

## 부분경운 건답직파기 개발

### Development of Dry Paddy Seeder of Strip Tillage

박석호    이동현    김학진    이채식    조성찬    곽태용  
정회원    정회원    정회원    정회원    정회원    비회원  
S. H. Park   D. H. Lee   H. J. Kim   C. S. Lee   S. C. Cho   T. Y. Kwak

#### ABSTRACT

This study was conducted to develop a dry paddy seeder of strip tillage. The prototype is 8 rows drill seeder, which is composed of a strip tillage, sowing and fertilizing device, and pressing wheels to do the strip tillage, sowing, fertilizing, and draining ditch, simultaneously. The performances of prototype was evaluated through the investigation of fuel consumption, tillage torque, ratio of soil breaking, and economical efficiency and the results were compared with those of a dry paddy seeder that needs whole tillage. According to the USDA textural classification, the experiment field was composed of sandy loam which consisted of 56.8 of sand, 30.2 of silt and 13.0 % of clay, respectively. Its hardness ranged from 952 to 1,673 kPa depending on the soil depth, and its soil moisture content was 24.9%(d.b.)

Fuel consumption of the prototype was 5,015g/hr at 2,000 rpm of engine, which was consequently 64% smaller than that of the conventional dry paddy seeder. For the tillage torque, it ranged from 132 to 206N·m depending on the tillage pitch, which was 10~30% smaller than that of the conventional dry paddy seeder. The ratio of soil braking of the prototype was 87~98%, whereas that of the conventional dry paddy seeder was 80~97%. The working performance of the prototype was surveyed to be 3.8hours/ha, which was about 5 times higher than that of the conventional dry paddy seeder. The cost reduction of 26.3% was obtained by using the prototype.

**Keywords** : Dry paddy seeder, Strip tillage.

#### 1. 서    론

벼농사의 주요농작업 기계화율이 98% 수준으로 일관기계화 작업체계가 이루어졌으나 ha당 노동부하시간은 310시간으로 미국의 21배로 저비용·고효율의 기계화는 미흡한 실정이다(농촌진흥청 농업경영관실, 1999). 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 방법(농촌진흥청 농업경영관실, 1999)이 추진되고 있다.

부분경운 건답직파기는 파종할 부분만을 로타리 경운하면서 벼를 파종·시비하고 배수구설치 작업을 동시에 하는 벼 직파기계이다. 부분경운 건답 직파기는 경운정지, 파종, 시비 및 배수구설치 작업을 한번에 마침으로써 노력 및 비용을 크게 절

This article was submitted for publication in September 2001 reviewed in November 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in November 2001.

The authors are S. H. Park, D. H. Lee, H. J. Kim, C. S. Lee and T. Y. Kwak at National Agricultural Mechanization Research Institute, Suwon, Korea; S. C. Cho, Professor, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Korea. The corresponding author is Seok Ho Park, Researcher, Div. of Bioproduction Machinery, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249, Seodun-dong, Kwonsun-ku, Suwon City, 441-100, Korea. E-mail : <shpark@rda.go.kr>.

감할 수 있다. 또한 무경운 포장에서 파종되므로 비가와도 다음날이면 파종작업을 할 수 있어 잦은 강우시 적기파종시기를 놓칠 수 있는 기존의 건답직파기술을 보완할 수 있는 장점이 있다(농촌진흥청 농업기계화연구소, 2001).

부분경운 및 무경운에 관한 연구는 1950년대부터 착안되었지만 1970년대까지 실용화되지 못하였다. 그 이후 제초제의 실용화로 1982년에 미국에서는 무경운 재배면적이 전경지의 25% 정도를 차지하였으며, 2010년까지는 50~80%까지 증가할 것으로 보고되고 있다(농촌진흥청 영남농업시험장, 1999). 또한, 건답직파를 많이 재배하는 일본의 오카야마현과 북해도농업시험장 등에서는 디스크 또는 로타리날 방식의 경운로타리를 이용한 부분경운에 관한 많은 연구를 수행하여 실용화하였다(북해도협동조합통신사, 1998). 국내에서는 부분경운 또는 무경운 파종작업의 기계화에 관한 연구는 작물시험장, 영남농업시험장 및 호남농업시험장(농촌진흥청 영남농업시험장, 1999)에서 재배시

험 중심으로 수행되어 왔으나 기계기술이 접목되지 못하여 기술보급에 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 요인시험결과(박석호 등, 1999, 2001)를 기초로 부분경운 건답직파기를 개발하여 작물시험장, 호남농업시험장 및 영남농업시험장과 공동으로 성능시험을 실시하고 경제성분석을 통해 부분경운 건답직파기의 실용성을 검증하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시작기 제작

시작기는 그림 1과 같이 트랙터 부착형 8조식으로 부분경운 로타리, 파종 및 시비장치 및 복토장치로 구성된다. 시작기는 작업폭을 1.9m로 하여 8개의 부분경운 파종골과 중앙부분에 1개의 배수골을 만들 수 있도록 설계제작하였다. 시작기 각부 장치의 제원은 표 1에 나타내었다.

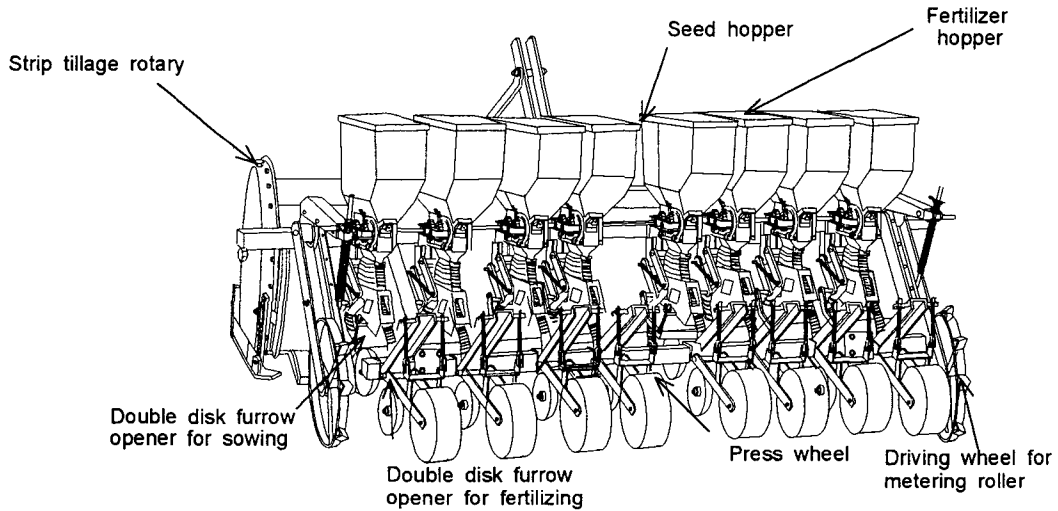


Fig. 1 Prototype of strip tillage dry paddy seeder.

Table 1 Specifications of prototype

Size (L×W×H)	Dimensions(mm)			No. of rotary blade(unit)		Capacity of hopper	
	Furrow opener for seed	Furrow opener for fertilizer	Soil press wheel	Partial tilling	Draining ditch	Paddy	Fertilizer
1,960×2,520×955	∅250	∅200	∅200	8×8	12	5 l × 8	10 l × 8

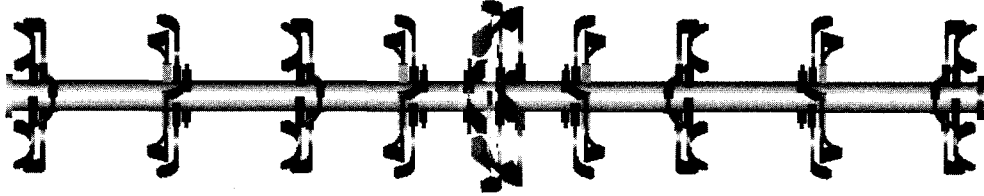


Fig. 2 Rotary blade assembly of strip tillage dry paddy seeder.

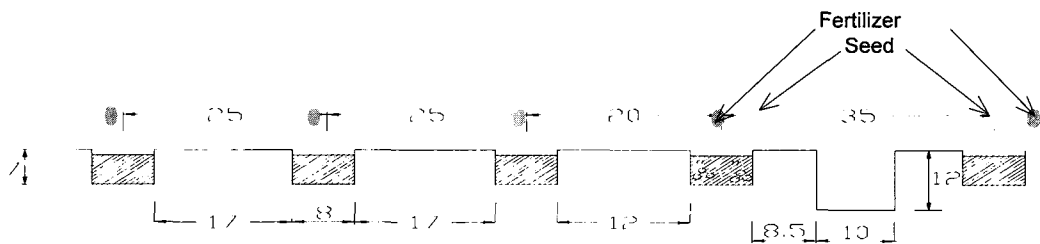


Fig. 3 A cross-sectional view of strip tillage, sowing, fertilizing and draining ditch.

부분경운 로타리는 파종할 자리를 부분경운하면서 배수골을 만드는 장치이다. 파종골은 그림 2와 같이 조립된 로타리날에 의해 그림 3과 같이 폭이 8cm, 깊이가 7cm이고, 배수골은 폭이 10cm, 깊이가 12cm로 만들어지도록 설계제작하였다. 파종되는 줄간격(조간)은 배수골이 만들어지는 중앙부분은 35cm, 배수골 양쪽은 20cm, 나머지 부분은 25cm로 한번 주행하는데 2m폭으로 줄뿌림되도록 설계 제작하였다.

파종골은 1조당 8개의 로타리날에 의해 부분경운되며, 로타리날을 외향으로 배열하여 배수골에서 나온 흙이 가운데 쌓이지 않고 로타리 좌우측으로 흙을 비산시켜 포장을 고르게 하도록 하였다. 부분경운 로타리날의 회전반경은 7cm로 배수골형성 로타리날의 12cm 보다 5cm 작게 하여 그림 3과 같이 파종골이 배수골 보다 5cm 얇게 만들어지도록 하였다.

배수골은 그림 4와 같이 부분경운 로타리의 중앙부분에 부착된 배토기와 로타리날에 의해 만들어지도록 하였다. 로타리날 배열은 외향 8개, 내향 4개로 배열하여 외향으로 배열된 로타리날에 의해 배수골의 흙을 좌우측으로 퍼낼 수 있도록 하고, 내향으로 배열된 4개의 로타리날에 의해 배수골 내벽을 깨끗하게 절단되도록 하여 배수골이 무너

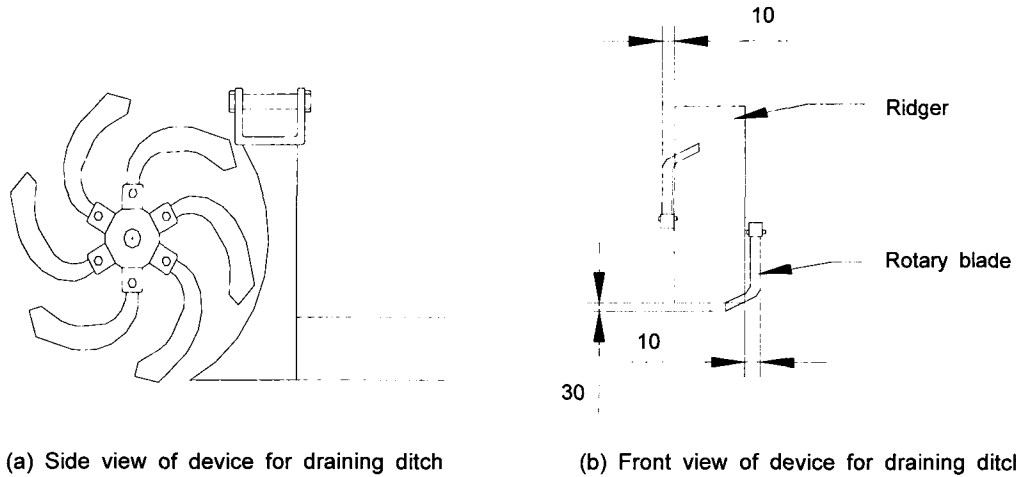
지는 것을 방지하였다. 또한 배수골형성 로타리날의 경폭이 배토기 폭보다 20mm 넓게 제작하여 주행중에 방향전환에 의해 배수골이 무너지는 것을 방지할 수 있도록 설계 제작하였다.

파종 및 시비장치는 2개의 원판을 “∧”모양으로 겹친 복원판형 작조기로서 직경이 각각 250 및 200mm이다. 파종 및 시비는 그림 5와 같이 작조기에 의해 파종 및 시비골을 만들어 그 안에 파종 및 시비되도록 하였다.

종자 및 비료의 복토원리는 그림 5에 나타내었다. 종자의 복토는 쇠토된 흙이 시비골형성 작조기에 의해 유도되면서 종자를 덮게되고, 비료의 복토는 진압륜에 의해 눌러지면서 복토되도록 설계 제작하였다. 파종 및 시비깊이는 1~6cm로 조절이 가능하며, 종자통 용량은 40ℓ, 비료통 용량은 80ℓ이다. 진압은 Ø200mm의 원통형 롤러를 스프링의 장력으로 눌러주도록 하였다.

#### 나. 부분경운 건답직파기 성능시험

시작기의 성능시험은 농가에서 이용되는 건답직파기와 비교시험 하였다. 부분경운 건답직파는 무경운 포장에서 부분경운, 파종, 시비 및 배수구 설치 작업이 동시에 이루어지고, 건답직파는 트랙터



(a) Side view of device for draining ditch (b) Front view of device for draining ditch

Fig. 4 Device of draining ditch for dry paddy seeder of strip tillage.

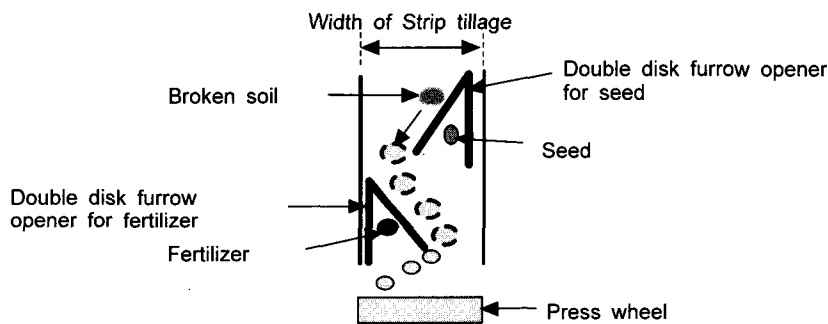


Fig. 5 Ground plan view of sowing, fertilizing, covering and pressing.

부착형 로타리로 1차 로타리경운을 실시한 후 건답직파기를 이용하여 2차 경운 동시에 파종작업을 수행하게 된다. 이때의 2차 로타리 경운은 트랙터 바퀴자국을 없애는 역할과 땅을 균형하게 고르는 작용을 하게 된다. 따라서 공시기종은 시작기와 트랙터 부착형 로타리 및 건답직파기를 투입하였으며, 측정항목은 공시기종에 소요되는 연료소비량, 경운토크 및 쇄토율을 각각 3반복 측정하였다.

시험에 사용한 트랙터는 65마력 4륜구동 트랙터이며, 시작기와 트랙터 부착형 로타리의 작업폭은 1,900mm이고, 로타리날 형상은 시작기에는 보통형 날을, 비교기종인 트랙터부착형 로타리 및 건답직파기는 L형날을 사용하였다. 비교기종인 건답직파기는 트랙터부착형 8조식으로 전면경운 로타리와 파종장치로 구성되어 있다. 전면경운 로타리는 트

랙터의 바퀴자국을 없애면서 쇄토 및 균형작업을 수행하도록 되어있다.

공시포장은 전년도에 기계이양한 포장으로 벼그루터기가 있고 벧짚을 수거한 상태였으며, 토성은 표 2와 같이 모래가 56.8%, 미사가 30.2%, 점토가 13.0%로 구성된 사양토였으며, 토양경도는 952~1,673kPa, 함수비가 24.9%이었다.

연료소비량은 트랙터의 연료공급호스에 연료소모량계(FR-214H)를 부착하고 측정된 데이터를 컴퓨터로 입력저장하였으며, 실린더로 들어가지 않고 과귀(Over flow)되어 연료탱크로 되 들어가는 연료는 연료소모량계 다음의 연료공급호스로 다시 들어가도록 하여 측정하였다. 경운토크는 트랙터 PTO와 유니버설조인트 사이에 토크메타를 설치하고 측정된 데이터를 노트북 컴퓨터에 저장하였다.

Table 2 Experimental field conditions

Compositions(%)			Soil hardness(kPa)				Moisture content (d.b.%)
Sand	Silt	Loam	5cm	10cm	15cm	20cm	
56.8	30.2	13.0	951.6	1,002.5	1,300.5	1,672.9	24.9

토크미터의 교정은 로타리축에 1m의 봉을 로타리축에 수직으로 연결하고 봉 끝에 무게를 부가하여 교정하였다.

채토율은 60×60cm의 직사각형 안에 있는 2cm 이상의 흙덩어리 무게를 측정하여 식 (1)에 의해 구하였다.

$$R_{SB}(\%) = \frac{(W_{TS} - W_{OS})}{W_{TS}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

$R_{SB}$  : Ratio of soil breaking

$W_{TS}$  : Weight of total soil per unit area

$W_{OS}$  : Weight of Soil diameter 2cm or more

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 연료소모량

그림 6은 시작기, 트랙터 부착형 로타리 및 건담직파기의 작업에 소요되는 연료소비량을 엔진회전수별로 나타낸 것이다.

시작기의 연료소비량은 엔진회전수 1,000, 1,500 및 2,000rpm에서 각각 1,800, 2,284, 5,015g/hr로 건담직파기의 1,946, 2,468, 6,411g/hr와 트랙터용 로타리의 2,088, 2,746, 7,589g/hr에 비하여 가장 적게 나타났다. 이는 시작기의 경운폭이 8cm로 전면경운 동시 파종하는 건담직파기의 경운면적의 30%만을 경운하기 때문에 나타난 결과라고 판단된다.

부분경운 직파작업과 관행의 건담직파 작업에 소요되는 연료소비량을 비교해 보면 엔진회전수 2,000rpm에서 시작기에 소모되는 연료소비량은 5,015g/hr로 트랙터용 로타리와 건담직파기에 소모되는 연료소비량을 합친 14,000g/hr에 비하여 64%의 연료 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 시작기는 배수구 설치작업이 동시에 수행되므로 건담직파를 하고 난 후 배수구 설치작업을 별도로 수행하는데 소요되는 연료소모량을 포함한다면 더 큰 연료 절감효과가 있을 것으로 판단된다.

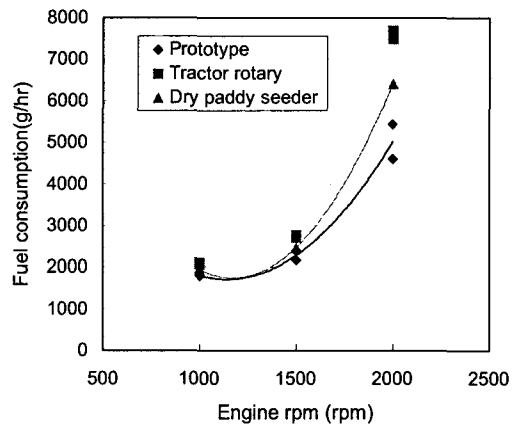


Fig. 6 Fuel consumption of prototype, tractor rotary and dry paddy seeder.

#### 나. 경운토크

그림 7은 시작기, 트랙터 부착형 로타리 및 건담직파기의 작업에 소요되는 경운토크를 경운피치에 따라 나타낸 것이다.

시작기의 경운토크는 132~206 N·m로 트랙터 부착형 로타리의 269.8~343 N·m에 비하여 40~51% 적게 나타났으며, 건담직파기의 147.2~294.3 N·m에 비해서는 10~30% 적게 나타났다. 이는 시작기의 경운폭이 8cm로 트랙터 부착형 로타리 및 건담직파기의 경운면적에 비하여 30%만을 경운하기 때문에 나타난 결과라고 판단된다.

경운피치에 따른 경운토크는 시작기, 트랙터 부착형 로타리 및 건담직파기 모두 경운피치가 클수록 증가하는 것으로 나타났다. 추세선에 대한 상관계수는 시작기가 0.77, 트랙터 부착형 로타리가 0.61, 건담직파기가 0.87로 트랙터 부착형 로타리의 경우가 가장 낮게 나타났다. 이것은 L형날을 사용하는 트랙터 부착형 로타리가 보통형날에 비하여 절삭량이 크고 진동이 크게 발생하므로 회전

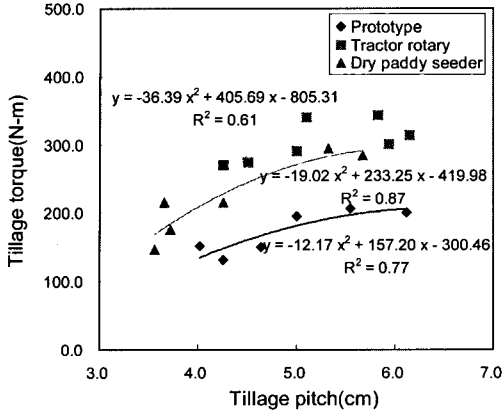


Fig. 7 Tillage torque of prototype, tractor rotary and dry paddy seeder.

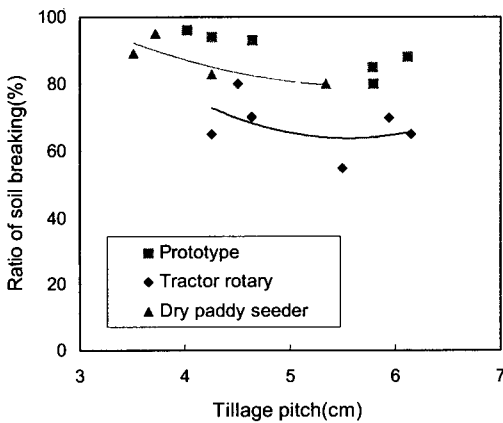


Fig. 8 Ratio of soil breaking by prototype, tractor rotary and dry paddy seeder.

수의 변동증가로 인해서 경운토크의 변화가 큰 것으로 판단된다. 상관계수가 낮게 나타난 것은 시험포장의 불균일한 토양상태 때문에 나타난 것으로 판단된다.

다. 쇄토율

그림 8은 시작기 트랙터 부착형 및 건답직파기의 쇄토율을 경운피치에 따라 나타낸 것이다.

경운피치에 따른 쇄토율은 경운피치가 클수록 쇄토율이 낮아지는 것으로 나타났다. 공시기준에 따른 쇄토율은 시작기가 87~98%, 건답직파기가 80~97%, 트랙터 부착형 로타리가 57~80%로 시



Fig. 9 Working state of prototype.

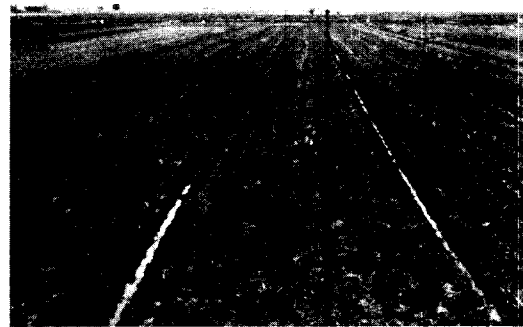


Fig. 10 Effect of draining ditch.

작기가 가장 좋게 나타났다. 이러한 경향은 시작기는 쇄토율이 높은 보통형 로타리날을 사용하였고, 트랙터 부착형 로타리와 건답직파기는 L형 로타리날을 사용하였기 때문에 나타난 결과라고 판단된다. 시작기의 쇄토율이 트랙터 부착형 로타리로 1차 경운한 후 2차로 경운하면서 동시에 파종하는 건답직파기 보다 쇄토율이 높게 나타난 것은 보통형 로타리날의 경폭이 4cm인 반면 L형날은 경폭이 13.5cm로 크기 때문에 절삭량이 많기 때문에 나타난 결과라고 판단된다.

라. 작업성능

시작기의 작업성능은 표 3에서와 같이 작업속도가 0.5m/s일 때 파종시간, 선회시간 및 비료 보급시간을 포함해 총 3.8hr/ha로 나타났다.

시작기의 작업상태는 설계제작한 규격대로 부분 경운골은 폭 8cm, 깊이 5~7cm, 배수구는 폭

Table 3 Working performance of prototype

Width (m)	Traveling speed (m/sec)	Seeding (hr/ha)	Turning (sec/one time)	Supplying fertilizer (hr/ha)	Total (hr/ha)
2	0.5	2.8	15	0.8	3.8

Table 4 Comparison of working hours between prototype and dry paddy seeder

Working method	(hr/ha)				
	Land preparation	Fertilizing	Sowing	Making draining ditch	Total
Dry paddy seeder	3.4	10.0	3.4	1.3	18.1 (100)
Prototype	-	-	3.8	-	3.8 (21)

Table 5 Comparison of cost between prototype and dry paddy seeder

Item		Direct sowing on dry field		Strip tillage direct sowing on dry field	
		Tractor	Dry paddy seeder	Tractor	Prototype
Purchase price(won)		17,440,000	3,700,000	17,440,000	3,700,000
Durable year(year)		8	5	8	5
Total use hours(hr/year)		264	54	264	54
Fixed cost (won/year)	Depreciation	2,071,000	703,000	2,071,000	703,000
	Repair cost	872,000	185,000	872,000	185,000
	Interest	362,752	76,960	362,752	76,960
	Sum	3,305,752	964,960	3,305,752	964,960
Fixed cost(won/hr)		12,522	17,870	12,522	17,870
Operating cost (won/hr)	Labour		7.282		7.282
	Fuel		1.712		443
	Sum		8.994		7,725
Total cost(won/hr)		39,386		38,117	
Performance(hr/ha)		3.4		3.8	
Seeding cost(won/ha)		133,912		144,843	
Other cost(won/ha)					
Land preparation		54,331		0	
Draining ditch		28,500		0	
Fertilizing		310,240		0	
Fertilizer		221,450		411,800	
Total cost(won/ha)		748,433(100)		556,643(74)	

10cm, 깊이 10~12cm로 그림 9와 같이 양호하게 형성되었으며, 파종 및 시비후 복토상태도 양호하게 나타났다. 배수구는 그림 10과 같이 비온 후에 물이 배수구로 스며들어 배수효과가 충분히 있는 것으로 나타났다.

그러나 건조한 논일수록 작업시에 배수구가 일부 무너지는 현상이 발생하였으며, 벗짚이 피복되어 있고 수분이 많을수록 부분경운 로타리안에 흙이 쌓인 상태로 주행됨으로써 복토상태가 나빠지는 현상이 발생하였다. 이러한 문제는 로타리 균평판을 눌러주는 스프링장치를 없애서 로타리안의 흙이 쌓이지 않고 부분경운과 동시에 바로 흙이 뒤로 배출되도록 보완해서 문제를 해결하였다.

#### 마. 생력 및 비용 절감효과 분석

시작기의 노력 절감효과를 표 4에 나타내었다. 부분경운 건담직파작업은 무경운포장에서 파종할 자리만 부분경운하면서 파종·시비 및 배수구 설치하는 동시에 수행하기 때문에 경운정지, 시비 및 배수구 설치 작업시간을 포함하지 않았다.

시작기의 노력시간은 3.8hr/ha이 소요되어 관행의 건담직파기로 작업하는 경우의 18.1hr/ha 보다 79%의 노력 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

시작기의 경제성은 표 5와 같이 관행의 건담직파기와 비교하여 나타내었다. 시작기의 추정가격은 3,700천원으로 기존의 건담직파기와 가격이 같다. 시작기는 경운정지 작업, 파종 및 시비 작업, 배수구설치 작업을 한번에 수행하기 때문에 경운정지, 시비 및 배수구설치 작업에 소요되는 비용은 포함하지 않았다. 시비비용은 시작기는 완효성 비료를 1회 시비하는 것으로 하고, 건담직파기는 일반비료를 3회로 나누어 시비하는 것으로 하였다.

시작기의 소요비용은 556,643 원/ha으로 건담직파기의 748,433원/ha에 비해 26%의 비용 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 4. 요약 및 결론

부분경운 건담직파기를 개발하여 기존의 건담직파기와 비교 성능시험을 실시하고 경제성 분석을 통해 시작기의 실용성을 검증하였다.

시작기의 연료 소비량은 엔진회전수 2,000rpm에서 5,015g/hr로 트랙터용 로타리와 건담직파기에 소모되는 연료소비량을 합친 14,000g/hr에 비하여 64%의 연료 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 시작기의 경운토크는 132~206 N·m로 트랙터 로타리의 269.8~343 N·m에 비하여 40~51% 적게 나타났으며, 건담직파기의 147.2~294.3 N·m에 비해서는 10~30% 적게 나타났다. 시작기의 쇄토율은 87~98%로 건담 직파기의 80~97%, 트랙터 로타리의 57~80% 보다 높게 나타났다.

부분경운 건담직파의 노력시간은 3.8hr/ha가 소요되어 관행의 건담 직파작업의 18.1 hr/ha와 비교하면 79%의 노력 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 부분경운 건담 직파기의 소요비용은 556,643 원/ha으로서 건담 직파의 748,433 원/ha에 비해 26%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. 농촌진흥청 농업경영관실. 1999. 수도작 농가의 생산비 절감방안 연구. p16-165.
2. 농촌진흥청 영남농업시험장. 1999. 실용 벼직파 재배 기술. p250-297.
3. 농촌진흥청 농업기계화연구소. 2001. 벼 직파재배 기계기술 발전방향. p5-101.
4. 박석호, 최덕규, 김진영, 박원규, 이동현. 1999. 부분경운 건담직파기의 부분경운 특성. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 4(1):38-44.
5. 박석호, 김학진, 강태경, 이채식, 이규승, 곽태용. 2001. 부분경운 건담직파기 개발. 한국농업기계학회 하계학술대회 논문집 6(2):15-20.
6. 北海道協同組合通信社. 1998. ニューマシン全書. p30-64.