

## 시비가 상수리나무 임분의 낙엽낙지량에 미치는 영향

박진영<sup>1</sup> · 김춘식<sup>2\*</sup> · 정재엽<sup>2</sup> · 변재경<sup>3</sup> · 손요환<sup>4</sup> · 이명종<sup>5</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 남부산림연구소, <sup>2</sup>진주산업대학교 산림자원학과, <sup>3</sup>국립산림과학원 임지보전과, <sup>4</sup>고려대학교 환경생태공학부, <sup>5</sup>강원대학교 산림자원학부

## Effect of Fertilization on Litterfall Amounts in a *Quercus acutissima* stand

Jin Young Park<sup>1</sup>, Choonsig Kim<sup>2\*</sup>, Jaeyeob Jeong<sup>2</sup>, Jae Kyung Byun<sup>3</sup>, Yowhan Son<sup>4</sup> and Myong Jong Yi<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Southern Forest Research Center, Jinju 660-300, Korea

<sup>2</sup>Department of Forest Resources, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

<sup>3</sup>Division of Forest Soils, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

<sup>4</sup>Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

<sup>5</sup>Division of Forest Resources, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**요 약:** 성숙한 28년생 상수리나무 임분을 대상으로 5수준의 복합비료[3:4:1처리구(100 kg N/ha, 130 kg P/ha, 33 kg K/ha), 6:4:1, 2:2:1, 3:8:1, 3:4:2]와 무시비구(대조구)를 설치하고 3년간 연속 시비처리한 후 낙엽낙지량 변화를 조사한 결과, 엽량의 경우 3:4:1처리구가 4,015 kg/ha/yr으로 3:8:1처리구의 2,874 kg/ha/yr에 비해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 높았다. 그러나 나머지 시비처리구인 2:2:1, 3:4:2, 6:4:1처리구의 경우 대조구와 유의적인 차이( $P > 0.05$ )가 없었다. 총 낙엽낙지량의 경우 3:8:1처리구 4,206 kg/ha/yr, 2:2:1처리구 4,992 kg/ha/yr, 6:4:1처리구 5,372 kg/ha/yr, 무시비구 5,456 kg/ha/yr, 3:4:1처리구 5,840 kg/ha/yr, 3:4:2처리구 6,015 kg/ha/yr 순으로 나타났으며 3:8:1처리구가 타 시비처리구나 대조구에 비해 유의적으로( $P < 0.05$ ) 작게 유입되었다. 총 낙엽낙지량에 대한 엽량의 비율은 3:4:1, 6:4:1, 3:8:1처리구의 경우 약 66%이상으로 대조구 61%에 비해 높게 나타났다. 본 연구결과에 따르면 성숙한 상수리나무 임분의 낙엽낙지량은 여러 가지 시비수준별 차이가 있는 것으로 나타났다.

**Abstract:** This study was carried out to evaluate litterfall amounts in a 28-year old *Quercus acutissima* stand at various levels of fertilization. The levels of fertilization were control, 3:4:1 (100 kg N/ha, 130 kg P/ha, 33 kg K/ha), 3:8:1, 3:4:2, 6:4:1, and 2:2:1, respectively. Fertilizers were applied for 3 years. Litterfall amounts following 3-year fertilization were significantly different among various levels of fertilization. Leaf litter was significantly higher ( $P < 0.05$ ) in 3:4:1 (4,015 kg/ha/yr) than in 3:8:1 treatments (2,874 kg/ha/yr), whereas other treatments showed no significant differences ( $P > 0.05$ ). Total litterfall amounts throughout the study period were 4,206 kg/ha/yr in 3:8:1, 4,992 kg/ha/yr in 2:2:1, 5,372 kg/ha/yr in 6:4:1, 5,456 kg/ha/yr in control, 5,840 kg/ha/yr in 3:4:1 and 6,015 kg/ha/yr in 3:4:2 treatments, respectively. Proportion of leaf litter was more than 66% of total litterfall in 3:4:1, 6:4:1, and 3:8:1 treatments compared with 61% in the control. These results indicated that litterfall amounts in a *Q. acutissima* stand were affected by various levels of fertilization.

**Key words :** forest fertilization, litterfall, nutrient cycling, *Quercus acutissima*

### 서 론

산림생태계 내 낙엽낙지의 정량화는 낙엽낙지 분해과정을 통한 양분의 순환적인 관점뿐만 아니라 산림 내 탄소유입 및 토양 내 유기탄소 공급원으로서의 기능을 평가

하는데 중요한 위치를 차지한다(Bray and Gorham, 1964; Berg and Laskowski, 2006). 그러나 낙엽낙지량은 임령, 임분종류, 임분밀도, 위도, 기후요인(Bray and Gorham, 1964; Berg and Laskowski, 2005; Starr et al., 2005) 뿐만 아니라 간벌(Blanco et al., 2006)이나 시비(Vose and Allen, 1991) 같은 산림경영 활동 등에 의해서도 상당한 차이를 보이는 것으로 알려져 있다.

\*Corresponding author  
E-mail: ckim@jinju.ac.kr

산림경영적인 측면에서 시비는 산림생산력 증대를 위한 일반적인 산림시업방법으로 유령림의 경우 조림목의 성장을 촉진하여 임목의 활착과 풀베기 작업을 단축하는 효과가 있으며, 성목시비는 임목에 직접적인 양분공급에 의한 질적·양적 성장촉진효과 뿐만 아니라 산림생태계의 낙엽낙지랑, 낙엽 내 양분함량, 유기물층의 분해촉진효과 등(Vitousek, 1982; 주진순 등, 1983; Mcneil et al., 1988) 다양한 형태의 변화를 초래하여 산림생태계의 양분순환과정에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Ward and Bowersox, 1970; 이천용과 박봉우, 1988; O'connell and Grove, 1993). 그러나 시비에 따른 낙엽낙지랑 변화는 수종 간에 다양한 반응을 보여(Vose and Allen, 1991) 리기다소나무림과 낙엽송림의 경우, 질소와 인 시비 후 낙엽낙지랑은 시비처리구와 대조구 사이에 차이가 없었으나(이임균과 손요환, 2004; 이임균과 손요환, 2006; Kim 2008), 테다소나무의 낙엽낙지랑은 시비에 의해서 상당한 변화를 보였고 특히 엽량의 경우 질소 시비 후 대조구에 비해 약 30% 증가한 것으로 보고되고 있다(Vose and Allen, 1991).

시비에 따른 임목의 성장 반응은 광합성 기관인 엽량 증가와 밀접한 관계를 가지기 때문에 시비 후 임목의 질적, 양적생장에 영향을 미칠 수 있는 엽량의 정량적인 평가는 임목의 성장 반응과 시비 효과해석에 중요한 의미를 갖는다. 그러나 임목이나 임분 내 엽량의 정량적인 평가는 임목 별채같은 파괴적인 방법을 포함하기 때문에 낙엽낙지의 수집을 통한 엽량의 정량화는 비파괴적 방법으로 시비에 따른 엽량변화를 구명할 수 있는 수단이 될 수 있다. 본 연구는 우리나라 온대 낙엽활엽수림의 주요 참나무류로서 용재적 가치뿐만 아니라 종실, 표고골목 등 다양한 이용가치가 있으며 중요한 경제수종인 상수리나무를 대상으로 복합비료(N, P, K)를 시비 처리하여 시비가 낙엽낙지랑 변화에 미치는 영향을 조사하기 위한 목적으로 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

본 연구는 충청북도 청원군 낭성면 추정리 산 114번지

에 소재하는 국유림을 대상으로 실시하였다. 조사지인 상수리나무 임분은 약 1.5 ha정도의 면적에 분포하는 천연림으로 평균 임령은 약 28년의 성숙림에 도달하였고 최근 수년간 산불이나 산림병해충 같은 산림재해가 발생하지 않았으나, 조사가 실시되기 약 5년 전인 2000년에 숲 가꾸기사업이 실시되어 임분밀도 조절과 형질불량목이 제거된 임분이다. 조사지의 표고는 430 m이며, 약 25° 경사지로 서쪽사면에 위치하였다. 이 지역 연평균 강수량은 1,225 mm, 연평균 기온은 12.0°C로서 우리나라 연평균강수량 1,310 mm, 연평균 기온 12.3°C에 비해 낮게 나타났다(기상청 2001). 상수리나무 외에 출현하는 주요 식생으로 교목층의 경우 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 갈참나무(*Quercus aliena*), 느릅나무(*Ulmus davidiana var. japonica*), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 관목층은 화살나무(*Euonymus alatus*), 찔레꽃(*Rosa multiflora*), 고광나무(*Philadelphus schrenkii*), 개웃나무(*Rhus trichocarpa*), 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*), 고추나무(*Staphylea bumalda*) 등이 분포하였다.

이 지역 토양은 퇴적암인 사질천매암 및 이질암을 모재로 생성된 암적갈색약건산림토양형(DRb)이 분포하고 있다. 2002년에 조사된 토양특성 중 토양 입경분포는 미사의 함량이 70%이상으로 높게 나타났으며 토성은 미사토나 미사질 양토가 분포하고 있다(Table 1). 토양의 화학적 특성 중 A층의 토양 pH는 5.7, B층 5.5로서 임목생육에 양호한 토양 pH 수준을 보이고 있으며 토양 유기물이나 전질소 함량도 비교적 높은 편이다. 그러나 유효 인산의 경우 8 ppm이하로 나타나 인의 함량이 일반 산림토양에 비해 매우 낮은 반면에 CEC, 치환성 양이온 등은 임목 생육을 제한할 정도의 수준은 아니었으며 인을 제외하고는 토양비옥도가 높은 수준이었다.

### 2. 시비처리수준 및 낙엽낙지랑 조사

시비처리는 N:P:K를 각각 3:4:1, 6:4:1, 2:2:1, 3:8:1, 3:4:2의 비율로 처리한 5개의 시비수준과 대조구 등 총 6 수준으로 구성되었고 산복에서 산록방향으로 각 처리구 별 3개의 20 m×20 m의 정방형 조사구(총 18개 처리구)와, 시비처리구 사이는 처리간의 영향을 최소화하기 위해 5 m 크기의 완충지대를 설치하였다. 시비수준별 처리에 사

Table 1. Soil physico-chemical properties in a *Quercus acutissima* stand (n=18).

Horizon	Sand	Silt	Clay	Soil pH (H <sub>2</sub> O)	Organic matter (%)	Total nitrogen (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	CEC (cmolc/kg)	Exchangeable (cmolc/kg)			
	(%)	(%)	(%)						K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
A	16.8 (1.25)	74.5 (1.87)	8.7 (0.8)	5.7 (0.1)	4.9 (0.4)	0.3 (0.02)	7.6 (0.8)	15.0 (0.5)	1.1 (0.06)	0.11 (0.003)	6.12 (0.84)	1.52 (0.13)
B	18.7 (1.15)	70.2 (1.29)	11.1 (0.5)	5.5 (0.1)	3.2 (0.3)	0.2 (0.02)	5.8 (0.6)	14.0 (0.4)	0.84 (0.05)	0.11 (0.003)	3.58 (0.77)	1.07 (0.10)

\*Values in parenthesis are one stand error

Table 2. Stand characteristics of fertilization treatment plots in a *Quercus acutissima* stand (n=3).

Treatment	Tree density (trees/ha)	Mean DBH (cm)	Mean height (m)	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)
Control	250 (76)	22.8 (0.60)	17.3 (1.30)	11.1 (3.54)
3:4:1	283 (30)	20.1 (1.55)	17.0 (1.46)	9.7 (1.21)
6:4:1	342 (58)	20.5 (0.95)	17.4 (1.29)	11.5 (1.07)
2:2:1	367 (68)	22.8 (0.13)	19.0 (0.29)	15.5 (2.75)
3:8:1	250 (63)	21.3 (1.18)	18.8 (2.11)	8.9 (1.23)
3:4:2	342 (36)	20.2 (1.12)	17.4 (1.58)	11.8 (1.60)

\*Values in parentheses are one stand error

용된 질소질 비료는 요소(N, 46%), 인산질 비료는 용과린(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20%), 칼륨질 비료는 염화加里(K<sub>2</sub>O, 60%)를 혼합하여 사용하였다. 각 처리구에 대한 시비처리는 2002년 4월 하순부터 5월 중순에 1차 시비하였고, 2004년까지 3년 연속 시비하였다. 산지시비 시 시비기준량은 수종, 성장상태, 임분밀도, 토양환경조건에 따라 다르지만 본 연구에서는 이 지역 임분 상태 및 토양조건을 고려하여 우리나라 산림지역의 성숙임분 시비기준량인 질소 112 kg/ha, 인산 150 kg/ha, 칼륨 38 kg/ha(이원규 등 1983, 주진순 등 1983)에 근접하게 3:4:1 처리구의 경우 성분량을 기준으로 질소를 ha당 100 kg, 인산 130 kg, 칼륨 33 kg을 등고선 방향으로 골을 파고 시비하였다.

2005년 조사된 상수리나무 임분의 각 시비처리구별 평균 임분밀도의 경우 대조구와 3:8:1처리구의 250본/ha에서 2:2:1처리구의 367본/ha 까지 분포하고 있으며, 천연림이지만 임분밀도가 낮게 나타난 것은 시비처리 전(2000년) 숲가꾸기 사업이 실시되었기 때문이다. 각 처리구간 평균 흉고직경의 경우 시비처리구가 20.1 cm에서 22.8 cm, 대조구가 22.8 cm로 시비처리구 사이에 평균 흉고직경 차이는 크지 않았다(Table 2). 임분밀도, 평균흉고직경, 평균수고 등의 인자가 시비처리구간 차이가 크지 않았던 것과는 대조적으로 각 처리구내 임목의 흉고단면적 합은 3:8:1처리구의 경우 8.9 m<sup>2</sup>/ha, 2:2:1처리구의 15.5 m<sup>2</sup>/ha까지 다양한 분포를 보이고 있다.

시비에 따른 낙엽낙지량은 2005년 5월 15일 수집면적 0.25 m<sup>2</sup>의 원형 littertrap을 지상으로부터 60 cm 높이에 각 처리구 당 3개씩(총 54개) 설치하여 2005년 5월부터 2006년 5월까지 동절기를 제외하고 1년 동안 8회(2005년 6월 19일, 7월 23일, 8월 23일, 9월 24일, 10월 22일, 12월 3일, 2006년 3월 19일, 5월 13일) 낙엽낙지를 수집하였다. 수집된 낙엽은 지퍼백에 넣어 실험실로 운반한 후 65°C 건조기에서 48시간 이상 건조하였으며 건조된 낙엽낙지 시료는 잎, 가지, 수피, 열매 등 각 기관별로 분류하여 무게를 측정 후 ha당 양으로 환산하였다.

본 연구에서 시비처리 간 낙엽낙지량 차이분석은 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 유의성  $P=0.05$  수준

에서 검정하였으며 처리간에 유의성이 인정되는 경우 처리평균 간의 비교는 Duncan방법을 이용하였다(SAS, 1988).

## 결 과

### 1. 시비수준별 낙엽낙지량 월별 동태

시비수준별 낙엽낙지량의 월별 동태를 조사한 결과 잎, 꽃, 열매, 기타물질, 총 낙엽낙지량은 뚜렷한 월별 변화를 보이고 있으나, 수피 및 가지 등과 같은 목질부와 관련된 기관은 계절적인 경향이 없이 비교적 고르게 나타났으며 시비수준에 따른 차이도 크지 않았다(Figure 1). 잎의 경우 모든 처리구에서 10월 22일에서 12월 2일 사이에 가장 많은 엽량이 유입되었으며 이 기간 동안 3:4:2처리구가 2,849 kg/ha/yr로 가장 많은 낙엽이 발생하였고, 3:8:1처리구가 2,231 kg/ha/yr로 가장 적게 유입되었다. 수피의 경우 월별 뚜렷한 차이는 없으나 3:8:1처리구나 3:4:1처리구의 경우 9월에서 10월 또는 12월부터 3월의 동절기 동안 가장 많이 유입되었으며, 6월에서 9월의 임목생육 기간에는 일부 시비 처리구를 제외하고 수피유입이 발생하지 않았다. 가지의 경우 시비처리 간 차이는 뚜렷하지 않고 연중 고르게 유입되었다. 생식기관인 꽃이나 열매의 경우도 시비처리 간 뚜렷한 차이는 없었으며, 8월과 9월에는 열매가, 5월에는 꽃이 주로 유입되었다. 기타물질의 유입은 계절적으로 10월에서 12월 사이에 가장 많았고, 12월에서 3월 사이에 가장 적었다. 총 낙엽낙지량의 월별 유입량의 경우 낙엽낙지 유입량에서 엽량이 가장 큰 비율을 차지하기 때문에 잎 유입 형태와 유사한 경향을 보이고 있다(Figure 1).

### 2. 시비수준별 낙엽낙지량

각 시비수준별 엽량은 3:4:1처리구가 4,015 kg/ha/yr로 가장 작은 3:8:1처리구 2,874 kg/ha/yr보다 유의적으로 ( $P<0.05$ ) 많았다(Figure 2). 그러나 나머지 시비처리구인 2:2:1처리구, 3:4:2처리구, 6:4:1처리구의 경우 대조구와 유의적인 차이가 없었다. 수피의 경우 3:4:2처리구 11 kg/ha/

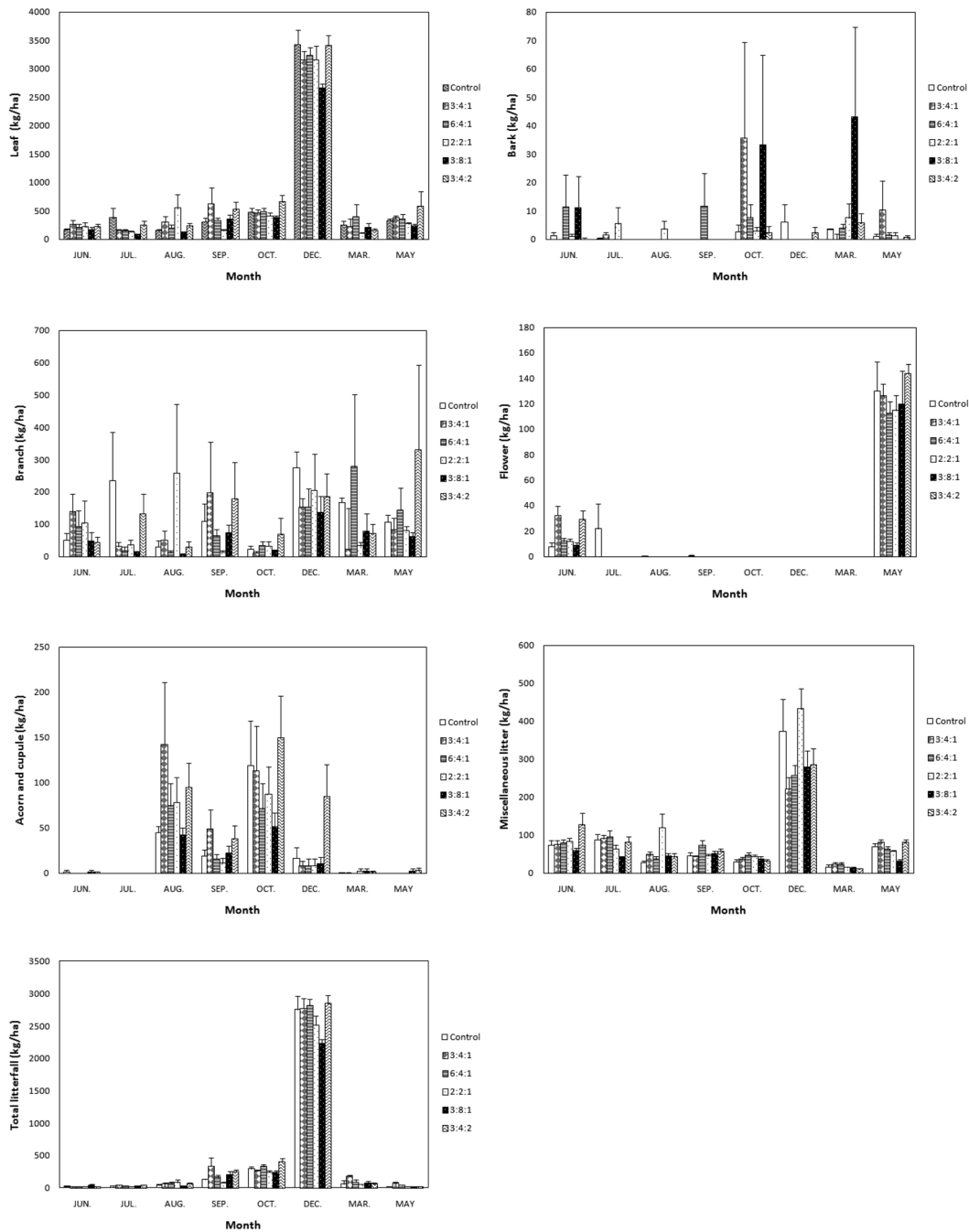


Figure 1. Monthly litterfall inputs at various levels of fertilization in a *Quercus acutissima* stand. Vertical bars indicate standard error.

yr, 무시비구 15 kg/ha/yr, 2:2:1처리구 22 kg/ha/yr, 6:4:1 처리구 36 kg/ha/yr, 3:4:1처리구 47 kg/ha/yr, 3:8:1처리구 88 kg/ha/yr 순으로 시비처리구의 수피량이 무시비구에 비해 높았으나 유의적인 차이( $P>0.05$ )는 없었다. 가지량의 경우도 처리 간 차이가 크게 나타났으며 3:8:1처리구가 432 kg/ha/yr로 가장 작게 나타났고, 3:4:2처리구가 1,038 kg/ha/yr로 가장 많았으나 처리 간 유의적인 차이( $P>0.05$ )는 없었다. 꽃과 열매 같은 생식기관의 경우 6:4:1처리구가 293 kg/ha/yr로 가장 작게 나타났고 3:4:2처리구가 545 kg/ha/yr로 가장 많았으나 유의적인 차이( $P>0.05$ )는 없었

다. 기타 물질의 경우 2:2:1처리구 860 kg/ha/yr, 무시비구 728 kg/ha/yr, 3:4:2처리구 715 kg/ha/yr, 6:4:1처리구 674 kg/ha/yr, 3:4:1처리구 619 kg/ha/yr, 3:8:1처리구 553 kg/ha/yr로 2:2:1처리구가 대조구나 3:8:1처리구에 비해 유의적으로( $P<0.05$ ) 높았다. 총 낙엽낙지량의 경우 3:8:1처리구 4,206 kg/ha/yr, 2:2:1처리구 4,992 kg/ha/yr, 6:4:1처리구 5,372 kg/ha/yr, 무시비구 5,456 kg/ha/yr, 3:4:1처리구 5,840 kg/ha/yr, 3:4:2처리구 6,015 kg/ha/yr 순으로(Figure 2) 3:8:1처리구는 타 시비처리구나 대조구에 비해 유의적으로 작게( $P<0.05$ ) 나타났다.

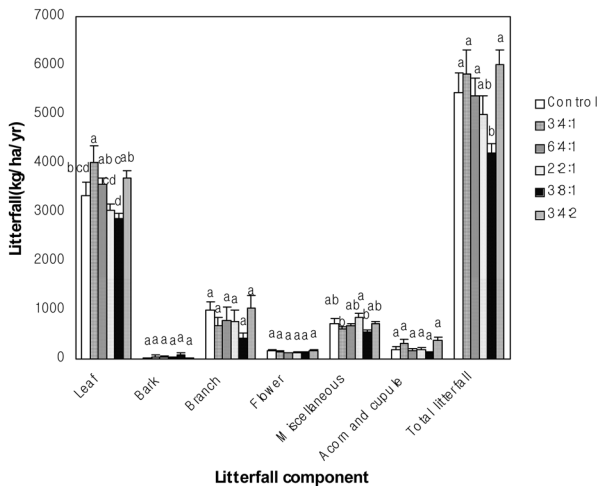


Figure 2. Total litterfall amounts at various levels of fertilization in a *Quercus acutissima* stand. Different letters on each litterfall component indicate a significant difference at  $P=0.05$ .

3. 시비수준별 낙엽낙지의 기관별 분포

총 낙엽낙지량에 대한 각 기관별 비율은(Table 3) 일의 경우 2:2:1처리구가 총 낙엽낙지량의 60.8%로 대조구의 61.4%와 유사한 반면에 3:4:2, 6:4:1, 3:8:1, 3:4:1처리구는 대조구에 비해 엽량의 비율이 높았다. 수피의 경우 3:8:1 처리구가 2%로서 타 처리구의 0.2~0.8%에 비해 높았으며 가지의 경우 시비처리별 차이가 심하여 대조구의 18.3%에서 3:8:1 처리구의 10.3%까지 분포하였다. 꽃이나 열매 같은 생식기관의 경우 시비의 영향이 민감하게 나타날 수 있으나 3:4:2처리구를 제외하고 뚜렷한 차이는 없었다. 기타 물질의 경우 2:2:1처리구가 17.2%로 가장 높았으나, 나머지처리구의 경우 대조구의 13.4%에 비해 낮은 비율을 보였다.

고찰

산림생태계 내 시비 시 낙엽낙지량에 대한 반응은 엽량이 증가하거나(Vose and Allen, 1991), 엽량증가가 뚜렷하게 나타나지 않는(이임균과 손요환, 2006; Kim, 2008) 등 다양한 반응이 보고되고 있다. 특히 잎의 경우 광합성 기

관으로서 시비에 가장 민감하게 반응할 수 있으며 N, P, K 시비 시 엽량이 증가하는 것으로 알려져 있다(Haines and Haines, 1979). 본 연구에서 각 시비 수준별 엽량은 3:4:1처리구가 4,015 kg/ha/yr로서 3:8:1처리구 2,874 kg/ha/yr보다 유의적으로( $P<0.05$ ) 많았다. 그러나 나머지 시비처리구(2:2:1, 3:4:2, 6:4:1)는 대조구와 유의적인 차이가 없어 엽량증가가 나타나지 않았다. 특히 3:4:1처리구는 2:2:1처리구나 3:8:1처리구에 비해 유의적으로 높은 엽량을 보이고 있으며 이는 처리구 사이에 임분밀도나 흉고단면적 등과 엽량사이에 뚜렷한 관계가 나타나지 않았기 때문에(Table 2) 3:4:1 처리구에서의 엽량증가는 시비수준의 차이에 따른 시비효과로 사료된다. 예를 들면 동일 임분에서 조사된 엽내 양분동태의 결과에 따르면 잎을 통한 질소량의 경우 3:4:1처리구는 133 kg/ha/yr로, 2:2:1처리구나 3:8:1처리구의 97 kg/ha/yr에 비해 유의적으로 많은 양이 유입되는 것으로 조사된바 있다(박진영, 2007). 그러나 시비 처리구 중 가장 높은 인 함량을 포함하는 3:8:1처리구의 경우 조사구의 토양 내 인 함량이 낮기 때문에(Table 1) 시비에 대한 엽량 증가 반응이 기대되었으나 엽량은 타 시비 처리구에 비해 가장 작은 양이 유입되는 것으로 나타났다. 이는 3:8:1처리구가 타 시비 처리구에 비해 임분밀도가 낮고 흉고단면적 합이 가장 적어(Table 2) 이들 임분 특성이 엽량유입에 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다. 그러나 Meier et al.(2006)은 임관이 울폐된 지역의 경우 임분 흉고단면적 합과 낙엽량은 유의적인 관계( $P>0.05$ )가 없는 것으로 보고하고 있으며, 이는 임관이 울폐되는 경우 낙엽으로 환원될 수 있는 엽면적이 최대가 되고 평형상태에 도달하기 때문으로 알려져 있다(Waring and Running, 2007). 본 연구에서도 3:8:1처리구를 제외한 대조구와 나머지 3개 시비 처리구(2:2:1, 3:4:2, 6:4:1) 사이에 임분밀도나 임분 흉고단면적 합의 상당한 차이에도 불구하고 엽량 차가 크지 않은 것은 시비처리구간 임목본수나 흉고단면적 합의 차이, 개체목 수관의 공간점유면적차이 또는 시비 후 변화된 임지의 양분유효도 같은 입지환경요인이 엽량에 복합적인 영향을 미치고 있어 시비처리 간 반응이 뚜렷하지 않은 것으로 사료된다. 또한 이 지역 지

Table 3. Distribution of litterfall components between control and fertilizer treatments in a *Quercus acutissima* stand.

Treatment	Litterfall components (%)					
	Leaf	Bark	Branch	Reproduction	Miscellaneous	Total
Control	61.4	0.3	18.3	6.6	13.4	100
3:4:1	68.8	0.8	11.8	8.0	10.6	100
6:4:1	66.5	0.7	14.8	5.5	12.5	100
2:2:1	60.8	0.4	15.3	6.3	17.2	100
3:8:1	68.3	2.1	10.3	6.2	13.1	100
3:4:2	61.5	0.2	17.3	9.1	11.9	100

\*Values in parentheses are one stand error

위지수는 각 처리구의 평균 수고를 기준으로 판정할 때 약 18정도(산림청, 1995)의 산림생산력이 높은 지역으로 토양 비옥도가 높아(Table 1) 시비처리가 엽량 증가에 미치는 영향이 크지 않았기 때문일 수도 있다.

가 지나 수피 같은 목질부나 수꽃, 열매 같은 생식기관의 경우, 시비처리 간 유의적인 차이가 없었다. 이는 이들 요인의 유입에는 바람이나 태풍 등과 같은 기후요인과 함께 시·공간적 변이가 크게 작용하기 때문으로 시비에 따른 변화는 크지 않았을 것으로 사료된다. 그러나 기타물질의 경우 2:2:1처리구가 3:8:1처리구에 비해 유의적으로 유입량이 높게 나타났으며, 이는 시비처리수준의 차이보다는 임목밀도나 흉고단면적 합이 가장 높았던 2:2:1처리구가 임목밀도나 흉고단면적 합이 가장 낮은 값을 보인 3:8:1처리구에 비해 이들 물질의 유입이 많았기 때문으로 사료된다.

총 낙엽낙지량의 경우 3:8:1처리구는 타 시비처리구나 대조구에 비해 유의적으로 작게 나타났으며( $P<0.05$ ), 이는 엽량에서 나타난 바와 같이 시비의 영향보다는 타 처리구에 비해 낮은 임분밀도나 흉고단면적 합을 가지기 때문으로 사료된다. 본 연구결과로부터 얻어진 상수리나무의 평균 낙엽낙지량은 5,315 kg/ha/yr으로 국내에서 조사된 충남 공주 IV-V영급 상수리나무임분 5,671 kg/ha/yr(문형태와 주환택, 1992), 경기도 광릉 VII영급 상수리나무 임분 7,333 kg/ha/yr(김춘식 등, 1997)과 비교할 때 임분영급 차가 크지 않은 충남 공주지역 상수리나무 임분의 낙엽낙지량과 유사하였다.

총 낙엽낙지량에 대한 각 기관별 비율(Table 3)중 일부 시비처리구(3:4:1, 6:4:1, 3:8:1처리구)의 엽량비율이 대조구에 비해 높은 것은 시비에 따른 엽량 증가가 원인으로 사료되나, 2:2:1처리구의 경우 엽량의 비율이 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 타 처리구에 비해 낮은 시비량이 원인일 가능성이 있으나, 3:4:2처리구의 경우 3:4:1처리구와 시비수준에는 큰 차이가 없으나 엽량 비율이 상당한 차이가 나고 있어 시비의 영향인지 처리구내 타 구성성분의 차로 인한 영향인지 뚜렷하지 않다. 수피의 경우 3:8:1처리구가 2%로서 타 처리구 0.2~0.8%에 비해 높으나 시비의 영향보다는 조사구 사이 공간적인 변이에 따른 결과로 사료된다. 가지의 경우 시비처리별 차이가 심하며 대조구의 18.3%에서 3:8:1 처리구의 10.3%까지 분포하나 수피나 가지같은 비동화조직은 시비 영향이 크지 않을 것으로 사료된다. 꽃이나 열매 같은 생식기관의 경우 시비의 영향이 민감하게 나타날 수 있으나, 3:4:1처리구와 3:4:2처리구를 제외하고 뚜렷한 차이는 없었다. 기타물질의 경우 2:2:1처리구가 17.2%로 가장 높았으나 타 처리구의 경우 대조구의 13.4%에 비해 낮은 비율을 보였다. 본 연구에서 조사된 상수리나무 임분의 각 기관별 평균

비율은 잎 64.5%, 가지 14.6%, 기타물질 13.1%, 생식기관 7.0%, 수피 0.7% 등으로 나타났으며 이는 경기도 광릉지역에서 조사된 VII영급의 상수리나무 임분의 잎 61.4%, 가지 20%, 기타물질 13.5%, 열매 3.5%, 수피 1.6%와 유사한 비율 분포를 보이고 있다(김춘식 등, 1997).

## 결론

성숙한 상수리나무 임분을 대상으로 다양한 수준을 가진 복합비료를 처리하여 낙엽낙지량 변화를 조사한 결과, 낙엽낙지의 기관별 분포비율에 있어서 시비처리구내 엽량의 비율은 무시비구에 비해 높았으며, 월별 낙엽낙지의 유입형태나 낙엽낙지의 년 유입량 등도 시비수준별 차이가 있었다. 그러나 일부 시비수준 처리구의 낙엽량은 대조구와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이는 상수리나무 수종 고유의 특성과 지위수 값에 의해 나타난 것과 같이 토양의 비옥도가 높아 시비처리구내 낙엽낙지량 특히 엽량 증가에 미치는 영향이 크지 않았거나, 상층 임관의 울폐에 따라 시비의 영향이 크지 않았을 가능성 등을 고려할 수 있다.

## 인용문헌

1. 기상청. 2001. 한국의 기후표. 619pp.
2. 김춘식, 구교상, 김영걸, 이원규, 정진현, 서호석. 1997. 상수리나무와 잣나무임분의 낙엽낙지와 양분 유입동태. 산림과학논문집 55: 13-18.
3. 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 202pp.
4. 문형태, 주환택. 1994. 상수리나무림과 리기다소나무림의 낙엽생산과 분해. 한국생태학회지 17(3): 345-353.
5. 박진영. 2007. 산지시비가 상수리나무임분의 낙엽량 및 양분동태에 미치는 영향. 진주산업대학교 석사학위논문. 31pp.
6. 산림청. 1995. 산림임지조사요령. 86pp.
7. 이원규, 차순형, 박재순, 주진순, 박승걸, 김태욱, 김태욱, 오민영. 1983. 잣나무, 일본잎갈나무 및 현사시의 유령림 시비효과 시험. 임업시험장 연구보고 30: 131-152.
8. 이임균, 손요환. 2004. 질소와 인시비가 리기다소나무와 낙엽송 침엽 및 소지에서의 부위별 양분의 계절적 변화 및 재분배에 미치는 영향. 한국생태학회지 27(4): 199-210.
9. 이임균, 손요환. 2006. 질소와 인 시비가 리기다소나무와 낙엽송의 낙엽 생산량 및 양분 동태에 미치는 영향. 한국생태학회지 29(3): 205-212.
10. 이천용, 박봉우. 1988. 산지시비에 관한 고찰. 한국임학회지 77(1): 109-115.
11. 주진순, 이원규, 김태훈, 이천용, 진익섭, 박승걸, 오민영. 1983. 지타 및 간벌 임지 시비효과 시험. 임업시험장 연구보고 30: 153-174.
12. Berg, B. and Laskowski, R. 2005. Litter decomposition;

- A guide to carbon and nutrient turnover. *Advances in Ecological Research* 38: 20-71.
13. Blanco, J.A., Imbert, J.B. and Castillo, F.J. 2006. Influence of site characteristics and thinning intensity on litterfall production in two *Pinus sylvestris* L. forests in the western Pyrenees. *Forest Ecology and Management* 237: 342-352.
  14. Bray, J.R. and Gorham, E. 1964. Litter production in forests of world. *Advances in Ecological Research* 2: 101-157.
  15. Haines, L.W. and Haines, S.G. 1979. Fertilization increases growth of loblolly pine and ground cover vegetation on a Cecil soil. *Forest Science* 25: 169-174.
  16. Kim, C. 2008. Soil carbon storage, litterfall and CO<sub>2</sub> efflux in fertilized and unfertilized larch (*Larix leptolepis*) plantations. *Ecological Research* 23: 757-763.
  17. Mcneil, B.C., Lea, R., Ballard, R. and Allen, H.E. 1988. Predicting fertilizer response of loblolly pine using foliar and needle-fall nutrients sampled in different seasons. *Forest Science* 34: 698-707.
  18. Meiner, C.E., Stanturf, J.A. and Gardiner, E.S. 2006. Litterfall in the hardwood forest of miner alluvial-floodplain. *Forest Ecology and Management* 234: 60-77.
  19. O'connell, A.M. and Grove, T.S. 1993. Influence of nitrogen and phosphorus fertilizers on amount and nutrient content of litterfall in a regrowth eucalypt forest. *New Forests* 7: 33-47.
  20. SAS. 1988. SAT/STAT User's Guide. 6.03 edition, SAS Institute, Cary, NC, USA.
  21. Starr, M., Saarsalma, A., Hokkanen, T., Merila, P. and Helmisaari, H. 2005. Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors. *Forest Ecology and Management* 205: 215-225.
  22. Vitousek, P. 1982. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *American Naturalist* 119: 553-572.
  23. Vose, J.M. and Allen, H.L. 1991. Quantity and thinning of needlefall in N and P fertilized loblolly pine stands. *Forest Ecology and Management* 41: 205-219.
  24. Ward, W.W. and Bowersox, T.W. 1970. Upland oak response to fertilization with nitrogen, phosphorus, and calcium. *Forest Science* 16: 113-120.
  25. Waring, R.H. and Running, S.W. 2007. *Forest Ecosystems*. 3rd edition. 420pp.

---

(2008년 7월 24일 접수; 2008년 9월 26일 채택)