

# 부분경운 건담직파기의 부분경운 특성

## Characteristic of Minimum Tillage for partial tillage Rice Seeder

박 석 호\*    최 덕 규\*    김진영\*\*    박원규\*    이동현\*  
정회원      정회원      정회원      정회원      정회원  
S.H.Park    D.K.Choi    J.Y.Kim    W.K.Park    D.H.Lee

### 1. 서 론

벼농사의 주요농작업의 기계화율이 98% 수준으로 기계화 일관작업체계가 이루어졌으나 ha당 노동투하시간은 310시간으로 미국의 21배로 저비용·고효율의 기계화는 미흡한 실정이다. 이러한 생산비 절감을 위해서 제시되는 방안으로 직파와 어린모 재배확대, 무경운 및 최소경운 기술보급, 완효성 비료를 이용한 축조시비, 종합방제관리를 통한 방제횟수 감축, 개량물꼬 등을 이용한 체계적인 물관리, 산물수확 확대 등의 방법들이 추진되고 있다.

부분경운 직파는 경운정지 작업을 생략하고 파종할 부분만을 로타리 경운하면서 동시에 벼를 파종·복토하는 기술로서 경운정지·육묘·이앙 또는 직파의 현재 작업과정을 파종작업만으로 대체하여 노동력을 크게 절감할 수 있다.

벗짚과 잡초가 많은 포장에서 파종할 부분만을 부분경운하여 벼 그루터기 등을 절단·파쇄하고 토양중에 혼입시켜 일정한 깊이로 파종이 될 수 있도록 조건을 만드는 부분경운 기술개발은 매우 중요하다.

부분경운 또는 무경운에 관한 연구는 1950년대부터 착안되었지만 제초제의 실용화가 늦어 1970년대까지 실용화되지 못하였다. 그 이후 제초제의 실용화로 무경운 재배면적은 1982년에 미국 전경지의 25% 정도를 차지하고 있고 2010년까지는 50~80%까지 증가할 것으로 USDA는 보고하고 있다. 국내에서는 부분경운 또는 무경운 파종작업의 기계화에 관한 연구는 농촌진흥청 시험장과 충남대에서 부분적으로 수행된바 있으나 그 결과가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 부분경운 벼직파기 개발에 앞서 부분경운에 적합한 로타리를 설계·제작하고자 로타리날을 선발하고 로타리날 회전방식, 적정 로타리날 개수 등 부분경운 로타리의 경운특성을 구명하고자 한다.

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과

\*\* 농촌진흥청 원예연구소 시설재배과

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시 로타리날

시험에 사용된 공시 로타리날은 표 1과 같이 관리기용, 트랙터용, 무논정지기용 3종으로 현재 생산되고 있는 제품 중에서 선정하였으며, 선정기준은 부분경운 경폭이 벼 그루터기 등을 절단·파쇄하여 파종할 부분을 충분하게 만들 수 있을 만큼 절삭폭이 40mm이상 되어야 하며, 로타리 경심을 60mm로 유지하면서 로타리날 축이 지면과 접촉하지 않을 만큼 최대회전반경이 150mm이상 되도록 하였다.

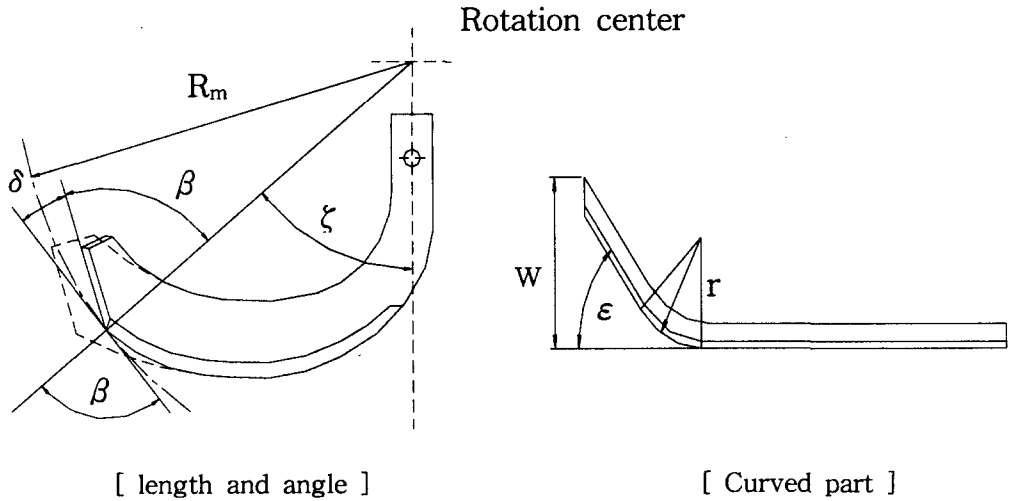


Fig. 1 Shape factors of rotary blade

Table 1 Specification of rotary blade

| 구 분                 | 관리기용 | 트랙터용 | 무논정지기용 |
|---------------------|------|------|--------|
| 선단각( $\beta$ )      | 90°  | 90°  | 90°    |
| 여유각( $\delta$ )     | 0°   | 20°  | 24°    |
| 배각( $\beta_1$ )     | 90°  | 70°  | 66°    |
| 형상각( $\zeta$ )      | 36°  | 60°  | 39.5°  |
| 절삭폭 (W,mm)          | 40   | 50   | 45     |
| 최대회전반경 ( $R_m$ ,mm) | 200  | 240  | 168    |
| 굴곡각 ( $\epsilon$ )  | 60°  | 55°  | 73°    |
| 날형상                 | 단면날  | 단면날  | 양면날    |

나. 인공토조(Soil bin)

공시토양은 토양경도가 2.5~14.7kg/cm<sup>2</sup>, 함수비가 34.6%(d.b.)로 벼를 파종하기에는 약간 수분이 많은 상태로 표 2와 같은 입도분포를 가지는 사양토의 인공토조에서 시험하였다. 토양경도는 SR2 토양경도계로 측정하였다.

Table 2. Conditions of the soil bin

| 토 양 | 경심에 따른 토양경도(kg/cm <sup>2</sup> ) |      |      |      |     | 함수비<br>(db%) | 입도분포(%) |      |      |
|-----|----------------------------------|------|------|------|-----|--------------|---------|------|------|
|     | 5cm                              | 10cm | 15cm | 20cm | 평균  |              | Sand    | Silt | Loam |
| 사양토 | 2.5                              | 2.8  | 9.5  | 14.7 | 7.4 | 34.6         | 56.5    | 27.5 | 16.0 |

\* 인공포장 물로타리 처리한 후 68일 경과후 시험

다. 시험장치 구성

공시 로타리날의 경운토크는 인공토조(Soil bin)에서 그림 2와 같이 측정대차(Test car)에 장착된 로타리의 같이구동축에 스트레인게이지를 붙이고 슬립링, 다이내믹 스트레인앰프, 오실로스코프 및 컴퓨터를 등으로 측정장치를 구성하였다. 토크 값은 사전에 보정된 식에 의해 전압값으로부터 계산되어지고 그 관계식은 그림 3에 나타난 것처럼 선형으로 나타났으며  $R^2 = 0.999$ 이었다. 경운토크 측정과 동시에 토양의 절단 및 역토의 비산 장면을 녹화할 수 있도록 고속카메라(Kodak, 셔터속도 998프레임/초)를 설치하고 녹화된 화면은 컴퓨터에 파일로 저장하고 S-VHS 비디오로 저장할 수 있도록 측정장치를 구성하였다.

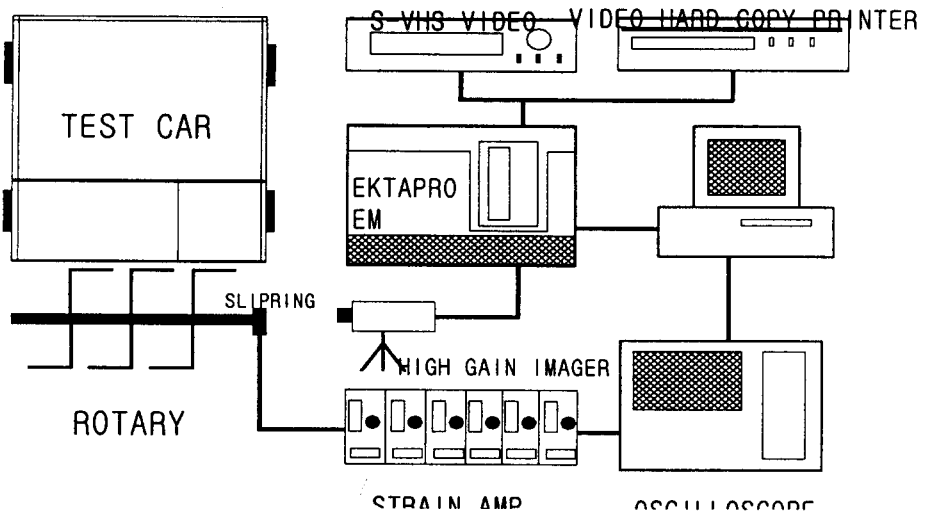


Fig. 2 Schematic Diagram of Measuring Instruments Arrangement.

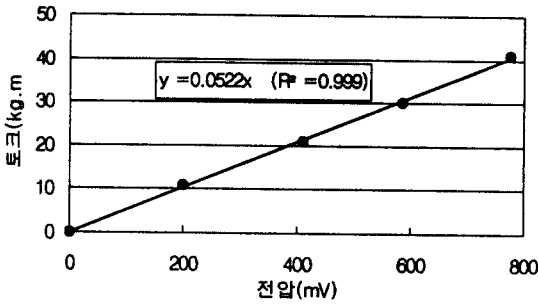


Fig 3. Relationship between torque and voltage

Table 3. Experimental design.

| 항 목       | 시험조건                        |
|-----------|-----------------------------|
| 공시날       | 3종(트랙터용, 관리기용, 무논정지기용 로타리날) |
| 로타리날 회전방향 | 정회전, 역회전                    |
| 경심(cm)    | 6±1                         |
| 로타리날 수    | 1, 2, 4, 6, 10개             |
| 원판커버      | 부착, 미부착                     |

### 라. 시험방법

표 3의 시험설계와 같이 공시날은 3종을 바꿔 조립하여 로타리날 종류에 따른 부분경운 특성을 시험하였으며, 로타리날의 회전방향을 바꿔 정회전 및 역회전에 따른 부분경운 특성을 시험하고, 로타리날 수를 1~10개로 변경하여 부분경운 효과를 시험하였으며, 로타리날 좌우측에 토양절단원판을 부착하여 파종골 형성 등의 부분경운 특성을 시험하였다. 경심은 6±1cm로 유지하였으며, 로타리 회전은 234rpm, 경운피치는 4.0, 7.0, 11.0cm로 3수준으로 처리하였다. 쇄토율은 식 1을 적용하여 30×30cm의 사각틀 안에 흙을 직경 2cm를 기준으로 무게를 달아 측정하였다.

$$\text{쇄토율(\%)} = \frac{(A - 2\text{cm이상의 흙덩이무게})}{\text{쇄토된 전체흙의무게}(A)} \times 100 \dots \dots (1)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 역회전 및 정회전에 따른 부분경운 특성

그림 4는 로타리날이 180° 정회전 또는 역회전할 때 걸리는 토크와 쇄토율을 나타낸 것이다. 이때 사용한 로타리날은 관리기용 날 2개이며, 경운피치는 7.0cm, 경심은 6.8cm이었다. 로타리날이 정회전할 때 역회전 보다 토크가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 또한 쇄토율도 역회전이 11.6%로 정회전의 5.5% 보다 좋은 것으로 나타났다. 이것은 역회전 로타리축의 소요동력은 정회전에 비하여 12~16%의 동력이 덜 소요된다는 보고(Grinchuck 등, 1971) 등과 일치하는 결과로 소요동력만을 고려할 때는 역회전 방식이 유리하지만 역회전인 경우는 그림 5와 같이 파종골 바깥으로 흙이 비산함으로서 파종골이 형성되지 않아 부분경운에는 적합하지 않는 것으로 판단된다.

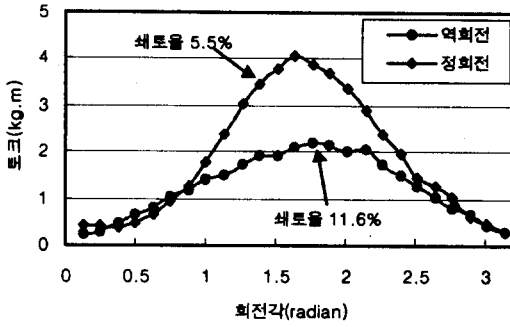


Fig. 4. Torque and broken soil ratio of up-cut and down-cut rotary



Fig. 5. Shape of soil cutting and broken soil by up-cut rotary

#### 나. 로타리날에 따른 부분경운 특성

그림 6은 공시 트랙터용, 관리기용, 무논정지기용 로타리날이 180°회전할때 소요되는 경운토크를 나타낸 것이다. 이때 시험조건은 로타리날 2개가 정회전하는 상태이며, 경운피치는 7.2cm, 경심은 7cm이었다. 경운토크는 트랙터용 로타리날이 가장 크게 나타났고 관리기용과 무논정지기용 로타리날은 비슷한 수준이었다. 이것은 공시 로타리날의 최대회전반경과 절삭 폭에 따라 크게 좌우되는 것으로 관리기용 로타리날이, 부분경운에 가장 적합한 것으로 나타났다. 쇠토율은 관리기용 로타리날이 11.6%로 가장 높았다. 그림 7은 관리기용 로타리날에 의한 토양 절단 및 쇠토상태를 나타낸 것이다.

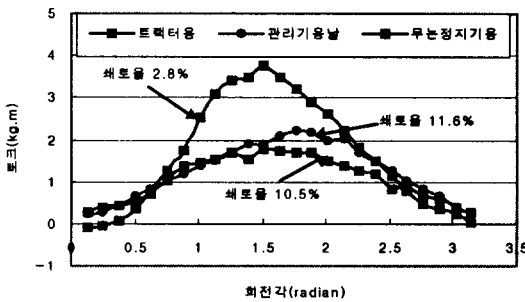


Fig. 6. Torque and broken soil ratio by rotary type



Fig. 7. Shape of soil cutting and broken soil by cultivator type rotary

#### 다. 부분경운에 따른 부분경운 특성

그림 8은 관리기용 날을 1개, 2개, 4개, 6개, 10개 부착했을 때 로타리날이 360°회전함에 따라 소요되는 경운토크를 나타낸 것이다. 이때의 경운피치는 4.1cm, 경심은 7cm이었다. 경운토크는 로타리날 수가 10개일 때 가장 크게 나타났으며 1개, 2개, 6개, 4개 순으로 작게 나타났다. 로타리날을 4개일 때가 로타리날의 부착각도가 90°로 배열되므로 로타리날의 절삭상태가 한번은 크게 그 다음은 작게 토양을 절단하므로 소요동력이 가장 작은 것으로 나

타나 부분경운에 가장 적합한 것으로 판단된다. 쇄토율은 로타리날이 4개일 때 24.4%로 나타났다. 그림 9는 로타리날 4개를 부착하였을때의 토양절단 및 쇄토상태를 나타낸 것이다.

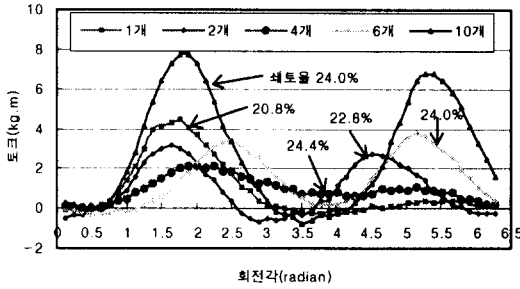


Fig.8. Torque and breaking ratio by partial tillage

Fig. 9. Shape of soil cutting and broken soil by four rotary attached

라. 원판커버부착에 따른 부분경운 특성

그림 10은 관리기용 로타리날이 역회전할 때 파종골 형성을 돕고 토양절단저항을 줄일 수 있도록 하기 위하여 로타리날 좌우측에 토양절단원판을 부착한 시험결과이다. 이때의 경운 피치는 4.0cm, 경심은 6cm이다. 로타리날이 360° 회전할 때 소요되는 경운토크는 원판커버를 부착하였을 때 크게 증가하였다. 토양절단원판이 파종골 형성을 좋게 하였지만 원판과 토양간의 마찰저항의 증가로 경운토크가 크게 증가하였다. 그림 11은 토양절단원판을 부착하고 로타리날을 정회전 하였을때의 토양절단 및 쇄토상태를 나타낸 것이다.

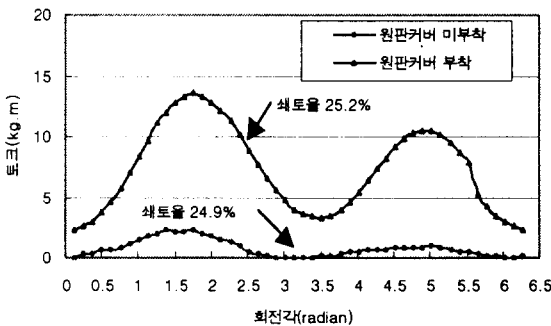


Fig.8. Torque and breaking ratio by disk cover

Fig. 5. Shape of soil cutting and broken soil by disk cover attached

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 부분경운 비직파기 개발에 앞서 부분경운에 적합한 로타리를 설계·제작하고자 3종의 로타리날, 회전방식, 로타리날 수에 따른 부분경운 특성을 살펴보았다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 회전방식에 따른 특성은 역회전 경운은 소요동력이 적고 쇄토율이 높지만 흙의 비산으로 인한 파종골이 형성되지 않아 적합하지 않은 것으로 나타났다.

- 나. 로타리날의 종류에 따른 특성은 관리비용 로타리 날이 소요동력이 적고 높은 쇄토율을 나타냈다.
- 다. 로타리날 수에 따른 특성은 지나치게 많은 날의 갯수가 필요하지 않았으며 4개의 날 일때 가장 낮은 소요동력을 보였고, 쇄토율도 가장 높게 나타났다.
- 라. 원판커버부착시 파종골 형성은 좋았으나 경운토크가 크게 증가하는 경향을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. 김성래, 장동일, 권순구, 안영호. 1984. 로우터리 경운시스템이 소요동력에 미치는 영향. 한국농업기계학회지 9(2) : 37~47.
2. 김수성, 이여성, 우종구. 1997. 로타리 경운날의 개량 연구-경운날 3종의 경운부하특성분석-. 한국농업기계학회지 22(4) : 391~400.
3. 박우풍. 1991. 최소경운 곡류파종기용 작구원판의 설계에 관한 연구. 충남대학교 대학원 박사학위논문
4. 최규홍, 유관희. 1984. 로우터리 경운의 부하특성 및 소요동력에 관한 연구. 한국농업기계학회지 9(2) : 27~36.
5. Unger, P.W. 1980. System advances in agriculture. Agronomy 33 : 1 ~ 58.
6. Cannel, R. Q. 1985. Reduced tillage in north-west europe a review. Soil & Till. Res. 5(1) : 129 ~ 177.
7. Karahashi, M. 1990. Development of a new up-cut rotary tiller with rake-type filtering screen. JARQ 17(4) : 248 ~ 254.
8. Koichiro, O. 1990. Development of a new no-till seeder for soybean in west-southern districts of Japan. Agricultural Technology 45(3) : 49~53.
9. Lee. Y. R. 1985. The tilling energy requirement and rice yield by the various tillage methods. Ph. D. dissertation, Won Kuang Univ.
10. 古池壽 他. 1973. 로타리耕耘機の碎土性能と株處理性能の向上に關する 研究(第1報). 農機誌. 35(2) : 163.
11. 芝野保徳. 1971. 로타리耕耘刃とけん引切削刃との組合也耕耘に關する 研究(第1報). 農機誌. 33(3) : 245~249.