

상토 조성이 활엽수 용기묘의 성장특성에 미치는 영향

이수원^{1*} · 최정호¹ · 유세걸¹ · 김석권¹ · 배종향² · 한석교³

¹국립산림과학원 산림생산기술연구소, ²원광대학교 원예 · 애완동식물학부(생명자원과학연구소),
³전북대학교 원예학과

Effect of Raw Material Properties on Growth Characteristics of Broad-Leaved Container Seedlings

Soo Won Lee^{1*}, Jeong Ho Choi¹, Se Kuel Yoo¹, Suk Kuwon Kim¹,
Jong Hyang Bae², and Han Suk Kyo³

¹Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Korea

²Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

³Department of Horticulture, Chonbuk National University, Jeonju 560-756, Korea

Abstract. This study examined the growth characteristics of broad-leaved container seedlings of *Stewartia pseudocamellia*, *Tilia manshurica* and *Chionanthus retusus* in relation to the raw material properties of the container medium in a green house for 4 months in order to develop optimum container medium for broad-leaved container seedlings. Among the container media used, the high level of the height growth and root collar diameter growth of broad-leaved container seedlings of *Stewartia pseudocamellia*, *Tilia manshurica*, *Chionanthus retusus* was found in the container media with relatively more cocopeat or peatmoss, and the dry matter production of the aerial part and the subterranean part. Also, concerning physiological characteristics, the photosynthetic rate of broad-leaved container seedlings increased in proportion to the volume of cocopeat and peatmoss in the container media. The effect of container media on the growth of broad-leaved container seedlings needs continuous study on the irrigation and fertilization programs along with the study on physiological characteristics including growth characteristics, biomass production and photosynthesis.

Key words : container seedlings, dry mass production, growth characteristic, photosynthesis, raw material properties

서 언

양묘기간을 단축하기 위한 입엽 시설양묘는 주로 핀란드, 노르웨이, 스웨덴 등 북유럽국가와 캐나다, 미국 등지에서 시작되었다(MAF, 2000; Rasanen, 1982). 국내에서는 1980년대 말에 소개되었지만(Oh 등, 1988), 지난 1996년 이후 동해안 산불 피해지에 식재된 5백만 그루 이상의 소나무 묘목 생산이 본격적인 시설양묘의 시작이라고 할 수 있다(MAF, 2000). 시설양묘는 노지양묘와 달리 묘목의 생육환경제어가 가장 중요한 요소 중 하나이다(Edwards와 Huber, 1982). 건전한 묘목의 생산을 위해서는 용기의 종류, 배양토의 선택, 파종방법 및 시비체계 등 합리적인 생산체계의 수립과 더불어 수분, 광도, 광주기, 온도조절 등 재배환경의 조

절이 필수적이기 때문에 이에 대한 많은 연구가 수행되어져 왔다(Amott와 Macey, 1984; Burden과 Martin, 1982; Edwards와 Huber, 1982). 하지만 우리나라의 경우 시설양묘의 역사가 짧아 이에 대한 연구가 그리 많지 않은 실정이다.

수목의 성장과 대사활동에 미치는 무기 환경요인 중 광선과 수분 이외에도 토양이 미치는 영향은 각종 생리 및 성장양상에 반영되어 잎의 엽록소 등 색소의 함량 변화와 세포, 조직의 차이를 가져온다(Amott와 Macey, 1984; Choi 등, 2002; Kozlowski와 Pallardy, 1979; Kwon 등, 2003; Lee, 1997). 또한 토양내 양분 조성 차이에 따른 수목의 생장은 각 수종이 요구하는 양분요구도에 따라서 다르게 반응하여 묘목의 성장 양상, 물질생산량의 변화, 광합성을 변화 등 각종

상토 조성이 활엽수 용기묘의 생장특성에 미치는 영향

생리적 반응을 통해 궁극적으로는 최종 물질대사의 산물인 광합성의 차이에도 그 영향을 나타낸다.

시설양묘에서 사용되는 배양토의 소재에는 여러 가지가 있지만 현재 산림과학원에서는 이들의 물리화학적 특성과 경제성, 원료의 공급 가능성 등을 고려할 때 일부 수종인 소나무와 상수리나무 시설용기묘에 대해 피트모스, 버미큘라이트, 펄라이트를 1:1:1로 배합한 상토를 제시하였다(MAF, 2000). 이러한 원재료의 구성비에 조제된 상토는 유기물 함량의 차이와 더불어 각 성분의 배합에 의한 물리적 구성비가 초기 종자 발아 후 일정 기간 생장시까지 각 수종이 요구하는 다양한 양분요구도에 따라 생리적 활성 및 생장에 영향을 미칠 수 있으리라 생각된다(Lee, 1997; Kozłowski와 Pallardy, 1979). 하지만 합리적인 용기묘 생산체계를 위해서는 다양한 표목에 맞는 용기의 소재와 규격을 밝혀야 하며, 용기묘 생산에 이용되는 적정 배양토를 각 수종에 맞게 제조해야 한다. 그러나 일반적으로 시설양묘 농가에 보급되어 시판되는 상토는 각기 다른 화학적 성분과 물리적 구성비를 나타내고 있어 활엽수를 비롯한 다양화되는 육묘기술 보급에 많은 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 시중에 유통되는 상토에 대한 정확한 양묘 기술상의 문제점을 개선하고 과학적인 경영 관리 방안의 기초자료를 제공하고자 일부 육묘용 상토를 대상으로 몇 활엽수종의 생장에 미치는 생리·생태적 영향을 살펴보고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구를 실시하기 위하여 사용된 상토는 시중에서 유통되는 4가지 상토와 피트모스, 버미큘라이트, 펄라

이트를 1:1:1로 배합한 상토 등 5가지를 사용하였다. 시중에서 유통되는 상토는 제품을 생산할 때의 여건, 재료, 제조일 등에 따라 각종 성분비의 차이가 있어 품질이 균일하지 못할 경우가 많다. 이러한 차이는 궁극적으로 시설양묘시 일정한 크기의 용기에서 자라는 수목의 생장에 지대한 영향을 미칠 수 있으므로 본 연구에서는 각 상토별로 동일한 시기와 제조일에 생산된 제품을 대상으로 하였으며, 혼합된 원료의 성분비율은 농촌진흥청의 상토의 표준분석법(RDA, 2002)에 의하여 Table 1과 같이 분석하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이 주요 상토별 원료의 성분비율은 A, B, D 상토의 구성 성분 중 유기물과 미량요소를 상대적으로 많이 함유하고 있는 코코피트가 58~68%로 높았고, 반면에 피트모스와 질석은 낮았다. 또한 C상토의 경우 코코피트 34%, 피트모스 35% 그리고 펄라이트를 포함한 기타 성분이 거의 31%씩 구성되어 있으며, 일반적으로 소나무와 상수리나무 시설양묘시 사용되는 E상토는 피트모스, 펄라이트 그리고 버미큘라이트가 각각 33%씩 혼합된 구성비를 보였다. 일반적으로 코코피트와 피트모스 등은 채취시기나 가공방법에 따라 차이가 있지만 다른 원료에 비해 유기물 함량이 풍부하고 물리적·화학적으로 양호한 것으로 알려져 있다(MAF, 2000).

2. 대상 수종

본 연구를 실시하기 위해 사용된 수종은 각 지방산림청의 양묘사업소와 생산기술연구소 양묘연구실에서 직접 채취한 종자를 이용하였다. 2005년 4월 중순에 발아된 종자를 대상으로 상토 종류별로 각각 100주씩 최소 3반복 이상의 처리를 실시하였다. 또한 동일한 조건의 환경을 유지하기 위하여 시설온실내에서 실험

Table 1. Mixed ratio of growing media used in this experiment.

Treatment	Mixed percent of growing media					
	Cocopeat	Peatmoss	Vermiculite	Perlite	Zeolite	Water fertilizer
A	58	18	8	8	7	1
B	68	16	-	8	7	1
C	34	35	12	16	2	1
D	67	10	12	7	3	1
E	-	33	33	33	-	1

을 실시하였으며, 수분조건을 유지하기 위하여 1일 1회의 관수를 실시하였고, 식재용기는 활엽수 용기로 개발된 24형 용기(φ 60mm×φ 45mm×H 160mm, 350mL)를 사용하였다(MAF, 2000).

실험에 사용된 수종은 노각나무(*Stewartia pseudocamellia*), 찰피나무(*Tilia manshurica*), 이팝나무(*Chionanthus retusus*)등 3수종을 대상으로 하였다(Lee, 1980).

3. 유묘의 생장 조사

각 수종의 상토별 생장에 따른 생장 특성을 분석하기 위하여 파종 후 4개월간 온실에서 생육시킨 용기묘의 근원경은 버어니어캘리퍼스로, 묘고는 2m 스틸테이프로 측정하였다. 측정이 완료된 묘목은 즉시 굴취하여 잎, 가지, 뿌리로 구분하여 건중량을 측정하였다. 상토의 영향에 따른 용기묘의 생장 특성을 구명하기 위해 Duncan의 다중검정법으로 각 수종에 대해 상토간 차이에 대한 통계적 분석을 실시하였다. 모든 통계 분석은 PC SAS program Version 8.0(SAS, 2000)을 이용하여 검정하였다.

4. 광합성 특성 조사

각 수종의 상토별 광합성 특성은 4개월간 생육시킨 용기묘를 대상으로 휴대용 광합성 측정 장치(Portable photosynthesis system, LI-6400, Li-Cor. Inc., USA)를 이용하여 조사하였다. 광합성률은 광도(photosynthetically active radiation)를 임의로 조절할 수 있는 LED(light emitting diode)를 이용하여 0, 20, 30, 50, 100, 300, 500, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 조건으로 오전 8시 30분부터 12시 사이에 측정하였다. 광합성 측정시에는 leaf chamber 내의 온도를 25°C로 설정하였고, CO₂ Injector를 이용하여 챔버내로 유입되는 CO₂양을 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ 로 일정하게 조정하여 외기의 기상변화로 인한 영향이 없도록 하였다. 측정대상 잎은 각 처리별로 외관상 정상적인 상태를 유지하고 있는 상단 부위의 잎을 선별하여 최소 3회 이상 반복 측정하였다. 순 광합성을 구하는데 사용된 식은 다음과 같다.

$$A_n = \frac{u_e(c_e - c_c)}{100s} - c_c E$$

A_n : 순광합성률($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), u_e : 엽챔버내에

들어가는 공기의 량($\mu\text{mol s}^{-1}$), c_e : 엽챔버내에 들어가는 CO₂의 량($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ air}$), c_c : 엽챔버내에 있는 CO₂의 량($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ air}$), s : 엽면적(cm^2), E : 증산속도($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

또한 광·광합성곡선의 정확한 추정을 위하여 SPSS사의 Sigmaplot Version 6.0을 이용하여 회귀분석을 실시하였으며 회귀분석에 의한 식은 $y=y_0+a x/(b+x)$ 와 같다.

결과 및 고찰

1. 용기묘 수종의 상토별 생장 특성

상토의 종류에 따른 각 수목의 생장은 Fig. 1과 2에서 보느바와 같이 코코피드와 피트모스가 다른 상토

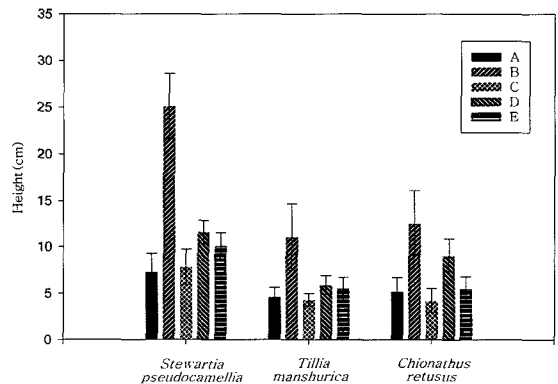


Fig. 1. The height of three tree species in four months grown under 5 different growing media. Values are means \pm Standard Deviation.

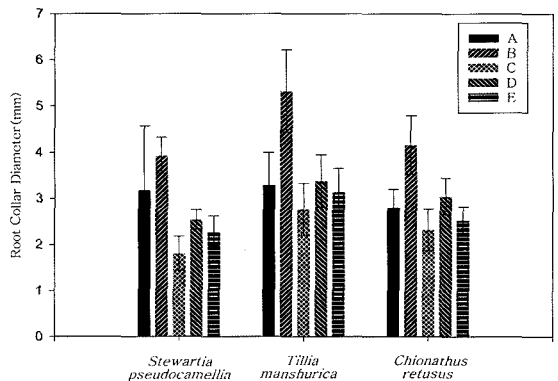


Fig. 2. The root collar diameter of three tree species in four months grown under 5 different growing media. Values are means \pm Standard Deviation.

에 비해 상대적으로 많이 포함되어 있는 B상토에서 묘고생장이 가장 높게 나타났으며, 근원경 성장에서도 같은 경향을 보였다. 특히, 노각나무의 경우 B상토의 묘고생장이 25.1±5.4cm로 생장이 저조한 A나 C상토 보다 최고 4배 이상 높은 생장을 보였으며, 근원경생장에서도 3.93±0.39mm로 높게 나타났다.

또한 일반적으로 양분요구도가 높은 수종으로(Lee, 1997) 알려져 있는 찰피나무의 경우도 B상토에서 묘고생장이 11.1±3.2cm로 다른 상토에 비해 2배 이상 높게 나타났고 근원경생장도 5.33±0.39mm로 높게 나타났다. 이러한 경향은 이팝나무도 유사한 경향으로 묘고생장이 12.6±2.9cm, 근원경생장은 4.16±0.63mm로 높게 나타났다.

2. 건물생산량

4개월간 상토의 종류에 따라 용기에서 자란 각 수종

Table 2. Effects of various growing media on the dry mass production of three broads leaves container seedlings.

Growing media	Dry mass(g)				T/R
	Leaves	Shoot	Root	Total	
<i>Stewartia pseudocamellia</i>					
A	0.19 c ^z	0.10 d	0.21 d	0.50 d	1.33 c
B	1.04 a	0.67 a	0.97 a	2.68 a	1.77 b
C	0.15 d	0.08 e	0.19 e	0.42 e	1.27 d
D	0.39 b	0.19 b	0.32 c	0.90 c	1.80 a
E	0.40 b	0.12 c	0.80 b	1.32 b	0.64 e
<i>Tilia manshurica</i>					
A	0.14d	0.14bc	0.46d	0.74d	0.61c
B	0.67a	0.67a	1.47a	2.81a	0.91a
C	0.09e	0.08d	0.36e	0.53e	0.48d
D	0.25b	0.15b	0.65b	1.05b	0.61c
E	0.19c	0.13c	0.50c	0.82c	0.64b
<i>Chionanthus retusus</i>					
A	0.18 c	0.13 c	0.93 c	1.24c	0.34d
B	0.90 a	0.49 a	2.39 a	3.78a	0.58a
C	0.11 d	0.08 d	0.66 e	0.85e	0.29e
D	0.44 b	0.24 b	1.24 b	1.92b	0.55b
E	0.17 c	0.12 c	0.79 d	1.08d	0.36c

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

의 총물질생산량은 Table 2와 같다. 총물질생산량 또한 수종의 성장과 유사한 경향으로 상토의 재료중에 코코피드와 피트모스가 많이 함유된 상토가 엽, 뿌리, 줄기 순으로 총물질생산량이 높게 나타났다. 하지만 T/R률의 차이에서는 다소 불규칙한 경향을 보였는데 이는 각 수종에 맞는 적절한 용기 용적의 차이에 의한 영향으로 판단된다(Kang 등, 1998; Lee, 1997; MAF, 2000). 따라서 시설양묘에 있어 각 수종의 성장특성에 맞는 적정 용기의 구멍 또한 필요할 것으로 판단된다.

상토의 종류에 따른 각 수종의 총물질생산량은 대상 수종 모두 코코피드와 피트모스가 상대적으로 많이 함유된 B상토에서 2.67g, 2.81g, 3.78g으로 다른 상토에 비해 통계적으로 유의성을 보이면서 T/R률과 함께 높게 나타났는데 이는 수종이 요구하는 양분요구도에 비해 제한된 용기의 용적 내에서 양분을 흡수하는 뿌리 발달에 비해 지상부의 생장이 증가되는 것으로 나타났다. 또한, 토양조건에 따라 유묘시 뿌리의 물질생산량과 함께 지상부의 물질생산량이 빨리 증가되는 것으로 판단된다(Amott와 Macry, 1984; Hudson 등, 1990; Kang 등, 1988; Lee, 1997).

하지만 이팝나무의 경우 B상토에서 전체 물질생산량이 높은 반면 뿌리의 물질생산량이 높지면서, T/R률이 떨어지는 다소 불규칙한 경향을 나타냈는데 이는 수종에 따른 고유 특성으로 생각된다.

3. 광합성 특성

수목의 성장에 필요한 여러 가지 무기환경 요인중 광선 및 수분과 더불어 양료는 식물체내의 생리 대사 활동에 중요한 역할을 담당하고 있으며, 특히 시설양묘에 있어서는 이들 무기환경요인과 더불어 용기의 종류, 제적, 형태 등의 제약을 받는 불리한 조건 하에서는 정상적인 생리·대사 활동 등이 교란되어 있을 포함한 식물체의 각 기관이나 조직의 세포 또는 형태학적 변화 등을 초래하고 식물체의 수고생장 또는 직경생장에도 영향을 미친다(Cho 등, 1998; Choi 등, 2002; Kang 등, 1988; Kozlowski와 Pallardy, 1979; Kwon 등, 2003; Nygren과 Kellomaki, 1984; Sims와 Percy, 1992). 조사대상 수종인 노각나무, 찰피나무, 이팝나무의 성장특성에 따른 광합성 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 노각나무의 광합성률은 성장특성 및 물질생

산량의 결과와 마찬가지로 코코피드와 피트모스의 성분이 많은 B상토에서의 최대 광합성률이 $6\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 상대적으로 낮은 유기물을 함유하고 있는 상토에서 성장하는 노각나무보다 최대 5배 이상 높은 광합

성률이 보이고 있다. 이러한 경향은 찰피나무와 이팝나무에서도 같은 경향으로 광합성률에 변화에 있어서는 B상토가 다른 상토에 비해 2-4배 이상 상대적으로 높게 나타났다(Fig. 3). 이는 코코피드나 피트모스 등이 상대적으로 많이 함유된 상토에서는 이들 성분이 대상수종의 지상부와 지하부의 생장과 발육을 촉진하여 광합성작용이 왕성하게 나타난 결과로 판단된다. 각 상토에 대한 몇 활엽수종의 생리·생태적 성장특성을 분석한 결과 상토를 구성하는 재료중 코코피트의 성분 함량 차이에 따라 성장초기 단계에서 최적의 엽록소 및 광합성률을 보이면서 생리적으로 안정된 성장형태를 보이지만, Hans와 Pons(1990)는 생육에 필요한 적정 양분요구도 이상 또는 이하의 부족한 양분 공급은 실질적으로 생장의 불균형을 보이는데, 이는 궁극적으로는 물질대사의 최고 단계인 광합성효율이 낮아지는 결과로 판단된다(Cho 등, 1998; Choi 등, 2002; Kang 등, 1988; Kwon 등, 2003). 따라서 양분요구도가 높은 활엽수종의 용기양묘에 있어서 유기물함량이 어느 정도 높은 상토가 생장에 적절한 영향을 미칠것으로 판단되며, 이에 따른 적절한 관수 및 시비체계에 관한 연구도 병행될 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 활엽수 대상 용기묘의 적정 상토를 개발하기 위해 상토의 원료 조성에 따른 노각나무, 찰피나무, 이팝나무 등 활엽수 용기묘의 성장 특성을 4개월간 시설온실에서 실시하였다. 사용된 상토중 코코피드나 피트모스 등이 상대적으로 많은 상토에서 노각나무, 찰피나무, 이팝나무 등 활엽수 용기묘의 수고생장과 근원경 생장이 높게 나타났으며 지상부와 지하부의 건물생산량 또한 뚜렷하게 증가한 경향을 보였다. 또한 생리적 특성에 있어서도 활엽수 용기묘의 광합성률이 상토내 코코피드와 피트모스가 많을수록 높아지는 경향을 보였다. 활엽수 용기묘의 생장에 대한 상토의 영향은 성장특성과 물질생산량 및 광합성과 같은 생리적 특성과 함께 관수 및 시비 체제도 지속적으로 연구해야 할 것이다.

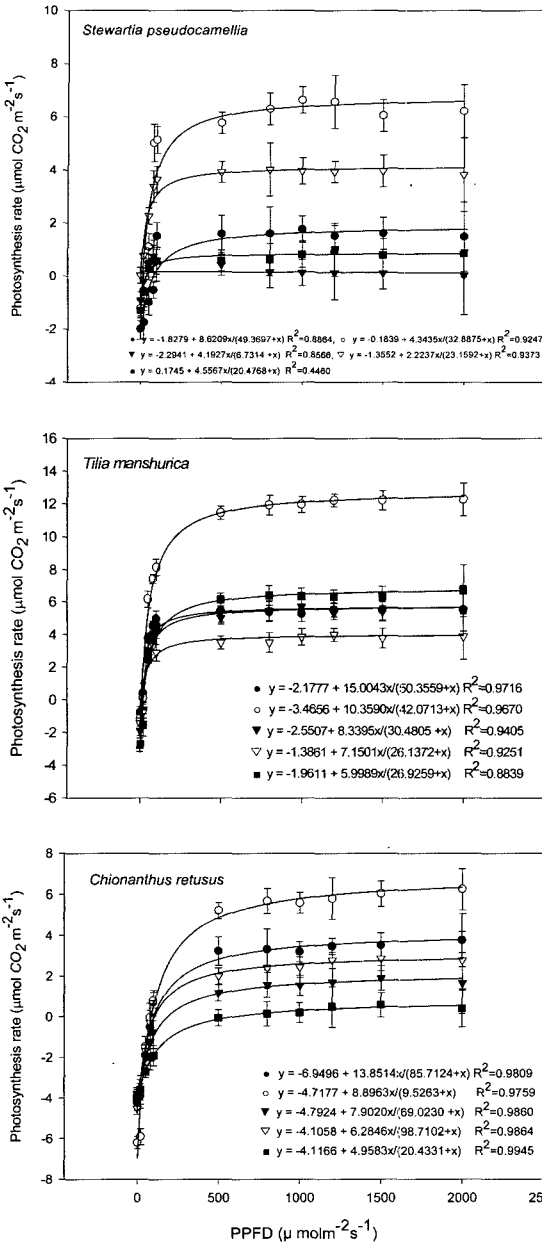


Fig. 3. The photosynthesis rate according to different growing media in three tree container seedling.
● ; A, ○ ; B, ▼ ; C, ▽ ; D, ■ ; E, PPFD means Photosynthetic Photon Flux Density.

주제어 : 건중량, 광합성, 상토 조성, 성장특성, 용기묘

사 사

이 논문은 농림기술개발과제(과제번호 : 106098-03-1-SB010) 지원에 의해 연구된 결과의 일부임.

인 용 문 헌

1. Amott, J.T. and D.E. Macey. 1984. Effect of supplemental light intensity on white spruce, engelmann spruce, and mountain hemlock seedlings grown under an extended photoperiod. *Can. J. For. Res.* 15:295-300.
2. Burden, A.X. and P.A. F. Martin. 1982. Chemical root pruning of coniferous seedlings. *HortScience* 17(4): 622-624.
3. Cho, J. H., S.G. Hong, and J.J. Kim. 1998. Growth and critical light intensity at cotyledon stage of *Cornus controversa* Hernel. seedling. *Jour. Korean For. Soc.* 87(3):483-492.
4. Choi, J.H., K.I. Kwon, and J.C. Chung. 2002. Effect of artificial shade treatment on the growth and biomass production of several deciduous tree species. *J. Kor. For. En.* 21(1):65-75.
5. Edwards, I.K. and R.F. Huber. 1982. Contrasting approaches to containerized seedling production, p. 123-127. In: J.B. Scarratt, C. Glerum, C.A. Plexman (eds.). *Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium*. Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre, Ontario.
6. Hans, L., F. Stuart, and L. Pons. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer. p. 540.
7. Hudson, T., E. Kester, and T. Davies. 1990. *Plant propagation-principles and practices*. Prentice Hall. 15-45pp.
8. Kang, Y.H., Y.M. Kwon, Y.J. Kim, Y.S. Sim, and C.B. Lee. 1988. *Plant Physiology*. Academic Press. p. 640.
9. Kown, K.I., J.H. Choi, H.K. Song, and B.S. Kang. 2003. Studies on growth and chlorophyll contents of major oak tree seedlings under different light environment in forest. *J. Kor. For. En.* 22(3):20-28
10. Kozlowski, T. and G. Pallardy. 1979. *Physiology of woody plants*. Academic Press. p. 411.
11. Lee, K.J. 1997. *Tree physiology*. Seoul National University Press. p. 30-80.
12. Lee, T.B. 1980. *Illustrated flora of Korea*. Hyangmunsa. p. 990.
13. Ministry of Agriculture and Forestry(MAF). 2000. Development of seedling mass production method by containerized seedling production system. Ministry of Agriculture and Forestry. p. 400.
14. Nygren, M. and S. Kellomaki. 1984. Effects of shading on leaf structure and photosynthesis in young birches, *Betula pendula* Roth, and *B. pubescens* Ehrh. *Forest Ecol. and Management* 7:119-132.
15. Oh, J.S., M.B. Lee, and S.G. Hong. 1988. Studies on containerized tree seedling nurseries and the methods of growing trees in containers. *Res. Rep. For. Inst.* 36:1-9.
16. Rasanen, P.K. 1982. Containerized forest tree seedling production and development prospects in Finland and Scandinavia, p. 9-17. In: J.B. Scarratt, C. Glerum, and C.A. Plexman (eds.). *Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium*. Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre, Ontario.
17. Rural Development Administration(RDA). 2002. Standard analysis of media. Rural Development Administration. p.191.
18. SAS Institute Inc. 2000. *SAS/STAT TM Guide for personal computer*. Ver 8. SAS Institute Inc. N. C. p.1028.
19. 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(4):449-455.