	8(3)		2
	힝둥새	*Anthus hodgsoni*		3(3)		
파충류	줄장지뱀	*Takydromus wolteri*			1(1)	
	누룩뱀	*Elaphe dione*		(1)		

( ) 대조구 출현 개체수

유수암지역에서는 시험구에서 17종 62개체가 관찰되었으나 대조구에서 24종 201개체가 관찰되어 종수나 개체수에 있어서 많은 차이가 있었다. 또한 제주시 도두봉에서는 시험구에서 16종 79개체, 대조구에서 23종 285개체, 영송학교 지역은 시험구에서 9종 38개체, 대조구에서 17종 154개체로 시험구에 비해 대조구에서 종과 개체수가 높게 나타났다. 그러나 조천읍 와흘리 조사구에서는 시험구에서 16종 81개체, 대조구에서 14종 154개체로 나타나 다른 지역과는 다른 양상을 보여주고 있었다(표 1).

조사지역내 종 다양도를 비교한 결과 유수암 지역에서 2.521로 가장 다양한 종이 서식하는 것으로 조사되었으며, 다음으로 도두봉 2.201, 와흘리 2.194 순으로 나타났으나, 영송학교인근 조사지역이 1.916으로 가장 낮은 것으로 조사되었다(그림 2). 유수암지역과 와흘 조사지역은 시험구 종 다양도가 대조구보다 높게 나타났는데 이 두 지역은 조사구 주변에 경작지, 목장지대 등 야생동물이 휴식공간이 비교적 불량한 곳이고 재선충 피해로 인해 침엽수인 소나무를 벌채함으로서 산림내 식물다양성이 높아지면서 특정 야생동물이 선호했기 때문으로 판단된다.

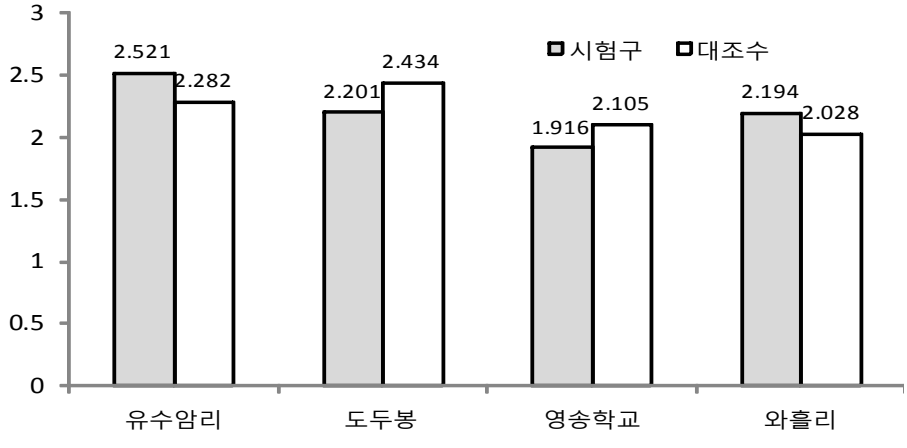


그림 2. 조사지역별 종 다양도 비교

조사지역별 유사도 지수를 비교해보면 유수암리- 도두봉 지역간 0.91러 가장 높았으며, 유수암리- 와흘지역 0.85, 도두봉-와흘지역 0.81로 비교적 유사도

가 높은 것으로 조사되었으나 유수암리-영송학교와 도두봉과 영송학교와 영송학교와 와흘지역은 유사도 지수가 비교적 낮게 나타나 두 지역간 유의성이 낮은 것으로 분석되었다(표 2). 이것은 재선충 피해로 인해 소나무 벌채 비율과 벌채 면적, 그리고 주변 잔존 산림의 유형과 크기가 서로 다르기 때문으로 판단되어 향후 이에 대한 추가 조사가 필요한 실정이다.

표 2. 조사지역별 출현한 야생동물의 지역간 유사도 지수

조사지역	유수암리	도두봉	영송학교	와흘지역
유수암리	-	0.91	0.54	0.85
도 두 봉		-	0.48	0.81
영송학교			-	0.64
와흘지역				-

곤충류 조사는 4곳의 재선충 피해지역을 인위적으로 벌채하여 그 곳의 곤충상을 알아보고 이러한 행위가 추후 산림곤충군집의 변화에 대하여 알아보고자 실시하였다.

그 결과 총 14목 58과 131종이 출현한 것으로 조사되었다. 각 분류군 별 종수는 돌좀목이 1과 1종(1%), 잠자리목이 2과 5종(4%), 바퀴목이 1과 2종(1%), 사마귀목이 1과 1종(1%), 집게벌레목 1과 1종(1%), 메뚜기목 7과 12종(9%), 대벌레목 1과 1종(1%), 노린재목 8과 17종(11%), 매미목 4과 6종(4%), 뿔잠자리목 1과 1종(1%), 딱정벌레목 16과 59종(40%), 벌목 4과 9종(6%), 파리목 7과 12종(7%), 나비목 7과 19종(13%)이 조사되었다(그림 3, 그림 4). 조사구별로 보면 유수암이 가장 많은 12목 52과 92종, 와흘이 11목 51과 85종, 광령이 12목 44과 82종이며 도두봉이 12목 49과 79종이 출현하였다(그림 3, 그림 5).

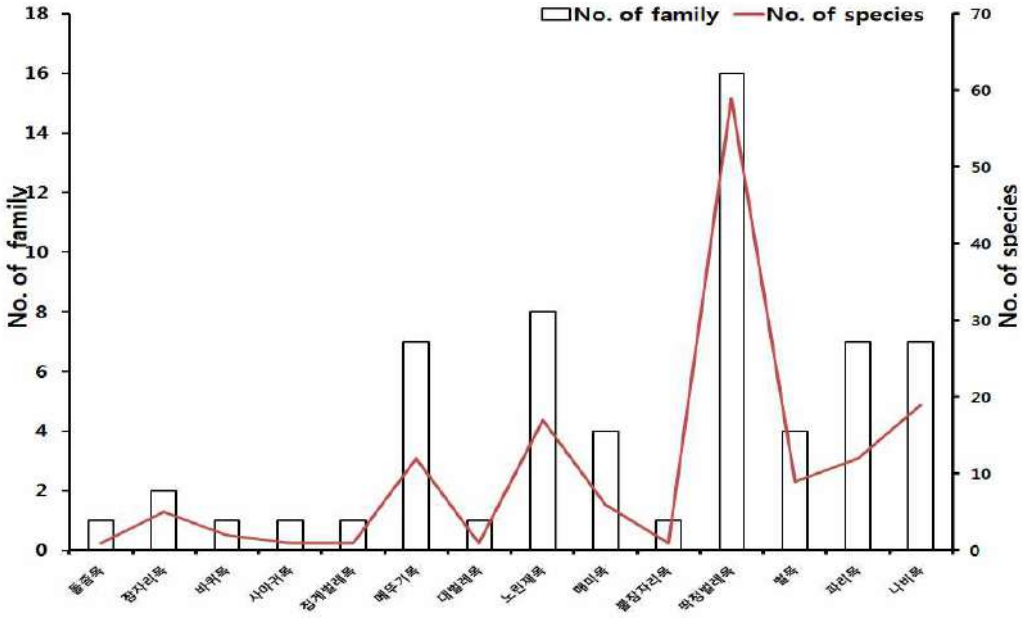


그림 3. 소나무재선충 피해지의 육상곤충 분포

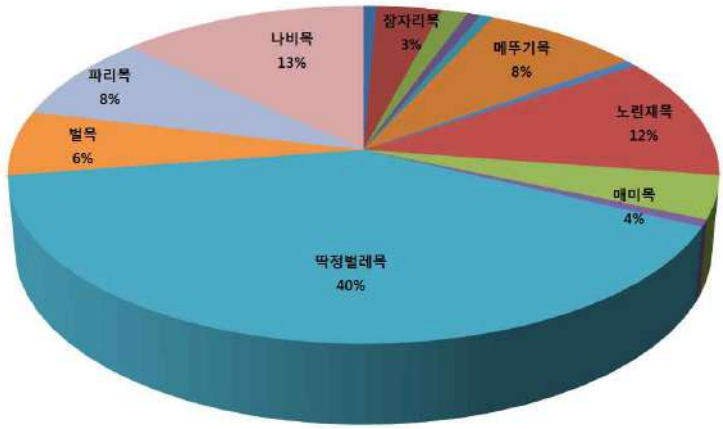


그림 4. 소나무재선충 피해지의 목별 종조성

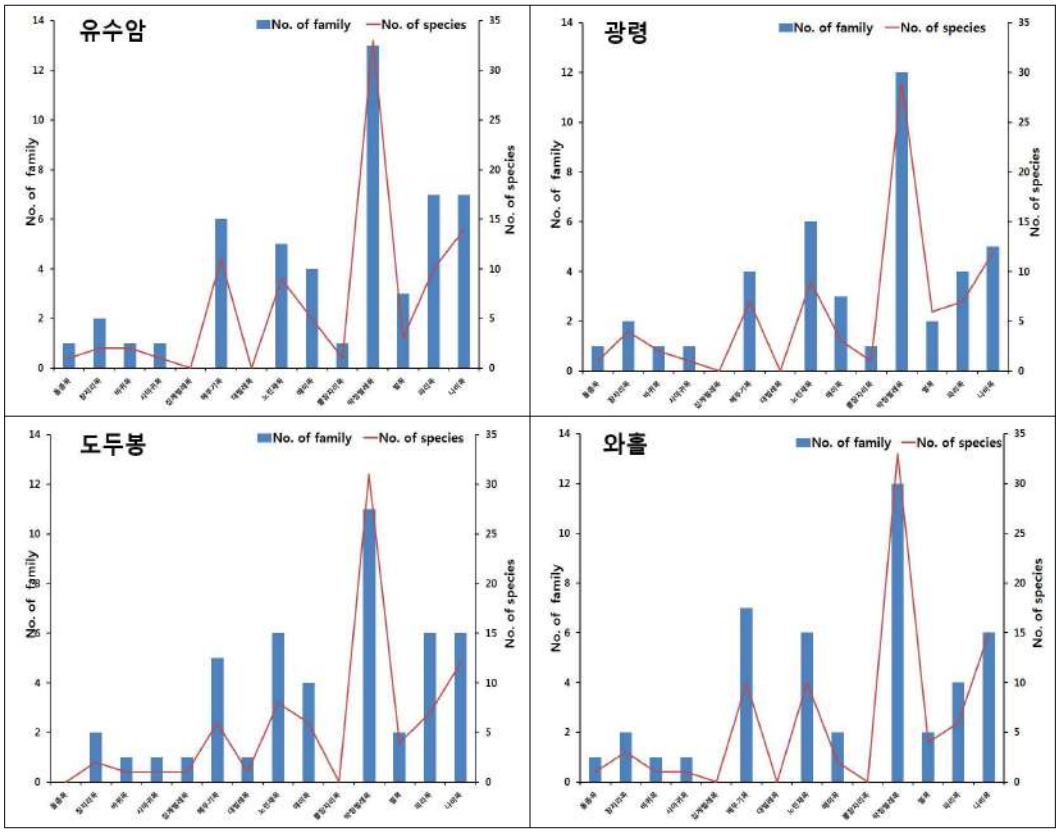


그림 5. 소나무재선충병 피해지역 별 육상곤충의 종조성

표 3. 재선충피해지역의 법적보호종

구분	종명
고유종	바퀴, 산바퀴, 제주집게벌레, 꼽등이, 여치, 잔날개여치, 검은다리실베짱이, 왕귀뚜리미, 땅강아지, 모메뚜기, 섬서구메뚜기, 방아깨비, 콩중이, 풀무치, 각시메뚜기, 긴수염대벌레, 제주그물눈검정풍뎅이, 흰점박이꽃무지, 제주호리병거저리
특정종	방아깨비, 풀무치, 다리무늬침노린재, 큰별노린재, 썩덩나무노린재, 명주잠자리, 큰넓적송장벌레, 검정송장벌레, 이마무늬송장벌레, 주둥무늬착색풍뎅이, 칠성무당벌레, 무당벌레, 남색초원하늘소, 알락하늘소, 털두꺼비하늘소, 주홍꼽추잎벌레, 적갈색긴가슴잎벌레, 외뿔장수풍뎅이, 장미등에잎벌, 뱀허물쌍살벌, 말벌, 호박벌, 어리호박벌, 스미스애꽃벌, 배짧은꽃등에, 꽃등에, 꼬마꽃등에, 동에등애, 뚱보기생파리, 산부전나비, 왕나비
국외반출 승인대상종	제주집게벌레, 왕딱정벌레, 제주그물눈검정풍뎅이, 산부전나비, 홍점알락나비
멸종위기종	-

본 조사에서 확인된 환경부지정 보호종은 총 55종으로 나타났으며, 멸종위기종은 출현하지 않았다. 환경부지정 고유종은 바퀴 등 19종, 특정종은 방아깨비등 31종으로 조사되었으며, 국외반출승인대상종은 제주집게벌레 등 5종이었다(표 3, 부록 1).

조사지역의 대부분은 소나무재선충병 피해지역으로 80%이상 소나무 벌채가 이루어진 지역이다. 따라서 수광 상태가 개선되어 찔레와 청미래덩굴 등 덩굴식물과 억새, 띠 등 화본과식물이 이입되어 초지의 형태를 이루고 있었다. 이러한 서식 환경 때문에 딱정벌레목, 노린재목, 메뚜기목의 곤충이 서식하기에 적합하여 이들 군집의 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다(Kim and Yoo, 1987). 또한 소나무림에서 초지대로의 인위적인 산림천이는 식습성 곤충의 먹이공급원과 서식처로 제공되고, 나아가 이들 곤충을 먹이원으로 하는 포식성 곤충의 출현을 조장하여 곤충류 종 다양성 확보 측면에서 많은 이점이 있다. 벌채 후 딱정벌레과(Carabidae)의 일반적인 특징은 열린 공간에 일반종이 증가하고, 산림성 일반 종은 초기에 감소하나 천이에 과정에 따라 회복되지만, 산림성 특수 종은 영원히 사라지는 경향이 있다는 보고(Niemela et al., 1993; Werner and Raffa, 2000)가 있다. 예컨대 소나무에 구멍을 뚫어 산란을 하고 생활을 하는 특정 하늘소, 바구미류 등 천공성 해충들은 벌채 등 서식지변화에 의해 급격히 사라질 것이며, 임상 내부에서만 관찰되던 분류군들도 점차 자취를 감출 수 있을 가능성도 배제 할 수 없다. 본 연구에서는 체계적인 연구기법을 통한 조사 보다 예비조사적인 측면에서 접근하였으며, 향후 임상이 복원된 후와 비교를 통한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 소나무재선충병 피해지의 곤충조사는 인위적으로 벌채된 소나무림의 곤충군집 변화상 조사를 토대로 향후 임상의 변화 정도에 따라 곤충 개체군 변화를 예측할 수 있어 지속가능한 산림보호와 관리 측면에서의 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

인용문헌

Bibby C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. *Bird Census Techniques..* Academic Press.

Kim, J. L. and H. J. Yoo. 1987. Summer seasonal fauna of the insect from the Islands Paengnyong-do of the province Kyonggi-do, Korea. Rep. Surv. Nat. Env. Kor. 213-235.

Niemela J., Langor D and J. R. Spence. 1993. Effects of clear-cut harvesting on boreal ground -beetle assemblage(Coleoptera: Carabidae) in Western Canada. Conservation Biology 7: 551-561.

Werner S. M. and K. F. Raffa. 2000. Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed morthern hardwood forests of the Great Lakes Region. Forest Ecology and Management 139: 135-155.

고영민. 2008. 제주도의 양서류상. 한라산고산습지의 학술적 가치조명과 과제. 한라산연구소. P. 83-109.

산림청, 2015. 임업통계연보

제주특별자치도. 2015. 산림휴양 정책 사업계획.

한국조류학회. 2009. 한국조류목록.

부록 1. 재선충피해지의 곤충목록

Species name/ Korean name	유충	광령	도두	와흘	비고
Microcoryphia 돌좀목					
Machilidae 돌좀과					
Haslundichilis viridis Lee et Choe 돌좀	○	○		○	
Odonata 잠자리목					
Aeshnidae 왕잠자리과					
Anax nigrofasciatus Oguma 먹줄왕잠자리		○	○	○	
Anax parthenope julius Brauer 왕잠자리	○			○	
Libellulidae 잠자리과					
Orthetrum albistylum speciosum (Uhler) 밀잠자리		○			
Orthetrum triangulare melania (Selys) 큰밀잠자리		○			
Pantala flavescens (Fabricius) 된장잠자리	○	○	○	○	
Blattaria 바퀴목					
Blattellidae 바퀴과					
Blattella germanica (Linn) 바퀴	○	○			IS
B. nipponica Asahina 산바퀴	○	○	○	○	IS
Mantodea 사마귀목					
Mantidae 사마귀과					
Tenodera aridifolia (Stoll) 왕사마귀	○	○	○	○	
Dermaptera 집게벌레목					
Forficulidae 집게벌레과					
Anechura quelparta Okamoto 제주집게벌레			○		ERS, IS
Orthoptera 메뚜기목					
Rhaphidophoridae 꼽등이과					
Tachycines (*Tachycines*) *coreanus* Yamasaki 꼽등이	○		○	○	IS
Tettigoniidae 여치과					
Gampsocleis sedakovi abscura Walker 여치	○	○			IS
Metrioptera bonneti (Bolivar) 잔날개여치	○	○	○	○	IS
Phaneroptera nigroantennata Brunner 검은다리실베짱이	○	○	○	○	IS
Gryllidae 귀뚜라미과					
Teleogryllus emma (Ohmachi et Matsumura) 왕귀뚜라미	○	○	○	○	IS
Gryllotalpidae 땅강아지과					
Gryllotalpa orientalis (Burmeister) 땅강아지	○		○	○	IS
Tetrigidae 모메뚜기과					
Tetrix japonica (Bolivar) 모메뚜기				○	IS
Pyrgomorphidae 섬서구메뚜기과					
Atractomorpha lata (Motschulsky) 섬서구메뚜기	○	○		○	IS
Acrididae 메뚜기과					
Acrida cinerea cinerea (Thunberg) 방아깨비	○	○	○	○	IS, SS
Gastrimargus marmoratus (Thunberg) 콩중이	○			○	IS
Locusta migratoria (Linn) 풀무치	○				IS, SS
Nomadacris japonica (I Bolivar, 1898) 각시메뚜기	○	○		○	IS

부록 1. 계속

Species name/ Korean name	유유암	광령	도두	와흘	비고
Phasmida 대벌레목					
Lonchodidae 긴수염대벌레과					
Phraortes illepidus Brunner von Wattenwyl긴수염대벌레			○		IS
Hemiptera 노린재목					
Reduviidae 침노린재과					
Sphedanolestes impressicollis (S.) 다리무늬침노린재	○	○	○	○	SS
Largidae 큰별노린재과					
Physopelta cincticollis Stal 여수별노린재	○				
Physopelta gutta (Burmeister) 큰별노린재	○	○	○	○	SS
Coreidae 허리노린재과					
Acanthocoris sordidus (Thunberg) 꽈리허리노린재	○			○	
Cletus punctiger (Dallas) 시골가시허리노린재			○		
Cletus schmidti Kiritshenko 우리가시허리노린재	○	○	○	○	
Homoeocerus unipunctatus (Thunberg) 두점배허리노린재		○	○		
Hygia lativentris (Motschulsky) 떼허리노린재		○		○	
Alydidae 호리허리노린재과					
Leptocorisa chinensis (Dallas) 호리허리노린재	○	○		○	
Paraplesius unicolor Scott 막대허리노린재			○		
Riptortus clavatus (Thunberg) 톱다리개미허리노린재	○	○			
Pentatomidae 노린재과					
Graphosoma rubrolineatum (Westwood) 홍줄노린재	○			○	
Halyomorpha halys (Stal) 썩덩나무노린재	○		○		SS
Nezara antennata Scott 풀색노린재		○		○	
Plataspididae 알노린재과					
Megacopta punctatissima (Montandon) 무당알노린재			○		
Cydnidae 땅노린재과					
Macroscytus japonensis Scott 땅노린재		○		○	
Dinidoridae 톱날노린재과					
Megymenum gracilicorne Dallas 톱날노린재				○	
Homoptera 매미목					
Aphrophoridae 거품벌레과					
Aphrophora flavipes Uhler 솔거품벌레	○	○	○		
Cicadellidae 매미과					
Cryptotympana dubia (Haupt) 말매미	○		○		
Meimuna opalifera (Walker) 애매미			○		
Platypleura kaempferi (Fabricius) 털매미	○		○		
Cicadellidae 매미충과					
Bothrogonia japonica Ishihara 끝검은말매미충	○	○	○	○	
Flatidae 선녀벌레과					
Geisha distinctissima (Walker) 선녀벌레	○	○	○	○	
Neuroptera 뿔잠자리목					
Myrmeleontidae 명주잠자리과					
Hagenomyia micans (MacLachlan) 명주잠자리	○	○			SS
Coleoptera 딱정벌레목					
Carabidae 딱정벌레과					
Calosoma maximowiczi (Morawitz) 검정명주딱정벌레	○				

부록 1. 계속

Species name/ Korean name	유엄암	광령	도두	와흘	비고
Carabus fiduciarius kirinicus Csiki 왕딱정벌레	○	○	○	○	ERS
Carbus stermbergi Roeschke 우리딱정벌레	○	○	○	○	
Damaster (*C.*) jankowskii Oberthr 멋쟁이딱정벌레	○		○		
Hemicarabus tuberculosus (Dej. et Boi.) 애딱정벌레	○	○		○	
Patrobus (*P.*) flavipes Motschulsky 습지먼지벌레	○			○	
Pheropsophus (*S.*) javanus (Dejean) 남방폭탄먼지벌레				○	
Damaster smaragdinus (Fischer) 홍단딱정벌레				○	
Synuchus nitidus (Mots.) 윤납작먼지벌레	○		○		
S. (*Synuchus*) congruus (Morawitz) 애칠납작먼지벌레				○	
Silphidae 송장벌레과					
Eusilpha jakowlewi (Semenow)큰넓적송장벌레	○	○	○	○	SS
Nicrophorus concolor Kraatz 검정송장벌레			○		SS
Nicrophorus maculifrons Kraatz 이마무늬송장벌레			○		SS
Lucanidae 사슴벌레과					
Serrognathus platymelus castanicolor Mots. 넓적사슴벌레			○		
Scarabaeidae 소똥구리과					
Copris (*s.* str.) *ochus*(Motschulsky) 뿔소똥구리	○		○		
Onthophagus (*P.*) *fodiens* Waterhouse 모가슴소똥풍뎅이	○		○		
Onthophagus (*S.*) *japonicus* Harold 소요산소똥풍뎅이			○		
Onthophagus lenzii Harold 렌지소똥풍뎅이				○	
Melolonthidae 검정풍뎅이과					
Heptophylla picea Motschulsky 긴다색풍뎅이	○		○	○	
Holotrichia diomphalia (Bates) 참검정풍뎅이		○		○	
Holotrichia parallela (Motschulsky) 큰검정풍뎅이		○			
Maladera fusania (Murayama) 부산우단풍뎅이			○		
Maladera japonica (Motschulsky, 1860) 우단풍뎅이	○	○		○	
Maladera orientalis (Motschulsky) 애우단풍뎅이	○			○	
Holotrichia reticulata Murayama 제주그물눈검정풍뎅이	○			○	ERS, IS
Maladera cariniceps (Moser) 알모양우단풍뎅이	○	○			
Rutelidae 풍뎅이과					
Adoretus tenuimaculatus Waterhouse 주둥무늬차색풍뎅이		○			SS
Anomala albopilosa Hope 청동풍뎅이	○		○	○	
Blitopertha orientalis (Waterhouse) 둥얼룩풍데이		○		○	
Mimela splendens Gyllenhal 풍뎅이			○		
Popillia mutans Mewmann 콩풍뎅이			○	○	
Bifurcanomala aulax (Wiedemann) 홈줄풍뎅이		○	○		
Cetoniidae 꽃무지과					
Gametis jucunda (Faldermann) 풀색꽃무지	○	○	○	○	
Protaetia brevitarsis seulensis (Kolbe) 흰점박이꽃무지	○	○		○	IS
Pseudotorynorrhina japonica Hope 풍이	○		○	○	
Buprestidae 비단벌레과					
Chalcophora japonica (Gory) 소나무비단벌레		○	○	○	
Elateridae 방아벌레과					
Agrypnus binodulus coreanus Kishii 녹슬은방아벌레		○			
Pectocera fortunei Candze 왕빗살방아벌레		○			
Coccinellidae 무당벌레과					
Coccinella septempunctat Linn 칠성무당벌레	○	○		○	SS
Epilachna quadricollis (Dieke) 곱추무당벌레		○		○	
Harmonia axyridis (Pallas) 무당벌레	○	○	○	○	SS

부록 1. 계속

Species name/ Korean name	유수암	광령	도두	와흘	비고
Tenebrionidae 거저리과					
Misolampidius chejudoensis Chj et Ima. 제주호리병거저리	○			○	IS
Cerambycidae 하늘소과					
Agapanthia pilicornis (Fabricius) 남색초원하늘소		○		○	SS
Arhopalus rusticus (Linne) 큰넓적하늘소	○	○			
Anoplophora malasiaca (Thomson) 알락하늘소			○		SS
Moechotypa diphysis (Pascoe) 털두꺼비하늘소		○	○		SS
Monochamus alternatus Hope 솔수염하늘소	○	○	○	○	
Phymatodes maaki (Kraatz) 홍띠하늘소	○			○	
Spondylis buprestoides (Linn) 검정하늘소	○	○	○	○	
Chrysomelidae 잎벌레과					
Acrothinium gaschkevitchii (Motschulsky) 주홍꼽추잎벌레		○			SS
Aulacophora nigripennis Motschulsky 검정오이잎벌레	○		○	○	
Chrysolina (*C.*) *aurichalcea* (Mannerheim) 쑥잎벌레	○		○		
Chrysolina (*C.*) *virgata* (Motschulsky) 청줄보라잎벌레	○		○		
Lema diversa Baly 적갈색긴가슴잎벌레		○			SS
Lilioceris (*L.*) *ruficollis* (Baly) 고려긴가슴잎벌레			○	○	
Ophraella communa Lesage 돼지풀잎벌레	○	○	○	○	
Dynastidae 장수풍뎅이과					
Eophileurus chinensis (Faldermann) 외뿔장수풍뎅이	○				SS
Dryophthoridae 왕바구미과		○	○		
Sipalinus gigas (Fabricius) 왕바구미	○	○		○	
Curculionidae 바구미과					
Lixus imperessiventris Roelofs 길쭉바구미	○	○	○		
Hymenoptera 벌목					
Argidae 등에잎벌과					
Arge pagana pagana(Panzer) 장미등에잎벌				○	SS
Vespidae 말벌과					
Parapolybia varia (Fabricius) 뱀허물쌍살벌			○	○	SS
Vespa crabro flavofasciata Cameron 말벌	○	○			SS
Apidae 꿀벌과					
Apismellifera Linn 양봉꿀벌	○	○		○	
Bombus ignitus Smith 호박벌		○	○		SS
Halictus aerarius Smith 스미드애꽃벌		○	○		SS
Lasioglossum mutillum Vachal 어리흰줄애꽃벌		○		○	
Xylocopa appendiculata circumvolans Smith 어리호박벌		○	○		SS
Siricidae 송곳벌과					
Xoanon matsumurae (Rohwer) 호랑무늬송곳벌	○				
Diptera 파리목					
Asilidae 파리매과					
Trichomachimus scutellaris (Coquillett) 검정파리매		○		○	
Cophinopoda chinensis (Fabricius) 왕파리매	○	○	○	○	
Neoitamus angusticornis (Loew) 광대파리매		○			
Calliphoridae 검정파리과					
Chrysomyia pinguis (Walker) 금파리	○	○	○	○	
Stomorhina obsoleta (Wiedemann) 점박이꽃검정파리	○	○		○	
Dolichopodidae 장다리파리과					

부록 1. 계속

Species name/ Korean name	유유암	광령	도두	와흘	비고
Mesorhaga nebulosa (Matsumura) 얼룩장다리파리	○	○	○		
Syrphidae 꽃등에과					
Eristalis (*Eristalis*) tenax (Linnaeus) 꽃등에	○		○	○	SS
Eristalis (*Eoseristalis*) cerealis Fabricius 배짧은꽃등에	○				SS
Sphaerophoria menthastri (Linne) 꼬마꽃등애	○		○		SS
Stratiomyidae 동애등에과					
Ptecticus tenebrifer (Walker) 동애등에	○		○		SS
Sarcophagidae 쉬파리과					
Kramerea schuetzei (Kramer) 검정볼기쉬파리	○	○	○	○	
Tachinidae 기생파리과					
Tachina (*Eudoromyia*) nupta (Rondani) 뚱보기생파리	○				SS
Lepidoptera 나비목					
Papilionidae 호랑나비과					
Graphium sarpedon (Linnaeus) 청띠제비나비	○	○	○	○	
Papilio bianor Cramer 제비나비	○		○	○	
Papilio machaon Linnaeus 산호랑나비			○	○	
Papilio xuthus Linnaeus 호랑나비		○	○		
Pieridae 흰나비과					
Colias erate (Esper) 노랑나비	○	○	○	○	
Pieris rapae(Linnaeus) 배추흰나비	○	○	○	○	
Lycaenidae 부전나비과					
Lycaeides subsolanus (Eversmann) 산부전나비		○		○	SS,ERS
Lycaena phlaeas (Linnaeus) 작은주홍부전나비	○	○	○	○	
Nymphalidae 네발나비과					
Cyntia cardui (Linnaeus) 작은멋쟁이나비	○	○	○	○	
Vanessa indica (Herbst) 큰멋쟁이나비	○			○	
Hestina assimilis (Linnaeus) 홍점알락나비		○			ERS
Minois dryas (Scopoli) 굴뚝나비	○	○		○	
Polygonia c-aureum (Linne) 네발나비	○	○	○	○	
Danaidae 왕나비과					
Parantica sita (Kollar) 왕나비	○				SS
Satyridae 뱀눈나비과					
Melanargia halimede (Mntris) 흰뱀눈나비	○		○	○	
Ypthima motschulskyi (Bremer et Grey) 물결나비			○	○	
Hesperiidae 팔랑나비과					
Daimio tethys (Mntris) 왕자팔랑나비	○	○		○	
Ochlodes subhyalina (Bre. et Gre.) 유리창떠들썩팔랑나비	○		○	○	
Parnara guttata (Bremer et Grey) 줄점팔랑나비	○	○			

IS(Indigenous Species): 한국고유종, SS(Specific Species): 특정종, ERS(Export Restricted Species): 국외반출승인종, ES(Endangerd Species): 멸종위기종

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 병해충 발생 조사연구(Ⅰ)

한태완*, 고석형, 박정훈, 신창훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

요 약

본 연구는 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구 한 분야인 병해충 발생상황을 조사하기 위하여 2015년 5월부터 10월까지 현장조사를 실시하였다. 조사장소는 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구 대상지로 선정된 4개 지역을 대상으로 조사지역 내 산림병해충 발생상황을 조사하였다. 조사항목으로는 산림병해충 및 돌발병해충 종류, 피해상황 및 발생여부, 피해도 등 조사하였고 방제 후 소나무재선충병 추가 발생 및 피해상황도 함께 조사하였다.

월별 병해충 조사결과, 5월에는 병해 6종, 충해 16종이 조사되었고 6월에는 병해 6종, 충해 15종이, 7월에는 병해 7종, 충해 13종이 조사되었으며, 8월엔 병해 9종, 충해 15종이, 9월에는 병해 8종, 충해 10종, 10월에는 병해 6종, 충해 10종이 조사되었다. 또한 유수암리 조사구와 도두봉 조사구에서 소나무재선충병이 추가로 발생하였다.

서 론

제주도는 전체 185천ha 중 산림은 89천ha(제주도 면적의 48%)로 거의 절반

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7581, e-mail: htw6613@korea.kr

이 산림으로 이루어져 있다. 그 중 소나무림은 16,284ha(산림면적의 18%)가 분포하여 소나무는 약 12만본이 생립하고 있다(제주특별자치도, 2014). 임상별로는 활엽수 비율이 가장 높으며, 무림목지, 침엽수, 혼효림 순이다. 지역별로는 제주시는 침엽수 비율이 상대적으로 높고 서귀포시는 혼효림 비율이 상대적으로 높다(제주특별자치도, 2013).

소나무재선충은 미국, 캐나다, 멕시코 등 북미대륙 토착종으로(Knowles et al., 1983, Dwinell, 1993) 미국 내 자생 수종들은 대부분 저항성을 나타내어 큰 피해가 없으나 이 선충이 원산지에서 다른 나라로 유입될 경우 이 선충에 감염된 소나무는 모두 죽으며 감염 후 3개월 이내에 죽기 때문에 지구상의 그 어떤 산림병해충보다 무서운 병으로 산림에 심각한 피해를 주고 있다. 그 예로 일본에서 1900년대 초반부터 소나무에 피해가 나타나기 시작하여 점차 확산되면서 현재는 소나무와 해송이 거의 전멸 상태가 되고 있다(Kishi 1995).

국내에서는 1988년에 부산 동래구 금정산에서 처음 발생하여 27년이 경과한 2015년 현재 국내의 소나무재선충병 발생면적은 14개 시·도, 85개 시·군·구에서 174만본이 발생하였으며 2016년에는 110만본이 발생하는 것으로 추정하고 있으며, 2015년도 신규 발생지로는 경북 안동, 강원 강릉으로 점차 북상하고 있다(산림청, 2016).

지난 2004년 제주 지역에 소나무재선충병이 처음 내습한 이래, 그 발생빈도를 낮추기 위해 많은 노력을 해왔으나 2013년 이후의 재선충병의 급속한 확산과 이에따른 대대적인 방제가 집중되면서 피해가 증가하고 있는 실정이며(제주특별자치도, 2013). 2014년부터 2015년 8월까지 1,128천본을 제거하였으며 2016년 4월까지 140천본을 제거할 계획으로 고사목 물량이나 방제비용이 증가하고 있는 실정이다(제주특별자치도, 2016).

일반 산림병해충 연구로는 국내 4개소 골프장 내에 식재되어있는 조경수 대상으로 발생하는 해충의 발육단계나 식성, 섭식형태 및 조경수의 가해부위 등을 조사하였으며(김 등, 2007), 외국의 연구사례로는 세계의 산림병해충 발생 및 피해 현황을 보면 전세계 산림면적의 2% 이내로 해충피해가 발생하지만 주로 온대 및 한 대지역의 일부국가에서 그 피해가 심각한 수준이다고 보고하고 있다(고, 2013). 또한 김(2012)은 제주에 주로 발생하는 소나무재선충

병 등 산림병해충 5종 외에도 팽나무에 피해주고 있는 바구미류, 알락진딧물, 상수리나무에 갈무늬재주나방, 왕벚나무에 복숭아혹진딧물 등의 확인되고 있고 매년 태풍으로 인한 해풍, 염해 피해목이 해송 등 수종에 관계없이 다량 발생되고 돌발병해충의 대발생이 우려된다고 보고하고 있다.

소나무재선충병 방제연구로서는 이 등(2008)이 곰솔(*Pinus thunbergii*)에서 Abamectin과 Emamectin benzoate를 이용한 소나무재선충과 솔잎혹파리 및 솔껍질깍지벌레의 동시방제 가능성에 대해 연구하였으며, 살충제 살포가 소나무림의 토양생물에 미치는 영향에서 토양에 서식하는 절족동물, 곰팡이, 세균, 방선균의 개체수 변화와 이들 토양물군집의 구조에 유익한 영향을 주지 않아 항공방제가 소나무림의 토양생물에 큰 영향을 줄 가능성이 낮음을 나타낸다고 보고하였다(권 et al., 2005, 권 등 2005).

소나무재선충병 피해지의 연구로서 윤 등(2006)은 재선충병 피해지역과 대조구의 층위별 각각 개체수, 종다양도, 최대 종다양도, 균재도 및 우점도는 대조구보다 피해지가 높게 나타났으며, 소나무재선충 피해지의 식생 변화경향을 보면 피해목 제거로 인하여 지표면의 수광상태가 상당히 양호해진 관계로 양수는 번성하고 반대로 음수는 감소되는 경향이 나타난다고 하였으며, 토양미생물의 유기질 분해 활성 지표인 토양호흡의 계절변화와 토양호흡에 영향을 미칠 수 있는 토양온도, 수분 및 토양유기물과의 관계 등을 분석하였다(조 등, 2009). 또한 홍 등(2013)은 소나무재선충병 고사목 제거에 따른 산림훼손과 훈증처리작업에 따른 아교목층 낙엽활엽수의 무분별한 제거는 산림의 온도저감, 습도조절 등 공익적 기능을 저하할 우려가 높다고 보고하고 있지만 재선충병 피해지 내의 동·식물상 변화 등에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 소나무재선충병 피해지내 산림의 유형 변화정도에 따라 산림병해충 발생정도를 조사하여 향후 재선충병 피해지 수종갱신 등 피해복구하는데 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

조사지역은 제주시 애월읍 유수암리 건승원(해발 400m)일대, 애월읍 광령리

영송학교 일대(해발 200m), 제주시 도두봉(해발60m)일대, 조천읍 와흘리 임지(해발140m)일대 등 4곳이다. 총 조사 면적은 97,370m^{2}이며, 이 중 도두봉이 69,400m^{2}으로 가장 넓었고, 유수암이 11,818m^2, 광령리 일대가 9,885m^{2}이였고, 와흘리가 6,297m^{2}로 조사면적이 가장 작았다(그림 1). 조사구내에 식생 종다양성에서 도두봉 조사구와 유수암리 조사구에서 높았으며 조천읍 와흘리 조사구에서가 가장 낮았다. 또한 소나무 임황은 모든 조사구에서 이는 소나무재선충병 발생정도에 따라 고사목 방제가 이루어졌지만 와흘리 조사구를 제외한 조사구에서 고루 분포하고 있었지만 고사가 진행중인 소나무도 관찰할 수 있었다. 산림생태계 조사내용으로는 조사구 내 주요 산림병해충 발생량, 발생시기를 모니터링 하였으며 돌발적으로 발생하는 병해충과 방제 후 소나무재선충병 추가 발생 및 피해상황을 조사하였다. 소나무재선충병 발생상황을 대조구와 비교하기 위해 식물분야 조사팀에서 설정한 대조구 방형구(10x10m, 와흘리 2565) 내에 분포하는 소나무(7본)에 재선충병 발생을 방지하기 위해 아바맥틱 살충제(1㎖/흉고직경 1㎝)를 나무주사하였다.

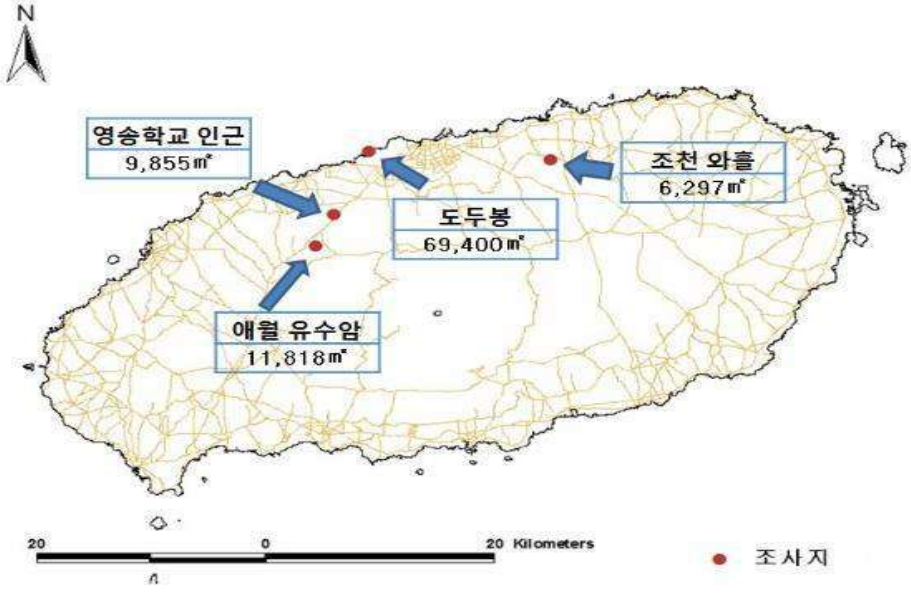


그림 1. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사지역

병해충 조사는 5월부터 10월까지 월별 1~2회씩 실시하였으며, 조사방법은 조사지내의 경로를 무작위로 선정하여 조사경로를 따라 병해충 발생상황을 관찰하였으며, 병해충 동정은 식물병해충도감(이 등, 2013)을 참고하였고 동정이 어려운 병과 충은 실험실로 가져와서 현미경 등으로 관찰하여 비교동정하였다. 소나무재선충병 발생 조사는 조사구내 발생한 완전 고사목을 대상으로 시료채취기를 이용하여 흉고부위(1.2m)에서 4방위(동/서/남/북) 및 상, 하로 고사목 시료 150g 이상 채취하고 채취가 완료된 고사목에는 라벨테이프로 표시하였으며, 채취된 시료는 비닐지퍼백에 담아 채취일자, 장소 및 위성좌표를 표기한 후 임업실험실로 갖고 와서 매뉴얼에 따라 12시간 이상 분리한 후 광학현미경(Leica co.)으로 재선충 유무를 검사하였다(국립산림과학원, 2012년).

조사결과 및 고찰

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구 일환으로 제주시 애월읍 유수암리 건승원(해발 400m)일대, 애월읍 광령리 영송학교 일대(해발 200m), 제주시 도두봉(해발60m)일대, 조천읍 와흘리 임지(해발140m)일대 등 4곳을 대상으로 조사구 내 주요 병해충 발생량, 발생시기를 모니터링 하였으며, 돌발적으로 발생하는 병해충과 2014년에 고사목 방제가 완료된 지역으로 추가 소나무재선충병 고사목 발생 및 피해상황을 조사하였다. 병해충 조사결과 조사구내에 분포하는 기주식물 종에 따라 발생하는 병해충 종류가 결정되어지고 소나무재선충병 고사목 방제여부에 따라서도 병해충 발생정도가 다른 양상을 보였다(그림 2, 부록 1).

소나무재선충병 피해지 내 해충 피해양식에 따른 조사·분류한 결과(그림 3), 잎을 갉아먹는 식엽성해충과 수액을 흡수하는 흡수성해충 각각 10종으로 가장 많아 발생하였으며, 충영형성해충과 천공성해충이 3종과 2종이 조사되었다. 식엽성해충으로는 차독나방, 독나방, 바구미류 등이, 흡수성해충은 주로 진딧물류인 탱자소리진딧물, 팽나무알락진딧물 등이, 이세리아깍지벌레, 극동등애잎벌 등 깍지벌레류, 잎벌류가 대부분이었으며, 충영형성해충으로는 외줄면

충, 때죽납작진딧물 등이 조사되었으며, 천공성해충으로는 소나무순나방 등이 조사되었다. 이는 김 등(2007)이 국내 4개소 골프장 내에 식재되어있는 조경수 대상으로 발생하는 해충을 조사한 결과 6목 34과 44속 60종이 조사되고 섭식 형태별 분류한 결과 식엽성해충이 49%, 흡즙성 해충이 51%를 조사된 것과 유사한 결과를 보였다.

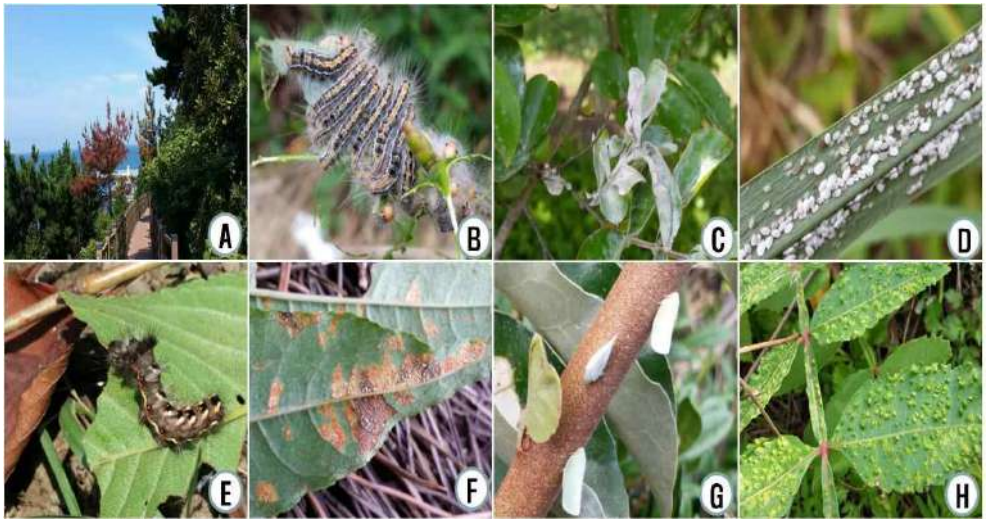


그림 2. 소나무재선충병 피해지 병해충 조사
A: 재선충병 고사목, B: 차독나방, C: 흰가루병, D: 가루깍지벌레,
E: 쐐기나방, F: 녹병, G: 선녀벌레, H: 붉나무혹진딧물.

전체 조사구 내 조사시기별 병해충 발생량을 보면(그림 4), 5월 조사결과 수병 6종, 해충 16종이 조사되었으며, 6월에는 수병 6종, 해충 15종이, 7월에는 수병 7종, 해충 13종이 8월과 9월에는 각각 수병 9종, 해충 15종과 수병 8종, 해충 10종이 관찰되었으며 온도가 낮아지는 10월에는 수병 6종, 해충 10종이 발생하였다. 해충으로는 5월과 6월에 많이 발생하였으며 주로 초본류 보다는 목본류에서 대부분 조사되었고 기주식물에 따라 먹무늬재주나방, 차독나방, 선녀벌레 등 돌발적으로 발생하는 해충이 관찰되었다.

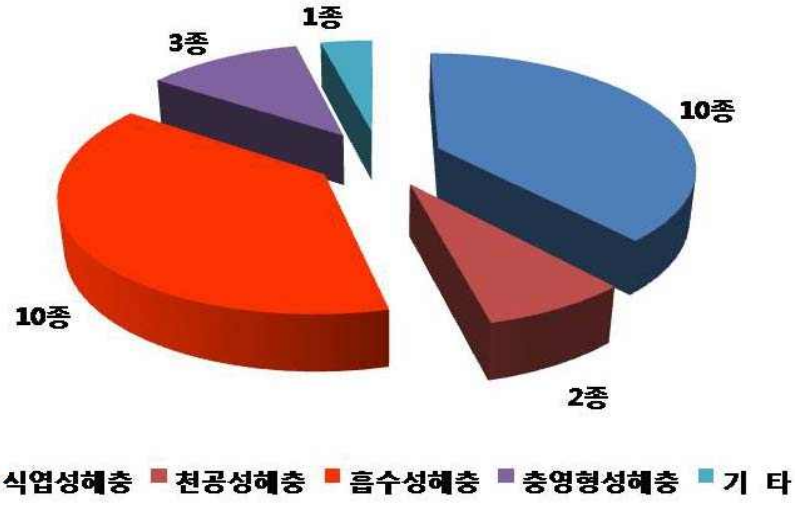


그림 3. 소나무재선충병 피해지 내 피해양식에 따른 해충 분류

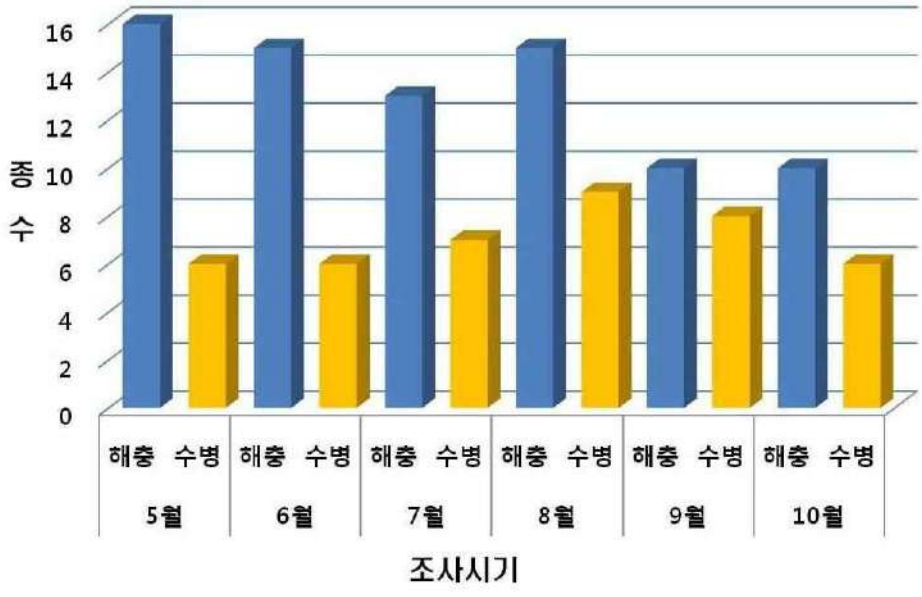


그림 4. 소나무재선충병 피해지 조사시기별 병해충 조사

특히 도두봉지역은 어린이집 및 관광객들의 자주 찾는 곳으로 탐방로를 따라서 식재된 동백나무에서 극심한 피부질환을 일으키는 차독나방이 2회 발생하는 것(부록 1)을 관찰할 수가 있어 피해가 우려되어 발생시기에 시급한 방제가 요구되어지고 조사결과를 가로수 관리부서에 제공한 바 있다. 수병은 전 조사기간 동안 고루게 반복적으로 발생하였고 돌발적으로 발생하는 수병은 관찰되지 않았다. 특히 벚나무, 구실잣밤나무 빗자루병 등은 방제작업이 이루어지지 않아 조사기간 내내 관찰되었지만 신규로 발생하는 것은 관찰할 수 없었다.

전체 조사구 내 조사지역별 병해충 발생을 보면 그림 5와 같다. 해충은 도부봉 조사구에서 20종으로 가장 많이 조사되었으며, 광령리 조사구에서 8종으로 가작 적게 발생하였다.

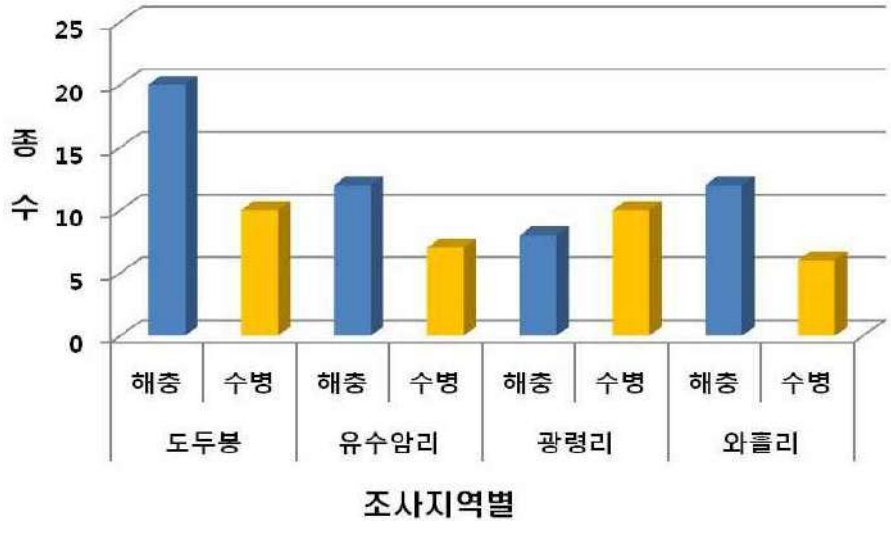


그림 5. 소나무재선충병 피해지 조사지역별 병해충 조사

해충발생이 조사지역별에 따리 차이를 보인 것은 소나무재선충병 방제정도, 수목의 종다양성, 먹이 및 기주식물과의 관계, 울폐도에 따라 영향을 미친

것으로 사료된다. 해충발생이 상대적으로 많이 관찰되었던 도두봉 조사구는 소나무재선충병 발생 전 수목 종다양성이 가장 다양하고 피해목 제거 등 소나무재선충병 방제정도도 다른 조사구에 비해 낮아 먹이풍부도 등 먹이 및 기주식물과의 관계로 인해 발생이 증가 했을 것이라 사료된다. 또한 와흘리 조사구는 소나무재선충병 고사목 방제작업이 많이 진척되어진 곳으로 소나무 고사목 제거 및 방제작업 시 활엽수림의 훼손 등으로 인해 종다양성 및 먹이 및 기주식물과의 관계가 낮아 해충이 적게 발생된 것으로 사료된다. 수병발생은 도두봉과 광령리 조사구에서 10종으로 가장 많이 발생하였고, 와흘리 조사구에서는 6종으로 가장 적게 관찰되었다. 주로 관찰된 수병은 흰가루병, 그을음병, 갈색무늬구멍병, 빗자루병 등이었다. 이 수병들은 기주식물과의 밀접한 관계이거나 진딧물류와 같은 1차 원인에 이은 2차 발병, 병충해 방제미실시 등으로 인한 질병 보유 등이 대부분이었지만 검은무늬병이나 탄저병 등이 관찰되었다. 도두봉과 광령리 조사구에서 수병이 많이 발생한 것과 와흘리에서 적게 발생한 요인은 조사구내에 분포하는 숙주식물의 다양성, 온도·수분과 일광조건, 고사목 방제정도에 따라 수병 발생정도가 차이가 있는 것으로 사료된다. 도두봉과 광령리 조사구에서는 소나무(곰솔)뿐만 아니라 예덕나무, 팽나무 등 식생 종구성상태가 다른 조사구보다 높아 알맞은 온도와 상태습도 유지, 울폐로 인한 일광부족 등으로 수병이 많이 발생하였으나, 와흘리 조사구에서는 고강도 소나무재선충병 방제작업으로 인해 식생 종구성의 단순성, 높은 온도와 낮은 수분, 높은 일광상태, 종다양성과 기주식물의 감소로 인해 병해충 발생이 감소한 것으로 사료된다. 이는 윤 등(2006년)이 소나무재선충병 피해지의 식생변화 경향을 보면, 피해목 제거로 인하여 지표면의 수광상태가 상당히 양호해진 관계로 양수는 번성하고 반대로 음수는 감소되는 경향이 나타난다고 보고와 저온, 일조부족 등 여러모로 작물환경에 불리한 환경이 조성되면 병해 발생이 증가한다는 것과 비슷한 조사결과를 보였다(김, 2003).

소나무재선충병 피해지 조사지역별 소나무재선충병 발생상황을 보면 표1, 그림 6과 같다. 각 조사구별 병해충 조사시 신규로 관찰되는 소나무 고사목 시료를 채취하여 고사목 시료채취 표시 후 실험실로 가져와 현미경으로 재선충유무를 검사하였으며, 전년도에 발생한 고사목은 조사자료에 포함시키지 않

았다. 각 조사구별 발생한 소나무고사목은 주로 8월~9월에 주로 발생·관찰되었으며 와흘리에서는 고사목을 관찰할 수가 없었다. 도두봉 조사구에서는 고사목이 8~10월에 관찰되었고 시료 채취한 고사목 15본중에 14본이 재선충병에 감염된 고사목이었으며, 유수암리 조사구에서는 9~10월에 관찰되었고 시료 채취한 고사목 5본중에 4본이 재선충병에 감염된 고사목이었다. 또한 광령리 조사구에서는 9~10월에 관찰되었고 시료 채취한 고사목 4본중 4본이 재선충병에 감염된 고사목이었다. 와흘리 조사구에서는 집중 방제작업 실시로 인해 분포하는 소나무가 없어 재선충병 발생을 관찰할 수가 없었다. 이는 아무리 방제가 잘 이루어졌다 하더라도 이미 재선충병에 감염되어 고사목으로 발전되었거나 장기적인 방제작업으로 인한 미처리 부분으로 인해 고사목 발생 등 종합적으로 고려해봐야 할 사항으로 사료되며, 식물상 조사팀에서 설정한 대조구 방형구(10x10m)내에 분포하는 소나무(7본)에 나무주사를 실시한 결과 고사목은 발생하지 않았으나 방형구 이외에 분포하는 소나무에는 조사기간 내 고사목을 관찰할 수가 있었다.

표 1. 소나무재선충병 피해지 조사지역별 소나무재선충병 발생상황

조사구	조사기간 (월)	고사본수 (본)	감염본수 (본)
도두봉	8	4	3
	9	8	8
	10	3	3
소 계		**15**	**14**
유수암리	9	3	2
	10	2	2
소 계		**5**	**4**
광령리	8	2	2
	9	2	2
소 계		**4**	**4**

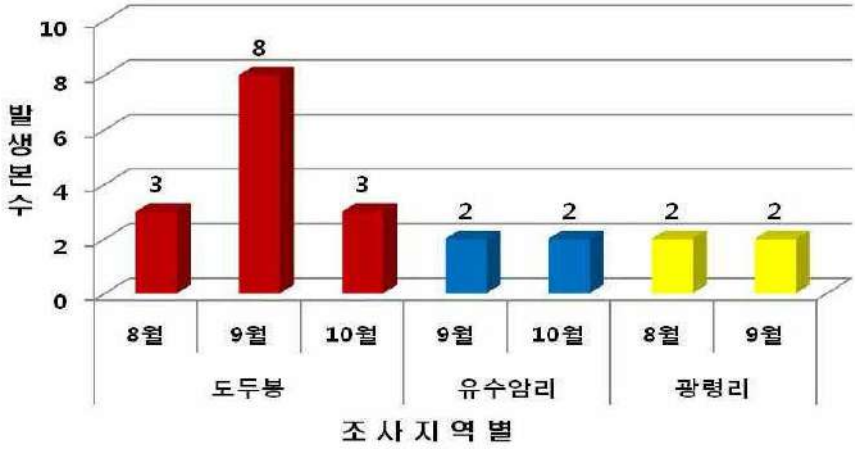


그림 6. 소나무재선충병 피해지 조사지역별 소나무재선충병 발생

인용문헌

국립산림과학원. 2012. 소나무재선충병 방제 실무 매뉴얼(개정). 소나무재선충병 연구자료 제489호. pp.18~20.

제주특별자치도. 2013. 해송림 종합관리계획. 산림조합중앙회.

제주특별자치도. 2014. 8개월간 소나무재선충병 총력방제 현장기록 방제희망백서. 디자인열림.

제주특별자치도. 2015. 소나무재선충병방제 실행계획. 제주특별자치도

제주특별자치도 세계유산한라산연구원. 2015. 2015년도 제주맞춤형 소나무재선충병 조사연구 및 방제전략. 제주대학교 산학협력단.

조민기, 전권석, 박준호, 김종갑. 문현식. 2029. 소나무재선충병 피해목 벌채가 토양호흡에 미치는 영향. 농업생명과학연구 43(20): 9~16.

산림청. 2016. 2016년 소나무재선충병 방제 대책. 산림청 브리핑자료.

Dwinell, L. D. 1993. First report of the pine wood nematode(*Bursaphelenchus xylophilus*) in Mexico. Plant Dis. 69: 440.

고상현. 2013. 세계의 산림해충 발생 및 피해현황. 산림지 2013(2): 102~105.

권태성, 김경희, 김철수, 이종희, 윤충원, 홍용, 김진태. 2005. 살충제(Feitrothion) 살포가 소나무림의 토양생물에 미치는 영향. *Jour. Korean For. Soc.* 94(6): 420~430.

권태성, 문태영, 박상현, 박종균, 류동표, 이동운, 최광식, 정영진, 박지두, 신상철. 2005. 소나무재선충병 항공방제가 소나무림 생태계에 미치는영향(절족동물). 국립산림과학원 pp.5~66.

김충희. 2003. 2002년 농작물 병해 발생개황. 식물병연구. 9(1): 10~17.

김준범. 2012. 제주 주요 산림병해충 생태와 방제. 산림지 2012(10): 66~69.

김종주, 이동운, 추호렬. 2007. 골프장 조경수를 가해하는 해충 종류에 관한연구. 한국잔디학회지 21(1): 51~68.

Kishi, Y. 1995. The pine wood nematode and the Japanese pine sawyer. Thomas Company Ltd, Tokyo, Japan. PP. 302.

Knowles. K., Y. Beaubien. M. J. Wingfield, F. A. Baker and D. W. French.

1983. The pinewood neamtode new in Canada. Forestry Chornicle 59: 40.

이상명, 김동수, 김철수, 추호렬, 이동운. 2008. 곰솔(*Pinus thunbergii*)에서 Abamectin과 Emamectin benzoate를 이용한 소나무재선충과 솔잎혹파리 및 솔껍질깍지벌레의 동시방제 가능성. 농약과학회지 12(4): 363~367.

이상현, 변봉규, 양성일, 최용문, 김동순, 박종한, 조명래, 한경숙, 강택준, 전홍용, 이중섭, 김형환, 최국선, 김현란, 이봉춘, 함영일, 배영석. 2013. 개정판 식물병해충도감(진단・방제). 학술편수관.

윤석락, 서동진, 이정환, 이총규, 김종갑. 2006. 소나무재선충병 피해지의 식생 변화조사. 농업생명과학연구 40(4): 5~12.

부록 1. 소나무재선충병 피해지의 병해충 조사목록

조사장소	조사 시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
도두봉	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		동백나무	차독나방	
			탱자소리진딧물	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
			팽나무알락진딧물	
		왕고들빼기		흰가루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
			탱자소리진딧물	
			이세리아깍지벌레	
		느티나무	느티나무 외줄면충	
		구실잣밤나무	흰독나방	빗자루병
	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
			털매미	
		소나무	소나무순나방	
			소나무가루깍지벌레	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		동백나무	차독나방	검은무늬병
			탱자소리진딧물	
		돈나무	돈나무이	그을음병
		머귀나무		녹병
		산딸나무		검은무늬병
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		왕고들빼기		흰가루병
		예덕나무	팽나무알락진딧물	흰가루병
		찔레	팽나무알락진딧물	탄저병
		구실잣밤나무		빗자루병
	7월	철 쭉	진달래방패벌래	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				빗자루병
		소나무	소나무순나방	
			소나무가루깍지벌레	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	흰가루병
			선녀벌레	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		돈나무	돈나무이	그을음병
			선녀벌레	
		느티나무	외줄면충	
		송악	팽나무알락진딧물	
		왕고들빼기		흰가루병
		찔레		탄저병

부록 1. 계속

조사장소	조사 시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
도두봉	8월	사철나무		흰가루병
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		동백나무	차독나방	탄저병
			탱자소리진딧물	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	흰가루병
			팽나무알락진딧물	그을음병
		산뽕나무	선녀벌레	흰가루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		왕고들빼기		흰가루병
		소나무	소나무순나방	
		느티나무	느티나무 외줄면충	
		구실잣밤나무		빗자루병
		개머루		흰가루병
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		사철나무	팽나무알락진딧물	흰가루병
		찔레	극동등에잎벌	
			선녀벌레	
		꾸지뽕나무	잎말이나방류	
			탱자소리진딧물	
		예덕나무	선녀벌레	
		송악	팽나무알락진딧물	
		철 쭉	진달래방패벌래	
		머귀나무		녹병
		산딸나무		검은무늬병
		소나무		소나무재선충병
	9월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		동백나무	차독나방	탄저병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	흰가루병
			팽나무알락진딧물	그을음병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		왕고들빼기		흰가루병
		소나무	소나무순나방	
		느티나무	느티나무 외줄면충	
		구실잣밤나무		빗자루병
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		사철나무	팽나무알락진딧물	흰가루병
		찔레	극동등에잎벌	
		소나무		소나무재선충병
	10월	팽나무	팽나무벼룩바구미	흰가루병
			팽나무알락진딧물	그을음병
		돈나무	돈나무이	그을음병

부록 1. 계속

조사장소	조사시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
도두봉	10월	소나무	소나무순나방	
		느티나무	느티나무 외줄면충	
		구실잣밤나무		빗자루병
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		소나무		소나무재선충병
유수암리	5월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		가막살나무		녹병
		윤노리나무		녹병
		찔레	거품벌레	
		팥배나무	탱자소리진딧물	검은무늬병
		말채나무		검은무늬병
		참빗살나무	노랑털알락나방	
			방아벌레	
	6월	고추나무		그을음병
		비목		검은무늬병
		윤노리나무		녹병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		아그배나무		탄저병
		때죽나무	때죽납작진딧물	
		팥배나무	탱자소리진딧물	
		말채나무	잎말이나방	
		청미래덩굴	팽나무알락진딧물	
	7월	아그배나무		탄저병
		청미래덩굴	팽나무알락진딧물	탄저병
		말채나무		검은무늬병
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	그을음병
		비목		탄저병
		때죽나무	팽나무알락진딧물	
	8월	붉나무	붉나무소리진딧물	
		말채나무		검은무늬병
		가막살나무		녹병
				흰가루병
		윤노리나무		녹병
		소나무	소나무순나방	
		청미래덩굴		탄저병
		쥐똥나무	선녀벌레	
		참빗살나무	팽나무알락진딧물	
		때죽나무	때죽납작진딧물	
		달맞이꽃		흰가루병
		소나무		소나무재선충병
	9월	말채나무		검은무늬병

부록 1. 계속

조사장소	조사시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
유수암리	9월	윤노리나무		녹병
		소나무		소나무재선충병
		구실잣밤나무		빗자루병
		윤노리나무		녹병
		소나무	소나무순나방	
		청미래덩굴		탄저병
		때죽나무	때죽납작진딧물	
		달맞이꽃		흰가루병
		윤노리나무		녹병
	10월	소나무	소나무순나방	
		소나무		소나무재선충병
		구실잣밤나무		빗자루병
		청미래덩굴		탄저병
		달맞이꽃		흰가루병
		말채나무		검은무늬병
광령리	5월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
			팽나무알락진딧물	
		담쟁이덩굴		탄저병
				점무늬병
		쥐똥나무	독나방	
		청미래덩굴		녹병
				그을음병
		윤노리나무		녹병
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		보리수나무	탱자소리진딧물	
		소나무	소나무순나방	
		붉나무	붉나무소리진딧물	
	6월	소나무	소나무순나방	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
			팽나무알락진딧물	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
			팽나무알락진딧물	점무늬병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		담쟁이덩굴		탄저병
	7월	소나무	소나무순나방	
		붉나무	붉나무소리진딧물	
		상동나무		검은무늬병
		청미래덩굴		탄저병
		미국자리공		갈색무늬병
		쥐똥나무		갈색무늬병

부록 1. 계속

조사장소	조사 시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
광령리	7월	담쟁이덩굴		탄저병
		꾸지뽕나무	팽나무알락진딧물	
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	
		단풍마	팽나무알락진딧물	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		왕고들빼기		흰가루병
	8월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		송악	팽나무알락진딧물	
		왕고들빼기		흰가루병
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		윤노리나무		녹병
		칡	팽나무알락진딧물	
		남오미자	선녀벌레	탄저병
		계요등	선녀벌레	
		꾸지뽕나무	탱자소리진딧물	
		말채나무		검은무늬병
		비목		탄저병
		청미래덩굴		탄저병
		소나무	소나무순나방	
		소나무		소나무재선충병
	9월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		송악	팽나무알락진딧물	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		윤노리나무		녹병
		칡	팽나무알락진딧물	
		남오미자	선녀벌레	탄저병
		말채나무		검은무늬병
		비목		탄저병
		청미래덩굴		탄저병
		소나무	소나무순나방	
		소나무		소나무재선충병
	10월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		말채나무		검은무늬병
		비목		탄저병
		청미래덩굴		탄저병
		소나무	소나무순나방	

부록 1. 계속

조사장소	조사 시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
와흘리	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		왕고들빼기		흰가루병
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		으름덩굴		그을음병
		상동나무	탱자소리진딧물	
		산딸기	독나방	
			탱자소리진딧물	
	6월	까마귀쪽나무	팽나무알락진딧물	탄저병
			자나방류	
			거위벌레	
		왕고들빼기		흰가루병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		찔레	복숭아혹진딧물	탄저병
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		두릅나무	거품벌레	
		인동덩굴	탱자소리진딧물	흰가루병
				그을음병
		상수리나무	팽나무알락진딧물	
		넓은잎천선과나무	팽나무알락진딧물	
		말채나무	팽나무알락진딧물	
		사철나무	팽나무알락진딧물	그을음병
	7월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		사스레피나무	팽나무알락진딧물	
		찔레	팽나무알락진딧물	흰가루병
		천선과나무	팽나무알락진딧물	
			선녀벌레	
		미국자리공	선녀벌레	
		말채나무	팽나무알락진딧물	
	8월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		후박나무	뾰족생달나무이(가칭)	
		까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		사스레피나무	팽나무알락진딧물	
		찔레	팽나무알락진딧물	흰가루병
		산딸기	팽나무알락진딧물	
		천선과나무	팽나무알락진딧물	
			선녀벌레	
		미국자리공	선녀벌레	
		말채나무	팽나무알락진딧물	

부록 1. 계속

조사장소	조사 시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
와흘리	9월	까마귀쪽나무	탱자소리진딧물	
		후박나무	뽀족생달나무이(가칭)	흰말병
		상수리나무		탄저병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		말채나무		검은무늬병
		산딸기	선녀벌레	
		천선과나무	선녀벌레	
		찔레	팽나무알락진딧물	
		담쟁이덩굴		흰가루병
		붉나무	붉나무소리진딧물	
		미국자리공		탄저병
		누리장나무	팽나무알락진딧물	
	10월	후박나무	뽀족생달나무이(가칭)	흰말병
		담쟁이덩굴		흰가루병
		미국자리공		탄저병
		말채나무		검은무늬병
		상수리나무		탄저병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 토양 및 광물학적 특성(Ⅰ)

고석형*, 안웅산, 한태완, 박정훈
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

서 론

예로부터 십장생의 하나로 장수를 상징하는 소나무는 전국 각지에 분포하고 있으며 여느 수목처럼 산림의 공익적 기능과 함께 정서적인 측면을 갖고 있다. 그러나 기후변화에 따른 이상기후 및 환경변화 등으로 최근 산림생태계가 위협을 받고 있으며 소나무재선충병, 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 솔나방 등의 피해가 발생되고 있다.

학계 및 전문가들은 논문 및 보고서 등을 통해 학술적인 연구결과를 발표하고 있으며, 국립산림과학원은 2004년부터 2008년까지의 연구결과를 바탕으로 '소나무재선충병의 기초 생태특성 연구' 보고서를 발간하였고 이를 바탕으로 소나무재선충병 종합방제시스템을 구축하여 정보를 제공하고 있다.

제주도인 경우 한라산국립공원지역에는 적송이 주로 분포하고 있으며 그 이하 지역에서는 곰솔이 분포하고 있다. 최근 제주도내 전역으로 소나무재선충병이 확산되고 아름드리 소나무가 고사하면서 방제에 총력을 기울이고 있으며 해결방안을 찾기 위한 노력을 기울이고 있다. 학술적으로는 제주지역 특성에 맞는 맞춤형 소나무재선충병 조사연구 및 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구 등을 실시하고 있다.

본 연구는 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구의 토양지질분야로

* 교신저자 ; 전화: 064-710-7578, e-mail: ksh5251@korea.kr

선정된 조사구 및 대조구에서 입지환경, 토양 및 광물학적 특성을 알아보고자 실시하였다. 따라서 소나무재선충병 피해지역의 생태계 복원과 지속가능한 숲의 보전전략을 모색하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

연구내용 및 방법

1. 조사지 개황

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지는 제주특별자치도 제주시에 위치해 있으며 국유지 및 도유지에 4개소를 선정하였다(그림 1). 조사지는 방제가 이뤄진 피해지역을 조사구로, 방제가 이뤄지지 않은 미피해지역을 대조구로 구분하였다. 조사구와 대조구는 서로 인접지역으로 선정하였으나 와흘리는 곰솔 90%가 벌채되어 조사구와 대조구가 직선거리로 900m 정도가 떨어진 곳을 선정하였다. 곰솔 완전방제가 이뤄진 조사구는 유수암리, 도두1동 및 와흘리이며, 곰솔 부분방제가 이뤄진 곳은 광령리였다. 소나무재선충병 피해지 조사연구지에 온습도 및 지온을 모니터링하기 위하여 장비를 설치하였다(그림 2).

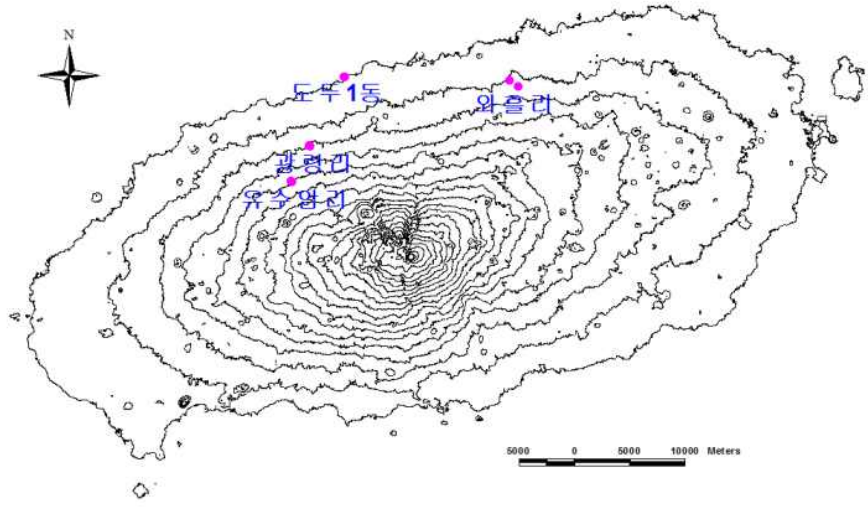


그림 1. 소나무재선충병 피해지 조사연구지의 입지환경 및 토양시료 채취지점.



그림 2. 소나무재선충병 피해지 조사연구지의 온습도 및 지온 관찰지점 전경
A: 유수암리, B: 광령리, C: 도두1동, D: 와흘1리.

조사연구지의 주요 식생은 유수암리 조사구에서 쥐똥나무, 팽나무 등이 우점하였으며, 대조구에서는 곰의말채, 덜꿩나무 등이 우점하였다. 광령리 조사구에서 쥐똥나무, 꾸지뽕나무 등이 우점하였으며, 대조구에서는 쥐똥나무, 후박나무 등이 우점하였다. 도두1동 조사구에서 예덕나무, 팽나무 등이 우점하였으며, 대조구에서는 예덕나무, 꾸지뽕나무 등이 우점하였다. 와흘리 조사구에서 예덕나무, 개망초 등이 우점하였으며, 대조구에서는 까마귀쪽나무, 후박나무 등이 우점하였다. 조사지에 대한 식물상 및 식생분포는 식물생태분야에서 조사하였으며, 곰솔의 흉고직경, 근원직경, 수령, 수관폭 등도 조사하였다. 향후 식생천이 및 대체조림 수종의 적응성 시험을 위한 기초 자료를 제공할 수 있을 것이다.

2. 시료채취

토양시료는 조사구와 대조구로 구분하여 총 8개 지점에서 식생조사가 이뤄진 방형구 주변에서 토양시료를 채취하였다. 시료채취시 먼셀 토색첩에 의해서 토색을 판정하였으며 토심, 석력함량, 건습도 등의 토양조사를 실시하였다. 표 1에 토양시료 채취지점의 해발고도, 면적 및 좌표를 나타내었다.

표 1. 시료채취 지점의 좌표

시료채취 지점	해발고도	면적	TM 좌표	
	(m)	(㎡)	X 좌표	Y 좌표
유수암리 조사구	409	11,818	145680	41883
유수암리 대조구	404		145624	41919
광령리 조사구	214	9,855	147317	45113
광령리 대조구	209		147301	45159
도두1동 조사구	45	69,400	150454	51353
도두1동 대조구	33		150395	51376
와흘리 조사구	142	6,297	166176	50462
와흘리 대조구	118		165327	51069

물리성을 측정하기 위한 토양시료는 100cm^3 스테인레스 원통을 이용하여 표토를 core sampler로 채취하였으며 수분이 날아가지 않도록 밀봉을 한 후 실내에서 분석하였다. 화학성을 측정하기 위한 토양시료는 낙엽층을 제거한 후에 층위를 고려하면서 표토와 심토로 나누어 물리성 시료를 채취한 동일지점에서 채취하였으며, 이 토양시료는 X-선 회절분석 및 형광분석에도 사용되었다.

3. 분석방법

조사지의 입지환경 조사를 위한 온습도는 조사구 4개소에 각각 미니로거 Pro v2 U23-001(Onset Computer Corporation, USA)을 설치하여 측정하였으며, 데이터로거의 온도 측정범위는 -40~70℃이며, 습도는 0~100%였다. 온습도

측정기간은 2015년 4월 1일에서 2015년 11월 30일까지이며 매 5분마다 데이터를 축적하였다. 지온은 Nautilus 85 data logger(ACR System Inc., Canada)를 설치하여 측정하였으며, 온도 측정범위는 -40~85℃였다. 지온 측정기간은 2015년 9월 1일에서 2015년 10월 31일까지이며 매 10초마다 데이터를 축적하였다.

토양의 이화학적 성질은 농촌진흥청 토양분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 토양의 물리적 성질 분석은 용적밀도는 core법, 입자밀도는 pycnometer method 원리를 응용하여 100mL vol. flask를 이용하여 측정하였다. 공극률은 용적밀도와 입자밀도를 이용하여 구하였으며, 투수계수는 정수위법으로 측정하였다. 입도분석은 풍건토양 10g을 정량하여 500㎖ Tall beaker에 담은 후 증류수를 300㎖씩 가하고 30% 과산화수소를 25㎖씩 가한 뒤 90℃로 가열된 전열판 위에서 유기물을 분해하였다. 과산화수소 분해가 끝나면 원심분리병에 분산제 5% sodium hexametaphosphate 10㎖를 가한 후 약 18시간 정도를 진탕시키면서 완전히 분산시켰다. 이후 Pipette법과 체분석을 이용하여 측정하였다.

토양의 화학적 성질 분석은 채취한 시료를 풍건시킨 후 2mm 체에 통과된 토양시료를 사용하였다. 토양 pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 5로 하여 pH meter로 측정하였고, 전기전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 EC meter를 이용하여 측정하였다. 유기물함량은 Walkley and Black법, 유효인산은 Lancaster법, 총 질소함량은 Kjeldahl법으로 측정하였다. 교환성양이온 K, Ca, Mg 및 Na는 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액 50mL를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 원자흡광분광광도계(AAS)를 이용하여 측정하였다. 양이온교환용량은 1N-NH_4OAc(pH 7.0)로 포화하고 80% ethyl alcohol로 세척한 후 토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해 $NH4^+$ 함량을 정량하여 산출하였다.

X-선 회절분석(X-Ray Diffractometer, XRD)은 토양시료를 체분석과 침강법을 이용하여 2μm 이하의 점토를 분리시킨 후 실시하였다. Rigaku사의 CuKα 선과 Ni-filter에 의한 X-선을 사용하는 Geigerflex 2013의 X-선분말회절장치를 사용하였다. 전압 30KV, 15mA, Scan speed 2°2Θ/min, 시정수 1 sec, slit slit 1°~ 0.3mm ~ 1°의 측정 조건으로 분석하였다. 전체(Bulk)시료를 부정위 시편

을 제작하여 정량분석 하였다. XRD 정량분석은 리트벨트 구조검증법(Rietveld refinement method)에 의거한 정량분석 프로그램(SIEROQUANT TM, version 3.0)을 이용하여 해석하였다. 또한 X-선 형광분석(X-Ray Fluorescence Spectrometer, XRF)은 Shimadzu사의 XRF-1700을 사용하였으며, 분석항목은 SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O, Na_2O, CaO, TiO_2, MgO, P_2O_5, MnO 및 LOI로 총 11개 성분이다.

결과 및 고찰

1. 조사지의 입지 특성 및 토양의 이화학적 성질

1) 입지환경 및 입지토양 특성

표 2에 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 온습도를 나타내었다. 온습도 측정기간은 2015년 4월 1일에서 2015년 11월 30일까지이며, 지온 측정기간은 3개월 정도로 기간이 짧아 이번 보고서에는 제외시켰다. 조사구별 여름철(6～8월) 평균온도는 유수암리 18.7℃, 광령리 23.1℃, 도두1동 22.0℃ 및 와흘리 23.0℃였다. 유수암리는 해발 409m에 위치해 여름철 평균온도가 가장 낮았으나 나머지 조사구는 큰 온도차이가 없었다. 상대적으로 도두1동의 해발고도가 가장 낮아 여름철 평균온도가 높을 것으로 예상했으나 바닷가에 인접한 분석구(오름)여서 다른 조사구보다 온도가 낮은 편이었다. 조사구별 가을철(9～11월) 평균온도는 유수암리 15.6℃, 광령리 17.2℃, 도두1동 15.6℃ 및 와흘리 16.9℃였다. 유수암리는 여름철과 마찬가지로 가을철 평균온도도 가장 낮았으며 바닷가에 위치한 도두1동도 가을철 평균온도가 낮았다.

조사구별 여름철 평균습도는 유수암리 86.2%, 광령리 84.8%, 도두1동 86.2% 및 와흘리 88.8%였으며, 가을철 평균습도는 유수암리 82.8%, 광령리 79.5%, 도두1동 82.8% 및 와흘리 86.7%였다. 여름철과 가을철 평균온도가 가장 높았던 광령리에서 평균습도가 가장 낮았으며 와흘리에서 여름철과 가을철 평균습도가 가장 높았다. 제주시는 크게 동부와 서부지역으로 구분할 수 있으며 대체적으로 서부지역보다 동부지역의 강우량이 많은 편이다. 따라서 동부

지역에 위치한 와흘리가 상대적으로 다른 조사구보다 평균습도가 높은 것으로 판단된다.

표 2. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지의 온도(℃) 및 습도(%)

조사연구지		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	평균
유수암리	온도	12.8	16.9	19.5	23.2	13.4	19.5	15.5	11.8	16.6
	습도	73.6	66.5	85.0	87.1	86.6	85.1	73.9	89.4	80.9
광령리	온도	13.6	17.8	20.5	24.1	24.8	21.0	17.3	13.2	19.0
	습도	71.9	66.4	83.6	86.3	84.4	81.6	71.1	85.8	78.9
도두1동	온도	14.0	16.9	19.5	23.2	23.4	19.5	15.6	11.8	18.0
	습도	73.6	66.5	85.0	87.1	86.6	85.1	73.9	89.4	80.9
와흘리	온도	13.2	17.6	20.4	23.9	24.6	20.8	16.6	13.3	18.8
	습도	77.7	70.1	87.2	89.5	89.7	89.4	80.8	89.9	84.3

제주도 정밀토양도(농업기술연구소, 1976)에 따른 토양분류에 의하면 유수암리 조사지는 구좌통, 광령리 조사지는 중문통, 도두1동 조사지는 금악통, 와흘리 조사지는 하원통에 속하였다. 따라서 유수암리, 광령리 및 도두1동 조사지는 속칭 뜬땅으로 알려진 화산회토이며, 와흘리는 육지부와 유사한 토양성질을 갖고 있는 비화산회토였다.

유수암리 조사구는 도유지로서 토심이 36㎝로 얕고, 유기물층은 약 2㎝ 정도였다. 석력함량은 5~15%였으며, 시료채취시 지렁이 6마리가 발견됐다. 먼셀 토색첩에 의한 토색판정 결과 토색은 표토 10YR 2/1, 심토 10YR 2/2였으며, 건습도는 약습에 해당됐다. 유수암리 대조구는 도유지로서 토심이 22㎝로 매우 얕고, 유기물층은 약 9㎝ 정도로 조사구보다 유기물층이 깊었다. 석력함량은 15~30%로 많아 시료채취가 힘들었으며, 시료채취시 지렁이 5마리가 발견됐다. 토색은 표토와 심토에서 10YR 2/1였으며, 건습도는 약습에 해당됐다.

광령리 조사구는 도유지로서 토심이 55㎝ 내외였으며, 유기물층은 15㎝ 정도로 매우 깊었다. 석력함량은 5%이하로 적었으며, 시료채취시 지렁이 3마리가 발견됐다. 토색은 표토 10YR 2/2, 심토 10YR 3/4였으며, 건습도는 적윤에 해당됐다. 광령리 대조구는 도유지로서 토심이 45㎝ 내외였으며, 유기물층은 조사구와 마찬가지로 15㎝ 정도였다. 석력함량은 5~15%였으며 30㎝ 이하에서

는 자갈이 다수 출현하였고 시료채취시 지렁이는 발견되지 않았다. 토색은 조사구와 동일했으며, 건습도는 적윤에 해당됐다.

도두1동 조사구는 국유지로서 주변에 동백나무가 식재되었고 토심이 55㎝ 내외였으며, 유기물층은 5㎝ 정도였다. 석력함량은 15～30%로 많았으며, 시료채취시 지렁이는 발견되지 않았다. 토색은 표토 5YR 4/4, 심토 5YR 3/3였으며, 건습도는 적윤에 해당됐다. 도두1동 대조구는 국유지로서 토심이 50㎝ 내외로 30㎝ 깊이에서 스코리아(송이)와 큰 자갈이 출현하였으며, 유기물층은 조사구와 마찬가지로 5㎝ 정도였다. 석력함량은 5～15%였으며 시료채취시 지렁이 2마리가 발견됐다. 토색은 표토 10YR 3/4, 심토 10YR 2/2였으며, 건습도는 적윤에 해당됐다.

와흘리 조사구는 도유지로서 토심이 34㎝로 얕았으며, 유기물층은 거의 없었다. 석력함량은 15～30%로 많았으며, 시료채취시 지렁이는 발견되지 않았다. 토색은 표토와 심토에서 10YR 2/2였으며, 건습도는 약습에 해당됐다. 와흘리 대조구는 도유지로서 토심이 30㎝로 얕았으며, 유기물층은 3㎝ 정도였다. 석력함량은 5%이하로 적었으며, 시료채취시 지렁이 1마리가 발견됐다. 토색은 표토 10YR 3/4, 심토 10YR 4/4였으며, 건습도는 적윤에 해당됐다.

2) 조사지 토양의 물리적 성질

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 물리적 성질은 표 3과 같다. 조사지의 입도분석 결과 미국농무성(USDA)의 분류법에 의한 토성명은 유수암리는 조사구와 대조구가 모두 미사질양토였으며, 광령리는 조사구는 미사질양토, 대조구는 양토였다. 도두1동 조사구의 표토가 식양토, 심토가 양토였으며, 대조구의 표토가 미사질양토, 심토가 양토였다. 와흘리는 조사구의 표토가 미사질식양토, 심토가 식양토였으며, 대조구의 표토가 미사질양토, 심토가 미사질식양토였다. 정진현 등(2002)은 제주도를 제외한 우리나라 산림토양 대부분이 양토이며 제주도 토양은 미사질양토로 분류되었다고 보고한 바 있다. 본 결과에서도 미사질양토가 주를 이뤘으며 전체적으로 미사함량이 높아 제주도 화산회토의 특성을 잘 나타낸다고 할 수 있겠다.

입경구분에 따른 평균 분포함량은 소나무재선충병 피해지인 경우 표토에서

모래 19.9%, 미사 54.4%, 점토 25.8%였으며, 심토에서 모래 24.3%, 미사 53.5%, 점토 22.1%였다. 미피해지인 경우 표토에서 모래 18.2%, 미사 58.5%, 점토 20.8%였으며, 심토에서 모래 21.3%, 미사 54.0%, 점토 24.8%였다. 피해지와 미피해지 사이에 유의적인 차이($P>0.05$)가 없었으며 공통적으로 미사의 함량이 50% 이상으로 높았다. 평균 토양삼상분포는 피해지인 경우 표토에서 고상 43.9%, 액상 43.0%, 기상 13.2%였으며, 심토에서 고상 44.6%, 액상 41.0%, 기상 14.4%였다. 미피해지인 경우 표토에서 고상 38.0%, 액상 34.4%, 기상 27.6%였으며, 심토에서 고상 42.3%, 액상 39.3%, 기상 18.4%였다. 고상과 액상의 경우 피해지와 미피해지 사이에 유의적인 차이가 없었으나 기상에서 유의적인 차이($P<0.05$)를 보였다. 기상과 액상은 공극의 크기, 구조 및 토양의 건습과 밀접한 관계가 있으며, 기상은 액상에 따라 상대비율이 달라진다(류순호, 2000). 본 연구결과에서 미피해지보다 피해지에서 기상률이 낮아 액상률에 영향을 미쳤으며 재선충 방제 실시로 인하여 무거운 기계의 이동 및 답압 등에 의하여 공극, 토양구조 등에 영향을 미친 것으로 생각된다.

조사지의 용적밀도는 피해지인 경우 표토 0.49~1.24g/㎤, 심토 0.68~1.35g/㎤ 범위였으며, 미피해지인 경우 표토 0.50~1.01g/㎤, 심토 0.58~1.08g/㎤ 범위였다. 용적밀도는 일정한 부피 안에 있는 고상의 건조중량을 말하는데, 용적밀도가 크면 다져져 있거나 무거운 입자로 구성되어 치밀한 정도를 나타낸다. 도두1동 조사지는 분석구(오름) 토양으로 모래함량, 고상률이 높았고 스코리아(송이)가 풍화된 비교적 큰 입자로 구성되어 용적밀도가 높은 것으로 생각된다. 정진현 등(2002)은 제주지역 산림토양의 평균 용적밀도를 표토 0.56 g/㎤, 심토 0.73 g/㎤로 보고한 바 있는데 이보다는 조금 높은 수치를 보였다. 입자밀도는 피해지인 경우 표토 1.34~2.25g/㎤, 심토 1.77~2.26g/㎤ 범위였으며, 미피해지인 경우 표토 1.59~2.05g/㎤, 심토 1.70~2.20g/㎤ 범위였다. 정진현 등(2002)은 제주지역 산림토양의 평균 입자밀도를 표토 2.42g/㎤, 심토 2.50g/㎤로 보고한 바 있는데 본 연구결과 피해지와 미피해지 모두 낮은 수치를 보였다. 토양내의 공간을 의미하는 공극률은 피해지인 경우 표토 45~63%, 심토 40~65% 범위였으며, 미피해지인 경우 표토 51~69%, 심토 51~66% 범위였다. 평균적으로도 공극률은 피해지가 미피해지보다 낮았으며 용적밀도가 컸던 도

두1동 조사지에서 가장 낮은 공극률을 보였다.

투수계수는 시간당 물의 이동 거리를 나타낸 것으로 1시간 동안 투수되는 거리(㎝/h)로 나타내었다. 투수계수는 피해지인 경우 표토 0.16~193.77㎝/h, 심토 0.16~275.16㎝/h 범위였으며, 미피해지인 경우 표토 12.07~29.71㎝/h, 심토 2.34~241.37㎝/h 범위였다. 피해지인 경우 토층에 관계없이 와흘리에서 투수계수가 가장 높았으며, 미피해지인 경우 유수암리와 와흘리 대조구 심토에서 투수계수가 가장 높았다.

표 3. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 물리적 성질

구분	시료채취 지점	토성명	모래	미사	점토	고상	액상	기상	용적 밀도	입자 밀도	공극률	투수 계수
			(%)						(g/cm^3)		(%)	(cm/h)
피해지	유수암리 조사구(표)	미사질양토	14.7	62.5	22.8	36.6	45.2	18.2	0.49	1.34	63	0.16
	유수암리 조사구(심)	미사질양토	19.3	63.4	17.3	40.3	45.8	13.9	0.72	1.77	60	0.16
	광령리 조사구(표)	미사질양토	16.8	62.4	20.8	38.2	37.6	24.2	0.67	1.75	62	31.92
	광령리 조사구(심)	미사질양토	23.3	62.3	14.3	34.8	40.5	24.7	0.68	1.94	65	29.09
	도두1동 조사구(표)	식양토	32.9	39.4	27.7	55.2	39.6	5.2	1.24	2.25	45	17.55
	도두1동 조사구(심)	양토	32.3	43.5	24.2	59.6	37.8	2.6	1.35	2.26	40	4.17
	와흘리 조사구(표)	미사질식양토	15.0	53.2	31.8	45.4	49.4	5.2	0.94	2.06	55	193.77
	와흘리 조사구(심)	식양토	22.3	44.9	32.7	43.8	39.9	16.3	0.91	2.08	56	275.16
미피해지	유수암리 대조구(표)	미사질양토	20.6	61.6	17.7	31.2	34.6	34.3	0.50	1.59	69	29.71
	유수암리 대조구(심)	미사질양토	19.4	60.5	20.2	34.1	42.1	23.9	0.58	1.70	66	101.16
	광령리 대조구(표)	양토	26.1	48.0	16.0	36.4	32.9	30.7	0.68	1.86	64	28.43
	광령리 대조구(심)	양토	34.8	45.9	19.3	45.8	34.7	19.5	0.85	1.85	54	2.34
	도두1동 대조구(표)	미사질양토	24.1	51.5	24.4	49.1	24.9	26.0	1.01	2.05	51	15.81
	도두1동 대조구(심)	양토	29.4	44.0	26.6	49.2	30.1	20.7	1.08	2.20	51	74.37
	와흘리 대조구(표)	미사질양토	2.1	72.7	25.2	35.4	45.2	19.3	0.67	1.90	65	12.07
	와흘리 대조구(심)	미사질식양토	1.7	65.4	32.9	40.1	50.3	9.6	0.80	1.99	60	241.37
평균의 표준오차			2.42	2.48	1.40	2.01	1.74	2.30	0.06	0.06	2.01	540.46
유의확률			0.65	0.67	0.98	0.33	0.45	0.04	0.43	0.77	0.33	0.90

3) 조사지 토양의 화학적 성질

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 화학적 성질은 표 4와 같다. 전체적으로 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 화학적 성질은 피해지와 미피해지 사이에 유의적인 차이(P>0.05)가 없었다.

평균 토양 pH는 소나무재선충병 피해지인 경우 표토 5.50, 심토 5.72였으며, 미피해지인 경우 표토 5.23, 심토 5.43이었다. 피해지와 미피해지에 관계없이 토양 pH가 산성을 나타냈으며 미피해지보다 피해지에서 토양 pH가 다소 높았다. 본 연구결과 피해지인 경우 정진현 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 토양 pH 표토 5.48과 심토 5.52에 비해서 표토는 유사하고 심토는 조금 높은 수치를 보였다. 토양 pH는 피해지와 미피해지 모두 도두1동에서 가장 높았으며 칼슘과 마그네슘 비료 시용이 없었던 미경작지인 임야에서 토양 pH가 높은 것은 바닷가에 위치하여 해풍 등에 의한 영향이라고 생각되며 이는 상대적으로 용탈이 잘 되는 교환성 Na가 도두1동 대조구에서 함량이 높은 것과 일치하는 경향을 보였다.

전기전도도가 높은 토양은 토양 수분에 염류이온의 농도가 높아 식물생육에 영향을 미친다. 평균 전기전도도는 소나무재선충병 피해지인 경우 표토 0.78dS/m, 심토 0.55dS/m였으며, 미피해지인 경우 표토 0.80dS/m, 심토 0.67dS/m였다. 조사지간에 다소 차이는 있었으나 대체적으로 표토가 심토보다 전기전도도가 높았으며, 이와 같은 농도는 식물생육에 대한 염류집적의 영향은 거의 무시할 수 있다고 판단된다.

제주도 토양은 화산폭발시 분출된 화산재와 동식물의 유체로부터 유래된 유기물이 결합하여 육지부 토양의 유기물함량 3% 이하에 비하여 매우 높다(류순호와 송관철, 1984). 평균 유기물함량은 소나무재선충병 피해지인 경우 표토 15.47%, 심토 8.02%로 표토가 심토에 비해 약 2배 정도 높았으나, 미피해지인 경우 표토 10.44%, 심토 9.82%로 차이가 없었다. 일반적으로 유기물함량은 심토보다 표토에서 높은데 피해지인 경우 표토가 심토보다 유기물함량이 높았으나, 미피해지인 경우 유수암리와 도두1동에서 높은 특이한 경향을 보였다. 본 연구결과는 정진현 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 유기물함량 표토 10.40%, 심토 6.39%와 오차범위에서 유사한 경향을 보였다.

일반적으로 유기물함량이 높아지면 총 질소함량이 높아지는데 본 연구결과 총 질소함량도 유기물함량과 유사한 경향을 보였다. 평균 총 질소함량은 소나무재선충병 피해지인 경우 표토 0.42%, 심토 0.30%였으며, 미피해지인 경우 표토 0.45%, 심토 0.43%로 피해지와 미피해지 사이에 차이가 없었다. 이는 정진현 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 평균 총 질소함량 표토 0.43%, 심토 0.25%와 피해지인 경우는 유사하였으나 미피해지인 경우 본 연구결과의 심토에서 높은 경향을 보였다.

제주도 화산회토양은 활성화 인산을 흡착 및 고정시키는 능력이 매우 커서 유효인산이 결핍되어 토양비옥도가 낮은 원인으로 알려져 있다(류순호와 송관철, 1984). 평균 유효인산함량은 소나무재선충병 피해지인 경우 표토 4.59㎎/㎏, 심토 1.99㎎/㎏였으며, 미피해지인 경우 표토 6.18㎎/㎏, 심토 4.49㎎/㎏로 피해지가 미피해지보다 낮았다. 정진현 등(2002)은 제주지역 산림토양의 평균 유효인산함량을 표토 25.6㎎/㎏, 심토 11.9㎎/㎏로 보고한 바 있는데 본 연구결과에 비해 약 3~4배 정도 높은 함량을 보였다. 본 연구대상지의 유효인산 함량이 너무 낮아 식생생육에 있어서 제한요인으로 작용될 수 있으므로 지속적인 모니터링이 필요하다고 생각된다.

소나무재선충병 피해지인 경우 표토에서의 교환성양이온 평균 함량은 K 0.45㎉$_c$/㎏, Ca 3.47㎉$_c$/㎏, Mg 1.93㎉$_c$/㎏ 및 Na 0.49㎉$_c$/㎏ 이었으며, 심토에서는 K 0.20㎉$_c$/㎏, Ca 2.32㎉$_c$/㎏, Mg 1.78㎉$_c$/㎏ 및 Na 0.40㎉$_c$/㎏ 이었다. 소나무재선충병 미피해지인 경우 표토에서의 교환성양이온 평균 함량은 K 0.27 ㎉$_c$/㎏, Ca 2.72 ㎉$_c$/㎏, Mg 1.85 ㎉$_c$/㎏ 및 Na 0.54 ㎉$_c$/㎏ 이었으며, 심토에서는 K 0.16 ㎉$_c$/㎏, Ca 1.32 ㎉$_c$/㎏, Mg 1.51 ㎉$_c$/㎏ 및 Na 0.51 ㎉$_c$/㎏ 이었다. 교환성 Na를 제외하면 미피해지보다 피해지에서 교환성양이온함량이 높았으며 이는 국립산림과학원(2009)이 보고한 교환성 Ca는 피해지보다 미피해지에서 함량이 높다는 결과와 반대의 경향을 보였다. 피해지와 미피해지 사이에 교환성양이온함량은 유의적인 차이가 없었으며 평균의 표준오차는 교환성 K와 Na가 유사하였으며, 교환성 Ca와 Mg가 유사하였다.

양이온교환용량은 일정 토양이 갖고 있는 교환성양이온의 총량을 나타내며 토양비옥도를 나타내는 하나의 지표이다(류순호, 2000). 평균 양이온교환용량

은 소나무재선충병 피해지인 경우 표토 23.88 $cmol_c/kg$, 심토 22.20 $cmol_c/kg$이었으며, 미피해지인 경우 표토 26.73 $cmol_c/kg$, 심토 22.30 $cmol_c/kg$이었다. 피해지와 미피해지 사이에 심토는 유사한 수치를 나타냈으나 표토는 미피해지가 피해지보다 다소 높았다. 본 연구결과 정진현 등(2002)이 보고한 제주지역 산림토양의 양이온교환용량보다 다소 높은 값을 나타냈다.

표 4. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 화학적 성질

구분	시료채취 지점	토양 pH	전기 전도도	유기물 함량	총 질소	유효 인산	교환성 칼륨	교환성 칼슘	교환성 마그네슘	교환성 나트륨	양이온 교환용량
		(1:5)	(dS/m)	(%)	(%)	(mg/kg)	($cmol^+/kg$)				
피해지	유수암리 조사구(표)	5.22	0.74	20.89	0.65	5.77	0.19	1.85	0.81	0.28	32.50
	유수암리 조사구(심)	4.93	0.66	16.66	0.62	2.92	0.29	0.42	0.32	0.27	29.00
	광령리 조사구(표)	5.73	0.72	13.60	0.53	5.00	0.28	3.54	1.79	0.42	28.10
	광령리 조사구(심)	5.31	0.81	7.83	0.33	1.27	0.11	0.80	0.80	0.70	23.70
	도두1동 조사구(표)	5.63	0.86	20.55	0.23	3.19	0.15	4.17	2.90	0.29	14.00
	도두1동 조사구(심)	6.44	0.43	4.13	0.13	1.79	0.05	3.57	3.01	0.36	12.70
	와흘리 조사구(표)	5.42	0.78	6.82	0.27	4.38	1.18	4.32	2.21	0.97	20.90
	와흘리 조사구(심)	6.18	0.29	3.46	0.11	1.96	0.35	4.49	2.99	2.85	23.40
미피해지	유수암리 대조구(표)	5.24	0.60	16.59	0.59	11.11	0.19	1.75	1.02	0.35	37.10
	유수암리 대조구(심)	4.96	0.72	20.65	0.63	9.36	0.13	0.62	0.47	0.29	27.40
	광령리 대조구(표)	5.43	0.67	10.68	0.58	4.92	0.23	4.97	2.23	0.50	27.70
	광령리 대조구(심)	5.37	0.97	6.88	0.61	1.88	0.06	1.04	0.81	0.60	23.10
	도두1동 대조구(표)	5.37	1.42	5.10	0.24	3.17	0.48	2.82	3.24	1.04	17.40
	도두1동 대조구(심)	6.48	0.42	5.44	0.22	1.37	0.38	3.34	4.48	0.91	19.10
	와흘리 대조구(표)	4.88	0.51	9.37	0.37	5.52	0.16	1.34	0.92	0.27	24.70
	와흘리 대조구(심)	4.92	0.57	6.31	0.24	5.35	0.08	0.28	0.29	0.24	19.60
평균의 표준오차		0.13	0.07	1.57	0.05	0.70	0.07	0.40	0.32	0.07	1.63
유의확률		0.30	0.59	0.62	0.46	0.15	0.43	0.30	0.80	0.59	0.67

2. 조사지 토양의 광물학적 특성

1) 조사지 토양의 구성광물 및 함량

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 표토를 대상으로 구성광물을 파악하기 위하여 X-선 회절분석을 실시하였고(그림 3), 이를 정량분석하여 함량비를 표 4에 나타내었다. 유수암리 조사구에서 휘석, 와흘리 대조구에서 적철석이 미검출된 것을 제외하면 조사지는 석영(Quartz), 장석류(Plagioclase, K-Feldspars), 운모류, 각섬석(Hornblende), 휘석(Pyroxene), 감람석(Olivine), 캐올리나이트(Kaolinite), 녹니석(Chlorite) 또는 질석(Vermiculite), 적철석(Hematite) 및 자철석(Magnetite)이 공통적인 구성광물이었다. 운모류는 운모(Micas) 또는 일라이트(Illite)로 추정되며 향후 정밀한 분석이 요구되었다. 이중에서 캐올리나이트, 녹니석 또는 질석의 검출은 점토광물로서 풍화가 오래되었음을 시사하지만 조암광물에 비해 함량이 낮았다. 또한 특이하게도 와흘리 조사구에서는 아주 소량인 깁사이트가 유일하게 검출되었다.

유수암리는 석영, 사장석, 정장석, 휘석, 적철석이 주성분 광물이었으며, 감람석, 자철석 및 점토광물이 확인되었다. 다른 조사지에 비해 장석류 함량이 44～45%로 높으며 점토광물은 3%로 함량이 낮았다. 광령리는 석영, 사장석, 정장석, 휘석, 적철석, 자철석이 주성분 광물이었으며, 감람석 및 점토광물이 확인되었다. 다른 조사지에 비해 각섬석 함량이 12%로 높으며 점토광물은 5～7%로 함량이 높았다. 도두1동은 석영, 사장석, 정장석, 휘석, 적철석, 자철석이 주성분 광물이었으며, 감람석 및 점토광물이 확인되었다. 다른 조사지에 비해 적철석 함량이 22%로 매우 높아 특이한 경향을 보였으며 점토광물은 4～5%의 함량을 보였다. 와흘리 조사구는 석영, 사장석, 정장석, 휘석, 적철석, 자철석이 주성분 광물이었으며, 감람석 및 점토광물이 확인되었다. 다른 조사지에 비해 운모류 함량이 22%로 매우 높은 것이 특징이었으며 점토광물은 8%의 함량을 보였다. 와흘리 대조구는 석영, 사장석, 각섬석, 휘석이 주성분 광물이었으며, 정장석, 감람석, 자철석 및 점토광물이 확인되었다. 다른 조사지에 비해 석영의 함량이 47%로 매우 많았는데 이는 풍화작용과 토양생성작용에 의해 화산암의 유리질 성분이 탈유리화되어 생성된 것으로 생각된다. 또한 정장석의 함량은 3%로 상대적으로 적었고 점토광물은 9%로 다소 함량이 많았다.

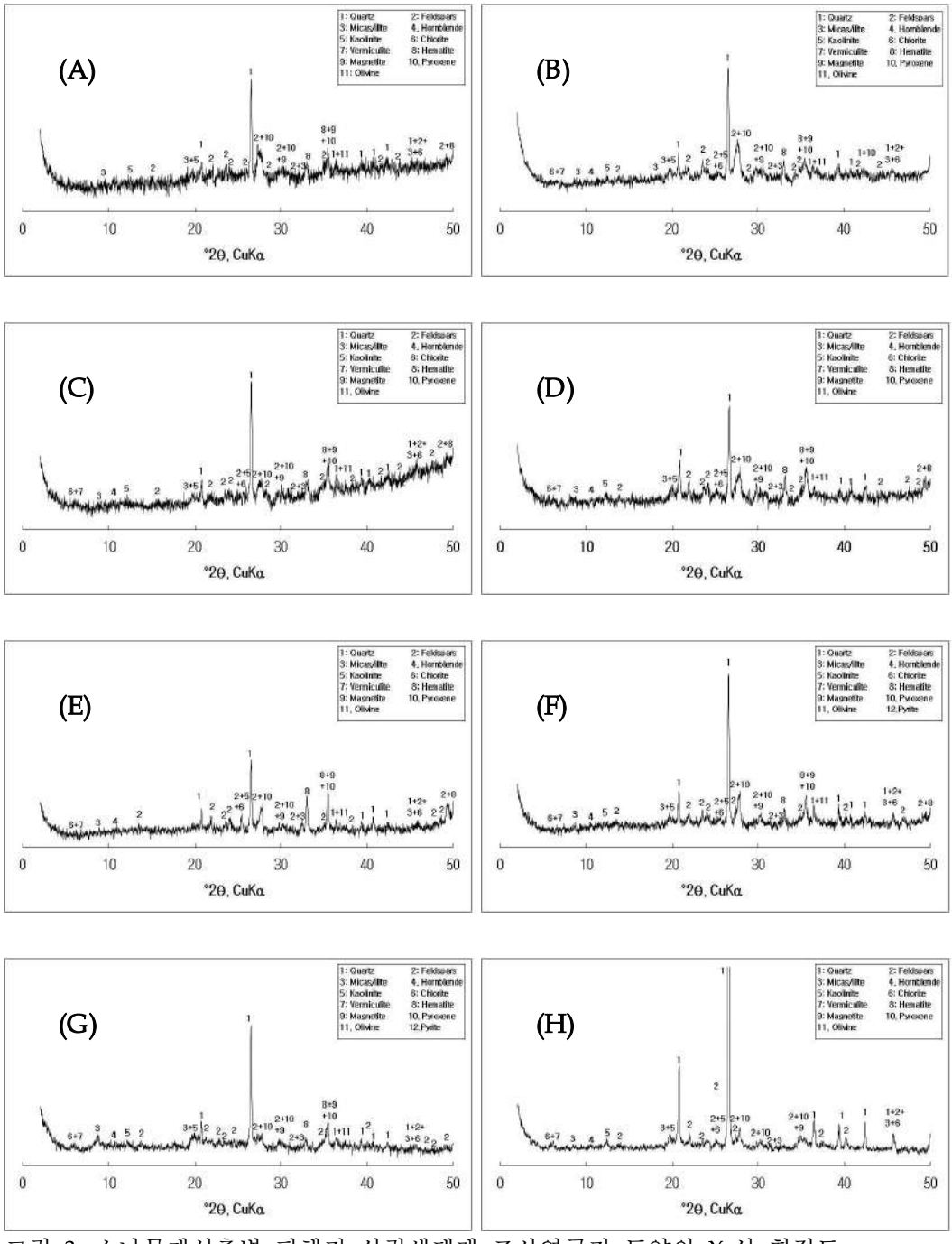


그림 3. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 X-선 회절도
(A: 유수암리조사구, B: 유수암리대조구, C: 광령리조사구, D: 광령리대조구,
E: 도두1동조사구, F: 도두1동대조구, G: 와흘리조사구, H: 와흘리대조구).

표 4. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 구성광물 및 함량비(wt.%)

구성광물	유수암리 조사구	유수암리 대조구	광령리 조사구	광령리 대조구	도두1동 조사구	도두1동 대조구	와흘리 조사구	와흘리 대조구
Quartz	19.3	18.0	19.4	14.9	12.4	23.0	21.6	47.3
Plagioclase	21.0	24.4	12.7	20.0	21.9	23.2	9.5	16.5
K-Feldspars	23.2	20.6	9.1	14.2	10.5	6.7	10.2	3.0
Micas/Illite	5.2	4.9	6.6	8.8	7.2	9.4	19.6	7.0
Hornblende	-	4.0	12.3	4.3	6.4	4.8	2.8	8.2
Pyroxene	11.0	12.5	14.7	9.8	6.0	10.4	10.0	6.1
Olivine	3.5	1.4	2.0	2.9	3.9	3.7	3.1	1.1
Kaolinite	1.6	1.0	2.0	3.9	0.8	1.5	4.1	2.7
Chlorite/Vermiculite	1.0	2.3	3.0	3.3	3.7	2.6	2.3	6.0
Gibbsite	-	-	-	-	-	-	2.3	-
Hematite	9.1	7.7	9.9	12.1	21.8	10.2	5.9	-
Magnetite	4.9	3.2	8.5	5.9	5.4	4.5	8.5	2.2
합계	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	100.1

이와 같이 조사연구지의 구성광물은 조사구와 대조구가 인접하지 않은 와흘리를 제외하고는 일부 함량의 차이가 있었으나 주성분 광물이 유사한 경향을 보였다.

소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 표토를 대상으로 화학성분 함량을 파악하기 위하여 주성분원소에 대한 X-선 형광분석을 실시하였다(표 5). 소나무재선충병 조사구(피해지)의 주성분원소는 SiO2 30.6~42.3%, Al2O3 12.9~18.1%, Fe2O3 10.2~20.0%, TiO2 1.8~5.0%, MnO 0.1～0.2, MgO 1.3~2.3%, CaO 1.0～2.2, Na2O 0.5～1.2, K2O 0.8~1.2%, P2O5 0.2～0.6 및 LOI 12.5~36.0% 범위였다. 소나무재선충병 대조구(미피해지)의 주성분원소는 SiO_2 30.6~53.3%, Al_2O_3 13.6~15.6%, Fe_2O_3 7.8~15.4%, TiO_2 1.5~3.8%, MnO 0.1～0.2, MgO 1.1~1.8%, CaO 0.4～1.5, Na_2O 0.6～1.1, K_2O 0.8~1.4%, P_2O_5 0.1～0.6 및 LOI 14.9~36.0% 범위였다. 조사구에서는 Fe_2O_3와 MgO 함량이, 대조구에서는 SiO_2 함량이 다소 높았으나 유의적인 차이(P>0.05)는 없었다. 고석형(2012)이 보고한 제주도 곶자왈 토양을 대상으로 한 주성분원소와 비교하면 곶자왈의 생성연대가 오래지 않아 곶자왈에서 주성분원소 함량이 높을 것으로 생각되었으나 CaO와 P2O5를 제외하면 본 연구결과에서 함량이 다소 높게 나

타났다. 이는 LOI(작열감량)에 의한 수분 및 유기물 등에 의한 영향으로 생각되는데 추후 정확한 해석이 요구되어 진다. 주성분원소인 SiO2 함량으로 보았을 때 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지는 염기성 용암의 특징을 보인다고 할 수 있겠다.

표 5. 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지 토양의 화학성분 조성 (wt, %)

토양 층위	시료채취 지점	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI*	Total
표토	유수암리조사구	30.59	16.25	10.20	1.81	0.12	1.25	0.99	0.91	1.19	0.55	35.96	99.81
	유수암리대조구	33.16	15.62	10.07	1.77	0.10	1.26	1.13	1.09	1.28	0.57	33.80	99.83
	광령리조사구	30.78	14.90	11.22	2.26	0.14	1.80	1.27	0.57	0.83	0.36	35.73	99.86
	광령리대조구	30.62	15.01	10.85	2.20	0.14	1.77	1.51	0.61	0.76	0.41	35.97	99.85
	도두1동조사구	42.34	12.88	19.96	4.96	0.23	2.25	2.24	1.19	1.15	0.16	12.46	99.81
	도두1동대조구	45.71	14.25	15.41	3.76	0.18	1.58	1.54	1.10	1.26	0.22	14.91	99.89
	와흘리조사구	37.93	18.06	14.88	3.15	0.18	2.14	0.65	0.53	1.12	0.23	21.07	99.94
	와흘리대조구	53.27	13.64	7.80	1.54	0.12	1.13	0.44	0.58	1.36	0.14	19.86	99.89

* LOI: 작열감량(Loss of ignition).

이와 같은 결과를 종합하면 소나무재선충병 피해지 산림생태계 조사연구지에서 피해지와 미피해지간에 토양특성의 차이는 토양삼상분포 중 기상이 중요한 인자로 파악되었으며 기상은 액상에 따라 상대비율이 달라지므로 수분함량과도 관계가 밀접한 것으로 생각된다. 본 연구는 2015년도 신규 연구사업으로서 토양지질분야만으로는 종합적인 해석이 불가능하였다. 향후 식생 등에 관한 전반적인 자료 및 기상 등 환경요소에 관한 데이터를 가지고 다양하게 해석하고 분석하면 종합적인 고찰이 가능할 것으로 생각된다.

인용문헌

고석형, 김종식, 이영돈, 신창훈. 2015. 교래와 산양 곶자왈의 계절별 토양특성과 미생물의 다양성. 제주특별자치도 세계유산·한라산연구원 조사연구보고서 제14호:201-226.

농업기술연구소. 1976. 제주도 정밀토양도. 농업기술원. 농촌진흥청.

류순호, 송관철. 1984. 입지토양의 특성. 서울대 아열대농업연구. p.73-104.

류순호. 2000. 토양사전. 서울대학교출판부. pp.470.

정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지. 91(6):694-700.

국립산림과학원. 2009. 소나무재선충병 생태특성 연구. 국립산림과학원 연구보고 09-21. p.167-199.

NIAST. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea. p.35-131.

한라수목원주차장 차량증가로 인한 대기오염이 수목원 식물에 미치는 영향분석

김종갑*, 이창호[1)]
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원, [1)]제주특별자치도 산림휴양정책과

요 약

1. 개요

가. 측정 장소 : 제주특별자치도 제주시 수목원길 72 한라수목원 주차장

나. 측정 일시 : 2015년 2월 16일 00:00 ~ 2월 25일 12:00

다. 측정 기관 : 제주특별자치도 보건환경연구원 대기환경과

라. 비교 측정소

- 연동 측정소 : 제주특별자치도 도청 제2청사 옥상
- 이도동 측정소 : 제주특별자치도 제주시청 옥상

2. 측정항목(4개)과 결과값

가. 아황산가스(SO_2)

아황산가스(SO_2)는 평균 0.003ppm, 국가 기준인 일평균 0.05ppm보다는 아주 적은 측정치를 보이고 있으며 주변의 연동측정소와 이도동 측정소의 값을 비교 아황산가스(SO_2)의 농도가 낮은 것으로 측정되었다.

나. 질소산화물(NO_2, NOx, NO)

이산화질소는 평균 0.001ppm, 국가 기준인 일평균 0.06ppm보다는 아주 적은 측정치를 보이고 있다. 주변의 연동측정소와 이도동 측정소의 값을 비교

* 교신저자 ; 전화: 064-710-3557, e-mail: jakal3182@korea.kr

아황산가스 농도와 마찬가지로 아주 낮은 것으로 측정되었다.

다. 오존(O_3)

오존(O_3)은 평균 0.0271ppm, 국가 기준인 8시간 평균 0.06ppm보다는 아주 낮은 측정치를 보이고 있다. 주변의 연동측정소와 이도동 측정소치보다 낮은 것으로 측정되었다.

라. 일산화탄소(CO)

일산화탄소(CO)는 평균 0.0182ppm, 국가 기준인 8시간 평균 9ppm 보다는 아주 낮은 측정치를 보이고 있다. 주변의 연동측정소와 이도동 측정소치보다 낮은 것으로 측정되었다.

3. 기타의견

- 제주특별자치도에서는「제주특별자치도 대기·수질·오수 및 폐기물관리에 관한 조례」를 제정하여 관리하고 있으나 대기 부분을 마련되어 있지 않다
- 1993년에 개원한 이래 한라수목원에 대한 토양조사가 이루어지지 않아 향후 산성비, 토양, 식생변화 등과 연계한 종합적이고 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

서 론

1. 대기오염의 정의와 측정단위

세계보건기구(World Health Organization)에서는 '대기오염이란 대기중에 인공적으로 배출된 오염물질이 존재하여 오염물질량, 농도 및 지속시간에 따라 지역주민의 불특정 대다수에 불쾌감을 일으키거나 해당지역에 공중보건상의 위해를 미치고 인간이나 식물, 동물의 생활에 해를 미쳐서 인간생활과 재산을 향유할 정당한 권리를 방해받는 상태'라고 규정하고 있다. 대기오염물질 중 기체상태 오염물질의 농도는 ppm(parts per million)단위로 표현되는 것이

보통이다. 1ppm은 공기와 오염물질을 합한 전체로 10^6중 오염물의 부피가 1인 경우의 농도를 뜻한다.

2. 대기오염물질의 종류와 대기환경기준

가. 대기오염물질의 종류

대기오염물질은 대기, 물, 토양 등을 오염시켜 생태계를 변화하게 하고 더 나아가서는 생물의 서식환경을 위협하여 사회적으로도 많은 문제를 야기하고 있다. 대기오염으로 인한 식물의 장해의 내용을 화학적을 구분해 보면 표 1과 같다.

표 1. 대기오염물질의 종류

화학적 장해 종류	오염물질
산성장해	불화수소(HF), 염화수소(HCl), 황산화물(SO_3, SO_2, 황산미스트)
알카리성장해	암모니아가스(NH3)
산화적 장해	오존(O_3) 이산화질소(NO_3) 염소(Cl_2) PAN(peroxyacetyl nitrate) 및 동족체
환원적장해	아황산가스(SO_2), 황화수소(H_2S)등
고체입자상물질	매진, 분진, 금속연기와 산화물, 부유입자상물질(Cd, Zn, Pb등)
산 성 비	산도 pH5.6이하인 강우

나. 대기환경기준

환경정책기본법에 의해 설정된 환경기준은 사람의 건강을 보호하고 쾌적한 생활환경을 유지하기 위한 환경정책의 목표치로서 환경개선을 위한 오염정도를 판단 예측하고 대책을 강구하는 척도로 사용되고 있다.

우리나라의 대기환경기준은 '78년에 최초로 아황산가스에 대해 설정한 이

래 2006년까지 5차 개정하였으며 현재 7개 항목에 대해 설정하고 있다.

제주특별차치도에서는 「제주특별자치도 대기·수질·오수 및 폐기물관리에 관한 조례」를 제정하여 관리하고 있으나 대기에 부분을 마련되어 있지 않다.

표 2. 우리나라 대개환경 기준

항 목	국가기준	서울시기준	측정방법	비고
아황산가스(SO_2)	0.02ppm/년 0.05ppm/일 0.15ppm/시간	0.01ppm/년 0.04ppm/일 0.12ppm/시간	자외선형광법	
미세먼지(PM-10)	50μg/m3/년 100μg/m3/일	50$\mu g/m^3$/년 100$\mu g m^3$/일	베타선흡수법	
이산화질소(NO_2)	0.03ppm/년 0.06ppm/일 0.10ppm/시간	0.03ppm/년 0.06ppm/일 0.10ppm/시간	화학발광법	
오존(O_3)	0.06ppm/8hr 0.1ppm/hr	0.06ppm/8hr 0.1ppm/hr	자외선광도법	
일산화탄소(CO)	9ppm/8hr 25ppm/hr	9ppm/8hr 25ppm/hr	비분산적외선분석법	
납(Pb)	0.5$\mu g/m^3$/년	0.5$\mu g/m^3$/년	원자흡광 광도법	
벤젠(C_6H_6)	5$\mu g/m^3$/년	5$\mu g/m^3$/년	가스크로마토그래피법	

* 비고 1. 1시간, 8시간, 24시간의 평균치는 연간3회 이상 그 기준을 초과하여서는 안된다.
2. 미세먼지는 입자의 크기가 10μm이하를 먼지를 말한다.

3. 대기오염물질이 수목에 미치는 영향

대기오염에 의한 수목의 피해는 피해증상을 육안으로 판단할 수 있는 가시적인 피해와 육안으로 피해를 판단할 수 없으나 수목의 생리적 작용에 영향을 미쳐 생육을 감소시키는 비가시적인 피해로 크게 구분할 수 있다.

가시적인 해는 수목의 각 기관 중에서도 잎에서 가장먼저 나타나며 가장먼

저 피해를 입는다. 고사나 위황증, 잎마름등이 있으며, 피해부위는 점차 건조되고 표백되며 황갈색 또는 백색으로 변한다.

비가시적인 피해는 잎의 변색이나 반점등의 가시적이 증상이 나타나지 않으며 수목의 생육이 불량해지거나, 병해충의 침입이 용이해서 생장이나 생산력이 떨어지는 경우가 많다.

4. 한라수목원 주차장 대기질과 수목의 영향관계

가. 개요

1) 측정 장소 : 제주특별자치도 제주시 수목원길 72 한라수목원 주차장
2) 측정 일시 : 2015년 2월 16일 00:00 ~ 2월 25일 12:00
3) 측정 기관 : 제주특별자치도 보건환경연구원 대기환경과
4) 비교 측정소(그림 1)
   가) 연동 측정소 : 제주특별자치도 도청 제2청사 옥상
   나) 이도동 측정소 : 제주특별자치도 제주시청 옥상



그림 1. 비교 측정소 위치도

나. 아황산가스(SO_2)

수목원 주차장에서 측정한 아황산가스(SO_2)는 평균 0.003ppm, 일평균 0.0027~0.004ppm, 시간0.001~0.022ppm으로 국가 기준인 일평균 0.05ppm보다는 아주 적은 측정치를 보이고 있으며 시간기준인 0.15ppm에는 아주 낮은 결과를 보여 주변의 연동측정소와 이도동 측정소의 값을 비교 아황산가스(SO_2)의 농도가 낮은 것으로 측정되었다(그림 2).

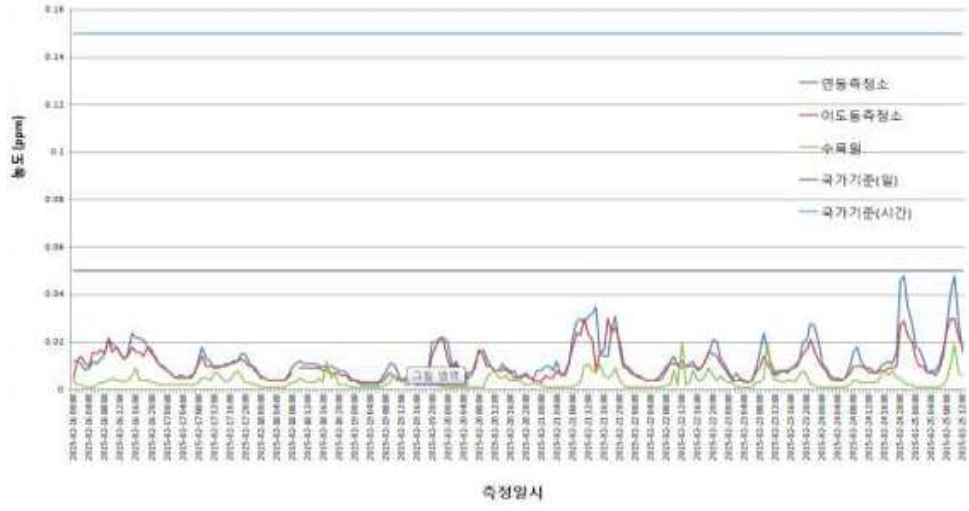


그림 2. 아황산가스(SO_2) 측정값 그래프

아황산가스에 의한 수목의 피해는 황산이나 황산염에 의해 나타나는 급성 피해와 황산염의 축적에 의해 나타나는 만성적인 피해로 나타난다. 온도, 상대습도, 토양습도, 광도 등에 의해서 크게 영향을 받는다. 이번 조사 측정결과 수목원의 식물에 피해를 미칠 만큼의 농도를 보이지 않고 있으며 수목원 주차장 주변에 아황산가스에 내성이 강한 수종인 낙우송, 메타세콰이아, 가시나무류, 후피향나무 등으로 이미 식재가 되어 있어 영향이 적을 것으로 분석이 되었다.

다. 질소산화물

수목원 주차장에서 측정한 이산화질소(NO_2)는 평균 0.001ppm으로 측정되었다. 일평균 측정치는 0.000045~0.002ppm으로 측정되었으며 국가 기준인 일평균 0.06ppm보다는 아주 적은 측정치를 보이고 있다. 시간단위로는 0~0.008ppm으로 국가대기환경 시간기준인 0.10ppm에는 아주 낮은 결과를 보였으며 주변의 연동측정소와 이도동 측정소의 값을 비교 아황산가스 농도와 마찬가지로 아주 낮은 것으로 측정되었다(그림 3).

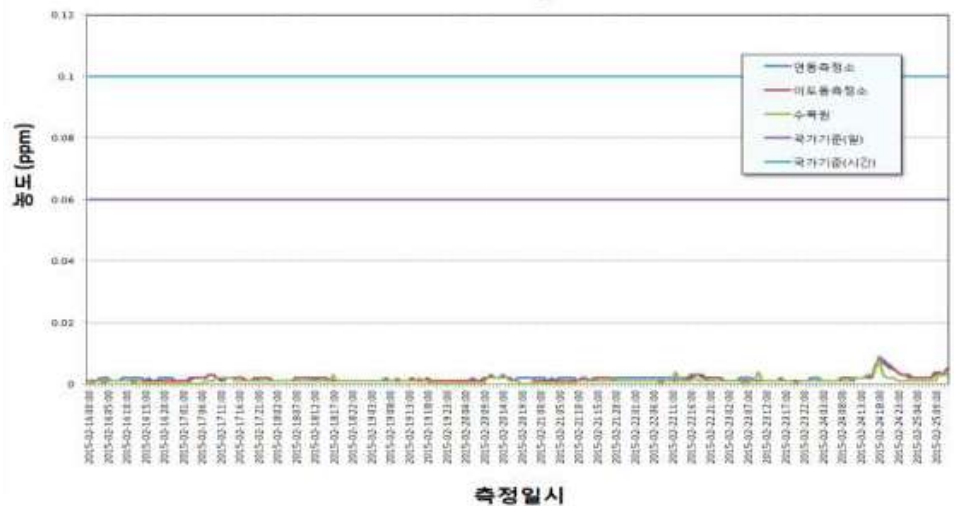


그림 3. 이산화질소(NO_2) 측정값 그래프

질소산화물은 주로 자동차 배기가스에 의해 발생되기 때문에 도로변이나 주차장에서 주로 피해가 발생한다. 수목에 대한 피해는 아황산가스보다는 덜하지만 다른 가스와 반응하면 효과가 더 강하게 되어 피해를 준다. 잎에 축적이 되면 불규칙적인 반점을 발생하고 낮은 생장률과 조기 낙엽을 일으킨다. 수목원에서 측정한 수치는 주변 식물들에게 피해를 줄 수 있는 농도인 20ppm(민감 수종 1시간 접촉)에 비하면 아주 낮은 수치를 보이고 있어 피해는 없을 것으로 예상된다. 질소산화물(NOx, NO)은 별도의 기준이 제시되어 있지 않아 그림 4로 나타내었다.

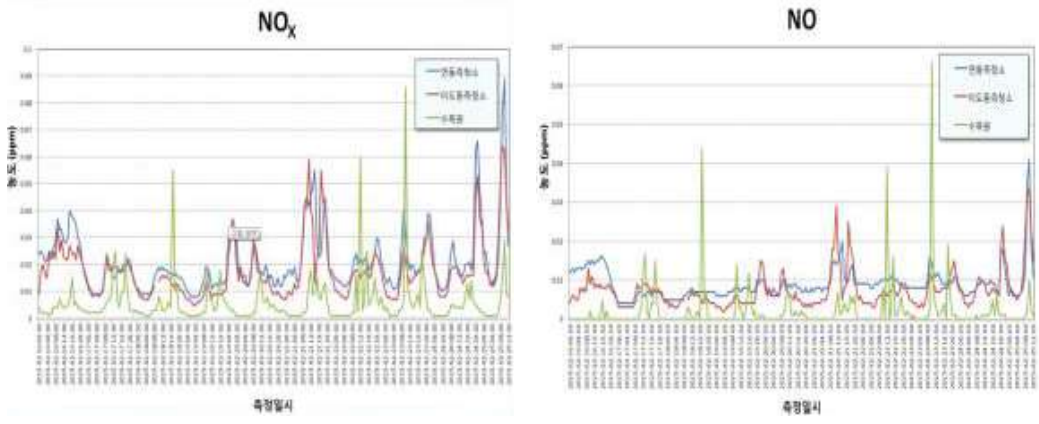


그림 4. 질소산화물(NOx, NO) 측정값 그래프

라. 오존(O_3)

수목원 주차장에서 측정한 오존(O_3)은 평균 0.0271ppm으로 측정되었다. 8시간 평균 측정치는 0.01725~0.03625ppm으로 측정되었으며 국가 기준인 8시간 평균 0.06ppm보다는 아주 낮은 측정치를 보이고 있다. 시간단위로는 0.006~0.034ppm으로 국가대기환경 시간기준인 0.10ppm에는 아주 낮은 결과를 보였으며 주변의 연동측정소와 이도동 측정소치보다 낮은 것으로 측정되었다(그림 5).

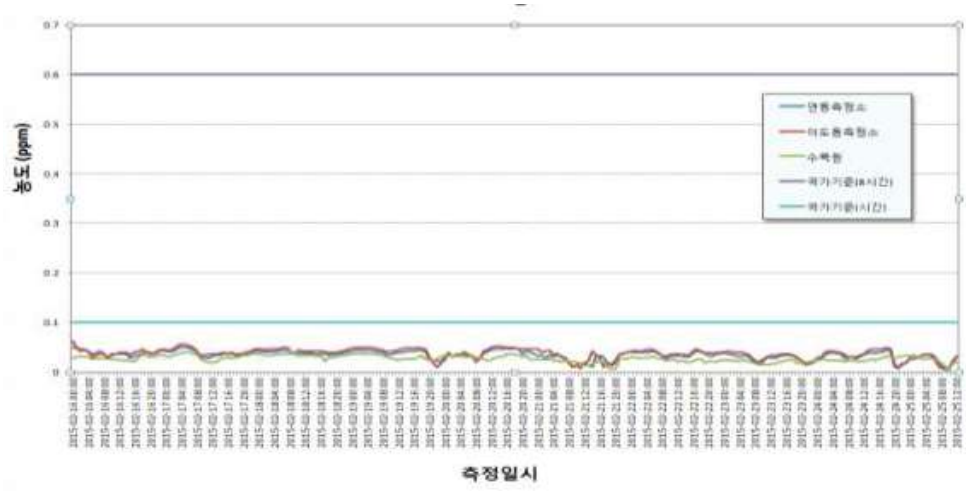


그림 5. 오존(O_3) 측정값 그래프

오존의 피해는 일반적으로 그 강력한 산화작용에 의한 것으로 잎이 가장 많은 피해를 받는다. 활엽수는 잎의 표면에 작은 반점이 형성이 되고 점점 합쳐져서 표면이 백색이 된다. 침엽수는 잎 주변부터 괴사가 진행이 되고 반점이 생기고 잎이 작아지는 경향을 보인다.

오존은 일반적으로 대기중 농도가 0.03ppm 이상(8시간 기준)이 되면 수목에 피해를 준다. 이번 측정 추치인 0.02ppm는 다소 낮은 측정치를 보이고 있다.

마. 일산화탄소(CO)

수목원 주차장에서 측정한 일산화탄소(CO)는 평균 0.0182ppm으로 측정되었다. 8시간 평균 측정치는 0~0.59ppm으로 측정되었으며 국가 기준인 8시간 평균 9ppm 보다는 아주 낮은 측정치를 보이고 있다. 시간단위로는 0~0.84ppm으로 국가대기환경 시간기준인 25ppm에는 아주 낮은 결과를 보였으며 주변의 연동측정소와 이도동 측정소치보다 낮은 것으로 측정되었다(그림 6).

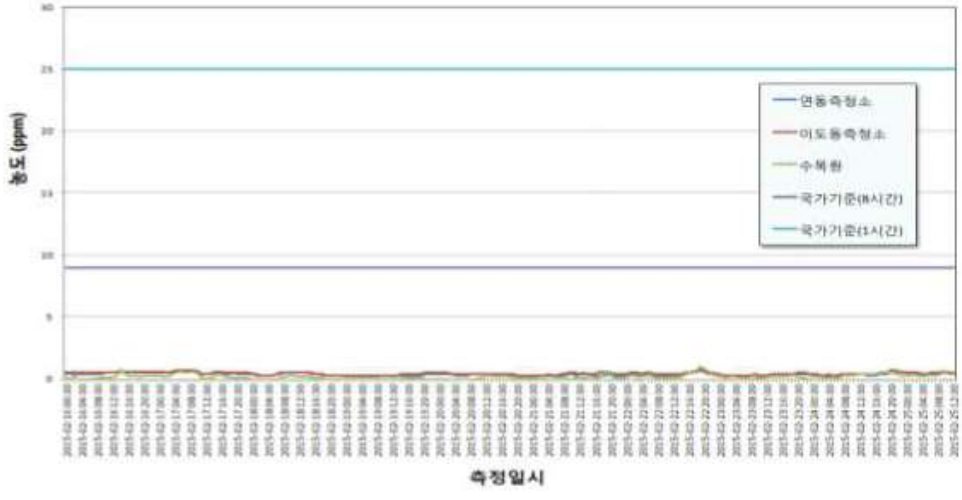


그림 6. 일산화탄소(CO) 측정값 그래프

일산화탄소는 대기오염물질로 분류하고 있지만 수목에 미치는 영향에 대해서는 아직 보고된 자료가 없는 실정이다.

바. 기타 물질

1) 산성비

산성비란 대기오염물질이 구름이나 강수에 유입되어 산성화된 비를 의미하는 것으로 흔히 pH 5.6 이하의 비를 말한다. 일반적으로 오염되지 않은 정상적인 비의 pH는 5.6 정도로 나타나며 약산성을 띤다. 산성비는 인간 활동에 의한 각종 공장이나 자동차등에서 배출되는 가스 상 오염물질이 대기중에 있는 수문과 결합하여 생성되는 것으로 산성화된 물방울은 구름이 되어 오랜 시간을 공중에 머물러 수백 또는 수천km를 이동하여 공해와 무관한 곳까지 피해를 준다고 알려져 있다.

산성비는 오염원, 원인물질 및 기상조건 등에 따라 각기 다르게 나타난다. 주요 오염원을 보면 고정오염원으로서 공장, 화력발전소 또는 사업장이나 건물 및 가정에 설치되어 있는 보일러, 소각로, 가열로 등 고정된 배출시설에서 발생하는 황산화물, 질소산화물, 염화수소 등이 원인물질로 작용한다. 또한 이동오염원으로서 자동차, 항공기, 선박 등의 이동시설에서 배출되는 황산화물, 질소산화물, 탄화수소 등이 원인물질로 작용한다.

최근에는 산성비로 인한 피해를 줄이고자 전 세계적으로 대응책을 제시하고 있다. 영국에서는 석탄의존도가 높아 이산화황 배출량을 조기에 대폭 삭감은 곤란하나 점진적으로 추진하겠다는 입장을 보였으며 1987년 발표된 산성비 대책은 금후 10년간 14% 삭감을 목표로 정한바 있다. 미국에서는 1970년도에 미국과 캐나다간 동북부지역을 중심으로 산성비 문제가 제기되었으며 1991년 3월 양국은 이산화황 등 산성비 원인물질의 대폭삭감을 요구하는 Air Quality Agreement에 서명하였다. 중국에서는 중국 외부로 이동되는 오염물질은 없다는 입장을 유지하여 오다가 1994년 오염물질이 이동하는 것을 인정하여 중국내의 대기오염물질 배출량조사 및 산성비와 장거리이동에 관한 연구를 진행하고 있다. 일본에서는 엄격한 대기오염방지대책으로 최근 이산화황 농도가 많이 감소되었으나 질소산화물농도는 상승하여 탈질장치를 설치하고 있으며 환

경청은 1988년부터 5년간 제2차 산성우대책으로서 만성적 피해의 실태해명과 오염물질의 중거리·장거리수송모델에 대한 조사를 수행하고 있다. 우리나라는 전국적으로 45개 산성우측정망에서 산성우 실태를 파악하고 있으며 1980년 후반이후 산성비에 관한 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

산성비에 의한 가장 심각한 영향중의 하나는 삼림 등 식물생태계에 대한 영향이다. 산성비는 황화합물이 빗물에 용해되어 황산의 형태로 강하할 때 가장 큰 피해가 나타나게 된다. 산성비가 내리면 토양의 산성화를 초래하게 되고 토양이 산성화되면 토양으로부터 식물에 필요한 각종 영양성분들이 씻겨 내려가 토양이 척박하게 된다. 따라서 식물은 그들의 성장에 필요한 칼슘과 마그네슘 등과 같은 영양소가 결핍되어 결국 식물은 고사하게 된다. 또한, 토양중에서 화합물의 형태로 존재하고 있던 알루미늄을 용출시켜 나무뿌리에 의해서 식물체 내로 흡수하게 됨으로서 해독작용을 하게 된다.

황산으로 변환되지 않은 기타 황화합물은 식물체의 잎에 침착되어 기공을 폐쇄함으로서 광합성작용을 억제하여 식물의 성장을 저해하거나 엽록소와 잎의 조직을 파괴시킴으로서 잎이 떨어지게 되고 결국 식물은 고사하게 된다. 산성물질의 하나인 질소산화물은 식물이 서식하고 있는 토양에 필수영양성분이 없는 경우일지라도 식물의 과잉성장을 초래하여 겨울철과 같은 때에 냉해를 입게 된다.

기상청(2014)이 발표한 2013 지구대기감시 보고서에 의하면 2013년도 한반도 배경지역 강수의 평균 산성도(pH)는 4.73으로 나타났다(표 3). 이 수치는 1997년부터 2013년까지의 평균 pH 4.80보다 낮고, 2012년 평균 pH 4.68보다는 높았다. 2013년 지점별 평균 pH인 안면도가 4.57, 울진이 4.78, 고산이 4.68, 울릉도가 4.93이었다. 안면도의 pH가 가장 낮았으며 다음으로는 제주도 고산에서 pH가 낮았다. 1997년부터 2013년까지의 17년 동안의 평균 pH를 보면 울진 > 울릉도 > 고산 > 안면도 순으로 낮았다. 따라서 제주의 경우도 강수의 산성도가 강해지는 추세인 것으로 생각되며 이에 대한 지속적인 모니터링과 대책 강구가 요구되어 진다.

1993년에 개원한 이래 한라수목원에 대한 토양조사가 이루어지지 않아 향후 산성비, 토양, 식생변화 등과 연계한 종합적이고 지속적인 연구가 이루어져

야 할 것으로 판단된다.

표 3. 관측지점별 평균 산성도(pH)

기간 \ 지점	안면도	울진	고산	울릉도	한반도 평균
2012	4.75	4.90	4.92	4.43	4.68
2013	4.57	4.78	4.68	4.93	4.73
1997* ~ 2012	4.69	4.88	4.84	4.83	4.80
1997* ~ 2013	4.68	4.88	4.82	4.84	4.80

* 울진과 고산은 1998년도부터 평균한 값임

5. 관련자료

가. 한라수목원 주차현황

연 도	주차 현황(대)			
	소 계	승용차	소형버스	버 스
2015년	207,954	170,572	17,743	19,639
2014년	219,968	178,309	19,238	22,421
2013년	196,704	152,325	20,330	24,049
2012년	245,936	189,511	28,656	27,769
2011년	193,042	137,434	26,705	28,903
2010년	189,558	131,008	26,418	32,132
2009년	202,799	144,100	27,125	31,754
2008년	210,790	154,325	23,607	32,858
2007년	208,847	158,372	19,469	31,006
2006년	173,725	139,225	11,877	22,623
2005년	173,116	143,328	9,465	20,323
2004년	9,305	8,050	397	858

한라산
Research Report

제15호 조사연구보고서

2016년 2월 발행(비매품)

발행기관 제주특별자치도 세계유산 · 한라산연구원
63341 제주특별자치도 제주시 조천읍 선교로 569-36
Tel. 064)710-8997 Fax. 064)710-6959
발 행 인 세계유산 · 한라산연구원장 이순배
편 집 인 기진석, 고윤정, 한형철, 강성수
인 쇄 선진인쇄사 T. 064)755-4856

발간등록번호 79-6500000-000254-10

※ 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 인용할 수 있으나,
무단 전재 · 복제하면 법에 저촉됩니다.