

달걀버섯 발생지의 환경특성 분석

서흥덕¹ · 허태철² · 정성철³ · 주성현⁴ · 박현^{5*}

¹국립산림과학원 미생물자원연구과, ²한국산지보전협회, ³국립산림과학원 산림방제연구과,
⁴경북대학교 임학과, ⁵국립산림과학원 연구기획과

Analysis of Environmental Characteristics in Habitat of *Amanita hemibapha*

Hong-Duck Sou¹, Tae-Chul Hur², Sung-Cheol Jung³, Sung-Hyun Joo⁴ and Hyun Park^{5*}

¹Division of Forest Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

²Korea Forest Conservation Association, Seoul 137-715, Korea

³Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

⁴Department of Forestry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁵Division of Research Planning and Coordination, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

(Received 5, November 2011., Accepted 14, November 2011)

ABSTRACT: *Amanita hemibapha* is a kind of mycorrhizal mushroom which has a relation with host plants and environmental factors. For the purpose of studying the relationship between environmental factors and mushrooms, in this study we conducted to investigate the soil physicochemical properties, the distribution of plants and the diversity of mushrooms in Gwangyang, Chungdo and Daegu. Soil texture in habitate of *Amanita hemibapha* was Sandy Loam and Sandy Clay Loam which contains a high rate of sand. Soil pH was approximately 5.0 in all study sites. Total nitrogen contents, C/N ratio and available phosphate(P₂O₅) were the highest at the Chungdo. However, Gwangyang and Chungdo represent similar Cation Exchange Capacity(C.E.C) and Daegu has much less than other areas. Exchangeable cations, Ca²⁺ content was higher at Gwangyang and Chungdo than Daegu and Na⁺ content was the highest at Chungdo among three sites. Daegu has much Mg²⁺ contents followed by Chungdo and Gwangyang. Interestingly, K⁺ content listed in reverse order of Mg²⁺ at Gwangyang, Chungdo and Daegu. The main woody plants in study sites are confirmed as *Carpinus laxiflora*, *Quercus mongolica*, *Q. serrata* and *Pinus densiflora*. *Quercus* species are found as a common species in three study sites. Lastly, 8 family and 12 species of mushrooms are emerged in Gwangyang, also 8 family and 12 species and 5 family and 10 species are found in Chungdo and Daegu, respectively. *Amanita pantherina*, *Boletus edulis*, *Tylopilus felleus* and *Marasmius maximus*, which found in study sites, are also kind of mycorrhizal mushroom same as *A. hemibapha*. By using correspondence analysis, *Q. mongolica*, *Q. serrata*, *Q. variabilis* and *C. laxiflora* are expected to as a host plant of *A. hemibapha*.

KEYWORDS: *Amanita hemibapha*, Host plant, Mycorrhizal fungi, Soil physicochemical properties

서 론

외생균근성 버섯인 달걀버섯(*Amanita hemibapha*)은 광대버섯과(Amanitaceae), 광대버섯속(*Amanita*)에 속하며 식용버섯으로 알려져 있다. 한국, 중국, 일본, 스리랑카, 북아메리카 등지에 분포하며 *A. jacksonii*, *A. umbonata*, *A. tullossii*, *A. caesarea*, *A. hemibapha* 등으로 다양하게 불리우고 있다. 특히, 달걀버섯과 매우 유사한 종인 *A. caesarea*는 유럽에서 가장 인기가 좋은 식용버섯 중에 하나이며 고가에 거래되고 있다.

달걀버섯은 우리나라의 전 지역에서 분포하며 참나무림, 소나무림, 서어나무림 등지에서 발견되고 있다. 현재까지,

달걀버섯과 공생관계를 이루고 있는 기주식물이 어떤 종인지 명확히 밝혀진 바는 없으나 이러한 분포지역을 고려하면 다양한 범위의 식물과 공생관계를 이루고 있다고 판단할 수 있다. 달걀버섯과 유사한 *A. caesarea*의 기주식물로는 *Castanopsis carlesii*와 *C. hystrix*, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Pinus strobus*, *P. virginiana*, *Quercus baronii*, *Q. faginea*, *Q. liaotungensis*, *Q. lusitanica*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. pyrenaica*, *Q. robur*, *Q. suber* 등이 발견되었으며(Meotto et al., 1997), 그 중 스페인 남부지방에서는 *C. sativa*와 *Q. suber*가 가장 주된 기주식물이다(Daza et al., 2006).

달걀버섯(*Amanita hemibapha*)과 *A. caesarea*에 대한 연구는 세계 곳곳에서 진행되고 있다. *A. caesarea* 균사의 기내 최적배지조건에 대한 연구(Daza et al., 2006)와 *C. sativa*의 뿌리에 *A. caesarea* 균을 합성한 연구(Meotto et al.,

*Corresponding author <E-mail : hyunpark@forest.go.kr>

1999), 달갈벼섯의 형태 및 생리적 특성에 대한 연구(서 등, 2009)가 그 예이다. 그러나 달갈벼섯과 그와 유사한 종들 간의 명확한 분류, 균주 보존법, 달갈벼섯과 기주식물 및 주변 환경과의 관계 등에 대한 연구가 여전히 부족한 실정이다. 특히 달갈벼섯과 같은 균근성 버섯은 기주식물과 중요한 관계를 맺고 있으므로 주변의 환경적 요인이 생활사에 중요한 영향을 끼친다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 달갈벼섯이 발생한 지점을 중심으로 주변 환경인자와 달갈벼섯과의 관계를 식생 구조와 토양 특성을 통해 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

조사지역 개황

달갈벼섯의 발생지 조사는 2007년부터 2008년까지 전남 광양시 옥룡면의 서울대학교 남부학술림 추산시험장, 경남 청도군 청도읍의 운문산, 대구광역시 동구의 동화사 등 3지역에서 수행하였다.

추산시험장의 버섯 발생지점의 지리적 좌표는 E127°36'39.4", N35°01'42.3"이고, 해발고도 73~78 m 이었다. 광양지역의 1998년부터 2006년까지의 연평균 기온은 14.6°C이었고 연강수량은 1,769 mm이었으며, 평균습도는 64.4%이었다. 운문산의 버섯 발생지점의 지리적 좌표는 E128°58'49.9", N35°38'25.7"이고, 해발고도 255~355 m이었다. 청도지역의 연평균 기온은 13.1°C이고 연강수량은 1,293 mm이다. 동화사의 버섯 발생지점의 지리적 좌표는 E128°42'23.0", N35°59'10.1"이고, 해발고도 488 m이었다. 대구지역의 30년간(1971년~2000년)의 평균 기온은 13.7°C이었고 연강수량은 1027.7 mm이었으며, 평균습도는 64.1%이었다.

토양 시료채취 및 분석

토양 채취는 각 조사지점에서 토양 유기물층을 제거한 후 5~10 cm의 A층토양을 채취하였으며, 채취한 토양시료는 풍건한 뒤 분석 시료로 사용하였다. 토양의 이화학적 특성 분석 중 토성은 비중계법으로 측정하였고 pH는 pH-meter(Philips pw 9418)를 사용하였으며 유효인산은 Lancaster법으로 전처리하여 분광분석기(Shimadzu UV-120-02)로 측정하였다. 탄소와 전질소는 토양시료를 분말형태로 분쇄하여 자동성분분석기(NCS 2500, Fisons Instruments)를 이용하여

분석하였고, 양이온 치환용량(Cation Exchange Capacity)은 Brown's Method로 측정하였고 치환성 양이온(Exchangable cation) Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺는 1-N CH₃COONH₄(pH 7.0) 법으로 전처리하여 EDTA 적정법과 Flame photometer법으로 분석하였다(Page 등, 1982).

식물상과 버섯상 조사

달갈벼섯의 기주식물을 알기 위해 식물상을 조사하였다. 식생조사는 버섯이 발생하는 지점을 중심으로 3 m × 3 m에 출현하는 전체 종들을 지역별로 과(family)별로 분류하여 기록하였다. 식물 동정은 이(2006)의 대한식물도감을 참조하였다. 또한 달갈벼섯 발생지의 버섯상은 식물상 조사 구역에서 수행하였다. 버섯의 동정은 이지열(1988)의 원색한국버섯도감, 박원희(2007)의 원색도감을 참고하였고, Singer(1986)의 분류체계와 MycoBank(www.mycobank.org)를 따랐다.

통계분석

토양분석 결과는 ANOVA를 이용하여 검정하였고, 그 차이가 인정 될 경우 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 통하여 평균간의 차이를 비교하였다. 또한 식물상과 버섯상을 이용하여 달갈벼섯의 기주식물을 알아보기 위해 상응분석(Correspondence Analysis, 대응일치분석)을 실시하였다. 상응분석은 행과 열의 분할표로 질적자료를 양화시켜 그림으로 나타내는 분석으로서 다차원척도분석(MDS : Multidimensional Scaling)의 한 방법이다. 행과 열의 지리적 유클리디안 거리를 계산하여 유사성 분석을 통해 상관관계를 파악하는 방법으로, 차원(Dimension) 1과 차원(Dimension) 2의 수치는 평면상의 X축과 Y축 좌표를 나타내는데, 이는 각 좌표 점의 위치에 따른 해석을 하는데 객관적 기준을 제공하고 있다. 본 연구에서는 모든 조사지역의 버섯과 식생이 공통으로 나타날 경우 '1'의 값을 부여하였고, 그렇지 않은 경우 '0'의 값을 부여하여 SPSS 16.0을 통하여 상응분석을 하였다(이, 2006).

결과 및 고찰

토양의 이화학적 성질

토성의 경우, 추산시험장과 동화사는 사질양토, 운문산은 식양토로 나타났다(Fig. 1). 균근성 버섯인 송이 발생

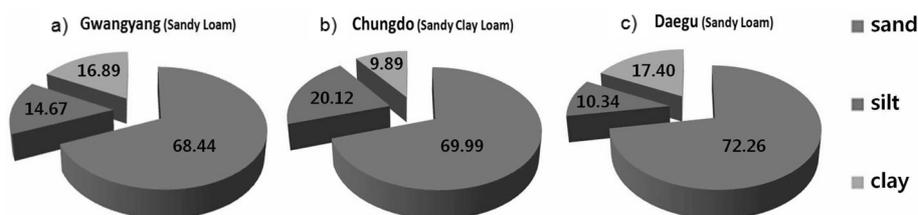


Fig. 1. The physical properties of soil environment in this study sites. a) Gwangyang and c) Daegu represent Sandy Loam, b) Chungdo represent Sandy Clay Loam.

지역(자실체 발생부)의 토성 또한 사질양토(sandy loam)로 보고된 바가 있으며(허 등, 2004), 우리나라 산림토양의 토성은 대부분 양토(loam)로 나타났다(정 등, 2002). 대표적인 균근성 버섯의 발생지 토양의 물리적 특성에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 균근성 버섯과 토양의 물리적 특성과의 관계를 판단할 수 있을 것이다.

토양 pH는 모두 5.0 전후로 나타났는데, 이는 송이버섯지 4.84±0.06(허 등, 2004)와 능이버섯지 4.9~5.2(김 등, 2002)와 비슷하며 우리나라 산림토양의 A층 평균인 5.48(정 등, 2002)에 비해 낮다. 즉, 달걀버섯은 송이, 능이버섯 등 다른 균근성 버섯과 마찬가지로 호산성균인 것을 짐작 할 수 있다. 또한, 달걀버섯 발생지 세곳의 평균 변이계수는 약 3%를 나타내어 매우 안정적인 것을 알 수 있다.

토양의 유기물과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있는 전질소의 변이계수는 청도 47%, 대구 44%으로 광양 19%에 비해 높게 나타났다. 탄질율(C/N)의 변이계수는 광양 14%, 대구 10%, 청도 7% 순으로 나타났다. 3곳의 달걀버섯 발생지에서의 전질소의 변이계수 범위는 19~47%로 약 28%의 차이가, 탄질율(C/N)의 변이계수 범위는 7~14%로 약 7% 정도의 차이가 난 것을 알 수 있다. 달걀버섯 발생지역은 비교적 탄질율(C/N)이 안정적인 것으로 나타났다.

균근균과 식물과의 공생관계에서 영양물질과 탄수화물의 물질순환은 양방향성(bi-directional)을 나타낸다(Heijden and Sanders, 2003). 이러한 양방향성을 나타내는 균근성 버섯인 달걀버섯과 식물과의 물질순환에서 질소 등의 무기질은 균근균을 통해 토양에서 식물로 이동을 하기 때문에 발생지에서의 전질소의 수치는 균근균과 식물의 생리적인 특성과 기후의 변화에 따라 유동적이라고 추정할 수 있다.

유효인산의 변이계수는 광양 42%, 청도 44%, 대구 144%

으로 매우 높은 수치를 나타냈다. 달걀버섯 발생지의 유효인산은 우리나라 산림토양의 A층 평균 유효인산 값인 11.9 ppm(정 등, 2002)보다 낮다. 이와 같은 조건에서 식물들과 달걀버섯이 살아갈 수 있는 것은 균근에 의해 토양 내의 인이 가용화되기 때문에(허 등, 2004), 균근성 버섯인 달걀버섯이 토양에서 인의 가용화를 촉진하며 식물생장에 도움을 주고 있을 가능성도 있다.

양이온치환용량(C.E.C)의 변이계수는 광양이 5%, 청도와 대구가 9%로 안정적인 수치를 나타내었다. 치환성양이온(K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)의 변이계수는 광양지역 Ca²⁺의 38%, 청도가 39%로 나타났고, 대구지역은 비교적 낮은 20%로 나타났다. Mg²⁺는 광양지역이 63%, 청도지역이 61%로 조사되었고, 대구지역은 65%로 대체적으로 높게 나타났다. K⁺는 광양지역 52%, 청도지역 27%로 나타났고 대구지역은 83%로 조사되었다. Na⁺는 청도 33%, 광양 22%로 나타났고 대구지역이 26%(Table 1). 치환성양이온 중 Mg²⁺는 송이, 달걀버섯, 능이버섯 순으로, Ca²⁺는 달걀버섯, 송이 능이버섯 순으로 나타났다. Na⁺는 능이버섯지에서 가장 높게 나타났으며 달걀버섯과 송이버섯지가 유사하게 나타났다(허 등, 2004, 김 등, 2002). 이 연구에서 나타난 달걀버섯의 발생지의 치환성양이온 수치는 우리나라의 A층 산림토양과 비슷하게 나타났으나, 양분을 흡수하는 균근의 성질에 의해 계절과 여러 조건에 따라 양이온 함량의 변화가 일어날 수 있다고 생각된다.

식물상 조사

식생조사 결과 광양지역의 조사지점에서는 25과 39종, 청도지역의 조사지점에서는 20과 27종, 대구지역의 조사지점에서는 14과 18종의 식물이 조사되었다(Table 2).

조사지역의 주요 목본식물은 소나무, 밤나무, 신갈나무, 줄

Table 1. Soil chemical properties of the three study sites

		pH* (H ₂ O)	avail P ₂ O ₅ (ppm)	C* (%)	N* (%)	C/N*	C.E.C* (cmol/kg)	Exchange-able cation(cmol/kg)			
								Ca ²⁺ *	Mg ²⁺ *	K ⁺	Na ⁺
	Average	5.0 ^a	1.57	4.20 ^a	0.26 ^a	16.3 ^b	19.38 ^a	2.30 ^a	0.35 ^b	0.29	0.18
Gwangyang	Standard Deviation	± 0.3	± 0.66	± 0.95	± 0.05	± 2.3	± 0.93	± 0.88	± 0.22	± 0.15	± 0.04
	CV(%)	6	42	23	19	14	5	38	63	52	22
	Average	4.8 ^b	2.88	6.30 ^a	0.34 ^a	18.5 ^a	19.36 ^a	2.28 ^a	0.67 ^{ab}	0.26	0.21
Chungdo	Standard deviation	± 0.1	± 1.28	3.03	± 0.16	1.4	± 1.67	± 0.88	± 0.41	± 0.07	± 0.07
	CV(%)	2	44	48	47	7	9	39	61	27	33
	Average	4.9 ^{ab}	2.03	1.57 ^b	0.09 ^b	17.4 ^{ab}	11.62 ^b	1.21 ^b	0.89 ^a	0.24	0.19
Daegu	Standard Deviation	± 0.1	± 2.93	0.67	± 0.04	± 1.7	± 1.04	± 0.24	± 0.58	± 0.20	± 0.05
	CV(%)	2	144	43	44	10	9	29	65	83	26
	Average	4.9	2.19	4.51	0.26	17.4	17.82	2.08	0.59	0.27	0.19
Average	Standard Deviation	± 0.2	± 1.61	± 2.65	± 0.14	± 2.0	± 3.40	± 0.89	± 0.43	± 0.13	± 0.06
	CV(%)	3	77	38	37	10	7	54	27	32	63

*Means followed by the same letters across columns are significantly different at P=0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 2. The list of higher plant species found in *Amanita hemibapha* productive forest at the three study sites

Study Site	Family	Scientific name	Korean name
Gwangyang Family 25 Species 39	Aspleniaceae	<i>Athyrium yokoscense</i>	뱀고사리
		<i>Cyrtomium fortunei</i>	쇠고비
	Pinaceae	<i>Pinus densiflora</i>	소나무
		<i>Abies holophylla</i>	전나무
	Cupressaceae	<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무
		<i>Chamaecyparis obtusa</i>	편백나무
		<i>Corylus heterophylla</i>	개암나무
	Betulaceae	<i>Betula schmidtii</i>	박달나무
		<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무
		<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무
	Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무
		<i>Quercus serrata</i>	졸참나무
		<i>Quercus myrsinaefolia</i>	가시나무
	Ulmaceae	<i>Castanea crenata</i>	밤나무
		<i>Celtis jessoensis</i>	풍계나무
	Moraceae	<i>Morus bombycis</i>	산뽕나무
	Rosaceae	<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무
		<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리
	Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia</i>	아까시나무
		Rutaceae	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>
Gwangyang Family 25 Species 39	Anacardiaceae	<i>Rhus tricocarpa</i>	개웃나무
		<i>Rhus javanica</i>	붉나무
	Aquifoliaceae	<i>Ilex macropoda</i>	대괘집나무
	Aceraceae	<i>Acer palmatum</i>	단풍나무
	Balsaminaceae	<i>Impatiens textori</i>	물봉선
	Cornaceae	<i>Cornus controversa</i>	층층나무
		<i>Rhododendron yedoense</i>	산철쭉
	Ericaceae	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉
	Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i>	감나무
	Oleaceae	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무
	Apocynaceae	<i>Trachelospermum asiaticum</i>	마삭줄
	Rubiaceae	<i>Rubia akane</i>	꼭두서니
	Asteraceae	<i>Solidago virga-aurea</i>	미역취
		<i>Aster scaber</i>	참취
	Poaceae	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀
	Liliaceae	<i>Liriope spicata</i>	개맥문동
		<i>Smilax china</i>	청미래덩굴

Table 2. Continued

Study Site	Family	Scientific name	Korean name	
Gwangyang Family 25 Species 39	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea nipponica</i>	부채마	
	Pinaceae	<i>Larix kaempferi</i>	일본잎갈나무	
	Juglandaceae	<i>Platycarya strobilacea</i>	굴피나무	
		<i>Corylus heterophylla</i>	개암나무	
	Betulaceae	<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무	
		<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	
	Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	
		<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	
	Aristolochiaceae	<i>Asarum sieboldii</i>	족도리풀	
	Lauraceae	<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	
		<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	
	Rosaceae	<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	
		<i>Prunus glandulosa</i>	옥매	
	Fabaceae	<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	
	Chungdo Family 20 Species 27	Rutaceae	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무
		Anacardiaceae	<i>Rhus tricocarpa</i>	개웃나무
		Aceraceae	<i>Acer palmatum</i>	단풍나무
		Cornaceae	<i>Cornus controversa</i>	층층나무
			<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래
		Ericaceae	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉
Symplocaceae			<i>Symplocos chinensis</i>	노린재나무
Styracaceae		<i>Styrax japonicus</i>	매죽나무	
Oleaceae		<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	
Poaceae		<i>Sasa borealis</i>	조릿대	
Cyperaceae		<i>Carex humilis</i>	산거울	
Liliaceae		<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리	
Orchidaceae		<i>Cymbidium goeringii</i>	보춘화	
Daegu Family 14 Species 18		Aspleniaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	고사리
		Pinaceae	<i>Pinus densiflora</i>	소나무
		Fagaceae	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무
			<i>Quercus serrata</i>	졸참나무
		Fabaceae	<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리
			<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	참싸리
	Anacardiaceae	<i>Rhus tricocarpa</i>	개웃나무	
	Pyrolaceae	<i>Chimaphila japonica</i>	매화노루발	
	Ericaceae	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉	

Table 2. Continued

Study Site	Family	Scientific name	Korean name
Daegu Family 14 Species 18	Primulaceae	<i>Lysimachia clethroides</i>	큰까치수영
	Styracaceae	<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무
	Oleaceae	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레나무
	Scrophulariaceae	<i>Melampyrum roseum</i>	머느리밥풀
	Caprifoliaceae	<i>Viburnum erosum</i>	덜꿩나무
		<i>Festuca ovina</i>	김의털
	Poaceae	<i>Sasa borealis</i>	조릿대
		<i>Miscanthus sinensis</i>	참억새
	Liliaceae	<i>Smilax sieboldii</i>	청가시덩굴

The list follows the classification systems of Lee(2006).

참나무, 서어나무가 나타났다. 각 지역별 주요 우점종으로는 광양지역은 소나무, 밤나무, 졸참나무, 서어나무 등이며, 청도 지역은 서어나무, 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 등이었다. 마지막으로 대구지역의 주요 우점종으로는 소나무, 신갈나무, 졸참나무 등이었다. 이러한 달걀버섯 발생지역의 주요 교목은 달걀버섯과 유사종으로 알려진 *Amanita caesarea*의 기주 식물인 참나무류, 밤나무 등의 낙엽성 수목과 일치한다(Hall *et al.*, 2003). 즉, 달걀버섯 발생지 세 곳 모두에서 참나무류가 주요 우점종으로 나타났다. 또한, 소나무와 참나무류의 혼효림으로 구성되어 있는 광양지역의 식물상과 같은 혼효림에서도 발생한다고 알려져 있다(김 등, 2004). 그러나 소나무와 참나무류의 혼효림인 광양지역, 침엽수의 개체수에 비해 활엽수의 개체수가 압도적으로 많은 활엽수림인 청도지역과는 다르게 대구 발생지는 소나무가 분포하는 비율이 다른 지역보다 많았다.

버섯상 조사

버섯은 광양지역 조사지점에서는 8속 12종, 청도지역 조사지점에서는 8속 12종 그리고 대구지역 조사지점에서는 6속 10종의 버섯이 조사되었다(Table 3). 그 중에서 달걀버섯과 같은 균근성 버섯으로는 광대버섯속(*Amanita*), 그물버섯속(*Boletus*), 무당버섯속(*Russula*), 짜리버섯속(*Ramaria*), 쓴맛그물버섯속(*Tylopilus*)의 버섯인 그물버섯(*Boletus edulis*), 마귀광대버섯(*Amanita pantherina*), 붉은짜리버섯(*Ramaria formosa*), 쓴맛그물버섯(*Tylopilus felleus*), 청머루무당버섯(*Russula cyanoxantha*)등이 발견되었다. 달걀버섯은 조사 지역에서 단생, 균생을 하며 균환(Fairy-ring)을 보이며 발생하였다(Fig. 2). 균사의 발달 유형 중 하나인 균환은 조사지점이 고리모양으로 나아가면서 버섯이 발생하는 형태이다. 균환을 보이며 성장하는 대표적인 부후성 버섯으로는 선녀낙엽버섯이 있으며, 균근성 버섯으로는 송이, 광대버섯, 젓비단그물버섯 등이 있다.

Table 3. The list of mushrooms found in *Amanita hemibapha* productive forest at the three study sites

Study Site	Genus	Scientific name	Korean name	
Gwangyang	Laccaria	<i>Laccaria vinaceoavellanea</i>	색시줄각버섯	
	Amanita	<i>Amanita hemibapha</i>	달걀버섯	
		<i>Amanita longistriata</i>	긴골광대버섯아재비	
		<i>Russula laurocerasi</i>	밀짚색무당버섯	
	Russula	<i>Russula cyanoxantha</i>	청머루무당버섯	
		<i>Russula emetica</i>	냄새무당버섯	
	Genus 8 Species 12	Pulveroboletus	<i>Pulveroboletus ravenelii</i>	노란분말그물버섯
	Laetiporus	<i>Laetiporus sulphureus</i>	붉은덕다리버섯	
	Lycoperdon	<i>Lycoperdon perlatum</i>	말볼버섯	
	Geastrum	<i>Geastrum fimbriatum</i>	태두리방귀버섯	
Scutellinia	<i>Scutellinia scutellata</i>	접시버섯		
		미동정	균사체(흰색)	
Chungdo	Marasmius	<i>Marasmius maximus</i>	큰낙엽버섯	
		<i>Amanita hemibapha</i>	달걀버섯	
	Amanita	<i>Amanita spissacea</i>	뽕껍질광대버섯	
		<i>Amanita pantherina</i>	마귀광대버섯	
	Russula	<i>Russula mariae</i>	수원무당버섯	
Daegu	Russula	<i>Russula cyanoxantha</i>	청머루무당버섯	
	Genus 8 species 12	Leccinum	<i>Leccinum extremorientale</i>	결결이그물버섯
	Corallium	<i>Ramaria formosa</i>	붉은짜리버섯	
	Polyporaceae		<i>Coriolus versicolor</i>	구름버섯
			<i>Microporus vernicipes</i>	메꽃버섯부치
	Dictyophora	<i>Dictyophora indusiata</i>	노란망태버섯	
	Pseudocolus	<i>Pseudocolus schellenbergiae</i>	세발버섯	
	Daegu		<i>Amanita hemibapha</i>	달걀버섯
		Amanita	<i>Amanita vaginata</i> (Bull. & Fr.) Vitt.	우산버섯
			<i>Amanita vaginata</i> var. <i>fulva</i> Gill.	고동색우산버섯
Genus 6 species 10			<i>Amanita pantherina</i>	마귀광대버섯
			<i>Russula aurata</i>	황금무당버섯
Russula		<i>Russula emetica</i>	냄새무당버섯	
		<i>Lactarius subzonarius</i>	당귀젓버섯	
Boletus		<i>Boletus edulis</i>	그물버섯	
Tylopilus		<i>Tylopilus felleus</i>	쓴맛그물버섯	
Hydnellum		<i>Hydnellum conrescens</i>	고리갈색갈매기버섯	

The list follows the classification systems of MycoBank(<http://www.mycobank.org>).



Fig. 2. Fairy ring of *Amanita hemibapha* at the study sites. *Amanita hemibapha* shows fairy ring and it is characteristic of mycorrhizal mushroom.

식물상과 버섯상 자료를 통한 달걀버섯과의 상응 분석

조사지역의 식물상과 버섯상을 토대로 SPSS 16.0을 이용하여 상응분석(Correspondence Analysis, 대응일치분석)을 실시하였다(Fig. 3). 그 결과, 조사지역의 달걀버섯은 평면상에서 신갈나무, 졸참나무, 서어나무, 굴참나무 등과 비교적 가까운 거리에 위치하고 있는데 이는 거리가 가까울수록 높은 상관관계를 나타내고 있는 것을 의미한다. 또한 달걀버섯과 비슷한 기주식물을 가진 균근성 버섯으로는 청머루무당버섯, 마귀광대버섯, 뱀껍질광대버섯, 수원무당버섯 등으로 나타났다.

본 연구의 식물상 조사 결과와 같이 대구 발생지는 소나무가 분포하는 비율이 다른 지역보다 많았다. 기존의 연구(김

등, 2004)에서 달걀버섯이 혼효림에서도 발생한다고는 하였지만 침엽수인 소나무의 뿌리에 균근을 형성하여 공생관계를 유지한다는 구체적인 연구는 아직까진 보고되지 않고 있다. 이는 비록 달걀버섯이 침엽수가 많은 대구지역에서 발생되었지만, 실질적으로 공생관계를 유지하며 발생에 영향을 끼치는 수종은 신갈나무와 졸참나무 등의 활엽수라는 것을 식물상 조사와 상응분석 결과를 통하여 추정 할 수 있다. 상응분석 결과에서 달걀버섯은 소나무에 비해 신갈나무, 졸참나무, 서어나무, 굴참나무와 비교적 가까운 거리에 위치하고 있다. 이를 통하여 기존 달걀버섯이 참나무림, 서어나무림 등지에서 발견되며, 또한 이 수종들이 달걀버섯의 기주식물에 가까울 것이라는 주장을 뒷받침 할 수 있다. 이 자료를 통해, 이러한 균근성 버섯이 과연 기주 식물과의 어떠한 조건, 예를 들어 어떠한 기주식물이 몇 년 정도 성장한 후부터 공생관계를 맺는지 등에 관한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 또한 국립산림과학원의 ‘운문굴 산림생태지도’(권 등, 2009)에 따르면 달걀버섯 발생지인 운문산 인근의 신갈나무군락의 교목층 식피율은 81%, 수고 8m, 흉고 직경은 16 cm이며 굴참나무군락의 교목층 식피율은 83%, 수고 14 m, 흉고직경은 30 cm으로 나타났으며 졸참나무군락의 교목층 식피율은 81%, 수고 12 m, 흉고직경은 27 cm로 조사되었다. 이러한 기주식물 군락의 생태학적 조건(식생 구성 및 구조)이 식물과 특별한 관계를 맺고있는 균근성 버섯과의 생리학적 조건 및 종 다양성 등에 어떠한 영향을 미칠지에 대한 연구도 이루어 져야 할 것이다.

달걀버섯과 같은 외생균근성 버섯은 한정된 목본식물인 소나무과, 참나무과, 자작나무과 등에만 균근을 형성하여

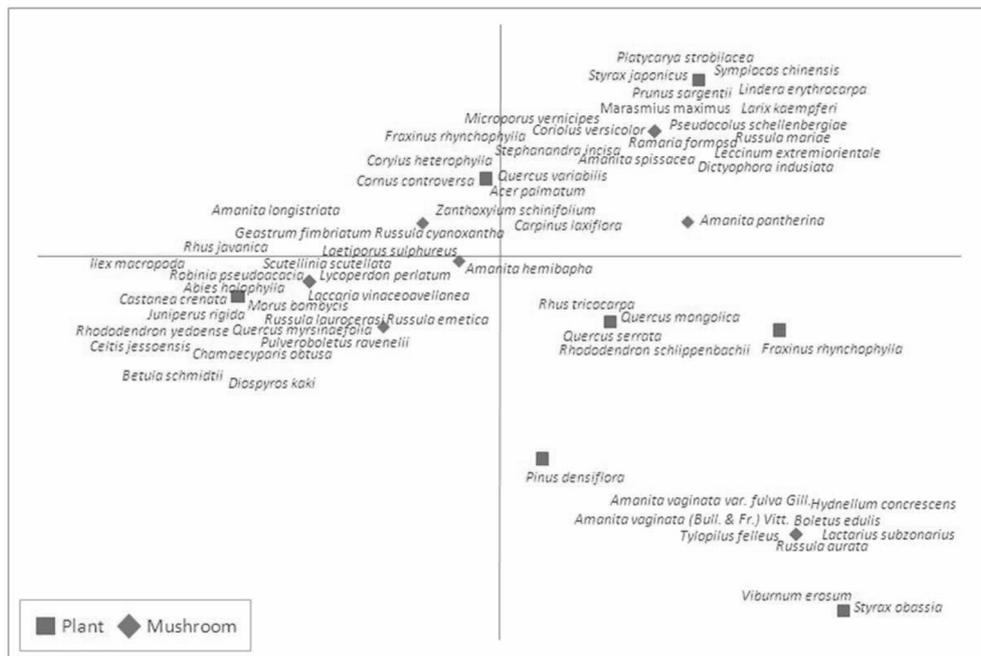


Fig. 3. Result of correspondence analysis between plants and mushrooms at the study sites. *Amanita hemibapha* is located in the near of *Quercus mongolica*, *Quercus serrata*, *Quercus variabilis* and *Carpinus laxiflora*.

기주식물의 내피 세포층 밖의 뿌리에 *hartig net*을 형성하여 식물과 균 사이 영양분의 이동에 큰 영향을 끼친다(Smith and Read, 2009). 균근과 협력을 하는 식물의 뿌리는 그렇지 않은 경우보다 네 배 이상의 빠른 속도로 인산을 이동 시킨다고 한다. 이러한 하나의 기주식물의 뿌리에는 수십여 개의 균근이 연결(Smith and Read, 2009)되어 있고 복잡한 형태를 나타내고 있어 연구에 어려움이 있다. 그러나 외생균근은 일반적으로 육안으로도 확인이 가능하고, 송이의 경우는 향기로도 판단이 가능하나, 달걀버섯의 균근은 육안으로 명확히 확인하기가 어려워 여전히 명확한 기주식물을 파악하지 못하고 있는 실정이다. 앞으로 달걀버섯의 명확한 기주식물을 파악하기 위해서는 분자생물학적 실험을 이용한 달걀버섯의 균근과 식물의 동정, 달걀버섯 균근의 특징 파악 및 형태적 동정, 무균 상태에서의 균근합성 등이 이루어져야 할 것이다.

적요

달걀버섯과 환경인자와의 관계를 구명하고자 광양, 청도, 대구 3곳에서 토양의 이화학적 특성, 식물상, 버섯상을 조사하여 비교 분석을 하였다. 달걀버섯 발생지의 토양은 모래의 비율이 높은 사질양토, 식양토로 나타났고, 토양 pH는 5.0 전후로 나타나 달걀버섯이 호산성균임을 알 수 있었다. 토양 유효인산은 우리나라의 산림토양보다 낮은 1.57~2.99 ppm으로 인산의 가용화가 이뤄지고 있음을 알 수 있었다. 전 질소는 0.09~0.34%로 대구지역이 가장 낮게 나타났고, 탄질을 16.3~18.5로 큰 차이가 나타나지 않았다. 양이온 치환용량은 광양과 청도지역이 유사한 수치를 나타냈으며 대구지역이 비교적 낮게 측정되었으며 11.62~19.36 cmol⁺/kg의 범위를 나타냈고, 치환성양이온 중 Ca²⁺는 광양과 청도 지역이 비슷하며 대구지역보다 높게 나타났으며, Mg²⁺는 비교적 높은 수치를 나타낸 대구, 청도, 광양 지역 순이며, K⁺는 광양, 청도, 대구지역 순으로 크게 차이가 나지 않았다. Na⁺ 역시 3곳 모두 비슷한 수치를 나타냈으며 그 중, 청도 지역 수치가 가장 높았다. 범위는 Ca²⁺ 1.21~2.3 cmol⁺/kg, Mg²⁺ 0.35~0.89 cmol⁺/kg, K⁺ 0.24~0.29 cmol⁺/kg, Na⁺ 0.18~0.21 cmol⁺/kg로 나타났다. 이러한 영양물질과 탄수화물은 균근성 버섯이 식물과 직접적인 관계를 맺고 있으므로 식물, 토양, 균근의 여러 조건에 따라 그 수치가 유동적인 것을 알 수 있었다.

조사지역의 주요 식물로는 신갈나무, 졸참나무, 서어나무, 소나무 등이 나타났으며, 발생지 3곳 공통으로 참나무류가 관찰되었다. 조사지역의 버섯은 광양 8과 12종, 청도 8과 12종, 대구 조사지역에서 5과 10종이 발견되었으며, 달걀

버섯과 같은 균근성 버섯으로는 마귀광대버섯, 그물버섯, 쓴맛그물버섯 등이 발견되었다.

식물상과 버섯상을 토대로 달걀버섯과의 상응분석 결과, 달걀버섯의 기주식물로는 활엽수인 신갈나무, 졸참나무, 서어나무, 굴참나무 등으로 추정할 수 있으며, 균근성 버섯인 청머루무당버섯, 마귀광대버섯, 뱀뺨질광대버섯, 수원무당버섯과 유사한 기주식물을 가지는 것으로 추정된다.

참고문헌

- 권태성, 임종환, 신준환, 양희문, 천정화, 박찬열, 이임균, 가강현, 이승우, 박병배, 김선희, 최명섭, 김영걸, 윤충원, 김성수, 박영석, 김병우, 박대식, 장민호, 신상언, 이우신. 2009. 운문골 산림생태지도. 국립산림과학원 pp. 63-100.
- 김동수. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청, 농업기술연구소
- 김양섭, 석순자, 원향연, 이강효, 김완규, 박정식. 2004. 한국의 버섯. 동방미디어 pp. 104-105.
- 김홍은, 구창덕, 김재수, 박재인, 신원섭, 신창섭. 2002. 참나무 임분 토양내 능이 외생균근 집단의 생태적 특징. 한국임학회지. 91(4): 457-464.
- 박완희. 2007. 한국의 버섯. 교학사 pp. 126-127.
- 서흥덕, 허태철, 주성현. 2009. 달걀버섯의 형태 및 생리적 특성. 한국균학회지 37(1):41-48.
- 이창복. 2006. 대한식물도감. 향문사.
- 이지열. 1988. 원색한국버섯도감. 아카데미서적.
- 이훈영. 2006. SPSS를 이용한 데이터분석. 청람 pp. 283-306.
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6):694-700.
- 허태철, 박현, 가강현, 주성현. 2004. 송이 균환부에서 토양 이화학적 특성의 동태. 한국임학회지 93(1):26-34.
- Daza, A., Manjón, J. L., Camacho, M., Romero de la Osa, L., Aguilar, A. and Santamaría, C. 2006. Effect of carbon and nitrogen sources, pH and temperature on in vitro culture of several isolates of *Amanita caesarea*(Scop.:Fr.) Pers.. Mycorrhiza 16:133-136.
- Hall, I. R., Stephenson, S. L., Buchanan, P. K., Yun, W. and Cole, A. L. J. 2003. Edible and Poisonous Mushrooms of the World. Timber Press.
- Heijden, M. G. A. and Sanders, I. R. 2003. Mycorrhizal Ecology. pp. 33-74. Springer.
- Meotto, F., Mello, A., Nosenzo, C. and Vezzola, V. 1997. Morphological and molecular characterization of *Amanita caesarea* ectomycorrhizas. Allionia 35:87-93.
- Meotto, F., Pellegrino, S. and Bounous, G. 1999. Evolution of *Amanita caesarea* (Scop.: Fr.) Pers. and *Boletus edulis* Bull.: Fr. Synthetic ectomycorrhizae on European chesnut (*Castanea sativa* Mill.) seedlings under field conditions. ISHS Acta Hortica 494 : 201-204. Mycobank.org. <http://www.mycobank.com>.
- Page, A. L. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbial properties, 2nd edition. Amer Society of Agronomy.
- Singer, R. 1986. The Agaricales in modern taxonomy, 4th ed. Koeltz Sci. Koenigstein.
- Smith, S. E. and Read, D. J. 2009. Mycorrhizal symbiosis. pp. 191-268. Academic Press.