

被陰이 층층나무 1年生 幼苗의 生長에 미치는 影響<sup>1\*</sup>  
趙宰亨<sup>2</sup>, 洪性珏<sup>3</sup>, 金鍾眞<sup>4</sup>

Effects of Shading on Growth of 1-year-old *Cornus controversa* HEMSLE.  
Seedlings<sup>1\*</sup>

Jae Hyoung Cho<sup>2</sup>, Sung Gak Hong<sup>3</sup> and Jong Jin Kim<sup>4</sup>

요 약

본 연구는 피음이 층층나무 1년생 유묘의 생장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다. 실험은 자연전광의 100, 50, 30, 17, 9, 및 1%로 조절된 야외피음 포지에서 이루어졌으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 묘고생장은 상대광도 100%와 50%에서 가장 높았으며 상대생장율에서는 100%구보다는 50%구에서 높게 나타났다. 상대광도 9%구이하에서는 생장을 하지 못했다. 근원경생장은 묘고생장과 유사한 결과를 보였다. 엽면적은 상대광도 50%구에서 가장 높았으며 그 이하의 광도에서는 대조구에 비해 작게 나타났다. SLA와 LAI는 광도가 감소함에 따라 증가하였다. LAR과 LWR은 광도가 감소함에 따라 증가하였으나 상대광도 9%이하의 광도에서 LWR은 다시 감소하였다. 상대광도가 낮아짐에 따라 유묘의 뿌리, 줄기, 잎의 biomass 생산 및 가지와 잎 수는 감소되었다. T/R율은 17%와 30%구에서 가장 높았다. 또한 측근은 50%구를 제외하고 광도가 감소함에 따라 감소하였다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of shading on the growth of 1-year-old seedlings of *Cornus controversa*. The height growth was highest in relative light intensities of 100% and 50%, but relative growth rate in 50% was higher than that in 100% treatment. The growth did not occur under 9% relative light intensity. The root collar diameter growth at different light intensities is similar to height growth. The leaf area was highest in 50% relative light intensity, and the leaf area under the light intensity was small compared with the control. SLA and LAI of seedlings increased with decreasing relative light intensity. The LAR and LWR of seedlings increased with decreasing light intensity, but LWR decreased at 9% relative light intensity. The dry weight of root, stem, leaf and branch, and the number of branch and leaf decreased with decreasing relative light intensity. T/R ratio was highest in 17% and 30% relative light intensity. Lateral root growth decreased with decreasing light intensity except for that in 50% light intensity.

Key words : *Cornus controversa*, seedling, shading, growth

1 接受 2000년 3월 16일 Received on March 16, 2000.

2 林業研究院 山林生態課 Dept. of Forest Ecology, Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

3 建國大學校 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea.

4 建國大學校 農業資源開發研究所 The Research Institute of Agricultural Resources Development, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea.

## 서 론

층층나무는 한국, 일본의 온대, 중국의 아열대지방에 분포하는 낙엽활엽수로서 토심이 깊고 적운한 토양에 서식하는 2차천이 수종이다(林, 1970; 李, 1979; Cornelissen, 1993, Masaki 등, 1994). 일반적으로 북동사면의 입연부와 간벌 또는 기타 간섭으로 생긴 숲틈의 적정피음조건에서 주로 분포하지만 입내의 깊이, 즉 상대광도가 낮은 지역으로 갈수록 생장이 제한을 받게 된다. 특히 낙엽송 조림지 내의 교목성으로 출현하여 정착, 성장하는 수종은 층층나무가 주를 이루고 있는 상태이며 잣나무조림지의 대경목 중·하층의 계곡부에 주로 분포하고 있다. 이렇게 낙엽송조림지내에서 출현빈도가 높은 이유는 낙엽송은 연중 계속적으로 피음을 형성하는 상록침엽수와는 달리 가을철에 낙엽이 지며 봄에 싹이트는 시기와 속도가 층층나무의 성장시작시기 보다 느리므로 낙엽송밀의 층층나무 유효는 기회적인 광을 더 받을 수 있게 된다. 이러한 관찰을 통해 볼 때 층층나무는 초기 유효단계에서부터 성목으로의 성장시 성장과 생존에 광조건이 깊이 관여한다는 사실을 알 수 있다.

피음이 식물생장에 미치는 영향은 식물의 물질생산과 직접 연관되며 식물의 물질생산과 피음에 관한 연구를 보면 일찌기 原田泰(1942)는 여러 수종의 1년생 치묘를 재료로 광도와 묘목의 생중량간의 관계를 연구한 바 각 수종에 따라 성장양식이 다르다는 결론을 얻었다. 이와 같이 그의 내음성과 비내음성에 관한 연구를 위시하여 Monsi 등에 의해서 피음효과에 관한 연구가 많이 이루어졌는데, Monsi(1960)는 *Pinus*와 *Picea*사이의 내음성차이와 *Phaseolus aureus*의 광도감소에 따른 성장과 엽면적에 대한 엽면적의 비, 순동화율을 연구한 결과, 상대광도 30%이하에서는 생장이 현저히 감소하였지만 75%구와 100%구는 별차이가 없었으며, 잎의 생장은 피음이 증가함에 따라 감소했다고 보고하였으며(Monsi, 1961, 1962), 여러 수준의 광도하에서 자란 *Helianthus annuus* 개체의 내음성에 대한 연구결과, 상대광도 22% 이하에서는 생장이 현저히 감소되었으며, RGR

도 피음도가 높아질수록 감소한다고 하였다(Monsi, 1963). 또한, 피음식물에 있어서 비광합성계와 순광합성산물의 분포율에 관하여 보고하였다(1964).

일반적으로 광의 감소는 줄기와 뿌리의 biomass 축적을 감소시킨다(Strothmann, 1967; Vance와 Running, 1985; Kolb와 Steiner, 1990a,b; Kolb 등., 1990; Walters 등, 1993). 목본식물에 있어 광합성산물 분배의 생리학적 조절은 그들에게 주어진 생태적 조건에 적응된 뿌리와 줄기비율의 균형을 유도하는 과정으로 제안되어져 왔다(Wahlenberg, 1948; Lyr와 Hoffmann, 1967; Ledig, 1983; Wilson, 1988; Tschaplinski와 Blake, 1989). Tamimoto(1975)는 피음 하에서의 성장기간중 *Cryptomeria japonica* 묘의 피음처리의 영향은 묘목의 부위에 따라 다르고, 전중량에 대한 엽중량비는 피음정도가 강할수록 크고, 간, 근의 중량비는 반대로 적었다고 보고하였다. Norio(1985)는 *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* 묘목을 대상으로 피음강도와 성장과의 관계에 대한 연구에서 1년생매의 묘고, 근원경은 상대광도가 약 20%로 감소해도 별로 억제되지 않지만 그 보다 강한 피음(상대광도 6%)에서는 크게 억제되었으며, 전중량은 어느 부위에서나 피음이 강해질수록 작아지며 T/R율은 피음이 강해질수록 반드시 높은 것은 아니나 상대광도 6% 정도에서는 낮은 경향을 나타냈다고 보고하였다. 그러나 일반적으로 낮은 광도에서 성장한 묘목들에 있어서 근계쪽으로 분배되는 biomass의 비율이 상대적으로 낮게되어 높은 T/R율을 초래하게 된다(Loach, 1970; Larcher, 1975; Kramer와 Kozlowski, 1979; Levitt, 1980; Thompson 등, 1992; Wiebel, 1994). Northern red oak(*Quercus rubra* L.)과 Black oak(*Q. velutina* Lam) 묘목들의 8단계 피음처리중 피음이 깊어짐에 따라 엽 수와 엽면적은 뚜렷한 감소를 보였고 Black cherry(*Prunus serotina* Ehrh.)의 엽 크기는 중간정도의 피음(전광의 43%)에서 가장 컸으며 단위 엽면적당 엽중량(Specific Leaf Weight)은 3수종 모두에서 피음이 감소됨에 따라 뚜렷이 증가했다(Gottschalk, 1994). 이와 유사한 결과는 야마ハンノキ 묘목을 대상으로 한 피음 실험에서도

나타났다(川那辺三郎과 四手井綱英, 1963; Kappel과 Flore, 1983).

그러나 이러한 실험들은 자연조건이든 인위적인 피음조건이든 토양의 수분조건을 고려하지 않은 상태의 결과로 주로 중간정도의 피음에서 모든 생장치가 높게 나타나고 있으나 토양의 수분조건이 피음도에 따라 동일한 조건일 때 광의 감소에 의한 생장상태를 비교한 자료는 미흡한 실정이다. 따라서 본 실험에서는 토양의 수분조건이 광조건마다 동일할 경우 광량의 차이가 층층나무 묘목의 생장에 어떠한 영향을 미치는가를 알고자 수행되었다.

### 재료 및 방법

층층나무 묘목은 1994년 8월 15일 남한산성 층층나무 모수로부터 채취한 종자를 수선한 즉시 포장용수량의 수분조건에서 모래와 함께 4개월간 5°C에서 발아촉진처리한 종자를 1995년 3월초에 peatmoss와 사질양토를 1:1로 섞은 토양을 넣은 비닐 pot(직경 2.5cm, 길이 20cm)에 파종하여 약 1개월간 키운 다음 4월초까지 생장시킨 묘목을 대상으로 하였다. 피음포지는 둥근터널의 형태로 35% 차광망을 이용, 겹을 달리하여 자연전광의 100, 50, 30, 17, 9 및 1%의 6단계로 조절하였다.

각 단계별 당년생 묘목 각 16본씩, 16×6단계=96을 20cm 간격으로 식재하였다. 시험포지는 1m<sup>2</sup>당 20g의 복합비료를 년 6회 시비하였다. 또한 각처리구당 토양의 수분증발량이 차이가 있으므로 각 처리구의 토양수분을 적습한 상태로 동일하게 유지시키기위해 관수의 회수를 조절하였다. 즉, 100%구는 일일 3회, 50%구는 일일 2회, 30%구와 17%구는 주 3회, 9%구와 1%구는 주 1회씩 1m<sup>2</sup>당 2ℓ 씩 관수하였다. 토양의 수분함량은 Soil moisture meter

(SM-300H±1.0%)를 사용하여 각 처리구의 지상부로부터 15cm깊이로 각각 3회(6월 25일, 7월 25일, 8월 25일)측정하여 토양의 유효수분(%)을 구하였는데 상대광도에 따른 처리구별 유효수분은 최소 67.1%에서 최고 74.9%로 처리구간 유의성은 없었다(Table 1).

묘목의 생장량은 5월부터 10월까지 매월초에 총묘고, 근원경을 측정하였고 LAI(엽면적지수, Leaf area index)를 구하기 위해 각 개체의 수관폭을 4방위로 측정하여 묘목의 보유지상면적을 추정하였으며 10월말에 묘목을 채취하여 잎, 가지, 줄기 및 뿌리를 구분하여 건조량을 측정하였다. 또한 SLA(Specific leaf area=Leaf area/leaf dry weight), LAR(Leaf area ratio=Leaf area/total dry weight), LWR(Leaf weight ratio=Leaf dry weight/total dry weight)을 구하기 위해 잎을 건조하기 전에 ΔT Area meter를 이용하여 엽면적을 측정하였다.

또한 광도별 발생되는 엽수와 분지수 및 엽면적을 측정하여 광도차이에 따른 묘목의 성장경향을 분석하였으며, 뿌리의 전체건중을 구하기 전에, 실제 수분흡수면적의 변화를 알기위해 주근과 측근을 분리하여 건조시켰다.

### 결과 및 고찰

#### 3.1 묘고생장과 근원경생장

##### 3.1.1 묘고생장

Fig. 1A는 층층나무 유묘의 4월부터 10월까지의 묘고생장을 나타낸 것으로 5월말까지는 각 처리구당 유사한 생장을 나타내었지만 6월부터는 생장의 차이가 뚜렷히 나타났다. 각 처리구 마다 6월에서 7월사이의 성장율은 대조구부터 126.0, 211.5, 39.0, 40.0, 12.8, 11.3%의 생장을 보였다. 또한 대조구와 50%구에서의 생장은 계절적으로 약간의 성장차이는 있지만 계

Table 1. Available water(%) by treatments and season of soil in plot.

Date \ RL(%)	100	50	30	17	9	1
6월 25일	69.8±3.55	67.1±1.09	72.1±1.41	69.6±1.78	74.1±1.57	72.4±2.09
7월 25일	74.9±1.32	72.5±1.34	72.9±1.39	72.5±0.79	73.4±1.04	72.9±1.67
8월 25일	71.8±2.48	69.4±0.71	72.6±1.16	70.2±1.66	73.5±1.68	72.4±1.42

※ RLI : Relative light intensity

속 신장하는 경향을 나타냈다. 전광의 30%구와 17%구에서는 8월까지의 성장후 점진적으로 생장율이 감소되었으며 9%와 1%구에서는 전체생육기에 걸쳐 유묘의 생장이 거의 나타나지 않았다. 본 실험을 통해 볼 때 1년생 묘목의 묘고생장에 미치는 광도효과는 크게 전광의 100%와 50%구에서 높게 나타났으며 30%와 17%처리구에서는 같은 양의 낮은 생장을 보였으며 9%와 1%처리구에서는 거의 생장을 나타내지 않았다.

3.1.2 근원경생장

5월까지의 생장은 전 처리구에서 근원경생장이 크게 이루어지지 않았으나 6월초부터 7월초까지는 전광의 100%구와 50%구에서 44.9, 52.1%의 상대생장을 보였으며 30%구에서는

17.1%, 17%구에서는 10.9%로 서로 비슷하였고 9%구에서는 4.9%, 1%구에서는 7%로 낮은 생장율을 보였다(Fig. 1B). 대조구와 50%구를 제외한 다른 처리구에서는 6월초와 같은 상대생장율로 10월초까지 생장을 하였으나 대조구와 50%처리구에서는 9월초에서 10월초에 15.5%와 11.5%로 저조한 생장을 나타냈다. 즉 자연광도의 100%구와 50%구, 30%구와 17%구, 및 9%구와 1%구의 3단계로 생장의 차이를 나타내며 각 단계간에는 차이가 거의 없는 생장양상을 나타냈으나(Fig. 1B) 각 처리별 유의성구분은 100%와 50%구, 30%, 17%, 9%, 그리고 1%구로 크게 2단계로 나타났다(Table 2). 결과적으로 1년생 유묘의 근원경생장은 피음의 깊이에 따라 단계적으로 낮아지며 상대광도 50%이상의 광도에서 최고치를 나타냈다.

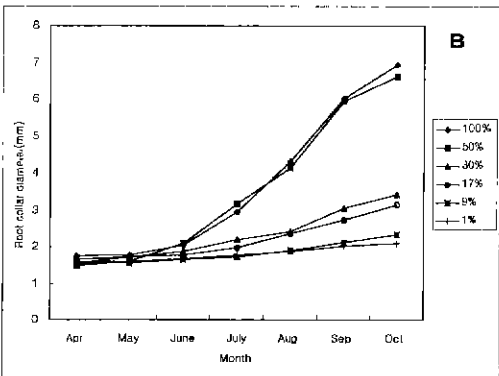
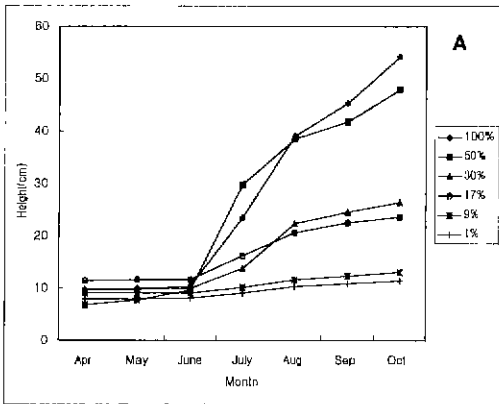


Fig. 1. Effects of shading on the growth of height(A) and root collar diameter(B) of 1 year-old *Cornus controversa* seedling. The shading was designed in the proportion of 50, 30, 17, 9, and 1 percent to natural light intensities considered as 100%.

3.2 묘고 및 근원경의 생장을 비교

묘고, 근원경생장율은 상대광도 50%구에서 가장 높았으며 그 이하의 광도에서는 피음이 깊어질수록 대조구(100%)에 비해 상당히 낮은 생장율을 보이며 특히 9%와 1%구에서는 10% 미만의 상대생장율을 나타냈다. 50% 피음처리구에서 대조구보다 묘고생장율이 높게 나타나는 것은 川那辺三郎(1965)의 *Ligustrum lucidum* Ait. 묘목과 Tanimoto(1972, 1975)의 *Cryptomeria japonica* 묘목을 대상으로한 실험

Table 2. Effects of shading on the growth of height and root collar diameter of *Cornus controversa* seedlings\*.

Relative light intensities(%)	seedling	
	Rootcollar diameter(mm)	Height(cm)
100	6.94a**	54.2a
50	6.62a	47.9a
30	3.43b	26.6b
17	3.16b	23.7b
9	2.33b	13.2c
1	2.09b	11.6c

\* The shading was designed in the proportion of 50, 30, 17, 9, and 1 percent to a natural light intensities considered as 100%. The values was measured at the beginning of Oct.

\*\*Different letters in vertical columne indicate significance at 5% level by Duncan's multiple range test

과 일치하나 川那辺三郎과 四手井綱英(1967)과 Tanimoto(1976)의 *Pinus densiflora*와는 반대의 경향을 나타내었다.

### 3.3 광합성체계의 크기변화

Fig. 2A는 유묘의 1년간 발생한 엽면적과 SLA(Specific Leaf Area)의 전광(상대광도 100%)에 대한 상대값을 나타낸 것이다. 상대광도 50%구에서 가장 많은 광합성 표면적을 생산하며 그 이하의 광도하에서는 대조구(100%)보다 낮은 수치를 나타냈다. 이러한 결과는 *Quercus rubra*, *Acer rubrum*, *Populus tremuloides*와 유사한 경향을 나타내었다(Loach, 1970). 또한 SLA는 광도가 감소함에 따라 증가하였다. 이와같은 경향은 여러 광엽수와 초본을 대상으로한 실험들에서도 유사한 경향을 나타냈다(Loach, 1967; Straley와 Cooper, 1972; Koike, 1986; Sims와 Pearcy, 1992). 또한 SLA 경우 광도가 감소됨에 따라 높아지는 경향을 나타내었다.

참느릅(*Ulmus parvifolia*), 물겉나무(*Alnus hirsuta* v. *sivirica*), *Eucommia ulmoides*를 대상으로 한 Kawanabe등(1965)의 실험에서 엽면적지수(LAI)의 최대치는 피음구에서는 존재했는데, 이것은 음엽화에 의한 엽면적의 증가, 피음에 의한 보상점의 변화, 강한 피음에 의한 물질생산의 저하로 인한 엽량의 감소 등의 복합적인 영향에 의한 것으로 보고되었다. 그러나 본 실험에서는 피음이 깊어질수록 엽면적지수(LAI)가 낮아지는 경향을 나타냈다(Fig. 2C). 이는 식물군락의 최적엽면적은 광이 감소됨에 따라 저하된다는 조사와 일치한다(松尾孝嶺, 1960; Kira와 Shidae, 1967). Kawanabe등(1965)의 실험에서는 각 피음처리(100, 64, 46, 31, 21, 16%)에서 수분을 조절하지 않고 자연적인 토양습수조건으로 실행하였지만 본 실험에서는 각 광처리구별 동일한 수분조건(충분한 관수)을 취한 결과이며 특히 수분스트레스에 민감한 층층나무의 경우 자연적으로 토양수분조건이 양호하지 못한 상태하에서는 토양과 엽표면의 증발량이 적은 상대광도 50%구나 30%구의 조건에서 최대치를 나타낼 것으로 사료된다. 이상의 결과로 볼 때 층층나무의 경우 토양수분조건이 충분한 상태에서는 광이 증가할

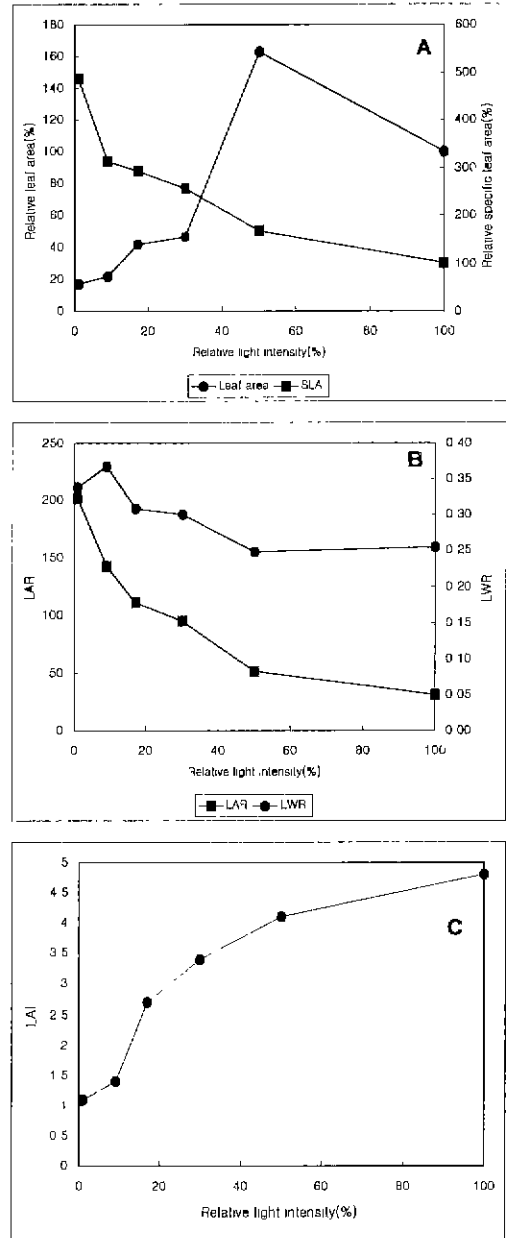


Fig. 2. Effects of shading on the leaf area, SLA(specific leaf area), LAI(Leaf area index), LAR(Leaf area ratio), and LWR(Leaf weight ratio) of *Cornus controversa* seedlings. The shading was designed in the proportion of 50, 30, 17, 9, and 1 percent to a natural light intensities considered as 100%. The values were determined at the end of Oct. (LAI : Leaf area/ground area, LAR : Leaf area/total dry weight, LWR : Leaf dry weight/total dry weight)

수록 최대의 엽량이 발생된다는 것을 알 수 있었다.

단위 식물체중량당 엽면적(Leaf area ratio: LAR)은 광도가 감소됨에 따라 증가했다(Fig. 2B). Blackman 과 Wilson(1951)은 LAR과 상대광도의 대수와는 직선적인 관계가 있다는 것을 발견하였으며 피음에 대한 LAR의 민감도 즉, 광도변화에 대한 식물의 적응성을 측정하는 방법으로 직선의 기울기를 사용하였다. 초본을 대상으로 한 그들의 실험에서 내음성종들은 비내음성종들 보다 이러한 관점에서 적응력이 크다는 것을 발견하였다. 또한 Loach (1970)의 실험에서는 절대치든 대조구에 대한 상대적인 엽면적을이든 내음성 수종보다는 비내음성 수종이 기울기가 급하다고 보고하였으며, 본 실험에서는 층층나무 1년생 유묘의 LAR의 직선 기울기가 크게 나타나서 그가 실험한 *Fagus grandifolia*와 같은 내음성 수종보다는 비내음성 수종인 백합나무(*Liriodendron tulipifera*)와 비슷한 경향을 나타냈다.

엽면적율은 두가지의 생산물비 즉, LWR (leaf weight ratio=leaf dry weight/total dry weight)과 SLA로 분석될 수 있다. Kuroiwa 등(1964)은 비내음성 초종은 피음이 깊어짐에 따라 그들의 동화산물을 점점 더 적게 잎의 생산으로 이용하지만 내음성수종인 *Cryptotaenia canadensis* var. *japonica*의 경우 피음화되었을 때 동화산물을 상대적으로 조금 더 사용하고, 내음성 수종인 *F. grandifolia* 와 *Q. rubra*의 경우 LWR이 대조구에서 보다 각각 44%와 17%에서 낮았다고 보고하였다. 비내음성 수종인 *L. tulipifera*(Loach, 1967)에서는 피음이 깊어짐에 따라 증가하였다. 본 실험에서는 피음이 깊어짐에 따라 증가하는 추세를 나타내다 9%에서 최고치를 기록하고 그 이하의 상대광도에서는 다소 낮은 값을 기록했다. 이러한 결과에서 층층나무의 유묘시에는 토양의 수분조건이 충분한 상태하에서는 비내음성 수종의 특징을 나타내는 것으로 사료된다.

### 3.4 T/R율

일반적으로 높은 광도하에서 유묘의 뿌리 biomass는 줄기의 biomass보다도 빨리 증가하지만 광도가 감소된 조건에서는 순biomass

생산의 대부분을 줄기의 묘고생장에 이용하게 되므로 T/R율의 증가를 나타내게 된다 (Kimmins, 1987). 본 실험에서 대조구와 50% 피음구의 T/R율을 비교해 보면 유사한 경향을 보였으며 20%구에서 가장 높았다(Fig. 3). 그리고 각각 그 이하의 광도에서는 급격히 낮아지는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 층층나무 유묘에서 적정 한계광이하의 조건에서는 뿌리 생장이 거의 정지된다는 것을 볼 수 있다.

### 3.5 biomass생산과 분배

#### 3.5.1 biomass 생산

1년생 유묘의 전체건중량은 모든 처리구에서 피음이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으며(Table 3) 이러한 결과는 川那辺三郎 등(1965)의 *Ligustrum lucidum* Ait., Norio(1985)의 *Quercus mongolia* var. *grosseserrata*, 그리고 Jones 등(1990)의 *Sapium sebiferum* 묘목의 경우와 유사한 결과였다. 그 변화를 보면 100%구와 50%구와는 거의 차이가 없었지만 그 이하의 광도에서는 급격히 줄어들었다. 또한 엽수, 분지의 발생 및 뿌리의 발달도 상대광도가 감소됨에 따라 50%구를 제외하고 감소하는 추세를 보이며 그 기울기 또한 급격하게 나타났다. 그러나 50%구에서는 분지의 발생수와 측근의 건중량에서 약간 증가하였으나 통계적 유의성은 없었으며, 잎의 발생수에서는 차이

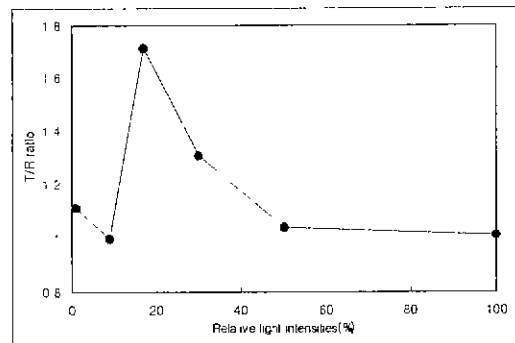


Fig. 3. Effects of shading on the T/R ratio of *Cornus controversa* seedlings. The shading was designed in the proportion of 50, 30, 17, 9, and 1 percent to a natural light intensities considered as 100%. The values was determined at the end of Oct.

는 있지만 거의 비슷한 양상을 나타냈다. 특히, 각 비음도별 총 근계의 biomass와 측근의 biomass양을 비교한 결과 광도가 감소됨에 따라 근계의 총 biomass 및 측근의 biomass도 유사한 양상으로 감소되는 경향을 보였다. 상대광도 100%구에 비해 피음이 증가함에 따라 감소를 보이며 특히 30%이하에서는 급격한 감소를 보이는데 이는 *L. lucidum* Ait.를 대상으로한 川那辺三郎등(1965)과 *P. densiflora*, *C. japonica*를 대상으로한 Tanimoto(1975,1976)의 실험결과와 일치한다. 또한 biomass 생산면에 있어서 토양의 수분조건이 양호한 조건에서는 상대광도 50%이상에서 최고치를 기록하리라 보며 그 이하의 광조건에서는 극히 낮은 수치를 보이다 9%이하의 광에서는 고사할 것으로 사료된다.

3.5.2 Biomass 분배

상대광도 100%에서 17%까지는 피음이 깊어짐에 따라 근계의 비율은 감소하며, 줄기 및 잎의 비율은 증가하는 경향을 나타냈으나 9% 이하에서는 근계와 줄기비율의 증감이 반대현상을 나타냈다. 특히, 피음이 100%에서 17%로 깊어질 때까지는 전체유묘에서 줄기가 차지하는 biomass비율이 증가하였으나 9%와 1%구에서는 급격히 감소하였다(Fig. 4). 이것은 9%와 1%의 광조건에서 줄기가 거의 생장을 하지 못한 반면 엽의 발생으로 상대적 감소현상을 보인 것이며 식재당시의 T/R율과 변화가 없을 정도로 성장하지 못한 것으로 판단된다. 이상의 결과로 볼때, 9%이하의 상대광도하에서는 피음화에 따른 적응양상으로 근계의 발육부진

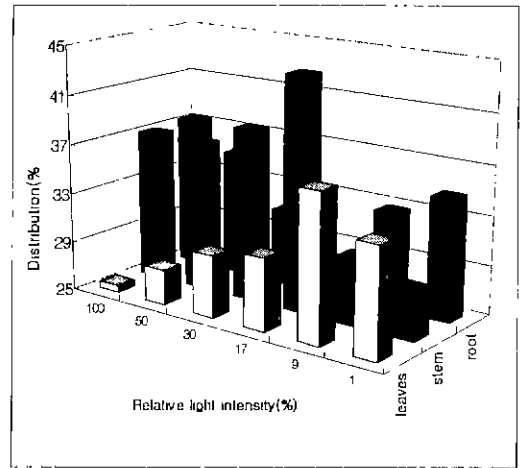


Fig 4. Effects of shading on the biomass distribution of *Cornus controversa* seedlings. The shading was designed in the proportion of 50, 30, 17, 9, and 1 percent to a natural light intensities considered as 100%. The biomass was determined at the end of Oct.

과 줄기의 증대가 일반적인 경우이나 본 실험에서는 반대의 현상이 나타난 것으로 보아 식재당시 광을 충분히 받고 자란 묘목의 분배양상이 그대로 존재하고 있는 것으로 보아 생존에 큰 지장을 받으리라 사료된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 토양의 수분이 좋은 조건에서 층층나무는 유묘시 광도가 높을수록 모든 생장이 양호하나 광도에 따른 유묘의 정확한 성장분석은 3년 이상의 생장기간동안 지속적인 관찰이 필요하다. 자연상태하에서 전광의 100%와 같은 광조건이면서 토양내의 수분이 충분히 공급되는 곳은 없다. 그러므로

Table 3. Effects of shading on the biomass production of *Cornus controversa* seedlings<sup>1</sup>.

Relative light intensity(%)	Dry weight(g)							Number	
	Leaf	Stem		Total	Root		Total	Leaf	Branch
		Main	Branch		Lateral	Total			
100	3.303a <sup>*</sup>	4.226a	0.581a	4.807a	1.330a	4.84a	12.95a	46.7a	3.1a
50	3.217a	3.438a	0.840a	4.278a	1.732a	4.06a	11.56a	40.2a	3.3a
30	0.598b	0.722b	0.052b	0.774b	0.188b	0.62b	1.99b	7.4bc	0.6b
17	0.473b	0.658b	0.013c	0.670b	0.120b	0.41bc	1.53b	8.3bc	0.3b
9	0.228b	0.188c	0.000c	0.188c	0.064c	0.20c	0.62c	6.3c	0.0b
1	0.117b	0.132c	0.000cb	0.132c	0.042c	0.10c	0.35c	5.4c	0.0b

<sup>1</sup> The shading was designed in the proportion of 50, 30, 17, 9, and 1 percent to a natural light intensities considered as 100%. The biomass was determined at the end of Oct

<sup>\*\*</sup> Different letters in vertical column indicate significance at 5% level by Tukey's Studentized Range(HSD) test

침엽수 특히 낙엽송과 같은 성목조림지의 중하층에서 전광의 50%이상의 상대광도가 조사될 때 최대로 성장할 수 있으며 이와 같은 광조건이 형성된 낙엽송조림지의 하층에서 층층나무의 인공갱신도 가능하리라 본다.

### 인용문헌

1. 李昌福. 1979. 大韓植物圖鑑. 郷文社.
2. 林彌榮. 1970. 有用樹木圖說(林木編). 誠文堂新光社.
3. 川那辺三郎・四手井綱英. 1965. トウネズミモチの庇陰效果について. 日本林學會 大會講演集. 76:167-168.
4. 原田泰. 1942. 林學における光量問題. 北海道林試報. I:1-354.
5. 松尾孝嶺. 1960. 稻の形態と機能. 東京農技協會.
6. Blackman, G.E. and G.L. Wilson. 1951. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VII. An analysis of the differential effects of light intensity on the net assimilation rate, leaf-area, and relative growth rate of different species. Ann. Bot. 15:373.
7. 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.
8. Gottschalk, K.W. 1994. Shade, leaf growth and crown development of *Quercus rubra*, *Quercus velutina*, *Prunus serotina* and *Acer rubrum* seedlings. Tree physiology. 14:735-749.
9. Jones, R.H. and K.W. McLeod. 1990. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallotree and Carolina ash seedlings. For. Sci. 36:851-862.
10. Kappel, F. and J.A. Flore. 1983. Effect of shade on photosynthesis, specific leaf weight, leaf chlorophyll content, and morphology of young peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:541-544.
11. Kawanabe, S. and T. Shidei. 1965. Ecological Studies on the influence of light intensity upon the growth and development of forest trees. I. Effects of shading on the growth of some deciduous tree saplings. J. Jap. For. Soc. 47:9-16.
12. Kimmins, J.P. 1987. Forest ecology. The university of British Columbia.
13. Kira, T and T. Shidae. 1967. Primary production and turnover of organic matter in differnt forest ecosystems of the western Pacific. J. Jap. Ecol. 17:70-87.
14. Koike, T. 1986. Photosynthetic responses to light intensity of deciduous broad-leaved tree seedlings raised under various artificial shade. Env. Con. in Biol. 24(2):51-58.
15. Kolb, T.E. and K.C. Steiner. 1990a. Growth and biomass partitioning of Northern red oak and Yellow-polar seedlings: Effects of shading and grass root competition. For. Sci. 36:34-44.
16. Kolb, T.E. and K.C. Steiner. 1990b. Growth and biomass partitioning response of Northern red oak genotypes to shading and grass root competition. For. Sci. 36:293-303.
17. Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plant. Academic Press New York.
18. Kuroiwa, S., T. Horoi., K. Takada and M. Monsi. 1964. Distribution ratio of net photosynthate to photosynthetic and non photosynthetic systems in shade plants. Bot. Mag Tokyo. 77:37-42.
19. Larcher, W. 1975. Physiological plant ecology. Springer-Verlag, Berlin.
20. Ledig, F.T. 1983. The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plant. In Plant Research and Agroforestry. pp. 427-454.



21. Loach, K. 1967. Shade tolerance in tree seedlings. I. Leaf photosynthesis and respiration in plants raised under artificial shade. *New Phytol.* 66:607-621.
22. Loach, K. 1970. Shade tolerance in tree seedlings. II. Growth analysis of plants raised under artificial shade. *New Phytol.* 69:273-286.
23. Lyr, H. and G. Hoffmann 1967. Growth rates and growth predictivity of tree roots. In *International review of forestry research.* Academic Press. Vol.II. pp. 181-236.
24. Masaki, T., Y. Kominami and T. Nakashizuka. 1994. Spatial and seasonal pattern of seed dissemination of *Cornus controversa* in a temperate forest. *Ecol. Soc. of Amer.* 75:1903-1910.
25. Monsi, M. 1960. Dry-matter reproduction in plants. Schemata of dry-matter reproduction. *Bot. Mag. Tokyo.* 73:81-90.
26. Monsi, M., H. Iwaki., S. Kuroishi, T. Saeki and N. Nomato. 1962. Physiological and ecological analyses of shade tolerance of plants. II. Growth of dark-treated green-gram under varying light intensities. *Bot. Mag. Tokyo.* 75:185-194.
27. Monsi, M. and T. Hiroi. 1963. Physiological and ecological analyses of shade tolerance of plants. III. Effect of shading on growth attributes of *Helianthus annuus*. *Bot. Mag. Tokyo.* 76:121-129.
28. Monsi, M. and T. Hiroi. 1964. Physiological and ecological analyses of shade tolerance of plants. IV. Effect of shading on distribution of photosynthate in *Helianthus annuus*. *Ibid.* 77:1-9.
29. Norio, M. 1985. Effect of shading on the growth of *Quercus mongolica* var. *grosserrata* seedlings. *J. Jap. For. Soc.* 96:369-370.
30. Sims, D.A. and R.W. Pearcy. 1992. Response of leaf anatomy and photosynthetic capacity in *Alocasia macrorrhiza* (araceae) to a transfer from low to high light. *Amer. J. Bot.* 79:449-455.
31. Straley, C.S. and C.S. Cooper. 1972. Effect of shading mature leaves of alfalfa and sainfoin plants on specific leaf weight of leaves formed in sunlight. *Crop Science.* 12:703-704.
32. Strothmann, R.O. 1967. The influence of light and moisture on the growth of red pine seedlings in Minnesota. *For. Sci.* 13:182-191.
33. 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.
34. Tanimoto, T. 1976. 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.
35. 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 trees. I. Growth, leaf anatomy and nutrient content. *Aust. J. plant physiol.* 19:1-18.
36. Tschaplinski, T.J. and T.J. Blake. 1989. Water relations, photosynthetic capacity, and root/shoot partitioning of photosynthate as determinants of productivity in hybrid polar. *Can. J. Bot.* 67:1689-1697.
37. Vance, N.C. and S.W. Running. 1985. Light reduction and moisture stress: effects on growth and water relations of western larch seedlings. *Can. J. For. Res.* 15:72-77.
38. Wahlenberg, W.G. 1948. Effect of forest shade and openings on Loblolly pine seedlings. *J. Forestry.* 46:832-834.
39. Walters, M.B., P.B. Kruger and P.B.

- Reich. 1993. Growth, biomass distribution and CO<sub>2</sub> exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: relationships with successional status and shade tolerance. *Oecologia*. 94:7-16.
40. Wiebel, J., E.K. Chacko., W.J.S. Downton and P. Ludders. 1994. Influence of irradiance on photosynthesis, morphology and growth of mangosteen(*Garcinia mangostana* L.) seedlings. *Tree Physiology*. 14: 263-274.
41. Willson, J.B. 1988. A review of evidence on the control of shoot:root ratio, in relation to models. *Ann. Bot.* 61:433-499.