

난대지역 산림사업지 내의 벌채수준별 외생균근성 버섯 다양성 및 발생빈도 비교¹

오광인² · 조덕현³ · 장석기² · 김종영²

Comparisons of Diversity and Frequency of Ectomycorrhizal Fruiting Bodies by Cutting levels in Subtropical Forest Areas¹

Kwang In Oh², Duk Hyun Cho³, Suck Ki Chang² and Jong Young Kim²

요 약

2001년 6월부터 10월(14회)까지 난대림 지역내 소나무·붉가시나무 임분의 벌채수준별 버섯 다양성 및 발생빈도를 조사한 결과는 다음과 같다

1. 조사기간 동안 동정한 균류는 총 1문 1아문 2강 3아강 5목 15과 30속 50종이었다. 진정담자균강의 원생모균아강에서 1과 1속 1종, 모균아강의 주름버섯목은 7과 18속 37종, 민주름버섯목은 3과 6속 7종, 북균아강은 4과 5속 5종이 조사되었다.
2. 외생균근성 버섯은 총 5과 10속 22종 137개체가 조사되었으며, 소나무 대상벌채지에서는 3과 6속 10종 79개체가 조사되었고, 붉가시림의 대상벌채지에서는 4과 5속 9종 24개체, 정량간벌지에서 3과 4속 10종 25개체가 각각 조사되었다.
3. 기주선택성에 있어 제주쓴맛그물버섯은 소나무림 조사지의 편백나무 뿌리 및 지표면에서만 발생되어 편백나무에 대한 선택성이 매우 높은 것으로 판단되며, 암회색광대버섯아재비는 두 지역에서 모두 조사되어 기주의 선택성이 넓은 것으로 조사되었다.
4. 외생균근성 버섯의 분포에 영향을 미치는 환경요인의 상관을 분석한 결과, 상대습도와 강수량이 중요한 요인으로 분석되었다.

Abstract

This study was carried out to investigate the diversity and frequency of ectomycorrhizal fungi by cutting levels in *Quercus acuta* and *Pinus densiflora* stands from June to October, 2001.

-
1. 접수 2002년 11월 30일 Received on November 30, 2002
 2. 전남대학교 농업생명자원과학대학 산림자원조경학부 Forest Resource and Landscape Architecture, College of Agriculture & Life Sciences, Chonnam Univ., Korea
 3. 우석대학교 생명공학부 Bioscience & Biotechnology, Woodsuk Univ., Korea

The obtained results from investigation were as follows,

1. The total of fungi found during the surveyed periods were 50 species, 30 genus, 15 families. The fungi belonged to Agaricales(37 species, 18 genus, 7 families), Aphlllophorales(7 species, 6 genus, 3 families), Auriculariales(1 species, 1 genus, 1 families) and Gasteromycetes(5 species, 5 genus, 4 families), Basidiomycota.
2. The total number of putative ectomycorrhizal fruiting bodies were 137 individuals, 22 species, 10 genus, 5 families, 79 individuals, 10 species, 6 genus, 3 families at strip-cutting area of *Pinus densiflora* stand, 24 individuals, 9 species, 5 genus, 4 families at strip-cutting area of *Quercus acuta* stand and 25 individuals, 10 species, 4 genus, 3 families at spacing cutting area of *Quercus acuta* stand.
3. *Tyloporus neofelleus* had high host specificity associated with *Chamaecyparis obtusa*, while *Amanita pseudoporphyria* had relatively wide host ranges compared to other ectomycorrhizal fungi.
4. The results analyzed by Correlation coefficients showed that relative humidity and precipitation were major enviromental factors to affect the distribution of ectomycorrhizal fruiting bodies.

서 론

외생균근은 뿌리외부에서는 두꺼운 균사층인 균투를 형성하고, 뿌리내부의 피층세포 사이에 침입하여 Hartig net을 형성하는 균으로 대부분의 목본식물과 공생하고 있으며, 세계적으로 2,000여종의 수종에 대략 6,000여종의 외생균근균(Molina *et al.*, 1992)이 있는 것으로 알려져 있는데, 대부분의 외생균근균은 담자균아문에 속하며(Miller, 1981) 총 9목 26과 74속이 외생균근균에 포함(Miller, 1982)된다고 한다.

외생균근균은 기주식물에 인산과 질소의 흡수를 촉진시켜주며(Cumming, 1996), 척박지에서의 생육을 촉진하고(Browning and Whitney, 1992), 토양에 서식하고 있는 병원균의 침입을 억제하며(Olsson, P.A. *et al.* 1996), 산성우 또는 토양의 극단적인 산도(Ko and Lee, 1988), 투촉(Lamhamedi *et al.*, 1992) 등에 대한 저항성을 높여 식물의 생장에 큰 도움을 주는 균으로 산림생태계에 있어서는 필수적이라 할 수 있으며, 균근과 기주식물이

함께 발달하고 그들이 상호작용하여 생태계에 다시 도달하게 되는 생태계 순환(Taylor *et al.*, 2000) 때문에 외생균근균의 균집 구조의 연구는 중요하다(Gardes and Bruns, 1996; Visser, 1995; Dhlberg *et al.*, 1997; Horton and Bruns, 1998). 그러나, 이 같은 중요성에도 불구하고, 외생균근균 균집 구조와 구성에 대하여 많은 연구가 이루어지지 않고 있으며, 특히 우리나라에서는 몇몇의 연구자(이경준 등, 1981; 이경준과 김양섭, 1983; 이경준과 김양섭, 1987)에 의해 이루어지고 있을 뿐 아직까지는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 난대림 천연 분포지역의 산림 시업지를 대상으로 조사시기 및 벌채수준에 따라 외생균근성 버섯의 균집분포를 조사하고 환경인자(입지환경 및 기상 등)가 분포에 미치는 영향과 기주선택성을 구명하여 산림생태계의 관리 및 조성에 대한 기초자료의 제공에 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

전라남도 완도군 완도읍 가용리 산214-1번지의 소나무 임분과 장좌리 산16-1번지의 붉가시 임분을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사지 설치의 붉가시나무 임분에 대상간벌조사구 1개소와 정량간벌조사구 1개소 및 소나무 임분에 대상간벌조사구 1개소를 설치하였다. 각 조사구의 형태와 조사지 입지 환경(Table 1)은 다음과 같다.

1) 붉가시나무림 및 소나무림에 각 1개소씩 설치한 대상벌채 조사지는 20×50m벌채구, 10×50m벌채구(3반복), 8×50m벌채구(3반복), 6×50m벌채구(3반복) 및 10×50m무벌채구를 각각 배치하되, 사이사이에 같은 폭의 무벌채구를 두고 등고선을 따라 帶狀으로 조성하였으며, 소나무림의 평균수고는 8~12m, 입목밀도는 540주/ha이었다.

2) 붉가시나무림 정량간벌 조사지는 기존 임분의 입목밀도를 기준으로 30%간벌구(3반복), 50%간벌구(3반복) 및 70%간벌구(3반복)를 각각 20m×50m 크기로 조성하였으며, 붉가시나무림의 평균수고는 7~10m, 입목밀도는 3,800주/ha이었다.

따라서 난대림을 대표할 수 있는 두 임분에 각각 시업을 달리하여 3개의 조사지를 설정한 다음, 각 조사지별로 3반복(20×50m벌채구 및 10×50m무벌채구는 반복구 미설치)한 총 31개 조사구를 대상으로 2001년 6월 22일부터 10월 7일까지 주 1회(총 14회) 조사를 실시하였다.

2. 기상

조사지역에 대한 기상은 조사지와 가장 인접한 완도기상대의 자료를 참조하였다. 조사기간 동안의 기상 현황은 Table 2와 같으며, 조사기간 동안 대기온도와 상대습도는 조사 다음 날부터 다음 조사 당일까지의 평균값을 사용하였다.

3. 진실체 채집 및 방법

균류는 성장함에 따라 모양이 변화하므로 어린 자실체와 성숙한 자실체 모두 채집하였으며 채집한 버섯은 채집장소, 채집일, 기주식물, 토양습도 등을 기입한 다음 자실체가 손상되지 않도록 봉투에 넣어 실험실로 운반하였다.

균류의 동정은 이지열(1988), 박완희와 이호득(1991), 김삼순과 김양섭(1999) 및 Agere(1985) 등을 이용하였다.

4. 식 생

1) 소나무 임분

일제시대에 편백, 삼나무가 조림되었던 지역으로 조림수종의 생육이 불량하여 해방 후 리기다소나무를 다시 조림하였으나 이 역시 실패하고 현재는 자생 소나무가 우점하고 있는 가운데 편백, 삼나무, 리기다소나무의 잔존목 및 줄참나무 등이 상층에 분포하며, 중·하층에는 나도밤나무, 대팻집나무, 산가막살나무, 쇠물푸레, 말오줌때, 정금나무, 사스레피, 산철쭉 등이 분포하고 있다.

Table 1. Site characteristics of *Quercus acuta* stand and *Pinus densiflora* stand sampling sites

Sampling area	Factors	Elevation (m)	Slope (°)	Aspect	Soil			Slope type
					Texture	Depth	Moisture	
<i>Pinus densiflora</i>		60~90	14~29	NW	sandy loam	shallow	slightly dry	bottom
<i>Quercus acuta</i>		360~380	12~26	S	clay loam	medium	moderately	side

Table 2. Climatic data in Wando-Gun from June to October 2001

Elements Period	Air temperature(°C)			R.H*(%)	Precipitation (mm)
	Max.	Min.	Mean		
15 - 22 June 2001	24.6	17.6	20.9	80.6	169.4
07 July	26.3	20.3	22.8	85.7	382.9
14	27.8	20.5	23.8	83.0	70.8
22	28.8	21.5	24.4	82.4	5.0
28	32.1	23.3	27.2	79.5	-
05 August	32.7	24.5	28.0	78.7	2.7
18	28.8	22.1	24.9	80.4	102.2
24	30.7	21.9	25.7	70.5	-
02 September	28.2	18.9	23.0	71.6	13.0
09	28.3	19.5	23.3	72.7	0.8
16	26.8	18.9	22.1	69.0	2.6
23	27.3	16.0	20.9	63.1	-
30	25.4	15.4	19.7	69.1	36.9
07 October	22.6	13.6	17.6	66.5	7.5

* R.H. : Relative humidity

2) 붉가시나무 임분

붉가시나무가 우점하는 가운데 때죽나무, 산벚나무, 노각나무 및 소나무 등이 임분의 상층에 분포하고 중층에는 동백나무, 팥나무, 하층에는 조릿대(일부지역)가 분포하는 등 비교적 단순한 임상을 보이고 있다.

결과 및 고찰

1. 균류 분포상

조사기간 동안 1문 1아문 1강 3아강 5목 15과 30속 50종의 균류가 조사되었으며, 이는 Table 3과 같다.

조사 결과, 진정담자균강(Eubasidiomycetes)의 원생모균아강(Protohymenomycetidae)에서 1과(Auriculariaceae) 1속 1종, 모균아강(Hymenomycetidae)의 주름버섯목(Agaricales)

은 7과(Agaricaceae, Amanitaceae, Boletaceae, Coprinaceae, Russulaceae, Tricholomataceae, Schizophyllaceae) 18속 37종, 민주름버섯목(Aphylophoreles)은 3과(Cantharellaceae, Stereaceae, Polyporaceae) 6속 7종, 복균아강(Gasteromycetidae)은 4과(Lycoperdaceae, Geastraceae, Phallaceae, Clathraceae) 5속 5종이 각각 조사되어 대부분의 균류가 진정담자균아강의 주름버섯목에 속하는 것으로 나타났다.

붉가시나무림에서는 13과 24속 42종이 조사되었고 소나무림에서는 9과 14속 18종이 나타났다. 두 지역의 종 다양성에 있어 붉가시나무림은 송이버섯과(Tricholomataceae), 소나무림은 광대버섯과(Amanitaceae)가 다양하게 조사되었다. 특히 소나무림의 경우 낙엽부후균이 주를 이루는 송이버섯과가 거의 발생되지 않는 것은 이 지역이 비교적 급경사를 이루고 있어 강우시 벌채로 인한 낙엽의 유실 때문인 것으로 사료된다.

Table 3. Basidiomycetous fungal flora collected from *Quercus acuta* and *Pinus densiflora* stands

Basidiomycetous fungi		Stand	
Family	Species	<i>Quercus acuta</i>	<i>Pinus densiflora</i>
Auriculariaceae	<i>Auricularia auricula</i>	○	○
Agaricaceae	<i>Leucocoprinus fragilissimus</i>		○
Amanitaceae	<i>Amanita castanopsidis</i>		○
	<i>Amanita citrina var citrina</i>	○	○
	<i>Amanita longistriata</i>		○
	<i>Amanita pseudoporphyrina</i>	○	○
	<i>Amanita vaginata</i>	○	○
	<i>Amanita verna</i>	○	
	<i>Amanita volvata</i>	○	
	Boletaceae	<i>Leccinum hortonii</i>	
<i>Pulveroboletus raveneloo</i>			○
<i>Suillus pictus</i>		○	○
<i>Tylopilus neofelleus</i>			○
<i>Xerocomus subtomentosus</i>			
Coprinceae	<i>Coprinus radians</i>	○	
	<i>Psathyrella piluliformis</i>	○	
	<i>Psathyrella velutina</i>	○	
Russulaceae	<i>Lactarius glaucesens</i>	○	
	<i>Lactarius hatsutake</i>	○	
	<i>Lactarius piperatus</i>	○	
	<i>Lactarius volemus</i>	○	
	<i>Russula aurata</i>	○	○
	<i>Russula bella</i>	○	
	<i>Russula flavida</i>		○
	<i>Russula vesca</i>	○	
	<i>Russula violeipes</i>	○	
Tricholomataceae	<i>Collybia buytyracea</i>	○	
	<i>Collybia confluens</i>	○	
	<i>Collybia peronata</i>	○	
	<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	○	
	<i>Marasmius candidus</i>	○	
	<i>Marasmius maximus</i>	○	
	Tricholomataceae	<i>Marasmius pulcherripes</i>	○
<i>Marasmiellus ramealis</i>		○	○
<i>Mycena galericulata</i>		○	
<i>Mycena pura</i>		○	
<i>Oudemansiella longipes</i>		○	
Schizophyllaceae	<i>Schizophyllum commune</i>	○	
Cantharellaceae	<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	○	
Stereaceae	<i>Streum hirsutum</i>	○	○
	<i>Streum spectabile</i>	○	

Table 3.(continued)

Basidiomycetous fungi		Stand	
Family	Species	<i>Quercus acuta</i>	<i>Pinus densiflora</i>
Polyporaceae	<i>Coriolus versicolor</i>	○	○
	<i>Daedaleopsis tricolor</i>	○	○
	<i>Lenzites betulina</i>	○	○
	<i>Tyromyces borealis</i>	○	
Lycoperdaceae	<i>Lycoperdon perlatum</i>	○	
Geastraceae	<i>Geastrum fimbriatum</i>		○
Phallaceae	<i>Dictyophora indusiata</i>	○	
	<i>Phallus rugulosus</i>	○	
Clathraceae	<i>Pseudocolus schellenbergiae</i>	○	

Table 4. Distribution and frequency of ectomycorrhizal fungi collected from *Quercus acuta* and *Pinus densiflora* stands

Ectomycorrhizal fungi	<i>Quercus acuta</i>	<i>Pinus densiflora</i>
<i>Amanita castanopsidis</i>		1
<i>Amanita citrina</i>	2	1
<i>Amanita longistriata</i>		4
<i>Amanita pseudoporphyrina</i>	8	12
<i>Amanita vaginata</i>	5	2
<i>Amanita verna</i>	2	
<i>Amanita volvata</i>	2	
<i>Leccinum hortonii</i>		1
<i>Pulveroboletus ravenelii</i>		2
<i>Suillus pictus</i>	1	
<i>Tylopilus neofelleus</i>		50
<i>Xerocomus subtomentosus</i>		3
<i>Lactarius glaucescens</i>	2	
<i>Lactarius hatsutake</i>	2	
<i>Lactarius piperatus</i>	2	
<i>Lactarius volemus</i>	9	
<i>Russula aurata</i>	2	1
<i>Russula bella</i>	8	
<i>Russula flavida</i>		2
<i>Russula vesca</i>	4	
<i>Russula violeipes</i>	1	
<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	5	
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	3	

2. 외생균근성 버섯의 다양성 및 발생빈도

조사기간 동안 채집된 외생균근균은 5과 10속 22종 137개체로 Table 4와 같다.

붉가시나무림에서는 5과 6속 16종 58개체, 소나무림에서는 3과 6속 11종 79개체가 조사되었다.

종수 분포에 있어 붉가시나무림에서는 무당버섯과가 8종(*Lactarius glaucesens*, *L. hatsutake*, *L. piperatus*, *L. volemus*, *Russula aurata*, *R. bella*, *R. vesca*, *R. violeipes*), 소나무림은 광대버섯과가 5종(*Amanita castanopsidis*, *A. citrina*, *A. longistriata*, *A. pseudoporphyria*, *A. vaginata*)으로 가장 높게 나타났다.

두 지역에서 모두 조사된 종은 애광대버섯(*Amanita citrina*), 우산버섯(*Amanita vaginata*), 암회색광대버섯아재비(*Amanita pseudoporphyria*), 황금무당버섯(*Russula aurata*) 4종이었다.

3. 조사시기별 외생균근성 버섯 발생

조사시기에 따른 외생균근성 버섯 발생 분포(Figure 1)에 대해 살펴보면 전체적으로 최대 개체수가 발생한 시기는 7월 14일에 46개

체였고, 최소 개체수는 6월 21일 이전과 9월 2일 이후에는 1개체도 나타나지 않았다.

붉가시나무림의 경우 최대 개체수가 조사된 시기는 7월 22일로 14개체였고, 8월 19일 이후에는 발생되지 않았다.

소나무림에서 최대 개체수가 조사된 시기는 7월 7일(36개체)이었으며, 9월 10일 이후에는 발생되지 않았다.

이상의 결과 외생균근성 버섯의 발생은 기상환경 요인에 큰 영향을 받는 것으로 판단되며, 기상환경 요인과 외생균근성 버섯 발생과의 상관관계(Table 5)를 분석한 결과, 난대지역에서의 외생균근성 버섯의 발생은 기상환경 요인들 중 상대습도($r=0.745^{**}$) 및 강수량($r=0.618^*$)과 유의적인 정의 상관을 나타내어 토양수분뿐만 아니라 대기 중의 수분함량과도 영향을 받는 것으로 사료된다.

아울러 이러한 결과는 외생균근균의 군집구성 요인으로 강수량(Barbour *et al.*, 1987; Rosenzweig and Abramsky, 1993)에 크게 의존한다는 보고와 일치하는 경향을 나타내고 있다.

Table 5. Correlation coefficients among climatic conditions and ectomycorrhizal fruiting bodies

	Air temperature			Relative humidity	Rainfall
	Max.	Min.	Mean		
Min. temperature	0.891 ^{**}				
Mean temperature	0.961 ^{**}	0.980 ^{**}			
Relative humidity	0.278	0.634 [*]	0.508		
Rainfall	-0.310	0.019	-0.116	0.584 [*]	
Ectomycorrhizal fruiting bodies	-0.042	0.247	0.139	0.745 ^{**}	0.618 [*]

** : $P < 0.01$

* : $P < 0.05$

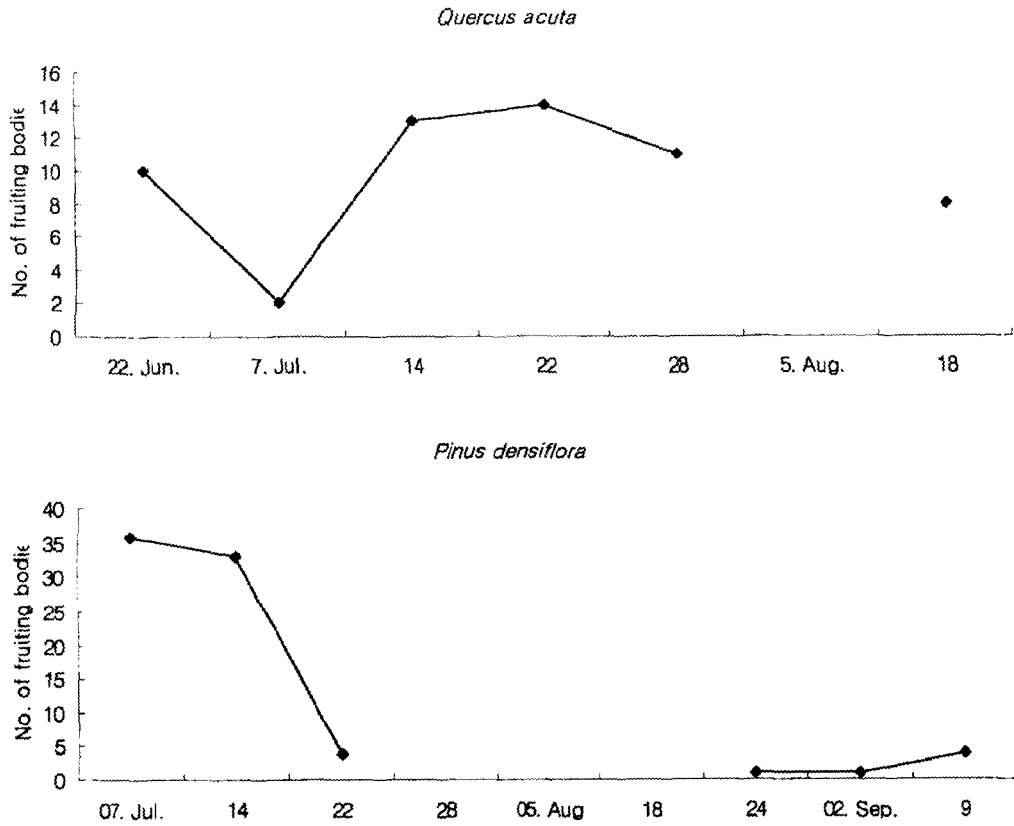


Figure 1. The number of putative ectomycorrhizal fruiting bodies during the surveying periods in *Quercus acuta* and *Pinus densiflora* stands.

4. 벌채수준 별 외생균근성 버섯

사업지별 외생균근성 버섯 종 수 및 개체수의 분포(Figure 2, 3)에 대해 살펴보면, 불가시나무림 대상벌채지(Figure 2)의 경우 최대 종수는 무벌채구로 6종, 최대 개체수는 8m벌채구 14개체가 조사되었고 최소 종수 및 개체수는 20m벌채구로 1개체도 발생되지 않았다. 소나무림 대상벌채지(Figure 2)는 최대 종수 및 개체수는 8m 벌채구로 6종 31개체가 조사된 반면, 최소 종수 및 개체수는 20m벌채구로 1종 1개체가 조사되었다.

불가시나무림 정량간벌지(Figure 3)에서 최대 종 수 및 개체수 분포는 30%의 정량간벌지에서 7종 16개체, 최소 개체수 분포는 70%의 정량간벌구로 3종 4개체가 나타났다.

이상의 결과 대상벌채한 불가시나무림과 소나무림에서는 8m 벌채구에서 가장 높은 개체수 밀도를 보였고, 벌채 폭이 가장 넓은 20m 벌채구의 개체수 밀도가 가장 낮게 나타났다. 불가시나무림 정량간벌지의 경우에는 벌채의 강도가 시험구 중 가장 낮은 30%간벌지에서 가장 높은 개체수 밀도를 나타낸 반면, 강도간벌한 70%간벌지에서 개체수 밀도가 낮게 나타났다.

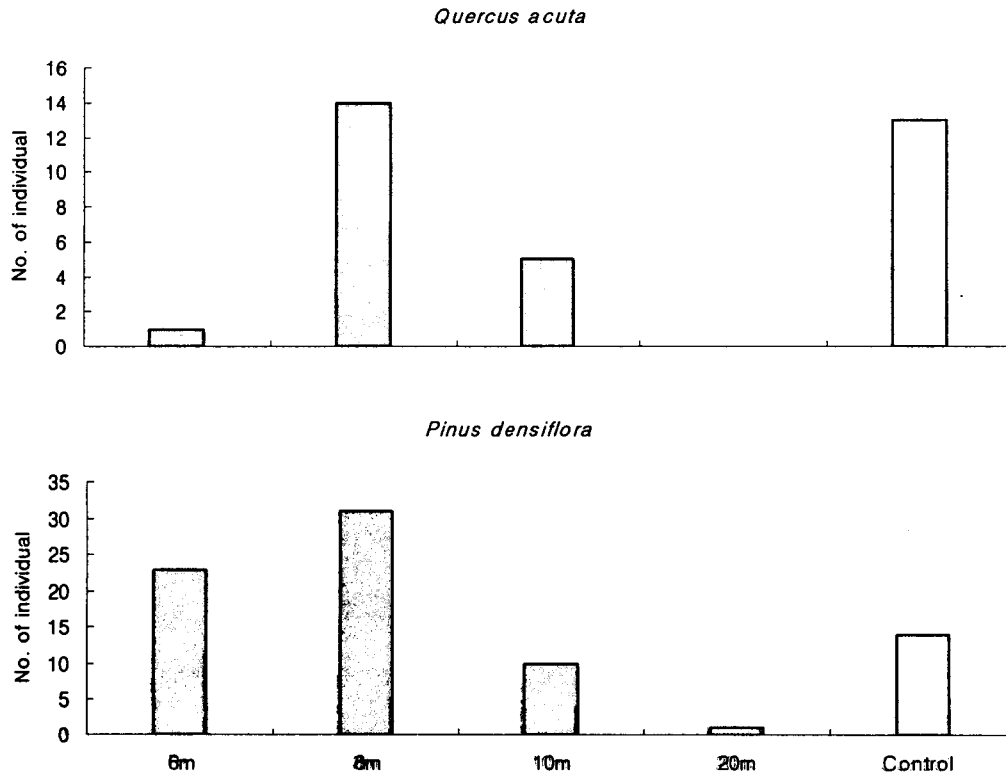


Figure 2. The number of putative ectomycorrhizal fruiting bodies by cutting levels in *Quercus acuta* and *Pinus densiflora* stands.

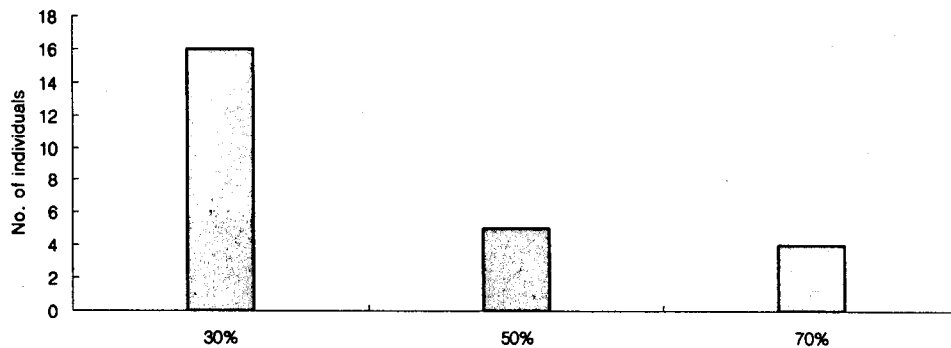


Figure 3. The number of individuals of putative ectomycorrhizal fruit bodies according to spacing cutting levels in *Quercus acuta* stand.

따라서 벌채수준 및 강도가 클수록 개체수 밀도는 낮아지는 일정한 경향을 볼 수 있으며, 이는 벌채에 따라 임관의 전부 또는 일부가 제거되어 임내에 유입되는 광량이 증가하게 되고 그 때문에 토양온도의 상승, 토양수분의 변화 및 기주식물종의 제거와 식물군집의 변화와 같은 외생균근균의 서식환경 변화가 각 수준별로 차이를 나타내고 있기 때문인 것으로 판단되며, 외생균근균 발생이 광선(Molina *et al.*, 1992), 토양 습도와 온도의 증가(Baath, 1980; Entry *et al.*, 1986) 및 기주식물들의 사멸(Perry *et al.*, 1990; Pietikainen and Fritze, 1995) 등의 차이에 따라 영향을 받는다는 기존의 연구결과와도 유사하다.

아울러 이러한 결과로 미루어 보아 전면적인 산림사업은 외생균근성 버섯의 군집 분포에 급격한 변화를 초래하므로 부분적인 사업 또는 사업지 사이사이에 잔존지를 남기는 것이 토양에 서식하는 외생균근성 버섯의 급격한 밀도변화를 어느 정도 완화해 줄 수 있는 방법일 것으로 사료된다.

5. 기주선택성

조사기간 동안 발생한 외생균근성 버섯(Table 3) 중에서 10개체 이상 조사된 제주쓴맛그물버섯(*Tytopilus neofelleus*)과 암회색광대버섯아재비(*Amanita pseudoporphyria*)를 대상으로 기주선택성을 조사한 결과, 제주쓴맛그물버섯은 소나무림 조사지의 편백 뿌리 및 지표면에서만 발생되어 편백에 대한 선택성이 매우 높은 것으로 판단되며, 암회색광대버섯아재비는 두 지역에서 모두 조사되어 기주의 선택성이 넓은 것으로 조사되었다.

결 론

북가시나무림과 소나무림의 벌채수준에 따른 외생균근성 버섯 분포를 조사한 결과, 벌

채에 따른 산림내 환경의 급작스런 변화와 예년과 달리 봄철(4, 5월) 및 여름철(8, 9월)의 두 차례에 걸친 한발 등으로 인해 외생균근성 버섯의 발생이 많지 않았다. 이들 버섯의 분포와 기상환경 인자들간의 상관관계를 분석한 결과, 대기 중의 습도와 강수량의 영향을 크게 받는 것으로 나타났으며, 제주쓴맛그물버섯은 편백에 대한 기주선택성이 매우 높은 것으로 조사되었다. 임내 환경이 점차 안정되면서 해를 거듭할수록 이 지역의 균류상도 더욱 다양해 질 것이므로 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 김삼순, 김양섭. 1999. 한국산 버섯도감. 유평출판사. pp. 391.
2. 농촌진흥청 농업기술연구소. 1979. 토양 화학분석법. pp. 24-91.
3. 박완희, 이호득. 1991. 원색도감 한국의 버섯. 교학사. pp.504.
4. 이지열. 1993. 원색 한국버섯도감. 아카데미서적. pp. 365.
5. 이경준, 구창덕, 심상영. 1981. 한국의 목본식물의 외생균근에 관한 조사. 한국임학회지 52 : 50- 57.
6. 이경준, 김양섭. 1983. 소나무림과 포플러림에 공생하는 외생균근균의 동정 및 비교. 한국균학회지 11(1) : 9-13.
7. 이경준, 김양섭. 1987. 한국 12개 수종 임분내의 외생균근 버섯의 기주선택성과 분포에 관한 연구. 한국균학회지 15(1) : 48-69.
8. Agere, R. 1985. Zur Okologie der Mykorrhizapilze. J. Cramer. pp. 160.
9. Barbour, M.G., J.H. Burk, and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. Benjamin/Cummings Pub.Co., Menlo Park, Calif. pp. 634.

10. Baath, E. 1980. Soil fungal biomass after clear-cutting of a pine forest in central Sweden. *Soil Biol. Biochem.* 12: 495-500.
11. Browning, M.H.R. and R.D. Whitney. 1992. The influence of phosphorus concentration and frequency of fertilization on ectomycorrhizal development in containerized black spruce and jack pine seedlings. *Can. J. For. Res.* 22 (9) : 1263-1270.
12. Cumming, J.R. 1996. Phosphate-limitation physiology in ectomycorrhizal pitch pine (*Pinus rigida*) seedlings, *Tree Physiol.* 16 (11/12) : 977-983.
13. Dahlberg, A., L. Jonsson and J.E. Nylund. 1997. Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in South Sweden. *Can. J. Bot. Rev.* 75(8): 1323-1335.
14. Entry, J.A., N. Stark and H. Loewenstein. 1986. Effect of timber harvesting on microbial biomass fluxes in a northern Rocky Mountain forest soil. *Can. J. For. Res.* 16: 1076-1081.
15. Gardes, M. and T. D. Bruns. 1996. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above and below ground views. *Can J. Bot.* 74: 1572-1583.
16. Horton, T.R. and T.D. Bruns. 1998. Multiple-host fungi are the most frequent and abundant ectomycorrhizal types in a mixed stand of Douglas fir(*Pseudotsuga menziesii*) and bishop pine(*Pinus muricata*) *New Phytol.* 139: 331-339.
17. Ko, M.G. and K.J. Lee. 1988. Effects of simulated acid rain on the growth of *Pinus rigida* X *taeda* seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi, *Pisolithus tinctorius* and *Suillus luteus*. *J. Korean. For. Soc.* 77(4) : 453-459.
18. Lamhamedi, M.S., P.Y. Bernier and J.A. Fortin. 1992. Growth, nutrition and response to water stress of *Pinus pinaster* inoculated with ten dikaryotic strains of *Pisolithus* sp. *Tree Physiol.* 10 (2) : 153-167.
19. Miller O.K., Jr. 1981. Taxonomy, morphology, and distribution of mycorrhizae. In *Mycorrhizal Associations and Crop Production*(eds. R.F. Myers, R.F. Bartha, W. Busscher). 5-13p.
20. Miller O. K., Jr. 1982. Taxonomy of ecto and ect-endomycorrhizal fungi. In *Methods and Principles of Mycorrhizal Research* (N. C. Schenck, ed) *Amer. Phytopathol. Soc.* 91-101.
21. Molina, R., H.B. Massicotte and J.M. Trappe. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community-ecological consequences and practical implications. pp. 357-423. In: *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process.* Chapman & Hall. London. U.K.
22. Olsson, P.A., M. Chalot, E. Baath, R.D. Finlay and B. Soderstrom. 1996. Ectomycorrhizal mycelia reduce bacterial activity in a sandy soil. *FEMS Microbiol. Ecol.* 21(2): 77-86.
23. Perry, D.A., J.G. Borchers, S.I. Borchers and M.P. Amaranthus. 1990. Species migrations and ecosystem stability during climate change: the belowground connection. *Conserv. Biol.* 4: 266-273.
24. Pietikainen, J. and H. Fritze. 1995. Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. *Soil Biol. Biochem.* 27: 101-109.

25. Rosenzweig, M.L. and Z. Abramsky. 1993. How are diversity and productivity related? In species diversity in ecological communities. pp. 52-65. Univ. of Chicago Press, Chicago, III.
26. Taylor A.F.S., F. Martin and D.J. Read. 2000. Fungal diversity in ectomycorrhizal communities of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] and beech(*Fagus sylvatica* L.) along North-South transects in Europe. pp. 343-365. In: Schulze ED, ed. Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems- ecological studies. Berlin, Germany: Springer Verlag.
27. Visser, S. 1995. Ectomycorrhizal fungal succession in jack pine stands following wildfire. *New Phytol.* 129:389-401.