

## 원형톱에 의한 속성수 절단 적정 소요동력 산정에 관한 연구

최윤성<sup>1</sup> · 김대현<sup>2</sup> · 오재현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 산림생산기술연구소, <sup>2</sup>강원대학교 바이오시스템공학과

### A Study on the Cutting Optimal Power Requirements of Fast Growing Trees by Circular Saw

Yun Sung Choi<sup>1</sup>, Dae Hyun Kim<sup>2</sup> and Jae Heun Oh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-498, Korea

<sup>2</sup>Department of Bio-Systems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-170, Korea

**요약:** 본 연구에서는 단벌기 바이오매스 생산림(Short rotation forest, SRF)에 식재되어 있는 속성수인 이태리포플러(*Populus euramericana*)를 이용하여 수확 시 소요되는 동력을 측정하여 수확기계 동력원을 선정하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행되었다. 실험 수준은 밀기속도(0.41, 1.25, 2.5 m/s) 3수준, 절단속도(800, 1,000, 1,200 rpm) 3수준, 근원경(50, 70, 90, 110, 130 mm) 5수준으로 선정하였다. 목표로 하는 바이오매스 추정량은 20~30 ton/ha이나 3년 후 수확(근원경 50 mm) 시 이를 못 미치는 10.5 ton로 나타났다. 목표량에 도달할 수 있는 바이오매스 추정량은 근원경 90, 110 mm으로 각각 23.5, 32.5 ton/ha으로 추정되었다. 실험결과, 밀기속도 0.41 m/s에서 최소절단속도(800 rpm)로 절단 시 소요되는 동력은 각각 128.2, 175.8 W로 나타났고, 작업면적이 0.3 ha/h에서 작업능률은 각각 16.5, 22.8 ton/h을 처리할 수 있는 것으로 사료된다. 밀기속도 1.25 m/s에서는 소요되는 동력은 각각 113.8, 153.7 W, 작업면적이 1 ha/h에서 작업능률은 각각 23.5, 32.5 ton/h을 처리할 수 있는 것으로 사료된다. 밀기속도 2.5 m/s에서는 소요되는 동력은 각각 119.8, 166.9 W, 작업면적 2 ha/h에서 작업능률은 각각 47.0, 65.5 ton/ha을 처리할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 목표로 하는 바이오매스 추정량을 처리할 수 있는 밀기속도 1.25, 2.50 m/s, 절단속도 800 rpm 일 때의 수확기계의 동력원을 선정할 수 있을 것으로 사료된다.

**Abstract:** In this study, Italy poplar(*Populus euramericana*) was selected for test specimen to measure cutting power when it harvested. The experiment has been controlled as three levels of feed rate (0.41, 1.25 and 2.5 m/s), sawing speed (800, 1,000 and 1,200 rpm), and the five levels of root collar diameter (50, 70, 90 and 110, 130 mm). The harvested volume after 3 years (root collar diameter 50 mm) was 10.5 tons, which falls short of the target amount of biomass is 20~30 ton/ha. In addition, the biomass amount of diameter 90 and 110 mm which reached the target amount were estimated to be 23.5 and 32.5 ton/ha respectively. As a result of experiment, it was found out that power of 128.2 and 175.8 W are consumed in case of cutting with the feed rate of 0.41m/s and minimum sawing speed (800 rpm) respectively. With the working area of 0.3 ha/h, it is considered to present working capacities of 16.5 and 22.8 ton/h respectively. The power consumed at the feed rate of 1.25 m/s is estimated to be 113.8 and 153.7W respectively and working capacity in a working area of 1 ha/h is estimated to be 23.5 and 32.5 ton/h. The power consumed at the feed rate of 2.5 m/s is estimated to be 119.8 and 166.9 W respectively and working capacity in a working area of 2 ha/h is estimated to be 47.0 and 65.5 ton/ha respectively. Therefore, the power source of harvest machine at the feed rate of 1.25, 2.50 m/s and sawing speed of 800 rpm shall be selected as it can process the target amount of estimated biomass.

**Key words:** fast growing trees, torque, power requirements, harvest, mechanization

## 서론

최근 화석연료의 사용을 줄이기 위해 에너지 사용체계

를 순환적으로 사용할 수 있는 시스템을 구축하고 자원순환형 대체에너지를 적극적으로 활용할 수 있는 방안의 필요성이 증대되고 있다. 이에 대한 대안으로 가장 보편적이고 일반적인 자원순환형 대체에너지로 주목받고 있는 것이 산림바이오매스 자원이다.

\*Corresponding author  
E-mail: jhoh@forest.go.kr

국내에서는 앞으로 산림바이오매스에 대한 수요가 증가할 것으로 예측하고, 이에 부응하고자 바이오매스 생산 및 이용 촉진 전략을 추진 중이다(Korea Forest Service, 2011). 기존 숲가꾸기 산물을 이용하는 것을 물론, 새만금과 같은 간척지를 활용한 목재에너지림 조성사업을 통하여 용재와 바이오매스를 생산하려는 노력이 활발히 진행 중이다(Kang, 2013).

일반적으로 단벌기 바이오매스 생산림(Short rotation forestry, SRF)은 버드나무(*Salix koreensis*)나 포플러(*Populus deltoides*) 등 속성수를 고밀도로 식재하여(ha당 10,000본 기준), 1~5년 주기로 수확하는 조림지를 말한다(Defra, 2004). 이와 같이 단벌기 바이오매스 생산림에 식재하는 대표적인 속성수종으로는 버드나무류와 포플러가 있고 국내 사업 중인 새만금 간척지의 경우 염분 농도 함량이 높아 버드나무류 보다는 포플러 수종이 유리하다. 또한, 포플러는 생장이 빠르고 적응력이 강하며, 다른 수종에 비해 짧고 무성증식이 용이하기 때문에 널리 이용하고 있다(Korea Forest Research Institute, 2010).

속성수를 활용하여 단벌기의 고밀도 맹아림을 조성하여 에너지원으로 활용하는 시스템은 현재 임업선진국인 미국, 유럽, 영국 등에서 실제 활용되고 있는 시스템이다. 주로 속성수를 대상으로 삼목하는 방식으로, 대부분이 농업용 기계를 그대로 활용하거나 일부 변경하여 사용하고 있으며, 최근에는 SRC(Short rotation coppice) 전용 장비들이 개발되어 현장에 적용되고 있다(Oh, 2011).

그러나 단벌기 바이오매스 생산림의 특성상 단위 ha당 수확할 수 있는 바이오매스량이 한정되어 있어 예측 수확량을 고려한 경제적인 사업체계의 계획이 필요하고, 전 작업과정을 기계화하여 비용 및 노동력을 절감과 보다 계획성 있게 접근할 필요가 있다. 이와 같이 효율적으로 에너지원을 수확하기 위해 국내 실정에 맞는 적정 기계개발이 필요하다. 수확기계를 설계하기 위하여 절단과 관련된 기계설계에 필요한 절단의 소요 동력 측정과 이를 파악해야만 그에 맞는 동력원을 산정하여 설계할 수 있다. 그와 관련된 연구로 칼날 방식을 이용한 경우, 전단 시 발생하는 저항력을 측정하여 가지절단에 소요되는 동력을 산출하는 연구를 수행하였고(Oh et al., 2006), 원형톱날 방식을 이용하여 잣나무 가지의 절단 소요 동력을 산출하여 잣수확 기계의 동력을 선정하는 기초연구를 수행하였다(Kang et al., 1993; 1994; 1995).

따라서, 본 연구에서는 단벌기 바이오매스 생산림에 식재되어 있는 이태리포플러를 원형톱날을 이용하여 수확 시 수확기계의 절단 소요 동력 산정과 이에 따른 수확기계의 동력원 선정을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 연구에서의 공시재료는 경기도 수원시 권선구 오목천동 국립산림과학원 산림유전자원부 구내시험림 내 포지에 식재되어 있는 속성수인 이태리포플러(*Populus euramericana*) 40년생을 이용하였다. 공시재료 채취 시 재료의 수고는 14 m, 근원경별(Root collar diameter)로 각각 50, 70, 90, 110, 130 mm, 이는 10, 12, 14, 16, 18년생의 수준이었다(Korea Forest Service, 2012). 이태리포플러를 절단하여 수확하는데 필요한 최대토크 측정을 위해 40년생 이태리포플러로부터 공시재료를 채취하였으며, 수피를 제거하지 않은 상태 그대로를 사용하였다.

### 2. 연구방법

단벌기 바이오매스 생산림에 식재되어 있는 속성수의 식재 모식도는 다음 Figure 1과 같다. 식재 설계는 입지에 따라 다양하게 적용될 수 있으나, 우선적으로 기계장비를 이용하기 쉽도록 해야 한다. 또한 벌기령과 지형의 위치(산지, 평지 등), 기계화 장비의 종류 등 다양한 작업 종을 고려하여 설계하여야 한다(Korea Forest Research Institute, 2010).

속성수의 수확 시기는 3년 수확의 경우, 식재 후 활착에 1년이 걸리고, 그해 겨울에 대질을 실시하여 맹아지를 유도한 후, 그 다음해부터 3년 후에 수확을 실시한다. 국내 김포 수도권 매립지 간척지에 식재된 이태리포플러 eco28 클론을 3년 후 수확 시 최대직경 51.2~52.09 mm, 수고는 4 m로 나타났으며, 이태리포플러의 수간재적포(Korea Forest Service, 2012)를 이용하여 바이오매스를 추정할 결과 직경이 50 mm 급일 때, 바이오매스 생산량은 약 10.5 ton/ha로 추정되었다. 그러나, 본 연구에서는 바이오매스 생산량을 20~30 ton/ha으로 목표로 하였으며, 이는 목표량

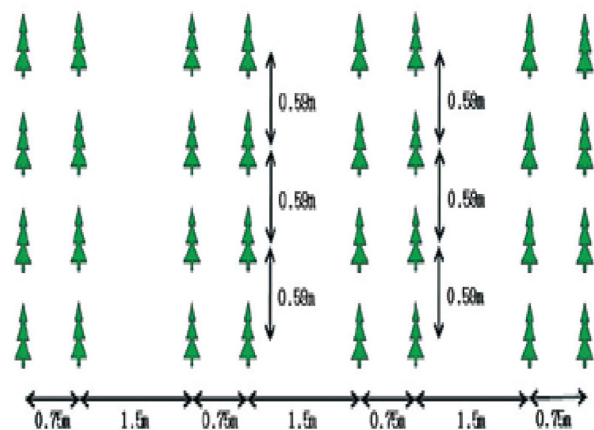


Figure 1. Transplanting layout of Short rotation forestry (Korea Forest Research Institute, 2010).

에 미치지 못하는 생산량으로 추정되었다. 이에 이태리포플러의 3년 이상 근원경급을 고려하여 바이오매스 생산량을 추정 한 결과 70 mm(16.5 ton/ha), 90 mm(23.5 ton/ha), 110 mm(32.5 ton/ha), 130 mm(41.5 ton/ha)로 추정되었다. 일반적으로 포플러의 경우 단벌기 집약재배로 20~25 ton/ha를 생산할 수 있으며, 집약관리를 하지 않으면 8~12 ton/ha를 생산할 수 있다고 알려져 있다(Koo and Yeo, 2003).

이와 같이 속성수 수확 시 작업속도에 따라 생산성에 영향을 미치며, 국외에 경우 SRF 수확기인 170마력급 (Segerslätt Empire 2000, Wageningen)을 이용하여 작업속도를 2.5 m/s로 작업할 때 작업능률은 25 ton/ha로 보고하였으며(Bruce and Raffaele, 2001), 또한 200마력급 트랙터를 이용한 바이오메일러(Biobailer)는 수확 시 작업능률이 최대 16 ton/h로 보고하였다(Anderson, 2012).

이를 고려하여 원형톱날을 이용한 절단시험에 변수는 회전하는 톱날에 밀려들어가는 밀기속도(Feed rate)를 농업용 트랙터 90마력급 작업기의 주행속도(TYM, T993, Korea)로 고려하여 0.41, 1.25, 2.50 m/s로 선정하였으며, 이는 시간당 작업할 수 있는 면적이 0.3, 1, 2 ha이었다. 원형톱날의 회전에 의한 톱날 절단속도(Sawing speed)는 선정된 무단변속 교류전동기의 정격속도를 고려한 3개 수준, 이태리포플러의 3년 수확 시 바이오매스 생산량은 10.5 ton/ha로서 본 연구에서 목표로 하는 바이오매스 생산량 20~30 ton/ha에 미치지 못하므로 3년 이후 년생의 이태리포플러 근원경(Root collar diameter)을 고려하여 5수준으로 선정하였다. 각 변수의 실험수준의 내용은 Table 1에 나타났다.

1) 실험장치의 구성

이태리포플러 절단 소요동력 측정 장치의 토크 측정에 필요한 장치는 Figure 2와 같다. 원형톱날(406 mm, Young chang, Korea)의 제원은 Table 2에 나타냈으며, 이를 구동하기 위한 동력은 무단변속 교류전동기(3.7 kW 5 HP, Hyosung, Korea), 톱날의 절단속도는 이 전동기의 회

Table 1. Experimental variable and its levels.

Variables	Level
Feed rate, m/s	0.41, 1.25, 2.5
Sawing speed, rpm	800, 1,000, 1,200
Root collar diameter, mm	50, 70, 90, 110, 130

Table 2. Circular saw specifications.

Saw external diameter (mm)	Saw internal diameter (mm)	Saw width (mm)	No. of teeth
406	25.4	3	100

전속도를 조정하여 설정하였다.

공시재료를 일정한 속도로 반복적으로 절단하기 위한 장치는 Figure 2에서의 랙과 피니언(Rack and Pinion)을 이용하였다. 랙을 구동하기 위한 피니언은 감속기가 부착된 교류전동기(180 W, SPG, Korea)를 사용하였고, 이 전동기의 회전속도를 조정하여 밀기속도를 원하는 수준으로 바꾸었다. 또한 두 개의 고정 장치(Rack guide, Stem holder)에 의하여 직선 운동하는 랙의 선단 부에는 공시재료를 일정한 위치에 고정시킬 수 있는 고정 장치를 부착시켰으며, 이 두 개의 고정 장치 사이에 두 개의 역전 스위치(Reverse switch)를 눌러주는 푸쉬 로드(Push rod)를 장착하여 푸쉬로드가 양쪽의 역전스위치를 작동시킬 때 마다 교류전동기의 피니언의 회전방향을 바꾸어 랙을 전진 및 후퇴시킴으로써 연속적인 절단실험을 할 수 있도록 구성하였다.

구동 토크의 측정은 Figure 2와 같이 무단변속 교류전동기와 토크센서(TRC-100K, DACELL, Korea) 각각의 축 끝단에 축이음(Flexible Coupling)을 이용하여 축이 회전하는 동안에 토크 이외의 외력을 받지 않도록 고려하였다. 또한 토크 측정 데이터는 토크센서와 연결되는 앰프(DN-230T, DACELL, Korea)의 출력 값을 변환하여 데이터수집장치(Wavebook/516E, IOTECH, USA)와 소프트웨어(Waveview, IOTECH, USA)를 이용하여 기록하였다(Figure 3).

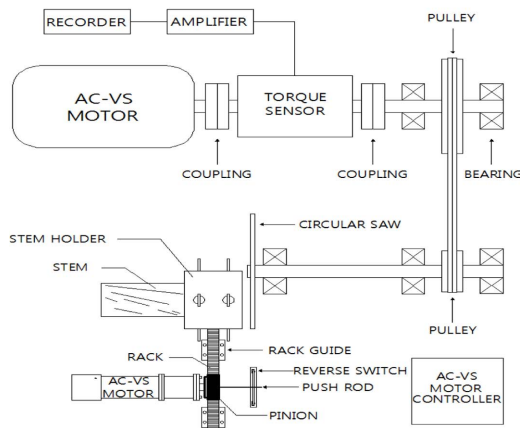


Figure 2. Cutting power measuring facility of fast growing trees.



Figure 3. Data acquisition system for cutting power measurement.

2) 통계분석

공시재료를 원형톱날로 절단하는 데 필요한 실험변수 밀기속도, 절단속도, 근원경 등소요 동력을 분석하기 위하여 SAS(SAS Institute Inc, ver 9.1, USA) 프로그램의 분산분석(ANOVA, Analysis of variable)을 사용하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 원형톱날을 이용한 공시재료 절단 시 최대토크와 원형톱날의 회전속도를 측정하였다. 속성수 수확작업에 요구되는 소요 동력은 다음 식 1을 이용하여 산출하였다(Ryu, 2004).

$$Power(W) = \frac{2\pi \times T \times N}{60} \tag{1}$$

where, T = Torque (N-m)

N = Rotational speed (rpm)

1. 밀기속도(0.41 m/s)에 따른 소요동력

공시재료를 절단 시 소요되는 동력은 Table 3과 같으며, 밀기속도에 따라 공시재료를 절단 시 절단속도와 근원경의 차이는 유의한 것으로 나타났다(Table 4). 절단속도가 800, 1,000, 1,200 rpm, 근원경이 130 mm 일 때, 최대토크는 각각 30.4, 22.9, 19.0 N-m으로 절단속도가 증가할수

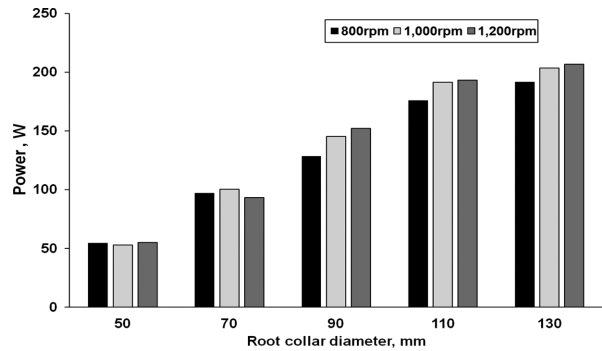


Figure 4. Mean power distributions by poplar root collar diameter and sawing speed when the feed rate was 0.41 m/s.

Table 3. Result of power calculation by root collar diameter and sawing speed when the feed rate was 0.41 m/s.

	Feed rate (m/s)		Power (W)		
	0.41		Sawing speed (rpm)		
			800	1,000	1,200
Root collar diameter (mm)	50		54.4	52.9	55.2
	70		96.9	100.5	93.1
	90		128.2	145.3	152.1
	110		175.8	191.1	192.9
	130		191.4	203.3	206.8

록 감소하는 것으로 나타났으며, 근원경 증가에 따라서도 일반적으로 감소하는 경향을 보였다. 또한 소요되는 동력은 각각 194.1, 203.3, 206.8 W로 증가하였다(Figure 4). 원형톱날의 절단속도와 근원경별로 절단에 소요되는 동력은 근원경이 증가할수록 큰 동력을 필요로 하는 것으로 나타났으며, 최소 근원경 50 mm를 절단하는데 필요한 최소의 소요 동력은 절단속도가 800 rpm 일 때, 54.4 W, 최대 근원경 130 mm에서는 절단속도가 800 rpm 일 때, 191.4 W로 나타났다. 그러나 목표 바이오매스 생산량 (20~30 ton/ha)을 고려하여 근원경급 90, 110 mm 일 때 바이오매스 추정량은 각각 23.5, 32.5 ton/ha이었다. 따라서 이를 고려하였을 때, 최소 절단속도(800 rpm)에서 소요되는 동력은 각각 128.2, 175.8 W으로 나타났으며, 밀기속도가 0.41 m/s 일 때 작업면적은 1 ha/h 기준으로 하였을 때, 작업능률은 각각 16.5, 22.8 ton/h을 처리할 수 있을 것으로 추정된다.

Table 4. Summary statistics by sawing speed and root collar diameter of when the feed rate was 0.41 m/s.

	Source	DF <sup>z</sup>	Anova SS <sup>y</sup>	Mean Square	F value	Prob > F
Power (W)	SS <sup>x</sup>	2	1009.9	504.9	19.25	<.0001
	RD <sup>w</sup>	4	134891.9	33723.0	1285.81	<.0001

<sup>z</sup>DF : Degree of Freedom

<sup>y</sup>Anova SS : Anova Sum of Square

<sup>x</sup>SS : Sawing Speed(rpm)

<sup>w</sup>RD : Root collar diameter(mm)

**Table 5. Result of power calculation by root collar diameter and sawing speed when the feed rate was 1.25 m/s.**

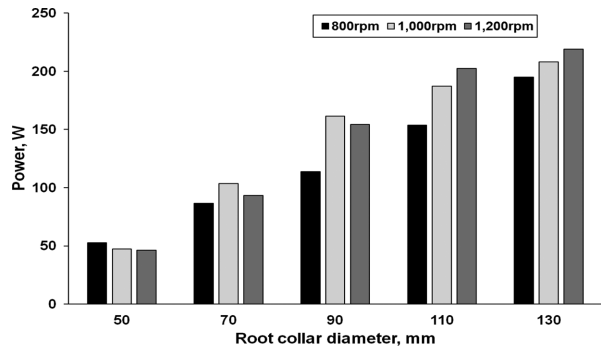
Feed rate(m/s)		Power(W)		
1.25		Sawing speed(rpm)		
		800	1,000	1,200
Root collar diameter(mm)	50	52.7	47.4	46.4
	70	86.7	103.6	93.3
	90	113.8	161.6	154.3
	110	153.7	187.3	202.3
	130	194.9	208.1	219.2

**2. 밀기속도(1.25 m/s)에 따른 소요동력**

이테리포플러를 절단 시 소요되는 동력은 Table 5와 같다. 또한 공시재료의 절단 시 절단속도와 근원경에서 유의차를 보였다(Table 6). 절단속도가 800, 1,000, 1,200 rpm, 근원경이 130 mm 일 때, 최대토크는 각각 30.1, 23.5, 19.7 N-m로 절단속도가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 근원경 증가에 따라서도 일반적으로 감소하는 경향을 보였다. 또한 소요되는 동력은 각각 194.9, 208.1, 219.2 W로 증가하였다(Figure 5). 원형톱날의 절단속도와 근원경별로 절단에 소요되는 동력은 근원경이 증가할수록 큰 동력을 필요로 하는 것으로 나타났으며, 최소 근원경인 50 mm를 절단하는데 필요한 최소의 소요 동력은 절단속도가 800 rpm 일 때, 52.7 W, 최대 근원경 130 mm에서는 절단속도가 800 rpm 일 때, 194.9 W로 나타났다. 밀기속도가 0.41 m/s와 동일한 조건으로 최소 절단속도에서 소요되는 동력은 각각 113.8, 153.7 W로 나타났으며, 1.25 m/s 일 때 작업면적은 1 ha/h, 작업능률은 각각 23.5, 32.5 ton/h을 처리할 수 있을 것으로 추정된다.

**3. 밀기속도(2.5 m/s)에 따른 소요동력**

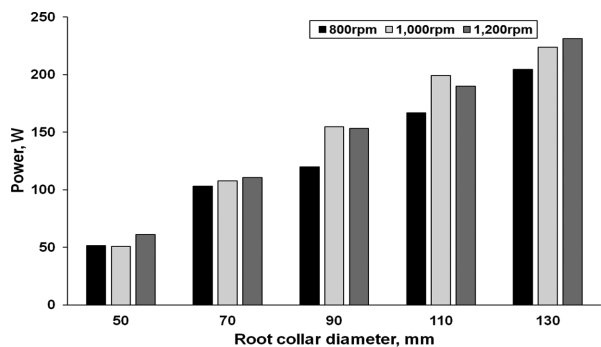
이테리포플러 절단 시 소요되는 동력은 Table 7과 같으며, 공시재료의 절단 시 절단속도 와 근원경에서 유의차를 보였다(Table 8). 절단속도가 800, 1,000, 1,200 rpm, 근원경이 130 mm 일 때, 최대토크는 각각 31.9, 25.2, 20.4 N-m으로 절단속도가 밀기속도 0.41, 1.25 m/s와 동일하게 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 근원경 증가에 따라서 감소하는 경향을 보였다. 최소 근원경인 50 mm를 절단하는 데 최소의 동력은 최소 절단속도 일 때,



**Figure 5. Mean power distributions by poplar root collar diameter and sawing speed when the feed rate was 1.25 m/s.**

**Table 7. Result of power calculation by root collar diameter and sawing speed when the feed rate was 2.5 m/s.**

Feed rate (m/s)		Power (W)		
2.5		Sawing speed (rpm)		
		800	1,000	1,200
Root collar diameter (mm)	50	51.4	50.9	61.1
	70	103.0	107.6	110.7
	90	119.8	154.6	153.5
	110	166.9	199.2	189.9
	130	204.4	223.9	231.2



**Figure 6. Mean power distributions by poplar root collar diameter and sawing speed when the feed rate was 2.50 m/s.**

51.4 W, 최대 근원경 130 mm에서는 204.4 W로 나타났다 (Figure 6). 밀기속도 0.41, 1.25 m/s와 동일한 조건으로 최소 절단속도(800 rpm)에서 소요되는 동력은 각각 119.8, 166.9 W로 나타났으며, 2.5 m/s 일 때 작업면적은 1 ha/h, 작업능률은 각각 47.0, 65.0 ton/h을 처리할 수 있을 것으로

**Table 6. Summary statistics by sawing speed and root collar diameter of when the feed rate was 1.25 m/s.**

	Source	DF <sup>z</sup>	Anova SS <sup>y</sup>	Mean Square	F value	Prob > F
Power (W)	SS <sup>x</sup>	2	4853.5	2426.7	102.9	<.0001
	RD <sup>w</sup>	4	148509.2	37127.3	1574.1	<.0001

<sup>z</sup>DF : Degree of Freedom

<sup>y</sup>Anova SS : Anova Sum of Square

<sup>x</sup>SS : Sawing Speed(rpm)

<sup>w</sup>RD : Root collar diameter(mm)



**Table 8. Summary statistics by sawing speed and root collar diameter of when the feed rate was 2.5 m/s.**

	Source	DF <sup>z</sup>	Anova SS <sup>y</sup>	Mean Square	F value	Prob > F
Power (W)	SS <sup>x</sup>	2	3349.8	1674.9	81.1	<.0001
	RD <sup>w</sup>	4	147421.9	36855.5	1785.0	<.0001

<sup>z</sup>DF : Degree of Freedom

<sup>y</sup>Anova SS : Anova Sum of Square

<sup>x</sup>SS : Sawing Speed(rpm)

<sup>w</sup>RD : Root collar diameter(mm)

로 추정된다. 기존 연구 되었던 잣 수확 시 동력원 선정하기 위한 기초연구를 통해 절단속도와 가지의 직경에 따라서 최대토크는 감소, 최소동력은 증가하는 것으로 보고하였다(Kang et al., 1993; 1994; 1995). 본 연구를 통하여 수확기계의 동력원을 선정 시 최소 동력으로 공시재료를 절단하는데 문제가 없을 것으로 나타났지만, 실제 현장에 이를 바탕으로 한 데이터를 이용하여 수확기계 동력원의 선정과 개발된 기계를 투입하여 적정성에 대한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

## 결 론

본 연구에서는 단벌기 바이오매스 생산림에 식재되어 있는 속성수인 이태리포플러를 수확 시 수확기계의 절단 소요동력의 산정과 이에 따른 수확기계의 적정 동력원을 선정하기 위해 기초 연구가 수행되었다. 속성수 3년 수확 시 최대 근원경이 50 mm 일 때 바이오매스 추정량은 10.5 ton/ha 이었으나, 본 연구에서 고려한 바이오매스량 추정량 20~30 ton/ha에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이에 속성수의 근원경을 증가하여 목표로 하는 바이오매스량을 추정하였을 때 근원경 90, 110 mm 일 때가 적절한 것으로 나타났으며, 작업속도와 절단속도에 따라 작업능력 및 생산성에 영향을 미치게 되기 때문에, 이를 고려하여 속성수 수확 시 적정 소요 동력은 작업속도 1.25, 2.50 m/s, 최소절단속도 800 rpm 일 때, 각각 113.8~153.7, 119.89~166.9 W 기준으로 수확기계의 동력원을 선정하면 될 것으로 사료된다. 또한 이를 절단 시 절단속도와 근원경이 증가함에 따라 소요동력이 증가하는 것으로 나타났으며, 작업속도가 증가함으로써 수확할 수 있는 바이오매스량이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 수확기계의 동력원을 선정하기 위한 기초 연구로 속성수를 절단 시 작업속도와 소요되는 동력을 기준으로 바이오매스량을 추정하였지만, 이를 기준으로 수확기계를 동력원을 선정하여 실제 현장인 단벌기 바이오매스 생산림에 수확기계를 투입하여 추정한 바이오매스량과 실제로 수확하였을 때의 바이오매스 생산량에 대한 비교 시험과 이에 따른 적정 수확기계 동력원을 선정 및 비용을 분석하는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

## References

- Anderson. 2012. Canadian biomass harvester. <http://www.grpanderson.com> (2014. 4. 8).
- Bruce, H. and Raffaele, S. 2001. Recent Reports on SRC Harvesters in Europe. pp. 3-7.
- Defra (Department for Environment, Food and Rural affairs). 2004. Growing Short Rotation Coppice. Defra. pp. 30.
- Kang, K.S. 2013. Forest biomass production and short rotation forest development for using fast growing trees. Sanrimji 2013(08): 94-97.
- Kang, W.S., Kang, W.S., and Lee, J.S. 1994. Mechanization of pine cone harvest(II) - Shearing characteristics of shoots of korean pine trees. Journal of Korea Agriculture Machine 19(1): 17-21.
- Kang, W.S., Kang, W.S., and Lee J.S. 1995. Mechanization of pine cone harvest(III) - Power requirements to cut shoots of korean pine trees by circular saw -. Journal of Korea Agriculture Machine 20(3): 254-249.
- Kang, W.S., Lee, J.S., Kim, S.H., and Choi, J.C. 1993. Mechanization of pine cone harvest(I). Journal of Forest Science 9: 1-9.
- Koo, Y.B. and Yeo, J.K. 2003. The status and prospect of poplar research in korea. Journal of Korea Forestry Energy 22(2): 1-17.
- Korea Forest Research Institute. 2010. Poplars in South Korea. Korea forest research institute. pp. 162.
- Korea Forest Research Institute. 2011. Poplars bio rotation forest development and administration. Korea Forest Research Institute. pp. 108.
- Korea Forest Service. 2011. Timber industry development master plan. Korea Forest Service. pp. 86.
- Korea Forest Service. 2012. Timber volume · biomass and stand harvest table. Korea Forest Service. pp. 96.
- Oh, J.H. 2011. For energy wood biomass production feed system of using fast growing trees. Sanrimji 2011(12): 82-85.
- Oh, J.H., Cha, D.S., Lee, H.K., Hwang, J.S., and Kim, J.S. 2006. Power requirements of branch cutting to develop pruning machines. Journal of Korean Forest Society Summer Academic Research Conference 2006(0): 390-391.
- Ryu, K.H. 2004. Tractor Engineering Principles. Munundang. Seoul. pp. 465.