

로타리 경운날의 개량 연구
-경운날 3종의 경운부하특성 분석 -

Study on the Improvement of Rotary Blade
- Tilling Load Characteristic Analysis of the Three Kinds of
Rotary Blade -

김 수 성* 이 여 성* 우 종 구*
S. S. Kim Y. S. Lee J. K. Woo

ABSTRACT

Using the soil bin systems, this study was carried out to investigate the tilling load characteristic for the three kinds of Japanese rotary blade and the possibility of common use for power tiller and tractor rotary.

The results obtained from the study are summarized as follows:

1. At all tested soils, the average and maximum tilling torque of all tested blades increased as the tillage pitch did.
2. The torque requirements of newly designed and produced blade was less than that of blade which has been used on power tiller and tractor rotary.
3. The maximum tilling torque of new ONE were decreased 7%, 10~11%, 27% in comparing with another blades at clay loam, loam and sandy loam, respectively.
4. According to observation of the extent of soil adhesion on blade and the contact aspect of blade, new ONE is the most excellent of all tested rotary blades and till smoothly not to compress the untilled soil.

From the results of this study, the newly developed blade(new ONE) proved to be good tilling load performance and had a conclusion that it is possible to use it on power tiller and tractor rotary in common.

주요-용어(Key Words): 경운부하특성(Tilling Load Characteristic), 인공토양조(Soil Bin), 작두형 경운날 (Japanese Rotary Blade), 형상요소(Shape Factor), 로타리(Rotary)

1. 緒 論

정부의 농업기계화 정책에 따라 수도작에 있어 경운·정지, 이앙, 수확작업의 평균 기계화율이 96% 수준에 이르렀고, 이 중에서도 경운·정지 작업의 기계화율은 97%에 달하고 있다.

경운작업은 쟁기작업과 로타리작업으로 크게 나눌 수 있고, 점차 경운과 동시에 쇠토정도가 우수하여 작업시간을 절감할 수 있는 로타리 경운작업만

실시하는 경향으로 발전하고 있다.

그러나 로타리 경운작업의 특성상 소요동력이 큰 문제와 더불어, 현재 국내에서 경운기용 로타리에 사용되는 작두형 경운날(Japanese Rotary Blade)은 日本에서 약 25년전에 설계된 형상에서 국산개발당시 제작상의 어려움 때문에 변형시켜 개발한 것으로 동력소모가 큰 것이 문제점으로 지적되어 왔다.

일본에서는 시대적 요구에 따라 에너지 절감과 경운날의 수명연장을 위한 연구를 계속 수행하여 새로

* 대동공업(주) 기술연구소

운 경운날을 꾸준히 개발 공급하고 있었는데 반해, 우리나라에서는 80년대 초반에 연구 실적이 발표된 이래 경운부하특성 분석과 부하감소를 위한 연구실적이 눈에 띄지 않으며, 80년대 초반의 연구결과도 실용화로 이어지지 못하였다.

이에 본 연구에서는 현재 사용중인 경운날 개발이후 수행·발표된 연구결과에 대한 문헌조사와 최근에 샘플 수입된 로타리 경운날의 형상요소에 대해 고찰하여 에너지 절감과 수명연장이 가능한 새로운 경운날을 개발하고자 한다. 이를 위하여 새 경운날을 설계하여 양산품과 주요 형상요소에 대해 분석하고, 試作品을 제작하여 개발 경운날과 양산품을 공시 경운날로 인공토양조(Soil Bin)에서 경운시험을 실시하였다. 본 연구의 목적은 첫째 형상요소가 상이한 경운날 3종의 경운 부하특성을 究明하고, 둘째 개발 경운날을 경운기와 트랙터용 로타리에 공통으로 사용가능한지 조사하여 개발 경운날의 실용화 여부를 판단하는데 있다.

2. 研究史

작두형날 설계의 주요 인자로는 刃緣部 設計와 灣曲部 傾斜面 設計가 있다. 刃緣曲線은 排絡角 α 가 중요하고, 直刃部 선단에서 α 는 약 $1rad(57.5^\circ)$ 이 바람직하고, 자루부에 가까운 쪽에서는 약간 큰 각도가 필요하다. 排絡角을 연속적으로 변화시킨 刃緣曲線을 이용하여, 물논에 있어서 쟁의 감김이 적은 양호한 刃緣曲線의 설계가 가능하다. 灣曲部 경사면은 될 수 있는 한 작은 절삭저항에서 토양을 절삭하고, 그 위에 합리적인 방출이 되는 형상이 요구된다. 이러한 요망에 따라 경사면 설계 계산식도 확립되어 졌다. 또 直刃部를 얇게 누른 경량 날도 있다.⁽⁶⁾

또, 屈曲角 ε 이 적으면 흙의 부착과 쟁감김이 적고 흙의 흐름도 좋아 저항도 감소하지만, $50\sim 55^\circ$ 이하에서는 성능향상에 반하여, 반전이 악화되어 스트레스 하중도 커지고, 경반에 요철을 생기게 하여 좋지 않다. 일반적으로 작두형은 $\varepsilon = 60\sim 70^\circ$, L형 날은 85° 정도이다. 후퇴각 λ 는 굴곡각과 밀접하게 관계있고, 직각날에 가까운 것에서는 λ 를 두므로서

흙이 압축되어 좋지 않게 되지만, ε 이 어느 정도 작으면 λ 를 두어도 저항·부착·쟁감김·경반의 요철 등을 감소시키는데 유효하다. 굴곡부의 곡률반경 r 은 直刃·屈曲 兩部를 원활하게 연결시키며, 일반적으로 소형에서 약 20mm, 대형에서 30mm 이상이 좋다.⁽⁷⁾

김 등(1984)은 형상각 30° 와 40° 인 경운날의 소요토크를 비교분석한 결과, 40° 의 날이 30° 의 날보다 양면인 경우 최대경운 소요토크가 48% 증가하였으나, 단면인 경우는 큰 차이가 없었으며, 평균경운 소요토크는 양면인 경우 40° 의 날이 6% 증가한 반면, 단면인 경우는 11% 감소하였다고 보고하였다.⁽¹⁾

최와 류(1984)의 연구결과에 따르면 PTO축의 평균 및 최대 토크는 경심, 경운피치, 토양 전단응력이 증가할수록 증가하는 경향이 있다.⁽⁸⁾

김 등(1990)은 볼트구멍 중심에서 60mm 이내에 굽힘응력이 굽힘모멘트보다 크게 나타나 파괴 예상 부분으로 판단된다고 하였다.⁽²⁾

일본에서 Hai에 의해 수행된 작두형 경운날의 설계이론 연구^(10,11)에 따르면, 背角(Scoop angle) β_1 은 날끝의 설계에 있어서 중요한 인자로 토양배출(throwing) 성능을 좌우한다. 토양에 따른 일반적인 배각의 값은 무른 토양(Sandy or Muddy Soil)일 때 $40\sim 55^\circ$, 일반 토양(Sandy Loam, Loam or Clay Loam)일 때 $55\sim 75^\circ$, 그리고 경한 토양(Heavy Clay Dry Soil)일 때 $75\sim 85^\circ$ 이다. 또 선단 곡선각(Edge-curve angle, 日本 新刊 농업기계 핸드북에서는 排絡角이라 함⁽⁹⁾) α 는 경운날에 잡초 또는 쟁이 휘감기는 현상과 날의 뒷면(Side face)과 미경운토양 사이의 마찰에 의한 절단저항에 커다란 영향을 미친다. 일본에서의 시험결과, 일반적인 경운조건하에서 α 가 $55\sim 60^\circ$ 일 때 경운 최대토크 T_{max} 와 경운 일 W 가 최소이었다. 그리고 날과 미경운토양 사이의 마찰저항 때문에 날의 단면형상은 경운저항의 토크특성에 영향을 미친다. 단면날과 양면날의 경운저항 특성을 조사하기 위해 실내시험을 실시하였고, 일반적인 경운조건하에서 경운피치가 증가함에 따라 두 가지 날 모두 최대토크가 증가했으나, 양면날에 비해 단면날의 최대토크 증가율이 낮았으며, 1set의 경운날을 장

착 시험한 결과, 단면날은 양면날보다 약 20% 정도 경운에너지가 적게 소요되었다.

3. 材料 및 方法

가. 공시 경운날

시험에 사용된 경운날은 3종으로, 경운기 로타리용 양산품, 트랙터 로타리용 양산품과 문헌고찰을 통해 성능에 영향을 미치는 형상요소들을 고려하여 새로 설계 제작한 개발품 등이다.

새로 설계한 개발품은 먼저 한국산업규격(KS)에 적합하도록 자루부를 결정하고⁶⁾, 선단곡선각이 55~60°를 유지하도록 선단곡선을 설계하여⁷⁾ 직선인 자루부와 원활하게 연결하였다. 또 경심 15cm가 가능하면서 경운토크가 작아지도록 최대회전반경을 가능한한 최소로 결정하고, 背角이 55~75° 범위에 있도록 절곡(Bending) 각도를 60°로 하여 경운날을 절곡하도록 설계하였다. 그리고 경운날의 단면형상은 경운에너지가 적게 소요되는 단면날로 결정하고, 토양과 접촉순간의 부하(Load)를 줄이기 위해 날끝으로 갈수록 단면의 두께가 얇아지도록 설계하였다. 또 경운날의 파괴를 줄이기 위해 전체 담금질(Quenching) 뜨임(Tempering)후 다시 볼트구멍 중심에서 반경 80mm 범위까지를 부분 뜨임하여 경도를 낮추어 제작하였다.

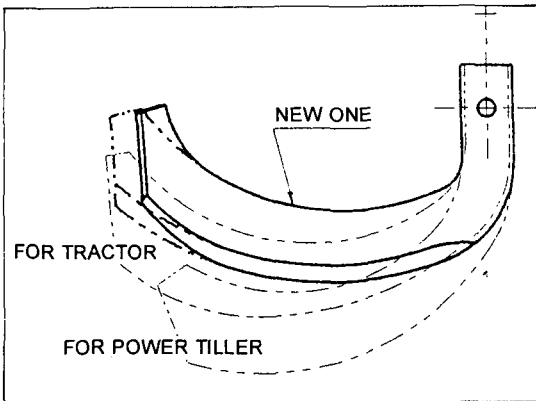


Fig. 1 Shape comparison of the tested blades.

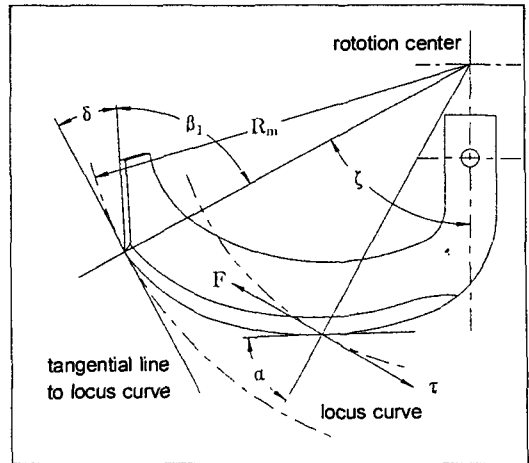


Fig. 2 Shape factors of rotary blade.

Table 1 Analysis data of shape factors

Factors	New One	for Power tiller	for Tractor	
Scoop angle, β_1 (deg)	65.09	60.64	65.14	
Clearane angle, δ (deg)	24.91	29.36	24.76	
Shape angle, ξ (deg)	61.85	40.31	55.24	
Edge-curve angle, α (deg)	at r=210	60.86	47.72	50.67
	at r=180	58.84	41.30	47.72
	at r=150	59.05	35.86	46.29
Cutting width, w (mm)	39.5	36.5	40	
Max. rotation radius, R_m (mm)	230	256	245	
Bending angle, ϵ (deg)	$60 \pm 30'$	$54 \pm 30'$	60	
Bending radius, r (mm)	40	38	40	
Section of the blade	Single-edged	Double-edged	Double-edged	

공시 경운날 3종의 형상을 비교하여 그림 1에 나타내었고, 그림 2의 경운날의 주요 형상요소를 분석한 결과는 표 1과 같다.

나. 시험장치

공시 경운날의 경운토크를 측정하기 위하여 농업기계화연구소에 설치되어 있는 인공토양조 및 관련 장치를 이용하였다.

(1) 인공토양조(Soil Bin)

설치되어 있는 시험토양조는 3조이며, 1토양조는 길이 20m, 폭 2m, 깊이 1m 크기의 콘크리트 토양조로써 하부 50cm는 모래, 상부 50cm는 우리나라의 대표적인 3종의 토양으로 채워진 고정식 토양조이며, 벽의 상부에는 측정대차가 주행가능하도록 레일이 설치되어 있다.

인공토양조에 채워진 공시 토양은 식양토(Clay Loam), 양토(Loam) 그리고 사양토(Sandy Loam)이며, 공시토양의 조성은 표 2와 같다.

Table 2 Classification of soils

Soil bin	Sieve analysis (%)			USDA soil textural classification
	Sand	Silt	Clay	
I	7.2	51.2	41.6	Clay Loam
II	27.6	46.0	26.4	Loam
III	56.5	27.5	16.0	Sandy Loam

(2) 측정대차(Test Car)

측정대차는 40PS 모터에 의한 유압구동방식으로 주행속도 0.1~2.5 m/s 범위에서 전진 4단, 후진 4단으로 변속 가능하며, 동력 취출장치의 동력원은 30PS 모터로 회전속도 200~1,000rpm 범위에서 5단 변속이 가능하고, 시계방향 및 반시계방향으로 회전한다. 또 측정대차의 최대 견인력은 1,000kg이고, 히치는 경운기용 및 트랙터용 3점히치로 되어 있다.

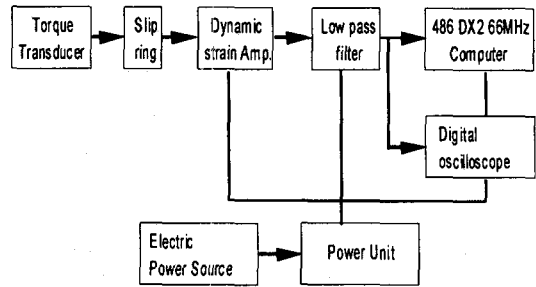


Fig. 3 Block diagram of measuring instruments arrangement.

(3) 경운토크의 측정시스템

경운토크는 측정대차에 장착된 경운기용 로타리의 같이구동축에 스트레인게이지(4매)를 부착한 토크변환기를 통하여 측정하였으며, 경운토크 측정시스템의 구성도는 그림 3과 같다. 최종적으로 측정된 데이터는 데이터 수집컴퓨터에 저장시키면서 디지털 오실로스코프로 시험구간 측정데이터를 읽어 출력하였다.

토크 측정장치에 대해 5kg, 10kg, 15kg, 20kg의 웨이트로 길이 60cm인 바를 이용하여 캘리브레이션을 실시하여 디지털 오실로스코프로 측정된 전압 데이터를 계산하였다.

다. 시험방법

본 시험에서는 경운기용 로타리에 1set 18개(좌, 우 각 9개)의 공시 경운날 3종을 바꿔 조립하고, 측정대차를 경운기와 트랙터 작업시 속도로 이동하도록 주행속도를 3수준으로 변화시켰고, 경운축의 회전속도를 경운기 및 트랙터 실제 사용조건과 유사한 회전속도 2수준으로 설정하였다. 경심은 15cm를 기본으로 개발품의 경운기 로타리조건 시험시 경심의 영향을 분석하기 위해 경심 12cm인 경우에 대해서도 시험하였다. 일정한 토양조건을 맞추기 위해 1토양조에서 시험이 완료된 후 경폭 60cm의 경운된 토양을 미경지 위로 퍼내었다가 경심의 1/2 정도만 고르게 펼쳐 채우고 폭 60cm, 무게 약 500kg인 물러를 이용하여 왕복하면서 1차 다진 후 나머지 경운토양

을 고르게 채우고 롤러로 왕복하면서 토양다지기를 실시하여 토양조 표면을 평탄하게 만들고, 토양경도를 일정하게 조성하였다. 시험 개시전 측정된 토양경도와 시험을 진행하면서 3회에 걸쳐 토양다지기 후 I 토양조에서 5개소 측정하여 평균한 토양경도는 토양조 I 토양(SI)이 11~14kg/cm², 토양조 II 토양(SII)이 8~11kg/cm², 토양조 III 토양(SIII)이 5~8kg/cm²으로 큰 차이가 없었다. 표 3의 시험설계에 따라 각 시험은 2m 구간을 경운하여 같이구동축에 걸리는 경운토크를 측정하였다.

Table 3 Experimental design

Variable	Level
Type of rotary blade	For power tiller(K1), New ONE(K2), For tractor(K3)
Tilling speed, V (cm/sec)	V1 = 36, V2 = 53, V3 = 58
Number of revolution of rotary shaft, N (rpm)	N1 = 233, N2 = 339
Type of soil	S1, SII, SIII
Tilling depth, D (cm)	D1 = 15, D2 = 12

4. 結果 및 考察

가. 경운피치(Tillage pitch)

경운피치는 다음 식과 같이 계산되며, 시험조건별로 경운피치를 계산한 결과는 표 4와 같다.

$$P = \frac{60 v}{z n}$$

여기서 z = 플랜지에 부착된 경운날의 갯수; 칼집 형은 z = 1임.

v = 기체의 전진속도 (cm/sec)

n = 경운축 회전수 (rpm)

Table 4 Tillage pitch at each combination of tilling speed (V) and no. of revolution of rotary shaft (N)

Combination	V1N1	V2N1	V3N1
Tillage pitch, (cm)	9.27	13.65	14.94
Combination	V1N2	V2N2	V3N2
Tillage pitch, (cm)	6.37	9.38	10.27

나. 경운피치에 따른 경운토크 특성

공시 토양 3종에서 공시 경운날 3종에 대해 주행 속도와 로타리축 회전수를 변경하여 경운피치에 따른 경운소요 평균 토크와 최대토크를 조사하였다. 토크는 디지털 오실로스코프로 출력한 데이터의 실효치전압(RMS)과 전압최대치(MAX)를 토크 - 전압 캘리브레이션함수($Y = 13.2933 \times -3.15$)에 대입하여 계산하였다.

표 5(a) 및 그림 4(a)와 (b)는 식양토(SI) 경운시, 표 5(b) 및 그림 4(c)와 (d)는 양토(SII) 경운시 그리고 표 5(c) 및 그림 4(e)와 (f)는 사양토(SIII) 경운시에 측정된 경운피치에 따른 평균 토크와 최대 토크를 나타낸 것이다.

경운피치에 따른 경운토크를 조사한 결과, 경운피치가 증가함에 따라 경운토크도 증가하였다. 모든 토양조건에서 경운기용 및 트랙터용 양산품에 비해 각각의 조건으로 시험한 개발 경운날의 경운토크(평균 토크 및 최대 토크)가 작았다. 평균 토크는 경운피치가 증가함에 따라 서서히 증가하는 경향이었으나, 최대 토크는 경운피치가 6.37cm에서 9.27cm로 증가함에 따라 급격히 커졌다가 이후 경운피치 증가에 따라 서서히 증가하였다.

경운피치에 따른 최대 토크의 감소율(표 6)을 살펴보면, 식양토에서 경운기용 조건시험의 결과 1~8%, 트랙터용 조건시험의 결과 7~9%로 나타났고, 양토에서는 각각 5~20%와 11~33%, 사양토에서는 각각 9~31%와 27~41%로 나타났다.

Table 5 Measured avg. & max. tilling torque data

Soil	Pitch (cm)	K1D1		K2D1		K2D2		K2(T)D1		K3D1	
		T _{avg}	T _{max}	T _{avg}	T _{max}	T _{avg}	T _{max}	T _{avg}	T _{max}	T _{avg}	T _{max}
(a) SI	6.37	25.0318	39.3886	25.5635	36.1982	22.1073	33.0078	-	-	-	-
	9.27	30.3491	51.6184	27.4246	48.9597	23.7025	37.2316	-	-	-	-
	9.38	37.2616	52.1501	34.6030	51.0867	27.1587	40.4520	-	-	-	-
	13.65	37.5275	53.7453	33.0078	53.2136	31.6784	48.2979	-	-	-	-
	10.27	-	-	-	-	-	-	30.0833	48.4280	42.3131	53.2136
	14.94	-	-	-	-	-	-	35.1347	50.0232	42.5790	53.7453
(b) SII	6.37	26.6270	41.5155	22.3731	33.0078	17.3217	25.0318	-	-	-	-
	9.27	30.0833	51.6184	27.6905	45.2376	19.1827	31.9443	-	-	-	-
	9.38	32.4760	52.6424	31.4126	44.7259	22.9049	37.2616	-	-	-	-
	13.65	39.3886	53.2136	30.0833	50.5549	25.5635	43.1107	-	-	-	-
	10.27	-	-	-	-	-	-	26.6270	35.6664	39.3886	53.2136
	14.94	-	-	-	-	-	-	26.8929	47.8963	42.1731	53.7453
(c) SIII	6.37	21.3097	28.2222	20.5121	29.8174	17.8534	23.9683	-	-	-	-
	9.27	27.4246	51.6184	22.3731	35.6664	26.0953	36.7299	-	-	-	-
	9.38	31.1467	43.1107	30.0476	39.3886	25.2977	31.9443	-	-	-	-
	13.65	38.0592	52.6819	31.9443	45.7693	34.3371	38.8568	-	-	-	-
	10.27	-	-	-	-	-	-	21.3097	29.8174	35.1347	50.5549
	14.94	-	-	-	-	-	-	27.1587	38.3251	39.9203	52.6819

한편 개발 경운날로 기타 조건은 동일하게 하고 경심만 변경(15cm → 12cm)하여 시험한 결과, 경심이 작을수록 경운토크가 작게 나타났고, 최대토크는 식양토에서 9~24%, 양토에서 15~29%, 사양토에서 15~20%의 감소율을 나타냈다.

다. 회전반경 및 형상각에 따른 경운토크 특성

공시 경운날 3종은 회전반경과 형상각이 상이하여 회전반경의 경우 개발품이 230mm, 트랙터용 양산품이 245mm, 경운기용 양산품이 256mm이고, 형상각은 각각 62°, 55°, 40°이다. 따라서 회전반경과 형상각에 따른 경운토크 데이터는 트랙터용 양산품

데이터를 가운데 두고 개발품과 경운기용 양산품 데이터가 Y축에 대해 서로 반대 위치에 자리하는 결과를 나타내고 있다(그림 5).

토양별로 최대 경운 피치일 때, 회전반경에 따른 평균 토크와 최대 토크의 차이를 조사한 결과, 회전반경이 R230mm로부터 커짐에 따라 평균 토크는 증가하다가 약간 감소하였으나, 최대 토크는 R230mm(개발품)일 때 최소이고, 회전반경이 커짐에 따라 증가하였으나 R245mm(트랙터용)일 때와 R256mm(경운기용)일 때 큰 차이는 없었다.

한편 형상각이 커짐에 따라 평균 토크와 최대 토크는 감소하여, 개발품의 평균 토크와 최대 토크가 가장 작았다.

회전반경과 형상각의 영향을 고찰해 본 결과, 경

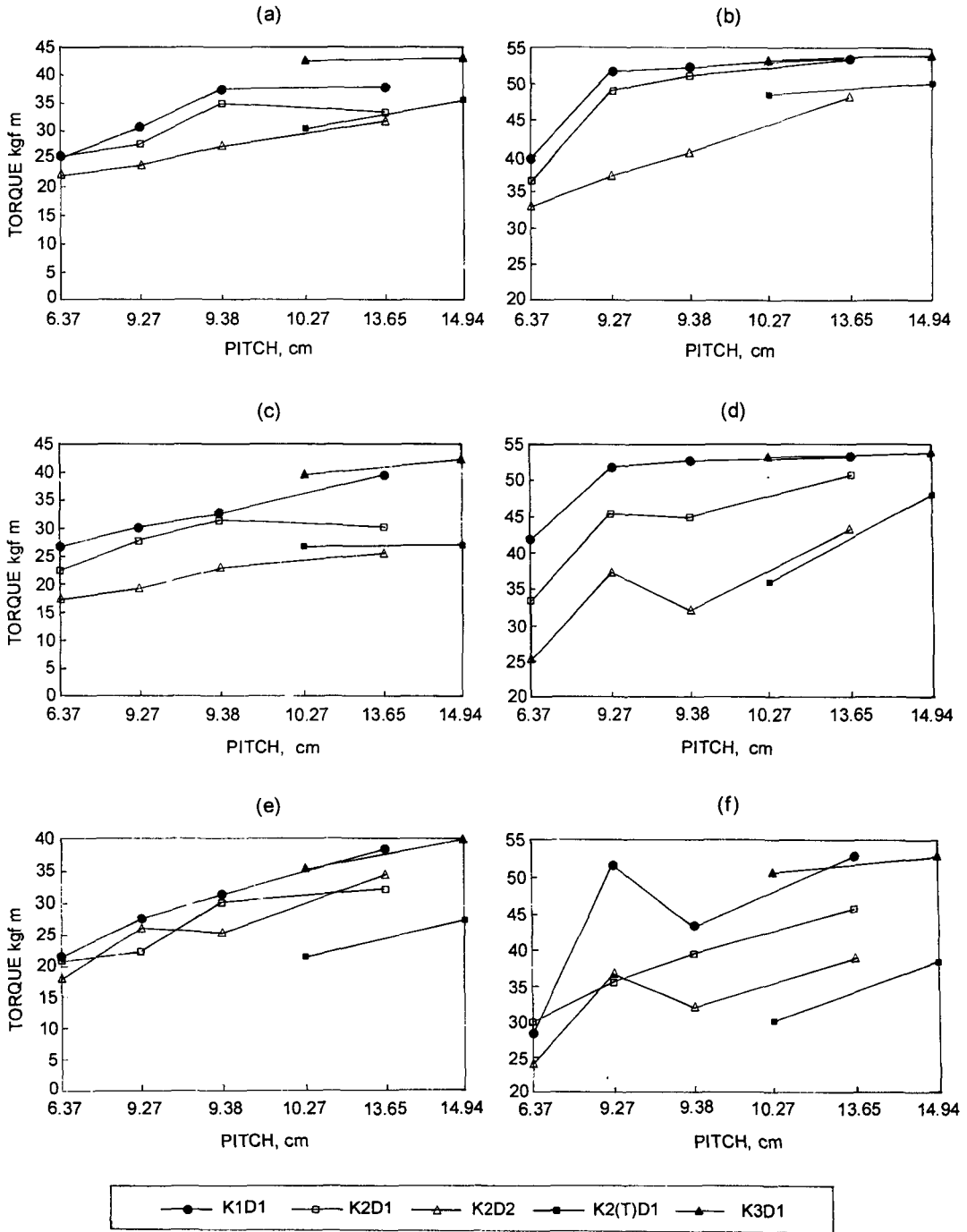


Fig. 4 Tilling torque varied with tillage pitch.

(a) S I, T_{avg} (b) S I, T_{max} (c) S II, T_{avg} (d) S II, T_{max} (e) S III, T_{avg} (f) S III, T_{max}

Table 6 Max. tilling torque decreasing ratio at each soil

Pitch (cm)	SI			SII			SIII		
	K1D1- K2D1	K2D1- K2D2	K3D1-K2 (T)D1	K1D1- K2D1	K2D1- K2D2	K3D1-K2 (T)D1	K1D1- K2D1	K2D1- K2D2	K3D1-K2 (T)D1
	K1D1	K2D1	K3D1	K1D1	K2D1	K3D1	K1D1	K2D1	K3D1
	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)	× 100(%)
6.37	▼ 8	▼ 9	—	▼ 20	▼ 24	—	▲ 5	▼ 20	—
9.27	▼ 5	▼ 24	—	▼ 12	▼ 29	—	▼ 31	▲ 3	—
9.38	▼ 2	▼ 21	—	▼ 15	▼ 17	—	▼ 9	▼ 19	—
13.65	▼ 1	▼ 9	—	▼ 5	▼ 15	—	▼ 13	▼ 15	—
10.27	—	—	▼ 9	—	—	▼ 33	—	—	▼ 41
14.94	—	—	▼ 7	—	—	▼ 11	—	—	▼ 27
Remark	For power tiller vs New ONE	Effect of tilling depth change (New ONE)	For tractor vs New ONE	For power tiller vs New ONE	Effect of tilling depth change (New ONE)	For tractor vs New ONE	For power tiller vs New ONE	Effect of tilling depth change (New ONE)	For tractor vs New ONE

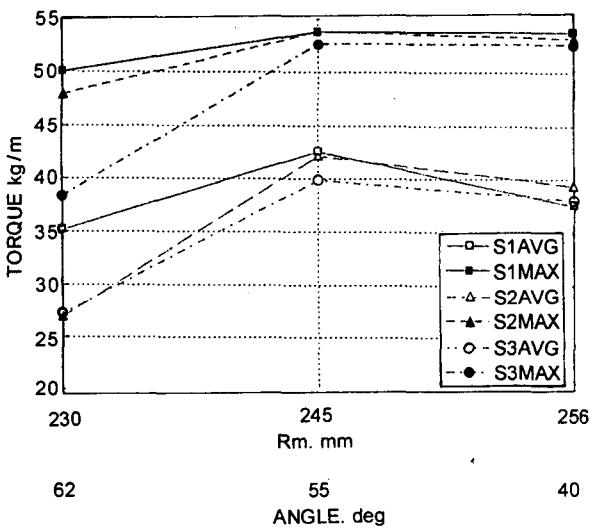


Fig. 5 Avg. & max. tilling torque varied with rotation radius (R_m) and shape angle (ξ).

Table 7 Max. tilling torque decreasing ratio

Soil	R245/R230	R256/R230
	55° / 62°	40° / 62°
S I	▼ 7%	▼ 7%
S II	▼ 11%	▼ 10%
S III	▼ 27%	▼ 27%
Remark	For tractor vs New ONE	For Power tiller vs New ONE

운기용 및 트랙터용 양산품 대비 개발품의 최대 토크 감소율(표 7)은 식양토일 때 7%, 양토일 때 10~11% 그리고 사양토일 때 27%로 나타났다.

라. 경운시 토양부착 및 접촉 상태

경운기용 양산품(사진 1, 2)은 날의 뒷면에 흙의

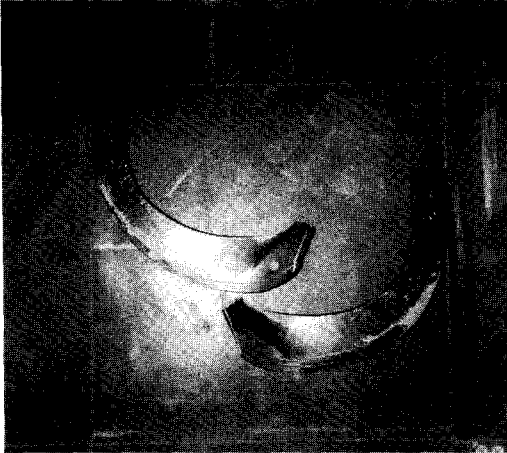


Photo 1 Front face of blade for power tiller

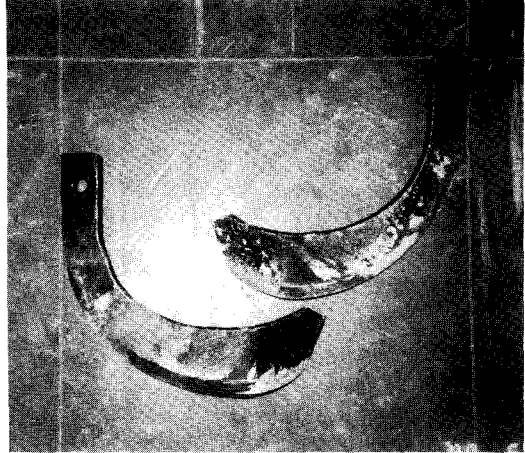


Photo 2 Rear face of blade for power tiller

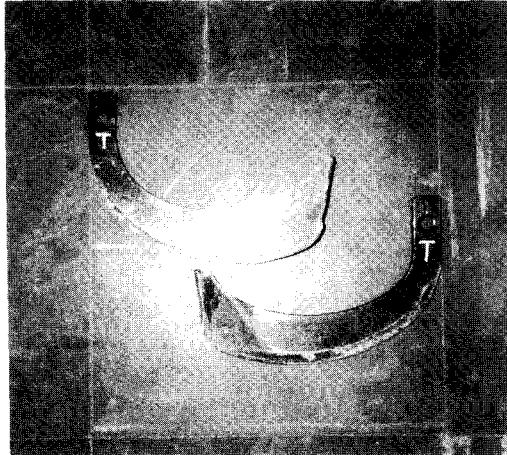


Photo 3 Front face of blade for tractor

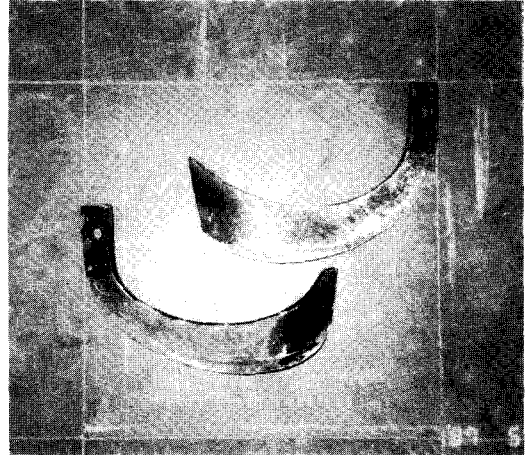


Photo 4 Rear face blade for tractor

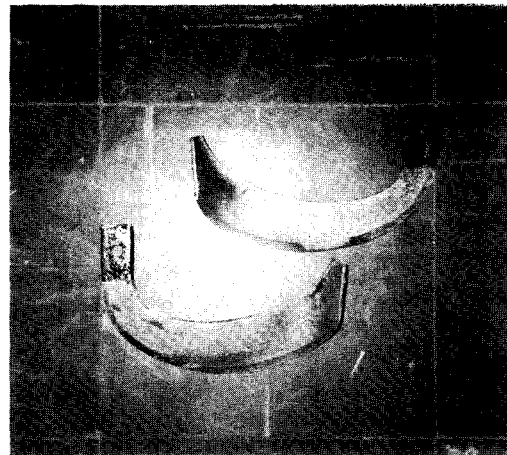


Photo 5 Front face of new blade

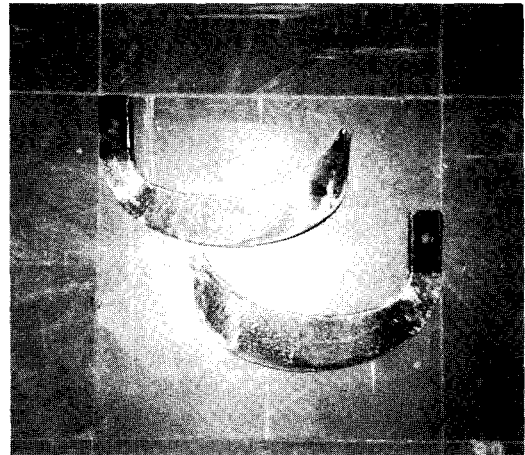


Photo 6 Rear face of new blade

부착이 가장 심했고, 트랙터용 양산품(사진 3, 4)은 뒷면 날부에 얇게 퍼져서 부착되었고 전면 굴곡부에 일부 부착되었으나, 개발품(사진 5, 6)에는 약간의 흙만이 부착되었다. 토양부착 상태와 경운날 뒷면과 토양과의 접촉상태를 볼때 개발품이 가장 부드럽게 날 뒷면이 미경운 토양을 압축하지 않고 토양을 절삭한 것으로 판단된다.

5. 결 론

개발한 경운날의 경운부하 성능을 양산품과 비교 조사하고 경운기용과 트랙터용으로 공용화 가능성을 조사하기 위해 인공토양조에서 경운토크를 측정 한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시토양 3종에서 공시 경운날 3종의 경운피치에 따른 경운토크를 측정한 결과 경운피치가 증가함에 따라 경운토크도 증가하였다. 모든 토양조건에서 경운기용 및 트랙터용 양산품에 비해 각각의 조건으로 시험한 개발 경운날의 경운토크가 작았다.

2. 평균 토크는 경운피치가 증가함에 따라 서서히 증가하는 경향이었으나, 최대 토크는 경운피치가 6.37cm에서 9.27cm로 증가함에 따라 급격히 커졌다가 이후 경운피치 증가에 따라 서서히 증가 하였다. 경심이 작을수록 경운토크도 작았으며, 개발 경운날로 경심만 변경(15cm → 12cm)하여 시험한 결과 9~29%의 최대토크 감소율을 나타냈다.

3. 토양별로 최대 경운피치일 때, 회전반경과 형상각에 따른 최대 토크의 차이를 조사한 결과, 최대 토크는 회전반경이 커질수록 증가하고, 형상각이 커질수록 감소하여, 경운기용 및 트랙터용 양산품대비 개발품의 최대 토크 감소율은 식양토일 때 7%, 양토일 때 10~11%, 사양토일 때 27%로 나타났다.

4. 경운시 토양의 부착상태는 개발품이 가장 양호하였고, 트랙터용 양산품, 경운기용 양산품의 순으로 토양의 부착이 심하였다. 경운날 뒷면과 토양과의 접촉상태도 개발품이 가장 부드럽게 날 뒷면이 미경운 토양을 압축하지 않고 토양을 절삭한 것으로 판단되었다.

이상의 시험결과로부터 개발 경운날은 경운부하 성능이 우수하고(최대토크 감소), 경운시 토양과의 상호작용(흙 부착 및 접촉상태)도 양호하며, 트랙터용 로타리에도 사용가능하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 金聲來, 張東日, 權純球, 安英鎬. 1984. 로우터리耕耘시스템이 所要動力에 미치는 影響. 韓國農業機械學會誌 제 9권 제 2호. pp. 37~47.
2. 김재열, 김진현, 김창수, 최상인. 1990. 광탄성법에 의한 로타리 경운날의 破壞要因에 대한 해석 - 정하중에 의한 응력집중 -. 韓國農業機械學會誌 제 15권 제 3호. pp. 177~185.
3. 김진현, 최상인. 1991. 동결 광탄성법에 의한 로타리 경운날의 응력해석. 韓國農業機械學會誌 제 16권 제 3호. pp. 211~218.
4. 김진현, 최상인. 1993. 로타리 경운날의 마모에 관한 연구. 韓國農業機械學會誌 제 18권 제 1호. pp. 15~20.
5. 崔圭烘, 柳寬熙. 1984. 로우터리 耕耘의 負荷特性 및 所要動力에 관한 研究. 韓國農業機械學會誌 제 9권 제 2호. pp. 27~36.
6. 한국표준협회. 1985. 한국산업규격 KS B7142 동력경운기용 경운날 및 경운날집.
7. 日本 農業機械學會. 1969. 改訂 農業機械ハンドブック. pp. 466~473.
8. 日本 農業機械學會. 1984. 新版 農業機械ハンドブック. pp. 425~437.
9. Saki, J. 1977. Some design know-hows of edge-curve angle of rotary blades for paddy rice cultivation. AMA Spring. pp. 49~57.
10. Hai, L. V. 1983. 로타리耕耘特性および設計理論. 日本九州大學 博士學位論文.
11. Hai, L. V. 1984. Design-theories of Japanese rotary tilling blades for paddy field. JICA Lecture Text No. 2. Tsukuba, Japan.