

RESEARCH ARTICLE

내장산 국립공원 고등균류의 자원이용적 특성에 따른 발생

김종영¹, 장석기^{2*}, 김미숙²

¹전남대학교 농업실습교육원, ²원광대학교 산림조경학과

Occurrence according to Resource Utilization Characteristics of Higher Fungi in Naejangsan National Park

Chong-Young Kim¹, Seog-Ki Jang^{2*}, Mi-Suk Kim²

¹Institute for Agricultural Practice Education, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

²Department of Environmental Landscape Architecture, College of Life Science and Natural Resource, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

*Corresponding author: jsk0424@naver.com

Abstract

In a survey on higher fungi from 2004 to 2011, and also in 2013, in Naejangsan National Park, a total of 2 divisions, 7 classes, 21 orders, 74 families, 229 genera, and 521 species were observed. Dominant species belonged to the families Boletaceae and Russulaceae (44 species), Agaricaceae (35 species), Polyporaceae (29 species), and Amanitaceae (27 species). For the habitat environment, 21 families, 44 genera, and 192 species (36.9%) (63 species of poisonous mushroom, 79 species of edible and medicinal mushroom, and 43 species of unknown edible & poisonous mushroom) of ectomycorrhizal mushrooms were found; 41 families, 118 genera, and 199 species (38.2%) (14 species of poisonous mushroom, 85 species of edible & medicinal mushroom, and 90 species of unknown edible and poisonous mushroom) of litter decomposing and wood rotting fungi were found, and 29 families, 66 genera, and 121 species (23.2%) (8 species of poisonous mushroom, 54 species of edible and medicinal mushroom, and 47 species of unknown edible & poisonous mushroom) of grounding fungi were found, and 9 species were the other habitat. In terms of seasonality, most of the higher fungi were found in July, August, and September. In terms of altitude, the most species were observed at 200~299 m, and populations dropped by a significant level at an altitude of 700 m or higher. It seemed that the most diversified higher fungi occurred at climate conditions with a mean air temperature of 25.0~28.9°C, a maximum air temperature of 30.0~33.9°C, a minimum air temperature of 21.0~24.9°C, a relative humidity of 73.0~79.9%, and over 400.0 mm of rainfall.

Keywords: Climatic factors, Edible & medicinal mushrooms, Naejangsan National Park, Poisonous mushrooms, Unknown edible & poisonous mushrooms

OPEN ACCESS

Kor. J. Mycol. 2017 December, 45(4): 270-283
<https://doi.org/10.4489/KJM.20170035>

pISSN : 0253-651X
 eISSN : 2383-5249

Received: 11 April, 2017

Revised: 23 October, 2017

Accepted: 9 November, 2017

© The Korean Society of Mycology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

대부분의 고등균류는 담자균아문과 자낭균아문에 분포하며, 그 종류 및 생활환경도 매우 다양하다. 특히, 산림에서는 수목에 피해를 주는 기생균의 역할, 낙엽이나 목재 등 식물체의 분해자 역할 및 고등식물과 공생관계를 유지하며 수목의 생장에 필요한 각종 영양물질을 공급함으로써 산림생태계 순환에 필수적이라 할 수 있다[1]. 특히, 수목과 공생관계를 이루는 외생균근균은 우리나라와 같은 온대지역에서 자생하는 소나무과(Pinaceae), 참나무과(Fagaceae) 및 자작나무과(Betulaceae) 등 다양한 수종에서 형성[2, 3]되고, 이 수종들의 뿌리와 긴밀하게 연결되어 수분과 영양분 흡수를 강화함으로써 나무의 생장에 도움을 주고 있다[4, 5]. 이 같은 종들은 산림에서 무당버섯과, 그물버섯과, 끈적버섯과, 송이버섯과, 모래발버섯과, 광대버섯과, 어리알버섯과, 귀신그물버섯과 및 피꼬리버섯과 등 여러 형태의 자실체로 보여지고 있다[6]. 이러한 버섯들 중 그물버섯(*Boletus edulis*), 피꼬리버섯(*Cantharellus cibarius*), 송이(*Tricholoma matsutake*), 검은덩이버섯(*Tuber indicum*), 흰덩이버섯(*Tuber magnatum*) 등 외생균근성 버섯들에 대한 상업적 가치가 증가하고 있어[7] 세계적으로 주목할만한 산림자원으로 각광을 받고 있기도 하다. 이러한 버섯들은 예로부터 당질, 지질, 단백질, 무기질 및 비타민 등의 영양소가 다량 함유되어 있고 독특한 질감 및 향 등을 가지고 있어 식용 및 약용으로 널리 이용하고[8] 있을 뿐만 아니라 최근에는 동맥경화, 심장병, 당뇨병 및 고지혈증 등 성인병 예방, 위와 장의 기능 향상, 항암 및 항종양 등 다양한 약리적 효과[8-12]가 알려지면서 많은 이들에게 높은 관심을 갖는 생물군으로 알려져 있다. 최근에는 식생활 향상 및 건강 등에 대한 관심이 높아지면서 많은 이들이 숲에서 발생하는 야생버섯에 대해 높은 관심을 갖게 되었고, 이로 인해 독성버섯들에 의한 인명사고가 빈번하게 일어나고 있어 이에 대한 대책이 절실한 형편이다.

따라서 본 연구는 해마다 탐방객이 증가하고 있는 내장산 국립공원(E126°48'~126°56', N35°24'~35°31')을 대상으로 2004년~2011년 및 2013년까지 9년간 조사한 결과를 중심으로 조사시기별, 고도별 및 서식환경별 등에 따라 발생하는 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯 등 자원이용적 특성에 따른 고등균류의 발생 동태를 분석하여 이 지역 산림생물 유전자원의 목록화 및 효율적 공원관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

조사 기간

조사는 출입이 가능한 등산로를 중심으로 고등균류 발생이 양호하다고 판단되는 내장사→까치봉(2.4 km), 내장사→불출봉(2.0 km), 백양사 운문암→사자봉(1.0 km) 및 전남대학교 수련원→갯바위(4.8 km) 등 4지역을 중심으로 line transect method에 의해 좌우 각각 10 m를 조사 범위에 포함하여 2004년 4월부터 2013년 10월까지 총 191회(2004년 30회, 2005년 27회, 2006년 21회, 2007년 18회, 2008년 17회, 2009년 15회, 2010년 18회, 2011년 18회 및 2013년 27회)를 조사하였다(Fig. 1).

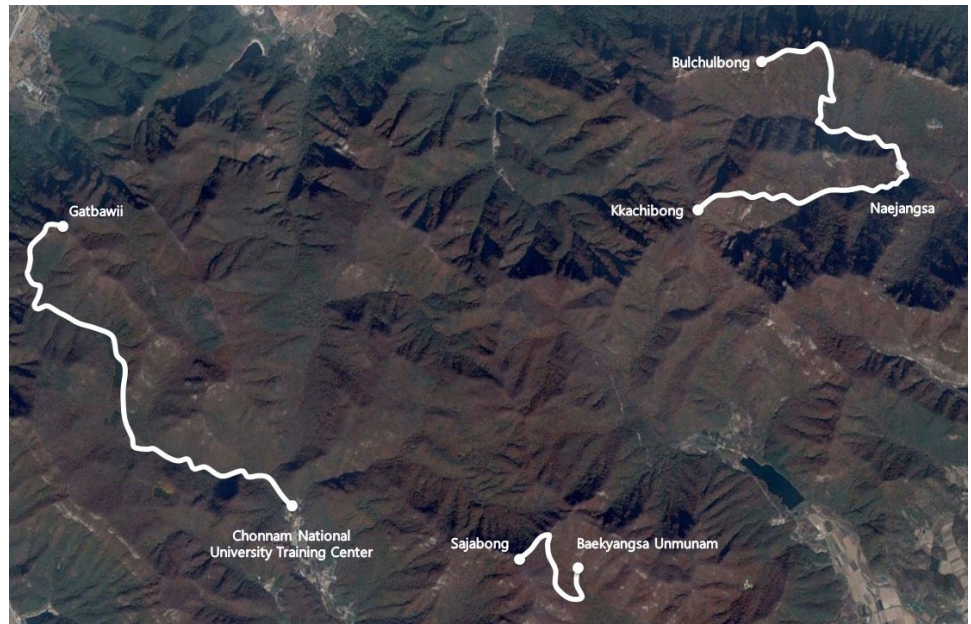


Fig. 1. Map of Naejangsan National Park showing sampling routes of higher fungi.

버섯 채집 및 방법

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

채집된 버섯의 동정 및 자원이용적 특성은 외국[13-19] 및 국내[20-22] 문헌 등을 참조하였으며, 최종분류는 CABI의 Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/>)의 분류체계에 따랐다.

기후환경 및 자료분석

조사 기간 동안 기후자료는 조사 지역의 정읍 기상관측소의 월 평균 자료를 참고하였다. 자료 분석은 7월과 8월에는 월 4회, 7일 단위로 조사를 하여 월 평균 자료를 이용하였으며, 4월, 5월, 6월, 9월, 10월 및 11월의 경우에는 조사일 포함 7일 전 자료를 종합한 후 평균 자료를 월 별 자료로 이용하였다. 이를 각각의 기후환경 요인인 온도(평균온도, 최고온도, 최저온도), 습도, 강수량에 따라 8단계로 구분한 후 버섯의 서식환경별 등에 따라 자원이용적 특성(독성버섯, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯)에 따른 발생에 대한 차이를 알아보 고자 ANOVA을 실시하고 Duncan's multiple range test로 비교하였다(SPSS 12.0K).

결과 및 고찰

고등균류 발생

고등균류를 조사한 결과 총 2문 7강 21목 74과 229속 521종이 조사 되었으며, 이에 대한 결과는 Table 1 및 S1 Table과 같다.

Table 1. The number of species mushroom collected from 2004 to 2011 and 2013 in Naejangsan National Park

Fungi	Families	Genera	Species	Resource use of characteristics			
				P.	E.M.	U.E.P.	N.E.
Ascomycota							
Eurotiomycetes							
Eurotiales	1	1	1	0	0	1	0
Helotiales	3	8	9	1	1	6	1
Leotiales	1	1	1	0	0	0	1
Pezizomycetes							
Pezizales	5	10	17	1	8	8	0
Sordariomycetes							
Hypocreales	3	5	9	1	5	3	0
Xylariales	1	3	5	0	0	2	3
Basidiomycota							
Agaricomycetes							
Agaricales	24	99	260	60	95	94	11
Boletales	10	30	59	9	31	17	2
Geastrales	1	1	4	0	1	0	3
Gomphales	1	1	5	2	1	2	0
Phallales	1	6	9	0	4	5	0
Auriculariales	1	2	5	0	4	1	0
Cantharellales	3	4	11	0	11	0	0
Corticiales	1	1	1	0	0	1	0
Gloeophyllales	1	1	1	0	0	0	1
Hymenochaetales	3	9	13	0	3	8	2
Polyporales	5	33	48	0	29	19	0
Russulales	5	8	53	10	26	12	5
Thelephorales	2	2	3	0	1	2	0
Dacrymycetes							
Dacrymycetales	1	3	4	1	0	3	0
Tremellomycetes							
Tremellales	1	1	3	0	3	0	0
Total	74	229	521	85	223	184	29

E.M., edible & medicinal mushrooms; N.E., not edible mushrooms; P., poisonous mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms.

이를 분류하면 주름버섯목(Agaricales)이 24과 99속 260종, 그물버섯목(Boletales) 10과 30

속 59종, 무당버섯목(Russulales) 5과 8속 53종 및 구멍장이버섯목(Polyporales) 5과 33속 48종으로 4목의 종수가 총 420종으로 전체 종수의 80.6%로 대부분을 차지한 것으로 나타났다. 가장 많은 종수가 조사된 버섯은 그물버섯과와 무당버섯과로 44종이었으며, 주름버섯과(35종), 구멍장이버섯과(29종) 및 광대버섯과(27종) 순으로 우점하고 있는 것으로 나타났다. 이는 월출산 국립공원의 고등균류 분포에 대한 조사[23]와 비교할 때 종수에서는 차이를 보이고 있으나 우점균류는 유사한 결과를 나타내고 있다. 이를 자원이용적 특성에 따라 구분하면 식·약용 버섯은 50과 115속 223종(42.8%)이, 식·독 불명 버섯은 51과 117속 184종(35.3%)이, 독성 버섯은 21과 37속 85종(16.3%) 및 식용 부적당 버섯은 17과 22속 29종(5.6%) 순으로 조사되어 식·약용 버섯 발생이 가장 높은 것으로 나타났다. 서식환경별에서는 목재 및 낙엽부후균이 41과 118속 199종(38.2%)으로 독성 버섯은 14종, 식·약용 버섯 85종 및 식·독 불명 버섯 90종 등이 조사되었으며 외생균근성버섯은 21과 44속 192종(36.9%)이었고 이 중 독성 버섯은 63종, 식·약용 버섯 79종 및 식·독 불명 버섯 43종 등이, 지상균은 29과 66속 121종(23.2%)이었고 독성 버섯은 8종, 식·약용 버섯 54종 및 식·독 불명 버섯 47종 등이, 기타 균은 4과 5속 9종(1.7%)으로 식·약용 버섯 5종 및 식·독 불명 버섯 4종인 것으로 각각 조사되었다. 이 중 독성 버섯의 발생이 가장 높은 버섯은 외생균근성 버섯으로 총 63종이, 식·약용 버섯은 낙엽 및 목재부후균에서 85종이, 식·독 불명 버섯은 낙엽 및 목재부후균에서 90종인 것으로 조사되었다.

조사시기별에 따른 자원이용적 특성

연도별 발생 결과를 보면(Fig. 2) 2004년에 62과 154속 326종으로 가장 많이 조사되었고 2005년(63과 146속 292종), 2007년(57과 141속 260종) 순이었으며 2009년이 44과 92속 155종으로 가장 적은 종이 조사되었다. 이를 자원이용적 특성에 따라 구분하면 독성 버섯은 2004년에 57종으로 가장 많았고, 2005년(53종), 2007년(46종) 순이었으며, 식·약용 버섯은 2004년이 152종, 2005년(144종), 2007년(109종)의 순이었으며, 식·독 불명 버섯은 2004년이 96종으로 가장 많았고 2007년(91종), 2013년(88종) 순으로 각각 조사되었다.

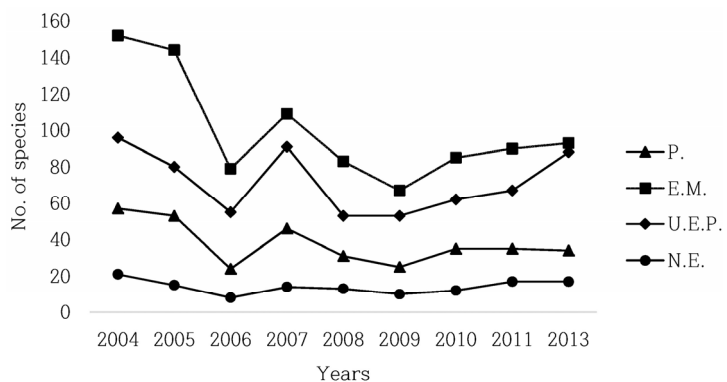


Fig. 2. The number of species according to characteristics of resource use of higher fungi during the surveying periods in Naejangsan National Park. P., poisonous mushrooms; E.M., edible & medicinal mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms; N.E., not edible mushrooms.

이를 월별로 구분하면(Fig. 3) 독성 버섯은 8월에 58종으로 가장 많이 발생하였고 7월(57종), 9월(49종) 순이었으며 식·약용 버섯은 8월에 145종, 7월(135종), 9월(131종)의 순이었고 식·독불명 버섯은 8월에 114종으로 가장 많았고 7월(111종), 9월(101종) 순으로 나타난 반면 11월에는 발생한 버섯이 모두 4종으로 가장 적게 조사되었다.

월별에 따른 우점 버섯류 발생을 보면(Fig. 4) 주름버섯과, 광대버섯과, 그물버섯과, 구멍장이 버섯과 및 무당버섯과 등 5과는 7월에서 9월에 발생이 매우 높게 나타난 반면 6월 이전과 9월 이후에는 발생이 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 독성 버섯의 경우 7월에 30종으로 가장 많이 발생되었고 8월(27종), 9월(14종) 순이었으며 식·약용 버섯은 7월에 48종으로 가장 많았고 8월(26종), 9월(15종) 순이었으며 식·독불명 버섯은 7월에 26종으로 가장 많이 조사되었고 8월(18종), 9월(9종) 순으로 조사되어 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독불명 버섯 등은 7월, 8월 및 9월에 집중적으로 발생하는 것으로 나타났다. 우점버섯류 중 독성 버섯은 광대버섯

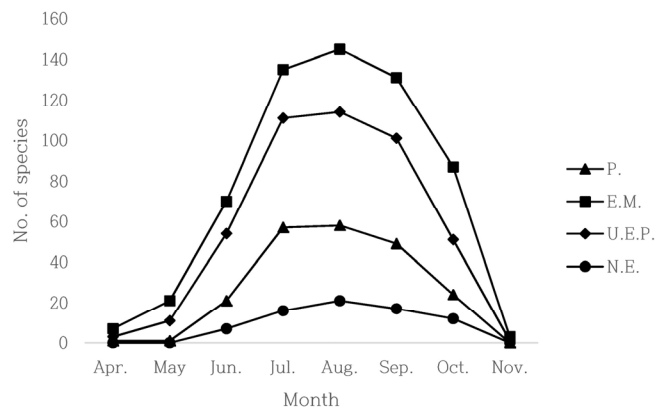


Fig. 3. The number of species according to characteristics of resource use according to the month in Naejangsan National Park. P., poisonous mushrooms; E.M., edible & medicinal mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms; N.E., not edible mushrooms.

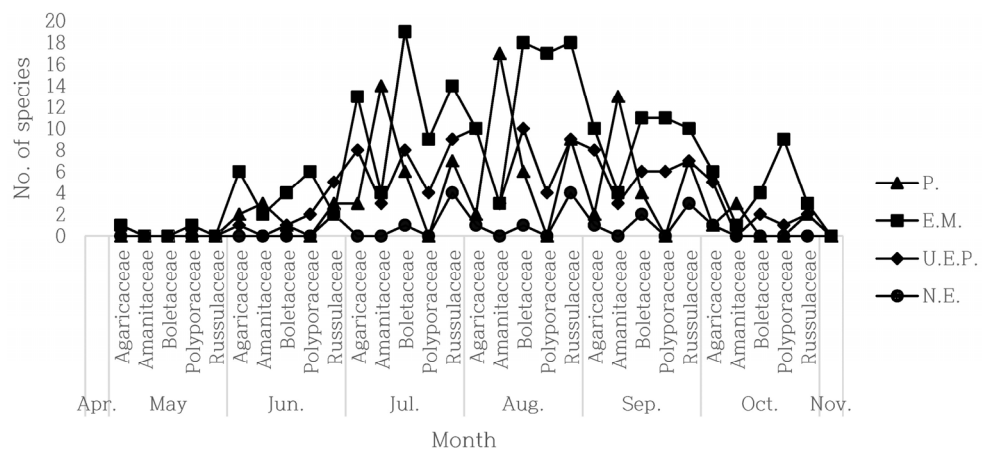


Fig. 4. The number of species according to characteristics of resource use of dominance mushrooms according to the month in Naejangsan National Park. P., poisonous mushrooms; E.M., edible & medicinal mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms; N.E., not edible mushrooms.

과 버섯이 8월에 17종으로 가장 많이 발생되었고 7월(14종), 9월(13종) 순으로 높았으며 식·약용 버섯은 그물버섯과 버섯이 7월에 19종으로 가장 많았고 8월에 그물버섯과와 무당버섯과가 18종, 구멍장이버섯과가 17종의 순이었고 식·독 불명 버섯은 주름버섯과와 그물버섯과 버섯이 8월에 10종으로 가장 많았고 무당버섯과 버섯이 7월과 8월에 9종 순으로 조사되었다.

이상의 결과, 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯 등은 7월과 8월에 가장 많이 발생되고 있으며, 독성 버섯은 광대버섯과에서, 식·약용 버섯은 그물버섯과에서, 식·독 불명 버섯은 주름버섯과와 그물버섯과의 버섯에서 발생이 많은 것으로 조사되었으며, 이들 대부분이 외생균근성 버섯인 것으로 나타났다. 이는 외생균근성 버섯이 7월과 8월에 가장 다양하게 발생되었다는 보고[24]와 유사한 결과인 것으로 판단된다.

고도별 따른 자원이용적 특성

고도별에 따른 발생(Fig. 5)을 보면 200~299 m인 산록부 상단 지역에서 71과 216속 456종으로 가장 많이 발생되었으며 이 중 식·약용 버섯은 191종, 식·독 불명 버섯 165종, 독성 버섯 75종 및 식용부적당 25종의 순으로 조사되었고 500~599 m 지역에서는 55과 131속 261종(식·약용 버섯 126종, 식·독 불명 버섯 81종, 독성 버섯 37종 및 식용 부적당 버섯 17종), 100~199 m 지역에서는 49과 114속 199종(식·약용 버섯 86종, 식·독 불명 버섯 67종, 독성 버섯 30종 및 식용 부적당 버섯 16종) 순이었으며, 700 m 이상 산정부에서는 18과 25속 35종(식·약용 버섯 20종, 식·독 불명 버섯 12종 및 식용 부적당 버섯 3종)으로 가장 적게 조사되었다. 독성 버섯은 200~299 m 지역에서 75종으로 가장 많았고 400~499 m 지역에서 40종 및 500~599 m 지역에서 37종 순으로 조사되었으며 700 m 이상의 지역에서 1종도 발생하지 않은 것으로 나타났다. 식·약용 버섯은 200~299 m 지역에서 191종으로 가장 많았고 500~599 m 지역에서 126종 및 100~199 m 지역에서 86종 순으로 나타났으며 700 m 이상의 지역에서 20종으로 종 발생이 현저히 적어지는 것으로 나타났다. 식·독 불명 버섯은 200~299 m 지역에서 165종으로 가장 많았고 500~599 m 지역에서 81종 및 100~199

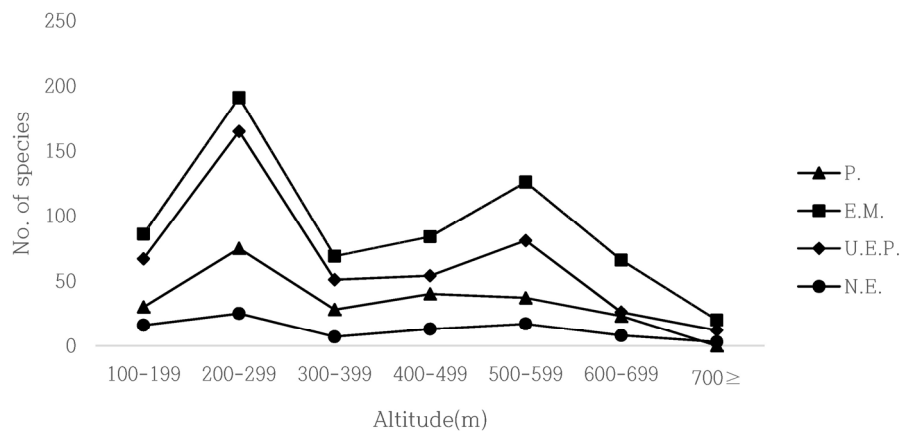


Fig. 5. The number of species according to characteristics of resource use of higher fungi according to the altitude in Naejangsan National Park. P., poisonous mushrooms; E.M., edible & medicinal mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms; N.E., not edible mushrooms.

m 지역에서 67종 순으로 나타났으며 700 m 이상의 지역에서 12종으로 종 발생이 매우 낮았다.

고도별에 따른 우점 버섯류의 발생을 보면(Fig. 6) 대부분의 우점버섯류는 200~299 m 지역에서 대부분이 발생하고 있는 것으로 나타났으며 700 m 이상 지역에서는 종 발생이 현저히 감소하고 있는 것으로 나타났다. 우점버섯류 중 독성 버섯은 광대버섯과 버섯이 200~299 m 지역에서 17종으로 가장 높았고 400~499 m 지역(11종), 100~199 m 지역과 500~599 m 지역에서 10종 순이었으며, 식·약용 버섯은 그물버섯과 버섯이 200~299 m 지역에서 19종으로 가장 많았고 500~599 m 지역(18종) 및 구멍장이버섯과 버섯이 200~299 m 지역에서 17종 순으로 발생이 많았다. 식·독 불명 버섯은 200~299 m 지역에서 주름버섯과 버섯이 15종으로 가장 많았고 그물버섯과(11종) 및 무당버섯과(10종)의 순으로 나타났다.

이상의 결과, 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯은 200~299 m인 산록부 상단 지역에서 주로 발생되고 있는 것으로 나타났으며 700 m 이상 산정부에서는 현저히 낮아지는 것으로 조사되었다. 이는 고도에 따라 종 풍부도 및 다양성 등 군집 구성에 영향을 준다는 보고[25, 26]와도 유사한 결과를 나타내고 있다.

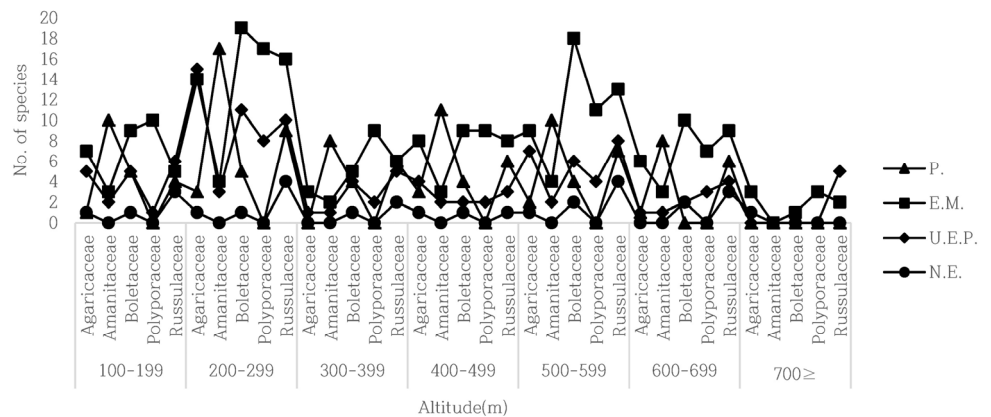


Fig. 6. The number of species according to characteristics of resource use of dominance mushrooms according to the altitude in NaeJangsan National Park. P., poisonous mushrooms; E.M., edible & medicinal mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms; N.E., not edible mushrooms.

기후환경 요인별 분포

고등균류의 발생을 자원이용적 특성에 따라 기후환경 요인별로 분석한 결과는 Table 2, 3, 4, 5 및 6과 같다.

평균온도별(Table 2)에 따른 분석 결과, 대부분의 목재 및 낙엽부후균의 경우 독성 버섯 및 식용부적당 버섯은 27.0~28.9°C에서, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯은 25.0~28.9°C에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 외생균근성 버섯은 전체적으로 25.0~26.9°C에서 유의성을 보였으며 지상균에서는 독성 버섯은 25.0~26.9°C에서, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 27.0~28.9°C에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이 같은 결과, 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯 등은 평균온도의 변화에 따라 발생에 차

이를 나타내고 있으며, 낙엽 및 목재부후균과 지상균은 27.0~28.9°C에서, 외생균근성 버섯은 25.0~26.9°C에서 유의성이 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Duncan's multiple range test between mean air temperature and species according to characteristics of resource use of higher fungi according to habitat environmental characteristics

Mean A.T. (°C)	L.W.F.				E.M.F.				G.F.			
	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.
13.0 <	0.00 ^d	1.25 ^d	0.75 ^c	0.00 ^c	0.13 ^d	0.25 ^c	0.13 ^d	0.13 ^d	0.13 ^{cd}	0.25 ^d	0.00 ^c	0.00 ^c
13.0~14.9	0.86 ^{cd}	7.86 ^{bcd}	3.71 ^c	0.57 ^{bc}	2.43 ^{cd}	4.29 ^{cde}	1.57 ^{cd}	0.14 ^d	0.43 ^{abc}	3.29 ^{cd}	1.86 ^{cde}	1.14 ^{bc}
15.0~16.9	0.71 ^{cd}	6.86 ^{bcd}	3.86 ^c	1.00 ^{bc}	0.43 ^d	0.86 ^e	0.43 ^d	0.00 ^d	0.00 ^d	1.71 ^d	1.14 ^{de}	0.14 ^c
18.0~20.9	0.14 ^{cd}	5.00 ^{cd}	1.43 ^c	0.00 ^c	0.86 ^d	1.86 ^{de}	1.14 ^{cd}	0.29 ^d	0.14 ^{cd}	1.29 ^d	0.00 ^c	0.00 ^c
21.0~22.9	1.25 ^{bc}	13.75 ^{ab}	8.67 ^b	1.25 ^{bc}	6.83 ^{bc}	8.00 ^{cd}	4.33 ^{bc}	0.75 ^{cd}	0.83 ^{ab}	5.83 ^{bc}	3.75 ^{bcd}	1.17 ^{bc}
23.0~24.9	2.00 ^{ab}	11.50 ^{abc}	8.63 ^b	1.13 ^{bc}	8.50 ^b	9.25 ^{bc}	6.13 ^{ab}	1.50 ^{bc}	0.38 ^{abc}	7.25 ^{ab}	4.88 ^{abc}	1.13 ^{bc}
25.0~26.9	2.10 ^{ab}	17.10 ^a	13.50 ^a	1.60 ^b	15.50 ^a	20.30 ^a	8.40 ^a	2.70 ^a	1.00 ^a	7.40 ^{ab}	5.80 ^{ab}	2.40 ^{ab}
27.0~28.9	3.00 ^a	16.80 ^a	15.80 ^a	2.80 ^a	11.40 ^{ab}	15.00 ^{ab}	6.80 ^{ab}	2.20 ^{ab}	0.80 ^{ab}	9.20 ^a	7.80 ^a	2.80 ^a

A.T., air temperature; E.M.F., ectomycorrhizal fungi; G.F., grounding fungi; L.W.F., litter decomposing and wood rotting fungi; E.M., edible & medicinal mushrooms; N.E., not edible mushrooms; P., poisonous mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms.

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

최고온도별(Table 3)에서는 대부분의 목재 및 낙엽부후균의 경우 독성 버섯, 식·독불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 32.0~33.9°C일 때 유의성이 있었으며, 식·약용 버섯은 30.0~33.9°C에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 외생균근성 버섯은 전체적으로 30.0~31.9°C에서 유의성을 보였으며 지상균에서는 독성 버섯은 30.0~31.9°C일 때, 식·약용 버섯, 식·독불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 30.0~33.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이 같은 결과, 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독불명 버섯 등은 최고온도의 변화에 따라 발생에

Table 3. Duncan's multiple range test between maximum air temperature and species according to characteristics of resource use of higher fungi according to habitat environmental characteristics

Max. A.T. (°C)	L.W.F.				E.M.F.				G.F.			
	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.
15.0~19.9	0.00 ^d	1.25 ^c	0.75 ^c	0.00 ^c	0.13 ^d	0.25 ^c	0.13 ^d	0.13 ^c	0.13 ^c	0.25 ^c	0.00 ^c	0.00 ^b
20.0~21.9	0.86 ^{cd}	7.86 ^{bc}	3.71 ^{de}	0.57 ^{bc}	2.43 ^{cd}	4.29 ^{cde}	1.57 ^{cd}	0.14 ^c	0.43 ^{abc}	3.29 ^{bc}	1.86 ^{bc}	1.14 ^b
22.0~23.9	1.00 ^{cd}	7.60 ^{bc}	4.60 ^{de}	1.40 ^b	0.60 ^d	1.20 ^{de}	0.60 ^d	0.00 ^c	0.00 ^c	2.00 ^c	1.60 ^{bc}	0.20 ^b
24.0~25.9	0.11 ^d	5.00 ^{bc}	1.56 ^c	0.00 ^c	0.67 ^d	1.44 ^{de}	0.89 ^d	0.22 ^c	0.11 ^c	1.22 ^c	0.00 ^c	0.00 ^b
26.0~27.9	1.44 ^{bc}	15.33 ^a	10.11 ^{bc}	1.44 ^b	8.44 ^b	9.44 ^{bc}	5.11 ^{bc}	1.00 ^{bc}	1.00 ^{ab}	6.89 ^a	4.44 ^{ab}	1.33 ^{ab}
28.0~29.9	1.64 ^{abc}	10.82 ^{ab}	7.45 ^{cd}	1.00 ^{bc}	6.73 ^{bc}	7.73 ^{bcd}	5.00 ^{bc}	1.09 ^{bc}	0.36 ^{bc}	6.00 ^{ab}	4.00 ^{ab}	1.00 ^b
30.0~31.9	2.22 ^{ab}	17.44 ^a	13.78 ^{ab}	1.56 ^b	16.67 ^a	21.78 ^a	9.33 ^a	2.89 ^a	1.11 ^a	8.11 ^a	6.22 ^a	2.56 ^a
32.0~33.9	2.67 ^a	16.33 ^a	15.00 ^a	2.67 ^a	10.33 ^b	13.67 ^b	5.67 ^b	2.00 ^{ab}	0.67 ^{abc}	7.83 ^a	6.83 ^a	2.50 ^a

Max., maximum; A.T., air temperature; E.M.F., ectomycorrhizal fungi; G.F., grounding fungi; L.W.F., litter decomposing and wood rotting fungi; E.M., edible & medicinal mushrooms; N.E., not edible mushrooms; P., poisonous mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms.

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

유의적인 차이를 보였으며 낙엽 및 목재부후균은 32.0~33.9°C에서, 외생균근성 버섯과 지상균은 30.0~31.9°C에서 유의성이 가장 높은 것으로 나타났다.

최저온도별(Table 4)의 경우, 대부분의 목재 및 낙엽부후균의 경우 독성 버섯 및 식용 부적당 버섯은 23.0~24.9°C일 때, 식·약용 버섯은 21.0~22.9°C일 때, 식·독 불명 버섯은 21.0~24.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 외생균근성 버섯은 독성 버섯 및 식·독 불명 버섯은 21.0~22.9°C일 때, 식·약용 버섯 및 식용 부적당 버섯은 21.0~24.9°C에서 유의성을 보였으며 지상균에서는 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식용 부적당 버섯은 21.0~22.9°C일 때, 식·독 불명 버섯은 21.0~24.9°C일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이 같은 결과, 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯 등은 최저온도 변화에 따라 발생에 유의적인 차이를 보였으며 낙엽 및 목재부후균은 23.0~24.9°C에서, 외생균근성 버섯과 지상균은 21.0~22.9°C에서 유의성이 가장 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하면 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯의 발생은 평균기온에서는 25.0~28.9°C에서, 최고기온에서는 30.0~33.9°C에서, 최저기온에서는 21.0~24.9°C일 때 발생이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 평균기온에서는 23.0~24.9°C에서, 최고기온에서는 28.0~31.9°C에서, 최저기온에서는 22.0~23.9°C일 때 고등균류의 발생이 높았다는 변산반도국립공원 보고[27]와 유사하였다.

Table 4. Duncan's multiple range test between minimum air temperature and species according to characteristics of resource use of higher fungi according to habitat environmental characteristics

Min. A.T. (°C)	L.W.F.				E.M.F.				G.F.			
	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.
6.0 <	0.00 ^d	1.00 ^d	0.67 ^c	0.00 ^c	0.17 ^d	0.33 ^c	0.17 ^c	0.17 ^b	0.17 ^b	0.33 ^d	0.00 ^c	0.00 ^c
6.0~ 9.9	0.33 ^{cd}	6.50 ^{cd}	2.17 ^c	0.00 ^c	1.17 ^{cd}	3.50 ^{bc}	0.67 ^{de}	0.00 ^b	0.33 ^{ab}	2.33 ^{cd}	1.17 ^{bc}	0.67 ^c
10.0~11.9	1.13 ^c	7.13 ^{cd}	4.50 ^{bc}	1.38 ^{ab}	1.63 ^{cd}	1.75 ^c	1.25 ^{de}	0.13 ^b	0.13 ^b	2.25 ^{cd}	1.63 ^{bc}	0.63 ^c
12.0~14.9	0.00 ^d	4.38 ^d	1.38 ^c	0.00 ^c	0.13 ^d	0.63 ^c	0.13 ^c	0.13 ^b	0.13 ^b	1.00 ^d	0.13 ^c	0.00 ^c
15.0~17.9	1.38 ^{bc}	11.50 ^{bc}	7.38 ^b	0.50 ^{bc}	6.38 ^c	8.50 ^b	5.00 ^{bc}	0.75 ^b	0.63 ^{ab}	5.13 ^{bc}	3.38 ^b	0.88 ^{bc}
18.0~20.9	1.30 ^{bc}	11.90 ^{bc}	7.90 ^b	1.60 ^{ab}	5.10 ^{cd}	6.10 ^{bc}	3.70 ^{cd}	0.70 ^b	0.50 ^{ab}	5.70 ^b	2.80 ^{bc}	1.20 ^{abc}
21.0~22.9	2.30 ^{ab}	18.40 ^a	13.50 ^a	1.50 ^{ab}	17.00 ^a	20.70 ^a	9.10 ^a	2.60 ^a	1.00 ^a	9.30 ^a	7.20 ^a	2.40 ^a
23.0~24.9	2.63 ^a	16.00 ^{ab}	14.88 ^a	2.38 ^a	11.88 ^b	15.13 ^a	7.25 ^{ab}	2.63 ^a	0.88 ^{ab}	7.63 ^{ab}	6.75 ^a	2.25 ^{ab}

Min., minimum; A.T., air temperature; E.M.F., ectomycorrhizal fungi; G.F., grounding fungi; L.W.F., litter decomposing and wood rotting fungi; E.M., edible & medicinal mushrooms; N.E., not edible mushrooms; P., poisonous mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms.

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

상대습도별(Table 5)에 따른 분석 결과, 대부분의 목재 및 낙엽부후균의 경우 독성 버섯은 73.0~75.9%일 때, 식·약용 버섯은 76.0~80.9%일 때, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 73.0~80.9%일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 외생균근성 버섯에서는 독성 버섯은 76.0~80.9%일 때, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 73.0~80.9%에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 지상균에서는 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯은 73.0~80.9%일 때, 식용 부적당 버섯은 73.0~75.9%일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과, 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 상

대습도가 73.0~80.9%일 때 발생이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 야생버섯 발생에 상대습도 및 강우량 등이 영향을 준다는 보고[28]와 유사한 것으로 생각한다.

Table 5. Duncan's multiple range test between relative humidity and species according to characteristics of resource use of higher fungi according to habitat environmental characteristics

R.H. (%)	L.W.F.				E.M.F.				G.F.			
	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.
50.0~58.9	0.00 ^c	2.63 ^c	0.50 ^c	0.00 ^c	0.00 ^d	0.13 ^d	0.00 ^d	0.00 ^b	0.00 ^b	0.63 ^c	0.00 ^c	0.00 ^c
59.0~61.9	0.25 ^{de}	4.50 ^{de}	1.88 ^{de}	0.00 ^c	0.63 ^d	1.38 ^d	0.50 ^{cd}	0.13 ^b	0.25 ^{ab}	1.13 ^{de}	0.38 ^c	0.50 ^c
62.0~63.9	0.50 ^{cde}	7.33 ^{cde}	4.17 ^{cde}	0.50 ^c	1.50 ^d	2.00 ^{cd}	0.67 ^{cd}	0.33 ^b	0.50 ^{ab}	2.17 ^{cde}	1.17 ^c	0.00 ^c
64.0~67.9	1.14 ^{cd}	8.57 ^{cde}	4.71 ^{cd}	0.71 ^{bc}	3.29 ^{cd}	5.14 ^{bcd}	3.00 ^{bcd}	0.43 ^b	0.29 ^{ab}	3.71 ^{bcd}	1.86 ^{bc}	0.71 ^{bc}
68.0~70.9	1.20 ^{cd}	11.30 ^{bcd}	6.10 ^{bc}	0.70 ^{bc}	6.30 ^{bcd}	10.00 ^{ab}	4.30 ^b	0.80 ^b	0.60 ^{ab}	5.30 ^b	2.70 ^{bc}	1.30 ^{abc}
71.0~72.9	1.50 ^{bc}	12.60 ^{abc}	9.10 ^b	1.80 ^{ab}	7.90 ^{bc}	9.30 ^{abc}	3.90 ^{bc}	1.00 ^b	0.50 ^{ab}	4.70 ^{bc}	4.20 ^b	1.40 ^{abc}
73.0~75.9	3.00 ^a	16.14 ^{ab}	15.86 ^a	2.29 ^a	12.14 ^{ab}	15.86 ^a	7.57 ^a	2.29 ^a	0.86 ^a	8.43 ^a	7.29 ^a	2.43 ^a
76.0~80.9	2.25 ^{ab}	18.38 ^a	14.50 ^a	2.00 ^a	15.63 ^a	16.88 ^a	9.75 ^a	2.88 ^a	1.00 ^a	10.25 ^a	7.38 ^a	2.13 ^{ab}

R.H., relative humidity; E.M.F., ectomycorrhizal fungi; G.F., grounding fungi; L.W.F., litter decomposing and wood rotting fungi; E.M., edible & medicinal mushrooms; N.E., not edible mushrooms; P., poisonous mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms.

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

강수량별(Table 6)에 따른 분석 결과, 대부분의 목재 및 낙엽부후균의 경우 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯은 월 평균 200.0 mm 이상일 때, 식용 부적당 버섯은 400.0 mm 이상에서 유의성을 보였다. 외생균근성 버섯은 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯은 400.0 mm 이상일 때, 식용 부적당 버섯은 200.0~399.9 mm에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 지상균에서는 독성 버섯은 200.0~399.9 mm에서, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 400.0 mm 이상일 때 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과, 대

Table 6. Duncan's multiple range test between rainfall and species according to characteristics of resource use of higher fungi according to habitat environmental characteristics

Rainfall (mm)	L.W.F.				E.M.F.				G.F.			
	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.	P.	E.M.	U.E.P.	N.E.
30 <	1.33 ^b	10.17 ^{ac}	5.00 ^b	1.00 ^{abc}	1.83 ^c	4.67 ^{cd}	1.33 ^c	0.17 ^c	0.33 ^{ab}	3.33 ^{cd}	2.17 ^{bc}	0.83 ^{bc}
30.0~ 49.9	0.58 ^b	5.33 ^c	2.92 ^b	0.58 ^{bc}	1.33 ^c	1.83 ^d	2.00 ^c	0.25 ^c	0.08 ^b	2.00 ^d	0.83 ^c	0.42 ^c
50.0~ 79.9	0.63 ^b	4.38 ^c	3.50 ^b	0.50 ^{bc}	2.63 ^{bc}	3.13 ^{cd}	2.00 ^c	0.25 ^c	0.38 ^{ab}	3.00 ^{cd}	1.50 ^c	0.13 ^c
80.0~ 99.9	0.33 ^b	5.50 ^c	3.50 ^b	0.33 ^c	4.33 ^{bc}	4.17 ^{cd}	1.33 ^c	0.67 ^{bc}	0.33 ^{ab}	2.00 ^d	1.50 ^c	0.67 ^{bc}
100.0~ 14.9	0.50 ^b	7.00 ^{bc}	4.17 ^b	0.50 ^{bc}	1.67 ^c	3.83 ^{cd}	1.83 ^c	0.17 ^c	0.17 ^{ab}	3.00 ^{cd}	1.33 ^c	0.83 ^{bc}
150.0~199.9	1.20 ^b	13.40 ^{ab}	7.30 ^b	1.10 ^{abc}	8.60 ^{bc}	10.50 ^{bc}	5.10 ^{bc}	1.50 ^{ab}	0.90 ^a	6.20 ^{bc}	5.30 ^{ab}	1.40 ^{abc}
200.0~399.9	2.67 ^a	18.22 ^a	15.44 ^a	1.89 ^{ab}	11.22 ^{ab}	15.78 ^{ab}	6.56 ^{ab}	2.22 ^a	0.89 ^a	6.89 ^b	5.44 ^{ab}	2.00 ^{ab}
400 ≥	2.57 ^a	18.14 ^a	15.00 ^a	2.14 ^a	16.86 ^a	18.43 ^a	9.29 ^a	2.43 ^a	0.86 ^{ab}	10.29 ^a	6.86 ^a	2.57 ^a

E.M.F., ectomycorrhizal fungi; G.F., grounding fungi; L.W.F., litter decomposing and wood rotting fungi; E.M., edible & medicinal mushrooms; N.E., not edible mushrooms; P., poisonous mushrooms; U.E.P., unknown edible & poisonous mushrooms.

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

부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯, 식·독 불명 버섯 및 식용 부적당 버섯은 월 강수량이 400.0 mm 이상일 때 발생이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 버섯 발생에는 강수량과 매우 높은 상관관계를 갖는다는 보고[29]와 유사하였다.

적 요

내장산 국립공원을 2004년~2011년 및 2013년까지 고등균류를 조사한 결과, 총 2문 7강 21목 74과 229속 521종이 조사되었으며, 이중 주름버섯목(Agaricales) 24과 99속 260종, 그물버섯목(Boletales) 10과 30속 59종, 무당버섯목(Russulales) 5과 8속 53종 및 구멍장이버섯목(Polyporales) 5과 33속 48종 등 4목이 전체 종수의 80.6%(420종)를 차지하고 있었다. 가장 많은 종이 포함된 분류군은 그물버섯과와 무당버섯과로 44종이었으며, 주름버섯과(35종), 구멍장이버섯과(29종) 및 광대버섯과(27종)의 순으로 출현 종의 수가 많았다. 이를 다시 서식환경 별로 세분해 보면, 외생균근성버섯은 21과 44속 192종(36.9%)이 분류되었는데 이중 독성 버섯 63종, 식·약용 버섯 79종, 식·독 불명 버섯 43종이었고, 목재 및 낙엽부후균은 41과 118속 199종(38.2%)으로 이중 독성 버섯 14종, 식·약용 버섯 85종, 식·독 불명 버섯 90종이었으며, 지상균은 29과 66속 121종(23.2%)으로 독성 버섯 8종, 식·약용 버섯 54종, 식·독 불명 버섯 47종 등으로 각각 조사되었다. 9종은 위의 그룹에 해당되지 않는 서식처를 갖고 있었다. 대부분의 독성 버섯, 식·약용 버섯 및 식·독 불명 버섯은 7월~9월 사이에 집중하였고, 해발 고도에서는 200~299 m인 지역에서 발생이 매우 높았으며 700 m이상 지역에서는 발생이 현저하게 낮은 것으로 나타났다. 기후환경 요인별에서는 평균기온 25.0~28.9°C(최고기온 30.0~33.9°C, 최저기온 21.0~24.9°C), 상대습도 73.0~80.9% 및 강수량 400.0 mm 이상일 때 대부분의 버섯류의 발생이 높은 것으로 나타났다.

SUPPLEMENTARY INFORMATION

S1 Table. List of species of higher fungi collected from 2004 to 2011 and 2013 in Naejangsan National Park

Found at doi : <https://doi.org/10.4489/KJM.20170035.S01>

REFERENCES

1. Taylor AF, 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-Verlag; 2000. p. 343-65.
2. Smith SE, Read DJ. Mycorrhizal symbiosis. 3rd ed. London: Academic Press; 2008.
3. van der Heijden MG, Bardgett RD, van Straalen NM. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol Lett* 2008;11:296-310.

4. Simard SW, Jones MD, Durall DM. Carbon and nutrient fluxes within and between mycorrhizal plants. In: van der Heijden MG, Marcel GA, Sanders IR, editors. Mycorrhizal ecology. Berlin: Springer-Verlag; 2003. p. 33-74.
5. Leake J, Johnson D, Donnelly D, Muckle G, Boddy L, Read D. Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Can J Bot* 2004;82:1016-45.
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. Karwa A, Varma A, Rai M. Edible ectomycorrhizal fungi: cultivation, conservation and challenges. In: Rai M, Varma A, editors. Diversity and biotechnology of ectomycorrhizae. Berlin: Springer-Verlag; 2011, p. 429-53.
8. Choi SH. Quality characteristics of sulgidduk added with pine mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.) powder. *Korean J Food Nutr* 2010;23:549-55.
9. Park ML, Byun GI. Quality characteristics of pine mushroom yanggaeng prepared by different addition of frozen pine mushroom according to different pre-treatment. *J Korean Soc Food Cult* 2005;20:738-43.
10. Park ML, Choi SK, Jung IC, Byun GI. Rheological & sensory characteristics of pine mushroom Jung-Gwa by different amount of saccharide (honey and oligosaccharide). *J Korean Soc Food Cult* 2006;21:695-701.
11. Park ML. A study on the characteristics of pine-tree mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.) pickle for the standard recipe. *Korean J Culinary Res* 2008;14(4):55-66.
12. Hong JY, Choi YJ, Kim MH, Shin SR. Study on the quality of apple dressing sauce added with pine mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.) and Chitosan. *Korean J Food Preserv* 2009;16:60-7.
13. Breitenbach J, Kranzlin F. Fungi of Switzerland. Vol. 1: Ascomycetes. Lucerne: Verlag Mykologia; 1984.
14. Breitenbach J, Kranzlin F. Fungi of Switzerland. Vol. 2: Nongilled fungi. Lucerne: Verlag Mykologia; 1986.
15. Breitenbach J, Kranzlin F. Fungi of Switzerland. Vol. 3: Boletes and agarics (part 1). Lucerne: Verlag Mykologia; 1991.
16. Breitenbach J, Kranzlin F. Fungi of Switzerland. Vol. 4: Agarics (part 2). Lucerne: Verlag Mykologia; 1995.
17. Breitenbach J, Kranzlin F. Fungi of Switzerland. Vol. 5: Agarics (part 3). Lucerne: Verlag Mykologia; 2000.
18. Mao X. Macromycetes of China. Beijing: Science Press; 2009.
19. Yuan M. Pictorial book of mushrooms in China. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press; 2007.
20. Park WH, Lee HD. Illustrated book of Korean medicinal mushrooms. Seoul: Kyohaksa; 2003.
21. Park WH, Lee JH. New wild fungi of Korea. Seoul: Kyohaksa; 2011.
22. Seok SJ, Lim YW, Kim CM, Ka KH, Lee JS, Han SK, Kim SO, Hur JS, Hyun IH, Hong SG, et al. List of mushrooms in Korea. Seoul: Korea Society of Mycology; 2013.
23. Jang SK. Distribution of higher fungi in Wolchulsan National Park. *Kor J Mycol* 2014;42:9-20.
24. Chung JC, Kim HJ, Jang SK, Jang KK. Distribution of ectomycorrhizal fruit bodies according to forest fire area. *Korean J Ecol Environ* 2013;46:251-64.

25. Bahram M, Polme S, Koljalg 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.
26. Kernaghan G, Harper KA. Community structure of ectomycorrhizal fungi across an alpine/subalpine ecotone. *Ecography* 2001;24:181-8.
27. Jang SK, Hur TC. Relationship between climatic factors and the distribution of higher fungi in Byeonsanbando National Park, Korea. *Mycobiology* 2014;42:27-33.
28. Shim KM, Kim YS, Kim GY, Lee DB, Kang KK, So KH, Lee KH. Relationships between wild mushroom appearance and meteorological elements in Chiak National Park, Korea. *Korean J Agric For Meteorol* 2012;14:170-8.
29. Park YW, Koo CD, Lee HY, Ryu SR, Kim TH, Cho YG. Relationship between macrofungi fruiting and environmental factors in Songnisan National Park. *Korean J Environ Ecol* 2010;24:657-79.