

산불발생에 따른 외생균근성 버섯의 분포

김홍진 · 정진철* · 장석기 · 장규관¹

(원광대학교 생명자원과학대학 환경조경학과, ¹원광대학교 부속 자연식물원)

Distribution of Ectomycorrhizal Fruit Bodies According to Forest Fire Area. Kim, Hong-Jin, Jin-Chul Chung*, Seog-Ki Jang and Kyu-Kwan Jang¹ (Department of Environmental Landscape Architecture, College of Life Science & Natural Resource, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea; ¹Botanical Garden, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea)

This study was conducted to investigate the diversity of ectomycorrhizal fungi by surveying sites from June 2010 to October 2011. The obtained results from investigation were as follows.

The total of 2 Kingdom 3 Phylum 6 classes 15 orders 34 families 59 genera and 107 species including saprophytic and ectomycorrhizal fungi was investigated. A total of 10 families 17 genera 49 species (801 ea.) of ectomycorrhizal mushroom was investigated. The mushrooms are classified into 28 families 51 genera and 99 species in Basidiomycota, 5 families 7 genera and 7 species in Ascomycota and 1 families 1 genera and 1 species in Amoebozoa. Dorminant species were Amanitaceae (14 species) followed by Russulaceae (12 species) and Boletaceae (11 species). The populaion ectomycorrhizal mushroom was highest in sites 1 and 2, and sites 4 and 5 occurrence rarely. The mushroom occurrence of ectomycorrhizal fungi was closely related to climatic conditions such as high air temperature and lots of rainfall from July to August.

The environment factors which have a favorable influence of mushroom occurrence were soil pH, organic matter content of soil and air temperature of climatic environment.

Key words : Byeonsanbando National Park, forest fire, ectomycorrhizal fungi, Amanitaceae, Russulaceae

서 론

고등균류는 세계적으로 25,000여 종, 우리나라에는 1,800여 종 이상 보고되고 있으며, 그 종류 및 서식환경 또한 다양하다. 산림에서는 산림병원균으로 수목에 피해를 주는 기생균 역할, 식물체의 분해자 역할뿐만 아니라

고등식물의 약 90%와 공생관계를 유지하며 수목의 생장에 필요한 영양물질을 공급하는 공생균 역할 등을 함으로써 산림생태계 순환에 필수적이라 할 수 있다(Taylor *et al.*, 2000).

특히, 수목과 공생관계 역할을 하는 외생균근균은 소나무과, 참나무과 및 자작나무과 등 다양한 수종에서 형성(Smith and Read, 2008; Van der Heijden *et al.*, 2008)되

* Corresponding author: Tel: +82-63-850-6828, Fax: +82-63-850-7308 E-mail: jcchung@wonkwang.ac.kr

고 이 수종들의 뿌리와 주요한 공생관계를 하며 수분과 영양분을 강화하고 생장에 도움을 주고 있다 (Simard *et al.*, 2002; Leake *et al.*, 2004). 이 같은 종들은 산림에서 무당버섯속 (*Russula*), 젓버섯속 (*Lactarius*), 그물버섯속 (*Boletus*), 비단그물버섯속 (*Suillus*), 귀신그물버섯속 (*Strobilomyces*), 광대버섯속 (*Amanita*), 끈적버섯속 (*Cortinari-*), 줄각버섯속 (*Laccaria*), 피꼬리버섯속 (*Cantharellus*), 모래밭버섯속 (*Pisolithus*) 및 어리알버섯속 (*Scleroderma*) 등 여러 형태의 자실체로 보여 지고 있다 (Natarajan *et al.*, 2005).

외생균근균 군집 구조는 기후환경과 관련된 광선 (Molina *et al.*, 1992), 숲의 구조 및 수종의 구성 (Ishida *et al.*, 2007), 임령 (Twieg *et al.*, 2007) 및 토양 영양분 (Avis *et al.*, 2003) 등 다양한 요인에 의해 영향을 받고 있으며, 특히, 농지 이용 (Diedhiou *et al.*, 2010) 및 산불 (Anderson *et al.*, 2007) 등 인간들에 의한 인위적인 피해는 외생균근균의 다양성 감소에 큰 역할을 하고 있다.

이 중 산림생태계 훼손의 가장 큰 요인인 산불은 수목의 고사 및 저항성 약화뿐만 아니라 토양의 물리화학적 성질에도 영향을 미치는데 토양 구조를 파괴하고 토양 내 탄소와 질소의 감소뿐만 아니라 미생물 밀도, 바이오매스 및 활동 감소, 균류보다 박테리아의 빠른 증가 (Díaz-Raviña *et al.*, 2006) 등으로 외생균근균의 군집 구조에 큰 영향을 주고 있다.

따라서 본 연구에서는 변산반도국립공원 지역을 중심으로 총 5곳의 조사구를 대상으로 조사구별 고등균류의 발생 동태 및 서식환경을 조사하고 외생균근균 개체수 등을 조사함으로써 이들 분포에 큰 영향을 미치는 기후 환경 및 토양환경 요인에 대해 구명을 하여 추후 발생될 산불에 대한 건전한 산림생태계 조성 및 관리를 위한 기초자료의 제공에 있다.

재료 및 방법

1. 조사구 개황

조사지는 전라북도 부안군 변산면 중계리, 보안면 우동리 및 유천리 3지역에서 5곳의 조사구를 선정한 후 20 m × 20 m 조사구를 설치하고 고등균류의 발생이 높다고 판단되는 시기인 2010년 6월부터 2011년 10월까지 총 32회 조사하였다 (Fig. 1).



Fig. 1. Geographical location of the experimental sites (*Note: I. Junggye-ri, Byeonsan-myon, Buan-gun, Jeollabuk-do, Korea; II. Junggye-ri, Byeonsan-myon, Buan-gun, Jeolla-buk-do, Korea; III. Udon-ri, Boan-myon, Buan-gun, Jeollabuk-do, Korea; IV. Udon-ri, Boan-myon, Buan-gun, Jeollabuk-do, Korea; V. Yucheon-ri, Boan-myon, Buan-gun, Jeollabuk-do, Korea).

Table 1. General description of the study sites.

Sites	Factors	Latitude	Longitude	DBH (cm)	Height (m)	Slope (°)	Litter layer (cm)	Elevation (m)	Aspect
I		35° 37'56"	126° 34'39"	18	13	22	2~3	80	S E
				17~22	10~16				
II		35° 38'14"	126° 35'00"	28	13	25	3~4	73	N W
				20~32	11~16				
III		35° 36'59"	126° 37'59"	18	10	20	1~2	53	S E
				16~22	9~13				
IV		35° 36'55"	126° 38'05"	6	2	15	>1	104	S
				6~8	1.8~2				
V		35° 37'56"	126° 34'39"	6	2	21	>1	70	S E
				4~6	1.6~3				

Table 2. Climatic data in the Buan-gun from June 2010 to October 2011.

Month	Elements		Air temperature (°C)			Relative humidity (%)	Rainfall (mm)	
			Max.	Min.	Mean			
Jun.	20	2010	27.4	19.6	22.3	83.8	6	
			27.7	18.2	22.6	73.2	4.9	
Jul.	5	2010	28.7	22.2	24.5	87.3	69.1	
			13	29.1	20.8	24.4	79.1	80.2
			20	30.1	22.7	26	80	75.1
Aug.	27	2010	31.9	23.5	26.8	78.9	30.5	
			3	31.9	23.9	27.1	81.1	21.7
			9	33.3	24.3	28	78.4	37.5
Sep.	18	2010	31	24.2	26.9	86	245	
			24	33.5	24.5	28.1	79.9	0.1
			4	31	23.4	26.3	84.2	100
Oct.	9	2010	29.5	22.6	25.1	81.3	7.9	
			19	28.8	20	23.9	81.6	46.6
			26	25.8	16.5	20.5	76.1	33.5
Jun.	18	2011	22	11.8	16.5	78.3	23	
			18	20.7	9.5	14.7	71.5	0
Jul.	2	2011	26.9	17.4	21.5	72.9	0.2	
			27	27.1	20.1	23.3	80.8	103.1
Aug.	16	2011	29.5	22.2	25.4	81.8	3.8	
			21	27.8	22	24.5	86.5	349.3
			28	33.2	24.1	28.1	73.5	0.4
Sep.	6	2011	31	24.4	27	79.5	6	
			14	32.8	24.7	28	78.1	23.1
			22	29.8	24.3	26.5	84.5	272
Oct.	29	2011	27.7	21.8	24.4	85.7	25.1	
			3	29.4	21.5	24.8	82.6	37
			9	30.4	21.9	25.5	81.2	0
Jun.	17	2011	26.1	17.9	21.8	76.1	2	
			24	28.6	20.3	23.7	85.4	21.5
			24	24.2	13.8	18.7	71.2	0.3
Oct.	3	2011	22.8	11.3	16.8	71.2	5.5	
			13	22.4	9	15.2	74.6	0

조사구의 특징을 보면, 조사구 I과 II는 산불 피해가 없는 중계리 지역으로 조사구 I은 소나무림, 조사구 II는 굴참나무와 졸참나무가 우점하는 참나무림을 선정하였다. 조사구 III는 2004년 산불로 인해 낙엽낙지층에 피해를 입은 소나무림이며, 조사구 IV는 2004년 산불피해로 2005년도에 곰솔을 조림한 곳이다. 조사구 V는 유천리 지역으로 2006년 산불 피해로 2007년 곰솔을 조림한 곳으로 총 5개소의 조사구를 선정하였으며, 각 조사지역의 균락 특성과 서식지 개황은 다음과 같다(Table 1).

2. 기상

조사기간 동안 기상자료는 부안기상관측소의 측정 자료를 참고하였으며, 조사기간 동안 대기온도 및 상대습도는 조사 다음 날부터 다음 조사 당일까지 평균값을 사용

하였다(Table 2).

조사기간 동안 대기온도 및 상대습도는 6월에 높아지다 7월과 8월에 가장 높게 나타난 후 9월 이후에 점차 낮아지는 것으로 나타났다. 강수량의 경우 7월과 8월의 2달이 연 강수량의 50%가 넘는 것으로 나타났다.

3. 토양

각 조사구별 조사구 내 중심부로부터 유기물층을 제거한 후 광물질 토양 상층부 10 cm 깊이에서 토양 시료를 채취하여 물리화학적 특성을 분석하였다.

토양 pH는 pH meter (EUTECH COND 600), EC는 EC meter (EUTECH ECOS CAN), 유기물 함량은 Tyurin법 및 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였고, 치환성 양이온 (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})은 원자흡광분광광도계 (GBC, Integra)

를 이용하였다.

4. 고등균류의 채집 및 방법

조사기간 동안 모든 균류는 성장함에 따라 모양이 변화하므로 어린 자실체와 성숙한 자실체 모두를 채집하였다. 채집한 버섯은 채집 장소, 채집일 및 서식환경 등을 기입한 다음 자실체가 손상되지 않도록 봉투에 넣어 실험실로 운반하였다. 분류 동정이 어려운 종들은 Melzer용액, KOH 또는 Guaiacol 등에 의한 화학반응 및 현미경을 이용하여 담자기, 담자포자, 낭상체 등을 관찰한 후 종의 분류, 동정하는 데 참고하였다. 균류 분류는 민주름버섯목은 Donk (1964), 주름버섯목은 Singer (1986)의 체계 등을 참조하였으며, 최종분류는 CABI의 Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/>)의 분류체계에 따랐다.

5. 자료분석

조사기간 동안 조사된 외생균근성 버섯 대상으로 하여

기후환경 및 토양환경 요인 등에 따라 고등균류 발생에 어떠한 영향이 있는지에 대한 상관분석을 하였다 (SPSS 12.0 K).

결과 및 고찰

1. 토양환경

조사구별 토양 물리화학적 성질을 분석한 결과 (Table 3), 토양 pH는 조사구 II에서 5.5로 가장 높았고 조사구 IV와 V는 4.8로 가장 낮았다. OM은 조사구 II에서 5.6%로 가장 높게 나타난 반면 조사구 V가 1.2%로 가장 낮았고 P₂O₅은 조사구 V에서 21.3 ppm으로 가장 높게 나타난 반면 나머지 조사구에서는 6.0 ppm 미만으로 조사되어 조사구 II의 토양환경이 가장 양호하였고 V의 환경이 가장 열악한 것으로 나타났다. 이는 우리나라 평균 산림토양 pH는 5.27 정도 (Jeong *et al.*, 2003)이며, OM 함량

Table 3. Physicochemical properties of soils in the sites.

Sites	Factors pH (1 : 5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)		
					K ⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺
I	5.2 (±0.1)	0.2 (±0.1)	3.8 (±0.1)	4.8 (±0.1)	0.2 (±0.1)	2.3 (±0.1)	1.2 (±0.1)
II	5.5 (±0.2)	0.2 (±0.1)	5.6 (±0.1)	5.8 (±0.1)	0.2 (±0.1)	0.8 (±0.1)	0.4 (±0.1)
III	5.2 (±0.2)	0.2 (±0.1)	3.6 (±0.2)	4.7 (±0.1)	0.3 (±0.1)	1.0 (±0.1)	0.6 (±0.1)
IV	4.8 (±0.1)	0.2 (±0.1)	1.8 (±0.1)	2.7 (±0.1)	0.3 (±0.1)	3.8 (±0.1)	1.1 (±0.1)
V	4.8 (±0.1)	0.3 (±0.1)	1.2 (±0.2)	21.3 (±0.2)	0.3 (±0.1)	4.3 (±0.1)	2.4 (±0.1)

*Note; pH: Soil pH (1 : 5), EC: Electrical Conductivity, OM: Organic Matter, P₂O₅: Available P₂O₅, CEC: Cation Exchange Capacity

Table 4. List of higher fungi collected from surveying sites.

Kingdom	Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species		
Fungi	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	2	2	2		
			Pezizomycetes	Pezizales	1	1	1	
			Sordariomycetes	Hypocreales	1	2	2	
		Basidiomycota	Agaricomycetes	Xylariales	1	2	2	
				Agaricales	13	23	52	
				Auriculariales	1	1	2	
	Boletales			4	10	15		
	Cantharellales			1	1	3		
	Geastrales			1	1	2		
	Protozoa	Amoebozoa	Dacrymycetes	Hymenochaetales	1	2	2	
				Phallales	1	1	1	
				Polyporales	3	8	8	
				Russulales	2	3	13	
				Dacrymycetales	1	1	1	
			Myxogastrea	Liceida	1	1	1	
2	3	6	15	34	59	107		

Table 5. Distribution of ectomycorrhizal fruit bodies collected in sites.

Ectomycorrhizal fungi	Sites					Total
	I	II	III	IV	V	
Amanitaceae						
<i>Amanita castanopsidis</i>			3			3
<i>Amanita citrina</i> var. <i>citrina</i>	16	10	21			47
<i>Amanita farinosa</i>	1					1
<i>Amanita longistitata</i>		3				3
<i>Amanita neo-ovoidea</i>	3					3
<i>Amanita pantherina</i>			3			3
<i>Amanita porphyria</i>	6					6
<i>Amanita pseudoporphyria</i>	9	6				15
<i>Amanita rubescens</i> var. <i>rubescens</i>	2		4			6
<i>Amanita spissacea</i>	4					4
<i>Amanita vaginata</i> var. <i>vaginata</i>	5	7	1			13
<i>Amanita verna</i>	13	10				23
<i>Amanita virgineoides</i>	3					3
<i>Amanita virosa</i>		10				10
Entolomataceae						
<i>Entoloma murrayi</i>		2				2
Hydnagiaceae						
<i>Laccaria amethystea</i>	1	21				22
<i>Laccaria laccata</i>		25				25
<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	3	50				53
Inocybaceae						
<i>Inocybe rimosa</i>		2				2
Boletaceae						
<i>Boletus chrysenteron</i>	4		7			11
<i>Boletus fraternus</i>		14				14
<i>Boletus reticulatus</i>	1	2				3
<i>Boletus subtomentosus</i>	5		10			15
<i>Leccinum extremiorientale</i>			4			4
<i>Pulveroboletus ravenelii</i>	8		13			21
<i>Retiboletus nigerrimus</i>	3	1				4
<i>Strobilomyces confusus</i>	7		2			9
<i>Tylopilus eximius</i>			6			6
<i>Tylopilus neofelleus</i>	15	3	19			37
<i>Xanthoconium affine</i>	5	4				9
Gomphidiaceae						
<i>Gomphidius roseus</i>	1					1
Gyroporaceae						
<i>Gyroporus castaneus</i>	5	1				6
Suillaceae						
<i>Suillus bovinus</i>	2					2
<i>Suillus granulatus</i>	5					5
Cantharellaceae						
<i>Cantharellus cibarius</i>	6		60			66
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	45		7			52
<i>Cantharellus minor</i>	20	65	113			198
Russulaceae						
<i>Lactarius camphoratus</i>		1				1
<i>Lactarius chrysorrheus</i>		4				4
<i>Lactarius gerardii</i>		3				3
<i>Lactarius quietus</i>		2				2
<i>Lactarius volemus</i>		3				3
<i>Russula alboareolata</i>	13	17	6			36

Table 5. Continued.

Sites	I	II	III	IV	V	Total
Ectomycorrhizal fungi						
<i>Russula aurea</i>		2				2
<i>Russula bella</i>	11	9	5	1		26
<i>Russula emetica</i>		5				5
<i>Russula foetens</i>		2				2
<i>Russula senecis</i>		2				2
<i>Russula subnigricans</i>	1	5	2			8
Total	223	291	286	1	0	801

은 4.5%, 유효인산은 25.6 ppm이라는 보고 (Jeong *et al.*, 2002)와 비교하였을 때, 토양 pH와 OM 함량이 가장 높은 조사구 II를 제외하고는 우리나라 토양 평균값보다 낮은 것으로 나타났다.

2. 고등균류 다양성

고등균류를 조사한 결과, 총 2계 3문 6강 15목 34과 59속 107종이 동정되었으며, 이에 대한 결과는 Table 4 및 Appendix 1과 같다.

조사 결과, 담자균문은 2강 10목 28과 51속 99종, 자낭균문은 3강 4목 5과 7속 7종 및 아메바문 1강 1목 1과 1속 1종인 것으로 조사되었다. 담자균문의 경우 담자균강이 9목 27과 50속 98종, 붉은목이강은 1목 1과 1속 1종이 조사되었다. 자낭균문의 경우 두건버섯강 1목 2과 2속 2종, 주발버섯강 1목 1과 1속 1종이, 동충하초강은 2목 2과 4속 4종으로 조사된 고등균류 대부분은 담자균문 중 담자균강에 속하는 것으로 나타났다.

이를 분류군별로 구분하면 주름버섯목이 13과 23속 52종, 그물버섯목은 4과 10속 15종 및 무당버섯목 2과 3속 13종으로, 3목의 종수는 80종으로 전체 발생 종수의 약 74.8%로 대부분을 차지하였다. 조사된 균류 중 외생균근성 버섯은 10과 17속 49종으로 전체 종의 45.8%를 차지하고 있어 자실체의 전체 종수의 30~40%가 외생균근균이라는 보고 (Watling, 1995)와 치악산에서 조사된 고등균류 274종 중 외생균근성버섯이 32.7%를 차지하였다는 보고 (Park, 2003)보다는 높았으나, 오대산에서 조사된 281종 중 외생균근성버섯 비율이 49.1%였다는 보고 (Kim, 2006)보다는 낮은 것으로 나타났는데 이는 서식지 환경이 매우 열악하였기 때문으로 판단된다.

3. 외생균근성버섯 분포

조사시간 동안 외생균근성 버섯을 조사한 결과, 총 10

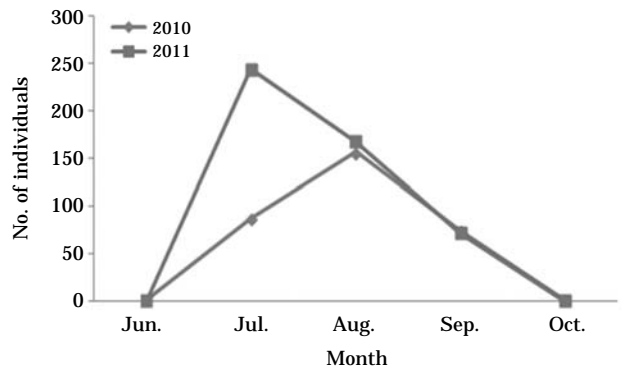


Fig. 2. The number individual of ectomycorrhizal fruit bodies during the surveying periods.

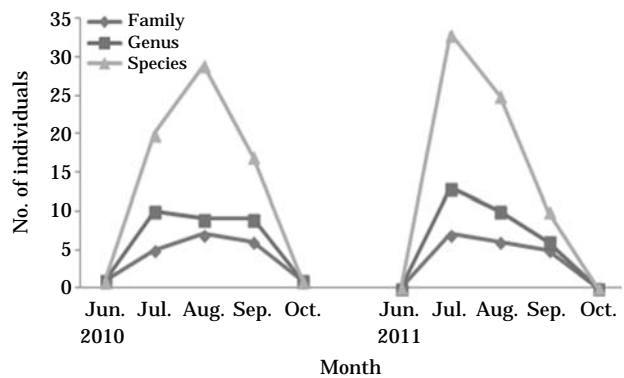


Fig. 3. The number of species of ectomycorrhizal fruit bodies during the surveying periods.

과 17속 49종 801개체가 조사되었으며, 이에 대한 결과는 다음과 같다 (Table 5). 조사기간 동안 종 다양성이 높은 외생균근성 버섯은 광대버섯과가 14종으로 가장 높았고 무당버섯과 (12종), 그물버섯과 (11종) 순이었다. 이는 외생균근성 버섯 발생이 거의 없는 조사구 IV와 V를 제외한 조사구 I, II 및 III에서 3과의 균류가 70% 이상을 차지하는 우점균류인 것으로 나타났다. I, II 및 III의 결과

는 종수에 차이는 있으나 주왕산(Hur and Jang, 2011)의 조사 결과와 유사하였다. 개체수 분포에서는 애기피꼬리버섯 (*Cantharellus minor*)이 198개체로 가장 많이 조사되었고 피꼬리버섯 (*Cantharellus cibarius*) 66개체 및 색시줄각버섯 (*Laccaria vinaceoavellanea*) 53개체 순이었으며, 가장 적은 개체수를 보인 균류는 애우산광대버섯 (*Amanita farinosa*), 민맛젓버섯 (*Lactarius camphoratus*) 및 큰못버섯 (*Gomphidius roseus*) 1개체씩 조사되었다.

4. 조사시기별 외생균근성 버섯

조사시기별 개체수 및 종수 분포(Figs. 2, 3)를 보면, 개체수 분포는 2011년 7월 28일 조사에서 97개체로 가장 많았고 8월 6일 (68개체), 7월 21일 (65개체) 순이었으며 2010년 6월 27일 이전과 2011년 6월과 10월 조사에서는 1개체도 조사되지 않았다. 월별 종수 분포의 경우 2011년 7월이 33종으로 가장 많았고, 2010년 8월 (29종), 2011년 8월 (25종) 순이었으며 6월과 10월 경우에는 1종으로 균류의 발생이 매우 낮았다.

이상의 결과, 대부분 외생균근성 버섯은 7월과 8월에 발생이 높았으며 6월과 10월에는 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 고등균류 종다양성이 7월에 가장 높고 11월이 가장 낮았다는 보고(Kim, 2006)와 유사한 결과를 보였다.

5. 조사구별 외생균근성 버섯 분포

조사구별 외생균근성 버섯의 개체수 및 종수 분포는 다음과 같다(Figs. 4, 5). 개체수 분포를 보면 조사구 II에서 291개체로 가장 많았고 조사구 III(286개체), 조사구 I(223개체) 순으로 나타났다. 종수 분포는 조사구 I과 II에서 30종으로 가장 높았고 조사구 III(18종) 순이었으나, 조사구 IV와 V에서는 종 발생이 거의 없는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 조사구 IV와 V의 경우 산불 발생 후

조립한 곰솔이 10년생 이하로 기후환경요인 및 토양 물리화학적 특성이 조사구 I과 II뿐만 아니라 낙엽낙지층 피해를 입은 조사구 III에 비해서도 균류 서식환경이 매우

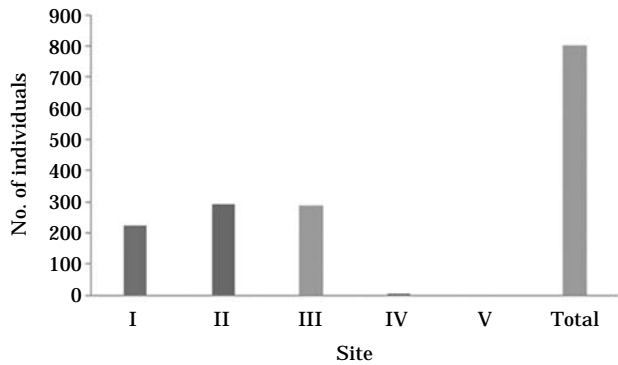


Fig. 4. The number of individual of ectomycorrhizal fruit bodies during the surveying sites.

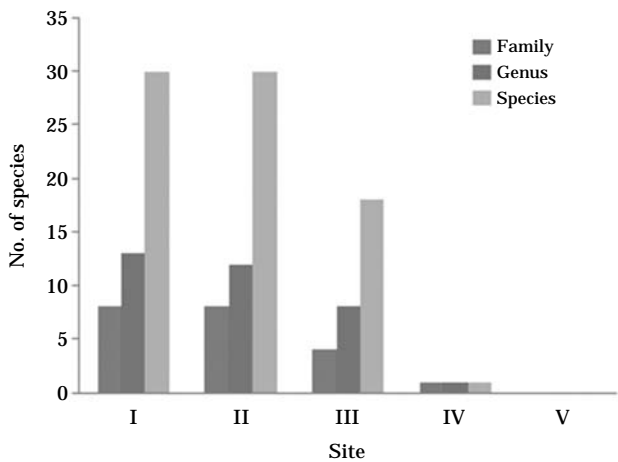


Fig. 5. The number of species of ectomycorrhizal fruit bodies during the surveying sites.

Table 6. Correlation coefficients among soil characteristics and occurrence of ectomycorrhizal species and individuals (n=15).

	pH	OM	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺
EC	0.125					
OM	0.929	1				
Avail. P ₂ O ₅	-0.388	-0.518	1			
K ⁺	-0.024	-0.339	0.171	1		
Ca ⁺	-0.827	-0.911	0.546	0.312	1	
Mg ²⁺	-0.642	-0.794	0.848	0.303	0.862	1
No. of species	0.846**	0.922**	-0.479	-0.450	-0.827**	-0.649**
No. of individuals	0.856**	0.909**	-0.486	-0.307	-0.974**	-0.766**

**P<0.01

Table 7. Correlation coefficients among climatic conditions and occurrence of ectomycorrhizal species and individuals (n=32).

	Air temperature (°C)			Relative humidity (%)	Rainfall (mm)
	Max.	Min.	Mean		
Min. temperature	0.949	1			
Mean temperature	0.98	0.991	1		
Relative humidity	0.431	0.618	0.535	1	
Rainfall	0.14	0.309	0.252	0.541	1
No. of species	0.747**	0.726**	0.748**	0.28	0.253
No. of individuals	0.691**	0.686**	0.704**	0.238	0.181

**P<0.01

열악했기 때문인 것으로 판단된다. 이는 외생균근균의 구성 및 분포에 임분환경(숲 구성, 계절, 강수량, 온도, 나출, 토양특성(부후 및 낙엽 형태, pH, 습도, 비옥도) 등이 중요한 결정을 한다는 보고(Rumberger *et al.*, 2004; Mosca *et al.*, 2007a, b; Scattolin *et al.*, 2008)와 유사하였다.

6. 환경요인과 상관

외생균근성 버섯의 발생과 토양환경요인 (Table 6) 및 기후환경요인 (Table 7)과의 상관관계를 분석한 결과, 토양환경 요인에서는 토양 pH에서 종수($r=0.846^{**}$) 및 개체수($r=0.856^{**}$)에서, 유기물함량(OM)에서도 종수($r=0.922^{**}$) 및 개체수($r=0.909^{**}$)에서 정의 상관이 있는 것으로 나타난 반면 Ca^{+} 에서는 종수($r=-0.827^{**}$) 및 개체수($r=-0.974^{**}$)에서, Mg^{2+} 에서도 종수($r=-0.649^{**}$) 및 개체수($r=-0.766^{**}$)에서 부의 상관이 있는 것으로 나타났다. 이는 외생균근성 버섯의 군집 구성 요인으로 pH, 유기물함량 등은 중요한 요인이라는 보고(Erland and Taylor, 2002; Kernaghan, 2005)와 유사한 결과를 보였다.

기후환경 요인에서는 최고온도에서는 종수($r=0.747^{**}$) 및 개체수($r=0.691^{**}$)에서, 최저온도는 종수($r=0.726^{**}$) 및 개체수($r=0.686^{**}$)에서, 평균온도에서 종수($r=0.748^{**}$) 및 개체수($r=0.704^{**}$)에서 정의 상관으로 유의성이 높은 것으로 나타난 반면 상대습도 및 강수량에서는 유의성이 없는 것으로 조사되었다. 이 같은 결과는 외생균근성 버섯의 군집 구성 요인으로 온도에 영향이 있다는 보고(Eveling *et al.*, 1990)와 유사하였다.

적 요

2010년 6월부터 2011년 10월까지 고등균류를 조사한 결과, 총 2계 3문 6강 15목 34과 59속 107종이 동정되었

으며, 담자균문은 28과 51속 99종, 자낭균문은 5과 7속 7종 및 아메바문은 1과 1속 1종인 것으로 조사되었다.

외생균근성 버섯을 조사한 결과 총 10과 17속 49종 총 801개체가 조사되었으며 이 중 애기피꼬리버섯이 198개체로 가장 많이 발생되었고 피꼬리버섯 66개체, 색시줄각버섯 53개체 순이었다.

종 분포가 높은 균류는 광대버섯과가 14종으로 가장 많이 나타났으며, 그물버섯과 12종, 무당버섯과 11종 순으로 조사되었다.

조사시기별 분포에서는 7월과 8월에 가장 다양한 외생균근성 버섯이 발생되었는데 이는 높은 온도 및 강수량이 많은 시기와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

조사구별 분포에서는 조사구 I인 소나무 군락(8과 13속 30종)과 II인 참나무 군락(8과 12속 30종)에서 가장 높았고, 조사구 IV(1과 1속 1종)와 V의 곰솔 식재지에서는 발생하지 않았다.

외생균근성 버섯 발생에 영향을 주는 기후환경 요인으로는 대기온도(평균온도, 최저온도, 최고온도)에서, 토양환경 요인으로는 토양 산도와 유기물함량에서 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

사 사

2011년도 원광대학교 학술연구조성(교비) 지원에 의한 연구 논문.

인 용 문 헌

Anderson, I.C., B.A. Bastias, D.R. Genney, P.I. Parkin and J.W.G. Cairney. 2007. Basidiomycete fungal communities in Australian sclerophyll forest soil are altered by

- repeated prescribed burning. *Mycological Research* **111**: 482-486.
- Avis, P.J., D.J. McLaughlin, B.C. Dentinger and P.B. Reich. 2003. Long-term increase in nitrogen supply alters above- and below-ground ectomycorrhizal communities and increases the dominance of *Russula* spp. in a temperate oak savanna. *New Phytologist* **160**: 239-253.
- Díaz-Raviña, M., E. Bååth, A. Martín, T. Carballas. 2006. Microbial community structure in forest soils treated with a fire retardant. *Biology and Fertility of Soils* **42**: 465-471.
- Diedhiou, A.G., J.-L. Dupouey, M. Buée, E. Dambrine, L. Laüt and J. Garbaye. 2010. The functional structure of ectomycorrhizal communities in an oak forest in central France witnesses ancient Gallo-Roman farming practices. *Soil Biology and Biochemistry* **42**: 860-862.
- Donk, A. 1964. A concepts of the families of Aphyllophorales, Rijksherbarium, Leiden. *Persoonia* **3**: 199-324.
- Erland, S. and A.F.S. Taylor. 2002. Diversity of ectomycorrhizal fungal communities in relation to the abiotic environment, p. 163-200. *In: Mycorrhizal Ecology* (van der Heijden, M. and I. Sanders, eds.). Berlin, Heidelberg: MGA Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Eveling, D.W., R.N. Wilson, E.S. Gillespie and A. Bataille. 1990. Environmental effects on basidioma counts over fourteen years in a forest area. *Mycological Research* **94**: 998-1002.
- Hur, T.C. and S.K. Jang. 2011. Distribution of Higher Fungi in JuWangSan National Park. *Journal of Korean Institute of Forest Recreation* **5**(2): 15-20.
- Ishida, T.A., K. Nara and T. Hogetsu. 2007. Host effects on ectomycorrhizal fungal communities: insight from eight host species in mixed conifer broadleaf forests. *New Phytologist* **174**: 430-440.
- Jeong, J.H., C.S. Kim, K.S. Goo, C.H. Lee, H.G. Won and J.G. Byun. 2003. Physico-chemical Properties of Korean forest soils by parent rocks. *Journal of Korean Forestry Society* **92**(3): 254-262.
- Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim. 2002. Physico-chemical Properties of Korean forest soils by regions. *Journal of Korean Forestry Society* **91**(6): 694-700.
- Kernaghan, G. 2005. Mycorrhizal diversity: cause and effect?. *Pedobiologia* **49**: 511-520.
- Kim, N.K. 2006. Studies on the flora of soil microorganisms and higher fungi by forest types in the Odaesan National Park. KangWon National University. p. 81.
- Leake, J., D. Johnson, D. Donnelly, G. Muckle, L. Boddy and D.J. Read. 2004. Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Canadian Journal of Botany* **82**: 1016-1045.
- Molina, R., H.B. Massicotte and J.M. Trappe. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbioses: community-ecological consequences and practical implications, p. 357-422. *In: Mycorrhizal Functioning: An Integrative plant-fungal process* (Allen, M.F., ed.). Chapman and Hall, London.
- Mosca, E., L. Montecchio, L. Scattolin and J. Garbaye. 2007a. Enzymatic activities of three ectomycorrhizal types of *Quercus robur* L. in relation to tree decline and thinning. *Soil Biology and Biochemistry* **39**: 2897-2904.
- Mosca, E., L. Montecchio, L. Sella and J. Garbaye. 2007b. Short-term effect of removing tree competition on the ectomycorrhizal status of a declining pedunculate oak forest (*Quercus robur* L.). *Forest Ecology and Management* **244**: 129-140.
- Natarajan, K., G. Senthilarasu, V. Kumaresan and T. Rivière. 2005. Diversity in ectomycorrhizal fungi of a dipterocarp forest in Western Ghats. *Current Science* **88**(12): 1893-1895.
- Park, Y.-J. 2003. Studies on the Monitoring of Fungal Flora in Chiaksan National Park. Kangwon National University. p.150.
- Rumberger, M.D., B. Münzenberger, O. Bens, F. Ehrig, P. Lentzsch and R.F. Hütt. 2004. Changes in diversity and storage function of ectomycorrhiza and soil organo-profile dynamics after introduction of beech into Scots pine forests. *Plant and Soil* **264**: 111-126.
- Scattolin, L., L. Montecchio and R. Agerer. 2008. The ectomycorrhizal community structure in high mountain Norway spruce stands. *Trees* **22**: 13-22.
- Simard, S.W., D. Durall and M. Jones. 2002. Carbon and nutrient fluxes within and between mycorrhizal plants, p. 33-74. *In: Mycorrhizal ecology [ecological studies vol. 157]* (van der Heijden, M.G.A. and I.R. Sanders, eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- Singer, R. 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy, 4th ed. Koeltz Scientific Books, Koenigstein. p. 912.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis 3 Edition, Academic Press, London. p. 815.
- 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. *In: Schulze ED (ed) Carbon and nitrogen cycling in European Forest Ecosystems. Ecological Studies* **142**: 343-365.
- Twieg, B.D., D.M. Durall and S.W. Simard. 2007. Ectomycorrhizal fungal succession in mixed temperate forests.

New Phytologist **176**: 437-447.

Van der Heijden, M.G.A., R.D. Bardgett and N.M. Van Straalen. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters* **11**: 296-310.

Watling, R. 1995. Assessment of fungal diversity: macro-

mycetes, the problems. *Canadian Journal of Botany* **73**: 15-24.

(Manuscript received 23 April 2013,
Revised 10 June 2013
Revision accepted 13 June 2013)

Appendix 1. Detailed list of higher fungi collected from 2010 to 2011 in Byeonsanbando National Park.

Scientific name	Korean name	Surveyed species	
		2010	2011
Fungi			
Basidiomycota			
Agaricomycetes			
Agaricales			
Agaricaceae			
<i>Agaricus arvensis</i>	흰주름버섯	○	
<i>Agaricus moelleri</i>	광비늘주름버섯	○	○
<i>Agaricus placomyces</i> var. <i>placomyces</i>	주름버섯아재비	○	
<i>Agaricus subrutilescens</i>	진갈색주름버섯	○	○
<i>Calvatia craniiformis</i>	말징버섯	○	○
<i>Lepiota cristata</i>	갈색고리갓버섯		○
<i>Lepiota praetervisa</i>	애기갓버섯	○	○
<i>Leucocoprinus fragilissimus</i>	여우꽃각시버섯	○	○
<i>Lycoperdon perlatum</i>	말불버섯	○	○
Amanitaceae			
<i>Amanita castanopsidis</i>	흰오뚜기광대버섯	○	○
<i>Amanita citrina</i> var. <i>citrina</i>	애광대버섯	○	○
<i>Amanita farinosa</i>	애우산광대버섯	○	
<i>Amanita longistitata</i>	긴골광대버섯아재비	○	○
<i>Amanita neo-ovoidea</i>	신알광대버섯		○
<i>Amanita pantherina</i>	마귀광대버섯	○	○
<i>Amanita porphyria</i>	암회색광대버섯	○	○
<i>Amanita pseudoporphyria</i>	암회색광대버섯아재비	○	○
<i>Amanita rubescens</i> var. <i>rubescens</i>	붉은점박이광대버섯	○	○
<i>Amanita spissacea</i>	뱀껍질광대버섯	○	○
<i>Amanita vaginata</i> var. <i>vaginata</i>	우산버섯	○	○
<i>Amanita verna</i>	흰알광대버섯	○	○
<i>Amanita virgineoides</i>	회가시광대버섯	○	○
<i>Amanita virosa</i>	독우산광대버섯	○	○
Entolomataceae			
<i>Entoloma (Rhodophyllus) murrayi</i>	노란꼭지외대버섯	○	
Hydnagiaceae			
<i>Laccaria amethystea</i>	자주줄각버섯	○	○
<i>Laccaria laccata</i>	줄각버섯	○	○
<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	색시줄각버섯	○	○
Inocybaceae			
<i>Crepidotus mollis</i>	귀버섯	○	○
<i>Crepidotus sulphurinus</i>	노란귀버섯		○
<i>Inocybe rimosa</i>	솔땀버섯	○	○
Lyophyllaceae			
<i>Asterophora lycoperdoides</i>	덧붙이버섯	○	○
Marasmiaceae			
<i>Gymnopus confluens</i>	밑애기버섯	○	○
<i>Gymnopus dryophilus</i>	오렌지밑버섯	○	○
<i>Marasmiellus candidus</i>	하얀선너버섯	○	○
<i>Marasmiellus nigripes</i>	검은대선너버섯		○
<i>Marasmiellus ramealis</i>	마른가지선너버섯	○	
<i>Marasmius maximus</i>	큰낙엽버섯	○	○
<i>Marasmius pulcherripes</i>	앵두낙엽버섯	○	○
<i>Marasmius siccus</i>	애기낙엽버섯	○	
Mycenaceae			
<i>Mycena alphitophora</i>	흰애주름버섯	○	○

Appendix 1. Continued.

Scientific name	Korean name	Surveyed species	
		2010	2011
<i>Mycena galericulata</i>	애주름버섯	○	
<i>Mycena haematopus</i>	적갈색애주름버섯	○	
<i>Mycena pura</i>	맑은애주름버섯	○	○
<i>Mycena stylobates</i>	빨판애주름버섯	○	○
Physalacriaceae			
<i>Armillaria tabescens</i>	뿔나무버섯부치	○	○
<i>Cyptotrama asprata</i>	등색가시비너버섯	○	○
Psathyrellaceae			
<i>Coprinellus micaceus</i>	갈색취눈물버섯	○	○
<i>Lacrymaria lacrymabunda</i>	큰눈물버섯	○	
Schizophyllaceae			
<i>Schizophyllum commune</i>	치마버섯	○	○
Strophariaceae			
<i>Hypholoma fasciculare</i>	노란다발	○	○
Tricholomataceae			
<i>Clitocybe gibba</i>	깔때기버섯	○	
<i>Collybia peronata</i>	가랑잎애기버섯	○	○
Auriculariales			
Auriculariaceae			
<i>Auricularia auricula-judae</i>	목이		○
<i>Auricularia polytricha</i>	털목이	○	○
Boletales			
Boletaceae			
<i>Boletus chrysenteron</i>	마른산그물버섯	○	○
<i>Boletus fraternus</i>	붉은그물버섯	○	○
<i>Boletus reticulatus</i>	그물버섯아재비		○
<i>Boletus subtomentosus</i>	산그물버섯	○	○
<i>Leccinum extremorientale</i>	결결이그물버섯	○	○
<i>Pulveroboletus ravenelii</i>	노란분말그물버섯	○	○
<i>Retiboletus nigerrimus</i>	검은망그물버섯	○	○
<i>Strobilomyces confusus</i>	털귀신그물버섯	○	○
<i>Tylopilus eximius</i>	은빛쓴맛그물버섯	○	○
<i>Tylopilus neofelleus</i>	제주쓴맛그물버섯	○	○
<i>Xanthoconium affine</i>	진갈색먹그물버섯	○	○
Gomphidiaceae			
<i>Gomphidius roseus</i>	큰못버섯	○	
Gyroporaceae			
<i>Gyroporus castaneus</i>	흰돌레그물버섯	○	○
Suillaceae			
<i>Suillus bovinus</i>	황소비단그물버섯		○
<i>Suillus granulatus</i>	젓비단그물버섯		○
Cantharellales			
Cantharellaceae			
<i>Cantharellus cibarius</i>	피꼬리버섯	○	○
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	붉은피꼬리버섯	○	○
<i>Cantharellus minor</i>	애기피꼬리버섯	○	○
Gastrales			
Gastraceae			
<i>Geastrum fimbriatum</i>	테두리방귀버섯	○	○
<i>Geastrum triplex</i>	목도리방귀버섯	○	○
Hymenochaetales			
Hymenochaetaceae			

Appendix 1. Continued.

Scientific name	Korean name	Surveyed species	
		2010	2011
<i>Coltricia cinnamomea</i>	툽니겨우살이버섯	○	○
<i>Phellinus xeranticus</i>	금빛진흙버섯	○	
Phallales			
Phallaceae			
<i>Pseudocolus schellenbergiae</i>	세발버섯		○
Polyporales			
Fomitopsidaceae			
<i>Daedalea dickinsii</i>	등갈색미로버섯	○	○
<i>Postia caesia</i>	푸른갓등버섯	○	○
Ganodermataceae			
<i>Ganoderma lucidum</i>	영지 (블로초)	○	○
Polyporaceae			
<i>Daedaleopsis tricolor</i>	삼색도장버섯		○
<i>Lenzites betulina</i>	조개껍질버섯	○	○
<i>Microporus vernicipes</i>	메꽃버섯붙이	○	○
<i>Trametes versicolor</i>	구름송편버섯	○	○
<i>Trichaptum abietinum</i>	소나무웃술버섯	○	○
Russulales			
Russulaceae			
<i>Lactarius camphoratus</i>	민맛젓버섯	○	
<i>Lactarius chrysorrheus</i>	노란젓버섯	○	○
<i>Lactarius gerardii</i>	애기젓버섯		○
<i>Lactarius quietus</i>	벽돌색젓버섯	○	
<i>Lactarius volemus</i>	배젓버섯	○	○
<i>Russula alboareolata</i>	흰꽃무당버섯	○	○
<i>Russula aurea</i>	황금무당버섯	○	○
<i>Russula bella</i>	수원무당버섯	○	○
<i>Russula emetica</i>	냄새무당버섯	○	○
<i>Russula foetens</i>	갈매기무당버섯	○	
<i>Russula senecis</i>	흙무당버섯		○
<i>Russula subnigricans</i>	절구버섯아재비	○	○
Stereaceae			
<i>Stereum ostrea</i>	갈색꽃구름버섯		○
Dacrymycetes			
Dacrymycetales			
Dacrymycetaceae			
<i>Calocera cornea</i>	아교뿔버섯	○	○
Ascomycota			
Leotiomycetes			
Helotiales			
Dermateaceae			
<i>Chlorociboria aeruginosa</i>	녹청균		○
Helotiaceae			
<i>Bisporella citrina</i>	황색고무버섯	○	○
Pezizomycetes			
Pezizales			
Helvellaceae			
<i>Helvella elastica</i>	긴대안장버섯	○	
Sordariomycetes			
Hypocreales			
Cordycipitaceae			
<i>Cordyceps nutans</i>	노린재동충하초	○	○

Appendix 1. Continued.

Scientific name	Korean name	Surveyed species	
		2010	2011
<i>Isaria tenuipes</i>	흰눈꽃동충하초	○	○
Xylariales			
Xylariaceae			
<i>Annulohyphoxylon truncatum</i>	검은팔버섯	○	○
<i>Daldinia concentrica</i>	콩버섯	○	○
Protozoa			
Amoebozoa			
Myxogastrea			
Liceida			
Tubiferaceae			
<i>Tubifera ferruginosa</i>	산딸기점균	○	○