

관수수준에 따른 소나무 용기묘 1년생의 생장 특성

차영근¹ · 최규성² · 송기선^{3*} · 성환인⁴ · 김종진¹

¹건국대학교 산림조경학과, ²국립백두대간수목원 식물양묘실,
³한국임업진흥원 임업지식서비스단, ⁴건국대학교 농축대학원 산림조경학과

Growth Characteristics of One-year-old Container Seedlings of *Pinus densiflora* by Irrigation Level

Young-Geun Cha¹, Kyu-Seong Choi², Ki-Seon Song^{3*}, Hwan-In Sung⁴, and Jong-Jin Kim¹

¹Department of Forestry and Landscape Architecture, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

²Plant Propagation and Reproduction Division, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

³Forestry Knowledge Service Division, Korea Forestry Promotion Institute, Seoul 07570, Korea

⁴Department of Forestry and Landscape Architecture, Graduate School of Agriculture and Animal Science, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

Abstract. To identify the appropriate irrigation level for *Pinus densiflora*, a common reforestation species in Korea, we investigated their growth response characteristics according to different irrigation treatment levels for producing container seedlings with relatively high growth rate for higher survival rate when planted at the reforestation site. The container seedlings including control seedlings (no irrigation was applied) were grown in 104-cell trays were irrigated for 8 weeks from 15 weeks after seeding, at intervals of 1, 2, 3, 5, 7, 10, and 15 days. Analysis of the height growth, root collar diameter growth, and dry matter production of the container seedlings according to irrigation showed that the highest growth reaction was observed for the irrigation interval of 1 day. A shorter irrigation cycle resulted in better growth of the container seedlings, but overall, longer total root length were observed with an irrigation cycle of 3 days compared with cycles of 1 or 2 days. Quality index (QI) was the highest for the irrigation interval of 1 day, and tended to decrease with increase in the irrigation interval. Thus, it was determined that irrigation at intervals of 1-2 days was appropriate for growing *Pinus densiflora* container seedlings.

Additional key words : container nursery, damages, dry weight, irrigation treatment, quality index

서 론

한국을 대표하는 자생 수종인 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)는 우리나라의 대표적인 조림수종으로 그동안 주로 노지묘 형태로 생산되어 식재 되었으나, 최근에 와서는 시설양묘에 의한 용기묘로 생산되어 식재되고 있다. 소나무 용기묘의 도입계기는 1996년에 발생한 강원도 고성 산불피해지 복구를 위하여 소나무 1년생 용기묘를 대량생산하기 시작하면서부터이다. 이 때 우리나라 최초로 시설양묘 대량생산체계가 들어섰다(Kim, 2003). 이후 2000년에 강원도 동해안에 대규모 산불 피해가 발생하였을 때부터 2005년까지 소나무 1년생 용기묘가 생산되어 식재되었다. 이 때 식재된 소나무 1년

생 용기묘가 뛰어난 현지 활착력과 생장을 보여주면서 소나무에서도 용기묘를 선호하게 되었으며, 소나무가 국내에서 시설양묘의 주력 수종이 되었다(Kim과 Yoon, 2006).

시설양묘는 인위적으로 생육환경을 조절하여 묘목을 생산하기 때문에 노지양묘와 달리 묘목의 생산체계 수립과 생육환경 제어가 중요한 요소들이다(Edwards와 Huber, 1982). 따라서 건전한 용기묘 생산을 위해서는 용기 선택, 상토 선택, 파종방법 및 시비기술 등 합리적인 생산체계의 수립은 물론 광선, 수분, 온도조절, 경화처리 등 생육환경의 조절을 필수로 한다(Kwon 등, 2009; Landis 등, 1989, 1992, 1995).

수분의 중요성은 일찍부터 강조되어 왔으며, 수분은 온실과 같은 인위적인 환경에서 성장하는 식물에 있어서는 중요한 생장 제한요인으로서 거의 모든 식물이 직접적으로나 간접적으로나 그 영향을 받는다. 수분은 살아

*Corresponding author: kssong@kofpi.or.kr

Received January 30, 2017; Revised June 7, 2017;

Accepted July 4, 2017

있는 식물에서 생체중량의 80~90% 정도를 차지하는 주요 성분이고, 식물 안에서 물질의 용매 역할을 한다. 또한 광합성을 포함한 많은 식물대사 과정의 생화학 반응물이고 식물 생장을 촉진하며, 식물 세포의 확장에 영향을 미친다(Kramer, 1983). 따라서 식물이 수분 스트레스를 받으면 잎의 크기가 작아지고 줄기생장이 저조하여 엽면적이 감소함으로써 증산량이 줄고 물질대사의 최종 산물인 광합성을 할 수 있는 능력도 줄어들게 된다. 이에 따라 용기묘 생산 대상 수종과 규격에 적합한 수분의 조절에 관한 많은 연구가 수행되어 왔으나 수목의 생리를 고려하여 생육단계별 적정 관수 수준을 구명하는 것은 쉽지 않은 과정으로 더 세밀한 실험설계가 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 소나무 1년생 용기묘를 생산하는 데 필요한 기본적인 생육 환경요인들 중 관수 수준에 따른 생육반응 특성을 조사하여 적정 관수 수준을 구명하고자 하였다. 이를 통하여 대표적인 시설양묘 수종인 소나무 용기묘의 생육상태를 우량하게 하여 식재 후 활착률과 생장을 향상시킬 방안을 찾고자 한다. 특히, 현재 우리나라 산림에 많은 소나무 용기묘가 식재되고 있지만 아직도 생산현장에서는 적정한 관수체계가 도입되지 못하고 있는 실정이기 때문에 본 실험을 통해 나타난 결과들을 소나무 용기묘 생산시업체계 수립의 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 실험의 공시수종은 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)로 본 시험에 사용된 종자는 2010년에 충청남도 안면도 채종원에서 채집·관리된 종자이다. 파종 전까지 건국대학교 산림환경복원학연구실 내의 5°C 저온저장고에 보관하였으며, 종자파종 전에는 48시간동안 수침 처리하였다.

공시용기로 104구인 플라스틱 트레이 용기(신일사이언스, 한국)를 사용하였다(Table 1). 실험에 사용된 상토는 시중에서 주문생산(토비테크, 한국)하여 사용하였으며, 생육상토의 조성은 코코피트, 펄라이트, 질석 및 제오라이트로 이루어졌고 그 혼합비는 70:15:10:5(v/v)이다.

2. 시설 내 기온변화

실험은 서울시 광진구 소재 건국대학교 내 유리온실에서 실시되었으며, 2011년 4월 1일부터 2011년 9월 22일 까지 매일 2시간 간격으로 Watch Dog Data Loggers Model 425 (Spectrum Technologies, USA)를 사용하여 매일 2시간 간격으로 측정하였다. 시설 내부의 월별 최저 온도, 최고 온도, 평균 온도를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

3. 파종, 관수 및 시비 처리

3.1 파종

소나무 종자는 2011년 3월 22일 상기 생육상토를 담은 용기의 구(cavity)당 2립씩 파종하였다. 종자는 파종 2주 후부터 발아가 시작되었으며, 유묘의 간인 및 보식 작업은 전체 파종용기의 90%가 발아된 후인 4월 24일에 실시하였다.

3.2 관수처리

관수처리 실험은 7월 7일부터 9월 4일까지 약 8주간 진행되었다. 관수는 대조구(무관수)를 포함하여 1일, 2일, 3일, 5일, 7일, 10일, 15일 간격으로 실시하였다. 각 처리구에 용기를 6개씩 배치하였으며, 물조리개를 이용해 용기별 10L씩 처리하여 처리구별 총 60L를 용기 유묘의 상부에서부터 직접 관수하였으며, 관수량은 묘목 1본당 약 96.2mL가 처리되었다.

3.3 시비처리

시비처리는 간인 및 보식작업이 끝난 뒤 1주일째부터 관수처리 실험이 시작되기 전까지만 주 1회씩 수용성 복합비료인 Multifeed 19 (N:P:K, 19:19:19, Haifa Chemical Co., Israel)를 500mg·L⁻¹로 조절하여 실시하였다. 시비 처리량은 희석액 10L를 물조리개에 담아 관수 처리구당 6개 용기 유묘의 상부에서부터 실시하였는데,

Table 1. Dimension of tray type container used to produce *P. densiflora* seedlings in container.

Container size (L×W×D, cm)	Cell volume (mL)	Cell size (L×W, cm)	No. of cells per container	Seedling density (cells·m ⁻²)
42.8×26.3×10	63	3.0×3.0	104	901

Table 2. Monthly minimum, maximum and average temperature (°C) in a green house From Apr. 1, 2011 to Sept. 22, 2011.

Month	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	
Temp.	Min.	5.7	12.1	16.4	20.2	19.0	14.1
	Max.	20.2	36.2	35.8	39.3	37.9	39.2
	Avg.	16.1	21.4	24.0	26.4	27.5	24.8

묘목 1본당 약 16mL의 희석 양액이 처리되었다. 이를 성분별 농도로 계산하면 주 1회 처리 시 묘목 1본당 N, P, K는 각각 1.5mg이었다. 관수처리 실험이 진행되는 동안에는 시비처리를 하지 않았다.

4. 실험결과 조사

4.1 성장 및 건물생산량 조사

관수처리 후 각 처리구에 대한 생육조사는 처리 2주 후인 7월 21일부터 8주 후 고사된 대조구(0일), 10일, 15일 간격의 관수처리구를 제외하고 각 처리구에서 78본씩(6용기×13본)을 지정하여 동일한 묘목을 대상으로 간장 및 근원경을 측정하였다. 건물생산량은 관수처리 후 9월 22일에 각 처리구별로 6본씩을 무작위로 채집하여 75°C에서 72시간 건조시킨 후 잎, 줄기 및 뿌리로 구분하여 측정하였다.

또한, 본 실험에서 관수 처리 후 측정된 간장, 근원경, 건물생산량 등의 값을 활용하여 H/D율, T/R율, 엽건중비(LWR, leaf dry weight ratio), 줄기건중비(SWR, stem dry weight ratio), 뿌리건중비(RWR, root dry weight ratio) 및 묘목품질지수(QI, quality index, Dickson 등, 1960)를 구하였다.

- H/D ratio = Height (cm)/Root collar diameter (mm)
- T/R ratio = Top (leaf+stem) dry weight / Root dry weight
- LWR (g·g⁻¹) = Leaf dry weight / Total dry weight
- SWR (g·g⁻¹) = Stem dry weight / Total dry weight
- RWR (g·g⁻¹) = Root dry weight / Total dry weight

$$\text{Quality Index (QI)} = \frac{\text{Total dry weight}}{\frac{\text{Height}}{\text{Root collar diameter}}(\text{H/D}) + \frac{\text{weight}}{\text{Root dry weight}}(\text{T/R})}$$

4.2 뿌리의 형태적 특성 조사

차광별 뿌리의 영상 분석(root image analysis) 및 전체길이(total root length), 투영단면적(total projected root area), 표면적(total root surface area), 전체부피(total root volume), 평균직경(average root diameter) 등을 조사하기 위해서 Kim 등(2010)과 동일한 방법으로 WinRhizo program (version 2009, Regent Instrument Inc., Canada)을 사용하였다.

4.3 묘목의 피해 조사

관수 처리에 의한 묘목의 피해 조사는, 관수시험의 경우는 시험시작일로부터 잎이 마르고 생기를 잃기 시작하는 시기와 고사한 시기를 육안으로 확인하여 기록하였다.

5. 통계처리

관수처리별 묘목의 성장, 성장량, 묘목품질지수 등의 측정치에 대한 분석은 통계분석은 SPSS program (version 18, Statistical Package for Social Science, Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 이때 통계적으로 차이가 유의한 경우 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 성장

1.1 지상부

소나무 1년생 용기묘를 8주 동안 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15일 간격으로 관수처리한 결과 고사한 대조구, 10일, 15일 간격의 관수처리구를 제외한 8주치의 간장과 근원경 생장의 경우 1일 간격에서 각각 11.6cm와 1.93mm로 가장 높게 조사되었으며, 그 다음은 2일, 3일, 5일, 7일 간격 순으로 관수주기가 길어질수록 생장이 저조한 경향을 보이는 것으로 나타났다(Table 3).

상대성장률의 경우에도 1일 간격에서 간장과 근원경 생장이 각각 34.7%와 32.4%로 가장 높게 조사되었으며, 가장 낮은 상대성장률을 보인 7일 간격보다 각각 15.0%와 15.8% 높게 나타났다. 관수주기가 길어질수록 간장과 근원경의 상대성장률이 낮아지는 경향을 보이며, 간장 및 근원경 성장과 동일한 경향을 보였는데 이렇게 관수주기가 짧을수록 소나무의 성장 및 성장률이 높게 나타난 결과는 소나무의 생장이 관수주기에 따른 수분의 함량에 영향을 받기 때문으로 사료된다.

일반적으로 수목의 생장은 생육상토 내 수분함량에 많은 영향을 받으며, 수목의 성장률과 토양수분 함량률은 비례관계에 있고 수분 조건이 불량하면 묘목의 성장률은 낮아지고 수분이 충분할 경우 성장률은 높아진다고 알려져 있다(Downes 등, 1999; Wright 등, 2001). 초본 또한 식물체의 수분흡수량, 즉 관수량에 따라 줄기의 성장에 차이가 나타나는 것으로 보고되었다(Hwang 등, 2010; Min 등, 2004; Rhee 등, 2008).

한편, 열대수종인 *Eucalyptus pellita*와 *Acacia mangium*을 대상으로 1~3일의 관수주기로 실험한 결과를 보면 1일마다 관수를 실시한 처리구의 간장과 근원경이 가장 높은 성장률을 보였으며, 관수주기가 길어질수록 생육이 저조한 경향을 보였다고 하였다(Lee 등, 2010). 백합나무의 경우도 간장과 근원경 생장은 1회/1일의 관수 처리구에서 가장 우수한 것으로 보고되었다(Cho 등, 2012). 이는 본 실험과 동일한 결과로, 이러한 결과들을 통해 관수주기가 수목의 성장에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

Table 3. Plant height, root collar diameter, and the relative growth rate of *P. densiflora* seedlings in container by irrigation treatments.

Irrigation cycle (day)	Plant height (cm)			Root collar diameter (mm)			H/D ratio (8 weeks)
	Jul.	Sept. (8 weeks)	RGR ^z (%)	Jul.	Sept. (8 weeks)	RGR (%)	
0	-	-	-	-	-	-	-
1	7.5±0.3 ^y a ^x	11.6±0.4 a	34.7	1.29±0.03 a	1.93±0.03 a	32.4	6.0±0.2 a
2	7.7±0.3 a	10.9±0.3 ab	29.3	1.36±0.04 a	1.87±0.04 ab	27.2	5.9±0.2 a
3	7.5±0.2 a	10.4±0.3 b	27.5	1.31±0.06 a	1.78±0.04 b	24.1	5.9±0.2 a
5	7.6±0.3 a	9.1±0.4 c	20.3	1.31±0.04 a	1.50±0.04 c	16.6	6.1±0.2 a
7	7.1±0.3 a	8.9±0.4 c	19.7	1.25±0.04 a	1.41±0.03 c	16.6	6.4±0.2 a
10	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-

^zRelative growth rate.

^yMeans±SE are represented and measured in 2011.

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

Table 4. Root morphological responses of *P. densiflora* seedlings in container by various irrigation treatments.

Irrigation cycle (day)	Total root length (cm)	Root project area (cm ²)	Root surface area (cm ²)	Root diameter (mm)	Root volume (cm ³)
0	-	-	-	-	-
1	533.8±35.7 ^z a ^y	15.6±0.8 a	48.9±2.6 a	0.295±0.013 a	0.36±0.02 a
2	542.2±49.0 a	15.1±1.1 a	47.4±3.3 a	0.283±0.008 ab	0.33±0.02 a
3	544.5±33.2 a	16.1±0.7 a	50.5±2.1 a	0.299±0.016 a	0.38±0.02 a
5	488.8±30.9 ab	12.5±0.7 b	39.2±2.1 b	0.260±0.006 b	0.25±0.01 b
7	408.3±12.8 b	10.7±0.4 b	33.5±1.2 b	0.266±0.004 ab	0.22±0.01 b
10	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-

^zMeans±SE are represented and measured on September 22, 2011.

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

묘목의 건전도를 판단할 수 있는 지수인 H/D율은 전체가 5.9~6.4였으며, 생장이 가장 저조한 7일 간격에서 가장 높게 나타났다. 하지만, 모든 처리구간 유의적 차이는 보이지 않았다(Table 3).

1.2 지하부

관수처리에 따른 소나무 용기묘 뿌리의 형태적 특성은 Table 4와 같다. 전체뿌리길이는 3일 간격에서 544.5cm로 가장 길었고 그 다음은 2일, 1일 간격 순으로 길게 조사되었으며, 이들 처리구간의 차이는 10.7cm로 유의성을 보이지 않았다. 투영단면적, 표면적, 뿌리직경 및 뿌리부피도 3일 간격에서 16.1cm², 50.5cm², 0.299mm, 0.38cm³로 가장 높았고 그 다음은 1일, 2일 간격 순으로 높았으며, 이들 처리구간에는 유의적 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

전체적으로 관수처리에 의한 소나무 용기묘의 전체뿌

리길이, 투영단면적, 표면적 및 뿌리부피는 고사한 처리구를 제외하고 상대적으로 관수간격이 긴 5일과 7일 간격에서 관수주기가 짧은 1일, 2일, 3일 간격보다 상대적으로 뿌리발달이 저조한 것으로 나타났는데 이는 간장과 근원경 성장과도 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 즉, 건강하고 활발한 뿌리생장은 물과 양분의 흡수 능력을 발달시켜 지상부 성장 증가에도 영향을 주게 되는데 이러한 건강한 뿌리는 결국 묘목품질 평가의 좋은 지표가 되고 있다(Fox 등, 1990). 따라서 용기묘 생산에서 중요하게 다루어지는 용기 내 뿌리발달 문제에 있어서 이러한 관수처리의 긍정적인 효과는 시설 내 칩엽수류 용기묘 생산에 적극적으로 적용이 필요한 처리로 판단된다.

2. 건물생산량

잎, 줄기, 전체 건물생산량의 경우 1일 간격에서 각각

Table 5. Dry weight and T/R ratio of *P. densiflora* seedlings in container by various irrigation treatments.

Irrigation cycle (day)	Dry weight (g)				T/R ratio
	Leaves	Stem	Root	Total	
0	-	-	-	-	-
1	0.235±0.016 ² a ³	0.157±0.009 a	0.189±0.005 a	0.580±0.027 a	2.1±0.1 a
2	0.154±0.015 b	0.142±0.009 ab	0.193±0.002 a	0.489±0.023 b	1.5±0.1 b
3	0.141±0.013 b	0.132±0.010 abc	0.197±0.008 a	0.469±0.028 b	1.4±0.1 b
5	0.132±0.015 b	0.119±0.011 bc	0.105±0.008 b	0.357±0.030 c	2.4±0.2 a
7	0.123±0.008 b	0.105±0.006 c	0.103±0.007 b	0.331±0.010 c	2.3±0.2 a
10	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-

²Means±SE are represented and measured on September 22, 2011.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

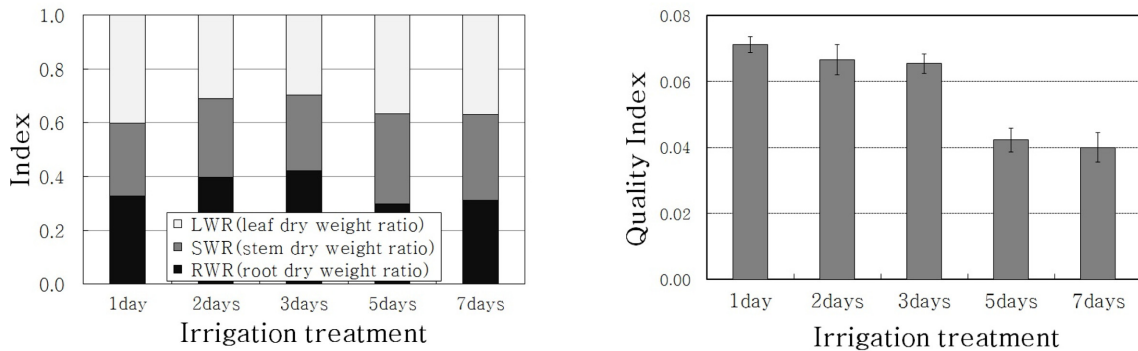


Fig. 1. Effects of irrigation cycle on LWR (leaf dry weight ratio), SWR (stem dry weight ratio), RWR (root dry weight ratio) and QI (quality index) of *P. densiflora* seedlings. Bars indicate SE.

0.235g, 0.157g, 0.580g으로 가장 높았으며, 건물생산량이 가장 낮은 7일 간격보다 각각 약 1.9배, 1.5배, 1.8배 높은 성장을 보이는 것으로 조사되었다. 잎, 줄기, 전체 건물생산량은 관수주기가 길어질수록 건물생산량이 낮아지는 경향을 보여 간장생장과 동일한 결과를 보인 것으로 나타났다. 뿌리의 건물생산량의 경우에는 3일, 2일, 1일 간격에서 각각 0.197g, 0.193g, 0.189g 순으로 높았는데 이러한 결과는 3일 간격에서 뿌리 생장이 가장 좋은 것으로 조사된 결과와 부합되는 결과로 사료된다.

한편, 5일, 7일 간격에서는 잎, 줄기, 뿌리 및 전체 건물생산량이 유의적 차이를 보이며 낮았는데 이는 지상부와 지하부의 성장 결과와 부합되는 결과로 묘목의 건전한 성장에 필요한 수분이 결핍되어 뿌리로 분배되는 광합성 산물의 비율이 상대적으로 낮아졌기 때문으로 판단된다(Kim, 2000).

용기묘의 형태적 품질평가의 중요한 지표인 지상부와 지하부 생장의 균형을 평가하는 T/R율은 전체가 1.4~2.4였으며, 3일 간격에서 1.4로 가장 낮았다. 5일과 7일 간격에서 2.4와 2.3으로 높게 나타났는데 이는 수분부족으

로 줄기의 생장이 뿌리의 성장보다 수분스트레스에 대한 영향을 더 많이 받았기 때문으로 사료된다(Kozlowski, 1982; Kramer, 1983; Seiler, 1985; Seiler와 Johnson, 1984).

3. 건중비(LWR, SWR, RWR) 및 QI

LWR은 1일 간격에서 0.40으로 가장 높았고 그 다음은 7일과 5일 간격에서 높았다. SWR은 5일, 7일 간격에서 0.33과 0.32로 가장 컸으며, 1일 간격에서 가장 낮게 나타났다.

RWR의 1일, 2일, 3일 간격의 경우에는 관수주기가 길어질수록 커지는 경향을 보였는데 이러한 결과는 근원경 성장, 전체뿌리길이, 뿌리의 건물생산량과 동일한 경향을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 1).

묘목품질 평가요소인 H/D율과 T/R율, 그리고 묘목 전체 건물생산량을 주요 요소로 나타내는 값인 QI는 묘목이 정상적인 성장을 하였을 경우 묘목품질지수(QI)가 높을수록 건전한 묘목으로 평가받는다(Bayala 등, 2009; Mattsson, 1996; Thompson, 1985).

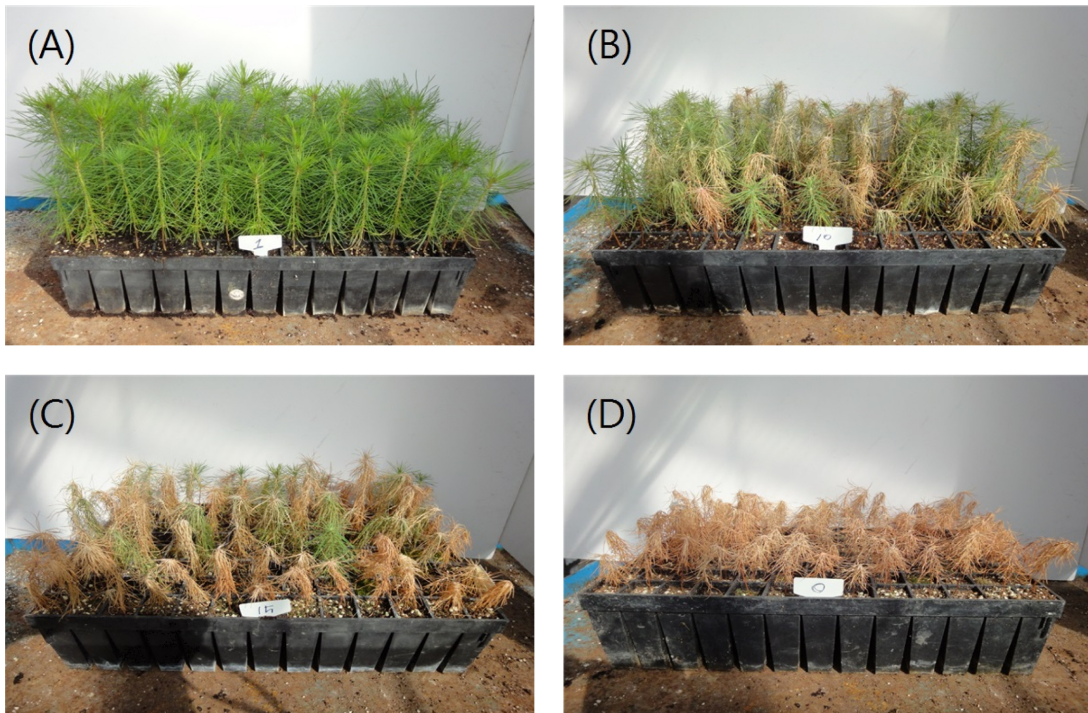


Fig. 2. Phenotypic response of *P. densiflora* seedlings by various irrigation cycles observed on Aug. 27, 2011. (A) 1 day of irrigation cycle, (B) 10 days of irrigation cycle, (C) 15 days of irrigation cycle, and (D) no irrigation.

본 실험에서 QI는 상대적으로 생장이 좋은 것으로 나타난 1일, 2일, 3일 간격에서 각각 0.071, 0.067, 0.065로 1일 간격에서 가장 높고 관수주기가 길어질수록 낮아지는 경향을 보이는 것으로 나타났으며, 1일, 2일, 3일 간격의 처리구에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. Lee 등(2010)이 *Eucalyptus pellita*와 *Acacia mangium*을 대상으로 1~3일 간격으로 관수주기를 적용한 실험에서 두 수종 모두 QI가 1일 간격에서 가장 높게 나타났는데 이에 대해 관수주기 처리별 물질생산량에서 큰 차이가 나타났기 때문에 분석하였다.

4. 가시적 피해

관수주기에 따른 묘목의 피해를 관찰한 결과 대조구, 10일, 15일 간격에서는 묘목이 고사하였다(Fig. 2). 대조구는 관수를 실시한 후 14일차부터 잎이 시들기 시작하였으며, 32일차에 100% 고사하였다. 10일 간격은 25일차부터 시들기 시작하여 51일차에 약 50%가 고사하고, 74일차에 100% 고사하였다. 15일 간격의 경우에는 실험 18일차부터 고사하기 시작하여 60일차에 100% 고사하였다.

용기에서의 묘목 피해는 전체적으로 용기 가장자리에서 보다 심한 것으로 관찰되었으며, 관수주기가 길어짐에 따라 전체 가장자리의 묘목이 먼저 고사한 개체수

또한 많았다.

한편, Kim 등(2008)은 소나무 2년생 용기묘를 생산하기 위한 1년생 용기묘의 월동 시 관수의 경우 무관수를 포함하여 매 1, 2, 3, 4주마다 실시한 결과 최소한 2주 주기의 정기적인 관수가 필요한 것으로 보고하여 시기에 따라 관수주기가 달라지는 것을 알 수 있다. 이와 마찬가지로 1년생 용기묘 생산 목적의 본 실험의 결과에서 적정 관수 주기가 1일 간격으로 나타났지만, 2년생 용기묘 생산, 또는 4년생 용기대묘 생산 목적 등 용기묘 생산 묘령의 차이에 따른 적정 관수체계는 1년생 용기묘 때와는 달라질 것으로 판단되므로 추후 이와 관련된 실험이 반드시 필요할 것으로 사료된다.

시설양묘에 있어 관수는 묘목의 품질과 생장에 직접적인 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다. 앞으로 시설양묘 확대정책이 계획되어지고 있는 현시점에서 우리나라의 대표적인 시설양묘 대상수종인 소나무 1년생 묘목을 대상으로 생육단계별 적절한 관수체계를 확립하여 소나무 용기묘를 생육한다면 관리의 용이함, 비용 절감 등 보다 효율적으로 높은 품질의 묘목 생산이 가능할 것으로 사료된다. 뿐만 아니라 소나무의 성장균형이 양호해 조립과정에서도 높은 활착과 생장을 유도할 수 있어 우수한 조립성과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 우리나라의 대표적인 조림수종인 소나무를 대상으로 조림지 식재 후 활착률을 높이기 위해 상대적 으로 생육이 좋은 용기묘로 생산하고자 할 때, 관수처리 수준에 따른 성장 반응 특성을 조사하고 이를 통하여 적정 관수 수준을 구명하고자 실시되었다. 104구 용기에서 생육된 소나무 용기묘는 대조구(무관수)를 포함하여 파종 후 15주부터 8주 동안 각각 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15 일 간격으로 관수되었다. 관수처리에 따른 소나무 용기 묘의 간장과 근원경 생장, 건물생산량을 조사한 결과 가장 좋은 성장 반응은 관수처리 1일 간격에서 가장 높게 나타났다. 관수주기가 짧아질수록 소나무 용기묘의 생장이 좋아졌지만, 전체뿌리길이는 2일이나 1일 관수주기보다 3일에서 더 높게 나타났다. 묘목품질지수의 경우 1일 간격에서 가장 높고 관수주기가 길어질수록 낮아지는 경향을 보였다. 본 연구결과를 종합하면 1~2일 간격의 관수가 소나무 용기묘의 생육에 있어 적합한 것으로 판단 된다.

추가 주제어: 가시적 피해, 건중량, 관수처리, 묘목품질 지수, 시설양묘

Literature Cited

- Bayala, J., M. Dianda, J. Wilson, S.J. Quedraogo, and K. Sanon. 2009. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forests* 38:309-322.
- Cho, M.S., S.W. Lee, J.H. Hwang, and J.W. Kim. 2012. Growth performance and photosynthesis of two deciduous hardwood species under different irrigation period treatments in a container nursery system. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 14:28-38 (in Korean).
- Dickson, A., A.L. Leaf, and J.F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle* 36:10-13.
- Downes, G., C. Beadle, and D. Worledge. 1999. Daily stem growth patterns in irrigated *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* in relation to climate. *Trees* 14:102-111.
- Edwards, I.K. and R.F. Huber. 1982. Contrasting approaches to containerized seedling production. 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, Canada. p. 123-127.
- Fox, J.E.D., I.K. Surata, and S. Suriamidhardja. 1990. Nursery potting mixture for *Santalum album* L. in Timor. *Mulga Research Centre J.* 10:38-44.
- Hwang, S.M., T.R. Kwon, E.S. Doh, and M.H. Park. 2010. Growth and physiological adaptations of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill) in response to water scarcity in soil. *J. Bio-Env. Con.* 19:266-274.
- Kim, J.J. 2000. Studies on optimum shading for seedling cultivation of *Cornus controversa* and *C. walteri*. *J. Korean Forest Soc.* 89:591-597 (in Korean).
- Kim, J.J. 2003. Species and technology of container nursery. *J. Forest Nurseryman Assoc. Korea* 31:39-47 (in Korean).
- Kim, J.J. and T.S. Yoon. 2006. Survival and growth conditions of container seedling. *J. Forest Nurseryman Assoc. Korea.* 34:83-93 (in Korean).
- Kim, J.J., K.H. Song, and T.S. Yoon. 2008. Optimum management for overwintering of *Pinus densiflora* container seedlings. *J. Korean Forest Soc.* 97:53-60 (in Korean).
- Kim, J.J., K.J. Lee, K.S. Song, Y.G. Cha, Y.S. Chung, J.H. Lee, and T.S. Yoon. 2010. Exploration of optimum container for production of *Larix leptolepis* container seedlings. *J. Korean Forest Soc.* 99:638-644 (in Korean).
- Kozłowski, T.T. 1982. Water supply and tree growth, Part I, water deficits. *Forestry Abstr.* 43:57-95.
- Kramer, P.J. 1983. *Water relations of plants*. Academic Press, New York. p. 489.
- Kwon, K.W., M.S. Cho, G.N. Kim, S.W. Lee, and K.H. Jang. 2009. Photosynthetic characteristics and growth performances of containerized seedling and bare root seedling of *Quercus acutissima* growing at different fertilizing schemes. *J. Korean Forest Soc.* 98:331-338 (in Korean).
- Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and J.P. Barnett. 1989. *The container tree nursery manual*. Vol. 4. Seedling nutrition and irrigation. *Agriculture Handbook 674*. USDA Forest Service, Washington DC. p. 119.
- Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and J.P. Barnett. 1992. *The container tree nursery manual*. Vol. 3. Atmospheric environment. *Agriculture Handbook 674*. USDA Forest Service, Washington DC. p. 145.
- Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and J.P. Barnett. 1995. *The container tree nursery manual*. Vol. 1. Nursery planning, development and management. *Agriculture Handbook 674*. USDA Forest Service, Washington DC. p. 188.
- Lee, S.W., M.S. Cho, and G.N. Kim. 2010. Effect of different irrigation period on photosynthesis and growth performances of containerized seedling of *Eucalyptus pellita* and *Acacia mangium*. *J. Korean Forest Soc.* 99:414-422 (in Korean).
- Mattsson, A. 1996. Prediction field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13:223-248.
- Min, B.R., W. Kim, B.S. Lee, and D.W. Lee. 2004. Effects of method, number of times for spraying and ventilation condition on the growth in greenhouse. *J. Bio-Env. Con.* 13:149-155 (in Korean).
- Rhee, H.C., M.W. Cho, Y.C. Um, J.M. Park, and J.H. Lee. 2008. Control of irrigation amount for production of high

- quality fruit in melon fertigation cultivation. *J. Bio-Env. Con.* 17:288-292 (in Korean).
- Seiler, J.R. 1985. Morphological and physiological changes in black alder induced by water stress. *Plant Cell and Environ.* 8:219-222.
- Seiler, J.R. and J.D. Johnson. 1984. Growth and acetylene reduction of black alder seedlings in response to water stress. *Can. J. Forest Res.* 14:477-480.
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation - what you can tell by looking. In: M.L. Durvea (ed.). *Proceedings of evaluation seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests.* Forest Research Lab., Oregon State Univ., Corvallis, Oregon. p. 59-71.
- Wright, I.J., P.B. Reich, and M. Westoby. 2001. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high- and low-rainfall and high- and low-nutrient habitats. *Functional Ecol.* 15:423-434.