

상수리나무림의 계절별 버섯 생산량 및 영양염류 함량

남궁 정 · 표재훈 · 문형태[†]

공주대학교 자연과학대학 생명과학과

적 요: 1999년 3월부터 2000년 11월까지 공주시 근교의 참나무림에서 계절별 버섯의 출현종과 개체수, 생산량 및 영양염류 함량을 조사하였다. 조사기간 중 방형구 내에서 출현한 종은 114종류이었고, 총 개체수는 352,750 개/ha이었다. 8월에 버섯의 출현종 수와 생산량이 가장 높았고, 출현한 개체수도 전체의 47%를 차지하였다. 월별 우점종은 6월과 7월에는 잣빛젓버섯, 8월은 애기낙엽버섯, 9월은 노랑끈적버섯, 10월은 노랑끈적버섯과 민자주방망이버섯이 우점하였다. 버섯의 연간 생산량은 1999년과 2000년에 각각 $84.8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$, $86.7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 조사되었다. 버섯의 현존량은 7월, 8월, 9월, 10월에 각각 27.1, 35.9, 17.1, 3.7 kg/ha이었다. 월별 현존량이 많은 종은 6월 흰꽃무당버섯, 7월 수원무당버섯, 8월과 9월 흰무당버섯아재비, 10월 민자주방망이버섯이었다. 연간 최대 현존량을 보인 버섯은 흰무당버섯아재비로 전체의 17.5%를 차지하였다. 버섯의 평균 영양염류 함량은 N $45.2 \pm 8.9 \text{ mg/g}$, P $1.5 \pm 0.8 \text{ mg/g}$, K $29.6 \pm 8.1 \text{ mg/g}$, Ca $0.2 \pm 0.3 \text{ mg/g}$, Mg $0.8 \pm 0.3 \text{ mg/g}$ 으로 Ca과 Mg을 제외하고는 주변의 낙엽이나 토양보다 훨씬 높은 값이었다. 버섯을 통해 연간 임상에 축적되는 영양염류의 양은 N $4,163.1 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$, P $130.1 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$, K $2,568.2 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$, Ca $12.4 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$, Mg $68.5 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ 이었다.

검색어: 버섯, 생산량, 영양염류 함량, 우점종

서 론

안정된 삼림생태계에서는 식물의 생장에 필요한 영양염류가 부니질의 분해를 통해서 공급되며(Kelly & Beauchamp 1987), 부니질의 분해는 그 지역의 기후, 지형적 특성, 기질의 화학적 구성, 분해 생물들의 상호작용 등 여러 가지 복합요인들의 영향을 받는다(Swift *et al.* 1979). 삼림생태계에서 부니질의 최종분해는 대부분 세균과 균류에 의해 일어나며, 이들의 분해과정에서 방출되는 영양염류는 생태계의 물질생산을 유지하는데 필수적이다. 생태계에서 균류는 중요한 분해자 역할을 수행한다(van Elsas and Trevors 1997). 이들은 분해효소를 분비하여 유기물질을 분해시키며, 이 과정에서 다시 영양염류를 생태계에 환원시킨다(Harley 1972, Dighton and Boddy 1989, Boddy 1991).

균류는 많은 무척추동물의 중요한 에너지원이며 영양염류 공급원 역할을 하고 있고(Courtney *et al.* 1990, Cromack *et al.* 1977, Mitchell and Parkinson 1976), 균근성 균류는 식물의 영양염류의 이용도를 증가시킨다(Fogel 1980). 또한 균류는 광범위하게 퍼져있는 균사를 통해 무기염류를 흡수하여 그들이 이용하는 기질에 비해 균사체나 자실체에 훨씬 높은 농도로 축적할 수 있다(Stark 1972, Cromack *et al.* 1977, Vogt *et al.* 1981, Edmonds and Lebo 1998).

Mun(2000)과 Mun 등(2000)은 버섯의 질소와 인함량이 주변

의 낙엽보다 매우 높다는 것을 보고한 바 있으며, Edmonds와 Lebo(1998)는 목질부의 분해과정 초기에 버섯을 통한 영양염류 방출에 대하여 조사한 바 있다. Hur와 Kim(1991) 그리고 Park(1993)은 식용버섯과 야생 버섯의 무기성분에 관한 연구를 수행한 바 있다.

그러나 산림생태계의 버섯 생산량 및 영양염류 함량에 관한 국내의 연구는 거의 없다. 본 연구의 목적은 상수리나무림에서 계절별 버섯의 출현종, 생산량 및 버섯의 영양염류 함량을 조사하여 삼림생태계의 물질순환에서 버섯의 역할을 평가하기 위한 것이다.

재료 및 방법

조사지 개황

조사지소는 충남 공주시 금학동에 위치한 상수리나무림(*Quercus auctissima* forest)으로 고도 150m, 경사 5~10°의 동사면에 위치하고, 분수계를 형성하며, 삼림의 보존상태가 비교적 양호하다. 이 지역 상수리나무의 수령은 40~50년, 교목의 평균 흉고 직경은 22.5 cm, 평균수고는 23 m 그리고 임목밀도는 2,800 그루/ha이었다. 초본층은 담쟁이덩굴이 우점하고 있으며, 피도는 담쟁이덩굴이 우점하는 지역을 제외하면 20%정도로 빈약하였다. 임상은 연중 3~5 cm의 낙엽층으로 덮여 있었다. 조사기간 중 연평균 기온은 1999년과 2000년에 각각 13.0, 12.4°C

[†]본 연구는 공주대학교 자체학술연구비 지원에 의해 수행되었음

[†]Author for correspondence; Phone: 82-41-850-8499, e-mail: htmun@kongju.ac.kr

로 1999년이 다소 높은 것으로 나타났으며, 하절기보다 동절기에 일일 기온차가 큰 것으로 나타났다. 조사기간 중 연간 강수량은 1999년과 2000년에 각각 1,530, 1,521 mm로 유사하게 나타났으며, 하절기에 집중되었다 (Lee and Mun 2001).

방형구의 설치와 버섯채집

방형구는 1999년 3월에 설치하였으며, 2 m×2 m 정방형의 모서리에 말뚝을 박고 각각 나일론 끈으로 경계를 표시하였다. 조사지 전역에 30개의 방형구를 무작위로 설치하였으며, 버섯의 채집은 기온이 비교적 낮은 6월까지의 5일 간격으로 기온이 높아지고 강수량이 많아지는 7월부터 9월까지의 3일 간격으로 채집하였다. 그리고 10월 이후에는 5일 간격으로 채집하였다.

방형구 내에서 채집한 버섯은 실험실에서 동정한 뒤, 각종의 개체수를 파악한 후, 50℃에서 향량이 될 때까지 건조시켜 종별 그리고 방형구별로 건량을 측정하였다. 평량이 끝난 버섯은 영양염류 분석을 위해 종별로 마쇄하여 보관하였다. 버섯의 동정은 Park(1991), Imazeki 등(1992), Lee(1993)에 따랐다.

영양염류 분석

버섯의 질소, 인, 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘의 함량을 분석하였다. 질소와 인은 Flow Injection Analyzer(QuikChem 8000 FIA)로, 치환성 양이온은 습식분해 후 원자흡수분광광도계(Perkin-Elmer 3110)로 정량하였다.

결 과

계절별 버섯의 출현종

조사지소에서 버섯은 5월 하순부터 출현하기 시작하여 11월 초순까지 계속되었으며, 7월과 8월 그리고 9월에 90%이상 집중적으로 출현하였다 (Fig. 1). 방형구 내에 출현한 버섯 중에서

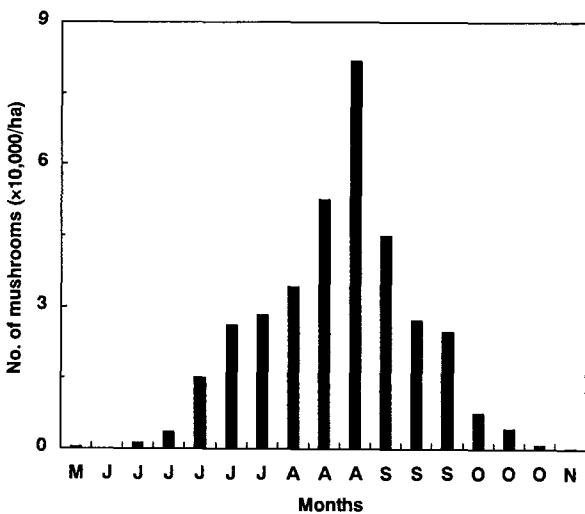


Fig. 1. Seasonal total number of mushrooms in the study area in 2000.

Table 1. Number of species, number of individuals and production of major mushroom families in the study area in 2000

| Family (과명) | No. of species | No. of individuals (ha) | Percent (%) | Production (kg/ha) | Percent (%) |
|------------------------|----------------|-------------------------|-------------|--------------------|-------------|
| Tricholomataceae (송이과) | 27 | 150,830 | 42.8 | 9.3 | 10.8 |
| Russulaceae (무당버섯과) | 25 | 102,670 | 29.1 | 65.6 | 75.7 |
| Cortinariaceae (끈적버섯과) | 9 | 33,750 | 9.6 | 1.4 | 1.6 |
| Boletaceae (그물버섯과) | 8 | 4,500 | 1.3 | 2.7 | 3.1 |
| Amanitaceae (광대버섯과) | 12 | 3,750 | 1.1 | 1.6 | 1.9 |
| Other Families | 33 | 57,250 | 16.1 | 6.1 | 6.9 |
| Total | 114 | 352,750 | 100.0 | 86.7 | 100.0 |

송이과가 27종, 150,830개/ha(42.8%)로 가장 많았으며, 무당버섯과가 25종(21.9%)이 출현하였다 (Table 1). 버섯은 8월 하순에 가장 많은 종 수와 생산량을 보였으며, 이후로 감소하였고, 11월에 민자주방망이버섯이 출현한 후 더 이상 발견되지 않았다. 방형구 내에서 출현한 114종류의 총 개체수는 352,750개/ha이었다. 연중 가장 많은 개체수가 나타난 시기는 8월의 168,600개/ha이었다.

주요 종별 개체수

5월부터 11월까지 연간 출현빈도가 가장 높은 종은 애기낙엽버섯으로 개체수는 57,250개/ha이었으며, 잣빛젖버섯, 앵두낙

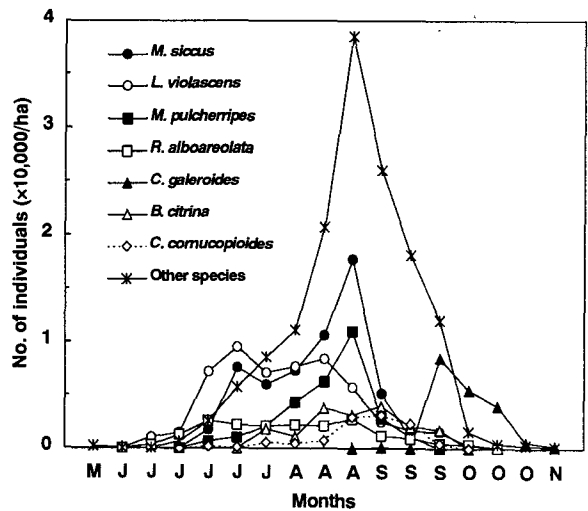


Fig. 2. Seasonal number of individuals of major mushroom species in the study area in 2000.

업버섯, 흰꽃무당버섯 순으로 출현빈도가 높았다 (Fig. 2). 애기낙엽버섯과 앵두낙엽버섯은 낙엽분해버섯으로 기후의 영향을 많이 받기 때문에 강수가 집중되는 8월에 60~70% 집중되어 나타났다. 6월에는 총 4,750개/ha가 출현하였으며, 우점종은 잣빛젓버섯과 흰꽃무당버섯이었다. 7월에는 39종 64,900개/ha로 연간 출현개체수의 18.4%를 차지하였으며, 우점종은 잣빛젓버섯과 애기낙엽버섯이었고 개체수는 각각 15,330개/ha, 23,830개/ha이었다. 기온이 높아지고 강수량이 많아지는 8월에는 총 출현개체수와 출현빈도가 168,600개/ha, 44.8%이었으며, 우점종은 애기낙엽버섯, 잣빛젓버섯, 앵두낙엽버섯으로 각각 8월에 출현한 전체 개체수의 21.1, 12.9, 12.8%를 차지하였다. 9월에는 총 96,900개/ha가 출현하였으며, 우점종은 노랑끈적버섯이었다. 10월과 11월에는 기온이 낮아지는 관계로 버섯의 출현수가 급격히 감소하였으며, 민자주방망이버섯이 우점하였다.

버섯의 생산량

버섯의 생산량은 1999과 2000년에 각각 84.8 kg/ha, 86.7 kg/ha로 조사되었다 (Fig. 3). 출현개체수는 낙엽버섯속이 우점한 반면, 생산량은 무당버섯속이 우세하였다. 생산량이 가장 많은 버섯은 흰무당버섯아재비로 14.8 kg/ha이었으며, 흰꽃무당버섯과 수원무당버섯이 각각 13.7, 10.7 kg/ha로, 3종이 전체 생산량의 45%를 차지하였다. 반면 가장 많은 개체수를 보였던 낙엽버섯속은 연간 생산량과 점유율이 각각 0.5 kg/ha, 0.6%로 매우 낮았다.

5월의 버섯생산량은 0.1 kg/ha이었으나, 이 후 강수량의 증가와 기온의 상승에 따라 생산량도 증가하였다 (Fig. 4). 계절별 버섯의 생산량은 6월에 2.7 kg/ha이었으며, 흰꽃무당버섯의 생산량이 가장 많았다. 7월의 총 생산량은 27.1 kg/ha이었으며, 수원무당버섯과 흰꽃무당버섯이 각각 6.2, 5.0 kg/ha의 생산량을

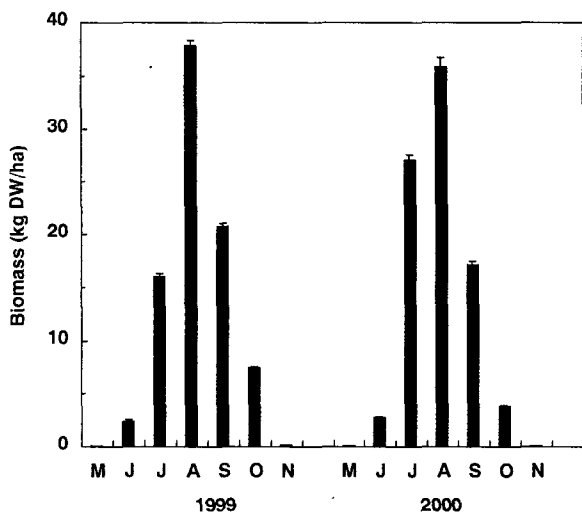


Fig. 3. Seasonal biomass of mushrooms in the study area in 1999 and 2000. Bars indicate SD.

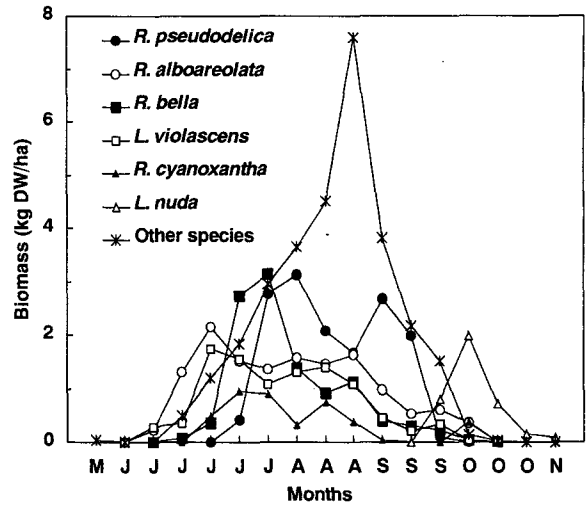


Fig. 4. Seasonal biomass of major mushroom species in the study area in 2000.

보였다. 8월의 총 생산량은 35.9 kg/ha이었으며, 연간 생산량의 41.5%를 차지하였다. 생산량이 가장 많은 종은 흰무당버섯아재비로 6.9 kg/ha이었다. 9월에도 흰무당버섯아재비의 생산량이 가장 많았으며, 이 달의 생산량은 17.1 kg/ha이었다. 10월에는 생산량이 3.7 kg/ha로 급격히 감소하였으며, 민자주방망이버섯의 생산량이 가장 많았다.

버섯의 영양염류 함량

2000년에 생산된 버섯의 평균 영양염류 함량은 질소 45.2±8.9 mg/g, 인 1.5±0.8 mg/g, 칼륨 29.5±8.1 mg/g, 칼슘 0.2±0.3 mg/g, 마그네슘 0.8±0.3 mg/g으로 나타났다 (Table 2). 질소 함량은 테두리방귀버섯과 말불버섯이 각각 66.3 mg/g, 65.7 mg/g으로 높게 나타났으며, 가장 낮은 버섯은 구름버섯으로 22.5 mg/g이었다. 말불버섯의 경우 9월에 출현하는 개체의 질소함량이 7월이나 8월에 출현하는 개체에 비해 높은 것으로 나타났고, 잣빛젓버섯의 경우에도 8월과 9월에 출현하는 개체들의 질소함량이 6월과 7월에 출현하는 개체에 비해 높았다 (Fig. 5-A).

인 함량이 가장 높은 테두리방귀버섯은 4.4mg/g으로 가장 낮은 구름버섯보다 15배 이상 높았다 (Table 2). 말불버섯의 경우 7월과 8월초에 출현하는 개체에 비해 9월에 출현하는 개체의 인 함량이 현저히 증가하는 것으로 나타났고, 버섯의 평균 인 함량도 후반부로 갈수록 증가하였다 (Fig. 5-B). 9월과 10월 그리고 11월에 주로 출현하는 민자주방망이버섯의 인 함량도 다른 버섯에 비해 높았다.

버섯의 평균 칼륨함량도 주변의 낙엽과 토양보다 훨씬 높은 값이다. 칼륨함량이 가장 높은 버섯은 독우산광대버섯으로 52.3 mg/g이었으며, 광대버섯과가 다른 버섯에 비해 높은 값을 보였다. 질소와 인과는 대조적으로 말불버섯과 테두리방귀버섯의 칼륨함량이 상대적으로 낮았으며, 칼륨함량이 가장 낮은 버

Table 2. Nutrients concentration(mg/g) of the major species in the study area (**: max. *: min.)

| Scientific name | Common name | N | P | K | Ca | Mg | Scientific name | Common name | N | P | K | Ca | Mg |
|----------------------------------|-------------|------|------|--------|--------|------|-----------------------------------|-------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| <i>Hygocyme flavescens</i> | 노란대무명버섯 | 37.4 | 1.06 | 35.8 | 0.08 | 0.80 | <i>L. piperatus</i> | 꽃털이 | 40.1 | 0.92 | 24.7 | 0.06 | 0.41 |
| <i>Laccaria vinaceoovellanea</i> | 색시출각버섯 | 46.4 | 1.55 | 32.0 | 0.22 | 0.72 | <i>L. volemus</i> | 꽃버섯 | 41.2 | 1.05 | 25.9 | 0.47 | 0.49 |
| <i>L. amethystea</i> | 자주출각버섯 | 46.5 | 1.14 | 32.7 | 0.36 | 0.71 | <i>L. subzonarius</i> | 당귀젓버섯 | 44.8 | 1.30 | 28.5 | 0.09 | 0.58 |
| <i>Asterophora lycoperdoides</i> | 덧부치버섯 | 40.4 | 0.69 | 25.4 | 0.84 | 1.23 | <i>L. gerardii</i> | 에기젓버섯 | 43.9 | 1.35 | 28.2 | 0.06 | 0.67 |
| <i>Lepista nuda</i> | 만자주방망이버섯 | 55.5 | 3.88 | 34.0 | 0.23 | 1.24 | <i>Agaricus campestris</i> | 주름버섯 | 46.1 | 2.99 | 34.2 | 0.33 | 1.30 |
| <i>Clitocybe fragrans</i> | 흰사자갈매기버섯 | 54.2 | 3.78 | 24.3 | 0.47 | 0.94 | <i>Naematoloma fasciculare</i> | 노란다발 | 43.3 | 1.40 | 22.6 | 0.29 | 0.67 |
| <i>Armillariella tabescens</i> | 뽕나무버섯부치 | 45.4 | 1.69 | 25.2 | 0.57 | 1.36 | <i>Corinarium nigrosquamosus</i> | 검은털끈꼭버섯 | 39.1 | 1.00 | 30.2 | 0.22 | 1.04 |
| <i>Collybia dryophila</i> | 에기버섯 | 56.7 | 2.42 | 25.2 | 0.70 | 1.28 | <i>C. tenuipes</i> | 노랑끈꼭버섯 | 30.2 | 1.14 | 40.9 | 0.05 | 0.90 |
| <i>C. confluens</i> | 밀버섯 | 64.7 | 2.42 | 19.7 | 0.37 | 0.74 | <i>Dermocybe sanguinea</i> | 적자귀버섯 | 34.2 | 1.10 | 45.1 | 0.27 | 1.00 |
| <i>Oudemansiella platyphylla</i> | 넓은주름긴뿌리버섯 | 40.0 | 1.20 | 27.4 | 0.11 | 0.79 | <i>Inocybe fastigiata</i> | 솔밭버섯 | 48.5 | 1.24 | 40.3 | 1.29 | 0.86 |
| <i>Mycena pura</i> | 맑은애주름버섯 | 56.8 | 2.80 | 32.1 | 0.66 | 1.15 | <i>Boletus laetissimus</i> | 피꼬리그늘버섯 | 38.9 | 1.07 | 23.7 | 0.45 | 0.59 |
| <i>M. adonis</i> | 분홍애주름버섯 | 26.8 | 1.24 | 33.2 | 0.17 | 0.95 | <i>B. edulis</i> | 그늘버섯 | 50.6 | 1.32 | 26.5 | 0.43 | 0.61 |
| <i>Marasmius</i> | 낙엽버섯속 | 53.0 | 1.85 | 25.3 | 0.27 | 0.86 | <i>Phylloporus bellus</i> | 노란길민그늘버섯 | 52.9 | 1.60 | 34.2 | 0.08 | 0.75 |
| <i>Pluteus atricapillus</i> | 난버섯 | 33.6 | 1.50 | 34.3 | 0.02 | 0.82 | <i>Tylophitus neofellus</i> | 제주손맛그늘버섯 | 50.8 | 0.65 | 25.8 | 0.06 | *0.03 |
| <i>Amanita vaginata</i> | 고동색우산버섯 | 52.1 | 1.59 | 43.4 | 0.46 | 0.91 | <i>Pulveroboletus ravenelii</i> | 노란분말그늘버섯 | 44.3 | 1.06 | 22.8 | 0.14 | 0.62 |
| <i>A. flavipes</i> | 노란대광대버섯 | 41.7 | 2.15 | 35.7 | 0.03 | 0.80 | <i>Tylophitus extimus</i> | 노랗은맛그늘버섯 | 52.4 | 1.63 | 25.0 | 0.04 | 0.62 |
| <i>A. hemibapha</i> | 달걀버섯 | 45.0 | 1.93 | 41.5 | 0.14 | 0.92 | <i>Boletinus conipes</i> | 황금그늘버섯 | 50.5 | 0.71 | 26.0 | 0.05 | 0.57 |
| <i>A. virosa</i> | 독우산광대버섯 | 39.2 | 1.38 | **52.3 | 0.12 | 1.23 | <i>Strobilomyces confusus</i> | 털귀신그늘버섯 | 47.3 | 1.28 | 29.6 | 0.19 | 0.58 |
| <i>A. rubescens</i> | 얇은점박이광대버섯 | 40.1 | 1.24 | 39.9 | 0.08 | 0.96 | <i>Cantharellus cibarius</i> | 피꼬리버섯 | 57.5 | 1.29 | 39.9 | 0.29 | 0.93 |
| <i>A. pseudoporphyria</i> | 암회색광대버섯아재비 | 49.5 | 2.05 | 46.1 | 0.57 | 0.90 | <i>C. lutescens</i> | 갈색털피꼬리버섯 | 37.8 | 0.40 | 27.3 | 0.36 | 0.41 |
| <i>A. griseofarinos</i> | 젓빛가루광대버섯 | 39.4 | 1.69 | 39.9 | 0.23 | 0.86 | <i>C. cinnabarinus</i> | 붉은피꼬리버섯 | 37.2 | 0.87 | 25.8 | 0.18 | 0.75 |
| <i>A. volvata</i> | 큰주머니광대버섯 | 31.7 | 0.88 | 47.0 | *0.005 | 0.71 | <i>Craterellus cornucopioides</i> | 빨나팔버섯 | 37.8 | 0.98 | 38.2 | 0.27 | 0.59 |
| <i>Russula nigricans</i> | 결구버섯 | 38.4 | 0.66 | 21.3 | 0.11 | 0.80 | <i>Gomphus floccosus</i> | 나팔버섯 | 32.1 | 0.79 | 35.6 | 0.18 | 0.60 |
| <i>R. foetens</i> | 갈매기무당버섯 | 34.6 | 0.99 | 28.3 | 0.04 | 0.86 | <i>Clavaria purpurea</i> | 자주국수버섯 | 44.8 | 1.50 | 38.2 | 0.69 | 0.90 |
| <i>R. senecis</i> | 수원무당버섯 | 38.3 | 0.77 | 26.8 | 0.06 | 0.62 | <i>Phlebia rufa</i> | 가느주름버섯 | 37.8 | 0.55 | 3.3 | **2.52 | **2.44 |
| <i>R. bella</i> | 황금무당버섯 | 46.8 | 1.17 | 32.0 | 0.12 | 0.70 | <i>Hydnum repandum</i> | 타수염버섯 | 43.3 | 1.75 | 39.3 | 0.49 | 0.60 |
| <i>R. aurata</i> | 흰무당버섯 | 46.3 | 1.16 | 23.5 | 0.06 | 0.55 | <i>Hydnum ferrugineum</i> | 항기갈색갈매기버섯 | 51.2 | 2.03 | 15.1 | 0.13 | 0.86 |
| <i>R. pseudodelica</i> | 흰무당버섯아재비 | 41.5 | 1.11 | 27.8 | 0.12 | 0.61 | <i>Thelephora terrestris</i> | 사마귀버섯 | 34.0 | 0.89 | 19.3 | 0.11 | 0.50 |
| <i>R. virescens</i> | 기와버섯 | 43.0 | 1.32 | 26.0 | 0.02 | 0.66 | <i>Ganoderma lucidanz</i> | 블로초 | 30.0 | 0.27 | 0.72 | 0.72 | 0.27 |
| <i>R. sororia</i> | 회갈색무당버섯 | 42.5 | 1.36 | 29.2 | 0.22 | 0.67 | <i>Hapalopilus rutilans</i> | 노란반달버섯 | 34.9 | 0.47 | 0.28 | 0.28 | 0.49 |
| <i>R. cyanoxantha</i> | 청머무당버섯 | 37.5 | 1.27 | 34.6 | 0.09 | 0.79 | <i>Coriolus versicolor</i> | 구름버섯 | *22.5 | *0.25 | 2.48 | 2.48 | 0.45 |
| <i>R. densifolia</i> | 에기무당버섯 | 36.9 | 1.13 | 28.7 | 0.16 | 0.66 | <i>Oligoporus caesius</i> | 푸른손등버섯 | 32.3 | 0.39 | 0.21 | 0.21 | 0.85 |
| <i>R. alboareolata</i> | 흰꽃무당버섯 | 48.2 | 1.26 | 32.8 | 0.12 | 0.72 | <i>Coltricia cinnamomea</i> | 물니겨우살이버섯 | 51.1 | 2.75 | 0.42 | 0.42 | 1.35 |
| <i>Russula compacta</i> | 담갈색무당버섯 | 37.7 | 1.05 | 25.9 | 0.06 | 0.56 | <i>Geostrophodon perlatum</i> | 말뚝버섯 | 65.7 | 3.24 | 0.15 | 0.15 | 1.49 |
| <i>R. emetica</i> | 뽕새무당버섯 | 45.7 | 1.26 | 30.6 | 0.10 | 0.79 | <i>Geastrum fimbriatum</i> | 테두리방귀버섯 | **66.3 | **4.25 | *1.55 | 1.55 | 1.88 |
| <i>Lactarius comphorratus</i> | 민맛젓버섯 | 32.0 | 0.47 | 24.9 | 0.12 | 0.71 | <i>Peziza vesiculosa</i> | 주발버섯 | 50.3 | 1.57 | 1.13 | 1.13 | 1.25 |
| <i>L. violascens</i> | 젓빛젓버섯 | 43.4 | 1.30 | 26.3 | 0.19 | 0.68 | <i>Cudonia circinans</i> | 투구버섯 | 37.6 | 2.54 | 0.06 | 0.06 | 0.75 |
| <i>L. vellereus</i> | 새털젓버섯 | 29.9 | 1.07 | 38.2 | 0.22 | 1.30 | Mean | | 48.5 | 1.69 | 33.3 | 0.27 | 0.92 |
| <i>L. subpiperatus</i> | 우유젓버섯 | 42.0 | 1.04 | 24.3 | 0.64 | 0.44 | | | 45.2 | 1.51 | 29.6 | 0.24 | 0.80 |

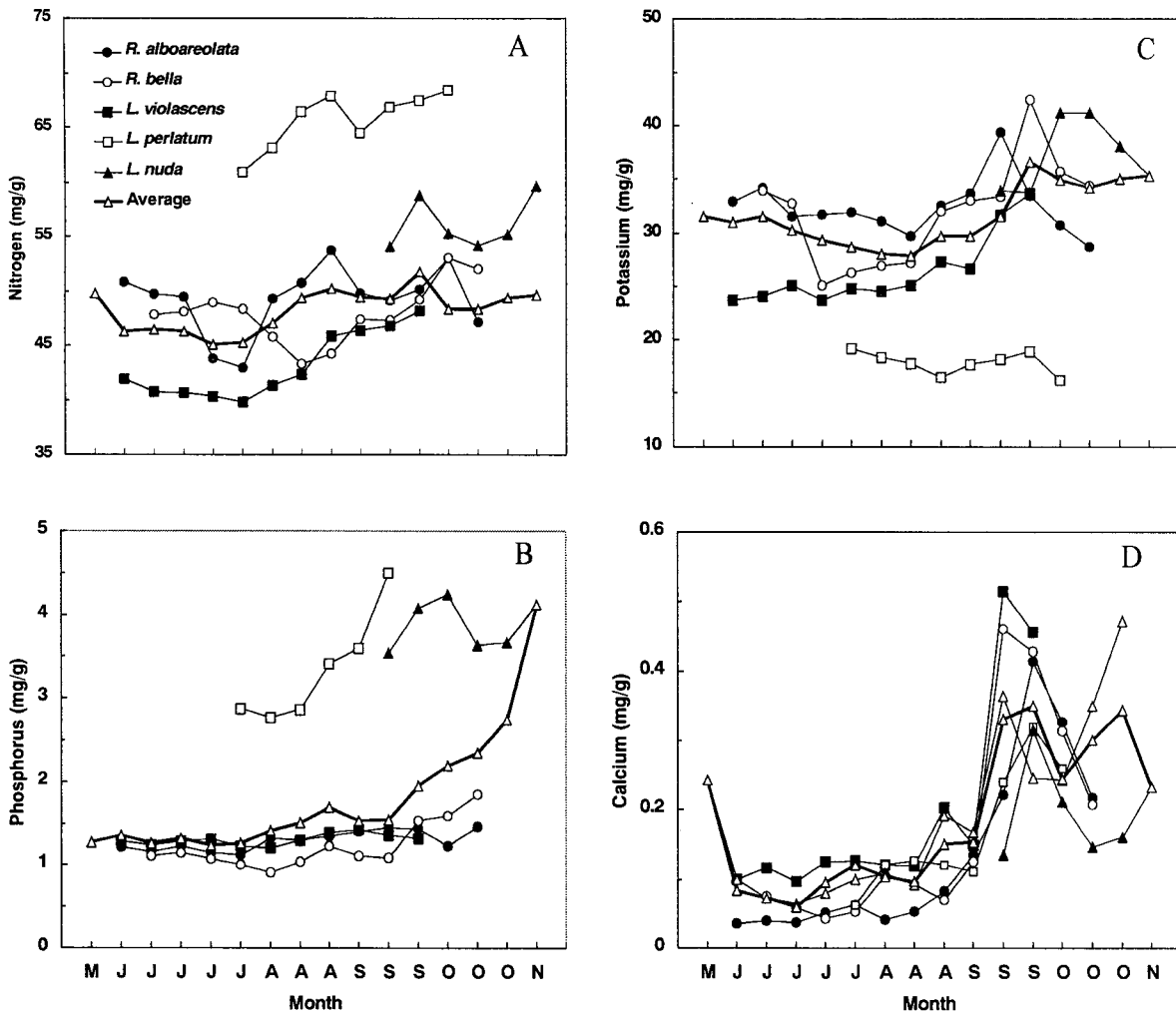


Fig. 5. Seasonal N(A), P(B), K(C), Ca(D) concentration of major mushroom species in the study area in 2000.

섯은 구름버섯으로 2.3 mg/g이었다 (Table 2). 잣빛젓버섯의 경우 6월에 출현하는 개체에 비해 9월에 출현하는 개체의 칼륨 함량이 높았고, 일반적으로 생육기간의 후반부에 출현하는 개체의 칼륨함량이 높았다 (Fig. 5-C).

버섯의 칼슘함량은 다른 영양염류와는 대조적으로 낮았으며, 9월 이후에 출현하는 개체의 칼슘함량이 7월과 8월에 출현하는 개체에 비해 높은 것으로 나타났다 (Fig. 5-D). 칼슘의 평균 함량이 가장 높은 버섯은 구름버섯으로 2.5mg/g이었으며, 갈때기무당버섯이 0.005 mg/g으로 가장 낮았다 (Table 2).

버섯의 마그네슘 함량은 칼슘보다 높았지만 질소, 인, 칼륨에 비해 현저히 낮았다. 마그네슘 함량이 높은 버섯은 테두리방귀버섯과 말불버섯으로 각각 1.8, 1.5 mg/g이었으며, 가장 낮은 버섯은 구름버섯으로 0.4 mg/g이었다 (Table 2). 말불버섯의 경우 7월말에 출현한 개체의 마그네슘 함량이 1.0 mg/g인데 비해 10월에 출현한 개체는 2.2 mg/g으로 증가하였다 (Fig. 6). 9월과

10월에 출현하는 민자주방망이버섯의 마그네슘 함량은 평균치에 비해 높았으며, 마그네슘 함량의 평균치도 생육계절 후반부로 갈수록 증가하였다.

버섯에 의한 단위면적 당 영양염류 최대 흡수량은 질소 4,163.1 g · ha⁻¹ · yr⁻¹, 인 130.1 g · ha⁻¹ · yr⁻¹, 칼륨 2,568.2 g · ha⁻¹ · yr⁻¹, 칼슘 12.4 g · ha⁻¹ · yr⁻¹, 마그네슘 68.5 g · ha⁻¹ · yr⁻¹이었다. 이들은 모두 단기간에 분해되어 토양으로 회수된다 (Mun 2000, Mun et al. 2000).

고 찰

버섯은 전세계적으로 15,000여 종이 알려져 있으며, 국내에서 보고된 균류 중 고등균류는 정확히 파악되고 있지 않지만 현재 1,500종이 넘을 것으로 보고 있다 (Cho 1996). 본 조사지에서 출현한 종 수는 Cho(1998)가 남산에서 조사한 95종류보다는

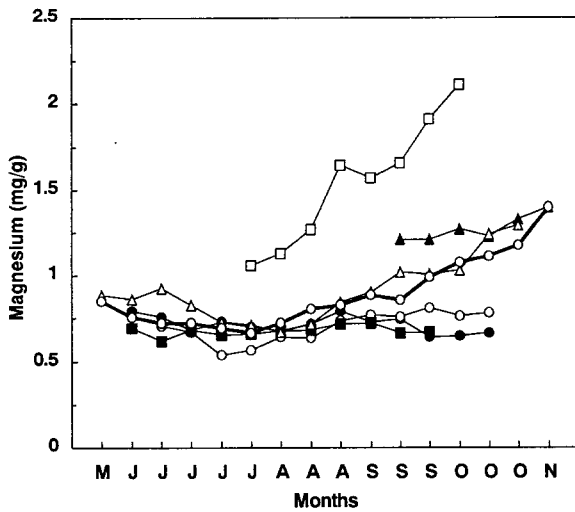


Fig. 6. Seasonal Mg concentration of major mushroom species in the study area in 2000. Legends are the same as in Fig. 5.

많았지만 Joo와 Lee(1995)가 팔공산에서 조사한 324종류, Kim 등(1991)이 대성산과 대덕산 일대에서 조사한 314종류보다는 적었다. 본 조사에서는 상수리나무림에 국한하여 버섯의 조사가 이루어졌기 때문에 출현 종 수가 적은 것으로 판단된다.

버섯은 5월말부터 출현하기 시작하였으나 8월에 출현종이 가장 많았다. 이것은 8월의 기온이 높고 강수량도 많아서 버섯의 생육에 적당한 고온다습한 환경이 조성되었기 때문으로 판단된다. 10월 이후에는 버섯의 출현 종수도 감소하는데, 이것은 기온과 관련된 것으로 판단된다. 노랑근적버섯, 적자규버섯, 민자주방망이버섯 등은 주로 가을에 출현하지만 대부분의 버섯이 하절기에 출현하였다.

상수리나무림의 버섯 생산량은 낙엽생산량에 비해 현저히 적은 양이었으며(Mun and Joo 1994), Bardgett 등(1993)이 초원에서 조사한 균사체의 최대 생물량인 168kg/ha보다 낮은 값이었다. 또한 van Elsas와 Trevors(1997)가 보고한 토양 균사의 생물량인 370~1,840 kg/ha보다 적었다. 이것은 본 조사의 경우 지상부로 나온 자실체만을 채집하였기 때문으로 판단된다. Edmonds와 Lebo(1998)는 온대우림의 천연림에서 분해정도가 상이한 목재에 출현하는 자실체의 양을 496 g/ha로 보고한 바 있지만 삼림생태계의 임장에서 버섯의 연간 생산량에 대한 정량적인 보고는 거의 없는 실정이다.

버섯의 영양염류함량은 토질, 기후, 생육환경 등의 조건에 영향을 받는다 (Hur 1992). 본 조사에서도 버섯의 종별 영양염류함량은 상당한 차이가 있었다. 이것은 종에 따라 영양염류의 요구량에 차이가 있으며, 또한 버섯이 출현하는 기질의 영양염류 함량이 다르기 때문으로 판단된다. 영양염류 중 질소와 칼륨 함량이 인, 칼슘, 마그네슘에 비해 높았다. 대부분의 버섯에서 칼륨에 비해 질소함량이 높았지만 독우산광대버섯, 큰주머니광대버섯, 노랑근적버섯 등은 질소보다 칼륨함량이 높았다 (Table

2). Edmonds와 Lebo(1998)는 목질부에 출현하는 균근성 버섯의 질소함량이 43.3 mg/g, 부생성 버섯은 33.0 mg/g 그리고 다년생 버섯은 4.5 mg/g으로 보고한 바 있다. 본 연구의 평균 질소함량은 45.2 mg/g으로 균근성 버섯과 유사하였다. 본 조사지역에서 다년생 버섯으로는 구름버섯과 불로초가 출현하였는데, 이들의 질소함량은 각각 22.5 mg/g, 30.0 mg/g으로 Edmonds와 Lebo(1998)의 다년생 버섯에 비해 높은 것으로 나타났다. 본 조사지역 버섯의 질소함량은 임상의 낙엽보다 3~5배(Mun and Joo 1994), 주변 토양보다 10~40배 높은 값이다 (Lee and Mun 2001).

Edmonds와 Lebo(1998)는 균근성, 부생성 버섯의 평균 인 함량이 각각 6.0 mg/g, 9.4 mg/g으로 보고한 바 있지만 본 조사지역에 출현한 버섯의 평균 인 함량은 이보다 매우 낮은 1.5 mg/g이었다. 그러나 이 값은 임상의 낙엽이나 토양에 비해 현저히 높은 것이다 (Mun and Joo 1994). 버섯의 평균 칼륨함량은 Hur와 Kim(1991)이 식용버섯류에서 보고한 값과 유사하였으나, Ahn과 Lee(1986), Park(1993) 보다는 높았다. 그러나 Edmonds와 Lebo(1998)가 보고한 균근성과 부생성 버섯의 칼륨함량인 33.7 mg/g, 35.4 mg/g보다는 낮았다.

Cromack 등(1975), Harmon 등(1994), Edmonds와 Lebo(1998)는 다른 원소에 비해 버섯의 칼슘함량이 낮은 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서도 칼슘함량은 칼륨에 비해 현저히 낮았으며 임상의 낙엽에 비해서도 낮았다 (Mun and Joo 1994). 그러나 가는주름버섯, 구름버섯, 테두리방귀버섯 그리고 주발버섯의 칼슘함량은 다른 종류에 비해 현저히 높았다 (Table 2). 마그네슘 함량은 칼슘보다 높았지만 임상의 낙엽에 비해 낮은 값을 보였다.

Cromack 등(1975)은 버섯의 영양염류 함량이 임상의 낙엽에 비해 현저히 높은 현상을 생물농축이라고 표현한 바 있고 Zabowski 등(1990), Harmon 등(1994), Edmonds와 Lebo(1998)도 버섯의 생물농축현상을 보고하였다. 본 연구에서도 버섯의 질소, 인 그리고 칼륨 함량이 기질에 비해 현저히 높은 것으로 나타났다. 그러나 칼슘과 마그네슘은 생물농축이 두드러지지 않았다. 그러나 Cromack 등(1977)은 균류의 근상균사속(rhizomorph)에는 다량의 칼슘, 칼륨, 나트륨이 함유되어 있어 토양소동물의 영양염류 공급원 역할을 하는 것으로 보고한 바 있다. 버섯은 육상의 분해자군집 중에서 가장 우세한 역할을 수행하며, 생물농축을 통해 미량원소를 포함한 영양염류의 순환에 많은 기여를 하는 것으로 알려져 있고(Cromack et al. 1977), 다양한 소동물의 에너지원이 되고 있다 (Courtney et al. 1990).

Mun과 Joo(1994)는 같은 지소의 상수리나무림에서 연간 낙엽을 통해 임상에 이입되는 질소와 인이 각각 6.1 g/m², 0.06 g/m²이며, 1년 동안의 낙엽분해율이 56.4%인 것으로 보고한 바 있다. 분해과정을 통해 토양에 회수되는 질소와 인은 각각 34.4 kg/ha, 0.6 kg/ha가 된다. 버섯에 의해 흡수되는 질소와 인은 각각 연간 4.2 kg/ha, 0.13 kg/ha이고 이 양은 단기간에 분해되어 토양에 회수된다. 따라서 상수리나무림의 영양염류 순환에서 질소와 인의 경우 버섯을 통해 회수되는 양이 상수리나무 낙엽을

통해 회수되는 양의 12.2%, 21.7%에 해당된다. 그러나 낙엽의 분해과정에서 볼 수 있는 질소나 인의 부동화를 감안하면 버섯에 의한 영양염류 회수량의 비율은 더 증가할 것으로 예상된다. 생태계의 물질순환을 정량적으로 파악하기 위해서는 버섯의 생산량, 영양염류 흡수량 등에 관한 연구가 필요하다.

인용문헌

- Ahn, J.S. and K.H. Lee. 1986. A study on the mineral contents in edible mushrooms produced in Korea. *Kor. J. Food Hygiene* 1(2): 177-179.
- Bardgett, R.D., J.C. Frankland and J.B. Whittaker. 1993. The effect of agricultural practices on the soil biota of some upland grasslands. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 34: 115-119.
- Boddy, L. 1991. Importance of wood decay fungi in forest ecosystem. In D.K. Arora, B. Rai, K.G. Mukerji and G.R. Knudsen, (eds.). *Handbook of applied mycology*. Vol. 1, Soil and Plants. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 507-540.
- Cho, D.H. 1996. Natural myco-resources of higher fungi in Korea. *Nature Conservation* 93: 23-38.
- Cho, D.H. 1998. The mycodiversity and resources of fungi in Mt. Nam Korea. *J. Eco.* 21: 675-685.
- Courtney, S.P., T.T. Kibota and T.A. Singleton. 1990. Ecology of mushroom-feeding Drosophilidae. In M. Begon, A.H. Fitter and A. Macfadyen, (eds.). *Advances in ecological research*. Vol. 20. Academic Press. New York. pp.225-274.
- Cromack, K., Jr., R.L. Todd and C.D. Monk. 1975. Patterns of basidiomycete nutrient accumulation in conifer and deciduous litter. *Soil Biol. Biochem.* 7:265-268.
- Cromack, K., Jr., R. L. P. Sollins and R.L. Todd, D.A. Crossley, Jr., W.M. Fender, R. Fogel and A.W. Todd. 1977. Soil microorganism-arthropod interactions: fungi as major calcium and sodium sources. In W.J. Mattson, (eds.). *The role of arthropods in forest ecosystems*. Springer-Verlag. New York. pp. 78-84.
- Dighton, J. and L. Boddy. 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*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. U.K. pp. 269-268.
- Edmond, R.L. and D.S. Lebo. 1998. Diversity and production, and nutrient dynamics of fungal sporocarps on logs in an old-growth temperate rain forest, Olympic National Park, Washington. *Can. J. For. Res.* 28: 665-673.
- Fogel, R. 1980. Mycorrhizae and nutrient cycling in natural forest ecosystems. *New Phytology* 86: 199-212.
- Harley, J.L. 1972. Fungi in ecosystems. *J. Applied Ecology* 8: 627-642.
- Harmon, M.E., J. Sexton, B.A. Caldwell and S.E. Carpenter. 1994. Fungal sporocarp mediated losses of Ca, Fe, K, Mg, Mn, N, P and Zn from conifer logs in the early stages of decomposition. *Can. J. For. Res.* 24: 1883-1893.
- Hur, Y.H. 1992. Studies on the trace elements, heavy metals and organic acids content of edible mushrooms. *Kor. J. Sanitat.* 7: 57-65.
- Hur, Y.H. and O.K. Kim. 1991. Studies on the mineral content of edible mushrooms. *Kor. J. Env. Health Soc.* 17: 129-135.
- Imazeki, R., Y. Otani and T. Hongo. 1992. Fungi of Japan. *Yama-kei*.
- Joo, S.H. and T.S. Lee. 1995. Classification of mushrooms at Mt. Palgong. *Agric. Rec. Bull. Kyoungpook Natl. Univ.* 13: 17-29.
- Kelly, J.M. and J.J. Beauchamp. 1987. Mass loss and nutrient changes in decomposing upland oak and mesic mixed-hardwood leaf litter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1616-1622.
- Kim, K.S., W.H. Park and K.H. Min. 1991. The higher fungal flora in the areas of Mt. Daesung and Mt. Daeduck. *Kor. J. Mycol.* 19(3): 167-174.
- Lee, J.Y. 1993. *Colored Korean Mushrooms*. Academy Co. Seoul.
- Lee, Y.Y. and H.T. Mun. 2001. A study on the soil respiration in an *Quercus acutissima* forest. *Kor. J. Ecology* 24: 141-148.
- Mitchell, M.J. and D. Parkinson. 1976. Fungal feeding of oribatid mites(Acari: Cryptostigmata) in an aspen woodland soil. *Ecology* 57: 302-312.
- Mun, H.T. and H.T. Joo. 1994. Litter production and decomposition in the *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests. *Korean J. Ecology* 17: 345-353.
- Mun, H.T., J. Namgung, Y.Y. Lee, J.Y. Lee and J.H. Kim. 2000. Mass loss and changes of mineral nutrients during the decomposition of *Lepista nuda*. *Korea 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.
- Park, W.H. 1991. *Colored fungi of Korea*. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd.
- Park, W.H. 1993. Study on inorganic components of Korean wild edible mushrooms - Trace mineral elements of *Armillariella mella*, *Hygrophorous russula*, *Armillariella tabescens*, *Lepista nuda* and *lepista sordida*, *Hygrocybe conica*. - *Kor. J. Mycol.* 21(4): 273-278.
- Stark, N. 1972. Nutrient cycling pathways and litter fungi. *Bio-science* 22: 355-360.
- Swift, M.J., O.W. Heal and J.M. Anderson. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. *Studies in Ecology*. Vol. 5. Univ. of

- California Press, Berkley and Los Angeles. pp.372.
- van Elsas, J.D. and J.T. Trevors. 1997. Modern soil microbiology. Marcel Dekker, Inc., New York. pp 63-126.
- Vogt, K.A., R.L. Edmond and C.C. Grier. 1981. Biomass nutrient concentrations of sporocarps produced by mycorrhizal and decomposer fungi in *Abies amabilis* stands. *Oecologia*, 50: 170-175.
- Zabowski, D., R.J. Zasoski, W. Littke and J. Ammirati. 1990. Metal content of fungal sporocarps from urban, rural and sludge-treated sites. *J. Environ. Qual.* 19: 372-377.
(2001년 7월 23일 접수 ; 2001년 10월 18일 채택)

Seasonal Diversity, Production and Nutrients Concentration of Mushrooms in an Oak Forest

Namgung, Jeong, Jae-Hoon Pyo and Hyeong-Tae Mun

Department of Biology, Kongju National University, Kongju, 314-701, Korea

ABSTRACT : Seasonal production and nutrient concentrations of mushrooms in an *Quercus acutissima* forest were studied from 1999 to 2000. Thirty 2×2m quadrats were established randomly in the study area. 114 species of mushrooms were identified during the study period. Although mushrooms occurred from May to November in each year, the highest biomass production occurred in August. Seasonal dominant species was *Lactarius violascens* in June, *R. bella* and *L. violascens* in July, *Marasmius siccus* in August, *Cortinarius tenuipes* in September, *Lepista nuda* and *C. tenuipes* in October, respectively. Annual production of mushrooms in 1999 and 2000 were 84.8 kgDW · ha⁻¹ · yr⁻¹ and 86.7 kgDW · ha⁻¹ · yr⁻¹, respectively. Seasonal production was 27.1kg/ha for July, 35.9kg/ha for August and 17.1kg/ha for September, 3.7kg/ha for October, respectively. Seasonal dominant species in biomass was *Russula alboareolata* in June, *R. bella* in July, *R. pseudodelica* in August and September, *Lepista nuda* in October, respectively. *R. pseudodelica* showed the highest biomass in the study area, which is 17.5% of the total biomass. Average concentration of nutrients in mushrooms was 45.2 mg/g for N, 1.5 mg/g for P, 29.6 mg/g for K, 0.2 mg/g for Ca and 0.8 mg/g for Mg, respectively, which were much higher than those in the leaf litter. Nutrients absorbed by mushrooms in 2000 was 4,163.1 g · ha⁻¹ · yr⁻¹ for N, 130.1 g · ha⁻¹ · yr⁻¹ for P, 2,568.2 g · ha⁻¹ · yr⁻¹ for K, 12.4 g · ha⁻¹ · yr⁻¹ for Ca, 68.5 g · ha⁻¹ · yr⁻¹ for Mg, respectively.

Key words : Dominant species, Mushroom, Production, Nutrients concentration
