

잣 수확의 기계화 연구(Ⅲ)⁺

— 원형톱에 의한 잣나무 가지의 절단에 소요되는 동력 —

Mechanization of Pine Cone Harvest(Ⅲ)

— Power Requirements to Cut Shoots of Korean Pine Trees by Circular Saw —

강화석*	강위수*	이재선**
정회원	정회원	
W. S. Kang	W. S. Kang	J. S. Lee

ABSTRACT

In this study power requirements to saw shoots with circular saw were determined by measuring and analyzing the required maximum torque to provide the information for the mechanization of Korean pine cone harvest.

Two levels of feed rate of shoots, 10.4mm/s and 20.8mm/s, three levels of sawing speed 5.8m/s, 11.6 m/s, and 17.4m/s, and 14 levels of shoot diameter from 7.7 to 18.1mm were used as variables.

- 1) The maximum torques were significantly affected by all three variables. The average maximum torque, 18.2 N-cm for feed rate of 20.8mm/s was greater as much as 80% of 10.1 N-cm for feed rate of 10.4mm/s.
- 2) As the sawing speed was increased from 5.8m/s to 11.6m/s and 17.4m/s, the maximum torques were decreased to 14.8N-cm, 8.5N-cm, and 7.1N-cm, respectively when the feed rate was 10.4 mm/s.

The maximum torque ranged from 4.5 to 19.3N-cm as shoot diameter increased from 7.7 to 18.1mm. The minimum power requirements to saw shoots of 18.1mm with circular saw was 30W for the feed rate of 10.4mm/s.

- 3) The maximum torques were 28.6N-cm, 14.6N-cm, and 11.4N-cm when sawing speeds were 5.8 m/s, 11.6m/s, and 17.4m/s, respectively when the feed rate was 20.8mm/s and these torques were increased as much as 93%, 36%, and 61% of those for the feed rate of 10.4mm/s.

The maximum torque increased from 9.7N-cm to 30.7N-cm as shoot diameter increased from 7.7 to 18.1mm. The minimum power requirements to saw shoots of 18.1mm was 54W which was 1.8 times of 30W for the feed rate of 10.4mm/s.

주요 용어 (Key Words) : 잣(Pine cone), 수확(Harvest), 기계화(Mechanization), 소요 동력(Power Requirement)

+ 이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

* 강원대학교 농과대학 농업기계공학과.

** 강원대학교 임과대학 임학과.

1. 서론

본 연구에서는 잣나무 가지를 잘라내어 수확하는 방법 중에서 동력을 가진 원형톱을 이용하는 경우에, 잣이 달린 가지를 잘라내는 데 필요한 동력을 산정하기 위하여 소요되는 최대토크를 측정 및 분석하고 이것으로 부터 소요 동력을 계산하여 잣 수확을 기계화하기 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험에 이용된 잣나무 가지는 1992년도 강원대학교 연습림에서 성장하고 있는 3-6령급의 나무 중에서 잣이 달린 가지를 선택하여 잣 송이는 제거하고 잣이 달렸던 바로 아랫 부분으로부터 2년생 가지 부분을 이용하였다.

잣나무 가지를 채취한 시기는 잣 수확시기의 중기에 해당하는 1992년 9월 14일로서 채취 당시 가지의 함수율은 61.5%였다.

원형톱을 이용한 절단실험에 이용된 변수는 잣가지가 회전하는 톱날에 밀려들어 가는 밀기 속도(feed rate) 2개 수준, 원형톱의 회전에 의한 톱날의 절단속도 3개 수준, 가지의 직경 14개 수준이었고 각 처리조합별 3회 반복으로 실험을 실시하였다. 밀기속도와 절단속도의 예비실험을 통하여 가지의 절단이 잘된다고 판단되는 속도를 기준으로 선정하였으며, 가지의 직경은 강³⁾ 등의 연구결과를 근거로 하였다. 각 변수의 실험 수준의 내용은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

Table 1. Experimental variables and levels

Variables	Levels
Feed rate (mm/s)	10.4 20.8
Sawing speed (m/s)	5.8 11.6 17.4
Diameter of shoot (mm)	7.7 8.3 9.3 9.6 9.8
	10.1 10.7 11.5 12.1 14.0 14.2 16.2 17.1 18.1

본 연구에서는 잣이 달려 있는 상태에서 가지

를 절단하여 수확하는 데 필요한 토크를 측정하는 것이 목적이었기 때문에, 이용된 잣나무 가지의 직경은 가지의 껍질을 제거하지 않은 상태의 직경이다.

토크 측정에 필요한 장치는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 직경 98 mm의 원형톱을 구동하기 위한 동력은 무단변속 교류전동기에서 얻었고, 톱날의 절단 속도는 이 전동기의 회전속도를 조정하여 설정하였다. 구동 토크의 측정은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전동기와 원형톱을 연결하는 축 사이에 직경 9 mm, 길이 55 mm의 토크측정용 축을 설치하여 이 축에 토크게이지(120 Ω, full bridge 결선)를 부착하여 토크변환기를 구성하고, 이 축 양끝에 축이음(flexible coupling)을 이용하여 축이 회전하는 동안에 굽힘 모멘트 등 토크 이외의 외력을 받지 않도록 하였다. 가지를 자르는 데 필요한 토크는 토크 게이지에서 감지된 후 슬립 링(slip ring)과 증폭기를 통하여 기록계에 이용하여 기록되었다. 기록된 자료는 토크 게이지가 부착된 축의 축도설정자료를 토대로 하여 실제로 소요되는 토크로 환산하였고 최대토크를 이용하여 가지절단에 소요되는 동력을 계산하였다.

잣나무 가지를 일정한 속도로 반복적으로 톱질하기 위한 장치는 Fig. 1의 랙(rack)과 피니언(pinion)을 이용하였다. 랙을 구동하기 위한 피니언은 감속기가 부착된 직류전동기를 사용하였고, 이 전동기의 회전속도를 조정하여 가지가 톱날을 향하여 진행하는 밀기속도를 원하는 수준으로 바꾸었다.

두개의 안내판(rack guide, holder guide)에 의하여 직선운동을 하는 랙의 선단 부에는 가지를 일정한 위치에 고정시킬 수 있는 가지고정장치(branch holder)를 부착시켰다. 이 가지고정장치에 의하여 가지의 상단부 및 바닥면, 톱날의 맞은쪽이 고정되고 가지의 하단부를 가볍게 잡아 줌으로써 가지의 상하, 좌우 및 회전운동을 방지 할 수 있었다. 가지고정장치와 랙의 안내판 사이에는 두개의 역전 스위치를 눌러주는 푸쉬로드(push rod)를 장치하여 푸쉬로드가 양쪽의 역전스위치를 작동시킬 때마다 피니언의 회전방

향을 바꾸어 랙을 전진 및 후퇴시키므로써 연속적인 가지 절단실험을 할 수 있도록 하였다.

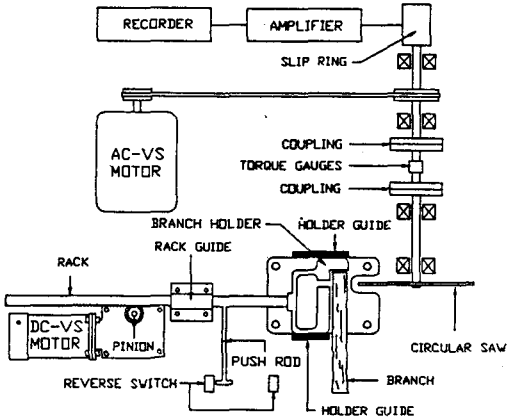


Fig 1. Top view of shoot sawing and torque measuring device.

3. 결과 및 고찰

잣나무 가지를 원형톱으로 절단하는 데 필요한 최대토크는 실험의 변수로 채택한 밀기속도, 톱날의 절단속도 및 가지의 직경에 따라 변화하는 것으로 분석되었다. 분산분석결과 각 변수는 모두 1% 수준에서 유의성이 있었다.

밀기속도가 20.8 mm/s일 때의 최대토크는 18.2 N-cm로서, 밀기속도가 10.4 mm/s일 때의 10.1 N-cm보다 80% 정도 증가함으로써 밀기속도가 증가할수록 소요 최대토크도 증가하는 것으로 나타났다.

1) 밀기속도 10.4 mm/s일 경우

소요되는 최대토크는 톱날의 절단속도와 가지의 직경에 따라 변화하는 것으로 분석되었다 (1% 유의수준).

톱날의 절단속도가 5.8 m/s, 11.6 m/s, 17.4 m/s일 경우, 최대토크의 평균치는 각각 14.8 N-cm, 8.5 N-cm, 및 7.1 N-cm로서 톱날의 절단속도가 증가할수록 감소하였다(Fig. 2). 평균치에 관한 Duncan 검정 결과 이들 3개의 최대토크는

각각 현저하게 감소하는 것으로 분석되었다. 가지의 직경이 7.7 mm에서 18.1 mm로 증가할 때의 최대토크의 평균은 4.5 N-cm로부터 19.3 N-cm로 증가함으로써, 직경증가에 따라 일반적으로 증가하는 경향을 보였다. 최대 토크의 최대값은 가지 직경이 18.1mm 이고 절단속도가 5.8m/s 일때 25.3 N-cm였다.

톱날의 절단속도별 가지직경별 최대토크는 Fig. 2에 보인 바와 같다.

톱날의 절단속도가 증가함에 따른 가지절단에 소요되는 평균동력은 각각 18W, 20W 및 25W로 증가하였다.

톱날의 절단속도별 가지직경별의 절단에 소요되는 동력은 Fig. 3에 보인 바와 같이 가지의 직경이 증가할수록 큰 동력을 필요로 하지만, 절단속도의 변화에 따른 차이는 가지의 직경이 11.5 mm~14 mm 구간을 제외하면 큰 차이를 나타내지 않았다. 실험에 이용된 가지의 최대 직경인 18.1 mm의 잣나무 가지를 절단하는 데 필요한 최소의 동력은 절단속도가 5.8m/s 일때 30W였다.

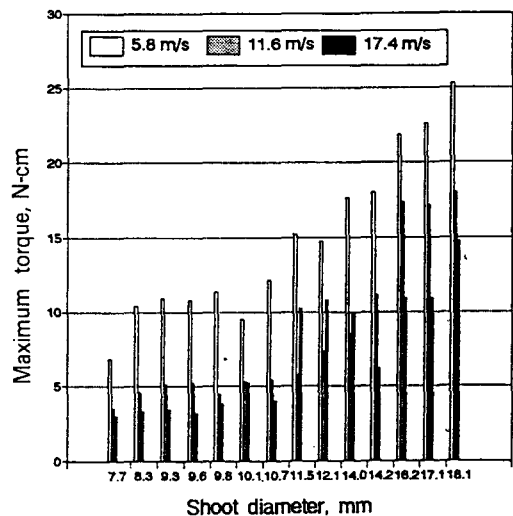


Fig. 2. Maximum torque by shoot diameter and sawing speed when the feed rate was 10.4 mm/s.

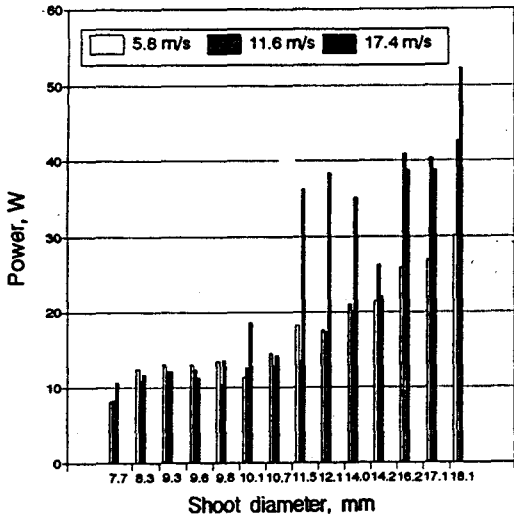


Fig. 3. Sawing power by shoot diameter and sawing speed when the feed rate was 10.4 mm/s.

2) 밀기속도 20.8 mm/s일 경우

가지를 절단하는 데 필요한 최대토크는 절단 속도와 가지의 직경에 영향을 받고 (1% 유의수준), 톱날의 절단속도가 5.8 m/s, 11.6 m/s 및 17.4 m/s일 경우의 평균 최대토크는 각각 28.6 N-cm, 14.6 N-cm, 및 11.4 N-cm로서 톱날의 절단속도

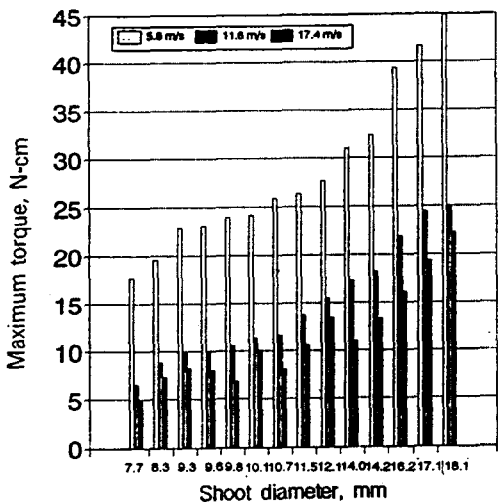


Fig. 4. Maximum torque by shoot diameter and sawing speed when the feed rate was 20.8 mm/s.

가 증가할수록 감소하였다(Fig. 4). 이것은 밀기속도가 10.4 mm/s의 경우보다 약 93%, 36% 및 61%가 증가한 양이다. 이들 3개의 최대토크는 각각 현저한 차이를 가지며(5% 유의수준), 가지의 직경이 7.7 mm에서 18.1 mm로 증가할 때의 평균최대토크는 9.7 N-cm 에서 30.7 N-cm로 증가함으로써 직경 증가에 따라 증가하였다. 절단속도가 5.5m/s 일때의 가지직경별 최대 토크는 다른 절단속도 수준에서의 최대토크보다 훨씬 크고(약 2배 이상), 이러한 현상은 밀기속도가 10.4mm/s 일 경우보다 현저하였다.

톱날의 절단속도 증가에 따른 평균소요동력은 각각 35W, 34W 및 40W로써 절단속도가 5.8 m/s와 11.6 m/s일 경우에는 차이가 없었고(Fig. 5),

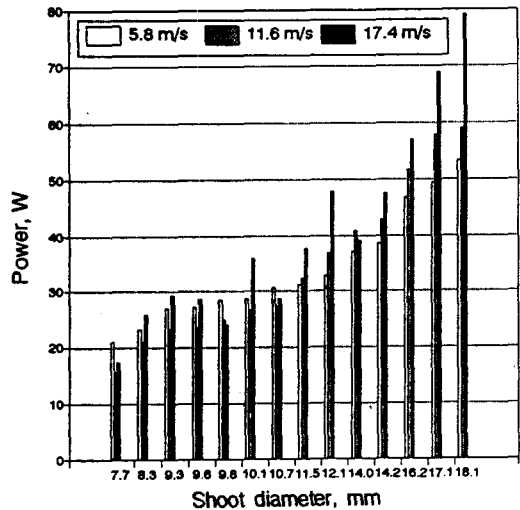


Fig. 5. Sawing power by shoot diameter and sawing speed when the feed rate was 20.8 mm/s.

이것은 밀기속도가 10.4 mm/s일 경우보다 각각 94%, 70%, 60% 증가한 결과로서 밀기속도가 빠를 수록 현저한 소요동력의 증가를 나타내었다.

톱날의 절단속도별 가지직경별의 절단에 소요되는 동력은 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 가지의 직경이 증가할수록 큰 동력을 필요로 하는 것으로 분석되었으며, 실험에 이용된 잣나무 가지의 최대 직경인 18.1 mm인 경우의 최소 소요동력은

54W로서 밀기속도가 10.4 mm/s인 경우보다 80 % 많은 동력을 필요로 하였다.

4. 요약 및 결론

잣 수확을 기계화하기 위한 방법 중에서 동력에 의하여 회전하는 원형톱을 이용하는 경우에 필요한 최대토크를 측정 분석하여 소요동력을 결정함으로써 잣 수확을 기계화하기 위한 기초 자료로 제공하고자 하였다.

실험에 이용된 변수는 톱날이 잣가지에 접근하는 속도(밀기속도) 2개 수준(10.4 mm/s, 20.8 mm/s), 원형톱 날의 절단속도 3개 수준(5.8 m/s, 11.6 m/s, 17.4 m/s) 및 가지의 직경 14개 수준(7.7 mm 부터 18.1 mm)이었다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 잣 나무 가지를 절단하는데 필요한 최대토크는 밀기속도, 톱날의 절단속도 및 가지의 직경에 따라 크게 변하며 밀기속도가 20.8 mm/s일 때의 평균 최대토크는 18.2 N-cm로서, 10.4 mm/s일 때의 10.1 N-cm보다 약 80% 증가하였다.

2) 밀기속도가 10.4 mm/s일 경우의 최대토크는 절단속도가 5.8 m/s, 11.6 m/s, 17.4 m/s로 증가함에 따라 14.8 N-cm, 8.5 N-cm, 및 7.1 N-cm로 감소하였다.

가지의 직경이 7.7 mm에서 18.1 mm로 커짐에 따른 최대토크는 4.5 N-cm로부터 19.3 N-cm로

증가하였으며, 실험에 이용된 가지의 최대 직경인 18.1 mm의 잣나무 가지를 절단하는데 필요한 최소의 동력은 30W였다.

3) 밀기속도가 20.8 mm/s일 경우의 최대토크는 절단속도가 5.8 m/s, 11.6 m/s, 17.4 m/s로 증가함에 따라 28.6 N-cm, 14.6 N-cm 및 11.4 N-cm로 감소하였고, 밀기속도가 10.4 mm/s의 경우에 비하여 약 93%, 36% 및 61%가 각각 증가하였다.

가지의 직경이 7.7 mm에서 18.1 mm로 증가함에 따른 최대토크는 9.7 N-cm에서 30.7 N-cm로 증가하였고, 이용된 잣나무 가지의 최대 직경인 18.1 mm의 가지를 절단하는데 필요한 최소의 동력은 54W로서 밀기속도가 10.4 mm/s인 경우보다 80% 증가된 양이다.

5. 참고문헌

1. 中部林業試驗場, 1992. 林業機械化作業 시스템開發. pp. 359~371.
2. 전 상근. 1977. 잣나무의 착과량이 구과 및 종자의 몇 개 형질에 미치는 영향. 경희대 산업과학연구소 논문집 5 : 61~67.
3. 강화석, 이재선, 김상현, 최종천, 1993. 잣 송이 채취를 기계화하기 위한 기초연구, 강원대학교 삼림과학연구소. vol. 9 : 1~9.
4. 산림청. 1985. 임업 통계 요람.
5. _____. 1990. 임업 통계 요람.