

내장산국립공원의 고도에 따른 외생균근성 버섯 분포

장석기*

원광대학교 생명자원과학대학 환경조경학전공

Distribution of Ectomycorrhizal Mushroom According to Altitude in NaeJangSan National Park

Seog-Ki Jang*

Major in Forest Environmental Landscape, College of Life Science & Natural Resource,
Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

(Received November 17, 2006)

ABSTRACT: This study was conducted to investigate the diversity of ectomycorrhizal mushroom by surveying sites from June 2004 to October 2005. The obtained results from investigation were as follows. The total of 5 classes 16 orders 63 families 149 genera and 358 species including saprophytic and ectomycorrhizal fungi was investigated. A total of 17 families 36 genera 152 species (1,285ea.) of ectomycorrhizal mushroom was investigated. The mushrooms are classified into 9 families 27 genera and 136 species in Agaricales, 5 families 6 genera and 12 species in Aphyllophorales and 3 families 3 genera and 4 species in Gasteromycetes. Dorminant species were Russulaceae (35 species) followed by Boletaceae (34 species), Amanitaceae(22 species) and Cortinariaceae (21 species). The mushroom occurrence of ectomycorrhizal fungi was closely related to climatic conditions such as high air temperature and lots of rainfall from July to September. The environment factors which have a favorable influence of mushroom occurrence were soil pH, available P₂O₅ of soil and rainfall and air temperature of climatic environment.

KEYWORDS: Amanitaceae, Boletaceae, Cortinariaceae, Ectomycorrhizal mushroom, *Quercus* sp., Russulaceae

내장산(E 126° 49'-126° 56', N 35° 24'-35° 41')은 우리나라의 온대 중부림에 속하며 굴거리나무, 비자나무림이 천연기념물로 지정되어 있는 남방계 식물의 북한계이면서 북방계 식물의 남한계가 되는 추이대(ecotone)지역으로 많은 생물군들이 서식하고 있다. 이 지역은 참나무속, 소나무 및 서어나무 등이 우점하고 있어 고등균류의 좋은 서식환경을 제공하고 있다.

특히 균근균은 안정적인 산림 생태계 순환을 위해 필수적이라 할 수 있으며 균근균과 기주식물이 함께 발달하고 그들이 상호작용하여 생태계에 다시 도달하게 되는 생태계 순환(Taylor *et al.*, 2000) 때문에 외생균근균의 군집 구조의 연구는 중요하다(Dahlberg *et al.*, 1997; Horton and Bruns, 1998).

외생균근균의 군집 구성은 환경요인의 다양한 변화와 밀접한 관련이 있으며 임분연령, 기질(substrate quality)특성, 미세기후, 산림피복도, 임분밀도, 고사목의 양 등 입지 특성(Soderstrom, 1988; Gustafsson *et al.*, 1992; Hyvarinen *et al.*, 1992; Selva, 1994; Crites and Dale, 1998)과 기후 조건(Ohenoja, 1993) 및 광선(Molina *et al.*, 1992) 등이

외생균근균의 발생에 영향을 미친다.

따라서 본 연구는 내장산을 대상으로 외생균근성 버섯 발생이 양호하다고 판단되는 내장사에서 까치봉, 내장사에서 불출봉, 백양사에서 사자봉 및 남창(전남대 수련원)에서 갓바위 등 4지역을 고도 및 조사시기에 따른 외생균근성 버섯의 발생을 조사하고, 환경인자(토양 및 기후환경)가 외생균근성 버섯 분포에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

조사지 개황

조사는 등산로 및 계곡 등 출입이 가능한 지역으로 Road Transect Method에 의해 좌우 각각 10 m를 조사 범위에 포함하여 2004년과 2005년 6월부터 10월 까지 총 39회(2004년 18회, 2005년 21회)를 조사하였다.

조사지 식생은 교목층의 경우 고도가 199 m 이하인 지역에서는 소나무(*Pinus densiflora*), 굴참나무(*Quercus variabilis*), 졸참나무(*Quercus serrata*) 및 인공식재림이, 200~699 m에서는 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무(*Quercus mongolica*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 층층나무(*Cornus controversa*) 등의 출현 높았다. 특히 정상부라 할 수 있는

*Corresponding author <E-mail: whfla@lycos.co.kr>

Table 1. Climatic data in Jeongeup city from June 2004 to October 2005

Period	Elements	Air temperature (°C)			Relative humidity (%)	Precipitation (mm)
		Max	Min	Mean		
June 2004		27.6	17.4	22.2	62.3	247.5
July		30.6	22.5	25.9	68.6	195.5
Aug.		31.0	21.8	25.6	68.8	334.5
Sep.		26.7	17.2	21.3	67.6	171.0
Oct.		22.2	9.2	15.0	60.2	2.5
June 2005		29.0	18.4	22.9	70.2	156.5
July		30.3	22.1	25.5	76.6	350.5
Aug.		30.5	22.3	25.7	73.8	468.0
Sep.		27.8	18.8	22.6	72.9	231.5
Oct.		22.4	12.1	16.8	72.8	21.5

700 m 이상인 지역에서는 신갈나무가 균락을 형성하고 있어 대부분 교목층은 참나무속(*Quercus* sp.)의 수종들이 우점하고 있는 것으로 나타났다. 아교목 및 관목층은 신갈나무, 졸참나무, 서어나무, 층층나무, 산벚나무(*Prunus sargentii*), 당단풍(*Acer pseudosieboldianum*), 때죽나무(*Styrax japonica*), 쪽동백나무(*Styrax obassia*) 및 개웃나무(*Rhus trichocarpa*) 등이 많은 것으로 나타났다.

기후

조사 기간 동안 기후자료는 조사 지역의 정읍 기상관측소의 자료를 참고하였다(Table 1).

조사기간 동안 평균 온도는 2004년 7월이, 상대습도는 2005년 7월에 가장 높게 나타났다.

특히 2004년의 상대습도는 70%가 넘지 않아 최근 5년간 평균 상대습도 70.14%(1999~2003년)보다 낮은 것으로 나타났다. 강수량의 경우 연 평균 강수량의 40% 정도가 집중되는 7월 및 8월의 경우 2004년에는 38%로 연 평균 강수량과 비슷하였으나, 2005년은 59%로 매우 많은 강수량을 나타냈다.

버섯 채집 및 방법

모든 균류는 성장함에 따라 형태가 달라지므로 어린 자실체와 성숙한 자실체를 모두 채집하였다. 채집한 버섯은 채집장소, 기주식물, 채집일 등을 기입한 다음 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, 동정하는데 참고 하였다.

균류의 동정은 주름버섯목은 Singer(1986)의 분류체계, 민주름버섯목은 Donk(1964)의 분류체계, 고약버섯류는 Eriksson and Hjortstam(1973~1976, 1978~1984, 1988) 등의 분류방법, 구멍장이버섯류와 소나무비늘버섯류는 Gilbertson and Ryvarde(1986~1987, 1993~1994), 복균아강은 Coker and Couch(1928) 등의 분류 체계를 따라 동정하였으며 Agere(1985)와 Bonet *et al.*(2004) 등을 참고하였다.

토양환경

토양환경 조사를 위해 내장사 지역 4지점(100~199 m, 200~299 m, 300~399 m, 600~699 m)과 백양사 지역 3지점(400~499 m, 500~599 m, 700 m 이상)에서 토양환경이 양호하다고 판단되는 지점을 선택하여 3회(2004년 4월, 8월, 10월)에 걸쳐 A0 층을 걷어내어 15 cm 정도 깊이에서 토양을 채취한 뒤 음건시킨 후 토양 pH는 초자전극법, 유기물함량과 유효인산은 Lancaster법, 양이온 치환성 이온(Ca, Mg, K)은 원자흡광분광분석법으로 각각 정량하여 측정하였다(농촌진흥청, 1979).

자료분석

월별, 고도별로 조사된 외생균근성 버섯을 대상으로 기후환경 및 토양환경 등의 요인에 따라 외생균근성 버섯 발생에 어떠한 영향이 있는지 상관분석을 통해 분석하였다(SAS, 1989).

결과 및 고찰

토양환경

고도별 토양환경을 보면 토양 pH는 200~299 m 사이가 5.2로 가장 높았고, 100~199 m에서 4.5로 가장 낮았으며, 유기물함량은 400~499 m에서 7.3%로 가장 높았고 100~199 m가 4.0%로 가장 낮았다. 유효인산은 700 m 이상에서 27 ppm로 가장 높았으며, 300~399 m와 500~599 m에서 6 ppm으로 가장 낮은 것으로 나타났다(Table 2).

이상의 결과 100~199 m의 지역에서 토양환경이 가장 열악한 것으로 판단되며, 특히 토양 pH의 경우 우리나라 대부분의 활엽수 토양 pH가 5.5~6.5가 생육범위라는 보고(이, 2000)보다는 낮은 것으로 나타났다.

외생균근성 버섯의 다양성

조사기간 동안 총 5강 16목 63과 149속 358종의 고등균류가 조사되었으며, 이중 외생균근성 버섯은 총 2강 3목 17과 36속 152종 1,285개체가 조사 되었다. 이를 년도

Table 2. Physicochemical properties of soils collected in Mt. NaeJang

Altitude	Factors pH (1 : 5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	CEC		
				K ⁺	Ca ⁺ (cmol+/kg)	Mg ²⁺
100 m~199 m	4.5(±0.2)	4.0(±0.4)	11(±1.3)	0.1(±0.1)	0.3(±0.1)	0.2(±0.1)
200 m~299 m	5.2(±0.2)	4.6(±0.3)	8(±0.5)	0.2(±0.1)	3(±0.4)	1(±0.2)
300 m~399 m	4.8(±0.1)	4.7(±0.2)	6(±0.5)	0.3(±0.1)	0.8(±0.2)	0.3(±0.1)
400 m~499 m	4.8(±0.2)	7.3(±0.3)	14(±1.5)	0.3(±0.1)	2(±0.5)	1.3(±0.5)
500 m~599 m	4.8(±0.2)	4.7(±0.2)	6(±0.4)	0.3(±0.1)	0.8(±0.3)	0.3(±0.1)
600 m~699 m	4.7(±0.1)	5.3(±0.5)	12(±1.3)	0.1(±0.1)	0.4(±0.1)	0.3(±0.1)
700 m~	4.8(±0.1)	6.0(±0.4)	27(±2.5)	0.3(±0.1)	3.3(±0.8)	1(±0.3)

* pH : Soil pH (1 : 5), OM : Organic Matter, P₂O₅ : Available P₂O₅, CEC : Cation Exchange Capacity.

Table 3. List and individuals of ectomycorrhizal fungi collected in Mt. NaeJang

Family	No. of Species			No. of individuals		
	2004	2005	Total	2004	2005	Total
Basidiomycotina						
Eubasidiomycetes						
Hymenomycetidae						
Agaricales						
Amanitaceae	17	19	22	40	108	148
Boletaceae	23	26	34	41	139	180
Cortinariaceae	13	14	21	29	55	84
Entolomataceae	6	6	10	11	28	39
Hygrophoraceae		1	1		5	5
Gomphidiaceae		1	1		22	22
Russulaceae	21	27	35	86	313	399
Strobilomycetaceae	2	3	4	4	13	17
Tricholomataceae	3	8	8	68	83	151
Aphyllphoreles						
Cantharellaceae	4	4	5	85	108	193
Clavulinaceae		1	1		1	1
Hydnaceae		2	2		10	10
Ramariaceae		2	2		2	2
Thelephoraceae	1	2	2	10	5	15
Gasteromycetes						
Gasteromycetidae						
Sclerodermatales						
Astraeaceae	1	1	1	4	1	5
Sclerodermataceae	2	2	2	3	9	12
Rhizopogonaceae	1		1	2		2
Total	94	119	152	383	902	1,285

별로 보면, 2004년은 12과 23속 94종 383개체, 2005년에는 16과 33속 119종 902개체가 발생되었으며, 이를 분류하면 Table 3 및 Appendix 1과 같다.

조사 결과 진정담자균강(Eubasidiomycetes) 모균아강(Hymenomycetidae)의 주름버섯목(Agaricales)이 9과(Amanitaceae, Boletaceae, Cortinariaceae, Entolomataceae, Hygrophoraceae, Gomphidiaceae, Russulaceae, Strobilomycetaceae, Tricholomataceae) 27속 136종 1,045개체, 민주름버섯목(Aphyllphoreles)은 6과(Cantharellaceae, Clavulinaceae, Hydnaceae, Ramariaceae, Thelephoraceae, Thelephoraceae) 6속 12종 221개체 및 복균아강(Gasteromycetidae)은 3과(Astraeaceae, Sclerodermataceae, Rhizo-

pogonaceae) 3속 4종 19개체가 조사되어 대부분 외생균근성 버섯은 주름버섯목에 속하는 것으로 나타났다. 이 중 종수가 가장 많이 발생된 균류는 무당버섯과로 35종이었고 그물버섯과(34종), 광대버섯과(22종) 순이었으며, 개체수는 무당버섯과가 399개체로 가장 많았고 피꼬리버섯과(193개체) 및 그물버섯과(180개체) 순으로 나타났다. 조사된 고등균류 중 외생균근성 버섯 비율은 약 42.5%를 차지하고 있는 것으로 나타나 자실체 전체 종수의 30~40%가 외생균근균이라는 보고(Watling, 1995)와 치악산에서 조사된 고등균류 131속 274종 중 외생균근성 버섯이 32.7%를 차지하였다는 결과(박, 2003) 보다는 높은 비율을 보였으나, 광릉시험림에서 조사된 고등균류 104속

257종 중 외생균근성 버섯이 28속 120종으로 약 47% 분포한다는 보고(이 등, 1987)와 비교 했을 때는 낮은 것으로 나타났다.

조사시기별 외생균근성 버섯

조사시기별 개체수 및 종수는 각각 Fig. 1과 Fig. 2와 같았으며, 발생 개체수는 2005년 8월이 407개체로 가장 많았고 2004년 6월이 5개체로 가장 적었다. 종수 분포는 2005년 7월에 11과 20속 62종으로 가장 많은 종수 분포를 보였고 2004년 6월이 2과 2속 2종으로 가장 적었다. 이 같은 결과는 조사기간 동안 온도 및 습도 등 기후환경 변화가 외생균근성 버섯 발생에 영향을 끼친 것으로 판단된다.

월별 외생균근성 버섯의 종 분포(Table 4)를 보면 8월에 82종으로 가장 많이 발생되었고 6월이 21종으로 가장 적게 조사되어 대부분 외생균근성 버섯은 7월에서 9월까지 집중적으로 발생하는 것으로 나타났다. 이 중 광대버섯과, 그물버섯과, 무당버섯과, 끈적버섯과, 송이버섯과, 피꼬리버섯과 및 외대버섯과 등 7과는 지속적으로 발생되었으며 특히, 무당버섯과, 그물버섯과 및 광대버섯과 3과

Table 4. Distribution of species of ectomycorrhizal mushroom during the surveying periods in Mt. NaeJang

Family	Month				
	June	July	August	September	October
Russulaceae	7	21	21	17	3
Boletaceae	2	18	22	12	4
Amanitaceae	1	13	15	15	2
Cortinariaceae	4	7	7	12	4
Tricholomataceae	2	4	3	4	4
Entolomataceae	2	4	4	5	2
Cantharellaceae	1	2	4	3	1
Others	2	5	6	6	4
Total	21	74	82	74	24

는 다른 균류에 비해 많은 종수로 우점하고 있는 것으로 나타났다. 이는 기주식물 구성에 차이는 있으나, 리기다소나무와 리기테다소나무에서도 무당버섯과, 광대버섯과, 그물버섯과의 균류들이 가장 흔한 종이었던 결과(이 등, 1982)와 포플러림에서는 광대버섯속, 무당버섯속, 겹겹이그물버섯속 등이 우점 한다는 보고(이 · 김, 1983)와 유사한 결과를 보여 우리나라 대부분 침 · 활엽수림 지역에서 가장 다양하게 발생되고 있는 균류인 것으로 판단된다.

고도별 외생균근성 버섯 분포

고도별에 따른 외생균근성 버섯의 개체수 및 종수 분포는 Fig 3과 Fig 4와 같다. 개체수 분포는 2005년 200~299 m 사이에서 205개체로 가장 많이 발생되었으며, 2004년 700 m 이상에서는 1개체도 조사되지 않았다. 종수에서는 2004년 200~299 m 사이에서 64종으로 가장 많이 조사 되었고 2004년 700 m 이상에서는 1종도 나타나지 않았다. 이상의 결과 고도가 높아짐에 따라 개체수 및 종수의 감소가 나타났으며, 정상부라 할 수 있는 700 m 이상에서는 현저히 종의 감소가 나타났다. 이는 고도에 따라 종의 풍부도 및 다양성이 감소한다는 보고(Kernaghan and

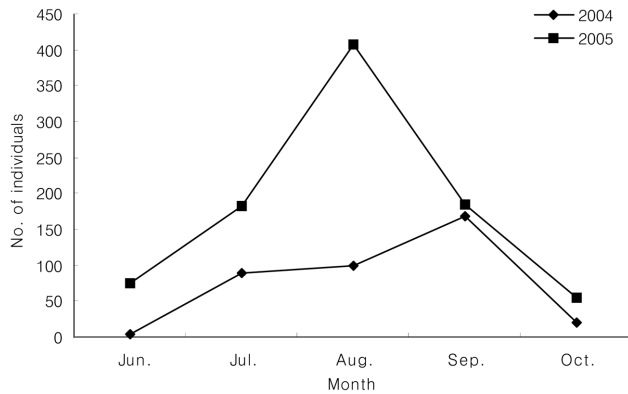


Fig. 1. The number of individuals of ectomycorrhizal mushroom during the surveying periods in Mt. NaeJang.

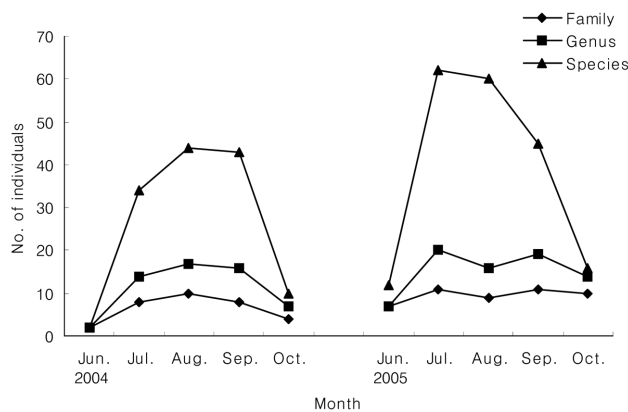


Fig. 2. The number of species of ectomycorrhizal mushroom during the surveying periods in Mt. NaeJang.

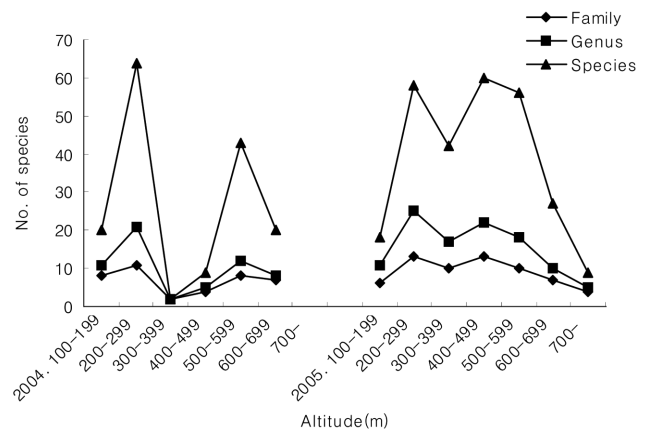


Fig. 3. The number of species of ectomycorrhizal mushroom according to the altitude in Mt. NaeJang.

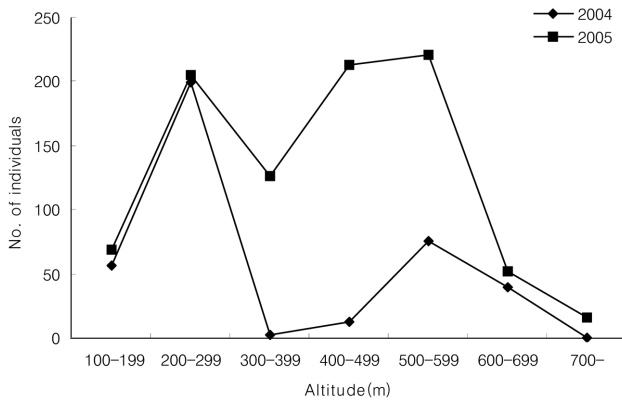


Fig. 4. The number of individuals of ectomycorrhizal mushroom according to the altitude in Mt. NaeJang.

Harper, 2001)와 같은 결과를 보였다.

특히 300~399 m의 경우 400~599 m에 비해 적은 균류 발생은 이 지역이 많은 암반 및 바위들이 위치해 있어 고

등균류의 서식환경에 영향을 주었기 때문인 것으로 판단된다.

고도별 외생균근성 버섯의 종 분포(Table 5)를 보면 전 지역에서 무당버섯과(Russulaceae), 그물버섯과(Boletaceae), 끈적버섯과(Cortinariaceae) 및 광대버섯과(Amanitaceae)의 발생이 기타 균류에 비해 높은 것으로 나타났다. 특히, 600 m 이상에서 무당버섯과는 다른 균류에 비해 상대적으로 발생이 높은 것으로 나타나 임황, 지황 및 기후환경 변화에 대한 서식환경이 넓은 것으로 판단된다. 이는 우리나라 12개 임분에 대한 외생균근성 버섯에 대한 기주선택성을 조사한 결과 광대버섯속, 무당버섯속, 잣버섯속 등이 기주선택성이 넓은 종이였다는 보고(이·김, 1987)과 유사한 결과를 보였다.

환경요인과 상관

외생균근성 버섯의 발생과 토양환경 요인(Table 6) 및 기후환경 요인(Table 7)과의 상관관계를 분석한 결과, 토양환경

Table 5. Distribution of species of ectomycorrhizal mushroom according to the altitude in Mt. NaeJang

Altitude (m)	100 m~199 m	200 m~299 m	300 m~399 m	400 m~499 m	500 m~599 m	600 m~699 m	700 m~
Family							
Russulaceae	6	21	14	15	22	17	6
Boletaceae	8	22	5	10	19	6	1
Amanitaceae	8	14	9	14	13	7	-
Cortinariaceae	2	14	3	6	10	1	1
Others	9	26	12	17	15	8	1
Total	33	97	43	62	79	39	9

Table 6. Correlation coefficients among soil characteristics and occurrence of ectomycorrhizal species and individuals (n=21)

	PH	OM	Avail. P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺
OM	0.080	1				
Avail. P ₂ O ₅	-0.143	0.534	1			
K ⁺	0.337	0.466	0.144	1		
Ca ⁺	0.686	0.436	0.579	0.445	1	
Mg ²⁺	0.547	0.761	0.495	0.442	0.852	1
No. of species	0.673**	-0.141	-0.688**	0.103	0.088	0.172
No. of individuals	0.690**	-0.165	-0.620**	0.109	0.180	0.232

** : P<0.01.

Table 7. Correlation coefficients among climatic conditions and occurrence of ectomycorrhizal species and individuals (n=10)

	Air temperature			Relative humidity	Rainfall
	Max.	Min.	Mean		
Min. temperature	0.975	1			
Mean temperature	0.991	0.995	1		
Relative humidity	0.349	0.471	0.402	1	
Rainfall	0.814	0.824	0.832	0.373	1
No. of species	0.750*	0.839**	0.814**	0.585	0.876**
No. of individuals	0.614	0.677*	0.654*	0.559	0.890**

** : P<0.01.

* : P<0.05.

경 요인에서는 토양 pH에서 종수($r=0.673$, $P<0.01$) 및 개체수($r=0.690$, $P<0.01$)는 정의 상관, 유효인산은 종수($r=-0.688$, $P<0.01$) 및 개체수($r=-0.620$, $P<0.01$)에서 부의 상관인 것으로 나타났다. 이는 외생균근성 버섯의 군집 구성 및 발생 요인으로 토양 pH 및 유효인산이 중요한 요인(Van der Heijden *et al.*, 1999)이었다는 보고와 유사한 결과가 나타났다.

기후환경 요인에서는 강수량에서 종수($r=0.844$, $P<0.01$) 및 개체수($r=0.867$, $P<0.01$), 최고온도는 종수($r=0.750^*$)에서만, 최저기온은 종수($r=0.839$, $P<0.01$) 및 개체수($r=0.677$, $P<0.05$), 평균기온은 종수($r=0.814$, $P<0.01$) 및 개체수($r=0.677$, $P<0.05$)에서 정의 상관으로 유의성 보였다. 이상의 결과 외생균근성 버섯의 군집 구성 요인으로 강수량(Rosenzweig and Abramsky, 1993) 및 온도(Eveling *et al.*, 1990) 등의 영향이 있다는 보고와 일치하였다.

적 요

2004년 6월부터 2005년 10월까지 내장산국립공원의 외생균근성 버섯을 조사한 결과는 다음과 같았다.

조사기간 동안 고등균류는 총 5강 16목 63과 149속 358종이었으며 이중 외생균근성 버섯은 총 2강 3목 17과 36속 152종 1,285개체가 조사되었다. 주름버섯목이 9과 27속 136종 1,045개체, 민주름버섯목은 5과 6속 12종 221개체 및 북균강은 3과 3속 4종 19개체가 조사되었다. 무당버섯과가 35종으로 가장 우점하였고, 그물버섯과(34종), 광대버섯과(22종), 끈적버섯과(21종)의 순이었다. 외생균근성 버섯 발생은 강수량 및 대기온도가 높은 시기인 기후환경과 밀접한 관계가 있는 7월, 8월 및 9월에 집중되었다. 외생균근성 버섯 분포에 영향을 주는 환경은 토양환경 중 토양 pH와 유효인산이, 기후환경은 강수량 및 대기온도가 중요한 인자로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2004~5년도 국립공원관리공단 내장산국립공원 자연자원조사비 지원에 의해 연구되었음.

인용문헌

농촌 진흥청 농업기술연구소. 1979. 토양화학분석법. Pp 24-91.
박영준. 2003. 치악산국립공원에서 발생하는 고등균류의 모니터링에 관한 연구. 강원대학교 박사학위논문.
이경준, 구창덕, 김양섭. 1982. 리기다와 리기테다소나무 임분내에 공생하는 외생균근균 비교. 한국균학회지 **10**: 21-25.
이경준, 김양섭. 1983. 소나무림과 포플러림에 공생하는 외생균근균의 동정 및 비교. 한국균학회지 **11**: 9-13.
이경준, 김양섭. 1987. 한국 12개 수종 임분내의 외생균근 버섯의 기주선택성과 분포에 관한 연구. 한국균학회지 **15**: 48-69.
이경준, 오르손 밀러, 김양섭. 1987. 광릉시험림의 부생성, 균근

성 및 기생성 고등균류의 분포와 다양성에 관한 연구. 한국임학회지 **76**: 376-389.
이천용. 2000. 산림환경토양학. 보성문화사.
Agere, R. 1985. Zur Okologie der Mykorrhizapilze. J. Cramer.
Bonet, J. A., Fischer, C. R. and Colinas, C. 2004. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in Pinus sylvestris forest of the central Pyrenees. *For. Ecol. Manage.* **23**: 157-175.
Coker, W. C. and Couch, J. N. 1928. The Gasteromycetes. J. Cramer.
Crites, S. and Dale, M. R. T. 1998. Diversity and abundance of bryophytes, lichens, and fungi in relation to woody substrate and successional stage in aspen mixed wood boreal forests. *Can. J. Bot.* **76**: 641-651.
Dahlberg, A., Jonsson, L. and Nylund, J. E. 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**: 1323-1335.
Donk, M. 1964. A conspectus of the families of Aphyllophorales, Rijksherbarium. Leiden.
Eriksson, J. and Ryvarden, L. 1973-1976. The Corticiaceae of North Europe, Vols. 2, 3, 4. Fungiflora. Oslo.
Eriksson, J., Hjortstam, K. and Ryvarden, L. 1978-1984. The Corticiaceae of North Europe, Vols. 5, 6, 7. Fungiflora. Oslo.
Eriksson, J., Hjortstam, K. and Ryvarden, L. 1988. The Corticiaceae of North Europe, Vols. 8. Fungiflora. Oslo.
Eveling, D. W., Wilson, R. N., Gillespie, E. S. and Bataille, A. 1990. Environmental effects on basidioma counts over fourteen years in a forest area. *Mycol. Res.* **94**: 998-1002.
Gilbertson, R. L. and Ryvarden, L. 1986-1987. North American Polypores. Vols. 1, 2. Fungiflora. Oslo.
Gilbertson, R. L. and Ryvarden, L. 1993-1994. European Polypores. Vols. 1, 2. Fungiflora. Oslo.
Gustafsson, L., Fiskesjö, A., Hallingback, T. and Ingelög, T. 1992. Semi-natural deciduous broadleaved woods in southern Sweden-habitat factors of importance to some bryophyte species. *Biol. Cons.* **59**:
Horton, T. R. and Bruns, T. D. 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.
Hyvarinen, M., Halonen, P. and Kauppi, M. 1992. Influence of stand age and structure on the epiphytic lichen vegetation in the middle-boreal forests of Finland. *Lichenologist* **24**: 165-180.
Kernaghan, G. and Harper, K. A. 2001. Community structure of ectomycorrhizal fungi across an alpine/subalpine ecotone. *Ecography* **24**: 181-188.
Molina, R., Massicotte, H. B. and Trappe, J. M. 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.
Ohenoja, E. 1993. Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in northern Finland in 1976-1988. *Acta Univ. Ouluensis Ser. A. Sci. Rerum Nat.* **243**: 1-69.
Rosenzweig, M. L. and Abramsky, Z. 1993. How are diversity and productivity related? Pp 52-65. *In: species diversity in ecological communities.* Univ. of Chicago Press, Chicago.
SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT user's guide. 4th ed. Vol. 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
Selva, S. B. 1994. Lichen diversity and stand continuity in the

- northern hardwoods and spruce? Fir forests of northern New England and western New Brunswick. *Bryologist* **97**: 424-429.
- Singer, R. 1986. The agaricales in modern taxonomy, 4th ed. Koeltz Scientific books. Koenigstein.
- Soderstrom, L. 1988. The occurrence of epixylic bryophyte and lichen species in an old natural and a managed forest stand in northeast Sweden. *Biol. Conserv.* **45**: 169-178.
- Taylor, A. F. S., Martin, F. and Read, D. J. 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, E. D. Ed. Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems-ecological studies. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Van der Heijden, de Vries, F. W. and Kuyper, Th. W. 1999. Mycorrhizal associations of *Salix repens* L. communities in succession of dune ecosystems. I. Above-ground and below-ground views of ectomycorrhizal fungi in relation to soil chemistry. *Can. J. Bot.* **77**: 1821-1832.
- Watling, R. 1995. Assessment of fungal diversity: macromycetes, the problems. *Can. J. Bot.* **73**: S15-S24.

Appendix 1. Detailed list of ectomycorrhizal fungi collected in Mt. NaeJang

Species	Korean name	No. of individuals		
		2004	2005	Total
EUMYCOTA				
Basidiomycotina				
Eubasidiomycetes				
Hymenomycetidae				
Agaricales				
Amanitaceae				
<i>Amanita abrupta</i>	비탈(양파)광대버섯	1		1
<i>Amanita castanopsidis</i>	흰오뚜기광대버섯		1	1
<i>Amanita citrina</i>	애광대버섯	2	1	3
<i>Amanita farinosa</i>	애우산광대버섯	4	1	5
<i>Amanita flavipes</i>	노란대광대버섯		3	3
<i>Amanita fuliginea</i>	회흑색광대버섯	1		1
<i>Amanita hemibapha</i>	달갈버섯	1	1	2
<i>Amanita inaurata</i>	점박이광대버섯		2	2
<i>Amanita longistriata</i>	긴골광대버섯아재비	2	2	4
<i>Amanita neoovoidea</i>	신알광대버섯		2	2
<i>Amanita pantherina</i>	마귀광대버섯	1		1
<i>Amanita pseudoporphyria</i>	암회색광대버섯아재비	3	31	34
<i>Amanita rubescens</i>	붉은점박이광대버섯	2	4	6
<i>Amanita spissacea</i>	뱀길광대버섯	2	3	5
<i>Amanita spreata</i>	턱받이광대버섯	2	3	5
<i>Amanita sychnopyramis</i> f. <i>subannulata</i>	구슬광대버섯		1	1
<i>Amanita vaginata</i>	우산버섯	4	12	16
<i>Amanita vaginata</i> var. <i>fulva</i>	고동색우산버섯	4	3	7
<i>Amanita verna</i>	흰알광대버섯	2	4	6
<i>Amanita virgineoides</i>	흰가시광대버섯	2	7	9
<i>Amanita virosa</i>	독우산광대버섯	3	21	24
<i>Amanita volvata</i>	큰주머니광대버섯	4	6	10
Boletaceae				
<i>Boletus auripes</i>	수원그물버섯	1		1
<i>Boletus edulis</i>	그물버섯		8	8
<i>Boletus erythropus</i>	붉은대그물버섯		2	2
<i>Boletus laetissimus</i>	피꼬리그물버섯	1	2	3
<i>Boletus luridus</i>	독그물버섯		2	2
<i>Boletus ornaticipes</i>	밤색갓그물버섯		1	1
<i>Boletus pulverulentus</i>	밤꽃그물버섯	3	1	4
<i>Boletus reticulatus</i>	그물버섯아재비	3	2	5
<i>Boletus sanguineus</i>	붉은그물버섯	9	5	14
<i>Boletus violaceofuscus</i>	흑자색그물버섯	2		2
<i>Gyroporus castaneus</i>	흰둘레그물버섯	1	3	4
<i>Leccinum griseum</i>	회색결결이그물버섯	1	2	3
<i>Leccinum rufum</i>	등색결결이그물버섯	2	1	3
<i>Leccinum scabrum</i>	거친결결이그물버섯	3	3	6
<i>Phylloporus bellus</i>	노란길민그물버섯	1	1	2
<i>Pulveroboletus ravenelii</i>	갓그물버섯		1	1
<i>Suillus bovinus</i>	황소비단그물버섯		3	3
<i>Suillus granulatus</i>	젓비단그물버섯	1		1
<i>Suillus luteus</i>	비단그물버섯	1		1
<i>Suillus tomentosus</i>	솔비단그물버섯		1	1
<i>Tylopilus alboater</i>	용단쓴맛그물버섯		50	50
<i>Tylopilus ballouii</i>	쓴맛그물버섯	1	5	6
<i>Tylopilus castaneiceps</i>	끈적쓴맛그물버섯		1	1
<i>Tylopilus chromapes</i>	노란대쓴맛그물버섯	1		1
<i>Tylopilus eximius</i>	은빛쓴맛그물버섯	1	2	3
<i>Tylopilus neofelleus</i>	제주쓴맛그물버섯	3	4	7
<i>Tylopilus nigerrimus</i>	검은쓴맛그물버섯	1	7	8
<i>Tylopilus plumbeoviolaceus</i> (<i>felleus</i>)	보리쓴맛그물버섯	1		1
<i>Tylopilus porphyrosporus</i>	미기록종		1	1
<i>Tylopilus valens</i>	미기록종		1	1
<i>Tylopilus virens</i>	녹색쓴맛그물버섯	1		1

Appendix 1. Continued

Species	Korean name	No. of individuals		
		2004	2005	Total
<i>Xanthoconium affine</i>	진갈색먹그물버섯	1		1
<i>Xerocomus chrysenteron</i>	마른산그물버섯	1	14	15
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	산그물버섯	1	16	17
Cortinariaceae				
<i>Cortinarius allutus</i>	적갈색끈적버섯	1		1
<i>Cortinarius hemitrichus</i>	실끈적버섯	1		1
<i>Cortinarius obtusus</i>	적갈색포자끈적버섯	1	3	4
<i>Cortinarius pseudopurpurascens</i>	자주색끈적버섯아재비		1	1
<i>Cortinarius pseudosalor</i>	가지색끈적버섯	1		1
<i>Cortinarius purpurascens</i>	풍선끈적버섯	2	7	9
<i>Cortinarius salor</i>	푸른끈적버섯		3	3
<i>Cortinarius tenuipes</i>	노랑끈적버섯		2	2
<i>Cortinarius vibratilis</i>	썸맛끈적버섯		1	1
<i>Descolea fiavoannulata</i>	노란털돌버섯	1	5	6
<i>Hebeloma crustuliniforme</i>	무우자갈버섯		2	2
<i>Hebeloma spoliatum</i>	긴꼬리자갈버섯		2	2
<i>Inocybe acutata</i>	흰꼭지팍버섯		3	3
<i>Inocybe asterospora</i>	삿갓팍버섯	6	3	9
<i>Inocybe cincinnata</i>	곱슬머리팍버섯	2		2
<i>Inocybe cookei</i>	단발머리팍버섯	3	4	7
<i>Inocybe fastigiata</i>	솔팍버섯	2	16	18
<i>Inocybe kobayashii</i>	원추팍버섯	3		3
<i>Inocybe lacera</i>	비듬팍버섯		3	3
<i>Inocybe niigatensis</i>	모래밭팍버섯	3		3
<i>Inocybe nodulospora</i>	애기비늘팍버섯	3		3
Entolomataceae				
<i>Clitopilus prunulus</i>	그늘버섯		13	13
<i>Entoloma japonicum</i>	미기록종		2	2
<i>Entoloma(Rhodophyllum) coelestinus var. violaceus</i>	군청색외대버섯		3	3
<i>Entoloma(Rhodophyllum) crassipes</i>	외대덧버섯	5	8	13
<i>Entoloma(Rhodophyllum) murrainii</i>	노란꼭지버섯	1	1	2
<i>Entoloma(Rhodophyllum) omiensis</i>	민꼭지버섯		1	1
<i>Rhodophyllum cyanoniger</i>	가지외대버섯	1		1
<i>Rhodophyllum murrainii</i>	노란꼭지버섯	1		1
<i>Rhodophyllum murrainii var. albus</i>	흰꼭지버섯	1		1
<i>Rhodophyllum quadratus</i>	붉은꼭지버섯	2		2
Gomphidiaceae				
<i>Gomphidius roseus</i>	큰마개버섯		22	22
Hygrophoraceae				
<i>Hygrophorus russula</i>	다색벚꽃버섯		5	5
Russulaceae				
<i>Lactarius camphoratus</i>	민맛젓버섯		1	1
<i>Lactarius chrysorrheus</i>	노란젓버섯	5	7	12
<i>Lactarius gerardii</i>	애기젓버섯	12	34	46
<i>Lactarius gerardii var. fagicola</i>	검은밤색젓버섯		1	1
<i>Lactarius hatsudake</i>	젓버섯아재비	1		1
<i>Lactarius hygrophoroides</i>	넓은갓젓버섯		3	3
<i>Lactarius laeticolorus</i>	붉은젓버섯		1	1
<i>Lactarius obscurus</i>	고엽젓버섯	1		1
<i>Lactarius ocbrogalactus</i>	미기록종	1		1
<i>Lactarius piperatus</i>	굴털이	5	13	18
<i>Lactarius repraesentaneus</i>	보라빛주름젓버섯	1		1
<i>Lactarius subzonarius</i>	당귀젓버섯	4	3	7
<i>Lactarius volemus</i>	배젓버섯		17	17
<i>Lactarius acris</i>	미기록종		1	1
<i>Russula aeruginea</i>	구릿빛무당버섯	2	10	12
<i>Russula alboaeolata</i>	흰꽃무당버섯	9	14	23
<i>Russula aleutea</i>	혈색줄기무당버섯		13	13
<i>Russula compacta</i>	담갈색무당버섯	4		4
<i>Russula cyanoxantha</i>	청머루무당버섯	2		2

Appendix 1. Continued

Species	Korean name	No. of individuals		
		2004	2005	Total
<i>Russula emetica</i>	냄새무당버섯	1	6	7
<i>Russula flavida</i>	노랑무당버섯	4	5	9
<i>Russula foetens</i>	갈대기무당버섯		1	1
<i>Russula japonica</i>	흰꽃무당버섯아재비	4		4
<i>Russula laurocerasi</i>	밀질색무당버섯	2		2
<i>Russula mariae</i>	수원무당버섯	2	17	19
<i>Russula nigricans</i>	절구버섯		5	5
<i>Russula omiensis</i>	보리무당버섯		5	5
<i>Russula rosacea</i>	장미무당버섯	19	18	37
<i>Russula rubescens</i>	변색무당버섯		2	2
<i>Russula sanguinea</i>	혈색무당버섯		4	4
<i>Russula senecis</i>	흙무당버섯	3	4	7
<i>Russula sororia</i>	회갈색무당버섯		4	4
<i>Russula subnigricans</i>	절구버섯아재비	1	104	105
<i>Russula vesca</i>	조각무당버섯	3	18	21
<i>Russula virescens</i>	기외버섯		2	2
Strobilomycetaceae				
<i>Austroboletus gracilis</i>	가는대남방그물버섯	1		1
<i>Boletellus chrysenteroides</i>	비로드밤그물버섯		1	1
<i>Boletellus obscurecoccineus</i>	좁노란그물버섯		9	9
<i>Strobilomyces confusus</i>	술방울귀신그물버섯	3	3	6
Tricholomataceae				
<i>Laccaria amethystea</i>	자주줄각버섯	24	22	46
<i>Laccaria laccata</i>	줄각버섯	7	15	22
<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	색시줄각버섯	37	38	75
<i>Lepista nuda</i>	민자주방망이버섯		1	1
<i>Lyophyllum decastes</i>	젓빛만가닥버섯		3	3
<i>Tricholoma aurantiipes</i>	미기록종		1	1
<i>Tricholoma flavovirens</i>	금버섯		1	1
<i>Tricholoma terreum</i>	땅송이		2	2
Aphyllphoreles				
Cantharellaceae				
<i>Cantharellus cibarius</i>	피꼬리버섯	16	10	26
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	붉은피꼬리버섯	48	44	92
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	빨니팔버섯	1		1
<i>Cantharellus friesii</i>	호박피꼬리버섯		12	12
<i>Cantharellus minor</i>	애기피꼬리버섯	20	42	62
Hydnaceae				
<i>Hydnum repandum</i>	턱수염버섯		3	3
<i>Hydnum repandum</i> Fr var. <i>album</i>	흰턱수염버섯		7	7
Thelephoraceae				
<i>Sarcodon aspratus</i>	능이		4	4
<i>Thelephora palmata</i>	단풍사마귀버섯	10	1	11
Ramariaceae				
<i>Ramaria aurea</i>	황금싸리버섯		1	1
<i>Ramaria formosa</i>	붉은싸리버섯		1	1
Clavulinaceae				
<i>Clavulina cristata</i>	벚싸리버섯		1	1
Gasteromycetes				
Gasteromycetidae				
Sclerodermatales				
Astraeaceae				
<i>Astraeus hygrometricus</i>	먼지버섯	4	1	5
Sclerodermataceae				
<i>Scleroderma areolatum</i>	점박이어리알버섯	2	1	3
<i>Scleroderma citrinum</i>	황토색어리알버섯	1	8	9
Hymenogastales				
Rhizopogonaceae				
<i>Rhizopogon rubescens</i>	알버섯	2		2
Total		383	902	1,285