

시비수준에 따른 소나무, 낙엽송, 자작나무, 상수리나무 묘목의 성장변화

변재경^{1*} · 김용석² · 이명종² · 손요환³ · 김춘식⁴ · 정진현¹ · 이천용¹ · 정용호¹

¹국립산림과학원, ²강원대학교 산림자원학부,

³고려대학교 환경생태공학부, ⁴진주산업대학교 산림자원학과

Growth Response of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, *Betula platyphylla* var. *japonica* and *Quercus acutissima* Seedlings at Various Levels of Fertilization

Jae Kyung Byun^{1*}, Yong Suk Kim², Myong Jong Yi², Yowhan Son³, Choonsig Kim⁴, Jin Hyun Jeong¹, Chun Yong Lee¹ and Yong Ho Jeong¹

¹Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

²Division of Forest Resources, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

³Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

⁴Department of Forest Resources, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

요약: 우리나라에서 생산되고 있는 산림 수목용 비료 성분비율은 질소:인산:칼륨이 12:16:4의 1가지만 생산되고 있어, 수종별 성장특성을 고려하고 다양한 토양환경조건에 적합한 비료 성분비율의 개발이 요구되고 있다. 본 연구는 우리나라 주요 조림수종에 대한 비료의 적정 비료배합 비율을 구명하기 위하여 소나무, 낙엽송, 자작나무, 상수리나무 묘목을 대상으로 30 l의 pot에 1분씩 식재하고 여러 가지의 시비수준에 대한 성장반응을 조사하였다. 시비처리는 질소:인산:칼륨의 배합비율이 각 각 2:2:1, 3:4:1, 3:8:1, 6:4:1, 3:4:2 및 무시비구(대조구)를 포함하고 있으며, 시비처리는 3년간 pot당 매년 30 g의 양을 기준으로 비료 배합비율에 따라 조제하여 시비하였다. 3년의 조사기간 동안 소나무와 낙엽송의 수고 및 근원경 생장은 3:8:1처리구에서 가장 높았으며, 3:4:1이나 2:2:1처리를 제외하고 시비처리수준 간에 성장 차이는 크지 않았다. 자작나무와 상수리나무 같은 낙엽활엽수종의 경우 수고 생장은 3:8:1처리구, 근원경 생장은 6:4:1처리구가 타 시비처리에 비해 높은 성장 특성을 보였다. 조사된 4수종 모두 수고 및 근원경 생장은 3:8:1처리구 및 6:4:1처리구가 유의적인 높은 성장특성을 보이고 있으며, 3:4:1이나 2:2:1처리구의 경우 타 시비수준에 비해 낮은 성장특성이 있는 것으로 나타났다.

Abstract: We have only one type of forest fertilizer involved a composition ratio of 12:16:4% (N:P:K). It is required to develop new fertilization ratios which are suitable to soil environmental conditions and seedling growth characteristics. This study was carried out to determine change of seedlings growth on different fertilizer composition ratios. Two coniferous seedlings (2-year old *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc., 2-year old *Larix leptolepis* Gordon) and two deciduous seedlings (2-year old *Quercus acutissima* Carruth., 1-year old *Betula platyphylla* var. *japonica* Hara) were planted in pots (about 30 l) and the seedling growth responses after composition ratio treatments (N:P:K, 2:2:1, 3:4:1, 3:8:1, 6:4:1, 3:4:2, control) with 30g fertilizer were measured for three-year study period. Growth of height and root collar diameter of two coniferous seedlings was highest in 3:8:1 ratio compared with other fertilizer composition treatments or control, while there was not significantly different among fertilizer composition ratios except for 2:2:1 and 3:4:1 ratios. Height growth of two deciduous seedlings was highest in 3:8:1 ratio compared with other fertilizer composition treatments or control, while growth of root collar diameter showed the highest values in 6:4:1 ratio. The results indicated that the growth of four tree seedling types were better in 3:8:1 or 6:4:1 ratios than in 2:2:1 or 3:4:1 ratios.

Key words : fertilization, fertilizer ratio, seedling growth, *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Quercus acutissima*

*Corresponding author
E-mail: bjk2754@foa.go.kr

서 론

식물의 성장에는 여러 종류의 양분이 요구됨과 동시에 수종별 양분요구량이 상이한 것으로 알려져 있으며(정인구, 1975; 김태훈 등, 1980; Binkley, 1986; 황정옥 등, 2003; 변재경 등, 2006), 양분 중에서 어느 한 성분이 부족하게 되면 식물의 생육은 그 부족한 성분의 양에 영향을 받아 특정 양분의 결핍증상과 함께 생장이 감소하게 된다. 특히 질소, 인, 칼륨은 식물체의 주요 구성성분 및 생육과 정동안 발생하는 여러 가지 대사작용에 사용되기 때문에 많은 양이 필요하지만(Binkley, 1986; 이경준, 2001), 일부 온대지역 산림의 경우 토양으로부터 공급되는 양이 부족하여 결핍증상이 쉽게 나타나거나(Binkley, 1986), 이들 비료성분의 시비에 따라 민감한 성장반응을 보이는 것으로 알려져 있다(Li *et al.*, 1991; 진현오 등, 1994). 특히 이들 3가지 양분 중 질소는 식물체 건물중에 약 1-3% 정도를 차지하며, 아미노산 및 염류소 구성의 필수원소로서, 산림지역의 경우 토양내 무기질소의 흡수와 임목의 수고생장간에 높은 상관관계가 인정되고 있다(이천용과 박봉우, 1988; 진현오 등, 1994). 인의 경우 핵산, 핵단백질, 인지질 등의 구성 원소이며 에너지를 전달하는 과정에 관여하고(이경준, 2001), 인은 초기생장에 있어서 근계의 발달을 촉진하며, 결핍 시에는 신초의 생장이 불량해지고 뿌리 발달 및 병해에 대한 저항력이 저하되는 것으로 알려져 있다(마상규, 1979). 식물의 생육에 필요한 인의 양은 질소와 칼륨에 비해 적은 양이나 대부분 토양 내에 유효인산의 양이 적기 때문에 비료를 이용하여 보충하는 경우가 많으며, 화산회토양 지역의 경우 인의 결핍이 임목의 생육저하의 원인이 되고 있다(진현오, 1994). 칼륨은 광합성과 호흡작용 등의 생리작용에 관여하는 효소의 활성화 역할을 하며 전분과 단백질 합성 효소를 활성화 하거나(이경준 등, 2001), 여러 가지 산림재해에 대한 저항성을 증가시키는 작용을 한다. 그러나 칼륨이 부족하면 기생해 및 병충해 등에 대한 저항력이 떨어지게 되고 세균과 근모의 생육이 약화되어 뿌리 썩음이 발생하며, 칼륨 과잉시에는 질소 흡수억제 및 마그네슘 결핍증 유발 등의 길항작용을 일으킬 수 있기 때문에 수종과 토양환경조건에 맞는 시비 기술을 적용하는 것이 중요하다.

산림 토양 내 유입되는 양분들은 대기로부터 분진이나 강수에 포함되어 유입되거나 매년 임목으로부터 발생하는 낙엽낙지(litterfall)의 형태로 환원되는데, 낙엽분해를 통하여 유입되는 경우 그 기간이 매우 길며 전량이 다 환원되는 것이 아니기 때문에 임목이 정상적으로 성장하는데 필요한 부족한 양분을 시비로 보충해 줌으로써 낙엽분해 촉진 및 양분의 직접적 공급을 통하여 임목의 생산력 증진을 유도할 수 있다(Binkley, 1986; 변재경 등, 2006).

우리나라의 경우 1960년대부터 시작된 치산녹화사업과 산림지역으로부터 낙엽낙지 채취금지 등 산림토양환경에 변화를 발생할 요인들이 있었으나, 산림용 비료의 경우 질소:인:칼륨의 성분비가 12:16:4의 일률적인 단일성분 비료를 시비함으로써 급변하는 토양환경 변화에 대처하지 못하고 있는 실정이다. 또한 최근 식물의 영양관리를 위한 시비처방은 불필요한 성분이 토양에 집적되는 것을 방지하고, 수종별로 양분요구도가 다르기 때문에 토양환경 조건과 시비대상 식물에 따라 비료의 성분비를 적절하게 조합하여 시비하는 추세이다(변재경 등, 2006). 국내에서 실시된 어리나무 시비관련 연구로서 유택규(1972)는 일본잎갈나무, 잣나무의 식재당년 시비량은 본당 N 3.9 g, P₂O₅ 4.8g, K₂O 1.2 g을 시비 기준량으로 제시한 바 있으며, 시비수준 연구로서 층층나무나 물들메나무 2:3:1(N:P:K), 가래나무 3:2:3 시비처리수준에서 생장이 양호한 것으로 보고 된 바 있다(김태훈 등, 1980).

우리나라 산림토양은 지역별, 모암별로 토양조건이 달라 토양의 물리화학적 성질에 많은 차이가 있으며(정진현 등, 2002; 정진현 등 2003), 또한 수종에 따라 양분요구도가 다르기 때문에 수종별 성장특성 및 토양환경조건에 따른 시비기술 개발이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구는 몇 가지 주요 조림수종의 비료의 적정 비료배합 비율을 구명하기 위하여 소나무, 낙엽송, 자작나무, 상수리나무를 대상으로 시비 후 성장반응을 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구는 강원도 춘천시에 위치한 강원대학교 구내 묘포에서 수행되었다. pot 시험을 위한 공시토양은 시비수준 처리 간 동질성을 유지하기 위해 강원대학교 구내 야산에서 양분함량이 적은 화강암 모재토양을 채취하여 토양 선별기로 돌과 자갈을 제거하고, 토양이 고르게 섞이도록 조제하였다. 공시토양은 모래함량 89.7%의 사토(Sand)이며 토양 pH 6.6, 유기물 0.1%, 전질소 0.01%, 유효인산 9 mg/kg, CEC 4.07 cmol_c/kg로 양분함량이 매우 적은 척박한 토양이다(Table 1). 본 연구에 사용된 공시묘목의 경우 잎과 가지가 4 방향으로 고르게 발달하였고 수고, 근원경 및 뿌리발달이 비교적 균일한 상태의 묘목을 묘포지에서 선묘하여 실험이 수행된 묘포지로 운반하였으며 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) 1-1년생, 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon) 1-1년생, 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.) 1-1년생, 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara) 1년생을 대상으로 하였다.

묘목식재를 위한 pot의 크기는 위 직경 39 cm, 아래 직경 21 cm, 높이 39 cm의 약 30 l 부피로 pot당 토양 34 kg을 투입한 다음 pot 중심에 묘목을 1본씩 2002년 3월

Table 1. Characteristics of seedling growing media.

Sand	Silt (%)	Clay	pH (1:5)	O.M (%)	T-N (%)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁻
89.7	8.7	1.6	6.6	0.1	0.01	9	4.07	0.15	0.15	5.61	0.63

Table 2. Annual amount of fertilizer per seedling during 3 years.

Treatment	Element (g/seedling)				Fertilizer (g/seedling)			
	N	P	K	Total	Urea	Fused superphosphate	Potassium chloride	Total
3:4:1	3.6	4.8	1.2	9.6	7.8	24.0	2.0	33.8
6:4:1	7.2	4.8	1.2	13.2	15.6	24.0	2.0	41.6
3:8:1	3.6	9.6	1.2	14.4	7.8	48.0	2.0	57.8
3:4:2	3.6	4.8	2.4	10.8	7.8	24.0	4.0	35.8
2:2:1	2.4	2.4	1.2	6.0	5.2	12.0	2.0	19.2
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

30일에 식재하였으며 각 수종별 처리별 15반복씩 총 360 pot를 대상으로 하였다. 시비수준은 질소의 경우 질소 성분이 46%인 요소(NH₂)₂CO, 인산질 비료는 용과린(구용성 인산 10-20%, 구용성 고토 3-8%), 칼륨비료는 칼륨 함량이 60%인 염화加里(KCl)를 사용하였다. 비료 처리수준은 N:P:K 비율을 달리하여 비료의 성분비를 3:4:1, 6:4:1, 3:8:1, 3:4:2, 2:2:1 및 무시비구(control)로 하여 모두 6수준의 처리구를 두었으며 각 처리구에 처리한 시비량은 Table 2와 같다. 시비는 묘목에 대한 비료피해를 방지하기 위하여 2번에 나누어 실시하였다. 시비 시기는 식재 당년의 경우 pot에 식재된 묘목이 완전히 활착된 2002년 6월 4일과 7월 25일에 시비하였으며 2003년과 2004년에는 월동 후 활착이 되기 전인 4월 초와 2개월이 지난 6월 초에 시비하였다. 시비방법은 묘목이 완전히 활착된 후 pot 내에 식재된 묘목을 중심으로 반경 10 cm 정도의 위치에 환상으로 골을 파고 비료를 넣은 다음 흙으로 덮었다. 시비처리 전인 2002년 6월과 연구 1년차인 2002년 10월, 2년차인 2003년 10월, 3년차인 2004년 10월에 수고 및 근원경을 측정하여 시비수준에 따른 각 수종별 성장량

을 조사하였다. 처리별 각 묘목의 수고 및 근원경 성장량의 차이는 SAS의 GLM(General Linear Model)로 유의성을 검정하였고 통계적으로 유의성이 인정된 평균치 간의 차이는 Duncan's multiple range test를 이용하였다(SAS, 1989).

결 과

1. 시비처리에 의한 소나무 묘목의 성장변화

시비처리에 의한 소나무 묘목의 수고 및 근원경 성장 변화는 Figure 1과 같다. 소나무묘목은 식재 1년차에 0.6-1.6 cm의 수고생장을 보였으나, 시비처리수준 간에 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 그러나 식재 2년차부터 시비처리구(18.1-25.6 cm)와 무시비구(6.6 cm) 간에 수고생장의 차이가 뚜렷하였으며, 시비처리수준 간에도 차이가 나타나 3:8:1 처리구에서 생장이 가장 높았고 2:2:1 처리구에서 가장 낮았다($p<0.05$). 식재 3년차에도 유사한 수준의 성장변화를 보이며 3:8:1 처리구에서의 수고생장이 가장 높았고 2:2:1 처리구의 수고생장이 가장 낮았으며($p<0.05$), 가장

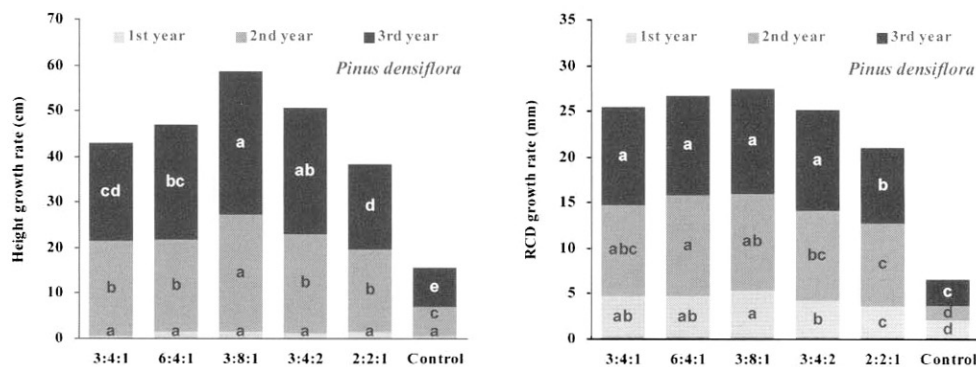


Figure 1. Height and root collar diameter (RCD) growth changes of *Pinus densiflora* seedlings following fertilization treatments with different fertilizer composition ratios. 1st year : Jun. 02-Oct. 02, 2nd year : Oct. 02-Oct. 03, 3rd year : Oct. 03-Oct. 04.

양호한 성장을 보인 3:8:1 처리구는 무시비구에 비해 3.8 배 더 높은 수고생장을 보였다.

근원경 생장의 경우 수고생장과는 달리 식재 1년차부터 모든 시비처리구에서 무시비구보다 생장이 양호하였으며 시비처리구 간에도 차이가 나타나 3:8:1 처리구가 가장 높은 근원경 생장을 보였으며 2:2:1 처리구에서 근원경 생장이 가장 낮았다($p < 0.05$). 식재 2년차부터는 대조구를 제외한 시비처리수준 사이에 근원경의 성장차이가 나타나지 않았으며, 식재 3년차에도 2년차와 유사하게 3:4:1, 6:4:1, 3:8:1, 3:4:2 등의 처리수준 사이에 근원경의 성장 차이가 나타나지 않았고($p > 0.05$), 특히 대조구와 2:2:1 처리구의 근원경 생육상태는 타 시비처리 수준에 비해 불량하였다.

2. 시비처리에 의한 낙엽송 묘목의 성장변화

시비처리에 의한 낙엽송 묘목의 수고 및 근원경 성장 변화는 Figure 2와 같다. 낙엽송의 수고생장은 소나무와 다른 성장특성을 보였다. 식재 1년차부터 시비효과가 나타나 무시비구에서 1.4 cm 성장하는 동안에 각 시비처리구의 경우 무시비구에 비하여 13.0-24.9배(18.2-34.8 cm) 성장효과가 있었다. 3:8:1 처리구는 타 시비처리 수준에 비해 유의적으로 높은 성장속도를 보였다($p < 0.05$). 식재 2년차 생장의 경우 시비처리 수준간에도 차이가 나타나 6:4:1,

3:8:1, 3:4:2 등의 처리수준은 3:4:1이나 2:2:1 처리에 비해 유의적으로 높은 수고 생장을 보였다. 식재 3년차의 경우 시비처리구에서의 성장속도는 급격하게 낮아져 3:4:1, 6:4:1, 3:8:1, 3:4:2, 2:2:1 처리구에서 각각 19.4, 12.0, 14.2, 9.2, 12.8 cm의 수고 성장량을 보였으며 시비처리 수준간에 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$).

근원경의 경우 식재 1년차부터 3년차까지 시비수준 처리구는 무시비구에 비해 유의적으로 높은 성장특성을 보이고 있으며($p < 0.05$), 수고생장과 유사하게 3:8:1 처리구에서는 2년차를 제외하고 3회의 조사기간 동안 생장이 가장 양호하였다. 식재 2년차의 경우 6:4:1이나 3:8:1 처리구는 2:2:1 처리구에 비해 유의적으로 높은 근원경 생장을 보였으나, 식재 3년차에는 3:8:1 처리구를 제외한 타 시비처리수준 사이에 근원경 성장에 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$).

3. 시비처리에 의한 자작나무 묘목의 성장변화

시비처리에 의한 자작나무 묘목의 수고 및 근원경 성장 변화는 Figure 3과 같다. 수고생장의 경우 식재 1년차부터 시비처리구는 대조구에 비해 유의적으로 높은 수고생장을 보이고 있으나 시비처리 수준간에 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 식재 2년차의 경우 질소나 인성분함량이 타

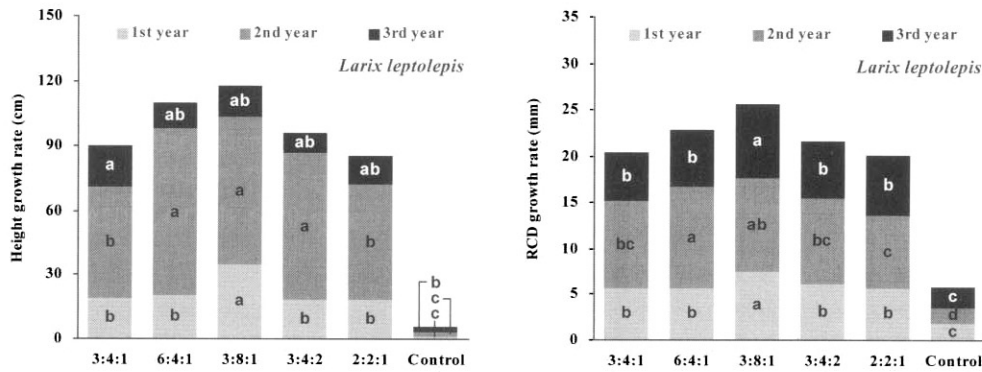


Figure 2. Height and root collar diameter (RCD) growth changes of *Larix leptolepis* seedlings following fertilization treatments with different fertilizer composition ratios. 1st year : Jun. 02-Oct. 02, 2nd year : Oct. 02-Oct. 03, 3rd year : Oct. 03-Oct. 04.

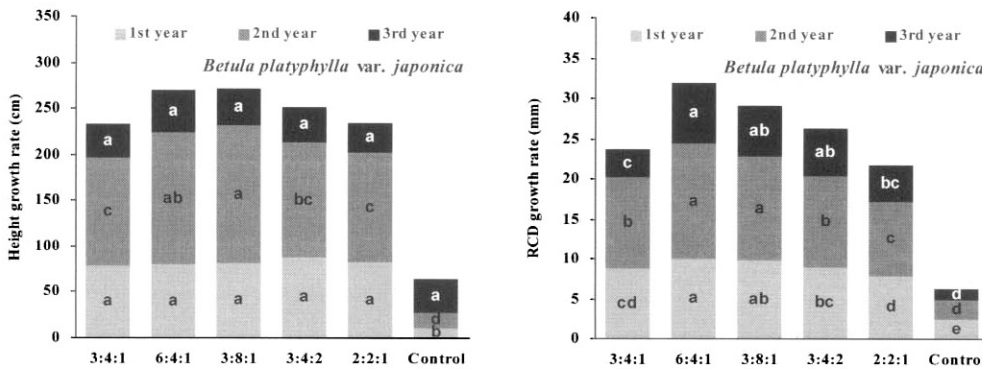


Figure 3. Height and root collar diameter (RCD) growth change of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings following fertilization treatments with different fertilizer composition ratios. 1st year : Jun. 02-Oct. 02, 2nd year : Oct. 02-Oct. 03, 3rd year : Oct. 03-Oct. 04.

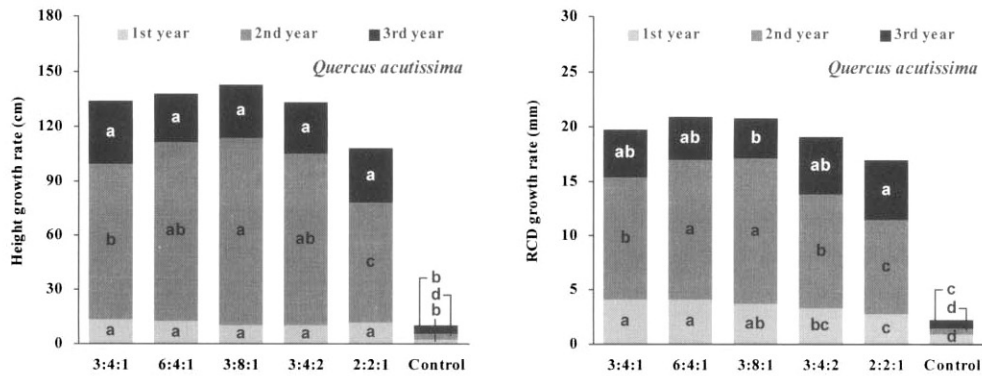


Figure 4. Height and root collar diameter (RCD) growth changes of *Quercus acutissima* seedlings following fertilization treatments with different fertilizer composition ratios. 1st year : Jun. 02-Oct. 02, 2nd year : Oct. 02-Oct. 03, 3rd year : Oct. 03-Oct. 04.

처리수준에 비해 높은 6:4:1처리나, 3:8:1처리가 3:4:1처리나, 2:2:1처리에 비해 유의적으로 높은 수고 성장을 보였다($p < 0.05$). 그러나 식재 3년차부터는 시비처리구에서의 성장속도가 급격하게 낮아지는 경향을 보여 무시비구의 경우 수고생장이 10.5 cm(1년차), 16.8 cm(2년차), 37.9 cm(3년차)로 꾸준히 증가하였으나 각 시비처리구는 32.1-47.4 cm의 범위로 성장량이 낮아져 무시비구와 비슷한 수준의 성장을 보였다.

근원경의 경우 식재 1년차 동안 2:2:1 처리구를 제외하고 시비 처리 수준은 대조구에 비해 유의적으로 높은 근원경 성장을 보였다($p < 0.05$). 이러한 경향은 3년의 조사기간 동안 지속되어 6:4:1, 3:8:1, 3:4:2처리구는 2:2:1이나 3:4:1처리 등에 비해 양호한 근원경 성장 특성을 보이고 있다.

4. 시비처리에 의한 상수리나무 묘목의 성장변화

시비처리에 의한 상수리나무 묘목의 수고 및 근원경 성장 변화는 Figure 4와 같다. 상수리나무의 수고생장의 경우 식재 1년차부터 무시비구에 비해 유의적으로 높은 수고생장을 보였으며($p < 0.05$) 이러한 경향은 3년의 조사기간 동안 지속되었다. 그러나 식재 2년차를 제외하고 시비 처리 수준 사이 수고생장에 차이는 없었으며($p > 0.05$), 각 시비처리구의 수고성장량은 10.3-13.5 cm였으나, 처리구 간에 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 또한 본 연구의 타 수종에서 관찰된 결과와 같이 식재 3년차부터는 시비처리구에서의 성장속도가 26.4-34.7 cm의 수준으로 급격하게 낮아지는 경향을 보였다.

근원경 성장도 수고생장에서 나타난 결과와 같이 3년의 조사기간동안 시비처리구는 대조구에 비해 유의적으로 높은 성장특성을 보이고 있으며 식재 1년차부터 무시비구보다 시비처리구에서의 생장이 양호한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 식재 2년차에는 수고생장과 마찬가지로 시비처리구의 생장이 급격하게 증가하여 무시비구(0.6 mm)에 비해 14.7-22.3배 높은 근원경 성장을 보이고 있으며 3:8:1

처리구와 6:4:1 처리구는 타 시비처리구 수준에 비해 양호하였다($p < 0.05$). 식재 3년차는 모든 시비 처리구에서 상수리나무의 근원경 생장은 1년차의 수준으로 낮아지며 3.7-5.4 mm의 범위를 나타냈다.

고찰

소나무, 낙엽송, 자작나무 및 상수리나무를 대상으로 6개 수준의 시비처리에 의한 성장변화를 조사한 결과, 시비수준처리는 pot에 식재된 묘목의 수고 및 근원경 성장에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 3년 조사기간 동안 무시비구와 5개 시비처리구간에 생장반응 중 소나무의 수고는 무시비구의 15.5 cm에 비해 시비 처리구는 38.5-58.8 cm로서 시비처리구는 소나무 묘목에 2.5-3.8배 높은 수고 성장을 보였으며, 근원경은 무시비구가 6.6 mm, 시비처리구가 21.1-27.5 mm로서 근원경 생장이 3.2-4.2배정도 증가되는 경향을 보였다. 낙엽송의 경우도 수고는 무시비구 5.8 cm, 시비처리구 85.2-117.7 cm로 대조구에 비해 14.8-20.5배 성장하여 조사된 4개 수종중 가장 높은 성장 증가량을 보였다. 낙엽송의 근원경은 무시비구 5.9 mm, 시비처리구 20.0-25.6 mm로 대조구에 비해 시비처리구에서 3.4-4.4배의 성장 증가량을 나타냈다. 자작나무의 경우 수고는 무시비구 65.2 cm, 시비처리구 233.6-271.9 cm로 대조구에 비해 3.6-4.2배 성장하였으며 근원경은 무시비구 6.4 mm, 시비처리구 21.8-31.9 mm로서 대조구에 비해 3.7-5.0배의 성장 증가를 보였다. 상수리나무의 경우 수고는 무시비구 10.6 cm, 시비처리구 107.9-142.5 cm로서 10.2-13.4배 성장하여 낙엽송 다음으로 시비효과가 뚜렷하였다. 상수리나무 묘목의 근원경은 무시비구 2.2 mm, 시비처리구 16.9-21.0 mm로서 대조구에 비해 7.6-9.4배의 성장량을 보여 조사된 수종 중 가장 높은 근원경 성장을 보였다. 이와 같이 연구 조사된 4개 수종 모두 시비처리에 대한 뚜렷한 수고 및 근원경 성장 반응을 보였으며, 이는 본 연구에서 사용된 상토가 양분함유량이 극히 적은 화강

암 모재토양을 사용하여 식물생육에 필수양분이 결핍되어 있기 때문에 시비를 통한 양분유효도 향상은 식재된 묘목의 성장반응에 뚜렷한 영향을 미친 것으로 사료된다. 시비를 통한 임목의 생육 증가는 기존의 많은 연구 결과를 통해 알려져 있다(Binkley, 1986; 이천용과 박봉우, 1988). 예를 들면 Li 등(1991)은 *Pinus teada* L. 묘목의 줄기, 잎 및 뿌리 생체량 분배와 생장에 질소가 중요한 영향을 미친다고 보고하였으며, 시비를 통한 토양내 질소의 유효도 변화는 수목 내부에서의 생체량 분배에 영향을 미치는 중요한 환경적 요인으로 간주되고 있다(Brix, 1983). 또한 동일한 토양에 있어서 시비가 수종별 성장 반응에 미치는 영향은 수종 간에 차이가 있었으며, 수고 성장반응의 경우 낙엽송, 근원경의 성장 반응은 상수리나무 묘목이 가장 큰 것으로 나타났고, 이는 토양 내 양분흡수 특성이나 양분요구량이 수종별로 차이가 발생하기 때문으로 사료된다. 시비처리 수준사이에 연차별 수고 및 근원경 생장의 경우 소나무, 자작나무 및 상수리나무는 생육 1년차에는 시비처리구 간에 유의적인 성장차이가 나타나지 않았다. 이는 4개월이라는 성장기간이 짧았을 수도 있지만 생리적 특성상 소나무 같은 일부 수종의 경우 줄기 생장이 고정성장(Fixed growth)을 하기 때문으로 사료된다(원형규, 2006). 그러나 소나무, 자작나무, 상수리나무와는 대조적으로 낙엽송의 경우 식재초기단계부터 5개의 시비처리구중 3:8:1 처리구에서의 생장이 가장 양호하여 이 수종이 인 요구도가 높은 수종임을 시사하고 있다. 자작나무는 조사기간 동안 233.6-271.9 cm나 성장하여 대부분 수고가 3 m를 넘는 빠른 성장속도를 보였다. 4 수종 모두 동일한 시비량과 방법으로 처리했음에도 이 같은 차이를 보이는 것은 자작나무가 양분이용효율이나 양분흡수율이 다른 3 수종에 비해 높음을 예상할 수 있다. 특히, 인의 비율이 높은 3:8:1 처리구에서의 생장이 좋은 것은 인 성분의 특성과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 사료되며, 인은 질소나 칼륨에 비해 토양에 잘 흡착되어 토양 침투수종의 함량도 매우 적고, 질소나 칼륨에 비해 식물에 의해 흡수되는 비율도 매우 낮기 때문에 이런 인의 특징을 감안한다면 토양내 인 함량을 증가하는 시비 기술이 필요할 것으로 판단된다.

낙엽송을 제외하고 시비 1년차에는 3수종 모두 생장에 큰 차이가 없었으나 시비 2년차부터 급격한 성장 증가가 관찰되었으며, 시비 3년차에서는 시비처리구의 경우 대조구에 비해 성장량이 둔화되고 일부 초두부가 고사되며 잎에서 황화현상과 함께 낙엽이 지는 등 비료피해 증상이 나타났다. 이는 시비의 영향으로 수목생장이 급격히 촉진됨에 따라 좁은 pot내에 과도한 양분공급으로 인하여 정

상적인 뿌리발달과 지상부 생장에 영향을 주었기 때문으로 사료된다.

인용문헌

1. 김태훈, 박재순, 차순형, 변재경 1980. 유용 활엽수 시비 시험. 임업시험장 시험연구보고서. pp. 300-306.
2. 마상규. 1979. 비료복 생장에 미치는 인산비료의 비료효과. 한국임학회지 45: 26-36.
3. 변재경, 김용석, 이명중, 손요환, 김춘식, 정진현, 이천용, 정용호. 2006. 비료종류 및 시비량에 따른 소나무, 낙엽송, 상수리나무, 자작나무 묘목의 성장 특성. 한국산림측정학회지 9: 132-141.
4. 원형규, 이윤영, 정진현, 구교상, 이충화, 이승우, 정용호, 김춘식, 김형호. 2006. 산불피해지에 식재 조립된 소나무묘목의 시비처리에 따른 소나무묘목의 성장, 토양특성 및 하층식생 구조의 변화. 한국임학회지 95: 334-341.
5. 유택규. 1972. 3요소 시비시험. 임업시험장 시험연구보고서.
6. 정인구. 1975. 비배임업. 가리연구회. pp. 371.
7. 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.
8. 정진현, 김춘식, 구교상, 이충화, 원형규, 변재경. 2003. 한국산림토양의 모암별 이화학적 특성. 한국임학회지 92(3): 254-262.
9. 이경준. 2001. 수목생리학. 서울대학교 출판부. pp. 182-187.
10. 이천용, 박봉우. 1988. 산지 시비에 관한 고찰. 한국임학회지 77: 109-115.
11. 진현오, 이명중, 신영오, 김정제, 전상근. 1994. 산림토양학. 향문사. pp. 254-271.
12. 황정옥, 손요환, 이명중, 변재경, 정진현, 이천용. 2003. 비료의 성분 및 종류와 묘목과의 관계 연구. 1. 생체량, SLA 및 엽록소 함량에 미치는 영향. 임산에너지 22: 44-53.
13. Binkley, D. 1986. Forest Nutrition Management. Willey pp. 290.
14. Brix, H. 1983. Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Douglas-fir: relative contribution of foliage quantity and efficiency. Canadian Journal of Forest Research 13: 167-175.
15. Li, B., Allen, H.L. and Mckeand, S.E. 1991. Nitrogen and family effects on biomass allocation of loblolly pine seedlings. Forest Science 37: 271-283.
16. SAS. 1989. SAS/STAT User's Guide. Version 6, 4th Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.