

변산반도 국립공원의 외생균근성 버섯 발생과 기후 요인과의 관계

김상욱 · 장석기*

원광대학교 산림조경학과

Relationship between Climatic Factors and Occurrence of Ectomycorrhizal Fungi in Byeonsanbando National Park

Sang-Wook Kim and Seog-Ki Jang*

Department of Environmental Landscape Architecture, College of Life Science & Natural Resource, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

ABSTRACT : A survey of ectomycorrhizal fungi was performed during 2009–2011 and 2015 in Byeonsanbando National Park. A total of 3,624 individuals were collected, which belonged one division, 1 class, 5 orders, 13 families, 33 genera, 131 species. The majority of the fruiting bodies belonged to orders Agaricales, Russulales, and Boletales, whereas a minority belonged to orders Cantharellales and Thelephorales. In Agaricales, there were 6 families, 9 genera, 49 species, and 1,343 individuals; in Russulales, 1 family, 2 genera, 35 species, and 854 individuals; in Boletales, 4 families, 19 genera, 40 species, and 805 individuals; in Cantharellales, 1 family, 2 genera, 5 species, and 609 individuals; and in Thelephorales, 1 family, 1 genus, 2 species, and 13 individuals. The most frequently observed families were Russulaceae (854 individuals representing 35 species), Boletaceae (652 individuals representing 34 species), and Amanitaceae (754 individuals representing 25 species). The greatest numbers of overall and dominant species and individual fruiting bodies were observed in July. Most species and individuals were observed at altitudes of 1~99 m, and population sizes dropped significantly at altitudes of 300 m and higher. Apparently, the highest diversity of species and individuals occurred at climatic conditions with a mean temperature of 23.0~25.9°C, maximum temperature of 28.0~29.9°C, minimum temperature of 21.0~22.9°C, relative humidity of 77.0~79.9%, and rainfall of 300 mm or more.

KEYWORDS : Boletaceae, Byeonsanbando National Park, Climatic factors, Ectomycorrhizal fungi, Russulaceae

서론

1988년 국립공원으로 승격된 변산반도 국립공원(BSBNP, 126° 37' 40"~126° 44' 20", N 34° 21' 40"~34° 47' 20")은 전

라북도 부안군의 4개 면에 걸쳐 위치하고 있으며, 대부분의 지형이 500 m 이하의 비교적 낮은 산악지역으로 소나무림이 전체적으로 폭넓게 분포하고 있으며 곰솔(*Pinus thunbergii*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 굴참나무(*Quercus variabilis*), 졸참나무(*Quercus serrata*) 및 서어나무(*Carpinus laxiflora*) 등이 우점하고 있어 고등균류의 다양한 서식환경을 제공하고 있다. 고등균류는 대부분이 담자균문과 자낭균문에 포함되고 그 종류 및 서식환경 또한 다양하다. 산림에서는 기생균 역할, 분해자 역할 및 공생균 역할 등으로 산림 생태계 순환에 필수적인 역할[1]을 한다. 특히, 수목과 공생관계 역할을 하는 외생균근균은 세계적으로 25,000여 종[2, 3]이 다양한 지역에서 분포하고 있으며, 이들 대부분은 수목 뿌리와 결합하여 수분상승, 영양분 흡수 및 대사, 수목의 적절한 생장 및 병원체에 대한 보호[4, 5] 등 중요한 역할을 하고 있다. 이 같은 종들은 산림에서 무당버섯과(*Russula*, *Lactarius*), 그물버섯과(*Boletus*, *Suillus*), 끈적버섯

Kor. J. Mycol. 2016 December, 44(4): 220-232
 https://doi.org/10.4489/KJM.2016.44.4.220
 pISSN 0253-651X • eISSN 2383-5249
 © The Korean Society of Mycology

*Corresponding author
 E-mail: jsk0424@naver.com

Received August 24, 2016
 Revised September 5, 2016
 Accepted September 29, 2016

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

과(*Cortinarius*), 송이버섯과(*Laccaria*), 모래밭버섯과(*Pisolithus*), 광대버섯과(*Amanita*), 어리알버섯과(*Scleroderma*), 귀신그물버섯과(*Strobilomyces*) 및 피꼬리버섯과(*Cantharellus*) 등 여러 형태의 자실체로 보여지고 있다[6].

외생균근균 균집 구조는 벌채[7, 8], 중금속 오염[9], 농지 이용[10] 및 산불[11] 등 인위적인 간섭뿐만 아니라 숲의 구조 및 수종의 구성[12], 임령[13] 및 토양 영양분[14] 등 다양한 환경 요인에 의해서도 영향을 받고 있으며 특히, 지구온난화 영향으로 인한 지속적인 가뭄 및 집중호우 등이 반복되는 기후변화[15-17]는 외생균근균의 매우 적은 균집 구조 및 확산의 제약 등으로 균집 및 풍부도에도 큰 영향[18]이 있는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구는 변산반도 국립공원을 대상으로 고도 및 조사 시기에 따른 외생균근성 버섯의 발생 동태를 조사하고 기후환경 요인들이 외생균근성 버섯 종수 및 개체수 발생에 미치는 영향을 구명하고자 한다.

조사 방법

조사 기간

조사는 출입이 가능한 등산로를 중심으로 균류 발생이 양호하다고 판단되는 3지역, I: 남여치공원지킴터 → 월명암 → 자연보호현장담 → 내변산탐방지원센터(5.5 km), II: 내변산탐방지원센터 → 직소폭포 → 관음봉 → 내소사(6.2 km), III: 굴바위 → 가마소삼거리 → 세봉삼거리 → 내소사매표소(8.6 km)을 중심으로 Line Transect Method에 의해 좌우 각각 10 m를 조사 범위에 포함하여 2009년 4월부터 2015년 10월까지 평균적으로 월 4회(7월과 8월), 2회 또

는 3회(4월, 5월, 6월, 9월 및 10월)를 주기로 총 61회(2009년 14회, 2010년 13회, 2011년 16회 및 2015년 18회)를 조사하였다(Fig. 1).

버섯 채집 및 방법

조사 기간 동안 발생된 균류는 갓(pileus)의 특징(크기, 모양, 색깔, 형태 등), 자실층(hymenium)(형태, 밀도, 색 등), 자루(stipe)(크기, 모양, 표면, 턱받이(ring) 모양 및 위치 등) 및 대주머니(volva) 모양 등 특성에 따라 구별이 가능한 균류는 현장에서 동정을 하였으며, 미동정된 균류는 채집 장소, 채집일 및 서식환경 등을 기입한 후 자실체가 손상되지 않도록 봉투에 넣어 원광대학교 환경생태학실험실로 운반한 후, Melzer용액, KOH 또는 guaiacol 등에 의한 화학적 반응 검사 및 현미경을 이용하여 담자기, 담자포자, 낭상체 등을 관찰한 후 종의 분류, 동정하는 데 참고하였다.

채집된 균류의 동정은 외국[19-23] 및 국내[24, 25] 문헌 등을 참조하였으며, 최종분류는 CABI의 Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/>)의 분류체계에 따랐다.

기후환경 및 자료분석

조사 기간 동안 기후자료는 조사 지역의 부안 기상관측소의 월 평균 자료를 참고하였다. 자료 분석은 7월과 8월에는 월 4회, 7일 단위로 조사를 하여 월 평균자료를 이용하였으며, 4월, 5월, 6월, 9월 및 10월의 경우에는 조사일 포함 7일 전 자료를 종합한 후 평균자료를 월별 자료로 이용하였다. 이를 각각의 기후환경 요인인 온도(평균온도, 최고온도, 최저온도), 습도, 강수량에 따라 5단계로 구분한 후 전체 외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수

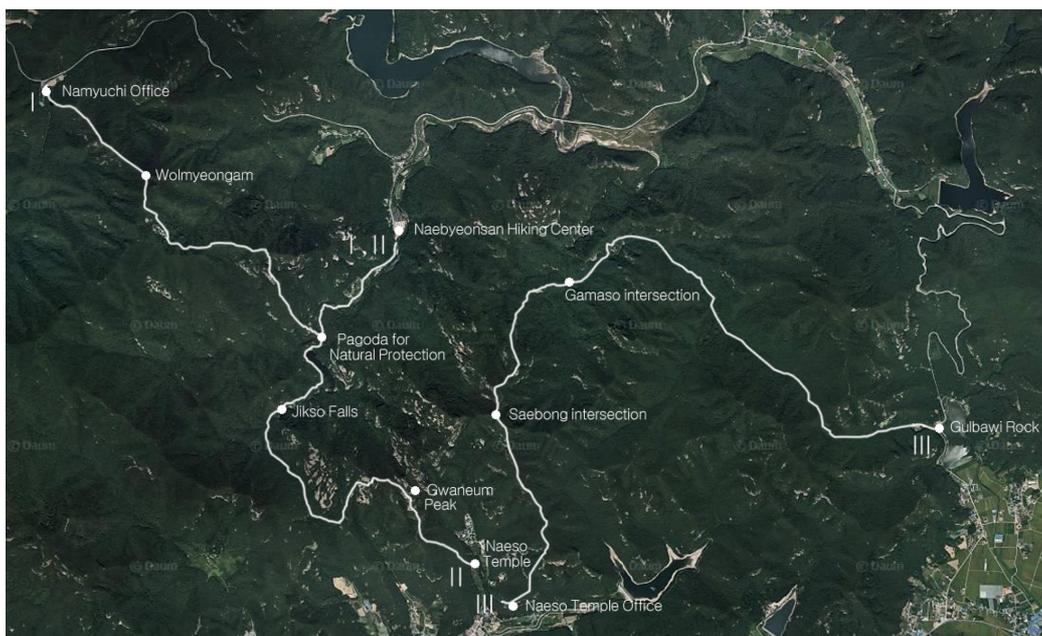


Fig. 1. Map of Byeonsanbando National Park showing sampling routes of ectomycorrhizal fungi.

발생에 대한 차이를 알아보기로 ANOVA를 실시하고 Duncan's multiple range test로 비교하였다(SPSS 12.0K).

결과 및 고찰

외생균근성 버섯 발생

외생균근성 버섯을 조사한 결과 총 1문 1강 5목 13과 33속 131종 3,624개체가 조사되었으며, 이에 대한 결과는 Table 1 과 Supplementary Table 1과 같다.

이를 분류하면 주름버섯목(Agaricales)이 6과 9속 49종 1,343개체, 무당버섯목(Russulales) 1과 2속 35종 854개체, 그물버섯목(Boletales) 4과 19속 40종 805개체, 피꼬리버섯목(Cantharellales) 1과 2속 5종 609개체 및 사마귀버섯목(Thelephorales) 1과 1속 2종 13개체의 순으로 조사되어 대부분의 외생균근성 버섯은 주름버섯목, 무당버섯목 및 그물버섯목 등 3목에 속하는 것으로 나타났다. 가장 많은 종수가 조사된 외생균근성 버섯은 무당버섯과로 35종이었으며, 그물버섯과(34종), 광대버섯과(25종) 및 팍버섯과(8종) 순으로 나타났다. 개체수는 무당버섯과가 854개체로 가장

많았고 광대버섯과(754개체), 그물버섯과(652개체), 피꼬리버섯과(609개체) 및 줄각버섯과(511개체) 순으로 조사되었다. 이는 내장산 외생균근성 버섯 분포에 대한 조사 결과 [26]와 비교 시 종수에는 차이를 보였으나 우점균류는 유사한 것으로 나타났다.

조사시기별 발생

연도별에 따른 외생균근성 버섯의 발생을 보면, 종수 분포(Fig. 2)는 2009년이 94종으로 가장 많았으며, 2015년(80종), 2010년(76종) 순이었으며 2011년이 74종으로 가장 적게 조사되었다. 개체수 분포(Fig. 3)는 2015년에 1,313개체로 가장 많이 조사되었으며, 2010년(971개체), 2009년(707개체) 순이었으며 2011년이 633개체로 가장 적었다.

이를 조사시기별로 보면 종수 발생(Fig. 4)은 2015년 7월이 11과 23속 73종으로 가장 많이 조사되었고 2009년 7월(10과 24속 68종), 2010년 7월(8과 19속 61종) 순으로 발생되었으며 개체수 발생(Fig. 5)은 2015년 7월이 1,119개체로 가장 많이 조사되었으며 2010년 7월(460개체), 2010년 8월(405개체) 순으로 나타난 반면 4월에는 1개체도 조사되지 않

Table 1. The number of species and individuals of ectomycorrhizal fungi collected from 2009 to 2011 and 2015 in Byeonsanbando National Park

	No. of species					No. of individuals				
	2009	2010	2011	2015	Total	2009	2010	2011	2015	Total
Fungi										
Basidiomycota										
Agaricomycetes										
Agaricales										
Amanitaceae	20	18	16	19	25	157	163	92	342	754
Cortinariaceae	2	1	2	2	6	2	3	2	6	13
Entolomataceae	3	1	2	1	5	7	6	6	1	20
Hydnagiaceae	3	2	3	3	3	117	124	136	134	511
Hygrophoraceae	1		2		2	2		4		6
Inocybaceae	6	2	1	2	8	14	4	4	17	39
Boletales										
Boletaceae	24	22	17	18	34	112	158	97	285	652
Gyroporaceae	1	1		1	1	1	1		4	6
Sclerodermataceae	2	1	1	1	2	28	28	8	17	81
Suillaceae	3	1	1	2	3	22	3	4	37	66
Cantharellales										
Cantharellaceae	5	3	3	4	5	93	168	122	226	609
Russulales										
Russulaceae	23	24	24	27	35	149	313	148	244	854
Thelephorales										
Thelephoraceae	1		2		2	3		10		13
Total	94	76	74	80	131	707	971	633	1313	3,624

Supplementary Table 1. List of ectomycorrhizal fungi collected from 2009 to 2011 and 2015 in Byeonsanbando National Park

Species	Year				Total
	2009	2010	2011	2015	
Fungi					
Basidiomycota					
Agaricomycetes					
Agaricales					
Amanitaceae					
<i>Amanita castanopsidis</i>		1			1
<i>Amanita ceciliae</i>	1				1
<i>Amanita cheelii</i>	1				1
<i>Amanita citrina</i>	11	1	6	54	72
<i>Amanita farinosa</i>	7	2		2	11
<i>Amanita fulva</i>	2	1	4	3	10
<i>Amanita griseofarinosa</i>	1	4	1	3	9
<i>Amanita hemibapha</i>	2			8	10
<i>Amanita japonica</i>			2		2
<i>Amanita longistriata</i>	4	2		2	8
<i>Amanita neo-ovoidea</i>	16	5	4	7	32
<i>Amanita pantherina</i>	2	7	7	58	74
<i>Amanita porphyria</i>	1	4	2		7
<i>Amanita pseudoporphyria</i>	22	40	6	81	149
<i>Amanita rubescens</i>	16	39	15	29	99
<i>Amanita rubrovolvata</i>				3	3
<i>Amanita rufoferruginea</i>	2		6		8
<i>Amanita spissacea</i>	4	5	4	28	41
<i>Amanita spreta</i>				2	2
<i>Amanita subjunquillea</i>		6		21	27
<i>Amanita vaginata</i>	20	20	15	9	64
<i>Amanita verna</i>	16	7	2	16	41
<i>Amanita virgineoides</i>	6	5	6	6	23
<i>Amanita virosa</i>	4	2	10	2	18
<i>Amanita volvata</i>	19	12	2	8	41
Cortinariaceae					
<i>Cortinarius cinnamomeus</i>			1		1
<i>Cortinarius elatior</i>	1				1
<i>Cortinarius purpurascens</i>	1				1
<i>Descolea flavoannulata</i>		3		1	4
<i>Hebeloma crustuliniforme</i>			1		1
<i>Hebeloma vinosophyllum</i>				5	5
Entolomataceae					
<i>Entoloma anatinum</i>	1				1
<i>Entoloma japonicum</i>			3		3
<i>Entoloma quadratum</i>	2				2

Supplementary Table 1. List of ectomycorrhizal fungi collected from 2009 to 2011 and 2015 in Byeonsanbando National Park (continued)

Species	Year				Total
	2009	2010	2011	2015	
<i>Entoloma rhodopolium</i>			3		3
<i>Inocephalus murrayi</i>	4	6		1	11
Hydnagiaceae					
<i>Laccaria amethystina</i>	52	74	62	30	218
<i>Laccaria laccata</i>	50		14	16	80
<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	15	50	60	88	213
Hygrophoraceae					
<i>Hygrophorus arbustivus</i>			1		1
<i>Hygrophorus russula</i>	2		3		5
Inocybaceae					
<i>Inocybe asterospora</i>	6	3			9
<i>Inocybe cincinata</i>	1				1
<i>Inocybe cookei</i>				2	2
<i>Inocybe niigatensis</i>				15	15
<i>Inocybe nodulospora</i>	2				2
<i>Inocybe praetervisa</i>	1				1
<i>Inocybe rimosa</i>	3	1	4		8
<i>Inocybe umbratica</i>	1				1
Boletales					
Boletaceae					
<i>Aureoboletus thibetanus</i>		3	5	1	9
<i>Austroboletus gracilis</i>	1		1	49	51
<i>Boletellus chrysenteroides</i>	1				1
<i>Boletus auripes</i>	2	1		7	10
<i>Boletus edulis</i>	1				1
<i>Boletus erythropus</i>				6	6
<i>Boletus nigromaculatus</i>	2				2
<i>Boletus pseudocalopus</i>		4			4
<i>Boletus pulverulentus</i>	3		3	3	9
<i>Boletus reticulatus</i>	4	6	4	31	45
<i>Boletus subtomentosus</i>	10	5	4	37	56
<i>Boletus subvelutipes</i>	1	4	3		8
<i>Harrya chromapes</i>	3		2		5
<i>Hortiboletus rubellus</i>	5	22	7		34
<i>Leccinum aurantiacum</i>		2			2
<i>Leccinum extremiorientale</i>	2	7		5	14
<i>Leccinum scabrum</i>	2				2
<i>Phylloporus bellus</i>	18	20	10	7	55
<i>Porphyrellus nigropurpureus</i>		1			1
<i>Pulveroboletus ravenelii</i>	7	8	2	6	23
<i>Retiboletus griseus</i>	2				2

Supplementary Table 1. List of ectomycorrhizal fungi collected from 2009 to 2011 and 2015 in Byeonsanbando National Park (continued)

Species	Year				Total
	2009	2010	2011	2015	
<i>Retiboletus nigerrimus</i>	6	11	20	47	84
<i>Retiboletus ornatipes</i>	1	1			2
<i>Strobilomyces confusus</i>	11	15	4	4	34
<i>Strobilomyces strobilaceus</i>		2			2
<i>Sutorius eximius</i>	4	7		7	18
<i>Tylophilus alboater</i>	3	3			6
<i>Tylophilus balloui</i>			1		1
<i>Tylophilus fumosipes</i>		2	1		3
<i>Tylophilus neofelleus</i>	21	23	23	65	132
<i>Tylophilus valens</i>				2	2
<i>Tylophilus virens</i>				2	2
<i>Xanthoconium affine</i>	1	9	4	1	15
<i>Xerocomellus chrysenteron</i>	1	2	3	5	11
Gyroporaceae					
<i>Gyroporus castaneus</i>	1	1		4	6
Sclerodermataceae					
<i>Scleroderma areolatum</i>	6				6
<i>Scleroderma citrinum</i>	22	28	8	17	75
Suillaceae					
<i>Suillus bovinus</i>	10	3	4	25	42
<i>Suillus granulatus</i>	11			12	23
<i>Suillus luteus</i>	1				1
Cantharellales					
Cantharellaceae					
<i>Cantharellus cibarius</i>	5	9	13	9	36
<i>Cantharellus cinereus</i>	1				1
<i>Cantharellus cinnabarinus</i>	62	29	45	7	143
<i>Cantharellus minor</i>	15	130	64	110	319
<i>Craterellus lutescens</i>	10			100	110
Russulales					
Russulaceae					
<i>Lactarius camphoratus</i>		11			11
<i>Lactarius chrysorrheus</i>	3	8	3	16	30
<i>Lactarius circellatus</i>				2	2
<i>Lactarius gerardii</i>	3	5	4	6	18
<i>Lactarius hatsudake</i>		1	1	3	5
<i>Lactarius piperatus</i>	2	6	7		15
<i>Lactarius quietus</i>		9	4	5	18
<i>Lactarius subplinthogalus</i>	3	2			5
<i>Lactarius subzonarius</i>	1	8	21		30
<i>Lactarius uvidus</i>				2	2

Supplementary Table 1. List of ectomycorrhizal fungi collected from 2009 to 2011 and 2015 in Byeonsanbando National Park (continued)

Species	Year				Total
	2009	2010	2011	2015	
<i>Lactarius volemus</i>	3	15	5	2	25
<i>Russula aeruginea</i>		7	2		9
<i>Russula alboareolata</i>	37	90	25	4	156
<i>Russula aurea</i>	3			6	9
<i>Russula bella</i>	38	85	14	30	167
<i>Russula compacta</i>	10		3	32	45
<i>Russula crustosa</i>				1	1
<i>Russula cyanoxantha</i>	2	1		10	13
<i>Russula delica</i>	5		3		8
<i>Russula densifolia</i>	8	2			10
<i>Russula emetica</i>	1	12	4	3	20
<i>Russula flavida</i>	3	2	2	3	10
<i>Russula foetens</i>				7	7
<i>Russula japonica</i>				30	30
<i>Russula laurocerasi</i>	3	8	9	2	22
<i>Russula omiensis</i>				4	4
<i>Russula rosea</i>	3	6	2	25	36
<i>Russula rubescens</i>	1	2	2	1	6
<i>Russula sanguinea</i>	1	6	2	11	20
<i>Russula senecis</i>	3	2	10	3	18
<i>Russula sororia</i>	2		4	12	18
<i>Russula subnigricans</i>	13	18	6	18	55
<i>Russula vesca</i>		6	7		13
<i>Russula violeipes</i>			2	3	5
<i>Russula virescens</i>	1	1	6	3	11
Thelephorales					
Thelephoraceae					
<i>Thelephora aurantiotincta</i>			6		6
<i>Thelephora palmata</i>	3		4		7
Total number of fruiting bodies	707	971	633	1,313	3,624

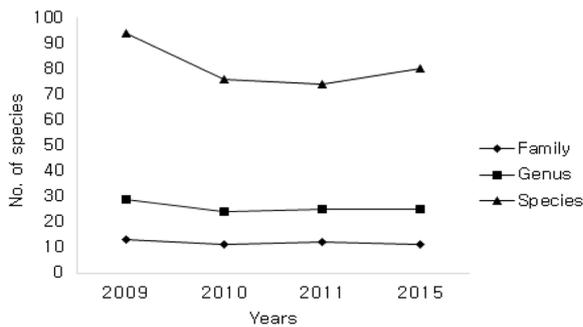


Fig. 2. The number of ectomycorrhizal fungi collected during the survey period.

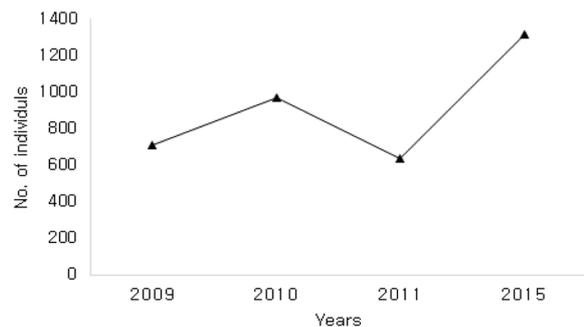


Fig. 3. Total number of individuals of ectomycorrhizal fungi during the survey period.

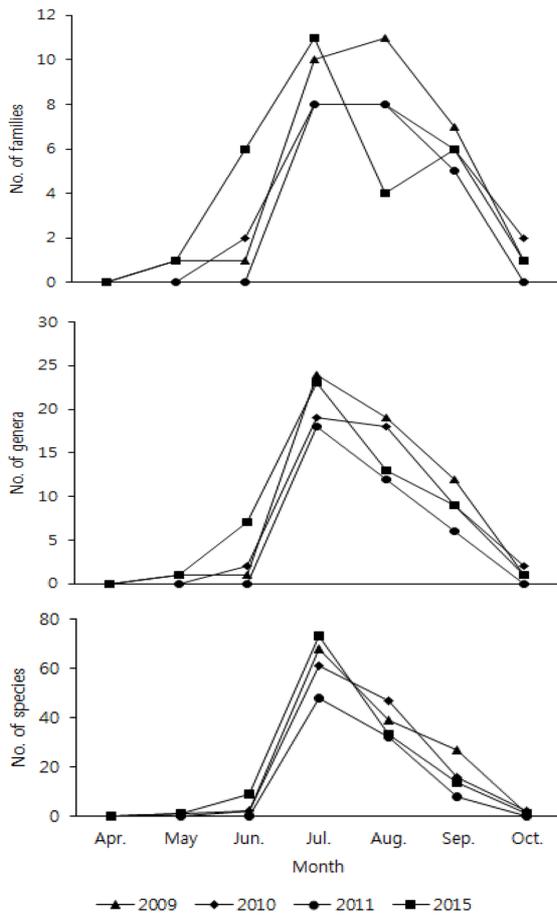


Fig. 4. The number of species of ectomycorrhizal fungi by month during the survey period.

았다. 이 같은 결과는 조사년도 및 시기별에 따른 온도, 강수량 및 습도 등 기후환경 변화 요인이 외생균근성 버섯 발생에 영향을 준 것으로 판단되며, 이는 외생균근균의 군집 구성에 기후조건이 영향을 끼친다는 보고[27]와 유사하였다.

우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 발생 (Table 2)을 보면 종수 발생의 경우 광대버섯과는 7월(23종)에, 그물버섯과는 7월(33종)에, 땀버섯과는 7월(5종)에, 무당버섯과는 7월(34종)에 종 발생이 많은 것으로 나타났다. 개체수 발생

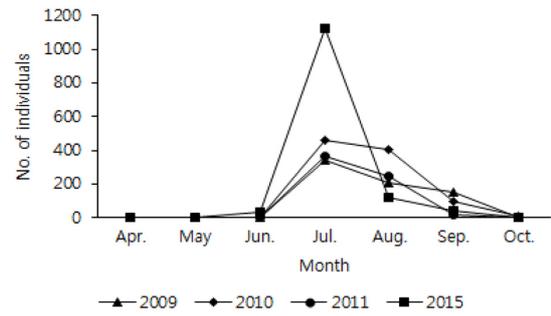


Fig. 5. Total number of individuals of ectomycorrhizal fungi by month during the survey period.

에서는 광대버섯과는 7월(511개체)에, 그물버섯과는 7월(445개체)에, 땀버섯과는 7월(30개체)에, 무당버섯과는 7월(483개체)에 개체수 발생이 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과, 대부분의 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 발생은 대부분 7월에 집중하는 것으로 나타났다. 이는 7월부터 8월 사이에 외생균근성 버섯이 가장 다양하게 발생되었다는 보고[28]와 유사한 결과를 보였다.

고도별 발생

고도별에 따른 종수 발생 (Fig. 6)을 보면 2009년 100~199 m 지역에서 12과 27속 77종으로 가장 많이 조사되었고 2010년 1~99 m 지역(9과 21속 71종), 2011년 1~99 m 지역(12과 27속 67종) 순으로 조사되었으며, 2010년 300 m 이상 지역에서 3과 3속 4종으로 가장 적게 발생되었다. 개체수 발생 (Fig. 7)은 2010년 1~99 m 지역에서 697개체로 가장 많이 조사되었고 2015년 1~99 m 지역(642개체), 2015년 100~199 m 지역(581개체) 순으로 발생되었으며 2011년 300 m 이상 지역에서는 9개체로 가장 적게 조사되었다.

우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 발생 (Table 3)을 보면 대부분의 우점균류들은 1~99 m에서 종수 및 개체수 발생이 가장 높았으며, 300 m 이상에서는 가장 적은 종수 및 개체수가 조사되어 고도가 높아짐에 따라 종수 및 개체수 감소가 높았다. 이상의 결과 외생균근성 버섯은 조사 연도별에 따라 종수 및 개체수 발생에는 약간의 차이를 보이

Table 2. Distribution of individuals and species of dominant ectomycorrhizal fungi by month in Byeonsanbando National Park in 2015

	No. of species							No. of individuals						
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Amanitaceae	0	0	1	23	19	13	0	0	0	6	511	165	72	0
Boletaceae	0	0	1	33	19	10	0	0	0	4	445	165	38	0
Inocybaceae	0	0	1	5	2	2	0	0	0	2	30	5	2	0
Russulaceae	0	0	3	34	25	9	2	0	0	10	483	270	85	6
Others	0	1 (1)	5 (3)	17 (7)	19 (9)	13 (6)	2 (1)	0	3 (1)	16 (3)	819 (7)	379 (9)	104 (6)	4 (1)

Numbers in parentheses are number of families.

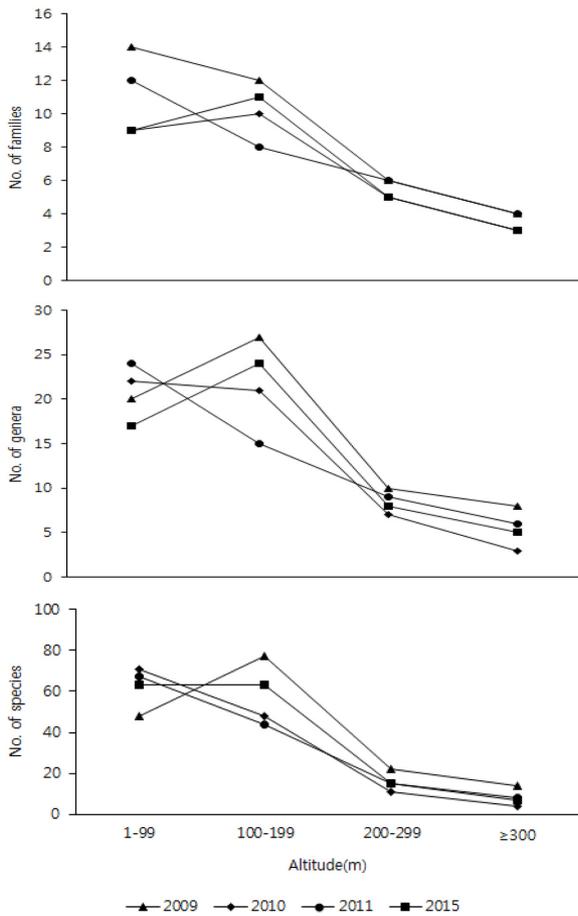


Fig. 6. The number of species of ectomycorrhizal fungi by altitude during the survey period.

고 있으나 대부분 1~99 m 지역에서 가장 많은 종수 및 개체수가 발생하고 있었으며 점차 감소하여 300 m 이상 지역에서는 현저히 적은 균류가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 고도에 따라 종 다양성 및 군집구성에 영향을 준다는 보고[29]와 유사한 것으로 나타났다.

기후환경 요인별 발생

외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯에 대한 기후

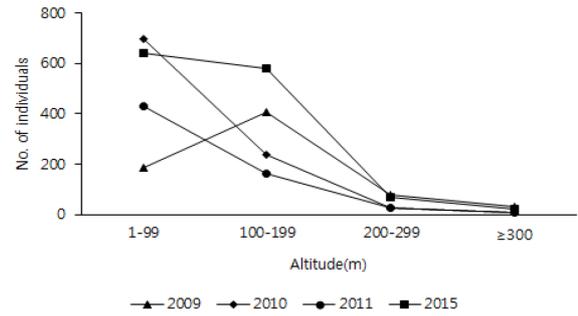


Fig. 7. Total number of individuals of ectomycorrhizal fungi by altitude during the survey period.

환경 요인별에 따른 결과는 Table 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 및 13과 같다.

평균온도별에 따른 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 4)의 경우 종수는 23.0~27.9°C에서, 개체수는 23.0~25.9°C에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 23.0~25.9°C일 때 유의성이 높은 것으로 나타났다. 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 5)에서는 종수의 경우 광대버섯과, 그물버섯과 및 무당버섯과는 23.0~27.9°C에서, 팻버섯과는 23.0~25.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 개체수에서는 광대버섯과, 그물버섯과 및 팻버섯과는 23.0~25.9°C에서, 무당버섯과는 23.0~27.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다.

최고온도별에 따른 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 6)의 경우 대부분의 외생균근성 버섯은 28.0~32.9°C에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 28.0~29.9°C일 때 유의성이 높은 것으로 나타났다. 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 7)에서는 종수의 경우 광대버섯과, 그물버섯과 및 무당버섯과는 28.0~32.9°C에서, 팻버섯과는 28.0~29.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 개체수에서는 광대버섯과, 그물버섯과 및 팻버섯과는 28.0~29.9°C에서, 무당버섯과는 28.0~32.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다.

최저온도별에 따른 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 8)의 경우 대부분 종수 및 개체수는 21.0~24.9°C에

Table 3. Distribution of individuals and species of dominant ectomycorrhizal fungi according to altitude in Byeonsanbando National Park in 2015

Family	Altitude				No. of individuals			
	1~99	100~199	200~299	≥ 300	1~99	100~199	200~299	≥ 300
Amanitaceae	24	19	10	5	396	300	47	11
Boletaceae	27	28	10	7	286	290	54	22
Inocybaceae	5	5	1	0	15	22	2	0
Russulaceae	34	32	10	8	426	346	50	32
Others	22 (9)	19 (8)	7 (3)	2 (2)	831 (9)	434 (8)	52 (3)	8 (2)

Numbers in parentheses are number of families.

Table 4. Relations between mean air temperature and total ectomycorrhizal fungi in Byeonsanbando National Park

Mean air temperature (°C)	Family	Genus	Species	No. of individuals
11.0~16.9	0.5 ^c	0.5 ^b	0.5 ^b	1.4 ^c
17.0~19.9	1.0 ^c	1.0 ^b	1.0 ^b	1.8 ^c
20.0~22.9	4.0 ^b	5.8 ^b	10.4 ^b	44.4 ^{bc}
23.0~25.9	8.5 ^a	16.7 ^a	44.2 ^a	373.7 ^a
26.0~27.9	7.0 ^a	15.3 ^a	40.0 ^a	285.5 ^{ab}

^{a-c}The mean difference is significant at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 5. Relations between mean air temperature and the number of dominant ectomycorrhizal fungi and individuals in Byeonsanbando National Park

Mean air temperature (°C)	No. of species				No. of individuals			
	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae
11.0~16.9	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.3 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.8 ^b
17.0~19.9	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.3 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.8 ^b
20.0~22.9	3.0 ^b	2.2 ^b	0.6 ^{ab}	1.8 ^b	13.0 ^{ab}	6.6 ^b	0.8 ^b	9.4 ^b
23.0~25.9	10.2 ^a	11.5 ^a	1.5 ^a	12.8 ^a	83.5 ^a	70.2 ^a	5.2 ^a	77.3 ^a
26.0~27.9	10.5 ^a	10.0 ^a	0.3 ^b	13.0 ^a	47.0 ^{ab}	49.5 ^{ab}	1.0 ^b	83.5 ^a

^{a-c}The mean difference is significant at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 6. Relations between the highest air temperature and total ectomycorrhizal fungi in Byeonsanbando National Park

Highest air temperature (°C)	Family	Genus	Species	No. of individuals
16.0~21.9	0.4 ^c	0.4 ^b	0.4 ^b	1.6 ^b
22.0~24.9	0.7 ^c	0.7 ^b	0.7 ^b	0.8 ^b
25.0~27.9	3.3 ^b	4.2 ^b	5.8 ^b	15.8 ^b
28.0~29.9	8.4 ^a	17.4 ^a	49.0 ^a	433.2 ^a
30.0~32.9	7.8 ^a	16.0 ^a	39.8 ^a	270.0 ^a

^{a-c}The mean difference is significant at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 7. Relations between maximum air temperature and the number of dominant ectomycorrhizal fungi and individuals in Byeonsanbando National Park

Highest air Temperature (°C)	No. of species				No. of individuals			
	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae
16.0~21.9	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.2 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	1.0 ^b
22.0~24.9	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.2 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.2 ^b
25.0~27.9	1.2 ^b	0.8 ^b	0.2 ^b	1.3 ^b	2.5 ^b	2.2 ^b	0.3 ^b	4.5 ^b
28.0~29.9	12.6 ^a	13.0 ^a	1.8 ^a	13.4 ^a	104.6 ^a	80.4 ^a	5.6 ^a	88.0 ^a
30.0~32.9	9.6 ^a	10.0 ^a	0.6 ^b	12.8 ^a	43.2 ^{ab}	47.4 ^{ab}	1.8 ^b	76.2 ^a

^{ab}The mean difference is significant at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 21.0~22.9°C일 때 유의성이 높은 것으로 나타났다. 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수(Table 9)에서는 종수의 경우 광대버섯과, 그물버섯과 및 무당버섯과는 21.0~24.9°C에서, 팍버섯과는 21.0~22.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 개체수에서는 광대버섯과, 그물버섯과 및 팍버섯과는 21.0~22.9°C에서, 무당버섯과는 21.0~24.9°C일 때 유의성이

있는 것으로 나타났다.

이상의 결과, 대부분의 외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 발생은 평균온도에서는 23.0~25.9°C에서, 최고온도에서는 28.0~29.9°C에서, 최저온도에서는 21.0~22.9°C일 때 높은 것으로 나타났다. 이는 평균온도에서는 25.0~26.9°C에서, 최고온도에서는 30.0~31.9°C에서, 최저온도에서는 21.0~22.9°C일 때 외생균근성 버섯의

Table 8. Relations between the lowest air temperature and total ectomycorrhizal fungi in Byeonsanbando National Park

Lowest air temperature (°C)	Family	Genus	Species	No. of individuals
6.0~11.9	0.4 ^c	0.4 ^c	0.4 ^b	1.3 ^b
12.0~15.9	1.0 ^c	1.0 ^c	1.2 ^b	1.8 ^b
16.0~20.9	4.8 ^b	6.8 ^b	11.6 ^b	47.8 ^b
21.0~22.9	8.3 ^a	17.8 ^a	48.3 ^a	391.0 ^a
23.0~24.9	8.0 ^a	16.0 ^a	42.3 ^a	339.7 ^a

^{a-c}The mean difference is significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 9. Relations between the lowest air temperature and the number of dominant ectomycorrhizal fungi and individuals in Byeonsanbando National Park

Lowest air temperature (°C)	No. of species				No. of individuals			
	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae
6.0~11.9	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.3 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.9 ^b
12.0~15.9	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.2 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.5 ^b
16.0~20.9	3.2 ^b	2.2 ^b	0.6 ^{ab}	2.4 ^b	13.4 ^b	6.6 ^b	0.8 ^b	11.2 ^b
21.0~22.9	11.5 ^a	13.2 ^a	1.5 ^a	14.5 ^a	87.8 ^a	76.0 ^a	5.2 ^a	85.7 ^a
23.0~24.9	11.0 ^a	10.0 ^a	0.3 ^b	13.0 ^a	53.3 ^{ab}	54.3 ^{ab}	1.3 ^b	91.7 ^a

^{a,b}The mean difference is significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

유의성이 높았다는 내장산 보고[26]와 유사하였다.

상대습도별에 따른 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 10)의 경우 종수는 77.0~82.9%에서, 개체수는 77.0~79.9%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 77.0~79.9%일 때 유의성이 높은 것으로 나타났다. 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수 (Table 11)에서는 종수 및

개체수의 경우 광대버섯과, 그물버섯과, 팍버섯과 및 무당버섯과는 77.0~79.9%일 때만 유의성이 있는 것으로 나타났다.

이상의 결과, 대부분의 외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯은 과(family)별에 따라 차이가 있기는 하나, 전체적으로 77.0~79.9% 이상인 시기에 종수 및 개체수 발생이 높은 것으로 나타났다. 이는 외생균근성 버섯의 군집 구성

Table 10. Relations between relative humidity and total ectomycorrhizal fungi in Byeonsanbando National Park

Relative humidity (%)	Family	Genus	Species	No. of individuals
58.0~70.9	0.3 ^b	0.3 ^b	0.5 ^b	0.5 ^b
71.0~72.9	1.5 ^b	2.0 ^b	2.8 ^b	7.0 ^b
73.0~76.9	3.0 ^b	5.8 ^b	12.8 ^b	57.4 ^b
77.0~79.9	8.8 ^a	17.2 ^a	46.0 ^a	436.8 ^a
80.0~82.9	7.4 ^a	13.8 ^a	34.2 ^a	221.6 ^{ab}

^{a,b}The mean difference is significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 11. Relations between relative humidity and the number of dominant ectomycorrhizal fungi and individuals in Byeonsanbando National Park

Relative humidity (%)	No. of species				No. of individuals			
	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae
58.0~70.9	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^b	0.0 ^c	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b
71.0~72.9	0.8 ^c	0.7 ^c	0.0 ^b	0.5 ^c	1.2 ^b	1.5 ^b	0.0 ^b	1.5 ^b
73.0~76.9	3.6 ^{bc}	3.2 ^{bc}	0.4 ^{ab}	4.0 ^{bc}	16.0 ^b	11.0 ^b	0.4 ^b	19.8 ^{bc}
77.0~79.9	10.2 ^a	11.8 ^a	1.4 ^a	14.6 ^a	93.6 ^a	87.0 ^a	6.0 ^a	93.4 ^a
80.0~82.9	8.8 ^{ab}	8.2 ^{ab}	0.8 ^{ab}	9.0 ^{ab}	39.8 ^{ab}	30.6 ^b	1.4 ^b	55.8 ^{ab}

^{a-c}The mean difference is significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

요인으로 온도와 습도[30, 31] 등의 영향이 있다는 보고와 유사하였다.

강수량별에 따른 외생균근성 버섯 종수 및 개체수(Table 12)의 경우 종수는 100.0 mm 이상에서, 개체수는 100.0~299.9 mm에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수(Table 13)에서는 종수의 경우 광대버섯과는 300.0 mm 이상에서, 그물버섯과 및 무당버섯과에서 100.0 mm 이상일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 개체수에서는 광대버섯과는 100.0 mm 이상에서, 그물버섯과 및 무당버섯과는 100.0~299.9 mm일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다.

이상의 결과, 대부분의 외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯은 과(family)별에 따라 차이가 있기는 하나, 종수는 100.0 mm 이상, 개체수는 100.0~299.9 mm 일 때 발생이 높은 것으로 나타났다. 이는 강수량이 많을수록 외생균근성 버섯의 종수 발생이 높았다는 월출산 보고[32]와 유사하였다.

적 요

2009년부터 2011년, 2015년까지 변산반도 국립공원의 외생균근성 버섯을 조사한 결과, 총 1문 1강 5목 13과 33속 131종 3,624개체가 조사되었으며, 주름버섯목(Agaricales)이 6과 9속 49종 1,343개체, 무당버섯목(Russulales) 1과 2속 35종 854개체, 그물버섯목(Boletales) 4과 19속 40종 805개체, 피꼬리버섯목(Cantharellales) 1과 2속 5종 609개체 및 사마귀버섯목(Thelephorales) 1과 1속 2종 13개체의 순으로

발생되어 대부분의 외생균근성 버섯은 주름버섯목, 무당버섯목 및 그물버섯목 등 3목에 속하는 것으로 나타났다. 가장 많이 조사된 외생균근성 버섯은 무당버섯과로 35종이었으며, 그물버섯과(34종) 및 광대버섯과(25종)순으로 나타났다. 개체수는 무당버섯과가 854개체로 가장 많았고 광대버섯과(754개체) 및 그물버섯과(652개체) 순으로 조사되었다. 월별 발생에서는 대부분의 외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯의 종수 및 개체수는 7월에 집중하는 것으로 나타났다. 고도별에서는 100 m 이하에서 가장 많은 종수 및 개체수가 조사되었고 300 m 이상에서는 현저히 적어지는 것으로 나타났다. 대부분의 외생균근성 버섯 및 우점 외생균근성 버섯은 평균온도 23.0~25.9°C, 최고온도 28.0~29.9°C, 최저온도 21.0~22.9°C, 상대습도 77.0~79.9%, 강수량 300.0 mm 이상인 시기에 다양한 종 및 개체수 발생이 높은 것으로 나타났다.

Acknowledgements

This study was supported by grants (2015) from Wonkwang University, Republic of Korea.

REFERENCES

1. Taylor AE, Martin F, Read DJ. 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, editor. Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems-ecological studies. Berlin: Springer-

Table 12. Relations between rainfall and total ectomycorrhizal fungi in Byeonsanbando National Park

Rainfall (mm)	Family	Genus	Species	No. of individuals
≤ 19.9	0.4 ^c	0.4 ^c	0.5 ^b	0.5 ^b
20.0~49.9	3.2 ^{bc}	4.8 ^c	8.8 ^b	39.6 ^b
50.0~99.9	4.0 ^{bc}	6.8 ^{bc}	12.8 ^b	43.8 ^b
100.0~299.9	6.7 ^{ab}	13.5 ^{ab}	37.0 ^a	366.2 ^a
300.0 ≤	8.0 ^a	15.8 ^a	41.0 ^a	262.5 ^{ab}

^{a-c}The mean difference is significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 13. Relations between rainfall and the number of dominant ectomycorrhizal fungi and individuals in Byeonsanbando National Park

Rainfall (mm)	No. of species				No. of individuals			
	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae	Amanitaceae	Boletaceae	Inocybaceae	Russulaceae
≤ 19.9	0.0 ^c	0.0 ^b	0.0 ^a	0.1 ^b	0.0 ^a	0.0 ^b	0.0 ^a	0.1 ^c
20.0~49.9	2.8 ^{bc}	2.0 ^b	0.4 ^a	1.6 ^b	11.8 ^a	5.8 ^b	0.4 ^a	9.0 ^{bc}
50.0~99.9	2.8 ^{bc}	2.8 ^b	0.3 ^a	4.5 ^{ab}	9.0 ^a	9.8 ^b	0.5 ^a	18.8 ^{bc}
100.0~299.9	8.5 ^{ab}	9.7 ^a	0.8 ^a	11.7 ^a	80.2 ^a	70.8 ^a	4.0 ^a	81.3 ^a
300.0 ≤	10.5 ^a	10.3 ^a	1.3 ^a	11.0 ^a	44.5 ^a	39.8 ^{ab}	2.8 ^a	61.3 ^{ab}

^{a-c}The mean difference is significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

- Verlag; 2000. p. 343-65.
2. Rinaldi AC, Comandini O, Kuyper TW. Ectomycorrhizal fungal diversity: separating the wheat from the chaff. *Fungal Divers* 2008;33:1-45.
 3. Bahram M, Pölme S, Köljalg U, Tedersoo L. A single European aspen (*Populus tremula*) tree individual may potentially harbour dozens of *Cenococcum geophilum* ITS genotypes and hundreds of species of ectomycorrhizal fungi. *FEMS Microbiol Ecol* 2011;75:313-20.
 4. Baxter JW, Dighton J. Ectomycorrhizal diversity alters growth and nutrient acquisition of grey birch (*Betula populifolia*) seedlings in host-symbiont culture conditions. *New Phytol* 2001;152:139-49.
 5. Dahlberg A. Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytol* 2001;150:555-62.
 6. Natarajan K, Senthilarasu G, Kumaresan V, Riviere T. Diversity in ectomycorrhizal fungi of a dipterocarp forest in Western Ghats. *Curr Sci* 2005;88:1893-5.
 7. Jones MD, Durall DM, Cairney JW. Ectomycorrhizal fungal communities in young forest stands regenerating after clearcut logging. *New Phytol* 2003;157:399-422.
 8. Heinonsalo J, Koskiahde I, Sen R. Scots pine bait seedling performance and root colonizing ectomycorrhizal fungal community dynamics before and during the 4 years after forest clearcut logging. *Can J For Res* 2007;37:415-29.
 9. Markkola AM, Ahonen-Jonnarth U, Roitto M, Strömmer R, Hyvärinen M. Shift in ectomycorrhizal community composition in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedling roots as a response to nickel deposition and removal of lichen cover. *Environ Pollut* 2002;120:797-803.
 10. Diedhiou AG, Dupouey JL, Buée M, Dambrine E, Laüt L, Garbaye J. The functional structure of ectomycorrhizal communities in an oak forest in central France witnesses ancient Gallo-Roman farming practices. *Soil Biol Biochem* 2010;42:860-2.
 11. Anderson IC, Bastias BA, Genney DR, Parkin PI, Cairney JW. Basidiomycete fungal communities in Australian sclerophyll forest soil are altered by repeated prescribed burning. *Mycol Res* 2007;111:482-6.
 12. Ishida TA, Nara K, Hogetsu T. Host effects on ectomycorrhizal fungal communities: insight from eight host species in mixed conifer-broadleaf forests. *New Phytol* 2007;174:430-40.
 13. Twieg BD, Durall DM, Simard SW. Ectomycorrhizal fungal succession in mixed temperate forests. *New Phytol* 2007;176:437-47.
 14. Avis PG, McLaughlin DJ, Dentinger BC, Reich PB. 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 Phytol* 2003;160:239-53.
 15. Watling R. Dawyck Botanic Garden: the Heron Wood cryptogamic project. *Bot J Scotl* 2004;56:109-18.
 16. Gange AC, Gange EG, Sparks TH, Boddy L. Rapid and recent changes in fungal fruiting patterns. *Science* 2007;316:71.
 17. Kausrud H, Stige LC, Vik JO, Okland RH, Høiland K, Stenseth NC. Mushroom fruiting and climate change. *Proc Natl Acad Sci USA* 2008;105:3811-4.
 18. Peay KG, Bruns TD, Kennedy PG, Bergemann SE, Garbelotto M. A strong species-area relationship for eukaryotic soil microbes: island size matters for ectomycorrhizal fungi. *Ecol Lett* 2007;10:470-80.
 19. Breitenbach J, Kränzlin F. *Fungi of Switzerland, Vol. 1: Ascomycetes*. Luzern: Mykologia; 1984.
 20. Breitenbach J, Kränzlin F. *Fungi of Switzerland, Vol. 2: Non Gilled Fungi*. Luzern: Mykologia; 1986.
 21. Breitenbach J, Kränzlin F. *Fungi of Switzerland, Vol. 3: Boletes and Agarics (Part 1)*. Luzern: Mykologia; 1991.
 22. Breitenbach J, Kränzlin F. *Fungi of Switzerland, Vol. 4: Agarics (Part 2)*. Luzern: Mykologia; 1995.
 23. Breitenbach J, Kränzlin F. *Fungi of Switzerland, Vol. 5: Agarics (Part 3)*. Luzern: Mykologia; 2000.
 24. Park WH, Lee HD. *Illustrated book of Korean medicinal mushrooms*. Seoul: Kyohaksa; 2003.
 25. Park WH, Lee JH. *New wild fungi of Korea*. Seoul: Kyohaksa; 2011.
 26. Jang SK, Kim SW. Relationship between ectomycorrhizal fruiting bodies and climatic and environmental factors in Naejangsan National Park, Korea. *Mycobiology* 2015;43:122-30.
 27. Ohenoja E. Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in northern Finland in 1976-1988 [dissertation]. Oulu: University of Oulu; 1993.
 28. Kim HJ, Chung JC, Jang SK, Jang KK. Distribution of ectomycorrhizal fruit bodies according to forest fire area. *Korean J Ecol Environ* 2013;46:251-64.
 29. Bahram M, Pölme S, Köljalg U, Zarre S, Tedersoo L. Regional and local patterns of ectomycorrhizal fungal diversity and community structure along an altitudinal gradient in the Hyrcanian forests of northern Iran. *New Phytol* 2012;193:465-73.
 30. Lange M. Fungus flora in August: ten years observation in a Danish beech wood district. *Nord J Bot* 1978;73:21-54.
 31. Eveling DW, Wilson RN, Gillespie ES, Bataille A. Environmental effects on sporocarp counts over fourteen years in a forest area. *Mycol Res* 1990;94:998-1002.
 32. Jang SK. Distribution of higher fungi in Wolchulsan National Park. *Kor J Mycol* 2014;42:9-20.