

경량식혈기를 이용한 용기묘 식재의 작업공정 및 초기생장 분석

고치웅¹⁾ · 김동현¹⁾ · 이관희²⁾ · 김진현³⁾ · 김동근⁴⁾

¹⁾ 경북대학교 대학원 생태환경시스템학과 · ²⁾ 경북대학교 대학원 임학과

³⁾ 경북대학교 정밀기계공학과 · ⁴⁾ 경북대학교 생태환경시스템학부

An Analysis on the Operation Productivity and Initial Growth of Containerized Seedlings Planted by the Lightweight Planting Auger

Ko, Chi-Ung¹⁾ · Kim, Dong-Hyun¹⁾ · Lee, Kwan-Hee²⁾ · Kim, Jin-Hyun³⁾ and Kim, Dong-Geun⁴⁾

¹⁾ Department of Ecology and Environmental System Graduate School, Kyungpook National University,

²⁾ Department of Forestry, Graduate School, Kyungpook University,

³⁾ Department of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National Univ,

⁴⁾ Department of Ecology and Environmental System, Kyungpook National University.

ABSTRACT

Due to aging of the rural and mountain populations the labor force is reduced. However work intensity continues to increase, thus, there is a need to improve the current effectiveness of forest operations. This study compared and analyzed the Operation productivity and efficiency of planting containerized seedlings using a battery-powered planting auger and a mattock. Growth was also investigated by looking into the initial growth increments in the planted seedlings. Tasks were investigated by analyzing the process and operation time needed to plant 1 containerized seedling using a planting auger and a mattock. The time spent on the various elements of the planting process was measured with a stopwatch but observations were done continuously. Result of the study shows that with the use of a lightweight planting auger the average time spent to plant a containerized seedling

First author : Ko, Chi-ung, Department of Ecology and Environmental System Graduate School, Kyungpook National University, Sangju, 37224, Korea,

Tel : +82-54-530-1241, E-mail : kcu799@naver.com

Corresponding author : Kim, Dong-geun, Department of Ecology and Environmental System, Kyungpook National University, Sangju, 37224, Korea,

Tel : +82-54-530-1241, E-mail : dgkim96@knu.ac.kr

Received : 22 November, 2016. **Revised** : 20 December, 2016. **Accepted** : 19 December, 2016.

is 18.61 seconds while with the use of a mattock it took an average of 26.96 seconds which clearly demonstrates that the planting auger is more efficient in terms of working hours. Working intensity was also analyzed with the use of a portable heart rate monitor (Polar V800). The average increase in heart rate and work intensity index were analyzed for one planting cycle. It was observed that when using the lightweight planting auger, there was a 46.51% increase in the average heart rate while a 74.67% increase in heart rate when the mattock was used which shows that there is a significant increase in heart rate when mattock is used. In addition, work intensity index was observed to be 29.95% and 47.83% when the planting auger and mattock were used respectively. With the continuous use, work intensity index is significantly higher with the use of the mattock as compared to that of the lightweight planting auger. There were no significant differences on the growth increment of seedlings planted using the different tools until a year after planting, however differences in growth increment were observed after a year. A difference of 15.1 cm in height and 3.41 mm in diameter was observed which shows that the use of lightweight planting auger is excellent for planting containerized seedlings.

Key Words : *battery-powered planting auger, containerized seedling, Operation productivity, heart rate*

I. 서 론

현재 국산 목재의 생산과 더불어 지속가능한 산림경영 기반을 구축하기 위해 연간 20,000ha 이상 조림되고 있으며, 기후변화 등 여건 변화에 따른 다양한 수종에 대한 관심의 증가와 산림의 경제적·공익적 가치의 증진으로 조림지의 규모가 계속해서 증가하고 있는 추세이다(Korea Forest Service, 2015b). 그러나 매년 증가하는 조림사업의 양과 달리 농·산촌 인구의 감소 및 고령화로 인해 임업노동력이 감소되고, 열악한 작업환경과 중노동에 비해 낮은 임금으로 산림작업을 기피하고 있는 실정이다. 대부분 인력에 의존하는 산림작업의 경영적인 측면에서 인력위주의 작업을 기계화하여 인건비 상승과 노동력 부족에 대처할 방안이 필요하며, 특히 조림작업에 있어서도 초기 활착력이 우수하며 연중 조림이 가능하고 노동력을 절감 시킬 수 있는 용기묘 조림이 필요한 것으로 생각된다(Woo *et al.* 1997; Park, 2008; Korea Forest Service, 2015a). 이러한

측면에서 우리나라 산림청에서는 OK식재기와 조림용 동력식혈기를 개발하여 용기묘 식재에는 가급적 OK식재기를 사용하고, 식재기 사용이 어려운 돌이 많은 지형 등은 인력 또는 조림용 동력식혈기에 의한 식재방법을 사용하도록 권장하고 있으나(Korea Forest Service, 2015a), 아직 대부분의 조림작업에 팽이를 사용하는 인력 위주의 식재가 일반적으로 활용되고 있다.

임업선진국에서는 현재 기계사용에 따른 임업생산성 향상과 효율성을 위한 작업공정 및 작업강도에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 조림작업공정 연구에 있어서 미국에서는 과거부터 조림작업 시에 식혈기를 사용하여 묘목의 활착력 및 생존율과 같은 생리적인 부분을 분석하여 용기묘 조림작업에 효율적인 식재를 여러 방면에서 고찰하였다(USDA Forest Service, 1969). 최근 일본에서도 삼나무 용기묘를 2인 1조로 용기묘 작업기구를 이용하여 본당 작업공정과 식재 1년 후의 성장량에 관한 연구를 한 바 있다(Iwata, 2015). 또한 산림작업강도

에 대한 연구는 심박수와 맥박수, 산소소비량 등과 같은 생리적 지표를 이용하여 작업원이 수행할 수 있는 최대작업능력을 통한 방법과 현재 수행하고 있는 작업능력의 비율을 구하는 방법 등으로 연구가 활발히 진행되고 있다(Park, 1996). 우리나라에서도 간벌작업, 벌채작업, 벌목작업, 유형별 수확작업, 그리고 풀베기 작업 등에 있어서 시간 연구 등을 통한 작업공정 분석 및 최대 산소섭취량과 심박수 등의 측정을 통한 작업강도 분석 등 임업기계사용에 따른 임업생산성 향상과 효율성을 위한 연구는 많이 진행된 바 있으나(Park, 1996b; Park, 1996a; Kim, 2003; Mun, 2014), 조림작업에 대한 유사 연구는 아직 부족한 실정이다.

본 연구는 조림작업의 효율성을 제고하고자 배터리형 경량식혈기와 팽이를 이용한 용기묘 식재작업의 작업공정 및 작업강도를 비교 분석하였으며, 작업기구간에 식재목의 초기생장을 비교, 분석함으로써 식혈기와 식재작업의 개선에 기여하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지의 개요

본 연구는 경상북도 상주시 인근 3개소의 조사지를 선정하여 수행하였다. 조사지의 평균 해발고도는 290~330m, 평균 산지경사는 30°~37°로 조사지 A는 벌채 전 리기다소나무 조림

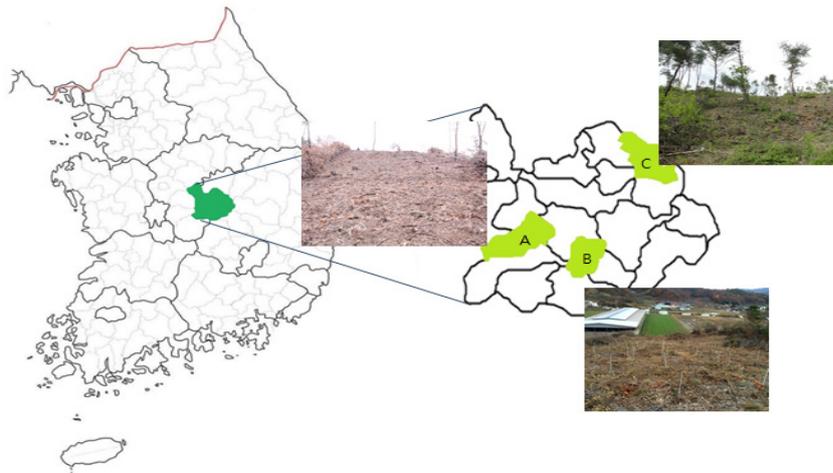


Figure 1. The location of study site

Table 1. Study site characteristics

Site	Address	Coordinates	Slope	Altitude	Characteristics of plantation
A	San 84, Iso-ri, Hwadong-myeon, Sangju-si, Gyeongsangbuk-do	N36°22'53" E127°58'16"	20°	305m	<ul style="list-style-type: none"> • Previously a <i>Pinus rigida</i> plantation • Normal distribution of roots of trees
B	San 66, Sogok-ri, Hwanam-myeon, Sangju-si, Gyeongsangbuk-do	N36°24'12" E127°55'30"	16°	290m	<ul style="list-style-type: none"> • Previously a <i>Castanea crenata</i> var. <i>dulcis</i> plantation • Normal distribution of roots of trees
C	San 68-1, Geumgok-ri, Hamchang-eup, Sangju-si, Gyeongsangbuk-do	N36°31'38.6" E128°12'42.1"	25°	330m	<ul style="list-style-type: none"> • Previously a plantation of broadleaved trees • Dense distribution of roots of trees

지, 조사지 B는 밤나무조림지, 조사지 C는 기타 활엽수 조림지였다. 토성은 3개 조사지 모두 사질양토이다(Figure 1, Table 1).

2. 연구방법

1) 작업공정 및 작업강도

작업공정분석은 경북대학교에서 개발한 배터 리형 경량식혈기(kim, 2016)와 현재 용기묘 식재작업에서 가장 많이 사용되는 작업기구인 재

업으로 구분 하여 준비·이동은 식재하는 인원이 식재위치로 이동 후, 식혈을 하기 전 토양을 정리하는 데에 걸리는 시간을 측정하였다. 식혈은 작업기구로 식재 구멍을 파는 데에 걸리는 시간 그리고 식재는 묘목을 식재 후, 흙덮기까지 마무리하는 데에 걸리는 시간으로 구분하여 조사하였다.

작업강도 분석은 심박수 측정기를 이용하여 작업강도지수 및 심박수증가율을 측정하였다. 심



Figure 2. Planting tools(A: Lightweight planting auger, B: Mattock)

래식 팽이를 이용하여 작업공정과 작업강도를 비교 분석하였다(Figure 2).

분석에 사용된 경량식혈기의 규격은 식혈봉 길이 110cm, 스크류 길이 16cm, 폭 6.5cm이고, 팽이의 규격은 전체길이 100cm, 삽의 길이 22cm, 폭 10cm이다. 무게는 경량식혈기가 가방 포함 7kg, 팽이는 1.9kg이다. 식재방법은 소나무 용기묘(2-0)를 묘간거리 1.8m와 열간거리 1.8m의 간격으로 식재하는 정방향 식재방법이고, 식재조사를 위해 2인 1조를 구성하여 1인이 식혈을 하고 1인이 식재를 하는 방법으로 피험자 3인을 대상으로 조사를 진행하였다. 식재는 조사지별로 25분씩 3반복으로 총 225분을 식재하였으며, 캠코더를 이용하여 모든 공정을 녹화하고 스톱워치를 이용하여 연속작업시간을 측정하였다.

본당 식재시간분석은 1분을 식재하는 데에 걸리는 시간을 조사하였고, 요소작업별 식재시간 분석은 준비·이동, 식혈 그리고 식재로 요소작

박수 측정에 사용한 측정기는 핀란드의 POLAR사에서 제작한 디지털 손목시계 형태의 POLAR V800을 이용하였으며, 전체 식재시간을 5초 간격으로 기록되도록 설정하여 측정하였다(Figure 3).



Figure 3. Heart rate monitor (A: POLAR V800, B: Bluetooth band)

Table 2. Planting time per seedling with the use of an auger and mattock

Tools	Site	Subjects	Planting time per seedling (sec)			Average(sec)		
Auger	A	1	15.0	17.1	17.8	16.6	16.7	
		2	12.3	15.4	17.6	15.1		
		3	20.1	19.0	16.4	18.5		
	B	1	15.6	18.3	19.8	17.9	18.1	
		2	16.1	17.4	18.1	17.2		
		3	20.1	18.9	18.6	19.2		
	C	1	21.2	26.6	22.1	23.3	21.0	
		2	19.7	18.6	20.1	19.5		
		3	17.4	21.7	21.9	20.3		
		Avg.					18.6	
	Mattock	A	1	19.3	25.3	18.3	21.0	21.5
			2	20.1	19.9	22.2	20.7	
3			25.5	21.3	21.3	22.7		
B		1	25.4	20.6	21.9	22.6	23.5	
		2	22.3	25.1	23.5	23.6		
		3	21.8	19.8	30.9	24.2		
C		1	33.3	38.0	33.9	35.1	32.9	
		2	29.0	28.0	29.8	28.9		
		3	34.7	36.3	33.4	34.8		
		Avg.					26.0	

작업강도지수 및 심박수증가율 분석은 측정된 심박수를 서울대학교 운동생리학 실험실(1989)에서 연구한 심박수증가율(IHR)인 아래의 식(1)을 이용하여 분석하였다.

$$IHR = \frac{HRw - HRr}{HRr} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

또한 작업강도지수(WLI)는 Karvonen and Vuorimaa(1988)이 연구에서 이용한 아래의 식(2)을 이용하여 분석하였다.

$$WLI = \frac{HRw - HRr}{HRmax - HRr} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

2) 초기 성장량 분석

경북대학교에서 개발한 배터리형 경량식혈기와 재래식 팽이를 이용하여 식재한 소나무 용기

묘의 성장차이를 분석하기 위해 생존율과 근원경 및 간장을 측정하였다. 식재한 용기묘의 규격은 소나무용기묘(2-0)로서 평균 간장은 33.4cm, 평균 근원경은 3.54mm이었다. 측정을 위해 2015년 4월 식재한 조림목 각각 30분을 선정하여 1년간 3회에 걸쳐 전자식캘리퍼스와 스틸테이프를 이용하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 작업공정 및 작업강도 분석

1) 본당 작업공정분석

식재작업기구별, 조사지별로 작업자 3인이 총 225분씩의 식재시간을 조사하여 분석한 본당 식재시간은 다음과 같다(Table 2).

조사지에 따라 경량식혈기를 이용한 경우, 1본당 평균 식재시간이 18.6초로 나타났으며, 팽이를 이용했을 때는 1본당 평균 26.0초로 나타

Table 3. Analysis results of the element operation time in planting work by auger and mattock

Tools	Site	Classify	Ready, Move	Hole Treatment	Soil cover	Total	
Auger	A	Element operation (min)	0.11	0.09	0.08	0.28	
		Rate(%)	37	33	30	100	
	B	Element operation (min)	0.11	0.11	0.08	0.30	
		Rate(%)	36	36	28	100	
	C	Element operation (min)	0.13	0.14	0.05	0.35	
		Rate(%)	37	39	24	100	
	Avg	Element operation (min)	0.12	0.11	0.08	0.31	
		Rate(%)	37.63	36.56	25.81	100	
	Mattock	A	Element operation (min)	0.08	0.13	0.15	0.36
			Rate(%)	26	35	39	100
		B	Element operation (min)	0.09	0.15	0.15	0.39
			Rate(%)	27	37	36	100
C		Element operation (min)	0.14	0.22	0.19	0.55	
		Rate(%)	27	38	34	100	
Avg		Element operation (min)	0.10	0.17	0.16	0.43	
		Rate(%)	23.85	38.46	37.69	100	

나서 경량식혈기에 의한 1분당 식재 소요시간이 팽이보다 짧게 나타났다. 이 결과는 용기묘 식재에 관한 선행연구에서 Cho *et al*(2011)가 연구한 용기묘 식재작업에서 2인 1조로 작업기구를 달리하여 요소작업시간을 분석한 식재삽(소) 1.08분, 식재삽(대) 0.67분, 개구식 식혈기 1.06분, 토출식 식혈기 0.66분과 비교해도 식재 소요시간이 다소 짧게 나타난 결과이다. 또한, 본 조사결과는 Iwata(2015)의 삼나무 용기묘의 1분당 식재작업 소요시간의 연구결과인 평균 36.4초보다도 짧게 나타났다. 이 결과는 2인 1조 식재작업의 경우, 배터리의 동력을 이용하는 경량식혈기는 식재방향이나 작업자세의 영향을 많이 받지 않으나 팽이나 OK식재기와 같이 인력을 이용한 식재는 작업방향이나 작업자세의 영향을 받아 작업효율성이 떨어진다. 따라서, 동일면적에 대한 식재작업의 경우, 피험자의 체력소비가 적은

동력식재가 효율적이라고 판단된다.

그리고 경량식혈기의 식재시간은 3개의 조사지에서 피험자 3인의 식재시간이 평균적으로 비슷한 식재시간으로 조사되었으나, 팽이를 이용한 식재시간은 조사지 A보다 조사지 C가 더 많이 소요된 것으로 나타났다. 이는 조사지 C가 지형적으로 식재가 어려우며 개별 전 기타 활엽수 조림지로 나무뿌리가 촘촘하게 분포되었기 때문이라 생각된다. 또한 경량식혈기에 의한 식재는 배터리의 동력을 이용한 식재로서 팽이를 사용하는 식재보다 심한 체력소모가 적어서 식재시간이 일정하게 유지되었기 때문으로 생각된다.

2) 요소작업시간 분석

조사에 사용한 두 식재작업기구별 용기묘 식재작업의 요소작업 시간분석 결과는 Table 3과 같다. Table 3에서 준비·이동 시간은 두 작업기

Table 4. Heart rate indices/subject

Subjects	Tool	HRw	HRr	IHR(%)	WLI(%)	HRmax
A	Auger	101.8	75.7	34.4	22.5	192
	Mattock	121.7	75.7	61.1	39.9	192
B	Auger	104.3	81.2	38.9	25.2	192
	Mattock	131.3	81.2	51.9	42.1	192
C	Auger	123.9	81.7	52.2	37.8	192
	Mattock	139.9	81.7	71.8	52.4	192
Avg	Auger	110.0	79.5	41.9	28.5	192
	Mattock	131.0	79.5	61.7	44.9	192

구 간 비슷하나 식별 및 흙덮기 시간은 경량식별기가 다소 짧게 소요되는 것으로 나타났다. 특히, 흙덮기 시간의 차이는 경량식별기의 경우, 식별 시 스크류에 의하여 굴취된 토양이 압착되지 않고 지표면으로 토출되고 주위의 흙을 모을 필요성이 없기 때문인 것으로 판단된다.

경량식별기의 1분당 식재작업시간 중 요소작업의 비율은 준비, 이동이 평균 37.6%, 식별 시간이 평균 36.6%, 그리고 흙덮기 시간이 평균 25.8%의 순으로 나타났으며, 팽이의 요소작업의 비율은 식별 시간이 평균 38.5%, 흙덮기 시간이 평균 37.7%, 그리고 준비·이동이 평균 23.8% 순으로 나타났고, 식별 및 흙덮기 시간이 많이 소요되는 것을 알 수 있었다(Figure 4).

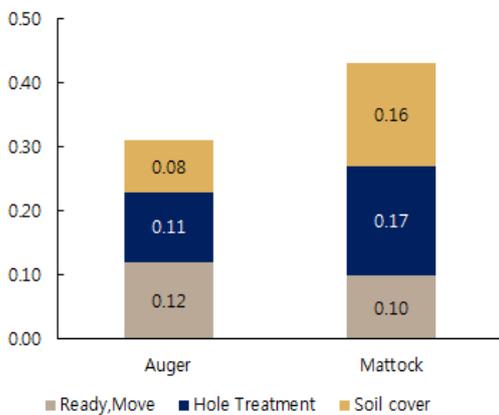


Figure 4. Cumulative element operation time

3) 작업강도 분석

두 작업기구별 작업강도 분석을 위해 휴대용 심박수측정기(V800)로 평균 작업심박수를 측정하여 작업강도지수(Work Load Index; WLI)와 심박수증가율(Increase Heart Rate; IHR)을 분석하였다(Table. 4)

Figure 5 및 Figure 6은 조사에 사용한 두 식재작업기구별 작업강도지수(Work Load Index;WLI)와 심박수증가율(Increase Heart Rate; IHR)을 각각 분석한 결과이다. Figure5 및 Figure 6에서 경량식별기를 이용한 피험자의 평균 심박수증가율은 41.82%, 평균 작업강도지수는 28.51%로 나타났고, 팽이를 이용한 피험자의 평균 심박수증가율은 61.65%, 평균 작업강도지수는 44.81%로 나타났으며, 식재작업에서 경량식별기가 팽이보다 모두 다 낮게 나타났다. 이와 같은 연구결과는 선행연구

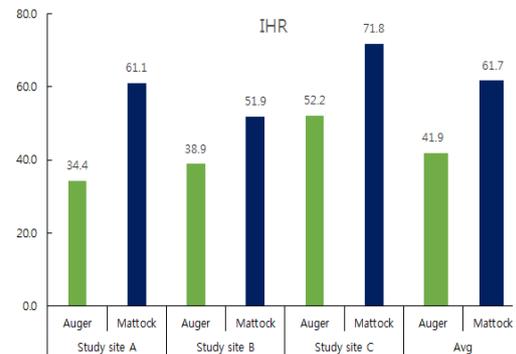
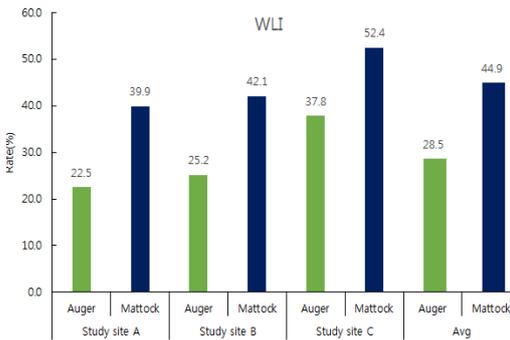


Figure 5. Comparison of IHR by planting tools

Table 5. Survival rate of containerized seedlings by planting tools

Tools	Planting tree	Dead tree(trees)			Survival rate(%)		
		2015.06	2015.11	2016.04	2015.06	2015.11	2016.04
Auger	225	0	16	18	100	92.9	92
Mattock	225	1	20	40	99.6	91.1	82.2

**Figure 6.** Comparison of WLI by planting tools

인 Lee et al.(1998)의 연구에서 체인톱을 이용한 낙엽송 벌목작업의 경우에서 평균 심박수증가율 93.2%, 평균 작업강도지수는 41.9%, 또한 Mun et al(2014)의 연구에서 예불기를 이용한 풀베기작업의 경우에서 평균 심박수증가율 68.9%, 평균 작업강도지수 44.1%로 나타난 결과와 비교해 볼 때, 경량식혈기에 의한 식재작업의 작업강도지수 및 심박수증가율이 벌목작업과 풀베기작업보다 다소 낮았으나 팽이는 비슷한 것으로 파악되었다. 이는 작업방향과 작업자세의 영향을 비교적 덜 받는 경량식혈기와 달리 팽이에 의한 식재작업은 구부린 자세로 반복적인 식재작업이 행하여지다 보니 심박수증가율과 작업강도지수가 더 높게 나타난 것으로 판단되었다. 또한, 체인톱 및 예불기의 작업에서 작업자세와 더불어 가솔린엔진에 의한 소음과 진동으로 경량식혈기에 의한 작업보다 심박수증가율과 작업강도지수가 더 높게 나타난 것으로 판단된다.

2. 초기 성장량 분석

조사에 사용한 두 식재작업기구별 식재에 의

한 묘목의 초기성장 분석을 위해 식재 후 1년간 총 3회에 걸쳐 생존율 및 근원경(Root collar diameter, mm)과 간장(Height, cm)을 조사하여 분석하였다.

1) 생존율

조사에 사용한 두 식재작업기별 식재한 용기묘의 생존율을 분석한 결과는 Table 5와 같다. Table 5에서 식재 후 6개월까지는 생존율이 거의 차이가 없었으나, 1년이 경과한 후에는 생존율이 10%정도 차이가 나타났다.

이 결과는 경량식혈기를 이용한 식혈작업 시 식재구멍이 용기묘 분의 크기와 같고, 묘목의 분이 파손되지 않게 수평으로 안정되게 식재되었기 때문이며, 팽이를 이용한 식재보다 용기묘의 뿌리 활착률이 높아져 조림목의 생존율에 영향을 미친 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서 나타난 생존율은 Iwata (2015)의 삼나무 용기묘의 식재 1년 후 생존율의 연구에서 나타난 결과인 91.7%와 거의 같게 나타났다.

2) 근원경 및 간장 성장

조사에 사용한 두 식재작업기별 조림목의 근원경 및 간장생장을 분석한 결과는 Figure 7, Figure 8과 같다. Figure 7, Figure 8에서 식재 후 6개월까지는 생장의 차이가 거의 없었으나, 1년이 경과한 후에는 경량식혈기로 식재한 용기묘의 평균 근원경과 간장이 팽이로 식재한 용기묘보다 각각 3.41mm, 15.1cm 더 많은 성장을 보인 것으로 나타났다. 이 결과는 앞의 생존율 분석에서와 같이 식혈작업 시 식재구멍이 용기묘 분의

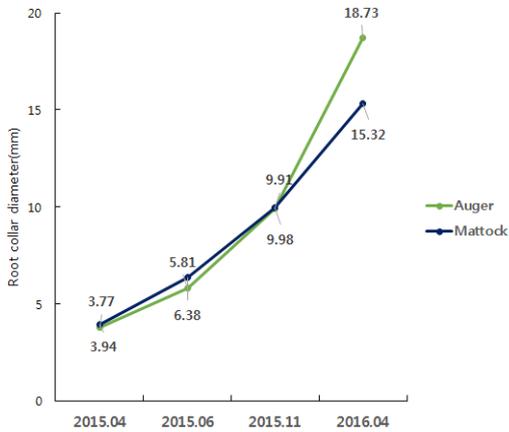


Figure 7. Increase in Root collar diameter

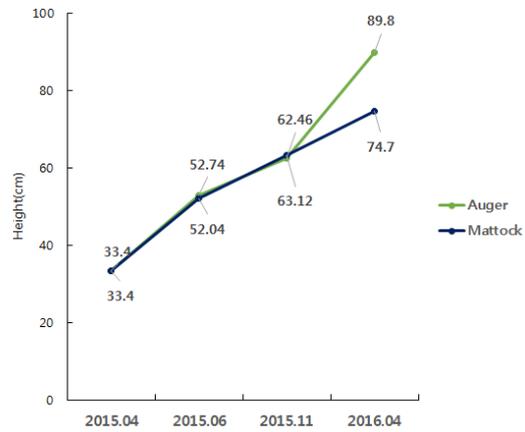


Figure 8. Increase in height

Table 6. Comparison of H/D(%) over time for the different tools

Tools	2015.04	2015.06	2015.11	2016.04
Auger	93.4%	93.3%	64.8%	48.6%
Mattock	88.0%	83.5%	65.0%	49.4%

크기와 같고, 묘목의 분이 파손되지 않게 수평으로 안정되게 식재되었으므로 용기묘의 뿌리 활착률이 높아졌기 때문이라고 판단된다.

그리고, 조림목의 생육상태를 분석한 H/D를 또한 식재 1년 후에는 경량식혈기로 식재한 것이 팽이를 이용하여 식재했을 때보다 낮은 비율로 나타났다(Table 6).

IV. 결론

본 연구는 조림작업의 효율성을 제고하고자 배터리형 경량식혈기와 팽이를 이용한 용기묘 식재작업의 작업공정 및 작업강도를 비교 분석하였으며, 근원경과 간장의 성장량 조사를 통해 식재목의 초기성장도 비교 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1본당 소나무 용기묘(2-0)의 식재시간은 경량식혈기를 이용한 경우, 평균 식재시간이 18.6초로 조사되었으며, 팽이의 경우는 평균 26.0

초로 조사되어 경량식혈기에 의한 1본당 식재 소요시간이 팽이보다 짧게 나타났으며, 식재하기 어려운 조사지일수록 평균 식재 소요시간의 차이가 더 크게 나타났다. 이는 경량식혈기에 의한 식재는 배터리의 동력을 이용한 식재로 팽이를 사용하는 것보다 심한 체력소모가 적어 식재시간이 일정하게 유지되었기 때문으로 판단된다.

2. 식재작업도구별 용기묘 식재작업의 요소작업 시간분석 결과는 준비·이동 시간은 두 식재작업도구 간 비슷하였으나, 식혈 및 흠뎠기 소요시간은 경량식혈기가 다소 짧게 나타났다. 특히, 흠뎠기 작업시간의 차이는 경량식혈기의 경우, 식혈 시 스크류에 의하여 굴취된 토양이 압착되지 않고 지표면으로 토출되고 주위의 흠을 모을 필요성이 없기 때문인 것으로 판단된다.
3. 두 식재작업도구별 작업강도를 분석한 결과, 평균 심박수증가율과 평균 작업강도지수 모두 경량식혈기를 이용한 식재작업이 팽이보

- 다 더 낮게 나타났다. 이는 작업방향과 작업 자세의 영향을 비교적 적게 받는 경량식혈기 와 달리 팽이로 식재하는 작업은 구부린 자세 로 반복 작업을 하므로 심박수증가율과 작업 강도지수가 더 높게 나타난 것으로 판단된다.
4. 식재한 용기묘의 식재 1년 후 생존율, 간장과 근원경을 비교해 본 결과, 식재 후 6개월까지는 생장의 차이가 거의 없었으나, 1년이 경과 한 후에는 경량식혈기로 식재한 용기묘의 생 존율, 근원경과 간장의 생장이 다소 높게 나 타났다. 이는 경량식혈기 작업 시 식재구멍이 용기묘의 분의 크기와 같고, 묘목의 분이 파 손되지 않게 수평으로 안정되게 식재되었기 때문으로 판단된다.
- 따라서, 본 연구결과는 향후 다양한 작업지와 용기묘 등을 대상으로 지속적인 연구와 모니터 링을 통해 보다 효율적인 조림작업을 시행하는 데 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 산림청 ‘임업기술연구개발사업(과 제번호: S121416L070130)’의 지원에 의하여 연 구되었음.

References

- Cho G.H *et al.*, 2008. A Study on the stand- ardization of Forestry Operation. KFRI. 113 pp.
- Iwata Wakana, 2015. Amount of the Planting and the First Year of Growth Case of Container Seedlings. Bulletin of the shimane prefec- ture mountainousrecion research center. 11: 39-44.
- Kim J.H. 2016. Development of Screw-Type Handy Earth Auger for an Improved Digg- ing Efficiency(I). Journal of Agriculture & Life Science 50(3): 31-41.
- Kim J.W. 2003. Analysis on Workload and Per- formance of Timber Harvesting Operati- ons. ph.D thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Karvonen, J. and T. Vuorimaa. 1988. Heart rate and exercise intensity during sports activi- ties. Sports Medicine 5: 303-312
- Korea Forest Service. 2015a. Projects of Korea Forest Service in 2015. pp.454a.
- Korea Forest Service. 2015b. Statistical Year- book of Forest. pp.440b.
- Mun H.S *et al.*, 2014. Heart rate strain of for- est-workers in weeding. Journal of Korea Soc. For. Eng. 12(2): 95-103pp.
- Park B.J. 1996a. A study on work load of tree felling work using maximal oxygen uptake and heart rate. Master thesis, Chungnam National University, daejeon, Korea.
- Park S.J. 2008. Forestry mechanization and for- estry machinery handbook. Kyungpook For- est Forum. pp.225.
- Park S.K. 1996b. Studies on Working Intensity in Felling Operation of the Thinning Forest - In thinning of Some Conifer Species-. Journal of Korean Forest Society 85(3): 396-408.
- Seoul National University, Exercise Physiology Laboratory. 1989. Exercise and Prescription. Bokyung publishing company. Seoul. 336 pp.
- USDA Forest Service. 1969. Can auger planting improve survival of douglas-fir seedlings.
- Woo B.M *et al.*, 1997. Forest Engineering. Kwang- ilbooks. 454pp.