

과제구분	기본 Code : LS 0201	수행시기	전반기	연구기간	2002
연구과제명	벼 저투입 및 안정생산 재배기술 개발연구			과제책임자	이 원 우
세부과제명	골작성기 이용 벼 건답산파 재배방법의 중부지역 적응성 구명				
색인용어	벼, 직파재배, 건답산파, 생력재배, 골작성기				
연구원별 임무					
구분	소속(연구실)	성명	전화번호	담당임무	
세부과제책임자	경기도원, 작물연구과	이재홍	031)229-5774	시험수행 총괄	
공동연구자	"	박중수	031)229-5772	노동투하시간 조사	
	"	조영철	031)229-5773	농기계 파종작업	

ABSTRACT

This study was conducted to compare the labor saving and yield of direct seeding cultivation method on dry paddy using hilling machine(DHM) with other cultivation methods; direct seeding on flooded paddy surface(DF), drill seeding on dried paddy(DD), and machine transplanting(MT). After basal fertilizer application and soil preparation seeds were broadcasted manually on dry paddy and furrows and soil

with hilling machine having two-row furrowers on either end in DHM. Furrow making and soil covering was different from other direct seeding methods. Furrow's width was 0.2m and 1.8m between them. Plant height at early growth stage was higher in DHM, and the number of leaf in DF showed more than those in other direct seeding methods. The number of seedling stand among direct seeding methods was observed high in order of DF>DD>DHM. The number of seedling stand of DHM per m² was 110. Heading date was 5~7 days earlier in MT than those in direct seedings. Lodging occurred in DF field only, due to the low lodging resistance, highest lodging index and the lowest buried stem depth. Rice yield, the number of panicle per m² and the number of spikelet per panicle were high in turns of MT>DF>DHM>DD, but significant difference was not found in rice yield between DF and DHM. The labor saving effect of DHM was 36% higher than MT, and that of DD was highest. Largest income was in DF due to the highest cost saving and acceptable rice yield loss but cultivation stability was low because of lodging occurrence possibility. In order to stabilize DHM as a labor saving technology, it is necessary to develop attached seeder and improve management technique.

Key words : Rice, Direct seeding, Dry paddy, Lodging, Yield, Labor saving, Hilling machine

1. 연구목표

우리나라의 쌀농사는 국제적으로 경쟁력이 매우 취약하고 수입개방압력도 가중되고 있으며, 국내적으로는 노령화와 농촌의 임금상승, 도농간 소득격차의 심화등으로 매우 어려운 상태에 있어 쌀산업 경쟁력강화를 위해서는 쌀의 품질과 상품성 향상, 생산성 증대 및 생산비 절감 기술개발 등이 선행되어야 할 것이다. 이 중 생산비 절감 기술개발은 직파재배를 중심으로 연구가 진행되어 왔으나 전천후 안전 직파재배 기술개발이 미흡하여 직파재배면적이 확대되지 못하고 오히려 줄어들고 있는 실정이다.

전국 벼 직파재배면적은 2002년 90,111ha로 '95년 대비 23%가 감소되었는데 그 중 건답직파면적은 30,061ha로 66%가 감소되었으나 답수직파면적은 60,050ha로 21%가 증가되었다. 경기도의 '01년 직파재배면적은 721ha로 '95년 대비 96%가 감소되었다. 그 중 건답직파면적은 53ha, 답수직파면적은 668ha로 감소되었으며 무논골뿌림재배면적은 '99년 27ha를 마지막으로 추산되지 않고 있어 답수표면직파 위주의 직파재배가 이루어지고 있다(영남농업시험장, 2002). 이와 같은 재배면적의 변화는 재배기술적 관점에서 볼 때 건답직파재배는 파종기의 잦은 강우로 인한 파종시기 일실과 파종후 출아 및 초기생육 불량에 대한 우려가 커 급격히 재배면적이 감소되었으며, 강우의 영향이 크지 않은 답수직

파도 이앙재배에 비해 초기 물관리, 입모 불량, 잡초발생, 도복발생, 저수량성 등 여러가지 불안요인을 가지고 있기 때문인 것으로 볼 수 있다(김 등, 1991).

건답직파 파종방법중 평면직파는 파종후 한발지속에 의한 관개와 강우시 배수곤란으로 입모안정성이 낮아지는 단점이 있고 휴립직파는 관·배수 고량을 만들면서 파종하는 방법으로 고량을 이용한 관개 및 배수로 파상의 토양수분을 조절할 수 있으므로 입모안정성이 높고 모생육이 균일해지는 등의 장점이 있다(영남농업시험장, 1999). 보리재배시 골작성과 배토작업을 목적으로 제작된 골작성기(보리배토기 T400, 대호농기계)를 벼 직파재배에 응용하면 휴립직파의 장점을 살릴수 있는 건답산파재배가 가능할 것으로 생각되어 저투입 및 안정생산 재배기술 개발연구의 일환으로 골작성기를 이용한 건답산파 재배방법의 적응성을 검토코자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2002년 경기도농업기술원 답작시험포장에서 골작성기를 이용한 건답산파방법을 직파적용 품종인 광안벼를 사용하여 중묘기계이앙, 답수손산파, 건답제조파와 적응성을 비교하였다. 골작성기를 이용한 건답산파는 포장 경운 후 기비를 사용하고 정지작업하였으며 소독후 음건시킨 마른종자를 파종하였다. 파종후 골작성기 부착 35마력 트랙터를 이용하여 휴폭

180cm와 고랑폭 20cm로 고랑작성과 복토를 동시에 수행하였다(그림 1). 건담세조파는 트랙터부착 6조식 세조파기를 이용하여 로타리작업과 동시에 파종하였다. 기비시용 및 정지작업 후 담수손산파는 침종후 최아종자를 파종하였고, 중묘기계이앙은 재식거리 30×14cm로 35일묘를 이앙하였다. 재배양식별 파종량, 시비량 및 분시비율은 표 1과 같다.



그림 1. 파종후 골작성 및 복토작업 광경

3. 결과 및 고찰

가. 토양수분 관리와 초기생육

골작성기를 이용한 건담산파는 파종후 고랑을 통해 종자가 파종된 높이 만큼 관개한 후 별도의 배수작업 없이 복토층이 건조되지 않도록 관개하였고, 건담세조파는 파종후 수시간내에 자연배수될 수 있도록 전면관개하여 발아를 조장하면서 토양 과습에 의한 입모장애를 방지하였다. 파종후 물관리에 의한 토양 특성을 비교한 결과(표 2), 관개전 작토층의 수분함량은 건담세조파에 비해 건담산파가 평균 2.5% 정도 많았다. 복토층 건조에 따른 토양표면의 피각형성 현상이 건담세조파에서 나타나 건담산파보다 토양경도가 1.1kg/cm² 정도 높게 측정되었다. 벼 평면줄뿌림후 한발지속 및 강우가 빈번한 경우 배토기를 이용한 5~6m 간격의 고랑설치시 출아일 수 단축 및 입모향상으로 쌀수량이 2~5%

표 1. 재배양식별 파종 및 시비법

재배양식	파종일 (월. 일)	파종량 (kg/10a)	시비량(kg/10a) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	분 시 비 율(%)		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
건담산파 (골작성기)	5. 14	5	15-45-5.7	10-30-30-30 (기비-3엽기-7엽기-수비)	100 (기비)	70-30 (기비-수비)
건담세조파	5. 14	5	15-45-5.7	10-30-30-30 (기비-3엽기-7엽기-수비)	100 (기비)	70-30 (기비-수비)
담수손산파	5. 15	4	11-45-5.7	40-30-30 (기비-5엽기-수비)	100 (기비)	70-30 (기비-수비)
중묘기계이앙	5. 24 (이앙일)	-	11-45-5.7	50-30-20 (기비-분얼비-수비)	100 (기비)	70-30 (기비-수비)

증수된 결과(1997, 작물시험장)와 같은 효과가 나타나 골작성기를 이용한 건답산파 방법이 파종후 토양수분 관리 및 관개작업의 편의성을 고려할 때 건답세조파에 비해 유리한 것으로 판단되었다.

나. 생육 및 도복관련 형질 조사

출수전 25일에 유수분화기 생육상태를 조사한 결과(표 4), 초장은 건답산파, 담수손산파, 기계이앙 모두 대등하였으나 건답세조파에서 작았고, 단위면적당 경수는 이

표 2. 건답직파 양식간 입모기간중 토양특성 비교

건답직파 양식	수분함량(%)	토양경도(kg/cm ²)
건답산파(골작성기)	20.0±0.8	2.1±0.8
건답세조파	17.7±0.6	3.2±0.6

직파재배양식별로 파종후 20일에 생육조사한 결과(표 3), 초장은 건답산파 > 담수손산파 > 건답세조파의 순으로 컸고, 엽수는 담수손산파 > 건답산파 > 건답세조파의 순으로 많았다. 건답산파의 벼 생육상태가 건답세조파에 비해 좋았던 것은 입모기간중 토양수분 관리가 적절했던 것으로 판단되었다. 담수손산파시 엽수가 많았던 것은 최아종자 파종에 따른 결과로 생각되었다. 단위면적당 입모본수는 건답직파에 비해 담수손산파에서 약간 많았으나 유의한 차이없이 시험구 모두 무논직파 적정 입모수 80~120주/m²와 건답직파 적정 입모수 90~150주/m² 내에서 입모를 확보하였다(작물시험장, 1997).

양재배에 비해 직파재배가 많았으나 건물중과 엽면적지수는 이양재배에서 컸던 것으로 나타났다. 직파재배에서 건답세조파는 경수와 건물중 및 엽면적지수 모두가 가장 적게 나타나 초기 생육부진에 의해 생육속도가 지연되었던 것으로 보여졌다. 도복은 일반적으로 출수후 등숙 중·후기에 많이 발생하는데 수량과 미질을 떨어뜨리는 가장 중요한 제한요소가 될 뿐만 아니라 콤바인 등을 이용한 수확작업 또한 어렵게 만든다. 재배양식간 도복관련 형질을 비교한 결과(표 5)에서는 건답산파의 줄기매몰심이 1.5cm로 건답세조파에 비해 0.2cm정도 깊어 직파재배양식 중 가장 양

표 3. 직파재배 양식별 초기생육

재 배 양 식	입모본수 (개/m ²)	초장(cm) [↓]	엽수(엽) [↓]	비 고
건답산파(골작성기)	110	11.2a	2.9 b	건조종자 파종
건답세조파	116	8.2 c	2.2 c	"
담수손산파	129	9.7 b	3.6a	최아종자 파종

↓ 유의수준 0.5 %

호하였으나, 담수손산과는 줄기매물심이 0.5cm로 얇고 간장이 기계이양과 같으며

하여 도복발생 위험성을 고려할 때 재배안 전성이 가장 문제시되는 재배양식이었다.

표 4. 유수분화기 생육 비교

재배양식	초 장 (cm)	경 수 (개/m ²)	건물중(g/m ²)		엽면적지수 (LAI)
			엽	줄기	
건 답 산 과 (골 작 성 기)	72	445	158	328	3.4
건답세조과	68	407	125	276	2.8
담수손산과	72	434	168	332	3.5
기 계 이 양	73	388	183	345	3.8

표 5. 도복관련형질 비교

재배양식	줄기 매물심 (cm)	간장 (cm)	수장 (cm)	3절 간장 (cm)	4절 간장 (cm)	중심고(cm)	좌절중 (g)	도복 지수	포장 도복 [↓]
건답산과 (골작성기)	1.5	87	19	13.9	11.3	48	986	186	0
건답세조과	1.3	85	19	12.1	9.1	46	961	167	0
담수손산과	0.5	89	20	14.9	10.8	48	788	242	2
기계이양	3.3	89	21	14.8	9.9	47	978	195	0

↓ 0 : 무도복, 1 : 경미한 만곡도복, 3 : 중정도의 만곡도복

좌절중이 작아 도복지수가 242로 가장 높고 도복저항성이 가장 약한것으로 나타났다. 건답세조과의 도복지수는 167로 가장 낮았지만 좌절중이 961g로 가장 적었던 이유는 생육불량에 따른 간장 단축이 원인으로 생각되었으며, 담수손산과에서만 포장도복이 발생되어, 재배양식중 담수표면적과가 뿌리의 표층분포비율이 높고(오 등, 1992), 줄기매물 깊이가 얇으며 도복발생이 가장 심하였다(최 등, 1997)는 보고와 일치

다. 수량 및 수량구성요소

재배양식별 출수기는 중묘기계이양 8월 12일에 비해 건답산과는 5일, 담수손산과 6일, 건답세조과는 7일 지연되었다. 쌀수량은 기계이양 > 담수손산과 > 건답산과 > 건답세조과 순으로 많아 직파재배가 이양재배보다 수량이 적었다. 이는 수량구성요소인 단위면적당 수수와 수당립수가 많았던 순서와 같았으나 담수직파와 건답산과 쌀수량 간에는 유의성이 인정되지 않았다.

표 6. 성숙기 생육 및 수량

재배양식	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/m ²)	수당 입수(립)	등숙비율 (%)	쌀수량 (kg/10a)	수량 지수
건답산파 (골작성기)	8.17	87	19	326	89	84.2	455 b	100
건답세조파	8.19	85	19	301	82	82.6	419 c	92
담수손산파	8.18	89	20	340	92	80.9	462 b	102
기계이앙	8.12	89	21	362	95	83.0	516a	113
LSD(0.05) -----							24.2	
C.V.(%) -----							2.8	

라. 노력시간 절감 및 경제적 효과

작업단계별 노력시간(표 7)은 경운~직파·이앙단계에서는 건답세조파의 노력소요시간이 가장 적었고, 건답산파, 담수손산파, 기계이앙의 순으로 적게 나타나 기존 박 등(1996)의 건답세조파, 담수손산파, 기계이앙에 대한 노력소요시간에 관한 결과와 일치하였으며, 골작성기를 이용한 건답산파는 건답세조파와 담수손산파의 노력소요시간의 중간정도인 것으로 나타났다. 건조 및 운반시간을 제외한 전체 노력시간은 육묘 및 이앙작업에 노력투입이 많았던 중묘기계이앙이 10a당 27.3시간으로 가장 많았던 반면 건답산파재배는 노력시간이 중묘기계이앙대비 36% 절감되는 효과가 있었다. 담수손산파는 정지작업 및 초기물관리와 재배관리에 건답산파에 비해 노력시간이 8% 더 소요되었으나, 건답세조파는 건답산파와 비교할 때 별도의 인력과 종작업 노력이 없으면서 총 노력시간이 가

장 적게 소요되는 재배방법으로 건답산파에 비해 5%정도 노력시간이 절감되었다. 골작성기를 이용한 건답산파시 파종장치를 부착한 골작성기의 제작으로 파종노력을 절감 및 적정 파종량 구멍 등의 증수기술 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

중묘기계이앙 대비 직파재배양식간 경제적 효과를 부분시산법으로 분석한 결과(표 8), 쌀수량 감소에 따른 손실적 요소는 건답세조파에서 가장 크게 나타나 노력비와 농기계비 절감액이 건답산파에 비해 많았음에도 불구하고 수익이 중묘기계이앙 대비 10a당 70,877원 수익이 감소되었다. 담수손산파는 쌀수량 감소에 따른 손실액이 상대적으로 가장 적었고 파종기가 필요없으므로 농기계비 절감액이 가장 커 예상수익이 중묘기계이앙대비 10a당 4,818원 증가되어 소면적에 적용 가능한 재배방법으로 나타났다.

표 7. 벼 재배양식간 노력시간 절감효과 비교

(단위 : 시간/10a)

작업단계	건답산파 (골작성기)	건답세조파	담수손산파	기계이앙 (중묘)
경운, 정지	1.6	1.6	2.4	2.2
육묘(종자)	0.3	0.3	0.5	6.9
직 파	1.3	0.7	0.8	-
이 앙	-	-	-	3.3
보 식	1.9	1.7	2.0	1.8
소 계	5.1	4.3	5.7	14.2
기비살포	0.7	0.7	1.0	1.0
추비살포	1.2	1.2	1.0	0.9
제초제 살포	1.0	1.0	0.9	0.7
인력제초	4.2	4.1	4.4	2.7
병해충 방제	2.3	2.3	2.4	2.3
물관리 등	3.8	3.8	4.3	3.8
수 확	1.8	1.7	2.0	1.7
소 계	15.0	14.8	16.0	13.1
전체 노력시간 ¹⁾ (지 수)	20.1 (100)	19.1 (95)	21.7 (108)	27.3 (136)

↓ 건조 및 운반 시간 제외

표 8. 중묘기계이앙대비 경제적 효과 비교(부분시산법)

(단위 : 원/10a)

구 분	건답산파(골작성기)		건답세조파		담수손산파	
	손실적 요 소	이익적 요 소	손실적 요 소	이익적 요 소	손실적 요 소	이익적 요 소
쌀 수량 감소	92,171		146,567		81,594	
노력비 절감		24,876		28,331		19,348
자재비 절감		1,518		1,518		13,040
농기계비 절감		39,332		45,841		54,024
계	92,171	65,726	146,567	75,690	81,594	86,412
예상수익 증감	△26,445		△70,877		4,818	

마. 건답산파의 장·단점 비교

건답산파재배는 건답제조과기에 비해 인력에 의한 파종노력이 별도로 소요되어 파종단계의 노력시간 절감효과가 없어 파종

감 등 이익적 효과만을 비교할 때 담수손산파보다 크지만 건답제조과에 비해서는 적어 기존의 직파재배법 보다 경제적이라고 볼 수 없었다.

표 9. 골작성기 이용 건답산파재배의 장단점 비교

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> ○ 파종후 트랙터 부착 골작성기를 이용한 골작성 및 복토작업 수행으로 줄기매물심도가 향상되어 도복방지 ○ 고랑관수로 관배수 및 물관리가 용이하며 토양수분의 지속적 공급이 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 파종 및 복토작업의 동시수행이 가능한 파종장치 부착 필요 ○ 건답상태에서만 정지 및 복토작업이 가능하므로 기상영향이 크고 토양수분에 따라 복토작업의 정밀도와 입모변이가 큼

과 복토 동시작업이 가능한 기계개발이 필요하였으며, 토양수분이 과다할 경우 파종과 복토작업의 정밀성이 크게 떨어짐과 동시에 파종된 종자의 매물로 입모불량 가능성이 매우 높아지므로 강우와 관련된 기상영향을 크게 받는 건답직파의 단점도 개선되지 않았다.

고랑관수를 통한 파종상의 지속적인 토양수분 공급과 관배수 작업의 편의성은 건답제조과에 비해 크게 개선된 재배법으로 판단되었고 복토작업에 의한 줄기매물심도가 향상되어 도복발생의 위험성이 크게 낮아졌으며 줄기 기부의 좌절중이 가장 커도체가 강간으로 생육되는 특성이 있었다. 건답산파의 쌀수량은 기계이앙 대비 13% 감소되었으나 담수직파와 대등한 수량 및 도복안전성을 고려할 때 수량증수를 위한 재배기술의 보완이 필요할 것으로 생각되었다. 건답산파시 노력비 및 농기계비 절

4. 적 요

본 연구는 보리 골작성기를 이용한 벼 건답산파재배 방법의 적용 가능성을 건답제조과, 담수표면산파 및 중묘기계이앙을 대비로 하여 벼 생육, 쌀수량, 노력투입 및 경제성분석을 중심으로 조사한 결과는 다음과 같다.

- 가. 골작성기 이용 건답산파의 입모본수는 m²당 110개로 적정 입모수를 확보하였으나 담수손산파(129개/m²)보다는 다소 적었다.
- 나. 골작성기 이용 건답산파는 줄기 매물심이 깊고 도복지수가 낮아 포장도복이 발생되지 않았다.
- 다. 골작성기 이용 건답산파의 쌀수량은 10a당 455kg으로 건답산파 쌀수량대비 건답제조과는 8%적었으나 담수손

- 산과는 2%, 기계이양은 13% 많았다.
- 라. 골작성기 이용 건답산과의 전체 노력시간은 10a당 20.1시간으로 중묘 기계이양 대비 26%의 노력시간 절감효과가 있었다.
- 마. 중묘기계이양 대비 10a당 예상수익은 건답산과 26,445원, 건답세조과 70,877원 감소되었으나 답수손산과는 4,818원 증가되었다.
- 바. 골작성기 이용 건답산과는 우천시 파종작업이 불가능하며 파종노력 절감을 위한 부착과중기의 개발 및 수량증대 기술개발 등 개선을 요하는 문제점들이 있었다.

- 박평식, 조성주, 김사균, 박성호. 1996. 벼 어린모·직파재배의 노동력 및 생산비 절감효과 분석. 농업논문집 38(1) : 92~103
- 영남농업시험장. 2002. 쌀 개방화 대응기술 : 286~307
- 영남농업시험장. 1999. 실용 벼 직파재배 기술 : 44~114
- 오윤진, 김정곤. 1992. 벼 직파재배 입모율 향상 및 도복 경감. 한잡초지 12(3) : 210~222
- 작물시험장. 1997. 벼 직파재배 신기술 : 181~203
- 최원영, 김상수, 신현탁, 조수연, 최선영. 1997. 벼 직파재배 유형에 따른 생육 및 수량. 한작지 42(1) : 14~21

5. 인용문헌

- 김정곤 등. 1991. 호남지방 벼 건답직파재배에 관한 연구. 농진청 농시논문집(수도편). 33(3) : 6~18.