The Korean Journal of Mycology
© The Korean Society of Mycology

한국균학회지
Kor. J. Mycol. 37(1) : 55-59 (2009)

버섯 자실체의 현존량 추정을 위한 상대생장식

허은복 · 유영한*

공주대학교 자연과학대학 생물학과

Allometric Equations for Estimating the Standing Biomass of Basidiocarps

Eun Pork Heo and Young-Han You*

Department of Biology, College of Natural Sciences, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea

(Received March 18, 2009. Accepted April 20, 2009)

ABSTRACT: The mushroom takes in charge of decomposer in ecosystem and its production is important indicator for sounded ecosystem function. To determine standing crop of basidiocarps(fruit body of mushroom), a weight must be measured by harvesting mushroom individual in the field. But this method has profound affection on the basidiocarps population or its surrounding condition due to habitat destruction. Thus, in this study, without harvesting any mushroom in the field, we developed allometric equation using some morphological parameters to estimate standing crop biomass of basidiocarps. *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes* and *Conocybe tenera* were used for allometry. Morphological variables of the mushroom were pileus diameter, pileus area, stipe length and stipe thickness. Consequently, all the experimental mushrooms species showed significantly correlation in biomass estimation of basidiocarps from allometric equation ($p<0.05$). As a result of this research, the standing biomass of the basidiocarps could be indirectly estimated with proportional expression, allometric equation drived from morphological characters.

KEYWORDS: Allometric equation, Biomass, Morphological parameter, Mushroom

균류는 생태계의 분해자로서 자연의 물질순환에 결정적인 기여를 한다. 최근에 대부분의 균류는 식물의 생존과 생태계의 복원에 결정적인 역할을 하고 있다는 점에서 그 중요성이 부각되고 있다(Barbour *et al*., 1987; Smith, 1980). 균류가 식물의 생존에 미치는 영향에 대한 연구는 계속 진행되어지고 있고, 생태계의 복원에 균근(mycorrhiza)을 사용하려는 시도가 계속되고 있다. 균근의 식물에 대한 영향은 기주식물의 성장 및 생리적 기능의 촉진으로서(Navratil and Rochon, 1981; Marx and Artman, 1979), 가장 많이 알려진 사실은 토양중의 인산과 미량원소의 흡수 촉진(Iwan and Zak, 1979), 질소고정(Kucey and Paul, 1982)이며, 이와 함께 기주식물의 생리 활성 호르몬의 분비(Duchesne *et al*., 1988), 내건성의 증대(Dixon *et al*., 1980), 산성우에 대한 내성 증진(Stroo and Alexander, 1985) 및 뿌리 병원균의 감염 억제(Marx, 1972; 1973)등의 효과도 있음이 입증되었다. 이와 같은 이유로 균류의 분포 정도가 생태계의 건전성을 나타낼 수 있고, 눈으로 확인할 수 있는 버섯은 생태계의 건전성을 나타내는 지표로 활용되고 있다(남궁 등, 2001; Ingold and Hudson, 1993).

우리나라는 아한대로부터 난대에 이르는 기후대가 있고, 자연에는 4500여 종에 이르는 매우 다양한 식물이 분포하고 있다(이, 1988). 그에 비례하여 버섯의 종류도 1500종이나 된다(조, 1996).

버섯은 분해효소를 분비하여 유기물질을 분해시키며, 이 과정에서 다시 영양염류를 생태계에 환원시킨다(Barbour *et al*., 1987; Dighton and Boddy, 1989; Harley, 1972; Kaarik, 1974; Park, 1991; Raven and Johnson, 1995). 버섯은 산림생태계에서 낙엽 생산량에 비하여 그 양은 적으나, 자연생태계에서 버섯의 생산량은 84.8~1,840 kg/ha/yr로서 많은 경우에는 임상식물의 생산량보다도 높다고 보고되고 있다(남궁 등, 2001; Elsas and Trevors, 1997). 버섯 속에는 질소와 인 함량이 주변의 낙엽보다 매우 높고, 광범위하게 퍼져있는 균사를 이용하여 넓은 지역으로부터 영양염류를 흡수하여 자실체에 축적하기 때문에 임상토양에서 영양염류의 재분배를 효과적으로 유도한다(Mun *et al*., 2000; Mun, 2000; Rochefort *et al*., 1990; Stark, 1972).

최근에 버섯은 항암, 항종양 작용, 항바이러스 작용 및 콜레스테롤 저하작용 등 매우 다양한 효능으로 인해 그 중요성이 높아지고 있다(Suzuki and Oshima, 1976; Hikino *et al*., 1985; Lee *et al*., 1990; Kim *et al*., 2006). 또한 이러한 효과를 보이는 성분을 추출하고, 이를 밝히는 연구들이 수행되어 지고 있다. 이와 같은 성분들은 주로 자실체에서 얻어지는 것으로 자실체 현존량에 대한 자료가 필요하다.

*Corresponding author <E-mail : youeco21@kongju.ac.kr>

버섯은 같은 지역에서도 계절, 온도, 강우량, 지형 그리고 식생 등의 환경에 따라서 여러 종류의 다양한 버섯이 발생하기 때문에 계속적이고 지속적인 조사연구가 요구된다(Cho, 1998). 현재까지 버섯 자실체의 현존량 측정은 직접 현장에서 모두 다 채취하는 수확법(harvesting method)을 사용하여 왔다. 그러나 이 방법은 수확하는 과정에서 토양과 버섯의 서식처를 교란시키기 때문에 한 지역에서 장기적으로 버섯의 현존량을 모니터링하거나 생육변화를 관찰하는데 적합하지 못한 점이 있다.

상대생장(allometry)은 사이즈와 형태 사이의 관계에 대한 연구로 생물체를 구성하는 각 부분의 생장량과 전 개체의 생장량 사이에는 특정한 관계가 성립된다는 것이다. 즉, 시간의 경과에 따라 생물의 어떤 부분의 생장량 x와 전 개체의 생장량 W를 측정하면 x의 생장률은 개체무게 W의 생장률간의 비례관계가 성립되고, 기울기 h를 가지는 직선관계가 된다. 여기에서 전 개체의 무게 W에 대한 부분의 무게 x 사이의 직선관계가 상대생장이다(김 등, 2005). 식물, 어류, 척추동물 및 무척추동물의 경우 여러 상대생장식이 만들어져 활용되고 있다(Mun, 2006; 정, 2008; Alan *et al*., 2007; George, 1990). 하지만 버섯의 경우 이러한 상대생장식이 아직까지는 없다.

따라서 본 연구는 버섯 자실체의 외부형질을 이용하여 비례식을 만들고, 이 식을 이용하여 자실체 현존량을 추정하기 위하여 시도되었다.

재료 및 방법

버섯의 선택과 형질변수

목질부 분해성인 표고(*L. edodes*), 느타리(*P. ostreatus*), 팽이버섯(*F. velutipes*)과 부식질에서 발생하는 종버섯(*C. tenera*)의 자실체를 연구에 사용하였다(이, 1988). 사용한 버섯 중 종버섯은 충남 공주시 공주대학교 교내 리기다소나무 조림지에서 채집하였고, 표고, 느타리, 팽이버섯은 공주시에서 재배되어 판매되는 것을 2007년 여름과 가을에 구입하여 사용하였다. 버섯은 종당 20개체씩 다양한 크기로 선정하여 외부의 형태학적 형질의 매개 변수(parameter)-갓 직경(pileus dimeter; PD), 갓 면적(pileus area; PA), 대 길이(stipe length; SL), 대 두께(stipe thickness; ST)-를 측정하였고(Fig. 1), 이것으로부터 다시 조합한 변수-PD*SL, PA*SL, PD^2*SL-를 구하였다. 위와 같은 항목의 변수를 구한 이유는 비록 버섯과 수목의 발생과 생장 및 성숙에 많은 차이가 있지만 수목의 외부형태와 버섯 자실체의 외부형태만을 단순화 시켜 비교하였을 때 나무의 수고는 대의 길이와 유사하고, 흉고직경은 갓의 직경과 유사하기 때문이다.

버섯 자실체의 길이와 굵기의 측정은 디지매틱캘리퍼스(Mitutoyo)를 사용하였고, 생물량은 버섯의 자실체를 60°C에서 48시간 동안 건조 후 측정하였다.

상대생장식

상대생장식은 외부형질의 각 매개변수(X)와 자실체 건조

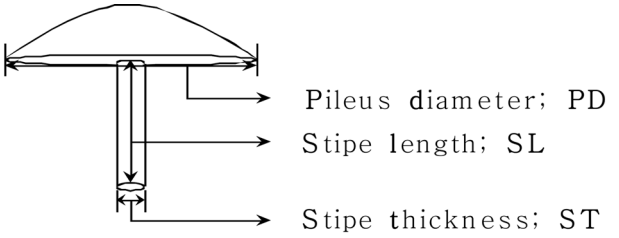

Fig. 1. Morphological parameters of basidiocarps to construct the allometric equation for the standing crop biomass.

생물량(Y)과의 관계를 회귀식(Microsoft Excell)을 이용하여 구하였다. 매우 다양한 회귀식이 나올 수 있지만 그 중에서 상관계수가 높게 나온 일차식($y = ax + b$), 다항식($y = ax^2 + bx + c$), 지수식($y = ae^{bx}$)과 제곱식($y = ax^b$)을 사용하였다.

결과 및 고찰

느타리, 팽이버섯, 종버섯과 표고의 7가지 매개변수와 건조 생물량을 측정한 결과는 Table 1과 같다.

각 식에서 y는 무게에 대한 종속변수이고 x는 형질의 독립변수(매개변수)이며 a, b, c는 상수이다. 이 7가지 매개변수로부터 건조 생물량과의 관계식을 산출해 본 결과 모든 종에서 높은 예측성($p < 0.05$)을 보이고, 야외에서 측정 시 쉬운 변수를 고려했을 때 PD(갓 직경), SL(대 길이)과 조합변수인 PD*SL(갓 직경 × 대 길이), PA*SL(갓 면적 × 대 길이)가 예측성이 높았다(Fig. 2).

종별 상대생장식을 볼 때 느타리는 PD*SL(갓 직경 × 대 길이)변수와 건조 생물량과의 관계에서 가장 높았고($r = 0.931$), PA*SL(갓 면적 × 대 길이)변수와 건조 생물량과의 관계에서 다음으로 높았다($r = 0.92$). 팽이버섯은 4개 변수와 건조 생물량과의 관계에서 모두 높았고($r > 0.974$), 그 중 PD(갓 직경)변수와 건조 생물량과의 관계에서 가장 높았다($r = 0.981$). 종버섯은 PD*SL(갓 직경 × 대 길이)변수와 건조 생물량과의 관계에서 가장 높았고($r = 0.952$), SL(대 길이)변수와 건조 생물량과의 관계에서 가장 낮았다($r = 0.901$). 표고는 PD*SL(갓 직경 × 대 길이)변수와 건조 생물량과의 관계에서 높았고($r = 0.614$), 다음으로 PA*SL(갓 면적 × 대 길이)변수와 건조 생물량과의 관계에서 높았다($r = 0.609$).

4종의 상대생장식을 전체적으로 볼 때 느타리, 팽이버섯, 종버섯은 만들어진 비례식의 상관성이 비교적 높았지만($r = 0.693 \sim 0.981$), 표고는 상대적으로 낮았다($r = 0.378 \sim 0.614$). 이와 같이 표고에서 상대적으로 낮은 예측성을 보이는 것은 나무에 붙어 있는 상태에 따라 자실체가 한쪽으로 기울어져 갓과 대의 형태 변이가 다른 3종 버섯보다 심하기 때문으로 생각된다. 느타리, 팽이버섯과 종버섯에서는 자실체의 갓 직경(PD)이 길어지면 대 길이(SL) 또한 길어지는데 표고에서는 갓 직경(PD)과 대 길이(SL)의 연관성이 낮아서(Table 1) 건조 생물량과의 상관성이 낮게 나타난 것으로 해석된다.

Table 1. Morphological parameters and dry weight (g) of the standard individuals of *P. ostreatus, F. velutipes, C. tenera and L. edodes*

No.	PD (cm)	PA (cm^2)	SL (cm)	ST (cm)	PD *SL	PA *SL	PD^2 *SL	Dry weight(g)	No	PD (cm)	PA (cm^2)	SL (cm)	ST (cm)	PD *SL	PA *SL	PD^2 *SL	Dry weight(g)
Pleurotus ostreatus									*Conocybe tenera*								
1	4.43	15.41	4.71	0.75	20.87	72.56	92.43	0.73	1	1.55	7.54	4.72.	0.28	7.32	35.61	11.34	0.05
2	5.01	19.70	4.52	1.26	22.65	89.06	113.45	0.96	2	1.99	12.43	5.39	0.19	10.73	67.02	21.34	0.05
3	3.76	11.10	4.33	0.98	16.28	48.05	61.22	0.46	3	2.39	17.94	6.12	0.26	14.63	109.77	34.96	0.09
4	3.07	7.40	4.46	0.86	13.69	33.00	42.04	0.44	4	2.09	13.75	4.55	0.20	9.51	62.41	19.87	0.06
5	4.13	13.39	5.30	1.62	21.89	70.97	90.40	0.98	5	2.15	14.51	5.32	0.27	11.44	77.22	24.59	0.08
6	3.63	10.34	4.35	0.68	15.79	45.00	57.32	0.40	6	1.16	4.23	3.91	0.19	4.54	16.52	5.26	0.03
7	6.13	29.50	5.05	1.23	30.96	148.96	189.76	1.06	7	1.25	4.91	3.80	0.25	4.75	18.64	5.94	0.03
8	3.38	8.97	4.97	0.09	16.80	44.57	56.78	0.57	8	1.59	7.94	3.82	0.20	6.07	30.32	9.66	0.04
9	4.60	16.61	2.91	0.81	13.39	48.34	61.58	0.73	9	2.38	17.79	5.00	0.25	11.90	88.93	28.32	0.07
10	2.93	6.74	4.07	0.82	14.29	39.36	50.14	0.39	10	1.89	11.22	5.58	0.22	10.55	62.59	19.93	0.06
11	3.51	9.67	4.07	0.82	14.29	39.36	50.14	0.39	11	0.98	3.02	3.95	0.15	3.87	11.91	3.79	0.02
12	4.92	19.00	4.92	1.17	24.21	93.49	119.10	1.11	12	1.97	12.19	5.57	0.27	10.97	67.88	21.62	0.04
13	4.76	17.79	4.58	0.74	21.80	81.46	103.77	0.86	13	1.16	4.23	3.83	0.19	4.44	16.18	5.15	0.02
14	5.12	20.58	4.34	0.85	22.22	89.31	113.77	1.22	14	1.89	11.22	4.66	0.18	8.81	52.27	16.65	0.04
15	5.59	24.53	5.20	1.09	29.07	127.55	162.49	1.34	15	1.49	6.97	4.71	0.18	7.02	32.83	10.46	0.03
16	3.17	7.89	3.80	0.61	12.05	29.98	38.19	0.37	16	1.06	3.53	3.21	0.16	3.40	11.33	3.61	0.01
17	6.35	31.65	6.36	0.99	40.39	201.31	256.45	1.76	17	1.56	7.64	4.24	0.20	6.61	32.40	10.32	0.03
18	3.78	11.22	3.30	1.08	12.47	37.01	47.15	0.50	18	1.58	7.84	4.06	0.18	6.41	31.83	10.14	0.03
19	3.17	7.89	4.62	0.99	14.65	36.44	46.43	0.67	19	1.71	9.18	4.58	0.13	7.83	42.05	13.39	0.04
20	3.50	9.62	4.01	0.98	14.04	38.56	49.12	0.48	20	2.10	13.85	5.18	0.23	10.88	71.73	22.84	0.06
Flammulina velutipes									*Lentinula edodes*								
1	0.21	0.03	3.99	0.13	0.84	0.14	0.18	0.01	1	4.00	12.56	2.60	0.90	10.40	32.66	41.60	2.54
2	0.22	0.04	6.15	0.14	1.35	0.23	0.30	0.02	2	5.00	19.63	3.46	1.30	17.30	43.46	86.50	3.19
3	0.20	0.03	3.63	0.11	0.73	0.11	0.15	0.01	3	5.15	20.82	3.30	1.08	17.00	68.71	87.52	4.62
4	0.21	0.03	4.37	0.13	0.92	0.15	0.9	0.01	4	5.06	20.10	3.15	1.53	15.94	63.31	80.65	4.82
5	0.23	0.04	6.89	0.16	1.58	0.29	0.36	0.02	5	5.7	25.50	3.24	1.23	18.47	82.64	105.27	3.08
6	0.30	0.07	7.24	0.16	2.17	0.51	0.65	0.03	6	4.18	13.72	2.69	0.98	11.24	36.90	47.00	2.19
7	0.84	0.55	11.61	0.49	9.75	6.43	8.19	0.11	7	6.39	32.05	3.45	1.20	22.05	110.58	140.87	5.25
8	0.78	0.48	11.61	0.44	9.06	5.54	7.06	0.09	8	5.70	25.50	3.46	1.19	19.72	88.25	112.42	3.17
9	1.00	0.79	10.89	0.71	10.89	8.55	10.89	0.14	9	6.04	28.64	3.77	0.97	22.77	107.97	137.54	3.39
10	0.71	0.40	11.15	0.30	7.92	4.41	5.62	0.08	10	5.28	21.88	3.55	1.12	18.74	77.69	98.97	2.34
11	0.19	0.03	4.83	0.12	0.92	0.14	0.17	0.01	11	4.21	13.91	3.07	1.29	12.92	42.71	54.41	2.45
12	0.25	0.05	7.00	0.15	71.75	0.34	0.44	0.03	12	4.93	19.08	3.14	1.00	15.48	59.91	76.32	2.62
13	0.16	0.02	3.22	0.11	0.52	0.06	0.08	0.01	13	5.65	25.06	3.01	1.05	17.01	75.43	96.09	4.01
14	0.27	0.06	7.59	0.16	2.05	0.43	0.55	0.03	14	5.05	20.02	3.15	0.97	15.91	63.06	80.33	2.41
15	0.16	0.02	3.30	0.10	0.53	0.07	0.08	0.01	15	4.87	18.62	3.41	0.95	16.61	63.49	80.87	4.09
16	0.35	0.10	8.21	0.18	2.87	0.79	1.01	0.03	16	4.22	13.98	3.43	0.87	14.47	47.95	61.08	2.85
17	0.75	0.44	11.44	0.26	8.58	5.05	6.44	0.08	17	4.75	17.71	3.18	1.00	15.11	56.32	71.75	2.95
18	0.29	0.07	7.90	0.17	2.29	0.52	0.66	0.03	18	5.34	22.38	3.23	1.06	17.25	72.30	92.11	2.92
19	0.21	0.03	6.61	0.11	1.39	0.23	0.29	0.02	19	4.28	14.38	3.49	1.12	14.94	50.19	63.93	3.81
20	0.21	0.03	6.56	0.13	1.38	0.23	0.29	0.02	20	4.6	13.58	3.39	0.78	14.0	46.05	58.67	3.64

PD; pileus diameter, PA; pileus area, SL; stipe length, ST; stipe thickness

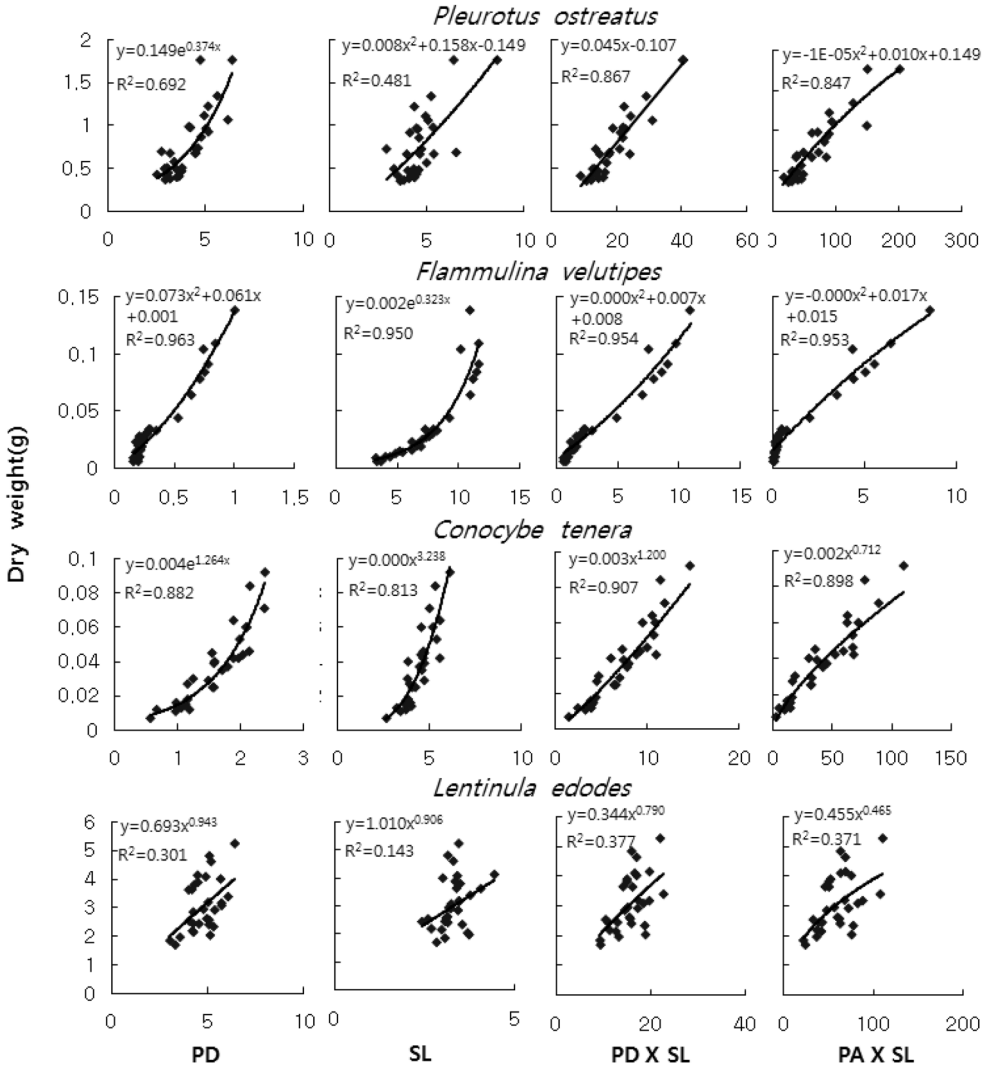

Fig. 2. Allometric equations for estimation of the standing crop biomass of basidiocarps of four species mushrooms by the morphological character parameters (PD; pileus diameter, PA; pileus area, SL; stipe length).

이상으로 볼 때 PD(갓 직경), SL(대 길이), PD*SL(갓 직경 × 대 길이), PA*SL(갓 면적 × 대 길이)를 이용한 느타리, 팽이버섯, 종버섯과 표고의 상대생장식 모두 유의성($p < 0.05$)이 높게 나타나 실제 적용이 가능하다.

본 연구에서 사용된 PD(갓 직경), SL(대 길이), PD*SL(갓 직경 × 대 길이), PA*SL(갓 면적 × 대 길이)변수를 통해 만들어진 상대생장식 모두 유효하지만 초기 본 연구의 목적이었던 서식처 교란을 최대한 배제하기 위해서는 조합된 매개변수 보다 단일 매개변수가 유리하다. 그 중 갓 직경(PD)을 이용할 경우 스케일바를 이용하여 사진 촬영만으로 실내에서 분석이 가능하기 때문에 서식처의 교란을 막을 수 있는 가장 좋은 방법일 수 있다. 따라서 간편하게 버섯의 자실체 무게를 추정하는데 가장 적합한 매개변수는 갓 직경(PD)이라 할 수 있고, 버섯 종에 따라 일부 다른 매개변수를 활용하여 예측성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 결과는 비례식을 이용하여 수확하지 않고도 외부 형태 형질 값만을 측정함으로써 버섯의 생산량을 추정할 수 있음을 의미하는 것이다. 식물에서와 같이 갓 직경(식물의 경우 수관 폭)을 이용한 비례식으로 현존 생물량을 성공적으로 추정할 수 있는 것(Brewer, 1982)은 본 연구에서 사용한 버섯이 갓과 대로 이루어진(Fig. 1) 형태적인 공통점으로 인하여 상호 연관성이 높기 때문으로 해석된다.

본 연구에서 개발한 추정 비례식을 일반화하기 위해서는 야생에서 서식하는 다양한 버섯에 적용하여 문제점을 찾고, 그 식을 보정하는 추후의 연구가 필요할 것이다.

적요

버섯은 생태계에서 분해자로 역할을 담당하며, 그 양은 생태계의 건전성을 나타내는 중요한 지표이다. 버섯의 생산량을 알기 위해서는 개체를 수확하여 그 무게를 측정하여야 한다. 그러나 이 방법은 버섯 개체를 수확할 때 서식지를

훼손하고, 또한 한 지역에서 버섯의 동태를 장기적으로 관찰하는데 적합하지 못하다. 따라서 본 연구에서는 자실체의 외부 형질을 측정하고 이로부터 현존량을 추정하는 비례식을 만들었다. 사용한 버섯은 표고(*L. edodes*), 느타리(*P. ostreatus*), 팽이버섯(*F. velutipes*)과 종버섯(*C. tenera*)이다. 버섯의 자실체에서 형질 변수(갓 직경, PD; 갓 면적, PA; 대 길이, SL; 대 두께, ST)를 측정하고, 이 변수로부터 건조 생물량과의 회귀관계식을 구하였다. 그 결과 버섯 4종 모두 추정한 식에서 유의한 상관성을 보임으로써($p < 0.05$), 외부 형질 변수로부터 유도된 비례식을 사용하여 버섯의 현존량을 예측할 수 있음이 확인되었다.

참고문헌

김준호, 고성덕, 이희선, 오경환, 문형태, 임병선, 조경제, 조도순, 민병미, 서계홍, 이점숙, 정연숙, 이창석, 조강현, 이은주, 류태철, 이규송, 유영한, 김종욱. 2005. 현대생태학실험. p. 276. 교문사.

남궁 정, 표재훈, 문형태. 2001. 상수리나무림의 계절별 버섯 생산량 및 영양염류 함량. 한국생태학회지 24: 315-322.

이영노. 1988. 한국산 천연물자원; 직물자원. 한국생약학회 19: 53-55.

이지열. 1988. 원색한국버섯도감. 아카데미서적.

정근. 2008. 한국 북부지방의 산간 계류에 서식하는 수서곤충의 몸길이-질량 관계. 한국하천호수학회지 41(3): 320-330.

조덕현. 1996. 새로 규명된 고등균류의 자연자원. 한국자연보존협회 93: 23-38.

Alan, H., Dave, R. and Ronni, E. B. 2007. The Structure and Function of Aquatic Ecosystems. *British Ecological Society*.

Barbour, M. G., Burk, J. H. and Pitts, W. D. 1987. Terrestrial plant ecology. Second edi. pp. 141-144. The Benjamin/ Cummings Pub. Co.

Brewer, R. and McCann, M. T. 1982. Laboratory and field manual of ecology. Saunders College Publishing, Philadelphia.

Cho, D. H. 1998. Developmental distribution on fungi in Mt. Jiri areas. KOSEF 961-0510-076-2.

Dighton, J. and Boddy, L. 1989. Role of fungi in nitrogen, phosphorus and sulphur cycling in temperate forest ecosystems. In L. Boddy, R. Marchant and D. J. Read. (eds.). Nitrogen, phosphorus and sulphur utilization by fungi. pp. 269-278. Cambridge Univ. Press. Cambridge. U. K.

Dixon, R. K., Wright, G. M., Behrn, G. T., Teskey, R. O. and Hinckley, T. M. 1980. Water deficits and root growth of ectomycorrhizal white oak seedling. *Can. J. For. Res*. 10: 545-548.

Duchesne, L. C., Peterson, R. L. and Ellis, B. E. 1988. Pine root exudate stimulates the synthesis of antifungal compounds by the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. *New Phytol.* 108(4): 471-476.

Elsas, J. D. and Trevors, J. T. 1997. Modern soil microbiology. pp. 63-126. Marcel Dekker, Inc., New York.

George, W. Cox. 1990. Laboratory Manual of General Ecology. pp. 1-249. Wm. C. Brown Publishers.

Harley, J. L. 1972. Fungi in ecosystems. *J. Applied Ecology* 8: 627-642.

Hikino, H., Kanno, C., Mirin, Y. and Hayashi, T. 1985. Isolation and hypoglycemic activity of Ganoderans A and B, glycans of *Ganoderman lucidum* fruit bodies. *Planta. Med*. 51: 339-340.

Ingold, C. T. and Hudson, H. J. 1993. The Biology of Fungi. pp. 1-217. Chapman & Hall.

Iwan, H. and Zak, B. 1979. Acid phosphatase activity of six ectomycorrhizal fungi. *Can. J. Bot.* 57: 1203-1205.

Kaarik, A. A. 1974. Decomposition of wood. In C. H. Dickinson and G. J. F. Pugh. (eds.). Biology of plant litter decomposition. pp. 129-174. Academic Press, New York.

Kim, H. J., Ahn, M. S., Kim, G. H. and Kang, M. H. 2006. Physiological activity/nutrition : Antioxidative and Antimicrobial Activities of *Pleurotus eryngii* extra prepared from different aerial part. *Kor. J. Food Sci. Technol*. 38(6):799-804.

Kucey, R. M. N. and Paul, E. A. 1982. Carbon flow, photosynthesis and N_2 fixation in mycorrhizal and nodulated Faba Beans (*Vicia fava* L.). *Soil Bio. Biochem*. 14: 407-412.

Lee, J. W., Chung, C. H., Jeong, H. J. and Lee, K. H. 1990. Anticomplementary and antitumor activities of the Ikal, ectract from the mycelia of *Lentinus edodes* IY-105. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol*. 18: 571-577.

Marx, D. H. 1972. Ectomycorrhizae as biological deterrent to pathogenic root infection. *Ann. Rev. Phytopathol*. 10: 429-454.

Marx, D. H. 1973. Growth of ectomycorrhizal and nonmycorrhizal short leaf pine seedlings in soil with *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 63: 18-23.

Marx, D. H. and Artman, J. D. 1979. *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae improve survival and growth of pine seedling on acid coal spoils in Kentucky and Virhinia. *Reclamation Review* 2: 23-31.

Mun, H. T., Namgung, J., Lee, Y. Y., Lee, J. T. and Kim, J. H. 2000. Mass loss and changes of mineral nutrients during the decomposition of *Lepista nuda*. *Korean J. Ecology* 23: 33-37.

Mun, H. T. 2000. Mass loss and mineral nutrients during the decomposition of mushrooms, *Russula alboareolata* and *Lactarius violascens*. *Korea J. Biol. Sci*. 4:51-55.

Mun, H. T. 2006. Biomass estimation of shrub *Lindera obtusiloba* by Allometry. *J. Ecol. Field Biol*. 29(5): 485-488.

Navratil, S. and Rochon, G. C. 1981. Enhanced root and shoot development of poplar cuttings induced by *Pisolithus tinctorius* inoculum. *Can. J. For. Res*. 11: 844-848.

Park, W. H. 1991. Colored fungi of Korea. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd.

Raven, H. P. and Johnson, G. B. 1995. Understanding Biology. Wm. C. Brown Communications Inc. Dubuque.

Rochefort, L., Vitt, D. H. and Bayley, S. E. 1990. Growth, production and decomposition dynamics of Sphagnum under natural and experimentally acidified conditions. *Ecology* 71: 1986-2000.

Smith, S. S. E. 1980. Mycorrhizas of autotrophic plants. *Biological Review* 55: 475-510.

Stark, N. 1972. Nutrient cycling pathways and litter fungi. *Bioscience* 22: 355-360.

Stroo, H. F. and Alexander. M. 1985. Effect of simulated acid rain on mycorrhizal infection of *Pinus strobus* L. Water Air Soil Pollut. 25: 107-114.

Suzuki, S. and Oshima, S. 1976. Influence of Shitake (*Lentinus edodes*) on human serum cholesterol. *Mushroom Sci*. 9: 463-467.