

민자주방망이버섯의 분해와 분해과정에 따른 영양염류의 변화

문형태 · 남궁 정 · 이윤영 · 이종영 · 김정희

공주대학교 자연과학대학 생물학과

적 요: 1998년 11월부터 12월 말까지 참나무림에서 민자주방망이버섯의 분해와 분해과정에 따른 영양염류의 변화를 조사하였다. 자주방망이버섯 속의 민자주방망이버섯은 낙엽분해성 균류로 균륜을 형성하며, 가을부터 초겨울에 걸쳐 활엽수림에 단생 혹은 군생한다. 갓의 지름은 4~12 cm로 연한 자주색이지만 시간이 지남에 따라 퇴색한다. 7주 동안의 분해과정에서 잔존량은 초기 무게의 35%이었다. 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 초기 함량은 각각 67.8 mg/g, 4.1 mg/g, 47.3 mg/g, 0.4 mg/g, 1.5 mg/g으로 특히 질소와 인 그리고 칼륨은 초본식물에 비해 현저히 높았다. 질소, 인, 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘의 잔존률은 각각 초기 값의 26.6%, 37.5%, 28.5%, 35.0% 그리고 91.0%이었다. 버섯은 토양과 낙엽층 속에 널리 퍼진 균사를 통해 영양염류를 흡수하여 자실체에 집중시키고 이 자실체가 단기간에 분해되기 때문에 영양염류의 순환을 빠르게 하며, 이 과정에서 영양염류 재분배가 일어날 수 있다.

검색어: 담자균류, 민자주방망이버섯, 부동화, 분해, 영양염류

서 론

삼림생태계에서 유기물질의 분해는 식물이 필요로 하는 영양염류를 공급하는 중요한 역할을 한다. 낙엽은 분해 미생물인 세균과 균류 그리고 토양에 서식하고 있는 톱토기, 진드기 등을 포함한 다양한 무척추동물의 상호작용에 의해 분해된다 (Swift 1977). 분해 미생물과 분해 소동물들은 낙엽에 비해 잔존기간이 짧고 또한 죽은 후 쉽게 분해되기 때문에 영양염류의 순환 속도를 빠르게 한다.

육상 분해자군집의 구성원 중 낙엽의 완전분해를 주도하는 생물은 균류로써 생태계의 영양염류 순환에 크게 기여하고 있다 (Harley 1972, Stark 1972). 낙엽분해 균류는 균사를 통한 영양염류의 흡수량이 많고 또한 흡수한 영양염류를 균사체에 저장한다. Boddy와 Watkinson(1998)은 질소농도의 구배를 달리한 인공배지에서 균류를 배양할 때 고농도의 질소 배지에서 더 많은 질소를 흡수한다고 발표한 바 있다.

삼림생태계에서 균류는 질소나 인 그리고 칼륨, 칼슘 등의 무기영양염류를 단기간 동안에 자실체에 축적하며 (Cromack *et al.* 1977), 이들 자실체는 조직이 연하기 때문에 짧은 기간에 분해되어 영양염류를 방출한다. 따라서 균류는 광범위하게 퍼져있는 균사를 이용하여 넓은 지역으로부터 영양염류를 흡수하여 자실체에 축적하기 때문에 임상 토양에서 영양염류의 재분배를 유도한다. 균류는 또한 많은 무척추동물의 중요한 에너지원이며 영양염류 공급원이다 (Courtney *et al.* 1990, Cromack *et al.* 1977, Mitchell and Parkinson 1976).

본 연구는 참나무림에서 가을에 출현하면서 균륜을 형성하는 민자주방망이버섯의 분해율과 분해과정에 따른 영양염류의 동태를 조사하여 삼림생태계의 영양염류 순환을 파

악하기 위한 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다. 자주방망이버섯 속의 민자주방망이버섯은 낙엽분해성 균류로 균륜을 형성하며, 갓의 지름은 4~12 cm로 연한 자주색이지만 시간이 지남에 따라 퇴색한다 (박 1991). 민자주방망이버섯은 가을부터 초겨울에 걸쳐 활엽수림에 단생 혹은 군생하는 것으로 알려져 있다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 자주방망이버섯 속의 민자주방망이버섯(*Lepista nuda*)은 1998년 11월 5일에 공주시 금학동 수원지의 분수역에 발달되어 있는 상수리나무림에서 채취하였다. 채취한 버섯은 비닐봉투에 밀봉하여 부서지지 않도록 실험실로 운반한 다음 자루의 밑 부분에 붙어있는 흙과 낙엽을 제거한 뒤 평량하여 mesh 크기가 1×2 mm인 나일론 그물을 이용하여 15×15 cm 크기로 만든 주머니에 넣었다. 총 12개의 버섯주머니를 만들었다. 일부의 버섯을 50℃의 건조기에서 48시간 동안 건조시킨 후 평량하여 수분함량을 계산한 후 마쇄하여 영양염류 분석을 위해 보관하였다. 버섯주머니에 넣은 버섯의 건량은 샘플의 수분함량을 이용하여 계산하였다.

1998년 11월 7일에 버섯을 채취한 현장에 버섯주머니를 설치하였다. 임상의 낙엽을 치우고 버섯이 들어있는 주머니를 놓은 후 낙엽으로 덮어놓았다. 버섯의 분해량과 분해과정에 따른 영양염류 함량의 변화를 파악하기 위해 버섯주머니를 수거하였다. 1차 수거는 설치 후 1주일 후에, 그리고 2차 수거부터는 1차 수거 후 2주일 간격으로 실시하여 7주간 조사하였다.

수거한 버섯은 길에 붙은 이물질을 제거한 후 평량한 다음 50℃ 건조기에서 48시간 동안 건조시킨 후 평량하여 초기 건량에 대한 분해율을 산출하였다. 평량이 끝난 샘플은 막

자사발을 이용하여 마쇄한 후 영양염류 분석에 사용하였다.

영양염류로는 질소와 인 그리고 치환성 양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘을 조사하였다. 질소는 microKjeldahl법으로 정량하였고, 인과 치환성 양이온은 버섯을 습식 분해한 후 인은 ammonium molybdate 법으로 발색시킨 다음 비색 정량하였고, 치환성 양이온은 원자흡수분광광도계(Perkin-Elmer 3110)로 정량하였다 (Allen *et al.* 1974).

시간에 따른 버섯의 분해율 자료와 영양염류 분석 자료를 이용하여 분해과정에 따른 영양염류의 잔존량을 계산하였으며, 이 값이 초기 값보다 많으면 부동화, 적으면 무기화 기간으로 간주하였다 (Kelly and Beauchamp 1987).

결과 및 고찰

버섯의 분해율

민자주방망이버섯의 경우 자실체가 성숙하였을 때 하나의 평균 건량은 약 6.3 g, 수분함량은 평균 $93.2 \pm 0.55(\%)$ 으로 조사되었다. 임상에 버섯분해 주머니를 설치하고 7주가 지난 후 버섯의 잔존량은 처음 무게의 35%이었다 (Fig. 1). 11월과 12월의 지표면 온도가 하절기에 비해 현저히 낮은 것을 감안하면 고등식물의 낙엽에 비해 버섯의 분해가 매우 빠름을 알 수 있다. 하절기에 관찰한 바에 의하면 낙엽층에 형성되는 버섯의 자실체가 쓰러진 후 대부분 1주일 이내에 분해되었다. 낙엽층에 생성되는 대부분의 버섯이 수분함량이 높기 때문에 다른 균류가 쉽게 침입하며, 또한 버섯이 많은 무척추동물의 중요한 에너지원과 영양염류 공급원으로 작용하기 때문인 것으로 판단된다 (Cromack *et al.* 1977, Mitchell & Parkinson 1976).

임상의 낙엽과는 달리 자실체는 대부분 형성된 자리에서 고사하고 분해되기 때문에 주변의 무척추동물상과 토양의 영양염류 분포에 중요한 영향을 줄 것으로 판단된다. 본 조사에서는 조사지역의 연간 버섯 생산량을 파악하지 못하였지만 1998년 10월에 10개의 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 방형구를 설정하였기 때문에 1999년 5월부터 2주 간격으로 버섯의 생산량을 조사하고 있는 중이다. 또한 낙엽층의 온도가 높아 균류 및 토양과 낙엽층에 서식하는 소동물의 활동이 활발한 하절기에 버섯의 분해율을 파악할 예정이다.

영양염류의 변화

민자주방망이버섯의 초기 질소함량은 67.8 mg/g 으로 Mun과 Joo(1994)가 보고한 임상의 상수리나무 낙엽에 비해 현저히 높았다. Mun과 Joo(1994)는 본 연구와 동일한 장소에서 행한 낙엽의 생산과 분해에 관한 연구에서 상수리나무 낙엽의 질소함량이 6월과 7월에 17 mg/g 이었고 낙엽생산량이 최대인 가을에는 12 mg/g 으로 보고한 바 있다. 민자주방망이버섯의 질소함량은 상수리나무림 상층토의 질소함량($2 \sim 3 \text{ mg/g}$)에 비해 20배 이상 높았다 (Lee 1994). 균류는 질산태나 암모니아태의 무기질소를 이용할 뿐만 아니라 낙엽의 표면에 분포되어 있는 많은 균사를 통해 아미노산의 형태로 유기질소를 기질로부터 직접 흡수한다

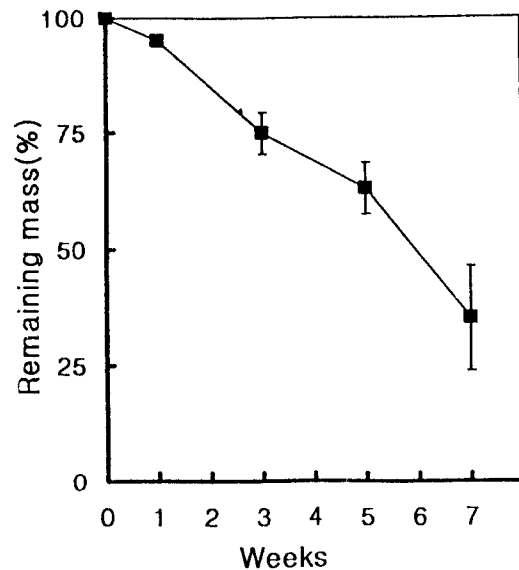


Fig. 1. Mean percent mass remaining in the decomposing *Lepista nuda* litterbags at the oak stand. Bars indicate standard deviation.

(Swift 1977, Dighton and Boddy 1989). 분해과정에 따른 민자주방망이버섯의 질소함량 변화 패턴은 Fig. 2A에서 보는 바와 같이 시간이 지남에 따라 그 값이 증가하였다. 5주가 경과하였을 때 질소함량은 88.9 mg/g 으로 최대를 보인 후 7주가 경과되었을 때에는 51.5 mg/g 으로 초기 값 이하로 급격히 감소하였다. 이러한 현상은 낙엽의 분해과정에서도 볼 수 있지만 단지 소요되는 기간이 낙엽에 비해 매우 짧다는 점이 다르다. 분해과정에 따른 질소 잔존량은 처음 1주 동안에는 질소의 부동화가 일어나지만 그 이후부터는 무기화가 진행되어 7주가 경과하였을 때 질소의 잔존률은 초기 값의 26.6%이었다 (Fig. 2B). 소실된 질소는 다른 균류의 균사 또는 버섯을 포식하는 미소동물에게 전이된 것으로 판단된다.

민자주방망이버섯의 초기 인함량은 4.1 mg/g 으로 매우 높았다. Mun과 Joo(1994)는 본 조사장소와 동일한 지역에서 상수리나무 낙엽의 인 함량이 11월과 12월에 약 0.025 mg/g 으로 보고하였는데, 민자주방망이버섯의 인 함량은 임상의 상수리나무 낙엽에 비해 160배 이상 높았다. 또한 상수리나무림 상층토의 인 함량(약 3 ppm)에 비해서는 1,360배 이상 높은 값이다 (Lee 1994).

분해중인 버섯의 인 함량의 변화 패턴은 질소와 유사하였다 (Fig. 2C). 분해가 진행됨에 따라 인 함량은 증가하여 5주 경과시 5.7 mg/g 으로 최대치를 보였다. 7주가 지났을 때에는 그 값이 4.4 mg/g 으로 낮아졌으나 여전히 초기값보다는 높았다. 분해과정에 따른 인의 잔존률은 그 패턴이 질소와 유사하였다 (Fig. 2D). 초기 1주 동안에는 부동화가 일어나지만 그 이후에는 무기화가 진행되어 7주가 경과

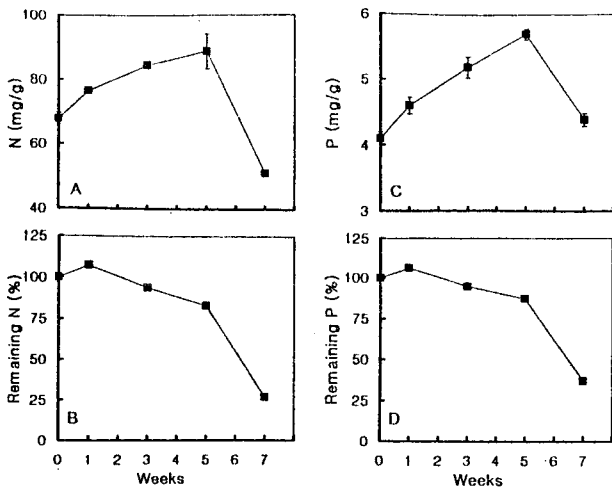


Fig. 2. Changes of N concentration (A), % of remaining N (B), P concentration (C) and % of remaining P (D) in the decomposing mushroom, *L. nuda*.

였을 때의 잔존률은 초기값의 37.6%이었다.

민자주방망이버섯의 초기 칼륨함량은 47.3 mg/g으로 칼슘이나 마그네슘에 비해 현저히 높았다. 균류에서 K⁺의 흡수는 매우 효율적이어서 외부 기질로부터 K⁺흡수가 가능할 경우 5000: 1의 농도구배를 역행하여 흡수할 수 있다 (Boddy and Watkinson 1998). 분해가 진행됨에 따라 버섯의 칼륨함량은 증가하여 5주 경과시 그 값이 79.0 mg/g이 되었다. 이와 같은 증가 현상은 분해중인 버섯을 이용하는 미소동물들의 증식이나 다른 균류의 균사가 형성되기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 7주가 경과하였을 때 38.5 mg/g으로 초기 값보다 낮았다 (Fig. 3A).

버섯의 분해에 따른 칼륨의 잔존률은 5주까지는 초기 값과 유사하였다 (Fig. 3B). 낙엽의 분해과정에서 칼륨은 세탈에 의해 대부분 초기에 그 값이 감소하는 것으로 보고되고 있다 (Swift *et al.* 1979). 그러나 본 조사에서는 질소나 인에 비하여 무기화가 늦은 것으로 나타났다. 본 실험의 경우 기간이 짧았고 또한 실험기간 동안 비가 오지 않았기 때문에 세탈에 의한 감소가 적었던 것으로 판단되나 7주가 경과하였을 때 칼륨의 잔존률은 초기 값의 28.5%로 질소의 경우와 유사하였다. 버섯의 분해과정에 따른 칼륨의 잔존률에 대해서는 더 많은 조사가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

분해과정에 따른 칼슘과 마그네슘의 변화는 다른 영양염류와 그 패턴이 달랐다. 민자주방망이버섯의 초기 칼슘과 마그네슘함량은 각각 0.2 mg/g, 1.5 mg/g으로 칼륨에 비해 그 값이 현저히 낮았다. 또한 분해과정에 따른 변화 패턴도 질소나 인 그리고 칼륨과 달랐는데, 7주 경과시에도 그 값이 계속 증가함을 볼 수 있다 (Fig. 4A, C). 분해과정에 따른 칼슘의 잔존률은 부동화 기간이 없이 거의 직선적으로 감소하여 7주가 지났을 때의 잔존률이 초기값의 35%이었다 (Fig. 4B). 그러나 마그네슘은 처음 1주 동안 미세한 부

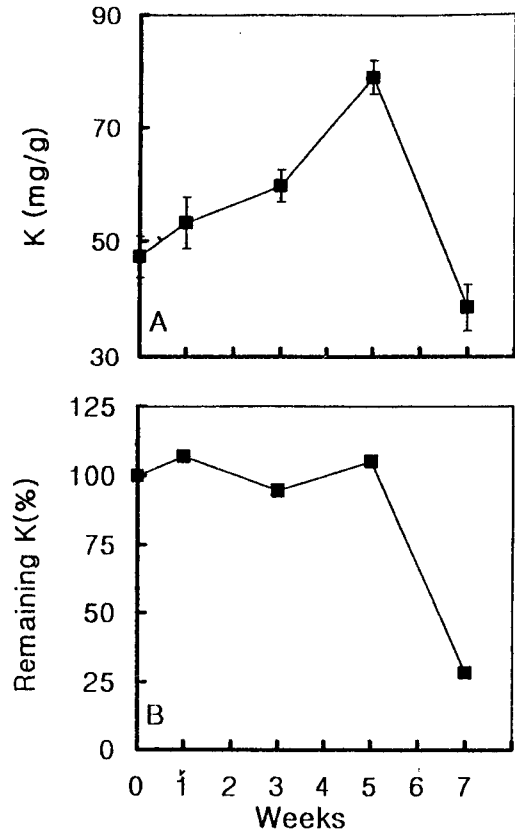


Fig. 3. Changes of K concentration (A) and % of remaining K (B) in decomposing mushroom, *L. nuda*.

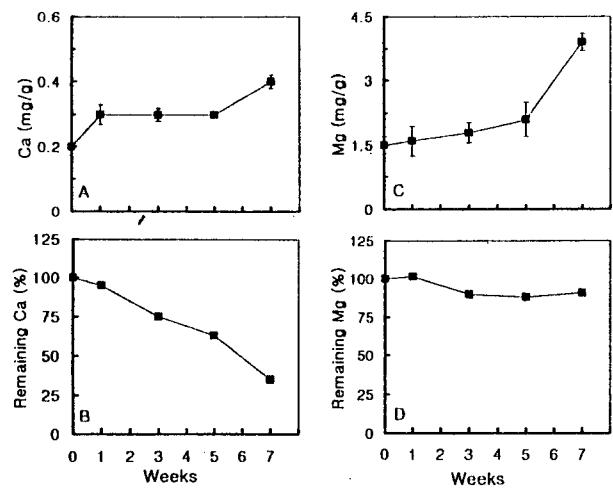


Fig. 4. Changes of Ca concentration (A), % of remaining Ca (B), Mg concentration (C) and % of remaining Mg (D) in decomposing mushroom, *L. nuda*.

동화 기간이 있었으며, 7주가 경과하였을 때의 잔존물이 초기 값의 91%로 다른 영양염류에 비해 무기화가 느린 것으로 나타났다 (Fig. 4D).

Cromack 등(1977)은 대부분의 버섯이 상당량의 칼슘을 축적하는 것으로 보고한 바 있다 (Stark 1972, Todd *et al.* 1973). 토양 소동물들은 그들의 외골격을 유지하기 위하여 상당량의 칼슘이 필요하며(Wallwork 1970, Gist and Crossley 1975), 특히 일부 지렁이의 경우 다량의 칼슘을 필요로 하는 것으로 알려져 있다 (Robertson 1936). 이들은 필요한 칼슘을 대부분 낙엽과 입상의 버섯으로부터 얻고 있다 (Cromack *et al.* 1977).

버섯은 생태계에서 낙엽이나 목재를 분해하는 중요한 분해자 역할을 하고 있다 (Kaarik 1974). 그러나 버섯 그 자체가 토양이나 낙엽으로부터 영양염류를 흡수하고 이들이 다른 분해자에 의해 분해되거나 소동물의 먹이가 됨으로써 생태계의 영양염류 순환이나 재분포에 역할을 한다는 측면은 그리 관심을 갖지 않았다. 지역에 따른 버섯의 종 분포에 대한 다양한 조사 결과가 보고되어 있지만(Hong and Min 1982, Cho and Ryoo 1991, Cho and Kim 1995, Cho 1998), 삼림생태계에 따른 버섯의 생산량에 대한 정량적인 자료가 거의 없다. 또한 버섯의 종류에 따른 영양염류의 함량이나 이들의 분해과정에 대한 자료가 전무한 실정이다.

Kim 등(1996)은 소나무림과 신갈나무림에서 외생균근균과 부생성균의 자실체 건물생산량이 각각 135.0 g/100 m², 235.9 g/100 m², 그리고 돌로마이트를 처리한 경우 소나무림과 신갈나무림에서 각각 169.9 g/100 m², 327.4 g/100 m² 으로 보고한 바 있다. 입상에서 낙엽량에 비하여 버섯의 건량은 매우 적지만 영양염류 함량은 낙엽에 비해 매우 높기 때문에 버섯의 분해는 삼림생태계의 영양염류 동태를 이해하는데 중요한 요인이 된다. 또한 버섯을 에너지원이나 영양염류원으로 이용하는 무척추동물이 많다는 점을 고려하면(Cromack *et al.* 1977), 삼림생태계의 유형에 따른 입상의 버섯 생산에 대한 자료가 생태계의 에너지유전이나 물질순환을 이해하는데, 반드시 필요한 것으로 판단된다.

인용문헌

- Allen, S.E., H.M. Grimshaw, J.A. Parkinson and C. Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell. Oxford.
- Boddy, L. and S. Watkinson. 1998. Wood decomposition, higher fungi and their role in nutrient redistribution. Internet: <http://ifs.plants.ox.ac.uk/Plants/cycling.htm>
- Cho, D.H. 1998. The mycoflora of higher fungi in Mt. Odae National Park. The Report of KACN 38: 193-226.
- Cho, D.H. and H.W. Kim. 1995. The mycoflora of higher fungi of the northern slope area of Mt. Pangtae. The Report of KACN 35: 223-258.
- Cho, D.H. and C.I. Ryoo. 1991. The mycoflora of higher fungi in Mt. Songni. The Report of KACN 29: 237-245.
- Courtney, S.P., T.T. Kibota and T.A. Singleton. 1990. Ecology of mushroom-feeding Drosophilidae. pp. 225-274. In M. Begon, A.H. Fitter and A. Macfadyen. (eds.). Advances in Ecological Research. Vol. 20. Academic Press, New York.
- Cromack, K. Jr., P. Sollins, 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. (ed.). 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 Utilisation by Fungi. Cambridge Univ. Press, Cambridge. U.K. pp. 269-268.
- Gist, C.S. and D.A. Crossley. Jr. 1975. A model of mineral cycling for an arthropod foodweb in a Southeastern hardwood forest litter community. In F.G. Howell and M.H. Smith. (eds.). Mineral Cycling in Southeastern Ecosystems. ERDA Symp. Ser. (CONF. 740513), pp. 84-106.
- Harley, J.L. 1972. Fungi in ecosystems. J. Applied Ecology 8: 627-642.
- Hong, S.W. and K.H. Min. 1982. Fungal flora of Mt. Gyeong, Gangwon Province. The Report of KACN 20: 181-190.
- Kaarik, A.A. 1974. Decomposition of wood. pp. 129-174. In C.H. Dickinson and G.J.F. Pugh. (eds.). Biology of Plant Litter Decomposition. Academic Press, New York. pp.129-174.
- 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, J.H., H.T. Mun, C.S. Lee, Y.S. Kwak, Y.H. Yoo, K.S. Lee, J.W. Kim, H.B. Lee, S.K. Park, J.K. Hwangbo, H. Ryu, K.J. Jee, C.K. Kim, J.H. Kil, H. J. Ryu, J.Y. Kim, J.Y. Park, J.H. Pyo, J.Y. Lee, D. S. Cho. 1996. Selection and breeding of tolerant species and bioindicator to air pollution and acid rain. Institute of Natural Science, SNU.
- Lee, J.Y. 1994. Litter decomposition, soil characteristics and cellulase activity in the *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests. Master Thesis in Kongju National University.

- 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.
- Park, W.H. 1991. Colored fungi of Korea. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd.
- Stark, N. 1972. Nutrient cycling pathways and litter fungi. *Bioscience* 22: 355-360.
- Swift, M.J. 1977. The ecology of wood decomposition. *Sci. Prog., Oxf.* 64: 175-199.
- Swift, M.J. O.W. Heal and J.M. Anderson. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. *Studies in Ecology*. Vol. 5. Univ. of California Press, Berkeley and Los Angeles. 372 p.
- Todd, R.L., K. Cromack, Jr. and G.C. Stormer, Jr. 1973. Chemical exploration of the microhabitat by electron probe microanalysis of decomposer organisms. *Nature (London)* 243: 544-546.
- Wallwork, J.A. 1970. Ecology of soil animals. McGraw Hill, London.

(1999년 6월 29일 접수)

Mass Loss and Changes of Mineral Nutrients During the Decomposition of *Lepista nuda*

Mun, Hyeong-Tae, Jeong Namgung, Yoon-Young Lee,
Jong-Young Lee and Jeong-Hee Kim

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

ABSTRACT: Mass loss and changes of mineral nutrients during decomposition of *Lepista nuda* for 7 weeks from October 7 to December 28 in 1998 were investigated in an oak stand in Kongju, Korea. Content of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium of the fresh *L. nuda* was 67.8, 4.1, 47.3, 0.4 and 1.5 mg/g, respectively. Content of nitrogen, phosphorus and potassium in *L. nuda* were much higher than those in leaf litter. After 7 weeks, remaining mass was 35%. Nitrogen, phosphorus and potassium increased till 5 weeks and then decreased rapidly, however, calcium and magnesium steadily increased during the experimental period. Nitrogen and phosphorus showed a short period of immobilization, and calcium showed no immobilization period during decomposition. After 7 weeks, remaining N, P, K, Ca and Mg was 26.6, 37.5, 28.5, 35.0 and 91.0% of the initial content, respectively. Nutrients could be relocated spatially during the formation and decomposition of fruiting body of Basidiomycetes.

Key words: Basidiomycetes, Decomposition, Immobilization, *Lepista nuda*, Nutrients
