

상수리나무 뿌리 분해 및 분해과정에 따른 영양염류 변화

문 형 태

공주대학교 자연과학대학 생명과학과

적 요: 상수리나무 뿌리의 분해율과 분해과정에 따른 영양염류의 변화를 조사하였다. 33개월 경과 후 뿌리의 분해율은 직경 0.2cm 미만(R₁), 0.5~1cm(R₂), 1~2cm(R₃), 2~4cm(R₄)가 각각 49.6%, 47.5%, 66.4%, 66.1%, 분해상수 *k*는 각각 0.249/yr, 0.234/yr, 0.397/yr, 0.393/yr로 직경이 큰 것의 분해율이 높았다. 상수리나무 뿌리는 유사한 직경의 상수리나무 가지에 비해 분해가 빠른 것으로 나타났다. 분해 과정에 따른 뿌리의 질소 함량은 모든 직경급에서 증가하는 경향을 보였다. 33개월 경과 후 뿌리의 질소 잔존률은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄가 각각 66.5%, 86.7%, 84.4%, 44.4%이었다. 분해중인 뿌리의 인 함량은 분해 초기에 감소하다 후반부에는 증가하는 경향을 보였으며, 33개월 후 인의 잔존률은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄가 각각 64.7%, 62.4%, 93.1%, 30.7%이었다. 분해중인 뿌리의 칼륨 함량은 분해가 진행됨에 따라 초기 값보다 현저하게 감소하였으며, 33개월 경과 후 칼륨의 잔존률은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 각각 11.6%, 10.6%, 5.9%, 7.7%이었다. 분해과정 중 칼슘 함량의 변화는 직경급에 따라 달랐으며, 33개월 경과 후 칼슘의 잔존률은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 각각 66.2%, 51.0%, 39.1%, 48.3%이었다. 뿌리의 마그네슘 함량은 직경이 작을수록 초기 함량이 높았으며, 분해가 진행됨에 따라 R₄에서는 초기값에 비해 함량이 증가하였으나 R₁, R₂, R₃에서는 초기값보다 감소하였다. 33개월 경과 후 마그네슘 잔존률은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 각각 15.3%, 29.9%, 24.6%, 69.4%로 칼슘과는 달리 직경이 큰 뿌리에서 잔존률이 높았다.

검색어: 분해상수, 분해율, 뿌리분해, 상수리나무, 영양염류

서 론

삼림생태계에서 뿌리는 중요한 구조적 그리고 기능적 구성원이며, 지상부 물질생산량 중 많은 양이 뿌리로 분배되기 때문에 탄소와 영양염류의 상당량이 지하부로 이동된다(Chen *et al.* 2000). 유기물 분해는 식물 생장에 필요한 영양염류의 공급원 및 토양의 물리적 성질을 변화시키기 때문에 생태계의 구조와 기능을 결정하는 중요한 요인이 된다(Berg and Agren 1984, Berg and Theander 1984, Kelly and Beauchamp 1987). 삼림생태계에서 유기물의 분해에 관한 연구는 대부분 지상부 낙엽에 국한되어 있고 일부 지상부 목질부의 분해에 관한 연구가 있지만 지하부인 뿌리의 분해와 분해과정에 따른 영양염류의 변화에 관한 연구는 많지 않다. 그 이유는 뿌리의 생산과 분해에 관한 연구가 기술적으로 어렵기 때문이다(Heal *et al.* 1978, Chen *et al.* 2001). 최근에 삼림생태계의 탄소와 영양염류 순환에서 지상부 낙엽 이외에도 뿌리의 역할이 중요하다는 것이 밝혀지고 있으며, 특히 세균의 역할이 강조되어 왔다(Persson 1980, McClaugherty *et al.* 1984, Berg 1984, Vogt *et al.* 1986, Pyo *et al.* 2002, Chen *et al.* 2002). 그러나 세균 이외의 목질성 뿌리의 분해율과 분해과정에 따른 영양염류의 동태에 관한 연구는 많지 않다(Chen *et al.* 2001).

본 연구는 우리나라 삼림의 주종을 이루고 있는 상수리나무

를 대상으로 다양한 직경의 목질부 뿌리 분해율과 분해과정에 따른 영양염류의 변화를 조사하여 삼림생태계의 물질순환을 파악하기 위한 기초 자료를 얻는 데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

조사지 개황

본 연구의 조사지소는 충남 공주에 있는 상수리나무림(*Quercus auctissima* forest)으로 고도 150m, 경사 5~10°의 동사면에 위치하고 있다. 조사지역의 식생 및 조사기간 동안의 연평균 기온과 강수량은 Mun(2004)에 자세히 기술되어 있다.

분해 샘플 제작

1999년 11월에 상수리나무림에서 뿌리를 채집하였다. 줄기에 서부터 뺀어 나간 뿌리를 파낸 후 목질성 뿌리의 경우 10~15 cm 길이로 자른 다음 80 °C 건조기에서 5 일 동안 건조시킨 후 0.2cm 미만(R₁), 0.5~1cm(R₂), 1~2cm(R₃), 2~4cm(R₄)로 구분하였다. 직경 0.5cm 이상의 뿌리는 일정량을 칭량하여 철사로 묶고 무게를 기록한 알루미늄판을 부착하였으며, 0.2cm 미만의 뿌리는 1×2mm 망목의 나일론 망을 이용하여 15×15cm 크기의 주머니를 만든 후 정확한 무게가 기록된 알루미늄판과 함께 넣어 봉하였다. 분해율 측정을 위한 각 직경별 뿌리의 샘플은 각각 45

* Corresponding author; Phone: 82-41-850-8499, e-mail: htmun@kongju.ac.kr

~50개씩을 제작하였으며, 1999년 12월에 상수리나무림의 입상 10cm 깊이에 묻었다.

뿌리의 수거 및 처리

분해샘플은 설치 후 1개월, 3개월 후에, 그 이후 15개월까지는 매 3개월마다, 15개월 이후부터는 매 6개월마다 각 직경급 별로 각각 3개씩 수거하였다. 수거한 샘플은 겉에 묻은 이물질을 제거하고 80°C 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시킨 후 칭량하였으며, 칭량이 끝난 샘플은 마쇄하여 영양염류 분석에 사용하였다. 무게 잔존률은 수거 시 남아있는 잔존량을 처음 무게에 대한 %로 표시하였으며, 분해상수(*k*)는 Brinson 등(1981)의 공식을 이용하여 계산하였다.

$$-k = \ln(X/X_0)/t$$

*X*₀는 뿌리의 처음 무게, *X*는 수거 시 남아있는 무게, *t*는 시간이다.

영양염류 분석

마쇄한 샘플을 밀폐하여 보관한 후 질소, 인, 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘 함량을 분석하였다. 샘플을 block digester를 이용하여 분해한 후 질소와 인은 Flow Injection Analyzer(QuikChem 8000, FIA)로, 치환성 양이온은 원자흡수분광광도계(Perkin-Elmer 3110)로 정량하였다. 분해과정에 따른 각 영양염류의 잔존률은 Kelly와 Beauchamp (1987)에 따라 계산하였다.

결 과

뿌리의 분해율

뿌리는 분해과정 초기에 직선적으로 무게가 감소하였으나 12개월 이후에는 분해율이 낮아졌으며, 상수리나무 가지와는 달리 뿌리는 대체로 직경이 큰 것의 분해율이 높았다(Fig. 1). 샘플 수거의 시기별로 구분해 3월부터 9월, 그리고 9월부터 다음해 3월까지를 각각 하절기와 동절기로 나누어 비교해 보면 동절기보다 하절기의 무게 감소가 더 큰 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 하절기에 분해가 더욱 활발한 것은 하절기의 많은 강수량과 높은 온도에 의해 분해 동물과 균류의 활동이 활발하였기 때문인 것으로 판단된다. 33개월경과 후 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄의 무게 잔존률은 각각 50.4%, 52.5%, 33.6%, 33.9%이었으며, 분해상수 *k*는 각각 0.249/yr, 0.234/yr, 0.397/yr, 0.393/yr로 직경이 큰 뿌리의 분해가 빨랐다.

분해 과정에 따른 영양염류의 변화

질소 : 상수리나무 뿌리의 단위 무게당 질소 함량은 분해가 진행되는 과정에서 부분적으로 감소하는 시기도 있었지만 전체적으로 증가하는 경향을 나타냈다(Fig. 2A). R₁의 경우 초기 질소함량이 6.2mg/g이었으나 12개월 이전까지는 초기값보다 낮은 상태를 유지하다 12개월부터 초기값을 상회하여 33개월이 경과

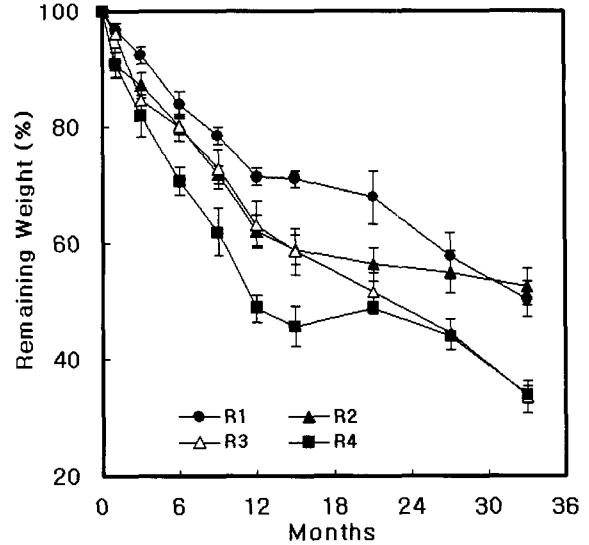


Fig. 1. Mean percent remaining weight in the decomposing roots of *Q. acutissima*. R₁<0.2cm, 0.5cm≤R₂<1cm, 1cm≤R₃<2cm, 2cm≤R₄<4cm. Bars indicate SD.

하였을 때 9.2mg/g으로 증가하였다. R₂와 R₃는 초기값이 R₁에 비해 낮았으나 R₄의 경우 7.7mg/g으로 R₁에 비해 높았다. R₂와 R₃는 3개월 경과시 질소함량이 증가하였으나 15개월까지 감소하다 그 이후 다시 증가하였으며, R₄도 이와 유사한 패턴을 보였다(Fig. 2A).

R₁은 부동화 기간이 없이 계속 무기화가 진행되었지만, R₂와 R₃는 3개월까지 그리고 R₄는 1개월까지 부동화 현상이 나타났고 그 이후에는 모두 무기화 과정을 거쳐 33개월 경과 후 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄의 질소 잔존률은 각각 66.4%, 86.7%, 84.4% 그리고 44.5%이었다(Fig. 2B).

인 : 뿌리의 인 함량은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 초기값이 각각 0.37mg/g, 0.34mg/g, 0.21mg/g, 0.48mg/g이었다. R₁은 분해가 진행되는 동안 인 함량이 감소하여 21개월경과 시 까지 초기값보다 낮았으나 그 이후 초기값 이상으로 증가하여 33개월경과 시 0.47 mg/g이었다. R₂, R₃ 그리고 R₄에서도 초기에 그 값이 감소하다 후반부에 증가하는 것으로 나타났다. 33개월 경과 후 R₂, R₃ 그리고 R₄의 인 함량은 각각 0.41mg/g, 0.49mg/g, 0.43mg/g이었다(Fig. 3A).

뿌리의 인 잔존률은 R₁과 R₂ 그리고 R₄는 부동화 기간이 없었지만 R₃는 부동화 시기를 거쳤다. R₁과 R₂의 경우 33개월경과 시 인 잔존률은 각각 64.8%, 62.4% 이었다(Fig. 3B). R₄는 초기 1개월에 잔존률이 높았으나 그 이후 다른 직경급에 비해 잔존률이 낮았으며, 33개월 경과시 R₄의 인 잔존률은 30.7%이었다.

칼륨 : 뿌리의 분해가 진행됨에 따라 각 직경급에서 칼륨 함량이 감소되었다. R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 초기 칼륨함량은 각각 3.12 mg/g, 2.59mg/g, 2.83mg/g, 2.72mg/g이었으나 33개월이 경

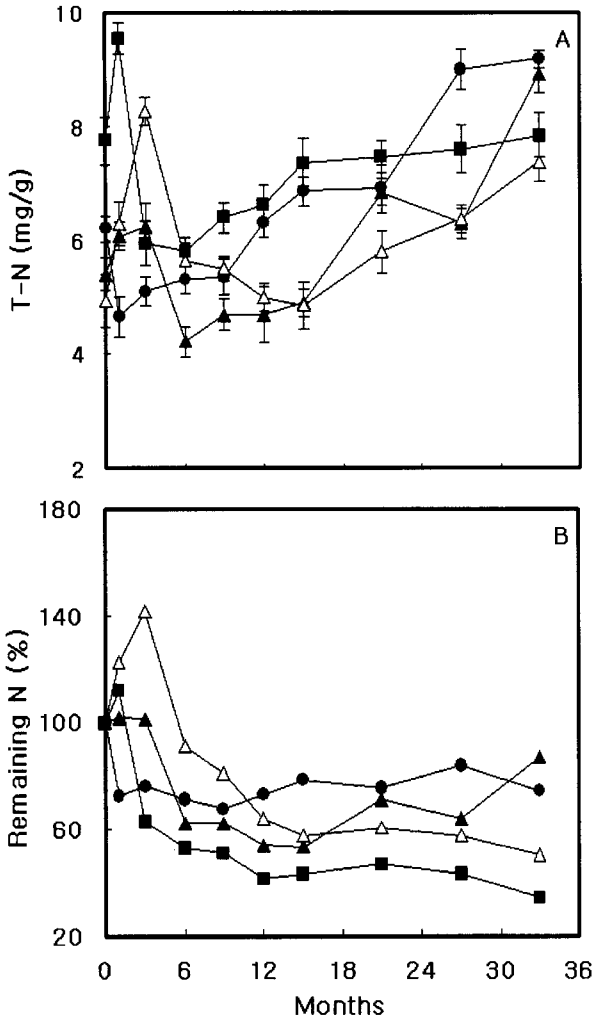


Fig. 2. Changes of N concentration(A) and % of remaining N(B) in the decomposing roots of *Q. acutissima*. Legends are the same as in Fig. 1. Bars indicate SD.

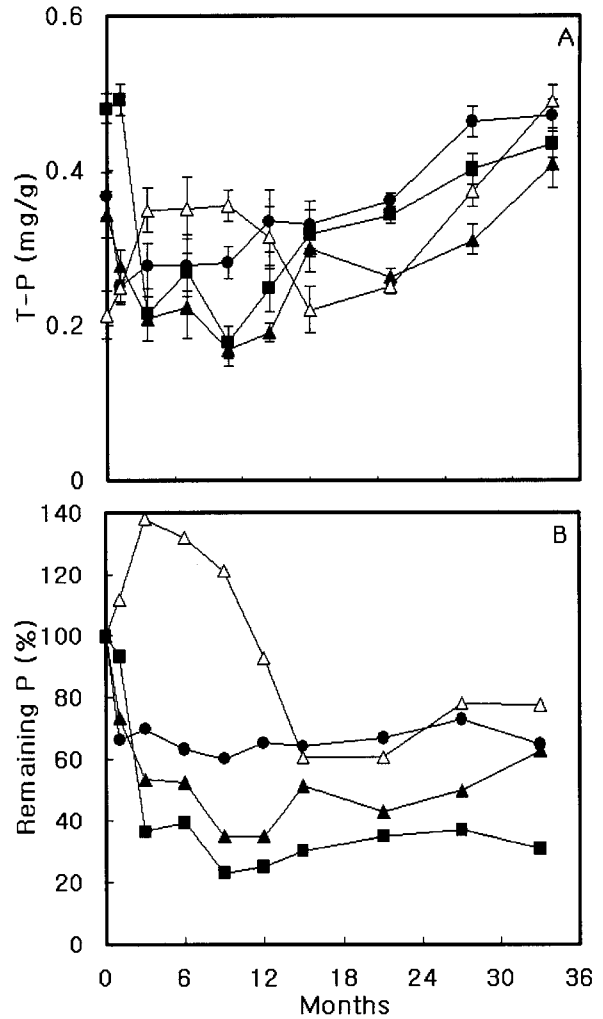


Fig. 3. Changes of P concentration(A) and % of remaining P(B) in the decomposing roots of *Q. acutissima*. Legends are the same as in Fig. 1. Bars indicate SD.

과한 뿌리에서는 그 값이 각각 0.72mg/g, 0.52mg/g, 0.50mg/g 그리고 0.48mg/g으로 감소하였다(Fig. 4A). 분해 초기인 6개월까지는 칼륨 함량이 급속하게 감소하였으나, 그 이후부터는 느리게 감소하였다.

뿌리의 칼슘 잔존률은 R₃에서 초기에 부동화를 보였을 뿐 다른 직경급에서는 모두 무기화 과정을 보였다. 33개월이 경과된 뿌리의 칼슘 잔존률은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 각각 11.6%, 10.6%, 5.9% 및 7.7%로 다른 영양염류에 비해 낮았다(Fig. 4B). 특히 분해가 시작되는 처음 6개월 동안 칼슘의 방출이 급속하게 진행되는 것으로 나타났다.

칼슘 : 상수리나무 뿌리의 칼슘 함량은 가지에 비해 그 값이 낮았다(Mun 2004). 각 직경급 뿌리의 초기 칼슘 함량은 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 각각 4.21mg/g, 4.04mg/g, 4.48mg/g, 4.14mg/g으로 직경급에 따른 차이가 크지 않았다. 분해과정 초기에 칼슘함량

이 증가하여 분해가 진행되는 동안 R₂를 제외하고 초기값보다 높은 값을 유지하였으며, 33개월경과 후 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄에서 각각 5.53mg/g, 3.92mg/g, 5.21mg/g, 5.88mg/g이었다(Fig. 5A).

뿌리의 칼슘 잔존률은 R₁에서 15개월경과 시 까지 계속 부동화를 보였으며, R₂, R₃ 그리고 R₄에서는 6개월경과 시 까지 부동화 현상을 보였다. 33개월경과 후 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄의 칼슘 잔존률은 각각 66.2%, 51.0%, 39.1%, 48.3%이었으며(Fig. 5B), 이는 상수리나무 가지에 비해 낮은 값이었다(Mun 2004).

마그네슘 : 상수리나무 뿌리의 마그네슘 함량은 직경이 작은 수목 초기값이 높아, R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄의 초기 마그네슘 함량은 각각 0.89mg/g, 0.50mg/g, 0.44mg/g, 0.29mg/g이었다(Fig. 6A). 이것은 상수리나무 가지와 유사한 경향이였다(Mun 2004). 분해가 진행되는 동안 직경이 작은 R₁, R₂ 그리고 R₃에서는 그 값이 감소하였으나 직경이 큰 R₄에서는 마그네슘 함량이 증가하여 33

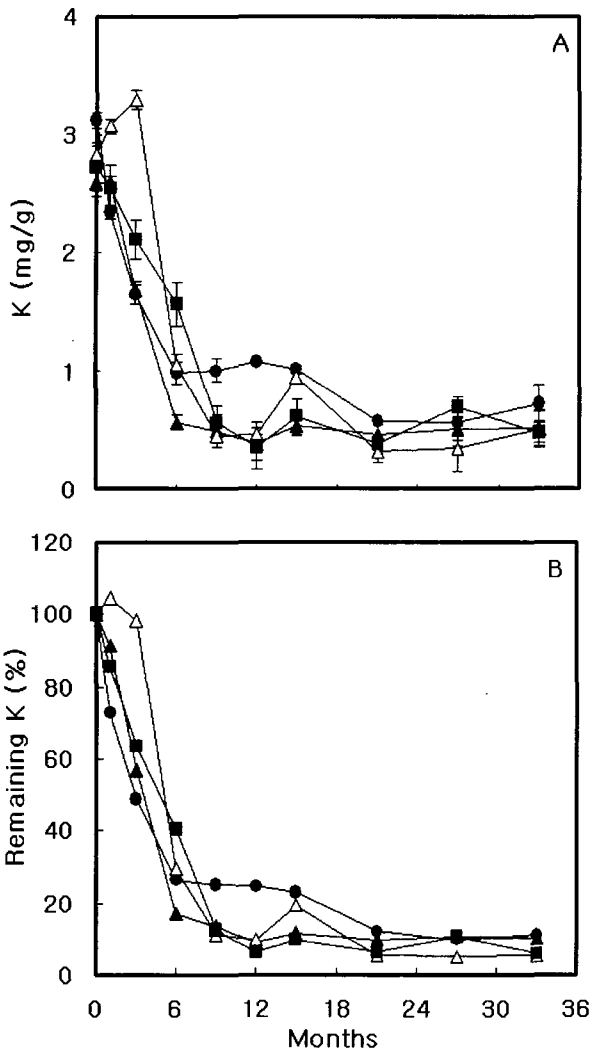


Fig. 4. Changes of K concentration(A) and % of remaining K(B) in the decomposing roots of *Q. acutissima*. Legends are the same as in Fig. 1. Bars indicate SD.

개월이 경과하였을 때 R₁, R₂, R₃ 그리고 R₄의 마그네슘 함량은 각각 0.27mg/g, 0.29mg/g, 0.32mg/g, 0.66mg/g이었다.

마그네슘 잔존률은 R₁의 경우 부동화 기간이 없이 무기화 과정을 거쳐 33개월경과 시 잔존률은 15.3%로 칼륨과 유사한 경향을 보였다. R₂, R₃ 그리고 R₄에서는 분해과정 중에 부동화 기간이 있었으며, 33개월경과 시 잔존률은 각각 29.9%, 24.6% 그리고 69.4%로 직경이 큰 R₄의 잔존률이 가장 높았다(Fig. 6B).

고 찰

낙엽의 분해는 기질의 질을 포함한 다양한 기후환경과 분해자 군집의 영향을 받는다(Heal et al. 1997). 낙엽의 질에 관련된 지수들 중 리그닌/질소 그리고 C/N 비가 낙엽분해를 예측하는 가장 중요한 요인으로 보고되고 있으나 목질부의 분해는 낙엽

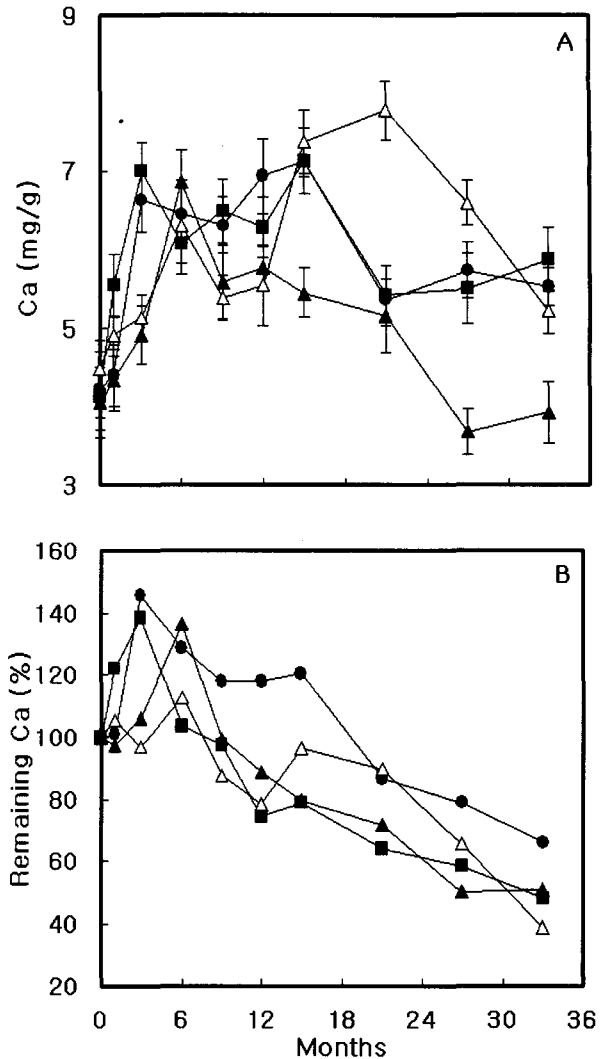


Fig. 5. Changes of Ca concentration(A) and % of remaining Ca(B) in the decomposing roots of *Q. acutissima*. Legends are the same as in Fig. 1. Bars indicate SD.

의 분해와 여러 가지 면에서 차이가 있다. Chen 등(2002)은 이들 지수들이 목질부 뿌리의 분해를 예측하는데 몇 가지 문제점이 있음을 지적하였는데, 첫째, 목질부 뿌리의 경우 식물의 종류에 따라 낙엽에서처럼 리그닌/질소 그리고 C/N 비가 다르지 않고 둘째, 목질부에서 이들 지수의 값이 낙엽의 값과 매우 다르며 셋째, 기질의 질이 시간에 따라 변한다는 것이다. Berg와 Staaf (1980)은 *Pinus sylvestris*의 낙엽 분해에서 초기 단계에서는 낙엽의 영양염류 함량이 분해를 주도하나 후기 단계에서는 리그닌이 주도한다고 보고한 바 있다.

Pyo 등(2002)은 오리나무, 상수리나무 그리고 리기다소나무 세균의 분해실험에서 33개월 경과 시 무게 잔존률이 각각 29.2%, 47.7%, 53.4%로 보고한 바 있으며, 이들 분해율의 차이를 목질부의 질소함량, 단단한 정도, 특정 물질의 함유 등에 기인하는 것으로 해석하였다. 본 조사결과 세균에 해당되는 R₁의 무게 잔

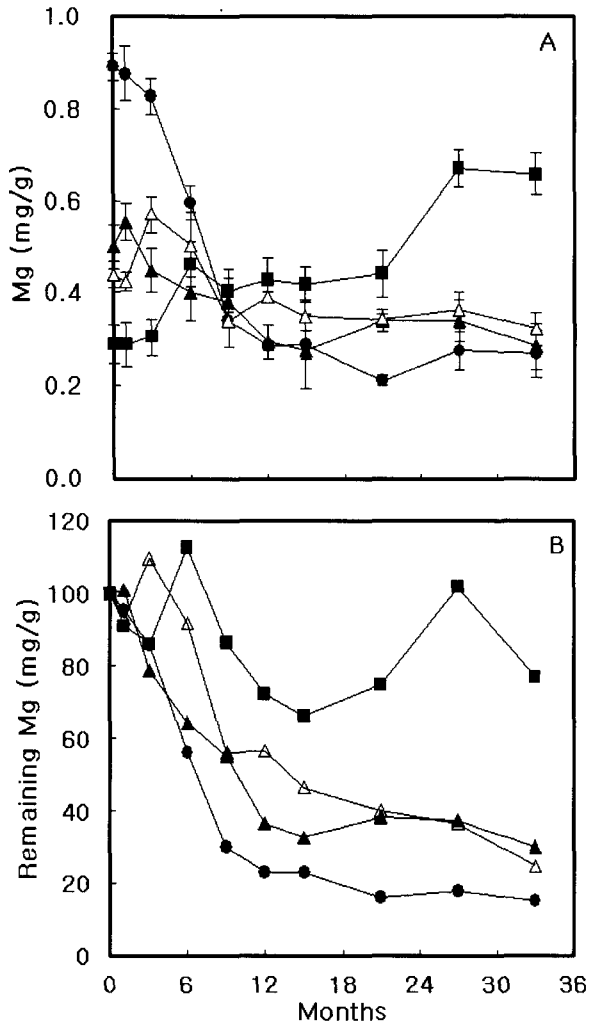


Fig. 6. Changes of Mg concentration(A) and % of remaining Mg(B) in the decomposing roots of *Q. acutissima*. Legends are the same as in Fig. 1. Bars indicate SD.

존율은 49.6%로 Pyo 등(2002)의 상수리나무 세근의 결과와 유사하였으나 오리나무에 비해서는 분해가 늦고 리기다소나무에 비해서는 빠른 것으로 나타났다. 이것은 오리나무 세근의 경우 상수리나무 세근에 비해 질소 함량이 높기 때문이며(Berg *et al.* 1982), 리기다소나무 세근은 레진을 함유하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 많은 사람들이 세근의 분해가 빠른 것으로 보고한 바 있으나(Persson 1980, McClaugherty *et al.* 1984, Hendrick *et al.* 1992), 본 실험의 결과 오히려 직경이 큰 뿌리의 분해율이 세근에 비해 높은 것으로 나타났다. 이것은 뿌리의 직경급에 따른 화학적 구성원의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다(Mun and Whitford 1998).

분해 중인 뿌리의 무게감소는 유사한 직경급의 상수리나무 가지에 비해 빠른 것으로 나타났다. 2~4cm 직경의 뿌리는 33개월경과 후 잔존율이 33.9%인데 비해 3~4cm 직경급의 가지는 잔존율이 55.5%이었다(Mun 2004). 이들 뿌리와 가지의 초기질소

함량은 각각 7.7mg/g과 4.4mg/g으로 뿌리에서 높아 뿌리의 분해가 빠른 원인 중의 하나이지만 뿌리는 10cm 깊이의 토양에 묻혀 있었기 때문에 뿌리의 분해 환경이 가지에 비해 양호한데도 일부 원인이 있는 것으로 판단된다. Chen 등(2001)은 뿌리의 직경급에 따른 분해율의 차이가 없는 것으로 보고한 바 있고, Mun (2004)은 상수리나무 가지의 분해율 조사에서 직경급에 따른 분해율의 차이가 크지 않았지만 직경이 작은 가지의 분해가 빠른 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서는 직경이 큰 뿌리의 분해가 빠른 것으로 나타났는데, Chen 등(2001)의 경우 벌목 후 46년 된 그루티기를 대상으로 조사된 것이고 본 연구는 약 3년 동안의 단기적인 결과이기 때문이라고 사료된다.

상수리나무 가지와 뿌리의 질소와 인 함량은 작은 직경급에서는 가지가 그리고 큰 직경급에서는 뿌리에서 함량이 높았다. 0.5~1cm 직경급에서는 뿌리에 비해 가지의 분해가 빠른 것으로 나타났다. 질소 잔존율은 가지에 비해 뿌리에서 낮았는데, 특히 직경이 3~4cm의 가지에서는 33개월경과 후 질소 잔존율이 104.4%이었는데 비해 직경이 2~4cm인 뿌리는 잔존율이 44.5%로 분해가 진행되는 동안 가지보다는 뿌리에서 많은 양의 질소가 무기화되는 것으로 판단된다(Mun 2004). 상수리나무 뿌리의 인 함량은 R₄ 직경급은 가지(3~4cm)에 비해 높았으나 다른 직경급에서는 가지에 비해 인 함량이 낮았다.

분해 중인 낙엽의 칼륨함량은 초기에 신속히 감소하는 것으로 보고된 바 있다(Gosz *et al.* 1973, Brinson 1977, Swift *et al.* 1979, Klemmedson *et al.* 1985, Kelly and Beauchamp 1987, Mun *et al.* 2000). 목질부 뿌리의 경우에도 낙엽과 유사한 경향을 보였으며, 가지에서도 분해과정 초기에 신속히 감소하는 것으로 나타났다(Mun 2004). 그러나 Lee(1998)는 상수리나무 줄기의 분해 과정에서 칼륨이 분해 초기에 초기값에 비해 크게 증가한 후 서서히 감소하여 54개월 경과한 샘플에서는 거의 초기 함량과 유사하다고 보고하였으며, 54개월이 경과한 상수리나무 줄기의 칼륨 잔존율이 20.2%로 보고한 바 있다.

Lee(1998)는 상수리나무 줄기의 분해과정에서 칼슘 함량이 분해과정 후반부에 증가하여, 54개월 경과 후 그 잔존율이 초기값의 약 3배에 이른다고 보고하였다. 상수리나무 가지 분해에서도 분해가 진행됨에 따라 칼슘함량이 증가하였으며(Mun, 2004), 본 연구결과에서도 같은 경향을 보였다. 마그네슘의 초기 함량은 칼륨과 칼슘에 비해 그 값이 현저히 낮았으며, 이것은 상수리나무 가지에서도 같은 경향이였다(Mun 2004). 칼슘과는 달리 분해가 진행됨에 따라 뿌리의 마그네슘 함량이 감소하였으나 직경이 큰 뿌리에서는 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 현상은 상수리나무 가지에서도 유사하였다(Mun 2004).

임목이 성장함에 따라 임상에 이입되는 고사한 가지의 양이 증가하고, 자연적인 고사목과 태풍이나 폭설 등에 의해 쓰러지는 나무 등으로 임상에는 낙엽 이외에 상당량의 목질부가 축적되고 있다. 이들 고사한 목질부는 미소서식체를 형성하여 생태계의 종 다양성을 증가시키고 장기적인 분해과정을 통해 토양에 유기물을 공급하여 토양의 이화학적 성질을 변화시킨다(Triska

and Cromack 1980, Harmon *et al.* 1986). 국내에서는 임상에 있는 고사한 목질부의 현존량을 추정하거나 이들의 분해율 및 분해 과정에 따른 영양염류의 변화에 대한 연구가 거의 없으며, 목질 부 뿌리의 분해에 관한 연구도 전무한 실정이다. 삼림생태계의 탄소순환을 정량적으로 파악하기 위해서는 이 분야의 연구가 필요한 것으로 판단된다.

인용문헌

- Berg, B. 1984. Decomposition of root litter and some factors regulating the process: long-term root decomposition in Scots pine forest. *Soil Biol. Biochem.* 16: 609-617.
- Berg, B. and G. Agren. 1984. Decomposition of needle litter and its organic chemical components: theory and field experiments. Long-term decomposition in a Scots pine forest III. *Can. J. Bot.* 62: 2880-2888.
- Berg, B. and H. Staaf. 1980. Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter II. The influence of chemical composition. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 32: 373-390.
- Berg, B., B. Wessen and G. Ekbohm. 1982. Nitrogen level and decomposition in Scots pine needle litter. *Oikos* 38: 291-296.
- Brinson, M.M., A.E. Lugo and S. Brown. 1981. Primary productivity, decomposition and consumer activity in freshwater wetlands. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 12: 123-161.
- Chen, H., M.E. Harmon and R.P. Griffiths. 2001. Decomposition and nitrogen release from decomposing woody roots in coniferous forests of the Pacific Northwest: a chronosequence approach. *Can. J. For. Res.* 31: 246-260.
- Chen, H., M.E. Harmon, R.P. Griffiths and B. Hicks. 2000. Effects of temperature and moisture on C respired from decomposing woody roots. *For. Ecol. Manage.* 138: 51-64.
- Chen, H., M.E. Harmon, J. Sexton and B. Fasth. 2002. Fine-root decomposition and N dynamics in coniferous forests of the Pacific Northwest, U.S.A. *Can. J. For. Res.* 32: 320-331.
- Gosz, J.R., G.E. Likens and F.H. Formann. 1973. Nutrients release from decomposing leaf and branch litter in Hubbard Brook forest. *New Hampshir. Ecol. Monogr.* 43: 173-191.
- Harmon, M.E., J.F. Franklin, F.J. Swanson, P. Sollins, S.V. Gregory, J.D. Lattin, N.H. Anderson, S.P. Cline, N.G. Aumen, J.R. Sedell, G.W. Lienkaemper, K. Cromack, Jr. and K.W. Cummins. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* No. 15. pp. 133-302.
- Heal, O.W., P.M. Latter and G. Howson. 1978. A study of the rates of decomposition of organic matter. *In: O.W. Heal and D.F. Perkins.(eds.). Production ecology of British Moors and Montane Grasslands.* pp. 136-459. Springer-Verlag, New York.
- Hendrick, R.L. and K.S. Pregitzer. 1992. The demography of fine roots in a northern hardwood forest. *Ecology* 73: 1094-1104.
- 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.
- Klemmedson, J.O., C.E. Meir and R.E. Campbell. 1985. Needle decomposition and nutrient release in Ponderosa pine ecosystem. *Forest Sci.* 3: 647-660.
- Lee, J.Y. 1998. Decay rate and nutrients dynamics during wood decomposition. M.S. Thesis, Kongju National University. 32 p.
- McClagherty, C.A., J.D. Aber and J.M. Melillo. 1984. Decomposition dynamics of fine roots in forested ecosystems. *Oikos* 42: 378-386.
- Mun, H.T. 2004. Decay rate and nutrients dynamics during decomposition of oak branches. *Korean J. Ecol.* 27: 93-98.
- Mun, H.T., J. Namgung and J.H. Kim. 2000. Mass loss and change of nutrients during the decomposition of *Phragmites communis*. Submitted to *Korean J. Ecol.* 23: 157-161.
- Mun, H.T. and W.G. Whitford. 1998. Changes in mass and chemistry of plant roots during long-term decomposition on a Chihuahuan Desert watershed. *Biol. Fertil. Soils* 26: 16-22.
- Persson, H. 1980. Spatial distribution of fine-root growth, mortality and decomposition in a young Scots pine stand in Central Sweden. *Oikos* 34: 77-87.
- Pyo, J.H., C.H. Shin, J. Namgung, J.H. Kim and H.T. Mun. 2002. Weight loss and nutrients dynamics during the decomposition of fine roots. *Korean J. Ecol.* 25: 41-44.
- 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. 372 p.
- Triska, F.J. and K. Cromack. 1980. The role of wood debris in forests and streams. *In: Fresh perspectives from ecosystem analysis. Proceedings 40th Biology Collection(1979) I.* R.H. Waring. (ed.). Oregon State Univ. Press. Corvallis. pp. 171-190.
- Vogt, K.A., C.C. Grier and D.J. Vogt. 1986. Production, turnover and nutrient dynamics of above- and below-ground detritus of world forests. *Adv. Ecol. Res.* 15: 303-366.

(2004년 4월 21일 접수; 2004년 5월 21일 채택)

Decay Rate and Nutrients Dynamics during Decomposition of Oak Roots

Mun, Hyeong-Tae

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

ABSTRACT : Weight loss and nutrients dynamics during decomposition of oak roots (diameter classes: $R_1 < 0.2\text{cm}$, $0.5\text{cm} < R_2 < 1\text{cm}$, $1\text{cm} < R_3 < 2\text{cm}$, $2\text{cm} < R_4 < 4\text{cm}$) (*Quercus acutissima*) were studied for 33-months in Kongju, Korea. After 33-months, decomposition rate of R_1 , R_2 , R_3 and R_4 was 49.6%, 47.5%, 66.4% and 66.1%, respectively. The decomposition constant(k) for R_1 , R_2 , R_3 , and R_4 was 0.249/yr, 0.234/yr, 0.397/yr and 0.393/yr, respectively. Larger diameter class of the root lost more weight than smaller diameter class. N concentration in decomposing oak roots increased in all diameter classes. After 33-months, remaining N in R_1 , R_2 , R_3 and R_4 was 66.5%, 86.7%, 84.4% and 44.4%, respectively. P concentration in decomposing oak roots decreased in early part of decomposition and then increased in later stage of decomposition. After 33-months, remaining P in R_1 , R_2 , R_3 and R_4 was 64.7%, 62.4%, 93.1% and 30.7%, respectively. K concentration in decomposing oak roots decreased rapidly in early stage of decomposition. Remaining K in R_1 , R_2 , R_3 and R_4 was 11.6%, 10.6%, 5.9% and 7.7%, respectively. Ca concentration in decomposing oak roots showed different among diameter classes. After 33-months, remaining Ca in R_1 , R_2 , R_3 and R_4 was 66.2%, 51.0%, 39.1% and 48.3%, respectively. Initial concentration of Mg in oak root was higher in smaller diameter class. After 33-months, remaining Mg in R_1 , R_2 , R_3 and R_4 was 15.3%, 29.9%, 24.6% and 69.4%, respectively.

Key words : Decay rate, Decomposition constant, Nutrients, *Quercus acutissima*, Root decomposition
