

층층나무와 말채나무 養苗時 適正 遮光率에 관한 研究^{1*}

金 鍾 眞²

Studies on Optimum Shading for Seedling Cultivation of *Cornus controversa* and *C. walteri*^{1*}

Jong Jin Kim²

요 약

본 실험은 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl)와 말채나무(*Cornus walteri* Wanger)의 양묘시 적정 차광율을 구명하고자 상대광도가 100%(대조구), 50%, 30%, 10% 및 2%로 조절된 피음포지에서 실시하였다. 두 수종의 수고생장은 상대광도 50%에서 가장 높은 생장을 보였고, 근원경생장은 대조구와 50%구에서 서로 비슷하게 높은 생장을 기록하였다. 물질생산량을 보면 층층나무의 전체 생산량의 경우 50%에서 자연전광의 대조구보다 높은 생산량을 보였으나 지하부의 생산량은 다소 낮았다. 말채나무는 50%에서 전체 생산량은 대조구보다 낮았으나 지상부 생산량은 다소 높은 생산량을 보였다. 30% 이하의 상대광도에서는 수고생장, 근원경생장 및 물질생산량이 급격히 감소하였다. 두 수종 모두 30%에서 가장 높은 T/R율을 기록하였으며 전체적으로 말채나무의 T/R율이 층층나무의 T/R율 보다 높았다. 잎의 엽록소 a와 b 및 전체엽록소 함량은 상대광도가 낮을수록 높아지는 경향을 나타내었다.

ABSTRACT

This studies were carried out to investigate the optimum shading for seedling cultivation of *Cornus controversa* and *C. walteri*. The experiment was performed under five different shading scheme such as 100%, 50%, 30%, 10%, and 2% of the natural full sun light intensity for 7 months in the field condition. Two species showed the highest height growth under 50% of relative light intensity, and the highest diameter growth at root collar was observed both under 100% and 50% of relative light intensity. *C. controversa* seedlings grown under 50% of relative light intensity produced more total biomass than control seedlings, but root biomass was less in the seedlings under 50% of relative light intensity. In case of *C. walteri*, total biomass production of the seedlings under 50% of relative light intensity was lower than that of the seedlings under full sun light intensity, but leaves and shoot biomass was slightly high under 50% of relative light intensity. Great reductions of height growth and diameter growth at root collar, and biomass production were observed below 30% of relative light intensity in the both species. T/R ratio of the two species was highest under 30% of relative light intensity, and the chlorophyll content of the seedlings tended to be increased by reduction of relative light intensity.

Key words : *Cornus controversa*, *C. walteri*, seedling cultivation, optimum shading, biomass production

¹ 接受 2000年 7月 3日 Received on July 3, 2000.

² 건국대학교 농업자원개발연구소 The Research institute of Agricultural Resources Development, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea.

* 이 논문은 1999년도 대산농촌문화재단 지원 연구비에 의하여 수행되었음.

서 론

층층나무와 말채나무는 주로 동북아시아 지역에서 자라고 있는 낙엽교목으로 우리 나라에서는 주로 산록과 계곡부위의 토심이 깊고 적윤한 토양에서 잘 자라며(산림청, 1987; 이창복, 1999) 그 분포면적이 넓지 않기 때문에 외국에서도 그들에 관한 연구가 많지 않은 실정이다(Cornelissen, 1993; Masaki et. al., 1994). 우리 나라에서는 층층나무의 경우 천연임분내 생장에 관한 조사(정성호 등, 1983)와 자엽단계 유묘의 성장특성에 관한 연구(조재형 등, 1998)가 보고된 정도이며, 층층나무와 말채나무는 종자의 휴면이 깊어 발아에 어려움이 있는 수종으로 알려져 있으며 그들의 발아촉진 연구와 양묘법에 관한 연구도 아직 미미한 실정이다(박희경, 1987; Young과 Young, 1992).

한편 층층나무와 말채나무는 풍부한 蜜源을 지니고 있는 蜜源資源 수목으로서, 오랫동안 우리나라 환경에 적응한 생태적으로 안정된 수종으로서 그들이 산림에 새로이 식재될 때 우리 산림생태계의 건전한 유지, 발전에 기여하리라 기대된다. 또한 층층나무, 말채나무는 그들의 수형, 꽃 등의 조경적 가치를 고려할 때 경관 활엽수로도 훌륭한 자원으로 개발될 것으로 예상되며, 층층나무류는 고려시대 목판 대장경에 사용된 것으로 밝혀지고(박상진과 강애경, 1996) 있어 유용 목재 자원으로서의 이용개발 가능성이 커 고급 목재 및 목공예적 용도개발이 예상되고 있다.

따라서 본 연구에서는 우리 나라 자생수종인 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl)와 말채나무(*C. walteri* Wanger)를 대상으로 각 수종에 적합한 양묘기술 방법을 개발하고자 한다. 특히 두 수종은 내음성이 있는 수종(산림청, 1987; 조재형 등, 1998)으로 알려져 있어 노지양묘시 적정한 차광이 요망되므로 본 실험에서는 위 두 수종의 양묘시 적정 차광율 구명 및 유묘 생육시기의 성장특성을 분석·이해하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl.)의 종자는 1998년 9월에 건국대학교 농과대학에서 자라고 있는 12년생 나무로부터 채집하였고, 말채나무(*C. walteri* Wanger.)의 종자 역시 1998년 9월에 경북공에서 자라고 있는 40년생

나무에서 채집하여 과피를 벗긴 후 수선법으로 정선하고 젖은 모래와 함께 5°C에서 4~5개월 동안 발아촉진처리한 종자이다. 1999년 2월 중순에 파종상에 파종하여 건국대학교 산림자원학과 재배 온실에 두었다.

공시수종들의 양묘시 적정 차광율 탐구는 건국대학교 산림자원학과 실습포지에 설치한 둥근 터널 형태의 피음포지에서 실시하였는데, 피음포지는 대조구(자연 전광)와 함께 35% 검은색 차광망을 이용, 겹을 달리하여 대조구(100%)의 50, 30, 10 및 2%로 조절하여 설치하였다. 광도의 측정은 LI-1800 spectroradiometer(Li-COR, USA)를 사용하였다.

재배온실에서 발아된 층층나무와 말채나무나무의 유묘들 중 육안으로 건전하고 균일한 개체를 선발하여 1999년 4월 15일 위 피음포지로 이동시켜 15cm 간격으로 식재하였으며, 식재 본수는 대조구 포함 각 처리구별로 80본이었다. 한편 각 처리구별 토양의 수분증발량은 차이가 있으므로 관수 횟수를 다음과 같이 조절하여 실시하였다. 대조구는 일일 3회, 50%구는 일일 2회, 30%구는 주 3회, 10%와 2%구는 주 1회씩 1m²당 2ℓ씩 관수하였다. 토양의 수분함량은 soil moisture meter (SM-300H±0.1, 제한, 한국)를 사용하여 각 처리구 토양 15cm 깊이의 토양 유효수분(%)을 각각 3회(6월 25일, 7월 25일, 8월 25일) 측정하였는데 상대광도에 따른 각 처리구별 유효수분은 최소 67.1%에서 최고 74.9%로 처리구 사이에 유의성은 없었다. 시비는 하이포넥스 1000배액을 주 1회로 실시하였다.

엽록소 함량을 측정하기 위하여 1999년 8월 24일에 위 장소에서 생육하고 있는 층층나무와 말채나무의 잎을 정단부위로부터 3번째 잎을 채취하여 0.1g씩 취한 후 시약병에 넣고 DMSO(dimethyl-sulfoxide) 용액 7ml를 넣어 65°C 항온기에서 6시간 동안 추출하였다(Hiscox and Israelstam, 1979). 항온기에서 꺼낸 즉시 전체 추출액이 10ml가 되도록 약 3ml를 추가하고 UV/visible spectrophotometer (UV-1601, Simadzu, Japan)를 이용하여 optical density를 측정하였다. 엽록소량은 Arnon(1949) 식을 이용하여 구하였다. 한편 1999년 10월 21일에 수확하여 수고, 근원경 생장 및 부위별 물질생산량을 조사하였다.

본 실험 각 처리구의 평균값은 'Anova'로 LSD (least significant difference) 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 수고생장과 근원경생장

층층나무와 말채나무의 유묘를 차광율을 달리 하여 설계한 피음포지에서 재배한 결과 수고생장, 근원경생장 등의 반응이 다르게 나타났다. 차광은 임업 양묘시 어린 유묘가 강한 일사광선을 받거나 건조의 우려가 있을 때 또는 내음성 수종의 양묘시 실시하고 있다(임경빈 등, 1992). 본 실험에서 공시 두 수종의 수고생장은 차광에 의하여 상대광도가 50%로 낮아진 포지에서 가장 높은 생장을 나타내었다(Fig. 1). 층층나무의 경우 50%에서의 수고가 31.4cm로서 대조구의 24.8cm보다 약 6.6cm의 생장 증가가 관찰되었으며, 말채나무에서도 층층나무의 경우보다는 낮지만 3.5cm의 수고생장 증가가 관찰되었다. 30%에서는 두 수종 각각 대조구보다 4.5cm, 5.7cm의 생장 감소를 보였고, 10% 이하에서 가장 낮은 수고생장을 보였으며 두 수종사이에서 생장차이는 거의 없었다.

층층나무, 말채나무의 근원경생장은 대조구와 50%에서 비슷한 결과를 보였으며 상대광도가 30% 이하로 내려갈수록 두 수종 모두 근원경생장이 낮아졌으며 2%에서 가장 낮은 생장을 기록하였다(Fig. 2). 두 수종 사이의 근원경생장을 비교해 보면 층층나무의 근원경생장이 더 높은 것으로 나타났다.

본 실험에서와 같이 이러한 인위적인 피음에 따른 광도감소에 의하여 묘목의 생장반응은 달라지는데 일찍이 현신규(1937)는 피음에 따른 소나무, 편백 유묘의 생장을 관측하여 수목의 내음성 정도를 판단하였으며, 김영채(1986)는 피음에 의한 잣나무의 수고생장은 상대광도 37%에서 가장 높았고, 삼나무묘(Tanimoto, 1975)의 경우에는 피음에 의한 상대광도가 낮아질수록 수고 및 직경생장이 작아진다고 보고하였다. 또한 같은 실험조건에서(Tanimoto, 1976), 소나무묘의 수고생장의 경우 생장초기에는 그 차이가 작았으나 생장후기에는 상대광도가 높을수록 수고생장이 좋았다고 하였다. 활엽수의 경우, 내음성이 있는 수종으로 알려진 황칠나무(산립청, 1987)의 수고생장은 25%의 상대광도에서, 근원경생장은 55%에서 가장 높았으며(김세현과 김영중, 1997), 두층나무의 경우에는 46%의 상대광도에서 수고 및 근원경생장이 가장 높았다고 하였다(Kawanabe와 Shidei, 1965). 이러한 결과들을 보면 내음성 수종뿐만 아

니라 양수 유묘의 경우에도 적당한 피음조건에서 수고생장이 자연전광에서보다 양호한 것을 알 수 있으며, 또한 지상부와 근계의 생장이 균형있게 성장하는 것을 볼 수 있다. 따라서 적정 차광조건은 수종과 수령에 따라 다를 수 있다.

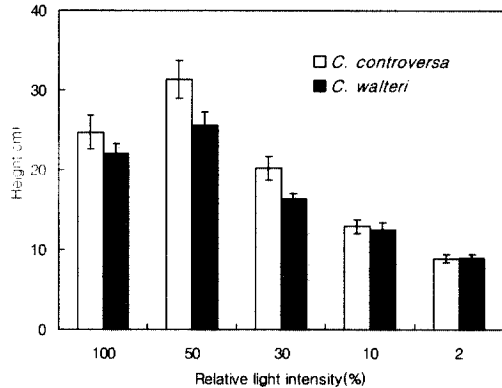


Fig. 1. Effects of artificial shading treatments on the height growth of *C. controversa* and *C. walteri* seedlings. Relative light intensities are the proportion to a natural light intensity considered as 100%. Means and standard errors of 16 to 22 replications are presented.

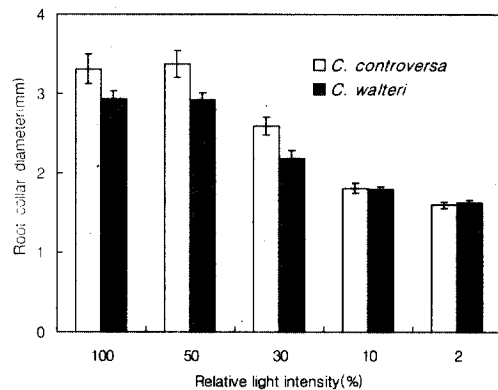


Fig. 2. Effects of artificial shading treatments on the diameter growth at root collar of *C. controversa* and *C. walteri* seedlings. Relative light intensities are the proportion to a natural light intensity considered as 100%. Means and standard errors of 16 to 22 replications are presented.

2. 물질생산량

층층나무의 전체 물질생산량은 상대광도 50%에서 가장 많은 생산량(대조구의 106.9%)을 보였으며 상대광도가 30% 이하로 낮아질수록 생산량이

급속히 감소하였다(Table 1). 상대광도 50%에서 부위별 생산량을 보면 잎의 물질생산량이 대조구의 118.5%로 가장 많았으며 줄기는 109.2%, 뿌리의 경우에는 95.3%를 보여 대조구보다 적었다.

말채나무의 전체 물질생산량은 대조구에서 가장 많은 생산량을 보였으나 지상부 물질생산량의 경우 50%에서 대조구보다 다소 많게 나타났다(대조구의 102%), 10%에서의 물질생산 감소는 층층나무는 줄기의 생산량이, 말채나무는 잎의 생산량이 가장 적게 나타났다. 뿌리의 생산량은 상대광도 10%에서 두 수종 모두 비슷한 수준의 감소율을 보였으나 2%에서는 층층나무가 크게 감소하였다. 한편 대조구에서 생육하고 있는 공서 두 수종의 전체 물질생산량을 보면, 층층나무의 생산량이 말채나무의 생산량보다 상대적으로 많았다.

김세현과 김영중(1997)에 의하면 황칠나무의 물질생산량은 상대광도 55%까지는 지상부, 지하부 모두 대조구보다 많았다고 하였으며, 두층나무(Kawanabe와 Shidei, 1965)는 46%의 상대광도에서 물질생산량이 가장 많았다고 하였다. *Quercus mongolica* var. *grosserrata* 1년생 묘목의 수고와 근원경은 상대광도가 20%까지 낮아져도 큰 차이가 없었으나 물질생산량은 어느 부위에서나 상대광도가 낮아질수록 적어진다고 하였다(Norio, 1985). 잣나무의 경우(김영채, 1986)에는 상대광도 37%에서 가장 높은 수고생장을 보였지만 물질생산량은 대조구에서 가장 높았다고 보고하였다.

3. 물질분배

층층나무와 말채나무의 전체 물질생산량의 각

Table 1. Effects of artificial shading treatments on the biomass production(g) of *C. controversa* and *C. walteri* seedlings.

Species	Relative light intensity (%)	Leaves	Shoot	L+S	Root	Total
<i>C. controversa</i>	100 ¹	0.91±0.08 ²	1.21±0.10	2.12±0.17	1.16±0.09	3.29±0.27
	50	1.07±0.11 (118.5% ³)	1.32±0.18 (109.2%)	2.40±0.28 (113.2%)	1.11±0.13 (95.3%)	3.51±0.41 (106.9%)
	30	0.52±0.07 (56.7%)	0.42±0.06 (34.3%)	0.93±0.12 (43.9%)	0.33±0.05 (28.2%)	1.26±0.17 (38.3%)
	10	0.25±0.03 (27.8%)	0.20±0.02 (16.1%)	0.45±0.05 (21.1%)	0.17±0.02 (14.9%)	0.62±0.06 (18.9%)
	2	0.11±0.01 (12.0%)	0.08±0.01 (6.5%)	0.19±0.02 (8.8%)	0.11±0.01 (9.4%)	0.30±0.02 (9.0%)
	<i>LSD</i> _{0.05} ⁴	0.19	0.26	0.43	0.20	0.61
<i>C. walteri</i>	100	0.87±0.05	0.80±0.05	1.67±0.10	0.83±0.06	2.50±0.16
	50	0.85±0.05 (98.1%)	0.85±0.04 (106.2%)	1.71±0.08 (102.0%)	0.73±0.04 (88.2%)	2.44±0.12 (97.4%)
	30	0.27±0.03 (30.6%)	0.21±0.02 (26.5%)	0.48±0.05 (28.6%)	0.15±0.01 (17.6%)	0.63±0.06 (24.9%)
	10	0.17±0.01 (19.4%)	0.17±0.02 (21.1%)	0.34±0.03 (20.2%)	0.12±0.01 (14.9%)	0.46±0.03 (18.4%)
	2	0.10±0.01 (11.6%)	0.07±0.01 (8.9%)	0.17±0.01 (10.3%)	0.10±0.01 (12.5%)	0.28±0.02 (11.0%)
	<i>LSD</i> _{0.05}	0.11	0.10	0.20	0.11	0.30

¹ Relative light intensities are the proportion to a natural light intensity considered as 100%.

² Means±SE of 12 to 16 replications are presented and were measured at Oct, 1999.

³ The value is the proportion to the value of 100% relative light intensity.

⁴ *LSD*_{0.05} in each column indicates least significant difference at 95% level.

부위별 분배비율은 Fig. 3과 같다. 층층나무의 경우 대조구에서 생육한 묘목의 부위별 비율은 줄기(36.8%) > 뿌리(35.7%) > 잎(27.5%)의 순이었으며, 전체 물질생산량이 가장 많았던 50%의 경우도 같았다. 또한 줄기의 비율은 50%에서 37.8%로 가장 높은 값을 보여 주었으며 30%이하로 내려갈수록 그 비율은 낮아졌다. 이러한 감소는 상대적으로 낮은 광도에서 줄기의 생장은 낮은 반면 잎의 발생으로 인한 상대적 감소현상으로 사료된다. 뿌리의 경우 상대광도 30%에서 25.7%로 가장 낮은 비율을, 2%에서 37.1%로 가장 높은 비율을 보였다. 잎의 경우에는 30%에서 41.1%로 가장 높은 분배비율을 나타내었다.

말채나무는 대조구에서 잎(34.9%) > 뿌리(33.0%) > 줄기(32.1%)의 순으로 물질분배 비율이 층층나무와는 다르게 나타났다. 잎의 경우에는 층층나무와 마찬가지로 30%에서 가장 높은 42.3%로 나타났으며 가장 낮은 뿌리의 비율(24.0%)을 기록하였다.

Tamimoto(1975)는 삼나무묘를 대상으로 한 실험에서 전체 물질생산량에 대한 잎의 비율은 피음에 의하여 상대광도가 낮아질수록 커졌으며 전체 물질생산량에 대한 줄기와 뿌리의 비율은 작아져 피음처리의 영향은 묘목의 부위에 따라 다르다고 하였다.

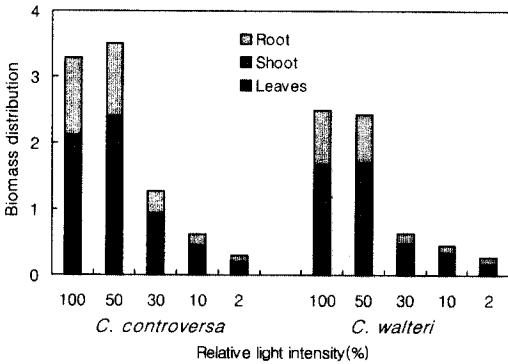


Fig. 3. Effects of artificial shading treatments on the biomass distribution of *C. controversa* and *C. walteri* seedlings. Relative light intensities are the proportion to a natural light intensity considered as 100%. Means of 12 to 16 replications are presented.

4. T/R율

차광에 따른 공시 두 수종의 T/R율 변화를 보면 광도가 감소할수록 상대광도 30%까지는 증가하다가 다시 감소하였으며, 대조구에서 층층나무

는 1.86, 말채나무는 2.05를 나타내어 층층나무의 T/R값이 다소 낮았다(Fig. 4). 상대광도 30%에서는 두 수종 모두 가장 높은 값을, 2%에서는 가장 낮은 값을 기록하였다. *Quercus mongolica* var. *grosserrata* 1년생의 경우, 물질생산량은 어느 부위에서나 피음이 강해질수록 적어지나 T/R율은 피음이 강해질수록 반드시 높은 것은 아니나 상대광도 6% 정도에서는 낮은 경향을 보였다 한다(Norio, 1985). 일반적으로 낮은 광도에서 성장한 묘목들의 높은 T/R율은 뿌리쪽으로 분배되는 물질의 비율이 상대적으로 낮기 때문으로 해석되고 있다(Loach, 1970; Thompson, et. al., 1992).

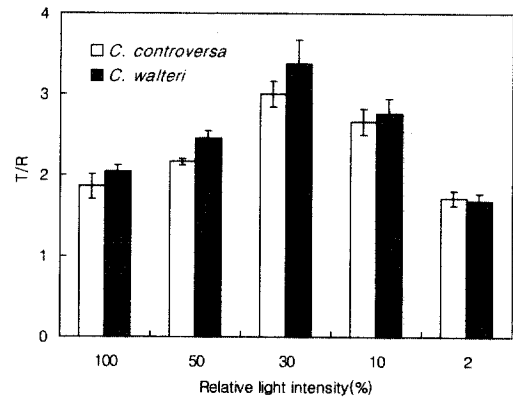


Fig. 4. Effects of artificial shading treatment on the T/R ratio of *C. controversa* and *C. walteri* seedlings. Relative light intensities are the proportion to a natural light intensity considered as 100%. Means and standard errors of 12 to 16 replications are presented.

5. 엽록소합량

상대광도가 낮아질수록 층층나무와 말채나무의 전체 엽록소합량은 지속적으로 증가하였으며 2%에서는 다소 감소하였다(Table 2). 층층나무의 최고치는 $3.04 \text{ mg g}^{-1} \text{ fr. wt.}$ 를 보여준 상대광도 10%에서 이었으며 말채나무의 경우에도 10%에서 $2.75 \text{ mg g}^{-1} \text{ fr. wt.}$ 으로 가장 높은 값을 보였다. 엽록소 a, b의 변화도 전체 엽록소합량 변화와 같은 양상이었다. 광조건이 다른 서식지에서 자라는 식물군집, 개체 또는 개체의 각 부위는 광에 대한 광합성적 대응에 차이가 있는데 낮은 광도에서 자란 식물의 단위면적당 엽록소 함량이 높다고 하였으며(Fitter과 Hay, 1987), 이러한 결과는 침·활엽수 14종의 실험을 통해서도 보고되고 있다(권기원 등, 1999).

Table 2. Effects of artificial shading treatments on the chlorophyll contents of *C. controversa* and *C. walteri* seedlings.

Relative light intensity(%)	Species	Chlorophyll(mg g ⁻¹ fresh weight)		
		a	b	total
100 ¹	<i>C. controversa</i>	1.26±0.06 ²	0.46±0.04	1.72±0.10
	<i>C. walteri</i>	1.31±0.07	0.47±0.02	1.77±0.09
50	<i>C. controversa</i>	1.42±0.05	0.48±0.01	1.90±0.05
	<i>C. walteri</i>	1.44±0.05	0.49±0.03	1.94±0.07
30	<i>C. controversa</i>	1.78±0.03	0.62±0.02	2.40±0.05
	<i>C. walteri</i>	1.63±0.24	0.57±0.03	2.23±0.16
10	<i>C. controversa</i>	2.35±0.12	0.69±0.04	3.04±0.16
	<i>C. walteri</i>	1.69±0.18	0.76±0.04	2.75±0.11
2	<i>C. controversa</i>	2.28±0.03	0.73±0.02	3.01±0.05
	<i>C. walteri</i>	1.72±0.02	0.62±0.05	2.34±0.06

¹ Relative light intensities are the proportion to a natural light intensity considered as 100%.

² Means±SE of 12 replications are presented and were measured at August, 1999.

결 론

우리 나라 자생수종으로 내음성이 있는 수종으로 알려져 있는 층층나무와 말채나무의 노지양묘시 적정 차광율 구명 및 유묘 생육시기의 생장특성을 알고자 차광율을 달리하여 설계한 피음포지에서 본 실험을 실시하였다. 위 두 수종의 수고생장과 근원경생장을 비교해보면, 층층나무의 생장이 상대적으로 높은 것으로 나타났고 두 수종의 수고생장은 대조구에서보다 상대광도 50%에서 높았으며, 근원경생장은 대조구와 50%에서 비슷한 생장을 보였다. 30% 이하의 광도에서는 수고생장과 근원경생장 모두 비슷한 양상으로 낮아졌다. 물질생산량을 보면 수고생장, 근원경생장과 마찬가지로 전체적으로 층층나무의 생산량이 말채나무의 생산량보다 많은 것으로 나타났다. 층층나무는 상대광도 50%에서 전체 물질생산량이 가장 많게 나타났으나 지하부의 생산량은 전광의 묘목에서 가장 높았다. 말채나무의 경우에는 50%의 지상부 생산량이 대조구보다 다소 증가하였으나 지하부의 감소량이 더 커서 전체 생산량은 대조구에서 가장 많았다. 두 수종 모두 30% 이하의 광도에서는 물질생산이 급격히 감소하였다. 본 실험의 결과로 볼 때 층층나무와 말채나무의 경우 50% 정도의 피음처리는 지상부와 지하부 생장을 동시에 촉진시켜 우량한 묘목으로 양성시킬 수 있지만 과도한 피음처리는 생장저하 및 지상부와 지

하부의 생장 균형이 이루어지지 않아 우량한 묘목으로 양성시킬 수 없을 것으로 사료된다. 따라서 위 두 수종의 노지양묘시에는 50% 정도의 피음이 건전한 묘목 양성에 적당한 차광조건이라고 사료된다.

인 용 문 헌

1. 권기원·최정호·김선아. 1999. 주요경제수종의 내음성 및 광선요구도와 수분특성에 관한 연구(III). - 인공피음처리를 실시한 14개 주요수종의 엽록소 함량 변이. 한국임학회 하계 학술연구발표회 초록집. 78-81.
2. 김세현·김영중. 1997. 피복과 피음처리가 황칠나무 묘목의 생육에 미치는 영향. 임목육종 연구보고 33 : 112-118.
3. 김영채. 1986. 무기적 환경요인이 잣나무 유묘의 생육에 미치는 영향에 관한 연구(I) - 파종상에 있어서의 피음처리 영향-. 한국임학회지 73 : 43-54.
4. 박상진·강애경. 1996. 팔만대장경판의 수종. 목재공학 24 : 80-89.
5. 박희경. 1987. 층층나무종자 발아에 관한 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문.
6. 산림청. 1987. 한국수목도감. 산림청 임업시험장. 496pp.
7. 이창복. 1999. 대한식물도감. 향문사. 990pp.

8. 임경빈 외 22인. 1992. 조림학본론. 향문사. 347pp.
9. 정성호·최문길·이근수. 1983. 중부지방 주요 활엽수의 직경생장에 관한 조사연구. 한국임학회지 60 : 24-29.
10. 조재형·홍성각·김종진. 1998. 층층나무 자엽단계 유묘의 성장과 한계광도에 관한 연구. 한국임학회지 87 : 483-492.
11. 현신규. 1937. 일광 조사도 및 토양내 함수도를 달리했을 때 소나무 및 편백의 종자발아 및 유식물발육도 비교. 구주제국대학 농학부 학회지 7(4) : 373-407.
12. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24 : 1-15.
13. Cornelissen, J.H.C. 1993. Seedling growth and morphology of the deciduous tree *Cornus controversa* in simulated forest gap light environments in subtropical China. Plant Species Biol. 8 : 21-27.
14. Fitter, A.H. and R.K.M. Hay. 1987. Environmental Physiology of Plants. Academic Press, San Diego. 423pp.
15. Hiscox, J.D. and G.F. Israelstam. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57 : 1332-1334.
16. Kawanabe, S. and T. Shidei. 1965. Ecological studies on the influence of light intensity upon the growth and development of forest tree. I. Effects of shading on the growth of some deciduous tree seedlings. J. Jpn. For. Soc. 47 : 9-16.
17. Loach, K. 1970. Shade tolerance in tree seedlings. II. Growth analysis of plants raised under artificial shade. New Phytol. 69 : 273-286.
18. Masaki, T., Y. Kominami and T. Nakashizuka. 1994. Spatial and seasonal pattern of seed dissemination of *Cornus controversa* in a temperate forest. Ecol. 75 : 1903-1910.
19. Norio, M. 1985. Effect of shading on the growth of *Quercus mongolica* var. *grosserrata* seedlings. 日林論 96 : 369-370.
20. Tanimoto, T. 1975. Effects of artificial shading on the growth of forest trees. (I). Differences in growth of *Cryptomeria japonica* seedlings in shade during a growing season. J. Jap. For. Soc. 57 : 407-411.
21. Tanimoto, T. 1975. Effects of artificial shading on the growth of forest trees. (II). Differences in growth of *Pinus densiflora* seedlings during a growing season under shading. J. Jap. For. Soc. 58 : 155-160.
22. Thompson, W. A., P. E. Kriedemann and I.E. Craig. 1992. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rain forest tree. I. Growth, leaf anatomy and nutrient content. Aust. J. Plant Physiol. 19 : 1-18.
23. Young, J.A. and C.G. Young. 1992. Seeds of Woody Plants in North America. Dioscorides Press, Oregon. 407pp.