

미맥수확동시보리파종기 개발을 위한 기초연구*

Studies for Development of Barley Seeder attached to Combine Harvester

이중용*	박문수**	박상래**
정희원		
J.Y. Rhee	M.S. Park	S.R. Park

1. 서론

보리는 60년대까지만 해도 90만 ha 이상에서 재배되던 우리나라의 주요 곡물 중의 하나로서 재배면적이 급격히 줄어 94년에 8.5만 ha에서 재배되었다가 최근 들어 재배면적이 서서히 늘어나 96년에 9.5만 ha 재배되었다. 보리는 가격이 싸지만 생산비가 작기 때문에 경영상에 이득이 있다. 그러나 이모작을 하는 경우 벼 재배일정이 급박하고, 소득이 높지 않다는 이유로 기피되어 온 것이다. 농업기계 기술적인 측면에서 보면 보리는 벼를 수확한 후에 벗짚을 수거하거나 태운 후에 쏘토한 후 파종해야 하는데 가을철에 비가 오는 경우 논에서 트랙터의 주행성이 확보되지 못하여 파종할 수 없는 문제점이 있다. 특히 보리의 주재배지인 호남의 경우 저습답이 많기 때문에 기상 여건에 따라서 재배면적이 변하는 경향을 보이고 있다.

세계적인 식량사정이나 국내 사료자급, 통일 후 북한의 식량문제 등을 고려한다면 보리재배는 적극 권장할 일이며 농기계의 효율적인 이용 측면에서도 권장할 일이다.

본 연구는 습한 논에서도 보리를 파종할 수 있는 기계개발을 목표로 생력적인 기계작업을 모색하기 위한 재배방식과 논 토양에 대한 기초적인 토양조사, 종자에 대한 물리적 성질 등에 대한 기초 실험과 새로운 기계 작업의 개념을 평가할 실험용 기계를 제작하고 성능을 평가하는 것이다.

2. 새로운 생력 작업 개념

우리 나라에서 벼와 보리는 논에서 이모작으로 재배된다. 따라서 두 작물의 생산과정은 봄철과 가을철에 수확과 파종(이앙)작업이 경합하게 되기 때문에 노동력이 제한되는 경우에 이모작을 기피하게 된다.

벼 재배와 보리 재배의 재배력과 작업일정을 호남지방을 기준으로 표시하면 그림 1과 같다. 그림에서 보듯이 봄철에는 5월 하순에서 6월 초순까지, 10월말에서 11월초까지 수확과 파종이 반드시 경합하게 된다. 보리와 벼 재배의 경합을 피할 수 있는 방법은 두 작업을 동시에 수행하므로써 노동력을 절감하는 것이다. 우리나라에서 수확작업은 콤바인에 의해 수행되며 콤바인은 집지면적이 넓기 때문에 주행성이 우수하다. 콤바인의 기관출력은 30-40ps 범위이므로 이 중에서 1마력 정도면 파종작업은 충분히 할 수 있다. 최근 콤바인에 의한 수확작업은 2인 작업에서 1인 작업으로 변화되고 있기 때문에 수확작업자가 파종에 크게 신경을 쓸 수 없다는 점은 본 연구개념의 중요한 고려사항이 된다.

+ 본 연구는 교육부 학술진흥재단의 연구비로 수행된 것임
* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 농업기계전공
** 호남농업시험장

	1월		2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월		10월		11월		12월					
	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	초	중	하	
보리재배						추비				수비		수확													파종		기비	
보리+벼						추비				수비		수확+ 파종 (이앙)	기비												수확+ 파종		기비	
벼재배									직파기간																수확			
												이앙	기비	추비							수비			수확				

그림 1. 벼, 보리의 재배력 (전북이리 지역)

3. 미맥수확동시 파종기가 갖추어야 할 조건

가을철에 벼를 수확하고 보리를 재배하는 경우, 보리는 직파되는 작목이므로 동시에 작업을 수행할 수 있으나 봄철의 경우에 두 작업을 동시에 수행하기 위해서는 콤바인의 구조에 이앙기가 부착되지 않는 한 벼를 직파재배 하는 방법밖에 없다. 따라서 미맥수확동시 파종기는 벼와 보리의 직파기여야 한다.

콤바인으로 수확동시에 파종을 수행하자면 기비살포 후, 토양을 경운할 수 없으므로 무경운 재배 또는 부분경운후 파종을 해야 한다. 관행재배의 관점에서 보면 쇠도후 토양중에 파종하여 동해를 방지하고 도복을 경감할 수 있지만 무경운 파종은 도복의 가능성을 높이고 동해를 입을 우려가 높게 되며 표면파종되므로 가을철 기상이 건조할 경우 입묘에 장애를 입게 된다.

수확작업에 있어서 작업자는 주행은 물론 탈곡부의 작동에 대하여 주의하여야 하기 때문에 파종작업은 수확작업과 동시에 이루어져야만 하며 이 조건을 만족시키기 위해서는 예취부와 파종부가 일치되어야 불필요한 후진이나 작업정지 등을 예방할 수 있다.

4. 콤바인의 구조적 특성분석

콤바인은 전처리부와 예취부, 벧짚 이송부, 탈곡부, 주행부, 벧짚처리부로 구분된다. 전처리부와 예취부는 일체로 구성되며 단동형 유압실린더에 의하여 상승하고 자중에 의해 하강하며 유압실린더에 의하여 예취고를 조절할 수 있다. 작업중 유압실린더에 작용하는 압력은 디바이더를 지면에 접촉하여 짧게 수확하는 경우에는 부압이 걸리며, 지면과 분리하여 작업하는 경우에는 전처리부와 예취부의 자중에 의한 압력을 받게 된다.

전처리부와 예취부의 상승기구에는 1점 힌지 또는 2점 힌지로 되어 있으며 1개의 링크에 의해 수직면에서 상하로 움직이므로 측면에 작용하는 힘에 대한 저항이 작다.

콤바인의 주행부는 유압변속장치에 주행속도를 조절하며 좌우측 케도구동 스프로킷의 회전을 개별적으로 차단함으로써 회전이 가능하다. 따라서 콤바인의 최소 회전반경은 측면슬립이 없다면 케도륜의 폭이 되지만 실제로 연약한 토양에서는 이보다 크게 되며 좌우측의 동력전달을 얼마동안 몇 회 차단하는가에 따라서 회전반경이 정해진다.

콤바인 전처리부의 픽업러그는 주행속도와 일정한 비율을 유지하도록 설계되었으나 정지시 탈곡을

위해서 주행부가 정지된 상태에서는 설계에서 설정된 속도로 회전하기 때문에 곳에서 동력을 추출하기에는 적합치 않다.

콤바인의 후미에는 상당한 공간이 비어 있다. 이곳에 공간이 필요한 이유는 포장에 진입하거나 논둑을 넘을 때, 지면과 간섭을 피하기 위한 것으로 이곳에 작동부를 추가 설치하면 포장진출입시에는 작동부를 탈착하고 다시 부착해야 한다. 또한 콤바인의 회전중심부와 전처리부의 회전궤적이 다르듯이 후미와 회전중심부의 궤적이 다르므로 전작물을 수확할 때 후작물을 파종하면 그 위치가 일치되지 못한다.

5. 미맥수확동시파종기 실험용 기계 제작

공시 콤바인은 국제 3조 콤바인이었으며 무논골뿌림 파종기와 같이 토양에 V형 홈을 만들고 그곳에 파종하도록 설계하였다. 파종부의 동력은 전처리부의 구동축에 전자클러치를 부착하고 그곳에서 동력을 추출하도록 설계하였다. 파종의 개시여부는 작업자의 수동 스위치 조작으로 정해지며 야간조명등 스위치에 파종부 스위치를 연결하였다. 또한 벧짚이 있는 경우에만 파종이 가능하도록 벧짚을 감지할 수 있는 한계스위치를 예취부 상부에 부착하였다.

파종장치는 중앙직파기를 이용하였으며 파종량 조절은 파종량 조절 롤러의 회전속도에 의한 방법과 롤러에 있는 홈의 크기에 의해 정해지나 동력을 추출하는 전처리부 구동축의 회전속도가 느려서 동력을 추출하면서 동시에 5배 증속되도록 2개의 기어쌍을 이용하였다. 파종장치는 콤바인의 측면에 설치하였으며 파종장치에서 파종부까지는 내경 30mm의 투명호스를 이용하였으며 기계에 호스를 고정하는 것은 철사를 이용하였다.

작구부는 폭이 5cm, 깊이 4cm, 바닥면 폭 2cm의 단면을 갖는 사다리꼴로 설계하였으며 콤바인 예취부 구동축의 연결플랜지의 볼트구멍을 이용하여 부착하였다. 처음에는 예취부 구동축 좌우의 볼트구멍을 이용하고 작구 깊이가 조절되도록 별도의 장치를 그림 3(가)처럼 설계하였다. 그러나 벧나 보리 수확시 검불 등이 심하게 이곳에 엉키게 되어 새롭게 설계할 필요가 있었다. 검불을 엉키지 않게 하기 위해서는 작구부의 그림 3(나)과 같이 지면접촉각을 작게 하기 위하여 작구부의 길이가 크게 설계되어 한쪽 끝만 고정해서는 작구날이 휠 염려가 있었다. 따라서 다른 한 끝은 예취부를 지지하는 30mm 구조용 강관에 용접하여 부착하는 방법을 이용하였다. 작구부의 간격은 첫 번째 시도에서는 조간간격을 25cm로 정하였으나 2번째 시도에서는 부착상의 문제로 인하여 35cm, 25cm, 30cm로 하였다.

6. 미맥수확동시파종기 실험용 성능 및 재배법 실험

그림 4에 예시된 본 기계는 실험용으로 제작된 것이므로 사용상에 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 다양한 토양조건에서 시작기의 작업상 사용상 문제점을 검토해 보았다. 또한 재배방법이 생력적이고 생산수량이나 전후작간의 재배상 문제점 여부를 알기 위하여 새싹보리와 간척벼를 공시하여 시험하였다. 재배적인 측면에서 검토할 사항은 벧짚이나 보리짚 잔류량이 입묘에 미치는 영향, 수량에 증감여부, 보리와 벼를 동시에 직파할 수 있는가였다.

6.1. 동력전달

본 기계의 동력전달은 그림 2와 같다. 본 기계는 파종스위치가 ON이 되고 콤바인이 예취작업을 수

행할 때에만 작동하도록 되어 있다. 실제로 작업을 수행한 결과 전자클러치의 작동에는 아무문제가 없었으나 작동 그루터기 감지 센서는 검불이 영킴으로인하여 작업개시후 10분 이내에 항상 ON되는 문제점이 발견되었다. 따라서 검불을 치워주지 않는한 파종이 계속되었기 때문에 적정하지 못한 것으로 판단되었다.

또 다른 문제점은 전처리부 동력전달 축에서 좌우방향으로 동력을 인출하는데 있어서 좌우측에 부착된 보조축과 본래축의 중심이 일치되지 않아서 작업개시후 3시간 경과 후 본래축이 파괴되는 사고가 발생하였다. 동력인출상의 또 다른 문제는 이 기계를 상용화 할 경우 콤바인에 기어 8개, 스프로킷 4개, 기어케이스 앞 뒷면 각 2개씩, 축 2개 및 스냅링, 볼트등이 추가되어 영가 기계 제작에 장애가 되는 것으로 판단된다.

6.2. 작구 형성

본 기계의 작구부는 10mm 두께의 철판으로 그림 3(가)와 같이 처음에 제작(제 1안)되었다가 검불에 영키는 문제로 인해 그림 3(나)와 같이 재제작(제 2안)되었다. 그러나 접지부의 길이가 증가하여 기계가 회전하는 경우 작구날에 측면에 가해지는 힘이 크게 증가한 것으로 판단되었다. 측면에 작용하는 힘은 측정되지 못하였으나 작구부가 휘는 사고가 발생하였다. 또한 작구날의 형상에 따라서 콤바인부의 유압부에 작용하는 하중이 다른 것으로 판단되었다. 즉 제1안의 경우를 부착하는 경우 콤바인 전처리부가 아랫방향으로 처지려는 현상이 목격되었으며 제2안과 같이 지면접촉각이 작은 경우에는 이러한 현상이 없었다. 그러나 제 2안은 작구날의 길이가 길기 때문에 회전시 측면에 작용하는 힘이 크다는 문제점이 있다.

6.3. 파종

벼와 보리는 파종량이 근본적으로 다르나 파종장치에서 롤러의 힘을 조절하여 대응할 수 있었다. 문제는 파종통의 용량이 10리터와 5리터에 불과하여 종자를 재충진하는데 번거로움이 있을 것으로 판단되었다. 또한 종자량 조절 롤러의 높이가 70cm에 불과한데 비하여 호스의 길이가 긴 경우에 1.3m나 되어 종자를 안내하는 관의 경사가 32.5°에 해당하였다. 이 각도는 표 1에서 제시되는 벼나 보리의 안식각 측정치에 비해 작다. 물론 기계가 움직이고 있기 때문에 상당한 크기의 진동이 있어 안식각보다 작아도 종자가 흐를 수 있으나 실제로 작업중 전후진과 작업부의 상승하강을 하면서 종자가 막히는 것이 발견되었다. 따라서 관을 보다 굵은 것으로 할 필요가 있었다.

검불이 작구부에 걸리는 경우 파종된 종자는 검불 위에 떨어져 입묘불량을 발생시킨다. 따라서 종자관을 작구부에 사이에 직결시키는 방법이 있으나 토양이 습한 경우에 관의 연결부에 흙이 밀려 올라와 막히기도 하고 마른 경우에도 예취-전처리부를 지면에 내려놓을 당시에 큰 흙덩이 위나 높은 곳에 놓이게 되면 흙이 막는 경우가 발생하였다.

6.4. 콤바인의 내구성

콤바인에 파종기를 부착함으로써 동력소모가 다소 증가하였으나 파종장치를 모터로 구동하는 경우에 측정된 동력에 의하면 0.12 ps로 그 양은 매우 적었다. 그러나 작구부에 걸리는 저항에 의하여 예취-전처리부 유압실린더의 오일셀이 80-100시간 만에 교체해야 하는 문제점이 발생하고, 주벨트도 쉽게 피로하여 사용 시간이 100시간 미만이었다. 이 현상은 부분적으로는 기계의 노후로 볼 수 있지만 이전에 고장이 없던 부위에 고장이 발생하는 것으로 볼 때, 유압에 작용하는 하중을 줄이는 방안이

모색될 필요가 있다.

6.5. 벼와 보리의 무경운 직파재배의 가능성

벼와 보리를 무경운 직파하게 됨으로써 벼의 생육시기가 짧아지는 문제점을 해결하고자 조생종 벼를 재배하였으나 보리짚에 의한 물오염과 가스발생은 벼의 생육을 늦게하는 결과(표 2)를 초래하였고 수량도 감소(표 3)하였다. 또한 보리짚은 볏짚에 비해 꺾어지는 경우가 많고 엉킴이 심하여 보리의 후작으로 벼를 심는 경우에는 이앙하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

6.6. 벼짚의 피복이 보리의 수량에 미치는 영향

벼짚을 콤바인에서 잘게 썰어 방출시킬 경우 공시 콤바인에서는 볏짚이 배진송풍기에 의해 한쪽으로 몰려 쌓이게 되었다. 볏짚이 높이 쌓인 곳은 보리 종자의 발아가 빠르고 도장하는 경향을 보였으며 수량측면에서 볏짚이 약간 덮히는 것이 가장 우수(표 4)하였다. 그러나 벼짚이 피복되지 않은 곳은 잡초의 발현은 물론 겨울 동안에 동해를 입기도 했으며 고사되기도 하여 파종량을 늘리고, 벼짚을 고르게 피복시키는 기계적인 대처가 필요함을 알 수 있었다.

7. 결론 및 요약

콤바인에 곡류를 파종할 수 있는 파종장치를 부착하여 미백수확동시 파종기의 가능성을 시험하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 쌀과 보리를 수확과 동시에 작구하여 토양중에 파종할 수 있는 기계장치를 구성하였으며 작업자가 파종장치 구동 스위치를 누르면 예취하는 경우에만 파종되도록 하였으나 실제 포장 실험결과 센서의 오작동, 동력인출부의 파손, 작구날의 변형 등 문제점이 발생하였다.
2. 쌀과 보리를 무경운 직파하는 것은 재배기술 측면에서 수량이 감소하고 초기에 벼의 입묘가 불안정하여 벼는 이앙재배를 하고 보리만을 벼수확동시 보리 파종하는 것이 타당하였다.
3. 작구부를 설치한 경우가 표면 보리파종한 경우에 비해 수량과 내도복성이 우수하였다. 그러나 작구부에 걸리는 검불을 처리하지 못하면 파종을 제어하는 센서가 오작동되고 예취-반송에 지장을 주기 때문에 작구부 부착방법을 재검토할 필요가 있었다.
4. 종자통의 위치가 낮은 경우에 종자관이 막히는 현상이 발생하였으며 현재의 콤바인 구조로는 측면에 부착되는 방식으로는 종자통의 크기가 제한받아 실용성에 문제가 있었다.

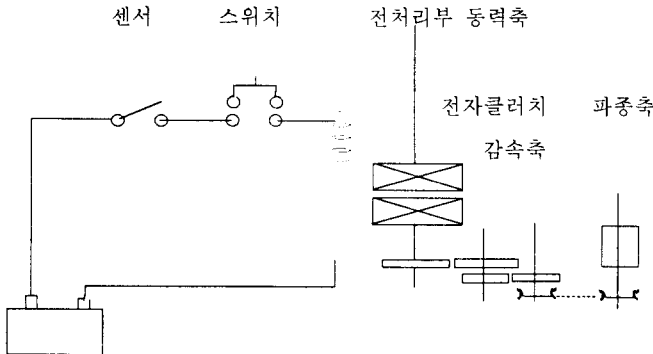


그림 2. 공시기의 동력전달체계

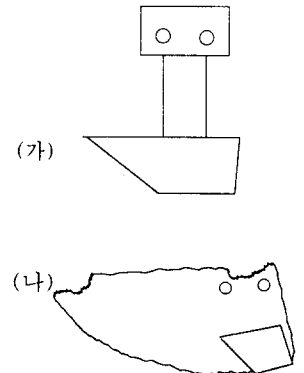
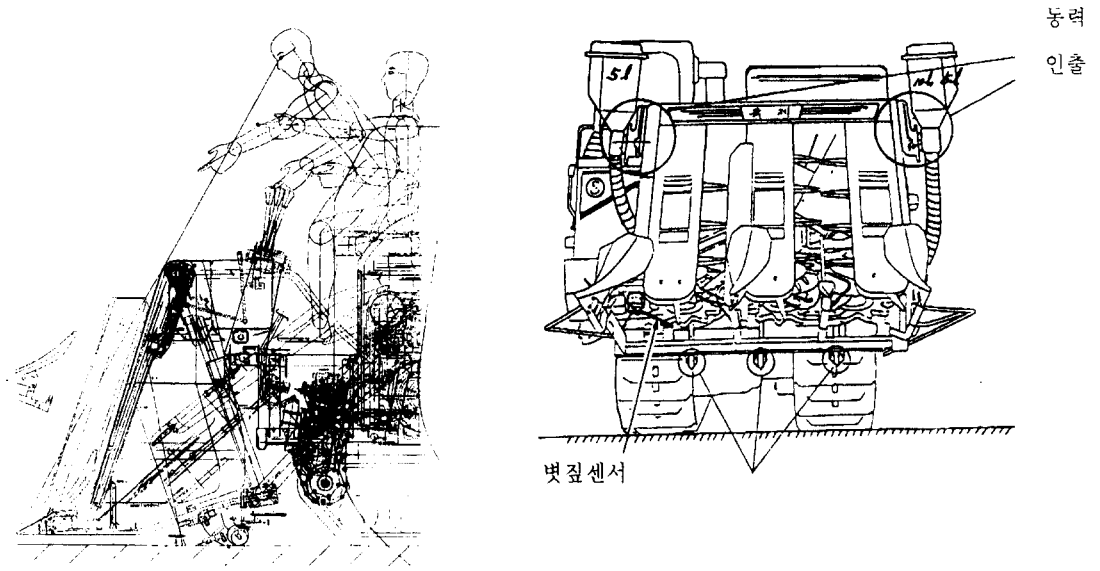


그림 3. 작구날의 형상



벼짚센서 예취날

HST

작구날

(가) 측면도

(나) 정면도

그림 4. 미맥수확동시 파종기의 구조

표 2. 종자의 안식각

구분	무너진 곳의 안식각	쌓인 곳의 안식각	원종자 중에 미숙립 존재 여부	비고
벼	40-44	35-39	거의 없음	건종자(15%wb)
쌀보리	38-42	32-35	많음	건종자(15%wb)
맥주보리	42-45	38-42	많음	건종자(15%wb)

표 3. 보릿짚 피복량에 따른 벼 초장의 경시적 변화

표 4. 보릿짚 피복량에 따른 벼의 생육, 수량

종자 처리	피복량	입모수 (개/m ²)	m ² 당 수수	천립중 (g)	수량 (kg/10a)	대비지수 (%)	초장 (cm)				
							7월4일	7월18일	7월28일	8월8일	8월18일
최아	0	167	422	22.5	462	100	27	40	47	71	84
	반량	152	469	21.7	445	96	25	36	42	68	83
	전량	134	444	21.9	434	94	25	35	42	68	81
	1.5배량	81	416	22.1	384	83	21	33	36	63	77
건조	0	275	433	22.5	477	100	29	43	58	78	89
	반량	228	488	22.5	460	96	28	41	51	75	84
	전량	215	469	22.5	456	96	26	36	45	74	82
	1.5배량	203	431	22.5	456	96	26	35	44	72	81

표 4. 벼짚피복부위별 생육 및 수량

구분	벼짚피복	m ² 당 수수(개)	수당립수(개)	천립중(g)	수량(kg/10a)	대비지수(%)
평면제조파	0	502	52	28.0	528	100
콤바인부착기	상	488	53	29.4	475	90
	중	544	54	28.8	529	100
	하	584	55	28.7	628	119
	무	224	44	29.2	201	38