피음 및 시비처리에 따른 난대 조경수 굴거리나무의 생장 특성 : 기상재해에 대비한 굴거리나무 묘목의 시설양묘 생산 탐구

송기선¹ · 전권석¹ · 최규성² · 최진영² · 성환인³ · 김종진⁴

¹국립산림과학원 남부산림자원연구소 · ²건국대학교 대학원 환경과학과 ·

³건국대학교 농축대학원 산림조경학과 · ⁴건국대학교 녹지환경계획학과

(2013년 11월 12일 접수, 2014년 1월 13일 수정, 2014년 1월 24일 게재 확정)

Growth Characteristics of *Daphniphyllum macropodum* Seedlings of Warm -Temperate Landscape Tree by Shading and Fertilization Treatment: Research on seedling production of *D. macropodum* by container nursery for meteorological disasters

Ki Seon Song¹ · Kwon Seok Jeon¹ · Kyu Seong Choi² · Jin Young Choi² · Hwan In Sung³ · Jong Jin Kim⁴

¹Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute

²Department of Environmental Science, Graduate School of Konkuk University

³Department of Forestry and Landscape, Graduate School of Agriculture and Animal Science, Konkuk University

⁴Department of Environmental Design, Konkuk University

(Received 12 November 2013, Revised 13 January 2014, Accepted 24 January 2014)

Abstract : Recent years, there is increasing demand for seedlings of *Daphniphyllum macropodum*. However, the bare-root nursery of the species has been reported to be challenging due to meteorological disasters caused by climate change. The study aims to investigate the appropriate levels of shade and fertilization of container-grown *D. macropodum*, which has shade tolerance in seedling stage. The shading treatment was regulated with the shading level of full sun, and 35%, 55%, 75% of full sun. The fertilizing level was made by regulating Multifeed 19 (N:P:K = 19:19:19, v/v) with 1000mg·L⁻¹, 2000mg·L⁻¹, 3000mg·L⁻¹, together with the control. The height was indicated to be the highest in 3000mg·L⁻¹ under 55% of shading. The root collar diameter was surveyed to be the highest in 1000mg·L⁻¹ and 3000mg·L⁻¹ of full sun. A case of the whole dry mass production was surveyed to be the highest in 3000mg·L⁻¹ under 55% of shading and 2000mg·L⁻¹ under 35% of shading. Moreover, the study is to explore the possibility of production and sound growth of *D. macropodum* seedlings by container nursery; consequently, the result is expected to provide the production method of the seedlings of *D. macropodum* that is to overcome meteorological disasters from bare-root nursery.

Key Words : Nursery industry, Meteorological disasters, *Daphniphyllum macropodum*, Shading and fertilizing treatment, Container nursery

주요어 : 양묘산업, 기상재해, 굴거리나무, 차광 및 시비처리, 시설양묘

1. 서론

최근 들어 산림식생의 중요성이 여러 분야에서 증대하면서 우리나라 난대수종인 상록활엽수종에 대한 관심과 가치에 대한 인식도 높아지고 있다. 난대수종은 산림기후대 분류에 따른 난대지역(warm temperate zone)에 분포하고 있는 수종을 말하며, 우리나라 난대수종은 위도로 보면 내륙에서 북위 35°, 해안에서 북위 35°30' 이남지역에 분포하고 있다. 지역적으로는 주로 남해안과 남해 도서지역, 서해안과 동해안 일부 남쪽해안, 그리고 제주도는 해발고도 500m 이하, 울릉도는 600m 이하 지역을 포함하고 있다(Lee, 1999).

우리나라에서 이러한 상록활엽수의 생육가능 면적은 약 1,200,000ha에 이르나 현재는 이 중에서 인간의 간섭이 적은 지역을 중심으로 약 10,000ha 정도만 잔존하고 있고, 이들 외 지역은 상록활엽수림으로 식생천이를 촉진시키는 방향으로 산림복원 및 관리가 필요하다(Park, 2002). 현재 우리나라의 난대수종은 250여 종으로 알려져 있으며, 주로 녹나무, 동백나무, 후박나무, 붉가시나무, 종가시나무, 참가시나무, 돈나무, 감탕나무, 구실잣밤나무 등의 상록활엽수종이다(Shin *et al.*, 2006).

한편, 기후변화 영향에 따라 이들 난대 상록활엽수종들의 생존 및 생육 북한계선이 높아질 것으로 예상(Kwon *et al.*, 2008; K.F.S., 2009; Park *et al.*, 2010)되면서 내륙지역에서의 식재면적이 확대 또는 확대 계획되고 있으며, 이에 따른 난대수종 묘목의 생산 수요 또한 빠르게 증가하고 있다(Kim, 2010). 또한 난대수종은 난대림의 복원 및 기후 온난화에 따른 조림영역의 확장에 따른 수요증가와 더불어 도시주변의 경관식재용, 가로수, 공원수, 정원수 용도 등으로 그 묘목 수요가 늘어나고 있는 상황이다(Kim, 2010; Kim *et al.*,

2012).

난대수종인 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum*)는 내음성이 있는 상록활엽수종으로 우리나라에서 북으로는 내장산과 백양산까지 분포하며 다른 난대수종에 비교하여 생육지역이 넓어 향후 분포지역이 더욱 확대될 것으로 예상된다. *Daphniphyllum* 속은 동아시아에서 25종이 자라고, 높이 15m, 지름 40cm에 달하는 것도 있으며 잎은 단엽으로 대생하고 톱니와 탁엽이 있으며, 꽃은 이가화 간혹 일가화이고 총상화서로 달린다. 우리나라에서는 굴거리나무와 좀굴거리나무가 자라고, 잎은 약용으로 사용한다. 일년 내내 때를 가리지 않고 채취할 수 있으며 채취한 잎은 햇볕에 말려 사용하기도 한다(Lee, 1999). 또한 수형이 좋고 잎이 아름답기 때문에 난대림 복원조림, 산림경관조성뿐만 아니라 가로수, 정원수 등 도시녹화용으로 그 가치가 높다. 또한 환경오염에 강하여 도시환경을 보다 쾌적하게 하는 환경정화수로서의 역할도 충분히 수행할 것으로 판단된다. 따라서 현재 굴거리나무는 도시경관 및 녹화용으로 활용가치를 인정받아 묘목 수요가 확대되고 있다(Shin, 2006).

현재 굴거리나무를 비롯한 난대수종의 묘목생산은 대부분 일반 포지에서 생산되는 노지묘(bare-root seedlings) 형태로 이루어지고 있다. 하지만 최근 들어 우리나라에서도 기후변화 등의 영향으로 발생하는 기상재해에 의해 노지묘를 생산하는 양묘산업 현장은 큰 피해를 입고 있다(Kim *et al.*, 2010a; Kim *et al.*, 2010b). 이와 같은 기상재해에 의한 피해를 예방하기 위해 우리나라에서도 보다 안전한 양묘 형태인 시설양묘에 의한 용기묘(container seedlings) 생산으로의 전환이 빠르게 이루어지고 있다(Kim, 2010; Kim *et al.*, 2012).

따라서 본 연구는 최근 묘목 수요가 확대되고 있

는 난대 상록활엽수인 굴거리나무를 기상재해로부터 보다 안전하게 묘목을 생산하기 위해서 시설 양묘를 통한 용기묘로 생산하고자 할 때, 내음성이 있는 수종으로 알려진 굴거리나무 유묘의 적정한 피음 및 시비 수준을 구명하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

본 실험의 공시 수종은 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum* Miq.)이며, 종자는 2008년 11월에 국립산림과학원 남부산림연구소에서 채집·관리된 종자를 사용하였다. 본 실험에 사용된 종자의 품질은 Table 1과 같다. 종자는 파종하기 전에 발아촉진을 위하여 약 3개월 동안 5℃ 저온 습사저장을 하였으며 2009년 4월 4일에 발아율(Table 1)을 고려해 플라스틱 15구 용기에 1립씩 파종하였다. 공시 용기는 원뿔형의 구가 15개 있는 플라스틱 15구 용기(SI 350)이며, 용적이 350 ml이고, 생육밀도는 1㎡에 126본이다(Table 2). 생육상토는 시중에서 주문생산(토비테크, 한국)하여 사용하였으며, 생육상토의 조성은 코코피트, 펄라이트, 질석 및 지오라이트이며 그 혼합비는 70:15:10:5(v/v)이다. 이 비율의 혼합상토는 난대수종 용기묘 생산연구에서 많이 사용되고 있다(Sung, 2011).

실험은 경남 함안군 여항면 소재 건국대학교 난대시설양묘연구동 내의 차광 실험시설을 갖춘 연구동에서 실시되었다. 차광실험을 실시한 연구동은 상부가 개방되어 신선한 공기와 전광(full sunlight)을 직접 받을 수 있도록 되어있고, 측면은 1.7m 높이까지만 피복재(polyethylene film)로 둘러 측면에서 불어오는 바람이 각 처리구에 미치는 영향을 최소화하였다. 차광처리는 전광과 전광의 35%, 55%, 75% 피음의 총 4수준으로 구분하여 실시하였다. 차광수준별 설치하는 차광망을 시중에서 구입하여 실시하였다. 본 실험의 각 처리구의 광 환경은 Spectroradiometer(LI-1800, LI-COR, USA)로 측정하였다. 2009년 4월 3일 오전 10시 평균 $1480\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 을 기준으로, 35% 피음처리구는 $897\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 55% 피음처리구는 $601\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 75% 피음처리구는 $358\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 평균 광도를 나타내었다.

본 실험에서는 수용성 비료인 Multifeed 19(N:P:K, 19:19:19, Haifa Chemical Co., Israel)를 사용하였는데 이 비료는 N, P, K를 주성분으로 Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B 등의 미량원소가 첨가된 복합비료이다. 용기묘의 시비처리는 이식 후 각 유묘의 뿌리가 충분히 활착되었다고 판단된 2009년 6월 3일부터 9월 14일까지 약 14주 동안 Multifeed 19를 $1000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $2000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 조절하여 매주 1회씩 처리하였으며, 시비처리한

Table 1. Seed quality of *D. macropodum* used for this experiment.

Germination rate (%)	1000 seeds weight (g)	1 liter weight (g)	Seed no./kg	Seed no./L
91.3	240.3	720.5	4,531	3,265

Table 2. Container type used for this experiment.

Container type	Container size (L×W×D, cm)	Cavity volume (ml)	Cavity diameter (cm)	Cavity per container (no.)	Seedling density (seedlings·m ⁻²)
SI 350	44.0×27.0×14.0	350	Ø7.5	15	126

날에는 관수를 하지 않았다. 굴거리나무의 피음 수준별 시비처리에 사용된 용기 수는 각 시비처리 구당 플라스틱 15구 용기 10개이었다. 시비처리량은 대조구 포함 각 농도별 희석액 5ℓ를 물조리개에 담아 시비처리구당 10개 용기 유묘의 상부에서부터 실시하였는데, 묘목 1본당 약 33ml의 희석양액이 처리되었다. 이를 성분별 농도로 계산하면 $1000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리의 경우 주 1회 처리 시 묘목 1본당 N, P, K가 각각 6.3mg이었다.

간장과 근원경은 묘목의 형태적 특성을 조사하는데 가장 손쉬운 요소로서, 조림지에 식재되는 묘목의 간장과 근원경은 규격 선정의 기본 요소이다(Thompson, 1985). 본 실험에서는 피음시설에서 생육한 묘목의 간장 및 근원경생장 측정은 난대수종의 경우 늦게는 10월까지도 생장하기 때문에 본 실험의 굴거리나무 용기묘의 생장이 완전히 끝났다고 판단된 2009년 11월 초에 실시되었다. 건물생산량은 묘목의 근원경과 매우 밀접하게 관련되어 있을 뿐만 아니라, 묘목의 건물량은 근원경과 함께 조림지 식재 후 생존과 생장에 큰 영향을 미치는 요소이다(Switzer and Nelson, 1963; Ritchie, 1984). 따라서 건물생산량은 간장과 근원경을 측정한 후 Drying Oven(DS-80-1, Dasol Scientific Co. Ltd, 한국)에 넣고 75°C 에서 72시간 건조시킨 건물생산량을 측정하였다. 건물생산량은 잎, 줄기 및 뿌리를 구분하여 측정하였다. 한편 간장을 근원경으로 나눈 값인 H/D율은 생산한 묘목이 다부진(stocky) 유형인지 또는 가늘고 약한(spindly) 유형인지 여부를 평가하여 묘목의 건전도를 나타내는 지표로써 노지묘와 용기묘 등 모든 종류의 묘목이 바람, 건조 등 물리적인 피해를 견디는 능력을 평가할 수 있는 좋은 지표이다(Haase, 2007a; Thompson, 1985). T/R율은 묘목에서 증산을 담당하는 지상부와 수분 흡수를 담당하는 지하부 뿌리의 균형을 측정하는 수단으로 고

안되어 오랫동안 사용되어 온 묘목품질 평가 지수의 하나이다(Haase, 2007a). 본 실험에서 H/D율과 T/R율을 아래 식을 이용하여 구했다.

$$\bullet \text{ H/D ratio} = \text{Height(cm)}/\text{Root collar diameter (mm)}$$

$$\bullet \text{ T/R ratio} = \text{Top(leaf+shoot) dry weight}/\text{Root dry weight}$$

각 처리별 용기묘의 생장 및 생장량 측정값에 대한 분석은 SPSS version 20을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 통계적으로 차이가 유의한 경우 Duncan's multiple range test를 실시하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 생장

피음처리 및 시비처리에 따른 1년생 유묘의 간장과 근원경생장을 조사한 결과, 간장은 55% 피음 내 $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 15.4cm로 가장 높게 나타났고, 그 다음은 35% 피음 내 $2000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 각각 15.2cm와 15.0cm, 55% 피음 내 $2000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 14.6cm로 조사되었으며 이 값들에 대한 유의성은 없는 것으로 조사되었다. 근원경은 전광의 $1000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 각각 4.77mm와 4.73mm로 가장 높게 조사되었다(Table 3).

전광에서는 시비수준이 높아질수록 간장생장이 높이 증가하여 가장 높은 시비수준인 $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 12.0cm를 보였으며 근원경생장은 $1000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에서 4.77mm로 가장 높았다. 35% 피음에서는 $2000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 시비에서 간장과 근원경생장이 가장 높았으며 각각 15.2cm와 4.59mm로 조사되었다. 그 다음은 $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $1000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 무시비구 순으

Table 3. Effects of shading rates and fertilizing concentrations on height and root collar diameter growth of *D. macropodum* 1-year-old container seedlings.

Shading (%)	Fertilization (mg·L ⁻¹)	Height (cm)	Root collar diameter (mm)
0	0	6.8±0.3 ^{zd}	3.64±0.11efg
	1000	9.2±0.6c	4.77±0.13a
	2000	10.5±0.5bc	4.57±0.14abc
	3000	12.0±0.8b	4.73±0.20ab
35	0	6.7±0.3d	3.70±0.09ef
	1000	10.8±0.6bc	4.45±0.13abcd
	2000	15.2±1.0a	4.59±0.13abc
	3000	15.0±1.0a	4.54±0.17abc
55	0	5.9±0.4d	3.27±0.15g
	1000	11.4±0.7bc	4.28±0.10bcd
	2000	14.6±1.0a	4.47±0.17abcd
	3000	15.4±1.3a	4.38±0.11abcd
75	0	6.6±0.3d	3.46±0.08fg
	1000	11.5±0.8bc	4.21±0.15cd
	2000	12.1±0.9b	4.36±0.14abcd
	3000	12.0±0.9b	4.04±0.18de

Source	F	
	Height	Root collar diameter
Shading	8.773*	7.366*
Fertilization	75.059*	44.480*
Shading×Fertilization	2.713**	—

^z Means±SE are represented and were measured on Nov. 2, 2009. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05). * p<0.01, ** p<0.05.

로 높게 나타났다. 55% 피음에서 간장은 시비수준이 높아질수록 높았는데 3000mg·L⁻¹에서 15.4cm로 본 실험에서 가장 높은 간장으로 조사되었고, 근원경은 2000mg·L⁻¹에서 4.47mm로 조사되었다. 75% 피음에서는 2000mg·L⁻¹ 시비에서 간장과 근원경생장이 각각 12.1cm와 4.36mm로 가장 높게 조사되었다(Table 3). 전광과 각 피음처리구에서 무시비구의 경우, 전광에서 간장과 근원경이 각각 6.8cm와 3.64mm로 높은 생장을 보였다. 그 다음은 35%, 75%, 55% 피음처리 순으로 간장생장이 높게 조사되었으나 이에 대한 유의성은 없는 것으

로 나타났다. 한편, 가장 낮은 간장과 근원경생장을 보인 처리구는 55% 피음 내 무시비구에서 각각 5.9cm와 3.27mm로 조사되었다. 이렇게 본 실험에서 굴거리나무의 피음처리와 시비처리 수준에 따라 간장과 근원경생장이 다르게 조사되었다.

Park *et al.* (1992)는 굴거리나무 노지묘 1년생의 전광 및 피음(25%, 50%, 75%) 처리한 결과, 간장생장은 50%, 75%, 25% 피음 그리고 전광 순으로 각각 32.9cm 32.8cm, 27.5cm, 23.8cm로 높게 나타난 것으로 보고하여 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 또한, 상록활엽수인 가시나무 1년생 용기묘

의 경우, 전광과 각각 전광의 35%, 55%, 75% 피음처리와 무시비구, 1000mg·L⁻¹, 2000mg·L⁻¹ 및 3000mg·L⁻¹로 시비처리를 동시에 진행한 결과, 35%와 55% 피음 내 시비처리구에서 가장 높은 것으로 보고되어 본 실험의 굴거리나무와 유사한 경향을 보였다(Sung *et al.*, 2011). Shin *et al.*(2011)와 Choi *et al.*(2012)에서도 상록활엽수인 금목서, 까마귀쪽나무, 홍가시나무 및 돈나무 4수종을 대상으로 전광과 각각 전광의 35%, 55%, 75%, 95%로 피음처리한 후 생장을 조사한 결과 수종별로 최적 피음 효과를 보인 수준은 달랐지만, 전광에 비해 피음처리구에서 상대적으로 높은 생장을 보여 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 상록활엽수들의 차광처리에 따라 간장과 근원경생장이 증가하면서 엽장과 엽폭이 증가한 것으로 조사되었는데 이러한 변화는 상대적으로 빠른 간장생장을 통해 수광경쟁에 앞서듯이 잎의 크기(길이와 넓이)를 크게 하여 유리한 경쟁 환경을 도모했던 것으로 분석하고 있다(Shin *et al.*, 2011).

본 실험에서 전체적으로 가장 높은 간장생장을 보인 35%와 55% 피음에서 2000mg·L⁻¹와 3000mg·L⁻¹ 시비수준 사이에서는 유의성이 없는 것으로 조사되었고, 근원경생장은 2000mg·L⁻¹ 시비수준에서 보다 높은 생장을 보였다. 이에 따라 굴거리나무 1년생 용기묘 생산 시 피음수준은 35~55% 피음에 2000mg·L⁻¹의 시비를 적용하였을 때 가장 우수한 유묘를 생산할 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 본 실험에서 내음성이 있는 굴거리나무 1년생 용기묘는 전광과 무시비구에서는 생장이 저조한 것으로 나타났고, 적정 피음과 적정 시비처리를 하였을 때 가장 높은 생장을 보여 굴거리나무 유묘 생산 시에 피음과 시비처리는 필수 요소로 작용될 것으로 판단된다.

2) 건물생산량

지상부와 지하부의 건물생산량을 측정하여 피음 및 시비처리 후의 균형적인 묘목 성장 여부를 분석하고자 하였다. 피음처리 및 시비처리에 따른 1년생 유묘의 부위별 건물생산량과 전체 건물생산량을 조사한 결과, 잎의 경우에는 55% 피음과 전광, 그리고 35% 피음 내 3000mg·L⁻¹에서 각각 1.623g, 1.585g, 1.579g으로 가장 높게 조사된다. 줄기의 경우에는 35% 피음 내 2000mg·L⁻¹와 55% 피음 내 3000mg·L⁻¹에서 각각 0.668g과 0.656g으로 높게 조사되었다. 뿌리의 경우 전광의 3000mg·L⁻¹와 35% 피음 내 2000mg·L⁻¹에서 0.793g과 0.791g으로 높게 조사되었다. 전체 건물생산량의 경우에는 55% 피음 내 3000mg·L⁻¹와 35% 피음 내 2000mg·L⁻¹에서 각각 3.013g과 3.007g으로 높게 조사되었다.

본 실험에서는 전광과 35%, 55%, 75% 피음에서 무시비구 묘목이 시비처리구 묘목보다 잎, 줄기, 뿌리 및 전체 건물생산량 모두 낮은 것으로 조사되었으며, 전광과 각 피음처리구에서는 부위별로 전광에서는 잎, 줄기, 뿌리 및 전체 건물생산량 모두 3000mg·L⁻¹에서 가장 높게 나타났으며 35% 피음 내의 잎은 3000mg·L⁻¹에서 가장 높았으나, 줄기, 뿌리 및 전체 건물생산량은 2000mg·L⁻¹에서 가장 높은 것으로 조사되었다. 55% 피음의 경우에는 잎, 줄기 및 전체 건물생산량은 3000mg·L⁻¹에서 높았고, 뿌리는 2000mg·L⁻¹에서 높았다. 또한, 75% 피음에서는 잎, 줄기, 뿌리 및 전체 건물생산량 모두 2000mg·L⁻¹에서 가장 높은 것으로 나타났다(Table 4).

일반적으로 광의 감소는 줄기와 뿌리 부위의 건물생산량을 감소(Strothmann, 1967)시킨다고 알려져 있지만, 본 실험의 결과에서는 각 시비처리 내 무시비구에서 줄기의 건물생산량은 0.246g으로 35% 피음에서 가장 높았고, 각 시비처리 내 무

Table 4. Effects of shading rates and fertilizing concentrations on dry mass production of *D. macropodum* 1-year-old container seedlings.

Shading (%)	Fertilization (mg·L ⁻¹)	Dry mass production (g)			
		Leaves	Shoot	Root	Total
0	0	0.507±0.041 ^{Ze}	0.207±0.015 ^{gh}	0.492±0.037 ^{cde}	1.206±0.085 ^d
	1000	0.907±0.080 ^d	0.321±0.037 ^{efg}	0.725±0.055 ^{ab}	1.953±0.166 ^c
	2000	1.280±0.114 ^{abc}	0.398±0.034 ^{cde}	0.780±0.058 ^a	2.458±0.193 ^{abc}
	3000	1.585±0.173 ^a	0.495±0.052 ^{bc}	0.793±0.079 ^a	2.874±0.294 ^{ab}
35	0	0.503±0.045 ^e	0.246±0.020 ^{fgh}	0.459±0.023 ^{cde}	1.209±0.075 ^d
	1000	1.192±0.096 ^{bcd}	0.394±0.032 ^{cde}	0.745±0.066 ^{ab}	2.331±0.169 ^{bc}
	2000	1.548±0.148 ^a	0.668±0.065 ^a	0.791±0.086 ^a	3.007±0.273 ^a
	3000	1.579±0.136 ^a	0.572±0.058 ^{ab}	0.763±0.084 ^a	2.915±0.267 ^{ab}
55	0	0.423±0.044 ^e	0.169±0.019 ^h	0.373±0.037 ^e	0.965±0.095 ^d
	1000	1.051±0.090 ^{cd}	0.340±0.033 ^{ef}	0.567±0.050 ^{bcd}	1.959±0.165 ^c
	2000	1.527±0.140 ^{ab}	0.627±0.067 ^a	0.775±0.074 ^a	2.929±0.270 ^{ab}
	3000	1.623±0.143 ^a	0.656±0.063 ^a	0.734±0.049 ^{ab}	3.013±0.238 ^a
75	0	0.523±0.032 ^e	0.189±0.010 ^{gh}	0.418±0.020 ^{de}	1.131±0.046 ^d
	1000	1.045±0.092 ^{cd}	0.352±0.031 ^{def}	0.567±0.047 ^{bcd}	1.965±0.158 ^c
	2000	1.356±0.118 ^{abc}	0.485±0.047 ^{bcd}	0.604±0.042 ^{abc}	2.445±0.191 ^{abc}
	3000	1.185±0.145 ^{bcd}	0.395±0.051 ^{cde}	0.529±0.063 ^{cde}	2.109±0.253 ^c

Source	F			
	Leaves	Shoot	Root	Total
Shading	—	7.725*	7.409*	3.647**
Fertilization	68.893*	55.202*	22.127*	57.419*
Shading×Fertilization	—	2.711*	—	—

^z Means±SE are represented and were measured on Nov. 2, 2009. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05). * p<0.01, ** p<0.05.

시비구에서 뿌리의 건물생산량은 0.492g으로 전광에서 가장 높았다. 시비처리구에서 줄기의 건물생산량은 35% 피음 내의 2000mg·L⁻¹에서 가장 높은 반면, 전체에서 뿌리의 건물생산량은 전광의 3000mg·L⁻¹에서 가장 높았다.

충충나무, 물푸레나무, 박달나무, 개벚나무, 고로쇠나무 등 활엽수 5수종을 대상으로 전광을 포함하여 4수준의 피음처리(전광, 전광대비 65~72%, 29~40%, 7~12%)한 결과, 전광대비 29~40% 처리구에서 가장 높게 나타난 고로쇠나무

를 제외하고, 나머지 수종들은 피음이 강해질수록 부위별 및 전체 건물 생산량은 감소한 것으로 보고되었다(Cho *et al.*, 2008). 광량의 감소로 잎과 줄기의 건물생산량의 비율이 증가하는 경향을 보였으며 피음처리의 영향은 묘목 부위별로 다르게 작용하는 것으로 보고되었다. 이러한 결과는 Choi *et al.*(2002)가 6종의 활엽수를 대상으로 한 실험에서도 유사한 결과가 보고되었다. 눈썹백나무와 생강나무는 간장 및 근원경생장과 건물생산량이 오히려 대조구보다 50% 피음에서 더 좋은

생장을 보여(Hong *et al.*, 2000) 본 실험과 유사한 경향을 보였으며, 참나무류 중의 하나인 가시나무의 연구에서도 35%와 55% 피음에서 더 좋은 생장을 보여 건물생산량이 높게 조사된 것으로 보고하였다(Sung *et al.*, 2011).

간장과 근원경생장이 35%와 55% 피음 내 2000 mg·L⁻¹와 3000mg·L⁻¹에서 높게 조사된 것과 마찬가지로 같은 처리구 내에서 잎, 줄기 및 전체 건물생산량 또한 높게 조사되었다. 부위별 건물생산량은 생장이 가장 저조한 55% 피음 내 무시비구보다 잎과 줄기의 건물생산량은 최대 4배, 뿌리의 건물생산량은 약 2배 더 크게 조사되었다. 이것은 간장과 마찬가지로 좁은 생육공간에서 수간경쟁을 통한 줄기의 생장뿐만 아니라 수광경쟁으로 잎의 생장도 활발했기 때문으로 사료된다. 시비처리에 따른 잎, 줄기, 뿌리 및 전체 건물생산량은 유의성을 보인 것으로 조사되었다(Table 4).

3) H/D율과 T/R율

본 실험에서 피음 및 시비 처리에 따른 굴거리나무 1년생의 H/D율의 변화를 조사한 결과, H/D율은 55% 피음 내 3000mg·L⁻¹에서 3.49로 가장 높게 조사되었으며 그 다음은 35% 피음 내 2000 mg·L⁻¹와 3000mg·L⁻¹ 그리고 55% 피음 내 2000mg·L⁻¹ 순으로 3.32, 3.30, 그리고 3.26으로 조사되었다. T/R율은 75% 피음 내 3000mg·L⁻¹에서 3.14로 가장 높게 조사되었으며 그 다음은 55% 피음 내 3000mg·L⁻¹에서 3.09로 조사되었다. 좋은 생장을 보인 35%와 55% 피음 내 2000mg·L⁻¹와 3000mg·L⁻¹ 시비구의 H/D율은 3.26~3.49의 범위로 나타났다으며 모든 처리구는 1.78~3.49의 범위로 조사되었다(Table 5).

한편, H/D율이 가장 낮은 값은 55% 피음 내 무시비구의 1.78이었다. 피음별 무시비구에서는 H/D율이 1.78~1.91로 낮게 나타났으며, 2000mg·

L⁻¹와 3000mg·L⁻¹의 시비에서는 2.31~3.49로 높게 조사되었다. 시비수준이 높아질수록 H/D율 또한 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 양분이 전혀 없는 상태에서 생육되었기 때문에 시비수준이 높아질수록 묘목의 간장과 근원경생장도 높아진 것으로 판단되며 제한된 공간에서 생육되는 근원경 보다는 간장생장이 더 높은 생장을 보여 H/D율이 높게 나타난 것으로 사료된다.

Park *et al.*(2010)의 연구에 따르면, 물푸레나무, 들메나무, 잣나무, 전나무를 대상으로 노지에서 N, P, K 비료 처리 후 측정된 H/D율은 시비처리 간에는 유의성이 없었으나, 활엽수가 침엽수에 비해 2~3배 높게 나타난 것으로 보고하였다. 또한 본 실험의 결과인 굴거리나무의 1.78~3.49의 범위는 물푸레나무의 6.1~6.6과 들메나무 3.3~4.0보다 낮은 경향을 보였는데 이것은 물푸레나무속의 2수종간의 H/D율의 차이는 물푸레나무의 지상부 생장이 들메나무보다 현저하게 높았기 때문으로 사료된다. 한편, 열대조림수종으로 빠른 생장과 높은 토양 적응력을 가진 *Eucalyptus pellita* 용기묘를 대상으로 관수수준을 달리 처리한 후 측정된 H/D율은 16.4~17.4의 높은 값을 보였다(Lee *et al.*, 2010). 또한, 상록활엽수인 가시나무의 전광과 35%, 55%, 75% 피음처리 내 시비처리구에서 H/D율이 3.63~5.86으로 보고(Sung *et al.*, 2011)되어 본 실험의 굴거리나무 보다 더 높은 값을 보였다. 이것은 가시나무의 간장생장이 더 좋았기 때문으로 판단되며 이러한 차이는 생육밀도 등과 같이 생육환경 차이 또는 수종별 생장 반응 차이의 결과로 보인다.

피음 및 시비처리 후 T/R율을 조사한 결과, 전광 내 무시비구에서 1.47로 가장 낮게 나타났다(Table 5). 전광을 비롯한 모든 피음처리구의 경우에 시비구가 무시비구보다 높게 나타났는데 이것은 충분한 양료 조건에서 활발한 광합성 활동

Table 5. Effects of shading rates and fertilizing concentrations on H/D ratio and T/R ratio of *D. macropodum* 1-year-old container seedlings.

Shading (%)	Fertilization (mg·L ⁻¹)	H/D ratio (cm·mm ⁻¹)	T/R ratio
0	0	1.87±0.07 ^z g	1.47±0.06f
	1000	1.92±0.09fg	1.69±0.08f
	2000	2.31±0.10ef	2.17±0.11e
	3000	2.52±0.11de	2.65±0.12bcd
35	0	1.81±0.06g	1.62±0.08f
	1000	2.43±0.10de	2.28±0.17de
	2000	3.32±0.21ab	3.01±0.22ab
	3000	3.30±0.18ab	2.93±0.14ab
55	0	1.78±0.07g	1.62±0.08f
	1000	2.81±0.12cd	2.49±0.13cde
	2000	3.26±0.15ab	2.82±0.11abc
	3000	3.49±0.27a	3.09±0.16a
75	0	1.91±0.09fg	1.75±0.11f
	1000	2.72±0.15cde	2.45±0.14cde
	2000	2.75±0.16cd	3.05±0.19ab
	3000	2.96±0.16bc	3.14±0.20a

Source	F	
	H/D	T/R
Shading	17.887*	15.125*
Fertilization	60.461*	74.230*
Shading×Fertilization	3.690*	—

^z Means±SE are represented and were measured on Nov. 2, 2009. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05). * p<0.01

을 통해 지상부 생장이 증가하여 시비수준이 높아 질수록 높은 T/R율을 보인 것으로 판단되며 잎과 줄기의 건물생산량이 시비처리에 따른 유의성을 보이며 증가한 것과 부합된다. 또한, 75% 피음 내 3000mg·L⁻¹의 시비처리에서 상대적으로 높은 T/R율을 보인 것은 다른 피음 및 시비수준에 비해 낮은 지상부 생장의 영향으로 판단된다.

T/R율 변화에 관한 연구를 보면, 내음성 수종은 중간 정도의 피음(50~55%)에서 지상부 물질 생산의 증가에 의해 상대적으로 높은 T/R율이 나타난 것으로 보고되었다(Hong *et al.*, 2000). 가시

나무 1년생 용기묘의 경우에는 건전한 묘목의 생장 조건으로 조사된 35%와 55% 피음에서의 T/R율이 시비처리 시 1.87~2.59 범위의 값으로 보고(Sung *et al.*, 2011)되었으며 노지묘의 경우 3.0 또는 약간 낮은 값이 건전한 묘목이며, 용기묘는 2.0 또는 그 보다 약간 낮은 값이 적정하다고 보고한 Haase(2007a, 2007b)의 연구보고와 비슷하였다. 이러한 T/R율을 본 실험과 비교해 보면, 비교적 뛰어난 간장과 근원경생장 그리고 높은 건물 생산량을 보인 35%와 55% 피음에서의 T/R율이 2000mg·L⁻¹와 3000mg·L⁻¹의 시비에서 2.82~3.09

범위의 값으로 조사되었다. 따라서 내음성이 있는 굴거리나무의 유묘 생육 시 35~55% 정도의 피음처리는 용기묘의 생장을 보다 좋게 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 최근 기후변화 영향에 따른 기상재해로 노지묘 생산이 어려워지며, 묘목 수요가 확대되고 있는 난대 상록활엽수인 굴거리나무를 보다 안전한 용기묘로 생산하고자 할 때, 내음성이 있는 수종으로 알려진 굴거리나무 유묘의 적절한 피음 및 시비 수준을 구명하고자 실시되었다.

본 실험 결과에서 굴거리나무 유묘는 피음 및 시비 수준에 따라 간장과 근원경생장, 건물생산량 및 H/D율과 T/R율 등 생장반응이 다르게 나타났다. 이러한 결과를 종합적으로 분석 정리하면, 35%와 55% 피음 수준, 시비는 $2000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 와 $3000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이 적절한 것으로 판단되며, 경제성을 고려한다면 35%와 55% 피음수준에서 시비는 $2000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이 보다 적절한 것으로 보인다.

앞으로 시설양묘를 통해 굴거리나무 묘목을 용기묘로 대량생산 하고자 할 때, 본 실험의 결과는 효과적으로 적용이 가능할 것으로 판단되며, 이러한 결과는 시설양묘가 굴거리나무 노지양묘 재배 시 입고 있는 기상재해 피해를 극복할 수 있는 양묘방법의 하나로 기대하게 하는 바이다.

사사

본 연구는 산림청 ‘임업기술개발사업(과제번호 : S120909L080110)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

- Cho, M. S., Kwon, K. W., Kim, G. N., and Woo, S. Y., 2008, Chlorophyll contents and growth performances of the five deciduous hardwood species growing under different shade treatments, *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 10(4), 149-157 (in Korean).
- Choi, J. H., Kwon, K. W., and Chung, J. C., 2002, Effect of artificial shade treatment on the growth and biomass production of several deciduous tree species, *Journal of Korea Forestry Energy*, 21(1), 65-75 (in Korean).
- Choi, S. M., Shin, H. C., Lee, K. S., Bae, E. G., Choi, K. O., and Huh, K. Y., 2012, Effects of shading rates on growth characteristics and photosynthesis in four broad-leaved evergreen trees, *Journal of Korean Society for People, Plants and Environment*, 15(2), 99-106 (in Korean).
- Haase, D., 2007a, Morphological and physiological evaluation of seedling quality, *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-50*, 3-8.
- Haase, D., 2007b, Understanding forest seedling quality : measurements and interpretation, *Tree Planter's Notes*, 52(1), 24-30.
- Hong, S. G., Kim, J. J., and Im, H. T., 2000, Studies on the shade tolerance of the woody and herbaceous plants for urban forest aromatic bath, *Journal of Korean Forest Society*, 89(5), 585-590 (in Korean).
- K. F. S., 2009, Climate Change and Forest, Korea Forest Service (in Korean).
- Kim, J. J., 2010, Production plan of warm-temperate tree species by container seedling, *Journal of the Forest Nurseryman Association of Korea*, 38, 27-38 (in Korean).
- Kim, J. J., Kwon, K. W., Kim, P. G., Yoon, T. S., Lee, K. J., Chung, Y. S., and Song, K. S., 2010a, Characteristics of meteorological disasters in Korean nursery industry, *Journal of Climate Research*,

- 5(1), 42-53 (in Korean).
- Kim, J. J., Chung, Y. S., Shin H. C., Lee, K. S., Park, M. S., Jeon, K. S., Yoon, T. S., Kim, T. S., and Chang, K. E., 2012, *Development of Production System and Industrialization Strategy of Warm-temperate Landscape Tree*, Korea Forest Service (in Korean).
- Kim, P. G., Kwon, K. W., Yoon, T. S., Lee, K. J., Chung, Y. S., Song, K. S., Cha, Y. G., and Kim, J. J., 2010b, Damages of seedlings by meteorological disasters in nursery, *Journal of Climate Research*, 5(2), 148-161 (in Korean).
- Kwon, Y. A., Kwon, W. T., and Boo, K. O., 2008, Future projections on the spatial distribution of onset date and duration of natural seasons using SRES A1B Data in South Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(1), 36-51 (in Korean).
- Lee, C. B., 1999, *Dendrology*, Hyangmunsa (in Korean).
- Lee, S. W., Cho, M. S., and Chug, S. G., 2010, Growth performances and physiological characteristics of *Eucalytus pellita* and *Acacia mangium* containerized seedlings growing under different irrigation treatment regimes, *Proceeding of 2010 Meeting of Korean Forest Society*, 2010, 251-254 (in Korean).
- Park, B. B., Byun, J. K., Kim, W. S., and Sung, J. H., 2010, Growth and tissue nutrient responses of *Fraxinus rhynchophylla*, *Fraxinus mandshurica*, *Pinus koraiensis*, and *Abies holophylla* seedlings fertilized with nitrogen, phosphorus, and potassium at a nursery culture, *Journal of Korean Forest Society*, 99(1), 85-95 (in Korean).
- Park, J. C., Yang, K. C., and Jang, D. H., 2010, The movement of evergreen broad-leaved forest zone in the warm temperate region due to climate change in South Korea, *Journal of Climate Research*, 5(1), 29-41 (in Korean).
- Park, L. B., Cho, J. H., Chin, S. G., Park, G. H., and Choi, B. J., 1992, Basic studies on the seed propagation and pot plant cultivation of wild of *Daphniphyllum macropodum* MIQ, *Proceeding of Korean Society for Horticultural Science*, 10(2), 188-189 (in Korean).
- Park, S. G., 2002, *A Studies for Restoration of Evergreen Broad-leaved Forests in Warm Temperate Region*, Korea, M. Sc. Thesis. Honam University (in Korean).
- Ritchie, G. A., 1984, *Assessing seedling quality*, In: *Forest Nursery Manual 1: Production of Bareroot Seedlings*, [Duryea, M. L. and Landis, T. D. (eds.)], Martinus Nijhoff Publishers, Hague, 243-259 (in Korean).
- Shin, H. C., Park, N. C., Hwang, J. H., Choi, M. S., Cho, J. H., and Kim, C. S., 2006, *Warm-temperate Tree*, Korea Forest Research Institute (in Korean).
- Shin, H. C., Choi, S. M., Lee, K. S., Kim, D. H., Bae, E. G., Chung, S. W., 2011, Impact on morphological and physiological changes of 4 species of evergreen broad-leaved when growing different light shading conditions, *Proceeding of 2011 Meeting of the Korean Forest Society*, 2011 *Forest Science symposium*, 84-88 (in Korean).
- Sung, H. I., 2011, Effects of shading and fertilizing treatment on qualities of 1-year-old container seedlings of *Quercus myrsinaefolia*, Ph. D. Thesis. Konkuk University (in Korean).
- Sung, H. I., Song, K. S., Cha, Y. G., and Kim, J. J., 2011, Characteristics of growth and seedling quality of 1-year-old container seedlings of *Quercus myrsinaefolia* by shading and fertilizing treatment, *Journal of Korean Forest Society*, 100(4), 598-608 (in Korean).
- Strothmann, R. O., 1967, The influence of light and moisture on the growth of red pine seedlings in Minnesota, *For. Sci.*, 13, 182-191.
- Switzer, G. L. and Nelson, L. E., 1963, Effects of nurs-

ery fertility and density on seedling characteristics yield, and field performance of loblolly pine (*Pinus taeda* L.), *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 27, 461-464.

Thompson, B. E., 1985, *Seedling morphological evalua-*

tion - what you can tell by looking, In : *Proceedings, Evaluation seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*, [Durvea, M. L. (ed.)], Forest Research Lab., Oregon State Univ., Corvallis, 59-71.