

# 에너지 절감형 트랙터 로타리날 개발 (VI)

- 기존 로타리날의 요인 실험 -

## Development of energy saving rotary blade for tractor(VI)

- Performance test of the existing rotary blade -

나건영\*   김기대\*   박우풍\*\*   김찬수\*\*\*   이현동\*   김성환\*  
                  정희원                   정희원                   정희원                   정희원  
G. Y. Na   K. D. Kim   W. P. Park   C. S. Kim   H. D. Lee   S. H. Kim

### 1. 서론

우리나라의 농가 인구는 1990년에 666만명으로 전체인구의 15.5%를 차지 하였으나 점차 줄어들어 2000년에는 8.7%에 지나지 않게 되었다. 또한 그 인구조차 노령화 되어 현재 50세 이상인 농가인구의 비율이 49.1%에 이르는 실정이다. 농업의 대부분을 차지하는 논 농사에서 가장 많은 노동력이 소요되는 작업으로는 경운 작업을 들 수 있다. 경운 작업은 플라우 경운과 로타리 경운으로 나눌수 있는데 최근에는 로타리를 이용하는 경운으로 대체 되고 있는 현실이다.

농용트랙터 농가 보급율은 2000년 현재 13.9%로 약 19만대 정도이며, 연간 약 2만대 정도의 트랙터가 보급되고 있으나 우리나라에서는 트랙터용 로타리날의 개발 여건이 미약하여 로타리날의 개발을 하지 못하는 실정이며 1970년대에 외국에서 들어온 모델을 조금씩 변형을 하는 것이 전부였다. 개발된 로타리날 또한 국내 토양 조건이나 농업형태에 상당한 거리를 두고 있는 실정이며 로타리날을 개발하여도 기존 로타리날과의 성능을 비교 분석하는 자료가 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 우리나라 토양조건이나 작업형태에 맞는 에너지 절감형 트랙터 로타리날의 개발을 위한 전 단계 연구로서 기존에 나와있는 로타리 제조회사별 로타리날의 경운부하를 경운깊이별, 작업속도별로 측정하고 이를 비교 분석하여 본 연구에서 개발하고자 하는 로타리날의 기본자료로 사용하고 이를 개량 보완하여 우리나라의 토양조건이나 작업형태에 맞는 로타리날의 개발에 비교자료로 사용하는데 목적을 두고 있으며 그 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

- 1) 국내 대표적인 로타리날 회사의 로타리날의 경운부하를 경심별 속도별로 측정하여
- 2) 앞으로 개발될 에너지 절감형 트랙터 로타리날과의 성능 분석 자료로 활용한다.

---

\* 충남대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과

\*\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\*\* (주) 엔에스티

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

본 실험에 사용된 로타리날은 국내 대표적인 로타리날 제조회사 3곳의 트랙터 로타리날을 사용하였으며, 취부구멍이  $51 \pm 0.5$ 이고 두께가 8mm이다. 구체적인 제원은 그림 1 및 표 1과 같다.

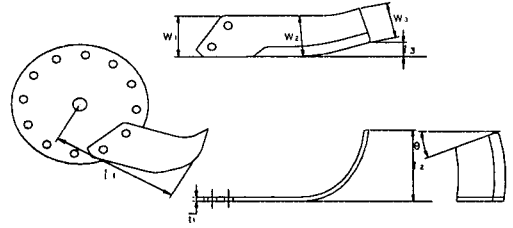


Fig. 1 Schematic diagram of design parameter of rotary blade

Table 1 The design parameter of rotary blade

Maker	$t_1$ (mm)	$w_1$ (mm)	$w_2$ (mm)	$w_3$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$\theta$ (°)
A maker	8	70	73.00	66	250	135.6	25.0	2.009
B maker	8	70	74.55	66	230	134.1	41.0	2.744
C maker	8	70	72.30	73	235	134.6	22.8	9.211

※ cf. reference Fig. 1

### 나. 토양조건

본 실험에서는 로타리 경운부하를 측정하기 위하여 농업기계화연구소에서 기 설치한 인공토조를 사용하였다. 인공토조는 길이, 폭, 깊이가 각각 20m, 2m, 1.64m이며 모래 79.0%, 실토 16.9%, 점토 4.1%의 토양으로 구성되어 있고 평균 함수율은 16.23%(d.b.)이다. 측정의 공정성을 위해 토양경도를 조절하였다. 조절방법으로는 토조 폭을 2등분하여(Fig. 2 (a)) 한쪽 토양을 경운 깊이 이상(약 15cm) 걷어 낸 후 토양을 조금씩 채워가며 인공토조 폭의 1/2되는 로울러로 다짐 작업(b)을 실시하였다. 흙은 약 5cm씩 3번에 걸쳐 채웠으며 그때마다 로울러 작업을 두 번씩 실시하였다. 한쪽편의 경도 조절이 끝나면 역시 다른 편도 전과 동일 방법으로 다져 토양경도를 조절하였다. 두 쪽 모두 경도 조절을 마친 후 인공토조 폭과 동일한 폭의 로타리로 토조의 표면만을 얇게 로타리작업(c)을 하여 토양의 높이를 맞춘 다음 인공토조 폭과 동일한 로울러로 2번 다짐 작업(d)을 실시하였다. 평균 토양 경도는  $9.18 \text{ kg/cm}^2$ 로 나타났다.



Fig. 2 The method of hardness control

#### 다. 하드웨어 설계

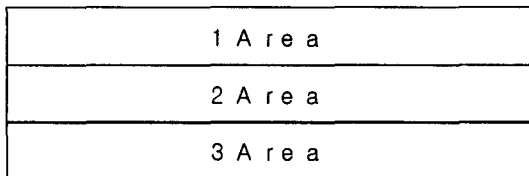
본 실험에서는 농업기계화연구소에서 기 개발한 측정대차를 이용하여 경심 및 주행속도를 변화해 가며 제조회사별 로타리 경운작업시 경운부하를 측정하였다. 로타리날의 부착은 실험용 로타베이터의 플랜지 한쪽 면에 6개의 날을 날 방향이 지그재그 식이 되도록 설치하였다. 경운작업시 경운부하의 측정은 가공된 로타리 회전축에 스트레인 게이지 및 슬립링을 부착하여 경운작업시 발생하는 경운부하를 측정할 수 있게 하였다. 주행속도 및 경심은 측정대차를 이용하여 제어하였다. 그림 3은 실험에 사용된 실험장치를 보여주고 있다.



Fig. 3 The photo of device for Measuring power requirements

#### 라. 소프트웨어 설계

본 실험에서는 로타리날 제조회사별 로타리 경운작업시 경심 및 주행속도가 변함에 따른 경운부하를 측정하였다. 로타리축 회전속도는 195rpm으로 고정하여 실험하였고 경심은 포장에서의 트랙터 로타리 작업과 동일한 조건으로 실험을 하기 위해서 0.07, 0.10, 0.13m로 설정하였으며, 주행속도 역시 포장에서의 속도인 0.7, 0.8, 1.0m/s으로 변화시켜 실험하였다. 본 실험에서는 그림 4처럼 인공토조를 너비방향을 가상으로 3등분하였다. 처음 1구역에서는 경심을 0.07m로 일정하게 한 후 주행하면서 측정대차의 주행속도를 0.7, 0.8, 1.0m/s로 변화시키며 경운부하를 측정하였다. 또한 2구역은 경심 0.10m, 3구역은 경심 0.13m로 설정하여 역시 같은 방법으로 실험하였다. 이런 방법으로 로타리날 제조회사 3곳의 로타리 경운부하를 측정하고 비교 분석하였다. 그림 5는 실험을 하고 있는 모습이다.



Artificial soil

→ proceed direction of measurement Car



Fig. 4 Test section of artificial soil

Fig. 5 The Photo of device in the experiment

### 3. 결과 및 고찰

경운부하 측정결과가 표 2, 3 및 그림 6에 나타나 있으며 이 결과는 로타리 1회전할 때

각각의 조건에서의 경운부하를 그래프화 하고 경운부하를 측정 한 것이다. 결과를 살펴보면 경운부하는 경심이 깊어질수록, 작업 속도가 빨라질수록 크게 나왔다.

경심을 0.07m로 고정하고 작업속도의 변화를 주어 실험을 한 결과 A maker의 로타리날의 경우 4.76에서 6.35kg·m 까지 나왔고, B maker의 경우 6.36 ~ 7.16kg·m, C maker의 경우 6.71 ~ 7.36kg·m로 나타나 A maker의 로타리날이 가장 작은 경운부하를 나타냈다.

경심 0.1m인 경우엔 A maker가 9.80 ~ 12.7kg·m, B maker가 7.59 ~ 7.89kg·m, C maker의 경우 7.86 ~ 8.12kg·m로 나타나 이 경우에는 B maker의 로타리날이 가장 적은 경운부하를 나타냈다.

경심 0.13m 인 경우, A maker는 11.14 ~ 16.11kg·m, B maker는 8.62 ~ 10.02kg·m, C maker의 경우 9.89 ~ 10.16kg·m로 나타나 경심 0.1m 의 경우와 마찬가지로 B maker의 로타리날이 가장 적은 경운 부하를 나타냈다.

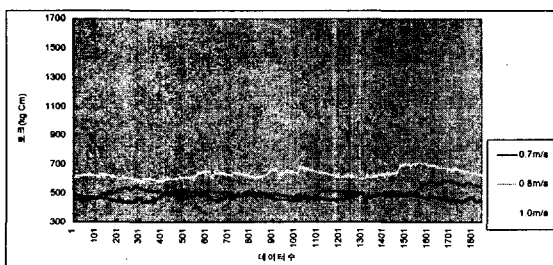
실험결과 로타리 경운시 경심별, 속도별로 경운저항을 분석한 결과 B maker의 로타리날로 경운하였을 때 경운 저항이 가장 적은 것으로 나타났다.

Table 2 The result of power requirement for rotary tiller(1) (Average torque (kg·m))

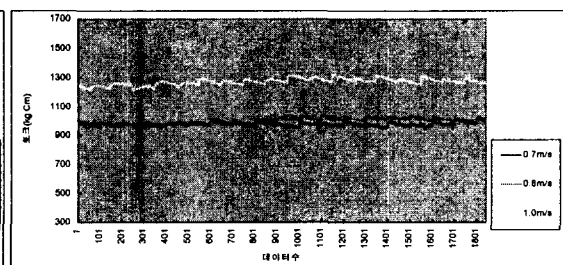
Maker	A maker			B maker			C maker		
Depth(m) velocity(m/s)	0.07	0.1	0.13	0.07	0.1	0.13	0.07	0.1	0.13
0.7	4.76	9.80	11.14	6.36	7.59	8.62	6.71	7.86	9.89
0.8	5.04	10.00	13.11	6.38	7.68	8.67	7.17	8.01	10.09
1.0	6.35	12.70	16.11	7.16	7.89	10.02	7.36	8.12	10.16

Table 3 The result of power requirement for rotary tiller(2) (Average H.P. (PS))

Maker	A maker			B maker			C maker		
Depth(m) velocity(m/s)	0.07	0.1	0.13	0.07	0.1	0.13	0.07	0.1	0.13
0.7	1.30	2.67	3.03	1.73	2.07	2.35	1.83	2.14	2.69
0.8	1.37	2.72	3.57	1.77	2.09	2.36	1.95	2.18	2.75
1.0	1.73	3.46	4.39	1.95	2.16	2.73	2.00	2.21	2.77



(a)



(b)

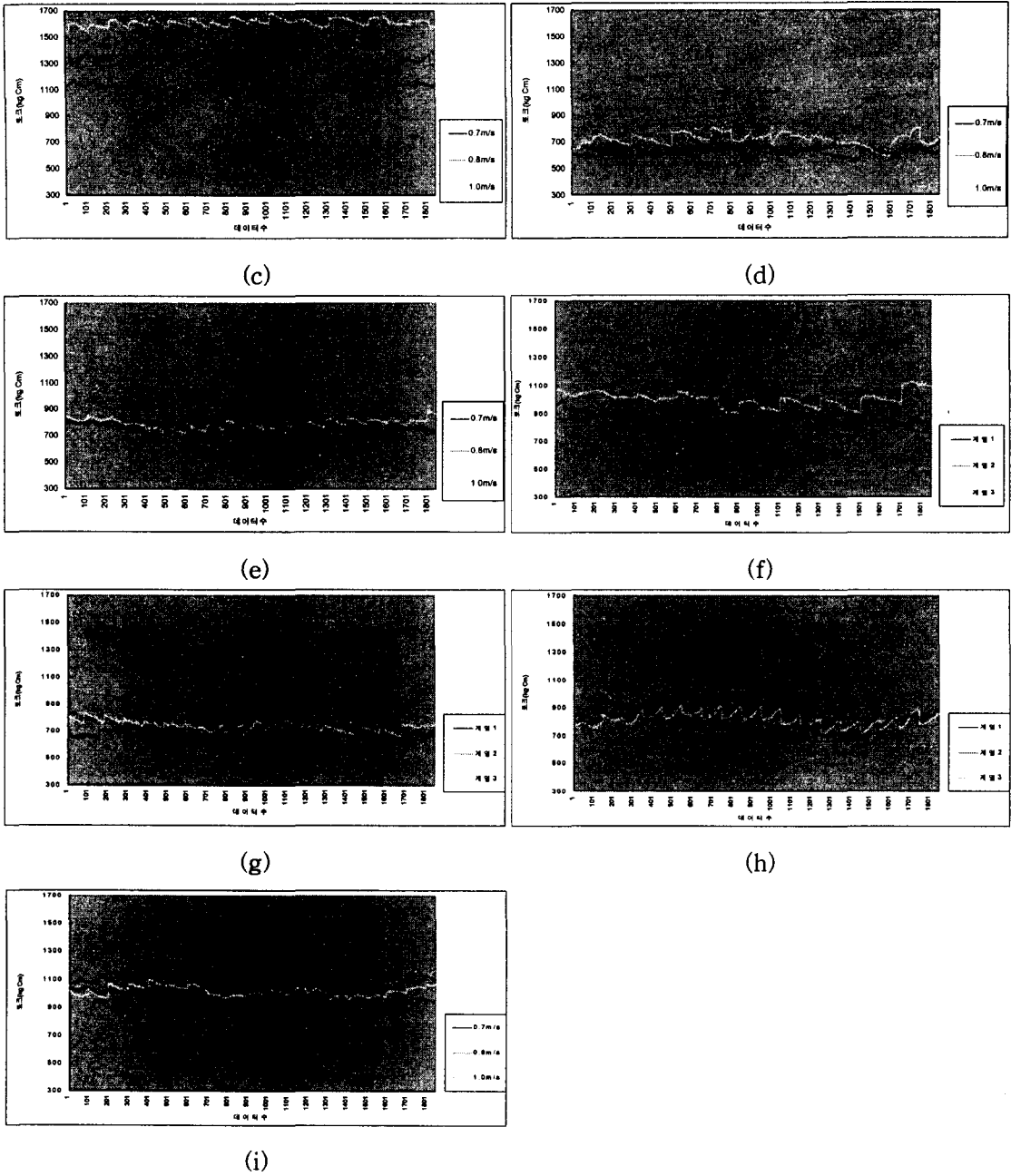


Fig. 6 The result of power requirement of rotary tiller

- (a) A maker rotary blade (Depth 7Cm)
- (b) A maker rotary blade (Depth 10Cm)
- (c) A maker rotary blade (Depth 13Cm)
- (d) B maker rotary blade (Depth 7Cm)
- (e) B maker rotary blade (Depth 10Cm)
- (f) B maker rotary blade (Depth 13Cm)
- (g) C maker rotary blade (Depth 7Cm)
- (h) C maker rotary blade (Depth 10)
- (i) C maker rotary blade (Depth 13Cm)

#### 4. 결론 및 요약

본 연구는 기존의 대표적인 로타리회사의 로타리날의 경운부하를 측정·분석하는 연구로서, 각 로타리날의 경운부하를 속도별 경심별로 측정·분석하였다. 이를 위해 농업기계화 연구소에서 기 개발한 측정대차를 이용하였다. 본 연구에서는 기존의 로타리날의 성능 및 특성을 분석하였으며 앞으로 개발될 에너지 절감형 트랙터 로타리날의 비교 자료로서 사용하는데 목적을 두었으며 그 구체적인 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 인공토조의 평균 경도는  $3.18\text{kgf/cm}^2$ 로 설정하였다.
- 2) 경운 부하 측정결과 B maker의 경우 경심별, 속도별로  $6.36 \sim 10.02\text{kg}\cdot\text{m}$ 의 경운부하가 측정되어 대체적으로 가장 적은 값을 나타냈다.

향후 각 제조회사별 로타리날의 요인특성을 분석하여 경운작업시 부하가 최소가 되는 요인을 분석하여 에너지 절감형 트랙터 로타리날의 개발에 기초 자료로 활용할 계획이다.

#### 5. 참고문헌

1. 김기대, 허윤근, 김만수, 김성래. 1978. 경운실험을 위한 인공토양의 물리적 특성에 관한 연구. 충남대학교 농업과학연구지 Vol.5(2) : 127-135
2. 김성래. 1988. 기계 이앙답의 쇄토 정지용 로우터리 날의 개발. 과학재단 연구보고서
3. 서동현 외 5인. 2001. 에너지 절감형 트랙터 로타리날 개발(I) -논의 2차 로타리 경운 부하 특성-. 한국농업기계학회 하계학술대회 논문집6(2) : 79-84
4. 이현동 외 5인. 2002. 에너지 절감형 트랙터 로타리날 개발(III) -로타리날의 운동분석-. 한국농업기계학회 2002년 동계학술대회 논문집 Vol.7(1) : 517-522
5. 최규홍, 류관희. 1984. 로우터리 경운의 부하특성 및 소요동력에 관한 연구. 한국농업기계학회지. Vol.9(2) : 27-36
6. Hendrick, J. G. and W. R. Gill. 1971. Rotary tiller design parameters part III - Ratio of peripheral and forward velocities. Transaction of the ASAE : 679-683
7. Hendrick, J. G. and W. R. Gill. 1974. Rotary tiller design parameters part IV - Blade clearance angle. Transaction of the ASAE : 4-7
8. Hendrick, J. G. and W. R. Gill. 1978. Rotary tiller design parameters part V - Kinematics. Transaction of the ASAE : 658-660
9. Masaki M. 1961. Fundamental studies on the rotary cultivation. Bul. of the Yamagata Univ. Agri.Sci. Vol.(3)4