Ecology and Resilient Infrastructure (2019) 6(4): 295-303
https://doi.org/10.17820/eri.2019.6.4.295

http://www.kseie.or.kr/
Online ISSN: 2288-8527

ORIGINAL ARTICLE

배광성용기 사용이 생태녹화용 자작나무 유묘 생장에 미치는 영향

Effects of a Negative-Phototropism Pot on the Seedling Growth of *Betula platyphylla* var. *japonica* for the Ecological Revegetation

강병연[1] · 김재환[2]*

[1]청주대학교 환경조경학과 박사과정, [2]청주대학교 조경도시계획전공 겸임교수

Byoung Youn Kang[1] and Jae Hwan Kim[2]*

[1]Doctoral student, Department of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University, Cheongju 28503, Korea
[2]Adjunct Professor, Department of Landscape Architecture & Urban Plan, Cheongju University, Cheongju 28503, Korea

Received 10 December 2019, revised 18 December 2019, accepted 23 December 2019, published online 31 December 2019

ABSTRACT: This study investigated the effects of various cultivation pots on *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings in order to select suitable pots for the production of healthy seedlings for the ecological revegetation. We used six types of the pots natural pot, natural pot with inside 5 mm width root turning bump, natural pot with inside 10 mm width root turning bump, negative-phototropism pot, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump, and negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump. As greenhouse cultivation provided a high level of control of irrigation and temperature, the seedlings did not show any significant differences in plant height, number of branches, and diameter at root collar, but showed a significant difference in root growth among the different types of pots. The root growth was best in the negative-phototropism pot. In the negative-phototropism, the roots grew in a vertical shape, while they grew abnormally in a spiral shape in the natural pots. In outdoor cultivation, the growth of seedlings showed significant differences according to container types. The seedlings grown in specially manufactured negative-phototropism pots were most excellent in all of the height, number of branches, diameter at root collar and root growth. As for the seedlings grown in the negative-phototropism pots, their roots grew vertically and thus their rooting was well established after they were transplanted outdoor. A size of less than 5 mm ridge installed in the negative-phototropism was found to be appropriate for the seedling growth. These results showed that the negative-phototropism pot would be best suitable for the growth of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings and for the production of seedling for ecological revegetation.

KEYWORDS: Diameter at root collar, Height, Negative-phototropism, Number of branches, Root growth

요 약: 본 연구에서는 생태녹화용 유묘 생산에 적합한 재배용기를 선별하기 위하여 다양한 재배용기가 자작나무 유묘에 미치는 영향을 조사하였다. 실험에 사용한 용기는 일반용기, 일반용기 내부에 융기선 5 mm와 10 mm 설치, 일반용기 표면에 세로 절개홈 있는 배광성용기, 배광성용기 내부에 융기선 5 mm와 10 mm를 설치한 용기이었다. 재배용기에 따른 유묘생장 특성은 다음과 같다. 실험결과 온실 재배에서는 관수, 온도 등 관리도가 높아 수고, 가지수, 근원경 생장의 유의차가 없었으나, 뿌리생장은 유의차를 보이며 배광성용기에서 우수했다. 일반용기는 뿌리가 나선형의 비정상으로 자란 반면 배광성용기는 뿌리가 수직으로 자랐다. 노지이식 후 재배용기 처리에 따라 유의차를 보이며, 수고, 가지수, 근원경, 뿌리생장 모두 배광성용기에서 자란 유묘가 가장 우수한 것으로 나타났다. 배광성용기에서 자란 유묘의 경우 뿌리가 수직으로 생장해 노지 이식 후 뿌리활착 및 생장이 우수했으며, 용기내부에 설치한 융기선은 5 mm이내가 적정한 것으로 나타났다. 따라서 배광성용기를 사용한 생태녹화용 자작나무 유묘에서 수고, 가지수, 근원경 및 뿌리생장에 큰 효과를 보여 배광성용기가 유묘생산에 적합한 것으로 판단되었다.

핵심어: 근원경, 수고, 배광성용기, 가지수, 뿌리생장

***Corresponding author:** smileeye77@cju.ac.kr, ORCID 0000-0002-4549-592X

ⓒ Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

경제발전과 더불어 윤택한 삶을 갈망하는 국민들의 요구에 발맞추어 생태복원에 대한 관심이 고조되고 있다. 과거의 생태복원은 단순히 양적인 면만을 추구하였지만 근래에는 양질의 생태녹화용 수목과 규격화된 균일품질의 수목을 생산하는 추세로 변화하고 있다. 건전하고 체계적인 양질의 규격화된 생태복원용 유묘 생산은 수목의 초기 활착을 높이고 생장을 증가시키기 위해 매우 중요한 과정으로 재배용기 생산방법이 많이 이용되고 있는 실정이다 (Kim and Kim 2001). 재배용기 유묘 생산은 수목의 균일도, 생산비의 감소, 이식 후 활착 증진, 정식의 용이성 및 종자 절약 등의 장점을 지니고 있어 (Kim et al. 1999), 생태복원용 유묘 생산을 위한 중요 과정으로 자리매김하고 있다. 재배용기 수목의 장점은 임해매립지, 쓰레기매립장 등 수목이 생육하기 어려운 훼손지의 생태복원을 위한 유용한 방법으로서 재배용기를 이용한 유묘 생산은 앞으로 복원이란 차원에서 그 중요성이 더 높아질 것으로 보인다 (Kim and Kim 2000).

성공적인 생태복원용 수목생산을 위해서는 유묘 단계부터 양질의 종자를 선정하여 재배하고, 적절한 배합토 선정 및 우수한 재배용기가 필요 하지만, 훼손지에 이용되는 생태복원용 유묘의 생산기술은 후진성을 면하지 못하고 있는 실정이다 (Yang 1983). 특히 일반 재배용기를 이용한 묘 생산시 비정상적인 나선형 뿌리의 발달은 수목 식재 후 뿌리활착을 방해하는 문제가 있으며 용기 내에서 오래 남아 있을수록 이런 현상은 더욱 심해졌으며 (Burden and Martin 1982), 훼손지 복원용으로 이러한 재배용기 묘를 이식할 경우 고사율이 발생하는 등의 문제를 내포 하고 있다.

국외의 경우 재배용기에 관한 생태공학적 연구가 상당히 높은 수준으로, 다양한 구조의 재배용기내 근계발달상황에 따른 이식 후의 활착, 세근발달의 상태적 차이를 비교하는 연구가 진행되었으며 (Appleton 1995), 특히 재배용기 내부에 나선형 뿌리 방지를 위해 구리나 코발트와 같은 화학물질을 용기 내에 도색하여 자연 단근을 유도하거나, 생장억제 성분을 라텍스 페인트와 섞어 용기내부에 도포하는 방식 및 용기내부에 융기선 (ridge), 살 (rib) 또는 홈 (groove)을 설계하는 방법 (Marthin and Battacharya 1995) 등 물리·화학적 연구들이 다양하게 시도되었다. 한편 국내 연구도 과거에 비해 많이 진척되었으나 생태복원용 유묘 생산을 위한 배합토에 관한 연구가 대부분으로 아직까지 재배용기에 관한 기술 및 연구는 다소 미흡한 수준으로, 재배용기 수목 재배 후 생장율과 고사율 비교검토 (Kim and Kim 2001), 재배용기를 이용한 수목생산기술 (Yoon et al. 2005), 용기형태에 따른 유묘의 생장 및 재배기술 (Jeong et al. 2016, Kwon et al. 2016) 등에 관한 연구가 진행되었으나, 생태복원용 식물 생산을 위한 재배용기와 관련하여 적정 용기개발이 필요한 실정이다.

본 연구는 재배용기 처리에 따라 일반용기 실험구, 일반용기 내부에 융기선이 5 mm와 10 mm 설치된 실험구, 일반용기 표면에 세로 줄무늬 절개홈이 있도록 제작한 배광성용기 실험구, 배광성용기 내부에 융기선이 5 mm와 10 mm 설치된 실험구 등 6개의 실험구를 조성하고 생태녹화용 자작나무 유묘의 생육에 미치는 영향과 최적의 재배용기를 규명하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 공시수종

본 연구는 충북 옥천군 이원면 이원리 일대에서 수행하였으며, 이 지역의 2018년 연평균 기온은 11.6°C, 연강수량은 1409.5 mm이었다 (Korea Meteorological Administration 2018). 실험에 사용된 자작나무는 2016년에 파종한 1년생 노지묘로 최대한 수고, 근원경 및 뿌리길이가 일정한 유묘를 선정하였으며, 실험에 사용한 유묘의 생육상태는 수고 50 - 52 cm, 근원경 1 - 2 mm, 가지수 0개, 뿌리길이 10 - 11 cm를 나타내고 있었다.

2.2 공시토양

실험용 공시토양은 시중에서 구입이 용이한 상토로 피트모스 68.0%, 코코피트 15.0%, 펄라이트 7.0%, 질석 6.0%, 제오라이트 4.0%가 배합되어 있는 것을 사용하였으며, 이화학적 특성 결과는 Table 1에 나타난 바와 같다. 공시토양은 pH 5.9 (5.5-7.0), 전기전도도 (EC) 0.91 dS/m (1.0 미만), 유기물함량 32.6%로 분석되었으며, EC는 피트모스의 함량이 높아 이러한 결과를 보였으나, 식물생육을 저해하거나 지나친 생장의 원

Table 1. Chemical properties of soil used in the experiment

Soil property	pH	EC (dS/m)	P_2O_5 (mg/kg)	N (%)	OM[1] (%)	CEC[2] (cmol/kg)	Exchangeable Cations (cmol/kg)			
							Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
Mean	5.9	0.91	164	0.5	32.6	21.8	7.4	4.7	4.4	3.8

[1]OM: Organic matter.
[2]CEC: Cation exchange capacity.

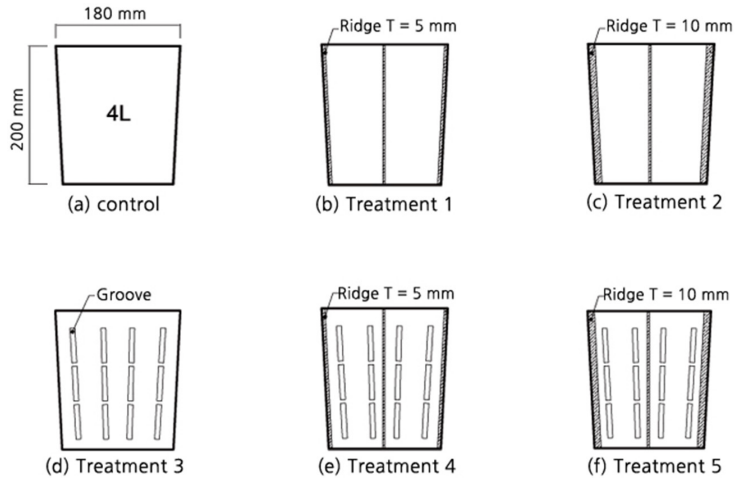


Fig. 1. Diagrams of the six different container types used in this study (Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative-phototropism pot; Treatment 4, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump).

인이 될 만한 화학적 요인은 없는 것으로 판단된다.

2.3 실험설계

실험에 사용한 재배용기는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 4 L의 일반용기 (지름180 mm×높이200 mm)와 용기표면에 10개의 세로 줄무늬 절개홈이 있어 뿌리에 햇빛이 비춰지는 구조로 제작 (이하 배광성용기)된 4 L의 용기를 이용하였으며, 재배용기 처리에 따라 총 6개의 실험구로 나누어 설계하였다. 대조구는 일반용기, 실험1구와 실험2구는 일반용기 내부에 플라스틱 융기선을 5 mm와 10 mm 폭으로 잘라 90° 간격으로 4개를 고정시켰고, 실험4구는 배광성용기, 실험5구와 실험6구는 배광성용기 내부에 플라스틱 융기선을 5 mm와 10 mm 폭으로 잘라 90° 간격으로 4개를 고정시켜 처리하였다 (Fig. 1).

2.4 실험구 조성 및 관리

본 실험은 온실에서 자란 재배용기별 유묘를 노지에 식재하는 방식으로 2번에 걸쳐 실험구를 조성하였다. 먼저 재배용기 처리에 따라 동일한 상토를 용기에 각각 채워 넣고 자작나무를 식재하였으며, 온실에 6개의 실험구를 3반복 임의배치법으로 2017년 4월 25일 조성하였다. 온실실험은 2017년 4월 25일부터 2018년 4월 21일 수행하였으며 관수는 자동시스템으로 주 2-3회 충분히 관수하였으며 시비는 하지 않았다. 2018년 4월 21일 온실에서 생육시킨 자작나무를 노지에 이식하였고 재배용기 처리에 따라 6개의 실험구를 3반복 임의배치법으로 처리하였으며, 관수 및 시비 없이 자연 상태로 유지시켰다.

2.5 조사 및 분석방법

공시토양의 이화학적 특성을 조사하였으며, 재배용기 처리에 따른 함수율은 토양수분측정기 (Time Domain Reflectometry, model 6060ED6, Trase, USA)를 이용해 2017년 5월 13일부터 2018년 10월 27일까지 7회에 걸쳐 주기적으로 측정하였다.

재배용기 처리에 따른 자작나무 유묘의 생육특성을 알아보기 위해 2017년 5월 13일부터 2018년 10월 27일까지 수고 (cm), 가지수 (ea), 근원경 (mm)을 7차례에 걸쳐 조사하였으며, 뿌리생장을 알아보기 위해 2017년 11월 13일과 2018년 10월 27일에 뿌리길이 (cm)와 건중량 (g)을 조사하였다. 수고는 실험에 사용한 유묘를 기준으로 지표면에서부터 높이를 측정해 생장한 높이를 조사하였으며, 가지수는 5 cm이상 자란 전체 발생개수를 조사하였다. 근원경은 지표면과 접하는 줄기의 직경에 표기를 하고 고정적으로 조사하였으며, 뿌리는 표면의 흙이 모두 제거되도록 충분히 씻은 후 65°C의 항온기에서 건조시킨 후 길이와 건중량을 측정하였다. 측정결과는 IBM SPSS Statistics 25를 이용하여 통계처리 하였으며, 평균구간의 비교는 Duncan의 다중검정 (Duncan's test)를 이용해 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 토양의 함수율

재배용기 처리에 따른 함수율을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 2017년 5월부터 2018년 10월까지 7차례 측정결과 실험구간 통계적 유의차 없이 비슷한 수준으로 나타났다.

2017년 5월부터 11월까지 4차례 측정결과 모든 실험구에서 유의차는 없었지만 일반용기 실험구 (대조구, 실험1구, 실험2구)에서 배광성용기 실험구 (실험3구, 실험4구, 실험5구)보다 대체로 함수율이 높은 경향을 보였다. 이는 배광성용기 실험구의 경우 용기 표면에 가늘고 긴 절개홈이 있어 함수율에 영향을 미쳤지만, 생육을 저해하는 3% 이하의 함수율 수치는 나타나지 않았다 (Kim and Shim 2009). 2018년 6월부터 10월까지 3차례 측정결과 강우 (Korea Meteorological Administration 2018)에 의한 영향으로 모든 실험구에서 비슷한 수준의 함수율이 나타났다.

이런 결과로 미루어 보아 재배용기 처리에 따른 함수율 차이는 크지 않았으며, 수목 생장에도 큰 영향을 주지 않을 것으로 보인다.

3.2 자작나무 유묘의 생육특성

3.2.1 수고 및 가지생장

재배용기 처리에 따른 자작나무의 수고생장 및 가지수를 측정하였으며 그 결과는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타난 바와 같다. 2017년 5월 13일부터 11월 13일까지 4차례 온실에서 측정한 결과 4개월이 지난 9월 12일 측정결과부터 통계적 유의차를 보이며 배광성용기 실험구 (실험3구, 실험4구, 실험5구)에서 높았고 일반용기 실험구 (대조구, 실험1구, 실험2구)에서 낮게 나타났다. 일반용기의 경우 융기선이 설치된 실험1구와 실험2구에서 대조구보다 수고 및 가지생장이 높은 것으로 나타났으며, 5 mm가 설치된 실험1구보다 10 mm가 설치된 실험2구에서 다소 높은 경향을 보였다. 이는 용기내부에 설

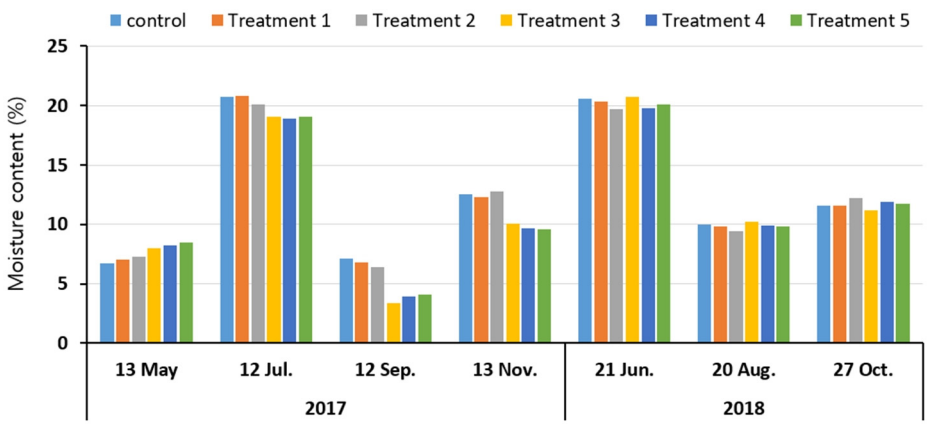


Fig. 2. Moisture content of soils in the different container types (Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative-phototropism pot; Treatment 4, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump).

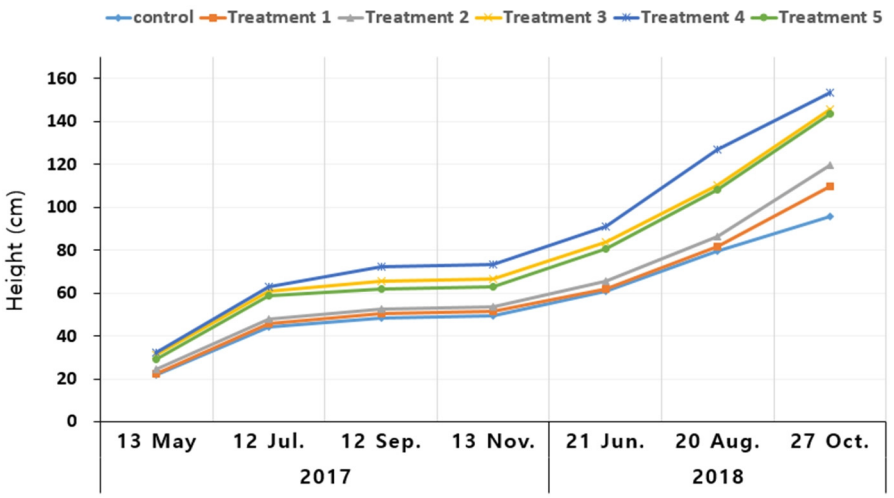


Fig. 3. Height of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings treated by different container types (Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative-phototropism pot; Treatment 4, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump).

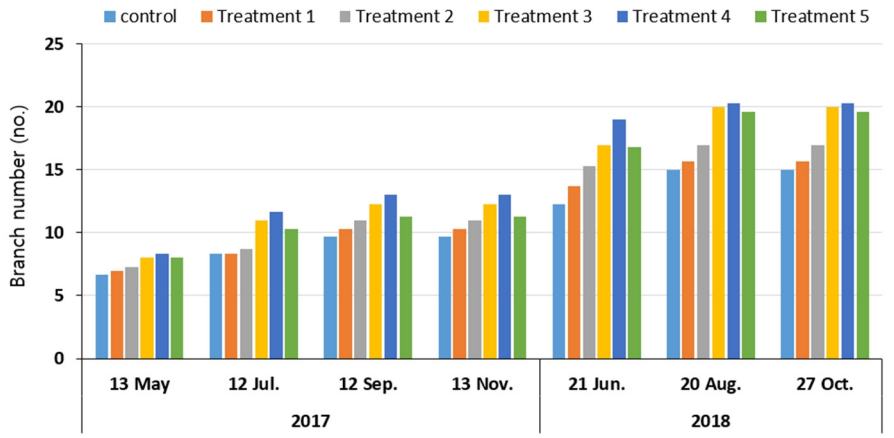


Fig. 4. Branch number of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings treated by different container types (Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative-phototropism pot; Treatment 4, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump).

치된 융기선이 뿌리를 용기의 아래쪽으로 자라게 하고 뿌리가 옆으로 번져가는 것을 최소한으로 방지하였기 때문이다 (Jeong et al. 2016). 하지만 융기선이 있는 실험1구와 실험2구보다 융기선이 없는 배광성용기의 실험3구가 수고 및 가지생장이 높은 것으로 보아, 융기선보다 햇빛에 의해 뿌리의 단근효과를 주는 것이 더 효과적인 것으로 보인다.

2018년 6월 21일부터 10월 27일까지 3차례 노지에서 측정한 결과 실험구간 통계적 유의차를 보이며 배광성용기 실험구 (실험3구, 실험4구, 실험5구)가 일반용기 실험구 (대조구, 실험1구, 실험2구)보다 수고 및 가지생장이 뚜렷한 차이를 보이며 높게 나타났다. 이는 일반용기 유묘는 뿌리가 용기내부를 따라 옆으로 돌아가는 비정상적인 뿌리를 갖고 있기 때문에 이식 후 활착과 생육에 나쁜 영향을 주었기 때문이다 (Marler and Wilis 1996). 2018년 10월 27일 마지막 측정결과 수고생장 및 가지수는 대조구 96 cm / 15.0개, 실험1구 110 cm / 15.7개, 실험2구 120 cm / 17.0개, 실험3구 146 cm / 20.0개, 실험4구 153 cm / 20.3개, 실험5구 139 cm / 19개로 실험4구에서 가장 높았고, 대조구보다 수고생장

(50 cm) 및 가지수 (5.3개)에서 큰 생장차이를 보였다. 이는 부분적인 공기단근을 유도하는 절개선을 설치한 용기에서 자란 수목은 비정상적인 뿌리가 효과적으로 조절돼, 묘목을 노지에 식재한 후에도 세근이 자연스럽게 발달하고 지상부 생장을 촉진시켜 생장균형이 양호한 묘목으로 자란다는 연구결과를 뒷받침한다 (Jun 2007).

이런 것으로 미루어 보아, 배광성용기가 일반용기보다 수고 및 가지생장이 우수한 것으로 보이며, 용기내부에 융기선을 5 mm이내로 설치하는 것이 가장 효과적인 재배용기 처리라 할 수 있겠다.

3.2.2 근원경생장

재배용기 처리에 따른 자작나무의 근원경 생장을 측정하였으며 그 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 2017년 5월부터 2018년 10월까지 7차례 측정결과 실험구간 통계적 유의차를 보이며 일반용기 실험구 (대조구, 실험1구, 실험2구)보다 배광성용기 실험구 (실험3구, 실험4구, 실험5구)에서 근원경 생장이 뚜렷한 것으로 나타났다. 이는 배광성용기의 경우 뿌리 외부노출 단근작용이 유묘의 지하부 발달과 지상부 생장을 촉진시켜 생장균형이 우수한 묘목을 생산한 것으로 보인다 (Jun 2007).

2017년 5월 13일부터 11월 13일까지 4차례 온실에서 측정한 결과 실험구간 통계적 유의차를 보이며 배광성용기 실험구 (실험3구, 실험4구, 실험5구)에서 일반용기 실험구 (대조구, 실험1구, 실험2구)보다 높은 것으로 나타났다. 일반용기의 경우 대조구, 실험1구, 실험2구간 동일한 근원경 생장을 보였으며, 배광성용기에서는 융기선이 5 mm 설치한 실험4구에서 근소한 차이를 보이며 다소 높은 경향을 보였다. 햇빛이 투과되는 플라스틱 망 용기에서 자란 묘목의 뿌리 선단부가 망 사이로 빠져나오면서 이루어진 공기단근 효과가 근원경 생장에 큰 영향을 준 것으로 보이며 (Choi et al. 2002), 융기선은 수고생장에는 효과가 있었으나 근원생장에 효과가 크지 않은 것으로 판단된다.

2018년 6월 21일부터 10월 27일까지 노지에서 3차례 측정한 결과 실험구간 통계적 유의차를 보이며 배광성용기 실험구에서 근원경 생장이 우수했으며, 대조구에서 가장 낮았고 실험4구에서 가장 높은 결과가 나타났다. 2018년 10월 27일 마지막 측정결과 근원경 생장은 대조구 (17.3 mm) ≦ 실험1구 (18.0 mm) ≦ 실험2구 (19.3 mm) ≦ 실험5구 (21.0 mm) ≦ 실험3구 (22.3 mm) ≦ 실험4구 (24.0 mm) 순으로 높게 나타났으며, 실험4구는 대조구보다 근원경 생장이 6.7 mm 더 크게 나타났다.

이런 것으로 미루어 보아, 배광성용기가 일반용기보다 근원경 생장이 우수한 것으로 보이며, 용기내부에 설치한 융기선 (5 mm, 10 mm)보다 용기표면에 나있는 절개홈의 효과가 큰 것으로 판단된다.

3.2.3 뿌리생장

재배용기 처리에 따른 자작나무의 뿌리생장을 측정하였으며 그 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 실험구를 온실에 조성한 후 6개월이 지난 2017년 11월 13일 측정한 결과 뿌리길이는 실험구간 통계적 유의차를 보이며 대조구에서 가장 길게 나타났고, 배광성용기 실험

Table 2. Diameter at root collar (mm) of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings treated by the different container types. Mean values with the same letter within each column are not significantly different at p=0.05 by Duncan's test

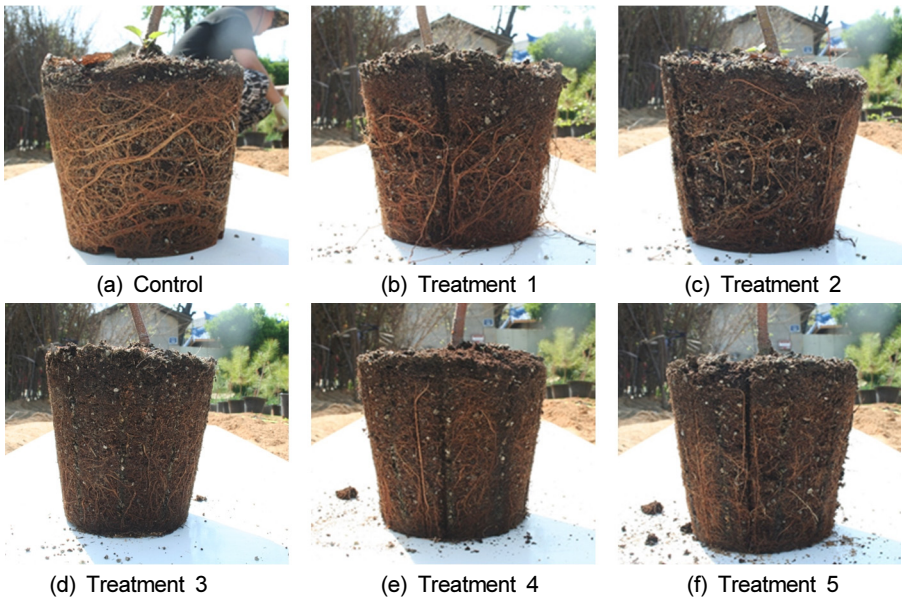
Container type[1]	Year 2017				Year 2018		
	13 May	12 Jul.	12 Sep.	13 Nov.	21 Jun.	20 Aug.	27 Oct.
Control	1.3a	3.0b	4.7c	5.0c	11.0d	14.3c	17.3c
Treatment 1	1.3a	3.0b	4.7c	5.0c	12.0cd	16.3bc	18.0bc
Treatment 2	1.3a	3.0b	4.7c	5.0c	13.0bc	18.7b	19.3b
Treatment 3	1.3a	4.1a	6.0a	6.3b	13.8b	20.6ab	22.3ab
Treatment 4	1.4a	4.3a	6.2a	7.7a	14.7a	21.3a	24.0a
Treatment 5	1.3a	4.0a	5.8b	6.0b	13.3b	20.2ab	21.0ab

[1]Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative-phototropism pot; Treatment 4, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump.

Table 3. Root status of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings treated by different container types. Mean values with the same letter within each column are not significantly different at p=0.05 by Duncan's test

Container type[1]	13 November, 2017			27 October, 2018	
	Root length (cm/pot)	Dry mass (g/pot)	Root Angle (°)	Root length (cm/pot)	Dry mass (g/pot)
Control	29.5a	10.8c	0-30	33.2c	128.6c
Treatment 1	27.3ab	9.2c	30-80	38.5c	139.4c
Treatment 2	27.1b	9.1c	40-80	41.3c	142.5c
Treatment 3	20.4c	18.7a	80-90	70.8b	235.8b
Treatment 4	20.3c	19.6a	80-90	95.1a	295.7a
Treatment 5	20.2c	17.3b	80-90	66.4c	231.2b

[1]Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative-phototropism pot; Treatment 4, negative-phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative-phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump.



(a) Control (b) Treatment 1 (c) Treatment 2

(d) Treatment 3 (e) Treatment 4 (f) Treatment 5

Fig. 5. Photographs showing the root status of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings treated by six different container types 202 days after the treatment(Control, natural pot; Treatment 1, natural pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 2, natural pot with inside 10 mm width root turning bump; Treatment 3, negative phototropism pot; Treatment 4, negative phototropism pot with inside 5 mm width root turning bump; Treatment 5, negative phototropism pot with inside 10 mm width root turning bump).

구에서 짧게 나타났다. 대조구의 경우 나선형으로 뿌리가 자란 반면 배광성용기 실험구의 경우 뿌리가 수직으로 용기 깊이 (20 cm)만큼 자란데 기인된 결과로 판단된다 (Fig. 5). 이는 일반 플라스틱 용기보다 공기가 유입되는 플라스틱 망 용기에서 뿌리생장이 우수하다는 연구결과와 일치한다 (Yoon et al. 2005). 일반용기 대조구의 경우 뿌리가 30° 이내의 나선형으로 자란 반면 배광성용기의 경우 80 - 90°의 수직으로 자랐다. 일반용기에 융기선이 있는 실험1, 2구의 경우 대조구보다 뿌리가 수직으로 자라는 편이었으나, 배광성용기보다 효과가 크지 못했다. 건중량은 실험구간 통계적 유의차를 보이며 뿌리길이와 다르게 일반용기보다 배광성용기에서 더 높게 나타났는데, 이는 배광성용기의 경우 뿌리가 공기에 의해 단근이 이루어져 고사되면서 뿌리길이 생장은 정지되고, 정지된 뿌리로 이동하던 광합성산물은 뿌리의 생장을 촉진하였기 때문이다 (Yoon et al. 2005).

유묘를 노지에 이식한 후 6개월이 지난 2018년 10월

27일 측정한 결과 뿌리길이는 실험구간 통계적 유의차를 보이며 대조구에서 가장 짧았고, 실험4구에서 가장 길게 나타나는 등 온실 실험결과와 상이한 결과가 나타났다. 이는 대조구의 경우 뿌리가 나선형으로 자라 이식 후 활착이 늦어진 반면 뿌리가 수직으로 자란 실험4구의 경우 뿌리활착이 원활히 이루어진데 기인된 결과로 판단된다. 건중량은 실험구간 통계적 유의차를 보이며 대조구 (129 g) ≦ 실험1구 (139 g) ≦ 실험2구 (143 g) < 실험5구 (231 g) ≦ 실험3구 (236 g) < 실험4구 (296 g) 순으로 높았고 실험4구의 경우 대조구보다 167 g이상의 큰 차이를 보이며 뿌리생장이 효과적이었다. 재배용기의 유묘 이식후 수목생장이 좋으려면 나선형 뿌리와 같이 비이상적인 뿌리가 많이 발생하지 않아야 하며 (Kim et al. 2010), 수직으로 자란 유묘 뿌리가 노지 이식 후 뿌리활착이 우수한 것을 알 수 있었다.

이런 결과로 미루어 보아, 재배용기의 유묘 뿌리는 수직으로 자라는 것이 이식 후에도 뿌리활착에 좋은 영향을 준다는 것을 알 수 있었으며, 용기 내부에 융기선이 5 mm 이내로 있고 표면에 가늘고 긴 절개홈이 있는 배광성용기가 가장 우수한 재배용기로 판단된다.

4. 결론 및 제언

본 연구는 재배용기 처리에 따른 생태복원용 자작나무 유묘의 생육특성 및 효과를 알아보고자 진행하였으며 그 주요한 결과는 다음과 같다.

재배용기 처리에 따른 함수율은 배광성용기보다 일반용기에서 높게 나타났으나 모든 실험구에서 생육을 방해하는 범위는 나타나지 않았다.

재배용기 처리에 따라 자작나무 유묘의 수고, 가지(수), 근원경 및 뿌리생장에 큰 차이가 발생했다. 수고 및 가지생장은 온실 실험결과 배광성용기 실험구에서 일반용기 실험구보다 높았지만 차이가 크지 않았다. 그러나 노지 이식후 뚜렷한 차이를 보이며 일반용기 실험구보다 배광성용기 실험구에서 생장이 우수했다. 일반용기의 경우 융기선이 있는 실험구에서 다소 효과가 있는 것으로 보이며, 배광성용기는 융기선이 5 mm 설치된 실험구에서 가장 우수했고 가장 효과적인 재배용기 처리방법이라고 생각한다. 근원경 역시 일반용기 실험구보다 배광성용기 실험구에서 근원생장이 우수했다. 일반용기의 경우 수고 및 가지생장과 다르게 융기선 설치에 따른 효과는 거의 없었다. 근원경은 융기선보다 용기표면에 있는 절개홈 영향을 많이 받는 것으로 보이며, 절개홈이 있는 배광성용기가 가장 적합한 용기로 보인다.

일반용기에서 생장한 자작나무 유묘는 뿌리가 0 - 30° 방향의 나선형으로 자란 반면, 배광성용기 실험구에서 자란 유묘는 나선형 뿌리와 같은 비정상적인 뿌리 발생 없이 수직으로 자랐다. 특히 노지 이식 후 배광성용기에서 자란 유묘의 생육이 상당히 우수한 것을 알 수 있었다. 또한, 뿌리 건중량도 배광성용기 실험구에서 생장한 자작나무 유묘가 일반용기 실험구보다 큰 차이를 보이며 좋은 결과를 보였다.

본 연구 결과 배광성용기로 수목 유묘를 생산하여 녹화복원에 이용한다면 훼손지의 초기녹화에 크게 기여할 것으로 생각된다. 또한 본 연구는 자작나무에 국한된 것으로 수종에 따른 다른 결과가 나타날 수 있는 한계가 있으므로, 앞으로 본 연구결과가 보편화된 자료가 되기 위해서는 다양한 수종에 의한 실험과 재배용기 형태를 세분화하여 보완한 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 고인이 되신 ㈜예원 최봉길 대표이사님의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

References

Appleton, B.L. 1995. Nursery production methods for improving tree roots-an update. Journal of Arboriculture 21: 265-270.

Burden, A.X. and Martin, P.A.F. 1982. Chemical root pruning of coniferous seedlings. Hortscience 17: 622-624.

Choi, B.C., Hong, S.G. and Kim, J.J. 2002. Effects of rootball media covering materials for air-layering on rooting and growth of miniature tree material of *Carpinus coreana*. Journal Korea Forestry Energy Research Society 21: 32-40. (in Korean)

Jeong, J.R., Cheong, Y.S., Choi, J.H., Ahn, J.J. and Kwon, Y.H. 2016. Development of container for standardized production for woody plant. Journal of Korean Society for

People, Plants and Environment 19: 497-503. (in Korean)

Jun, B.Y. 2007. Study on Growth Characteristics of *Pinus densiflora* Container Seedlings by Container Types. Master's Thesis, Konkuk University, Chungju, Korea. (in Korean)

Kim, D.U. and Kim, M.S. 2000. Effects of root restriction by clay pot and root control bag on growth of *Acer palmatum*. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 28: 1-8. (in Korean)

Kim, J.J., Lee, K.J., Ki, S.S., Cha, Y.G., Chung, Y.S., Lee, J.H. and Yoon, T.S. 2010. Exploration of optimum container for production of *Larix leptolepsis* container seedlings. Journal of Korean Society of Forest Science 99: 638-644. (in Korean)

Kim, J.H. and Shim, S.R. 2009. A vegetation characteristics of a cut-slope affected by seeding periods of the winter season. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 12: 29-39. (in Korean)

Kim, T.J. and Kim, H.B. 2001. The Effects of containerized landscape tree production methods on post-transplant stress. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 29: 152-160. (in Korean)

Kim, Y.B., Hwang, Y.H. and Shin, W.K. 1999. Effects of root container and seedling age on growth and yield of tomato. Horticulture Environment and Biotechnology 40: 163-165.

Korea Meteorological Administration. 2018. Weather Observation. http//www.kma.go.kr. (in Korean)

Kwon, Y.H., Kim, S.J., Oh, H.K., Han, S.K. and Kim, S.J. 2016. Effects of media kinds and container forms for urban agriculture on the growth characteristics of several herbaceous and woody plants. Journal of Korean Society for People, Plants and Environment 19: 477-486. (in Korean)

Marler, T.E. and Wilis. D. 1996. Chemical or air root-pruning containers improve carambola, longan and mango seedling root morphology and initial root growth after transplanting. Journal of Environmental Horticulture 14: 47-49.

Martin, C.A. and Bhattacharya, S. 1995. Effects of cupric hydroxide-treated container on growth of four southwestern desert landscape trees. Journal of Arboriculture 21: 235-238.

Yang, B.E. 1983. Analysis of cultivation and marketing process of landscape plants and future directions for their improvement. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 11: 75-96. (in Korean)

Yoon, T.S., Lim, J.Y. and Kim, J.J. 2005. Growth of mandshurian linden (*Tilia mandshurica* Pupr, et Max.) seedlings as affected by container types and volumes. Journal of Bio-Environment Control 14: 239-244. (in Korean)