

## 피음처리를 실시한 3개 활엽수종의 광합성과 성장 특성

조민석<sup>1</sup> · 권기원<sup>1\*</sup> · 최정호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 산림자원학전공, <sup>2</sup>국립산림과학원 산림생산기술연구소

## Photosynthetic Responses and Growth Performances in the Three Deciduous Hardwood Species Under Different Shade Treatments

Min Seok Cho<sup>1</sup>, Ki Won Kwon<sup>1\*</sup> and Jeong Ho Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Korea

**요약:** 본 연구는 인위적인 피음처리 수준을 4단계(상대 투광율; 100%, 54~65%, 26~37%, 8~13%)로 조절된 생육환경 하에서 성장시킨 튜울립나무, 거제수나무, 까치박달나무를 대상으로 광합성과 성장 특성을 조사·비교하였다. 튜울립나무와 거제수나무의 광합성률은 전광 처리구에서 13.59, 16.29  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로서 가장 높게 나타났으며 피음처리 수준이 높아질수록 낮은 광합성 능력, 성장 및 물질생산량을 보였다. 까치박달나무는 보통피음 처리구(26~37%)에서 광합성률이 9.47  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 가장 높았으며, 성장과 물질생산량도 가장 많았다.

**Abstract:** The present study was conducted to investigate photosynthetic responses and growth performances of *Liriodendron tulipifera*, *Betula costata*, and *Carpinus cordata* seedlings growing under four different light regimes (full sun and 54~65%, 26~37%, 8~13% of full sun). *L. tulipifera* and *B. costata* showed the highest photosynthesis rate of 13.59, 16.29  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , respectively, at full sun. And photosynthesis ability and growth performances were decreased as increasing shade level in the above two species. *C. cordata* showed the highest photosynthesis rate of 9.47  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  at 26~37% of full sun. Also, growth performances of height, root collar diameter, and biomass showed the results similar to photosynthetic responses presented in *C. cordata*.

**Key words:** *Liriodendron tulipifera*, *Betula costata*, *Carpinus cordata*, shading, photosynthesis, height, root collar diameter, biomass, shade tolerance

### 서론

광은 수목의 대사활동에 지대한 영향을 미치는 무기환경인자로서 임분 내로 투과되는 광의 양과 질은 수목의 광합성 및 수분 증산이나 호흡작용 등에 결정적인 영향을 미친다(권기원 등, 2000; 김영채, 1986; Davies and Kozlowski, 1975; Kramer and Kozlowski, 1960; Thomas, 1955).

숲 내로 들어오는 광량은 수종, 임분 밀도, 임령, 임분 구조 등의 영향을 받으면서 시간 및 공간적으로 끊임없이 변하고 있어 임분의 유형별 광 환경을 정확히 추정하기는 매우 어렵다(권기원 등, 1996; 한상섭과 김하선, 1989). 임분 하층의 광 조건은 천연갱신을 통한 후계림 조성에 필

요한 치수 발생과 성장에 결정적인 영향을 미친다. 그러나 임분 하층에서 수목의 발생 및 성장에 필요한 광선의 요구 정도는 수종에 따라 커다란 차이를 나타낸다(최정호, 2001). 수종별 광보상점과 광포화점은 광선요구도를 판단할 수 있는 중요한 지표로 활용되며, 광도의 증감에 따른 광합성량의 변화를 조사하여 얻을 수 있는 광합성 곡선은 내음성의 정도를 판단하는 기초 자료가 될 뿐만 아니라, 각 수종의 광 요구 특성을 파악하여 광 환경 조건이 다른 다양한 임분에 생태적으로 적합한 수종을 선택하는데 중요한 자료로 활용될 수 있다(Kimmins, 1997).

수목의 성장 패턴은 유전적 소질과 생육환경에 따라 서로 다른 모습을 보인다. 특히 광도와 성장의 상호 관계에 대한 연구는 각 수종의 내음성이나 광선요구도 등을 밝히기 위해 다양한 접근 방법으로 반복 실시 되어오고 있다(김갑태, 2003; 심주석과 한상섭, 2003; 우수영 등,

\*Corresponding author  
E-mail: kiwon@cnu.ac.kr

2004; 임중환 등, 2006) 이와 관련하여 광 조건에 따라 수종별로 다른 성장특성을 보였으며, 생장에 따른 물질생산과 분배에서도 수종별로 다른 특성을 나타냈다(Jones and McLeod, 1990; Loach, 1970).

수목에 대한 광의 생리·생태학적 영향을 구명하고자 하는 연구는 지속적으로 이루어졌고, 많은 결과가 보고되고 있지만 숲의 생태환경과 수종 구성이 상이한 우리나라의 산림에 외국의 연구결과를 그대로 적용하기는 곤란하다. 그러므로 우리나라 수종에 대한 별도의 생리·생태적인 세부 연구는 지속적으로 조사될 필요가 있다.

본 연구에서는 서로 상이한 조건의 피음처리 하에서 자란 튜올립나무, 거제수나무, 까치박달나무를 대상으로 광합성과 성장 특성을 조사하여 광과 관련된 생리·생태학적 특성을 밝히고자 연구를 실시하였고, 특히 이들 3가지 수종 중에서 거제수나무와 까치박달나무는 대표적인 양수와 음수로 분류될 수 있어 본 실험결과에서 얻어지는 자료는 음수와 양수의 광 요구 특성과 관련된 주요 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시수종 및 시험구 설치

본 연구에 사용된 수종은 충남대학교 묘포장에 파종하여 양묘된 튜올립나무(*Liriodendron tulipifera*, 1-1묘)와 산림생산기술연구소의 양묘연구실에서 분양받은 거제수나무(*Betula costata*, 1-1묘)와 까치박달나무(*Carpinus cordata*, 1-1묘)의 3개 낙엽활엽수종이다.

각 실험대상 수종의 식재는 2005년 4월 초 충남대학교 농업생명과학대학 묘포장에 피음처리를 위한 포장을 조성한 후 15×15 cm 간격으로 수종별, 처리별로 12~15주씩 총 48~60주의 묘목을 반복 식재하였다. 5월말까지 무피음 하에서 정상적인 생리 상태를 회복할 때까지 활착시킨 후, 차광율이 서로 다른 검정색 차광막을 1~2겹으로 조합하여 피음 수준을 전광 처리구(상대 투광율; 100%), 약피음 처리구(상대 투광율; 54~65%), 보통피음 처리구(상대 투광율; 26~37%), 강피음 처리구(상대 투광율; 8~13%)의 4단계로 하는 인위적인 피음처리를 실시하였다. 시험지의 피음처리에 따른 환경요인 변화의 차이를 알아보기 위하여 휴대용 광량측정기(LI-250, LI-COR Inc., USA)와 온습도계(HM34C, Vaisala)를 이용하여 5, 7, 9월의 구름이 없는 맑은 날과 구름이 덮인 흐린 날 두 가지 타입으로 피음망 하부의 환경조건을 2시간 간격으로 매회 30번 이상 반복 측정하였다(Figure 1, 2).

### 2. 광합성 특성 및 성장 특성 조사

수종별로 피음처리 수준에 따른 광합성 속도와 광포화점, 광보상점을 측정하기 위하여 당년생 가지의 잎을 대상으로 5월 말, 7월 말, 9월 초에 휴대용 광합성측정장치(LI-6400, LI-COR Inc., USA)를 이용하여 광합성을 측정하였다. 광도는 임의로 조절할 수 있는 LED(Light Emitting Diode) light source를 이용하여 0, 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 차이를 두어 09:00시부터 14:00시 사이에 광합성 반응을 측정하였다. 광합성측정기의 leaf chamber 내의 온도

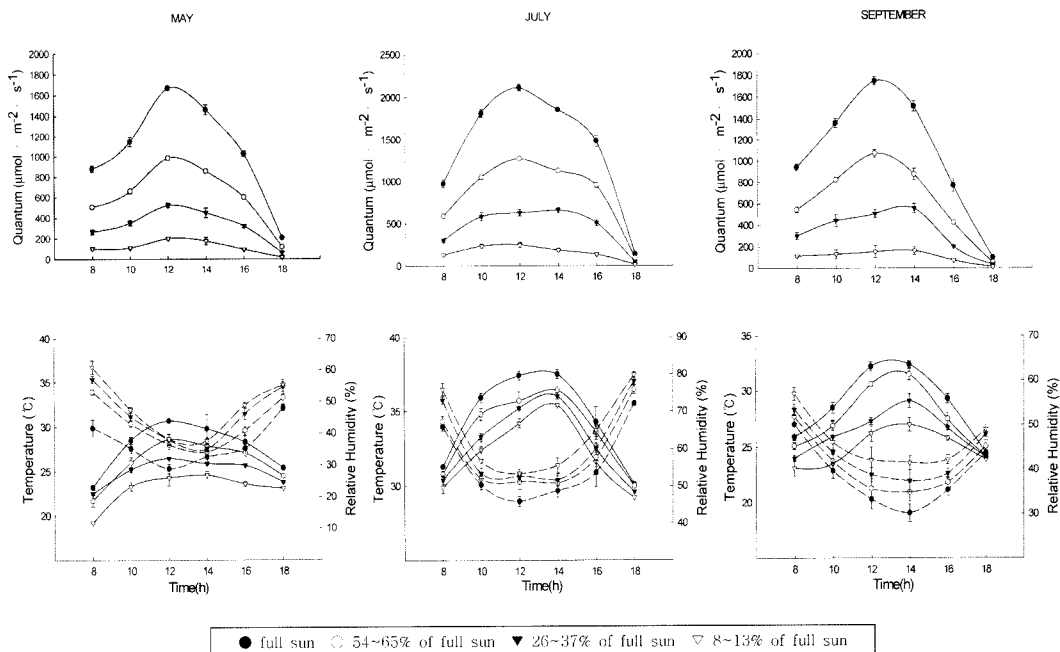


Figure 1. Seasonal and diurnal changes of light intensity, air temperature( — ), and relative humidity(.....) following shading treatments in sunny days.

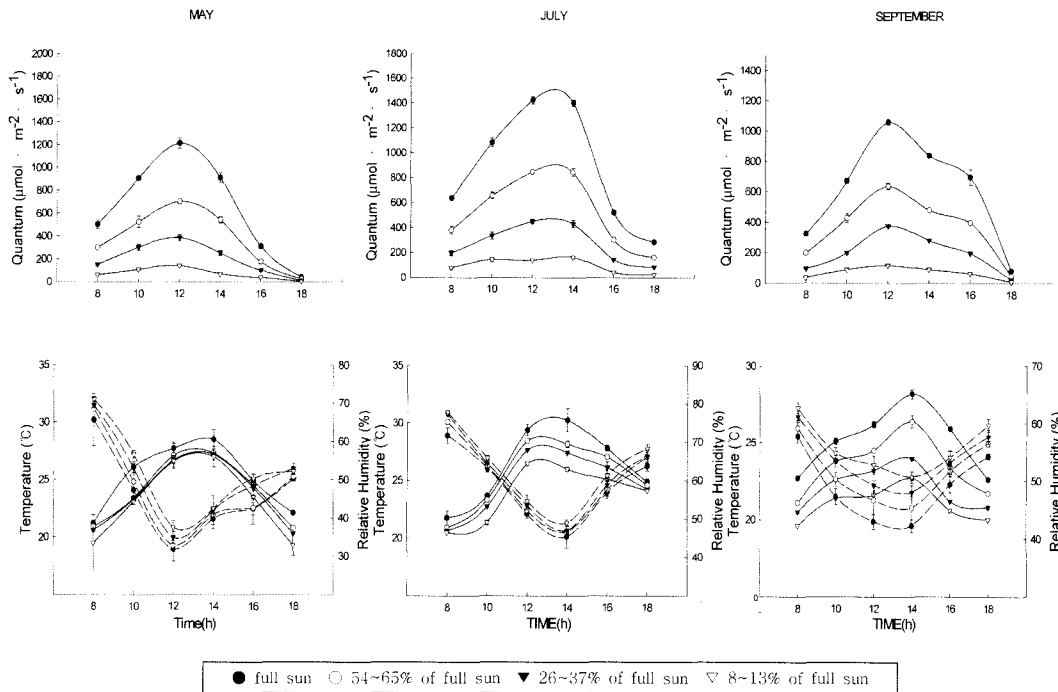


Figure 2. Seasonal and diurnal changes of light intensity, air temperature( — ), and relative humidity( ..... ) following shading treatments in cloudy days.

를 25°C로 설정하고 외기의 온도 변화로 인한 영향이 없도록 하였다. 그리고 CO<sub>2</sub> 농도가 급변하지 않도록 광합성 측정기에 CO<sub>2</sub> injector(Li-6400-01, LI-COR Inc., USA)를 부착하여 CO<sub>2</sub> 농도를 ±2 ppm 범위 내에서 안정된 상태를 유지하도록 하였다(김판기 등, 2001; 최정호, 2001). 조사 대상 수목은 처리별 · 수종별로 성장 속도가 비슷하고 정상적인 생육 상태를 유지하고 있는 묘목 3본을 선정하여 최소 3회 이상 반복 측정하였으며, 측정 대상 잎은 줄기의 2/3 높이 부근에 달린 당년생 건진 잎을 이용하였다. 순 광합성 능력을 계산한 후 SPSS사의 SigmaPlot(ver. 6.0) 프로그램 이용하여 회귀분석을 실시하여 광합성 곡선을 구하였다(우수영 등, 2004; 임종환 등, 2006; 최정호, 2001).

피음처리에 따른 성장 특성을 분석하기 위하여 5월 말, 9월 초에 각 수종별, 처리별로 외관상 평균적인 반응상태를 유지하고 있는 묘목을 각 10분씩 선정하여 묘고와 근원경을 측정하였으며, 9월 말에 묘목을 굴취하여 잎, 가지, 뿌리를 각각 구분하여 건중량을 측정하였다. 건중량 측정 결과에 의해 묘목 건중량의 배분 비율 및 T/R율(지상부/지하부)을 계산하였다(Hunt, 1978).

## 결과 및 고찰

### 1. 광합성 특성

본 연구에서는 튼윳나무, 거제수나무, 까치박달나무의 광합성 특성을 구명하기 위해서 서로 다른 4가지 광 환경에서 성장한 묘목을 대상으로 피음 처리별, 시기별, 수

종별로 광 조건에 따른 생리적 반응을 분석하였다. 실험에서 나온 측정치로 회귀분석을 실시하여 얻은 수식은 결정계수 R<sup>2</sup>가 0.941~0.999로 매우 높았다. 이 수식을 이용하여 광보상점, 광포화점, 광합성량을 추정하였으며 이를 토대로 수종별, 처리별 광합성 특성을 비교 분석 하였다.

생육 시기별 광포화점과 광합성 능력의 변화에서 3수종 모두 광포화점 400~1,400 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 내에서, 광합성 능력은 4.3~16.3 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 범위 내에서 7월 말>9월 초>5월 말의 순으로 나타났다. 이 결과는 소나무의 경우 수목의 생장이 왕성한 7월에 광합성 능력이 가장 높다는 결과와 일치하는 경향을 보였다(김영환, 1999).

전광 조건에서 성장한 묘목들의 광합성 능력 비교에서는 거제수나무가 광합성 능력이 가장 높았으며, 튼윳나무, 까치박달나무 순으로 나타났다. 한편, 튼윳나무, 거제수나무, 까치박달나무의 광보상점은 각각 30, 41, 16 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>로 까치박달나무가 가장 강한 내음성을 나타내었다(Table 1).

피음 처리에 따른 튼윳나무의 광합성 특성을 보면 전광 조건에서 광포화점과 광합성 능력이 가장 높게 나타났으며, 피음 수준이 강해지면서 광포화점과 광합성 능력이 크게 감소했다(Figure 3). 강피음 처리구에서 생육한 이들 묘목의 광합성 능력은 전광 처리구에 비해 약 1/2~1/3 정도를 보였다. 이와 같은 결과를 보면 양수인 튼윳나무는 광선의 양이 적은 환경 하에서 성장하므로 광합성 능력을 크게 상실해 가는 양수의 특성을 지니고 있는 것으로 생각되어진다. 이는 생육 광도의 저하로 이태리포플

Table 1. Estimated values of photosynthetic parameters in the deciduous hardwood species subjected to shade treatment.

Species	Season	Relative light intensity (%) <sup>1</sup>	Light compensation point ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Light saturation point ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Photosynthetic capacity ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
<i>Liriodendron tulipifera</i>	May	A	42	1,179	9.57
		B	30	1,383	13.59
	July	B	26	1,281	12.00
		C	21	984	7.97
		D	7	555	5.09
		A	27	1,312	10.30
	September	B	14	1,047	9.49
		C	11	602	5.21
D		11	406	4.28	
A		21	594	6.79	
<i>Betula costata</i>	May	A	41	1,344	16.29
		B	33	1,211	13.88
		C	15	1,023	9.50
		D	9	820	7.18
	September	A	25	1,281	13.15
		B	18	1,133	11.47
		C	11	828	7.65
		D	6	703	5.47
<i>Carpinus cordata</i>	May	A	20	656	4.92
		B	16	820	7.72
	July	B	13	867	8.84
		C	21	969	9.47
		D	10	594	4.66
		A	13	711	7.29
	September	B	14	797	8.18
		C	19	804	8.19
D		6	508	4.47	

<sup>1</sup>Relative light transmittances ; A: 100%, B: 54~65%, C: 26~37%, D: 8~13%

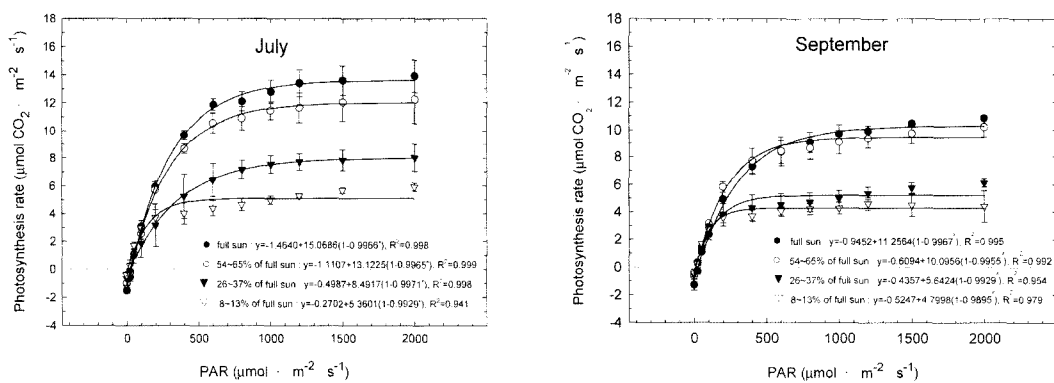


Figure 3. Effect of shade treatment on the photosynthesis rate of *Liriodendron tulipifera* seedlings.

리의 광합성 능력이 낮아지는 결과와 일치하는 경향을 보였다(김판기 등, 2001).

거제수나무의 광포화점과 광합성 능력은 전광 처리구가 강피음 처리구 보다 약 2배 이상 높은 값을 나타냈으며, 피음 강도가 높아질수록 광포화점과 광합성 능력이 감소하는 튜울립나무와 같은 경향을 보였다. 또한 광합성 능

력은 튜울립나무에 비해 각 처리 간에 보다 뚜렷한 차이를 나타냈으며 전체적으로 튜울립나무 보다는 내음성이 약한 극양수의 특성을 보였다(Figure 4).

음수로 알려져 있는 까치박달나무는 보통피음 처리구에서 광합성 능력이 가장 좋았으며, 약피음 처리구, 전광 처리구, 강피음 처리구 순으로 광합성 능력의 차이를 보

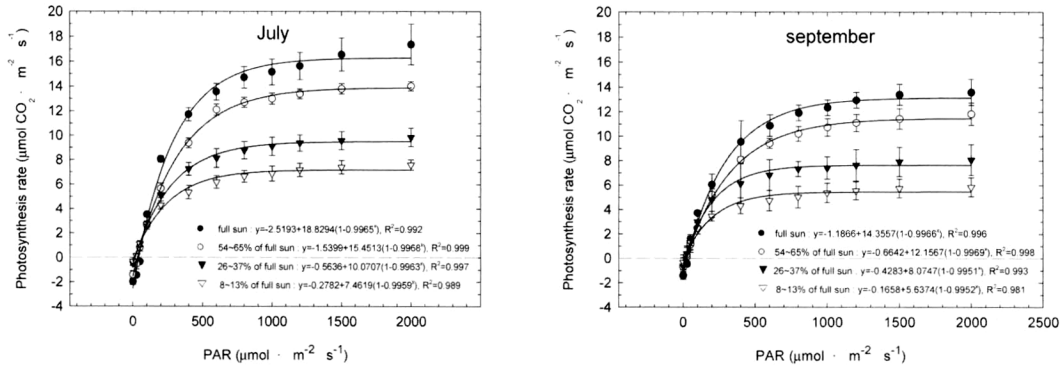


Figure 4. Effect of shade treatment on the photosynthesis rate of *Betula costata* seedlings.

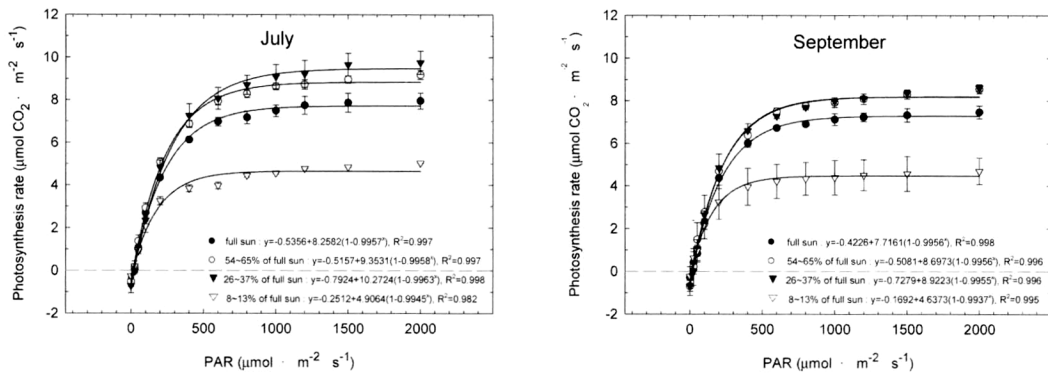


Figure 5. Effect of shade treatment on the photosynthesis rate of *Carpinus cordata* seedlings.

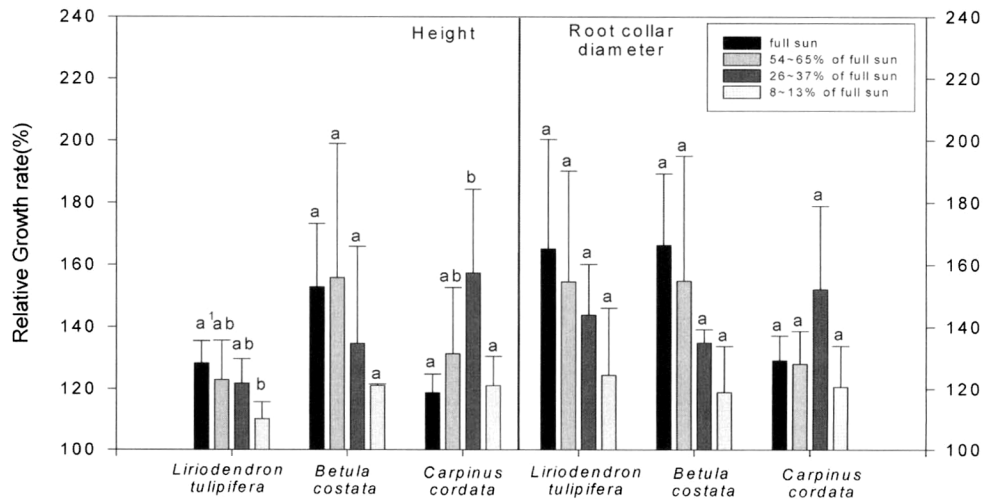


Figure 6. The relative growth rate of height and root collar diameter in the deciduous hardwood species subjected to shade treatment (1: Different letters within column indicate statistical differences at the 5% level by Duncan's multiple range test.).

였다(Figure 5). 위의 결과는 튜울립나무와 거제수나무의 광합성 능력이 전광에서 가장 높았던 것과는 차이가 있다. 까치박달나무는 음수성이 강하기 때문에 지나치게 강한 광 환경에서 스트레스를 받을 수 있으며(이철호 등, 2006; 제선미 등, 2006), 이런 이유로 보통피음 처리구에서 광합성 능력이 가장 높았다고 생각되어진다. 튜울립나무나 거제수나무와 달리 까치박달나무는 전광이나 약피음 또는 보통피음 처리구의 광 조건에서 성장한 개체들 사이에서 광합성 특성의 차이가 크게 나타나지 않았다. 그러나 까

치박달나무 역시 강피음 처리구에서 성장한 개체들에서는 광보상점과 광포화점이 크게 낮아지는 모습을 보였다. 이와 같은 결과를 보면 까치박달나무와 같은 극음수도 광량이 지나치게 부족한 환경에서는 광합성의 기능이 저하될 수밖에 없다는 사실을 보여주고 있다.

## 2. 성장 특성

광 환경의 차이에 따른 성장 특성 변화에서 튜울립나무는 전광에서 묘고와 근원경의 상대생장률이 가장 높게 나

**Table 2. Effect of shade treatment on the biomass production and biomass distribution of the seedlings of three deciduous hardwood species.**

Relative light intensity (%) <sup>1</sup>	Dry weight(g)				T/R ratio T/R ratio
	Leaf	Shoot	Root	Total	
<i>Liriodendron tulipifera</i>					
A	8.31 ± 3.88a <sup>2</sup> (17.10b) <sup>3</sup>	13.59 ± 3.06a (30.40a)	25.55 ± 10.59a (52.50a)	47.45 ± 15.10a (100)	0.96 ± 0.38b
B	7.78 ± 2.35a (22.50ab)	10.97 ± 1.09ab (32.30a)	15.31 ± 1.17ab (45.20ab)	34.07 ± 4.34ab (100)	1.22 ± 0.17ab
C	4.89 ± 1.31a (24.15a)	6.91 ± 1.83b (34.00a)	8.43 ± 1.84b (41.85b)	20.24 ± 4.73b (100)	1.40 ± 0.20ab
D	4.80 ± 3.11a (24.78a)	7.17 ± 4.47b (37.01a)	7.22 ± 4.21b (38.21b)	19.19 ± 11.73b (100)	1.63 ± 0.21a
<i>Betula costata</i>					
A	3.59 ± 1.22a (18.75a)	7.12 ± 1.55a (37.97a)	8.26 ± 1.61a (43.28a)	18.98 ± 1.45a (100)	1.34 ± 0.31b
B	2.77 ± 0.91ab (20.30a)	4.94 ± 0.89ab (37.23a)	5.71 ± 1.29b (42.47ab)	13.43 ± 2.75b (100)	1.37 ± 0.21ab
C	2.37 ± 0.48ab (19.06a)	5.80 ± 2.44ab (44.29a)	4.67 ± 1.38bc (36.66ab)	12.84 ± 4.24b (100)	1.73 ± 0.11ab
D	1.76 ± 0.49b (23.15a)	3.13 ± 0.47b (41.53a)	2.67 ± 0.56c (35.31b)	7.56 ± 1.34c (100)	1.85 ± 0.30a
<i>Carpinus cordata</i>					
A	2.12 ± 0.69a (13.11b)	8.84 ± 2.36a (53.35a)	5.47 ± 0.74ab (33.54a)	16.43 ± 1.26ab (100)	2.05 ± 0.59a
B	3.07 ± 2.10a (15.71ab)	9.41 ± 5.06a (50.23a)	5.87 ± 1.67ab (34.06a)	18.34 ± 8.75ab (100)	2.02 ± 0.63a
C	3.31 ± 0.39a (16.40ab)	9.81 ± 2.24a (47.58a)	7.54 ± 2.63a (36.02a)	20.66 ± 4.70a (100)	1.82 ± 0.42a
D	2.16 ± 0.24a (21.08a)	4.56 ± 0.56a (46.56a)	3.08 ± 0.47b (31.36a)	9.79 ± 1.06b (100)	2.19 ± 0.18a

<sup>1</sup>Relative light transmittances ; A: 100%, B: 54~65%, C: 26~37%, D: 8~13%.

<sup>2</sup>Different letters within column indicate statistical differences at the 5% level by Duncan's multiple range test.

<sup>3</sup>The numbers in parenthesis indicate the percentages of dry weight of each part of leaf, shoot, root to total dry weight of seedling.

타났으며, 피음처리 수준이 강할수록 낮은 상대생장률을 나타냈다. 거제수나무는 약피음 처리구에서 묘고 생장이 가장 높게 나타났지만 상대생장률의 피음처리별 경향은 튼올림나무와 유사한 결과를 보였다. 그러나 까치박달나무의 경우 보통피음 처리구에서 가장 높은 상대생장률을 나타냈다(Figure 6). 이러한 결과는 앞에서 설명한 광합성 능력의 변화 경향과 일치하는 것이다.

피음처리 수준에 따른 묘고 성장량 및 근원경 성장량 변화와 관련하여 일부 수목의 광합성 산물은 직경 성장보다는 수고 성장에 많이 배분되어 묘고 성장량에 미치는 영향이 근원경 성장량에 비해 상대적으로 크게 나타나는 것으로 알려져 있다(Kozłowski and Pallardy, 1997). 이는 본질적으로 어린 수목들이 수광 경쟁에서 유리한 위치를 차지하려는 특성에서 비롯된 것으로 생각된다. 그러나 본 실험에서 튼올림나무와 거제수나무는 근원경 성장에서 피음처리 강도가 높아지면서 규칙적으로 감소하는 경향을 보였으며 까치박달나무는 다소 불규칙한 경향을 나타냈

다. 이는 본질적으로 까치박달나무와 같은 극음수는 피음에 따른 광 부족 스트레스를 회피 할 필요성이 다른 양수성 수종에 비해 낮기 때문에 나타나는 현상으로 간주 할 수도 있다.

이상과 같이 묘고 또는 근원경 성장에 미치는 피음처리의 영향이 수종별로 크게 상이한 것을 알 수 있으며, 이는 각 수종의 내음성과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단되었다.

튼올림나무와 거제수나무는 잎, 가지, 뿌리 각각의 물질 생산량과 이들의 합인 총 물질생산량이 피음의 강도가 강할수록 유의적 차이를 보이면서 감소하였다. 그러나 까치박달나무는 보통피음 처리구에서 총 물질생산량이 가장 높은 값을 나타냈으며 다른 처리구와 유의적 차이를 보였다(Table 2). 이는 내음성 수종으로 알려진 황칠나무(김세현과 김영중)와 눈측백나무(홍성각 등, 2000)의 총 물질생산량이 상대광도 50~55%에서 가장 높았다는 결과와 유사한 경향을 나타낸 것이다. 또한 까치박달나무의 잎, 가지, 그리고 뿌리 각각의 물질생산량도 총 물질생산량과 같

은 경향을 보였지만 이들 각각의 결과는 통계적인 유의성이 인정되지 않았다. 튜울립나무와 거제수나무는 피음처리 수준에 따른 광량 감소와 함께 총 물질생산량이 급격히 감소하는 것으로 판단되며, 잎과 줄기의 비율은 뿌리에 비해 상대적으로 증가하는 경향을 보였다(김종진, 2000; Kramer and Kozlowski, 1979). 그러나 까치박달나무는 두 수종과는 달리 광량의 감소에 따라 총 물질생산량이 증가하다 강피음 처리구에서 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

T/R율의 변화에서는 튜울립나무와 거제수나무가 피음의 강도가 강할수록 높아지는 경향을 나타낸 반면 까치박달나무의 경우 보통피음 처리구에서 T/R율이 가장 낮게 나타났다. 전체적으로 비교할 때 피음처리 수준이 강할수록 뿌리의 상대적인 생장비율이 감소하면서 전광 처리구에 비해 강피음 처리구에서 높은 T/R율을 보이는데, 이는 낮은 광도에서 생장한 묘목에서는 뿌리로 분배되는 광합성 산물의 비율이 상대적으로 낮기 때문이라고 알려져 있다(김종진, 2000; Loach, 1970). 광도가 감소된 조건에서는 지상부의 수광 경쟁이 강화되면서 순물질 생산량의 대부분을 줄기의 묘고 생장에 이용하게 되므로 T/R율은 증가하게 되는 것으로 생각된다.

## 결론

본 연구에서는 주요 활엽수종인 튜울립나무, 거제수나무, 까치박달나무의 3개 낙엽활엽수종을 대상으로 피음처리를 통해 4가지 수준으로 광 조건을 달리하여 이들의 내음성 및 광 요구도에 관한 광합성 특성과 생장 특성을 조사하여 각 수종별로 다양한 광 영향을 분석하였다.

광합성 특성에서는 튜울립나무와 거제수나무는 전광 처리구(100%)에서 광합성률이 보통피음 처리구와 강피음 처리구에 비해 약 2~3배 높게 나타났으며, 까치박달나무는 전광 처리구보다 약 20% 높은 광합성률을 보이며 보통피음 처리구(26~37%)에서 가장 좋은 광합성 능력을 나타냈다. 수종 간의 광합성 특성은 거제수나무가 광포화점에서의 광합성 능력이 가장 높았으며, 튜울립나무, 까치박달나무 순으로 나타났다. 그러나 내음성에서는 까치박달나무가 가장 강하고 튜울립나무, 거제수나무의 순이라는 것을 확인할 수 있었다.

생장 특성에서는 튜울립나무와 거제수나무는 전광 처리구에서 묘고와 근원경의 상대생장률이 가장 높게 나타났다. 그러나 까치박달나무의 경우 보통피음 처리구(26~37%)에서 가장 높은 상대생장률을 보였는데 이는 광합성 특성의 결과와 같은 경향을 보인 것이다. 반면에 T/R율에서는 튜울립나무와 거제수나무는 전광 처리구, 까치박달나무는 보통피음 처리구(26~37%)에서 가장 낮은 값

을 보였다.

이상을 연구결과를 종합할 때 튜울립나무와 거제수나무 및 까치박달나무의 내음성 관련 특성이 본 실험에서 표현되었으며, 튜울립나무와 거제수나무 보다는 까치박달나무가 내음성이 강한 것으로 평가되었다.

## 감사의 글

본 연구를 수행하는 과정에서 일부분 충남대학교 교원 연구력강화사업 예산 지원이 있었음을 밝힙니다.

## 인용문헌

1. 권기원, 김선아, 이돈구. 1996. 인공 피음 처리 하에서 자라는 몇 가지 침엽수 및 활엽수 잎의 엽록소 함량에 미치는 광도 효과. 충남대학교 환경문제연구소 14: 42-49.
2. 권기원, 최정호, 정진철. 2000. 주요경제수종의 내음성 및 광선요구도와 수분특성에 관한 연구(II). 한국임학회지 89(2): 198-207.
3. 김갑태. 2003. 생육장소에 따른 곱취(*Ligularia fischeri*)의 생장, 광합성을 및 엽록소 함량 조사 연구. 한국임학회지 92(4): 374-379.
4. 김세현, 김영중. 1997. 피복과 비음처리가 황칠나무 묘목의 생육에 미치는 영향. 임목육종연구보고 33: 112-118.
5. 김영환. 1999. 숲틈에서 갱신 초기 단계 소나무의 생장 특성과 수관 형태. 서울대학교 대학원 박사학위논문. pp. 100.
6. 김영채. 1986. 무기적 환경 요인이 잣나무 유묘의 생육에 미치는 영향에 관한 연구(I)-과포상에 있어서의 피음처리 영향. 한국임학회지 73: 43-54.
7. 김종진. 2000. 광도가 곱솔 유묘의 생장과 물질생산에 미치는 영향. 임산에너지학회지 19(1): 7-12.
8. 김종진. 2000. 층층나무와 말채나무 유묘시 적정 차광율에 관한 연구. 한국임학회지 89(5): 591-597.
9. 김관기, 이용섭, 정동준, 우수영, 성주환, 이은주. 2001. 광도가 내음성이 서로 다른 3수종의 광합성 생장에 미치는 영향. 한국임학회지 90(4): 476-487.
10. 심주석, 한상섭. 2003. 낙엽성 참나무류의 생리생태적 특성(III)-광도변화에 대한 잎의 광합성 반응. 한국임학회지 92(3): 208-214.
11. 우수영, 이성환, 권기원, 이재천, 최정호. 2004. 오존 스트레스에 대한 몇 수종의 생장, 광합성, Ascorbate peroxidase 활성반응. 한국임학회지 93(5): 409-414.
12. 임중환, 우수영, 권미정, 천정화, 신준환. 2006. 한라산 구상나무 건전개체와 쇠약개체의 온도변화에 따른 광합성능력과 수분이용효율. 한국임학회지 95(6): 705-710.
13. 이철호, 신창호, 김규식, 최명석. 2006. 광강도에 따른 음나무 유묘의 생장 및 광합성 특성. 한국약용작물학회지 14(4): 244-249.
14. 제선미, 손석규, 우수영, 변광옥, 김찬수. 2006. 다른 광도에서 생육한 죽절초의 광합성 기구, 엽록소 함량 차

- 이. 한국농림기상학회지 8(2): 54-60.
15. 최정호. 2001. 인공피옴이 주요수종의 성장 및 수분특성과 광합성에 미치는 영향. 충남대학교 대학원 박사학위논문. pp. 152.
  16. 한상섭, 김하선. 1989. 4종의 참나무엽의 광합성 속도와 호흡속도에 미치는 광, 온도, 수분의 영향. 한국임학회지 78(2): 151-159.
  17. 홍성각, 김종진, 임형탁. 2000. 도시형 삼림육장 목초본식물의 내음성 연구. 한국임학회지 89(5): 585-590.
  18. Davies, M.J. and T.T. Kozlowski. 1975. Stomatal responses to changes in light intensity as influenced by plant water stress. For. Sci. 21: 129-133.
  19. Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis. Edward Arnold Publishers Ltd., London pp. 248.
  20. Kimmins, J.P. 1997. Forest Ecology. 2nd ed. Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. pp. 596.
  21. Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1997. Physiology of Woody Plants. A.P., N.Y. pp. 411.
  22. Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1960. Physiology of Tree. McGraw-Hill. N.Y. pp. 642.
  23. Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants. A.P., N.Y. pp. 811.
  24. Loach, K. 1970. Shade tolerance in tree seedlings II. Growth analysis of plants raised under artificial shade. New Phytol. 69: 273-286.
  25. Robert, H.J. and K.W. McLeod. 1990. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallow tree and Carolina ash seedlings. Forest Science 36: 851-862.
  26. Thomas, M.D. 1955. Effect of ecological factors on photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiology. 6: 135-156.

---

(2007년 7월 25일 접수; 2007년 8월 22일 채택)