

부분경운 건담직파기 개발

Development of Minimum Tillage Direct Seeder

박 석 호* 김 학 진* 강 태 경* 이 채 식* 이 규 승** 곽 태 용*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원 비회원
S.H.Park H. J. Kim T.K.Kang C.S.Leek K.S.Lee T.Y.Kwak

1. 서 론

부분경운 건담직파기는 파종할 부분만을 로타리 경운하면서 벼를 파종·시비하고 배수구설치 작업을 동시에 하는 벼 직파기이다. 부분경운 건담직파기는 경운정지, 파종, 시비 및 배수구설치 작업을 한번에 수행하므로 노력 및 비용을 크게 절감할 수 있다. 또한 무경운 포장에서 파종되므로 비가와도 다음날이면 파종작업이 가능하기 때문에 잦은 강우시 적기파종시기를 놓칠 수 있는 기존의 건담직파기기술을 보완할 수 있는 장점이 있다.

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 USDA는 보고하고 있다. 또한, 건담직파를 많이 재배하는 일본의 오키야마현과 북해도농업시험장 등에서는 디스크 또는 로타리날 방식의 경운로타리를 이용한 부분경운에 관한 많은 연구를 수행하여 실용화하였다. 국내에서는 부분경운 또는 무경운 파종작업의 기계화에 관한 연구는 작물시험장, 영남농업시험장 및 충남대에서 부분적으로 연구가 수행된바 있으나, 기계 및 재배기술 등이 접목되지 못하여 기술보급에 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 요인시험결과(박석호, 1999)를 기초로 부분경운 건담직파기를 제작하여 성능시험을 실시하고 경제성분석을 통해 부분경운 건담직파기의 효과를 검증하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 제작

부분경운 로타리날 선발시험을 인공포장에서 실시하고 그 결과(박석호 등, 1999)를 기초로 그림 1과 같이 부분경운로타리, 파종 및 시비장치, 복토장치 등으로 구성된 부분경운 건담직파기를 트랙터 부착형 8조식으로 설계제작 하였다.

부분경운 로타리는 파종할 자리를 부분경운하면서 배수골을 만드는 장치이다. 부분경운은 그림 2와 같이 폭이 8cm, 깊이가 7cm이고, 배수골은 폭이 10cm, 깊이가 12cm로 만들어지도록 설계제작하였다. 파종되는 줄간격(조건)은 배수골이 만들어지는 중앙부분은 35cm, 배수골 양쪽은 20cm, 나머지 부분은 25cm로 한번에 2m폭으로 줄뿌림되도록 설계 제작하였다.

배수골은 외향과 내향으로 배열된 8개의 로타리날에 의해 만들어지며, 배수골에서 나온 흙이

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과

** 성균관대학교

양쪽으로 비산되고, 로타리날 바로 뒤에 부착된 배토기에 의해 배수골에 흙이 쌓이지 않도록 고안되었다.

부분경운은 1조당 6개의 로타리날에 의해 부분경운되며, 로타리날을 외향으로 배열하여 배수골에서 나온 흙을 로타리 양쪽으로 흙을 비산시켜 포장을 고르게 하도록 하였다. 부분경운 로타리날의 회전반경은 7cm로 배수골형성 로타리날의 12cm 보다 5cm 작게 하여 그림 2와 같이 파종골이 배수골 보다 5cm 얇게 만들어지도록 하였다.

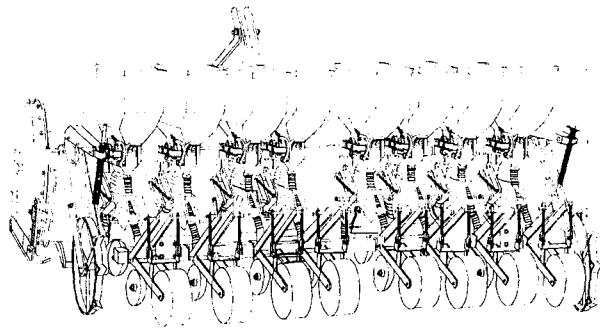


Fig 1. Prototype of minimum tillage direct seeder

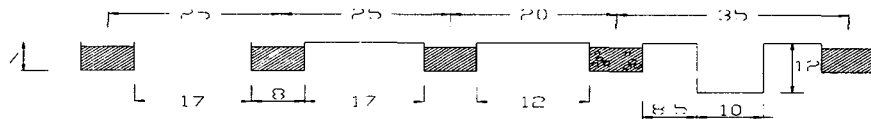


Fig. 2 A cross-sectional view of partial tillage, fertilizing and draining ditch

파종 및 시비는 2개의 원판을 “ \wedge ”모양으로 배열하여 파종골과 시비골을 만들어 그 안에 파종 및 시비되도록 하였다. 파종 및 시비깊이는 1~6cm로 조절이 가능하며, 종자통 용량은 40ℓ, 비료통 용량은 80ℓ이다. 진압은 $\varnothing 200\text{mm}$ 의 원통형 롤러를 스프링의 장력으로 눌러주도록 하였다.

나. 부분경운 건담직파기 성능시험

공시트랙터로 65마력 4륜구동 트랙터를 사용하였고, 경운토크, 연료소모량, 주행속도 및 슬립률 등을 측정하였다. 또한 시작기는 경폭이 1,900mm이고 로타리날은 보통형날이며, 비교기종인 건담직파기는 경폭이 1,900mm이고 로타리날은 L형날을 사용하였다.

공시포장은 전년도에 기계이양한 포장으로 벼 그루터기가 있고 벼짚을 수거한 상태였으며, 토성은 표 1과 같이 사양토이며, 토양경도는 $9.71 \sim 17.07\text{kg/cm}^2$, 함수비가 24.9%이었다.

Table 1. Condition of experimental field for working performance of prototype

Soil texture	Soil hardness(kg/cm^2)				Moisture content(db%)
	5cm	10cm	15cm	20cm	
Sandy loam	9.71	10.23	13.27	17.07	24.9

부분경운 건담직파기를 관행의 건담직파기와 비교하기 위하여 부분경운 건담직파기와 건담직파기의 연료소모량, 경운토크, 쇠토율을 측정하였다.

연료소모량은 트랙터의 연료공급호스에 연료소모량계(FR-214H)를 부착하고 측정된 데이

터를 컴퓨터로 입력저장하였으며, 실린더로 들어가지 않고 Overflow되어 연료탱크로 되돌아가는 연료는 연료소모량에 다음의 연료공급호스로 되돌아가도록 하여 작업에 소모되는 연료를 측정하였다.

경운토크는 트랙터 PTO와 유니버설조인트사이에 토크메타를 설치하고 측정된 데이터를 컴퓨터로 입력저장하였다. 쇠토울은 60×60cm의 직사각형 안에 있는 2cm이상의 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 arear
 W_{OS} : Weight of Soil diameter 2cm or more

3. 결과 및 고찰

가. 연료소모량

부분경운 효과를 구명하기 위해 부분경운 건담직파작업과 관행의 건담직파작업시에 소모되는 연료소모량을 비교측정하였다. 그림 3은 부분경운건담직파기와 건담직파작업에 소요되는 연료소모량을 엔진회전수별로 나타낸 것으로, 관행의 건담직파작업은 1차 로타리경운을 하고 난후에 다시 2차 로타리작업과 동시에 직파작업을 하기 때문에 1차 로타리작업에 소요되는 연료소모량도 함께 측정하여 비교하였다.

부분경운 건담직파기의 연료소모량은 로타리 경운된 포장에서 작업하는 건담직파작업 보다 적게 나타났다. 이는 부분경운 건담직파기가 파종할 부분만 5~7cm 깊이로 얇게 경운하여 전면경운하는 건담직파기 경운면적의 30%만 경운하기 때문인 것으로 판단된다. 로타리 1차경운과 건담직파작업을 합친 전체 건담직파에 소요되는 연료소모량과 비교시 부분경운 건담직파작업의 연료소모량은 약 50% 이상 절감되는 것으로 나타났다. 또한 부분경운 건담직파기는 배수구 설치작업이 동시에 수행되므로 건담직파를 하고 난 후 배수구설치작업을 별도로 수행하는데 소요되는 연료소모량을 포함한다면 더 큰 연료절감효과가 있을 것으로 판단된다.

나. 경운토크

그림 4는 부분경운 건담직파작업, 1차 로타리 경운 및 건담직파작업에 소요되는 경운토크를 경운피치에 따라 나타낸 것으로 경운피

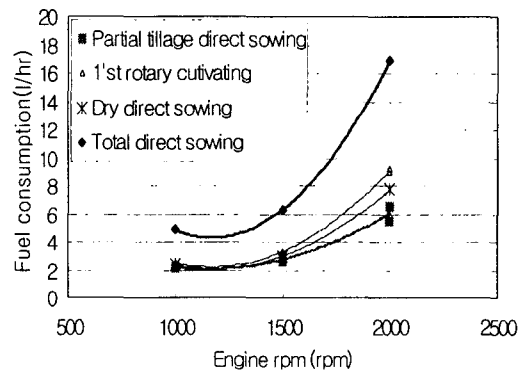


Fig. 3 Fuel consumption of partial tillage direct seeder, 1st rotary cultivating and direct seeder

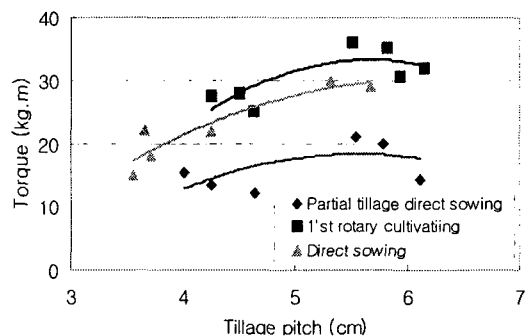


Fig. 4 Tillage torque of partial tillage direct seeder, 1st rotary cultivating and direct seeder

치가 증가할수록 경운토크는 높게 나타났다. 부분경운 건담직파기의 경운토크는 11~21kg.m, 건담직파작업의 경운토크는 15~30kg.m, 1차 로타리경운작업의 경운토크는 16~37kg.m로 부분경운 건담직파기가 가장 적게 나타났다. 이러한 경향은 부분경운 직파기가 알고 일부분만 경운하기 때문인 것으로 보인다.

다. 쇠토율

부분경운 직파와 건담직파의 작업정도를 비교하기 위하여 부분경운 건담직파기와 관행의 건담직파기의 쇠토율을 측정하였다. 그림 5는 부분경운 건담직파작업과 건담직파작업의 쇠토율을 경운피치별로 나타낸 것으로 경운피치가 증가할수록 쇠토율이 낮아지는 것으로 나타났다. 쇠토율은 부분경운 건담직파기가 87~98%, 건담직파가 80~97%, 1차로타리경운작업이 57~80%로 부분경운 건담직파기가 가장 좋게 나타났다. 이는 부분경운 건담직파기는 쇠토가 잘되는 보통형 로타리날을 사용하였고, 건담직파기는 L형 로타리날을 사용하였기 때문인 것으로 판단된다.

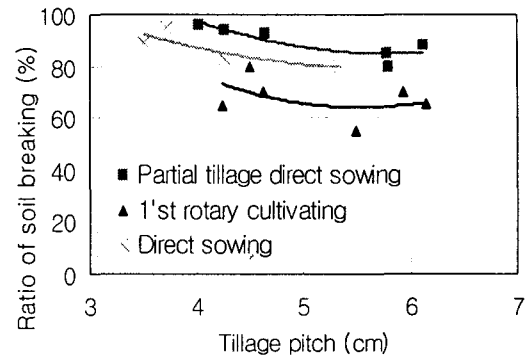


Fig. 5 Ratio of soil breaking by partial tillage seeder, rotavator and direct seeder

라. 작업성능

부분경운 건담직파기의 작업성능은 표 2에서와 같이 작업속도가 0.5m/s일때 파종시간, 선회시간 및 비료보급시간을 포함해 총 3.8hr/ha로 나타났다.

부분경운 건담직파기의 작업상태는 부분경운골은 폭 8cm, 깊이 5~7cm, 배수구는 폭 10cm, 깊이 10~12cm로 양호하게 형성되었으며, 파종 및 시비후 복토상태도 양호하게 나타났다. 그러나 수분이 적은 논일수록 배수구가 일부 무너지는 현상이 발생하였으며, 벗짚이 피복되어 있고, 수분이 많을수록 로타리안에 흙이 채여 균평판이 흙을 몰고 가서 복토상태가 나빠지는 현상이 발생하였다. 이러한 문제는 로타리 뒷면의 균평판 스프링장력을 적정하게 조절한다면 로타리안의 흙이 쌓이지 않고 배출되면서 해결되는 것으로 나타났다.

Table 2 Working performance of partial tillage direct seeder

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

마. 생력 및 비용절감효과 분석

부분경운 건담직파기의 노력절감효과를 표 3에 나타내었다. 부분경운 건담직파작업은 무경운포장에서 파종할 자리만 부분경운하면서 파종·시비 및 배수구설치는 동시에 수행하기 때문에 경운정지, 시비 및 배수구설치 작업시간은 포함하지 않았다.

부분경운 건답직파기의 노력시간은 3.8hr/ha이 소요되어 관행의 건답직파작업의 18.1hr/ha보다 79%의 노력절감효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 3 Comparison of Working hours between direct seeding and partial tillage direct seeding (hr/ha)

Working method	Land preparation	Fertilizing	Sowing	Making draining ditch	Total
Direct seeding	3.4	10.0	3.4	1.3	18.1 (100)
Partial tillage direct seeding	-	-	3.8	-	3.8 (21)

부분경운 건답직파기의 경제성을 건답직파작업과 비교하여 표 4에 나타내었다. 부분경운 건답직파기의 추정가격은 3,700천원으로 기존의 건답직파기와 가격이 같다. 부분경운 건답직파기는 경운정지작업, 파종 및 시비작업, 배수구설치작업을 한번에 진행하기 때문에 경운정지, 시비 및 배수구설치 작업에 소요되는 비용은 포함하지 않았다. 시비비용 계산은 부분경운 건답직파기는 완효성비료를 1회 시비하는 것으로 하고, 건답직파는 일반비료를 3회로 나누어 시비하는 것으로 하였다. 부분경운 건답직파기의 소요비용은 556,643 won/ha으로 건답직파의 748,433원/ha에 비해 26%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 4 Economic analysis and comparison between direct seeder and partial tillage direct seeder

Item		Direct seeder		Partial tillage direct seeder	
		Tractor	Direct seeder	Tractor	Partial tillage direct seeder
Purchase price(won)		14,440,000	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)	

4. 요약 및 결론

요인시험결과(박석호, 1999)를 기초로 부분경운 건담직파기를 제작하여 성능시험을 실시하고 경제성분석을 통해 부분경운 건담직파기의 효과를 검증하였다.

- 가. 부분경운 건담직파기의 연료소모량은 2.5 l/hr로 관행의 1차 로타리경운과 건담직파작업을 합친 관행의 건담직파의 6.2 l/hr 보다 60% 절감되는 것으로 나타났다.
- 나. 부분경운 건담직파기의 경운토크는 11~21kg.m, 건담직파작업의 경운토크는 15~30kg.m, 1차 로타리경운작업의 경운토크는 16~37kg.m로서 부분경운 건담직파기의 경운토크가 가장 적은 것으로 나타났다.
- 다. 쇄도율은 부분경운 건담직파기는 87~98%, 건담직파는 80~97%, 1차로타리경운작업은 57~80%로서 부분경운 건담직파기가 가장 좋은 것으로 나타났다.
- 라. 부분경운 건담직파의 투하노력시간은 3.8 hr/ha가 소요되어 관행의 건담직파작업의 18.1 hr/ha와 비교하면 79%의 노력절감효과가 있는 것으로 나타났다.
- 마. 부분경운 건담직파기의 소요비용은 556,643 won/ha으로서 건담직파의 748,433 won/ha에 비해 26%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김수성, 이여성, 우종구. 1997. 로타리 경운날의 개량 연구-경운날 3종의 경운부하특성분석-. 한국농업기계학회지 22(4) : 391~400.
2. 박석호, 최덕규, 김진영, 박원규, 이동현. 1999. 부분경운 건담직파기의 부분경운 특성. 한국농업기계학회 농계학술대회 논문집 4(1) 38~44.
3. 박석호, 강태경, 최덕규, 김학진, 광태용, 백남현, 윤석철. 1999. 부분경운 건담직파기 개발. 농업기계화 시험연구보고서 : 211~225.
4. Cannel, R. Q. 1985. Reduced tillage in north-west europe a review. Soil & Till. Res. 5(1) : 129 ~ 177.
5. Koichiro, O. 1990. Development of a new no-till seeder for soybean in west-southern districts of Japan. Agricultural Technology 45(3) : 49~53.
6. Lee. Y. R. 1985. The tilling energy requirement and rice yield by the various tillage methods. Ph. D. dissertation, Won Kuang Univ.
7. S.H.Park, K.S.Lee, C.S.Lee. Characteristics of minimum tillage by rotary tiller for direct rice seeder. ICAME 2000 Proceedings Vol. II of III : 154~161
8. 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.
9. 芝野保徳. 1971. 로타리耕耘刃とけん引切削刃との組合せ耕耘に關する研究(第1報). 農機誌. 33(3) : 245~249.