

층층나무 子葉段階 幼苗의 生長과 限界光度에 關한 研究^{1*}

趙奉亨² · 洪性珏³ · 金鍾眞⁴

Growth and Critical Light Intensity at Cotyledon Stage of *Cornus controversa* Hemsl. Seedling^{1*}

Jae Hyoung Cho², Sung Gak Hong³ and Jong Jin Kim⁴

요 약

본 연구는 광도가 층층나무 자엽단계 유묘의 생장에 미치는 영향과 생장에 필요로 하는 한계광도를 구명하기 위하여 자엽단계의 유묘를 대상으로 385, 32, 17, 8 및 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 광도로 설계된 growth chamber내에서 자엽하측의 길이생장, 자엽의 팽창, 본엽의 발생시기, 부위별 건중량 등을 측정하였다. 자엽은 유묘의 초기생장에 영향을 미쳐 자엽의 크기가 증가할수록 유묘의 생장도 좋았다. 자엽하측의 길이생장은 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 보다 상대적으로 낮은 광도인 32, 17, 8, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서 증가되었으나 건중량은 광도가 낮아질수록 감소되었다. 광도가 낮아짐에 따라 본엽의 발생시기가 늦어졌으며 발생수도 감소되었고, $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 본엽이 발생 조차 되지 않았다. 자엽은 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 보다 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 더 많이 팽창하였지만 건중량은 적었다. 광도가 낮아짐에 따라 자엽, 자엽하측, 뿌리, 본엽의 건중량이 감소되었으며 자엽의 건중량 감소율보다 뿌리의 감소율이 더 높아 T/R율은 급격히 증가되었다. $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 뿌리가 거의 발달하지 못하였다. 본 실험을 통해 볼 때 층층나무 발아유묘의 생육가능 최저광도는 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이상인 것으로 사료된다.

ABSTRACT

To investigate the effects of light intensity on the growth, and the critical minimum light intensity for growing of *Cornus controversa* seedlings at the stage of cotyledon, hypocotyl elongation, cotyledon expansion, the times of leaves appearance, dry weights of each organ, and specific leaf area(SLA) were measured on a growth chamber with several light intensity gradients(385, 32, 17, 8, and $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). There was a positive relationship between the size of cotyledon and the biomass of cotyledon and total seedling. Hypocotyl was more elongated under relatively low light intensities, such as 32, 17, 8, and $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ than under $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity, however, dry weight of the hypocotyl was adverse. As the light intensities decreased, the leaf appearance was delayed and the number of leaves decreased. In addition, leaves did not appear under $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity. Although cotyledons were more fully expanded under 32 and $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensities than $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity, the dry weights of cotyledons were greater under the high light intensity. The dry weight of cotyledon, hypocotyl, root and leaves showed a decreased pattern with decreasing light intensities, but root to shoot(hypocotyl+leaves) ratio rapidly increased.

¹ 接受 1998年 7月 22日 Received on July 22, 1998.

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

³ 建國大學校 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Kon-Kuk 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.

* 이 논문은 주저자의 건국대학교 대학원 산림자원학과 박사학위 청구논문물의 일부임.

Roots did not develop below $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity. In conclusion, the results showed that the critical minimum light intensity for growing of *Cornus controversa* seedlings was above $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity.

Key words: *Cornus controversa*, light intensity, hypocotyl elongation, dry weight, cotyledon expansion, mortality.

서 론

층층나무는 한국, 일본의 온대, 중국의 아열대 지방에 분포하는 낙엽활엽수로서 우리나라에 자생하는 층층나무는 수고 18~20m까지 자라는 교목수종으로 해발 1,400m이내의 산록과 계곡부위의 토심이 깊고 적운한 토양에 서식하는 2차천이 수종이다(이창복, 1979; Cornelissen, 1993; Masaki *et al.*, 1994).

층층나무 모수밀에는 4월부터 시작하여 자엽단계의 치수가 많이 발생하는 반면 1년생 이상의 유묘는 그 수가 매우 적다. 그 원인은 자엽단계의 치수상태에서 광, 수분, 초본류와의 경쟁 등 주위 환경에 의해 거의 고사하기 때문이며 특히 광도와 자엽 및 1차엽의 내음성은 치수의 생존에 결정적 요인들이다(Marshall and Kozlowski, 1974; Ampofo *et al.*, 1976a,b; Bazzaz, 1979).

목본식물종들의 자엽의 크기, 형태, 그리고 기능은 종마다 다양하며(Duke, 1969; Marshall and Kozlowski, 1977), 이는 생장에 필요한 자원으로로서의 역할이 다양하다는 것을 의미한다(Kozlowski, 1971; Machado *et al.*, 1974). 몇몇 지상자엽형(epigeous) 속(*Cornus*, *Ulmus*, *Acer*)의 수종들은 자엽에 그들의 생장에 필요한 양분을 거의 저장하지 않지만 지하로부터 출현후 매우 짧은 기간내에 광합성 능력을 갖기 시작한다. 이런 자엽들은 발아후 처음 며칠동안은 백색이며 다육질 형태이고 부피에 비해 낮은 표면적을 갖는 경향이 있으며 광조건이 정상적인 상태에서 이들 자엽들은 보통의 잎과 같이 광합성적 구조의 형태로 신장하고 평평해진다(Cooper and Franssen, 1974; Harris *et al.*, 1986; Lovell and Moore, 1971). 또한 자엽들은 뿌리와 줄기의 생장을 위해 광합성산물을 제공하며, 양분의 흡수와 전이에 필요한 에너지를 제공한다(Peter and Moore, 1970; Pinfield *et al.*, 1973; Marshall and Kozlowski, 1974).

목본 피자식물에 있어 자엽이 묘목의 발달과 생장에 기여하는 정도는 *Acer negundo*, *Eucalyptus globulus*, *Fraxinus pensylvanica*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus americana* 등을 대상으로 한 연구에서 보면 광차단시에 자엽의 팽창, 뿌리의 신장, 측근의 발생, 본엽의 발생 및 팽창이 억제되었다고 하였다(Marshall and Kozlowski, 1974, 1976a,b). *Pinus resinosa* 자엽의 경우에도 광도감소에 따른 광합성감소는 1차엽의 팽창과 뿌리의 신장을 억제하였다(Sasaki and Kozlowski, 1968, 1970). 앞서 실험의 *R. pseudoacacia*의 경우 광도와 생장과의 관계에 있어서 16,000, 13,000, 9,700, 6,500, 및 3,200lux의 처리구중 가장 낮은 광도(3,200lux)에서 자엽들이 가장 빠르게 팽창했고 9일후에 최대치를 기록했지만 묘목과 자엽의 최종건중량은 가장 낮은 광도에서 보다는 가장 높은 광도에서(16,000lux)에서 더 컸다. 이러한 결과는 *R. pseudoacacia*에 있어서는 3,000lux정도의 광조건하에서도 자엽이 충분히 광합성을 할 수 있다는 것을 보여준다. 그러나 아직까지 그 이하의 낮은 광도에서 자엽의 팽창 및 광합성으로 축적된 산물이 식물체의 어느 부위로 전이되는가에 대한 연구는 없는 실정이다.

위에서 보듯이 자엽은 유묘의 발달과정에서 1차엽이 완전히 팽창되기 전까지 묘목의 활착과 다른 종들과의 생존경쟁에 매우 중요한 역할을 한다(Marshall and Kozlowski, 1974; Kenji, 1994). 따라서 본 연구는 광도가 층층나무 자엽의 생장, 본엽의 발생, biomass생산과 분배 등 자엽단계 유묘의 생장에 어떠한 영향을 미치는지, 또한 생장에 필요로 하는 그 한계광도를 구명하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

층층나무 종자는 1994년 9월 14일 남한산성 층층나무 모수로부터 채취한 종자를 수선법에 의해

충실한 종자를 선별하여 과피를 제거하고 크기가 균일한 종자를 건조시키지 않은 상태로 포장용수량의 수분조건에서 모래에 혼합하여 5°C에서 4개월간 저온처리하였다. 1월 15일 종피가 깨진 종자를 다시 모래와 사질양토가 1:1로 혼합된 배양토를 담은 petri-dish에 임상한 뒤 7일간 5°C에 둔 후 각각 유근이 5mm정도 발근한 종자를 상기 배양토가 담긴 직경 2.5cm, 길이 17cm의 비닐포트에 임상하였다. 뿌리생장에 광의 영향을 배제하기 위하여 상기 비닐포트를 검은색 아크릴로 제작된 기구에 안치하여 건국대학교 수목생리학 실험실에 있는 growth chamber에서 생육시켰다.

시비는 유묘가 토양을 뚫고 나온후 10일째, 20일째 및 35일째 복합비료(N:P:K, 9:14:12) 0.01, 0.02 및 0.03% 수용액을 각각 20ml씩 처리하였다.

Growth chamber내의 광원은 금속할로겐등이며 광차단을 75%의 한냉사를 이용하여 처리광도, PAR(photosynthetically active radiation; 400~700nm)를 385, 32, 17, 8, 5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 등의 5수준으로 하였으며 광도는 Li-Cor 1800 spectroradiometer로 측정하였다. 본 실험의 가장 높은 광도인 385 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 은 우리나라 6월의 맑은 날 오후 1시경의 광도인 1700~1800 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 약 22%에 해당한다. 온도는 23/16°C(day/night), 광주기는 15/9시간(day/night)로 하였다. 시험포트는 각 광도처리구별로 20개씩 배치하였으며 같은 방법으로 3월, 5월 및 7월에 걸쳐 3회 반복 실시하였다.

처리광도에 의한 생육상태를 hook출현 후 매일 자엽하측의 길이생장과 자엽의 팽창 즉, 폭과 길이신장을 측정하였으며, 자엽의 최대팽창기와 1차 및 2, 3차본엽이 발생하는 시기를 조사하였다. 생육 50일후, 각 부위의 biomass를 조사하기 위해 자엽, 뿌리, 자엽하측 및 본엽 등을 채취하여 65°C 건조기에서 36시간 건조시킨후 건조량을 측정하였다. 또한 자엽의 경우 SLA(specific leaf area=leaf area/leaf dry weight)를 구하기 위해 건조하기 전에 sum gage를 사용하여 엽면적을 측정하였다. 자엽의 팽창과 자엽하측, 자엽 및 전체 유묘의 건조량과의 관계를 알기 위해 본 실험의 최대광도인 385 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서 50일간 생육한 40본 유묘의 각 부위별 건조량을 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 자엽이 유묘생장에 미치는 영향

자엽의 면적에 대한 자엽의 건조 및 유묘의 전체 건조량의 상관관계를 통하여 총총나무 유묘의 자엽이 유묘의 초기생장에 어떠한 영향을 미치는가를 알아 본 결과 각각 $R^2=0.91$, $R^2=0.90$ 의 높은 유의성을 보였다(Fig. 1). 즉, 자엽의 크기가 증가하면 자엽의 건조량과 유묘의 전체 건조량은 증가한다는 것을 알 수 있다. 이것은 총총나무의 자엽이 본엽과 같이 저장기관으로서의 기능보다는 광합성 기관으로서의 기능을 한다는 것을 의미하며, 자엽의 팽창과 광합성이 유묘의 생장에 중요한 역할을 하는 것으로 사료된다. 그러나 자엽하측의 경우 자엽이 일정한 크기로 팽창할 때까지는 계속 성장하였으나 자엽의 최대 팽창시의 절반정도시기부터는 자엽하측의 생장이 둔해지며 정지상태를 나타내었다(Fig. 1). 이와 같은 결과는 자엽의 광합성산물이 초기에는 자엽하측으로 이동하다 그 후에는 뿌리와 본엽의 발생쪽으로 양분을 전달하기 때문인 것으로 사료된다.

2. 자엽하측의 길이생장과 본엽발생

자엽하측의 길이생장은 처리 광수준 모두에서 hook의 출현이후 5일째 50% 이상의 생장이 이루어졌다(Fig. 2). 광도가 낮아질수록 길이생장 기간은 길었는데 385 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 hook의 출현후 5일까지 급속한 신장을 보이다 그 후

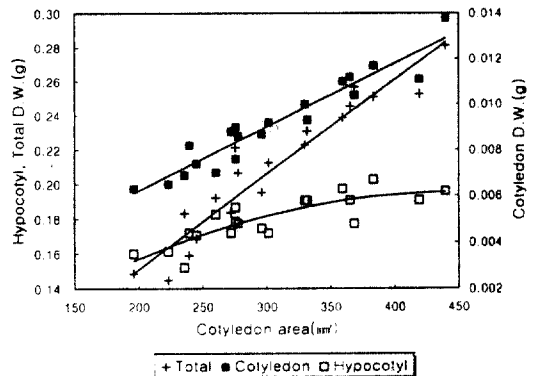


Fig. 1. Relationship between the cotyledon area and the dry weight(D.W.) of cotyledon, hypocotyl and total of *Cornus controversa* seedlings grown for 50days under 385 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity.

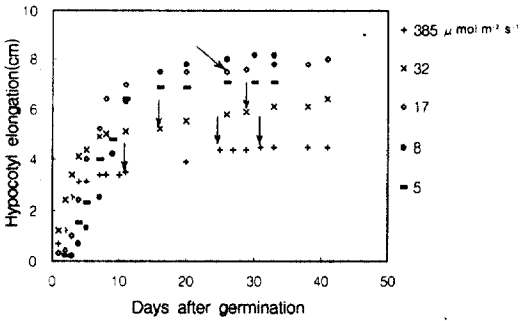


Fig. 2. Effects of various light intensities($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) on the hypocotyl elongation and the times of leaves appearance of *Cornus controversa* seedlings.
 ↓ : The times of leaves appearance

로는 생장율이 현저히 감소되어 25일째에는 길이 생장이 정지상태에 이르렀다. $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 hook출현후 8일째, 17, 8, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 각각 12일째부터 생장의 둔화를 보였다. 한편 길이생장을 보면 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 최고 4.5cm의 생장을 보인 반면 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 6.2cm, $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 각각 7.8cm, 8.2cm, 7.2cm의 최고치를 보였다. 이러한 결과로 볼 때 자엽하축의 길이생장에 광도의 영향은 상당하며 광도가 낮아질수록 길이생장은 증가하는 경향이였다. 그러나 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 7.2cm로 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 보다 1cm 적은 생장을 보였는데 이는 낮은 광도에 의한 성장저해로 추정된다. Fig. 2에서 표시된 ↓는 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 1차, 2차, 3차엽의 발생시기를 나타낸 것으로 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 12일, 24일, 32일째 각각 1, 2, 3차엽이 발생되었으나, $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 15일, 28일째 각각 1, 2차엽이, $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 24일째 1차엽만이 발생했을 뿐이다. 상대적으로 광도가 낮은 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 종자발아후 45일까지 본엽의 발생이 없었다. 이는 광도가 낮아질수록 본엽의 발생시기가 늦어지고 발생회수도 감소된다는 것을 의미하며 또한 어느 일정 수준 광도 이하에서는 본엽이 발생되지도 않는다는 것을 보여준다. 이 결과와 함께 자엽하축의 길이생장이 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 서로 비슷하나 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도의 경우 본엽이

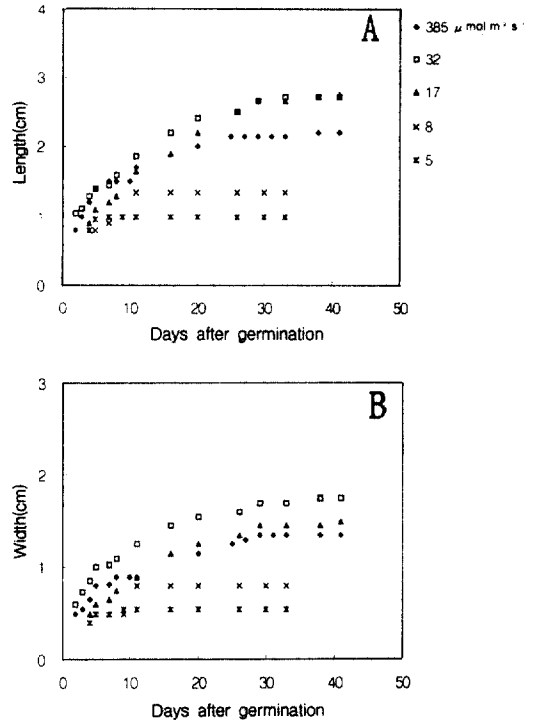


Fig. 3. Effects of various light intensities($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) on the cotyledon growth in length (A) and width(B) of *Cornus controversa* seedlings.

발생되지 않은 것으로 볼 때 발아요가 생육할 수 있는 최소광도는 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 인 것으로 사료된다. 이러한 현상은 자연임분하에서 성장하는 자엽단계의 치수에서 중요한 의미를 갖는다. 각종 식물체에 의한 피음으로 자엽단계이후 광합성 기관인 잎의 발생시기가 늦어지게 되면 피음으로 인한 낮은 광도와 광합성 기관의 부족으로 인한 양분결핍현상이 나타나 다른 식생과 경쟁을 할 수 없게 된다는 점에서 중요하다(Kenji, 1994).

3. 광도에 따른 자엽의 팽창

자엽의 길이 및 폭의 신장은 자엽하축의 초기 신장속도(Fig. 2) 보다는 느리지만 계속적인 증가를 보였다(Fig. 3). $385, 32, 17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 발아후 30일까지 생장이 계속된 반면, $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 발아후 10일과 7일째에 생장이 완전히 정지되었으며 시간이 지남에 따라 자엽이 길이방향으로 말리는 증상을 나타내었다. 또한 자엽하축의 길이

신장과는 달리 광도가 일정수준 이하로 낮아지면 자엽의 신장은 중지된다는 것을 알 수 있다. 즉, $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에 비해 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 폭과 길이신장이 더 크게 나타난 반면 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 1/2정도로서 현저한 팽창억제가 나타났다. $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서와 비교해 볼 때 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 자엽 하측 길이신장과 자엽의 팽창양상은 유사한 반면, $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서는 반대양상이 나타났다. 자엽하측의 경우 초기신장시 자엽의 자체 비축양분을 사용하지만, 자엽의 팽창은, 지상자엽형 수중에서 나타나는 자엽들의 특징 즉, 보통 잎과 같은 광합성적 구조의 형태로 신장하고 팽창한다는 보고(Lovell and Moore, 1971)를 볼 때, $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에 비해 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 광도에서는 광도가 낮은 조건이기 때문에 광합성 표면적을 늘리기 위해 자엽의 폭과 길이신장이 더 크게 일어났다고 사료된다. 또한 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 팽창양상을 비교해보면 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에 비해 폭과 길이신장이 비슷하나 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 폭의 신장에 비해 길이신장이 광도에 더 민감하다는 것을 보여준다. $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도 이하의 광조건에서는 자엽이 광합성 기관으로의 변화가 일어나지 못하고 단지 발생초기 상태를 유지할 뿐이다. 따라서 초기에 자엽의 팽창은 자가영양적 결과로 보이며 일정광이하에서는 광부족으로 인한 팽창억제가 나타나 결국 팽창능력을 상실하게 된다고 사료된다.

4. 자엽단계 유묘의 각 부위별 건중량

생육 50일후의 자엽, 자엽하측, 뿌리 및 본엽의 건중량은 광도가 낮아짐에 따라 감소하였다 (Fig. 4). 한편 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 본엽은 측정기간동안 발생되지 않았으므로 0의 값을 나타낸다. 전체 건중량을 보면, 32, 17, 8, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 건중량은 각각 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 건중량의 19.2, 14.2, 7.0, 4.7%로 현저히 감소되는 경향을 보였다. 또한 뿌리의 건중량은 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서와 비교해 볼 때 광도가 감소함에 따라 다른 기관 보다 더 급격한 감소를 보이는데 이는 낮은 광도에서는 자엽에 의한 광합성산물의 뿌리

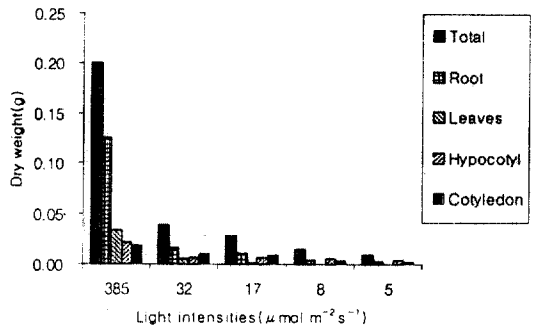


Fig. 4. Effects of various light intensities on the dry weight of root, leaves, cotyledon, hypocotyl, and total seedling of *Cornus controversa* seedlings grown for 50days.

로의 분배와 축적이 저해를 받기 때문으로 사료된다.

전체 건중량중 뿌리부분이 차지하는 비율을 보면 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 전체 건중량의 62.8%를 차지하며 광도가 32, 17, 8, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도로 감소함에 따라 뿌리부분이 차지하는 비율이 각각 42.6, 40.1, 27.5, 25.0%로 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 4). 이와는 반대로 자엽하측이 차지하는 비율은 광도가 감소함에 따라 10.8, 17.6, 23.6, 40.1, 45.6의 비율로 증가하는 경향을 나타내었고, 자엽이 차지하는 비율은 50일간의 성장결과로 볼 때 본엽의 건중량이 자엽의 건중량을 초과하는 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도의 경우에는 자엽의 비율이 9.5%였고 32, 17, 8, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 각각 26.1, 33.3, 32.3, 28.1%이었다.

이와 같은 자엽의 변화는 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 성장한 묘목은 이미 자엽의 기본 비축양분 및 광합성을 통한 광합성산물의 분배를 거의 끝내는 상태라 볼 수 있으며, 층층나무 유묘의 경우 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 광조건에서는 발아후 50일부터는 본엽의 출현으로 인한 광합성양분의 공급을 받는 단계라 볼 수 있다. $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 경우 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 보다는 같은 기간내에 각 부위별 분화가 많이 진행되어 본엽이 발생되었으나 생육단계에 있어서 아직은 유묘생장에 미치는 자엽의 비중이 높은 상태이므로 낮은 광도하에서 본엽과 함께 유묘의 광합성 기관으로서의 기능을 하고 있는 것으로 해석된다. $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서와 유사한 경향을 나타내었지만 본엽의 발

생이 늦었다. $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 $385, 32, 17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 에서와는 반대의 경향을 보였는데 본엽이 발달되지 않은 상태에서 근계발달이 가장 미흡하여 자엽하측의 비율은 증대되어 과다한 상층부로 인한 불균형이 초래되었다. 이것은 광이 부족하므로 자체의 양분을 이용하여 줄기생장에 치중하였기 때문인 것으로 추정되며 따라서 지속적인 본엽의 출현 부재로 인한 양분축적의 결핍은 아사를 초래할 것으로 추정된다.

지상부에 대한 뿌리의 비율(T/R)은 385, 32, 17, 8, $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 각각 0.59, 1.33, 1.50, 2.58, 2.95로 광도가 낮아짐에 따라 증가하였다(Fig. 5). 이러한 양상은 자연임분하에서 양지와 음지에서 생육한 두 종간의 비교 및 open된 조건과 인위적 피음조건에서 생육시킨 묘목의 비교 경우와 유사하였다(Ledig *et al.*, 1970; Fielder and Owens, 1989; Cornelissen, 1992). 또한 자엽에 대한 각 부위별 비를 보면, 뿌리/자엽의 비의 경우 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서부터 광도가 감소되면 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서는 급격한 감소를 보이다 더 낮은 광도에서는 거의 일정한 상태를 나타내었다. 이러한 현상은 광도의 감소에 따른 자엽의 건중량 감소율 보다 뿌리의 감소율이 더 크다는 것을 의미하며, 이는 광합성 기

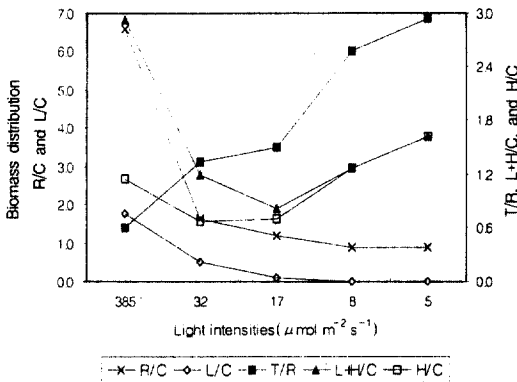


Fig. 5. Effects of various light intensities on the T/R, L+H/C, H/C, R/C, and L/C ratios of *Cornus controversa* seedlings. The values were calculated with the dry weight of each organ grown for 50days.
 T/R : shoot/root
 L+H/C : leaves+hypocotyl/cotyledon
 H/C : hypocotyl/cotyledon
 R/C : root/cotyledon
 L/C : leaves/cotyledon

관으로서의 자엽의 기능감퇴로 인한 자가영양분의 공급이 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이하의 광도에서는 급격히 낮아져 근계의 성장억제를 초래한 것으로 사료된다. 본엽+자엽하측/자엽과 자엽하측/자엽의 비가 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서부터 증가하는 것은 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도 이후부터 각 단계별 자엽하측 건중의 감소율이 1.50%, 14.9%, 22.8%인 반면 자엽은 5.9%, 52.6%, 40.0%로 광도감소에 따른 자엽의 건중감소가 크기 때문으로 사료된다(Fig. 5).

자엽의 SLA는 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 가장 작으며 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 높았으며 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 다시 감소되는 경향을 나타냈다(Fig. 6). SLA는 단위엽 g^{-1} 당 엽면적(cm^2)을 나타내는 것으로 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 SLA가 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서보다 작은 것은 자엽의 두께가 $32\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도나 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서보다 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 더 두껍다는 것을 의미하며 이러한 현상은 전술한 바와 같이 광도가 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도까지 낮아짐에 따라 자엽의 폭과 길이신장은 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서보다 증가하는 경향인데 반하여 자엽의 건중량은 $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서 월등히 크기 때문이다. 즉, 광도가 낮은 조건하에서는 자엽도 본엽과 같은 광합성 기관으로서 광합성효율을 증

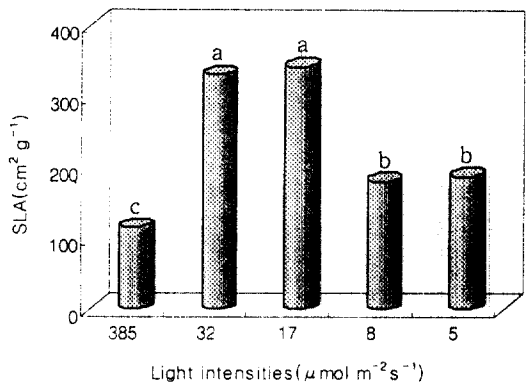


Fig. 6. Effects of various light intensities on the SLA(specific leaf area) of cotyledon of *Cornus controversa* seedlings grown for 50days.
 SLA : Leaf area/leaf dry weight. Different letters indicate significant difference according to Duncan's multiple range test ($p=0.05$).

대시키기 위해 표면적은 늘리되 두께는 얇은 방향으로 팽창한다는 것을 알 수 있다. 그러나 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 급격한 감소는 자엽저장양분으로 초기생장은 되었지만 자엽의 팽창에 필요한 한계광도 이하에서는 생장을 정지하게 되므로 자엽의 초기면적에 비해 더 큰 건중율을 보이기 때문이다. $385\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서나 $8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 와 $5\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도에서의 SLA는 거의 유사한 상태이나 자엽의 팽창 정도에 따라 큰 차이를 나타내는 것으로 사료된다.

위에서와 같은 자엽단계에서의 광도처리 실험으로 생육초기인 자엽단계에서 유묘의 생장이 광조건의 변화에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 절대광 $5, 8\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 광도 이하에서는 모든 생육단계에서 부적절한 비율로 부위별 생장을 하며 각각 70, 45%의 높은 치사율을 나타내었다. 따라서 본 실험을 통해 볼 때 층층나무 발아 유묘의 생육가능 최저광도는 $17\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이상인 것으로 사료된다.

인용 문헌

1. 李昌福. 1979. 大韓植物圖鑑. 鄉文社.
2. Ampofo, S.T., K.G. Moore and P.H. Lovell. 1976a. Cotyledon photosynthesis during seedling development in *Acer*. New Phytol. 76 : 41-52.
3. Ampofo, S.T., K.G. Moore and P.H. Lovell. 1976b. The role of the cotyledons in four *Acer* species and in *Fagus sylvatica* during early seedling development. New Phytol. 76 : 31-39.
4. Bazzaz, F.A. 1979. The physiological ecology of plant succession. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10 : 351-371.
5. Cooper, C.S. and S.C. Fransen. 1974. Contribution of cotyledons to growth of the sainfoin seedling. Crop Sci. 14 : 732-735.
6. Cornelissen, J.H.C. 1992. Seasonal and year to year variation in performance of *Gordonia acuminata* seedlings in different light environments. Can. J. Bot. 70 : 2405-2414.
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. Duke, J.A. 1969. On tropical tree seedlings. I. Seeds, seedlings, and systematics. Ann. Mo. Bot. Gard. 56 : 125-161.
9. Fielder, P. and J.N. Owens. 1989. A comparative study of shoot and root development of interior and coastal Douglas-fir seedlings. Can. J. For. Res. 19 : 539-549.
10. Harris, M., R.O. Mackender and D.L. Smith. 1986. Photosynthesis of cotyledons of soybean seedlings. New Phytol. 104 : 319-329.
11. Kenji, S. 1994. Effect of seed size and seedlings phenology on seedling establishment of deciduous broad-leaved tree species. Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute. No. 31.
12. Kozlowski, T.T. 1971. Growth and Development of Trees. Vol I. Seed Germination, Ontogeny, and Shoot Growth. Academic Press. New York. pp43-45.
13. Ledig, F.T., F.H. Bormann and K.F. Wenger. 1970. The distribution of dry matter growth between shoot and roots in Loblolly pine. Bot. Gaz. 131 : 349-359.
14. Lovell, P.H. and K.G. Moore. 1971. A comparative study of the role of the cotyledon in seedling development. J. Exp. Bot. 22 : 153-162.
15. Machado, A.D., W.A. Williams and C.L. Tucker. 1974. Dry matter contribution by cotyledons of Lima beans and other epigeal legumes. Crop Sci. 14 : 90-93.
16. Marshall, P.E. and T.T. Kozlowski. 1974. The role of cotyledons in growth and development of woody angiosperms. Can. J. Bot. 52 : 239-245.
17. Marshall, P.E. and T.T. Kozlowski. 1976a. Compositional changes in cotyledons of woody angiosperms. Can. J. Bot. 54 : 2473-2477.
18. Marshall, P.E. and T.T. Kozlowski. 1976b. Importance of photosynthetic cotyledons for early growth of woody angiosperm. Physiol.

- Plant. 37 : 336-340.
19. Marshall, P.E. and T.T. Kozlowski. 1977. Changes in structure and function of epigeous cotyledons of woody angiosperms during early seedling growth. *Can. J. Bot.* 55 : 208-215.
 20. 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.
 21. Peter, H.L. and K.G. Moore. 1970. A comparative study of cotyledons as assimilatory organs. *J. Exp. Bot.* 21 : 1017-1030.
 22. Pinfield, N.J., A.K. Stobart., R.M. Crawford and A. Beckett. 1973. Carbon assimilation by sycamore cotyledons during early seedling development. *J. of Exp. Bot.* 24 : 1203-1207.
 23. Sasaki, S. and T.T. Kozlowski. 1968. The role of cotyledons on early development of pine seedlings. *Can. J. Bot.* 46 : 1173.
 24. Sasaki, S. and T.T. Kozlowski. 1970. Effects of cotyledon and hypocotyl photosynthesis on growth of young pine seedlings. *New Phytol.* 69 : 493-500.