

## 낙엽송의 용기묘 생산을 위한 적정 용기 탐색

김종진<sup>1\*</sup> · 이경재<sup>2</sup> · 송기선<sup>3</sup> · 차영근<sup>3</sup> · 정영숙<sup>4</sup> · 이종화<sup>5</sup> · 윤택승<sup>6</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 환경과학과, <sup>2</sup>국립산림과학원 산림생산기술연구소, <sup>3</sup>건국대학교 대학원 환경과학과,

<sup>4</sup>건국대학교 생명환경연구소, <sup>5</sup>산림청 용문양묘사업소, <sup>6</sup>수프로식물환경연구소

## Exploration of Optimum Container for Production of *Larix leptolepsis* Container Seedlings

Jong Jin Kim<sup>1\*</sup>, Kyung Jae Lee<sup>2</sup>, Ki Sun Song<sup>3</sup>, Young Geun Cha<sup>3</sup>,  
Young Suk Chung<sup>4</sup>, Jong Hwa Lee<sup>5</sup> and Taek Seong Yoon<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

<sup>2</sup>Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Korea

<sup>3</sup>Department of Environmental Science, Graduate School of Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

<sup>4</sup>Research Institute of Life & Environment, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

<sup>5</sup>Yongmun Nursery Office, Korea Forest Service, Yangpyeong 476-841, Korea

<sup>6</sup>Suppro Plant Environment Research Center, AT Center, Seoul 137-787, Korea

**요 약:** 본 연구는 우리나라의 주요 조림수종인 낙엽송의 용기묘 생산에 필요한 적정 용기개발에 관한 자료를 구축하고자 실시되었다. 1년생 용기묘의 수고 생장은 250 mL 용기에서 19.3 cm로, 2년생은 500 mL 용기에서 56.9 cm로 가장 컸으며, 근원경 생장은 1, 2년생 모두 500 mL 용기에서 가장 큰 것으로 조사되었다. 2년생 용기묘의 건물 생산량은 묘목 전체 및 각 기관별 모두 용기 용적이 클수록, 묘목 밀도는 낮을수록 큰 것으로 조사되었다. WinRhizo 프로그램을 이용한 뿌리형태 특성 분석에서 용적이 큰 용기가 작은 용기보다 전체뿌리길이, 투영단면적, 표면적, 평균뿌리직경, 그리고 뿌리부피가 더 크고 넓은 것으로 분석되었다. 이러한 뿌리형태 특성분석 요소 중 뿌리부피가 용적차이에 따라 가장 큰 영향을 받았는데 500 mL에 비하여 320 mL는 79.5%, 250 mL는 46.8% 수준이었다.

**Abstract:** This study was carried out to establish the informations on the optimum container for production of *Larix leptolepsis* container seedlings. Height growth of 1-year-old container seedling was highest in 250 mL of container (19.3 cm), and of 2-year-old seedling was in 500 mL (56.9 cm). On the other hand, the highest growth of root-collar diameter was observed in the both 1-year-old and 2-year-old seedlings grown in 500 mL. Dry mass production in both a whole seedling and each organs of 2-year-old seedling was significantly high in the container with larger volume and lower seedling density. According to the analysis using by WinRhizo program, the larger container in volume showed better root morphological traits such as total root length, root projected area, root surface area, root volume and average root diameter. Among the elements for analysis of root morphological traits, the root volume was the highest one affected by container volume. And it was observed that the root volume was 79.5% and 46.8% in 320 mL and 250 mL, respectively, compared to 500 mL.

**Key words :** *Larix leptolepsis*, container seedlings, container volume, seedling density, WinRhizo program, root morphological trait

## 서 론

우리나라에서 조림용 용기묘가 본격적으로 생산·식재된 역사가 짧음에도 불구하고 현재 조림 현장에서는 다양한 조림 수종의 묘목을 용기묘로 식재하기를 요구하고 있

다. 이와 같은 현실은 시설양묘를 통하여 생산되는 용기묘의 생산과정 뿐만 아니라 식재 후의 높은 활착률 등 전반적인 효율성의 확인에서 비롯되고 있다. 동해안 산불피해지 복원조림을 위한 소나무 용기묘의 생산식재에서 시작된 성공적인 결과(정차식 등, 2006; 홍한표 등, 2000)가 상수리나무 용기묘 생산과 조림(김종진 등, 2006)으로 이어졌으며, 나아가 용기묘 생산에 대한 기술력이 축적되면

\*Corresponding author  
E-mail: jkimm@konkuk.ac.kr

서 다양한 수종의 도입을 강하게 요구하게 된 것이다.

현재 용기묘에 의한 우리나라 전체 조림 비율은 현재 약 9% 수준으로 80~90% 수준인 대부분의 임업선진국에 비하여는 매우 미약한 실정이다(윤택승 등, 2009). 하지만 현재의 낮은 수준인 용기묘 생산 비율을 높이기 위해서는 용기묘로 생산과 식재가 가능한 대상 수종의 확대선정도 중요하지만 우선적으로 대상 수종의 용기묘 생산에 필요한 생육기술과 적정 용기의 개발이 선행되어야 한다.

낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)은 그동안 1970~80년대를 통하여 우리나라 장기수 용재림 조성을 위해 가장 많이 식재된 수종이다(김진수, 2003). 이 수종은 현재에도 지속적으로 식재되고 있으며 앞으로 국가 조림정책면에서도 그 식재비율을 증대시키고자 하고 있다(산림청, 2008). 하지만 낙엽송은 종자결실주기가 길어 우량종자 확보가 생명인 묘목생산 분야에 있어서 종자부족과 장기저장 종자 사용에 따른 낮은 발아율 등의 문제점도 도출되고 있다. 낙엽송의 이런 문제점을 극복하기 위한 연구가 일찍부터 국내에서도 많이 수행되었는데, 종자결실과 유전력(김규식 등 1989; 신동일과 Karnosky, 1995), 무성번식을 통한 묘목생산 가능성(김용욱 등, 2002; 구영분과 현정오, 1996), 그리고 적정 조림시기 구명을 통한 활착률 증진(마상규, 1982) 등이다.

현재 낙엽송 묘목은 2년 동안의 노지양묘를 통하여 생산된 묘목(1-1묘)을 식재하고 있는데 노지양묘에 필요한 노동력의 부족과 묘포장에서의 병충해 및 기상재해 발생으로 생산에 큰 차질을 빚고 있다. 특히, 2008년에는 여름철 고온 및 많은 강수량에 의해 대규모 입고병 발생피해가 보고되고 있어 용기묘 생산으로의 전환이 시급히 필요한 시점이다(김종진 등, 2009; 김관기 등, 2010).

따라서 본 연구에서는 노지양묘로 생산되고 있는 낙엽송의 묘목생산을 용기묘 생산으로 전환하고자 할 때, 용기묘 생산에 필수적인 적정 용기의 개발에 필요한 기초적인 자료를 구축하고자 하였다. 특히, 용기의 용적, 형태 및 생육밀도 구명 등에 대하여 중점적으로 연구를 추진하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시수종 및 실험시설

본 실험의 공시수종은 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)이며, 2007년도에 국립산림과학원 산림유전자원부로부터 분양받은 종자로 실험을 실시하였다. 파종이 실시된 2008년 3월까지 건국대학교 생명환경과학대학 5°C 저온저장고(신영시스템, 한국)에서 보관하였다. 본 실험은 건국대학교 생명환경과학대학 여주실습농장(경기도 여주군 가남면 오산리 83번지)에 설치되어 있는 임업시설양묘 연구동 중 관수 및 시비시설이 자동화되어 있는 비닐온실에서 수행되었다.

### 2. 용기 및 상토

공시용기는 현재 국내 및 국외에서 생산된 다양한 규격의 임업시설양묘용 플라스틱 용기 9 종류이며 용적 순으로 정리한 용기의 특징은 Table 1과 같다. 이 용기들의 상표명은 있으나 편의상 각 용기의 용적을 기본으로 이름을 붙였다. 용기 종류별로 5 m<sup>2</sup> 면적에 3반복으로 배치하였으며, 상토는 이미 국내에서 용기묘 생산에 적합한 상토 비율로 밝혀진(홍한표 등, 2000), 피트모스, 펄라이트 및 질석을 각각 1:1:1(v:v:v)로 혼합한 상토를 주문생산을 통하여 구입·사용하였다.

### 3. 묘목양성 및 생육환경 관리

저온저장고에서 저장 중인 종자를 용기에 파종하기 전 2008년 3월 5일에 25°C incubator에서 발아율을 조사한 결과 31.2%로 나타났다. 종자파종은 4월 12일에 실시하였으며 파종 이틀 전에 종자소독과 발아촉진 처리를 겸하여 벤레이트 0.05% 수용액으로 48시간동안 수침처리를 실시하였다. 파종 종자 수는 발아율을 고려하여 각 용기의 구마다 5개씩으로 하였으며 복토는 질석으로 종자 두께의 1.5배 정도로 실시하였다. 종자 발아 초기에 용기 구마다 유묘가 1본씩 생육하도록 육안으로 건전하고 균일한 묘목

Table 1. Container types used for this experiment.

Container type	Container size (L×W×H, cm)	Cavity volume (mL)	Cavity size (cm)	Cavity no./ Container	Seedling density (no./m <sup>2</sup> )
Container 500	41.0×25.0×16.0	500	Ø7.5	15	146
Container 320	41.0×27.5×13.0	320	Ø6.4	24	213
Container 310	35.0×21.6×10.0	310	Ø6.7	15	198
Container 250	42.5×26.8×16.0	250	4.7×4.7	40	351
Container 200	36.0×22.0×12.0	200	Ø5.0	25	316
Container 98	61.0×36.0×12.0	98	Ø3.8	96	441
Container 95	49.6×24.9×12.4	95	3.4×3.4	72	583
Container 90	36.0×22.0×10.0	90	Ø4.0	45	569
Container 63	43.2×26.7×10.0	63	3.0×3.0	104	901

1본만을 남기고 유묘 간인을 실시하였다.

과중한 용기의 생육관리, 관수와 시비처리 및 월동 관리는 김종진 등(2008)이 실시한 체계를 따랐다.

4. 생육결과 조사

용기에 생육시킨 유묘를 1, 2차년도에 걸쳐 생육상황을 조사하였다. 현재 낙엽송은 2년생 노지묘로 식재되고 있고 생산과정에서 한번 이식시켜 2년생묘로 키우고 있다. 본 연구에서는 이식없이 용기 내에서 2년생묘를 생산하는 것으로 목표로 하고 있지만, 경우에 따라서는 용적이 작은 용기에서 1년 동안 생육시킨 후 노지로 이식시켜 키울 수도 있고, 1년생 용기묘 자체를 생산목표로 할 수 있기 때문에 1년 생육 후의 용기묘도 생육상황을 조사하였다.

생육조사는 수고, 근원경 및 건물생산량을 각각 생육년도의 후반기인 2008년 10월 20일과 2009년 10월 24일에 측정하였는데, 건물생산량 측정은 건조기(65°C)에서 72시간 건조시킨 후 실시하였다. 2년생 묘목의 경우는 발생한 측지수 및 가장 긴 측지의 길이도 조사하였는데 0.5 cm 길이 이상을 대상으로 하였다.

한편, 용기 내에서 발달한 뿌리형태 특성분석은 WinRhizo 프로그램(2008a 버전, Regent Instrument Inc., Canada)을 이용하여 수행하였다. 이 프로그램은 전체 뿌리의 형상과 함께 전체뿌리길이(total root length), 투영단면적(root projected area), 표면적(root surface area), 뿌리부피(root

volume), 평균뿌리직경(average root diameter) 등을 측정·분석할 수 있다. 또한 뿌리가 겹쳐진 상태도 자체 수정하여 분석할 뿐만 아니라 뿌리 직경급별로도 전체길이, 투영단면적, 표면적, 뿌리부피 등을 분석할 수 있다(Arsenault 등, 1995; Bouma 등, 2000; Wang과 Zhang, 2009). 본 실험에서 이 직경급 분석은 0.5 mm 이하의 뿌리직경급부터 4.0 mm 이상까지를 0.5 mm 간격의 9단계로 나누어 수행하였다. 분석과정을 보면, 우선 뿌리의 정확한 분석을 위해 뿌리에 붙은 불순물을 물로 조심스럽게 씻어낸 후 20×25 cm의 투명한 트레이 안에 물을 얇게 채운다. 그 트레이 안에 뿌리를 넣고 뿌리가 최대한 겹치지 않게 조심스럽게 퍼트린 후 스캐너(Epson Perfection V700, Seiko Epson Corp. Japan) 위에 올려놓고 스캔한 다음 그 이미지를 WinRhizo 프로그램으로 분석하였다. 본 실험에서는 뿌리의 양이 많아 3등분으로 나눈 후 반복 측정하였다.

본 실험 각 처리구의 평균값은 Duncan 다중검정법으로 유의성 분석을 실시하였다.

결 과

1. 용기묘 생장

용적이 다른 용기에서 생육한 1년생 낙엽송 용기묘의 수고 및 근원경 생장 결과는 Table 2와 같다. 수고 생장이 가장 좋은 용기는 Container 250(250 mL 용적)으로 19.3

Table 2. Effects of container type on height and root collar diameter growth, and dry mass production of 1-year-old *Larix leptolepis* container seedlings.

Container type	Height (cm)	Root collar diameter(mm)	Dry mass(g)				T/R
			Leaves	Shoot	Root	Seedling	
Container 500	17.9±1.0 <sup>abc</sup>	3.24±0.18a	0.663±0.049a	0.213±0.023a	0.354±0.032a	1.230±0.103a	2.49±0.10ns <sup>2</sup>
Container 320	18.5±0.4ab	3.18±0.08ab	0.684±0.048a	0.199±0.004ab	0.334±0.018a	1.217±0.062a	2.66±0.14ns
Container 310	16.8±0.7bcd	2.69±0.13cd	0.449±0.029bc	0.154±0.009cd	0.225±0.013bc	0.828±0.045bc	2.69±0.08ns
Container 250	19.3±0.9a	2.87±0.08bc	0.521±0.052b	0.178±0.009bc	0.288±0.041ab	0.986±0.090b	2.51±0.20ns
Container 200	16.6±1.1cd	2.62±0.15cd	0.391±0.077bcd	0.130±0.017de	0.220±0.038bc	0.740±0.129cd	2.39±0.24ns
Container 98	13.8±0.4ef	2.26±0.09ef	0.301±0.017de	0.117±0.006ef	0.159±0.011cde	0.577±0.033def	2.64±0.08ns
Container 95	15.0±0.2de	2.49±0.12de	0.323±0.053cde	0.120±0.004ef	0.193±0.014cd	0.636±0.065cde	2.28±0.22ns
Container 90	12.8±0.4fg	1.94±0.04fg	0.219±0.016e	0.101±0.006ef	0.133±0.010de	0.453±0.025ef	2.42±0.11ns
Container 63	11.6±0.3g	1.71±0.06g	0.189±0.003e	0.090±0.004f	0.114±0.004e	0.393±0.003f	2.45±0.09ns

<sup>2</sup>Mean±SE and measured on Oct. 20, 2008. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05).

<sup>3</sup>Not significant.

Table 3. Effects of container type on growth characteristics of 2-year-old *Larix leptolepis* container seedlings.

Container type	Height (cm)	Root collar diameter(mm)	No. of lateral branch	Longest lateral branch(cm)
Container 500	55.9±1.5 <sup>2</sup> a	5.92±0.12a	16.7±1.3a	13.4±0.7a
Container 320	47.0±2.4b	5.59±0.20a	12.7±1.0b	11.4±0.6b
Container 250	39.0±1.6c	4.80±0.30b	10.9±0.9b	10.8±0.4b

<sup>2</sup>Mean±SE and measured on Oct. 24, 2009. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05).

cm의 생장을 보였으며, 그 다음으로는 320, 500, 310, 200 mL 순으로 좋은 생장을 보였다. 이 용적보다 적은 용적에서는 이들에 비하여 낮은 생장치를 보였는데, 본 실험에서 가장 적은 용적인 63 mL에서는 11.6 cm를 기록하였다.

근원경 생장은 수고 생장과는 달리 용적이 가장 큰 500 mL에서 3.24 mm로 가장 높은 생장을 보였으며, 320, 250, 310, 200 mL 순으로 조사되었다. 수고 생장과 마찬가지로 근원경 생장에서도 200 mL 이하의 용기에서는 200 mL 이상의 용기에 비하여 유의적으로 낮은 생장치를 보였다.

한편, 2년생 낙엽송 용기묘의 생장 측정은 과중 후 1년 동안의 생장 결과 상대적으로 낮은 생장을 보여 2년생 용기묘를 생산하기에는 용적 면에서 부적합한 것으로 판단되는 용기를 제외하고 Container 500, Container 320 및 Container 250의 3종류만을 대상으로 실시되었다(Table 3). 수고 및 근원경 생장은 용적이 큰 순서로 좋았는데, 500 mL에서 수고 55.9 cm, 근원경은 5.92 mm로 조사되었다. 한편 2차년도 생육 중 발생한 측지수는 용적은 클수록, 묘목 밀도는 낮은 용기일수록 많았는데 500 mL 경우 16.7개, 320 mL에서는 12.7개, 250 mL에서는 10.9개로 관측되었다. 각 용기묘에서 발생된 측지 중 가장 길이가 긴 측지역시 용적이 큰 순서로 그 길이도 긴 것으로 조사되었다.

**2. 건물생산량과 T/R율**

1년생 낙엽송 용기묘의 건물생산량은 용기 전체적으로 볼 때 용적이 클수록 큰 경향인 것으로 조사되었다(Table 2). 200 mL 이상의 용기들 중에서는 310 mL에서만 250 mL보다 낮은 것으로 나타났다. 묘목의 기관별 조사에서

일의 경우는 320 mL에서 가장 높은 생산량을 보였으나 줄기와 뿌리의 경우는 500 mL에서 더 높았으며, 이 두 용기 간의 기관별 생산량 사이에 유의성은 없는 것으로 조사되었다. 200 mL 이하 용기에서, 용기묘 전체 및 기관별 건물생산량은 200 mL 이상에서의 생산량보다 현저하게 낮은 것으로 조사되었는데, 용적이 가장 작은 63 mL에서 가장 낮은 생산량이 기록되었다.

1년생 용기묘의 T/R율은 310 mL에서 2.69, 95 mL에서 2.28로 조사되었으나 용기 상호간 유의성은 없는 것으로 조사되었다.

한편 2년생 용기묘의 전체 건물생산량 비교에서 공시 용기 3 종류 간의 유의성이 확인되었는데 용적이 클수록 생산량도 큰 것으로 조사되었다(Table 4). 500 mL와 320 mL 용기 간 지상부 생산량에서는 유의성이 없었으나 뿌리에서는 유의성이 있는 것으로 조사되었다.

낙엽송 용기묘 2년생의 T/R율은 500 mL에서 2.13으로 가장 낮았으며, 250 mL에서는 2.45로 세 용기 중 가장 큰 값을 보였다.

**3. 뿌리형태 특성**

용기묘의 뿌리형태 특성분석은 500, 320, 250 mL의 세 용기에서 자란 용기묘 2년생을 대상으로 실시하였는데 용기 용적의 영향이 큰 것으로 조사되었다. 전체뿌리길이의 경우 용적이 클수록 전체뿌리길이도 긴 것으로 조사되었다(Table 5). 500 mL에서는 3997.38 cm로 가장 길었으며 250 mL에서 2862.44 cm로 가장 짧아 500 mL의 71.6% 수준이었다. 투영단면적, 표면적 및 뿌리부피의 경우도 전체뿌리길이의 특성과 유사한 경향으로 용적이 클수록 넓

**Table 4. Effects of container type on dry mass production of 2-year-old *Larix leptolepsis* container seedlings.**

Container type	Dry mass(g)				T/R
	Leaves	Shoot	Root	Seedling	
Container 500	2.969±0.093 <sup>2</sup> a	3.293±0.139a	2.946±0.101a	9.208±0.243a	2.13±0.09b
Container 320	2.788±0.048a	3.099±0.150a	2.664±0.086b	8.552±0.244b	2.22±0.08b
Container 250	2.458±0.130b	2.716±0.150b	2.101±0.130c	7.169±0.378c	2.45±0.13a

<sup>2</sup>Mean±SE and measured on Oct. 24, 2009. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05).

**Table 5. Effects of container type on root morphological traits of 2-year-old *Larix leptolepsis* container seedlings.**

Container type	Total root length (cm)	Root project area (cm <sup>2</sup> )	Root surface area(cm <sup>2</sup> )	Root diameter (mm)	Root volume (cm <sup>3</sup> )
Container 500	3997.38±130.56 <sup>2</sup>	143.56±9.70	450.99±30.48	0.42±0.02	9.54±0.87
Container 320	3569.12±184.20 (89.3%) <sup>3</sup>	133.23±10.85 (92.8%)	418.55±16.14 (92.8%)	0.43±0.02 (102.4%)	7.58±0.75 (79.5%)
Container 250	2862.44±94.19 (71.6%)	104.88±5.37 (73.1%)	329.50±16.87 (73.1%)	0.42±0.01 (100.0%)	4.46±0.32 (46.8%)

<sup>2</sup>Mean±SE(n=5) and measured on Oct. 24, 2009.

<sup>3</sup>The value is the proportion to the value of Container 500.

**Table 6. Effects of container type on root morphological traits for different root diameter classes of 2-year-old *Larix leptolepis* container seedlings.**

Container type	Root diameter classes(mm)								
	<0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	>4.0
	Percentage of total root length								
Container 500	80.52 <sup>2</sup>	15.71	2.96	0.48	0.13	0.08	0.07	0.02	0.03
Container 320	81.12	15.58	2.13	0.55	0.26	0.14	0.07	0.03	0.12
Container 250	80.65	16.64	1.99	0.47	0.15	0.07	0.02	0.01	0.02
	Percentage of root project area								
Container 500	57.81	27.71	9.52	2.25	0.79	0.63	0.64	0.20	0.44
Container 320	57.64	26.46	7.83	2.52	1.49	1.02	0.60	0.31	2.11
Container 250	63.08	28.49	4.33	2.16	0.88	0.49	0.16	0.11	0.30
	Percentage of root surface area								
Container 500	57.79	27.70	9.54	2.25	0.79	0.63	0.65	0.20	0.44
Container 320	57.64	26.46	7.83	2.52	1.49	1.02	0.60	0.31	2.11
Container 250	61.19	28.41	6.31	2.16	0.88	0.48	0.16	0.11	0.30
	Percentage of root volume								
Container 500	28.98	29.74	18.92	6.43	3.34	2.92	3.56	1.99	4.11
Container 320	24.12	24.04	20.37	12.76	5.96	4.58	3.85	2.70	1.62
Container 250	34.96	34.00	13.75	6.80	3.60	2.43	0.95	0.74	2.77

<sup>2</sup>Means of five samples.

고 큰 것으로 조사되었으나, 평균뿌리직경의 경우에는 용기 간 차이가 나타나지 않았다. 이러한 뿌리형태 특성분석 요소 중 뿌리부피가 용적차이에 따라 가장 큰 영향을 받았는데 500 mL에 비하여 320 mL는 79.5%, 250 mL는 46.8%로 거의 절반 수준이었다.

한편 뿌리형태 특성분석 요소를 뿌리 직경급에 따라 조사한 결과 뿌리부피 요소를 제외한 각 요소 모두 0.5 mm 직경급 이하의 비율이 가장 높은 것으로 조사되었다(Table 6). 전체뿌리길이를 보면 세 용적 모두 0.5 mm 이하의 뿌리가 80.52~81.12% 범위로 용적에 관계없이 유사한 것으로 조사되어 대부분의 뿌리가 아주 가는 뿌리임을 알 수 있다. 다음으로는 0.5~1.0 mm 범위의 뿌리비율이 높았는데 15.58~16.64%였다. 뿌리투영단면적과 표면적은 유사한 값으로 조사되었는데 0.5 mm 이하의 뿌리비율이 가장 높았지만 전체뿌리길이에 비해서는 낮았고 상대적으로 0.5~1.0 mm 범위의 뿌리비율이 높아 26.46~28.49% 수준으로 기록되었다. 뿌리부피에서는 0.5 mm 이하 직경급과 0.5~1.0 mm 직경급이 유사한 비율로 조사되었으며, 다른 요소와는 달리 4.0 mm 이상의 직경급의 비율도 1.62~4.11%로 상대적으로 높게 나타났다.

## 고 찰

수종별로 요구되는 규격에 적합한 우량한 용기묘를 생산하기 위해서는 적절한 생육환경제어와 함께 적정 용기 및 생육상태의 선택도 매우 중요한 요소이다(Edwards와 Huber, 1982; Landis 등, 1990). 적정 형태 및 크기(깊이,

용적, 밀도 등)의 용기 선택은 매우 신중하게 해야 하는데, 이는 생산과정에서 원활하게 생육시키기 위해서도 중요하지만 조림지에 식재된 후 활착과 초기 생장에도 큰 영향을 주기 때문이다(Dominguez-Lerena 등, 2006; South 등, 2005). 따라서 우리나라에서 우량한 낙엽송 용기묘를 생산하기 위해서도 적정 용기의 선정은 생산에 앞서 중요한 선결 요소로 판단되는데, 본 실험의 결과에서도 용기 종류에 따라 생육결과가 매우 다르게 조사된 점을 고려하면 적정 용기의 선정은 더욱 중요시 되는 점이다.

일반적으로 용기의 적정 크기는 용기의 특성, 생산수종, 상토종류, 생육시설 위치 및 생육기간에 따라 결정되고 있다(Barnett, 1974; Landis 등, 1990). 그리고 크기에는 깊이(높이), 용적, 묘목 밀도 등이 중요한 요소로 포함된다. 본 실험은 낙엽송 1년생 또는 2년생 용기묘를 생산하는 목적으로 실시되었는데, 사용된 용기는 9 종류로, 깊이는 10 cm부터 16 cm, 용적은 63 mL에서 500 mL까지, 그리고 묘목 밀도는 146본/m<sup>2</sup>에서 901본/m<sup>2</sup>까지로 다양하였다(Table 1). 이 중 낙엽송 1년생 묘목을 생산하는데 있어서는 생육 실험의 결과를 고려하면 최소한 용적은 90~100 mL 정도가 바람직할 것으로 판단된다. 현재 우리나라에서 소나무 1년생 용기묘 생산에는 주로 63 mL의 용기가 사용되고 있지만 1~2년생 묘목의 경우 낙엽송의 생장이 소나무에 비해 더 크고 빠르기 때문에 이 용적보다는 커야할 것으로 사료된다. 용기 깊이의 경우에는 낙엽송은 1년생으로 조림하지 않기 때문에 큰 고려사항은 아니나 용기 내 뿌리가 완전히 찰 정도의 생육이 필요한 점을 고려하면 10~12 cm 정도가 적당할 것으로 판단된다. 묘목 밀

도는 본 실험에 사용된 용기의 묘목 밀도에서 생산한 결과를 참조하면 1 m<sup>2</sup>당 400~600본 정도가 타당할 것으로 사료된다.

한편 서양낙엽송(*L. occidentalis*)의 경우는 보통 1년생으로 식재되는데 잡초와의 경쟁, 식재지 건조와 토양 양분 상태 등 조림 예정지 상황에 따라 묘목의 생산 규격이 달라지고, 이에 따라 사용되는 용기의 크기도 달라진다(BC Ministry of Forests, 1998). 현재 캐나다에서 서양낙엽송 용기묘 생산에는 다양한 종류의 용기가 사용되고 있는데 깊이 10.5~15.2 cm, 용적 65~336 mL, 그리고 밀도 215~764본/m<sup>2</sup> 용기들이다. 그 중에서 가장 널리 사용되고 있는 용기의 크기는 깊이 10.5 cm, 용적 80 mL, 밀도는 527본/m<sup>2</sup>로 전체의 약 43%이며, 다음으로 깊이 14.9 cm, 용적 93 mL, 밀도 527본/m<sup>2</sup>을 가진 용기로 전체 사용 비율이 25%이다.

크기와 관련된 각 요소들은 용기묘 성장에 서로 밀접한 상관관계를 갖고 있어 용기선정에는 이들 요소 상호간의 정확한 기본 정보가 중요할 것으로 판단된다. 이러한 요소들의 상관관계는 본 실험에서도 관찰되었는데 큰 용적(310 mL)과 낮은 밀도(198본/m<sup>2</sup>)를 가진 Container 310이 상대적으로 작은 용적과 높은 밀도를 가진 Container 250에 비하여 모든 성장 측정요소(Table 2)에서 보인 낮은 결과는 용기 깊이가 10 cm로 Container 250의 16 cm보다 낮았던 것이 주요 원인으로 사료된다. 하지만 이러한 각 요소들의 상관관계를 정확하게 증명하는 것은 쉽지 않을 것으로 판단되며, 우량한 용기묘 생산에 있어서 용적보다는 묘목 밀도가 더 영향이 크다는 분석도 보고되고 있다(Barnett와 Brissette, 1986). Landis 등(1990)의 용적과 밀도에 관한 보고를 보면, 용기의 용적이 보다 크면 보다 많은 뿌리를 생산하기 때문에 묘목의 생육공간을 보다 길게 설계할 수 있으며, 묘목 밀도가 큰 생육공간에서는 보다 많은 가지가 발생하고 보다 큰 근원경을 가진다고 하였다. 그리고 묘목의 생육공간이 좁은 고밀도에서는 작고 열악한 가지를 가진 용기묘를 생산한다고 하였다.

한편 2년생 용기묘 생산 대상 세 종류의 시험용기 중, 용적이 가장 크며 묘목 밀도가 가장 낮은 Container 500이 모든 성장측정에서 뛰어난 것으로 조사된 것은 앞서 분석한 내용들을 통해 볼 때 정당한 결과로 판단된다. 또한 생육 2차년도에서 상대적으로 가장 낮은 성장을 보인 Container 250의 경우 비록 1차년도 수고 성장은 가장 높았으나 용적과 묘목 밀도 측면에서 묘목 생장이 급격히 증가하는 2차년도의 성장속도를 뒷받침하기에는 크기가 부족했던 것으로 사료된다. 그리고 WinRhizo 프로그램에 의해 조사된 용기 내 뿌리형태 특성분석에서 가장 큰 용기인 500 mL에서 뿌리발달이 매우 뛰어난 결과(Table 5, 6)는 용적, 밀도를 포함한 용기 크기의 중요성을 말하고

있다. 상대적으로 작은 용기는 큰 용기에 비해 분석된 모든 요소에서 낮은 비율을 보인 점, 특히, 뿌리부피에서 현저히 낮은 값을 보인 점은 용기 크기가 적정 용기 선정에 매우 중요한 선정 및 배제요소임을 알 수 있다. 뿌리의 발달 상태는 식재지에서 활착 및 초기 성장에서 중요한 역할을 하고 있음을 고려하면 우리나라 낙엽송 용기묘 생산에서 적정 용기의 선정 결과는 생산 측면뿐만 아니라 생산 후 식재지에서 오히려 그 중요성이 더할 것으로 판단된다.

## 결론

본 연구는 현재 노지묘 1-1묘로 조림되고 있는 낙엽송을 용기묘로 생산하는데 있어서 필요로 하는 여러 가지 중요한 요소 중 적정 용기를 선정하기 위한 기본 자료를 제공하고자 실시하였다. 현재 1회 이식을 통한 2년생 노지묘(1-1묘)를 식재하고 있는 점을 고려하여 특히, 본 실험에서는 낙엽송 1, 2년생 용기묘 생산을 목표로 실험 결과를 나누어 분석하였다. 실험을 통하여 사용된 9 종류의 용기 중에서 낙엽송 용기묘는 용기의 특성에 따라 다양한 성장 결과를 보였으며, 이러한 결과를 토대로 낙엽송 용기묘 생산에 적정한 용기의 크기에 대하여 분석하고자 하였다.

우선 1년생 용기묘 생산에 적정한 용기의 크기에 있어서, 최소한 용적은 90~100 mL, 용기 깊이는 이식을 고려하면 10~12 cm, 그리고 묘목 밀도는 1 m<sup>2</sup>당 400~600본 정도가 타당할 것으로 보인다. 이식없이 한 용기에서 생산하는 2년생 경우는, 용적은 300~500 mL, 용기 깊이는 세근이 많은 낙엽송 뿌리발달 특성과 조림지 식재 깊이를 고려하면 13~16 cm 정도, 묘목 밀도는 1 m<sup>2</sup>당 150~230본 정도의 용기가 적당할 것으로 사료된다.

현재 기후변화의 영향에 따라 예측이 힘든 기상재해가 여러 산업현장에 많은 피해를 입히고 있다. 이러한 기상재해는 양묘산업과 같은 1차 산업에 더 큰 피해를 주고 있다. 이미 우리나라 노지양묘 현장으로부터 이러한 기상재해에 의한 손실이 지속적으로 보고되고 있는 점을 고려하면, 상대적으로 안정적으로 묘목생산이 가능한 시설양묘로의 전환이 시급히 요구된다.

## 감사의 글

이 논문은 2008학년도 건국대학교의 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 인용문헌

1. 구영분, 현정오. 1996. 낙엽송의 삼목발근에 관련된 물

- 질 및 발근과정. 한국임학회지 85(2): 300-308.
2. 김규식, 권혁민, 심상영, 전계상. 1989. 낙엽송과 간도낙엽송의 성장특성과 광의 유전력. 임업육종연구보고 25: 48-52.
  3. 김용욱, 김준철, 윤양, 문홍규, 이재순. 2002. 낙엽송(*Larix leptolepis*) 체세포배 유래 식물체와 종자 실생묘 및 성숙목간의 형태·생리적 특징. 한국임학회지 91(1): 52-58.
  4. 김종진, 송국현, 윤택승. 2008. 소나무 용기묘의 월동 관리. 한국임학회지 97(1): 53-60.
  5. 김종진, 오광인, 권기원, 이재선, 손요환, 김관기, 윤택승, 송기선. 2009. 급속히 진행되고 있는 기후 온난화에 대비한 양묘사업 재해방지대책 연구. 한국양묘협회 pp. 134.
  6. 김종진, 윤택승, 조혜경, 송국현. 2006. 소나무·상수리 나무 용기묘와 노지묘의 생육 비교분석 및 효율적 조립 방안 연구. 산림청 pp. 221.
  7. 김진수. 2003. 낙엽송 소고(I). 산림. 2003년 2월호, 60-61.
  8. 김관기, 권기원, 윤택승, 이경재, 정영숙, 송기선, 차영근, 김종진. 2010. 기상재해에 의한 묘목의 피해. 기후연구 5(2): 148-163.
  9. 마상규. 1982. 침엽수 식재시기별 활착특성과 식재적기에 관한 연구. 한국임학회지 58: 34-40.
  10. 산림청. 2008. 제5차 산림기본계획. 산림청 pp. 196.
  11. 신동일, D.F. Karnosky. 1995. 낙엽송의 종자결실에 영향을 미치는 요인. 한국임학회지 84(2): 207-217.
  12. 윤택승, 김종진, 권기원, 송국현, 정영숙, 송기선, 장광은, 최규성, 이정훈. 2009. 시설양묘정책 및 발전방향 연구. 산림청 pp. 118.
  13. 정차식, 박인동, 유세원. 2006. 강송 용기묘·노지묘 생육상황 비교에 관한 연구. 동부지방산림청 현장기술 Report 2호: 1-7.
  14. 홍한표, 이명보, 윤종규, 이정주, 윤택승, 김원극, 홍성각, 김종진, 이지현, 이정식, 정순진, 김귀순. 2000. 시설양묘를 이용한 묘목의 대량생산 시업기술 개발. 농림부 pp. 400.
  15. Arsenaault, J.L., Poulcur, S., Messier, C. and Guay, R. 1995. WinRHIZO, a root-measuring system with a unique overlap correction method. HortScience 30(4): 906.
  16. Barnett, J.P. 1974. Tube lengths, site treatments, and seedling ages affect survival and growth of containerized southern pines. Res. Note SO-174. New Orleans, LA. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. pp. 35.
  17. Barnett, J.P. and Brissette, J.C. 1986. Producing Southern Pine Seedlings in Containers. General Tech. Rep. SO-59. New Orleans, LA. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. pp. 71.
  18. BC Ministry of Forests. 1998. Provincial Seedling Stock Type and Ordering Guidelines. Province of British Columbia Ministry of Forests. pp. 71.
  19. Bouma, T.J., Nielsen, K.L. and Koutstaal, B. 2000. Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter. Plant and Soil. 218 : 185-196.
  20. Dominguez-Lerena, S., Sierra, N.H., Manzano, I.C., Bueno, L.O., Rubira, J.L. and Mexal, J.G. 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. Forest Ecology and Management 221: 63-71.
  21. Edwards, I.K. and Huber, R.F. 1982. Contrasting approaches to containerized seedling production. p. 123-127. In: Scarrott, J.B., Glerum, C. and Plexman, C.A. (Eds.). Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium. Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre, Ontario.
  22. Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E. and Barnett, J.P. 1990. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 2. Containers and growing media. Agriculture handbook 674. U.S.D.A. Forest Service, Washington DC. pp. 88.
  23. South, D.B., Harris, S.W., Barnett, J.P., Hains, M.J. and Gjerstad, D.H. 2005. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S.A. Forest Ecology and Management 204: 385-398.
  24. Wang, M.B. and Zhang, Q. 2009. Issues in using the WinRHIZO system to determine physical characteristics of plant fine roots. Acta Ecologica Sinica 29: 136-138.

---

(2010년 7월 6일 접수; 2010년 7월 14일 채택)