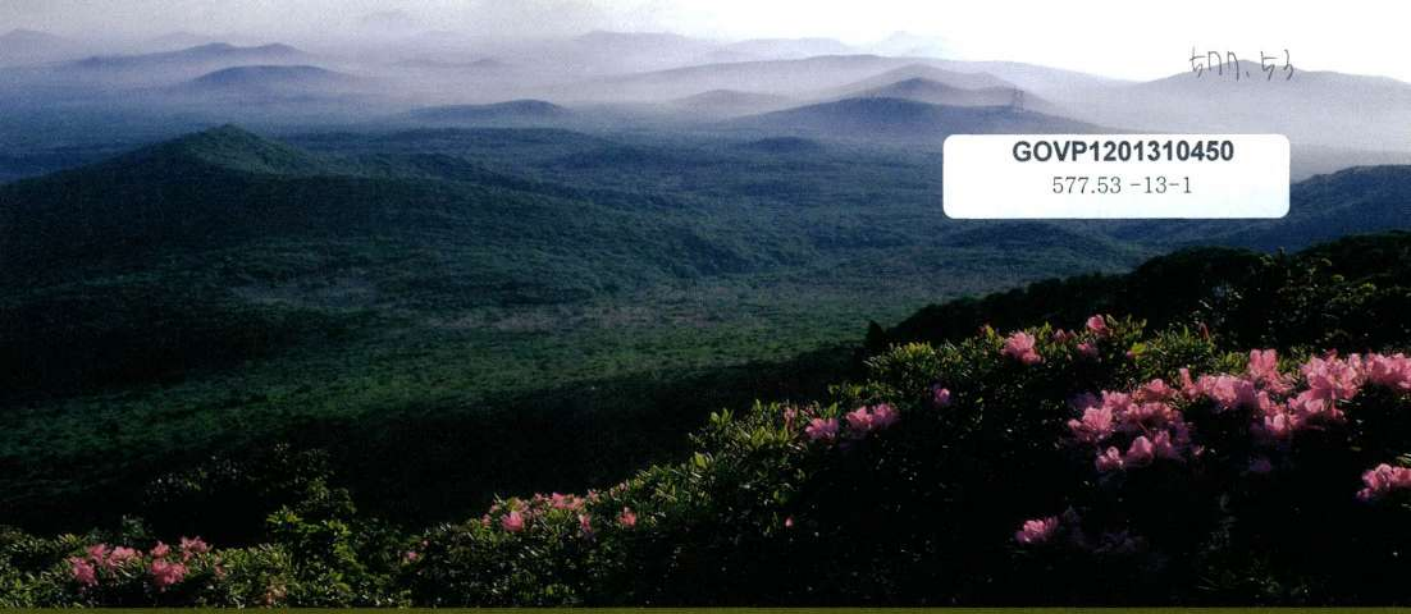
GOVP1201310450
577.53 -13-1



조사연구보고서
Research Report on Hallasan



제주특별자치도한라산연구소
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province

발간사

제주의 상징이자 민족의 영산인 한라산은 2,000여종의 식물과 5,000여종의 동물이 서식하는 자연생태계의 보고입니다. 한라산은 2002년 생물권보전지역 지정, 2007년 세계자연유산 등재, 2010년 세계지질공원으로 인증을 받으며 제주가 유네스코 자연과학부문 3관왕을 달성하게 되었습니다. 이러한 기반을 바탕으로 우리나라의 보물섬 제주가 2011년에는 세계 7대자연경관 선정이 되기도 하였습니다.

이러한 제주지역의 자연자원을 체계적으로 보존·관리하기 위하여 한라산연구소에서는 지금까지 한라산국립공원 자연자원조사, 기후변화에 따른 자연생태계의 지속적인 모니터링, 제주지역 희귀 및 멸종위기식물에 대한 증식과 복원사업, 야생동물 실태조사, 식물의 자원화, 산림병해충 방제 연구 등 다양한 사업을 추진해 왔습니다.

이번에 발간되는 제12호 조사연구보고서에는 최근 5년 동안 한라산 영실일대 소나무림 및 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목특성 변화, 영실지역 기후변화 취약 식물종 식물계절성, 한라산 정상일대 야생동물과 곤충 분포특성, 제주의 멧돼지 분포와 행동권, 어리목등산로 구간의 토양 특성, 제주도 자생활엽 교목의 이산화탄소 흡수능력, 홍가시나무 점무늬병 방제, 귀화식물의 제초 및 항균활성 등 지난해 1년 동안 우리 연구소에서 수행한 조사연구결과를 종합적으로 정리하여 발간하게 되었습니다.

앞으로도 지속적이고 체계적인 다양한 조사연구를 통해 보다 더 내실 있는 보고서가 발간되도록 노력해 나갈 것입니다.

본 조사연구보고서가 발간되기까지 어려운 여건 속에서도 많은 노력과 심혈을 기울여 준 연구원들과 직원여러분께 고마운 말씀을 드립니다.

감사합니다.

2013. 2.

제주특별자치도 한라산연구소장 **양 영 환**



목차 Contents







◇ 발간사

◇ 연구논문 1

- 최근 5년 동안 한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성변화
  고정군, 김권수, 한태완 3
- 최근 5년 동안 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목분포특성변화
  고정군, 김권수, 한태완 17
- 한라산 정상일대 야생동물 분포특성
  오장근, 이영돈, 강인보, 김창조 31
- 제주의 멧돼지 분포와 행동권 조사연구
  오장근, 이영돈, 강인보, 김창조 43
- 백록담내 딱정벌레목 곤충의 분포특성
  이영돈, 오장근, 강인보, 김창조 57
- 한라산 어리목 등산로 구간의 토양특성
  고석형, 양승훈, 강인보, 김철수, 김창조 81
- 한라산 영실지역 기후변화 취약식물종 식물계절성 연구
  김대신, 김수경, 강인보 107
- 제주도 자생 활엽 교목 17종의 대기 중 CO_2 흡수 능력 및 수분이용 효율의 비교분석
  신창훈, 강희석, 양윤희, 김철수, 오순자, 고석찬 127
- 홍가시나무점무늬병(Entomosporium leaf spot disease) 방제법 연구
  신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보, 서상태 141
- 한라구절초의 삽목 증식 및 육묘환경에 관한 연구
  김현철, 송진영, 김태근, 현도경, 이희선, 송창길, 김태후, 양영환 151
- 수종의 귀화식물 수용성추출물의 제초 및 항균 활성 탐색
  김현철, 송진영, 차진우, 송창길, 신창훈 169
- 밝혀지는 식물자원(Ⅰ)
  김현철, 김대신, 양영환 191



◇ 연구초록 ····· 199

• 제주도 내 전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino) 자생지 조사
김권수, 김대신, 김현철, 고정군 ····· 201

• 무주나무(*Lasianthus japonicus* Miq.) 기내발아에 대한 연구
김봉진, 김현희, 송순영, 정영학, 김권수, 고정군····· 203

• 전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino) 기내 배양에 대한 연구
송순영, 김봉진, 김현희, 김대신, 김권수, 고정군····· 207

• 수종의 한라산 고산식물 총페놀함량 및 항산화 활성 탐색
김현철, 송순영, 고형종, 양영환, 김주성 ····· 211

• 곶자왈 분포식물의 생활형 분석
김대신, 김수경, 김현철 ····· 219

• 한라산 성판악의 해발고도별 온습도 변화
고석형, 양승훈, 강인보, 김철수, 김창조 ····· 223

• 한라산의 마애명(磨崖銘) 현황
고윤정, 신용만, 백종진, 양승훈, 이영돈, 강인보····· 227

• 페로몬(pheromone)을 이용한 솔나방 방제법 연구
신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보, 김철수····· 243

• 초피나무의 증식방법 연구
김태후, 김현철, 박선영, 양영환 ····· 249

• 겨우살이류의 분포 및 참나무겨우살이 생리물질 탐색
김태후, 김현철, 박선영, 양영환, 김기옥 ····· 255

• 애기더덕(*Codonopsis minima* Nakai)의 발아특성 연구
김현철, 김대신, 송순영, 김태근, 송창길, 양영환····· 265

◇ 보 고 서····· 273

• 산림병해충 발생 예찰조사 연구
신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보 ····· 275



◇ 연 구 논 문 ◇

- 최근 5년 동안 한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성변화
  고정군, 김권수, 한태완
- 최근 5년 동안 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목분포특성변화
  고정군, 김권수, 한태완
- 한라산 정상일대 야생동물 분포특성
  오장근, 이영돈, 강인보, 김창조
- 제주의 멧돼지 분포와 행동권 조사연구
  오장근, 이영돈, 강인보, 김창조
- 백록담내 딱정벌레목 곤충의 분포특성
  이영돈, 오장근, 강인보, 김창조
- 한라산 어리목 등산로 구간의 토양특성
  고석형, 양승훈, 강인보, 김철수, 김창조
- 한라산 영실지역 기후변화 취약식물종 식물계절성 연구
  김대신, 김수경, 강인보
- 제주도 자생 활엽 교목 17종의 대기 중 CO_2 흡수 능력 및 수분이용 효율의 비교분석
  신창훈, 강희석, 양윤희, 김철수, 오순자, 고석찬
- 홍가시나무점무늬병(Entomosporium leaf spot disease) 방제법 연구
  신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보, 서상태
- 한라구절초의 삽목 증식 및 육묘환경에 관한 연구
  김현철, 송진영, 김태근, 현도경, 이희선, 송창길, 김태후, 양영환
- 수종의 귀화식물 수용성추출물의 제초 및 항균 활성 탐색
  김현철, 송진영, 차진우, 송창길, 신창훈
- 밝혀지는 식물자원(Ⅰ)
  김현철, 김대신, 양영환

여 백

최근 5년 동안 한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성변화

고정군*, 김권수[1)], 한태완
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

본 연구는 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 영실일대 소나무 군락의 수목특성변화를 밝히기 위해 최근 5년 동안 소나무 군락의 종 조성, 수목의 흉고직경변화와 새로운 수목의 출현 및 고사 현상에 대한 정보를 제공하고자 하였다

한라산 영실일대 소나무림 조사구 내에 출현하는 수목은 소나무 등 총19분류군인 것으로 나타나 최근 5년 동안 변화가 없었다. 조사구내 전체 수목의 개체수는 총 1,086본으로 지난 2008년 1,208본에 비해 122본이 감소하였다. 전체 수목의 단위면적당 기저면적은 총 55.1㎡/ha로 나타났다. 이중 소나무가 46.1㎡/ha로 전체의 83.8%를 차지하였고 2008년에 비해 전체적으로 3.2%가 감소하였다. 수종별 출현빈도는 소나무가 2008년에 비해 44본이 감소한 486본이였으며, 층층나무가 전체 개체수의 9.5%, 비목나무가 9.1%, 서어나무가 7.8%, 굴거리나무가 7.3%로 비교적 높게 나타났고, 이 외 수종은 4.0% 이하를 보였다. 장기생태연구지내 흉고직경 3.0㎝ 이상으로 새롭게 성장한 수목은 총 47개체인 것으로 나타났는데, 서어나무가 15개체로 전체의 31.9%를 차지하였으며, 비목나무가 9개체, 굴거리나무가 7개체로 다소 높게 나타났다. 2008년 이후 고사된 수목은 16종에 총 169본으로 나타났는데, 2009년에서 2010년까지 총 46본이 고사되었으며, 2011년에서 2012년까지는 총 123본이 고사된 것으로 조사되었다. 수종별로는 소나무가 44본으로 가장 많았으며, 굴거리나무가 21본, 층층

* 교신저자 ; 전화 : 064-710-7590, e-mail : kjg3839@korea.kr

나무와 비목나무가 각각 20본으로 높게 나타났다. 흉고직경 10㎝를 기준으로 한 흉고직경급의 변화는 소나무는 1개체를 제외하고 모두 10㎝ 이상의 흉고직경을 갖고 있었으며, 이들 소나무의 평균 흉고직경은 34.9㎝로 나타났다. 이는 전체적으로 소나무의 흉고직경이 5년 동안 평균 2.2㎝ 증가한 결과이다. 소나무 이외의 구성목에서 평균 흉고의 직경은 10㎝ 이하의 구성 목에서는 평균 6.6㎝를 나타냈고, 10㎝ 이상의 구성은 평균 27.2㎝를 보였다.

이와 같은 결과를 종합하면 한라산 영실일대의 소나무림은 상층은 소나무가 우점하고 있으나 어린 소나무의 발달은 이루어지지 않고 있었다. 숲의 상층 이하에는 서어나무 등 낙엽활엽수의 발달이 지속적으로 이루어지고 있다. 또한 소나무 등 고사목의 발생은 종간경쟁에 의한 자연적인 요인뿐만 아니라 태풍과 같은 기상이변에 의해 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이러한 숲의 변화는 지구온난화 등의 기후변화와 관련한 소나무의 쇠퇴, 낙엽활엽수림으로의 발달 또는 천이의 진행뿐만 아니라 기상이변 등에 의해 변화속도가 빨라질 수 있을 것으로 예측할 수 있다.

서 론

지구의 기후, 생물, 생태계는 지속적으로 변화되어 왔고, 지구적 차원에서 이루어진다. 이러한 지구적 차원의 변화를 관찰 할 수 있는 연구접근중 하나가 장기생태연구라 볼 수 있다. 장기생태연구는 군집의 동태 변화를 연구하는 하나의 방법으로 한 지소에 영구방형구를 설치하여 시간경과에 따른 변화를 장기간 관찰하여 결론을 내리는 연속관찰법이다. 영구방형구를 설치하고 오랫동안 반복하여 조사하는 장기생태연구가 가장 이상적인 군집동태변화를 파악하는 방법이지만 시간적인 어려움이 있어 이에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 그러나 특정군집이나 생물다양성 등이 높은 장소에서 이루어지는 장기생태연구는 환경변화에 대한 개체군, 군집 그리고 생태계의 상대적인 반응을 분석할 수 있게 한다. 나아가, 장기 생태연구결과의 종합과 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 전 세계적인 장기생태 모니터링에 기초한 자료가 부족하기 때문이라 할 수 있다.

한편, 소나무는 한반도 전역, 중국의 산동반도 및 만주 그리고 일본 열도에 분포한다

(Critchfield와 Little, 1966). 한반도의 소나무림은 지역의 기후조건에 맞는 낙엽활엽수림이 인간 활동에 의해 파괴된 후 성립된 것으로 알려져 있다(최, 1998). 화분분석결과에 따르면 온대낙엽활엽수림으로 덮여 있던 한반도는 약 10,000 내지 6,000년 전부터 참나무에서 소나무림으로 바꾸기 시작한 것으로 알려져 있다. 더욱이 2,000년 전부터는 활발한 농경 활동의 영향으로 소나무림의 우세해지기 시작하였다(최, 1998). 우리나라의 대표적 경관 요소의 하나로서 자리 잡고 있는 소나무림은 주거지와 가까운 곳에서 목재, 연료, 유기질 비료, 가축의 먹이 등의 지속 가능한 생산에 중요한 기여를 하였다(Hong과 Nakagoshi, 1996). 따라서 낙엽활엽수림은 인간이 접근하기 곤란한 장소에 한정되고 나머지 지역은 소나무림이 우점한 것으로 보고 있다(Lee와 Hong, 1998).

제주지역에 소나무림은 한라산 해발 1,000m 이상 고지대에 군락을 형성하면서 주로 분포하는 특성을 갖고 있으며 점차 고지대 이동되는 것으로 알려져 있다(고, 2007). 이러한 소나무의 이동이나 확산은 지구온난화와 같은 환경변화에 의해 그 속도가 더욱 두드러질 것으로 예측되고 있다. 이에 따라 고 등(2009)은 지난 2008년부터 한라산내 최대 소나무 군락의 분포지역 중 한 곳인 영실일대 장기생태연구를 위한 조사구를 설치하고, 수목의 분포특성을 밝혀 기후변화에 따른 소나무 군락의 변화를 규명하는 기초를 제공하였다. 또한 제주도내 난대성 상록활엽수림에서 온대성 낙엽활엽수림 및 한대성 침엽수림까지 기후변화에 따른 산림의 변화를 파악하기 위한 다양한 연구접근이 이루어지고 있다(고 등, 2009; 고 등, 2010; 송 등, 2010; 고와 김, 2011; 고 등, 2012a; 고 등 2012b). 그러나 아직까지 장기적인 모니터링을 통한 양적변화에 대한 조사결과는 전무한 실정이다.

본 연구는 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 영실일대 소나무 군락의 수목특성변화를 밝히기 위해 최근 5년 동안 소나무 군락의 종 조성, 주요 수목의 흉고직경계급의 빈도분포 변화와 함께 새로운 수목의 출현 및 고사 현상에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

연구내용 및 방법

1. 조사지개황 및 조사구 설치

한라산 영실일대의 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.)림은 한라산국립공원 내에 위치하고 있으며, 천연상태인 임분의 보존상태가 양호하고 소나무 외에도 많은 온대성 식

물종이 분포하고 있다(고 등, 2009). 이 일대 소나무림의 면적은 102ha로 알려져 있는데, 임령은 3영급에서 12영급 이상까지 다양하고 임분 구성도 복층림인 곳이 많다(한라산국립공원관리사무소, 1998). 소나무림의 장기생태연구를 위해 1.0ha(100×100m) 크기의 조사구가 지난 2008년에 설치되었는데, 조사구는 N 33° 20′45″, E 126° 29′44″에 위치하며, 해발고도는 1,200m에서 1,280m로서 부분적으로 평지에서 10°까지 완만한 경사를 이루고 있다(그림 1). 암석노출은 10% 이하로 매우 낮은 상황이다. 그리고 1.0ha 소나무림 조사구 내에는 20×20m 크기의 방형구 25개를 각각 구분하였다.

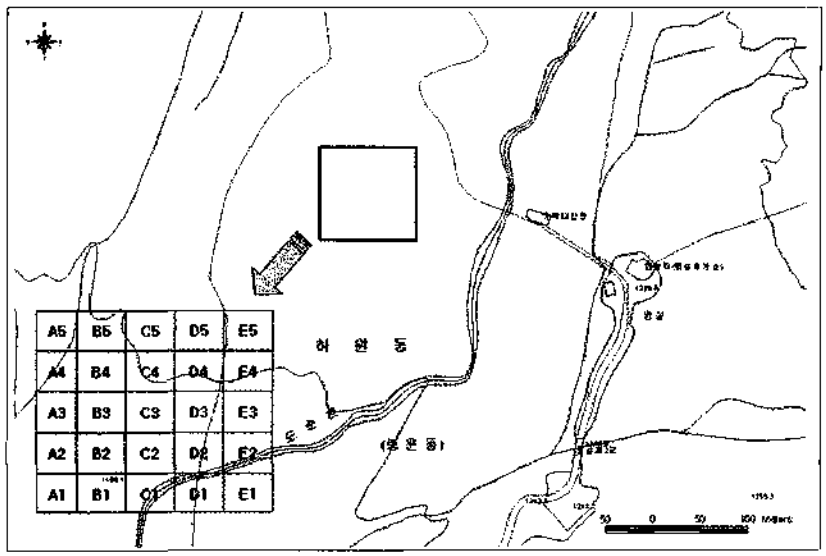


그림 1. 한라산 영실일대 소나무림 내 장기생태연구를 위한 조사구(□, 100×100m)의 위치도
A1~E5 : 조사구내 방형구를 의미함

2. 목본식물의 동태 조사

한라산 영실일대 소나무림 내 장기생태연구 조사구에 분포하는 목본식물에 대한 개체조사는 지난 2008년 조사된 수목뿐만 아니라 새롭게 성장하거나 고사된 개체목을 대상으로 모니터링을 실시하였다.

장기생태연구 조사구 1.0ha 내에 출현하는 수목의 동태변화를 파악하기 위하여 목본식물의 흉고직경(DBH)은 지표면으로부터 약 1.5m을 기준으로 직경 테이프를 이용하여 측정

하였는데, 흉고직경 3.0㎝ 이상의 모든 목본에 대하여 조사를 실시하였다. 흉고측정위치는 장기적인 모니터링을 위해 번호표를 부착한 곳을 기준으로 하여 오차를 최소화하였다. 이때 맹아로 발생하여 같은 뿌리를 갖는 여러 줄기가 있을 경우 가장 굵은 줄기를 선택하였다. 목본들의 건강상태는 국가장기생태연구사업단(2005)기준에 의하여 구분하여 조사하였다.

수목조사결과를 이용한 목본의 중요치는 상대밀도, 수관 폭을 기준으로 산출된 상대피도를 합하여 계산하였다. 또한 현존식생의 지속적인 유지 가능성 및 천이 경향을 예측하기 위하여 흉고직의 계급별 빈도 분포도를 작성하였다. 빈도 분포도의 직경계급은 조사 대상 수목 중 가장 작은 개체와 큰 개체 사이의 직경을 5.0㎝ 간격으로 9개 계급으로 구분하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 임분 구성목의 밀도 및 크기분포의 변화

한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구 조사구 내에 출현하는 수목은 소나무(*Pinus densiflora*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 고로쇠나무(*Acer pictum* var. *mono*), 층층나무(*Cornus controversa*), 물참나무(*Quercus mongolica* var. *crispula*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum*), 주목(*Taxus cuspidata*), 단풍나무(*Acer palmatum*), 산딸나무(*Cornus kousa*), 음나무(*Kalopanax septemlobus*), 곰의말채나무(*Cornus macrophylla*), 마가목(*Sorbus commixta*), 윤노리나무(*Pourthiaea villosa*), 팥배나무(*Sorbus alnifolia*), 두릅나무(*Aralia elata*), 때죽나무(*Styrax japonicus*), 분단나무(*Viburnum furcatum*) 등 총 19분류군으로 나타났는데, 출현종수는 지난 2008년과 동일하여 새로운 수목 종의 이입이나 사멸이 조사구내에 나타나지 않았다(표 1, 그림 2).

장기생태연구 조사구에서 관찰된 수목 개체수는 고사목을 제외하고 총 1,086본으로 나타났으며, 소나무가 전체 개체수의 44.8%에 해당하는 486본이였지만 전체적인 수목 밀도도 지난 2008년에 조사된 1,208본에 비해 122본이 감소한 결과이다(표 1).

전체 수목의 단위면적당 기저면적은 총 55.1㎡/ha로 나타났으며, 이중 소나무가 46.1㎡/ha로 전체 수목의 기저면적에 83.8%를 차지하는 것이다. 이는 2008년에 비해 전체적으로 3.2%인 1.9㎡/ha가 감소한 것으로 개체수 감소에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 현재까

지 영실일대 소나무 생목의 기저면적은 육지부 월악산 소나무림의 기저면적인 28.8㎡보다 91.3%이상 높은 것으로 이들 지역에 자라는 소나무가 상대적으로 흉고직경 등의 생육상황이 양호한 것으로 판단된다(조 등, 2006).

표 1. 최근 5년 동안 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목의 밀도 및 크기의 변화

식물명	생목 밀도 (개체/ha)		생목기저면적 (㎠/ha)		종 구성[1)]					
					2008년			2012년		
	2008년	2012년	2008년	2012년	RD	RC	RIV	RD	RC	RIV
소나무	530	486	474,126.1 (83.3%)	461,793.4 (83.8%)	43.9	41.3	42.9	44.8	37.7	41.3
소나무 외	678	600	95,260.1 (16.7%)	89,115.0 (16.2%)	56.1	58.7	57.1	55.2	62.3	58.7
전체	1,208	1,086	569,386.2 (100%)	550,938.4 (100%)	100	100	100	100	100	100

[1)]RD : 상대밀도, RB : 상대피도, RIV : 상대중요치

영실 소나무림 장기생태연구지 임분 내 수목 구성종의 상대밀도, 상대피도를 기준으로 한 상대 중요치를 보면 소나무가 41.3으로 분석되었으며 서어나무를 포함한 나머지 18분류군의 상대중요치의 합은 58.7로 나타났다. 임분 내 구성종의 상대 중요치는 2008년에 비해 소나무가 다소 감소한 반면 소나무 외 수종은 다소 증가된 것으로 나타났다. 이는 소나무 외 수종의 상대피도가 상대적으로 증가한데서 기인한 것이다.

한라산 영실일대 소나무림 조사구내 출현하는 수종별 출현빈도의 변화를 소나무는 2008년에 비해 44본이 감소한 것으로 나타났다(표 1). 소나무 외에 수종별 출현빈도는 고사목으로 제외한 기준으로 층층나무가 전체 개체수의 9.5%인 103본이였으며, 비목나무가 9.1%인 99본, 서어나무가 7.8%인 85본, 굴거리나무가 7.3%인 79본으로 비교적 높게 나타났다(그림 2). 그리고 단풍나무, 산벚나무, 산딸나무 등도 3~4% 정도의 출현빈도를 보였으나, 이 외 수종은 2.0% 이하의 출현빈도를 보였는데 두릅나무인 경우 1본만이 관찰되어 가장 낮은 출현빈도를 보였다.

전체적으로 수종별 수목밀도는 2008년에 비해 감소한 경향을 보였는데, 소나무의 개체가 감소가 가장 높았으며, 층층나무와 굴거리나무의 감소도 다소 높았다. 이에 반해 서어나무와 음나무 등 2종은 2008년에 비해 개체수가 증가한 것으로 나타났는데, 특히 서어나무

의 증가가 특징적이었다.

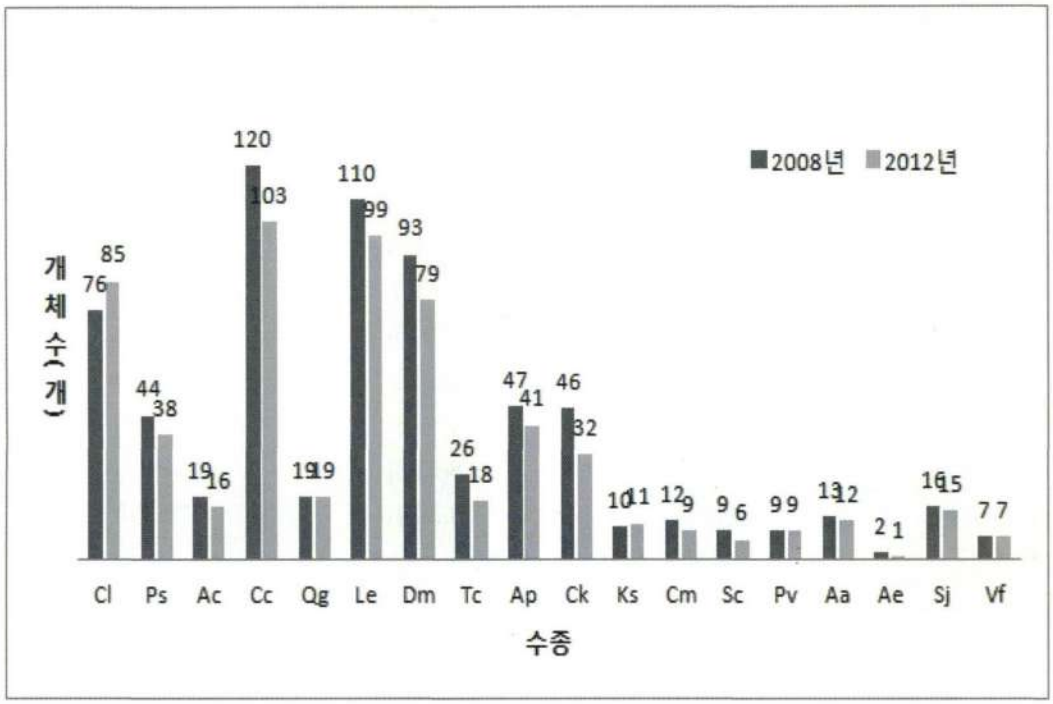


그림 2. 최근 5년 동안 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수종별 개체수 변화

Cl : 서어나무(*Carpinus laxiflora*), Ps : 산벚나무(*Prunus sargentii*), Ac : 고로쇠나무(*Acer pictum* var. *mono*), Cc : 층층나무(*Cornus controversa*), Qg : 물참나무(*Quercus grosseserrata*), Le : 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), Dm : 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum*), Tc : 주목(*Taxus cuspidata*), Ap : 단풍나무(*Acer palmatum*), Ck : 산딸나무(*Cornus kousa*), Ks : 음나무(*Kalopanax septemlobus*), Cm : 곰의말채(*Cornus macrophylla*), Sc : 마가목(*Sorbus commixta*), Pv : 윤노리나무(*Pourthiaea villosa*), Aa : 팥배나무(*Aria alnifolia*), Ae : 두릅나무(*Aralia elata*), Sj : 때죽나무(*Styrax japonicus*), Vf : 분단나무(*Viburnum furcatum*).

2. 임분 내 수목의 출현 및 고사목의 변화

지난 2008년 이후 장기생태연구지 내 흉고직경(DBH) 3.0㎝ 이상으로 새롭게 성장한 수목은 2012년을 기준으로 분석하여 보면 총 47개체인 것으로 나타났다(표 2). 수종별로 보면 서어나무가 15개체로 전체의 31.9%를 차지하였으며, 평균 수고는 4.4m, 평균흉고직경은 4.6㎝로 나타났다. 비목나무가 전체의 19.1%인 9개체, 굴거리나무가 7개체로 다소 높게 나타났으며, 단풍나무 및 윤노리나무가 각각 4개체, 층층나무가 3개체, 때죽나무가 2개체, 산벚나

무와 산딸나무 및 음나무가 각각 1개체 순으로 나타났다. 이들 새롭게 성장한 수목의 전체 수고는 평균 4.0m이고, 흉고직경은 4.5㎝로 나타났다. 그러나 장기생태연구 조사구 내에 가장 높은 밀도를 차지하는 소나무의 치수발생을 확인할 수 없었다.

표 2. 최근 5년 동안 장기생태연구지내 새롭게 출현한 치수현황

수종	개체수(비율, %)	평균수고(m)	평균흉고직경(㎝)
서어나무	15(31.9)	4.4(±1.3)	4.6(±0.6)
비목나무	9(19.1)	4.4(±1.0)	4.7(±0.9)
굴거리나무	7(14.9)	3.4(±0.5)	4.7(±1.2)
단풍나무	4(8.5)	4.0(±0.8)	3.9(±0.3)
윤노리나무	4(8.5)	3.4(±0.8)	4.3(±0.4)
층층나무	3(6.4)	3.8(±1.3)	4.4(±0.4)
때죽나무	2(4.3)	3.8(±0.4)	4.7(±1.0)
산벚나무	1(2.1)	2.5(±0.0)	4.3(±0.0)
산딸나무	1(2.1)	3.0(±0.0)	3.8(±0.0)
음나무	1(2.1)	5.5(±0.0)	5.0(±0.0)
계	47(100)	4.0(±1.1)	4.5(±0.7)

지난 2008년 이후 장기생태연구지내에서 고사된 수목은 16종에 총 169본으로 나타났는데, 2009년서 2010년까지 총 46본이 고사되었으며, 2011년에서 2012년까지는 총 123본이 고사된 것으로 조사되었다(표 3). 수종별로는 소나무가 44본으로 가장 많았으며, 굴거리나무가 21본, 층층나무와 비목나무가 각각 20본으로 높게 나타났다. 이 외의 산딸나무, 단풍나무, 주목, 산벚나무, 서어나무, 윤노리나무, 고로쇠나무, 곰의말채나무, 마가목, 때죽나무 순으로 고사목의 개체수 많은 것으로 나타났으며, 팥배나무와 두릅나무는 1개체가 고사된 것으로 나타났다. 그리고 모든 종에서 2009~2010년도 보다 2011~2012년 사이에 고사된 개체수가 급증한 것으로 조사되었다. 이는 종간경쟁 등에 의한 자연적인 고사 보다 2012년에 잦은 태풍 등의 기상조건에 의해 상대적으로 고사된 개체수이 늘어난 것으로 판단된다. 또한 고사된 개체목의 평균수고는 소나무의 경우 14.7m이고, 흉고직경은 25.1~29.3㎝인 것과 같이 대부분 성숙목이 고사된 것으로 나타났다.

표 3. 최근 5년 동안 장기생태연구지내 고사된 수목현황

수종	총 개체수	2009~2010년			2011~2012년		
		개체수 (%)	평균 수고(m)	평균흉고 직경(㎝)	개체수 (%)	평균 수고(m)	평균흉고 직경(㎝)
소나무	44	13 (28.3)	14.7 (±1.3)	25.1 (±7.7)	31 (25.2)	14.7 (±2.3)	29.3 (±6.0)
서어나무	6	1 (2.2)	4.0 (±0.0)	5.1 (±0.0)	5 (4.1)	6.2 (±2.9)	7.6 (±2.3)
산벚나무	7	2 (4.3)	6.0 (±1.4)	20.6 (±5.9)	5 (4.1)	7.2 (±4.3)	18.0 (±7.5)
고로쇠나무	3	1 (2.2)	10.0 (±0.0)	15.5 (±0.0)	2 (1.6)	8.0 (±2.8)	12.2 (±2.3)
층층나무	20	2 (4.3)	5.3 (±0.4)	9.1 (±1.3)	18 (14.6)	6.3 (±2.3)	8.8 (±4.6)
비목나무	20	7 (15.2)	2.9 (±1.0)	6.7 (±1.5)	13 (10.6)	7.2 (±2.7)	12.4 (±11.0)
굴거리나무	21	7 (15.2)	4.6 (±1.1)	7.8 (±2.8)	14 (11.4)	3.9 (±1.0)	7.8 (±1.9)
주목	8	1 (2.2)	2.5 (±0.0)	3.1 (±0.0)	7 (5.7)	3.2 (±0.6)	8.7 (±3.0)
단풍나무	10	4 (8.7)	7.6 (±5.0)	15.3 (±5.3)	6 (4.9)	5.0 (±3.0)	8.5 (±6.2)
산딸나무	15	2 (4.3)	3.8 (±0.4)	4.3 (±0.4)	13 (10.6)	3.7 (±1.7)	7.5 (±2.4)
곰의말채나무	3	1 (2.2)	4.5 (±0.0)	6.5 (±0.0)	2 (1.6)	9.0 (±1.4)	12.1 (±3.5)
마가목	3	1 (2.2)	6.0 (±0.0)	7.3 (±0.0)	2 (1.6)	7.8 (±1.1)	16.2 (±6.2)
윤노리나무	4	2 (4.3)	3.5 (±2.1)	6.6 (±0.6)	2 (1.6)	5.3 (±0.4)	6.6 (±1.1)
팥배나무	1	-	-	-	1 (0.8)	7.0 (±0.0)	16.1 (±0.0)
두릅나무	1	1 (2.2)	4.0 (±0.0)	5.7 (±0.0)	-	-	-
때죽나무	3	1 (2.2)	4.0 (±0.0)	5.7 (±0.0)	2 (1.6)	5.0 (±2.8)	8.4 (±3.5)
계	169	46 (100)	6.7 (±4.7)	11.9 (±8.4)	123 (100)	7.8 (±4.7)	14.6 (±10.4)

3. 수목의 흉고급 분포의 변화

영실일대 소나무림에 출현한 수목을 대상으로 분석한 흉고직경급의 변화를 흉고직경 10㎝를 기준으로 구분하여 분석한 결과, 소나무는 10㎝ 미만의 흉고직경을 갖는 개체는 4.9㎝

를 보인 1개체가 유일하였는데, 나머지 개체는 모두 10㎝ 이상의 흉고직경을 갖고 있었으며, 이들 소나무의 평균 흉고직경은 34.9㎝로 나타났다(표 4). 이는 전체적으로 소나무의 흉고직경이 5년 동안 평균 2.2㎝ 증가한 결과이다. 소나무 이외의 구성목에서 평균 흉고의 직경은 10㎝ 이하의 구성목에서는 평균 6.6㎝를 나타냈고, 10㎝ 이상의 구성은 평균 27.2㎝를 보였다. 이는 흉고직경이 10㎝ 이하의 구성목은 평균흉고직경이 감소한 반면 10㎝ 이상의 구성목은 증가한 결과이다.

표 4. 최근 5년 동안 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목의 생육상황 변화

식물명	2008년 평균 흉고(㎝)		2012년 평균흉고(㎝)	
	<10	≥10	<10	≥10
소나무	4.5[1)]	31.9 (±7.7)	4.9[1)]	34.1 (±7.4)
소나무 외	6.7 (±1.7)	16.2 (±6.8)	6.6 (±1.8)	16.6 (±6.0)
전체	6.7 (±1.7)	26.1 (±10.6)	6.6 (±1.8)	27.2 (±11.0)

소나무림내 살아있는 생목을 기준으로 분석한 흉고 직경급의 분포를 보면 전체적으로 흉고 직경은 20㎝ 이하에 집중분포하고 있는 것으로 나타났다(그림 3). 그러나 수종 간의 경향은 고 등(2009)의 보고와 같이 소나무인 경우 흉고직경 31~35㎝ 범위가 높은 비율을 차지하는 반면 소나무 이외의 수종은 흉고직경 20㎝ 이하에 분포하는 특성으로 보이고 있다. 전체적으로 흉고 직경급 35㎝이하의 개체수는 2008년에 비해 감소한 것으로 나타났지만, 흉고 직경급 36㎝이상의 개체수는 다소 증가한 것으로 나타났다.

한편, 수목활력도의 변화는 큰 차이가 없이 2008년 조사결과와 동일한 양상을 보였다(고 등, 2009). 즉, 소나무림에 출현한 각 구성 수목의 활력도를 9개 유형(국가장기생태연구사업단, 2005)으로 구분하여 분석하면 소나무의 경우 건강하게 곧추서서 자라는 AS(standing alive)형이 대부분을 차지하였다. 그리고 일부 기운형태로 자라는 AL형을 제외하고는 본 가지가 부러졌지만 건강하게 자라는 AB(broken alive)형, 쓰러져서 지표면에 거의 붙어서 자라는 AF(fallen/prone alive)형 등의 개체수는 극히 한정되어 있었다.

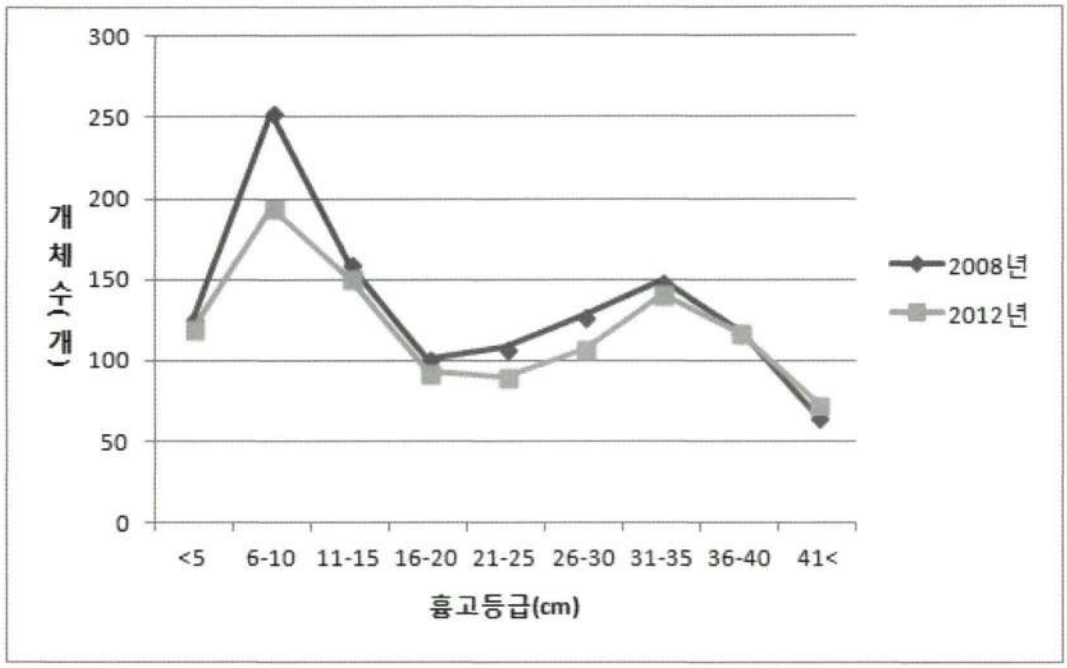


그림 3. 최근 5년 동안의 임분 내 전체 수목의 흉고직급별 변화

이와 같은 결과를 종합하여 보면 한라산 영실일대의 소나무림은 상층은 소나무 우점하고 있으나 수고 및 근원경이 어린 소나무의 발달은 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 더불어 숲의 중층 및 하층에는 서어나무, 층층나무, 비목나무 등 낙엽활엽수의 발달이 진행되고 있음을 알 수 있다. 또한 소나무 등의 고사목의 발생은 종간경쟁에 의한 자연적인 요인뿐만 아니라 태풍의 기상이변에 의해 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이러한 숲의 변화는 지구온난화 등의 기후변화와 관련하여 소나무의 쇠퇴와 더불어 낙엽활엽수림으로의 발달 또는 천이의 진행뿐만 아니라 기상이변 등에 의해 변화속도가 빨라질 수 있을 것으로 예측할 수 있다.

Changes of Distributional Characteristics of Woody Plants in the *Pinus densiflora* Forest in Mt. Halla as a Long Term Ecological Research(LTER) Site for 5 Years

Koh Jung-Goon*, Kwon-Su Kim[1)] and Tae-Wan Han
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1)]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Summary

The purpose of this study was to provide information on the changes of species composition, growth status of woody plant species and diameter classes distribution in the permanent quadrat(1.0ha) of *Pinus densiflora* forest, which were designed for long term ecological research in Mt. Halla during the last 5 years, 2008 to 2012.

The number of woody plant species in the permanent quadrat were 19 taxa including *Pinus densiflora*, there was no change during the last 5 years. The entire individual of trees are total of 1,086 individuals, it was reduced to 122 individuals compared to 2008. Entire tree basal area by diameter at breast height(DBH) is total of 55.1㎡/ha, and is 46.1㎡/ha of *P. densiflora*, it was reduced to 3.2% compared to 2008. Species occurrence frequency were relatively high in the 486 individuals of *P. densiflora*, 9.5% of *Cornus controversa*, 9.1% of *Lindera erythrocarpa*, 7.8% of *Carpinus laxiflora* and 7.3 of *Daphniphyllum macropodum*, and the other species were less than 4%. Newly grown trees up to 3.0㎝ in DBH are total of 47 individuals, of which *C. laxiflora* are 15 individuals accounting for 88.5% of all and 9 individuals of *L. erythrocarpa*, 7 individuals

of *D. macropodum*. Number of dead trees were 169 individuals, of these total of 46 individuals died from 2009 to 2010 years and total of 123 individuals died from 2011 to 2012 years. Depending on the species, dead trees of *P. densiflora* had the highest of 44 individuals, and it was relatively high on 21 individuals of *D. macropodum*, each 20 individuals of *C. controversa* and *L. erythrocarpa*. DBH of *P. densiflora* increased by average 2.2㎝, other species over 10㎝ of DBH increased by average 1.1㎝ during the last 5 years.

These results imply that the upper layer of *P. densiflora* forest around Youngsil in Mt. Halla was dominated by *P. densiflora*, but the emergence of young trees of *P. densiflora* has not been done. And, development of deciduous hardwoods such as *C. laxiflora* are constantly being made below *P. densiflora* forest. Also, the occurrence of dead trees such as *P. densiflora* are affected natural factors as interspecific competition and extreme weather as typhoon. These changes such as decline *P. densiflora*, development of deciduous broadleaf forest and succession progress in forest can predict that the rate of change will be faster by climate change and extreme weather.

참고문헌

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

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

고정군, 이창훕, 김철수. 2010. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 낙엽활엽수림 장기생태연구지내 수목분포특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제2권:135-151.

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

고정군, 김권수, 김철수. 2012a. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포 특성. 제주특별자치도 한라산연구소 조사연구보고서 제11호:3-16.

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

국가장기생태연구사업단. 2005. 국가장기생태연구프로토콜. pp.350.

송국만, 김찬수, 고정군, 강창훈, 감문홍. 2010. 한라산 구상나무림의 식생구조와 분포 특성. 한국환경과학회지 19(4):415-425.

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

최기룡. 1998. 한반도 후빙기의 저지대 식생사. 한국생태학회지 21:169-174.

한라산국립공원관리사무소. 1998. 한라산국립공원내 우량소나무림 보호대책. pp.87.

Critchfield, W.B. and Little, E.L. 1996. Geographic distribution of the pines of the world. USDA Forest Service Miscellaneous Publication. pp.991.

Hong S.K. and Nakagoshi, N. 1996. Biomass changes of a human-influenced pine forest and forest management in agricultural landscape system. Korean J. Ecol. 19:305-332

Lee C.S. and Hong S.K. 1998. Changes of landscape pattern and vegetation structure in rural area disturbed by fire. Korean J. Ecol. 21:389-399.

최근 5년 동안 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목분포특성변화

고정군※, 김권수[1], 한태완
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

본 연구는 제주지역 장기생태연구를 위해 구축된 동백동산일대 상록활엽수림의 생태적 특성을 밝히기 위해 최근 5년 동안 상록활엽수림 내 종 조성 및 밀도, 수목의 흉고직경변화와 고사현상 등에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지 내에 출현하는 목본식물은 총 32종으로 살아있는 전체 개체수는 1,973본으로 나타났다. 이는 최근 5년 동안 구성종의 변화는 관찰되지 않았으나, 개체수는 2008년에 비해 269본이 감소하였다. 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 322,963.2㎠로 분석되었는데, 2008년 306,860.7㎠에 비해 16,102.5㎠이 증가한 것이다. 수종별 개체출현빈도는 전체적으로 종가시나무가 가장 높고 동백나무, 참가시나무, 사스레피나무, 구실잣밤나무, 조록나무, 때죽나무 순으로 높게 나타나 2008년도 동일한 분포양상을 보이는 것으로 산림군집구조의 변화는 거의 이루어지지 않았다. 최근 5년 동안의 상록활엽수림 장기생태연구지내에서 고사된 수목은 종가시나무가 총 109본으로 가장 높게 나타났으며, 사스레피나무가 40본, 참가시나무가 30본, 동백나무가 21본, 때죽나무가 11본으로 비교적 높은 고사율을 보였다. 전체적으로 흉고직경 5.1~10.0㎝ 범위에 있는 개체수가 상대적으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 5.0㎝ 이하, 10.1~15.0㎝, 15.1~20.0㎝ 범위에 있는 순으로 수목밀도가 높게 차지하였고, 이후 흉고직경이 증가할수록 출현 개체수가 감소되는 경향을 보였다. 그러나 최근 5년 동안 흉고직경 15.0㎝ 보다 작은 범위에 있

※ 교신저자 ; 전화 : 064-710-7590, e-mail : kjg3839@korea.kr

는 개체수는 전체적으로 감소되는 경향을 보인 반면 흉고직경 15.0㎝ 이상의 개체수는 뚜렷하게 증가되는 경향을 보였다.

이와 같은 결과를 종합하여 보면, 제주지역 장기생태연구를 위해 구축된 동백동산 상록활엽수림은 다양한 수목이 고사되거나 성장하는 경향의 분포를 보여주면서 지속적인 성장단계로 볼 수 있다. 그러므로 향후 모니터링을 통해 제주지역 상록활엽수림의 천이기작이나 기후변화 등의 의한 종간 생장특성 등을 밝히는 기초 자료로 활용가치가 높다고 판단된다.

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 장기생태연구가 가장 이상적인 군집 동태 변화를 파악하는 방법이지만 시간적인 어려움이 있어 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 그러나 특정군집이나 생물다양성 등이 높은 장소에서 이루어지는 장기생태연구는 환경변화에 대한 개체군, 군집 그리고 생태계의 상대적인 반응을 분석할 수 있게 한다. 나아가, 장기생태연구결과의 종합과 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 세계적인 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(이 등, 2006; 조 등, 2006). 그리고 제주지역에서도 장기생태연구를 위한 기반구축이 이루어지고 있다(고 등, 2009; 고 등, 2010). 더욱이, 제주지역에서는 한라산 고지대의 식생을 중심으로 다양한 식생구조의 변화가 이루어질 것으로 예상되고 있다(고, 2007). 이러한 변화는 지구온난화와 같은 환경변화에 의해 그 속도가 더욱 두드러질 것으로 예측되고 있어 다양한 장기생태연구가 필요한 실정이다.

제주도는 전체 산림면적의 약 2%만이 상록활엽수림이며(임 등, 1990), 동백동산의 상록

활엽수림은 그 중 10%를 차지하는 대규모 면적이다(제주문화예술재단, 2003). 특히, 동백동산은 해발고도 100m 내외의 얕은 구릉지로 이루어지고 경사가 완만한 곳으로 평탄지의 넓은 면적에 상록활엽수림이 분포하고 식생학적, 자연보전적인 가치가 매우 높게 평가되었다(김, 1998). 제주도는 1971년에 동백동산을 제주도천연기념물 제10호로 지정하여 관리하고 있으나 그 구조적 특성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 기념물 지정 이전까지는 종가시나무 등 수목이 신탄재용 벌채로 인하여 지속적으로 교란되었다. 현재는 30여년간 인간에 의한 교란이 중단된 상태에서 식생회복이 진행되어 대부분 맹아림으로 구성되었다.

동백동산일대는 발달단계가 다른 식생유형에 의해 세 개의 구역으로 구분할 수 있다. 즉, 초지와 관목림으로 덮인 지역, 곰솔이 우점하는 지역, 상록수림 지역이다. 천이 후기의 상록수림은 종가시나무 군락, 구실잣밤나무 군락, 동백나무 군락 등으로 이루어진 것으로 알려져 있다(이 등, 2005). 또한 동백동산 상록활엽수림을 먼나무 군집, 구실잣밤나무 군집, 구실잣밤나무-종가시나무 군집, 종가시나무-구실잣밤나무 군집, 종가시나무 군집, 종가시나무-동백나무 군집, 종가시나무-때죽나무 군집 등 총 7개의 군집으로 나누기도 하며, 상대우점치와 흉고직경급별 분포에 의해 교목층에서 구실잣밤나무와 종가시나무가 우점하고 하층에 동백나무가 우점하는 식생이라 보고되고 있다(한 등, 2007).

한편, 동백동산일대는 장기생태연구를 위해 식물분포특성을 조사한 결과, 동백동산 상록활엽수림은 상층에는 구실잣밤나무, 종가시나무, 참가시나무 등이 발달하며, 중층에는 동백나무나 사스레피나무 등의 발달이 이루어지고 있지만 산림 층위구분이 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 다양한 수목이 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다(고와 김, 2011).

따라서 본 연구는 제주지역 장기생태연구를 위해 구축된 동백동산일대 상록활엽수림의 생태적 특성을 밝히기 위해 최근 5년 동안 상록활엽수림 내 종 조성 및 밀도, 수목의 흉고직경변화와 고사현상 등에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

조사지역 및 방법

1. 조사지 개황 및 조사구의 설치

제주도 상록활엽수림 장기생태연구를 위한 조사구는 제주시 조천읍 선흘리 동백동산일대에 설치하였다(그림 1). 지난 2008년에 설치된 장기생태연구지는 N 33° 30′ 48.9″, E

126° 24′ 07.4″에 위치하며, 해발고도 120m일대로 부분적으로 평지에서 5°까지 완만한 경사를 이루고 있다. 장기생태연구지는 1.0ha(100×100m) 크기로 설치한 후 400㎡(20×20m) 크기의 방형구 25개를 각각 구분하였다.

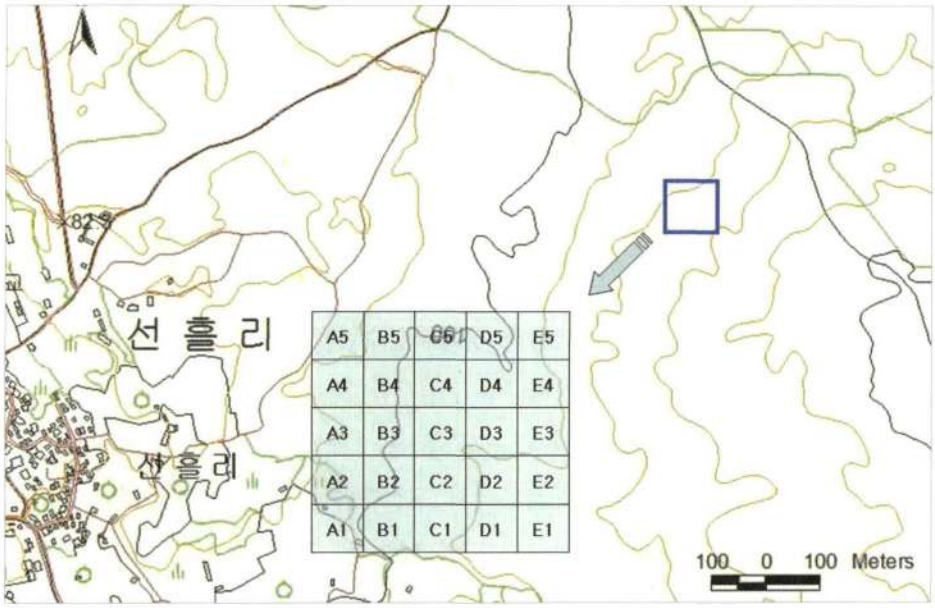


그림 1. 제주도 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구를 위한 조사구(□, 100×100m) 위치도
A1~E5 : 장기생태연구지내 방형구를 의미함

2. 목본식물의 동태조사

동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 목본식물에 대한 개체조사는 지난 2008년에 조사된 수목을 중심을 실시되었다. 흉고직경은 지표면으로부터 약 1.5m을 기준으로 직경 테이프를 이용하여 측정하였으며, 1.0ha 조사구내에 출현하는 수목의 동태변화를 파악하기 위하여 흉고직경 2.0㎝ 이상의 모든 목본에 대하여 조사를 실시하였다. 흉고측정위치는 장기적인 모니터링을 위해 고유 번호표가 부착된 위치에서 이루어졌으며, 이때 맹아로 발생하여 같은 뿌리를 갖는 여러 줄기가 있을 경우 가장 굵은 줄기를 선택하였다. 목본들의 건강상태는 국가장기생태연구사업단(2005)기준에 따라 구분하여 조사하였다.

조사결과를 이용한 수목의 밀도, 흉고단면적을 계산하였으며, 현존식생의 지속적인 유지

가능성 및 천이 경향을 예측하기 위하여 수종별 흉고직경의 계급별 빈도 분포도를 작성하였다. 빈도 분포도의 흉고직경계급은 조사 대상 수목 중 가장 작은 개체와 큰 개체 사이의 직경을 5.0㎝ 간격으로 9개 계급으로 구분하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 임분 구성목의 밀도 및 크기분포의 변화

동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지 내에 출현하는 목본식물은 총 32종으로 살아있는 전체 개체수는 1,973본으로 조사되었다(표 1). 이는 최근 5년 동안 구성종의 변화는 관찰되지 않았으나, 개체목의 밀도에 있어서는 2008년에 비해 전체 개체수의 12.0%에 해당되는 269본이 감소한 결과이다. 또한, 2010년 동일지역에서 살아있는 개체로 조사된 2,094본에 비해서도 121본이 감소한 결과이다(고와 김, 2011).

표 1. 최근 5년 동안 제주도 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목의 밀도 및 크기의 변화

수목출현종수			밀도(개체수/ha)		기저면적(㎠/ha)	
계	2008년	2012년	2008년	2012년	2008년	2012년
32	32	32	2,242	1,973	306,860.7	322,963.2

흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 322,963.2㎠로 분석되었는데, 이는 2008년 306,860.7㎠에 비해 5.2%가 증가한 16,102.5㎠로 분석되었다. 그리고 2010년의 보고된 320,010.0㎠과 비교할 때는 2,963.2㎠가 증가한 결과이다(고와 김, 2011). 이는 최근 5년 동안 개체수가 고사에 의해 감소되는 흉고직경의 기저면적 보다 살아있는 개체들의 지속적인 성장에 의해 증가되는 흉고직경의 기저면적이 매우 높게 이루어지고 있음을 의미한다.

한편, 이들 지역의 살아있는 수목밀도는 영실 소나무림의 1,208본/ha이나 5·16도로일대 낙엽활엽수림의 1,265본/ha에 비해 약 56~63% 정도 높은 것으로 나타났다(고 등, 2009;

고 등, 2010). 이에 반해 수목의 흉고를 기준으로 하는 기저면적은 영실소나무림의 56.7㎡/ha 보다는 매우 낮은데 반해 관음사일대 및 5·16도로변 일대 낙엽활엽수림의 31.0~31.2 ㎡/ha와는 유사한 것으로 나타났다. 이는 수종간의 생육상황뿐만 아니라 숲의 형성기간이 상대적으로 짧은 기간에 이루어진 것으로 해석할 수 있으나 이에 대한 연구는 수령측정, 수종별 생리적 특성 등에 의한 검토가 필요한 것으로 보인다.

동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 32종으로 나타났는데, 수종별 개체출현빈도는 전체적으로 종가시나무(*Quercus glauca*)가 가장 높고 동백나무(*Camellia japonica*), 참가시나무(*Quercus salicina*), 사스레피나무(*Eurya japonica*), 구실잣밤나무(*Castanopsis sieboldii*), 조록나무(*Distylium racemosum*), 때죽나무(*Styrax japonicus*) 순으로 높게 나타났다(그림 2). 이는 2008년도 동일한 분포양상을 보이는 것으로 산림군집구조의 변화는 거의 발생되지 않았음을 의미한다. 그러나 대부분의 수종에서 2008년에 비해 개체수의 감소가 발생된 것으로 나타났고, 감소 폭은 수종에 따라 큰 차이를 보였다.

2. 임분내 수목의 출현 및 고사목의 변화

최근 5년 동안의 상록활엽수림 장기생태연구지내에서 흉고직경 2㎝ 이상의 새로운 어린 개체출현은 거의 이루어지지 않은 반면 고사목의 발생은 높게 나타났다. 장기생태연구지내에서 고사된 수목을 수종별로 살펴보면 종가시나무가 총 109본으로 가장 높게 나타났다(그림 2, 표 2). 종가시나무는 2009년에서 2010년 사이에 61본, 2011년에서 2012년 사이에 48본이 고사된 것으로 조사되었다. 그리고 사스레피나무가 총 40본이 고사되었으며, 참가시나무가 30본, 동백나무가 21본, 때죽나무가 11본이 고사되어 비교적 높은 고사율을 보였다. 이외의 구실잣밤나무 등 18종은 10본 이하의 고사목이 발생한 것으로 나타냈다. 또한 고사목의 발생빈도는 2011년에서 2012년 사이보다 2009년에서 2010년 동안이 다소 많게 나타난 것으로 조사되었다. 그러나 자귀나무(*Albizzia julibrissin*), 팽나무(*Celtis sinensis*), 팥배나무(*Sorbus alnifolia*), 사람주나무(*Neoshirakia japonica*), 단풍나무(*Acer palmatum*), 산유자나무(*Xylosma congesta*), 좀작살나무(*Callicarpa dichotoma*), 머귀나무(*Zanthoxylium ailanthoides*), 황칠나무(*Dendropanax trifidus*) 등 9종에서는 최근 5년 동안 고사된 개체를 찾아볼 수 없었다. 이와 같은 고사현상은 동백동산일대의 수목의 밀도가 높을 뿐만 아니라 어린개체의 구성비율이 높은 특성으로 보이고 있어, 숲의 발달에 따른 종간경쟁 등에서 자연적인 고사가 발생되는 것으로 판단된다.

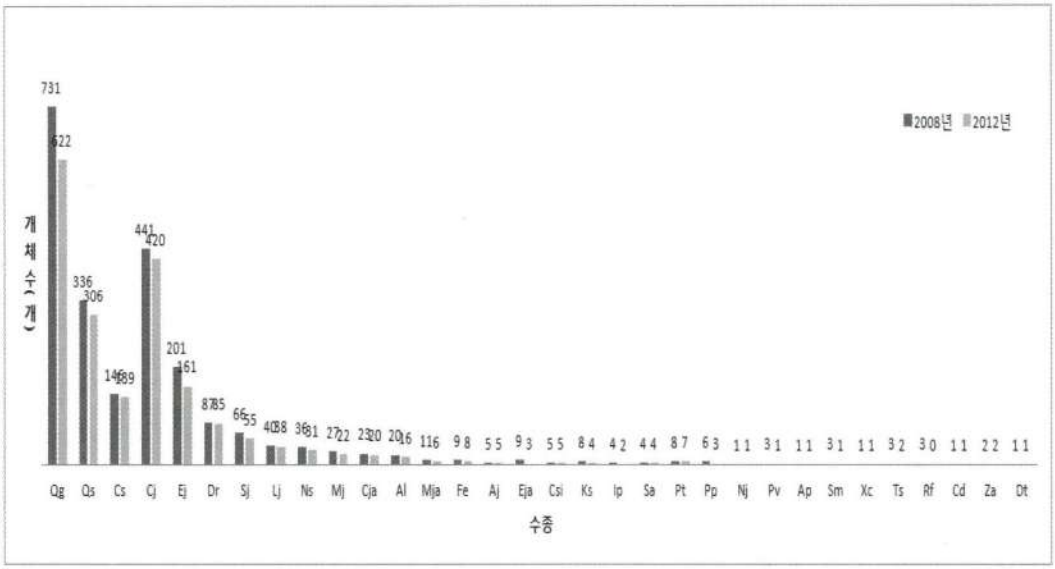


그림 2. 최근 5년 동안 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목 수종별 개체수 변화

Qg : 종가시나무(*Quercus glauca*), Qs : 참가시나무(*Quercus salicina*), Cs : 구실잣밤나무(*Castanopsis sieboldii*), Cj : 동백나무(*Camellia japonica*), Ej : 사스레피나무(*Eurya japonica*), Dr : 조록나무(*Distylium racemosum*), Sj : 때죽나무(*Styrax japonicus*), Lj : 광나무(*Ligustrum japonicum*), Ns : 참식나무(*Neolitsea sericea*), Mj : 센달나무(*Machilus japonica*), Cja : 생달나무(*Cinnamomum japonicum*), Al : 육박나무(*Actinodaphne lancifolia*), Mja : 예덕나무(*Mallotus japonicus*), Fe : 좁은잎천선과(*Ficus erecta* var. *sieboldii*), Aj : 자귀나무(*Albizzia julibrissin*), Eja : 말오줌때(*Euscaphis japonica*), Csi : 팽나무(*Celtis sinensis*), Ks : 음나무(*Kalopanax septemlobus* var. *septemlobus*), Ip : 이나무(*Idesia polycarpa*), Sa : 팥배나무(*Sorbus alnifolia*), Pt : 해송(*Pinus thunbergii*), Pp : 올벚나무(*Prunus pendula* for. *ascendens*), Nj : 사람주나무(*Neoshirakia japonica*), Pv : 윤노리나무(*Pourthiaea villosa*), Ap : 단풍나무(*Acer palmatum*), Sm : 무환자나무(*Sapindus mukorossi*), Xc : 산유자나무(*Xylosma congesta*), Ts : 검양옻나무(*Toxicodendron succedaneum*), Rf : 까마귀베개(*Rhamnella franguliodes*), Cd : 좀작살나무(*Callicarpa dichotoma*), Za : 머귀나무(*Zanthoxylium ailanthoides*), Dt : 황칠나무(*Dendropanax trifidus*)

3. 수목의 흉고 직경급별 분포

동백동산일대 장기생태연구지 내에 출현하는 전체 수목 중 살아있는 흉고직경을 기준으로 분포특성을 보면 전체적으로 흉고직경이 낮은 개체목의 빈도가 높게 나타났다(그림 3).

표 2. 최근 5년 동안 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수종별 고사된 수목현황

수종	총 개체수	2009~2010년			2011~2012년		
		개체수 (%)	평균 수고(m)	평균흉고직경(㎝)	개체수 (%)	평균 수고(m)	평균흉고직경(㎝)
종가시나무	109	61	7.1(±2.0)	8.7(±3.3)	48	7.2(±1.9)	8.8(±3.3)
참가시나무	30	19	6.4(±2.7)	8.1(±3.1)	11	6.5(±2.0)	8.4(±3.9)
구실잣밤나무	7	1	6.0(±0.0)	5.0(±0.0)	6	4.9(±1.3)	7.1(±5.8)
동백나무	21	8	4.6(±0.9)	5.0(±0.7)	13	4.6(±1.5)	4.5(±0.9)
사스레피나무	40	18	4.8(±0.9)	5.0(±1.1)	22	5.0(±1.1)	4.7(±1.5)
조록나무	2	-	-	-	2	5.0(±1.4)	5.2(±2.5)
때죽나무	11	5	8.0(±1.6)	8.9(±1.2)	6	6.6(±2.0)	8.4(±2.6)
광나무	2	1	2.5(±0.0)	4.7(±0.0)	1	4.0(±0.0)	3.3(±0.0)
참식나무	5	3	4.8(±1.3)	3.6(±0.7)	2	6.8(±0.4)	5.8(±0.2)
센달나무	5	2	4.5(±0.7)	4.5(±0.7)	3	5.8(±1.0)	4.0(±0.1)
생달나무	3	2	6.3(±1.1)	5.3(±0.3)	1	8.0(±0.0)	6.7(±0.0)
육박나무	4	2	6.5(±2.1)	6.6(±0.3)	2	5.5(±2.1)	5.1(±1.3)
예덕나무	5	1	9.0(±0.0)	8.7(±0.0)	4	4.1(±1.3)	8.8(±4.0)
좁은잎천선과	1	1	6.0(±0.0)	5.2(±0.0)	-	-	-
말오줌때	6	4	4.9(±3.8)	6.5(±3.2)	2	7.8(±1.1)	6.8(±2.3)
음나무	4	4	6.8(±2.6)	13.1(±2.4)	-	-	-
이나무	2	2	9.3(±0.4)	16.8(±1.4)	-	-	-
해송	2	1	9.0(±0.0)	15.9(±0.0)	1	6.0(±0.0)	4.7(±0.0)
올벚나무	3	1	8.0(±0.0)	10.0(±0.0)	2	10.0(±1.4)	18.4(±4.7)
윤노리나무	1	1	6.0(±0.0)	3.8(±0.0)		(±)	(±)
무환자나무	2	-	-	-	2	5.0(±1.4)	7.6(±3.7)
검양옻나무	1	1	5.5(±0.0)	4.8(±0.0)		-	-
까마귀베개	3	2	2.6(±3.5)	6.4(±2.8)	1	6.0(±0.0)	7.6(±0.0)
계	269	140	6.4(±2.3)	6.6(±3.5)	129	6.2(±2.0)	7.2(±3.7)

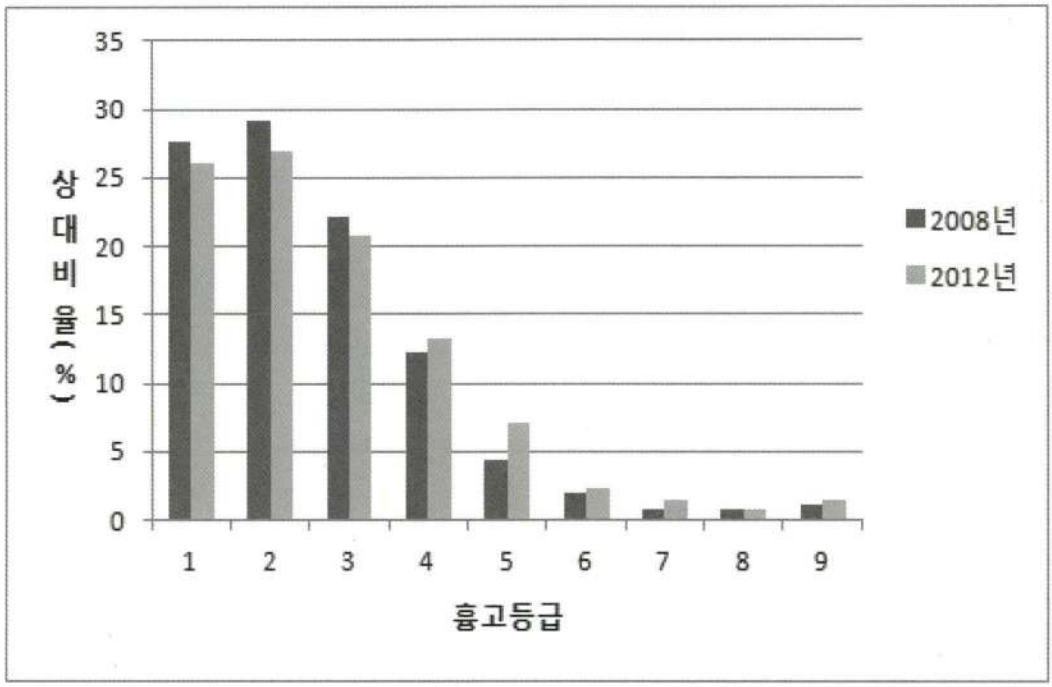


그림 3. 최근 5년 동안 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 출현수목의 흉고직경 급별 상대적 분포 비율의 변화

흉고등급(단위 : ㎝) 1 : ≤5.0, 2 : 5.1~10.0, 3 : 10.1~15.0, 4 : 15.1~20.0, 5 : 20.1~25.0, 6 : 25.1~30.0, 7 : 30.1~35.0, 8 : 35.1~40.0, 9 : 40.1≤

전체적으로 흉고직경 5.1~10.0㎝ 범위에 있는 개체수가 상대적으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 5.0㎝ 이하, 10.1~15.0㎝, 15.1~20.0㎝ 범위에 있는 순으로 수목밀도가 높게 차지하였고, 이후 흉고직경이 증가할수록 출현 개체수가 감소되는 경향을 보였다. 그러나 최근 5년 동안의 흉고직경급의 변화를 보면, 흉고직경 15.0㎝ 보다 작은 범위에 있는 개체수는 전체적으로 감소되는 경향을 보인 반면 흉고직경 15.0㎝ 이상의 개체수는 뚜렷하게 증가되는 경향을 보여주고 있다. 비록, 이러한 경향은 수종 간에는 다소 차이를 보였지만, 동백동산일대 상록활엽수림이 적절한 개체수 조절과 함께 숲이 지속적으로 발달되고 있음을 의미한다고 볼 수 있다.

한편, 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내에 출현한 각 구성 수목의 활력도는 2010년과 동일한 양상이 유지되는 것으로 나타났다. 즉, 상록수림에 출현한 각 구성 수목의 활력도를 9개 유형(국가장기생태연구사업단, 2005)으로 구분하여 분석하면 건강하게 곧추서

서 자라는 AS(standing alive)형이 95.0% 이상으로 매우 높게 유지되고 있다. 그리고 정상부가 죽은 채 곧추서서 자라는 AD(standing alive dead top)형, 기운형태로 자라는 AL(leaning alive)형, 본 가지가 부러졌지만 건강한 AB(broken alive)형이 일부 나타났다. 이처럼 상록활엽수림 장기생태연구지내 대부분의 수목은 곧추서서 자라는 형태의 양호한 생육상황을 보이는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과를 종합하여 보면, 제주지역 장기생태연구를 위해 구축된 동백동산 상록활엽수림은 상층인 경우 구실잣밤나무 군락을 형성한 후 교목성인 종가시나무, 참가시나무가 발달하며, 중층인 경우 동백나무나 사스레피나무 등의 발달이 이루어지는 숲의 형태를 지니고 있으나, 아직까지 산림 층위구분이 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 다양한 수목이 고사되거나 성장하는 경향의 분포를 보여주면서, 특정 수종이 우점 하는 형태의 산림이 아닌 성숙목과 어린나무들의 지속적인 성장단계로 볼 수 있다. 그러므로 향후 모니터링을 통해 제주지역 상록활엽수림의 천이기작이나 기후변화 등의 의한 종간 생장특성 등을 밝히는 기초 자료로 활용가치가 높다고 판단된다.

Changes of Distributional Characteristics of Woody Plants in the Evergreen Broad-Leaved Forest in Dongbaekdongsan as a Long Term Ecological Research Site for 5 Years

Koh Jung-Goon※, Kwon-Su Kim[1)] and Tae-Wan Han
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1)]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Summary

The purpose of this study was to provide information on the changes of species composition, density, growth status of woody plant species and diameter classes distribution in the permanent quadrat(1.0ha) of evergreen broad-leaved forest, which were designed for long term ecological research in Dongbaekdongsan, Jeju Island during the last 5 years, 2008 to 2012.

The number of woody plant species in the permanent quadrat were 32 taxa including *Quercus glauca,* there was no change during the last 5 years. The entire individual of trees are total of 1,973 individuals, it was reduced to 269 individuals compared to 2008. Entire tree basal area by diameter at breast height(DBH) is total of 322,963.2㎠/ha, it was increased to 16,102.5㎠ compared to 2008. Overall, individuals of woody plants are the highest number of *Quercus glauca,* was followed *Camellia japonica, Quercus salicina, Eurya japonica, Castanopsis sieboldii, Distylium racemosum, Styrax japonicus.* Therefore, there was no change of forest community composition during the last 5 years. Number of dead trees were 269 individuals during the last 5 years, of these total of 140 individuals died from 2009 to 2010 years and total of 129 individuals died from

2011 to 2012 years. Depending on the species, dead trees of *Quercus glauca* had the highest of 109 individuals, and it was relatively high on 40 individuals of *Eurya japonica,* 30 individuals of *Quercus salicina,* 21 individuals of *Camellia japonica* and 11 individuals of *Styrax japonicus*. Overall, individuals in the range of 5.1~10.0㎝ DBH had the highest relative proportion, was followed 5.0㎝ or less, 10.1~15.0㎝ and 15.1~20.0㎝. A reduction in number of individuals in the range of 15.0 or less DBH, but markedly increased number of individuals in the range of over 15.0㎝ DBH during the last 5 years.

These results imply that there are continuous growth of various woody plant species. Therefore, it is consider to an important part of identified as growth characteristics among species to climate change and succession mechanism of evergreen broad-leaved forest in Jeju Island depending on a result of monitoring in long term ecological research.

참고문헌

고정군. 2007. 지구온난화와 한라산의 식생. 한라산연구소 조사연구보고서 No.6:3-17.

고정군, 김철수. 2011. 동백동산일대 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성. 한라산연구소 조사연구보고서 No.10:41-67.

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

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

국가장기생태연구사업단. 2005. 국가장기생태연구프로토콜. pp.350.

김문홍. 1998. 선흘 동백동산. 백서향 및 변산일엽 군락지의 식물상 및 식생. 제주발전연구원. 선흘동백동산, 백서향 및 변산일엽 보전대책 및 활용방안 연구보고서. p.19-51.

이창석, 조영찬, 신현철, 김진석. 2005. 식생. 2005 전국내륙습지조사 동백동산. 환경부 UNDP/GEP 국가습지보전관리단. p.11-22.

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. pp.291.

제주문화예술재단. 2003. 국가·도지정문화재일람. 제주문화예술재단. p.14.

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

한봉호, 김종엽, 최인대, 이경재. 2007. 제주도 동백동산 상록활엽수림의 식생구조. 한국환경생태학회지 21(4): 336-346.

여 백

한라산 정상일대 야생동물 분포특성

오장근*, 이영돈, 강인보[1], 김창조
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

본 연구는 해발 1,800m 이상지역인 한라산 정상일대의 야생동물 분포특성을 알아보기 위하여 2012년 3월부터 11월까지 조사하였다.

조사결과 포유류 8종, 조류 23종, 양서파충류 6종 등 12목 27과 37종이 서식하는 것으로 조사되었다. 포유류는 노루(*Capreolus pygargus ochracea*), 오소리(*Meles meles melanogeny*), 제주등줄쥐(*Opademus agrarices*), 제주족제비(*Mustela sibirica quelpartis*), 한라산뒤쥐(*Sorex caecutiens hallamontanus*), 다람쥐(*Tamias sibiricus asiaticus*) 등 6종 관찰되었으며, 외래종인 들개(*Canis lupus*)와 염소(*Capra aegagrus hircus*) 등의 분변과 족적이 관찰되었다. 조류는 모두 24종이 관찰되었으며, 이중에 멸종위기 종은 독수리(*Aegypius monachus*), 검독수리(*Aquila chrysaetos*), 참매(*Accipiter gentilis*), 매(*Falco peregrinus*), 두견(*Cuculus poliocephalus*) 등 5종이 관찰되었다. 파충류는 쇠살모사(*Agkistrodon ussuriensis*) 1종만이 관찰되었고, 양서류는 제주도롱뇽(*Hynobius leechii quelpartensis*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 청개구리(*Hyla japonica*), 참개구리(*Rana nigromaculata*) 등 4종이 관찰 기록되었다.

서 론

한라산국립공원지역은 세계생물권보전지역, 세계자연유산지구와 세계지질공원 등으로

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7584, E-mail : ojg6532@korea.kr

지정할 만큼 생태적으로 우수성을 인정받은 곳으로 다양한 동식물이 서식하고 있는 곳이다.

백록담은 사슴이 물을 먹는 연못이라는 의미로 붙여진 지명으로 백록담을 가로 지르는 길이는 장경 585m, 단경 375m 정도이다. 외륜 산릉으로부터 최대 깊이가 112m의 분화구로 형성되어 있으며, 분화구 둘레의 길이는 1,720m에 이른다. 백록담의 암체는 서로 다른 시기에 형성된 지질구조를 갖고 있는데 동측에는 현무암이, 서측에는 조면암이 분포하고 있는 매우 특이한 분화구이다(고 등, 2011).

한라산 정상일대 연 평균 기온은 약 4.7~5.7℃이며 최고 기온은 8.8℃, 평균 최저기온은 2.2℃이며, 강우량은 월 평균 700㎜로 누적강우량이 평균 4000㎜이상(진 등, 2011)인 지역으로 늦은 봄과 여름철에 집중되는 지역이다.

백록담 일대의 식생은 크게 초지, 침·활혼효림 및 관목림으로 구분된다. 초지는 김의털(*Festuca ovina*)이 우점하는 군락과 눈포아풀(*Poa palustris*)군락으로 구분되며 전체 분화구 면적의 39.6%인 76,939㎡로 가장 넓게 분포하고 있다. 이 중 김의털 군락은 전체적으로 백록담내의 기저와 사면에 나타나고 김의털과 한라사초 등이 우점종으로 나타나며 호장근, 한라부추, 미역취 등이 수반종으로 나타난다. 그리고 눈포아풀 군락은 강우시에 물에 자주 잠기는 수계 주변에 분포하고 있다(고와 고, 2008). 침활 혼효림은 구상나무와 좀고채목이 대부분이며 백록담의 북동사면에 분포하며 병꽃나무와 홍괴불나무 등 교목성 식물이 자라며, 하층식생으로는 한라돌창포, 털진달래, 사로미 등이 군락을 형성하고 있는 곳(고와 고, 2008)으로 다양한 동물이 서식할 것으로 판단되나 접근성이 어려워 야생동물 서식상황 조사가 미진한 실정이다. 따라서 백록담 일대에 서식하는 야생동물 서식현황을 조사하여 백록담의 종다양성 확보 유지에 기초 자료로 활용하고자 한다.

조사방법

포유류 조사는 해발 1,800m이상지역의 탐방로, 분화구내와 백록담 순환로를 중심으로 소형과 중형 포유류를 대상으로 실시하였다(그림 1). 대부분의 동물은 동굴, 먹이활동 흔적, 배설물과 족적 등 간접적인 조사방법을 이용하여 서식여부를 기록하였으며, 자료를 확보하기 위하여 소형 및 중대형 생포트랩을 이용하여 생포 후 동정하였다. 설치류 등 소형 포유

류는 소형 생포트랩(shaman traps)을 이용하였고, 유인 먹이는 땅콩과 버터를 사용하여 생포 후 종 동정하였다. 조사기간은 2012년 3월부터 2012년 11월까지 조사지역별 월 1회씩 현장 조사를 실시하였다.

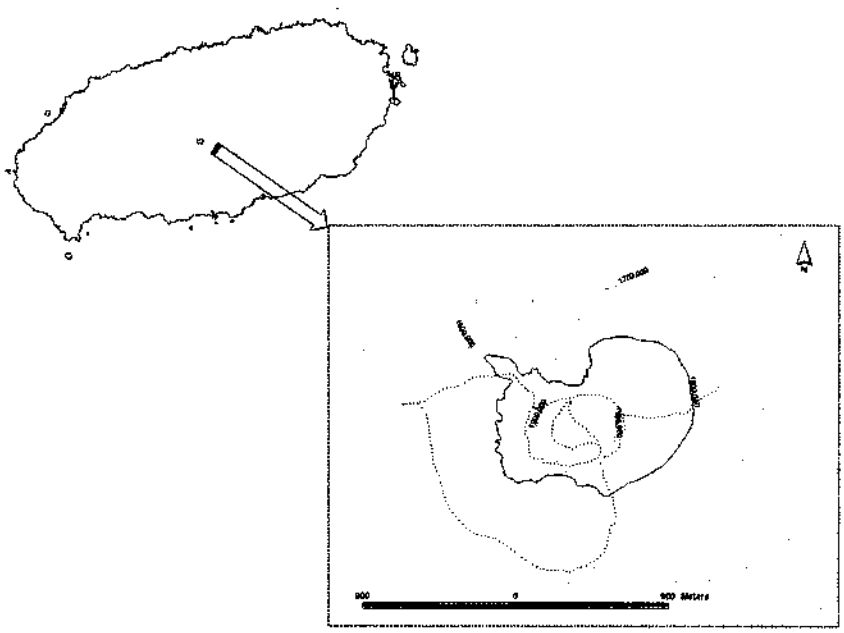


그림 1. 조사지역 및 조사경로
□ : 조사지역, … : 조사경로

조류조사는 2012년 3월부터 11월까지 계절별로 1~3회씩 실시하였으며, 조사범위는 조사지 내의 탐방로와 소로 길을 따라 좌우 50m 범위 내 관찰되는 모든 종을 기록하였다(그림 1). 각 조사구에 출현하는 야생 조류는 망원경과 쌍안경 그리고 육안을 통한 관찰, 울음소리, 나는 모양, 배설물 및 둥지 흔적, 사체 확인, 청음 반응 등으로 각 종과 개체수를 파악하였다. 개체수 확인은 군집 전체를 한 눈에 볼 수 있는 지점을 선정하여 정점조사법(Point Counts Method)과 일정한 조사 경로를 따라 실시하는 선조사법(Line Census Method)을 병행하였다(Bibby 등, 1992). 또한 번식여부 확인은 조사경로를 따라 출현 조류의 둥지와 알, 새끼 출현, 어미의 먹이급여, 암수의 구애행동 등을 면밀히 조사하여 판단하였다. 조류 목록 순서는 한국조류목록(한국조류학회, 2009)을 따랐다.

개체군의 군집 분석에 있어서 우점도(Simpson, 1949)와 종다양도(Shannon-Wiener, 1949)는 출현하는 종 전체를 대상으로 하고, 월별 개체수는 조사 횟수에 관계없이 1회 조사시 관찰된 최대 개체수를 기준으로 하였으며, 분석 방법은 다음과 같다.

1) Dominance(Dom.) = (ni/N) × 100(%)
   (ni : 각 종의 개체수, N : 관찰된 총개체수)
2) Species Diversity(H′) = -∑(ni/N) x ln(ni/N)

양서·파충류 조사는 백록담을 중심으로 실시하였으며 그 외 지역은 포유류, 조류 조사와 병행하여 서식현황을 조사 기록하였다. 조사 시기는 양서·파충류가 산란 등 활발하게 활동하는 시기를 정하여 습지와 주변지역을 중심으로 조사하였으며, 일부 종에 대해서는 낙엽과 돌, 나무토막 등을 들추면서 조사하였다. 특히 양서류는 산란시기와 활발하게 활동하는 2월부터 9월까지 실시하였으며, 고(2005)의 방법을 이용하여 알의 모양과 크기, 유생의 모양 등을 이용하여 동정하였다. 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.

연구결과 및 논의

한라산 정상일대에 서식하는 야생동물 현황을 파악하기 위하여 2012년 3월부터 11월까지 현지 조사를 실시하였다. 조사결과 포유류 9종, 조류 24종, 양서·파충류 6종 등 12목 27과 36종이 서식하는 것으로 조사되었다(표 1, 2, 3).

1. 포유류

한라산 정상일대 포유류 서식특성을 알아보기 위하여 4월부터 11월까지 현지조사를 실시하였다. 조사한 결과 포유류는 노루(*Capreolus pygargus ochracea*), 오소리(*Meles meles*

melanogenys), 제주등줄쥐(*Opadenus agrarices*), 제주족제비(*Mustela sibirica quelpartis*), 한라산뒤쥐(*Sorex caecutiens hallamontanus*), 다람쥐(*Tamias sibiricus asiaticus*), 염소(*Capra aegagrus hircus*)와 들개(*Canis lupus*) 등 8종이 관찰되었다(표 1).

지금까지 백록담일대에 대한 조사는 단편적으로 보고(원과 우, 1958; 박, 1985; 국립공원관리공단, 2002; 오와 신, 2003)가 있을 뿐이다. 원과 우(1958)는 한라산 남서면 1,200m에서 오소리 1마리 포획 후 종종 목견된다고 기재(박, 1985)하였고, 박(1985)은 1985년 8월에 백록담에서 3마리의 노루가 목격하였다는 기록(박, 1985)하였다. 2002년도에는 한라산국립공원내 포유동물상을 조사하면서 14종이 조사 기록(국립공원관리공단, 2002)되었으나 백록담일대를 구분하지 않아 본 연구와 비교할 수 없었다. 그러나 2003년도 한라산국립공원내 포유류상 조사에서는 노루, 오소리, 제주족제비, 제주등줄쥐, 들개와 염소 등 5종이 서식한다는 보고(오와 신, 2003)와 일부 일치하나 다람쥐와 한라산뒤쥐는 새롭게 관찰되었다.

표 1. 한라산 정상일대 포유류 조사목록

종 명	본 연구	2003	비고
Order 1. Artiodactyla 소目			
Family 1. Cervidae 사슴科			
1) *Capreolus pygargus ochracea* 노루	○	○	
Family 3. Bovidae			
2)*Capra aegagrus hircus* 염소	○	○	외래종
Order 2. Carnivora 식육目			
Family 2. Mustelidae 족제비科			
3) *Meles meles melanogenys* 오소리	○		
4) *Mustela sibirica quelpartis* 제주족제비	○	○	
Family 4. Canidae 개科			
5) *Canis lupus* 개	○	○	외래종
Order 3. Rodentia 쥐目			
Family 3. Sciuridae 다람쥐科			
6) *Tamias sibiricus asiaticus* 다람쥐	○		
Family 4. Muridae 쥐科			
7) *Opademus agrarices* 제주등줄쥐	○	○	
Order 4. Insectivora 식충目			
Family 5. Soricidae 땃쥐科			
8) *Sorex caecutiens hallamontanus* 한라산뒤쥐	○		

노루(*Capreolus pygargus ochracea*)는 1985년 8월에 3마리가 목견(박, 1985)된 이후 개체수가 꾸준히 증가하여 본 조사기간 동안에는 15~18마리가 관찰되었다. 오소리(*Meles meles melanogenys*)는 한라산 남서면 1,200m에서 1마리 포획 후 종종 목견(원과 우, 1958; 박, 1985)된 이후 보고된 적이 없었으나 백록담에 사는 오소리가 경작지역까지 내려와 먹이활동을 한다는 구전이 있는 것을 보면 오소리가 백록담일대에 지속적으로 서식해 왔을 가능성이 높을 것으로 판단된다.

다람쥐는 1960년대 후반에 제주도에 멧토끼와 다람쥐가 방사되어 극소수가 생존하고 있다고 보고(우, 1994)된 이후 1985년에 관음사 일대에서 관찰된 보고(박, 1985)이후 꾸준히 개체수가 증가하여 2000년 이후 해발 1,400m 이하 낙엽활엽수림대에 서식(국립공원관리공단, 2002; 오와 신, 2003)할 정도로 확산되어 본 조사 결과 1,800m 지점에서 관찰됨에 따라 꾸준히 개체수 및 서식지가 확산되고 있다고 판단된다.

2. 조류

조류는 매 등 23종이 관찰되었으며, 이중 제주도의 텃새 13종, 여름철새 6종, 겨울철새 3종, 통과새 1종이 관찰되었다(표 2).

희귀 및 멸종위기 조류는 매, 검독수리, 두견, 독수리 등 4종이 관찰되었다. 검독수리는 5월에 1회에 한하여 관찰되었는데 연중 관찰되고 번식가능성이 높다는 보고(국립공원관리공단, 2002)와는 다른 것으로 조사되었다. 이것은 검독수리가 번식가능성이 낮음을 나타내는 것으로 판단된다. 매는 1쌍이 5월 이후 지속적으로 관찰 기록되었는데 정상일대를 중심으로 먹이서식지로 이용하는 것으로 판단된다. 지금까지 백록담 일대의 조류조사에 관한 보고를 보면 백록담 분화구내에서 관찰된 조류는 모두 17종으로 제비, 곤줄박이, 큰부리까마귀, 박새, 까마귀 순이었으며, 검독수리, 황조롱이, 매 등 3종이 보호조류가 관찰되었다는 보고(국립공원관리공단, 2002) 하였다.

박 등(1985)의 보고에 의하면 백록담에서 7종이 관찰 기록되었으며, 우점종으로는 장박새, 박새, 진박새 등이며, 2002년도에는 제비, 곤줄박이, 큰부리까마귀, 박새, 까마귀 순으로 우점하고 있고 천연기념물인 검독수리와 황조롱이, 매 등이 확인되었다는 보고(국립공원관리공단, 2002)있다.

표 2. 한라산 정상일대 조류조사목록

종 명		2002 (오 등)	2008 (오)	본 연구	비고
Order 1. Falconiformes	매목				
Family 1. Accipitridae	수리과				
1) *Accipiter gentilis*	참매			○	
2) *Aquila chrysaetos*	검독수리	○	○	○	
3) *Aegypius monachus*	독수리		○	○	
4) *Buteo buteo*	말똥가리		○		
Family 2. Falconidae	매과				
5) *Falco peregrinus*	매	○		○	
6) *Falco tinnunculus*	황조롱이	○	○		
Order 2. Galliformes	닭목				
Family 3. Phasianidae	꿩과				
7) *Phasianus colchicus*	꿩			○	
Order 3. Cuculiformes	두견목				
Family 4. Cuculidae	두견과				
8) *Cuculus canorus*	뻐꾸기	○	○	○	
9) *Cuculus poliocephalus*	두견	○	○	○	
Order 4. Apodiformes	칼새목				
Family 5. Apodidae	칼새과				
10) *Apus pacificus*	칼새		○	○	
11) *Apus affinis*	쇠칼새		○	○	
Order 5. Passeriformes	참새목				
Family 6. Hirundinidae	제비과				
12) *Hirundo rustica*	제비	○	○	○	
Family 7. Motacillidae	할미새과				
13) *Anthus hodgsoni*	힝둥새	○	○	○	
14) *Motacilla cinerea*	노랑할미새	○	○		
Family 8. Pycnonotidae	직박구리과				
15) *Hypsipetes amaurotis*	직박구리			○	
Family 9. Laniidae	때까치과				
16) *Lanius bucephalus*	때까치			○	
Family 10. Troglodytidae	굴뚝새과				
17) *Troglodytes troglodytes*	굴뚝새	○	○	○	

표 2. 계속

종 명			2002 (오 등)	2008 (오)	본 연구	비고
Family 11. Prunellidae	바위종다리과					
15) *Prunrella collaris*		바위종다리			○	
Family 12. Turdidae	지빠귀과					
18) *Turdus pallidus*		흰배지빠귀	○	○	○	
19) *Phoenicurus auroreus*		딱새	○			
Family 13. Sylviidae	휘파람새과					
20) *Cettia diphone cantans*		섬휘파람새	○	○	○	
Family 13. Muscicapidae	딱새과					
21) *Cyanoptila cyanomelana*		큰유리새		○		
Family 14. Paridae	박새과					
22) *Parus ater*		진박새	○	○	○	
23) *Parus varius*		곤줄박이	○		○	
24) *Parus major*		박새	○	○	○	
Family 15. Emberizidae	멧새과					
25) *Emberiza cioides*		멧새			○	
Family 16. Fringillidae	되새과					
26) *Carduelis spinus*		검은머리방울새			○	
Family 17. Corvidae	까마귀과					
27) *Corvus macrorhynchos*		큰부리까마귀	○		○	
28) *Corvus corone*		까마귀	○			

3. 양서 · 파충류

한라산 정상일대에 서식하는 양서 파충류는 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 제주도롱뇽(*Hynobius leechii quelpartensis*), 청개구리(*Hyla japonica*), 참개구리(*Rana nigromaculata*), 쇠살모사(*Agkistrodon ussuriensis*) 등 5종이 서식하는 것으로 조사되었다(표 3). 이러한 결과는 북방산개구리와 제주도롱뇽이 백록담에서 관찰되었다는 보고(백 등, 1985)와 일치하였으나, 백록담에는 북방산개구리와 제주도롱뇽 이외에 무당개구리의 유생이 관찰되었다는 보고가 있으나 본 조사에서는 관찰되지 않았다. 그리고 청개구리는 한라산에서 관음사 주변에서 채집(백 등, 1985), 본 조사에서 처음으로 관찰 기록되었다.

표 3. 한라산 정상일대 양서·파충류 조사목록

	종 명	2003 (오와 김)	2008 (오)	본연구	비고
파충강 Reptilia	Order 1. Squamata 유린목 Family 23. Colubridae 살모사과				
	1) *Agkistrodon ussuriensis* 쇠살모사			○	
양서강 Amphibia	Order 1. Caudata 도롱뇽목 Family 1. Hynobiidae 도롱뇽과				
	1) *Hynobius leechii quelpartensis* 제주도롱뇽	○	○	○	
	Order 2. Salientia 유미목 Family 2. Discoglossidae 무당개구리과				
	2) *Bombina orientalis* 무당개구리	○			
	Family 3. Hylidae 청개구리과 3) *Hyla japonica* 청개구리	○	○	○	
	Family 4. Ranidae 개구리과				
	4) *Rana nigromaculata* 참개구리	○	○	○	
	5) *Rana dybowskii* 북방산개구리	○	○	○	

지금까지 백록담일대에 양서·파충류 서식현황 조사는 미미한 실정이나 백 등(1985)에 의하면 백록담에서는 도롱뇽, 무당개구리, 북방산개구리의 유생을 관찰하였으며, 제주도롱뇽은 백록담을 비롯하여 윗세오름, 1100습지, 어리목습원, 무당개구리는 어리목 습원을 비롯하여 백록담까지 넓게 서식하고 있고, 청개구리는 관음사 주변에서 채집하였다고 기록(백 등, 1985)과는 차이가 있었고, 1,500m 이상 고지대에서는 제주도롱뇽, 산개구리, 무당개구리와 실뱀, 유혈목이, 쇠살모사가 관찰되었다는 보고(국립공원관리공단, 2002)가 있으나 백록담 등 특정지역을 구분하지 않아 비교 분석할 수 없었다. 오와 김(2003)에 의하면 백록담에서는 파충류가 관찰되지 않으나 양서류인 북방산개구리, 무당개구리, 제주도롱뇽 유생이 관찰되었다는 보고(배 등, 1985, 국립공원관리공단, 2002)와 일치하였으나 참개구리가 백록담에서도 관찰된다는 보고(오와 김, 2003)가 있다. 백록담에서 서식하던 무당개구리가 2003년 이후 관찰(오와 김, 2003)되지 않는 점과 지금까지 관찰기록이 없는 청개구리와 참개구리는 2003년과 본 연구에서 관찰된다는 점은 기후변화에 의한 서식환경 변화로 인해 서식종이 달라진다고 판단되므로 장기적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

백록담에서 서식하는 파충류는 유일하게 쇠살모사가 관찰되었는데, 이 종은 사라오름일대에서 채집된 기록(백 등, 1985)이 있을 뿐 백록담에서는 관찰기록이 없는 종으로 향후 지속적인 모니터링이 필요한 실정이다.

Distributional Characteristic of Wildlife at Summit of Mt. Halla in Jeju

Jang-Geun Oh*, Yeong-Don Lee, In-Bo Kang[1] and Chang-Jo Kim
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province,

Summary

We surveyed the distributional characteristic of wildlife from March to December 2012 at summit on Mt. Halla in Jeju.

The results were surveyed 12 order 27 family 37 species which mammals was observed 8 species, aves 24 species, Reptilia 1 species and Amphibia 5 species during period. Observed species of mammals were roe deer(*Capreolus pygargus ochracea*), badger(*Meles meles melanogeny*), Cheju striped Field mouse(*Opademus agrarices*), Quelpart island weasel(*Mustela sibirica quelpartis*), Hallasan Gopher(*Sorex caecutiens hallamontanus*), Siberian chipmunk(*Tamias sibiricus asiaticus*), and it were observed feces and footprint to the Dog(*Canis lupus*) and Goat(*Capra aegagrus hircus*) belong to Alien mammals. Aves were observed 24 species, endangered animals were inhabited 5 species of Cinereous Vulture(*Aegypius monachus*), Golden eagle(*Aquila chrysaetos*), Goshawk(*Accipiter gentilis*), Peregrine falcon(*Falco peregrinus*) and Lesser Cuckoo(*Cuculus poliocephalus*). Reptilia was observed one species Cheju salamander(*Hynobius leechii quelpartensis*) and Amphibia was inhabited 4 species that Dybowski's Brown Frog(*Rana dybowskii*), Tree Frog(*Hyla japonica*), Black-spotted pond frog(*Rana nigromaculata*) observed at surveyed area.

참고문헌

국립공원관리공단. 2002. 한라산국립공원 자연자원조사. pp.341.

고영민. 2008. 제주도의 양서류상. 한라산고산습지의 학술적 가치조명과 과제. 한라산연구소. p.83-109.

고석형, 고정군, 이창훕, 김철수, 현해남. 2011. 한라산국립공원 토양특성에 관한 연구, 백록담 토양의 구성광물 및 화학성분 비교. 한라산연구소 조사연구보고서 8:79-91.

고정군, 고석형. 2008. 한라산 고산습지의 현황과 식물상. 한라산고산습지의 학술적 가치조명과 과제. 한라산연구소. p.1-23.

오장근, 김현철. 2003. 한라산국립공원내 양서·파충류 현황. 한라산연구소 조사연구보고서 2:63-81.

오장근, 신용만. 2003. 한라산국립공원내 포유류 분포특성. 한라산연구소 조사연구보고서 2:49-61.

백남극, 김창환, 심재한. 1985. 한라산의 양서파충류상. 한라산천연보호구역 학술조사보고서. 제주도. p.457-480.

박행신, 원병오, 1985. 한라산 산림조류의 군집구조 분석연구. 한라산천연보호구역 학술조사보고서. 제주도. p.481-522.

오장근. 2004. 한라산국립공원내 주요도로변에서 야생동물과 차량과의 충돌사고에 관한 연구. 한라산연구소 조사연구보고서 3:51-70.

우한정. 1994. 야생조수의 증식과 방사. 자연보전 88:22-26.

오장근. 2008. 한라산 주요습지의 조류상. 한라산 고산습지의 학술적 가치조명과 과제. 제주특별자치도 환경자원연구원. p.111-126.

진승환, 강태진, 이창훕, 김철수. 2011. 한라산 정상의 기후변화 조사. 한라산연구소 조사연구보고서 8:135-136.

제주의 멧돼지 분포와 행동권 조사연구

오장근*, 이영돈, 강인보[1], 김창조
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

제주에 서식하는 외래동물 중 멧돼지의 분포와 행동권을 알아보기 위하여 2012년 2월부터 12월까지 한라산국립공원과 주변지역을 대상으로 조사하였다.

멧돼지의 분포는 한라산을 중심으로 북사면 지역에서는 해발 400m 이상에서부터 해발 1,000m 이하지역에 서식하고 있었으며, 남사면에는 해발 450m에서부터 해발 1,200m 사이에 분포하는 특징을 보여주었다. 동사면에서는 해발 450m에서부터 해발 1,350m까지 분포하는 것으로 조사되었으며, 서사면 지역에서는 특히 한경-안덕 곶자왈 지대에서는 해발 150~200m 사이에 분포하고 서식하는 것을 제외하면 해발 800~1,000m에 서식하는 것으로 조사되었다.

개체수는 평균 평방킬로미터당 0.34마리(/㎢)로 분석되어 200여 마리가 서식하고 있었으며, 행정시별로는 제주시 지역이 평균 0.278마리(/㎢)이었으며, 서귀포시 지역에서는 0.355마리(/㎢)로 조사되어 상대적으로 서귀포시 지역이 밀도가 높은 것으로 조사되었다.

행동권은 월별 행동권은 수컷은 평균 111.14ha이었으며, 암컷은 28,52ha로 암컷에 비해 수컷의 행동권 크기가 2.5배 정도이었다. 월별로 분석한 결과 수컷의 행동권은 11월에 219.56ha(MCP 95%)와 227.86ha(Kernel 95%)로 가장 넓은 면적을 점유하고 있었으나, 1월에 44.58ha(MCP 95%)와 61.66ha(Kernel 95%)이었다. 암컷은 16.83ha(MCP 95%)와 31.73ha(Kernel 95%)이었으며 1월에 면적이 가장 작았다. 핵심지역(MCP 50%)은 수컷은 48.87ha, 암컷은 9.45~11.86ha로 조사되었다.

*교신저자 ; 전화: 064-710-7584, e-mail: ojg6532@korea.kr

서 론

멧돼지는 우제목 멧돼지과에 속하는 종으로 우리나라에서는 가장 흔한 포유동물 중에 한 종으로 농작물에 피해를 주거나 도심의 주택지에 자주 출몰하여 사람에게 위협요인이 작용하는 등 인간과의 마찰이 상존하고 있다.

제주에서는 1295년(충렬왕 21년)에 멧돼지가죽 76두를 원에 조공으로 바쳤다는 기록과 1899년 제주읍지에 멧돼지 등 야생동물을 사냥했다는 기록 등이 남아있다. 또한 제주의 포유동물은 빈약한 편이나 멧돼지가 서식한다는 보고(靑柳網太郎, 1905; Oldfield Thomas, 1906; 森, 1928)를 보면 제주에서도 멧돼지가 자연에 서식했음을 짐작할 수 있다.

1930년대 이후 멧돼지 서식에 대해서 의문에 부치기 시작하여(森, 1931), 제주에는 산돼지와 사슴은 20여 년 전에 멸종되었고(석, 1968), 멧돼지는 오래전에는 다수 서식하고 있었으나 근년에 와서는 그 자취를 볼 수 없었다는 주민의 설명을 기록했다는 보고(원과 우, 1958)가 있을 뿐 100여년 사이에 관찰기록이 없기 때문에 원래 제주에 서식하던 멧돼지는 1900년부터 1930년 사이에 멸종되었을 것으로 판단하고 있다(오, 2006; 오 등, 2011).

2000년 이후 현재 제주에 서식하는 멧돼지는 2004년 6월에 한라산국립공원 단속직원이 아흔아홉계곡 지역을 순찰하던 중에 수컷 1마리를 발견하면서부터 멧돼지 존재가 확인하였다. 이 종은 축산진흥원 인근에서 사육중인 멧돼지 2~3마리가 3~4년 전에 사육장에서 탈출하여 국립공원과 인근으로 이동하여 서식하면서 공원 직원에게 발견되면서 서식이 확인되었다. 이후에 처음 발견지점을 중심으로 정밀 조사하는 과정에서 여러 곳에서 멧돼지가 먹은 흔적이 광범위하게 남아 있고 현장에서 1개월 전에 죽은 것으로 판단되는 멧돼지 사체 1마리와 새끼 8마리가 무리를 지어 휴식하는 것을 확인하였다(오, 2006). 이후 제주도 전역에 서식하는 외래동물은 모두 21종이며, 멧돼지는 한라산을 중심으로 해발 300~400m에서부터 1,500m까지 서식하며 470여 마리가 서식(오, 2011)하고 있는 실정으로 향후 농작물 피해 및 한라산국립공원 및 오름 탐방객의 안전을 위하여 외래동물 및 위해동물로 지정하여 구제활동을 전개하고 있다.

국내의 멧돼지에 대한 연구는 멧돼지에 대한 원격 무선 추적의 적용시험(김, 1994), GIS를 이용한 멧돼지의 서식지 모형 개발(서와 박, 2000; Park과 Lee, 2003), 지리산의 멧돼지

Sus scrofa 행동권(최 등, 2006), 멧돼지 감시 시스템을 위한 객체 검출방법(김 등, 2010), 제주도 한라산에 서식하는 도입종 야생멧돼지에 대한 분자유전학적 분석(한 등, 2011) 등 제한적으로 연구가 진행되었다.

따라서 본 연구는 제주의 외래동물인 멧돼지에 의한 생태계 유해방지 및 농작물 피해 및 탐방객의 안전을 위하여 분포, 개체수 변화 및 행동권을 조사 연구하여 효율적인 관리 방안 마련에 기초 자료로 활용하고자 한다.

조사기간 및 방법

본 연구는 제주도 전역에 서식하는 멧돼지의 분포와 행동권 특성을 알아보기 위하여 2012년 2월부터 12월까지 현장 조사하였다. 멧돼지의 분포조사는 제주도 전역을 1㎢ 단위로 방형구(1×1㎞)를 정하여 방형구와 기 조사지역(오, 2011)을 중심으로 식흔, 목욕흔적, 족적, 직접관찰 등을 통하여 실시하였으며(그림 1), 개체수 조사는 조사 기간동안에 관찰된 배설물을 이용하여 분석하였으며 다음과 같은 산정 수식(Tottewitz 등, 1998; Truvé, 2007)을 이용하여 분석하였다.

$$N\ (\text{individuals}/\text{㎢}) = \frac{\text{pellet groups}/\text{㎢}}{\text{defecation rate} \times \text{days between leaf and survey}}$$

행동권조사는 멧돼지 포획 전용 트랩을 이용하여 포획한 후 마취제와 블르건을 이용하여 3마리를 포획한 후 방사하였다. 포획된 멧돼지에 모바일 발신기(모바일 위치 추적기, Global Positioning System Mobile)를 부착, 수신되는 위치정보를 수집하였다.

본 연구에서 사용한 발신기(Global Positioning System Mobile)는 한국생태연구소에서 제공받아 연구대상 동물에 이용하였다(오, 2012). 지금까지 행동연구에 VHF 라디오 무선추적과 인공위성을 통한 무선추적방법이 가장 널리 사용되었으나, VHF Radio Telemetry의 근거리 추적 및 연구자가 직접 추적하고, Satellite Telemetry(PTT)는 비용이 비싸고, 오차범위가 큰 단점이 있어 보다 효과적으로 야생동물의 행동권 등 연구하는데 이용하고자 GPS와 Mobile Phone 기술을 응용하여 효율적이고 저렴한 야생동물의 위치정보를 파악하고자 개발한 발신기이다. 모바일 발신기(Global Positioning System Mobile)는 상용 이동통신망과

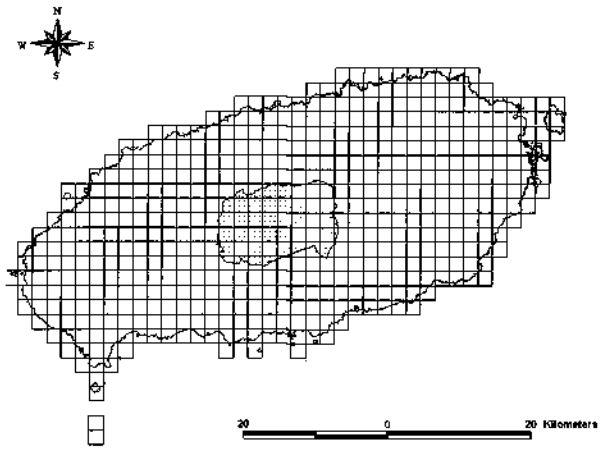


그림 1. 멧돼지 분포조사 지역 구분도
□ 조사격자(1×1㎞), ▨ : 한라산국립공원

GPS 인공위성을 이용하며, 야생동물에 부착된 추적장치가 GPS 신호를 수신하여 저장한 후 일정시간대에 상용 이동통신망을 이용하여 위치정보를 기지국으로 송신하면 웹을 통하여 위치정보를 확인할 수 있도록 프로그램화되어 있다. 위치 정보는 연구대상 동물에 부착한 후 건전지의 수명이 다할 때까지 4개월 동안 수집 하였으며 1일 위치정보는 총 4~6회로 4~6시간마다 정보가 수집되도록 프로그램화 하였다.

행동권(home range size)의 분석은 여러 가지 방법이 있으나 본 연구에서는 최소볼록다각형(MCP, Minimum Convex Polygon)의 95%와 Kernel 95%로 구분 계상하였으며, 핵심지역을 알아보기 위하여 최소볼록다각형의 50%로 구분하여 핵심지역을 알아보았다. 이러한 행동권 분석은 수치지도의 편집과 주제도 작성을 위해 Arcview GIS 3.2를 이용하였으며, 수집된 위치정보는 Arcview GIS 3.2용 Extension인 HRE(The Home Range Extension)을 이용하여 월별 행동권과 생활권의 크기를 비교 분석하였다.

조사결과 및 논의

1. 분포와 개체수 현황

멧돼지의 분포 및 개체수 현황을 알아보기 위하여 2012년 3월부터 12월까지 제주도 전

역을 대상으로 조사하였다(그림 2). 제주도에 서식하는 멧돼지는 한라산을 중심으로 북사면 지역에서는 해발 400m 이상에서부터 해발 1,000m 이하지역에 분포하는 것으로 조사되었으며, 남사면 지역에서는 해발 450m에서부터 해발 1,200m 사이에 분포하는 특징을 보여주었다. 동사면에서는 해발 450m에서부터 해발 1,350m까지 분포하는 것으로 조사되었으며, 서사면 지역에서는 특히 한경- 안덕 곶자왈 지대에서는 해발 150~200m 사이에 분포하고 서식하는 것을 제외하면 해발 800~1,000m에 서식하는 것으로 조사되었다.

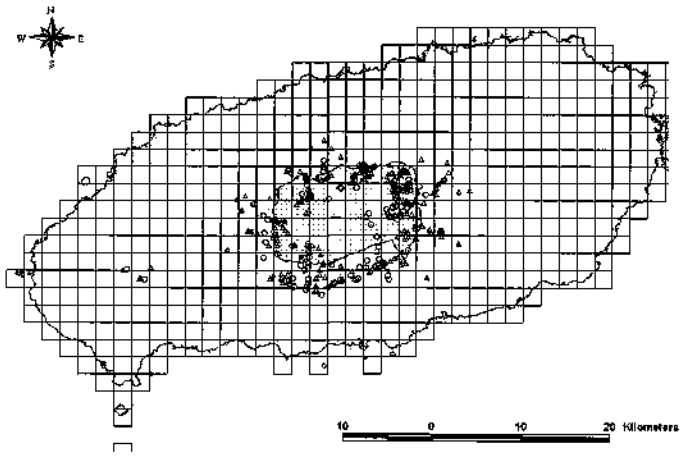


그림 2. 멧돼지의 연도별 분포도
△ : 2010년도, ○ : 2012년도

이러한 결과는 2010년에 제주에 서식하는 멧돼지는 한라산을 중심으로 해발 200m 이상에서부터 해발 1,500m까지 분포하며, 지역별로는 제주시와 서귀포시 동 지역은 해발 300m 이상에 주로 서식하고 있었으며, 읍면동 지역은 해발 200m까지 분포한다는 보고와는 차이가 있었다. 이러한 차이는 2010년도부터 제주에 서식하는 멧돼지가 외래동물로 판단하여 향후 농작물 피해 및 오름 등 탐방객의 안전을 위하여 유해조수 구제작업을 실시한 결과로 나타난 효과로 판단된다. 특히 유해조수 구제작업은 접근성이 용이한 지역을 중심으로 멧돼지 전용 사냥개와 엽총을 사용한 결과 많은 개체가 포획 사살되기도 하였지만 총소리와 사냥개의 활동으로 저지대에 서식하던 멧돼지가 고지대로 이동하여 서식하는 것으로 판단된다. 또한 해발 1,500m 까지 분포한다는 보고(오 등, 2011)와는 다르게 대부분 해발 1,300m 이하 지역으로 이동하여 서식하는 것으로 조사되었다. 멧돼지는 가을철에 참나무과

식물과 다른 나무의 열매를 즐겨먹는 특징이 있기 때문에 멧돼지가 이용 가능한 나무열매의 양은 해발고도가 높을수록 적기 때문에 참나무과 식물이 많은 해발 1,400m 이하지역으로 이동하여 분포하는 것으로 판단된다.

개체수 조사는 해발 200m 이상지역을 대상으로 무작위로 48개소를 지정하여 멧돼지의 분변을 조사하여 개체수를 산출하였다. 조사결과 평균 평방킬로미터당 0.34마리(/㎢)로 분석되어 198여 마리가 서식하는 것으로 분석되었다. 이러한 분석은 2010년도에 470여 마리가 서식한다는 보고(오 등, 2011)와는 많은 차이가 있었는데 관련부서에서 2010년도부터 멧돼지에 의한 농작물 피해와 오름 등 탐방객의 안전을 위하여 구제활동을 전개한 효과로서 개체수가 줄어든 원인으로 파악된다. 또한 행정시별로는 제주시 지역이 평균 0.278마리(/㎢)이었으며, 서귀포시 지역에서는 0.355마리(/㎢)로 조사되어 상대적으로 서귀포시 지역이 밀도가 높은 것으로 조사되었다. 서귀포시 지역에서 멧돼지의 서식밀도가 높은 것은 제주시 지역은 유해조수 구제시 차량 접근성이 용이하고 산림내에 멍굴류, 가시덤불류와 돌무더기가 상대적으로 적어 비교적 사람이 자유롭게 이동 가능한 지역이 많아 구제활동이 활발해 지면서 포획되는 개체가 상대적으로 많았기 때문으로 판단된다. 반면에 서귀포시 지역은 제주시 지역에 비해 차량과 사람 출입이 어려워 구제활동하는데 어려움이 많아 포획되는 개체가 적었기 때문으로 판단된다.

2. 멧돼지의 행동권

멧돼지의 월별 행동권 및 생활권 크기를 알아보기 위하여 멧돼지 전용 생포트랩을 이용하여 1년생 3마리(수 1, 암 2)를 포획한 후 블르건을 이용하여 마취한 다음 발신기를 부착한 후 포획된 장소에 방사하였다.

위치정보는 매 4~6시간마다인 1일 4~6회 수집되도록 프로그램화하여 월별 및 생활권 크기를 분석한 결과 월별 행동권은 수컷은 평균 111.14ha이었으며, 암컷은 28.52ha로 암컷에 비해 수컷의 행동권 크기가 2.5배 정도 컸다(표 1, 그림 3).

월별로 분석해 보면 수컷의 행동권은 11월에 219.56ha(MCP 95%)와 227.86ha(Kernel 95%)로 가장 넓은 면적을 점유하고 있었으며, 다음으로 12월에 93.75ha(MCP 95%)와 98.67ha(Kernel 95%)이었으며, 10월에 86.69ha(MCP 95%)와 192.74ha(Kernel 95%), 1월에 44.58ha(MCP 95%)와 61.66ha(Kernel 95%) 순으로 분석되었다(표 1, 그림 4). 이러한 월별 행동권 차이는 모든 야생동물이 겨울을 대비하여 체지방 축적을 위해 먹이활동이 가장 활

표 1. 멧돼지의 월별 행동권 및 생활권 비교

성별	구분	월 행동권(ha)		핵심지역
		MCP-95%	Kernel-95%	(MCP-50%)
Male-1 (2509)	10월	86.69	192.74	48.87
	11월	219.56	227.86	
	12월	93.75	98.67	
	1월	44.58	61.66	
	평균	111.14	145.23	
	생활권	223.58	234.63	
Female-1 (2653)	12월	142.81	234.72	9.45
	1월	7.72	52.14	
	평균	40.20	143.43	
	생활권	64.59	173.86	
Female-2 (9642)	11월	5.10	10.55	11.86
	12월	0.59	3.41	
	1월	44.80	81.23	
	평균	16.83	31.73	
	생활권	100.58	23.95	

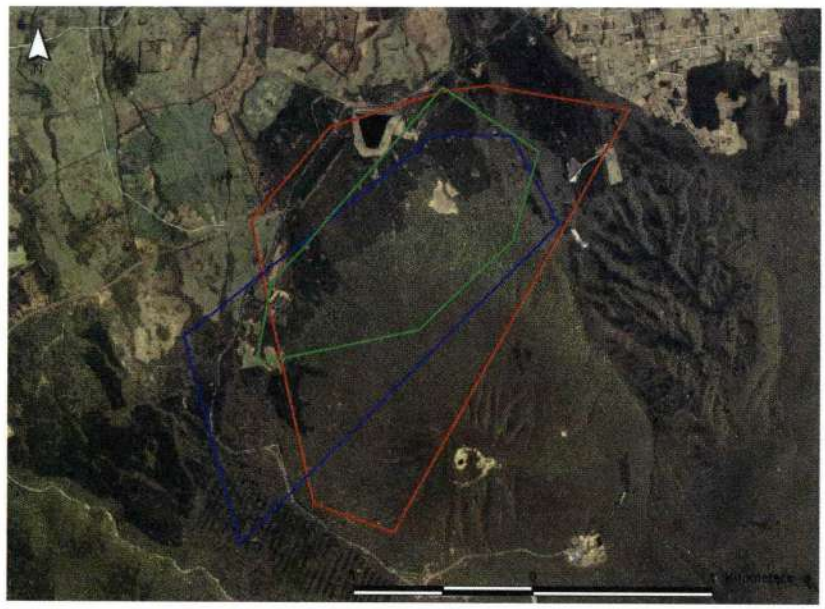


그림 3. 성별 행동권 비교

□ : 수컷, □ : 암컷 1, □ : 암컷 2



그림 4. 수컷 멧돼지의 월별 행동권 비교
□ : 10월, □ : 11월, 12월, □ : 1월, □ : 생활권

발하게 활동하기 때문에 11월과 12월에 행동권 크기가 큰 것으로 판단된다. 그러나 본격적인 겨울철인 1월에는 혹독한 추위로 인해 일정한 구역내에 생활하는 특징 때문에 행동권 크기가 작은 적으로 판단된다. 수컷의 10월부터 다음해 1월까지의 생활권은 223.58haha(MCP 95%)와 234.43ha(Kernel 95%)로 조사되었으나, 이 조사결과는 가을과 겨울에 조사하였기 때문에 일 년 동안의 생활권 크기와는 차이가 있을 것으로 판단된다.

암컷의 행동권은 개체별 차이가 있는 것으로 조사되었다(표 1, 그림 3, 5). 월 평균 행동권은 암컷 1번 개체의 경우 40.2ha(MCP 95%)와 142.43ha(Kernel 95%)이었으며, 2번 개체는 16.83ha(MCP 95%)와 31.73ha(Kernel 95%)로 MCP(95%)로 비교한 경우 두배 이상 차이가 있었고, Kernel(95%)을 이용하여 분석한 결과 3배 이상 차이가 있었다. 이러한 차이는 연구대상 동물이 어린개체이기 때문에 들개와 같은 방해요인이나 개체의 건강상태로 인해 나타나는 결과로 판단된다.

또한 각 개체별 월별 행동권을 분석해 보면 1번 개체는 12월에 142.81ha(MCP 95%)와 234.72ha(Kernel 95%)이었으며, 1월에 7.72ha(MCP 95%)와 52.14ha(Kernel 95%)로 2개월간의 행동권 변화가 심하였다. 또한 2번 개체는 11월부터 1월까지 위지정보가 수집되어 분석

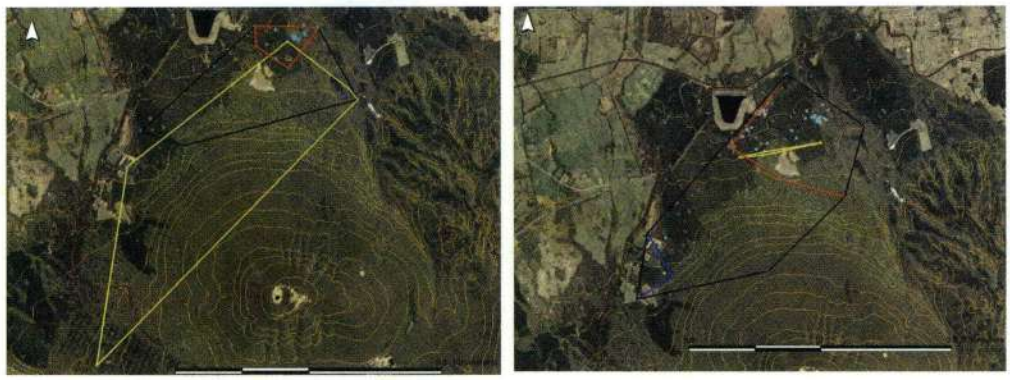


그림 5. 암컷 멧돼지의 개체의 월별 행동권 비교
□ : 11월, □ 12월, □ : 1월, □ : 생활권

한 결과 11월에 5.10ha(MCP 95%)와 10.55ha(Kernel 95%), 12월에 0.59ha(MCP 95%)와 3.41ha(Kernel 95%), 1월에 44.80ha(MCP 95%)와 81.23ha(Kernel 95%)로 수컷과 1번 개체와 상이한 결과가 나타났다. 그러나 12월보다는 1월에 행동권 크기가 작아지는 경향은 수컷과 암컷 1번 개체와 비슷한 경향을 보여 향후 보다 정밀한 조사연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다(표 1, 그림 3, 4).

멧돼지의 핵심지역(core area)을 알아보기 위하여 MCP 50% 수준에서 분석한 결과 수컷은 48.87ha, 암컷 1번 개체 9.45ha, 2번 개체 11.86ha로 암컷에 비해 수컷이 행동권 크기가 넓은 것으로 분석되었다(표 1, 그림 6).

이러한 결과는 수컷은 10월부터 위치정보를 수집하였고 암컷은 11월부터 위치정보를 수집한 원인과 수컷이 암컷에 비해 더 활동적이기 때문으로 판단되며, 암컷의 경우 1월에 일정한 장소에서 벗어나지 않았기 때문에 차이가 큰 것으로 판단되어 보다 세밀한 조사연구가 필요하다고 판단된다.

결 론

제주의 야생 멧돼지는 1900년을 전후에 멸종된 종으로 알려져 있는 종이다. 이후 전혀 관찰되지 않다가 2004년에 처음으로 자연에 서식하는 개체를 발견하면서 서식하고 있음을

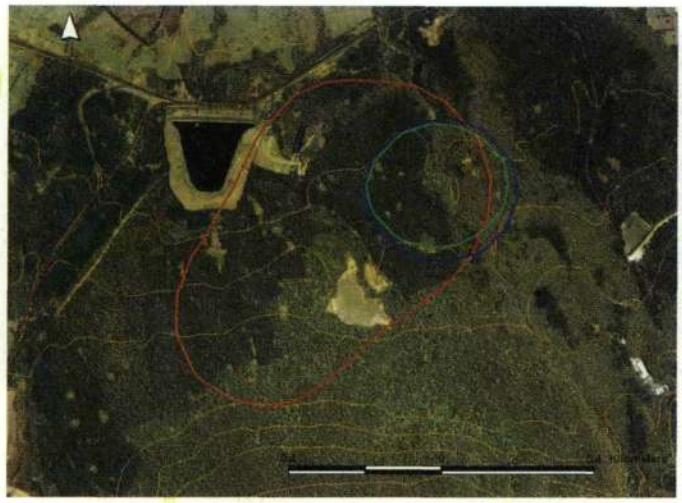


그림 6. 성별 핵심 행동권 크기(MCP 50%) 비교
□ : 수컷, □ : 암컷 1, □ : 암컷 2

확인할 수 있었다(오, 2006). 이 개체는 주변 농가에서 가축으로 기르다 농가의 관리소홀로 사육장을 벗어나 자연에 적응하여 서식하는 것으로 알려졌다. 이후 2010년에는 제주의 해발 400m에서부터 해발 1,500m까지 서식하고 있으며 개체수는 470여 마리가 서식한다는 보고(오, 2011)가 있었다. 이러한 멧돼지의 개체수가 증가하면서 농작물 피해 등을 미연에 방지하기 위하여 유해동물로 간주하여 포획하고 있으며, 포획된 개체에서 연구용 샘플을 수집하여 유전자 분석(한 등, 2011)을 실시한 바도 있다. 현재 제주에 서식하는 멧돼지는 외래동물로 판단(오, 2010)하여 지속적인 포획작업을 실시하고 있음에도 불구하고 멧돼지의 다산성 때문에 급격한 개체수 감소현상은 보이지 않고 있는 실정이다. 본 연구에서는 2010년보다는 분포역이 줄어들고 있으나 일부 포획 및 접근하기 어려운 지역에서는 상대적으로 집중되는 현상을 보여주고 있는 실정이다. 따라서 제주의 자연생태계의 균형유지를 위하여 현 시점에서 관리 및 보호여부를 결정하여 시행하여야 할 것으로 판단된다.

Investigation of Distributions and Home Range on Wild Boar(*Sus scrofa coreanus*) in Jeju, Korea

Jang-Geon Oh*, Yeong-Don Lee, In-Bo Kang[1] and Chang-Jo Kim
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Summary

We surveyed the distributions and home range of wild boar(*Sus scrofa*) from February to December 2012 in Mt. Halla and round area near national park.

Wild bora was distributed in the area from 400m to 1,000m altitude at northern slopes in Mt. Halla, about 450m to 1,200m at southern slopes, from 450m to 1,350m at eastern slopes and about 800~1,000m altitude at western. But habited from 150m to 200m of sea level on Hangyeong-Andeok Gotjawal at western in Jeju.

The average density of wild boar was 0.34 individuals/㎢, and wild boar were lived more individuals at at Seogwipo-si(0.34 individuals/㎢) than at Jeju-si(0.278 individuals/㎢). Monthly home range sizes of wild boar analyzed that male was 2.5 times larger average 111.1ha(Minimum Convex Polygon, MCP 95%) than female(average 28.5ha). Monthly home range of male wild boar estimated 219.56ha(MCP 95%) and 227.86ha(Kernel 95%) in October, 44.58ha(MCP)와 61.66ha(Kernel) in January. Female wild boar estimated 16.83ha(MCP 95%)와 31.73ha(Kernel 95%), and female was occupied small area during January.

Core area of home range on wild boar of were estimated that male was 48.87ha and female was 9.45~11.86ha by Minimum Convex Polygon(MCP 50%).

참고문헌

김동우, 송영준, 김애경, 홍유식, 안재형. 2010. 멧돼지 감시 시스템을 위한 객체 검출방법. 한국인터넷방송통신학회 10(5):229-235.

김원명. 1994. 멧돼지(*Sus scrofacoreanus* Heude)의 서식지이용 연구를 위한 Radio-Telemetry의 적용시험. 고려대학교 대학원 박사학위논문. p.66.

석주명. 1968. 제주도 수필. p.32-44

서창완, 박종화. 2000. GISd와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형 개발. J. of GIS Association of Korea 8(1):85-99.

오장근. 2006. 한라산 총서 X. 한라산의 동물. p.207-267.

오장근, 고석형, 조병창, 이영돈, 현승철, 김철수. 2011. 제주 외래동물의 분포와 서식현황. 한라산연구소 조사연구보고서 10:99-120.

오장근, 이영돈, 고석형, 강인보, 김철수, 한상훈. 2012. 제주노루의 행동권 조사연구. 한라산연구소 조사연구보고서 11:83-100.

원병오, 우한정. 1958. 제주도의 포유류. 응용동물학잡지 1(1): 5-13.

青柳綱太郎. 1905. 朝鮮の 寶庫 濟州道 案內.

최태영, 이윤수, 박종화. 2006. 지리산의 멧돼지 *Sus scrofa* 행동권. J. Ecol. Field Biol. 29(3):253-257.

한상현, 오장근, 조인철, 고문석, 김태욱, 장민호, 김병수, 박수곤, 오홍식. 2011. 제주도 한라산에 서식하는 도입종 야생멧돼지에 대한 분자유전학적 분석. 한국환경생태학회지 25(5):658-665.

Park, C.R., and Lee, W.S. 2003. Development of a GIS-basedhabitat suitability model for wild boar Sus scrofa in the Mt. Baekwonsan region, korea. Mammal study 28:17-21.

Tottewitz, F., Stubbe, E., Ahrens, M., Dobias, K., Goretzki, J., Paustian, K. H. 1998. Die Losungszählung als Methode der Bestandesschätzung von wiederkäuenden Schalenwildarten. Z. Jagdwiss. 42:111-122.

Truvé, J. 2007. Surveys of Mammal populations in the Areas Adjacent to Forsmark and Oskarshamn. SKB Report P-07-122. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Stockholm, Sweden.

여 백

백록담내 딱정벌레목 곤충의 분포특성

이영돈*, 오장근, 강인보[1)], 김창조
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

본 연구는 백록담 분화구 내에 서식하는 딱정벌레목 곤충의 분포특성을 알아보기 위하여 2012년 5월부터 10월까지 함정덫(Pitfall-trap)을 이용하여 조사구별 분포조사를 실시하였다.

조사 결과 총 10과 27종 2,170개체가 채집되었다. 조사결과 다수종은 우리딱정벌레(*Carabus sternbergi sternbergi*), 애딱정벌레(*Hemicarabus tuberculosus*), 넓적송장벌레(*Silpha perforata perforata*), 한라큰두꺼비딱정벌레(*Scambocarabus kruberi hallasanensis*) 등 6종이었다. 월별로는 7월이 590여 개체로 가장 많이 채집되었으며, 6월이 137개체로 가장 적게 채집되었다. 임상별로는 정상초지대가 가장 많은 843개체가 채집되었으며, 정상습지는 가장 적은 663개체가 채집되었다. 월별 종다양도는 7월이 0.35, 임상별 종다양도는 관목림지역이 0.37로 각각 높게 나타났다. 고산지역이라는 특수성과 분화구라는 협소한 면적 때문에 종다양도는 높지는 않았지만, 본 조사를 기초로 향후 지속적인 정밀 모니터링과 환경요인 분석이 필요하다고 판단된다.

서 론

지구상에 곤충이 등장한 시기는 지금부터 4억 년 전으로 추정되며 지금까지 여러 가지 형태로 진화하며 번창해 왔다. 현존하고 있는 동물 중에서 3/4 정도를 차지하는 곤충류는 자연

* 교신저자 ; 전화 : 064-710-7581, E-mail : ajsl1980@korea.kr

생태계의 구성원으로써 양적으로 증가하여 왔으며, 이들은 식물의 조직을 섭식하는 해충, 동물의 사체와 분뇨를 처리하는 분해자와 다른 곤충강과 절지동물을 잡아먹는 포식자 역할을 하며 또한 거의 모든 서식지의 다양한 자원을 식량자원으로 이용한다(Evans와 Bellamy, 1996). 또한 곤충류는 높은 종 다양성을 가지는 생물군으로 최근 종 보전에 대한 관심이 고조되면서 곤충에 대한 연구의 필요성 또한 증가하고 있다. 우리나라에서도 이러한 연구의 중요성을 인식하여 딱정벌레목 중 보행에만 의존하는 종들의 형태적 성질을 이용하여 고도, 식생 등 환경변화에 대한 종 다양도 및 풍부도 분석, 계절에 따른 개체군 변동 그리고 지역적인 발생과 변화 등에 관한 연구가 수행되고 있다(Park 등, 1997; Jeong 등, 2005; Yeon 등, 2005; Yang et al, 2006; Jung 등, 2011; Lee, 2011; Oh 등, 2011). 대부분의 딱정벌레목 곤충들은 서식지 변화(Thiele, 1977; Ings와 Hartley, 1999; Magura 등, 2000; Melnychuk 등, 2003; Avgin, 2006), 하층식생과 낙엽의 정도(Niemela 등, 1993; Koivula와 Niemelä 2002; Rainio와 Niemela, 2003; Timm 등, 2009), 숲의 나이와 토지의 조건(Niemela 등, 2000; Žiogas와 Vaičikauskas, 2007)과 온도와 습도의 변화정도(Thiele, 1977; Butterfield 등, 1995)에 민감하다. 또한 산림의 형태(Maclean 등, 1992; Koivula와 Niemelä, 2002; Argyropoulou 등, 2005; Ohsawa, 2005; Sandoval 등, 2007; Žiogas와 Vaičikauskas, 2007)에 따라 분포하는 종이 달라지기 때문에 뒷날개가 퇴화된 곤충은 보행으로만 이동이 가능하나 도로개설이나 각종 공사 등으로 절개지가 발생할 경우 영구히 이동이 불가능한 상태로 남게 되어 고립된 후 제한된 공간 내에서 급격한 개체수 변화가 초래된다. 따라서 이러한 곤충들은 최근 국내·외적으로 중요한 지표성 곤충(Thiele, 1977; Ishitani와 Yano, 1994)으로 인식되고 있어 기후와 서식지 등 환경변화를 판단할 수 있는 생태적 지표(Argyropoulou 등, 2005; Avgin, 2006; Apigian 등, 2006; Žiogas와 Vaičikauskas, 2007; Riley, 2011)로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 백록담의 딱정벌레류의 분포특성 등을 조사·분석하여 향후 한라산의 안정된 자연생태계를 유지시키는데 기초 자료로 제공하고자 실시하였다.

조사방법

1. 조사지 개황

한라산은 백록담을 중심으로 총면적 153.332㎢로 제주도 전체면적의 8.2%를 차지하고 있으며, 신생대 제 4기에 형성된 사화산으로 남한에서 가장 높은 봉우리를 가지면서 매우 완만

하고 부드러운 형상을 나타내고 있다. 한라산 정상에 위치한 백록담은 장반경(동~서)이 585m, 단반경(남~북)이 375m이다. 외륜 산릉으로부터 최대 깊이가 112m의 분화구로 형성되어 있으며, 분화구 둘레의 길이는 1,720m에 이른다. 백록담의 암체는 동측에는 현무암이, 서측에는 조면암이 분포하는 서로 다른 시기에 이질적인 지질구조로 만들어진 특이한 분화구라 할 수 있다(Ko 등, 2011; 그림 1).

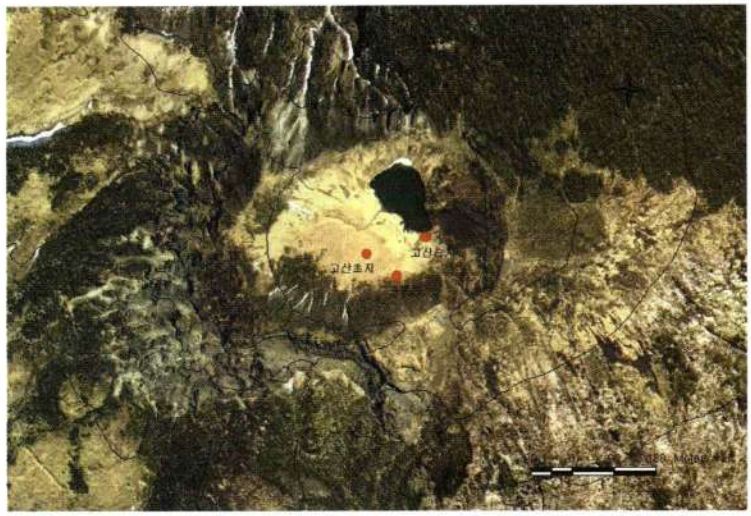


그림 1. 한라산 백록담일대 딱정벌레목 곤충 조사지역

백록담 기저(基底)는 평상시 담수를 이루고 있는 2개의 수계가 북동쪽 가장자리에 위치하고 있다. 수계의 면적은 백록담 전체면적의 5.9%인 11,637㎡를 차지하고 있으며 식생은 분포하지 않는다. 그러나 수계중심으로는 초지대를 형성하며 주로 벼과와 사초과 식물이 분포한다. 백록담 일대의 식생은 크게 초지, 침·활혼효림 및 관목림으로 구분된다. 초지는 김의털(*Festuca ovina*)이 우점하는 군락과 눈포아풀(*Poa palustris*)군락으로 구분되며 전체 분화구 면적의 39.6%인 76,939㎡로 가장 넓게 분포하고 있다. 이 중 김의털 군락은 전체적으로 백록담 내의 기저와 사면에 나타나고 김의털과 한라사초 등이 우점종으로 나타나며 호장근, 한라부추, 미역취 등이 수반종으로 나타난다. 그리고 눈포아풀 군락은 강우시에 물에 자주 잠기는 수계 주변에 분포하고 있다(Koh, 2006). 일반적으로 한라산과 같은 산지는 저지대에 비해 식생 등 자연환경이 고도와 경사에 따라 급격하게 변화하기 때문에 특정 환경에 적응한 동물들이 나타나는 특징이 있다. 인간의 활동이 활발한 저지대에 비해 환경의 보전상태가 양호하여

생물다양성이 높은 지역(Lomolino, 2001)이기 때문에 백록담에는 다양한 곤충들이 서식할 것으로 추정된다.

2. 조사일정

본 조사는 딱정벌레류의 곤충들이 주로 활동하는 2012년 5월 상순에서 10월 하순까지 실시하였고, 3개 조사구에 대해 각 조사구별 월 1회씩 총 6회 실시하였다. 다만 기상 악화시에는 3~7일 정도 늦게 실시하였다(표 1).

표 1. 백록담일대 딱정벌레류의 곤충 조사구의 위치

조사구	조사위치	
	백록담	
1	N 33° 21′ 43.0″	E 126° 32′ 03.5″
2	N 33° 21′ 41.2″	E 126° 32′ 02.0″
3	N 33° 21′ 42.5″	E 126° 31′ 58.2″

좌표측정은 Garmin 60csx-WGS84를 이용하였음.

3. 조사방법

일반적으로 지표성 딱정벌레류는 육식성 종 비율이 높고 환경의 특성에 따라 뒷날개의 이형성(wing dimorphism)이 나타난다고 알려져 있다(Lovei와 Sunderland, 1996). 이들을 주로 함정 덫(Pitfall trap)을 이용해 채집하는데 이 함정덫은 비용이 적게 들고 지점간 상호 비교하는데 적합하기 때문에 표준화되어 널리 이용되고 있다(Southwood, 1978; Lovei와 Sunderland, 1996; Niemela 등, 2000). 함정 덫은 비행성이 약한 딱정벌레류를 채집하는데 있어 광범위하게 사용되는 방법이며(Rushton 등, 1989; Niemela와 Spence, 1993; Spence와 Niemela, 1994), 특히 정량적인 데이터를 얻을 수 있어 다른 방법에 비해 더 좋은 결과를 제공하는 것으로 알려져 있다(Adis, 1979; Volkmar 등, 1994). 국내에서도 함정 덫을 이용한 지표성 딱정벌레류에 관한 연구가 많이 수행되고 있다(Kwon, 1996; Park 등, 1997; Kim과 Kim, 2000; Jang 등, 2001; Lee, 2011).

본 연구에서도 종의 특성상 유아등(Light trap) 보다는 함정 덫을 이용하였으며, 조사에 사용된 함정 덫은 직경 7㎝, 높이 10㎝의 투명 컵을 사용하였다. 유인제는 물(90㎖), Ethyl-Alcohol(8㎖)과 초산(2㎖)을 혼합하여 만든 당밀 혼합물인 식물성유인제와 번데기 분말

로 만든 동물성 유인제를 이용하였다.

함정 덫은 분화구 주변으로 3곳에 조사구를 선정하여 조사구마다 10개의 함정 덫을 설치하였으며, 이 중 5개의 트랩에는 식물성유인제, 나머지 5개의 트랩에는 동물성 유인제를 넣었다. 설치는 지표면과 같은 높이로 함정 덫을 묻고 비가 올 경우를 대비하여 딱정벌레류가 통과할 수 있는 공간만 남겨두고, 돌이나 나무를 덮어 설치하였다. 이는 단순히 비를 피하는 것뿐만 아니라 설치한 유인제를 조류나 작은 척추동물, 특히 설치류로부터 보호해 줄 수 있기 때문이다(Moon과 Lee, 1999). 본 조사에 사용된 함정 덫은 설치 후 일주일내지 10일 방치 후 회수하였다.

4. 동정

채집된 딱정벌레류는 코니컬 튜브에 표본을 수집하여 실험실내에서 동정하였으며, 외부형태적으로 분류 동정이 어려운 종들은 현미경(Nikon SMZ-645) 검경을 통해 동정하였다. 곤충의 국명통일을 위해 한국곤충학회와 한국응용곤충학회가 공동으로 출간한 '한국곤충명집'에 따라 곤충명을 정리하였다.

5. 군집분석

군집분석은 채집된 자료를 이용하여 종 다양도와 관련된 지수를 산출하였다. 우점도 지수는 Mc Naughton's index(McNaughton, 1967)를 산출하였고, 다양도 지수는 Margalef(1958)의 정보이론에 의하여 유도된 Shannon-Wiener Function(Pielou, 1969)을 변형한 공식으로 계산하였으며, 균등도 지수는 Pielou(1966)의 지수를 사용하여 산출하였다.

1) 우점도지수(Dominance Index)

우점도 지수는 군집의 단순도를 측정하는 방법으로 각 조사지점의 개체수 현존량에 의거하여 우점종과 아우점종을 선정하고, 아래의 식을 이용 우점도지수(DI)를 산출하였다(McNaughton, 1967).

$$DI = \frac{n_1+n_2}{N}$$

(n1: 우점종의 개체수, n2: 아우점종의 개체수, N: 총 개체수)

2) 종다양도지수(Species Diversity Index)

다양도지수(H')는 Margalef(1958)의 정보이론에 의하여 도출된 Shannon-Wiener function(H')을 이용하였다.

$$H' = - \sum \left[\frac{ni}{N} \cdot \log_2 \frac{ni}{N} \right]$$

(ni: I번째 종의 개체수, N: 총 개체수)

3) 종풍부도지수(Species Richness Index)

종풍부도지수(RI)는 총 개체수와 총 종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서 지수 값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 환경의 정도가 양호하다는 것을 나타낸다. 여기서는 대표적인 지수인 Margalef(1958)의 지수를 이용하여 산출하였다.

$$RI = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

(S: 전체종수, N: 총개체수)

4) 종균등도지수(Evenness Index)

종균등도지수(EI)는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비율로서 표현되며, 군집내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou(1966)의 식을 이용하여 산출하였다.

$$EI = \frac{H'}{\log_2 S}$$

(H': 다양도지수, S: 전체종수)

결과 및 분석

1. 전체 분류군 및 종 조성

본 조사에서 채집된 딱정벌레목 곤충의 출현 종수와 개체수는 총 10과 27종 2,170개체였다. 채집된 과별 종과 개체수는 딱정벌레과(Carabida) 6종 1,503개체, 먼지벌레과(Harpalidae)

6종 354개체, 송장벌레과(Silphidae) 4종 240개체, 방아벌레과(Elateridae) 1종 30개체, 잎벌레과(Chrysomelidae) 3종 14개체, 거저리과(Tenebrionidae) 1종 10개체, 소똥구리과(Scarabaeidae) 1종 6개체, 무당벌레과(Coccinellidae) 1종 6개체, 반날개과(Staphylinidae) 2종 5개체, 검정풍뎅이과(Melolonthidae) 2종 2개체였다(표 2).

표 2. 조사지역에서 채집된 종수 및 개체수

과명	종수(상대비율, %)	개체수(상대비율, %)
딱정벌레과(Carabidae)	6(22)	1,503(69.0)
먼지벌레과(Harpalidae)	6(22)	354(16.0)
송장벌레과(Silphidae)	4(15)	240(11.0)
방아벌레과(Elateridae)	1(4)	30(2.0)
잎벌레과(Chrysomelidae)	3(11)	14(1.0)
거저리과(Tenebrionidae)	1(4)	10(1.0)
소똥굴과(Scarabaeidae)	1(4)	6(0.0)
무달벌레과(Coccinellidae)	1(4)	6(0.0)
반날개과(Staphylinidae)	2(7)	5(0.0)
검정풍뎅이과(Melolonthidae)	2(7)	2(0.0)

전체적인 종별 개체수는 딱정벌레과 우리딱정벌레(*Carabus sternbergi sternbergi*) 713개체, 애딱정벌레(*Hemicarabus tuberculosus*) 311개체, 한라큰두꺼비딱정벌레(*Scambocarabus kruberi hallasanensis*) 212개체, 딱정벌레과 왕딱정벌레(*Carabus fiduciarius* ssp.) 187개체, 댓쟁이딱정벌레(*Damaster jankowskii jankowskii*)가 64개체, 제주홍단딱정벌레(*Carabus smaragdinus monilifer*) 16개체, 송장벌레과 넓적송장벌레(*Silpha perforata perforata*) 233개체, 먼지벌레과 금빛먼지벌레(*Pterostichus coerulescens encopoleus*) 201개체, 윤납작먼지벌레(*Synuchus nitidus*) 77개체, 한라길쭉먼지벌레(*Pterostichus raptor*) 67개체로 가장 많이 채집되었고, 다음으로 방아벌레과 얼룩방아벌레(*Actenicerus pruinosus*) 30개체, 거저리과 제주호리병거저리(*Misolampidius chejudoensis*) 10개체 순이었다.

반면에 등빨간먼지벌레(*Dolichus halensis*), 한국길쭉먼지벌레(*Trigonognatha coreana*), 검정끝가시먼지벌레(*Colpodes atricomes*), 칠성무당벌레(*Coccinella septempunctat*), 참검정풍뎅이(*Holotrichia diomphalia*), 오카모토우단풍뎅이(*Maladera okamotoi*), 넉점박이송장벌레(*Nicrophorus quadripunctatus*), 검정송장벌레(*Nicrophorus concolor*), 대모송장벌레(*Eusilpha brunneicollis*), 홍

딱지반날개(*Platydracus paganus*), 뿍족반날개(*Tachyporus suavis*), 적갈색남생이잎벌레(*Cassida fuscorufa*), 한서잎벌레(*Galeruca vicina*), 고려긴가슴잎벌레(*Lilioceris ruficollis*), 흑가슴검정소똥풍뎅이(*Onthophagus atripennis*)는 10개체 미만으로 채집되었다(표 3).

표 3. 딱정벌레목 과별 종 조성

과명	학명	개체수
딱정벌레과 (Carabidae)	*Carabus (Isiocarabus) fiduciarius* ssp.	187
	Damaster (Coptolabrus) jankowskii jankowskii (Oberthur)	64
	Carabus (Parhomopterus) sternbergi sternbergi Roeschke	713
	Scambocarabus kruberi hallasanensis Kwon et Lee	212
	Hemicarabus (Hemicarabus) tuberculosus (Dejean et Boisduval)	311
	Carabus (Coptolabrus) smaragdinus monilifer (Tatum)	16
	Pterostichus (Nialoe) raptor (Tschitscherine)	67
	Synuchus (Crepidactyla) nitidus Motschulsky	77
먼지벌레과 (Harpalidae)	*Pterostichus (Poecilus) coerulescens encopoleus* (Solsky)	201
	Dolichus halensis (Schaller)	1
	Trigonognatha coreana (Tschitscherine)	6
	Colpodes (Gyrochaetostylus) atricomes Bates	2
무당벌레과 (Coccinellidae)	*Coccinella (Coccinella) septempunctat* Linne	6
방아벌레과 (Elateridae)	*Actenicerus pruinosus* (Motschulsky)	30
검정풍뎅이과 (Melolonthidae)	*Holotrichia diomphalia* (Bates)	1
	Maladera okamotoi (Murayama)	1
송장벌레과 (Silphidae)	*Silpha perforata perforata* Gebler	233
	Nicrophorus (Nicrophorus) quadripunctatus Kraatz	3
	Nicrophorus (Acanthopsilus) concolor Kraatz	3
	Eusilpha (Calosilpha) brunneicollis (Kraatz)	1
반날개과 (Staphylinidae)	*Platydracus paganus* (Sharp)	1
	Tachyporus suavis Sharp	4
Tenebrionidae	*Misolampidius chejudoensis* Chujo et Imasaka	10
잎벌레과 (Chrysomelidae)	*Cassida (Cassida) fuscorufa* Motschulsky	4
	Galeruca vicina Solsky	3
	Lilioceris (Lilioceris) ruficollis (Baly)	7
소똥구리과 Scarabaeidae	*Onthophagus (Gibbonthophagus) atripennis* Waterhouse	6

한편 전체적인 과별 우점비율은 딱정벌레과가 1,503개체로 69%, 먼지벌레과는 354개체로

16%, 송장벌레과 240개체로 11%를 차지하였으며 나머지 무당벌레과, 방아벌레과, 검정풍뎅이과, 반날개과, 거저리과, 잎벌레과, 소똥구리과가 차지하는 비율은 2%미만으로 조사되어 낮은 우점율을 보였다(표 2).

이번 조사에서 채집된 딱정벌레목 주요 과별 종 개체수는 Table 3과 같았다. 딱정벌레과 곤충은 총 6종 1,503개체였으며, 종구성비는 우리딱정벌레가 딱정벌레과의 47%를 차지하였고, 애딱정벌레 21%, 한라큰두꺼비딱정벌레 14%, 왕딱정벌레는 13% 순으로 우점하고 있었으며, 그 외 멋쟁이딱정벌레 4%, 제주홍단딱정벌레는 1%로 종구성비가 낮았다.

먼지벌레과 곤충은 경우 총 6종 354개체였으며, 우점종은 금빛먼지벌레로 먼지벌레과의 57%를 차지하고 있었다. 다음은 윤납작먼지벌레 22%, 한라길쭉먼지벌레 19%순으로 나타났으며 그 외 3종은 3%미만이었다.

송장벌레과 곤충은 총 4종 240개체가 채집되었는데, 우점종인 넓적송장벌레가 97%의 점유율을 보였으며, 나머지 3종은 각각 1%미만으로 조사되었다(표 3).

2. 임상별 분포특성

임상은 곤충의 군집 구조에 영향을 미친다(Byun 등, 1996; Jang과 Kim, 2000). 침엽수림에서의 종수나 개체수가 낙엽활엽수림이나 혼효림에 비하여 적게 출현한다는 보고도 있었으며, 본 연구에서도 정상관목림지역이 초지대와 습지지역에 비해 많게 조사되었다(그림 2). 이는 지표성 딱정벌레들이 먹이가 되는 지렁이나 달팽이 또는 미소곤충들이 암반과 부엽, 토양이 풍부한 관목림 지역에 풍부하고 설치류나 조류의 공격을 피할 수 있는 서식처로 관목림대를 선호하기 때문인 것으로 사료된다. 물론 한라산 정상 일대의 특이성 때문인지는 단순한 상관비교가 아니라 향후 더 정밀한 모니터링 및 연구가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

정상 초지대의 경우 딱정벌레과 우리딱정벌레가 362개체가 채집되어 우점하는 것으로 조사되었고 먼지벌레과 금빛먼지벌레가 103개체로 아우점하였다. 특이할만한 점은 다른 딱정벌레목 곤충들에 비해 우리딱정벌레의 밀도가 상대적으로 많이 높아 주위에 김의털과 포아풀군락의 초지대를 주요 서식처로 활동하는 곤충으로 판단된다.

정상습지의 경우 딱정벌레과 애딱정벌레가 144개체가 채집되어 우점하는 경향을 보였으며, 우리딱정벌레가 130개체로 아우점하는 것으로 나타났으며 왕딱정벌레, 한라큰두꺼비딱정벌레, 넓적송장벌레, 금빛먼지벌레는 비슷한 밀도를 보였다. 본 조사구의 애딱정벌레는 초지대와 관목림보다 두 배 가량 많이 채집되어 물기가 있는 지역을 선호하는 종으로 판단된다.

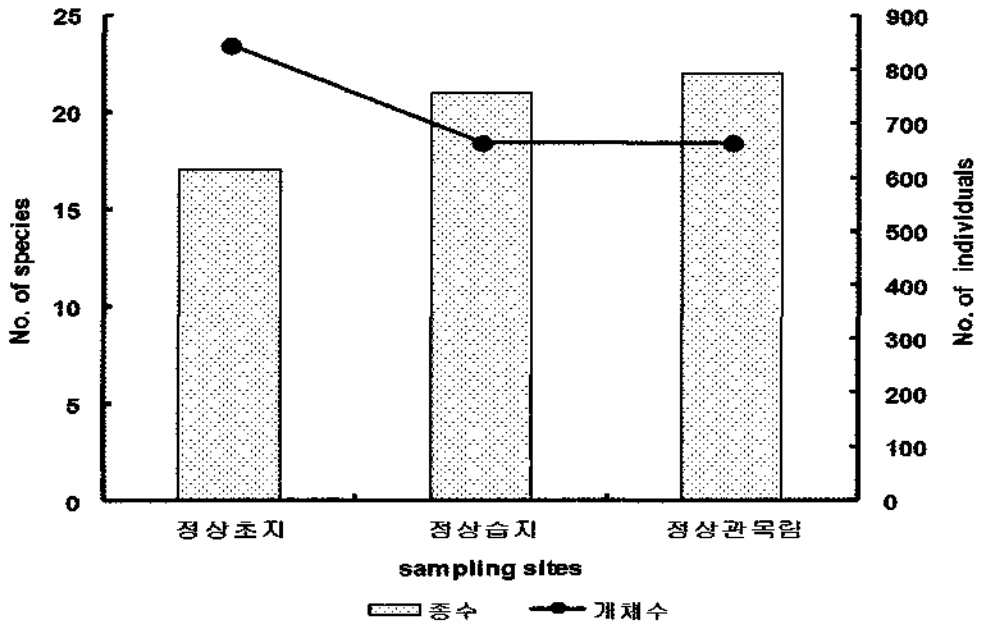


그림 2. 백록담일대 식생유형에 따른 딱정벌레목 곤충의 출현종수 및 개체수

관목림의 경우 우리딱정벌레가 221개체가 채집되어 우점하였으며, 애딱정벌레가 80개체로 아우점하였고 다른 종들은 비슷한 비율의 분포를 보였다(그림 3).

3. 월별 분포특성

1) 월별 분포특성

월별로 분석한 결과 7월에 가장 많은 12종 590개체가 채집되었으며, 6월에 가장 적은 10종 137개체가 채집되었다(그림 4). 5월에는 총 8과 16종 310개체가 채집되었다. 채집된 개체 중 딱정벌레과가 196개체 채집되어 전체의 63.2%를 차지했으며, 먼지벌레과 23.8%, 송장벌레과 9% 순으로 채집되었다. 6월에는 5과 10종 137개체가 채집되었다. 과별 분포는 딱정벌레과가 71개체로 6월에 전체 개체수의 51.8%를 차지하고 있었다. 송장벌레과는 36개체(26%)가 채집되었으며, 먼지벌레과 17개체(12.4%), 방아벌레과 11개체(8%) 순으로 채집되었다. 7월에는 총 6과 12종 590개체가 채집되었다. 이중 딱정벌레과가 422개체로 7월 전체개체수의 71.5%, 송장벌레과는 111개체로 18.8%, 먼지벌레과가 47개체로 7.9%가 채집되었다. 8월에는 총 10과 20종 414개체가 채집되었다. 딱정벌레과가 321개체로 7월 전체 개체수의 77.5%를 차지했으며 먼지

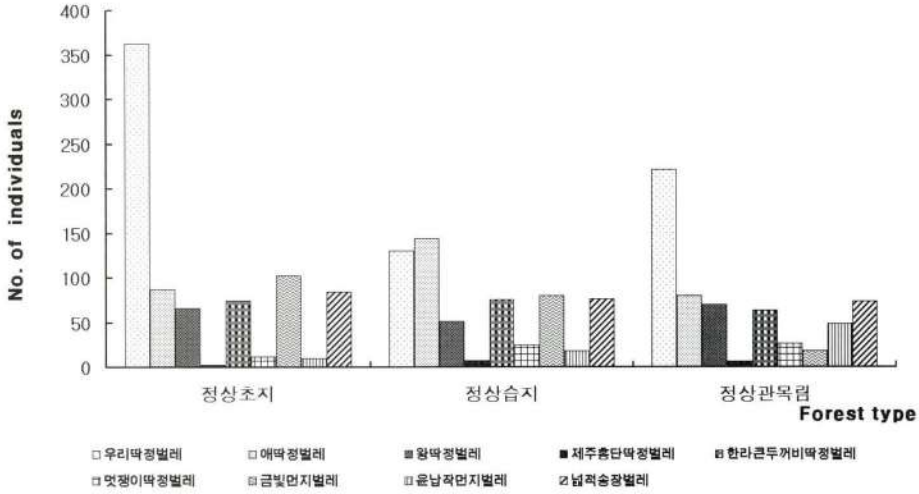


그림 3. 백록담일대 식생유형에 따른 딱정벌레목 주요 곤충의 출현종수

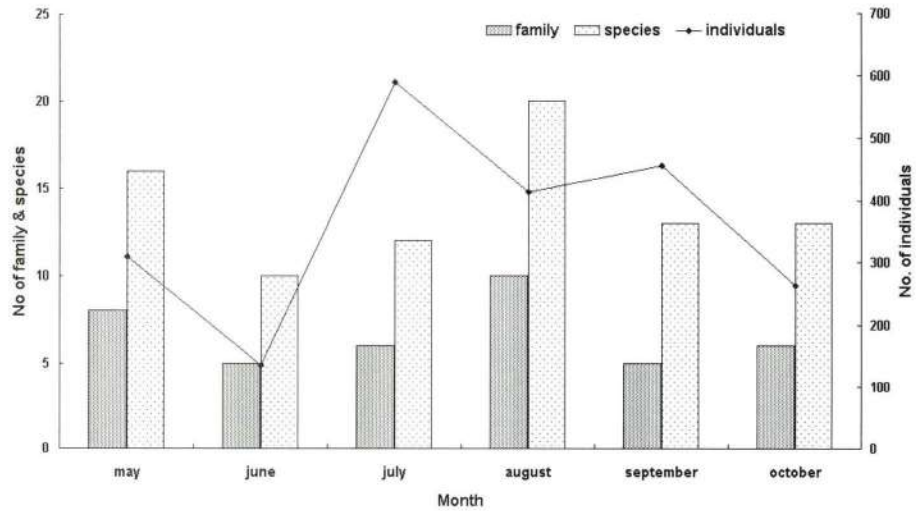


그림 4. 백록담일대 월별 딱정벌레목 곤충의 과, 종 및 개체수의 변화

벌레과가 47개체로 11.3%, 송장벌레과가 25개체로 6%의 과별 분포를 보였다. 9월에는 5과 13종 456개체가 채집되었다. 딱정벌레과가 315개체로 9월 전체의 69%를 차지했으며 먼지벌레과 100개체(21.9%), 송장벌레과 30개체(6.57%)순으로 나타났다. 10월에는 총 6과 13종 263개체가 채집되었다. 딱정벌레과가 178개체로 10월 전체의 67.7%를 차지했으며, 먼지벌레과 64개체

(24.3%)로 조사되었다.

전체적으로 5월에 310개체에서 6월에 급감하고, 7월에 정점을 보인 후 점차 감소하는 경향을 보였다. 전체 개체의 32%를 차지하는 우리딱정벌레는 6월과 10월에는 각각 개체수가 52개체, 71개체로 소폭 감소하지만, 7월부터 9월까지 100여개체로 전체적으로 백록담 분화구 내에서 여름에 우점하는 것으로 조사되었다. 한편 6월에 우리딱정벌레가 급감한 이유는 추후 생활사 및 환경인자와의 비교분석을 통해 원인구명을 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

딱정벌레목 곤충은 습도의 요구에 따라 서로 다른 분포특성을 보이나 산림이나 초지대에 서식하는 딱정벌레목 곤충은 대부분 중간정도의 습도를 선호(Žiogas와 Vaičikauskas, 2007)하지만, 7월과 8월에 개체수가 증가한 원인은 딱정벌레류의 먹이가 되는 수서곤충들과 경사지에 있던 미소곤충들이 집중호우시 휩쓸려 내려와 물빠짐이 좋은 백록담 분화구 내 초지대에 모여들기 때문에 먹이활동을 하기위해 이들 딱정벌레류의 종수나 개체수가 증가한 것으로 생각되지만 토양곤충의 생활에 직접적으로 영향을 주는 환경인자(기온, 토양습도, 지온, 강수량) 변화와의 상관관계를 분석하고 장기적인 곤충 변화상 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

2) 주요종 분포특성

우리딱정벌레는 조사기간 중에 총 713개체가 채집되었으며, 7월에 가장 많은 179개체가 출현한 이후 계속적으로 감소하는 경향을 보였고, 백록담 지역에는 5월 이전부터 출현하여 11월까지 분포할 가능성이 높은 것으로 추측되는 종이다(그림 5).

애딱정벌레는 조사기간 중에 총 311개체가 채집되었으며, 기온이 높고 강수량이 많은 8월에 가장 많은 94개체가 출현하였고, 이후 점차 하향곡선을 보이며 감소하는 것으로 나타났다. 넓적송장벌레는 조사기간 중에 총 233개체가 채집되었는데, 7월에 111개체가 출현하여 가장 많은 개체수를 보였고 8월에 18개체로 감소하다가 다시 9월에 30개체로 증가 후 감소하는 경향을 보였다. 2010년 조사에서는 어리목 1500구간에서 많은 출현을 보인 종이며 강수량이 많아지면서 개체수가 감소(Lee, 2012)했는데 본 조사에서는 역상관의 관계를 보였다.

한라큰두꺼비딱정벌레는 조사기간 중에 총 212개체가 채집되었으며, 기상상태가 좋지 않은 7월에서 9월에 주로 활동하는 것으로 나타났다. 7월에 가장 많은 61개체가 출현하였고, 8월에 56개체, 9월에 55개체로 조사되어졌다. 2010년 정상암석지 조사와는 상반된 결과가 도출되었는데 이는 습한 환경을 선호하는 종이기 때문인 것으로 사료된다.

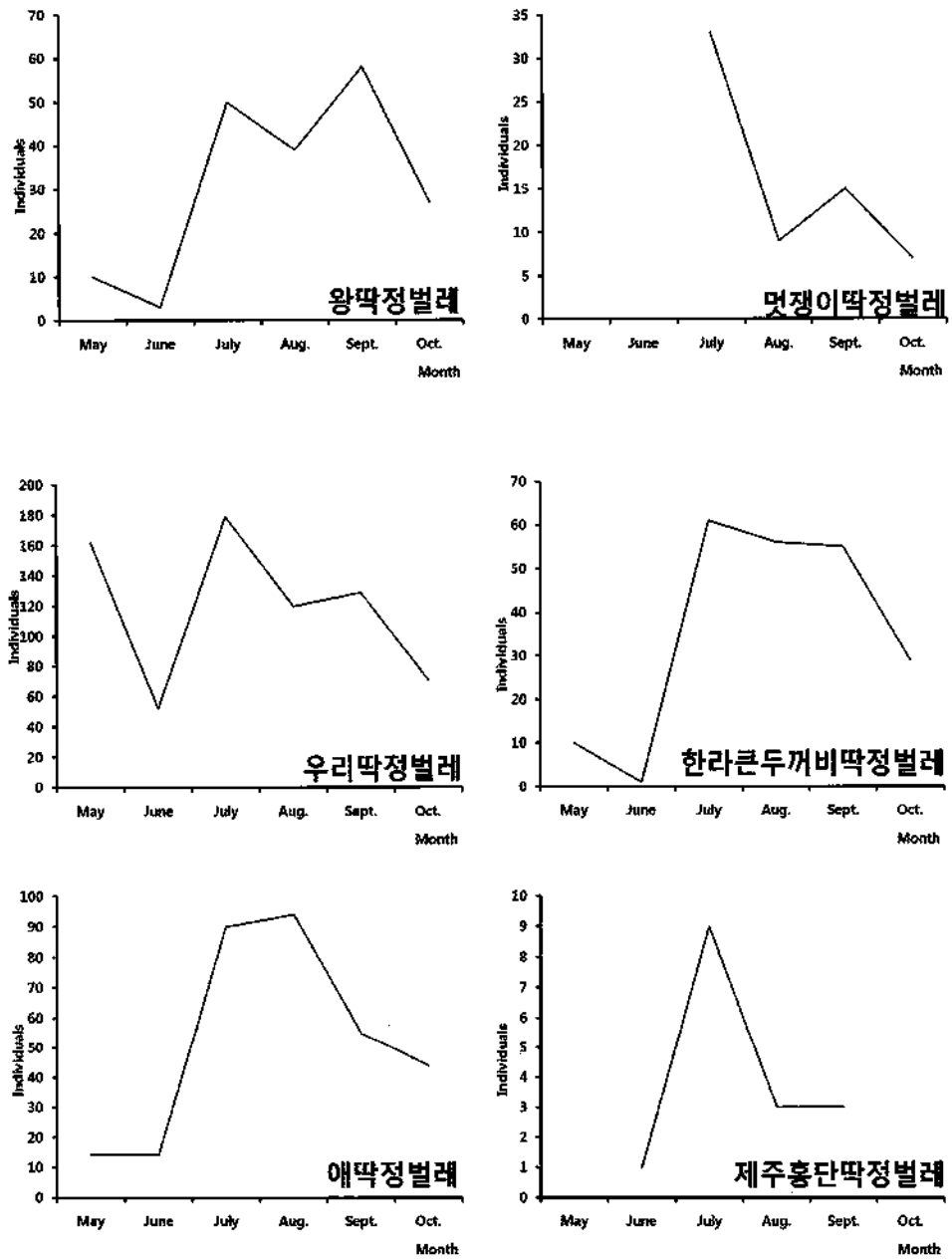


그림 5. 백록담일대 딱정벌레목 주요 곤충의 월별 개체수

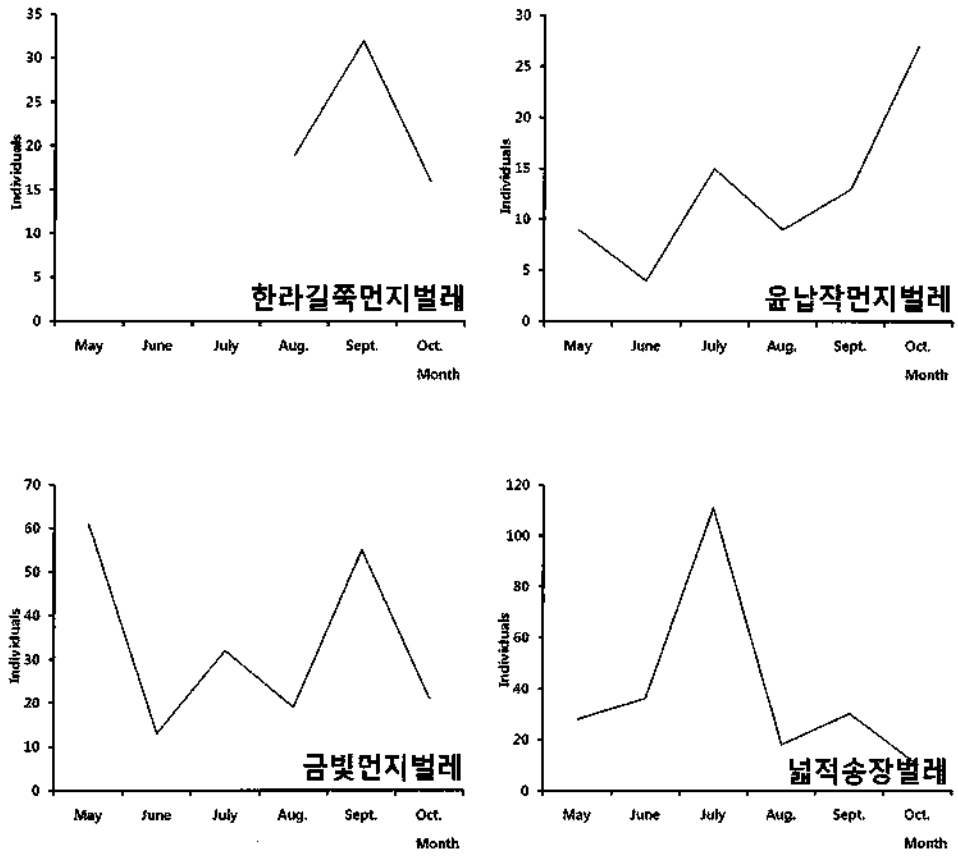


그림 5(계속). 백록담일대 딱정벌레목 주요 곤충의 월별 개체수

윤납작먼지벌레는 조사기간 중에 총 77개체가 채집되었으며 기온이 낮고 강우가 적어지는 10월에 가장 많은 27개체가 출현하였으며, 9월에 13개체가 출현하였다. 윤납작먼지벌레와 붉은칠납작먼지벌레는 우리나라 산지의 대표적인 우점종으로 연 2회 출현을 한다. 강우가 많아지는 7월과 8월에 개체수가 급격히 감소하는 경향을 보이는 종이다. 2010년에 한라산 저지대에서 8,000여개체가 채집된 것(Lee, 2012)과는 달리 백록담 분화구내에서는 거의 채집이 되지 않은 종이며 고산지역에는 서식이 힘든 것으로 판단된다.

한라길쭉먼지벌레는 조사기간 중에 총 67개체가 채집되었으며, 5월부터 7월에는 채집이 되지 않았으며 8월에 19개체, 9월에 32개체, 10월에 16개체만 채집된 종이다. 성판악지역에는 경사가 완만한 지역에 많은 출현을 보인다.

금빛먼지벌레는 조사기간 중에 총 201개체가 채집되었으며, 5월에 61개체가 출현하였으

며, 장마철 및 여름철에는 완만히 감소하는 경향을 보이고 가을철에 다시 증가하는 것으로 조사되었다.

멋쟁이딱정벌레는 조사기간 중에 총 64개체가 채집이 되었으며 7월에는 33개체가 출현하여 8월과 9월, 10월에 각각 9개체와 15개체, 7개체가 채집이 되어 감소는 경향을 보이는 등, 강수량이 많아지는 7월에 출현하여 시간이 지나면서 점차 적어지는 것으로 추정된다.

왕딱정벌레는 9월에 58개체가 채집되어 가장 많이 출현하였고, 9월을 정점으로 적어지는 경향이 나타났으며 6월에 거의 채집되어지지 않았다.

제주홍단딱정벌레는 조사기간 중에 총 16개체가 채집되었으며, 5월에 한 개체도 채집되지 않았으나 7월에 9개체가 채집되었다. 이 종은 멋쟁이딱정벌레와 같이 주로 습기가 많은 여름철에 주로 출현을 하는 것으로 나타났다(그림 5).

4. 군집분석

1) 월별 분석

조사기간 동안 월별 군집을 분석한 결과 우점도는 5월에 0.51로 가장 높았으며 다음으로 6월 0.34, 10월 0.15 순으로 나타났으나, 7월과 8월에 0.13으로 가장 낮은 것으로 분석되었다(표 4). 이러한 결과는 5월에 다양한 종이 채집되지 못한 것으로, 종(Species)마다 다른 출현시기로 인해 많은 종이 출현하지 못한 결과라 할 수 있으며 7월과 8월에는 여러 종이 왕성한 먹이활동에 의한 결과라고 판단된다.

표 4. 백록담일대 딱정벌레목 곤충의 월별 우점도 지수, 종풍부도, 종다양성 지수 및 종균등도 지수의 변화

지수	월						
	5(May)	6(Jun.)	7(Jul.)	8(Aug.)	9(Sep.)	10(Oct.)	Total
[a]DI	0.51	0.34	0.13	0.13	0.14	0.15	0.07
[b]RI	2.61	1.83	1.72	3.15	1.96	2.15	3.38
[c]H′	0.28	0.17	0.35	0.32	0.33	0.26	0.28
[d]EI	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04

[a]DI : 우점도 지수(dominance Index) $DI=n_1+n_2/N$, [b]RI :종풍부도 지수(Species Richness Index), $RI=S-1/\ln(N)$
[c]H′ : 종 다양성 지수(Species Diversity Index), $H'=-\sum pilog(pi)$, [d]EI : 종 균등도 지수(Species Evenness Index) $EI= H'/\log_2 S$

종 풍부도는 8월에 3.15로 조사되어 가장 높은 것으로 분석되었으며, 5월 2.61, 10월 2.15, 9월 1.96 순으로 나타났으나 7월에 종 풍부도가 가장 낮은 것으로 분석되었다(표 4).

종 다양도 지수는 7월에 0.35로 가장 높았으며 9월에 0.33, 8월 0.32 순으로 나타났으며, 6월에 0.17로 가장 낮았다. 한라산의 저지대를 중심으로 조사한 Yang(2006)의 조사와 비교했을 때 낮게 나타났으며, 저지대에 비해 고지대로 갈수록 종다양도와 서식밀도가 낮아지는 것으로 나타났다.

2) 임상별 분석

우점도지수는 고산초지대에서 0.19로 가장 높았고, 고산습지가 0.09로 가장 낮았다. 풍부도지수는 고산초지대에서 2.37로 조사되었고, 관목림과 고산습지에서 각각 3.23으로 낮게 조사되었다. 종다양도지수는 고산초지대에서 0.37로 높았으며, 관목림과 고산습지에서 각각 0.36 낮았다. 균등도지수는 고산습지와 관목림에서 각각 0.06으로 높았으며, 고산초지에서 0.05로 낮게 나타났다(표 5).

표 5. 백록담일대 딱정벌레목 곤충의 식생유형별 우점도 지수, 종풍부도, 종다양성 지수 및 종 균등도 지수의 변화

지수	초지	관목림	습지	계
[a]DI	0.19	0.11	0.09	0.07
[b]RI	2.37	3.23	3.23	3.38
[c]H′	0.37	0.36	0.36	0.36
[d]EI	0.05	0.06	0.06	0.05

[a]DI : 우점도 지수(dominance Index) $DI=n_1+n_2/N$, [b]RI :종풍부도 지수(Species Richness Index), $RI=S-1/\ln(N)$
[c]H′ : 종 다양성 지수(Species Diversity Index), $H'=-\Sigma pilog(pi)$, [d]EI : 종 균등도 지수(Species Evenness Index) $EI= H'/\log_2 S$

Distribution Characteristic of Coleopteran Insects at Baengnokdam in Mt. Halla

Yeong-Don Lee*, Jang-Geun Oh, In-Bo Kang[1] and Chang-Jo Kim
Reaserch Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Abstract

This study was carried out to investigate the distribution patterns of ground beetles (Coleoptera) at Baengnokdam in Mt. Halla, Jeju. Coleopteran insects were surveyed using a pitfall trap one times per month from May to October, 2012 at different forest types in Baengnokdam. Total 2,170 beetles of 27 species belong to 10 families were collected, and the results were as followings.

The numbers of species collected were 6 species(22%) in Carabidae and Harpalidae, followed by Silphidae with 4 species(15%) and other families were 11 species(41%). The most frequent species was *Carabus sternbergi sternbergi*(32.9%), the next species was *Hemicarabus*(*Hemicarabus*) *tuberculosus*(14.3%), and the third species was *Silpha perforata perforata*(10.7%), and fourth species was *Scambocarabus kruberi hallasanensis*(9.7%) showing these 4 species account for 67.65% of total beetles collected.

In forest types, the largest number of beetles were collected in Alpine Pastures, and the smallest number of beetles were found in Alpine Wet-land. Beetle abundances by forest type were highest at Alpine Pastures and lowest at Alpine Wet-land. In temporal distribution of Coleoptera collected, 590, 456 and 414 beetles were found in order of abundance in July, September, and August, respectively; with lowest numbers in June.

Species diversity index(H': Shannon-Wiener function) showed variable change according to environmental conditions. According to forest types, alpine pastures area showed the highest H' of 0.37, but H' was lowest in shrubbery and alpine wetland areas as 0.36. The monthly variation of species diversity indies showed the highest value (0.35) in July, and the lowest value(0.17) in June.

Consequently, the species composition and abundance of Coleopteran insects were largely influenced by environmental factors such as habitat variation of altitude, forest types and seasons, and these factors affected the distribution patterns of Coleopteran insects at Baengnokdam in Mt. Halla. The results of present studies with emphasis on the spatial and temporal distribution of Coleopteran insects in Mt. Halla should provide an useful direction in the future to establish the strategies of mountain conservation and long-term researches under changing environment with climatic changing.

참고문헌

Adis, J. 1979. Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall trap. Zool. Anz. 202:177-184.

Apigian, K.O., D.L. Dahlsten and S.L. Stephens. 2006. Biodiversity of Coleoptera and the Importance of Habitat Structural Features in a Sierra Nevada Mixed-conifer Forest. Environmental Entomology. 35(4):964-975.

Argyropoulou, M.D., G. Karris1, E.M. Papatheodorou and G.P. Stamou. 2005. Epiedaphic Coleoptera in the Dadia forest reserve (Thrace, Greece) : the effect of human activities on community organization patterns. Belg. J. Zool. 135(2):127-133.

Avgın, S. 2006. Habitat selection and diversity of ground beetles(Carabidae) in Ahir Mountain(Kahramanmaras, Turkey), in Mediterranean Region. Munis Entomology & Zoology 1(2):257-266.

Butterfield J.L. M. Luff, M. Baines, M.D. Eyre. 1995. Carabid beetle communities as indicators of conservation potential in upland forests. Forest Ecology and Management 79:63-77.

Byun, B.K. and B.Y. Lee. 1996. Insect fauna of Lepidoptera at Kwangnung and Namhae Experimental Forest. FRI journal of forest science. 53:10-27.

Evans, A.V. and C.L. Bellamy. 1996. An inordinate fondness for beetles. University of California Press. England. 208pp.

Ings, T.C. and S.E. Hartley. 1999. The effect of habitat structure on carabid communities during the regeneration of a native scottish forest. Forest Ecology And Management 119:123-136.

Ishitani, M. and K. Yano. 1994. Species composition and seasonal activities of ground beetles (Coleoptera) in fig orchard. Jpn. J. Entomol. 62(1):201-210.

Jang S.J. and J.K. Kim. 2001. Distribution of Carabid Beetles(Coleoptera : Carabidae) in different forests of Central Kangwon-do. Journal of Forest Science 16:42-49.

Jung, K.J., S.T. Kim, S.Y. Lee, J.S. Yoo, J.H. Lee. 2011. Community Structure and Distribution of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) of Mt. Bangtaesan in Gangwon-do, Korea. Korea Journal Ecology 25(3):307-317.

Jeong, S.H. 2005. A Series of leterature in Mt. Hallasan. Reseach Institute of Jejudo-Hallasan. pp. 145-315.

Kim W.T. and S.B. Kim. 2000. Survey of Coleopteran Community in Mt. Halla I. Tempral and Spatial Fluctuation of Superfamily Caraboidea (Coleoptera, Insecta) Along 5.16 Road Side. Cheju Journal of Life Science 3(3):103-116.

Ko, S.H., J.G. Koh, C.H. Lee, C.S. Kim and H.N. Hyun. 2011. Comparison of Mineral and Chemical Composition of Soils in Baengnokdam. Research Report on Hallasan. Research Institute of Jejudo-Hallasan. pp.77-91.

Koivula, M. and J. Niemelä. 2002. Boreal Carabid Beetles (Coleoptera, Carabidae) in Managed Spruce Forests - a Summary of Finnish Case Studies. Silva Fennica 36(1):423-436.

Koh, J. G. 2006. The vegetation around Baengnokdam, the Crater of Mt. Halla. Report of Survey and Study of Hallasan National Reserve. Research Institute for Mt. Halla.

Kwon, T.S. 1996. Diversity and abundance of ground beetle (Coleoptera : Carabidae) in the Kwangnung experimental forest. Korea J. Entomol. 26:351-361.

Lee, C.K. 2011. Distribution and Diversity of Beetles(Coleoptera: Carabidae) in Naejangsan National Park, Korea. Journal of Agriculture & Life Science 45(4): 37-45.

Lee, Y.D. 2012. Spatial and Temporal Distribution of Coleopteran Insects in Halla Mountain, Jeju. Graduate School of Jeju National University.

Lomolino, M.V. 2001. Elevation Gradients of Species-Density: Historical and Prospective Views. Global Ecology and Biogeography 10(1):3-13.

Lovei, G.L. and K.D. Sunderland. 1996. Ecology and behavior of ground Beetles (Coleoptera:Carabidae). Annual Review Entomology 41(1):231-256.

Maclean, D.B. and J. Usis. 1992. Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) of Eastern Ohio Forests Threatened by the Gypsy Moth, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). OHIO J. SCI. 92 (3):46-50.

Magura, T., B. Tothmeresz and Zs. Bordan. 2000. Effects of Nature Management Practice on Carabid Assemblages (Coleoptera: Carabidae) in a Non-Native Plantation. Biological Conservation 93:95-102.

McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties California Glassland. Nature 216: 168-169.

Melnychuk, N.A., O. Olfert, B. Youngs and C. Gillott. 2003. Abundance and diversity of carabidae (Coleoptera) in different farming systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 95:69-72.

Moon, T.S. and S.J. Lee. 1999. Medicoentomology and Conservation Biology of Insects from the Islet Youngdo, III. Silphidae (Coleoptera). The Kosim Journal of Health Sciences. 9:115-126.

Niemela, J., D. Langor and J.R. Spence. 1993. Effects of clear cut harvesting on boreal ground beetle assemblages(Coleoptera : Carabideae) in Western Canada. Cons. Bio. 1(7):551-561.

Niemela, J., J. Kotze, A. Ashworth, P. Brandmayr, K. Desender, T. New, L. Penev, M. Samways and J. Spence. 2000. The seach for common anthropogenic impacts on biodibersity: a global network. Journal of Insect Conservation 4(1):3-9.

Oh, K.S., D.S. Kim and Y.B. Cho. 2011. The effects of seasonal changes on the species composition and abundance of Silphids (Coleoptera: Silphidae) captured by FIT at Mt. Sokrisan National Park, Chungbuk Province. Kor. J. Appl. Entomol. 50(3):209-214.

Ohsawa, M. 2005. Species richness and composition of Curculionidae (Coleoptera)in a conifer plantation, secondary forest, and old-growth forest in the central mountainous region of Japan. Ecological Research 20:632-645.

Park, H.S., M.Y. Oh, D.C. Oh and W.T. Kim. 1977. Study on Ecosystem of Baeknokdam Crater of Mt. Halla(1). Cheju University Journal. 9:177-192.

Park, J.K., Y.J. Kwon and J.S. Lim. 1997. Diversity and abundance of ground-beetles(Coleoptera: Carabidae) in Mt. Togyu, Korea. Korean J. Soil Zoology 2(2):92-97.

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity on different types of biological

succession. J. Theor. Biol. 13: 131-144.

Pielou, E.C. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley, Inerscience. New York. 385pp.

Raino, J. and J. Niemela. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. Biodiversity and Conservation 12(3):487-506.

Riley, K.N. and R.A. Browne. 2011. Changes in ground beetle diversity and community composition in age structured forests (Coleoptera, Carabidae). ZooKeys 147:601-621.

Rushton, S.P., M.L. Luff and M.D. Eyre. 1989. Effects of pasture improvement and management on the ground beetle and spider communities of upland grasslands. J. Appl. Ecol. 26:489-503.

Sandoval, S.I., S.P. Cook, F.W. Merickel and H.L. Osborne. 2007. Diversity of the beetle (Coleoptera) community captured atartificially -created snags of Douglas-fir and Grand fir. The Pan-Pacific Entomologiste. 83(1):41-49.

Southwood, T.R.E. 1978. Ecological Methods with particular reference to the study of insect populations. Champman and Hall. pp.524.

Spence J.R. and J. Niemela. 1994. Sampling carabid assemblages with pitfall traps, the madness and the method. Can. Ent. 126:881-894.

Thiele, H.U. 1977. Carabid beetles in their environments; A study on habitat selection by adaptations in physiolgy and behaviour. Springer-Verlag. pp.366.

Timm, A., J. Buse, T. Dayan, W. Hardtle, T. Levanony and T. Assmann. 2009. At the interface of historical and present-day ecology: ground beetles in woodlands and open habitats in Upper Galilee(Israel). Zoology in the Middle East 47:93-104.

Volkmar, C.S., Bothe, T. Kreuter, M. L. Hussein, L. Richter, U. Heimbach and T. Wetzel. 1994. Epigaische Raubarthropoden in Winterweizenbestanden Mitteldeutschlands und ihre Beziehung zu glattla usen. Mitt. Biol. Bund. Anst. Ld-Forstw.(Berlin-Dahlem). 299:1-134.

Yang, K.S., S.B. Kim and W.T. Kim. 2006. Spatial and Temporal Analysis of the Coleopteran Communities around 5.16 Road of Mt. Halla, Jeju Island, Korea. Korean J. Environ. Biol. 24(4):337-358.

Yeon, H.S., J.K. Park, D.W. Lee and K.M. Chung. 2005. Distribution of Ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) in Mt. Gabjangsan, Korea. Kor. Turfgrass Sci. 19(1):47-55.

Žiogas and Vaičikauskas. 2007. Ground beetle (Coleoptera, Carabidae) bioecology in forests of Aukštasis Tyras Mire reserve. EKOLOGIJA. Nr. 1. p.37-43.

여 백

한라산 어리목 등산로 구간의 토양특성

고석형*, 양승훈, [1)]강인보, 김창조
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

본 연구는 최근 탐방객 수가 가장 많았던 한라산 어리목 등산로 구간을 대상으로 하여 해발고도별로 토양의 이화학적 성질, 광물학적 및 미생물학적 특성을 알아보고자 실시하였다. 토양조사 및 토양채취는 2012년 4월부터 9월 사이에 한라산국립공원에 위치한 어리목 등산로를 중심으로 수행되었다.

어리목 등산로 구간의 조사지점은 흑악통이 분포하고 있었으며 일부를 제외한 토성은 미사질양토로 구분되었다. 조사지의 평균 용적밀도는 0.55g/㎤로 화산회토 기준을 충족시켰으며, 입자밀도는 1.28g/㎤로 용적밀도와 마찬가지로 매우 낮았다. 공극률은 50 ~ 71% 범위였으며, 삼상분포는 액상이 46~70% 범위로 액상이 높아 과습이 되기 쉬운 토양조건을 가지고 있었다. 투수계수는 0.7~27㎝/h 범위로 조사지점 간에 큰 차이를 보였다.

전체적으로 평균 토양 pH는 표토 4.78, 심토 4.93으로 낮았으며 표토보다 심토에서 pH가 높은 일반적인 경향을 보였다. 평균 유기물함량은 표토 14.45%, 심토 11.33%였으며 F지점에서 층위에 관계없이 가장 높았다. 총 질소함량은 유기물함량과의 상관계수가 r=0.94**로 매우 유사한 경향을 보였다. 유효인산함량은 표토와 심토에서 각각 9.9㎎/㎏와 4.7㎎/㎏로 매우 낮았다. 치환성양이온함량은 매우 낮았으며 심토보다 표토에서 높았다. 평균 양이온치환용량은 표토와 심토에서 각각 14.67cmol+/㎏과 15.94cmol+/㎏이었다. 표토의 평균 미량원소 함량은 Fe 117.0㎎/㎏, Mn 26.8㎎/㎏ 및 Zn 5.9㎎/㎏, 심토에서는 Fe 74.5㎎/㎏, Mn 25.1㎎/㎏ 및 Zn 2.3㎎/㎏이었다.

*교신저자 ; 전화: 064-710-7578, e-mail: ksh5251@korea.kr

대부분의 조사지점에서 석영과 장석류가 주된 광물이었으며 점토광물은 확인되지 않았다. 주화학성분인 SiO_2, Al_2O_3 및 Fe_2O_3는 54.00~77.59% 범위의 함량을 나타냈다. 작열감량(LOI)은 12.26~43.88% 범위였으며, I와 J지점을 제외하고는 20% 이상으로 매우 높았다. 어리목 등산로 구간의 토양미생물인 그람양성세균 그람음성세균, 방선균, 곰팡이 및 균근균 분포비율은 각각 17.00%, 25.45%, 10.03%, 12.46% 및 2.85%였다. 탄소 영양원 이동 지표인 G-/G+비는 평균 1.5였으며 평균보다 높은 지점은 C, D 및 E지점이었다. 유기물함량 지표인 B/F는 평균 341.1%였으며 G-/G+비와 매우 유사한 경향을 나타냈다.

서 론

제주도는 신생대에 형성된 한반도의 남쪽에 위치한 화산섬으로 면적은 약1,848㎢에 달한다. 그 중심부에는 153.332㎢의 면적에 해당되는 해발 1,950m인 한라산국립공원이 위치하고 있다. UNESCO에 의해 한라산은 경관자원과 자연자원의 가치를 인정받아 2002년에 생물권보전지역으로 지정, 2007년에 세계자연유산으로 등재 및 2010년에 세계지질공원으로 인증되었다. 그러나 영구적인 것이 아니고 재평가를 통해 취소될 수 있으므로 UNESCO에서 제시하는 권고사항을 이행하면서 체계적인 보존관리 대책을 마련해야 한다. 생물권보전지역은 10년, 세계자연유산은 6년 및 세계지질공원은 4년마다 정기보고서를 제출해야 하며 보고서 내용에는 모니터링 및 학술조사에 관한 연구결과가 수록되어야 한다. 이에 제주특별자치도 세계자연유산관리단과 한라산연구소에서는 지질 동·식물, 토양분야 등 한라산의 보전보호 방안에 대한 모니터링과 학술조사를 수행하고 있다.

2005년을 기준으로 한 제주도의 임야면적은 907㎢이다(제주특별자치도, 2006). 정 등(2004)은 임야면적의 약 67%에 해당하는 605㎢의 산림토양을 조사하여 암석지를 제외한 10개 토양형이 분포하고 있는 것으로 보고하였다. 우리나라에서의 토양조사는 개인 연구에 의하여 자료가 확보되는 것은 거의 불가능하여 국가적인 사업으로 진행되며, 부분적으로 개인 연구자들에 의해 부분적으로 수정되고 보완되는 것이 일반적이다. 과거 제주도의 토양조사는 경작지를 대상으로 조사하는 과정에서 일부 한라산국립공원 지역이 포함되었으나 한라산국립공원에 국한되어 정밀토양조사를 진행시킨 연구는 드물다고 할 수 있다.

국토연구원(2000)에 의하면 한라산 정상일대와 등산로 주변의 훼손지 면적은225,870㎡로

보고하고 있다. 한라산국립공원관리사무소에 의하면 2009년 현재 복구가 이루어진 면적은 전체 면적의 약 71%인 160,255㎡이다. 이와 같이 지속적인 훼손지 복구와 등산로 정비 등이 이루어져 한라산의 훼손지 면적이 줄어들고 있다. 그러나 한라산일대는 경사가 심한 지형적 특성, 자연적인 풍화와 토양침식, 강한 바람, 많은 강수량 및 큰 일교차 등의 기후특성으로 인하여 여전히 훼손면적이 확대될 수 있는 가능성이 많은 지역이다.

또한 한라산 훼손의 인위적인 요인으로는 탐방객 수의 증가에 있다. 한라산국립공원관리사무소에 의하면 최근 3년간의 탐방객 수는 2010년 1,141,632명, 2011년 1,089,383명, 2012년 1,1343,16명으로 보고하고 있다. 2006년 7월에 시행된 토요휴무제 실시, 2007년 1월에 시행된 국립공원 입장료 폐지 및 건강과 여가선용에 대한 관심의 증가로 인하여 2012년 기준 등반객의 수는 2006년 745,308명에 비해 66%가 많아졌다. 특히 어리목 등산로 구간은 최근 2011년과 2012년을 제외하고는 32년 동안 다른 등산로 구간에 비해 탐방객 수가 가장 많았다.

어리목 등산로 구간은 해발 970m에 위치한 한라산 탐방안내소에서 시작하여 어리목계곡, 사제비동산, 만세동산, 윗세오름 대피소, 남벽순환로를 거쳐 남벽분기점까지 이어진다. 또한 사제비동산의 서어나무 군락, 만세동산의 산철쭉과 털진달래 군락 및 화산활동의 산물인 선작지왓 현무암질 용암류가 분포하고 있어 학술적 연구 가치가 높다고 할 수 있다.

본 연구는 최근 탐방객 수가 가장 많았던 한라산 어리목 등산로 구간을 대상으로 하여 해발고도별로 토양의 이화학적 성질, 광물학적 및 미생물학적 특성을 알아보고자 수행하였다. 따라서 본 연구를 통하여 훼손가능성이 높은 어리목일대의 산림토양에 대한 학술적 자료를 구축하고 어리목 등산로 구간의 토양환경 상태를 파악하여 한라산 생태계 모니터링 시스템 구축을 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 시료채취

토양조사 및 토양채취는 2012년 4월부터 9월 사이에 한라산국립공원에 위치한 어리목 등산로를 중심으로 수행되었다. 시료채취 지점은 그림 1에 나타내었으며, 좌표는 표 1과 같다. 토양시료는 해발고도를 나타내는 표지석을 경계로 100m 간격으로 토양시료를 채취하였으며 가급적이면 시료를 채취할 때 오차가 ±10m를 넘지 않도록 하였다. 등산로에서의 토양시료 채

취는 침목 및 석분 등으로 인하여 불가능한 지역이 많았으나 등산로 구간으로 선택한 것은 우선 자연적인 토양단면을 확보할 수 있다는 것과 등산로를 벗어난 경우는 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis*)로 인하여 물리성 시료를 확보하는데 어려움이 있기 때문이다. 물리성을 측정하기 위한 토양시료는 100㎤ 스테인레스 원통을 이용하여 표토를 core sampler로 채취하였으며 수분이 날아가지 않도록 밀봉을 한 후 실내에서 분석하였다. 화학성을 측정하기 위한 토양시료는 낙엽층을 제거한 후에 층위를 고려하면서 표토(0~15㎝)와 심토(15~30㎝)로 나누어 물리성 시료를 채취한 동일지점에서 채취하였다. 이 토양시료는 미량원소, X-선 회절분석 및 X-선에도 사용되었다. 토양미생물분석을 위한 토양시료는 표토를 사용하였으며 토양을 풍건시키지 않고 2㎜ 체로 쳐서 폴리에틸렌 시료병에 담아 동결건조시켜 보관하였다.

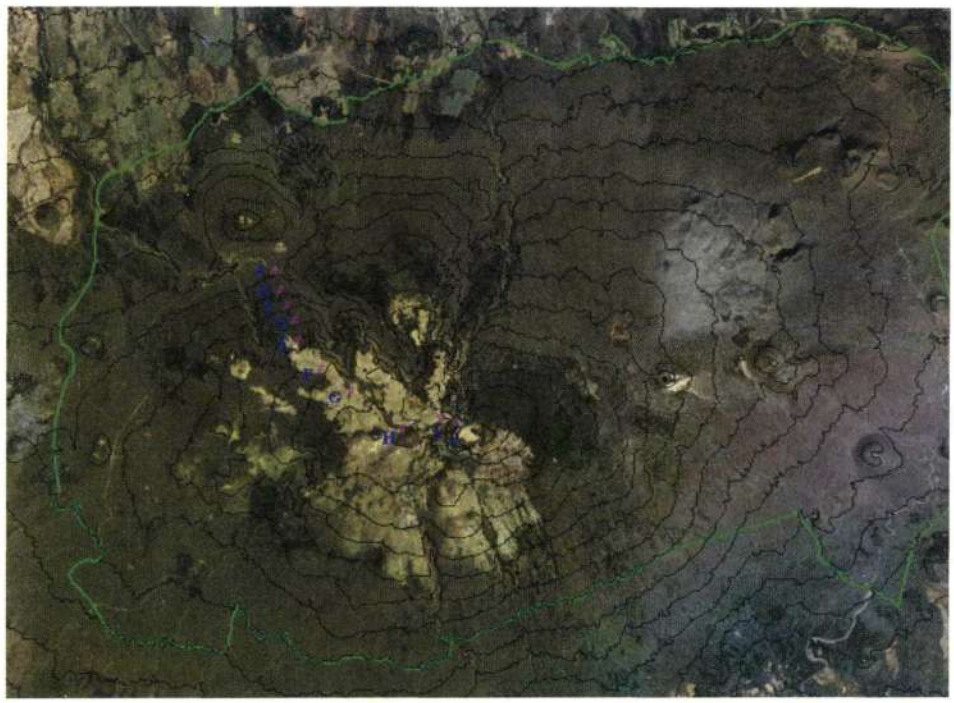


그림 1. 한라산 어리목 등산로 구간의 토양시료 채취지점

——: 한라산국립공원, # : 토양시료 채취지점, A : 어리목 1000m, B : 어리목 1100m, C : 어리목 1200m, D : 어리목 1300m, E : 어리목 1400m, F : 어리목 1500m, G : 어리목 1600m, H : 어리목 1700m, I : 어리목 1800m, J : 어리목 1900m

표 1. 시료채취 지점의 해발고도 및 좌표

시료채취 지점	구 분	해발고도(m)	TM 좌표	
			X 좌표	Y 좌표
어리목 1000m	A	1009	152864	38100
어리목 1100m	B	1096	152971	37766
어리목 1200m	C	1194	153101	37494
어리목 1300m	D	1291	153233	37217
어리목 1400m	E	1388	153289	36850
어리목 1500m	F	1493	153705	36353
어리목 1600m	G	1587	154261	35924
어리목 1700m	H	1692	155180	35224
어리목 1800m	I	1796	155912	35436
어리목 1900m	J	1908	156171	35339

2. 분석방법

1) 토양물리성 분석

용적밀도는 core method, 입자밀도는 pycnometer method를 응용하여 측정하였다. 공극률은 용적밀도와 입자밀도를 이용하여 계산하였으며, 투수계수 측정은 100㎤의 core sampler로 투수속도 측정기(DAIKI Co. Ltd.)를 사용하여 정수위 측정법(constant head method)으로 측정하였다. 토양삼상분포는 core의 총 용량인 100㎤에서 공극률을 뺀 값을 토양의 고상으로 하여 기상과 고상의 비를 나타내었다. 입도분석은 풍건토양 10g을 평량하여 500㎖ Tall beaker에 담고, Tall beaker에 증류수를 300㎖씩 가하고 30% 과산화수소를 25㎖씩 가 한 뒤 90℃로 가열된 전열판 위에서 가열하면서 유기물을 분해하였다. 과산화수소 분해가 끝나면 원심분리병에 분산제 5% Sodium hexametaphosphate 10㎖를 가한 후 약 18시간 정도를 진탕시키면서 완전히 분산시켰다. 이 후 Pipette법과 체분석을 이용하여 측정하였다.

2) 토양화학성 분석

토양의 화학적 성질 조사를 위한 토양 시료는 채취한 시료를 풍건시킨 후 2㎜ 체에 통과된 것을 분석시료로 하여 다음과 같이 분석하였다. 토양 pH는 토양 : 증류수의 비를 1 : 5로

하여 토양 5g에 증류수 25㎖를 첨가한 다음 진탕하여 pH meter(inoLab pH 730, Germany)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 Conductivity Meter(CM-11P TOA Electronics Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley와 Black법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 분광광도계(Genesis-5, USA)를 이용하여 분석하였다. 질소함량은 토양시료를 황산으로 분해한 다음 Kjeldahl법으로 자동질소분석장치(Kjeltec analyzer unit, Foss, USA)를 이용하여 분석하였다. 치환성양이온은 1N ammonium acetate(pH 7.0)용액을 토양 : 침출액의 비를 1 : 10으로 하여 토양 5g에 1N ammonium acetate용액 50㎖를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 원자흡광분광광도계(SpectraA 220 FS, Varian, Australia)를 이용하여 분석하였다. 양이온치환용량은 1 N-NH4OAc(pH 7.0)로 포화하고 80% ethyl alcohol로 세척한 후 토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해 NH^{4+} 함량을 정량하여 산출하였다.

3) 토양광물학적 분석

X-선 회절분석(X-Ray Diffractometer, XRD)은 토양시료를 체분석과 침강법을 이용하여 2㎛ 이하의 점토를 분리시킨 후 실시하였다. Philips사의 X′Pert-MPD System을 사용하였으며, CuKα선과 Ni-filter에 의한 X-선을 이용하였다. 분리된 점토분에 한하여 포함된 점토광물은 에칠렌글리콜 처리 및 가열처리 등을 통하여 식별하였다. 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.

4) 토양미생물 분석

2㎜체로 선별한 토양을 동결건조 후 인지질 지방산(Phospholipid fatty acid, PLFA)함량은 Bligh/Dyer first-phase extraction(Bligh와 Dyer, 1959)방법을 이용하여 미생물 세포막 지방산을 추출한 다음 Silicic acid column chlomatography를 이용하여 중성지질과 당지질을 순차적으로 제거한 후 인지질을 분획하였다. 분획된 시료는 methylation시킨 후 MIDI Sherlock Microbial Identification System(MIDI Inc., Newark, DE)으로 지방산을 정량하였다.

미생물 분포비율은 분석된 지방산을 지방산 분석지표를 이용하여 세균,방선균,사상균, 균근균으로 분류하여 처리별 PLFA 값은 총 PLFA의 퍼센트 비율로 나타냈다(Li 등, 2006; Rahman과 Sugiyama, 2008). 그램 양성균은 15:0 iso, 15:0 anteiso, 16:0 iso, 17:0 iso, 17:0

anteiso, 18:0 iso, 그램 음성균은 17:0 cyclo, 18:1 w7c, 19:0cycω 8c, 17:1 ω 8c, 방선균은 TBSA 10me18:0, 10Me16:0, 10Me17:0, 사상균은 18:2 w6,9c, 18:1 w9c, 균근균 16:1ω 5c를 지표 지방산으로 이용하였다. 그람음성세균과 그람양성세균 지방산함량을 더해 세균의 함량을 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 어리목 등산로 구간의 토양분포

우리나라의 토양분류는 미국에서 창안된 방식을 사용하고 있다. 신토양분류법(Soil Taxonomy)에 의하면 전 세계의 토양을 12개의 목으로 분류하고 있으며 어리목 등산로 구간의 토양 목은 화산분출물에 의해 형성된 토양으로 Andisols에 속한다. 지리정보시스템(ArcView GIS 3.3)을 이용하여 분류한 조사지점의 토양통을 그림 2에 나타내었다. 토양통은 신토양분류법에서 최저 분류단위이다. 토양통은 그 토양이 최초로 발견된 지역의 지명, 산, 강 등의 이름을 붙이는 것이 일반적이다. 그림 2를 보면 흑악통이 조사지점을 주변으로 넓게 차지하여 주를 이루고 있었으며 백록담을 중심으로 북서쪽으로 군산통이 분포하였다. 해발 1000m에서 1400m까지와 1600m는 흑악통, 1500m는 토산통, 1700m는 노로통, 1800m는 군산통, 1900m는 암석지가 분포하고 있었다. 조사지점을 인접해서 하천범람지가 장구목에서부터 해발 1000 m까지 길게 분포하고 있었으며, 이 하천은 광령천으로서 어리목계곡에서부터 1100도로에 위치해 있는 한암교까지 이어진다.

조사지점에서 가장 분포면적이 넓은 흑악통은 농암갈색 산악지 화산회토로 미국 농무성의 신분류방법에 의하면 침식의 영향을 받아 중산간지 토양에 비해 토양이 거칠며 토양 중 등근 바위나 돌이 많다. 특히 현무암이나 안산암등 염기성 모재에서 생성된 화산회토이며 염기의 과도한 용탈로 인하여 염기포화도는 낮다. 낮은 토양온도로 부식이 축적되어 유기물함량이 매우 높고 유효인산함량이 매우 낮아 토양의 자연비옥도는 매우 낮다고 할 수 있다(NIAST, 2000).

2. 어리목 등산로 구간 토양의 물리적 성질

어리목 등산로 구간 표토의 물리적 성질은 표2와 같다. 해발 1800과 1900m에 위치한 I와

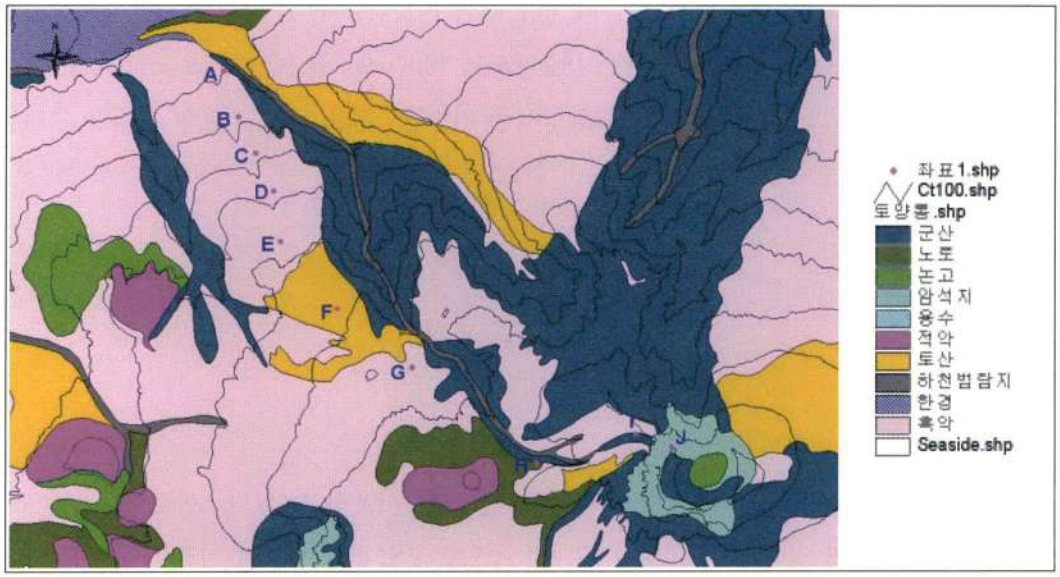


그림 2. 어리목 등산로 구간의 토양통

J지점은 복구지와 암석지로서 물리성 분석을 위한 시료채취가 불가하였다. 미국농무성(USDA)의 분류법에 의한 입도분석 결과에 의하면 전체적으로 미사함량이 높았으며 이는 제주도 화산회토의 특성을 잘 나타낸다고 할 수 있다. 반면에 I와 J지점은 앞서 말한바와 같이 복구지와 암석지로서 상대적으로 모래함량이 높았다. 토성구분 3각도에 의한 곶자왈 조사지의 토성은 A와 G는 미사토, I와 J는 각각 사양토와 사질양토이며, 이를 제외한 지점은 미사질양토로 구분되었다. 정 등(2002)은 제주도를 제외한 우리나라 산림토양 대부분이 양토이며 제주도 토양은 미사질양토로 분류되었다고 보고한 바 있다. 본 조사에서도 어리목 등산로 구간 대부분이 미사질양토였으며 화산회의 풍화 모재로부터 기인하여 미사함량이 높다고 할 수 있다.

토양의 용적밀도는 일정한 부피 안에 있는 고상의 건조중량을 말한다. 따라서 용적밀도가 크면 다져져 있거나 무거운 입자로 구성되어 치밀한 정도를 나타낸다. Soil Taxonomy에서는 용적밀도가 0.90g/㎤ 보다 낮은 토양을 화산회토인 Andisols로 분류하고 있다(USDA, 1990). 화산회토의 대표적인 특성은 용적밀도가 매우 낮고 공극률이 높아서 토양침식에 대한 저항성이 낮다는 것이다. 조사지의 용적밀도는 0.40~0.66g/㎤ 범위였다. Soil Taxonomy에서의 화산회토 기준을 충족시켰으며 조사지점간에 큰 차이가 없이 매우 낮았다. 평균 용적밀도는

0.55g/㎤로 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양의 평균 용적밀도와 매우 유사하였다.

표 2. 어리목 등산로 구간의 물리적 성질

†시료채취 지점	모래	미사	점토	용적밀도	입자밀도	공극률	고상	액상	기상	투수계수
	(%)			(g/㎤)		(%)		(%)		(㎝/h)
A	7	36	57	0.51	1.25	59	41	52	7	27
B	29	52	19	0.66	1.35	51	49	47	3	0.7
C	45	26	29	0.63	1.28	51	49	50	1	9.1
D	44	32	24	0.59	1.29	54	46	46	8	10.3
E	35	35	29	0.40	1.37	71	29	70	1	1.5
F	27	46	28	0.44	1.18	62	38	56	6	7.1
G	12	50	37	0.51	1.24	59	41	49	10	19
H	24	43	33	0.63	1.28	50	50	48	2	4.1
I	61	30	10	‡-	-	-	-	-	-	-
J	71	9	21	-	-	-	-	-	-	-

† 시료채취 지점은 그림 1에 제시함 ‡ 시료채취 불가

입자밀도는 토양입자 자체의 무게를 나타낸 것으로 일반적인 토양의 입자밀도는 2.65g/㎤이다(조 등, 2001). 조사지의 입자밀도는 1.18~1.37g/㎤ 범위였다. 평균 입자밀도는 1.28g/㎤이며 용적밀도와 마찬가지로 매우 낮았다. 이는 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양의 입자밀도보다도 약 2배 정도 낮은 경향을 보였다.

토양내의 공간을 의미하는 공극률은 일반토양에서는 대체적으로 50% 내외이며. 조사지의 공극률은 50 ~ 71% 범위였다. 화산회토의 경우는 공극률이 70 ~ 80% 범위로 매우 높지만 본 조사지의 평균 공극률은 57%였다. 해발 1500m인 E지점에서 공극률이 71%로 가장 높게 나타났다.

토양삼상분포는 토양광물과 유기물 등의 고체가 차지하는 고상, 물이 차지하는 액상 및 공기가 차지하는 기상의 용적비를 나타낸 것이다. 따라서 토양삼상분포는 토양의 종류, 토심, 건습 등에 의해서 달라진다. 미사와 점토가 조밀하게 형성된 토양은 대공극이 적고 소공극이 많기 때문에 고상률과 액상률은 높지만 기상률이 낮다. 또한 과습이 되기 쉬운 토양에서는 기상이 거의 없어 고상-액상의 2상계를 이룬다(류, 2000). 조사지의 삼상분포는 고상 29~50%,

액상 46~70% 및 기상 1~10% 범위로 기상이 매우 낮고 액상이 높은 경향을 보였으며 과습이 되기 쉬운 토양조건을 가지고 있다고 할 수 있겠다.

투수계수는 시간당 물의 이동 거리를 나타내는 것으로 시간당 투수되는 거리(㎝/h)로 나타내었다. 조사지의 투수계수는 0.7~27㎝/h 범위로 조사지점 간에 큰 차이를 보였다. 해발 1000m에 위치한 A지점에서 27㎝/h로 투수계수가 매우 높았다. 반면에 해발 1100m에 위치한 B지점에서 0.7㎝/h로 가장 낮았는데 1일 동안 투수되는 거리가 18.9㎝임을 의미한다. 김 등(1997)에 의하면 용적밀도가 낮은 토양에서는 물의 흐름이 용이하지만 용적밀도의 증가에 의하여 투수계수가 감소한다고 하였다. 본 연구결과 용적밀도와 투수계수와는 상관관계를 보이지 않았으나, 점토함량과 투수계수와의 상관계수는 r=0.86**으로 매우 유의한 정의 상관관계를 보였다. 이는 점토함량이 많으면 투수계수가 낮아질 것이라는 예상과 다른 것으로 토양구조, 공극률, 용적밀도 등이 영향을 미쳤다고 생각되며 이에 대한 추가 연구가 필요하겠다.

3. 어리목 등산로 구간 토양의 화학적 성질

어리목 등산로 구간 표토와 심토의 토양pH는 각각 4.20~5.20과 4.30~5.40 범위였다(그림 3). 평균 토양 pH는 표토 4.78, 심토 4.93으로 표토보다 심토에서 pH가 높은 일반적인 경향을 보였다.

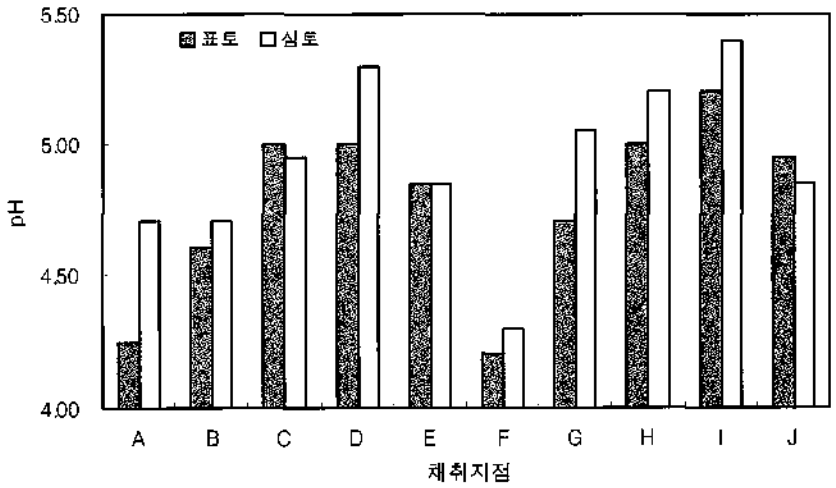


그림 3. 어리목 등산로 구간의 토양 pH

이는 이(1981)와 정 등(2002)이 보고한 우리나라 산림토양에 관한 연구 결과인 평균 pH 5.5 보다는 낮은 값을 나타냈다. 반면에 Shin(1978)이 보고한 제주도 미경지 토양에서의 갈색 산림토 pH 4.9와 매우 유사한 값을 보였다. 층위에 관계없이 해발 1500m에 위치한 F지점에서 pH가 가장 낮았으며, 1800m에 위치한 I지점에서 가장 높았다. I지점은 일명 장구목으로 불리우며 훼손이 가중되어 2001년에 복구한 곳으로 저지대에서의 토양유입으로 인하여 다른 조사지점보다 토양 pH가 높은 것으로 판단된다.

전기전도도는 용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내며 대체적으로 염류농도에 비례한다. 따라서 전기전도도가 높으면 이온이 집적된 것을 의미하며 이는 염류집적을 나타낸다. 전기전도도가 매우 높은 토양에서는 식물의 생육이 제한되는데 토양수분에 염류의 농도가 높아 식물에 의한 수분이용 효율이 떨어지기 때문이다. 전기전도도가 0~2dS/m인 경우에는 염류피해가 낮으며, 2~4dS/m는 민감한 식물에 영향을 주며, 4dS/m 이상일 경우는 식물의 생육에 영향을 미칠 수 있는 기준값으로 보고 있다(류, 2000). 조사지의 전기전도도는 표토 0.21~1.44dS/m, 심토 0.05~1.07dS/m 범위였다(그림 4). 이와 같이 전체적으로 조사지의 전기전도도가 1.5dS/m 이하로 식물생육에 대한 염류피해는 낮을 것으로 판단된다.

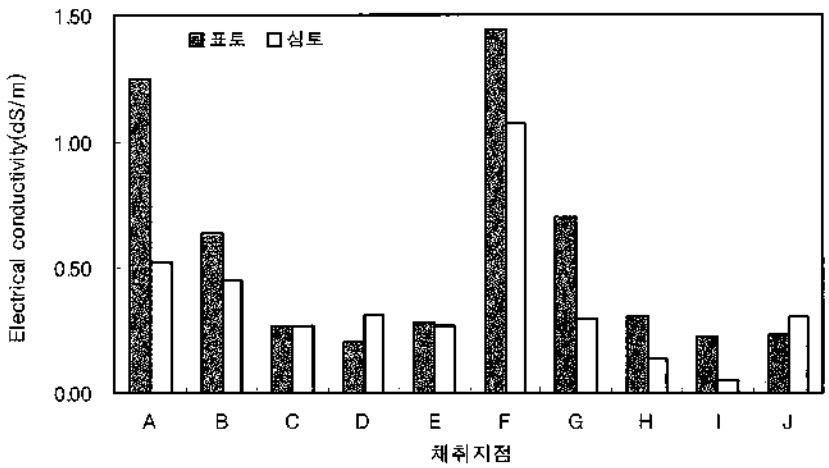


그림 4. 어리목 등산로 구간의 전기전도도

제주도 토양은 화산폭발시 분출된 화산재와 동식물의 유체로부터 유래된 유기물이 결합하

여 육지부 토양의 유기물함량 3% 이하에 비하여 매우 높다. 제주지역의 높은 유기물함량은 화산회를 모재로 하는 산림토양의 경우 표토층이 잘 발달되고, 토양침식에 안정된 토양 입단 구조 때문인 것으로 알려져 있다(이, 1981). 조사지의 평균 유기물함량은 표토 14.45%, 심토 11.33%였다(그림 5).

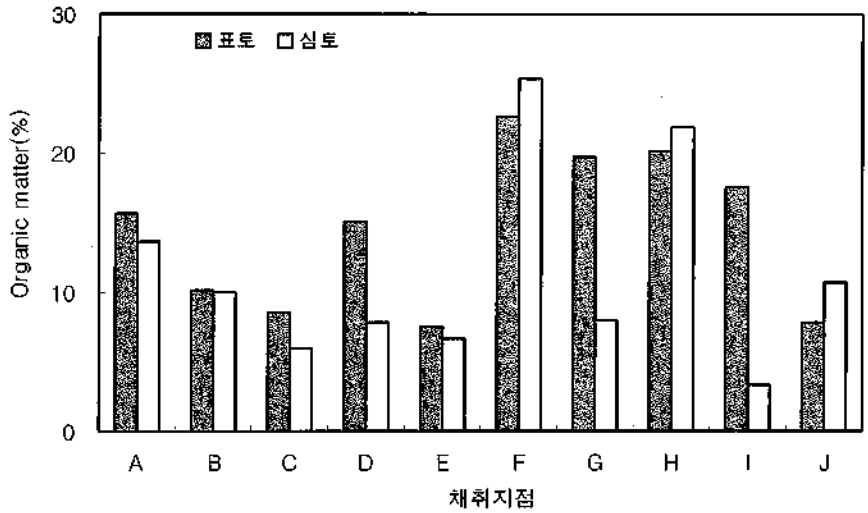


그림 5. 어리목 등산로 구간의 유기물함량

해발 1500m에 위치한 F지점에서 층위에 관계없이 유기물함량이 가장 높았다. F지점은 사제비동산과 만세동산 사이에 위치해 있으며 다른 시료 채취지점보다 제주조릿대가 많았으며 이와 같은 사초과에 의한 유기물 공급에 의해 유기물함량이 높은 것으로 판단된다. 반면에 해발 1800 m에 위치한 I지점의 심토에서 유기물함량이 3.38%로 매우 낮았는데 이는 훼손지 복구로 인한 표토의 침식으로 입단구조가 파괴되었기 때문으로 생각된다.

조사지의 총 질소함량은 표토 0.35 ~ 0.89%, 심토 0.25~1.01% 범위였다(그림 6). 표토층은 해발 1400m에 위치한 E지점에서 총 질소함량이 0.35%로 가장 낮았으며, 심토층은 I지점에서 0.25%로 낮았다. 반면에 유기물함량이 높았던 F지점에서 총 질소함량도 높아 서로 매우 유사한 경향을 보였다. 일반적으로 유기물함량이 높아지면 질소함량이 높아지는데 이는 유기물이 화산재에서 유래된 Al과 결합하면서 용탈에 대한 저항성이 있기 때문에 화산재가 많이 집적

된 토양에서 질소함량도 높게 나타난다. 본 연구결과 유기물함량과 총 질소함량과의 상관계수는 r=0.94**로 매우 유의한 정의 상관관계를 보였다.

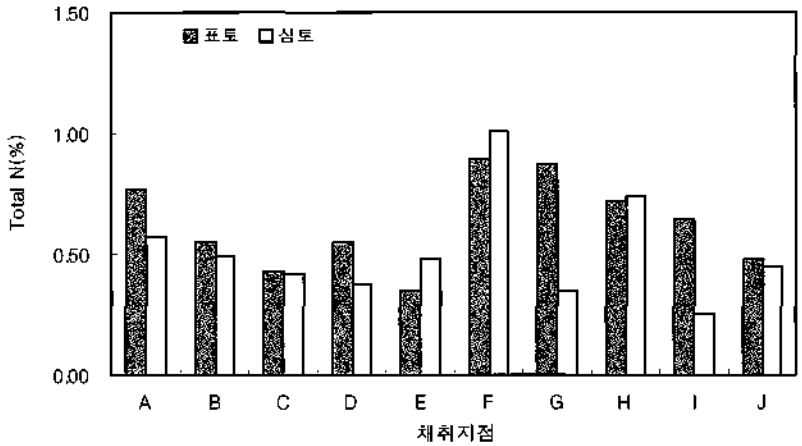


그림 6. 어리목 등산로 구간의 총 질소함량

조사지의 평균 유효인산함량은 표토와 심토에서 각각 9.9㎎/㎏와 4.7㎎/㎏로 매우 낮았다(그림 7). 인산은 화산재가 함유된 화산회토에서 강하게 흡착하여 고정시키는 능력이 크지만 인산흡수계수가 매우 높아 유효인산함량이 매우 낮기 때문이다.

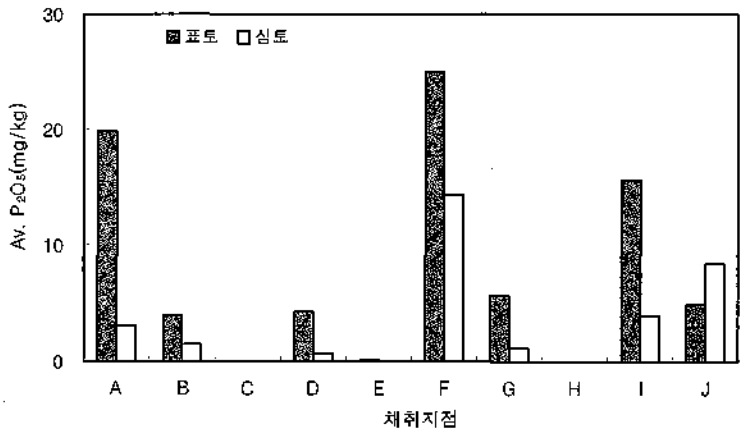


그림 7. 어리목 등산로 구간의 유효인산함량

본 연구결과는 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양의 평균 유효인산함량 표토 27.4㎎/kg, 심토 17.2㎎/kg 보다도 약 3배 정도 낮았다. 유효인산은 식물체가 흡수 가능한 형태의 토양인산을 의미하며 토양 pH와 유기물함량과의 밀접한 관계가 있다(진 등, 1994). 이(1981)에 의하면 동일한 산림지역에서도 유효인산의 변이가 크다고 보고하고 있다. 본 연구결과 유효인산과 토양 pH와의 상관계수는 r=-0.64**로 매우 유의한 부의 상관관계가, 유기물함량과의 상관계수는 r=0.55*로 유의한 정의 상관관계가 있었다.

조사지에서 표토의 치환성 K, Ca, Mg 및 Na 함량은 K 0.04~0.45cmol+/kg, Ca 0.07~0.69cmol+/kg, Mg 0.07~0.76cmol+/kg 및 Na 불검출~0.24cmol+/kg, 심토는 K 0.02~0.44cmol+/kg, Ca 0.03~0.46cmol+/kg, Mg 0.04~0.41cmol+/kg 및 Na 불검출~0.21cmol+/kg 범위였다(그림 8).

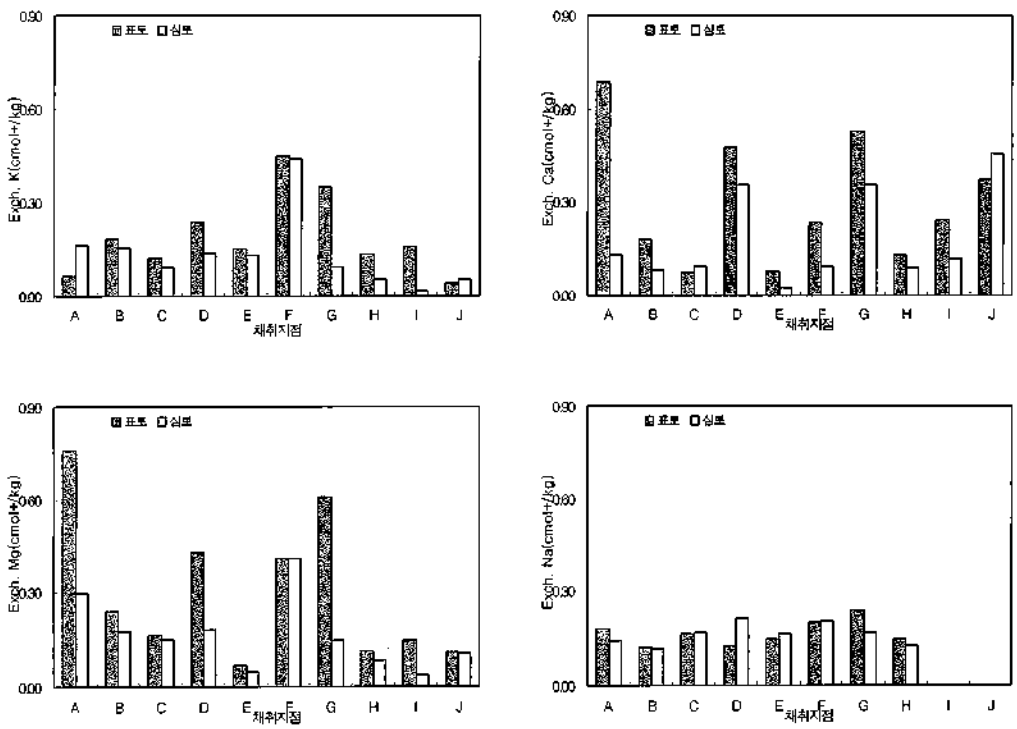


그림 8. 어리목 등산로 구간의 치환성양이온 함량

치환성 K, Ca, Mg 및 Na는 토양 pH와 밀접한 관계가 있으며, 심토보다 표토에서 치환성 양이온 함량이 높다는 보고가 있다(정 등, 2002; 류와 송, 1984). 본 연구결과 치환성 Ca를 제외한 치환성 K, Mg 및 Na와 토양 pH와의 상관계수는 각각 r=-0.61**, r=-0.68** 및 r=-0.45*로 유의한 부의 상관관계를 보였다. 또한 치환성 Na를 제외한 조사지의 평균 치환성 K, Ca 및 Mg는 심토보다 표토에서 높은 함량을 보였다. 하지만 본 연구결과 정 등(2002)이 보고한 제주도 산림토양의 치환성양이온 보다도 매우 낮은 함량을 보였다. 이는 시료채취 지점에서 염기용탈이 다량으로 일어나는 토양특성 때문이라고 생각된다.

양이온치환용량은 토양비옥도를 나타내는 가장 중요한 지표로서 토양의 전체적인 특징을 가장 잘 설명하는 인자이다. 양이온치환용량이 클수록 양분보유능이 커지고 토양의 완충능이 커지며 양분을 보관하여 식물이 필요시에 공급할 수 있는 능력이 더 커진다(류, 2000). 조사지의 평균 양이온치환용량은 표토와 심토에서 각각 14.67cmol+/kg과 15.94cmol+/kg이었다(그림 9).

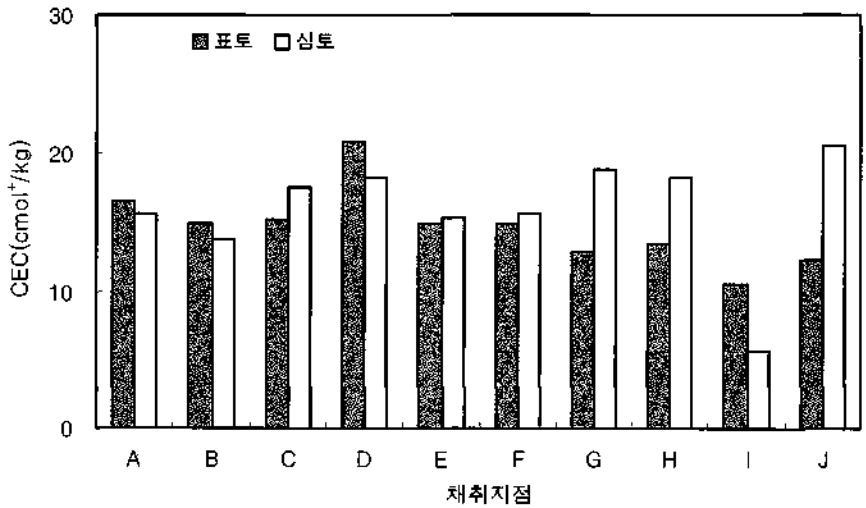


그림 9. 어리목 등산로 구간의 양이온치환용량

일반적으로 양이온치환용량은 심토보다 표토에서 높은 값을 나타내나 본 연구결과 표토보다 심토에서 다소 높았다. 정 등(2002)이 보고한 제주 산림토양에서 표토의 양이온치환용량

19.7cmol+/kg 보다는 조금 낮은 값을 보였으며, 심토 15.8cmol+/kg과는 유사한 값을 나타내었다.

4. 어리목 등산로 구간 토양의 미량원소 함량

미량원소인 구리, 철, 망간, 아연, 몰리브덴 등은 식물생육에 필수적이며 과잉이나 결핍되면 식물의 성장억제, 황화현상, 뿌리의 고사현상 등 여러 가지 증상을 나타낸다. 미량원소의 결핍은 알칼리성 조건에서 철, 망간, 구리, 아연 등은 불용화되며, 토양유기물함량이 많은 경우에도 유기물에 구리, 아연 등이 고정되어 결핍증상을 일으킨다.

조사지의 미량원소 Fe, Mn, Cu 및 Zn은 0.1N HCl을 이용한 산가용법으로 분석했으며 그 결과를 그림 10에 나타내었다. Cu 함량은 I와 J지점만이 표토 1.2와 1.0mg/kg, 심토 1.0과 0.9mg/kg이었으며 다른 지점에서는 불검출되어 그림에서 제외시켰다.

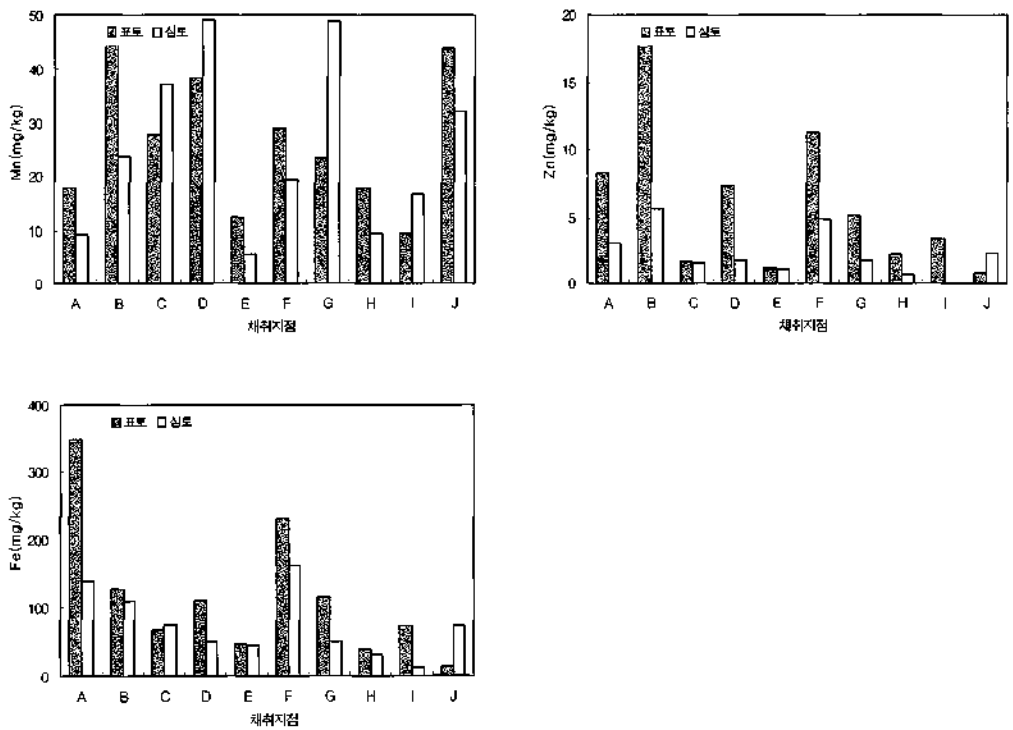


그림 10. 어리목 등산로 구간의 미량원소 함량

표토의 평균 미량원소 함량은 Fe 117.0㎎/㎏, Mn 26.8㎎/㎏ 및 Zn 5.9㎎/㎏, 심토에서는 Fe 74.5㎎/㎏, Mn 25.1㎎/㎏ 및 Zn 2.3㎎/㎏이었다. Mn은 표토와 심토간의 함량의 차이가 없었으나 Fe 및 Zn은 심토보다 표토에서 높았다. Mn 함량은 표토와 심토에서 각각 9.6~47.3㎎/㎏와 5.6~49.2㎎/㎏ 범위로 조사지에 따라 함량의 차이가 큰 것으로 나타났다. 특히 C, D, G 및 I지점에서는 표토보다 심토에서 높은 함량을 보였다. Zn 함량은 표토와 심토에서 각각 0.7~18.0㎎/㎏와 0.1~5.7㎎/㎏ 범위였으며 해발 1100m에 위치한 B지점에서 다소 높은 함량을 보였다. Fe 함량은 표토와 심토에서 각각 38.1~348.3㎎/㎏와 30.5~162.5㎎/㎏ 범위였다. 해발 1000 m에 위치한 A지점의 표토에서 Fe 함량은 348.3㎎/㎏로 평균 함량보다 약 3배 가량 높게 나타났다. 이와 같이 A지점에서 Fe 함량이 높은 이유는 예전에 등산객을 위한 대피소가 위치해 있던 주변으로 인위적인 영향에 의한 것으로 생각된다. 토양에서의 Fe의 용해도는 pH에 의해 의존되며 pH가 상승함에 따라 Fe^{3+}의 활성도는 크게 떨어지게 된다. 본 연구결과 토양 pH와 Fe 함량과의 상관계수는 r=-0.83**으로 매우 유의한 부의 상관관계를 보였다.

5. 어리목 등산로 구간 토양의 광물학적 특성

제주도 화산회토는 현무암에서 유래된 화산회를 모재로 하고 있으며 화산회가 만들어진 시기가 다르고, 퇴적양상이 달라 토층의 깊이도 각각 다르기 때문에 다양한 종류의 토양이 분포하는 것으로 알려져 있다(Song 등, 2005). 점토광물은 구조에 따라서 크게 결정질과 비결정질로 구분된다. 제주도 화산회토의 주 점토광물은 알로판(allophane)이며 비결정질 점토광물로 알려져 있다. 그러나 최근에는 직경이 3.5~5㎚인 속이 빈 구형입자로 구성되어 있다고 알려져 있다. 화산회토양의 점토광물 조성은 토양 생성단계, 토층, 화산모재의 조성, 유기물 집적 등과 같은 인자에 의해 크게 영향을 받는다(송 등, 2008).

점토광물의 형성여부와 종류를 파악하기 위하여 X-선 회절분석을 실시하였다. 그림 11에 표토를 대상으로 한 한라산 어리목 등산로 구간 토양의 X-선 회절도를 나타내었다.

그림 11에서 보는 바와 같이 해발 1800m인 I지점을 제외한 모든 조사지점에서 석영과 장석류가 주된 광물이었으며 점토광물은 확인되지 않았다. 장석은 규산알루미늄 광물군의 일종으로 알칼리장석과 사장석인 2가지의 화학성분계열로 나타낼 수 있다. 알칼리장석은 정장석($KAlSi_3O_8$)과 알바이트($NaAlSi_3O_8$) 사이에서 연속적인 화학성분계열을 보이며, 사장석계열은 알바이트와 아놀사이트($CaAl_2Si_2O_8$) 사이에서 연속적인 화학성분계열을 가진다(고 등, 2003). 고 등(2011)에 의하면 해발고도 1000m와 1200m에 위치한 한라산 소나무림 토양에서

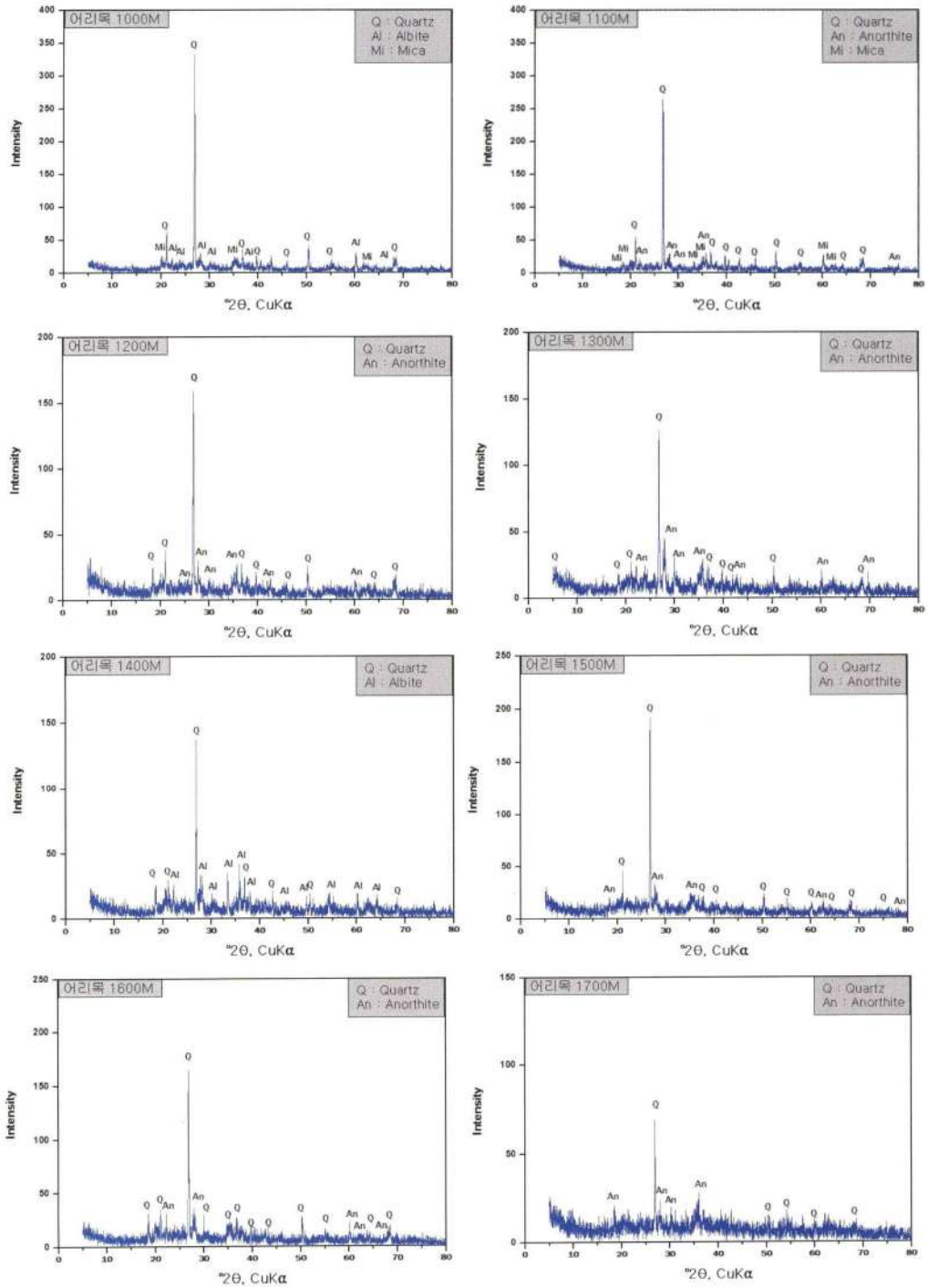


그림 11. 어리목 등산로 구간 토양의 X-선 회절도

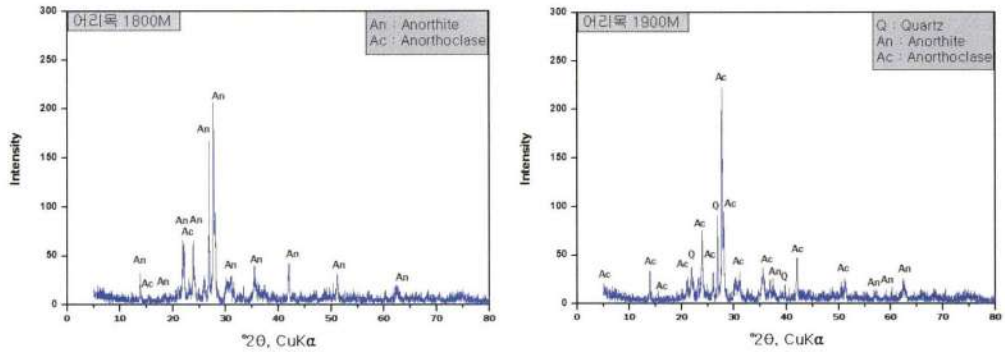


그림 11(계속). 어리목 등산로 구간 토양의 X-선 회절도

깁사이트나 카오리나이트 등과 같은 점토광물이 검출되었다고 보고한 바 있다. 본 연구결과와의 차이는 기상조건, 식생분포, 토양환경 등 많은 요인들이 있을 수 있다. 또한 X-선 회절피크에 대한 해석이 중요한데 향후 2θ 각도를 줄여서 좀더 세밀하게 X-선 회절 피크를 재분석하는 것이 필요하다고 생각된다.

채취된 토양시료의 화학성분 조성을 파악하기 위하여 X-선 형광분석을 실시하였다(표 3). 화학성분 조성은 SiO_2 19.15~57.03%, Al_2O_3 12.94~23.58%, Fe_2O_3 4.52~11.37%, TiO_2 0.35~2.72%, MnO 0.05~0.14%, MgO 0.31~1.35%, CaO 0.44~1.01, Na_2O 0.45~4.44%, K_2O 0.62~4.30% 및 P_2O_5 0.12~0.68 범위였다. 작열감량(LOI)은 12.26~43.88% 범위였으며, I와 J지점을 제외하고는 20% 이상으로 매우 높았다.

주화학성분인 SiO_2, Al_2O_3 및 Fe_2O_3는 54.00~77.59% 범위의 함량을 나타냈다. Shin과 Tavernier(1988)는 제주도 흑악통을 대상으로 한 표토층의 화학성분 연구결과에서 SiO_2 24.59%, Al_2O_3 30.64% 및 Fe_2O_3 15.09% 범위라고 보고한 바 있다. 본 연구결과와 비교하면 어리목 등산로 구간 토양의 표토층은 평균적으로 SiO_2 함량이 약 2배 정도 높았으나, Al_2O_3와 Fe_2O_3 함량은 약 2배 정도 낮은 경향을 보였다. SiO_2는 K2O, Na_2O 및 CaO를 제외하고는 전체적으로 부의 상관을 보였으며 TiO_2, P_2O_5 및 LOI와는 상관계수가 r=-0.93**으로 매우 유의한 부의 상관관계를 보였다. SiO_2와 알칼리원소인 Na_2O 및 K_2O와는 각각 r=0.85**와 r=0.89**로 매우 유의한 정의 상관관계를 보였다.

이와 같이 한라산 어리목 등산로 구간의 토양은 현무암과 조면암의 모암에서 유래된 조암광물인 장석류로 구성되었다고 판단된다. 또한 표토만을 대상으로 분석한 결과 점토광물이

미확인되었는데 심토에 대해서도 추가 분석을 실시하고 X-선 회절 피크를 재분석하는 것이 필요하겠다.

표 3. 어리목 등산로 구간 토양의 화학성분 조성(단위 : wt, %)

토층	채취 지점	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI*
표토	A	46.63	12.94	8.78	1.75	0.06	1.01	0.57	1.12	1.53	0.26	25.31
	B	41.21	16.11	9.97	1.82	0.10	1.35	0.58	0.88	1.46	0.30	25.66
	C	34.99	19.32	10.91	2.12	0.11	1.35	0.56	0.69	1.21	0.32	27.81
	D	32.06	16.16	9.72	1.88	0.09	1.33	1.01	1.08	1.33	0.39	34.55
	E	34.72	23.58	11.24	1.83	0.14	1.35	0.47	0.96	1.72	0.38	22.92
	F	31.01	13.44	9.55	1.98	0.09	1.23	0.68	0.81	1.18	0.60	38.98
	G	35.48	15.83	9.11	1.72	0.08	1.06	0.46	0.94	1.40	0.46	33.30
	H	19.15	19.24	11.37	2.72	0.10	1.00	0.44	0.45	0.62	0.68	43.88
	I	57.03	15.57	4.52	0.35	0.07	0.31	0.54	4.44	4.30	0.13	12.79
	J	55.62	16.03	5.94	0.52	0.05	0.44	0.71	4.20	4.22	0.12	12.26

*LOI : Loss on ignition

6. 어리목 등산로 구간의 토양미생물학적 특성

인지질 지방산(Phospholipid fatty acid, PLFA) 분석을 통하여 토양미생물의 활성을 측정할 수 있으며 기존 배양방법보다 사실에 가까운 미생물의 생태, 군집구조, 기능 등을 평가할 수 있다(Bossio 등, 1998; Green과 Scow, 2008; 좌, 2011). 또한 토양상태를 평가하는 지표로서 특이 지방산에 의하여 세균, 방선균, 사상균 등의 분류군을 구별할 수 있다(Bossio와 Scow, 1998). 본 연구는 표토를 대상으로 한 분석한 결과이다.

인지질 지방산함량을 이용한 어리목 등산로 구간의 토양미생물 분포비율을 표 4에 나타내었다. 어리목 등산로 구간의 토양미생물인 그람양성세균, 그람음성세균, 방선균, 곰팡이 및 균근균 분포비율은 각각 17.0%, 25.45%, 10.03%, 12.46% 및 2.85%였다. 따라서 미생물 분포는 세균 > 곰팡이 > 방선균 > 균근균 순으로 감소하는 경향을 보였다.

그람양성세균은 C지점에서 20.94%로 가장 높았으며 F지점에서 12.58%로 낮게 나타났다. 그람음성세균은 D지점에서 32.18%로 가장 높았으며 G지점에서 20.27%로 낮았으나, 평균적으로 그람양성세균보다는 높게 분포하였다. 방선균, 곰팡이 및 균근균은 G, F, F지점에서 각각 11.84%, 15.72% 및 3.69%로 가장 높았으며, F, C, B지점에서 각각 7.71%, 8.42% 및 1.91%로 가

표 4. 어리목 등산로 구간의 토양미생물 분포(단위 : %)

구 분	그람양성세균	그람음성세균	방선균	곰팡이	균근균
A	18.10	24.16	10.26	13.88	2.42
B	18.03	27.66	10.03	13.48	1.91
C	20.94	21.20	10.55	8.42	2.93
D	14.85	32.18	9.22	11.35	2.71
E	16.66	28.42	9.83	9.87	3.30
F	12.58	25.40	7.71	15.72	3.69
G	17.87	20.27	11.84	15.53	3.25
H	13.92	22.72	8.22	14.84	3.15
I	18.54	26.33	11.22	11.27	2.33
J	18.82	26.17	11.37	10.20	2.79

장 낮았다. 본 연구결과 그람양성균과 방선균과의 상관계수는 r=0.84**로 매우 유의한 정의 상관관계를 보였으나 나머지 토양미생물은 상관관계를 보이지 않았다. A에서 E지점까지는 일명 숲터널로 불리는 어리목계곡 낙엽활엽수림대로 숲속 환경을 나타낸다면 F에서 J지점까지는 아고산대로서 주변으로 오름들이 보이는 개방된 지역이다. 따라서 이들 지역간에는 환경요소와 식생 등에 의하여 토양미생물 분포가 서로 다른 것으로 판단된다. 반면에 A와 B지점 및 I와 J지점은 서로 비슷한 토양미생물 분포를 보였다.

그림 12에 인지질 지방산함량을 이용한 어리목 등산로 구간 토양의 생물학적 지표를 나타내었다. 탄소 영양원 이동 지표인 그람음성세균과 그람양성세균(G-/G+)비는 평균 1.5였다. 평균보다 높은 지점은 C, D 및 E지점으로 각각 2.0, 1.7 및 2.0의 비를 나타냈으며 어리목 등산로 구간의 토양 중 탄소영양원이 높은 지역임을 알 수 있다.

유기물함량 지표인 세균과 곰팡이(B/F) 분포비율은 평균 341.1%였으며 C, D, E, I 및 J지점에서 평균보다 높은 비율을 나타냈다. C, D 및 E지점의 분포비율은 각각 500.5%, 414.4% 및 456.7%로 매우 높았으며 G-/G+비와 매우 유사한 경향을 나타냈다. 따라서 C, D 및 E지점은 토양 중 유기물함량이 높고 미생물이 이용 가능한 탄소영양원도 높은 지역으로 판단된다. 본 연구결과 유기물함량과 G-/G+ 및 B/F의 상관계수는 각각 r=-0.91**과 r=-0.84**로 매우 유의한 부의 상관관계를 보였다.

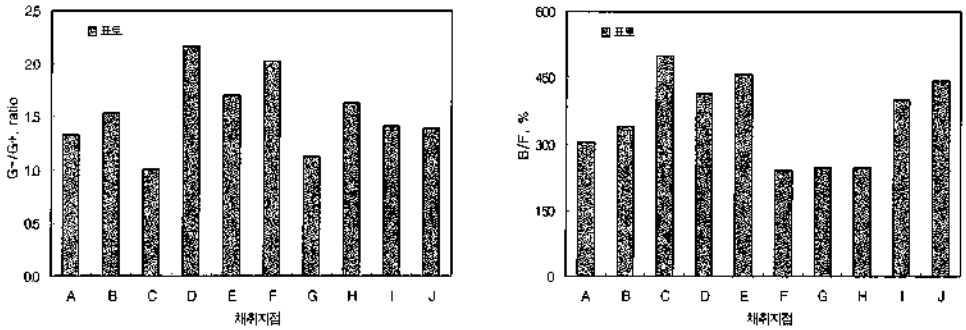


그림 12. 어리목 등산로 구간 토양의 생물학적 지표

Soil Properties of the Eorimok Restricted Trail in Mt. Halla

Seok-Hyung Ko*, Seung-Hoon Yang, In-Bo Kang[1)], Chul-Soo Kim and Chang-Jo Kim
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1)]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Summary

This study was surveyed to find out the physico-chemical, mineralogical and microbiological properties of soil at the Eorimok restricted trail in Mt. Halla. We were collected a soil sample at the Eorimok restricted trail during from April to September in 2012.

The dominant series of the Eorimok restricted trail by GIS was Heugag series. Soil texture of the Eorimok restricted trail were classified silty loam except for some sites. The average Bulk and particle density were 0.55g/㎤ and 1.28g/㎤ respectively. The porosity ranged from 50 to 71%, Three phases of soil showed higher by the range of 46 to 70% in liquid phase. Hydraulic conductivity ranged from 18 to 131㎝/h, it Showed a somewhat larger difference between the study site.

The average soil pH was 4.78 in topsoil and 4.93 in subsoil. The soil pH showed to be higher at subsoil than topsoil. Electrical conductivity showed low concentrations by the range of 0.05 to 1.44 dS/m. The average soil organic matter contents were 14.45% in topsoil and 11.33% in subsoil, F site were higher than in other sites. Total nitrogen contents of soil also showed similar to organic matter contents. Available phosphate concentration and exchangeable base showed to be very low contents. The average cation exchange capacity

was 14.67% in topsoil and 15.94% in subsoil. The average microelement contents of topsoil were Fe 117.0㎎/㎏, Mn 26.8㎎/㎏ and Zn 5.9㎎/㎏, and subsoil were Fe 74.5㎎/㎏, Mn 25.1㎎/㎏ and Zn 2.3㎎/㎏.

The main rock-forming minerals of the Eorimok restricted trail were quartz and feldspar group. The major chemical composition of the Eorimok restricted trail were SiO_2, Al_2O_3 and Fe_2O_3 contents were ranged from 54.00 to 77.59%. Loss on ignition were from 12.26 to 43.88%, showed very high contents except for I and J sites.

Soil microbes of the Eorimok restricted trail were G+ bacteria 17.00%, G- bacteria 25.45%, actinomycetes 10.03%, fungi 12.46% and mycorrhiza 2.85%. Distribution of microbial group by using PLFA profiles were in the order of bacteria > fungi > actinomycetes > mycorrhiza.

참고문헌

Bligh, E.G. and D.W.J. Dyer. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37:911-917.

Bossio, D.A., K.M. Scow, N. Gunapala, and K.J. Graham. 1998. Determinants of soil microbial communities: effects of agricultural management, season, and soil type on phospholipid fatty acid profiles. Microb. Ecol. 36:1-12.

Bossio, D.A. and K. Scow. 1998. Impacts of carbon and flooding on soil microbial communities: phopholipid fatty acid profiles and substrate utilization patterns. Microb. Ecol. 35:265-278.

Green, C.T. and K.M. Scow. 2008. Analysis of phospholipid fatty acid(PLFA) to chatacterize microbial communities in acuifers. Hydrogeo. J. 8:126-141.

Li, W.H., C.B. Zhang, H.B. Jiang, G.R. Xin and Z.Y. Yang. 2006. Changes in soil microbial community associated with invasion of the exotic weed Mikania micrantha H. B. K. Plant Soil. 281:309-324.

National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Taxonomical classification of Korean soils. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.

Rahman, M.H., A. Okubo, S. Sugiyama and H.F. Mayland. 2008. Physical, chemical and microbiological properties of an Andisol as related to land use and tillage practice. Soil Till. Res. 101:10-19.

Shin, J.S. 1978. Composition and genesis of volcanic ash soils derived from basaltic materials in Jeju Island(Korea). Ph.D. Thesis. State Univ. of Ghent, Belgium.

Song, K.C., S.J. Jeong, B.K. Hyun, Y.K. Sonn and H.K. Kwak. 2005. Characteristics and classification system in Korean soils. in Achievement and development plan of soil survey in Korea. pp.35-107.

USDA, Soil Survey Staff. 1990. Keys to soil taxonomy. SMSS Technical Monograph No.19,

4th ed. USDA-SMSS, Blacksbury, Virginia.

고석형, 고정군, 오장근, 현승철, 김철수, 현해남. 2011. 한라산 장기생태연구지의 주요 임상별 토양 및 광물학적 특성. 제주특별자치도 한라산연구소 조사연구보고서 No.10:121-142.

고정선, 윤성효, 강순석. 2003. 제주도 한라산 백록담 분화구 일대 화산암류의 암석학적 연구. 암석학회지 12(1):1-15.

국토연구원. 2000. 한라산 기초조사 및 보호관리계획수립. 제주도. pp.17-200.

김필주, 이도경, 정덕영. 1997. 토양의 용적밀도에 따른 포화수리전도도 및 음이온의 용출양상. 한국토양비료학회 30(3):234-241.

농업기술연구소. 1976. 제주도 정밀토양도. 농업기술원, 농촌진흥청. 수원, 한국

농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. pp.450.

류순호. 2000. 토양사전. 서울대학교출판부. pp.470.

류순호, 송관철. 1984. 제주도 토양의 화학적 특성 조사연구- I. 지대별 화학적 특성 변화. 한국토양비료학회 17(1):1-6.

송관철, 정석재, 현병근, 손연규, 장용선, 박찬원, 홍석영, 김이현, 최은영. 2008. 흙사랑 실천을 위한 제주도 토양조사 · 분류 · 해설 현장연구- 1. 제주도 화산회 토양의 특성과 분류. 농촌진흥청. pp.1-40.

이수욱. 1981. 한국의 삼림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지 54:25-35.

정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6):694-700.

정진현, 원형규, 김인호. 2004. 한국의 산림입지 - 산림토양. 산림청 · 국립산림과학원. pp.3-30.

조성진, 박찬서, 엄대익. 2001. 사정토양학. 향문사. pp.396.

제주특별자치도. 2006. 제주산림 어제와 오늘 제주산림 60년사. 제주특별자치도. pp.37-40.

좌재호. 2011. 시비방법에 따른 감귤원 토양의 미생물 활성과 군집 다양성. 제주대학교 박사학위논문.

진현오, 이명종, 신영오, 김정제, 전상근. 1994. 산림토양학. 향문사. pp.325.

허봉구, 조인상, 민경범, 엄기태. 1984. 우리나라 토양의 대표적인 물리화학적 특성. 한국토양비료학회지 17:330-336.

한라산 영실지역 기후변화 취약식물종 식물계절성 연구

김대신*, 김수경, 김현철, 강인보[1)]
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주특별자치도 녹지환경과

요 약

본 연구는 한라산 영실지역에 분포하는 기후변화취약식물 39종류를 대상으로 하여 2010년 3월부터 2012년 11월까지 식물계절성 변화 모니터링을 실시하였다. 조사식물은 영양기관의 식물계절성 변화(잎눈파열시기, 성장시작시기, 개엽시기, 단풍 50%이상시기, 낙엽 90%이상시기)와 생식기관의 식물계절성 변화(꽃눈파열시기, 개화 50%이상시기, 낙화 90%이상시기, 열매성숙도완료시기)의 특성으로 구분하여 기후변화취약종의 식물계절변화를 분석하였다.

기상자료는 2010년 3월부터 2012년 11월까지 측정하였으며 기상자료 조사결과, 최고기온은 2010년의 33.4℃(한라산 영실 해발 1,458m)였고 최저온도도 2012년의 -17℃(한라산 영실 해발 1,458m)였고, 최고상대습도는 100%, 최저상대습도는 0%(한라산 영실 해발 1,330m)였다.

생장시작(budding dates)과 개엽시기(leafing dates)가 2010년을 기준으로 2011년에는 다소 늦어졌다가 2012년에는 빨라지는 경향을 보였지만, 함박꽃나무와 백리향은 매년 빨라지고 있어 차이를 보였다. 이는 2월과 3월의 기온변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 단풍시기와 낙엽시기의 경우 산개벚지나무, 개서어나무, 마가목, 함박꽃나무 등의 단풍시기는 매년 빨라지는 경향을 보였는데, 이는 9월중 기온을 보면 2010년 16.3℃에서 2012년 13.4℃로 매년 낮아졌기 때문으로 판단된다.

식물계절 변화에 대한 연구 자료의 축적은 향후 기후변화와 결부하여 중요한 기반정보로 활용될 수 있으므로 기후변화는 물론 미기후 변화에 따른 식물계절 차이의 상관성을 보다 정량적으로 밝히는 보강연구가 수행될 필요가 있다고 사료된다.

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7571, E-mail : kds3374@korea.kr

서 론

지구평균온도는 지난 세기동안 0.74℃ 증가하였고(IPCC, 2007), 한반도의 평균기온은 약 1.5℃ 상승하여 기후변화현상은 우리 주변에서 매우 급속하게 일어나고 있다(Korea Meterological Administration, 2008). 전 세계적인 기후변화의 가장 큰 원인으로 산업화, 도시화 등으로 인한 대기중 이산화탄소의 농도 증가이며(Curtis와 Wang, 1998; IPCC, 2007), 특히 자연생태계의 영향을 주어 생물다양성에 심각한 위협을 주고 있다. 식물계절은 식물이 계절을 따라 주기적으로 나타내는 변화로서, 식물의 개화와 개엽은 겨울 및 봄철의 온도가 가장 민감한 요인이며(이 등, 2009), 급격한 계절변화로 인해 식물종간의 상호작용 및 초식자, 곤충 생활상에 영향을 미쳐 생태계의 불균형을 야기할 수 있다(Ahas 등, 2006; 정 등, 2005).

식물계절에 대한 연구는 대부분 장기적인 모니터링을 통하여 이루어지며 관련 연구로는 진달래 및 철쭉류의 개화시기 연구(김 등, 1985), 서울지역 왕벚나무 등의 개화시기 변화 연구(이 등, 2003), 벚나무 개화시기 변화 연구(이 등, 2003; 정 등, 2005), 남한산성과 대관령 공통종의 개화시기 변화 연구(민 등, 1993), 홍릉수목원내 개나리 등의 개화시기 연구(성, 2003), 기후변화취약식물의 식물계절성 변화 연구(조 등. 2008; 김 등, 2011), 이산화탄소 농도에 따른 식물계절 및 번식특성 연구(이 등, 2001; 이 등, 2002; 신 등, 2012) 등이 있다.

한라산은 식물의 수직분포가 뚜렷한 지역 중 하나로 아고산지역을 중심으로 북방계식물이 다수가 분포하며, 영실지역은 해발고도에 따라 소나무와 구상나무 등이 우점하는 침엽수림, 관목림 등 다양한 임상을 보이며 제주황기, 손바닥난초, 좀향유, 백당나무, 좀고채목, 한라고들빼기, 은분취, 한라구절초, 흰그늘용담, 섬매발톱나무, 구상나무 등 다양한 특산식물과 희귀식물들이 생육하고 있는 지역이다(김 등, 2006; 백 등, 2007). 한라산 아고산지역의 식물은 기후변화에 민감한 분류군들로 기온상승시 피난처가 없어 멸종위기에 처할 것으로 알려져 있어 이에 대한 지속적인 식물계절 모니터링이 필요한 지역이다.

따라서 본 연구는 한라산 영실지역 기후변화 취약식물의 생물계절성변화를 조사하여 향후 기후변화에 따른 식물보전방안 등을 모색코자 실시하였다.

조사 및 방법

1. 조사지 개황

한라산천연보호구역은 정상 화구호인 백록담을 중심으로 동서로 약 14.4㎞, 남북으로 9.8㎞이며 면적은 9,093.1ha이다. 1966년 10월 12일 백록담을 중심으로 한 산록지대가 천연기념물 제182호로 지정되었고, 2002년 12월에는 유네스코 생물권보전지역으로 지정되었으며 2007년 6월 27일에 유네스코 세계자연유산으로 등재되었다. 한라산은 화산회토로 구성되어 있어 많은 고유종이 자라며 해발 고도에 따라 온대낙엽수림대로부터 한대침엽수림대까지 식물분포의 다양함을 나타내고 있다.

영실 조사지역은 영실소나무림(영실 탐방로, 해발 1,280m)에서부터 윗세오름대피소(영실 탐방로, 해발 1,700m)까지 약 5㎞의 탐방로구간이다(그림 1).

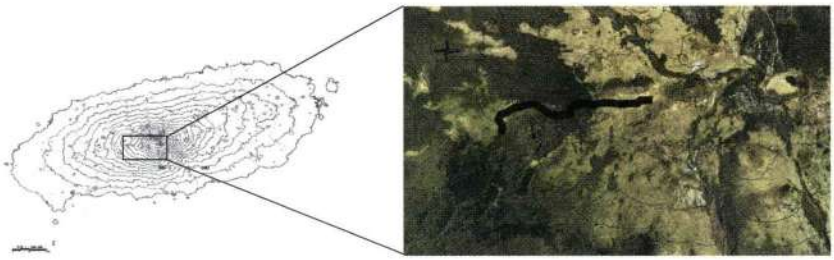


그림 1. 조사지역 (한라산 영실 탐방로)

2. 기상변화조사

한라산 영실지역의 미기상을 측정하기 위해 보조기상장비(기온, 상대습도 센서)를 영실탐방로 해발 1,330m(N 33°21′16.3" E 126°29′53.1"), 해발 1,458m(N 33°21′28.9" E 126°29′51.2"), 해발 1,640m(N 33°21′32.9" E 126°30′30.8") 3개 지역에 설치하였다. 기상분석은 2010년 3월부터 2012년 11월까지 수집된 데이터를 이용하였다.

3. 식물계절변화

한라산 영실지역을 2010년 3월부터 2012년 11월까지 조사하였다. 식물계절변화 조사는 조사지역내에서 양호한 생육을 보이는 개체를 대상으로 개엽, 개화, 결실, 단풍, 낙엽시기를 조

사하였다. 조사대상종 중 취약종은 북방계 5분류군(침엽수 3분류군, 활엽수 1분류군, 초본류 1분류군)과 남방계 4분류군(활엽수 3분류군, 초본류 1분류군), 관심종은 침엽수 1분류군, 활엽수 6분류군, 초본류 1분류군, 일반종(지역종)은 활엽수 7분류군, 초본류 12분류군으로 총 36분류군 43개체를 모니터링 하였다(표 1).

표 1. 한라산 영실조사지역 조사 수종

구 분	학 명	국 명
취약종	*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.	주목
	Juniperus chinensis var. *sargentii* A. Henry	눈향나무
	Abies koreana Wilson	구상나무
	Sorbus commixta Hedl.	마가목
	Primula modesta var. *hannasanensis* T. Yamaz.	설앵초
	Ilex crenata var. *microphylla* Maxim. ex Matsum.	좀꽝꽝나무
	Rhamnus taquetii (H. Lév.) H. Lév.	좀갈매나무
	Berberis amurensis var. *quelpaertensis* Nakai	섬매발톱나무
	Dendranthema coreanum (H. Lév. & Vaniot) Vorosch.	한라구절초
관심종	*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.	소나무
	Magnolia sieboldii K.Koch	함박꽃나무
	R. yedoense f. *poukhanense* (H. Lév.) M. Sugim. ex T. Yamaz.	산철쭉
	Salix hallaisanensis H.Lev.	떡버들
	Betula ermanii Cham.	좀고채목
	Thymus quinquecostatus Celak.	백리향
	Acer pseudosieboldianum (Pax) Kom.	당단풍나무
	Gentiana chosenica Okuyama	흰그늘용담
일반종 (지역종)	*Carpinus tschonoskii* Maxim.	개서어나무
	Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum* Nakai	털진달래
	Prunus maximowiczii Rupr.	산개벚지나무
	Hydrangea serrata f. *acuminata* (Siebold & Zucc.) E.H.Wilson	산수국
	Weigela florida (Bunge) A.DC.	붉은병꽃나무
	Empetrum nigrum var. *japonicum* K. Koch	시로미
	Cornus kousa F.Buerger ex Miquel	산딸나무
	Viburnum furcatum Blume	분단나무
	Hepatica insularis Nakai	새끼노루귀
	Taraxacum hallaisanensis Nakai	좀민들레
	Viola orientalis (Maxim.) W. Becker	노랑제비꽃
	Dryopteris crassirhizoma Nakai	관중
	Elsholtzia minima Nakai	좀향유,
	Bistorta alopecuroides (Turcz. ex Besser) Kom.	가는범꼬리
	Saussurea gracilis Maxim.	은분취
	Trifolium lupinaster f. *alpinus* (Nakai) M. Park	제주달구지풀
	Senecio nemorensis L.	금방망이
	Veratrum oxysepalum Turcz.	박새
	Ligularia fischeri (Ledeb.) Turcz.	곰취

결과 및 고찰

1. 기상변화

기상자료는 2010년 3월부터 2012년 11월까지 측정하였으며 측정 결과는 그림 2~7과 같다. 한라산 영실지역에서 수집된 기상자료를 보면 최고기온은 2010년의 33.4℃(한라산 영실 해발 1,458m)였고 최저온도도 2012년의 -17℃(한라산 영실 해발 1,458m)로 조사되었다. 최고상대습도는 100%. 최저상대습도는 0%(한라산 영실 해발 1,330m)로 조사되었다.

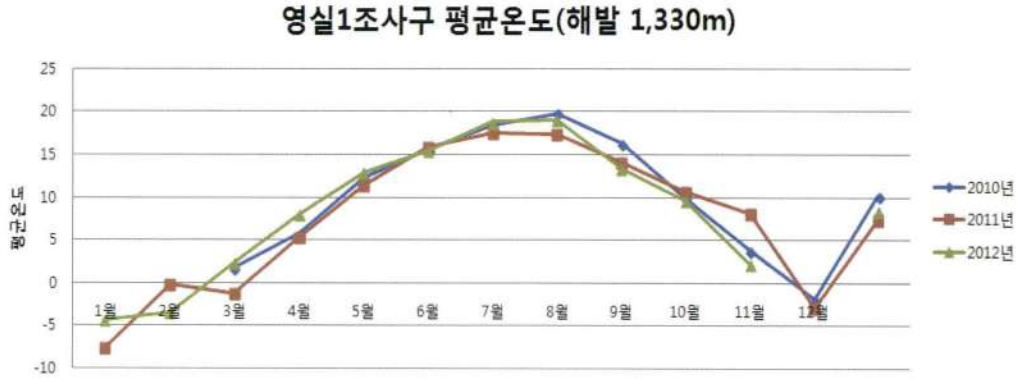


그림 2. 한라산 영실 1조사구(해발 1,330m) 평균온도

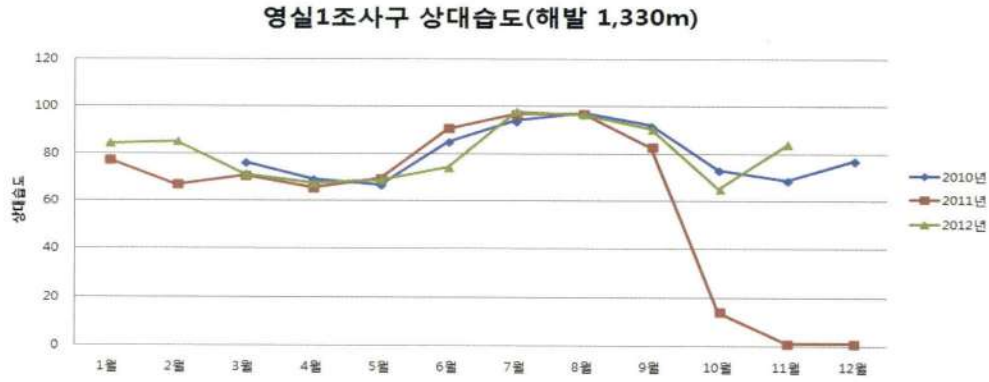


그림 3. 한라산 영실 1조사구(해발 1,330m) 상대습도

영실 1조사구(해발 1,330m)의 2011년 년평균기온은 7.4℃로 2012년 8.6℃보다 1.2℃ 정도 낮았고 2012년도의 경우 월평균온도의 변화는 -4.3~19.0℃로 2011년보다 1.5~3.3℃ 정도 높은 것으로 나타났으며 1~2월까지 영하의 온도를 보였으나 3월 이후 온도가 빠르게 상승하였고, 특히 2월중 평균온도가 지난해 보다 3.2℃ 정도 낮은 특징을 나타냈다. 연도별 상대습도의 변화를 보면 2011년도의 경우 월별 평균상대습도는 14.0~97.0%였으며, 10월이 가장 낮은 습도를 보였고, 2012년도의 경우 월별 평균상대습도는 65.1~97.7%로 전년도 보다 조금 높은 것으로 나타났으며 10월 평균습도가 가장 낮았고, 7월이 가장 높게 나타나 전년도 보다 월별 상대습도에 차이를 보였다. 월별 최고상대습도는 89.2~99.9%였으며, 월별 최저상대습도는 5.8~55.8%로 전년보다는 다소 높은 것으로 나타났다.



그림 4. 한라산 영실 2조사구(해발 1,458m) 평균온도

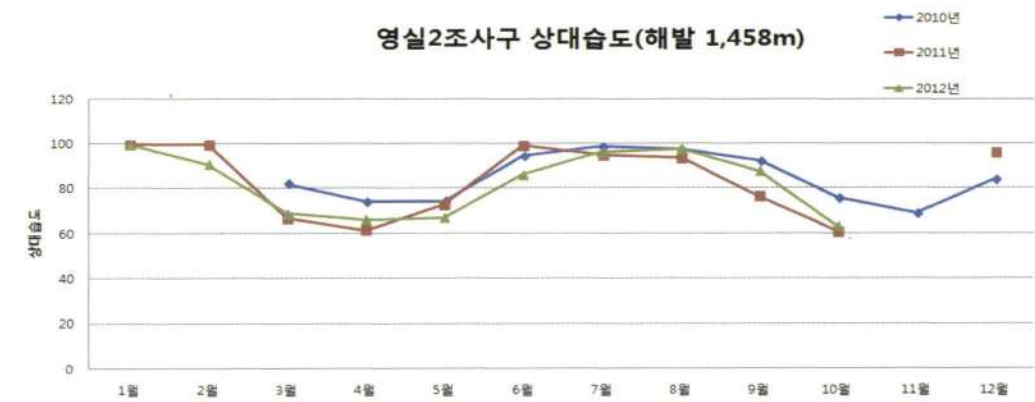


그림 5. 한라산 영실 2조사구(해발 1,458m) 상대습도

영실 2조사구(해발 1,458m) 2011년의 년평균기온은 8.2℃로 2012년 9.7℃보다 1.5℃ 정도 낮았다. 2011년도의 경우 월평균온도의 변화는 -1.0~19.0℃로 3월 중 평균온도가 가장 낮았고 7월 중 평균온도가 19.0℃로 가장 높게 나타났으며, 2012년도의 경우 월평균온도의 변화는 -1.0~18.6℃로 2011년보다 다소 높은 것으로 나타났으며 1~2월까지 영하의 온도를 보였으나 4월 이후 온도가 빠르게 상승하였고 특히 2월중 평균온도가 지난해 보다 2.1℃ 정도 낮은 것이 특징적이었다. 연도별 상대습도의 변화를 보면 2011년도의 경우 월별 평균상대습도는 60.5~99.3%로, 8월의 평균상대습도가 가장 높게 나타났고, 2012년도의 경우 년평균상대습도는 82.1%로 2011년도 76.6% 보다 높게 나타났으며 월별 평균상대습도는 65.9~99.2%로 전년도

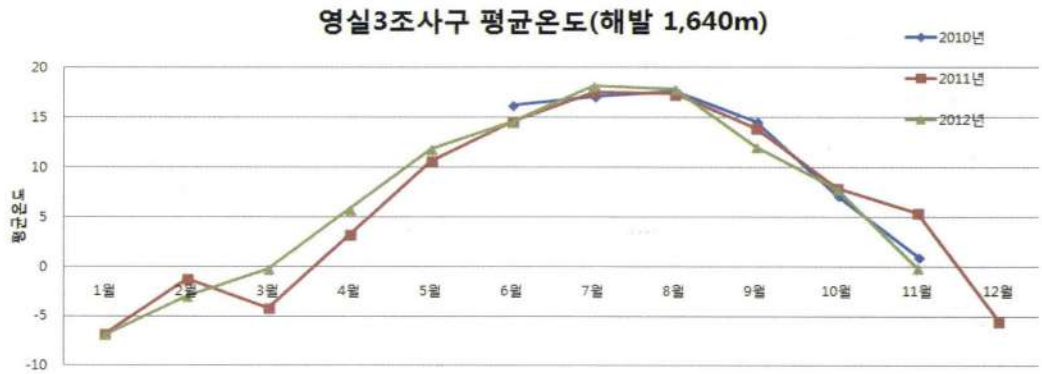


그림 6. 한라산 영실 3조사구(해발 1,640m) 평균온도



그림 7. 한라산 영실 3조사구(해발 1,640m) 상대습도

보다 조금 높은 것으로 나타났으며 4월 평균습도가 가장 낮았고, 1월이 가장 높게 나타나 전년도 보다 월별 상대습도에 차이를 보였다. 월별 최고상대습도는 99.2~99.9%였으며, 최저상대습도는 7.0~96.6%로 전년도와 유사한 것으로 나타났다.

영실 3조사구(해발 1,640m)의 평균기온의 변화는 2011년의 경우 년평균기온은 6.1℃로 2012년 7.1℃보다 1.0℃ 정도 낮았다. 2012년도의 경우 월평균온도의 변화는 -6.9~18.1℃로 2011년보다 다소 높은 것으로 나타났으며 1월~3월까지 영하의 온도를 보였으나 4월 이후 온도가 빠르게 상승하였고 특히 2월 중 평균온도가 지난해 보다 1.8℃ 정도 낮은 것이 특징적이었다. 9월 이후의 기온이 지난해보다는 낮게 형성되어진 점도 금년도 특징 중 하나다. 월별 최고온도는 -0.7~31.5℃ 범위를 보였고 최저온도는 -17.0~10.6℃로 나타나 전년도와는 차이를 보였다. 연도별 상대습도의 변화를 보면 2011년도의 경우 월별 평균상대습도는 65.4~99.8%로 2월의 평균상대습도가 가장 높게 나타났고 10월이 가장 낮은 습도를 보였으며 1~2월, 7~8월 및 12월 평균습도가 90% 이상인 것으로 나타났다. 2012년도의 경우 년평균 상대습도는 82.9%로 2011년도 86.6% 보다 낮게 나타났으며 월별 평균상대습도는 57.6~99.2%로 전년도 보다 다소 낮은 것으로 나타났으며 6월 평균습도가 가장 낮았고, 2월이 가장 높게 나타나 전년도 보다 월별 상대습도에 차이를 보였다. 월별 최고상대습도는 100%였으며, 최저상대습도는 9.7~97.8%로 전년도와 유사한 것으로 나타났다.

2. 생물계절성 변화

한라산 영실지역 침엽수 영양기관의 생물계절성 변화를 살펴보면(표 2), 구상나무, 소나무, 주목의 경우 생장시작시기 및 개엽시기가 매년 변화를 보여 조사를 시작한 2010년 이후 2011년에는 1~21일까지 느려졌다가 2012년에는 8~22일 정도 빨라진 것으로 나타나 유사한 경향을 보였다. 반면 눈향나무의 경우는 이와는 반대로 2010년 생장시작일을 기준으로 2011년에는 9일 정도 빨라졌다가 2012년도에는 4일 정도 늦어진 것으로 나타났으며, 개엽시기는 점진적으로 빨라지는 경향을 보여 다른 침엽수종과는 차이를 보였다.

한라산 영실지역 침엽수 생식기관의 화분비산시기 및 열매형성시기 등 생물계절성 변화를 분석해보면 표 3과 같다. 구상나무, 소나무의 경우 매년 변화를 보여 조사를 시작한 2010년 이후 2011년에는 1~13일 까지 느려졌다가 2012년에는 8~9일 정도 빨라진 것으로 나타나 영양기관 생장시작시기 등의 변화와 유사한 경향을 보였다. 반면 눈향나무는 2010년을 기준으로 2011년에는 변화가 없었고 2012년에는 3~4일 정도 빨라진 것으로 나타나 다른 침엽수종과는

차이를 보였다.

표 2. 침엽수 영양기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	잎눈파열시기			개엽시기			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Abies koreana	5/12	5/18 (-6)	5/10 (+8)	5/20	5/25 (-5)	5/17 (+8)	구상나무1
Pinus densiflora	5/12	6/2 (-21)	5/17 (+16)	6/8	6/9 (-1)	5/23 (+17)	소나무1
Taxus cuspidata	4/13	4/20 (-7)	4/12 (+8)	5/20	6/2 (-13)	5/17 (+16)	주목2(수)
Taxus cuspidata	4/20	5/4 (-14)	4/12 (+22)	5/12	5/18 (-6)	5/10 (+8)	주목1(암)
Juniperus chinensis var. *sargentii*	4/29	4/20 (+9)	4/24 (-4)	5/20	5/13 (+7)	5/10 (+3)	눈향나무(수)

표 3. 침엽수 생식기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	비산시작시기			비산(>50%)			열매생성시기			열매(성숙도 3)			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Abies koreana	5/12	5/18 (-6)	5/10 (+8)	실기	5/25	5/17 (+8)	5/20	6/2 (-13)	5/23 (+9)	10/27	10/7 (+20)	9/27 (+10)	구상나무1
Pinus densiflora	6/8	6/9 (-1)	5/30 (+9)	6/8	6/9 (-1)	6/7 (+2)	6/17	6/21 (-4)	6/13 (+8)	10/27	-	11/8	소나무1
Taxus cuspidata	-	4/20	4/17 (+3)	-	5/4	4/24 (+9)	-	-	-	-	-	-	주목2 (수)
Juniperus chinensis var. *sargentii*	4/20	4/20 (0)	4/17 (+3)	-	4/28	4/24 (+4)	-	-	-	-	-	-	눈향나무 (수)

상록활엽수 영양기관의 잎눈파열시기 및 개엽시기 등 생물계절성 변화를 분석해보면(표 4) 좀팽팽나무의 경우 2010년 관찰일을 기준으로 2011년에는 비슷한 경향을 보였으나 2012년에는 전년보다 3일 정도 빨라진 것으로 조사되었으며, 개엽시기도 비슷한 경향을 보였다. 시로미는 2010년 관찰일을 기준으로 매년 점진적으로 빨라지는 경향을 보였으며, 개엽시기는 2010년 관찰일을 기준으로 2011년에는 2일 정도 느려졌다가 2012년에는 전년보다 10일 정도 빨라진 것으로 조사되어 좀팽팽나무와 유사한 경향을 보였다.

상록활엽수 생식기관의 꽃눈파열시기, 개화시기, 낙화시기 및 열매형성시기 등 생물계절성 변화를 보면 표 5와 같다. 좀팽팽나무의 경우 2010년 이후 2012년까지 꽃눈파열시기가 점

진적으로 빨라지는 경향을 보였고 개화 50% 이상시기 및 낙화 90% 이상시기도 비슷한 경향을 보이고 있다. 시로미의 경우 2010년 관찰일을 기준으로 꽃눈파열시기는 2011년에는 1주일 정도 느려졌다가 2012년에는 2010년과 비슷해지는 경향을 보였으며, 개화시기는 2010년도 이후 소폭 느려지는 경향을 보였다.

표 4. 상록활엽수 영양기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	잎눈파열시기			개엽시기			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Ilex crenata var. *microphylla*	5/12	5/13 (-1)	5/10 (+3)	5/31	6/2 (-2)	5/23 (+10)	좀꽝꽝나무1(수)
Ilex crenata var. *microphylla*	5/12	5/4 (+8)	4/24 (+10)	5/31	6/9 (-9)	5/17 (+23)	좀꽝꽝나무2(수)
Empetrum nigrum var. *japonicum*	5/25	5/18 (+7)	5/10 (+8)	5/31	6/2 (-2)	5/23 (+10)	시로미(수)
Empetrum nigrum var. *japonicum*	-	5/18	5/10 (+8)	-	6/2	5/23 (+10)	시로미(암)

표 5. 상록활엽수 생식기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	꽃눈파열시기			개화(>50%)			낙화(>90%)			열매(성숙도3)			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Ilex crenata var. *microphylla*	7/8	7/5 (+3)	6/28 (+7)	7/14	7/13 (+1)	7/9 (+4)	8/3	7/21 (+13)	7/20 (+1)	해당 없음	해당 없음	해당 없음	좀꽝꽝 나무1(수)
Ilex crenata var. *microphylla*	6/30	6/21 (+9)	6/13 (+8)	7/14	7/13 (+1)	7/9 (+4)	8/3	8/3 (0)	7/20 (+14)	해당 없음	해당 없음	해당 없음	좀꽝꽝 나무2(수)
Empetrum nigrum var. *japonicum*	4/13	4/20 (-7)	4/12 (+8)	4/29	5/4 (-5)	5/4 (0)	5/4	5/18 (-14)	5/10 (+8)	해당 없음	해당 없음	해당 없음	시로미 (수)
Empetrum nigrum var. *japonicum*	-	4/28	4/5 (+23)	-	5/13	4/24 (+18)	-	5/18	5/10 (+7)	8/6	8/10 (-4)	8/1 (+9)	시로미 (암)

낙엽활엽수 영양기관의 잎눈파열시기, 개엽시기, 단풍시기 및 낙엽시기 등 생물계절성 변화를 보면 표 6과 같다. 조사수종 중 분단나무, 산개벚지나무, 개서어나무, 마가목, 당단풍나무, 털진달래, 산딸나무, 산철쭉, 좀갈매나무, 붉은병꽃나무, 좀고채목 등은 잎눈파열시기에 있어 2010년 관찰일을 기준으로 잎눈파열시기는 2011년에는 1~23일 정도 늦어졌다가 2012년은 전년보다 3~19일 정도 빨라지는 특징을 보였으며 산수국, 함박꽃나무, 백리향은 매년 점진적으로 빨라지는 경향을 보여 차이를 나타냈다.

개엽시기는 2010년 관찰일 이후 분단나무, 산개벚지나무, 개서어나무, 함박꽃나무, 붉은병꽃나무, 백리향은 점진적으로 빨라지는 경향을 보였으며, 산개벚지나무, 마가목, 당단풍나무, 산수국, 털진달래, 산딸나무, 산철쭉, 좀갈매나무, 섬매발톱나무, 좀고채목은 2010년 관찰일보다 2011년도에는 느려졌다가 2012년도에는 전년보다 빨라지는 경향을 나타내 차이를 보였다 (표 6).

조사수종의 단풍시기는 산개벚지나무, 개서어나무, 마가목, 함박꽃나무, 산딸나무, 산철쭉, 좀갈매나무, 붉은병꽃나무, 백당나무, 좀고채목, 백리향 등은 매년 빨라지는 경향을 보였으며, 산수국, 산딸나무, 산철쭉, 섬매발톱나무, 떡버들 등은 2010년 관찰일보다 2011년도에는 느려졌다가 2012년도에는 전년보다 빨라지는 경향을 나타내 차이를 보였다. 이는 영실지역에서 수집된 기상자료 중 9월 평균기온을 보면 영실 1조사구의 경우 2010년 16.3℃, 2011년 14.1℃, 2012년 13.4℃로 매년 낮아지고 있으며 영실 2조사구 및 영실 3조사구 역시 매년 낮아지고 있어 단풍시기 및 낙엽시기에 영향을 주는 것으로 판단된다.

꽃눈파열시기를 살펴보면 당단풍나무, 함박꽃나무, 털진달래, 산딸나무, 붉은병꽃나무, 좀고채목, 백리향은 2010년 관찰일보다 2011년도에는 느려졌다가 2012년도에는 전년보다 빨라지는 경향을 보였으며, 산개벚지나무, 마가목, 산수국, 산철쭉, 섬매발톱나무, 백당나무는 매년 점진적으로 빨라지는 경향을 보였다. 개화 50% 이상 시기는 대부분 수종이 2010년 관찰일보다 2011년도에는 느려졌다가 2012년도에는 전년보다 빨라지는 경향을 보였고, 붉은병꽃나무는 매년 점진적으로 빨라지고, 좀고채목은 점진적으로 늦어지는 경향을 보여 차이를 보였다. 낙화 90%이상 시기는 매년 수종별로 매년 변화를 보이고 있는데 산개벚지나무, 마가목, 산수국, 산철쭉, 섬매발톱나무는 매년 점차 빨라지는 경향을 보였다.

2012년도는 4~5월 개화수종인 경우는 개화량이 전반적으로 미비하였고 그 원인은 2~3월의 기온변화, 4월의 한라산 산불발생, 2011년도 태풍피해 등 여러 가지에서 발생한 것으로 추정 할 수 있으며 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이다.

초본류 영양기관의 성장시작시기, 개엽시기 및 지상부고사시기 등 생물계절성 변화를 보면 표 8과 같다. 개엽시기를 살펴보면 좀민들레, 금방망이, 설앵초, 관중 등은 2010년 관찰일보다 2011년도에는 느려졌다가 2012년도에는 전년보다 빨라지는 경향을 보였고, 한라구절초, 제주달구지풀, 노랑제비꽃은 매년 일정하거나 조금 빨라지는 경향을 나타냈으며, 은분취는 2012년도에 급격하게 빨라져 차이를 보였다.

표 6. 낙엽활엽수 영양기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	잎눈파열시기			개엽시기			단풍 (>90%)			낙엽(>90%)			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Viburnum furcatum	4/13	4/28 (-15)	4/24 (+4)	5/12	5/4 (+8)	5/4 (0)	9/24	10/12 (-18)	10/11 (+1)	9/29	10/26 (-27)	10/18 (+8)	분단 나무2
Prunus maximowiczii	4/28 (+2)	4/28 (0)	5/4 (-6)	5/20 (-7)	5/13 (+7)	5/10 (+3)	10/13	10/12 (+1)	10/11 (+1)	10/20 (+16)	10/19 (+1)	10/18 (+1)	산개벚지 나무1
Prunus maximowiczii	4/13 (+17)	4/20 (-7)	4/17 (+3)	5/12 (-12)	5/13 (-1)	5/4 (+9)	10/20	10/12 (+8)	10/11 (+1)	11/12 (-7)	10/19 (+24)	10/18 (+1)	산개벚지 나무2
Carpinus tschonoskii	4/13 (+17)	4/20 (-7)	4/5 (+15)	5/20 (-20)	5/18 (+2)	5/10 (+8)	10/20	10/19 (+1)	10/18 (+1)	10/27 (+9)	10/26 (+1)	10/25 (+1)	개서어 나무
Sorbus commixta	4/13 (+17)	4/20 (-7)	4/17 (+3)	5/4 (-4)	5/13 (-9)	5/4 (+9)	10/27	10/19 (+8)	10/18 (+1)	11/1 (+2)	10/26 (+17)	10/25 (+1)	마가목1
Sorbus commixta	-	4/28	4/17 (+11)	-	5/18	5/10 (+8)	실기	10/12	10/25 (-13)	실기	11/3	11/1 (+2)	마가목2
Acer pseudosieboldianum	4/13 (+17)	4/20 (-7)	4/17 (+3)	5/12 (-12)	5/25 (-13)	5/10 (+15)	10/6	10/12 (-6)	10/11 (+1)	10/27 (+9)	10/26 (+1)	10/18 (+8)	당단풍 나무1
Hydrangea serrata f. *acuminata*	4/2	3/31 (+2)	3/15 (+16)	4/28	5/4 (-6)	4/24 (+10)	10/20	11/3 (-14)	10/18 (+16)	11/12	11/16 (-4)	11/1 (+15)	산수국1
Magnolia sieboldii	5/4	4/28 (+6)	4/17 (+11)	5/25	5/25 (0)	5/17 (+8)	10/13	10/12 (+1)	10/4 (+8)	11/12	10/19 (+24)	10/18 (+1)	함박꽃 나무2
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*	4/13 (+17)	4/28 (-15)	4/12 (+16)	5/12 (-12)	5/13 (-1)	5/4 (+9)	10/27	10/19 (+8)	10/11 (+8)	11/12 (-7)	11/3 (+9)	11/1 (+2)	털진달래 1
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*	4/2	4/28 (-8)	5/4 (-6)	5/12	5/13 (-1)	5/10 (+3)	10/27	10/12 (+15)	10/4 (+8)	11/19	11/3 (+16)	11/1 (+2)	털진달래 2
Cornus kousa	4/28	5/4 (-6)	4/24 (+10)	5/12	5/18 (-6)	5/10 (+8)	9/29	10/19 (-20)	10/11 (+8)	10/6	11/3 (-28)	11/1 (+2)	산딸나무 1
Rhododendron yedoense f. *poukhanense*	5/4 (-4)	5/13 (-9)	5/4 (+9)	5/25 (-12)	5/25 (0)	5/23 (2)	10/27 (-21)	10/19 (+8)	10/4 (+15)	11/12 (-7)	11/16 (-4)	11/1 (+15)	산철쭉1
Rhamnus taquetii	4/5	4/28 (-23)	4/24 (+4)	5/4 (+9)	5/13 (-9)	5/10 (+3)	11/12	11/3 (+9)	10/25 (+9)	11/19 (14)	11/16 (+3)	11/1 (+15)	좀갈매 나무(암)
Berberis amurensis var. *quelpaertensis*	4/20	4/20 (0)	4/5 (+15)	5/12	5/18 (-6)	5/10 (+8)	10/27	11/16 (-20)	11/1 (+15)	11/12	12/8 (-26)	11/8 (+30)	섬매발톱 나무
Weigela florida	4/29	5/4 (-5)	4/24 (+10)	5/20	5/18 (+2)	5/10 (+8)	10/27	10/19 (+8)	10/18 (+1)	11/12	11/3 (+9)	10/25 (+9)	붉은병꽃 나무1
Salix hallaisanensis	-	5/4	4/17 (+17)	-	5/18	5/10 (+8)	-	11/16	10/25 (+22)	11/12	12/8 (-26)	11/8 (+30)	떡버들 (수)
Viburnum opulus var. *calvescens*	-	4/20	4/17 (+3)	-	5/18	5/10 (+8)	10/20	10/12 (+8)	10/11 (+1)	10/27	10/19 (+8)	10/18 (+1)	백당나무
Betula ermanii	5/12	5/13 (-1)	4/24 (+19)	5/20 (+21)	5/25 (-5)	5/10 (+15)	10/20	10/12 (+8)	10/4 (+8)	10/27	10/19 (+8)	10/18 (+1)	좀고채목
Thymus quinquecostatus	5/4	4/20 (+14)	4/17 (+3)	5/20	5/13 (+7)	5/10 (+3)	11/19	11/3 (+16)	10/25 (+9)	실기	12/8	12/13 (-5)	백리향

표 7. 낙엽활엽수 생식기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	꽃눈과열시기			개화(>50%)			낙화(>90%)			열매(성숙도3)			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Viburnum furcatum	꽃눈 없음	4/20	꽃눈 없음	-	5/13	꽃눈 없음	꽃눈 없음	5/25	꽃눈 없음	꽃눈 없음	9/28	꽃눈 없음	분단나무2
Prunus maximowiczii	5/20 (-7)	5/18 (+2)	5/10 (+8)	실기	6/2	5/23 (+10)	5/25 (0)	6/9 (-15)	5/30 (+10)	8/13	8/25 (-12)	생성 안됨	산개벚지나무1
Prunus maximowiczii	5/4	5/4 (0)	5/4 (0)	5/13	5/13 (-1)	5/10 (+3)	5/20 (+5)	5/18 (+2)	5/10 (+8)	7/8	6/9 조락	6/2	산개벚지나무2
Carpinus tschonoskii	실기	5/13	5/10 (+3)	실기	5/18	5/17 (+1)	실기	5/25	5/23 (+2)	9/29	8/10 조락 성숙도2	10/18	개서어나무
Sorbus commixta	5/31	5/25 (+6)	5/23 (+2)	6/8	6/9 (-1)	6/7 (+2)	6/17	6/14 (+3)	6/13 (+1)	9/8	9/7 (+1)	9/6 (+1)	마가목2
Acer pseudosieboldianum	5/20	5/25 (-5)	5/17 (+8)	5/22	6/2 (-11)	5/23 (+10)	6/8	6/9 (-1)	6/7 (+2)	8/13 조락	8/19 조락	7/9 조락	당단풍나무1
Hydrangea serrata f. *acuminata*	7/14	7/13 (+1)	6/28 (+15)	8/3	8/3 (0)	7/20 (+14)	8/13	8/3 (+10)	8/1 (+2)	11/12	11/16(-4)	11/29(-13)	산수국1
Magnolia sieboldii	6/8	6/9 (-1)	5/30 (+10)	6/17	6/21 (-4)	6/13 (+8)	6/30	7/1 (-1)	6/21 (+10)	10/13	9/28 (+15)	8/31 (+28)	함박꽃나무2
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*	4/20	5/4 (-14)	4/24 (+10)	5/12	5/13 (-1)	5/4 (+9)	5/20 (+5)	5/25 (-5)	5/17 (+8)	10/20(-14)	11/16(-27)	10/25(+22)	털진달래1
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*	4/29	5/4 (-5)	5/4 (0)	5/12	5/13 (-1)	5/10 (+3)	5/20	5/25 (-5)	5/17 (+8)	11/12	10/26(+17)	9/27 (+29)	털진달래2
Cornus kousa	6/30	7/5 (-5)	6/28 (+7)	7/8	7/21 (-13)	7/9 (+12)	7/22	8/3 (-12)	7/9 (+25)	9/16 조락 성숙도0	10/19	10/18(+1)	산딸나무1
Rhododendron yedoense f. *poukhanense*	5/20 (-7)	5/18 (+2)	5/17 (+1)	6/8	6/9 (-1)	5/30 (+10)	6/23	6/21 (+2)	6/13 (+8)	11/12(-37)	10/7 (+36)	10/25(-18)	산철쭉1
Rhamnus taquetii	실기	6/2	5/17 (+16)	실기	6/9	5/23 (+17)	실기	6/14	6/7 (+7)	10/6	10/7 (-1)	9/6 (+31)	좀갈매나무(암)
Berberis amurensis var. *quelpaertensis*	5/25	5/25 (0)	5/23 (+2)	6/8	6/9 (-1)	5/30 (+10)	6/17	6/14 (+3)	6/7 (+7)	10/6	9/28 (+8)	8/9 조락 성숙도2	섬매발톱나무
Weigela florida	5/31	6/2 (-2)	5/23 (+10)	6/17	6/14 (+3)	6/13 (+1)	6/30	7/1 (-1)	6/21 (+10)	10/20	10/7 (+13)	10/25(-18)	붉은병꽃나무1
Salix hallaisanensis	실기	3/31	4/24 (-24)	실기	5/4	5/10 (-6)	-	5/13	5/23 (-10)	해당 없음	해당 없음	해당 없음	떡버들(수)
Viburnum opulus var. *calvescens*	6/23	6/21 (+2)	6/13 (+8)	6/30	7/1 (-1)	6/28 (+3)	7/8	7/13 (-5)	7/9 (+4)	10/6	훼손	9/12	백당나무
Betula ermanii	5/12	5/18 (-6)	5/10 (+8)	5/25	6/2 (-8)	6/10	5/31	6/2 (-2)	5/30 (+3)	9/24 (-1)	9/15 (+9)	9/20 (-5)	좀고채목
Thymus quinquecostatus	7/14	8/3 (-20)	7/20 (+14)	7/22	8/10 (-19)	8/1 (+9)	8/13	8/25 (-12)	8/16 (+9)	9/24	9/23 (+1)	9/6 (+17)	백리향

지상부의 고사시기를 보면 은분취, 제주달구지풀, 설앵초, 노랑제비꽃의 경우는 매년 빨라지는 특징을 보였다.

표 8. 초본류 영양기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	성장시작시기			개엽시기			지상부고사(>90%)			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Hepatica insularis	-	4/13	4/5 (+8)	-	4/28	4/24 (+4)	-	11/3	11/15 (-12)	새끼노루귀
Veratrum oxysepalum	-	4/13	4/5 (+8)	-	4/28	4/24 (+4)	-	7/13	7/20 (-7)	박새
Taraxacum hallaisanense	3/17	3/31 (-14)	3/15 (+16)	3/17	3/31 (-14)	3/15 (+16)	-	11/22	12/13 (-21)	좀민들레
Dendranthema coreanum	-	3/31	3/21 (+10)	5/4	5/4 (0)	5/4 (0)	11/12	11/22 (-10)	11/29 (-7)	한라구절초
Saussurea gracilis	-	4/20	3/15 (+36)	5/4	5/4(0)	4/12 (+22)	11/12	11/3 (+9)	10/18 (+16)	은분취
Bistorta alopecuroides	-	4/20	4/5 (+15)	-	4/28	4/12 (+16)	-	11/22	11/29 (-7)	가는범꼬리
Trifolium lupinaster f. alpinus	-	4/20	4/5 (+15)	5/4	5/4(0)	5/4 (0)	11/12	11/3(+9)	10/18 (+16)	제주달구지풀
Ligularia fischeri	-	4/13	4/5 (+8)	-	4/20	4/12 (+8)	-	10/26	10/18 (+8)	곰취
Senecio nemorensis	-	5/4	4/5 (+29)	4/29	5/4 (-5)	4/24 (+10)	10/13	10/7 (+6)	10/18 (-11)	금방망이
Primula modesta var. hannasanensis	3/17	4/6 (-20)	4/5 (+1)	4/20	4/28 (-8)	4/24 (+4)	11/12	10/26 (+17)	10/18 (+8)	설앵초
Viola orientalis	-	4/20	4/17 (+3)	4/28 (+2)	4/28 (0)	4/24 (+4)	10/29	10/12 (+17)	8/9 (+64)	노랑제비꽃1
Gentiana chosenica	-	4/6	4/5 (+1)	-	4/6	4/5 (+1)	-	7/13	7/9 (+4)	흰그늘용담2
Dryopteris crassirhizoma	5/25	6/2 (-8)	5/17 (+16)	5/31	6/9(-9)	5/23 (+17)	11/19	11/3 (+16)	11/15 (-12)	관중

초본류 생식기관의 꽃눈파열시기, 개화 50% 이상시기, 낙화 90% 이상시기 및 열매형성시기 등 생물계절성 변화를 보면 표 9와 같다. 꽃눈파열시기를 보면 좀민들레, 설앵초, 노랑제비꽃은 점진적으로 빨라지는 경향을 보이고 있으며 제주달구지풀은 점점 늦어지는 경향을 보였다. 개화 50% 이상 시기를 보면 설앵초, 노랑제비꽃은 점차적으로 빨라지는 경향을 보였고, 가는범꼬리, 제주달구지풀은 점차 느려지는 특징을 보였다.

표 9. 초본류 생식기관의 생물계절성 변화

구분 / 조사대상종	꽃눈파열시기			개화(>50%)			낙화(>90%)			열매(성숙도3)			국명
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Hepatica insularis	-	4/13	4/5 (+8)	-	4/28	4/12 (+16)	-	5/13	5/4 (+9)	-	6/9	5/30 (+10)	새끼노루귀
Veratrum oxysepalum	-	실기	6/7	-	7/1	6/21 (+10)	-	7/5	7/20 (-15)	-	미생성	8/21	박새
Taraxacum hallaisanense	4/29	4/28 (+1)	4/24 (+4)	5/4	5/13 (-9)	5/4 (+9)	5/25	5/25 (0)	5/17 (+8)	5/31 (+10)	6/2 (-2)	5/23 (+10)	좀민들레
Elsholtzia minima	-	9/7	9/20 (-13)	-	9/15	9/27 (-12)	-	10/17	10/4 (+13)	-	10/26	11/8 (-13)	좀향유
Dendranthema coreanum	실기	10/7	10/4 (+3)	10/13	10/19 (-6)	10/25 (-6)	10/27	11/16	11/8 (+8)	생성 안됨	11/22	11/28 (-6)	한라구절초
Saussurea gracilis	실기	8/25	8/31 (-6)	실기	9/15	9/6 (+9)	실기	9/28	9/20 (+8)	10/13	11/3 (-21)	11/8 (-5)	은분취
Bistorta alopecuroides	6/30	7/5 (-5)	6/21 (+14)	7/8	7/13 (-5)	7/20 (-7)	8/6	8/3 (+3)	7/26	생성 안됨	생성 안됨	8/1	가는범꼬리
Trifolium lupinaster f. alpinus	7/30	8/10 (-11)	8/21 (-11)	8/6	8/19 (-13)	8/31 (-12)	8/19	8/25	9/6 (-12)	생성 안됨	10/12	10/11 조락 성숙도0	제주달구지풀
Ligularia fischeri	-	8/25	8/16 (+9)	-	8/31	8/31 (0)	-	9/23	9/12 (+11)	-	10/19	10/4 (+15)	곰취
Senecio nemorensis	7/22	8/10 (-19)	8/1 (+9)	8/6	8/25 (-19)	8/16 (+9)	8/19	8/31 (-12)	8/31 (0)	9/16 (+7)	9/28 (-12)	9/27 (+1)	금방망이
Primula modesta var. hamasanensis	5/20	5/13 (+7)	5/10 (+3)	5/25	5/25 (0)	5/23 (+2)	6/23	6/14 (+9)	6/13 (+1)	8/19 (-28)	8/19 (0)	7/20 (+30)	설앵초
Viola orientalis	4/28	4/20 (+8)	4/17 (+3)	5/4	5/4 (0)	4/24 (+10)	5/25	5/13 (+12)	5/10 (+3)	6/30	7/1 (-1)	6/21 (+10)	노랑제비꽃1
Gentiana chosenica	-	6/2	5/10 (+23)	-	6/9	6/7 (+2)	-	6/14	6/21 (-7)	-	6/21	6/28 (-7)	흰그늘용담2

Plant Phenology of Threatened Species of Climate change in the Yeong-sil Area of Mt. Halla

Dae-shin Kim*, Su-kyoung Kim, Hyoun-Chol Kim and In-bo Kang[1)]
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1)]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Abstract

This study cataloged 36 distinct plant species prone to climate change that are found in the Yeongsil area of Mt. Halla, and was conducted between March 2010 and November 2012. For the investigation, those 36 species threatened by climate change were classified by seasonal change of vegetative organs(e.g. phases of foliage bud growth, leaf development, >50% retention of autumn foliage, and >90% leaf abscission or loss) and by seasonal change of generative organs (e.g. phases of floral bud growth, >50% blossoming, and >90% blossom loss). Climate data, both temperature and relative humidity, were collected during the same period. Regarding the former, the data revealed that the maximum in 2010 (altitude of 1,458m above sea level) was 33.4℃ while the minimum was -17℃. In terms of relative humidity, the maximum (altitude of 1,330m sea level) was 100% while the minimum was 0%.

The findings are twofold: First, the periods of bud and leaf development were closely associated with climate changes which occurred in both February and March. For example, for most investigated species, these periods were generally delayed in 2011 while earlier in 2012. Additionally, these periods for *Magnolia sieboldii* and *Thymus quinquecostatus* were earlier each year. Secondly, the period of fall foliage was related to the climate change in

September in which declination of temperature was measured. For example, it was 16.3℃ in 2010 and 13.4℃ in 2012. Accordingly, the period of fall foliage for *Prunus maximowiczii*, *Carpinus tschonoskii* and *Sorbus commixta* tended to be earlier each year. The research indicates that future study is needed to examine and measure the interrelationship between climate change and seasonal developmental changes of plant species toward the revocation of climate change.

참고문헌

Ahas, R. and A. Aasa. 2006. The effects of climate change on the phenology selected Etonian plant, bird and fish populations. Int. J. Biometeorol. 51:17-26.

Curtis, P.S. and X. Wang. 1998. A meta-analysis of elevated CO2 effects on woody plant mass, form, and physiology. Springer-Verlag, Oecologia. 113:299-313.

Nordli Φ, Wielgolaski F.E., Bakken A.K., Hjeltnes S.H., Mage F., Sivle A. and Skre O. 2008. Regional trends for bud burst and flowering of woody plants in Norway as related to climate change, Internation Journal of Biometeorology 52(6):625-639.

IPCC. 2007. Climate change. 2007. Mitigation of climate change. Contribution working group Ⅲ contribution to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Univ. of Cambridge, New york, USA. pp.815.

Korea Meterological Administration, 2008. Report of Global Atmosphere Watch 2008. Seoul, Korea. pp.177. (in Korean)

Korea Meterological Administration. 2009. Climatological Phenomenon of Korea. Seoul, Korea. pp.15 (in Korean)

국립수목원, 한국식물분류학회. 2007 국가식물표준목록. pp.534.

김준호, 류병태. 1985. 관악산의 고도에 따른 진달래와 철쭉꽃의 개화와 개엽시기. 한국생태학회지 8:53-59.

김찬수, 강영제, 문명옥, 송관필, 정세호, 오장근, 김완병. 2006. 한라산의 동식물목록. 제주도·한라산생태문화연구소. p.1-141.

김혁진, 홍정기, 김상철, 오승환, 김주환. 2011. 한반도 아고산지대내 기후변화 취약식물종의 식물계절성 변화 연구. 한국자원식물학회지 24(5):549-556.

농업기상관측시스템. 기상자료-http://125.141.162.154/13.php

민병기. 1993. 수종 목본식물의 생육초기 기온과 잎의 생장. 한국생태학회지 17(1)49-58.

백원기. 2007. 우리나라 특산 산림유전자원의 다양성. 산림유전자원심포지엄. 국립산림과학원 난대산림연구소. p.53-67.

산림청 국립수목원. 2010. 기후변화취약식물종 보전·적응사업 조사매뉴얼. 국립수목원. pp.264.

산림청 국립수목원. 2009. 기후변화취약식물종 보전·적응사업 보고서. 국립수목원

산림청 국립수목원. 2010. 기후변화취약식물종 보전·적응사업 보고서. 국립수목원

산림청 국립수목원. 2011. 기후변화취약식물종 보전·적응사업 보고서. 국립수목원

성주환. 2003. 환경변화와 수목의 생리적 특성. 강원대학교 산림과학연구소 수목진단센터. 수목진단 및 방제기술 Ⅳ.65-86.

신동훈, 김혜란, 유영한. 2012. CO_2 농도 및 온도 증가가 한국특산식물 섬자리공의 식물계절학 및 번식생태학적 특성변화에 미치는 영향. 한국습지학회지 14(1):1-9.

이강수, 최선영. 2001. 광도, 온도 및 CO_2의 농도가 야콘의 광합성에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 9(2):232-237.

이강수, 최선영. 2002. 광도, 온도 및 CO2의 농도가 헛개나무의 광합성에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 10(1):1-4.

이경미, 권원태, 이승호. 2009. 우리나라 식물계절 시기의 변화 경향에 관한 연구. 한국지역지리학회지 15(3)337-350.

이승호, 이경미. 2003. 기온변화에 따른 벚꽃 개화시기의 변화 경향. 환경영향평가. 12(1):85-99.

이창복, 2005. 원색대한식물도감. 향문사. pp.567.

임양재, 임문교, 심재국. 1983. 한국의 온도기후와 생물의 계절변화. 한국식물학회지 26:101-117.

조원길, 안태원. 2008. 미기후 변화에 따른 식물계절 차이. 한국환경생태학회지 22(3):221-229.

정재은, 권은영, 정류란, 윤진일. 2005. 생물계절모형을 이용한 벚꽃 개화일 예측. 한국농림기상학회지 7(2):148-155.

제주특별자치도 환경자원연구원. 2010. 제주지역의 특산식물. pp.230.

여 백

제주도 자생 활엽 교목 17종의 대기 중 CO_2 흡수 능력 및 수분이용 효율의 비교분석

신창훈*, 강희석, 양윤희, 김철수, 오순자[1], 고석찬[2]
제주특별자치도 한라산연구소, [1](사)제주생태교육연구소, [2]제주대학교 생물학과

요 약

본 연구는 대기 중의 CO_2를 효율적으로 저감시킬 수 있는 수목을 선별하고자 제주지역에 널리 분포하고 있는 활엽 교목 17종(상록성 교목 11종과 낙엽성 교목 6종)을 대상으로 광합성에 의한 CO_2 흡수능과 수분이용 효율을 조사하였다. CO_2 흡수능을 엽면적당 광합성률(photosynthetic rate)로 나타내었을 때 전반적으로 상록성 교목이 낙엽성 교목보다 다소 높게 나타났다. 그리고 상록성 수종에서는 구실잣밤나무가, 낙엽성 수종에서는 왕벚나무가 각각 14.82μmol/m^2/s와 14.05μmol/m^2/s로 높아 효과적으로 대기 중의 CO_2를 고정하고 있음을 확인할 수 있었다. 내재적 수분이용효율(intrinsic water use efficiency, WUEi)과 순간증산효율(instantaneous transpiration efficiency, ITE)로 살펴본 수분이용 효율은 낙엽성 교목이 상록성 교목보다 전반적으로 높았으며, WUEi은 종에 따라 대략 5~6배의 차이를, 순간증산효율은 2.5배의 차이를 나타내었다. 특히, WUEi은 느티나무와 떡갈나무가 각각 196.4 μmol/mol, 149.2μmol/mol로 높았으며, ITE은 졸참나무, 떡갈나무, 느티나무가 각각 9.9mmol/mol, 9.3mmol/mol, 7.5mmol/mol로 높아 다른 수종에 비해 상대적으로 내건성이 강한 것으로 나타났다.

따라서 구실잣밤나무와 왕벚나무는 가로수 및 도심공원 등에 식재하여 대기 중의 CO_2를 효율적으로 저감시킬 수 있는 수목으로의 가치를 체계적으로 활용할 필요가 있을 것으로 보이며, 또한 느티나무와 떡갈나무는 CO_2 흡수능은 상대적으로 낮지만, 내건성이 강한

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7480, e-mail : sch7129089@korea.kr

것으로 나타나 나출지나 건조한 지역에 식재하는 등 그 가치를 다각적으로 이용할 필요가 있을 것으로 보인다.

서 론

산업혁명 이후 화석연료 사용의 증가, 삼림의 훼손 및 전용에 따른 손실 등 다양한 산업활동의 영향으로 대기 중의 CO_2 농도는 계속 증가하였다. 대기 중 CO_2의 함량은 1850년에 약 280ppm이었으나 산업혁명 이후 계속 증가하여 현재는 394.5ppm이며(2010년 기상청 안면도 지구대기 감시센터 자료), 앞으로도 인구증가와 경제활동의 가속화로 인해 CO_2 방출량은 지속적으로 증가할 것으로 보인다(IPCC, 2007). 지구온난화의 원인이 되는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 육불화황(SF_6) 등은 산업활동이나 일상생활과 밀접하게 연관되어 대기 중으로 배출되고 있다(Ciborowski, 1989; Ramanathan, 1989). 특히, 지구온난화의 약 60% 이상이 CO_2에 의한 것임을 볼 때, 탄소저장원인 산림의 훼손 및 전용은 지구온난화를 가중시키는 주요 요인 중 하나라고 할 수 있다(Ciborowski, 1989; Rodhe, 1990). 따라서 대기 중의 CO_2 농도를 효율적으로 조절할 수 있는 대책이 필요하며, 식물의 광합성 작용을 이용한 CO_2 저감이 가장 근본적인 대책 중에 하나이다.

식물은 성장과정에서 광합성을 통해 대기 중의 CO_2를 흡수·저장하여 대기중 CO_2 농도를 저감하는 역할을 한다. 특히 수목에 의한 CO_2 흡수 및 고정은 대기 중 CO_2 저감을 위한 효과적인 수단 중의 하나로 인정되고 있다(Laclau, 2003). 수목의 탄소 흡수 및 저장량은 수고, 흉고직경, 생체량, 건중량 등을 토대로 추정하고 있다(조와 안 2000; Prakash와 Lodhiyal, 2009). 그러나 이러한 기존의 방법은 나무를 벌채하여 분석하여야 하는 어려움이 있고 많은 인력과 비용을 요구한다. 반면에, 식물의 광합성 특성을 활용한 CO_2 흡수능의 측정은 비파괴적이고 인력과 비용을 많이 필요로 하지 않는다는 측면에서 유리하다고 할 수 있다. 더군다나, 식물의 CO_2 흡수능뿐만 아니라 증산속도, 기공전도도, 수분이용 효율 등도 함께 측정이 가능하여 식물의 생리생태적인 측면과 더불어 효율적인 종 보전, 적지적수 판단의 기준자료로도 활용할 수 있어 그 의미는 크다고 할 수 있다. 이러한 연구로 제주지역의 주요 수목과 조경수 등을 대상으로 CO_2 고정 능력을 평가하였으며(오 등, 2012; 신 등, 2012), 참나무과 식물을 대상으로 계절별 CO_2 흡수능을 측정하여 탄소흡수원으로서

의 가치를 평가한 바 있다(오 등, 2012).

따라서 본 연구는 대기 중의 CO_2를 효율적으로 저감시킬 수 있는 수목을 선별하고자 제주지역에 널리 분포하고 있는 활엽 교목 17종(상록성 교목 11종과 낙엽성 교목 6종)을 대상으로 광합성에 의한 CO_2 흡수능과 수분이용 효율을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 식물재료

본 연구에서는 한라수목원에 식재되어 있는 식물중에 상록성 교목 11종과 낙엽성 교목 6종을 대상으로 조사하였다. 상록성 수종으로 구실잣밤나무(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* Nakai; DBH 40.3±6.5㎝), 녹나무(*Cinnamomum camphora* Sieb.; DBH 12.4±0.5㎝), 담팔수(*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus* Hara; DBH 11.3±0.4㎝), 먼나무(*Ilex rotunda* Thunb.; DBH 9.5±0.3㎝), 후박나무(*Machilus thunbergii* S. et Z.; DBH 30.8±3.7㎝), 붉가시나무(*Quercus acuta* Thunb.; DBH 35.0±5.5㎝), 개가시나무(*Quercus gilva* Bl.; DBH 5.8±0.7㎝), 종가시나무(*Quercus glauca* Thunb.; DBH 26.0±2.0㎝), 가시나무(*Quercus myrsinaefolia* Bl.; DBH 25.4±3.0㎝), 참가시나무(*Quercus salicina* Bl.; DBH 28.9±2.6㎝), 후피향나무(*Ternstroemia japonica* Thunb.; DBH 11.8±2.6㎝)를, 낙엽성 수종으로 왕벚나무(*Prunus yedoensis* Matsumura; DBH 14.9±2.4㎝), 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.; DBH 29.2±9.7㎝), 떡갈나무(*Quercus dentata* Thunb.; DBH 23.2±4.8㎝), 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch.; DBH 35.4±6.4㎝), 졸참나무(*Quercus serrata* Thunb.; DBH 27.5±1.9㎝), 느티나무(*Zelkova serrata* Makino; DBH 14.6±6.0㎝)를 선정하였다. 실험에 사용한 잎은 수관의 상층부에 달려 있고 외부로 노출되어 자연광을 받는 잎 중에서 잎 색깔이 비슷하고 균일한 상태의 잎을 선정하여 실험재료로 사용하였다.

2. CO_2 고정률과 수분이용 효율의 측정

CO_2 고정률(Photosynthetic rate, A)은 운반형 CO_2 가스 분석장치(LCpro + Portable Photosynthesis instantaneous transpiration efficiency, intrinsic water use efficiency, 종에 따라 System, ADC BioScientific Ltd., UK)를 사용하여 측정하였으며, 여름철(7~9월)의 맑

은 날 오전 9시부터 13시 사이에 측정하였으며, 기공전도도(stomatal conductance, gs), 증산율(transpiration rate, E) 등도 함께 조사하였다. CO_2는 4m 높이의 대기 유입안테나를 사용하여 잎 챔버로 유입되는 공기의 유량은 220㎖ m^{-1}로 공급하였으며, 잎 챔버 내 CO_2 농도가 대기의 CO_2 농도와 비슷해지면 식물 잎을 잎 챔버에 물렸다. 챔버 속의 잎은 10분간 500μmole/m^2/s로 적응시킨 후 1,600μmole/m^2/s의 포화광을 1분 간격으로 5분간 조사하여 엽면적당 CO_2 고정률을 측정하였다. 그리고 엽면적당 CO_2 고정률을 바탕으로 각 식물 종들의 엽면적과 엽건체량을 이용하여 엽건체량 당 CO_2 고정률을 산출하였다. 수분이용 효율은 내재적 수분이용 효율(intrinsic water use efficiency, WUEi)과 순간증산효율(instantaneous transpiration efficiency, ITE)로 구분하여 나타내었으며 각각 기공전도도와 증산률에 대한 CO_2 고정률로 산출하였다.

3. 통계분석

CO_2 고정률(A)과 기공전도도(gs) 또는 증산률(E) 간에는 선형 및 비선형 회귀분석을 다양하게 시도하여 가장 적합한 회귀식을 결정하였다. 모든 통계분석은 SPSS 통계 package (SPSS Inc., Release 7.5)를 이용하였다.

결 과

1. CO_2 고정률의 종간 비교

제주지역에 널리 분포하고 있는 활엽 교목 17종(상록성 교목 11종과 낙엽성 교목 6종)을 대상으로 CO_2 고정에 의한 엽면적당 광합성률을 살펴보면(그림 1), 상록성 교목이 낙엽성 교목보다 다소 높았으며, 종에 따라 대략 4~5배(2.37~14.82μmol/m^2/s)의 차이를 보였다. 상록성 교목 11종(구실잣밤나무, 녹나무, 담팔수, 먼나무, 후박나무, 붉가시나무, 종가시나무, 가시나무, 참가시나무, 후피향나무)에서는 종에 따라 대략 3배(3.29~14.82μmol/m^2/s)의 차이를 보였으며, 구실잣밤나무가 다른 수종에 비해 월등히 높아 효과적으로 대기중의 CO_2를 고정하고 있음을 확인할 수 있다. 그리고 녹나무, 먼나무, 종가시나무, 참가시나무가 8μmol/m^2/s 이상의 흡수율을 보였으며, 담팔수, 후박나무, 붉가시나무, 개가시나무가 5~7μmol/m^2/s로, 가시나무와 후피향나무가 4μmol/m^2/s 이하의 낮은 흡수율을 보였다. 낙엽성

교목 6종(왕벚나무, 상수리나무, 떡갈나무, 신갈나무, 졸참나무, 느티나무)에서는 왕벚나무가 14.05μmol/m^2/s로 월등히 높았으며, 상수리나무와 느티나무가 5~7μmol/m^2/s로, 떡갈나무, 신갈나무, 졸참나무가 5μmol/m^2/s 이하의 낮은 흡수율을 보였다.

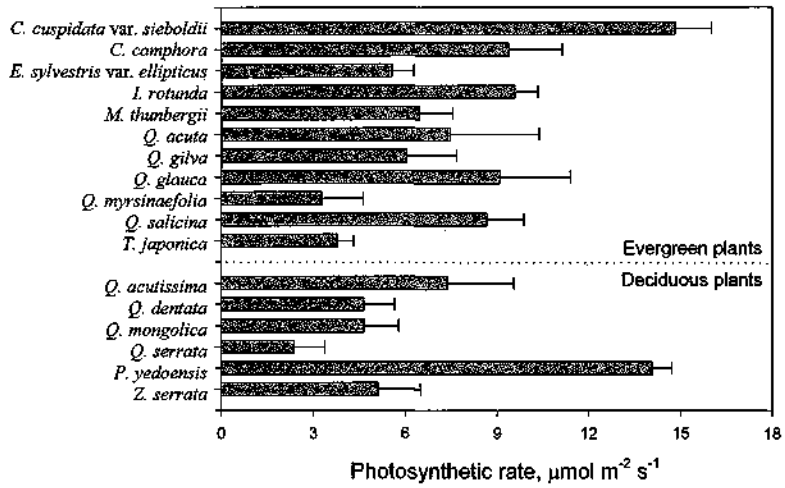


그림 1. 활엽 교목 17종을 대상으로 CO_2 고정에 의한 엽 면적당 광합성률

2. 기공전도도와 증산률의 종간 비교

종간 기공전도도(g_s)와 증산률(E)은 왕벚나무가 각각 0.47mol/m^2/s와 3.49mmol/m^2/s로 활엽 교목 17종 중에 가장 높았으며, 졸참나무가 각각 0.03mol/m^2/s와 0.39mmol/m^2/s로 가장 낮게 나타났다(그림 2). 그리고 상록성 교목 중에 높은 CO_2 고정률을 보였던 구실잣밤나무는 왕벚나무 다음으로 높은 기공전도도와 증산률를 보였으며, 각각 0.29mol/m^2/s와 3.14mol/m^2/s로 나타났다.

3. 수분이용 효율의 종간 비교

활엽 교목 17종(상록성 교목 11종과 낙엽성 교목 6종)간의 내재적 수분이용효율(WUEi)과 순간증산효율(ITE)을 살펴보면, 낙엽성 교목이 상록성 교목보다 전반적으로 높았으며, 종에 따라 내재적 수분이용효율은 대략 5~6배의 차이를, 순간증산효율은 2.5배의 차이를 나타내었다(그림 3). 먼저 내재적 수분이용효율은 낙엽성 수종인 느티나무와 떡갈나무가 각

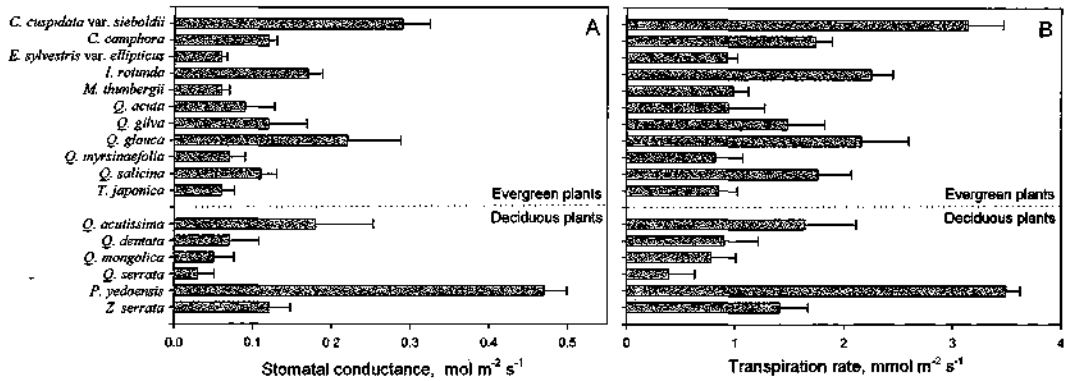


그림 2. 활엽 교목 17종을 대상으로 한 종간 기공전도도(A)와 증산율(B)

각 196.4μmol/mol, 149.2μmol/mol로 높았으며, 다른 낙엽수종들과는 달리 왕벚나무가 31.7 μmol/mol로 가장 낮았다. 순간증산효율은 낙엽성 수인 떡갈나무와 졸참나무가 9mmol/mol 이상의 높은 값을 보였으며, 상록성 수종인 개가시나무와 종가시나무, 그리고 낙엽성 수종인 왕벚나무가 4mmol/mol 이하로 낮게 나타났다.

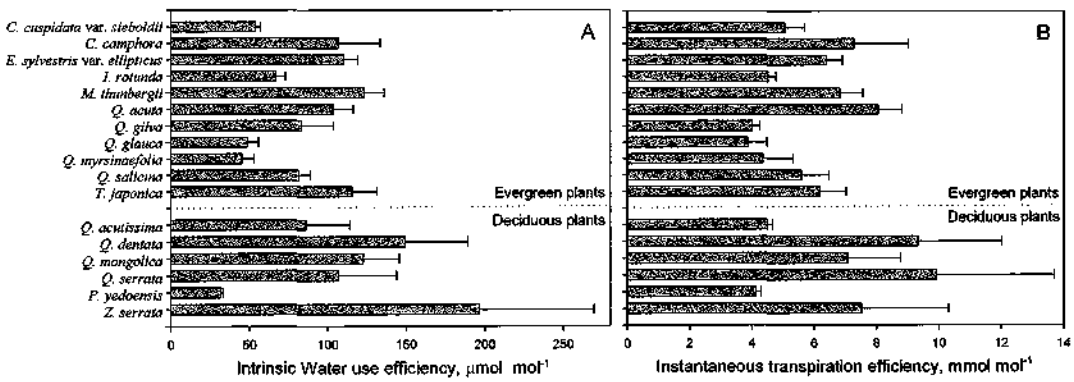


그림 3. 활엽 교목 17종의 내재적 수분이용효율(WUEi)과 순간증산효율(ITE) 비교

고 찰

식물은 광합성을 통하여 CO_2를 흡수하고 유기물로 전환하여 축적함으로써 생태계 탄소 순환에 있어 핵심적인 역할을 수행하고 있다. 식물 잎의 CO_2 고정률은 광합성 수준을 직접적으로 반영한다고 할 수 있으며, 식물의 광합성능을 평가하는 지표로 중요하다. 제주지역에 널리 분포하고 있는 활엽 교목 17종(상록성 교목 11종과 낙엽성 교목 6종)을 대상으로 종간 CO_2 고정에 의한 엽면적당 광합성률은 전반적으로 상록성 교목이 낙엽성 교목보다 다소 높게 나타났다.

식물에 의한 CO_2 흡수량은 빛의 강도와 기상요소의 영향을 받아 시시각각으로 변하며, 생물계절, 상록수 및 활엽수와 같은 식물의 형태, 동일 종내에서도 개체의 연령, 생육환경 등에 의해서도 크게 영향을 받는다. 상록성 수종들은 낙엽성 수종들보다 더 오랜 기간 동안 CO_2 흡수율을 유지하는데 이것은 낙엽성 수종들이 계절적으로 가을과 겨울에 낙엽의 형태로 잎을 떨구는데 반해 상록성 수종들은 잎을 계속 유지할 수 있기 때문이다. 활엽 교목 17종 중에 참나무과 5종(구실잣밤나무, 종가시나무, 참가시나무, 붉가시나무, 상수리나무), 감탕나무과 1종(먼나무), 녹나무과 1종(녹나무), 장미과 1종(왕벚나무) 만이 7μmol/m^2/s 이상의 CO_2 흡수율을 나타내었다. 특히, 참나무과 식물은 한반도에서 다른 수종보다 훨씬 넓은 면적을 차지하고 있으며, 왕성한 맹아력과 척박한 지역에서도 높은 생산성을 가지고 있어 우리나라 산림의 이차림은 참나무류가 우점하는 산림이 일반적이다(송, 2007). 이러한 측면에서 한반도 산림의 우점종인 참나무과 식물 5종에서 CO_2 고정률이 높게 나타나는 것은 의미 있는 결과라고 할 수 있다.

그리고, 상록성 수종에서는 구실잣밤나무가, 낙엽성 수종에서는 왕벚나무가 각각 14.82μmol/m^2/s와 14.05μmol/m^2/s로 높아 효과적으로 대기중의 CO_2를 고정하고 있음을 확인할 수 있었다. 구실잣밤나무는 현재 붉가시나무 다음으로 많은 면적을 차지하고 있는 난대 수종으로 제주도, 완도 등에 자생하고 있으며, 제주에 자생하고 있는 참나무과 식물중에서도 엽건체량 당 CO_2 고정률이 가장 높은 것으로 보고된 바 있다(오 등, 2012). 또한 낙엽성 수종인 왕벚나무는 제주에 자생하고 있고, 다양한 형태로 개량되어 우리나라 전역에 가로수

로 많이 식재하고 있는 수종으로서 상록성 수종인 구실잣밤나무와 유사한 CO_2 고정률을 보였다. 왕벚나무는 6월부터 9월까지 10μmol/m^2/s 이상의 CO_2 흡수율을 보이며, 특히 6월에 가장 높은 광합성효율을 보여 효과적으로 대기중의 CO_2를 고정하는 것으로 보고된 바 있다(신 등, 2012).

CO_2 고정률은 광합성 유효복사, 온도, 상대습도, CO_2 농도 등의 환경요인과 더불어 기공전도도, 증산률, 기공강 내 CO_2 농도 등과 관련이 있다. 기공전도도(g_s)는 기공 개도의 정도를 나타내는 지표로 광합성과 증산작용 모두에 밀접하게 관여하는 인자이다(Allen과 Jr, 1990). CO_2 고정률과 증산률 또는 기공전도도와의 관련성을 추정하기 위하여 회귀분석을 실시한 결과, 기공전도도와 증산률 모두 CO_2 고정률과의 관계가 1차 회귀선으로 나타낼 수 있었다(그림 4). 즉, 증산률과 CO_2 고정률과의 관계는 y=0.2331x-0.1694 (r^2=0.897)으로, 기공전도도와 CO_2 고정률과의 관계는 y=0.0273x-0.0616 (r^2=0.743)으로 나타낼 수 있었다.

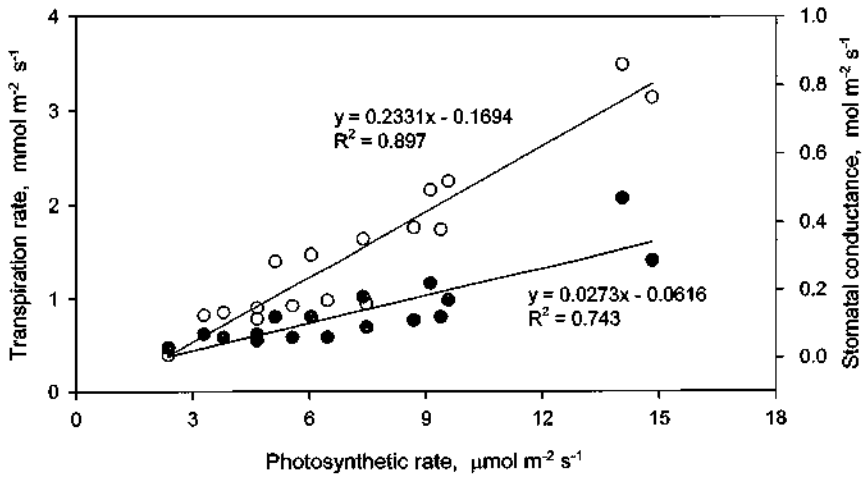


그림 4. 활엽 교목 17종 간 광합성율과 증산율(○) 및 광합성율과 기공전도도의 회귀분석

일반적으로 식물은 잎에서 기공을 통해 CO_2 흡수와 H_2O 방출이 일어나며, 이때 식물자체는 CO_2 더 많이 흡수하려고 하며, H_2O를 더 적게 소비하려고 한다. 보통 C_4 식물은 C_3 식물보다 수분이용 효율이 높고, 일반식물에 비해 내건성 식물이 더 높은 수분이용 효율을 갖는다. Hamerlynck와 Knapp(1996), Peñuelas 등(1998)은 낮은 기공전도도는 높은 수분이

용 효율로 연결된다고 보고하였는데, 본 연구에서도 높은 수분이용 효율을 보인 느티나무, 떡갈나무, 신갈나무, 졸참나무, 후피향나무, 후박나무 등은 상대적으로 낮은 기공전도도와 증산률을 나타내고 있다. 식물이 스트레스를 받게 되면 기공이 닫혀서 일반적으로 증산률이 크게 낮아지게 되며 이로 인해 일시적으로 수분이용 효율이 증가하는 현상을 보일 수 있다.

일반적으로 수분이용 효율이 높다는 것은 낮은 수분이용을 통해 높은 광합성 활동을 의미하며 수분이용 효율의 높고 낮음은 상대적으로 그 수종의 건조에 대한 내성의 크기를 의미한다(심 등, 2004). 따라서 본 실험에서 상대적으로 높은 수분이용 효율을 보인 느티나무, 떡갈나무, 신갈나무 등은 왕벚나무, 가시나무, 종가시나무, 구실잣밤나무 보다 내건성이 강한 것으로 생각된다.

이상의 결과를 토대로 제주지역에 널리 분포하고 있는 활엽 교목 17종중에 상록성 수종에서는 구실잣밤나무가, 낙엽성 수종에서는 왕벚나무가 다른 종에 비해 CO_2 흡수능이 더 높은 것으로 보이며, 기후변화 대응차원에서 가치가 있음을 시사한다고 할 수 있다. 그리고 느티나무와 떡갈나무는 CO_2 흡수능은 상대적으로 낮지만, 내건성이 강한 것으로 사료되는 바 나출지나 건조한 지역에 식재하는 등 그 가치를 다각적으로 검토할 필요가 있을 것으로 보인다.

Analysis of CO_2 Fixation Capacity and Water Use Efficiency in Leaves of 17 Broad-leaved Tree Species in Halla Arboretum

ChangHoon Shin*, HeeSuk Kang, YunHee Yang, Chul Soo Kim, Soonja Oh[1)] and SeokChan Koh[2)]

Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province,

[1)]Environmental Research and Education Institute,

[2)]Department of Biology, Jeju National University

Abstract

The CO_2 fixation capacity and water use efficiency of leaves from 17 broad-leaved tree species(11 evergreen and 6 deciduous) grown in Halla Arboretum were measured using a portable photosynthesis analyzer, to examine which species take up CO_2 most efficiently. In this experiment, the photosynthesis rate(A) were generally higher in leaves of evergreen plants than in leaves of deciduous plants. Of the evergreen species, it was highest in leaves of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*(14.82μmol/m^2/s). Of the deciduous species, it was higher in leaves of *Prunus yedoensis*(14.05μmol/m^2/s) than in leaves of the other 5 deciduous tree species. Intrinsic water use efficiency(WUEi) and instantaneous transpiration efficiency(ITE) were high in deciduous plants when compared with the evergreen plants. The WUEi values were high in leaves of *Zelkova serrata* (196.4 μmol/mol) and *Quercus dentata* (149.2μmol/mol), while the ITE values were high in leaves of *Q. serrata*(9.9mmol/mol), *Q. dentata*(9.3mmol/mol) and *Z. serrata*(7.5mmol/mol). Consequently, *C. cuspidata* var. *sieboldii* and *P. yedoensis* may be useful for the evaluation of CO_2 uptake from the air in roadsides as well as in urban green spaces. However, Z.

serrata and *Q. dentata* may be valuable under water stress conditions with their tolerance against water stress.

Key Words : Photosynthetic rate, Intrinsic water use efficiency, Instantaneous transpiration efficiency, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii, Prunus yedoensis, Zelkova serrata, Quercus dentata*

참고문헌

Allen, L. and Jr, H. 1990. Plant responses to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants. J. Environ. Qual. 19:15-34.

Ciborowski, P. 1989. Sources, sinks, trends, and opportunities, in: Abrahamson, D. E. (ed.), The Challenge of Global Warming, Island Press, Washington, D.C. p.213-230.

Hamerlynck, E. and Knapp, A. 1996. Photosynthetic and stomatal responses to high temperature and light in two oaks at the western limit of their range. Tree Physiol. 16:557-565.

IPCC. 2007. Climate change 2007: Mitigation of climate change, Contribution working group shos contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge. New York, U.S.A. pp.176.

Laclau P. 2003. Biomass and carbon seqestration of ponderosa pion plantations and native cypress forests in northwest patagonia. For. Ecol. Manag. 180:317-333.

Peñuelas, J., Filella, I., Llusià, J., Siscart, D. and Piñol, J. 1998. Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange and photobiology of the mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. J. Exp. Bot. 49:229-238.

Prakash S. and L.S. Lodhiyal. 2009. Biomass and carbon allocation in 8-year-old poplar (*Populus deltoides* Marsh) plantation in tarai agroforestry systems of central himalaya, India. New York Science J. 2(6):49-53.

Ramanathan, V. 1989. Observed increases in greenhouse gases and predicted climatic changes. in: Abrahamson, D. E. (ed.), The Challenge of Global Warming, Island Press, Washington, D.C. p.239-247.

Rodhe, H. 1990. A comparison of the contributions of various gases to the greenhouse effect. Science. 248:1217-1219.

신창훈, 김철수, 양윤희, 강인보, 강희석, 오순자, 고석찬. 2012. 제주도 주요 가로수의 대기

중 대기 중 CO_2 흡수 능력의 비교분석. 한라산연구소 조사연구보고서 11:57-68.

오순자, 신창훈, 김철수, 강회석, 강경민, 양윤희, 고석찬. 2012. 제주도 자생 참나무과 식물의 대기 중 CO_2 흡수 능력의 비교분석. 한국환경과학회지 21(1):89-96.

오순자, 이진호, 고광섭, 고석찬. 2012. 차나무, 동백나무, 귤나무 잎에서 엽록소 형광 및 CO_2 흡수능의 비교 분석. 한국환경생물학회지 30(2):98-106.

조현길, 안태원. 2000. 자연생태계 수목의 생장에 따른 탄소저장 및 흡수량 지표. 한국환경생태학회지 14(3):175-182.

여 백

홍가시나무점무늬병(Entomosporium leaf spot disease) 방제법 연구

신창훈*, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보[1], 서상태[2]
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과,
[2]국립산림과학원 산림병해충연구과

요 약

2000년대 후반부터 제주지역의 홍가시나무(*Photinia glabra*) 재배 포지에 *Entomosporium mespili*에 의한 점무늬병이 대량 발생하여 최근까지 피해가 계속되고 있다. 따라서 본 연구는 방제효과가 높은 살균제를 선발하여 방제법을 정립하고 재배농가에 보급코자 수행하였다. 효과를 검정한 4개의 농약 중, 홍가시나무 점무늬병에는 propiconazole 및 pyrachlostrobin 처리구에서 각각 방제효과가 98.6~100%와 98.9~99%로 아주 높게 나타났으며, thiophanate 처리구에서는 방제가가 76~78%로 비교적 낮게 나타났고, 또한 propiconazole 처리구에서는 방제효과는 우수하나 홍가시나무 잎에 코팅현상 등 약해 피해가 나타났다.

서 론

홍가시나무(*Photinia glabra*)는 일본 원산인 상록활엽수로 관상용, 생울타리용 등으로 제주도 및 남부지역을 중심으로 재배되는 인기 높은 수종이다. 잎은 호생하며 표면은 녹색이고 평활하며 윤채가 있으며 뒷면은 황록색으로서 주맥이 두드러지며 가장자리에 좁고 예리한 톱니가 있다. 잎이 새로 나올 때와 단풍이 들 때 붉은빛이 돌기 때문에 홍가시나무라

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7480, e-mail : sch7129089@korea.kr

고 한다(이, 1983).

홍가시나무점무늬병(Leaf Spots on *Photinia glabra*)은 홍가시나무에 널리 발생하는 병으로, 나무의 생육기간 중 지속적으로 심한 낙엽을 일으켜 수세를 쇠약하게 하고 나무의 미적 가치를 크게 떨어지게 한다(나 등, 2009). 이병은 새순이 나온 후 잎의 앞뒤 양면에 붉은색의 작은 점들이 다수 나타나는데 나중에 회색 또는 회갈색의 둥근 병반이 되며 이런 작은 병반들이 서로 겹치면서 불규칙한 병반이 나타난다. 병원균은 나무에 남아있는 병든 잎과 가지, 그리고 병든 낙엽에서 겨울을 나고 봄에 병반위에 많은 분생포자를 새로 만들어 1차 전염원이 된다. 분생포자는 바람에 날리는 빗물에 의해 전파되어 새로 나온 잎을 침해한다. 병원균은 봄부터 가을까지 계속해서 다량으로 분생포자를 형성하여 전염을 반복한다.

국내에 *Entomosporium mespili*에 의한 점무늬병(그림 1)은 비파나무(*Eriobotrya japonica*), 홍가시나무(*Photinia glabra*), 다정큼나무(*Raphiolepis umbellata*), 채진목(*Rhododendron schlippenbachii*)에서 보고되었다(Seo 등, 2010; Seo 등, 2011; Shin 등, 1998; The Korean Society of Plant Pathology, 2009).



그림. 1. 병원균인 *Entomosporium mespili*에 의한 홍가시나무, 다정큼나무 피해 및 병원균
A : 홍가시나무 피해, B : 다정큼나무 피해, C : 병원균(*Entomosporium mespili*)

홍가시나무에서 최근 점무늬병 피해가 보고되었는데, 일단 피해가 발생되면 재배지 일부분에 국한되는 것이 아니라 재배지 전체에 심각한 피해를 주는 특징이 있다(Seo 등, 2010; 서 등, 2011). 또한 제주지역의 홍가시나무 재배지인 경우 조사지역 전체의 나무가 고사하는 경우도 종종 있다(그림 2).

외국의 경우 *E. mespili*에 의한 점무늬병 방제에 대한 보고가 있으나(Cobb 등, 1985;

Lange 등, 1998) 현재까지 국내에서는 연구된 바 가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제주도에서 홍가시나무에 피해를 주고 있는 홍가시나무점무늬병 방제법을 구명하여 방제법을 정립하고 재배농가에 방제방법을 보급하여 소득에 기여코자 본 시험을 실시하였다.



그림 2. 홍가나무점무늬병에 의한 홍가시나무 피해 전경

재료 및 방법

1. 시험포장 및 시험재료

홍가시나무점무늬병 약제 처리는 2012년 4월 16일부터 4월 30일까지 1주 간격으로 3회, 2012년 7월 23일부터 8월1일까지 10일 간격으로 2회를 서귀포시 안덕면 상창리 농가포장에서 각각 약제처리 하여 약효조사를 실시하였다. 홍가시나무는 6~7년생을 이용하였다. 살균제는 thiophanate-methyl WP70, chlorothalonil WP75, propiconazole EC25, pyrachlostrobin EC22 등 4종과 영양제인 hyponex를 각각 500배, 1,000배로 혼용 처리하였다.

2. 약제처리 및 약효조사

홍가시나무점무늬병 방제약제 선발은 약제를 총 5회(2012년 4월 16일, 4월 24일, 4월 30일, 7월 23일, 8월 1일) 처리하였으며, 약효는 처리 1주일 후인 5월 7일과 8월 8일에 조사하였다. 약제는 압력식 분무기를 이용해 잎이 흠뻑 젖어 약액이 흐를 때 까지 충분히 살포하였다. 춘기 실험에서는 각 처리구 당 4약제×2처리×5본 총 40본에 대하여 약제 처리하였다.

추기 실험에서는 propiconazole EC25를 제외하여 3약제×2처리×5본 총 30본을 약제 처리하였다. 방제효과는 이병엽률(이병엽수/전체엽수×100)로 조사하였으며 약해 피해도 함께 조사하였다.

결과 및 고찰

홍가시나무점무늬병 방제를 위해 처리한 약제 중 춘기 및 추기 시험에서 모두 propiconazole 및 pyrachlostrobin의 방제효과가 500배, 1,000배 처리구에서 각각 98.6~100%와 98.9~99%로 높게 나타났으며, thiophanate methyl과 chlorothalonil은 각각 76~78%와 82~88.7%로 나타났다(표 1, 1-2, 2, 2-2). 그러나 춘기 시험에서 propiconazole처리구에서는 잎의 코팅현상 등 약해 피해가 나타나는 것으로 조사되어 추기 방제시험에서는 제외하였다.

Cobb 등(1985)은 photinia 점무늬병에 chlorothalonil 처리시 방제효과가 우수하게 나타났고, propiconazole의 경우 방제효과는 우수하게 나타났지만 약해증상이 발생한다고 보고하였다. chlorothalonil은 배나무에 발생하는 Entomosporium 점무늬병에도 방제효과가 있다고 보고하였다(Chandler, 1967). 본 실험 결과에서는 propiconazole 처리구에서 약해가 발생한 것은 Cobb 등(1985)이 결과와 유사하나, 방제효과는 chlorothalonil 처리구에서 우수하다는 결과와 다른 양상을 보여 추후 2차 방제시험을 실시하여 정확한 규명이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그리고 500배 처리할 경우나 1,000배 처리 할 경우 방제효과가 비슷하여 1,000배로 처리하는 것이 더 효율적인 것으로 나타났다.

표 1. 2012년 춘기 홍가시나무점무늬병 약제방제 시험 결과(500배)

약 제 명		총엽수	이병엽수		이병율 (%)	방제가
			약제처리 전	약제처리 후		
다코닐(클로로탈로닐 수화제75%)	+ 하이포넥스 (6-10-5)	531	0	47	8.9	88.7
톱신엠(티오파네이트 수화제70%)		509	0	96	18.9	76.0
배너(프로피코나졸 유제25%)		469	0	5	1.1	98.6
카브리오(피라클로스트로빈 유제22%)		561	0	5	0.9	98.9
무처리		600	0	473	78.8	-

또한 Benomyl, thiophanate methyl과 같은 benzimidazole계 농약에 대한 *E. mespili*의 저항성 발현이 강력히 시사되고 있으며(Lange 등, 1998), Bowen 등(1994)은 몇 가지 약제를 교호로 사용한 처리에서 점무늬병 방제효과가 높게 나타난다고 보고하였다.

표 1-1. 2012년 춘기 홍가시나무점무늬병 약제방제 시험 결과(1,000배)

약 제 명		총엽수	이병엽수		이병율 (%)	방제가
			약제처리 전	약제처리 후		
다코닐(클로로탈로닐 수화제75%)	+ 하이포넥스 (6-10-5)	601	0	86	14.3	82
톱신엠(티오파네이트 수화제70%)		619	0	106	17.1	78
베너(프로피코나졸 유제25%)		636	0	0	0.0	100
카브리오(피라클로스트로빈 유제22%)		642	0	4	0.6	99
무처리		600	0	473	78.8	-

a) 이병율 = (약제처리 후 이병엽수/총엽수)×100

b) 방제가 = [(무처리 이병율-처리 이병율)/무처리 이병율]×100

표 2. 2012년 추기 홍가시나무점무늬병 약제방제 시험 결과(500배)

약 제 명		총엽수	이병엽수		이병율 (%)	방제가
			약제처리 전	약제처리 후		
다코닐(클로로탈로닐 수화제75%)	+ 하이포넥스 (6-10-5)	539	0	11	2.0	93.6
톱신엠(티오파네이트 수화제70%)		504	0	24	4.8	84.6
카브리오(피라클로스트로빈 유제22%)		530	0	0	0.0	100
무처리		509	0	159	31.2	-

표 2-2. 2012년도 추기 홍가시나무점무늬병 약제방제 시험 결과(1,000배액)

약 제 명		총엽수	이병엽수		이병율 (%)	방제가
			약제처리 전	약제처리 후		
다코닐(클로로탈로닐 수화제75%)	+ 하이포넥스 (6-10-5)	546	0	24	4.4	86
톱신엠(티오파네이트 수화제70%)		533	0	25	4.7	85
카브리오(피라클로스트로빈 유제22%)		591	0	0	0.0	100
무처리		509	0	159	31.2	-

a) 이병율 = (약제처리 후 이병엽수/총엽수)×100

b) 방제가 = [(무처리 이병율-처리 이병율)/무처리 이병율]×100

본 시험 연구 결과를 종합해 볼 때 홍가시나무점무늬병 방제를 위해 propiconazole 및 pyrachlostrobin의 방제효과가 좋게 나타났으나, propiconazole 처리구에서는 코팅현상 등 약해 피해가 나타나 방제약제로서는 적합하지 않은 것으로 판단되며 pyrachlostrobin을 새순이 나오는 시기에 2~3회 정도 수관 살포하면 방제효과가 클 것으로 기대된다.

그리고 향후 연구에서는 이번 연구에서 이용된 작용 기작이 각기 다른 3가지 농약 thiophanate-methyl WP70, chlorothalonil WP75, pyrachlostrobin EC22를 교호 사용한 방제 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한, 이 병은 보통 20℃를 전후하여 잎에 수분조건이 9~12시간 지속될 수 있는 조건에서 발생한다고 알려져 있는데(Baudoin, 1986), 아직까지 국내에서는 아직 연구된바 없으며 향후 정확한 병 발생 생태의 이해와 함께 포자비산 등에 맞춘 약제 처리시기 규명 등이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Efficacy of Fungicides for the Control of Leaf Spots on *Photinia glabra*

Chang Hoon Shin*, Kyoung Bum Kim, Young Tak Kim[1)], Hee Suk Kang,
In Bo Kang[2)] and Sang Tae Seo[1)]
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1)]Korea Forest Research Institute
[2)]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

Abstract

Since the late 2000s, a serious Entomosporium leaf spot disease, caused by *Entomosporium mespili*, has been found frequently on leaves of *Photinia glabra* at a nursery station in Jeju, respectively. Studies were conducted to select fungicides that would effectively control Entomosporium leaf spot. Among the four fungicides tested, weekly foliar applications of propiconazole and Pyrachlostrobin effectively reduced disease severity on *Photinia glabra* showing control value of 98.6~100% and 98.9~99%, respectively. Weekly treatments of thiopanate methyl were less effective. Propiconazole controlled the disease, however, it was phytotoxic to *P. glabra*.

Keywords : Control, Entomosporium Leaf Spot, Fungicide

참고문헌

나용준 외. 2009. 조경수병해충 도감. 서울대학교출판문화원. p.192-193.

이창복. 2003. 원색식물도감. 향문사. pp.567.

Baudoin, A.B.A.M. 1986. Environmental conditions required for infection of Photinia leaves by *Entomosporium mespili*. Plant Dis. 70:519-521.

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.

Kim, E., Kim, M.S., Rhyu, D.Y., Min, O.J., Baek, H.Y., Kim, Y.J. and Kim, H.A. 2009. Hypoglycemic effect of *Eriobotrya japonica* in db/db mice. Korean J. Food Nutr. 22:159-165.

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.

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.

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.

Tanaka, K., Tamaru, S., Nishizono, S., Miyata, Y., Tamaya, K., Matsui, T., Tanaka, T., Echizen, Y. and Ikeda, I. 2010. Hypotriacylglycerolemic and antiobesity properties of a new fermented tea product obtained by tea-rolling processing of third-crop

green tea (*Camellia sinensis*) leaves and loquat (*Eriobotrya japonica*) leaves. Biosci. Biotech. Biochem. 74:1606-1612.

The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of plant diseases in Korea. pp.853.

여 백

한라구절초의 삽목 증식 및 육묘환경에 관한 연구

김현철*, 송진영[1], 김태근[1], 현도경[1], 이희선[1], 송창길[1], 김태후[2], 양영환
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주대학교 농학과,
[2]제주특별자치도 한라산국립공원관리사무소

요 약

본 연구는 한라구절초를 대상으로 종보존 및 산업화의 기초 자료를 제공하기 위해 자생지의 특성, 삽목방법에 따른 발근특성 및 육묘 환경에 대해 조사하였다.

한라구절초의 분포는 백록담 정상의 암석지나 영실 등반로 계곡사면에서 불연속적이고 독립적 군락형태로 분포한다. 한라구절초 삽목시 배양용기에 따른 발근율은 32공 플러그트레이 81.7%, 90㎜ 포트 93.3% 삽목상자 96.7% 순으로 삽목상자가 가장 높았고 지상부길이(51.6㎜), 지하부길이(200.0㎜), 포복경수(0.5개), 생체량(1.8㎎/개) 등도 가장 높았다. 발근억제물질을 제거하기 위한 전처리제 처리는 석회수가 모든 배양용기에서 발근율이 약 97%로 가장 효과적으로 분석되었다. 한라구절초 육묘시 배양용기에 따른 지상부의 생육은 삽목판 89.0㎜로 가장 높았고 32공 트레이 62.4㎜, 90㎜ 포트 53.8㎜ 순으로 조사되었으며 75% 차광시가 30% 차광시 보다 지상부의 생육이 약 30%이상 증가되었다. 한라구절초를 육묘함에 있어 비료 관주시 생육변화는 삽목상자에서 Osmocote 5g 관주시 지상부의 생장이 276.1㎜으로 가장 높았고 육묘 전·후 생육변화 비율도 519.1%로 가장 높았으며 90㎜ 포트에서도 Osmocote 2g 관주시 325.5%로 생육변화 비율 가장 높았다. 따라서 한라구절초를 증식함에 있어 4월에 발생되는 동아(winter bud) 이용, 석회수 처리, 삽목상자를 이용하는 것이 효과적이고 육묘시에는 생육과 관리의 효율성 높이기 위해서는 90㎜ 포트를 이용하여 오스모코트를 관주하는 것이 효과적이라고 판단된다.

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7482, e-mail : khc4078@korea.kr

서 론

한반도에 분포하는 고산식물은 51과 175속 269종 5아종 73변종 9품종 383 종류로 보고되었는데(박, 1942), 그 중에서 남한에 분포하는 종류는 31과 91속 101종 1아종 27변종 1품종 등 130종류로 알려져 있다(정, 1989). 남한에서 가장 높은 한라산(1950m)에는 빙하기중 기후가 한랭해지면서 동북아시아로부터 유입된 식물 중 일부가 후빙기에 기온이 상승하면서 한랭한 피난처를 찾아 고지대로 이동하면서 정상일대에 격리 분포하고 있고 한라산에 분포하는 고산식물(高山植物)의 종수는 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 보이고 있다. 따라서 최근 한라산 고산지역에 분포하는 식물은 제주조릿대 군락이나 참억새 군락의 발달, 소나무림의 확장 등 자연적인 요인으로 기후·환경변화에 따른 고산식물의 생육환경이 점차 불량해지고 자생지의 분포가 급감함에 따라 소중한 유전자원이 희귀·멸종위기에 처하고 있는 실정이다. 따라서 한라산 고산식물 유전자원 보존·관리를 위한 증식방법 도출이 필요한 실정이다. 또한 한라산의 고산식물은 대부분 희소성이 있는 자생식물로써 산업적 가치는 매우 높을 것으로 판단이 되나 시료의 희소성, 안정적 공급 등의 문제로 산업화에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 고산식물의 종보존을 위한 자료구축과 유전자원확보, 산업화의 문제점을 해결하기 위해 대량생산 체계 구축, 고산식물을 이용한 새로운 소재 발굴 연구, 연중 고품질 상품의 안정적 생산 방법 도출 등이 필요하다고 생각된다. 따라서 본 연구는 한라산 해발 1,300m이상 고산초원의 나지나 암벽 틈에 한정분포를 보이고 9월 중순부터 10월 중순까지 흰색 또는 드물게 분홍색 꽃이 피는 국화과 식물 한라구절초(*Dendranthema coreanum* (H. Lév. & Vaniot) Vorosch.)를 대상으로 현지내·외 종보존 자료 및 유전자원확보 등의 기초자료 제공과 시설양묘 개념을 도입한 대량증식법 개발로 삽목의 발근특성 규명, 한라구절초의 초기 생육속도 및 활력을 높이기 위한 육묘 환경을 규명함에 있다.

재료 및 방법

1. 자생지 식생조사

자생지 조사는 2012년 9월 12일 영실지역에 분포하는 한라구절초를 대상으로 조사가 진행 되었으며 방형구 설치는 주변 군락에 교란을 받지 않고, 조사대상 식물이 가장 대표적으로 분포하는 지점을 찾아 조사구를 설치하였다. 2개체 이하로 고립된 단일개체 생육지점에 대해서는 조사구의 중심에 개체가 위치하도록 조사구를 설치하였다. 조사항목은 자생지 특성, 개체군 구조 및 생태, 위협요인, 개체군 분포지 층위별 특성조사 등을 조사하였다.

2. 공시시료 준비

본 실험의 공시시료는 2011년 한라산 영실 일대(1,600m)에서 채취하여 증식·보관된 한라구절초를 대상으로 2012년 4월에 한라산연구소 고랭지시험포에서 채취하여 제주대학교 자생식물자원 실험용 온실에서 실시하였다. 채취한 한라구절초는 동아를 이용하여 삽수를 제조하여 사용하였다.

3. 시약준비

삽수 자체에 함유되어 있는 발근을 억제하는 물질에 대하여서도 많은 연구가 발표된 바 있으나, 이 물질의 종류나 작용기작은 아직도 추정하기 어렵다. 따라서 한라구절초 삽수 자체에 함유되어 있는 발근을 억제하는 물질을 제거하기 위해 질산은($AgNO_3$, 500ppm), 석회수($Ca(OH)_2$, 1,000ppm), 과망간산칼륨($KMnO_4$, 1,000ppm)을 사용하였으며 대조구로는 증류수를 사용하였다. 삽수처리는 제조된 전처리제에 24시간동안 삽수 기저부를 침지 후 증류수로 세척하여 사용하였다. 발근처리제는 전처리제를 처리한 삽수에 루톤(동부하이텍, 1-naphthylacefamide 0.4%)을 처리하여 삽목하였다.

4. 배양상 준비

배양용기에 따른 발근특성 및 생육특성을 알아보기 위해 삽목상자, 90㎜ 포트, 32공 플러그트레이를 사용하였다. 이때 사용한 배양토는 피트모스, 버미큘라이트, 펄라이트를 1:1:1의 비율로 혼합한 용토를 사용하였다.

5. 데이터측정

모든 실험은 각 처리별로 20개체씩 완전임의배치 3반복으로 하였으며 데이터 수확은 삽목 90일 후, 발근율, 뿌리수, 뿌리길이, 신초길이, 근원경, 엽록소함량(SPAD value), 포복경수, 생체량을 측정하였다.

6. 증식환경 조사

증식환경을 파악하기 위해 온실과 밀폐상 내에 온습도계(EL-USB-2, Lascar)를 설치하여 4~10월까지 5분 간격으로 온도와 습도를 측정하였고 월별 시간대별로 평균을 산출하여 그래프로 나타내었다.

7. 육묘환경 개선 연구

고산식물의 일반적인 특징은 저지대의 식물에 비해 생육이 느리다고 알려져 있다. 따라서 발아와 발근 후 가장 적합한 육묘환경을 알아보기 위해 피음, 비료, 배양상 차이를 두어 생육변화를 조사하였다. 공시시료는 삽목증식을 통해 생산된 한라구절초를 대상으로 진행하였다. 피음처리는 무처리(30% 차광)와 75% 차광을 하였고 비료 처리는 Osmocote (12+11+17+2MgO, Scotts), LPE(Lyso-Phosphatidyl-Ethanolamine, 두산), 키토산(무럭이, 건풍바이오)을 선택하여 표 1과와 같이 종류와 비료량을 달리하여 실험하였다.

표 1. 비료종류에 따른 관주량

			삽목판		90㎜포트		35공트레이	
종류	제형	관주 횟수	관주량		관주량		관주량	
오스모코트	과립	1회	15g 5g		2.0g 1.0g		1.0g 0.5g	
키토산	액체	1회	500㎖	250ppm 500ppm	50㎖	250ppm 500ppm	20㎖	250ppm 500ppm
		2회	500㎖	250ppm 500ppm	50㎖	250ppm 500ppm	20㎖	250ppm 500ppm
LPE	액체	1회	500㎖	1000배 2000배	50㎖	1000배 2000배	20㎖	1000배 2000배
		2회	500㎖	1000배 2000배	50㎖	1000배 2000배	20㎖	1000배 2000배

규격묘를 생산하기 위해 배양상 차이에 따른 육묘의 효율성을 판단하기 위해 삽목판, 35공트레이, 90㎜포트를 이용하였다. 이때 사용된 배양토는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트를 1:1:1로 혼합한 배양토를 사용하였고 모든 실험은 3반복으로 진행하였다.

결과 및 고찰

1. 자생지의 특성

한라구절초는 한라산국립공원에서 주로 분포하고 위치는 백록담 정상의 암석지나 영실 등반로 계곡사면에 분포한다. 따라서 본 조사지역은 영실코스 해발 1,450m고지에 위치해 있고 털진달래, 산철쭉 등 관목이 분포하는 노출된 바위틈으로 개체군의 분포형태는 불연속적이고 독립적으로 분포를 한다. 자생지의 경사도는 약 50°, 부엽층 30㎜, 유기물함량은 4%, 토양은 점토로 조사되었고 한라구절초의 밀도는 최고 5개/㎡, 최저 1개/㎡로 조사되었다. 방형구내 출현종은 제주조릿대, 은분취, 남산제비꽃, 제주달구지풀, 돌양지꽃, 털새 등이 분포하였다. 위협요인으로는 한라산 해발 1,300m이상 지역에서 자라며, 나지나 암벽 틈에 한정 분포하여 자연천이에 의한 도태와 희소성으로 인한 불법 채취라고 판단된다.

2. 증식 및 육묘환경

1) 광량의 변화

광량의 변화를 알아보기 위해 7~9월까지 측정한 결과 7월 전광상태에서는 시간대별 변화는 10시 약 38,000lux(오전), 15시 약 95,000lux(오후), 18시 약 20,000lux(저녁) 측정이 되었고 30% 피음 처리된 온실 내에서는 약 11,600lux(10시), 20,000lux(15시), 4,300lux(18시)이고 75% 피음 처리구에서는 약 1,400lux(10시), 3,400lux(15시), 1,000lux(18시)로 산출되었다(그림 1). 8, 9월 시간별 광량의 변화는 전광 하에서 약 29,000~31,000lux(10시), 49,000~50,000lux(18시), 15,000~16,000lux(18시)로 7월보다 낮은 수치를 보이는데 이는 흐린 날씨가 7월보다 많았기 때문이라고 생각된다. 차광율의 변화는 30% 피음 처리된 온실 내에서 약 75~80%, 75% 파음 처리구에서는 96~97%로 산출되어 피음 처리 보다 차광율이 높게 나온 이유는 광이 온실 내로 투광이 되면서 직광에서 산란광으로 변하기 때문에 더 높은 차광율를 보이는 것으로 판단된다.

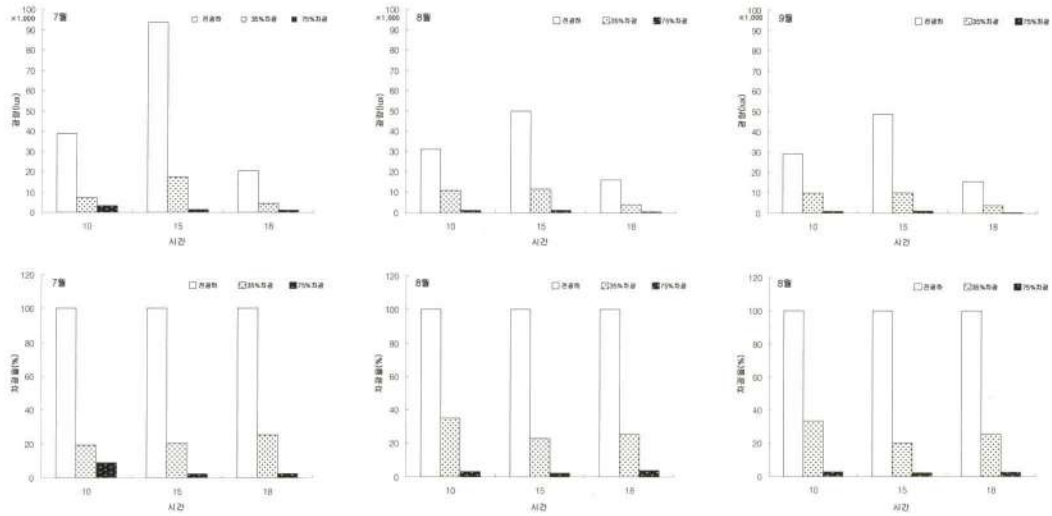


그림 1. 증식시설 광량의 변화

2) 온·습도의 변화

온실의 온·습도의 변화를 알아보기 위해 4월부터 10월까지 5분 간격으로 온습도계(EL-USB-2, Lascar)를 이용하여 5분 간격으로 온·습도를 측정한 결과 월별 온실 내의 평균 온도는 4월에 약 16℃로 가장 낮게 나타났고 7~8월이 약 27℃로 가장 높게 나타났으며 일교차는 10~18℃의 차이를 보이는데 10월에 18℃차이로 가장 높은 것으로 분석되었다. 시간대별 온도의 변화는 가장 낮은 온도를 보이는 시간은 4~6시 사이이고 가장 높은 시간은 12~15시 사이이며 월별로 약간의 시간 차이를 보였다(그림 2). 온실 습도의 변화는 온실인 경우 4~10월까지 평균이 77%로 분석되었고 4월인 경우 평균 64%로 가장 낮게 나타났으며 8월인 경우 88%로 가장 높게 나타났다. 일일 습도의 변화는 평균 34%의 차이를 보였고 10월이 최고 91%, 최저 42%로 최대 52%의 차이를 보였으며 8월인 경우 최대 97%, 최저 75%로 최소 22%의 차이를 보였다(표 2). 이는 8월인 경우 우기가 많아 대기중 습도가 높고 변화의 폭이 적고 10월인 경우 우기가 적어 변화의 폭이 크게 나타난 것으로 판단이 된다. 시간대별 온도와 습도의 상관을 보면 $r= -0.978 (p<0.01)$ 산출되어 역의 상관을 보이고 일일 습도의 변화는 30~38% 차이를 보였다(그림 2).

표 2. 증식시설 월별 온·습도의 변화

월		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
평균	온도(℃)	16	20	22	27	27	22	20
	습도(%)	64	68	79	82	88	81	74
최고	온도(℃)	27	29	29	33	33	30	32
	습도(%)	80	83	91	93	97	92	91
최저	온도(℃)	9	15	18	22	23	18	14
	습도(%)	41	46	62	67	75	62	40
일교차	온도(℃)	17	14	11	11	10	12	18
	습도(%)	38	37	30	27	22	30	52

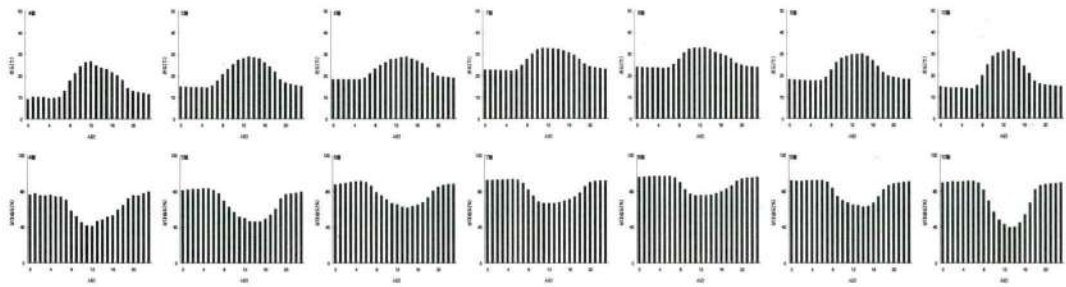


그림 2. 증식시설 시간대별 온·습도의 변화

3. 발근특성

온실에서 한라구절초의 동아를 대상으로 배양용기, 식물생장물질의 종류, 전처리제 등에 따른 발근 및 지상부의 생육특성을 조사하였다. 배양용기에 따른 발근율은 32공 플러그트레이 81.7%, 90㎜ 포트 93.3% 삽목상자 96.7% 순으로 증가하였다. 또한 1차 뿌리수 14개, 지하부길이 200.0㎜, 지상부길이 51.6㎜, 근원경 3.0㎜, 엽록소함량 14.4, 생체량 1.8㎎으로 삽목상자에서 가장 높게 나타났다. 한라구절초는 포복경 형태(Runner)의 무성번식이 이루어지는데 삽목상자 0.5개, 32공 플러그트레이와 90 ㎜ 포트에서 0.3개의 발생율을 보였다(표 3). 이는 삽목상자의 배양토 용적비율이 높아 안정적인 수분 공급 및 유지, 지하부의 공간 확보 등이 원활하여 한라구절초의 발근과 지하부의 발달로 전체적인 생육이 좋은 것으로 생각된다(그림 3).

표 3. 한라구절초 삽목시 배양용기별 발근특성

용기	발근율 (%)	지상부 길이 (㎜)	지하부 길이 (㎜)	1차 뿌리수 (개)	포복경수 (개/개체)	근원경 (㎜)	엽록소 함량 (SPAD)	생체량 (㎎/개체)	지상-지하부 비율
삽목상자	96.7^{a} (±5.8)	51.6^{a} (±13.9)	200.0^{a} (±49.9)	14.0^{a} (±4.1)	0.5^{a} (±0.1)	3.0^{a} (±1.0)	14.3^{a} (±8.2)	1.8^{a} (±1.1)	26.9^{b} (±8.5)
90 ㎜ 포트	93.3^{a} (±5.8)	50.6^{a} (±16.4)	181.6^{b} (±59.1)	12.7^{a} (±5.1)	0.3^{b} (±0.1)	2.8^{a} (±1.3)	13.5^{ab} (±4.2)	1.5^{ab} (±1.1)	27.1^{b} (±7.2)
32 공 플러그 트레이	81.7^{b} (±17.2)	50.7^{a} (±16.4)	180.7^{a} (±55.0)	13.2^{a} (±3.9)	0.3^{b} (±0.1)	2.9^{a} (±1.0)	11.8^{b} (±4.0)	1.4^{b} (±0.9)	30.6^{a} (±14.5)

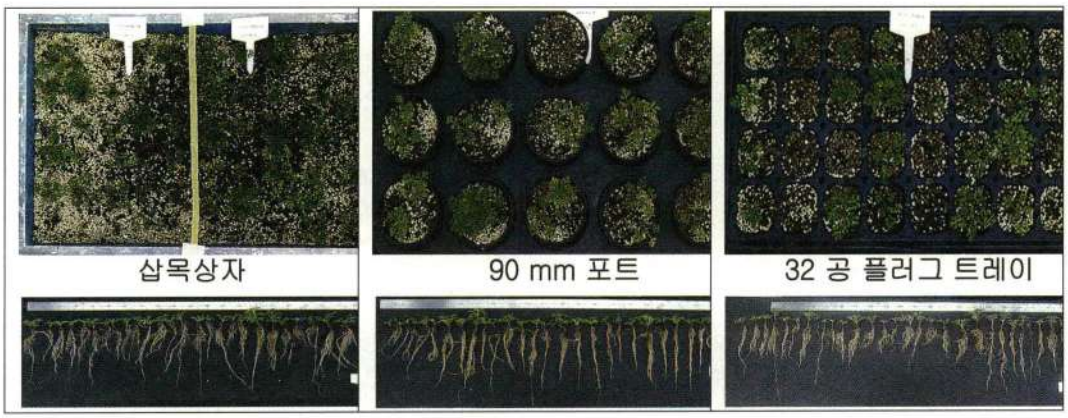


그림 3. 한라구절초 삽목시 배양용기별 발근특성 현황

김 등(1996)은 큰구절초, 바위구절초, 낙동구절초 등 8종류에 대해 삽목한 결과 무처리구보다 루톤처리시가 발근율이 높았다. 그러나 본 실험 재료인 한라구절초인 경우는 루톤처리시 무처리 보다 삽목상자 13.4%, 90㎜ 포트 1.3%, 32공 플러그 트레이 1.7%의 발근율이 감소한 것으로 분석되었다(표 4, 5). 일반적으로 삽목시 루톤 처리하면 발근율이 높다고 하나 눈향나무 삽목시에도 무처리구 30.4%, 루톤 처리구20.4%로 발근율이 감소하였고 생열귀나무인 경우 루톤 처리시에는 0% 발근율을 보여 루톤 처리시 발근율이 낮아지는 현상도 있었다(고 등, 2003; 노 등, 2011; 송 등, 2010; 이 등, 2000). 이는 루톤이 고체상태이고 다른 화합물질들과 혼합되어 있으며 삽목시 삽수 기부에 루톤 분의제가 생육기간 동안 녹지 않아 생육에 악영향을 끼친다는 보고가 있어 본 실험도 루톤 처리시 발근율이 낮아 진 것으로 생각된다(김, 1996; 이 등, 2009).

루톤 처리시 발근율은 32공 플러그트레이 80.0%, 삽목상자 83.3%, 90㎜ 포트 90.0% 순

으로 증가하였고 1차 뿌리수 14.6개, 신초길이 43.7㎜, 근원경 3.1㎜로 삽목상자가 가장 높은 것으로 분석되었다(표 4, 그림 4).

표 4 한라구절초 루톤처리 삽목시 배양용기별 발근특성

용기	발근율 (%)	지상부 길이 (㎜)	지하부 길이 (㎜)	1차 뿌리수 (개)	포복경수 (개/개체)	근원경 (㎜)	엽록소 함량 (SPAD)	생체량 (㎎g/개체)	지상-지하부 비율
삽목상자	83.3^{b} (±5.8)	43.7^{a} (±12.5)	179.4^{b} (±60.3)	14.6^{a} (±4.8)	0.6^{a} (±0.1)	3.1^{a} (±0.8)	1.4^{b} (±0.9)	1.4^{a} (±0.9)	26.6^{ab} (±11.2)
90㎜ 포트	90.0^{a} (±0.0)	41.8^{a} (±11.7)	204.5^{a} (±38.2)	12.0^{b} (±4.2)	0.1^{b} (±0.0)	2.4^{b} (±0.6)	15.0^{a} (±3.2)	1.1^{b} (±0.6)	21.1^{b} (±8.1)
32 공 플러그 트레이	80.0^{b} (±15.0)	42.4^{a} (±15.3)	157.8^{b} (±57.9)	12.7^{b} (±4.1)	0.1^{b} (±0.0)	2.7^{ab} (±0.8)	16.8^{a} (±7.0)	1.2^{ab} (±0.7)	36.0^{a} (±52.2)

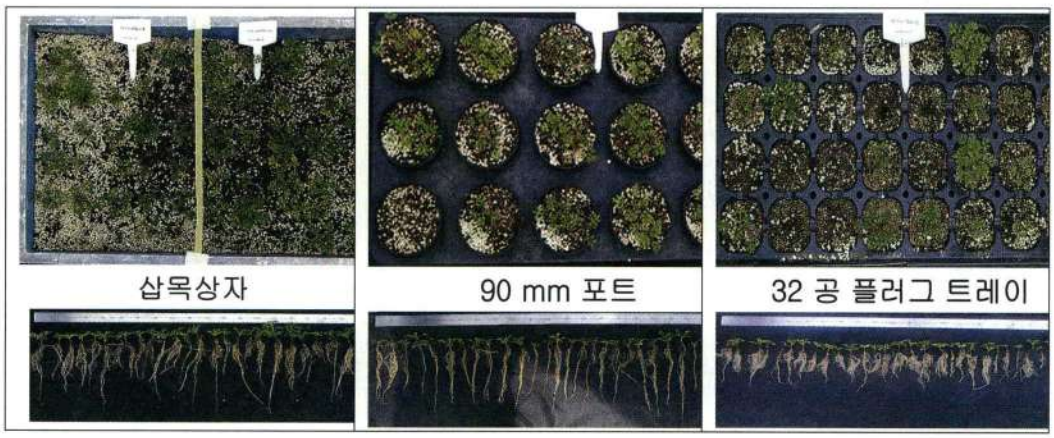


그림 4. 한라구절초 루톤처리 삽목시 배양용기별 발근특성 현황

식물체 내에는 내생적 발근억제물질을 함유하고 있는데 아브시스산(abscisic acid), 계피산(trans-cinnamic acid), 쿠마르산(coumaricacid), 클로로겐산(chlorogenic acid), 카페인산(caffeicacid), 페놀산(phenolic acid) 등이 알려져 있다(고 등, 2003). 본 실험에서는 한라구절초 삽수의 발근억제물질을 제거하기 위해 전처리제인 석회수, 질산은, 과망간산칼륨을 처리한 결과 무처리구에서는 발근율이 삽목상자 96.7%, 90㎜ 포트 93.3%인 반면 석회수와 질산은 처리시에는 100%의 발근율을 보였고 전처리제 처리시 전반적으로 발근율이 높게 조사되었다. 이는 한라구절초 삽수 내의 발근억제물질을 가지고 있으나 함량은 높지 않은 것으

로 판단이 된다. 배양용기별 전처리제 처리시 발근율을 비교하면 삽목상자에서는 석회수와 질산은 100%, 과망간산칼륨 90.0%로 조사되었고 90㎜ 포트에서도 석회수와 질산은 100%, 과망간산칼륨 93.3% 나타났다. 반면 32공 플러그트레이에서는 과망간산칼륨 100%, 석회수 90%, 질산은 76.7% 분석되었다(표 5, 그림 5). 따라서 전처리제 처리를 하여 한라구절초 삽목 시 전체적으로 석회수처리가 가장 효과적인 것으로 판단된다.

표 5. 한라구절초 전처리제 처리 삽목시 배양용기별 발근특성

용기	전처리제	발근율 (%)	지상부 길이 (㎜)	지하부 길이 (㎜)	1차 뿌리수 (개)	포복경수 (개/개체)	근원경 (㎜)	엽록소 함량 (SPAD)	생체량 (mg/개체)	지상-지하부 비율
삽목상자	석회수	100.0^{a} (±0.0)	66.9^{a} (±19.5)	215.4^{a} (±56.1)	15.9^{a} (±6.9)	0.6^{a} (±0.2)	3.0^{a} (±0.8)	21.9^{a} (±8.2)	2.4^{a} (±1.6)	31.9^{b} (±8.1)
	질산은	100.0^{a} (±0.0)	47.0^{b} (±13.9)	135.6^{b} (±46.4)	10.7^{b} (±5.8)	0.5^{a} (±0.1)	2.8^{a} (±0.7)	20.7^{a} (±8.2)	1.3^{b} (±1.2)	37.1^{a} (±12.3)
	과망간산칼륨	90.0^{a} (±10.0)	62.0^{a} (±19.6)	181.0^{c} (±54.2)	13.1^{ab} (±4.9)	0.6^{a} (±0.1)	3.1^{a} (±0.8)	20.8^{a} (±8.7)	1.9^{ab} (±1.0)	35.6^{a} (±10.1)
90㎜ 포트	석회수	100.0^{a} (±0.0)	55.5^{a} (±14.7)	218.9^{a} (±54.5)	13.4^{a} (±4.0)	0.4^{a} (±0.1)	2.7^{ab} (±0.8)	14.9^{a} (±3.8)	2.0^{a} (±1.0)	26.6^{a} (±8.3)
	질산은	100.0^{a} (±0.0)	49.9^{a} (±15.9)	207.7^{b} (±90.9)	8.1^{b} (±4.7)	0.4^{a} (±0.1)	2.3^{b} (±0.7)	13.7^{a} (±3.1)	1.4^{b} (±1.0)	29.5^{a} (±20.2)
	과망간산칼륨	93.3^{a} (±5.8)	56.1^{a} (±15.1)	211.6^{ab} (±45.7)	13.3^{a} (±2.9)	0.3^{a} (±0.1)	3.1^{a} (±0.9)	14.3^{a} (±3.1)	2.0^{a} (±1.0)	28.0^{a} (±11.5)
32 공 플러그 트레이	석회수	90.0^{ab} (±0.0)	48.8^{a} (±16.7)	183.6^{a} (±52.2)	14.2^{a} (±4.7)	0.1^{a} (±0.0)	3.0^{a} (±1.0)	16.1^{ab} (±6.0)	1.5^{a} (±0.9)	28.6^{a} (±12.4)
	질산은	76.7^{b} (±5.8)	50.1^{a} (±17.3)	199.2^{a} (±72.7)	12.3^{b} (±4.7)	0.0^{a} (±0.0)	2.4^{b} (±0.7)	14.1^{b} (±4.1)	1.4^{a} (±0.8)	28.5^{a} (±15.2)
	과망간산칼륨	100.0^{a} (±0.0)	44.9^{a} (±10.0)	133.1^{b} (±25.9)	14.2^{a} (±4.1)	0.2^{a} (±0.0)	2.7^{ab} (±0.7)	19.8^{a} (±8.0)	1.4^{a} (±0.6)	34.8^{a} (±9.7)

4. 육묘환경 개선 연구

고산식물의 일반적인 특징은 환경에 민감하고 저지대의 식물에 비해 생육이 느리다고 알려져 있어 한라구절초인 경우 산업화를 진행함에 있어 문제점으로 작용 할 수 있다. 따라서 한라구절초 발근 후 가장 적합한 육묘환경을 알아보기 위해 피음, 비료, 배양상 차이를 두어 생육변화를 조사하였다. 배양용기에 따른 한라구절초의 지상부의 생육은 삽목판 89.00㎜로 가장 높았고 32공 트레이 62.40㎜, 90㎜ 포트 53.80㎜ 순으로 조사되었고 지하부도 삽목판에서 245.20㎜으로 가장 길었으며 90㎜ 포트 226.50㎜, 32공 트레이 194.10㎜ 순으로 조사되었다. 75% 차광에 따른 한라구절초의 지상부 생육을 보면 30% 차광에 비해 약

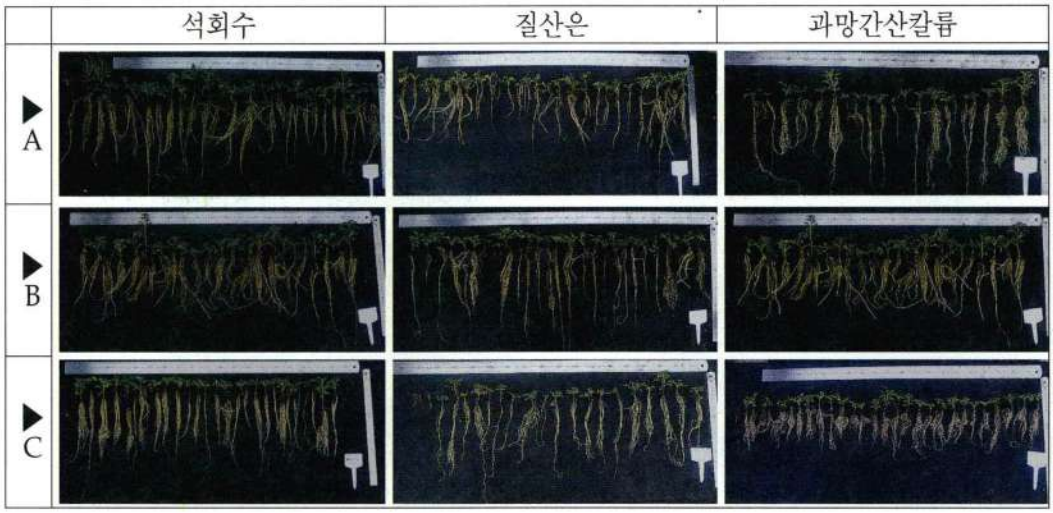


그림 5. 한라구절초 전처리제 처리 삽목시 배양용기별 발근현황

A : 배양용기, B : 90㎜ 포트, C : 32공 플러그트레이

30%이상 생육이 증가되었고 90㎜ 포트에서 192.30㎜으로 가장 큰 것으로 조사되었다. 반면 지하부는 30%차광에 비해 생장율이 낮은 것으로 산출되었고 그중 90㎜ 포트에서 194.10㎜으로 가장 큰 것으로 조사 되었다(표 6). 차광에 따른 T/R률은 증가되어 웃자람 현상을 보이는 것으로 한라구절초를 지피식물로 이용시 증식을 위해 차광을 해줌으로써 지상부의 생육이 빨라져 산업적 효과를 가져 올 것으로 생각된다.

표 6. 한라구절초 삽목시 용기별, 차광별 육묘 후 생육특성

	차광율	지상부 길이 (㎜)	지상부 생체량 (㎎)	지상부 건중량 (㎎)	지하부 길이 (㎜)	지하부 생체량 (㎎)	지하부 건중량 (㎎)	분지수	근원경	T/R
삽목판	30%	89.00	3.36	0.76	245.20	3.86	0.49	3.3	3.56	1.55
	75%	126.9	1.78	0.79	133.20	2.08	0.26	1.1	2.34	3.04
포트	30%	53.80	0.64	0.132	226.50	1.05	0.122	0.5	2.35	1.08
	75%	192.30	2.57	0.41	201.40	1.17	0.125	1.4	3.43	3.28
32공 트레이	30%	62.40	1.27	0.39	194.10	2.99	0.33	1.5	2.91	1.18
	75%	114.8	1.14	0.139	138.10	0.57	0.043	0.3	2.43	3.23

한라구절초 육묘시 비료 관주에 따른 생육변화는 삽목판에서 지상부의 생육은 오스모코트 5g 관주시 276.10㎜으로 가장 생육이 좋은 것으로 나타났고 지하부인 경우는 키토산 250ppm 1회 관주시 270.70 ㎜으로 조사되었다. 90㎜ 포트인 경우도 지상부는 오스모코트 0.5g 관주시 248.00㎜으로 가장 생육이 좋았고 지하부는 키토산 500ppm 1회 관주시 272.40 ㎜로 가장 높았다. 32공 트레이 경우도 지상부 오스모코트 0.2g 관주시 170.88㎜, 지하부 키토산 250ppm 1회 관주시 212.70㎜로 가장 높은 것으로 조사되었다(표 7). 한라구절초를 육묘함에 있어 육묘전의 생육과 활착 후의 생육 비율을 산출한 결과 삽목판인 경우 LPE 1000 1회관주시 무처리구에 비해 81.69%의 지하부 길이가 증가하였고 지상부는 오스모코트 5g 관주시 519.1%가 증가하였다. 90㎜ 포트인 경우는 대조구에 비해 생육비율이 높지 않았고 그중 키토산 500ppm 2회 관주시 66.26%가 증가 하였다. 32공 트레이인 경우는 키토산 250ppm 2회 관주시 지하부의 변화는 103.68%로 가장 높았다. 전반적으로 지상부의 생육변화는 오스모코트가 약 300% 생육이 증가되고 지하부인 경우는 키토산이 약 100%이상의 생육 증가를 가져오는 것으로 분석되었다. LPE 2,000ppm 2회 관주시 지하부가 67.8%가 증가하는 것으로 나왔다(표 8, 그림 6). 32공 트레이인 경우는 대조구에 비해 비료 처리구가 낮은 비율을 보였으나 오스모코트 0.2g 관주시 대조구와 비슷한 효율이 나오는 것으로 조사되었다. 활착율은 전반적으로 높게 나왔으나 그중 오스모코트 관주 시가 가장 낮게 조사되었다. 이는 오스모코트 관주시 배양토 상층에 이끼의 발생으로 공기 및 수분 교환이 이루어지지 않았기 때문이라고 생각된다.

모든 결과를 종합 하면 구절초류(*Chrysanthemum*)는 실생번식을 하나 종자번식 시 발아율이 불량하고 입모율이 낮아 분근을 이용하여 증식을 하고 있으나 대량번식 체계 확립이 필요한 실정이다(김 등, 1998). 따라서 구절초류인 한라구절초를 무성 증식함에 있어 4월에 발생되는 동아를 이용하고 발근율을 높이기 위해 석회수를 처리하며 안정적인 수분 공급을 위해 삽목상자를 이용하는 것이 효과적이다. 또한 한라구절초 육묘시에는 생육과 관리의 효율성 높이기 위해서는 90㎜ 포트를 이용하여 오스모코트와 키토산을 관주하는 것이 효과적이라고 판단된다.

표 7. 용기별, 비료별 육묘 후 한라구절초의 생육특성

	관주 횟수 /살포량	실험구	지상부 길이 (㎜)	지하부 길이 (㎜)	지상부 무게 (㎎)	지하부 무게 (㎎)	지상부 건중 (㎎)	지하부 건중 (㎎)	분지 (개)	근원경 (㎜)
LPE 1000	1	삽목판	75.70	239.10	0.68	0.51	0.23	0.10	0.80	2.37
		포트	91.30	239.40	1.38	0.29	0.29	0.18	1.20	2.76
		트레이	62.00	159.80	0.83	1.06	0.18	0.15	0.50	2.33
LPE 1000	2	삽목판	89.20	227.50	1.50	1.29	0.38	0.19	1.60	2.40
		포트	120.60	234.50	2.33	3.11	0.48	0.33	1.80	2.92
		트레이	73.00	158.40	0.57	0.61	0.11	0.07	0.40	2.35
LPE 2000	1	삽목판	91.10	263.00	1.77	2.96	0.36	0.37	2.10	3.59
		포트	65.10	243.60	1.00	1.49	0.27	0.22	0.70	2.53
		트레이	64.60	195.90	0.66	0.99	0.13	0.11	0.50	2.48
LPE 2000	2	삽목판	141.50	248.90	1.89	1.46	0.73	0.31	2.00	2.26
		포트	90.50	259.00	1.25	1.50	0.27	0.18	1.00	3.25
		트레이	57.90	170.50	0.38	0.56	0.10	0.08	0.00	2.27
키토산 250	1	삽목판	97.80	270.70	1.13	1.43	0.51	0.25	1.40	2.26
		포트	61.40	216.50	0.67	1.26	0.14	0.12	0.40	2.98
		트레이	64.30	212.70	1.23	1.84	0.30	0.20	1.50	2.97
키토산 250	2	삽목판	86.50	231.80	1.61	1.26	0.62	0.26	2.40	2.43
		포트	81.70	206.00	1.66	1.66	0.34	0.23	1.20	3.34
		트레이	96.90	182.50	0.71	1.15	0.19	0.16	0.30	2.39
키토산 500	1	삽목판	117.70	235.00	2.21	1.55	0.66	0.28	2.00	3.49
		포트	82.50	272.40	1.01	1.38	0.24	0.19	0.50	3.16
		트레이	94.10	211.00	0.96	1.34	0.21	0.17	0.60	2.47
키토산 500	2	삽목판	124.00	251.20	2.79	2.19	0.35	0.26	2.50	3.67
		포트	98.80	222.30	1.25	1.52	0.35	0.23	0.80	3.05
		트레이	91.80	184.40	0.91	0.75	0.22	0.10	0.40	2.88
오스모코트	15	삽목판	164.10	233.70	11.12	9.52	1.82	0.94	7.00	2.50
	1.5	포트	180.00	175.80	11.25	9.48	1.70	0.86	6.60	2.58
	0.5	트레이	123.40	148.50	5.83	5.23	1.15	0.79	7.40	2.53
오스모코트	5	삽목판	276.10	241.80	18.93	9.15	4.19	1.25	14.30	2.96
	0.5	포트	248.00	171.40	24.06	12.48	2.16	1.22	6.60	3.74
	0.2	트레이	170.88	175.50	10.94	5.56	1.94	0.84	4.63	3.26

표 8. 용기별, 비료별 육묘 후 한라구절초 생육비율의 변화

	90㎜ 포트	관주횟수 /관주량	지하부길이 (%)	지상부길이 (%)	생체량 (%)	근원경 (%)	T/R	활착율 (%)
삽목판	대조구		45.69	92.22	107.47	9.54	1.55	90.00
	차광		-32.73	182.00	179.71	-8.24	3.04	100.00
	LPE 1000	1	81.69	55.76	6.85	-25.71	2.30	100.00
	LPE 1000	2	12.51	123.00	114.62	-22.33	2.00	100.00
	LPE 2000	1	27.86	152.82	429.48	47.94	0.97	90.00
	LPE 2000	2	10.92	197.27	116.13	-21.53	2.35	100.00
	키토산 250	1	45.30	52.57	57.06	-13.41	2.04	100.00
	키토산 250	2	39.81	82.11	120.77	-27.03	2.14	100.00
	키토산 500	1	29.76	115.17	147.37	6.73	2.36	100.00
	키토산 500	2	38.02	119.08	170.65	21.12	1.35	100.00
	오스모코트	15	29.12	199.45	1121.30	-1.19	1.93	100.00
	오스모코트	5	26.07	519.06	1934.78	17.00	3.35	90.00
90㎜ 포트	대조구		70.43	34.50	44.44	-10.31	1.08	100.00
	차광		26.83	315.33	199.20	26.10	3.28	93.33
	LPE 1000	1	38.70	72.92	2.45	17.45	1.61	100.00
	LPE 1000	2	5.87	130.15	84.41	-2.67	1.45	100.00
	LPE 2000	1	26.74	44.35	66.00	12.95	1.18	100.00
	LPE 2000	2	47.24	88.15	133.05	30.00	1.49	93.33
	키토산 250	1	34.56	36.44	38.85	14.18	1.14	100.00
	키토산 250	2	66.26	63.73	85.47	16.78	1.44	100.00
	키토산 500	1	33.53	102.21	92.74	17.91	1.26	100.00
	키토산 500	2	11.09	88.55	92.36	7.77	1.52	66.67
	오스모코트	1.5	-13.70	325.53	1973.00	6.17	1.98	20.00
	오스모코트	0.5	-4.03	293.65	2155.56	16.88	1.77	13.33
32공 트레이	대조구		-11.85	22.59	125.40	-1.36	1.18	100.00
	차광		-43.26	98.36	29.06	-14.74	3.23	100.00
	LPE 1000	1	32.39	13.55	94.85	-18.25	1.25	80.00
	LPE 1000	2	114.34	52.40	114.55	10.85	1.56	90.00
	LPE 2000	1	61.50	18.97	71.88	44.19	1.23	80.00
	LPE 2000	2	77.05	30.70	91.84	9.13	1.25	90.00
	키토산 250	1	7.42	30.43	103.31	7.22	1.48	100.00
	키토산 250	2	103.68	78.78	94.65	-2.45	1.24	70.00
	키토산 500	1	38.27	72.34	112.96	-3.89	1.21	100.00
	키토산 500	2	81.85	75.86	201.82	25.76	2.32	100.00
	오스모코트	0.5	-34.58	142.44	690.00	-19.68	1.46	70.00
	오스모코트	0.2	-19.53	343.83	1636.84	35.94	2.31	50.00



그림 6. 한라구절초 비료 처리시 배양용기별 육묘현황

A Study on Multiplication and Nursing Environment of *Dendranthema coreanum*

Hyoun-Chol Kim*, Jin-Young Song[1)], Tae-Keun Kim[1)], Do-Gyoung Hyoun[1)],
Hee-Sean Lee[1)], Chang-Khil Song[1)], Tae-Hoo Kim and Young-Hoan Yang
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1)]Major of plant Resources and Environment, Cheju National University

Abstract

The study research about characteristics of natural growth area, features of rooting and nursing environment according to multiplication methods in order to provide basic data for species conservation and industralization on *Dendranthema coreanum*. *Dendranthema coreanum* is distributed in rocky area of Baekrokdam and valley slope of Youngsil trail discontinuously and separately. For rate of rooting according to culture medium in case of its multiplication, plugtray with 32 holes was 81.7%, 90㎜ port 93.3% and cultivation box 96.7%, respectively and multiplication box showed the highest rate and it also showed highest values in length of above-aerial part(51.6㎜), length of underground part(200.0㎜), number of surface runner(0.5ea) and biomass(1.8㎎/unit). For pre-treatment for eliminating root-repressing element, limewater($Ca(OH)_2$) was most effective with 97% in every container. For rearing of above-aerial part according to culure media in case of raising seeing of *Dendranthema coreanum*, multiplication borard was highest with 89.0㎜ and then it was followed by tray with 32 holes 62.4㎜, 90㎜ port 53.8㎜ in order. In case of 75% shading light, rearing of above-aerial part increase over 30% compared to 30% shading light. For rearing *Dendranthema coreanum*, changes in

rearing with drenching of fertilizer showed highest in multiplication box with growth of above-aerial part, 276.1㎜ when drenching Osmocote 5g. It also showed highest value of 519.1% in rearing rate before and after raising seeding. In case of 90㎜ port with drenching Osmocote 2g, rate of rearing change was highest with 325.5%. Accordingly, for multiplying *Dendranthema coreanum*, the most effective method is to apply winter bud in April, limewater treatment and multiplication box and in case of raising seeding, in order to raise efficiency of rearing and managing, to apply 90㎜ port with drenching Osmocote is effective.

참고문헌

고한종, 송창길, 조남기. 2003. 섬오갈피나무의 발아 및 유묘의 생육특성. 한국약용작물학회지 11(1):46-52..

김기선. 1996. 양액재배를 이용한 절화용 국화의 주년생산체계 확립. 농촌진흥정 중간보고서. pp.64.

김정률, 유창연, 조동하. 1998. 九折草 挿穗로부터 發根 및 根生長에 미치는 생장조절물질, 九折草 種 및 挿穗位置의 효과. 한국자원식물학회지 11(3):353-357

김찬수. 2005. 한라산 고산식물의 다양성. 한국토종연구회. p.29-48.

노나영, 고호철, 허온숙, 강만정, 오세종, 허윤찬. 2001. 서향의 삽목번식 방법과 실내도입을 위한 광, 토양에 관한 연구. 생물환경조절학회지 20(4):346-351.

박만규. 1942. 조선 고산식물 목록. 조선박물학회지 9(33):1-12.

송정호, 장경환, 허성두. 2010. 희귀수종 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii* Henry)의 삽목증식. 한국자원식물학회지 23(4):368-373.

이영노. 2000. 한국의 고산식물. 교학사. pp.558.

이용범, 최기영, 배종향, 김정만. 2009. 분주 근경 크기와 배지 종류가 고추냉이 생육에 미치는 영향. 생물환경조절학회지 18(2):137-141.

이화영, 임정대, 김일섭, 정일민, 유창연. 2000. 생열귀나무 삽목시 발근과 뿌리생장에 미치는 삽수종류, 생장조절물질 및 상토의 효과. 한국자원식물학회지 13(2):140-146.

정영호. 1989. 우리나라 고산식물의 분포특성. Nature Conservation No.66:29-38.

수종의 귀화식물 수용성추출물의 제초 및 항균 활성 탐색

김현철*, 송진영[1)], 차진우[1)], 송창길[1)], 신창훈

제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주대학교 농학과

요 약

본 연구는 귀화식물인 양미역취, 털비름, 공단풀 등을 이용하여 친환경 농자재로 개발하기 위한 기초 자료를 제공하기 위해 수용성 추출액의 농도에 따른 수용체 식물의 발아 및 유식물 생장과 실험 병원균의 생장을 조사하였다.

공여체식물에 따른 수용성 추출액 농도가 증가됨에 따라 대부분 검정식물의 상대발아율은 감소하는 경향을 보이는데 공단풀(r=-0.540, p<0.01), 노란꽃땅파리(r=-0.693, p<0.01), 털비름(r=-0.724, p<0.01), 양미역취(r=-0.728, p<0.01), 한련초(r=-0.779, p<0.01) 순으로 감소하는 경향이 큰 것으로 조사되었고 평균발아일수도 처리구 농도가 증가함에 따라 발아하는데 소요되는 시간이 증가 되었으며(r=0.769, p<0.01) 공여체식물과 검정식물에 따라 약간의 정도 차이를 보였다. 또한 공여체식물의 수용성 추출액 농도가 증가함에 따라 유식물의 지상부의 길이(r=-0.587, p<0.01), 지하부의 길이(r=-0.741, p<0.01), 생체량(r=-0.574, p<0.01)과 뿌리털의 발생도 감소하였다. 한편 공여체식물의 수용성추출액 농도 증가에 따른 검정병원균의 생장은 잿빛곰팡이병(r=-0.266, p<0.05), 검은점무늬병(r=-0.323 p<0.01), 탄저병(r=-0.512, p<0.01), 모잘록병(r=-0.581, p<0.01), 갈색잎마름병(r=-0.806, p<0.01) 순으로 생장이 억제되었다. 제초 및 항균활성을 보이는 수용체식물의 총 페놀함량은 양미역취 173.4±5.4㎎/g, 털비름 131.1±2.7㎎/g, 노란꽃땅파리 119.5±3.8㎎/g, 공단풀 95.3±1.1㎎/g, 한련초 41.0 ±1.4㎎/g 순으로 분석되었다. 이들 결과를 종합하면 귀화식물인 수용체식물들은 자생식물과의 경쟁을 함에 있어 알레로패시 효과를 나타내는 페놀 화합물 등이 수관 내 토

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7482, e-mail : khc4078@korea.kr

양으로 방출하여 하부식생에 대한 발아 및 생장과 토양미생물 생장 등에 영향을 주기 때문에 경쟁적 우위를 점하고 있으며, 천연제초제, 천연살균제로서의 활용 가능성을 가지고 있는 것으로 판단된다.

서 론

지형·지리적 특수성을 보이는 제주도인 경우 섬이라는 특성과 함께 격리된 생태계를 가짐으로써 특유한 생물상을 가지고 있다. 제주도에 분포하는 식물은 167과 1,990분류군으로 그중 37과 205분류군이 귀화식물에 속하며 국내 분포하는 귀화식물의 약 71%가 분포하고 있다. 귀화식물들은 최근에도 국가 간 교역증가와 인간의 왕래 등이 빈번해짐에 따라 지속적으로 증가하는 추세이며 자생식물 보다 폭넓은 발아조건, 개화의 신속성, 높은 환경적응력 등을 바탕으로 경쟁적 우위를 차지하고 있고 식물활성물질(biological active substance)인 allelochemicals라는 특정 화학물질을 생성하여 여러 가지 방출기작을 통해 주변지역에 방출시킴으로서 작물이나 자생식물의 종자 발아와 생장을 억제하기 때문에 귀화식물의 분포지역에는 일반적으로 자생식물의 빈도수가 낮게 나타난다(Aber 등, 1991; Given, 1994; Duke, 1986). 특히 가시비름(*Amaranthus spinosus*) 개망초(*Erigeron annuus*), 망초(*Erigeron canadensis*), 비름(*Amaranthus mangostanus*), 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*), 토끼풀(*Trifolium repens*) 등은 주변식물의 생장을 억제하는 allelochemicals를 함유하고 있다(강 등, 2008; 김과 장, 1998; 김과 김, 2001; 이, 1997). 이 allelochemicals는 일반적으로 식물 간 서식지를 공유함에 있어 한 식물체가 만들어내는 식물생리활성물질로 근접종자의 발아와 생장, 토양 미생물의 생장에 영향을 주어 식물군락의 형성과 천이, 작물의 생산 등에 관여하는데 이러한 생화학적 상호작용을 알레로패시(allelopathy)라 한다(柴田承二, 1978; Kim and Lee. 1996). 최근 생활여건이 크게 변화되면서 잡초군락 형태가 귀화식물 단순군락 형태로 변화 되고 있다. 이는 농촌노동력 부족은 물론 잡초의 활용가치가 낮아지므로 생활주변의 식생이 방치되면서 덩굴성 또는 대형 위해잡초들이 서서히 종자를 생산할 기회가 많아져 자연생태계 내에 자리 잡아 알레로패시 현상을 발현하기 때문에 단순 귀화식물 군락 형태로 변화되고 있다(Oh, 2009).

유기합성농약은 병해충 및 잡초방제에 의한 식량 증산을 통하여 인류를 기아에서 해방시키는데 중요한 역할을 하였다. 하지만 병해충 및 잡초방제에 많은 오남용으로 인축에 대한 독성뿐만 아니라 환경오염 등 여러 가지 문제를 야기하고 있다. 이에 따라 합성농약의 사용량을 줄여 나아가고 있다. 정부는 2013년까지 화학비료와 합성농약의 사용량을 2004년을 기준으로 40% 축소할 것을 권고하고 있다(농림수산식품부, 2011). 합성농약과 화학비료의 문제점을 해결할 수 있는 대안으로 식물에서 추출한 천연물질들 즉 allelochemicals을 이용한 병해충 및 잡초방제에 사용할 수 있을 것으로 본다. 식물의 allelochemicals는 페놀화합물, 테르펜화합물, 질소함유화합물(알칼로이드 등) 등 다양한 물질을 함유하고 있으며, 이들 물질 중 일부 물질들은 병해충 및 잡초방제에 선택성을 보이며, 대표적 생물 및 환경에는 거의 해가 없으면서, 합성농약처럼 작물에 처리할 수 있다. 따라서 과거에는 allelopathy를 다만 식물생태학적인 측면만으로 연구해 왔지만 최근에 국제식품규격위원회(CODEX)에서 제정한 "유기식품의 생산, 가공, 표시, 유통 등에 관한 Codex 가이드라인"을 보면 잡초방제에 있어 유기합성 제초제의 사용을 금지하고 있으며, 식물, 미생물 등의 유기물 또는 광물에서 유래한 자재만을 허용하고 있고 친환경 농업에 대한 관심이 높아짐으로써 식물의 allelochemicals를 이용한 친환경 농자재로 개발하려는 많은 연구가 진행되고 있다(최 등, 2002). 친환경 농자재의 종류는 살충, 살균, 제초, 생육 등 대응재로 구분이 되는데 대부분이 미생물, 광물 등을 이용한 살충과 살균, 생육에 대한 연구만 진행되고 있으며 최근에야 귀화식물 추출물에 대한 제초 및 항균활성에 대해 점진적으로 연구가 진행 중이다. 따라서 본 연구는 친환경 농자재 개발의 기초 자료를 제공하고자 제주지역에 귀화식물 군락을 이루는 털비름, 양미역취, 공단풀 등의 수용성추출액에 대한 타 식물의 발아억제 및 항균활성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시료채취 및 처리

공여체식물(Donor plant)인 양미역취(*Solidago altissima*), 털비름(*Amaranthus retroflexus*), 노란꽃땅꽈리(*Physalis wrightii*)는 제주시 오등동에 위치한 경작지 및 초지에서 채집하였고 한련초(*Eclipta prostrata*)는 제주시 금악리에 위치한 폐경작지, 공단풀(*Sida spinosa*)은 제주시

저지리에 위치한 노견에서 채집하여 전초를 3㎝ 정도로 잘라 음건하여 사용하였다. 검정식물(Test plant)은 제주도내 노견이나 목장일대에 분포하는 들묵새(*Festuca myuros*), 만수국아재비(*Tagetes minuta*), 서양금혼초(*Hypochoeris radicata*)로 정하였고 이들의 종자는 실험하는 당년에 채집하여 실내 암소에 보관하여 사용하였다.

2. 수용성 추출액 준비

공여체식물의 수용성 추출액은 음지에서 건조시킨 전초를 분쇄하여 건중량 100g당 1,000㎖의 증류수를 넣어 실온에서 24시간 동안 방치한 후 여과하여 사용하였다. 여과된 추출액을 100%로 하여 증류수로 75%, 50%, 25%로 희석하여 한천배지를 만들어 실험에 사용하였고, 대조구는 24시간 전에 받아둔 증류수를 사용하여 한천배지를 만들어 사용하였다.

3. 수용성 추출액에서의 발아실험

공여체식물의 수용성 추출액 농도에 대한 검정식물의 발아 실험은 3회 반복실험으로 하였고 Petri dish(∅ 9㎝)에 검정식물의 종자를 일정한 간격으로 20립씩 파종하여 실시하였다. 검정식물의 상대발아율(Relative Germination Ratio, RGR), 평균발아일수(Mean Germination Time, MGT)와 유식물의 지상부, 지하부의 상대신장율(Relative Elongation Ratio, RER), 상대생체율(Relative Fresh weight Ratio, RFR) 등은 파종 후에 종에 따라 2~5㎝ 유식물이 생장되었을 때 이를 수확하여 산출하였으며 광학현미경하에서 공여체식물의 추출액 농도에 따른 검정식물의 뿌리털의 발달을 관찰하였다(Kil, 1988; Scott 등, 1984).

$$\text{상대발아율(RGR)} = \frac{\text{실험구의 발아수}}{\text{대조구의 발아수}} \times 100$$

$$\text{발아지수(GI)} = \frac{\sum(\text{치상후 조사일수} \times \text{조사당일 발아수})}{\text{공시종자수}}$$

$$\text{평균발아일수(MGT)} = \frac{\sum(\text{치상후 조사일수} \times \text{조사당일 발아수})}{\text{총 발아수}}$$

$$\text{발아속도계수(CVG)} = \text{MGT(발아소요일수)의 역수}$$

$$\text{상대신장률(RER)} = \frac{\text{실험구의 평균신장(㎜)}}{\text{대조구의 평균신장(㎜)}} \times 100$$

$$\text{상대생체율(RER)} = \frac{\text{처리구의 생체량(g)}}{\text{대조구의 생체량(g)}} \times 100$$

4. 수용성 추출액에서의 항균실험

실험에 사용된 균은 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 감귤탄저병(*Colletotrichum gloeosporioides*), 감귤검은점무늬병(*Diaporthe citri*), 모잘록병(*Pythium ultimum*), 갈색잎마름병(*Rhizoctonia solani*)으로 한국농업미생물자원센터(KACC)에서 분양 받아 사용하였고 대조구의 배지는 증류수 900㎖에 Potato dextrose agar 39g과 Agar 5g을 혼합하여 조성하였으며 실험구 배지는 증류수 대신 각각의 추출물을 250ppm, 500ppm, 1,000ppm, 2,000ppm 농도별로 제조하여 사용하였다. 균주는 1주에서 2주 동안 배양한 후 동일한 사이즈를 얻기 위해 Cork borer(직경 8㎜)를 이용하였으며 배지가 굳은 후 배양된 균주를 배지의 가운데에 접합 한 후 5~7일 동안 Colony diameter를 측정하였고 대조구에 대한 상대생장률(%)을 산출하였다.

5. 수용성 추출액에서의 총 페놀함량 분석

수용성 추출액의 총 페놀함량은 Prussian blue법(Graham, 1992)으로 3회 반복 측정하였고, 토양과 냄새냉이의 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 700㎚에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid를 이용하여 검량곡선을 작성하고 gallic acid에 대한 당량으로 환산하였다.

결과 및 고찰

1. 수용성 추출액에서의 발아실험

공여체식물의 수용성 추출액 농도에 따른 검정식물의 발아에 대해 조사한 결과, 대부분 검정식물은 농도가 증가함에 따라 대조구에 비해 발아율이 순차적으로 감소를 보이는데 공

단풀(r=-0.540, $p<0.01$), 노란꽃땅꽈리(r=-0.693, $p<0.01$), 털비름(r=-0.724, $p<0.01$), 양미역취(r=-0.728, $p<0.01$), 한련초(r=-0.779, $p<0.01$) 순으로 억제 경향이 높은 것으로 조사되었다(그림 1). 즉 공여체식물 중 공단풀 수용성추출액의 농도가 증가됨에 따라 검정식물들이 민감하게 반응하여 억제의 경향이 높은 것으로 판단된다. 검정식물 만수국아재비에 대한 공여체식물의 추출액이 발아에 미치는 영향을 100% 처리구를 기준으로 상대발아율을 보면 공단풀 62%, 털비름 44%, 노란꽃땅꽈리 36%, 양미역취 18%, 한련초 10% 순으로 상대발아율이 감소하는 것으로 조사되었다. 반면 검정식물 서양금혼초인 경우는 100% 처리구에서 털비름 4%, 공단풀 2% 발아가 되었고 양미역취, 노란꽃땅꽈리, 털비름은 75%이상부터 전혀 발아되지 않았다. 이는 서양금혼초(r=-0.788, $p<0.01$)인 경우 공여체식물 추출물에 대해 만수국아재비(r=-0.732, $p<0.01$) 보다 민감하게 반응하여 억제의 경향이 높은 것으로 분석되었다(그림 1). Bae 등(2003)은 수종 나자식물 잎의 수용성 추출액이 무궁화 품종별 발아 및 초기 유식물 생장을 조사한 결과 검정식물이 같은 부용속(*Hibiscus*) 일지라도 동일 수용성 추출액에 대해 발아와 생장의 차이를 보인다고 한다. 따라서 공여체식물의 종류, 검정식물의 종류에 따라 농도별 서로 다른 억제 정도의 차이를 보인다(표 1).

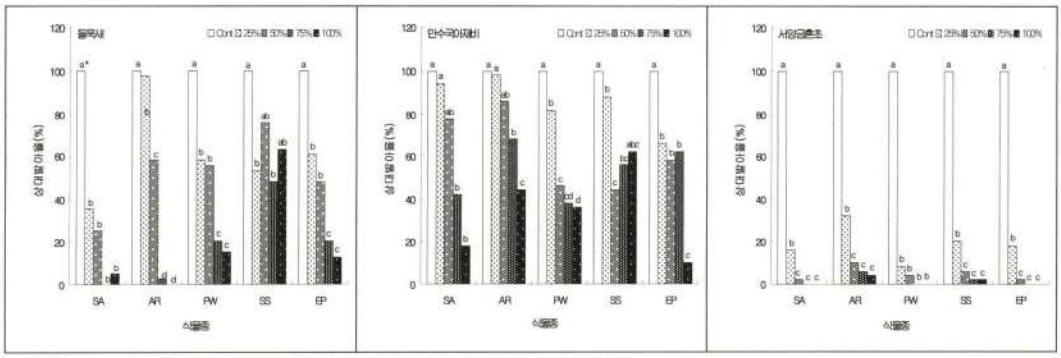


그림 1. 공여체식물 수용성 추출물 농도에 따른 검정식물의 상대발아율
SA: 양미역취, AR: 털비름, PW: 노란꽃땅꽈리, SS: 공단풀, EP: 한련초
*Duncan 다중범위 검정: 5%

검정식물의 대조구에 비해 처리구 농도가 증가함에 따라 발아하는데 소요되는 시간이 증가하는 경향을 보인다(r=0.769, $p<0.01$). 검정식물 들묵새인 경우 무처리구에서 6.1일, 노란꽃땅과리 수용성추출물 처리시 25% 처리구 12.3일, 50% 처리구 18.2일, 75% 처리구 19.7

일, 100% 처리구 21.6일순으로 증가하는 것으로 분석이 되었다(표 1). 공여체식물 추출액 처리시 검정식물 들묵새에 대한 평균발아일수를 보면 양미역취 100% 처리구에서 26.0일로 약 20일정도 평균발아일수가 증가하였고 노란꽃땅꽈리 21.6일로 약 15일이 증가되었으며 한련초 19.9일, 공단풀 14.6일 순으로 조사되었다. 만수국아재비도 공여체식물 추출액 농도가 증가함에 따라 평균발아일수가 증가하는 것으로 분석되었다($r=0.725$, $p<0.01$). 반면 서양금혼초인 경우는 수용성추출액 농도 증가에 따라 평균발아일수가 증가하는 것으로 추정이 되나 평균발아율이 매우 낮고 종자의 성숙도, 크기, 활력도 차이 등 다양한 요인의 영향으로 유의성이 없는 것으로 분석되었다. 발아속도계수는 발아소요일의 역수로 30일의 가중치를 부여한 것으로 수용성 추출액의 농도가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다(그림 1).

표 1. 농도별 추출액 처리에 따른 들묵새의 발아특성

식물종	농도	평균발아일수	발아지수	발아속도계수
	무처리구	6.1	4.0	5.0
양미역취	25%	12.2	3.2	2.5
	50%	18.2	4.6	1.6
	75%	ND	ND	ND
	100%	26.0	2.6	1.2
털비름	25%	10.8	5.7	2.8
	50%	11.4	4.3	2.6
	75%	24.0	1.2	1.3
	100%	ND	0.0	ND
노란꽃땅꽈리	25%	12.3	4.6	2.4
	50%	18.2	6.2	1.6
	75%	19.7	3.7	1.5
	100%	21.6	2.0	1.4
공단풀	25%	12.0	3.6	2.5
	50%	10.1	5.1	3.0
	75%	14.9	4.0	2.0
	100%	14.6	5.9	2.1
한련초	25%	14.5	5.9	2.1
	50%	13.0	4.2	2.3
	75%	17.3	2.3	1.7
	100%	19.9	2.4	1.5

ND: 불검출(Not Detected)

표 2. 농도별 추출액 처리에 따른 만수국아재비의 발아특성

식물종	농도	평균발아일수	발아지수	발아속도계수
	무처리구	3.6	2.9	8.3
양미역취	25%	6.6	5.1	4.6
	50%	15.0	10.7	2.0
	75%	22.4	7.8	1.3
	100%	23.2	3.7	1.3
털비름	25%	5.4	4.4	5.6
	50%	6.9	4.9	4.3
	75%	11.0	6.3	2.7
	100%	7.2	2.8	4.2
노란꽃땅꽈리	25%	5.7	3.9	5.3
	50%	5.3	3.0	5.7
	75%	10.8	3.7	2.8
	100%	17.7	7.2	1.7
공단풀	25%	6.5	5.3	4.6
	50%	7.3	2.3	4.1
	75%	7.1	3.4	4.2
	100%	14.0	7.1	2.1
한련초	25%	4.4	2.4	6.9
	50%	7.4	3.7	4.0
	75%	15.4	8.1	1.9
	100%	21.2	5.3	1.4

2. 수용성 추출액에서의 유식물의 생장

공여체식물의 수용성 추출액에서 유식물의 기관별 생장을 분석한 결과 대부분 검정식물의 지상부($r=-0.587$, $p<0.01$), 지하부의 길이($r=-0.741$, $p<0.01$)와 생체량($r=-0.574$, $p<0.01$)은 대조구에 비해 모든 처리구에서 농도가 증가함에 따라 감소되는 경향을 보인다. 검정식물 별로는 공여체식물의 수용성 추출액에서 유식물의 기관별 생장을 보면 들묵새인 경우 농도가 증가함에 따라 지상부 $r=-0.650$, $p<0.01$, 지하부 $r=-0.736$, $p<0.01$, 생체량 $r=-792$, $p<0.01$의 상관을 보이고 서양금혼초는 지상부 $r=-767$, $p<0.01$, 지하부 $r=-766$, $p<0.01$, 생체량 $r=-777$, $p<0.01$의 상관을 보였다. 반면 만수국아재비인 경우 지상부 $r=-0.818$, $p<0.01$, 지하부 $r=-0.730$, $p<0.01$만 상관을 보인 것으로 분석되었다. 공여체식물 농도에 따른 검정식물 들묵새 지상부 생장을 보면 양미역취 수용성 추출액인 경우 25% 처리구에서는 대조구에 비해 99.0%, 50% 처리구에서 80.0%, 75% 처리구에서 17.7%로 조사된 반면 지하부인 경우 25% 처리구에서 8.9%, 50% 이상 처리구에서는 0.0%로 지하부가 발달되지 않았다(그림

2).

표 3. 농도별 추출액 처리에 따른 서양금혼초의 발아특성

식물종	농도	평균발아일수	발아지수	발아속도계수
	무처리구	3.7	3.1	8.1
양미역취	25%	16.2	2.3	1.9
	50%	5.0	0.3	6.0
	75%	ND	ND	ND
	100%	ND	ND	ND
털비름	25%	4.1	1.2	7.4
	50%	6.7	0.6	4.5
	75%	8.0	1.2	3.8
	100%	14.5	0.7	2.1
노란꽃땅파리	25%	4.2	0.5	7.2
	50%	3.0	0.2	10.0
	75%	ND	ND	ND
	100%	ND	ND	ND
공단풀	25%	18.2	3.0	1.7
	50%	24.0	3.6	1.3
	75%	10.0	0.5	3.0
	100%	10.0	0.5	3.0
한련초	25%	6.4	0.9	4.7
	50%	23.0	1.2	1.3
	75%	ND	ND	ND
	100%	ND	ND	ND

ND: 불검출(Not Detected)

또한 들묵새인 경우는 모든 공여체식물에 대해 50% 이상 처리구에서 지하부가 발달 되지 않는 것으로 분석되었다. 검정식물인 만수국아재비와 서양금혼초인 경우도 공여체식물 수용성추출액 농도가 증가 됨에 따라 지상부 보다 지하부 생장 억제가 높은 것으로 나타났다 (그림 2, 3). 이는 김 등(2008)과 강 등(2008)은 귀화식물인 왕도깨비가지, 가시비름의 수용성 추출액이 유식물에 미치는 영향을 조사하였는데 수용성 추출액이 농도가 증가함에 따라 지하부가 지상부보다 민감하게 반응한다는 결과와 동일하였다. 지상부와 지하부 생장의 통합지표인 수용성 추출액에 따른 생체량의 변화는 농도가 증가됨에 따라 들묵새와 서양금혼초는 순차적인 감소를 보이는 반면 만수국아재비는 감소를 보이지 않는 것으로 분석되었는데 이는 종자의 성숙도, 크기, 활력도 차이 등 다양한 요인으로 생각된다.

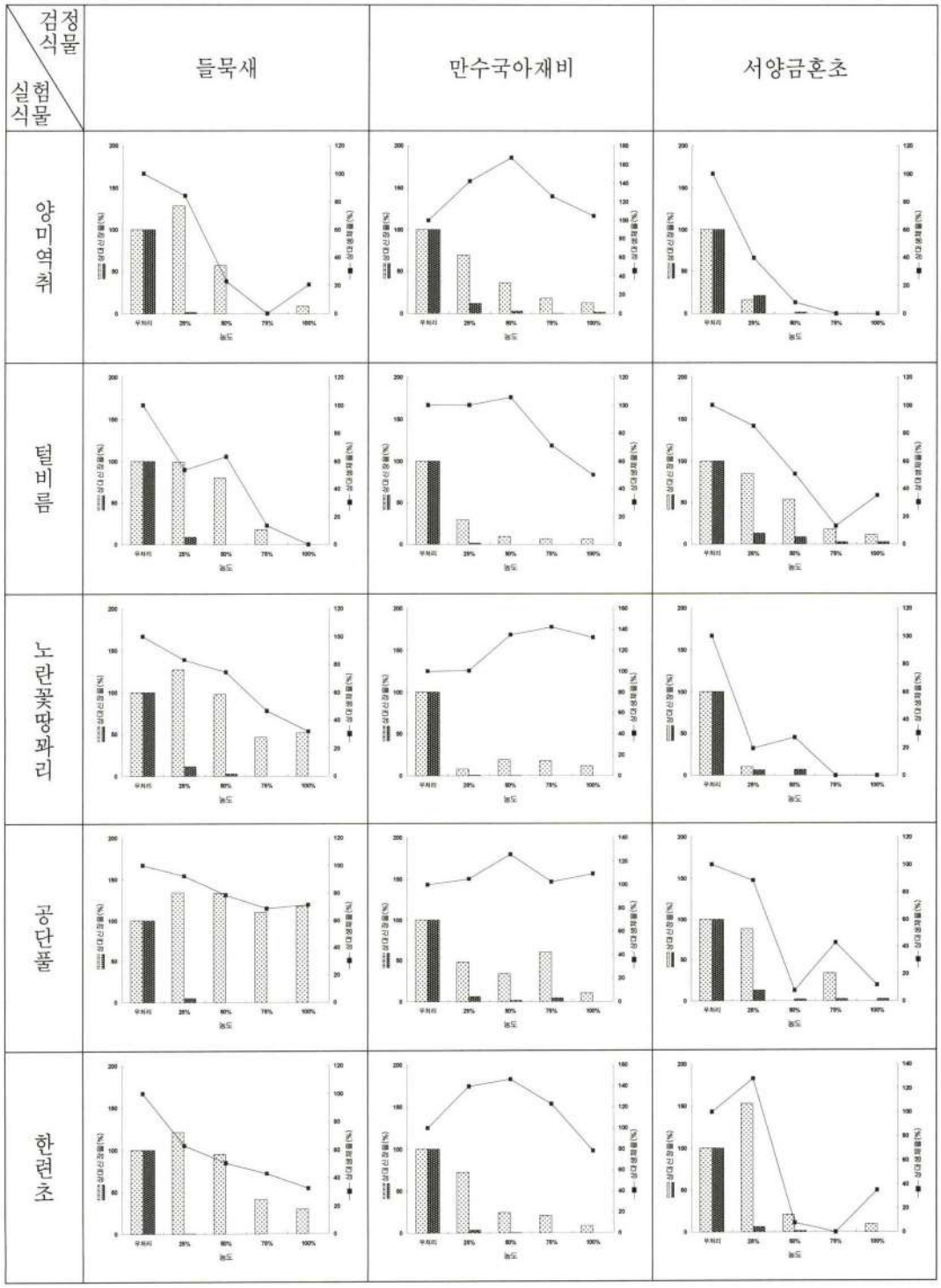


그림 2. 수용성추출액 농도에 따른 유식물 생장

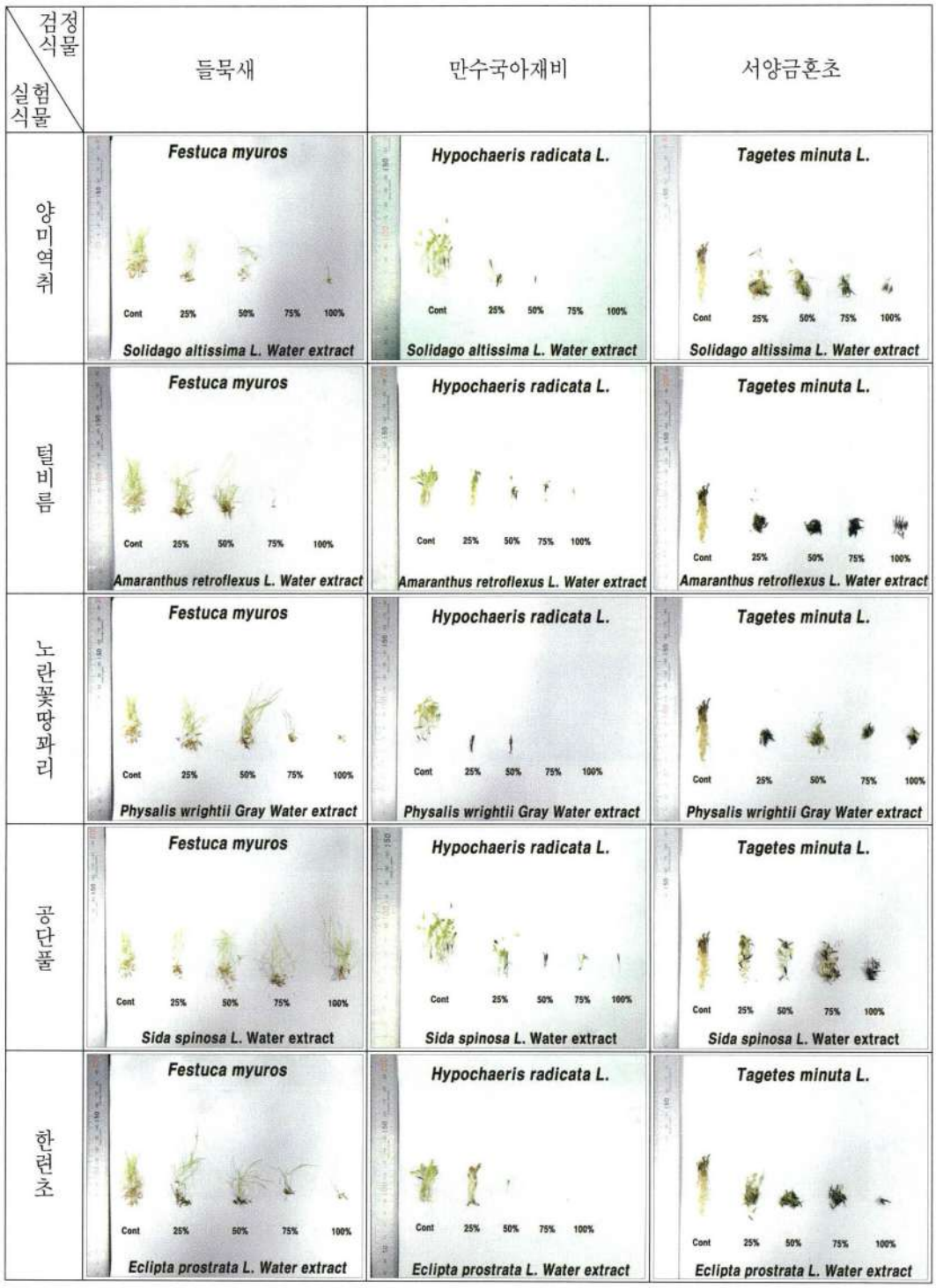


그림 3. 수용성추출액 농도에 따른 발아 및 유식물 생장

3. 수용성 추출액에서의 뿌리털 발달

식물체의 영양분, 무기염류, 수분의 흡수를 담당하는 기관은 뿌리털로 공여체식물의 수용성 추출액 농도에 따른 유식물의 뿌리털 발달을 보면 각 검정식물 종에 따라 억제 정도는 다르지만 농도가 증가함에 따라 뿌리털의 길이, 단위면적당 뿌리털의 수가 억제되었다(그림 4, 5, 6). *Parthenium*의 수용성추출액은 검정식물의 뿌리생장을 억제하고(Mersie와 Singh, 1987) 수용성추출액 농도에 따라 뿌리의 생장에 서로 다른 영향을 준다는 보고(Pardates와 Dingal, 1988; Hazeborek 등, 1989; Heisey, 1990)와 일치하였다. 특히 검정식물인 들묵새인 경우 공여체식물 한련초 25% 처리구 이상에서 뿌리털이 발생하지 않았고 양미역취, 털비름, 노란꽃땅꽈리, 공단풀은 50% 처리구 이상부터 뿌리털이 발생하지 않았다. 또한 나머지 검정식물인 만수국아재비와 서양금혼초도 비슷한 경향을 보였다. 따라서 검정식물이 토양에서 착근되거나 수분, 영양분을 흡수할 수가 없고 착근이 된다하더라도 뿌리의 발달이 빈약하여 생장이 억제될 것으로 사료된다.

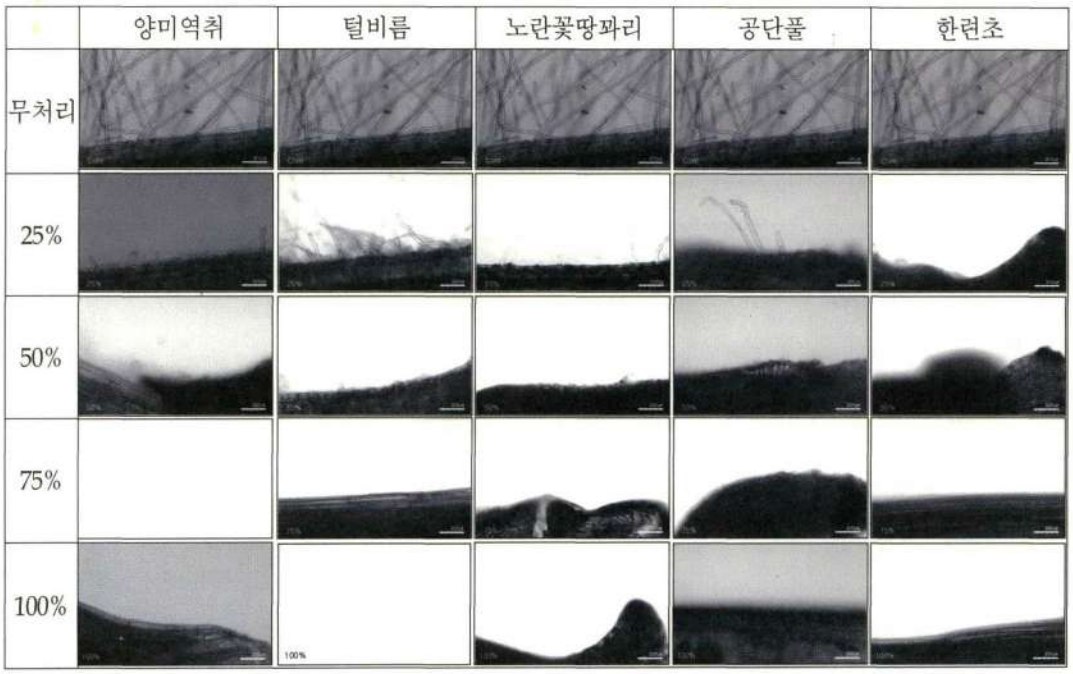


그림 4. 수용성추출액 농도에 따른 들묵새의 뿌리털 발달

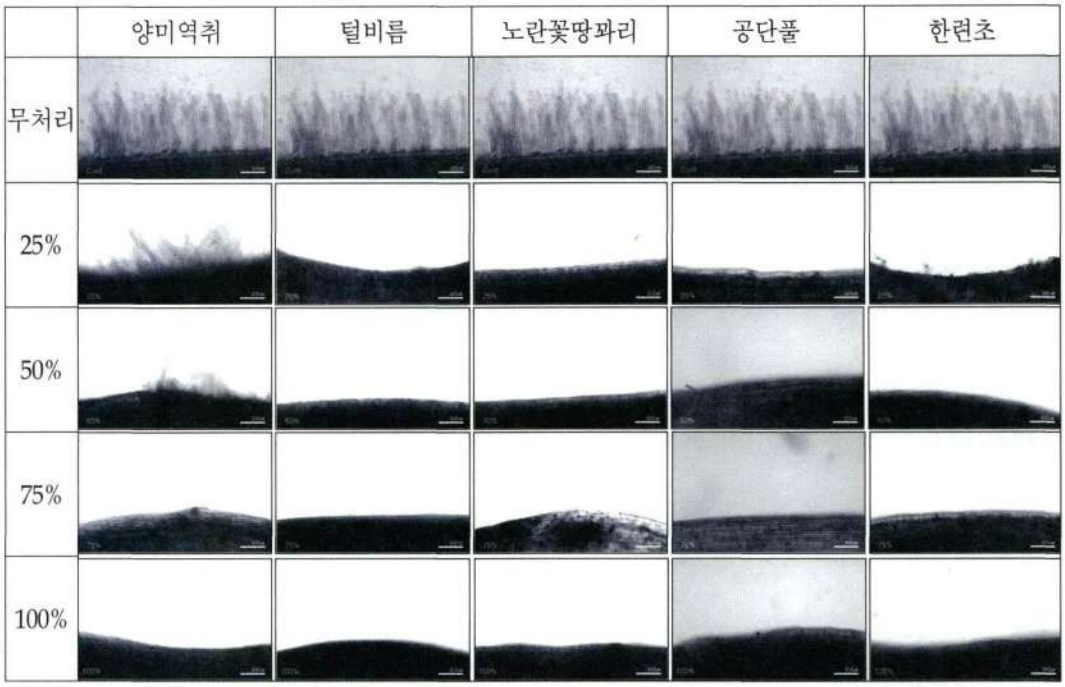


그림 5. 수용성추출액 농도에 따른 만수국아재비의 뿌리털 발달

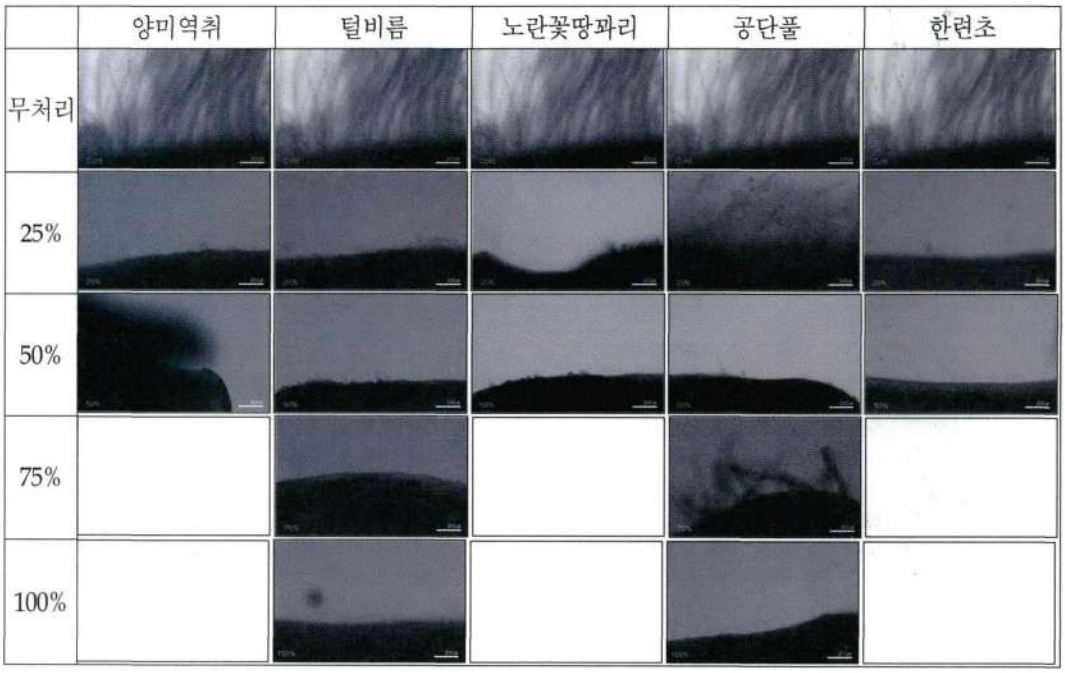


그림 6. 수용성추출액 농도에 따른 서양금혼초의 뿌리털 발달

4. 수용성 추출액의 항균활성

공여체식물의 수용성추출액 농도 증가에 따른 검정 병원균 생장을 상관분석 한 결과 갈색잎마름병(r=-0.806, $p<0.01$), 모잘록병(r=-0.581, $p<0.01$), 탄저병(r=-0.512, $p<0.01$) 검은점무늬병(r=-0.323 $p<0.01$), 잿빛곰팡이(r=-0.266, $p<0.05$) 순으로 조사되었다(그림 8). 검정병원균에 대한 공여체식물의 억제활성을 보면 모잘록병원균에 대해 강한 생장 억제를 보이는 것은 양미역취 수용성 추출액으로 농도가 증가함에 따라 병원균의 생장은 r=-0.957 $p<0.01$으로 감소하는 것으로 분석되었고 100% 처리구에서 약 85.3% 생장억제가 된 것으로 나타났다(그림 7). 또한 잿빛곰팡이 병원균에 대해서는 털비름(r=-0.926 $p<0.01$)으로 100% 처리구에서 61.0%가 감소하였으며 탄저병인 경우 양미역취(r=-0.819 $p<0.01$)로 58.9%가 감소하



그림 7. 수용성추출액 농도에 대한 실험균의 반응

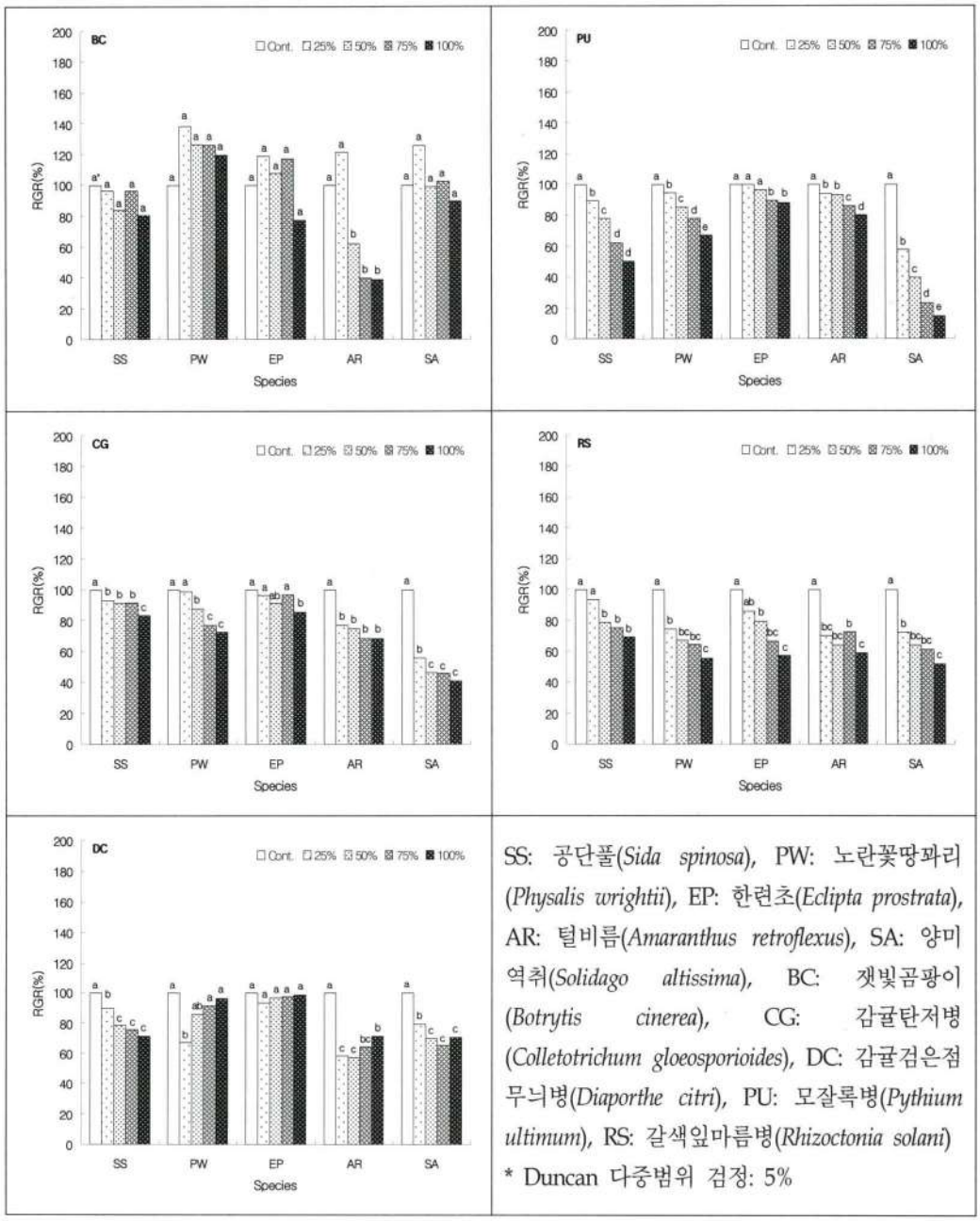


그림 8. 수용성추출액 농도에 따른 항균활성

였으며 검은점무늬병인 경우 털비름 50% 처리구에서 42% 감소하여 농도 증가에 따른 유의성은 보이지 않았다. 그리고 갈색잎마름병은 노란꽃땅꽈리($r=-0.819$ $p<0.01$)로 100% 처리구

에서 44.7%가 감소하였다(그림 7, 8). 따라서 공여체식물의 추출액에 따라 병원균 억제 활성이 다르고 추출액의 농도에 따라 억제 정도의 차이를 보여 차후 제주도내 자생식물 및 귀화식물을 추가하여 항균활성에 대한 적정 유효농도 산출 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

5. 수용성 추출액의 총 페놀 함량

식물체 내의 페놀 화합물들은 일반적으로 acid계통이며 shikimic acid 경로를 통해 생성되어 외부로 배출되는 수용성물질이며(Duke, 1986) 이것이 다른 식물에 작용하게 되므로 수용체식물 추출액의 총 페놀함량을 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid를 이용하여 검량곡선($y=35.442x-0.0287$, $R^2=0.9992$)을 작성하고 gallic acid에 대한 당량으로 환산하였다. 그 결과 양미역취 173.4±5.4㎎/g, 털비름 131.1±2.7㎎/g, 노란꽃땅파리 119.5±3.8㎎/g, 공단풀 95.3±1.1㎎/g, 한련초 41.0 ±1.4㎎/g 순으로 분석되었다(표 4). 타 공여체식물인 총페놀 함량을 비교하여 보면 가시비름 59.3±1.5㎎/g, 소엽 59.9±0.8㎎/g, 달맞이꽃 77.5±2.5㎎/g, 전동싸리 89.6±7.1㎎/g로 공여체식물 중 한련초를 제외한 나머지 수종에서 높은 수치를 보였다. 식물체의 총페놀함량은 검정 식물의 발아 및 유식물 생장, 항균활성에 관계가 있다고 한다. 따라서 총페놀함량에 따라 공여체식물에 등급을 주어 발아율에 대한 상관분석을 한 결과 검정식물 들묵새에서만 역의상관($r=-0.288$, $p<0.05$)을 보이는 것으로 나왔으며 다른 검정식물에서는 유의성을 보이지 않았다. 또한 실험균의 항균효과에 대한 총페놀함량을 상관 분석한 결과 갈색잎마름병 $r=-0.380$, $p<0.01$, 모잘록병 $r=-0.587$, $p<0.01$, 검은점무늬병 $r=-0.641$, $p<0.01$, 탄저병 $r=-0.838$, $p<0.01$ 순으로 r-square 값이 증가하여 공여체식물의 총페놀함량이 증가함에 따라 항균효과가 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 잿빛곰팡이병의 항균효과와는 상관을 보이지 않았다. 이는 제초 및 항균활성을 보이는 allelochemicals 중 하나인 페놀화합물이 자연 상태에서 낙엽이나 빗물에 의해 세탈되어 수관 내 토양에

표 4. 공여체식물의 총페놀 함량

반복수	양미역취	털비름	노란꽃땅파리	공단풀	한련초
1	171.0	134.8	123.3	93.7	41.2
2	168.3	130.2	120.8	96.0	42.6
3	180.9	128.4	114.4	96.1	39.1
평균	173.4±5.4	131.1±2.7	119.5±3.8	95.3±1.1	41.0 ±1.4

비활성화 상태로 잔존하거나 다른 물질과 결합하여 타식물종에 따라 발아, 유식물의 생장, 미생물의 생장 등의 서로 다른 영향을 주는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과를 종합하여 보면 공여체식물의 수용성 추출액은 제초 및 항균활성 효과를 보임으로써 유기농업분야에서 천연 제초제 및 천연 살균제로 활용 가능성이 있다고 판단되나 자연 상태에서 토양미생물, 온도, 습도 등 다양한 환경인자의 영향으로 활성이 변화될 수 있으므로 차후 자연 상태에서의 실증실험이 진행되어야 할 것이다.

Study on Herbicidal and Antibacterial Activities on Several Naturalized Plants

Hyoun-Chol Kim*, Jin-Young Song[1)], Jin-Woo Cha[1)], Chang-Khil Song[1)] and Chang-Hun Shin

Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province

[1)] Major of plant Resources and Environment, Cheju National University

Abstract

The study researched germination of the plants and growth of experimented bacteria according to concentration of water-soluble extract in order to provide basic data for developing natural agricultural resources by using naturalized plants including *Solidago altissima*, *Amaranthus retroflexus*, *Sida spinosa* and *Eclipta prostrata*.

As concentration of water-soluble extract according to donor plant increased, most of test plants showed decrease in relative germinative power and *Sida spinosa*($r=-0.540$, $p<0.01$), *P. wrightii*($r=-0.693$, $p<0.01$), *A. retroflexu*($r=-0.724$, $p<0.01$), *S. altissima*($r=-0.728$, $p<0.01$) and *E. prostrata*($r=-0.779$, $p<0.01$) showed tendency of decrease in relative germinative power in order, respectively. For average germinative days, as concentration of the processed group increased, the time for germination increased($r=0.769$, $p<0.01$) and according to donor plants and test plants, there was a little difference. Also, as concentration of water-soluble extract of donor plant, length of above-aerial part($r=-0.587$, $p<0.01$), length of underground part($r=-0.741$, $p<0.01$), biomass($r=-0.574$, $p<0.01$) and generation of root hair decreased. An then, for growth of test bacteria according to concentration of water-soluble extract of donor plants, growths of gray mold rot($r=-0.266$,

$p<0.05$), melanose($r=-0.323$ $p<0.01$), anthracnose($r=-0.512$, $p<0.01$), damping-off($r=-0.581$, $p<0.01$) and brown leaf spot($r=-0.806$, $p<0.01$) were repressed in order, respectively. For total amount of content of phenol with herbicidal and antibacterial activities, *S. altissima* 173.4±5.4㎎/g, *A. retroflexus* 131.1±2.7㎎/g, *P. wrightii* 119.5±3.8㎎/g, *S. spinosa* 95.3±1.1㎎/g and *E. prostrata* L. 41.0±1.4㎎/g showed in order, respectively. As these results are summarized, receptor plants which were naturalized, have competitive advantage because they release phenolic compounds with allelopathic effect and affect on germination, growth and bacterial growth on underground flora compared to native plants and they have eligibility for natural herbicide and germicide.

참고문헌

Duke, S.O. 1986. Naturally occuring chemical compounds as herbicides. Rev. Weed Sci. 2:17-44.

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

Hazebroek, J.P., S.A. Garrison and T. Gianfagna. 1989. Allelopathic substances in Asparagus roots : extraction, characterization, and biological activity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(1):152-158.

Heisey, R.M. 1990. Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree of heaven(*Ailantus altissima*). Amer. J. Bot. 77(5):662-670.

Kim, S.C. and H.J. Lee. 1996. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. Korean J. Ecol. 19:329-340.

Mersie, M. and M. Singh. 1987. Allelopathic effect of *Parthenium*(*Parthenium hysterophorus* L.) extract and residue on some agronomic crops and weeds. J. Chem. Ecol. 13(7):1739-1747.

Pardates, J.R. and A.G. Dingal. 1988. An allelopathic factor in taro residues. Trop. Agric. 65(1):21-24.

Pyesk, P. 1995. Plant Invasions: General Aspects and Special Problems (Pysek, P. et al. (eds.). Academic Pub., Amsterdam.

Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams, 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science. 24:1192-1199.

Tokarska-Guzik, B. 2001. Plant invasions: species ecology and ecosystem management (Brunda, G. et al.(eds.)), Backhuys Pub., Leiden.

강병화, 홍선희, 이동욱, 전선민, 김건옥. 2003. 남북한 식물이름 비교. 생명자원연구. 11:91-123.

강정환, 김현철, 우성배, 송진영, 김태근, 강진영, 하영삼, 송창길. 2008. 천연제초제 개발을

위한 가시비름의 알레로패시 효과. 한국유기농업학회지 16(1):127-142.

고강석, 서민환, 길지현, 구연봉, 오현경, 이민효, 박수현, 전의식, 양영환. 2003. 외래식물의 영향 및 관리방안 연구(Ⅳ). 국립환경연구원보고. p.24-25.

고영우, 채제천, 김봉구. 1999. 제주도의 경작잡초 분포. 한국잡초학회지 19(1):70-82.

길봉섭. 1987. 소나무의 알레로패티 효과. 원광대학교 기초과학연구지 6(1):27-33.

김용옥, 장남기. 1998. 자생식물과 귀화식물의 수용 추출액이 Zoysiagrass의 발아와 유근생장에 미치는 영향. 한국잔디학회지 12(3):658-669.

김해수, 김종희. 2001. 돼지풀 잎의 휘발성물질이 수용체 유식물 생장에 미치는 알레로파시 효과. 한국생태학회지 24:61-66.

김현철, 고석형, 이영돈, 김태근, 송창길. 2008. 왕도깨비가지의 알레로패시(allelopathy)효과. 제주특별자치도 한라산연구소. p.47-71.

양영환. 2007. 제주도 귀화식물의 식생에 관한 연구. 한잡초지. 27(2):112-121.

이지훈. 1997. Trifolium repens L. 추출액이 Zoysia aponica Steyd.의 발아와 생장에 미치는 allelopathy 효과. 창원대학교 석사학위논문. p.8-10.

柴田承二. 1978. 生物活性天然物質. 醫齒藥出版社. p.96-127.

여 백

밝혀지는 식물자원(Ⅰ)

김현철*, 김대신, 양영환
제주특별자치도 한라산연구소

요 약

제주 미기록 귀화식물인 버들마편초(*Verbena bonariensis* L), 둥근마(*Dioscorea bulbifera* L)가 자생지가 확인이 되었고, 그리고 한국 미기록 양참새피(*Paspalum notatum* Flugge)의 자생지가 추가로 확인되어 국명을 새로 명명하였다. 둥근마는 농작물로 재배되고 있는 식물이나 제주도에서는 자연 상태로 일출되어 자생지가 확인 되어 귀화식물로 보고하는 바이다.

서 론

국내에 분포하는 귀화식물은 310분류군으로 국내에 분포하는 식물 4,620분류군에 약 7%를 차지하고 있다. 국내에서 지형·지리적 특수성을 보이는 제주도인 경우도 섬이라는 특성과 함께 격리된 생태계를 가짐으로 특유의 생물상을 보이는데 167과 1,990분류군이 서식하고 있으나 최근 세계화에 의해 편승하여 국외 여행객수가 급증, 교역이 활발, 국토의 도시화 확대 등으로 귀화식물이 지속적으로 이입되고 있어 제주도에는 귀회식물은 37과 205분류군(양, 2007) 분포하고 있어 약 10%를 차지하고 있다. 그러나 진홍토끼풀(*Trifolium incarnatum*), 둥근빗살현호색(*Fumaria officinalis*) 등이 추가로 발표되었다(이 등, 2009). 본 연구는 2012년 한라산연구소 식물자원조사 중에 버들마편초(*Verbena bonariensis*)는 제주시 조

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7482, e-mail : khc4078@korea.kr

천읍 동백동산근처에서, 바히아그라스(*Paspalum notatum*)는 제주시 오등동 목초지 근처에서, 둥근마(*Dioscorea bulbifera*)는 서귀포시 남원읍 신례천 및 의귀천에서 자라는 것이 확인되었다. 그래서 제주도의 미기록종 귀화식물 2종과 한국의 귀화식물 1종에 대해 사진 및 형태적 특성을 기재보고 한다.

분류군의 기재

1. *Verbena bonariensis* L., Sp. Pl. 20(1753); T. Osada in Col. Illus. Nat. Pl. Jap. 140(1976); S. H. Park. Kor. Jour. Pl. Tax. Vol. 31(4): 377(2001); Shimizu, Morita & Hirota in Illus. Ph. Nat. Pl. Jap. 264(2008); S. H. Park in Illus. Pho. Nat. Pl. Kor. 274(2009)

한국명: 버들마편초(그림 1), English nam: Tall Vervain

마편초과(Verbenaceae)의 남아메리카원산지이고, 여러해살이풀로 높이는 150㎝정도 자라고, 줄기는 4각이 지며 꺼칠꺼칠하다. 잎은 녹색으로 마주나고, 잎자루는 없고 선형이며 가장자리에는 낮은 거치가 있고 표면의 잎맥은 함몰되어 주름이 진다. 꽃은 6~9월에 피며 홍자색으로 지름 3㎜ 이다. 작은 꽃은 밀집되어 원통형의 수상화서를 만들고, 이 수상화서가 가지 끝에 취산상(聚繖狀)으로 배열한다. 1개의 포엽은 꽃받침보다 짧고 통형 꽃받침은 길이 2㎜이며 화관은 깔때기 모양이고, 끝은 5열한다. 암술과 수술은 짧아서 화관의 통부(筒部) 속에 감추어진다. 열매의 길이는 2㎜인데 익으면 고수가 신장하여 길이 1~2㎝가 된다.

제주도에서는 조천읍 동백동산 입구에서 관상용으로 심은 후 월출된 것으로 생각되는 것이 발견되었으며, 한국에는 2001년 경남 마산 등에서 발견된 귀화식물로 한국식물분류학회에 발표된 귀화식물이다.

2. *Paspalum notatum* Flüggé, Monogr., Paspalum 106(1810); T. Osada in Col. Illus. Nat. Pl. Jap. 381(1976); T. Osada in Illus. Gra. Jap. 586(1989); Shimizu, Morita & Hirota in Illus. Ph. Nat. Pl. Jap. 459(2008)

한국명: 양참새피(신칭)(그림 2), English nam: Bahia Grass

벼과(Poaceae)로 남아메리카원산지이고, 여러해살이풀로 농경지나 목초지 등에 재배되고, 줄기는 가늘고 윗부분이 상향성이며, 뿌리는 심근성이고 토양표면을 빽빽이 짧고 치밀한 떼를 형성하며 키가 30~90㎝정도 자란다.

잎의 엽이는 없고, 엽설은 막형으로 1㎜되고 끝이 무디다. 엽신의 선형이고 길이는 20㎝, 엽설은 폭이 4~8㎜ 이다. 앞은 평편하고 아래로 갈수록 엽신 주변에 백색섬모가 드문드문 나있다.

잎은 대부분 포기 아랫부분에 집중적으로 모여 있고, 길이 30㎝, 너비 1.2㎝ 미만으로 가장자리에는 털이 있다. 줄기 끝에는 2~3가닥으로 갈라진 술 모양의 총상꽃차례가 달린다. 개화 7~9월에 개화하고, 작은 이삭 줄기는 약간 굽어져 있고 여기에 영화(穎花)가 2줄로 질서 있게 달려 올라간다.

제주시 오등동의 목초지에 재배되었던 바히아그라스로 월출한 것으로 생각되며, 또한 참새피속(*Paspalum*)로 남아메리카가 원산지이므로 '양참새피'로 국명을 명명하였다. 그리고 일본, 인도, 대만 등의 열대, 아열대, 온대지대에 귀화되어있다.

3. *Dioscorea bulbifera* L., Sp. Pl. 1035(1753); T. Lee in Illus. Fl. Kor. 226(1979); T. Makino in Illus. Fl. Jap. 883(1989); W. Lee in Lin. Fl. Kor. 1295(1996)

한국명: 둥근마(그림 3), English name: Air Potato

마과(Dioscoreaceae)로 중국원산이고 여러해살이 덩굴식물로 산속이나 하천주변에 야생하고 있다. 지상부분은 겨울에 말라버린다. 괴근은 큰 편구형으로 외피가 검고 전제적으로 수염뿌리가 돋아있다. 덩굴줄기는 길고 보라색을 띤 담록색으로 윗부분에서 가지가 갈라진다. 잎은 긴 잎자루를 갖고 있으며 어긋나기를 하며 둥근 심장모양으로 잎의 끝부분이 뾰족하고 크기가 큰 경우는 폭이 9㎝정도 되고, 완곡한 곡선으로 이루어진 7~11개의 주맥이 나란히 형성되어 있다. 자웅이주로 여름부터 가을에 보라색의 이삭모양의 꽃이 핀다. 화피편(화피편)은 6장이며 가늘고 길다. 수꽃은 그 수가 많으며 수술은 6개 갖고 있고, 암꽃은 3실의 하위자방을 가지고 있다. 암술머리는 세로로 2개로 나뉘어져 있다. 잎겨드랑이에서 주아(肉芽)를 만드는데 껍질은 검고 조금 눌려져있는 모양이며 구근과 마찬가지로 쓴 맛이 있어서 먹을 수 없다. 서귀포시 남원읍 위귀천, 신례천에서 발견되었으며, 일본 등에 귀화되

었다.

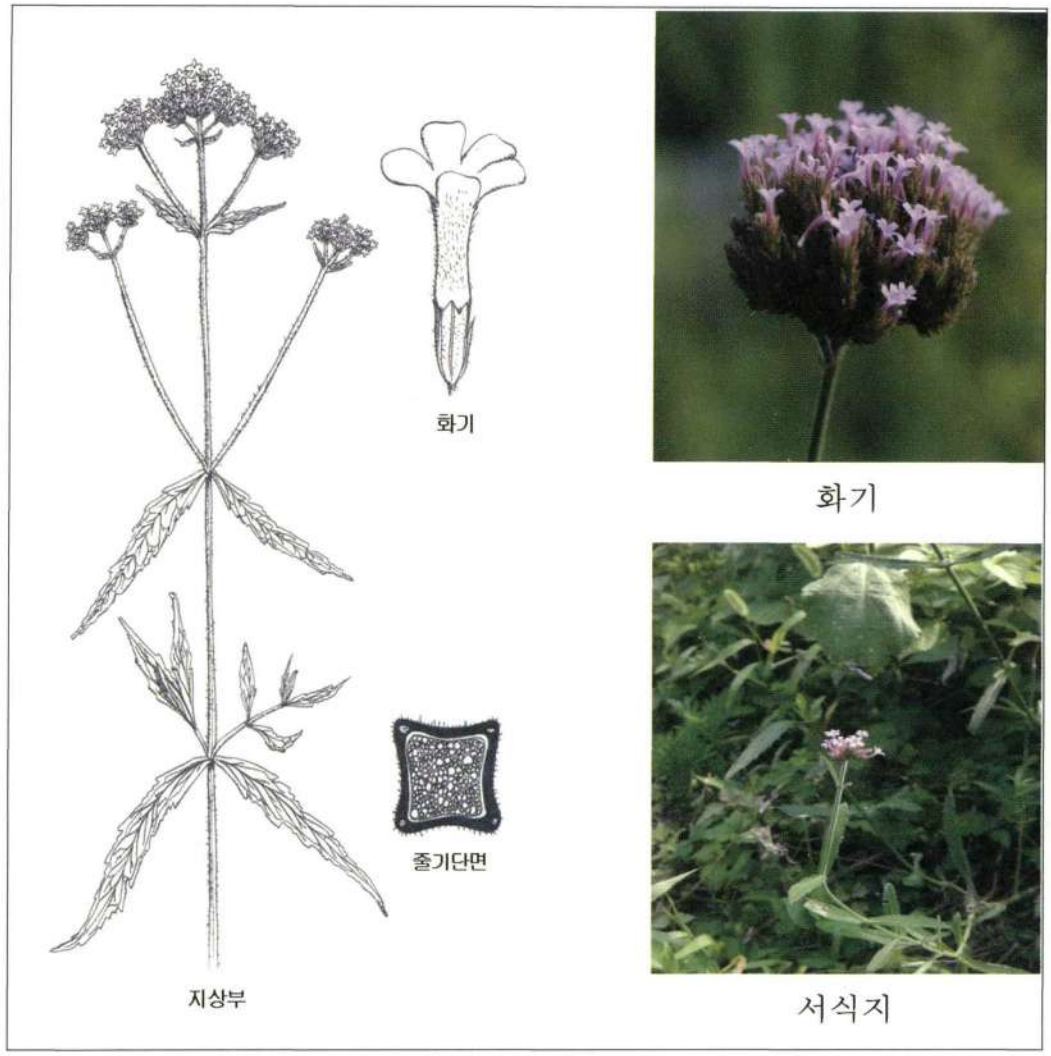


그림 1. 버들마편초(*Verbena bonariensis* L.)



그림 2. 양참새피(*Paspalum notatum* Flüggé)

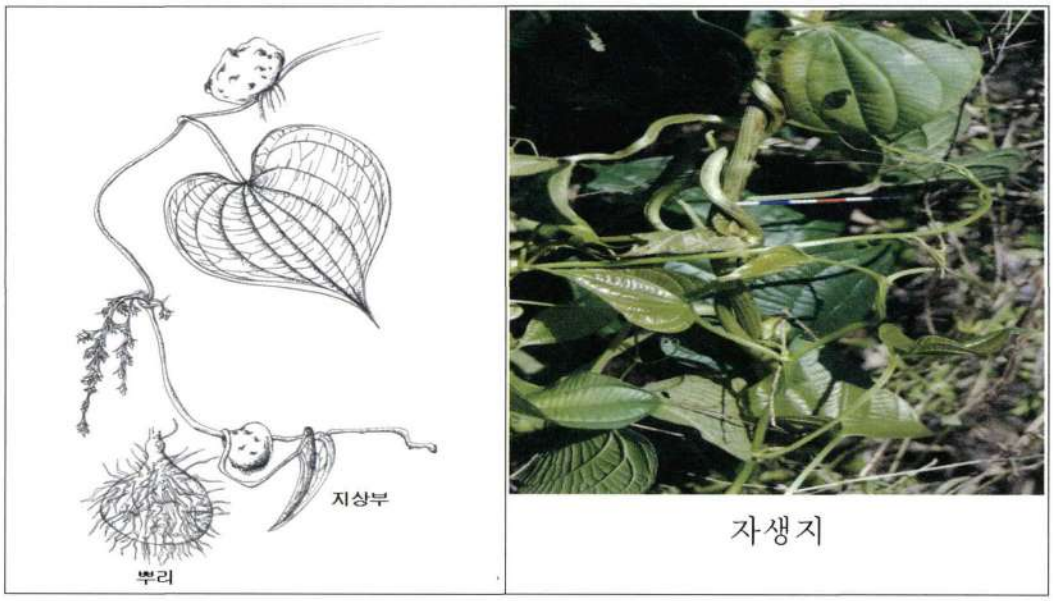


그림 3. 둥근마(*Dioscorea bulbifera* L.)

Plant Resources Discovered(I)

Hyoun-Chol Kim*, Dea-Shin Kim and Young-hoan Yang
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province

Abstract

Three naturalized species of taxa in Jeju Island such as *Verbena bonariensis, Paspalum notatum* have been found and *Dioscorea bulbifera* given the korea name. Among those species, Two species such as *Verbena bonariensis, Dioscorea bulbifera* are naturalized in Jeju Island have not been but reported yet and *Paspalum notatum* are naturalized in korea have not been but reported yet. *Dioscorea bulbifera* has been cultivated as a crop plant on the Jeju Island but it is found in the natural environment Island. And so we report here that *Dioscorea bulbifera* in a naturalized species.

참고문헌

강병화, 홍선희, 이동욱, 전션민, 김건옥. 2003. 남북한 식물이름 비교. 생명자원연구. 11:91-123.

박수현. 1995. 한국귀화식물원색도감. 일조각. pp.371.

박수현. 2009. 한국의귀화식물. 일조각. pp.575.

송창길, 양영환. 2005. 제주도의 귀화식물. 남제주군의제21실천협의회. pp.205.

양영환. 2007. 제주도 귀화식물의 식생에 관한 연구. 한잡초지. 27(2):112-121

양영환, 송창길. 2007. 제주미기록귀화식물. 제주대아농생지. 23(1):7-9.

이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사. pp.990.

이유미, 박수현, 정수영, 조동광. 2009. 한국내 귀화식물상 연구. 한국환경생태학회지 19(1):87-89.

長田武正. 1989. 原色日本歸化植物図鑑. 保育社. 大阪. pp.425.

清水稔宏, 森田弘彦, 廣田伸七. 2002. 日本歸化植物寫寫図鑑. pp.553.

http://ecosystem.nier.go.kr/ alienspecies/

여 백



◈ 연 구 초 록 ◈

• 제주도 내 전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino) 자생지 조사
김권수, 김대신, 김현철, 고정군

• 무주나무(*Lasianthus japonicus* Miq.) 기내발아에 대한 연구
김봉진, 김현희, 송순영, 정영학, 김권수, 고정군

• 전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino) 기내 배양에 대한 연구
송순영, 김봉진, 김현희, 김대신, 김권수, 고정군

• 수종의 한라산 고산식물 총페놀함량 및 항산화 활성 탐색
김현철, 송순영, 양영환, 고형종, 김주성

• 곶자왈 분포식물의 생활형 분석
김대신, 김수경, 김현철

• 한라산 성판악의 해발고도별 온습도 변화
고석형, 양승훈, 강인보, 김철수, 김창조

• 한라산의 마애명(磨崖銘) 현황
고윤정, 신용만, 백종진, 양승훈, 이영돈, 강인보

• 페로몬(pheromone)을 이용한 솔나방 방제법 연구
신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보, 김철수

• 초피나무의 증식방법 연구
김태후, 김현철, 박선영, 양영환

• 겨우살이류의 분포 및 참나무겨우살이 생리물질 탐색
김태후, 김현철, 박선영, 양영환, 김기옥

• 애기더덕(*Codonopsis minima* Nakai)의 발아특성 연구
김현철, 김대신, 송순영, 김태근, 송창길, 양영환

여 백

제주도 내 전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino) 자생지 조사

김권수[※1)], 김대신, 김현철, 고정군
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주특별자치도 녹지환경과

1. 전주물꼬리풀 생육특성

전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino)은 습지에서 자라는 물풀과 다년초로서 전북 전주, 경기도 광릉에 자생하는 것으로 알려져 있으나 제주도내 서귀포시 성산읍 난산리에서도 자생지가 확인되고 있다. 생육특성은 지하경이 발달하고 줄기는 곧게 자라며 마디에 윤생하는 잎은 보통 4개(3~6)이며 잎자루가 거의 없는 선형이다. 꽃은 연한 분홍색으로 8~10월에 피며 원줄기 끝의 원주상 형태로 달리며 소화경이 없고 꽃받침은 3㎜정도로서 5개, 꽃부리는 3~4㎜로서 4개로 갈라지고 종자는 분과로서 11월에 성숙하며 지름 0.7㎜정도의 흑갈색을 띤 난형이다.

2. 자생지 현황

제주도내 전주물꼬리풀은 성산읍 해안에서 내륙으로 약 10㎞ 거리의 초지대와 농경지에 둘러싸인 서귀포시 성산읍 난산리 소재의 작은 연못 주변에 자생하고 있었으며 주요 분포 특성을 조사한 결과는 표 1과 같았다.

표 1. 전주물꼬리풀 자생지 분포 특성

지역	고도 (m)	서식환경	서식면적(㎡)	우점종
서귀포시 성산읍 난산리	130	습지	600	전주물꼬리풀, 기장대풀, 송이고랭이

※교신저자 ; 전화 : 064-710-8682, e-mail : flike@korea.kr

서식지 개황은 해발고도 130m, 연못면적 약 700㎡, 서식면적 약 600㎡이며 주요 출현 식물로는 전주물꼬리풀, 기장대풀, 송이고랭이, 쉽싸리, 사마귀풀, 고마리, 가막사리, 택사, 부처꽃, 물고추나물, 네모고랭이, 흰꽃여뀌, 물달개비, 수염가래꽃, 감자개발나물 등이었으며 전주물꼬리풀은 비교적 우점종으로 자리 잡고 있었다.



그림 1. 서귀포시 성산읍 전주물꼬리풀 자생지

3. 보존 필요성 및 대책

지금까지 알려진 제주도내 전주물꼬리풀 자생지는 1개소로서 비록 현 서식지에 우점종으로 자리 잡고 있지만 보호대책이 마련되지 않는 한 자생지 보존은 안심할 수 없는 실정이다. 더욱이 자생지 인근의 논농사 면적 및 마 방목지의 감소는 연못의 기능을 더 이상 원하지 않게 하고, 또한 농작지 주변의 이러한 소규모 연못은 사유지일 가능성이 매우 크므로 언제 어떻게 활용될지 모르는 운명이다. 최근에는 서식지 인근 연못이 준설되어 재정비 되고 있는 것도 목격되어 보존 대책 수립이 시급하다고 판단된다.

무주나무(*Lasianthus japonicus* Miq.) 기내발아에 대한 연구

김봉진*, 김현회, 송순영, 정영학, 김권수[1], 고정군
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과

서 론

무주나무는 꼭두서니과(Rubiaceae)의 상록관목으로, 우리나라에서는 제주도에만 자라는 종류로 일본, 중국의 열대 및 아열대의 상록활엽수림에만 자라는 것으로 알려져 있다.

현재 제주도 내 자생지에 생육하는 무주나무의 개체수는 30개체 미만인 것으로 판단되며, 유일한 자생지라 할 수 있는 돈내코계곡과 남서교계곡은 자생지 침식 및 인위적인 간섭이 위협요인이 되고 있다.

무주나무는 환경부지정 보호야생식물(1998)로 지정된 바 있고, 2005년 멸종위기야생식물 II급으로 지정되어 있다. 자생지가 매우 한정적이라 증식기술 개발을 통한 대량증식이 필요하다. 따라서 본 연구는 무주나무의 발아유도를 통한 대량증식의 기초자료 제공에 목적을 두고 실시하였다.

재료 및 방법

돈내코 계곡에서 채집한 무주나무 종자를 4℃ 냉장실에서 저온 보관 후 사용하였으며, 종자는 과피를 제거한 후 정선하여 중성세제 60분, 70% 에틸알코올 15분, 2% 차아염소산나트륨에 tween 20을 한 두 방울 첨가한 용액에서 15분간 소독한 후 멸균수로 세척하여 배양하였다. 사용된 배지는 활성탄이 첨가된 ½WPM(Woody Plant Medium)을 기본배지로 하여,

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7565, e-mail : police1115@korea.kr

Agar를 첨가하기 전에 pH를 5.7~5.8로 조절한 후 고압멸균(121℃, 1.2기압)하였다. 배양조건은 25±1℃, 1,500~2,000lux, 주야 16/8시간의 조건에서 3반복 실시하였다.

결과 및 고찰

돈내코 계곡에서 채집한 무주나무 종자를 저온처리 후 과피를 정선하여 세척과정을 거쳐 생장조절물질은 첨가하지 않고 활성탄이 첨가된 ½WPM 기본배지를 이용하여, 발아율을 조사한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 무주나무의 무균발아

실험	사용배지	치상수	발아수	발아율(%)
1	½WPM H-Free + Charcoal	180	94	52.2
2	½WPM H-Free + Charcoal	180	81	45
3	½WPM H-Free + Charcoal	180	73	40.5
총합계		540	248	45.9

발아는 40~50%의 발아율을 보였으며, 무균상태에서 4주부터 발아가 시작되어 8주후에는 대부분의 종자가 발아되었다. 또한, 발아된 무주나무 개체는 2개월간 기내배양 후 포트이식 하여 순화시험을 하였다(그림 1, 2).



그림 1. 기내발아된 무주나무



그림 2. 배양 및 순화중인 무주나무

여 백

전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino) 기내 배양에 대한 연구

송순영※, 김봉진, 김현희, 김대신, 김권수[1], 고정군
제주특별자치도 한라산연구소 [1]제주특별자치도 녹지환경과

서 론

전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino)은 습지에서 자라는 꿀풀과 다년초로서 국내에서는 전북 전주, 경기도 광릉, 제주도 등 일부지역에서만 자라고 있는 희귀식물이다.

2012년에는 멸종위기야생식물 Ⅱ급으로 지정되어 종의 보전에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되고 있으며, 따라서 본 연구는 제주도 자생 전주물꼬리풀의 조직배양을 이용한 증식 연구를 통하여 대량증식 및 유전자원의 현지외 보전의 목적을 두고 실시하였다.

재료 및 방법

제주도 내 자생지인 성산읍 난산리 한못에서 채집한 전주물꼬리풀(*Dysophylla yatabeana* Makino)을 시료로 실험에 임하였다.

전주물꼬리풀의 측아가 포함된 줄기를 절단하여 중성세제 60분, 70% 에틸알코올 10분, 1% 차아염소산나트륨 10분을 처리한 후 무균대에서 멸균수로 세척한 후 MS Hormone free 배지에 치상하여 온도 25℃(±2℃), 광 1,500~2,000lux, 주야 16/8시간 조건으로 배양하였다.

기내삽목한 줄기의 액아부분에서 발생된 전주물꼬리풀의 가지를 MS Hormone free 배지에 6주 간격으로 기내 삽목하여 개체 증식하였다.

※교신저자 ; 전화 : 064-710-7483, e-mail : grassy78@korea.kr



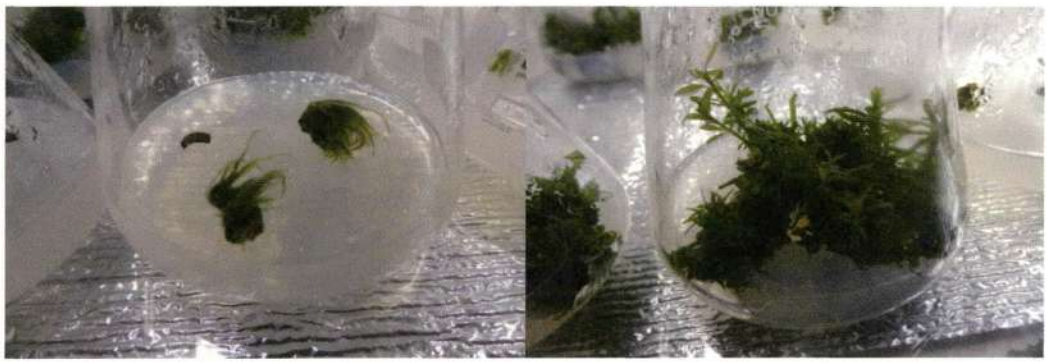
<측아 발달> <조기 생장> <개체 증식>

그림 1. 기내 증식중인 전주물꼬리풀

기내삽목하여 증식한 개체의 잎을 이용하여 재분화를 확인하고자 MS 배지를 기본으로 하여 NAA와 BA를 각각 0, 1, 2, 5㎎/ℓ를 조합하여 16종의 배지를 만든 후 전주물꼬리풀 잎의 주맥을 포함한 절편을 배양하여 8주후 확인하였다.

결과 및 고찰

실험결과 잎절편에서 바로 발근이 나타나는 조건으로는 NAA 2㎎/ℓ로 NAA가 전주물꼬리풀의 발근에 관여하고 있음을 확인하였다(그림 1).



A B

그림 2. 전주물꼬리풀의 재분화

A: 발근된 조건 NAA 2㎎/ℓ, B: 신초 재분화 NAA 2㎎/ℓ와 BA 2㎎/ℓ를 혼용처리한 조건

캘러스 형성은 NAA 1, 2㎎/ℓ와 BA 1, 2㎎/ℓ의 조합에서 잘 나타났으며, 신초의 재분화도 나타나는 것으로 관찰되었다.

앞으로 NAA와 BA의 농도조합을 좀더 세분화 하여 신초의 재분화에 효과적인 조건을 찾고 발근에 유리한 배지조건을 찾아 순화과정을 통하여 대량생산을 할 수 있도록 해야 할 것이다.

여 백

수종의 한라산 고산식물 총페놀함량 및 항산화 활성 탐색

김현철*, 송순영, 고형종, 양영환, 김주성[1)]
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주대학교 농학과

서 론

최근 식물체 내에 들어 있는 생리활성 성분에 대한 관심이 높아져 이들 생리활성 성분을 함유하는 천연식물 소재들을 천연항산화제와 항진균제의 원료로 이용하려는 시도가 많이 이루어지고 있다(Huang 등, 1992). 생리활성 물질의 대부분은 페놀성 화합물이고 플라보노이드류가 주를 이루고 단순한 페놀류, 페놀산, 페닐 프로파노이드류, 페놀성 퀴논류들을 포함하는 것으로 항세균, 항알레르기, 항산화, 항암, 충치방지, 심장질환 및 당뇨병 예방 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Azuma 등, 1999). 따라서 생리활성 물질을 분석한 식물로는 손바닥 선인장, 오가피나무, 돼지감자, 쥐깨풀 등 다양하지만 고산식물에 대한 연구는 전무한 실정이다(윤 등, 2001; 최 등, 2012; 정 등, 2011; 이 등, 2005).

제주지역에는 분포하는 유관속식물은 전국 4,100여 종의 약 48%가 해당되는 약 1,990여 종 분포하고 있는 것으로 알려져 있어 국내에서는 식물 종 다양성이 가장 풍부한 곳으로 알려져 있다. 그 중 고산식물의 분포를 보면 한반도에 분포하는 고산식물은 51과 175속 269종 5아종 73변종 9품종 383 종류로 보고되었는데(박, 1942), 그 중 한라산에 분포하는 고산식물(高山植物)의 종수는 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 보고되고 있다. 하지만 고산식물에 대한 시료확보의 문제로 인하여 생리활성에 대한 분석은 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 한라산 1,400m 이상에 분포하는 귀룽나무(*Prunus padus* L.), 댕댕이나무(*Lonicera coerulea* var. *edulis* Turcz. ex Herder), 매발톱나무(*Berberis amurensis* Ruprecht), 명자순

※교신저자 ; 전화 : 064-710-7482, e-mail : khc4078@korea.kr

(*Ribes maximowiczianum* Kom.) 부위별 메탄올에 추출한 추출물을 농도별로 총 페놀 및 플라보노이드 함량, 항산화 활성의 변화를 조사하여 고산식물의 자원화방안에 대한 기초 자료로 삼고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시료처리

한라산에 분포하는 귀룽나무(*Prunus padus* L.), 댕댕이나무(*Lonicera coerulea* var. *edulis* Turcz. ex Herder), 매발톱나무(*Berberis amurensis* Ruprecht), 명자순(*Ribes maximowiczianum* Kom.) 4종의 잎과 줄기를 시료로 사용하였다. 각각의 식물 부위는 100% 메탄올에 침지하여 상온에서 추출하여 사용하였다.

2. DPPH 라디컬 소거 활성에 의한 항산화활성 측정

고산식물 메탄올 추출물의 전자공여능은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 메탄올 3.98㎖에 0.15mM의 DPPH-methanol solution 1㎖과 고산식물 4종의 메탄올 추출물 20 ㎕를 잘 혼합하여 실온에서 30분간 안정화시킨 다음 분광광도계(UV-1800, Simadzu, Tokyo, Japan)로 517㎚에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 α-tocopherol, BHA, BHT, methanol을 사용하였으며, 이 실험은 3반복하여 실시하였다.

3. 환원력 활성측정

시료에 0.2M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 0.5㎖와 1% potassium ferricyanide (w/v) 0.5㎖을 잘 혼합하였다. 혼합물을 50℃에서 20분간 보관한 후 10% TCA(w/v)을 2㎖을 첨가하여 잘 혼합한 후 650rpm에서 원심분리 하였다. 상층액(0.5㎖)에 증류수 0.5㎖과 0.1% ferric chloride(w/v) 0.1㎖을 잘 혼합하여 이 혼합액을 700㎚에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 α-Tocopherol, BHA, BHT를 사용하였다.

4. 총 페놀화합물과 플라보노이드 함량 측정

고산식물 4종의 메탄올추출물의 총 페놀화합물 함량은 Taga 등(1984)에 의해 보고된 Folin-ciocalteau 방법을 사용하였다. 시료 0.1㎖와 2 N의 Folin-Ciocalteu reagent 50㎕를 5

㎖의 측정용기에 넣고 잘 혼합한 후 상온에 3~5분 동안 보관하였다. 그 다음, 20% sodium carbonate solution (w/v)을 0.3㎖ 첨가하고 잘 혼합하여 15분간 방치한 이후 1㎖의 증류수를 첨가하였다. 그 다음 UV- spectrophotometer를 이용하여 725㎚에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀화합물 함량은 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성한 다음 정량하여 GAE(gallic acid equivalents)로 나타내었다. 총 플라보이드 함량은 Moreno 등(2000)의 방법을 변형하여 측정하였다. 메탄올 추출물 0.2㎖에 10% aluminum nitrate (w/v) 0.1㎖, 1 M potassium acetate 0.1㎖ 그리고 80% 에탄올 4.6㎖를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 안정화시킨 다음 415㎚에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 이용하여 검량선을 작성한 다음 QE(quercetin equivalents)로 나타내었다.

결과 및 고찰

유리 라디칼은 생물학적 손상의 주요 요인으로 잘 알려져 있는데, DPPH는 천연 항산화제의 유리 라디칼 소거능을 평가하는데 일반적으로 사용한다(Yokozawa 등, 1998). 보랏빛을 나타내는 DPPH는 항산화제와의 반응에 의해 안정한 화합물로 변하면 노란색으로 변한다. 이러한 반응의 정도는 항산화제의 수소 공여능에 의존한다(Bondent 등, 1997). 한라산고산식물 4종의 메탄올 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 50, 100㎍/㎖ 농도로 측정한 결과를 표 1에 나타내었다. 4종의 식물은 줄기나 잎에서 전자공여능 수치가 다양하게 나타났으며 50㎍/㎖ 농도보다는 100㎍/㎖ 농도에서 높은 수치를 나타내었다. 귀룽나무는 줄기가 잎보다는 높은 전자공여능을 나타냈으며, 댕댕이나무는 잎이나 줄기가 비슷하게 나타났으나 잎 100㎍/㎖ 농도에서는 두 배 정도 높은 수치를 보여준다. 명자순도 줄기보다는 잎이 높은 수치를 나타냈다. 반면에 매발톱나무는 잎보다 줄기에서 좀더 나은 항산화활성을 나타냈다. 4종의 고산식물의 항산화활성은 50㎍/㎖ 농도인 매발톱나무 잎일때 가장 낮은 활성을 나타났으며, 가장 높은 항산화 활성은 명자순 잎으로 100㎍/㎖일 때로 나타났다. Lee 등(2004)과 현 등(2007)은 귀룽나무 추출물의 소거 활성이 약 93~97%로 나타났지만 본 연구에서는 잎이나 줄기 추출물에 대해 34~85%로 다양하게 나타났으며 줄기 추출물의 농도가 100㎍/㎖ 일 때 85%로 가장 높게 나타났으나 기존 연구에 비하여는 낮게 측정되었다. 이는 추출물의 부위가 잎, 줄기, 열매 등 혼합하여 추출한 것으로 본 연구에서 잎과 줄기를 구분하여 추출한 추출물을 이용하였기 때문에 낮은 측정치를 보이는 것으로 판단된다. 한

라산 고산식물 4종의 메탄올 추출물의 환원력을 측정한 결과는 표 2에 나타내었다. 시료의 환원력은 환원물질이 제공하는 수소원자가 자유 라디칼 사슬을 분해함으로써 반응이 시작되는데, 이때 흡광도의 값 자체가 시료의 환원력을 나타내게 된다(Cho 등, 2007b). 4종의 고산식물은 농도가 100~300㎕/㎖로 농도가 증가함에 따라 환원력 역시 증가하는 결과를 나타내었는데, 이는 김 등(2010)의 결과와 유사하게 나타났다. 방 등(2009)은 페놀성 화합물이 가용성 식물류에 널리 분포하는 것으로 항산화능을 포함한 다양한 생물학적 효능을 나타내고 이는 주로 산화·환원력에 의한 것이라고 보고하였다. 귀룽나무, 댕댕이나무, 명자순은 줄기보다는 잎에서 환원력 활성의 값이 좀 더 높게 나타났으나, 반면 매발톱나무는 잎보다는 줄기가 환원력 활성이 높게 나타났다. 4종의 식물 중 최상의 환원력 활성을 나타낸 것은 명자순 잎으로 농도가 300㎕/㎖ 일 때였으며, 가장 낮은 활성은 매발톱나무의 잎으로 100㎕/㎖일 때로 나타났다. 한라산고산식물 4종의 총 페놀함량은 0.986㎎ GAE/g에서 2.956㎎ GAE/g 까지 다양하게 나타났다(표 3). 명자순 잎의 총 페놀함량은 줄기에 비해서 높게 나타났으며 다른 식물에 비해서도 높은 총페놀함량으로 측정되었다 4종의 고산식물 중에서 가장 낮은 총 페놀함량은 매발톱나무로 잎보다 줄기에서 총 페놀함량이 가장 낮게 측정되었다. 총 플라보노이드 함량은 댕댕이나무 잎이 0.371㎎ QE/g로 가장 높게 측정이 되었으며, 명자순의 줄기에서 가장 낮은 총 플라보노이드 함량이 나타났다.

표 1. 메탄올 추출물에서의 DPPH 라디컬 소거 활성에 의한 항산화활성 측정

식물명	부위	농도(㎍/㎖)	전자공여능(EDA,%)
귀룽나무	줄기	50	62.82±1.76
		100	85.82±4.42
	잎	50	34.51±0.23
		100	66.86±3.51
댕댕이나무	줄기	50	22.30±1.57
		100	31.22±0.97
	잎	50	33.44±1.38
		100	69.10±0.74
매발톱나무	줄기	50	23.08±1.12
		100	37.16±0.24
	잎	50	11.69±0.87
		100	13.52±0.67
명자순	줄기	50	25.89±0.27
		100	50.44±0.81
	잎	50	78.77±0.88
		100	94.94±0.40

전자공여능(EDA,%) = (1-반응구의흡광도/대조구의 흡광도)×100

표 2. 메탄올 추출물의 환원력 측정

식물명	부위	농도(㎍/㎖)	Abs(700㎚)
귀룽나무	줄기	100	0.51±0.01
		200	0.74±0.01
		300	0.99±0.00
	잎	100	0.34±0.04
		200	0.62±0.01
		300	0.88±0.00
댕댕이나무	줄기	100	0.28±0.00
		200	0.46±0.00
		300	0.60±0.01
	잎	100	0.38±0.01
		200	0.58±0.00
		300	0.81±0.01
매발톱나무	줄기	100	0.26±0.01
		200	0.46±0.00
		300	0.63±0.00
	잎	100	**0.12±0.00**
		200	0.21±0.01
		300	0.30±0.00
명자순	줄기	100	0.22±0.00
		200	0.44±0.00
		300	0.64±0.01
	잎	100	0.74±0.03
		200	1.11±0.02
		300	**1.20±0.00**

표 3. 메탄올 추출물의 총페놀량과 총 플라보노이드 측정

식물명	부위	총 페놀* (㎍ GAE/g)	총 플라보노이드** (㎍ QUE/g)
귀룽나무	줄기	1,735±43	32.3±1.4
	잎	1,180±49	210.8±2.6
댕댕이나무	줄기	1,310±14	96.5±5.3
	잎	1,074±49	371.8±2.6
매발톱나무	줄기	986±6	36.6±0.0
	잎	1,110±25	165.8±2.6
명자순	줄기	1,026±55	5.2±0.0
	잎	2,956±152	339.1±5.3

* 총페놀함량(gallic acid equivalent (GAE) ㎎/g)은 3반복하여 평균값
** 총 플라노이드함량(quercetin equivalent, (QE) ㎎/g)은 3반복하여 평균값

참고문헌

김찬수. 2005. 한라산 고산식물의 다양성. 한국토종연구회. p.29-48

박만규. 1942. 조선 고산식물 목록. 조선박물학회지 9(33):1-12.

윤민선, 유재수, 이근광, 김명곤. 2012. 손바닥 선인장(*Opuntia humifusa*) 줄기 추출물의 생리활성. J Appl Biol Chem. 55(2):117-121.

이영노. 2000. 한국의 고산식물. 교학사. pp.558.

이은진, 권영주, 노정은, 이정은, 이성호, 김재근, 김광수, 최용희, 권중호. 2005. 마이크로파 추출공정에 의한 쥐깨풀 유용성분의 추출조건 최적화. Korean J. Food Preserv. Vol. 12, No.6: 617-623.

이창복, 1989. 대한식물도감. 향문사. pp.990.

정현주, 김주성, 사여진, 김명옥, 양금봉, 김명조. 2011. 열처리에 따른 돼지감자 Methanol 추출물의 항산화 및 α-glucosidase 저해 효과. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19(4):257-263.

정현주, 김주성, 사여진, 김명옥, 양금봉, 김명조. 2011. 열처리에 따른 돼지감자 Methanol 추출물의 항산화 및 α-glucosidase 저해 효과. Korean J. Medicinal Crop Sci.. 19(4):257-263.

최재명, 안중배. 2012. 오가피 부위별 50% 메탄올 추출액의 기능적 특성. Korean J. Food Sci. Technol. 44(3):373-377.

현선희, 정성근, 좌미경, 송창길, 김지훈, 임상빈. 2007. Korean J. Food Sci. Technol. 39(2):200-208.

Azuma K, Nakayama M, Koshika M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamauchi Y, Ito H, Higashio H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. J Agric Food Chem. 47:3963-3966.

Bang J.E., Choi H.Y. and Kim S.I. 2009. Anti-oxidative acticity and chemical composition of various *Heracleum moellendorffii* Hance sxtracts. Korea Journal of Food Preservation. 16:765-771.

Blois MS. 1958. Antioxodant determination by the use of a stable free radical. Nature. 181:1199-1200.

Bondent V, Brand-Williams W. and Berest C. 1997. Kinetics and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical methods. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 30:609-615.

Cho H.S., Lee S.J, Shin J.H., Kang M.J., Cho H.S., Lee H.J. and Sung N.J. 2007. Antioxidative activity and nitritr scavenging effect of the comoisites containing medicinal plant extract. Journal of Life Sciences. 17:1135-1140.

Huang M.T., Ho C.T., Lee C.Y. 1992. Phenolic compounds in food. *In Phenolic compounds in food and their effects on health II*. Maple Press, New York, USA. Vol 99:2-7.

Kim M.O., Kim J.S., Sa Y.J., Jeong H.J., Chun W.J., Kwon Y.S., Kim T.Y., Cho H.S., Yu C.Y. and Kim M.J. 2010. Screening of extraction solvent condition of fermented *Rhus verniciflua* stem bark by antioxidant activities. Korean Journal of Medicinal Crop Science 18:217-223.

Lee S.S., Lee H.J., Choi D.H. 2007. Studies on biological activity of wood extractives(XV)-antimicrobial and antioxidative activities of extracts from diverse families. Mokahae Konghak. 32:8-17.

Moreno M.I., Isla M.I., Sampietro A.R. and Vattuone M.A. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis free several regions of Argentina. Journal of Ethnopharmacology. 71:109-114.

Taga M.S., Miller E.E. and Pratt D.E. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society 61:928-931.

Yokozawa T., Chen C.P., Dong E., Tanaka T., Nonaka G.I. and Nishioka I. 1998. Study on the inhibitory effect of tannins and flavonoids agsint the 1,1-diphenyl-2-picrylhyarazyl radical. Biochemical Pharmacology 56:213-222.

여 백

곶자왈 분포식물의 생활형 분석

Analysis on Life Form of Gotjawal terain, Jeju Island

김대신※, 김수경, 김현철

Dae-shin Kim, Su-kyoung Kim, In-bo Kang and Hyeon-cheol, Kim

제주특별자치도 한라산연구소

본 연구는 곶자왈 분포식물의 생활형 특성을 파악하여 식물상연구의 기초자료로 활용코자 실시하였다. 생활형 분석을 위하여 2008년 2월부터 2012년 11월까지 곶자왈지역에서 수집된 관속식물 및 표본을 사용하였고, 식물의 생활형(Life form)은 Raunkiaer 및 Numata, M의 방식을 채용한 이(1996)에 따라 분석하였다.

식물의 생활형(Life form)은 식물이 그이 생육환경에 순응하여 살아오면서 오랫동안에 걸쳐 만들어낸 모양과 기능을 유형화한 것으로 일반적으로 휴면형(Dormancy form), 번식형(지하기관형, 산포기관형), 및 생육형(Growth form) 등을 총체적으로 나타내는 Biological type이다(이, 1996). 이러한 생활형은 일부지역에서 식물기후(phytoclimate)의 전형을 나타내며, 식물기후 구분을 정하는데 기본으로 이용되는 시스템으로 식물의 지리적 구분과 분포상의 경계를 확인할 수 있다(박, 1975).

곶자왈 분포식물의 휴면형에 따른 생활형을 분석한 결과, 반지중식물(H)의 비중이 23.9%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 지중식물(G)이 20.4%로 높게 나타났고 대형 및 소형지상식물(M)이 18.1% 순으로 나타났다(표 1). 그 외로 일년생식물(Th)이 11.4%, 관목성식물(N) 11.1%, 지표식물 6.8%, 수생식물(HH) 4.9% 순으로 나타났으며, 착생식물(E) 3.5% 로 가장 낮은 것으로 분석되었다. 이러한 곶자왈지대 분포종의 생활형 패턴은 제주도 식물의 생활형과는 다소 차이를 보이는 것으로 목본성 식물의 비율이 높고 반지중식물(H) 및 일년생식물(Th)의 비율이 낮으며, 곶자왈지대의 특성상 수생식물의 비율이 매우 낮고 착생식물의 비율이 조금 높게 나타나고 있다. 따라서 곶자왈은 제주도내에서 매우 독특

※교신저자 ; 전화 : 064-710-7571, e-mail : kds3374@korea.kr

한 환경으로 인해 일반적인 생활형과는 차이를 보이는 것으로 볼 수 있으며 건천이면서 암괴나 폭포 등의 기반지형을 가지는 하천지역과 매우 유사한 경향을 보여 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

표 1. 곶자왈 및 제주분포 식물의 휴면형에 따른 생활형

	Ch	E	G	H	HH	M	N	Th
곶자왈	6.8	3.5	20.4	23.9	4.9	18.1	11.1	11.4
광령천	7.7	2.5	21.5	24.3	1.9	19.6	10.5	11.9
제주도(%)	5.5	2.9	19.3	28.3	10.3	12.3	8.3	13.1

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

이러한 생활형은 곶자왈별로 차이를 보이고 있는데 그 결과는 그림 1과 같다. 대부분 지역이 반지중식물(H) 또는 대형지상식물(M)의 비율이 높게 나타나고 있으며, 그 다음으로는 지중식물(G)의 비율이 높게 나타나는 경향을 보이고 있다. 그 외로 지표식물(CH)은 비슷한 경향을 보이며, 일년생식물(Th), 관목성식물(N), 수생식물(HH) 및 착생식물(E)의 비율은 지역별로 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. 특히 조천-함덕곶자왈의 경우 수생식물(HH) 비율의 높게 나타나고 있는데, 이는 지형, 지질특성에 기인하는 것으로 습지가 많은 동백동산지역을 포함하고 있기 때문이다. 또한 착생식물의 분포차이 역시 곶자왈별 특성에 따른 것으로 암괴의 크기나 함몰지형의 발달 여부, 특이용암구조의 분포 여부에 따른 영향으로 판단된다.

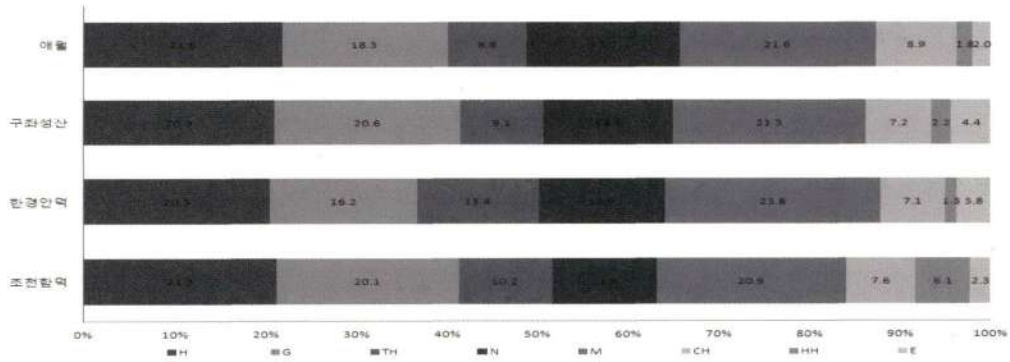


그림 1. 곶자왈지대별 휴면형에 따른 생활형

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

한편 곶자왈 분포식물의 지하기관형(Radicoid form)과 산포기관형(Disseeminule form)에 따른 번식형(Propagation form)과 생육형(Growth form)형에 따른 생활형을 분석한 결과는 그림 2와 같다. 번식형에 따른 생활형 중 지하기관형(Radicoid form)에 따른 생활형을 분석한 결과 지하나 지상부에 연결체를 형성하지 않는 형(R5)이 51%로 가장 높게 나타났다. 그 다음으로는 근경이 짧게 분지하고 가장 좁은 범위의 연결체를 가지는 R3형이 23%로 나타났으며 R2와 R-3의 양쪽 지하기관형이 11%였고 그 외의 형태는 10% 이하로 나타났다.

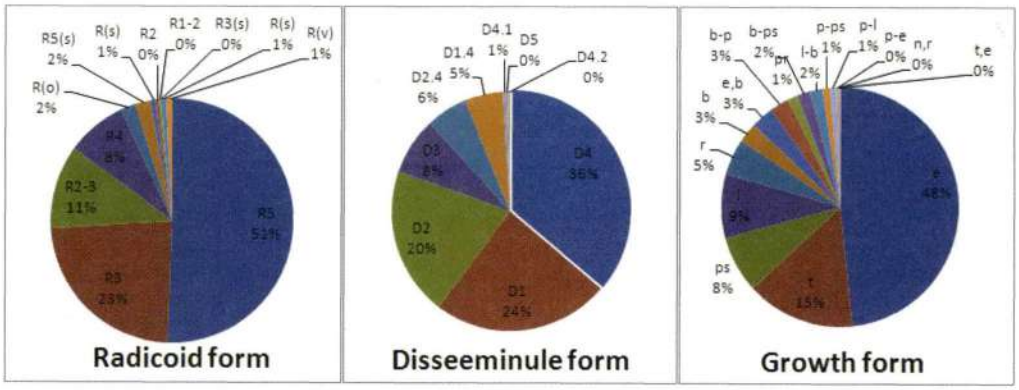


그림 2. 곶자왈 분포식물의 번식형 및 생육형에 따른 생활형

산포기관형(Disseeminule form)에 따른 생활형을 조사한 결과는 중력산포형(D4)이 36%로 가장 많은 것으로 나타났고 그 다음으로는 풍수산포형(D1) 24% 동물산포형(D2)이 22%, 순으로 나타났으며, 그 외의 산포형들은 10%이하로 나타나났다.

생육형(Growth form)에 따른 생활형을 분석한 결과 지상부에 주축이 분명한 종류인 직립형(e) 48%로 가장 많은 것으로 나타났으며 양생형(t)이 15%로 나타났으며 넌출형(l)과 ps형이 각각 9%와 8% 순으로 나타났다. 그 외는 5%이하로 나타났다. 이러한 결과를 종합해보면 곶자왈 분포식물의 생활형은 e-R5-D4-H Biological type으로 나타났다.

여 백

한라산 성판악의 해발고도별 온습도 변화

고석형*, 양승훈, 강인보[1], 김창조
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과

서 론

기후변화에 따른 지구온난화현상은 인류사회와 자연생태계에 영향을 미치고 있으며, 기후변화 문제를 최우선적으로 해결해야 할 심각한 문제의 하나로 다루게 되었다. 우리나라 최남단에 위치한 제주도는 섬이라는 특수성과 한라산을 기준으로 한 해발고도에 따른 식생대의 구분이 뚜렷하다. 제주도의 중심부에 위치한 한라산은 제주의 각종 기후인자에 깊숙이 관여하면서 동서남북 기후인자의 편차를 유발하고 있다.

제주특별자치도 한라산연구소에서는 기후변화에 대응한 한라산 장기생태연구사업을 사행해 오고 있다. 기후변화에 따른 한라산의 생태계 변화를 장기적으로 모니터링하고 기후변화에 취약한 생물 종 보전을 위한 대응책을 마련하기 위함이다. 기후변화에 의해서 식생대가 저지대에서 고지대로 이동하게 되면 고립된 고산식물의 개체수 감소나 소멸로 인하여 생물 종 다양성의 감소가 예상된다. 따라서 기상변화를 모니터링하는 것은 산림생태계 변화와 교란을 예측한다고 할 수 있다.

이에 본 연구는 해발고도에 따른 온습도의 변화를 측정하여 산악지형의 숲속 미기상 자료를 독자적으로 확보하고 기후변화에 따른 한라산의 생태계 변화, 식생 이동 및 숲의 변화 등을 해석하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

*교신저자 ; 전화 : 064-710-7578, e-mail : ksh5251@korea.kr

재료 및 방법

본 연구는 제주특별자치도 한라산국립공원 성판악(해발고도 1200m부터 1800m사이)에 200m간격으로 4개의 데이터로거(HOBO® Pro v2)를 설치하여 해발고도에 따른 온도 및 습도를 비교분석하였다. 데이터로거의 온도 측정범위는 -40~70℃이며, 습도는 0~100%였다. 그림 1에 한라산 성판악의 온습도 데이터 조사지점을 나타내었다. 온습도 측정기간은 2010년 11월 1일에서 2012년 10월 31일까지이며 1시간마다 데이터를 축적한 자료를 바탕으로 온습도 변화를 분석하였다.

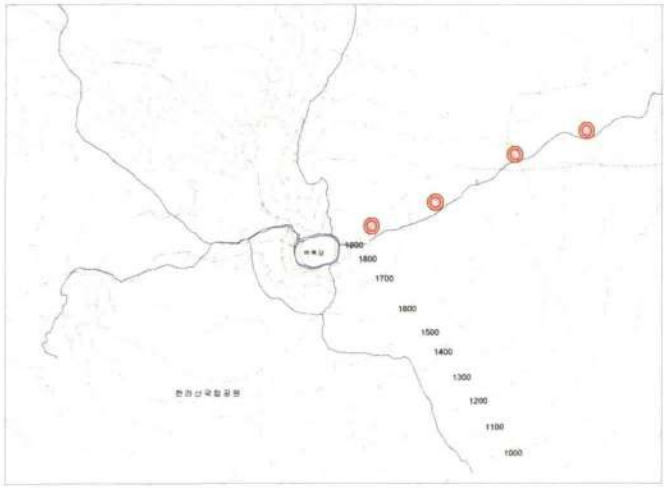


그림 1. 한라산 성판악의 온습도 데이터 조사지점

결과 및 고찰

해발고도에 따른 2010년 11월 1일에서 2011년 10월 31일까지의 한라산 성판악의 평균기온은 표 1과 같다. 평균온도는 1200m 7.5℃, 1400m 7.2℃, 1600m 5.6℃ 및 1800m 4.7℃였다. 해

발고도가 증가함에 따라 온도는 각각 0.3℃, 1.6℃ 및 0.8℃ 낮아졌으며 1400m와 1600m 구간에서 온도차이가 가장 컸다. 평균온도가 가장 높은 시기는 7월과 8월로 각각 18.2℃와 18.1℃였다. 반면에 12월, 1월, 2월 및 3월은 영하의 온도를 보였으며, 연중 평균온도가 가장 낮은 시기는 1월로 -9.4℃였다.

표 1. 해발고도에 따른 한라산 성판악의 평균온도(단위 : ℃)

구 분	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
1200m	6.1	-2.2	-8.0	-1.6	-1.5	5.4	12.8	15.9	19.4	19.3	15.2	9.3
1400m	5.5	-2.8	-8.4	-2.2	-2.3	4.7	12.8	15.9	19.4	19.3	15.2	8.8
1600m	4.5	-4.0	-10.3	-3.3	-3.9	3.1	10.9	14.5	17.4	17.4	13.2	7.4
1800m	3.8	-5.0	-10.8	-4.1	-5.3	2.0	9.8	13.7	16.5	16.4	12.8	7.1
평 균	5.0	-3.5	-9.4	-2.8	-3.2	3.8	11.6	15.0	18.2	18.1	8.2	8.2

해발고도에 따른 2010년 11월 1일에서 2011년 10월 31일까지의 한라산 성판악의 평균습도는 표 2와 같다. 평균습도는 1200m 84.3%, 1400m 84.7%, 1600m 81.2% 및 1800m 81.7%였다. 평균온도와 마찬가지로 1400m와 1600m 구간에서 다른 구간보다 높은 습도차이를 보였다. 평균습도가 높은 시기는 7월과 8월로 96.7%로 동일하였으며 4월에 66.0%의 평균습도를 보여 가장 낮았다.

표 2. 해발고도에 따른 한라산 성판악의 평균습도(단위 : %)

구 분	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
1200m	74.6	85.2	93.6	82.4	72.4	66.7	79.1	93.0	97.0	97.2	93.0	77.6
1400m	72.9	83.2	98.8	89.3	71.7	66.0	79.1	93.0	97.0	97.2	93.0	75.3
1600m	71.1	79.8	93.3	78.8	70.9	66.1	76.7	87.6	96.5	95.8	88.4	69.4
1800m	68.1	78.4	96.2	99.3	73.4	65.1	77.1	87.0	96.5	96.5	83.0	59.5
평 균	71.7	81.7	95.5	87.5	72.1	66.0	78.0	90.1	96.7	96.7	89.3	70.5

해발고도에 따른 2011년 11월 1일에서 2012년 10월 31일까지의 한라산 성판악의 평균기온은 표 3과 같다. 평균온도는 1200m 7.9℃, 1400m 7.2℃, 1600m 5.9℃ 및 1800m 5.1℃였다. 해

발고도가 증가함에 따라 온도는 각각 0.7℃, 1.3℃ 및 0.8℃ 낮아졌으며 1400m와 1600m 구간에서 온도차이가 가장 컸다. 평균온도가 가장 높은 시기는 7월로 18.3℃를 보였으며 8월에 18.0℃를 보였다. 반면에 12월, 1월 및 2월은 영하의 온도를 보였으며, 연중 평균온도가 가장 낮은 시기는 1월로 -6.4℃였다.

표 3. 해발고도에 따른 한라산 성판악의 평균기온(단위 : ℃)

구 분	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
1200m	7.4	-3.0	-4.9	-4.3	1.7	8.4	12.8	14.9	19.5	19.5	13.6	8.9
1400m	6.7	-3.9	-5.7	-4.5	0.9	7.5	12.5	14.4	18.7	18.5	13.0	8.6
1600m	5.4	-5.4	-7.1	-6.2	-0.2	5.9	10.8	13.6	17.8	17.4	11.6	7.1
1800m	4.5	-6.6	-7.8	-4.9	-2.5	4.6	10.0	12.9	17.0	16.5	11.2	6.7
평 균	6.0	-4.7	-6.4	-5.0	0.0	6.6	11.5	14.0	18.3	18.0	12.4	7.8

해발고도에 따른 2011년 11월 1일에서 2012년 10월 31일까지의 한라산 성판악의 평균습도는 표 4와 같다. 평균습도는 1200m 87.2%, 1400m 86.0%, 1600m 84.8% 및 1800m 87.1%였다. 평균습도가 높은 시기는 8월로 99.1%였으며 3월, 4월, 5월 및 10월에 90% 이하의 평균습도를 보였다. 평균습도가 가장 낮은 달은 4월로 67.5%였다.

표 4. 해발고도에 따른 한라산 성판악의 평균습도(단위 : %)

구 분	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
1200m	93.2	95.5	92.8	89.7	72.1	66.0	72.8	94.3	97.6	99.0	96.4	77.2
1400m	91.8	95.3	91.6	90.3	72.3	66.5	69.0	92.6	96.9	99.2	94.5	71.9
1600m	89.5	96.3	90.7	89.3	70.7	67.8	69.9	88.4	94.1	99.0	93.2	69.1
1800m	87.7	97.3	98.6	99.7	95.4	69.7	68.8	86.6	93.9	99.3	86.9	61.3
평 균	90.6	96.1	93.4	92.3	77.6	67.5	70.1	90.5	95.6	99.1	92.8	69.9

이와 같은 결과를 바탕으로 평균온도는 각각 6.2℃와 6.5℃로 2011년도에 비해 2012년도가 0.3℃ 높았다. 2011년과 2012년의 평균습도는 각각 83.0%와 86.3%로 평균온도와 마찬가지로 2012년도가 3.3% 높았다.

한라산의 마애명(磨崖銘) 현황

고윤정*, 신용만[1], 백종진[2], 양승훈, 이영돈, 강인보[3]
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 한라산국립공원관리사무소,
[2]제주동양문화연구소, [3]제주특별자치도 녹지환경과

서 론

금석문(金石文)은 쇠붙이에 글씨나 그림을 새긴 금문(金文)과 돌이나 암석(巖石)에 새긴 석문(石文)을 일컫고 있는데, 금석에 새긴 문자나 도형은 쉽게 마모되지 않고 오랜 세월을 견뎌내기 때문에 종이나 죽백 등에 기록된 문헌보다 내구성이 높을 뿐만 아니라 특정한 역사적 사실과 관련된 현장에 새겨진 현장성으로 인하여 과거에 있었던 사실을 고증하는데 중요한 사료적 가치를 가진다. 그리고 그것을 새기는 과정에 여러 가지 기술을 적용한 서체와 조형성 등이 나타나기 때문에 높은 예술성도 가지고 있다.

금석문은 인류가 문화를 창조하는 과정에서 문자화하였으며 이는 오늘날 서예, 역사, 문화, 미술사를 연구하는데 기본이 되고 있다. 그중 마애석각문(磨崖石刻文)이라고도 불리는 마애명(磨崖銘)은 바위나 벼랑에 새겨진 명문(銘文)으로써 제주지방에서도 섬 전체적으로 곳곳에서 발견되고 있다. 이는 내륙문화(內陸文化)의 영향이라 하겠지만 제주지역의 향토사적 자료로서 그 가치는 실로 높다고 할 수 있다.

특히 예로부터 신선산(神仙山)으로 불리어 온 한라산(漢拏山)에 새겨진 마애명은 제주지방에 부임해 온 목사(牧使)나 관료, 유배인 또는 제주유림 등에 의하여 한라산을 등람(登覽)하면서 새겨놓은 산천경승(山川景勝)에 대한 감탄과 산수유람의 풍류 등을 담고 있을 뿐만 아니라, 한라산을 오른 인물들의 역사적 행적을 좇는 향토사적 의미도 포함하고 있어 그 사료적(史料的) 가치는 아주 높다고 할 수 있다.

본고에서는 국가지정 문화재인 한라산천연보호구역과 명승(名勝)으로 지정된 백록담(白

*교신저자 ; 전화: 064-710-7574, e-mail: kyj5526@korea.kr

鹿潭)을 중심으로 탐라계곡 등을 조사하였으며, 조선시대 한라산 등산로 초입(初入)의 하나인 제주시 방선문(訪仙門)일대 마애명의 현지조사 결과를 지역별로 구분하여 정리하고자 하였다. 본 조사의 내용 중에는 이미 발표된 자료도 상당부분 포함되고 있지만, 현지조사 시 추가로 발견된 다수의 마애명을 바탕으로 한라산내의 마애명 목록으로 분류하였음을 미리 밝히고자 한다.

조사지역 및 방법

1. 조사지 개황

본 조사는 주요 조사지를 3구역으로 나누어 조사가 이루어졌다. 즉, 제주시 방선문 일대와 한라산 백록담, 탐라계곡 일원이다. 조사지 개황은 다음과 같이 지도에 표시하였다(그림 1).



그림 1. 조사지 개황

조사기간을 살펴보면 2012년 2월부터 6월까지는 해발 270m인 제주시 방선문 주변의 마애명에 대한 현장조사를 실시하였다. 그리고 방선문 조사와 병행하여 2012년 5월부터 9월

까지 제주시 한천의 상류인 해발 615m 이상의 한라산 탐라계곡을 따라 올라가면서 현지조사를 실시하였고, 8월부터 9월까지 해발 1,950m 한라산 백록담 분화구에 대한 집중조사를 실시하였다.

그밖에 해발 1,250m 한라산 돌오름 주변 및 해발 1,700m 윗세오름 일원, 해발 1,400~1,600m 일원의 영실기암 주변에서의 현장조사를 부분적으로 실시하였으나 별다른 성과는 없었다. 향후 이들 현장에 대한 추가조사가 필요하다.

2. 조사방법

한라산의 마애명 현황 조사는 제주시에서 출발하는 조선시대 한라산 주요 등산로였던 한라산 북쪽 등산로를 주요 조사구로 선정하여 제주시 방선문 일대를 포함하여 한라산천연보호구역 일원에서 실시하였다. 선행연구자료의 검토를 거쳐 백록담 분화구를 중심으로 탐라계곡과 방선문의 현장조사 위주로 현지 확인작업을 진행하였다. 제주시 방선문 일원에서 시작되는 한천 상류를 따라 탐라계곡과 백록담 일원까지 현지답사를 수행하였으며, GPS상 위치조사 및 부분적인 사진촬영 작업도 병행하였다.

결과 및 고찰

이번 조사를 통하여 구축된 자료는 총 98건으로 집계되었다. 이를 지역별로 구분하여 보면 백록담내 마애명이 총 30건으로 확인 되었다. 그리고 탐라계곡내에 총 4건, 방선문 일대에서 총 64건을 확인하였다. 그밖에 한라산 동쪽인 돌오름과 북쪽 윗세오름 일원, 한라산 서쪽지역인 영실에서의 현지조사도 실시하였다. 그러나 돌오름 정상에서 발견된 2건과 윗세오름의 1건의 마애명은 훼손정도가 심하여 마애명으로서 판독이 불가하였으며, 영실 현지조사에서는 한건도 발견할 수 없었다. 조사된 결과를 지역별로 구분하여 표로 나누어 보면 다음과 같다.

1. 백록담내 마애명 현황

한라산 백록담내 마애명은 총 30건으로 조사되었다(표 1). 이를 세분하여 나열하면 그 지역을 방문한 인물의 이름자를 새겨놓은 제명(題名)이 1732년 유배인 조관빈 외 28건에 89

명, 5언율시 등 그 주변 지형에 걸맞는 싯귀를 새겨놓은 제영(題詠)이 1767년 유배인 임관주의 제영 등 2건이다.

표 1. 백록담내 마애명(磨崖銘) 현황

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
1	김세완	을미년	해서	大法官 金世琓, 乙未 六月 十一日	
2	최익현	1875	해서	崔益鉉	
3	이익	-	해서	李瀷, 金淨	
4	제주도지사 정우식 일행	-	해서	大漢拏登山記念, 濟州道知事 鄭○*張, 副知事 姜成(鉉), 總務局長 金漢駿, 産(業)**局長 元東鉉, 警察局長 朴用詮, 濟州市長 姜泰植, 北濟州郡守 金泰秦, 南濟州郡守 權東冑	
5	손경영 일행	병술년	해서	丙戌, 孫京英, 梁元復, 孫才善, 金善浩, 孫炳鉉, 趙君夏, 姜奉秀, 安大宜, 孫武鉉, 安宗根, 高斗日, 趙南俊, 趙在建	
6	목사 박장복	을미년 (1835)	해서	牧使 朴長復, 乙未 八月 十日	
7	엄선 일행	-	해서	嚴墡, 任百敏, 李遠啓	
8	엄제 일행	계묘년	해서	嚴璿, 任斗材, 嚴思晩, 李命啓, 韓濟億, 南履觀, 尹濟商, 丁載游, 癸卯九月 日	
9	유석효 일행	무자년 (1768)	해서	劉錫孝, 金重運 工客從, 愼基慶, 戊子初夏登	
10	양세술	신묘년	해서	梁世述 辛卯	
11	목사 조희순	-	해서	趙羲純	
12	양당	-	해서	梁塘	
13	오언 (작자미상)	-	해서	東西南北海, 撐揷一峯浮, 獨立乾坤大, 居然最上頭	제영***
14	목사 이양정 일행	신축년 (1781)	해서	李養鼎, 李亨默, 羅東善	
15	남익상 일행	무자년 (1768)	해서	南益祥, 南峴, 戊子四月	
16	황덕빈 일행	-	해서	黃德彬, 沈恒之, 梁塤	
17	조관빈	임자년 (1732)	해서	壬子三月 趙觀彬 以大司憲言事被謫登此絶頂	
18	조영순	을해년 (1755)	해서	趙榮順 以副修撰言事 被謫繼登此頂 乙亥三月	

표 1. ⇒ 계속

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
19	이경노	-	해서	李景老	
20	홍구서	-	해서	洪九瑞	
21	김희 일행	-	해서	金會, 朴萬淳, 洪大成	
22	임관주 오언	정해년 (1767)	해서	茫茫滄海濶, 一峯漢拏浮, 白鹿仙人待, 今登上上頭, 丁亥 秋 任觀周	제영
23	김재유	-	해서	金載瑜, 丁八日	
24	김종보 일행	신미년 (1811)	해서	金鍾輔, 夫士簡, 李膺良, 洪範植, 張文明, 辛未	
25	어사 심낙수	갑인년 (1794)	해서	恩坡退士沈樂洙 以巡撫御使來過, 甲寅春	
26	목사 조우석 일행	정유년 (1837)	해서	牧使 趙禹錫, 幕賓 趙禧錫, 咸永述, 朴裕源, 趙義經, 判官 申義恒, 李黃和, 金秀男, 劉永勳, 文明新, 丁酉 五月 日	
27	윤명훈 일행	을축년	해서	尹命勳, 尹基, 乙丑 五月, 尹命兼, 尹植, 尹權, 權德行, 成永夏, 朴嶽, 孟仁行, 洪重健	
28	신호인	정해년	해서	申豪仁 丁亥四	
29	목사 조위진 일행	무인년 (1758)	해서	戊寅 二月 十七日 登此, 新伯 趙威鎭, 舊伯 李潤成	
30	목사 조정(철)	신미년 (1811)	해서	趙貞(喆) 丁酉以前○○ 被謫庚戌○○, 趙貞(喆) 辛未以防(禦)使繼登絶(頂)	

*훼손정도가 심하여 글자판독이 어려운 경우에는 '○'으로 표기 하였다.

**훼손정도가 미약하여 글자판독이 가능한 경우에는 '( )'으로 표기 하였다.

***제영(題詠)은 비고란에 별도로 구분하였다.

2. 탐라계곡내 마애명 현황

한라산 탐라계곡내 마애명은 총 4건으로 조사되었다(표 2). 이를 세분하여 나열하면 이름을 새겨놓은 제명(題名)이 1836년 목사 조우석 일행 등 3건에 21명, 주변 장소 및 풍광에 어울리는 지명 등을 명명하여 새겨놓은 제액(題額)이 은선동 등 1건으로 조사되었다.

표 2. 탐라계곡내 마애명(磨崖銘) 현황

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
1	은선동	-	행서	隱仙洞	제액
2	목사 조우석 일행	정유년 (1837)	해서	牧使 趙禹錫, 判官 申義恒, 幕賓 趙禧錫, 威永述, 朴裕遠, 趙義經, 金秀男, 卞恒遠, 劉永勳, 李明秀, 金菊逸, 笙 文命新, 琴 金致元, 丁酉 九月 日	제명
3	장한규 일행	-	해서	張漢奎, 朴致順, 金昌彦, 崔濟斗, 洪鍾河, 高昌珉, 林聖潤	제명
4	최치경	-	해서	居士 崔致敬	제명

3. 방선문내 마애명 현황

제주시 방선문 일대 마애명은 총 64건으로 조사되었다(표 3). 이를 세분하여 나열하면 이름을 새겨놓은 제명(題名)이 1886년 목사 심원택 일행 등 48건에 210명, 제영(題詠)이 1738년 목사 홍중징의 5언율시 등 12건, 제액(題額)이 등영구(登瀛丘)와 방선문(訪仙門) 등 4건으로 조사되었다.

표 3. 제주시 방선문내 마애명(磨崖銘) 현황

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
1	목사 심원택 일행	정해년 (1887)	해서	牧使 沈遠澤, 軍官 朴永漢, 朴章浩, 丁亥 四月 二十日, 又西 沈樂中	
2	임귀춘 일행	-	해서	林貴春, 丁志升, 南得遠	
3	오창두	-	해서	吳昌斗	
4	판관 이의겸	무자년 (1828)	행초	浦口吞紅日, 山肩荷白雲, 淸遊宜此夕, 携酒且論文, 判官 李義謙, 戊子四月初一日	제영***
5	홍명서	-	행서	洪明瑞	
6	최운숙 일행	해서	해서	崔雲翻, 金時鎭, 韓樂增, 金載西, 鄭致福 (행서체)*, 審藥 張鳳徵, 倭學 劉廷福	

표 3. ⇒ 계속

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
7	목사 안경운 일행	-	해서	防禦使 安慶運, 子 致範	
8	목사 김몽규 일행	갑술년 (1754)	해서	瀛洲伯 金夢煃, 子 肅基, 郁基, 軍官 辛一東, 鄭彦佐, 金得基, 鄭東羽, 崔偉, 李宗芳, 洪愼健, 審藥 李禧大, 甲戌 首夏	
9	김봉길 일행	-	해서	金鳳吉, 成漢宗, 崔命祚, 金正鉉	
10	목사 박성협 일행	갑오년 (1774)	해서	耽羅伯 朴聖浹, 軍官 朴聖漢, 趙益祥, 李聖儒, 姜遇周, 金載赫, 韓相五, 審藥 梁慶柔, 甲午初夏 十月 過此	
11	고평호	정유년 (1897)	해서	丁酉四 一, 道連私塾, 代表 高平鎬	
12	목사 한정운 오언	-	행초	次壁上韻, 亂石沈雲合, 幽花向日開, 仙人不可見, 我輩祗空來, 韓鼎運	제영
13	목사 홍중징 오언	기미년 (1739)	행초	登瀛丘, 石竇呀然處, 巖花無數開, 花間管絃發, 鸞鶴若飛來, 洪重徵題, 己未首夏	제액, 제영
14	판관 박창봉	갑술년 (1754)	해서	判官 朴昌鳳, 甲戌初夏	
15	목사 이명준	-	해서	李命俊	
16	목사 홍태두 일행	을해년 (1755)	해서	乙亥初夏, 防禦使 洪泰斗, 軍官 李(閏)樞, 崔濬文, 判官 安世潤	
17	윤부연 일행	임신년 (1752)	해서	湖西過客 尹溥淵, 李有實, 壬申 孟春, 漢陽過客 丁天樞	
18	박진문 일행	-	해서	朴振文, 權燮, 洪九瑞, 朴萬和, 安根	
19	판관 강인호	-	해서	判官 康仁鎬	
20	목사 송구호 일행	기축년 (1889)	해서	牧使 宋龜浩, 子 榮稷, 冊室 宋鐘奭, 軍官 宋元浩, 尹斗成, 皮乘奎, 中房 李仁典, 己丑四月 日	
21	임태유 오언	을유년	해서	壁間纔一路, 自作石門開, 騎鹿遊仙去, 我行覺後來, 乙酉 暮春 任泰瑜	제영
22	홍평규 일행	-	해서	洪平圭, 鄭東源	
23	최익현 일행	을해년 (1875)	해서	叅判 崔益鉉, 李基璫 來, 乙亥	

표 3. ⇒ 계속

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
24	방선문	-	행초	訪仙門	제액
25	목사 윤득규 일행	병오년 (1786)	해서	府伯 尹得逵, 子 翊東, 從子 養東, 冊室 玄鎭澤, 金桓, 軍官 金述曾, 尹得敎, 姜文一, 丙午四月	
26	권세공	기미년	해서	權世恭, 己未 首夏	
27	신덕함 일행	-	해서	申德涵, 金壽鳳	
28	참판 한학수 일행	무신년	해서	叅判 韓學洙, 韓翊相, 戊申 端午	
29	김(휘)수 오언	을유년	해서	斲石非神斧, 渾淪肇判開, 白雲千萬歲, 仙俗幾多來, 乙酉 春 金(徽)秀	제영
30	홍순	-	해서	東帆 洪淳	
31	목사 홍규 일행	을유년 (1885)	해서	牧使 洪圭, 軍官 申鶴熙, 李敎晩, 尹泳毅, 乙酉	
32	남만리 일행	갑진년 (1904)	해서	南萬里, 郡守 洪友淳, 甲辰	
33	김수석 일행	-	해서	金洙錫, 金沂鍾	
34	김종윤 일행	갑신년	해서	風詠錄 金鍾運, 朴章鉉, 玄商休, 金性久, 金應璜, 兪晟煥, 文斗燦, 朴景亮, 洪淳坤, 文圭三, 金謙集, 梁昊元, 梁錫圭, 姜宗杓, 金泰河, 愼奎錫, 金寅錫, 金履珩, 姜錫祚, 開國 四百九十三年 甲申, 閏五月 初五日 辛巳 春, 金永權, 洪義杓, 改修	
35	목사 조희순 일행	기사년 (1869)	해서	線通花徑轉, 斧鑿石門開, 已透參同秘, 休嫌俗子來, 己巳 四月 吉日, 牧使 趙義純	제영
36	서동원	-	해서	徐東源	
37	목사 강면규 일행	경신년 (1860)	해서	牧使 姜冕奎, 堂姪 鎬, 軍官 李始愚, 李啓奕, 庚申 閏三月 晦日 題	
38	목사 목인배 일행	갑인년 (1854)	해서	牧使 睦仁培, 子 裕錫, 甲寅年 四月 日	
39	판관 고경준	-	해서	判官 高景畯	
40	(고)기(하)	임오년	해서	任午 春, 州出(身)** (高)祈(河)	

표 3. ⇒ 계속

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
41	판관 정동리 일행	정미년 (1727)	해서	歲 丁未 八月 初吉日 識, 金時鎭, 閔廷楫, 散人 許運, 判官 鄭東里, 雙溪石門, 巖開大禹斧, 月老女媧天	제명, 제영
42	목사 김영수 오언	기해년 (1779)	행초	喚仙臺, 別壑乾坤大, 石門日月閑, 莫云無特地, 眞箇有神山, 花老已春色, 巖實太古顔, 戛然鳴鶴至, 知是在仙間, 己亥 春 金永綬	제액, 제영
43	윤진오	-	행서	尹進五	
44	박종오	-	해서	朴宗五	
45	목사 이원조 일행	-	해서	李源祚, 子 鼎相, 奉硯 安命岳 丁義成, 李潞夏	
46	목사 김윤 일행	갑자년 (1744)	해서	牧使 金潤, 甲子 首夏	
47	황규헌 일행	-	해서	黃奎鉉, 金澈	
48	김동철 일행	-	해서	金東轍, 金敎顯, 朴來彦, 三同甲 辰	
49	한창유 오언	-	행서	入洞山如揖, 瀛丘我亦仙, 嵌空危欲墜, 玉斧鑿何年, 玉溪逍遙生 韓昌裕	제영
50	목사 이현택 일행	-	해서	牧伯 李顯宅, 判官 孫應虎, 旌義 盧尙熙, 軍官 金漢恂, 權啓東, 韓永履, 李顯謨, 侄 義達, 韓永履, 李顯謨	
51	목사 이재호 일행	-	해서	瀛伯 李在護, 弟 參奉 在國	
52	박민현 일행	신묘년	해서	同遊, 平壤後人 朴敏賢 晉裁 丙午 居 淸州, 韓山後人 李禎協 興南 癸酉 居 雲峰, 隋城候人 白尙志 仲高 丁卯 居 京, 岑城後人 李級 德○*** 戊辰 居 保寧, 高靈後人 申善煜 淸霜 戊辰 居 潭陽, 韓山後人 李榮協 馨南 己巳 居 雲峰, 隋城候人 白尙華 仲輝 ○○ 居 京, 高靈後人 申汴 仲深 辛未 居 順昌, 韓山後人 李明協 光南 辛未 居 雲峰, 隋城候人 白尙燁 仲明 癸酉 居 京, 辛卯 仲春 書以識之	
53	이노영 일행	병자년	해서	李魯榮, 李甲鉉, 丙子	

표 3. ⇒ 계속

연번	명 칭	연 도 (추정)	서 체	내 용	비고
54	이재관 일행	-	해서	李在寬, 李永俊	
55	목사 이필술 일행	을유년 (1825)	해서	李必述 子 斗南, 金在浩, 康○, 洪良○, 李尙○, ○○○, 松○ 姜○, 松(林) 金○○, 松○ 洪○○, 乙酉○○	
56	윤상화	갑신년	해서	謫客 尹相和, 甲申 五月 日	
57	목사 정관휘	-	해서	牧使 鄭觀輝	
58	양응상 오언	-	해서	水從瀛海放, 門對沃山開, 仙去留花石, 令人幾訪來, 梁應祥	제영
59	목사 홍종우	갑진년 (1904)	해서	洪鍾宇, 光武 甲辰 五月 日	
60	작자미상 오언	-	행초	洞穴螺旋入, 溪流燕尾分, 仙人難可見, 萬古鎖烟雲, 瀛樵	제영
61	강욱빈 일행	갑신년 (1884)	해서	搜雲契 姜郁彬, 韓禎裕, 愼栽奭, 金庸圭, 金炳鎬, 金啓炳, 姜斗勳, 姜遇伯, 吳圭瀛, 李能白, 金鍊百, 李源弼, 文斗南, 姜師鎬, 朴南岳, 開國 四百九十三年 甲申 閏五月 初五日	
62	목사 심현택 일행	갑신년 (1884)	해서	知州 沈賢澤, 開國 四百九十三年 甲申, 朴箕壽	
63	우선대	-	행서	遇仙臺	제액
64	이근복 오언(추정)	-	해서	李根福, 淡○色○○, ○○○○開, 神仙何○在, 臺靜白雲來	제영

*서체가 본문 중에서 홀로 다른 경우에는 ( )안에 한글로 제시하였다.

**훼손정도가 미약하여 글자판독이 가능한 경우에는 '( )'으로 표기 하였다.

***훼손정도가 심하여 글자판독이 어려운 경우에는 '○'으로 표기 하였다.

****제액(題額)과 제영(題詠)은 비고란에 별도로 구분하였다.

향후 계획

이번 조사는 한라산의 인문학과 역사지리학적 접근으로는 처음 시도된 것으로 한라산 관련 역사지리학 연구를 확대하는 계기가 되었다. 특히 마애명 조사를 기초로 향후 제주도 금석문 연구에도 토대를 마련할 것으로 전망한다. 이번 조사를 통하여 얻어진 현황조사결과를 바탕으로 2013년도에는 한라산천연보호구역내 주요 마애명지에 탁본조사를 실시하고 별도의 종합 학술책자를 발간하여 일반인에게 한라산 마애명의 가치를 알리고 홍보 및 교육에 이용될 수 있도록 활용할 계획이다.

참고문헌

『世宗實錄』「地理誌」,『新增東國輿地勝覽』, 김정「濟州風土錄」『충암집』

이원조 「耽羅錄」, 이익 『艮翁遺稿』, 조관빈「遊漢拏山記」『悔軒集』,

최익현, 「遊漢拏山記」,「勉庵先生文集」

金粲洽 編著. 2002.『濟州史人名事典』. 濟州文化院. pp.775.

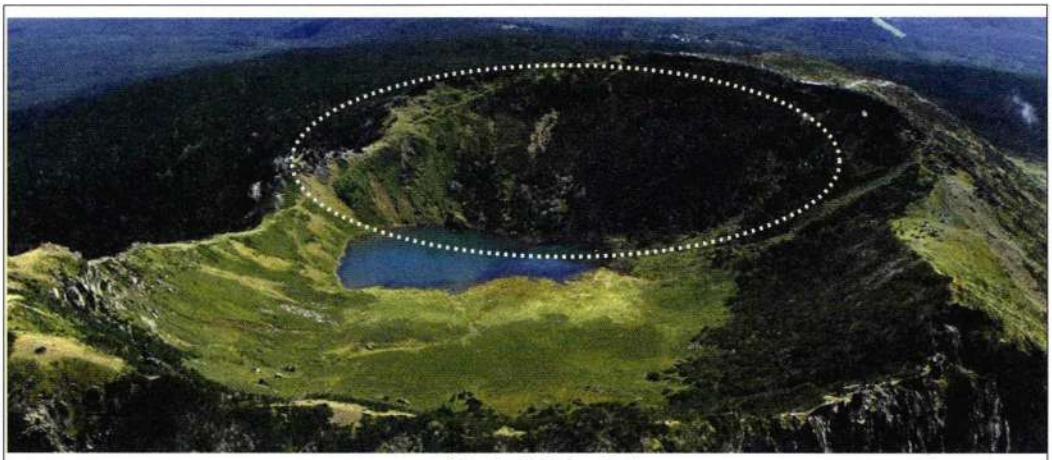
金粲洽 編著. 2000.『20世紀 濟州人名事典』. 濟州文化院. pp.436.

오문복. 1999. 濟州道 磨崖銘. 濟州道 · 濟州東洋文化硏究所. pp.222.

李榮培. 1990. 濟州地方의 磨崖石刻에 對한 小考. 濟州道民俗自然史博物館 調査硏究報告書 第4輯. p.93-111.

현행복. 2004. 訪仙門. 도서출판각. pp.180.

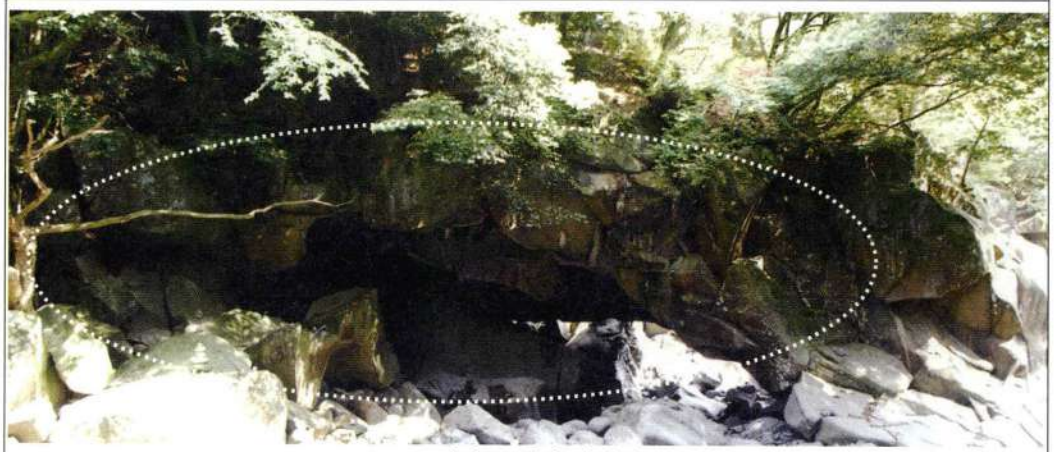
부록 1. 한라산 마애명 밀집 지역



백록담 북동측 내벽



탐라계곡 동측



방선문 일원 내외벽

부록 2. 백록담내 마애명 조사



조관빈 · 조영순 마애명



이익 · 김정 마애명



조정철 마애명



최익현 마애명



임관주 마애명



백록담 판독조사



마애명 사진촬영



백록담 탐문조사

부록 3. 탐라계곡내 마애명 조사



은선동 마애명



조우석 마애명



장한규 마애명



최치경 마애명



탐라계곡 탐문조사



탐라계곡 탐문조사

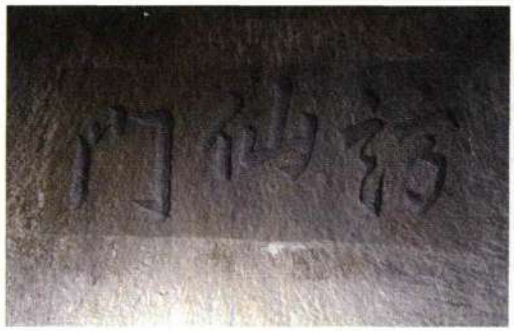


마애명 판독조사



마애명 판독조사

부록 4. 방선문내 마애명 조사



방선문 마애명



등영구 마애명



환선대 마애명



이의겸 마애명



윤부연 마애명



고평호 마애명



마애명 판독조사



사진촬영 조사

페로몬(pheromone)을 이용한 솔나방 방제법 연구

신창훈※, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보[1], 김철수
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 녹지환경과

Research on the Control of some Insecticides on *Dendrolimus spectabilis* by Pheromone

Changhoon Shin※, Kyoungbum Kim, Youngtak Kim, Heesuk Kang, In Boo Kang[1] and Younghoan Yang
Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province
[1]Environment & Park Division, Jeju Special Self-Governing Province

요 약

본 시험은 솔나방의 효율적인 방제를 위해 농약사용에 의한 기존의 방제법 등과는 다른 환경친화적인 방제법인 페로몬을 이용한 방제시험을 수행하여 지상방제가 곤란한 지역에 적용 솔나방 방제에 자료로 활용코자 실시하였다.

유기합성을 통하여 만든 페로몬 성분인 Z5,E7-12:OH, Z5,E7-12:OAc, 그리고 Z5,E7-12:OPr을 윙 트랩을 이용하여 2012년 6월 13일부터 8월 30일까지 2가지 조합을 가지고 야외 유인력 검정을 하였는데, 시험결과 대조구에서 5개체 알코올과 프로피오네이트 조합인 T1 처리구에서 1개체가 유인 채집 되어 포획효과가 저조하게 나타났다. 이런 결과는 기후변화에 따른 솔나방 발생이 불규칙적으로 일어나거나 또는 페로몬 성분 합성 조성 비율이 잘 맞지 않거나 하는 문제가 있는 것으로 생각된다. 그러나 본 방법이 효과가 입증되

※교신저자; 전화 : 064-710-7480, e-mail : sch7129089@korea.kr

면, 향후 솔나방이 대발생되어 지상방제가 곤란한 지역에 적용하는 등 본 방제방법 추진이 요구될 것으로 판단된다.

서 론

소나무는 우리나라를 대표하는 특별하고도 소중한 나무로써 전국 어디서나 볼 수 있을 정도로 가장 많이 자라고 있다. 그러나 기후 온난화로 인한 생태계의 변화와 산림해충의 기존 생활사 변화에 따라 점점 소나무가 사라지고 있는 실정이다. 우리나라를 대표하는 수종인 소나무류에 피해를 주는 산림해충으로는 충영을 형성하는 솔잎혹파리와 흡즙성 해충인 솔껍질깍지벌레, 식엽성 해충인 솔나방, 천공성 해충인 소나무좀 등이 있다.

산림해충이란 산림생태계의 구성요소 중의 하나인 수많은 곤충 중에서 인간이 산림에서 기대하는 혜택을 직접, 간접으로 방해하는 특정 종류들을 임의로 규정한 것으로 정의할 수 있다. 해충의 종류로는 구기의 형태와 가해습성에 따라 크게 식엽성, 천공성, 흡즙성 및 충영형성 해충으로 나눌 수 있으며, 가해부위에 따라 잎, 눈, 새순, 가지, 뿌리 및 지제부, 종실 및 구과, 목재부 등을 가해하는 해충으로 구별할 수 있다(이 등, 1991). 또한 식엽성 해충인 솔나방은 과거 1960-70년대까지만 하더라도 산림의 3대 해충에 포함되어 산림해충이라고 하면 곧 솔나방을 연상시킬 정도로 년 40만ha 내외의 소나무림에 발생되어 극심한 피해를 나타내었으나 '80년대 이후에는 산림이 녹화되고 임산연료 채취가 감소되면서 밀도가 줄어들어 일부지역을 제외하고는 쉽게 발견할 수 없을 정도로 밀도가 크게 낮아졌다(권 등, 2002).

솔나방은 일반적으로 유충을 송충이라고 부르는 나비목 솔나방과의 곤충으로 년 1회 발생하고 제5령충으로 월동한다. 수피 틈이나 지피물 밑에서 월동한 유충은 봄에 17℃이상 되는 날이 계속되는 4월경에 월동처에서 나와 솔잎을 먹고 자라 3회에 탈피를 거쳐 8령충이 되며 노숙유충은 7월초·중순에 솔잎사이에 고치를 만들고 7월 하순~8월 중순에 우화한다. 우화 2일 후부터 산란하는데 대개 오전 중에 500개 정도를 솔잎에 무더기로 낳는다. 총 유충기간은 320일 정도가 되며 주로 밤에 활동한다(정 등, 1991).

2000년대에 들어서는 2천여ha 내외의 발생면적을 나타내고 있으며 그 발생지역도 충남, 전북, 제주도, 전남 도서지역 등에 한정되어 발생하고 있으나 제주도에서는 2001~2003년에

걸쳐 서귀포시 대정읍 송악산 주변임지와 추자도, 성산읍 해안도로변 임지에 상당한 피해를 주었으며, 또한 2006~2008년에는 서귀포 외돌개, 삼매봉 등 해안가주변 및 인가주변, 관광사적지 등에 피해가 급증하여 큰 피해를 준 바 있다. 또한 최근 몇 년간에는 발생이 거의 없어 주기적으로 대발생하는 특성이 있는 해충이다.

현재까지 솔나방의 방제 법으로는 약제 살포, 유충 포살, 병원미생물 살포, 번데기 채취, 알 덩이 제거 등의 방제법이 사용되었으나, 지상방제의 한계와 항공방제에 대한 생태계 논란 문제의 대안으로 우리 도에서는 2008년에 나무주사를 이용한 방제법을 개발하여 예비시험 및 실연사업을 추진 상당한 방제효과가 입증되어 2009년 방제시책에 반영 1,000여ha에 대하여 대 면적 방제를 실시한 바 있다.

본 시험은 무분별한 농약사용에 의한 산림생태계 논란을 최소화하고 지속가능한 산림생태계 유지에 큰 역할을 할 것으로 판단되는 환경친화적인 방제법인 페로몬을 이용한 방제방법으로서 향후 솔나방 대 발생 시 적용하여 귀중한 산림자원을 보호코자 실시하였다.

재료 및 방법

2012년 6월 13일 서귀포시 안덕면 덕수리 205번지 및 안덕면 서광리 851번지에 3개 조사구를 설치하여 성페로몬(표 1)을 이용한 트랩을 설치하였으며 처리규모는 3처리×5블럭에 총 15본이며 트랩 설치 후 8월 30일 까지 매일 트랩에 유인 포획된 솔나방이 개체수를 조사하였다.

표 1. 처리구별 페로몬성분

성분(mg) / 처리구	OH	OPr	OAc
T1	500	-	500
T2	333	333	333
C	-	-	-

○ 주성분 : 알코올(OH), 부성분1 : 프로피오네이트(Pr), 부성분2 : 아세테이트(Ac)

T1 = OH : Pr (500㎍ : 500㎍), T2 = OH : Pr : Ac(333㎍ : 333㎍ : 333㎍), C = Control

결과 및 고찰

2012년 6월 14일 서귀포시 안덕면 덕수리 205번지 및 안덕면 서광리 851번지 일원 소나무 임지에 성페로몬을 이용한 트랩을 설치하여 8월 30일까지 포획된 솔나방을 조사한 결과 (표 2, 3) 트랩 설치 후 최초로 7월 16일에 1개체가 포획되었고, 7월 19일 1개체, 7월 23일 2개체, 7월 27일 1개체 등 총 6개체가 포획 되었으며, 8월 이후에는 솔나방이 포획되지 않았다.

표 2. 처리구별 페로몬에 의한 솔나방 성충 유인력 조사 결과

조사일시	조사장소	포 획 수(마리)		
		T1	T2	C
2012-07-16	A			
	B			
	C			1
	D			
	E			
2012-07-19	A			
	B			
	C			1
	D			
	E			
2012-07-23	A			1
	B			
	C			
	D			
	E			2
2012-07-27	A			
	B			
	C			
	D			
	E	1		

T1 = OH : Pr (500㎍ : 500㎍), T2 = OH : Pr : Ac(333㎍ : 333㎍ : 333㎍), C = Control

표 3. 페로몬 성분 별 솔나방 포획 수

성분(Mg) / 처리구	OH	OPr	OAc	포획수
T1	500	500	-	1
T2	333	333	333	-
C	-	-	-	5

대조구에서 7월 16일과 7월 19일 각각 1개체씩 포획되었고 7월 23일 3개체가 포획되었으며 T1 처리구에서 1개체가 유인 포획 되었다. 이는 Kong 등(2001)이 야외 검정 시험한 결과에서 알코올 : 아세테이트 : 프로피오네이트(1 : 1 : 1) 조합이 가장 우수하다는 결과와 다른 양상을 보였다.

이처럼 포획효과가 저조한 것은 최근 기후변화에 따른 이상기온 현상 등으로 인하여 솔나방 발생이 불규칙적으로 나타나고 있으며, 특히 대조구에서 5개체가 유인 포획 된 것은 솔나방을 유인하는 페로몬 성분 합성 조성 비율에 잘 맞지 않은 것으로 판단된다. 향후 본 방제시험을 위하여 페로몬 성분 및 합성 조성 비율 등을 다각적으로 검토하여 페로몬을 여러 가지로 합성 본 시험을 추진코자 한다. 이 방법이 효과가 입증되면 지상 및 항공방제 등이 곤란한 지역인 인가주변, 수원지 주변 지역, 목장지대 등 지역에서 본 페로몬을 이용한 방제방법을 적용하면 방제효과가 클 것으로 예상된다.

또한 작은 면적과 단순한 생태계로 구성된 농업분야에서는 페로몬을 이용한 방제가 비교적 용이하여 하나의 방제방법으로 정립되었으나, 넓은 면적과 복잡한 생태계로 이루어진 산림에서는 페로몬을 이용한 방제가 그리 쉽지 않은 게 사실이다. 그러나 페로몬을 이용한 방제는 산림해충의 종합적 방제에 있어서 산림생태계의 균형파괴를 최소화 할 수 있는 방법으로 지속가능한 산림생태계 유지에 큰 역할을 담당할 것으로 판단되며 향후 계속적인 연구 필요성이 요구된다.

참고문헌

Kong et al. 2001. Chinese Science Bulletin 46:2077-2081.

강전유외. 2008. 나무해충도감. 소담출판사.

Kokubo, A. 1965. Population fluctuation and natural mortalition of Pine moth, *Dendrolimus spectabilis*. Res. Pop. Ecol. 7:29-34.

국립산림과학원. 2003. 월간 임업정보. p.46.

국립산림과학원. 2007. 신 산림해충도감. 웃고문화사.

국립산림과학원. 2007. 2006년도 산림병해충예찰조사연보. 성문사.

권태성, 박영규, 오기석, 권영대, 신상철, 김철수, 박지두, 이해풍. 2002.

솔나방(나비목 솔나방과)의 세대수 증가. 한국임학회지. 91(2):149~155.

김창준, 김종만. 1973. 불개미를 이용한 송충의 방제에 관한 연구. 한국식물보호학회지 12(3):109~114

박기남, 현재선. 1982. 최근 솔나방발생 상황과 강우와의 관계. 한국식물보호학회지 21(4):195~199.

박용구, 김정석. 1973. 소나무류 수종 간 솔나방 유충의선호성에 관한 연구. 한국육종학회지 5(1):27-31.

유문일, 현재선, 박기남. 1976. 솔나방 월동율에 미치는 몇가지 환경요인의 영향. The Korean J. Entomology. 4(1):21-25.

이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성안당.

임업연구원. 1990. 시험연구보고서(5-Ⅳ). p.1157-1201.

임업연구원. 1991. 수목병해충도감. p.71-72.

초피나무의 증식방법 연구

김태후[1], 김현철*, 박선영[2], 양영환
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 한라산국립공원관리사무소,
[2]제주특별자치도 보건환경연구원

서 론

초피나무는 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등 동북아시아에 널리 자생하는 운향과(Rutaceae) 낙엽과목으로 수간과 가지에 가시가 대상하고 잎이 호생하고 있는 산초나무와 구별한다(문교부, 1974). 초피나무의 과피, 수피, 뿌리 및 잎 등에 독특한 신미와 정유 성분이 함유되어 동북아시아에서 가장 오래된 전통적인 향신료와 약용으로 널리 사용되어왔다(이, 1979). 우리나라의 초피 사용 역사는 17세기 말엽의 요록(要錄)이란 문헌에 고추 대신 초피가 향신료로 사용했다는 기록을 보아 고추 도입 이전부터 향신료로 사용되었던 것으로 추정된다(한, 1988). 민간에서의 초피의 사용은 종실을 이용하여 어류의 비린 냄새와 생김치의 풋냄새를 없애는 데 주로 사용하였고 한방, 서양의학 그리고 민간약 등의 분야에서 소염, 이뇨, 구충제 등으로 사용하였다(이, 1979). 이는 초피나무의 이차대사산물인 limonene, citronellal, phellandrene, sanshool 및 flavonoid계 성분이 많이 함유되어 이처럼 다양하게 활용이 된 것으로 생각된다. 최근 국내에서는 영매와 잎을 채취하여 천연향료와 식용나물로 소비가 증가하고 있으나 초피나무 종자의 강한 휴면성으로 인해 발아율이 낮아 대량증식 체계 확립이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 초피나무가 향료, 약용, 식용으로 널리 이용 할 수 있도록 대량번식 체계의 기초 자료를 제공하고자 종자 발아 및 삽목 발근 특성에 대해 진행하였다.

*교신저자; 전화 : 064-710-7482, e-mail : kch4078@korea.kr

재료 및 방법

1. 종자채집 및 처리

초피나무의 종자는 2011년 9월 서귀포시 효돈천에서 종피가 새까맣게 완전히 성숙된 종자만 채취하였고 과피를 제거 후 수선하여 충실한 종자만 이용하였다. 종자의 강한 휴면성 때문에 퐁퐁으로 세척한 후 2011년 12월 1일에 모래와 종자를 3:1비율로 섞어 망사자루에 넣어 노천매장하여 106일 후 2012년 3월 15일에 종자파종을 하였다. 종자파종은 제주시 해안동 소재 자원식물 증식포 하우스에서 각 처리구 당 30립씩 3반복으로 진행 하였으며 처리구는 무처리구(35% 차광), 70% 차광, 밀폐(35% 차광), 밀폐-차광(70% 차광)으로 구분하여 실시하였다. 데이터 수확은 종자파종 후 117일 되는 2012년 7월 19일 진행하였으며 발아율, 지상부길이, 지하부 길이, 발근수, 잎수를 측정하였다.

2. 삽수채취 및 처리

초피나무의 삽목 실험은 숙지삽과 녹지삽을 구분하여 실시하였다. 숙지삽은 2012년 3월 20일 애월읍 광령리 산림조합 양묘장에서 삽수를 채취하였고 녹지삽은 2012년 7월 4일 한경면 청수공동목장에서 삽수를 채취하였다. 삽목실험은 자원식물 증식포 하우스에서 각 처리구 당 30립씩 3반복으로 진행 하였으며 처리구는 무처리구(35% 차광), 70% 차광, 밀폐(35% 차광), 밀폐-차광(70% 차광)으로 구분하여 실시하였다. 삽목 데이터 수확은 숙지삽인 경우 123일 후인 2012년 7월 20일에 수확하였으며 녹지삽인 경우 104일 후인 2012년 10월 15일에 진행하였으며 발근율, 지상부길이, 지하부 길이, 발근수, 잎수를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 종자 발아특성

초피 종자의 종피가 아주 단단하고 종자 외피의 성분 중 지방함량이 10.32%나 함유하고

있어 종자내로 수분흡수 및 산소의 유입이 어려워 종자 발아가 어렵기 때문에 종피에 지방성분을 제거하기 위해 pon-pon과 종피 파상, 노천매장의 방법을 이용하여 74.3%의 발아율을 보인다(구 등, 1993). 따라서 본 실험에서도 초피 종자를 pon-pon 세척 후 노천매장하여 차광, 밀폐 등의 처리구상에 발아특성을 조사한 결과 전 처리구에서 5.6~7.8% 매우 낮은 발아율을 보였다(표 1, 그림 1). 또한 김 등(1996)도 초피종자를 저온저장을 60일 처리구와 저온저장 60일+GA_3 50ppm 24시간 침지 한 처리구에서 발아율이 0%로 조사되었다. 이는 본 실험에서 초피나무 종자의 지방성분은 pon-pon으로 제거되었으나 종피 파상을 진행하지 않아 종자내로 수분흡수 및 산소의 유입이 진행되지 않아 종자발아가 낮은 것으로 추정된다. 또한 구 등(1993)은 4월에 종자를 파종한 반면 본 실험에서는 3월에 종자파종이 진행이 되어 종자의 휴면, 발아온도 등의 차이로 발아율이 저조한 것으로 생각된다. 유식물 생육은 지상부 길이인 경우 밀폐+70% 차광 처리구에서 4.0㎝, 지하부인 경우 밀폐 처리구에서 13.8㎝로 가장 높게 분석되었다(표 1).

표 1. 초피나무 종자 발아특성

처리구	발아율(%)	지상부길이 (㎝)	1차뿌리수 (개)	지하부길이 (㎝)	잎 수(개)
35% 차광	6.7	3.3	7.2	6.4	4
70% 차광	7.8	3.1	12.7	9.3	5
밀폐+35% 차광	6.7	4.0	5.8	13.8	3.8
밀폐+70% 차광	5.6	4.4	9.4	10.2	3.8



35%차광　　밀폐　　70% 차광　　밀폐+70% 차광

그림 1. 초피나무의 종자발아 현황

2. 삽목 발근특성

초피나무 숙지삽을 대상으로 차광, 대기습도 등을 차이를 두어 삽목한 결과 밀폐 처리구에서 발근율 22.0%, 지상부 길이 1.1㎝ 지하부 길이 8.2㎝로 가장 높은 것으로 조사되었고 1차 뿌리수는 밀폐+70% 차광 처리구에서 5.8개로 가장 높은 것으로 조사되었다(표 2).

표 2. 초피나무 숙지삽 발근특성

	발근율(%)	지상부길이 (㎝)	1차뿌리수 (개)	지하부길이 (㎝)	잎 수(개)
35% 차광	1.1	ND	ND	2.0	ND
70% 차광	0.0	ND	ND	ND	ND
밀폐+35% 차광	22.0	1.1	5.4	8.2	2.5
밀폐+70% 차광	6.7	1.0	5.8	6.0	2.97

ND : Not detection

초피나무 녹지 삽목인 경우도 밀폐 처리구에서 발근율 66.7%, 지상부의 길이 6.4㎝, 1차뿌리수 4.7개, 지하부 길이 9.0㎝로 가장 높은 것으로 조사되었다. 밀폐 처리구와 35% 차광 처리구와 비교해 보면 발근율이 약 3.8배가 35% 차광 처리구보다 높았고 지상부와 지하부의 길이는 각각 약 1.4배, 1.7배가 높은 것으로 분석되었다(표 3, 그림 2).

표 3. 초피나무 녹지삽 발근특성

	발근율(%)	지상부길이 (㎝)	1차뿌리수 (개)	지하부길이 (㎝)	잎 수(개)
35% 차광	17.6	4.7	4.3	5.4	1.6
70% 차광	23.3	5.8	4.0	6.5	1.5
밀폐+35% 차광	66.7	6.4	4.7	9.0	1.97
밀폐+70% 차광	57.8	6.24	3.4	5.63	1.64



35%차광　　밀폐+35% 차광　　70% 차광　　밀폐+70% 차광

그림 2. 초피나무의 녹지삽 삽목 현황

초피나무의 삽목 결과를 종합하면 녹지 삽목이 숙지삽목 보다 발근율 약 3배 정도 높고 생육은 1.1~5.8배정도 생육이 높은 것으로 나왔다. 또한 각 처리구에 대한 녹지삽과 숙지삽의 발근 및 생육특성은 보면 밀폐 처리구에서 가장 높은 것으로 나와 비슷한 경향을 보였다. 이처럼 밀폐상 내에서 발근율이 높은 이유는 식물체가 상처 발생시 호흡율이 증가하여 고사가 진행이 되는데 밀폐상내에서는 대기습도가 약 90%이상 유지되어 안정적이 호흡이 진행이 되고 충분한 광량이 유입이 되어 에너지가 생성이 되어 캘러스 형성, 발근 등에 영향을 준 것으로 생각된다.

이 모든 결과를 종합하여 보면 초피나무의 열매와 잎은 천연향신료와 식용나물로 수요가 증가하고, 수피와 과실은 약제로 이용되는 등 다양한 자원수종이지만 종자의 강한 휴면성으로 낮은 발아율과 삽목의 어려움을 보이고 있다. 따라서 초피나무의 대량번식 체계 구축의 기초 자료를 제공하고자 발아촉진방법과 삽목방법에 대하여 실험한 결과를 보면 실생묘 증식은 pon-pon을 이용하여 종피내 지방성분 제거, 종피 파상 노천매장이 진행이 되어야 하고 삽목 증식은 6~7월의 녹지삽을 이용하여 밀폐상 내에서 삽목을 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

구관효, 윤기식, 최재식. 1993, 초피나무에 있어서 Pon-Pon 처리에 의한 종자 발아촉진과 삽목에 의한 무성번식 개선. 한국임학회지 82(3):227-234.

김세종, 신종희, 김기재, 박소득, 최부술, 김길웅. 1996. GA3, Kinetin 및 물리적 처리가 초피나무 종자의 발아에 미치는 영향. 약용작물학회지 5(1):43-48.

문교부. 1974. 한국 동식물도감(식물편). Vol, 15. pp.28.

이상태. 1997. 한국식물검색집. 아카데미. pp.446.

이성우. 1979. 한국 전통 식생활의 탐색. 한국식물과학지 12(4):52-57.

이창복. 1989. 대한식물도감. 향문사. pp.990.

한희자. 1988. 한국산초의 과피 및 종자의 성분에 관한 연구. 한양대학교 대학원 박사학위 논문. pp.87.

겨우살이류의 분포 및 참나무겨우살이 생리물질 탐색

김태후[1], 김현철*, 박선영[2], 양영환, 김기옥[3]
제주특별자치도 한라산연구소, [1]제주특별자치도 한라산국립공원관리사무소,
[2]제주특별자치도 보건환경연구원, [3]제주테크노파크

서 론

겨우살이과 식물은 전 세계적으로 약 40속 1,500여종이 있으나 도내의 겨우살이 분포는 상록기생관목으로 구실잣나무, 동백나무, 후박나무 및 육박나무에 기생하며 잎이 넓은 타원형인 참나무겨우살이(*Taxillus yadoriki*), 남쪽 섬에서 자라며 동백나무, 사스레피, 사철나무에 기생하며 잎은 퇴화 되어 줄기가 돌기 모양으로 부착 되어 있는 동백나무 겨우살이(*Korthalsella japonica*), 참나무, 팽나무, 물오리나무, 밤나무에 기생하는 상록관목으로 약용으로 이용되는 겨우살이(*Viscum album* var. *coloratum*)와 그 아종으로 열매가 적색인 붉은겨우살이(*Viscum album* for. *rubroauranticum*)가 분포 하고 있어 3속 4종류가 분포하고 있다. 겨우살이의 성분으로 lectin, amyrin, inositol, viscotoxin, viscine, flavonoid, polysaccharide, tyramine, histamine, choline 등이 있는 것으로 보고되어 있다. 이러한 성분들은 cholesterol 저하, 혈압 강하 작용, 이뇨, 항균 및 항바이러스 효과, 요통, 산후, 동상 등의 약리적 효능을 가지는 것으로 알려지고 있다(Park, 1994; Han 등, 1998; Vester 등, 1965). 특히, 겨우살이의 주성분인 lectin은 세포독성 효과 및 면역력 증강 효과, 항암활성 등(Gayon 등, 1986; Holtskog 등 1988)에 대한 보고가 있었고, 국내에 서도 국내산 겨우살이의 생리활성 연구(Yoon 등, 1998; Ribereau-Gayon 등, 1986)를 통해 그 효과가 보고된 바 있다. 겨우살이 활성에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있는 현재, 겨우살이에 대하여 약용식물로서의 치료 및 보조제 등과 같은 보조약재로서의 이용도가 증가되고 있으며, 특히, 국내산 겨우살이가 유럽산에 비해 암세포 성장의 억제에 대한 활성이 더 높게 보고되었을 뿐만 아니라 그 외

※교신저자 ; 전화 : 064-710-7482, e-mail : khc4078@korea.kr

다수의 성분이 비슷하거나 높은 경향을 나타낸다고 한다(Jung 등, 1986). 이 처럼 겨우살이에 대한 생리활성물질 연구는 유럽에서 오래전부터 주로 당단백질인 겨우살이 렉틴에 대해서 많이 이루어졌고 한국에서도 1990년도 초반부터 한국산 겨우살이에 연구가 시작되면서 겨우살이 당단백질인 렉틴에 대한 연구가 많이 수행되었다. 그러나 겨우살이 종류인 참나무겨우살이(*T. yadoriki*)에 대한 생리활성 연구는 미진하여 본 연구에서는 참나무겨우살이(*L. yadoriki*)의 생리활성물질을 탐색과 제주도 내 분포하는 참나무겨우살이(*L. yadoriki*), 겨우살이(*V. album* var. *coloratum*), 동백나무겨우살이(*K. japonica*) 등에 대해 분포특성을 파악하여 제주 자생식물의 산업화 기초 자료를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 자생지 조사

제주도 전 지역을 대상으로 겨우살이류가 분포하는 지역을 현지 답사하여 분포 및 기주식물의 종류, 생활사 등을 조사하였다.

2. 시료처리

생리활성물질분석의 시료 추출은 참나무겨우살이 잎을 40℃로 열풍 건조하여 분쇄 후 80% 에탄올에 침적하여 3일 동안 실온(23-25℃)에서 교반하여 침출시켰다. 침출시킨 시료를 감압하여 여과하고 잔사를 분리한 후 여액만을 동일하게 취하여 회전농축하고 동결건조 시켰다.

3. 생리활성물질 탐색

1) DPPH radical 소거활성에 의한 항산화활성 측정

항산화활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)을 이용하여 시료의 라디칼 소거효과(radical scavenging effect)를 측정하는 Blois법을 활용 하였다. 메탄올에 녹인 시료(0~1000㎎/㎖) 각각을 96 well에 분주하고 0.4mM DPPH 용액을 첨가하여 차광상태에서 10분간 방치 한 후 517㎚에서 흡광도를 측정하였다. 이때 양성 대조군으로는 Butylated Hydroxy Anisole (BHA)를 사용하였다. DPPH의 흡광도가 50% 감소할 때 나타나는 시료의

농도를 IC50으로 표시하였으며, 각 시료는 3회 반복하여 실험을 실시하여 평균값을 구하였다.

2) Xanthine oxidase 억제 및 Superoxide 소거 활성 측정

Xanthine/xanthine oxidase에 의한 uric acid 생성은 290㎚에서 증가된 흡광도에 의해 측정하였고 superoxide의 양은 nitroblue tetrazolium(NBT) 환원방법에 의해 550㎚에서 측정하였다. 반응액은 각 시료(0~1000㎎/㎖)와 0.5mM xanthine과 1mM EDTA를 200mM phosphate buffer(pH 7.5)에서 준비하였고 50mU/㎖ xanthine oxidase를 첨가하여 uric acid의 생성을 유도하였다. Superoxide 소거활성은 위 반응액에 0.5mM NBT를 첨가하여 반응시켰다. Xanthine oxidase 억제 및 superoxide 소거 활성은 각각 생성된 uric acid와 superoxide의 흡광도가 50% 감소할 때 나타나는 시료의 농도를 IC50로 표시하였으며, 각 시료는 3회 반복하여 실험을 실시하여 평균값을 구하였다.

3) α-glucosidase 억제 분석 측정

Yeast α-glucosidase(0.2U/mL, Sigma)는 sodiumphospate buffer(pH 6.8)에 준비하였다. 기질인 p-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside(PNPG, Sigma)는 효소를 녹인 같은 버퍼에 10mM 농도로 희석하였다. 시료와 α-glucosidase(0.1U/㎖)를 섞어 반응 후 405㎚ 흡광도에서 측정하였고, PNPG는 1mM의 농도로 희석하고 첨가하여 시간에 따른 증가량을 측정하였다. 기질을 넣기 전 측정한 값과 넣은 후 증가하는 값을 측정하여 그 차이를 계산하였다. 대조군은 Acarbose(100mg/mL, Glucobay)를 사용하였으며, 모든 실험은 3반복을 수행하였다.

4) 세포독성 분석(LDH 분석)

3T3-L1 전지방세포를 96well에 분주하고 24시간 배양 하였다. 그 후 각 시료를 농도별(0~500㎍/㎖) 처리하고 48시간 배양하여 세포막이 손상되어 분비되는 Lactate dehydrogenase(LDH)를 측정하였다. LDH 측정은 Cytotoxcity Detection kit(Roche, Swiss)을 사용하여 490-690㎚에서 흡광도를 측정하였다.

5) 지방세포 분화 유도

3T3-L1 전지방세포를 12 well에 분주하여 2일 동안 배양하였다. 2일후 post-confluence 상태에서 분화유도물질인(IDX, 10㎍/㎖ Insulin(Sigma, USA), 1㎛M Dexamethasone(Sigma, USA), 0.5mM 3-Isobutyl-1-methylxanthine(Sigma, USA)이 함유된 DMEM/10% fetal bovine serum(FBS) 배양액으로 교환하여 2일 동안 분화유도를 촉진시켰다. 2일후 기존 배지를 제거하여 10㎍/㎖ insulin을 포함한 DMEM/10% FBS배양액으로 교환하여 2일간 배양하였으며, 그 후 DMEM/10% FBS 배양액으로 배양하였다. 총 분화유도는 8일 동안 실시하였으며, 시료는 분화유도물질(IDX)과 함께 처리하였다.

6) Oil Red O 염색법

지방 세포로 분화가 유도되면 중성 지방의 축적된 정도를 Oil Red O 염색법으로 관찰할 수 있다. 분화된 3T3-L1 세포를 PBS로 세척하여 10% formalin/PBS로 1시간 동안 고정시켰다. 그 후 증류수로 2회 세척하고 isopropanol에 녹인 0.6% Oil Red O(Sigma, USA) 염색약으로 1시간 동안 염색시킨 후 증류수로 세척하였고 분화된 양상을 사진으로 제시하였다. 염색된 lipid droplet은 4% Nonidet P-40 (Amresco, USA)이 포함된 isopropanol에 녹여 520㎚에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 겨우살이류(Loranthaceae)의 분포 및 생육특성

참나무겨우살이(*L. yadoriki*)은 제주도에 분포하는 상록 기생 관목으로 해발 50~200m 이하의 효돈천, 신례천, 수악교 주변 및 효돈 마을주변에 동백나무, 팽나무, 구실잣밤나무, 벚나무, 삼나무, 감귤 등에 착생하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 참나무겨우살이의 개화는 9월에 시작되어 10월경에는 열매가 결실이 되었으며 꽃의 색은 적갈색의 꽃을 피고 열매는 갈색 털이 많은 녹색 열매가 결실되는 것으로 조사되었다. 한편 제주지역에서 겨우살이(*V. album* var. *coloratum*), 붉은겨우살이(*V. album* for. *rubroaurantiacum*) 분포는 해발 1400m이하의 관음사, 성판악, 어리목, 영실 등 한라산국립공원 주변에 서어나무, 개서나무 등에 착생하고 있는 것으로 조사되었고 동백나무겨우살이속(*Korthalsella*)인 동백나무겨우살이(*K. japonica*)는 해발 600m 이하의 한라산 남쪽지역 돈내코, 효돈천과 섭섬, 범섬 등에 동백나

무, 사스레피나무, 우묵사스레피나무, 쥐똥나무, 감탕나무 등에 착생하여 분포하는 것으로 조사되었다.



그림 1. 겨우살이류(Loranthaceae)의 분포 및 생육특성

2. 참나무겨우살이의 생리활성물질 탐색

1) 참나무겨우살이의 조추출물 및 분획물의 항산화 및 a-glucosidase 활성억제효과

인간을 포함한 모든 호기성 생물들은 산소를 이용하여 대사과정을 하며 그 부산물로 활성산소가 발생하게 된다. 이 활성산소를 방어하는 기작이 호기성 생물에 존재하고 있지만, 활성산소의 농도가 증가하여 방어기작이 제대로 이루어지지 않으면 유전정보를 갖고 있는 DNA를 파괴하고 세포의 노화를 촉진시켜 관절염, 면역장애, 암과 같은 각종 질환이 원인이 된다. 이런 활성산소 발생이 여러 질환과 연관이 있다고 밝혀짐에 따라 많은 연구에 의하여 이 활성산소를 억제하는 물질을 찾고 있다. 표 1 결과에서 보듯이 DPPH 억제효능은 대조군(BHA; (IC_{50}: 13.14㎍/㎖) 보다는 비교적 낮지만 참나무겨우살이 줄기 조추출물 (IC_{50}: 17.41±0.21㎍/㎖)과 잎 추출물(IC_{50}: 20.61±0.61㎍/㎖)에서 좋은 효능을 보였다. superoxide 소거 활성은 줄기(IC_{50}:34.17±2.57㎍/㎖)와 잎 (IC_{50}: 55.87±0.65㎍/㎖)에서 비교적 높게 나타

내었으며, xanthine oxidase 억제효과 역시 줄기 (IC_{50}: 64.19±1.38㎍/㎖)와 잎 (IC_{50}: 64.19±1.38㎍/㎖)에서 높은 효과를 보였다.

α-glucosidase는 소장 점막에 존재하는 효소로 다당류에서 단당류로 분해하여 혈액내로 흡수를 용이하게 하는 역할을 한다. 이에 참나무겨우살이 추출물이 α-glucosidase 억제 활성에 효과가 있는지 조사하였다. 조추출물 잎(IC50: 0.65㎍/㎖)과 줄기 (IC50: 0.62㎍/㎖) 모두 대조군인 acarbose (IC50: 127.7㎍/㎖)보다 월등한 효소 억제 활성을 보였다.

표 1. 참나무겨우살이 추출물의 항산화 및 α-glucosidase 활성 억제 효과

	DPPH radical scavenging activity IC50(㎍/㎖)	Superoxide radical scavenging activity IC50(㎍/㎖)	Xanthin inhibitory activity IC50(㎍/㎖)	a-glucosidase inhibition activity IC50(㎍/㎖l)
잎	20.61 ± 0.61	55.87 ± 0.65	64.19 ± 1.38	0.65 ± 0.01
줄기	17.41 ± 0.21	34.17 ± 2.57	87.59 ± 0.69	0.62 ± 0.01

2) 참나무겨우살이 조추출물 및 분획물이 LPS로 유도된 RAW 264.7세포에 미치는 영향

RAW 264.7 세포는 대식세포로써 LPS(lipopolysaccharide)와 같은 그람 음성 항원이 주어지면 세포가 분화하여 식균작용을 일으켜 nitrite(NO)를 생성해낸다. NO를 형성하는 과정은 LPS에 의해 RAW 264.7세포가 자극이 되면 iNOS라는 NO 형성을 촉진시키는 유전자가 발현이 되어 NO를 형성하게 되고, 또한 COX-2라는 유전자가 발현되어 염증반응이 시작되게 된다. 이런 반응이 참나무겨우살이 조추출물 과 분획물에서 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 결과에서 보듯이 조추출에는 NO 생성이 농도로 의존적으로 억제되었으며, 세포 생장률 또한 저해하지 않아 조추출물이 항염 효과에 탁월하다는 것을 알 수 있었다. 분획물 결과에서도 보듯이 물(H_2O) 분획물을 제외한 모든 분획물 층에서 NO 형성을 억제시켰으며 부탄올 분획물 100㎍/㎖ 이상에서 세포 생장의 저해가 일어났고 나머지 분획물은 세포 생장을 저해하지 않았다. NO 형성이 iNOS의 발현과 COX-2의 발현과의 영향을 조추출물 및 부탄올 분획물에서 westernblotting으로 관찰한 결과 두 개의 단백질 모두 농도가 높아질수록 억제되고 있었다. 따라서 물 층을 제외한 참나무겨우살이 조추출물 및 분획

물은 항염 효과에 효능이 있다고 판단된다.

3) 참나무겨우살이의 조 추출물 및 분획물이 지방세포 분화에 미치는 영향

비만이란 체내에 섭취하는 칼로리가 소비되는 칼로리보다 많아서 남은 잉여 칼로리가 중성지방 형태로 체내로 저장되어 영양 불균형인 상태를 말한다. 비만인 상태가 지속되면 제 2형 당뇨병, 심근경색, 동맥경화 등과 같은 심각한 성인병이 발생하게 된다. 따라서 비만을 치료하기 목적으로 시판되고 있는 약물이 제니칼, 리덕틸이며 이는 심각한 부작용으로 미국 FDA에서 2010년 판매가 중지되어 있다. 따라서 부작용이 없는 비만 치료제 또는 보조 식품들이 개발되고 있다. 비만 연구에서 사용되고 있는 지방세포는 3T3-L1 전 지방세포이며 이 세포를 이용하여 비만 과 당뇨 예방 또는 치료 목적의 연구가 많이 이루어지고 있다. 이 세포는 분화하면 중성지방을 만들어내는 세포이며 분화유도물질로 insulin 과 dexamethasone, isobuthylmethylxanthin 이라는 호르몬이 필요하다. 전 지방 세포가 지방세포화가 되는 과정에 가장 중요한 인자는 PPAR-γ와 C/EBP-α라는 인자이다. 이 인자들은 지방세포가 형성될 때 가장 중요하게 작용하며 이 두 인자의 억제는 지방세포를 만들어내지 못하게 한다. 따라서 참나무겨우살이 조추출물과 분획물에서 지방세포 억제 효능을 Oil Red O 결과로 비교하였고 각 유전자의 발현양상을 분석하여 보았다. 그 결과 참나무겨우살이 조추출물 및 분획물은 세포 생존율에 미치는 영향은 125㎍/㎖ 처리 까지는 영향을 미치지 않았다(그림 2). 또한 참나무겨우살이의 조 추출물 및 분획물의 지방세포 분화에 미치는 영향을 알아보기 위해 3T3-L1 전 지방세포에 참나무겨우살이 조추출물과 분획물을 분화유도물질과 함께 처리한 결과 8일 이후 Oil Red O 염색한 결과 조추출물에서 50㎍/㎖, 100㎍/㎖, 처리에서는 중성지방 합성은 억제하는 경향을 보이나, 200㎍/㎖, 처리에서는 세포독성으로 인한 중성지방 억제 효과로 보였다(그림 3).

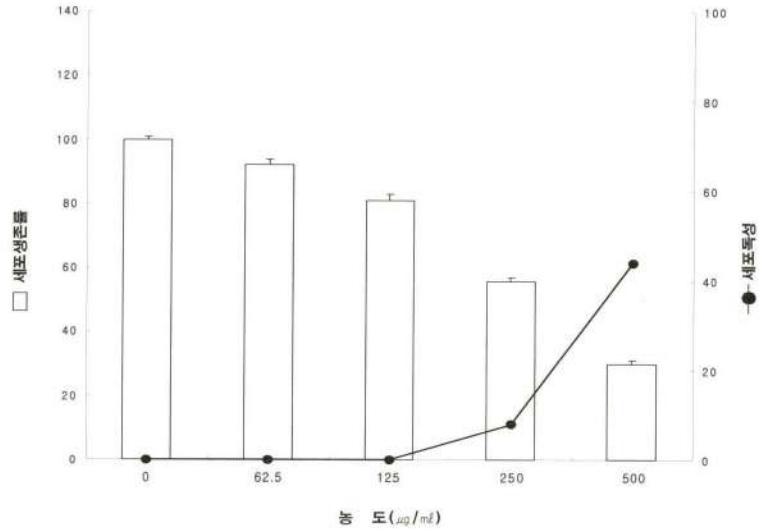


그림 2. 조 추출물 및 분획물의 지방세포 분화에 미치는 영향

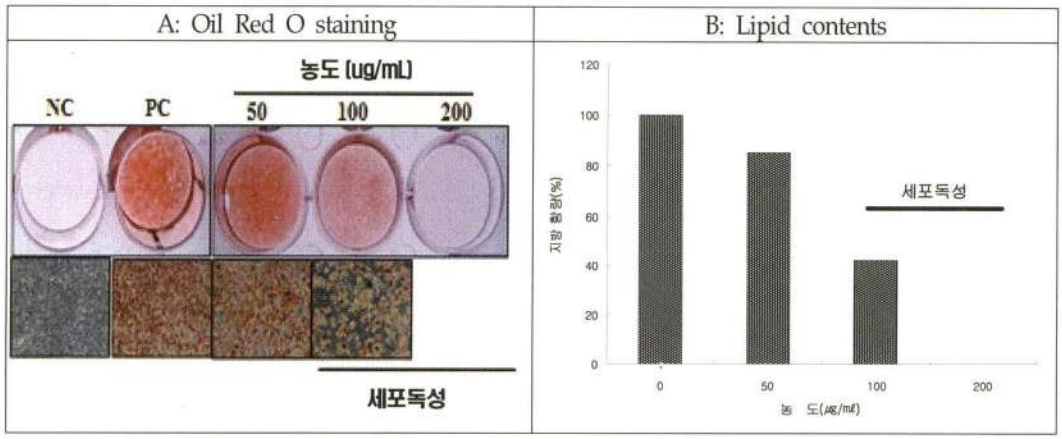


그림 3. 참나무겨우살이의 조 추출물 및 분획물의 지방세포 분화

사 사

본 참나무겨우살이의 생리활성물질분석은 제주테크노파크 바이오융합센터와 공동연구사업으로 이루어졌습니다.

참고문헌

강병수. 2002. 전통한의학의 뿌리를 찾아서. 동국대학교출판부. pp.376.

이상태. 1997. 한국식물검색집. 아카데미. pp.446.

이창복. 1989. 대한식물도감. 향문사. pp.990.

Gayon GR, Jung ML, Scala DD, Beck JP. 1986. Comparison of the effects of fermented and unfermented mistletoe preparations on cultured tumor cells. Oncology 43(suppl. 1:35-46.

Han SS, Kang ST, Choi KP, Park WB, Lee DS. 1998. Antimutagenic effect of Korean mistletoe extracts. J. Korean Soc Food Sci Nutr. 27:359-365.

Holtskog R, Sandvig K, Olsnes S. 1988. Characterization of a toxic lectin in isocador, a mislletoe preparation with alleged cancerostatic properties. Oncology 45:172-179.

Jung BY. 1999. Study of biological activity components of korean and european mistletoe. MS Thesis. Seoul Women's University, Seoul, Korea. p.42-50.

Park JS. 1994. The effect of Korean mistletoe extracts on tumor growth in vivo. MS Thesis. Konkuk University, Seoul, Korea. p.22-24.

Ribereau-Gayon G, Jung ML, Baudino S, Salle G, Beck JP. 1986. Effect of mistletoe (Viscum album L.) extracts on cultured tumor cells. Experientia 42:594-599.

Verster F, Steel A, Stoll M, Mulle M. 1968. Zur Kenntnis der inhaltsstoffe von Viscum album III, isolierung und veinigungcancerostatischer protein fraktionen. Physiol Chem. Hoppe-Seyler 349:125-126.

Vester F. 1965. Amino acid pattern and malignant growth. Biochem Biophys Acta 104:98-99.

Yoon TJ, Yoo YC, Kang TB, Baeck YJ, Huh CS, Song SK, Lee KH, Azuma I, Kim JB. 1998. Prophylactic effect of korean mistletoe(*Viscum album coloratum*) extract on tumor metastasis is mediated by enhancement of NK cell activity. Int J Immunopharmacol 20:163-172.

여 백

애기더덕(*Codonopsis minima* Nakai)의 발아특성 연구

김현철*, 김대신, 송순영, [1)]김태근, [1)]송창길, 양영환
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주대학교 농학과

서 론

한국산 더덕속 식물은 방향성식물이며, 식용, 관상용, 약용으로 쓰이고, 뿌리를 식용하며, 한방과 민간에서 뿌리를 약재로 쓰인다. 특산식물인 애기더덕(*Codonopsis minima* Nkai)은 초롱꽃과(Campanulaceae) 더덕속(*Codonopsis*) 식물로써 더덕속 식물과 유사하지만 줄기가 보다 가늘며 꽃과 잎이 2~3배 작고, 잎의 양면에 털이 있는 점에서 구별되며, 한라산 해발 1,100~1,400m 지역에 구성된 관목림 지역에 산발적으로 분포하며, 그늘지면서 습한 토양조건에서 잘 자란다(고, 2010).

자생지 대부분이 한라산국립공원 내에 위치하고 있을 뿐만 아니라 접근이 어려운 위치에 대부분 분포하고 있어 인위적 훼손가능성은 낮은 편에 속하지만 장기적으로 식생천이에 따른 개체수 감소가 우려되고 있으며(이, 1996; 고, 2010; 김 등, 2008), 고(2010)는 가까운 장래에 절멸할 위험성이 높은 멸종위기종(Endangered species, EN)으로 분류하였으며, 세계자연보존연맹(IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resource)의 적색목록(Red List) 평가기준을 적용한 결과 애기더덕은 절멸할 위기에 처해있는 극심멸종위기종(Critically species, CR)으로 분류되었다고 보고하고 있어 적극적인 보존대책이 요구되고 있다. 또한 애기더덕에 관한 연구는 미비한 실정이며, 연구는 더덕속의 종 분류에 관한 연구만 수행되고 있어 증식에 관한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 애기더덕의 종자발아생리를 밝히기 위해서는 종자발아에 필요한 광요구성의 유무와 발아 적정온도를 파악하여야 하며 그 이후 발아율이 낮은 것은 휴면의 원인과 타파를 고려해야 한다. 따라서 본 연

※교신저자 ; 전화 : 064-710-7482, e-mail : khc4078@korea.kr

구는 멸종위기종인 애기더덕의 증식을 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시 종자

실험에 사용한 애기더덕의 종자는 2012년도 9월에 한라산국립공원일대에서 채종하였고 풍건 후 정선하여 종이봉지에 넣어 실내암소에서 보관하여 사용하였으며, 희귀· 특산식물로써 채종한 종자의 수가 적어 각 실험당 일정한 간격으로 1반복, 20립씩 파종하였다.

2. 저온처리 및 광조건 발아 실험

애기더덕의 적정한 저온 습윤저장 기간을 알아보기 위해 petri dish(∅110㎜)에 탈지면을 깔고 증류수를 충분히 공급한 발아상을 만들어 petri dish에 20립씩 파종하였으며, 저온처리는 3~5℃에서 무처리, 5일, 30일, 80일 저장하여 실험에 사용하였으며, 광에 따른 발아율을 확인하기 위해 광조건 15℃, 암조건 15℃ 생장상에서 실험하여 발아율(Percent Germination, PG), 평균발아일수(Mean Germination Time, MGT), 발아지수(Germination Index, GI), 발아속도계수(Coefficient of Velocity of Germination, CVG)를 산출하였으며(농촌진흥청, 1997), 유식물의 자상부와 지하부를 측정하였다.

$$\text{발 아 율(PG)} = \frac{\text{N(총발아수)}}{\text{S(공시종자수)}} \times 100$$

$$\text{평균발아일수(MGT)} = \frac{\sum(\text{Ti치상후 조사일수} \times \text{Ni조사당일 발아수})}{\text{N(총 발아수)}}$$

$$\text{발 아 지 수(GI)} = \frac{\sum(\text{Ti치상 후 조사일수} \times \text{Ni조사당일 발아수})}{\text{S(공시종자수)}}$$

$$\text{발아속도계수(CVG)} = \frac{\text{N(총 발아수)}}{\sum(\text{Ti치상후 조사일수} \times \text{Ni조사당일 발아수})} \times 100$$

3. gibberellin(GA_3) 처리 및 광조건 발아 실험

종자는 3~5℃에서 30일 습윤저장하여 무처리, GA_3 500ppm에서 5분, 60분, 10시간, 24시간 침지하여 petri dish에 탈지면을 깔고 증류수를 충분히 공급한 발아상에 20립씩 파종하였고, 광에 따른 발아율을 확인하기 위해 광조건 15℃, 암조건 15℃ 생장상에서 실험하여 발아율(PG), 평균발아일수(MGT), 발아지수(GI), 발아속도계수(CVG)를 산출하였으며(농촌진흥청, 1997), 유식물의 지상부와 지하부를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 저온처리 및 광조건에 따른 발아특성

저온처리에 의한 휴면종자의 발아촉진 효과는 오래전부터 잘 알려진 사실(Hartmann 등, 1990)로 그 효과는 처리온도와 처리 기간 및 식물의 종류에 따라 다르게 나타난다. 애기더덕의 저온 습윤저장 기간 및 광조건에 따른 발아 실험 결과, 암조건보다 광조건에서 발아를 많이 하였으며, 저온처리를 하지 않은 처리구보다 저온처리를 한 처리구에서 발아율이 높게 나타났다(표 1). 광조건의 습윤저장 5일 처리구에서 발아율은 75%로 가장 높게 나타났으며, 30일 처리구는 70%, 80일 처리구는 65% 순으로 발아율이 낮아졌으며, 습윤저장을 하지 않은 무처리구에서는 10%로 가장 낮게 나타났다. 암조건에서는 30일, 80일 처리구에서 발아율 10%, 무처리구는 전혀 발아를 하지 않았고, 전체적으로 암조건 보다 광조건에서 발아율이 높게 나타났다(표 1).

표 1. 애기더덕의 습윤저장 기간 및 광조건에 따른 발아 특성

광처리	습윤처리	발아율 (PG, %)	평균발아일수 (MGT, 일)	발아지수 (GI)	발아속도계수 (CVG)
광	0일	10.0	2.0	0.2	15.0
	5일	75.0	7.1	5.4	4.2
	30일	70.0	10.5	7.4	2.9
	80일	65.0	10.8	7.1	2.8
암	0일	0.0	-	-	-
	5일	5.0	5.0	0.3	6.0
	30일	10.0	11.0	1.1	2.7
	80일	10.0	5.5	0.6	5.5

발아된 유식물의 길이 또한 광조건에 습윤저장 5일이 지상부와 지하부가 가장 많이 생장하였다(그림 1). 이는 발아율 65%이상인 실험구들을 비교하면 광조건에 습윤저장 5일의 평균발아일수(MGT) 기간이 7.1일로 가장 빠르기 때문에 유식물이 생장을 빠른 것으로 판단된다. 따라서 애기더덕의 종자는 성숙 후 일정기간 휴면에 들어가는 휴면종자에 속하며, 이때 수분과 저온처리가 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있다. 일반적으로 종자의 휴면은 휴면양식에 따라 배 휴면(embryo dormancy)과 종피 휴면(seed dormancy) 그리고 이 두 가지의 복합적인 영향에 의한 휴면으로 구분 할 수 있는데, 애기더덕의 경우 배 휴면 종자라고 생각되며, 저온에서 습윤저장 5일 정도 경과하면 휴면타파 되는 것으로 생각된다. 최 등(2001)은 배 휴면의 경우 저온습윤 처리나 예냉 등의 방법으로 종자 내 효소활력을 증가시키고, 새로운 조직형성에 쓰이는 유기물질을 생성하며, 삼투압 증가로 인하여 배의 물질 이동을 용이하게 함으로서 휴면을 타파한다고 하였으며, 피나 올챙이고랭이가 건조저장보다 습윤저장에서 휴면타파가 빠르다는 결과(片岡孝義와 金昭年, 1977; 宮原益次, 1965)와 일치하였다.

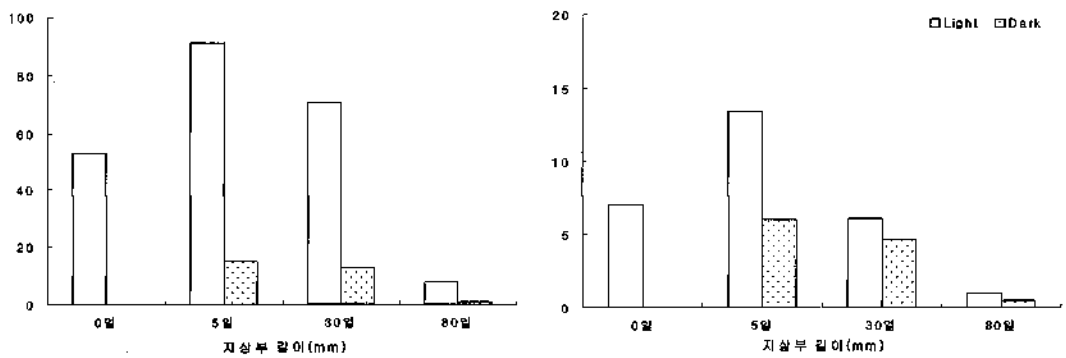


그림 1. 애기더덕의 습윤저장 기간 및 광조건에 따른 유식물 생장

2. 저온처리 및 GA_3 처리에 따른 발아특성 비교

애기더덕 종자를 습윤 30일 처리한 결과 광상태에서 70%, 암처리 10%의 발아율을 보였다(표 2). 따라서 애기더덕의 발아율을 높이기 하기 위해 습윤 30일 처리한 종자에 발아촉진물질 GA_3 처리하였다. 광상태에서 GA_3 10시간 침지시 75%, 1시간, 24 시간 침지시 60%, 5분 침지시 45% 순으로 조사되었는데 이는 무처리구인 습윤 30일 처리구와는 발아율이 낮

아지는 것으로 나타났다. 한편 암상태에서는 GA_3 10시간 침지시 65%, 24 시간 침지시 60%, 1시간과 5분 침지시 45% 순으로 조사되었고 무처리구인 습윤 30일 처리구보다 발아율이 35%~55%이상 증가 된 것으로 분석되었다. 따라서 애기더덕의 발아는 종자 습윤저장 기간이 길어질수록 종피 내로 수분이 흡수가 많아져 발아할 수 있는 여건이 향상된 결과로 추측이 되고 GA_3 처리 보다는 저온처리가 더 높은 상관을 보이는 것으로 판단된다. 하지만 습윤저장 기간이 5일, 30일, 80일로 길어 질수록 발아율이 감소하는 경향을 나타났는데(표 1) 이는 애기더덕의 종자에 과침수(過浸水)로 인한여 수용성 영양소를 손실시킴으로서 발아를 저해하는 현상이 나타난 것으로 보여진다(최 등, 2001).

표 2. 애기더덕의 GA_3처리 시간에 따른 발아 특성

광처리	GA_3처리 (침지)	발아율 (PG, %)	평균발아일수 (MGT, 일)	발아지수 (GI)	발아속도계수 (CVG)
광	무처리	70.0	10.5	7.4	2.9
	5분	45.0	8.9	4.0	3.4
	1시간	60.0	8.5	5.1	3.5
	10시간	75.0	9.2	6.9	3.3
	24시간	60.0	9.5	5.7	3.2
암	무처리	10.0	11.0	1.1	2.7
	5분	45.0	7.8	3.5	3.8
	1시간	45.0	7.3	3.3	4.1
	10시간	65.0	6.5	4.3	4.6
	24시간	60.0	7.6	4.6	3.9

평균발아일수(MGT)의 경우 광조건 보다 암조건이 빠르게 나타났는데, 이는 발아율이 낮기 때문에 나타난 현상이며 유식물의 지하부의 생장은 GA_3를 처리한 실험구가 평균발아일수가 무처리구에 비해 낮아 유식물 생육기간이 길었기 때문에 생육이 높은 것으로 나타났다. 본 실험은 애기더덕 종자의 휴소성으로 인해 습윤처리 및 GA_3 처리 시간에 대해서만 연구가 진행되었다. 따라서 애기더덕의 발아특성을 규명하기 위해서는 차후 애기더덕의 저온 습윤저장 및 GA_3 농도, priming 등 다양한 증식법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

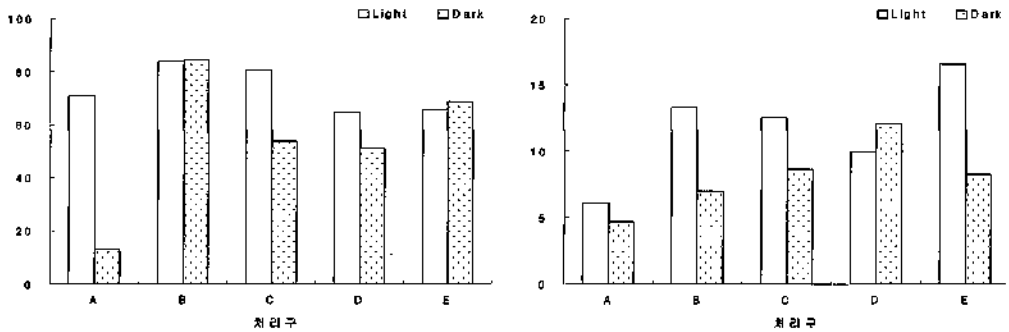


그림 2. 애기더덕의 GA_3처리 시간에 따른 유식물 생장 특성

A : GA_3 무처리, B : GA_3 5분, C : GA_3 1시간, D : GA_3 10시간, E : GA_3 24시간

참고문헌

고정군. 2010. 제주지역의 특산식물. 제주특별자치도 환경자원연구원. pp.229.

김세종, 신종희, 김기재, 박소득, 최부술, 김길운. 1997. GA_3 Kinetin 및 물리적 처리가 초피나무 종자의 발아에 미치는 영향, 한국약용작물학회지 5(1):43-48.

김수영, 김찬수. 2010. 5S와 45S rDNA 유전자를 이용한 제주도산 애기더덕과 더덕의 FISH 패턴 분석, 한국약용작물학회지 18(3):186-190.

김찬수, 고정군, 문명옥, 송관필, 김수영, 김진, 김대신, 도재화, 송국만. 2008. 제주지역의 희귀식물. 국립산림과학원 연구보고. pp.

나영진, 정정학. 2007. 광조건, GA_3 및 발아상의 온도가 동의나물의 종자발아에 미치는 영향, 화훼연구. 15(2):78-81.

농촌진흥청. 1997. 작물재배생리의 이론과 실험. p.53-55.

류승열, 이호선, 조광수, 유동림, 강상헌, 김종화. 2002. 금강초롱꽃의 종자발아 및 줄기삽에 미치는 몇 가지 요인의 영향. 한국원예학회지 43(3):369-372.

이우철. 1996. 원색 한국기준식물도감. pp.341.

조광수, 장정은, 유동림, 류승렬, 용영록. 2001. 저온 및 GA_3 처리가 금강초롱꽃의 생육과 개화에 미치는 영향. 한국원예학회지 42(1):116-120.

최봉호, 홍병희, 강광희, 김진기, 김석현, 민태기. 2001. 신고 종자학. 향문사. p.97-228.

최충호, 서병수. 2009. 침수 및 예냉처리가 황벽나무의 종자 발아에 미치는 영향, 한국자원식물학회지 22(2):111-115.

George, D.W. 1967. High temperature seed dormancy in wheat(*Triticum aestivum* L.). Crop sci. 7:249-253.

Hartmann H.T., D.E. Kester, F.T. Davis. 1990. Plant propagation Principles and practices. 5th ed. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

片岡孝義와 金昭年. 1977. 數種雜草種子の休眠覺醒の貯藏繁件による差異, 雜草研究 22:32-34.

宮原益次. 1965. ノビエの個生態, 雜草研究 4:11-19.

여 백



◇보 고 서◇

• 산림병해충 발생 예찰조사 연구

신창훈, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보

여 백

산림병해충 발생 예찰조사 연구

신창훈※, 김경범, 김영탁, 강희석, 강인보[1)]
제주특별자치도 한라산연구소, [1)]제주특별자치도 녹지환경과

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. 수행방침

○ 소나무재선충병 등 주요 산림병해충 정밀 예찰로 적기 방제 체제 구축

○ 주요산림병해충의 발생량, 발생시기 모니터링

○ 돌발적으로 대발생하는 병해충 피해실태 모니터링

○ 국립공원 등 주요 관광지 주변 산림병해충 피해의 모니터링

○ 침입우려 병해충 감시기능 강화로 피해 조기 차단 및 자연경관 보존

3. 수행방법

가. 소나무재선충병

1) 발생상황 조사

(1) 조사장소 : 전년도 피해발생지 및 도일원 소나무임지 전체를 대상으로 조사하

※교신저자 ; 전화 : 064-710-7480, e-mail : sch7129089@korea.kr

되 특히, 선단지 및 주요 도로변, 항·포구주변, 제재소, 증·개축 사찰주변 등 집중 예찰

(2) 조사시기 : 연 중

(3) 조사방법 : 원인 모르게 고사한 소나무류의 목편을 채취 후 자체검경을 실시하여 소나무재선충 발생유무 확인

2) 매개충 우화조사

(1) 조사장소 : 제주시 오라동에 설치한 우화상

(2) 조사시기 : 2012년 4~8월

(3) 조사방법 : 매개충이 침입한 고사목을 우화상에 집재한 후 우화하는 솔수염하늘소의 개체수를 조사

나. 솔잎혹파리 충영형성율(피해율) 조사

(1) 조사시기 : 2012년 10월

(2) 조사장소 : 도 일원(조사구 16개소)

(3) 조사방법

○ 조사대상지내에서 피해정도가 평균이 되는 조사목 5본을 전 구역에서 고루선정

○ 조사목 1본당 충영형성상태가 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(관광사적지 및 주요도로변) 수목병해충 발생조사

(1) 조사시기 : 2012년 5~9월

(2) 조사장소 : 도 일원(조사구 10개소 및 주요 도로변)

(3) 조사방법 : 조사구에 월 1회 이상 현지 답사하여 병해충 종류와 가해 수종, 발생상황을 조사

라. 솔나방 발생상황 조사

(1) 조사시기 : 2012년 5월(춘기), 9월(추기)

(2) 조사장소 : 도 일원(고정조사구 17개소 외)

(3) 조사방법 : 조사구에서 임의로 20본을 선정한 후 수관 상부와 하부에서 1가지씩을 선택하여 가지위에 서식하는 유충수를 조사함

4. 조사결과

가. 소나무재선충병

1) 발생상황 조사

○ 2004년 이후 2012년 말까지 67ha · 261본 발생

○ 발생추세 : 기존 발생지역을 중심으로 제주시 동지역 및 조천 · 구좌 · 애월, 서귀포시 대정 · 안덕일원 해발 200m이하의 17개 읍 · 면 · 동, 30개리에 발생

※ 오라, 아라, 연동, 노형, 이호, 외도, 이도 2, 일도 2, 봉개, 용담, 도두, 화북, 애월읍 고성, 광령, 유수암, 장전, 상가, 수산, 신엄, 상귀, 곽지, 봉성, 하귀, 조천읍 조천, 신촌, 대흘, 와흘, 선흘, 와산, 북촌, 신흥, 함덕, 구좌읍 김녕, 덕천, 월정, 동복, 대정읍 상모, 하모, 동일, 무릉리, 신평, 안덕면 사계 등

표 1. 연도별 발생현황

연 도	계	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
발생본수	261본	19본	44본	52본	28본	16본	15본	15본	13본	59본

2) 매개충 우화조사 결과

○ 소나무재선충병의 매개충인 솔수염하늘소의 최초 우화일은 2012년 6월 2일로 전년도 6월 9일에 비해 일주일 빨라졌는데, 이것은 곤충의 발육에 따른 유효적산 온도에 따른 것으로 판단되며 우화 최성기는 6월 하순~7월 초순, 우화 종료일은 7월 26일로 총 175마리가 우화한 것으로 조사되었다(그림 1).

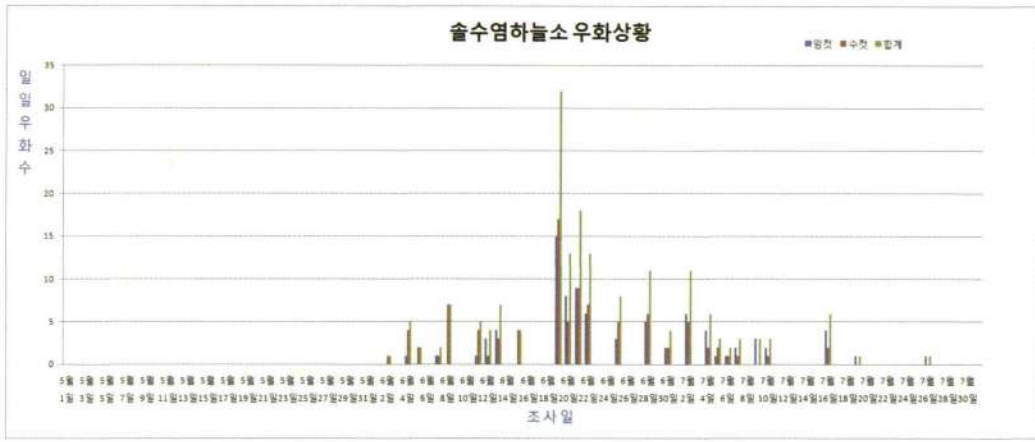


그림 1. 재선충병 매개충인 솔수염하늘소 우화상황 조사 결과



솔수염하늘소 유충



솔수염하늘소 번데기



매개충인 솔수염하늘소 후식광경



매개충 조사용 우화상

나. 솔잎혹파리 충영형성율(피해율)조사 결과

○ 2012년 솔잎혹파리 충영형성율 조사결과 전년도에 비해 전체 평균 0.4% 증가한 8.9%로 조사되었으며 아라동 관음사 주변 작은 나무에서 솔잎혹파리 밀도가 24.2%로 다소 높게 나타났으나, 전년도 33.7%에 비해 9.5% 낮아졌으며 애월읍 항몽유적지, 해안동 해안목장, 조천읍 산굼부리 지역을 제외한 지역에서는 피해밀도 10%대 이하로서 전년도와 비슷하게 나타나 생태계 균형유지로 피해 발생에 문제가 없는 것으로 조사되었다(표 2).

표 2. 2012년 솔잎혹파리 충영형성율(피해율) 조사결과

조 사 지		충 영 형 성 율(%)		
		2011	2012	증 감
도 평 균		**8.5**	**8.9**	**0.4**
제주시	아라동(들위오름)	16.3	16.1	▽0.2
	아라동(관음사)	33.7	24.2	▽9.5
	영평동(삼미목장)	0.8	2.9	2.1
	해안동(해안목장)	13.8	14.2	0.4
	오등동(죽성)	3.5	2.7	▽0.8
	오등동(오등목장)	6.2	8.1	1.9
	조천읍(알밤악)	9.8	9.9	0.1
	조천읍(산굼부리)	8.9	10.2	1.3
	조천읍(조천목장)	4.2	3.9	▽0.3
	애월읍(항몽유적지)	15.1	19.4	4.3
	구좌읍(덕천경계)	2.3	2.5	0.2
	평 균	10.4	10.4	0
서귀포시	예래동(군산)	3.9	3.5	▽0.4
	안덕면(창천북쪽)	6.5	8.3	1.8
	표선면(태흥목장)	3.7	3.4	▽0.3
	안덕면(거린오름)	4.6	4.8	0.2
	남원읍(민악)	13.7	7.6	▽6.1
	평 균	6.5	5.5	▽1

※ 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

○ 도일원내 주요지역(관광사적지 및 주요도로변 등) 수목병해충 발생상황 조사결과 전년도와 비슷한 양상을 보였으나, 팽나무에 벼룩바구미 피해와 왕벚나무에 갈색무늬구멍병 피해가 특히 많은 것으로 조사되었다. 태풍의 영향으로 도 일부 지역의 수목이 고사되거나 수세가 쇠약해 추후 관리 필요성이 요구되며, 금번 조사결과 향후 이상기온 등 기후변화로 인해 수목병해충 발생조사 시기가 예측 불가 할 것으로 판단되며 앞으로는 병해충 발생이 시기에 관계없이 지속적인 정밀조사가 필요할 것으로 생각된다(표 3).

표 3. 주요지역(관광사적지 및 주요도로변) 수목병해충 발생상황 조사 결과

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
제주시 이도1동 삼성혈	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		조록나무	조록나무혹진딧물	
			줄솜깍지벌레	
		사철나무		흰가루병
		사스레피나무		그을음병
	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		조록나무	줄솜깍지벌레	
			조록나무혹진딧물	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		사철나무		흰가루병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		조록나무	줄솜깍지벌레	
			조록나무혹진딧물	
		사철나무	선녀벌레	흰가루병
	8월	조록나무	조록나무혹진딧물	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	9월	사스레피나무		그을음병
		왕벚나무		갈색무늬구멍병
제주시 연삼로-서사라 주변가로수	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		느티나무	느티나무외줄진딧물	
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병

표 2. ⇒ 계속

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
제주시 사라봉주변 가로수	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방 복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
제주시 아라동 산업정보대 맞은편 임지	5월	상수리나무	갈무늬재주나방	
제주시 신촌입구 ~ 조천 가로수	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방 복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
비자림로 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
제주시 구좌읍 만장굴주변	5월	철쭉		떡병
		조록나무	줄솜깍지벌레 조록나무혹진딧물	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	
		사철나무		흰가루병
	6월	돈나무	돈나무이	그을음병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		후박나무	뾰족후박나무이(가칭)	
		조록나무	줄솜깍지벌레	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병 벚나무빗자루병
	7월	돈나무	돈나무이	그을음병
		조록나무	줄솜깍지벌레	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병 갈색무늬구멍병
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
			먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
		돈나무	돈나무이	그을음병
	9월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병 벚나무빗자루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
제주시 구좌읍 비자림주변	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		철쭉, 진달래		떡병
		사철나무		흰가루병

표 2. ⇒ 계속

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
제주시 구좌읍 비자림주변	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		사철나무	선녀벌레약충	흰가루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		철쭉,진달래	선녀벌레약충	떡병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		사철나무	선녀벌레 약충, 성충	흰가루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		철쭉,진달래	선녀벌레 약충, 성충	
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
			먹무늬재주나방	벚나무빗자루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
	9월	돈나무	돈나무이	그을음병
		왕벚나무	먹무늬재주나방	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
제주시 애월읍 고성리 항몽유적지 주변	5월	철쭉,진달래	극동등에잎벌	떡병
			진달래방패벌레	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		조록나무	조록나무혹진딧물	
			줄솜깍지벌레	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	
	6월	철쭉,진달래	극동등에잎벌	
			장미등에잎벌	
			진달래방패벌레	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		조록나무	조록나무혹진딧물	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
	7월	철쭉,진달래	극동등에잎벌	
			장미등에잎벌	
			진달래방패벌레	
		조록나무	조록나무혹진딧물	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
			먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무	먹무늬재주나방	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병

표 2. ⇒ 계속

조사장소	조사시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
제주시 한림읍 한림공원	5월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
			느티나무벼룩바구미	
		돈나무	돈나무이	그을음병
	6월	돈나무	돈나무이	그을음병
			선녀벌레약충	
		느티나무	느티나무벼룩바구미	
			느티나무외줄진딧물	
	7월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
		돈나무	돈나무이	그을음병
			선녀벌레 약충, 성충	
	8월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
		돈나무	돈나무이	그을음병
	9월	돈나무	돈나무이	그을음병
제주시 애월읍 광령~장전 도로변 (한라대입구~장전리)	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
			먹무늬재주나방	
정실입구 ~ 제주대사거리 가로수	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
신시가지입구~우편집중국 사거리 가로수	5월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
	6월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
	7월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
마리나사거리~도남사거리가로수	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
제주시 연동 KCTV~정실구간 가로수	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방	
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
제1산록도로변 (어음교차로~청암재활원,관음사삼거리~어승생수원지)	6월	곰의말채	어스랭이나방	
제1산록도로변 (탐라교육원~관음사구간)	6월	곰의말채	어스랭이나방	
노형로터리~무수천 사거리 구간 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
무수천주유소~무수천사거리 구간 가로수	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
			복숭아혹진딧물	
	9월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병

표 2. ⇒ 계속

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
무수천사거리 ~항파두리사 거리구간 가로수	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
			복숭아혹진딧물	
	9월	왕벚나무	먹무늬재주나방	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
서귀포시 중문관광단지 주변 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병
서귀포시 중문동 천제연폭포 주변	5월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병
	6월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	벚나무빗자루병
				갈색무늬구멍병
	7월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		느티나무	느티나무외줄진딧물	
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
	8월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		돈나무	돈나무이	그을음병
		느티나무	느티나무외줄진딧물	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		돈나무	돈나무이	그을음병
		구실잣밤나무		구실잣밤나무빗자루병
서귀포시 안덕면 안덕계곡 주변	5월	생달나무	뽀족생달나무이(가칭)	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
		철쭉,진달래		떡병

표 2. ⇒ 계속

조사장소	조사시기	피해수종	병해충 종류별	
			해충명	수병명
서귀포시 안덕면 안덕계곡 주변	6월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
	7월	생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
		왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
	8월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
		팽나무	팽나무벼룩바구미	
	9월	왕벚나무		갈색무늬구멍병
				벚나무빗자루병
		생달나무	뽕족생달나무이(가칭)	
		철쭉	진달래방패벌레	
서귀포시 안덕면 산방산 주변	5월	팽나무	팽나무벼룩바구미	
	6월	철쭉	선녀벌레(약충)	
			진달래방패벌레	
			대벌레	
		회양목	회양목명나방	
		해송	소나무순나방	
	7월	철쭉	선녀벌레 약충, 성충	
			진달래방패벌레	
	8월	철쭉	진달래방패벌레	
		해송	소나무순나방	
	9월	철쭉	진달래방패벌레	
서귀포시 신시가지 내 주변 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
	7월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
쇠소깍 주변 가로수	5월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	
서귀포시 효돈사거리 ~ 쇠소깍 가로수	9월	후박나무	집명나방류	
풍림콘도~법환 초교 구간 가로수	5월	느티나무	느티나무외줄진딧물	

표 2. ⇒ 계속

조 사 장 소	조사 시기	피 해 수 종	병해충 종류별	
			해 충 명	수 병 명
서귀포시 일주도로변 (솜반천~동홍 사거리 가로수)	6월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
	7월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
예래동 가로수	6월	왕벚나무	복숭아혹진딧물	갈색무늬구멍병
		팽나무	팽나무혹진딧물	
풍림콘도~법환 초교 구간 가로수	6월	느티나무	느티나무외줄진딧물	
중문~회수 구간 가로수	8월	왕벚나무	먹무늬재주나방	
서귀포시 동광IC~창천삼 거리 가로수	9월	후박나무	집명나방류	

라. 솔나방 발생상황 조사 결과

표 3. 2012년 춘기 솔나방 발생상황 조사 결과

시 별	읍·면·동별	지 역 별	발생 및 피해정도				비 고
			심	중	경	미발생	
제주시	도두동	도두봉 주변임지				●	고정조사구
	건입동	사라봉 주변임지				●	
	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
		어음리 용춘목장 주변임지			●		
	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 배오름 주변임지				●	고정조사구
	안덕면	동광리 거린오름 주변임지		●			
		동광IC ~덕수2교차로 주변임지	●	●			
	대정읍	상모리 송악산 주변임지				●	고정조사구
		일과리 해안도로변 임지			●		
		사계리 산방산 주변임지				●	고정조사구
	※ 중문~강정~천지연~새섬~보목정수장~제지기오름 주변임지 : 중 ~ 심						

○ 대부분의 조사지역에서 솔나방 발생상황은 '경' 또는 '미 발생'으로 조사되었으나 안덕면 동광리 주변임지, 중문~강정~천지연~새섬~보목정수장~제지기오름 주변임지에서는 발생밀도가 중~심으로 조사되었다(표 3).

○ 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 경으로 피해도 표시

표 4. 2012년 추기 솔나방 발생상황 조사결과

시 별	읍·면·동별	지 역 별	발생 및 피해정도				비 고
			심	중	경	미발생	
제주시	도두동	도두봉 주변임지				●	고정조사구
	건입동	사라봉 주변임지				●	
	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
		어음리 용춘목장 주변임지			●		
	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			●		
	대정읍	상모리 송악산 주변임지				●	고정조사구
		일과리 해안도로변 임지				●	
		사계리 산방산 주변임지				●	고정조사구

○ 2012년 추기 조사에서는 대부분 조사지에서 피해도 '경'지역과 미발생 지역이 대부분이나 서귀포시 삼매봉 주변임지 및 예래동 해안도로변에서는 피해도 '중'으로 조사되었다.

○ 조사대상지에서 피해가 평균이 되는 조사목을 선정하여 직경×길이가 100㎠ 정도되는 가지위에 있는 유충수를 조사

- 총유충수/조사본수가 2.0이상이면 심, 1.0이상~2.0미만이면 중, 1.0미만이면 경으로 피해도 표시

5. 2012년 산림병해충 발생에 따른 예보사항

잣나무림에서 북방수염하늘소 발생예보

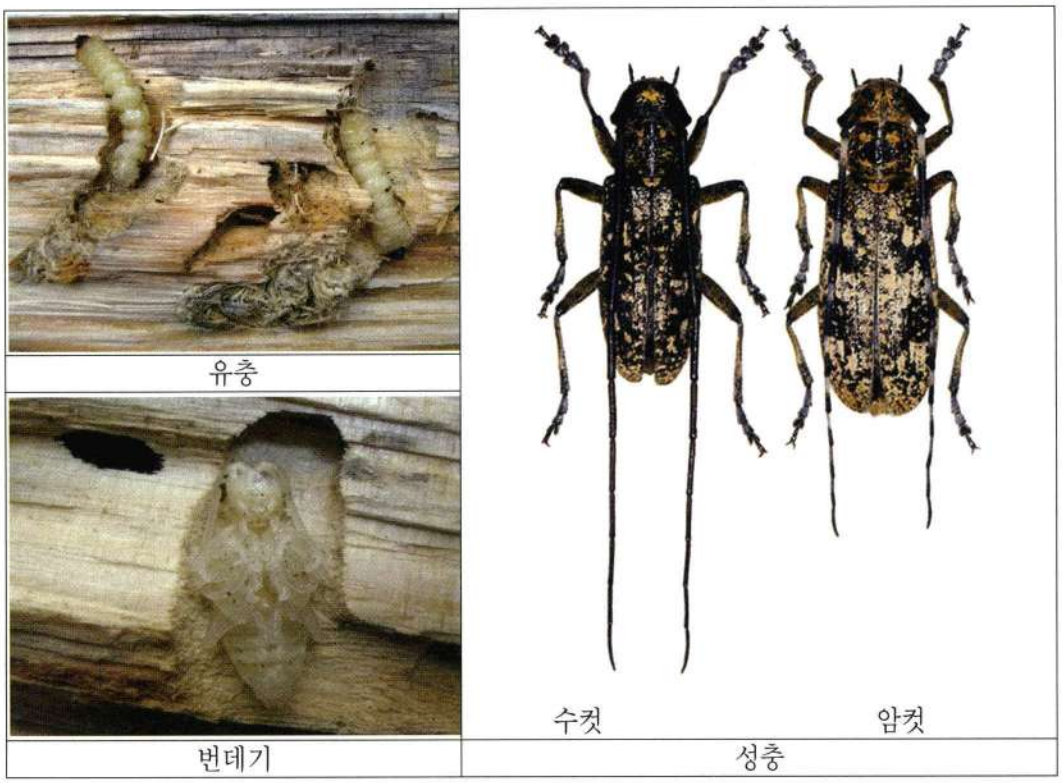
해충명	북방수염하늘소	일련번호	제 2012-1호
발령기관	국립산림과학원	발령일자	2012. 4. 18.
발령구분	발생예보	발령지역	서울, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 경북

북방수염하늘소 *Monochamus saltuarius* Gebler

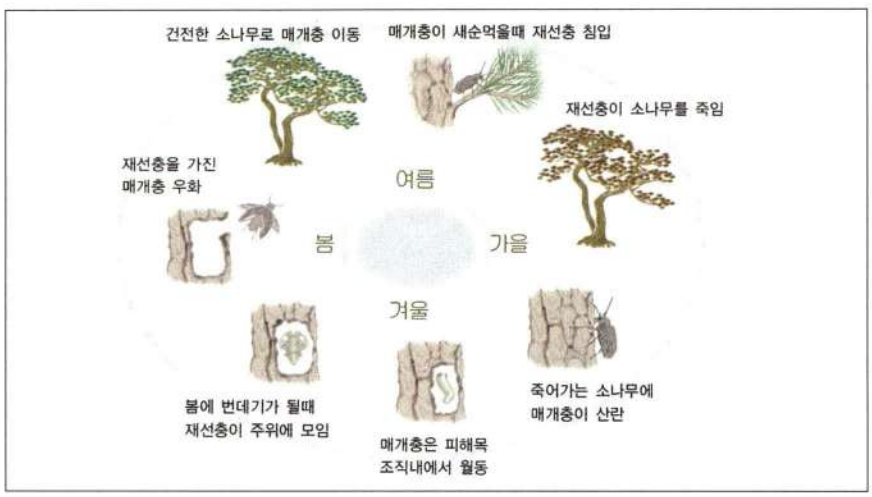
1. 분류학적 위치 : Coleoptera(딱정벌레목), Cerambycidae(하늘소과)
2. 가해수종 : 잣나무, 소나무류
3. 분포 : 한국, 중국, 일본, 러시아, 유럽 등
4. 발생지역 : 서울, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 경북
5. 생태 및 형태
   - 성충이 후식할 때 상처를 통하여 소나무재선충을 옮기는 매개충으로 방제 대상임.
   - 연 1회 발생하고 2년에 1회 발생하는 경우도 있으며, 성충은 5월 중순에 집중적으로 우화함
   - 목질부속의 가해부위에서 월동한 유충은 4월경에 수피와 가까운 곳에 번데기방을 만들고 번데기가 되며, 번데기 기간은 일평균 기온 23℃에서 약 8~9일 정도임
   - 성충 수컷의 더듬이 길이는 몸길이의 2~2.5배 정도로 약 40㎜ 내외이며, 암컷의 더듬이는 1~1.5배 가량으로 약 25㎜ 내외임
   - 솔수염하늘소에 비해 성충의 몸길이는 2/3, 유충의 체중은 1/3 정도임
6. 조치사항
   - 4월 18일 현재, 경기 남양주지역에서 북방수염하늘소의 용화가 시작되었음을 확인하여 발생예보를 발령합니다.
   - 예년과 유사한 동절기 기온 분포로 인하여 북방수염하늘소 폐사율은 높지 않을 것으로 판단됩니다. 그러나 예년에 비해 개화시기가 지연되는 등 춘기 기온이 낮았으나, 최근의 기상상황으로 볼 때 기온이 급격히 상승하여 용화 및 우화시기는 예년과 유사할 것으로 예상됩니다.
   - 각 지자체 및 지방산림청에서는 피해지역 및 인근지역에서 예찰활동을 강화하며 산림청과 협의하여 항공방제 계획을 수립하고 피해목 방제사업을 완료하여 주시기 바랍니다.
   - 항공방제를 실시하는 지역에서는 예보 발령에 따른 표지로 파란색 깃발을 게양하여 주민들의 관심을 높이시기 바랍니다.

<붙임>

북방수염하늘소 충태



소나무재선충이 소나무를 죽이는 과정



잣나무림에서 북방수염하늘소 발생주의보

해 충 명	북방수염하늘소	일련번호	제 2012-2호
발령기관	국립산림과학원	발령일자	2012. 4. 26.
발령구분	발생주의보	발령지역	서울, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 경북

북방수염하늘소 *Monochamus saltuarius* Gebler

1. 분류학적 위치 : Coleoptera(딱정벌레목), Cerambycidae(하늘소과)
2. 가해수종 : 잣나무, 소나무류
3. 분포 : 한국, 중국, 일본, 러시아, 유럽 등
4. 발생지역 : 서울, 경기, 강원, 충북 전북, 경북
5. 생태 및 형태
   - 성충이 후식할 때 상처를 통하여 소나무재선충을 옮기는 매개충으로 방제 대상임.
   - 연 1회 발생하고 2년에 1회 발생하는 경우도 있으며, 성충은 5월 중순에 집중적으로 우화함
   - 목질부속의 가해부위에서 월동한 유충은 4월경에 수피와 가까운 곳에 번데기방을 만들고 번데기가 되며, 번데기 기간은 일평균 기온 23℃에서 약 8~9일 정도임
   - 성충 수컷의 더듬이 길이는 몸길이의 2~2.5배 정도로 약 40㎜ 내외이며, 암컷의 더듬이는 1~1.5배 가량으로 약 25㎜ 내외임
   - 솔수염하늘소에 비해 성충의 몸길이는 2/3, 유충의 체중은 1/3 정도임
6. 조치사항
   - 4월 26일 현재 국립산림과학원 야외우화상과 경기 남양주시 잣나무 이목에서 조사된 북방수염하늘소의 용화율이 50%를 넘은 것으로 확인되어 발생주의보를 발령합니다.
   - 매개충의 용화 및 우화와 직접적으로 관련이 있는 4월 기온이 최근 급격히 상승함에 따라 우화초일은 작년보다 다소 앞당겨져, 앞으로 평년기온이 유지될 경우 5월 1주차로 예상되나, 이보다 높거나 낮아질 경우 변동이 생길 소지가 있습니다.
   - 각 지자체 및 지방산림청에서는 산림청과 협의하여 항공방제를 위한 계획을 완료하여 주시고, 표시 깃발을 이용한 살포구역 표지, 약제 준비 등 항공방제가 원활히 이루어질 수 있도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.
   - 항공방제를 실시하는 지역에서는 주의보 발령에 따른 표시로 노란색 깃발을 게양하여 주민들에게 소나무재선충병에 대한 경각심을 고취하여 주시기 바랍니다.

해충명	북방수염하늘소	일련번호	제 2012-3호
발령기관	국립산림과학원	발령일자	2011. 5. 7.
발령구분	발생경보	발령지역	서울, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 경북

북방수염하늘소 *Monochamus saltuarius* Gebler

1. 분류학적 위치 : Coleoptera(딱정벌레목), Cerambycidae(하늘소과)
2. 가해수종 : 잣나무, 소나무류
3. 분포 : 한국, 중국, 일본, 러시아, 유럽 등
4. 발생지역 : 서울, 경기, 강원, 충북 전북, 경북
5. 생태 및 형태
   - 성충이 후식할 때 상처를 통하여 소나무재선충을 옮기는 매개충으로 방제 대상임.
   - 연 1회 발생하고 2년에 1회 발생하는 경우도 있으며, 성충은 5월 중순에 집중적으로 우화함
   - 목질부속의 가해부위에서 월동한 유충은 4월경에 수피와 가까운 곳에 번데기방을 만들고 번데기가 되며, 번데기 기간은 일평균 기온 23℃에서 약 8~9일 정도임
   - 성충 수컷의 더듬이 길이는 몸길이의 2~2.5배 정도로 약 4㎜ 내외이며, 암컷의 더듬이는 1~1.5배 가량으로 약 25㎜ 내외임
   - 솔수염하늘소에 비해 성충의 몸길이는 2/3, 유충의 체중은 1/3 정도임
6. 조치사항
   - 강원도산림환경연구소(춘천)의 야외우화상에서 북방수염하늘소 성충이 최초 우화하였음을 확인하여 발생경보를 발령합니다.
   - 금주부터 본격적인 우화가 진행될 것으로 판단되는 바, 각 지자체 및 지방산림청에서는 매개충 구제를 위한 1차 항공방제가 계획대로 실시될 수 있도록 산림청과 긴밀한 협조체계를 유지하여 주시기 바랍니다.
   - 경보발령에 대한 표시로 빨간색 깃발을 게양하여 주민들에게 소나무재선충병의 위험성을 고취하여 주시기 바랍니다.
   - 선단지를 중심으로 항공예찰을 강화하고, 행정구역별로 현재부터 매개충 우화종료 예정일까지 계획대로 항공방제를 실행할 수 있도록 하여 주시기 바라며, 민원의 발생 소지가 있으므로 적절한 주민계도와 신속한 민원해결에 최선을 다하여 주시기 바랍니다.

광릉긴나무좀 발생예보

병해충명	광릉긴나무좀	일련번호	제 2012-4호
발령기관	국립산림과학원	발령일시	2012. 5. 7.
발령구분	발생예보	발령지역	전국

광릉긴나무좀 *Platypus koryoensis*

1. 광릉긴나무좀 피해 특성
 - 신갈나무를 중심으로 한 2차림에 발생(주로 신갈나무가 피해를 받지만 졸참나무, 갈참나무, 굴참나무, 상수리나무, 떡갈나무, 서어나무에서도 발견됨)
 - 흉고직경이 큰 나무가 주로 피해 받음
 - 천공은 줄기 아래쪽에 많이 발생하고, 방위 별 천공 차이는 없음
2. 광릉긴나무좀 피해 증상
 - 광릉긴나무좀 성충이 5월 초순부터 참나무 줄기로 침입함. 처음에는 길이 3㎜ 정도의 배출물(수컷 성충의 프라스)이 침입한 구멍 밖으로 배출되다가, 가루모양의 배출물(유충의 프라스)이 침입한 구멍 및 나무줄기에 쌓임
  ※ 수컷 성충이 배출하는 프라스에는 집단을 유인하는 집합페로몬이 방출되어 있어 5월 초·중순에 공격받은 나무들은 집중공격을 받을 위험이 높음
 - 집중공격을 받은 나무는 7월 말경부터 시들면서 빨갛게 말라 죽음
3. 광릉긴나무좀의 특징
 - 매개충은 한국, 대만과 러시아의 극동지역에 분포하며, 우리나라에서는 1930년에 발견된 것으로 보고되어 있음
 - 참나무시들음병균 *Raffaelea quecus-mongolicae*을 매개함
 - 성충은 암갈색이며 평균 체장은 암컷이 4.4㎜, 수컷이 4.2㎜ 정도이고 암컷의 등판에는 5~11개의 균낭(mycangia)이 있는 것이 특징임
 - 알의 크기는 장경 0.6㎜, 단경 0.4㎜정도이고 유백색을 띠며, 유충은 5령의 단계를 거침
4. 조치사항
 - 5월 7일 현재 서울, 경기도 등 일부 지역에서 참나무시들병의 매개충인 광릉긴나무좀 성충이 관찰되어 발생예보를 발령합니다.
 - 매개충의 잠복시기(11~이듬해 4월)에는 소구역 모두베기, 벌채훈증을 적용하고, 매개충 우화시기(5~10월)에는 지역여건에 따라 끈끈이 트랩, 이목설치 등 복합방제를 추진하여 주시기 바랍니다.
 - 끈끈이 트랩은 우화 초기인 5월 중순~6월 초순경에 설치하며 설치 40~50일 후 회수하여 주시기 바랍니다.

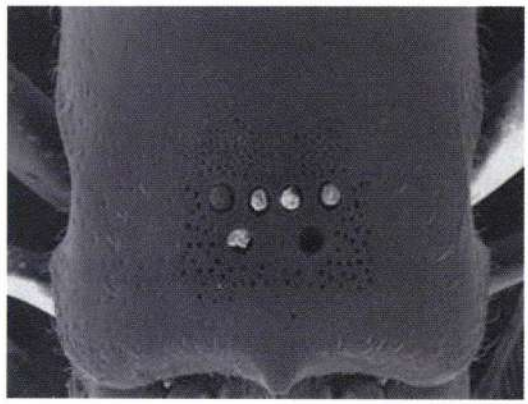
<붙임>



참나무시들음병 병환



광릉긴나무좀 성충(원내는 균낭)



균낭 확대(주사전자현미경)

솔수염하늘소 발생경보

해충명	솔수염하늘소	일련번호	제 2012-6호
발령기관	국립산림과학원	발령일자	2012. 5. 21
발령구분	발생경보	발생지역	전국(경기, 강원 제외)

솔수염하늘소 ***Monochamus alternatus*** **Hope**

1. 분류학적 위치 : Coleoptera(딱정벌레목), Cerambycidae(하늘소과)
2. 가해수종 : 소나무류
3. 분포 : 한국, 중국, 일본, 대만
4. 발생지역 : 남부지역(부산, 대구, 울산, 전남, 경북, 경남, 제주)
5. 생태 및 형태
   - 성충이 후식할 때 상처를 통하여 소나무재선충을 옮기는 매개충으로 방제 대상임
   - 성충은 5월 하순부터 8월 초순까지 연 1회 발생하며 우화탈출 최성기는 6월 중하순임
   - 목질부 속의 가해부위에서 월동한 유충은 4월경에 수피와 가까운 곳에 번데기방을 만들고 번데기가 되며, 번데기 기간은 일평균기온 20℃에서 약 20일, 25℃에서 약 12일 정도임
   - 성충 몸길이는 18~28㎜이며 체색은 적갈색임
   - 수컷의 더듬이 길이는 암컷의 2~2.5배 정도이며, 암컷의 더듬이 길이는 몸길이의 1~1.5배 정도임
6. 조치사항
   - 5월 21일 현재 경북산림환경연구원 야외 우화상(포항)에서 솔수염하늘소 성충의 최초우화가 확인되어 발생경보를 발령합니다.
   - 금년의 경우, 6월 15~25일을 전후하여 우화최성기로 예측되오니, 각 지자체 및 지방산림청에서는 이를 참고하여 솔수염하늘소에 대한 항공방제가 실시될 수 있도록 산림청과 긴밀한 협조체계를 유지하여 주시기 바랍니다.
   - 경보발령에 대한 표시로 빨간색 깃발을 게양하여 주민들에게 소나무재선충병의 위험성을 고취하여 주시기 바랍니다.
   - 선단지를 중심으로 항공예찰을 강화하고, 행정구역별로 현재부터 솔수염하늘소 우화종료 예정일까지 3회(~5회) 살포할 수 있도록 하여 주시기 바라며, 민원의 발생 소지가 있으므로 적절한 주민계도와 신속한 민원해결에 최선을 다하여 주시기 바랍니다.

<붙임>

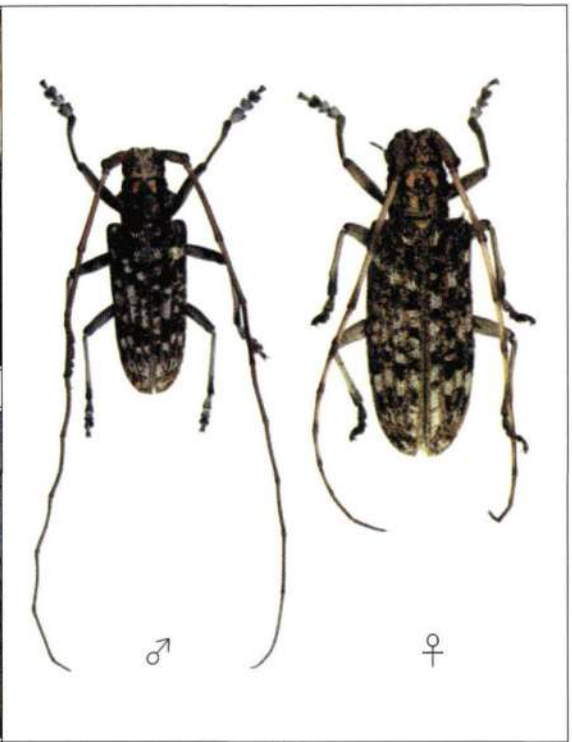
솔수염하늘소 충태



유충

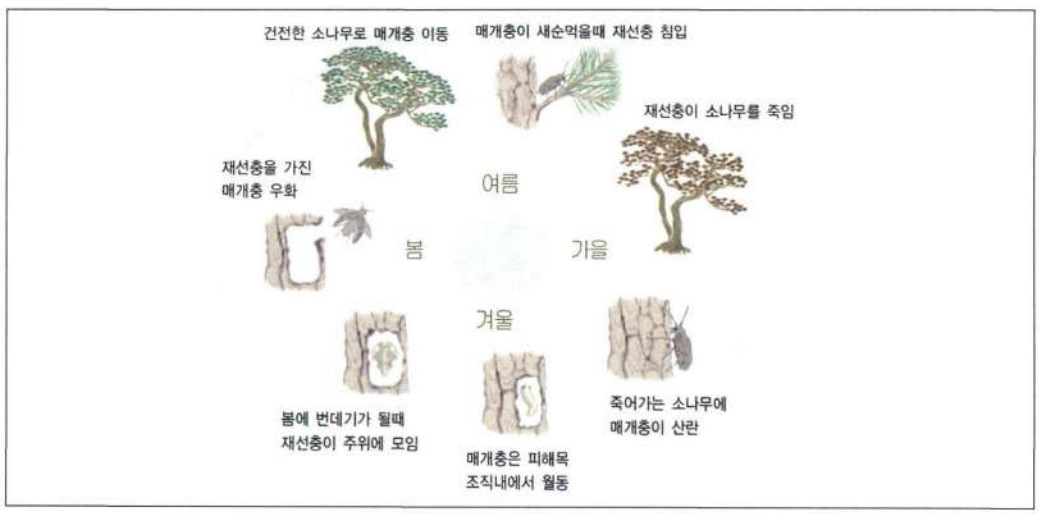


번데기



성충

소나무재선충이 소나무를 죽이는 과정



5. 참고문헌

임업연구원. 1991. 수목병해충도감. 삼정인쇄공사

이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성안당

이창복. 1980. 대한식물도감. 성안당

이영로. 1998. 한국식물도감. 교학사

국립산림과학원. 2007. 신 산림해충도감. 웃고문화사

충청남도산림환경연구소. 2010. 나무병해충 예찰방제 관리

국립산림과학원. 2010. 산림병해충 발생예찰조사 연보. 삼성에드컴

산림청. 2010. 제33회 산림병해충 방제 연찬회

제주특별자치도한라산연구소. 2011. 조사연구보고서. 디자인늘

한라산연구소 조사연구보고서 (제12호)

2013년 2월 발행 (비매품)

발행기관 제주특별자치도 한라산연구소
제주특별자치도 제주시 수목원길 72 (연동 1000)
Tel. (064) 710-7575, Fax. (064) 710-7599
발 행 인 양영환
편 집 인 고정군, 양충현, 한태완, 고윤정, 김현철
인 쇄 열린출판기획 Tel. (064) 724-0114

발간등록번호 79-6500451-000002-10

※ 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 인용할 수 있으나,
무단 전재 · 복제하면 법에 저촉됩니다.