

식재기구에 따른 소나무 용기묘의 초기생장특성

고치웅¹ · 이관희² · 김동현³ · 강진택¹ · 김동근^{4*}

¹국립산림과학원 산림산업연구과, ²국립산림과학원 산림생산기술연구소,

³경북대학교 생태환경시스템학과, ⁴경북대학교 생태환경시스템학부

An Analysis of Characteristic of Initial Growth with Containerized Seedlings of *Pinus densiflora* According to Planting Tools

Chi-Ung Ko¹, Kwan-Hee Lee², Dong-Hyun Kim³,
Jin-Taek Kang¹ and Dong-Geun Kim^{4*}

¹Division of Forest Industry Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

²Forest Practice Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Korea

³Department of Ecology and Environment System, Graduate School, Kyungpook University, Sangju 37224, Korea

⁴Department of Ecology and Environmental System, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

요약: 본 연구는 경북대학교에서 개발한 경량식혈기와 일반적인 용기묘 식재 방법인 팽이를 이용하여 경상북도 상주시 화동면 이소리에 2015년 4월 소나무 용기묘(2-0)를 정방형 식재방법(1.8×1.8 m)으로 식재기구별 각각 225본씩 식재하여 약 2년 동안의 초기생장, 생존율 및 묘목품질지수(SQI)를 조사·분석하였다. 분석결과, 경량식혈기와 팽이를 이용하여 식재한 용기묘의 평균 근원경(mm)은 각각 2015년에 3.77과 3.94, 2016년에 18.73과 15.32, 2017년에 27.8과 23.9로 나타났다. 또한 용기묘의 평균 간장(cm)은 각각 2015년에 33.4와 33.4, 2016년에 89.8과 74.7, 2017년에 120.7과 97.9로 간장 역시 경량식혈기를 이용하여 식재한 용기묘가 팽이를 이용하여 식재한 용기묘 보다 초기 생장이 더 높은 것으로 나타났으며, 생존율 또한 경량식혈기를 이용한 용기묘의 생존율이 팽이를 이용한 경우 보다 약 10%정도 더 높게 나타났다. 그리고 H/D율(건전도)과 T/R율은 서로 유사한 값을 나타낸 반면 SQI는 경량식혈기가 0.60, 팽이는 0.24로 나타나 경량식혈기 식재가 팽이 식재에 비해 용기묘의 초기생장에 더 유리한 것으로 판단된다.


Abstract: In this study, containerized seedlings of *Pinus densiflora* (2-0) were planted in Iso-ri, Hwadong-myeon, Sangju-si, Gyeongbuk on April, 2015. It was planted by lightweight planting auger that Kyungpook University has developed and mattock which is the general planting method of containerized seedlings. With the square planting method (1.8×1.8 m), 225 trees were planted respectively and about 2 years of initial growth, survival rate and seedling quality index (SQI) were analyzed and investigated. According to the analysis result, the average root collar diameter (mm) of planted containerized seedlings that used lightweight planting auger and mattock reached 3.77 and 3.94 in 2015, 18.73 and 15.32 in 2016, and 27.8 and 23.9 in 2017 respectively. In addition, the average height of containerized seedlings rated 33.4 and 33.4 in 2015, 89.8 and 74.7 in 2016 and 120.7 and 97.9 in 2017. It turns out that the height of initial growth of containerized seedlings that are planted by lightweight planting auger were much higher than mattock. The survival rate of the containerized seedlings that used lightweight planting auger was also higher by 10% than that used mattock. Also, H/D rate (healthiness) and T/R rate were almost the same, however, for the SQI, 0.60 was for lightweight planting auger and 0.24 for mattock. It seems like the lightweight planting auger is more advantageous than mattock in initial growth.

Key words: lightweight planting auger, containerized seedling, initial growth

* Corresponding author
E-mail: dgkim96@knu.ac.kr

ORCID

Chi-Ung Ko  <http://orcid.org/0000-0001-6706-5624>

Dong-Geun Kim  <http://orcid.org/0000-0002-9841-1187>

서론

소나무는 소나무과 상록침엽교목으로 우리나라에서는 국민들의 선호도가 가장 높고 현재 가장 많이 조림에 이용되는 수종으로 2015년에 전체 침엽수종 조림면적 12,920 ha 중에 5,340 ha 면적에 13,070본(천본/ha)으로 약 40% 이상 차지하여 침엽수종중 가장 많은 면적과 식재본수가 높은 수종이다(KFS, 2016). 또한 소나무는 황폐지 녹화 과정에서 중요한 역할을 하였을 뿐만 아니라 다양한 측면에서 효용가치가 상당히 높은 수종으로 분포 범위도 상당히 넓은 수종이다.

최근 빈번히 발생하는 기상이변으로 노지묘의 경우 여름철 집중호우에 의한 침수피해와 겨울철 월동과정에서의 동해 피해가 묘목 생산현장에서 대량으로 발생되고 있다(Kim et al., 2010). 우리나라에서 조림지역에 용기묘를 식재하기 시작한 것은 얼마되지 않았으며, 그전에는 주로 노지묘를 식재하였다(Cho et al., 2012). 최근 산림용 침엽수의 용기묘 묘목 생산에 대한 관심이 높아짐에 따라(Korea Forest Research Institute, 2007) 용기의 생산과 식재량이 증가하고 있으며, 소나무용기묘의 경우 2-0묘, 2-2묘가 식재된다. 용기묘는 묘목 품질 향상, 양묘단계에서의 노동력 절감, 묘목 생산 기간 단축 등과 같은 시설 양묘 과정에서 이점을 가지고 있을 뿐만 아니라 식재 후 높은 활착과 생장에 의한 조림 성과 향상으로 나타나고 있다(Wilson et al., 2007; Cho et al., 2012).

이러한 용기묘에 의한 조림 성과에 있어서 작업효율, 활착 및 생장 등에 관한 연구는 국내외적으로 계속 이루어져 왔다. 작업효율에 관한 연구로는 식재장비에 따른 연구나 노지묘와의 작업효율 비교 등의 연구 등이 있었

으며(Iwata, 2015; Cho et al., 2008; Ko et al. 2016), 조림목 생장에 대한 연구로 임업선진국에서는 과거부터 조림·식재작업 시 식혈기 이용에 따른 효과를 작업의 효율 성향상 측면에서 뿐만 아니라, 뿌리 활착력, 생존율 등과 같은 생리적인 측면에서도 식혈기 이용의 의의를 다각적으로 고찰 한 바 있다. 미국에서는 팽이나 삽보다 식혈기를 이용하여 미송 묘목을 식재하였을 때 활착률, 생존율이 더 높아진다고 하였으며(USDA Forest Service, 1969, 1980), 또한 일본에서는 전용식재기의 의한 용기묘와 용기묘의 활착률과 초기생장에 관한 연구가 있었다(Iwata, 2015).

그러나 우리나라에서는 조림목의 생장에 관한 연구로 조림지 내 기상, 생물, 토양 특성 등 생장에 영향을 주는 인자들에 대한 연구가 주로 이루어져 왔으며(Won et al., 2006; Byun et al., 2007; Sung et al., 2011; Yang et al., 2014), 식재기구별 생장에 관한 연구는 아직 미비한 실정이다.

이러한 측면에서 본 연구에서는 경량식혈기와 일반적인 식재도구인 농사용 팽이를 이용하여 식재한 소나무 용기묘(2-0)를 대상으로 2015년 4월에 식재하여 2017년 4월까지 총 2년 동안 생존율 및 근원경, 묘고, 부위별 물질생산량, 묘목품질지수 등의 생장 특성을 조사·분석하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구대상지는 경상북도 상주시 화동면 이소리(N 36°22'53", E 127°58'16")로(Figure 1), 해발고도는 305 m, 산지경사 32°, 모암은 주로 화강암이 분포하고 편마암지대도 산재되어 있으며, 토성은 사질양토로 토양상태는

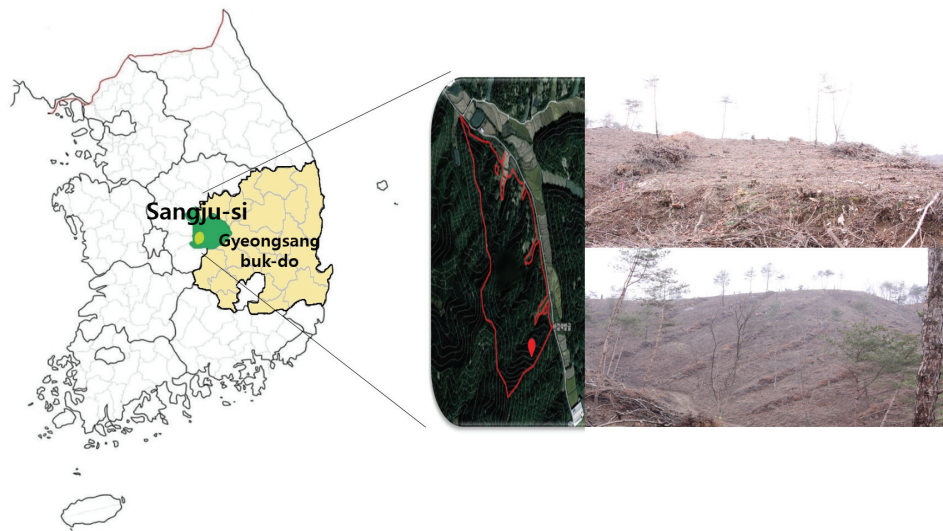


Figure 1. Study site.

돌 함량이 10~30%이고, 나무뿌리가 보통정도로 분포하고 있고 작업장까지 이동시간은 30분 이내에 가까운 곳이다. 또한 같은 사면에 경량식형기로 식재한 조사지에서 2 m 떨어진 곳에 팽이를 이용하여 용기묘를 식재하였으며, 연구대상지는 상대적으로 하층식생의 발달이 적은 지역으로 벌채 전 리기다소나무 조림지이며, 온대중부 기후대로 연구기간이 포함되는 2015~2017년의 조사지의 연평균기온은 13.7°C, 평균 최저기온은 -13.1°C, 평균 최고기온은 36.9°C, 평균 강수량은 968.3 mm으로 나타났다(Korea Meteorological Administration, 2016).

2. 연구방법

1) 식재방법

공시재료인 소나무용기묘(2-0)는 식재당시 평균근원경이 3.85 mm, 평균간장이 33.4 cm인 묘목으로 묘간거리 1.8 m와 열간거리 1.8 m의 간격으로 식재하였으며, 식재 조사를 위해 2인 1조를 구성하여 1인이 식혈을 하고 1인이 식재를 하는 방법으로 경량식형기와 팽이로 25본씩 3반복으로 총 225본을 식재하였다.

2) 토양분석

토양은 2017년 4월 조사지 내 임의추출방법으로 낙엽층을 제거한 후 각 조사지별로 3반복으로 토양채취기를 이용하여 토심의 약 20 cm까지 채취하였고, 토양시료는 충분히 음건 후 분석에 이용하였다. pH와 EC는 pH meter (Orion 501, Orion, USA)를 이용한 1:5 증류수법, EC는 EC meter를 이용하여 전기비전도도를 사용하여 토양의 염류를 측정하였고 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺)농도는 pH 조건마다 토양이 치환할 수 있는 양이온이 다르기 때문에 중성인 pH 7.0에서 NH₄⁺이온으로 토양의 양이온을 침출하는 것으로 Optical Emission Spectrometer (ICP-7300ES, Varian Australia)를 이용하여 측정하였다. 토양의 화학적 분석은 경북대학교 공동실험실습관에 의뢰하여 분석하였다.

3) 성장특성조사 및 품질지수분석

(1) 근원경 및 간장 생장

식재도구에 따른 소나무 용기묘(2-0)의 성장특성의 차이를 조사하기 위해서 2015년 4월에 식재하여 2017년 4월까지 식재도구별로 식재한 전체 묘목의 생존율과 용기묘의 근원경(RCD, Root collar diameter)과 간장(H, Height)을 측정하여 연차별 성장량을 분석하였다. 근원경 측정 시 전자식캘리퍼스를 이용하여 0.1 mm 단위로 측정하였고, 스틸

테이프를 이용하여서 간장을 1 cm 단위로 측정하였다.

2) 물질생산량 및 묘목품질지수

묘목의 물질생산량은 2017년 4월에 묘목을 식재도구별로 무작위로 각 10본씩 채취하여 잎, 가지, 뿌리로 구분한 뒤 건조기에 48시간동안 75°C로 충분히 건조한 후에 건조량을 측정하였다(Figure 2). 측정된 근원경, 간장과 물질생산량 등의 값을 이용하여 건진도를 판단할 수 있는 H/D율(Height/Root collar diameter ratio), T/R율(Top dry weight/Root dry weight ratio)을, 엽건중비(LWR, Leaf dry weight ratio), 줄기건중비(SWR, Shoot dry weight ratio), 뿌리건중비(RWR, Root dry weight ratio), 묘목품질지수(SQI, Seedling quality index)를 이용하여 값을 산출하였다. 계산식은 다음과 같다(Dickson et al., 1960; Šestak et al., 1971; Deans et al., 1989; Bayala et al., 2009).

- $H/D \text{ ratio}(\text{cm} \cdot \text{mm}^{-1}) = \text{Height}(\text{cm}) / \text{Root collar diameter}(\text{mm})$
- $T/R \text{ ratio}(\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \text{Top}(\text{leaf} + \text{shoot}, \text{g}) \text{ dry weight} / \text{Root dry weight}(\text{g})$
- $LWR(\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \text{Leaf dry weight}(\text{g}) / \text{Total dry weight}(\text{g})$
- $SWR(\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \text{Shoot dry weight}(\text{g}) / \text{Total dry weight}(\text{g})$
- $RWR(\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \text{Root dry weight}(\text{g}) / \text{Total dry weight}(\text{g})$
- $SQI(\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \text{Total dry weight}(\text{g}) / (H/D \text{ ratio} + T/R \text{ ratio})$

식재도구에 따른 소나무 용기묘(2-0)의 근원경과 간장의 생장 및 품질지수분석 등을 비교·분석하기 위해서 t-test 검정법으로 평균을 비교하여 유의성 분석을 실시하였으며, 모든 통계분석은 SPSS Version 23을 이용하였다.

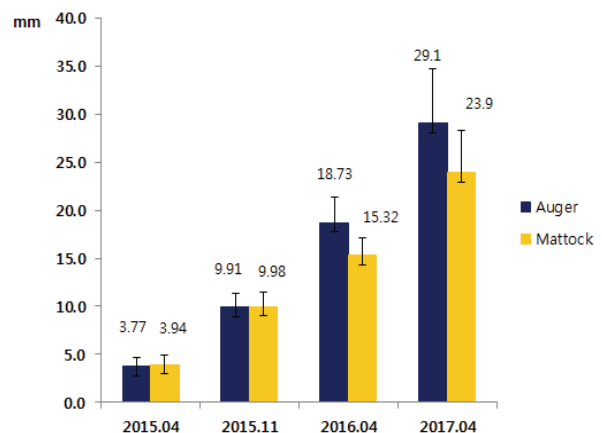


Figure 2. Comparison of Root collar diameter by planting tools.

결과 및 고찰

1. 토양 특성

조사지의 토양 내 토성은 모두 사질양토로 나타났으며 평균 토양 pH는 경량식혈기를 식재한 곳에 pH는 5.00 팽이로 식재한 곳에 pH는 5.35로 조사되어 조사지 간 큰 차이는 없었다(Table 1). 소나무의 생육에 적합한 토양은 일반적으로 중성이나 알칼리성보다 pH5.0~5.5 정도의 약산성 토양에서 양호한 성장을 보여(Song et al., 1997) 조사지의 pH는 소나무용기묘가 성장하기에 양호한 토양이라고 판단된다.

토양 내 평균 치환성 양이온은 경량식혈기로 식재한 곳에 토양은 Ca²⁺ 1.82, Mg²⁺ 0.54, K⁺ 0.77, Na⁺ 0.28이었고, 팽이로 식재한 곳에 토양은 Ca²⁺ 3.99, Mg²⁺ 0.77, K⁺ 0.61, Na⁺ 0.35로 조사되어 본 연구에 조사지는 소나무가 성장하는데 양호한 토양의 양이온 농도를 가지고 있다고 판단된다.

또한 조사지는 소나무 용기묘(2-0)가 식재되기 전 리기다소나무 벌채지로서 경량식혈기와 팽이로 식재한 토양의 평균 토양 유기물 농도(%)는 각각 29.61, 22.79로 나타났다. 이는 낙엽송림과 리기다소나무림 벌채지에 소나무와 낙엽송의 조림을 한 뒤 토양의 특성과 성장을 비교한 연구(Yang et al., 2013)에서 리기다소나무 벌채지의 평균 토양유기물(%)이 3.32, 6.59로 조사된 것과 질소와 인 시비가 리기다소나무와 낙엽송 조림지 토양에 화학적으로 미치는 연구(Lee and Son, 2004)에서 8.96%로 나온 것과 비교했을 때 본 연구의 조사지의 유기물농도가 높게 나타나 리기다소나무 벌채지 내 높은 토양 유기물 농도는 조림목이 상대적으로 양호한 성장을 하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다(Yang et al., 2013).

Table 1. pH and organic matter in soil.

Properties	Auger (mean)	Mattock (mean)	
pH	5.00	5.35	
EC (ds/m)	0.45	0.44	
OM (g/kg)	29.61	22.79	
p ₂ O ₅ (mg/kg)	52.30	61.91	
T-N (%)	0.084	0.053	
EX Catins (cmolc/kg)	Ca	1.82	3.99
	K	0.77	0.61
	Mg	0.54	0.77
	Na	0.28	0.35

2. 조림목의 생장특성

1) 작업기구별 근원경 및 줄기 생장

경량식혈기와 팽이를 이용하여 식재한 용기묘의 평균 근원경(mm)은 각각 2015년에 3.77과 3.94, 2016년에 18.73과 15.32 2017년에 27.8과 23.9로 나타났다. 또한 용기묘의 평균 간장(cm)은 각각 2015년에 33.4와 33.4, 2016년에 89.8과 74.7, 2017년에 120.7과 97.9로 간장 역시 경량식혈기를 이용하여 식재한 용기묘의 생장이 우수하였다. 통계적 유의성은 근원경과 간장 모두식재 후 1년이 경과한 2016년, 2017년에 나타났다. 이는 시비처리를 50 g과 100 g으로 달리하여 소나무 용기묘와 노지묘의 생육에 미치는 영향을 알아본 실험결과 식재초기인 1년차 보다 2년차에서 생장차이가 높다고 나타내는 기존의 연구결과(Cho et al., 2012)와 비료의 성분비를 달리하여 각 처리구에 처리한 소나무의 묘목의 생장이 2년차부터 차이가 뚜렷한 것을 보인 연구결과(Byun et al., 2007)와 산불피해 지역에서 시비처리를 한 소나무 용기묘의 생장 실험에서 무시비구와 시비 처리 구간이 1년차에는 생장차이가 크지 않았지만, 이후부터는 현저한 차이를 보인 결과(Won et al., 2006)와 비슷한 경향을 보였다(Figure 3, Figure 4).

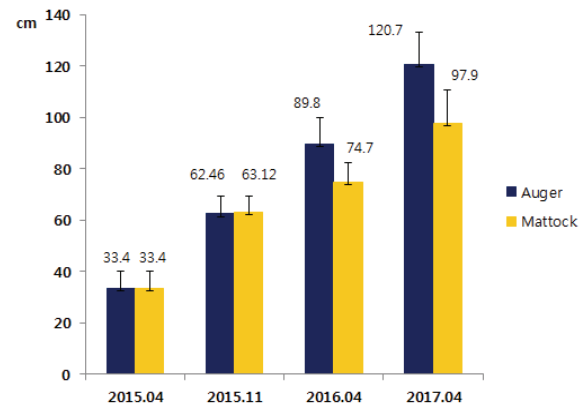


Figure 3. Comparison of Height by planting tools.

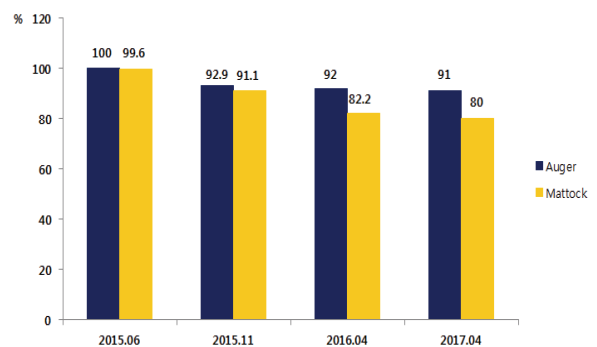


Figure 4. Survival rate of containerized seedlings by planting tools.

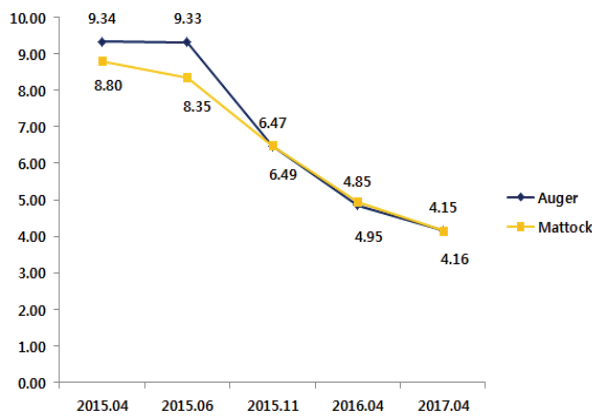


Figure 5. Comparison of H/D over time for the planting tools.

2) 작업기구별 생존율

작업기구별 생존율은 식재 후 6개월까지는 경량식혈기 92.9%, 팽이 91.1%로 차이가 나지 않았으나 1년 후 부터는 경량식혈기 92%, 팽이 82.2%로 약 10% 정도의 차이를 보였다(Figure 5). 이 결과는 시비처리(무시비, 심층시비 20 g, 50 g, 100 g 및 표층시비 20 g)에 따른 소나무용기묘와 노지묘의 성장율이 약 90% 이상 나온 결과(Cho et al., 2012)와 비교했을 시 경량식혈기는 비슷했으나 팽이로 식재한 것은 차이가 나는 것을 알 수 있었고, 용기묘 식재 전용기구인 Dibble을 이용하여 삼나무 용기묘를 식재하여 작업공정을 알아본 연구인 岩田 若奈(2015)의 연구에서 식재 1년 후 생존율 91.7%로 본 연구의 결과와 경향이 비슷했다. 이는 경량식혈기로 작업 시 용기묘의 분이 식재구멍의 크기와 같아 분이 파손되지 않고 수평으로 안정되게 식재 되며, 토양 배출식 Screw로 식재구멍 내에 토양이 답압되지 않아 식재구멍이 일정하지 않은 팽이를 이용한 식재보다 뿌리 활착력이 좋아 생존율이 높다고 판단된다.

3) H/D율과 T/R율

H/D율은 간장(cm)과 근원경(mm)의 비율로, 용기묘는 낮은 H/D율과 T/R율 및 높은 품질지수(SQI)일 때 건전한 묘목으로 평가받는다(Bayala et al., 2009). 또한 묘목의 내건성 지표로서 H/D율이 높으면 조림 후에 바람과 건조, 저온등과 같은 스트레스에 취약한 것으로 알려져 있다(Burdett, 1990; Grossnickle, 2012; Thompson, 1985).

본 연구에서는 경량식혈기와 팽이를 이용하여 식재한 소나무 용기묘의 평균 H/D율이 각각 2015년에 9.34와 8.80, 2016년에 4.85와 4.95, 2017년에 4.15와 4.16으로 시간이 경과할수록 H/D율이 감소하였고, 작업기구간 H/D율의 통계적인 유의적 차이는 없었다. 이러한 결과는



Figure 6. Seedlings dug and appearance in measurement of dry weight.

(A: Seedlings planted by a light weight auger, B: Seedlings planted by a mattock, C: dry weight)

활착 후에 근원경생장이 간장생장보다 상대적으로 높아져 안정적인 성장 상태가 된 것으로 보인다(Figure 6). 국내에서는 용기묘의 H/D율 값이 10 $\text{cm}\cdot\text{mm}^{-1}$ 이하일 경우 건전율이 좋은 묘목으로 분류한다고 하였으며, 산림청에서는 종묘사업실시요령 내 묘목규격표내에 용기묘 기준이 적용되는 H/D율 값을 활엽수에 경우에는 9~22 $\text{cm}\cdot\text{mm}^{-1}$, 침엽수는 8~14 $\text{cm}\cdot\text{mm}^{-1}$ 범주 내로 정하고 있다(KFS, 2014; Cho, 2015).

작업기구간 용기묘의 건전도를 평가하기 위해 H/D율과 같은 한 가지 기준으로 묘목의 품질을 평가하는 것 보다는 묘목품질지수(SQI), 광합성 산물의 배분, 근계 발달 등 다양한 성장 특성과 함께 광합성, 엽록소 함량 등의 생리적인 측면도 고려되어 종합 적으로 판단하여야 한다(Cho et al., 2015).

또한 T/R율은 지상부와 지하부의 건중량을 통하여 균형을 예상하는 수단으로 오랜 시간 사용되어온 묘목품질 평가 지수 중 하나이며, 노지묘의 경우에는 T/R율이 3.0 또는 보다 낮은 값이 건전한 묘목이고, 용기묘의 경우에는 그보다 낮은 2.0이 적정하다고 하였으며(Haase, 2007), 우리나라의 경우에는 T/R율이 2.5~3.0정도가 건전한 묘목이라고 하였다(Oh, 1982). 본 연구의 T/R율 조사 결과는 경량식혈기를 이용하여 식재한 용기묘는 3.17, 팽이는 3.26으로 측정되어 팽이로 식재한 용기묘가 상대적으로 경량식혈기를 이용하여 식재한 용기묘 보다 뿌리의 발달이 적고 지상부의 생장이 활발한 것으로 나타났다 (Table 2).

4) 물질생산량 및 묘목품질지수

작업기구간 용기묘의 건전도를 평가하기 위해 H/D율과 같은 한 가지 기준으로 묘목의 품질을 평가하는 것 보다는 묘목품질지수(SQI), 광합성 산물의 배분, 근계 발달 등 다양한 성장 특성과 함께 광합성, 엽록소 함량 등의 생리적인 측면도 고려되어 종합 적으로 판단된다(Cho et al., 2015).

Table 2. Dry mass production and T/R ratio of planting tools.

Planting tools	Dry mass production (g)				T/R
	Leaves	Stem	Root	Total	
Auger	83.71 ± 4.74	250.88 ± 16.75	105.45 ± 6.45	440.05 ± 27.15	3.26 ± 0.21
Mattock	33.59 ± 2.94	102.63 ± 8.29	44.13 ± 5.17	180.35 ± 16	3.17 ± 0.08

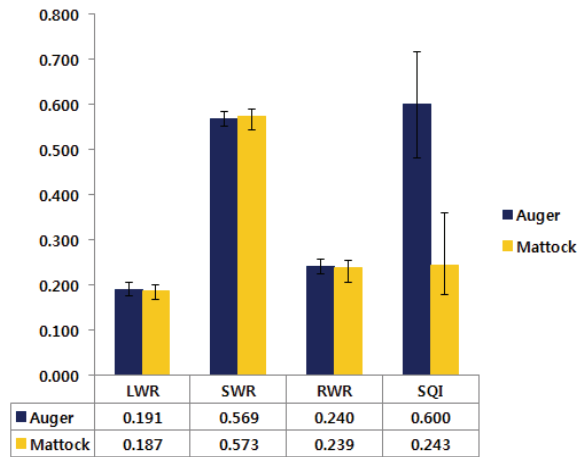


Figure 7. Comparison of LWR, SWR, RWR and SQI for the planting tools.

따라서 본 연구에서는 작업기구별 소나무 용기묘(2-0)의 간장, 근원경, 물질생산량(건중량) 등의 값을 활용하여 작업기구별 소나무 묘목품질지수에 어떤 영향을 주는 지 분석하고자 LWR (Leaf dry weight ratio), SWR (Shoot dry weight ratio), RWR (Root dry weight ratio) 및 SQI (Seedling quality index)를 구하였다(Figure 7).

LWR은 경량식형기 0.191, 팽이 0.187로, RWR은 경량식형기 0.240, 팽이 0.239로 서로 비슷하게 나타났으나 SWR은 경량식형기 0.569, 팽이 0.573로 나타나 비율이 LWR, RWR 값보다 다소 큰 값을 보이는데 이는 용기묘의 간장과 근원경 생장이 크게 나타나 전체 물질생산량 대비 줄기 물질생산량이 차지하는 비율이 높은 것으로 사료된다(Cho et al., 2012). 또한 SQI는 묘목이 정상적인 생장을 하였을 때 수치가 높을수록 건전한 묘목으로 평가 받는데, 이는 묘목 품질을 평가하는 요소인 H/D율과 T/R율이 전부 고려되고 묘목의 전체 건물생산량을 주요 요소로 구한 값이기 때문이다(Thompson, 1985). 본 연구에서 묘목의 품질을 나타내는 SQI는 경량식형기로 식재한 묘목의 SQI는 0.60, 팽이를 이용하여 식재한 묘목의 SQI는 0.24로 작업기구간 통계적으로 유의하였으며 ($p < 0.0001$) 이러한 결과는 경량식형기와 팽이의 H/D율과 T/R율은 비슷하나 경량식형기를 이용하여 식재한 용기

묘의 건중량이 팽이로 식재한 용기묘의 건중량 보다 크기 때문인 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 식재기구에 따른 용기묘 식재작업의 효율성을 알아보려고 경북대학교에서 개발한 배터리형 경량식형기와 농사용 팽이를 비교하여 식재 후 2년간 초기생장에 관한 성장분석을 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

먼저 소나무 용기묘(2-0)의 생존율은 경량식형기를 이용한 경우, 2015년 6월 100%, 2015년 11월 92.9%, 2016년 4월 92%, 2017년 4월 91%로 약 90% 이상의 안정적인 생존율을 보였으며, 팽이의 경우는 2015년 6월 99.6%, 2015년 11월 91.1%, 2016년 4월 82.2%, 2017년 4월 80%로 조사되어 식재 후 6개월까지는 생존율의 차이가 없었으나 1년이 경과한 후부터는 생존율이 약 10% 정도 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 이는 경량식형기로 식재시 묘목의 분이 식재구멍의 크기와 같아 파손되지 않고 식재구멍에 수평으로 식재되어 안정되게 식재되었기 때문으로 판단된다. 또한 분기별 성장량은 식재 후 6개월까지는 근원경과 간장이 비슷한 생장을 보였으나 1년이 경과한 후에는 근원경은 평균 3 mm, 간장은 15 cm 차이가 났고 2년이 경과한 후에는 근원경은 평균 5 mm, 간장은 23 cm 정도 차이가 났다. 이는 식재초기인 1년차 보다 2년차에서 근원경과 간장의 성장차이가 높게 나타나는 기존의 연구와 비슷한 결과로 경량식형기의 경우 토양 배출식 Screw로 식재구멍 내에 토양이 답압되지 않아 팽이로 식재한 것보다 뿌리활착력이 더 높은 결과로 판단된다. 그리고 묘목의 품질을 나타내는 SQI도 경량식형기로 식재한 묘목의 SQI는 0.60, 팽이를 이용하여 식재한 묘목의 SQI는 0.24로 나타났으며 이러한 결과는 경량식형기와 팽이의 H/D율과 T/R율은 비슷하나 경량식형기를 이용하여 식재한 용기묘의 건중량이 팽이로 식재한 용기묘의 건중량 보다 크기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 본 연구결과는 소나무용기묘의 조립을 위한 최적 식재기구 마련에 기여할 수 있는 기초연구로 향후 다

른 작업조건에 조사지와 수종이 다른 용기묘 등의 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2015학년도 경북대학교 복원학술연구비에 의하여 연구되었음.

References

- Bayala, J., Dianda, M., Wilson, J., Ouedraogo, S.J. and Sanon, K. 2009. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forests* 38: 309-322.
- Burdett, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 415-427.
- Byun, J.K., Kim Y.S, Lee, M.J., Kim, C.S., Jeong, J.H., Lee, C.Y. and Jeong, Y.H. 2007. Growth Response of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, *Betula platyphylla* var. *japonica* and *Quercus acutissima* Seedlings at Various Levels of Fertilization. *Journal of Korean Forest Society* 96(6): 693-698.
- Cho, G.H., Song, T.Y., Oh, J.H., Kim, J.W., Park, M.S., Park, N.C. and Lee, Y.G. 2008. A Study on the standardization of Forestry Operation. KFRI. 113pp.
- Cho, M.S., Kim, G.N., Lee, S.T. and Moon, H.S. 2012. Effects of Fertilization Treatments on Growth of Container and Bare Root Seedlings of *Pinus densiflora*. *Journal of Agriculture & Life Science* 46(2): 63-73
- Cho, M.S., Yang, A.R. and Hwang, J.H. 2015. Growth Performances of Container Seedlings of Deciduous Hardwood Species Grown at Three Different Fertilization Treatments. *Journal of Korean Forest Society* 104(1): 90-97.
- Deans, J.D., Mason, W.L., Cannell, M.G.R., Sharpe, A.L. and Sheppard, L.J. 1989. Growing regimes for bare-root stock of Sitka spruce, Douglas fir and Scots pine. 1. Morphology at the end of the nursery phase. *Forestry* 62: 53- 60.
- Dickson, A., Leaf, A.L. and Hosner, J.F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36: 10-13.
- Grossnickle, S.C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43: 711-738.
- Haase, D. 2007. Understanding forest seedling Quality : measurements and interpretation. *Tree Planter's Notes* 52(1): 24-30.
- IWATA Wakana. 2015. Amount of the Planting and the First Year of Growth Case of Container Seedlings. *Bull. Shimane Pref. Mount. Reg. Res. Ctr* 11 : 39-44.
- KFS (Korea Forest Service). 2014. The guidelines for seed and nursery practices. pp. 100 (in Korean).
- Kim, J.J., Kwon, K.W., Kim, P.G., Yoon, T.S., Lee, K.J., Chung, Y.S. and Son, K.S. 2010. Characteristics of meteorological disasters in Korean nursery industry. *Journal of Climate Research* 5(1): 42-53 (in Korean with English abstract).
- KMA, 2017. Reserch and analysis data. <https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAsosList.do?pgmNo=34>.
- Ko, C.U., Kim, D.H., Lee, K.H., Kim, J.H. and Kim, D.G. 2016. An Analysis on the Operation Productivity and Initial Growth of Containerized Seedlings Planted by the Lightweight Planting Auger. *Journal of Korean Env. Res. Tech.* 19(6): 77-86.
- Korea Forest Research Institute. 2007. Manual for Production of 2-0 Pine Container Seedlings. Research Report on Korea Forest Research Institute. pp. 45.
- Korea Forest Service. 2016. Statistical Yearbook of Forest. pp. 440b.
- Lee, I.K. and Son, Y.H. 2004. Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Soil Chemical Properties of *Pinus rigida* and *Larix Kaempferi* Plantations in Yangpyeong Area, Gyeonggi Province. *Journal of Korean Forest Society* 93(5): 349-359.
- Oh, M.Y. 1982. Healthy Seedling improved and Root pruning. *Korean Seedling Association* 10: 5-17.
- Šestak, Z., Catsk, J. and Jarvis, P.G. 1971. Plant Photosynthetic Production Manual of Methods. The Hague. Hertogenbosch. pp. 818.
- Song, H.K., Jang, K.K., Oh, D.H., 1997. Ecological Study of the *Pinus thunbergii* Forests on the Western Seacoast of Korea: Taean Haean National Park. *Journal of Agriculture. Sci. Chungnam National Univ. Korea* 24(1): 11-15
- Sung, H.I., Song, K.S., Cha, Y.G. and Kim, J.J. 2011. Characteristics of Growth Seedling Quality of 1-Year-Pld Container Seedlings of *Quercus myrsinaefolia* by Shading and Fertilizing Treatment. *Journal of Korean Forest Society* 100(4): 598-608.
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation – what you can tell by looking. pp. 59-71. In: Durvea, M.L.(ed.). Proceedings, Evaluation seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest Research Lab., Oregon State Univ., Corvallis.
- USDA Forest Service. 1969. Can auger planting improve survival of douglas-fir seedlings.
- USDA Forest Service. 1980. Equipment development and test

- program : 1979-80 progress and plans.
- Wilson, E.D., Vitols, K.C. and Park, A. 2007. Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. *New Forests* 34(2): 163-176.
- Won, H.K., Lee, Y.Y., Jeong, J.H., Koo, K.S., Lee, C.H., Lee, S.W., Jeong, Y.H., Kim, C.S. and Kim, H.H. 2006. Fertilization Effects on Soil Properties, Understory Vegetation Structure and Growth of *Pinus densiflora* Seedlings Planted after Forest Fires. *Journal of Korean Forest Society* 95(3): 334-341.
- Yang, A.R., Hwang, J.H. and Cho, M.S. 2014. Regional Early Growth Performances of Planted *Chamaecyparis obtusa* Seedlings in Relation to Site Properties. *Journal of Korean Forest Society* 103(3): 375-382.
- Yang, A.R., Hwang, J.H., Song, S.W. and Cho, M.S. 2013. The comparison of Soil Properties and Early Growth of *Pinus densiflora* and *Larix kaempferi* Seedlings in Harvested *Larix kaempferi* and *Pinus rigida* stands. *Journal of Korean Forest Society* 102(3): 455-462.
-
- (Received: September 7, 2017; Accepted: October 23, 2017)