

최 종
연구보고서

청설모에 의한 잣나무 구과 피해 방제기술 개발

The Development of Prevention Technique in Korean White Pine Cone
Damaged by Red Squirrel, *Sciurus vulgaris*.

연구기관
강원대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “청설모에 의한 잣나무 구과피해방제 기술개발”(제 1세부과제 “청설모의 생태 및 잣나무 구과의 피해특성 구명”, 제 2세부과제 “청설모 차단장치개발 및 잣나무림 관리방법 구명”)의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 10월 14 일

총괄연구책임자 : 김종국

연구원 : 유병호

연구원 : 장준근

연구원 : 김원명

연구원 : 최종우

연구원 : 홍성정

세부과제책임자 : 이찬용

연구원 : 황석인

연구원 : 이상배

연구원 : 원대성

연구원 : 김종걸

연구원 : 채희문

요 약 문

I. 제 목

청설모에 의한 잣구과 피해방제기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 목적

쥐목 다람쥐아과 청설모속에 속하는 종류는 자연환경에서 적응력이 매우 강하여 오스트레일리아 지역, 마다가스카르, 남아메리카 남부, 이집트 및 아랍지역의 사막을 제외한 전 세계에 분포하며, 국내에 서식하는 종은 유럽과 북아시아에 넓게 분포한다. 국내에는 제주도와 도서지방을 제외한 전국의 산림 지대에 청설모 1종(*Sciurus vulgaris*)이 서식하고 있다.

청설모가 먹이는 주로 잣나무, 호도나무, 가래나무, 상수리나무 등 침엽수의 종자이며 먹이조건이 나쁠 경우에는 버섯, 과일, 연한 나뭇잎, 새의 알과 어린 새끼까지도 섭식하지만 잣나무림에 서식하는 청설모가 가장 선호하는 것은 잣 종자이다.

청설모는 잣 종실을 지면에 저장하므로 잣나무림을 천연적으로 갱신시키는 등 산림생태계 내에서 물질순환에 순기능적인 역할을 담당하고 있는 측면이 있으나 1970~1980년대에 대면적 인공조림이 실행되어 결실량이 점차 증가하므로써 청설모의 밀도가 동반하여 증가하게 되었고, 대량의 잣 종실을 가해하여 산촌의 농가는 일부 임지에서 잣 생산을 포기하고 있는 실정이다. 이에 산림청에서는 청설모를 유해수류로 지정하고, 수렵을 권장하고 있으나 개체군 밀도는 좀처럼 감소되지 않고 있고, 이를 포식하는 여우, 오소리, 족제비 등의 개체군 밀도 또한 낮아 이들 생물적

요인에 의한 밀도효과도 기대하기 힘든 실정이다.

잣나무 조림시기 및 면적을 고려할 때 금후 계속하여 잣 결실량은 증가할 것이고 이에 비례하여 청설모 밀도 또한 계속적으로 증가할 것이므로 잣나무구과의 피해가 일층 심화되어 잣 종실을 생산하는 농가는 경제적으로 큰 손실을 입을 것이 예상된다. 이에 농가의 소득증대를 도모하기 위하여 효율적이며 친환경적인 방제방법을 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

최근 전국의 잣나무 임지에 청설모의 개체수가 급증하여 잣나무 관리 농가의 대부분이 잣 수확을 포기하는 실정이므로 친환경적이며 효율적인 방제방법을 개발하여 농가소득증대에 기여하고자 다음과 같은 내용의 연구를 수행하였다.

청설모에 의한 잣 구과의 피해를 방지하기 위하여 우선 잣나무 구과의 피해 특성의 구명이 필요하다. 이를 해석하기 위하여 잣나무 임지별로 년도별 착과량, 구과의 성장과정, 등급별 피해실태를 조사하였다. 특히 미숙구과의 피해정도를 시기별로 파악하였다.

잣나무구과의 피해방제기술을 개발하기 위한 기초연구로서 청설모의 생태를 구명하는 것이 무엇보다도 중요하므로 잣나무임지 및 실내사육을 통한 번식생태, 행동습성, 먹이 선호성 등을 검토하였다. 연구된 청설모생태를 고려하여 피해방지에 적합하고, 친환경적이라 생각되는 등목차단모형을 선발하였다. 모형선발을 위하여 실내는 물론 야외에서 청설모의 등목행동을 검토하였다. 등목이 불가능한 모형에 대하여는 소재, 규격별 효과 등도 일부 병행하여 검토하였다.

차단모형을 설치하는 것만으로는 구과피해를 방지할 수 없으므로 차단모형의 이용이 가능한 제반 산림관리방법을 모색하였으며 개발된 등목차단모

형을 활용하기 위한 수익률을 분석하였다. 한편 물리적인 차단방법 이외에 조건적 미각기피 행동유도 및 화학적 기피제를 이용한 청설모의 피해방지법을 검토하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

가. 잣나무구과의 피해특성

청설모에 의한 잣나무의 구과피해는 조사장소에 따라 차이가 나타났다. 잣나무 구과는 착과 직후 9월 후반기부터 청설모의 피해를 받기 시작하였고, 이듬해 4월까지 기간 동안의 피해율이 51.0% (2002~2003), 35.0% (2003~2004)로, 미숙구과시기에 상당히 많은 량의 피해를 받는 것으로 파악되었다. 년도별로 미숙구과부터 성숙구과까지의 기간동안 평균 피해율은 71.5%(2002~2003), 65.5% (2003~2004)로 높게 나타났다.

청설모는 미숙구과시기에 임지내의 일정지역에 한정하여 집중적으로 가해하는 경향을 보였으며, 잣나무 령급별(4령급, 8령급), 임지의 위치별(산정, 산복, 산록), 단목의 부위별(정단 및 측지부위)로 피해율의 차이는 나타나지 않았다.

나. 청설모의 형태 및 생태적 특성

1) 청설모의 형태적 특성

청설모의 털은 겨울동안은 회색이며 귀의 털이 길고, 봄에 털갈이하여 여

름은 암회색으로 변화하였다. 출산시 개체의 무게는 8~12g이었고, 털은 생후 10~13일에 나기 시작하여 3주 후에는 완료되었다. 성체의 체장은 암컷이 22.3 ± 0.9 cm, 수컷이 22.1 ± 1.1 cm이었고, 체중은 암컷이 312.9 ± 67.3 g, 수컷이 338.3 ± 35.7 g이었고, 꼬리길이는 암컷이 25.8 ± 1.4 cm, 수컷이 24.4 ± 1.6 cm이었다.

2) 청설모의 생태적 특성

년 1~2회 번식하는 것으로 파악되었다. 년 1회 번식하는 개체의 교미기는 4월 하순~5월 초순이며, 임신기간은 35일 정도로 6월 초순~중순에 새끼를 낳고, 60일 정도의 이유기간을 지나 임내에 재차 출현하는 시기는 8월 초순~8월 중순이었다. 년 2회 번식하는 개체의 교미기는 1월 하순~2월 초순이며 4월 번식하고, 6월 중순경 교미하여 2차 번식하였다.

청설모의 보금자리는 주로 임연으로 부터 10m이내 임목을 선택하여 수고와 관계없이 수관의 중간부위에 창설하였고, 보금자리의 크기는 장경이 평균 31.7cm(27~34cm), 단경이 25.4cm(22~27cm), 전체무게는 평균 850.0g(668~1,129g)이었다. 보금자리별 새끼수는 3~4마리, 평균 3.6마리이었고, 개체별로는 2~4마리, 평균 3.2마리를 낳는 것으로 파악되었다.

잣 종실의 1일 평균 섭식량은 57.6g~63.1g으로, 하루에 잣나무 구과 1송이 정도의 섭식이 가능하였다. 겨울동안의 먹이로 한 지점에 2~28개(평균 5.9개)의 잣종실을 저장하였으며 보금자리에서부터 저장거리는 41~50m의 거리에 가장 많은 먹이를 저장하였고, 주로 피복도가 낮은 지역을 선호하는 경향이 있는 것으로 파악되었다.

청설모는 해 뜨는 시각부터 10시, 오후 2시부터 3시에 활발하게 활동하였고, 임목간의 점프거리는 2m로 확인되어 생산임지를 선정하여 등목차단장치를 설치하는 경우 청설모의 이입을 방지하기 위하여 적어도 3m이상의 차단지역이 필요할 것으로 판단되었다. 행동권의 크기는 약 0.7~3.1ha 정도로

추정되었으며, 조사지역의 ha당 밀도는 최소 0.8마리에서 최대 1.5마리가 관찰되었다.

다. 청설모의 차단장치개발 및 잣나무림 관리

자연생태계에 나쁜 영향을 주지 않고, 친환경적인 방법으로 구과의 피해를 방지할 수 있는 등목차단모형(登木遮斷模型)을 개발하였다. 모형은 원통형모형, 우산모형, 주름접기모형, 그물모형, 원통우산모형, 분지원통모형 등 총 6가지이며, 우산모형은 금형제작이 가능하나 그 외 모형은 수작업에 의존해야 하는 모형으로 파악되었다. 금형제작이 가능한 모형 등은 제작비가 높게 소요되었고, 수작업에 의존하는 원통형모형은 제작비가 낮게 소요되었다. 금후 원통형모형의 용이한 이용을 위해서는 비닐 등의 재료를 응용하여 좀더 낮은 비용으로 제작 가능하도록 해야 할 것이다.

차단장치를 적용하는 최적면적은 청설모의 행동권 범위인 약 3ha로 설정하는 것이 바람직하며 등목이나 이입을 방지하기 위하여 임지내의 하층관목을 제거와 임연부 벌채(거리: 3m)가 필요하였다.

한편 원통형모형의 경우 내부에 이중나선형의 그물을 2중으로 원통내부에 접합할 경우 청설모 포획이 가능하였으며, 현재 청설모 포획에 사용하고 있는 울무(재료: 철사)보다 효과적이어서 청설모의 서식밀도를 감소시키기 위한 한 방법으로 응용적인 적용이 가능할 것으로 파악되었다.

덧은 10월 상순부터 익년 4월 하순까지의 기간동안에 잣나무 임연부에 설치하는 것이 효과적이며, 청설모의 행동권과 세력권을 고려하여 분산, 설치하는 것이 유효할 것으로 판단되었다.

라. 경제성분석

청설모를 방제하는데 소요되는 비용과 방제에 성공하였을 경우 예측되는 생산비용(잣 채취부터 피잣판매까지의 기초비용)을 단순화하여 분석하였다.

청설모의 피해를 방제하기 위하여 잣나무임지 1ha에 등목차단장치를 설치하고 임내를 정리하는 데 필요한 공정은 각 5.71명, 2.0명이 소요되었고, 임지의 임황 및 지황에 따라 년도별로 다소 차이가 나타났다.

임연부를 정리(폭 3m내 개별)하는데 필요한 인력은 2.3인이 소요되어 “국유임산물매각규칙 시행요령의 별목작업공정표”의 혼효림지에 적용되는 작업공정보다는 다소 적게 투입되는 것으로 파악되었으나 임지의 임상과 입지조건이 복잡한 것을 감안한다면 매우 근사한 값이라 판단되어 ‘국유임산물 매각규칙’에 명시된 개별작업공정 적용이 가능한 것으로 파악 되었다.

실연방제지의 임황과 년도별 청설모에 의한 피해율, 차단모형제작 및 설치비용, 임지정리비용 등을 적용하여 수익성을 검토한 결과, 청설모에 의한 잣나무구과의 피해율이 높은 지역일수록, ha당 등목을 차단해야 할 임목본수가 적을수록 수익이 많이 나타났다. 또한 차단모형의 제작비용이 3천원 소요된 경우는 대체로 4등급 이상의 임분에서는 수익이 발생하나 5천원인 경우는 구과결실량이 많은 임령급에서 수익이 발생하는 것으로 분석되었다. 따라서 구과 결실량과 생산과정 등을 고려하여 생산임지를 선정하고, 차단모형을 제작하는데 저가의 소재를 이용한다면 원통형의 차단모형을 청설모 방제에 적용할 수 있을 것으로 파악되었다.

이 외에 차단장치를 설치하였을 경우 청설모는 보금자리의 창설이 곤란하므로 불가피하게 비생산임지로 이동하거나, 등목차단으로 먹이저장행동에 방해받고, 잣나무 구과를 섭식하는 것이 쉽지 않은 등, 생존에 불리한 환경조건이 조성되므로, 결국 서식개체수가 감소되는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

마. 기타방제시험

조건적미각기피행동(CTA:Conditioned Taste Aversion)을 검토한 결과 Lithium Chloride (LiCl)는 처리일로부터 피자에 대하여 기피행동을 보였으며 유발량은 20~46mg/개체(57~131mg/kg)으로 확인되었다.

SUMMARY

The development of prevention technique in the pine nut cone damaged by red squirrel.

The Korean pine tree artificially many planted in the 1970-1980 and production of pine nut gradually are increasing as matured. Red squirrel mainly eat of nut of this kind of tree therefore population density of Red squirrel is also increasing. Suddenly increased individuals of Red squirrel are results from large damage of pine cone which bring to give up nut production for the farmer.

This project was conducted to development of efficient and environmentally friendly control methods for income increasing of farmer.

1. Damage characters of Korean pine cone

The damage of Korean white pine cone by Red squirrel was different according to research locations. Damage of Korean white cone started end of the September and damage rate of young pine cone until April on the next was 51.1% in 2002-2003, 35.0% in 2003-2004. Average damage rate was 71.5% in 2002-2003 and 65.5% in 2003-2004. It indicated that damage of pine cone many occurred at the young pine cone period.

Damage pattern by the Red squirrel was appeared concentrically at the some location of the forest stands during young pine cone period. Damage

rate that according to age class of Korean pine tree(4 and 8 class), positions of forest stands(mountaintop, mountainside, foot of the mountain) and part of individual tree(top and branches) was not different.

2. Ecological and morphological characters of Red squirrel

2-1. Morphological characters of Red squirrel

Red squirrel is gray color and hair of ear is long during the winter season, the hair is shed at spring and changed with dark gray at the summer. Weight of individual at the birth was 8-12g, the hair is grown at 10-13 days after born and completed after 3 weeks. The length of adult body was 22.3 ± 0.9 cm in female and 22.1 ± 1.1 cm in male, weight of the female was 312.9 ± 67.3 g, the male was 338.3 ± 35.7 g, tail length of the female was 25.8 ± 1.4 cm and the male was 24.4 ± 1.6 cm

2-2. Ecological characters of Red squirrel

Propagation was 1-2 time per a year. In the case propagation of 1 time per a year, mating season was from end of April to beginning of May, a pregnancy period was about 35days and has born at beginning or middle of Jun. They have a weaning period about 60days and appear in the forest stands at the beginning or middle of August. In the case propagation of 2 time per a year, mating season was from end of January and beginning of February, they are propagate at the beginning of April. They have 2nd

propagation after mating in middle of June.

Nest of Red squirrel was placed on the middle part of tree crown without relation of tree height. They are select tree that mainly within 10m from forest edge for nest. Nest size was average 31.7cm(27-34cm) in the major axis, 25.4cm(22-27cm) in the minor axis. Average weight of nest was 850.0g (668 -1,129g). Number of the young per a nest was 3-4(average 3.6) and each individual was bear 2-4(average 3.2).

Average eating amount of pine nut 57.6g-63.1g per a day. It indicated that Red squirrel was consumed one pine cone(1 cluster) per a day. They was store pine nut about 2-28 number (average 5.9) at the 1 point for food during winter season. They stored about 51.2% at the distance of 41-50m from the nest and mainly prefer small covering area for store place.

Red squirrel was mainly act from sunrise to 10:00 and between 14:00 and 15:00. In the case of establishment of intercept model in the selected white pine stand for the prevention to damage by Red squirrel, we need to at least 3m intercept distance because jump distance among trees was 2m in the this animal. Size of home range was estimated to 0.7-3.1ha and density per a ha investigated range 0.8-1.5 in the observation area.

3. The intercept model development and management of pine tree stands.

We developed intercept model that was not possible climbing to tree. It did not affects on the natural ecosystem and can possible prevention to damage as environmental friendly. Interception model was developed to 6 kind type that cylindrical model, umbrella model (I , II), wrinkle folds

model, netting model, cylindrical umbrella model, splitted cylindrical model. Umbrella model can made up mold manufactor but other model was made up handwork. Production cost was to be high for mold manufactor but to be low for handwork. In the case of cylindrical model that was possible of handwork, production cost was low compare to mold manufactor but this model will be made as lower production cost materials such as vinyl for farmer.

The optimum size for applying a interception model will be resonable about 3 ha. It need to removal of understory vegetation and cutting(distance : 3m) of forest edge for prevention of climbing to tree or migration.

In the case of cylindrical model, if the double twist net were attached inside cylinder, Red squirrel can be capture. This trap will be effective when establish from beginning of October to end of April on next year in the forest edge of pine tree. It estimated that will be effective establishment with dispersal consider to home range and territory of Red squirrel.

4. Economical efficiency analysis

we analyze that consumption costs for prevention and predicted production cost(basic costs from a harvest to sale of pine cone).

The working progress cost for clear of the forest stand and establishment cost of interception model per 1 ha showed different in each year according to forrest stands conditions. The number of person for the

clear of forest edge(cutting width with 3m) was a few compare to "The list of working progress for cutting" of "Outline of disposal regulation for National forest products" applied in the mixed-wood. It estimated that can application if it consider to complex conditions of forest stands.

As results of testing to damage rate by Red squirrel, establishment and manufacture cost of interception model and clear cost of forest stands in the actual prevention area, earnings rate were more occurred in the higher damaged rate area and a few tree number area(tree/ha).

In the case of spend of 3,000won in the interception model production cost, the profit mainly come from 4 age class, in the 5,000won, profit come from pine forest stands which is more amount of harvest yield on the pine cone). Consequently, if forest stand for production of pine would be selected consider to the more amount of harvest yield on the pine cone and lower consumption cost area, if interception model would be made as lower cost materials, the interception model will be applied to prevention for Red squirrel.

In the interception model establishment, the model will be able to expect the effect which decreasing of population because Red squirrel was not made of their nest by the interception model that induce to move in unproductivity pine stands,

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	22
Section 1. The Purpose and necessity of study	22
1. Purpose of study	22
2. The necessity of study	23
Section 2. The system and range of study	24
1. The range of study	24
2. The system of study	25
Chapter 2. The damage analysis of the pine cone and ecological analysis of red squirrel	26
Section 1. Introduction	26
Section 2. Materials and methods	27
1. The searching on damage character of pine cone by red squirrel in the pine tree.	27
1.1 The study location	27
1.2 The study methods	27
2. Ecological character of red squirrel	30
2.1 Study location	30
2.2 Study methods	32
Section 3. Results and discussion	36
1. The growth of pine cone	36
2. Analysis on amount of cone according to DBH and branches	

number	38
3. The searching on damage character of pine cone by red squirrel in the pine tree.	40
3.1 The general condition of study area	40
3.2. Damage character of pine cone	41
4. Ecological character and morphological characters of Red squirrel	51
4.1 morphological characters	51
4.2 Ecology of propagation	54
4.3. Home rang and territory of Red squirrel	57
4.4 Behavior pattern of Red squirrel	63
4.5 Density of Red squirrel	75
 Chapter 3. The study on development of interception model and management methods of Pine stands.	78
Section 1 Introduction	78
Section 2. Materials and methods	79
1. The develop of interception model of Red squirrel	79
1.1 The development of interception model	79
1.2 The establishment of model	81
2. Management of Pine stands for establishment of interception model.	81
2.1 Clear of study area	81
2.2 Clear according stand conditions.	82
3. The study on the behavioral responses of red squirrel by CTA	

testl	82
3.1 The preliminary test to CTA application for prevention of red squirrel in pine nut cone.	85
3.2 The preliminary test for selection of applicable medicine for prevention of red squirrel in pine nut cone.	86
3.3 The study methods	87
Section 3 Results and discussion	89
1. Development of interception model	89
1.1 Development of interception model	89
1.2 Applying test of interception model in the pine stands	99
2. Management of established area of interception model	103
2.1 The working progress in the Pine stands for interception model establishment	103
2.2 The working progress for interception model establishment	108
3. Economical efficiency analysis	109
3.1 The damage analysis of pine cone by interception model	109
3.2 The prevention of pine cone damage using trap	122
4. Other prevention test	125
Chapter 4. conclusion	130
Section 1 The damage character of pine cone and ecological character of red squirrel	130
1. The damage character of pine cone	130
2. The ecological and morphological character of red squirrel	131

2.1 The morphological character of red squirrel	131
2.2 The ecological character of red squirrel	132
Section 2 The interception model of Red squirrel and management of Pine stands	134
Section 3 Economical efficiency analysis	135
1. Chapter 5. Reference	139

목 차

제 1 장 서 론	22
제 1 절 연구개발의 목적과 필요성	22
1. 연구개발의 목적	22
2. 연구개발의 필요성	23
제 2 절 연구개발의 범위 및 연구수행체계	24
1. 연구개발의 범위	24
2. 연구수행체계	25
제 2 장 청설모의 생태 및 잣나무 구과의 피해특성 구명	26
제 1 절 서 설	26
제 2 절 재료 및 방법	27
1. 청설모에 의한 잣나무 구과의 피해특성 구명	27
가. 조사장소	27
나. 조사방법	27
2. 청설모의 생태적 특성	30
가. 조사장소	30
나. 조사방법	32
제 3 절 결과 및 고찰	36
1. 잣나무 구과의 생장	36
2. DBH와 분지수에 따른 착과량 분석	38
3. 청설모에 의한 잣나무 구과의 피해특성 구명	40
가. 조사지 임지 개황	40
나. 잣나무 구과의 피해특성	41

4. 청설모의 형태 및 생태적 특성	51
가. 형태적 특성	51
나. 번식생태	51
다. 청설모의 행동권, 세력권	57
라. 행동양식	63
마. 청설모의 밀도	75
제 3 장 청설모 차단장치개발 및 잣나무림 관리방법 구명	78
제 1 절 서 설	78
제 2 절 재 료 및 방 법	79
1. 청설모 차단장치의 개발	79
가. 차단 모형개발	79
나. 차단 모형의 설치	81
2. 잣나무 임지의 관리	81
가. 차단모형설치장소의 임내 및 임연부 정리	81
나. 임지 조건별 임내정리	82
3. CTA유발물질을 처리한 잣(피잣)에 대한 청설모의 행동반응조사	82
가. 청설모의 잣피해 방지에 CTA를 적용하기 위한 예비실험	85
나. CTA 적용약품 선정을 위한 예비실험	86
다. 실험방법	87
제 3 절 결 과 및 고 찰	89
1. 청설모 등목차단모형 개발	89
가. 등목차단-모형의 제작	89
나. 잣나무 임지 내에서의 차단모형적용시험	99
2. 청설모의 등목차단 임지외 관리	103

가. 등목차단모형 설치장소의 작업공정	103
나. 차단모형의 설치 작업공정	108
3. 경제성분석	109
가. 등목차단모형을 이용한 잣나무 구과피해	109
나. 청설모 포획장치(덫)를 이용한 잣나무 구과 피해방제	122
4. 기타 피해 방제시험	125
가. CTA 유발물질을 처리한 자(피잣)에 대한 청설모의 행동반응 조사 ...	125
제 4 장 결론	130
제 1 절 잣나무구과의 피해특성 및 청설모의 생태	130
1. 잣나무구과의 피해특성	130
2. 청설모의 형태 및 생태적 특성	131
가. 청설모의 형태적 특성	131
나. 청설모의 생태적 특성	132
제 2 절 청설모차단장치 및 임지관리	134
제 3 절 경제성분석	135
제 5 장 참고문헌	139

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 필요성

1. 연구개발의 목적

쥐목 다람쥐과 청설모속에 속하는 종류는 자연환경에 대한 적응력이 매우 강하여 오스트레일리아, 마다가스카르, 남아메리카 남부, 이집트 및 아랍의 사막지역을 제외한 전 세계에 분포한다. 청설모속 가운데 *Sciurus vulgaris* 는 제주도와 도서지방을 제외한 전국의 산림지대에 서식하고 있으며 이종은 유럽과 북아시아지역에 넓게 분포하고 있다.

청설모의 먹이는 주로 잣나무, 소나무와 같은 침엽수의 종자와 호두나무, 가래나무, 상수리나무 등 과 같은 활엽수 종자이며 이 가운데 가장 선호하는 먹이는 잣종자이다. 이와 같은 견과류는 월동기간 중 먹이로 사용하기 위하여 지면아래에 저장하는데 이러한 행동습성이 결과적으로는 수종의 천연갱신에 도움을 주는 등 생태계 순환에 중요한 역할을 담당하는 측면이 있다.

그러나 1960~1980년대에 대대적으로 조림된 잣나무가 성장하여 잣의 결실량이 증가되고 많은 번식처가 제공되어 청설모의 개체군밀도가 급증하게 되었다. 이러한 청설모의 급격한 밀도증가로 인하여 가해량의 증가가 필연적으로 나타나기 시작하였으며, 그로 인하여 산촌의 농가는 일부 임지에서 잣 생산을 포기하는 결과를 초래하고 있다.

최근에 유해수류로 지정되어 울무, 기물 설치 등 다각적인 방제를 실시하고 있고, 수렵이 권장되고 있으나 청설모의 밀도는 좀처럼 감소되지 않고 있으며, 이를 포식하는 여우, 오소리, 족제비 등의 개체군 밀도 또한 낮아 이들 생물적 요인에 의한

밀도효과도 기대하기 힘든 실정이다. 금후 잣 결실량에 비례하여 청설모 밀도는 계속적으로 증가할 것이고 이로 인한 잣나무구과의 피해가 심화되어 잣 종실을 생산하는 농가는 경제적으로 큰 손실이 예상된다.

이에 농가의 소득증대를 도모하기 위하여 효율적이며 친환경적인 방제방법을 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 연구개발의 필요성

현재 잣나무는 목재수급은 물론 잣나무 구과의 생산을 목적으로 23만여ha(인공조림적의 31%)가 조림되어 목재 및 구과생산이 이루어지고 있다. 그러나 최근 전국의 잣나무 임지에 청설모의 개체수가 급증하여 잣나무 구과를 가해하므로 잣나무 관리 농가의 대부분이 잣 수확을 포기하는 실정이다.

청설모의 구제를 위하여 올무나 총기를 이용하고 있으나 효과가 미미한 실정이며, 청설모를 대량으로 포획하여 개체군 밀도를 조절하는 방법은 산림생태계에 부정적인 영향을 초래할 뿐만 아니라 잣 종실을 분산하여 천연갱신에 기여한다는 순기능의 약화를 초래할 가능성이 크다. 이에 산림생태계의 안정을 고려한 획기적인 잣나무 구과 피해방지기술 개발이 필요하다.

기술을 개발하기 위하여 첫째, 청설모의 번식생태, 세력권, 행동권 등 활동과 관련된 행동학적인 특성은 물론 보금자리 창설 및 먹이섭식습성 등을 선행적으로 파악하는 것이 필요하다. 또한 잣나무 임지별 구과의 성장패턴과 착과량 등 잣나무 구과의 특성과 청설모의 섭식과 관련한 잣나무 구과의 피해정도를 계량화하는 것이 중요하므로 이에 대한 피해산출 모델의 개발이 필요하다. 둘째 산림생태계 내에서 청설모의 순기능을 고려하여 생태적인 제 특성을 응용한 친환경적인 방제 방법구명이 필요하다. 이를 위하여 실내와 사육시설 내에서 물리적으로 등목차단(登木遮斷)효과를 관찰하여 이를 현지에 적용, 검증한다. 셋째 등목차단장치의 생산단

가는 물론 청설모가 임지에서 임지로의 이출 및 이입을 차단하기 위한 벌채, 임내에서의 등목에 이용될 수 있는 하층관목의 정리 등 산림사업공정이 필요하다.

상기한 연구수행은 애써 조성하였으나 방치되고 있는 산림자원을 산주의 소득으로 연결함으로써 산림자원의 소중함을 일깨울 수 있고, 친환경적인 방법개발로 보다 생태계의 안정화에 기여할 것이다.

제 2 절 연구개발의 범위 및 연구수행체계

1. 연구개발의 범위

농산촌의 소득원으로서 중요한 잣나무 구과의 생산량을 증대시키기 위하여 이들 구과를 가해하는 청설모를 구제하거나 피해를 방지하는 방법을 구명하기 위하여 수행되었다. 잣나무 구과 피해방지를 위하여 우선 청설모에 의한 잣나무 구과의 피해 특성을 구명하는 것이 중요하다. 이를 위하여 임지별 착과량, 구과의 성장과정, 임지별,령급별 가해실태를 조사하였다. 한편 구과 피해방제기술 개발에 필요한 기초를 검토하기 위하여 청설모의 생태적인 특성 구명이 무엇보다 중요하므로 잣나무임지 및 실내사육을 통하여 청설모의 번식생태, 행동특성, 식이물선호성 등을 구명하였다.

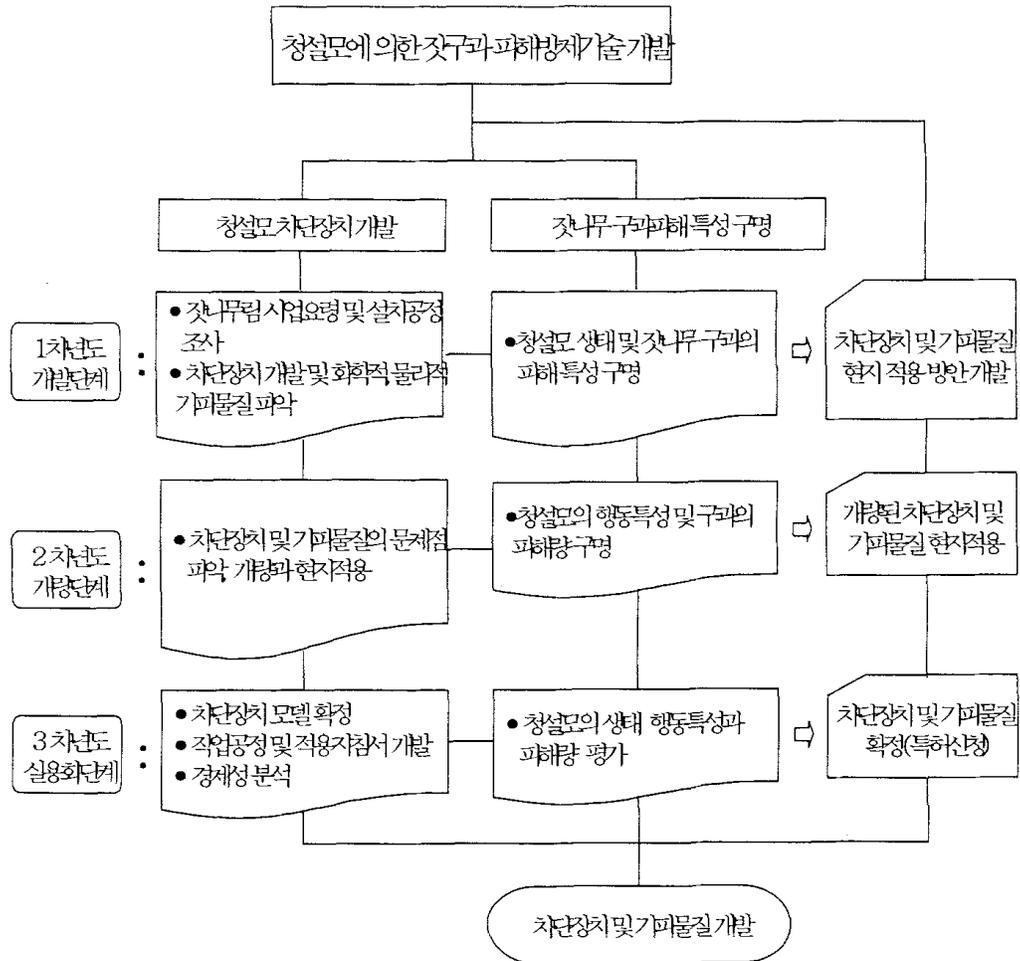
물리적인 방제방법인 청설모의 차단장치를 개발하기 위하여 친환경적인 차단모형을 고안하여 실내에 설치하고, 등목 성공여부를 관찰하였으며, 등목 불가능한 모형을 야외 사육시설 내에 재 설치하고 등목 성공여부를 관찰하여 등목 할 수 없는 차단모형을 최종적으로 선발하였다. 선발된 일부 모형에 대하여는 재료, 규격별 효과 등도 병행하여 검토하였다.

고안된 차단모형만으로는 잣나무 임지 내로 이동하는 청설모를 방어할 수

없기 때문에 차단모형을 적용할 수 있는 산림관리 방법을 모색하였다. 또한 개발된 차단장치의 활용에 필요한 차단장치 제작비, 산림관리비, 작업공정 등을 종합하여 수익률을 분석하였다.

한편 물리적인 차단방법 이외에 조건적 미각기피행동유도 및 화학적 기피제를 이용한 청설모의 피해방지법을 검토하였다.

2. 연구수행체계



제 2 장 청설모의 생태 및 잣나무 구과의 피해 특성 구명

제 1 절 서 설

청설모는 자연환경에서 적응력이 매우 강하여 오스트레일리아, 마다가스카르, 남아메리카 남부, 이집트 및 아랍지역의 사막을 제외한 전 세계에 분포하며, 종과 아종을 포함하여 190여종에 이른다. 우리나라의 제주도와 도서지방을 제외한 전국의 산림지대에 분포하며, 동일 종이 유럽과 북아시아에 넓게 분포한다.

쥐목 다람쥐과에 속하는 청설모는 등에 줄무늬가 없어 다람쥐와 쉽게 구별되며 등의 털색이 회색에서 갈색 또는 붉은색까지 변이가 심하고, 배는 흰색, 귀의 끝부분에는 마치 붓과 같은 긴 털이 나있고, 꼬리를 뒤로 말아 올려 아름다움을 더해준다. 몸길이는 20~25cm, 꼬리길이는 16~20cm, 성체의 몸무게는 300~400g 알려져 있으며 유럽의 남부에 분포하는 아종은 북부에 분포하는 종보다 약간 큰 것으로 보고되고 있다.

최근 잣나무림 내에 청설모 개체군이 급증하게 되었으며 잣나무 구과의 종실이 완전히 성숙하지 않은 6월경부터 피해를 주기 시작하여 번식수가 증가하는 8월 중순부터 급격한 증가하는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 구과의 피해로 잣 생산량이 감소되어 산주들은 수익이 예상되는 일부 잣나무 임지만을 선별하여 수확하고, 대다수 지역에서는 아예 수확을 포기하고 있는 것이 현실이다. 이를 감안하여 정부는 청설모를 유해수류로 지정하여 포획을 허용하는 등의 개체군밀도 감소정책을 시행하고 있으나 개체군 밀도조절이 용이하지 않은 실정이다.

이에 본 연구는 청설모에 의하여 피해를 받는 시기는 잣나무 구과가 어느 정도

성숙한 시기로 한정된 것인지, 시기별, 잣나무 임령별 피해량의 차이가 있는지, 피해량은 어느 정도 인지를 해석하였다.

또한 사육실 및 잣나무 임지 내에서 국내에 서식하고 있는 청설모의 형태적인 특성을 관찰하였으며, 청설모의 번식 및 먹이섭식특성, 행동특성 등 생태학적인 제 특성을 구명하였다. 잣나무 구과피해 및 청설모의 생태적 특성 파악은 농산촌의 중요 소득원인 잣과 호두 종실을 가해하는 청설모를 효율적으로 방제하는데 기초적인 자료로 활용이 가능할 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 청설모에 의한 잣나무 구과의 생장 및 피해특성 구명

가. 조사장소

본 연구는 강원도 춘천시 동산면 봉명리 산 46번지와 강원도 홍천군 북방면 북방1리 산61-1번지에 위치한 강원대학교 산림과학대학 부속 학술림의 잣나무 인공림에서 수행되었다. 3령급 이하의 임지는 착과량이 적고 수확하는 경우가 드물기 때문에 조사구를 설정하지 않았으며 70년대 대량 조림된 4령급과 최 고령급의 임지인 8령급을 위주로 조사구를 선정하였다.

조사구는 4령급 임지에 4개소, 8령급 임지에 4개소로 총 8개소를 선정하였고, 조사구의 크기는 20m×20m 의 정방형으로 하였다. 잣나무 단순림의 면적이 현저히 좁은 임지와 임연부는 청설모의 피해가 집중될 가능성이 크므로 이를 고려하여 조사구를 설정하였다.

나. 조사방법

1) 구과의 생장조사

청설모에 의한 잣나무의 구과피해량을 조사하기 위하여 설정된 조사구 당 인접목 1본씩을 무작위로 선정하여 매회 5개씩 총 10개의 구과를 채취하였다. 채취된 구과는 채취 즉시 지퍼백에 밀봉하여 실험실로 가져와 생중량을 측정하였고, 디지털 버어니어캘리퍼스를 이용하여 길이와 폭을 측정하였다.

2) 잣나무구과 피해조사

20m×20m 크기의 정방형 내에 생육하는 개체목마다 흰색 페인트로 띠를 두르고 일련번호를 부여하여 표시하였으며 흉고직경과 분지수를 측정하여 야장에 기록하였다. 조사구 마다 수고가 크고 등목이 유리한 나무를 선정하여 조사시 동일 목의 구과수를 육안으로 관찰함으로써 착과수의 오차를 최소화하도록 노력하였다.

조사조는 등목조사자, 야장기록자, 조사목 구분자 3명으로 편성하고 등목조사자는 표시된 나무에 올라가고 조사목 구분자는 지상에서 일련번호순으로 조사목이 흔들리게 하며 번호를 불러줌으로써 나무위에 있는 등목조사자가 조사목의 수관범위를 구분할 수 있게 하였다.

2003년 10월부터 조사시기별로 각 조사구의 개체목별 착과량을 조사하였으며 전회 조사보다 감소한 구과수를 산출하여 청설모에 의한 섭식량으로 간주하였다. 청설모의 섭식량을 정확히 판단하기 위하여 등목조사와 동시에 조사 임지의 하층에 떨어져 있는 구과의 가해흔적 및 섭식된 인편의 뒷면에 나 있는 청설모의 발톱자국 등을 확인하였다.

3) 장소별(산정, 산복, 산록) 미숙구과 피해

가) 임지 개황

1년차 조사결과 청설모에 의한 잣나무 구과 피해의 경우 월동기간 중에 미숙구과의 피해가 심한 것으로 파악되었다. 따라서 이 기간 중에 잣나무 구과의 피해과정을 상세한 해석을 위하여 잣나무 간벌목을 대상으로 구과피해 특성을 조사하였다.

조사장소는 학술림 20임반과 30임반을 선정하였으며 임황은 표 1 과 같고, 두 장소 공히 사양토로서 하층에 고추나무, 산뽕나무, 국수나무, 물푸레나무 등이 생육하고 있으며 인접하여 참나무림이 분포하였다.

표 1. 미숙구과 피해조사지의 임황

장소	임령	수고	경급	밀도	재적
학술림 20임반	61/53-67	24/12-25	32/24-42	밀	233m ³
학술림 30임반	65/64-70	20/10-29	32/12-58	밀	323m ³

나) 미숙구과의 피해조사방법

단목별 잣나무 구과의 피해정도를 파악하기 위하여 2장소에서 산정 산복, 산록으로 구분하고, 임의로 20본을 선정하여 벌채한 후 단목별 건전구과와 피해구과수를 조사하였다. 조사시 수관 내의 정단지 및 측지부착구과를 구분하였으며, 육안으로 관찰하여 청설모에 의하여 가해진 흔적이 남아있는 미숙구과와 완전히 가해되어 과병만 존재하는 것을 피해구과로 판정하였다. 피해율은 피해구과수/전체구과수의 백분율로 표시하였다.

2. 청설모의 생태적 특성

가. 조사장소

1) 잣나무 임지

청설모의 생태적인 특성은 주로 강원대학 학술림 가운데 춘천시 동산면에 위치한 6, 7림반 내의 잣나무림(10ha)을 중심으로 선정하여 조사하였다 (그림 1). 선정지역은 야생동물에 대한 겨울철 불법포획을 항상 단속하는 지역이므로 청설모의 서식밀도에 대한 인위적인 영향이 적은 곳으로 6림반 내에는 중앙에 임도가 형성되어 있으며 7림반 내에는 잣나무림 중앙으로 등산로가 개설되어 있었다.

2) 사육시설

청설모의 생태연구를 위하여 사육시설(20m×20m×1.5m)을 설치하였다(그림 2). 청설모가 탈출하지 못하도록 2cm×2cm크기의 철망을 이용하여 펜스를 제작하였고, 펜스 위에는 40cm크기의 함석철판을 45도 각도로 연결하였다. 시설 내에는 잣나무 7본, 활엽수 1본을 존치하였고, 인공보금자리를 5개를 설치하였다.

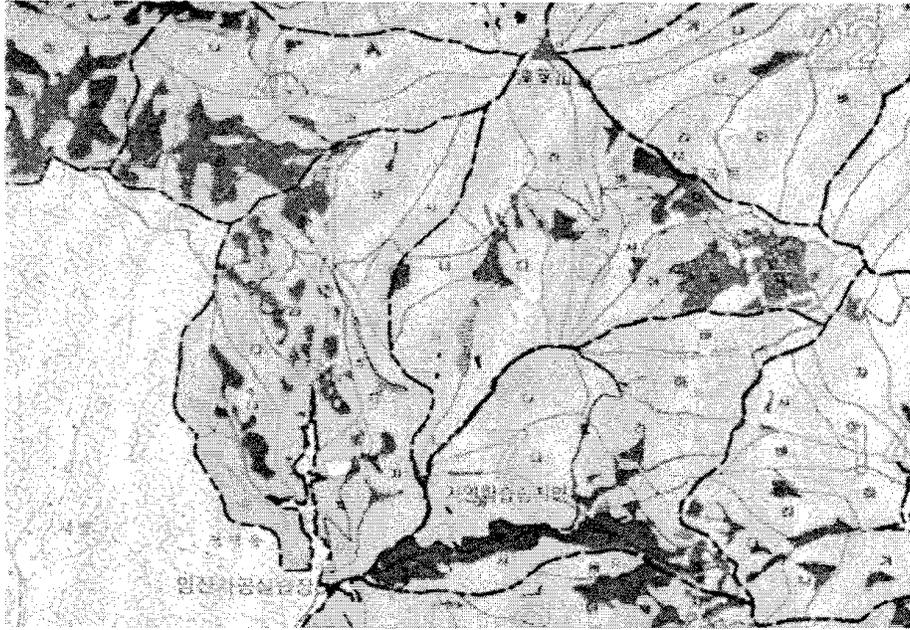


그림 1. 학술림 제 6, 7임반(암색부분 잣나무림)

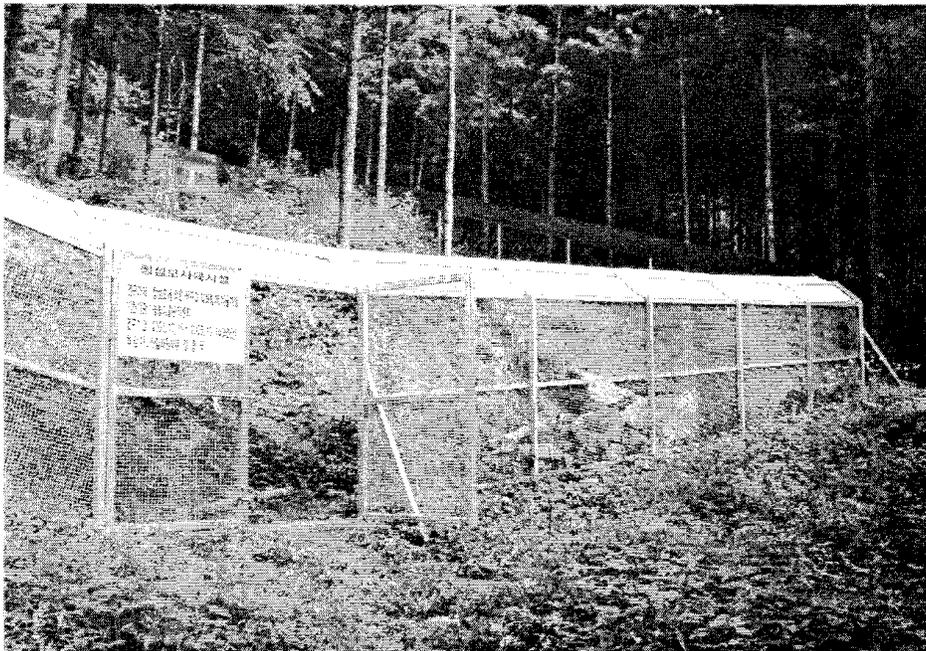


그림 2. 청설모 사육시설

나. 조사방법

1) 형태조사

강원도 춘천지역의 학슬림 및 경기도 가평지역의 잣나무 림에서 2003년 11월~2004년 3월에 청설모 성체 암컷 12마리, 수컷 16마리를 포획하여 형태적 특징(크기)을 캘리퍼스를 이용하여 측정하였으며 몸무게, 위의 내용물 등을 조사하였다.

2) 번식생태

청설모의 번식생태는 발정 및 교미시기, 임신기간, 번식생태주기표 등에 대하여 Tompson(1977)이 구분한 방법에 준하여 관찰하였다. 2003년 2월~7월 기간에 잣나무 임지 및 사육시설 내에서 청설모의 번식행동을 관찰하였으며, 새끼 수는 청설모 보금자리가 있는 임목에 등록하여 직접 관찰하는 방법과 포획한 암컷 청설모의 유선발달정도, 복부의 해부를 통하여 청설모 개체 당 새끼수를 조사하는 방법으로 확인하였다.

3) 활동유형, 세력권, 행동권

본 조사에서는 세력권의 크기를 결정하기 위한 방법으로 기본적으로 행동권의 크기를 원격무선장치(radiotelemetry)를 이용하여 조사하고, 행동권 내의 겨울철 보금자리와 겨울철 먹이저장장소와의 최대거리를 참고하여 세력권의 크기를 추정하였다.

조사구내에서 생포한 청설모 5개체에 행동센서가 장착된 전파발신기(Model M1740, ATS U.S.)를 부착하여 3개소(6임반 나소반 2개체, 5임반 다소반 1개체, 8임반 가소반 2개체)에 방사하여, 수신기와 3소자 야기 안테나를 이용하여 청설모의 위를 1주일 간격으로 위치를 추적조사 하였고, 24시

간 연속해서 5분 간격으로 발신기의 동작센서의 신호음의 펄스차이를 이용하여 활동(60ppm)과 휴식(90ppm) 2가지의 활동유형을 구분하였으며 각 시간대별 활동시간을 총 합계하여 60분으로 나눈 후 100을 곱하여 활동지수를 산출하였다(그림 3).

또한 GPS(GPS III plus, Garmin Inc.)를 이용하여 발신기의 전파를 수신하는 2지점의 좌표와 안테나의 지시방향에 따라 발신각도를 측정하였으며 측정된 자료는 1/25,000 도면에 표시하여 행동권의 크기를 최외각다각형(Maximum Polygon)을 도해하여 행동권의 크기를 분석하였다.



그림 3. 청설모의 발신기 부착

4) 서식환경

가) 보금자리 창설 행동

사육시설 내에서 청설모의 보금자리창설행동에 대하여 관찰하였으며, 잣나무 임지 내에서 청설모의 보금자리가 창설된 임목에 대한 수종, 수고, 흉고직경, 보금자리의 높이, 임연부까지의 거리, 흉고직경 등 제 특성을 조사

하였다.

나) 일일 행동

실내 사육실 및 야외 사육시설 내에서 관찰기기(컴퓨터-서버:CPU : Intel Celeron 2.4GHz, RAM : 256M, HDD : 80GB 7200rpm, RAN : 100M Bandwidth. 16 Channel, OS : Embedded Linux)를 설치하고 청설모를 방사하여 일일 행동 및 점프행동을 기록하였다.

특히 점프능력을 확인하기 위하여 실내 사육시설 내에서는 거짓 포획행동을 하여 청설모가 긴장된 상태에서 행동하게 하였으며, 실외에서는 사육 시설 내에 조제된 통나무를 거리별로 세운 후 먹이를 매달아 놓고, 일상적인 행동시 점프능력을 관찰하였다.

학술림 제 6, 7임반 내에서 청설모의 보금자리가 비교적 많이 창설된 지역을 선정하여 6시부터 18시까지 시간대별로 활동하는 청설모의 개체수를 조사하여 일일 행동을 분석하였다.

다) 먹이 저장 행동

겨울먹이를 저장하는 10월~11월에 보금자리를 중심으로 4방향으로 가로 1m, 세로 50cm를 선정하고 그 안에 있는 임목, 돌, 그루터기 등의 주변에서 땅을 5cm 정도 파헤쳐 저장지점, 종류, 수량 및 지피식생이 피복도와의 관계를 조사하였다.

라) 섭식 습성(견과종류별 일일 섭식량)

잣나무 임지 내에서 서식하는 청설모를 대상으로 청설모의 먹이 선호성과 일일 섭식량을 구명하기 위하여 77cm×47cm×45cm 크기의 사육장에 개체사육을 하였다.

청설모는 먹이를 지면에 저장하는 습성이 있으므로 일일 섭식량을 정확하게 산출하기 곤란하므로 이를 고려하여 사육장 내에서는 먹이저장이 불가능하도록 6면을 모두 철망으로 설계하여 제작하였다.

먹이 제공량은 예비실험결과 청설모 1마리가 100g이상 섭식하지 않는 것으로 구명되어 매회 200g을 제공하였다. 먹이제공 후 24시간 후에 섭식 후 남긴 종실의 잔존량을 측정하였다.

또한 견과류인 잣, 밤, 도토리, 호두에 대한 선호성을 조사하였다. 실험시 대비되는 2종류를 제공하여 섭식량을 기초로 한 선호정도를 파악하였다.

마) 청설모의 개체군 밀도변화

청설모의 서식 개체군 밀도는 잣나무가 산재하여 있으며 중앙에 임도가 개설되어 있는 6임반과 잣나무림 중앙에 등산로가 개설된 7임반 내에 임지에서 조사하였다.

각 조사지역에 1km의 관찰로를 선정하고 폭 50m이내에 서식하는 개체수를 조사하였다. 조사기간은 2003년 3월부터 2004년 4월까지로 총 6회에 걸쳐 매회 3반복(3일) 조사를 실시하여 최대치를 서식 개체수로 추정하였다. 단위 면적당 밀도는 관찰 개체수를 조사면적(조사거리 × 양측관찰 폭 50m) 5ha로 나누어 산출하였다.

조사시각은 청설모의 활동이 가장 빈번한 해뜨는 시각에 맞추어 수행하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 잣나무 구과의 생장

시기별로 청설모의 가해습성을 이해하는데 기초 자료를 얻기 위하여 잣나무의 구과생장과정을 조사하였다. 청설모에 의한 구과피해 조사구 주변의 인접목을 조사목으로 선정하였으며 선정목으로부터 구과를 채취하여 생중량, 구과의 길이, 넓이를 측정 한 결과는 표 2, 그림 4, 그림 5와 같았다.

구과의 생중량은 전년도 10월부터 다음해 3월까지 특별한 변화를 보이지 않고 3월부터 6월 까지 완만한 변화를 보이기 시작하다가 6월부터 7월까지 급격한 성장을 하는 것으로 나타나고 있으며, 다시 8월 까지는 완만한 성장을 보이고 있는 것으로 나타났다.

구과의 길이는 전년도 10월에 3.2cm이었고, 3월 까지 완만한 변화를 보이다가 4월부터 7월까지 기간동안 빠르게 성장하였으며 이후는 다시 완만하게 성장하였다. 구과의 폭은 전년도 10월부터 익년도 8월까지 약 6.2cm의 성장을 보였다.

표 2. 잣나무구과의 성장특성

년/월	생중량(g)	구과길이(cm)	구과폭(cm)
03/10	7.7	3.2	2.3
03/11	7.6	3.3	2.4
03/12	7.9	3.4	2.6
04/1	7.9	4.0	3.0
04/2	8.0	4.2	3.2
04/3	7.9	4.5	3.8
04/4	35.2	5.5	4.4
04/5	60.2	6.0	4.5
04/6	90.8	8.0	5.0
04/7	303.3	14.3	7.7
04/8	330.2	14.5	8.5

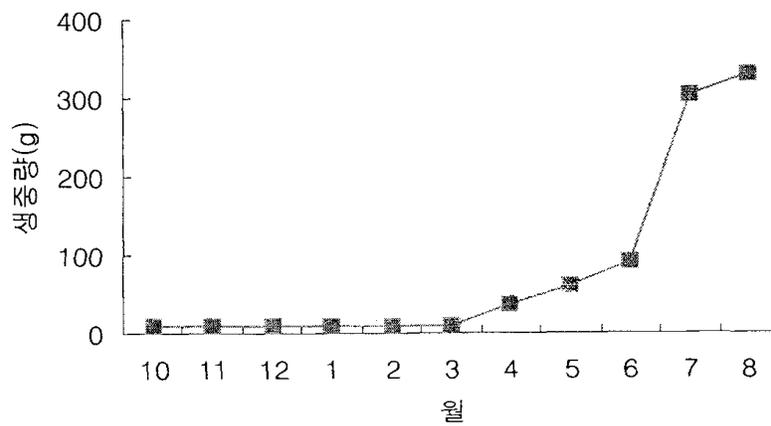


그림 4. 잣나무 구과의 월별 생중량

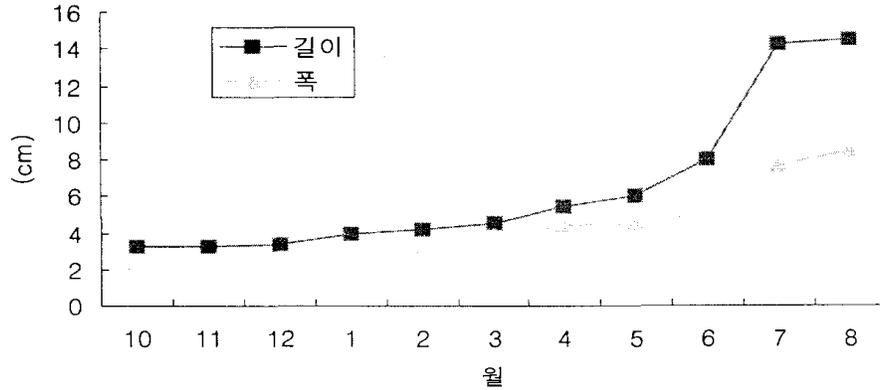


그림 5. 잣나무 구과의 월별 성장(길이, 폭)변화

2. DBH와 분지수에 따른 착과량 분석

본 연구의 조사구 내 모든 개체의 착과량과 DBH의 관계를 분석하기 위하여 분포도를 그려본 결과 그림 6와 같았다. 조사목의 직경이 커질수록 착과수의 분포범위가 현저히 늘어나는 것은 분명하지만 일정한 경향을 보인다고는 할 수 없었다. 일정한 면적에서 착과되는 구과수는 한정되어 있으며 개체목간의 오랜 경쟁으로 분화가 심해진 8령급의 임지에서는 착과수가 우세목과 열세목간에 큰 격차를 보이게 되는 것으로 사료된다.

분지수에 따라 착과량의 변화를 살피기 위해 분포도를 그려본 결과 그림 7과 같았다. 그러나 분지수도 착과량과 일정한 관계를 갖고 있는 것은 아니었으며 평균 3-4개의 분지를 가지고 있는 것이 확인되었다. 분지수가 6~8개가 되는 임목은 오히려 평균보다 떨어지는 것으로 분석되었다. 이는 Apical dominance가 유난히 강한 잣나무에 있어서 수관사이의 좁은 공간 내에 많은 분지가 생김으로써 줄기의 생장이 건강하지 못하기 때문인 것으로 추측한다.

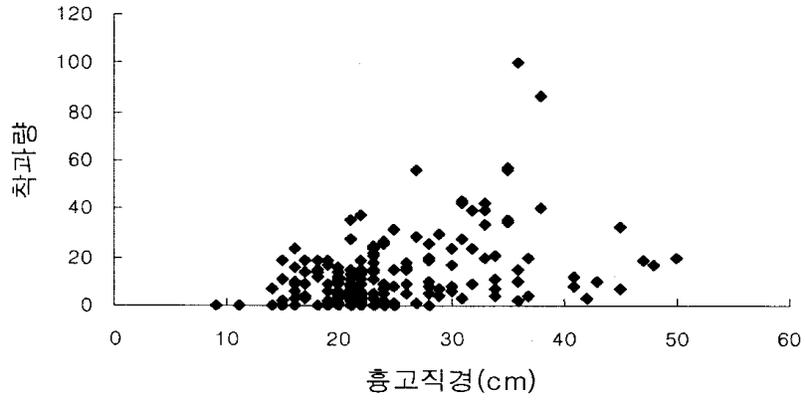


그림 6. 잣나무 흉고직경과 착과량과의 관계.

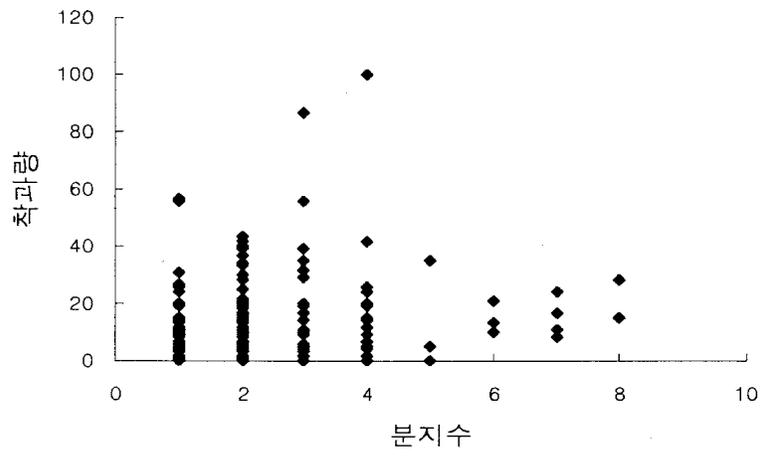


그림 7. 잣나무구과의 분지수와 착과량과의 관계.

3. 청설모에 의한 잣나무 구과의 피해특성 구명

가. 조사지 임지 개황

청설모에 의한 잣나무구과의 연차적 피해정도를 해석하기 위하여 2003년도 선정된 조사지역에서 동일한 방법으로 조사하였다. 조사장소는 표 3과 같이 설정하였다. 토양은 풍화된 갈색산림토양으로 풍부한 유기질을 함유하고 있으며 토심이 깊고, 비교적 배수 및 공기의 유통이 양호한 지역이었다. 춘천 측후소의 관측 자료에 의하면 연평균기온은 10.1℃이며, 강우량은 1,000mm에서 1,600mm이고, 4령급의 경우 임지밀도는 650본/ha에서부터 1,250본/ha까지 다양하게 설정되었으며 모든 임지에 2회의 간벌이 실행되었다. 8령급 임지의 경우는 모두 3회 이상의 간벌이 실행되었고, 임지별 개체목별 직경에 차이가 컸으며 임지밀도는 250본/ha에서 550본/ha의 범위에 있었다. 또한 조사지역 내 대부분의 임지는 그동안의 잣 채취 작업시 초두부가 잘리게 됨으로써 줄기가 평균 8m 높이에서 분지된 상태였으며 가지치기가 실행되지 않아 고사지가 많았다.

하층에는 산뽕나무, 개웃나무, 생강나무, 물푸레나무, 노린재나무, 쪽동백, 신갈나무 등의 관목과 큰기름새, 담쟁이덩굴, 청가시덩굴, 풀고비, 새팔덩굴, 둥굴래, 산그늘, 삼주, 뚝갈, 으아리, 조개풀 등이 분포되어 있었다. 피복도는 20~30%이었다.

표 3. 조사장소의 임황, 지황

조사 장소	수 령	수고	흉고직경	본수/ha	분지수	방향	경사	토심
1	VIII	25±2.5	31.5±4.3	550/ha	3.4±2.1	0	17	59
2	IV	19±1.9	22.0±2.3	1250/ha	2.1±1.3	20	29	40
3	VIII	25±1.7	28.3±5.0	250/ha	4.6±2.2	90	29	60
4	IV	20±2.0	21.3±3.5	625/ha	1.8±0.7	32	5	40
5	VIII	26±2.4	33.4±5.6	325/ha	1.7±0.7	51	15	55
6	VIII	26±2.5	41.6±7.2	275/ha	2.3±0.9	32	6	60
7	IV	19±1.0	18.8±3.8	900/ha	2.0±0.9	50	29	40
8	IV	23±1.5	21.0±3.5	550/ha	1.7±0.7	48	6	60

나. 잣나무 구과의 피해특성

1) 조사장소(8장소)별 잣나무 구과수의 감소추이

잣나무 구과의 피해추이를 파악하기 위하여 조사장소별 피해구과수를 조사한 결과는 그림 8과 같다. 2002년 10월 조사장소 전체 착과수(미성숙구과)는 4745개, 장소별 착과수는 259~1111개로 장소에 따른 착과량의 차이가 크게 나타났다. 평균착과수는 593±263개이었다. 2003년 8월의 결실구과수(성숙구과)는 1352개, 평균 169±158개이었다. 2003년 10월에 전체 착과수는 5671개, 장소별 착과수는 358~1113개로 전년에 이어 역시 장소별 착과량의 차이가 크게 나타났다. 2004년 8월의 결실구과수는 2,306개, 평균 288±147개이었다.

2002년보다 2003년의 착과수가 많았으며 1, 2차 조사년 모두 장소별로

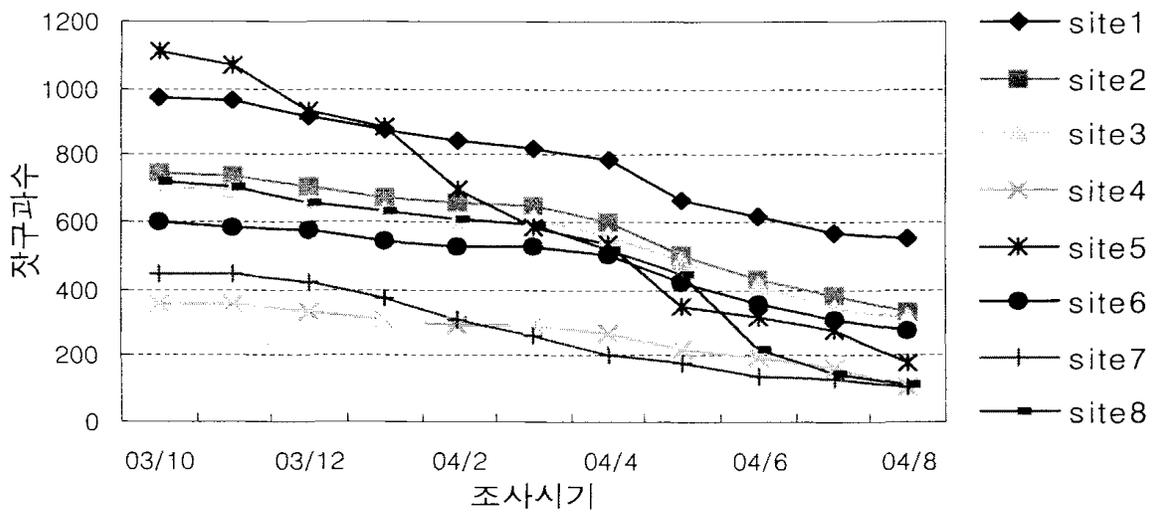
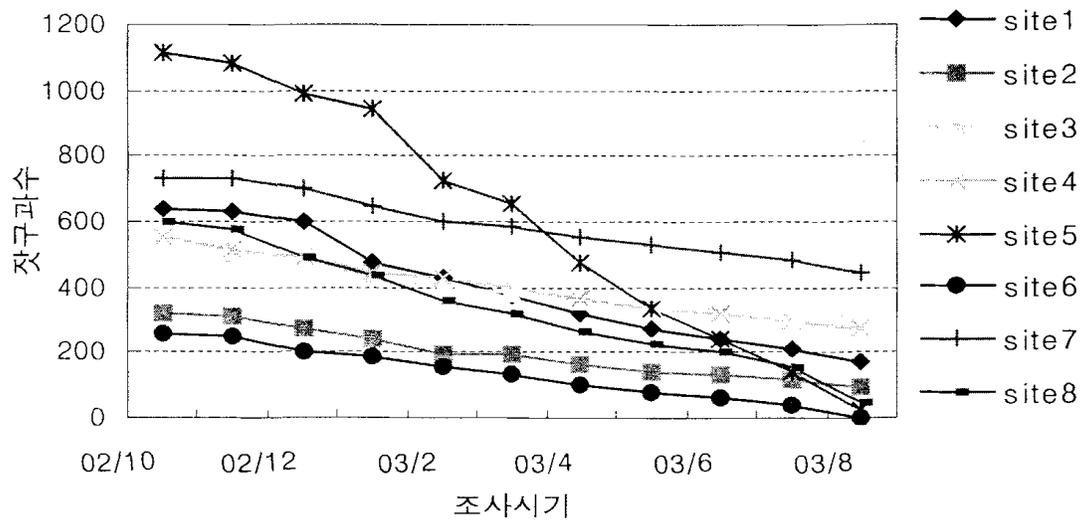


그림 8. 청설모에 의한 잣나무구과의 시기별 피해추이
(상:2002-2003. 하:2003-2004)

잣 착과수 및 결실구과수의 차이가 크게 나타났다. 미숙구과에서 성숙구과가 되는 기간동안의 피해 구과수 또한 장소에 따라 큰 차이를 보였다.

최초 조사한 미숙구과를 100으로 하여 성숙구과가 되는 기간동안의 피해율은 구한 결과는 그림 9과 같이 조사년도 모두 장소에 따라 피해율이 심하게 차이가 나타났다. 2002~2003년의 경우 미숙구과에서 성숙구과 기간동안 일량적인 피해경향을 보였고, 2003~2004년의 경우 미숙구과 시기보다는 성숙구과의 시기에 피해가 심한 경향을 보였다.

청설모에 의한 조사 장소별 잣나무 구과 피해율을 산출한 결과는 그림 10과 같다. 2002년 10월 미숙구과에서 2003년 8월 성숙구과의 기간동안 장소별로 산출한 잣나무의 구과 피해율은 39.7%~99.2%이었으며, 평균 피해율은 71.5%이었고, 2003년 10월부터 2004년 8월까지의 기간동안 피해율은 44.0%~84.0%, 평균 피해율은 65.5%이었다.

잣나무 구과에 대한 청설모의 피해율은 조사 년도별 조사지역별로 차이가 나타났으며, 1차 년도에 조사한 피해율이 2차 년도에 조사한 피해율보다 높게 나타났다.

잣나무 수령급에 따라 산출한 피해율은 그림 11과 같이 4령급에서 36%(2002~2003), 36%(2003~2004), 8령급에서 22%(2002~2003), 45%(2003~2004)로 령급별 피해율의 차이는 나타나지 않았으며 구과의 피해패턴 또한 연중 비슷하게 나타났다.

조사장소별 피해율의 차이는 잣나무림에 세력권을 형성하고 서식하는 청설모의 서식개체수 및 섭식행동에 기인하는 것으로 사료되며, 1년차보다 2년차의 피해가 낮게 나타난 것은 청설모의 서식밀도에 영향을 받았을 것으로 판단되나 2003년도 결실한 잣나무 구과의 량이 현저히 많았던 것도 한 원인으로 생각된다.

잣나무 구과 피해율에 대하여 전(1979)은 잣나무 구과 착과량과 낙과량

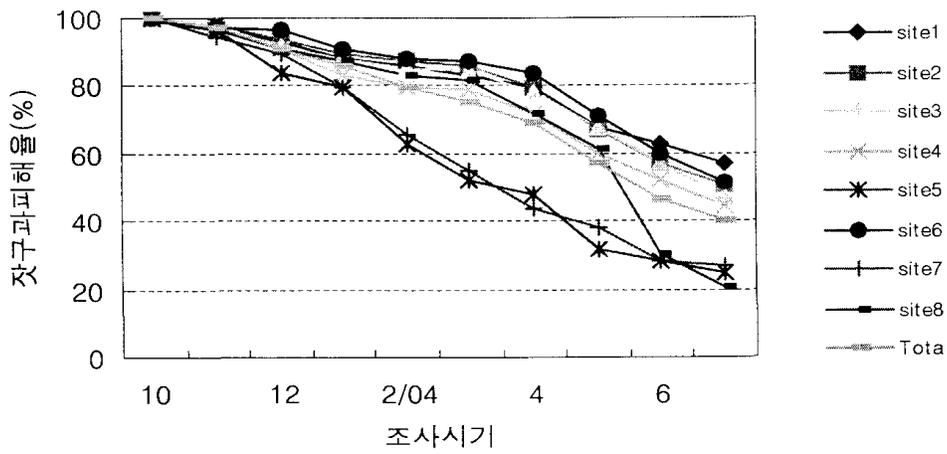
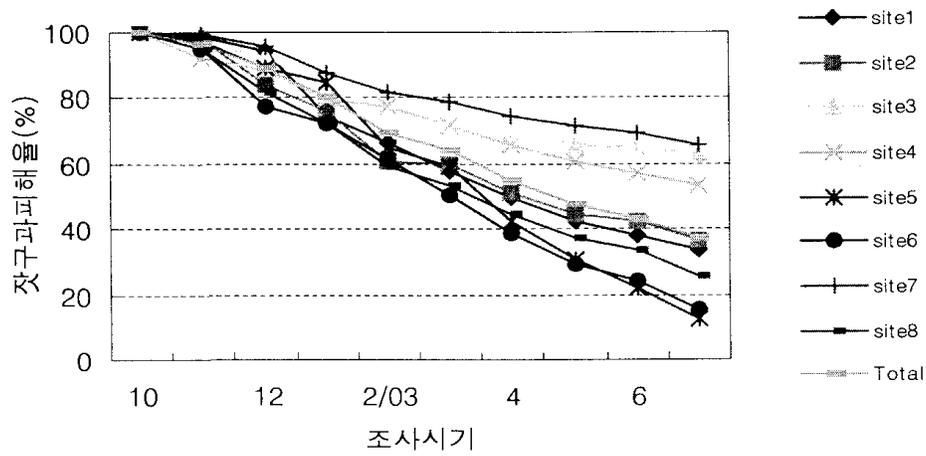


그림 9. 청설모에 의한 잣나무구과의 시기별 피해율
(상:2002-2003. 하:2003-2004)

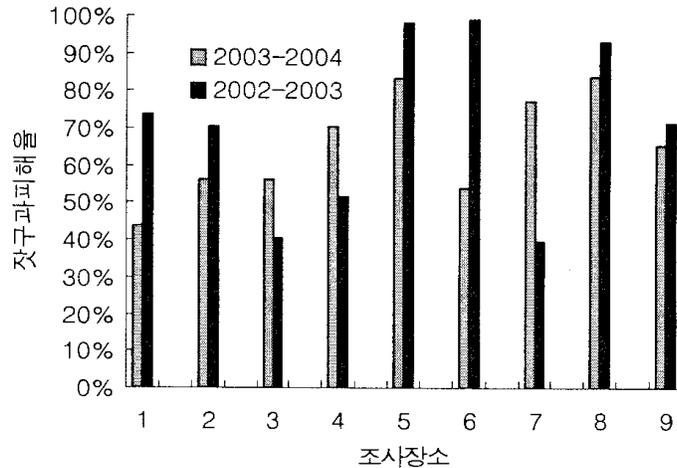


그림 10. 조사장소별 잣나무 구과 전체 피해율 (9는 조사장소 천제피해율임)

사이에는 정의 상관관계가 있다고 하였고, 평균 낙과율은 $75.1 \pm 2.6\%$ 라 하였다. 낙과원인으로는 생리적 요인, 물리적 요인, 동물과 기타생물요인을 지적하였고, 이들 요인 가운데 생리적인 요인이 가장 많은 영향을 미친다고 하였다. 또한 잣나무 구과의 결실량이 낙과수에 미치는 영향은 적고, 다량 결실이 1~2년간의 낙과량을 증가시키는 경향을 보였다고 하였다.

유 등(1987)은 구과피해정도를 조사하여 5월부터 8월까지 피해율이 약 50%이며, 조사임지 전체에서 피해율이 비슷하다고 보고한 바 있다. 본 조사에서 잣나무 구과 피해율은 유 등(1987)의 결과 보다는 높고, 전(1979)의 조사결과와 비슷한 값을 얻었다. 유(1987)의 결과보다 높은 이유는 겨울기간동안 미숙구과 섭식량을 간과하여 미숙구과의 피해가 반영되지 않았기 때문에 나타난 결과로 판단되며, 전(1979)의 보고도 미숙구과 기간동안의 동물(청설모)피해에 대한 계량화를 간과한 결과라 생각된다.

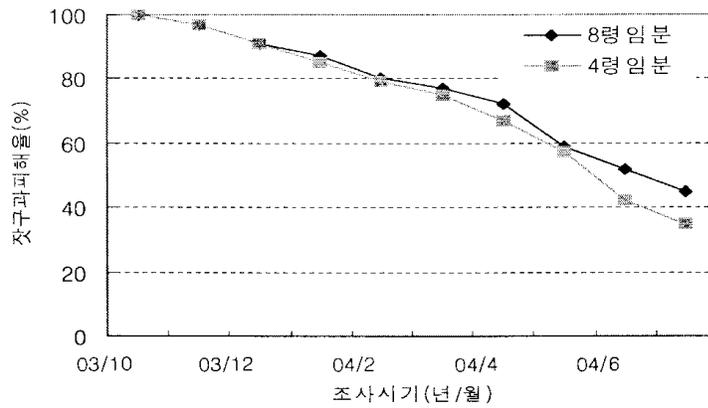
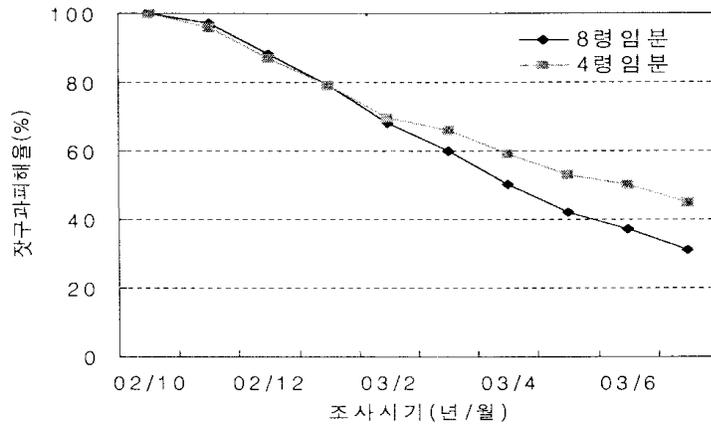


그림 11. 잣나무 령급별 잣나무 구과의 시기별 피해추이
(상:2002-2003, 하:2003-2004)

이밖에 미숙구과의 피해에 관하여 Aunu 등(1985)은 Jack pine 구과의 생명표연구에서 구과가 형성된 후 5~12개월에 10.3%, 수확 2~3개월 전인 15~17개월에 29.8%의 구과가 청설모에 의해 피해를 받았다고 보고하였다.

2) 시기별 구과의 피해량

시기별로 잣나무 구과의 피해량을 조사하기 위하여 장소별로 수목 당 피해구과를 조사하여 정리한 결과는 그림 12와 같이 각 조사시기별 피해율의 차이는 심하게 나타났다. 청설모는 잣나무 구과가 착과된 직후 9월 후반기부터 구과를 가해하기 시작하여 성숙시기까지 가해하였으며, 구과 피해율이 가장 낮은 시기는 조사년도 모두 11월이었고, 높은 시기는 2002~2003년에 2월(미숙구과시기), 2003~2004년에 8월(성숙구과시기)인 것으로 파악되었다.

청설모가 월동을 나기위하여 지면에 저장하여 두었던 먹이를 4월 까지 섭식하나 같은 기간 동안에 미숙구과도 가해하는 것이 관찰되었다. 이 기간 동안 미숙구과의 전체 피해율은 2002~2003에 51.0%, 2003~2004에 35.0%로 상당히 많은 구과가 피해를 받고 있는 것으로 나타났다.

구과의 수확은 주로 8~9월에 이루어지므로 잣 수확 종료 전까지는 계속하여 피해를 받을 것으로 사료되어, 잣 수확 시기에 따른 미숙구과의 피해율이 다르게 산정될 가능성이 있으나 8월까지의 피해량을 기초로 분석한 미숙구과의 피해율은 실제 시기별 피해 값이 최대치일 가능성을 감안하더라도 무시할 수 없는 량으로 판단된다.

또한 조사 년도별로 피해량의 차이가 나타났는데 이는 청설모의 밀도, 년도별 착과수의 차이, 임목별 착과량의 차이(1-2항), 저장량 다소, 겨울동안의 기후 등에 영향을 받을 것으로 사료되며 금후 생태학적인 특성과 관련하여 검토가 필요하다.

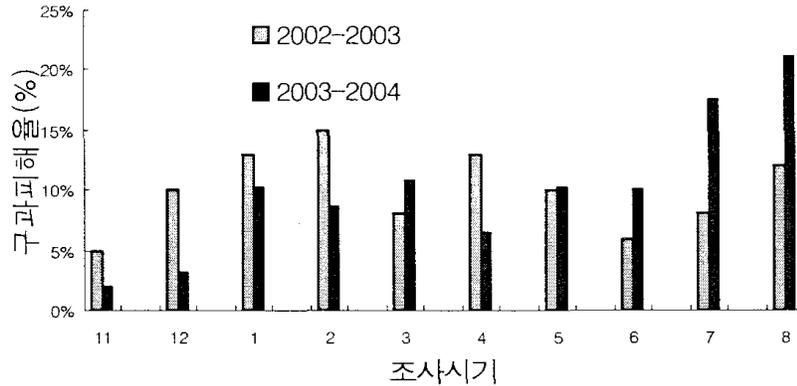


그림 12. 조사시기별 전체 잣나무 구과 피해율

3) 단목별 잣나무 미숙구과 피해특성

조사결과 월동기간 동안에 미숙구과의 피해율이 35~51%로 전체 구과피해율의 1/2이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이에 미숙구과 피해량을 상세히 추정하기 위하여 30임반 하소반(site A), 20임반 차소반(siteB)에서 임의로 임목을 선정, 별채한 후 구과피해를 조사한 결과는 그림 13와 같다.

2002년~2003년 청설모에 의하여 구과피해를 전혀 받지 않은 임목이 31본, 피해율이 81~100%인 임목이 80본이었다. 이 가운데 100%의 피해를 받은 임목은 52본이었다.

2003년~2004년 조사결과는 siteA지역에서 구과피해를 전혀 받지 않은 임목이 22본, 80%이상 피해를 받은 임목이 3본이었고, siteB지역은 피해 받지 않은 임목이 16본, 80%이상 피해 받은 임목이 17본이었다.

이와 같이 피해가 단목별로 나타나는 등 피해경향에 차이가 나타나는 것은 첫째, 청설모는 겨울철에 먹이를 섭식하기 위하여 주로 보금자리 주변의 수목을 대상으로 미숙구과를 섭식하는 행동이 관찰되는 점, 둘째, 먹이탐색시여러 개의 수목을 선택하지 않고, 선택한 임목에 착과된 구과를 모조리가해하는 행동특성이 관찰되는 점 등이 주 원인 일 것으로 판단된다.

생존을 위하여 적은 량의 에너지 소비로 최대한 영양섭취가 필요하고, 이를 위하여 영양물질이 적게 함유된 미숙구과를 대량으로 섭식하므로 피해가 집중하게 되는 것으로 이해되며 더욱이 연차적으로 다르게 나타나는 구과의 결실량에도 영향을 받는 것으로 생각된다.

구과피해율과 관련하여 조사된 결과는 금후 청설모의 서식 개체수 및 섭식행동과의 관계를 고려하여 상세히 추연할 필요가 있다.

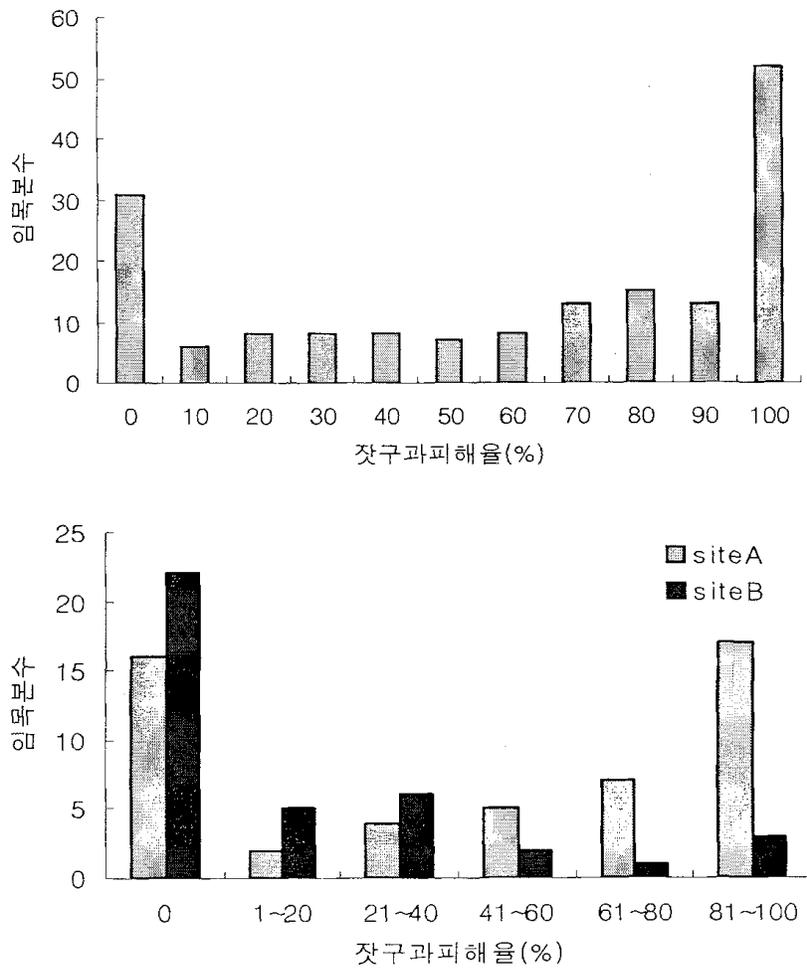


그림 13. 청설모에 의한 미숙구과 피해율과 빈도(잣나무본수)수와의 관계
(상:2002-2003. 하:2003-2004)

4) 임지 위치별 미숙구과 피해

잣나무 구과의 피해정도를 조사지역의 산정, 산복, 산록부위별로 분석한 결과는 표 4와 같다. 잣나무 구과 피해율은 siteA의 경우 산정이 15.0±3.2%, 산복이 18.6±3.9%, 산록이 25.9±5.6%이었고, siteB의 경우는 산정이 19.2±7.3%, 산복이 16.4±6.8%, 산록이 23.2±8.4%로 두 지역 모두 산정과 산복의 피해율이 비슷하였으며 산록이 높게 나타났다. 산록부 특히 임연부의 잣나무에서 구과 피해수가 높게 관찰되는데 이와 같이 임연부의 잣나무구과의 피해가 높은 것은 청설모가 주로 임연부의 잣나무를 선호하여 보금자리를 짓고 서식하므로 손쉽게 얻을 수 있는 주위의 먹이자원을 우선 가해하는데 원인이 있는 것으로 판단된다.

한편 수목의 정단부위에 열린 잣나무 구과와 측지에 열린 잣나무 구과의 피해율은 표 5와 같이 siteA에서 정단부위 33.6±8.5%, 측지 32.5±4.5%, siteB에서 정단부위 18.9±9.2%, 측지 15.9±6.3%로 유의적인 차이는 없으나 정단부위의 피해율이 다소 높게 나타났다.

표 4. 청설모에 의한 잣나무 구과의 단목별 피해

조사 장소	임지 위치	청설모에 의한 단목별 잣나무 구과 피해		
		건전구과	피해구과	구과피해율(%)
siteA	산정	35.5±9.5	5.3±1.9	15.0±3.2 a
	산복	30.1±7.3	6.6±2.3	18.6±3.9 a
	산록	33.1±8.7	11.6±4.5	25.9±5.6 b
siteB	산정	18.3±6.1	4.4±2.2	19.2±7.3 a
	산복	23.4±5.3	4.6±3.1	16.4±6.8 a
	산록	25.0±6.4	7.6±4.2	23.2±8.4 a

표 5. 청설모에 의한 잣나무 구과의 가지별 피해

조사 장소	가지 부위	청설모에 의한 잣나무 구과 피해		
		진전구과	피해구과	구과피해율(%)
siteA	정단	75±16.9	24±8.4	33.6±8.5
	측지	54±12.3	26±6.4	32.5±4.5
siteB	정단	64±14.7	15±4.7	18.9±9.2
	측지	37±8.5	7±6.1	15.9±6.3

4. 청설모의 형태 및 생태적 특성

가. 형태적 특성

청설모 28개체(암컷 12개체, 수컷 16개체)의 형태적 특징을 조사한 결과는 그림 14, 표 6과 같다. 원시적인 청설모의 털은 겨울동안은 회색이나 이른 봄에 털갈이가 관찰되며 여름은 암회색으로 변화하였다.

특히 겨울에는 귀의 털이 길게 자라며 주로 물이 가까운 지역(산간부의 경우 계곡의 물을 이용할 수 있는 곳)에 있는 잣나무의 수간과 큰 가지가 만나는 곳에 보금자리를 만들고, 주로 수상생활을 하였다.

성체의 체장은 암컷이 22.3±0.9cm, 수컷이 22.1±1.1cm이었고, 체중은 암컷이 312.9±67.3g, 수컷이 338.3±35.7g이었다. 꼬리길이는 암컷이 25.8±1.4cm, 수컷이 24.4±1.6cm으로 암수의 차이는 없는 것으로 나타났다.

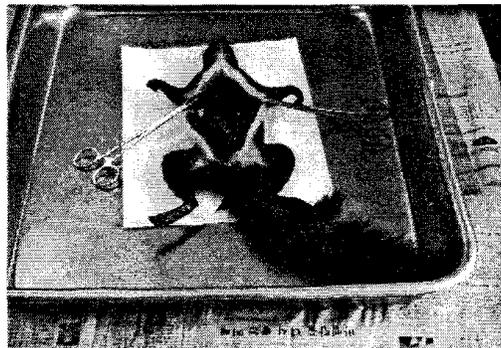
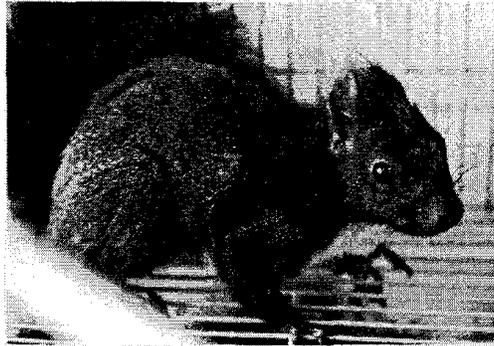


그림 14. 청설모의 형태적 특징

표 6. 청설모의 부위별 형태(크기)

Female(12개체평균)			Male(16개체평균)		
체장(cm)		22.3±0.9	체장(cm)		22.1±1.1
체중(g)		312.9±67.3	체중(g)		338.3±35.7
머리(cm)		5.8±0.2	머리(cm)		5.8±0.3
몸둘레(cm)		12.6±1.4	몸둘레(cm)		12.6±1.1
목둘레(cm)		8.7±1.1	목둘레(cm)		9.0±0.7
꼬리(cm)		25.8±1.4	꼬리(cm)		24.4±1.6
후족장(cm)		6.1±0.6	후족장(cm)		6.0±0.8
전지와 후지간(cm)		10.6±0.6	전지와 후지간(cm)		10.0±0.8
몸높이(cm)	전	13.4±0.9	몸높이(cm)	전	13.2±0.8
	후	17.8±0.9		후	17.4±1.4
앞발길이(cm)	길이	3.5±0.2	앞발길이(cm)	길이	3.4±0.2
	폭	0.7±0.1		폭	0.7±0.1
뒷발길이(cm)	길이	5.6±0.3	뒷발길이(cm)	길이	5.7±0.3
	폭	1.1±0.3		폭	1.1±0.2
발톱(cm)		0.8±0.1	발톱(cm)		0.7±0.1

나. 번식생태

야외 및 사육시설 내에서 청설모의 번식생태(발정 및 교미시기, 임신기간, 번식생태주기표, 한배 새끼수)를 관찰하였으며, 포획한 청설모의 임신여부, 섭식한 먹이의 종류를 조사하였다.

1) 발정 및 교미시기, 임신시기

4월 중순이후 많은 개체가 관찰되었고, 관찰개체는 주로 여러 마리의 수컷이 암컷을 따라다니는 구애 행동(prechase)을 보였고, 구애행동은 3~4일 지속되었다. 특히 이들 개체는 발정한 암컷을 중심으로 3~10마리가 집합하여 소리를 지르며 서로 경쟁(투쟁)하거나 암수가 짝짓기하는 행동도 관찰되었다(그림 15). 4월 13일 청설모의 보금자리에서 어린개체 3마리가 발견되어 형태를 측정한 결과 체중 35g, 주동장 53cm 털길이 2mm이었으며 개안이 되지 않은 생후 2주정도 지난 신생개체임을 확인하였다. 이를 임신기간

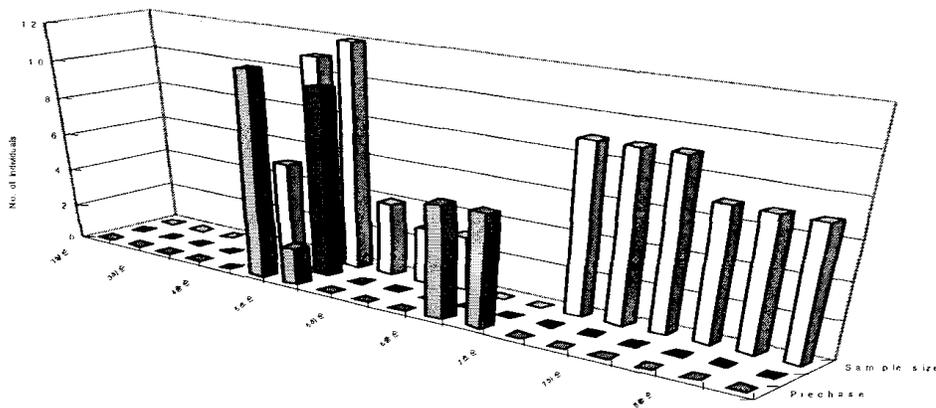


그림 15. 청설모의 번식생태 관찰개체수

표 7. 청설모의 번식기간

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
행동 짜짓기 기간 (Mating period)												
임신기간 (Gestation period)												
수유기간 (Nursing period)												
이유기간 (Weaning period)												
집창설 기간 (Nesting period)												

35~40일로 하여 역산하면 일부 청설모는 주로 1월 하순에서 2월 상순에 교미가 이루어지는 것으로 추정된다.

근사아종인 만주청설모(*Scriurus vulagis mantshuricus*)의 임신기간은 약 35일(원, 1968), 일본 청설모(*Scriurus vulagis orientis*)는 39일(山谷, 1969)인 것으로 보고하고 있다. 또한 집을 이탈하여 행동하는데 까지 걸리는 시간은 40~45일로 관찰되었으며 8주후에는 완전히 이유하는 것으로 파악되었다.

이상의 결과를 가지고 청설모의 번식생태주기를 작성하면 청설모의 최고 발정·교미기는 4월 하순~5월 초순이며, 임신기간은 35일 정도로 6월 초순~중순에 새끼를 낳으며, 60일 정도의 이유기간을 지나 임내에 출현하는

시기는 8월 초순~8월 중순인 것으로 판단된다(표 7).

반면 일부 성체에 국한하여 1월 하순~2월 초순에 발정 교미하여 4월 번식하는 것으로 관찰되었다. 이들 개체는 대개 5월 하순이면 이유를 끝내므로 6월 중순경에 prechase를 하는 개체들은 2차 번식을 하는 것으로 판단된다.

국내의 청설모 번식은 이용 가능한 서식환경의 먹이조건과 상관성이 있으며 겨울동안에 먹이가 적어 생리적인 조건이 번식에 불리한 경우는 봄에 번식하지 않고, 여름에 이를 보충하기 위하여 많은 수의 자식을 낳는 년 1회 발생하는 유형과 먹이조건이 양호하여 번식조건에 부합하면 봄과 여름에 번식하는 년 2회 발생하는 유형이 존재하는 것으로 판단된다.

이와 같은 이유로 잣나무림 내에 어린 청설모 개체는 봄, 여름 기간 중에 다수 관찰되는 것으로 파악되었다.

청설모의 번식회수에 대하여 Tompson(1979)은 년 2회, Farentions (1972)와 Keith(1985)는 년 1회 발생 한다고 보고하고 있어 청설모 종간 또는 지역의 기후 먹이조건에 따라 차이가 발생하는 것으로 판단된다.

2) 청설모 한배 새끼수

보금자리별, 개체별로 청설모의 새끼수를 조사한 결과는 표 8과 같다. 보금자리별 새끼수는 3~4마리, 평균 3.6마리이었고, 개체별로는 2~4마리, 평균 3.2마리로서 조사방법간의 차이는 없는 것으로 나타났다.

청설모의 새끼수에 대하여 兪는 3.5마리, Farentions의 3.2마리, 山谷의 3.9마리, Keith의 3.4마리라 보고한 바, 청설모 암컷은 한배에 3-4마리의 자손을 생산하는 것으로 판단된다.

표 8. 청설모의 개체당 새끼수

구분	보급자리수, 개체수	조사일자	산자수/배
보급자리별 산자수	1	2003.4.13	3
	2	2003.7.13	4
	3	2003.7.13	4
	4	2003.7.26	4
	5	2003.7.26	3
	평균		3.6±0.6
개체별 산자수	1	2004.4.20	2
	2	2004.4.20	3
	3	2004.5.15	4
	4	2004.5.14	3
	5	2004.5.14	4
	평균		3.2±0.7

다. 청설모의 행동권, 세력권

1) 행동권

전파발신기 추적과 육안 관찰에 의한 청설모의 행동권 조사한 결과 1마리는 1.0ha, 다른 1마리는 3.0ha로서 약간의 차이를 나타냈다. 이는 청설모의 행동권은 밀도에 따라 크기의 차이가 있는 것으로 보고하고 있는데 대개 강한 개체들의 영역권이 크다고 되어 있다.

Flyger는 11마리/ha인 지역에서 평균 0.6ha라고 보고하였으며, 0.3마리/ha인 지역에서 평균 7.2ha라고 보고하였으며, 또한 청설모의 영역권은 서식지

의 질과 량에 따라 달라지는 것으로 판단된다. 즉 먹이, 번식장소 등이 풍부하면 행동권은 작아지고 반대로 환경이 열악하면 행동권은 커지게 된다. Patton에 따르면 청설모는 2~6개의 보금자리를 이용하고 800~1150m 이동 거리를 갖는다고 하였다.

2) 세력권

세력권은 서식환경 내에 먹이자원의 풍부도와 이를 찾아낼 수 있는 확률 (preditability) 및 동물의 공간이용 행태와의 상관관계가 있는 것으로 보고 (Gurnell 1987) 하고 있다. 먹이자원의 밀도가 높고 이를 찾아내는데 필요한 시간과 노력이 적게 들 경우 비교적 안정된 세력권을 갖게 되며, 먹이자원이 분산되어 있고 이를 찾아내는데 어려움이 따를수록 세력권이 형성되지 않는다.

Wauters et. al. (1995)에 따르면 유라시안 청설모(*Sciurus vulgaris*) 암컷은 성공적인 번식을 위하여 세력권을 갖는 것이 절대적이며, 이 세력권은 보통 일생동안 유지되나, 첫 번째 세력권내에 번식조건이 나빠질 경우에는 보다 나은 장소에 세력권이 형성되어 있지 않는 장소로 이동하는 것으로 보고하고 있다.

잣나무 임지에서 청설모의 세력권의 크기는 세력권을 방어하는데 필요한 비용과 이를 유지하면서 얻을 수 있는 편익이라는 비용편익의 함수로 설명되어지는데 세력권의 크기가 클수록 상대적으로 비용이 증가하게 되므로 최소비용으로 최대의 이익을 낼 수 있는 적정선에서 결정되게 된다. 특히, 가을철에 청설모의 서식밀도가 1.5/ha로 가장 높게 나타났는데, 먹이경쟁 또한 상대적으로 증가하게 되어 세력권의 크기가 줄어들게 되며, 이시기는 겨울을 나기 위하여 먹이저장 활동이 활발하게 일어나는 시기로 보금자리로부터 먹이의 저장장소와의 최대거리가 청설모의 경우 최고로 경제적인 세력권의

크기로 볼 수 있다.

또한 침엽수림에서 청설모의 세력권의 크기는 무선행동추적장치로 확인된 모든 위치 점들의 최외각점을 선으로 연결하여 표현하는 최대볼록다각형(maximum convex polygon) 기법으로 분석한 행동권내의 약 70%에 해당하는 핵심지역의 크기로 나타낸다(Wauters 및 Dhondt 1992).

청설모의 세력권조사결과 청설모의 행동권은 조사기간 내내 방사한 잣나무 임지 내에서 서식하였으며, 행동권의 크기는 약 1~3ha 정도로 나타났으며, 보금자리로부터 먹이의 저장거리는 최대 약 100m 정도로 나타났다. 따라서 본 조사에서 청설모의 행동권의 크기의 70%와 반경100m의 원을 세력권의 크기로 반영할 경우 약 0.7~3.1ha 정도로 추정된다. 북미청설모(*Tamiasciurus hudsonicus*)의 세력권의 평균크기는 0.79 ± 0.69 ha(수컷 0.70 ± 0.80 ha, 암컷 0.96 ± 0.48 ha)로 성별과 체중에 따른 세력권의 크기에 차이가 없는 것으로 보고하고(Valasman K. L. and J.M. Fryxell 2002) 있다.

따라서 본 조사결과에서 추정된 세력권의 크기는 북미청설모의 크기보다 약간 큰 것으로 볼 수 있는데, 우리나라 청설모의 체중이 평균 368g 정도로 북미청설모(168g)에 비하여 약 2배로 많이 나가기 때문에 세력권의 크기도 상대적으로 비례하는 것으로 추정된다. 그러나 행동권의 크기는 계절별 먹이원의 량과 질의 변화 및 먹이원의 분포에 따라 변화될 수 있으나, 본 조사에서는 청설모 포획시기의 불일치와 전과발신기의 지속수명(약 2개월)의 한계 및 조사경비 등으로 인하여 계절별 및 년도별 세력권의 크기 및 위치의 변화를 조사하지 못한 한계를 가지고 있다.

단, 본 연구대상지의 잣나무 임지는 비교적 대규모의 면적으로 인공조림된 것으로 임지의 연령이 많아 잣 결실량이 풍부하여 1곳의 잣나무 임지 내에서 청설모가 1년 중 거의 대부분의 시간을 지낼 수 있어 잣나무 임지내에 서식하고 있는 청설모의 세력권은 비교적 안정되어 있다고 볼 수 있다.

3) 일일 행동

가) 야외에서의 일일 행동

청설모의 일일행동을 조사한 결과는 그림 16과 같다. 청설모는 하루 종일 활동을 하면서 먹이를 섭식하지 않고, 여름에는 오전 6시부터 10시까지, 오후 2시부터 3시 사이에 활동지수가 높았으며, 가을에는 오전 8시부터 10시, 오후 2시부터 4시 사이에 높았다. 특히 가을에는 주로 오전에 섭식활동을 하며 오후에는 먹이지장을 위하여 활동하였으며 오후 4시 30분 이후에 활동하는 개체는 관찰되지 않았다.

이는 Tompson(1977)의 일일행동이 오전·오후 2번에 걸친 활동의 peak가 있는 것으로 보고하고 있는 것과 유사한 것으로 이와 같은 활동 패턴은 대부분의 포유동물에서 나타나는 현상으로 동물들은 더위에 약하기 때문에 기온이 낮을 때 주로 활동을 하기 때문으로 판단된다.

나) 실험실 및 사육시설 내에서의 일일 행동

CCD Camera를 이용하여 2, 3, 4월에 5일(120시간)간 연속적으로 행동을 기록하여 일상적 행동을 관찰한 결과는 표 9과 같다.

청설모의 최초 활동시간은 2월에 6시 44분~6시 52분, 3월에 6시 05분~6시 13분, 4월에 5시 12분~5시 15분으로 해뜨는 시간과 유사하였다. 2월에는 주로 7시~9시(93%), 4월에는 주로 5시~7시(73.7%)에 활동하며 먹이를 섭식하였다. 이후에는 식음행동을 일부 보였을 뿐 거의 활동하지 않았다. 일일 식음회수는 2월중에 10~16회, 3월에 8~11회로 관찰되었다.

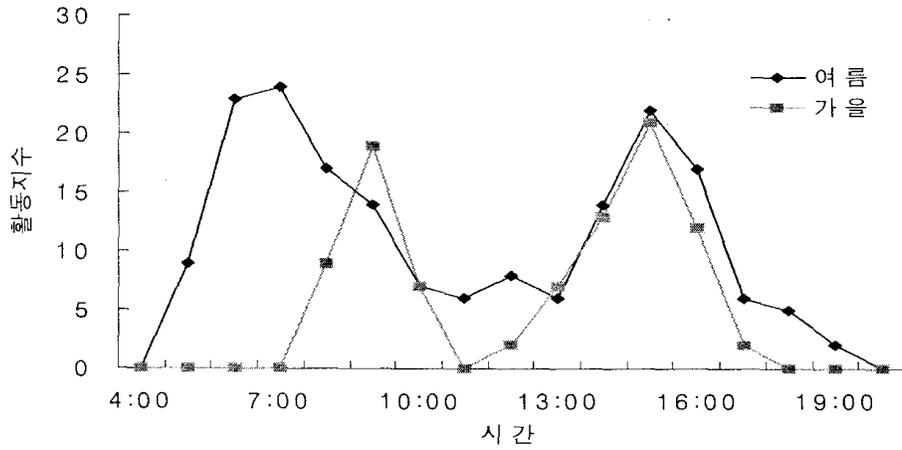


그림 16. 잣나무림내에서의 청설모 활동유형(여름, 가을)

표 9. 실내 사육실내에서의 청설모 일일 행동

조사 시기	최초 활동 시간	1일 활동비율(5일 평균)					활동 정지	식음 회수
		05:01-07:00	07:01-09:00	09:01-13:00	13:01-16:00	16:01-19:00		
2월	6.44-6.55	0.0-17.6 %(7.0%)	82.4-100 %(93.0%)	-	-	-	8.55-9.16	10-16
3월	6.05-6.13	9.0-59.4 %(34.8%)	40.6-91.0 %(65.2%)	-	-	-	7.14-8.16	8-11
4월	5.12-5.15	44.4-89.5 %(73.7%)	9.8-55.6 %(26.3%)	-	-	-	-	-

다) 점프능력

야외사육장 및 실내사육실내에서 나)항의 관찰기기를 이용하여 청설모의 성체(수컷)에 대한 점프행동을 녹화하고, 이를 근거로 거리를 측정 한 결과는 표 10과 같다.

실내 사육시설 내에서 수평점프거리는 최대 100cm이었고, 조사용 임목(통나무) 아래 방향으로 점프시 최대 수평거리는 130cm이었다. 실내에서 지면으로부터 조사용 임목(통나무)으로 등목 하는 경우 수직점프거리는 50cm이하이었다.

실제로 잣나무임지 내에서의 임목 간 수평점프능력은 실내측정과 유사할 것으로 사료되나 등목을 위한 수직점프거리는 잣나무임지 내의 지면조건이 다양하므로 다소 길 것으로 판단된다.

잣나무림 내에 설치한 사육시설 내에서도 수관으로부터 지면의 인공물(인공물은 통나무이며 통나무에는 먹이물인 잣 구과를 매달아 놓음)로 점프하는 행동(수직거리 4~6m) 이 빈번하게 관찰되었으며, 최대 수평거리는 200cm이었로 측정되었다.

표 10. 청설모 수컷 성체의 점프능력

점프시행회수	수평점프	하방향(5-30°)
실내사육시설	97~103cm	110~130cm
야외사육시설	-	150~200cm

청설모는 인접나무로 이동하고자 할 경우에는 이동하기 쉽도록 가능한 한 인접가지의 끝까지 빠르게 이동하여 가지를 지지대로 힘찬 도약을 하게 되

는데 이와 같은 도약을 감안하더라도 임목 간 3m 거리의 이동은 불가능할 것으로 판단되었다.

라. 행동양식

1) 보금자리 짓기

청설모가 잣나무 임지에서 보금자리를 짓는 특성에 대하여 조사한 결과는 표 11과 같다.

청설모는 잣나무의 수고는 4령급 조림지(수고 8~13m와 9~15m)에서 각 6~10m, 7~12m에 보금자리를 창설하였으며 8령급(수고가 17~22m와) 10~16m에 창설하였다. 조사지역 공히 수관 중간부위에 보금자리를 짓는 경향을 보였다.

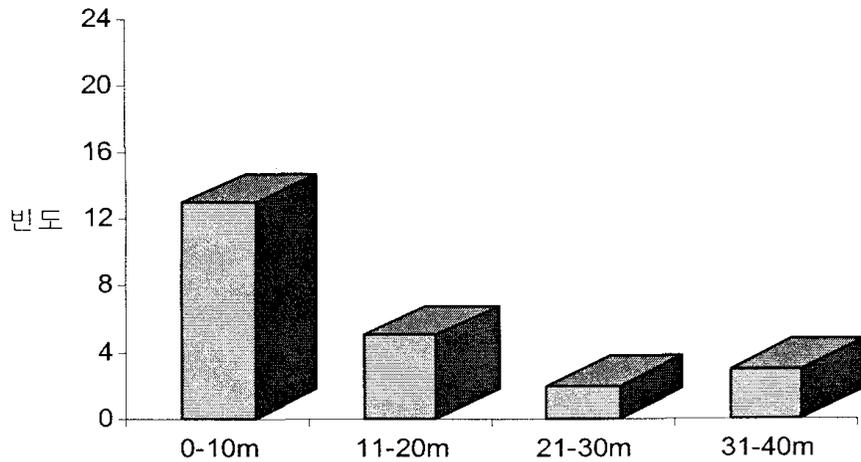
또한 보금자리가 창설된 수목을 관찰하여 임연부로부터의 거리를 조사한 결과는 그림 17과 같이 임연부로부터 10m이내에 주로 집을 지었지만, 40m 거리의 수목에도 보금자리를 창설하였다.

따라서 조사임지 내에서의 보금자리를 짓는 장소는 수고나 흉고직경에 관계없이 먹이, 도피, 은신, 생식에 유리한 물가주변을 포함하는 임연부에 위치한 수목을 본능적으로 선택하는 것으로 사료된다.

더욱이 크기가 현저히 작고 무게가 적은 보금자리도 관찰되는데 이러한 보금자리는 번식한 흔적이 발견되지 않는 것으로 미루어 번식을 위하여 형성된 것이 아니라 도피, 은신 등 생존을 위한 한 수단으로 생각된다. 금후 청설모의 행동과 관련하여 보금자리 이용 특성 등에 대한 세부적인 연구가 필요하다.

표 11. 보금자리가 창설된 잣나무 특성

조사장소	조사목	수고(m)	흉고(cm)	집창설 높이(m)
6임반 다소반	9	08-13/11.5	15-25/22.0	06-10/8.4
7임반 사소반	8	17-22/19.4	26-39/32.6	10-16/12.8
7임반 자소반	6	09-15/12.0	27-46/35.2	07-12/10.2



잣나무림에서 임연으로부터 거리

그림 17. 임연으로부터 거리별 보금자리

2) 보금자리 특성

청철모는 그림 18과 같이 잣나무 수관 내 가지사이에 보금자리를 창설하며, 그 모양은 까치의 보금자리와 유사하였다. 보금자리의 크기는 럭비공 정도이며 주로 남향 또는 동남향으로 출입구를 내고 생활하며 북향으로 난 출입구는 전혀 관찰되지 않았다.



그림 18. 청철모 보금자리(근경: 상, 원경: 하)

야외 사육시설 내에서 청설모가 보금자리를 완성하는데 걸리는 기간은 4~8일이었으며, 보금자리 창설 초기에는 임지 내에서 쉽게 구할 수 있는 잣나무가지를 이용하여 나무수관 내의 가지가 분지된 장소에 보금자리 공간을 형성하고, 임지 내에 자생하는 초본류와 선대류를 이용하여 내부를 치장하였다.

청설모 보금자리의 형태 및 사용재료는 표 12와 같다. 크기는 장경이 평균 31.7cm(27~34cm), 단경이 25.4cm(22~27cm)이었다. 전체무게는 평균 850.0g(668~1,129g)이었고, 주로 집을 짓는데 이용된 소재는 잣나무 가지였으며 평균 나뭇가지 수는 124.8(57~155가지)가지가 사용되었다.

표 12. 청설모 보금자리의 형태 및 사용재료

보금자리수	보금자리크기(cm)		총무개(g)	주재료 잣나무(가지수)
	장경	단경		
1	34	27	973	139
2	33	26	720	57
3	37	32	1129	120
4	30	22	726	133
5	-	-	688	153
6	27	23	890	155
7	32	24	940	142
8	31	25	850	135
9	29	24	780	84
10	32	26	824	130
평균	31.7±2.7	25.4±2.8	852.0±129.1	124.8±29.5

3) 구과의 섭식습성

가) 미숙구과의 섭식습성

잣나무림 내에서 미숙구과를 섭식습성을 관찰하였다. 청설모는 잣송이가 열린 가지 끝에 이동하여 구과를 채취한 후 섭식하기에 안전하다고 생각되는 굵은 가지로 이동하여 뒷발을 고정하고 앞발을 이용하여 구과의 아랫부분의 인편부터 벗겨내며 인편에 형성된 영양물질을 섭식한 후 나무 아래로 낙하시킨다(그림 19, 20).

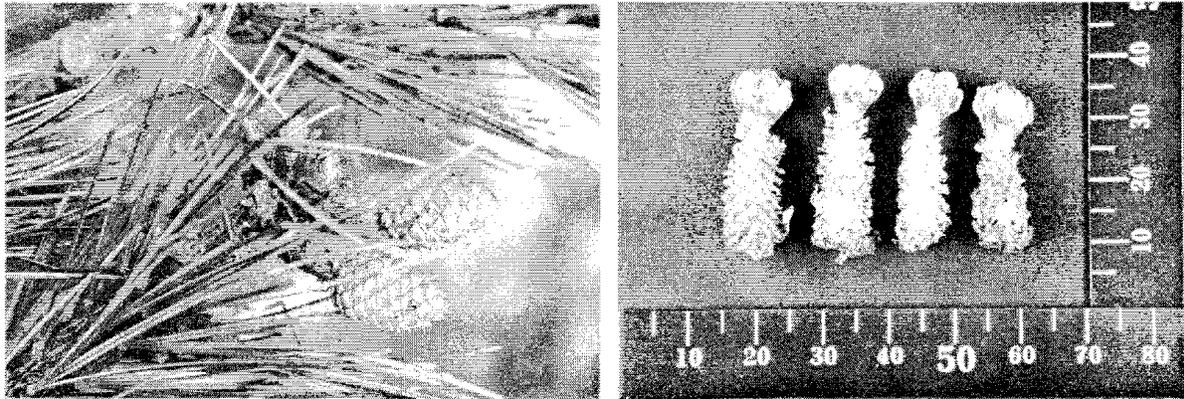


그림 19. 수상의 미숙구과 피해(좌)와 지면에 낙하한 피해미숙구과(우)



그림 20. 수상의 가지에 부착한 채로 피해 받은 미숙구과

구과의 인편을 벗기는 속도가 상당히 빨라 미숙구과 1개체를 완전히 섭식하는데 걸리는 시간은 1분정도 소요되었다. 잣나무 단목에서 구과 최대 38를 섭식하는 행동이 관찰되는 것으로 보아 미숙구과시기에 집중인 피해를 받는 것으로 파악되었다.

청설모는 미숙구과의 인편하부의 단맛이 감지되는 영양물질을 선호하여 가해하는 것으로 판단되며, 그 피해량이 적지 않은 것으로 미루어 단순히 설치류의 행동학적인 특성에 연유하는 것이 아니라 월동기간중인 겨울철에 가장 손쉽게 구할 수 있고, 생존에 꼭 필요한 먹이 자원인 것으로 파악되었다. 먹이자원과 관련된 행동적 습성에 대하여는 추연할 필요가 있다.

나) 성숙구과의 섭식 습성

청설모가 8월 중순경에 구과의 자성배우체가 노란색을 띠며 단단해 지는 시기에 채취한 구과는 섭식은 물론 겨울을 나기위한 먹이저장용으로 이용된다. 이시기에는 성숙구과만을 채취하여 섭식하는 것이 아니고 미숙한 구과도 동시에 채취하여 섭식하나 미숙구과는 지면에 저장하지 않고, 성숙구과의 종실을 선택하여 저장하는 행동이 관찰되었다(그림 21).

청설모는 성숙구과의 과병부분을 갇아 자르기 때문에 대부분 지면에 낙하나 일부 구과는 청설모의 앞발에 포착되는 경우도 관찰되었다. 낙하된 구과를 섭식하기위하여 지면으로 내려오며 구과를 물고 재차 나무위로 옮겨 과피를 벗긴 후 종실을 섭식하기도 하며, 일부 지면 위나 바위 위에서 섭식하기도 하는 행동이 관찰되었다(그림 21, 22).

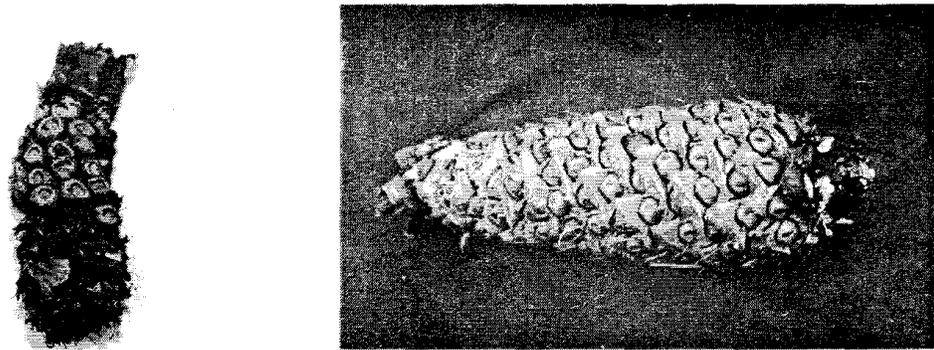


그림 21. 미성숙구과(좌), 성숙구과(우)의 피해



그림 22. 지면에 낙하한 성숙구과 피해 흔적

4) 견과 종류별 선호성과 일일 섭식량

잣나무임지 내에 서식하던 청설모를 포획하여 개체 사육하며 먹이선호성과 일일 섭식량을 조사하였다.

먹이물로 동일한 견과류 200g을 5일 연속하여 제공하였고, 24시간 후에 섭식량을 조사하였으며, 조사 최초일의 섭식량은 개체별로 차이가 심하여

분석에서 제외하였다.

각 견과류 1일 평균 섭취량은 표 13과 같이 잣 종실은 57.6g~63.1g 이었고, 밤 종실은 32.3g~66.4g, 도토리는 52.0g~87.0g으로 도토리를 가장 많이 섭취하였다. 청설모의 1일 평균 섭취량은 개체 간에 다소 차이가 나타났다.

표 13. 청설모의 견과종별 1일 평균섭식량

견과류종류	견과류의 1일 평균섭식량(g)		
	청설모1	청설모2	청설모3
잣 종실	57.6±11.1	72.1±15.0	63.1±118
밤 종실	32.3±13.9	44.6±23.0	66.4±20.2
도토리종실	72.7±15.1	52.0±4.3	87.0±1.4

한편 견과류의 선호성을 조사하기 위하여 잣과 밤, 잣과 도토리를 제공한 후 1일 평균 섭취량을 조사하였다. 표 14, 15와 같이 잣과 도토리를 먹이로 제공한 경우 잣 종실의 섭취량은 35.3~41.3g, 도토리는 18.8~23.3g으로 도토리보다는 잣을 선호하였으며, 잣과 밤을 제공한 경우 잣 종실의 섭취량은 31.5~41.0g, 밤 종실은 6.5~22.0g으로 역시 잣을 선호하였다.

그 외 호두를 제공하고 관찰한 결과 청설모별 개체차이는 있으나 대부분 호두 표피의 파쇄에 실패하여 섭취하지 못하였고, 파쇄에 성공한 경우도 1~2개 정도로 적은 양을 섭취하였다.

이러한 결과는 서식장소 등 환경에 따라 서로 다른 섭취 방법을 학습한데 연유하는 현상으로 판단된다.

표 14. 청설모의 견과종(잣과 밤)별 선호성

견과류종류	선호견과류(섭식량:g)		
	청설모1	청설모2	청설모3
잣 종실	39.8±4.2	35.3±9.2	41.3±5.0
도토리	21.3±4.8	18.8±1.9	23.3±4.0

표 15. 청설모의 견과종(잣과 도토리)별 선호성

견과류종류	선호견과류(섭식량:g)		
	청설모1	청설모2	청설모3
잣 종실	41.0±4.6	31.5±8.7	35.3±2.2
밤종실	6.5±4.3	22.0±2.8	10.0±1.9

5) 먹이저장 습성

청설모는 겨울철에 먹이로 이용하기 위하여 견과류를 저장하는 습성이 있다. 저장먹이물의 종류, 저장장소, 장소별 저장량 등을 조사한 결과는 표 16, 17, 18, 그림 23, 24, 25과 같다.

먹이저장은 보금자리를 중심으로 50m 이내에 있는 임목의 수관아래, 나무 그루터기, 고목의 구멍, 바위(돌) 주변에 잣, 가래, 도토리 등 서식지 주변에서 쉽게 얻을 수 있는 종자를 저장하였다. 저장지점에 2~28개씩, 평균 3.

5~7.1개씩 저장하였다. 보금자리에서부터 저장거리는 41~50m의 거리에서 51.2%로 가장 많은 먹이를 저장하였으며, 저장수량은 31~40m의 거리에서 가장 많았다.

지피식생의 피복도에 따른 먹이지장은 표 18과 같이 피복도가 70% 이상인 지역에는 전혀 먹이를 저장하지 않았으며, 31~70%인 지역의 약 30%, 30%이하 지점에서는 38.8%로서 식생의 피복도가 낮은 지역에서의 종자 저장 지점수가 많았고, 저장된 종실량도 역시 30%이하 지점에서 5.9개로 가장 많은 것으로 조사되었다.

이와 같이 피복도가 낮은 지역을 선호하여 먹이를 저장하는 행동은 청설모가 먹이물을 저장할 경우 지면을 5cm정도의 깊이로 파고 저장해야 하는데 지피식생이 많은 지역은 지면을 파기가 곤란하거나, 지피식생이 많은 지역은 저장먹이를 찾아 섭식하는데 비효율적이기 때문일 것으로 생각된다.

그러나 청설모가 겨울철 먹이로 저장한 먹이를 모두 탐색하여 섭식하지 못하기 때문에 결국 이들 종자가 발아하여 자연적으로 숲을 갱신시키는 등 산림 생태계에 순기능을 담당하는 효과도 있다.

Tompson(1977)은 청설모가 먹이를 저장하는 시기는 종실의 성숙기부터 겨울이 시작될 때까지이며 저장먹이의 84.6%를 찾아 섭식한다고 보고하였다.

표 16. 청설모의 먹이저장 특성

보금자리로부터 거리	조사지점수	저장지점수(%)	저장종실량	저장먹이종류
10m 이내	36	6(16.7)	3.5/2-4	잣 종실
11-20m	54	13(24.1)	5.9/2-15	"
21-30m	34	10(29.4)	7.1/2-19	잣 종실, 가래
31-40m	42	17(40.5)	5.5/3-28	잣 종실, 도토리
41-50m	39	20(51.2)	3.6/2-18	잣 종실
50m이상	40	7(17.5)	5.0/2-12	
평균	40.8±6.4	12.1±5.0(29.7)	5.9/2-28	"

표 17. 지피식생의 피복도에 따른 먹이저장량

토지피복도	조사한지점수	먹이저장소 개수	1개먹이저장소별종실량
30%이하	103	40(38.8)%	5.9
31 ~ 70%	57	12(29.8)	3.1
70%이상	58	0(0)	-

표 18. 청설모의 보금자리 유무에 따른 먹이저장소의 차이

보금자리 존재유무	조사한 지점수	먹이저장소 개수	먹이저장소별 평균 종실수
있는 지역	148	54(38.5%)	5.1
없는 지역	56	13(23.2%)	3.0

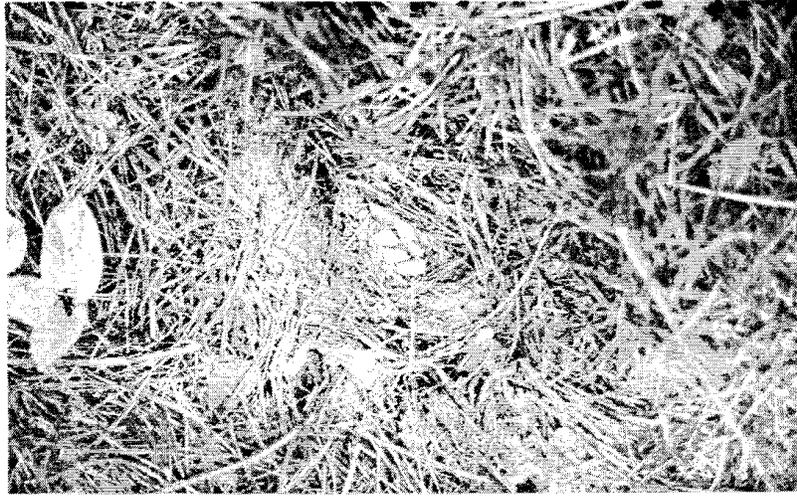


그림 23. 먹이저장소에 저장된 잣 종실

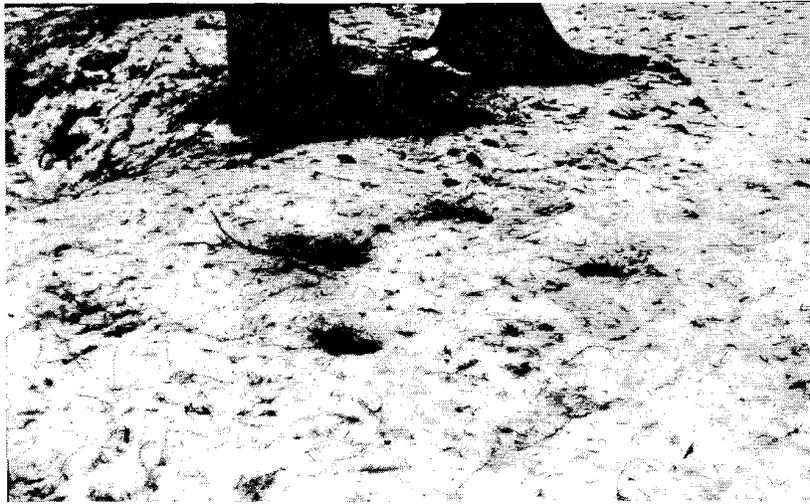


그림 24. 겨울철 저장먹이 섭식 흔적



그림 25. 저장 잣 종실의 발아유묘

마. 청설모의 밀도

청설모의 밀도를 조사하는 방법으로는 직접관찰, 보금자리 수의 파악, 인공 보금자리 이용, 먹이 섭식흔적 조사, 전파발신기 조사 등이 있으나 본조사의 경우 직접관찰방법을 이용하여 개체군밀도를 조사하였다. 잣나무림으로 구성된 임지와 잣나무가 산재한 임지에 등산로 및 임도를 따라 1km의 관찰로를 선정하고 2003년 3월부터 2004년 4월까지 6회에 걸쳐 매회 3반복 조사를 실시하여 서식 개체수를 추정한 결과는 표 19와 같다.

전체 임지 내에 서식하는 청설모의 ha당 밀도는 '03년 3월 0.8마리에서 점차 증가하면서 10월에 1.5마리로 최대의 밀도를 나타냈으며 이후 감소하여 겨울철인 '04년 2월에는 0.5마리로 감소하였다. 이 같은 결과는 청설모의 밀도는 번식이 끝나고 새끼들이 임내에 출현하는 가을과 초겨울에 가장 높고, 월동기에 적지 않은 개체가 사망하는 봄과 초여름에 가장 낮다는 이론과 거의 일치하고 있으며, 특히 2월에 밀도가 가장 낮은 이유는 청설모는 기온이

떨어지면 활동을 하지 않고 보금자리에 머무는 습성이 있어 관찰이 되지 않기 때문으로 판단된다.

이와 같은 결과를 가지고 청설모의 밀도 수준이 어느 정도인지는 국내에서 자료가 거의 없으므로 분석하기는 어렵고, 외국에서 조사된 청설모의 세력권(Territory size)과 비교할 경우도 세력권의 크기가 ha당 0.24~0.99마리로서 범주가 너무 커서 비교가 용이하지 않다.

세력권의 크기는 보편적으로 서식지에서의 먹이, 번식장소, 그리고 이들의 공간적 분포와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 즉 이용 가능한 먹이가 풍부하고, 좋은 번식장소가 충분히 제공되며 이들이 임내에 적절히 분포한다면 세력권의 크기는 축소되는 경향이거나 실질적으로 청설모에 대한 먹이 공급량과 서식밀도의 관계에 대한 정보는 그리 많지 않는 실정이다.

Robert Kenward(1985)는 청설모의 밀도가 먹이 공급량 보다는 오히려 서식영역 크기에 영향을 받는다고 제시하였으나, Bruce Don(1983)은 청설모의 밀도와 개체별 이용 가능한 먹이의 양은 밀접한 관계가 있다고 하였다.

그러나 이들의 관계를 별개로 다루는 것은 신중한 연구 없이는 거의 불가능하다는 것이 보편적인 의견이므로 청설모의 개체군 밀도에 대한 비교 분석은 서식지에서 이용 가능한 먹이량, 번식 장소의 이용가능성 등의 조사가 충분히 이루어진 후 비교 분석이 가능하리라고 본다.

두 지역간의 밀도는 잣나무 임지 조사구에서 약간 더 높았으나 큰 차이는 없었다. 이는 당초 잣나무 임지에서 청설모 밀도가 훨씬 높을 것이라는 예상을 벗어난 결과로서 임도를 따라 발달한 임연부 효과가 있었던 것으로 사료된다.

단지 잣나무 임지 조사구에서는 매회 반복 조사시 밀도의 차이가 별로 없었으나, 임도 조사구에서는 차이가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 이는 잣나무 임지 조사구는 비교적 안정된 밀도가 유지되고 있는 반면, 임도 조사

구는 개체의 이동이 다소 심한 것으로 볼 수 있는데 이는 먹이 및 번식장소와도 관계가 있을 것으로 판단된다.

표 19. 조사구별 시기별 청설모의 밀도

조사 연월일	잣나무 임지 조사구(마리/ha)				임도 조사구(마리/ha)				최대밀도 평균(마리/ha)
	1차	2차	3차	최대 밀도	1차	2차	3차	최대 밀도	
'03. 3	0.6	0.8	0.4	0.8	0.4	0.6	0.8	0.8	0.8
'03. 6	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	0.8	0.6	1.0	1.1
'03. 8	1.2	1.0	1.2	1.2	1.4	0.6	0.6	1.4	1.3
'03.10	1.4	1.6	1.2	1.6	1.4	1.2	0.6	1.4	1.5
'04. 2	0.0	0.6	0.4	0.6	0.2	0.4	0.0	0.4	0.5
'04. 4	0.8	1.0	1.0	1.0	0.6	0.4	0.6	0.6	0.8

제 3 장 청설모 차단장치개발 및 잣나무림 관리 방법 구명

제 1 절 서 설

국내의 잣나무는 주로 1970년대, 1980년대로 조림되어 최근에 이르러 잣 수확량은 해마다 증가하고 있는 추세이다. 이와 같은 잣 결실량이 증가하는 이를 먹이로 하는 청설모의 밀도를 증가시켜 잣 종실을 대량으로 가해하게 되었다.

산촌농가에서는 청설모를 포획하기 위하여 올무나 총기로 포살하는 방법이 한정적으로 이용되고 있으나 밀도의 억제효과가 극히 낮은 실정이고, 자연 생태계 내에 여우, 오소리, 족제비, 맹금류 등의 개체수가 감소하여 이들 천적에 의한 청설모의 밀도조절 역시 기대하기 어려운 실정이다. 이에 잣 종실의 생산을 증수시킬 수 있는 효율적인 구제방법을 모색하기 위하여 자연생태계에 악영향을 주지 않으며 인간과 공존할 수 있는 물리적 제어방법을 검토하였다.

친환경적인 물리적인 제어방법이 개발된다하여도 잣나무 임지의 여러 조건에 따라 차단 효과의 차이가 다르기 때문에 이를 잣나무림에 적용하기 어렵다.

따라서 물리적인 제어 방법과 병행하여 임목의 등목조건 및 임지의 이입 조건 등에 관한 검토가 필요하여 임지 내의 임내정리(간벌, 하층관목 등의 벌채)는 물론, 임연부의 경우 청설모가 침입 불가능한 시업방법이 구명하였다.

잣 종실의 생산을 위하여 물리적인 제어방법은 물론 청설모의 서식밀도를 감소시키는 것이 필요하므로 청설모를 포획할 수 있는 장치의 개발도 동시에 검토하였다.

최종적으로는 잣 생산능가의 수익성 증대를 꾀하는데 그 목적이 있으므로 구과생산과 관련한 차단장치제조 및 설치, 잣나무림의 임내정리, 임연부정리에 필요한 작업공정을 검토하여 경제성을 분석하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 청설모 차단장치의 개발

가. 차단모형개발

1) 모형의 조건 및 적용가능성

청설모차단장치 모형은 청설모가 지면으로부터 임목에 오르지 못하도록 차단이 가능한지?, 모형을 임목에 설치할 경우 임목의 다양한 흉고직경은 물론 임목의 직경이나 수고생장에 부합하여 적용가능한지?, 모형의 대량생산이 가능하고, 경제적으로 수익성이 있는지? 등을 고려하여 다수의 모형을 제작하였다.

2) 모형의 설치 및 관찰

청설모의 등목행동은 그림 1과 같이 건물 내의 연구실(5.4m×3.6m×2.6m)을 사육실로 개조하여 관찰하였다. 야외에서 잣나무(흉고: 20cm, 높이: 2.6m)를 벌채하여 사육실로 옮겨, 사육실 중앙에 세우고, 청설모가 등목하거나 점프하는데 방해되지 않도록 바닥 일부에는 용단 매트를 깔아주었다.

잣나무의 흉고부위에 여러 가지 형태로 제작한 등목차단모형을 설치하였고, 차단모형 설치상단부에는 청설모 먹이인 잣나무 구과를 매달아 놓은 후

사육실내의 사육장(77cm×47cm×45cm)내에서 잿을 먹이로 제공하며 개체별로 사육 중이던 청설모를 방사하였다.

방사 이후 연속적인 행동의 녹화가 가능한 관찰기기(컴퓨터-서버:CPU : Intel Celeron 2.4GHz, RAM : 256M, HDD : 80GB 7200rpm, RAN : 100M Bandwidth. 16 Channel, OS : Embedded Linux), CCD Camera(이미지 센서 : Interline Transfer CCD 1/4" Format , 유효화소수 : 최대 640x480, 25Frame/sec, 영상출력 : Composite Video Signal : 1.0 Vp-p 75ohm, 렌즈 : 3.6mm 92Deg F2.0)를 이용하였으며 저장된 24시간동안의 녹화화면을 검토하여 등목행동 등 일일행동을 분석하였다.

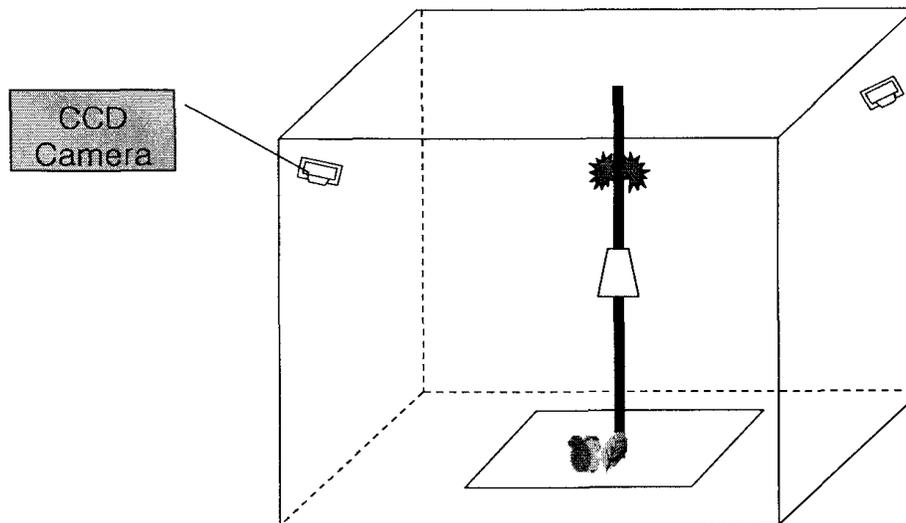


그림 1. 모의 차단시험 모형도

나. 차단모형의 설치

1) 조사구 설정

2002년~2003년에 제작한 등목차단모형을 착과상황이 양호한 17임반 카소반 잣나무림(1ha)에 설치하고 청설모의 등목차단효과를 분석하였다.

2003년~2004년에는 1차년도와 차단장치의 단점을 보완하여 새로운 차단모형을 제작하였으며, 5임반 다소반 잣나무림에 설치하고 차단효과를 분석하였다. 조사장소에 대한 임황은 표 1과 같다.

표 1. 조사장소의 잣나무 지황 및 임황

조사 년도	조사장소	방향	경사	수령	수고 (m)	흉고 (cm)	본수
2002- 2003	17임반 카소반	북동	18°- 20°	6령급	20/ 18-22	32/ 11-38	400본/ha
2003- 2004	5임반 다소반	남서	15°- 20°	8령급	21/ 14-23	40/ 19-61	350본/ha

2. 잣나무 임지의 관리

가. 차단모형 설치장소의 임내 및 임연부 정리

청설모의 등목차단이 가능한 모형을 적용하기 위하여 임내 및 임연부의 정리가 필요하다. 이에 임지관리에 필요한 공정을 조사하기 위하여 2장소를 선정하여 각 임지(1ha)내의 피압목, 고사목, 하층식생을 제거하는데 필요한

시간, 조제시간, 이동 및 휴식시간을 중심으로 측정하였고, 이에 필요한 소요예산을 산정하였다.

임연부의 잣나무와 활엽수는 폭을 3m 이상으로 하여 개별하였으며 청설모가 점프하는데 이용할 가능성이 있는 가지는 제거하였다. 임지정리를 위하여 기계톱, 톱, 낫 등을 사용하였다.

나. 임지 조건별 임내정리

대상임지는 잣나무 4령급, 8령급으로 벌채의 대상목은 피압목, 세장목, 타수종 등으로 하였으며 하층의 관목류를 제거하였다. 조사 시기는 6월이었으며 총 조사규모는 18개소로 하여 임지별로 벌목, 조제공정을 구하였다.

조사방법은 대상임지에서 30m×30m의 표본점을 선정하였고, 경사도, 하층식생의 피복도 등을 구분하였고, 벌목, 조제 등의 전체 소요시간을 분단위로 조사하였다. 작업은 체인톱 1인과 보조원 1인으로 하였다.

3. CTA유발물질을 처리한 잣(피잣)에 대한 청설모의 행동반응조사

조건적 미각 기피행동(Conditioned Taste Aversion, CTA)은 조류의 경우, 과수류에 피해를 미치는 까치에 대하여 현장에 적용하는 기법까지 개발되는 성과를 올리고 있으나, 포유류의 경우는 코요테, 너구리 등 일부 종에 대하여 제한된 실험에 한하여 성공하고 있으며, 현장에 직접 적용하는 것은 포유류의 생태적 특성으로 인하여 아직은 많은 어려움을 겪고 있다.

CTA의 연구는 1955년에 Garcia가 쥐들이 사카린이 함유된 물을 먹는 도중에 낮은 강도의 감마선에 노출되었을 때, 이 이후로 실험대상 쥐들이 똑같은 맛의 물을 적게 먹는 것을 관찰하였다. 그 실험 이후로 이러한 행동을

조건적 미각 기피행동(CTA) 또는 Garcia 효과로 칭한다. CTA는 실험동물이 평소 선호하던 맛의 물이나 먹이를 먹은 후 소화계의 병을 앓은 후에는 그 맛에 대하여 거부행동을 표현하는 것이다. 계속적으로 똑같은 맛과 그에 따른 병을 경험하면 더 강한게 그 맛에 대한 기피행동이 나타난다.

그 후에는 CTA가 일어난 동물은 똑같은 맛이 있는 어느 먹이에도 강한 거부감을 나타내는 행동을 한다. 즉, 사람이 어떤 음식을 먹고 난 후 배탈이 나거나, 체하게 되면 그 음식은 평생 먹지 않고, 시각적으로도 그 음식을 기피하게 되는 원리와 같다. 이러한 CTA 현상은 여체동물에서 인간에 이르기까지 다양한 종류의 동물에서 관찰되고 있다. 포식자를 살상하지 않고 그들이 피식자(또는 농작물)를 공격하지 않게 할 수 있는 가능성으로 인하여 1970년대부터 CTA를 야생상태에서 적용하는 방법에 대하여 실험하여 왔다. 1976년에 Dr. Gustavson (John Garcia 의 제자)은 이러한 조건적 미각 기피행동을 야생동물에 적용하면 포식자를 죽이지 않고도 피식자를 보호할 수 있다는 가정 하에 코요테가 양을 공격하지 못하게 하는 실험을 실시하였다. 그러나 사육장에서는 약이 들어있는 양고기를 먹은 코요테가 양을 공격하지 않는 것을 확인하였으나, 실제 자연상태의 목장에서는 코요테의 활동범위가 너무 넓어 뚜렷한 효과를 보지 못하였다.

그후 1983년 Dr. Lowell Nicolaus 는 야생상태의 미국 까마귀가 인위적으로 제공한 알을 독성물질과 함께 먹은 후 기피하는지 여부를 연구한 결과 자연상태에서도 효과적으로 까마귀에 의한 포식을 방지 할 수 있다는 것을 증명하였다. 이 내용은 세계 양대 과학지의 하나인 Science 에 표지사진과 함께 수록되기도 했다.

1998년 Hansoo L. 는 Red-wing Blackbird(붉은날개검은새)가 파라치온이 처리된 먹이와 미처리된 먹이를 동시에 1~2회 먹은 후에 바로 조건적 미각 기피행동을 하는 것을 확인하였다. 또한 이와 비슷한 연구로는 1969년

Lincoln Brower은 Blue Jay (푸른어치)가 Monarch (미국 왕나비)를 먹은후 구토를 일으킨 후에 영구적으로 Monarch를 기피하는 현상을 발견하여, CTA와 같은 원리로서 야생동물이 독이 있는 곤충을 피하는 것을 확인하였다. 이를 곤충의 Chemical Defence라 한다.

Chemical Defence 와 CTA가 다른 점은 전자는 야생동물이 독이 있는 먹이를 기피하는 현상이고, CTA는 인위적으로 야생동물이 독이 들어있지 않은 안전한 먹이도 조건에 따라서 기피하게 만들 수 있다는 학습이론으로 차이가 있다. 이러한 결과로 CTA의 야생동물에 대한 적용이 성공적으로 되어질 수 있다는 것이 확인되었고, 현재 CTA를 실질적으로 야생동물보호관리에 적용하는 단계에 있다.

CTA의 또 다른 특징은 다른 학습행동과 달리 먹이의 섭취와 중독증상의 발현사이에 긴 시간적 차이가 있어도 학습이 이루어진다(delayed learning)는 것이다. 즉 CTA 외의 모든 학습행동이 자극(stimulus)과 반응(response)사이의 시간차이가 최대 일초 이내일 경우에 학습이 이루어지는데 반하여, CTA학습은 독극물이 포함된 먹이를 먹은 후 최대 8시간이 지난 후에도 중독증상을 일으킨 먹이의 맛을 기억하여 그 먹이를 계속 기피하게 된다. 이러한 CTA 학습행동은 야생동물이 독극물이 포함된 먹이를 야생에서 먹는 경우에 독극물의 효과가 바로 나타나지 않기 때문에 진화상으로 이러한 행동양식을 획득한 것으로 해석되어진다.

CTA 획득에 영향을 끼치는 중요한 요인은 다음과 같은 3가지 경우이다.

첫째로 맛의 친숙도에 따라 CTA가 유발된다. 맛의 친근도가 강할수록 대상동물은 그 먹이에 대하여 학습적으로 안전한 것을 인지하고 있어 CTA가 유발되는 시간이 길어지며(learned safety), 친근도가 낮거나 새로운 먹이일 경우에는 단 한번의 중독증상으로도 CTA가 형성된다.

둘째로는 중독증상의 강도이다. 중독증상이 아주 약하면 CTA가 형성되지

않으며, 중독증상이 강하면 CTA가 쉽게 없어지거나 빨리 없어지지 않는다.

셋째로는 먹이섭취와 중독증상의 발현사이의 시간이다. 중독증상이 빨리 나타날수록 병을 일으킨 먹이의 맛에 대하여 CTA를 빨리 일으켜 기피하는 시간도 빨리진다.

이러한 CTA를 잣나무 임지에 적용할 때, 잣 열매로 청설모를 유인한 후 잣 열매를 깐 피자를 먹게 하여 충분히 인간이 준 피자에 의심하지 않고 먹으면 그 후에 피자 속에 약품을 넣어 먹게 한 후 미각적으로 기피가 일어나게 하는 방법이다. 이 방법은 청설모가 늦여름철이나 가을철 잣 수확기 이전에 약품을 처리한 잣을 먹어서 처리가 되면 수확기에도 자연스럽게 잣을 기피하여 피해를 줄이는 방법이다.

또한 청설모는 비록 잣나무림에만 잘 적응되어 수확기철에는 주로 잣열매만을 상식하지만 활엽수림에도 충분히 적응하여 살아갈 수 있는 능력이 있으므로(Benhamou 1996) 처리된 청설모는 기존에 서식하던 잣나무림 으로부터 인접한 다른 활엽수림으로 이동해가기 때문에 잣의 피해를 줄일 수 있을 것으로 추정된다. 따라서 본 연구에서는 청설모를 대상으로 CTA를 유발시킨다면 잣피해를 경감할 수 있을 것이라는 가정을 증명해보고자 연구를 수행하였다.

가. 청설모의 잣피해 방지에 CTA를 적용하기 위한 예비실험

2003년 11월 29일부터 12월 15일까지 강원대 산림자원학과에서 CTA 유발물질을 처리한 잣을 먹이로 투여하고 CTA 현상을 효과적으로 일으키는 약품의 종류 및 양을 결정하기 위한 예비실험을 실시하였다.

실험에 이용한 청설모는 강원대 연습림에서 생포한 4개체로 보온이 유지되는 강원대 산림자원학과 실험실에 설치한 스텐사육장(1m×1m)에 1개체씩

사육하면서, 실험 시작 전일까지 1개월 전부터 잣송이로부터 까낸 피잣을 무제한 급이하여 사육장 안에서 피잣 먹이에 이미 익숙해져 있는 상태이었다.

나. CTA 적용약품 선정을 위한 예비실험

CTA의 강도와 고통이 유지되는 지속시간은 약품의 종류와 농도에 따라 다양하다. 청설모에 CTA를 유발시키는 효과적인 약품을 선정하기 위하여 안정성이 검증된 대표적인 기피물질인 LiCl과 Estradiol Benzonate를 이용하였다.

LiCl은 쥐, 너구리, 코요테, 늑대 등 야생동물과 소, 양 및 말 등 가축을 대상으로 가장 성공적으로 CTA를 유발시키는 약품으로 알려져 있다. 단 이 약품은 흰색의 분말로 짠맛을 지니고 있어 동물이 쉽게 감지하게 되므로 짠맛을 감추는 일이 필요하다.

LiCl의 생물학적 효과는 체내 축적량(bioavailable concentration)에 따라 결정되며(Schou 1968), 사람의 경우 LiCl 섭취후 2시간정도 고통이 지속되며, 혈액내 Lithium 농도가 최대일때인 10~20분정도 고통이 피크를 보이는 것으로 보고(Trautner et al. 1955)하고 있으며, 들쥐(rat)의 경우, 복막내주사후 30분 내에 혈장내 Lithium 농도가 최대치에 이르고 1~2시간 안에 절반으로 수치가 떨어지는 것으로 보고(Morrison et al. 1971)하고 있으며, LiCl에 의하여 유발된 고통은 투여후 15~60분사이에 고통이 최고에 달하는 것으로 보고 있다. 이러한 고통은 물 섭취량이 줄고 활동량이 늘어나는 행동을 보이는 것으로 보고(Barker 및 Smith 1974, Nachman 1963)하고 있다.

Estradiol Benzonate은 아주 미세한 량으로도 야생동물에 CTA를 유발시킬 수 있으며, 무색 무취의 호르몬제재로 동물에 쉽게 적용이 가능하며, 야

생동물에 대한 치사량이 매우 커서 사용에 안정성이 보장되는 약품이다. 본 연구에서는 시중에서 쉽게 구입가능한 에스론정을 이용하였다.

다. 실험방법

본 실험에 앞서 사육상태에서 청설모가 1일 1회 평균 잣섭식량은 피잣 50~100개로 파악되었으며, 본 실험에서는 1회 급식된량을 모두 섭식가능하도록 50개를 기준으로 처리하였다.

1일 최대섭식량은 CTA 유발물질의 농도 및 피잣 1개당 처리 가능한 유발물질의 양과는 함수관계로 이를 고려하여 약품의 농도를 결정하였으며, 각각의 약품에 대한 공시개체는 각 2마리씩 실시하였다.

CTA유발 행동유무를 알아내려는 실험은 단일먹이 미각조건기피 방식(one-food conditioned taste aversion paradigm)을 선택하였으며, 피잣 1개당 LiCl용액($5\mu\text{l}$, 2mg)를 주입한 처리된 피잣 먹이 50개중 공시동물 1번은 5일째부터 2번은 10일째부터 모두 처리된 먹이를 주었으며, 그전까지는 50%인 25개는 처리된 먹이를 나머지 25개는 처리되지 않은 먹이를 제공하였다. 또한 피잣 1개당 Estradiol Benzonate 0.005ml($5\mu\text{l}$, 10microgram)를 주입한 처리된 피잣을 공시동물 3번은 3일째까지는 50%인 25개는 처리된 먹이를 나머지 25개는 처리되지 않은 먹이를 제공하였으며, 공시개체 4번은 50개 모두 처리된 먹이를 주었다. 먹이는 매일 아침 10:00시에 플라스틱 먹이통에 제공한 후, 다음날 아침 동일시간에 방문하여 1일 채식한 피잣의 총 개수를 조사하고 남은 먹이는 수거하고 새로운 먹이로 교체하였다. 또한 먹이를 제공할 때 2시간 동안 음수, 활동, 구토, 경련 등 일련의 행동변화를 관찰기록 하였다.

1) 본 실험의 가정 및 한계

- 청설모 1개체의 체중은 포획된 청설모의 평균체중인 350g 으로 가정한다.
- 피izat 1개당 1mm 드릴로 구멍을 낸 경우, 처리할 수 있는 약품량은 최대 0.01ml(10 μ l)이다.

가) Lithium Chloride (LiCl)

LiCl분말 4g을 증류수 10ml에 용해시켜 0.4mg/ μ l농도의 LiCl 용액을 만들어 구멍을 낸 피izat에 마이크로피펫을 이용하여 LiCl 용액(0.4mg/ μ l) 5 μ l (2.0 mg)을 주입하였다.

피izat을 1mm 드릴날로 피izat의 긴쪽의 좁은 부분에 껍질만 구멍을 낸후 1mm드릴날을 손으로 피izat 알맹이에 구멍을 내며, 완전히 관통시키지 않아 용액이 구멍속에 남도록 하였다.

나) Estradiol Benzonate (에스론정, 10ml®)

에스론정®은 Estradiol Benzonate 함량이 2mg/ml = 2 micrograms/ μ l로 LiCl과 동일한 방법으로 피izat에 구멍을 내고 마이크로피펫을 이용하여 에스론 5 μ l(10 microgram)을 주입하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 청설모 등목차단모형 개발

가. 등목차단모형의 제작

1) 실내에서의 차단모형의 적용

청설모가 등목하지 못할 것으로 예상되는 모형(18모형)을 제작하여 사육실 내의 잣나무 흉고부위에 설치하고 등목행동을 관찰하였다. 청설모가 3일간 등목에 성공하지 못한 모형을 등목차단이 가능한 구조물로 간주하였으며 다음과 같다.

가) 모형 1: 원통형모형: 차단기능(그림 2, 3)

(1) 구성

재료: 폴리프로필렌판(합성수지)혹은 알루미늄판, 비닐(강도가 강한 것), 철사, 그물

규격: 원통높이 30cm, 그물길이 20cm, 직경 임목의 흉고직경으로부터 15cm 간격유지, 구조물 전체길이 50cm

(2) 제작

폴리프로필렌, 알루미늄 후판, 비닐 등을 이용하여 원통형을 형성하고 상단부위에 그물을 연결한다. 폴리프로필렌판, 알루미늄 후판, 비닐자체만으로 원형의 유지가 곤란하므로 그물과의 연결부위에 철사를 이용하여 완전한 원형이 되도록 한다. 원통형의 아래 부분에서 상단부분의 그물 까지 작크를

이용하고, 내구성이 강한 고무밴드 등을 이용하여 임목에 고정시킨다(그림 2).

(3) 청설모의 등목행동

청설모는 주로 원통형내부에서 윗 방향으로 등목하려는 행동을 보였으나 그물에 방해를 받아 등목하지 못하였고, 원통형의 외부로 등목을 시도하나 판이 나무에 지지되지 않고, 미끄러지므로 등목하지 못하였다.

청설모 2개체에 대하여 관찰한 결과 3일 동안 총 등목시도회수는 55회와 60회이었으나 등목에 성공하지 못하였다.

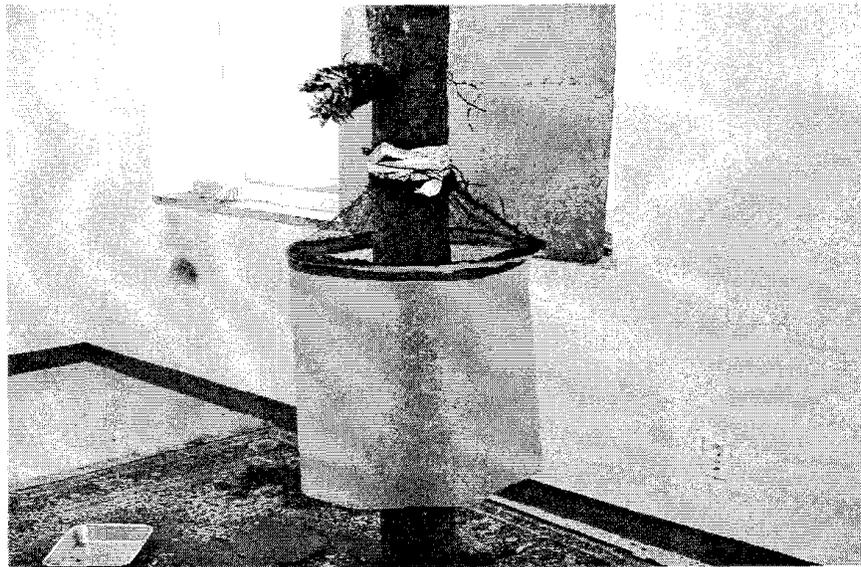


그림 2. 원통형모형

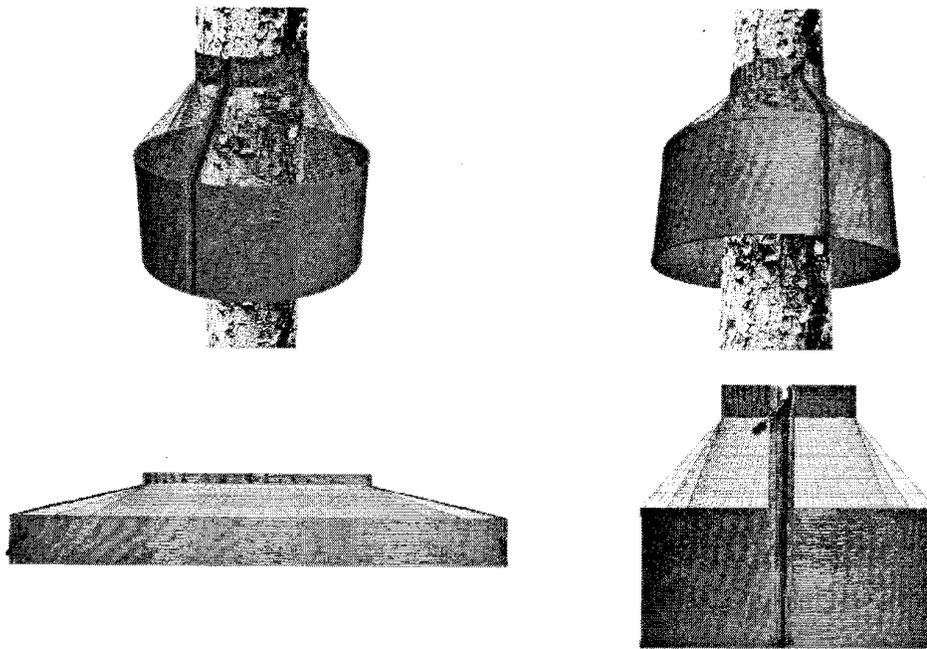


그림 3. 원통형 모형(차단방해 및 덧으로 이용)

나) 모형 1*: 원통형모형: 덧 기능(그림 2, 3)

(1) 구성

재료: 폴리프로필렌, 알루미늄 후판과 비닐(강도가 강한 것), 철사, 나선형의 2중그물

규격: 원통높이 30cm, 직경 임목의 흉고직경으로부터 15cm 간격유지, 구조물길이 40cm

(2) 제작

원통형과 동일하나 내부에 청설모의 머리가 겨우 통과할 수 있도록 메쉬를 조정한 나선형그물을 원통형 내부에 2중으로 설치되도록 제작한다.

(3) 청설모의 포획

청설모 수컷 3개체에 대한 포획실험을 하였다. 모든 청설모는 원통형내의 상부방향으로 2, 3회 등목행동을 보이다 다리 및 발톱 등이 그물에 걸려 포획되었다. 현재 청설모의 등목의 방지는 물론 포획에 울무(그림 15)나 폐 그물을 이용(그림 16)하고 있는 실정이므로 상기 개발한 덧을 이용할 경우 포획효율이 현저하게 높아질 것으로 판단된다.

다) 모형 2: 우산모형I (그림 4), II (그림 5)

(1) 구성

재료: 플라스틱 등

규격: 차단판 금형제작-차단판의 길이 30cm, 직경 임목의 흉고직경으로부터 15cm 간격유지, 임목설치각도 45도

(2)제작

우산모형 I: 차단판의 고정대를 별도로 제작한다. 차단판은 금형을 제작하여 생산하고 고정판내부에 고무 등으로 처리하여 임목이 직경 생장하는데 장애가 없도록 제작한다. 고정대에 차단판을 맞추는 형식으로 우산형이 되도록 제작하며 차단판과 판 사이의 간격은 2cm 벌어지지 않도록 한다. 일정범위의 흉고직경에 한정하여 제작해야 하는 단점이 있다(그림 4).

우산모형 II: 차단판과 고정대를 별도로 제작하나 차단판은 금형을 제작하고 고정대는 수작업에 의한다. 잣나무 흉고부위에 차단판을 원형으로 설치하고 (차단판이 서로 겹치도록 설치하는 것도 가능함) 그 위에 고정대를 이용하여 단단하게 조인다. 단 차단판에는 임목의 직경생장을 수용할 수 있는 물

질(고무 등)을 부착시킨다. 잣나무의 흉고직경에 제약받지 않고 적용할 수 있다(그림 5).

(3) 청설모의 등목행동

청설모는 수간의 상부방향으로 등목하기 위하여 앞발로 차단판을 잡기 위한 행동을 수회 반복(3일 동안에 총 등목시도회수는 45회)하였으나 등목하지 못했다.

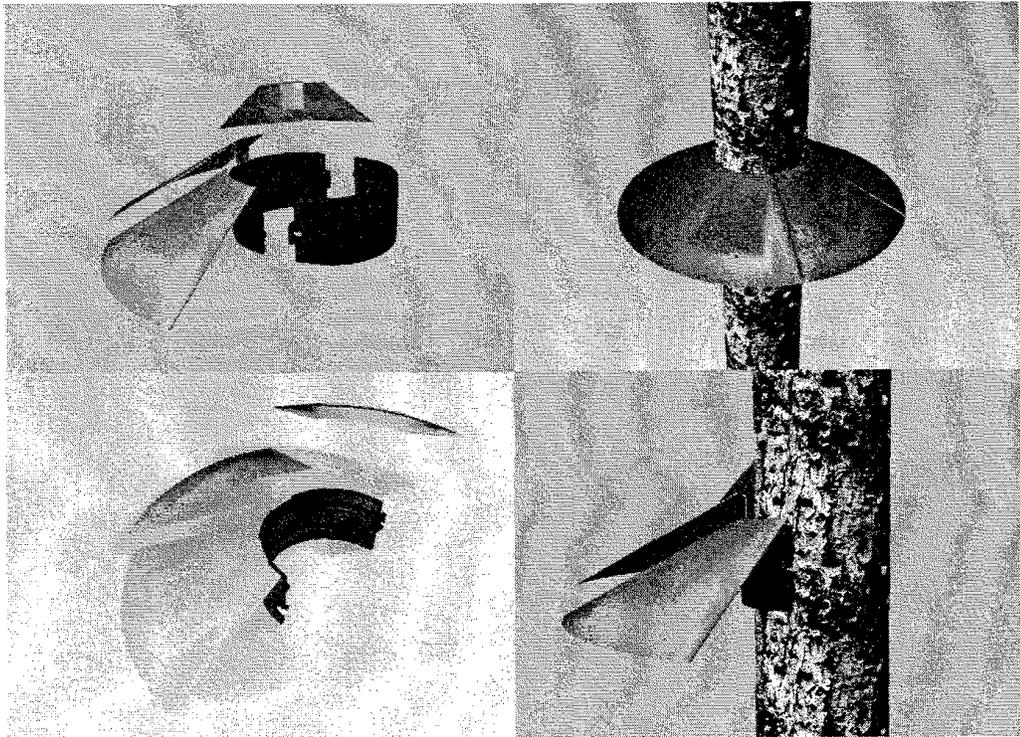


그림 4. 우산모형 I

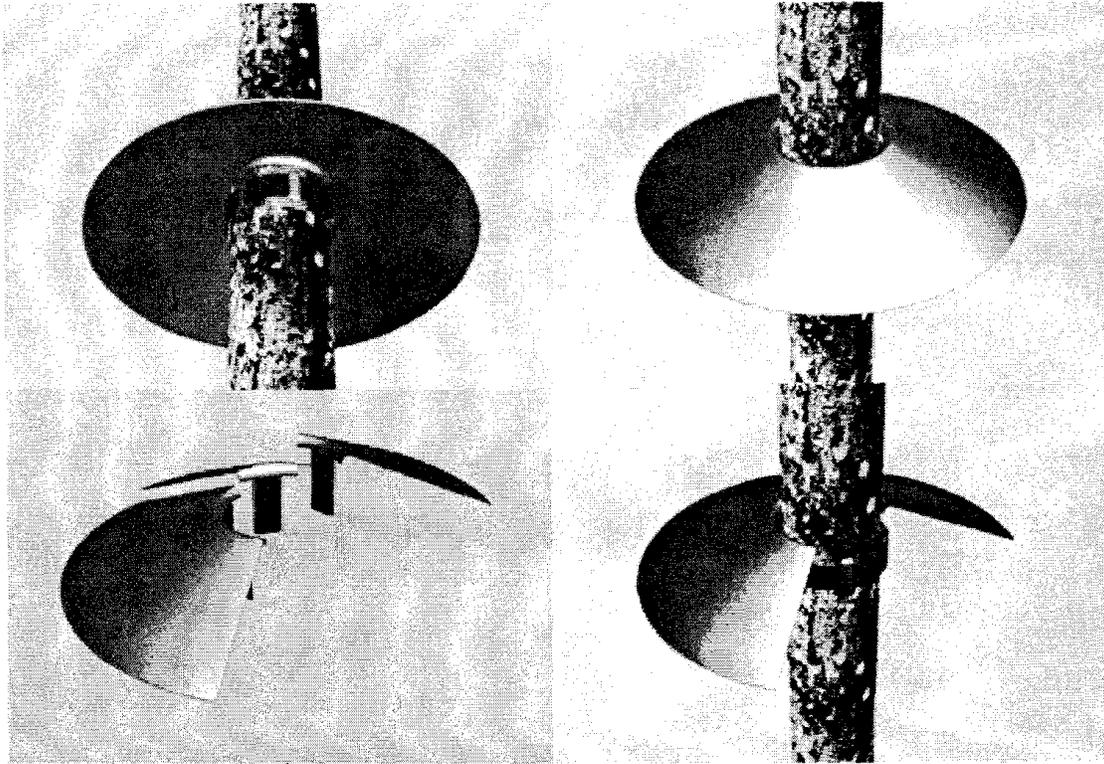


그림 5. 우산모형 II

라) 모형 3: 주름잡기 모형(그림 6)

(1)구성

재료: 폴리프로필렌(강도 강한 것)

규격: 전체길이 40cm, 흉고직경으로부터 15cm 간격유지, 임목에의 설치 각도 45도

(2)제작

폴리프로필렌(합성수지)를 이용하여 종이접기방식(간격조절에 의하여 각도 조절이 가능함)을 이용하여 우산모형으로 제작한다. 접히는 각을 프레싱하여 두면 현장에서 임목의 특성에 부합하게 채단하여 손쉽게 이용할 수 있다. 접히는 부분에 강한 고무밴드 등을 이용하여 임목에 고정시킨다. 본 모형은 프레싱 등을 이용할 경우 대량생산도 가능할 것으로 판단된다.

(3)청설모의 등목행동

청설모는 3일 동안에 원형모양의 외부로 등목하려고 65회 시도하였으나 성공하지 못하였다. 재질이 약한 경우 모형의 아래 부분을 입으로 잡아 훼손시키는 행동이 관찰되었다.

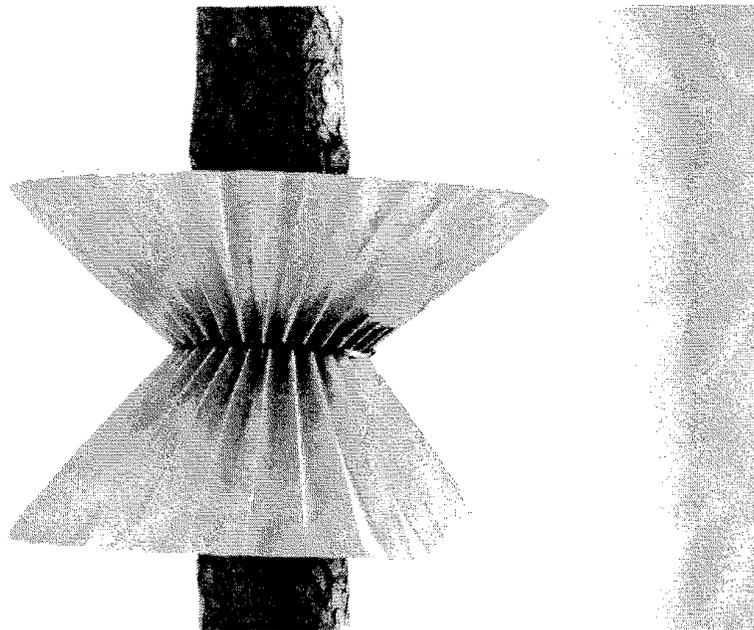
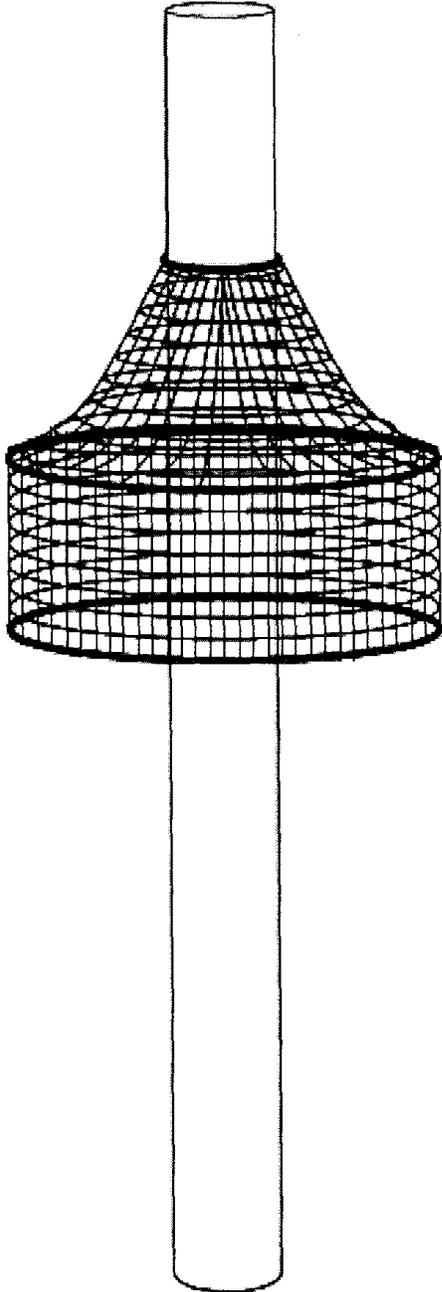


그림 6. 주름접기모형

마) 모형 4: 그물모형(그림 7)



(1)구성

재료: 이중나선형 그물, 철사

규격: 구조물전체 길이 50cm, 직경 임목의 높고 직경으로부터 20cm 간격유지.

(2)제작

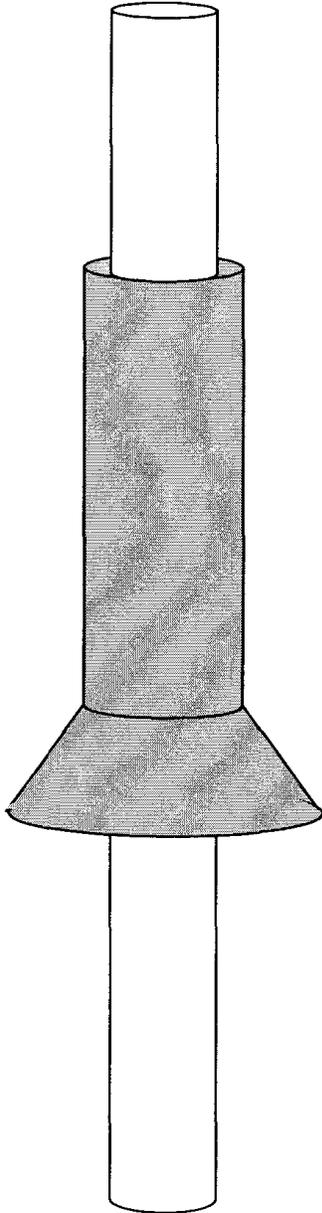
그물의 상단부에 철사를 이용하여 원형을 만들고 상단부위는 내구성이 강한 고무밴드를 이용하여 임목에 고정시킨다. 접합부위는 가는 철사를 이용하여 접합시킨다.

(3)청설모의 등목행동

청설모는 원통형내의 상부방향으로 등목행동을 보였으며 내부에서 외측으로 이동하거나 원형 밖을 이용하고자 할 경우 그물에 걸리는 등 행동이 자유롭지 못하였다. 3일 동안에 59회에 걸쳐 등목을 시도하였으나 성공하지 못하였다. 본 모형의 경우도 내부에 2중 그물구조를 제작하면 몇 기능도 가능한 것으로 파악되었다.

그림 7. 그물모형

바) 모형 5: 원통우산모형(그림 8)



(1) 구성

재료: 합석, 수지

규격: 직경 80mm, 분지길이 10cm, 구조물 전체길이 50cm, 우산모형의 끝부분과 임목간의 거리는 5cm 유지,

(2) 제작

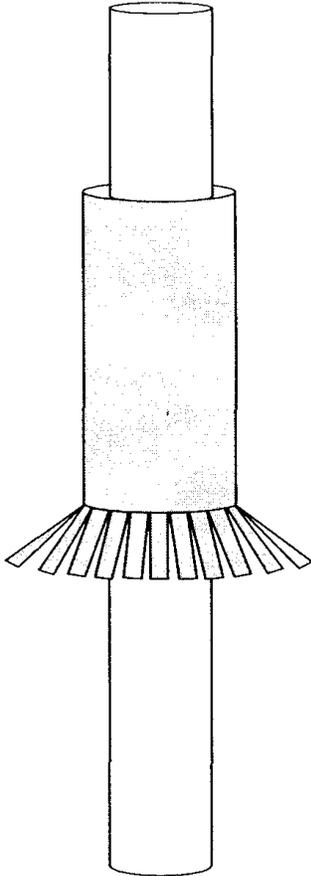
등목성공여부 및 장단점: 합석을 이용하였을 경우는 청설모의 등목이 불가능하나 이음새 부분을 매끄럽게 마감되지 않는 경우 등목이 가능하므로 제작시에 주의해야 한다.

(3) 청설모의 등목 행동

청설모는 하단의 우산모형 위로 오르기는 하나 상부로의 이동이 곤란하였다. 3일 동안에 48회에 걸쳐 등목을 시도하였으나 성공하지 못하였다.

그림 8. 원통우산모형

(사) 모형 6: 분지원통모형(그림 9)



(1)구성

재료: 함석

규격: 구조물전체 길이 50cm, 분지길이 10cm (분지된 부분 임목표면과 45도 각도유지), 분지끝부분과 임목간의 거리 5cm유지

(2)제작

함석으로 원통모형을 제작하고 하단부위를 길이 10cm, 폭 3cm가격으로 분지시킨다.

(3)청설모의 등목행동

청설모는 분지된 부위에 방해를 받아 상부로의 이동이 불가능하였다. 3일 동안에 25회 등목을 시도하였으나 성공하지 못하였다.

그림 9. 분지원통 모형

이외에 각종 갓(우산)모형을 흉고부위에 설치하여 등목행동을 관찰한 결과 흉고부위에서 약 30cm 이상의 갓(우산)모형을 설치할 경우 청설모의 등목은 불가능한 것으로 파악되었으나 이러한 모형에 대하여는 기술하지 않았다.

그 이유는 잣나무의 흉고직경은 동일하지 않고, 매년 성장하므로 매 수목에 설치하기 위하여는 그 크기를 다르게 제작해야 하며, 제작비용을 감안하면 실용성이 거의 없기 때문이다.

상기 기술한 6가지의 모형은 잣나무의 흉고직경별 제작이 보다 용이한 것으로 청설모의 등목을 차단하는데 유효한 것으로 판단되었다.

특히 제 원통형모형과 그물모형의 경우 내부에 2-3중의 나선형 그물을 설치할 경우 청설모를 포획할 수 있는 덫의 기능도 발휘되므로 임연부 등의 수목에 설치하면 청설모의 개체군 밀도를 감소시키는데 기여할 것으로 생각된다.

나. 잣나무 임지 내에서의 차단모형 적용시험

청설모 등목을 차단하는데 유효한 모형을 실제 잣나무림에 설치하여 소요되는 예산 등을 산출하였다.

1) 등목차단모형적용 장소의 개황

차단모형 적용 임지의 개황은 표 2와 같다. 토심이 깊고, 비교적 배수 및 공기의 유통이 양호한 지역이며 잣나무 수령은 6~8령급, 임지밀도는 300~400본/ha이었다.

하층에는 산뽕나무, 개웃나무, 생강나무, 물푸레나무 등의 관목과 큰기름새, 청가시덩굴, 풀고비, 새팔덩굴, 둥굴래, 으아리 등이 분포하였다.

표 2. 조사지의 개황

구분	2003년	2004년
위치	17임반 카소반	5임반 라소반
면적	1ha	1ha
수종	잣나무	잣나무
임령	52	76
평균흉고직경	30(11-38cm)	36(16-42cm)
수고	21(18-22m)	23(19-25m)
밀도	밀	중
경사도	18	16
방위	북동	남동
토심	중	심

2) 등목차단모형의 적용

2002년~2003년의 모형형태는 그림 10과 같으며 밴드의 중간부위에 긴 홈을 내어 밴드의 중간부위를 부풀림으로써 청설모의 수직이동을 방해하도록 하였다. 모형은 함석을 가위로 오려 제작하고 청설모사육장에 설치하고 관찰한 결과 그 효과가 인정되어 2002년 10월에 설치하였다.

2003~2004년도는 실내에서 등목행동을 검토하여 등목이 불가능한 6가지 차단모형 가운데 원통모형(합성수지와 천을 접합하여 제작)을 선정하여 간이 제작하였다. 모형의 형태는 그림 11과 같다.

수지를 원통높이를 40cm로 하고, 원통내부의 공간(임목에서 원통까지의 거리)이 5-10cm가 되도록 설치하였다. 수지와 접합부분은 내구성이 강한 천으

로 마감하였으며 천 부위를 흉고부위에 감고 줄로 고정하였다. 모형은 2004년 3월에 잣나무임내에 설치하였다.



그림 10. 2002~2003 차단모형(밴드모형)



그림 11. 2003~2004 차단모형(원통형모형)

3) 효과분석 및 문제점

모형설치 후 관찰한 결과 겨울부터 늦은 봄까지는 청설모의 접근 흔적이 없었으며 미숙구과의 섭식흔적도 없어 청설모의 등목이 불가능한 것으로 확인되었다. 그러나 모형을 설치하는데 함석을 그라인더로 절단하여 절단면이 거칠고 흠의 길이가 일정하지 않아 일정한 밴드형모형으로 휘어지지 않아 현장에서 함석가위 등을 이용하여 절단해야 하는 작업이 필요하였고, 인부의 작업숙련도가 문제가 되어 설치 후에 흘러내리는 경우가 발생하였다.

여름 장마철이 지난 8월중의 조사에서는 함석의 절단면에 그라인더에 의해 발생한 흠을 잡고 청설모가 이동하는 것이 육안으로 관찰되었다.

따라서 본 차단모형을 이용하여 구과가 성숙하는 모든 기간동안에 청설모의 등목을 완전하게 차단하기는 어려울 것으로 판단되었다.

원통형(수지와 천이용의 경우)의 차단모형을 설치한 후 관찰한 결과 미숙구과 시기에 청설모의 섭식흔적(섭식 후 낙하된 구과)은 발견되지 않았다. 단 강우 등의 영향으로 원통형의 수지와 천의 접합부분이 견고하지 못하여 틈이 형성되는 경우와 천이 부드러워 강우 등에 영향 받아 수직으로 종형모양의 원형이 형성되지 않고 수간과의 공간이 없이 붙게 되어 등목이 가능하거나, 원통형의 이음새가 떨어져 원형을 유지하지 못하게 되어 등목이 가능한 경우가 발생하였다.

이러한 단점만 보완되면 원통형모형의 경우 야외 적용이 가능하다고 생각되어 수지와 천의 접합부분의 재질은 그물로 하고 원형을 잘 유지하기 위하여 철사를 이용하는 등 원통형모형을 새롭게 제작하였다.

새롭게 제작한 모형을 야외 사육시설 내에 설치하고 등목행동을 관찰한 결과 2004년 11월부터 2005년 3월까지의 기간동안 등목에 성공하지 못하였다. 본 모형이 여름 기간동안의 기상조건, 즉 장마, 태풍 등에 대한 내구성을 갖춘다면 청설모 등목방지효과는 높을 것으로 사료된다.

2. 청설모의 등목차단 임지의 관리

가. 등목차단모형 설치장소의 작업공정

등목차단모형을 적용한 2장소(표 2)내에 피압목, 고사목, 하층식생을 제거하는데 필요한 시간, 조제시간, 이동 및 휴식시간 등의 공정을 산출하여 소요예산을 예측하였다. 임내정리에 사용된 기구는 기계톱과 낫 등이었다.

병행하여 잣나무 4령급 임지에서 12장소, 8령급 임지에서 6장소를 임의로 선정하여 피압목이나 고사목, 하층식생을 제거하는데 필요한 작업공정을 구하였다.

1) 임내정리 작업공정

임내정리에 필요한 공정별 소요시간은 표 3과 같다. 임내정리에 각 953분, 980분이 소요되었다. 소요시간은 차단설치장소의 지형과 임내상황에 따라 좌우될 것이나 본 연구 조사지에서는 2개조가 투입되어 대체로 1일에 임내정리가 가능하였다.

표 3. 청설모차단장치 설치임지의 임내정리(1ha)

작업공정	내용	시간(분)	
		2002-2003	2003-2004
임내정리	준비(정비), 이동	231	250
	벌도, 제제, 지타	397	400
	휴식, 협의	325	330
합계		953	980

*작업인 8인(기능인 2인, 보조인부 2인 작업조 2개조)

2) 임연부 작업공정

등목차단모형을 설치한 임지로 인접지역의 잣나무 임지에 서식하는 청설모가 침입할 수 있으므로 침입을 방지하기 위하여 임지의 임연부에 폭 3m의 차단지역을 만들어야 한다.

임연부에 차단지대를 설치하기 위하여 임목을 정리하는데 소요되는 작업공정은 임상에 따라 다르게 나타날 것으로 예측되므로 2003년과 2004년에 걸쳐 차단모형을 설치할 2개의 시험구에 임연부 정리작업을 실행하며 공정을 조사 하였다(표 4).

잣나무와 활엽수의 재적을 산출하기 위하여 벌채될 임목의 흉고직경을 측정하고 학술림에서 개발한 수곡곡선을 이용하여 직경별 수고를 추정하여 재적을 산출하였다

2003년 조사지는 가능한 한 다른 잣나무 임지와 고립된 임지를 선택하였으므로 임연부에 비교적 직경이 작은 활엽수(수령 30년 미만)가 대부분이었으며 임연부의 일부지역에는 직경이 작은 잣나무 임지와 연결되어 이러한 연결부분의 임목이 주 제거대상목이 되었다.

2004년 조사지는 잣나무 임지의 면적이 넓은 곳을 선정함으로써 임연부 정리작업 시 잣나무가 상당량 벌목되었다. 단 차단모형을 설치한 임지는 잣나무 단순림이지만 주변의 임연부는 대부분 잣나무와 활엽수 등이 혼식되어 임상이 다양하므로 혼효림의 공정을 적용하는 것이 타당하리라 생각된다.

국유임산물매각규칙시행요령의 벌목작업공정표(표 5)에 의하면 2003년 조사지의 경우 2.56명의 벌목인력이 소요되는 것으로 판단되며 실제 투입된 벌목인부는 2.07명(16.6시간)이었다.

표 4. 제거 대상목 및 인력소요 내역

구분	2003년 조사지				2004년 조사지			
면적	460m×3m=1,380m ²				446m×3m=1,338m ²			
별목내역	수종	평균재적 (m ³)	본수	재적 (m ³)	수종	평균재적 (m ³)	본수	재적 (m ³)
	잣나무	0.6484	25	16.21	잣나무	0.8432	45	37.94
	활엽수	0.1158	121	14.02	활엽수	0.1204	63	7.59
	합계	0.2071	146	30.23	합계	0.4216	108	45.53
투입인력	종류		소요시간		종류		소요시간	
	별목공(기계톱)		16.6		별목공(기계톱)		20.2	

또한 2004년 조사지의 경우 별목작업공정표에 의한 소요인력은 3.09명이었으며 실제 투입된 인력은 2.52명(20.2시간)이었다.

실제 투입된 인력은 별목작업공정표의 공정보다 다소 적게 투입(93%, 90.9%)되었으나 임연부의 임상과 입지조건이 복잡한 것을 감안한다면 매우 근사한 값이라 판단되므로 이러한 임연부정리작업에 이 ‘국유임산물매각규칙시행내규’에 의한 개별작업공정을 적용하는 것에 큰 무리가 없다고 판단되었다.

표 5. '국유임산물매각규칙시행내규'에 의한 개별작업공정 적용

구분	2003년 조사지	2004년 조사지
면적	1,380m ²	446m×3m=1,338m ²
벌채재적	30.23m ³	45.53m ³
지형	보통(15°-30°)	보통(15°-30°)
임상	혼효	혼효
분당재적	0.2071	0.4216
ha당재적	219	340.28
1인1일공정	11.8m ³	14.73
소요인력(일)	2.56(30.23/11.8)	3.09(45.53/14.73)

3) 청설모 차단모형 설치대상 임지의 조건별 임내정리공정

임내정리의 경우 영급, 하층식생(타 수종), 피복도 등에 따라 소요시간이 다르게 나타날 것으로 생각되어 조건별 대상임지에서 30m×30m의 표본점을 선정하여, 벌채의 대상목(피압목, 세장목, 타 수종)과 하층의 관목류를 제거 하는데 소요된 시간은 표 6과 같다.

체인톱 1인과 보조원 1인이 피복도 50~60%의 4령급 임지를 임내정리 하는데 평균 22분이 소요되었으며, 피복도 20%미만의 임지에서는 5.5분이 소요되어 하층식생의 형성정도에 따라 소요시간이 다소 차이가 나타나는 것으로 파악되었다.

표 6. 잣나무림(900m²)의 임내정리 소요시간

조사 입지	본수	흉고 직경	피복도	1m이상의 하층관목	피압목, 고사목, 활엽수류 등	소요시간 (분)	비고
1	33	24/14-35	50	7수종 32본	층층나무(1)	19.0	4령급 잣나무
2	34	23/17-35	60	14수종 33본	-	29.0	
3	68	21/11-34	50	7수종 28본	-	17.0	
4	44	21/16-34	50	8수종 52본	-	20.0	
5	51	20/15-35	50	13수종 42본	-	22.0	
6	53	22/15-38	50	5수종 25본	단풍나무(1)	25.0	
평균						22.0±4.0	
1	37	24/14-35	20	8수종 34본	-	9.0	8령급 잣나무
2	39	23/17-35	15	10수종 31본	-	6.0	
3	65	21/11-34	20	6수종 30본	-	7.0	
4	43	22/15-32	5	18수종 52본	-	5.0	
5	53	20/12-31	5	13수종 42본	-	3.0	
6	51	23/14-37	5	5수종 25본	-	3.0	
평균						5.5±2.1	
1	24	39/28-50	5	21수종 123본	굴참나무(2)	39.0	8령급 잣나무
2	18	42/32-54	10	13수종 117본	-	39.0	
3	15	43/30-56	5	17수종 115본	쪽동백(1), 층층나무(2)	38.0	
4	28	32/22-36	5	12수종 94본	물푸레(1), 쪽동백(2), 굴참나무(7)	85.0	
5	19	39/25-50	5	14수종 83본	굴참(5), 쪽동백(4), 단풍나무(2), 떡갈나무(2)	63.0	
6	22	42/34-54	5	8수종 92본	느릅나무(1), 굴참나무(3)	56.0	
평균						53.3±17.1	

피복도 10%미만의 8령급 임지를 정리하는데 소요된 시간은 53.3분으로 주로 잣나무 8령급 임내에 혼재되어 있는 참나무류를 벌채하는데 많은 시간이 소요되었다.

나. 등목차단모형의 설치작업공정

2002년, 2003년 차단모형을 설치하는데 공정별 소요시간은 표 7과 같이. 1ha면적의 모형차단장치를 설치하는데 걸리는 시간은 총 48시간, 43시간이 소요되었다. 차단기 설치는 설치장소의 조건, 설치할 임목의 형태에 따라 다소 차이가 나타날 것으로 생각된다.

표 7. 청설모차단장치 설치(1ha)

작업공정	내용	시간(분)	
		2002-2003	2003-2004
차단모형 설치	이동, 운반	1,153	700
	설치	1,343	1,500
	휴식 등	388	400
합계		2,884	2,600

*작업인 4인(남)

3. 경제성분석

청설모의 피해를 받는 잣나무 임지에서의 잣 생산량은 조림지의 입지, 임령, 기후 등 여러 요인에 의하여 영향 받을 뿐만 아니라 청설모 생태학적인 측면까지도 고려해야 한다.

본 조사에서는 2년 동안의 실험을 근거로 하여 청설모를 방제하는데 소요되는 비용과 방제에 성공하였을 경우 예측되는 생산비용(잣 채취부터 피잣 판매까지의 기초비용)을 단순화하여 분석하였다. 분석항목으로 구과피해정도, 등목차단장치(덧) 제작 및 설치, 생산임지의 관리에 소요되는 비용 등을 포함하였다.

생산임지로 선정된 면적 내 모든 임목을 대상으로 청설모의 등목을 차단하였을 경우와 임지 내에 서식하는 청설모의 개체군 밀도를 감소시키기 위하여 개발한 덧을 이용하는 경우에 예측되는 수익성을 구분하여 기술하였다.

가. 등목차단모형을 이용한 잣나무 구과피해

1) 잣 생산농가의 소득에 영향을 미치는 요인

잣 생산에 영향을 미치는 요인은 ha당 임목본수와 이와 관련한 잣구과 생산량, 차단장치를 설치할 생산임지의 관리(임내정리 및 임연부 정리), 차단장치 제작 및 설치에 필요한 비용 등이다. 잣나무림 내에서 2년간 수행된 연구결과에 근거하여 산출한 각 요인별 결과는 다음과 같다.

가) 잣의 유통구조

잣의 유통구조는 그림 13과 같이 3경로로 분류되며 제1경로는 채취농가→중간수집상→가공공장→도소매상→소비자, 제2경로는 채취농가(도유림채취공장)→농산림조합→직판(매)장→소비자, 제 3경로는 국영무역수입→중간판매상인(판매대행)→도소매상→소비자로 유통되고 있었다.

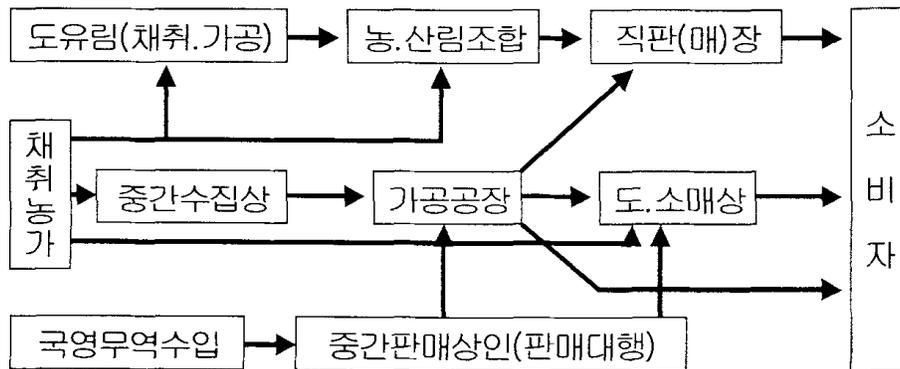


그림 12. 잣의 유통구조

나) 잣나무 구과 채취에서 탈각까지의 비용과 피잣가격

잣나무는 구과결실의 풍흉이 심하며, 임지별로 일정하지 않고, 더욱이 미숙구과 시기에 청설모의 피해가 단목별로 편중되어 임목 간 결실량의 차이가 심하다. 최근 구과를 채취하는 농가에서는 이와 같이 결실량의 차이 때문에 많은 구과 량의 생산이 가능한 임지의 선별은 물론 임목까지를 선택하여 등목하므로 구과의 채취 및 탈각비용도 임황 및 지황별 차이가 심하다.

본 조사에서는 상술한 내용을 감안하여 학술림 내에 잣나무림(3장소)을 선정하고, 실제 피잣 80kg을 생산하는데 소요되는 채취비용과 탈각비용을 산출하였다.

표 8, 9에서와 같이 2003년의 채취 및 탈각비용은 190천원, 2004년에는

196천원, 피젯가격은 2003년에 302.5천원, 2004년에 279.2천원이었다.

표 8. 지역별 잣채취, 탈각비

단위: 천원/80kg(가마)

조사장 소	2003년				2004년			
	채취	탈각	기타	계	채취	탈각	기타	계
원창	161	20	11	192	151	20	23	194
봉명	154	20	15	189	151	20	12	183
북방	157	20	12	189	162	21	28	211
계	472	60	38	570	464	61	63	588
평균	157.3	20.0	12.7	190.0	154.7	20.0	21.0	196.0

표 9. 피젯가격

단위: 천원/80kg(가마)

구분	2003년	2004년
춘천농산	300	280
북방농산	290	270
부흥상회	280	260
축령산 잣영농조합	310	295
가평군산림조합 잣공장	315	270
소라네 농원	320	300
계	1,815	1,675
평균	302.5	279.2

다) 등목차단모형의 설치 및 잣나무구과생산임지의 관리 비용

등목차단모형의 설치 및 임지관리 비용은 표 10과 같이 산출하였다. 등목차단장치 설치비용은 청설모의 등목이 불가능한 차단모형(원통형모형)을 이용하여 1ha의 잣나무임지 490본과 350본에 설치하는데 필요한 비용이다.

임지관리비용은 임내정리비용과 임연부 정리비용으로 구분하여 산출하였다. 임내정리비용은 청설모가 구과생산임지의 하층에 생육하는 잡목을 이용하여 잣나무 흉고부위에 설치된 차단모형 윗부분으로 등목하는 것을 방지하기 위한 필요한 비용이며, 임연부 정리비용은 인접한 임지의 수관에서 수관으로의 출입을 방지하기 위하여 임연부를 폭 3m간격으로 벌채하는데 소요되는 비용이다. 매년의 보수비용은 임내정리비용에 포함하였다.

표 10. 등목차단장치의 설치 및 임내정리, 임연부정리 작업에 소요인력

구분	등목차단장치설치(인)	임내정리(인)	임연부정리(인)
2003년	6.00	1.98	2.07
2003년	5.41	2.04	2.52
평균	5.71	2.01	2.30

*인건비: 50,000원

*1ha (4령급 잣나무 임지)

2) 실연방제지의 경제성분석

잣나무 구과의 증수를 위하여 잣나무에 청설모가 등목하지 못하도록 차단모형을 설치한 경우 수익성을 비교 분석하였다. 상술한 실연방제지의 임황과 년도별 청설모피해율, 차단모형의 제작 및 설치비용, 임지정리비용 등을 적용하여 수익성을 검토한 결과는 표 11과 같다.

표와 같은 조건하에서 3천원 의 비용으로 차단모형을 제작할 경우 3년 간의 수익은 조사영급에 관계없이 발생되었고, 5천원의 비용으로 제작하는 경우는 단지 구과생산량이 많은 8령급에서 수익이 발생하였다.

표 11. 잣나무 구과의 경제성분석

년도	청설모 피해율	피갯가 격(천원)/80kg	령급	본수	구과량	차단장치 가격별 수익(단위:천원)	
						3천원	5천원
2003	71.5	302.5	4령 급	496	13850	+ 317	- 674
			8령 급	350	15800	+ 1,079	+ 379
2004	65.5	279.2	4령 급	496	14525	+ 226	- 765
			8령 급	350	21350	+ 1,705	+ 1,005

실연임지에 적용하였던 원통모형도 실제 개당 5천원이 소요되었으며 그 외의 청설모가 등목하지 못한 6가지의 모형은 금형의 제작 등이 필요하여 고비용이 소요되므로 제외하였다. 원통형 모형의 경우 소재를 달리하면 좀 더 낮은 가격에 생산이 가능할 것으로 판단되나 3년 이상 이용이 가능한지에 대한 소재의 내구성 검토가 필요하다.

대량생산에 의한 원가 절감을 예측할 수 있으나 원통모형(그림 2, 3)의 경우는 결국 수작업으로 제작해야 하므로 대량으로 제작한다 하여도 원가가 절감이 용이하지 않을 것으로 판단된다. 따라서 현재의 실연방제에 이용된 원통모형의 제작비용으로는 결실량이 많은 년도나 잣나무령급이 높고, 특히 청설모의 피해율이 높은 임지일 경우에 한정하여 적용할 수 있을 것으로 생각되며, 금후 저비용으로 제작할 수 있는 소재의 탐색이 필요할 것으로 여러 가지의 소재를 검토하여 제작비용을 낮추는 일이 중요할 것이다.

또한 현재 농촌에서는 잣나무구과를 채취할 일손이 절대적으로 부족하여, 채취업자는 임지 내의 전체 임목을 대상으로 구과를 채취하지 않고, 청설모의 피해를 적게 받아 성숙구과수가 많이 열린 임목을 선별하여 채취하므로 선별 및 이동에 많은 시간과 노동력이 소요되고 있으므로 차단모형을 이용하기 위하여는 생산임지의 선정이 무엇보다도 중요하다. 금후 이들 임지를 선정하기 위한 기준으로 잣나무 구과의 결실량, 생산과정과 관련한 수익전망 등에 대한 검토 또한 필요할 것으로 판단된다.

한편 청설모의 생태학적인 관점을 고려할 경우의 등목차단모형의 설치는 다음과 같은 효과를 예측할 수 있을 것이다.

첫째 차단모형을 일정한 임지에 집단적으로 설치할 경우 청설모는 설치장소에 보금자리를 창설하지 못할 것이고, 보금자리는 번식처 및 피난처로 중요한 기능을 가지는데 이러한 기능이 소멸되면 개체군은 불가피하게 비생산 임지(차단모형 미설치 임지)로 이동하게 될 것이다.

둘째 청설모는 주로 서식처 주위에 먹이를 저장하며, 더욱이 땅속에 저장해야 많은 시간을 소비한다. 이와 같은 먹이 저장행동은 천적(맹금류 등)에 노출될 가능성이 있고, 차단모형 때문에 수상위로 피신이 불가능하므로 생존에 불리한 조건이 형성된다.

셋째 차단장치가 설치되지 않은 인접인분에 서식하는 개체가 간혹 임연부의 차단지역을 통과하여 먹이를 채취한다 하여도 채취시에 성숙구과의 무게 때문에 지면에 낙하하게 되고, 청설모는 지상으로 내려와 이를 물고 다시 수상으로 이동해야 하는데 나무 위로의 이동이 불가능하므로 재차 비 설치 임지로 이동할 수밖에 없다. 이러한 행동 역시 에너지 소비가 많고, 천적에 노출되는 시간이 길기 때문에 생존에 불리할 것이다.

3) 가공의 피해율, ha당 임목본수, 잣나무구과생산량을 이용한 분석

경제성을 예측하기 위하여 각 요인별 기준을 표 12와 같이 정하였다. 잣나무구과생산량이 많아지는 4등급 임지를 기준으로 하여 ha당 임목본수를 3 수준으로 설정하였다.

표 12. 임목본수, 잣나무구과생산량, 잣나무구과피해율, 등목차단모형제작비용

구분	내용	비고
임목본수	ha당 300그루, 400그루, 500그루	
잣나무구과생산	ha당 2,500, 3,750.....20,000송이	1,250송이/80kg
잣구과피해율	ha당 40%, 60%, 80%	
등목차단기제작	ha당 ₩1,000, 3,000, 5,000	

잣나무구과의 생산량은 학술림 내에서 과거 10년간 피잣생산량을 참고로 하여 80kg단위로 구분하였다. 등목차단모형의 제작비용은 실연방제의 결과

를 기초로 3수준으로 구분하고, 청설모에 의한 잣구과 피해율도 3수준으로 구분하여 ha당 예상 수입액을 산출하였다. 수익성 분석을 위하여 설정한 청설모에 의한 피해율 수준의 경우 피해율이 20% 미만이면 모든 조건에서 재배농가의 수익은 없는 것으로 나타나 결과에서 제외하였다.

산출한 결과는 표 13, 14와 같이 청설모에 의한 잣나무구과의 피해율이 높은 지역일수록, ha당 등목을 차단해야 할 임목본수가 적을수록 수익이 많게 나타났으며 차단장치의 제작비용에 따라 수입액이 차이가 심하게 나타나는 것으로 파악되었다.

피잣가격은 해마다 다르게 산정되는데 피잣가격을 2003년~2004년도의 평균가격인 291천원/80kg으로 하였을 경우, 실연방제지(ha당 4령급 496본 구과 약15,000개 생산, 피해율 50~70%)를 기준으로 등목차단장치제작비용은 개당 3천원 이하로 제작하여야 수익성이 있는 것으로 파악되었다.

피잣가격을 10년 평균가격인 520천원/80kg으로 하여 산출한 경우는 차단 모형 당 5천원의 제작비용이 소요되어도 제시된 가공의 ha당 본수 및 피해율에서 1만개의 구과생산이 가능하다면 수익성이 있는 것으로 파악되었다.

표 13. 가공의 등목차단비용, 피해율, ha당 임목본수, 잣나무구과생산량을 이용한 수익성비교 (기간: 3년, 피잣가격: 291천원/80kg)

가격 (천원)	본수/ ha	피해 율	잣송이수/ha							
			25,000	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500	20,000
1	300본	40%	-567	-334	-102	131	364	597	830	1062
		60%	-451	-102	248	597	946	1295	1644	1994
		80%	-334	131	597	1062	1528	1994	2459	2925
	400본	40%	-667	-434	-202	31	264	497	730	962
		60%	-551	-202	148	497	846	1195	1544	1894
		80%	-434	31	497	962	1428	1894	2359	2825
	500본	40%	-767	-534	-302	-69	164	397	630	862
		60%	-651	-302	48	397	746	1095	1444	1794
		80%	-534	-69	397	862	1328	1794	2259	2725
3	300본	40%	-1167	-934	-702	-469	-236	-3	230	462
		60%	-1051	-702	-352	-3	346	695	1044	1394
		80%	-934	-469	-3	462	928	1394	1859	2325
	400본	40%	-1467	-1234	-1002	-769	-536	-303	-70	162
		60%	-1351	-1002	-652	-303	46	395	744	1094
		80%	-1234	-769	-303	162	628	1094	1559	2025
	500본	40%	-1767	-1534	-1302	-1069	-836	-603	-370	-138
		60%	-1651	-1302	-952	-603	-254	95	444	794
		80%	-1534	-1069	-603	-138	328	794	1259	1725
5	300본	40%	-1767	-1534	-1302	-1069	-836	-603	-370	-138
		60%	-1651	-1302	-952	-603	-254	95	444	794
		80%	-1534	-1069	-603	-138	328	794	1259	1725
	400본	40%	-2267	-2034	-1802	-1569	-1336	-1103	-870	-638
		60%	-2151	-1802	-1452	-1103	-754	-405	-56	294
		80%	-2034	-1569	-1103	-638	-172	294	759	1225
	500본	40%	-2767	-2534	-2302	-2069	-1836	-1603	-1370	-1138
		60%	-2651	-2302	-1952	-1603	-1254	-905	-556	-206
		80%	-2534	-2069	-1603	-1138	-672	-206	259	725

*잣나무구과 1,250/80kg

표 14. 가공의 등목차단비용, 피해율, ha당 임목본수, 잣나무구과생산량을 이용한 수익성비교 (기간: 3년, 피жат가격: 520천원/80kg)

가격 (천원)	본수/ ha	피해율	잣송이수/ha							
			25,000	5,000	7,500	10,000	12,500	15,000	17,500	20,000
1	300 본	40%	-16	769	1,554	2,339	3,124	3,908	4,693	5,478
		60%	377	1,554	2,731	3,908	5,086	6,263	7,440	8,617
		80%	769	2,339	3,908	5,478	7,048	8,617	10,187	11,756
	400 본	40%	-116	669	1,454	2,239	3,024	3,808	4,593	5,378
		60%	277	1,454	2,631	3,808	4,986	6,163	7,340	8,517
		80%	669	2,239	3,808	5,378	6,948	8,517	10,087	11,656
	500 본	40%	-216	569	1,354	2,139	2,924	3,708	4,493	5,278
		60%	177	1,354	2,531	3,708	4,886	6,063	7,240	8,417
		80%	569	2,139	3,708	5,278	6,848	8,417	9,987	11,556
3	300 본	40%	-616	169	954	1,739	2,524	3,308	4,093	4,878
		60%	-223	954	2,131	3,308	4,486	5,663	6,840	8,017
		80%	169	1,739	3,308	4,878	6,448	8,017	9,587	11,156
	400 본	40%	-916	-131	654	1,439	2,224	3,008	3,793	4,578
		60%	-523	654	1,831	3,008	4,186	5,363	6,540	7,717
		80%	-131	1,439	3,008	4,578	6,148	7,717	9,287	10,856
	500 본	40%	-1,216	-431	354	1,139	1,924	2,708	3,493	4,278
		60%	-823	354	1,531	2,708	3,886	5,063	6,240	7,417
		80%	-431	1,139	2,708	4,278	5,848	7,417	8,987	10,556
5	300 본	40%	-1,216	-431	354	1,139	1,924	2,708	3,493	4,278
		60%	-823	354	1,531	2,708	3,886	5,063	6,240	7,417
		80%	-431	1,139	2,708	4,278	5,848	7,417	8,987	10,556
	400 본	40%	-1,716	-931	-146	639	1,424	2,208	2,993	3,778
		60%	-1,323	-146	1,031	2,208	3,386	4,563	5,740	6,917
		80%	-931	639	2,208	3,778	5,348	6,917	8,487	10,056
	500 본	40%	-2,216	-1,431	-646	139	924	1,708	2,493	3,278
		60%	-1,823	-646	531	1,708	2,886	4,063	5,240	6,417
		80%	-1,431	139	1,708	3,278	4,848	6,417	7,987	9,556

*잣나무구과 1,250/80kg

가) 잣나무구과의 피해율별 수익

청설모차단장치의 내구연한 3년, 제작비용 5천원, ha당 임목본수 300, 400, 500그루에서 피해율(40%, 60%, 80%)별 경제성을 분석한 결과는 그림 13과 같다.

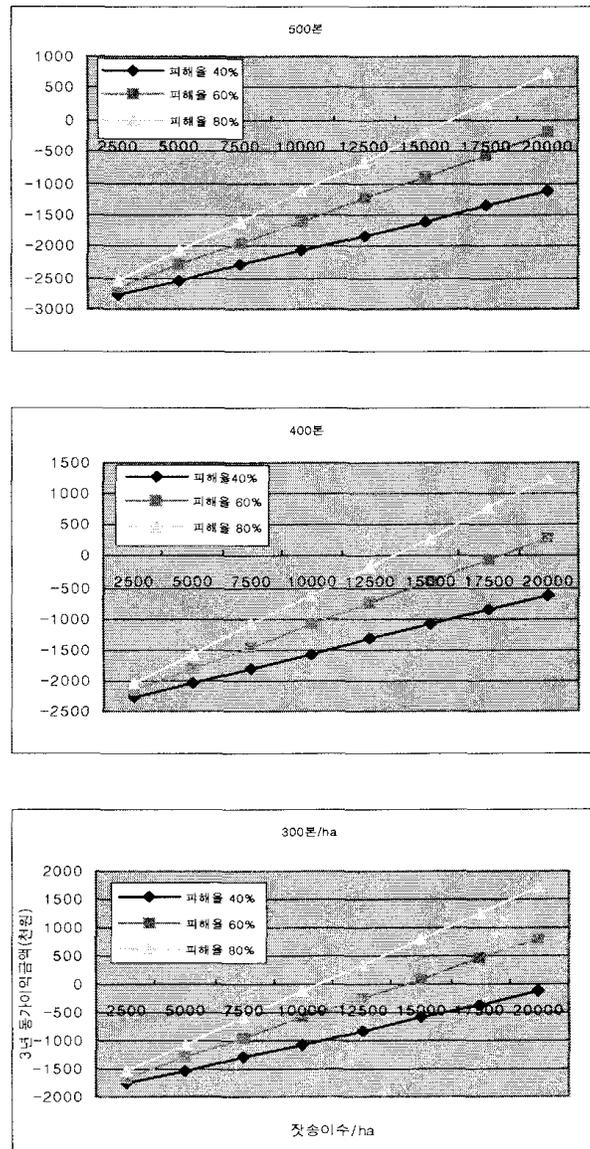


그림 13. 피해율별 수익성분석

40%의 피해를 받았을 경우 수익성이 전혀 없었고, 60%의 피해를 받은 경우 임목본수가 500그루이면 수익성이 나타나지 않았으나 400그루에서 20,000송이를 생산할 경우 와 300그루에서 15,000~20,000송이를 생산할 경우에 수익이 발생하였다. 80%의 피해를 받은 경우 500그루, 17,500송이를 생산하면 수익이 발생하기 시작하여, 300그루, 12,500~20,000송이에서 수익이 증가되었다.

나) 차단장치제작 비용별 수익

청설모차단장치의 내구연한을 3년, 피해율 60%, ha당 임목본수를 300, 400, 500그루로 하여 등목차단장치의 제작비용별 경제성을 분석한 결과는 그림 14와 같다. ha당 임목본수가 500그루에서 제작비용이 5천원일 경우 수익성이 없으나 3천원일 경우 15,000송이를 생산부터 수익이 발생되고, 1천원일 경우 7,500송이를 생산하면 수익이 발생하였다. 임목본수가 400그루인 경우 제작비용이 3,000원이면 12,500송이~20,000송이를 생산할 경우 수익이 발생하였다. 1,000원이면 7,500송이~20,000송이를 생산할 경우 보다 높은 수익이 발생하였다.

임목본수가 300그루인 경우 등목차단장치제작비용이 5천원이면 15,000송이를 생산할 경우부터 수익이 나타나기 시작하였고, 3천원은 12,500송이~20,000송이에서(346천원~1394천원), 1천원이면 7,500~20,000 송이에서 (248천원~1,994천원) 수익이 발생하였다.

이상의 결과를 검토하면 수익성은 차단장치 제작비용에 따라 현저한 차이가 나타나므로 금후 차단모형의 제작비용을 낮출 수 있는 재료의 검토가 필요하며, ha당 본수, 피해율, 구과생산량, 피жат가격 등을 고려하여 판단하면 등목차단모형의 제작비용은 3천원 이내로 결정되는 것이 타당할 것으로 생각된다.

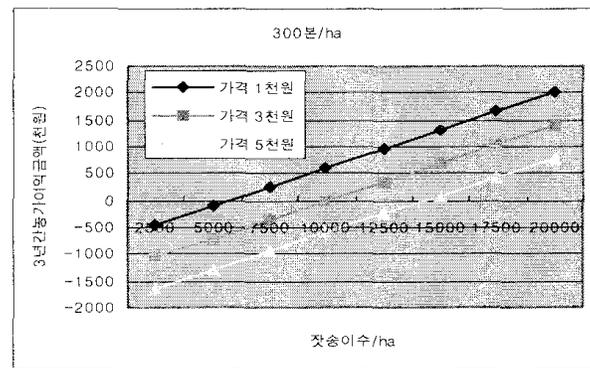
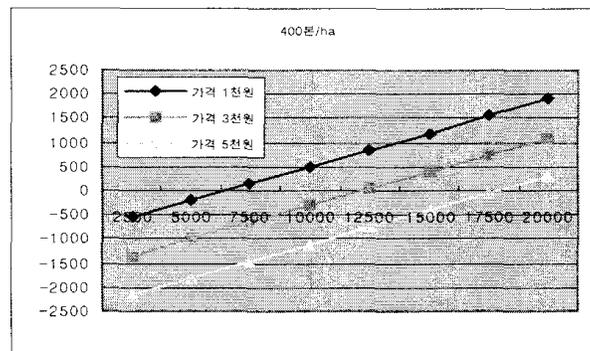
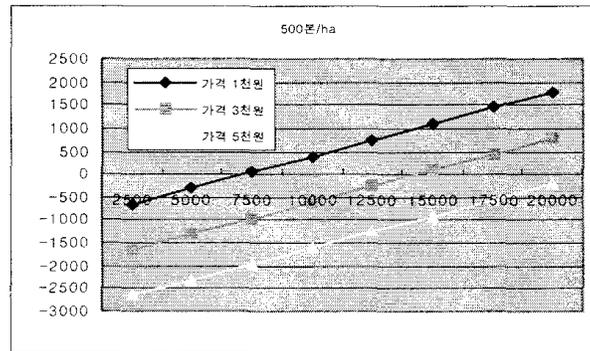


그림 14. 등목차단장치 가격별 수익

나. 청설모 포획장치(덫)를 이용한 잣나무 구과 피해방제

청설모에 의한 구과피해를 방지하는 방법으로 등목차단모형을 이용하는 것은 생산가능 임지의 임황 및 지황에 따라 그 범위가 제한적일 수밖에 없다. 또한 상술한 바와 같이 청설모의 개개임목에 대한 등목의 차단은 물론 인접한 비생산임지에서 이입되는 개체를 방지하고, 임지 내에서 등목에 이용될 수 있는 하층관목을 제거해야 하는 등, 임지관리에 많은 제반 비용이 소요되는 단점이 있다.

잣나무 구과의 피해는 임지 내에 서식하는 청설모의 밀도와 밀접한 관련이 있으므로 이러한 단점을 보완하여 농가의 수익성을 높일 수 있는 한 방법으로 청설모의 포획을 고려할 수 있다. 실제로 임지 내의 청설모 서식밀도를 감소시키기 위하여 철사를 재료로 한 울무나, 총기 등에 의한 포살하는 방법이 이용되고 있으나 최근 이용되는 울무의 경우 일부 포획이 된다 하여도 이용하기에 불편할 뿐만 아니라 1개체를 포획하면 새롭게 설치하는 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 또한 총기에 의한 서식밀도의 조절 역시 고비용이 소요되며 총기의 사고 등 실제 총을 사용하므로 일반농가에서 쉽게 이용하기 불편하여 청설모의 개체군밀도를 조절하는데 적합하지 않은 방법으로 판단된다.

이에 본 연구에서 등목차단모형을 응용한 원통형 덫 모형을 개발하였으며 이를 이용할 경우의 경제적인 이점에 대하여 간략하게 기술하였다.

1) 경제적 이점

실내에서 사육하며 조사한 청설모 성체의 1일 평균 섭식량은 57.6~72.1g이었다. 이는 청설모의 활동이 제약되는 작은 공간(사육장)내에서의 섭식량으로 잣나무 임지에서는 제약된 공간에서 보다 활발한 활동이 이루어져 에

너지 소비가 많을 것으로 판단되므로 실내사육시 먹이량보다 많은 양의 먹이를 섭식할 것으로 생각된다. 따라서 잣구과 1송이의 종실무게 60g(종실 1립당 0.5g, 1송이 120립)으로 최대섭식량을 기준으로 산출하여도 야외에서의 1일 섭식량은 적어도 1구과 이상일 것으로 판단된다. 더욱이 먹이가 결핍되는 기간의 생존을 위하여 먹이를 지면에 저장하는 행동을 보이므로 이 기간까지를 고려하면 상당량을 섭식, 소비하는 것으로 판단된다.

또한 잣나무구과의 종실이 성숙하지 않은 시기, 즉 잣나무 수상의 미숙구과 시기에도 가해하는 습성을 보여 2년간 미숙구과 피해를 조사한 결과 전체 피해량의 약 43% (2002~2003:51%, 2003~2004 :35%)를 차지하는 것으로 미루어 청설모에 의한 전체 구과의 피해량은 많은 것으로 파악되었다.

그러나 본 분석에서는 미숙구과 피해를 제외한 성숙구과만의 피해를 기초로 하여 피해액을 산출하였다. 청설모 1마리당 1일 섭식량 70g, 섭식기간 8개월로 하여 1마리가 년 잣나무구과를 가해하는 량을 환산하면 총 가해량은 16,800g이었다. 청설모 1마리의 연간 총섭식량 16.8kg을 기준으로 2003년~2004년의 평균피잣가격 3636원/kg으로 환산하면 마리당 61,084.8원의 피해를 입히는 것으로 파악되었다.

한편 원통형 덧을 이용할 경우 덧당 적어도 3개체이상의 포획이 가능하였다. 이는 현행 실행하고 있는 철사를 재료로 제작한 울무(그림 15)의 단점, 즉 1개체가 포획되면 원형이 변형되어 포획기능을 할 수 없게 되므로 1개체 포획 후에는 새롭게 제작해야 하는 점, 청설모를 먹이로 유인하지 못하기 때문에 임의적 행동을 통한 포획이 이루어지는 점 과 폐그물(그림 16)을 이용할 경우의 단점을 보완할 수 있다.

원통형 덧은 제작가격을 약 15,000원으로 산출하고, 단순비교를 행하여도 충분히 수익성이 있는 것으로 판단된다.



그림 15. 청설모 포획 울무



그림 16. 호두재배농가의 페그를 이용

2) 원통형 덩의 이용

청설모는 잣나무 임연부의 물이 흐르는 계곡 등에 주로 보금자리를 창설하므로 이러한 지역을 선정하여 원통형 덩을 설치한다. 청설모의 행동권과 세력권은 3ha 정도 범위에 형성하므로 잣나무 단순림의 면적이 넓은 임지의 경우 분산하여 설치하는 것이 유효할 것으로 판단된다.

덩은 미숙구과 시기인 10월 초순부터 익년 4월말까지의 기간동안에 유인 먹이를 이용하여 포획하는 것이 유리하다. 덩을 설치할 임목은 수간이 통직하며 미숙구과가 많이 열린 우세목을 선택하는 것이 바람직하며, 임목간 이동이 불가능하도록 인접된 임목의 거리는 3m 이상으로 하는 것이 좋다. 덩의 설치위치는 흉고부위이상으로 하고 덩 내부의 상단부위에 잣 구과나 호두 등 청설모의 먹이를 제공하며 덩이 설치된 임목주위의 하층관목을 제거한다.

실연실험 및 경제성 분석에 관한 추가적인 연구가 필요하나 3ha에 설치할 포획 덩 수는 임지 내 최대 서식 개체수(12마리)의 2배수-3배수인 20-30개가 적당할 것으로 사료된다.

4. 기타피해 방제시험

가. CTA유발물질을 처리한 잣(피잣)에 대한 청설모의 행동반응조사

청설모에서 CTA 유발효과 및 유발량을 알기 위한 실험을 실시한 결과, LiCl(그림 18)과 Estradiol Benzonate(그림 19)과 같이 나타났다.

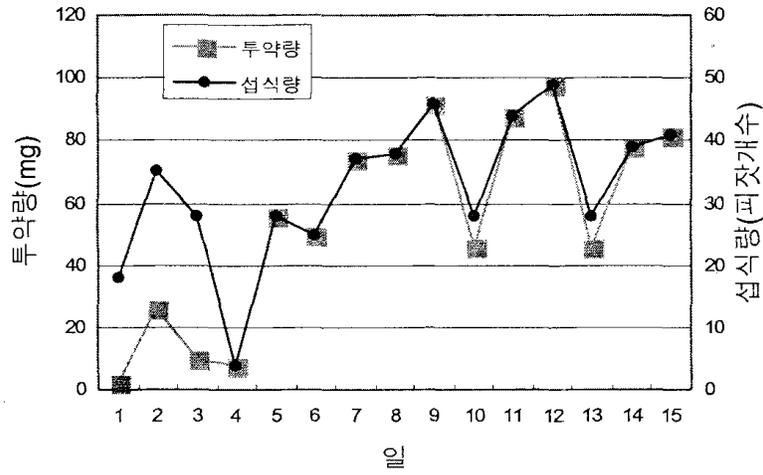
LiCl의 경우, 1번 공시개체에서는 처리하기 시작한 후 다음날부터 2-4일째까지 채식량이 계속하여 줄어들다가 5일째부터 증가하였으나 이날부터 섭취한 잣을 토해내기 시작하였으며, 그 다음날부터도 구토를 반복하다가 실험 개시 16일째 구토와 심한경련을 일으키며 사망하였다.

반면 공시개체 2번은 1번과 거의 유사한 행동을 보였으며, 섭식 다음날부터 4일간 섭식량이 감소하다가 5일째부터 증가하였으며, 7일째부터 구토를 시작하다가 실험개시 16일째 구토와 심한 경련을 보이면서 사망하였다.

청설모는 1개체당 LiCl을 처리한 피자를 먹은 다음날부터 피자에 대하여 CTA를 획득하는 것으로 확인되었으며, 적정 유발량은 20~46mg/개체(57~131mg/kg)으로 확인되었다. 생쥐(*Mus musculus*)의 경우, 최적 유발량은 6.0mEq/kg(Ingram 1982)이고 들쥐(rat)는 130mg/kg인 것으로 보고(Nachman 및 Ashe 1973)하고 있어 청설모는 들쥐와 유사한 양임을 알 수 있다.

CTA 유발지속시간은 약 3~4일 정도 지속되며, 5일째부터는 먹이에 대한 기피행동(aversion)이 소멸되는(extinction) 것으로 나타났다. 그러나 5일째부터 구토를 일으키면서도 계속하여 먹이를 섭취하는 것은 먹이로 공급되는 것이 유일한 먹이이면서 절대적인 선호먹이이고(Burritt 및 Provenza 1996) 배고픔을 견디지 못하기 때문에 구토를 하면서도, 즉 CTA가 유발되었지만 먹이를 섭식하는 것으로 사료된다(Ralphs et al. 2001).

공시개체 1번



공시개체 2번

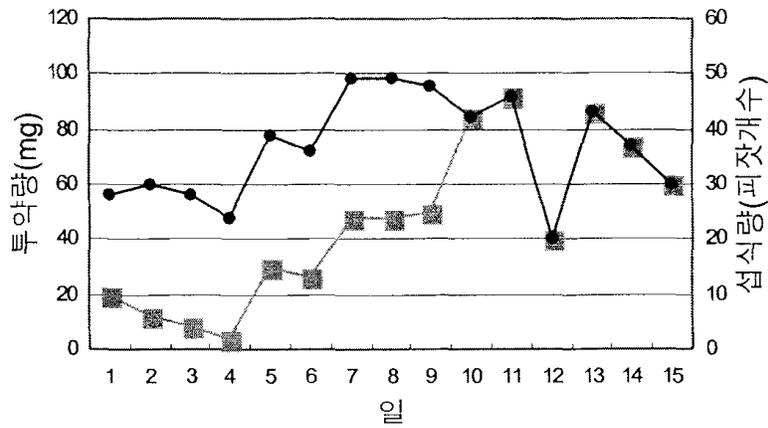


그림 18. LiCl의 처리된 피젯 먹이제공 후 섭취한
약품량과 총채식량의 변화

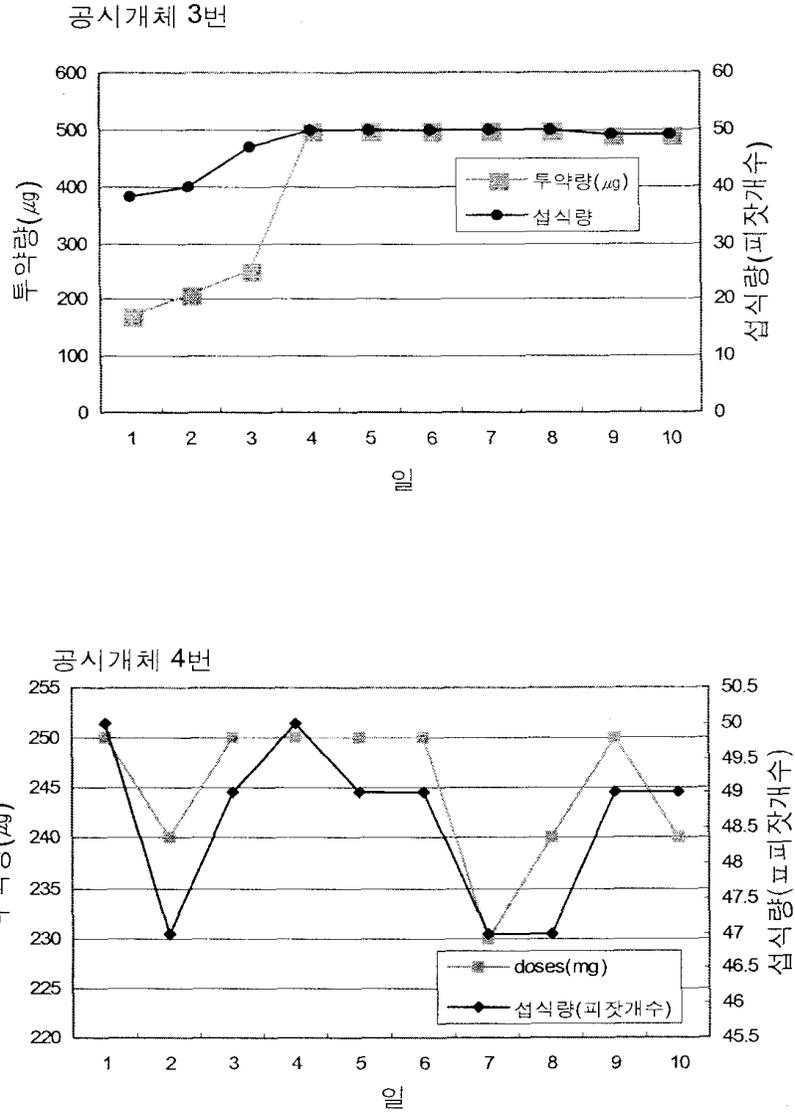


그림 19. Estradiol Bezonate의 처리된 피젓 먹이제공 후 섭취한 약품량과 총채식량의 변화

Estradiol Benzonate은 3번 공시개체에서는 처리하기 시작한 후 다음날부터 섭식량이 계속 증가하다가 4일째부터 제공한 먹이를 모두 다 섭식하였다. 반면 4번 공시개체는 2일째와 7일째에 채식량이 약간 줄어들었으나 1일

섭취량에 비하여 그 차이가 경미한 수준이었다.

본 결과로 청설모에 있어서 Estradiol Benzonate은 LiCl과는 다르게 CTA가 획득되었다고 판단하기는 어려웠다. 이는 아마도 약품의 농도가 너무 약하여 CTA가 유발되지 않은 것으로 판단된다. 이는 본 실험에서 사용한 에스론정® 제품의 농도가 2mg/ml로 고정되어 있고 피갓 1개에 최대로 처리 가능한 용액의 농도인 10 microgram/5 μ l로는 CTA를 유발시키기에 농도가 너무 낮은데 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 현재 농도를 자유롭게 조절 가능한 분말제재를 이용하여 고농도에서의 CTA실험을 진행할 계획이다.

본 실험의 결과 청설모의 조건적 미각기피(CTA) 물질로 LiCl이 매우 효과적으로 사용할 수 있는 약품이며, CTA를 유발시키는 적정량은 57~131mg/kg인 것으로 확인되었다. 이 실험은 잣 이외의 먹이선택의 기회가 없는 제한적인 실험이었으나, 야외에서는 다른 대체먹이가 존재하므로 만일 CTA가 유발된 청설모 개체는 다른 먹이를 찾아 잣나무 임지로부터 다른 곳으로 이동할 것으로 예측된다.

특히, 이 기법을 적용할 경우 적어도 CTA 유발이 된 개체는 잣 채식량이 급격히 떨어지므로 청설모가 서식하고 있는 잣나무 임지에서 잣이 완전히 성숙하여 수확하기 직전까지의 총섭식량이 상대적인 줄어들게 되어 청설모로 인한 수확직전의 잣 피해를 상당히 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 또한 초봄~초여름까지는 다른 대체먹이가 풍부한 계절이므로 잣나무 미숙구과에 대한 피해를 줄일 수 있는 방안이라고 판단된다. 금후 야외실험을 통하여 실제 수확기와 성장기에 CTA에 의한 피해방지 효과를 검토할 필요가 있다.

제 4 장 결론

제 1 절 잣나무구과의 피해특성 및 청설모의 생태

1. 잣나무 구과의 피해특성

청설모는 설치류에 속하며 주로 잣과 호두를 선호하여 섭식하므로 농가에 막대한 피해를 주고 있다. 그러나 이들 견과류에 대한 피해과정의 해석이나 피해량을 계량화한 기초 자료가 거의 없어 피해를 방지하기 위한 연구를 검토하는데 많은 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 청설모가 잣나무구과를 어느 정도 가해하는지 등에 대한 가해특성과 가해량을 구명하였다.

잣나무구과의 결실량은 과거 2~3년의 착과량 보다 많은 것으로 조사되었으며 설정한 조사구별, 임목별로 차이는 심하게 나타났다. 이와 같은 결실량의 차이는 수목의 생리적인 특성(풍흉이 해마다 현저한 차이가 나타나는 해갈이 현상), 환경적인 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 결실 후 성숙하는 기간동안에도 기후, 병해충, 동물 등에 원인으로 피해를 받으며 이 가운데 청설모에 의하게 심한 피해를 받는 것으로 파악되었다.

청설모가 잣나무 구과를 가해하는 시기는 9월 후반기부터 이듬해 8월 성숙기까지로 이제까지 청설모는 주로 성숙구과를 가해하는 것으로 알려져 있었으나, 미숙구과도 오랜 기간에 걸쳐 상당량을 가해하는 것으로 파악되었다.

미숙구과를 먹이로 하는 정확한 이유는 알 수 없으나 인편을 벗겨내고 인편의 안쪽을 긁는 행동이 관찰되는 것으로 미루어 영양물질을 섭취하는 행동으로 판단되었다.

미숙구과의 피해율은 2002-2003에 51.0%, 2003-2004에 35.0%로 미숙구과 시기에 상당량이 피해를 받는 것으로 조사되었으며, 해에 따라 피해의 차이도 현저하게 나타나는 것으로 파악되었다.

외국의 경우 Aunu 등(1985)은 Jack pine구과의 생명표에서 구과가 형성된 후 소량의 피해를 받았다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 미숙구과 피해와 같은 유형의 피해로 생각된다.

미숙구과시기부터 성숙구과시기까지의 기간동안 청설모에 의한 구과피해율은 2002~2003년에 71.5%이었고, 2003~2004년에 65.5%로 산출되었다. 이렇게 년도별 피해율차이는 잣나무 구과의 결실량과 임지 내에 서식하는 청설모의 개체군밀도에 영향을 받을 것으로 생각되며, 금후 서식밀도와 관련하여 세밀한 검토가 필요하다.

청설모의 피해패턴은 미숙구과시기에 일정 임지에서 집중적으로 가해하는 경향을 보였으며, 잣나무의 수령이나 임지의 위치(산정, 산복, 산록), 단목의 부위별(정단 및 측지부위)별 피해율의 차이는 나타나지 않는 것으로 파악되었는데 이는 임지내의 청설모 보금자리 창설지역과 관련이 있는 것으로 보금자리주위는 천적으로부터 회피나 에너지 소비가 적어 특별히 선호하여 섭식하기 때문인 것으로 사료된다.

2. 청설모의 형태 및 생태적 특성

가. 청설모의 형태적 특성

청설모의 털은 겨울동안은 회색이며 약간 붉은 색조를 띤다. 귀의 털은 몸체의 다른 부위의 털에 비하여 현저하게 길고 직립하여 나있고, 봄에 털같이 이후 짧아지며 체표의 털도 암회색을 띤다. 배는 항상 흰색이나 양옆이 때때로 노랑 색조를 띄기도 한다. 앞발가락은 엄지발가락이 안으로 휘어

져 있고, 한개의 발톱이 있다. 출산시 개체의 무게는 8~12g이었고, 털은 생후 10~13일에 나기 시작하여 3주 후에는 완료되었다. 성체의 체장은 암컷이 $22.3 \pm 0.9\text{cm}$, 수컷이 $22.1 \pm 1.1\text{cm}$ 이었고, 체중은 암컷이 $312.9 \pm 67.3\text{g}$, 수컷이 $338.3 \pm 35.7\text{g}$ 이었고, 꼬리길이는 암컷이 $25.8 \pm 1.4\text{cm}$, 수컷이 $24.4 \pm 1.6\text{cm}$ 이었다. 암컷의 복부에는 6개의 유선이 발달하였다. 유럽에 분포하는 *Sciurus*속에 속하는 종과 체장, 체중은 유사하였으나 꼬리길이는 유럽종의 길이 16~20cm보다 국내에 분포하는 종이 현저히 길었다.

나. 청설모의 생태적 특성

청설모는 중부지방의 잣나무림 내에서 년 1~2회 번식하는 것으로 파악되었다. 년 1회 번식하는 개체의 교미시기는 4월 하순~5월 초순이며, 임신기간은 35일 정도로 6월 초순~중순에 새끼를 낳고, 60일 정도의 이유기간을 지나 임내에 재차 출현하는 시기는 8월 초순~8월 중순이었다. 년 2회 번식하는 개체의 교미기는 1월 하순~2월 초순이며 4월 번식하고, 6월 중순경 교미하여 2차 번식하였다.

청설모의 보금자리는 주로 임연으로부터 10m 이내 임목을 선택하여 수고와 관계없이 수관 중간부위에 창설하였는데 이는 본 종의 먹이조건, 천적의 회피 등과 관련된 것으로 본종의 생존전략으로 이해된다.

보금자리의 크기는 장경이 평균 31.7cm (27~34cm), 단경이 25.4cm (22~27cm), 전체 무게는 평균 850.0g (668~1,129g)이었다. 보금자리별 새끼수는 3~4마리, 평균 3.6마리이었고, 개체별로는 2~4마리, 평균 3.2마리를 낳는 것으로 파악되었다.

청설모는 나무의 새순, 꽃, 종자, 수액, 종실 등 다양한 종류의 먹이를 섭식하나 잣나무림 내에서는 주로 구과를 섭식하였다. 구과채취는 주로 앞발을 이용하여 구과를 잡고 입으로 과병을 물어 지상으로 떨어뜨린다. 섭식은

앞발을 이용하며, 인편을 벗기고 구과로부터 종실을 분리하여 섭식한다. 실내실험결과 1개체의 1일 섭식량은 57.6g~63.1g로 파악되어 야외에서의 섭식량은 보통 1일 동안에 구과 1송이 정도의 섭식이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 섭식하고 남긴 잣나무구과를 관찰하면 잣 종실이 많이 남겨져 있는 것도 발견되는 것으로 보아 실제 피해량은 섭식량보다 많은 것으로 사료된다.

청설모는 먹이가 충분한 경우 여러 가지 방법을 이용하여 먹이를 저장하는 습성이 관찰되었다. 어린개체도 저장하는 행동이 관찰되는 것으로 미루어 저장행동은 본능적인 것으로 판단된다. 겨울동안의 생존을 위하여 잣 종실은 한 지점에 2~28개씩, 평균 3.5~7.1개씩 저장하였으며, 저장량의 51.2%를 보급자리에서부터 41~50m의 거리에 저장하였다. 저장장소는 주로 하층 식생이 발달하지 않고 피복도가 낮은 지역을 선호하는 경향이 있는 것으로 파악되었다.

청설모의 행동은 해뜨는 시각부터 10시, 오후 2시부터 3시 사이에 활발한 것으로 관찰되었다. 청설모은 잣나무 구과의 결실기에 주로 수상에서 생활하며 지상에 먹이를 저식하는 동절기에는 먹이의 탐색 및 채집을 위한 지상에서의 활동도 관찰되었다.

지상에서의 점프동작은 유연하며 수평점프거리는 약 100cm, 수직점프거리는 50cm로 조사되었다. 또한 임목위에서 지면으로의 최대 점프거리는 200cm로 확인되어 생산임지를 선정하여 등목차단장치를 설치하는 경우 청설모의 이입을 방지하기 위하여는 적어도 300cm이상의 차단지역이 필요할 것으로 파악되었다.

행동권의 크기는 약 0.7~3.1ha 정도로 추정되었으며, 조사지역의 ha당 밀도는 최소 0.8마리에서 최대 1.5마리가 관찰되었으나 이는 단편적인 결과로 청설모의 개체군변동과 관련한 세력권, 행동권에 대한 추언이 필요하다.

제 2 절 청설모차단장치 및 임지관리

잣나무 종실량의 증가는 청설모의 서식조건을 충족시키므로 개체수가 증가하게 되어 재차 구과를 가해하므로써 농가소득에 영향을 미치고 있으나 이들 개체군밀도의 급격한 증가를 억제할 수 있는 천적의 종수 및 개체수가 적어 밀도의 자연감소를 기대하기는 매우 어려운 실정이다. 이에 자연생태계에 악영향을 주지 않으며 인간과 공존가능한 물리적 제어방법을 모색하였다.

청설모의 등목(登木)을 차단하는데 성공한 모형은 원통형모형, 우산모형(I, II), 주름접기모형, 그물모형, 원통우산모형, 분지한 원통모형 등 총 6가지를 확인하였다. 이 가운데 우산모형, 주름접기모형 등은 금형을 제작하여 대량생산이 가능하나 금형을 제작할 경우 제작단가가 높게 소요되는 것으로 파악되었다. 원통형모형은 수작업에 의존하여 제작이 가능하며 제작단가가 금형에 비하여 낮은 것으로 확인되었으나 농가에서 이용하기 위하여는 좀더 저렴한 비용으로 제작이 가능해야 될 것으로 판단되었다. 일부 실험에서 원통모형을 비닐 등의 재료로 교체할 경우도 등목차단이 가능한 것으로 관찰되어 이에 대한 내구성 등이 검토되면 좀더 저렴한 가격으로 차단모형을 제작할 수 있을 것으로 생각된다.

또한 원통형모형과 그물모형의 경우 내부에 이중나선형의 그물을 2~3층으로 접합할 경우 청설모 포획이 가능할 것으로 파악되었다. 본 덩을 이용하면 현재 포획에 사용하고 있는 울무(재료: 철사)보다 효과적일 것으로 사료되며 청설모의 서식밀도를 감소시켜 피해를 방지하는 방법을 선택할 경우 응용적으로 적용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

이외의 모형은 청설모 등목을 차단하는 데는 성공적이었으나 금형제작이 어렵고, 수작업에 의한 제작비용도 높아 이용하기 어려운 것으로 파악되었다.

차단장치를 적용하는 최적면적은 청설모의 행동권 범위인 약 3ha로 설정하는 것이 바람직하며 임지내의 타수종의 벌채, 피압목, 고사목, 하층식생을 제거하는 것이 필수적이다. 또한 인접임지의 수상으로부터 차단지역의 수상으로 이입하는 개체를 방지하기 위하여 차단지역을 설정해야 하는데 이는 청설모의 점프능력을 감안하면 3m이상의 임목을 벌채하는 것이 필요하다.

이외에 차단장치를 설치할 경우 청설모는 보금자리의 창설이 곤란하여 비생산임지로 이동하거나, 등목화단으로 먹이 저장 행동에 방해를 받고, 잣나무구과를 섭식하는 행동이 용이하지 않은 등, 생존에 불리한 환경이 조성되므로 결국 서식개체수가 감소되는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

제 3 절 경제성분석

2년 동안의 실험을 근거로 하여 수익에 영향을 주는 잣나무구과 생산비, 등목차단장치 및 설치비용, 임지관리비용 등 생산비와 차단장치를 설치하였을 경우 예상되는 수익을 산출하였다. 예상되는 수익은 차단모형의 제작내용, 임지의 특성, 판매가격 등에 따라 다르게 나타날 것으로 판단되나 본 연구에서는 잣 종실을 생산하기 위하여 실제로 실행한 내용을 기초로 하여 산출하였다.

등목차단모형은 재료 및 설치장소에 따라 년도 별로 차이를 보였으며 평균 5.71명이 소요되었다. 임내정리(피압목, 고사목, 하층관목)는 잣나무구과의 생산임지의 특성에 의존하며 평균 2.0명이 소요되었다. 임연부정리(폭 3m내 개별)를 하는데 필요한 인력은 2003년 조사지의 경우 2.07명(16.6시간), 2004년 조사지의 경우 2.52명(20.2시간)으로 평균 2.3인이 투입되었다. 이는 국유임산물매각규칙 시행요령의 벌목작업공정표의 혼효림지에 적용되

는 작업공정보다는 다소 적게 투입되는 것으로 파악되었다. 그러나 임연부의 임상과 입지조건이 복잡한 것을 감안한다면 매우 근사한 값이라 판단되므로 '국유임산물 매각규칙'에 명시된 개별작업공정을 적용하여도 무리가 없을 것으로 생각된다.

청설모가 등목하지 못하도록 차단모형을 설치하고 수익성을 비교 분석한 결과, 동일한 조건에서 차단모형을 3천원으로 제작할 경우 3년 동안의 수익은 임목영급에 관계없이 발생하였으나 5천원으로 제작할 경우 구과생산량이 많은 8명급 잣나무림에서 수익이 발생하는 것으로 파악되었다. 실제 등목이 불가능한 차단모형 중 금형제작이 필요한 모형은 고비용이 소요되어 이용하기 어렵고, 실연임지에 적용하였던 원통모형도 개당 5천원이 소요되어 결실량이 적은 년도나 임목령급과 청설모의 피해율이 낮은 임지일 경우 적용이 곤란할 것으로 파악되었다.

한편 가공의 피해율, ha당 임목본수, 잣나무구과생산량을 이용하여 분석한 결과 청설모에 의한 구과 피해율이 20% 미만이면 모든 조건에서 재배농가의 수익은 없는 것으로 나타났고, 피해율이 높은 지역일수록, ha당 등목을 차단해야할 임목본수가 적을수록 수익이 많은 것으로 산출되었다. 임목본수의 영향은 차단장치의 제작비용에 따라 수입액이 차이가 심하게 나타나는 것을 의미하는 것으로 대략 등목차단모형의 제작비용이 3천원 이하로 제작해야 수익성이 있는 것으로 파악되었다.

이상의 결과를 검토하면 수익성은 차단장치제작비용에 따라 현저한 차이가 나타나므로 금후 차단모형의 제작비용을 낮출 수 있는 재료의 검토가 필요하며, ha당 본수, 피해율, 구과생산량, 피жат가격 등을 고려하여 판단하면 등목차단모형의 제작비용은 3천원 이내로 결정되는 것이 타당할 것으로 파악되었다. 금후 저가의 소재가 검토되어 저비용을 들여 모형을 제작하고 결실량, 생산과정과 관련된 수익전망이 밝은 생산임지를 선정하여 설치한다면

갯나무 임지에 적용하여 수익성을 창출하는데 어려움이 없을 것으로 판단된다.

한편 갯나무 구과의 피해는 임지 내에 서식하는 청설모의 밀도와 밀접한 관련이 있으므로 농가의 수익성을 높일 수 있는 한 방법으로 청설모의 포획을 고려할 수 있다. 청설모 성체는 활동이 제약되는 작은 공간(사육장)내에서의 1일 평균 57.6~72.1g의 갯을 섭식하였는데 임지에서는 사육장내보다 많은 에너지가 소비될 것으로 판단되므로 섭식량도 증가할 것으로 생각된다. 따라서 갯나무 구과 1송이의 종실무게가 60g(종실 1립당 0.5g, 1송이 120립)이므로 최대 섭식량을 기준으로 산출하여도 1일 섭식량은 적어도 1구과 이상일 것으로 판단된다. 더욱이 먹이가 결핍되는 기간의 생존을 위하여 먹이를 지면에 저장하는 행동을 보이므로 이 기간까지를 고려하면 상당량을 섭식, 소비하는 것으로 판단된다. 더욱이 갯나무구과의 종실이 성숙하지 않은 시기, 즉 2년간 미숙구과 피해는 전체 피해량의 약 43% (2002~2003:51%, 2003~2004 :35%)를 차지하는 것으로 미루어 청설모에 의한 전체 구과의 피해량은 상당한 것으로 파악되었다.

이와 같은 미숙구과 피해를 제외한 성숙구과만의 피해를 기초로, 청설모 1마리당 1일 70g을 섭식하고, 섭식기간 8개월로 산출하면 1마리가 년 가해하는량은 총 16,800g이 된다. 청설모 1마리의 연간 총섭식량16.8kg을 기준으로 2003~2004년의 평균피갯가격 3,636원/kg으로 환산할 경우 마리당 6,1084.8원의 피해를 입히는 것으로 파악되어 저렴한 비용으로 장치를 제작할 경우 수익성이 있을 것으로 예측되었다.

원통형의 덧은 갯나무 임연부의 물이 흐르는 계곡 등에 설치하며, 미숙구과 시기인 10월 초순부터 익년 4월말까지의 기간동안에 유인먹이를 이용하여 포획하는 것이 유리하다. 덧을 설치할 임목은 수간이 통직하며 미숙구과가 많이 열린 우세목을 선택하는 것이 바람직하며, 임목과 임목사이로 이동

하지 못하도록 인접된 임목간의 거리는 3m 이상으로 유지하도록 하는 것이 바람직하다. 청설모의 행동권과 세력권은 3ha정도 범위에 걸쳐 형성하므로 잣나무의 단순림면적이 넓은 경우 분산하여 설치하는 것이 유효할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 阿部永, 1967, エゾリスの生態についての二, 三の知見. 哺乳動物學雜誌. Vol.3:118-124.
- Andren, H. and Delin, A., 1994, Habitat selection in the Eurasian red squirrel, *Sciurus vulgaris*, in relation to forest fragmentation, *Oikos*, 70:43-48.
- Andren, H. and Lemnell, P.-A., 1992, Population fluctuations and habitat selection in the Eurasian red squirrel, *Sciurus vulgaris*, *Ecography*, 15:303-307.
- Annika E. Deline and Henrik Andren, 1999, Effects of habitat fragmentation on Eurasian red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in a forest landscape, *Landscape Ecol.*, 14:67-72.
- Annu Rauf, David M. Benjamin and Robert A. Cecith, 1985. Insects affecting seed production of Jack pine and life table of conelet and cone mortality in Wisconsin, *Forest Sci.* 31:271-281.
- Apeldoorn, R. C. van, Celada, C. and Nieuwenhuizen, W., 1994, Distribution and dynamics of the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in a landscape with fragmented habitat. *Landscape Ecol.*, 9:227-235.
- Armitage, V. L., Rushton, S. P., Lurz, P. W. W., Fuller, R. M., 1997, Modelling the dynamics of red squirrel populations in relation to invasion by grey squirrels: an individual based modelling approach In: Gurnell, J., Lurz, P. W. W.(Eds), *The Conservation of Red Squirrels, Sciurus vulgaris* L. P.TES, London, pp., 69:177-183.
- Barker, L. M., and Smith, J. C. 1974. A comparison of taste aversions induced by radiation and lithium chloride in CS-US and US-CS paradigms. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 87:644-654.
- Benhamou S. 1996. Space use and foraging movements in the American red squirrel (*Tamiasciurus hudsonicus*). *Behavioral Processes* 37. 89-102.

- Burritt, E.A. and F. D. Provenza. 1996. Amount of experience and prior illness affect the acquisition and persistence of conditioned food aversions in lambs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 48: 73-80.
- Celada, C., Bogliani, G., Gariboldi, A. and Maracci, A., 1994, Occupancy of isolated woodlots by the red squirrel, *Sciurus vulgaris* in Italy, *Biol. Cons.*, 69:177-183,
- 全 尙 根, 1979, 잣나무에 있어서 結實量이 落果量에 미치는 影響, 慶熙大 學校 論文集, 9: 649-659.
- Craig M. Shuttleworth, 2001, Traffic related mortality in a red squirrels (*Sciurus vulgaris*) population receiving supplemental feeding, *Urban Ecosystem*, 5:109-118.
- Elliott, P.F., 1974, Evolutionary responses of plants to seed-eaters: pine squirrel predation on lodgepole pine, *Evolution*, 28:221-231.
- Farentions, R. C., 1972, Observation on the ecology of the tassel-eared squirrel. *J. wildl. Mgmt.* 36(4);1234-1239.
- Flyger, V.F., 1960. Movement and home range of the gray squirrel, *Sciurus carolinensis*, in two Maryland Woodlot., *Ecology* 41:365-369.
- Gurnell, J., 1983, Squirrel numbers and the abundance of tree seeds, *Mammal Review* 13:133-148.
- Gurnell, J., 1993, Tree seed production and food conditions for rodents in an oak wood in southern England, *Forestry* 66:291-351.
- Gurnell, J, Peter Lurz & Harry Pepper, 2001, Practical techniques for surveying and monitoring squirrels, Forestry Commission Practise Note11, Forestry Commission, Edinburgh.
- Gurnell, J, Mike J. Clark, Peter W. W. Lurz, Mark D. F. Shirley, Steve P. Rushton, 2002, Conserving red squirrels (*Sciurus vulgaris*): mapping and forecasting habitat suitability using a Geographic Information Systems pproach, *Biological Conservation*, 105:53-64.
- Keith, J. O., 1985, The abert squirrel and its dependence on Ponderosa

- pine, Ecology. Vol. 46, Nos. 1&2;150-163. 23. Kelly A. Hutton, John L. Koprowski, Vicki L. Greer, Marit I. Alanen. Carol A. Schauffert and Paul J. Young, 2003, Use mixed-conifer and spruce-fir forests by an introduced population of abert's squirrels (*Sciurus alberti*), Southwestern Naturalist, 48:257-260.
- L. A. Wauters, L. Lens & A. A. Dhondt, 1995, Variation in territory fidelity and territory shifts among red squirrels, *Sciurus vulgaris*, females, Anim. Behav., 49:187-193.
- Larson, M.M. and Gilbert H. Schubert, 1970, Cone erop of Ponderosa pine in central Arizona including the influence of Abert squirrel, USDA ForestService RM-58;1-13.
- Luc A. Wauters, Erik Mattysen, Frank Adriaensen and Guido Tosi, 2004, Within-sex density dependence and population dynamics of red squirrels *Sciurus vulgaris*, J. Anim. Ecol., 73:1-11.
- Masami Miyaki, 1987, Seed Dispersal of the Korean Pine, *Pinus koraiensis*, by the Red Squirrel, *Sciurus vulgaris*. Ecological Research, 2;147-157.
- Morrison, J. M., Pritchard, H. D., Brande M. L., and Aguanns, W. D., 1971. Plasma and brain lithium levels after lithium carbonate and lithium chloride administration by different routes in rats. Proc. Soc. Exp. Biol., 137 : 795-797.
- Mitsuhiro Hayasida, 1989, Seed Dispersal by Red Squirrels and Subsequent Establishment of Korean Pine. Forest Ecology and Management, 28; 115-129.
- Nachman, M. 1963. Learned aversion to the taste of lithium chloride and generalization to other salts. J. Comp. Physiol. Psychol., 56:343-349.
- Nachman M. and J. A. Ashe. 1973. Learned taste aversion in rats as a function of dosage, concentration, and rate of administration of LiCl. Physiol. Behav. 10 :73.

- P. Neuhaus, D. R. Broussard, J. O. Murie, F. S. Dobson, 2004, Age of primiparity and implications of early reproduction on life history in female Columbian ground squirrels, *J. Anim. Ecol.*, 73:36-43.
- R.W. Summers, R. Proctor, 1999, Tree and cone by crossbills *Loxia* sp. And red squirrels *Sciurus vulgaris* at Abernethy forest, Strathspey, For. Ecol. Manage., 118:173-182.
- Sandro Bertolino, Luc A. Wauters, Luc De Bruyn, Giorgio Canestri-Trotti, 2003, Prevalence of coccidia parasites (Protozoa) in red squirrels (*Sciurus vulgaris*): effects of host phenotype and environmental factors, *Oecologia*, 137:286-295.
- Sandro Bertolino, Piero Genovesi, 2003, Spread and attempted eradication of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) in Italy, and consequences for the red squirrels (*Sciurus vulgaris*) in Eurasia, *Biological Conservation*, 109:351-358.
- Smith, C.C., 1970, The coecolution of pine squirrels (*Tamias ciurus*) and conifers. *Ecol. Monog.*, 40:349-371,
- Smith, C.S. and D. Follmen, 1972, Food preference of squirrels, *Ecology* Vol. 53(1);82-91.
- Tackle, D. 1957, Protection of ponderosa pine cones from cutting by red squirrel, *J. of Forestry*, 55:406-447.
- Thompson, D.C., 1977, Reproductive behavior of the grey squirrel. *Can. J. Zool.* 55:1176-1184.
- Thompson, D.C., 1977, Diurnal and seasonal activity of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*), *Can. J. Zool.* 55:1185-1189.
- Patton, D.R., 1984, A model to evaluate Abert squirrel habitat in uneven-aged Ponderosa pine, *Wildl. Soc. Bull.* 12:408-414.
- Thompson, D.C. and P.s. Thompson, 1980, Food habits and caching behavior of urban grey squirrel. *Can. J. Zool.* 58:701-710.
- Valasman K. L. and J.M. Fryxell. 2002. Seasonal Change in territory use by red squirrels, *Tamiasciurus hudsonicus*, and responses to food

- augmentation. Can. J. Zool. 80: 1957-1965.
- Wauters, L. and Dhondt, A. A. 1992. Spacing behaviour of red squirrels, *Sciurus vulgaris* : variation between habitats and the sexes. Anim. Behav., 43,297-311.
- Wauters, L., Casal, P. and Dhondt, A. A., 1994. Space use and dispersal of red squirrels in fragmented habitat, Oikos, 69:140-146.
- Wauters, L., Lens, L. and Dhondt, A. A. 1995. Variation in territory fidelity and territory shifts among red squirrel, *Sciurus vulgaris*, females, Anim. Behav., 49, 187-193.
- 山谷 清, 1969, 飼育下におけるエゾリスの繁殖. 哺乳動物學雜誌. Vol. 4;121-124.
- 俞炳浩, 金相旭 1987, 청설모의 生態 및 防除에 관한 研究. 임업연구원연구 보고 제35호, 130-138.