

상대광도 차이에 따른 구상나무 유묘의 성장과 물질생산에 관한 연구¹

조혜경² · 홍성각² · 김종진²

Studies on Growth and Biomass Production of *Abies koreana* Seedlings under Different Relative Light Intensity¹

Hye-Kyoung Cho² · Sung-Gak Hong² · Jong-Jin Kim²

요 약

본 연구는 상대광도 차이에 따른 구상나무(*Abies koreana* Wilson) 유묘의 성장과 물질생산에 대하여 구명하고자 자연전광이 100, 50, 30, 10% 및 2%로 조절된 피음포지에서 구상나무 5년생 포트묘를 사용하여 24개월간 실시하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3회의 수고생장을 측정된 결과, 가장 낮은 성장치를 기록한 2% 처리구를 제외하고 처리구 간에 큰 차이를 보이지 않았다.
2. 근원경생장은 상대광도가 낮아짐에 따라 단계적으로 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다.
3. 상대적으로 낮은 광도에서 자란 유묘의 다음해 성장시작 시기가 늦어졌으며, 신엽의 갯수 및 신초의 길이도 감소하였다.
4. 지상부와 지하부, 엽중량을 포함한 총 건물생산량은 광도가 감소할수록 점진적으로 감소하였다.
5. 구엽의 건물량에 대한 신엽의 건물량의 비율은 1년간 피음처리한 경우 $0.99 \pm 0.25 \sim 1.06 \pm 0.06$ 으로서 100, 50, 30% 처리구에서 비슷하게 높았고, 10%와 2% 처리구에서 각각 0.60 ± 0.04 , 0.52 ± 0.03 으로서 그 비율이 상대적으로 낮았다. 2년간 피음처리한 경우에는 $0.79 \pm 0.04 \sim 1.00 \pm 0.03$ 으로서 100, 50, 30, 10% 처리구에서 비슷하였고, 2% 처리구에서 0.29 ± 0.03 으로 매우 낮은 비율로 나타났다.
6. T/R율은 1년간 피음처리한 유묘의 경우 $3.35 \pm 0.33 \sim 4.61 \pm 0.25$ 로서 100, 50, 30, 10% 처리구 간에 비슷하였으며, 2% 처리구에서는 7.36 ± 0.15 로서 다른 처리구에서보다 높게 나타났다. 2년간 피음처리한 유묘의 T/R율은 상대광도 2% 처리구의 2.01 ± 0.14 를 제외하고는 $1.76 \pm 0.11 \sim 3.12 \pm 0.19$ 로서 상대광도가 감소할수록 높게 나타났다.

1. 접수 2001년 11월 30일 Received on November 30, 2001

2. 건국대학교 산림환경과학과 Dept. of Forest and Environmental Science, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea

* 이 논문은 주저자의 건국대학교 대학원 석사학위 청구논문의 일부임.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the growth and biomass production of *Abies koreana* seedlings under different relative light intensity. The 5-year-old potted seedlings were grown for 24 months under different light intensity of 100%, 50%, 30%, 10% and 2% of the natural full light intensity.

The results were as follows:

1. Height growth was similar in the seedlings under different light intensities except in 2% of the full sun light intensity, having shown the lowest height growth.
2. Root collar diameter growth was reduced gradually by decreasing of the relative light intensity.
3. The seedlings which were grown under relatively low light intensity showed the later starting date of the stem growth in the next spring and showed the smaller number of new needles, and the smaller number and the shorter length of new shoot of the seedlings.
4. Total dry mass including the dry mass of leaves, shoot and root was reduced by decreasing of the relative light intensity.
5. In case of the seedling grown in one year shading condition, the ratio of the dry mass of current-year needles and stem to that of the above one-year-old needles and stem was ranged from 0.99 ± 0.25 to 1.06 ± 0.06 and was not significantly different among the seedlings grown under 100%, 50% and 30% of the relative light intensity. And the ratio was ranged from 0.60 ± 0.04 to 0.52 ± 0.03 in the seedlings grown under 10% and 2% of the relative light intensity, respectively.

In case of the seedling grown in two years shading, the ratio of the dry mass of current-year needles and stem to that of the above one-year-old needles and stem was ranged from 0.79 ± 0.04 to 1.00 ± 0.03 and was not significantly different among the seedlings grown under 100, 50, 30% and 10% of the relative light intensity. And the ratio was 0.29 ± 0.03 in the seedlings grown under 2% of the relative light intensity, respectively.

6. T/R ratio of the seedlings grown in one year shading condition was ranged from 3.35 ± 0.33 to 4.61 ± 0.25 and was not significantly different among the relative light intensities of 100%, 50%, 30% and 10%. The seedlings grown under 2% of relative light intensity showed the highest T/R ratio of 7.36 ± 0.15 . In case of the two years shading, the T/R ratio was ranged from 1.76 ± 0.11 to 3.12 ± 0.19 and increased as relative light intensity decreased except 2.01 ± 0.14 in 2% of relative light intensity.

keywords : *Abies koreana* Wilson, relative light intensity, biomass production, height growth, root collar diameter, T/R ratio

서 론

구상나무(*Abies koreana* Wilson)는 소나무과 잣나무屬에 속하며 한국 특산종으로서 제주도 한라산, 전라북도 지리산과 덕유산 등의 고산 지대에 분포하는 상록침엽교목의 고산수종이다.

수간은 통직하고 가지는 수평으로 자라며 잎이 밀생하여 수형이 매우 아름답다. 수피와 잎은 촉감이 좋으며 잎 뒷면은 은색을 띠고 독특한 향기가 있어 관상적 가치가 높아 정원수나 조경수목으로 애용되고 있다. 산악지역에 식재할 수 있는 대표적 수종의 하나로서 환경임업적인 차원에서 가치가 높다²⁾. 목재 또한 건축재, 판재, 조선재 등으로 이용될 충분한 가치를 지니고 있으나 용재 생산이 전무하여 실제로는 이용하지 못하고 있다.

구상나무는 포지 양묘시 다량 고사되는 사례가 많고, 유묘시 생장이 매우 저조하여 경제성에 있어서 큰 문제가 되고 있으며 육종연구에 있어서도 양묘에 매우 장기간이 소요되어 효율적인 신품종 개량에 장애가 되고 있다⁹⁾.

최근 한라산과 지리산에 분포하는 구상나무의 쇠퇴현상을 밝히려는 많은 연구들이 보고되고 있다. 지리산 반야봉과 천왕봉을 중심으로 구상나무림을 조사한 김갑태 등^{3,4)}은 각각 약 12%에 달하는 구상나무 개체가 고사목임을 밝힌 바 있다. 이와 같이 구상나무는 다른 고산수종에 비하여 고사하는 개체가 많으며, 특히 상층에 비하여 우점치가 중하층에서 현저히 줄어들어 구상나무가 줄어들고 있는 것으로 추정되고 있다^{3,4,11,12)}. 지리산의 구상나무림에서는 임목간의 경쟁이 큰 것으로 나타나고 있는데¹⁾, 구상나무의 유묘시기의 내음성이 구상나무림의 천연갱신에 있어서 중요한 인자가 될 수 있다.

빛은 광합성을 통하여 식물의 대사과정과 물질생산에 영향을 끼치는 중요한 환경인자로서, 광도와 생육과의 관계는 수종에 따라 서로 다

른 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다. 비교적 적은 광도하에서도 생육을 지속할 수 있는 능력인 내음성을 식물을 대상으로 조사하는 데 있어서, 인공적으로 피음처리의 강도를 달리하여 그에 따른 성장 반응과의 관계로부터 그 특징을 조사하고자 하는 연구는 오래전부터 다양하게 보고되어 왔으며, 그 중에서도 물질생산량과 피음의 강도와와의 관계를 조사하는 방법이 주로 행하여져 왔다¹⁶⁾. 따라서 본 연구는 일반적으로 음수로 알려져 있는 잣나무류¹³⁾ 중에서 구상나무를 대상으로 상대광도를 달리한 조건에서 수고, 근원경 성장, 물질생산량과 그 분배를 분석함으로써 구상나무 유묘의 성장특성을 파악하는 데 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 구상나무(*Abies koreana* Wilson) 유묘는 산림청 임업연구원 제주임업시험장으로부터 1999년 3월 23일에 제공받은 5년생 파종 포트(상부직경 6.8cm×하부직경 4.3cm×높이 18cm)묘이다.

피음처리는 건국대학교 산림환경과학과 실습 포지에 설치한 피음포지에서 실시하였다. 피음포지는 등근터널의 형태로 35%의 검은색 차광망을 이용하여 겹을 달리하여 자연전광의 100, 50, 30, 10 및 2%의 5단계로 조절하였으며, 광도의 측정에는 LX-101 Lux meter를 사용하였다.

구상나무는 1999년 4월 15일에 위 피음포지로 이동하여 포트째로 토양면과 같은 수준으로 식재하였으며, 식재본수는 처리구별로 17본이었다. 토양이 마르지 않을 정도로 충분한 양을 관수하였으며, 시비는 1000배의 하이포넥스 용액을 7~8월간 주 2회로 실시하였다.

유묘의 성장 반응을 조사하기 위하여 1999년 4월 식재후부터 9월까지와 2000년 4월부터 6월까지 매달 수고를 측정하였다. 피음처리가 다음해 신초생장에 미치는 영향을 알아보기로 2차년도(2000년) 6월 15일과 3차년도(2001년) 4

월 5일에 수확하여 수고, 근원경, 신초발생 갯수 및 길이를 측정 한 후, 지상부는 신초와 구조를 분리하여 모아 지하부와 함께 65℃ 건조기에서 약 60시간 건조시켜 2차년도와 3차년도 각각의 부위별 건물생산량을 측정하였다.

결과 및 고찰

상대광도를 달리한 조건하에서 자란 구상나무 유묘의 성장 반응은 다양하게 나타났는데, 전체적으로 볼 때 상대광도가 낮아질수록 수고 및 근원경 성장, 건물생산량이 감소하는 것으로 나타났다.

3.1 수고 성장

구상나무의 동아는 다른 수종들에 비하여 다소 늦게 개엽하는 것으로 관찰되었는데, 1차년도(1999년)에는 피음포지로 이동한 4월 15일 이후에 개엽 및 신초 성장을 시작하였다. 구상나무와 같은 겹나무류는 당년에 자랄 모든 줄기의 원기가 전년도에 형성된 동아속에 미리 형성되어 있다가 봄에 동아가 개엽하는 고정생장을 하기 때문에¹³⁾ 5월 중순에 수고생장을 마

치고 2차년도(2000년) 봄까지 수고의 변화가 없었다(Fig. 1).

처리구별로 수고생장을 보면, 1차년도에서는 100, 50, 30, 10% 처리구에서는 거의 유사한 성장을 보였으나, 2% 처리구에서는 비교적 저조한 성장을 보였다(Fig. 1). 이것은 다른 처리구에 비해 상대적으로 매우 낮은 광도하에서 성장하였기 때문인 것으로 생각된다. 2차년도와 3차년도에서는 이러한 효과가 더 크게 나타나, 2% 처리구의 수고와 나머지 처리구의 수고 차이가 1차년도의 1cm 정도에 비해 2cm 정도로 증가하였다(Fig. 1). 3차년도에서는 50, 30, 10% 처리구의 수고가 100% 처리구의 수고에 비하여 현저하게 증가한 경향을 나타내었다. 이는 3년생 구상나무 유묘를 2년간 피음처리 하였을 때 피음도가 높을수록 수고 또한 함께 증가하였다는 보고⁹⁾와는 다른 경향을 보여주었다.

1~3차년도의 전체 수고생장은 100, 50, 30, 10, 2% 처리구에서 4~6cm의 수고 성장을 보여, 구상나무의 경우 상대광도에 관계없이 유묘기에는 매우 느린 수고성장 속도를 가진 것으로 사료된다.

3.2 근원경 성장

직경생장은 상부의 엽부에서 조성된 생장호

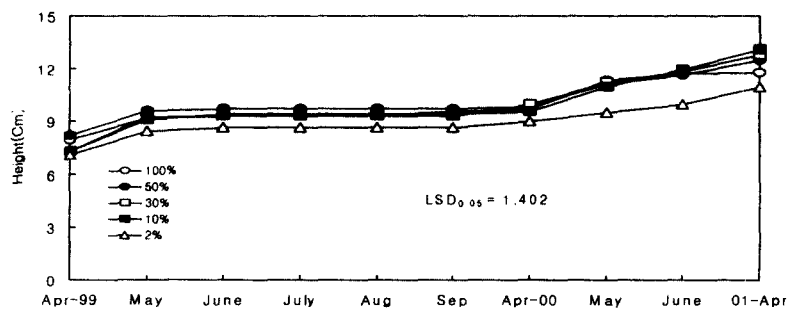


Fig. 1. Effects of shading on the height growth of 5-year-old *Abies koreana* seedlings. The shading was designed in the proportion of 50, 30, 10, and 2 % to a natural light intensity considered as 100%. LSD_{0.05} in figure indicates least significant difference at 95% level and was obtained from the mean of final measurements in April 2001.

르몬이 기부를 향하여 이동되어서 형성층을 자극하고 호흡활동이나 발근, 잎의 형성 및 성장, 수고성장 등에 사용되고 남은 잔재 동화산물로 이루어지는 것이기 때문에 유묘의 생육상 각부 조직의 성장과 밀접한 관계를 지닌다⁵⁾.

상대광도를 달리한 조건에서의 구상나무 유묘의 근원경 생장은 각 처리구별로 뚜렷한 차이를 나타내었다(Fig. 2). 2차년도에의 결과를 보면 100% 처리구에서 최고치를 나타내었으며 상대광도가 낮아짐에 따라 단계적으로 근원경 생장이 감소하였다. 100% 처리구의 경우 1차년도 최초 근원경에 비해 2.6배정도 증가하였고, 50% 처리구는 1.9배, 30% 처리구는 1.7배, 10% 처리구는 1.3배 정도의 근원경이 증가하였으나, 2% 처리구에서는 거의 변화가 없었다. 3차년도에서는 50% 처리구가 30% 처리구에 비하여 약간 낮은 수치를 나타냈으나 전체적인 경향은 2차년도와 유사하게 나타났다. 이와 같은 결과는 유묘시기에 내음성을 가진 것으로 알려진 잣나무⁵⁾나 편백¹⁹⁾, 삼나무¹⁸⁾, *Abies homolepis*¹⁷⁾의 경우와도 일치하였으나, 근원경에 있어서 피음처리 간에 유의성이 없었다는 3년생 구상나무 유묘⁹⁾의 경우와는 다른 경향을 나타냈다.

3.3 피음이 2차년도 성장에 미치는 영향

구상나무와 같이 고정생장을 하는 수종은 봄

에 일찍 성장을 마치고, 여름부터 가을까지 광합성을 하여 다음해의 성장을 위한 양분을 저장한다¹³⁾. 또한 피음처리는 동아의 형성, 신초의 갯수, 식물체의 중량 등의 감소를 가져와 다음해의 성장에 다양한 형태로 영향을 미친다²¹⁾. 본 실험에서도 피음처리 다음해의 구상나무 유묘의 성장 반응을 조사한 결과 상대광도 차이는 유묘의 성장시작 시기, 신초의 갯수와 길이 및 신엽의 갯수에 영향을 주었다(Table 1).

2차년도에 성장을 시작한 시기를 보면, 100% 처리구가 4월 24일에 생장이 시작되었을 때, 본 실험에서의 상대광도 처리에 따른 광도가 낮아짐에 따라 약 1주일씩의 간격으로 늦어지는 경향을 나타냈다. 따라서 2% 처리구의 경우 100% 처리구에 비해 1개월 정도 늦은 5월 24일에서야 성장을 시작하였다(Table 1).

상대광도 차이는 신초의 발생 갯수에 영향을 끼쳤는데 100% 처리구에서 15.4 ± 1.4 개로 가장 많은 신초 발생갯수를 보였고, 2%에서 1.8 ± 0.2 개로 가장 낮은 발생 갯수를 보였다. 한도 상대광도에 따른 신초의 길이 생장을 보면 상대광도가 낮아질수록 뚜렷하게 감소하는 경향을 보였으며 2% 처리구에서는 다른 처리구에 비해 매우 낮은 결과를 나타냈다.

신초의 길이생장은 총길이 및 평균길이를 측정하여 살펴본 결과 각 처리구별로 뚜렷한 차

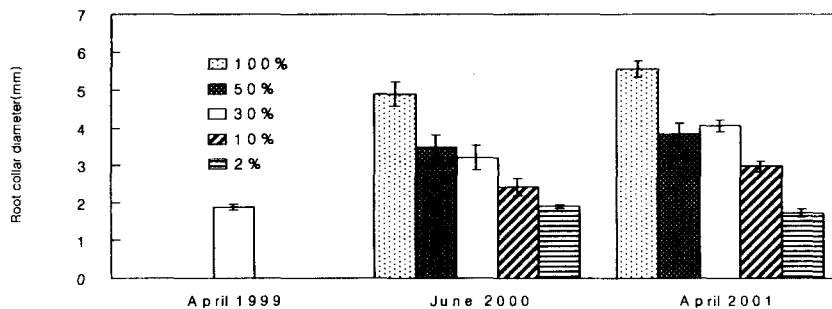


Fig. 2. Effects of shading on the root collar diameter growth of 5-year-old *Abies koreana* seedlings. The shading scheme was the same as described in Fig. 1. Bars in figure indicate standard error.

Table 1. Effects of shading for one year on the starting date of growth and the length and number of current-year shoot and leaves of 5-year-old *Abies koreana* seedlings.

Relative light intensity (%)	Starting date of growth	Current-year-shoot per seedling			Number of needles per seedling
		Number	Length(cm)		
			Total	Mean	
100	April 24, 2000	15.4±1.4 ^{**}	39.4±6.7	2.7±0.2	779±116
50	April 30	8.7±1.1	21.8±2.5	2.6±0.2	352±44
30	May 8	9.0±1.2	19.8±2.8	2.2±0.1	260±43
10	May 17	4.6±0.7	13.7±2.0	3.1±0.2	185±29
2	May 24	1.8±0.2	3.1±0.5	1.8±0.2	69±15

* : The shading was designed in the proportion of 50, 30, 10, and 2 % to a natural light intensity considered as 100%.

** : Means±SE are presented and were measured on June 20, 2000.

이를 보였는데 총길이의 경우 신초발생 갯수가 가장 많은 100% 처리구에서 39.4±6.7cm로 최고치를 보였으나, 평균길이는 10% 처리구에서 3.1±0.2cm로 최고치를 나타내었다.

한편 피옴에 의한 광도의 차이는 신엽의 발생갯수에도 영향을 끼쳤는데, 100% 처리구에서 779±116개로 가장 많은 신엽이 발생하였으며, 광도가 낮아짐에 따라 그 수가 감소하였고 2%에서는 69±15개로 가장 적은 신엽 갯수를 나타냈다.

3.4 건물생산량

3.4.1 부위별 건물생산량

구상나무 유묘의 총건물생산량은 상대광도가 낮아질수록 감소하였는데, 100, 50, 30, 10% 처리구에서 수고생장이 거의 비슷한 반면, 근원경 생장은 상대광도가 낮아질수록 감소하였다. 2차년도에는 100% 처리구에서 4.37±0.46g으로 가장 높게 나타났으며, 광도가 낮아질수록 건물생산량도 감소하여 2% 처리구에서는 100% 처리구의 약 11%인 0.49±0.07g에 지나지 않았다(Table 2). 3차년도에서는 그 차이가 더 현저하게 나타나 100% 처리구에서 7.41±0.76g으로 가장 높게 나타났으며, 2% 처리구에서는 100% 처리구의 약 9%인 0.68±0.07g이었다(Table 3).

있는 유기물의 생산을 담당하는 주요기관으로 조직형성과 생육 등 물질생산의 양적 증가와 밀접한 관계에 있으며, 타 기관의 성장과 관련이 깊다. 따라서 엽중량은 잎의 갯수나 잎의 길이 등과 함께 중요한 요소로 광환경과 직접적인 관계를 지닌다¹⁵⁾. 구상나무 유묘의 경우 지상부 건물생산량은 각 처리구 모두 가지보다 잎의 건물중량이 거의 1.3~2.0배로 나타났으며, 광도가 낮아질수록 비슷한 수준으로 감소하였는데, 2차년도의 2% 처리구에서의 엽중량은 0.25±0.04g으로 100% 처리구의 2.11±0.26g에 비해 약 12% 밖에 되지 않았다. 3차년도의 2% 처리구에서의 엽중량은 0.31±0.03g으로 100% 처리구의 2.71±0.30g에 비해 약 11%였다.

엽중량에 대한 총건물생장량(동화율)과 엽중량에 대한 줄기 중량의 비율은 1년동안의 피옴처리 하에서는 모든 처리의 광도에서 비슷하게 나타났다(Table 2). 그러나 2년동안의 피옴처리에서는 동화율과 엽중량에 대한 줄기중량의 비율이 상대광도 100%, 50%, 30%에서 비슷하였으나, 상대광도 2%에서는 현저하게 감소하였다(Table 3). 이 결과는 잎이 더 오랫동안 또한 더 심한 피옴처리를 받을 수록 잎의 광합성 효율이 저하된다는 것으로 해석된다.

상대광도 감소에 따른 건물생산량 감소현상

은 지하부 건물생산량에서도 나타났으며 2% 처리구의 지하부 건물생산량은 100% 처리구에 대해 2차년도는 약 6%, 3차년도는 약 0.8%에 불과했다.

이와 같이 상대광도의 감소에 따른 건물생산의 감소는 소나무, 장백소나무, 눈측백¹⁴⁾, 잣나무⁷⁾, *Pinus taeda*, *Pinus strobus*, *Acer rubrum*²⁰⁾을 대상으로 한 실험에서도 비슷한 결과가 보고되었다.

또한 본 실험을 통해 보면 구상나무의 경우 상대광도 차이에 대한 유묘시기의 수고성장 반응은 근원경성장 및 건물생산에 비해 덜 민감한 것으로 사료되는데, 이것은 리기다소나무, 곰솔 및 회양목의 내음성 조사에서 중량생장과 근원경생장이 수고생장에 비하여 정의 상관관계가 높다는 보고¹⁰⁾와도 일치한다.

3.4.2 신초와 구초의 건물생산량 비교

신초와 구초를 각각 잎과 줄기를 분리하여 측정된 건중량을 Table 4, 5에서 보면, 광도가 낮아짐에 따라 구엽 및 신엽의 건물생산량이 함께 감소하는 경향을 보였는데, 이는 전년도의 피음처리에 따른 구엽의 건물생산량 감소가 다음 해의 신엽의 발생 및 성장(Table 1)에 영향을 끼쳐 건물생산량 감소로 이어진 것으로 사료된다.

또한 2, 3차년도에 발생한 신초 역시 계속되는 피음처리 영향을 받아 광도가 낮아짐에 따라 건물생산량의 감소가 나타난 것으로 해석된다.

구초의 건중량에 대한 신초의 건물생산량의 비율을 보면 2차년도에서는 100, 50, 30% 처리구 사이에서는 $0.99 \pm 0.25 \sim 1.06 \pm 0.06$ 으로 구초의 건중량과 신초의 건중량이 서로 비슷한 수준이었으나 10%와 2% 처리구에서는 각각 0.60 ± 0.04 과 0.52 ± 0.03 으로 신초의 생장이 제대로 이루어지지 않음을 알 수 있다.

3차년도에서는 10~100% 처리구 사이에서는 $0.79 \pm 0.04 \sim 1.00 \pm 0.03$ 으로 비슷하였으나 2% 처리구에서는 0.29 ± 0.03 으로 신초의 성장비율

이 매우 낮았다.

상대광도가 낮은 조건에서 신엽의 건물생산량 비율이 낮아진다는 것은 그 상대광도에서 매년 유묘의 잎의 건물생산량이 감소한다는 것을 의미하며, 따라서 이러한 결과는 구상나무 유묘의 경우 10% 미만의 상대광도가 지속되는 광환경에서는 최소한의 생육조차 지속되기 어렵다는 것을 의미한다.

3.5 T/R율

T/R율은 유묘의 지상부와 지하부 생장의 균형을 말해주는 것으로 지상부와 지하부의 건중량비로 표시되며, T/R율이 낮다는 것은 지하부생장이 지상부 생장에 비해 상대적으로 양호한 것을 의미한다.

구상나무 유묘의 광도 차이에 따른 T/R의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 2차년도에는 100% 처리구에서 T/R율이 3.35 ± 0.33 으로 가장 낮게 나타났으나, 50, 30, 10% 처리구와 비교해서 큰 차이는 없었는데, 상대광도 100%~10%에서의 $3.35 \pm 0.33 \sim 4.61 \pm 0.52$ 와 같은 T/R율은 노지포지에서 일반적으로 양묘되는 수목의 T/R율인 1.5~2.5보다 높은 수치로 나타났다.

3차년도에는 상대광도가 감소함에 따라 T/R율은 점진적으로 증가하는 경향을 나타냈는데, 상대광도가 낮은 곳에서 T/R율이 높은 점은 참나무류⁸⁾나 잣나무^{5,6)}, 소나무, 장백소나무 및 눈측백나무¹⁴⁾의 경우와 같았다. 다만, 2% 처리구에서는 2차년도에는 다른 처리구에 비해 매우 높은 7.36 ± 0.15 로 나타났으나 3차년도에는 2.30 ± 0.81 로 매우 낮아졌다.

한편 3차년도의 전체적인 T/R율이 2차년도에 비하여 낮아진 것은 2, 3차년도의 지상부 및 지하부 성장율의 차이에 기인한다(Table 2, 3).

3차년도의 전체적인 T/R율의 감소는 3차년도의 지하부 성장율이 2차년도의 성장율에 비해 높아진 반면 지상부 성장율이 2차년도 성장율보다 상대적으로 낮았기 때문으로 사료된다.

Table 2. Effects of shading for one year on the height and root collar diameter growth and the dry mass(g) production of 5-year-old *Abies koreana* seedlings.

Relative light intensity (%)	Height (cm)	Root collar diameter (mm)	Dry mass(g)							
			Top(T)			Root	Total	T/R	Total /Leaves	Shoot /Leaves
			Leaves	Shoot	Subtotal					
100*	11.8±0.6**	4.9±0.3	2.11±0.26	1.24±0.14	3.35±0.38	1.02±0.10	4.37±0.46	3.35±0.33	2.10±0.10	0.60±0.05
50	11.6±0.8	3.5±0.3	1.07±0.09	0.53±0.08	1.60±0.17	0.41±0.04	2.01±0.20	4.61±0.52	1.93±0.06	0.48±0.04
30	11.9±0.5	2.9±0.1	0.73±0.06	0.38±0.04	1.11±0.09	0.25±0.02	1.36±0.10	4.42±0.23	1.87±0.04	0.52±0.03
10	11.9±1.0	2.4±0.2	0.49±0.08	0.29±0.05	0.78±0.13	0.20±0.03	0.98±0.17	3.76±0.59	1.97±0.04	0.58±0.03
2	10.0±0.6	1.6±0.1	0.25±0.04	0.18±0.02	0.43±0.06	0.06±0.01	0.49±0.07	7.36±0.15	1.99±0.02	0.75±0.02

* : The shading scheme was the same as described in Fig. 1.
 ** : Means±SE are presented and were measured on June 15, 2000.

Table 3. Effects of shading for two years on the height and root collar diameter growth and the dry mass(g) production of 5-year-old *Abies koreana* seedlings.

Relative light intensity (%)	Height (cm)	Root collar diameter (mm)	Dry mass(g)							
			Top(T)			Root	Total	T/R	Total /Leaves	Shoot /Leaves
			Leaves	Shoot	Subtotal					
100*	11.8±0.6**	5.5±0.2	2.71±0.30	2.02±0.23	4.73±0.52	2.68±0.27	7.41±0.76	1.76±0.11	2.77±0.07	0.74±0.04
50	12.5±0.6	3.8±0.3	1.47±0.22	1.13±0.15	2.60±0.36	1.34±0.16	3.94±0.51	1.89±0.08	2.75±0.11	0.79±0.05
30	12.8±0.4	4.1±0.2	1.67±0.21	1.28±0.16	2.95±0.37	1.18±0.13	4.13±0.49	2.49±0.10	2.51±0.09	0.78±0.04
10	13.1±0.6	3.0±0.1	1.13±0.12	0.71±0.10	1.84±0.21	0.58±0.04	2.42±0.25	3.12±0.19	2.15±0.02	0.62±0.03
2	11.0±0.7	1.7±0.1	0.31±0.03	0.16±0.02	0.47±0.05	0.21±0.04	0.68±0.07	2.01±0.14	2.18±0.14	0.51±0.02

* : The shading scheme was the same as described in Fig. 1.
 ** : Means±SE are presented and were measured on April 5, 2001.

Table 4. Effects of shading for one year on the dry mass(g) production of the current shoot and the shoot above 1-year-old of 5-year-old *Abies koreana* seedlings.

Relative light intensity (%)	Current-year shoot		Shoot above 1-year old		a+b	a/b	a/a+b	b/a+b
	Leaves	Shoot	Total(a)	Total(b)				
100*	1.55±0.24**	0.16±0.03	1.71±0.26	1.08±0.12	3.35±0.38	1.03±0.11	0.50±0.03	0.49±0.03
50	0.69±0.06	0.08±0.01	0.78±0.07	0.38±0.04	1.60±0.17	0.99±0.25	0.49±0.02	0.51±0.02
30	0.53±0.04	0.04±0.01	0.57±0.04	0.20±0.02	1.11±0.09	1.06±0.06	0.51±0.02	0.49±0.02
10	0.27±0.05	0.03±0.01	0.30±0.06	0.23±0.03	0.78±0.13	0.60±0.04	0.37±0.02	0.63±0.02
2	0.08±0.01	0.08±0.01	0.15±0.03	0.17±0.02	0.43±0.06	0.52±0.03	0.34±0.01	0.66±0.01

* : The shading scheme was the same as described in Fig. 1.

** : Means±SE are presented and were measured on June 15, 2000.

Table 5. Effects of shading for two years on the dry mass(g) production of the current shoot and the shoot above 1-year-old of 5-year-old *Abies koreana* seedlings.

Relative light intensity (%)	Current-year shoot		Shoot above 1-year old		a+b	a/b	a/a+b	b/a+b
	Leaves	Shoot	Total(a)	Total(b)				
100*	1.89±0.20**	0.47±0.06	2.35±0.26	1.55±0.17	4.73±0.52	1.00±0.03	0.50±0.01	0.50±0.01
50	0.98±0.14	0.23±0.04	1.21±0.17	0.89±0.12	2.60±0.36	0.88±0.06	0.46±0.02	0.54±0.02
30	1.10±0.15	0.29±0.04	1.39±0.19	1.00±0.12	2.95±0.37	0.87±0.07	0.46±0.02	0.54±0.02
10	0.66±0.07	0.14±0.02	0.80±0.09	0.47±0.06	1.84±0.21	0.79±0.04	0.44±0.01	0.56±0.01
2	0.09±0.01	0.02±0.00	0.11±0.01	0.22±0.03	0.47±0.05	0.29±0.03	0.22±0.02	0.78±0.02

* : The shading scheme was the same as described in Fig. 1.

** : Means±SE are presented and were measured on April 5, 2001.

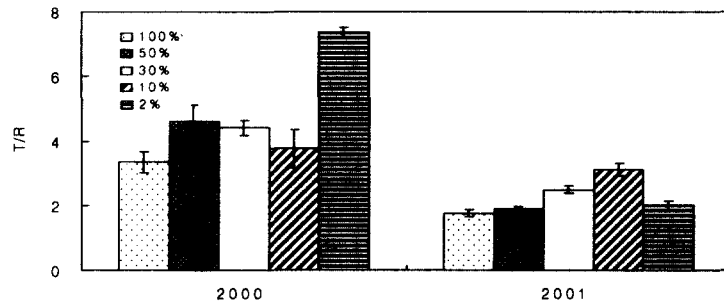


Fig. 3. Effects of shading on the T/R ratio of 5-year-old *Abies koreana* seedlings. The shading scheme was the same in Fig. 1. The values were measured at June 15, 2000 and April 5, 2001 and bars in figure indicate standard error.

3.6 유묘의 고사율

1999년 4월부터 2001년 4월까지 24개월간 피음포지에서 피음처리한 결과 100, 50, 30, 10%에서는 고사 유묘가 없었으나, 2% 처리구에서만 17본 중 6본이 고사하여 약 32%의 고사율을 보였다.

인용문헌

1. 강상준. 1984. 지리산 아고산대의 침엽수림의 갱신. 한국생태학회지 7(4):185-193
2. 강영제. 1994. 구상나무의 수목학적 특성과 증식에 대하여. 임목육종연구소 세미나 발표자료집 제2권 108-110
3. 김갑태, 김준선, 추갑철. 1991. 반야봉 지역 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-. 응용생태연구 5(1):25-31
4. 김갑태, 추갑철, 엄태원. 1997. 지리산 천왕봉-덕평봉 지역의 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-. 한국임학회지 86(2):146-1577.
5. 김영채. 1986. 무기적 환경요인이 잣나무 유묘의 생육에 미치는 영향에 관한 연구 (I) -파종상에 있어서의 피음처리 영향-. 한국임학회지 73:43-54
6. 김영채. 1987. 무기적 환경요인이 잣나무 유묘의 생육에 미치는 영향에 관한 연구 (III) -중량생장과 T/R율에 대한 피음처리 및 단근의 영향-. 한국임학회지 76(3): 218-229
7. 김영채. 1988. 무기적 환경요인이 잣나무 유묘의 생육에 미치는 영향에 관한 연구 (VII) -이식상에서의 중량생장에 대한 피음처리 영향-. 한국임학회지 77(1):100-108
8. 김우식. 1985. 몇 참나무 수종의 내음성에 대한 연구. 건국대학교 석사학위논문
9. 김찬수. 1993. 비음 및 토양훈증제 처리가 구상나무의 생장특성에 미치는 영향. 임목육종연구소 연구보고서 29:165-169
10. 김태욱. 1965. 천연갱신의 요건으로서의 리기나소나무 곰솔 및 회양목의 내음성의 조사. 한국임학회지 4:33-38
11. 문현식, 이강령. 1994. 덕유산 구상나무임분의 식생구조에 관한 연구. 경상대학교 부속연습림 연구보고 4:13-28
12. 이강령. 1992. 지리산 구상나무임분의 직경 분포와 군락구조. 경상대학교 부속연습림 연구보고 2:1-15
13. 이경준. 1997. 수목생리학. 서울대학교출판부
14. 홍성각, 김종진, 임형탁. 2000. 도시형 삼림 육장 목초본식물의 내음성 연구. 한국임학회지 89(5):585-590

15. 荒木眞之. 1973. 庇陰林分の葉量. 日本林學會誌 55(10):296-300
16. 川那辺 三郎. 1968. 陽光量と樹木の生育に関する研究(III) - 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響. 京大演報 40:111-121
17. 北原宣幸. 1971. ウラシロモミに関する研究 (I) 光度の異なった条件下の生育の違い. 日本林學會誌 53(10):334-336
18. 谷本宣幸. 1975. 林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響(I) 1年生期間中のスギ苗木の庇陰下での生長経過. 日本林學會誌 57(12):407-441
19. 丹下健. 1991. 被陰条件下で育てたスギ、ヒノキ苗木の被陰解除前後の光合成特性と成長. 日本林學會誌 73(4):288-292
20. Groninger, J. W., J. R. Seiler, J. A. Peterson and R. E. Kreh. 1996. Growth and photosynthesis responses of four Virginia Piedmont tree species to shade. *Tree Physiology* 16:773-778
21. 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(4):541-544