

GOVP1200208424

634.95  
L 293 ㅎ

최 중  
연구보고서

## 환경친화형 산림갱신 기술 개발

Development of Forest Regeneration Technique  
Based on Environmental Affinity

연구기관  
전남대학교

농림부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “환경친화형 산림갱신기술개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002년 10 월 31 일

주관연구기관명 : 전남대학교  
총괄연구책임자 : 오 광 인  
세부연구책임자 : 조 희 두  
연 구 원 : 이 정 석  
연 구 원 : 조 덕 현  
연 구 원 : 유 한 춘  
연 구 원 : 김 춘 식  
연 구 원 : 안 기 완  
연 구 원 : 김 종 영  
연 구 원 : 장 석 기  
연 구 원 : 박 진 홍  
연 구 원 : 진 호 춘  
연 구 원 : 변 주 희  
연 구 원 : 최 지 효  
연 구 원 : 윤 승 현  
연 구 원 : 조 윤 주

# 요 약 문

## I. 제 목

환경친화형 산림갱신기술개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

현재 산림이 직면한 여러 가지 문제들 중 우리가 해결해야 할 목표중의 하나는 지구온난화 같은 지구환경변화, 대기오염, 증가되는 산지개발과 같은 문제들로부터 지속적인 임목생산과 함께 산림생산력을 유지하고 또한 여러 가지 산림시업으로부터 발생될 수 있는 산림생태계내의 변화를 최소화할 수 있는 환경 친화적인 산림 경영 기술의 개발이다.

산림내 부분적인 임관제거에 의한 산림수확은 산림내 토양양분의 손실이나, 종다양성 감소, 경관적 가치의 상실을 최소화하고 수확 후 발생하는 임내 환경 변화에 의해 광, 수분, 온도 등의 변화와 함께 식물이 이용할 수 있는 양분유효도(nutrient availability)를 향상할 수 있기 때문에 산림갱신(forest regeneration)을 위한 하나의 산림 환경 친화적인 경영 방법으로 이용할 수 있다.

본 연구는 우리 나라 소나무임분들 중 가장 많이 발견되는 수종의 하나인 리기다소나무조림지를 대상으로 1) 여러 가지의 벌채수준을 통한 상층임관의 조절을 통하여 산림생태계의 환경변화를 조사하고; 2) 상수리나무와 졸참나무의 실생묘 식재를 통하여 우량한 참나무류임분을 육성하기 위한 갱신 기술의 개발을 목표로 하고 있다. 리기다소나무는 미국이 원산으로서 1900년초에 일본에서 도입된 이래 사방지나 척박임지의 녹화를 위한 조림수종으로 식재되었으

며 1960년부터 1994년까지 전 국토의 산림면적의 약 11%인 70만ha에 20억본이 상이 조림되었고, 갱신대상지의 경우 벌채가 가능하기 때문에, 앞으로 많은 지역에서 벌채가 실시될 것으로 예측되고 있으며 여러 가지 벌채수준이 산림생태계에 어떠한 영향을 보이는지와, 갱신대상지에 적합한 수종의 선정 및 산림갱신기술 개발이 시급한 실정이다

### III. 연구개발 내용 및 범위

우리 나라에서 가장 많이 조림되어 있는 리기다소나무 임분의 갱신대상지를 중심으로 여러 가지 벌채수준을 통한 상층임관의 조절을 통하여 산림생태계의 환경변화를 조사하고 환경친화적인 벌채수준을 결정하며, 이들 지역에 상수리나무와 졸참나무의 실생묘 식재를 통하여 우량한 참나무류 임분을 육성하기 위한 산림갱신기술의 개발을 연구내용으로 하였다.

여러 가지 벌채수준이 산림환경에 미치는 영향의 연구개발내용 및 범위는 ① 벌채수준별 입지환경 및 토양변화조사, ② 벌채수준별 하층식생변화 동태조사, ③ 벌채지의 토양미생물 동태조사, ④ 벌채수준별 토양양분 용탈 특성 구명 (토양수), ⑤ 벌채 수준별 낙엽낙지에 의한 양분 유입 동태 조사 및 낙엽분해율 조사로 구성되어 있다.

여러 가지 벌채수준이 상수리나무와 졸참나무 생장에 미치는 영향의 연구개발내용 및 범위는 ① 우수형질의 상수리나무 및 졸참나무 균근묘 생산을 위한 최적배양토 선별, ② 벌채수준별 졸참나무와 상수리나무의 파종묘 및 실생묘의 성장량 구명 및 시비, 멀칭, shelter, 균근처리 등과 같은 묘목 식재지 내 여러 가지 처리후 묘목성장량 반응 조사, ③ 균근균과 기주식물의 친화력 구명, ④ 균근의 외부형태와 내부형태 구명으로 구성되어 있다.

#### IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

전라남도 곡성군에 식재된 성숙한 리기다소나무임분을 대상으로 여러 가지 대상개벌(무벌채구, 6m벌채구, 10m벌채구, 20m벌채구)수준이 산림환경 및 식재된 상수리나무와 졸참나무의 생장에 미치는 영향을 조사하였다.

벌채후 토양수분함량은 19~20%로서 무벌채지의 18%에 비해 수분함량이 증가하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 토양온도는 벌채구가 무벌채구에 비해 1~2℃ 정도 높아지는 경향을 보이고 있다. 토양 이화학적 특성중 토양 pH는 4.5~4.7의 강산성으로 나타났으며 유기물, 전질소, 유효인산 등의 함량은 일반 산지토양에 비해 낮은 값을 보이고 있다. 벌채처리별 토양성질 중 10m, 20m 벌채구내 토양 pH, 전질소, 유기물함량 등은 무벌채구에 비해 낮은 값을 보이고 있다.

벌채지의 경우 관목층의 중요치는 국수나무, 싸리나무, 밤나무, 상수리나무, 졸참나무의 순으로 나타났다. 특히 일부 조사지에 큰기름새, 억새, 새와 같은 벼과의 양지성 초본들의 초장이 매우 발달하여 키가 1.2m~2m에 이르러 조림수종뿐만 아니라 관목층을 구성하고 있는 다른 수종들의 생장을 크게 위협하고 있었다. 초본층의 경우 실사초, 큰기름새, 참억새, 새, 대사초의 순으로 중요치가 높게 나타났다. 이중 큰기름새, 참억새, 새 등은 일부 지위가 좋지 못한 지역에서 조림수종보다 오히려 초장이 커서 벌채 후 4년이 지난 현재까지도 조림수종을 피압하는 현상을 보이고 있다. 조사지역내 층위별·벌채수준별로 다양성지수를 산출한 결과 벌채구나 무벌채구 모두 종다양성에 그다지 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 벌채 직후의 급격한 환경변화로 벌채구가 무벌채구에 비해 다양성이 떨어졌으나, 시간이 경과함에 따라 어느 정도 하층식생의 생장이 이루어지면서 그 구조도 안정화되고 있다는 것을 의미한다.

리기다소나무 조림지의 벌채수준에 따라 토양에 서식하는 토양미소절지동물

의 분포상종 토양미소절지동물은 총 7강 21목 550,813개체가 채집되었으며, 이들의 구성은 거미강(Arachnida), 곤충강(Insecta), 연갑강(Malacostraca), 소각강(Pauropoda), 노래기강(Diplopoda), 지네강(Chilopoda), 애지네강(Symphyla)이었다. 채집된 토양미소절지동물은 대조구에서 252,292개체, 잔존구에서 192,134개체, 벌채구에서 106,387개체로 대조구는 벌채구에 비하여 2배 이상 채집되었다. 벌채로 인한 영향은 응애목이 비교적 심하여, 벌채시 응애목과 특토기목의 밀도가 현저한 감소를 보였으나, 시간이 경과할수록 점차적으로 회복되어 가는 경향을 나타내고 있다.

토양수의 경우 벌채수준별 이온농도는 뚜렷한 변화를 보이지 않았으나, 채취시기에 따른 이온농도 변화는 강수유입형태에 의해 차이가 있는 것으로 나타났다. 토양수내 양분농도는 벌채수준간에 큰 차이는 없었지만 벌채가 가장 크게 실시된 지역의 경우(20m×50m 대상개벌처리구) 토양수 증가가 관찰되어 토양수를 통하여 용탈될 수 있는 양분총량이 다른 벌채처리구에 비해 높게 나타날 가능성도 있다.

낙엽유입량의 경우 무벌채구> 20m 벌채구> 10m 벌채구> 6m 벌채구 순이며 20m벌채구의 경우 임연부 가장자리로부터 중심을 향하여 지속적으로 낙엽유입량이 감소되고 있다. 각기관 별로는 잎> 가지> 꽃> 기타> 구과> 열매 순이었다. 낙엽분해율의 경우 20m 벌채를 실시한 지역이 타조사구에 비해 높은 분해율을 보이고 있다. 낙엽분해과정 동안 양분동태의 경우 벌채처리간에 뚜렷한 차이는 없으나 질소의 경우 벌채구가 비벌채구에 비해 낮은 값을 보이고 있으며 양분함량은 경우 칼슘이 가장 높고 인산이 가장 낮은 값을 가지는 것으로 나타났다.

묘목양성을 위한 배양토의 경우 상수리나무는 1:1수준의 피트모스: 버미큐라이트가 우수한 묘목을 생산할 수 있는 배양토로서 사료되었다. 졸참나무의 경우 5:1수준의 피트모스: 버미큐라이트에서 우수한 묘목생산이 가능한 것으로

나타났으며 피트모스:펄라이트도 5:1수준에서 생육상태가 양호하였다.

묘목성장량에 있어서 상수리나무 식재묘는 근원경과 수고의 경우 10m이상 벌채처리하는 6m 벌채구나 무벌채구에 비해 유의적인 높은 값을 보이고 있으며 가장 빈약한 생장은 무벌채구에 식재된 상수리나무 묘목이었다. 벌채처리구내 산림용고형복합비료의 시비나, 균근접종, Mulching, Shelter 등의 처리도 묘목생장에 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 가장 우수한 생장은 시비처리구에서 나타났고 shelter 처리구의 수고생장을 제외하고는 균근접종이나, Mulching, 등은 무처리구와 유의적인 차이가 나타나지 않아 시비처리외에는 상수리나무 식재묘의 생장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

상수리나무 파종묘의 경우 10m 벌채구가 타처리구에 비해 유의적으로 높은 근원경 및 수고 생장을 보이고 있으나 타벌채구는 무벌채구와 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 졸참나무식재묘의 경우 20m벌채가 된 지역에서 근원경이나 수고생장이 타처리구에 비해 높은 값을 보이고 있으며 10m벌채구, 6m벌채구는 무벌채구와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 여러 가지 묘목처리에 대한 반응은 균근처리묘목에서 근원경과 재적생장이 우수한 것으로 나타나고 있으며, shelter 처리구는 상수리나무에서 나타난것과 같이 수고 생장을 촉진하였다. 졸참나무 파종묘의 경우 시비처리구는 직경생장, 수고생장은 shelter 처리구가 타처리구에 비해 양호한 생장을 하는 것으로 나타났다. 그러나 Mulching 처리나, 시비처리는 상수리나무에 비해 졸참나무는 그 효과가 뚜렷하지 않았다.

벌채수준별 외생균근 버섯의 발생 개체수를 조사한 결과 무벌채구에서 1,455개체로 가장 많은 개체수가 발생되었으며, 20m벌채구에서는 210개체로 가장 적게 나타나 산림벌채는 외생균근이 버섯발생에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

식재된 상수리나무와 졸참나무의 묘목에 대하여 뿌리를 굴취하여 균근의

외부형태(morphotype), mantle의 색깔, 조직, 균사속의 존재여부, extramatrical hyphae의 존재여부, Hartig.net의 발달정도를 구명한 결과 상수리나무, 졸참나무에 형성된 외생균근의 외부형태는 linear type, clavate type, apical type, monopodial-pinnate type, monopodial-pyramidal type, irregularly pinnate type으로 각각 나타났으며 이번 조사에서 3종류의 미식별 균근 type이 발견되었다. (black mantle, yellow mantle, brown mantle type) black mantle의 ramification type은 simple과 monopodial pinnate가 대부분이고, yellow mantle은 simple이며, brown mantle은 monopodial pyramidal의 특징을 나타냈다.

본 연구결과에 따르면 상수리나무나 졸참나무 모두 여러 가지 묘목처리에 대해 유사한 성장반응을 보이고 있는 것으로 나타났다. 하층처리 중 shelter처리는 수고 성장에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으나 수고가 shelter의 길이를 넘어가면 수고성장촉진 효과가 떨어지는 것으로 나타났다. Mulching처리는 리기다소나무 임분에 식재된 상수리나무나, 졸참나무묘목의 성장에 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 특히 균근처리묘 성장도 무처리구의 묘목에 비해 뚜렷한 성장 차이를 보이지 않고 있는 것으로 나타났다. 여러 가지 하층처리 중 산림용고형복합비료의 처리는 상수리의 묘목에 우수한 성장을 유도하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과에 따르면 리기다소나무 임분의 참나무류 임분 전환을 위해서는 식재된 묘목에 시비와 함께 10m 이상의 벌채수준을 가져야하는 것과 지속적인 양분공급이 성공적인 참나무류 갱신을 위해 필수적임을 보여주고 있다.

## SUMMARY

### (영문요약문)

This study was carried out to examine the effect on forest environment change and growth of *Quercus acutissima* and *Q. serrata* seedlings planted within strip clear-cutting areas(uncut, 6m strip clear-cutting, 10m strip clear-cutting, 20m strip clear-cutting) in *Pinus rigida* stands. The study site was located in Goksung-gun, Jeollanam-do.

Soil water content increased in the strip clear-cutting treatments (19~20%) compared with the uncut treatment (18%). Soil temperature also increased 1~2°C in the strip clear-cutting treatments. Soil pH was 4.5~4.7 and soil nutrients were low levels compared with other forest soils. Soil pH, total nitrogen, and organic matter content were lower in the 10m and 20m strip clear-cutting than in the uncut treatment.

Important values of shrub layer vegetation were in order of *Stephanandra incisa*, *Lespedeza bicolor*, *Castanea crenata*, *Q. acutissima*, *Q. serrata*, *Spodiopogon sibiricus*, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, and *Arundinella hirta* etc. in the strip clear-cutting treatments. Important values of herb layer vegetation were in order of *Carex fernaldiana*, *Spodiopogon sibiricus*, *Miscanthus sinensis*, and *Arundinella hirta* etc. in the strip clear-cutting treatments. Species diversity in cutting plots for 4 years was not changed between the uncut and the strip clear-cutting treatments.

Distribution of soil microarthropods was 550,813 individuals and identified into 21 orders and 7 classes. The classes were Arachnida,

Insecta, Malacostraca, Pauropoda, Diplopoda, Chilopoda and Symphyla. The population density of soil microarthropods was 252,292 in the control (uncut), 192,134 in the buffer zone, and 106,387 individuals in the strip clear-cutting treatments and 2 times higher in the control than in the strip clear-cutting treatments. The population of Acari and Collembola showed considerable reduction in the strip clear-cutting treatments.

Ion concentrations of soil water were not different between the uncut and the strip clear-cutting treatments, but changed by precipitation input amount. Soil water quantity increased with the width of strip clear-cutting indicating high loss of nutrient in the 20m strip clear-cutting treatment.

Litterfall inputs during the study period were in order of uncut > 20m > 10m > 6m strip clear-cutting treatments and decreased along center of the treatment from the forest edge. The tree components of litterfall were in order of needle > branch > flower > miscellaneous > cone > seed. Litter decomposition rate increased in the 20m strip clear-cutting treatment. Nutrient concentration during the litter decomposition process was not different among the treatments. Nitrogen concentration was generally lower in the cutting treatment than the uncut treatment.

Growth medium for seedlings was best in peatmoss:vermiculite(1:1) in *Q. acutissima*, and peatmoss:vermiculite(5:1) or peatmoss:perlite (5:1) in *Q. serrata*.

Growth of *Q. acutissima* seedlings was better in the 10m strip clear-cutting treatment than other two cutting treatments (6m, 20m). Poor seedling growth was observed in the uncut treatment. Seedling growth

after seedling treatments was better in the fertilization treatment than in the shelter, mulching and P.t. treatments. Growth of *Q. serrata* seedlings was better in the 20m strip clear-cutting treatment than other two cutting treatments (6m, 10m). There was not different between other two cutting treatments and the uncut treatment in seedling growth. Seedling height growth by direct seed in *Q. serrata* was better in the shelter treatment than in other seedling treatments.

Ectomycorrhizal fungus was higher in the uncut (1,455 individuals) than the 20m strip clear-cutting treatment (210 individuals). Considerable population reduction in ectomycorrhizal fungus was observed in the strip clear-cutting treatments.

Morphotype of ectomycorrhizal fungus in *Q. acutissima* and *Q. serrata* seedlings was classified into linear, clavate, apical, monopodial-pimata, nonpodial-pyramidal, and irregularly pinnate types.

In this study, three new ectomycorrhizal fungus types were found (black mantle, yellow mantle, brown mantle types)

In conclusion, seedlings of *Q. acutissima* and *Q. serrata* showed similar growth response after various levels of strip clear-cutting and seedling treatments. Both seedlings showed better growth response in the 10m or the 20m strip clear-cutting treatments than in the 6m strip clear-cutting or uncut treatments. The shelter treatment in both seedlings stimulated seedling height growth. The result suggests that shelter treatment of oak seedlings reduce competition of understory vegetation. However, seedlings growth was not affected by the mulching treatment. Seedling growth in *Q. acutissima* was better in fertilization than in other seedling treatments.

The results indicate that oak regeneration from *P. rigida* stands should apply fertilization with cutting intensity above 10m width.

# CONTENTS

## (영 문 목 차)

I. Introduction	14
II. Effect on forest environment change after various levels of strip clear-cutting in <i>Pinus rigida</i> stands	22
1. Experimental design and decision of various levels of strip clear-cutting	22
2. Characteristics of site environment after various levels of strip clear-cutting	38
3. Change of understory vegetation	44
4. Change of soil microbes	65
5. Composition and weathering of mineral soils	71
6. Characteristics of soil water	76
7. Litterfall and litter decomposition	87
III. Growth on <i>Quercus acutissima</i> and <i>Quercus serrata</i> seedlings after various levels of strip clear-cutting in <i>Pinus rigida</i> stands	93
1. Development of growth mediums for <i>Quercus acutissima</i> and <i>Quercus serrata</i> seedlings	93
2. Growth characteristics of <i>Quercus acutissima</i> and <i>Quercus serrata</i> seedlings	108
3. Relationship between mycorrhizae and host trees	130
4. Characteristics of mycorrhizae	143

# 목 차

<b>제 1 장 서론</b>	14
제 1절 연구개발의 필요성	14
제 2절 연구개발의 목표 및 내용	19
<b>제 2 장 여러 가지 벌채수준이 산림 환경에 미치는 영향</b>	22
제 1절 벌채수준결정 및 시험구 배치	22
제 2절 입지환경 및 토양특성	38
제 3절 하층식생변화동태	44
제 4절 토양미생물변화(토양미소절지동물)	65
제 5절 토양내 광물조성 및 풍화과정	71
제 6절 토양 양분용탈특성(토양수)	76
제 7절 낙엽유입량 및 낙엽분해율	87
<b>제 3 장 여러 가지 벌채수준이 상수리나무와 졸참나무     생장에 미치는 영향</b>	93
제 1절 최적배양토 개발	93
제 2절 상수리나무와 졸참나무의 성장 특성	108
제 3절 균근균과 기주식물의 친화력구명 (토양답자균류 자실체의 분포)	130
제 4절 균근의 외부형태와 내부형태 구명	143

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 필요성

현재 산림이 직면한 여러 가지 문제들 중 우리가 해결해야 할 목표중의 하나는 지구환경변화에 따른 지구온난화(global warming), 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx) 같은 대기오염물질의 산림생태계 유입에 따른 환경오염에 의한 산림쇠퇴, 증가되는 산지개발 등으로부터 지속적인 임목생산과 함께 산림생산력을 유지하고 여러 가지 산림사업으로부터 발생될 수 있는 산림생태계내의 변화를 최소화할 수 있는 친환경화적인 산림 경영 (environmentally friendly forest management) 기술의 개발이다. 산림 경영적인 측면에서 여러 가지의 조림학적인 처리들이 산림생태계에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 현재 산림이 직면한 여러 가지 문제들을 해결할 수 있는 하나의 수단이 될 수 있다. 그러나 이러한 조림학적인 처리들 중 개벌(clearcutting)과 같은 산림 수확은 산림의 경관적 가치의 상실 뿐 만아니라, 산림토양내 양분손실, 종다양성의 감소, 야생동물 서식지파괴 등과 같은 산림 경영적인 관점에서 여러 가지 문제를 발생하기 때문에 (Liken 1970; Hansen et al. 1995; Sinclair et al. 1995), 개벌을 대체하고 산림생산성을 유지하며 환경친화적인 산림벌채수준이 결정되어야 한다. 임업가들은 산림 수확에는 여러 가지 방법이 있다는것을 인식하고 있으며, 그 중에서 개개 임목의 부분적인 수확같은 부분적인 임관제거 (partial cutting) 는 산림수확으로부터 발생될 수 있는 토양내 양분 손실을 최소화하고 (Matthews 1991) 식물이 이용할 수 있는 양분유효도 (nutrient availability) 를 증가할 수 있을 뿐만아니라 (Kim et al. 1996b), 산림생태계 내 임분구조를 다양한 형태로 유지함으로써 천연임분과 유사하게 산림을 경영

할 수 있기 때문에 장기적으로는 산림생태계의 다양성과 생산성을 유지할 수 있는 것으로 알려져 있다 (Hansen et al. 1995). 또한 부분적인 임관제거는 임분내 광, 수분, 양분조건을 변화하게 하고, 하층식생 조절을 통하여 유묘생장을 촉진하기 때문에 산림갱신을 위한 하나의 방법으로 이용될 수 있다 (Loftis and Charles 1993; Kim et al. 1996).

참나무류 임분의 벌채 후 다시 참나무류림으로 갱신 (Oak regeneration)을 위한 여러 가지 시도는 세계 여러 지역에서 참나무류 갱신실패 (Lorimer 1983; Crow 1988; Loftis and Charles 1993)를 가져왔으며, 이 수종들이 가지는 목재 생산적인면에서의 경제적인 가치와 산림경영적인 측면에서의 가치 때문에 참나무류 갱신에 관계되는 여러 가지 문제점들을 해결하기 위한 연구들은 국제적인 관심사이다. 참나무류 갱신 실패나 쇠퇴의 주요한 원인으로서 미국에서는 단풍나무나 소나무 등과의 경쟁이 주요한 원인일 가능성과 (Lorimer 1984; Crow 1988), 유럽 지역에서는 참나무류의 쇠퇴가 대기오염이나 기후변화 등과 관계되어 있을 가능성에 대해 연구가 시도되고 있다 (Innes 1993). 우리나라의 경우 참나무류의 천연갱신에 대한 연구가 시도된 바 있으나 제한된 지역에 한정되어 있거나 조림적인 처리나 환경적인 영향에 대한 정보의 부재 때문에 일반화하기에 어려운점이 있으며, 또한 참나무류의 대부분이 산화나 벌채같은 임지교란 후 발생된 맹아에 의한 천연갱신이 주종을 이루어 심재부후의 문제점과 함께 (Hong 1981) 우량한 참나무용재 생산에 문제가 될 수 있다.

여러 지역에서 참나무류 임분의 벌채 후 참나무류 임분으로 조성을 위한 여러 가지 시도들이 실패한 것과는 대조적으로 여러 가지 조사들은 참나무류가 소나무 임분아래서 상당히 잘 자랄 수 있음을 보고하고 있다 (Crow 1988; Kellison 1992; Kim et al. 1996). 특히 미국에서 조사된 바에 따르면 리기다 소나무와 스트로브소나무 (Kellison 1992), 레시노사소나무 임분(Kim et al. 1996b)의 하층에서 우량한 참나무류가 많이 발견된다고 보고 되고있으며 국내

에서도 여러 지역의 리기다조림지내 참나무류가 리기다소나무보다 우세한 지역이 많이 발견되고있다. 그러나 이 현상에 대한 산림환경적인 측면이나 생리생태적인 측면에서의 이유는 잘 알려져 있지 않다. 이와 같은 현상을 이해하기 위해서는 소나무림을 대상으로 광, 수분, 양분 등을 조절 될 수 있는 야외 실험이 필요하며 소나무 임분을 대상으로 여러 수준의 벌채를 시도하여 상층을 제거한 후, 참나무류를 식재하고 산림환경적인 영향들과 식재된 참나무류의 생장을 모니터링 함으로서 이 현상에 대한 원인을 알 수 있을 가능성이 있다. 그러나 소나무임분을 참나무림으로 전환을 위한 시도는 아직까지 초기 단계로서 많은 것이 알려지지 않고 있으며 (Kim et al. 1996), 또한 부분적인 임관 제거가 산림생태계에 어떠한 영향을 보이는지에 대해서도 잘 알려지지 않고 있다. 이러한 임업 정보의 결핍은 산림 경영적인 관점에서 지식의 한계를 가져올 뿐만 아니라 임업의 산업적인 측면에서의 발전에 큰 장애 요소로서 작용하고있다.

본 연구 과제는 우리나라 소나무임분들 중 가장 많이 발견되는 수종의 하나인 리기다소나무림을 대상으로 여러 가지의 벌채수준을 통한 상층임관의 조절을 통하여 산림생태계의 환경변화를 조사하고 상수리나무와 졸참나무의 실생묘 식재를 통한 우량한 참나무류임분을 육성하기 위한 갱신 기술의 개발을 목표로 하고 있다. 본 연구에서 사용될 리기다소나무는 미국이 원산으로서 1900년초에 일본에서 도입된 이래 사방지나 척박임지의 녹화를 위한 조림수종으로 식재되었으며 1960년부터 1994년까지 전 국토의 산림면적의 약 11%인 70만 ha에 20억본이상 (산림청 1995)이 조림되었고, 식재 35년 이후부터 벌채가 가능하기 때문에 (이와김 1990), 앞으로 많은 지역이 벌채대상지로서 여러 가지 벌채수준이 산림생태계에 어떠한 영향을 보이는지, 갱신대상지에 적합한 수종의 선정과 산림갱신기술의 개발이 시급한 실정이다.

#### 가. 기술적 측면

우리나라는 앞으로 5~10년 후부터 계속적으로 산림벌채가 실시될 예정이며 지속적인 산림생산이라는 측면에서 여러 가지 벌채수준이 산림에 미치는 환경적인 영향의 구명과 함께 벌채대상지에 산림갱신에 적합한 최적수종이 개발되어야한다. 이러한 관점에서 수종갱신이 요구되는 리기다소나무조림지를 대상으로 상수리나무림과 졸참나무림으로 전환을 위한 갱신기술개발은 우량목재의 최대생산이라는 임업의 궁극적인 목표의 달성을 위해 필수적이다. 또한 참나무류는 직근성 근계발달을 하기 때문에 인공조림시 활착율이 극히 저조하여 인공식재를 기피하고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 우수 균근균을 선발하고 인공배양 후 묘에 인공접종하여 산지에 이식할 경우 활착율과 성장량을 크게 증가시키는 균근균의 필요성이 오랫동안 인정되어 왔다.

#### 나. 경제·산업적 측면

현재 우리나라는 많은 양의 목재를 수입에 의존하고 있으며 국민 생활 수준의 향상과 함께 고급 가구재로서 원목의 선호경향이 뚜렷해지고 있다. 고급 가구재 및 건축재로 이용 가능한 우량 참나무재의 대량 생산은 가구산업이나 목재산업 등과 같은 경제 전반에 활력을 가져올 수 있다. 또한 버섯 소비의 증가와 함께 표고골목목으로 사용되게 될 우량한 참나무류 소경재의 대량생산과 자연 식품 선호와 함께 식용으로 사용되는 참나무류 종실의 대량생산은 농산촌주민 소득과 직결될 수 있기 때문에 성공적인 참나무갱신 기술개발은 필수적이다.

#### 다. 사회·문화적 측면

우리나라 산림은 임분이 제대로 성립된 지 30년 내외로서 산림 토양은 안정되지 못하는 상태에 있으며 개별 같은 임지방해에 대한 완충능력이 적을

수 있다. 또한 산림 경관적인면에서 개별의 실시는 일반인들 뿐 만 아니라 산림소유자들에게도 기피되고 있는 것이 임업선진국의 추세이다. 그런 까닭에, 여러 가지 벌채수준이 산림에 어떠한 영향을 보이며 또한 산림갱신과 양분손실과 변화에 관한 영향을 조사함으로써 최적 벌채수준이 결정될 수 있으며 현재 상태는 이 분야에 대한 연구시작의 최적 시기로 생각된다.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발의 목표

우리나라에서 가장 많이 조림되어 있는 리기다소나무임분의 갱신대상지를 중심으로 여러 가지 벌채수준을 통한 상층임관의 조절을 통하여 산림생태계의 환경변화를 조사하여 환경 친화적인 벌채수준을 결정하며, 이들 지역에 상수리나무와 졸참나무의 실생묘 식재를 통하여 우량한 참나무류 임분을 육성하기 위한 산림갱신기술의 개발을 목표로 하고 있다.

### 2. 연구개발 내용

#### 1) 여러 가지 벌채수준이 산림환경에 미치는 영향

##### ① 여러 가지 벌채수준이 입지환경 및 토양특성에 미치는 영향

벌채 후 산림내 광, 토양온도, 수분 및 토양양분변화는 재생되는 식생에 영향을 미치기 때문에 여러 가지 벌채수준에서의 입지환경 및 토양양분변화에 대한 조사는 지속적인 성공적인 산림갱신을 위해 필수적이다. 본 연구에서는 총 24개 처리구내에 산림입지환경 및 토양양분 변화를 조사하였다.

##### ② 하층식생 변화 특성

여러 수준의 벌채 실시 후 하층식생변화의 구명은 식재 된 상수리나무나 졸참나무와의 경쟁수종의 파악이나 벌채수준이 산림의 생물다양성에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하는데 중요한 의미를 가진다. 각 벌채처리구로부터 중심지를 중심으로 6m, 10m, 20m×2m 크기의 영구조사구를 설치하고 하층식생의 종다양성이나 우점도 등 하층식생의 동태를 매년 조사하였다.

##### ③ 토양미생물 변화

벌채에 따른 토양 미소절지동물의 동태를 조사하기 위하여 벌채구, 잔존구, 대조구(무벌채구)로 구분하여 토양시료를(2,500cm<sup>3</sup>) 채취하고 채취된 토양으로

부터 토양소동물을 추출한 후 토양소동물을 분류군별 동정하고 개체수를 조사하였다.

#### ④ 토양내 광물조성 및 풍화과정

광물질 토양의 생성과정에서 모암이 미치는 영향과 풍화특성을 조사하기 위해 soil thin section을 제작하고 편광현미경을 통하여 광물의 풍화 특성을 조사하였다.

#### ⑤ 토양양분용탈 특성

토양수량과 토양수를 통한 양분의 용탈이 벌채 수준별 어떠한 영향을 보이는지를 알아보기 위해 1998년에 각 벌채처리구의 중심부분에 10cm와 30cm 깊이에 zero tension lysimeter (총 48개 설치)를 설치하였으며 토양수내 양분 함량과 토양수량을 측정 하였다.

#### ⑥ 낙엽유입량 및 낙엽분해율

여러 가지 벌채 수준이 낙엽유입량 및 낙엽분해속도와 양분동태에 미치는 영향을 조사하기 위하여 낙엽수거기(litter trap)와 낙엽분해주머니(litter decomposition bag)를 이용하여 벌채 수준별 낙엽유입량 및 낙엽분해율을 정량화하였다.

### 2) 여러 가지 벌채수준이 상수리·졸참나무의 균근 형성과 생장에 미치는 영향

#### ① 최적배양토 개발

정선된 상수리나무와 졸참나무 종자를 여러 수준을 가지는 피트모스와 버미큘라이트, 피트모스와 펄라이트의 배양토에서 육성한후 묘목의 성장 특성을 조사하였다.

#### ② 상수리나무와 졸참나무의 성장 특성

여러수준의 벌채수준(6m 대상개벌처리, 10m 대상개벌처리 20m 대상개벌처리, 무벌채구)과 묘목처리(Mulching, P.t처리, Shelter처리, 시비처리, 무처

리)를 실시한 후 식재된 상수리나무, 졸참나무 실생묘와 파종묘에 대하여 근원경, 수고, 재적등을 조사하여 리기다소나무에 식재된 상수리나무와 졸참나무의 성장특성을 조사하였다.

③ 균근균과 기주식물의 친화력 구명

리기다조림지에서 발생하는 외생균근균을 동정하고 벌채수준별, 조사시기별, 외생균근의 개체수 및 분포와 기주선택성을 조사하였다.

④ 벌채수준별 식재된 상수리나무와 졸참나무의 묘목을 굴취하고 균근의 외부와 내부형태중 mantle의 색깔, 조직, 균사여부 Hartig net의 발달정도를 구명하였다.

## 제 2 장 여러 가지 벌채수준이 산림환경에 미치는 영향

### 제 1절 벌채수준 결정 및 시험구 배치

#### 1. 조사지 선정을 위한 입지 조사 및 벌채수준의 결정

본 연구 수행을 위한 리기다소나무조림지의 벌채대상지를 선정하기 위해 전라남도 강진군, 곡성군 지역을 예비조사지로 현지 답사와 입지환경 및 토양, 임목생장상태를 조사한 결과, 전라남도 곡성군 곡성읍 서계리와 농소리지역(127° 15' E, 35° 15' N)을 본 연구수행을 위한 최적지로 선정하였다. 이 지역은 주로 대보 화강암과 화강편마암을 모재로 생성된 갈색악건산림토양형(B<sub>2</sub>)이 우세하나 일부계곡부에서는 갈색적운산림토양형(B<sub>3</sub>)도 일부 분포하고 있다. 조사지는 3지역 모두 북, 북서 방향에 위치하며 표고 100~200m의 산록 및 산복부위에 위치하고 있다. 리기다소나무조림지의 평균 임분연령은 25~30년생, 평균흉고직경은 18~27cm, 평균수고는 12~15m로 조사되었다. 토양단면조사 결과 조사지의 유효토심은 20~40cm정도로 비교적 깊으며 토양구조는 표토의 경우 입상, 심토의 경우 괴상이 우세하나 일부 견과상구조도 출현하고 있다. 임분이 성립된지 30년 정도로서 비교적 안정된 상태이며 조사지의 하층식생은 졸참나무(*Quercus serrata*), 진달래(*Rhododendron mucronatum*), 조록싸리(*Lespedeza maximczii*), 노간주나무(*Juniperus rigida*), 청미래덩굴(*Similax china*) 등이 전지역에서 우점종으로 분포하고 있다. 리기다소나무 생육 상태를 파악하기 위하여 우세목의 평균 수고에 의해 지위를 판정한 결과 세 지역 모두 평균 지위는 중 정도로

전지역의 리기다소나무 생육상태는 비교적 양호하였다. 조사지로 선정된 3 지역의 입지환경특성이 표 2-1-1 에 나타나 있다.

Table 2-1-1. 리기다소나무벌채지로 선정된 조사지의 일반적인 특성

조사내용	곡성군 곡성읍 서계리 구원리		
	서계리 산 9	서계리 산 8	구원리 산 37, 1번지
지형	산복	산록	평탄지
산림대	온대림남부	온대림남부	온대림남부
방위	NW	NW	N
퇴적양식	붕적토	붕적토	붕적토
경사형태	凹	□	□
토양배수	보통	양호	양호
모암	화성암, 변성암	화성암, 변성암	화성암, 변성암
경사	25 °	12 °	5 °
표고	180m	150m	100m
유효토심	32cm	20cm	40cm
암석노출도	<10%	<10%	<10%
풍화정도	중	중	상
침식	없다	없다	없다
식재수종	리기다소나무	리기다소나무	리기다소나무
산림토양형	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>
A층 토양구조	입상	입상	입상
B층 토양구조	괴상, 견과상	입상	괴상, 견과상
평균흉고직경(7분)	18cm	20cm	27cm
평균수고(7분)	12m	13m	15m
수령	25	28	30
주요식생	진달래, 산철쭉, 조록싸리, 산초, 청미래덩굴, 쥐똥, 노간주, 졸참, 수리말기, 가막살, 때죽, 국수, 보춘화, 그늘사초, 사초, 노루발, 돌담고사리, 산국, 물매화플	진달래, 산철쭉, 조록싸리, 산초, 청미래덩굴, 쥐똥, 노간주, 졸참, 수리말기, 가막살, 때죽, 국수, 보춘화, 그늘사초, 사초, 노루발, 돌담고사리, 산국, 물매화플	진달래, 산철쭉, 조록싸리, 산초, 청미래덩굴, 쥐똥, 노간주, 졸참, 수리말기, 가막살, 때죽, 국수, 보춘화, 그늘사초, 사초, 노루발, 돌담고사리, 산국, 물매화플

## 2. 벌채지내 시험구 배치

조사지로 선정된 지역은 임목생장정도와 밀도를 고려하여 벌채수준을 결정하였으며 벌채구의 크기는 6m, 10m, 20m의 폭을 가지는 대상개벌(strip clear-cutting)을 실시하였다. 시험구로 선정된 지역은 벌채가 실시되기전 산복에서 산정 방향으로 벌채한 임목의 반출을 위한 운재로를 설치하였으며 시험구가 배치될 지역은 산복에서 산정방향을 따라 등고선 방향으로 각각의 처리수준(무벌채구, 6m 대상개벌처리구, 10m 대상개벌 처리구, 20m 대상개벌 처리구)을 가지는 벌채구를 확정하고 1997년부터 겨울부터 1998년 봄 사이에 벌채를 실시하였다. 각각의 벌채크기를 가지는 시험구는 완전임의 배치법에 의해 배치되었다. 벌채지로 선정된 지역의 벌채는 벌채시 발생될 수 있는 토양답압이나 임내교란을 최소화하기 위해 기계톱을 이용하였으며 토양답압이나 토양교란이 최소화 될 수 있도록 노력하였다. 특히 등고선 방향의 벌채 실시 및 각각의 벌채구내 5~10m폭의 무벌채구의 완충지대(buffer zone)를 설정은 경사가 심하고 하절기동안 강수량이 집중되는 우리나라의 실정을 고려할 때 벌채 후 발생될 수 있는 토양침식이나 유실, 침식에 의한 토양양분의 급격한 감소 같은 산림환경적인 악영향을 최소화 할 수 있는 방법으로 판단되었다.

가. 조사구 1의 시험구 배치도

위치 : 곡성군 곡성읍 구원리 산 37번지

← 50 m → ← 50 m →

◎ 5m	◎5m
◆ 6m	◆ 6m
◎ 5m	◎5m
◆ 6m	◆ 6m
◎ 5m	◎5m
◆ 10m	◆ 10m
◎10m	◎10m
◆ 20m	♣ 25m
♣ 10m	

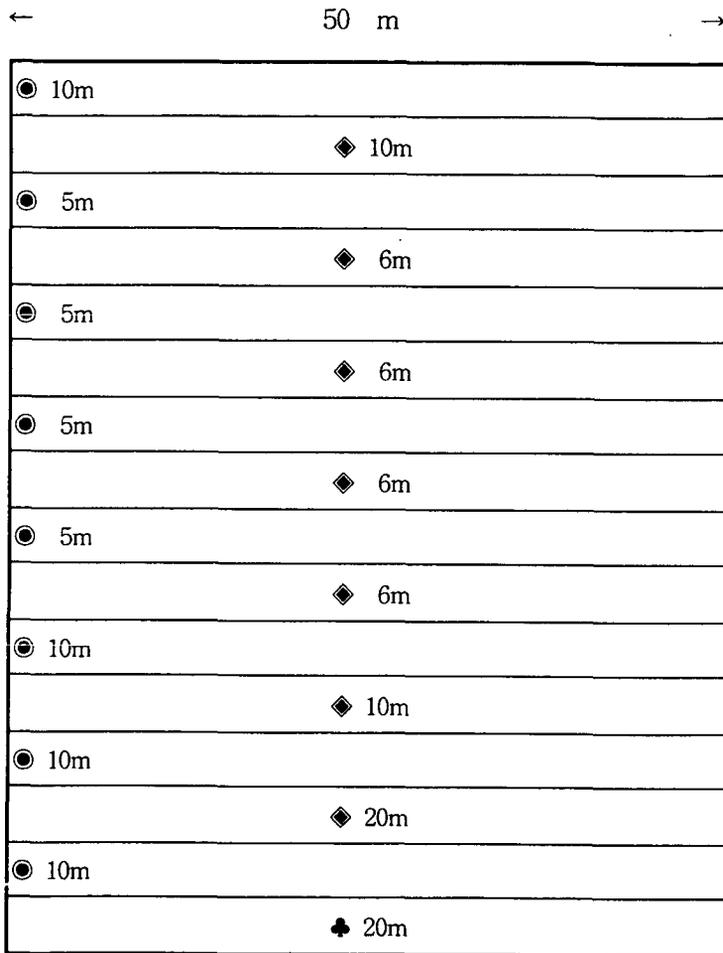
주) ♣ : 무벌채 무처리구

◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림 대상구

◎ : 무벌채구

나. 조사구 2의 시험구 배치도

위치 : 곡성군 곡성읍 서계리 산 1번지



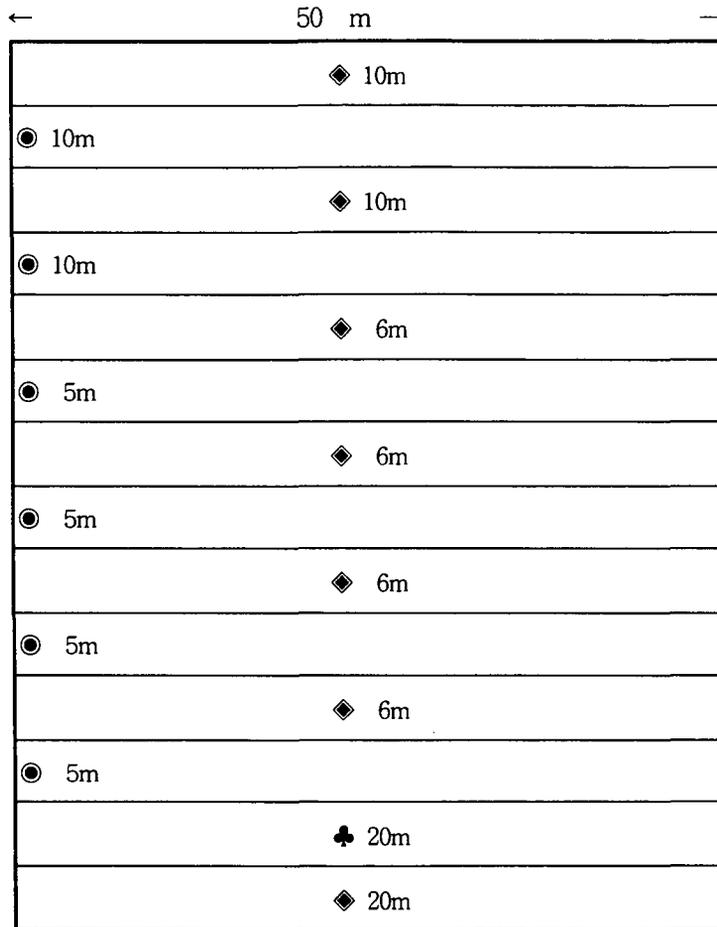
주) ♣ : 무벌채 무처리구

◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조립 대상구

● : 무벌채구

다. 조사구 3의 시험구 배치도

위치 : 곡성군 곡성읍 서계리 산 8번지



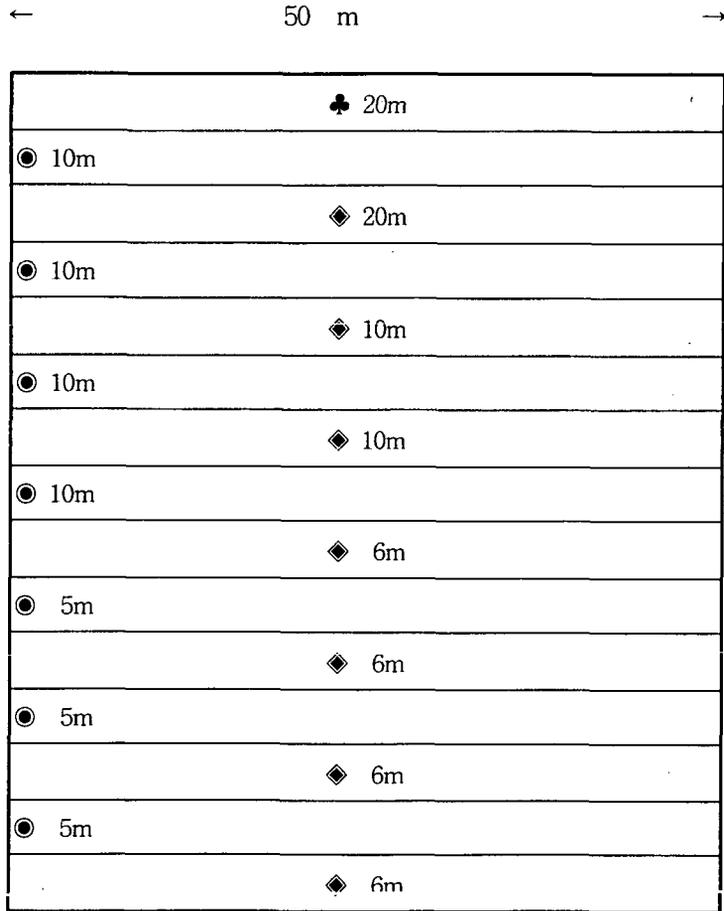
주) ♣ : 무벌채 무처리구

◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조립 대상구

● : 무벌채구

라. 조사구 4의 시험구 배치도

위치 : 곡성군 곡성읍 서계리 산 9번지



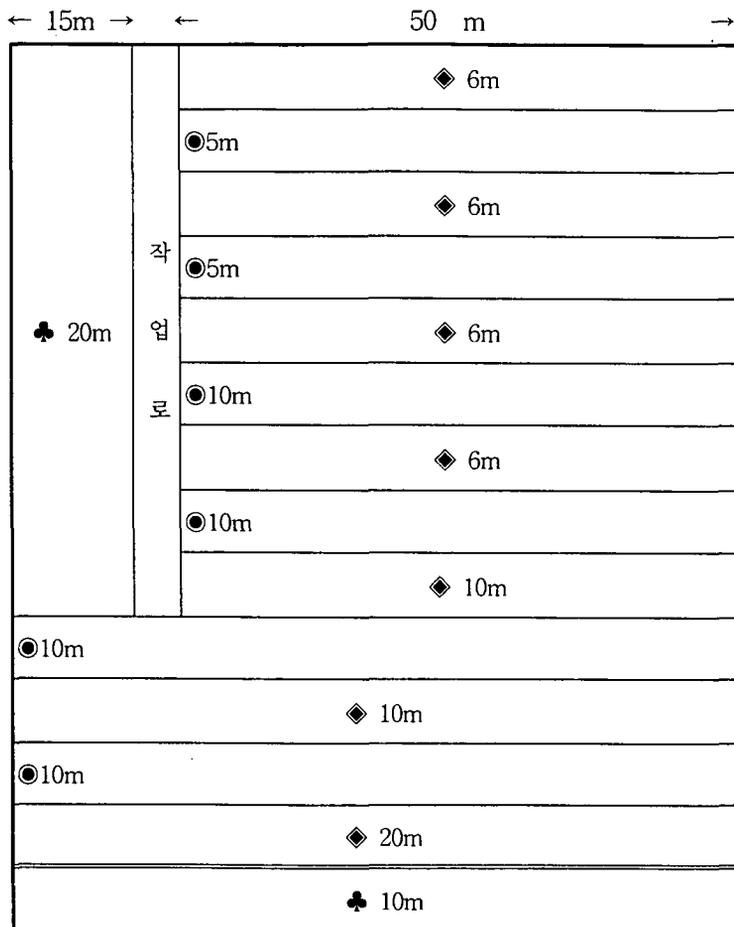
주) ♣ : 무벌채 무처리구

◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림 대상구

● : 무벌채구

라. 조사구 5의 시험구 배치도

위치 : 곡성군 곡성읍 삼기면 농소리 산 76-1번지



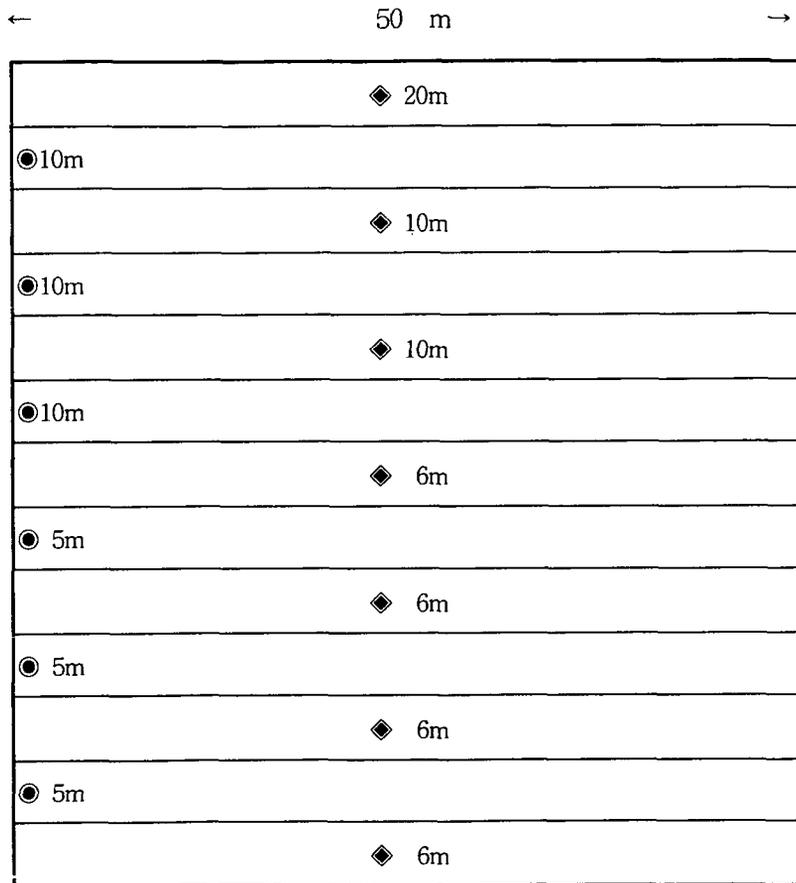
주) ♣ : 무벌채 무처리구

◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조립 대상구

● : 무벌채구

마. 조사구 6의 시험구 배치도

위치 : 곡성군 곡성읍 삼기면 농소리 산 76-1번지



주) ♣ : 무벌채 무처리구

◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림 대상구

● : 무벌채구

### 3. 묘목식재 및 종자파종

여러 가지 벌채수준별(6m×50m벌채구, 10m×50m벌채구, 20m×50m벌채구, 20×50m무벌채구)로 상수리나무와 졸참나무 1-0 실생묘(50본씩)가 1998년도 4월 초순에 2m×2m 간격으로 식재되었으며(2,400본), 각 벌채처리구내 50본의 묘목은 *P. t.* 균에 의해 접종된 균근묘 14본과 36본의 비균근묘목(평균묘고 25cm, 근원경 4.5mm)을 식재하였다. 비균근묘는 플라스틱 Shelter(30cm×60cm)처리 9본, Paper Mulching 처리 9본, 산림용고형복비 처리 9본(산림용 고형복비 5개(75g)를 묘목으로부터 30cm 부위에 환상형으로 5cm 깊이에 매설), 대조구 9본으로 구분 식재하였다 (표 2-1-2).

Table 2-1-2. Number of seedlings and direct seeds in each plot

Treatment	Strip clearcutting			Control	Total	Seedlings		Direct seeds	
	6×50m	10×50m	20×50m	20×50m		<i>Q. accut issima</i>	<i>Q. serrata</i>	<i>Q. accut issima</i>	<i>Q. serrata</i>
Control(9 seedling)	36	36	36	36	144	36	36	36	36
Mulching(9 seedlings)	36	36	36	36	144	36	36	36	36
Shelter(9 seedlings)	36	36	36	36	144	36	36	36	36
Fertilization (9 seedlings)	36	36	36	36	144	36	36	36	36
<i>P. t.</i> (14 seedlings)	56	56	56	56	224	56	56	56	56
Total	200	200	200	200	800	200	200	200	200
<b>Number of total seedlings and direct seeds</b>									
Control(9 seedling)	216	216	216	216	864	216	216	216	216
Mulching(9 seedlings)	216	216	216	216	864	216	216	216	216
Shelter(9 seedlings)	216	216	216	216	864	216	216	216	216
Fertilization (9 seedlings)	216	216	216	216	864	216	216	216	216
<i>P. t.</i> (14 seedlings)	336	336	336	336	1,344	336	336	336	336
Total	1,200	1,200	1,200	1,200	4,800	1,200	1,200	1,200	1,200

Fig. 2-1-1. 조사구 1내 식재 및 파종조림의 모식도

위치 : 곡성군 곡성읍 구원리 산 37번지

← 50 m → ← 50 m →

◎ 5m		◎5m	
◆ 6m 상수리묘목 균근 14, 묘목 36본 1-5		◆ 6m 졸참종자 50립 K	
◎ 5m		◎5m	
◆ 6m 졸참묘목(종자50립) J		◆ 6m 상수리종자 50립 L	
◎ 5m		◎5m	
◆ 10m 상수리묘목 균근14, 묘목 36본 1-4	상수리종자 50립 G	◆ 10m 졸참묘목 (종자 50립) H	졸참종자 50립 I
◎10m		◎10m	
◆ 20m 상수리종자 50립 E	졸참묘목 (종자 50립) F	♣ 25m 졸참종자 50립 C	
졸참종자 50립 D	상수리묘목 균근14본, 묘목36 본 1-3	졸참묘목 균근14본, 종자 36립 1-2, B	
♣ 10m 상수리묘목 균근14본, 묘목36본 1-1	상수리종자 50립 A		

- 주) ♣ : 무처리구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림  
 ◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◎ : 완충지대

Fig. 2-1-2. 조사구 2내 식재 및 파종조림의 모식도

위치 : 곡성군 곡성읍 구원리 산 37번지

← 50 m →			
◎10m			
◆ 10m 졸참묘목 (종자 50립) K		졸참종자 50립 L	
◎5m			
◆ 6m		졸참종자 50립 J	
◎5m			
◆ 6m		졸참묘목 (종자 50립) I	
◎5m			
◆ 6m		상수리종자 50립 H	
◎5m			
◆ 6m		상수리묘목 균근14본, 묘목36본 2-4	
◎10m			
◆ 10m 상수리묘목 균근14본, 묘목36본 2-3		상수리종자 50립 G	
◎10m			
◆ 20m 졸참묘목(종자 50립) F		졸참종자 50립 E	
상수리묘목 균근14본, 묘목36본 2-2		상수리종자 50립 D	
◎ 10m			
♣ 20m 졸참종자 50립 A	졸참묘목 (종자 50립) B	상수리종자 50립 C	상수리묘목 균근14본, 묘목36본 2-1

- 주) ♣ : 무처리구 상수리나무, 졸참나무, 실생 및 파종조림 대상구  
 ◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무, 실생 및 파종조림 대상구  
 ◎ : 완충지대

Fig. 2-1-3. 조사구 3내 식재 및 파종조림의 모식도

위치 : 곡성군 곡성읍 서계리 산 1번지

← 50 m →

◆	10m	줄참 묘목 균근 14본, 종자 36립 3-8, K	상수리종자 50립 J
◎	10m		
◆	10m	상수리 묘목 균근 14본, 묘목 36본 3-7	줄참종자 50립 I
◎	10m		
◆	6m	줄참종자 종자 50립	H
◎	5m		
◆	6m	줄참 묘목 균근 14본, 묘목 36본	3-6, G
◎	5m		
◆	6m	상수리 종자 50립	F
◎	5m		
◆	6m	상수리 묘목 균근 14본, 묘목 36본	3-5
◎	5m		
♣	20m	줄참종자 50립	E
◆		상수리종자 종자 50립	D
◆		줄참묘목 균근 14본, 종자 36립	3-4, C
◆		상수리묘목 균근 14본, 묘목 36본	3-3
◆	20m	줄참종자 50립 B	상수리묘목 균근 14본, 종자 36립 3-2
◆		상수리종자 50립 A	줄참묘목 균근14본, 묘목 36본 3-1

- 주) ♣ : 무처리구 상수리나무, 줄참나무 실생 및 파종조림구  
 ◆ : 벌채구 상수리나무, 줄참나무 실생 및 파종조림구  
 ◎ : 완충지대

Fig. 2-1-4. 조사구 4내 식재 및 파종조림의 모식도

위치 : 곡성군 곡성읍 서계리 산 1번지

← 50 m →

♣ 20m	상수리종자 균근 14본, 종자 36본 I	졸참종자 50립 J
	상수리묘목 균근 14본, 묘목36본 4-8	졸참묘목 균근 14본, 종자 36본 4-7, K
◎ 10m		
◆ 20m	졸참묘목 균근 14본, 종자 36본 4-6, H	졸참종자 50립 G
	상수리묘목 균근 14본, 묘목36본 4-5	상수리 종자 50립 F
◎ 10m		
◆ 10m	상수리 묘목 균근 14본 종자36본 4-4	상수리종자 50립 E
◎ 10m		
◆ 10m	졸참종자 50립 4-3, D	졸참 묘목 균근 14본 묘목 36본 C
◎ 10m		
◆ 6m	졸참종자	50립 B
◎ 5m		
◆ 6m	졸참묘목	균근 14본 묘목 36본 4-2
◎ 5m		
◆ 6m	상수리종자	50립 A
◎ 5m		
◆ 6m	상수리 묘목	균근 14본 묘목 36본 4-1

- 주) ♣ : 무처리구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◎ : 완충지대

Fig. 2-1-5. 조사구 5내 식재 및 파종조림의 모식도

위치 : 곡성군 곡성읍 삼기면 농소리 산 76-1번지

← 15 m → ← 50 m →

♣ 15m x 60m 졸참묘목 종자50립 K 졸참종자 50립 L 졸참묘목 종자 50립 M 졸참종자 50립 N 상수리묘목 균근14본, 묘목36본 5-5 상수리종자 50립 O	작 업 로	◆ 6m	졸참종자 50립		J
		◎5m			
		◆ 6m	졸참묘목 종자 50립		I
		◎5m			
		◆ 6m	상수리종자 50립		H
		◎10m			
		◆ 6m	상수리묘목 균근14본, 묘목 36본		5-3
		◎10m			
		◆ 10m	졸참묘목 종자 50립 F	졸참종자 50립 G	
		◎10m			
		◆ 10m	상수리종자 50립 E	상수리묘목 균근14본, 묘목 36본 5-2	
		◎10m			
◆ 20m	졸참묘목 종자 50립 C	상수리종자 50립 D	상수리묘목 균근14본 묘목36본 5-1	B	
♣ 10m		상수리종자 50립		A	
		상수리묘목 균근14본, 묘목 36본		5-4	

- 주) ♣ : 무처리구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◆ : 벌채구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◎ : 완충지대

Fig. 2-1-6. 조사구 6내 식재 및 파종조림의 모식도

위치 : 곡성군 곡성읍 삼기면 농소리 산 76-1번지

← 50 m →

◆ 20m	상수리묘목 균근14본, 묘목36본 6-3	상수리종자 50립 G	졸참묘목 종자 50립 H	졸참종자 50립 I
◎10m				
◆10m	졸참묘목 종자 50립 E			졸참종자 50립 F
◎10m				
◆ 10m	상수리묘목 균근14본, 묘목 36본 6-2			상수리종자 50립 D
◎ 10m				
◆ 6m	졸참종자 50립			C
◎5m				
◆ 6m	졸참묘목 종자 50립			B
◎5m				
◆ 6m	상수리종자 50립			A
◎5m				
◆ 6m	상수리묘목 균근14본, 묘목 36본			6-1

- 주) ♣ : 무처리구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◆ : 별처리구 상수리나무, 졸참나무 실생 및 파종조림구  
 ◎ : 완충지대

## 제2절 입지환경 및 토양특성

### 1. 조사지 개황

벌채지로 선정된 각각의 조사구내 시험구의 입지환경 특성을 조사하기 위하여 6개 조사구 총 24개 시험구를 대상으로 1999년 6월 9일부터 9월 19일까지(15회) 조사한 결과(표 2-2-1) 대조구인 무벌채구는 표고 50~195m까지 분포하고 있으며 20m 대상개벌처리구의 경우 50~320m까지 다양하게 나타나고 있으나 각 조사구내에서는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 경사의 경우 각 시험구 사이에 차이가 크지 않아 각 조사구내 벌채시험구는 반복처리구로서 분석이 가능 할 것으로 사료되었다. 토양건밀도의 경우 조사구 6을 제외하고는  $1.0 \sim 2.0 \text{kg/cm}^2$  정도였으며 광도의 경우 무벌채구가 낮고 가장 벌채가 많이 실시된 20m 벌채처리구가 높게 나타났다.

### 2. 토양수분함량

Oakfield 토양채취기를 이용하여 각 처리구별로 3점씩(총 73점) 광물 질토층 15cm부위의 토양이 채취되어 벌채수준별 증량법에 의한 토양내 수분 함량을 조사한 결과 벌채지는 19~20%로, 무벌채지의 18%에 비해 수분함량이 증가하고 있는 것으로 나타나고 있으며(표 2-2-2) 이는 상층임목이 제거된 지역의 경우 위에서 발생하는 증산량이 감소하기 때문으로 사료된다. 조사구별 토양수분함량은 조사구 3, 4, 5가 20%이상으로 타조사구에 비해 높은 값을 보이고 있으며 조사구 6이 15% 정도로서 가장 낮게 나타나고 있다. 조사구 6의 토양수분함량이 낮게 나타난 것은 이 지역의 표고가(190~320m) 타조사구에 (50~195m) 비해 높고 식생피도가 낮기(30~70%) 때문으로 판단된다.

Table 2-2-1. Site characteristics of strip clear-cutting and control plots

Sampling Area	Elevation (m)	Slope (°)	Aspect	Ground cover (%)	Soil hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	LUX (×10 <sup>2</sup> )	
						light	shade
Plot 1 Control	50	25	N	35	1.8(±0.2)	467(±19)	246(±22)
20m Cutting	50	30	E	80	1.3(±0.3)	570(±10)	338(±28)
10m Cutting	50	30	E	80	1.2(±0.2)	445(±28)	192(±26)
6m Cutting	55	31	W	45	1.5(±0.1)	440(±25)	160(±18)
Plot 2 Control	65	33	WN	60	1.5(±0.2)	492(±10)	214(±13)
20m Cutting	105	25	W	65	1.6(±0.4)	605(±10)	235(±15)
10m Cutting	110	28	W	65	1.3(±0.2)	423(±15)	302(±26)
6m Cutting	135	26	WN	65	1.5(±0.2)	401(±12)	232(±19)
Plot 3 Control	140	20	NE	60	1.5(±0.1)	550(±11)	350(±28)
20m Cutting	135	10	NW	60	1.5(±0.2)	635(±12)	479(±21)
10m Cutting	195	14	NW	80	2.0(±0.1)	620(±10)	493(±10)
6m Cutting	190	22	NW	90	1.8(±0.2)	512(±35)	310(±25)
Plot 4 Control	195	18	NW	50	1.0(±0.1)	444(±10)	255(±10)
20m Cutting	190	18	NW	50	1.4(±0.5)	680(±7)	524(±10)
10m Cutting	180	15	NW	60	1.5(±0.4)	640(±15)	442(±20)
6m Cutting	145	10	NW	60	1.4(±0.2)	572(±21)	320(±12)
Plot 5 Control	165	5	NE	30	1.5(±0.2)	633(±0.2)	365(±16)
20m Cutting	180	11	NE	50	2.0(±0.2)	704(±16)	473(±29)
10m Cutting	190	10	NE	50	1.5(±0.4)	678(±13)	351(±18)
6m Cutting	190	18	NE	60	2.4(±0.3)	652(±10)	359(±16)
Plot 6 Control	190	29	SE	30	2.0(±0.2)	587(±15)	321(±14)
20m Cutting	320	26	SE	30	3.5(±0.7)	876(±8)	790(±8)
10m Cutting	300	30	SE	50	2.7(±0.4)	822(±12)	490(±31)
6m Cutting	190	22	NE	70	1.5(±0.2)	712(±10)	510(±26)

Table 2-2-2. Soil water content after strip clear-cutting treatment in *Pinus rigida* stands

Plot	Control	20m	10m	6m cutting	Mean
		cutting	cutting		
(%)					
PLOT 1	14.48	17.11	20.38	17.52	17.37
PLOT 2	14.34	17.44	20.83	16.28	17.22
PLOT 3	21.88	21.33	19.05	24.88	21.79
PLOT 4	22.23	23.44	24.77	21.21	22.91
PLOT 5	19.87	20.21	21.35	19.90	20.33
PLOT 6	13.55	15.22	15.91	16.08	15.19
Mean	17.73	19.13	20.38	19.31	19.13

### 3. 토양온도 변화

벌채수준별 토양온도의 변화조사를 위해 토양 7.5cm 깊이에 지중온도계를 설치(48개)하여 99년 5월 15일 토양온도를 조사한 결과 벌채구의 크기에 따른 토양온도의 변화는 조사구별로 상당한 차이를 보이고 있다.(표 2-2-3) 그러나 토양온도는 조사구별로 변이를 보이고 있으며, 이는 토양온도설치지점의 식생이나 방위 등과 같은 장소적 변이에 기인한 것으로 판단된다. 전조사구에서 벌채구는 무벌채구에 비해 1~2℃ 정도 토양온도가 증가하는 경향을 보이고 있으며(표 2-2-4) 벌채구의 경우 토양온도의 증가는 주로 상층식생의 벌채와 함께 유입된 광량의 증가가 원인으로 판단된다.

Table 2-2-3. Soil temperature change by each plot after strip clear-cutting in *Pinus rigida* stands

No	Plot	Treatment	11:00	12:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:30
1	1	Control				17.5		17.5		
2		20m cutting				18		17		
3		10m cutting				20		20		
4		10m cutting				19.5		19		
5		6m cutting				19.5		19		
6		6m cutting				22.5		21		
7		6m cutting				15		15.5		
8		6m cutting				20		20		
9	2	Control				18		18		
10		20m cutting				21.5		23		
11		10m cutting				24.5		24.5		
12		10m cutting				25		24		
13		6m cutting				26		26		
14		6m cutting				26		24.5		
15		6m cutting				23		22		
16		6m cutting				25.5		24		

No	Plot	Treatment	11:00	12:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:30
17	3	Control			25		21			
18		20m cutting			20		20			
19		10m cutting			22		22.5			
20		10m cutting			21		23			
21		6m cutting			19		19			
22		6m cutting			18.5		18.5			
23		6m cutting			20.5		22			
24		6m cutting			19		22.5			
25	4	Control			18		15.5			
26		20m cutting			22		22			
27		10m cutting			21		21.5			
28		10m cutting			21.5		21			
29		6m cutting			19		19			
30		6m cutting			21		20.5			
31		6m cutting			21.5		22			
32		6m cutting			21.2		22			
33	5	Control	17.5	17.5					20	19
34		20m cutting	20	20.5					22	21
35		10m cutting								
36		10m cutting	18	19.5					20.5	20
37		6m cutting	17	18					18.5	19
38		6m cutting	17	18					17	17
39		6m cutting	21	21					18	18
40		6m cutting	18	19.5					18	18
41	6	Control	17.5	19					18.5	18
42		20m cutting	23	24					23	23
43		10m cutting	22.5	23.5					22	22
44		10m cutting	24	24					22.5	22.5
45		6m cutting	19	24					19	18.5
46		6m cutting	21	22.5					21.5	21
47		6m cutting	24.5	24.5					21.5	21.5
48		6m cutting	22	25					20	20

Table 2-2-4. Soil temperature change after strip clear-cutting in *Pinus rigida* stands

Treatment	Control	20m cutting	10m cutting	6m cutting
Temperature	18.7°C	21.0°C	20.0°C	20.7°C

#### 4. 토양 이화학적특성

벌채수준이 토양성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 처리구의 각 조사구내(벌채처리구 당 6점, 총 24점) 중심부로부터 임상을 제거한 후 토양 상층부 10cm 깊이의 토양시료에 대하여 토양성질을 분석한 결과 (표 2-2-5) 토양 pH는 4.5~4.7의 강산성으로 나타났으며 유기물, 전질소, 유효인산 등의 함량은 일반 산지토양에 비해 낮은 값을 보이고 있다. 특히 유효인산은 전조사구가 2ppm 이하로 일반 산지토양의 평균유효인산함량 15ppm 보다 매우 낮은 값을 보이고 있어서 이들 지역에서 인산이 임목생장에 제한적인 요소로 판단된다. 벌채처리별 토양성질 중 10m, 20m 벌채구내 토양 pH, 전질소, 유기물함량 등은 무벌채구에 비해 낮은 값을 보이고 있다. 치환성양이온은 칼슘을 제외하고 벌채수준별로 뚜렷한 차이가 나타나고 있지 않으며, 토양pH, 유기물함량, 전질소함량, 양이온치환용량 등을 고려할 때 처리구중 무벌채구의 토양상태가 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 2-2-5. Soil chemical properties after strip clear-cutting treatments

Treatment	pH	OM (%)	TN (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC (cmol <sub>c</sub> /kg)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
						(ppm)			
Control	4.74	2.02	0.14	1.53	10.14	673	31	34	70
6m cutting	4.70	2.06	0.13	1.77	9.02	286	27	26	69
10m cutting	4.50	1.46	0.11	1.61	9.41	669	29	27	65
20m cutting	4.65	1.28	0.10	1.41	9.60	322	33	27	69

#### 5. 답압에 의한 토양물리성 변화

벌채후 벌채목의 차량을 통한 운재 동안(운재차량은 4.5ton개조 차량) 발생된 운재로 주변의 답압지 9개소 3깊이(0-5, 10-15, 20-25cm)와 운재로

에 인접한 비답압지 9개소 3깊이를 대상으로 토양수분함량과 토양용적비중 (soil volume density)을 측정한 결과(표 2-2-6) 토양수분함량은 답압지와 비답압지사이에서 큰 차이가 나타나지 않았다. 그러나 토양용적비중은 답압지의 경우 표토층에서 1.46g/cm<sup>3</sup>로서 비답압지 1.18g/cm<sup>3</sup>에 비해 상당히 증가되는 경향을 보이고 있으며, 3깊이 모두 비답압지에 비해 높은 값을 보이고 있다. 또한 토양공극율도 답압지가 비답압지에 비해 낮은 값을 보이고 있어서 운재동안 운재로 지역에 발생된 토양 교란은 토양물리적 성질을 상당히 악화시켜 재생되는 식생에 나쁜 영향을 미치게 될 것으로 판단된다.

Table 2-2-6. Soil water content and bulk density of compacted and forest areas

depth (cm)	Compacted area			Forest area		
	Soil water content (%)	Soil bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Porosity (%)	Soil water content (%)	Soil bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Porosity (%)
0-5	14.7	1.46	45	14.2	1.18	54
10-15	15.3	1.51	42	15.8	1.30	49
20-25	14.8	1.48	44	15.0	1.39	46

## 제 3 절 하층식생변화 동태

### 1. 하층식생의 조사

여러 가지 벌채수준이 산림 벌채지 식생의 종다양성에 미치는 영향을 파악하고, 조림수종과 하층식생과의 경쟁에 따른 식생 동태 파악을 위해, 각 시험구에 영구식생조사구를 설치하고 1997년 9월(1차년도), 1998년 6월 및 10월(2차년도), 1999년 10월(3차년도), 2000년 6월, 8월 및 10월(4차년도), 2001년 7월(5차년도)에 식생조사를 실시하였다.

#### 가. 조사방법

##### 1) 식생조사구 설치

조사지로 선정된 6개 조사구에 대하여 벌채수준에 따라 6m×50m벌채구 4개소, 10m×5m벌채구 2개소, 20m×50m벌채구 1개소 및 20m×50m무벌채구(대조구) 1개소 등 모두 48개의 처리구를 대상으로, 각 처리구에 세로방향으로 2m폭의 영구식생조사구(2m×6m, 2m×10m, 2m×20m)를 설치하였다. 영구 식생조사구의 좌우 각 1m 이내에서는 하에작업을 실시하지 않았고, 각종 조사를 위해 이동할 때에도 가급적 식생에 미칠 수 있는 피해를 최소화하고자 노력하였다.

##### 2) 식생조사

식생조사는 계층구조에 따른 관목층과 초본층의 출현종을 전부 기록하였으며, 각 계층의 종구성에 대한 양과 생육상태를 측정하였다.

##### 3) 중요치 분석

벌채수준에 따른 식생 동태 파악을 위하여 식생조사를 통해 얻은 자료를 기초로 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 벌채수준별·층위별 중요치를 산출하였다.

중요치(Importance value; I.V.) = 상대밀도(RD) + 상대빈도(RF)

상대밀도(Relative density; R.D.) = 어떤 종 총개체수 / 전체 종 총개체수 × 100(%)

상대빈도(Relative frequency; R.F.) = 어떤 종 빈도 / 전체 종 빈도 총합 × 100(%)

#### 4) 종다양성 분석

조사지역내 종구성상태의 다양성을 객관적으로 평가하기 위하여 층위별·벌채수준별로 Shannon의 종다양도지수(H'), 최대종다양도(H'max)를 구하고, 식물종에 대한 개체의 분포정도를 나타내는 균재도(J') 및 Magalef의 종풍부도(SR)지수를 산출하였다.

다양도지수(Deversity index ; H') =  $(N \log N - \sum ni \log ni) / N$

최대 종다양도(Maximum diversity index ; H'max) =  $\log s$

균재도(Evenness ; J') =  $H' / H'max$

종 풍부도(Species Richness ; SR) =  $(s-1) / \log N$

우점도(Dominance ; D) =  $1-J'$

N : 한 조사구 내에 있어서 총개체수

ni : 한 조사구 내에 있어서 어떤 종의 개체수

s : 종수

### 나. 식생 조사 결과

#### 1) 종조성의 변화

연구 최종 년도인 2001년 7월 조사결과 나타난 벌채수준별·층위별

중요치는 다음과 같다.

Table 2-3-1. Important value of shrub layer in control treatment

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	37.50	3.57	41.07
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	7.50	10.71	15.89
<i>Q. serrata</i>	졸참나무	8.75	7.14	14.64
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	7.50	7.14	14.46
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	3.75	10.71	13.39
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	6.25	7.14	9.82
<i>Styrax japonica</i>	때죽나무	6.25	3.57	9.02
<i>Viburnum erosum</i>	덜꿩나무	1.88	7.14	8.39
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양울나무	1.25	7.14	7.32
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	3.75	3.57	6.70
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기	3.13	3.57	6.70
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조록싸리	3.13	3.57	6.70
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	2.50	3.57	4.82
<i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i>	개암나무	1.25	3.57	4.82
<i>Staphylea bumalda</i>	고추나무	1.25	3.57	4.82
<i>Ilex macropoda</i>	대팻집나무	1.25	3.57	4.82
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	1.25	3.57	4.82
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	1.25	3.57	4.82
<i>Alnus hirsuta</i>	물오리나무	0.63	3.57	4.20
계		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-2. Important value of shrub layer in 20m strip clear-cutting treatment

Scientific Name	Korean Name	R.D.	R.F.	I.V.
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	10.92	11.76	22.68
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	11.39	9.80	21.20
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	18.99	1.96	20.95
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	13.77	5.88	19.65
<i>Arundinella hirta</i>	새	9.49	1.96	11.45
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	6.01	3.92	9.93
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	1.74	7.84	9.58
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	1.58	7.84	9.43
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	0.95	7.84	8.79
<i>Q. aliena</i>	갈참나무	2.06	5.88	7.94
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	3.48	3.92	7.40
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조록싸리	5.22	1.96	7.18
<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새	4.75	1.96	6.71
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	1.27	3.92	5.19
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	개암나무	0.95	3.92	4.87
<i>Ilex macropoda</i>	대팻집나무	1.58	1.96	3.54
<i>Styrax japonica</i>	때죽나무	1.27	1.96	3.23
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	1.27	1.96	3.23
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양울나무	0.79	1.96	2.75
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기	0.63	1.96	2.59
<i>Malus sieboldii</i>	아그배나무	0.47	1.96	2.44
<i>Vaccinium oldhami</i>	정금나무	0.47	1.96	2.44
<i>Broussobetia kazinoki</i>	닥나무	0.32	1.96	2.28
<i>Quercus dentata</i>	떡갈나무	0.32	1.96	2.28
<i>Morus bombycis</i>	산뽕나무	0.32	1.96	2.28
계		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-3. Important value of shrub layer in 10m strip clear-cutting treatment

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	8.09	8.22	16.31
<i>Styrax japonica</i>	때죽나무	7.42	6.85	14.27
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	5.62	6.85	12.47
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	8.99	2.74	11.73
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	5.62	5.48	11.10
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	5.62	5.48	11.10
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	9.66	1.37	11.03
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조록싸리	4.49	4.11	8.60
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	6.74	1.37	8.11
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	2.47	5.48	7.95
<i>Q. acutissima</i>	상수리나무	1.57	5.48	7.05
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양옻나무	2.92	4.11	7.03
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	3.37	2.74	6.11
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	2.25	2.74	4.99
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	개암나무	2.02	2.74	4.76
<i>Broussobetia kazinoki</i>	닥나무	1.80	2.74	4.54
<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	1.35	2.74	4.09
<i>Morus bombycis</i>	산뽕나무	2.70	1.37	4.07
<i>Rubus corchorifolius</i>	수리딸기	2.70	1.37	4.07
<i>Elaeagnus umbellata</i>	보리수나무	0.90	2.74	3.64
<i>Weigela subsessilis</i>	병꽃나무	2.25	1.37	3.62
<i>Zelkova serrata</i>	느티나무	0.67	2.74	3.41
<i>Staphylea bumalda</i>	고추나무	1.57	1.37	2.94
<i>Securinega suffruticosa</i>	광대싸리	1.57	1.37	2.94
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	1.12	1.37	2.49
<i>Pueraria thunbergiana</i>	췌	1.12	1.37	2.49
<i>Meliosma oldhamii</i>	합다리나무	0.90	1.37	2.27
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	0.67	1.37	2.04
<i>Malus sieboldii</i>	아그배나무	0.67	1.37	2.04
<i>Populus × tomentiglandulosa</i>	은사시나무	0.67	1.37	2.04
<i>Cudrania tricuspidata</i>	꾸지뽕나무	0.45	1.37	1.82
<i>Callicarpa japonica</i>	작살나무	0.45	1.37	1.82
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취뽕나무	0.45	1.37	1.82
<i>Rosa multiflora</i>	찔레	0.45	1.37	1.82
<i>Celtis sinensis</i>	팽나무	0.45	1.37	1.82
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>	엉겅퀴	0.22	1.37	1.59
계		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-4. Important value of shrub layer in 6m strip clear-cutting treatment

Scientific Name	Korean Name	R.D.	R.F.	I.V.
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	10.63	5.48	16.11
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	9.26	5.48	14.74
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	10.90	1.37	12.27
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	4.63	5.48	10.11
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	4.36	5.48	9.84
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	5.72	4.11	9.83
<i>Viburnum wrightii</i>	덜꿩나무	4.09	5.48	9.57
<i>Styrax japonica</i>	때죽나무	3.54	5.48	9.02
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	3.54	4.11	7.65
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	4.90	2.74	7.64
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	3.00	4.11	7.11
<i>Rubus corchorifolius</i>	수리딸기	3.00	4.11	7.11
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	5.45	1.37	6.82
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양옻나무	1.63	4.11	5.74
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	2.45	2.74	5.19
<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	2.18	2.74	4.92
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조록싸리	3.54	1.37	4.91
<i>Fraxinus siebodiana</i>	쇠물푸레	1.91	2.74	4.65
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	1.63	2.74	4.37
<i>Arundinella hirta</i>	새	2.72	1.37	4.09
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	1.09	2.74	3.83
<i>Q. × grosseserrata</i>	물참나무	1.09	2.74	3.83
<i>Rosa multiflora</i>	찔레	1.09	2.74	3.83
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	2.18	1.37	3.55
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	0.54	2.74	3.28
<i>Vaccinium oldhami</i>	청금나무	0.82	1.37	2.19
<i>Sorbus sambucifolia</i> var. <i>pseudogracilis</i>	팔배나무	0.82	1.37	2.19
<i>Populus × tomentiglandulosa</i>	은사시나무	0.54	1.37	1.91
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취뽕나무	0.54	1.37	1.91
<i>Ulmus davidiana</i> for. <i>suberosa</i>	흑느릅나무	0.54	1.37	1.91
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무	0.27	1.37	1.64
<i>Maackia amurensis</i>	다릅나무	0.27	1.37	1.64
<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	마타리	0.27	1.37	1.64
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	0.27	1.37	1.64
<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무	0.27	1.37	1.64
<i>Malus sieboldii</i>	아그배나무	0.27	1.37	1.64
계		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-5. Important value of herb layer in control treatment

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	14.85	2.36	17.21
<i>Arundinella hirta</i>	새	8.95	2.36	11.31
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	8.80	1.18	9.98
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	7.42	2.36	9.79
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	5.36	2.36	7.73
<i>Carex fernaldiana</i>	실사초	5.04	1.97	7.01
<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	산철쭉	4.57	1.57	6.14
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	개솔새	4.29	1.18	5.47
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	2.55	2.36	4.92
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	2.21	2.36	4.57
<i>Aster scaber</i>	참취	2.36	1.97	4.33
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	2.60	1.18	3.78
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉	2.19	1.57	3.76
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	1.37	2.36	3.74
<i>Sanguisorba officinalis</i>	오이풀	1.07	2.36	3.43
<i>Cocculus trilobus</i>	댕댕이덩굴	0.88	2.36	3.24

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I V.
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	0.75	2.36	3.11
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밤플	1.46	1.57	3.03
<i>Isodon japonicus</i>	방아플	1.67	1.18	2.85
<i>Indigofera kirilowii</i>	땅비싸리	1.54	1.18	2.73
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주	0.58	1.97	2.55
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	0.51	1.97	2.48
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	0.82	1.57	2.39
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	1.89	0.39	2.28
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양울나무	0.47	1.57	2.05
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	0.45	1.57	2.03
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	0.39	1.57	1.96
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취통나무	0.30	1.57	1.88
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조록싸리	0.67	1.18	1.85
<i>Chloranathus japonicus</i>	홀아비꽃대	0.58	1.18	1.76
<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새	0.54	1.18	1.72
<i>Convallaria keiskei</i>	은방울꽃	0.90	0.79	1.69
<i>Carex fernaldiana</i>	실사초	1.29	0.39	1.68
<i>Rubus corchorifolius</i>	수리딸기	0.45	1.18	1.63
<i>Lonicera japonica</i>	인동	0.43	1.18	1.61
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기	0.82	0.79	1.60
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무	0.34	1.18	1.52
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	0.30	1.18	1.48
<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리	0.19	1.18	1.37
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	미역취	0.17	1.18	1.35
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	0.15	1.18	1.33
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussriense</i>	영경귀	0.15	1.18	1.33
<i>Pueraria thunbergiana</i>	췌	0.13	1.18	1.31
	이하생략			
계		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-6. Important value of herb layer in 20m strip clear-cutting treatment

cientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새	12.36	1.80	14.16
<i>Arundinella hirta</i>	새	10.19	1.80	12.00
<i>Carex fernaldiana</i>	실사초	9.19	2.25	11.44
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	8.70	2.25	10.95
<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanenese</i>	산철쭉	6.63	2.25	8.88
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	6.95	1.35	8.30
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉	5.24	2.25	7.49
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	4.91	2.25	7.16
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	4.09	1.80	5.90
<i>Indigofera kirilowii</i>	땅비싸리	4.45	1.35	5.80
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	개솔새	3.24	2.25	5.50
<i>Quercus serrata</i>	줄참나무	2.73	2.25	4.99
<i>Aster scaber</i>	참취	1.76	2.70	4.46
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	1.34	2.70	4.05
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	2.55	0.90	3.45
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	1.44	1.80	3.24
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	0.73	2.25	2.98
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	0.62	1.80	2.42
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	0.60	1.80	2.40
<i>Sanguisorba officinalis</i>	오이풀	0.57	1.80	2.37
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>majoi</i>	향기꽃	0.51	1.60	2.31
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	0.49	1.80	2.30
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무	0.36	1.80	2.16

cientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Styrax japonica</i>	때죽나무	0.28	1.80	2.08
<i>Rubus corchorifolius</i>	수리딸기	0.26	1.80	2.06
<i>Patrinia villosa</i>	뚝갈	0.20	1.80	2.00
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	0.08	1.80	1.88
<i>Chrysanthemum boreale</i>	산국	0.40	1.35	1.75
<i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>	고사리	0.36	1.35	1.71
<i>Pueraria thunbergiana</i>	칠향	0.36	1.35	1.71
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주	0.28	1.35	1.63
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	0.17	1.35	1.52
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양울나무	0.12	1.35	1.47
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	0.57	0.90	1.47
<i>Platycodon grandiflorum</i>	도라지	0.11	1.35	1.46
<i>Clematis mandshurica</i>	으아리	0.11	1.35	1.46
<i>Albizzia julibrissin</i>	자귀나무	0.05	1.35	1.40
<i>Carex fernaldiana</i>	실사초	0.93	0.45	1.38
<i>Halorrhagis micrantha</i>	개미탑	0.36	0.90	1.26
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밥풀	0.34	0.90	1.24
<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리	0.25	0.90	1.15
<i>Vaccinium oldhami</i>	정금나무	0.22	0.90	1.12
계		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-7. Important value of herb layer in 10m strip clear-cutting treatment

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Carex fernaldiana</i>	실사초	15.02	1.59	16.61
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	11.78	1.90	13.68
<i>Arundinella hirta</i>	새	9.12	1.90	11.02
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	5.92	1.27	7.19
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	4.30	1.59	5.89
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	3.59	1.90	5.49
<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새	4.11	0.95	5.06
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	2.68	1.90	4.58
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	개솔새	2.84	1.59	4.43
<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	산철쭉	3.15	1.27	4.42
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	2.06	1.90	3.97
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉	2.69	1.27	3.96
<i>Aster scaber</i>	참취	2.32	1.59	3.90
<i>Indigofera kirilowii</i>	땅비싸리	2.76	0.95	3.72
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	1.67	1.90	3.58
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	1.14	1.59	2.72
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	양지꽃	0.97	1.59	2.56
<i>Rubus corchorifolius</i>	수리딸기	1.24	1.27	2.51
<i>Sanguisorba officinalis</i>	오이풀	0.84	1.59	2.42
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리나무	0.49	1.90	2.40
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	0.42	1.90	2.32
<i>Chloranathus japonicus</i>	홀아비꽃대	1.21	0.95	2.16
<i>Isodon japonicus</i>	방아풀	0.54	1.59	2.13
<i>Sorghum nitidum</i> var. <i>majus</i>	수수새	1.79	0.32	2.11
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	1.09	0.95	2.04
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양웃나무	0.37	1.59	1.96
<i>Celastrus orbiculatus</i>	노박덩굴	0.33	1.59	1.92
<i>Cocculus trilobus</i>	댕댕이덩굴	0.22	1.59	1.81
<i>Dioscorea batatas</i>	마	0.81	0.95	1.76
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조록싸리	0.96	0.63	1.59
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	0.27	1.27	1.54
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	0.27	1.27	1.54
<i>Rosa maximowicziana</i>	용가시나무	0.24	1.27	1.51
<i>Smilax sieboldii</i>	청가시덩굴	0.24	1.27	1.51
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	0.22	1.27	1.49
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밭풀	0.54	0.95	1.49
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	밀나물	0.21	1.27	1.48
<i>Viburnum wrightii</i>	덜꿩나무	0.15	1.27	1.42
<i>Chrysanthemum boreale</i>	산국	0.45	0.95	1.40
	이 하 생 략			
Total		100.00	100.00	200.00

Table 2-3-8. Important value of herb layer in 6m strip clear-cutting treatment

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Carex fernaldiana</i>	실사초	13.11	1.79	14.91
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	큰기름새	12.23	1.79	14.02
<i>Arundinella hirta</i>	새	8.10	1.79	9.89
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	6.64	1.49	8.13
<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	산철쭉	6.04	1.79	7.83
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	4.58	1.79	6.37
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉	4.38	1.49	5.88
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	3.61	1.49	5.10
<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새	3.76	1.19	4.96
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	1.87	1.79	3.66
<i>Aster scaber</i>	참취	1.83	1.79	3.62
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	2.60	0.90	3.50
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	1.67	1.79	3.46
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	개솔새	1.88	1.49	3.37
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	1.49	1.79	3.29
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초	1.99	0.90	2.89
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	1.33	1.49	2.82
<i>Lespedeza maximowizii</i>	조륙싸리	1.25	1.49	2.74
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밥풀	0.98	1.19	2.18
<i>Indigofera kirilowii</i>	땅비싸리	1.52	0.60	2.11

Scientific Name	Korean Name	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Heimerocallis fulva</i>	원추리	0.31	1.79	2.10
<i>Sanguisorba officinalis</i>	오이풀	0.90	1.19	2.09
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	0.29	1.79	2.08
<i>Disporum viridescens</i>	큰애기나리	1.77	0.30	2.07
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	0.54	1.49	2.03
<i>Convallaria keiskei</i>	은방울꽃	0.83	1.19	2.02
<i>Rubus corchorifolius</i>	수리딸기	0.76	1.19	1.96
<i>Platycodon grandiflorum</i>	도라지	0.17	1.79	1.96
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	양지꽃	0.44	1.49	1.94
<i>Cocculus trilobus</i>	탱탕이덩굴	0.38	1.49	1.87
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주	0.25	1.49	1.75
<i>Viburnum dilatatum</i>	가막살나무	0.53	1.19	1.73
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	0.17	1.49	1.66
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	구절초	1.00	0.60	1.59
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	0.35	1.19	1.55
<i>Rhus sylvestris</i>	산검양옻나무	0.25	1.19	1.45
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	미역취	0.17	1.19	1.36
<i>Rosa multiflora</i>	찔레나무	0.14	1.19	1.34
<i>Smilax sieboldii</i>	청가시덩굴	0.14	1.19	1.34
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취뽕나무	0.43	0.90	1.33
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무	0.13	1.19	1.33
	이허생각			
Total		100.00	100.00	200.00

최종 조사년도의 결과에 따르면 벌채지의 경우 관목층의 중요치는 국수나무, 싸리나무, 밤나무, 상수리나무, 졸참나무의 순으로 나타났다. 특히 일부 조사지에 큰기름새, 억새, 새와 같은 버과의 양지성 초본들의 초장

이 매우 발달하여 키가 1.2m~2m에 이르러 조림수종뿐만 아니라 관목층을 구성하고 있는 다른 수종들의 성장을 크게 위협하고 있었다. 이러한 현상은 토양수분조건이 양호하고 지위가 좋은 조사구 3, 4에서 주로 발생하였으며, 비교적 지위가 낮은 조사구 1, 2 및 중간 정도의 지위를 갖는 조사구 5, 6의 경우는 아직까지 이들 초본들이 조림수종과 경쟁 관계에 있는 것으로 생각된다.

초본층의 경우 실사초, 큰기름새, 참억새, 새, 대사초의 순으로 중요치가 높게 나타났다. 이중 큰기름새, 참억새, 새 등은 일부 지위가 좋지 못한 지역에서 조림수종보다 오히려 초장이 커서 벌채 후 4년이 지난 현재 까지도 조림수종을 피압하는 현상을 보이고 있다. 따라서 식생조사 결과 중요치가 높게 나타난 조륙싸리, 밤나무, 싸리나무, 산초나무, 국수나무 등의 목본류와 큰기름새, 참억새, 새, 실새풀과 같은 초본류들은 조림 초기에 지속적인 하에작업을 통해 이들을 제거해 주어야 할 것으로 사료된다.

본 조사를 통해 나타난 가장 뚜렷한 식생의 변화는 전년에 비해 관목층에서는 사멸종의 수가 늘어난 반면 초본층에서는 새롭게 출현한 종의 수가 증가하였다는 점이다. 이는 조사 시기의 차이에 기인한 원인도 있겠지만, 대체로 상수리나무와 졸참나무가 상장 성장함에 따라 관목층에서는 조림 수종과 경쟁관계인 수종들이 서서히 도태되고 있고, 초본층에서는 임내 수광량이 줄어들어 따라 그동안 대부분의 면적을 차지하고 있던 양지성 초본들이 도태되고 그 자리에 음지식물들이 다수 유입되어 나타난 결과인 것으로 사료된다.

## 2) 종다양성의 변화

조사지역내 종구성상태의 구조적 속성을 이해하고, 안정성과 성숙도를 평가하기 위하여 층위별·벌채수준별로 다양성지수를 산출한 결과(표

2-3-9 )벌채구나 무벌채구 모두 종다양성에 그다지 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 벌채 직후의 급격한 환경변화로 벌채구가 무벌채구에 비해 다양성이 떨어졌으나, 시간이 경과함에 따라 어느 정도 하층식생의 생장이 이루어지면서 그 구조도 안정화되고 있다는 것을 의미한다. 다만 10m 벌채구가 다른 처리구들에 비해 종다양성이 약간 높게 나타난 것은 앞서 언급한 바와 같이 지위의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

Table 2-3-9. Species diversity of shrub layer after strip clear-cutting in *Pinus rigida* stands

Treatment	Species diversity (H')		Max. Species diversity (H'max)		Evenness (J')		Species richness (SR)		Species dominance(D)	
	1998	2001	1998	2001	1998	2001	1998	2001	1998	2001
Control	1.186	1.002	1.740	1.279	0.681	0.783	16.80	8.17	0.319	0.217
20m cutting	1.093	1.123	1.663	1.398	0.657	0.807	13.17	8.60	0.343	0.193
10m cutting	1.211	1.381	1.716	1.556	0.706	0.887	14.89	13.22	0.294	0.112
6m cutting	1.185	1.367	1.756	1.556	0.675	0.878	15.65	13.65	0.325	0.122

Table 2-3-10. Species diversity of herb layer after strip clear-cutting in *Pinus rigida* stands

Treatment	Species diversity (H')		Max. Species diversity (H'max)		Evenness (J')		Species richness (SR)		Species dominance(D)	
	1998	2001	1998	2001	1998	2001	1998	2001	1998	2001
Control	1.342	1.482	1.987	2.041	0.675	0.726	27.29	29.71	0.325	0.274
20m cutting	1.337	1.385	2.013	1.991	0.664	0.696	27.60	25.45	0.336	0.304
10m cutting	1.437	1.498	2.140	2.107	0.671	0.711	36.92	33.20	0.329	0.286
6m cutting	1.501	1.489	2.243	2.114	0.669	0.705	46.03	32.61	0.331	0.295

## 다. 연구기간 동안의 식생조사 결과 종합

### 1) 종조성

3차년도(1999년)부터 5차년도(2001년)까지 매년 동일 장소에서 하층 식생의 변화를 조사한 결과 이 기간동안 출현한 전체 식물종의 수는 77과 221속 283종 43변종 4품종으로 모두 330종이었다.

이중 전체 조사구에 공통으로 출현한 종으로는 가막살나무, 개솔새, 개암나무, 고사리, 국수나무, 그늘사초, 기름나물, 꽃며느리밥풀, 노간주나무, 노린재나무, 노박덩굴, 대사초, 땃대이덩굴, 덜꿩나무, 도라지, 등골나물, 땅비싸리, 때죽나무, 똑갈, 리기다소나무, 마, 맑은대쑥, 미역취, 밤나무, 벌등골나물, 보춘화, 산검양옻나무, 산국, 산딸기, 산벗나무, 산부추, 산비장이, 산철쭉, 산초나무, 삼주, 상수리나무, 새, 선씀바귀, 소나무, 습나물, 수리딸기, 실사초, 실새풀, 싸리, 쑥부쟁이, 쓴풀, 양지꽃, 역새, 엉겅퀴, 오이풀, 용가시나무, 원추리, 으아리, 은방울꽃, 은분취, 인동, 작살나무, 잔대, 제비꽃, 제비쑥, 조록싸리, 졸참나무, 쥐똥나무, 진달래, 참억새, 참취, 청가시덩굴, 청미래덩굴, 칩, 큰기름새, 큰까치수영 등 71종이었다.

조사구 1에서는 52과 130속 152종 20변종 3품종 총 173종의 식물이 분포하며, 본 조사구에서만 나타난 표징종은 갈대, 감탕나무, 고욤나무, 광나무, 꿩이싸리, 굴피나무, 까실쑥부쟁이, 네잎갈퀴나물, 만주우드풀, 며느리배꼽, 뽕제비꽃, 바람하늘지기, 방동사니, 방동사니대가리, 비수리, 산갈퀴, 산들배, 산비늘고사리, 산씀바귀, 선피막이, 습분취, 씌바귀, 오리나무, 우산나물, 장구채, 절굿대, 조릿대, 지네고사리, 찰피나무, 참나물, 활랑나물의 31종이었다.

조사구 2에서는 50과 113속 127종 26변종 2품종 총 155종의 식물이 분포하며, 본 조사구에서만 나타난 표징종은 갈퀴꼭두서니, 꼬리고사리,

담상이삭풀, 마삭줄, 박주가리, 조개풀, 참갈퀴덩굴, 참빗살나무, 큰개여귀, 호자덩굴, 흰바디나물의 11종이었다.

조사구 3에서는 60과 144속 170종 25변종 4품종 총 199종의 식물이 분포하며, 본 조사구에서만 나타난 표징종은 개모시풀, 개박하, 곰딸기, 파리, 단풍마, 더덕, 도깨비바늘, 명덕딸기, 미국자리공, 미나리아재비, 뺨꼭나리, 산쑥, 쇠뜨기, 쑥갓, 이고들빼기, 이질풀, 쥐오줌풀, 짚신나물, 참나리, 처녀고사리, 층층나무의 21종이었다.

조사구 4에서는 62과 150속 171종 32변종 5품종 총 208종의 식물이 분포하며, 본 조사구에서만 나타난 표징종은 가새뽕나무, 개기장, 검노린재, 검은개선갈퀴, 고추나무, 그렁, 낙줄고사리, 다릅, 달뿌리풀, 당느릅, 돼지풀, 두릅, 등, 말채나무, 며느리밀씻개, 멸가치, 물고추나물, 물레나물, 민들레, 민쑥부쟁이, 뿌리뱅이, 뽕나무, 산뽕나무, 새삼, 석잠풀, 선사초, 설설고사리, 여로, 윤노리나무, 지렁쿠나무, 차풀, 참삿갓사초, 큰달맞이꽃, 풀싸리, 하늘말나리의 35종이었다.

조사구 5에서는 50과 113속 129종 18변종 1품종 총 148종의 식물이 분포하며, 본 조사구에서만 나타난 표징종은 각시취, 고로쇠, 곰솔, 물오리, 밀사초, 봄여귀, 비늘고사리, 사방오리, 여우구슬, 웅달고사리, 잔디바랭이, 차꼬리고사리, 처녀바디, 큰각시취, 큰벼룩아재비, 흰여로의 16종이었다.

조사구 6에서는 46과 91속 99종 12변종 1품종 총 112종의 식물이 분포하며, 본 조사구에서만 나타난 표징종은 노루귀, 삼나무, 잔디, 주름잎, 철쭉꽃의 5종이었다.

## 2) 조사구별 표징종

각 조사구마다 20m 무벌채구 1개소, 20m 벌채구 1개소, 10m 벌채구

2개소, 6m 벌채구 4개소 등 8개씩 모두 48개의 조사구를 설치하여 식생을 조사한 바, 산초나무, 졸참나무, 청미래덩굴, 실사초, 실새풀, 참취의 6종의 식물들이 모든 조사구에 공통으로 출현하였다. 이들 조사구들 중 한 조사구에서만 출현하여 해당 조사구의 표징이 되는 종들을 다음 표에 정리하였다.

Table 2-3-11. Indicator plants of each plot

PLOT	Treatment	Plot No.	Indicator plant	Species
1	Control	#12	-	-
	20m cutting	#11	참나무, 바람하늘지기	2
	10m cutting	#13	갈피나무, 갈대, 광나무, 까실쭈부쟁이, 만주오드풀, 머느리배꼽, 외제비꽃, 비수리, 산비늘고사리, 솜취, 조릿대	11
	10m cutting	#16	활랑나무, 피딱이, 팽이싸리, 굴피나무, 네잎갈퀴나무, 방동사니, 방동사니대가리, 비장이, 산갈퀴	9
	6m cutting	#9	우산나무	1
	6m cutting	#10	산씀바귀	1
	6m cutting	#14	장구채	1
	6m cutting	#15	씀바귀, 쉬막이풀	2
2	Control	#8	참빗살나무, 여덟잎갈퀴덩굴, 마삭줄	3
	20m cutting	#7	흰바디나무, 큰개여뀌	2
	10m cutting	#6	-	-
	10m cutting	#1	호자덩굴	1
	6m cutting	#5	헛개나무	1
	6m cutting	#3	갈퀴꼭두서니, 담상이식물	2
	6m cutting	#4	조개풀, 말오줌때	2
	6m cutting	#2	꼬리고사리	1
3	Control	#19	도깨비바늘, 층층나무	2
	20m cutting	#17	산쭈, 쭈갓	2
	10m cutting	#20	파리, 더덕, 멧덕딸기	3
	10m cutting	#32	왕씀바귀, 곰딸기	2
	6m cutting	#21	-	-
	6m cutting	#22	개박하, 단풍마	2
	6m cutting	#23	참나리, 미국자리공	2
	6m cutting	#24	쥐오줌풀	1

Table 2-3-11. Continued

PLOT	Treatment	Plot No.	Indicator plant	Species
4	Control	#25	풀싸리, 하늘말나리, 검노린재, 검은개선갈퀴	4
	20m cutting	#26	윤노리나무, 여로, 넉줄고사리, 두릅나무	4
	10m cutting	#27	차풀, 참삿갓사초, 가죽나무, 개비자나무, 민들레, 뿌리뱅이	6
	10m cutting	#28	큰달맞이꽃, 가새뽕, 당느릅나무, 뽕나무, 새삼, 석잠풀	6
	6m cutting	#18	멸가치	1
	6m cutting	#29	-	-
	6m cutting	#30	달뿌리풀, 며느리밑씻개	2
	6m cutting	#31	개기장, 그렁, 등나무, 설설고사리	4
5	Control	#33	차꼬리고사리, 웅달고사리, 여우구슬, 물오리나무, 봄여뀌, 비늘고사리	6
	20m cutting	#34	큰벼룩아재비, 잔디바랭이, 밀사초	3
	10m cutting	#35	-	-
	10m cutting	#36	-	-
	6m cutting	#37	-	-
	6m cutting	#38	큰각시취, 고로쇠나무	2
	6m cutting	#39	흰여로, 처녀바디	2
	6m cutting	#40	-	-
6	Control	#48	삼나무	1
	20m cutting	#47	잔디	1
	10m cutting	#45	주름잎	1
	10m cutting	#46	-	-
	6m cutting	#41	노루귀	1
	6m cutting	#42	철쭉꽃	1
	6m cutting	#43	-	-
	6m cutting	#44	-	-

### 3) 조림수종의 성장량과 식생과의 관계

입목 벌채 후 4년 동안 조사한 식생자료와 같은 시기에 이식 및 생장이 이루어진 공시수종(상수리나무, 졸참나무)의 최종성장량과의 관계를 비교함으로써, 이들 두 수종의 이식적지 및 부적지를 판정할 수 있는 지표종(indicator species)을 선별한 결과 다음과 같다.

#### 가) 상수리나무 생육 양호 임지의 주요 조성종

계요등, 광대싸리, 그늘사초, 구절초, 가는잎 족제비고사리, 파리, 다래, 도꼬마리, 도라지, 더덕, 멧석딸기, 병꽃나무, 비목나무, 바람하늘지기, 산해박, 새머루, 수리딸기, 쑥, 오이풀, 으아리, 용담, 은분취, 진달래, 제비꽃, 자귀나무, 주름조개풀, 짚신나물, 짚레, 쥐오줌풀, 초피나무, 참나물, 회잎나무

#### 나) 상수리나무 생육 불량임지의 주요 조성종

고비, 개암나무, 개웃나무, 꼭두서니, 나비나물, 노루발, 덜꿩나무, 때죽나무, 땅비싸리, 등골나물, 밀나물, 맥문동, 물매화풀, 미역취, 마삭줄, 밤나무, 벌등골나물, 방아풀, 보리수나무, 보춘화, 수리취, 새콩, 산국, 소나무, 양지꽃, 여덥잎갈퀴덩굴, 참삿갓사초, 참취, 참빗살나무, 큰개여뀌, 흰바디나물

#### 다) 졸참나무 생육 양호 임지의 주요 조성종

개고사리, 광대싸리, 가는잎족제비고사리, 개박하, 단풍마, 도꼬마리, 독갈, 달뿌리풀, 물오리나무, 마, 밀나물, 며느리밑씻개, 삿갓나리, 밤나무, 벌등골나물, 봄여뀌, 비늘고사리, 새콩, 산쑥, 쑥, 산딸기, 오이풀, 용담, 원추리, 은분취, 응달고사리, 여우구슬, 진황정, 제비쑥, 차꼬리고사리

#### 라) 졸참나무 생육 불량 임지의 주요 조성종

고비, 갈참, 개머루, 고추나무, 구절초, 그늘사초, 갈대, 광나무, 까실쑥부쟁이, 검노린재, 검은개선갈퀴, 덜꿩나무, 물참나무, 미역취, 맥문동, 만주우드풀, 며느리배꼽, 뒤희비꽃, 방아풀, 비목나무, 비수리, 비늘고사리, 실사초, 새, 선씀바귀, 소나무, 솜방망이, 은방울꽃, 영경귀, 정금나무, 조륙싸리, 조팝나무, 쥐똥나무, 큰까치수영, 잔디, 조릿대, 처녀바디, 찰피나무, 풀싸리, 하늘말나리, 흰여로

#### 4) 조사구별·벌채수준별 식생분포

벌채가 이루어지기 이전에 조사한 1차년도(1997년) 식생자료를 제외한 나머지 기간동안의 조사구별·벌채수준별 식생의 분포를 각 식물이 출현한 연도별로 정리한 결과가 부록에 첨부되어 있다.

## 제 4 절 토양 미생물 변화(토양미소절지동물)

토양 중에는 매우 다양한 동물 군들이 복잡한 먹이사슬을 형성하면서 독특한 생태계를 이루고 있다. 이러한 동물군은 8문 18강 82목에 이르는 것으로 알려져 있으며, 이중 절지동물문은 7강 38목으로 알려져 있다. 토양 미소절지동물은 토양 미생물과 함께 토양에 공급되는 동·식물의 유체나 배설물 등 유기적 소재들을 분해하고, 토양을 경운하여 토양의 입단 구조의 생성, 보수성 및 투수성의 변화, 표토와 심토의 혼합을 통한 토양입경분포 변화, 배설물이나 무기화(mineralization)과정을 통한 토양양분화 등 토양의 물리화학적 성질을 변화시키므로써 식물과 동물에 영향을 미쳐 토양생태계의 균형유지 및 물질과 에너지 순환에 큰 역할을 담당하고 있다. 임목의 벌채는 광량의 증가, 온도변화, 수분조건의 변화 및 식물유체의 증가 등으로 토양미소절지동물의 정성 또는 정량적인 변이를 수반하게 된다. 임지에 벌채 또는 산불에 의한 지표의 나지화가 촉진된 경우 동물군집의 분포 특성은 지피물이 없는 나지에서는 겨울철에 동토현상이 나타나고 여름철에는 강한 직사열에 의한 건조현상으로 지렁이, 다족류 및 곤충류가 지피물이 풍부한 곳에 비하여 감소하게 된다. 한편 토양미소절지동물은 온도, 습도, pH, 기상요인 등 환경적 요인과 인위적 요인에 따라 그 종이나 개체수의 분포에 크게 영향을 받고 있어, 토양 지표 생물로서도 중요한 위치를 차지하고 있다.

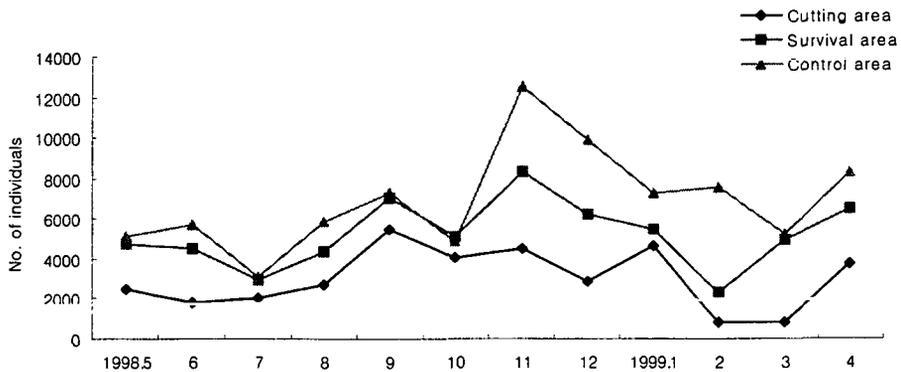
본 연구는 우리나라의 대표적 조림수종의 하나인 리기다소나무 조림지에서 벌채구와 비벌채구의 토양미소절지동물의 분포상을 조사함으로써 임목 벌채가 토양미소절지동물의 분포에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

### 1. 토양동물의 채집 및 분류

1998년 5월부터 1999년 4월까지 매월 1회씩 벌채구, 잔존구, 대조구의 3개조사구에서 토양미소절지동물의 시료를 채취하였다. 채취방법은 이들 각 조사구에 250m<sup>2</sup>(5×50m<sup>2</sup>)의 구역을 임의로 설정한 다음, 이를 다시 5개의 소구역으로 나누어 토양채취기(10cm×10cm×5cm, metal frame)를 이용하여 각 소구역에서 각 1회씩 부식층을 포함한 표토(총 2,500cm<sup>3</sup>)를 채취하였다.

채취한 토양은 Tullgren장치(지름 50cm, 높이 50cm, 여두지름 2cm)에 넣어 72시간 동안 동물을 추출하고, 추출된 동물은 75%의 Ethyl alcohol에 고정 한 후 해부현미경을 이용하여 분류군 별로 분류 동정하였다.

### 3. 조사결과



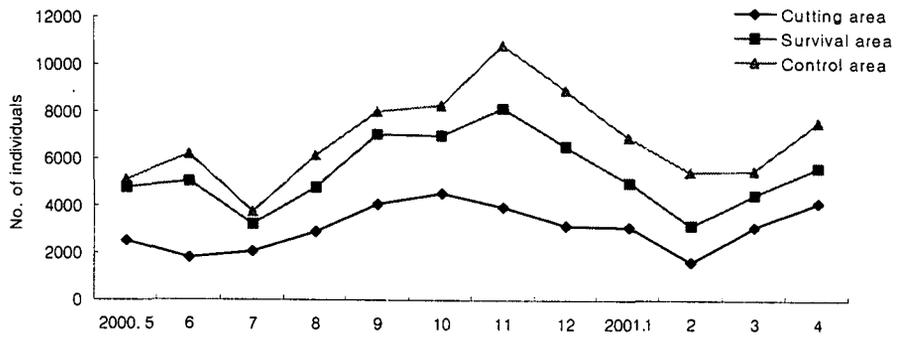
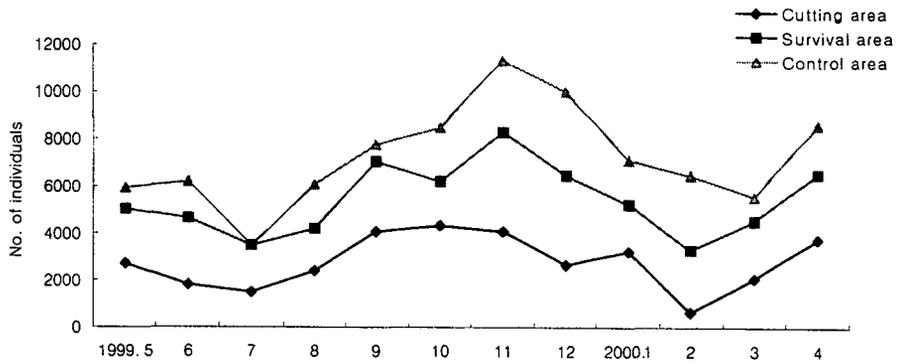
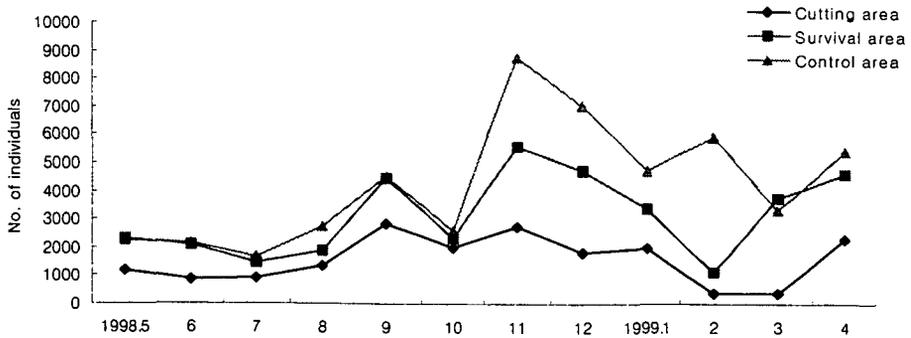


Fig. 2-4-1. Monthly fluctuations of abundance of microarthropods at each sampling sites(May 1998~April 2001)



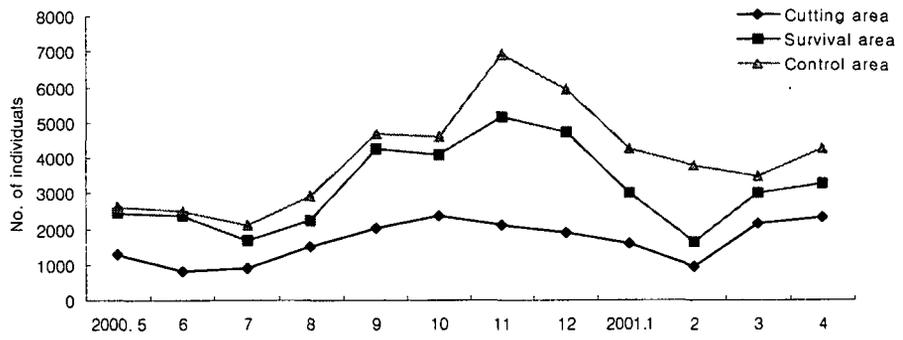
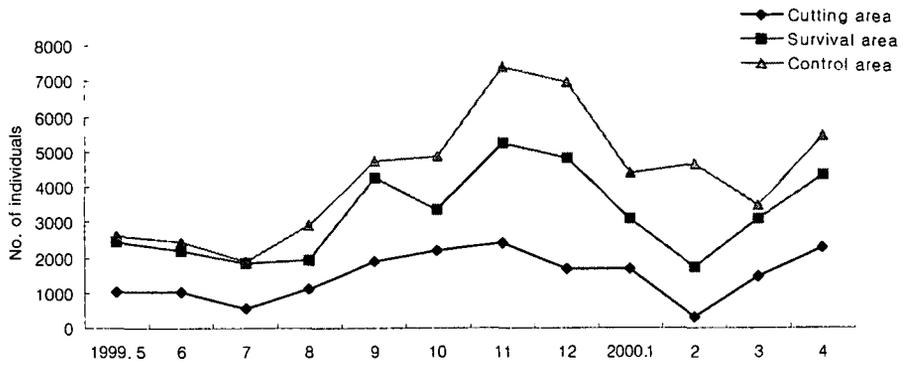
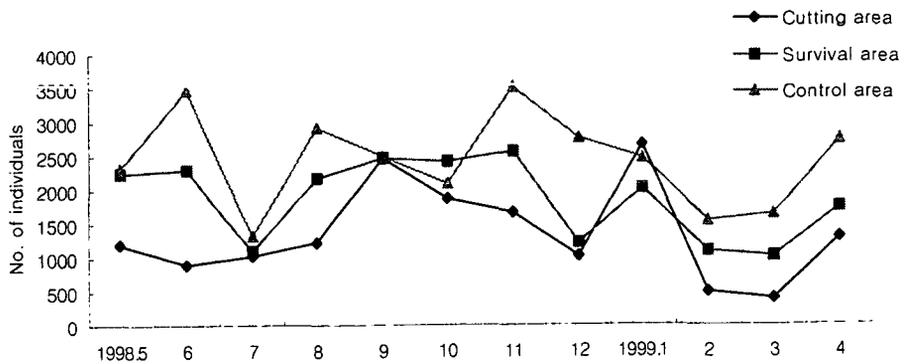


Fig. 2-4-2. Monthly fluctuations of abundance of Acari at each sampling sites(May 1998~April 2001)



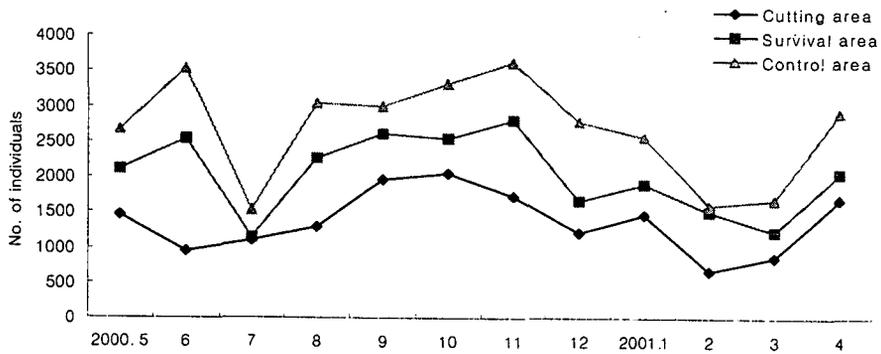
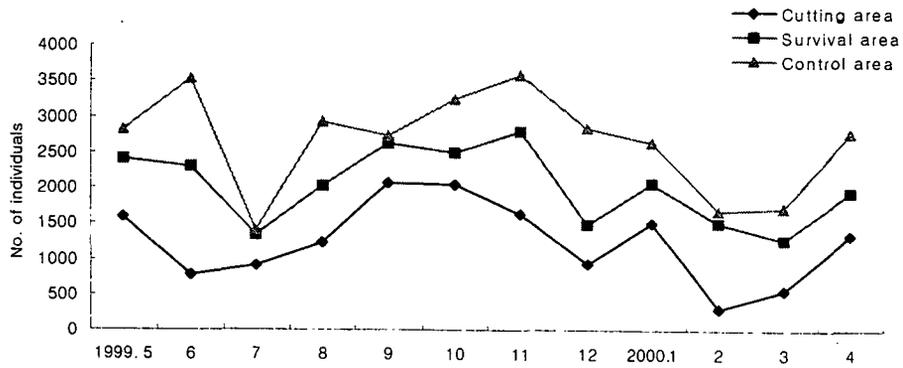


Fig. 2-4-3. Monthly fluctuations of abundance of Collembola at each sampling sites(May 1998~April 2001)

#### 4. 결과 및 고찰

리기다소나무 조림지의 벌채수준에 따라 토양에 서식하는 토양미소절지동물의 분포상을 1998년 5월부터 2001년 4월까지 조사한 결과 다음과 같다

가. 조사기간동안 토양미소절지동물은 총 7강 21목 550,813개체가 채집되었으며, 이들의 구성은 거미강(Arachnida), 곤충강(Insecta), 연갑강(Malacostraca), 소각강(Pauropoda), 노래기강(Diplopoda), 지네강(Chilopoda), 애지네강(Symphyla)이었다.

나. 조사기간내 채집된 토양미소절지동물은 대조구에서 252,292개체, 잔존구에서 192,134개체, 벌채구에서 106,387개체로 대조구는 벌채구에 비하여 2배 이상 채집되었다.

다. 벌채로 인한 영향은 응애목이 비교적 심하여, 벌채시 응애목과 특토기목의 밀도가 현저한 감소를 보였으나, 시간이 경과할수록 점차적으로 회복되어 가는 경향을 나타내고 있다.

라. 토양미소절지동물의 군집구성비는 거미강이 58.92%(324,561개체)로 가장 높은 개체수 밀도를 보였으며, 곤충강이 40.77%(224,559개체)로 나타나 이들 2군의 합계가 99.69%(549,120개체)로 절대적인 우위를 보였다.

마. 거미강에서는 응애목이 전체의 99.1%, 곤충강에서는 특토기목이 94.3%로 가장 높은 개체수 밀도를 나타냈으며, 전체동물군에서도 응애목(59.4%), 특토기목(38.5%)의 분포비율이 96.9%로 가장 높았고 벌목, 파리목, 앓은뱅이목의 순이었다.

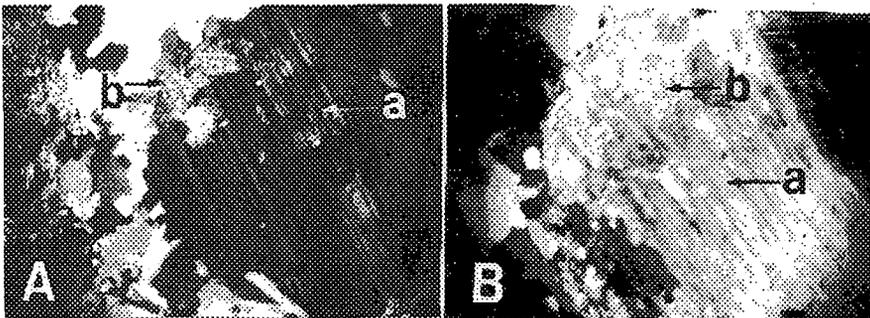
바. 계절에 따른 토양미소절지동물 군집분포는 여름철에 낮은 밀도를 나타내다 점차 증가하여 가을철에 매우 높은 밀도를 나타냈으며, 겨울철로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보이다가 봄철인 4월에 다시 증가하는 경향을 나타내고 있다.

사. 조사기간(1998. 5월 ~ 2001년 4월) 동정된 토양절지상이 부록 2에 나타나 있다.

## 제 5 절 토양내 광물의 조성 및 풍화과정

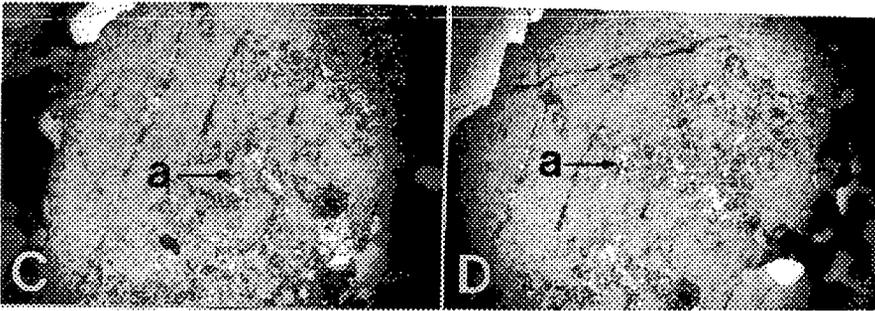
### 1. 조사구 토양내 광물 조성 및 풍화과정

조사구의 토양내 토양 광물의 광물조성 및 풍화과정을 통하여 이 지역 산림토양의 생성과정을 구명하기 위하여 조사구내 분포하는 화강암을 모재로 하는 산림토양 가운데 표준이 될만한 지점의 토양 단면에서 각 층위별로 Soil thin section을 만들어 편광현미경으로 관찰하였다. 그 결과 이지역 화강암의 광물조성은 Quartz, Plagioclase, Orthoclase, Biotite, Muscovite, Amphibole(Hornblende)와 소량의 Magnetite를 포함하고 있는 것으로 분석되었다. 다른 화강암질 풍화토에서 보다 Amphibole을 다량 관찰할 수 있었다는 것이 본 조사구 토양의 특징이며 모암의 관찰에서 Plagioclase, Orthoclase가 풍화를 시작하고 있었는데 모암에서 다른 광물인 Biotite나 Muscovite, Amphibole, Chlorite의 입자들은 Fresh한 상태에서 Plagioclase와 Orthoclase가 다른 광물보다 풍화를 시작하고 있다는 것이 본 조사에서 새롭게 발견되었다.

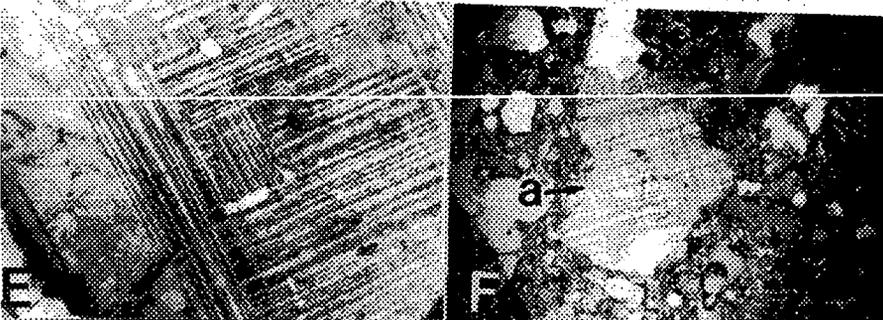


A : 斜長石(plagioclase), 모암의 thin section, PPL. 4×10

- a : 斜長石(plagioclase)의 줄무늬
- b : Sericites, 암석형성 마지막 단계에서 열수용액에 함유된 물질과 斜長石이 반응해서 변성되어 clay and silt size의 sericite가 형성됨
- B : 斜長石(plagioclase), 모암의 thin section, PPL. 4×10
  - a : 斜長石(plagioclase)의 줄무늬, 岩石 형성 단계에서 변성되어 줄무늬가 희미하게 형성됨
  - b : 岩石형성 단계에서 변성되어 형성된 sericites (A-b와 같음)



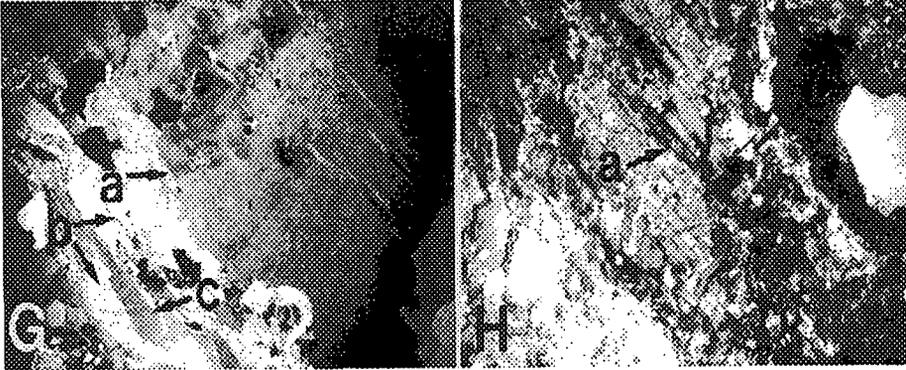
- C, D : 正長石(orthoclase), 모암의 thin section, PPL. 4×10
  - a : 岩石형성 단계에서 형성된 sericites (A-b, B-b와 같음)



- E : 斜長石(plagioclase), 모암의 thin section, PPL. 10×10

F : 斜長石(plagioclase), B horizon thin section, PPL 4×10

a : 斜長石(plagioclase)이 풍화되어 가고 있음 (사진 E 참조)



G : Chlorite, 모암의 thin section, PPL. 4×10

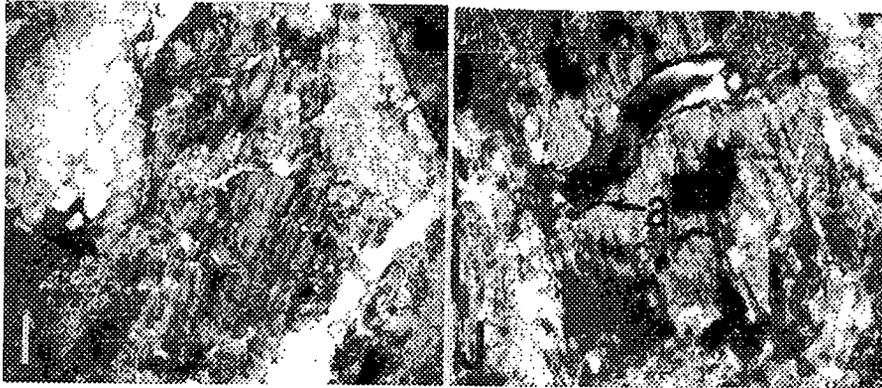
a : Fresh chlorite

b : muscovite

c : biotite

H : Weathered chlorite, BC horizon thin section, PPL. 10×10

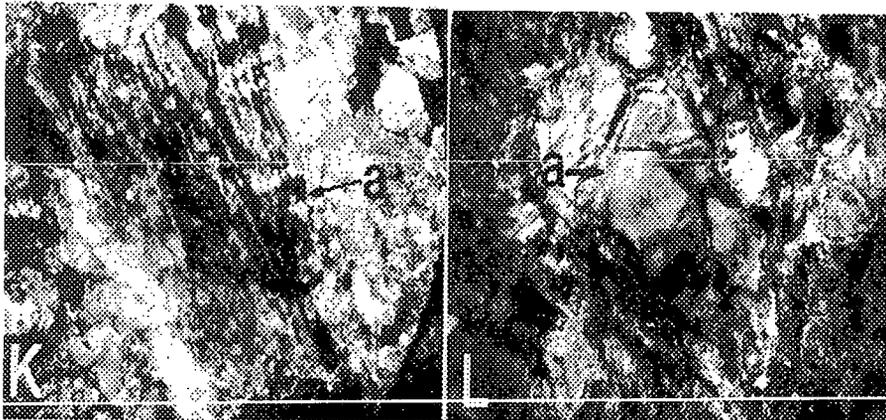
a : Weathering이 진행되어 cleavage가 형성됨



I : Weathered chlorite, BC horizon thin section, PPL. 10×10

J : Weathered chlorite, B horizon thin section, PPL. 4×10

a : pore의 가장자리에 Iron oxides가 생성됨

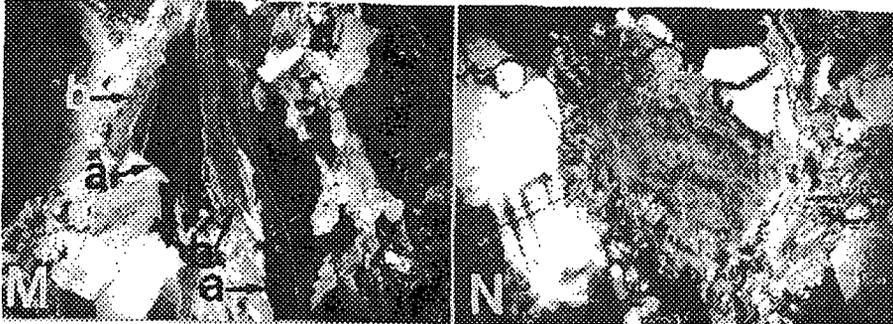


K : Heavily weathered chlorite, OA horezon thin section, PPL. 4×10

a : Iron oxides가 심하게 생성되어 줄무늬가 형성됨

L : Nodule BC horizon thin section, PPL. 4×10

a : Nodule part



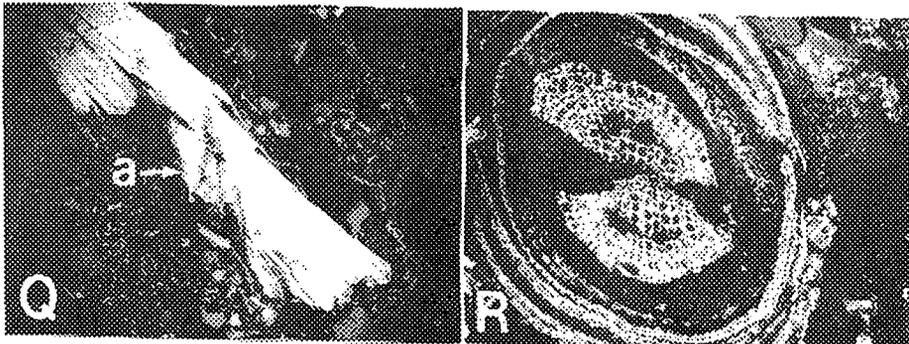
M : Fresh Biotite and Muscovite, 모암의 thin section, PPL. 4×10

a : Fresh Biotite

b : Fresh muscovite

N : Weathered Biotite, BC horizon thin section, PPL. 4×10

cleavage가 형성되고 있다.



Q : Weathered Muscovite OA horizon, PPL. 4×10

a : cleavage가 형성됨

R : Residue of plant tissue, OA horizon, PPL. 4×10

세포막이 남아있는 식물조직(뿌리로 추측됨)

## 제 6 절 토양 양분용탈 특성구명(토양수)

산림생태계내 토양수 유입과 토양수내 양분분포의 이해는 산림생태계의 양분순환이나 대기부터 여러 가지 산성강하물의 산림생태계 유입에 의한 토양내 양분동태의 구명(Rustard 등, 1993), 간벌, 임목벌채, 시비 등과 같은 산림작업으로부터 발생될 수 있는 임지의 양분 손실(Ingerslev 1997, Baumler와 Zech, 1998), 토양수내 양분동태와 계류수의 양분동태와의 관련성 등(박재현과 우보명 1997; 정용호 등, 1997)의 이해에 중요한 의미를 가진다. 특히 개벌과 같은 산림벌채는 계류수내 질산태질소의 농도 증가와 함께 산림생태계로부터 상당한 질소 손실을 초래하는 것으로 알려져 있으나(Likens 등, 1970) 국내에서는 산림작업과 관련된 토양수내 양분동태에 관한 자료는 극히 빈약한 실정이다.

리기다소나무는 미국이 원산으로 1900년도 초에 일본으로부터 도입된 이래 사망지나 척박임지의 녹화를 위한 조림수종으로 1960년부터 1994년까지 약 70만ha 가 조림되었고(산림청, 1994) 식재 35년부터 벌채가 가능한 것으로 알려져 있기 때문에 앞으로 많은 지역에서 대규모의 벌채가 실시될 것으로 예측되며 산림생산력의 지속성과 토양양분 손실의 최소화를 위한 산림벌채수준의 결정이나 산림양분관리를 위해서는 여러 가지 벌채수준에 따른 토양수내 양분농도의 동태에 관한 구명이 필요하다. 본 연구는 성숙한 리기다소나무임분을 대상으로 임목생장에 필수적인 양분들중  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  등의 이온을 대상으로 여러가지 벌채수준에서 토양수량과 토양수내 이온분포가 채취시기별, 깊이별로 어떠한 영향을 보이는 지를 조사하기 위해 수행하였다.

## 1. 재료 및 방법

조사지는 유사한 임분 밀도와 입지환경을 가지는 리기다소나무조림지를 대상으로 50m×150m 크기를 가지는 6개의 조사구가 선정되었으며 각 조사구내에 무벌채구, 6m×50m, 10m×50m, 20m×50m 크기의 벌채구를 임의로 배치하였다. 각벌채구는 벌채 후 상수리나무와 졸참나무가 1998년 4월에 식재 되었으며 각 벌채구 사이는 벌채처리 수준간의 영향을 최소화하기 위하여 무벌채구인 완충지대를 10m×50m씩 설정하였고 각 처리구의 벌채는 1997년 10월부터 98년 1월까지 실시하였다. 벌채 처리는 산록으로부터 산복을 향하여 등고선 방향으로 벌채처리수준별 대상개벌을 실시하였다. 벌채된 임목은 임의로 반출되었고 벌채시 생산된 가지나 엽 등의 벌채잔존물은 98년 2월과 3월 사이에 각 처리구사이에 위치한 10m×50m폭의 완충지대에 고르게 배치되도록 하였으며 벌채구내에 발생한 하층식생은 교란이 최소화 되도록 하였다.

각 벌채수준별 유입되는 토양수량과 토양수내 이온농도를 조사하기 위하여 Jemison과 Fox(1992)에 의해 설계된 수집면적 600cm<sup>2</sup>의 크기를 가지는 zero tension pan lysimeter를 제작하여 각 벌채수준 처리구(20m×50m, 10m×50m, 6m×50m, 무벌채구)별로 10cm, 30cm 깊이에 총 48개(6 조사구×4 벌채처리구×2 깊이)의 토양수채취기를 설치하였다. 토양수 채취기는 각 벌채 처리구의 중심부(예를들면 6m×50m의 벌채구에는 폭 3m와 길이 25m가 만나는 지점)에 약 60cm 깊이의 토양단면을 제작한 후 깊이 10cm 와 30cm 위치에 토양수채취기를 1개씩 설치하고 직경 2mm의 플라스틱 호스를 연결한 후 20L 플라스틱 물통 1개씩을 부착하였다. 토양수채취기는 1998년 6월 20일 설치하였으며 6월 20일 부터 7월 4일, 7월 5일 부터 7월 30일, 7월 31일부터 8월 4일 까지 총 3회에 걸쳐 토양수를 수집하였다. 조사기간동안 동일한 처리구내에서도 토양수량은 장소적 변이가 매우 심하였으며 강우가 많이 발

생활 때는 넘치는 경우도 있었다. 수집된 토양수는 현지에서 양을 측정한 후 약 500ml 정도를 플라스틱 병에 넣고 실험실로 운반한 후 분석이 실시될 때까지 냉동고에 보관하였다. 토양수의 pH는 pH메타를 이용하였고 토양수내 함유된 이온농도는 전남대학교 농과대학 농화학과의 이온크로마토그래프 (Dionax Dx-120 IC)를 이용하여 측정하였다. 수집된 자료는 3개의 조사인자 (채취시기, 별채수준, 채취깊이)로 구성되어 있지만 본 연구에서는 가중평균치를 이용하여 농도가 계산되어 3인자 대한 분산분석(3 Way ANOVA)을 실시할 경우 잔차에 대한 자승평균(Mean Squared Error)이 존재하지 않기 때문에 각 각의 인자에 대하여 One Way ANOVA를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 각처리간의 차이는 Duncan 다중비교분석을 통하여 처리평균간 차이가 있는지를 조사하였다(SAS, 1989).

## 2. 결과 및 고찰

### 가) 채취시기별 토양수량 및 이온농도 변화

토양수량은 채취시기별로 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 7월 31일~8월 3일까지 사이에 유입된 토양수가 10,841ml 로 가장 많은 양이 수집되었다(Fig. 1). 토양수량의 변이에 영향을 미치는 요인은 채취시기별 강수량의 변화로서 조사지역과 인접인 광주측후소에서 조사한 자료에 따르면 이 기간 동안 강수량은 212.8mm의 집중호우가 내렸으며 일 평균 강수량도 53.2mm 정도였다. 6월 20일~7월 6일 사이는 강수량이 278.8mm로서 7월 31일~8월 4일 까지 기간동안에 비해 높았으나 일 평균 강수량은 31.1mm로서 8월초에 비해 강우가 분산된 것으로 나타났다. 7월 7일~29일 까지의 강수량은 135.9mm로서 조사기간동안 가장 낮은 값을 보였으며 일 평균 강수량도 15.1mm 로 가장 낮아 일 평균 강수량과 토양수량과는 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 다른 연구도 토양수량과 강수량과는 밀접한 상관( $r=0.7$

7~0.88)이 있는 것으로 보고하고 있다(Jemison과 Fox 1992).

조사지역의 토양수내 평균 pH는 5.05로서 우리나라 산림지역의 토양수 평균 pH 6.9(정용호 등, 1997), 서울 관악산 리기다소나무임분의 토양수 pH 5.68~5.7보다는(박재현과 우보명, 1997) 상당히 낮은 경향을 보이고 있다. 이 지역의 토양수 pH가 낮게 나타난 것은 이 지역 산림토양이 토양 pH 4.50~4.74 로서 강산성화 되어있고 또한 토양내 Ca, Mg 같은 염기성 양분 함량이 낮아 염기성 이온의 유입이 낮게 나타나기 때문으로 판단된다. 비록 통계적인 유의차이는 없었으나( $P>0.05$ ) 토양수 pH는 비교적 토양수량이 적었던 7월7~29일 사이에 수집된 토양수에서 높은 경향을 보이고 있으며 강수량과 토양수량이 많았던 기간동안은 낮은 경향을 보이고 있다(Fig. 2-6-1). 강수량이 적었던 기간동안 토양수 pH 가 높게 나타난 것은 토양수내 함유된 염기성이온농도가 높기 때문으로 판단된다(Fig. 2-6-1).

토양수내 이온농도는  $\text{NH}_4^+$ 를 제외하고는 채취시기별로 차이를 보이고 있으며( $P<0.05$ ) 평균 강수량이 적고 유입된 토양수량도 적었던 7월 6일~7월 30일 사이에 가장 높은 농도를 보이고, 비교적 강수량이 많고 토양수 유입량이 많았던 기간동안은 낮은 농도를 보이고 있다. 그 결과 토양수량과 이온농도 사이도 부의 상관관계( $r=-0.31\sim-0.41$ )과 함께(표 2-6-1) 토양수내 이온 농도의 채취시기별 변화에 강수유입형태가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이는 주로 토양수량의 증가에 따른 이온의 희석효과가 주원인으로 생각된다.

#### 나) 벌채수준별 토양수량 및 이온농도 변화

조사기간동안 수집된 벌채수준별 평균 토양수량의 경우 가장 넓은 면적이 벌채된 20m처리구가 7,561ml 로서 가장 많은 양이 유입되었으며 6m 벌채처리구나 무처리구에 비해 유의적으로 높은 유입량을 보이고 있다(Fig.

2-6-2). 20m 벌채처리구에 토양수량이 증가한 원인은 임목의 벌채와 함께 임관에 의한 강우차단량이 발생하지 않았기 때문으로 판단되며 우리나라 침엽수임분의 경우 임관에 의한 강우 차단량은 11~19% 정도인 것으로 알려져 있다(민진홍과 우보명, 1995; 이돈구와 김갑태, 1997).

여러 가지 벌채수준에서 토양수 pH는 벌채수준별 차이가 없는 것으로 나타나고 있다(Fig. 2-6-2). 벌채수준별 토양수 pH에 차이가 나타나지 않는 것은 채취된 토양수내에 벌채처리간에도 뚜렷한 양분농도 차이가 없는 것과 일치하고 있으며(Fig. 2-6-2) 다른 연구들도 간벌과 같은 산림작업 실시 후 토양의 급속한 완충능력에 기인하여 토양수 pH에 뚜렷한 차이가 나타나지 않는 것으로 보고하고 있다(Baeumler와 Zech, 1998).

토양수내 이온농도는 벌채수준간에 차이가 나타나지 않고 있으며 벌채수준의 증가는 토양수내 이온농도에 뚜렷한 증가를 초래하지 않는 것으로 나타났다(Fig. 2-6-2). 그러나 통계적인 유의성은 없었지만( $P>0.05$ ) 비교적 용탈이 쉬운 이온인  $\text{NO}_3^-$ 의 경우 벌채구가 무벌채구에 비해 일반적으로 높은 경향을 보이고 있으며, 이는 주임목의 제거와 함께 식생에 의한 흡수가 줄었기 때문으로 사료된다. 간벌을 실시한 토양수내 이온농도는 증가하는 경향을 보이는 것으로 알려져 있으며 벌채 1년 후에는 토양의 완충작용의 결과로서 원래의 상태로 회복하게 되는 것으로 알려져 있다(Baeumler와 Zech, 1998).

#### 다) 깊이별 토양수량 및 농도 변화

깊이별 평균 토양수 유입량은 10cm, 30cm 깊이 사이에 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 2-6-3). 그러나 다른 연구는 토양수량이 깊이가 증가할수록 측면에서 유입되는 토양수에 의해 토양수량이 증가하는 것으로 보고하고 있다(David와 Gertner, 1987). 깊이별 토양수 pH도 차이가 없었으며,

이는 치환성 양이온함량이 낮은 이 지역의 토양의 완충능력이 낮기 때문으로 토양수 pH는 깊이가 증가할수록 토양완충능력에 의해 토양수 pH 증가한다는 결과와는 대조적으로 나타났다(Baumler 과 Zech, 1998). 토양수내 양분농도 또한 두 깊이간에 차이가 나타나지 않았다.

#### 라) 토양수내 양분농도

토양수내 양분농도의 크기는  $\text{NO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+$  순으로 나타났다 (Fig. 2-6-3). 이 지역 산림의 평균  $\text{NO}_3^-$  농도는 3.60mg/L 으로 우리나라 산림지역의 평균 토양수내  $\text{NO}_3^-$  농도 1.78mg/L 보다 높았으며(정용호 등, 1997), 토양수내  $\text{NO}_3^-$  농도가 높게 나타난 것은 lysimeter 를 설치하는 동안 발생된 토양교란에 의해 질산화작용이 활발하게 발생하였거나(Shepard 등, 1990), 임목이 벌채된 지역에서 식생에 의한 질소의 흡수가 낮아 토양수내  $\text{NO}_3^-$  농도가 상승되었을 가능성, 질산화작용이 일반적으로 가장 활발한 여름 동안 주로 토양수가 채취되어  $\text{NO}_3^-$  농도가 높게 나왔을 가능성이 있다. 그러나  $\text{Ca}^{2+}$  과  $\text{Mg}^{2+}$  의 경우 이 지역 산림의 평균 농도는 1.7mg/L, 0.5mg/L 으로서 우리나라 산림의 토양수내 평균  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  농도 6.3mg/L, 1.4mg/L에 비해(정용호 등, 1997) 낮은 값을 보이고 있다. 또한  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  과  $\text{NO}_3^-$  농도 사이에는 유의적인 정의 상관관계가( $r=0.58 \sim 0.61$ ) 나타나(표 2-6-1) 토양수내  $\text{NO}_3^-$  의 용탈과 함께  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  도 함께 이동하고 있음을 시사한다.  $\text{NH}_4^+$  는 평균 농도가 0.04mg/L로서 다른 양분농도에 의해 현저히 낮게 나타났으며 이는 식생에 의한 흡수가 발생하였거나 엽내 양분농도가 낮아 C/N 율이 높은 유기물층의 발달을 가지는 리기다소나무임분에서 미생물에 의한 질소의 부동화(nitrogen immobilization)가 크게 나타났을 가능성, 질산화작용이 급속히 발생하여  $\text{NO}_3^-$  로 산화되었을 가능성, 점토같은 토양입자나 유기물 등에 흡착되었을 가능성 등을 고려할 수 있다.

### 3. 결론

리기다소나무조림지를 대상으로 채취시기 및 벌채수준이 토양수내 이온농도에 미치는 영향을 조사한 결과 채취시기에 따른 이온농도 변화는 강수유입형태에 의해 차이가 있는 것으로 나타났으나 벌채수준별 이온농도는 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 이는 현재 조사된 벌채구의 크기나 완충지역을 가지는 벌채수준이 토양수내 이온농도의 변화에 영향 줄 정도가 아니거나, 본 조사가 벌채 약 5개월 후 시작되어 아직까지 벌채로부터 발생할 수 있는 환경요인의 변화 크지 않기 때문 일 수 있다. 비록 토양수내 양분농도는 벌채수준간에 큰 차이는 없었지만 벌채가 가장 크게 실시된 지역의 경우 (20m×50m 대상개벌처리구) 토양수 증가가 관찰 되어 토양수를 통하여 용탈될 수 있는 양분총량이 다른 벌채처리구에 비해 높게 나타날 가능성도 있다.

Table 2-6-1. Correlation coefficients among pH and ion concentrations of soil solutions in *P. rigida* plantations.

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Mg <sup>2+</sup>	0.466**				
pH	0.583**	0.127			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0.094	0.040	0.004		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.606**	0.576**	0.208	-0.048	
Soil water content	-0.415**	-0.313**	-0.411**	0.048	-0.358**

\*\* : P<0.001

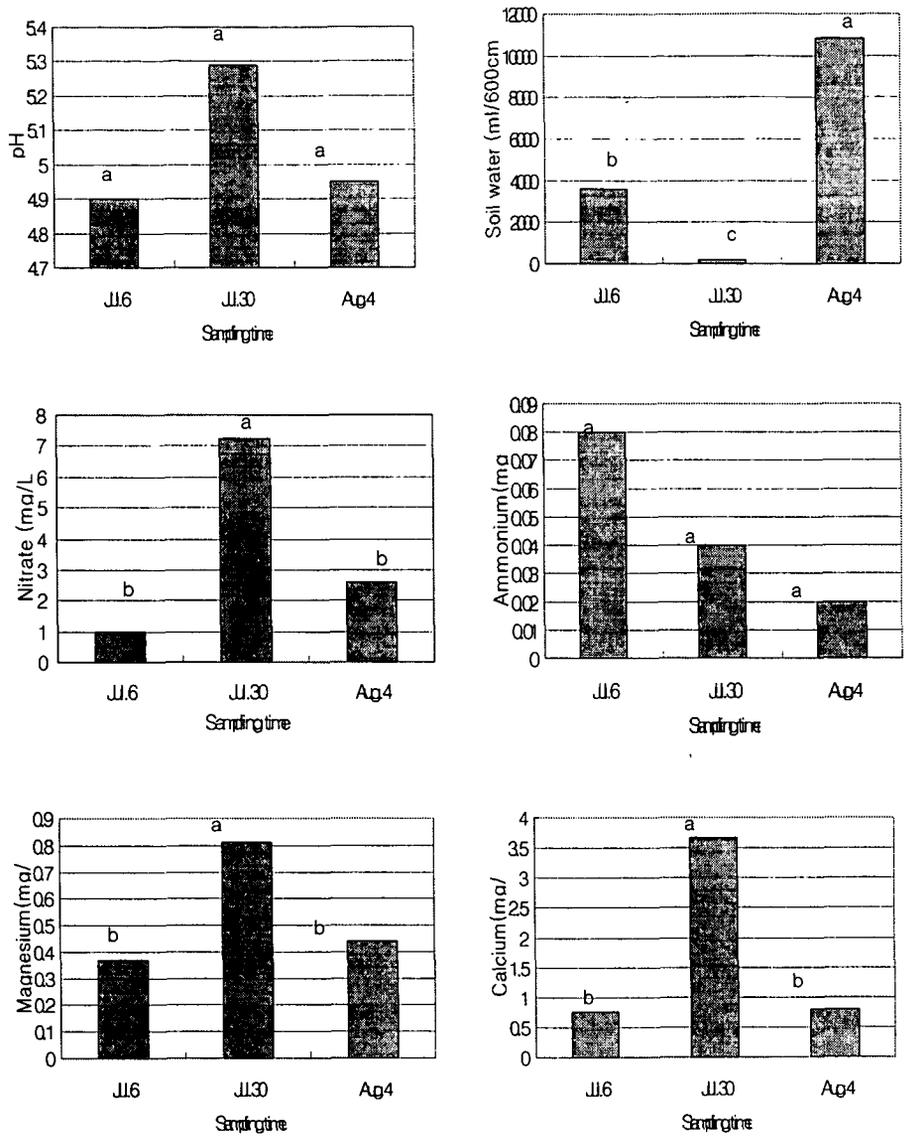


Fig. 2-6-1. Volume weighted pH and ion concentrations of soil solution in sampling time in *P. rigida* plantations. Different letters above bars indicate significant difference at  $P < 0.05$ .

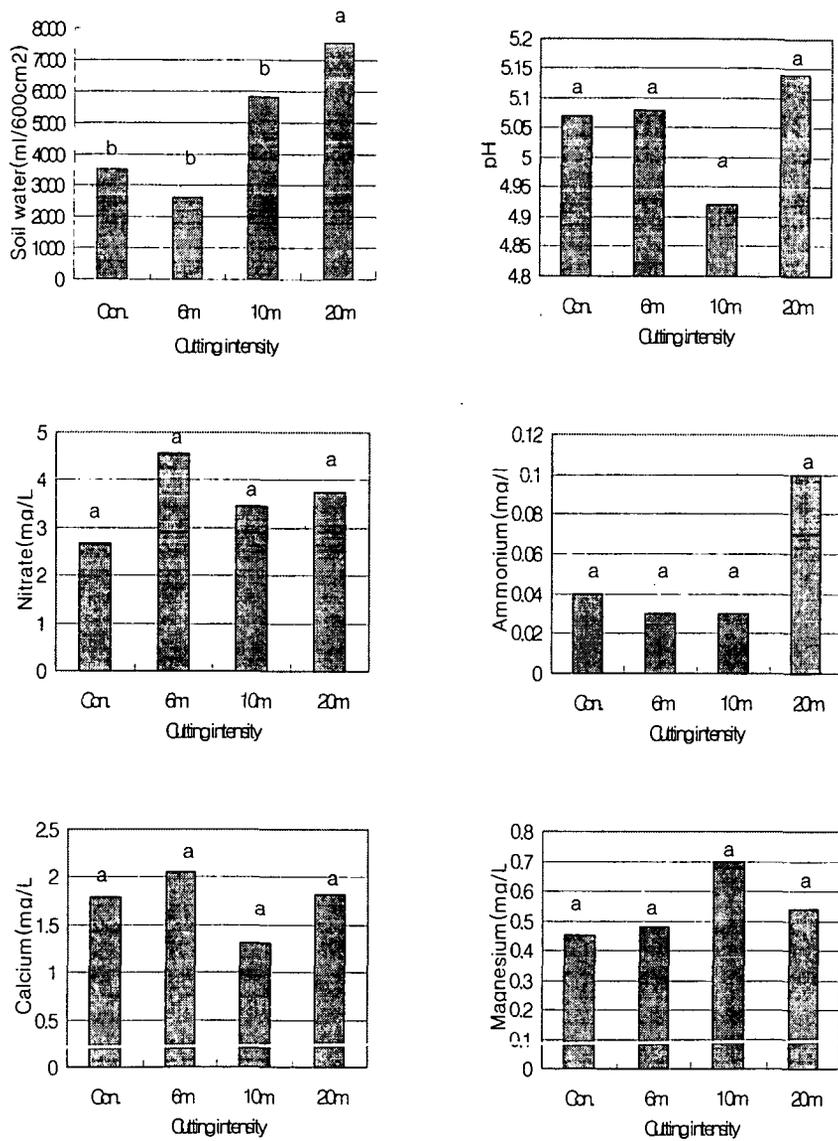


Fig. 2-6-2. Volume weighted pH and ion concentrations of soil solution in various levels of cutting intensity in *P. rigida* plantations. Different letters above bars indicate significant difference at  $P < 0.05$ .

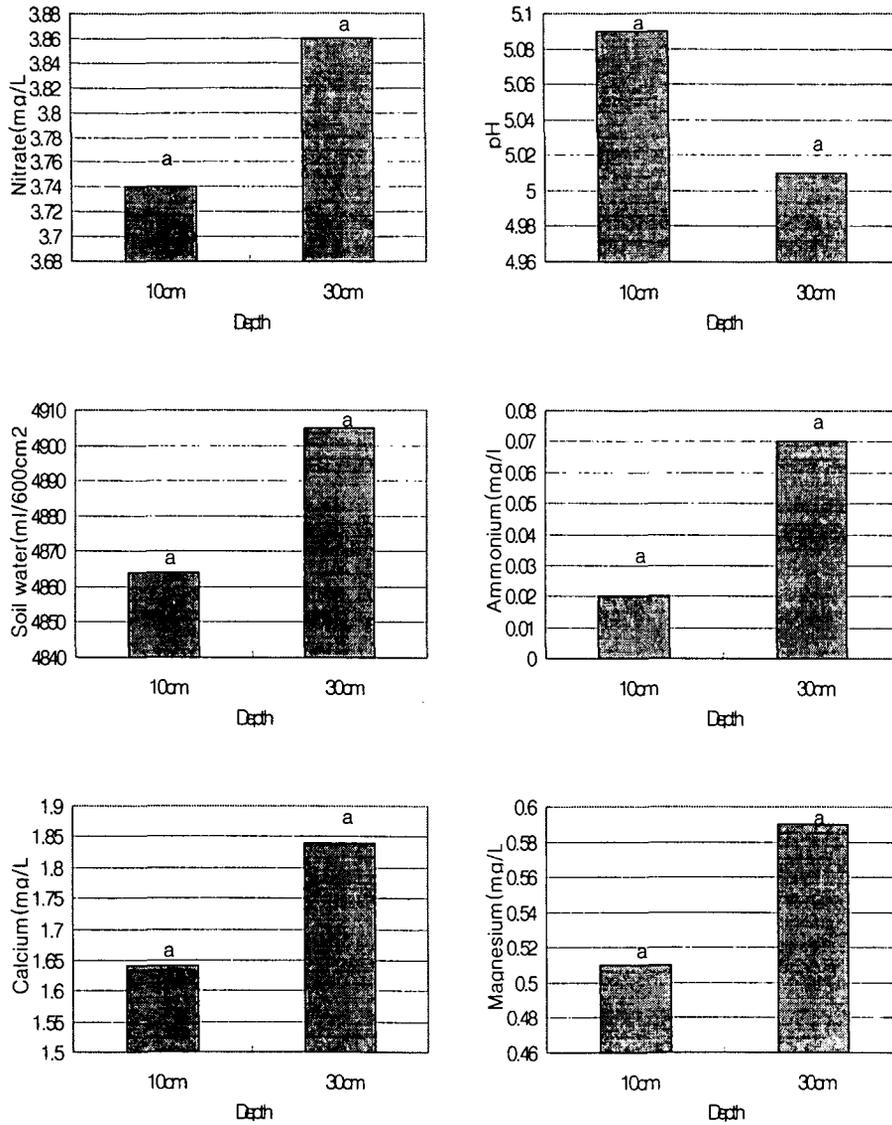


Fig. 2-6-3. Volume weighted pH and ion concentrations of soil solution in sampling depth in *P. rigida* plantations. Different letters above bars indicate significant difference at  $P < 0.05$ .

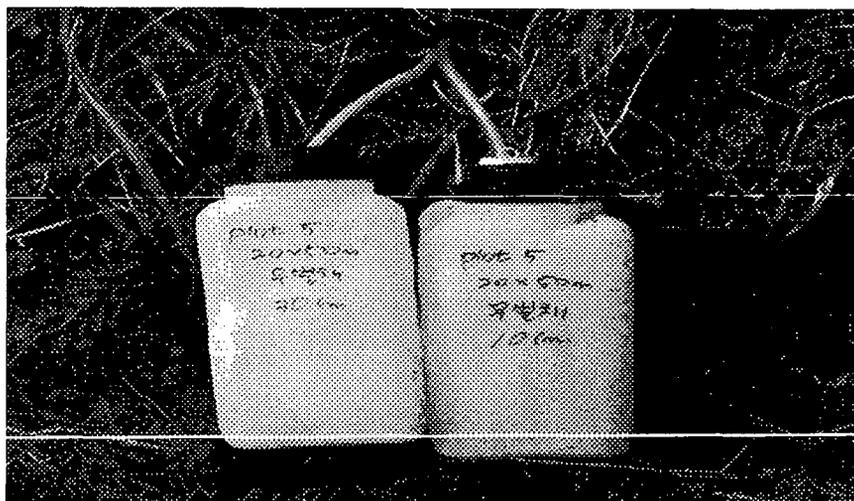
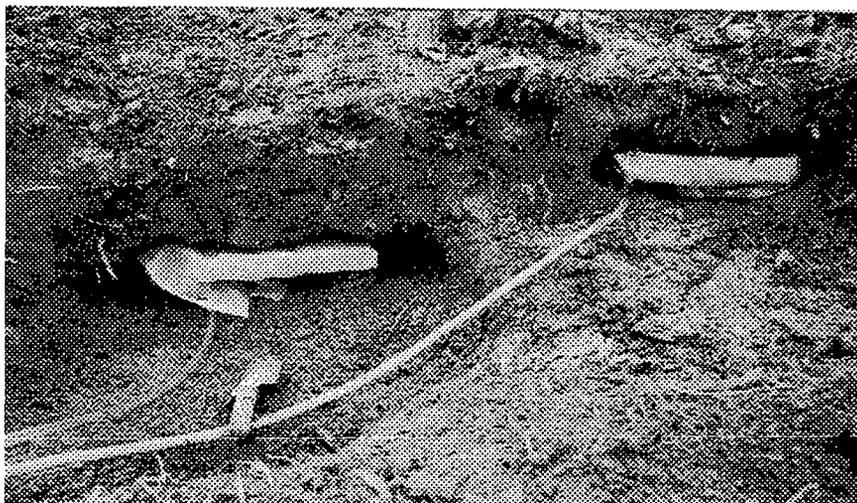


Fig. 2-6-4. Zero tension lysimeter to collect soil water(10cm, 30cm depth).

## 제 7 절 낙엽유입량 및 낙엽분해율

여러 가지 벌채 수준이 리기다소나무 낙엽유입량 및 낙엽분해 동태에 미치는 영향을 구명하기 위해 1조사구 21개{20m벌채지(임연부 가장자리로부터 2.5m, 5m, 10m 각 3개씩 9개)}, {10m벌채지 6개(임연부 가장자리로부터 2.5m, 5m 지역 각 3개씩 6개)}, {6m벌채지(3m지역 3개) 무벌채지 3개 등 총 6조사구에 126개의 낙엽수거망(Littertrap, 0.25m<sup>2</sup> 수집면적)을 설치하였다(Fig. 2-7-1). 설치된 낙엽수거망으로부터 98년 8월부터 2001년 9월 사이에 수집된 낙엽·낙지유입량을 구과, 종자, 수피, 가지, 잎, 꽃, 기타로 구분하여 조사한 결과 조사기간 동안 유입된 낙엽량은 조사구별(표 2-7-1), 벌채처리구별 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다(표 2-7-2). 조사구사이에 차이는 임목밀도가 원인이나 벌채처리구의 경우 무처리구가 가장 많은 양이 유입되었으며 다음으로 20m 벌채구>10m 벌채구>6m 벌채구 순이었다. 특히 20m벌채구의 경우 임연부 가장자리로부터 중심을 향하여 지속적으로 낙엽유입량이 감소 되고 있으며 유사한 결과가 10m벌채구에서도 나타나고 있다. 각기관 별로는 잎이 가장 많이 유입이되고 있으며 가지>꽃>기타>구과>열매 순이었다.

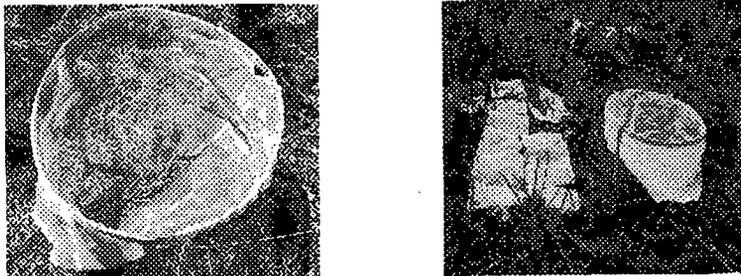


Fig. 2-7-1. Litter trap and litter decomposition bags installed in each plot

Table 2-7-1. Litterfall inputs(1997.12.~2001.9) of each plot (unit g/0.25m<sup>2</sup>)

Treatment	Location	Litterfall input(Plot-1)							
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	Total
Control		74.87	0.30	62.07	56.12	589.46	48.51	20.94	852.31
20m cutting	2.5m	0.28	0.75	14.75	16.50	319.93	16.68	11.59	380.47
	5m	0.55	0.42	5.53	2.48	264.85	16.92	19.11	309.87
	10m	0.13	10.40	1.89	18.69	158.51	7.13	12.09	208.83
10m cutting	2.5m	0.63	6.93	8.86	27.87	303.96	24.73	24.01	396.98
	5m	0.07	0.21	5.99	2.13	213.01	14.80	19.48	252.68
6m cutting	3m	1.33	0.15	5.77	9.57	291.74	17.23	15.94	341.74

Treatment	Location	Litterfall input(Plot-2)							
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	Total
Control		32.60	6.44	31.27	197.76	981.81	62.86	67.58	1,380.3
20m cutting	2.5m	2.77	2.61	9.20	12.44	323.05	6.98	26.88	383.92
	5m	0.72	6.44	5.98	7.21	170.34	5.40	19.18	215.27
	10m	0.80	9.20	4.51	3.98	185.79	7.78	15.29	227.35
10m cutting	2.5m	5.13	2.61	23.27	37.77	308.06	13.37	18.99	409.20
	5m	1.38	12.10	9.41	24.43	233.56	13.54	27.68	322.09
6m cutting	3m	0.70	0.00	24.34	42.98	541.87	31.03	31.36	672.28

Treatment	Location	Litterfall input(Plot-3)							
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	Total
Control		2.26	3.34	12.10	16.44	417.75	76.76	18.95	547.60
20m cutting	2.5m	0.00	0.65	2.64	1.95	104.45	3.45	9.07	122.21
	5m	0.00	2.95	2.83	0.00	80.92	3.49	8.20	98.39
	10m	0.12	2.70	2.66	0.34	65.90	7.58	10.86	90.15
10m cutting	2.5m	0.00	6.70	1.11	4.44	123.78	0.99	43.23	180.25
	5m	0.73	0.00	1.30	37.66	179.73	6.91	47.62	273.96
6m cutting	3m	0.12	0.06	3.46	7.26	150.76	7.31	33.52	202.49

Treatment	Location	Litterfall input(Plot-4)							
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	Total
Control		0.00	2.34	20.52	29.93	300.12	7.07	22.18	382.17
20m cutting	2.5m	0.05	0.00	2.03	11.20	180.16	3.51	49.14	246.08
	5m	0.00	0.16	2.45	7.76	184.52	2.28	31.75	228.92
	10m	0.54	0.51	1.09	6.07	89.95	0.81	19.14	118.10
10m cutting	2.5m	0.73	0.79	9.69	12.31	174.43	16.81	21.62	236.38
	5m	1.85	0.00	5.29	7.93	192.96	3.92	14.76	226.72
6m cutting	3m	0.52	0.00	6.74	7.82	206.91	8.56	17.33	247.89

Treatment	Location	Litterfall input(Plot-5)							
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	Total
Control		81.89	0.70	13.50	84.45	485.56	49.85	54.88	770.82
20m cutting	2.5m	7.67	0.24	7.07	60.97	188.44	53.07	14.49	331.95
	5m	0.07	0.05	4.76	27.38	94.34	15.80	7.50	149.90
	10m	0.26	0.13	1.35	0.80	45.45	9.43	5.64	63.05
10m cutting	2.5m	7.37	0.07	7.41	5.65	142.97	13.70	10.53	187.70
	5m	0.05	0.16	2.57	6.37	123.20	3.50	10.99	146.83
6m cutting	3m	0.16	0.11	3.39	0.22	145.30	8.88	14.76	172.81

Treatment	Location	Litterfall input(Plot-6)							
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	Total
Control		28.41	0.02	20.04	24.32	585.98	28.30	14.41	701.47
20m cutting	2.5m	20.18	0.19	12.00	59.26	295.63	15.92	10.22	413.41
	5m	0.09	1.50	7.57	9.61	148.13	10.95	6.47	184.31
	10m	2.19	0.72	3.78	1.53	40.41	4.22	3.96	56.81
10m cutting	2.5m	0.00	0.52	3.84	4.63	121.01	8.07	5.81	143.89
	5m	4.08	0.35	2.29	1.26	86.92	6.27	2.90	104.07
6m cutting	3m	6.98	2.60	7.00	6.84	154.40	5.92	5.52	189.26

Table 2-7-2. Litterfall inputs(1997.12~2001.9) of strip clear-cutting treatment (unit: g/0.25m<sup>2</sup>)

Treatment	location	Litterfall input							Total
		cone	seed	bark	branch	needle	flower	Miscellaneous	
Control		36.7	2.2	26.6	68.2	560.1	45.6	33.2	772.4
20m cutting	2.5m	5.2	0.7	7.9	27.1	235.3	16.6	20.2	313.0
	5m	0.2	1.9	4.9	9.1	157.2	9.1	15.4	197.8
	10m	0.7	3.9	2.5	5.2	97.7	6.2	11.2	127.4
	Total	6.1	6.5	15.3	41.4	490.2	31.9	46.8	638.2
10m cutting	2.5m	2.3	2.9	9.0	15.4	195.7	12.9	20.7	259.1
	5m	1.4	2.1	4.5	13.3	171.6	8.2	20.6	221.6
	Total	3.7	5	13.5	28.7	367.3	21.1	41.3	480.7
6m cutting	3m	1.6	0.5	8.5	12.4	248.5	13.2	19.7	304.4

벌채수준이 리기다소나무 낙엽의 분해에 미치는 영향은 낙엽분해주머니(Litterbag)를 1997년 가을에 수거한 낙엽을 이용하여 Litterbag(총 864개)을 제작한 후 벌채 처리별로 1997년 12월에 각 조사구에 설치한 후 낙엽 분해율을 조사하였다. 낙엽분해율의 경우도 조사구간의 입지환경의 차이에 의해 조사구사이에 차이를 보이고 있으며(표 2-7-3) 벌채처리구별 낙엽분해율은 20m 벌채를 실시한 지역이 타조사구에 비해 높은 분해율을 보이고 있다(표 2-7-4)

낙엽분해과정 동안의 양분동태의 경우 벌채처리간에 뚜렷한 차이는 없으나 질소의 경우 벌채구가 비벌채구에 비해 낮은 값을 보이고 있어서 이는 벌채구에서 낙엽으로부터 질소성분의 방출량이 높거나 비벌채구의 질소부동화가 높을 가능성이 있다(표 2-7-5). 낙엽분해과정 동안 양분함량의 경우 시간이 경과할수록 증가되는 경향을 보이고 있으며 이는 낙엽분해과정동안

에 발생된 중량손실이 원인이다. 낙엽내 양분함량의 경우 칼슘이 가장 높은 함량을 보이고 있으며 인산이 가장 낮은 값을 가지는 것으로 나타났다 (표 2-7-5)

Table 2-7-3. Litter decomposition rates of each plot(1997.12 ~ 2001. 9월)

Plot	Treatment	Remaining mass (g)				
		(98-11)	(99-7)	(2000-6)	(2001-2)	(2001-9)
Plot 1	20m cutting	6.70	5.87	5.59	4.02	4.19
	10m cutting	7.43	7.22	5.04	3.79	3.58
	6m cutting	7.03	7.23	4.70	4.21	2.47
	control	6.93	7.21	5.62	4.93	4.01
Plot 2	20m cutting	6.30	6.31	5.04	2.96	3.18
	10m cutting	6.77	6.51	3.49	4.77	3.70
	6m cutting	6.63	6.57	4.43	4.41	3.63
	control	7.27	7.09	6.15	4.85	4.33
Plot 3	20m cutting	6.37	6.39	4.16	3.67	3.50
	10m cutting	6.67	6.63	4.05	3.65	2.87
	6m cutting	6.70	6.55	4.17	3.66	3.04
	control	7.17	7.11	5.45	3.80	3.17
Plot 4	20m cutting	6.1	6.38	4.54	3.11	3.32
	10m cutting	7.07	6.84	4.79	5.76	3.99
	6m cutting	6.83	6.75	4.84	3.79	3.99
	control	8.77	6.09	5.88	5.85	4.51
Plot 5	20m cutting	7.50	6.17	4.85	3.72	3.24
	10m cutting	6.67	6.66	5.76	4.45	4.18
	6m cutting	7.20	6.77	5.39	4.07	4.72
	control	6.80	6.51	5.22	4.05	3.75
Plot 6	20m cutting	6.73	5.84	4.47	4.60	3.31
	10m cutting	6.93	6.38	4.43	4.39	4.45
	6m cutting	7.00	7.27	6.24	5.11	4.14
	control	6.70	6.93	5.36	4.76	4.09

Table 2-7-4. Litter decomposition rates of each strip clear-cutting treatment (1997. 11 ~ 2001. 9월)

Treatment	Nov-98	Jul-99	Jun-00	Feb-01	Sep-01
20m cutting	6.6	6.2	4.8	3.7	3.5
10m cutting	6.5	6.7	4.6	4.5	3.8
6m cutting	6.9	6.9	5.0	4.2	3.7
control	7.3	6.8	5.6	4.7	4.0

Table 2-7-5. Nutrient dynamics during the litter decomposition process(1997. 11~2000. 6)

Date	Treatment	N	P	K	Ca	Mg
		(g/kg)				
98-11	20m cutting	4.3	0.15	0.48	10.76	1.01
	10m cutting	4.7	0.17	0.55	9.90	1.07
	6m cutting	4.4	0.14	0.46	8.87	0.84
	Control	6.0	0.18	0.62	9.52	1.28
99-7	20m cutting	6.1	0.19	0.57	11.40	1.16
	10m cutting	6.3	0.19	0.56	10.98	1.24
	6m cutting	6.5	0.21	0.69	9.82	1.18
	Control	6.9	0.20	0.62	9.69	1.23
2000-1	20m cutting	7.6	0.27	1.06	10.57	1.23
	10m cutting	7.8	0.36	1.56	12.04	2.43
	6m cutting	8.2	0.36	1.35	10.28	1.44
	Control	8.2	0.31	1.29	9.69	1.93
2000-6	20m cutting	8.7	0.36	1.41	10.70	2.06
	10m cutting	9.7	0.41	1.38	11.24	2.28
	6m cutting	9.8	0.42	1.57	10.85	2.36
	Control	9.9	0.44	1.39	10.47	2.29

## 제 3 장 여러가지 벌채수준이 상수리나무와 졸참나무 성장에 미치는 영향

### 제 1 절 최적 배양토 선발

#### 1. 공시수종 종자 특성

상수리나무와 졸참나무의 묘목 생산을 위한 최적 배양토를 선발하기 위해 전남대학교 농과대학 부속 연습림의 온실에서 여러 가지 배양토를 이용하여 묘목을 양성하였다. 실험에 사용된 상수리나무(*Quercus acutissima*)종자는 형질이 우수하다고 판정된 전남대학교 구내에 있는 상수리나무(수고 15m, 흉고직경 30cm)에서 1996년 10월 10일부터 20일간에 걸쳐 수집하였고, 지리산 피아골 산장 주변의 상수리나무(수고 15m, 흉고 40cm이상)에서 1996년 10월 19일에 채집하였다. 상수리나무와 졸참나무 종자의 가로, 세로 길이를 Vernier Caliper로, 종자 무게를 직시천칭으로 측정한 결과 상수리나무 종자 한 개의 가로길이는  $1.77 \pm 0.28$ cm(표 3-1-1)이고 세로길이는  $1.91 \pm 0.32$ cm(표 3-1-2)였으며 종자 한 개의 무게는  $4.21 \pm 1.41$ g(표 3-1-3)였다. 실중은 4366.0g/1000립, 용적중은 580.4g/L였다. 실험에 사용된 졸참나무(*Quercus serrata*)종자는 1996년 10월 19일에 지리산 피아골에서 채취(수고 15m, 흉고직경 35cm)하였으며, 종자 한 개의 가로길이는  $1.25 \pm 0.18$ cm(표 3-1-4)이고 세로길이는  $1.84 \pm 0.24$ cm(표 3-1-5), 종자 한 개의 무게는  $1.80 \pm 0.43$ g(표 3-1-6)였으며 실중은 1518.0g/1000립, 용적중은 563.4g/l였다.

Table 3-1-1. Width of *Quercus accutissima* seeds (unit : cm)

Width	2.10	1.87	1.48	1.45	1.75	2.00	1.57	1.40	1.37	1.87
	1.76	1.57	2.06	1.59	1.62	1.95	1.77	1.25	1.67	1.73
	1.53	2.04	1.34	1.74	2.15	1.74	1.64	2.06	2.04	1.88
	1.60	1.79	1.96	2.02	1.83	1.39	1.84	1.42	1.68	1.60
	1.98	1.92	1.79	2.16	1.93	2.03	2.05	2.02	1.86	1.72
	1.86	2.05	1.43	1.68	1.53	1.56	1.78	1.86	2.13	1.79
	1.86	1.98	1.53	1.92	2.12	1.70	1.43	2.00	1.97	1.68
	1.81	1.50	1.55	2.03	1.70	1.92	2.04	1.92	1.86	1.67
	1.84	1.53	1.44	1.95	1.95	1.46	1.65	1.79	1.98	1.85
	1.80	1.70	1.95	2.04	1.54	1.71	1.98	2.14	1.86	1.95
Mean	1.77 ± 0.28									

Table 3-1-2. Length of *Quercus accutissima* seeds (unit : cm)

Length	2.31	2.40	1.69	2.00	1.83	2.28	1.54	1.59	1.58	1.87
	1.96	1.90	2.18	1.58	1.64	1.73	2.14	1.51	2.24	1.73
	1.55	2.04	1.41	1.71	2.33	2.00	1.90	2.02	2.04	1.92
	1.80	1.90	1.90	2.10	2.26	1.70	1.89	1.66	1.92	1.47
	2.06	2.54	1.70	2.23	2.24	2.06	2.24	2.12	2.10	2.08
	1.92	2.11	1.53	1.98	1.66	1.62	2.04	1.93	2.06	1.75
	1.96	2.23	1.50	1.96	2.10	2.10	1.74	1.96	2.12	1.77
	2.12	1.97	1.36	2.24	2.20	2.19	2.00	2.05	1.76	1.74
	2.36	1.73	1.79	2.28	2.14	1.29	1.99	1.96	2.05	1.88
	2.05	1.56	2.00	2.02	1.83	2.10	1.99	2.05	1.77	2.26
Mean	1.91 ± 0.32									

Table 3-1-3. Weight of *Quercus acutissima* seeds (unit : g)

Weight	2.79	5.84	5.17	4.01	2.16	5.17	4.17	3.73	6.46	4.46
	5.78	4.83	4.06	2.15	5.22	5.55	3.31	1.22	4.63	3.88
	6.17	4.00	3.44	2.59	4.53	3.47	2.76	3.02	4.85	2.49
	5.70	4.24	2.59	6.21	4.65	3.78	2.21	5.66	4.06	7.46
	4.62	3.26	2.80	4.91	3.97	2.46	2.33	5.23	4.21	5.95
	4.20	2.78	5.92	5.62	3.84	2.04	5.66	4.79	2.53	5.45
	3.42	3.68	5.11	4.28	2.96	2.93	4.74	3.84	6.99	4.18
	2.74	6.42	4.75	3.93	2.01	5.73	5.23	3.59	5.76	3.74
	2.48	5.13	4.19	3.42	2.26	5.52	3.29	2.82	5.06	4.26
	5.27	5.94	3.88	2.28	6.65	5.46	4.25	7.09	4.39	3.04
Mean	4.21 ± 1.41									

Table 3-1-4. Width of *Quercus serrata* seeds (unit : cm)

Width	1.38	1.40	0.92	1.22	1.40	1.27	1.45	1.30	1.37	1.35
	1.01	1.15	1.28	1.30	1.20	1.07	1.31	1.39	1.35	1.27
	1.33	1.13	1.27	1.29	1.26	1.30	1.29	1.30	1.16	1.16
	1.09	1.07	1.16	1.28	1.26	1.18	1.17	1.37	1.06	1.32
	0.94	1.30	1.36	1.33	1.20	1.40	1.37	0.97	1.27	1.32
	1.29	1.35	1.23	1.33	0.92	1.38	1.31	1.09	1.12	1.22
	1.25	1.29	1.36	1.01	1.25	1.87	1.16	1.33	1.45	1.26
	1.35	1.47	1.17	1.36	1.07	1.25	1.18	1.23	1.27	1.29
	1.18	1.32	1.34	1.38	1.40	1.35	1.25	1.18	1.42	1.34
	1.08	1.24	1.25	1.45	1.15	1.26	1.10	1.39	1.34	1.30
Mean	1.25 ± 0.18									

Table 3-1-5. Length of *Quercus serrata* seeds (unit : cm)

Length	1.95	1.77	1.72	1.72	1.90	1.55	2.11	1.94	1.56	1.82
	1.87	1.80	1.60	1.96	1.98	1.95	1.93	1.98	1.99	2.02
	1.30	1.65	2.02	2.00	1.70	1.60	1.75	1.68	1.90	1.86
	2.12	1.72	2.08	1.80	1.81	1.88	1.95	1.97	1.97	2.01
	1.99	1.88	1.82	1.76	1.75	1.68	1.84	1.83	2.10	1.98
	1.82	1.93	2.04	1.76	1.93	1.60	1.88	1.99	1.82	1.92
	1.91	1.96	2.03	1.75	1.93	1.98	1.70	1.59	1.90	1.79
	1.94	1.61	1.79	2.02	2.39	1.70	1.94	1.77	1.89	1.90
	2.00	1.69	1.69	2.02	1.88	1.94	1.74	2.06	1.88	1.72
	1.94	1.83	1.83	1.72	1.70	1.92	1.72	1.82	1.80	1.74
Mean	1.84 ± 0.24									

Table 3-1-6. Weight of *Quercus serrata* seeds (unit : g)

Weight	1.82	2.45	1.84	1.41	2.36	1.92	1.99	1.90	1.62	2.32
	1.33	2.11	1.69	1.53	1.79	1.90	1.20	2.01	0.89	1.66
	2.01	0.85	1.94	2.34	2.16	2.05	1.35	1.63	2.16	1.71
	1.35	1.67	1.13	2.08	1.92	2.25	1.36	2.05	1.54	1.58
	2.15	2.22	1.99	2.26	1.88	1.53	2.06	1.98	2.06	1.28
	1.86	2.76	2.02	1.29	1.98	1.09	2.29	1.42	1.93	2.18
	1.94	0.87	2.16	1.30	1.75	2.34	2.07	2.01	1.72	0.94
	1.87	1.63	2.16	1.48	1.04	1.92	1.77	1.47	2.28	1.91
	1.54	2.08	1.08	1.45	1.97	1.50	2.02	2.07	2.01	2.08
	2.24	2.08	0.82	1.87	2.20	1.81	1.77	2.28	1.45	1.67
Mean	1.80 ± 0.43									

두 종자의 순량률은 100%였고, 수집된 종자는 하루동안 흐르는 물(냉수침적법)에 침적하였다가 물에 가라앉은 충실한 것만 꺼내어 물기를 제거한 다음 10% Sodium hypochlorite 용액에 30초간 표면 살균하였다. 살균 후에는 공기가 통하는 Polyethylene bag에 담아 4℃냉장고에 보관하였다. 보관된 종자는 파종 1주일전에 꺼내어 하루동안 흐르는 물에 침적한 다음 깨끗한 모래에 습적하고 20℃ 항온기에 발아처리를 실시하였다. 파종 당일에는 물로 모래를 씻어내고 유근이 막 나오는 것과 1cm이하인 것만 골라 2% Sodium hypochlorite로 표면살균 후 멸균수로 씻어낸 다음 우유팩과 Roottrainer에 2cm 깊이로 파종하였다.

## 2. 최적 배양토 선발실험 및 균근균 접종처리별 성장실험

### 가. 배양토 조제

묘목 양성 및 균근균 접종처리를 위한 배양토는 체로 친 마사토와 20-mesh 체를 통과한 Peat moss를 1:1 부피비율로 혼합한 것을 사용하였다. 혼합 마사토는 비닐봉지에 담아(3kg씩), 1997년 4월에 멸균기 안에서 105℃로 7시간 멸균하였다. 배양토는 습기가 마르지 않게 보관하였으며 1997년 4월 14일부터 4월 19일까지 1,000ml의 우유팩과, 368cc의 Roottrainer에 배양토를 각각 담았다. 또한 본 연구에서는 상수리나무와 졸참나무의 묘목양성에 있어서 최적 배양토의 구명을 위해

① Peat moss:Vermiculite ≡ 1:1, 5:1, 8:1의 비율로 각각 40개(우유팩 20, Roottrainer 20)의 시험구를 조제하였다.

② Peat moss:Perlite ≡ 1:1, 5:1, 8:1의 비율로 각각 40개의 시험구를 조제하였다(단 8:1의 시험구는 원예종자 파종토인 MIX 5의 상품을 사용하여 조사하였다).

나. 균근균 접종실험

1) 균근균 계대배양

전라남도 송호리지역의 자연생 소나무림지에 생육하는 *Pisolithus tinctorius* 균을 1996년 9월 26일에 채취하였다. 자실체에 묻어있는 흙은 미술품 붓으로 털어내고 clean bench 안에서 sodium hypochlorite에 5분간 표면을 살균하였다. 그 후 자실체의 표면을 화염 멸균된 면도칼로 도려내고 0.5 × 0.5 × 0.5cm 크기의 정사면체로 자른 다음, 백금구로 MMN Agar 배지(표 3-1-7)에 조직을 치상하여 25~28℃에서 배양하였다. 분리배양 중 오염되지 않고 성공한 colony들 중 배양기에서 균사의 활력이 가장 좋은 colony의 가장자리를 3mm 입径의 cork borer로 잘라내어 다시 MMN Agar 배지상에서 계대배양하였다. 이와같은 방법으로 한달에 한 번씩 Petri dish 평판배지에 계대배양하였다.

Table 3-1-7. MMN agar culture medium inoculated by *Pisolithus tinctorius*

CaCl <sub>2</sub>	0.05g
NaCl	0.025g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.5g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .HPO <sub>4</sub>	0.25g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.15g
FeCl <sub>3</sub> (1%)	1.2ml
Thiamine HCl	100μg
Malt Extract	3.0g
Glucose	10.0g
Bacto-agar	15.0g
Distilled water	1000ml
pH	5.6

## 2) 균근균 접종

계대배양한 균근균은 1997년 2월 24일부터 2월 28일까지 인공접종(병배양)을 실시하였다. 20-mesh체를 통과한 Peat moss와 2mm이상의 Vermiculite를 각각 33ml와 800ml에 혼합하여 1 Liter용 Ringers' bottle에 넣고 400ml의 MMN solution을 주입한 다음 솜마개로 구멍을 막고 15Psi에서 25~30분간 멸균후 계대배양중인 균근균을 clean bench안에서 병내에 3~5 조각을 치상하여 접종하였다.

## 3) 균근균 파종

항온기에서 배양한 균근균(1 Liter용 Ringers' bottle에 담긴 Pt균)을 파종 이틀전인 1997년 4월 22일에 꺼내어 병을 깨고 군사가 자라지 않은 부분은 제거하였다. 또한 배양액 찌꺼기를 제거하기 위해 가재로 싼 후 탈염수로 씻어내어 Polyethylene bag에 넣고 4℃에 보관하였다. 1997년 4월 23일 균을 접종하였으며, 우유팩 40개는 비접종구로 하였고, 나머지 400개는 접종하였다. 동일한 방법으로 Roottrainer 40개는 비접종구로 하였고 460개는 접종하였다. 접종한 균 위에는 균이 보이지 않을 만큼 배양토를 얇게 덮어주었고 다른 포자에 의해 오염되는 것을 막기 위해 신문지를 덮어 보관하였다. 접종 이틀 후, 우유팩에는 상수리나무 종자, Root rainer에는 졸참나무 종자를 1997년 4월 24일에 파종하였다. 파종과 동시에 종자 크기의 2~3배만큼의 배양토를 덮어주었고 밑으로 물이 빠질 만큼 충분히 증류수로 관수하였다. 다른 포자에 의해 오염되는 것을 막기 위해 각 실험구 위는 신문지로 덮어 보관하였다.

#### 4) 노지묘의 양성

① 전남대학교 농과대학 부속연습림내 실험포지에 토양소독(지오리스분제)을 실시하고 파종상 (1m×10m)을 제작하였다.

② 저온 저장한 상수리나무 종자와 졸참나무 종자를 파종상 1줄에 50립씩 50cm 간격으로 15m(1,500립)를 파종하였다.

#### 다. 최적 배양토 선발 및 균근균 접종처리별 성장실험 결과

노지에서 성장한 상수리나무 묘목과 균근접종 후 온실에서 자란 묘목을 비교한 결과 노지묘가 균근접종묘에 비해 근원경이나 묘고생장이 우수한 것으로 나타났다(표 3-1-8). 특히 묘목의 총량은 경우 노지묘가 18.67g으로 균근접종묘나 비접종묘 2.83g, 2.53g에 비해 7배 이상 높게 나타났다. 그러나 묘목 이식적인 관점에서 낮은 Shoot/root비를 가지는 균근접종묘가 묘목 형질은 우수한 것으로 나타났다. 여러 수준의 배양토에서 성장한 상수리나무 묘목의 경우 3처리수준(피트모스:버미큐라이트=1:1, 5:1, 8:1) 모두 묘목 성장특성에 뚜렷한 차이가 나타나지 않아(표 3-1-9) 1:1수준의 피트모스:버미큐라이트로서도 묘목양성이 가능한 것으로 사료되었다. 그러나 피트모스:펠라이트의 배양토는 묘목의 엽면적지수나 뿌리중량, 총중량을 고려할 때(표 3-1-10) 피트모스:펠라이트 5:1수준이 가장 우수한 묘목을 생산할 수 있는 배양토로서 사료되었다. 특히 P. t. 접종묘의 경우 모든 묘목이 비접종묘나 나지묘에 비해 100% 균근감염을 보이고 있으며 특히 측근 수나 총 길이가 높게 나타나(표 3-1-11, 3-1-12, 3-1-13) 임지에 식재시 묘목활착율이 높을 것으로 사료되었다. 졸참나무의 묘목은 상수리묘목과는 달리 균근접종 후 온실에서 자란 묘목과 노지묘가 큰 차이를 보이지 않고 있으나 비교적 나지묘가 근원경, 묘고, 엽면적 등이 온실에서 자란 묘목에 비해 큰 값을 보이고 있다(표 3-1-13). 여러 수준의 배양토에서 성장한 졸참나무 묘

목의 경우 3처리수준(피트모스:버미큐라이트=1:1, 5:1, 8:1)사이에서 차이가 있으며 (표 3-1-14) 5:1수준의 피트모스: 버미큐라이트에서 가장 우수한 묘목생산이 가능한 것으로 나타났다. 피트모스:펠라이트의 배양토에서도 묘목의 엽면적지수나, 묘목 총중량을 고려할 때(표 3-1-15) 균근을 접종한 피트모스:펠라이트 5:1수준이 가장 우수한 묘목을 생산할 수 있는 배양토로서 사료되었다. 배양토별 묘목의 측근이나 측근 총 길이는 균근 접종묘가 높게 나타났다(표 3-1-16, 3-1-17, 3-1-18, 3-1-19).

Table 3-1-8. Means of growth characteristics of container-grown *Quercus acutissima* seedlings after treatment with Pt-inoculation, noninoculation and nursery.

Growth characteristics	Treatment		
	Pt-inoculation	Non-inoculation	Nursery
Shoot length(cm)	39.70	37.85	53.87
Root collar diameter(mm)	2.50	2.48	6.09
No. of leaves	13.20	10.10	42.50
Leaf area(cm <sup>2</sup> )	313.27	303.94	1495.75
Stem dry weight(g)	1.09	0.92	7.03
Leaf dry weight(g)	1.44	1.41	10.44
Root dry weight(g)	4.19	4.01	22.74
Total dry weight(g)	2.84	2.53	18.67
Shoot/root ratio	0.60	0.58	0.77
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	2.48	2.33	19.98

Table 3-1-9. Means of growth characteristics of container-grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and vermiculite.

Growth characteristics	Treatment					
	P. m. : Verm. = 1:1		P. m. : Verm. = 5:1		P. m. : Verm. = 8:1	
	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation
Shoot length(cm)	32.84	31.89	33.64	31.15	31.12	30.33
Root collar diameter(mm)	2.36	2.18	2.39	2.18	2.21	2.15
No. of leaves	11.13	11.00	11.60	9.43	10.44	9.88
Leaf area(cm <sup>2</sup> )	208.72	198.82	246.31	228.41	210.78	204.89
Stem dry weight(g)	0.63	0.61	0.75	0.60	0.50	0.44
Leaf dry weight(g)	1.24	1.21	1.28	1.26	0.88	0.87
Root dry weight(g)	4.04	4.01	4.10	3.99	3.98	3.93
Total dry weight(g)	2.03	1.95	2.25	1.97	1.48	1.36
Shoot/root ratio	0.46	0.45	0.50	0.47	0.35	0.33
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	1.83	1.52	1.92	1.48	1.52	1.40

Table 3-1-10. Means of growth characteristics of container-grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and perlite.

Growth characteristics	Treatment					
	P. m. : Perl. = 1:1		P. m. : Perl. = 5:1		P. m. : Perl. = 8:1	
	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation
Shoot length(cm)	30.89	29.92	37.24	36.01	37.23	33.50
Root collar diameter(mm)	1.95	1.91	2.33	2.05	2.36	2.08
No. of leaves	11.44	11.30	13.40	12.88	12.57	12.57
Leaf area(cm <sup>2</sup> )	150.44	143.94	214.44	187.04	197.18	165.36
Stem dry weight(g)	0.41	0.36	0.80	0.67	0.70	0.46
Leaf dry weight(g)	0.71	0.64	0.99	0.75	0.82	0.74
Root dry weight(g)	3.95	3.92	4.01	3.97	4.00	3.96
Total dry weight(g)	1.19	1.04	1.92	1.51	1.64	1.28
Shoot/root ratio	0.28	0.26	0.45	0.36	0.38	0.30
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	1.18	1.09	2.02	1.51	2.07	1.45

Table 3-1-11. Means of root variables of *Quercus acutissima* seedlings treatment with Pt-inoculation, non-inoculation and nursery.

Variables	Treatment		
	Pt-inoculation	Non-inoculation	Nursery
No. of short roots (/cm)	19.74	17.45	13.75
No. of primary lateral roots	111.30	78.89	58.60
Total length of lateral roots (cm)	421.71	323.93	428.12
Percentage of Mycorrhizal short roots	67.53	0.00	0.00

Table 3-1-12. Means of root variables of *Quercus acutissima* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and vermiculite.

Variables	Treatment					
	P. m. : Verm. = 1:1		P. m. : Verm. = 5:1		P. m. : Verm. = 8:1	
	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation
No. of short roots (/cm)	15.50	15.24	16.24	15.10	14.92	14.90
No. of primary lateral roots	68.90	48.60	71.21	62.45	54.92	52.90
Total length of lateral roots (cm)	290.20	289.70	346.70	278.00	257.70	229.90
Percentage of Mycorrhizal short roots	64.48	0.00	69.10	0.00	62.29	0.00

Table 3-1-13. Means of root variables of *Quercus acutissima* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and perlite.

Variables	Treatment					
	P.m.:Perl.= 1:1		P.m.:Perl.= 5:1		P.m.: Perl.= 8:1	
	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation
No. of short roots (/cm)	11.89	11.34	14.54	12.98	13.00	12.40
No. of primary lateral roots	53.38	47.20	77.49	62.40	74.24	58.39
Total length of lateral roots (cm)	207.90	200.70	356.02	252.30	256.24	242.40
Percentage of Mycorrhizal short roots	67.00	0.00	75.20	0.00	71.00	0.00

Table 3-1-14. Means of growth characteristics of container-grown *Quercus serrata* seedlings after treatment with Pt-inoculation, noninoculation, and nursery.

Growth characteristics	Treatment		
	Pt-inoculation	Non-inoculation	Nursery
Shoot length(cm)	20.79	20.68	22.37
Root collar diameter(mm)	2.25	2.18	2.76
No. of leaves	8.60	7.40	12.40
Leaf area(cm <sup>2</sup> )	97.84	88.85	143.80
Stem dry weight(g)	0.27	0.20	0.46
Leaf dry weight(g)	0.44	0.42	0.73
Root dry weight(g)	1.02	0.91	1.56
Total dry weight(g)	0.82	0.71	1.28
Shoot/root ratio	0.70	0.68	0.76
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	1.05	0.98	1.70

Table 3-1-15. Means of growth characteristics of container-grown *Quercus serrata* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and vermiculite.

Growth characteristics	Treatment					
	P. m. :Verm. = 1:1		P. m. :Verm. = 5:1		P. m. :Verm. = 8:1	
	Inocula- tion	Nonino- cultuation	Inocula- tion	Nonino- cultuation	Inocula- tion	Nonino- cultuation
Shoot length(cm)	15.50	14.00	21.90	19.90	18.80	17.00
Root collar diameter(mm)	2.50	1.90	1.50	1.20	1.80	1.30
No. of leaves	5.00	3.00	8.00	7.00	7.00	5.00
Leaf area(cm <sup>2</sup> )	41.06	37.71	51.56	50.28	50.79	44.17
Stem dry weight(g)	0.12	0.11	0.19	0.17	0.15	0.13
Leaf dry weight(g)	0.23	0.21	0.27	0.25	0.26	0.24
Root dry weight(g)	0.82	0.81	0.86	0.85	0.84	0.83
Total dry weight(g)	0.37	0.33	0.51	0.46	0.44	0.39
Shoot/root ratio	0.43	0.40	0.54	0.49	0.49	0.45
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	0.97	0.51	0.49	0.29	0.61	0.29

Table 3-1-16. Means of growth characteristics of container-grown *Quercus serrata* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and perlite.

Growth characteristics	Treatment					
	P. m. :Perl. = 1:1		P. m. :Perl. = 5:1		P. m. :Perl. = 8:1	
	Inocula- tion	Nonino- cultuation	Inocula- tion	Nonino- cultuation	Inocula- tion	Nonino- cultuation
Shoot length(cm)	20.00	19.00	22.50	22.30	18.50	18.20
Root collar diameter(mm)	2.00	1.90	2.40	2.00	2.10	1.90
No. of leaves	8.00	7.00	9.00	7.00	6.00	5.00
Leaf area(cm <sup>2</sup> )	64.33	54.21	97.12	90.18	50.85	49.65
Stem dry weight(g)	0.24	0.23	0.33	0.31	0.21	0.20
Leaf dry weight(g)	0.30	0.28	0.48	0.45	0.24	0.23
Root dry weight(g)	0.87	0.86	0.89	0.88	0.84	0.83
Total dry weight(g)	0.60	0.56	0.89	0.83	0.48	0.45
Shoot/root ratio	0.62	0.59	0.91	0.86	0.54	0.52
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	0.80	0.69	1.30	0.89	0.82	0.66

Table 3-1-17. Means of root variables of *Quercus serrata* seedlings treatment with Pt-inoculation, noninoculation, and nursery.

Variables	Treatment		
	Pt-inoculation	Non-inoculation	Nursery
No. of short roots (/cm)	19.78	12.35	16.20
No. of primary lateral roots	97.54	62.21	74.12
Total length of lateral roots(cm)	223.33	195.45	201.24
Percentage of Mycorrhizal short roots	53.24	0.00	0.00

Table 3-1-18. Means of root variables of *Quercus serrata* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and vermiculite.

Variables	Treatment					
	P. m: Verm. = 1:1		P. m: Verm. = 5:1		P. m: Verm. = 8:1	
	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation
No. of short roots (/cm)	11.32	8.21	15.67	14.67	13.67	13.00
No. of primary lateral roots	84.52	51.12	141.21	81.10	90.10	89.60
Total length of lateral roots(cm)	136.30	87.20	253.70	211.71	136.40	119.70
Percentage of Mycorrhizal short roots	46.32	0.00	54.40	0.00	48.56	0.00

Table 3-1-19. Means of root variables of *Quercus serrata* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by medium mixture of peatmoss and perlite.

Variables	Treatment					
	P. m:Perl. = 1:1		P. m:Perl. = 5:1		P. m:Perl. = 8:1	
	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation	Inoculation	Noninoculation
No. of short roots (/cm)	13.00	12.00	15.00	14.21	11.10	10.54
No. of primary lateral roots	97.12	70.52	117.21	107.20	63.51	59.60
Total length of lateral roots(cm)	206.31	185.60	257.90	235.70	201.60	130.80
Percentage of Mycorrhizal short roots	52.60	0.00	54.12	0.00	45.87	0.00

## 제 2절 상수리나무와 졸참나무 생장특성

### 1. 묘목식재(균근묘, 비균근묘) 및 종자파종

여러 가지 벌채수준별(6m×50m벌채구, 10m×50m벌채구, 20m×50m벌채구, 20×50m무벌채구)로 상수리나무와 졸참나무 1-0 식재묘(50본씩)가 1998년도 4월 초순에 2m×2m 간격으로 식재되었으며(2,400본), 각 벌채처리구내 50본의 묘목은 pt균에 의해 접종된 균근묘 14본과 36본의 비균근묘목(평균묘고 25cm, 근원경 4.5mm)을 식재하였다. 비균근묘는 플라스틱 Shelter(30cm×60cm)처리 9본, Paper Mulching 처리 9본, 산림용고형복비 처리 9본(산림용 고형복비 5개(75g)를 묘목으로부터 30cm 부위에 환상형으로 5cm 깊이에 매설), 대조구 9본으로 구분 식재되었다.

Paper Mulching처리구의 경우, 1년만에 Photodegradation에 의해 멀칭종이가 70%이상 분해되어 수분증발이나 하층식생의 생장억제 같은 기능을 발휘하기 어려워 2차 Paper Mulching이 2000년 3월에 실시되었다. 산림용고형복합비로 시비구의 2차 시비처리는(2000년 3월) 1차년도에 비해 약 40% 정도 증가된 7개 (105g)을 시비하였으며, Shelter처리는 매우 양호한 상태이므로 조사기간동안 계속 존속시켰다.

### 4. 유묘생장량 조사

1998년에 식재한 상수리나무와 졸참나무 식재묘 및 1999년 파종묘에 대하여 수고 및 직경 생장량을 1998년, 1999년, 2000년, 2001년에 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. 여러 가지 벌채수준의 처리(20m, 10m, 6m, 무벌채)는 상수리나무나 졸참나무묘목의 근원경 및 수고생장에 지속적으로 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 상수리나무 식재묘의 경우 식재후 초기단계에는 20m 벌채구 비교적 양호한 생장을 보이거나 2001년 조사결과에 따

르면 10m 처리구가 묘목생장에 가장 효과적인 것으로 나타났다(표 3-2-1). 10m이상 벌채구와는 대조적으로 6m나 무벌채구의 묘목생장은 근원경, 수고 생장이 낮은 값을 보이고 있다. 파종조림의 경우도 생장의 후기단계인 2001년의 결과에 따르면 식재묘와 같이 10m벌채구가 가장 양호한 생장을 보이고 있으며 20m벌채구>6m벌채구>무벌채구 순이었다(표 3-2-2). 졸참나무의 식재묘의 경우 타벌채구에 비해 20m 벌채구가 지속적으로 우수한 생장을 하고 있었다(표 3-2-3). 그러나 파종묘의 경우 아직 까지 벌채처리수준별로 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다(표 3-2-4).

식재된 묘목이나 파종묘에 대해 산림용고형복합비료 시비, 균근처리, Paper Mulching처리, Shelter 처리를 한 결과 상수리나무 식재묘의 경우 묘목생장에 뚜렷한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며(표 3-2-5), 두 수종 모두 여러 가지 묘목층 처리에 대해 유사한 성장반응을 보이고 있다(표 3-2-5, 3-2-6, 3-2-7, 3-2-8). Shelter처리구는 수고 생장에 가장 큰 영향을 미치고 있으며, Mulching처리는 리기다소나무 임분에 식재된 상수리나무나, 졸참나무묘목의 생장에 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 특히 균근처리 묘 성장도 무처리구의 묘목에 비해 아직까지는 뚜렷한 성장 차이를 보이지 않고 있다. 여러 가지 하층처리 중 산림용고형복합비료의 처리는 두 수종의 묘목에 가장 우수한 생장을 유도하는 것으로 나타났다.

Table 3-2-1. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus accutissima*(seedlings)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.47	43.44	2.51	0.51	44.96	3.05	0.50	56.43	5.37
20m cutting	0.55	52.07	4.15	0.64	56.44	6.02	0.85	73.60	13.83
10m cutting	0.56	50.69	4.22	0.58	54.28	4.83	0.79	72.33	11.88
6m cutting	0.51	47.14	2.58	0.54	49.85	3.73	0.73	63.88	8.87

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.62	59.89	7.46	0.80	77.06	13.05	1.00	87.38	22.87
20m cutting	0.91	76.75	18.29	1.15	94.21	32.78	1.50	113.73	66.81
10m cutting	0.97	76.34	22.62	1.18	94.98	34.60	1.55	120.41	76.11
6m cutting	0.85	69.07	15.35	1.03	88.40	24.57	1.29	97.98	42.89

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-2. Growth of root color diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus accutissima*(direct seeds)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.23	19.33	0.28	0.22	20.21	0.25	0.30	28.71	0.67
20m cutting	0.30	25.79	0.62	0.34	26.20	0.79	0.42	43.06	1.98
10m cutting	0.30	26.40	0.60	0.34	31.93	0.94	0.47	48.85	2.83
6m cutting	0.26	25.31	0.46	0.29	27.42	0.61	0.42	41.08	1.89

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.46	45.38	3.36	0.61	58.16	5.75	0.75	67.29	9.78
20m cutting	0.51	50.56	4.44	0.78	60.48	9.52	0.78	72.47	11.66
10m cutting	0.62	59.11	6.59	0.99	70.60	18.00	0.92	82.79	18.49
6m cutting	0.51	50.63	4.36	0.60	59.97	5.72	0.74	69.10	9.86

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-3. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus serrata*(seedlings)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.26	23.80	0.41	0.23	20.26	0.28	0.22	19.66	0.25
20m cutting	0.41	41.18	1.82	0.28	28.18	0.60	0.75	38.69	5.68
10m cutting	0.41	29.48	1.32	0.23	19.15	0.27	0.30	29.92	0.71
6m cutting	0.25	25.38	0.42	0.18	16.21	0.13	0.23	24.76	0.36

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.23	23.10	0.41	0.30	30.80	0.73	0.38	41.06	1.53
20m cutting	0.30	30.53	1.12	0.49	50.37	3.15	0.64	64.59	6.93
10m cutting	0.32	32.00	1.08	0.40	44.74	1.84	0.56	56.82	4.63
6m cutting	0.40	37.68	1.58	0.41	44.86	1.96	0.52	56.71	4.06

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-4. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus serrata*(direct seeds)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.20	11.67	0.12	0.20	19.83	0.54	0.21	20.84	0.24
20m cutting	0.17	15.00	0.11	0.17	15.00	0.11	0.20	18.47	0.19
10m cutting	-	-	-	-	-	-	0.16	18.33	0.13
6m cutting	-	-	-	-	-	-	0.16	17.06	0.11

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.20	23.68	0.31	0.27	33.18	0.64	0.35	39.98	1.31
20m cutting	0.21	20.39	0.25	0.32	31.10	0.82	0.39	42.02	1.65
10m cutting	0.20	21.37	0.26	0.27	32.26	0.59	0.37	46.22	1.67
6m cutting	0.21	21.04	0.30	0.27	30.29	0.56	0.36	41.32	1.43

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-5. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus acutissima*(seedlings)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.53	45.20	3.44	0.29	47.26	4.24	0.73	62.15	8.68
Shelter	0.49	63.28	4.06	0.54	68.96	5.18	0.68	84.98	10.20
Mulching	0.56	42.98	3.48	0.59	47.04	4.32	0.80	63.08	10.61
P.t.-	0.45	42.86	2.25	0.49	44.24	2.77	0.68	60.40	7.23
Fertilization	0.62	47.98	4.77	0.66	51.40	5.87	0.88	68.74	13.90

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.85	63.84	16.41	0.92	100.65	22.17	1.18	113.63	41.11
Shelter	0.73	86.66	13.70	0.98	80.34	20.11	1.21	98.75	37.71
Mulching	0.87	65.72	14.16	0.97	80.10	19.57	1.23	98.42	39.27
P.t.-	0.76	63.45	12.56	1.29	99.66	43.45	1.72	115.19	89.18
Fertilization	1.02	75.11	24.31	1.06	82.56	24.16	1.34	100.09	47.29

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-6. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus accutissima*(direct seed)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.26	22.15	0.40	0.29	23.19	0.51	0.22	20.35	0.25
Shelter	0.28	25.34	0.53	0.30	29.93	0.71	0.36	40.23	1.38
Mulching	0.33	30.72	0.86	0.37	33.46	1.19	0.48	52.21	3.18
P.t.-	0.28	25.37	0.50	0.29	25.44	0.56	0.41	4.22	0.19
Fertilization	0.30	26.64	0.63	0.32	29.03	0.79	0.38	38.44	1.48

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.51	48.78	4.44	0.89	71.46	14.67	0.76	84.22	12.82
Shelter	0.58	56.96	6.19	0.61	57.96	5.71	0.76	67.11	10.25
Mulching	0.54	55.92	5.12	0.59	56.88	5.26	0.82	67.62	11.78
P.t.-	0.53	52.31	4.37	1.01	60.78	16.31	0.79	71.63	11.68
Fertilization	0.48	48.46	3.79	0.65	65.69	7.25	0.87	75.22	14.81

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-7. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus serrate*(seedlings)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.41	36.10	1.60	0.21	18.20	0.22	0.26	23.66	0.41
Shelter	0.32	42.64	1.15	0.22	20.46	0.27	0.23	25.43	0.37
Mulching	0.34	29.20	0.88	0.20	18.47	0.20	0.24	23.51	0.34
P.t.-	0.37	32.91	1.20	0.40	37.24	1.53	0.27	27.15	0.51
Fertilization	0.35	30.27	0.94	0.21	19.22	0.22	0.27	27.31	0.51

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.31	30.75	0.96	0.37	48.91	1.73	0.47	65.49	3.82
Shelter	0.29	30.05	0.10	0.42	41.73	1.94	0.57	49.60	4.16
Mulching	0.27	26.79	0.63	0.43	41.00	2.02	0.58	56.23	4.96
P.t.-	0.32	31.10	1.50	0.42	44.32	2.01	0.51	51.86	3.57
Fertilization	0.29	28.57	0.85	0.37	38.22	1.34	0.50	50.40	3.34

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Table 3-2-8. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus serrate*(direct seeds)

Treatment	Dec. 98			May. 99			Sep. 99		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.19	9.50	0.09	0.27	22.00	0.41	0.17	19.94	0.16
Shelter	0.20	16.43	0.17	0.18	17.72	0.15	0.17	18.67	0.14
Mulching	0.24	21.00	0.32	0.21	19.85	0.24	0.21	18.96	0.22
P.t.-	0.26	19.58	0.34	0.28	27.57	0.55	0.11	11.22	0.04
Fertilization	0.24	22.17	0.33	0.23	19.06	0.26	0.20	18.59	0.19

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

Treatment	Apr. 2000			Oct. 2000			Aug. 2001		
	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diameter (cm)	Height (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Control	0.19	21.60	0.23	0.24	36.46	0.56	0.34	52.83	1.60
Shelter	0.18	21.55	0.20	0.25	29.23	0.48	0.35	40.53	1.33
Mulching	0.22	23.33	0.43	0.33	28.21	0.80	0.39	40.72	1.63
P.t.-	0.21	21.01	0.28	0.29	33.18	0.74	0.40	40.50	1.67
Fertilization	0.20	19.64	0.22	0.29	31.83	0.70	0.37	37.56	1.31

\* Seeding stem volume was calculated as  $1/3(r^2h\pi)$  (r:radius of the root-collar diameter, h:seedling height)

2001년 8월에 조사된 상수리나무 식재묘의 근원경, 수고, 재적에 대한 분산분석결과 여러수준의 상층벌채처리는 이들 성장특성에 유의적인 차이를 ( $p < 0.05$ ) 나타내는 것으로 나타났다(표 3-2-9). 또한 벌채처리구내 산림용고형복합비료의 시비나, 균근접종, Mulching, Shelter 등의 처리도 묘목생장에 뚜렷한 영향을 미치고 있는 것으로 나타나고 있다(표 3-2-9). 그러나 상층벌채수준과 식재된 묘목내 처리의 상호관계는 유의성이 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 상수리나무 식재묘의 근원경과 수고의 경우 10m이상의 벌채처리는 6m 벌채구나 무벌채구에 비해 유의적인 높은 값을 보이고 있으며 가장 빈약한 생장은 무벌채구에 식재된 상수리나무 묘목이었다(Fig.3-2-1). 10m 이상의 벌채구내 식재된 묘목성장량의 증가는 벌채 후 광이나 수분조건 같은 임내환경변화에 따른 성장 반응으로 판단된다. 벌채처리구내 산림용고형복합비료의 시비나, 균근접종, Mulching, Shelter 등의 처리도 묘목생장에 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 가장 우수한 생장은 시비처리구에서 나타났고, shelter 처리구의 수고생장을 제외하고는 균근접종이나, Mulching, 등은 무처리구와 유의적인 차이가 나타나지 않아 시비처리외에는 상수리나무 식재묘의 생장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Fig.3-2-2).

상수리나무 파종묘의 경우 10m 벌채구가 타처리구에 비해 유의적으로 높은 근원경 및 수고 생장을 보이고 있으나(표 3-2-10) 타벌채구는 무벌채구

은 근원경 및 수고 성장을 보이고 있으나(표 3-2-10) 타벌채구는 무벌채구와 유적인 차이가 나타나지 않았다(Fig. 3-2-3). 상수리나무 파종묘의 경우 shelter처리구의 수고 성장외에는 처리간에 차이가 없었다(Fig. 3-2-4).

졸참나무실생묘의 경우도 상수리나무 실생묘와 같이 여러수준의 상층벌채 처리는 유의적인 차이를( $p < 0.05$ ) 나타내는 것으로 나타났다(표 3-2-11). 또한 벌채처리구내 졸참나무 식재묘는 산림용고형복합비료의 시비나, 균근접종, Mulching, Shelter 등의 처리에 대하여 묘목생장에 뚜렷한 영향을 미치고 있는 것으로 나타나고 있다(Fig. 3-2-4). 그러나 졸참나무 식재묘는 20m 벌채가된 지역에서 근원경이나 수고생장이 타처리구에 비해 높은 값을 보이고 있으며 10m벌채구, 6m벌채구는 무벌채구와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 여러 가지 묘목처리에 대한 반응은 균근처리묘목이 근원경과 재적생장이 우수한 것으로 나타나고 있으며, shelter 처리구는 상수리나무에서 나타난것과 같이 같이 수고 성장을 촉진하였다.

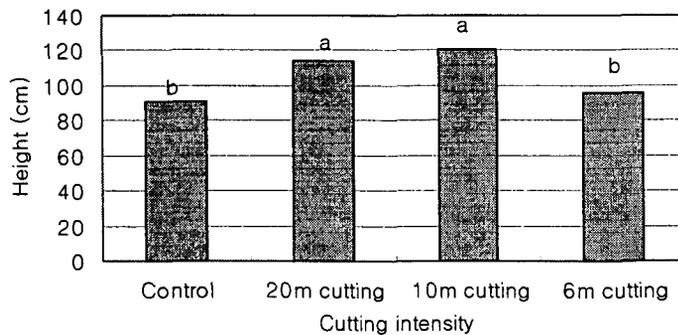
졸참나무 파종묘의 경우 시비처리구는 직경생장, 수고생장은 shelter처리구가 타처리구에 비해 양호한 성장을 하는 것으로 나타났다(Fig.3-2-5). 그러나 Mulching 처리나, 시비처리는 상수리나무에 비해 졸참나무는 그효과가 뚜렷하지 않았다(표 3-2-12).

본 연구결과에 따르면 상수리나무나 졸참나무 모두 여러 가지 묘목처리에 대해 유사한 성장반응을 보이고 있는 것으로 나타났다. 하층처리 중 shelter처리구는 수고 성장에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으나 수고가 shelter의 길이를 넘어가면 효과가 많이 떨어지는 것으로 나타났다. Mulching처리는 리기다소나무 임분에 식재된 상수리나무나, 졸참나무묘목의 성장에 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 특히 균근처리묘 성장도 무처리구의 묘목에 비해 뚜렷한 성장 차이를 보이지 않고 있는 것으로 나타났다. 여러 가지 하층처리 중 산림용고형복합비료의 처리는 상수리의 묘목에 우수

한 성장을 유도하는 것으로 나타났다. 리기다소나무 임분의 참나무류 임분으로 전환을 위해서는 묘목에 시비가 실시되어야 할 것으로 사료되며, 적절한 10m 이상의 벌채수준을 가져야하는 것과 양분공급이 성공적인 참나무류 갱신을 위해 필수적임을 이 연구결과는 보여주고 있다.

Table 3-2-9. ANOVA of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus acutissima*(seedlings)

	diameter			height			volume		
	MS	F	P-value	MS	F	P-value	MS	F	P-value
Cutting treatment	1318	23.37	0.0001	54356	32.26	0.0001	4705567	21.22	0.0001
Seedling treatment	856	18.43	0.0001	18457	10.96	0.0001	17182271	7.75	0.0001
C*S	40	0.86	0.5832	1054	0.63	0.8217	175300	0.79	0.6607



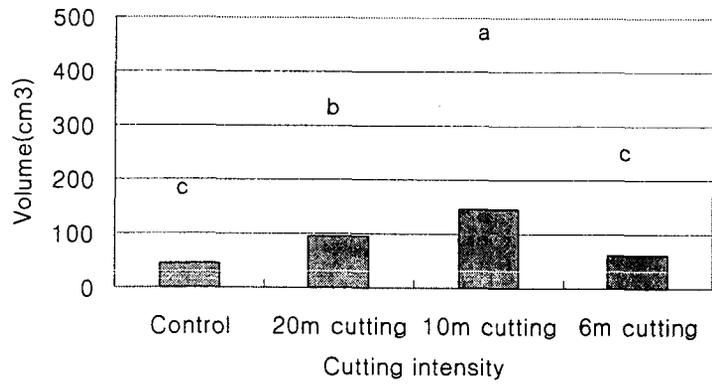
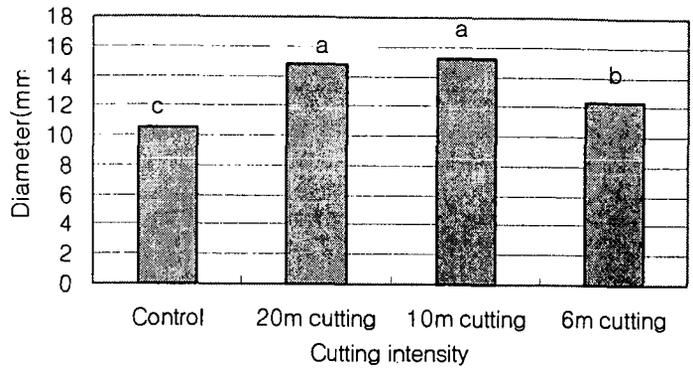


Fig. 3-2-1. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus acutissima* in 2001 (seedlings)

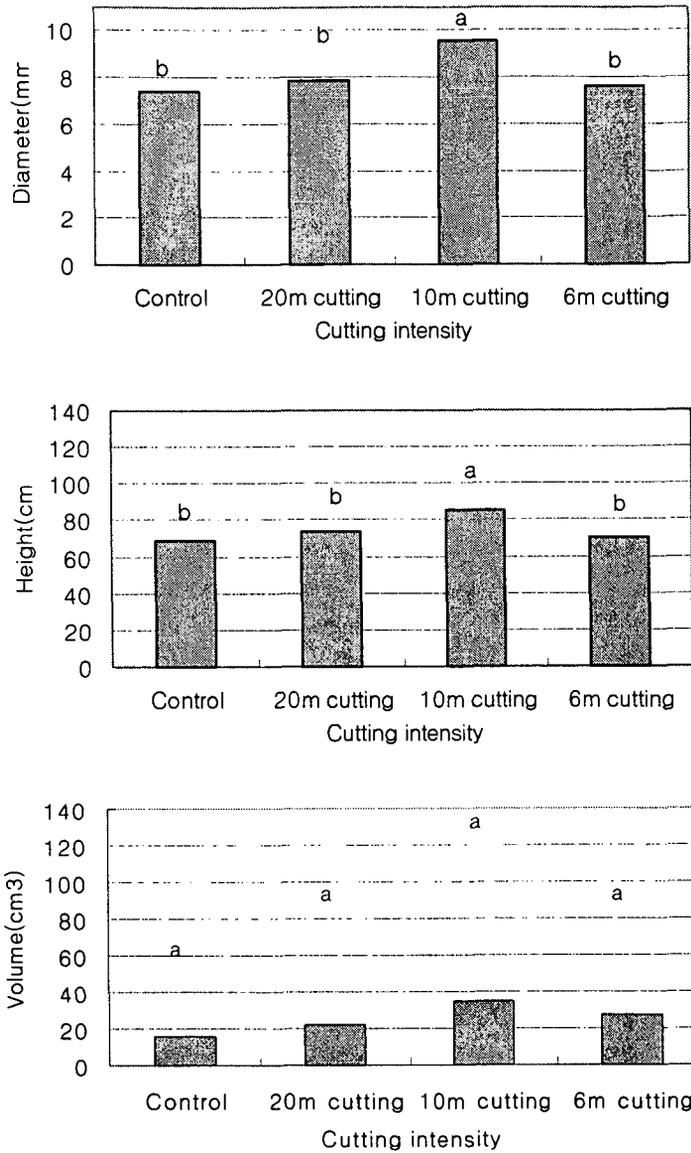


Fig. 3-2-2. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus acutissima* in 2001 (direct seed)

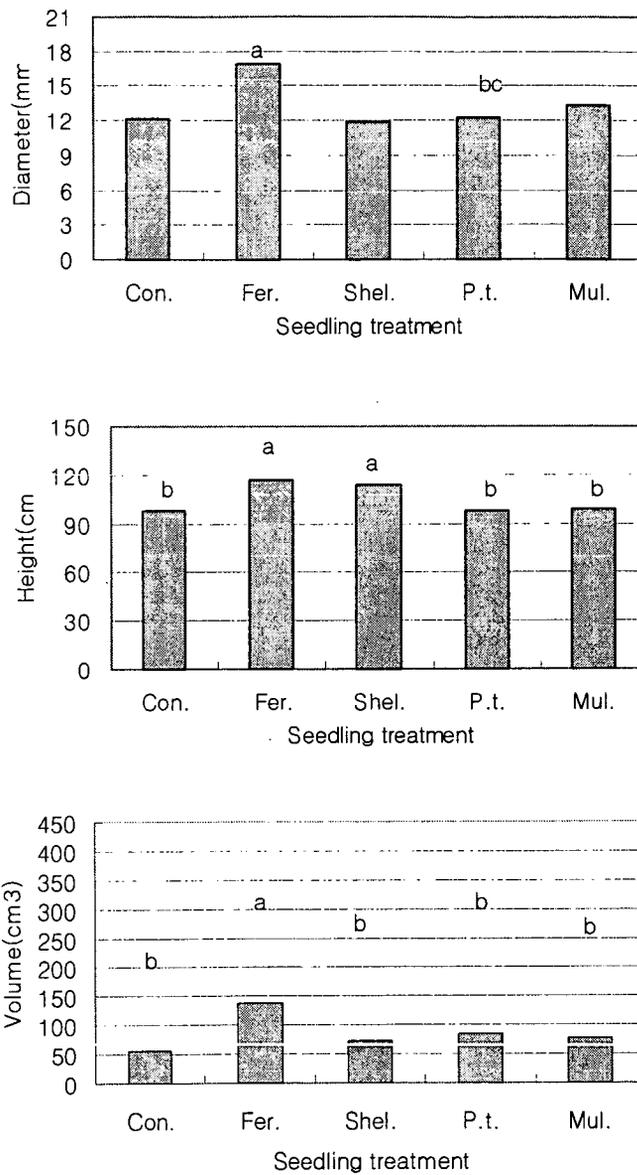
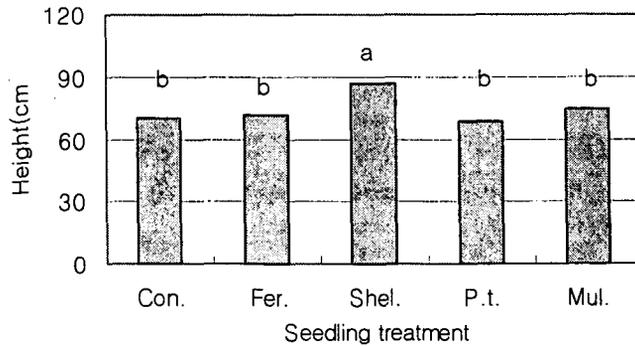
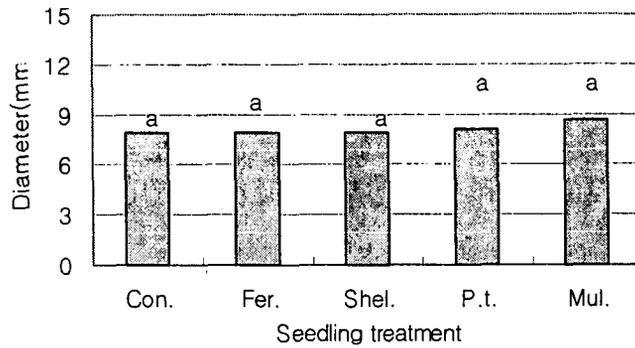


Fig. 3-2-3. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus acutissima* in 2001 (seedlings)

Table 3-2-10. ANOVA of root color diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus acutissima*(direct seeds)

	diameter			height			volume		
	MS	F	P-value	MS	F	P-value	MS	F	P-value
Cutting treatment	159	4.73	0.0028	9224	8.31	0.0001	96167	1.10	0.3466
Seedling treatment	12	0.34	0.8483	8588	7.74	0.0001	27011	0.31	0.8712
C*S	22	0.67	0.7852	976	0.88	0.0567	54272	0.62	0.8235



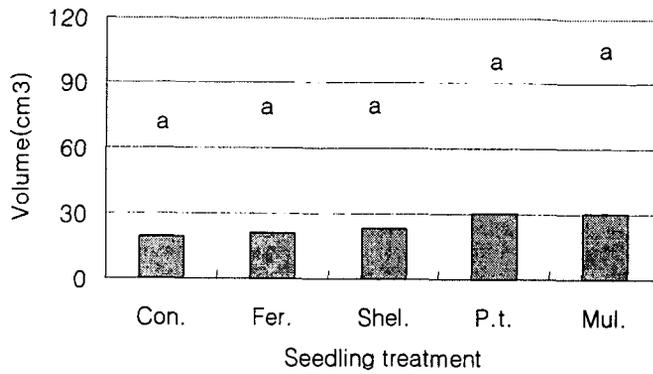


Fig. 3-2-4. Growth of root color diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus acutissima* in 2001 (direct seed)

	diameter			height			volume		
	MS	F	P-value	MS	F	P-value	MS	F	P-value
Cutting treatment	246	19	0.0001	18582	17.10	0.0001	83351	16.48	0.0001
Seedling treatment	365	2.9	0.0225	9979	9.18	0.0001	31027	6.14	0.0001
C*S	8.1	0.6	0.8152	663	0.61	0.8349	3762	0.74	0.7085

Table 3-2-11. ANOVA of root color diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus serrata*(seedlings)

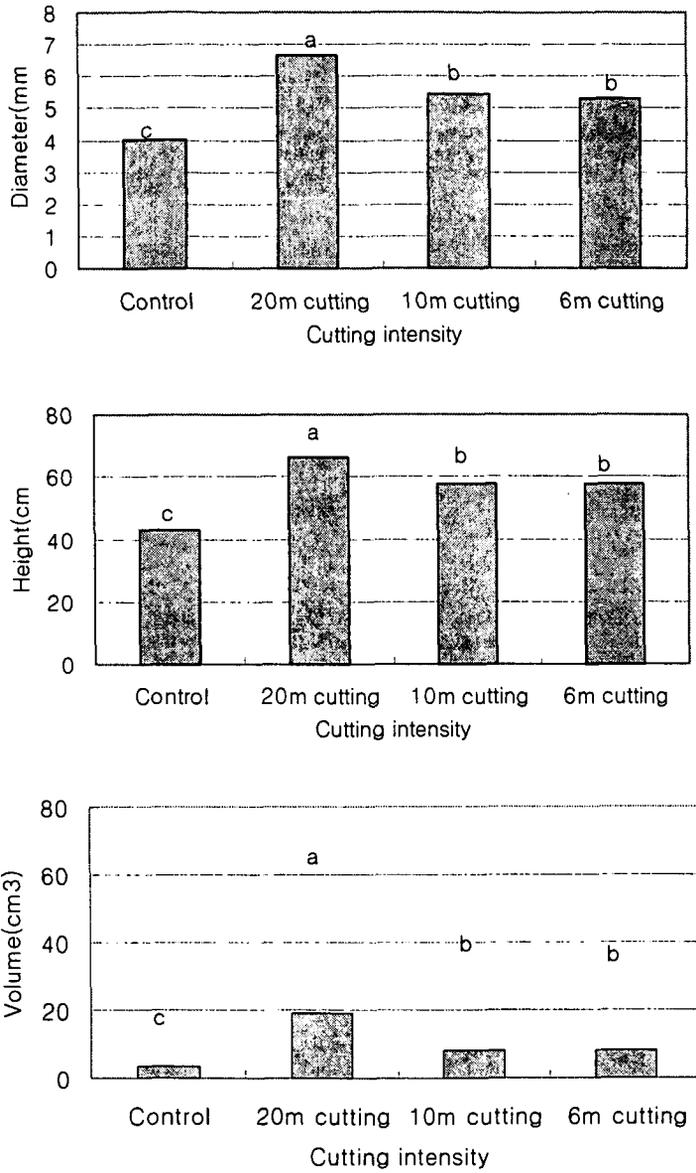
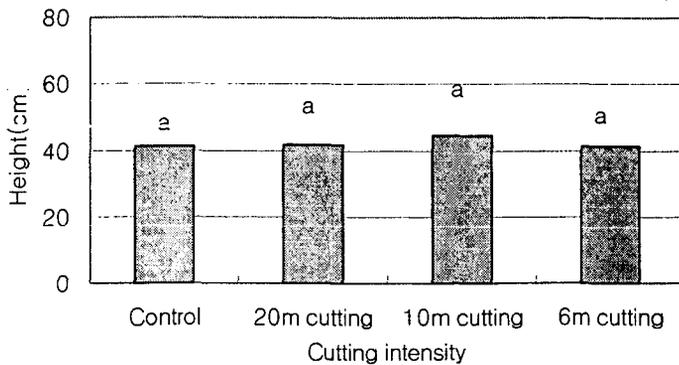
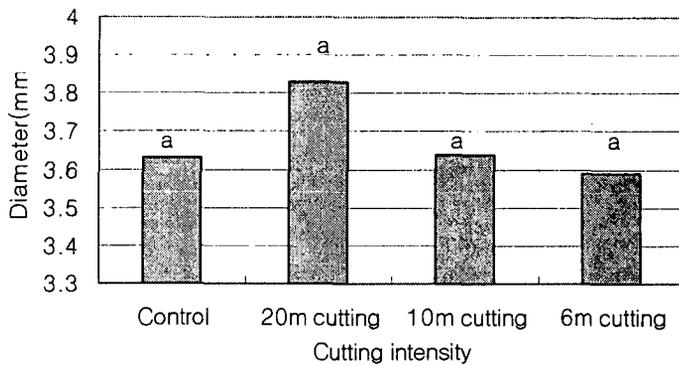


Fig. 3-2-5. Growth of root color diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus serrata* in 2001 (seedlings)

Table 3-2-12. ANOVA of root color diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus serrata*(direct seed)

	diameter			height			volume		
	MS	F	P-value	MS	F	P-value	MS	F	P-value
Cutting treatment	2.13	0.50	0.68	636	1.10	0.3472	2860	1.02	0.3841
Seedling treatment	20.04	4.75	0.0009	8634	14.97	0.0001	2312	0.82	0.5108
C*U	3.97	0.94	0.5055	730	1.27	0.2337	1420	0.51	0.9119



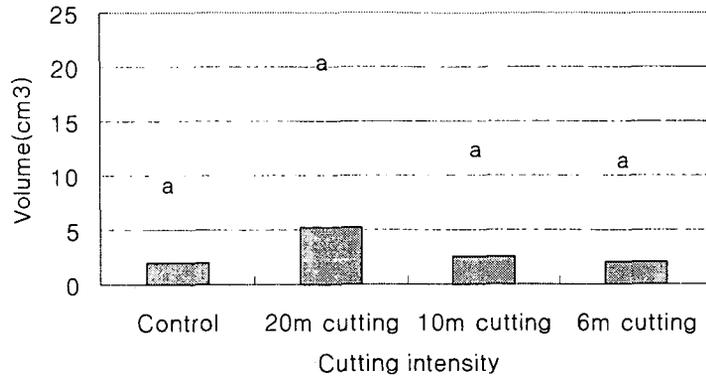
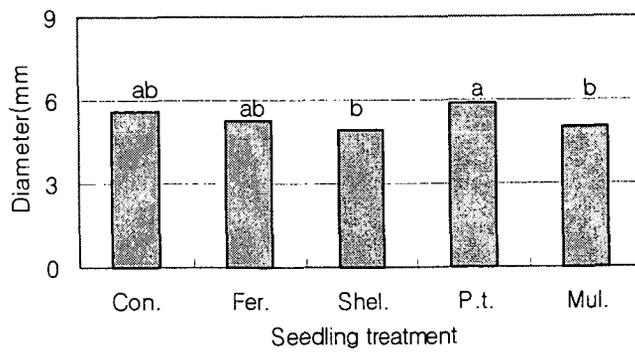


Fig. 3-2-6. Growth of root collar diameter, seedling height and volume after strip clearcutting treatments of *Quercus serrata* in 2001 (direct seed)



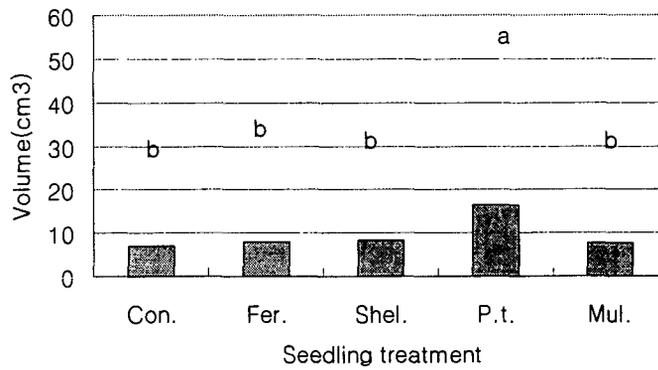
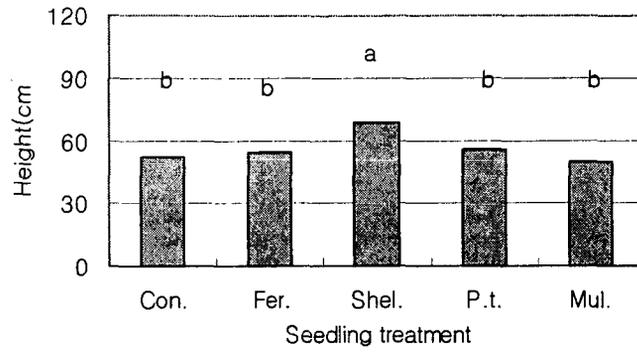


Fig. 3-2-7. Growth of root color diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus serrata* in 2001 (seedlings)

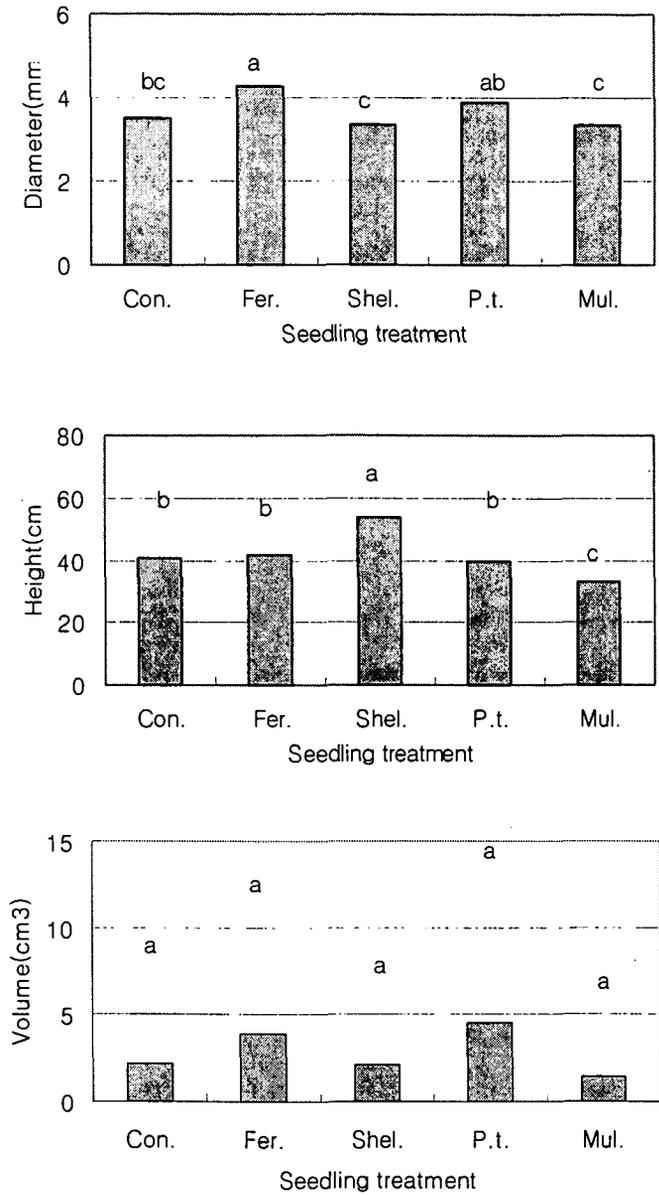


Fig. 3-2-8. Growth of root color diameter, seedling height and volume after seedling treatments of *Quercus serrata* in 2001 (direct seed)



Fig. 3-2-9. *P. t.* inoculated seedling

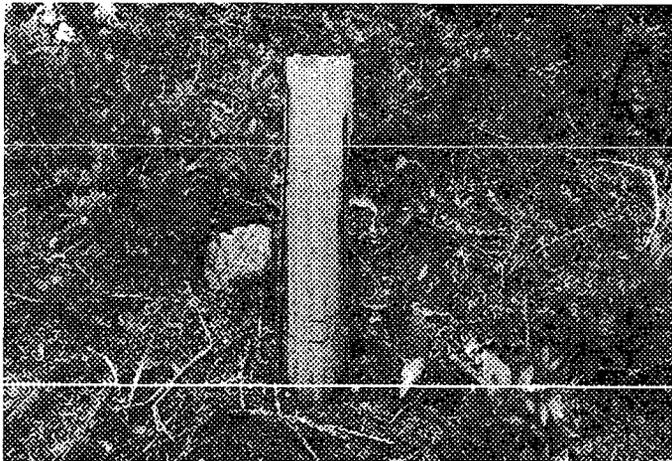


Fig. 3-2-10. Shelter treatment (30cm×60cm)

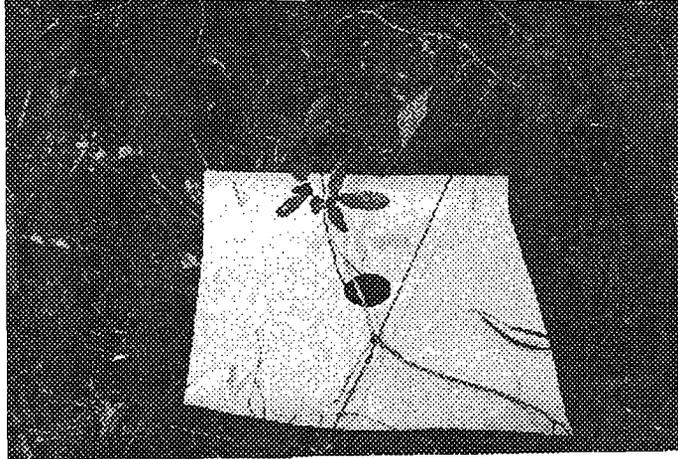


Fig. 3-2-11. Paper Mulching treatment

### 제 3 절 균근균과 기주식물의 친화력 구명 (토양담자균류 자실체의 분포)

#### 1. 서론

외생균근은 뿌리외부에서는 두꺼운 균사층인 균부와, 뿌리내부의 피층 세포 사이에 침입하여 Hartig net를 형성하며 기주식물에 인산과 질소 등과 같은 식물체에 필수적인 양분의 흡수를 촉진 시켜주는 것으로 알려져 있다. 그 결과 균근균에 의해 접종되거나 감염된 식물은 척박지에서도 잘 적응하며, 뿌리주위에 토양서식 병원균의 침입을 막아주거나, 토양산성화가 심한 지역, 건조시 한발(旱魃) 등에 대한 저항성을 높여주는 등 다양한 혜택을 기주식물에 제공한다. 우리나라에서 외생균근균을 형성하는 수종으로는 소나무과, 버드나무과, 참나무과, 느릅나무과, 피나무과의 목본수종에서 외생균근균이 발견되었으나, 측백나무과, 가래나무과, 장미과, 단풍나무속의 수종에서는 발견되지 않고 있다. 소나무과와 절대적인 공생관계에 있는 외생균근은 담자균류, 자낭균류, 접합균류, 불완전균류에서 발견할 수 있으나, 대부분의 외생균근균 종은 담자균아문에 속하며, 담자균아문에는 9목 26과 74속이 외생균근에 포함된다.

본 연구는 우리나라의 대표적 조림수종인 리기다소나무 조림지에서 발생하는 외생균근균을 동정하고, 벌채수준 별, 조사시기 별, 외생균근균의 개체수 및 종 분포와 기주 선택성을 조사함으로써 벌채수준에 따른 외생균근균의 분포와 기주 선택성을 구명하고자하였다.

#### 2. 재료 및 방법

균류는 성장함에 따라 모양이 변화하므로 어린 자실체와 성숙한 자실

체 모두 채집하였으며 채집한 버섯은 채집장소, 채집일, 기주식물, 토양습도 등을 기입한 다음 자실체가 손상되지 않도록 봉투에 넣어 실험실로 운반하여 분류 동정하였으며, 분류 동정하지 못한 균류는 건조 또는 FAA용액으로 고정하여 보관하고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

리기다 소나무 조림지를 대상으로 발생하는 담자균류를 조사하고, 조사구 및 벌채강도에 따라 발생하는 외생균근 버섯과 기주수목과의 관계를 조사한 결과는 다음과 같다.

① 조사기간 동안 총 18과 42속 104종의 균류 자실체가 조사되었으며, 이중 외생균근 버섯은 9과 15속 62종 2,308개체가 조사되었다.

② 가장 많이 발생한 외생균근 버섯은 산그물버섯(*Xerocomus subtomentosus*)으로 831개체가 조사되었으며, *Cantharellus cinnabarinus* 238개체, *Cantharellus cibarius* 173개체의 순으로 조사되었다.

③ 조사구별 외생균근 버섯 개체수 분포는 조사구 5에서 611개체로 가장 많은 개체수가 발생되었으며, 조사구 2에서 252개체로 가장 적게 나타났다.

④ 벌채수준별 외생균근 버섯의 발생 개체수를 조사한 결과 무벌채구에서 1,455개체로 가장 많은 개체수가 발생되었으며, 20m벌채구에서는 210개체로 가장 적게 나타나 산림벌채는 외생균근이 버섯발생에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

⑤ 기주 선택성에 있어 *Xerocomus subtomentosus*(산그물버섯), *Russula nigricans*(절구버섯)은 리기다소나무에서, *Cantharellaceae*(피꼬리 버섯과)는 참나무과의 수종들 중 밤나무에 대한 기주 선택성이 강한 것으로 판단되었으나, 2001년 조사시에는 1개체도 발생되지 않아 좀더 많은 연구가 필요

할 것으로 사료된다. 그러나 Amanita과 및 Russula과의 버섯은 기주의 선택성이 비교적 넓은 것으로 나타났다.

Table 3-3-1. Basidiomycota collected during the study period(June 1999~September 2001)

Family	Species	Korean name
Auriculariaceae	<i>Auricularia auricula</i>	목이
Agaricaceae	<i>Agaricus placomyces</i>	주름버섯아재비
	<i>Agaricus subrutilescens</i>	진갈색주름버섯
	<i>Agaricus campestris</i>	주름버섯
	<i>Agaricus silvaticus</i>	숲주름버섯
	<i>Lepiota clypeolaria</i>	방패갓버섯
	<i>Lepiota cristata</i>	갈색고리갓버섯
	<i>Lepiota pseudogranulosa</i>	흰여우갓버섯아재비
	<i>Lepiota procera</i>	갓버섯
	<i>Macrolepiota procera</i>	큰갓버섯
Amanitaceae	<i>Amanita flavipes</i>	노란대광대버섯
	<i>Amanita longistriata</i>	긴फल대버섯아재비
	<i>Amanita muscaria</i>	광대버섯
	<i>Amanita Phalloides</i>	알광대버섯
	<i>Amanita rufoferruginea</i>	암적색분말광대버섯
	<i>Amanita pseudoporphyria</i>	암회색광대버섯아재비
	<i>Amanita virgineoides</i>	흰가시광대버섯
	<i>Amanita spreta</i>	턱받이광대버섯
	<i>Amanita vaginata</i>	우산버섯
	<i>Amanita vaginata var. fulva</i>	고동색우산버섯
	<i>Amanita volvata</i>	큰주머니광대버섯

Continued

Family	Species	Korean name
Boletaceae	<i>Boletus bicolor</i>	황갈색그물버섯
	<i>Boletus edulis</i>	그물버섯
	<i>Boletus fraternus</i>	붉은그물버섯
	<i>Pulverroboletus ravenelii</i>	노란분말그물버섯
	<i>Gyroporus castaneus</i>	흰둘레그물버섯
	<i>Suillus bovinus</i>	황소비단그물버섯
	<i>Suillus granulatus</i>	젓비단그물버섯
	<i>Xerocomus chrysenteron</i>	마른산그물버섯
	<i>Xerocomus subtomentosus</i>	산그물버섯
Cantharellaceae	<i>Cantharellus cibarius</i>	피꼬리버섯
	<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	붉은피꼬리버섯
	<i>Cantharellus minor</i>	애기피꼬리버섯
Coprinceae	<i>Coprinus comatus</i>	먹물버섯
	<i>Coprinus radinus</i>	노랑먹물버섯
	<i>Psathyrella candolleana</i>	죽제비눈물버섯
	<i>Psathyrella velutina</i>	큰눈물버섯
Cortinariaceae	<i>Cortinarius anomalus</i>	회갈색끈적버섯
	<i>Gymnopilus spectabilis</i>	갈황색미치광이버섯
	<i>Inocybe astorospora</i>	삿갓땀버섯
	<i>Inocybe lacera</i>	비듬땀버섯
Geastraceae	<i>Geastrum triplex</i>	방귀버섯
	<i>Geastrum fimbriatum</i>	테두리방귀버섯
	<i>Geastrum triplex</i>	목도리방귀버섯
Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe miniata</i>	붉은무명버섯
Lycoperdaceae	<i>Calvatia craniiformis</i>	말징버섯
	<i>Lycoperdon perlatum</i>	말불버섯

Continued

Family	Species	Korean name
Meruliaceae	<i>Merulius tremellosus</i>	아교버섯
Polyporaceae	<i>Coltricia cinnamomea</i>	톱니겨우살이버섯
	<i>Coriolus versicolor</i>	구름버섯
	<i>Daedaleopsis tricolor</i>	삼색도장버섯
	<i>Fomitopsis insularis</i>	벽돌빛잔나비버섯
	<i>Fomitopsis pinicola</i>	소나무잔나비버섯
	<i>Pycnoporus coccineus</i>	간버섯
Rhodophyllaceae	<i>Rhodophyllus ater</i>	검은외대버섯
	<i>R. violaceus</i>	보라꽃외대버섯
	<i>Rhodophyllus crassipes</i>	노란꼭지버섯
	<i>Rhodophyllus crassipes</i>	외대덧버섯
	<i>Rhodophyllus quadratus</i>	붉은꼭지버섯
Russulaceae	<i>Lactarius subpiperatus</i>	우유젓버섯
	<i>Lactarius volemus</i>	젓버섯
	<i>Lactarius piperatus</i>	굴털이
	<i>Russula aurata</i>	황금무당버섯
	<i>Russula bella</i>	수원무당버섯

Continued

Family	Species	Korean name
Russulaceae	<i>Russula compacta</i>	담갈색무당버섯
	<i>Russula cyanoxantha</i>	청머루무당버섯
	<i>Russula flavida</i>	노랑무당버섯
	<i>Russula foetens</i>	갈대기무당버섯
	<i>Russula fragilis</i>	홍색애기무당버섯
	<i>Russula lepida</i>	줄각무당버섯
	<i>R. lilacea</i>	연보라무당버섯
	<i>Russula nigricans</i>	절구버섯
	<i>Russula pseudodelica</i>	흰무당버섯아재비
	<i>Russula senecis</i>	흙무당버섯
	<i>R. vesca</i>	조각무당버섯
	<i>Russula virescens</i>	기와버섯
	Strobilomycetaceae	<i>Strobilomyces confusus</i>
Strophariaceae	<i>Kuehnerromyces mutabilis</i>	무리우산버섯
	<i>Naematoloma fasciculare</i>	노란다발
Tricholomataceae	<i>Asterophora lycoperdoides</i>	덧부치버섯
	<i>Clitocybe odora</i>	하늘색갈대기버섯
	<i>Collybia butyracea</i>	버터애기버섯
	<i>Collybia cirrhata</i>	흰무리애기버섯
	<i>Collybia confluens</i>	밀버섯
	<i>Collybia dryophila</i>	애기버섯
	<i>Collybia peronata</i>	가랑잎애기버섯
	<i>Laccaria amethystea</i>	자주줄각버섯
	<i>Laccaria bicolor</i>	줄각버섯
	<i>L. vinaceoavellanea</i>	색시줄각버섯
	<i>Marasmiellus candidus</i>	마른가지낙엽버섯
	<i>Marasmiellus candidus</i>	하얀마른가지낙엽버섯
	<i>Marasmiellus nigripes</i>	낙엽버섯
	<i>Marasmius cohaerens</i>	우산낙엽버섯
<i>Marasmius maximus</i>	큰낙엽버섯	

Continued

Family	Species	Korean name
Tricholomataceae	<i>Marasmius pulcherripes</i>	앵두낙엽버섯
	<i>Marasmius siccus</i>	애기낙엽버섯
	<i>Melanoleuca melaleuca</i>	잔디볼록버섯
	<i>Mycena haematopoda</i>	적갈색애주름버섯
	<i>Mycena pura</i>	맑은애주름버섯
	<i>Mycena epipterygia</i>	솔잎애주름버섯
	<i>Oudemansiella platyphylla</i>	넓은주름긴뿌리버섯
	<i>Oudemansiella radicata</i>	털긴뿌리버섯
	<i>Tricholoma flavovirens</i>	금버섯
Pisolithaceae	<i>Pisolithus tinctorius</i>	모래밭버섯

Table 3-3-2. Ectomycorrhizas collected during the study period(June 1999~September 2001)

Family	Species	Korean name	No. of individuals		
			1999	2000	2001
Amanitaceae	<i>Amanita flavipes</i>	노란대광대버섯		1	
	<i>A. longistriata</i>	긴끝광대버섯아재비	6	1	1
	<i>A. muscaria</i>	광대버섯			2
	<i>A. rubescens</i>	붉은점박이광대버섯			1
	<i>A. phalloides</i>	알광대버섯	3	2	3
	<i>A. pseudoporphyria</i>	암회색광대버섯아재비			9
	<i>A. rufoferruginea</i>	암적색분말광대버섯	1	6	
	<i>A. spissacea</i>	뱀껍질광대버섯	2		
	<i>A. spreata</i>	턱받이광대버섯	2	3	
	<i>A. vaginata</i>	우산버섯	15	17	37
	<i>A. vaginata var. fulva</i>	고동색우산버섯		14	1
	<i>A. virgineoides</i>	흰가시광대버섯			2
	<i>A. volvata</i>	큰주머니광대버섯		2	1
	<i>A. virosa</i>	독우산광대버섯	10		
Boletaceae	<i>Boletus bicolor</i>	황갈색그물버섯		5	
	<i>B. edulis</i>	그물버섯	2	3	2
	<i>B. erythropus</i>	붉은대그물버섯	4		
	<i>B. fraternus</i>	붉은그물버섯		7	11

Continued

Family	Species	Korean name	No. of individuals		
			1999	2000	2001
Boletaceae	<i>Gyroporus castaneus</i>	흰둘레그물버섯			2
	<i>Pulverroboletus ravenelii</i>	노란분말그물버섯	19	4	2
	<i>Suillus bovinus</i>	황소비단그물버섯		7	
	<i>S. granulatus</i>	젓비단그물버섯	1		10
	<i>Tylopilus virens</i>	녹색쓴맛그물버섯	5		
	<i>Xerocomus chrysenteron</i>	마른산그물버섯	9		
	<i>Xerocomus subtomentosus</i>	산그물버섯	147	420	264
Cantharellaceae	<i>Cantharellus cibarius</i>	피꼬리버섯	125	48	
	<i>C. cinnabarinus</i>	붉은피꼬리버섯	167	71	
	<i>C. minor</i>	애기피꼬리버섯	6	14	
Cortinariaceae	<i>Cortinarius anomalus</i>	회갈색끈적버섯		97	
Rhodophyllaceae	<i>Inocybe astorospora</i>	삿갓땀버섯	14	12	14
	<i>I. lacera</i>	비듬땀버섯		1	10
	<i>Rhodophyllus ater</i>	검은외대버섯		14	
	<i>R. crassipes</i>	외대덧버섯		18	3
	<i>R. crassipes</i>	노란꼭지버섯		6	4
	<i>R. quadratus</i>	붉은꼭지버섯	15	8	
	<i>R. violaceus</i>	보라꽃외대버섯	7		3

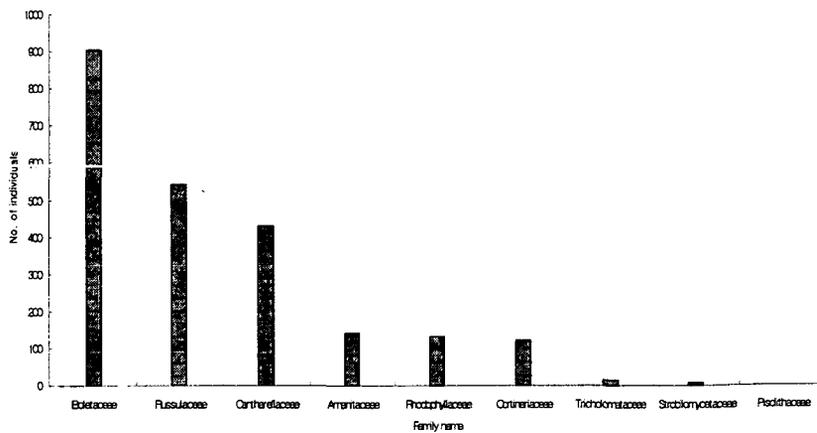
Continued

Family	Species	Korean name	No. of individuals		
			1999	2000	2001
Russulaceae	<i>Lactarius subpiperatus</i>	우유젓버섯		5	1
	<i>L. hatsutake</i>	젓버섯아재비		8	
	<i>L. volemus</i>	젓버섯	56	18	3
	<i>L. piperatus</i>	굴털이	49	5	3
	<i>Russula atropurpurea</i>	참무당버섯	3		
	<i>R. aurata</i>	황금무당버섯	25	23	2
	<i>R. bella</i>	수원무당버섯	65	48	11
	<i>R. compacta</i>	담갈색무당버섯		2	
	<i>R. cyanoxantha</i>	청머루무당버섯		28	13
	<i>R. emetica</i>	냄새무당버섯			4
	<i>R. flavida</i>	노랑무당버섯	1	4	1
	<i>R. foetens</i>	갈대기무당버섯	13	6	5
	<i>R. fragilis</i>	홍색애기무당버섯		3	
	<i>R. lepida</i>	졸각무당버섯		3	
	<i>R. lilacea</i>	연보라무당버섯			1

Continued

Family	Species	Korean name	No. of individuals		
			1999	2000	2001
	<i>R. rosacea</i>	장미무당버섯	2		1
	<i>R. pseudodelica</i>	흰무당버섯아재비	19	5	
	<i>R. senecis</i>	흙무당버섯		1	
	<i>R. vesca</i>	조각무당버섯			3
	<i>R. virescens</i>	기와버섯	10	1	
Strobilomycetaceae	<i>Strobilomyces confusus</i>	털귀신그물버섯		5	1
Tricholomataceae	<i>Laccaria amethystea</i>	자주줄각버섯		1	
	<i>L. bicolor</i>	줄각버섯		2	1
	<i>L. vinaceoavellanea</i>	색시줄각버섯			9
Pisolithaceae	<i>Pisolithus tinctorius</i>	모래발버섯			1

Fig. 3-3-1. Number of ectomycorrhizas family between June 1999 and September 2001



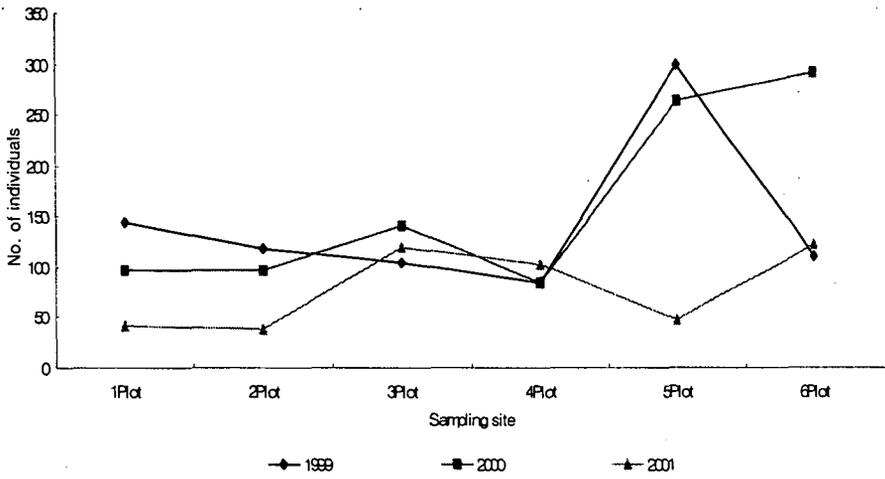


Fig. 3-3-2 . Yearly variation of ectomycorrhizas by each plot

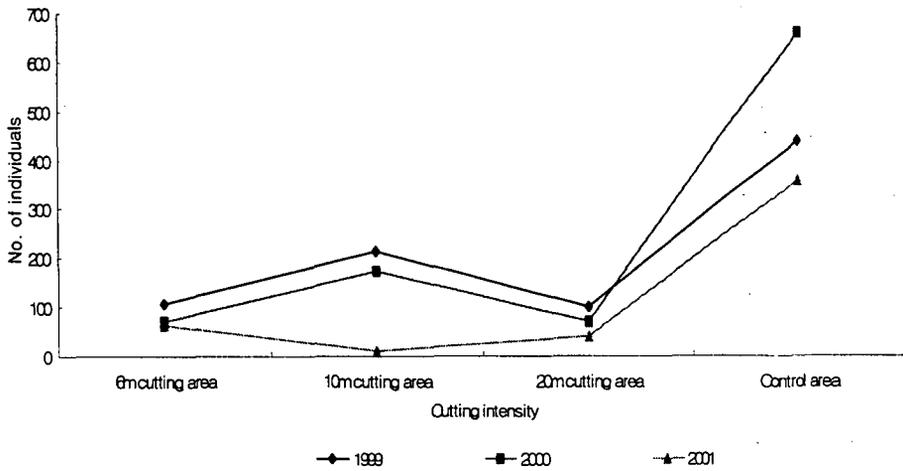


Fig. 3-3-3. Yearly variation of ectomycorrhizas by each cutting treatment

Table 3-3-3 . Relationships between ectomycorrhizas and host tree species

Scientific Name	Host Tree Species		
	<i>Pinus rigida</i>	C.c, Q.a, Q.s	Mixed stand
<i>Amanita longistriata</i>			○
<i>Amanita phalloides</i>			○
<i>Amanita rufoferruginea</i>			○
<i>Amanita spissacea</i>			○
<i>Amanita spreta</i>			○
<i>Amanita vaginata</i>			○
<i>Amanita virosa</i>			○
<i>Inocybe astorospora</i>			○
<i>Rhodophyllus quadratus</i>			○
<i>Rhodophyllus violaceus</i>			○
<i>Boletus bicolor</i>			○
<i>Boletus edulis</i>			○
<i>Suillus granulatus</i>			○
<i>Tylopilus virens</i>			○
<i>Xerocomus chrysenteron</i>			○
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	○		
<i>Pulverroboletus ravenelii</i>	○		
<i>Lactarius piperatus</i>			○
<i>Lactarius volemus</i>		○	
<i>Russula atropurpurea</i>			○
<i>Russula aurata</i>			○
<i>Russula bella</i>			○
<i>Russula flavida</i>			○
<i>Russula foetens</i>			○
<i>Russula nigricans</i>			○
<i>Russula pseudodelica</i>			○
<i>Russula rosacea</i>			○
<i>Russula virescens</i>			○
<i>Cantharellus cibarius</i>		○	
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>		○	
<i>Cantharellus minor</i>		○	

\* Note ; C.c : *Castanea crenata*, Q.a : *Quercus acutissima*, Q.s : *Quercus serrata*

## 제 4 절 균근의 외부형태와 내부형태구명

조사지내 식재된 상수리나무와 졸참나무의 묘목에 대하여 뿌리를 굴취하여 균근의 외부형태(morphotype), mantle의 색깔, 조직, 균사속의 존재여부, extramatrical hyphae의 존재여부, Hartig net의 발달정도를 구명한 결과 다음과 같다.

① 상수리나무, 졸참나무에 형성된 외생균근의 외부형태는 linear type, clavate Type, apical type, monopodial-pinnate type, monopodial-pyramidal type, irregularly pinnate type으로 각각 나타났다. 특히 *Pisolithus tinctorius*를 인공 접종한 상수리나무와 졸참나무 모두 2차 측근에 우점종으로 공생하고 있으며 자연 임분내 분포하고 있는 균근균이 쉽게 감염되고 있지 않았다. 그러나 인공접종을 하지 않는 경우에는 자연토양에 분포하고 있는 균에 의해서 3-4종이 공생하고 있었으나 *Pisolithus tinctorius* 균은 발견할 수 없었다. 기주 식물에 공생균이 감염되었을 때 2차 측근 전체가 한가지 단일균으로 감염되거나 또는 아주 미세한 일부가 또 다른 균에 의해서 공생을 하고 있는 경우가 주로 나타났다. *P. tinctorius*에 접종된 묘목의 경우 rhizomorph가 잘 발달하고 있는 것은 대단히 중요한 특징이다. 또한 mantle이 형성된 표면에 다수의 bacteria가 함께 공생하고 있었는데 균근균에 따라서 대단히 큰 차이를 나타내고 있었다. 이와 같은 균의 특성은 한가지수종에 몇 가지 균근균이 기주식물과 공생을 하고 있는가를 지속적으로 조사하는 것은 균의 친화력을 밝히는데 큰 의미가 있다. 본 연구에서 균근의 외부형태적인 특징에 따라 분류했을때 3종의 균근 type을 확인할 수 있었다.

② 졸참나무에 *P. tinctorius*균을 접종하였을때 균근 type은 대부분 monotype이었으며 일부는 pinnate로 발달하고 있는 초기상태를 보이고 있었

는데, 이들의 생장과 발달은 monotype의 기부에서부터 약 0.25mm정도 떨어져서 새로운 short roots가 발달하고 있었다. 또한 monotype의 전체근 길이는 2.25mm에 직경 0.25mm였으며 새로운 발달 초기에 균근은 길이가 0.3mm에 직경은 0.15mm를 나타냈다. 그러나 균근이 접종 압된 short roots는 길이가 1.0mm에 직경은 0.1mm을 나타내어 균근 접종 뿌리에 비해 적은 값을 보이고 있었다. 특히 ramification형은 irregularly pinnate, dichotomous-like type이 왕성하며 rhizomorph는 다른 균에서 쉽게 볼 수 없는 특징을 잘 나타나고 있다.

③ 졸참나무종자를 임지에 직파한 파종묘의 1년생 근계의 경우 뿌리의 상단에 많은 *Cenococum geophilum* 균근이 형성되어 있는 것을 볼 수 있었다. 2차 측근의 1cm길이당 feeder root 수는  $19.6 \pm 9.58$ 개이며 이중 균근이 형성된 root tip은  $12 \pm 4.43$ 개로 균근형성율은 61.2%이며, nonmycorrhizal fungus root는  $7.6 \pm 5.82$ 개로 나타났다. 자연상태에서 black mantle의 균근이 잘 형성되고 있었으며 rhizomorph의 발달은 mantle surface의 특징이 long-spiny를 보이고 있었고, 균사가 2차 측근의 주 root를 따라 전체적으로 잘 발달하고 있다. 그러나 이 균근균 역시 뿌리의 생장에 따라 뿌리 정단부를 향하여 생육하고 있으며 새로운 short root가 발생할 때 short root의 끝을 향해 infection이 이루어지고 있었다. 2차 측근의 기부쪽에서는 대부분 3차 측근의 short root 선단에 아주 작은 녹두알 형태로 감염이 되고 있었으며, 1차 측근의 중심부 이하에서는 short root 전체가 infection되어 있는 특징을 보이고 있다. 그러나 2차측근의 중간부분은 다소 균근 형성율이 저조하게 나타나고 있다. 이것은 2차측근의 주근이 자라고 있는 뿌리를 따라서 균사가 생육하고 있으나 대체로 균사가 새로운 가지를 형성하지 않고 직선적으로 자라는 특성 때문으로 근계의 중간 중간에 short root가 발달하고 있으나 infection이 되지 않고 건너뛰고 있는 것이 관찰되었다. 즉

균사가 뿌리의 정단부를 향해 성장하면서 동시에 다수의 multi-branch를 형성한다면, 균근형성이 더 효율적으로 많이 나타날 것으로 사료된다. black mantle에서 eliminating되는 hyphae가 mantle의 표면에서 다수 발생하고 있으며, 초기에 infection되는 것은 기부에서부터 점진적으로 발생하고 있다.

④ *Lactarius vellereus*와 유사한 다소 yellowish mantle을 나타내고 있는 균근이 관찰되었는데 이 균근이 black mantle과 함께 나타나는 비율은 대단히 낮으며 2차측근 전체가 *L. vellereus* 균근이 형성되거나 그렇지 않으면 black mantle이 나타나고 있다. 1cm당 2가지 이상의 균근이 형성되는 것은 1%이하로 나타나고 있다. 또한 yellow mantle은 *P. tinctorius* 에서처럼 많은 rhizomorph의 발달을 확인 할 수 없었으며, unramified end는 straight를 나타내고 있다. 그리고 mantle 표면의 색과 특징은 각각 노란빛을 띄고 있으며 lenticular을 보이고 있다.

⑤ 졸참나무 비균근묘는 2차 측근에서 발달하는 균근이 대부분 단일종으로 구성되어 있는 것이 특징이다. 1cm이내의 2차 측근에서 1종 이상의 균근의 발달은 대단히 미약하다. 만약 함께 공생하더라도 일단감염이 이루어지면(90%이상) 2차 균근균은 아주 미약한 형태로 발달하여 생육하고 있다. 이번 조사에서 3종류의 자연생 미식별 균이 발견되었는데 ㉠ black mantle, ㉡ yellow mantle, ㉢ brown mantle의 3가지 균근 type이다. black mantle의 ramification type은 simple과 monopodial pinnate가 대부분이고, yellow mantle은 simple이며, brown mantle은 monopodial pyramidal의 특징을 나타냈다. unramified end형(shape)의 특징은 black mantle이 straight와 beaded가 섞여서 나타나고 있는 반면에 yellow mantle과 brown mantle은 straight를 각각 보여주었다.

Table 3-4-1. Black mantle mycorrhizae of *Q. serrata*

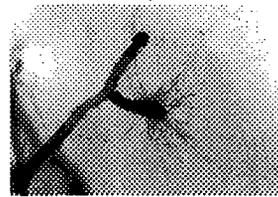
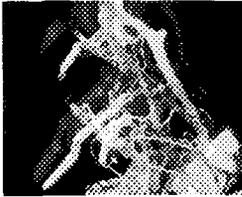
	No. of Mean	Appearance rate(%)	Length (mm)	Diameter (mm)	Shape	Colour	Feature	Degree
Total feeder roots	19.6±9.58							
Nonmycorrhizae	7.6±5.82	38.8	0.6±0.25	0.12±0.02				
Ectomycorrhizae	12±4.43	61.2						
Type of ramification								
Linear type	5.8±1.72	48.3	0.76±0.38	0.15±0				
Clavate type	2.4±0.40	20.0	0.60±0.18	0.15±0				
Apical type	2.6±2.58	21.7	0.52±0.25	0.15±0.03				
Monopodial-Pinnate type	1.2±0.4	10.0	2.24±0.01	0.24±0.01				
Unramified ends					straight			
Mantle surface						black	long spiny	
Rhizomorph								-

Table 3-4-2. Yellow mantle mycorrhizae of *Q. serrata*

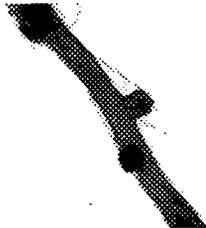
	No. of Mean	Appearance rate(%)	Length (mm)	Diameter (mm)	Shape	Colour	Feature	Degree
Type of ramification								
Linear type	5.0±1.30	-	0.64±0.21	0.18±0.03				
Clavate type	-	-	-	-				
Apical type	-	-	-	-				
Mopodial-pinnte Type	-	-	-	-				
unramified ends					straight			
mantle surface						yellow	Reticulate	
Rhizomorph								-

Table 3-4-3. Brown mantle mycorrhizae of *Q. serrata*

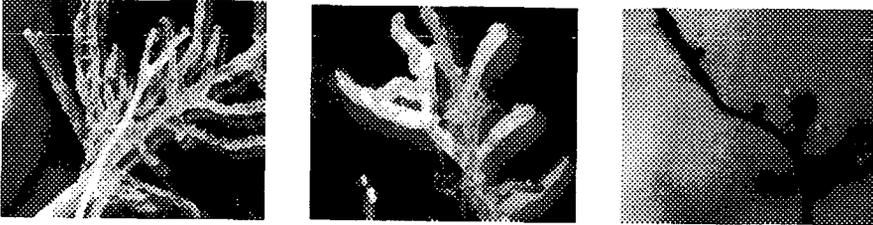
	Length (mm)	Diameter (mm)	Shape	Colour	Feature	Degree
Mycorrhizal system	22					
Unramified ends	2.86±0.66	0.20±0.03				
Axis		0.27±0.02				
Unramified ends			bent			
Mantle surface				brown		
Rhizomorph	-					-



- Fig.1. Mycorrhizal system with adhering mica debris and rhizomorph.  
*Quercus serrata* + *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhiza. 25×
- Fig.2. *Cenococcum geophilum* mycorrhizal system with adhering soil debris. 18×
- Fig.3. Close Up of Fig.2. Apical type and clavate type mycorrhiza with black emanating hyphae 45×

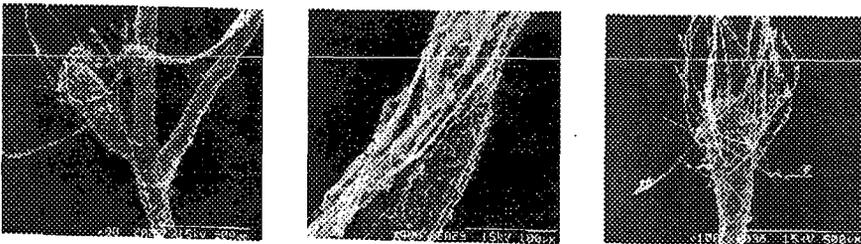


- Fig.4. Short mycorrhizal tips showing both initial stage and medium stage. Hyphae on the root apex and second order lateral root surface are present. 45×
- Fig.5. Mycorrhizal system similar to *Lactarius vellereus* Fr. Regular-Pyramidally branched mycorrhizal system and yellow mantle 45×
- Fig.6. Mycorrhizal system with several bent or tortuous mycorrhizal associated with *Q. acutissima* + *P. tinctorius* ectomycorrhiza. 18×



- Fig.7. Unknown mycorrhizal system and pinnate mycorrhiza. 18×  
 Fig.8. *P. tinctorius* mycorrhizal system and initial stage of black mantle mycorrhiza. 40×  
 Fig.9. *C. geophilum* mycorrhizal system associated with *Q. serrata* seedlings. 18×

#### Scanning electronic micrographs



- Fig.10. *Cenococcum geophilum* mycorrhizal system and thick rhizomorph development. 80×  
 Fig.11. Close up of Fig.10. Thick rhizomorph and lots of bacteria growing on the surface of root and hyphae. 100×  
 Fig.12. Mycorrhizal tip of *C. geophilum* with emanating hyphae. 100×

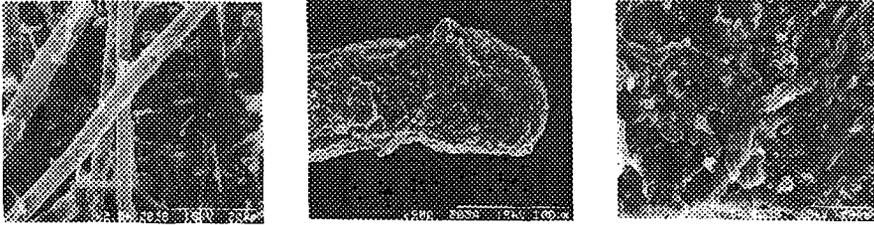


Fig.13. Close up of Fig.12. bacteria associated with *C. geophilum* hyphae. 2000×

Fig.14. Unknown mycorrhizal tip with a loose, patchy mantle. 500×

Fig.15. Close up of Fig.14. Root surface is visible beneath a thin mantle. 1500×

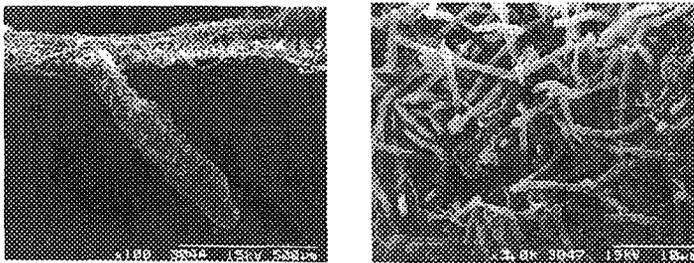


Fig.16. Lenear Type similar to Fig.5. 100×

Fig.17. Close up of Fig.16 showing lots of bacteria growing on the mantle surface area. 3000×

## 인용문헌

1. 민진홍·우보명. 1995. 테다소나무림과 소나무림에서의 수관통과우량, 수간유하우량 및 차단손실우량. 한국임학회지 84: 502-516.
2. 박재현·우보명. 1997. 산림유역내 강수로부터 계류수질에 미치는 영향 인자 분석. -pH, 용존산소, 전기전도도-. 한국임학회지 86: 489-501.
3. 산림청. 1994. 임업통계연보. 536pp.
4. 산림청. 1995. 산림입지조사요령. 86pp.
5. 오광인, 박문수. 1989. 외생균근균과 질소시비 수준이 졸참나무 묘목생장에 미치는 영향. 한국 임학회지. 78:160-167.
6. 오광인, 이지영. 1990<sup>a</sup>. 수종별 외생균근균 접종에 의한 치묘의 생장 및 균근 발달에 미치는 영향. 전남대 논문집. 35:97-110.
7. 오광인, 박화식. 1990<sup>b</sup>. 배양토, 균근접종 및 질소시비 수준이 2년생 해송묘 생장과 균근 형성에 미치는 영향. 한국 임학회지. 79:309-315.
8. 이돈구·김갑태. 1997. 경기도 광주지방 잣나무림, 낙엽송림 및 참나무림에서 수관통과우, 수간류 및 차단손실. 한국임학회지 86: 200-207.
9. 이흥균, 김영환. 1990. 조요수종의 벌기령에 관한연구 (I) - 낙엽송, 리기다소나무, 참나무림. 임연연보 41: 103-113.
10. 정용호·원형규·김경하·박재현·유정환. 1997. 전기전도도가 산림유역내 계류수와 토양수질에 미치는 영향. 산림과학논문집 55: 125-137.
11. Baumler, R. and W. Zech. 1998. Soil solution chemistry and impact of forest thinning in mountain forests in the Bavarian Alps. For. Ecol. and Manage. 108: 231-238.
12. Crow, T.R. 1988. Reproductive mode and mechanisms for self-replacement of northern red oak (*Quercus rubra*)- a review. For. Sci. 34: 19-40
13. David, M.B. and G.Z. Gertner. 1987. Sources of variation in soil solution collected by tension plate lysimeters. Can. J. For. Res. 17: 190-193.
14. Hansen, A.J., S.L. Garman, J.F. Weigand, D.L. Urban, W.C. McComb, and M.G. Raphael. 1995. Alternative silvicultural regimes in the Pacific Northwest: simulations of ecological and economic effects. Ecol. Appli. 5: 535-554.
15. Hong, S.G. 1981. Ecophysiological studies on heart rot of *Quercus* species. Kor. For. Res. Insti.
16. Ingerslev, M. 1997. Effects of liming and fertilization on growth, soil chemistry and soil water chemistry in a Norway spruce plantation on a nutrient-poor soil in Denmark. For. Ecol. and Manage. 92: 55-66.

17. Innes, J.L. 1993. Air pollution and forests- an overview. Schlaepfer, R. (ed.) Long-term Implications of Climate Change and Air Pollution on Forest Ecosystems. Progress Report of the IUFRO Task Force "Forest, Climate Change and Air Pollution". Vienna, IUFRO; Birmensdorf, WSL. IUFRO World Series. Vol. 4: 77-100
18. Jemison Jr, J.M. and R.H. Fox. 1992. Estimation of zero-tension pan lysimeter collection efficiency. *Soil Sci.* 154: 85-94.
19. Johnson, P.S. 1992. Oak overstory/reproduction relations in two xeric ecosystems in Michigan. *For. Ecol. Manage.* 48: 233-248
20. Kellison, R.S. 1993. Oak regeneration - where do we go from here? Loftis, D. and C.E. Charles (eds). *Oak Regeneration: Serious Problems, Practical Recommendation*. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. SE-84 pp. 308-315.
21. Kim, C., T.L. Sharik, and M.F. Jurgensen. 1995. Canopy cover effects on soil nitrogen mineralization in northern red oak (*Quercus rubra*) northern Lower Michigan. *For. Ecol. Manage.* 76: 21-28.
22. Kim, C., T.L. Sharik, and M.F. Jurgensen. 1996a. Canopy cover effects on mass loss, and nitrogen and phosphorus dynamics from decomposing litter in oak and pine stands in northern Lower Michigan. *For. Ecol. Manage.* 80: 13-20.
23. Kim, C., T.L. Sharik, M.F. Jurgensen, R.E. Dickson, and D.S. Buckley 1996b. Effects of nitrogen availability on northern red oak seedling growth in oak and pine stands in northern Lower Michigan. *Can. J. For. Res.* 26: (In press)
24. Likens, G.E., F.H. Bormann, N.M. Johnson, D.W. Fisher and R.S. Pierce. 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed-ecosystem. *Ecol. Mono.* 40: 23-47.
25. Loftis, D. and C.E. Charles. *Oak Regeneration: Serious Problems, Practical Recommendation*. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. SE-84 319 pp.
26. Lorimer, C.G. 1983. Eight-year development of northern red oak after partial cutting in a mixed-species Wisconsin forest. *For. Sci.* 29: 371-383.
27. Lorimer, C.G. 1984. Development of the red maple understory in northeastern oak forests. *For. Sci.* 30: 3-22.
28. Matthews, J. D. 1991. *Silvicultural Systems*. Oxford Science

Publications.

29. Oh, K.I., 1984. Growth and ectomycorrhizal development of container-grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*. Jour. Korean For.Soc. 67 : 10-16.
30. Oh, K.I., 1987. On ectomycorrhizal development and physiological variation of container grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*. Department of forestry, Graduate school, Chonbuk National University PhD. 124p
31. Oh, K.I. and W.H.Park. 1988. Mycorrhizal development and growth stimulation of *Pinus thunbergii* seedling inoculated with *P.tinctorius* at two soil textures treated with six nitrogen levels. Jour, Korea For, Soc. 77:361-370
32. Rustard, L.E., I.J. Fernandez, R.D. Fuller, M.B. David, S.C. Nodvin and W.A. Halteman. 1993. Soil solution response to acidic deposition in a northern hardwood forest. Agriculture, Ecosystem and Environment 47: 117-134.
33. Sinclair, A.R.E., D.S. Hik, O.J. Schmitz, G.G.E. Scudder, D.H. Turpin, and N.C. Larter. 1995. Biodiversity and the need for habitat renewal. Ecol. Appli. 5: 579-587.
34. SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT user's guide. 4th ed. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary N.C. 846pp.
35. Shepard, J.P., M.J. Mitchell, T.J. Scott and C.T. Driscoll. 1990. Soil solution chemistry of an Adirondack Spodosol: lysimetry and N dynamics. Can. J. For. Res. 20: 818-824.

# 부 록

여 백

# 1. 식물상변화

표 1. 조사구 1의 연도별 식물분포상의 변

국 명	학 명	20무벌채구			20벌채구			10벌채구			6벌채구		
		98	99	00	98	99	00	98	99	00	98	99	00
고비	<i>Osmunda japonica</i>								○	○	○	○	
고사리	<i>Pteridium apuilingum</i> var. <i>latiusculum</i>		○	○					○	○	○		
만주우드풀	<i>Woodsia manchuriensis</i>								○				
산비늘고사리	<i>Dryopteris polylepis</i>								○				
가는잎 족제비고사리	<i>D. chinensis</i>						○	○	○	○	○	○	○
족제비고사리	<i>D. bissetiana</i>					○			○			○	
지네고사리	<i>Lastrea japonica</i>								○	○			
개고사리	<i>Athyrium niponicum</i>								○				
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
소나무	<i>P. densiflora</i>					○	○	○	○				
노간주	<i>Juniperus rigida</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
조릿대	<i>Sasa borealis</i>								○				
실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
갈대	<i>Phragmites communis</i>								○				
쥐꼬리새	<i>Muhlenbergia japonica</i>											○	
새	<i>Arundinella herta</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>								○				○
바랭이	<i>Digitaria sanguinalis</i>								○				
주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i>					○			○	○	○	○	○
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>		○			○			○		○	○	
억새	<i>M. sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	○				○	○		○	○		○	
큰기름새	<i>S. sibiricus</i>		○	○	○		○	○		○	○	○	○
개솔새	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>					○	○	○	○		○	○	○
실사초	<i>Carex fernaldiana</i>	○	○		○	○	○		○	○	○	○	○
그늘사초	<i>C. lanceolata</i>		○			○	○		○	○		○	○
대사초	<i>C. siderosticta</i>	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
삿갓사초	<i>C. dispalata</i>										○		
꽃하늘지기	<i>Bulbostylis densa</i>											○	
바람하늘지기	<i>Fimbristylis miliacea</i>						○						
방동사니대가리	<i>Cyperus sanguinolentus</i>								○				
방동사니	<i>C. amuricus</i>								○				
평의밥	<i>Luzula capitata</i>								○				
비비추	<i>Hosta longipes</i>									○	○	○	○
원추리	<i>Hemerocallis fulva</i>			○								○	○

표 1. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
산부추	<i>Allium thunbergii</i>		○				○	○		○	○	○			○	○	
달래	<i>A. monanthum</i>					○								○			
무릇	<i>Scilla scilloides</i>									○	○						
둥굴레	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>																○
진황청	<i>P. falcatum</i>																○
애기나리	<i>Disporum smilacinum</i>									○							
큰애기나리	<i>D. viridescens</i>									○	○						
은방울꽃	<i>Convallaria keiskei</i>													○	○		
맥문동	<i>Liriope platyphylla</i>													○			
밀나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>						○	○						○	○		
청미래덩굴	<i>S. china</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
청가시덩굴	<i>S. sieboldii</i>	○				○	○	○	○	○				○	○	○	○
마	<i>Dioscorea batatas</i>								○								○
각시마	<i>D. tenuipes</i>																○
보춘화	<i>Cymbidium goeringii</i>	○				○								○	○		
홀아비꽃대	<i>Chloranthus japonicus</i>									○	○						
은사시나무	<i>Populus × tomentiglandulosa</i>												○				
굴피나무	<i>Platycarya strobilacea</i>									○							
오리나무	<i>Alnus japonica</i>							○									
개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	○		○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○
밤나무	<i>Castanea crenata</i>		○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○	
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
떡갈나무	<i>Q. dentata</i>													○	○	○	
갈참나무	<i>Q. aliena</i>		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	
졸참나무	<i>Q. serrata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
느티나무	<i>Zelkova serrata</i>									○	○	○					
꾸지뽕나무	<i>Cudrania tricuspidata</i>													○			
닥나무	<i>Broussonetia kazinoki</i>									○	○	○					

표 1. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
머느리배꼽	<i>Persicaria perfoliata</i>									○							
장구채	<i>Melandryum firmum</i>														○		
으아리	<i>Clematis mandshurica</i>	○						○								○	○
댕댕이덩굴	<i>Cocculus trilobus</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○	○
비록나무	<i>Lindera erythrocarpa</i>										○						
조팝나무	<i>Spiraea prunifolia for. simpliciflora</i>											○	○				○
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>									○	○	○					○
양지꽃	<i>Potentilla fragarioides var. major</i>					○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
산딸기	<i>R. crataegifolius</i>									○	○	○					○
오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
찔레	<i>Rosa multiflora</i>									○	○	○			○		○
용가시나무	<i>R. maximowicziana</i>										○	○	○				
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>					○		○	○	○	○	○			○		○
아그배나무	<i>Malus sieboldii</i>	○	○	○											○	○	○
산들배	<i>Pyrus ussuriensis</i>									○							
자귀나무	<i>Albizzia julibrissin</i>														○	○	○
고삼	<i>Sophora flavescens</i>									○					○		
조록싸리	<i>Lespedeza maximowiczii</i>			○	○										○	○	○
싸리	<i>L. bicolor</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○
괭이싸리	<i>L. pilosa</i>									○							
비수리	<i>L. cuneata</i>										○	○					
네잎갈퀴나물	<i>Vicia nipponica</i>									○	○						
나비나물	<i>V. unijuga</i>										○				○		
활랑나물	<i>Lathyrus davidii</i>									○							
여우콩	<i>Rhynchosia volubilis</i>														○		
취	<i>Pueraria thunbergiana</i>	○	○			○	○	○	○	○	○	○			○	○	○
땅비싸리	<i>Indigofera kirilowii</i>									○	○	○			○		
활나물	<i>Crotalaria sessiliflora</i>											○	○				○

표 1. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
붉나무	<i>Rhus chinensis</i>									○				○			
검양옻나무	<i>R. succedanea</i>													○			
산검양옻나무	<i>R. sylvestris</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
감탕나무	<i>Ilex integra</i>									○							
회잎나무	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>			○		○	○	○		○	○	○				○	○
나래회나무	<i>E. trapococcus</i>													○			
푼지나무	<i>Celastrus flagellaris</i>													○			
노박덩굴	<i>C. orbiculatus</i>				○					○	○	○		○	○		
참취	<i>Aster scaber</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
개망초	<i>Erigeron annuus</i>									○	○			○	○		
망초	<i>E. canadensis</i>									○				○			
붉은서나물	<i>Erechtites hieracifolia</i>					○				○				○			
우산나물	<i>Syneilesis palmata</i>													○	○	○	
구절초	<i>Chrysanthemum zawadskij</i> var. <i>laeilobum</i>					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
산국	<i>C. boreale</i>			○		○	○	○		○	○	○		○			
제비쑥	<i>Artemisia japonica</i>					○				○	○	○		○			
맑은대쑥	<i>A. keiskeana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
참쑥	<i>A. lavandulaefolia</i>									○							
쑥	<i>A. montana</i>			○					○			○	○				○
삼주	<i>Atractylodes japonica</i>	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
영경취	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussriense</i>							○	○					○			○
은분취	<i>Saussurea gracilis</i>			○				○				○					
솜분취	<i>S. eriophylly</i>								○								
산비장이	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>									○							○
수리취	<i>Synurus deltilides</i>															○	
절굿대	<i>Echinops setifer</i>				○	○				○				○			
씀바귀	<i>Ixeris dentana</i>															○	
선씀바귀	<i>I. chinensis</i> var. <i>strigosa</i>	○	○	○	○	○				○	○	○		○	○		
산씀바귀	<i>Lactuca raddeana</i>													○			
고들빼기	<i>Youngia sonchifolia</i>	○				○				○				○			

표 1. (계 속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
산씀바귀	<i>Lactuca raddeana</i>																○
고들빼기	<i>Youngia sonchifolia</i>		○				○				○						○
갈매나무	<i>Rhamnus davurica</i>						○				○						○
까마귀머루	<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i>										○	○					
개머루	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i> .	○										○	○	○			
담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>				○						○						
찰피나무	<i>Tilia mandshurica</i>															○	
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>										○	○				○	
외제비꽃	<i>V. selkirkii</i>											○					
줄방제비꽃	<i>V. acuminata</i>																○
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i>			○			○				○	○	○				
개미탑	<i>Halorrhagis micrantha</i>																○
선피막이	<i>Hydrocotyle maritima</i>										○						
참나물	<i>Pimpinella brachycarpa</i>							○									
바디나물	<i>Angelica decursiva</i>							○									
구릿대	<i>A. dahurica</i>							○									
기름나물	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>								○								○
매화노루발	<i>Chimaphila japonica</i>											○					
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
산철쭉	<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
정금나무	<i>Vaccinium oldhami</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○						○	○
큰까치수영	<i>Lysimachia clethroides</i>								○								
고욤나무	<i>Diospyros lotus</i>			○													
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i>						○					○					
때죽나무	<i>Styrax japonica</i>	○										○	○	○	○	○	○
광나무	<i>Ligustrum japonicum</i>											○					
취풍나무	<i>L. obtusifolium</i>							○	○			○	○		○	○	○
쓴풀	<i>Swertia japonica</i>																
용담	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
작살나무	<i>Callicarpa japonica</i>									○	○						
꽃풀	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>							○	○	○	○	○		○	○		
둥근배암차즈기	<i>Salvia japonica</i>									○	○						

표 1. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
들개풀	<i>Mosla punctulata</i>									○							
층층이꽃	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i>									○							
방아풀	<i>Isodon japonicus</i>								○			○					
꽃머느리밥풀	<i>Melampyrum roseum</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
계요등	<i>Paederia scandens</i>														○		
꼭두서니	<i>Rubia akane</i>									○				○	○	○	○
솔나물	<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i>									○	○	○	○				
산갈퀴	<i>G. pogonanthum</i>													○			
덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i>		○				○										
가막살나무	<i>V. dilatatum</i>	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
인동	<i>Lonicera japonica</i>					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
마타리	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>								○	○				○	○		
뚝갈	<i>P. villosa</i>			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>			○		○	○				○	○		○	○	○	○
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i>					○	○		○	○	○			○	○	○	○
습나물	<i>Leibnitzia anandria</i>					○	○			○	○					○	
등골나물	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>						○	○	○		○	○	○		○	○	
벌등골나물	<i>E. fortunei</i>						○			○							
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>		○	○	○	○	○	○			○	○		○	○	○	○
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>		○								○			○	○		
까실쑥부쟁이	<i>A. ageratoides</i>										○						
고비	<i>Osmunda japonica</i>		○	○	○												
고사리	<i>Pteridium apuilingum</i> var. <i>latiusculum</i>	○			○						○	○	○	○	○	○	○
꼬리고사리	<i>Asplenium incisum</i>														○		
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>						○	○	○	○		○					
소나무	<i>P. densiflora</i>						○		○								
노간주	<i>Juniperus rigida</i>	○				○	○	○	○		○				○	○	○
실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

표 2. 조사구 2의 연도별 식물분포상의 변화

국 명	학 명	20무벌채구		20벌채구		10벌채구		6벌채구						
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	
담상이삭풀	<i>Brachyelytrum erectum</i> var. <i>japonicum</i>												o	
대새풀	<i>Cleistogenes hackelii</i>							o						
쥐꼬리새풀	<i>Sporobolus elongatus</i>	o				c		c	o	o				
쥐꼬리새	<i>Muhlenbergia japonica</i>							o		o				
새	<i>Arundinella herta</i>	o	o	o	o	c	o	o	o	o	o	o	o	o
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>					c								
주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	o	o	o	o	c	o	o	c	o	o	o	o	o
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>			o			o		o					o
억새	<i>M. sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	o			o	c	o	o	c	o	o	o	o	o
기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	o	o			c	o		c	o		o		
큰기름새	<i>S. sibiricus</i>			o	o		o	o	o	o	o	o	o	o
수수새	<i>Sorghum nitidum</i> var. <i>majus</i>					c								
조개풀	<i>Arthraxon hispidus</i>												o	
개솔새	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>					c	o	o	o	o	o	o	o	o
솔새	<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>					c	o		c			o		
실사초	<i>Carex fernaldiana</i>	o	o		o	c	o	o	c	o	o	o	o	o
그늘사초	<i>C. lanceolata</i>			o			o		o				o	
대사초	<i>C. siderosticta</i>	o	o	o	o				c	o	o	o	o	o
삿갓사초	<i>C. dispalata</i>				o									
꽃하늘지기	<i>Bulbostylis densa</i>							c						
원추리	<i>Hemerocallis fulva</i>		o	o	o									o
산부추	<i>Allium thunbergii</i>					o	o		o				o	
달래	<i>A. monanthum</i>					c								
무릇	<i>Scilla scilloides</i>												o	
비짜루	<i>Asparagus schoberioides</i>					c							o	
등굴레	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>													o
진황정	<i>P. falcatum</i>												o	o
애기나리	<i>Disporum smilacinum</i>												o	
은방울꽃	<i>Convallaria keiskei</i>		o	o	o									
맥문동	<i>Liriope platyphylla</i>				o									
청미래덩굴	<i>Smilax china</i>	o	o	o	o	c	o	o	o	o	o	o	o	o
청가시덩굴	<i>S. sieboldii</i>		o	o	o							o		
마	<i>Dioscorea batatas</i>		o		o			o						
각시마	<i>D. tenuipes</i>	o	o											

표 2. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구					
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01		
보춘화	<i>Cymbidium goeringii</i>				o												o	o	o
홀아비꽃대	<i>Chloranthus japonicus</i>																		
은사시나무	<i>Populus × tomentiglandulosa</i>												o	o	o		o	o	o
개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>		o	o	o	o	o		o										
밤나무	<i>Castanea crenata</i>		o	o	o	o	o	o	o		o	o	o		o	o	o		o
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>	o	o	o		o	o	o	o		o	o	o		o	o	o		o
떡갈나무	<i>Q. dentata</i>	o	o	o							o	o	o		o	o			
갈참나무	<i>Q. aliena</i>	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o		o	o	o		o
졸참나무	<i>Q. serrata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o		o	o	o		o
큰개여뀌	<i>Persicaria nodosa</i>				o														
개여뀌	<i>P. longiseta</i>					o													
으아리	<i>Clematis mandshurica</i>	o	o	o						o				o	o	o			
댕댕이덩굴	<i>Cocculus trilobus</i>	o	o	o	o	o	o		o	o			o	o					o
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i>			o	o														o
감태나무	<i>L. sericea</i>																o		
비목나무	<i>L. erythrocarpa</i>																o	o	o
물매화	<i>Parnassia palustris</i>		o		o														
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>	o										o							
양지꽃	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
세잎양지꽃	<i>P. freyniana</i>							o											
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>	o	o	o		o	o	o			o				o	o	o	o	o
산딸기	<i>R. crataegifolius</i>															o	o		
명석딸기	<i>R. parvifolius</i>									o									
오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>	o			o				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
철레	<i>Rosa multiflora</i>		o								o								o
용가시나무	<i>R. maximowicziana</i>			o	o					o		o	o						
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>	o							o									o	
아그배나무	<i>Malus sieboldii</i>								o		o	o	o						
고삼	<i>Sophora flavescens</i>																o	o	
조록싸리	<i>Lespedeza maximowiczii</i>						o					o	o	o		o	o	o	o
싸리	<i>L. bicolor</i>	o		o	o	o	o	o	o		o		o		o	o	o	o	o
나비나물	<i>Vicia unijuga</i>		o		o		o												

표 2. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
취	<i>Pueraria thunbergiana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
돌콩	<i>Glycine soja</i>			○													
새콩	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>				○												
땅비싸리	<i>Indigofera kirilowii</i>				○	○	○	○	○	○	○	○	○				
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
여우주머니	<i>Phyllanthus ussuriensis</i>									○							
검양옥나무	<i>Rhus succedanea</i>					○											
개울나무	<i>R. trichocarpa</i>				○												
산검양옥	<i>R. sylvestris</i>	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○
회잎나무	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	○			○					○						○	
나래회나무	<i>E. trapococcus</i>		○														
참빗살나무	<i>E. sieboldiana</i>		○														
푼지나무	<i>Celastrus flagellaris</i>									○				○			
노박덩굴	<i>C. orbiculatus</i>	○	○		○			○			○	○				○	○
까마귀머루	<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i>				○									○	○		
새머루	<i>V. flexuosa</i>		○	○													
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>					○								○			○
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i>			○	○												
개미탑	<i>Halorrhagis micrantha</i>					○			○		○						
흰바디나물	<i>Angelica</i> <i>cartilagino-marginata</i> var. <i>distans</i>																
기름나물	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	○															
노루발	<i>Pyrola japonica</i>		○	○											○	○	
매화노루발	<i>Chimaphila japonica</i>	○	○												○		
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>										○						
산철쭉	<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
정금나무	<i>Vaccinium oldhami</i>	○				○	○	○	○								
까치수영	<i>Lysimachia barystachys</i>										○	○					
큰까치수영	<i>L. clethroides</i>										○	○					○
감나무	<i>Diospyros kaki</i>																○

표 2. (계속)

국명	학명	20무별채구				20별채구				10별채구				6별채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i>	○											○	○		○	○
때죽나무	<i>Styrax japonica</i>					○	○	○		○	○	○		○	○		○
취퐁나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i>		○	○	○		○	○	○		○	○				○	○
쓴풀	<i>Swertia japonica</i>												○			○	
마삭줄	<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>				○												
박주가리	<i>Metaplexis japonica</i>																○
작살나무	<i>Callicarpa japonica</i>															○	○
꿀풀	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>						○	○			○					○	
등근배암차즈기	<i>Salvia japonica</i>															○	○
취개풀	<i>Mosla dianthera</i>										○						
층층이꽃	<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i>	○															
방아풀	<i>Isodon japonicus</i>		○	○	○									○		○	○
산박하	<i>I. inflexus</i>															○	
꽃머느리밥풀	<i>Melampyrum roseum</i>	○	○		○	○				○			○	○	○	○	○
알머느리밥풀	<i>M. roseum</i> var. <i>ovalifolium</i>	○															
계요등	<i>Paederia scandens</i>												○			○	
호자명굴	<i>Mitchella undulata</i>																
가막살나무	<i>V. dilatatum</i>	○	○	○	○	○	○				○	○	○		○	○	○
인동	<i>Lonicera japonica</i>	○								○							○
독갈	<i>Patrinia villosa</i>					○	○	○					○		○	○	○
잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>	○								○	○	○		○	○	○	○
드라지	<i>Platyodon grandiflorum</i>	○															○
떡쑥	<i>Gnaphalium affine</i>										○						
숨다리	<i>Leontopodium coreanum</i>			○													
담배풀	<i>Carpesium abrotanoides</i>			○			○			○						○	
숨나물	<i>Leibnitzia anandria</i>	○								○					○	○	○
등골나물	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	○					○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
벌등골나물	<i>E. fortunei</i>					○	○			○							

표 2. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>	○				○	○			○				○			
개미취	<i>A. tataricus</i>											○					
참취	<i>A. scaber</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
개망초	<i>Erigeron annuus</i>									○							
망초	<i>E. canadensis</i>					○				○							
붉은서나물	<i>Erechtites hieracifolia</i>					○								○			
구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>											○					
산국	<i>C. boreale</i>	○				○	○	○	○					○	○	○	
제비쑥	<i>Artemisia japonica</i>					○	○	○	○	○				○	○	○	○
맑은대쑥	<i>A. keiskeana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
삼주	<i>Atractylodes japonica</i>	○	○	○	○	○	○	○						○	○	○	
영경취	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussriense</i>			○		○		○	○	○	○	○		○	○	○	
은분취	<i>Saussurea gracilis</i>																○
산비장이	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>							○	○								
선씀바귀	<i>Ixeris chinensis</i> var. <i>strigosa</i>	○	○			○				○	○	○	○	○	○	○	○
고들빼기	<i>Youngia sonchifolia</i>	○				○				○				○			

표 3. 조사구 3의 연도별 식물분포상의 변화

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구				
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	
쇠뜨기	<i>Equisetum arvense</i>																o	
고사리삼	<i>Botrychium ternatum</i>	o																
고사리	<i>Pteridium apuilingum</i> var. <i>latiusculum</i>	o				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
가는잎족제비 고사리	<i>Dryopteris chinensis</i>																o	o
처녀고사리	<i>Lastrea thelypteris</i>																o	
개고사리	<i>Athyrium niponicum</i>																	o
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
소나무	<i>P. densiflora</i>																o	
편백	<i>Chamaecyparis obtusa</i>																o	
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i>		o					o	o	o						o	o	
실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
도랭이피	<i>Koeleria cristata</i>									o						o		
찰새	<i>Melica onoei</i>										o							
취꼬리새풀	<i>Sporobolus elongatus</i>																o	
새	<i>Arundinella hirta</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>						o											
좀바랭이	<i>Digitaria chinensis</i>						o				o	o		o				
주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	o					o			o	o		o	o	o	o	o	o
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>		o	o	o		o	o	o		o	o	o		o	o	o	o
억새	<i>M. sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	o			o	o	o	o	o					o	o			o
기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	o	o		o			o	o	o	o	o	o	o	o			o
큰기름새	<i>S. sibiricus</i>		o	o	o		o	o	o		o	o	o		o	o	o	o
개솔새	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>				o		o	o	o				o		o	o	o	o
실사초	<i>Carex fernaldiana</i>	o	o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
그늘사초	<i>C. lanceolata</i>				o			o				o	o				o	
대사초	<i>C. siderosticta</i>	o							o						o	o	o	o
하늘지기	<i>Fimbristylis dichotoma</i>					o												
닭의장풀	<i>Commelina communis</i>										o							
삐딱나리	<i>Tricyrtis dilatata</i>															o	o	o
원추리	<i>Hemerocallis fulva</i>	o										o	o	o	o	o	o	o
산부추	<i>Allium thunbergii</i>	o	o	o				o	o	o		o	o	o	o	o	o	o

표 3. (계속)

국 명	학 명	20무별채구				20별채구				10별채구				6별채구				
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	
참나리	<i>Lilium lancifolium</i>																	o
무릇	<i>Scilla scilloides</i>	o								o								
비짜루	<i>Asparagus schoberioides</i>									o	o							
진황정	<i>Polygonatum falcatum</i>																	o
애기나리	<i>Disporum smilacinum</i>																o	o
큰애기나리	<i>D. viridescens</i>																	o
은방울꽃	<i>Convallaria keiskei</i>																o	o
맥문동	<i>Liriope spicata</i>																o	o
밀나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	o							o									
청미래덩굴	<i>S. china</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
청가시덩굴	<i>S. sieboldii</i>	o	o							o	o	o					o	o
마	<i>Dioscorea batatas</i>	o								o	o	o					o	o
도꼬로마	<i>D. tokoro</i>															o	o	o
각시마	<i>D. tenuipes</i>									o	o							o
단풍마	<i>D. quinqueloba</i>																	o
은대난초	<i>Cephalanthera longibracteata</i>																	o
보춘화	<i>Cymbidium goeringii</i>	o	o			o	o										o	
홀아비꽃대	<i>Chloranthus japonicus</i>	o		o						o	o	o					o	o
은사시나무	<i>Populus × tomentiglandulosa</i>					o	o										o	
개서어나무	<i>Carpinus tschonoskii</i>																o	o
서어나무	<i>C. laxiflora</i>									o							o	o
개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>					o			o									
밤나무	<i>Castanea crenata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
갈참나무	<i>Q. aliena</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
졸참나무	<i>Q. serrata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
흑느릅나무	<i>Ulmus davidiana</i> for. <i>suberosa</i>																o	o
팽나무	<i>Celtis sinensis</i>									o								
꾸지뽕나무	<i>Cudrania tricuspidata</i>															o	o	o
닥나무	<i>Broussonetia kazinoki</i>	o								o	o	o				o		
개모시풀	<i>Boehmeria plataniifolia</i>															o		
미국자리공	<i>Phytolacca americana</i>															o		
으아리	<i>Clematis mandshurica</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o					o			
사위질빵	<i>C. apiifolia</i>									o	o	o	o	o	o			

표 3. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구					
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01		
미나리아재비	<i>Ramunculus japonicus</i>																○		
은평의다리	<i>Thalictrum actaeifolium</i>	○								○							○		
산평의다리	<i>T. filamentosum</i>																	○	○
댕댕이덩굴	<i>Cocculus trilobus</i>	○	○	○	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○
생강나무	<i>L. obtusiloba</i>											○	○						
감태나무	<i>L. glauca</i>											○	○						
비목나무	<i>L. erythrocarpa</i>											○	○	○			○	○	○
물매화	<i>Parnassia palustris</i>	○				○	○	○											
조팝나무	<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>											○					○		
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>											○	○				○	○	○
양지꽃	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	○	○			○	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>					○	○	○	○		○	○	○				○	○	○
산딸기	<i>R. crataegifolius</i>	○	○			○	○	○	○			○					○		○
곰딸기	<i>R. phoenicolasius</i>																○		
명석딸기	<i>R. parvifolius</i>											○	○	○					
명덕딸기	<i>R. idaeus</i> var. <i>microphyllus</i>																○		
오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
짚신나물	<i>Agrimonia pilosa</i>												○	○	○				
철레	<i>Rosa multiflora</i>								○		○	○	○				○	○	○
용가시나무	<i>R. maximowicziana</i>	○									○	○	○	○				○	○
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>	○			○				○		○	○	○						○
아그배나무	<i>Malus sieboldii</i>																○		
자귀나무	<i>Albizia julibrissin</i>	○		○	○				○								○		○
고삼	<i>Sophora flavescens</i>			○													○		
조록싸리	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	○				○												○	
싸리	<i>Sespedeza bicolor</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○				○	○	○
여우콩	<i>Rhynchosia volubilis</i>																○		
취	<i>Pueraria thunbergiana</i>	○				○					○	○	○	○			○	○	○
돌콩	<i>Glycine soja</i>																○	○	
새콩	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>																	○	○

표 3. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구				
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	
땅비싸리	<i>Indigofera kirilowii</i>	○	○	○	○	○	○	○	○							○	○	○
활나무	<i>Crotalaria sessiliflora</i>		○													○		
이질풀	<i>Geranium thunbergii</i>	○														○		
초피나무	<i>Zanthoxylum piperitum</i>															○		○
산초나무	<i>Z. schinifolium</i>	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
광대싸리	<i>Securinea suffruticosa</i>												○	○	○			○
여우주머니	<i>Phyllanthus ussuriensis</i>															○		
붉나무	<i>Rhus chinensis</i>															○	○	
개웃나무	<i>R. trichocarpa</i>		○															
산검양웃나무	<i>R. sylvestris</i>	○	○		○	○						○	○	○	○	○	○	○
대팻집나무	<i>Ilex macropoda</i>															○		
화살나무	<i>Euonymus alatus</i>				○		○											
회잎나무	<i>E. alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	○					○										○	○
푼지나무	<i>Celastrus flagellaris</i>																○	
노박덩굴	<i>C. orbiculatus</i>	○											○	○	○	○	○	
합다리나무	<i>Meliosma oldhamii</i>												○	○	○			
갈매나무	<i>Rhamnus davurica</i>																○	
까마귀머루	<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i>															○	○	○
새머루	<i>V. flexuosa</i>												○	○	○			
개머루	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	○														○	○	○
담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>															○	○	○
다래	<i>Actinidia arguta</i>															○	○	
고추나무	<i>Hypericum erectum</i>																○	○
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>	○					○	○					○	○		○	○	○
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i>															○	○	○
달맞이꽃	<i>Oenothera odorata</i>															○		
여우주머니	<i>Phyllanthus ussuriensis</i>															○		
붉나무	<i>Rhus chinensis</i>															○	○	
개웃나무	<i>R. trichocarpa</i>		○															
산검양웃나무	<i>R. sylvestris</i>	○	○		○	○							○	○	○	○	○	○
대팻집나무	<i>Ilex macropoda</i>															○		
화살나무	<i>Euonymus alatus</i>				○		○											

표 3. (계속)

국 명	학 명	20부벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
회잎나무	<i>E. alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	○				○											
폰지나무	<i>Celastrus flagellaris</i>																
노박덩굴	<i>C. orbiculatus</i>	○									○	○	○		○	○	
합다리나무	<i>Meliosma oldhamii</i>										○	○	○				
갈매나무	<i>Rhamnus davurica</i>																
까마귀머루	<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i>										○	○	○				
새머루	<i>V. flexuosa</i>										○	○	○				
개머루	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	○													○	○	○
담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>														○	○	○
다래	<i>Actinidia arguta</i>														○	○	
고추나물	<i>Hypericum erectum</i>																
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>	○					○	○			○	○			○	○	○
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i>										○	○	○		○	○	○
달맞이꽃	<i>Oenothera odorata</i>														○		
파리풀	<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>																
계요동	<i>Paederia scandens</i>										○	○	○		○	○	○
꼭두서니	<i>Rubia akane</i>														○	○	○
솔나물	<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i>	○	○														
갈퀴덩굴	<i>G. spurium</i>																
네잎갈퀴	<i>G. trachyspermum</i>	○															
덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i>		○		○				○						○	○	○
가막살나무	<i>V. dilatatum</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
병꽃나무	<i>Weigela subsessilis</i>																
인동	<i>Lonicera japonica</i>										○	○	○		○	○	○
마타리	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>			○													
뚝갈	<i>P. villosa</i>	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○		○		
취오줌풀	<i>Valeriana fauriei</i>																
잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>																
더덕	<i>Codonopsis lanceolata</i>										○						
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i>	○					○	○		○	○	○	○		○	○	○

표 3. (계속)

국명	학명	20무별채구				20별채구				10별채구				6별채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
담배풀	<i>Carpesium abrotanoides</i>																○ ○
숨나물	<i>Leibnitzia anandria</i>	○	○			○	○			○	○			○	○		
등골나물	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	○	○				○			○							○ ○ ○
벌등골나물	<i>E. fortunei</i>									○							
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	○	○	○		○	○	○		○				○			
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>						○	○		○				○	○		
개미취	<i>A. tataricus</i>													○			
참취	<i>A. scaber</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
개망초	<i>Erigeron annuus</i>						○			○	○			○			
망초	<i>E. canadensis</i>					○	○			○	○			○	○		
붉은서나물	<i>Erechtites hieracifolia</i>					○				○				○			
쑥갓	<i>Chrysanthemum coronarium</i> var. <i>spatiosum</i>					○											
구절초	<i>C. zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	○		○		○	○							○	○	○	○
산국	<i>C. boreale</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○
감국	<i>C. indicum</i>													○			
제비쑥	<i>Artemisia japonica</i>	○	○			○				○	○			○	○	○	○
맑은대쑥	<i>A. keiskeana</i>	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
참쑥	<i>A. lavandulaefolia</i>					○								○			
산쑥	<i>A. montana</i>					○											
쑥	<i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i>						○							○	○		○
도깨비바늘	<i>Bidens bipinnata</i>				○												
삼주	<i>Atractylodes japonica</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
영경취	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>	○				○				○				○	○		○
은분취	<i>Saussurea gracilis</i>				○				○								
산비장이	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>	○				○	○								○	○	
수리취	<i>Synurus deltoides</i>	○	○			○	○										
선씀바귀	<i>Ixeris chinensis</i> var. <i>strigosa</i>	○	○			○	○			○	○	○		○	○		
왕고들빼기	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>									○	○			○			
이고들빼기	<i>Youngia denticulata</i>					○								○			

표 4. 조사구 4의 연도별 식물분포상의 변화

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
고사리삼	<i>Botrychium ternatum</i>			○		○											
고사리	<i>Pteridium apuilingum</i> var. <i>latiusculum</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
넉줄고사리	<i>Davallia mariesii</i>	○							○								
가는잎족제비 고사리	<i>Dryopteris chinensis</i>		○	○		○	○					○		○			
족제비고사리	<i>D. bissetiana</i>						○				○				○		
설설고사리	<i>Phegopteris decursive-pinnata</i>														○		
개고사리	<i>Athyrium niponicum</i>								○			○					
돌담고사리	<i>Asplenium sarelii</i>		○														
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>	○				○	○				○	○			○	○	○
소나무	<i>P. densiflora</i>										○				○	○	○
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i>														○	○	○
실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
도랑이피	<i>Koeleria cristata</i>	○															
찰새	<i>Melica onoei</i>		○		○												○
달뿌리풀	<i>Phragmites japonica</i>														○		
그령	<i>Eragrostis ferruginea</i>														○		
취꼬리새풀	<i>Sporobolus elongatus</i>															○	
취꼬리새	<i>Muhlenbergia japonica</i>																○
새	<i>Arundinella hirta</i>	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○
개기장	<i>Panicum bisulcatum</i>										○				○		
좁바랭이	<i>Digitaria chinensis</i>						○	○		○	○			○			○
바랭이	<i>D. sanguinalis</i>						○										
주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>		○	○	○	○	○	○							○	○	○
억새	<i>M. sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	○			○					○				○	○	○	○
기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	○				○	○	○		○				○	○		○
큰기름새	<i>S. sibiricus</i>		○	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○	○
수수새	<i>Sorghum nitidum</i> var. <i>majus</i>										○						
개솔새	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>														○		
솔새	<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>														○		

표 4. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
선사초	<i>Carex alterniflora</i>							o				o					
실사초	<i>C. fernaldiana</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
그늘사초	<i>C. lanceolata</i>			o	o	o	o	o	o	o	o				o	o	
대사초	<i>C. siderosticta</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o				
참삿갓사초	<i>C. jaluensis</i>											o					
삿갓사초	<i>C. dispalata</i>							o									
닭의장풀	<i>Commelina communis</i>							o				o					
여로	<i>Veratrum maackii</i> var. <i>japonicum</i>							o									
원추리	<i>Hemerocallis fulva</i>			o	o	o	o	o	o					o	o		
산부추	<i>Allium thunbergii</i>	o	o			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
하늘말나리	<i>Lilium tsingtauense</i>			o													
무릇	<i>Scilla scilloides</i>		o														o
비짜루	<i>Asparagus schoberioides</i>			o						o	o	o					
은방울꽃	<i>Convallaria keiskei</i>			o													
맥문동	<i>Liriope spicata</i>			o	o												
밀나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>				o							o		o			
청미래덩굴	<i>S. china</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
청가시덩굴	<i>S. sieboldii</i>		o	o		o	o			o	o	o					
마	<i>Dioscorea batatas</i>				o							o					
도꼬로마	<i>D. tokoro</i>									o	o	o					
각시마	<i>Dioscorea tenuipes</i>	o	o			o	o										
은대난초	<i>Cephalanthera longibracteata</i>			o													
보춘화	<i>Cymbidium goeringii</i>							o		o				o	o	o	o
홀아비꽃대	<i>Chloranthus japonicus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
은사시나무	<i>Populus × tomentiglandulosa</i>	o												o			
개서어나무	<i>Carpinus tschonoskii</i>	o	o							o							
서어나무	<i>C. laxiflora</i>											o					
개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>			o	o			o		o	o	o					o
밤나무	<i>Castanea crenata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
갈참나무	<i>Q. aliena</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
졸참나무	<i>Q. serrata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
당느릅나무	<i>Ulmus davidiana</i>											o					
흑느릅나무	<i>U. davidiana</i> for. <i>suberosa</i>											o					

표 4. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
느티나무	<i>Zelkova serrata</i>																o
팽나무	<i>Celtis sinensis</i>							o			o	o	o				
꾸지뽕나무	<i>Cudrania tricuspidata</i>											o	o				
산뽕나무	<i>Morus bombycis</i>		o				o	o	o		o	o	o				
가새뽕나무	<i>M. alba</i> for. <i>kace</i>										o						
뽕나무	<i>M. alba</i>									o							
닥나무	<i>Broussonetia kazinoki</i>	o	o			o			o		o	o	o	o	o	o	o
제비꽃	<i>Thesium chinense</i>	o				o											
며느리땃잎개	<i>Persicaria senticosa</i>																o
개여뀌	<i>P. longiseta</i>																o
으아리	<i>Clematis mandshurica</i>							o			o		o				
사위질빵	<i>C. apiifolia</i>										o	o	o	o			
은평의다리	<i>Thalictrum actaeifolium</i>										o						
산평의다리	<i>T. filamentosum</i>		o	o	o						o						o
댕댕이덩굴	<i>Cocculus trilobus</i>	o	o	o	o	o	o	o		o		o	o	o	o		
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i>															o	o
감태나무	<i>L. glauca</i>	o	o	o		o											
비목나무	<i>L. erythrocarpa</i>	o	o	o	o	o	o	o			o	o	o	o	o		
물매화	<i>Parnassia palustris</i>		o				o										
조팝나무	<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>				o	o					o						
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o
양지꽃	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	o	o				o	o	o	o	o	o	o		o	o	o
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>	o				o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
산딸기	<i>R. crataegifolius</i>		o	o			o	o	o		o	o	o	o			
명석딸기	<i>R. parvifolius</i>	o	o	o			o	o	o	o		o	o	o			
오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>	o	o	o	o	o	o		o	o		o	o	o	o	o	o
질레	<i>Rosa multiflora</i>		o	o	o		o	o			o	o	o	o	o		o
용가시나무	<i>R. maximowicziana</i>	o	o	o	o	o	o		o		o	o	o	o	o	o	o
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o		o
아그배나무	<i>Malus sieboldii</i>	o							o	o						o	
콩배나무	<i>Pyrus calleryana</i> var. <i>fauriei</i>							o									

표 4. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
윤노리나무	<i>Pourthiaea villosa</i>								○								
자귀나무	<i>Albizzia julibrissin</i>			○	○	○	○	○	○			○				○	
차풀	<i>Cassia nomame</i>											○					
고삼	<i>Sophora flavescens</i>	○														○	
다릅나무	<i>Maackia amurensis</i>	○						○								○	○
풀싸리	<i>Lespedeza thunbergii</i> var. <i>intermedia</i>			○													
조록싸리	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
싸리	<i>L. bicolor</i>	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
췌	<i>Pueraria thunbergiana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
땅비싸리	<i>Indigofera kirilowii</i>	○		○	○			○	○			○		○	○	○	○
등	<i>Wisteria floribunda</i>															○	
활나무	<i>Crotalaria sessiliflora</i>	○	○		○				○				○				
초피나무	<i>Zanthoxylum piperitum</i>											○	○	○	○	○	○
산초나무	<i>Z. schinifolium</i>	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
광대싸리	<i>Securinega suffruticosa</i>	○							○	○	○	○	○				
여우주머니	<i>Phyllanthus ussuriensis</i>							○									
붉나무	<i>Rhus chinensis</i>							○	○			○					○
개웃나무	<i>R. trichocarpa</i>	○															
산검양웃나무	<i>R. sylvestris</i>	○		○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
대팻집나무	<i>Ilex macropoda</i>				○												
화살나무	<i>Euonymus alatus</i>				○			○					○	○	○	○	○
회잎나무	<i>E. alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	○	○					○				○					
노박덩굴	<i>Celastrus orbiculatus</i>	○		○		○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
고추나무	<i>Staphylea bumalda</i>	○	○	○	○			○				○	○	○	○	○	○
합다리나무	<i>Meliosma oldhamii</i>	○						○									
갈매나무	<i>Rhamnus davurica</i>		○					○									
까마귀머루	<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i>											○					
새머루	<i>V. flexuosa</i>	○												○	○		
개머루	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	○			○												

표 4. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	○			○	○	○	○	○			○	○				○
다래	<i>Actinidia arguta</i>											○	○				
물고추나무	<i>Triadenum japonicum</i>	○			○												
물레나물	<i>Hypericum ascyron</i>				○				○								○
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>		○	○	○	○	○			○	○			○	○	○	○
줄방제비꽃	<i>V. acuminata</i>									○	○	○	○				
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i>			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
달맞이꽃	<i>Oenothera odorata</i>									○							
큰달맞이꽃	<i>O. lamarckiana</i>									○							
두릅나무	<i>Aralia elata</i>								○								
바디나물	<i>Angelica decursiva</i>															○	
구릿대	<i>A. dahurica</i>		○			○	○			○	○						
기름나물	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	○														○	
말채나무	<i>Cornus walteri</i>	○														○	
노루발	<i>Pyrola japonica</i>		○														○
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>															○	
산철쭉	<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>			○	○				○							○	○
청금나무	<i>Vaccinium lodhami</i>															○	○
좁가지풀	<i>Lysimachia japonica</i>				○					○							
큰까치수영	<i>L. clethroides</i>		○		○	○	○	○	○	○	○		○				
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i>	○	○		○				○	○	○	○					
검노린재	<i>S. paniculata</i>		○														
매죽나무	<i>Styrax japonica</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
취풍나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
쓴풀	<i>Smeritia japonica</i>			○						○						○	○
용담	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	○	○	○		○				○				○	○	○	
산해박	<i>Cynanchum paniculatum</i>															○	
새삼	<i>Cuscuta japonica</i>									○	○						
작살나무	<i>Callicarpa japonica</i>	○														○	
꿀풀	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>	○	○		○	○								○	○	○	○



표 4. (계속)

국 명	학 명	20무별채구				20별채구				10별채구				6별채구				
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	
등골나물	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	○			○					○					○	○	○	○
벌등골나물	<i>E. fortunei</i>														○			
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	○		○		○				○	○				○	○	○	○
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>									○					○			
참취	<i>A. scaber</i>	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
민쑥부쟁이	<i>A. associatus</i>										○				○			
개망초	<i>Erigeron annuus</i>	○	○			○												
망초	<i>E. canadensis</i>	○	○			○	○			○	○				○	○		
붉은서나물	<i>Erechtites hieracifolia</i>	○				○				○								
구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	○		○	○					○					○		○	○
산국	<i>C. boreale</i>	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
감국	<i>C. indicum</i>															○		
제비쑥	<i>Artemisia japonica</i>						○			○					○	○		
맑은대쑥	<i>A. keiskeana</i>	○	○	○		○				○	○				○	○	○	○
참쑥	<i>A. lavandulaefolia</i>	○				○												
쑥	<i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i>							○	○		○	○	○	○				
멸가치	<i>Adenocaulon himalaicum</i>																	○
삼주	<i>Atractylodes japonica</i>	○	○	○	○										○	○	○	○
영경취	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>	○			○	○				○				○				
은분취	<i>Saussurea gracilis</i>																	○
산비장이	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>	○	○	○			○				○	○			○	○		
수리취	<i>Synurus deltoides</i>															○	○	
민들레	<i>Taraxacum mongolicum</i>														○			
선씀바귀	<i>Ixeris chinensis</i> var. <i>sibirigusa</i>	○					○				○	○			○	○	○	
왕고들빼기	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>						○											
뽕리뱅이	<i>Youngia japonica</i>										○							

표 5. 조사구 5의 연도별 식물분포상의 변화

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
고비	<i>Osmunda japonica</i>									○				○	○	○	○
고사리	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>					○	○			○	○	○	○	○	○	○	○
비늘고사리	<i>Dryopteris lacera</i>	○															
가늘은잎제비고사리	<i>D. chinensis</i>	○		○	○					○				○			
옹달고사리	<i>Cornopteris</i> <i>crenulato-serrulata</i>	○															
차꼬리고사리	<i>Asplenium trichomanes</i>	○															
돌담고사리	<i>A. sarelii</i>			○													
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
소나무	<i>P. densiflora</i>					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
곰솔	<i>P. thunbergii</i>					○											
편백	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	○	○	○	○	○	○	○	○								
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i>	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○		
실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
쌀새	<i>Melica onoei</i>									○	○	○	○	○	○		
대새풀	<i>Cleistogenes hackelii</i>					○				○							
취꼬리새풀	<i>Sporobolus elongatus</i>									○							
새	<i>Arundinella hirta</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
잔디바랭이	<i>Dimeria ornithopoda</i>					○											
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>			○						○	○	○	○	○	○	○	○
억새	<i>M. sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
기름새	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	○				○											○
큰기름새	<i>S. sibiricus</i>		○	○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
개억새	<i>Eularia speciosa</i>									○							
수수새	<i>Sorghum nitidum</i> var. <i>majus</i>									○				○	○	○	○
개솔새	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>									○	○			○	○		○
실사초	<i>Carex fernaldiana</i>	○								○	○	○	○	○	○	○	○
밀사초	<i>C. boottiana</i>					○											
그늘사초	<i>C. lanceolata</i>													○			○
대사초	<i>C. siderosticta</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
하늘지기	<i>Fimbristylis dichotoma</i>					○	○			○							

표 5. (계속)

국명	학명	20무별채구				20별채구				10별채구				6별채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
닭의장풀	<i>Commelina communis</i>	○															
깻의밥	<i>Luzula capitata</i>	○															
흰여로	<i>Veratrum versicolor</i>														○		
비비추	<i>Hosta longipes</i>														○	○	○
원추리	<i>Hemerocallis fulva</i>			○				○	○					○			○
산부추	<i>Allium thunbergii</i>					○								○	○		
털중나리	<i>Lilium amabile</i>															○	
등굴레	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>															○	○
애기나리	<i>Disporum smilacinum</i>			○					○					○	○	○	
은방울꽃	<i>Convallaria keiskei</i>													○		○	○
밑나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	○		○	○	○				○			○	○			
청미래덩굴	<i>S. china</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
청가시덩굴	<i>S. sieboldii</i>						○				○	○	○	○	○	○	○
마	<i>Dioscorea batatas</i>				○									○	○		
도꼬로마	<i>D. tokoro</i>										○				○		
각시마	<i>D. tenuipes</i>		○												○	○	
은대난초	<i>Cephalanthera</i> <i>longibracteata</i>									○					○	○	
보춘화	<i>Cymbidium goeringii</i>	○					○								○		
물오리나무	<i>Alnus hirsuta</i>	○	○		○												
사방오리	<i>A. firma</i>	○			○	○											
개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>														○		○
물개암나무	<i>C. sieboldiana</i> var. <i>mandshurica</i>	○		○													
밤나무	<i>Castanea crenata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>		○									○		○			
떡갈나무	<i>Q. dentata</i>											○			○		
졸참나무	<i>Q. serrata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○
물참나무	<i>Q. × grosseserrata</i>														○	○	○
꾸지뽕나무	<i>Cudrania tricuspidata</i>	○															
봄여귀	<i>Persicaria vulgaris</i>		○														
으아리	<i>Clematis mandshurica</i>					○				○				○			
은평의다리	<i>Thalictrum actaeifolium</i>																○
댕댕이덩굴	<i>Cocculus trilobus</i>	○	○	○	○									○	○	○	○

표 5. (계속)

국명	학명	20부벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
비록나무	<i>Lindera erythrocarpa</i>	○															
물매화	<i>Parnassia palustris</i>									○	○	○		○	○	○	
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>				○									○			
양지꽃	<i>Potentilla fragarilides</i> var. <i>major</i>	○				○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
세잎양지꽃	<i>P. freyniana</i>													○			
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>	○		○	○												
산딸기	<i>R. crataegifolius</i>	○	○	○	○												
오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
용가시나무	<i>Rosa maximowicziana</i>														○		
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>									○				○			
콩배나무	<i>Pyrus calleryana</i> var. <i>fauriei</i>														○		
팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i>														○	○	○
자귀나무	<i>Albizia julibrissin</i>				○										○		
조록싸리	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	○			○										○	○	○
참싸리	<i>L. cyrtobotrya</i>	○			○			○									
싸리	<i>L. bicolor</i>	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
나비나물	<i>Vicia unijuga</i>														○		
취	<i>Pueraria thunbergiana</i>				○										○		
땅비싸리	<i>Indigofera kirilowii</i>														○		
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
여우구슬	<i>Phyllanthus urinaria</i>		○														
붉나무	<i>Rhus chinensis</i>					○											
산검양울나무	<i>R. sylvestris</i>					○	○	○	○					○			
대팻집나무	<i>Ilex macropoda</i>	○				○	○	○	○	○				○	○		
노박명굴	<i>Celastrus orbiculatus</i>	○	○														
고로쇠나무	<i>Acer mono</i>														○		
새머루	<i>Vitis flexuosa</i>														○		
고추나물	<i>Hypericum erectum</i>		○														
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>	○								○							
보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i>	○															
개미타	<i>Halorrhagis micrantha</i>				○	○	○	○	○	○				○			
처녀바디	<i>Angelica</i> <i>cartilagino-marginata</i>														○		

표 5. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
기름나무	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>									○				○	○		
노루발	<i>Pyrola japonica</i>					○	○	○						○			
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	○				○				○	○	○		○	○	○	
산철쭉	<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>					○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	
청금나무	<i>Vaccinium lodhami</i>					○				○				○	○	○	
큰까치수영	<i>Lysimachia clethroides</i>													○	○		
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i>									○	○	○	○		○	○	○
때죽나무	<i>Styrax japonica</i>	○	○	○	○	○				○	○	○	○		○	○	○
쇠물푸레	<i>Fraxinus sieboldiana</i>									○				○	○	○	○
취풍나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i>													○			
큰벼룩아재비	<i>Mitrasacme pygmaea</i>					○											
쓴풀	<i>Swertia japonica</i>					○				○	○	○		○			
용담	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○
작살나무	<i>Callicarpa japonica</i>			○													
꿀풀	<i>Prunellavulgaris</i> var. <i>lilacina</i>																○
등근배암차즈기	<i>Salvia japonica</i>															○	○
방아풀	<i>Isodon japonicus</i>													○			
산락하	<i>I. inflexus</i>													○			
꽃머느리밥풀	<i>Melampyrum roseum</i>					○	○	○		○	○	○		○	○	○	○
알머느리밥풀	<i>M. roseum</i> var. <i>ovalifolium</i>					○				○				○			
꼭두서니	<i>Rubia akane</i>													○			
솔나무	<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i>															○	
네잎갈퀴	<i>G. trachyspermum</i>															○	
덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i>							○		○	○	○	○	○	○	○	○
가막살나무	<i>V. dilatatum</i>					○	○	○		○	○	○		○			
병꽃나무	<i>Weigela subsessilis</i>					○											
인동	<i>Lonicera japonica</i>	○	○	○	○	○											
마타리	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>																○
뚝갈	<i>P. villosa</i>									○				○	○		

표 5. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구				
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	
잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>															○	○	○
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i>									○	○	○				○	○	○
떡쑥	<i>Gnaphalium affine</i>		○															
숨다리	<i>Leontopodium coreanum</i>											○						
담배풀	<i>Carpesium abrotanoides</i>									○						○	○	
숨나물	<i>Leibnitzia anandria</i>	○				○				○	○					○	○	
등골나물	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	○			○	○				○	○	○	○	○	○			
별등골나물	<i>E. fortunei</i>					○						○	○			○	○	
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	○				○				○	○	○	○	○	○	○	○	○
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>															○	○	
참취	<i>A. scaber</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
개망초	<i>Erigeron annuus</i>		○															
붉은서나물	<i>Erechtites hieracifolia</i>		○			○				○								
산국	<i>Chrysanthemum boreale</i>									○	○	○	○	○	○	○	○	○
감국	<i>C. indicum</i>	○	○															
제비쑥	<i>Artemisia japonica</i>	○	○		○					○								
맑은대쑥	<i>A. keiskeana</i>	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
쑥	<i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i>	○		○	○													
삼주	<i>Atractylodes japonica</i>							○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
영경취	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>											○	○			○	○	
각시취	<i>Saussurea pulchella</i>									○								
큰각시취	<i>S. japonica</i>															○		
은분취	<i>S. gracilis</i>															○		
산비장이	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>							○								○		
수리취	<i>Synurus deltoides</i>									○	○				○	○	○	○
선씀바귀	<i>Ixeris chinensis</i> var. <i>strigosa</i>	○	○				○	○		○	○	○			○			

표 6. 조사구 6의 연도별 식물분포상의 변화

국 명	학 명	20무벌채구		20벌채구		10벌채구		6벌채구							
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01		
고비	<i>Osmunda japonica</i>											○	○	○	○
고사리	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○
가는잎족제비고사리	<i>Dryopteris chinensis</i>			○					○	○	○				
족제비고사리	<i>D. bissetiana</i>	○							○						
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
소나무	<i>P. densiflora</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
삼나무	<i>Cryptomeria japonica</i>			○											
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
실새풀	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○
잔디	<i>Zoysia japonica</i>							○							
새	<i>Arundinella hirta</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
주름조개풀	<i>Oplismenus nudulatifolius</i>	○	○	○					○	○					
참억새	<i>Miscanthus sinensis</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
억새	<i>M. sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
큰기름새	<i>Spodiopogon sibiricus</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
개억새	<i>Eularia speciosa</i>								○				○		
개솔새	<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
솔새	<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>			○						○					
실사초	<i>Carex fernaldiana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
그늘사초	<i>C. lanceolata</i>			○					○					○	○
대사초	<i>C. siderosticta</i>								○	○	○	○	○	○	○
비비추	<i>Hosta longipes</i>													○	○
원주리	<i>Hemerocallis fulva</i>													○	○
산부추	<i>Allium thunbergii</i>	○	○			○	○							○	○
털중나리	<i>Lilium amabile</i>													○	
애기나리	<i>Disporum smilacinum</i>													○	
은방울꽃	<i>Convallaria keiskei</i>													○	○
밀나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>								○		○				
청미래명굴	<i>S. china</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○
청가시명굴	<i>S. sieboldii</i>	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

표 6. (계속)

국명	학명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
마	<i>Dioscorea batatas</i>																○
도꼬로마	<i>D. tokoro</i>																○
은대난초	<i>Cephalanthera longibracteata</i>				○		○	○			○			○	○	○	○
보춘화	<i>Cymbidium goeringii</i>	○				○	○							○			
서어나무	<i>Carpinus laxifolra</i>					○											
개암나무	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>													○			
밤나무	<i>Castanea crenata</i>	○	○	○							○	○	○		○	○	○
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i>										○						
떡갈나무	<i>Q. dentata</i>					○	○	○						○			
졸참나무	<i>Q. serrata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○	○	○
들참나무	<i>Q. × grosseserrata</i>														○	○	○
닥나무	<i>Broussonetia kazinoki</i>														○		
삼	<i>Cannabis sativa</i>	○	○		○												
제비꽃	<i>Thesium chinense</i>			○													
으아리	<i>Clematis mandshurica</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
노루귀	<i>Hepatica asiatica</i>																○
댕댕이명굴	<i>Cocculus trilobus</i>	○	○	○	○						○	○	○		○	○	○
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i>									○							
감태나무	<i>L. glauca</i>									○							
물매화	<i>Parnassia palustris</i>	○	○												○	○	
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i>				○	○				○	○	○					
양지꽃	<i>Potentilla fragarilides</i> var. <i>major</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
수리딸기	<i>Rubus corchorifolius</i>				○	○				○	○	○	○	○			
산딸기	<i>R. crataegifolius</i>				○						○	○					
오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i>	○	○	○	○						○	○	○	○	○	○	○
용기시나무	<i>Rosa maximowicziana</i>	○															○
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i>					○				○					○		
팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i>														○		
자귀나무	<i>Albizia julibrissin</i>							○	○								
조록싸리	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○
참싸리	<i>L. cyrtobotrya</i>	○				○									○		
싸리	<i>L. bicolor</i>		○	○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○
쑤	<i>Pueraria thunbergiana</i>	○	○	○		○											
땅비싸리	<i>Indigofera kirilowii</i>													○	○	○	

표 6. (계속)

국명	학명	20무별채구				20별채구				10별채구				6별채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
초피나무	<i>Zanthoxylum piperitum</i>								o				o				
산초나무	<i>Z. schinifolium</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
산검양울나무	<i>Rhus sylvestris</i>	o	o	o	o					o	o	o	o	o			
대팻집나무	<i>Ilex macropoda</i>	o				o				o	o	o	o	o	o	o	o
노박덩굴	<i>Celastrus orbiculatus</i>	o	o	o	o					o	o	o					
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>	o	o	o		o				o							
개미탑	<i>Halorrhagis micrantha</i>	o				o				o	o			o	o		
기름나무	<i>Peucedanum terebinthaceum</i>													o			
노루발	<i>Pyrola japonica</i>	o												o			o
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	o								o				o	o	o	o
산철쭉	<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
큰까치수영	<i>Lysimachia clethroides</i>													o			
감나무	<i>Diospyros kaki</i>		o			o											
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i>	o	o			o								o			
때죽나무	<i>Styrax japonica</i>	o	o	o	o	o				o	o	o	o	o	o	o	o
쇠물푸레	<i>Fraxinus sieboldiana</i>									o	o	o	o	o	o	o	o
취풍나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	o	o	o	o												
쓴풀	<i>Swertia japonica</i>	o				o	o	o		o				o	o		
용담	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>													o	o		o
작살나무	<i>Callicarpa japonica</i>	o	o	o	o												
산박하	<i>Isodon inflexus</i>									o							
주름잎	<i>Mazus pumilus</i>									o							
꽃머느리밥풀	<i>Melampyrum roseum</i>		o	o	o									o	o	o	o
알머느리밥풀	<i>M. roseum</i> var. <i>ovalifolium</i>	o												o			
계요등	<i>Paederia scandens</i>		o	o	o												
덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i>	o	o	o	o	o	o			o	o	o	o	o	o	o	o
가막살나무	<i>V. dilatatum</i>	o	o	o	o					o	o	o					
인동	<i>Lonicera japonica</i>	o	o	o	o												
뚝갈	<i>Patrinia villosa</i>	o												o			
잔대	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>		o											o	o		o
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i>													o	o		o

표 6. (계속)

국 명	학 명	20무벌채구				20벌채구				10벌채구				6벌채구			
		98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01	98	99	00	01
솜다리	<i>Leontopodium coreanum</i>	○	○						○								
담배풀	<i>Carpesium abrotanoides</i>	○													○		
솜나물	<i>Leibnitzia anandria</i>					○	○			○	○				○		
등골나물	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	○				○	○			○	○					○	○
벌등골나물	<i>E. fortunei</i>	○	○														
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>		○				○				○	○					
참취	<i>A. scaber</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
망초	<i>Erigeron canadensis</i>						○			○							
산국	<i>Chrysanthemum boreale</i>	○				○	○			○							
맑은대쑥	<i>Artemisia keiskeana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
삼주	<i>Atractylodes japonica</i>	○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
영경취	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>	○	○		○					○	○				○		
은분취	<i>Saussurea gracilis</i>				○										○		○
산비장이	<i>Serratula coronata</i> var. <i>insularis</i>										○	○					
수리취	<i>Synurus deltoides</i>										○	○			○	○	
선씀바귀	<i>Ixeris chinensis</i> var. <i>strigosa</i>	○	○		○	○	○			○	○	○		○	○		

## 2. 토양미소절지동물상 변화

1998년 5월

Microarthropods	Sampling site 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA							
Acari	220	957	335	1,989	499	1,748	5,748
Araneae	3	1		5		8	17
Pseudoscorpiones	4	10		16		11	41
CHILOPODA							
Scolopendromorpha				1			1
Geophilomorpha	4	2	9	4	7	7	33
Lithobiomorpha	2	3			2	3	10
SYMPHYLA							
	5	2	5	3	4	9	28
DIPLOPODA							
	2	2		1	1	12	18
CRUSTACEA							
Isopoda		2		1		2	5
INSECTA							
Collembola	199	1,002	252	2,003	413	1,910	5,779
Hymenoptera	5	1	3	10	45	345	409
Diptera	17	19	6	25	3	38	108
Protura				7		7	14
Lepidoptera		1	1	1			3
Thysanoptera	1	28	4	67		21	121
Archaeognatha			1				1
Coleoptera		1		3	5	4	13
Homoptera	2			4		4	10
Total	464	2,031	616	4,140	979	4,129	12,359

1998년 6월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	143	709	435	1,667	306	1,830	5,090
Araneae		1		6	1	3	11
Pseudoscorpiones		11	5	22		21	59
CHILOPODA							
Scolopendromorpha		1					1
Geophilomorpha		2	4	3	6	4	19
Lithobiomorpha		1		11		3	15
SYMPHYLA	3	2	2	5	1	6	19
PAUROPODA			1	2	1	5	9
CRUSTACEA							
Isopoda		2		2		2	6
INSECTA							
Collembola	75	834	353	1,942	297	3,174	6,675
Hymenoptera		10	5	12	15	16	58
Diptera	4	19	3	4	10	24	64
Protura				7		10	17
Lepidoptera						3	3
Thysanoptera	2	18	4	34	1	5	64
Dipulura				1			1
Archaeognatha			3	1		1	5
Coleoptera	1	3	1		3		8
Homoptera		2	1	3	3	2	11
Total	228	1,615	817	3,722	644	5,109	12,135

1998년 7월

Microar thropods	Sampling site 벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA							
Acari	321	618	447	1026	446	1203	4061
Araneae		2	1	3	1	5	12
Pseudoscorpiones	15	6	2	18	3	21	65
CHILOPODA							
Geophilomorpha	5		8	1	2		16
Lithobiomorpha				1		4	5
SYMPHYLA	7	3		5	1	8	24
CRUSTACEA							
Isopoda		1		2		3	6
INSECTA							
Collembola	552	461	425	678	542	793	3451
Hymenoptera	24	9	286	25	11	6	361
Diptera	2	10	2		14	30	58
Protura	8		3		1	6	18
Thysanoptera	2	1		3		4	10
Coleoptera		1		2		1	4
Homoptera			5	1			6
Total	936	1112	1179	1765	1021	2084	8097

1998년 8월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	277	1,066	461	1,444	634	2,130	6,012
Araneae	2	1	1	5		5	14
Pseudoscorpiones	1	14	6	28	4	15	68
CHILOPODA							
Scolopendromorpha			1				1
Geophilomorpha	5		8		5		18
Lithobiomorpha			4	4			8
SYMPHYLA	10	4	5	12	7	3	41
PAUROPODA		1					1
CRUSTACEA							
Isopoda			1				1
INSECTA							
Collembola	317	901	574	1,592	641	2,272	6,297
Hymenoptera	14	44	50	59	23	5	195
Diptera	1	11	6	60	24	48	150
Protura		2	1	2	2		7
Lepidoptera			2	2		2	6
Thysanoptera	2	3	1	25	2	11	44
Dipulura	2			2			4
Isoptera	3	11	7	3	2		26
Archaeognatha						1	1
Coleoptera	1			2	1	1	5
Homoptera		1	4	3	3	1	12
Total	635	2,059	1,132	3,243	1,348	4,494	12,911

1998년 9월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	1,215	1,646	1,998	2,448	1,446	3,057	11,810
Araneae	1	3	3		3	1	11
Pseudoscorpiones	26	11	25	23	2	21	108
CHILOPODA							
Geophilomorpha	2	1	5	1	10		19
Lithobiomorpha	1	2	1		6	3	13
SYMPHYLA	12	2	4	2	8	13	41
DIPLOPODA	1	1					2
PAUROPODA	6	11	1	3	3	1	25
CRUSTACEA							
Isopoda				1	1		2
INSECTA							
Collembola	689	1,782	915	1,570	1,276	1,231	7,463
Hymenoptera	13	14	8	9	140	19	203
Diptera	3	3	2	2	2	10	22
Protura			1	2	4	3	10
Lepidoptera		2					2
Thysanoptera	1	2	4	11		2	20
Dipulura	2			1			3
Isoptera	1	10		5	1	2	19
Coleoptera	5	1	1	8	3		18
Staphylinidae						1	1
Homoptera	1	2	2	10	1	1	17
Total	1,979	3,493	2,970	4,096	2,906	4,365	

1998년 10월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	835	1,180	1,014	1,286	1,099	1,480	6,894
Araneae			7	4		3	14
Pseudoscorpiones	4	37	11	30	4	9	95
CHILOPODA							
Scolopendromorpha				1			1
Geophilomorpha	15	1	10	5	13	1	45
Lithobiomorpha	3	1	2	2	2		10
SYMPHYLA	3	7			3	4	17
PAUROPODA		6		7		1	14
DIPLOPODA			5				5
CRUSTACEA							
Isopoda		1	1	4		5	11
INSECTA							
Collembola	660	1,218	984	1,449	710	1,398	6,419
Hymenoptera	6	7	12	66	13		104
Diptera	2	73	3	47	14	24	163
Protura		15	8	92	4	76	195
Thysanoptera		2	4	27		18	51
Dipulura			1				1
Isoptera				1		1	2
Archaeognatha				4			4
Coleoptera	1	2	3	9	2	6	23
Staphylinidae			1				1
Homoptera		1	1	5	1	2	10
Total	1,529	2,551	2,067	3,039	1,865	3,028	14,079

1998년11월

Microar thropods	Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA								
Acari		1,026	1,721	1,278	4,337	1,997	6,791	17,150
Araneae			6		3	3	18	30
Pseudoscorpiones		6	12	8	16	22	18	82
CHILOPODA								
Geophilomorpha		4	4	11	3	6	2	30
Lithobiomorpha				1			7	8
SYMPHYLA								
				2	5	1		8
DIPLOPODA								
		1	3		2	1	2	9
PAUROPODA								
		1		1				2
CRUSTACEA								
Isopoda		1	1	1	1		5	9
INSECTA								
Collembola		756	918	746	1,822	1,086	2,441	7,769
Hymenoptera		1	3	8	2			14
Diptera		6	37	6	19	8	24	100
Protura		14	3	27	35	7	72	158
Thysanoptera			16	2	8		16	42
Dipulura				1				1
Archaeognatha			1					1
Coleoptera		2	1	2	1	1	1	8
Homoptera					4	7	4	15
Total		1,818	2,726	2,094	6,258	3,139	9,401	

1998년 12월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	596	1,208	1,389	3,354	2,030	5,034	13,611
Araneae					1	4	5
Pseudoscorpiones	4	1	9	4	15	2	35
CHILOPODA							
Geophilomorpha			3				3
Lithobiomorpha				1			1
SYMPHYLA	1		1				2
DIPLOPODA	1		3			6	10
PAUROPODA			1	4			5
CRUSTACEA							
Isopoda					1	2	3
INSECTA							
Collembola	591	434	654	579	858	1,929	5,045
Hymenoptera	28		169	23	3	2	225
Diptera	3	3	6		5	34	51
Protura	4	2	3	6	2	17	34
Thysanoptera		1		5		12	18
Dipulura			1				1
Archaeognatha						1	1
Coleoptera	1		3	2	1	2	9
Staphylinidae						1	1
Homoptera				6			6
Total	1,229	1,649	2,242	384	2,916	7,046	

1999년 1월

Microarthropods	Sampling site		간존지 토양층	간존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층					
ARACHNIDA							
Acari	907	1,075	1,282	2,085	1,300	3,445	10,094
Araneae		1	2	4	1	5	13
Pseudoscorpiones	9	5	14	9	7	1	45
CHILOPODA							
Geophilomorpha	1		4		8	1	14
Lithobiomorpha			3	2	3	1	9
SYMPHYLA	1		1		1	1	4
DIPLOPODA		3		1			4
PAUROPODA				9			9
INSECTA							
Collembola	814	1,849	793	1,238	807	1,664	7,165
Hymenoptera			6	3		2	11
Diptera	4	10	1	1		3	19
Protura	3	3	3	16	6	18	49
Thysanoptera			2	5		7	14
Coleoptera	2	6	4	4	1		17
Staphylinidae	1		1				2
Homoptera		6	3	12			21
Total	1,742	2,958	2,119	3,389	2,134	5,148	

1999년 2월

Sampling site	별채지	별채지	잔존지	잔존지	대조구	대조구	총합
Microarthropods	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	
ARACHNIDA							
Acari	195	171	512	640	520	5,414	7,452
Araneae				1		8	9
Pseudoscorpiones			11	1			12
CHILOPODA							
Geophilomorpha	2		1				3
Lithobiomorpha			1	3		2	6
SYMPHYLA							
			3			1	4
DIPLOPODA							
				1			1
INSECTA							
Collembola	252	241	492	598	510	1,049	3,142
Hymenoptera			16	2		1	19
Diptera	3			9		16	28
Protura			1	8		59	68
Thysanoptera	1			6		3	10
Coleoptera				2		1	3
Homoptera				7			7
Total	453	412	1,037	1,278	1,030	6,554	

1999년 3월

Microarthropods	Sampling site		잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층					
ARACHNIDA							
Acari	159	233	896	2,884	1,580	1,756	7,508
Araneae				1		13	14
Pseudoscorpiones	8	3	1	5	12	3	32
CHILOPODA							
Geophilomorpha	14	1	8	4	4		31
Lithobiomorpha	3			6	3	1	13
SYMPHYLA							
			1				1
DIPLOPODA							
			1	1		1	3
CRUSTACEA							
Isopoda		1		27	2	2	32
INSECTA							
Collembola	174	229	272	746	654	994	3,069
Hymenoptera		2	16	10	3	1	32
Diptera	3	1	1	41	2	186	234
Protura					1	2	3
Thysanoptera				6		10	16
Coleoptera	2	2	5	5	1	4	19
Staphylinidae				1	1		2
Homoptera				25	4	3	32
Isoptera	2						2
Lepidoptera					1		1
Total	365	472	1,201	3,762	2,268	2,976	11,044

1999년 5월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	351	698	459	2,012	564	2,064	6,148
Araneae	1		1	3	2	6	13
Pseudoscorpiones	2	6	2	13	1	6	30
CHILOPODA							
Scolopendromorpha				1		2	3
Geophilomorpha	2		6	5	3	5	21
Lithobiomorpha	2		3	1	2	3	11
SYMPHYLA	3	1	2	1	4	4	15
DIPLOPODA	1			5	2	13	21
CRUSTACEA							
Isopoda		3		3		2	8
INSECTA							
Collembola	261	1,324	289	2,112	496	2,314	696
Hymenoptera	1	2	1	18	36	298	356
Diptera	16	24	3	24	6	41	114
Protura				5		4	9
Lepidoptera			1	1	1	1	4
Thysanoptera	1	14	4	34	2	25	80
Archaeognatha			1		1		2
Coleoptera		1		4	3	4	12
Homoptera		1		2		3	6
Total	641	2,074	772	4,244	1,123	4,795	13,649

1999년 6월

Sampling site Microarthropods	벌채지		잔존지		대조구		총합
	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	
ARACHNIDA							
Acari	211	801	389	1,799	406	2,059	5,665
Araneae		2	1	6	3	5	17
Pseudoscorpiones		13	5	26	1	23	68
CHILOPODA							
Scolopendromorpha		1		1		2	4
Geophilomorpha		2	3	2	4	6	17
Lithobiomorpha				6		5	11
SYMPHYLA	1	2	1	6	1	5	16
PAUROPODA			1	2	1	5	9
CRUSTACEA							
Isopoda		1		2		3	6
INSECTA							
Collembola	63	702	401	1,897	399	3,127	6,589
Hymenoptera		6	4	11	16	19	56
Diptera	3	15	2	9	11	32	72
Protura				4		6	10
Lepidoptera				1		3	4
Thysanoptera	1	6	2	29	1	8	47
Dipulura				1		3	4
Archaeognatha			3	1	1	1	6
Coleoptera	1		1	1	3	1	7
Homoptera		2	1	2	2	1	8
Total	280	1,553	814	3,806	849	5,314	12,616

1999년 7월

Microarthropods	Sampling site		벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층							
ARACHNIDA									
Acari	103	458	521	1,321	537	1,368	4,308		
Araneae		1		3	20	6	30		
Pseudoscorpiones	4	7	1	19	2	31	64		
CHILOPODA									
Geophilomorpha			2	1	2	2	7		
Lithobiomorpha		1		1	2	4	8		
SYMPHYLA	2	1	1	6	2	9	21		
CRUSTACEA									
Isopoda		1	1	2	1	3	8		
INSECTA									
Collembola	369	532	562	769	598	802	3,632		
Hymenoptera	13	2	196	11	26	10	258		
Diptera	1	5	9	11	10	29	65		
Protura			3	1	1	6	11		
Thysanoptera	1		1	3	1	4	10		
Coléoptera		1	1	2	3	4	11		
Homoptera			4	2	1	5	12		
Total	493	1,009	1,302	2,152	1,206	2,283	8,445		

1999년 8월

Microarthropods	Sampling site		잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층					
ARACHNIDA							
Acari	201	921	521	1,398	597	2,335	5,973
Araneae	1	2	2	6	1	4	16
Pseudoscorpiones	1	7	7	31	3	15	64
CHILOPODA							
Scolopendromorpha	1		1		1		3
Geophilomorpha	3		6	1	4	1	15
Lithobiomorpha			5	2	1	3	11
SYMPHYLA		2	3	16	7	8	36
PAUROPODA				1		1	2
CRUSTACEA							
Isopoda			1	1	1	2	5
INSECTA							
Collembola	296	932	562	1,469	609	2,311	6,179
Hymenoptera	2	23	21	23	36	21	126
Diptera		6	4	49	18	45	122
Protura		1	1	1	2	3	8
Lepidoptera			1	2	3	2	8
Thysanoptera		1	2	25	3	19	50
Dipulura		1	1	2		2	6
Isoptera		3	4	3	2	4	16
Archaeognatha				1	1	1	3
Coleoptera			1	2	1	1	5
Homoptera		2	3	1	1	1	8
Total	505	1,901	1,146	3,034	1,291	4,779	12,656

1999년 9월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	805	1,106	1,894	2,369	1,421	3,296	10,891
Araneae	1	2	2	1	2	1	9
Pseudoscorpiones	9	16	24	29	10	26	114
CHILOPODA							
Geophilomorpha	1	1	5	4	10	6	27
Lithobiomorpha	1	1	1	4	5	4	16
SYMPHYLA							
	5	1	2	6	7	15	36
DIPLOPODA							
		2	2	1	3	2	10
PAUROPODA							
	3	9	2	1	2	5	22
CRUSTACEA							
Isopoda				1	1	2	4
INSECTA							
Collembola	698	1,356	1,011	1,621	1,325	1,397	7,408
Hymenoptera	2	9	2	8	94	36	151
Diptera	2	4	3	5	3	10	27
Protura	1	1	1	2	4	3	12
Lepidoptera		2	1	2	3	8	16
Thysanoptera	1	1	3	9	6	6	26
Dipulura	1		1	3	1	4	10
Isoptera	1	5	1	5	3	8	23
Coleoptera	3	2	2	5	3	6	21
Staphylinidae				2	2	5	9
Homoptera	1	1	1	9	2	2	16
Total	1,535	2,519	2,958	4,087	2,907	4,842	18,848

1999년 10월

Microarthropods	Sampling site		벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
	토양층	낙엽층							
ARACHNIDA									
Acari	996	1,398	1,254	3,998	2,001	5,412	15,059		
Araneae		5	2	4	3	15	29		
Pseudoscorpiones	7	10	9	21	25	21	93		
CHILOPODA									
Geophilomorpha	1	3	6	9	11	6	36		
Lithobiomorpha		1	1	3	2	6	13		
SYMPHYLA		2	2	5	2	3	14		
DIPLOPODA	1	1	2	4	2	3	13		
PAUROPODA		1	1	1	1	1	5		
CRUSTACEA									
Isopoda			1	2		5	8		
INSECTA									
Collembola	752	879	796	2,001	1,195	2,396	8,019		
Hymenoptera	1	1	6	4	2	6	20		
Diptera	3	9	8	21	15	23	79		
Protura		4	26	29	35	57	151		
Thysanoptera		8	3	9	10	15	45		
Dipulura			1	1	1	1	4		
Archaeognatha		1		1	2	1	5		
Coleoptera		2	2	3	2	4	13		
Homoptera			2	4	4	4	14		
Total	1,761	2,325	2,122	6,120	3,313	7,979	23,620		

1999년 12월

Microarthropods	Sampling site		잔존지		대조구		총합
	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	
ARACHNIDA							
Acari	496	1,165	1,295	3,541	1,997	4,983	13,477
Araneae			1	1	1	4	7
Pseudoscorpiones		3	5	9	9	12	38
CHILOPODA							
Geophilomorpha		2	2	3	1	2	10
Lithobiomorpha				1	1	2	4
SYMPHYLA	1		1	1	1	1	5
DIPLOPODA	1		3	1	2	7	14
PAUROPODA			1	4	2	4	11
CRUSTACEA							
Isopoda			1	1	1	3	6
INSECTA							
Collembola	425	498	698	778	899	1,947	5,245
Hymenoptera	16	2	23	19	6	31	97
Diptera		2	4	11	5	29	51
Protura		3	5	4	6	15	33
Thysanoptera		2	2	5	5	13	27
Dipulura		1	1	1	1	1	5
Archaeognatha				1		2	3
Coleoptera	1		3	3	3	5	15
Staphylinidae				1		1	2
Homoptera		1	1	2	1	3	8
Total	940	1,679	2,046	4,387	2,941	7,065	19,058

2000년 1월

Microarthropods	Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA								
Acari		698	997	1,095	1,995	1,126	3,258	9,169
Araneae			1	1	2	1	4	9
Pseudoscorpiones			5	15	5	11	1	37
CHILOPODA								
Geophilomorpha		1		4	1	7	3	16
Lithobiomorpha				3	2	3	2	10
SYMPHYLA		1		1	1	1	1	5
DIPLOPODA			3	2	1	1	2	9
PAUROPODA				1	3	2	1	7
INSECTA								
Collembola		521	989	871	1,193	894	1,741	6,209
Hymenoptera				4	2	5	2	13
Diptera			5	3	9	5	6	28
Protura			2	3	12	7	15	39
Thysanoptera			1	2	4	1	6	14
Coleoptera		1	1	3	2	1	10	18
Staphylinidae		1		1		1	1	4
Homoptera			4	6	9	2	3	24
Total		1,223	2,008	2,015	3,241	2,068	5,056	15,611

2000년 2월

Microar thropods	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA							
Acari	98	214	612	1,129	698	3,968	6,719
Araneae		1	1	1	1	5	9
Pseudoscorpiones		1	6	2	2	5	16
CHILOPODA							
Geophilomorpha			1	1	1	2	5
Lithobiomorpha		1	1	3	3	4	12
SYMPHYLA							
		1	1	1	1	1	5
DIPLOPODA							
				1		3	4
INSECTA							
Collembola	97	201	541	958	560	1,109	3,466
Hymenoptera		2	9	9	6	11	37
Diptera		2	1	9	1	16	29
Protura		2	1	10	11	39	63
Thysanoptera	1	2	2	6	1	6	18
Coleoptera				2		1	3
Homoptera				5		3	8
Total	196	427	1,176	2,137	1,285	5,173	10,394

2000년 3월

Microar thropods	Sampling site 벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA							
Acari	256	1,211	897	2,195	1,369	2,105	8,033
Araneae		1	2	4	6	9	22
Pseudoscorpiones	3	6	2	6	8	12	37
CHILOPODA							
Geophilomorpha	9	5	6	11	2	12	45
Lithobiomorpha		2	1	3	3	4	13
SYMPHYLA		1	1	1	1	2	6
DIPLOPODA		1	1	1	2	1	6
CRUSTACEA							
Isopoda		1	6	10	7	12	36
INSECTA							
Collembola	211	354	411	865	705	1,012	3,558
Hymenoptera		2	5	11	4	10	32
Diptera	3	4	6	29	15	150	207
Protura		1	1	1	1	2	6
Thysanoptera		1	2	5	3	11	22
Coleoptera	2	2	4	6	1	9	24
Staphylinidae		1	1	1	1	2	6
Homoptera		1	2	15	11	21	50
Isoptera	2		1	2	1	2	8
Lepidoptera		1	2	1	1	1	6
Total	486	1,595	1,351	3,167	2,141	3,377	12,117

2000년 4월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	1,011	1,254	1,365	2,987	1,798	3,654	12,069
Araneae	1	5	5	12	11	23	57
Pseudoscorpiones	5	10	9	29	10	32	95
CHILOPODA							
Scolopendromorpha		1	1	1	1	1	2
Geophilomorpha	9	4	10	9	6	11	49
Lithobiomorpha	1	2	1	2	3	5	14
SYMPHYLA	2	5	2	3	2	2	16
DIPLOPODA		1		2		1	4
PAUROPODA				4		5	9
CRUSTACEA							
Isopoda		1	1	2	2	8	14
INSECTA							
Collembola	536	798	612	1,321	805	1,965	6,037
Hymenoptera	15	34	12	16	6	13	96
Diptera	9	29	15	29	16	69	167
Protura	1	4	3	12	14	24	58
Thysanoptera	1	2	6	11	5	7	32
Coleoptera	1	3	3	4	5	4	20
Staphylinidae			1	1	1	2	5
Dipulura	1	1	1	4	2	4	7
Homoptera	2	3	5	23	6	25	64
Isoptera		1	2	1	2	3	9
Total	1,595	2,158	2,054	4,473	2,695	5,858	18,824

2000년 5월

Microar thropods	Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA								
Acari		321	988	453	2,004	497	2,143	6,406
Araneae		4	2	2	6	2	6	22
Pseudoscorpiones		5	11		17		18	51
CHILOPODA								
Scolopendromorpha					1		1	2
Geophilomorpha		3	2	8	6	6	8	33
Lithobiomorpha		1	4	1	3	1	4	14
SYMPHYLA								
		6	4	7	5	7	10	39
DIPLOPODA								
		1	3	1	2	2	9	18
CRUSTACEA								
Isopoda			1		2		4	7
INSECTA								
Collembola		254	1,214	264	1,841	458	2,198	6,229
Hymenoptera		3	2	4	6	51	248	314
Diptera		24	18	4	25	1	32	104
Protura			1		4		5	10
Lepidoptera		1	1	1	2		2	7
Thysanoptera		2	21	7	69	12	25	136
Archaeognatha				1				1
Coleoptera		1	1	1	4	2	5	14
Homoptera		1	1	1	5	2	4	14
Total		464	2,031	616	4,140	979	4,134	13,421

2000년 6월

Microarthropods	Sampling site		잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층					
ARACHNIDA							
Acari	124	698	489	1,874	561	1,952	5,698
Araneae	2	1	1	3	1	3	11
Pseudoscorpiones	1	10	3	15	5	19	53
CHILOPODA							
Scolopendromorpha		1		1			2
Geophilomorpha		1	3	4	5	4	17
Lithobiomorpha		1	2	8	1	9	21
SYMPHYLA	3	1	3	6	1	4	18
PAUROPODA		1	1	3	2	5	12
CRUSTACEA							
Isopoda		1		1		2	4
INSECTA							
Collembola	72	869	451	2,089	432	3,095	7,008
Hymenoptera	1	5	7	6	18	20	57
Diptera	3	16	1	5	15	24	64
Protura		5		4		6	15
Lepidoptera		1		1		2	4
Thysanoptera	1	14	5	29	2	6	57
Dipulura				1		1	2
Archaeognatha			4	2	2	1	9
Coleoptera	2	1	2	1	3	5	14
Homoptera	1	2	1	4	2	4	14
Total	210	1,628	973	4,057	1,050	5,162	13,080

2000년 7월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	315	598	462	1,214	598	1,492	4,679
Araneae	1	2	1	4	1	4	13
Pseudoscorpiones	12	4	3	17	4	25	65
CHILOPODA							
Geophilomorpha	3	1	7	5	2	3	21
Lithobiomorpha				1		2	3
SYMPHYLA	8	3		3	1	8	23
CRUSTACEA							
Isopoda		2		2		3	7
INSECTA							
Collembola	635	456	425	712	620	912	3,760
Hymenoptera	15	6	312	31	7	9	380
Diptera	3	11	3	5	17	31	70
Protura	5	1	4	1	2	6	19
Thysanoptera	1	1	3	4	2	4	15
Coleoptera	2	1	3	2	1	1	10
Homoptera		1	5	1		2	9
Total	997	1,087	1,228	2,002	1,255	2,502	9,074

2000년 8월

Microar. thropods	Sampling site 벌채지		잔존지		대조구		총합
	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	
ARACHNIDA							
Acari	365	1,123	456	1,765	712	2,195	6,616
Araneae	1	2	2	4	2	5	16
Pseudoscorpiones	4	6	7	29	6	13	65
CHILOPODA							
Scolopendromorpha			1		1		2
Geophilomorpha	5	1	6	2	6	4	24
Lithobiomorpha	1	1	3	5	2	1	13
SYMPHYLA	9	2	6	14	6	6	43
PAUROPODA		1		1		2	4
CRUSTACEA							
Isopoda			1		2		3
INSECTA							
Collembola	296	995	612	1,654	684	2,341	6,582
Hymenoptera	16	39	43	56	19	13	186
Diptera	2	12	7	53	19	51	144
Protura	1	1	1	5	2	3	13
Lepidoptera		1	1	2	1	2	7
Thysanoptera	3	4	1	23	3	10	44
Dipulura	2	1	1	1	2	1	8
Isoptera	4	9	6	5	3	1	28
Archaeognatha	1			1		1	3
Coleoptera	1	2	1	2	2	1	9
Homoptera	1	3	4	4	3	2	17
Total	712	2,203	1,159	3,626	1,475	4,652	13,827

2000년 9월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	814	1,205	1,798	2,451	1,578	3,129	10,975
Araneae	2	2	2	3	3	4	16
Pseudoscorpiones	6	12	25	31	19	39	132
CHILOPODA							
Geophilomorpha	2	1	5	3	9	12	32
Lithobiomorpha	1	2	2	4	5	4	18
SYMPHYLA							
	2	1	2	5	6	13	29
DIPLOPODA							
		1	3	1	3	3	11
PAUROPODA							
	4	6	2	3	3	6	24
CRUSTACEA							
Isopoda			1	1	2	2	6
INSECTA							
Collembola	654	1,298	1,036	1,569	1,402	1,589	7,548
Hymenoptera	1	6	12	17	36	67	139
Diptera	2	3	4	4	2	11	26
Protura	1	1	1	2	2	3	10
Lepidoptera	1	2	1	2	2	5	13
Thysanoptera	1	1	3	7	5	7	24
Dipuiura	1	1	1	3	1	4	11
Isoptera	1	4	1	5	3	6	20
Coleoptera	2	1	2	4	4	6	19
Staphylinidae		1	1	2	2	5	11
Homoptera	1	1	1	7	2	2	14
Total	1,496	2,549	2,903	4,124	3,089	4,917	19,078

2000년 10월

Sampling site	벌채지	벌채지	잔존지	잔존지	대조구	대조구	총합
Microarthropods	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	
ARACHNIDA							
Acari	1,045	1,325	1,468	2,621	1,627	2,967	11,053
Araneae	1	2	4	5	6	8	26
Pseudoscorpiones	4	11	13	29	12	19	88
CHILOPODA							
Scolopendromorpha				1	1	1	3
Geophilomorpha	1	5	13	9	11	5	44
Lithobiomorpha		1	4	3	1	6	15
SYMPHYLA	1	4	4	4	5	4	22
PAUROPODA		3	2	5	3	3	16
DIPLOPODA		2	1	2	1	4	10
CRUSTACEA							
Isopoda	1	2	1	3	2	5	14
INSECTA							
Collembola	856	1,196	968	1,569	1,354	1,968	7,911
Hymenoptera	4	3	9	21	13	16	66
Diptera	6	19	21	36	26	39	147
Protura	1	6	13	59	15	62	156
Thysanoptera	2	4	5	16	9	19	55
Dipulura		1	2	4	2	5	14
Isoptera		1	1	2	1	3	8
Archaeognatha		1	1	2	3	2	9
Coleoptera	1	2	1	5	6	9	24
Staphylinidae			1	2	1	3	7
Homoptera		3	4	2	6	6	21
Total	1,923	2,591	2,536	4,400	3,105	5,154	19,709

2000년 11월

Microarthropods	Sampling site	벌채지	벌채지	간존지	간존지	대조구	대조구	총합
		토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	토양층	낙엽층	
ARACHNIDA								
Acari		867	1,262	1,306	3,867	1,968	4,962	14,232
Araneae		1	3	3	6	4	13	30
Pseudoscorpiones		10	12	12	19	12	31	96
CHILOPODA								
Geophilomorpha		1	3	6	6	9	3	28
Lithobiomorpha			2	1	1	2	3	9
SYMPHYLA		1	2	2	4	3	3	15
DIPLOPODA		1	2	3	4	3	4	17
PAUROPODA			1		1		1	3
CRUSTACEA								
Isopoda				1	2	2	5	10
INSECTA								
Collembola		698	1,021	812	1,989	1,206	2,415	8,141
Hymenoptera		2	1	4	5	3	5	20
Diptera		3	9	18	19	20	21	90
Protura			3	21	23	26	39	112
Thysanoptera		1	3	2	7	9	9	31
Dipulura			1	2	1	1	1	6
Archaeognatha			1	1	1	2	1	6
Coleoptera			2	1	3		4	10
Homoptera				2	4		4	10
Total		1,585	2,328	2,197	5,962	3,270	7,524	22,866

2000년 12월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	687	1,196	1,256	3,489	1,745	4,209	12,582
Araneae		2	1	2	1	4	10
Pseudoscorpiones		3	6	10	11	9	39
CHILOPODA							
Geophilomorpha		2	2	3	1	2	10
Lithobiomorpha		1		1	1	2	5
SYMPHYLA	1	1	1	1	1	1	6
DIPLOPODA	1	1	3	1	2	6	14
PAUROPODA		1	1	3	2	5	12
CRUSTACEA							
Isopoda		2	1	3	1	5	12
INSECTA							
Collembola	521	689	710	947	869	1,896	5,632
Hymenoptera	8	10	18	16	15	32	99
Diptera		4	6	16	15	21	62
Protura	1	3	4	3	7	11	29
Thysanoptera		2	1	3	3	9	18
Dipulura		1		1	1	1	4
Archaeognatha						2	2
Coleoptera	1	2	4	5	2	4	18
Staphylinidae		1	1	1	1	1	5
Homoptera		1	2	2	2	4	11
Total	1,220	1,922	2,017	4,507	2,680	6,224	18,570

2001년 1월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	596	1,014	1,121	1,895	1,259	2,995	8,880
Araneae		2	1	1	1	3	8
Pseudoscorpiones	1	5	9	5	6	8	34
CHILOPODA							
Geophilomorpha		2	3	2	3	2	12
Lithobiomorpha		1	2	1	2	1	7
SYMPHYLA	1	2	1	2	2	3	11
DIPLOPODA		1		1		2	4
PAUROPODA		1		3		2	6
INSECTA							
Collembola	536	932	798	1,096	854	1,698	5,914
Hymenoptera		1	3	2	4	3	13
Diptera		4	2	6	7	6	25
Protura		2	2	9	4	10	27
Thysanoptera			2	2	2	3	9
Coleoptera				2		6	8
Staphylinidae						1	1
Homoptera				6		3	9
Total	1,134	1,967	1,944	3,033	2,144	4,746	14,968

2001년 2월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	365	596	569	1,069	781	2,985	6,365
Araneae				1		5	6
Pseudoscorpiones		2	2	2	1	5	12
CHILOPODA							
Geophilomorpha				1		2	3
Lithobiomorpha		1		1		2	4
SYMPHYLA							
				1		1	2
DIPLOPODA							
		1		2		3	6
INSECTA							
Collembola	196	469	489	1,021	491	1,106	3,772
Hymenoptera		2		4	2	9	17
Diptera		1		5	2	12	20
Protura		2	1	11	6	26	46
Thysanoptera		2	2	4	1	4	13
Coleoptera		1		2		1	4
Homoptera				5	1	3	9
Total	561	1,077	1,063	2,129	1,285	4,164	10,279

2001년 3월

Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
Microarthropods							
ARACHNIDA							
Acari	597	1,538	1,011	1,989	1,256	2,210	8,601
Araneae	2	2	4	6	3	9	26
Pseudoscorpiones	9	11	6	11	11	15	63
CHILOPODA							
Geophilomorpha	3	6	5	9	6	15	44
Lithobiomorpha		2	1	2	2	4	11
SYMPHYLA							
		4	2	3	2	2	13
DIPLOPODA							
	2	3	4	2	2	5	18
CRUSTACEA							
Isopoda	1	1	5	9	9	11	36
INSECTA							
Collembola	269	598	421	798	692	996	3,774
Hymenoptera	1	3	4	15	6	11	40
Diptera	6	9	11	69	31	132	258
Protura		2	2	5	6	8	23
Thysanoptera		3	2	4	4	8	21
Coleoptera	1	2	3	5	1	6	18
Staphylinidae		2	2	6	4	6	20
Homoptera		1	2	15	11	21	50
Isoptera	2		1	1	1	3	8
Lepidoptera	1	3	2	1	2	3	12
Total	894	2,190	1,488	2,950	2,049	3,465	13,036

2001년 4월

Microar thropods	Sampling site	벌채지 토양층	벌채지 낙엽층	잔존지 토양층	잔존지 낙엽층	대조구 토양층	대조구 낙엽층	총합
ARACHNIDA								
Acari		997	1,324	1,196	2,056	1,269	2,968	9,810
Araneae		2	4	6	13	15	26	66
Pseudoscorpiones		2	19	13	26	19	36	115
CHILOPODA								
Scolopendromorpha					1	1	1	2
Geophilomorpha		6	5	9	8	9	7	44
Lithobiomorpha		1	1	1	3	2	4	12
SYMPHYLA								
		3	2	3	4	4	5	21
DIPLOPODA								
		1	3	2	3	1	4	14
PAUROPODA								
			1	2	4	1	3	11
CRUSTACEA								
Isopoda			2	1	3	5	7	18
INSECTA								
Collembola		645	1,032	769	1,265	889	2,011	6,611
Hymenoptera		9	21	11	31	21	31	124
Diptera		21	35	31	69	25	74	255
Protura		2	3	6	15	13	19	58
Thysanoptera			2	1	6	4	6	19
Coleoptera			2	1	2	4	3	12
Staphylinidae			1		4		2	7
Dipulura		2	1	4	4	3	4	7
Homoptera		2	5	4	21	12	25	69
Isoptera			2	1	4	4	5	16
Total		1,693	2465	2,061	3,542	2,301	5,241	17,291